102-17-7666
MOTC-IOT-101-H3DB003b

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 102 年 2 月

102-17-7666
MOTC-IOT-101-H3DB003b

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)

著 者：郭晉安、李明靜、黃明志、簡仲和、簡仲璟
施冠足、蔡宗利、劉清松

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 102 年 2 月

102

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010200249
定價 450 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)
/郭晉安等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 102.02
卅 ； 公分
ISBN 978-986-03-6014-1 (平裝)

1. 海岸工程 2.地形測量 3.地理資訊系統

443 102001618

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)

著　　者：郭晉安、李明靜、黃明志、簡仲和、簡仲璟、施冠足、蔡宗利、劉清松
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04)26587176
出版年月：中華民國 102 年 2 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 80 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價：450　元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010200249　　ISBN：978-986-03-6014-1 (平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號
ISBN978-986-03-6014-1 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010200249</td><td>運輸研究所出版品編號
102-17-7666</td><td>計畫編號
101-H3DB003b</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：港研中心
主管：邱永芳
計畫主持人：簡仲璟
研究人員：劉清松、
陳正義、錢爾潔、馬維倫
張麗瓊
聯絡電話：(04)26587132
傳真號碼：(04)26564415</td><td colspan="2">合作研究單位：財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會
計畫主持人：郭晉安
研究人員：李明靜、黃明志、簡仲和
施冠足、蔡宗利
地址：701 台南市東區大學路 22 巻 1 號
聯絡電話：(06)2757575-63026</td><td>研究期間
自 101 年
2 月至 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：海岸觀測、波浪影像、觀測系統</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
近三十年來隨著攝影硬體技術之開發，其影像擷取速率大幅提升，陸續有學者投入以高速照相機或攝影機，進行地形、波流場影像監測工作，也廣泛地應用在各種近岸的問題解析。為利於港區海岸之即時影像監控，同時能藉由即時監控影像配合影像處理技術，獲取港區海岸段之海岸地形與波流資訊等更進一步之價值，本計畫規劃利用港區即時影像傳輸系統，進行現場影像監測作業建立影像資料庫，並依據數值影像分析技術辨識港區海岸線，解析區段海岸波浪淺化(wave shoaling)傳遞特性與流場分佈。
由本年度研究結果，運用潮位修正與潮位配合波浪水位堆升(wave setup)兩種方法進行影像海岸線分析，以潮位配合波浪水位堆升所分析結果較接近實際情形，其應用於西子灣海岸影像變遷分析結果顯示，西子灣南、北岬頭海岸線大致呈夏季後退侵蝕，冬季外淤成長現象，但長期間而論，整體之海岸線變化仍為後退趨勢。在近岸流場與波浪淺化傳遞解析方面，本計畫將監控影像組成時間歷程影像(timestack image)後，利用 Chickadel 等人(2003)流速分析方法，可分析得近岸平面流場分佈(含沿岸流與向離岸流)，而其配合微小振幅波理論可解析波速、水深與淺化係數之波浪傳遞情形。另外，花蓮港美崙溪口影像觀測站檢測工作，本計畫已完成美崙溪口可轉向與單向影像觀測站之攝影機內部參數校正、鏡頭徑向扭曲係數檢定與外部參數校正作業，並據以進行花蓮港美崙溪口全景影像拼接與海岸線偵測分析作業。</td></tr>
<tr><td colspan="4"><table>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本出版品取得方式</td></tr>
<tr><td>102 年 2 月</td><td>540</td><td>450</td><td>凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td colspan="4">機密等級：
□密 □機密 □極機密 □絕對機密
（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）
■普通</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Application of in-situ video analysis to near-shore morphology change (4/4)

ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-03-6014-1 (pbk)	1010200249	102-17-7666	101-H3DB003b

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien Chung-Ching
PROJECT STAFF:
PHONE: (04) 26587115
FAX: (04) 26564418

PROJECT PERIOD
FROM February 2012
TO December 2012

RESEARCH AGENCY: Taiwan Shoufu University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuo Chin-An
PROJECT STAFF: Lee Ming-Ching, Huang Min-Chih, Chien Chung-Ho, Shi Guan-Zu, Tasi Chong-Li
ADDRESS: No.1, Lane 22, Da-Xue Road, Tainan 701, Taiwan, R.O.C.
PHONE: (06) 2757575-63206

KEY WORDS:
COASTAL OBSERVATION, WAVE IMAGE, OBSERVATION SYSTEM

ABSTRACT:

The notably rapid advancement in photograph hardware over the last three decays, which in particular significantly increases the rate of image capture, has precipitates the application of high speed camera in monitoring the evolution of bathymetry and wave-current field in coastal zones, and constantly inspired advanced methods for studying a variety of coastal problems based on the image-processing. The present study develops real-time image-monitoring systems in selected harbor or coastal zones, in anticipation of acquiring direct image information of bathymetry and wave-current filed from the monitored area. The data would be transferred immediately and stored in database. Base on the image-processing technique, a digital system is built for monitoring the coastal area, also capable of analyzing the characteristics of wave shoaling and the near-shore current, as well as identifying the position of the shoreline.

Two water level-adjusting methods, one using the tidal data only and the other the tidal data coupled with setup calculation, are involved in the present study. It is found that the latter is preferred in shoreline identification. According to the present work in Shi-Hzuwan, the beaches around two cape heads grow in summer and diminish in winter, while the whole shoreline moves landwards as a whole in the long term. The associated timestack images are analyzed using the method of Chickadel et al. (2003) in order to approximate the wave velocity, water depth, current field, and shoaling coefficients, etc., based on the small amplitude wave theory.

Additionally, about the image stations at Mei-Lun Stream, the interior calibration and the exterior calibration had been performed. The results were also used to produce the coastal image merging and coastline analysis.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
February 2013	540	450	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)

目　　錄

表　目　錄

頁 次

圖　目　錄

頁 次

第一章 前　言

1.1 計畫緣起與目的

人類經濟、文化活動多集中於沿海地區，且全球許多重要經濟脈絡與較高密度人口活動之大城，幾乎多與海岸比鄰而居。高雄港、台中港與花蓮港為台灣三大主要國際商港，對國內進出口航運與經濟發展之影響相當大；其中，港灣鄰近海域之海岸地形變遷與海象水理等環境資訊之瞭解與建立，除可供港阜鄰近海域之船舶航行安全維護外，海域波流場分佈特性之掌握，可使海上遊憩活動獲得進一步之保障，同時長期連續之海岸地形監測資料，可供港阜區段海上(或海岸)結構物興建後對鄰近海岸之影響追蹤，而在海岸侵退受災段亦得藉由監測成果，提前規劃相關之因應措施。

往昔欲獲得海岸地形資訊，常以水準測量或即時動態衛星定位系統進行監測，大尺度監測之地形則以航空攝影或衛星攝影為之，惟此之測量精度較不若水準測量或即時動態衛星定位系統；且傳統地形測量工作，常受限於研究經費與天候條件，多以季節性或定期檢測灘面變化為之，故僅能瞭解兩次測量前後之水深地形侵淤變化，無法獲長期性與特殊水文期間砂灘地形連續變化情形，確實掌握地形侵淤機制或破壞關鍵，有效追蹤海上(或海岸)結構物興建後對鄰近海岸之影響。在近岸波流監測方面，往昔常運用底碇式潮波流儀與波浪觀測浮標等儀器進行測量，其中近岸流場與水位變化為影像漂砂傳動之主要動力；然而，在碎波帶至沖刷區間海域，因波浪碎波常伴隨大量氣泡，且沖刷區內之水體又較薄，除現場觀測儀器架設困難外，觀測資料亦易受氣泡與薄層帶波動影響，以致碎波帶內與沖刷區內之流場與水位變化觀測相當不易。

近三十年來，隨著照相機與攝影機技術之開發，其影像攫取速率大幅提升，漸有學者陸續投入以高速照相機或攝影機，進行地形、波

流場監測工作，也廣泛地應用在各種近岸的問題解析。其中，奧勒岡州立大學海岸影像研究團隊(Coastal image lab)發展出一套海岸遙測系統 Argus，透過觀測站得到單張影像、平均影像及曝光影像，便可分析海岸線的變化、近岸砂洲變化、離岸流等，亦可配合像素陣列分析、動態輪廓模式邊緣偵測等方式分析近岸波浪流場資訊。此影像觀測系統相對於前述傳統海岸地形與近岸波流測量方式，其監測成本較低、人力需求較少且可獲得連續海岸地形與近岸波流變化資料。

鑑於此，本研究擬在所欲觀察的海岸區域(高雄港、花蓮港)附近架設影像觀測站，並發展一套海岸影像觀測作業系統，透過網際網路隨時隨地監控觀測現場情況，也可以進行即時系統操作或更改觀測模式。海岸影像觀測系統包括以下功能：攝影機定位、影像存取、長期錄影、平均影像及曝光影像之處理，並透過網路將影像資料傳回實驗室進行後續處理。由觀測系統取得的長期觀測影像資訊，應用影像處理技術，便可以得到觀測地點的海岸地形變遷，應用像素陣列分析、動態輪廓模式、或多攝影機觀測方式，亦可得到港口週遭海岸波浪淺化時之傳遞特性、近岸流場特性。

1.2 研究範圍與對象

海岸地形變遷方面之研究，須要累積長期的平均影像所呈現之海岸線資料來進行判別。參考林宗儀等(2001)在台灣西南部嘉南海岸海灘斷面之現場調查，可知在夏季颱風季節過後較易形成離岸砂洲地形。但其形成必定為一逐漸變化的過程，目前國內研究方面欠缺此方面長期的資料，亟待建立海岸影像資料庫以供判別。Hsiao 與 Huang(2009)之研究則呈現颱風季節前後海岸地形之劇烈變化，以西子灣海岸為例，颱風侵襲一日之間所有的離岸砂洲消失殆盡(如圖 1.2.1 與圖 1.2.2 所示)，久久不能回復，此種現象並無法在久一為之的測量可以呈現，而現場影像分析方法乃屬於一種較為經濟可行的方案。

圖 1.2.1　2007 年颱風季節前西子灣十分鐘平均影像

海岸地形變遷為一動態過程，尤其在人工設施剛完工後更為激烈，經過長時間波浪作用後，海岸線應該會趨於穩定。以西子灣人工岬灣及養灘工程為例，人工養灘的工程是西元 2008 年 3 月從海工館北側 L 型突堤內的砂灘開始進行，此部份養灘約於 4 月中旬結束，同時 4 月初對海工館南側西子灣砂灘開始施工，約 5 月下旬結束，西子灣海岸的人工養灘總工程在 5 月底就完全結束。2008 年 5 月底剛完工後西

子灣海岸已初步形成月灣型砂灘，此部份海域之海岸地形變遷即為本計畫主要研究對象之一。

圖 1.2.2　2007 年颱風季節後西子灣十分鐘平均影像

至於花蓮港附近，美崙溪出海口經常淤積泥砂、阻礙排水，造成市區低窪地區在颱風季節淹水，為觀測與瞭解美崙溪口砂洲變化情形，規劃利用花蓮港務局上之影像觀測站，透過本計畫第一與二年影像監測分析技術，進行花蓮美崙溪口海岸影像觀測及溪口砂洲變遷分析研究工作。

圖 1.2.3　花蓮美崙溪口砂洲

1.3 本年度(101 年)計畫工作

本研究以四年為期，規劃依序完成高雄第一港口北側西子灣、台中港北側高美濕地與花蓮港南側美崙溪口之影像觀測站設置與攝影機內外部參數檢定作業，依據觀測影像資料開發海岸地形影像辨識作業，另應用數值影像處理技術與配合海岸工程相關學理，嘗試進行近岸波場傳遞與近岸流場分析之可行性，以提升現場海岸影像觀測之附加價值。其中，98 年度計畫工作業於 2009 年 3~10 月期間完成，其主要工作內容如第(一)項所述，99 年度計畫工作業於 2010 年 3~10 月期間完成，其主要工作內容如第(二)項所述，100 年度計畫工作業於 2011 年 3~10 月期間完成，其主要工作內容如第(三)項所述，而本年度研究內容與工作項目詳如第(四)項所列。

(一)98 年度計畫

98 年度計畫目標在於高雄港西子灣架設現場影像觀測站，開始長期觀測與分析，主要內容包括：

1. 影像分析軟體開發。
2. 中山大學觀測站選址，網路攝影機採購，影像分析儲存傳輸系統建置。
3. 地面控制點(GCP)測量。
4. 攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正。
5. 建立現場影像資料庫。

(二) 99 年度計畫

99 年度計畫目標在於利用高雄港西子灣之現場影像資料庫，進行海岸地形變遷、近岸波浪淺化傳遞特性、近岸流場特性等方面之研究，主要內容包括

1. 持續影像分析開發

2. 高雄港西子灣海岸地形變遷

3. 高雄港西子灣近岸波浪淺化傳遞特性、近岸流場特性。

另為利後續計畫工作推動，規劃於進行台中港高美濕地影像觀測站之地面控制點(GCP)測量、攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正作業，並完成花蓮港美崙溪口海岸地形影像觀測站選址工作。

(三) 100 年度計畫

100 年度計畫目標在於利用高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口之現場影像資料庫，進行海岸地形變遷與近岸波浪淺化傳遞特性二方面之研究，主要內容包括

1. 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，提升利用影像分析結果研判海岸(潮間帶附近)地形變遷之準確度。

2. 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口海岸地形變遷之探討。(合辦)

3. 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。(合辦)

(四)101 年度計畫(本年度)

101 年度計畫之主要內容如下

1. 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，以提升利用影像分析結果研判海岸線(潮間帶附近)變遷之準確度。

2. 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口岸線變遷之探討。(合辦)

3. 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。(合辦)

4. 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮

港美崙溪口近岸流場特性之分析探討。(合辦)

5. 持續進行海岸地形影像觀測並建立影像資料庫。(合辦)

1.4 數值影像於海岸監測之發展與應用

影像判別方法應用於海岸或近岸現場方面之研究在國外已有多年歷史，可區分為水動力學(Hydrodynamics)與地形學(Morphology)二方面，近年來更與海岸管理(Coastal Zone Management)結合。此方面的技術由奧勒崗州大的 Holman 開創後(Holman and Stanley, 2007)，將其 Argus 影像觀測系統推動至世界各地，目前歐盟五國十二個研究團隊組成之 Coast View Project 即主要集中於海岸管理方面之應用(Huntley and Stive, 2007)。以下茲依水動力、海岸地形與海岸管理數值影像於海岸監測之發展與應用摘述如下。

1.4.1 海岸水動力影像監測發展與應用

以下茲就前人於現場與實驗室應用照相機或攝影機監測海岸水動力之研究成果予以說明。

一、現場海岸水動力影像監測研究

早期以照相技術應用於波浪遙測之研究可追溯至 Cox 等(1954)利用照相機拍攝海面波浪之照片，嘗試以光學之觀點大略分析海面波浪之波長與波向，此研究開啟了影像遙測海面波浪之研究。其後，Holman 和 Guza(1984)以時間間隔攝影(time-lapse photography)方式與電阻式波高計，監測現場自然砂灘之波浪溯上運動情形，其中於溯上水位影像資料萃取，係根據監測照片配合觀測斷面已量取之坐標高程資料，以人工點繪取得各時間沖刷水位變化資料。另由其監測分析結果顯示，以時間間隔攝影與電阻式波高計所得之平均水位沖刷高度相當接近，但其水位變化歷程資料之差異度約有 83%。

於計算機運算效能與影像分析技術之提升後，為提升影像分析處理之效率，Aagaard 與 Holm(1989)提出以時間歷程影像斷面觀念，進行波浪沖刷帶之水位分析，其觀測與分析方法係以數位影

像攝影方式記錄現場波浪溯上影像資料；於資料分析時，在監測影像上劃分出溯上分析斷面(垂直海岸線)，且將各時間之溯上分析斷面所攝得之亮度分佈資訊，彙整成溯上斷面時間歷程影像，再配合人工點繪出波浪沖刷水位位置。Holland 與 Holman(1993)、Holland(1995)及 Holland 與 Puleo(2001)沿用 Aagaard 與 Holm(1989)提出以時間歷程影像斷面觀念，配合 Lippmann 及 Holman(1989)所提之幾何轉換方法，萃取自然砂灘上波浪沖刷水位時間歷程資料，進行近岸區沖刷水位特性之分析研究。另在現場沖刷區之水位影像常因陰影、氣候條件與沖刷區水體厚度，而容易影響分析之品質；Bailey 與 Shand(1994)以時間歷程影像斷面方法，分析紐西蘭北島西南海岸於不同型態氣候所拍攝之波浪溯上影像，由其分析結果顯示，於一般氣候時期，波浪溯上時所產生的白色泡沫，可增強溯上邊緣與灘面交界之影像對比，相當有助於溯上水位之辨識；而在驟雨與暴風雨等日光照射不足期間，由於溯上邊緣與灘面交界之影像對比度較低，於溯上水位之判讀時可能會產生較大之誤差。

於三維波浪水位分析方面，Holland 等(1997)及 Holland 與 Holman(1997)以兩部 CCD 攝影機同時拍攝不同視角之近岸波浪溯上與回刷影像，並依 Abdel-Ariz 和 Karara(1971)所提之直接線性轉換法(Direct Linear Transformation)，發展出三維影像與物理坐標轉換關係式，提出波浪溯上地形剖面之三維位置標定方法。其後，Hilmer(2005)沿用 Holland 等(1997)發展之三維影像與物理坐標轉換法，進行現場之碎波波高量測研究；而 Wanek 和 Wu(2006)則使用三部不同方位角度之 CCD 攝影機拍攝現場波浪運動影像，配合 Holland(1997)所提之影像與物理坐標校訂方式進行三維影像坐標校正，並據以分析萃取波浪變化之三維資料，且其分析結果與現場波高計所記錄者之水位時間歷程與波浪能譜資料，大致均相符合。Stockdon 等(2006)於現場觀測波浪沖刷區之水位變化，依 Holland 等(1997)影像辨識與坐標標定方法，將沖刷區影像水位觀

測資料數值化，探討波浪湧升、溯上與沖刷高度之特性，並根據分析結果提出相關之經驗公式。

另外，在沖刷帶之流速影像監測方面，Holland 等人(2001)以高解析攝影機拍攝現場沖刷帶海表面序列影像，配合質點影像流速分析技術(particle image velocimetry techniques)，分析近岸區域平面流速分佈情形。Chickadel 等人(2003)與 Cohen 等人(2004)利用高解析 CCD 攝影機所拍攝之沖刷帶海表面序列影像，將海表面影像轉成速度譜後，分析沿岸流剖面資料。國內郭與簡(2009)沿用 Chickadel 等人(2003)分析方法，於台南市黃金海岸從事沿岸流影像監測分析亦獲得不錯效果。

二、實驗室海岸水動力影像監測研究

有關實驗室水槽波浪水位變化之研究，早期由於影像品質與處理技術較不發達，常需以染料或螢光物質配合合適之照明設備，增加水位與背景資料之對比，以利波形之辨識判讀。Bonmarin 與 Ramamonjiarisoa(1985)於實驗室波浪水槽中加入螢光染料，配合充足之照明設備，以高速照相機拍攝週期為 0.67~0.83sec 之深水重力波碎波過程影像，並配合人工點繪方式萃取出碎波波形剖面，進行波高、波長、波峰、波谷與波浪尖銳度之特性分析。後續為提升影像分析處理之效率與人為誤差，Bonmarin 等(1989)提出以波浪與背景灰階影像之亮度分界作為門檻值，將灰階影像轉換成二值影像(黑色與白色影像)，再藉由電腦程式判讀波形二值影像之交界點，萃取出波形影像資料之方法，以省去人工判讀耗費之分析時間與人為誤差。

爾後隨著計算機運算速度與功能大幅提升，波浪水位之人工辨識與判讀作業，漸由計算機程式所取代，且波浪水位影像辨識與判讀亦多改以數位影像分析處理，其中於波形水位辨識亦發展出二維差分運算子、小波分析、動態輪廓模式與多項式回歸統計

多種之水位偵測分析方法；其中，Siddiqui 等人(2001)利用在水槽中添加花粉粒子之 PIV 影像，運用水位影像之平均輝度值作為波浪與背景影像之亮度門檻值，進行波浪水位偵測。Lee 等人(2002)與 Lee 和 Kwon(2003)在實驗室透明斷面水槽側邊，將 CCD 攝影機中心調整至對準靜水位垂直高度，依水平視角方式拍攝靜水位、波浪未碎波與碎波之影像，並於計算其影像空間亮度梯度變化後，運用 Mexican Hat 小波函數分析靜水位、波浪未碎波與碎波之空間資料，其中於波浪碎波區處理效果較不理想之處則以三次曲線內插連結之。林等人(2004)則以二維差分運算子(Prewitt 與 Sobel)配合數位影像處理技巧，辨識波浪水位資料。Zarruk(2005)於透明斷面水槽取得波浪傳遞之影像，運用質點影像流速(PIV)之微觀技術，分析波浪自由液面空間之影像垂直方向亮度梯度資料，配合高次之多項式回歸統計方法，分析波浪通過潛堤之波形資料。Yao 和 Wu(2005)利用動態輪廓模式(active contour model)，依波浪自由液面附近影像亮度之梯度向量資料，追蹤偵測波浪水面之形狀，且模式應用於波浪通過圓柱產生之崩波、捲波與潰波等之波形偵測亦獲良好結果。Erikson 與 Hanson(2005)於實驗室之透明斷面水槽側邊，以 CCD 攝影機水平視角拍攝砂質底床上(D_{50}=0.13mm)近岸波浪傳遞與底床變動情形，運用 Matlab 套裝軟體內之影像與物理坐標轉換與邊緣偵測(Roberts 二維運算子)指令程式，進行影像幾何校正及空間與時間上之波形與底床變化資料萃取分析。

近年來，Kuo 等人(2006)在波浪動床實驗時發現波浪水位影像之水體顏色在近岸水深變淺時，其水體顏色有變淺之現象，因此其在溯上水位影像辨識時，即將近岸區影像依沿岸方向切割成多組子影像，再由各子影像之亮度資訊以 Otsu(1978)所提方法，計算水體與波浪水槽側壁之亮度門檻值，並據以進行溯上水位影像辨識。Mukto 等人(2007)在實驗水槽以 PIV 設備進行波浪影像監測時，發現監測區有雷射光源照度不均情形，亦提出以多重影像門檻值法進行波浪剖面偵測分析。

在實驗室平面水槽中之波浪水位影像監測分析方面，Senet 等(2000)以 CCD 攝影機在實驗室平面水池裡遙測波場，其中照明設備採用投射燈向上投射至水面上的大帆布後成為發散光源。另其研究提及，雖然拍攝影像範圍為方形，但實際攝入之波場範圍隨著與攝影機的距離增加而更為寬廣，若沒有進行任何修正，在計算二維波數譜時，則會產生極大的誤差，其因乃於平面水槽斜向拍攝平面波動資料時，因斜向攝影角度造成影像扭曲使原始資料變形，以致在計算二維波數譜時造成誤差。Chou 等(2003、2004)在實驗室中以CCD攝影機分別拍攝規則波與不規則波波場之變化，同時配合波高計陣列的量測，將由拍攝波場後所得影像之灰階值分佈與波高之間的關係，回歸得轉換函數式；其轉換函數式對單方向與多方向不規則波計算的波高與實測值之間的平均相對誤差約在 16%以下。

1.4.2 海岸地形影像監測發展與應用

以動態影像判別岸線之技術在 1990 年代已漸受重視與發展(Plant and Holman, 1997; Aarninkhof et al., 1997; Davidson et al., 1997)，當時 Argus 影像監視系統仍以接收並判別灰階影像為主。大致說來，以判別影像灰階強度為基礎所發展出之各種影像判別技術，其中最典型者如 SLIM(Shore-Line Intensity Maximum)模式(Plant and Holman, 1997; Madsen and Plant, 2001)，在判斷陡變坡度海灘之岸線時已有良好精度與表現。然對於緩變坡度海灘而言，由於 SLIM 特徵較不明顯，甚或難以辨認，兼或有砂洲砂連突出水面等情況易造成判讀困擾，SLIM 模式並不適用。據此則另有發展海岸斷面強度變異分析(the correlogram of the cross-shore intensity and variance profile, Aarninkhof et al, 1997)或影像空間梯度強度分析(the correlogram of the spatial gradients in intensity levels, Davidson et al., 1997)等方法供判斷緩變坡度海灘岸線位置，惟精度仍嫌不敷。除此之外，以灰階影像為基礎發展之岸線判別理論所得出之高程通常須另做在址修正(site-dependent correction)(Plant and Holman, 1997; Davidson et al., 1997)。隨著近年來全彩電子攝影設備之

普及，兼以影像解析度大幅提升，動態影像岸線判別技術取得更進一步之發展。Stefan 等人(2003)針對 HSV(Hue-Saturation-Value)彩域之時序列動態影像做分析以判斷岸線位置，岸線水位高程則據當時潮汐和波浪條件計算得出，可應用於判定陡變坡度海灘岸線位置。

為瞭解海岸線受波潮流或暴風等影響產生之變遷行為與長期平衡趨勢，動態影像技術之應用發展重點亦漸轉為長期(或一定期間內)持續海岸變遷觀測。受限於經濟上之考量，傳統以人力或空照等方式監測海岸變遷及判定潮間帶地形等無法經常性進行，亦難於一定期間內對特定範圍海岸(通常由幾十公尺至數十公里不等)同步作全面性資訊蒐集。隨科技發展，以架設定址影像站配合網路遙測傳輸資料之方式，使長期監控大範圍海岸地形變遷成為可行(Enckevort, 2001; Quartel, 2007)，蒐集之資訊可同時應用於海岸工程與海岸管理等方面。藉由連續判讀高低潮期間岸線位置與高程可決定潮間帶地形，惟目前在應用動態影像判讀技術時此類工作仍頗耗費時間與人力資源(Uunk et al., 2010)。故以動態影像自動化判別潮間帶地形成為新興之研究主題。Madsen and Plant(2001)與 Harley 等人(2007)均發展出可自動判別僅具單一水線(waterline)之陡變坡度海灘潮間帶地形之方法。前者方法應用於美國 Duck beach，後者則成功應用於澳洲 Collaroy-Narrabeen beach。Uunk 等人(2010)成功發展出可自動化判讀潮間帶特徵地形之方法，可應用於退潮時方可見潮間帶砂連之緩變坡度海岸。

1.4.3 海岸管理影像監測發展與應用

早期海岸管理單位、工程界及學界對海岸監測，主要依賴人力在廣袤的海岸地區選址調查波浪、潮流、輸砂與岸貌變化等，或者利用航照圖對海岸環境做高解析之觀察。礙於經費限制，此類傳統調查工作難以經常性執行，僅有一年一次至數次的頻率而已(Kroon et al., 2007)。另外，這些調查工作僅能在氣候較佳或海象較平穩的時候進行，故長期以來多數海岸調查資料均缺乏劇烈氣候下之觀測結果。

隨著電子攝影設備發展迅速，近年來應用動態影像監測於海岸管

理已引起各國海岸管理單位與海岸工程界高度興趣與重視。由歐盟提供資金的跨國性海岸監測三年計畫 CoastView Project 即屬於其一。該計畫為期三年，採用第三代 Argus 影像監視系統(Holman and Stanley, 2007)，利用數台攝影機可同時提供海岸環境時間域與空間域全面性資料，亦具有提供劇烈氣候下海岸資訊之潛力。在 CoastView Project 中學者定義所謂海岸狀態指標(Coastal State Indicators, CSIs, 見 Davidson et al., 2007)，以提供管理單位完整資訊進行海岸地形變遷、海岸保護、航道浚淤、海灘遊憩、生態保護等方面之管理(Smit et al., 2007, Kroon et al., 2007, Jimenez et al., 2007, Huntley and Stive, 2007)。

在海岸管理經營相關議題中，海灘岸線位置常為關鍵性因素，對 CSI 之決定影響極為明顯。舉例而言，養灘工程常用於砂質海灘之保護(Hamm et al., 2002, Hanson et al., 2002)。評估海灘是否需要進行養灘工程常由判斷海岸地貌演變情況來決定，此則牽涉到岸線位置之分析與預測。例如 Van Koningsveld and Mulder(2004)即發展以十年期岸線位置資料為基礎進行變動岸線(Momentary Coast Line, MCL)分析，預測未來岸線變動位置。惟因時因地長時期岸線位置資訊並非往往能夠取得，Smit 等人(2007)藉由動態攝影所獲得之較短期潮間帶變動岸線(Intertidal Momentary Coast Line, MICL)資料進行分析預測，其所得結果與以傳統採樣調查資料所進行之 MCL 分析相當符合。利用影像監測技術於海岸管理之優點不僅在於能提供更準確詳細之資訊作為海岸管理之參考，亦能詳細記錄各類工程後海岸地貌與波浪潮流之變化，以利管理經營之整體評估。

1.5 研究工作進度概述

依 1.3 節所述(101 年度)計畫工作內容，本年度迄今業依據西子灣可轉向與單向影像觀測系統，自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔，同時就現場海岸地形影像記錄資料，進行影像拼接工作。同時擇取 2012 年 2 月(冬季)與 7 月(夏季)以及 6 月泰利颱風影響時之影像觀測資料，依 Chickadel 等人(2003)方法進行西子灣近岸流(沿岸流與向離岸流)影像分析，且依據波浪傳遞時間歷程影像資料，計算波峰移動速度並配合微小振幅波理論，分析海岸波浪傳遞之淺化係數變化。海岸地形影像分析方面，參照 100 年度海岸地形影像改善方法，逐月偵測海岸線，並據以進行海岸線變遷分析作業。另外，為瞭解現場近岸流影像分析之合理性，於 9 月 14 日以拋放浮球觀測方式進行分析流速比對。

花蓮港美崙溪口影像觀測站檢測工作，於 2012 年 3 月進行地面控制點檢核工作，並據以進行各視角外部參數校正。同時，自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔與影像拼接分析作業，且逐月偵測海岸線，並據以進行海岸線變遷分析。

本年度進度甘特圖(Gantt Chart)

工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	備　註
高雄港西子灣影像觀測											
花蓮港美崙溪口影像觀測											
海岸地形偵測與海岸線變遷分析											
近岸流影像偵測分析											
近岸波浪淺化傳遞特性											
工作進度估計百分比(累積數)	7%	19%	31%	43%	50%	57%	69%	81%	93%	100%	

第二章　DLT 攝影機模型理論基礎

本章茲就 DLT 攝影機模型理論，依直接線性轉換學理與攝影機內、外部參數校正方法進行介紹，以作為本計畫於攝影機參數檢定與影像和物理坐標轉換依據。

2.1 直接線性轉換

攝影機在近代被廣泛地應用在各種場合上，其內部架構相當複雜，但在攝影機數學模式推導上常使用針孔成像原理簡化之。當使用攝影機拍攝空間中場景時，觀測範圍會因為拍攝位置以及角度的不同而改變。因此在探討數學模式時，先依照攝影機與觀測環境之間的關係定義攝影機影像坐標系統(u,v)以及物理空間大地坐標系統(X,Y,Z)。根據影像的成像原理，攝影機鏡頭就是所謂的光學透視中心，光軸經過光學透視中心從物理空間坐標投射到 CCD 成像平面。由於光線具有直通性，所以當光線通過光學透視中心投影到後方的成像平面時，是呈現上下顛倒的實像，所以可以假設有一虛像位於光學透視中心前，如圖 2.1 所示。

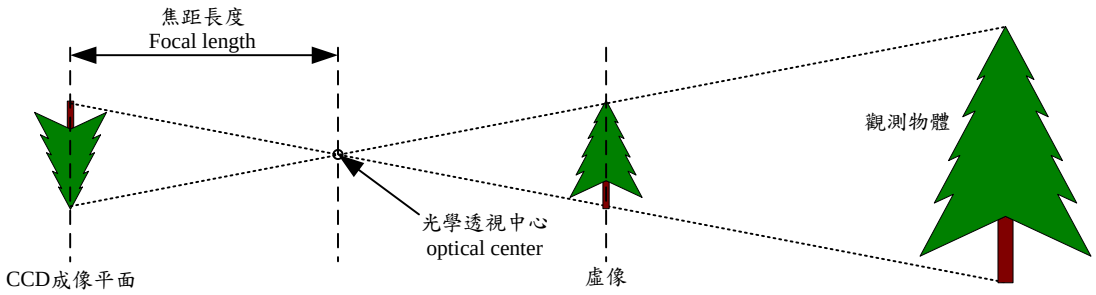


圖 2.1　針孔成像原理

圖 2.2 為攝影機影像坐標系統及大地坐標系統之定義示意圖。其中影像坐標系統以及大地坐標系統為三維笛卡兒坐標系，由右手定則決定三個坐標軸的正旋轉方向。

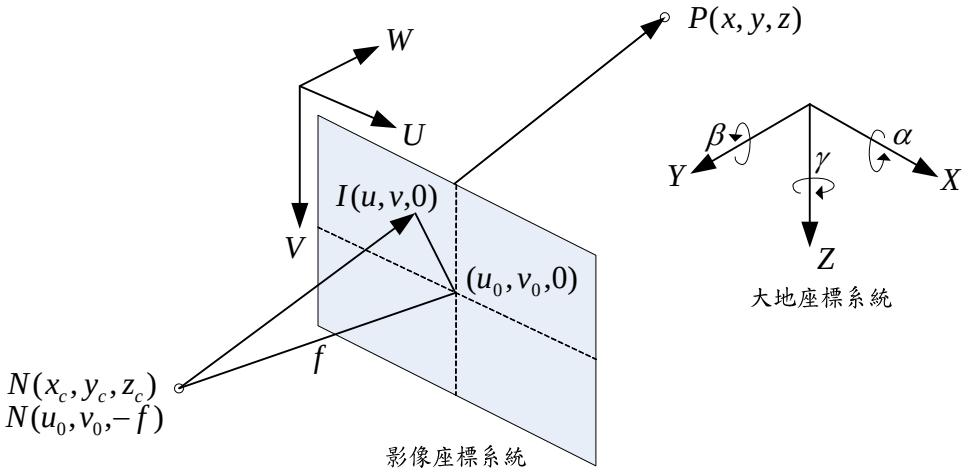


圖 2.2　坐標系統定義

圖中 N 為攝影機之光學透視中心，(x_c,y_c,z_c) 為其在大地坐標系統中的位置，而 $(u_0,v_0,-f)$ 為攝影機之光學透視中心在影像坐標系統中的位置，並距離影像中心 $(u_0,v_0,0)$ 一焦距長 f。$P(x,y,z)$ 為大地坐標系統中之任意點，而 $I(u,v,0)$ 為直線 $\overline{NP}$ 與影像平面上之交點。從圖中可以發現 N、I、P 為三點共線。在此原則下根據物點、像點以及攝影時的參數，則可得到影像坐標系統與大地坐標系統之間的轉換，如式(2.1.1)所示：

$$\begin{bmatrix} u-u_0 \\ v-v_0 \\ 0-(-f) \end{bmatrix} = cM \begin{bmatrix} x-x_c \\ y-y_c \\ z-z_c \end{bmatrix} \tag{2.1.1}$$

其中 $[u-u_0, v-v_0, f]^{\mathrm{T}}$ 為影像坐標系統上之 $\overline{NI}$，$[x-x_c, y-y_c, z-z_c]^{\mathrm{T}}$ 為大地坐標系統上之 $\overline{NP}$，$\overline{NI}$ 與 $\overline{NP}$ 為共線且具有比例常數 c 之關係。由於 $\overline{NI}$ 與 $\overline{NP}$ 分屬兩種不同的坐標系統，因此需要導入一旋轉矩陣 M，此旋轉矩陣可以將 $\overline{NP}$ 從大地坐標系統中轉換至影像坐標系統上。式(2.1.1)的參數所代表的意義如下：

c：$\overline{NI}$ 與 $\overline{NP}$ 兩線段之比例常數。

f：有效焦距長(影像坐標系統)。

(u,v)：影像中任意一點之二維坐標(影像坐標系統)。

(u_0,v_0)：影像中心坐標(影像坐標系統)。

(x,y,z)：空間中任意一點之三維坐標(大地坐標系統)。

(x_c,y_c,z_c)：攝影機之位置(大地坐標系統)。

M 為一個和攝影機角度α、β以及γ相關之3×3旋轉矩陣：

$$M=\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 \\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} \cos\beta\cos\gamma & \cos\beta\sin\gamma & -\sin\beta \\ \sin\alpha\sin\beta\cos\gamma-\cos\alpha\sin\gamma & \sin\alpha\sin\beta\sin\gamma+\cos\alpha\cos\gamma & \sin\alpha\cos\beta \\ \cos\alpha\sin\beta\cos\gamma+\sin\alpha\sin\gamma & \cos\alpha\sin\beta\sin\gamma-\sin\alpha\cos\gamma & \cos\alpha\cos\beta \end{bmatrix} \quad (2.1.2)$$

其中α β γ分別為X Y Z軸的正旋轉方向，結合式(2.1.1)與式(2.1.2)可得：

$$\begin{bmatrix} u-u_0 \\ v-v_0 \\ 0-(-f) \end{bmatrix}=c\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x-x_c \\ y-y_c \\ z-z_c \end{bmatrix} \quad (2.1.3)$$

展開式(2.1.3)並以式(2.1.4)取代比例常數c：

$$c=\frac{f}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)} \quad (2.1.4)$$

將式(2.1.4)代入式(2.1.3)可得到一共線方程式，如式(2.1.5)所示：

$$\begin{cases} u-u_0=f\dfrac{m_{11}(x-x_c)+m_{12}(y-y_c)+m_{13}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)} \\ v-v_0=f\dfrac{m_{21}(x-x_c)+m_{22}(y-y_c)+m_{23}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)} \end{cases} \quad (2.1.5)$$

然而影像具有不同於大地坐標系統的度量單位(如像素)，所以在坐標系統轉換過程中必須加入一單位轉換因子λ_u、λ_v，如長度/像素。此

時式(2.1.5)可改寫成：

$$\begin{cases} u-u_0=\dfrac{f}{\lambda_u}\dfrac{m_{11}(x-x_c)+m_{12}(y-y_c)+m_{13}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)} \\ v-v_0=\dfrac{f}{\lambda_v}\dfrac{m_{21}(x-x_c)+m_{22}(y-y_c)+m_{23}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)} \end{cases} \tag{2.1.6}$$

令 $c_u=f/\lambda_u$、$c_v=f/\lambda_v$ 各為與影像之水平及垂直比例係數 λ_u、λ_v 相關之係數。接下來依照 Abdel-Aziz 與 Karara(1971)所提出的直接線性轉換法(Direct Linear Transform：DLT)可將此共線方程式化簡：

$$\begin{cases} u=\dfrac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \\ v=\dfrac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \end{cases} \tag{2.1.7}$$

式中 $L=-(x_cm_{31}+y_cm_{32}+z_cm_{33})$ (2.1.8)

$$L_1=\frac{u_0m_{31}+c_um_{11}}{L} \tag{2.1.9}$$

$$L_2=\frac{u_0m_{32}+c_um_{12}}{L} \tag{2.1.10}$$

$$L_3=\frac{u_0m_{33}+c_um_{13}}{L} \tag{2.1.11}$$

$$L_4=-\frac{(c_um_{11}+u_0m_{31})x_c+(c_um_{12}+u_0m_{32})y_c+(c_um_{13}+u_0m_{33})z_c}{L} \tag{2.1.12}$$

$$L_5=\frac{v_0m_{31}+c_vm_{21}}{L} \tag{2.1.13}$$

$$L_6=\frac{v_0m_{32}+c_vm_{22}}{L} \tag{2.1.14}$$

$$L_7=\frac{v_0m_{33}+c_vm_{23}}{L} \tag{2.1.15}$$

$$L_8 = -\frac{(c_v m_{21} + v_0 m_{31})x_c + (c_v m_{22} + v_0 m_{32})y_c + (c_v m_{23} + v_0 m_{33})z_c}{L} \tag{2.1.16}$$

$$L_9 = \frac{m_{31}}{L} \tag{2.1.17}$$

$$L_{10} = \frac{m_{32}}{L} \tag{2.1.18}$$

$$L_{11} = \frac{m_{33}}{L} \tag{2.1.19}$$

值得注意的是 Holland 等人(1997)所採用之旋轉矩陣 M 以轉動 Z X Y 軸的順序計算，當攝影機無任何旋轉角度時：$\gamma = \alpha = \beta = 0$，很容易證明其旋轉矩陣 M 無法退化成單位矩陣。此外 Holland 等人(1997)所推導之 DLT 係數 L_i 有不少錯誤之處，以上公式已加以修正。

由式(2.1.7)經過移項轉換可得：

$$\begin{bmatrix} L_1 - L_9 u & L_2 - L_{10} u & L_3 - L_{11} u \\ L_5 - L_9 v & L_6 - L_{10} v & L_7 - L_{11} v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - L_4 \\ v - L_8 \end{bmatrix} \tag{2.1.20}$$

在上述方程式中含有三個未知數 (x, y, z)，卻只有兩個聯立方程式，故無法求解。Lippmann 以及 Holman(1989)令 Z 值與平均海平面同高度，以提供第三個方程式來求解未知數，但是此假設限定在無高度落差的區域中。

式(2.1.20)經過移項轉換可求解聯立方程式：

$$x = \frac{(c \times e) - (b \times f)}{(a \times e) - (b \times d)} \tag{2.1.21}$$

$$y = \frac{(a \times f) - (c \times d)}{(a \times e) - (b \times d)} \tag{2.1.22}$$

式中 $a = L_1 - (u \times L_9)$ (2.1.23)

$$b = L_2 - (u \times L_{10}) \tag{2.1.24}$$

$$c = -L_4 + u + \left[(u \times L_{11}) - L_3\right] \times z \tag{2.1.25}$$

$$d = L_5 - (v \times L_9) \tag{2.1.26}$$

$$e = L_6 - (v \times L_{10}) \tag{2.1.27}$$

$$f = -L_8 + v + \left[(v \times L_{11}) - L_7\right] \times z \tag{2.1.28}$$

經過上述的計算，就可以把影像的像素轉換成真實世界之空間坐標(x, y)，接著依定義將影像坐標(u, v)的亮度值依序帶入新的空間坐標位置(x, y)上，再藉由影像內插程序即可獲得世界空間坐標重建影像。

2.2 攝影機內部參數校正

一般商業攝影機需搭配鏡頭才能正確拍攝影像，而在使用的同時無可避免地會有徑向鏡頭扭曲的現象，又稱輻射畸變(Radial Distortion)，此種扭曲以中心點為基準呈輻射狀擴散，離影像中心越遠處，扭曲現象越明顯。因此攝影機所拍攝的影像和肉眼所見之實際影像有些微差異，而此差異則會導致後來我們在測量及分析影像時產生一些誤差的結果。

Holland 等人(1997)提供一種校正方法來解決影像扭曲的問題，並且求解攝影機參數，此校正方法可分為兩個程序：內部校正(Interior calibration)以及外部校正(Exterior calibration)。內部校正是使用平面校正板，以求解攝影機內部參數$(\lambda_u, \lambda_v, u_0, v_0)$以及攝影機徑向扭曲校正參數，此前置作業可先於實驗室進行。校正板上具有$M \times N$個控制格點，格點間具有固定的水平與垂直間隔。在內部校正過程中，校正板平面須擺設於攝影機前方，並且與攝影機的成像平面平行。因此校正板上之控制格點可以視為落於$z = 0$之平面上，則式(2.1.7)可以改寫成：

$$\begin{cases} u = \dfrac{L_1 x + L_2 y + L_4}{L_9 x + L_{10} y + 1} \\ v = \dfrac{L_5 x + L_6 y + L_8}{L_9 x + L_{10} y + 1} \end{cases} \tag{2.2.1}$$

經過移項轉換可以寫成：

$$\begin{cases} xL_1 + yL_2 + L_4 - xuL_9 - yuL_{10} = u \\ xL_5 + yL_6 + L_8 - xvL_9 - yvL_{10} = v \end{cases} \tag{2.2.2}$$

將控制格點陣列與式(2.2.2)結合可以寫成：

$$\begin{cases} x_{ij}L_1 + y_{ij}L_2 + L_4 - x_{ij}u_{ij}^d L_9 - y_{ij}u_{ij}^d L_{10} = u_{ij}^d,\ i = 1 \cdots m,\ \mathrm{j} = 1 \cdots \mathrm{n} \\ x_{ij}L_5 + y_{ij}L_6 + L_8 - x_{ij}v_{ij}^d L_9 - y_{ij}v_{ij}^d L_{10} = v_{ij}^d,\ i = 1 \cdots m,\ \mathrm{j} = 1 \cdots \mathrm{n} \end{cases} \tag{2.2.3}$$

其中 $(u_{ij}^d, \mathrm{v}_{\mathrm{ij}}^d)$ 為徑向鏡頭扭曲影像(distorted image)上控制格點的像素坐標，因為進行鏡頭扭曲校正需要的是控制格點的相對位置，所以實際上各個控制格點之間的距離可以正規化成單位長度，即 $(x_{ij}, y_{ij}) = (i, j)$，則式(2.2.3)可以寫成：

$$\begin{cases} iL_1 + jL_2 + L_4 - iu_{ij}^d L_9 - ju_{ij}^d L_{10} = u_{ij}^d,\ i = 1 \cdots m,\ \mathrm{j} = 1 \cdots \mathrm{n} \\ iL_5 + jL_6 + L_8 - iv_{ij}^d L_9 - jv_{ij}^d L_{10} = v_{ij}^d,\ i = 1 \cdots m,\ \mathrm{j} = 1 \cdots \mathrm{n} \end{cases} \tag{2.2.4}$$

上式可寫成矩陣形式：

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & -u_{11}^d & -u_{11}^d & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 1 & -2u_{21}^d & -u_{21}^d & 0 & 0 & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ m & n & 1 & -mu_{mn}^d & -nu_{mn}^d & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -v_{11}^d & -v_{11}^d & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -2v_{21}^d & -v_{21}^d & 2 & 1 & 1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & -mv_{mn}^d & -nv_{mn}^d & m & n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_4 \\ L_9 \\ L_{10} \\ L_5 \\ L_6 \\ L_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11}^d \\ u_{21}^d \\ \cdots \\ u_{mn}^d \\ v_{11}^d \\ v_{21}^d \\ \cdots \\ v_{mn}^d \end{bmatrix} \tag{2.2.5}$$

通常校正板上的控制點的設置可達 10~20 點以上，所以式(2.2.5)

可成為過定方程組(over-determined)，可以使用最小平方近似法求解攝影機的參數$(L_1, L_2, L_4, L_5, L_6, L_8, L_9, L_{10})$。將式(2.2.5)當成$Ax = b$矩陣形式，則可由$x = (A^T A)^{-1} A^T b$求解，或是採用 SVD 分解法(Singular Value Decomposition)求解。當求得攝影機的參數後，可得到控制格點在受到徑向鏡頭扭曲影響前(undistorted image)之影像像素坐標點$(u_{ij}^p, \mathrm{v}_{\mathrm{ij}}^p)$：

$$\begin{cases} u_{ij}^p = \dfrac{iL_1 + jL_2 + L_4}{iL_9 + jL_{10} + 1}, \ i = 1 \cdots m, \ \ j = 1 \cdots n \\ v_{ij}^p = \dfrac{iL_5 + jL_6 + L_8}{iL_9 + jL_{10} + 1}, \ i = 1 \cdots m, \ \ j = 1 \cdots n \end{cases} \tag{2.2.6}$$

攝影機的徑向扭曲校正參數可由控制格點扭曲後的坐標$(u_{ij}^d, \mathrm{v}_{\mathrm{ij}}^d)$以及扭曲前的坐標$(u_{ij}^p, \mathrm{v}_{\mathrm{ij}}^p)$計算得到：

$$r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2} \tag{2.2.7}$$

$$\Delta r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2} - \sqrt{(u_{ij}^p - u_0)^2 + (v_{ij}^p - v_0)^2} \tag{2.2.8}$$

其中r_{ij}為經過徑向扭曲後影像上控制點距離影像中心的距離，Δr_{ij}為徑向扭曲前與徑向扭曲後控制點之間的距離，由此數據可以擬合一個三次多項式的徑向扭曲模型以求得影像上任意點的扭曲距離：

$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r \tag{2.2.9}$$

也就是說經過徑向扭曲後之影像(此為攝影機拍攝後所得到的原始影像)上任意點，只要求得與影像中心(u_0, v_0)的輻射距離r，即可知道該點的輻射偏移量Δr，進而取得扭曲前的像素坐標值。

而單位轉換因子λ_v在計算上通常使其正規化，可令$\lambda_v = 1$，使得λ_u為λ_v之比例關係，意指λ_u與λ_v成為影像像素所代表的長寬比。然而在科技的進步下，現今的攝影機其所成像的像素長寬比接近為 1：1，λ_u的計算如下所示：

$$\lambda_u = \frac{\sum_{i=2}^{m}\sum_{j=1}^{n}(u_{ij}^p - u_{(i-1)j}^p)}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=2}^{n}(v_{ij}^p - v_{i(j-1)}^p)} \tag{2.2.10}$$

2.3 攝影機外部參數校正

當攝影機架設在現場的同時，需要在觀測區域取得外部校正用之控制點，一般稱為地面控制點(Ground Control Point, GCP)。透過地面控制點的大地坐標位置，攝影機的外部參數$(f,\alpha,\beta,\gamma,x_c,y_c,z_c)$可使用最小平方近似法搭配牛頓法(Newton-Raphson method)進行疊代運算求解，式(2.1.6)可改寫成隱函數型態：

$$\begin{cases} F(f,\alpha,\beta,\gamma,x_c,y_c,z_c) = q\lambda_u(u-u_0) - fo = 0 \\ G(f,\alpha,\beta,\gamma,x_c,y_c,z_c) = q\lambda_v(v-v_0) - fp = 0 \end{cases} \tag{2.3.1}$$

其中：

$$\begin{cases} q = m_{31}(x-x_c) + m_{32}(y-y_c) + m_{33}(z-z_c) \\ o = m_{11}(x-x_c) + m_{12}(y-y_c) + m_{13}(z-z_c) \\ p = m_{21}(x-x_c) + m_{22}(y-y_c) + m_{23}(z-z_c) \end{cases} \tag{2.3.2}$$

式(2.3.1)以泰勒展開式展開並保留一次項，可得到線性化公式：

$$\begin{cases} F + \frac{\partial F}{\partial f}df + \frac{\partial F}{\partial \alpha}d\alpha + \frac{\partial F}{\partial \beta}d\beta + \frac{\partial F}{\partial \gamma}d\gamma + \frac{\partial F}{\partial x_c}dx_c + \frac{\partial F}{\partial y_c}dy_c + \frac{\partial F}{\partial z_c}dz_c = 0 \\ G + \frac{\partial G}{\partial f}df + \frac{\partial G}{\partial \alpha}d\alpha + \frac{\partial G}{\partial \beta}d\beta + \frac{\partial G}{\partial \gamma}d\gamma + \frac{\partial G}{\partial x_c}dx_c + \frac{\partial G}{\partial y_c}dy_c + \frac{\partial G}{\partial z_c}dz_c = 0 \end{cases} \tag{2.3.3}$$

每一個控制點可以提供一組已知的大地坐標(x_k,y_k,z_k)以及影像坐標點(u_k,v_k)，因此式(2.3.3)可改寫成：

$$\begin{cases} b_k^{11}df + b_k^{12}d\alpha + b_k^{13}d\beta + b_k^{14}d\gamma + b_k^{15}dx_c + b_k^{16}dy_c + b_k^{17}dz_c = -F_k,\ k = 1,\cdots K \\ b_k^{21}df + b_k^{22}d\alpha + b_k^{23}d\beta + b_k^{24}d\gamma + b_k^{25}dx_c + b_k^{26}dy_c + b_k^{27}dz_c = -G_k,\ k = 1,\cdots K \end{cases}$$

(2.3.4)

其中 K 為控制點的數目，而式(2.3.4)中的偏導數係數如下所示：

$$\Delta x_k = x_k - x_c,\quad \Delta y_k = y_k - y_c,\quad \Delta z_k = z_k - z_c \tag{2.3.5}$$

$$\Delta u_k = \lambda_u (u_k - u_0),\quad \Delta v_k = \lambda_v (v_k - v_0) \tag{2.3.6}$$

$$q_k = m_{31}\Delta x_k + m_{32}\Delta y_k + m_{33}\Delta z_k \tag{2.3.7}$$

$$o_k = m_{11}\Delta x_k + m_{12}\Delta y_k + m_{13}\Delta z_k \tag{2.3.8}$$

$$p_k = m_{21}\Delta x_k + m_{22}\Delta y_k + m_{23}\Delta z_k \tag{2.3.9}$$

$$b_k^{11} = \frac{\partial F}{\partial f} = -o_k \tag{2.3.10}$$

$$b_k^{12} = \frac{\partial F}{\partial \alpha} = \Delta u_k[-m_{21}\Delta x_k - m_{22}\Delta y_k - m_{23}\Delta z_k] \tag{2.3.11}$$

$$\begin{aligned} b_k^{13} = \frac{\partial F}{\partial \beta} &= \Delta u_k[\cos\alpha\cos\beta\cos\gamma\Delta x_k + \cos\alpha\cos\beta\sin\gamma\Delta y_k - \cos\alpha\sin\beta\Delta z_k] \\ &\quad - f[-\sin\beta\cos\gamma\Delta x_k - \sin\beta\sin\gamma\Delta y_k - \cos\beta\Delta z_k] \end{aligned} \tag{2.3.12}$$

$$b_k^{14} = \frac{\partial F}{\partial \gamma} = \Delta u_k[-m_{32}\Delta x_k + m_{31}\Delta y_k] - f[-m_{12}\Delta x_k + m_{11}\Delta y_k] \tag{2.3.13}$$

$$b_k^{15} = \frac{\partial F}{\partial x_c} = -\Delta u_k m_{31} + f m_{11} \tag{2.3.14}$$

$$b_k^{16} = \frac{\partial F}{\partial y_c} = -\Delta u_k m_{32} + f m_{12} \tag{2.3.15}$$

$$b_k^{17} = \frac{\partial F}{\partial z_c} = -\Delta u_k m_{33} + f m_{13} \tag{2.3.16}$$

$$b_k^{21} = \frac{\partial G}{\partial f} = -p_k \tag{2.3.17}$$

$$b_k^{22} = \frac{\partial G}{\partial \alpha} = \Delta v_k[-m_{21}\Delta x_k - m_{22}\Delta y_k - m_{23}\Delta z_k] - f[m_{31}\Delta x_k + m_{32}\Delta y_k + m_{33}\Delta z_k] \tag{2.3.18}$$

$$\begin{aligned} b_k^{23} = \frac{\partial G}{\partial \beta} &= \Delta v_k[\cos\alpha\cos\beta\cos\gamma\Delta x_k + \cos\alpha\cos\beta\sin\gamma\Delta y_k - \cos\alpha\sin\beta\Delta z_k] \\ &\quad - f[\sin\alpha\cos\beta\cos\gamma\Delta x_k + \sin\alpha\cos\beta\sin\gamma\Delta y_k - \sin\alpha\sin\beta\Delta z_k] \end{aligned} \tag{2.3.19}$$

$$b_k^{24} = \frac{\partial G}{\partial \gamma} = \Delta v_k[-m_{32}\Delta x_k + m_{31}\Delta y_k] - f[-m_{22}\Delta x_k + m_{21}\Delta y_k] \tag{2.3.20}$$

$$b_k^{25} = \frac{\partial G}{\partial x_c} = -\Delta v_k m_{31} + f m_{21} \tag{2.3.21}$$

$$b_k^{26} = \frac{\partial G}{\partial y_c} = -\Delta v_k m_{32} + f m_{22} \tag{2.3.22}$$

$$b_k^{27} = \frac{\partial G}{\partial z_c} = -\Delta v_k m_{33} + f m_{23} \tag{2.3.23}$$

式(2.3.4)寫成矩陣形式為：

$$\begin{bmatrix} b_1^{11} & b_1^{12} & b_1^{13} & b_1^{14} & b_1^{15} & b_1^{16} & b_1^{17} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_k^{11} & b_k^{12} & b_k^{13} & b_k^{14} & b_k^{15} & b_k^{16} & b_k^{17} \\ b_1^{21} & b_1^{22} & b_1^{23} & b_1^{24} & b_1^{25} & b_1^{26} & b_1^{27} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_k^{21} & b_k^{22} & b_k^{23} & b_k^{24} & b_k^{25} & b_k^{26} & b_k^{27} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} df \\ d\alpha \\ d\beta \\ d\gamma \\ dx_c \\ dy_c \\ dz_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_1 \\ \cdots \\ -F_k \\ -G_1 \\ \cdots \\ -G_k \end{bmatrix} \tag{2.3.24}$$

同樣地，觀測區域中的控制點的設置需要四組以上，所以式(2.3.24)亦成為過定方程組(over-determined)，同樣可以使用最小平方近似法求得外部參數的步進量$(df, d\alpha, d\beta, d\gamma, dx_c, dy_c, dz_c)$，將步進量代回式(2.3.4)便可疊代求解攝影機的外部參數$(f, \alpha, \beta, \gamma, x_c, y_c, z_c)$直到收斂為止。參數初始值的設定需要考慮攝影機在架設時的位置以及方位，以避免初始值誤差過大而產生疊代發散的結果。值得注意的是 Holland 等人(1997)所採用之線性泰勒展開式有不少錯誤之處，如其將已知的影像坐標也

納入修正，以上公式已加以修正。

由已知的攝影機內外部參數配合式(2.1.21)以及式(2.1.22)，便能將影像像素坐標轉換為真實世界的大地坐標。由於該公式是在影像觀測範圍的景物具有相同高度之假設狀況所推算而得，因此建議選擇不具有太大高低起伏落差之區域作為觀測目標較為適宜。

2.4 應用多攝影機求解 DLT

在前述章節中以直接線性轉換的概念探討攝影機的數學模型，其中由於式(2.1.20)在單一攝影機的應用下缺乏足夠的參數，以致於需要假設量測目標物皆位於同一平面上，此假設條件限定只能應用在觀測範圍內無明顯高程建物或是不具有高度落差的區域中。然而如果能從兩台以上攝影機擷取同一觀測區域的影像，則可以補足式(2.1.20)中的條件，便可以正確地解析像素的三度空間坐標。根據直接線性轉換的定義，攝影機模型的影像坐標(u,v)為：

$$u=\frac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \tag{2.4.1}$$

$$v=\frac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \tag{2.4.2}$$

其中$L_1 \sim L_{11}$為攝影機參數，為攝影機相對於大地坐標系統的外方位角(α,β,γ)、攝影機焦距長f以及光學中心(x_c,y_c,z_c)的組合。理論上使用兩台攝影機即可求其解，式(2.1.20)在使用兩台攝影機的條件下可以表示為下列方程式：

$$\begin{bmatrix} L_1^L-L_9^Lu_L & L_2^L-L_{10}^Lu_L & L_3^L-L_{11}^Lu_L \\ L_5^L-L_9^Lv_L & L_6^L-L_{10}^Lv_L & L_7^L-L_{11}^Lv_L \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} u_L-L_4^L \\ v_L-L_8^L \end{bmatrix} \tag{2.4.3}$$

$$\begin{bmatrix} L_1^R-L_9^Ru_R & L_2^R-L_{10}^Ru_R & L_3^R-L_{11}^Ru_R \\ L_5^R-L_9^Rv_R & L_6^R-L_{10}^Rv_R & L_7^R-L_{11}^Rv_R \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} u_R-L_4^R \\ v_R-L_8^R \end{bmatrix} \tag{2.4.4}$$

將上述兩式合併並化成矩陣形式如下所示：

$$\begin{bmatrix} L_1^L - L_9^L u_L & L_2^L - L_{10}^L u_L & L_3^L - L_{11}^L u_L \\ L_5^L - L_9^L v_L & L_6^L - L_{10}^L v_L & L_7^L - L_{11}^L v_L \\ L_1^R - L_9^R u_L & L_2^R - L_{10}^R u_L & L_3^R - L_{11}^R u_L \\ L_5^R - L_9^R v_L & L_6^R - L_{10}^R v_L & L_7^R - L_{11}^R v_L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_L - L_4^L \\ v_L - L_8^L \\ u_R - L_4^R \\ v_R - L_8^R \end{bmatrix} \tag{2.4.5}$$

其中標記L代表位於左方之攝影機，標記R代表位於右方之攝影機。由此可知，只要知道兩台攝影機個別的攝影機參數$L_1 \sim L_{11}$，可使式(2.4.5)成為過定方程組，即可使用最小平方近似法求得影像像素在大地坐標系統下之空間位置。

第三章　高雄西子灣海域近岸波流場影像觀測

近岸波浪與波浪碎波後衍生之流場為漂砂傳動之主要動力，其中斜向入射波浪碎波後，在碎波帶附近因輻射應力作用產生水位波揚與波降，由水位高低產生之水流，其流動方向分量與海岸線平行者稱為沿岸流(longshore current)，而由海岸附近流出外海者稱為離岸流(rip current)。早期有關波與流之監測調查工作常以定點式波流觀測儀器進行調查，為此僅能獲取單點資料，無法獲得近岸波浪傳遞平面分佈資訊，且在碎波帶至沖刷區間，由於波浪碎波常伴隨大量氣泡，且沖刷區內之水體又較薄，除現場觀測儀器架設困難外，觀測資料亦易受氣泡與薄層帶波動影響。另由浮標追蹤方式進行流之調查雖可獲取平面流場資訊，海岸漂砂變動最大時，卻是在較惡劣海象期間發生，其測量工作需較大的經濟成本及人力資源。因此，本計畫茲於西子灣可轉向影像觀測系統略南側(同中山大學海工館頂樓)之單向影像觀測系統(於 2009 年 9 月設置)，專司西子灣海域近岸波流場影像觀測，並依據觀測資料從事近岸波浪傳遞與波流影像分析開發與研究作業。

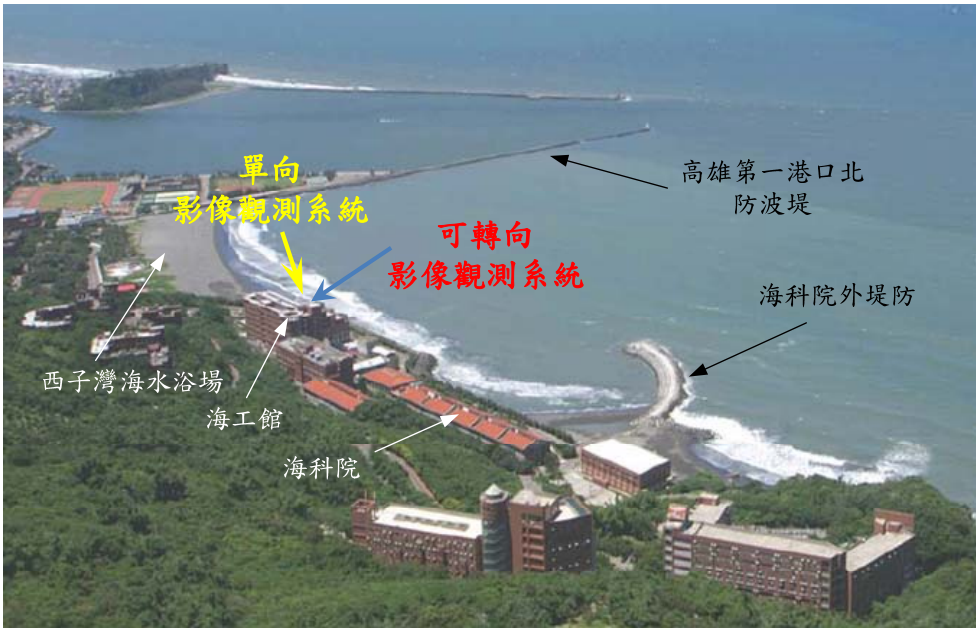


圖 3.1　西子灣單向影像觀測系統位置示意圖

3.1 西子灣單向影像觀測系統

近岸波流場影像分析時，需藉助波峰或波谷線及碎波後海表面白沫氣泡漂流情形，配合動態輪廓追蹤模式與像素時序列分析模組等影像分析學理進行波流分析。為獲取較清晰與銳化之海表面影像資訊，西子灣單向影像觀測系統採較高解析之 FL2-14S3C 1/2″ CCD IEEE1394b 數位攝影機(其主要規格如表 3.1.1 所示)，以 10Hz 擷取速度、每張影像為 1280(pixel)x960(pixel)影像解析度，連續 10 分鐘拍攝中山大學海工館至高雄港第一港口北防波堤間海域影像。其中，影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機機箱)與影像拍攝示意視野，如圖 3.1.1 所示，影像觀測系統程式執行流程如圖 2.1.2 所示。

表 3.1.1　FL2-14S3C 數位攝影機規格表

型號	**FL2-14S3C**
影像感測器	1/2″ **CCD**
最大影像解析度	1392×1032
像素大小	$4.65\mu m \times 4.65\mu m$
影像及控制介面	**IEEE 1394b**
同步	**外部觸發或軟體觸發**
電源	**DC 8~32V**
功率	**2.5W**
尺寸(mm)	29×29×30 **mm**
搭配鏡頭焦距	**F = 6mm**

圖 3.1.1　影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機機箱)

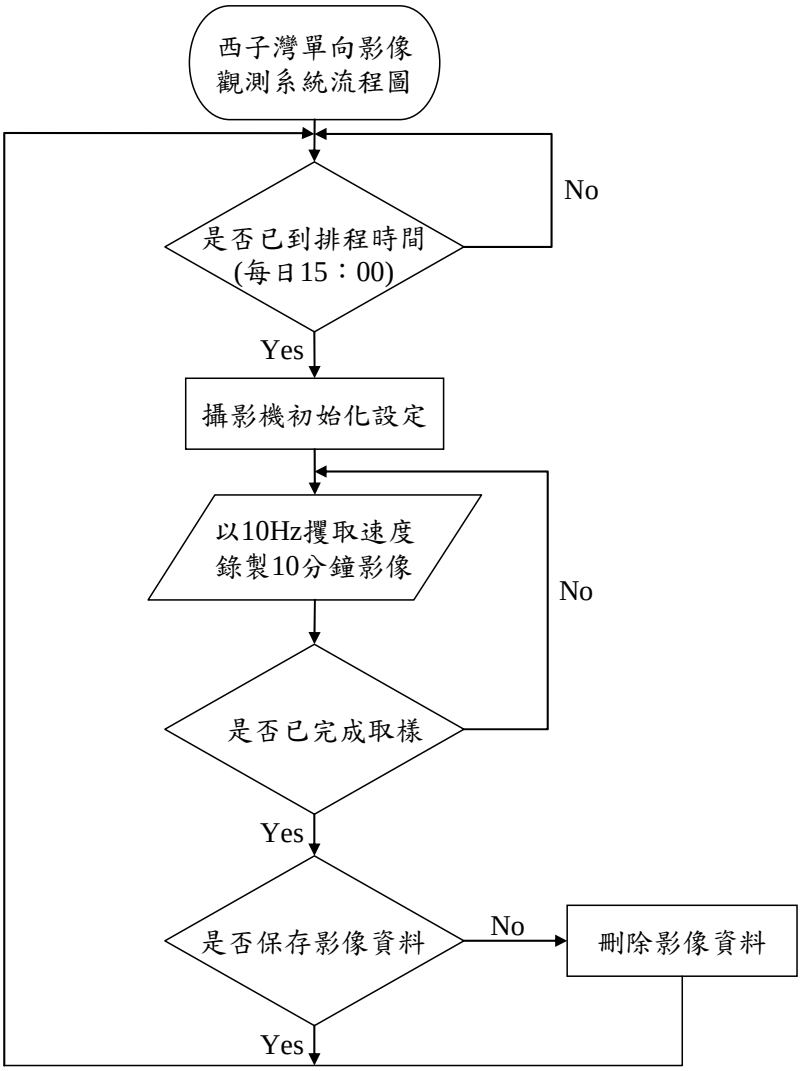


圖 3.1.2　西子灣單向影像觀測系統程式執行流程圖

西子灣單向影像觀測系統之攝影機內部參數校正與鏡頭徑向扭曲係數檢定，以棋盤格校正板進行檢定，有關攝影機內部參數校正與鏡頭徑向扭曲係數檢定結果整理於表 3.1.2，而重建影像時，其解析採 2cm/pixel。

以供後續應用參考。

表 3.1.2　FL2-14S3C 數位攝影機內部參數檢定結果表

攝影機參數	棋盤格校正板
鏡頭焦距	1280 (pixel)
u_0	511.5
v_0	383.5
k_1	-9.4931×10^{-8}
k_2	0.019492
λ_u	1.0306

圖 3.1.3 為西子灣單向攝影機原始影像與徑向扭曲校正結果影像，由原始影像資料顯示，在未進行徑向扭曲校正前，高雄港第一港口防波堤影像呈現彎曲情形，於徑向扭曲影像校正後，防波堤校正回呈一直線。

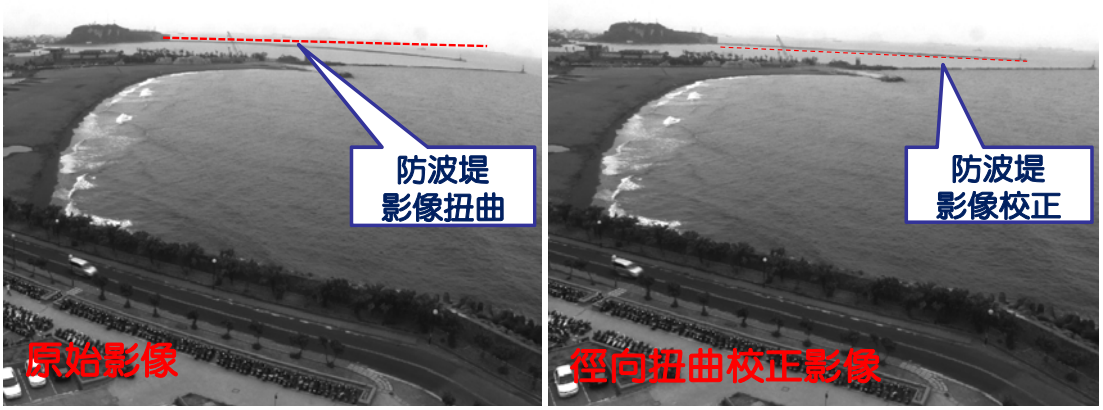


圖 3.1.3　西子灣單向攝影機原始影像(左)與徑向扭曲校正影像(右)圖

為供西子灣單向影像觀測站之外部參數求解，茲以 PENTAX 公司製造的 PCS-335 光波測距經緯儀，同第一年度計畫坐標系統與參考原

點，於攝影範圍內共計進行 13 點之地面控制點檢測作業，其檢測點位位置與結果，分別如圖 3.1.4 與表 3.1.3 所示。

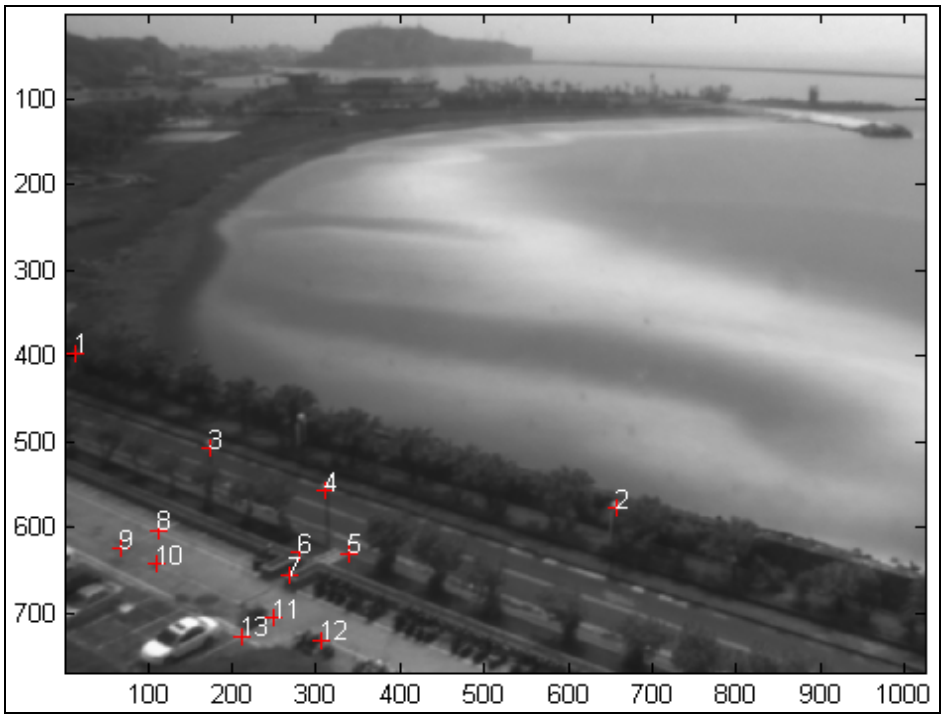


圖 3.1.4　西子灣單向影像觀測站影像及地面控制點位置分佈圖

表 3.1.3　西子灣單向影像觀測站地面控制點檢測結果

GCP	X(m)	Y(m)	Z(m)	U	V
1	105.023	9.487	28.233	14.23	396.49
2	55.565	37.513	28.168	658.52	577.02
3	74.469	16.431	27.835	174.97	506.99
4	64.452	21.810	28.021	310.32	557.23
5	63.161	22.779	31.818	338.12	630.12
6	63.159	19.668	31.190	280.76	628.74
7	60.538	18.122	31.161	267.37	655.19
8	71.308	11.941	31.747	111.65	602.90
9	69.751	9.330	31.829	68.03	624.18
10	66.284	11.152	31.836	109.29	642.63
11	56.956	16.485	31.770	249.82	704.74
12	53.834	18.271	31.718	305.66	730.54
13	55.631	14.254	31.757	211.30	726.22

3.2 近岸流影像分析

3.2.1 近岸流影像分析方法

依往昔近岸流場影像分析研究，Holland 等人(2001)曾以高解析攝影機配合質點影像流速分析技術(particle image velocimetry techniques)，分析現場沖刷帶平面流速分佈情形，為此方法應用於連續長時間之流速分析時，需耗費甚多時間於影像互相關係比對計算。Chickadel 等人(2003)與 Cohen 等人(2004)利用高解析 CCD 攝影機所攝之沖刷帶海表面序列影像，將海表面影像轉成速度譜後，分析沿岸流剖面資料；另郭與簡(2009)沿用 Chickadel 等人(2003)分析方法，於台南市黃金海岸從事沿岸流影像監測分析亦獲得不錯效果。

基於 Chickadel 等人(2003)所提近岸流影像分析方法運算速度較快，且可依興趣位置畫定像素時序列再進行分析。因此，本計畫波流分析依據 Chickadel 等人(2003)所提方法，將各分析像素時時間序列影像，擇取影像分析長度至少 32sec(依據 Chickadel 等人(2003)研究結果，影像分析長度大於 32 sec 之流速分析結果偏差較小)，依式(3.2.1)與式(3.2.2)計算其波數頻率譜(frequency-wavenumber spectrum)。

$$I\left(f\,,k_y\,;x\right)=\iint I\left(t,y\,;x\right)\times e^{-i2\pi ft}e^{-i2\pi k_y y}dtdy \tag{3.2.1}$$

式中係數函數 I 為影像亮度，f 為頻率，t 為時間，x 為向離岸位置，y 為沿岸位置，k_y 為沿岸方向之週波數。

$$S\left(f,k_y\right)=\hat{I}(t,y)\hat{I}(t,y)^* \tag{3.2.2}$$

式中符號*為共軛複數(complex conjugate) 。

為獲取平均流速，茲將 $S(f,k_y)$利用 $v=f/k_y$，將頻譜從波數-頻率域映射轉換為速度-頻率域，如式(3.2.3)所示。

$$\iint S(f, k_y)\,df\,dk_y = \iint S(v, k_y)\,|k|\,dv\,dk_y \tag{3.2.3}$$

式中$|k|$為 Jacobian 行列式，v 為速度，$S(v, k_y)$為速度-波數譜。圖 3.2.1 為沿岸流影像之速度-波數譜圖例。

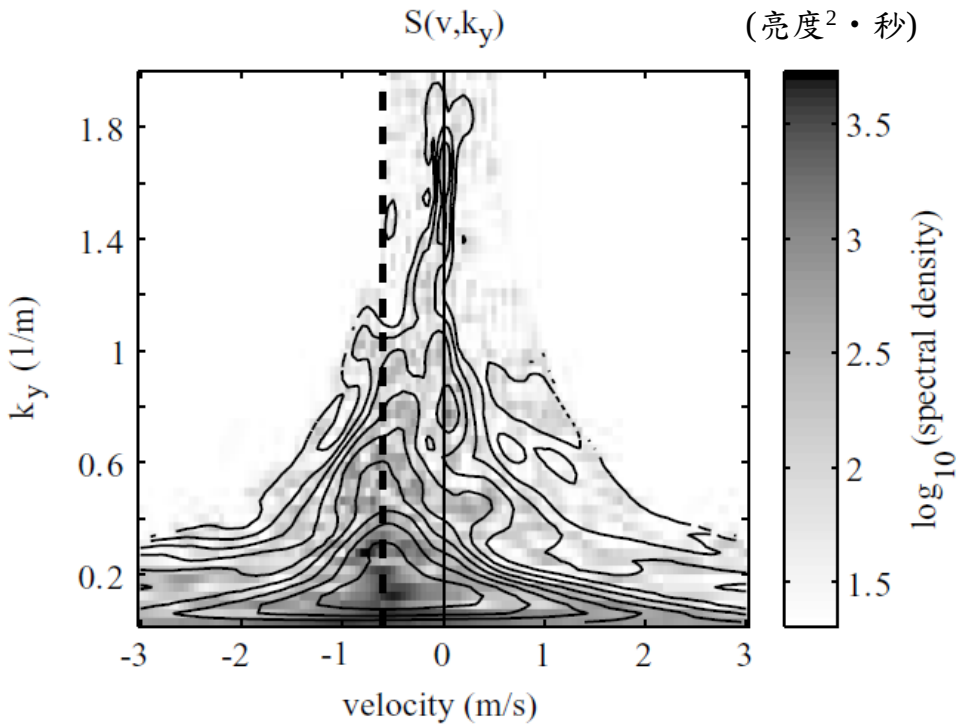


圖 3.2.1　沿岸流影像之速度-波數譜圖例(Chickadel 等人，2003)

再就式(3.2.3)對週波數 k_y 進行積分，以獲得 $S(v)$為速度譜，如式(3.2.4)所示。圖 3.2.2 為沿岸流影像之速度譜圖例。

$$S(v) = \int_{k_{\min}}^{k_y} S(v, k_y)\,dk_y \tag{3.2.4}$$

式中 $k_{\min}$ 為最小週波數(約 $1/2L$，L 為影像分析斷面空間長度)，可用以決定濾除波浪波速影響。

最後，沿岸流速度擇取速度譜中，譜峰對應之速度代表。

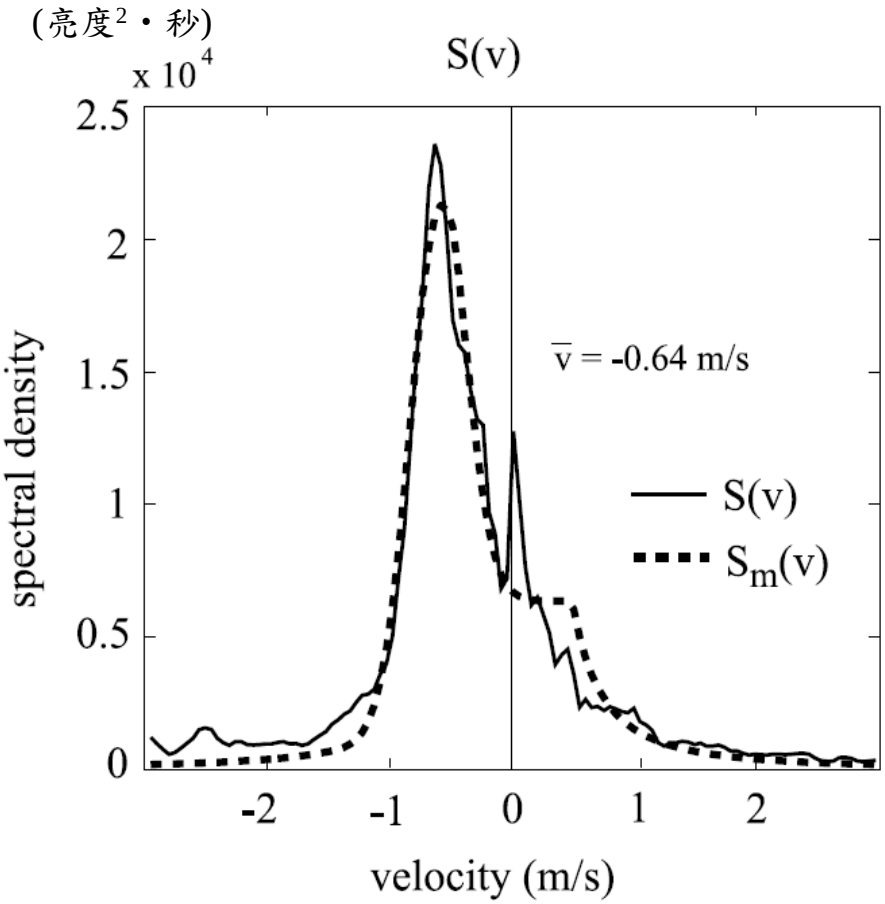


圖 3.2.2　沿岸流影像之速度譜圖例(Chickadel 等人，2003)

3.2.2 近岸流影像分析方法驗核

為瞭解前述近岸流影像分析方法之可行性，本計畫茲於成功大學水利及海洋工程學系河工試驗場渠道水槽(水槽全長 6m、寬 0.3m、高 0.4m)進行影像流速檢測作業，並於 2012 年 9 月 14 日於現場拋放浮標進行流速比對。

1. 近岸流影像分析方法驗核(水工試驗)

本計畫茲於成功大學水利及海洋工程學系河工試驗場渠道水槽(水槽全長 6m、寬 0.3m、高 0.4m)進行影像流速檢測作業。試驗時，採定流量渠流進行試驗，並於水槽上方架設 CCD 攝影機以 25Hz 影像擷取速度，錄製水表面流動影像，其中為增加水表面流動之影像資訊，茲於渠道上游自由拋放保麗龍球漂流。另於水表面流動影像

攝影區設置 NORTEK ADV 流速儀(可量測介於±3～±250cm/sec 間之流速，量測解析度為 0.01cm/sec，量測誤差為±0.5%)，以 25Hz 擷取速度同步進行流速檢測作業。其中，儀器佈置與試驗情形，如圖 3.2.3~圖 3.2.5 所示。

圖 3.2.3　渠道流速影像試驗攝影儀器與佈置情形

圖 3.2.4　渠道流速影像試驗校正板

圖 3.2.5　渠道流速檢測情形

渠道流速試驗影像資料，依 DLT 攝影機模型理論，進行影像幾何校正、影像與實際物理坐標轉換與影像重建程序後，於 NORTEK ADV 流速儀監測位置，沿渠道斷面選取 50cm 長度之影像分析斷面，如圖 3.2.6 所示，再參照 Aagaard 與 Holm(1989)之時間歷程影像斷面觀念，製做時間歷程影像，如圖 3.2.7 所示。最後，流速分析斷面時間歷程影像，依 Chickadel 等人(2003)所提之流速影像分析方法進行流速分析。

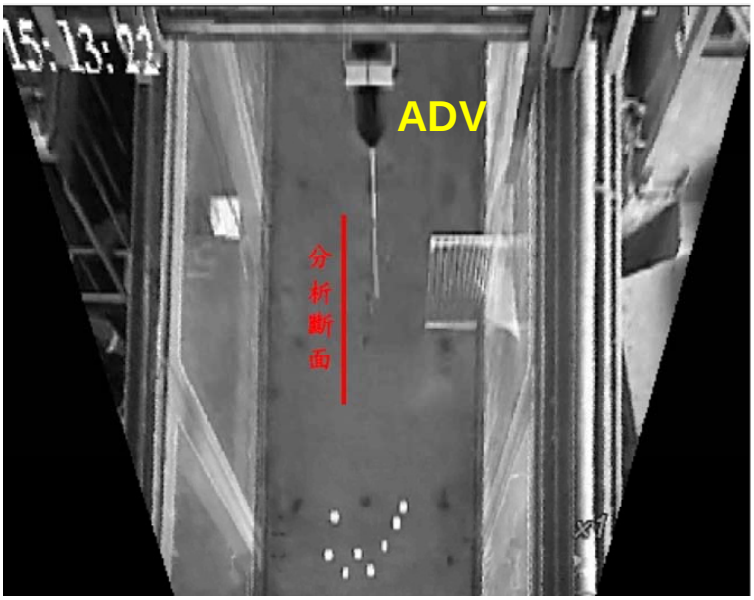


圖 3.2.6　渠道流速試驗校正影像與流速分析斷面位置圖

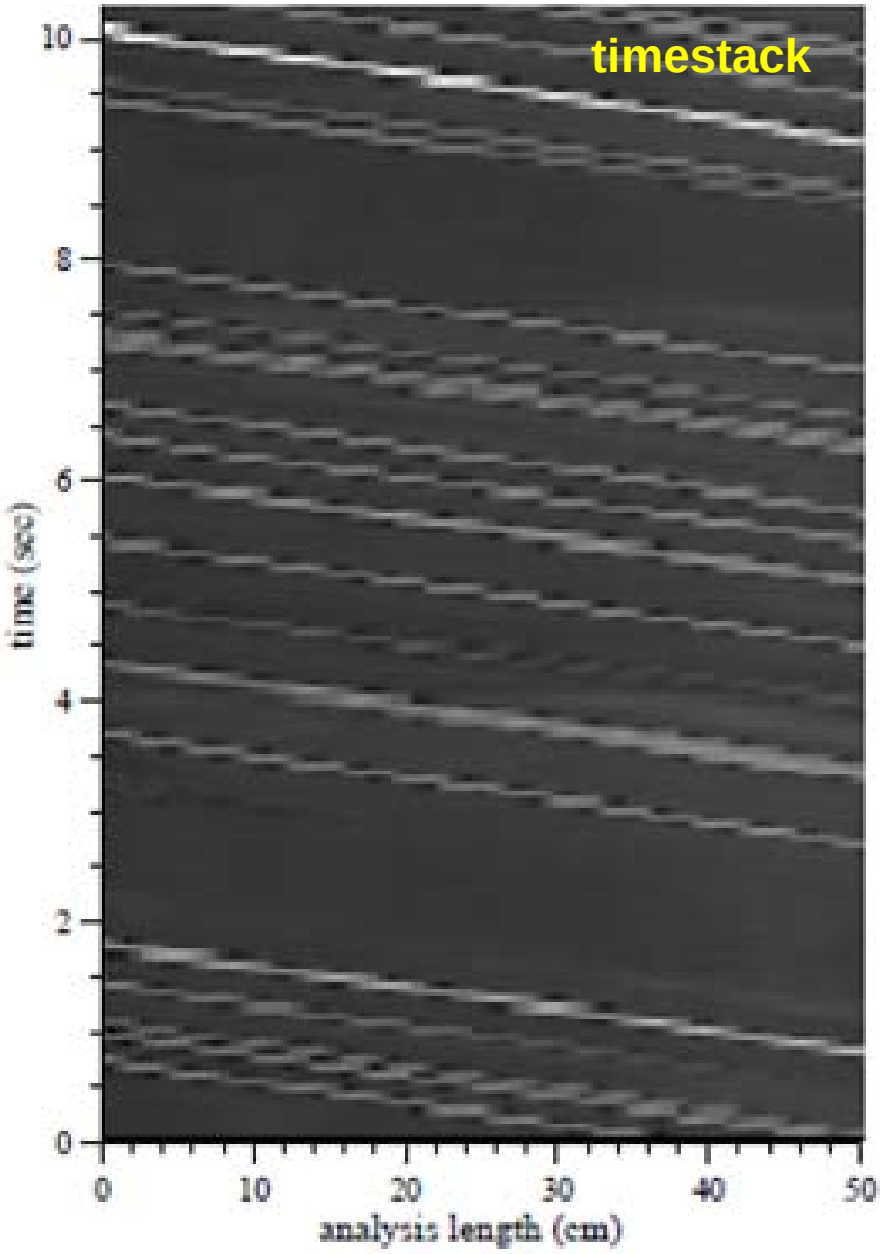


圖 3.2.7　流速分析斷面時間歷程影像圖

圖 3.2.8 與圖 3.2.9 分別為渠道流速試驗期間 NORTEK ADV 流速檢測歷程與流速分析影像斷面流速頻譜圖。根據分析結果，流速分析斷面時間歷程影像，依 Chickadel 等人(2003)所提之流速影像分析方法，分析獲得之平均流速為 0.42m/sec，而由 NORTEK ADV 流速儀所檢測者，其平均流速為 0.44m/sec，顯示以前述影像流速分析

方法進行流速分析，其分析結果應可信賴。

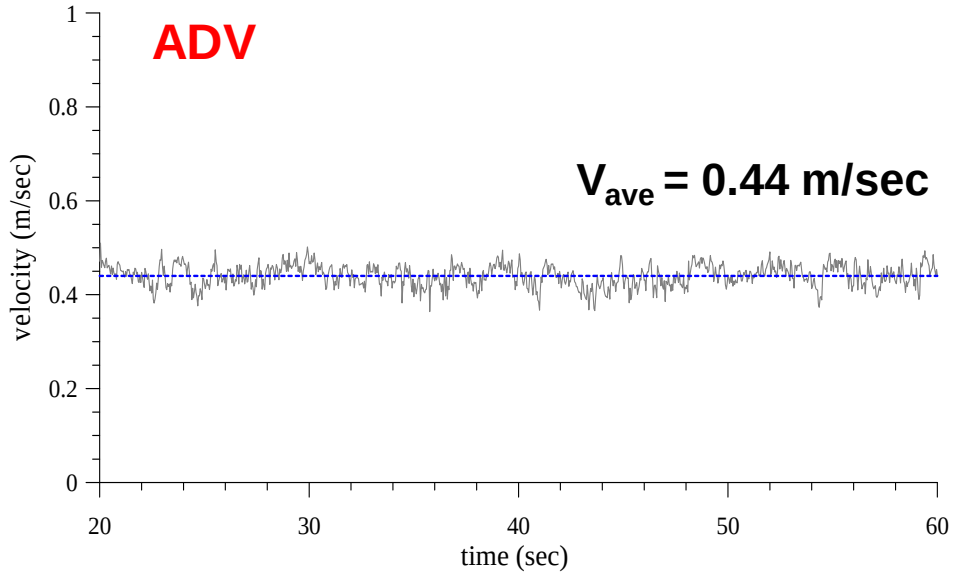


圖 3.2.8　試驗期間 NORTEK ADV 流速檢測歷程圖

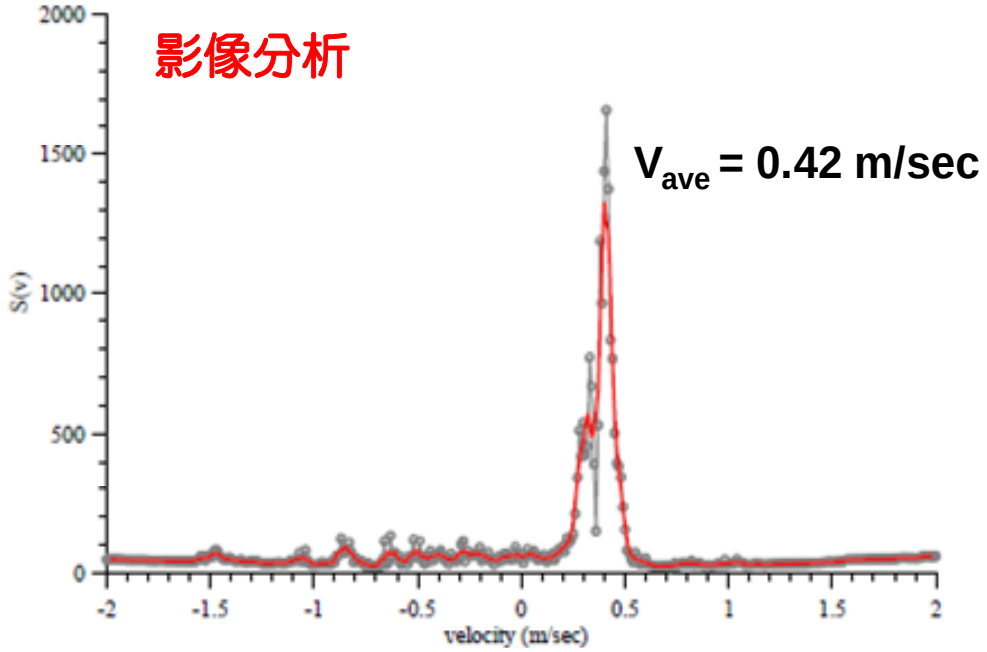


圖 3.2.9　流速分析影像斷面流速頻譜圖

2. 近岸流影像分析方法驗核(現場試驗)

為瞭解近岸流影像分析方法應用於現場之可行性，規劃於西子灣海域進行近岸浮標追蹤調查作業，同時以近岸流影像分析資料進行比對。其中，近岸浮標追蹤調查係利用平均定位精度約 2 公尺之 GPS 定位系統安置於浮標上(資料紀錄速度設定為每秒觀測一筆台灣二度分帶 97 系統坐標資料)，於碎波帶內拋放漂流浮標，記錄漂流浮標流動軌跡，直至漂流浮標擱淺再回收。以下茲就現場試驗過程與結果說明。

圖 3.2.10　GPS 定位系統例照

圖 3.2.11 浮標追蹤施放例照

(1) 現場試驗過程

本計畫近岸進行浮標追蹤調查作業，係於 2012 年 9 月 14 日在西子灣海域進行調查作業，其中浮標施放時段記錄如表 3.2.1 所示，而浮標漂流軌跡如圖 3.2.12。

表 3.2.1　浮標施放時段記錄表(2012 年 9 月 14 日)

測次	觀測時間	測次	觀測時間
1	11:29~11:31	9	12:21~12:24
2	11:34~11:36	10	12:31~12:34
3	11:42~11:44	11	12:40~12:42
4	11:49~11:52	12	12:45~12:48
5	11:57~12:00	13	12:53~12:56
6	12:03~12:05	14	13:00~13:03
7	12:07~12:10	15	13:08~13:12
8	12:15~12:17		

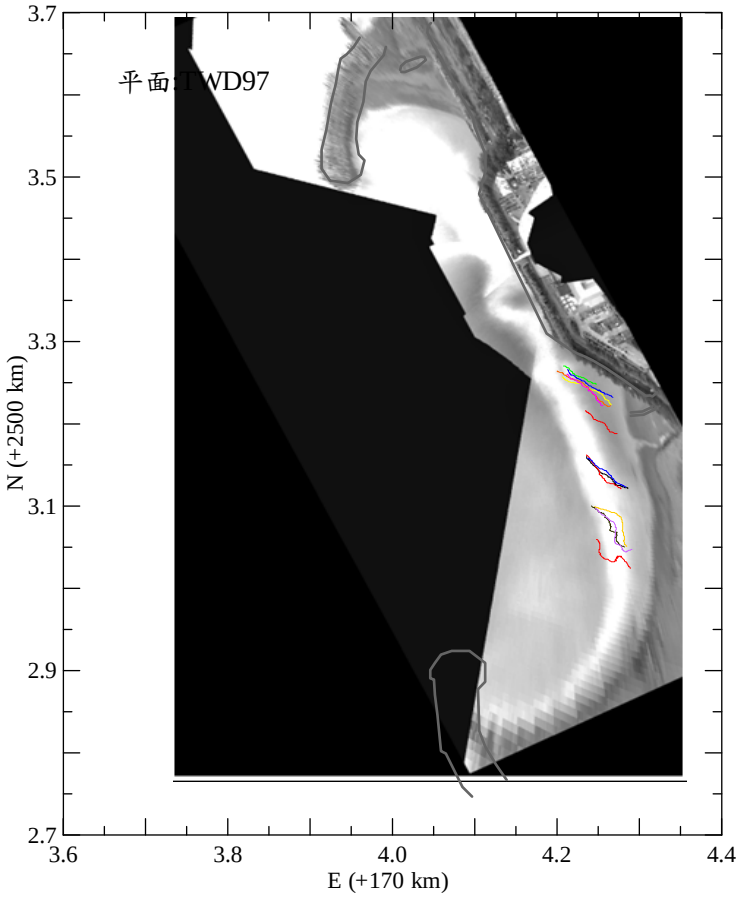


圖 3.2.12　浮標漂流軌跡圖(2012 年 9 月 14 日)

(2) 資料分析結果

茲將各測次浮標記錄軌跡距離，除以浮標運行時間換算浮標流速，並將對應各測次浮標時間之近岸流影像，依前述近岸流影像分析方法進行近岸流速分析。另外，利於比對浮標流速與影像近岸流分析結果，茲依各測次流速計算結果繪製成將影像近岸流速相對於浮標流速比值圖，如圖 3.2.13 所示。

由影像近岸流速相對於浮標流速比值資料(圖 3.2.13)顯示，以影像分析之近岸流速相對於浮標流速者有偏小情形，其中平均比值約 0.83。其原因可能係漂流浮標運行時受風力或波浪碎波之推力所造成。

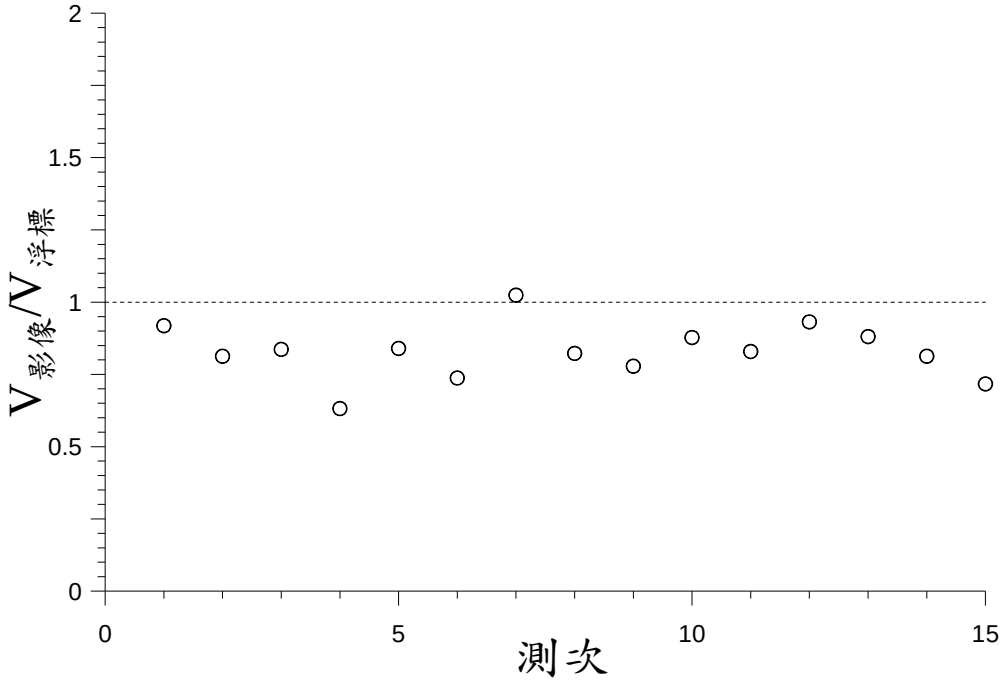


圖 3.2.13　影像近岸流速相對於浮標流速比值圖

3.2.3 西子灣近岸流影像分析

近岸流影像分析前，先依據所錄製連續 10 分鐘(10Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於碎波至沖刷帶區中設置分析位置點，並於分析位置點處，劃定平行海岸線之沿岸流影像分析斷面與垂直海岸線之向離岸流影像分

析斷面，沿海岸線至少每隔約 20m 取乙處位址，每個位址離岸至少每隔約 20m 取一組影像分析斷面，其中，近岸流分析斷面長度採 20m。以下茲就各年度近岸流影像分析結果說明。

一、99 年度近岸流影像分析

近岸流影像分析作業，考量攝影期間之影像品質(如清析度與風雨影響)及可獲取較明顯之近岸流特性，擇取 2010 年 8 月萊羅克颱風侵台前之影像觀測資料(2010 年 8 月 31 日 15 時，高雄港外海波高為 1.61m、週期為 9.76sec、入射波向為 217.53˚)為例，進行西子灣近岸流影像分析，其中萊羅克颱風行進路徑與西子灣單向攝影機影像如圖 3.2.14 與圖 3.2.15 所示。

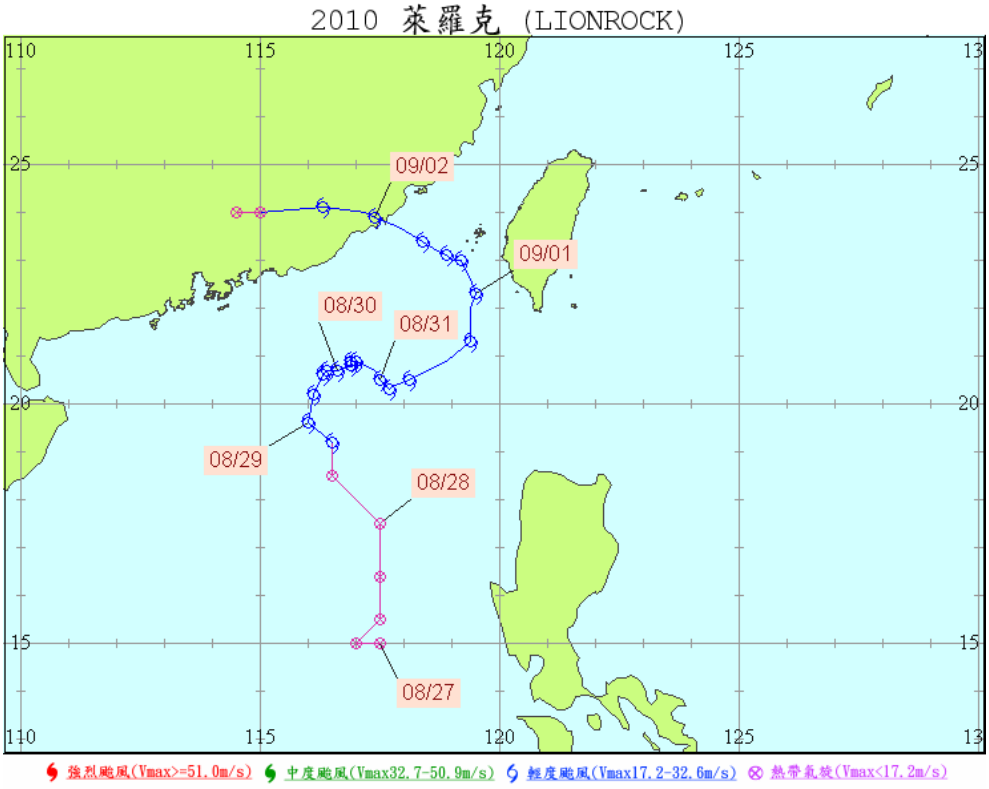


圖 3.2.14　2010 年 8 月萊羅克颱風行進路徑圖(資料來源：中央氣象局)

近岸流影像分析前，先依據 2010 年 8 月 31 日 15 時所錄製連續 10 分鐘(10Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於碎波至沖刷帶區中(如圖 3.2.15 之白色亮

帶)，劃定流速分析剖面(如圖 3.2.16 標示之 Sec. X)。

圖 3.2.15　西子灣單向攝影機影像(2010 年 8 月 31 日 15 時)

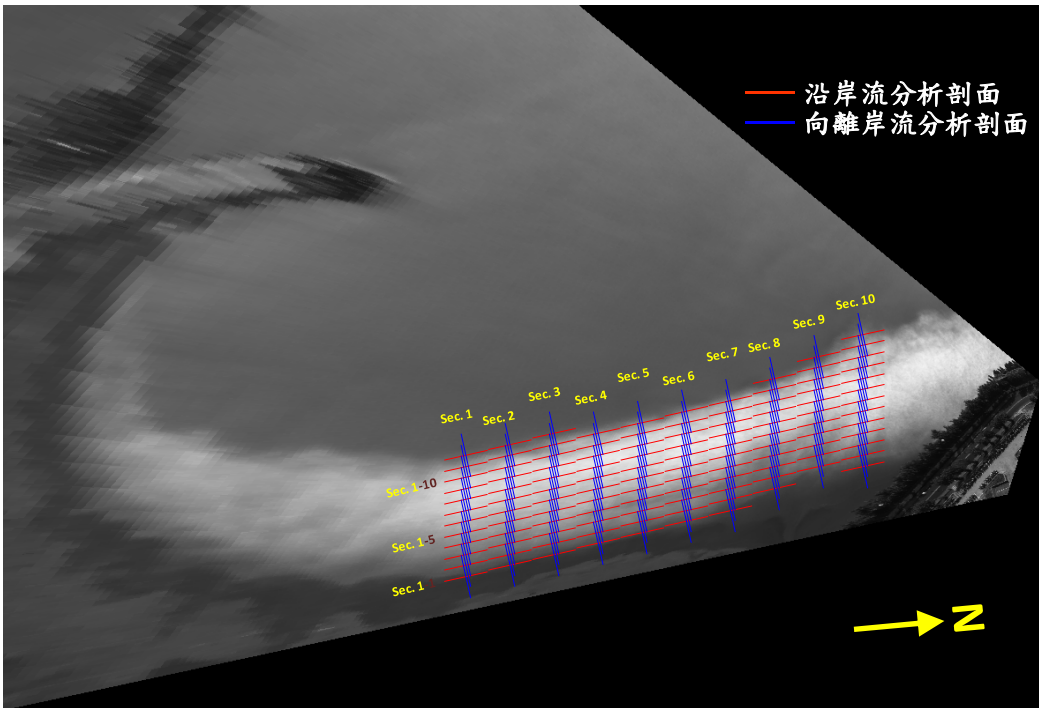


圖 3.2.16　西子灣近岸流影像分析斷面位置圖

根據前述劃定之沿岸流與向離岸流影像分析斷面位置，依 3.2.1 節方法計算流速。其中，時間歷程影像流速分析歷程如圖 3.2.17 所示，10 處沿岸流與向離岸流分析剖面之平均流速結果如表 3.2.1 所示，另為利於瞭解西子灣近岸流平面分佈情形，茲將沿岸流與向離岸流分析結果展繪如圖 3.2.18 之流速流向平面圖。

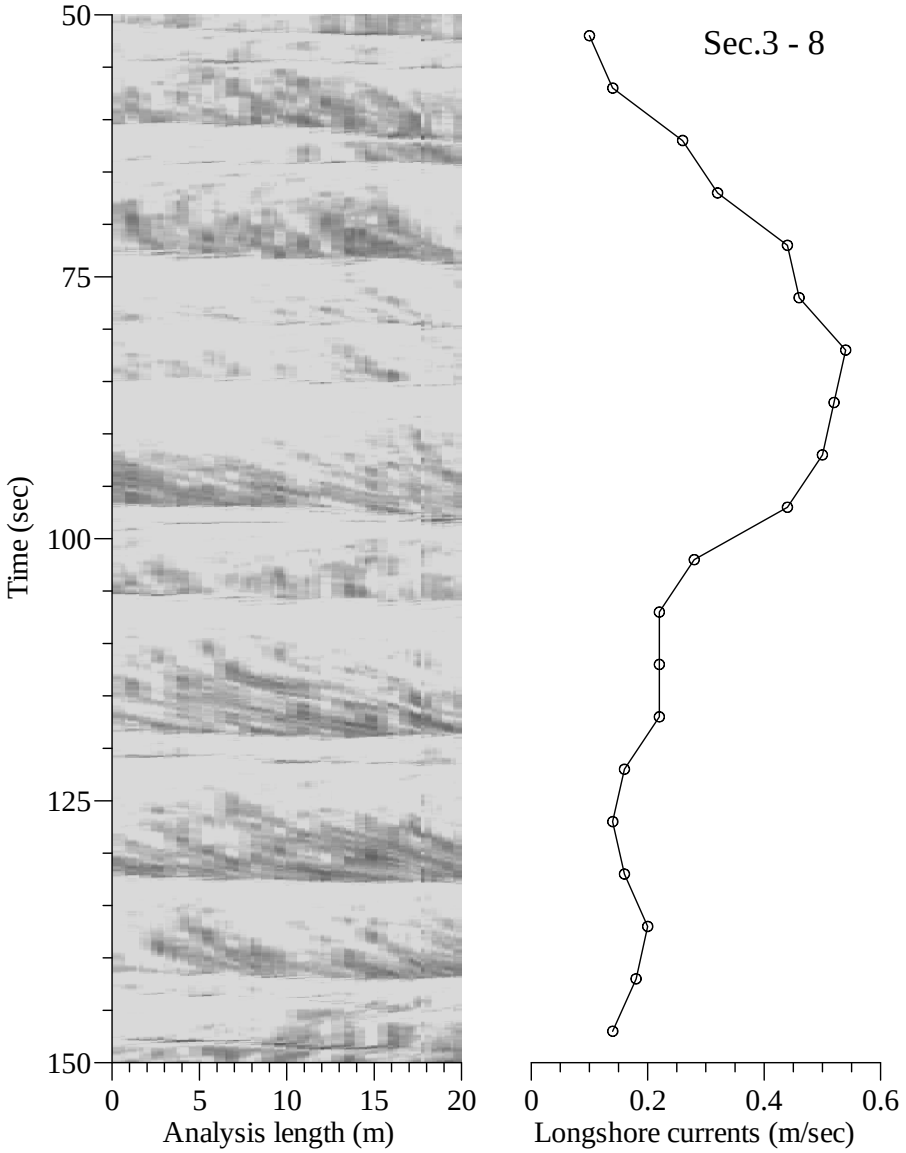


圖 3.2.17　沿岸流時間歷程影像圖(Sec.3-8 剖面)

表 3.2.1A　沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9	Sec.10
13		-0.06			0.20		0.11	0.02	0.01	0.05
12	-0.07	-0.03	-0.12	-0.03	0.13	0.08	0.17	0.00	0.04	0.05
11	-0.02	0.05	-0.01	0.02	0.23	0.05	0.22	0.07	0.16	0.09
10	0.04	0.02	0.03	0.14	0.26	0.10	0.22	0.24	0.15	0.10
9	0.02	0.03	0.14	0.09	0.26	0.10	0.27	0.26	0.25	0.16
8	-0.03	0.01	0.22	0.24	0.04	0.16	0.22	0.34	0.26	0.27
7	-0.10	-0.03	0.14	0.12	-0.03	0.09	0.16	0.29	0.26	0.26
6	-0.10	-0.16	0.13	0.08	-0.01	0.08	0.08	0.17	0.23	0.21
5	-0.12	-0.11	0.07	0.05	-0.03	0.05	0.22	0.11	0.19	0.14
4	-0.12	-0.19	-0.02	0.02	0.00	0.08	0.10	0.14	0.19	0.08
3	-0.18	-0.09	0.00	0.01	-0.02	0.14	0.18	0.25	0.23	0.01
2	-0.12	-0.09	-0.08	0.01		0.30				-0.07
1	-0.05		-0.12							-0.17

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.1B　向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9	Sec.10
13		0.05			0.07		0.06	0.05	0.06	0.04
12	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.05
11	0.04	0.03	0.06	0.06	0.02	0.06	-0.02	0.01	0.06	0.06
10	-0.00	-0.20	0.04	-0.00	-0.15	0.03	-0.07	-0.13	0.04	0.04
9	-0.24	-0.36	-0.16	-0.24	-0.25	-0.13	-0.12	-0.13	-0.13	0.01
8	-0.41	-0.44	-0.32	-0.25	-0.08	-0.19	-0.13	-0.19	-0.12	-0.06
7	-0.64	-0.50	-0.42	-0.25	-0.07	-0.08	-0.12	-0.17	-0.19	-0.21
6	-0.67	-0.64	-0.66	-0.48	-0.18	-0.13	-0.24	-0.18	-0.25	-0.25
5	-0.72	-0.58	-0.77	-0.39	-0.03	-0.34	-0.09	-0.21	-0.27	-0.39
4	-0.67	-0.33	-0.66	-0.03	-0.11	-0.30	-0.25	-0.20	-0.19	-0.49
3	-0.44	-0.19	-0.31	-0.00	-0.13	-0.36	-0.21	-0.25	-0.27	-0.41
2	-0.34	-0.14	-0.00	-0.09		-0.24				-0.30
1	-0.18		-0.20							-0.34

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

由 2010 年 8 月 31 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，沿岸流速大致以 Sec.-7~-9 區帶(即白色亮帶較亮處)為較大，其中以靠近中山大學海科院之 Sec.8-8 剖面，其平均沿岸流速為 0.34m/sec 為較大，而靠近灣岸之 Sec.2 處則較小。向離岸流速方面，於靠近灣岸之 Sec.2 處其離岸流速可達 0.77m/sec，而 Sec.5~Sec.7 等處其向離岸流速則較小。由整體之近岸流平面分佈觀之，於靠近灣岸段之近岸流，主要為往外海之離岸流主導，另其沿岸流在 Sec.1~Sec.2 等處之流向為往高雄港方向；而靠中山大學海科院附近海域段(Sec.4~Sec.10)，其近岸流主要為往海科院之沿岸流所主導，且其流場有聚集於 Sec.-7~-9 區帶(即白色亮帶較亮處)再往海科院方向流動情形。

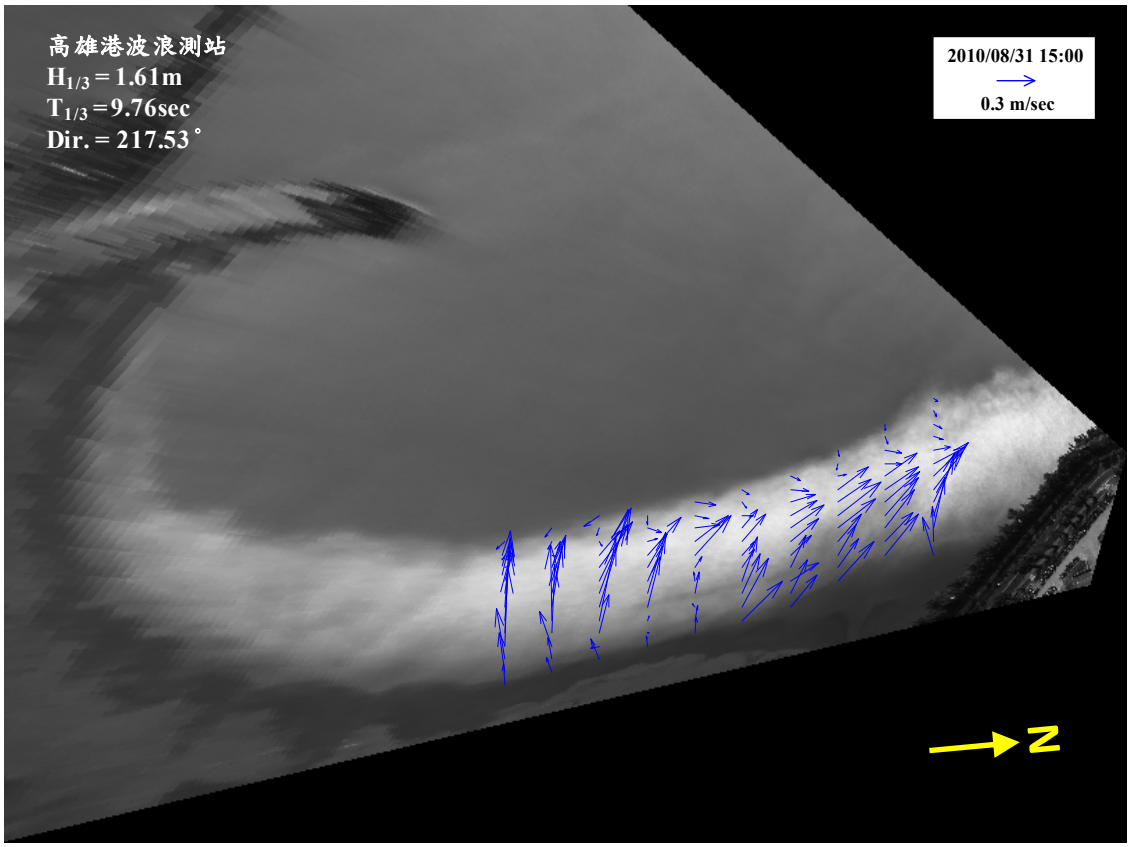
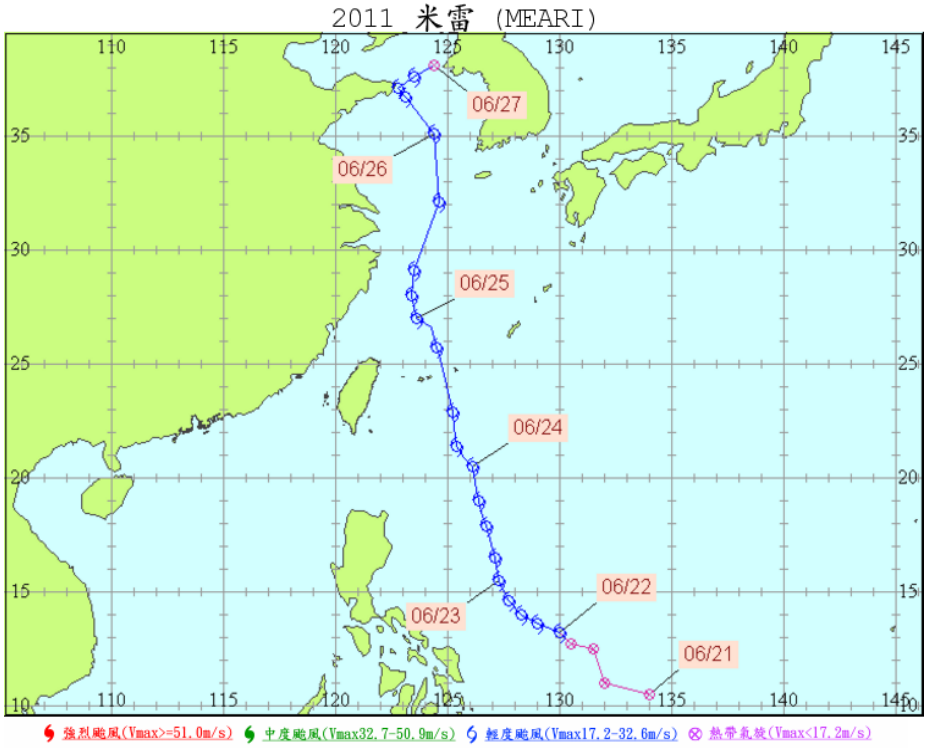


圖 3.2.18 近岸流平面分佈結果圖(2010/08/31 15:00)

二、100 年度近岸流影像分析

擇取冬季 2011 年 3 月 7 日(高雄港外海波高為 1.04m、週期為 7.9sec、入射波向為 266.9˚)與夏季 6 月 23 日米雷颱風影響期間(高雄港外海波高為 1.58m、週期為 9.66sec、入射波向為 209.9˚)之影像觀測資料為例，進行西子灣近岸流影像分析，其中米雷颱風行進路徑與西子灣單向攝影機影像如圖 3.2.19 與圖 3.2.20 所示。



（資料來源：中央氣象局）

圖 3.2.19　2011 年 6 月米雷颱風行進路徑圖

近岸流影像分析前，先依據所錄製連續 10 分鐘(10Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於碎波至沖刷帶區中設置分析位置點(如圖 3.2.21 之白色亮帶標示符號x者)，並於分析位置點處，劃定平行海岸線之沿岸流影像分析斷面與垂直海岸線之向離岸流影像分析斷面。

圖 3.2.20　西子灣單向攝影機影像(2011 年 6 月 23 日 15 時)

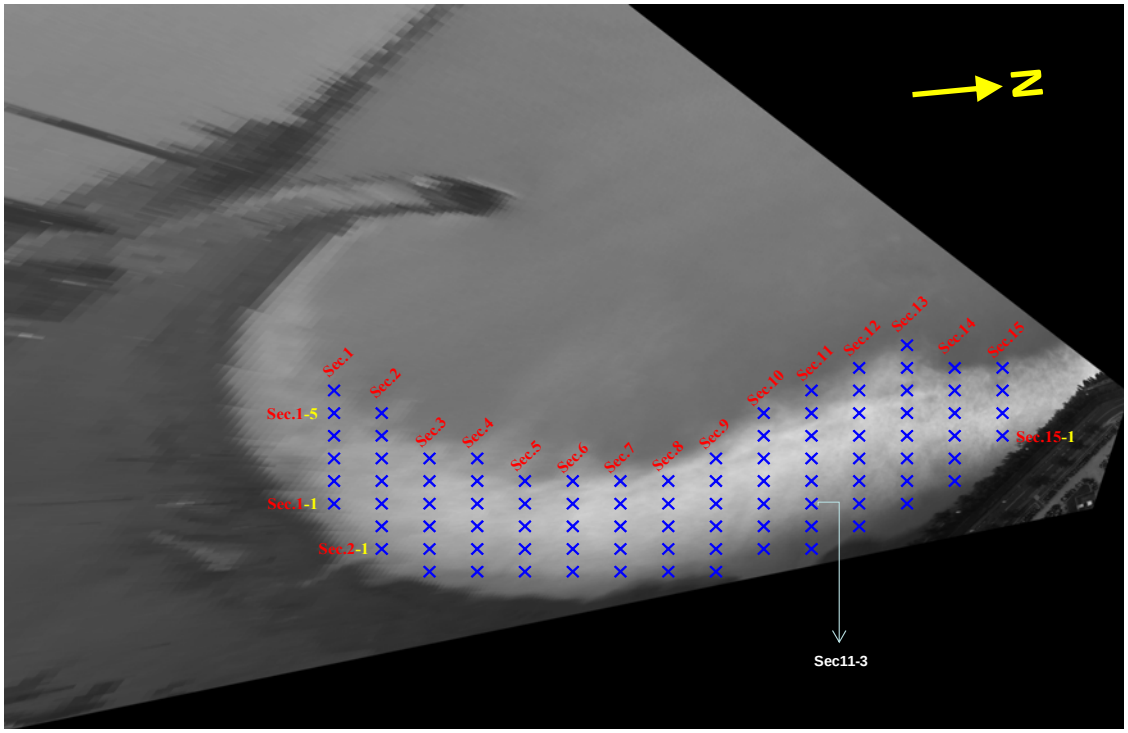


圖 3.2.21　西子灣近岸流影像分析位置圖

根據前述劃定之沿岸流與向離岸流影像分析斷面位置，依 Aagaard 與 Holm(1989)方法，製做時間歷程影像(Sec.11-3 剖面)，如圖 3.2.21 所示。再依 3.2.1 節方法計算流速。其中，時間歷程影像流速分析歷程如圖 3.2.22 之圖例所示，沿岸流與離岸流分析剖面之平均流速結果如表 3.2.2~表 3.2.5 所示。另為利於瞭解西子灣近岸流平面分佈情形，茲將沿岸流與向離岸流分析結果展繪如圖 3.2.23~圖 3.2.24 之流速流向平面圖。

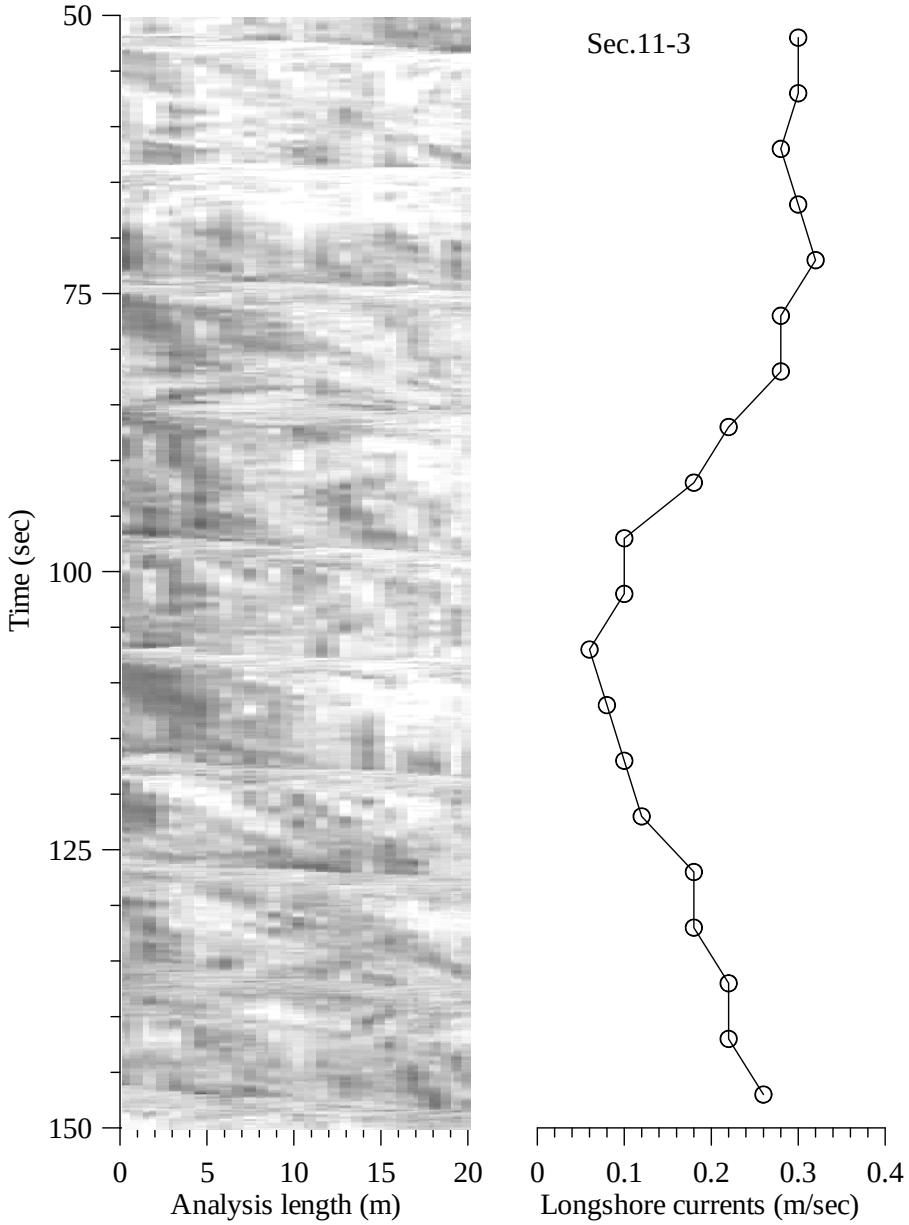


圖 3.2.22　沿岸流時間歷程影像圖(Sec.11-3 剖面)

表 3.2.2　2011/03/07 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7
6					-0.07	-0.36	
5	-0.08	-0.17	-0.17	-0.14	-0.14	-0.15	-0.11
4	-0.08	-0.13	-0.13	-0.10	-0.08	-0.07	-0.10
3	-0.07	-0.12	-0.08	-0.07	-0.06	-0.04	-0.06
2	-0.11	-0.09	-0.09	-0.08	-0.05	-0.03	-0.01
1	-0.10	-0.07	-0.06	-0.03	-0.05	-0.06	-0.08

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.2　2011/03/07 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.8	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14
6							
5	-0.15	-0.07	-0.16	-0.09	-0.05	-0.08	
4	-0.08	-0.12	-0.11	-0.11	-0.03	-0.13	
3	-0.08	-0.05	-0.08	-0.05	0.14	0.03	-0.06
2	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.04	-0.02	-0.11
1	-0.05	-0.03	-0.09	-0.10	-0.16	-0.10	-0.10

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.3　2011/03/07 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7
6					0.06	0.05	
5	0.03	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04
4	0.03	0.04	0.03	0.03	0.00	0.00	0.04
3	-0.14	-0.22	0.02	0.00	-0.24	0.01	-0.17
2	-0.12	0.01	-0.20	0.00	0.03	0.06	0.03
1	-0.05	0.04	0.03	0.04	0.07	0.05	0.02

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.3　2011/03/07 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.8	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14
6							
5	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.03	
4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	
3	0.03	0.02	-0.01	-0.14	0.02	0.05	0.05
2	-0.03	0.06	0.07	0.03	0.05	0.06	0.06
1	0.06	0.06	0.04	0.03	0.05	0.07	0.07

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.4　2011/06/23 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8
8								
7		-0.07						
6	-0.07	-0.07	-0.03	0.05				
5	-0.06	-0.08	-0.02	0.04	-0.05	-0.01	-0.01	-0.11
4	-0.06	-0.03	-0.06	-0.03	0.10	0.32	0.20	-0.01
3	-0.05	-0.06	-0.03	0.03	0.12	0.05	0.14	-0.04
2	-0.07	-0.07	-0.03	-0.06	0.03	0.04	0.07	0.14
1	-0.11	-0.07	-0.09	-0.08	0.11	0.15	-0.02	-0.02

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.4　2011/06/23 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	
8			-0.04	0.02	0.13			
7		0.13	0.10	0.15	0.02			
6	0.22	0.21	0.25	0.17	-0.05	-0.01		
5	0.29	0.27	0.18	0.02	-0.08	-0.01		
4	0.30	0.14	0.12	0.01	-0.03	-0.03	0.13	
3	0.26	0.20	0.14	0.12	-0.07	0.12	0.22	
2	0.18	-0.01	-0.04	0.00	-0.06	-0.02	0.17	
1	0.17	-0.07	-0.07	-0.13	-0.17	-0.07	0.08	

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.5　2011/06/23 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8
8								
7		0.03						
6	0.02	-0.11	0.05	0.03				
5	-0.29	-0.36	-0.05	-0.08	0.01	0.02	0.04	0.06
4	-0.22	-0.41	-0.33	-0.45	-0.26	-0.27	-0.12	0.03
3	-0.14	-0.24	-0.37	-0.41	-0.36	-0.28	-0.16	-0.24
2	-0.22	-0.08	-0.24	-0.08	-0.30	-0.10	-0.10	-0.19
1	-0.06	0.00	-0.04	-0.07	-0.10	-0.04	0.01	0.04

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.5　2011/06/23 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	
8			0.05	0.06	-0.03			
7		0.03	0.03	0.02	-0.10			
6	0.06	0.03	-0.02	-0.04	-0.03	-0.02		
5	0.03	-0.06	-0.01	0.01	-0.05	-0.22		
4	-0.21	-0.00	0.07	0.00	-0.01	-0.15	-0.08	
3	-0.14	0.07	0.08	0.06	0.06	-0.12	-0.10	
2	-0.08	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	-0.00	
1	0.05	0.01	0.07	0.05	-0.10	-0.01	-0.01	

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

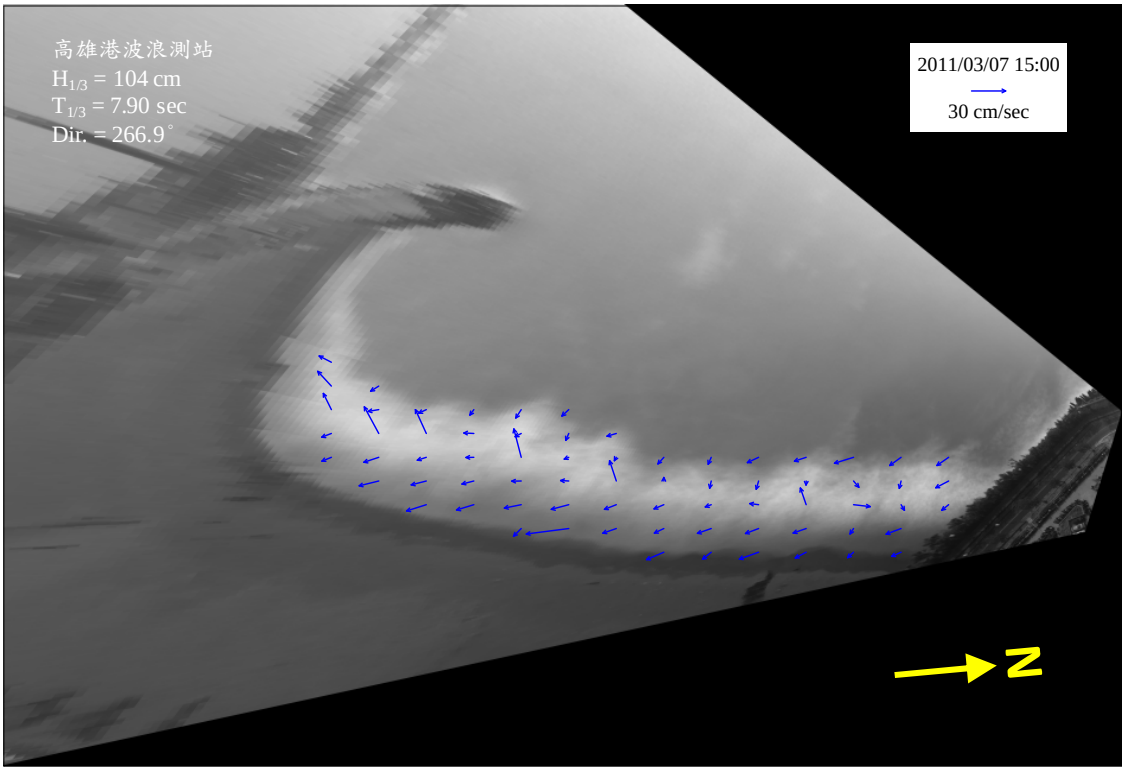


圖 3.2.23　2011/03/07 15:00 近岸流平面分佈結果圖

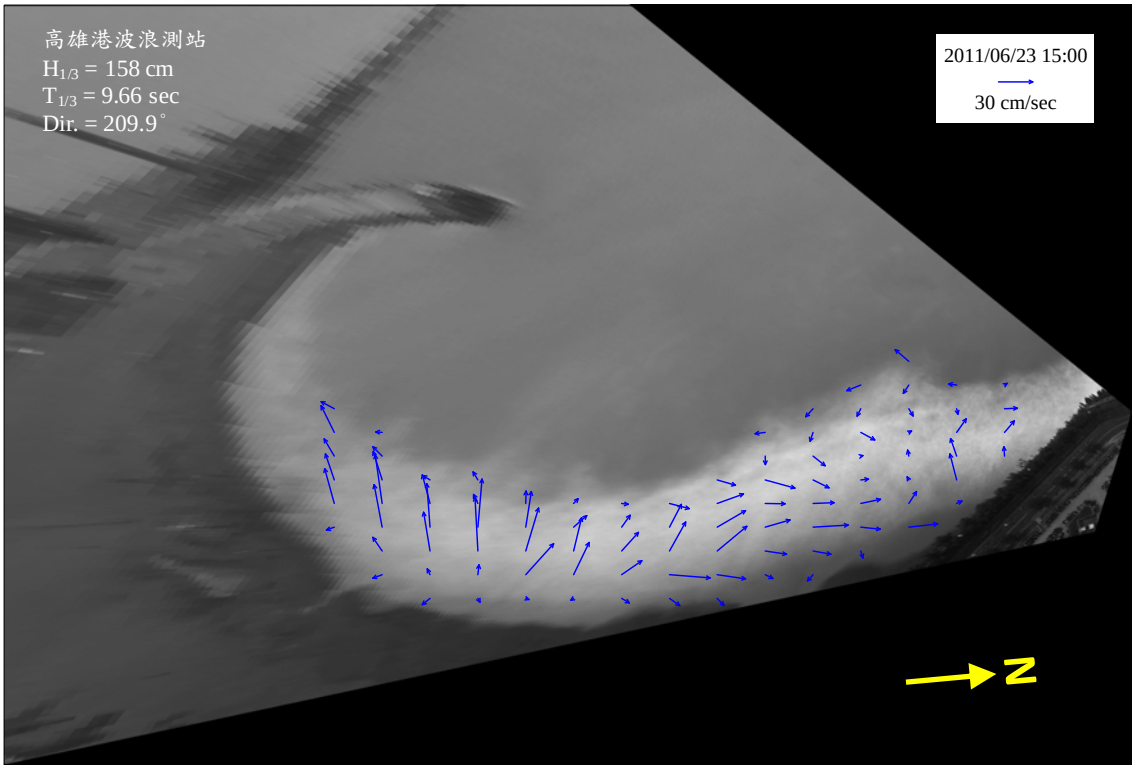


圖 3.2.24　2011/06/23 15:00 近岸流平面分佈結果圖

由 2011 年 3 月 7 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，沿岸流速大致以 Sec.7~9 區帶(即白色亮帶較亮處)為較大，其平均沿岸流速為 0.17m/sec。向離岸流速方面，於靠近灣岸之 Sec.2 處其離岸流速可達 0.22m/sec，而海科院方向等處其向離岸流速則較小。由整體之近岸流平面分佈觀之，於靠近灣岸段之近岸流，主要為往南向岸之離岸流主導；而靠中山大學海科院附近海域段(Sec.4~Sec.10)，其近岸流主要為往海科院之沿岸流所主導，且其流場有聚集於 Sec.-7~-9 區帶(即白色亮帶較亮處)再往海科院方向流動情形。

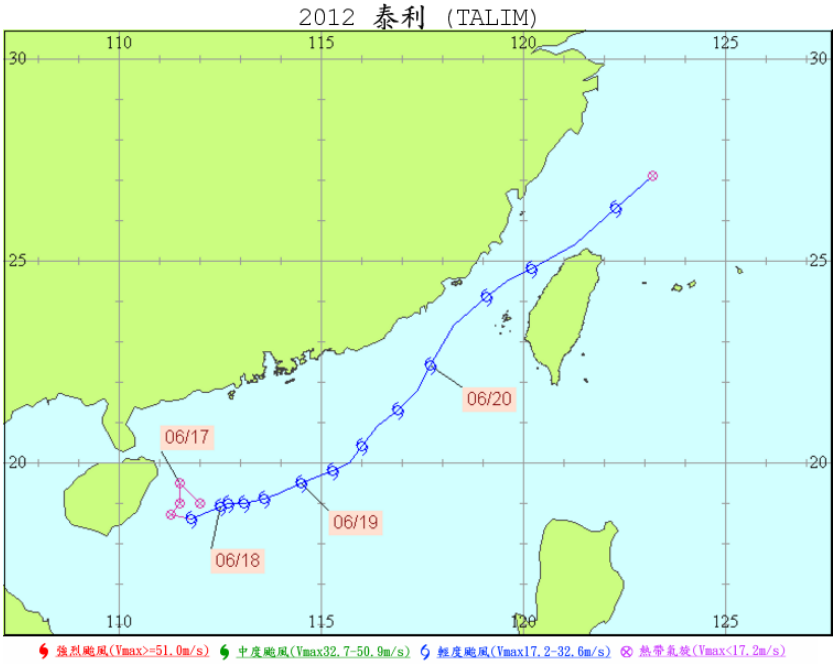
由 2011 年 6 月 23 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，沿岸流速大致以 Sec.9~11 區帶(即白色亮帶較亮處)為較大，其中往高雄港方向平均沿岸流速為 0.30m/sec 為較大，而靠近海科院方向之 Sec.12~15 處則較小。向離岸流速方面，於靠近灣岸之 Sec.1~4 處其離岸流速可達 0.45m/sec，而 Sec.10~Sec.12 等處其向離岸流速則較小。由整體之近岸流平面分佈觀之，於靠近灣岸段之近岸流，主要為往外海之離岸流主導；而靠中山大學海科院附近海域段(Sec.11~Sec.14)，有一逆時針渦流，且其流場有聚集於 Sec.-7~-9 區帶(即白色亮帶較亮處)再往海科院方向流動情形。

三、本年度近岸流影像分析

擇取冬季 2012 年 2 月 5 日(高雄港外海波高為 0.68m、週期為 7.6sec)、6 月 19 日泰利颱風影響期間(高雄港外海波高為 4m、週期為 12.4sec)與夏季 7 月 12 日(高雄港外海波高為 0.58m、週期為 5sec)之影像觀測資料為例，進行西子灣近岸流影像分析，其中泰利颱風行進路徑與西子灣單向攝影機影像如圖 3.2.25 與圖 3.2.26 所示。

由 2 月 5 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，於靠近灣岸段之近岸流，主要為向岸且略往南；而靠中山大學海科院附近海域段(Sec.7~Sec.15)，其近岸流主要為往南之沿岸流所主導。由 6 月 19 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，於靠近灣岸段之近岸流，主要為往外海之離岸流主導；而靠中山大學海科院附近海域段

(Sec.7~Sec.15)，其近岸流向主要為往離岸且南。另外，由 7 月 12 日 15 時之西子灣近岸流影像分析結果顯示，近岸流場主要為離岸流所主導。



(資料來源：中央氣象局)

圖 3.2.25　2012 年 6 月泰利颱風行進路徑圖

圖 3.2.26　西子灣單向攝影機影像(2012 年 6 月 19 日 15 時)

表 3.2.6　2012/02/05 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8
5	-0.05				-0.06	-0.08		
4	-0.06	-0.07	-0.11	-0.08	-0.09	-0.17	-0.09	-0.12
3	-0.13	-0.11	-0.06	-0.11	-0.15	-0.13	-0.15	-0.11
2	-0.08	-0.13	-0.10	-0.13	-0.11	-0.25	-0.25	-0.44
1	-0.12	-0.14	-0.25	-0.42	-0.44	-0.33	-0.60	-0.58

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.6　2012/02/05 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	
5								
4	-0.16	-0.19	-0.20	-0.14	-0.13	-0.11	-0.03	-0.16
3	-0.22	-0.16	-0.18	-0.20	-0.19	-0.13	-0.03	-0.22
2	-0.40	-0.84	-0.93	-0.94	-0.91	-0.86	-0.66	-0.40
1	-0.69	-0.82	-1.05	-0.94	-1.18	-0.79	-0.63	-0.69

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.7　2012/02/05 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8
5	-0.08				-0.08	-0.08		
4	0.15	-0.10	-0.08	-0.05	0.10	0.44	-0.08	-0.08
3	0.49	0.17	0.37	0.23	0.15	0.17	0.46	0.47
2	0.33	0.32	0.16	0.16	0.37	0.40	0.04	0.04
1	0.29	0.17	0.40	0.84	1.41	1.52	0.95	1.69

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.7　2012/02/05 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.9	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	
5								
4	-0.06	-0.04	-0.03	-0.02	0.01	0.03	0.05	
3	0.38	0.20	0.14	0.32	0.45	0.50	0.79	
2	0.09	1.02	1.47	1.12	1.80	1.39	0.85	
1	1.81	1.98	1.98	2.01	2.13	2.16	2.05	

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.8　2012/06/15 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9
10	-0.03								
9	-0.05		-0.05	-0.05	0.00	-0.06			
8	-0.07	-0.02	-0.05	-0.04	-0.05	-0.01	-0.02		
7	-0.05	-0.04	-0.06	-0.03	-0.06	-0.07	-0.05	0.02	0.02
6	-0.07	-0.07	-0.06	-0.03	-0.08	-0.01	-0.04	0.00	-0.03
5	-0.05	-0.07	-0.01	-0.06	-0.04	0.02	-0.04	-0.11	-0.09
4	-0.08	-0.08	-0.05	-0.08	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.07
3	-0.07	-0.06	-0.04	-0.10	-0.03	-0.04	-0.06	-0.06	-0.07
2	-0.09	-0.08	-0.11	-0.05	-0.02	-0.01	-0.06	-0.03	-0.09
1	-0.05	-0.10	-0.01	-0.04	0.01	-0.07	-0.06	-0.08	-0.08

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.8　2012/06/15 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	Sec.16	Sec.17	
10									
9					-0.06				
8		-0.04	-0.04	-0.11	-0.04	-0.04			
7	0.01	0.07	-0.01	-0.10	-0.07	-0.07			
6	-0.03	0.03	-0.02	-0.14	-0.12	-0.10	-0.07		
5	0.10	-0.06	-0.07	-0.06	-0.21	-0.10	-0.13		
4	-0.08	-0.09	-0.08	-0.11	-0.11	-0.10	-0.20	-0.08	
3	-0.05	-0.12	-0.08	-0.17	-0.11	-0.11	-0.11	-0.08	
2	-0.07	-0.13	-0.07	-0.15	-0.10	-0.16	-0.11	-0.13	
1	-0.10	-0.14	-0.07	-0.13	-0.13	-0.18	-0.15	-0.18	

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.9　2012/06/15 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9
10	0.07								
9	0.01		0.07	0.05	0.07	0.04			
8	-0.00	0.04	0.05	0.05	0.06	-0.01	0.07		
7	-0.08	-0.02	-0.01	0.03	0.05	0.01	-0.03	-0.04	0.00
6	-0.18	-0.09	-0.05	0.02	-0.10	-0.09	-0.00	-0.01	-0.08
5	-0.09	-0.02	-0.04	-0.07	-0.07	-0.12	-0.08	-0.16	-0.03
4	-0.07	-0.04	-0.05	-0.14	-0.25	-0.32	-0.14	-0.11	-0.06
3	-0.20	-0.08	-0.35	-0.32	-0.49	-0.58	-0.21	-0.23	-0.15
2	-0.25	-0.27	-0.67	-0.74	-0.62	-0.36	-0.50	-0.66	-0.27
1	-0.15	-0.49	-0.38	-0.34	-0.47	-0.12	-0.14	-0.24	-0.10

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.9　2012/06/15 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位:m/sec)(續)

Sec-N	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	Sec.16	Sec.17	
10									
9					0.08				
8		0.06	0.08	0.06	-0.08	-0.09			
7	0.06	-0.01	0.01	-0.01	-0.04	-0.18			
6	-0.05	-0.02	-0.04	-0.01	-0.11	-0.16	0.06		
5	-0.07	-0.08	-0.05	-0.14	-0.17	-0.21	-0.27		
4	-0.03	-0.11	-0.14	-0.14	-0.18	-0.18	-0.24	0.06	
3	-0.14	-0.15	-0.16	-0.10	-0.20	-0.15	-0.24	-0.28	
2	-0.42	-0.17	-0.15	-0.16	-0.19	-0.00	-0.11	-0.19	
1	-0.10	-0.05	-0.11	-0.10	-0.08	0.02	-0.12	-0.09	

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.10　2012/07/12 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9
8									
7		-0.08	-0.01						
6	-0.10	-0.05	-0.06	0.09				0.11	1.32
5	-0.03	-0.02	-0.06	-0.04	0.02	-0.08	-0.07	-0.04	-0.01
4	-0.02	-0.08	-0.07	-0.07	0.16	0.00	0.16	0.06	-0.08
3	-0.08	-0.12	-0.06	-0.06	-0.03	-0.04	0.04	-0.06	-0.04
2	-0.08	-0.11	-0.06	-0.07	-0.03	-0.04	-0.02	-0.11	-0.01
1	-0.08	-0.07	-0.10	-0.05	0.01	-0.05	-0.02	-0.10	-0.06

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.10　2012/07/12 15:00 沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)(續)

Sec-N	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	Sec.16	Sec.17	
8						0.07			
7						0.18			
6	1.02			0.17	0.70	0.69	0.21		
5	-0.03	0.56		1.09	-0.04	0.06	0.29		
4	0.00	0.52	0.48	0.22	-0.04	-0.03	0.08	-0.07	
3	-0.06	-0.04	0.33	-0.09	-0.02	-0.04	-0.01	0.05	
2	-0.02	-0.08	0.01	-0.08	-0.06	0.06	0.01	-0.04	
1	-0.10	-0.14	-0.07	-0.13	-0.13	-0.18	-0.15	-0.18	

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 3.2.11　2012/07/12 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9
8									
7		0.08	-0.22						
6	0.01	-0.07	-1.04	-0.05				-1.03	-1.11
5	-0.53	-0.24	-1.15	-0.65	-0.26	-0.02	-0.26	-0.78	-1.23
4	-0.65	-0.88	-1.03	-0.73	-0.64	0.01	0.02	-0.18	-0.85
3	-0.57	-0.75	-0.30	-0.65	-1.06	-0.69	-0.95	-0.24	-0.42
2	-0.97	-0.25	0.03	0.00	0.01	0.05	-0.04	-0.35	-0.49
1	-0.51	0.00	-0.11	-0.04	-0.09	-0.03	-0.38	-0.02	-0.15

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

表 3.2.11　2012/07/12 15:00 向離岸流剖面分析結果表(單位:m/sec)(續)

Sec-N	Sec.10	Sec.11	Sec.12	Sec.13	Sec.14	Sec.15	Sec.16	Sec.17	
8						-0.64			
7						-0.55			
6	-0.35			-0.04	-0.23	-0.93	-0.06		
5	-0.69	-0.55		-0.16	-0.88	-0.94	-0.09		
4	-0.46	-0.35	-0.86	-0.71	-0.96	-0.47	-0.28	0.03	
3	0.03	-0.39	-0.41	-0.54	-0.59	-0.29	-0.18	-0.28	
2	-0.31	-0.18	-0.59	-0.08	-0.09	-0.82	-0.07	-0.05	
1	0.03	-0.01	0.04	-0.53	-0.98	-1.77	-0.70	-0.37	

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

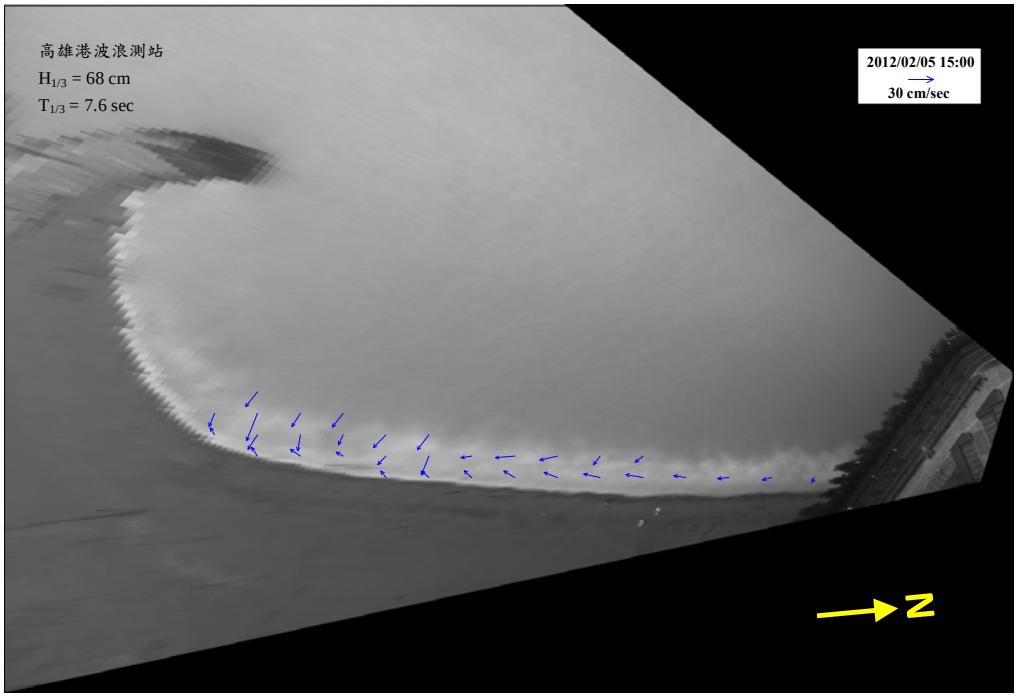


圖 3.2.27　2012/02/05 15:00 近岸流平面分佈結果圖

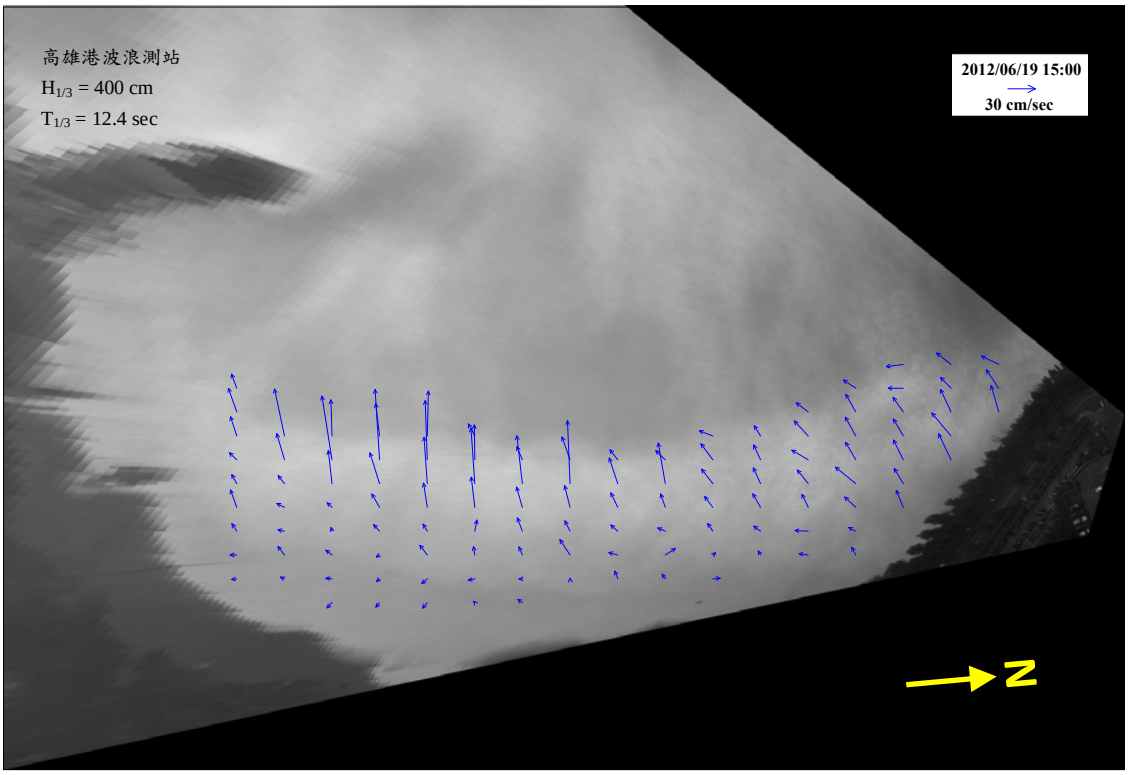


圖 3.2.28　2012/06/19 15:00 近岸流平面分佈結果圖

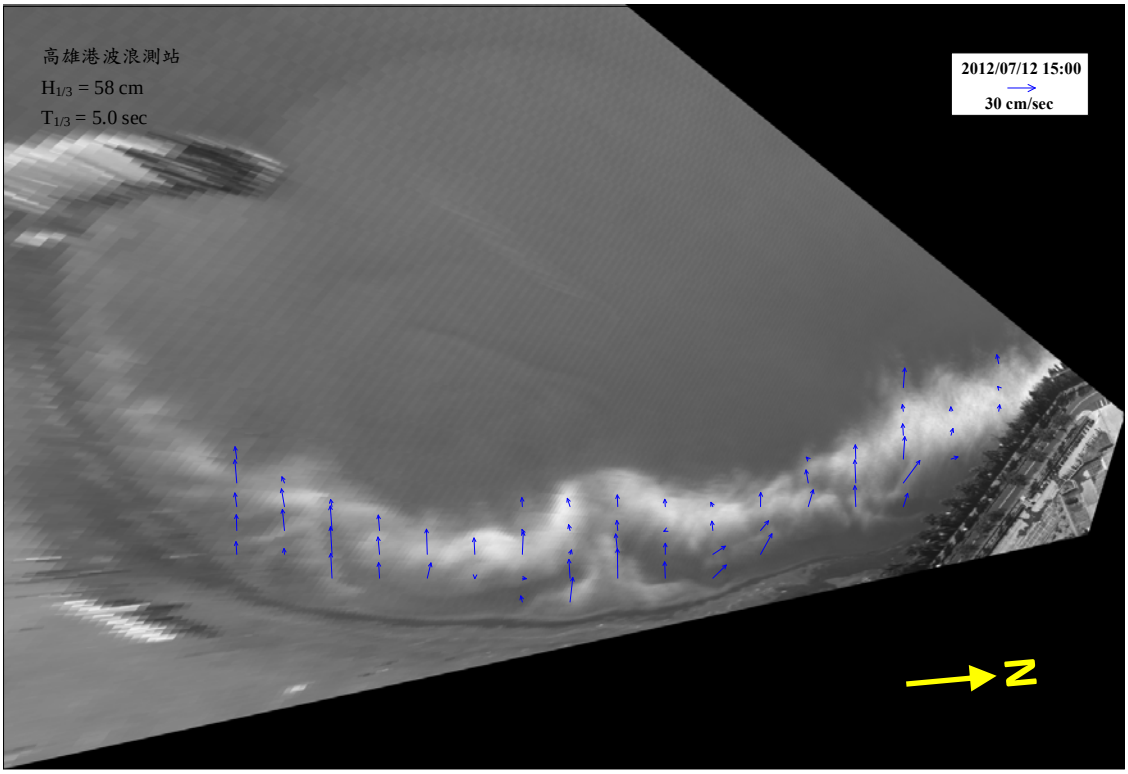


圖 3.2.29　2012/07/12 15:00 近岸流平面分佈結果圖

3.3 近岸波浪傳遞影像分析

影像分析前，先依據所錄製連續 10 分鐘(10Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於垂直海岸線方向選取分析斷面進行近岸波浪傳遞影像分析，如圖 3.3.1 所示，再根據劃定之分析斷面位置，製做波浪傳遞時間歷程影像。

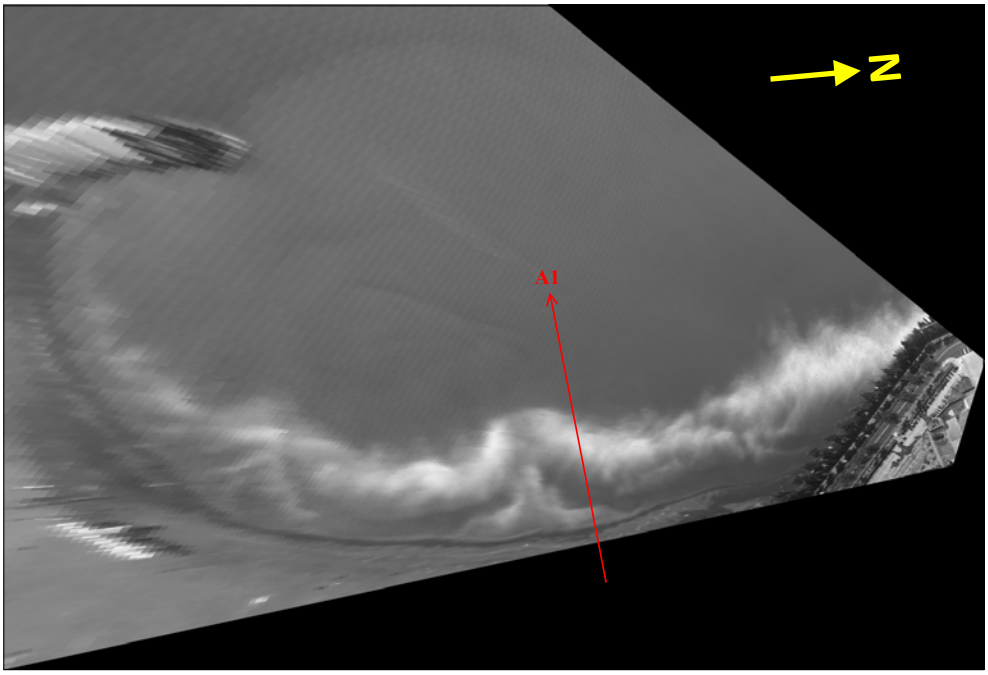


圖 3.3.1　近岸波浪傳遞影像分析斷面位置圖

3.3.1 波速、水深與淺化係數計算方法

為進行波浪傳遞特性分析，茲按波浪傳遞時間歷程影像資料，擷取各時段之波峰線位置(垂直海岸線斷面位置)，並據以計算波峰移動速度作為波浪位相移動速度(wave phase speed，C)，如式(3.3.1)，再依據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式，如式(3.3.2)，可推算得 kh 值與水深 h，則可依據式(3.3.3)計算波浪影像分析斷面之淺化係數。

$$C = \Delta X / \Delta t \tag{3.3.1}$$

式中，ΔX 為兩點間波峰移動距離，Δt 為兩點間波峰移動所

需時間。

$$C = C_0 \tanh(kh) \tag{3.3.2}$$

式中，C_0 為深海波波速(1.56T，T 為波浪週期)，k 為週波數(2π /L，L 為波浪波長)，h 為水深。

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2n}\frac{1}{\tanh kh}} \tag{3.3.3}$$

式中，$n = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)$。

3.3.2 波速與水深計算方法驗核

為瞭解前述波速與水深計算方法之可行性，茲於國立成功大學水利及海洋工程系所，100m×3m×3.2m 混凝土斷面波浪水槽，在無人為光源照射下，進行大尺度之物理水工模型試驗。以下茲就物理水工模型試驗佈置、資料分析方法與結果說明。

1. 試驗佈置

實驗水深為 188 cm，造波機造波板設置在水平坐標 X 約 8500cm 處，其詳細之實驗斷面佈置，如圖 3.3.2 所示。

實驗監測儀器佈置方面，為獲取較大範圍之波浪剖面水位資料，茲於實驗水槽側邊以俯視攝影方式(俯視角度為 15°)，併排架設三部 CCD 攝影機 (Canon 23x Optical Zoom Lens, F = 1.6~3.8, f = 3.6~82.8 mm)，記錄約 8 公尺寬度之波浪水位影像；另於兩鏡頭影像重疊區佈設一支容量式波高計(X = 520 與 780 cm)，蒐集波浪水位歷程資料，以供攝影鏡頭影像分析結果之合理性比對，其中影像分析之波高相對於波高計所分析者，其波高之偏差量約介於 0.15~0.20cm 間；而週期之偏差量約介於 0~0.02sec 間(詳細請參見 H.H. Hwung*, C.A. Kuo, C.H. Chien (2009), “Water surface level profile estimation by

image analysis with varying overhead camera posture angle”)。

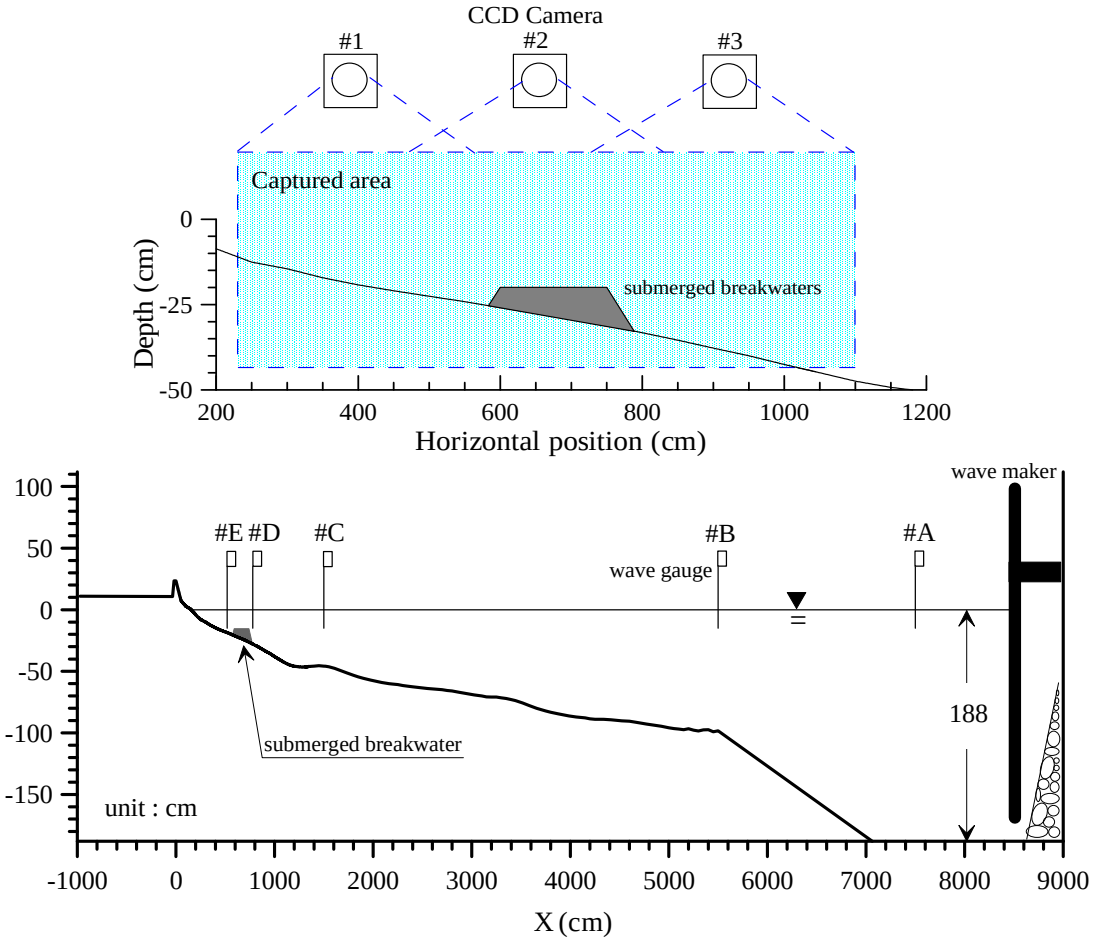


圖 3.3.2　實驗斷面佈置示意圖

2. 資料分析方法

斷面水工模型試驗影像資料，依第二章 DLT 攝影機模型理論，進行影像幾何校正、影像與實際物理坐標轉換、影像重建程序與影像水位偵測處理後，萃取出各時間歷程之波浪水位剖面數據資料，依 Kuo 等人(2009)所提之波浪入反射分離方法，分離出入射波波浪水位資料，可分析得波浪前進波之連續波浪水位歷程，並可藉由低頻濾波與零上切法分析得平均水位與波高。其中，Kuo 等人(2009)所提之波浪入反射分離方法(詳細請參見 C.A. Kuo, H.H. Hwung*, C.H. Chien (2009), “Using time-stack overlooking images to separate incident and reflected waves in wave flume”)說明如下：

假設在深水區有兩個不同方向的波浪資料，其一為由右方傳遞到左方之前進波($\eta_1(x,t)$，H_o = 20 cm、T_o = 2 sec ($\triangle t$ = 1/25 sec))，另一個是由左方傳遞到右方之後退波($\eta_2(x,t)$，H_o = 10 cm、T_o = 2 sec ($\triangle t$ = 1/25 sec))；其中，兩個傳遞波浪之時間歷程影像如圖 3.3.3 所示，而兩個傳遞波之複合波時間歷程影像如圖 3.3.4 所示。

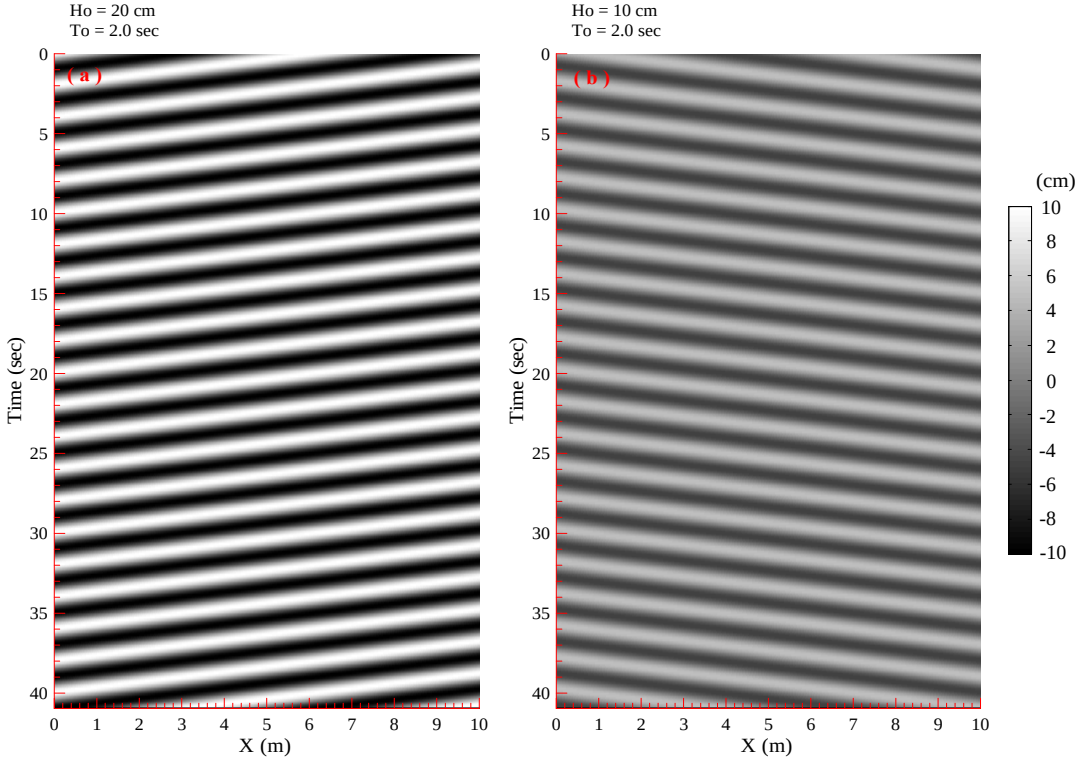


圖 3.3.3　波浪之時間歷程影像(a)H_o = 20cm, T_o = 2sec，(b) H_o = 10cm, T_o = 2sec.

由兩個傳遞波之複合波時間歷程影像(如圖 3.3.4)，可看出兩個不同方向之傳遞波列，為將這兩個兩個不同方向之傳遞波列分離，茲將複合波時間歷程影像假設成一個二維空間影像，並依傅立葉轉換方法(Fourier transformation algorithm)，計算波數頻率譜(如圖 3.3.5 所示)，如式(3.3.4)與式(3.3.5)；則波速可以式(3.3.6)計算求得。

$$\eta(k,\sigma)=\frac{1}{MN}\sum_{x=-M/2}^{M/2}\sum_{t=-N/2}^{N/2}\eta(x,t)\exp\left[-i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right] \tag{3.3.4}$$

式中 x 為時間歷程影像水平位置，t 為時間，$\eta(x,t)$為複合波之波浪水位，k 為週波數，σ 為角頻率，M 與 N 為分析樣本數。

$$\phi(\vec{k},\sigma)=\left|\eta(\vec{k},\sigma)\right|^2 \tag{3.3.5}$$

$$\vec{C}=\sigma/k \tag{3.3.6}$$

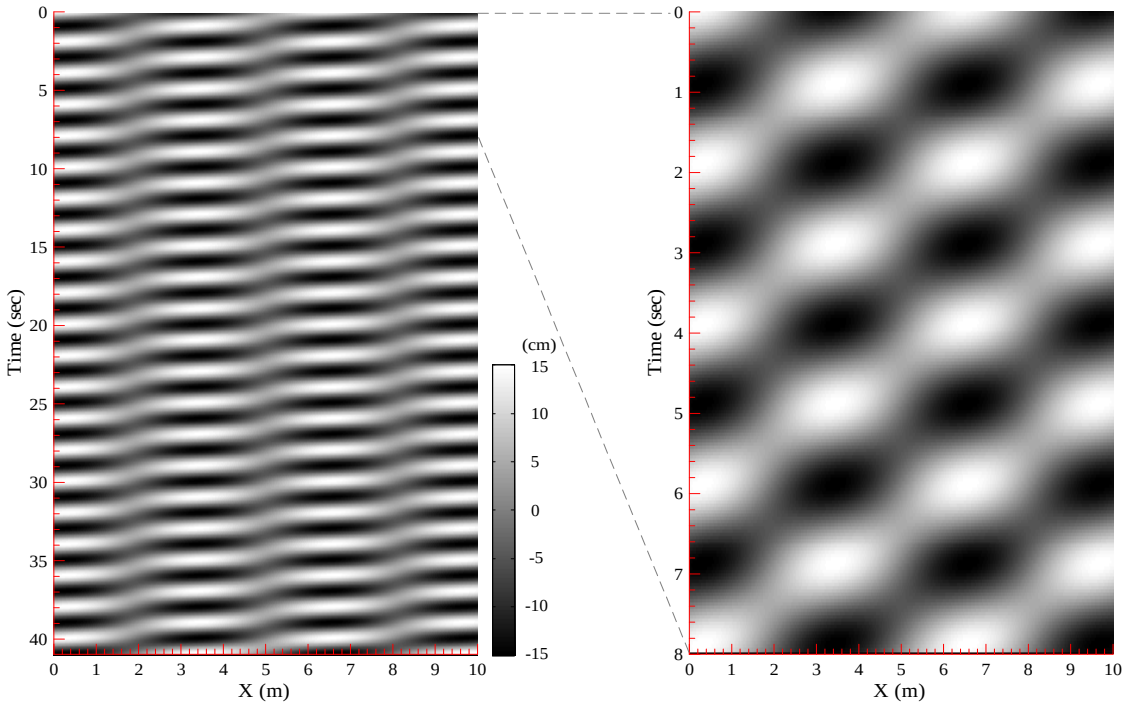


圖 3.3.4　複合波波浪時間歷程影像

由於所假設波浪例子，僅為簡單之前進、後退波；若將由右往左傳遞之前進波浪波速定義為負值，由左往右傳遞之後退波浪波速定義為正值，則可藉由逆傅立葉轉換法(如式(3.3.7))，分離出入、反射波浪時序列水位資料。

$$\eta_1(x,t)=\sum_{k=-M/2}^{M/2}\sum_{\sigma=-N/2}^{N/2}\eta_1(\vec{k},\sigma)\exp\left[i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right],\ \text{if}\ \vec{C}>0 \tag{3.3.7a}$$

$$\eta_2(x,t)=\sum_{k=-M/2}^{M/2}\sum_{\sigma=-N/2}^{N/2}\eta_2\left(\vec{k},\sigma\right)\exp\left[i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right],\text{ if }\ \vec{C}<0 \qquad (3.3.7b)$$

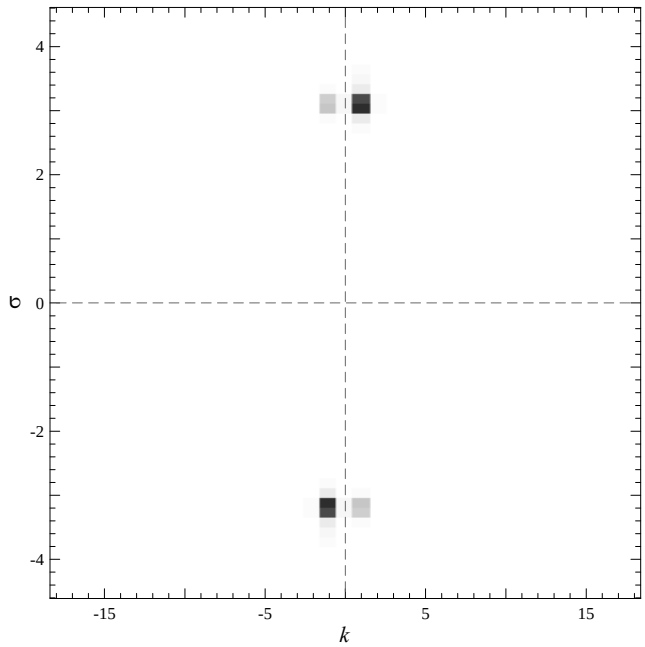


圖 3.3.5　波數頻率(*k*-σ)譜圖

另外，波浪位相移動速度分析，即可就分離之入射波浪水位資料，分析個別波隨時間變化之波峰傳動水平位置，再就區段波峰傳動距離與時間，依式(3.3.8)計算波浪位相移動速度，如圖 3.3.6 所示。再依據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式，如式(3.3.9)，可推算得 kh 值與水深 h。

$$C=\Delta x/\Delta t \qquad (3.3.8)$$

式中 Δx 為兩位置之波峰傳遞距離，Δt 為兩位置之波峰傳遞所需時間。

$$C=C_0\tanh(kh) \qquad (3.3.9)$$

式中，C_0 為深海波波速(1.56T，T 為波浪週期)，k 為週波數(2π/L，

L 為波浪波長)，h 為水深。

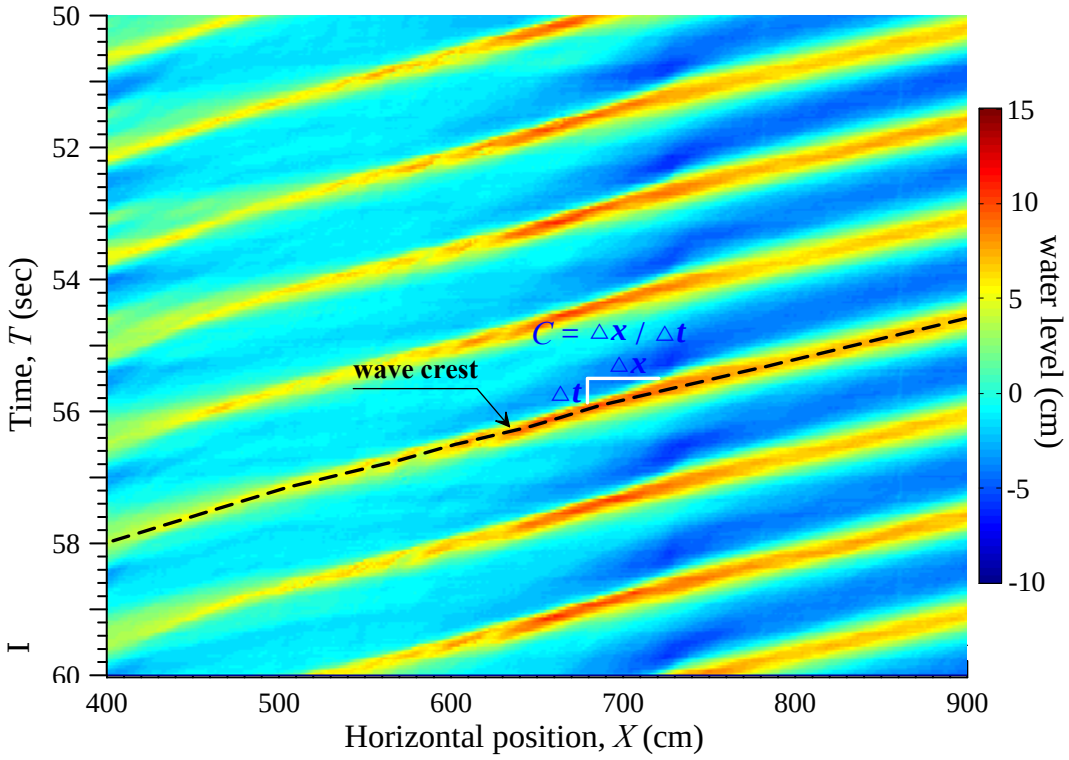


圖 3.3.6　波浪位相移動速度計算示意圖

3. 資料分析結果

本節以波浪 H_o = 13 cm、T_o = 2.0 sec 之試驗條件為例，應用前述之波浪入反射分離方法，分離出入射波波浪水位資料，再據以分析波近岸處之平均波高、平均水位、波浪位相移動速度，並依相關計算結果，根據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式，反推水深 h，同時與實際地形資料進行比對，結果如圖 3.3.7。

由圖 3.3.7 顯示，依據微小振幅波理論所反推之地形，在潛堤前與後端區域，大致與實際地形相近，而在潛堤前緣與堤根處附近，則偏差較大。整體而言，除潛堤前、後端區域之陡變地形外，其餘各處依微小振幅波理論所反推之地形，大致與實際地形相近，整體之偏差約在 5%內。

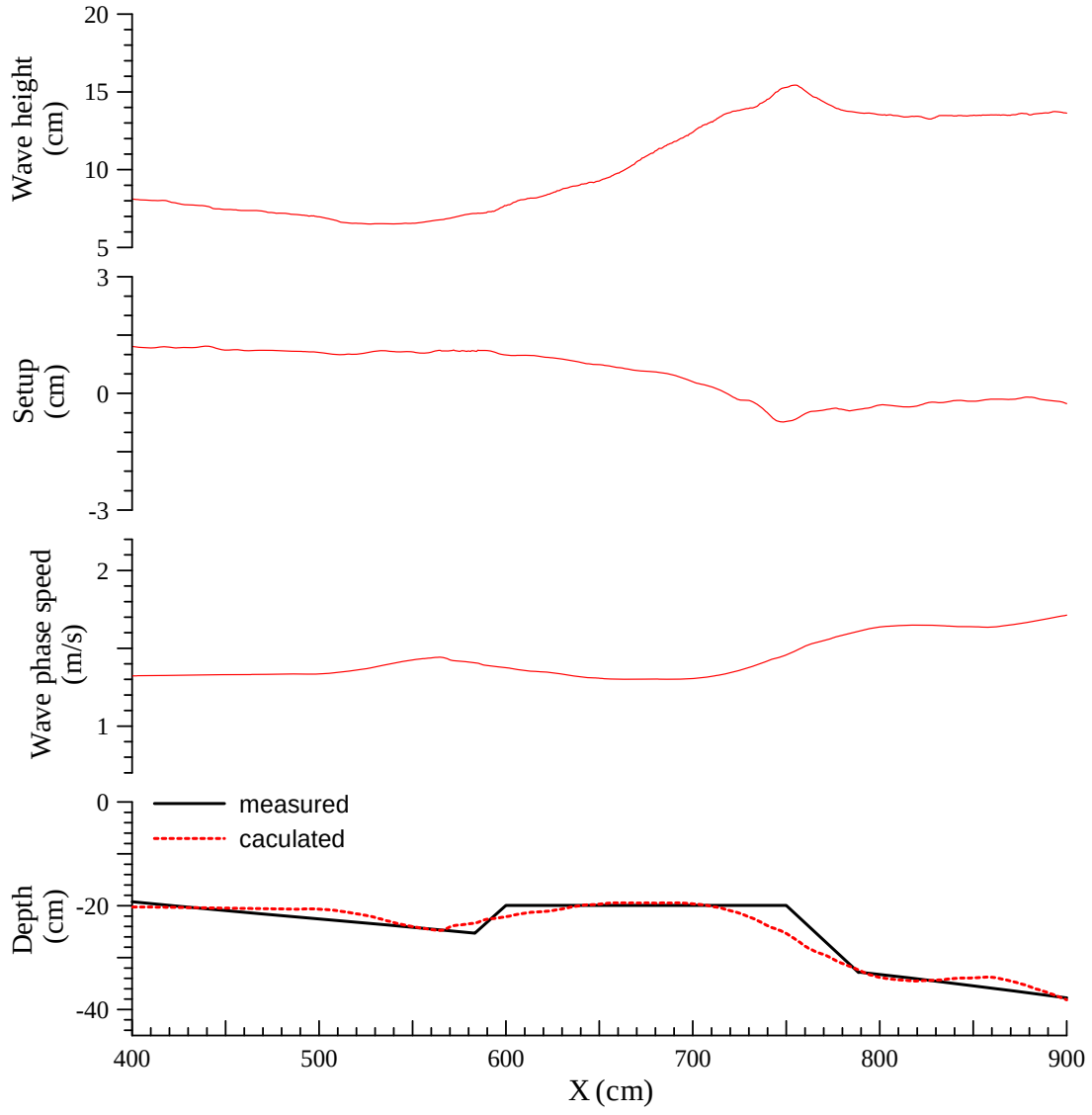


圖 3.3.7　平均波高、平均水位、波浪位相移動速度與計算水深結果圖 (H_o=13cm、T_o=1.5sec)

3.3.3 波速、水深與淺化係數計算結果

擇取 6 月 19 日泰利颱風影響期間與夏季 7 月 12 日與 8 月 27 日天秤颱風影響期間之影像觀測資料為例，依前述方法進行波速、水深與淺化係數之計算，並將其結果整理於圖 3.3.8~圖 3.3.10。

由分析結果知，於 6 月 19 日泰利颱風影響期間，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，在碎波處前之波速約維持在 4.5m/sec 附近，而淺化係數約在 1.5 左右，而碎波處至海岸區段因水深變淺，波速呈急遽下降，淺化係數則呈上升趨勢。7 月 12 日夏季平時期間，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，在碎波處前，波速受地形影響約分佈維持在 3.5~4.5m/sec 附近，而淺化係數約在 1~1.1 間，而碎波後至海岸區段，波速呈急遽下降，淺化係數則呈上升趨勢。另外，在 8 月 27 日天秤颱風影響期間，其波速與淺化係數分佈大致與 6 月 19 日泰利颱風影響期間相仿。

由上述分析結果知，泰利與天秤颱風影響期間，在 X=10m 時之淺化係數即高達 1.5，其原因在於在此處前波浪已發生碎波，另外在近岸碎波後淺化係數呈現上升趨勢，顯示線性波理論已不適用於碎波後淺化係數之推求。

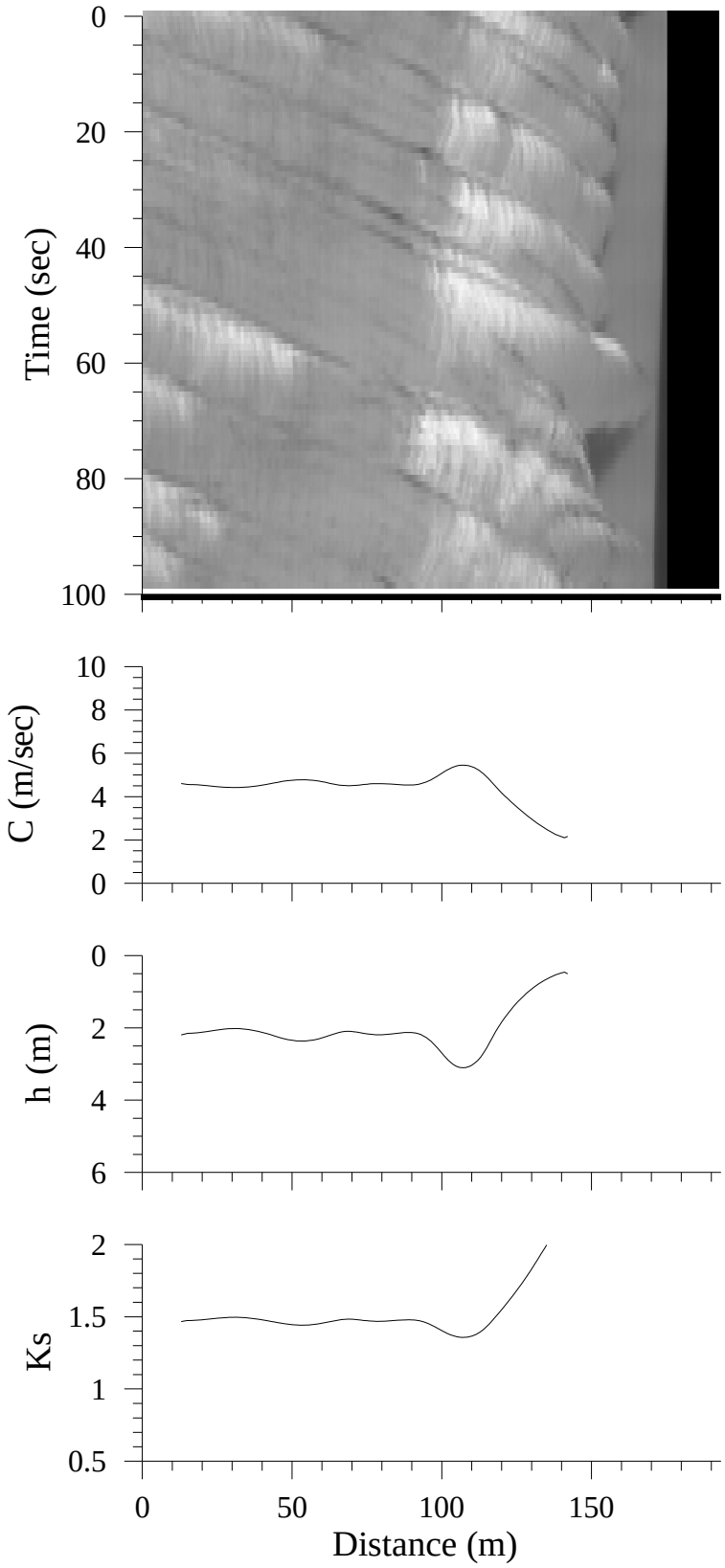


圖 3.3.8　波速、水深與淺化係數計算結果圖(2012/06/19)

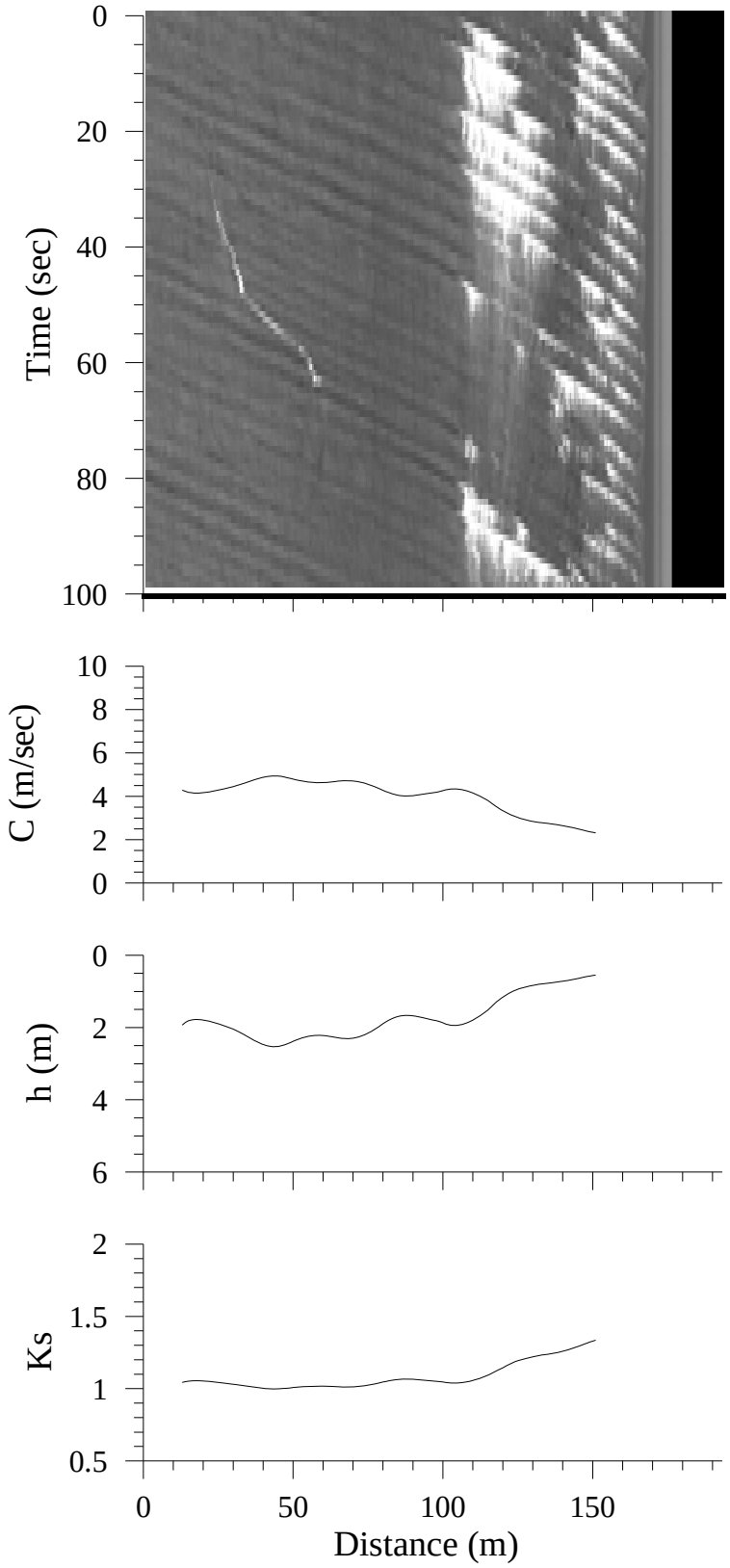


圖 3.3.9　波速、水深與淺化係數計算結果圖(2012/07/12)

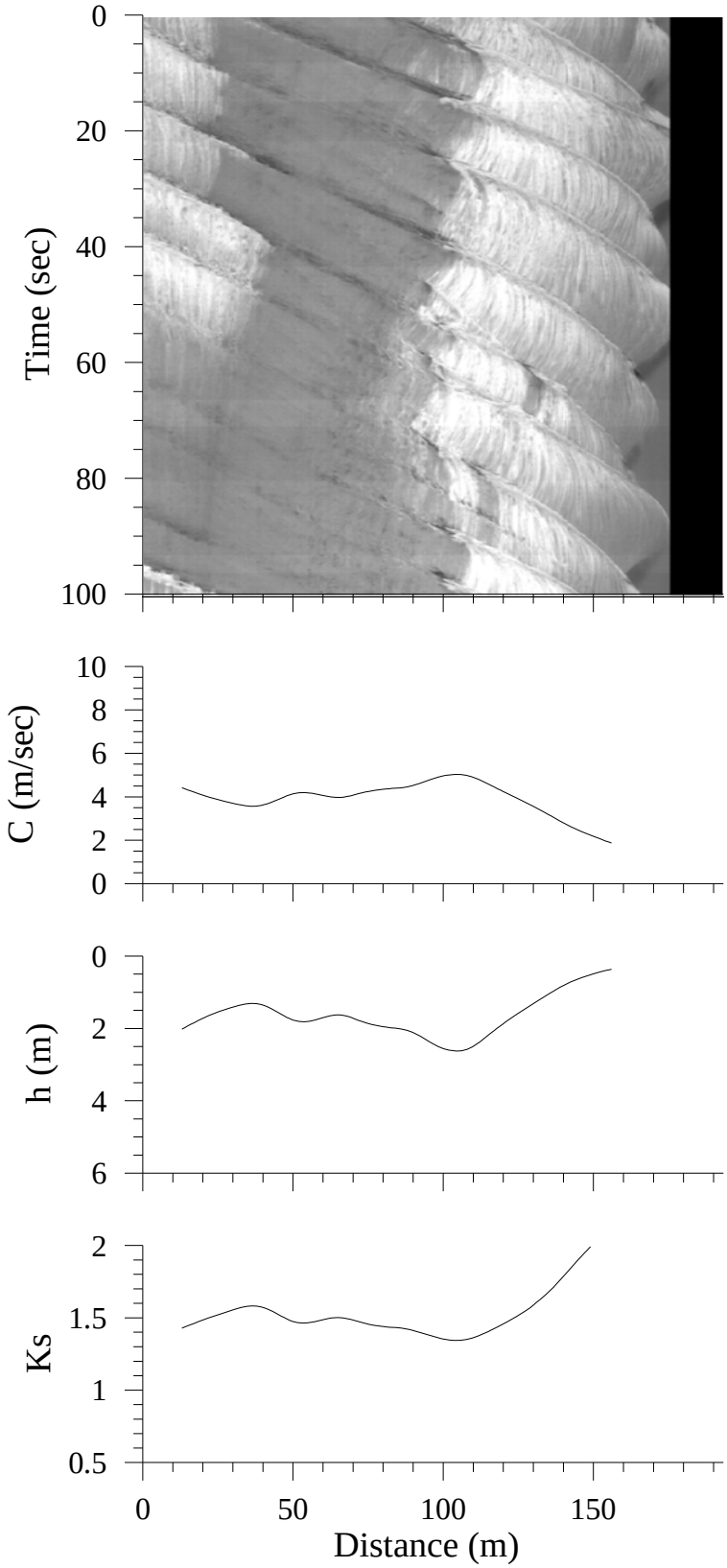


圖 3.3.10　波速、水深與淺化係數計算結果圖(2012/08/27)

第四章　高雄港西子灣海岸地形影像觀測

高雄港北側西子灣海岸原長約一公里，自 1980 年中山大學設立後，先後進行填海造地工程，在其北端興建海堤及堆置消波塊保護海堤，隨後又在海堤北端興建 L 型突堤，這些人工設施改變了西子灣海岸原有的外觀，也將原有砂灘長度減半。2005 年營建署責成高雄市政府辦理「高雄西子灣海岸計畫整體規劃」，於西子灣規劃台灣第一個人工岬灣及養灘工法示範案例，以創造安定及親水之灣岸海灘。為瞭解西子灣人工岬灣及養灘後海岸變化情形，本計畫規劃利用於 2008 年 3 月設置在國立中山大學海工館通識中心頂樓之可轉向海岸影像觀測系統進行現場影像監測，從事海岸影像分析軟體開發與發展作業，並據以進行西子灣海岸影像偵測工作。以下茲就西子灣可轉向影像觀測系統與海岸地形全景影像拼接結果說明。

圖 4.1　西子灣人工岬灣及養灘施作前後圖

(上：完工前，下：完工後-97 年 7 月初)

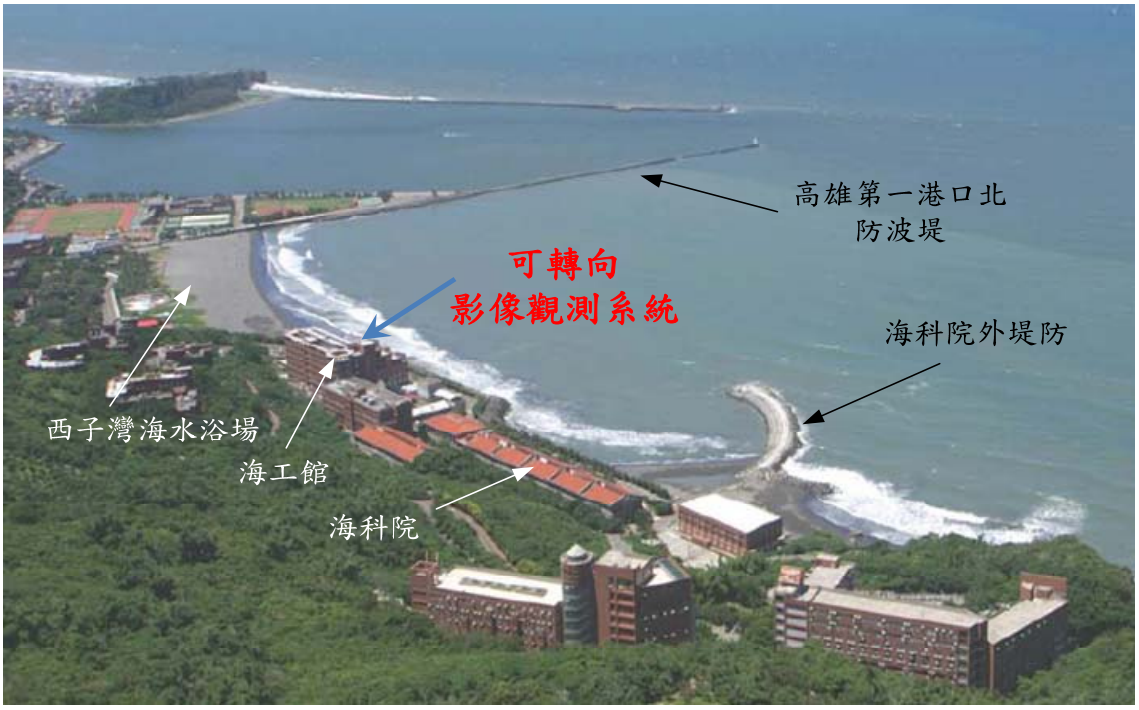


圖 4.2　西子灣可轉向影像觀測系統位置圖

4.1 西子灣可轉向影像觀測系統

大尺度之海岸影像觀測，以荷蘭海濱北灘(Noordwijk aan Zee, Netherlands)之 Argus 海岸影像觀測系統，為獲得較佳解析之海岸全景影像，共架設 5 台不同視角之固定式攝影機，每部攝影機拍攝範圍多拘限在數百公尺內。考量計畫目標為獲取海岸全景平均影像，提供海岸線與離岸流漕等分析，西子灣影像觀測系統採 SONY 公司製造 Color Video Camera EVI-D70 可轉向控制攝影機進行海岸攝影，以降低攝影系統建置成本，其中西子灣影像觀測系統如圖 4.1.1 所示，而 EVI-D70 可轉向控制攝影機之詳細規格如表 4.1.1 所示。

EVI-D70 為 PTZ 1/4″ CCD 類比攝影機，具備 RS232/RS422 通訊協定功能，可由使用者控制鏡頭在 Pan/Tile 方向所轉動的角度。其水平轉動角度範圍為 340°，垂直轉動角度範圍為 120°。其鏡頭焦距透過控制固定在 4.1mm，採用最大廣角視角，可用於觀測大範圍海岸之用途上，其影像訊號透過影像擷取卡進行取樣，最後所得到的影像解析度為 640×480。另外，取得攝影鏡頭內部參數，茲依第二章所述之 DLT

攝影機模型理論基礎之方法，以圓點陣列與棋盤格校正板完成攝影鏡頭內部參數檢定工作，其結果如圖 4.1.2~4.1.3 與表 4.1.2 所示。

圖 4.1.1　影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機)

表 4.1.1　EVI-D70 可轉向控制攝影機規格表

SONY EVI-D70	規格說明	
	影像感測器	1/4″ CCD
	擷取影像解析度	640×480
	水平轉動角度(Pan)	−170°～+170°
	垂直轉動角度(Tilt)	0°～120°
	焦距	F = 4.1mm ~ 73.8mm
	控制介面	RS232/RS422 通訊
	電源	DC 10.8~13.2V
	功率	12W
	尺寸	132×144×144mm

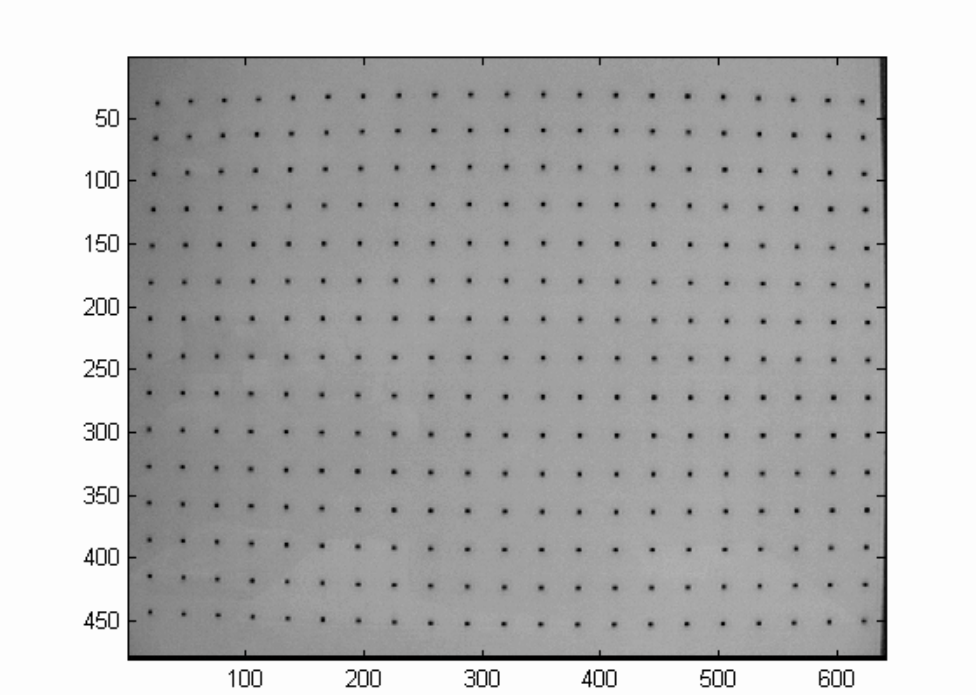


圖 4.1.2A　圓點陣列校正板影像(校正前)

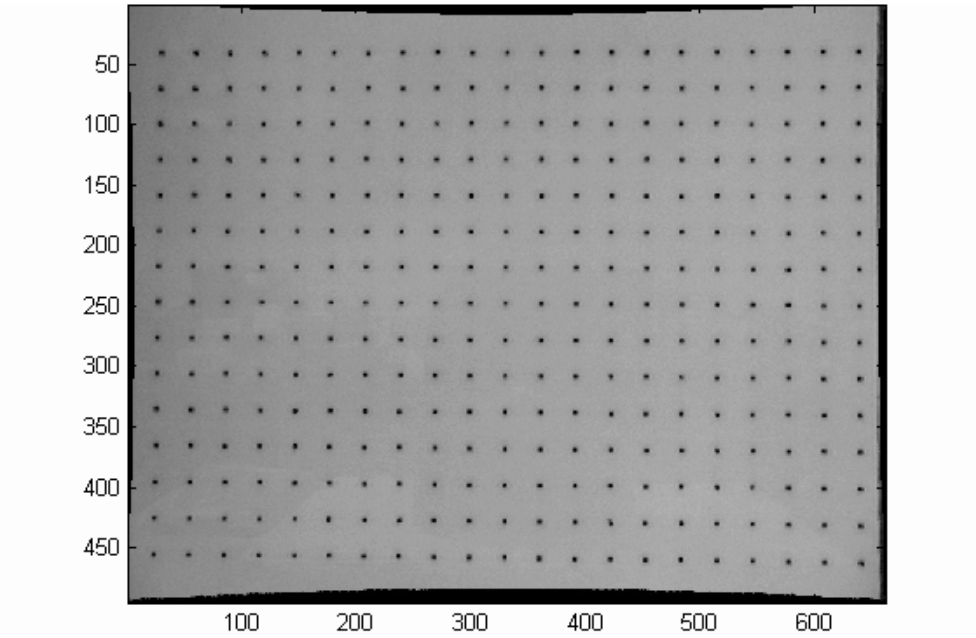


圖 4.1.2B　圓點陣列校正板影像(校正後)

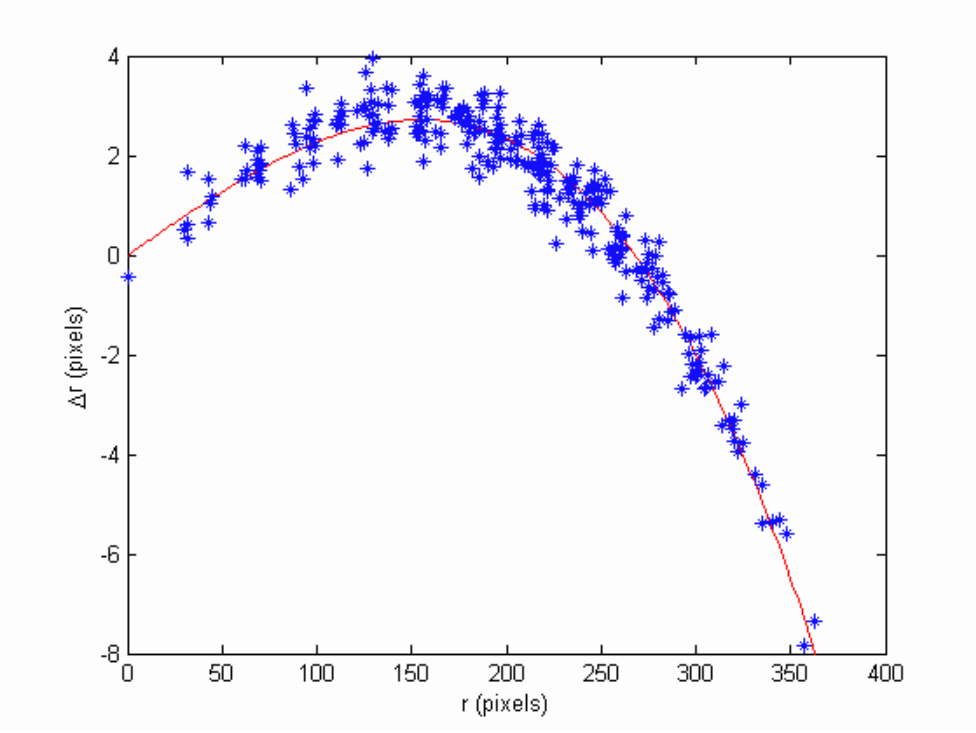


圖 4.1.2C　攝影機的徑向扭曲參數迴歸結果(圓點)

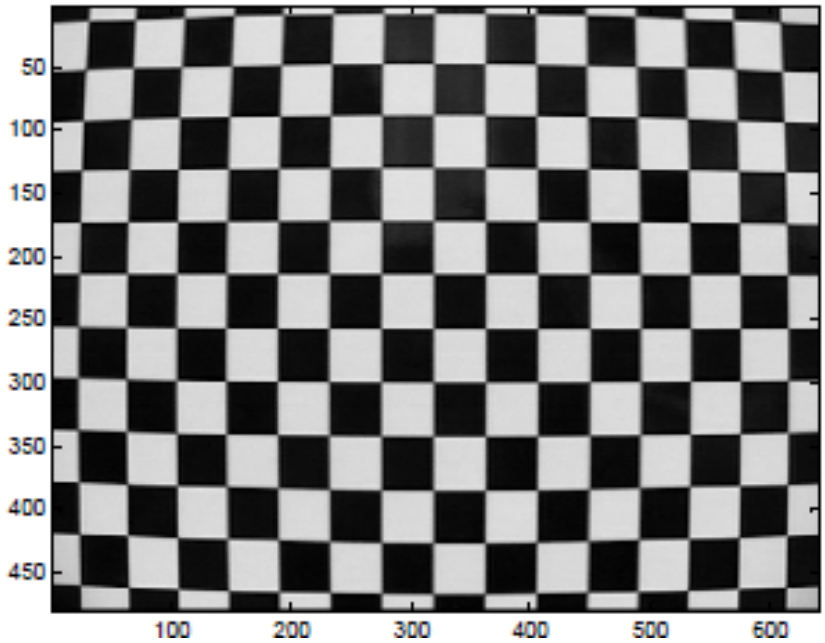


圖 4.1.3A　棋盤格校正板影像(校正前)

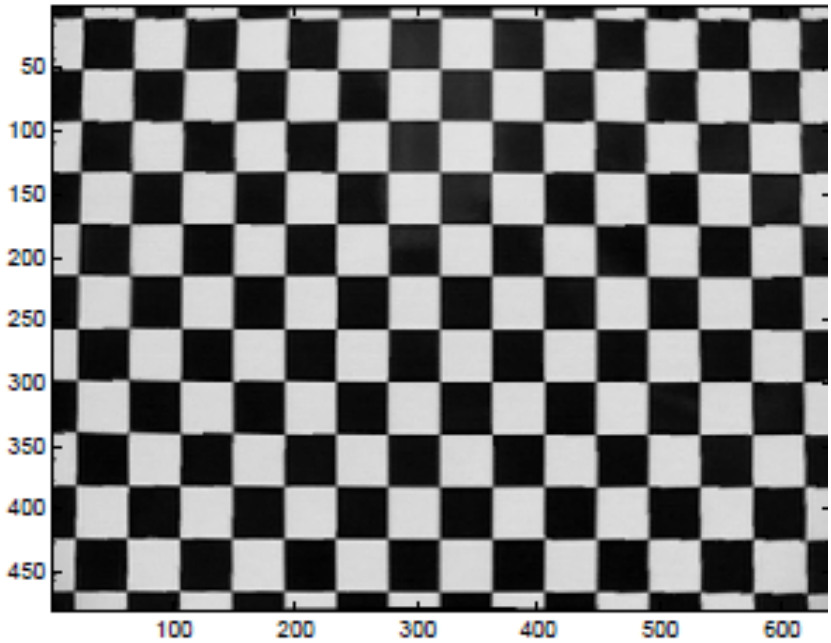


圖 4.1.3B　棋盤格校正板影像(校正後)

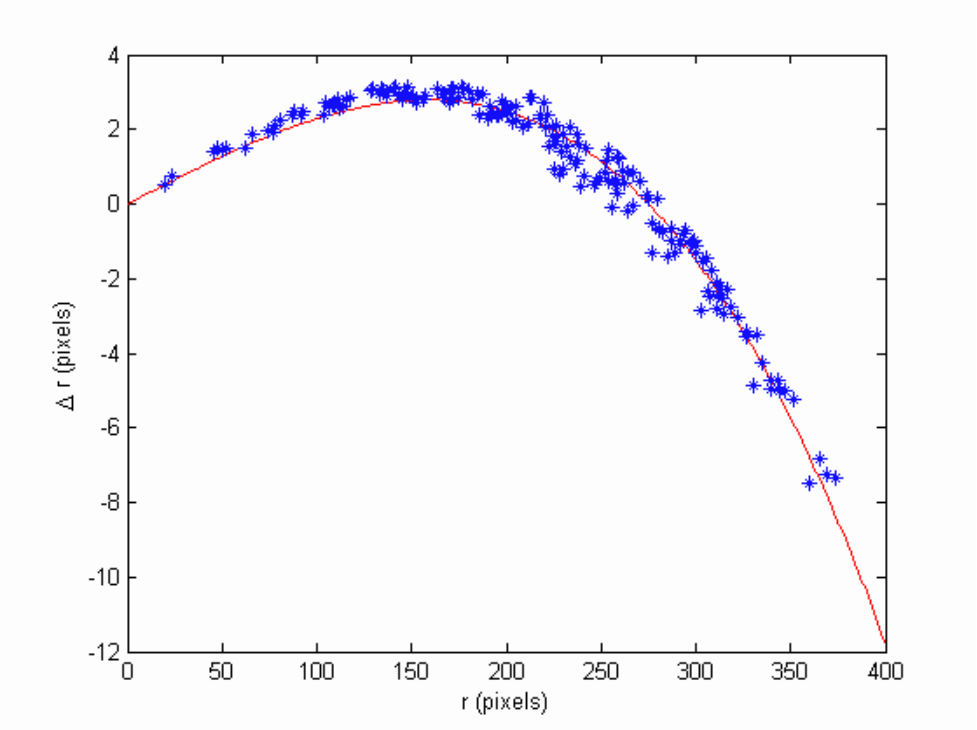


圖 4.1.3C　攝影機的徑向扭曲參數迴歸結果(棋盤格)

表 4.1.2　EVI-D70 可轉向控制攝影機內部參數檢定結果表

攝影機參數	圓點陣列校正板	棋盤格校正板
u_0	320.4	315.9
v_0	239.54	233.4
k_1	-3.6621×10^{-7}	-3.4859×10^{-7}
k_2	2.6314×10^{-2}	2.6357×10^{-2}
λ_u	1.032	1.0406

西子灣海岸沿岸長度約 1 公里，攝影區域為涵蓋整個西子灣海岸，同時獲取較佳之全景海岸解析影像，EVI-D70 攝影機規劃以 9 個不同視角進行海岸影像攝影，且每個相鄰視角之攝影範圍皆存有重疊區，以作為海岸影像拼接檢證參考。其中，西子灣海岸攝影機拍攝視角規劃資訊如圖 4.1.4 與表 4.1.3 所示；圖 4.1.4 中之紅色圓點即為攝影機架設位置，黑色箭頭為本實驗攝影機對西子灣海岸之觀測方位，方位間隔為 20°，共九個方位，水平涵蓋範圍為 160°。

表 4.1.3　西子灣海岸拍攝視角資訊表

觀測視角標號	α	β	γ
1	70°	0°	−80°
2	70°	0°	−60°
3	60°	0°	−40°
4	60°	0°	−20°
5	60°	0°	0°
6	60°	0°	20°
7	60°	0°	40°
8	70°	0°	60°
9	70°	0°	80°

另西子灣海岸影像觀測時，依據前述所規劃之 9 個攝影視角資訊，可轉向攝影機於每小時依序在每個視角上，以 2Hz 擷取速度連續拍攝 5 分鐘現場影像，並據以計算各視角平均影像與曝光影像(640×480 pixels)，同時將分析結果連同各視角首張影像儲存於電腦硬碟上，其詳

細之影像觀測系統程式執行流程如圖 4.1.5 所示。

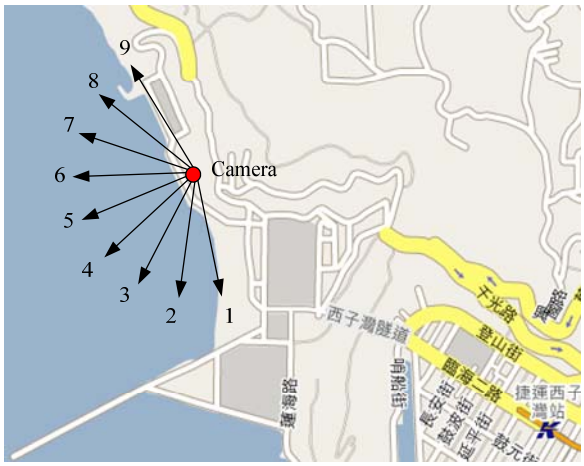


圖 4.1.4　西子灣海岸拍攝視角示意圖

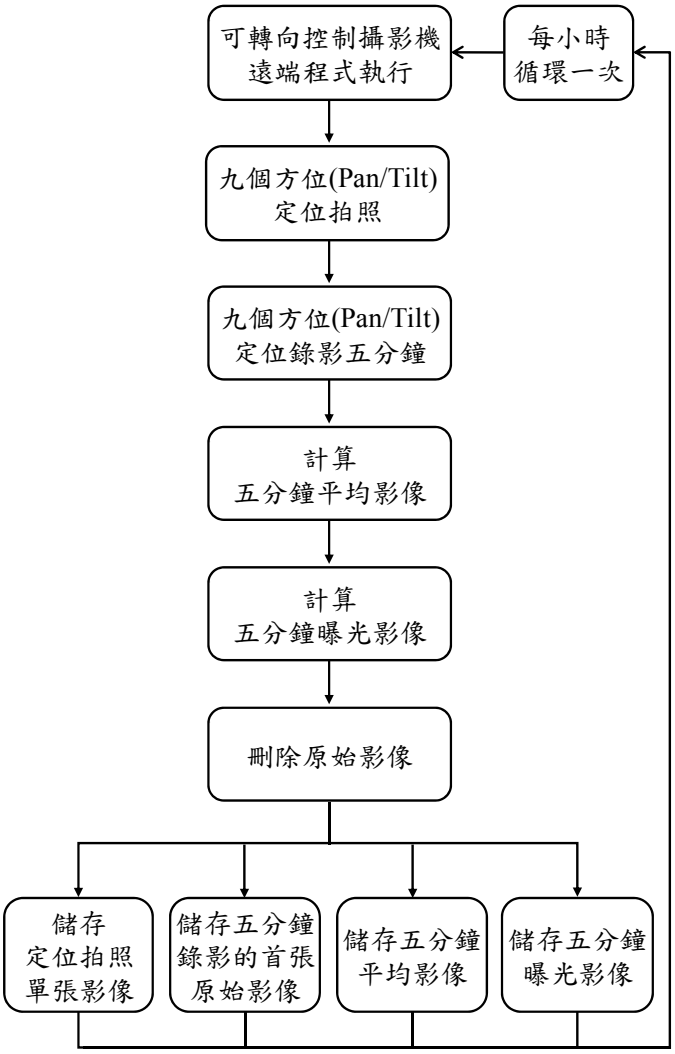


圖 4.1.5　西子灣全景海岸影像觀測系統程式執行流程圖

表 4.1.4a　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 1 地面控制點檢測資訊表

Image1 GCP座標資料(Pan, Tilt = -80, -20)					
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	174267.792	2503280.500	8.765	105.6783	128.9432
6	174243.083	2503297.125	8.959	179.5356	143.5577
7	174220.708	2503312.208	8.967	271.8591	162.5219
8	174220.792	2503340.000	5.932	212.3271	235.6825
9	174198.417	2503328.000	8.900	397.7557	191.4230
10	174189.708	2503346.083	8.593	453.0549	239.2393
11	174180.667	2503364.375	9.080	539.7811	304.4789
12	174193.917	2503366.333	5.088	390.1752	345.3442
13	174191.875	2503370.292	5.061	417.4688	365.8638
14	174188.333	2503367.542	5.013	450.6574	354.0524
15	174187.000	2503375.292	9.140	461.6451	354.7906
16	174183.167	2503383.333	9.147	512.2871	413.5062

表 4.1.4b　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 2 地面控制點檢測資訊表

Image2 GCP座標資料(Pan, Tilt = -60, -20)					
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
7	174220.708	2503312.208	8.967	4.0124	179.3190
9	174198.417	2503328.000	8.900	137.2795	195.9787
10	174189.708	2503346.083	8.593	197.6280	237.6508
11	174180.667	2503364.375	9.080	292.5926	291.3866
12	174193.917	2503366.333	5.088	149.6391	350.5190
13	174191.875	2503370.292	5.061	179.9869	368.3727
14	174188.333	2503367.542	5.013	211.8811	351.9342
15	174187.000	2503375.292	9.140	221.6427	350.9544
16	174183.167	2503383.333	9.147	280.3786	400.3615
17	174171.833	2503382.208	9.136	439.9244	377.2788
19	174177.375	2503412.250	24.397	536.7819	462.1846
72	174184.542	2503415.750	28.464	273.2679	446.7034

表 4.1.4c　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 3 地面控制點檢測資訊表

Image3 GCP座標資料(Pan, Tilt = -40, -30)					
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
11	174180.667	2503364.375	9.080	39.3681	182.7072
16	174183.167	2503383.333	9.147	47.7472	295.2625
17	174171.833	2503382.208	9.136	203.0769	245.2534
19	174177.375	2503412.250	24.397	310.1641	311.0976
20	174163.250	2503400.042	9.170	446.3795	341.3224
71	174177.375	2503412.417	23.192	313.9827	346.5201
72	174184.542	2503415.750	28.464	49.4775	342.5644
73	174178.667	2503422.125	28.484	500.8471	445.2172

表 4.1.4d　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 4 地面控制點檢測資訊表

Image4 GCP座標資料(Pan, Tilt = -20, -30)					
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
19	174177.375	2503412.250	24.397	85.7575	334.3090
20	174163.250	2503400.042	9.170	226.6148	338.1643
71	174177.375	2503412.417	23.192	97.5393	369.5947
73	174178.667	2503422.083	28.484	300.8783	430.8716
74	174177.708	2503424.875	28.465	489.7226	464.0476

表 4.1.4e　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 5 地面控制點檢測資訊表

Image5 GCP座標資料(Pan, Tilt = 0, -30)					
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
20	174163.250	2503400.042	9.170	4.5876	378.5645
54	174168.500	2503430.083	24.409	634.9311	373.9634
70	174168.750	2503430.042	23.218	620.9595	411.7684
73	174178.667	2503422.083	28.484	100.0133	457.4259
74	174177.708	2503424.875	28.465	294.2696	450.1402
75	174144.250	2503428.417	6.892	572.4348	332.3554

表 4.1.4f　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 6 地面控制點檢測資訊表

Image6 GCP座標資料(Pan, Tilt = 20, -30)					
影像 點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
25	174145.583	2503435.750	9.005	468.0608	296.5443
54	174168.500	2503430.083	24.409	413.1259	333.5437
5N	174147.542	2503440.125	5.125	531.6776	365.1860
70	174168.750	2503430.042	23.218	407.3930	371.3450
75	174144.250	2503428.417	6.892	348.1830	305.8646

表 4.1.4g　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 7 地面控制點檢測資訊表

Image7 GCP座標資料(Pan, Tilt = 40, -30)					
影像 點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
25	174145.583	2503435.750	9.005	237.9123	292.7296
27	174136.583	2503453.833	8.869	440.8186	195.5470
29	174128.042	2503471.625	9.097	570.9353	132.2697
54	174168.500	2503430.083	24.409	191.2879	335.8985
5N	174147.542	2503440.125	5.125	312.5660	344.9561
70	174168.750	2503430.042	23.218	192.9741	373.4197
75	174144.250	2503428.417	6.892	121.6427	321.4530
81	174145.333	2503461.125	14.428	594.8311	170.5954
82	174151.583	2503448.458	14.373	473.7690	237.8323

表 4.1.4h　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 8 地面控制點檢測資訊表

Image8 GCP座標資料(Pan, Tilt = 60, -20)					
影像 點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
27	174136.583	2503453.833	8.869	192.3598	325.8358
29	174128.042	2503471.625	9.097	308.9903	246.2546
30	174126.375	2503494.250	9.060	455.6299	204.6118
31	174130.250	2503518.958	9.367	597.6902	183.0305
59	174143.042	2503486.917	9.000	528.5609	264.2316
80	174138.208	2503496.417	8.976	546.7189	232.0424
81	174145.333	2503461.125	14.428	338.4786	279.3784
82	174151.583	2503448.458	14.373	232.6413	363.6592
83	174154.875	2503465.833	14.338	481.9828	314.5573
87	174132.958	2503481.333	9.222	416.0907	240.9845

表 4.1.4i　西子灣海岸可轉向攝影鏡頭 9 地面控制點檢測資訊表

Image9 GCP座標資料(Pan, Tilt = 80, -20)					
影像 點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
29	174128.042	2503471.625	9.097	49.4495	261.2887
30	174126.375	2503494.250	9.060	193.3475	203.4029
31	174130.250	2503518.958	9.367	330.9166	167.1768
59	174143.042	2503486.917	9.000	274.0743	252.5812
80	174138.208	2503496.417	8.976	286.3835	219.7567
81	174145.333	2503461.125	14.428	85.3319	292.9035
83	174154.875	2503465.833	14.338	234.6191	309.0822
85	174160.625	2503486.583	6.633	427.9441	322.9741
86	174165.125	2503477.250	6.564	429.7759	379.7971
87	174132.958	2503481.333	9.222	159.0885	243.1401

4.2 海岸地形全景影像拼接

為利高雄西子灣海岸地形影像資料之數值影像偵測作業，及提供西子灣人工岬灣海岸變化之分析，本節茲依 4.1 節所述之攝影機內部參數與徑向扭曲係數檢定結果及地面控制點檢測資訊，進行西子灣海岸地形全景影像拼接作業，以供海岸地形影像偵測與分析應用。

4.2.1 海岸地形全景影像拼接方法

西子灣可轉向影像觀測系統所錄製之各視角海岸影像，依 4.1 節所述之攝影機內部參數與徑向扭曲係數檢定結果及地面控制點檢測資訊，進行各視角海岸影像徑向扭曲校正與影像和物理座標轉換後，再依據以下方式進行全景影像拼接作業。

一、影像重建與初步影像拼合

於海岸地形影像拼合重建時，依據影像位置與物理坐標轉換關係，配合最鄰近點法調整影像重建方式。其中，最鄰近鄰域法為最簡單且運算速度較快之方法，也稱為零階插值(zero-order interpolation)，如圖 4.2.1 所示；其影像內插方法係選擇距非整數值(x, y)之最近的整數位置上的灰階值代表此非整數值(x, y)對應至重新取樣像素位置(x', y')位置上之灰階值。圖 4.2.2 為經以最鄰近點法調整拼接重建後之影像。

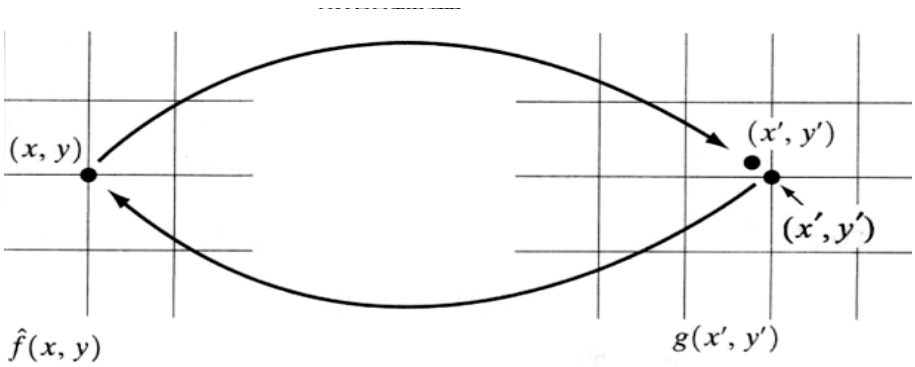


圖 4.2.1　最鄰近鄰域法灰階內插示意圖

圖 4.2.2　西子灣海岸地形初步拼合影像結果圖

二、相鄰兩影像視角亮度差異改善

由西子灣海岸地形初步拼合影像結果(如圖 4.2.2)，在部分相鄰視角影像亮度差異甚大，其接合處影像亮度差異，除降低整體拼合影像觀感外，更不利應用於海岸地形影像自動辨識處理。為降低相鄰兩影像視角亮度差異情形，於影像拼合前先搜尋兩相鄰視角影像範圍(如圖 4.2.3 左子圖之白色影像區)，分析其影像重疊區位置(如圖 4.2.3 右子圖之黑色影像區)，再分別計算兩相鄰視角影像重疊區之平均亮度進行調整。

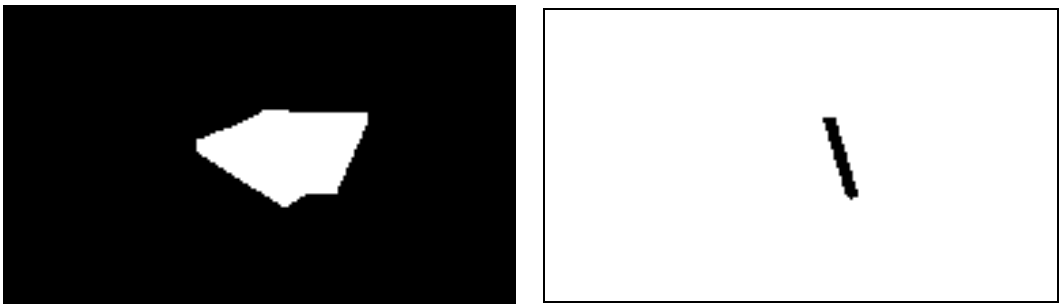


圖 4.2.3　兩相鄰視角影像範圍(左)與影像重疊區位置(右)圖

(視角 1 與 2)

由圖 4.2.4 顯示，經以前述方法進行兩相鄰視角影像重疊區之平均亮度調整後，再進行海岸地形影像拼接作業，可大幅降低相鄰兩視角影像亮度視覺差異，而經由視角亮度差異改善，除增加拼合全景影像視覺觀感外，同時因相鄰兩視角亮度之融合，將可避免因兩視角亮度差異(亮度梯度)造成海岸線偵測之誤判。

圖 4.2.4　相鄰兩影像視角亮度差異改善結果圖

三、影像增強與銳化影像處理

為增加海岸地形與結構物邊界線之影像亮度梯度差，茲就整幅影像亮度分佈資訊，以 Matlab 程式中之「adapthisteq」與「fspecial」兩函式，分別進行自適增強與銳化之影像處理作業，其影像處理結果如圖 4.2.5 所示。

由拼合影像進行自適增強與銳化之影像處理程序後(如圖 4.2.5 所示)，除使原始拼接影像視覺立體與清晰外，可增強平均影像之結構物邊界線、砂灘與海水影像梯度差，有助海岸地形影像自動辨識處理；另在水面波浪白沫強度，則有助近岸流場資訊之研判。

圖 4.2.5　影像增強與銳化影像處理改善結果圖

(上圖：改善前，下圖：改善後)

4.2.2 西子灣海岸地形全景影像拼接

西子灣可轉向影像觀測系統所錄製之各視角海岸影像(如圖 4.2.6 所示)，茲依前述方法進行西子灣海岸地形全景影像拼接工作，其結果

如圖 4.2.7 之圖例所示。另於計畫執行期間所攝錄之海岸影像資料，依前述方法將每旬之海岸地形全景影像拼接結果整理於附錄，以供參考。

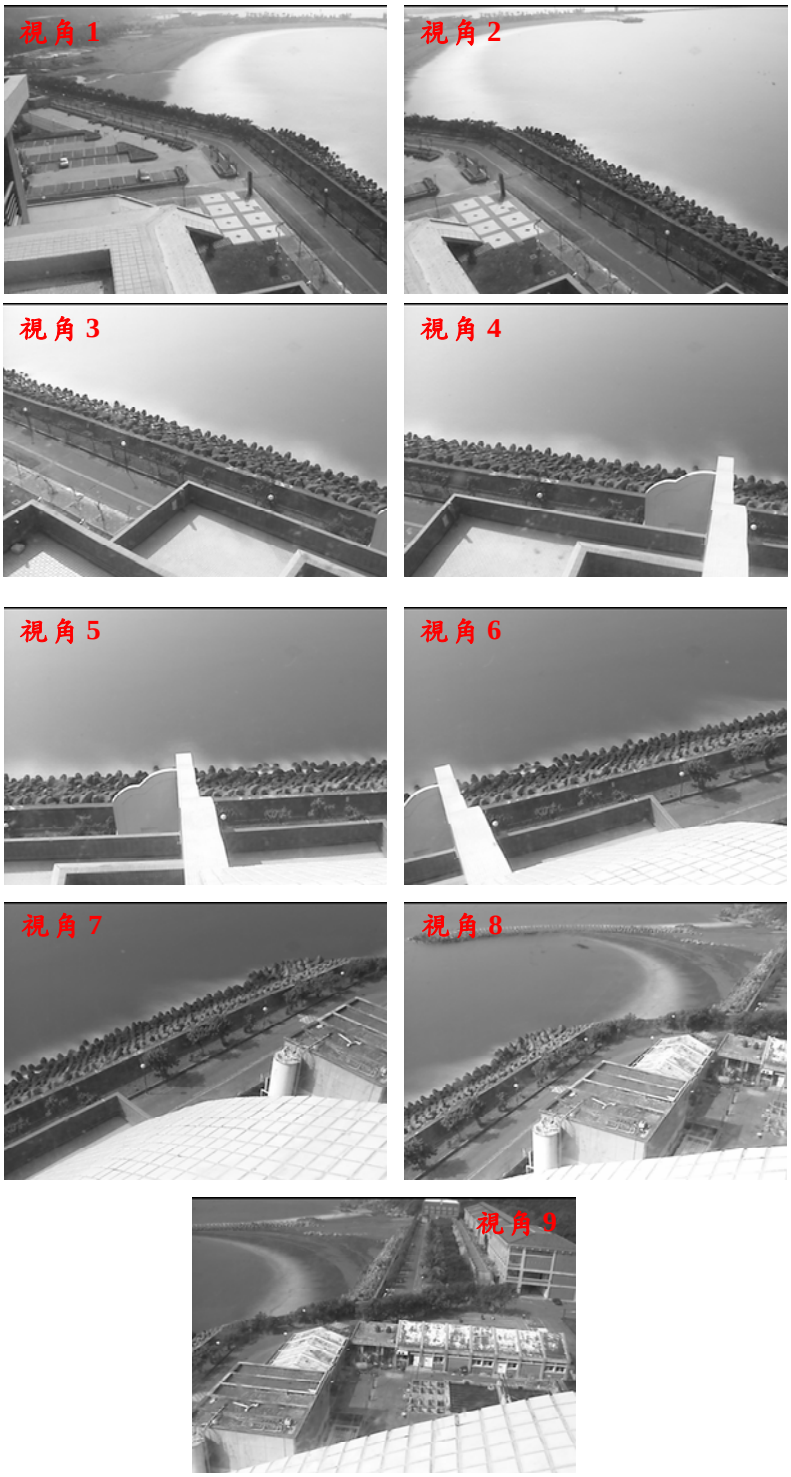


圖 4.2.6　西子灣各視角平均影像

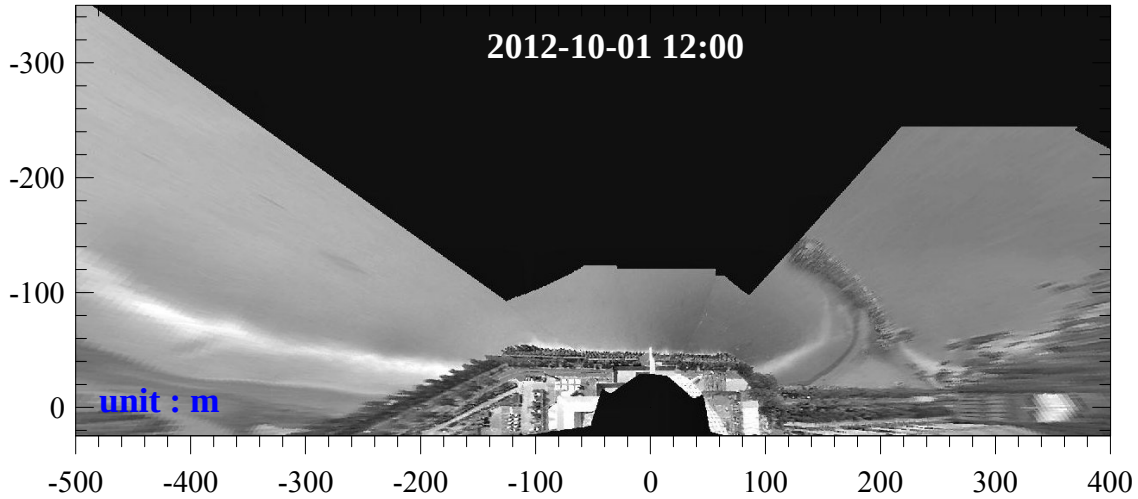


圖 4.2.7　西子灣海岸地形影像拼接結果圖例(2012/10/01 12:00)

4.3 西子灣海岸地形影像偵測與分析

本計畫之海岸線分析作業，茲以西子灣可轉向影像觀測系統之逐時平均影像，依主動輪廓模式方法，配合高雄港潮位資料與外海波浪資料，進行西子灣海岸線分析。

4.3.1 海岸灘線影像偵測

海岸地形變化的影像分析工作，主要藉由影像分割技術辨識水、陸交界線的位置去判別灘線。傳統的影像分割演算法通常以影像強度值兩個基本特性，即不連續性與相似性來決定。前者方法是根據影像強度的突然改變來分割影像，如影像邊緣檢測。後者則是根據一組預先定義的準則，將影像分割成類似的區域，如臨界值法、區域成長等方法。此外，尚有利用影像的色彩值、梯度資訊、紋理特徵、影像形態學等做為分割的依據。然而，沒有任何一種影像分割技術可以建立通則去適應各種類型影像的分割，通常需藉由多重的影像資訊及特性使用不同的影像分割演算法，且分割的正確性總是會有帶有一定程度的主觀性。

然而海岸灘線影像屬於一序列動態影像，傳統影像分割方式較著重於靜態影像的應用。Kass 等人(1988)引入能量場的概念提出一種名為

Snake 的主動輪廓模式法(Active Contour Model,以 Snake 法簡稱之)之後，許多學者藉由修正能量函數及影像梯度的計算方法，將此方法廣泛應用在不同影像類型的分割領域上，如 Caselles 等人(1997)。其中 Caselles 等人(1997)提出一種適用於具有明顯影像梯度變化的影像物件分割演算法，對於灘線萃取的有較高的準確度與穩定性。然而 Snake 的演算方法在運算過程中，需要大量的疊代計算，對於大尺度影像的計算相當繁複且耗時。

本研究計畫中分別採用形態學中的分水嶺分割法，以及主動輪廓模式法，探討海岸地形動態影像之灘線萃取，嘗試結合不同類別之方法在保有準確度的情況下提升分割效率，以下針對影像處理方法及流程加以說明，並由實例說明分析結果。

一、灘線萃取方法

1. 形態學分水嶺影像分割

通常大尺度影像分割著重於分割過程的穩定性、速度性、描述性等三方面的效能，而根據影像強度值的不連續性與相似性，一般影像分割的主要概念為邊緣檢測、門檻化、區域成長和以形態學為基礎的分水嶺分割，這些分割法各有其優缺點。其中形態學分水嶺將其他三種方法的概念具體化，故通常能產生更穩定的分割結果，尤其是對於重疊影像的分割。

若將水、陸交界的灘線灰階影像視為一拓撲學曲面，其中灰階值為其高度，則分水嶺轉換可在灰階影像中找出集水盆地和分水嶺山脊線，其中集水盆地則為欲分割的物件，以此概念則可實現影像分割。分水嶺分割包括距離轉換、梯度分水嶺分割及標記控制分水嶺分割等方法，前二者用於複雜影像分割時，由於雜訊或梯度的不規則，故容易導致過度分割的情形發生。為消除與分割問題無關的細節，可利用標記控制來修正之，假設一感興趣的物體內可標記一組內部標記，物體外之背景標記一外部標記，則

可利用這些標記來修飾梯度影像，則沿著物體的梯度邊緣可產生分水嶺的山脊線，同時亦可消除無關的細節。

實際執行時，我們以前景像素標記出深區域，作為內部標記，而以二值化影像的距離轉換之分水嶺分割的背景像素作為外部標記。再利用內部與外部標記，透過最小化技術修飾梯度影像，使得區域小值只出現在標記區域，其他像素則被上推而消除之，進而獲得主要目標物之分割。

2. 主動輪廓模式

所謂的 Snake 是具有彈性且動態形變的曲線方程式，以能量場的概念來描述此 Snake 曲線時，此曲線本身之內能與影像所提供的外能達到平衡，即總能量最小化時，此分割影像物件的 Snake 曲線便可求得。其中內能指輪廓曲線的擴張程度，外能則為此輪廓曲線所經過位置的影像梯度。影像灰階值的變化是外能的主要判斷依據，因為影像中特徵物邊緣的梯度具有指向邊緣的向量，且這些梯度向量離邊緣越近能量越強。

Caselles 等人(1997)所提出的能量方程式可表為

$$E(\Gamma)=\int_0^1 g(I(\Gamma(q)))\left\|\Gamma'(q)\right\|dq \tag{4.3.1}$$

其中

$$g(I)=\frac{1}{1+\left\|\nabla(G*I)\right\|^2} \tag{4.3.2}$$

上式，I 為影像強度值，Γ 參數曲線，G 為變異數為 1 的高斯濾波。能量方程式最小化可導出 Snake 曲線模式，

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}(x)=g(I(x))\left\|\nabla\phi(x)\right\|(c+\kappa)+\nabla g(I(x))\nabla\phi(x) \tag{4.3.3}$$

其中，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\left\|\nabla\phi(x)\right\|)$ 相當於輪廓曲線的曲率，c 則為與曲線擴張有關的常數。

Snake 曲線在產生梯度向量時需要經過疊代，Snake 曲線追蹤邊緣時亦需要疊代，運算過程相當繁複且耗時。但是相較於傳統邊緣偵測法，Snake 曲線的準確度較高，且可以正確地描述特定特徵物之邊緣。

二、影像處理流程

為準確分割動態灘線影像，本研究將影像處理流程分為前置處理、標定動態灘線範圍、水陸邊界分割等三個主要步驟，最後再依據 GCP 轉換為二度分帶之灘線座標，處理流程如圖 4.3.1 所示，以下分別就影像處理過程加以說明。

1. 前置處理

影像分析在影像資料擷取時，受攝影機系統取樣及環境因素影響會對影像產生破壞，故通常需透過影像濾波與復原模型加以校正，以改善影像品質，以提升計算機的處理的準確度。本研究在前置處理階段，主要執行平滑濾波、影像平均以及灰階轉換程序，用以降低影像雜訊及空間。

2. 動態灘線範圍

由於灘線的萃取屬於動態影像分割，通常檢測影像動態範圍可分為空間域及頻率域二種影像處理技術。空間域的方法主要是透過累積影像差值的方法，從一影像序列中抽取出運動的成分。頻率域的方法主要是透過頻率轉換函數如傅立葉轉換等技術來估測運動影像問題。本研究利用累積影像差值的方法來偵測灘線動態區域，如圖 4.3.2 所示明亮區表示動態區，陰暗區則表示靜態區，再透過影像顯示範圍的調整則可標示出灘線動態區域。

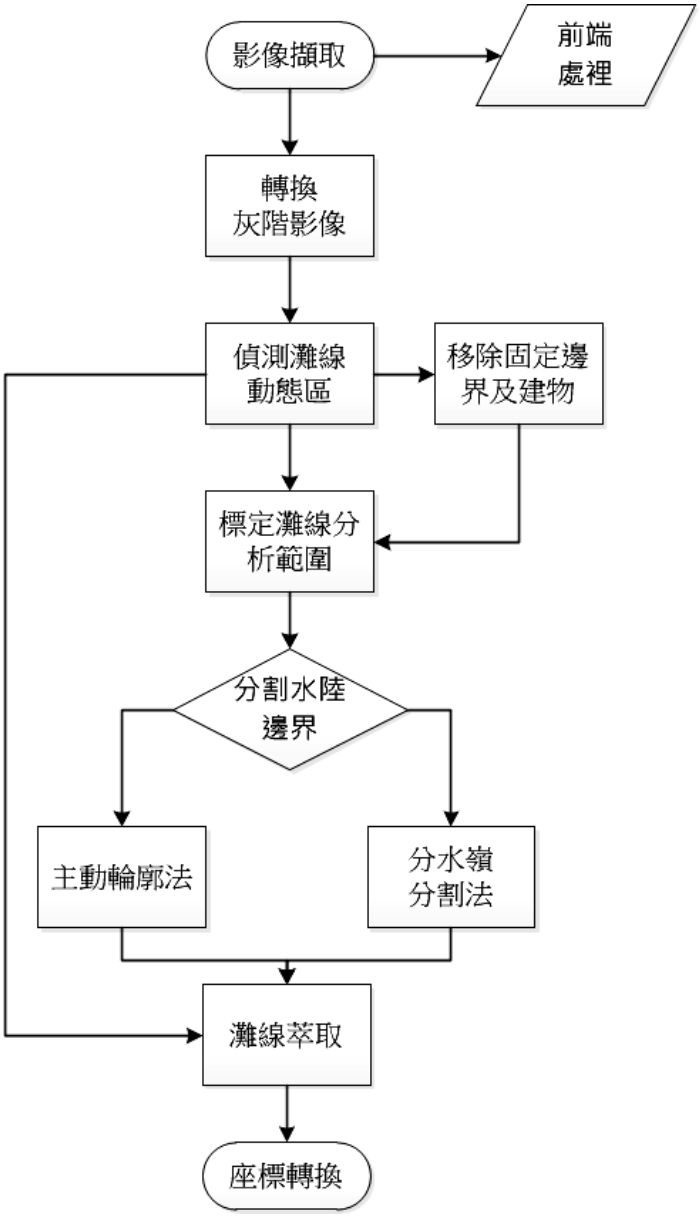


圖 4.3.1　灘線影像辨識流程圖

圖 4.3.2　西子灣累計差值影像範例

3. 邊界分割

本研究分別利用分水嶺分割法及 Snake 法來萃取灘線，Snake 法可直接描述目標灘線的位置，而分水嶺分割後須再利用邊界連通的方式描述灘線的位置，獲得灘線的影像座標後再利用地面控制點(GCP)轉換為二度分帶座標位置，供後續分析。

三、海岸地形影像偵測結果

為比較不同影像分割法的執行效率與其準確性，本節分別以分水嶺分割法及主動輪廓模式法來實現分割海岸地形灘線目的，影像來源為西子灣海岸地形之數值影像，如上章節所述採用 EVI-D70 可轉向控制攝影機擷取之海岸影像為分析依據，分析時採用 5 分鐘平均影像，以下分別就分析結果比較之。

1. 分水嶺分割

分水嶺分割時，首先透過形態學平滑處理，降低表面紋路，以避免過度分割的情形產生，如圖 4.3.3 所示顯示表面紋路在經過處理後已降低甚多，將有利於後續分水嶺分割處裡。

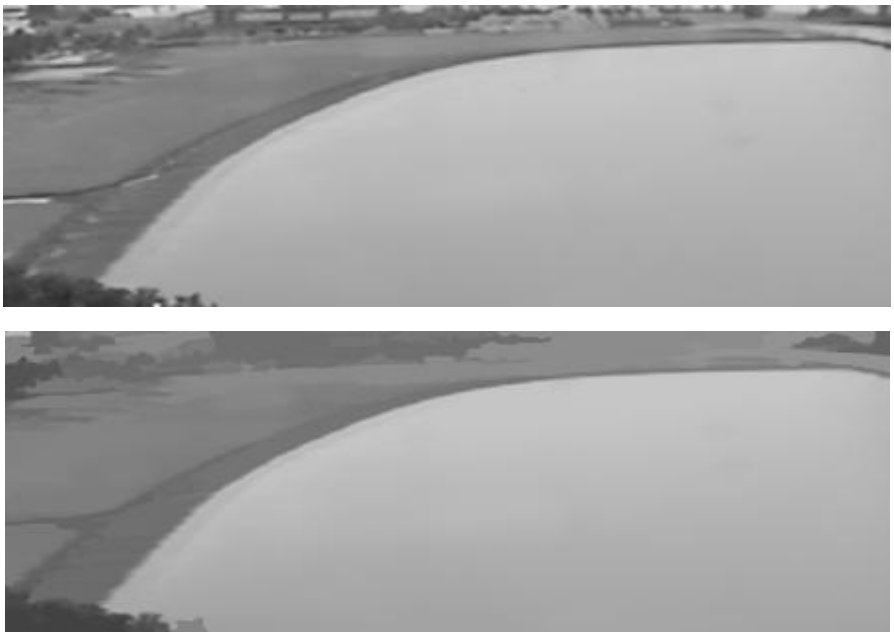


圖 4.3.3　形態學平滑處理

(上)除去建物原始影像;(下)平滑處理影像

將平滑後之影像，以灰階值為其高度，利用分水嶺轉換可在灰階影像中找出集水盆地和分水嶺山脊線，如圖 4.3.4 所示。再進一步利用影像標記處理求得水、陸交界之分割線，如圖 4.3.5 所示。

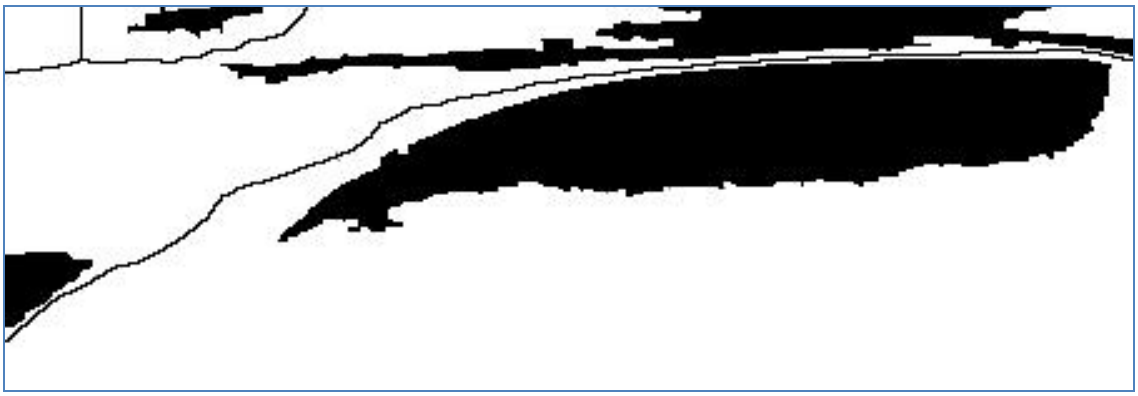


圖 4.3.4　分水嶺轉換後所得之集水盆地和山脊線

圖 4.3.5　以分水嶺分割法切割水、陸交界之結果

2. 主動輪廓模式分割

如圖 4.3.6 所示為西子灣 2010 年 5 月 1 日早上 6 點移除固定建物後之平均影像，其攝影機之方位角 1000，圖上藍色線段為任意給定之起始輪廓曲線，利用上述 Snake 模式，由水面影像出發，讓曲線逼近高影像梯度(高能量)水、陸交界之灘線。如圖 4.3.7 所示為一序列疊代過程，當疊代至 100 次之後已可逐漸貼近灘線，疊代次數增至 200 次時曲線變化甚小，顯示輪廓曲線已趨於穩定。圖 4.3.7(c)中，除了在邊界凹陷處無法貼近外，其餘皆能正確擷取灘線，顯示 Snake 法可以應用於海岸地形灘線之萃取。

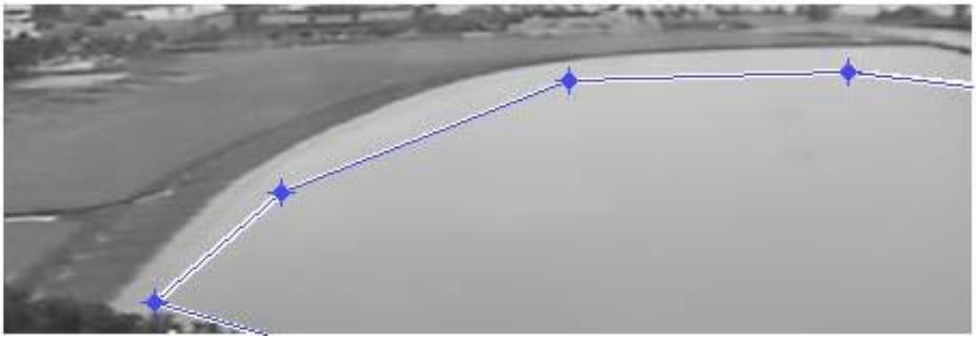
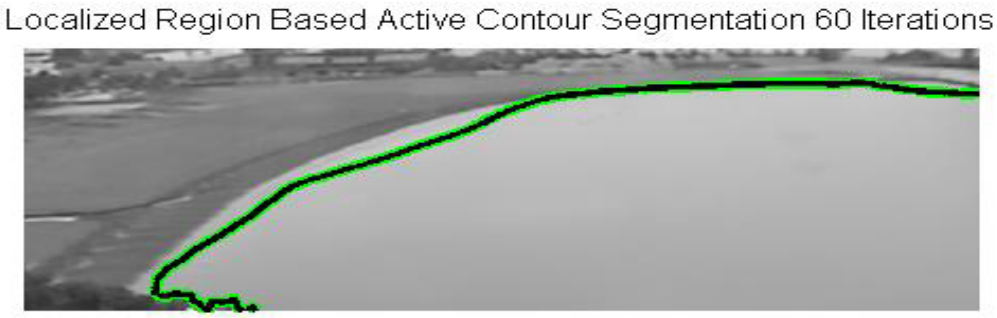
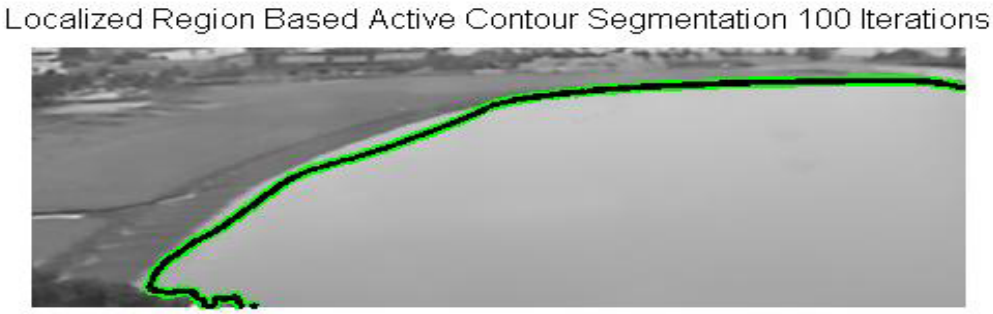


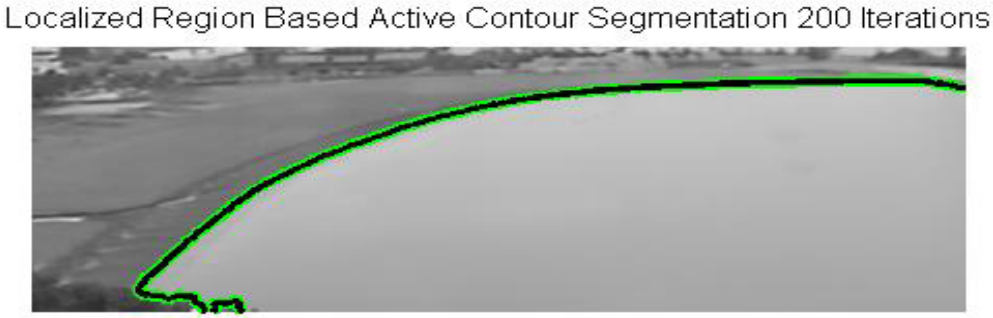
圖 4.3.6　起始輪廓線段之標定



(a)疊代 60 次



(b) 疊代 100 次



(c) 疊代 200 次

圖 4.3.7　一序列灘線影像之 Snake 分割過程

3. 分割結果比較

為比較兩種分割方式對於灘線萃取的差異，我們從灘線的描述性及分析的速度性加以探討。如圖 4.3.8 所示，實線部分為 Snake 法計算所得之灘線，虛線則為分水嶺分割結果，顯示二者在整體分析結果甚為吻合。進一步分別從 X 及 Y 方向來檢視 Snake 與分水嶺分割結果之差異如圖 4.3.9，圖上顯示，在 X 方向二者的差異皆在 3 個像素以內，但在 Y 方向遠端影像(影像位置超過 400 像素的區域)二者像素差異大於 3 個像素點。由於 Snake 模式可以直接萃取目標灘線的座標位置，對於灘線有較好的描述性，而分水嶺分割法在影像分割後，需再進一步透過 8 連通或 4 連通法描述邊界位置，對於解析度較低的影像其有較大的計算誤差。

另外，對影像分析的速度性而言，針對一張 700×200pixels 的影像，利用 Snake 計算需耗時 142 秒，而分水嶺分割法則僅需 0.72 秒(CPU:Intel Core2 Duo 2.2GHz)，顯示分水嶺分割法在計算速度上有較大的優勢。整體而言，若用於分割靜態影像或平均影像時，因 Snake 有較好的描述性，應以其為主要分割方法，若對於大量的連續序列影像的分析，則以分水嶺分割較為可行。

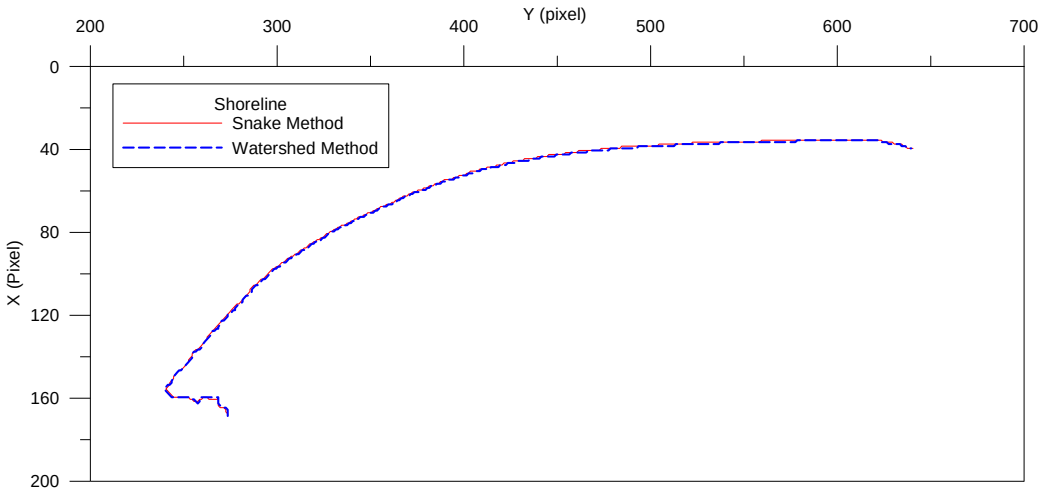
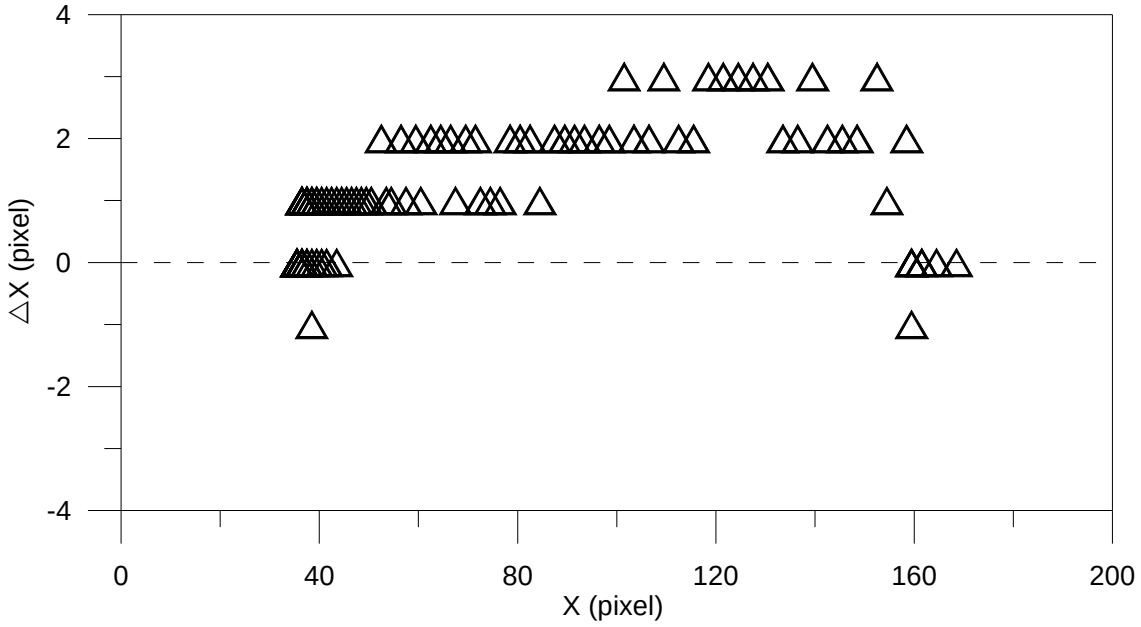
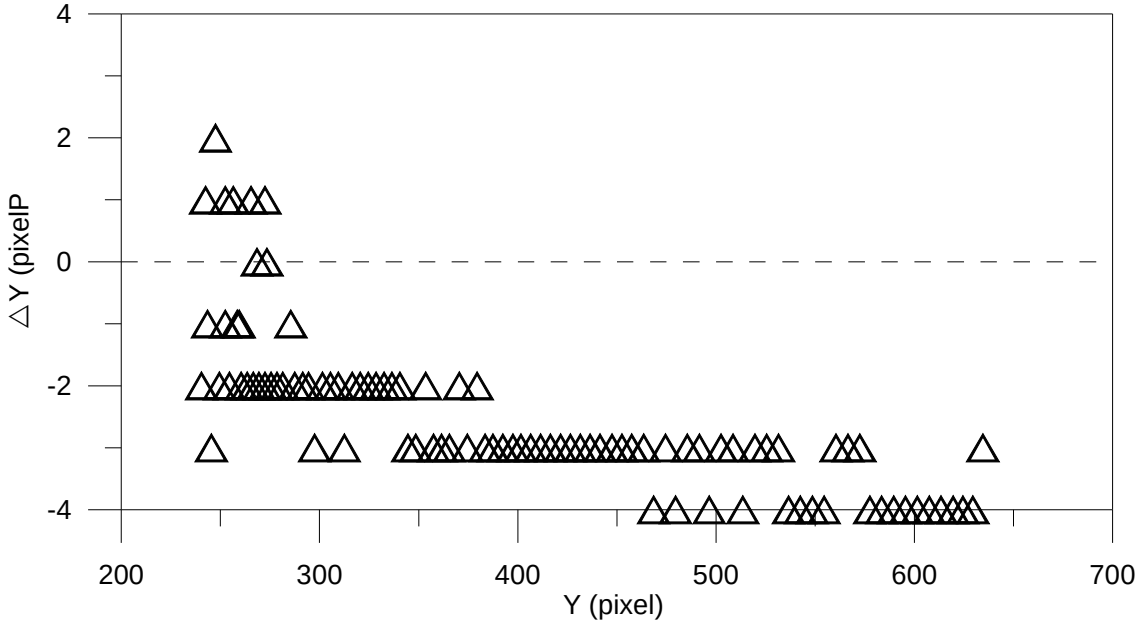


圖 4.3.8　Snake 與分水嶺分割灘線的萃取結果比較



(a) X 方向的差異



(b) Y 方向的差異

圖 4.3.9　Snake 與分水嶺分割結果在 X 及 Y 之差異
(a)X 方向的差異(b) Y 方向的差異

4.3.2 海岸線偵測分析

在台灣一般所指之「海岸線」，乃中潮系統高程為零之海岸水位

線，然而海岸因潮汐與波浪之作用，海岸水位線高度隨時都在變動，無法由瞬間之海岸影像決定「海岸線」位置。因此，本計畫之海岸線分析作業，茲以西子灣可轉向影像觀測系統之逐時平均影像，依前述海岸地形影像偵測方法，配合高雄港潮位與外海波浪資料(測站位置如圖 4.3.10 所示)，進行西子灣海岸線偵測分析作業。

圖 4.3.10　高雄港潮位與外海波浪測站位置示意圖

一、海岸線偵測分析方法

如前述，海岸因潮汐與波浪之作用，海岸水位線高度隨時都在變動，為濾除波浪水位變化影響，各時段海岸水位線偵測分析時，

採每小時 5 分鐘之平均影像資料，依前述之海岸地形影像偵測方法，進行海岸水位線偵測分析作業。

由於高雄港西子灣僅乙台攝影機連續拍攝海面變化，無法應用多攝影機進行水位線三維定位，為獲取中潮系統高程為零之海岸水位線，可利用鄰近潮位站逐時潮位資料，進行逐時之影像海岸水位線高程標定，若考慮近岸波浪水位堆升影響，則可再配合波浪水位堆升(setup)經驗式，進行影像海岸水位線高程修正，以下茲就兩種分析方法說明。

(1) 潮位修正

茲就單日每小時海岸影像資料(06:00~18:00)之水位線位置偵測結果(如圖 4.3.11 之圖例所示)，分別對應當時刻之高雄港潮位高程(轉為中潮系統)，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線(中潮系統高程為 0m)內插作業。

(2) 潮位配合波浪水位堆升(setup)修正

為考量波浪水位堆升(setup)作用，對海岸線分析結果之影響，茲就 Stockdon 等人(2006)同樣以影像監測方析之現地海岸波浪水位堆升研究成果，如式(4.3.4)，依高雄港外海波浪資料進行波浪水位堆升高度計算，計算結果再配合前述潮位修正法，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線內插作業。

$$\bar{\eta} = 0.35\beta_f \left(H_0 T_0\right)^{1/2} \tag{4.3.4}$$

式中，β_f 為潮間帶底床坡度，H_0 為深海示性波高，T_0 為深海示性週期。其中，潮間帶底床坡度 β_f 係依據單日 6:00 ~18:00 每小時水位線位置配合潮位高度資料決定。

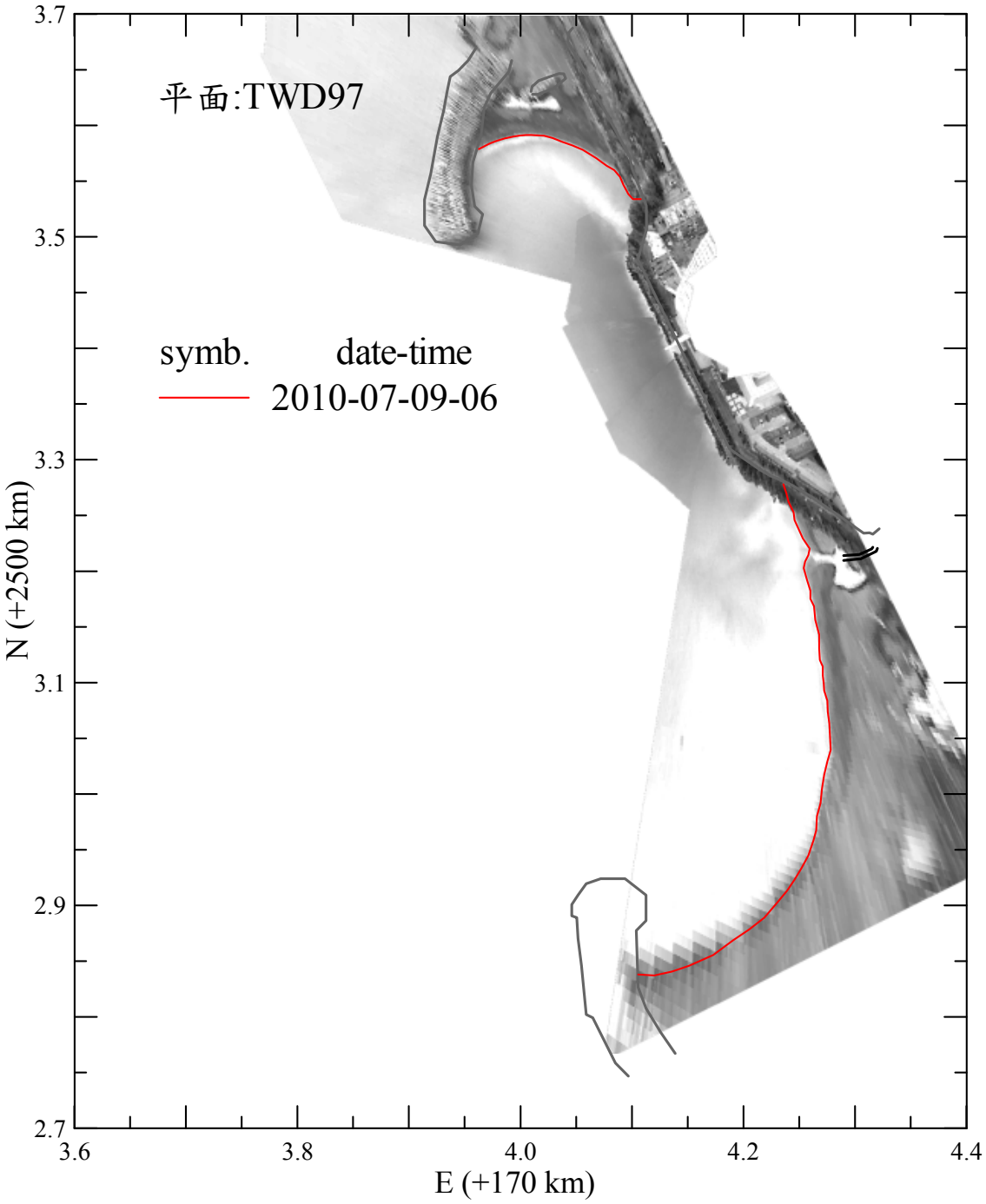


圖 4.3.11　海岸水位線偵測分析結果(2010/07/09 06:00)

二、海岸線偵測分析方法驗核

為瞭解前述海岸線偵測分析方法之合理性，茲於 2010 年 7 月 9 日鄰近低潮點時段(12:43~13:51)，以即時動態衛星定位系統(RTK，儀器主要規格如表 4.3.1 所示)迅速完成西子灣南北岬頭海岸之灘面座標與高程檢測工作，再依據檢測結果分析高程 0m 線作為海岸線，以供海岸線偵測分析方法驗核應用。其施測情形與結果測點圖，分別如圖 4.3.12 與圖 4.3.13 所示。

表 4.3.1　即時動態定位系統(RTK)儀器主要規格表

觀測項目	儀器名稱		主要儀器規格
坐標高程定位	NovAtel DL-2		即時定位精度： 高程、平面±(1cm+2ppmxL) 後處理精度： 高程±(1cm+1ppmxL) 平面±(0.5cm+1ppmxL) 坐標輸出頻率：10 Hz
	NovAtel DL-4		即時定位精度： 高程、平面±(1cm+1ppmxL) 後處理精度： 高程、平面±(0.5cm+1ppmxL) 坐標輸出頻率：20 Hz

圖 4.3.12　西子灣海岸線實地測量情形(2010/07/09)

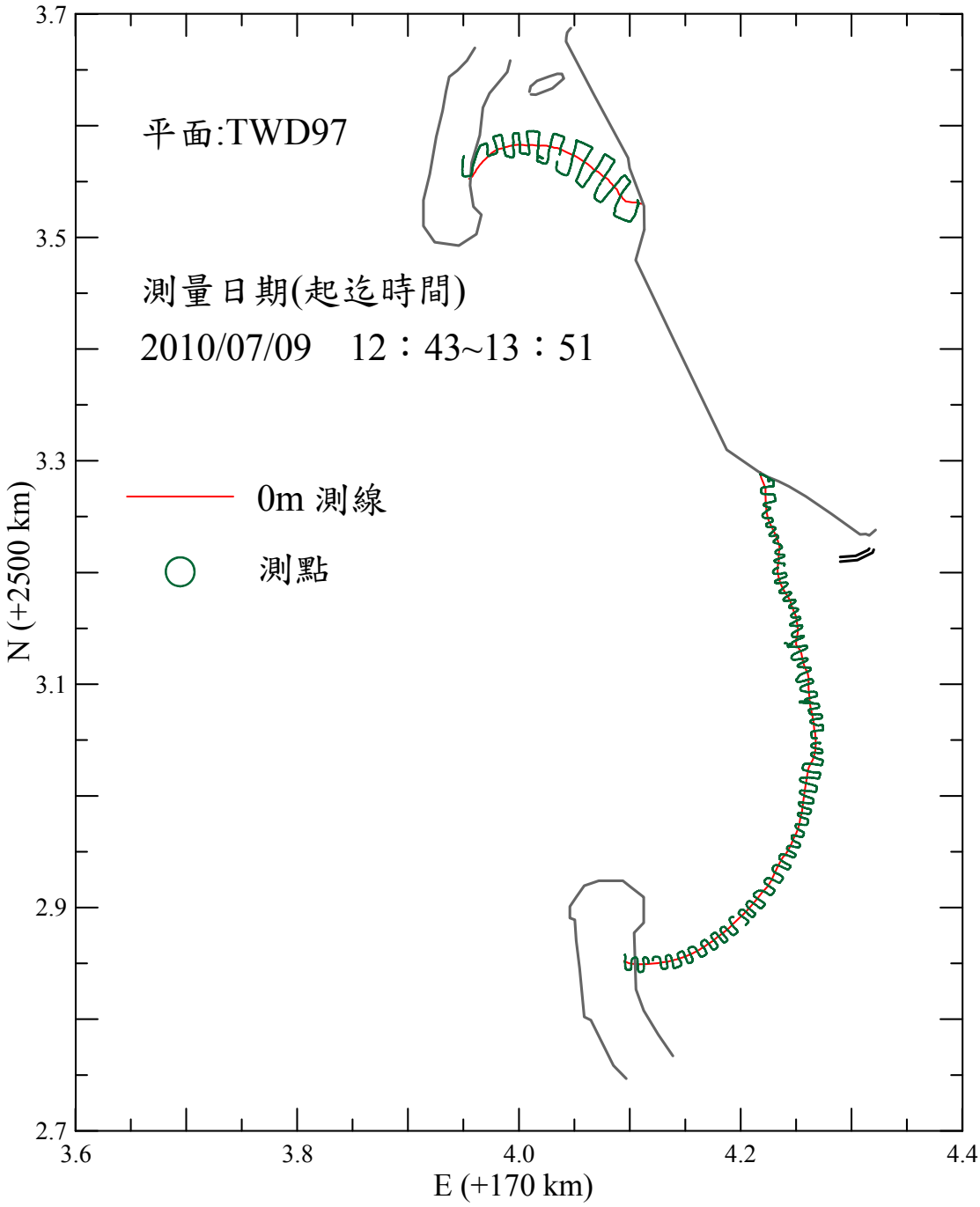


圖 4.3.13　西子灣海岸線實地測量 0m 測線測點圖(2010/07/09)

另就 2010 年 7 月 9 日西子灣可轉向影像觀測系統之逐時平均影像(06:00~18:00)，依前述潮位修正及潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式，配合高雄港潮位與高雄港外海波浪資料(如圖 4.3.14 所示)進行逐時水位線分析(逐時水位線分析結果，如

圖 4.3.15 所示，而各海岸斷面前灘地形如圖 4.3.16 系列所示)，其結果與即時動態衛星定位系統之海岸線檢測分析成果進行比較，如圖 4.3.17 所示。

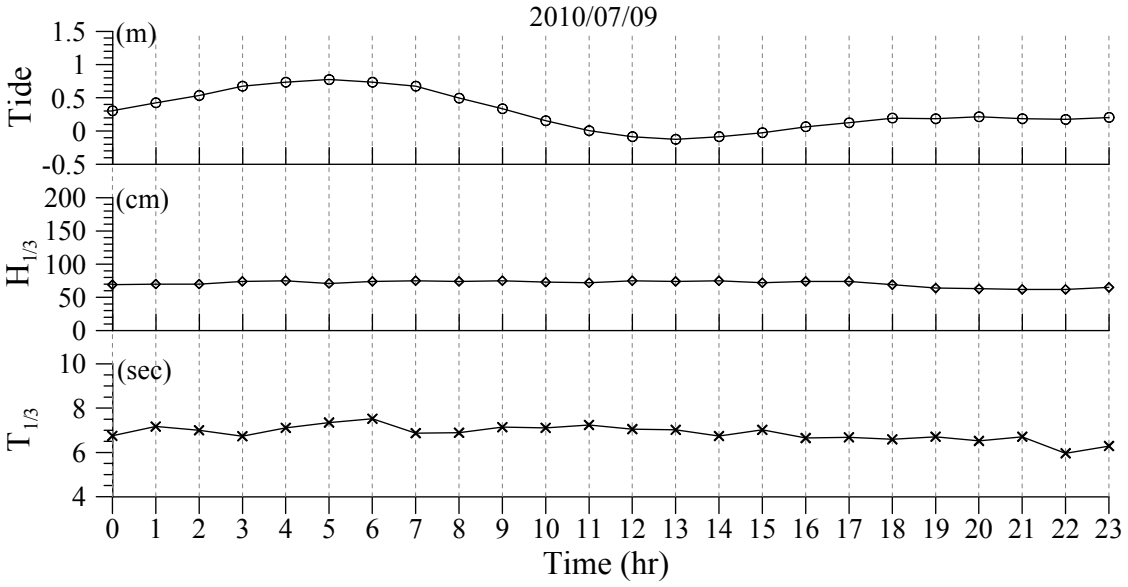


圖 4.3.14　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/07/09)

根據圖 4.3.17 知，單以潮位修正所分析之海岸線，其海岸線相對於即時動態衛星定位系統(RTK)所檢測者，於北岬頭與南岬頭海岸多有較偏往外海現象(即海岸線位置之高程較 RTK 檢測者低)，其中北岬頭海岸線與 RTK 檢測者之位置偏差平均約 8m，而南岬頭海岸者則為 4m。

以潮位配合波浪水位堆升所分析之海岸線，其相對於 RTK 檢測者，於北岬頭海岸除在靠近岬頭附近海岸線位置有較大之偏差外，其餘地區尚稱接近，其偏差平均約 3m，而在南岬頭海岸方面，其海岸線分析結果相對於 RTK 檢測者甚為接近，其位置偏差平均約 1m。

由上述分析結果顯示，以潮位配合波浪水位堆升修正方式進行海岸線分析，其分析結果較接近實際情形(以即時動態衛星定位系統檢測)，故茲以此分析方法應用於西子灣海岸線變遷分析工作。

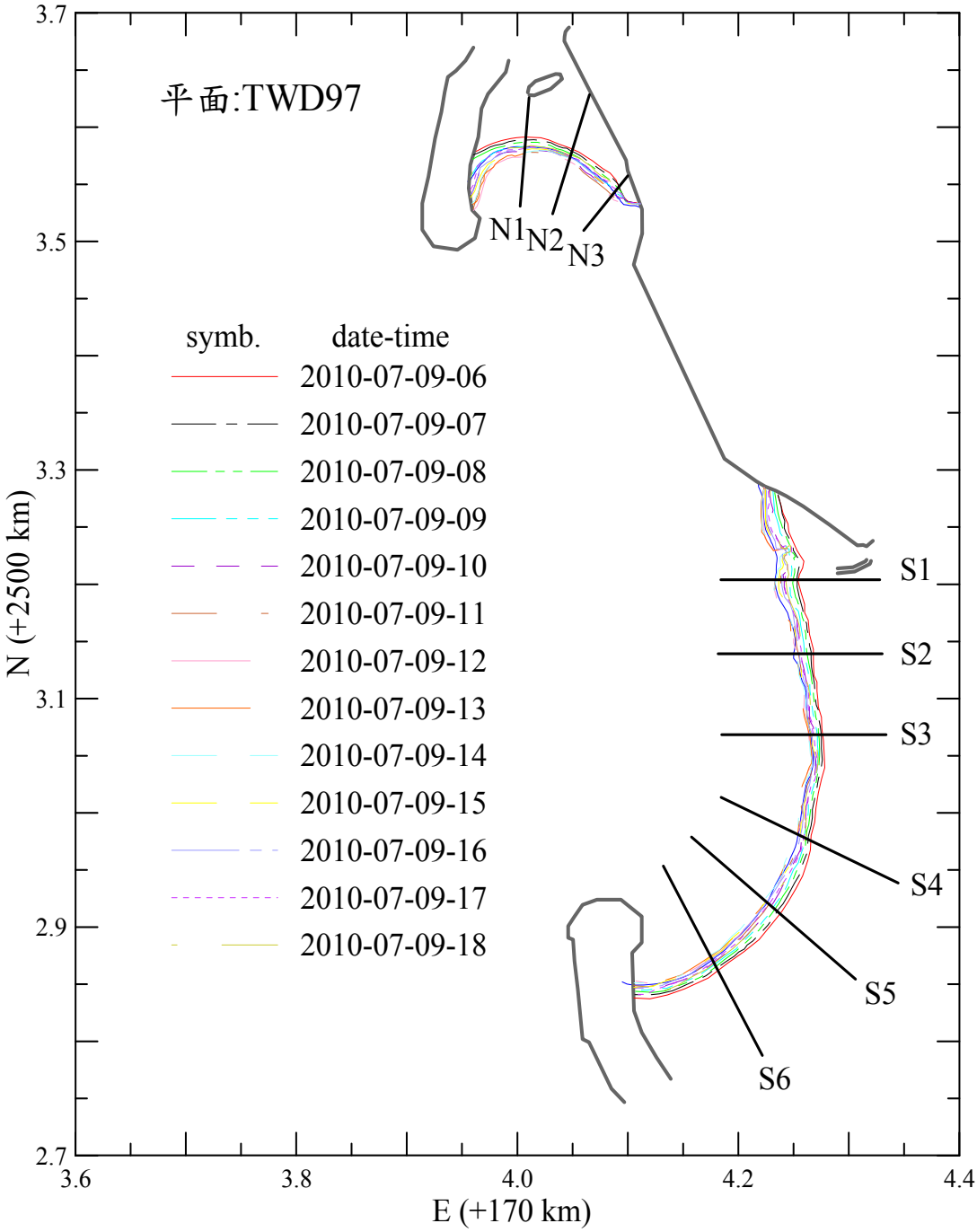


圖 4.3.15　逐時水位線分析結果圖(2010/07/09)

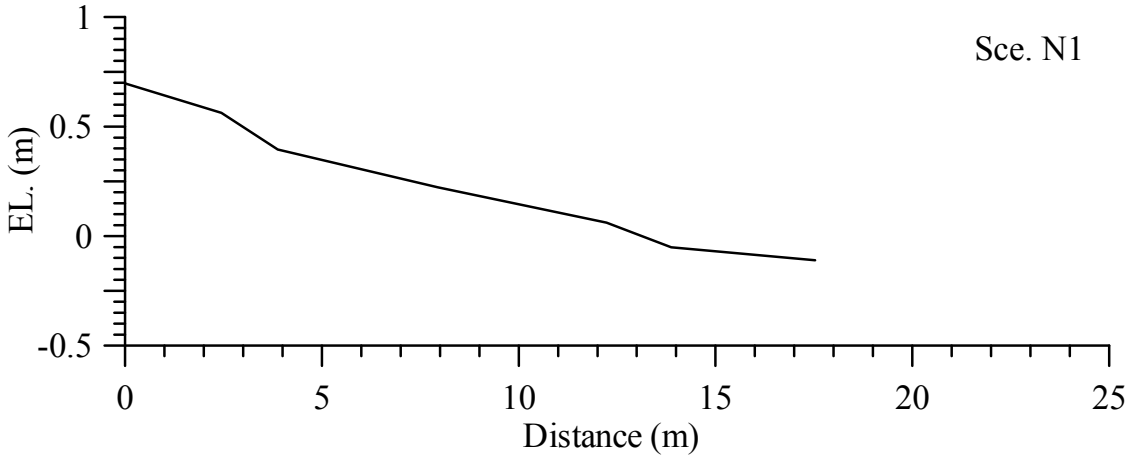


圖 4.3.16A　北岬頭斷面 N1 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

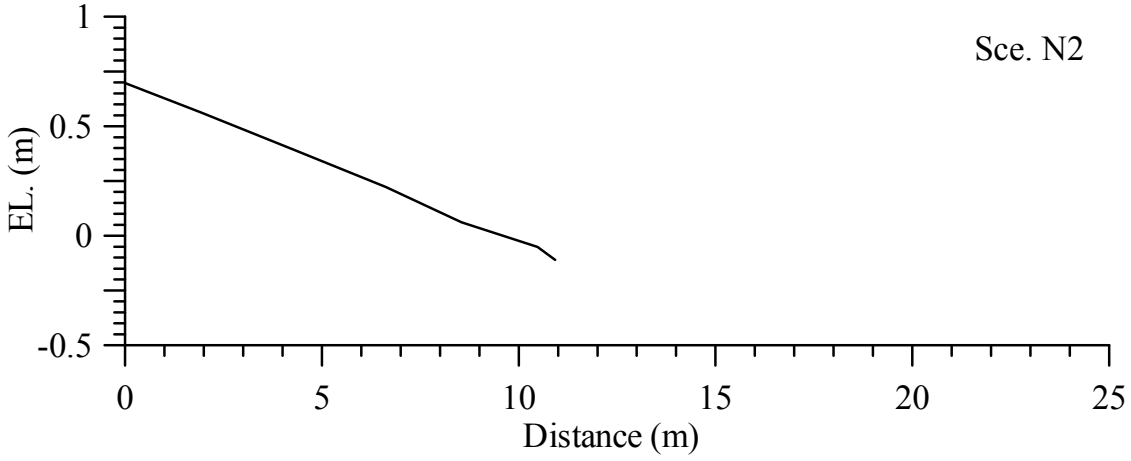


圖 4.3.16B　北岬頭斷面 N2 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

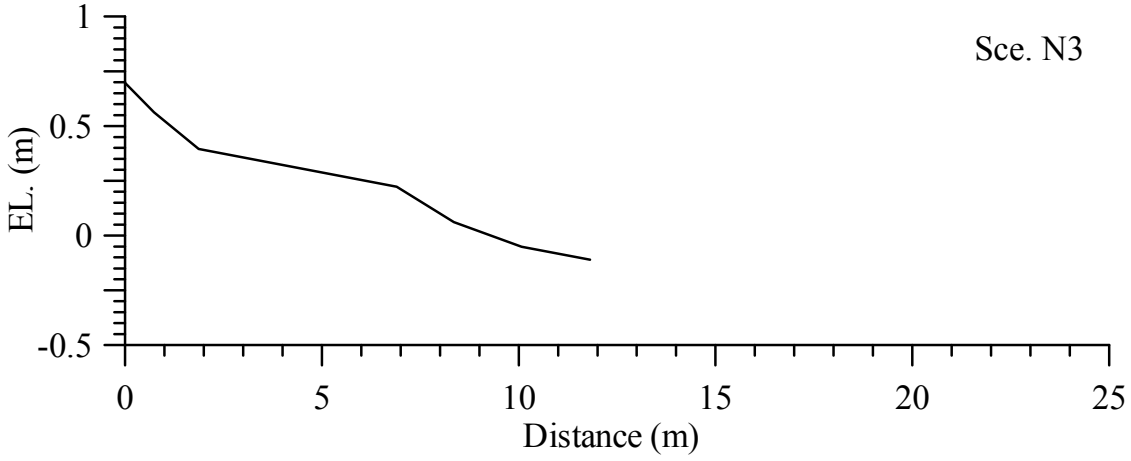


圖 4.3.16C　北岬頭斷面 N3 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

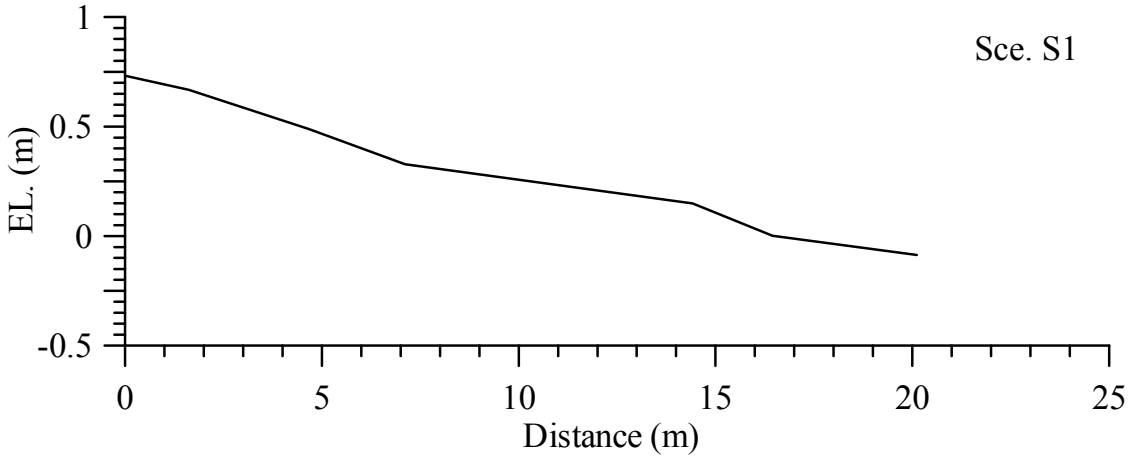


圖 4.3.16D　南岬頭斷面 S1 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

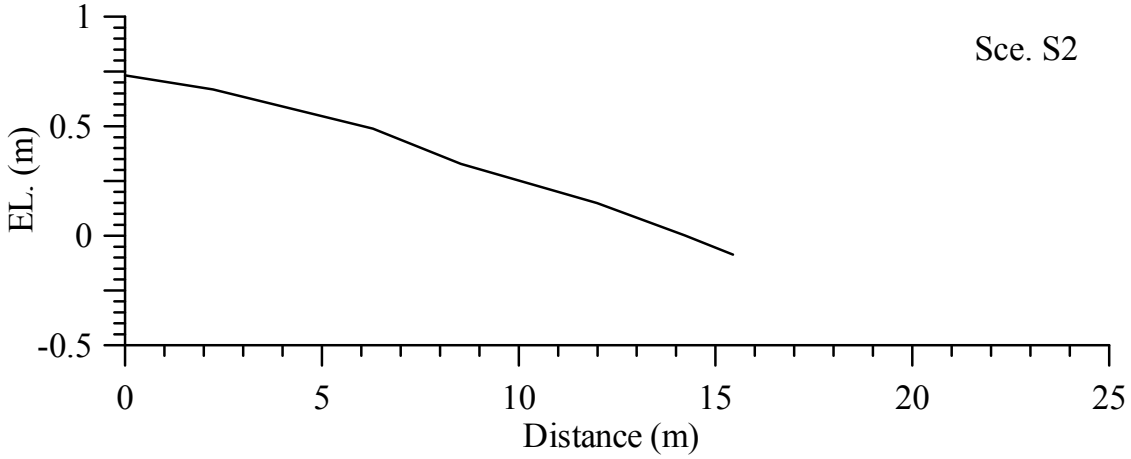


圖 4.3.16E　南岬頭斷面 S2 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

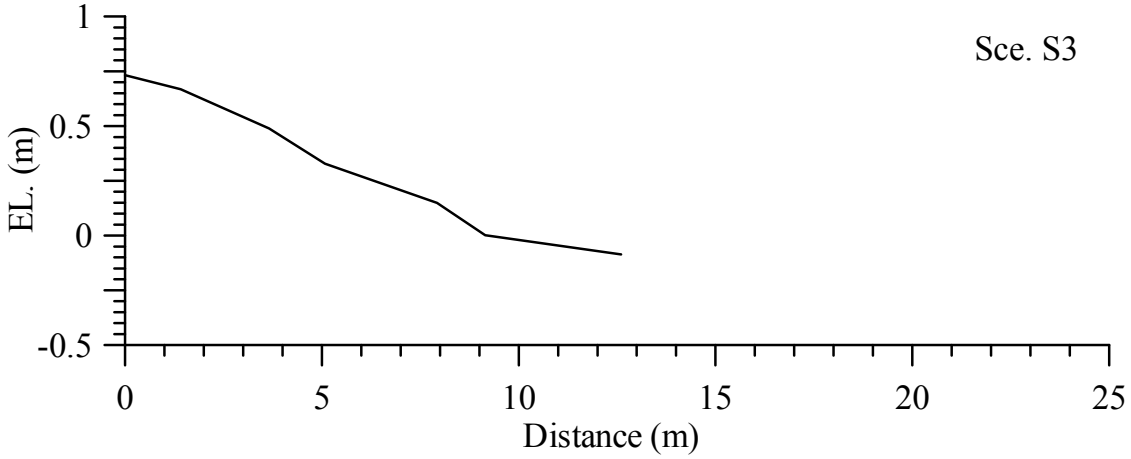


圖 4.3.16F　南岬頭斷面 S3 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

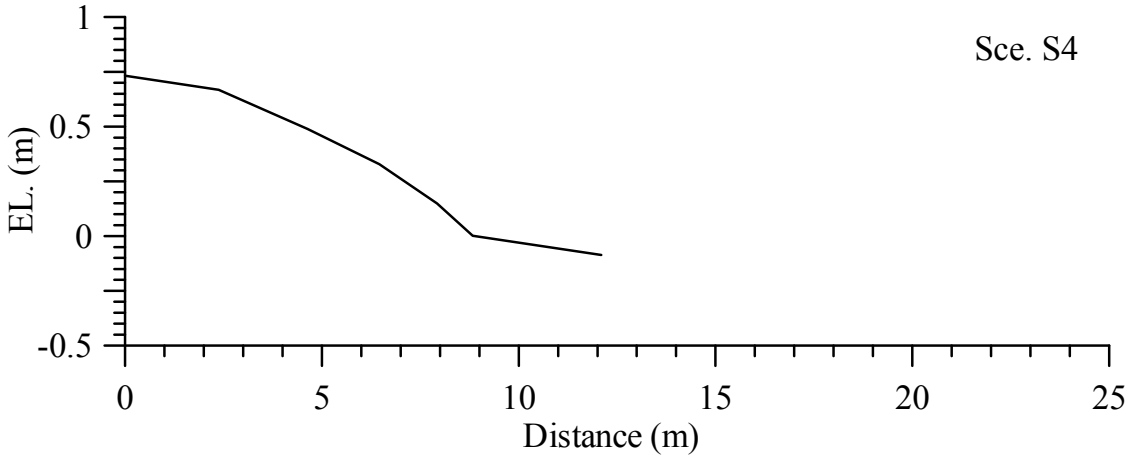


圖 4.3.16G　南岬頭斷面 S4 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

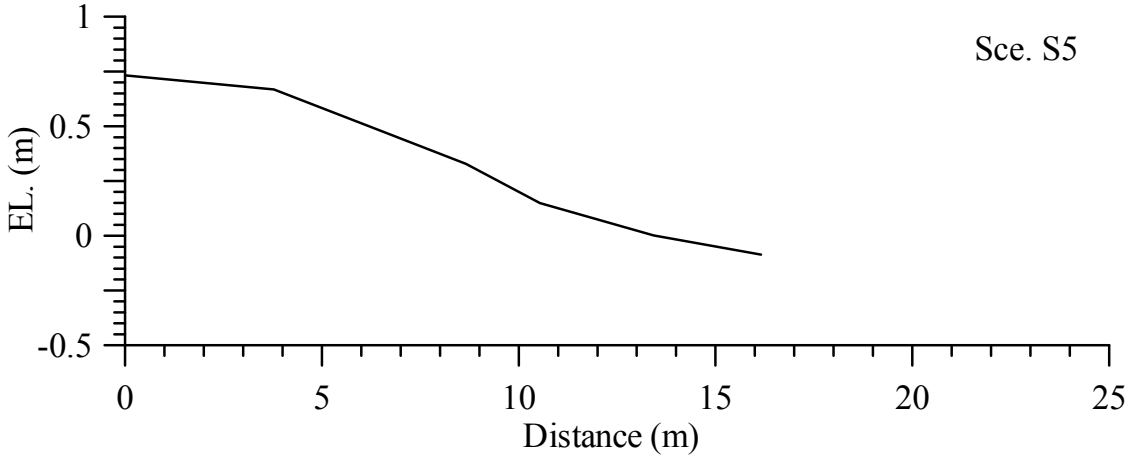


圖 4.3.16H　南岬頭斷面 S5 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

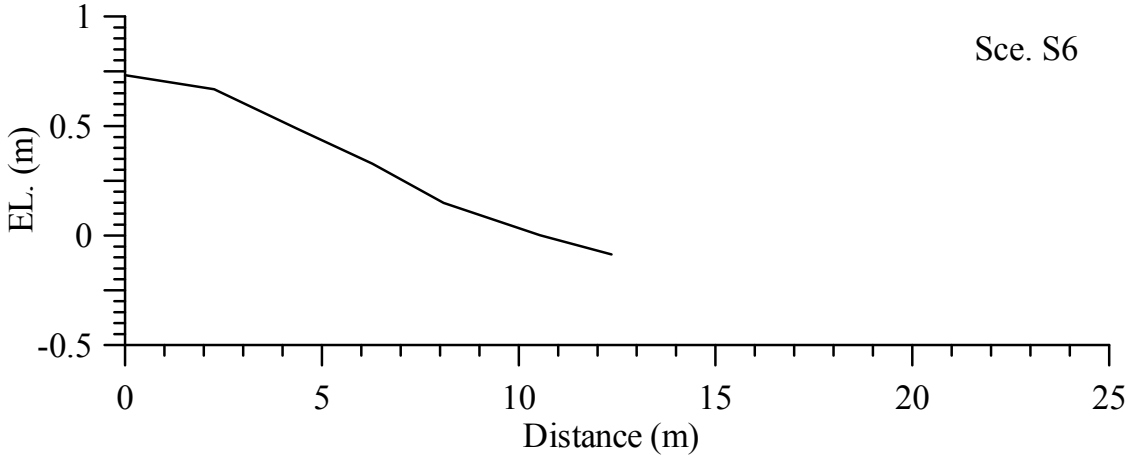


圖 4.3.16I　南岬頭斷面 S6 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

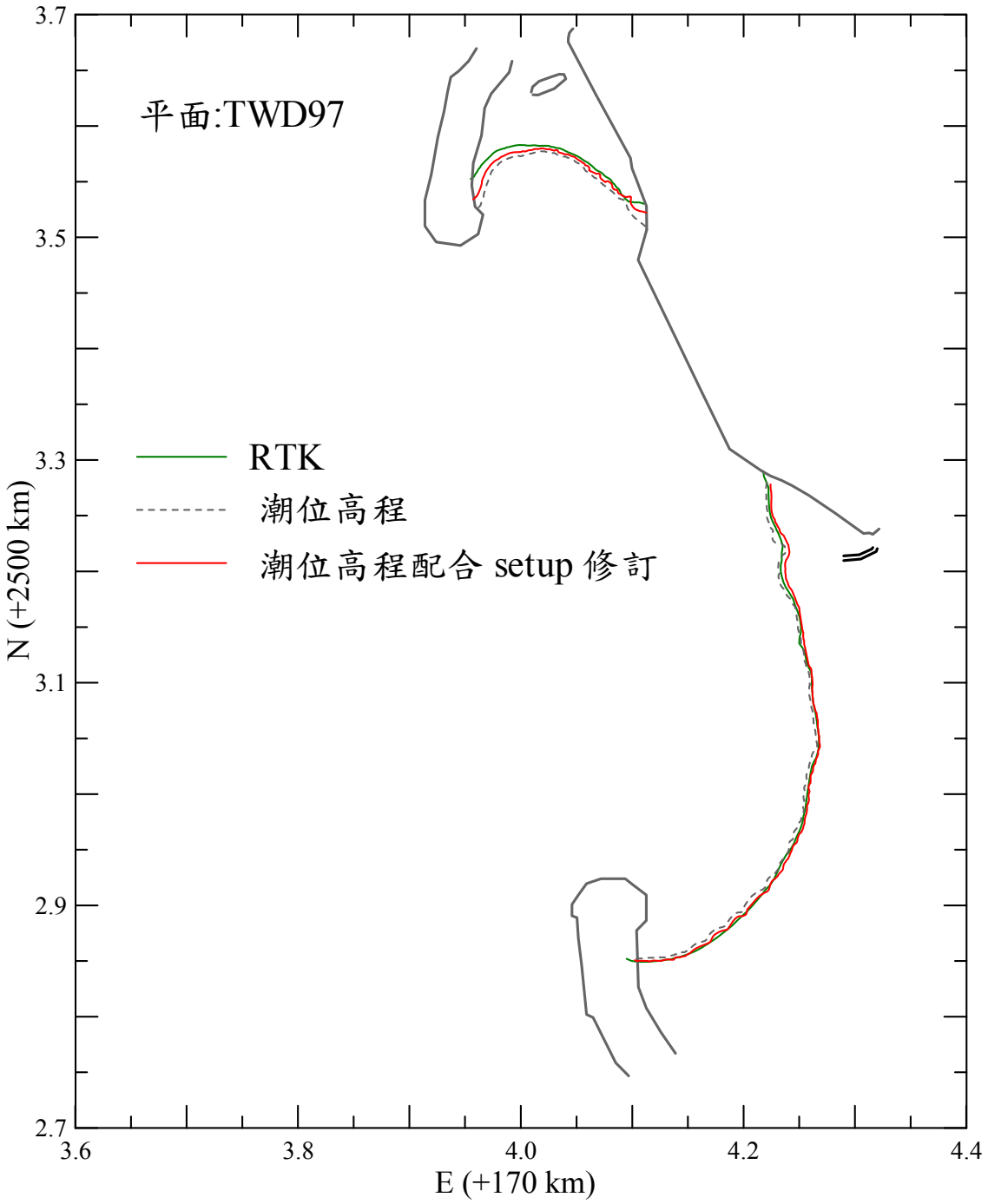


圖 4.3.17　海岸線分析結果比較圖(2010/07/09)

4.3.3 西子灣海岸線變遷分析

由海岸線偵測分析方法驗核結果知，以潮位配合波浪水位堆升修正方式進行海岸線分析，其分析結果較接近實際情形；因此，西子灣海岸線變遷分析作業，茲採潮位配合波浪水位堆升修正方式，分析計畫執行期間逐月之海岸線作業，其分析流程如圖 4.3.18 所示。其中引用之高雄港潮位與外海波浪資料，如圖 4.3.19 系列與圖 4.3.20 系列所示，而西子灣逐月之海岸線分析成果，依每相鄰兩月繪海岸線比較圖，如圖 4.3.21 系列所示。其中，為利於瞭解夏季時受颱風影響情形，茲將資料分析期間各侵台颱風資訊列如表 4.3.2。

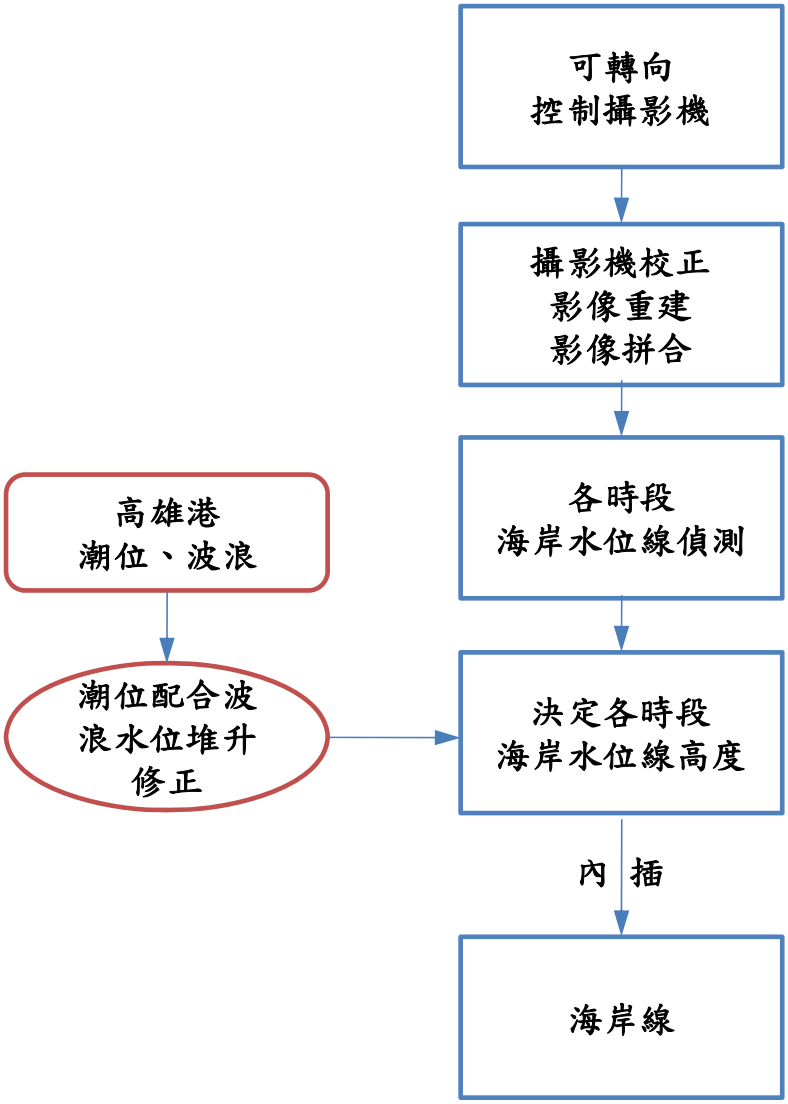


圖 4.3.18　高雄港西子灣海岸地形偵測分析流程圖

表 4.3.2　2010~2012 颱風路徑表

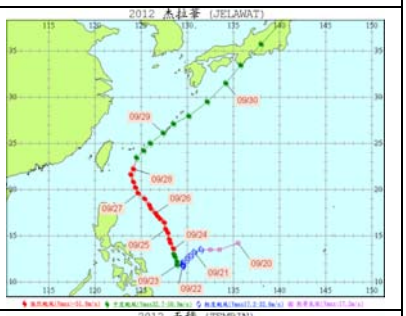
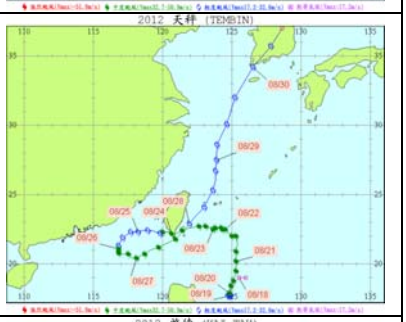
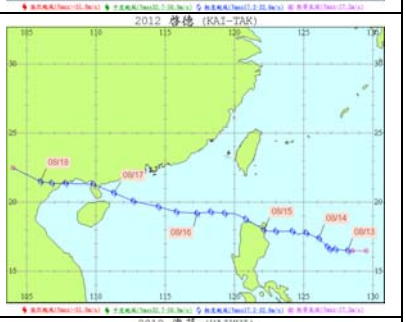
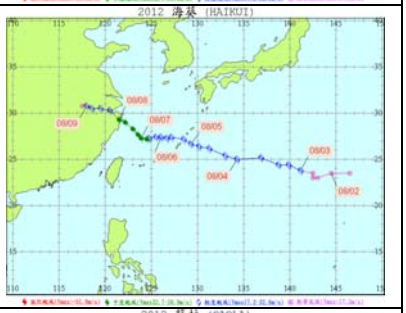
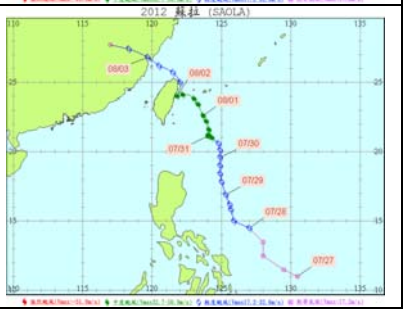
年份	名稱	警報期間	侵台路徑分類	颱風路徑圖
2012	杰拉華 (JELAWAT)	09/27～09/28	--	
2012	天秤 (TEMBIN)	08/21～08/28	特殊路徑	
2012	啟德 (KAI-TAK)	08/14～08/15	5	
2012	海葵 (HAIKUI)	08/06～08/07	1	
2012	蘇拉 (SAOLA)	07/30～08/03	2	

表 4.3.2　2010~2012 颱風路徑表(續)

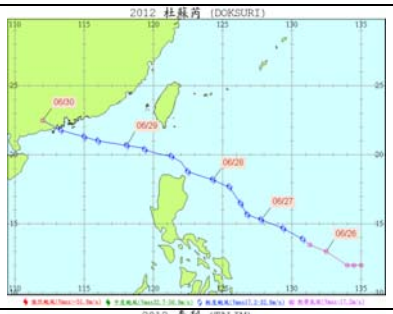
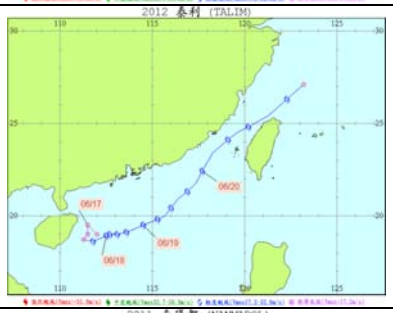
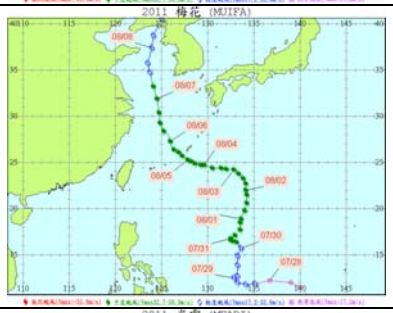
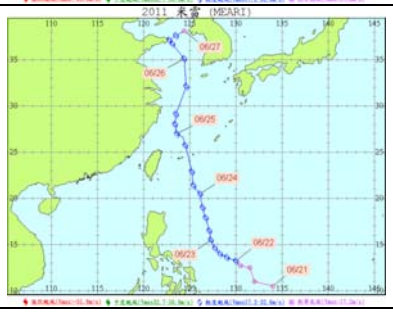
年份	名稱	警報期間	侵台路徑分類	颱風路徑圖
2012	杜蘇芮 (DOKSURI)	06/28～06/29	5	
2012	泰利 (TALIM)	06/19～06/21	9	
2011	南瑪都 (NANMADOL)	08/27～08/31	4	
2011	梅花 (MUIFA)	08/04～08/06	--	
2011	米雷 (MEARI)	06/23～06/25	--	

表 4.3.2　2010~2012 颱風路徑表(續)

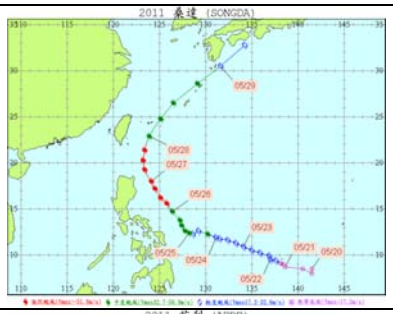
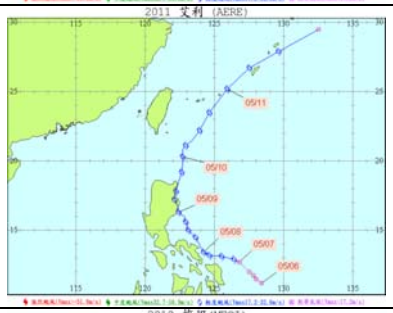
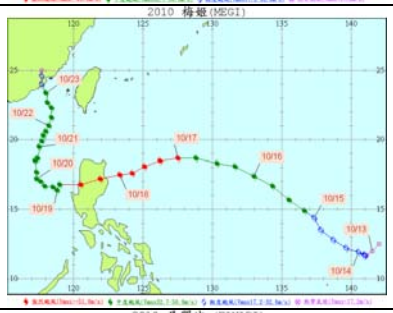
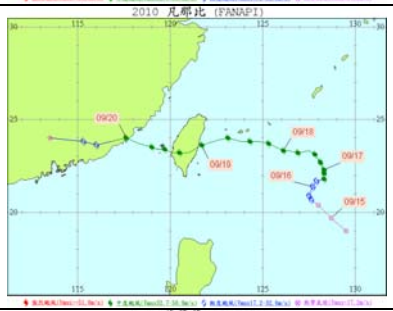
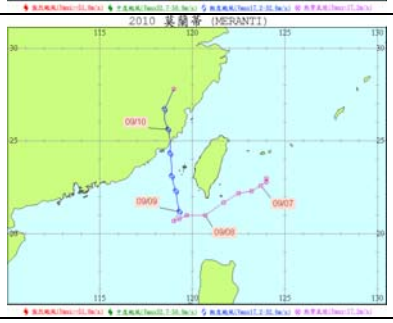
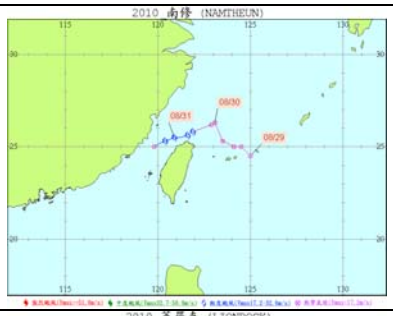
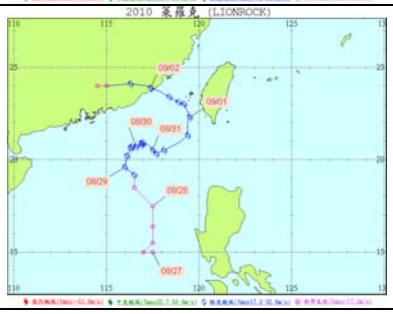
年份	名稱	警報期間	侵台路徑分類	颱風路徑圖
2011	桑達 (SONGDA)	05/27～05/28	--	
2011	艾利 (AERE)	05/09～05/10	--	
2010	梅姬 (MEGI)	10/21～10/23	9	
2010	凡那比 (FANAPI)	09/17～09/20	4	
2010	莫蘭蒂 (MERANTI)	09/09～09/10	--	

表 4.3.2　2010~2012 颱風路徑表(續)

年份	名稱	警報期間	侵台路徑分類	颱風路徑圖
2010	南修 (NAMTHEUN)	08/30～08/31	--	
2010	萊羅克 (LIONROCK)	08/31～09/02	9	

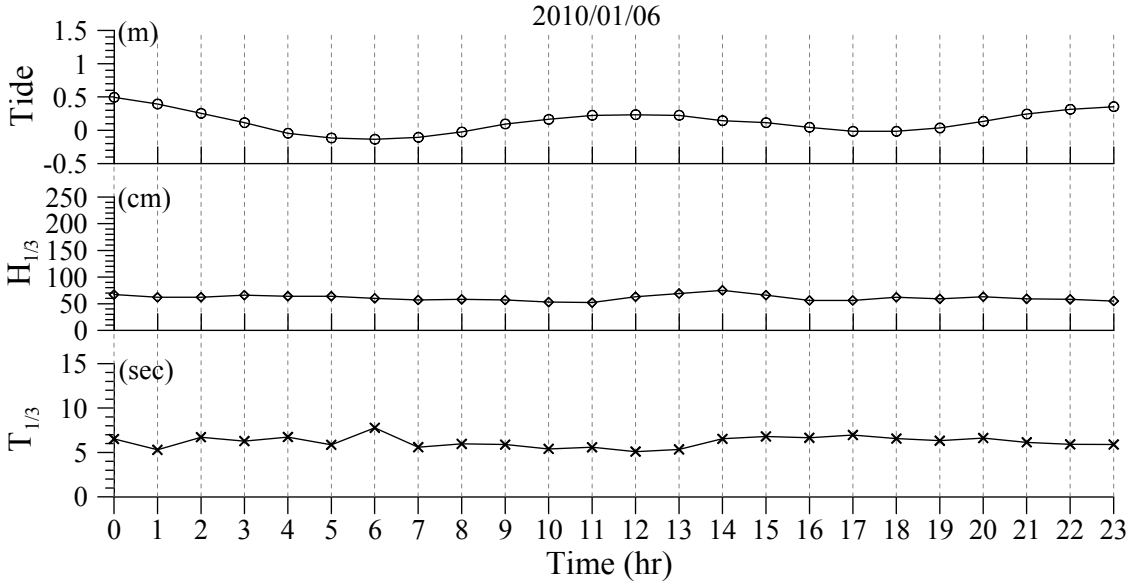


圖 4.3.19A　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/01/06)

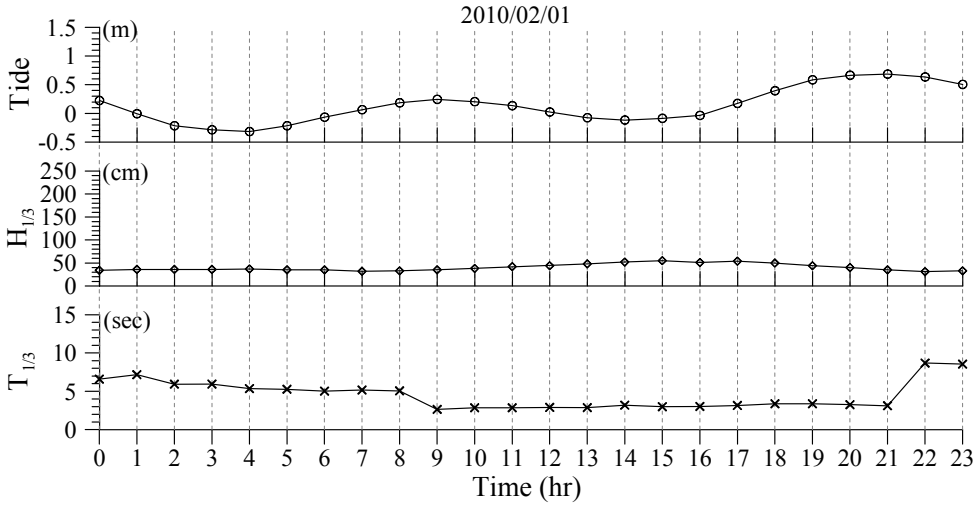


圖 4.3.19B　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/02/01)

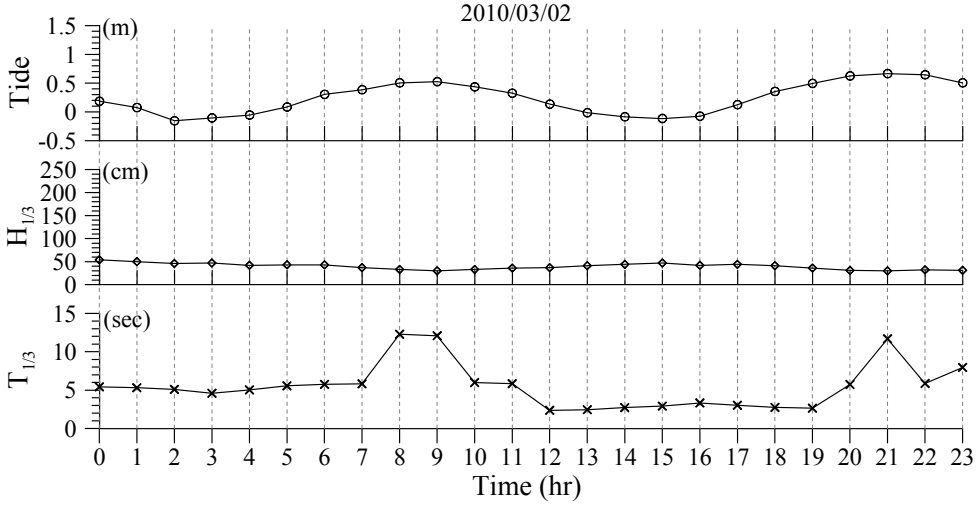


圖 4.3.19C　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/03/02)

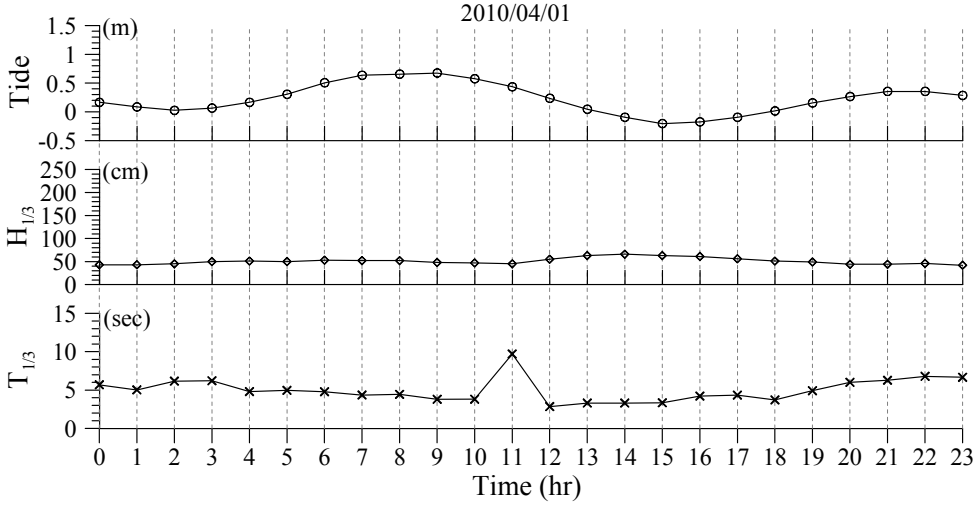


圖 4.3.19D　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/04/01)

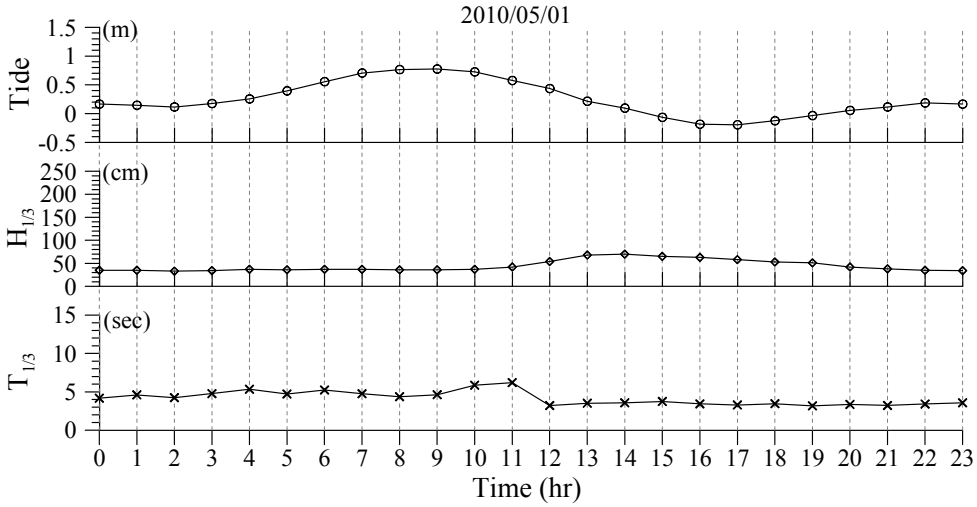


圖 4.3.19E　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/05/01)

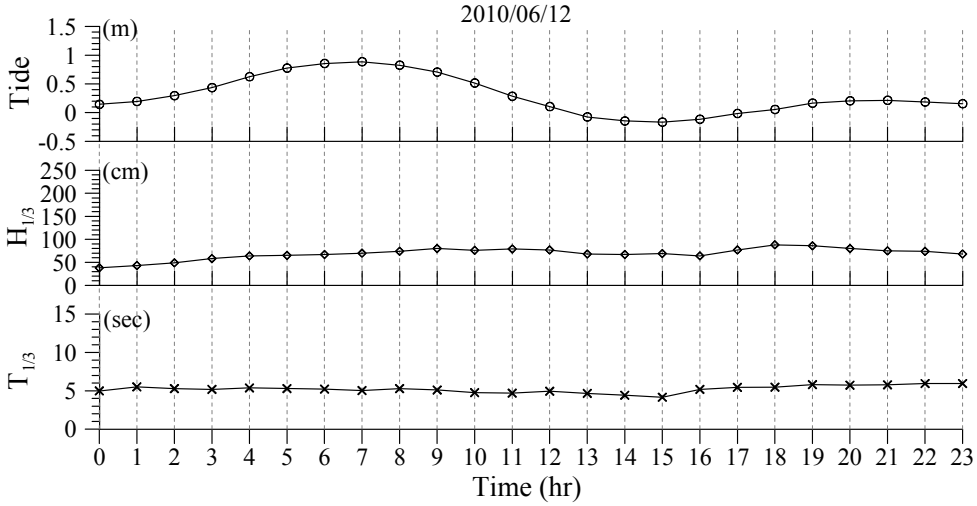


圖 4.3.19F　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/06/12)

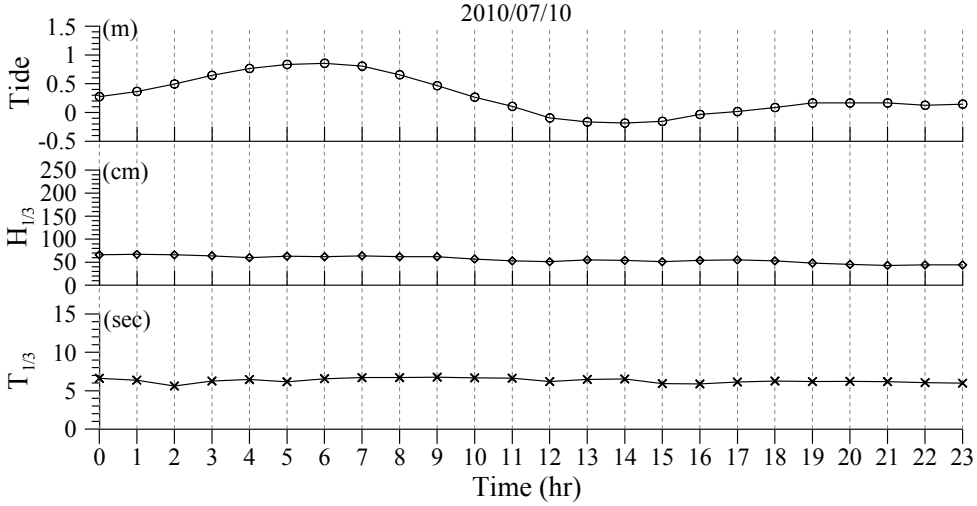


圖 4.3.19G　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/07/10)

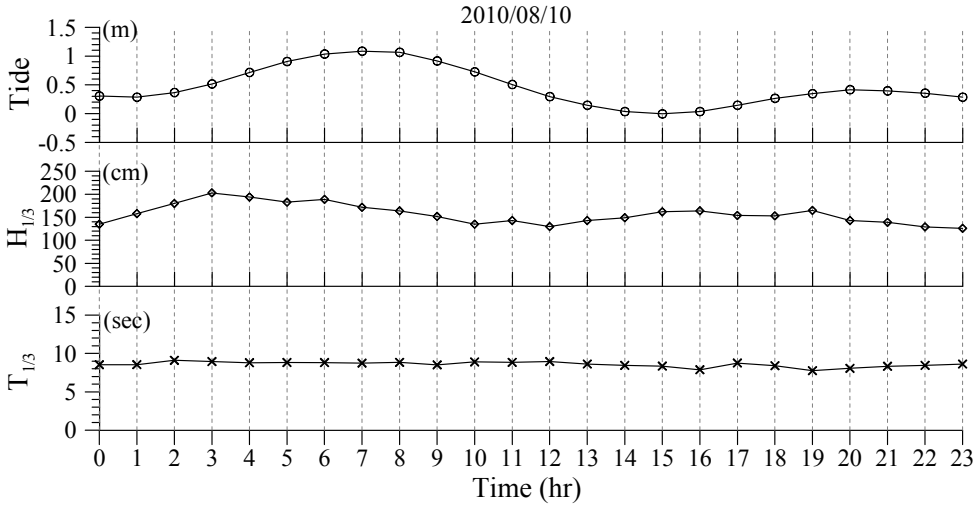


圖 4.3.19H　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/10)

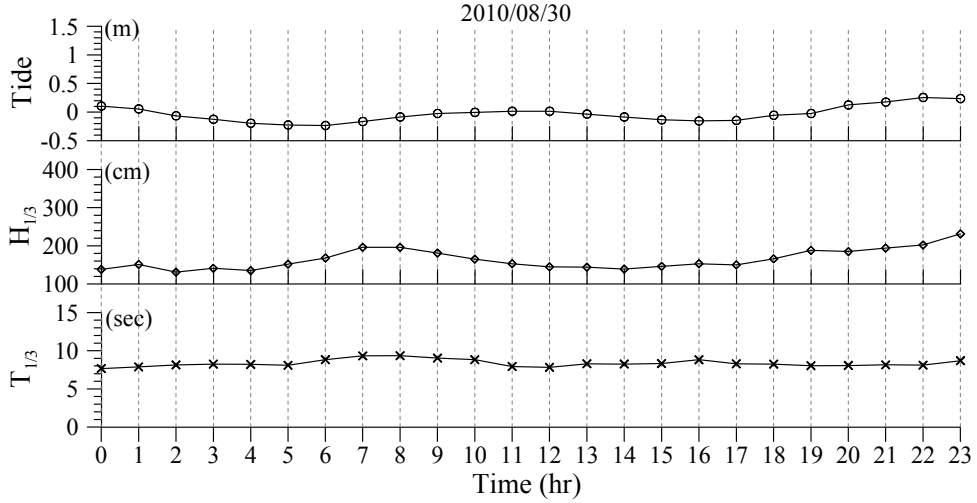


圖 4.3.19I　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/30)

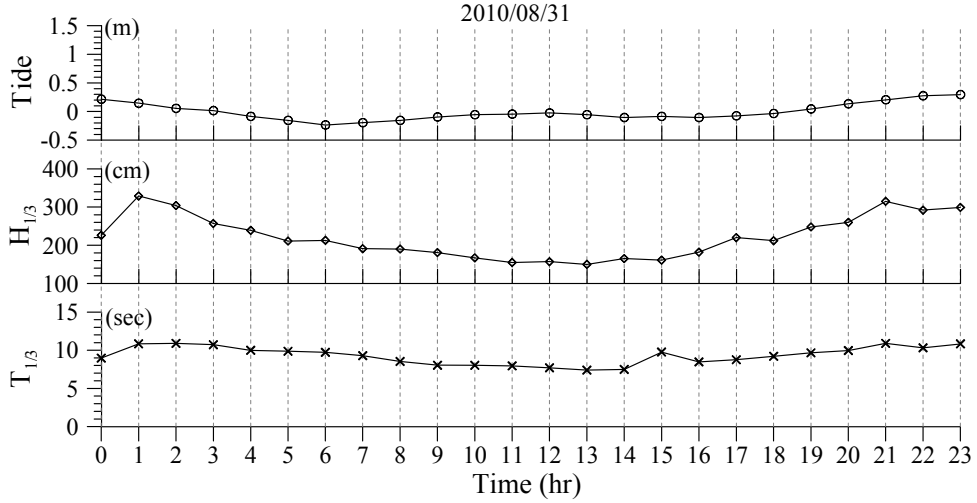


圖 4.3.19J　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/31)

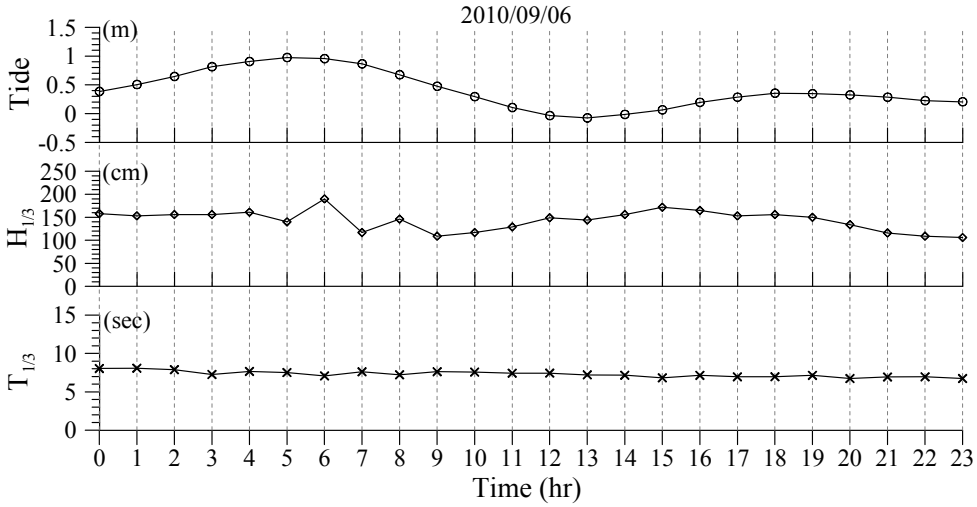


圖 4.3.19K　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/06)

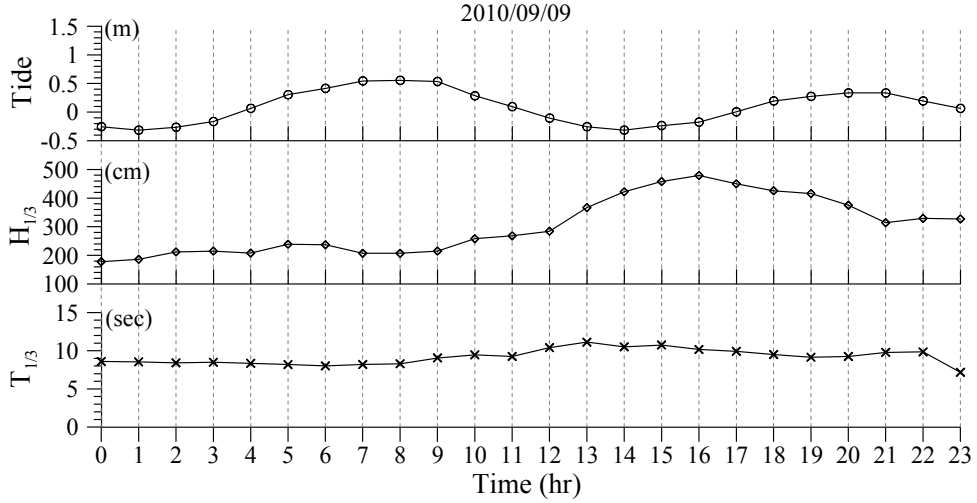


圖 4.3.19L　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/09)

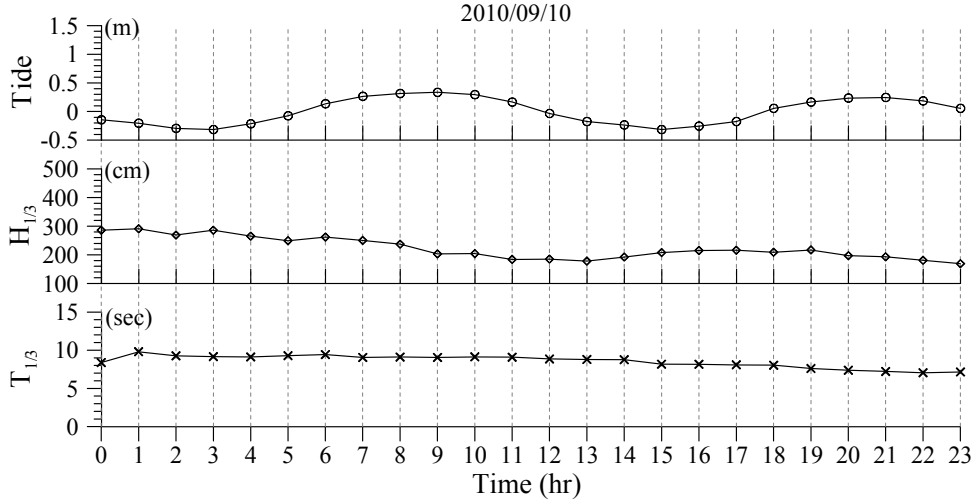


圖 4.3.19M　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/10)

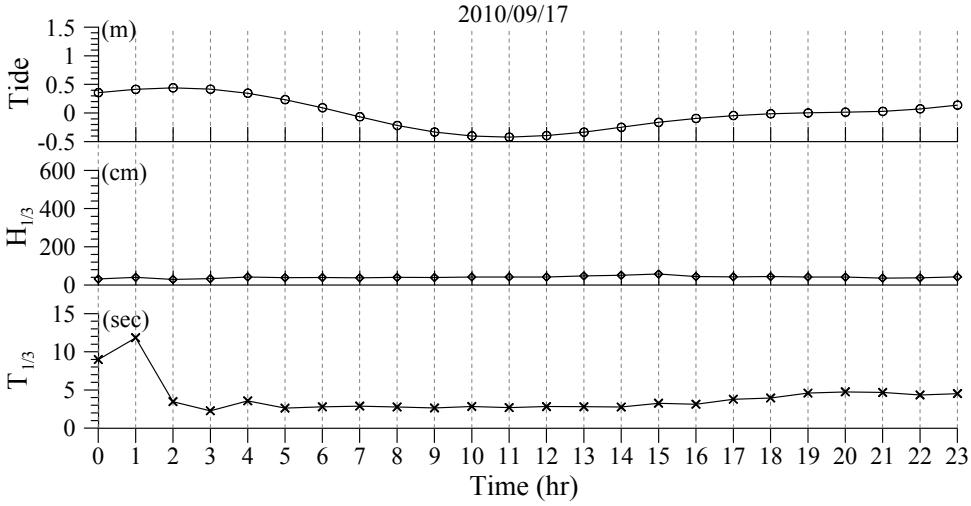


圖 4.3.19N　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/17)

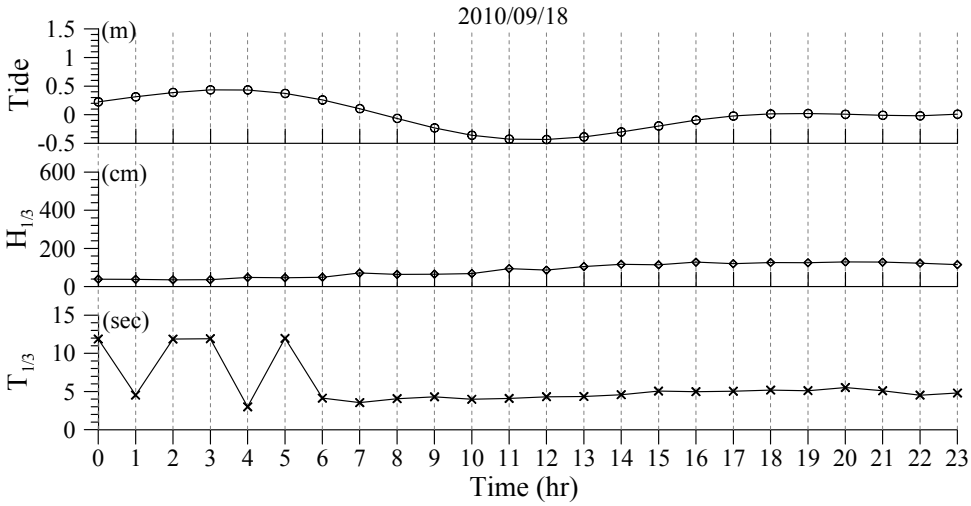


圖 4.3.19O　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/18)

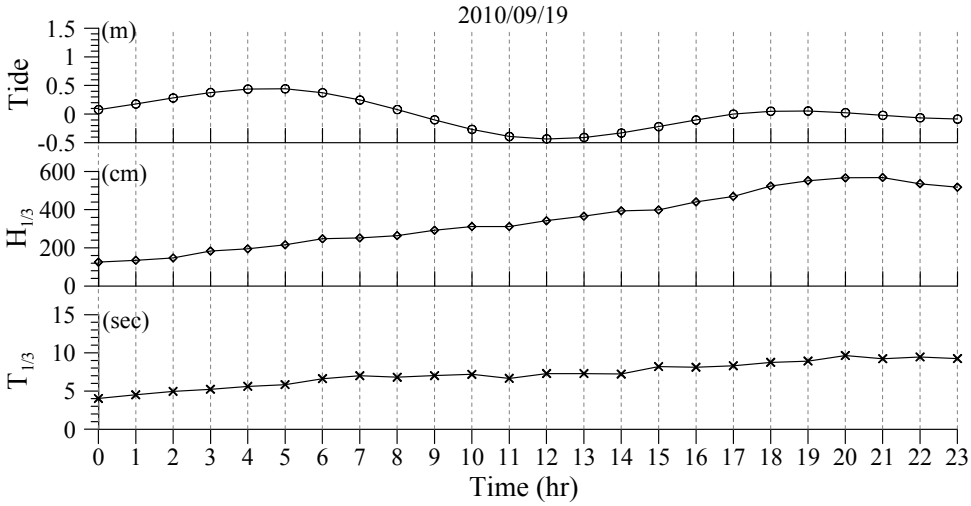


圖 4.3.19P　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/19)

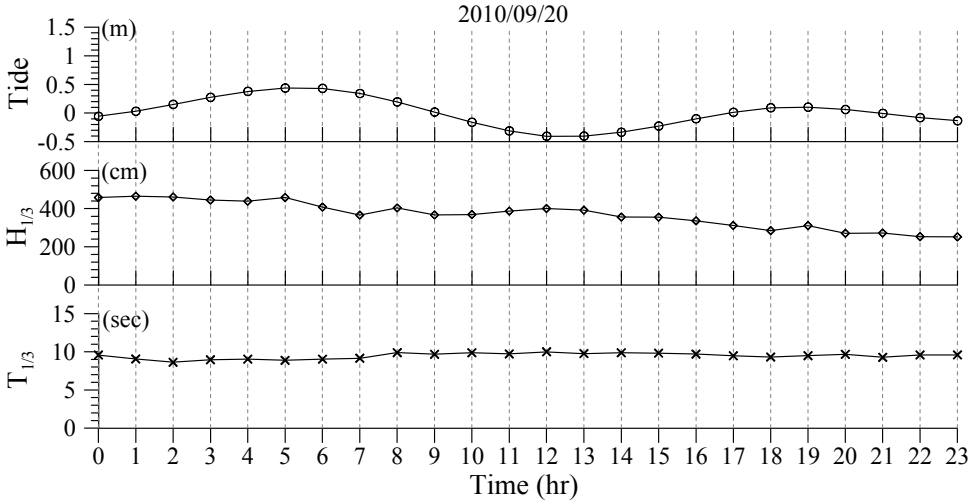


圖 4.3.19Q　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/20)

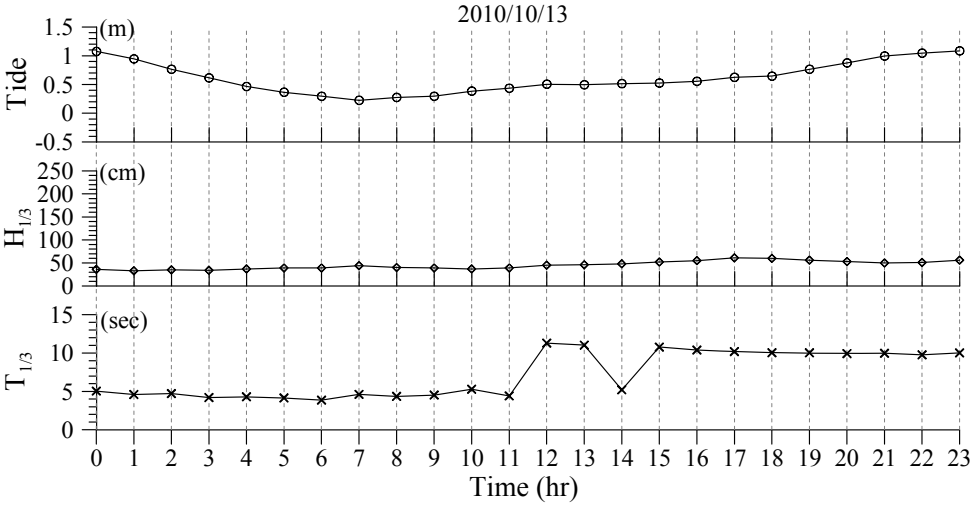


圖 4.3.19R　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/13)

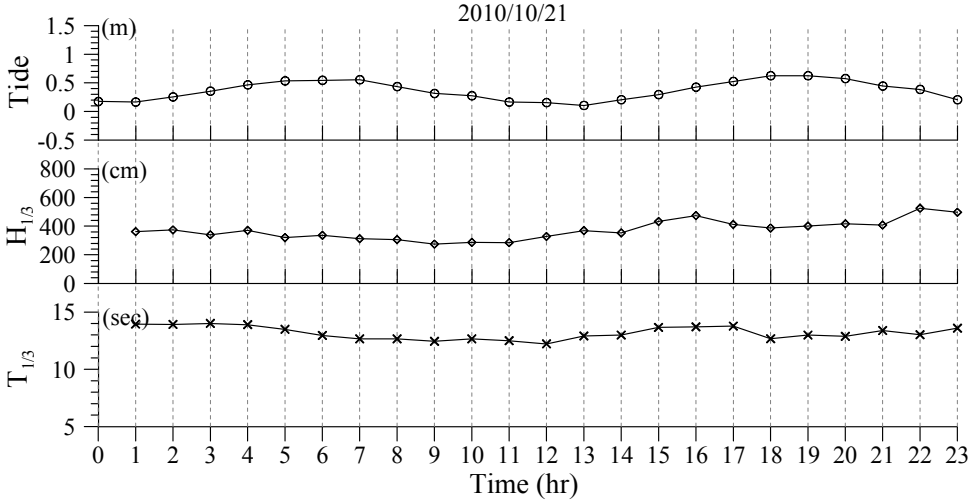


圖 4.3.19S　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/21)

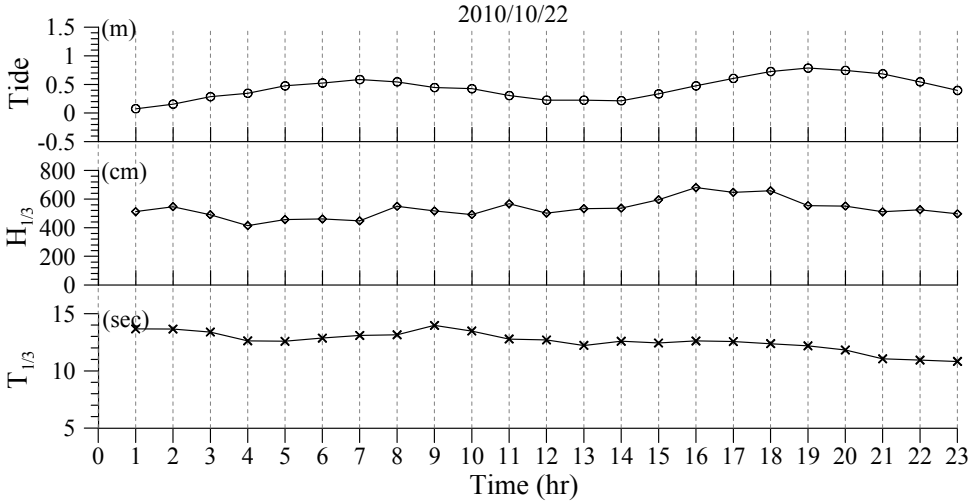


圖 4.3.19T　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/22)

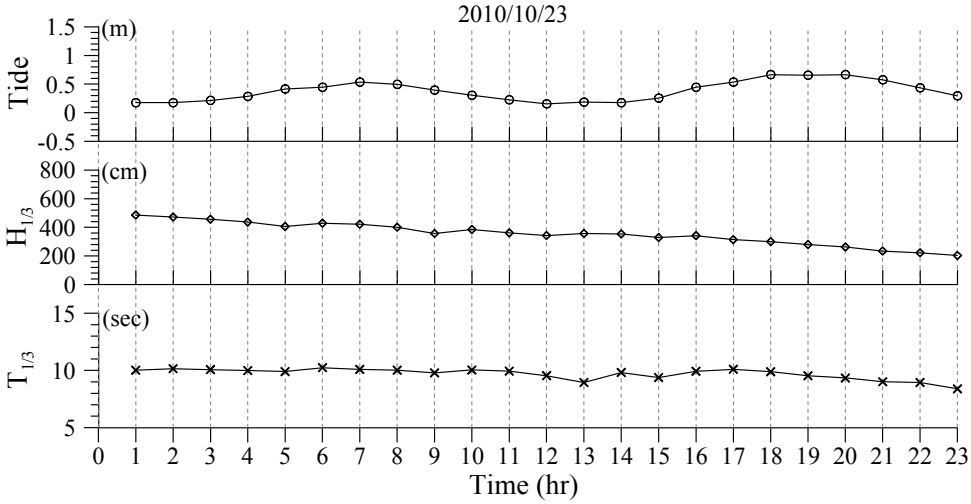


圖 4.3.19U　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/23)

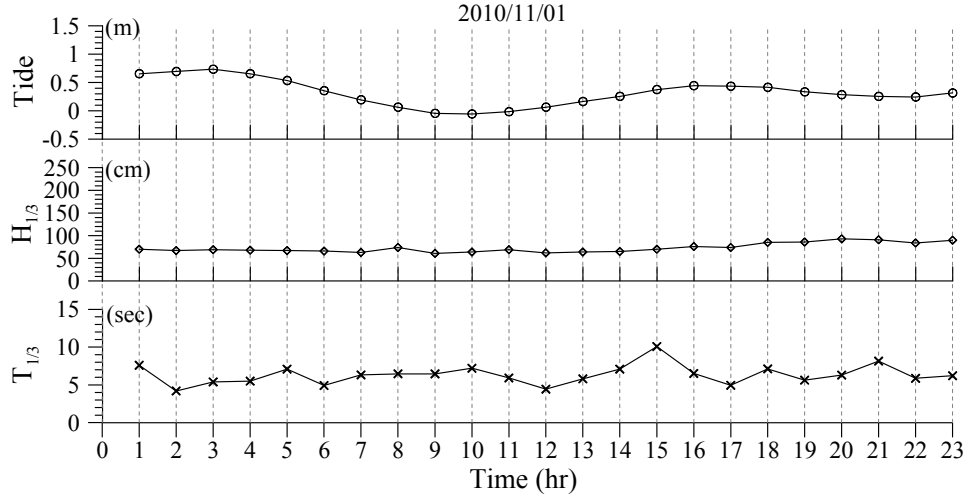


圖 4.3.20A　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/11/01)

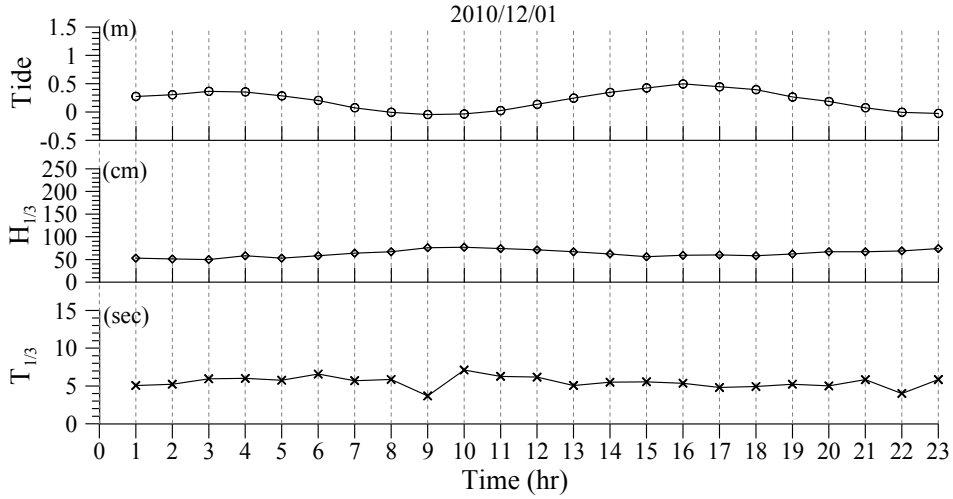


圖 4.3.20B　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/12/01)

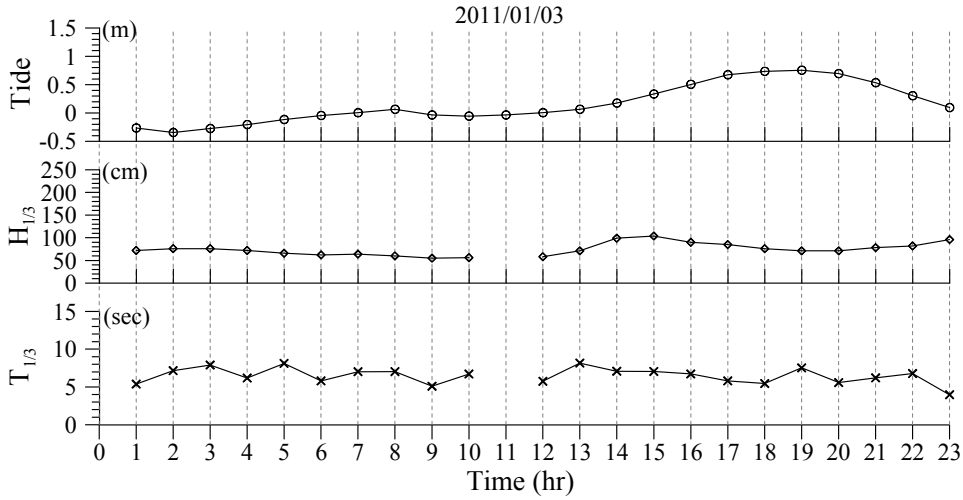


圖 4.3.20C　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/01/03)

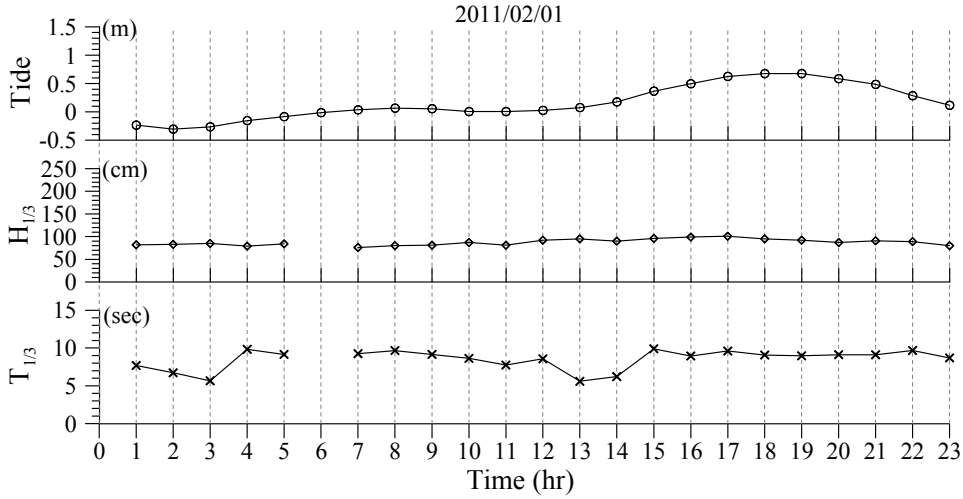


圖 4.3.20D　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/02/01)

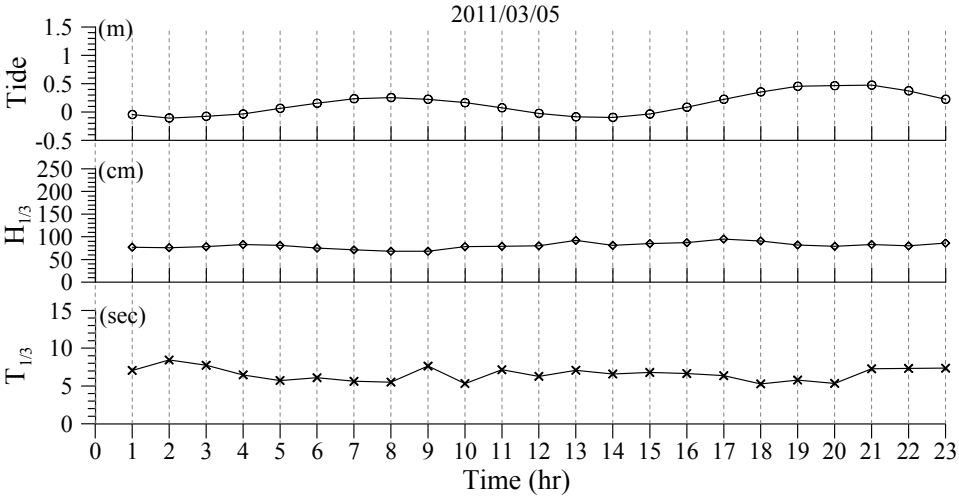


圖 4.3.20E　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/03/05)

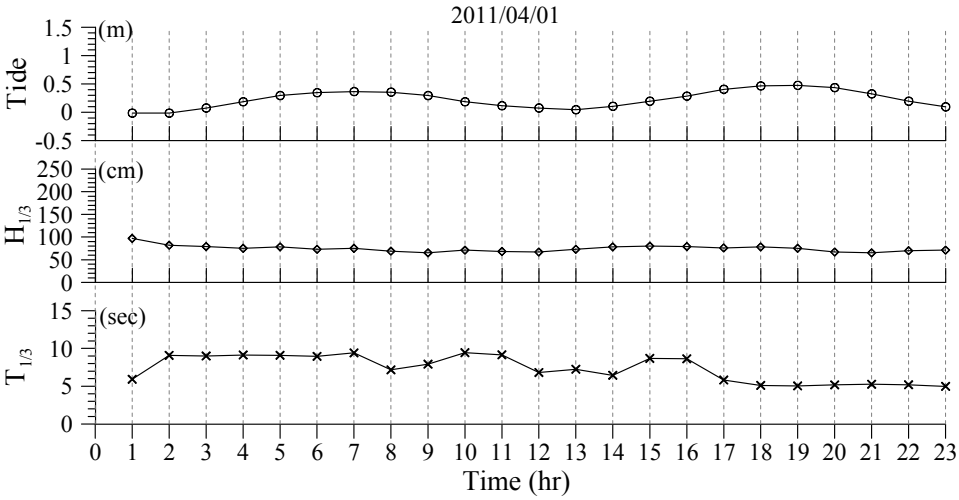


圖 4.3.20F　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/04/01)

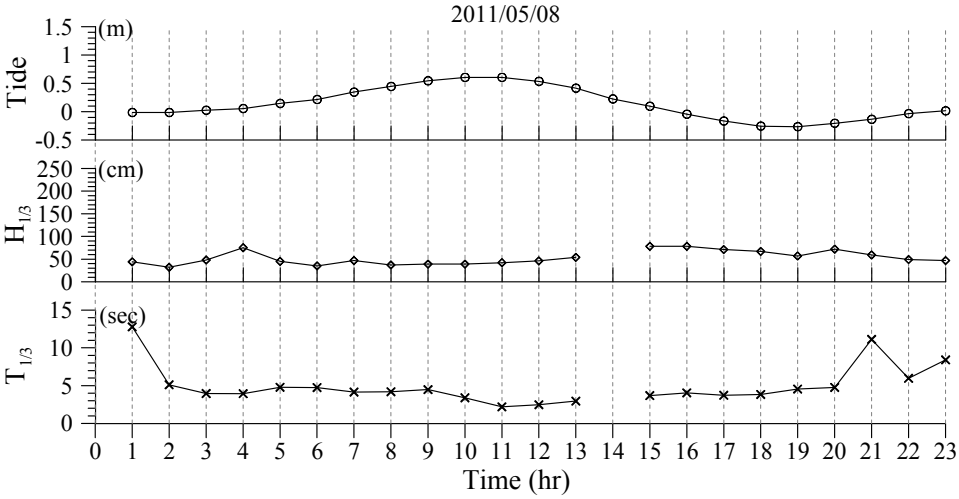


圖 4.3.20G　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/05/08)

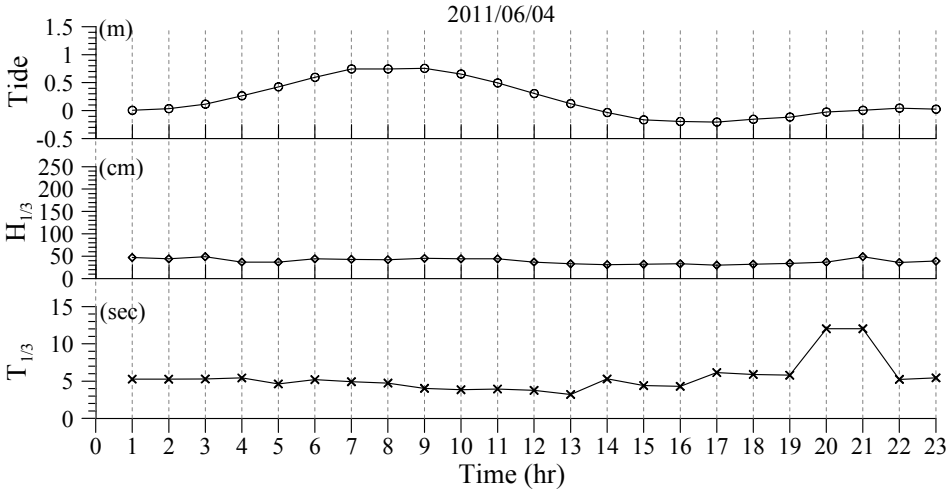


圖 4.3.20H　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/06/04)

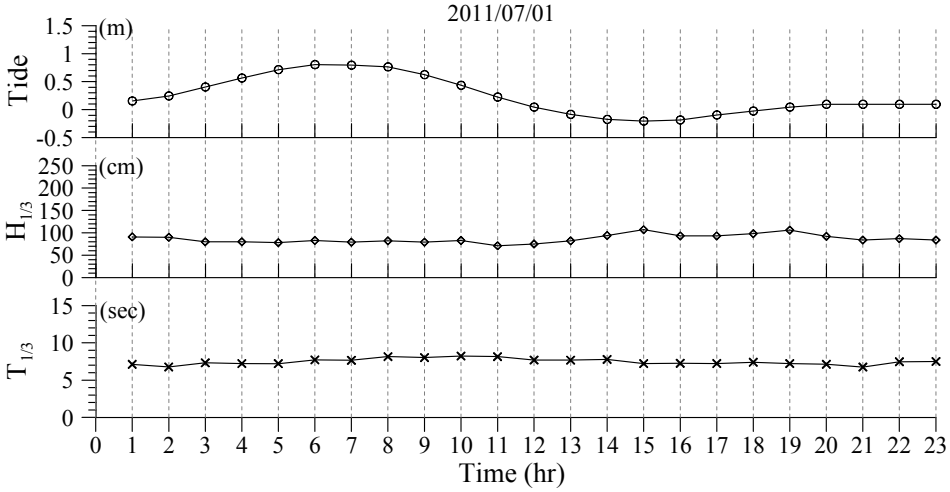


圖 4.3.20I　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/07/01)

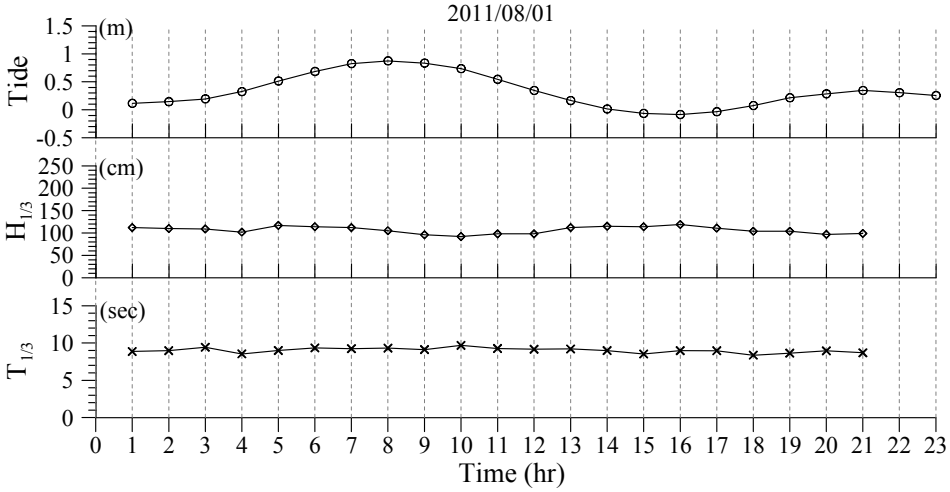


圖 4.3.20J　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/08/01)

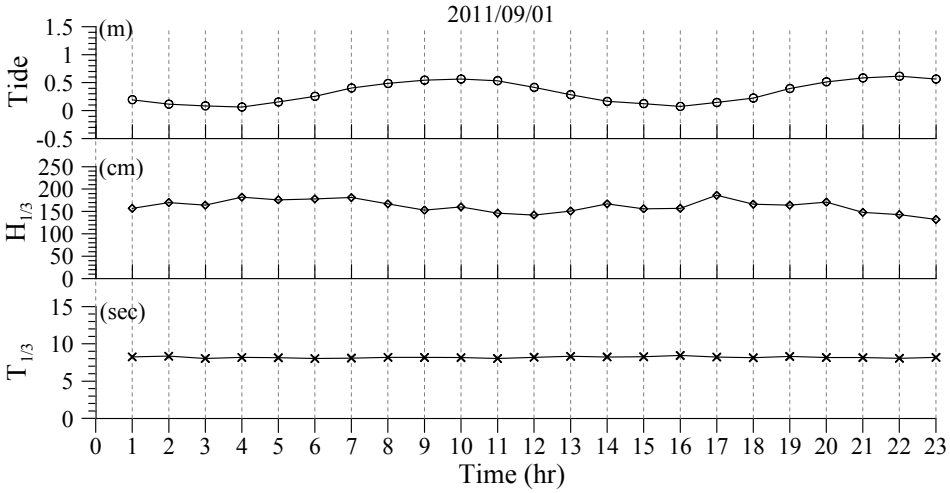


圖 4.3.20K　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/09/01)

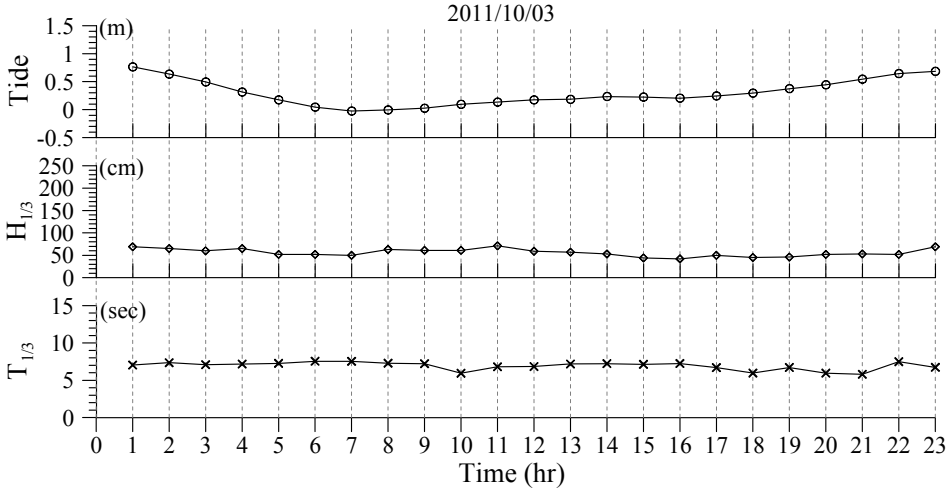


圖 4.3.20L　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/10/03)

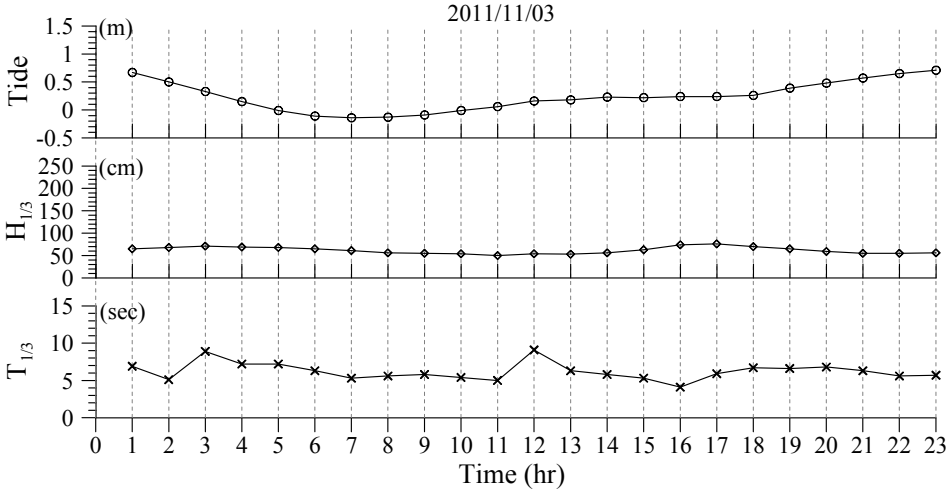


圖 4.3.20M　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/11/03)

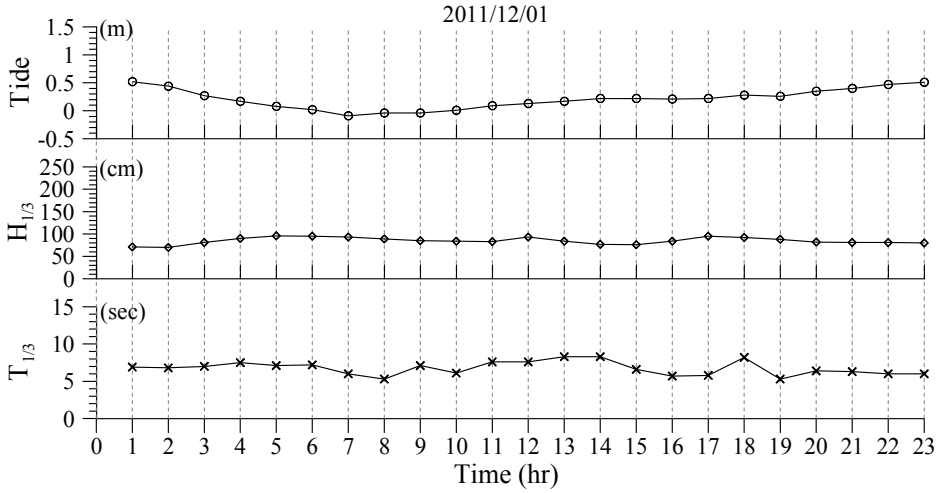


圖 4.3.20N　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2011/12/01)

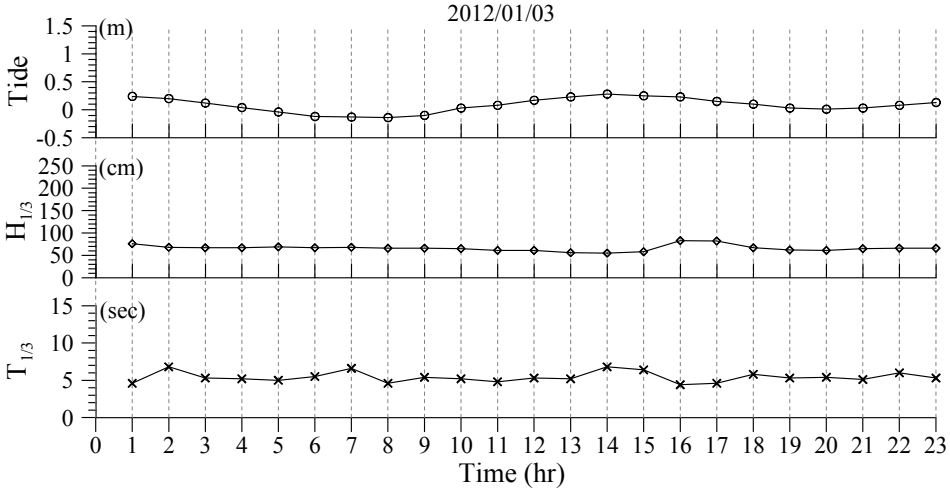


圖 4.3.20O　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/01/03)

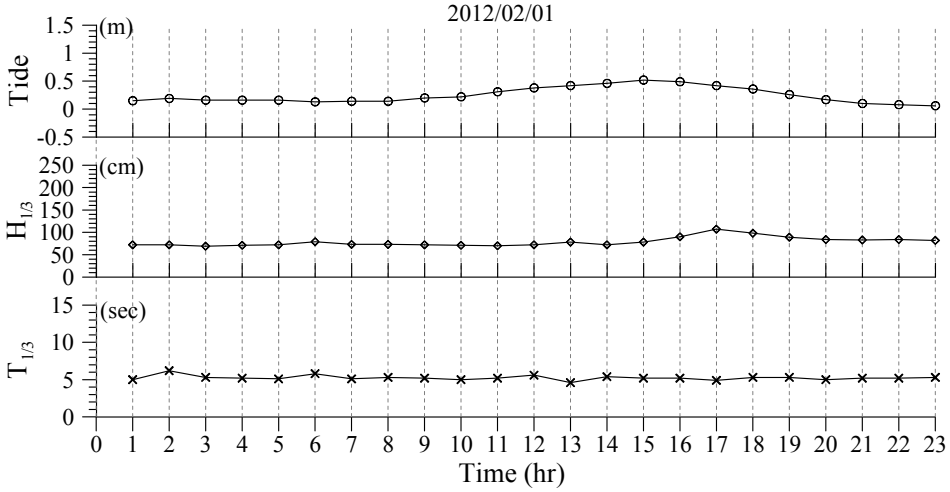


圖 4.3.20P　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/02/01)

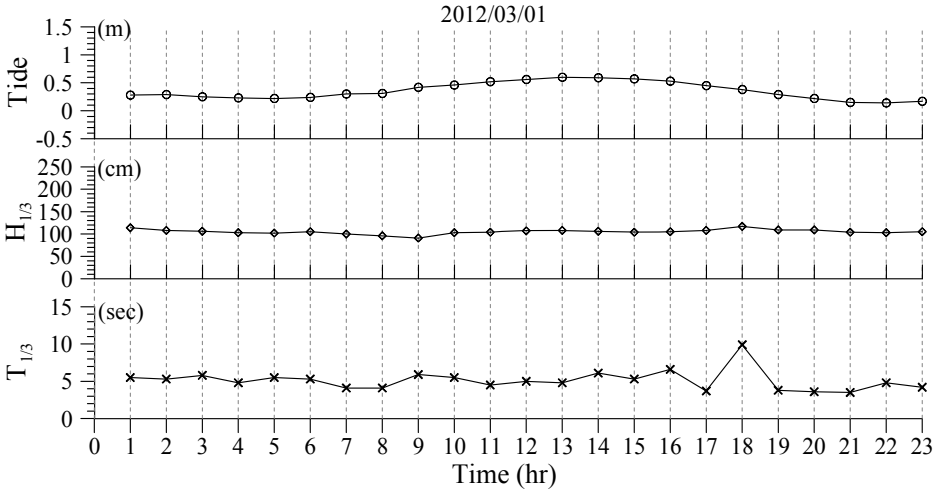


圖 4.3.20Q　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/03/01)

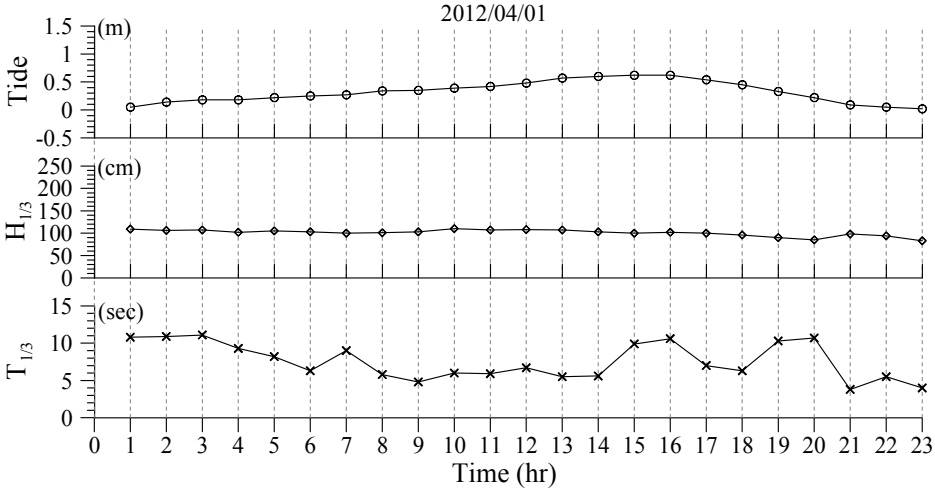


圖 4.3.20R　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/04/01)

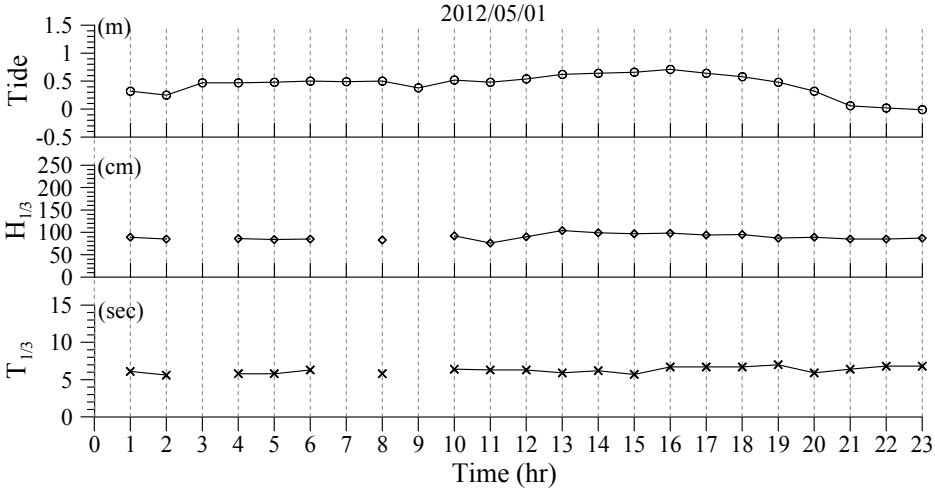


圖 4.3.20S　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/05/01)

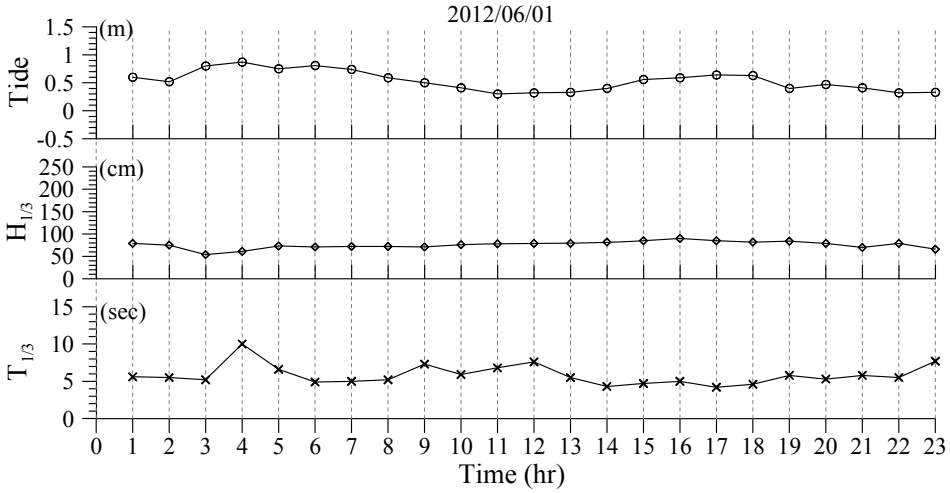


圖 4.3.20T　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/06/01)

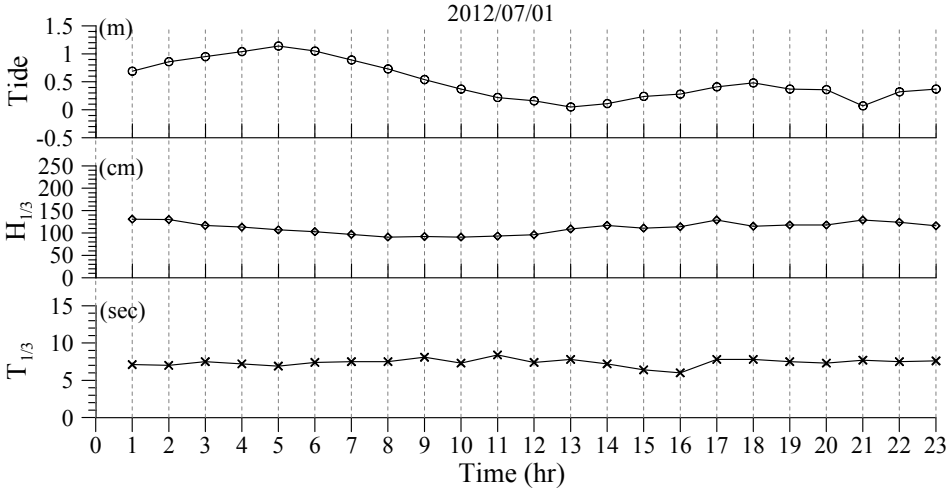


圖 4.3.20U　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/07/01)

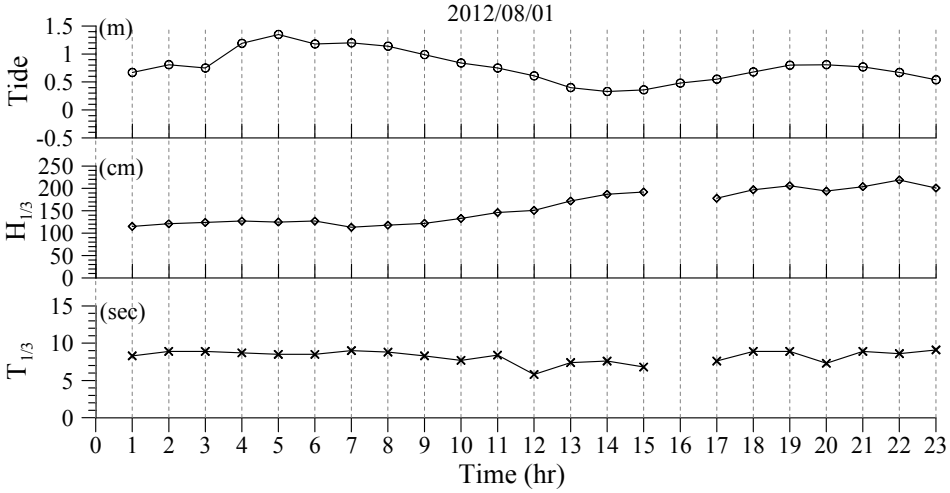


圖 4.3.20V　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/08/01)

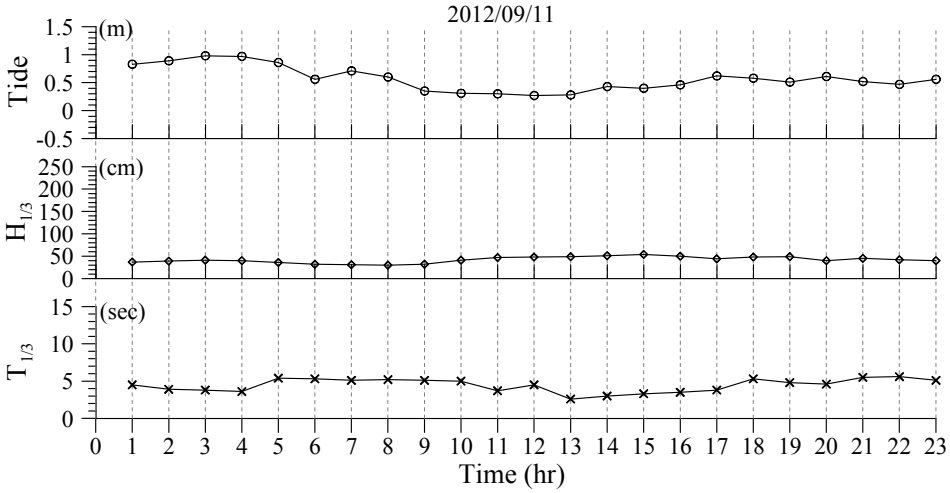


圖 4.3.20W　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/09/11)

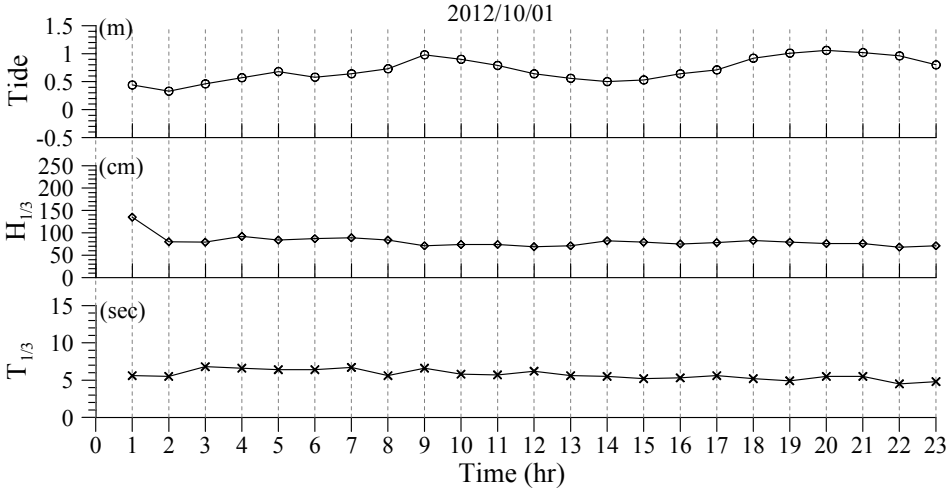


圖 4.3.20X　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2012/10/01)

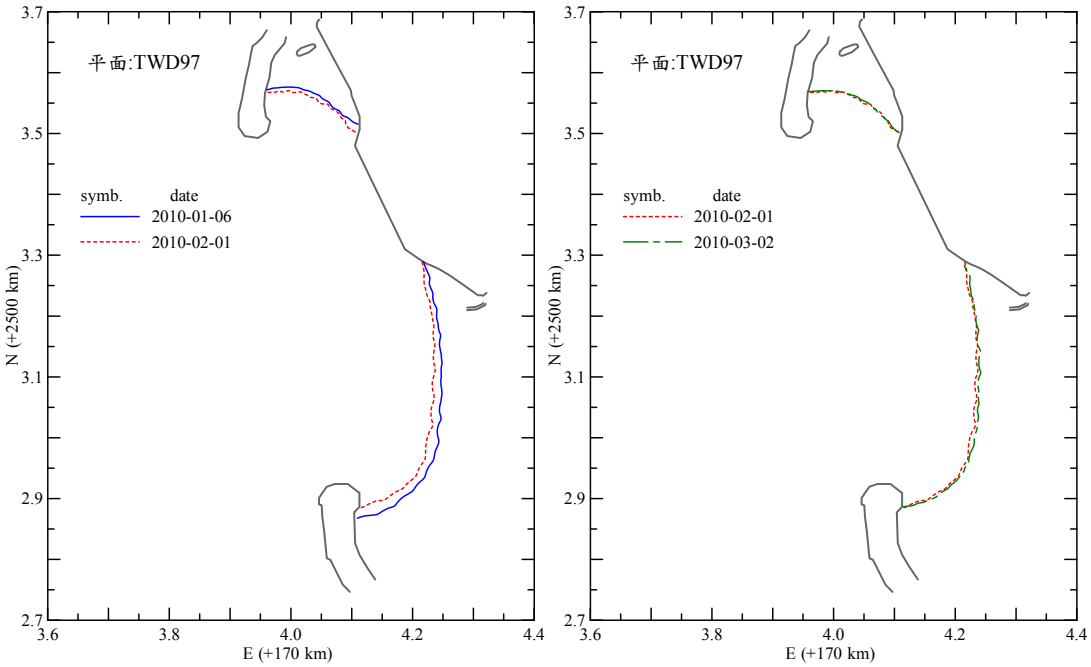


圖 4.3.21A　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 1 與 2 月，右：2010 年 2 與 3 月)

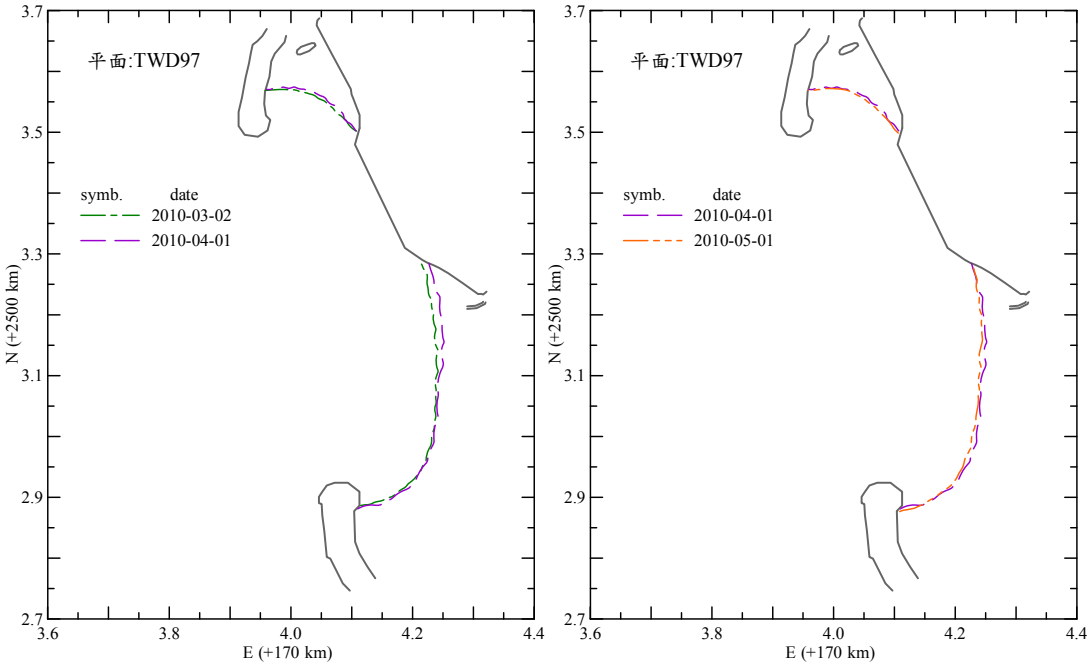


圖 4.3.21B　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 3 與 4 月，右：2010 年 4 與 5 月)

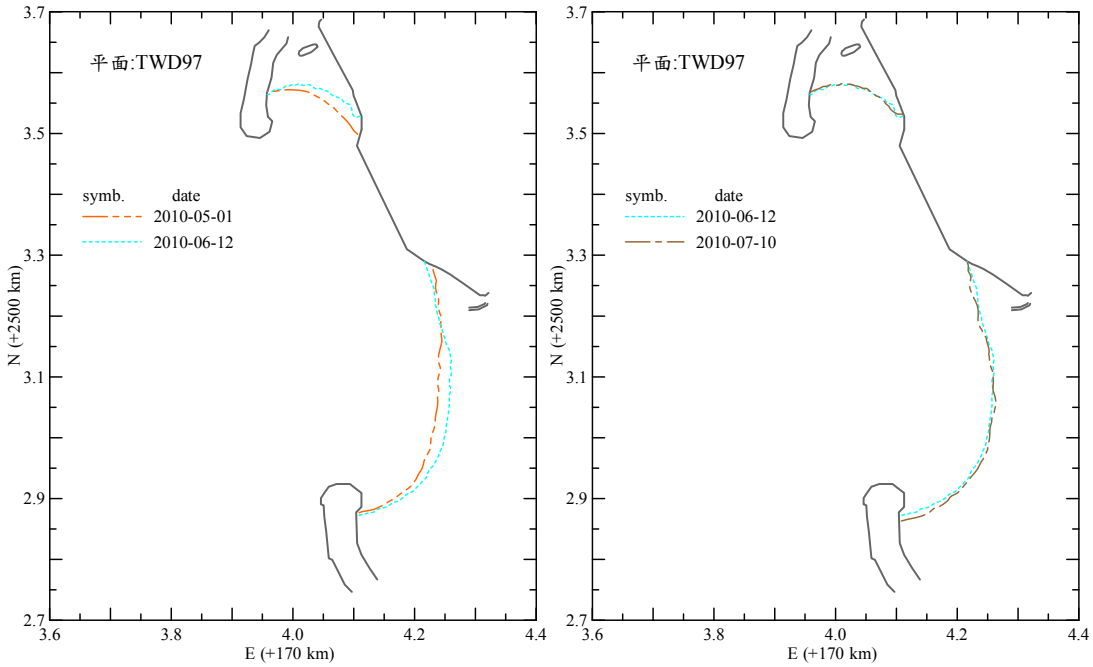


圖 4.3.21C　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 5 與 6 月，右：2010 年 6 與 7 月)

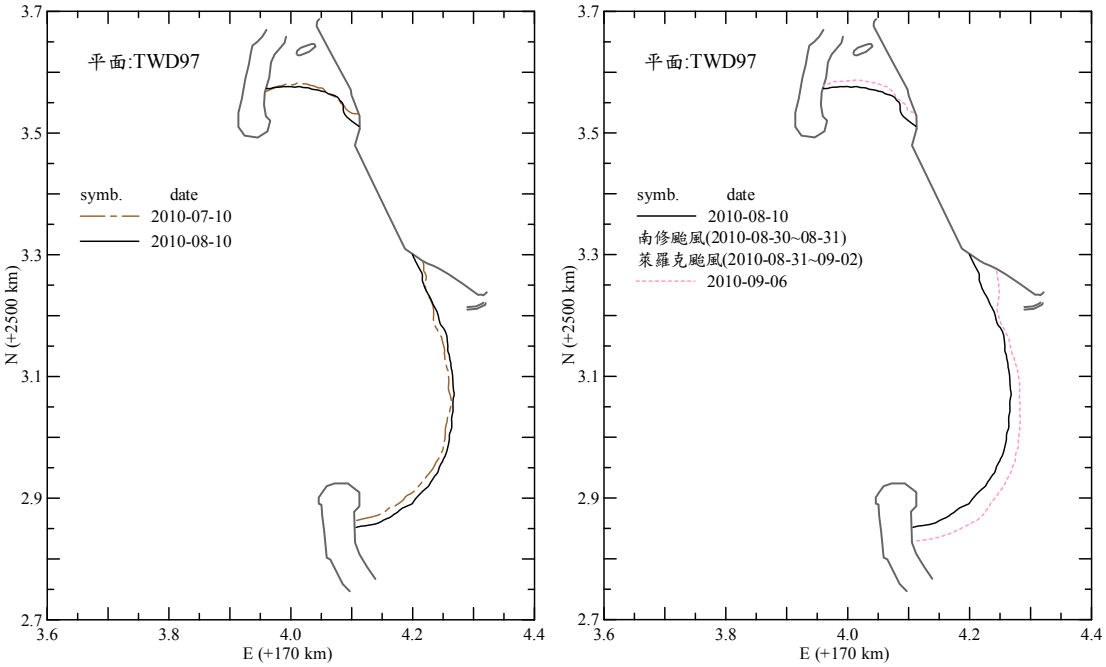


圖 4.3.21D　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 7 與 8 月，右：2010 年 8 與 9 月)

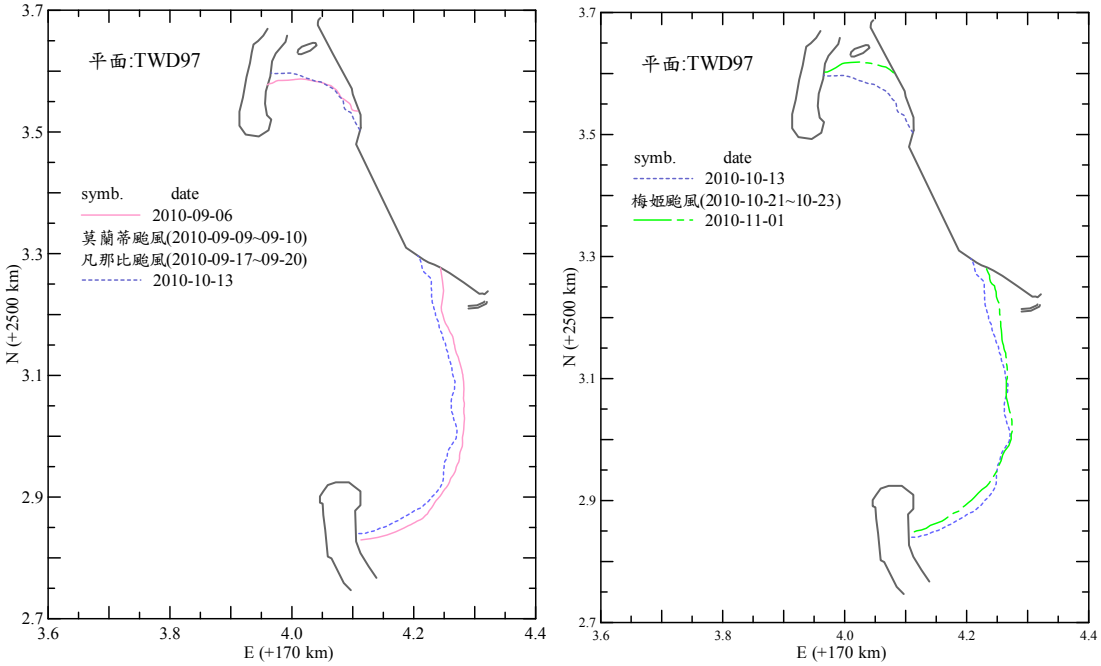


圖 4.3.21E　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 9 與 10 月，右：2010 年 10 與 11 月)

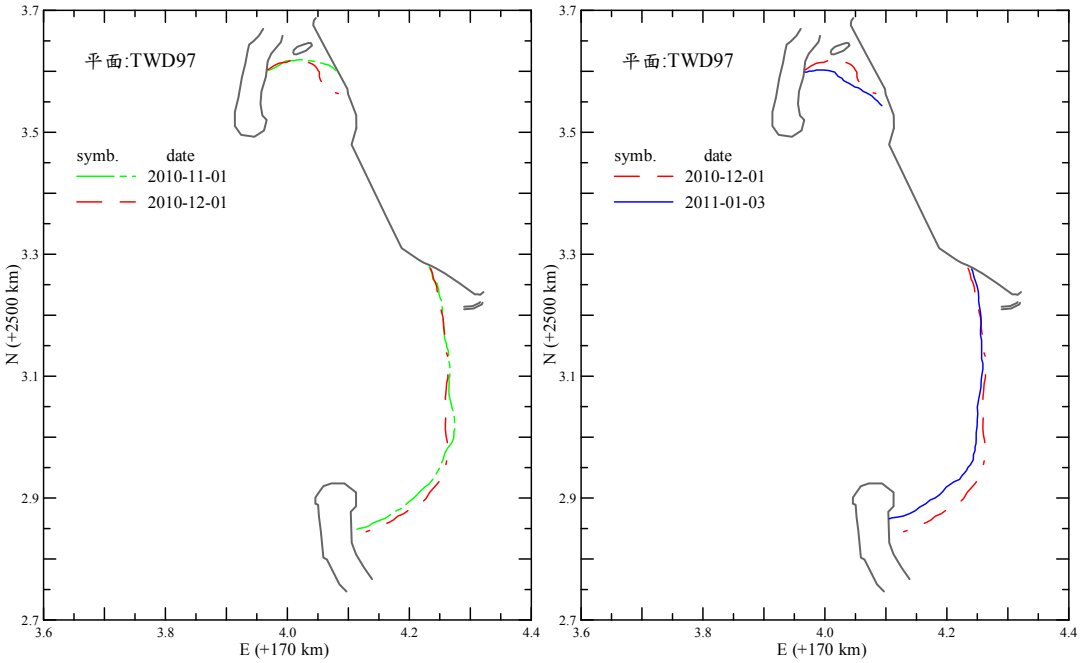


圖 4.3.21F　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 11 與 12 月，右：2010 年 12 月與 2011 年 1 月)

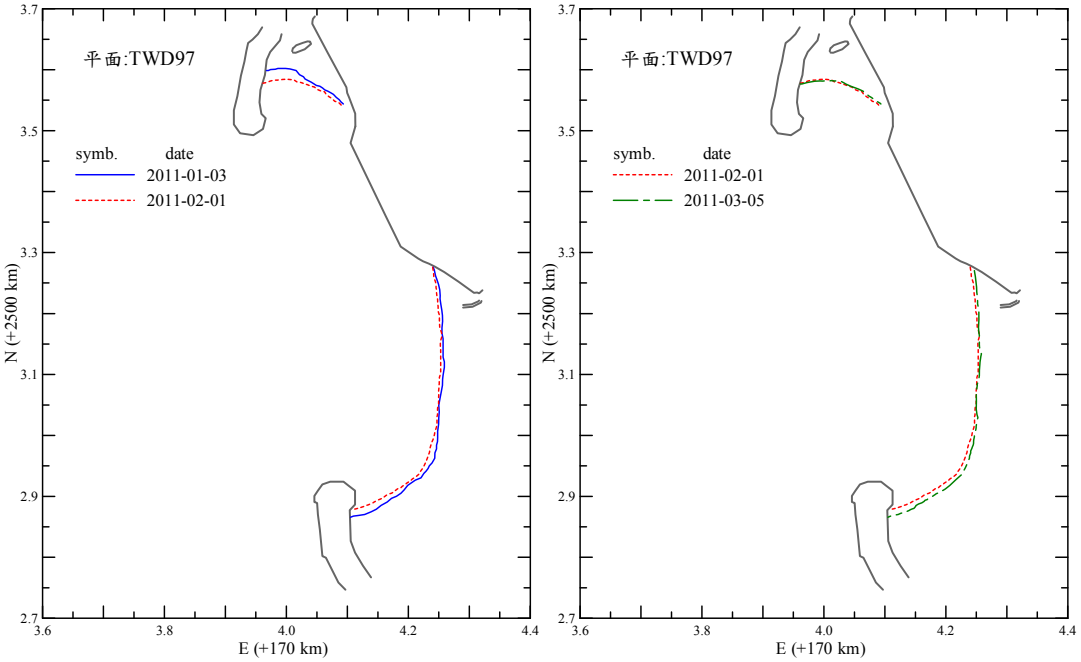


圖 4.3.21G　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 1 與 2 月，右：2011 年 2 與 3 月)

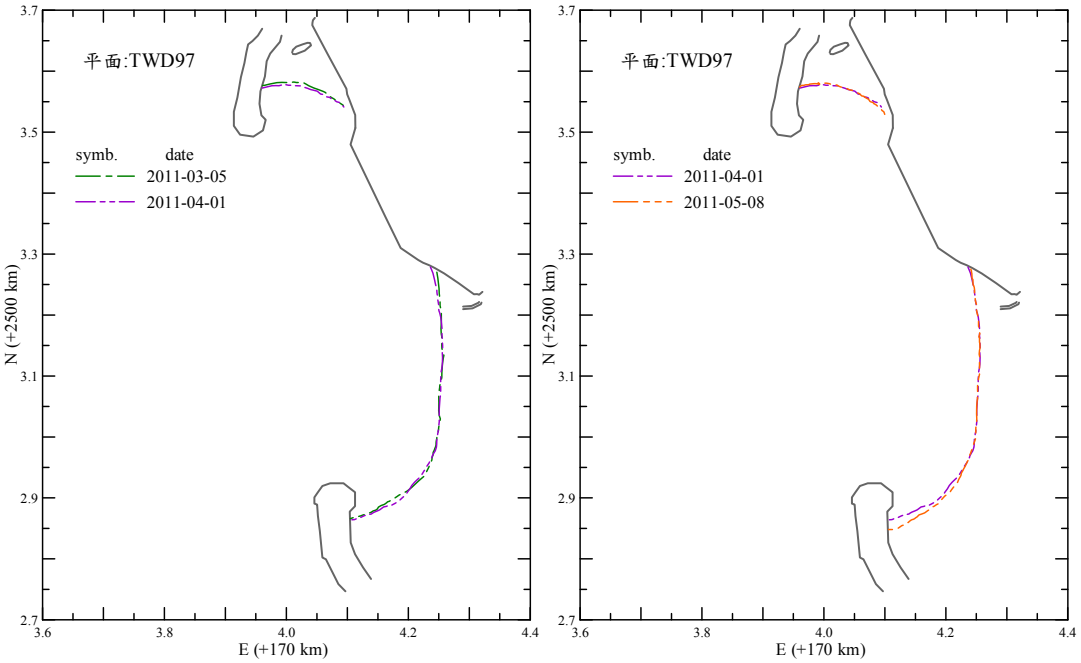


圖 4.3.21H　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 3 與 4 月，右：2011 年 4 與 5 月)

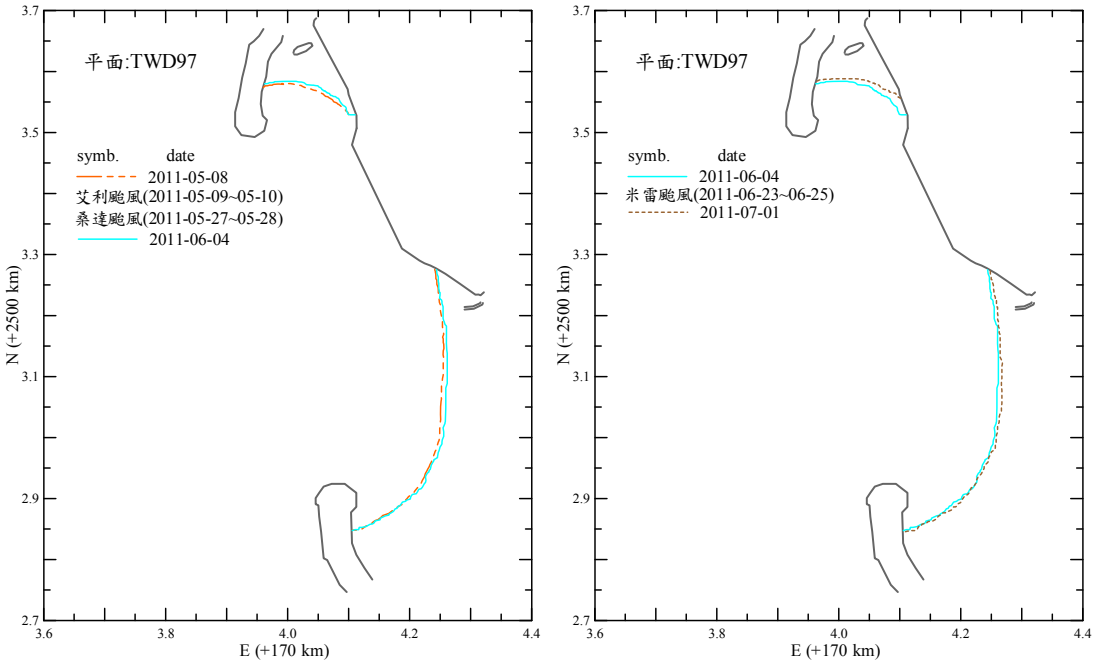


圖 4.3.21I　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 5 與 6 月，右：2011 年 6 與 7 月)

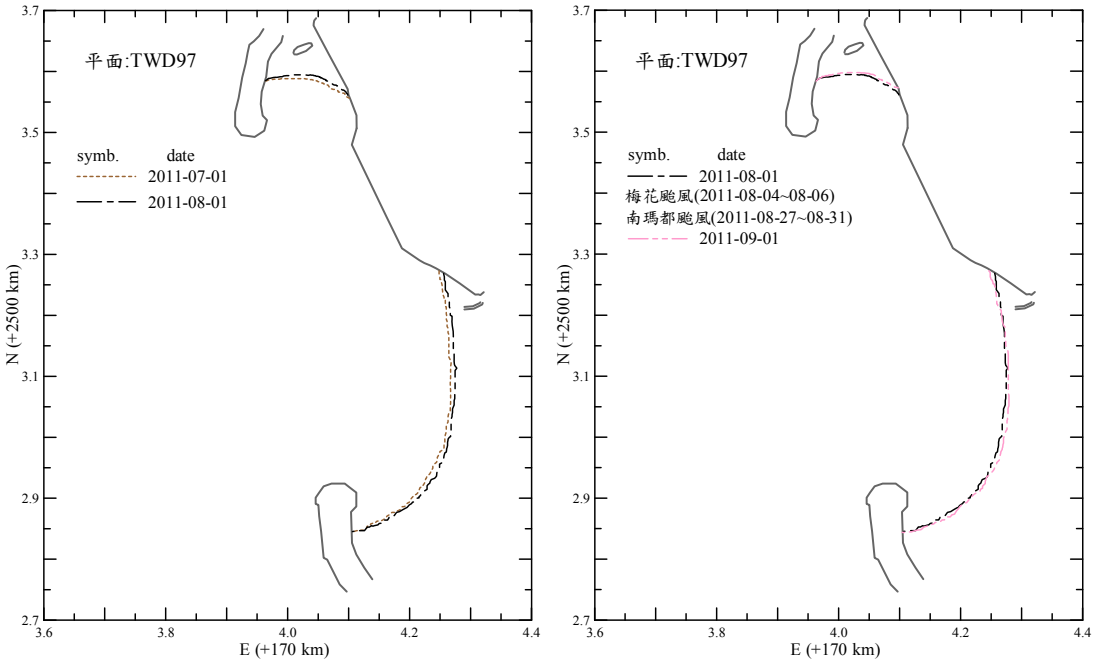


圖 4.3.21J　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 7 與 8 月，右：2011 年 8 與 9 月)

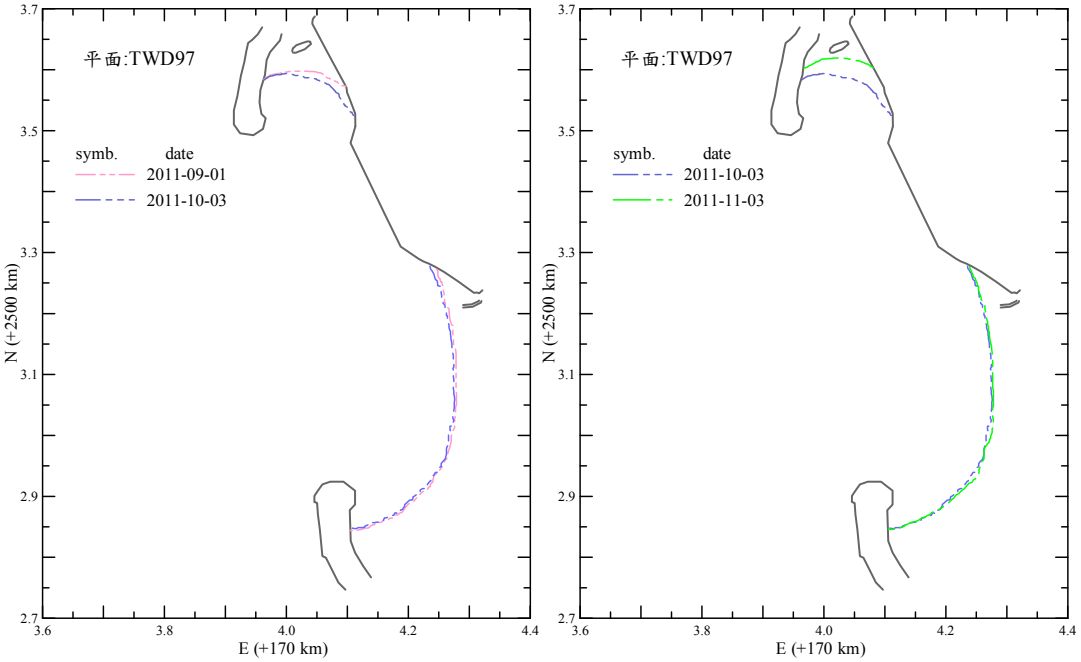


圖 4.3.21K　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 9 與 10 月，右：2011 年 10 與 11 月)

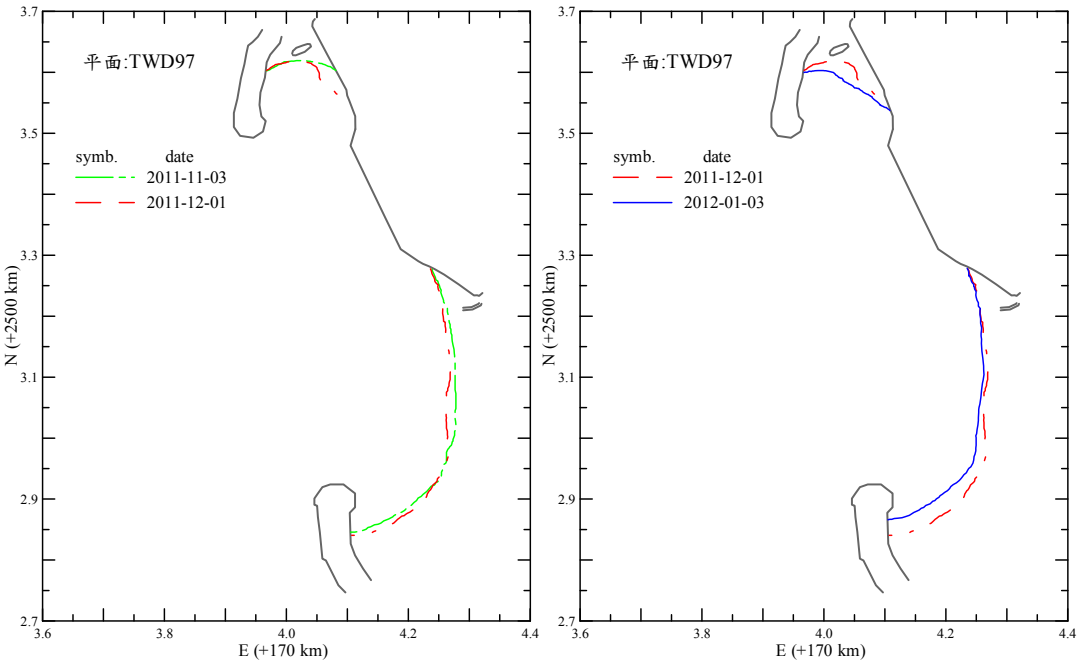


圖 4.3.21L　西子灣海岸線比較圖

(左：2011 年 11 與 12 月，右：2011 年 12 月與 2012 年 1 月)

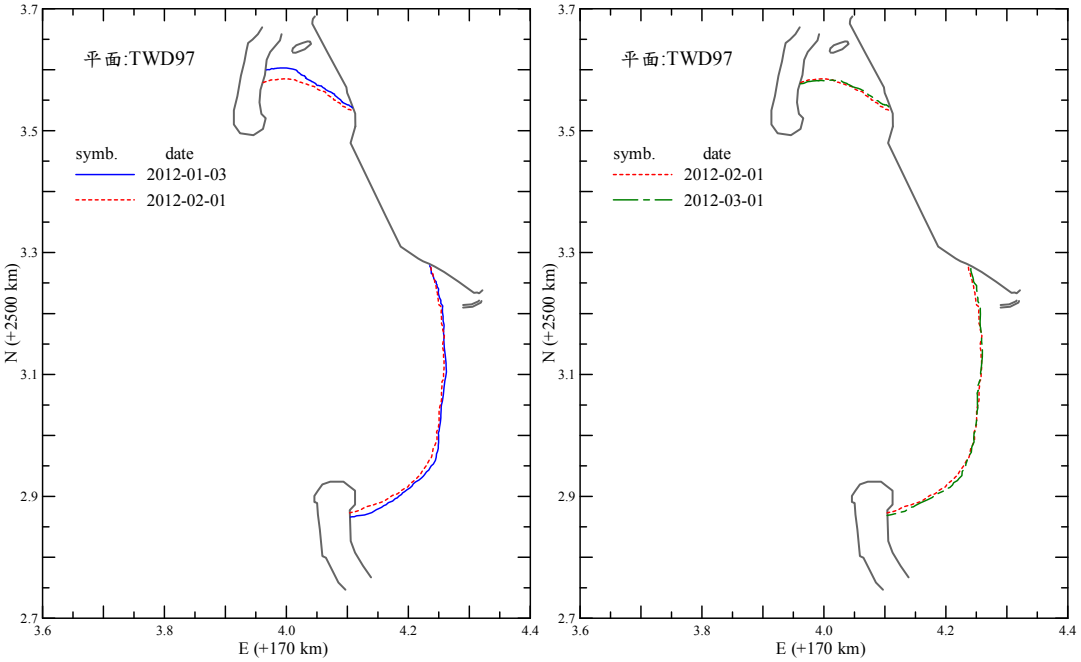


圖 4.3.21M　西子灣海岸線比較圖

(左：2012 年 1 與 2 月，右：2012 年 2 與 3 月)

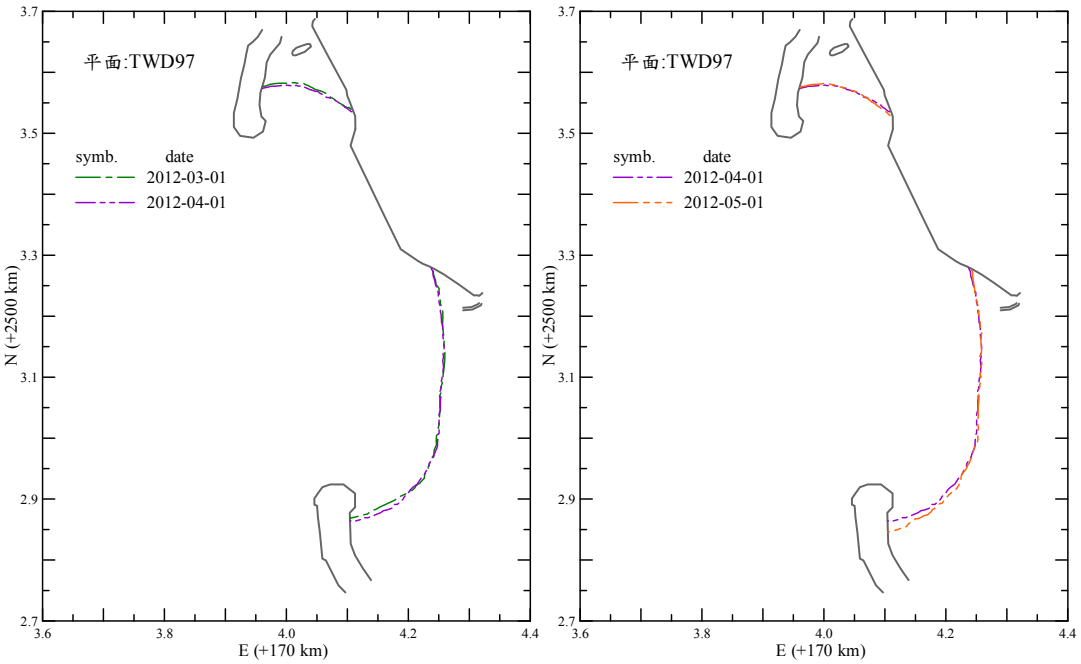


圖 4.3.21N　西子灣海岸線比較圖

(左：2012 年 3 與 4 月，右：2012 年 4 與 5 月)

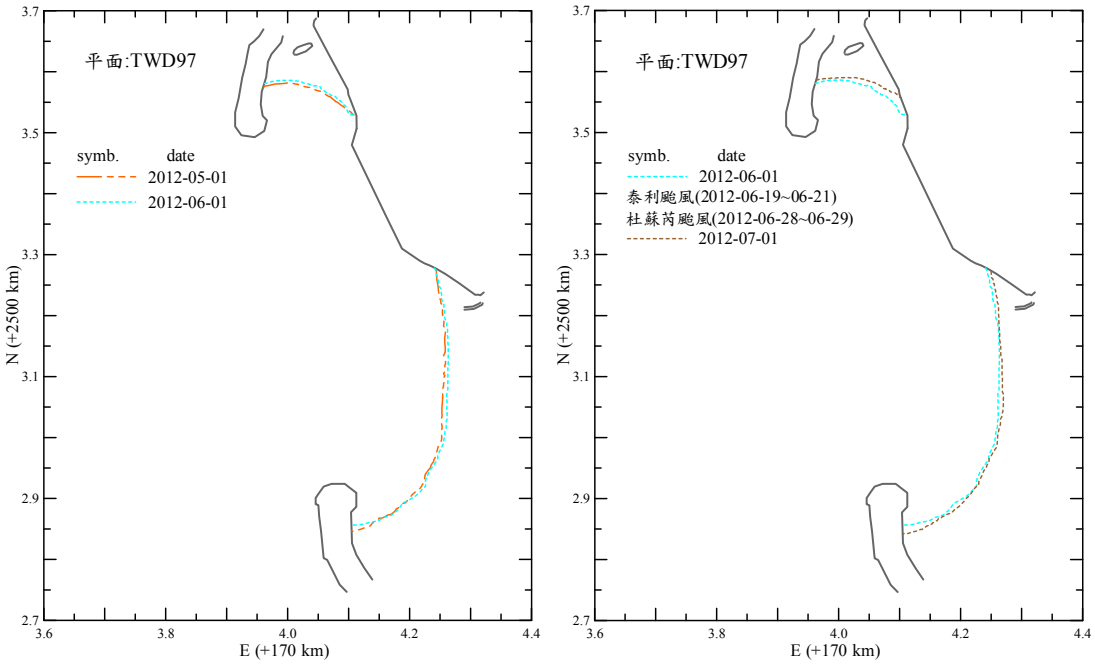


圖 4.3.21O　西子灣海岸線比較圖

(左：2012 年 5 與 6 月，右：2012 年 6 與 7 月)

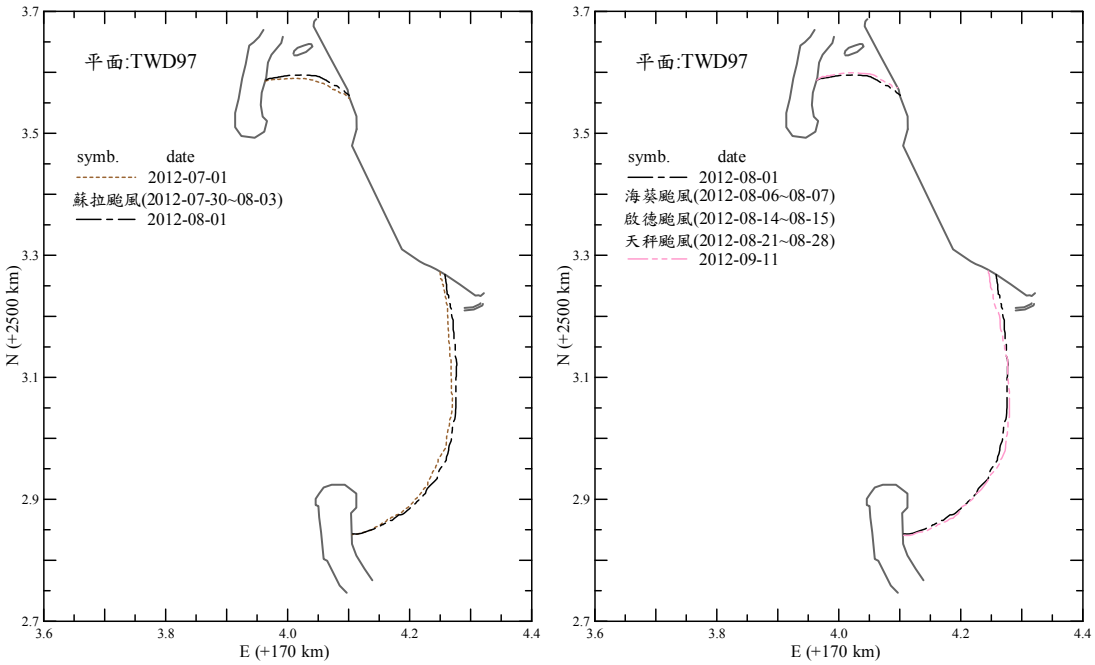


圖 4.3.21P　西子灣海岸線比較圖

(左：2012 年 7 與 8 月，右：2012 年 8 與 9 月)

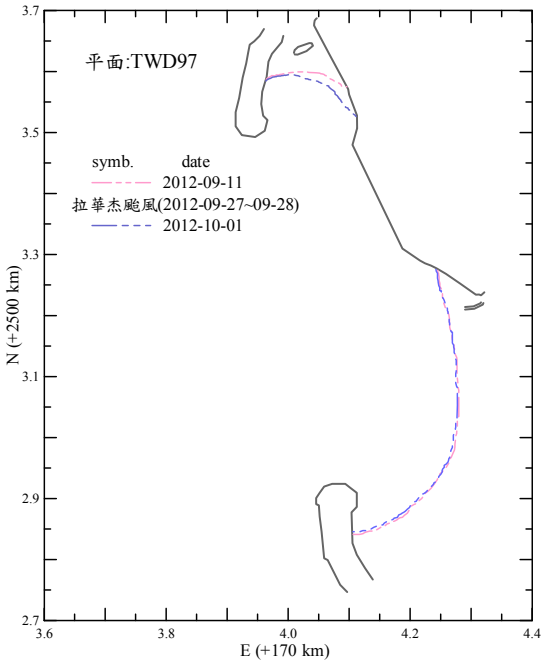


圖 4.3.21Q　西子灣海岸線比較圖

(2012 年 9 與 10 月)

由西子灣逐月海岸線變遷分析(如圖 4.3.22 系列)與海岸線斷面變化分析結果(如圖 4.3.23 與表 4.3.3)顯示，於北岬頭海岸段自 2010 年 1 月起至 5 月期間，其海岸線變化幅度多小於 10m，而從 5 月迄至 12 月期間，除短期有海岸線往海側成長外，整體而言大致呈後退現象。於 2010 年 12 月至 2011 年 4 月期間，海岸線往海側成長，其海岸線變化幅度約 0.33~25.49m，2011 年 4 月至 11 月期間海岸線則有轉為後退現象，而 2011 年 12 月至至 2012 年 4 月期間之海岸線則有往海側成長，而其後至 2012 年 9 月後又轉為後退情形。

在南岬頭海岸線變化方面，自 2010 年 1 月起至 5 月期間，其海岸線變化幅度亦多小於 10m，而 5 月以後至 9 月期間，其海岸線大致呈侵退情形，而其後至 10 月時，海岸線則轉為往海側成長。於 2010 年 11 月至 2011 年 2 月期間，其海岸線有往海側成長趨勢，而 2011 年 5 月至 11 月期間海岸線則有轉為後退現象，而 2011 年 12 月之後海岸線則有往海側成長，至 2012 年 3 月後又轉為後退情形。

整體而言，西子灣南、北岬頭海岸線在冬季淤淺成長現象，夏季時受西南季風與颱風影響，其海岸線多有後退情況，就長期間而論(2010 年 1 月~2012 年 10 月)，整體之海岸線變化為後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退 23~44m，而南岬頭海岸線地區之海岸線後退約 23~36m，且海岸線後退幅度越往南越大。其中，西子灣北岬頭於 2010 年 1 月~2012 年 10 月期間其海岸線變化率約在-6.89~-10.24m/年，而於南岬頭其海岸線變化率約在-3.53~-10.48 m/年。

由圖 4.3.22E 顯示，西子灣南岬頭海岸，在 2010 年 10 月~2011 年 4 月與 2011 年 10 月~2012 年 4 月期間(冬季波浪作用)，斷面 S2 以北之海岸線為侵蝕後退，而斷面 S2 以南至岬頭之海岸線為往海側成長，其原因可能係冬季期間近岸流場優勢方向為往南岬頭方向(如圖 3.2.12)，使南岬頭海岸北側之沙灘為近岸流帶往岬頭處堆淤所致。在 2010 年 4~10 月、2011 年 4~10 月與 2012 年 4~10 月期間 (夏季波浪作用)，斷面 S1~S2 以北之海岸線為往海側成長或後退幅度不大，而斷面 S2 以南至岬頭之海岸線則大幅侵蝕退縮，其原因可能係夏季期間受高雄第一港口防波堤遮蔽影響，西子灣南岬頭海岸波浪流場不大(如圖 3.2.18)，而颱風影響期間常於近岸有較強之離岸流場(如圖 3.2.7、圖 3.2.13、圖 3.2.17)，其中於斷面 S3~5 附近有明顯之離岸流場，致使沙灘砂源往外帶離而侵蝕，而斷面 S3 以北處之近岸流優勢方向為往中山海科館，於斷面 S1~S2 以北之海岸可獲沙灘補充，故造成斷面 S3 以南海岸線侵退較嚴重，而其北側侵退較為緩和。

另外，為瞭解颱風後海岸線之變化情形，茲就颱風前後各海岸斷面之海岸線侵退與淤前幅度整理於表 4.3.4。由表 4.3.4 顯示，對於本段海岸最具影響性之颱風路徑為第 9 類(依中央氣象局歸類)，其中又以 2010 年 8 月萊羅克颱風造成本段海岸最嚴重之侵蝕。

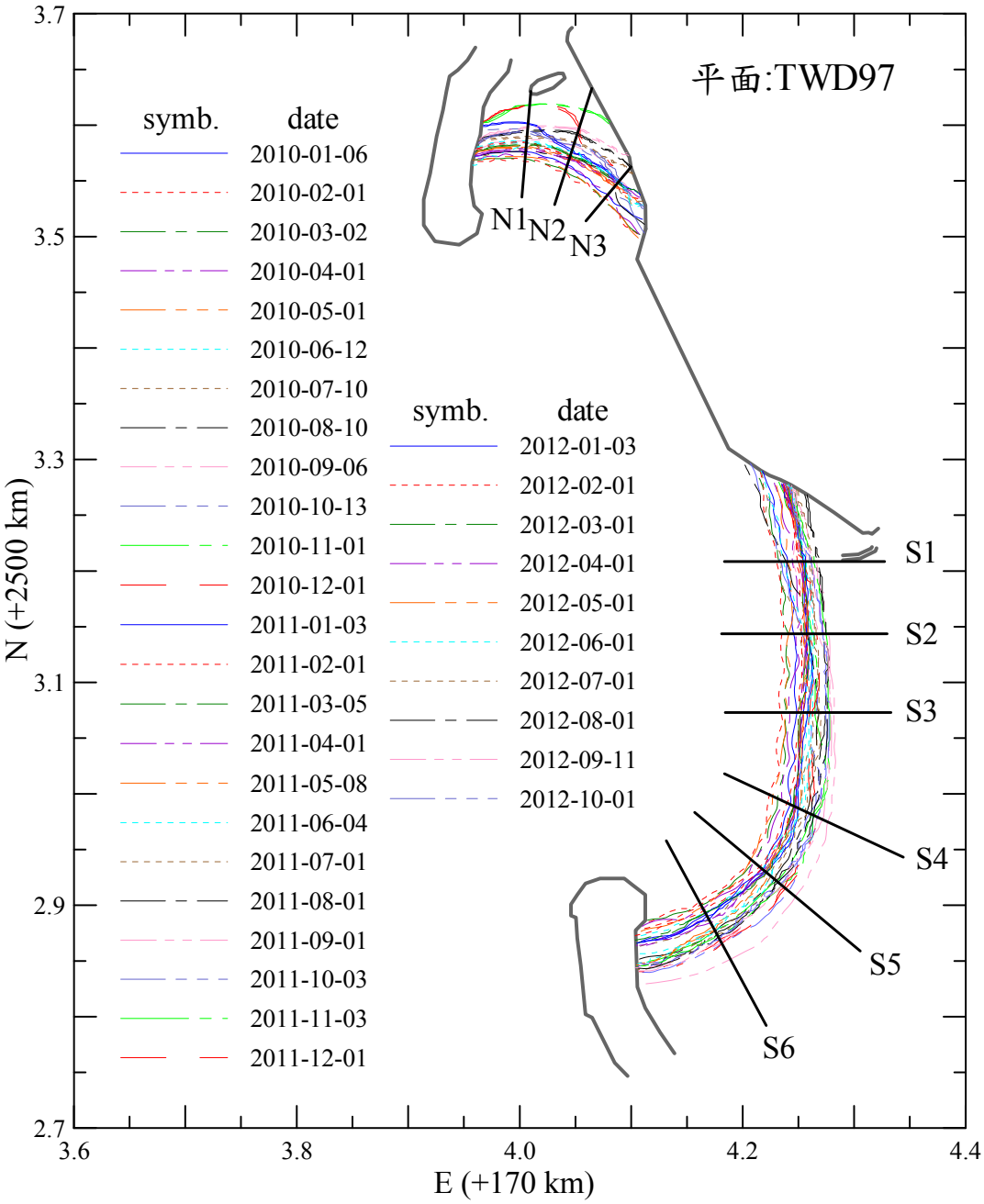


圖 4.3.22A　西子灣海岸線變遷分析圖

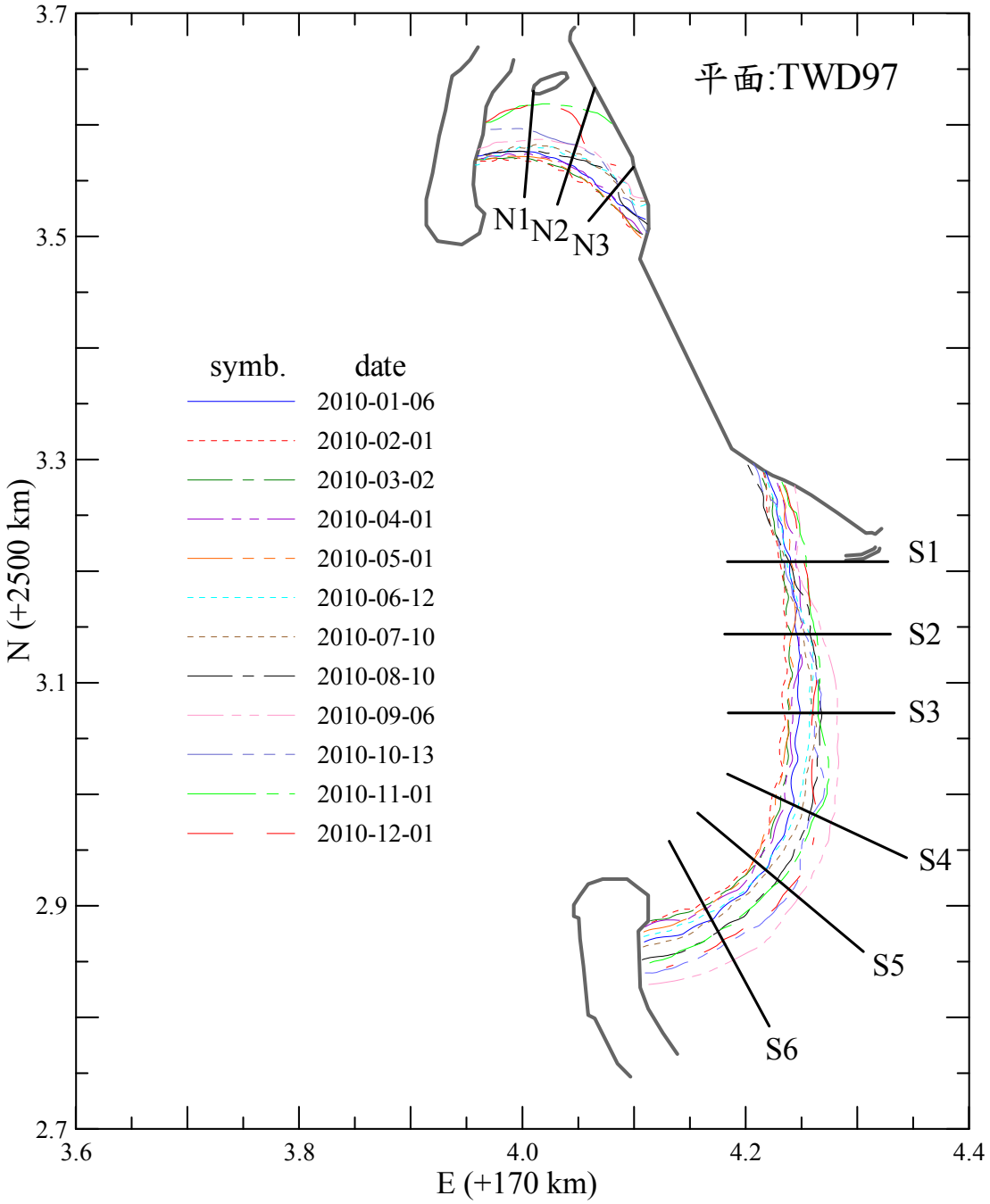


圖 4.3.22B　西子灣海岸線變遷分析圖

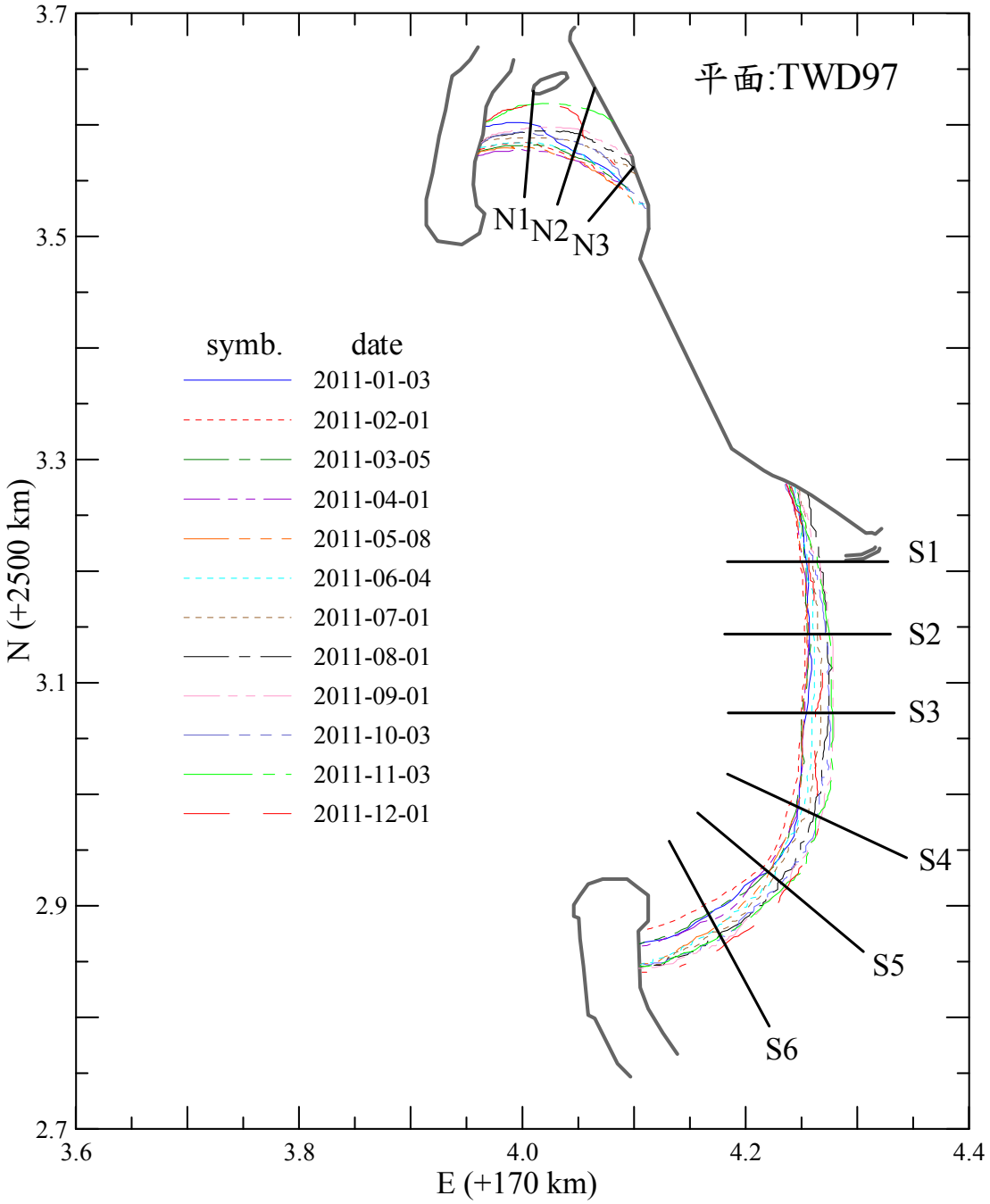


圖 4.3.22C　西子灣海岸線變遷分析圖

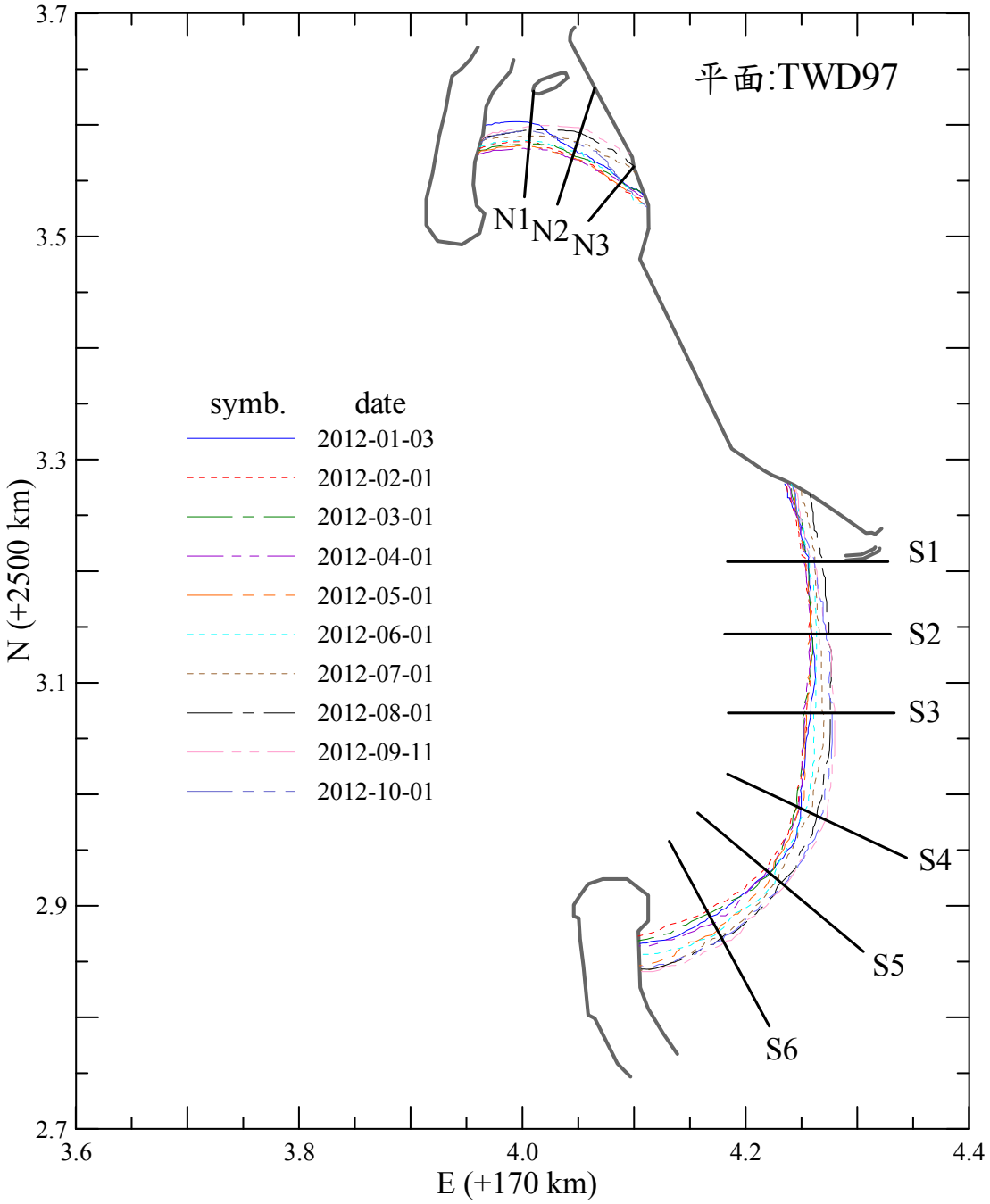


圖 4.3.22D　西子灣海岸線變遷分析圖

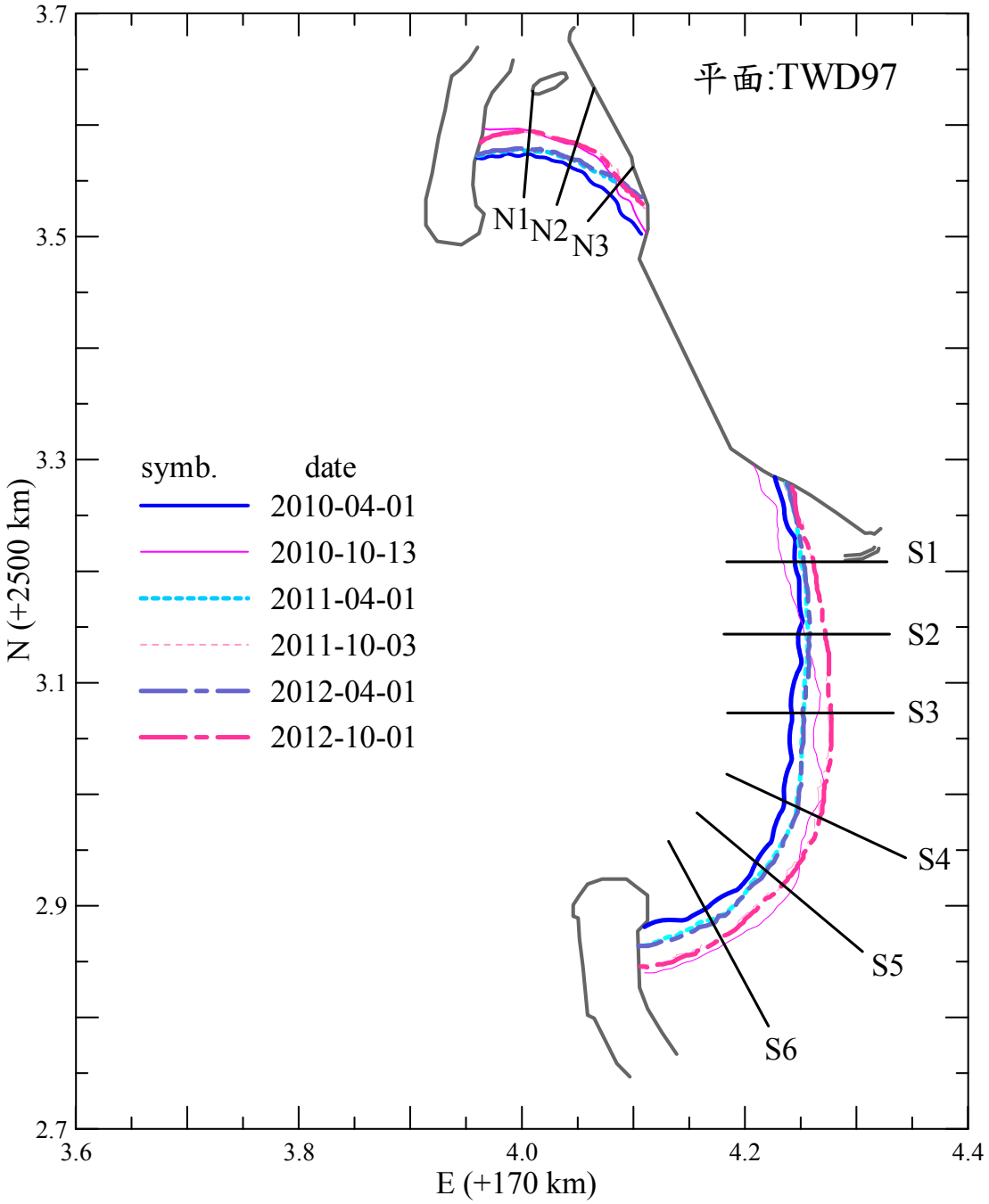


圖 4.3.22E　西子灣海岸線變遷分析圖

表 4.3.3　西子灣海岸線斷面變化分析表(單位：m)

日期	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
02/01	8.43	6.61	2.91	7.90	12.70	11.94	18.37	14.59	17.70
03/02	6.12	5.77	6.68	5.36	6.86	9.14	11.02	9.98	14.64
04/01	1.52	1.12	-0.71	-5.59	-0.79	5.59	7.83	11.48	10.51
05/01	4.31	4.93	5.27	-2.03	7.12	9.65	15.48	14.59	12.32
06/12	-3.83	-9.21	-16.65	1.79	-11.68	-9.65	-5.47	-1.14	-6.77
07/10	-3.64	-10.61	-11.94	4.83	-5.33	-15.75	-10.40	-1.68	-1.68
08/10	0.00	-6.51	-8.48	1.01	-12.95	-19.56	-18.05	-12.22	-12.32
09/06	-10.45	-17.78	-17.68	-6.36	-22.60	-34.54	-38.36	-38.17	-40.95
10/13	-19.36	-18.15	-7.62	4.07	-9.39	-15.75	-24.33	-29.32	-25.06
11/01	-42.24	-50.97	-32.75	-15.18	-17.56	-19.56	-25.96	-15.95	-11.91
12/01	-41.64	-30.91	-28.40	-13.62	-15.70	-15.36	-26.93	-26.96	-21.96
01/03	-24.89	-11.49	-14.88	-15.68	-11.93	-11.15	-11.08	-4.70	4.81
02/01	-8.01	-7.12	-10.35	-10.16	-8.75	-8.56	6.25	4.55	15.02
03/05	-4.91	-7.69	-12.81	-15.53	-11.65	-9.32	-8.57	-3.93	6.24
04/01	-0.66	-4.39	-14.46	-11.11	-11.76	-10.14	-9.37	2.65	0.79
05/08	-3.74	-4.44	-10.28	-11.17	-11.27	-9.69	-9.13	-5.75	-7.99
06/04	-8.77	-13.06	-12.39	-15.11	-13.58	-11.91	-8.21	-5.41	-4.59
07/01	-13.04	-19.77	-24.18	-20.80	-17.45	-19.43	-13.90	-5.81	-5.61
08/01	-18.32	-27.29	-26.62	-26.89	-24.56	-27.15	-18.57	-10.49	-7.85
09/01	-21.98	-30.54	-38.40	-27.91	-29.23	-31.22	-25.28	-15.77	-11.30
10/03	-17.51	-19.77	-14.83	-21.61	-25.17	-26.34	-19.99	-12.11	-9.47
11/03	-42.84	-52.01	-32.14	-24.90	-28.41	-31.68	-28.28	-22.51	-16.78
12/01	-42.01	-36.27	-23.73	-17.25	-20.40	-17.48	-26.89	-25.39	-25.70
01/03	-25.93	-13.98	-16.82	-16.65	-13.61	-13.41	-12.84	-4.73	2.71
02/01	-8.39	-8.20	-11.77	-15.45	-11.60	-11.60	-9.66	2.27	9.03
03/01	-7.17	-9.14	-15.43	-17.37	-14.33	-10.31	-9.77	-5.60	6.20
04/01	-2.27	-5.61	-15.88	-13.22	-12.83	-9.84	-10.68	-3.32	-3.94
05/01	-6.13	-6.65	-12.14	-14.77	-13.89	-11.51	-11.61	-7.15	-11.55
06/01	-10.46	-13.08	-17.10	-17.60	-18.01	-16.15	-15.90	-10.61	-13.33
07/01	-14.12	-20.84	-30.17	-22.86	-20.24	-22.86	-21.64	-13.29	-16.65
08/01	-19.40	-29.27	-33.52	-28.78	-28.56	-29.84	-27.67	-18.53	-19.27
09/11	-22.87	-33.83	-43.63	-20.36	-26.29	-32.77	-35.97	-23.52	-22.84
10/01	-18.78	-19.61	-15.74	-21.44	-25.43	-31.02	-30.99	-20.25	-19.27
海岸線變化率(m/年)	-6.89	-6.95	-10.24	-6.95	-10.24	-10.48	-10.48	-6.89	-3.53

註：海岸線變化分析基準：2010/01/06

表 4.3.4　西子灣海岸颱風後海岸線之變化分析表(單位：m)

颱風名稱	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
萊羅克(9)	-10.45	-11.27	-9.20	-7.37	-9.65	-14.98	-20.31	-25.95	-28.63
凡那比(4)	-8.91	-0.37	10.06	10.43	13.21	18.79	14.03	8.85	15.89
梅姬(9)	0.60	20.06	4.35	1.56	1.86	4.20	-0.97	-11.01	-10.05
桑達(--)	-5.03	-8.62	-2.11	-3.94	-2.31	-2.22	0.92	0.34	3.40
米雷(--)	-4.27	-6.71	-11.79	-5.69	-3.87	-7.52	-5.69	-0.40	-1.02
南瑪都(4)	-3.66	-3.25	-11.78	-1.02	-4.67	-4.07	-6.71	-5.28	-3.45
泰利(9)	-3.66	-7.76	-13.07	-5.26	-2.23	-6.71	-5.74	-2.68	-3.32
天秤(特殊)	-3.47	-4.56	-10.11	8.42	2.27	-2.93	-8.30	-4.99	-3.57
杰拉華(--)	4.09	14.22	27.89	-1.08	0.86	1.75	4.98	3.27	3.57

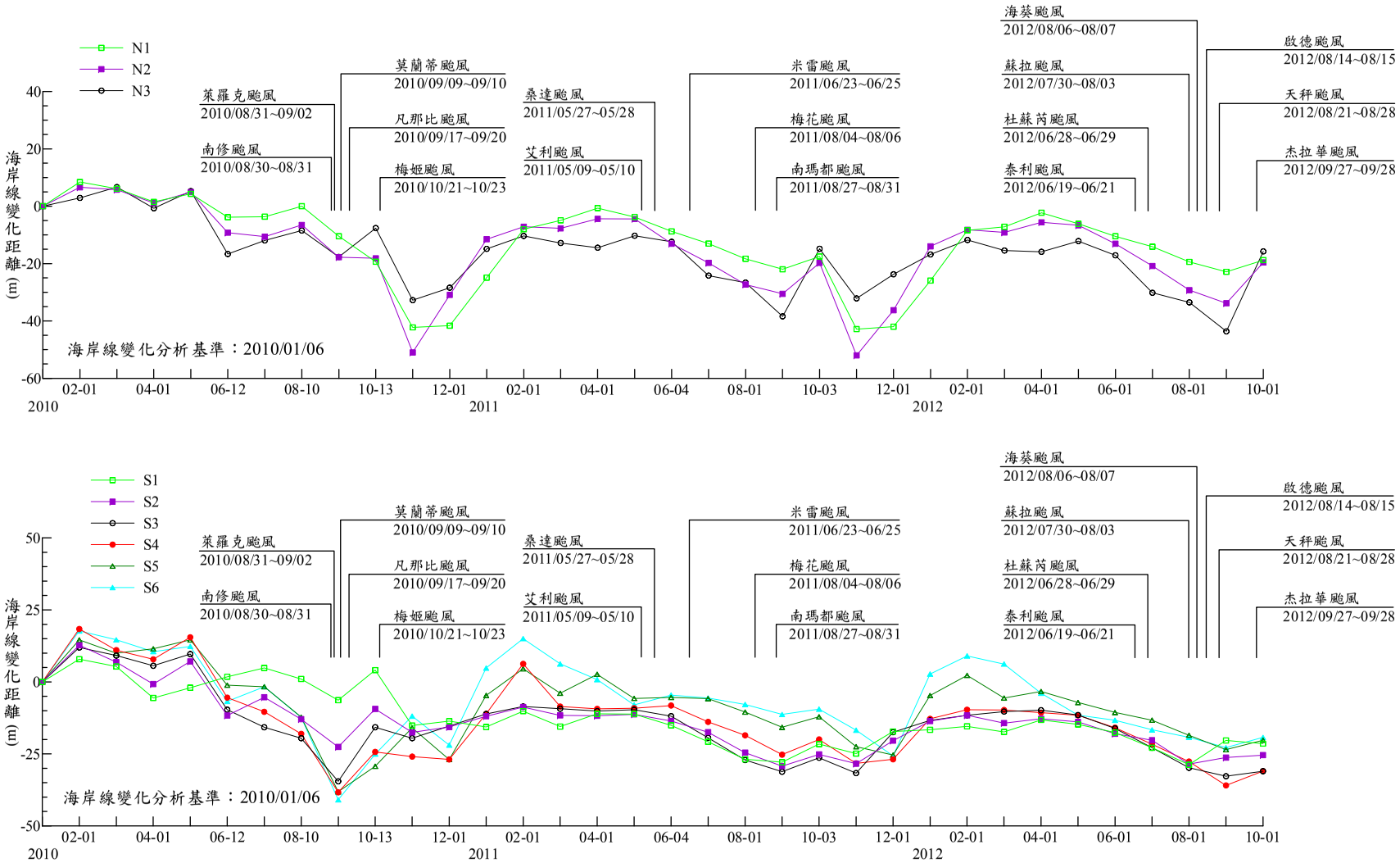


圖 4.3.23　西子灣海岸線斷面變化圖

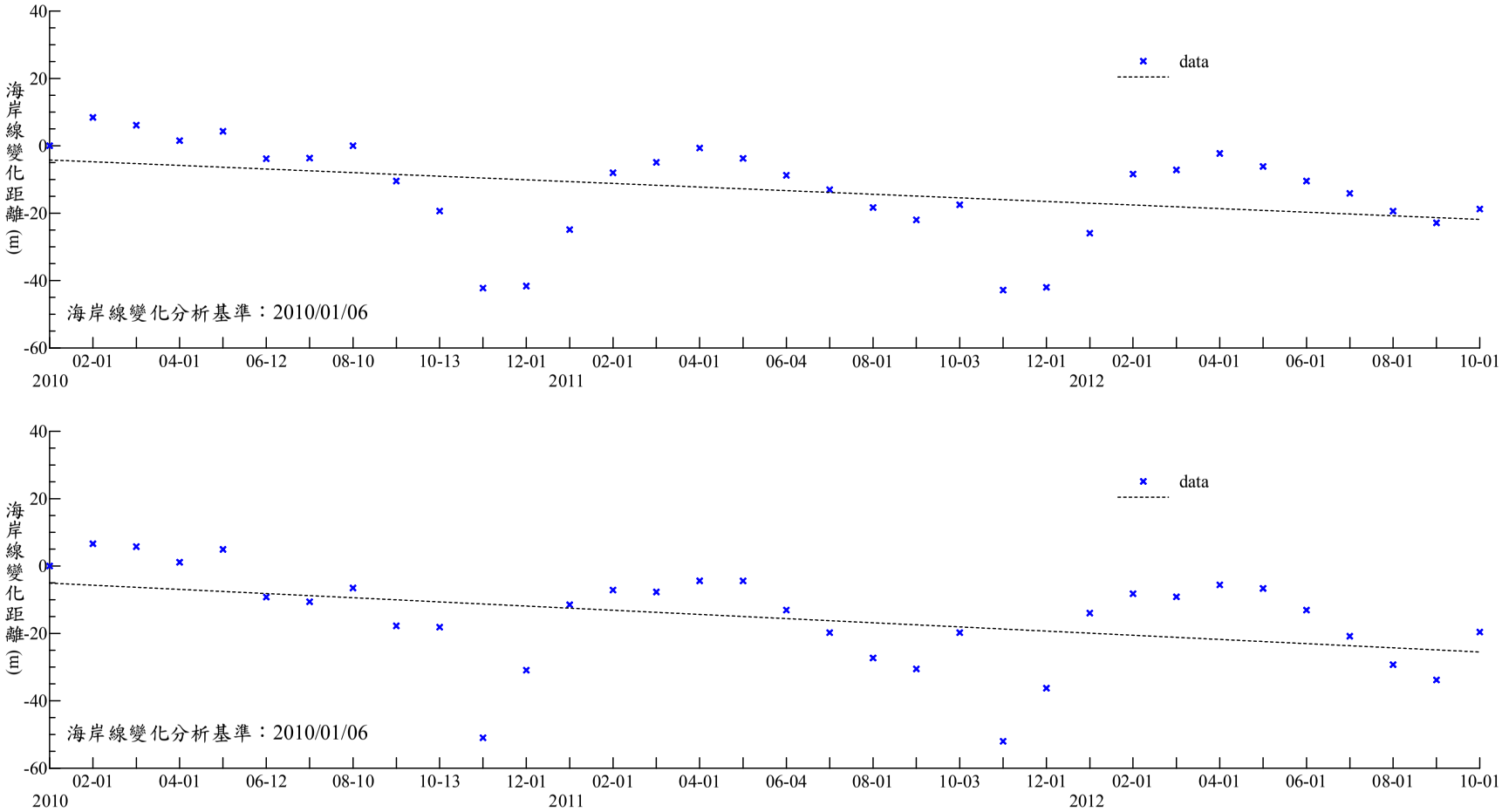


圖 4.3.24A　西子灣海岸線斷面 N1(上)、N2(下)變化趨勢分析圖

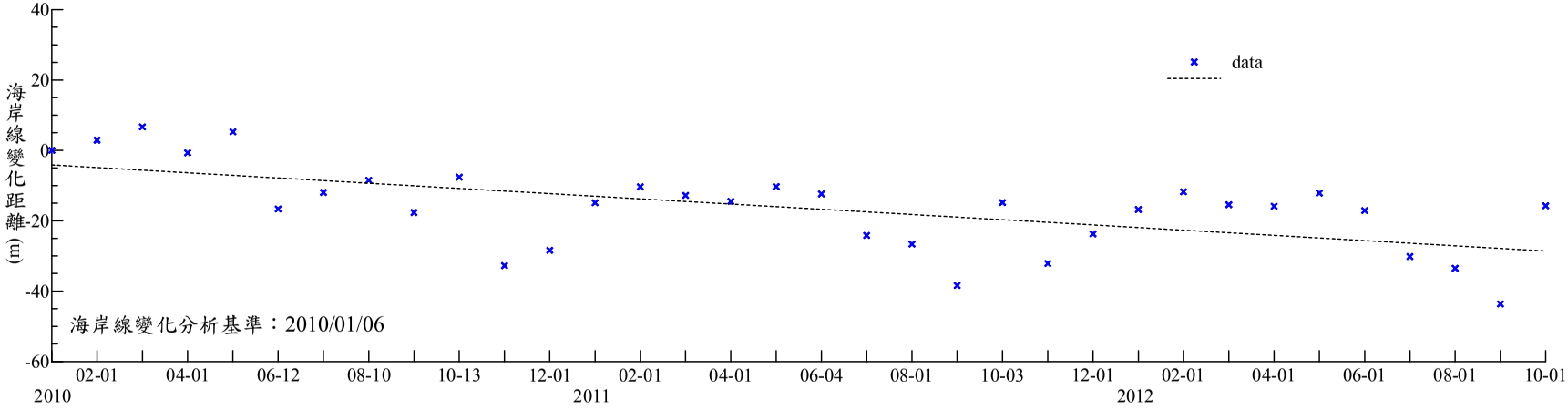


圖 4.3.24B　西子灣海岸線斷面 N3 變化趨勢分析圖

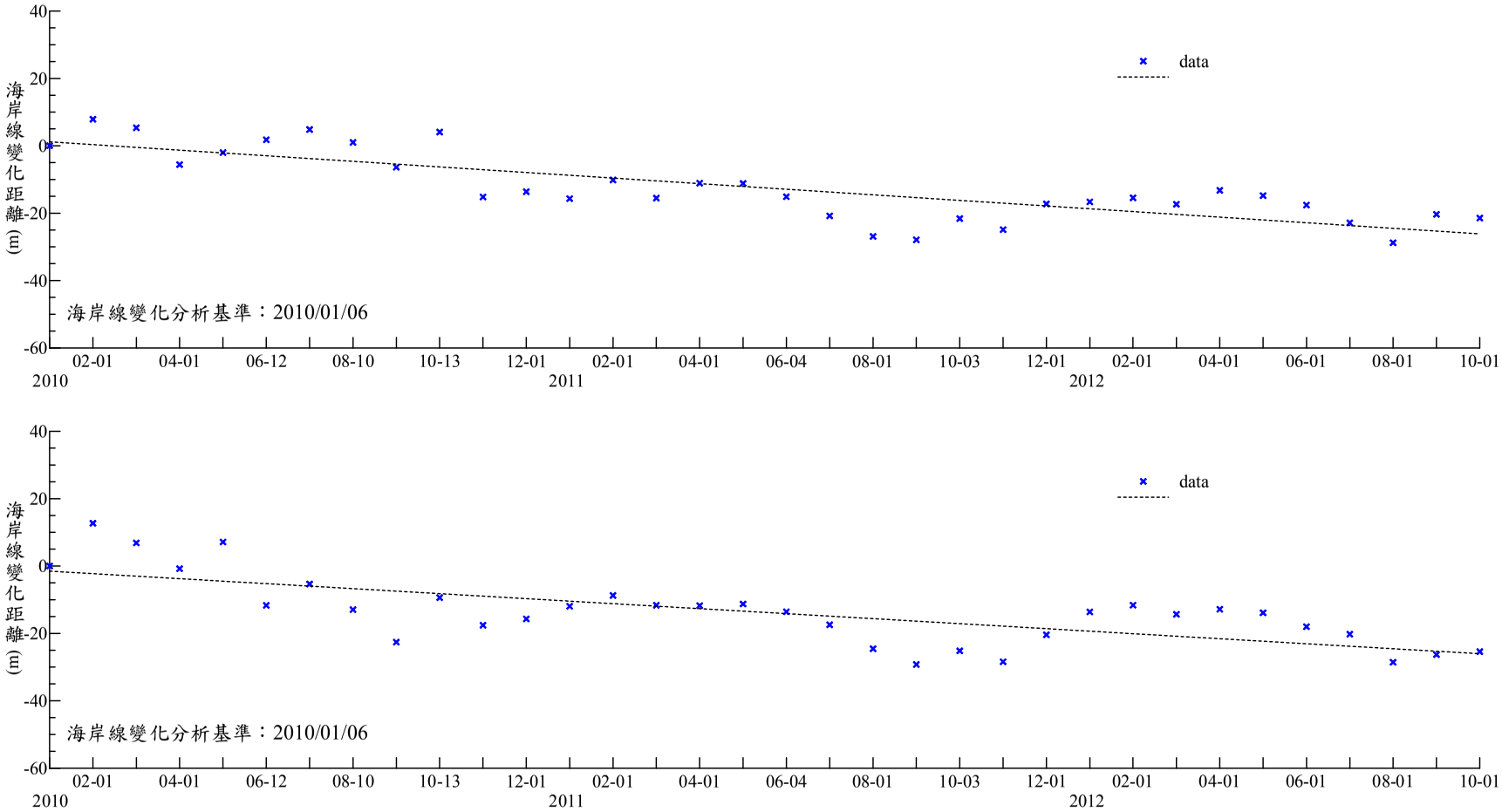


圖 4.3.24C　西子灣海岸線斷面 S1(上)、S2(下)變化趨勢分析圖

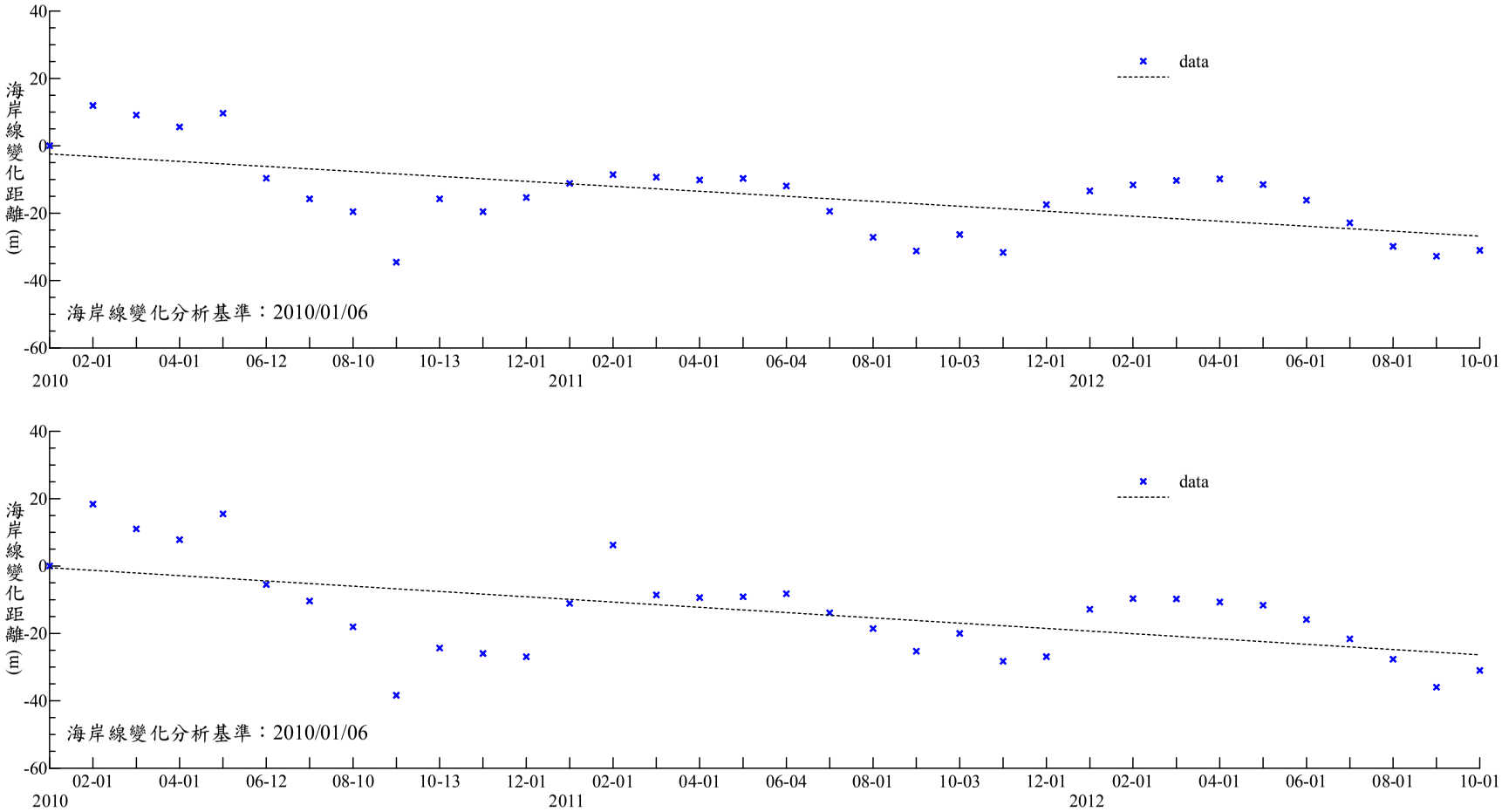


圖 4.3.24D　西子灣海岸線斷面 S3(上)、S4(下)變化趨勢分析圖

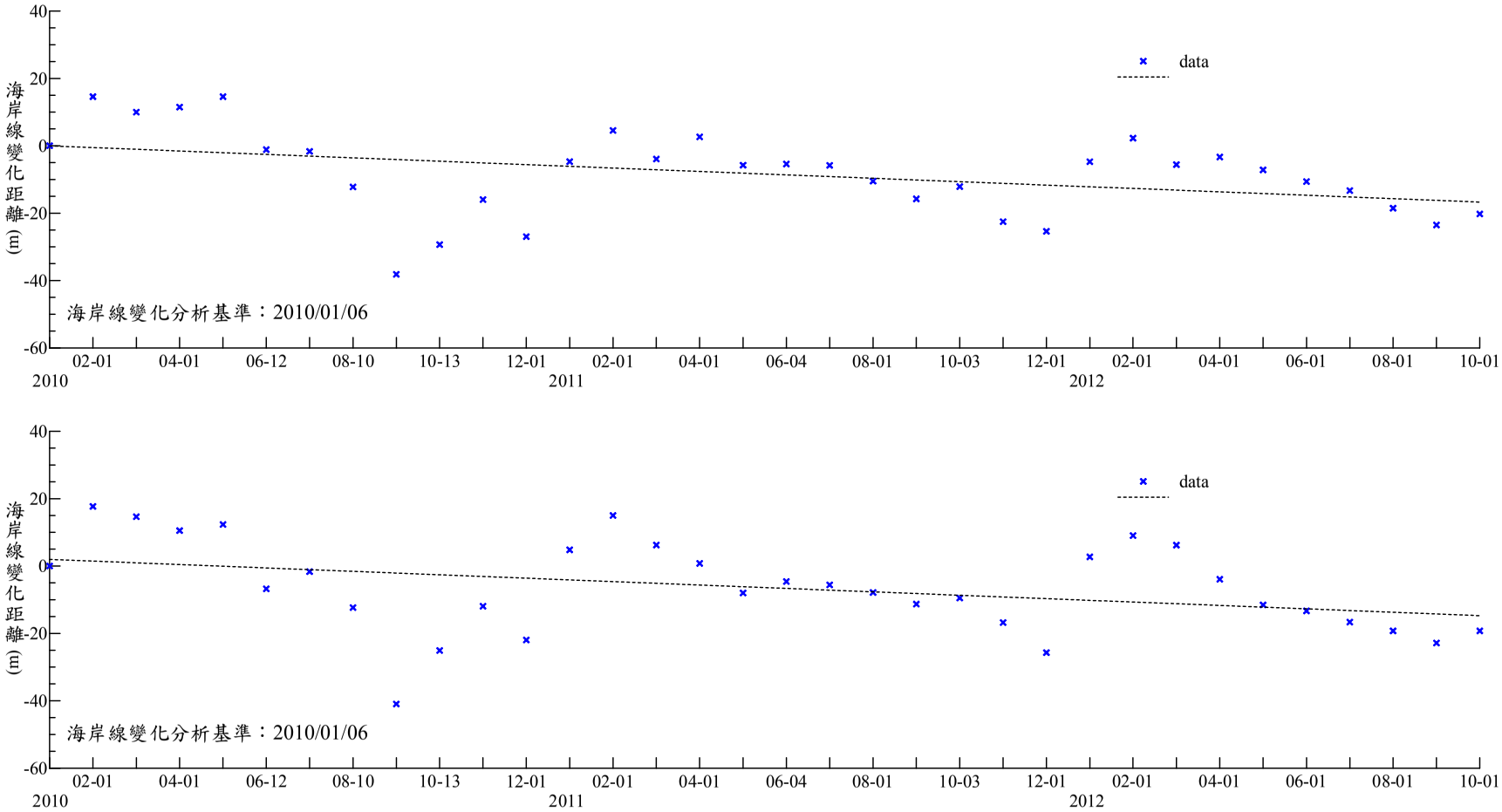


圖 4.3.24E　西子灣海岸線斷面 S5(上)、S6(下)變化趨勢分析圖

第五章　花蓮美崙溪口海域近岸波流場影像觀測

花蓮美崙溪出海口經常淤積泥砂、阻礙排水，造成市區低窪地區在颱風季節淹水，為觀測與瞭解美崙溪口砂洲前波流變化情形，規劃利用花蓮港務局上之影像觀測站，透過影像監測分析技術進行花蓮美崙溪口海岸影像波流觀測研究工作。以下茲就花蓮美崙溪口波流影像觀測系統與海岸影像觀測說明。

圖 5.1　花蓮美崙溪口影像觀測系統位置圖

5.1 美崙溪口波流影像觀測系統

花蓮美崙溪口波流影像觀測系統採 FL2-14S3C 單向影像觀測攝影機(同西子灣單向影像觀測系統)進行海岸波流影像攝影，其中花蓮美崙溪口影像觀測系統如圖 5.1.1 所示。以 4Hz 影像拍攝速度進行近岸波浪溯上水位影像錄影，其中各鏡頭影像像素採 800×600pixels，而拍攝範圍如圖 5.1.2 所示。

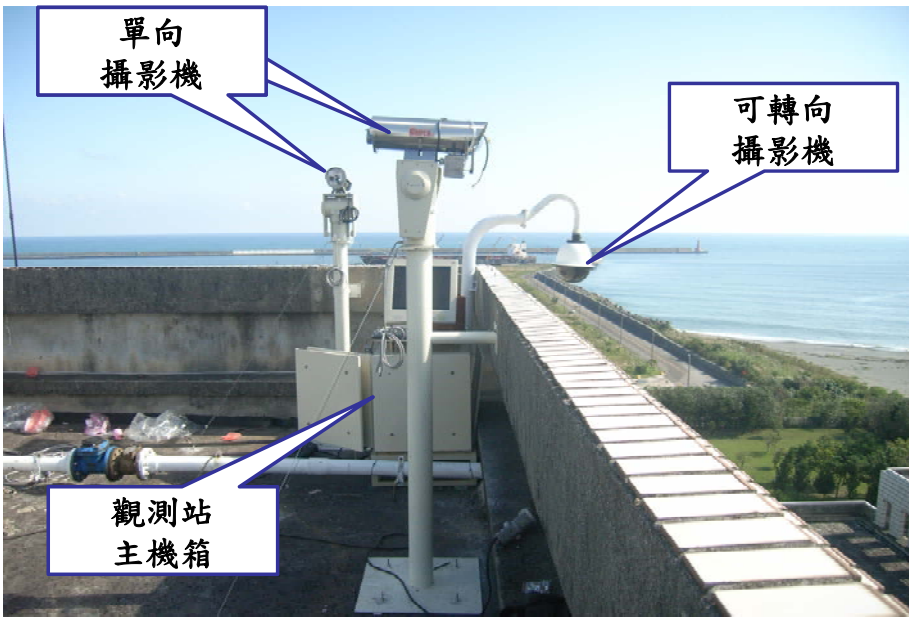


圖 5.1.1　花蓮美崙溪口影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機)

圖 5.1.2　花蓮美崙溪口單向攝影機拍攝範圍示意圖

5.1.1 內部參數校正與鏡頭扭曲率校正結果

花蓮美崙溪口海岸波流影像觀測系統，攝影機鏡頭依不同方位與位置所拍攝之棋盤格校正板影像(如圖 5.1.3 之圖例所示)，依據 Zhang(2000)所提校正方法，進行攝影機內部參數校正與鏡頭徑向扭曲係數檢定作業。茲將攝影機組鏡頭內部參數結果整理於表 5.1.1，以供外部參數檢定與後續花蓮美崙溪口海岸波流影像分析應用參考。

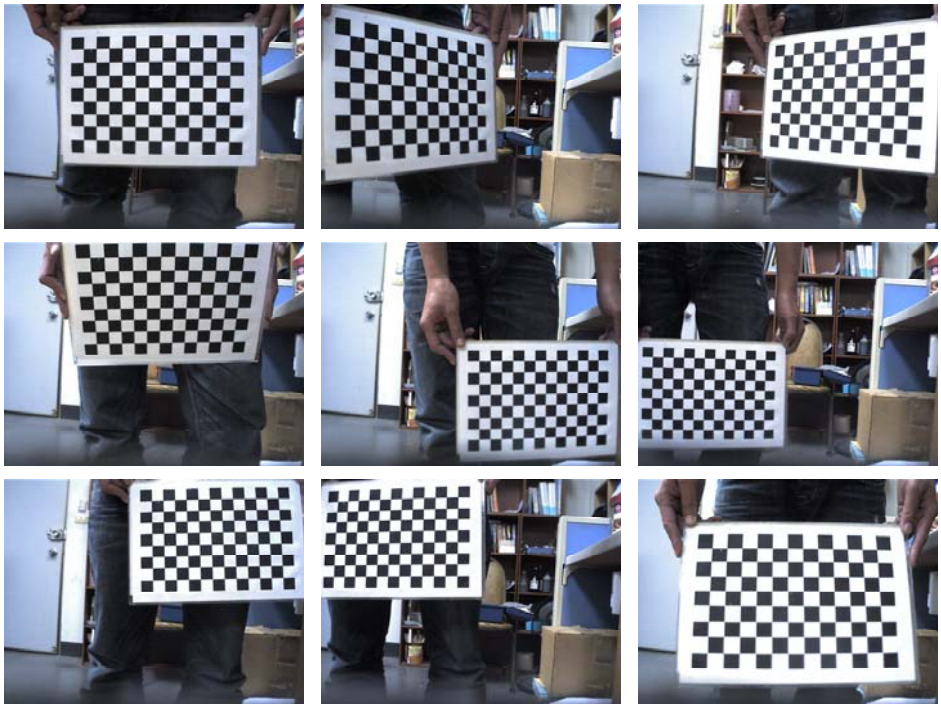


圖 5.1.3　不同方位與位置之棋盤格校正板影像圖例

表 5.1.1　花蓮美崙溪口單向控制攝影機內部參數檢定結果表

項目	C1 攝影機參數	C2 攝影機參數
u_0	400.0	399.7
v_0	325.3	309.2
k_1	-1.711×10^{-7}	-1.829×10^{-7}
k_2	1.466×10^{-2}	1.609×10^{-2}
λ_u	1.018	1.021

5.1.2 影像觀測站地面控制點檢測

為供花蓮美崙溪口波流影像觀測站攝影鏡頭之外部參數求解，本計畫茲於 2012 年 3 月 29 日~3 月 31 日，以即時動態衛星定位系統(儀器規格如表 5.1.2 所示)進行影像觀測站地面控制點檢測作業；其中，依據 2.3 節攝影機外部參數校正學理，於每個視角攝影區域至少檢測 4 組以上之地面控制點物理坐標與高程資訊；以下茲就地面控制點檢測方法與結果說明。

表 5.1.2　即時動態定位系統(RTK)儀器主要規格表

觀測項目	儀器名稱		主要儀器規格
坐標高程定位	NovAtel DL-2		即時定位精度： 高程、平面±(1cm+2ppm×L) 後處理精度： 高程±(1cm+1ppm×L) 平面±(0.5cm+1ppm×L) 坐標輸出頻率：10 Hz
	NovAtel DL-4		即時定位精度： 高程、平面±(1cm+1ppm×L) 後處理精度： 高程、平面±(0.5cm+1ppm×L) 坐標輸出頻率：20 Hz

本計畫地面控制點檢測之平面控制系統採台灣二度分帶 97 坐標系統(TWD97)，而水準控制系統採 2001 高程基準(Taiwan Vertical Datum 2001，簡稱 TWVD2001)，而地面控制參考基點採用經濟部水利署第九河川局海岸斷面樁控制點(編號 WT1)，其平面坐標與水準資訊如表 5.1.3 所示。

地面控制點檢測時，係於每個視角攝影區域選擇特徵影像區塊，以 NovAtel 公司 DL-RT2 及 DL-RT4 型衛星 L1 及 L2 雙頻即時動態定位系統，採靜態測量方式進行檢測，且每個視角攝影區域至少檢測 4 組以上之地面控制點資訊；其中花蓮美崙溪口各攝影鏡頭地面控制點檢測資訊，整理於表 5.1.4~表 5.1.5，以供花蓮美崙溪口攝影鏡頭外部參數檢定與影像拼合運用參考。

表 5.1.3　經濟部水利署第九河川局海岸斷面樁控制點資訊表

點位編號	TWD97系統(m)		高程(m)
	E	N	
WT1	312957.9910	2652696.8180	9.421

表 5.1.4　花蓮美崙溪口單向攝影鏡頭 C1 地面控制點檢測資訊表

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	52	169
7	313141.28	2652734.37	2.90	79	284
8	313133.40	2652772.76	2.41	53	400
17	313136.00	2652665.85	2.70	312	162
18	313111.01	2652656.58	2.61	588	151
21	313127.75	2652738.50	2.61	252	298
22	313106.79	2652733.56	2.37	550	295
25	313121.17	2652771.22	2.28	257	401
26	313103.36	2652769.34	2.09	548	400

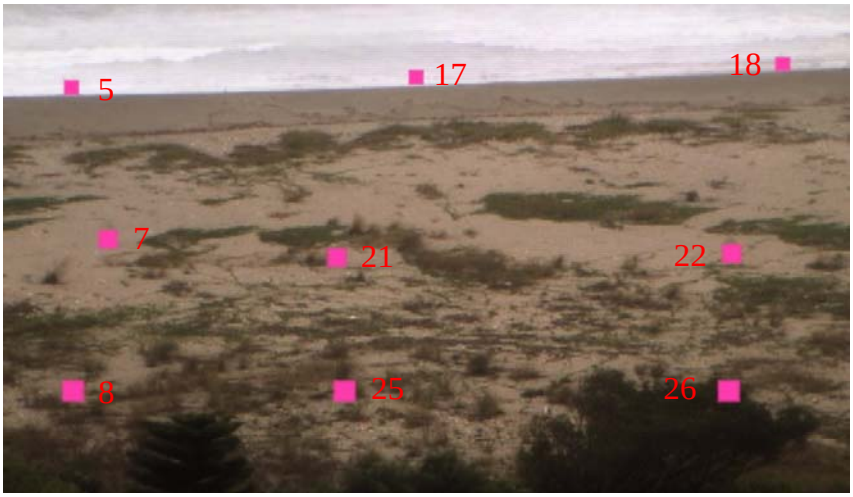


表 5.1.5　花蓮美崙溪口單向攝影鏡頭 C2 地面控制點檢測資訊表

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
17	313136.00	2652665.85	2.70	117	190
18	313111.01	2652656.58	2.61	375	179
19	313091.97	2652647.10	2.33	570	172
21	313127.75	2652738.50	2.61	51	317
22	313106.79	2652733.56	2.37	335	312
23	313088.25	2652731.35	2.05	577	314
25	313121.17	2652771.22	2.28	52	415
26	313103.36	2652769.34	2.09	327	412
27	313086.14	2652768.93	1.95	598	419

5.2 美崙溪口近岸流影像分析

近岸流影像分析作業，考量攝影期間之影像品質(如清析度與風雨影響)及可獲取較明顯之近岸流特性，擇取 2012 年 6 月泰利颱風侵台前之影像觀測資料(2012 年 6 月 19 日 15 時，花蓮港外海波高為 1.34m、週期為 9.6sec、入射波向為 135.5°)為例，進行美崙溪口海岸之近岸流影像分析，其中泰利颱風海岸機影像如圖 5.2.1 所示。

圖 5.2.1　花蓮美崙溪單向攝影機影像(2012 年 6 月 19 日 15 時)

近岸流影像分析前，先依據 2010 年 8 月 31 日 15 時所錄製連續 10 分鐘(10Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於碎波至沖刷帶區中(如圖 5.2.2 之白色亮帶)，劃定流速分析剖面(如圖 5.2.2 標示之 Sec. X)。其中沿海岸線至少每隔約 20m 取乙處位址，每個位址離岸至少每隔約 20m 取一組影像分析斷面，其中，近岸流分析斷面長度採 20m。

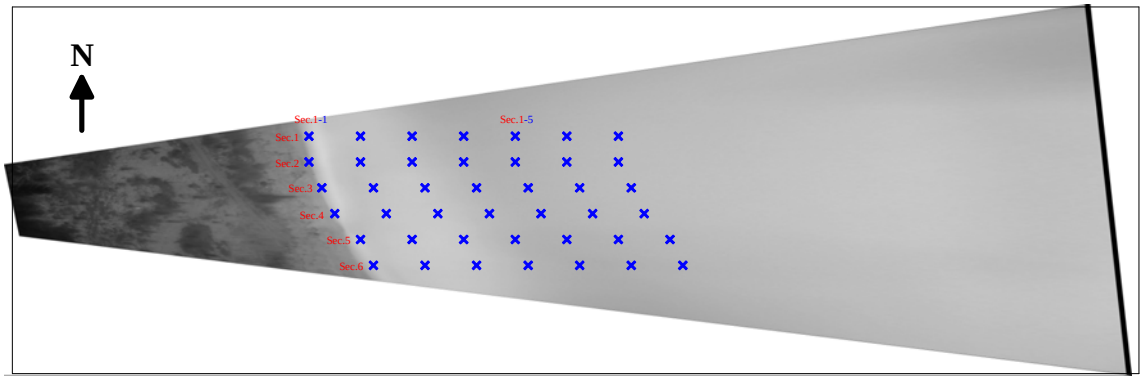


圖 5.2.2　美崙溪口近岸流影像分析斷面位置圖

根據前述劃定之沿岸流與向離岸流影像分析斷面位置，依 3.2.1 節方法計算流速。其中，沿岸流與向離岸流分析剖面之平均流速結果如表 5.2.1 所示，另為利於瞭解**美崙溪口**近岸流平面分佈情形，茲將沿岸流與向離岸流分析結果展繪如圖 5.2.3 之流速流向平面圖。

表 5.2.1A　沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6
1	-0.01	-0.04	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02

註：沿岸流速正值表示往北，負值表是往南。

表 5.2.1B　向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6
1	0.02	0.02	-0.01	0.17	-0.36	-0.23

註：向離岸流速正值表示為向岸，負值表是離岸。

由 2012 年 6 月 19 日 15 時之美崙溪口近岸流影像分析結果顯示，美崙溪口海域之近岸流場除靠近美崙溪口處有較明顯之離岸流外，靠花蓮港側地區之近岸流相當小。另外，由 6 月 19 日 15 時段之近岸流分佈而言，其碎波帶(即白色亮帶較亮處)寬度相當窄不易以影像觀測法，追蹤碎波泡沫進行近岸流場分析。建議於陡坡海岸進行影像流場分析時，採高解析攝影機並將視野盡量鎖定在碎波帶間。

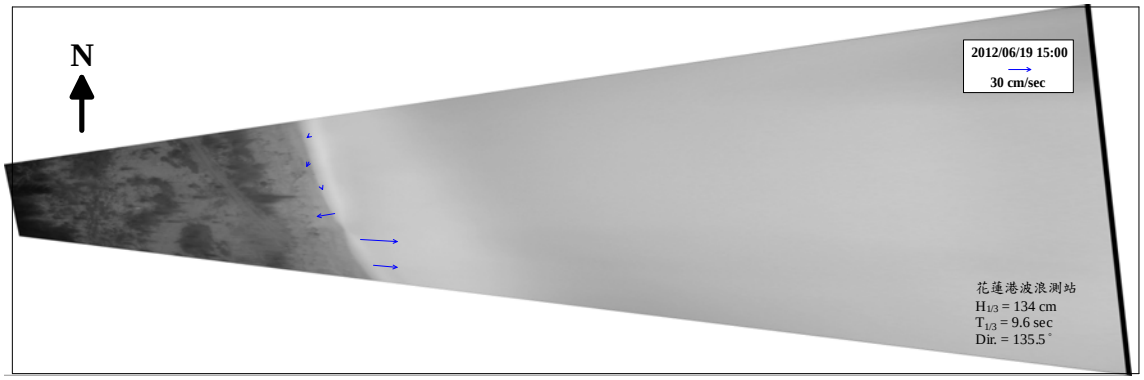


圖 5.2.3　近岸流平面分佈結果圖(2010/08/31 15:00)

5.3 近岸波浪傳遞影像分析

影像分析前，先依據所錄製連續 10 分鐘(4Hz)之原始影像，進行平均影像分析與影像校正、影像坐標與物理坐標轉換和重建作業，於垂直海岸線方向選取分析斷面進行近岸波浪傳遞影像分析，如圖 5.3.1 所示，再根據劃定之分析斷面位置，製做波浪傳遞時間歷程影像。

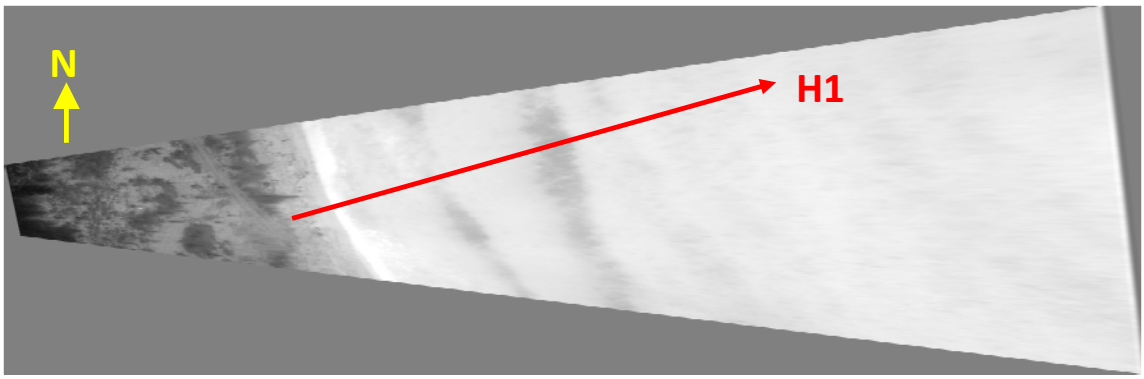


圖 5.3.1　近岸波浪傳遞影像分析斷面位置圖

花蓮美崙溪口海岸之波速、水深與淺化係數計算，茲擇取 6 月 19 日泰利颱風影響期間之影像觀測資料為例，依前述方法進行波速、水深與淺化係數之計算，並將其結果整理於圖 5.3.2。

由分析結果知，於 6 月 19 日泰利颱風影響期間，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，在碎波處前之波速由 7.5m/sec 附近逐漸下降，而淺化係數則從 0.97 逐漸上升至 1.17 左右。

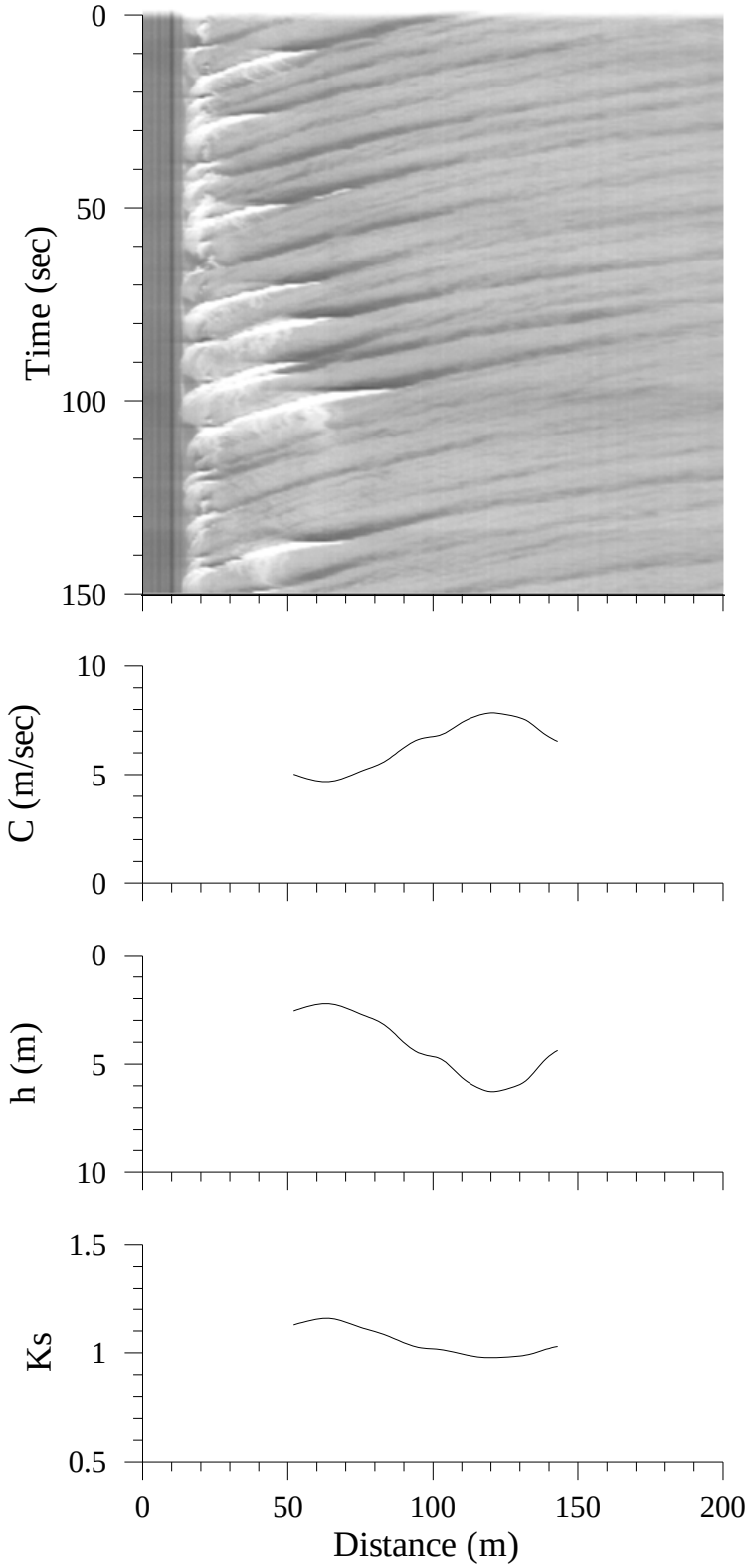


圖 5.3.2　波速、水深與淺化係數計算結果圖(2012/06/19)

第六章　花蓮美崙溪口海岸地形影像觀測

6.1 美崙溪口影像觀測系統

花蓮美崙溪口影像觀測系統採 SONY 公司製造 Color Video Camera EVI-D70 可轉向控制攝影機(同西子灣可轉向影像觀測系統)進行海岸攝影，其中花蓮美崙溪口影像觀測系統如圖 6.1.1 所示，而美崙溪口砂洲(沿岸長度約 400 公尺)影像觀測，共採 3 個影像視角進行攝影，其中各視角影像像素為 640×480pixels，而拍攝範圍如圖 6.1.1 所示。

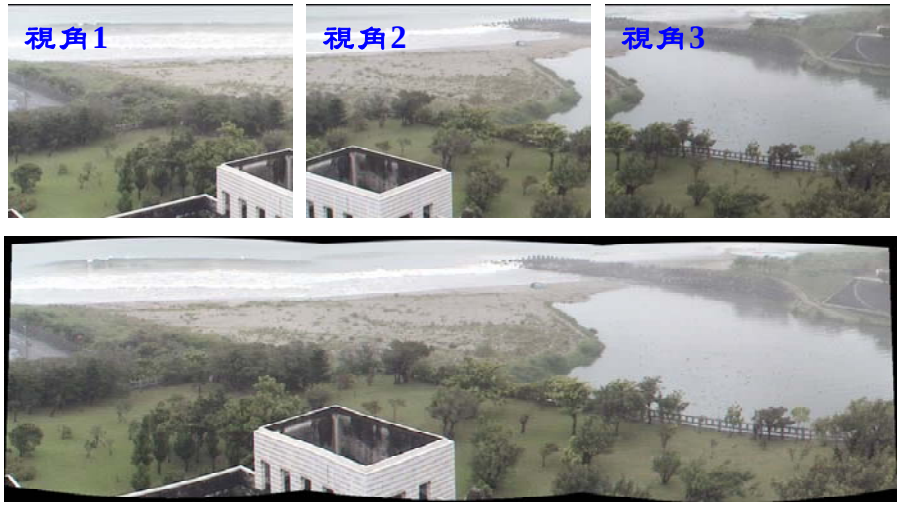


圖 6.1.1　花蓮美崙溪口可轉向攝影機拍攝範圍示意圖

另外，為發展海岸地形影像分析技術，利用可轉向控制攝影機旁設置之兩部單向影像觀測攝影機(如第五章所述)，以 4Hz 影像拍攝速度進行近岸波浪溯上水位影像錄影。

6.1.1 內部參數校正與鏡頭扭曲率校正結果

花蓮美崙溪口海岸地形影像觀測系統，攝影機鏡頭依不同方位與位置所拍攝之棋盤格校正板影像(如圖 5.1.3 之圖例所示)，依據 Zhang(2000)所提校正方法，進行攝影機內部參數校正與鏡頭徑向扭曲係數檢定作業。茲將攝影機組鏡頭內部參數結果整理於表 6.1.1，以供

外部參數檢定與後續花蓮美崙溪口海岸地形影像分析應用參考。

表 6.1.1　花蓮美崙溪口可轉向控制攝影機內部參數檢定結果表

項目	攝影機參數
u_0	319.8
v_0	243.4
k_1	-3.525×10^{-7}
k_2	2.356×10^{-2}
λ_u	1.046

6.1.2 影像觀測站地面控制點檢測

為供花蓮美崙溪口可轉向影像觀測站攝影鏡頭之外部參數求解，本計畫茲於 2012 年 3 月 29 日~3 月 31 日辦理影像觀測站地面控制點檢測作業；其中，依據 2.3 節攝影機外部參數校正學理，於每個視角攝影區域至少檢測 4 組以上之地面控制點物理坐標與高程資訊；以下茲就地面控制點檢測方法與結果說明。

為提供花蓮美崙溪口海岸拼合影像之附加價值，本計畫地面控制點檢測之平面控制系統採台灣二度分帶 97 坐標系統(TWD97)，而水準控制系統採 2001 高程基準(Taiwan Vertical Datum 2001，簡稱 TWVD2001)，而地面控制參考基點採用經濟部水利署第九河川局海岸斷面樁控制點(編號 WT1)，其平面坐標與水準資訊如表 5.1.3 所示。

地面控制點檢測時，係於每個視角攝影區域選擇特徵影像區塊，以 NovAtel 公司 DL-RT2 及 DL-RT4 型衛星 L1 及 L2 雙頻即時動態定位系統，採靜態測量方式進行檢測，且每個視角攝影區域至少檢測 4 組以上之地面控制點資訊；其中花蓮美崙溪口各攝影鏡頭地面控制點檢測資訊，整理於表 6.1.2~表 6.1.4，以供花蓮美崙溪口攝影鏡頭外部參數檢定與影像拼合運用參考。

表 6.1.2　花蓮美崙溪口可轉向攝影鏡頭 1 地面控制點檢測資訊表

影像 點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
1	313262.59	2652711.69	2.36	23	119
2	313234.03	2652699.80	2.32	179	113
3	313210.02	2652688.99	2.39	308	108
4	313181.19	2652680.37	2.63	460	105
5	313159.16	2652672.99	2.61	543	103
6	313166.32	2652749.25	3.12	405	163
7	313141.28	2652734.37	2.90	588	155
8	313133.40	2652772.76	2.41	576	210
9	313218.72	2652772.36	6.53	23	156
10	313133.34	2652891.38	18.38	41	348
11	313126.40	2652883.42	18.40	210	321
12	313121.04	2652873.85	18.36	350	290
13	313106.91	2652873.15	18.41	568	304
14	313120.59	2652908.56	18.92	57	471
15	313115.43	2652905.18	18.50	195	465
16	313109.51	2652896.83	16.72	373	430

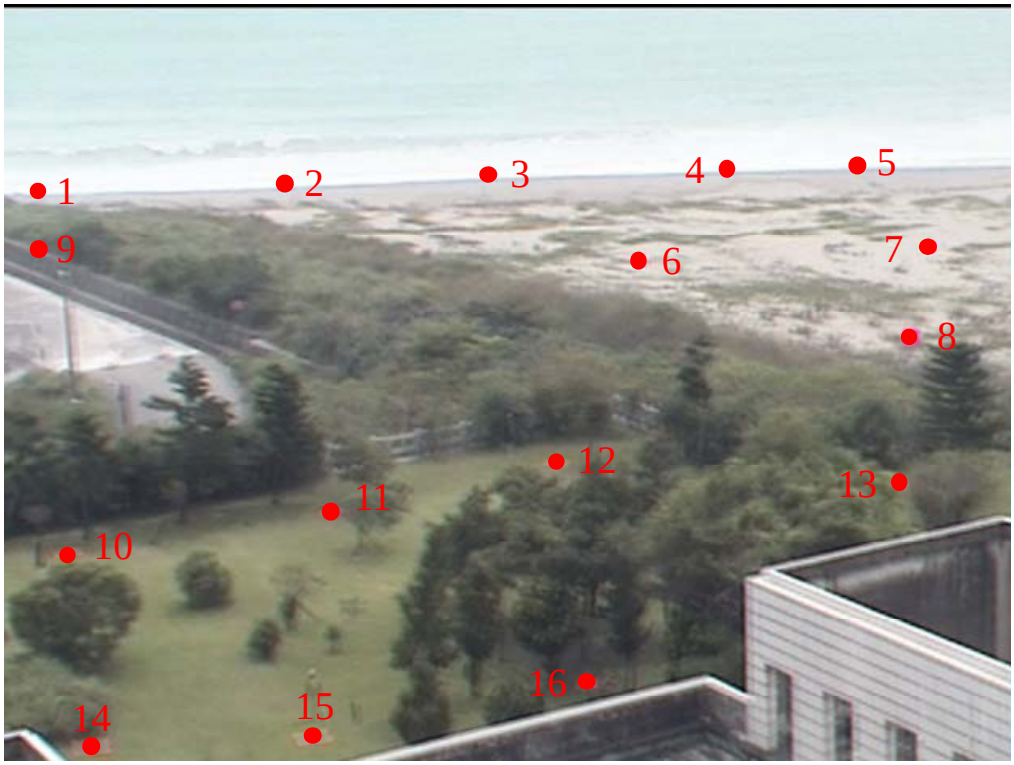


表 6.1.3　花蓮美崙溪口可轉向攝影鏡頭 2 地面控制點檢測資訊表

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	43	99
7	313141.28	2652734.37	2.90	59	152
8	313133.40	2652772.76	2.41	46	207
13	313106.91	2652873.15	18.41	42	301
17	313136.00	2652665.85	2.70	164	93
18	313111.01	2652656.58	2.61	300	86
19	313091.97	2652647.10	2.33	391	81
20	313051.44	2652577.84	2.92	561	41
21	313127.75	2652738.50	2.61	136	157
22	313106.79	2652733.56	2.37	278	154
23	313088.25	2652731.35	2.05	401	152
24	313053.60	2652640.96	1.31	576	81
25	313121.17	2652771.22	2.28	144	208
26	313103.36	2652769.34	2.09	278	202
27	313086.14	2652768.93	1.95	413	205
28	313066.05	2652756.28	1.59	560	191
29	313099.97	2652868.92	18.40	166	284
30	313085.51	2652878.74	18.46	390	328
31	313083.03	2652899.71	18.59	423	465
32	313074.98	2652894.18	18.52	605	425

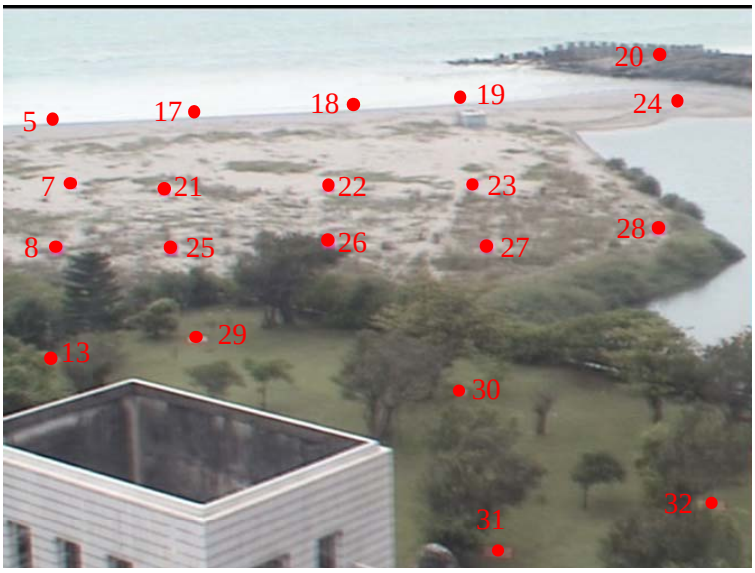


表 6.1.4　花蓮美崙溪口可轉向攝影鏡頭 3 地面控制點檢測資訊表

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
20	313051.44	2652577.84	2.92	19	38
24	313053.60	2652640.96	1.31	36	80
28	313066.05	2652756.28	1.59	27	188
32	313074.98	2652894.18	18.52	86	419
33	313013.53	2652589.78	4.48	184	35
34	312966.32	2652568.86	6.49	342	20
35	312943.61	2652592.78	6.53	453	27
36	312964.64	2652707.14	10.26	566	66
37	313062.70	2652886.97	18.38	302	356
38	313054.80	2652894.88	18.33	500	393
39	313070.60	2652901.32	18.53	213	468
40	313062.08	2652903.24	18.49	412	465

6.2 花蓮美崙溪口全景拼接影像

花蓮美崙溪口可轉向攝影系統各視角影像，依前節檢定之攝影機內部參數與徑向扭曲係數資料，進行影像扭曲校正作業，並依據地面控制點檢測資訊，配合攝影機外部參數校正學理，重建物理坐標影像後，再進行海岸地形影像拼接工作(其中，重建影像解析採 5cm/pixel)，其拼接結果如圖 6.2.1 所示。

由各視角海岸地形影像拼接結果，各視角影像重疊區中，花蓮美崙溪口海岸沙洲並未出現不連續或錯開之現象，顯示各視角影像接合效果良好，攝影機內部參數、徑向扭曲係數以及各視角外部參數檢定結果為可信賴。

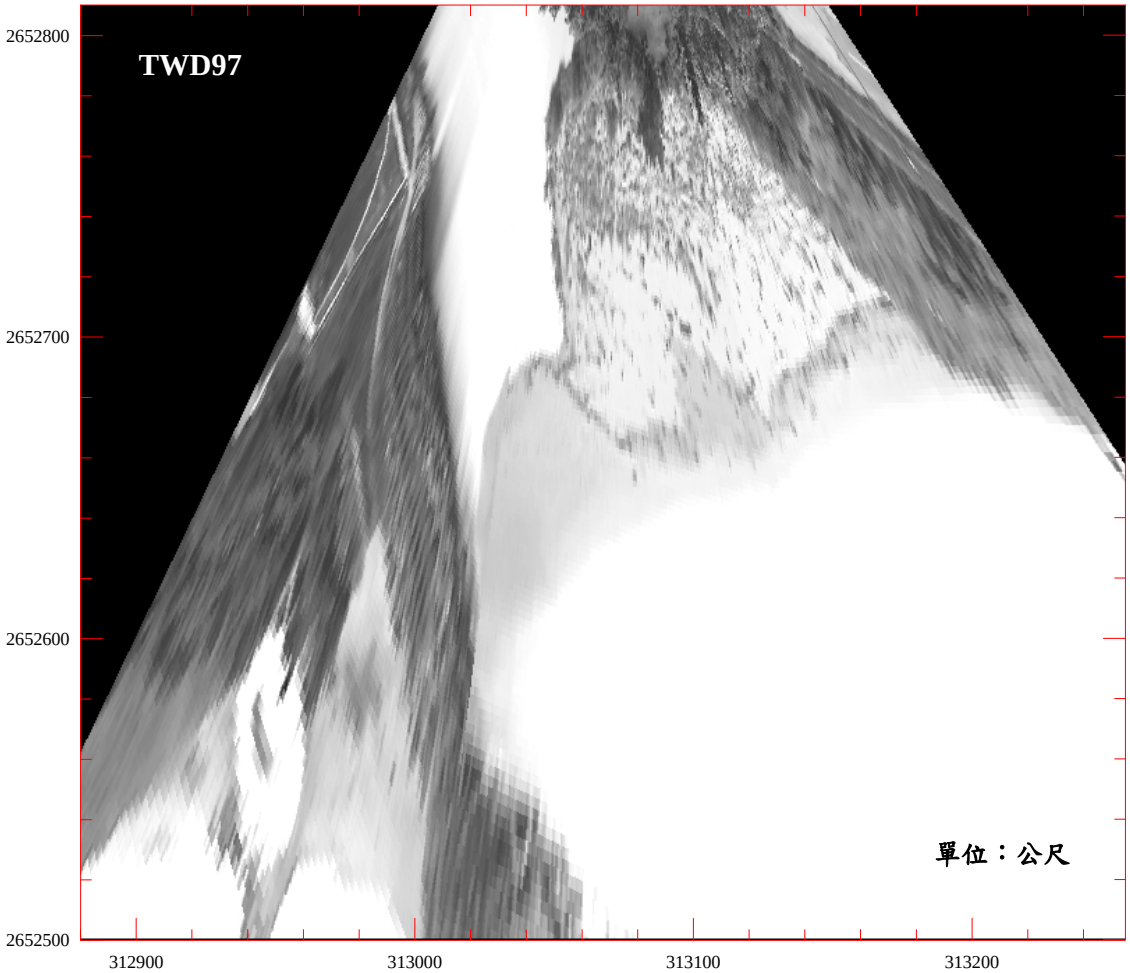


圖 6.2.1　花蓮美崙溪口海岸地形影像拼接結果圖

6.3 花蓮港美崙溪口海岸線偵測分析驗核

為瞭解花蓮美崙溪口海岸線偵測分析方法之合理性，茲於 2011 年 9 月 28 日鄰近低潮點時段(13:41~14:05)，以即時動態衛星定位系統(RTK)迅速完成花蓮港美崙溪口海岸之灘面座標與高程檢測工作，再依據檢測結果分析高程 0m 線作為海岸線，以供海岸線偵測分析方法驗核應用。其施測情形與結果測點圖如圖 6.3.1 與圖 6.3.2 所示。

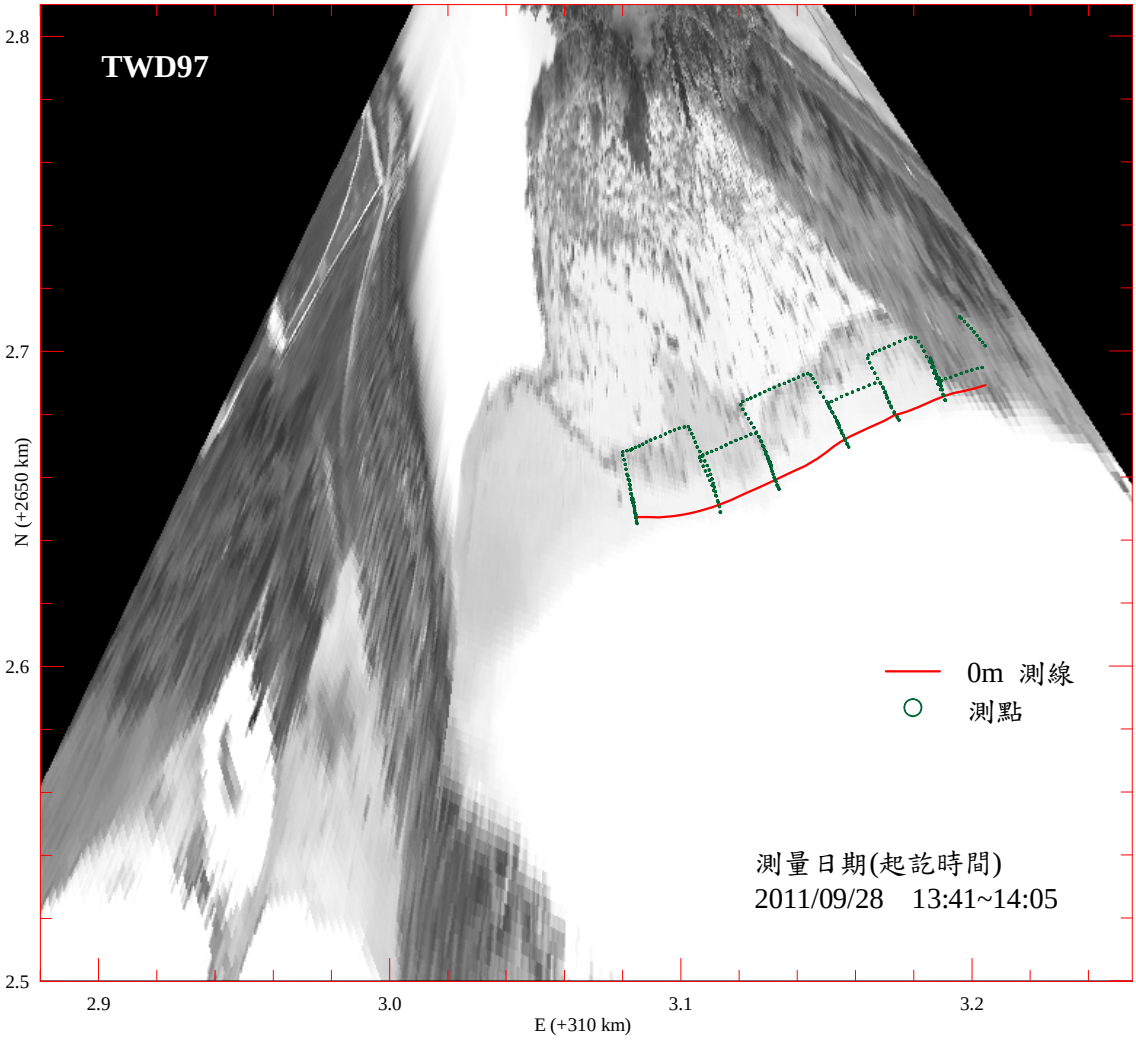


圖 6.3.1 花蓮美崙溪口海岸線實地測量 0m 測線測點圖(2011/09/28)

圖 6.3.2　花蓮港美崙溪口海岸線實地測量情形(2011/09/28)

另就 2011 年 9 月 28 日花蓮美崙溪口可轉向影像觀測系統之逐時平均影像(06:00~18:00)，依前述潮位配合波浪水位堆升(setup)修正方式與水位線三維定位等兩種方式，進行逐時水位線分析(逐時水位線分析結果，如圖 6.3.3 所示)，並將其結果與即時動態衛星定位系統之海岸線檢測分析成果進行比較，如圖 6.3.4 所示。

根據圖 6.3.4 知，以影像三維定位所分析之海岸線，其海岸線相對於即時動態衛星定位系統(RTK)所檢測者之位置偏差平均約 1.48m；而以潮位配合波浪水位堆升所分析之海岸線，其相對於 RTK 檢測者甚為接近，其位置偏差平均約 0.82m。

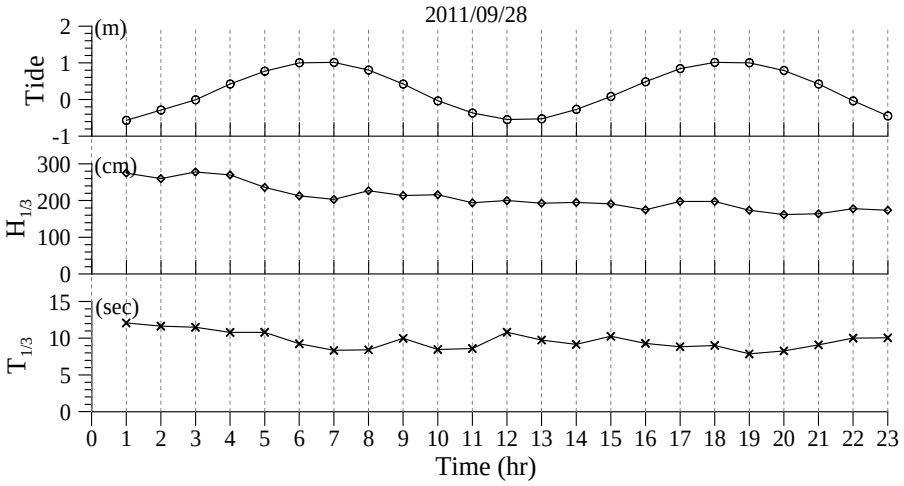


圖 6.3.3　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/09/28)

由上述分析結果顯示，以潮位配合波浪水位堆升修正方式進行海岸線分析，其分析結果較接近實際情形(以即時動態衛星定位系統檢測)，故茲以此分析方法應用於花蓮美崙溪口海岸線變遷分析工作。

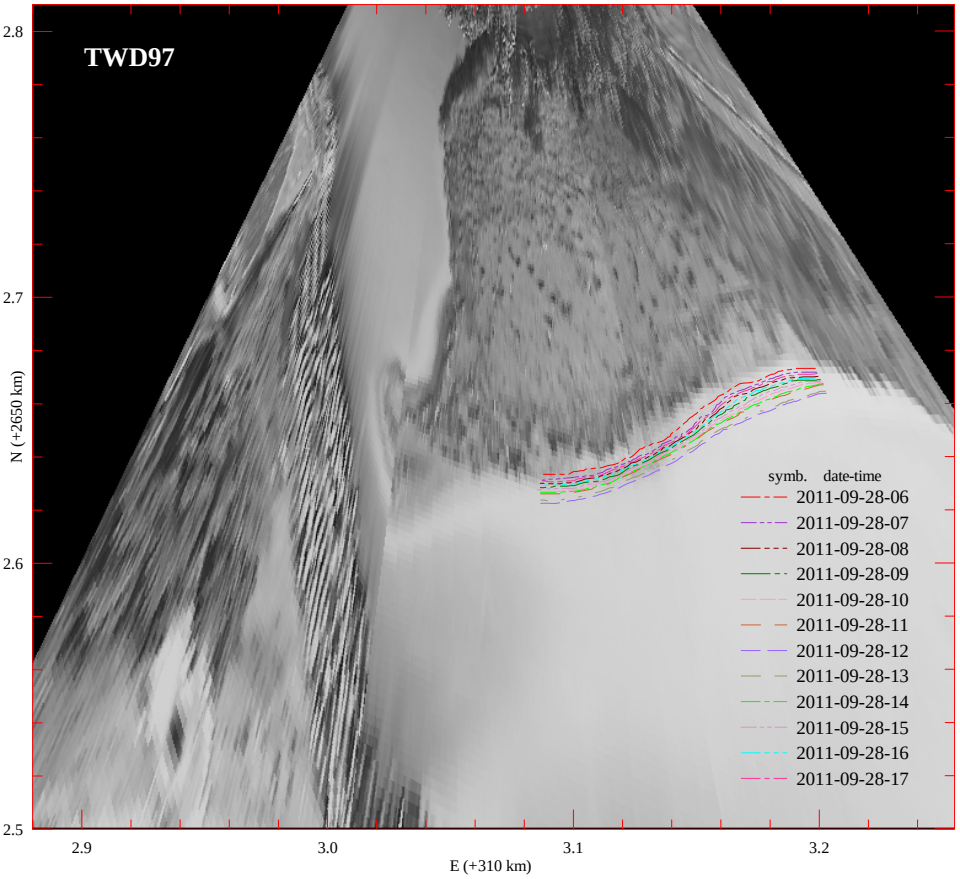


圖 6.3.4　花蓮美崙溪口逐時水位線分析結果圖(2011/09/28)

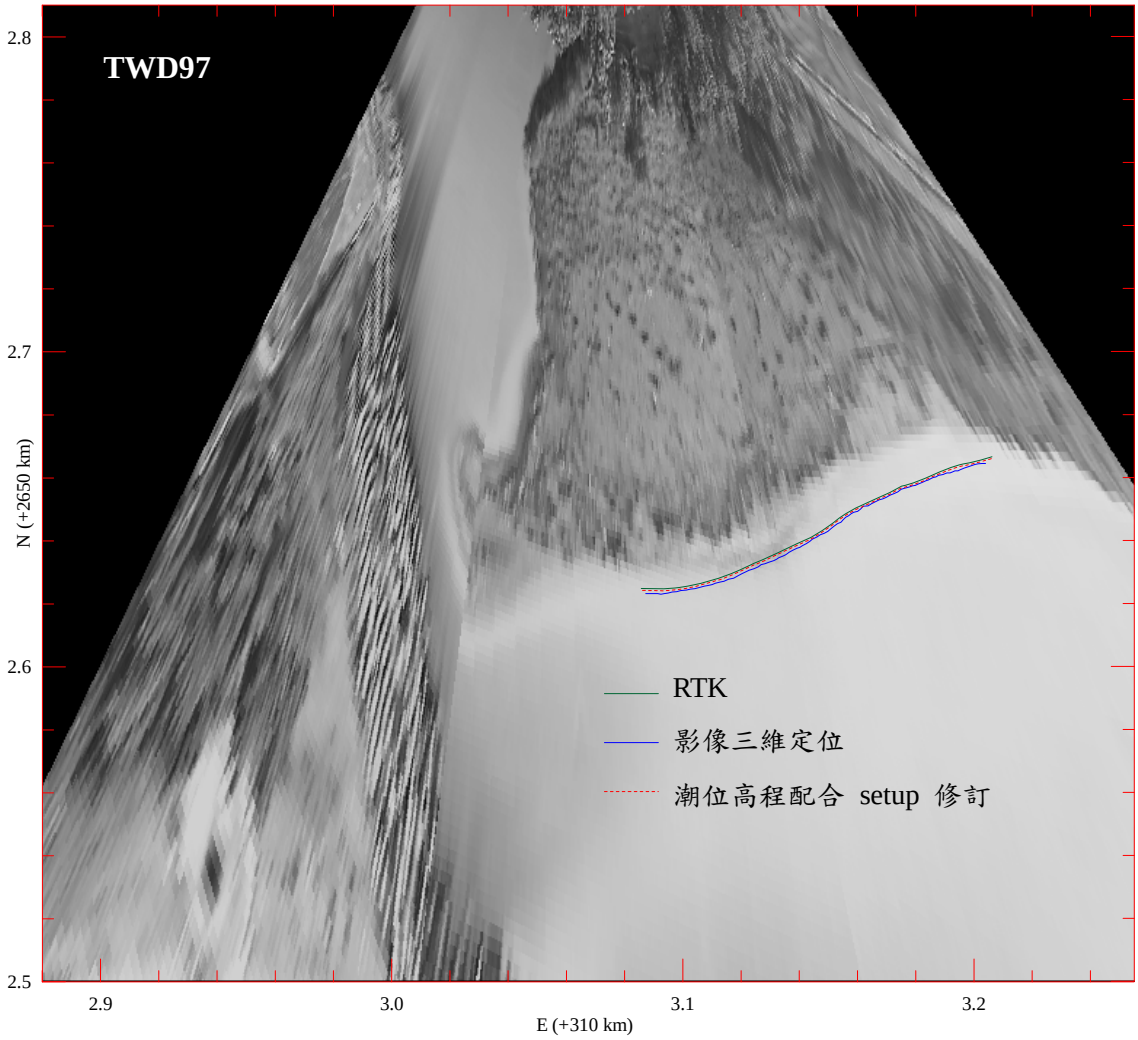


圖 6.3.5　花蓮美崙溪口海岸地形影像拼接結果圖

6.4 花蓮港美崙溪口海岸線變遷分析

依 6.3 節花蓮港美崙溪口影像分析驗核結果分析結果，以潮位配合波浪水位堆升修正方式進行海岸線分析，其分析結果較接近實際情形；因此，花蓮港美崙溪口海岸線變遷分析作業，茲採潮位配合波浪水位堆升修正方式，分析計畫執行期間逐月之海岸線作業。其中引用之花蓮港潮位與外海波浪資料，如圖 6.4.1 系列所示。而花蓮港美崙溪口逐月之海岸線分析成果，依每相鄰兩月繪海岸線比較圖，如圖 6.4.2 系列所示。

另為利於瞭解花蓮港美崙溪口逐月海岸線變化情形，除就各月海岸線分析果套疊成海岸線變遷圖(如圖 6.4.3 所示)外，並於靠海岸側之灘線與河口，分別各取 3 與 1 個斷面，進行海岸線斷面變化分析，其結果如圖 6.4.4 與表 6.4.1 所示。

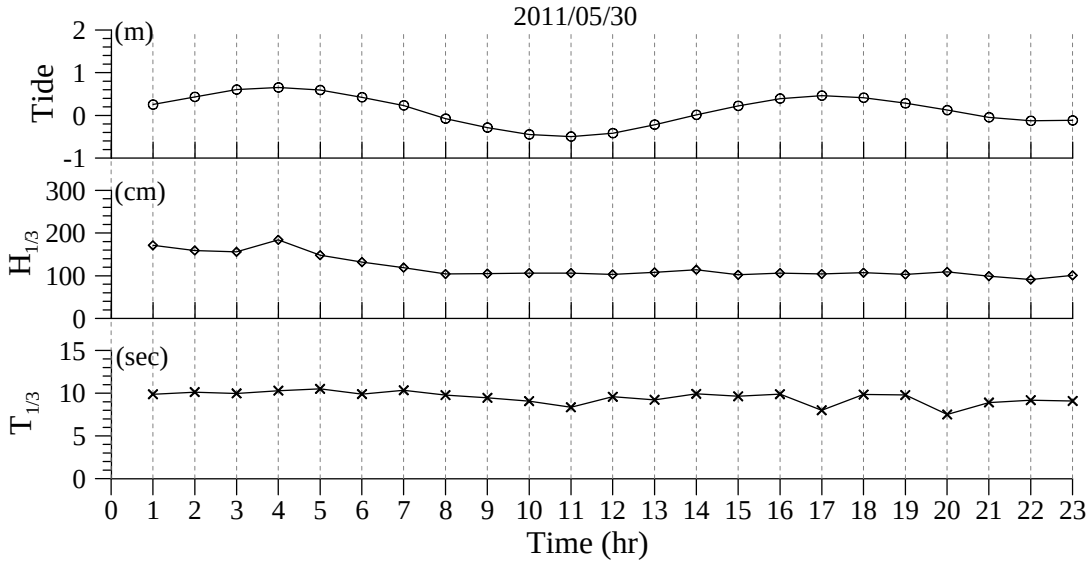


圖 6.4.1a　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/05/30)

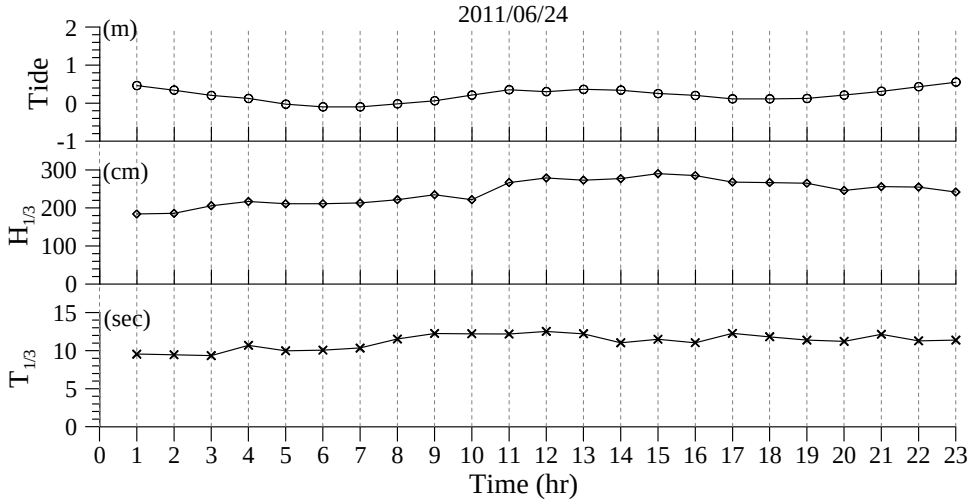


圖 6.4.1b　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/06/24)

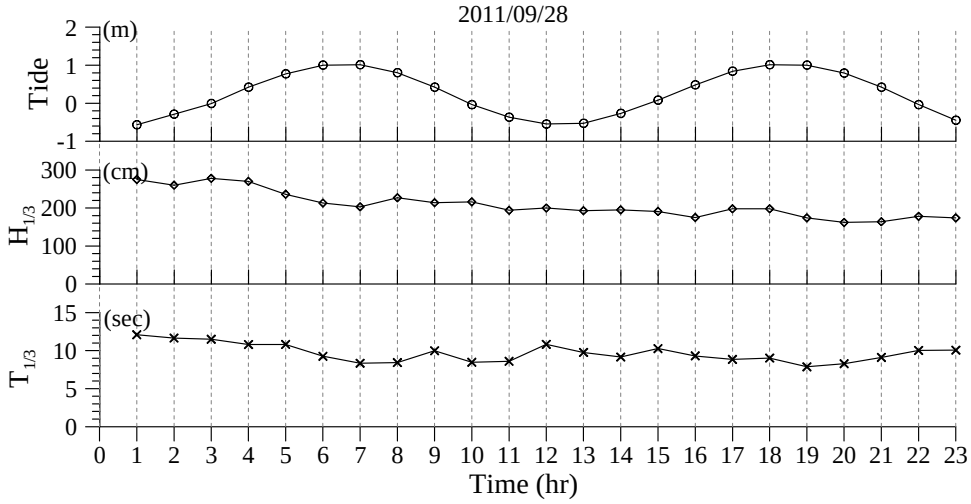


圖 6.4.1c　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/09/28)

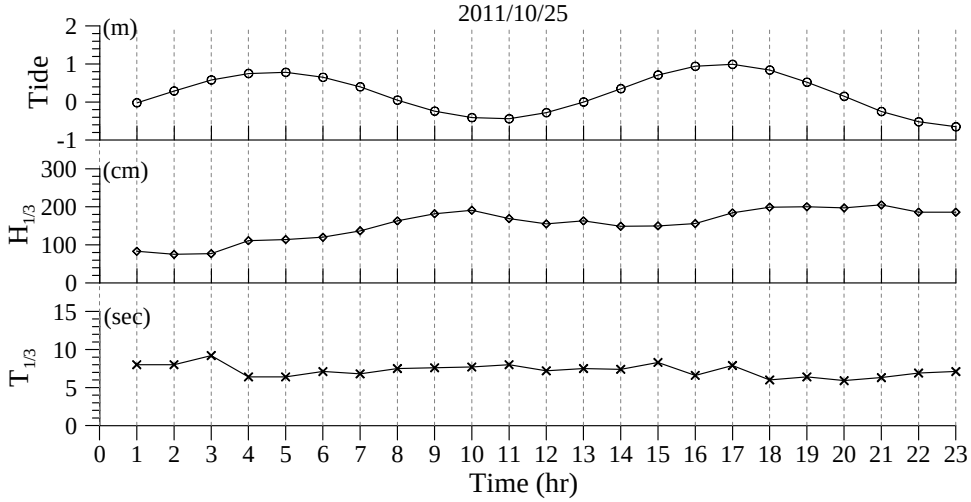


圖 6.4.1d　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/10/25)

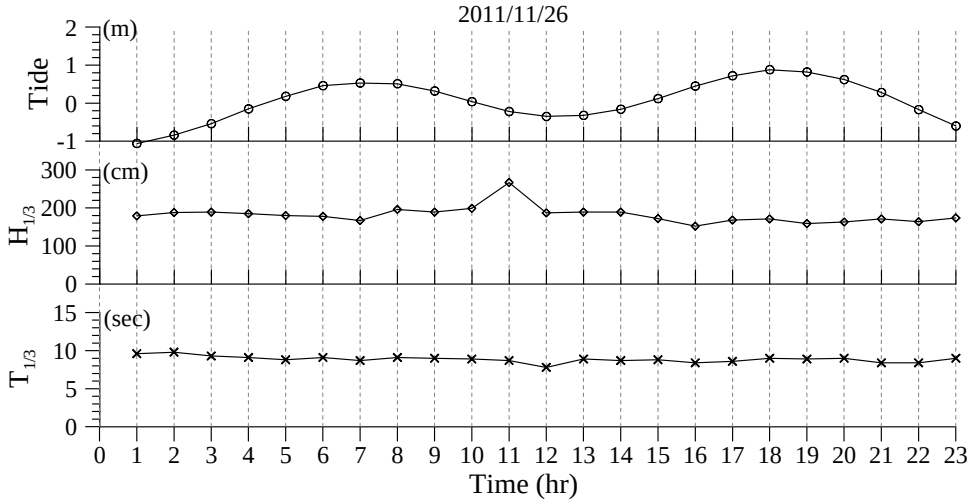


圖 6.4.1e　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/11/26)

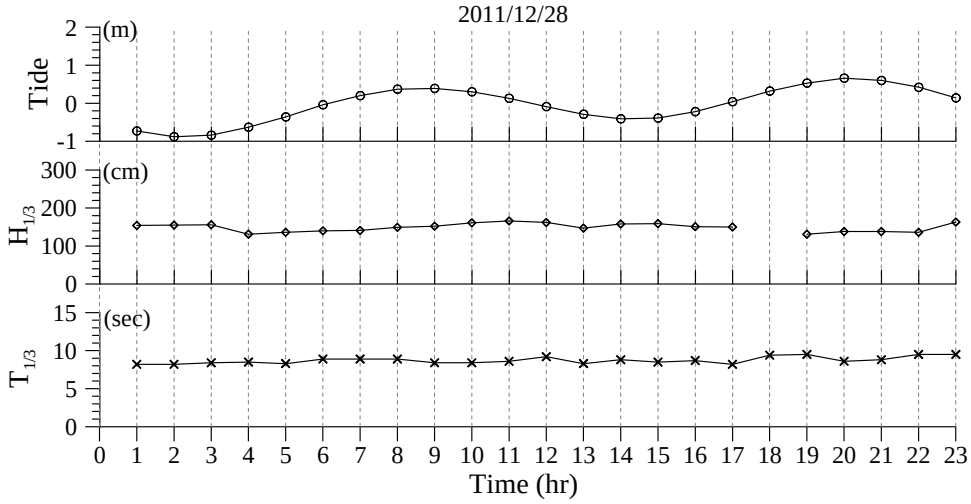


圖 6.4.1f　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2011/12/28)

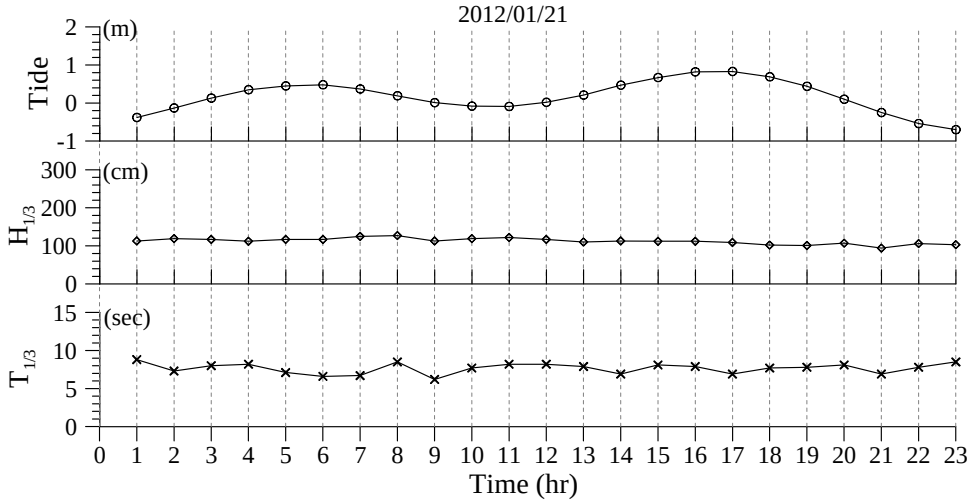


圖 6.4.1g　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/01/21)

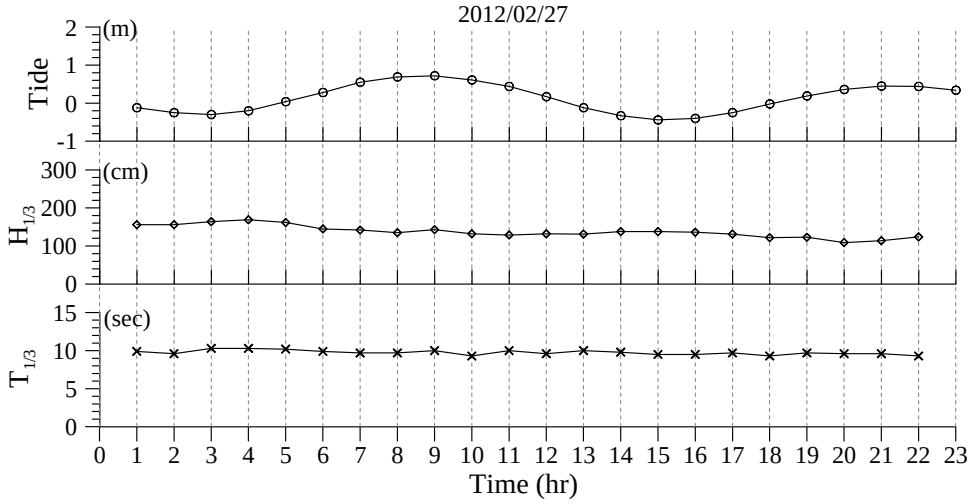


圖 6.4.1h　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/02/27)

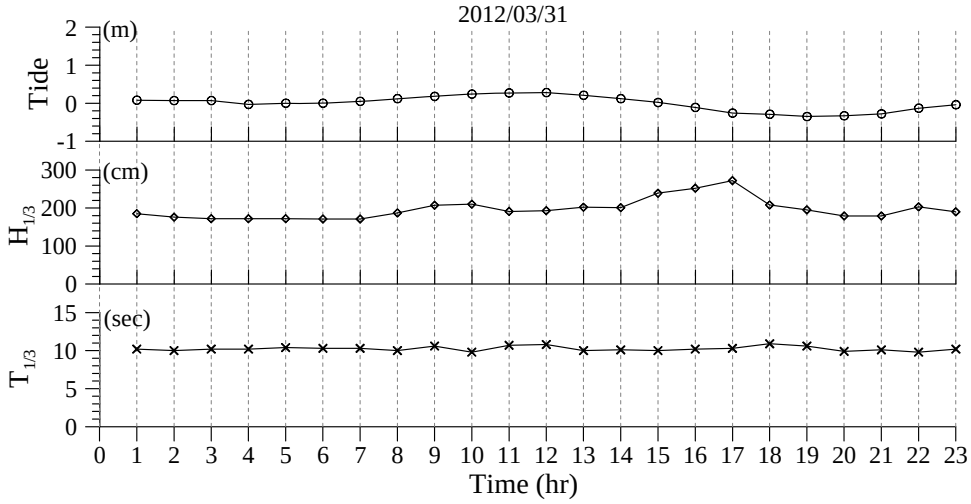


圖 6.4.1i　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/03/31)

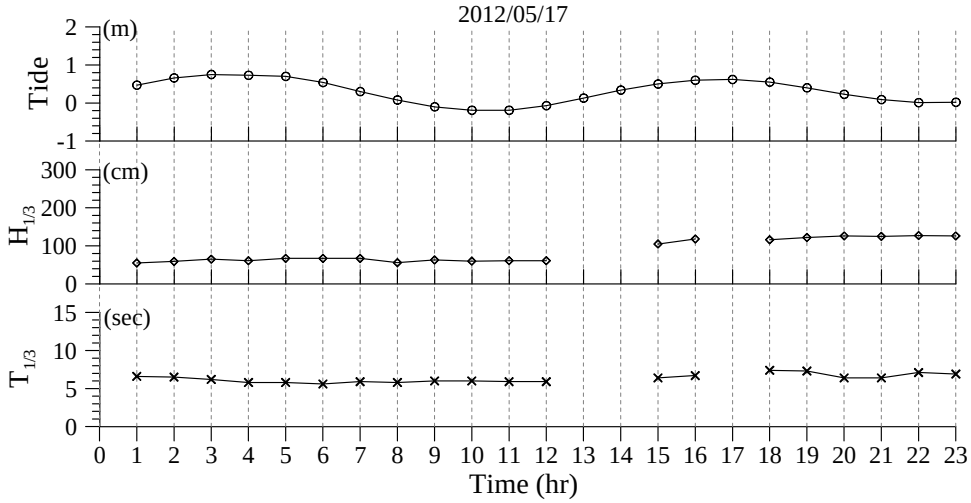


圖 6.4.1j　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/05/17)

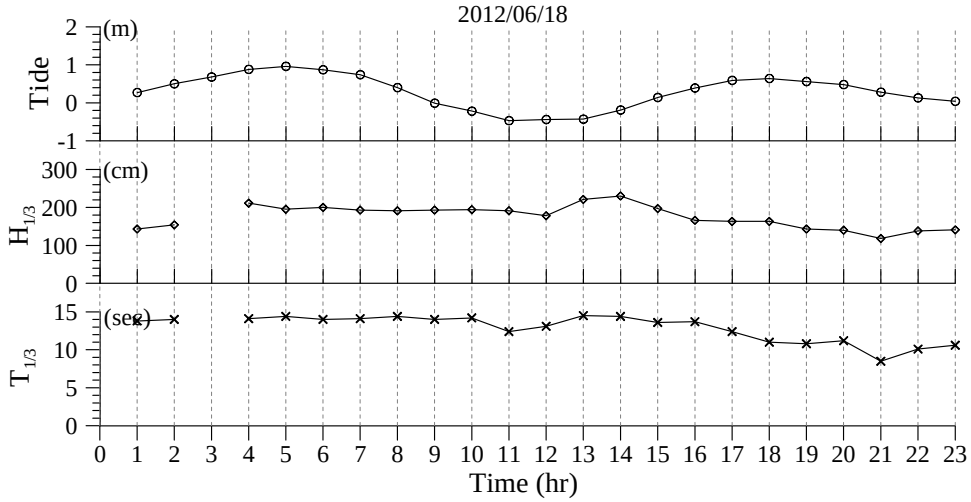


圖 6.4.1k　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/06/18)

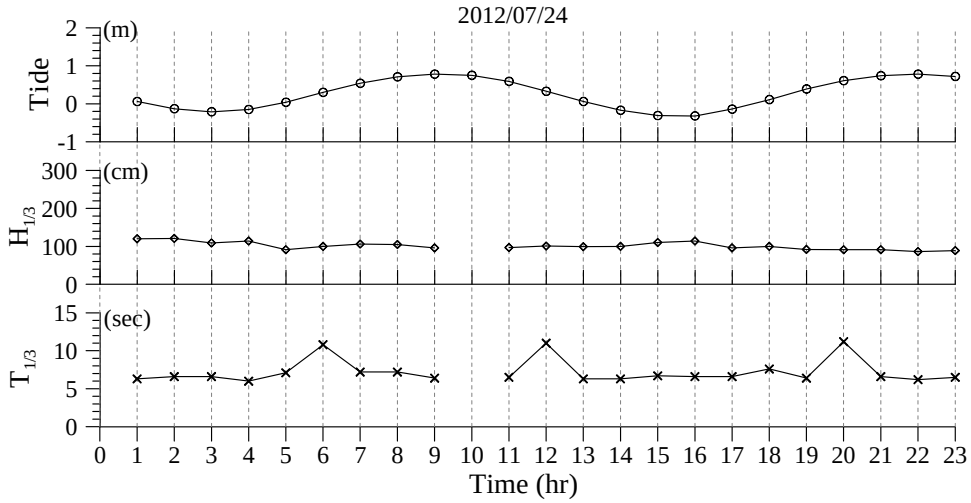


圖 6.4.1l　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/07/24)

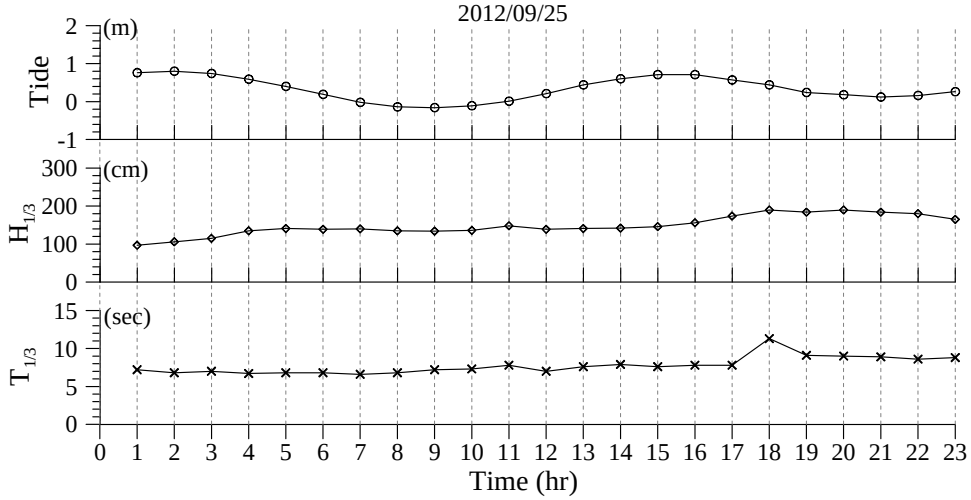


圖 6.4.1m　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/09/25)

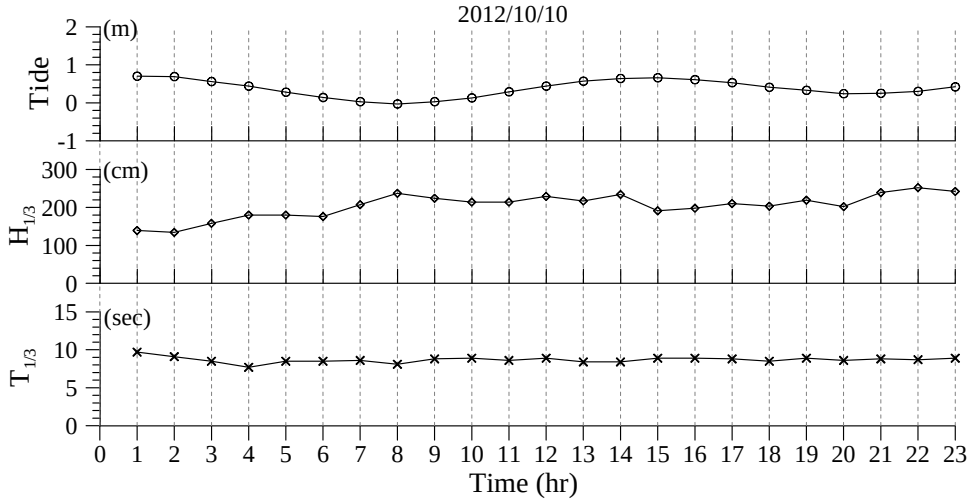


圖 6.4.1n　花蓮港潮位與外海波浪歷程圖(2012/10/10)

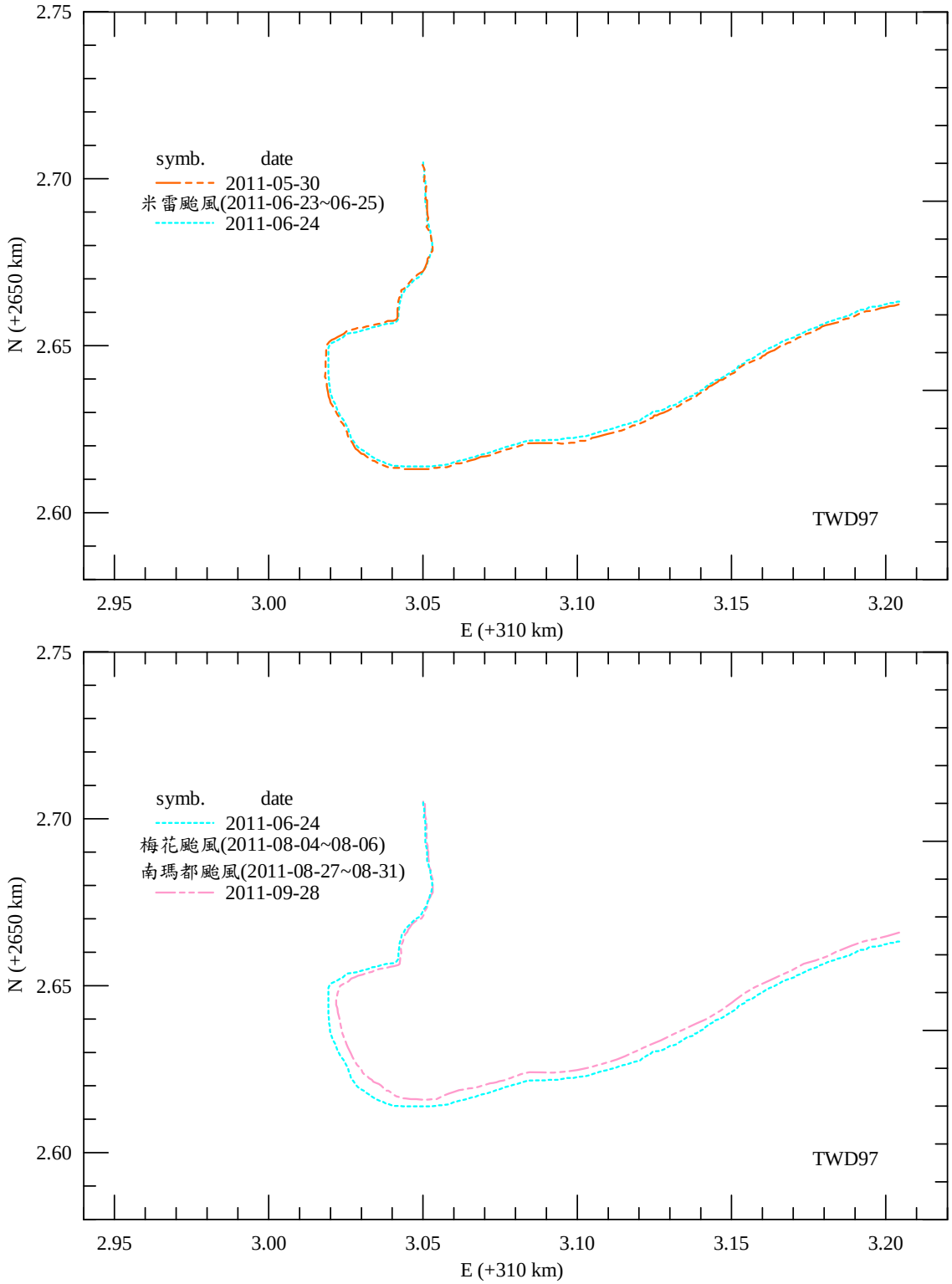


圖 6.4.2a　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2011 年 5 與 6 月，下：2011 年 6 與 9 月)

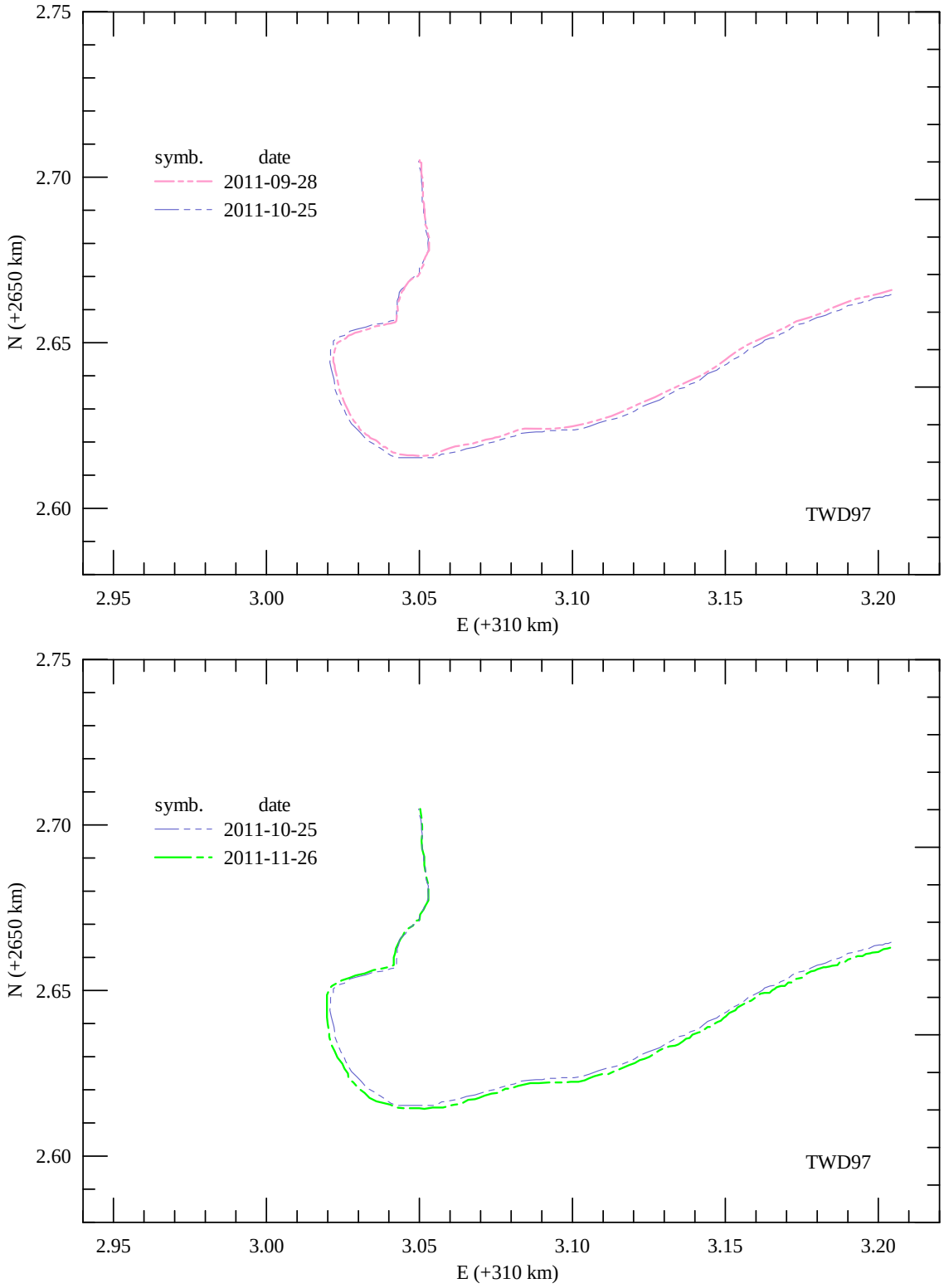


圖 6.4.2b　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2011 年 9 與 10 月，下：2011 年 10 與 11 月)

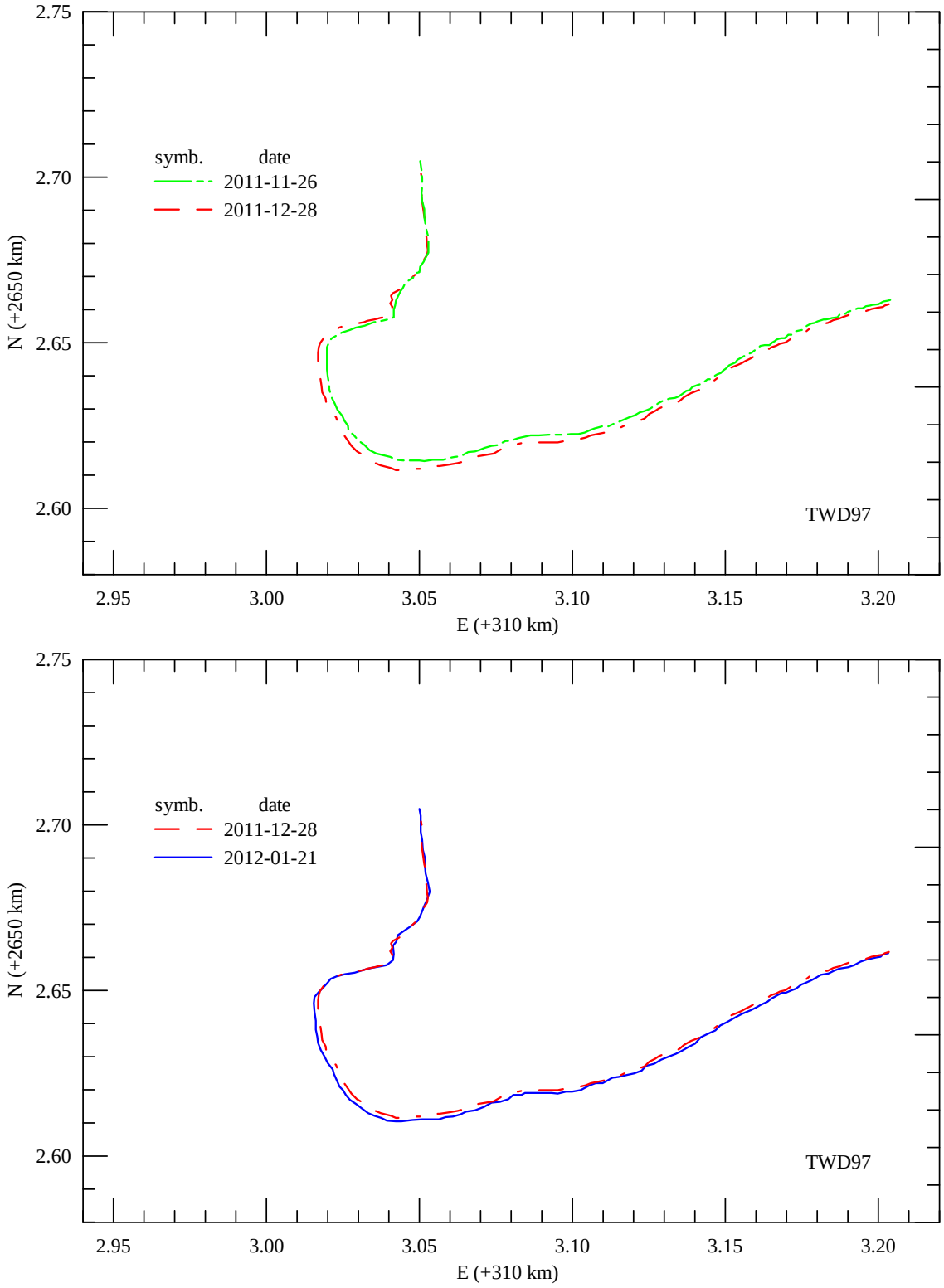


圖 6.4.2c　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2011 年 11 與 12 月，下：2011 年 12 月與 2012 年 1 月)

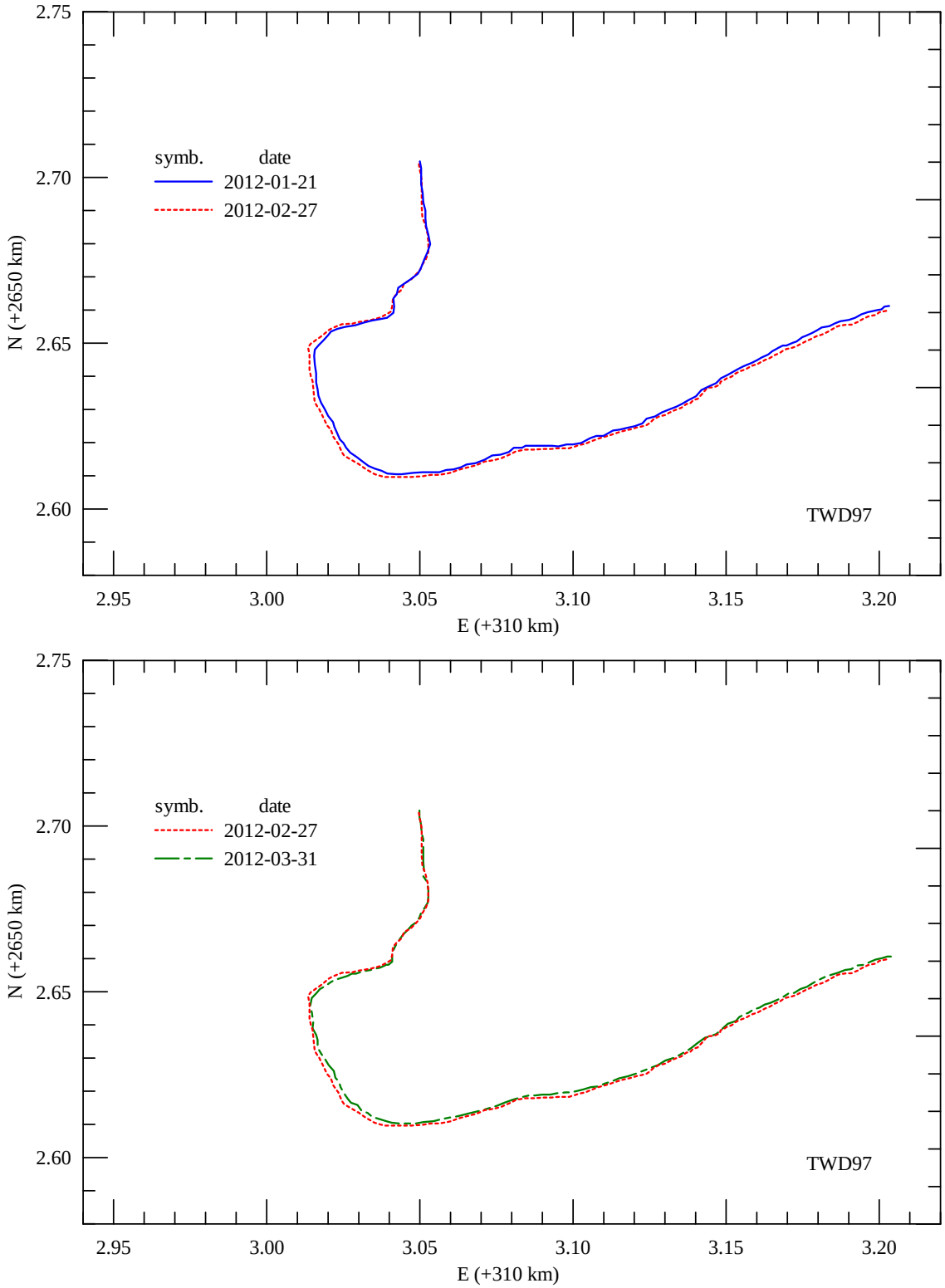


圖 6.4.2d　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2012 年 1 與 2 月，下：2012 年 2 與 3 月)

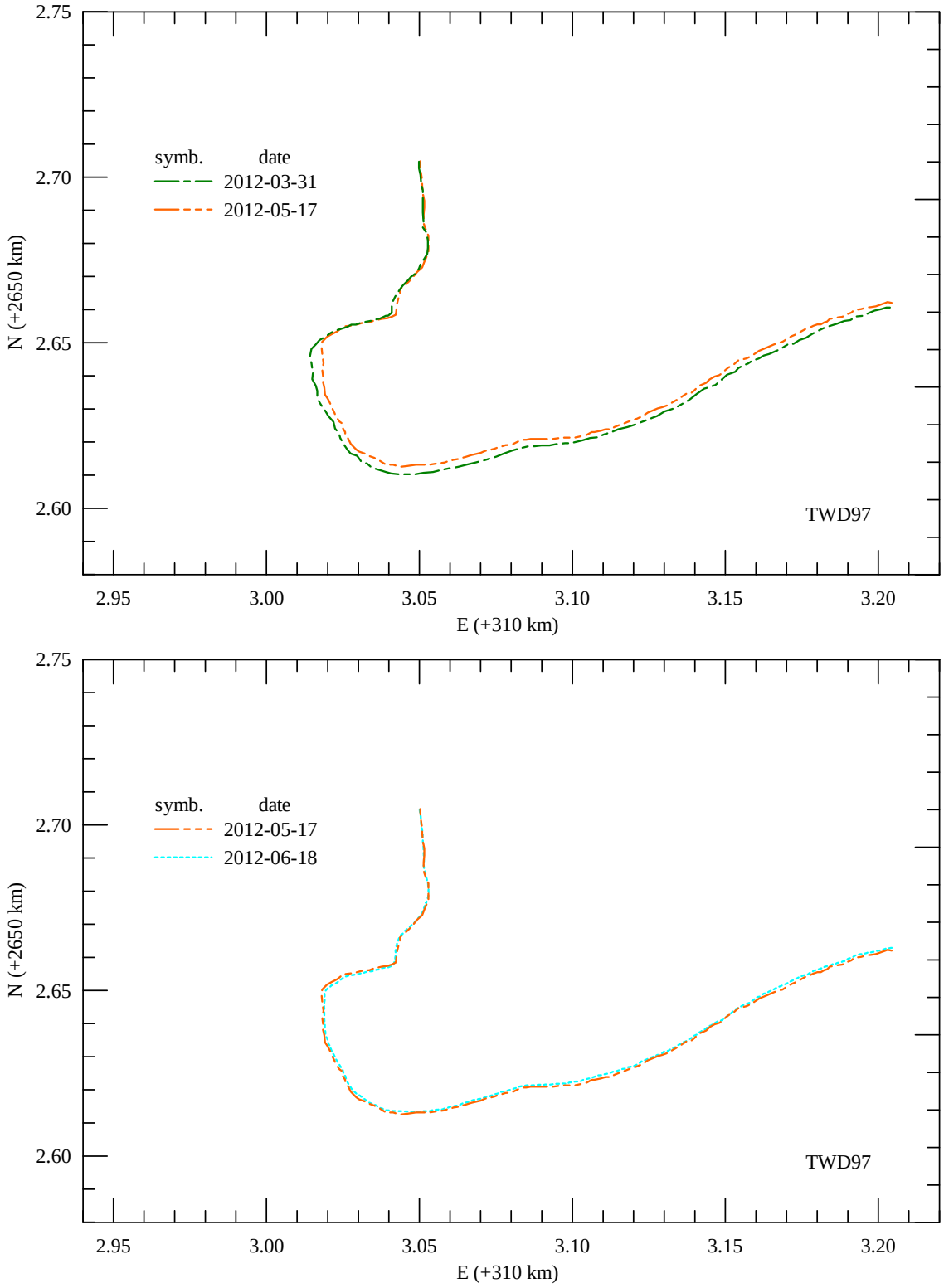


圖 6.4.2e　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2012 年 3 與 5 月，下：2012 年 5 與 6 月)

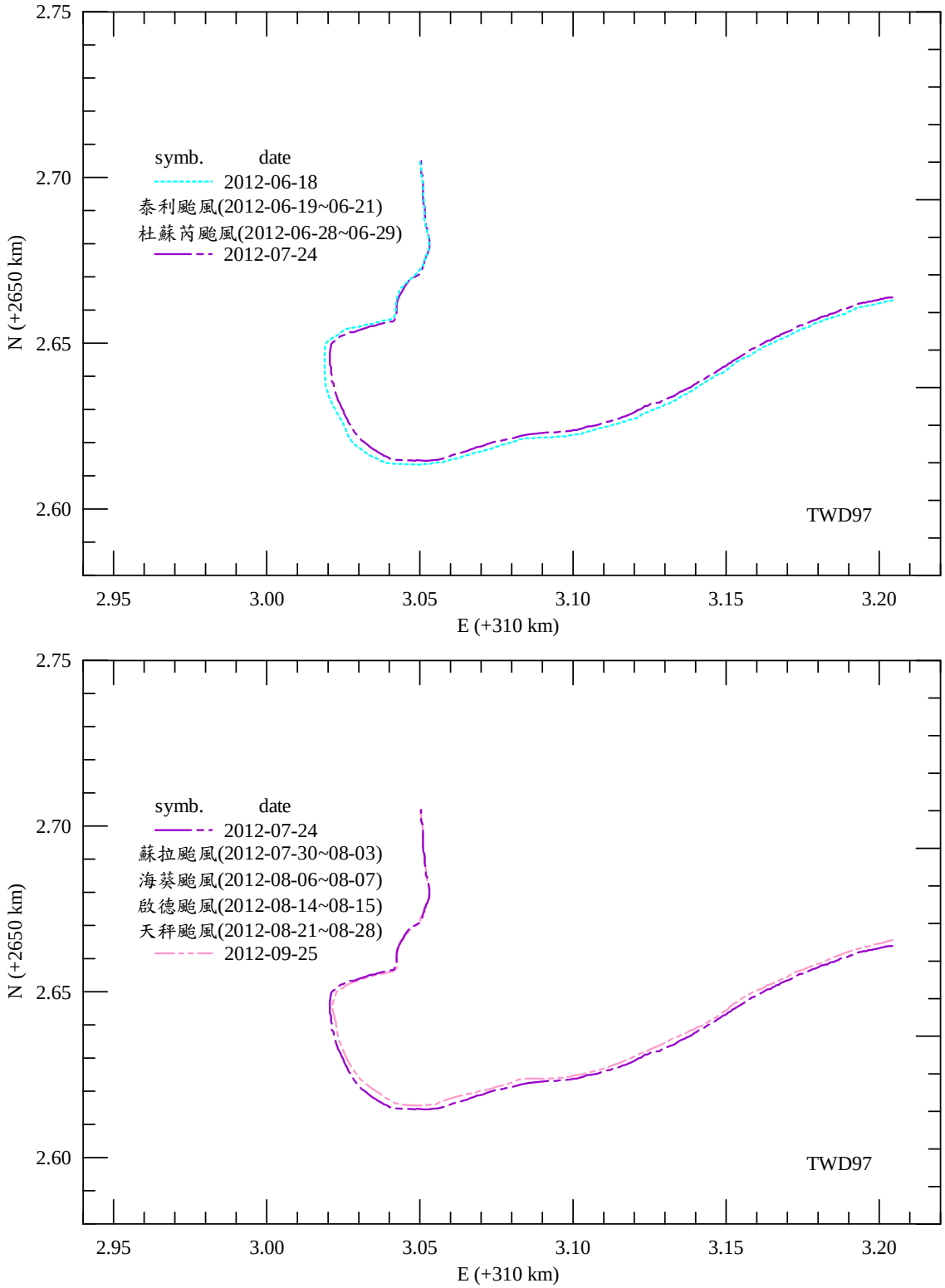


圖 6.4.2f　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(上：2012 年 6 與 7 月，下：2012 年 7 與 9 月)

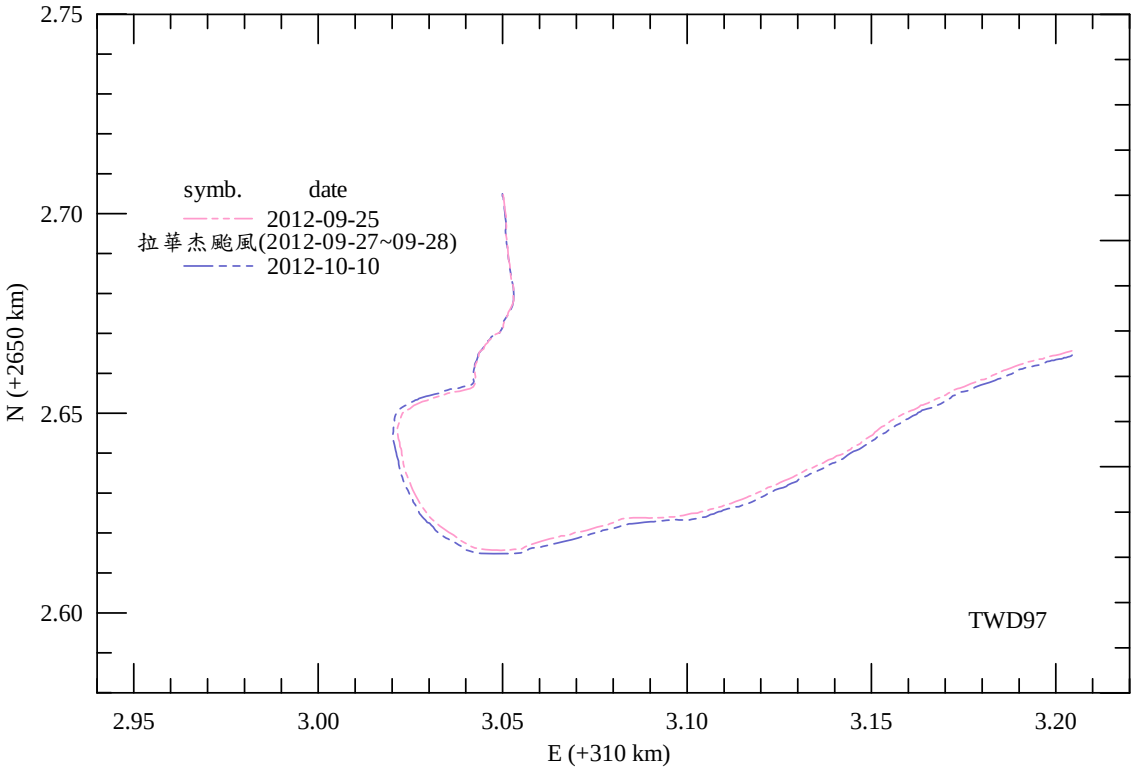


圖 6.4.2g　花蓮港美崙溪口海岸線比較圖

(2012 年 9 與 10 月)

由花蓮港美崙溪口逐月海岸線變遷分析(如圖 6.4.3)與海岸線斷面變化分析結果(如圖 6.4.5 與表 6.4.1)顯示，於 2011 年 5 月~2012 年 10 月期間在靠河道內側部分者變動不大，而靠海岸側之灘線於 2011 年 5 月至 2011 年 9 月期間，海岸線為後退現象，其侵退幅度約 0.8~5.3m；而 2011 年 10 月~2012 年 3 月，海岸線往海側成長，其海岸線變化幅度約 0.2~5.4 m，而 3 月以後之海岸線則呈退縮現象。整體而言，美崙溪口砂洲之海岸線大致呈現冬季成長，夏季侵退之情形，但整體之海岸線變化率不大，約-0.18~-0.65m/year。另外，為瞭解前述分析結果之可信度，茲搜集花蓮美崙溪口實測海岸線變遷資料(如圖 6.4.6)進行比對，由實測海岸線變遷資料顯示，花蓮美崙溪口沙洲海岸線亦成冬季成長、夏季侵退現象；因此，計畫分析成果應可信賴。

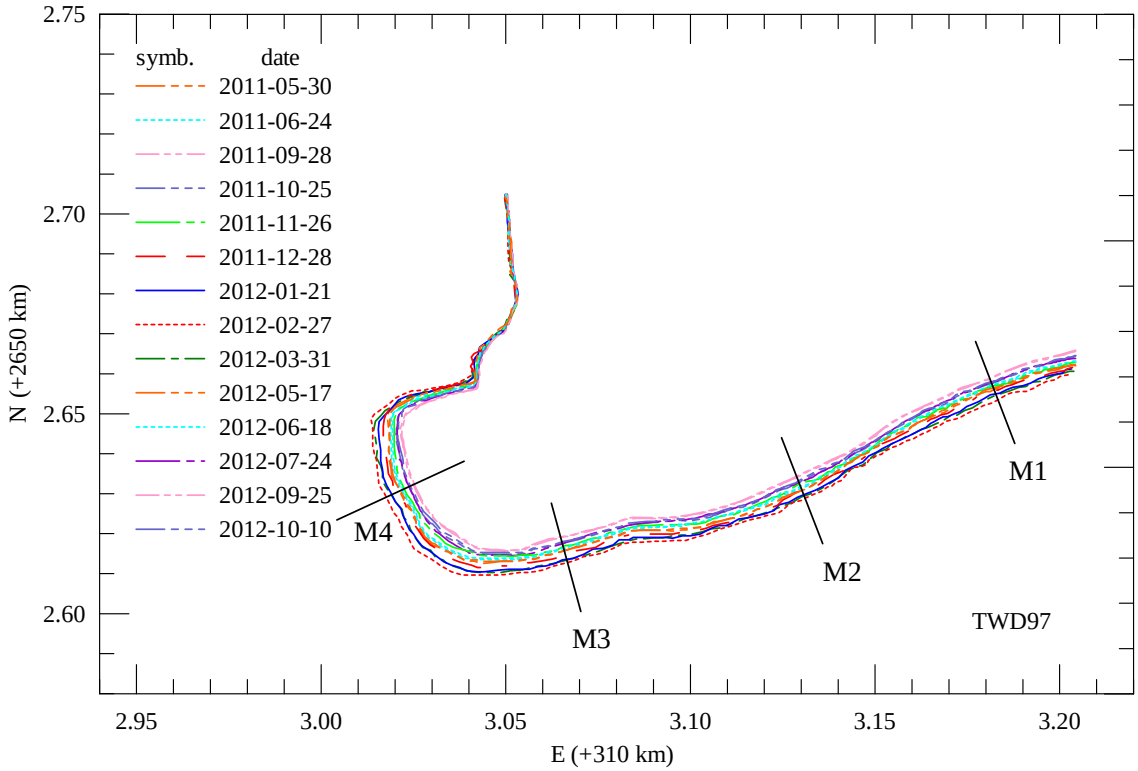


圖 6.4.3　花蓮港美崙溪口海岸線變遷分析圖

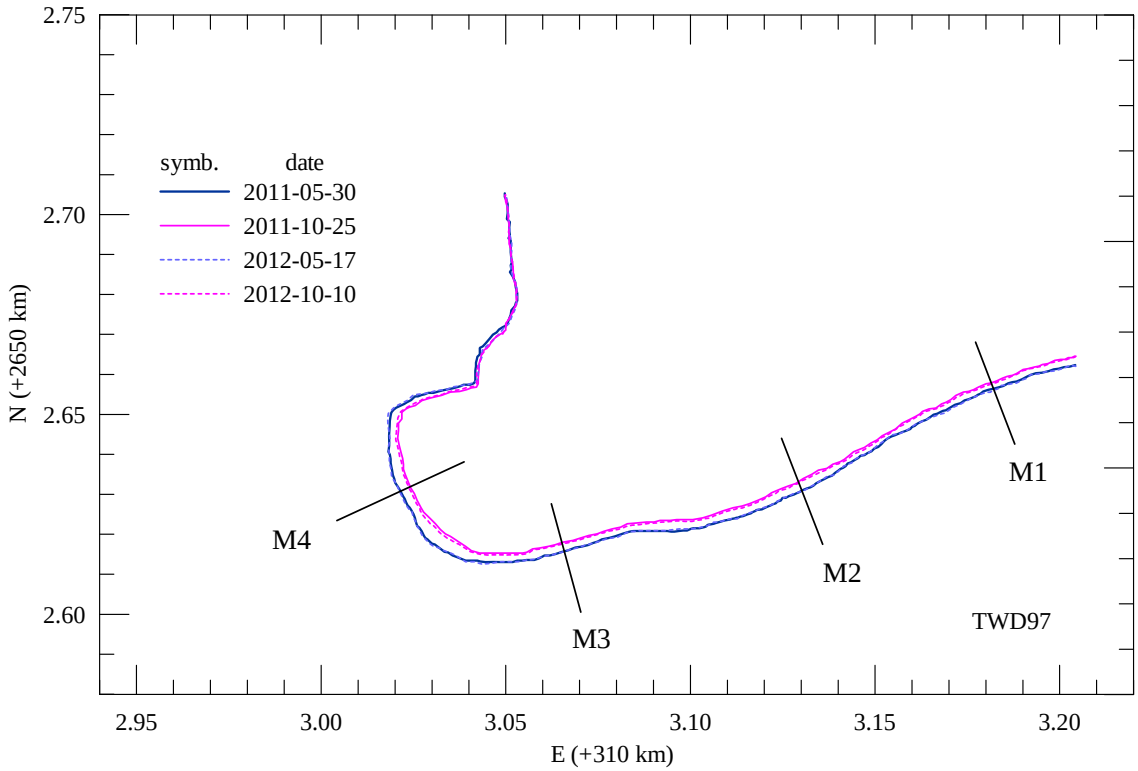


圖 6.4.4　花蓮港美崙溪口海岸線變遷分析圖

表 6.4.1　花蓮港美崙溪口海岸線斷面變化分析表(單位：m)

日期	斷面編號			
	M1	M2	M3	M4
2011/06/24	-1.30	-1.32	-1.05	-0.86
2011/09/28	-3.57	-5.18	-5.02	-5.31
2011/10/25	-2.27	-3.27	-3.13	-3.72
2011/11/26	-0.82	-2.34	-1.40	-1.45
2011/12/28	0.67	0.23	1.24	1.30
2012/01/21	2.17	1.68	3.23	3.42
2012/02/27	4.37	3.08	4.28	5.44
2012/03/31	2.78	2.26	3.43	3.67
2012/05/17	0.36	0.21	0.12	0.19
2012/06/18	-0.87	-0.61	-0.94	-0.48
2012/07/24	-2.41	-2.56	-2.36	-3.33
2012/09/25	-3.24	-4.69	-4.81	-5.06
2012/10/10	-1.53	-2.35	-2.56	-3.01
海岸線變化率(m/年)	-0.32	-0.65	-0.41	-0.18

另外，為瞭解颱風後海岸線之變化情形，茲就颱風前後各海岸斷面之海岸線侵退與淤前幅度整理於表 6.4.2。由表 6.4.2 顯示，常造成花蓮港美崙溪口沙洲海岸侵蝕者，主要為第 4 類颱風路徑(依中央氣象局歸類)及由在太平洋從菲律賓往北至日本之路徑(如桑達與米雷颱風)。

表 6.4.2　花蓮港美崙溪口海岸颱風後海岸線之變化分析表(單位：m)

颱風名稱	斷面編號			
	M1	M2	M3	M4
凡那比(4)	-2.27	-3.86	-3.97	-4.45
梅姬(9)	1.3	1.91	1.89	1.59
桑達(--)	-1.23	-0.82	-1.06	-0.67
米雷(--)	-1.54	-1.95	-1.42	-2.85
南瑪都(4)	-0.83	-2.13	-2.45	-1.73
杰拉華(--)	1.71	2.34	2.25	2.05

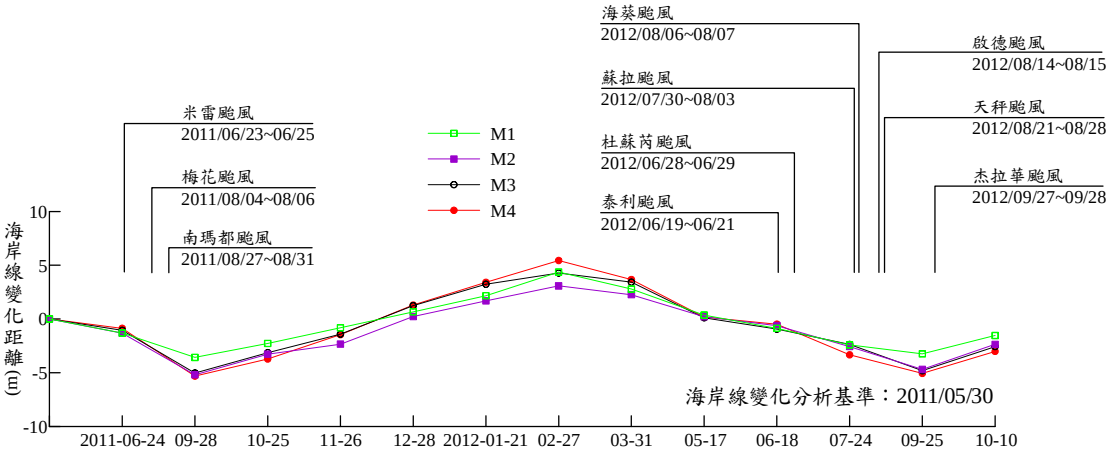


圖 6.4.5　花蓮港美崙溪口海岸線斷面變化圖

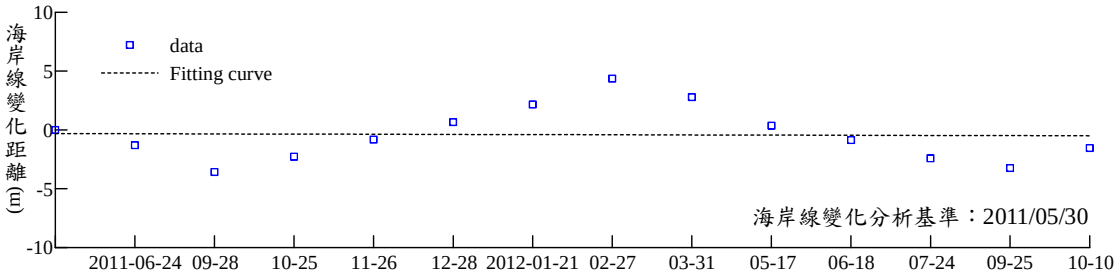


圖 6.4.6a　花蓮港美崙溪口海岸線斷面 M1 變化趨勢分析圖

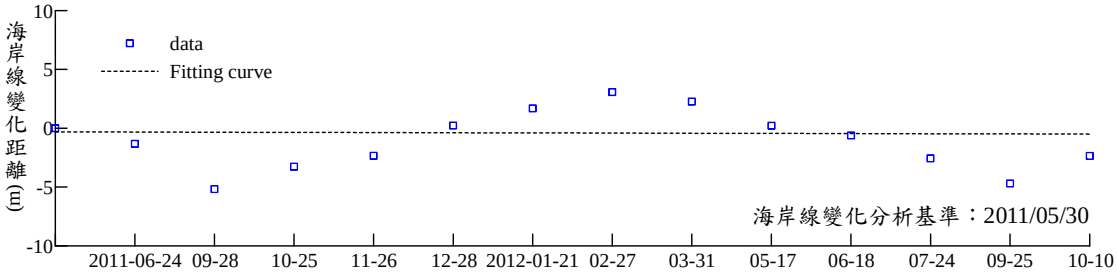


圖 6.4.6b　花蓮港美崙溪口海岸線斷面 M2 變化趨勢分析圖

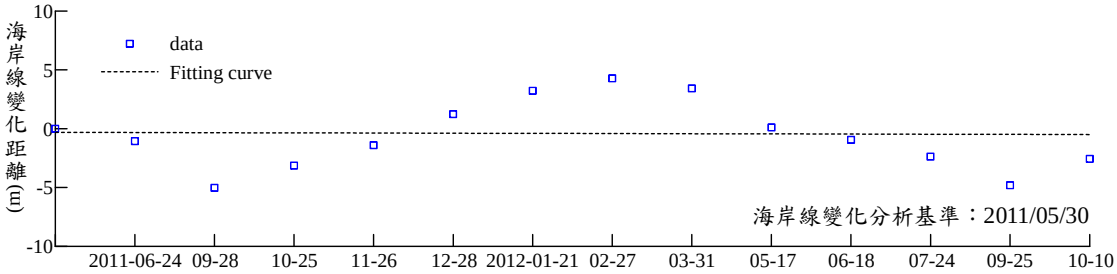


圖 6.4.6c　花蓮港美崙溪口海岸線斷面 M3 變化趨勢分析圖

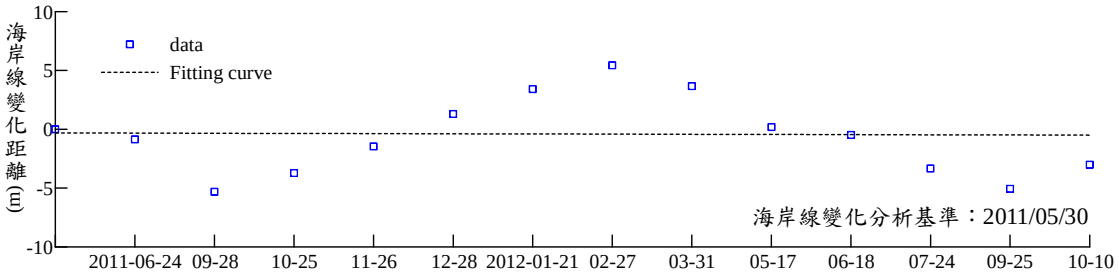


圖 6.4.6d　花蓮港美崙溪口海岸線斷面 M4 變化趨勢分析圖

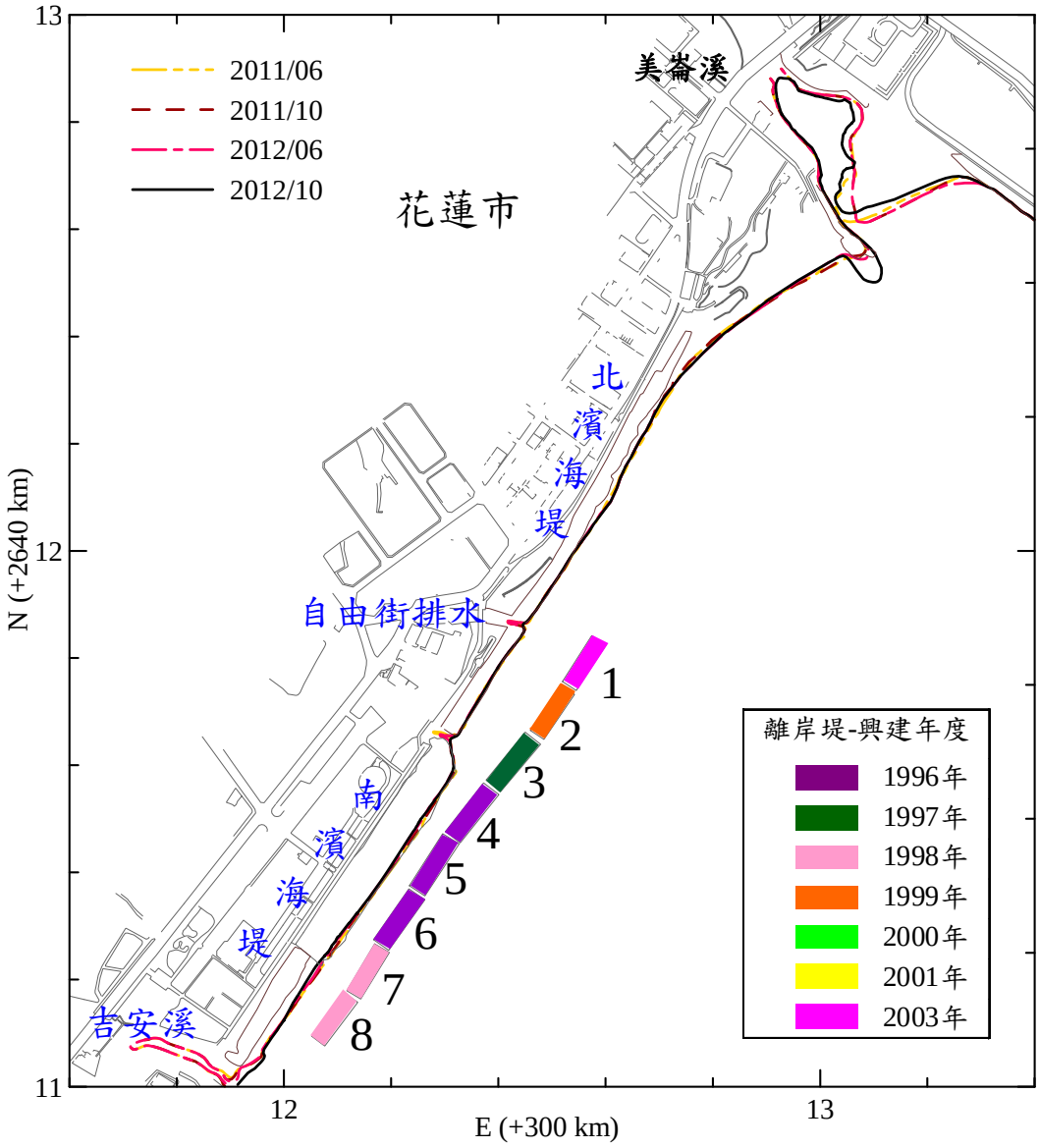


圖 6.4.7　花蓮港美崙溪口實測海岸線變遷圖

(資料來源：2012 年「花蓮海岸環境營造及海堤改善可行性檢討(2/2)」)

第七章 結論與建議

本年度業依據西子灣可轉向與單向影像觀測系統，自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔，並就現場海岸地形影像記錄資料，進行西子灣海岸線偵測與變遷分析、近岸流場與波浪傳遞淺化變化分析作業。另外，依據花蓮美崙溪口影像觀測站記錄影像資料，進行影像拼接與海岸線分析作業。以下茲就本計畫四年度各項工作研究成果歸納如下結論與建議。

7.1 結論

一、由渠道斷面流速試驗分析結果，本計畫使用 Chickadel 等人(2003)所提之流速影像分析方法，所分析得之流速分析斷面時間歷程影像的平均流速為 0.42m/sec，而由 NORTEK ADV 流速儀所檢測者，其平均流速為 0.44m/sec，顯示本計畫採用之影像流速分析方法分析結果應可信賴。

二、依西子灣海域波浪傳遞影像分析結果，泰利與天秤颱風影響期間，在影像分析區海側外圍端之淺化係數即高達 1.5，其原因在於在此處前波浪已發生碎波，另外在近岸碎波後淺化係數呈現上升趨勢，顯示線性波理論已不適用於實際海岸碎波後淺化係數之推求。

三、依近岸地形影像分析方法驗核(水工試驗)結果，在中間性波範圍條件下，依據微小振幅波理論所反推之地形，與潛堤前與後端區域，大致與實際地形相近，而在潛堤前緣與堤根處附近，則偏差較大。整體而言，除潛堤前、後端區域之陡變地形外，其餘各處依微小振幅波理論所反推之地形，大致與實際地形相近，整體之偏差約在 5%內。

四、依主動輪廓模式與分水嶺兩種海岸線影像偵測方法之分析結果，

主動輪廓模式可以直接萃取目標灘線的座標位置，對於灘線有較好的描述性，而分水嶺分割法在影像分割後，需再進一步透過 8 連通或 4 連通法描述邊界位置，對於解析度較低的影像其有較大的計算誤差。另外，對影像分析的速度性而言，利用主動輪廓模式計算需耗時甚多，而相對分水嶺分割法則可縮短運算時間約近 200 倍，顯示分水嶺分割法在計算速度上有較大的優勢。

五、依本計畫兩種海岸線分析方法之比較結果知，單以潮位修正所分析之海岸線，其海岸線相對於即時動態衛星定位系統(RTK)所檢測者約有 4~8 公尺之偏差，而以潮位配合波浪水位堆升所分析之海岸線較接近 RTK 檢測者，其偏差量約 1~3 公尺，顯示以潮位配合波浪水位堆升方法進行影像海岸線分析，其分析結果較接近實際情形。

六、根據 2010 年 1 月~2012 年 10 月西子灣海岸影像變遷分析結果，西子灣南、北岬頭海岸線在冬季淤淺成長現象，夏季多有後退情況。就長期間而論，整體之海岸線變化為後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退 23~44m，而南岬頭海岸線地區之海岸線後退約 23~36m，且海岸線後退幅度越往南越大。其中，西子灣北岬頭於 2010 年 1 月~2012 年 10 月期間其海岸線變化率約在-6.89~-10.24m/年，而於南岬頭其海岸線變化率約在-3.53~-10.48 m/年。

七、由西子灣海域颱風後海岸線之侵退與淤前幅度分析資料顯示，對於本段海岸最具影響性之颱風路徑為第 9 類(依中央氣象局歸類)，其中又以 2010 年 8 月萊羅克颱風造成本段海岸最嚴重之侵蝕。

八、由 2011 年 5 月~2012 年 10 月花蓮港美崙溪口逐月海岸線變遷分析結果顯示，美崙溪口砂洲之海岸線大致呈現冬季成長，夏季侵退之情形，且海岸線每年約以 1.7~1.8m 之成長速度增大範圍。

7.2 建議

一、就本計畫於地形水深解析之初步研究成果，波浪時間歷程影像之

波速解析，配合微小振幅波理論可計算近岸水面下地形，建議計畫主辦單位於後續計畫配合辦理小規模測量工作，獲取近岸水深資料(包括沿岸砂堆)，評估微小振幅波理論應用於碎波帶內之水深計算與修訂方法，以瞭解其應用於現場之可行性與限制。

二、由花蓮美崙溪口之近岸流場分析過程知，在花蓮陡坡海岸之近岸碎波帶都相當靠近岸邊，其近岸流場寬度相當窄，於一般時期(小波浪期間)不易以影像觀測法，追蹤碎波泡沫進行近岸流場分析。建議於陡坡海岸進行影像流場分析時，採高解析攝影機並將視野盡量鎖定在碎波帶間。

三、本計畫西子灣及花蓮美崙溪口兩區域之潮型主要為混合潮與半日潮，就目前監測與分析方式(配合該兩區鄰近海岸之潮位站資料)，西子灣及花蓮美崙溪口兩區域多可分析出高程 0m 之海岸線。另外，若於全日潮地區進行海岸線影像觀測，建議宜延長觀測時間，並在硬體上面需增設夜視功能。

四、本計畫係以攝影機所拍攝影像資料，進行波、流場與海岸地形分析，此係新興之觀測技術，其中攝影機解析度、設置位址、角度皆可能影響影像品質及分析結果，以下茲就計畫執行經驗提供日後相關研究建議。

(1) 在陡坡海岸(如花蓮海岸)進行海岸線影像觀測時，建議尋求至高點位置架設攝影機，並於監測容許範圍內保持較大之俯視角，以避免高灘砂丘遮蔽海岸沖刷區，造成海岸線之誤判，及波谷被波峰遮蔽，無法展現波浪全貌。同時俯視角越小，其在較遠處之像素解析值越差。

(2) 影像之清析度影響波、流場與海岸地形分析成果，但日光太過或直射則可能使影像曝光；因此，在從事海岸影像觀測研究時，在攝影機架設應盡量避開日光直射位置或角度，同時在攝影機光圈採高靈敏度之自動光圈。

(3) 於特定海域區可能有季節性之強風，為避免迎風向帶來之海砂或微塵沾帶攝影機鏡頭，導致攝影影像模糊，因此在攝影機架設時建議盡量避開季節性之迎風向。

(4) 較明顯之波浪與近岸流變化特性多在較大風浪期間，惟洪汛期之颱風波浪發生時常伴隨較大風雨，常造成雨滴落在影像鏡頭上影響監測影像品質，而無法應用於波浪傳遞與近岸流分析。因此，爾後欲從事影像監測相關研究時，建議於攝影鏡頭防護罩上設置雨刷與噴水裝置，於每次啟動錄影前訂時清洗防護罩鏡面灰塵與刷除雨滴，以提升監測影像品質。

參考文獻

1. Aagaard T. and Holm J., 1989, Digitization of wave run-up using video records, *Journal of Coastal Research*, 5, 547-551.
2. Arthur, R. S., 1962, A note on the dynamics of rip currents, *Journal of Geophysical Research*, 67(7), 2777-2779.
3. Bailey, D. G. and Shand, R. D.,1994, Determining wave run-up using automated video analysis, *Proceedings of the 2nd New Zealand Conference on Image and Vision Computing*, 2.11.1-2.11.8.
4. Benetazzo, A., 2006, Measurement of short water waves using stereo matched image sequences, *Coastal engineering*, 53, 1013-1032.
5. Bonmarin P. and Ramamonjiarisoa A., 1985, Deformation to breaking of deep water gravity waves, *Experiments in Fluids*, 3,11-16.
6. Bonmarin P., Rochefort R. and Bourguel M., 1989, Surface wave profile measurement by image analysis, *Experiments in Fluids*, 7, 17-24.
7. Bowen, A. J., 1969, Rip currents, 1. Theoretical investigations, *Journal of Geophysical Research*, 74(23), 5467-5478.
8. Bowman, D. et al., 1988, Flow characteristics along the rip current system under low-energy conditions, *Marine Geology*, 82, 149-167.
9. Caselles, V., R. Kimmel, and G. Sapiro, 1997, Geodesic active contours, in Proceedings, *International Journal of Computer Vision*, 61-79
10. Chen, Q. et al., 1999, Boussinesq modeling of a rip current system, *Journal of Geophysical Research*, 104 (C9), 20617-20637.
11. Chickadel C. C., Holman R. A., and Freilich M. H., 2003, An optical technique for the measurement of longshore currents, *Journal of Geophysical Research*, 108 (C11), 28-1~28-17.

12. Chou, C. R. et al., 2004, Determining the hydrographic parameters of the surface of water from the image sequences of a CCD camera, *Experiments in Fluids*, 36(4), 515-527.

13. Dalrymple, R. A., 1975, A mechanicsm for rip current generation on an open coast, *Journal of Geophysical Research*, 80(24), 3485-3487.

14. Damgaard, J. et al., 2002, Morphodynamic modeling of rip channel growth, *Coastal Engineering*, 45, 199-221.

15. Davidson, M., et al., 2007, The Coast View project: developing video-derived coastal state indicators in support of coastal zone management, *Coastal Engineering*, 54, 463-475.

16. Dronen, N. et al., 2002, An experimental study of rip channel flow, *Coastal Engineering*, 45, 223-238.

17. Erikson L. H. and Hanson H., 2005, A method to extract wave tank data using video imagery and its comparison to conventional data collection techniques, *Computers & Geosciences*, 31, 371-384.

18. Holland, K. T. et al., 1995, Runup kinematics on a natural beach, *Journal of Geophysical Research*, 100 (C3), 4985-4993.

19. Holland, et al., 1997, Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies, *IEEE Oceanic Engineering*, 22(1), 81-92.

20. Haller, M. C. and Dalrymple, R. A., 2001, Rip current instabilities, *Journal of Fluid Mechanics*, 443, 161-192.

21. Holman, R. A. and Guza, R. T., 1984, Meassuring run-up on a natural beach, *Coastal Engineering*, 8, 129-140.

22. Holman, R. A. et al., 1991, Video estimation of subaerial beach profiles, *Marine Geology*, 97, 225-231.

23. Holman, R. A. and Stanley, J., 2007, The history and technical capabilities of Argus, *Coastal Engineering*, 54, 477-491.

24. Hsiao, Y-H., Huang, M-C., 2009, Application of Active Contour Model in Tracking Sequential Nearshore Waves, *China Ocean Engineering*, 23(2), 251-266.

25. Huntley, D. A. and Short, A. D., 1992, On the spacing between observed rip currents, *Coastal Engineering*, 17, 211-225.

26. Huntley, D. and Stive, M., 2007, Coast View special issue forward, *Coastal Engineering*, 54, 461-462.

27. Hwung, H.H., C.A. Kuo, C.H. Chien (2009), Water surface level profile estimation by image analysis with varying overhead camera posture angle, *Meas. Sci. Technol*, vol. 20, 075104 (9pp) doi: 10.1088/0957-0233/20/7/075104.

28. Jimenze, J. A., et al., 2007, Beach recreation planning using video-derived coastal state indicators, *Coastal Engineering*, 54, 507-521.

29. Kass, M., A. Witkin, and T. Terzopoulous, 1988, Snakes: Active contour models, *International Journal of Computer Vision*, 321-331.

30. Kroon, A., et al., 2007, Application of remote sensing video systems to coastline management problems, *Coastal Engineering*, 54, 493-505.

31. Kuo, C.A., H.H. Hwung, C.H. Chien (2009), Using time-stack overlooking images to separate incident and reflected waves in wave flume, *Wave motion*, vol 46, pp. 189-199.

32. Lin, S-S. et al, 2009, ATSIS for surface wave measurements about Kaohsiung field experimental setup & calibration investigation, 31st Ocean Engineering Conference, ROC, 793-798.

33. Lippmann, T. C. and Holman, R. A., 1989, Quantification of sand bar morphology: a video technique based on wave dissipation, *Journal of Geophysical Research*, 94 (C1), 995-1011.

34. McKenzie, P., 1958, Rip-current systems, *Journal of Geology*, 66, 103-113.

35. Shepard, F. P. et al., 1941, Rip currents: a process of geological importance, *Journal of Geology*, 49, 337-367.

36. Smit, M. W. J., et al., 2007, The role of video imagery in predicting daily to monthly coastal evolution, *Coastal Engineering*, 54, 539-553.

37. Smith, J. A. and Largier, J. L., 1995, Observations of nearshore circulation: rip currents, *Journal of Geophysical Research*, 100 (C6), 10967-10975.

38. Sonu, C. J., 1972, Field observation of nearshore circulation and meandering currents, *Journal of Geophysical Research*, 77(18), 3232-3247.

39. Strang, G. and Nguyen, T., 1997, Wavelets and filter banks, Wellesley-Cambridge Press.

40. Stockdon, H. F., Holman, R. A., Howd, P. A., Sallenger, A. H., 2006, Empirical parameterization of setup, swash, and runup, *Coastal Engineering*, 53, 573-588.

41. Tam, C. K. W., 1973, Dynamics of rip currents, *Journal of Geophysical Research*, 78(12), 1937-1943.

42. Vagle, S. et al., 2001, Bubble transport in rip currents, *Journal of Geophysical Research*, 106 (C6), 11677-11689.

43. Wanek, J. M. and Wu, C. H., 2006, Automated trinocular stereo imaging system for three-dimensional surface wave measurements, *Ocean Engineering*, 33, 723-747.

44. Xu, C. and Prince, J.L., 1998, Snakes, shapes, and gradient vector flow, *IEEE Transactions on Image Processing*, 7(3), 359-369.

45. Xu, C. and Prince, J.L., 1998, Generalized gradient vector flow external forces for active contours, *Signal Processing*, 71(2), 131-139.

46. Yao, A. and Wu, C.H., 2004, An automated image-based technique for tracking sequential surface wave profiles, *Ocean Engineering*, 32(2), 157-173.

47. Zarruk G. A., 2005, Measurement of free surface deformation in PIV images, *Measurement Science and Technology*, vol. 16, pp. 1970-1975.

48. Zhang Z., 2000, A flexible new technique for camera calibration, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22, 1330-1334.

49. 林宗儀等，2001，台灣西南部海岸海灘斷面調查，第二十三屆海洋工程研討會，487-493。

50. 周宗仁等，2002，CCD 遙測規則波波浪之研究，24 屆海洋工程研討會，57-62。

51. 林松柏，劉岳豪，黃明志，2004，波浪影像之傳統與小波理論邊緣偵測處理研究，第二十六屆海洋工程研討會，198-205。

52. 林松柏，陳騮揚，黃明志，2005，動態輪廓模式之波浪影像邊緣偵測處理，第二十七屆海洋工程研討會，251-258。

53. 徐曉佩、劉振昌，2007，數位影像處理，高立出版。

54. 陳雪子(2008)，「可轉向控制攝影機在海岸影像研究之初步應用」，成功大學系統及船舶機電工程學系 碩士論文。

55. 陳騮揚，蕭毓宏，黃明志，2006，海岸波浪影像之動態輪廓模式邊緣偵測分析，第二十八屆海洋工程研討會，217-222。

56. 郭晉安，簡仲和，2009，商業 CCD 攝影機應用於沿岸流監測分析之初步探討，第三十一屆海洋工程研討會，717-722。

57. 張智星 (2008)，「Matlab 程式設計：入門篇」，鈦鍶科技。

58. 張智星 (2008)，「Matlab 程式設計：進階篇」，鈦鍶科技。

59. 蘇清和、廖慶堂、徐如娟，2009，高雄港觀測波浪資料專刊(2001~2008)，交通部運輸研究所。

60. 蕭毓宏，陳雪子，莊舜欽，黃明志，2008a，可轉向控制攝影機在海岸影像研究之初步應用，第三十屆海洋工程研討會，745-750。

61. 蕭毓宏，林映辰，莊舜欽，黃明志，2008b，西子灣海岸影像觀測系統之資料分析程序，第三十屆海洋工程研討會，781-786。

期中報告審查意見
處理情形表

「海岸地形變遷之現場影像之分析應用研究（4/4）」
期中審查意見與處理情形

日期：中華民國 101 年 7 月 11 日(星期三)上午 11 時 10 分

地點：本所港研中心 1 樓會議室

主席：簡科長 仲璟

記錄：劉清松

報告人：郭晉安

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
陳文俊 委員	團隊執行成果內容給予肯定。	感謝肯定。	
	波速計算中 Δx ， Δt 是否即為代表L與T之意思？	Δx 表示波峰移動距離，Δt 表示波峰移動 Δx 所需時間。	已遵照辦理。
	SNAKE與分水嶺法在x, y方向之pixel差異中，如換成本案攝影機，x, y方向最大的距離誤差可能是多少？	依據第一年度攝影機解析分析，於現場較遠距之最大的距離誤差可能達2~4公尺。	遵照辦理。
	西子灣地形監測分析中，南北岬頭於2010/10發生最大後退量後，至目前似仍無法回淤(雖然有季節性侵淤)，2010/04～2010/10大幅後退情形有無重大颱風事件之影響？	2010/04～2010/10期間計有4個颱風侵台，其中萊羅克、莫蘭蒂颱風多從南海或巴士海峽轉往台灣海峽，其對西子灣海域影響較大。	已遵照辦理。
	本研究兩年之監測分析亦發現南、北岬頭地形呈後退情形，應可提供高雄市政府留意岬灣地形穩定之處理。	轉請計畫主辦單位參考。	同意辦理。

	建議花蓮港美崙溪口海岸線比較圖可給予放大，比較易以辨識。	已調整美崙溪口海岸線圖。	已遵照辦理。
	美崙溪口地形之變化待期末應可了解是否為季節性變化，抑或河川輸砂增加之影響。	經查詢台灣水文年報資料，目前尚無美崙溪流量站與懸浮濃度觀測資料；另從歷次之海岸線資料，其存在有季節性變化。	已遵照辦理。

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
蕭松山 委員	研究執行進度建議以甘特圖說明是否符合預定進度。	已補繪甘特圖說明進度。	遵照辦理。
	建議說明近岸流場影像分析現場觀測驗證方法。	已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，並與影像分析流速資料進行比對。	遵照辦理。
	建議簡報資料中之相關成果納入期末報告書中。	已於期末報告進行資料補充。	已遵照辦理。
	期末報告建議將四年來的研究成果綜整分析，尤其是針對西子灣地形變遷分析，或可提供養灘工法之參考。	期末報告已整合四年度計畫研究成果。	已遵照辦理。
江文山 委員	關於沿岸流場與波浪淺化成果，請納入簡報說明的部份。	已於期末報告進行資料補充。	已遵照辦理。
	西子灣海岸線變化，簡報說明夏季後退、冬季前進。請進一步探討颱風的影響。	已增列觀測期間颱風資訊，同時配合颱風近岸流場說明西子灣海岸線變化情形。	已遵照辦理。

	為驗證沿岸流場所規劃之浮球施放，請詳細說明其相關細節與施放方式。	已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，詳細施測過程如附錄一。	已遵照辦理。
	沿岸流場與波浪淺化分析之流程，請於報告中詳細說明，以利閱讀。	已於期末報告進行資料補充。	已遵照辦理。
梁乃匡 委員	本計畫研究目標具前瞻性及挑戰性，受委託團隊依預定計畫執行。	謝謝說明，感謝肯定。	
	部份文獻在報告中出現，但在「參考文獻」中未出現，應補上。	已補充參考文獻資料。	遵照辦理。
	在海岸地形影像偵測與分析中，提到一個重要名詞之影像分割，建議將其定義清楚，以便讀者易於理解分析理論。	參照辦理。	同意辦理。

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
簡仲璟 委員	花蓮美崙溪口之海岸線變遷分析工作，請儘速加強辦理，例如美崙溪之排水對海岸線變化之影響(相較西子灣無何溪排水清況)。目前報告中所附之海岸線比較圖不清晰請改善。	已調整海岸線線條繪製方式，並放大圖面內容。另外，經查詢台灣水文年報資料，目前尚無美崙溪流量站與懸浮濃度觀測資料。	已遵照辦理。
	近岸流及近岸波浪傳遞影像分析工作，請再深入加強，以擴展監測影像之分析應用層面。	已於期末報告進行補充。	已遵照辦理。

	影像分析應用之相關限制條件(例如環境條件，設備條件，影像處理工具條件等)，建議加以探討並做補充說明。	限制條件已作成結論建議事項。	遵照辦理。
	西子灣海岸線比較圖3.3.17K及3.3.17L分別顯示在北岬頭及南岬頭處有較大之變化，其原因何在？圖3.3.17E及3.3.17F也有非常相似的情形。	2010年9~11月期間之海岸線變化較大，其原因可能與該期間有4個颱風侵台(萊羅克、莫蘭蒂颱風從南海或巴士海峽轉往台灣海峽)有關。2010年12月~2011年1月與2011年12月~2012年1月兩段時間都有海岸線較大幅之回淤。	已遵照辦理。
蘇青和 委員	利用影像分析，探討高雄西子灣及花蓮美崙溪口之(1)波浪淺化傳遞特性(2)海岸地形變遷(3)近岸流場特性。兩觀測區颱風或季風期間，波浪淺化傳遞特性部份，建議加強成果說明，例如波向分佈、淺化特性等。	期末報告已補充颱風或季風期間波浪傳遞分析。	遵照辦理。
	西子灣及花蓮美崙溪口影像分析之流場或海岸線結果，建議取其他現場觀測儀器之資料做比對檢驗。	有關現場海岸線比對請參見附錄四。另外，已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，進行流速比對。	已遵照辦理。

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見

蘇青和 委員	西子灣及花蓮美崙溪口不同時間影像比對潮位影響甚大，圖3.3.12逐時水位線分析，若考慮全日潮影響，取樣13小時間太短應加長。	西子灣及花蓮美崙溪口兩區域之潮型主要為混合潮與半日潮，就目前監測與分析方式(配合該兩區鄰近海岸之潮位站資料)，西子灣及花蓮美崙溪口兩區域多可分析出高程0m之海岸線。另外，若延長觀測時間，在硬體上面需增設夜視功能，建議後續計畫更新硬體設備再進行相關研究。	已遵照辦理。
	西子灣及花蓮美崙溪口地形變化，例圖3.3.18a海岸線太多無法辨識。建議針對幾年來之個別重大颱風及冬季(或夏季)典型季風期間前後做詳細比對，應較有意意。建議以季節變化、颱風前後等做比對(每張圖不要太多海岸線)。另比對圖如圖4.3.3太小不易辨識，方位也不明。	已調整海岸線線條繪製方式，圖4.3.3亦放大圖面內容。另外，圖3.3.17系列即是相隔每月之海岸線比較，而圖3.3.18B為典型季風結束後之海岸線比較。	已遵照辦理。
	利用影像作近岸流場特性分析，是否可以探討潮流特性？颱風期間近岸流應為分析重點，流場可於平面圖上標示向量大小，同時期波場特性也應納入說明。	本計畫近岸流影像分析(波浪碎波生成之沿岸流與向離岸流)，主要係追蹤碎波帶白沫與漂浮物質，因此無法進行潮流計測。另外，颱風期間近岸流分析結果已補充於期末報告。	已遵照辦理。
	報告撰寫內容請依本所規定，期末報告增加納入中英摘要及結論建議等章節。本年度為四年期之第四年應作一總整理及具體成果論述。	期末報告已增加中英摘要及結論建議，並於報告彙整四年度研究成果。	遵照辦理。

評審委員	發言內容	處理情形
主席裁示	經全數委員同意，本計畫期中報告審查通過。	感謝肯定。
	審查委員所提意見與計畫內容執行的調整，請列入計畫之期末報告修訂辦理。	期末報告已依審查委員意見辦理必要之修正與工作調整。
	請財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會依審查意見研堤處理情形答覆意見送本所審查後，作為修正報告之依據。	參照辦理。
	請財團法成大水利海洋研究發展文教基金會配合本所行政作業，儘速完成合約規定事項。	參照辦理。

期末報告審查意見
處理情形表

「海岸地形變遷之現場影像之分析應用研究（4/4)」
期末審查意見與處理情形

日期：中華民國 101 年 11 月 14 日(星期三)上午 11 時 10 分

地點：本所港研中心 2 樓簡報室

主席：簡科長 仲璟

記錄：劉清松

報告人：郭晉安

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
陳文俊 委員	本案經四年的研究，研究內容甚為豐碩，給予執行團隊肯定。	感謝肯定。	
	P3-3流程圖之示意，是否本案是只擷取每日15:00~15:10之影像？未於白晝可視時間收錄每一小時之影像？	本案之目的係發展以影像進行波浪傳遞與近岸流監測分析方法探討，故西子灣波流影像，僅擇取對於影像判釋較清晰時段15:00~15:10進行攝影。	遵照辦理。
	圖4.3.18A係為展示所有觀測年每月之灘線，建議若可於可分年表現，且南、北岬頭，可讓閱覽者較清晰看出各月之灘線變化。	感謝說明，已依委員建議調整海岸線變遷圖表示方式。	已遵照辦理。
	P4-36~38剖面圖內加註分析擷取之日期。	已加註資料時間。	已遵照辦理。
	西子灣經四年分析，確實呈現侵蝕現象，且已算出年侵蝕率，由團隊成果之流場分析成果大致可知會有侵蝕現象，建議團隊可於兩者之因果給予連結。	謝謝說明，已加強分析流場與海岸線變遷之連結說明。	已遵照辦理。

	西子灣已得年侵蝕率可提供高雄市政府作為後續維護之重要參考，此成果極好，建議若可再由影像成果求得颱風後之後退率及颱風後之回淤率，將更有助於該地區之維護管理。	感謝肯定，計畫海岸線為約每旬分析成果，對於颱風確實之影響時間與颱風後回淤實際時程較難控制，其可能造成後退率與回淤率之偏頗。報告另依颱風前後之海岸線資料，分析颱風造成海岸地形之侵退與淤前幅度。	已遵照辦理。

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
陳文俊 委員	美崙溪口地形目前因時間僅一年，對季節性變化之現象建議可輔於其他水深測量成果之佐証，可更助於本計畫成果之成果敘述。	感謝說明，已蒐集美崙溪口實測海岸線資料進行比對。	已遵照辦理。
	結論第二點之敘述建議能修正。	謝謝指正，已修訂結論內容。	已遵照辦理。
蕭松山 委員	已完成四年期研究成果，值得肯定。	感謝肯定。	
	計畫成果初步可提供實務地形變遷、近岸波流場特性分析使用，建議提出未來精進意見，供未來研究計畫研提參考。	已將未來精進意見補充於建議事項。	遵照辦理。
	花蓮美崙溪口海岸線變遷分析應再詳實，探討季節風及颱風季之侵淤效應。	成果報告已補充季節風及颱風海岸線變遷分析。	已遵照辦理。
	現場浮漂追踪驗証流場分析，建議補充軌跡圖，流速、流向比較分析。	已補充浮漂追踪軌跡圖與流速比較。	已遵照辦理。
江文山 委員	建議於報告中適當位置、綜合說明波流與岸線的分析成果。	感謝說明，已加強分析流場與海岸線變遷之連結說明。	已遵照辦理。

	第三章流場的說明圖中，底圖皆是以影像呈現，不甚清楚，建議考量其它表現方式以利判讀。	以影像表示流場係考量碎波帶能量呈現與流場之相關性，成果報告已調影像清晰度並以彩色頁印刷。	已遵照辦理。
	附錄影像圖請考量必要性。	感謝建議，經與計畫主辦單位研議，影像拼接圖為海岸線辨識之依據，於報告置入相關成果以利後續相關之研究與發展應用。	遵照辦理。
	建議地理位置圖中加入指北的標示。	地理位置圖已加入指北標示。	已遵照辦理。
	近岸流場的分析結果，正負號應說明定義P3-12表中。	謝謝指正，成果報告已加註流速正負號說明。	已遵照辦理。
	近岸流場的分析僅針對短時間，建議後續可進行長時間的分析，並與岸線分析成果作比對，互相印証。	計畫目的係以影像進行近岸流監測分析方法探討，僅選取較具代表性且較清晰之時段影像進行流場分析，因此未進行連續長期間之分析作業，且平面影像流場分析就目前技術所消耗之計算時間甚長，建議後續籌措寬裕經費辦理。	已遵照辦理。

評審委員	參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
蘇青和 委員	報告撰寫內容請依本所規定，期末報告目錄應置於摘要之後。本年度為四年期之第四年，應作一總整理及具體成果論述。	感謝指正，已調整目錄位置並作四年度整體成果論述。	遵照辦理。
	利用影像分析，探討高雄西子灣及花蓮美崙溪口之(1)波浪淺化傳遞特性(2)近岸流場特性(3)海岸地形變遷。兩觀測區颱風或季風期間，建議加強三者之整合性成果說明。	成果報告已加強觀測結果之連結說明。	已遵照辦理。

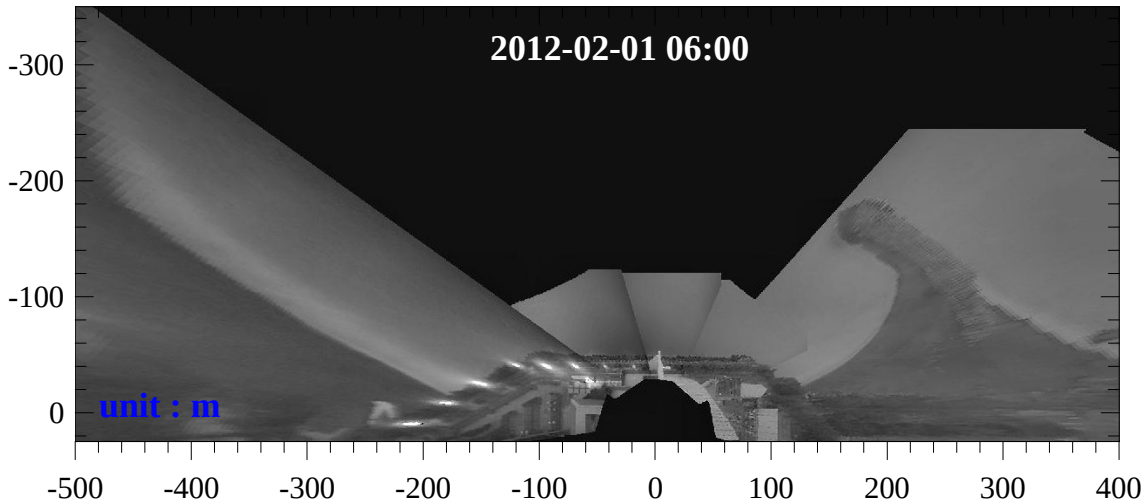
	附錄一及附錄二兩個水工試驗成果甚具體，第六章結論也有兩個具體結論，建議此部份應置放於本文。	成果報告已依據委員建議將附錄結果置入報告本文。	已遵照辦理。
	第三章p3-6頁影相量度單位為何?圖3.2.1及圖 3.2.2之頻率密度函數S(f,k) 單位為何? 本研究影像分析應用除波數k、波速C、淺化係數及沿岸流等物理量，是否S(f,k)可應用探討波高或波向等?	影像亮度頻率密度之單位為亮度^2・秒。波高解析需用兩部攝影機交會拍攝，本計畫目前設備無法進行本項工作。	遵照辦理。
	西子灣及花蓮美崙溪口地形變化，例如圖4.3.17各圖除分月或季節變化分析，建議應標示颱風前後之效應，針對幾年來之個別重大颱前後侵淤作詳細比對也甚重要。	謝謝說明，已加註颱風前後時間並針對個別重大颱風進行分析。	已遵照辦理。
	報告之圖形或照片，應標示正北方向。	已加註北方標示。另以二度分帶97座標系統表示之圖形，圖面網上即是北方，故不標示。	已遵照辦理。
	西子灣影像分析包括波流場或海岸地形結果，但花蓮美崙溪口影像分析僅海岸地形結果，建議增加波流場成果分析。	成果報告已增加花蓮美崙溪口波流場成果。	已遵照辦理。
	第六章結論第二點應註明地點。	感謝指正，已加註地點說明。	
	第六章結論第六點夏季及颱風之影響應分開敘述說明。	成果報告已調整。	已遵照辦理。
	第六章結論第七點應標明分析期間，花蓮美崙溪口影像分析時間僅到2012年7月，但西子灣影像分析則至2012年10月，原因何在?。	花蓮美崙溪口影像分析時間已補充至2012年10月。	遵照辦理。

評審委員	發言內容	處理情形	
簡仲璟 委員	附錄3、4及5請移除	參酌各委員意見，附錄4已移至報告主文，附錄5已移除，而附錄3(全景影像)保留(詳如江委員第3點意見回覆)。	已遵照辦理。
	本計畫是利用即時攝影機所拍攝影像像素去做波、流場分析比對，如此，對於攝影機本身之像素、攝影機之設置地點、高度、角度皆會影響影像品質及分析結果，請補充說明其關連性如何造成。	感謝委員建議，已補充攝影機之像素、設置地點、高度、角度之影響說明。	已遵照辦理。
	碎波對於影像判讀所造成影響，請說明。	海岸影像近岸流偵測，主要係依據碎波後生成之泡沫進行追蹤分析，其中若碎波後衍生之泡沫較少(小波浪)，則其結果則可能產生偏頗。	遵照辦理。
	高雄西子灣浮標佈放實測與影像分析結果分析，請說明。	成果報告已加強浮標佈放實測與影像分析結果分析內容。	已遵照辦理。
	附錄二是在水工試驗結果說明，請補充說明。	已補充附錄二水工試驗結果說明內容，並移至報告主文。	已遵照辦理。
	附圖2.6之計算結果與水工試驗實測相差10公分左右，但如果是現場量測結果又如何呢？請說明，本說明可移至3-3節。	限於計畫經費，建議後續辦理現場水深地形測量作業進行比對分析。另外，附錄二內容已移至報告主文。	已遵照辦理。
	附圖2.6之三張影像圖拼接圖，請說明清楚。	三張影像圖拼接圖為造波時瞬間之水位影像。	已遵照辦理。
主席裁示	經全數出席委員同意，本計畫期末報告審查原則通過。	感謝肯定。	

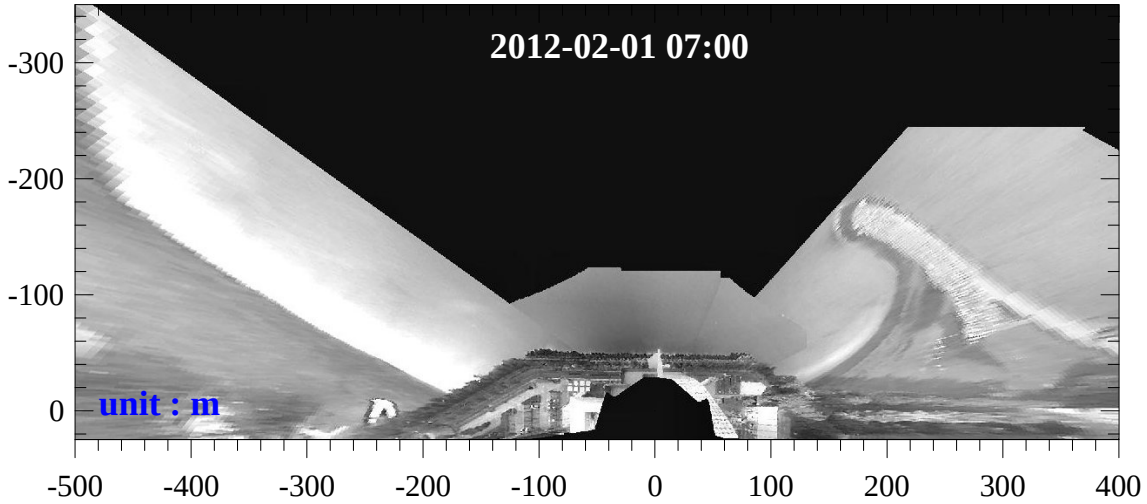
	審查委員所提意見與報告書內容的調整及修正，請納入期末正式報告修訂辦理，並請合作單位於12月12日前將期末報告修訂稿送交本所。	參照辦理。另外，成果報告已依據委員意見辦理必要之修正與補充作業。	已遵照辦理。
	請財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會依審查意見研提處理情形答覆意見送本所審查後，作為修正報告之依據。	參照辦理。	同意辦理。
	請財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會配合本所相關行政作業，儘速完成合約規定事項。	參照辦理。	同意辦理。

附錄　全景影像拼接圖

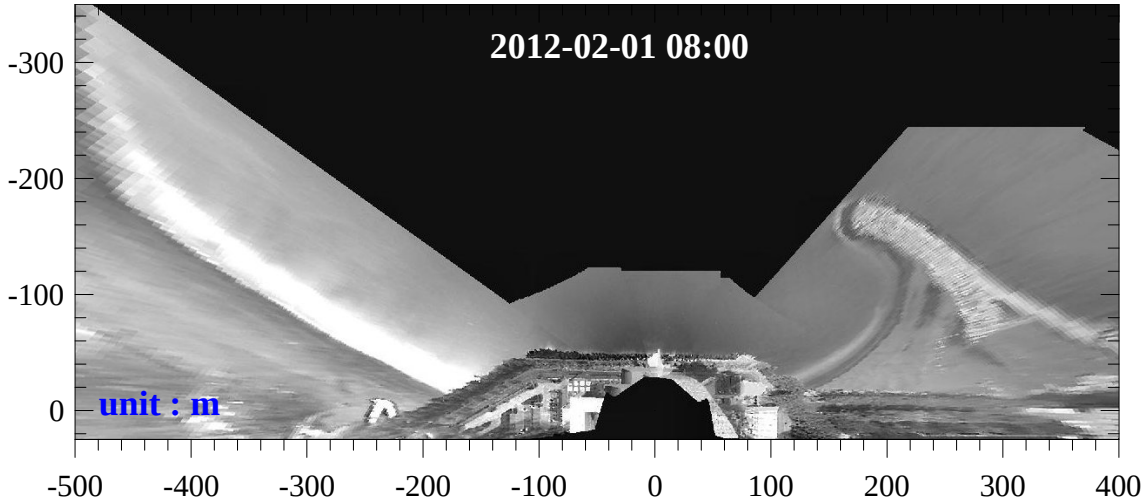
高雄西子灣　(2012/02~2012/10)



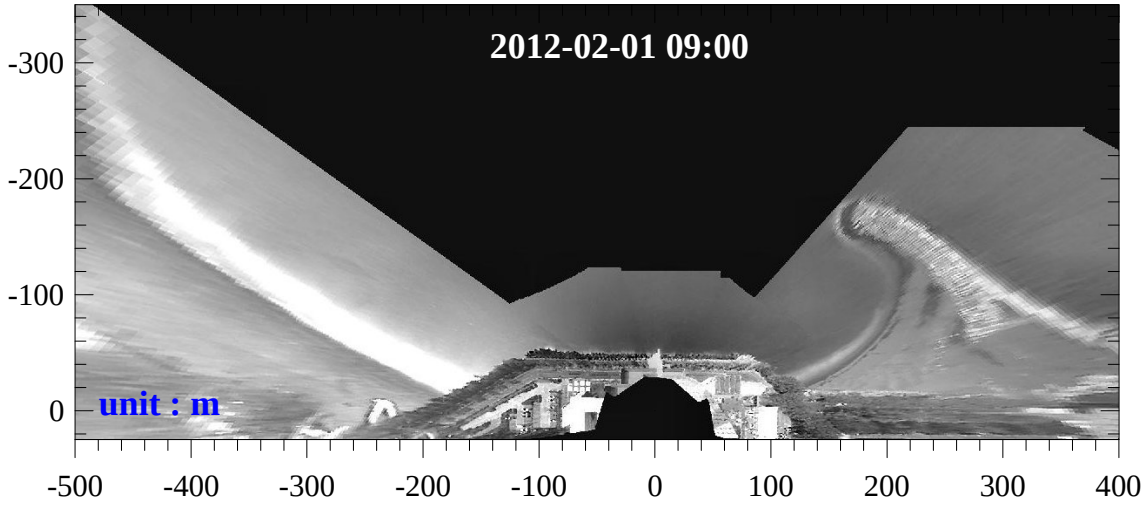
附圖 1A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 06:00)



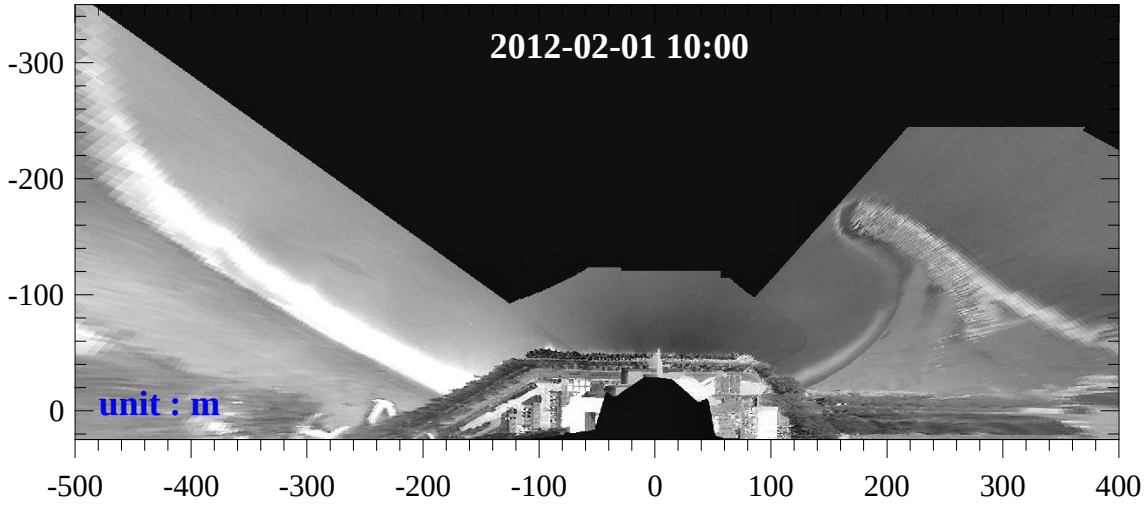
附圖 1B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 07:00)



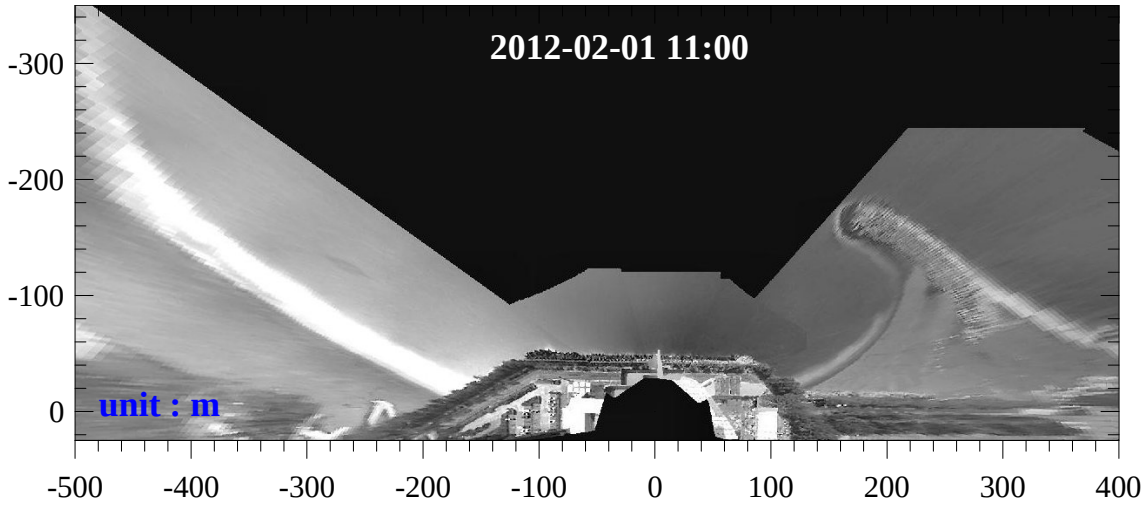
附圖 1C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 08:00)



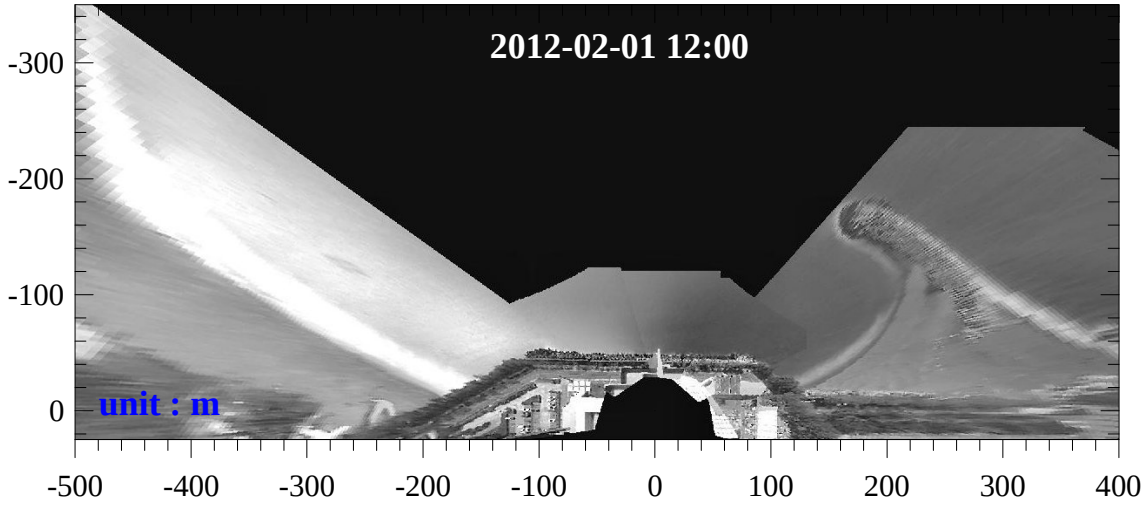
附圖 1D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 09:00)



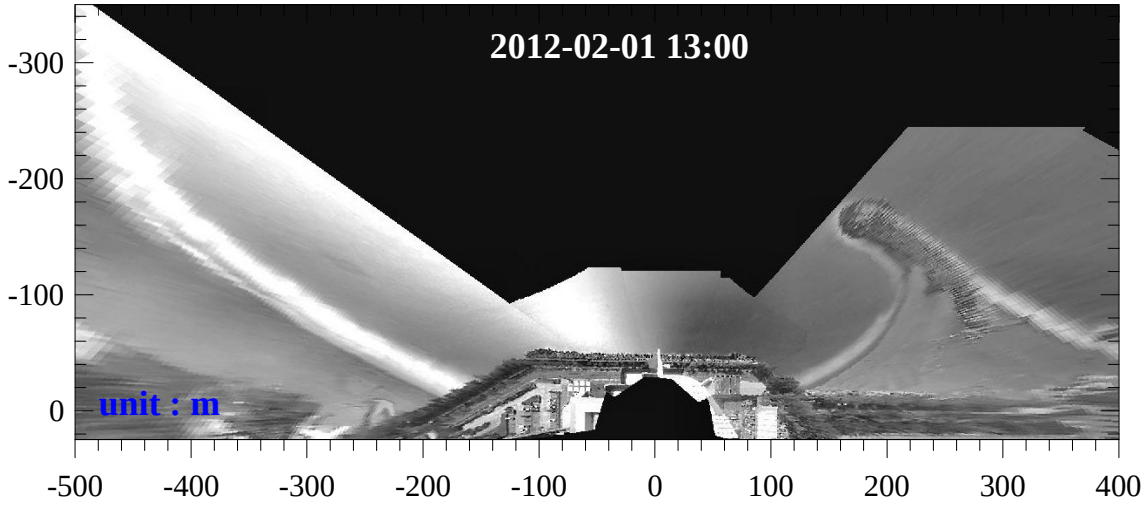
附圖 1E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 10:00)



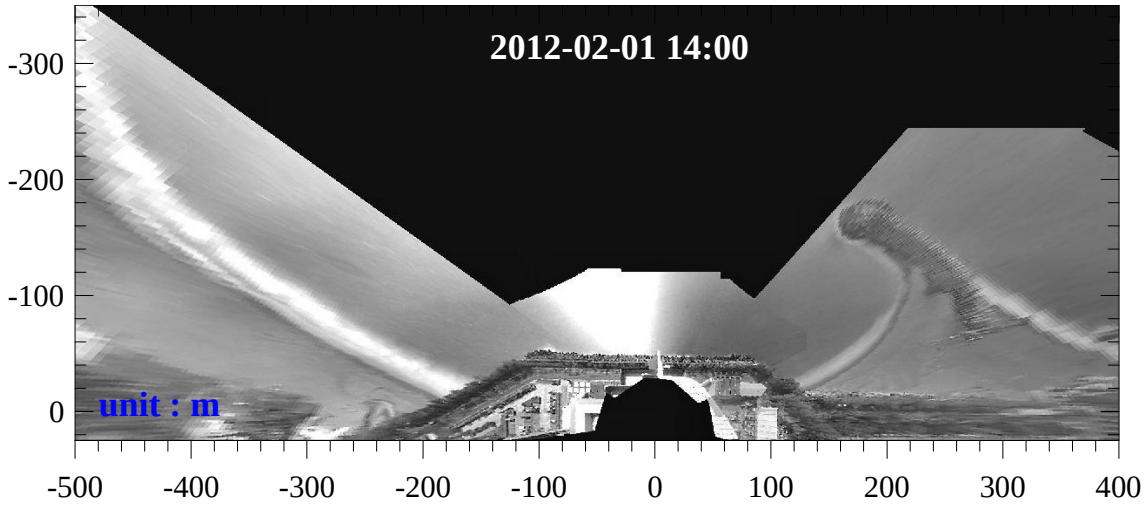
附圖 1F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 11:00)



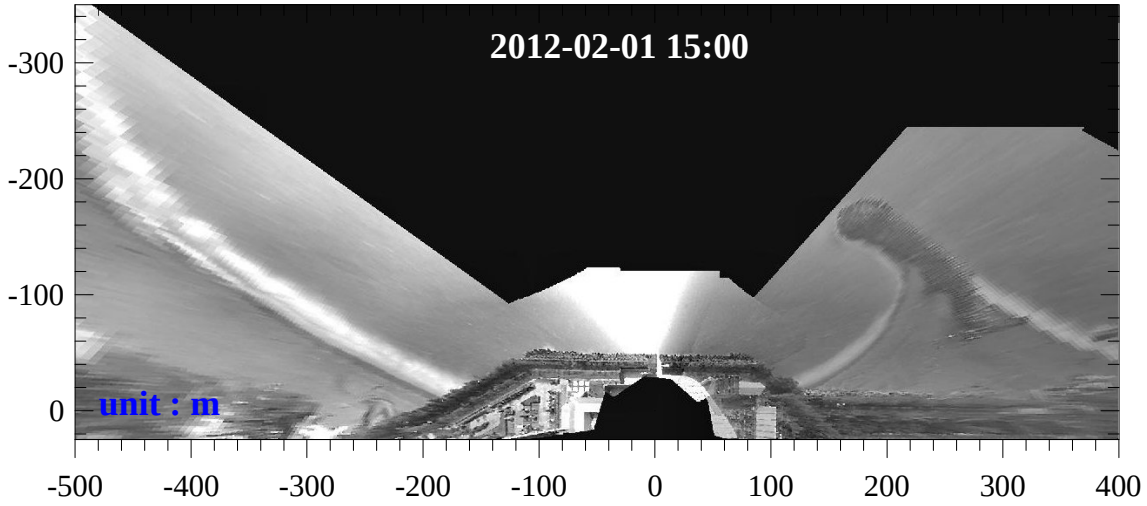
附圖 1G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 12:00)



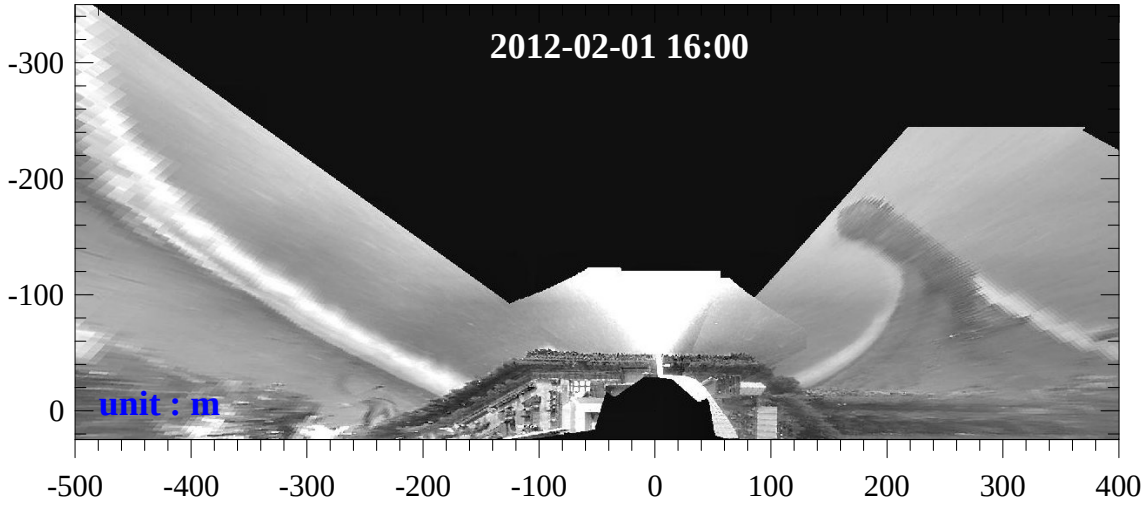
附圖 1H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 13:00)



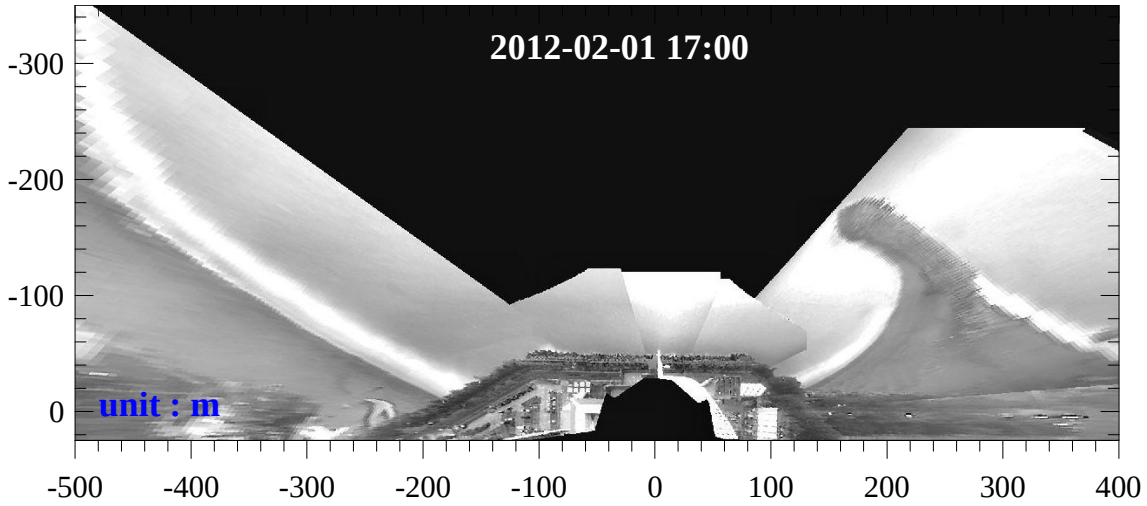
附圖 1I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 14:00)



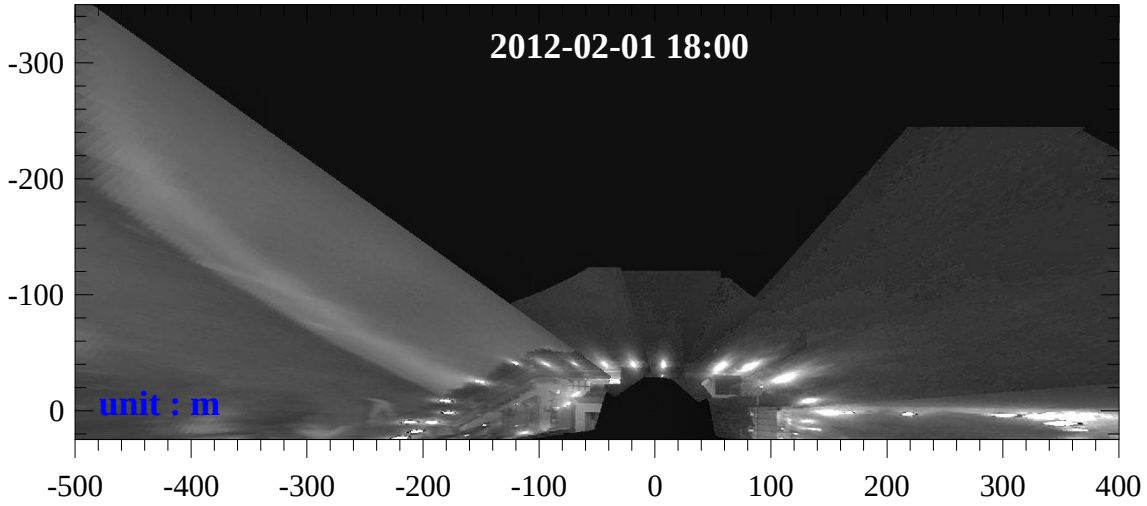
附圖 1J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 15:00)



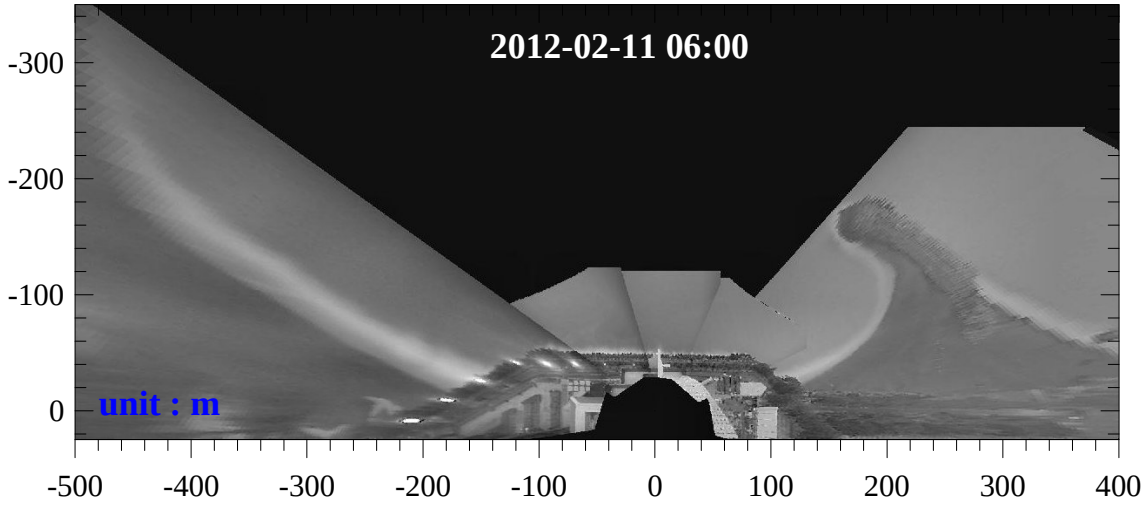
附圖 1K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 16:00)



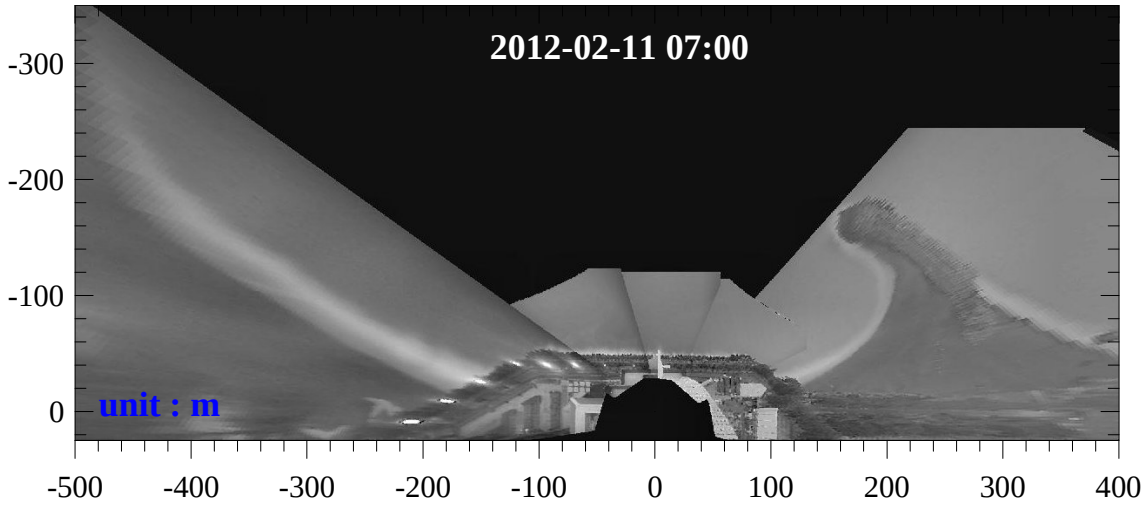
附圖 1L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 17:00)



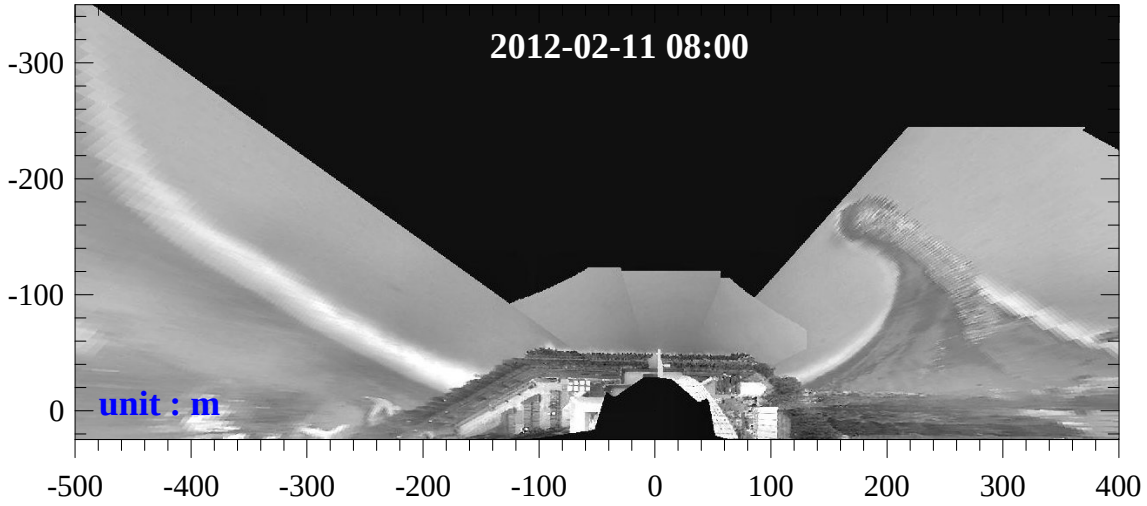
附圖 1M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/01 18:00)



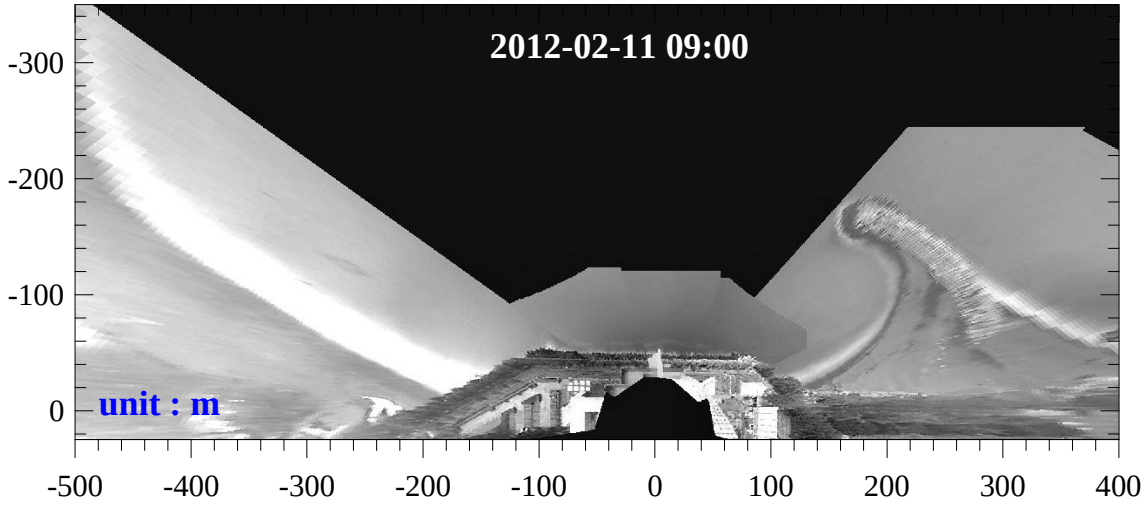
附圖 2A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 06:00)



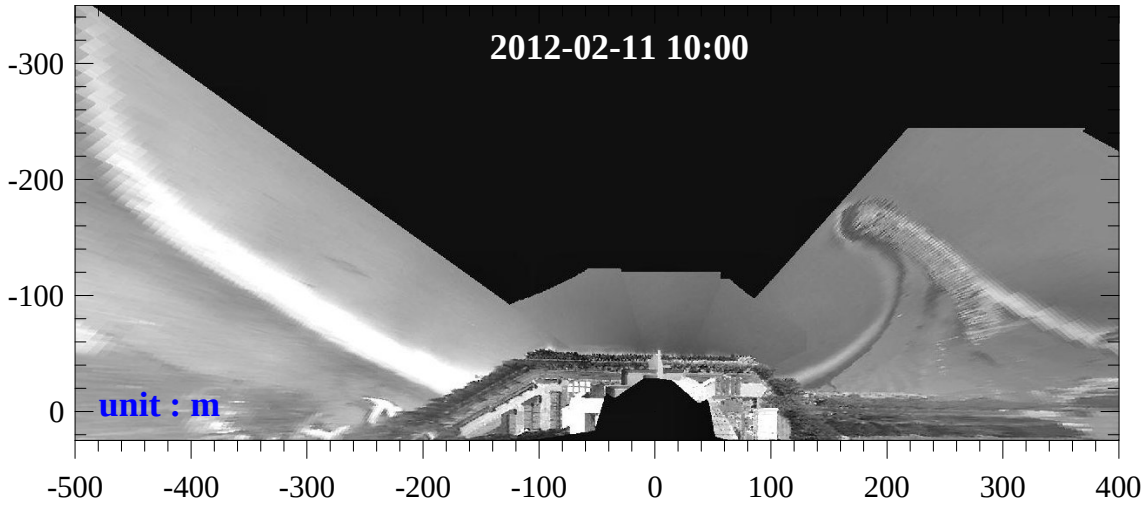
附圖 2B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 07:00)



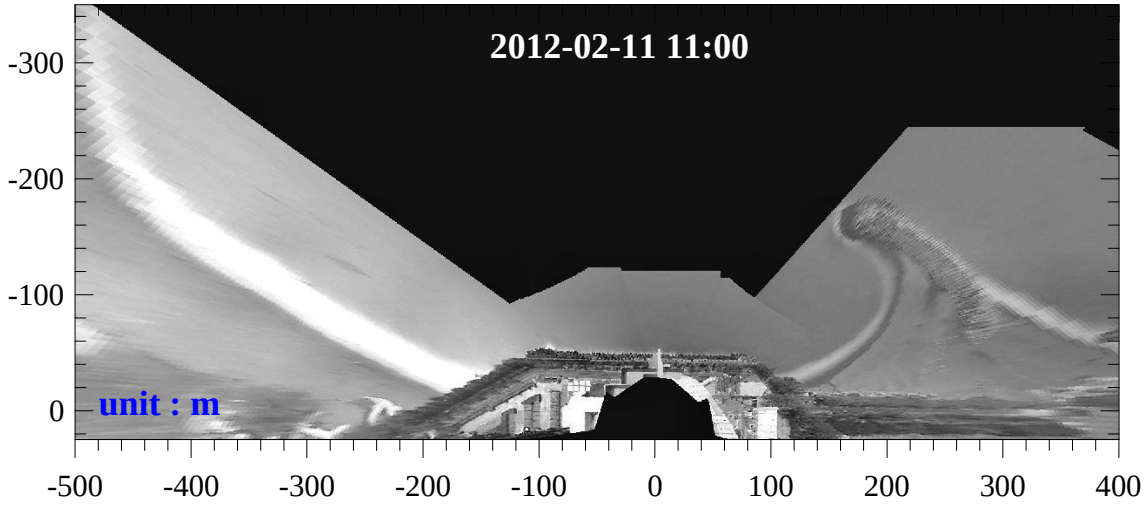
附圖 2C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 08:00)



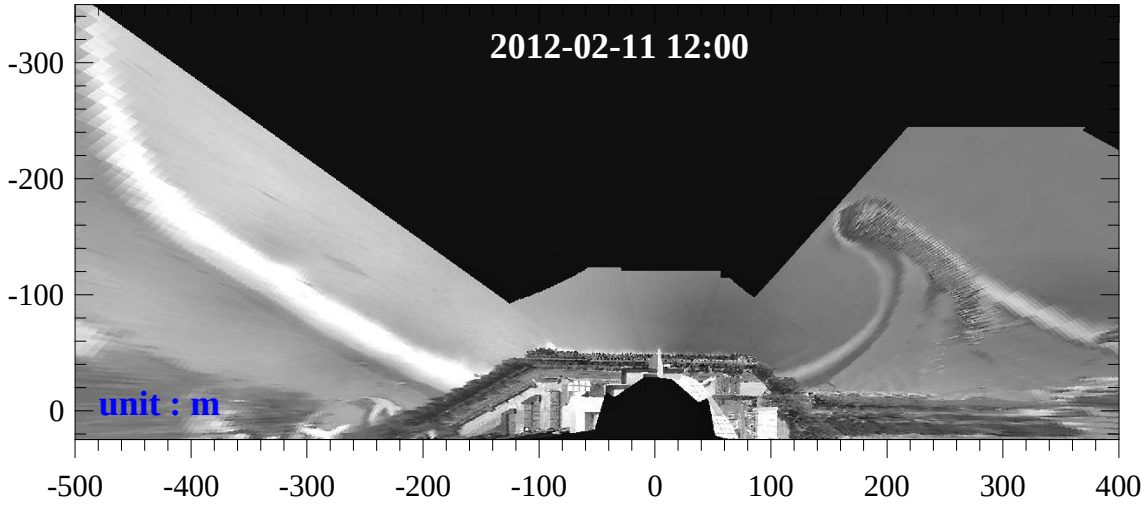
附圖 2D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 09:00)



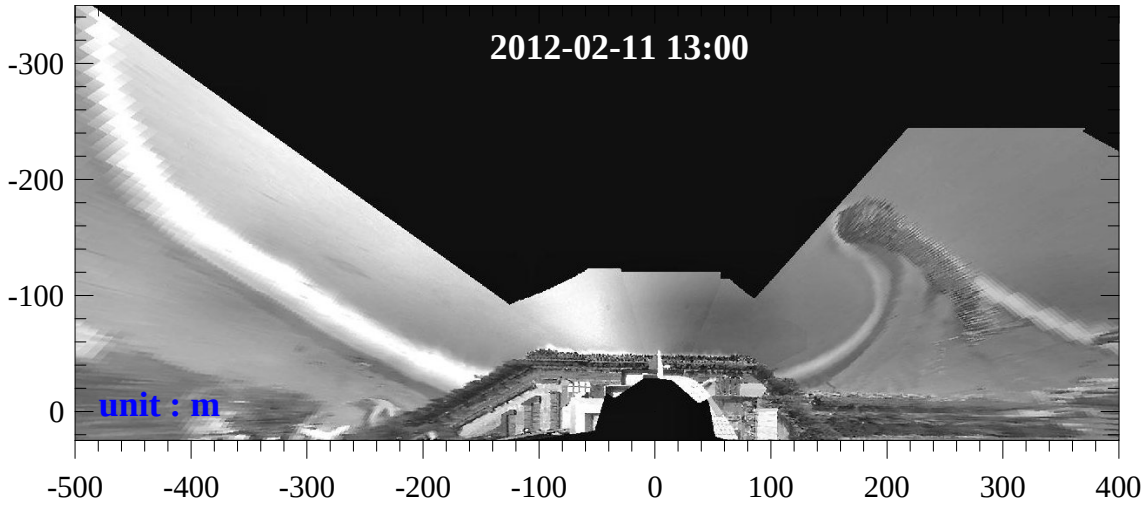
附圖 2E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 10:00)



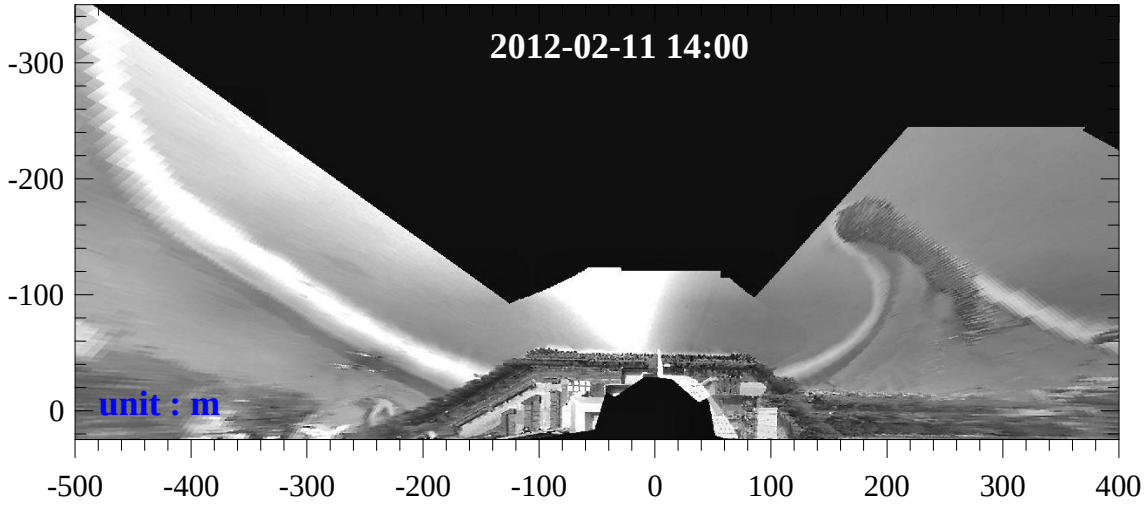
附圖 2F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 11:00)



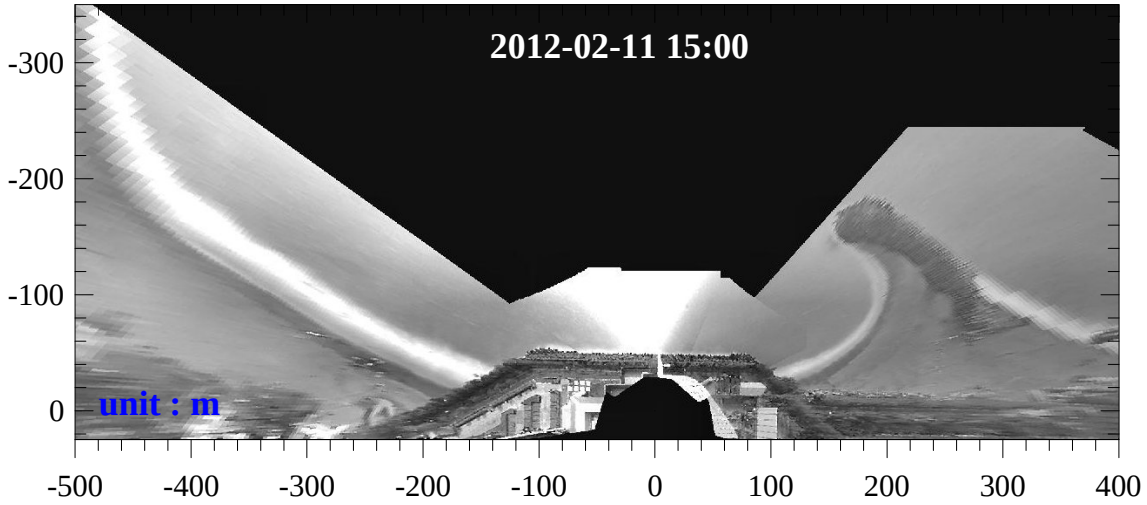
附圖 2G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 12:00)



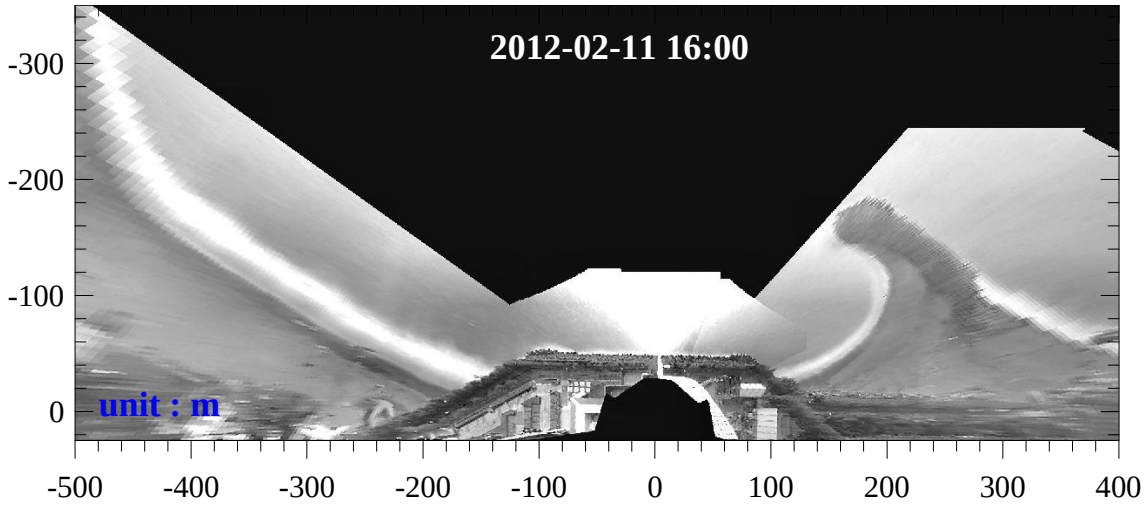
附圖 2H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 13:00)



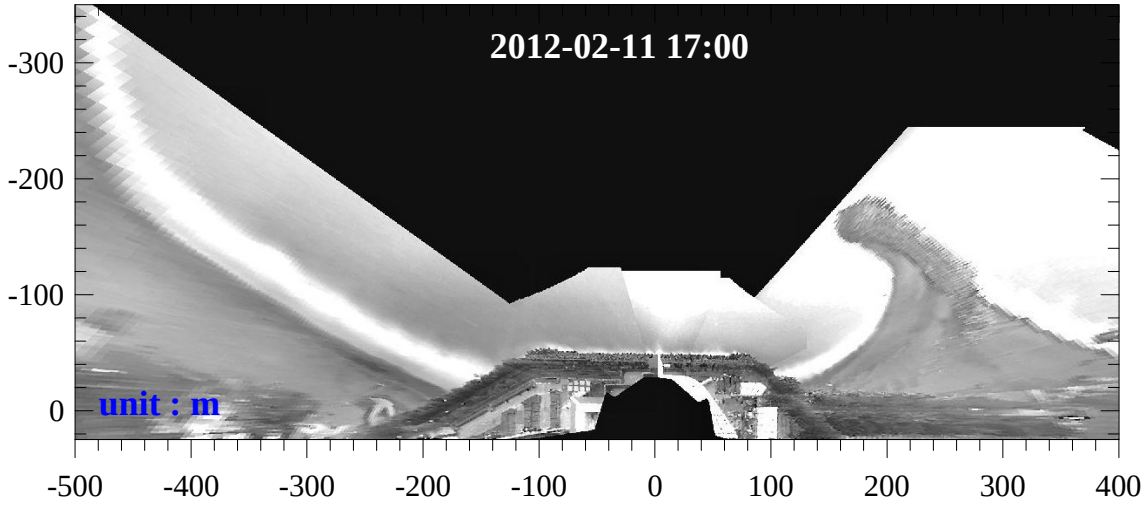
附圖 2I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 14:00)



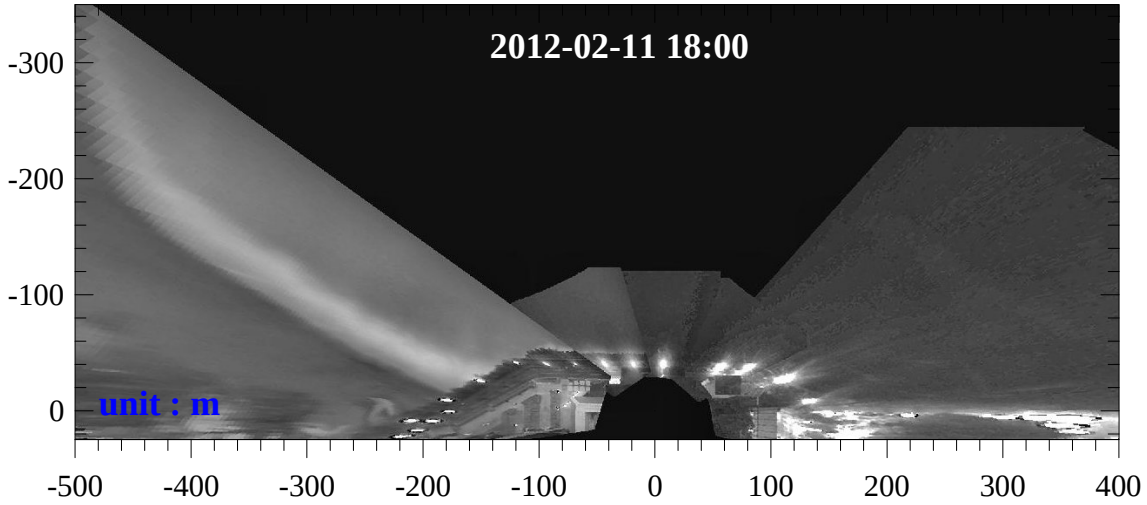
附圖 2J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 15:00)



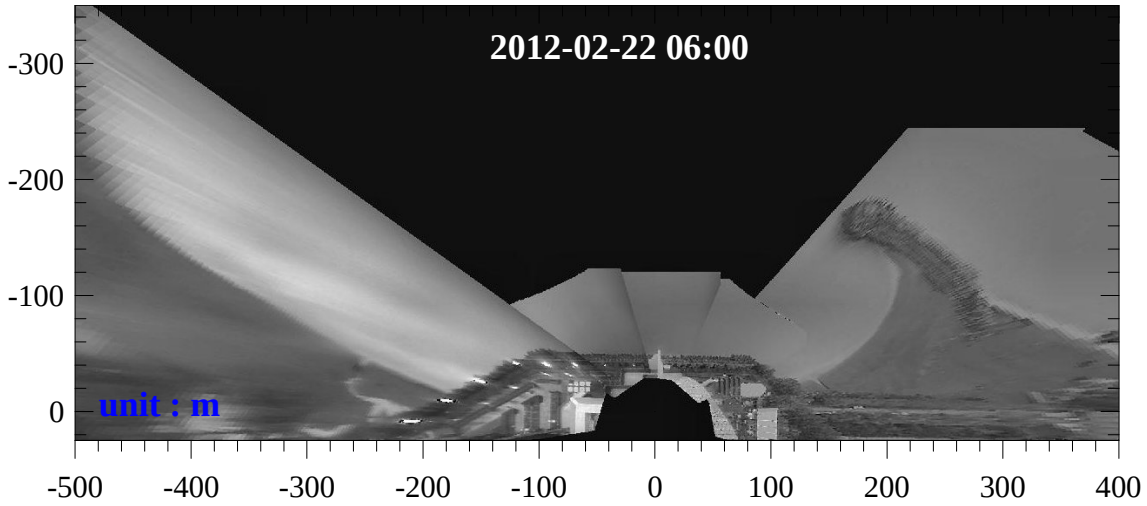
附圖 2K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 16:00)



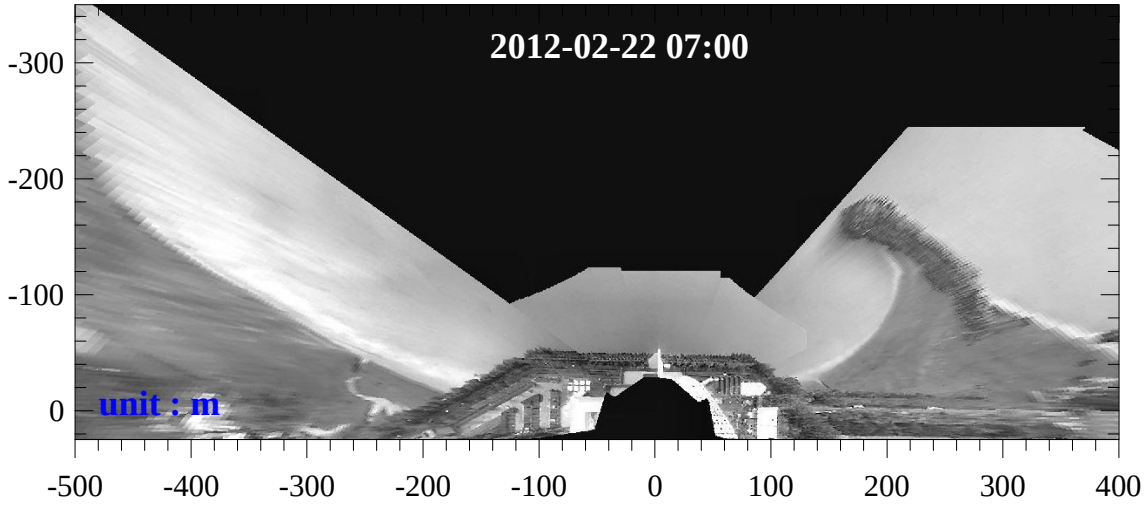
附圖 2L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 17:00)



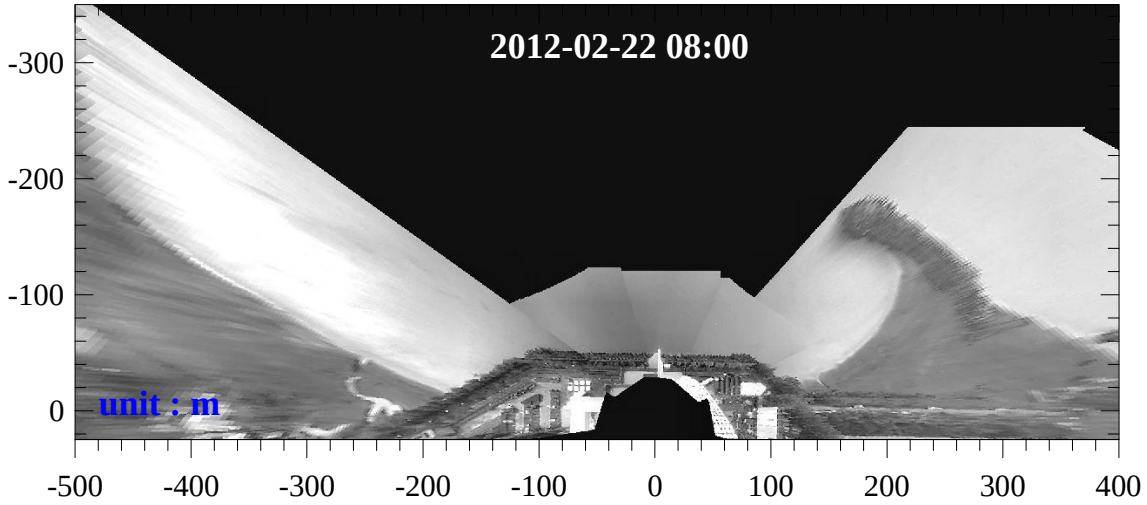
附圖 2M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/11 18:00)



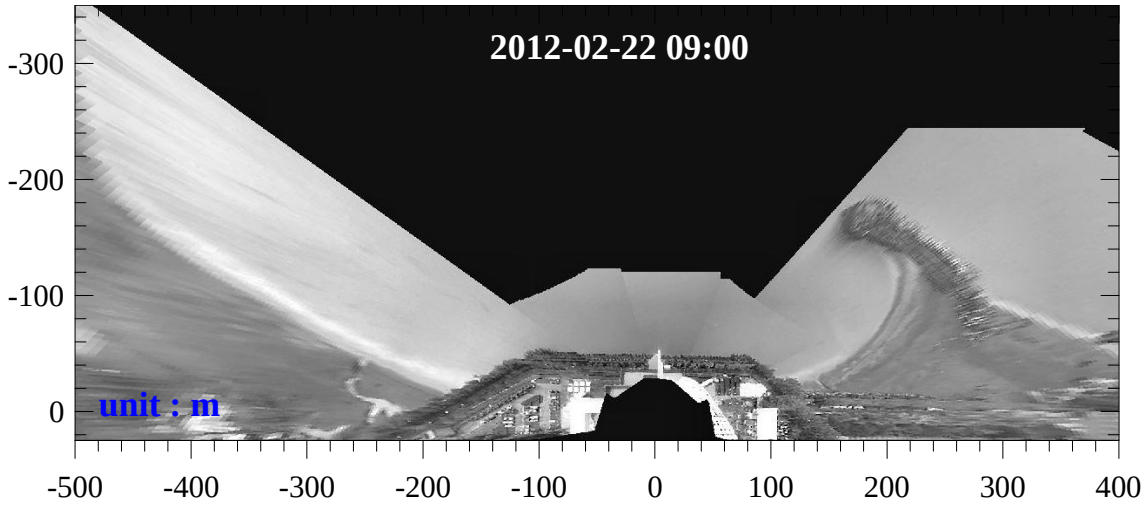
附圖 3A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 06:00)



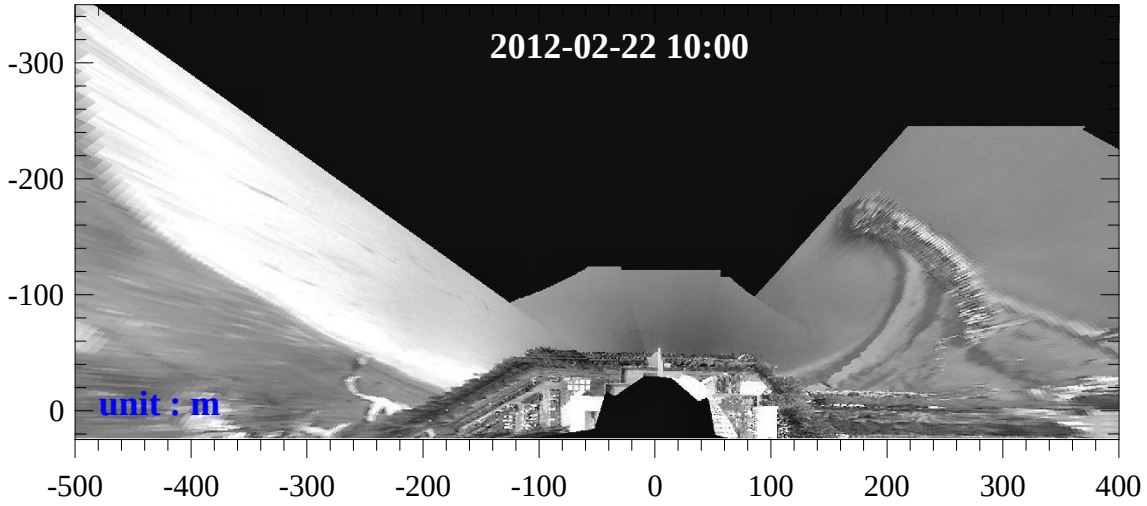
附圖 3B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 07:00)



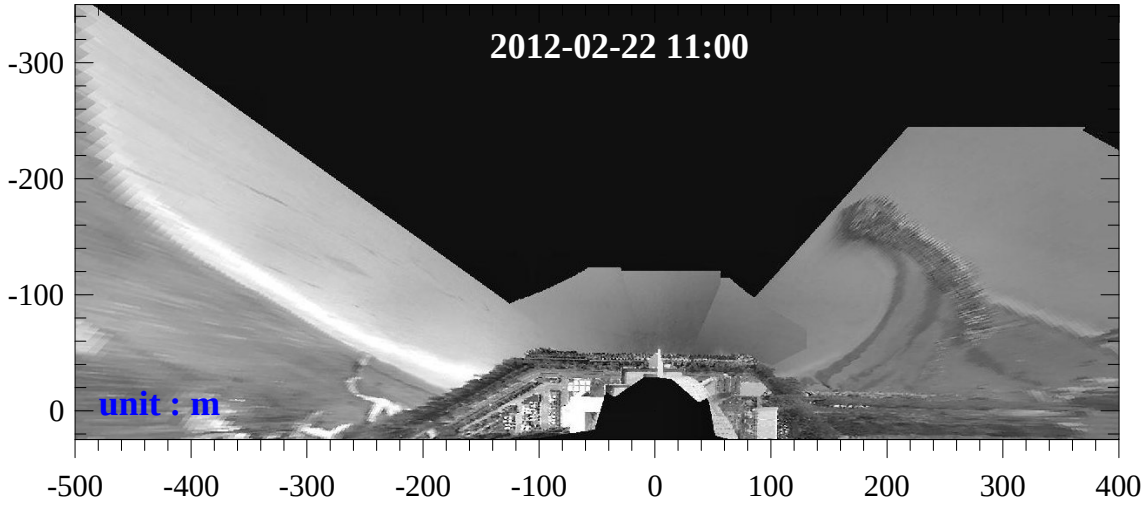
附圖 3C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 08:00)



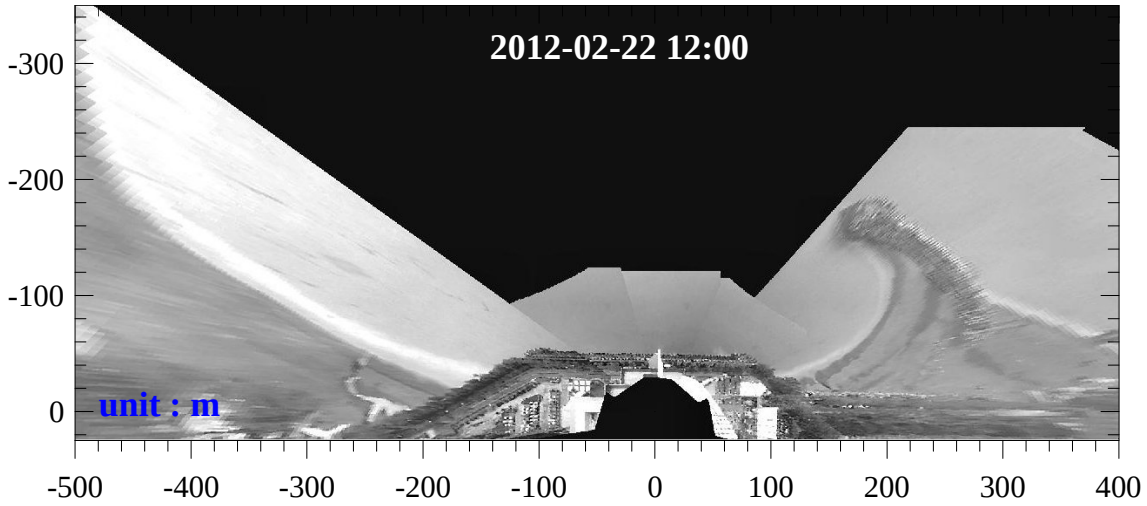
附圖 3D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 09:00)



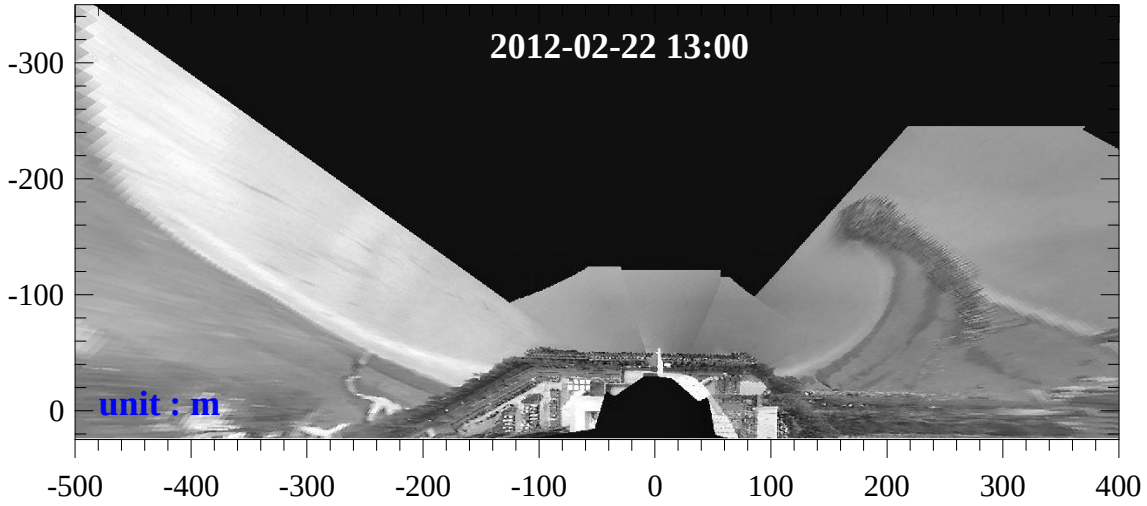
附圖 3E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 10:00)



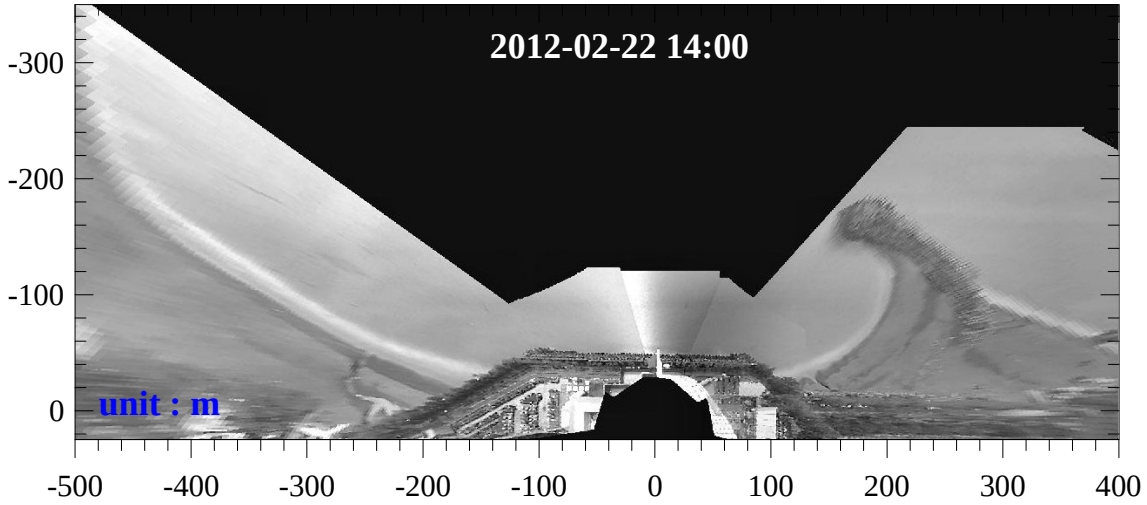
附圖 3F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 11:00)



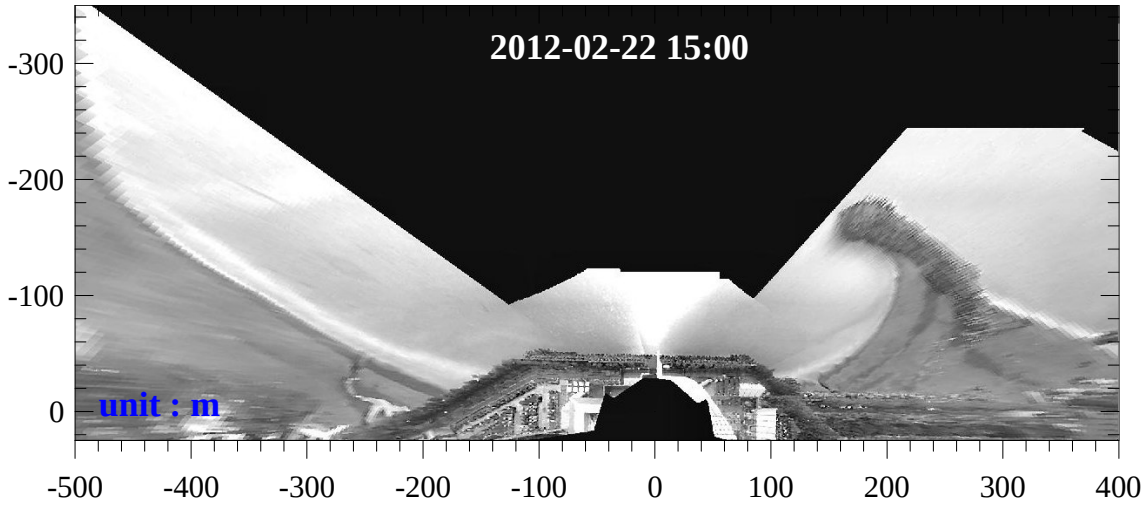
附圖 3G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 12:00)



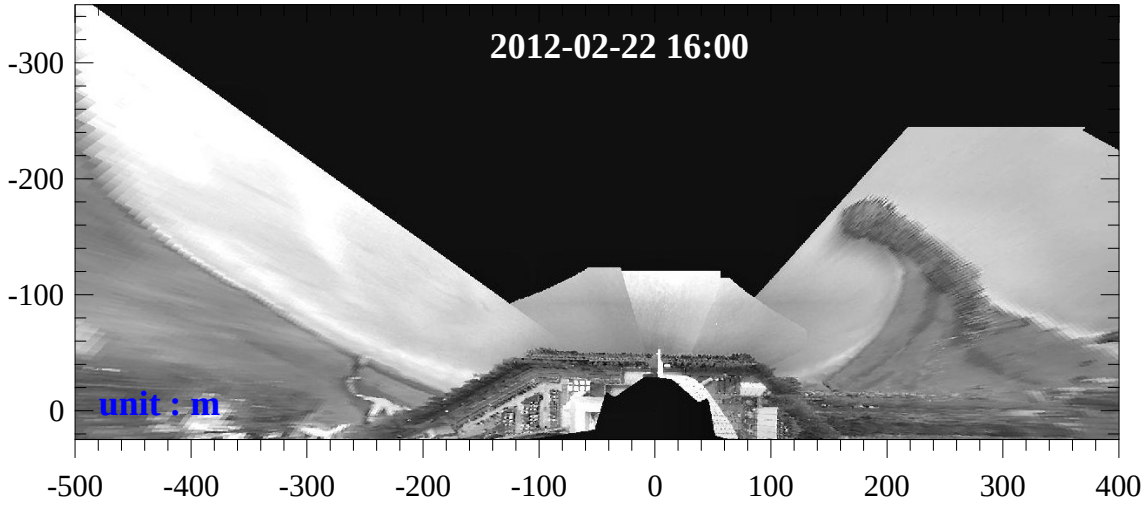
附圖 3H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 13:00)



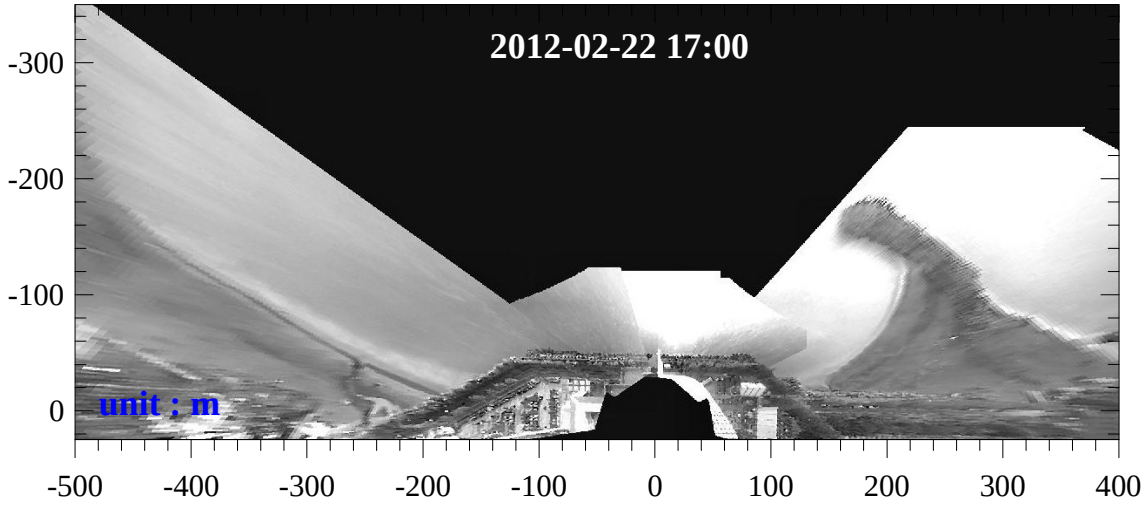
附圖 3I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 14:00)



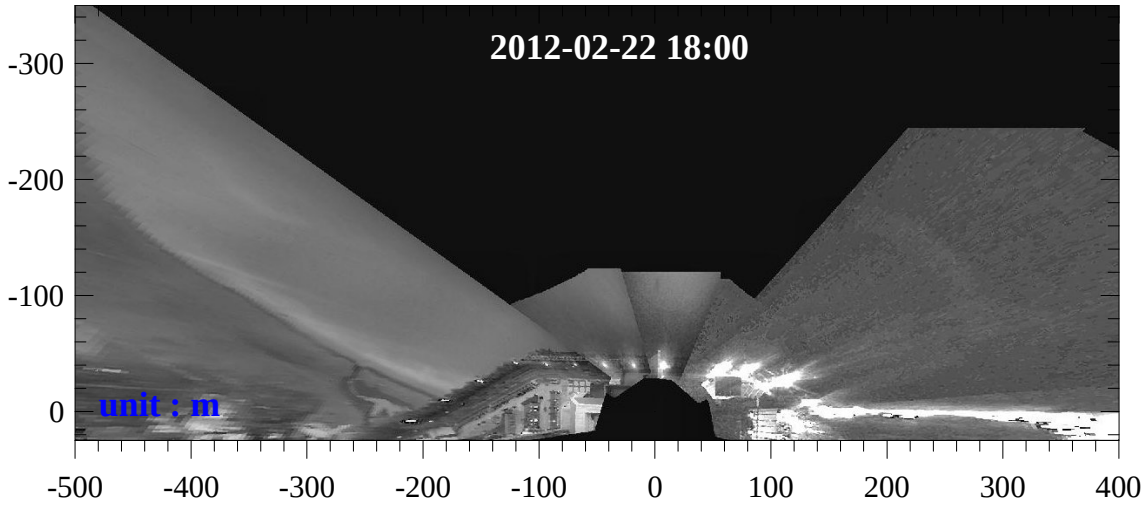
附圖 3J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 15:00)



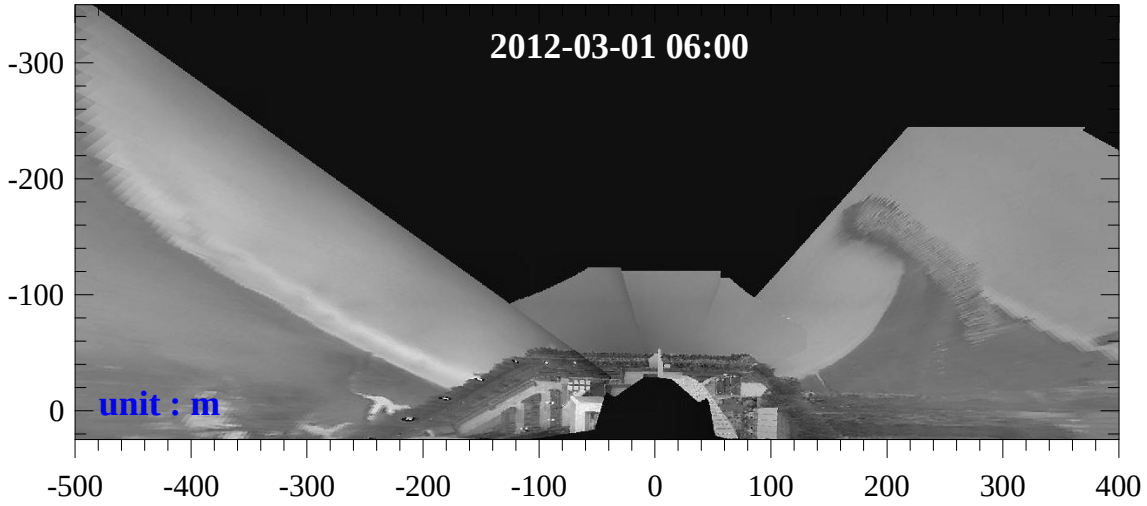
附圖 3K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 16:00)



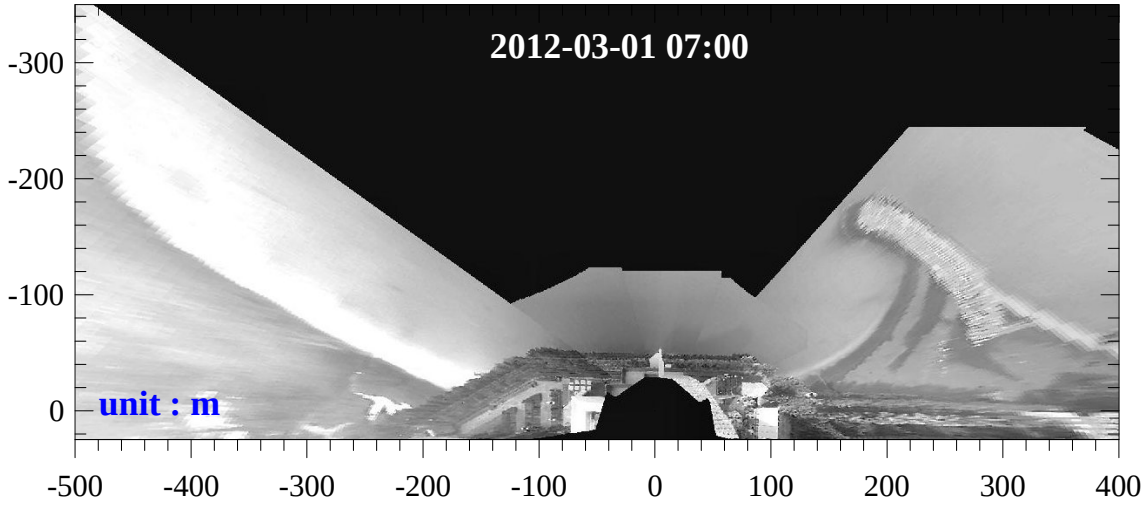
附圖 3L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 17:00)



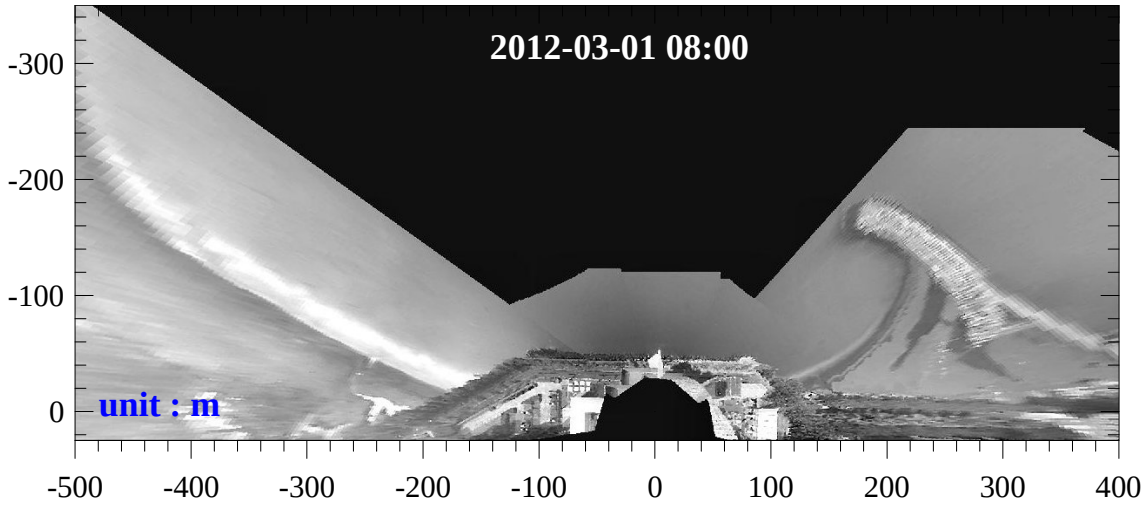
附圖 3M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/02/22 18:00)



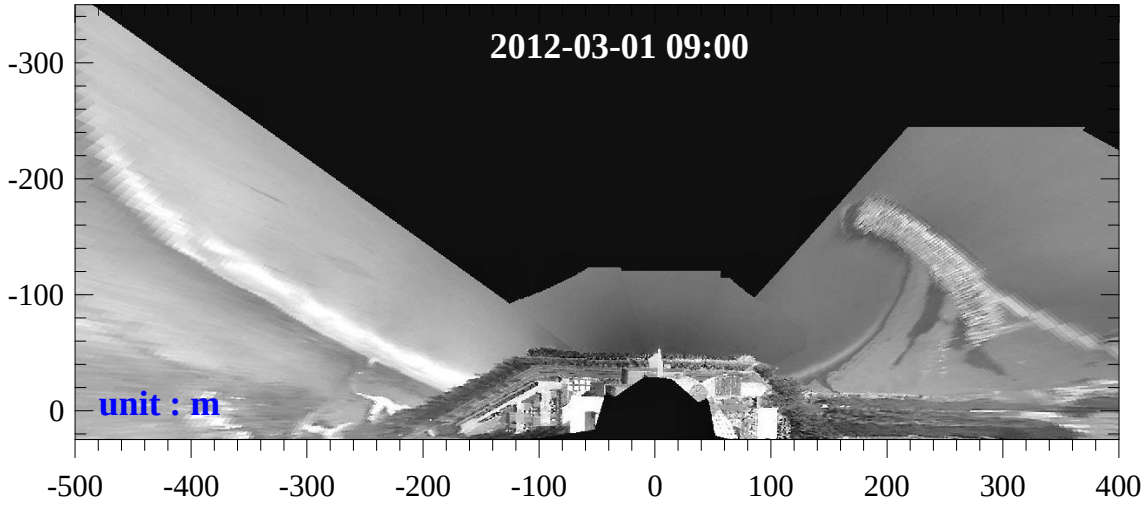
附圖 4A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 06:00)



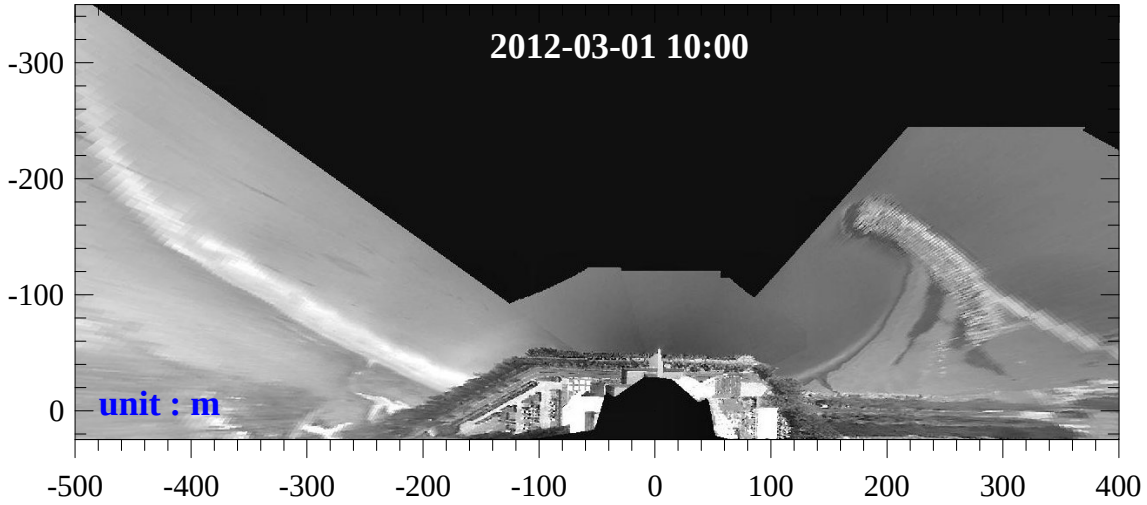
附圖 4B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 07:00)



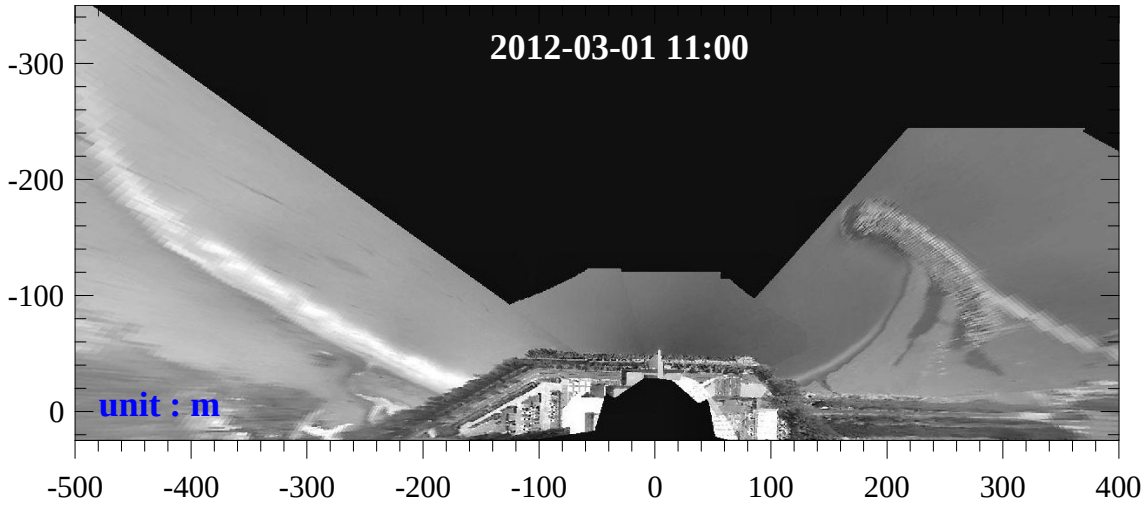
附圖 4C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 08:00)



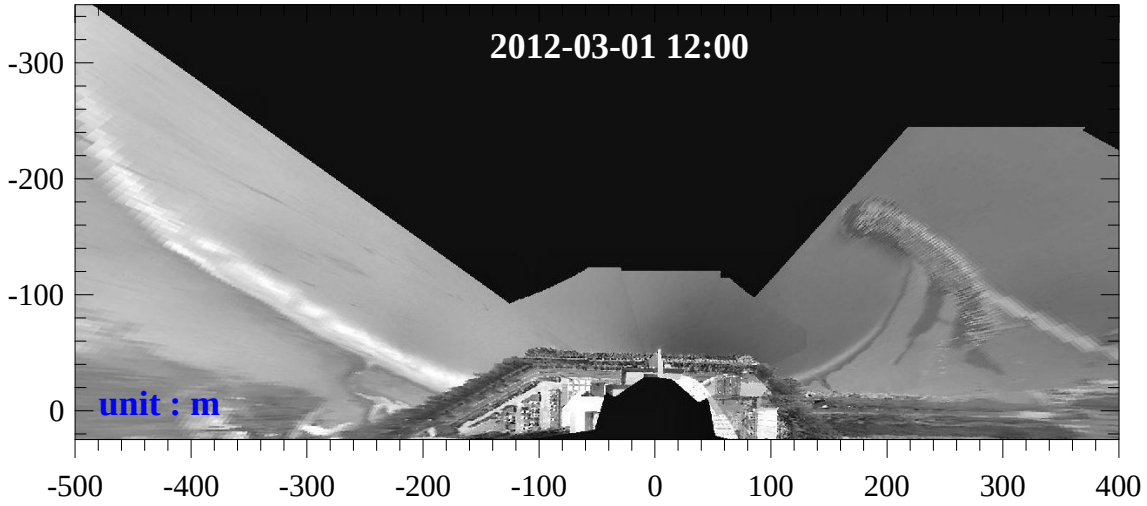
附圖 4D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 09:00)



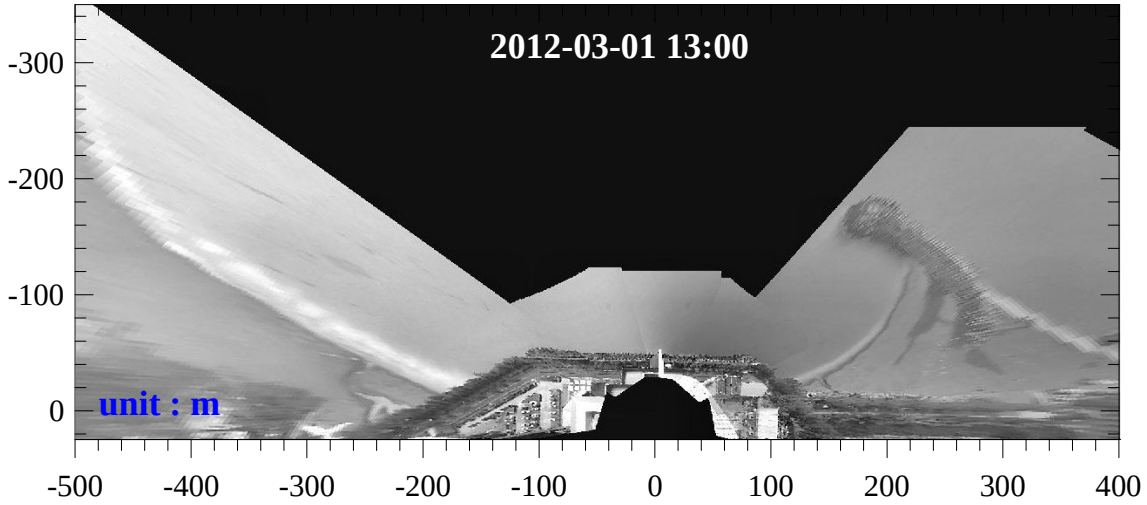
附圖 4E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 10:00)



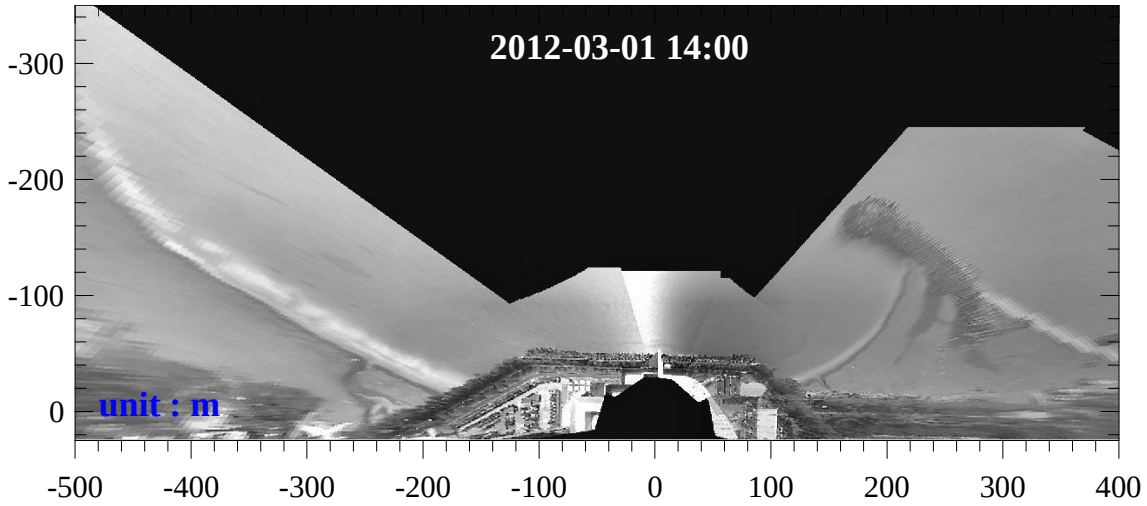
附圖 4F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 11:00)



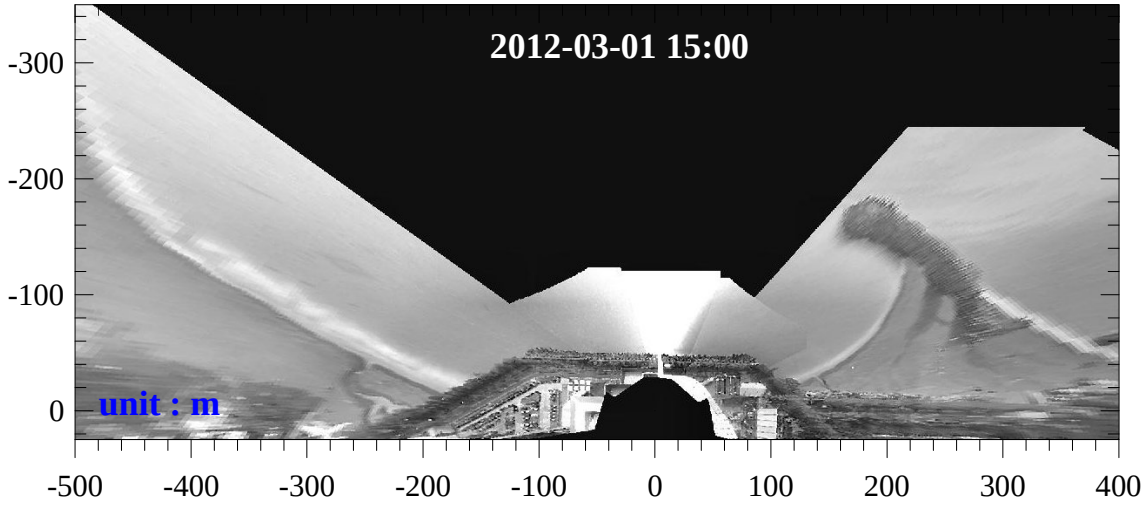
附圖 4G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 12:00)



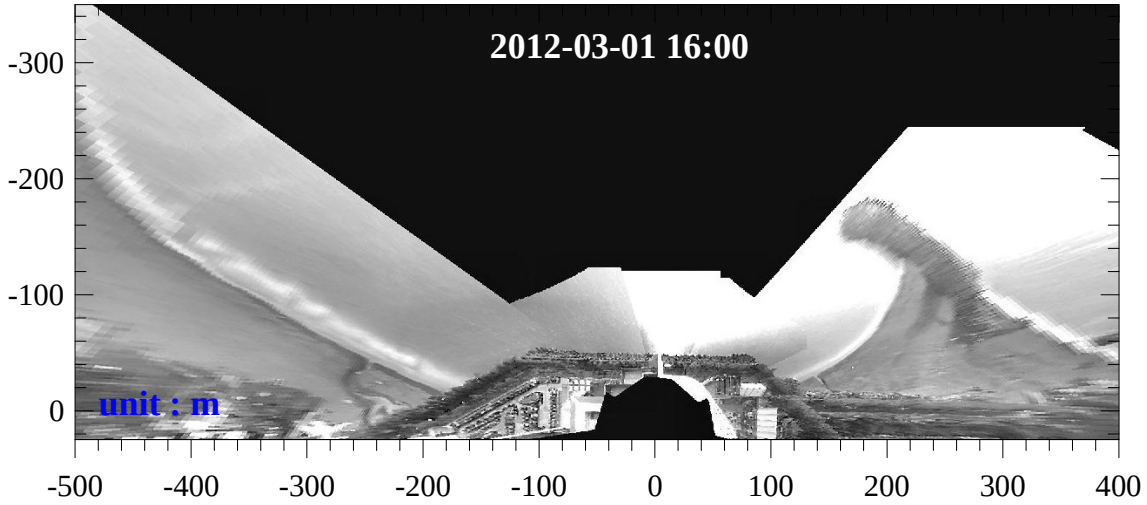
附圖 4H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 13:00)



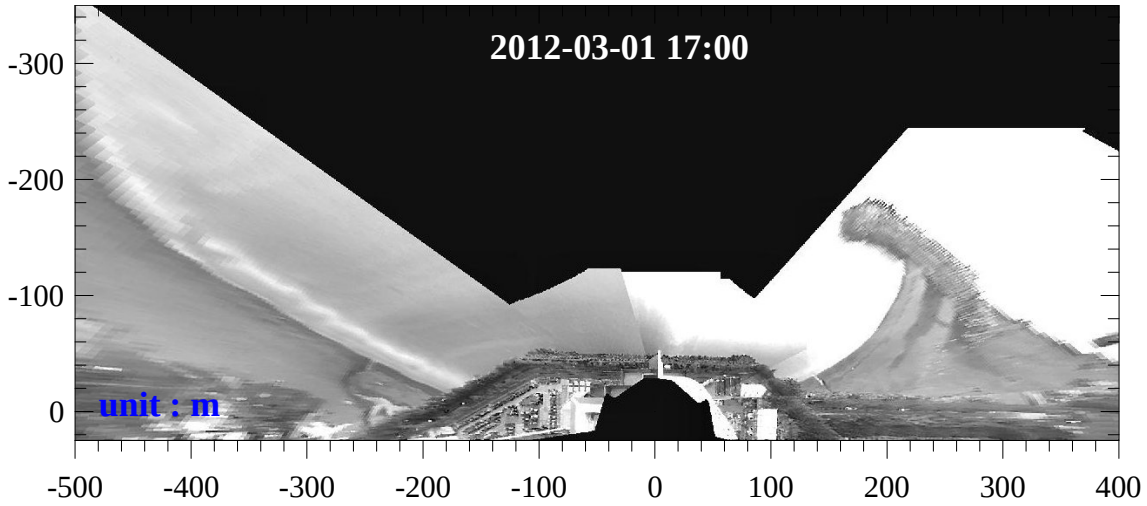
附圖 4I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 14:00)



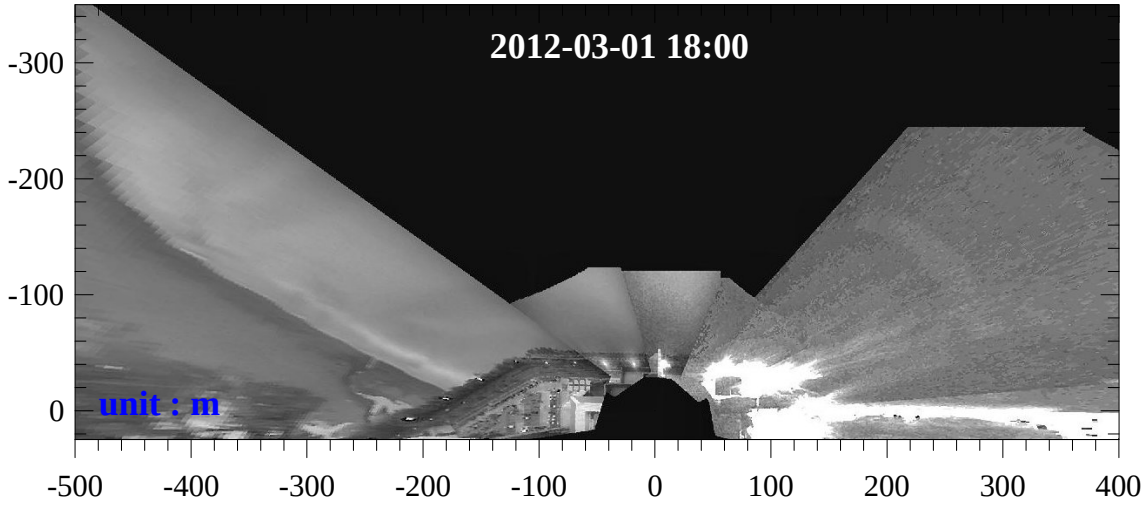
附圖 4J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 15:00)



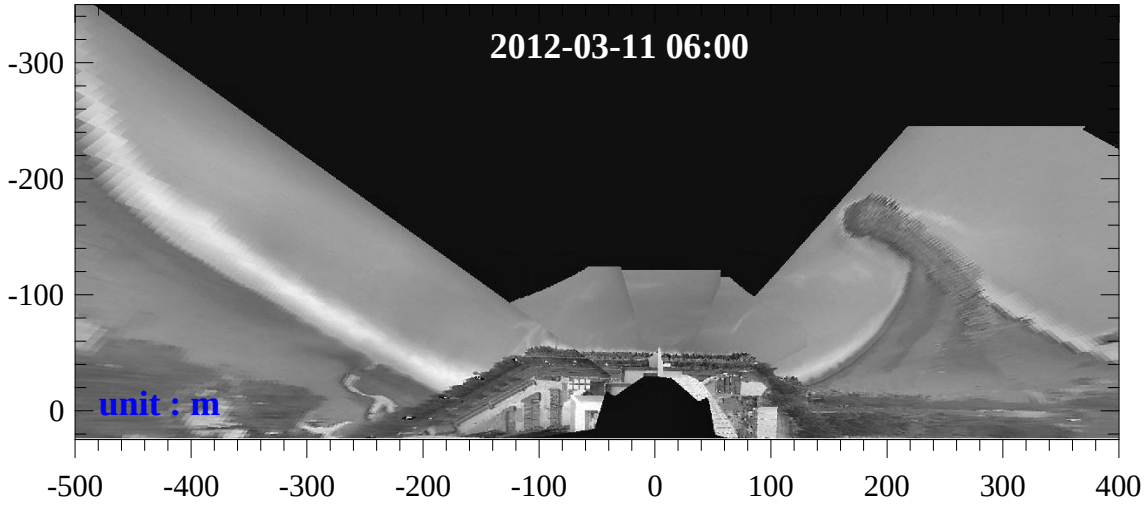
附圖 4K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 16:00)



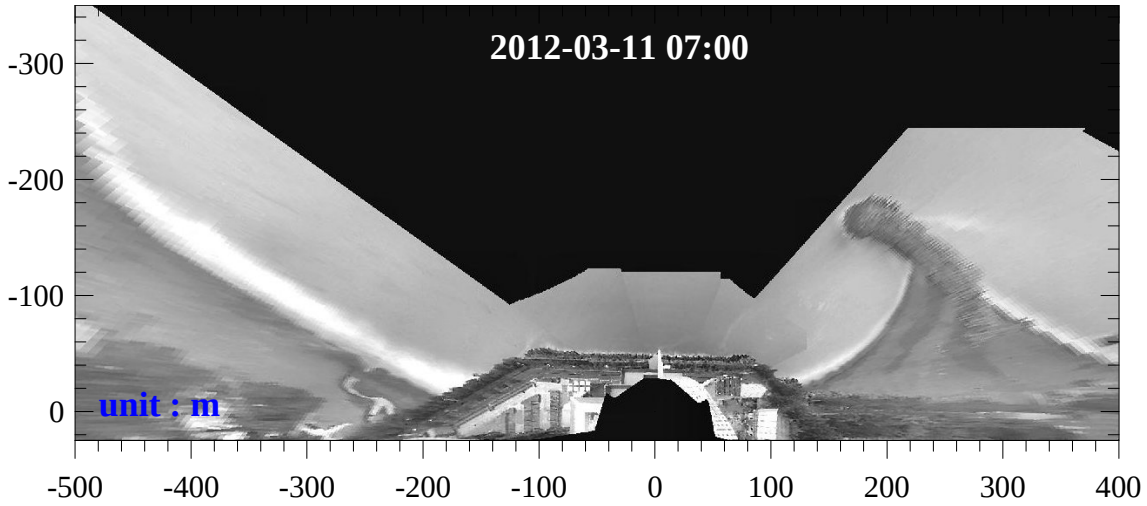
附圖 4L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 17:00)



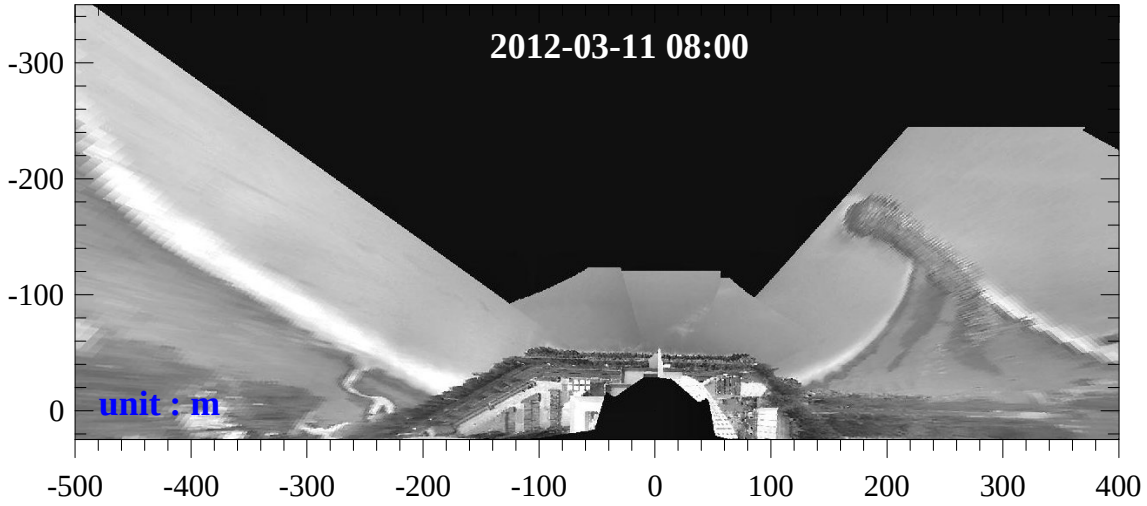
附圖 4M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/01 18:00)



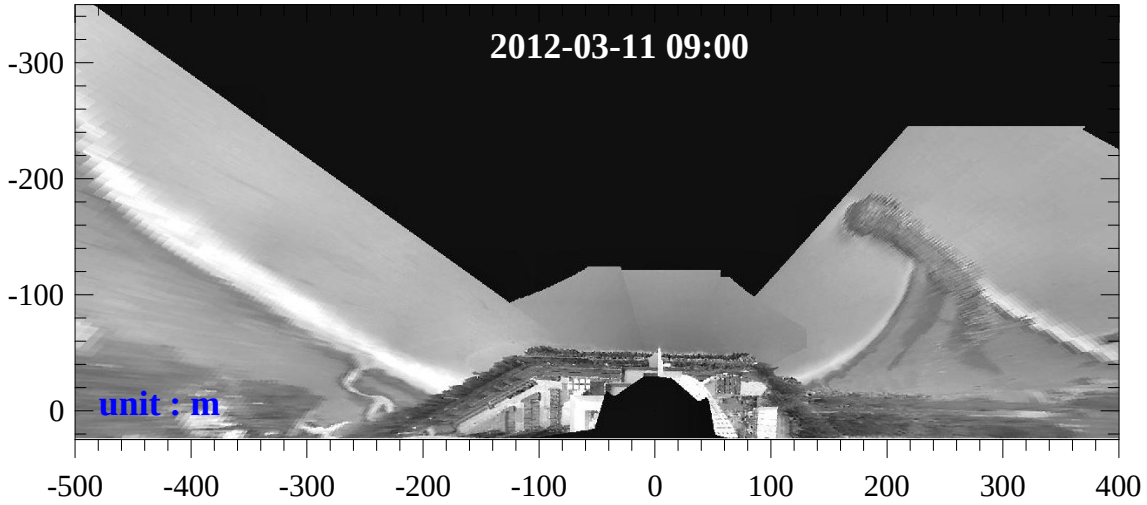
附圖 5A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 06:00)



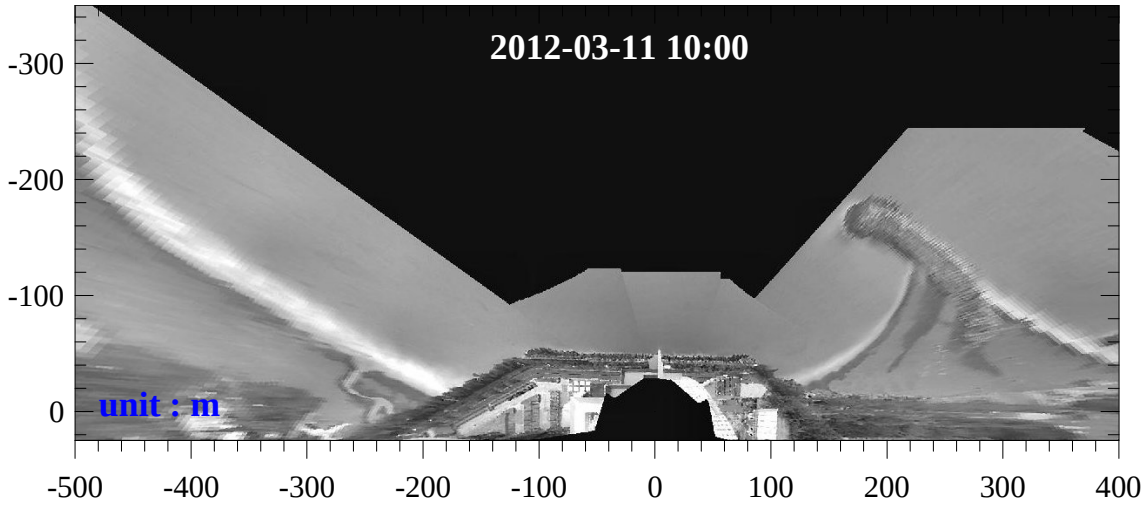
附圖 5B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 07:00)



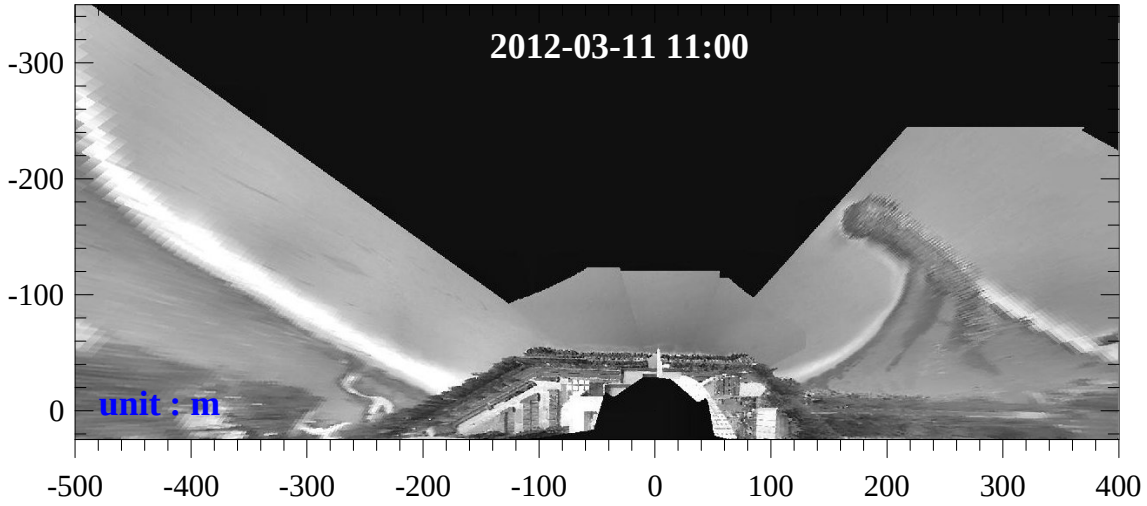
附圖 5C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 08:00)



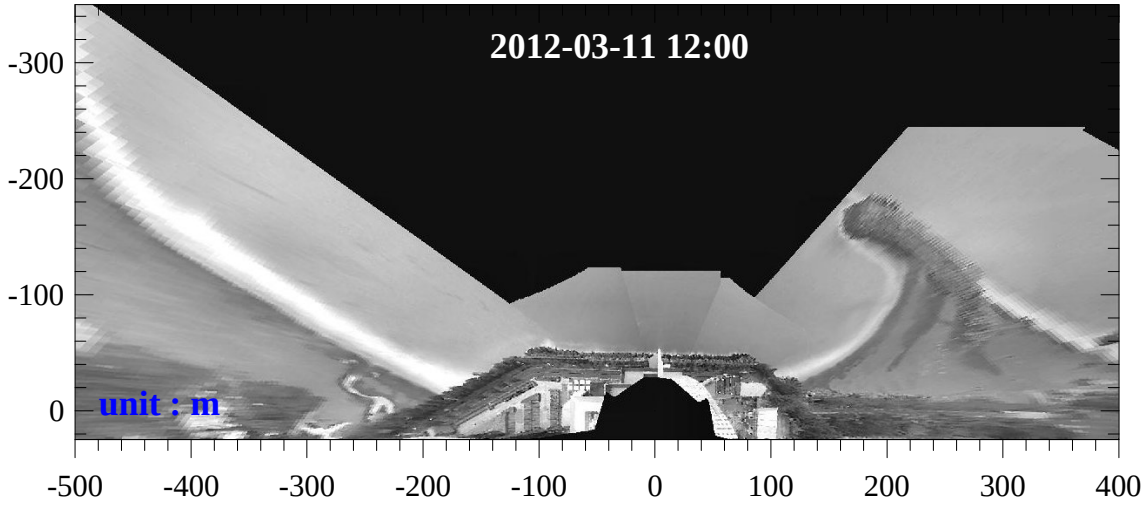
附圖 5D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 09:00)



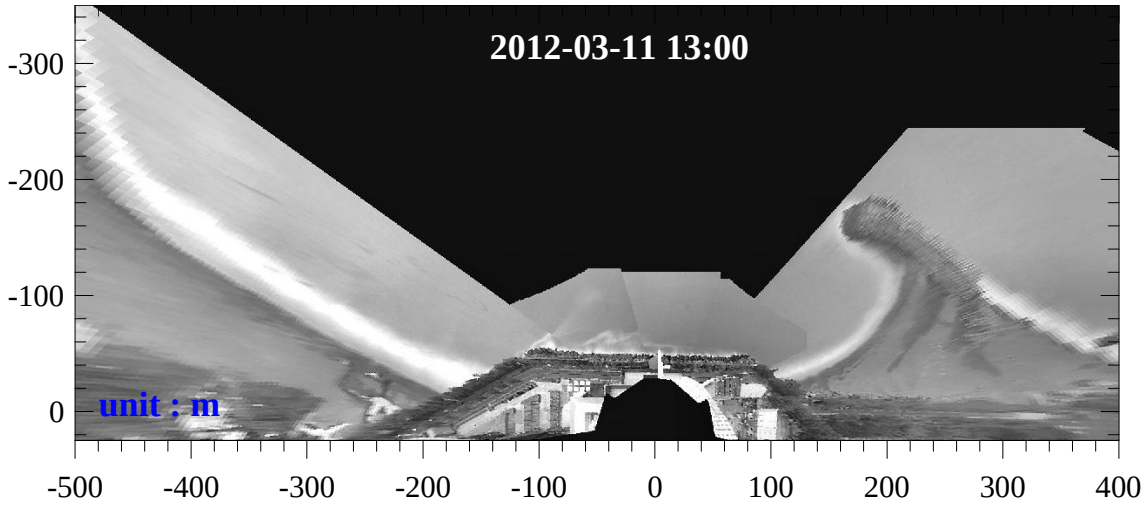
附圖 5E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 10:00)



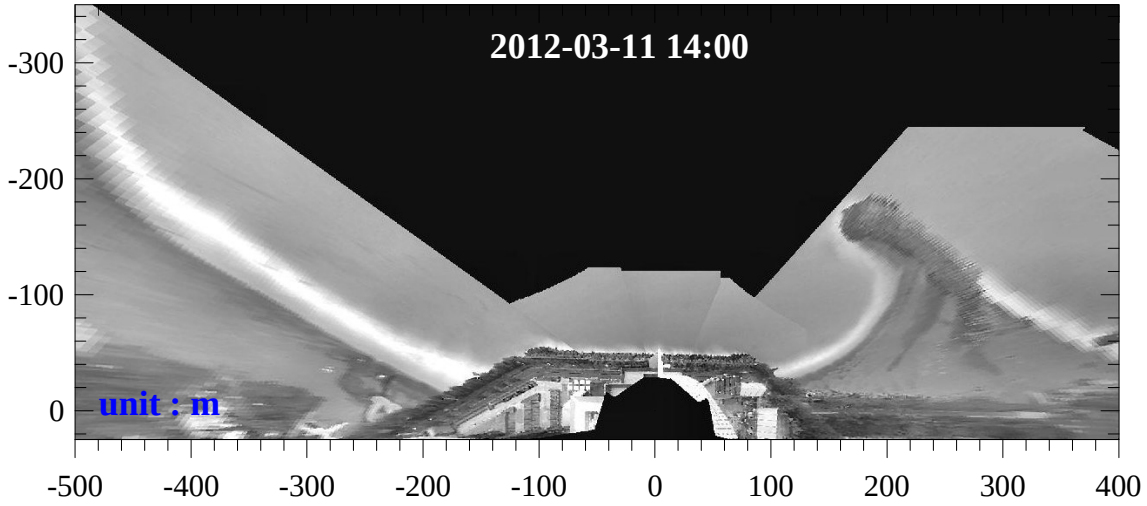
附圖 5F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 11:00)



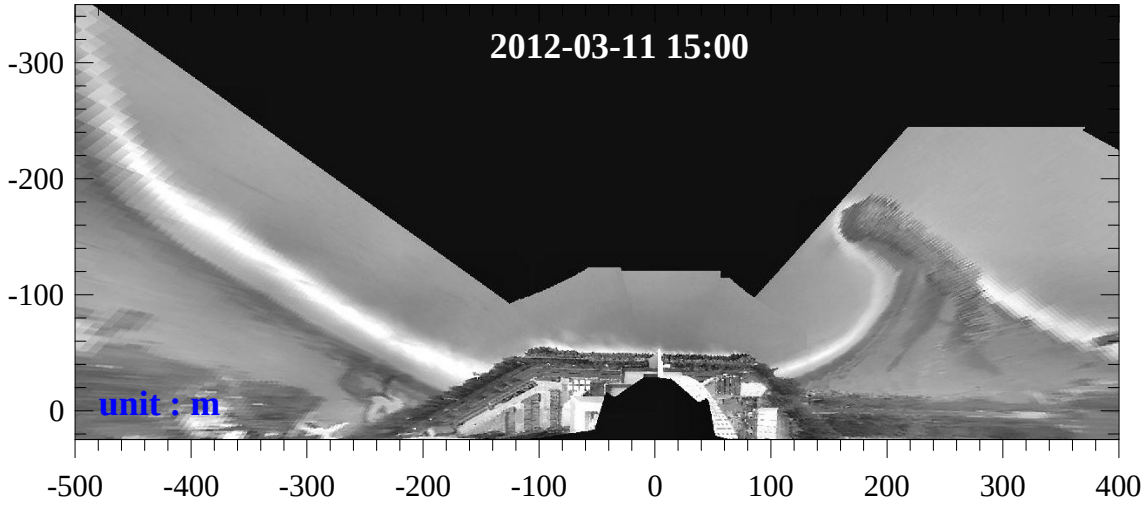
附圖 5G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 12:00)



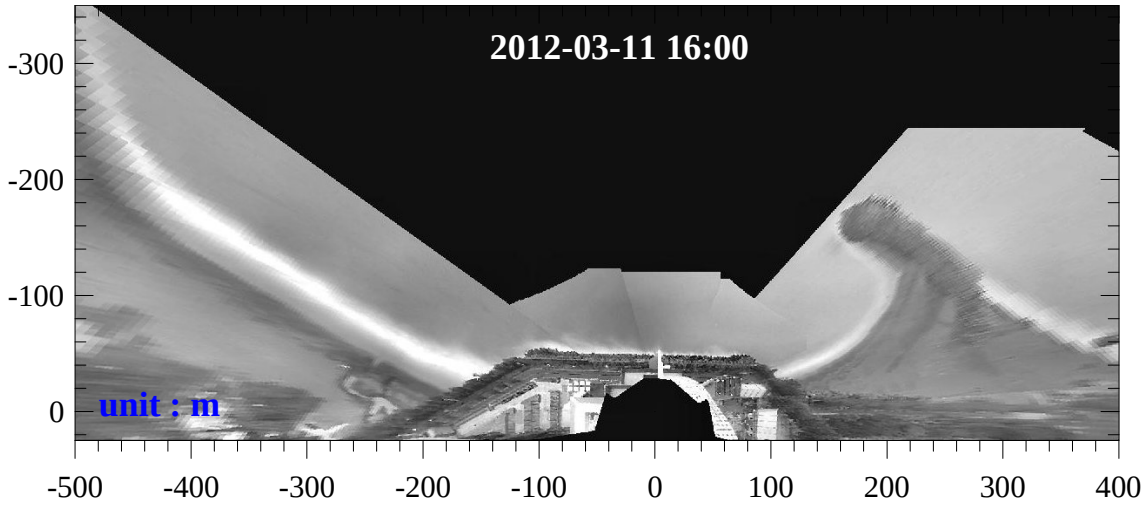
附圖 5H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 13:00)



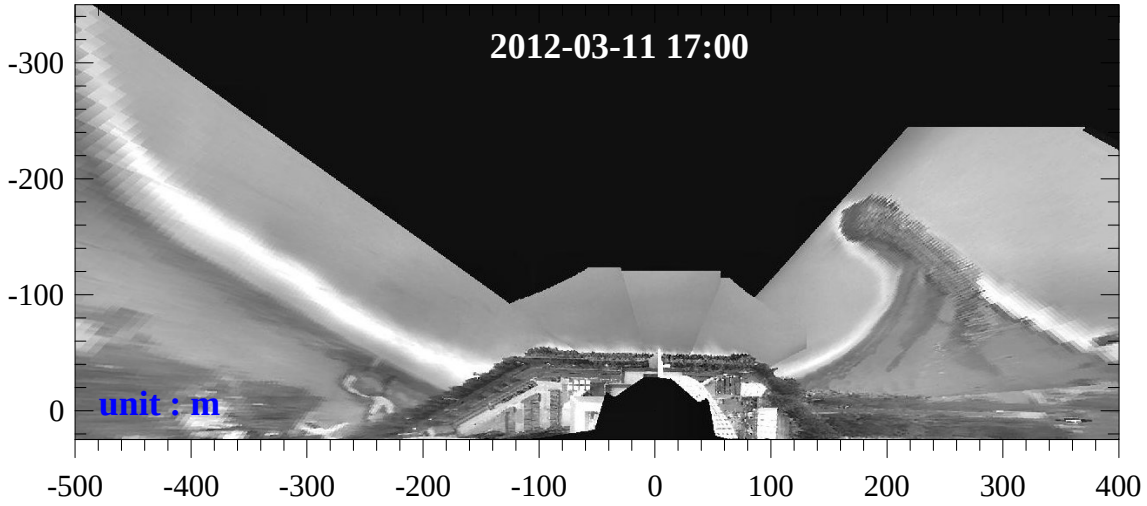
附圖 5I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 14:00)



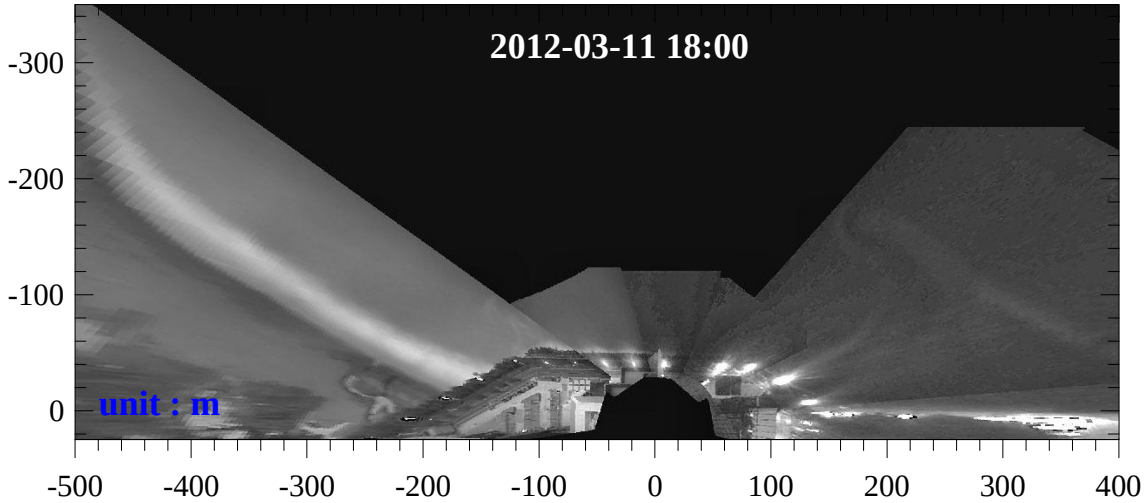
附圖 5J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 15:00)



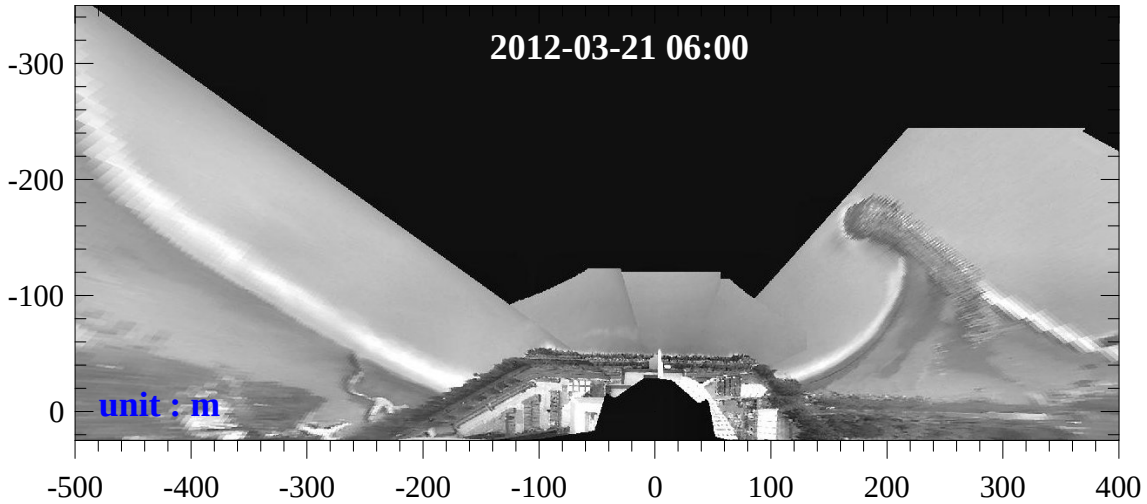
附圖 5K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 16:00)



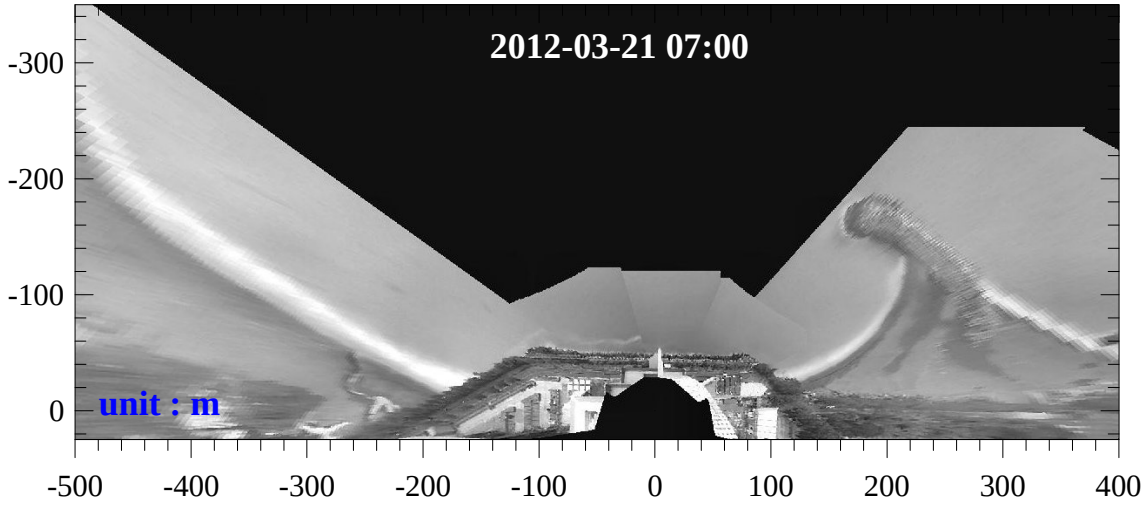
附圖 5L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 17:00)



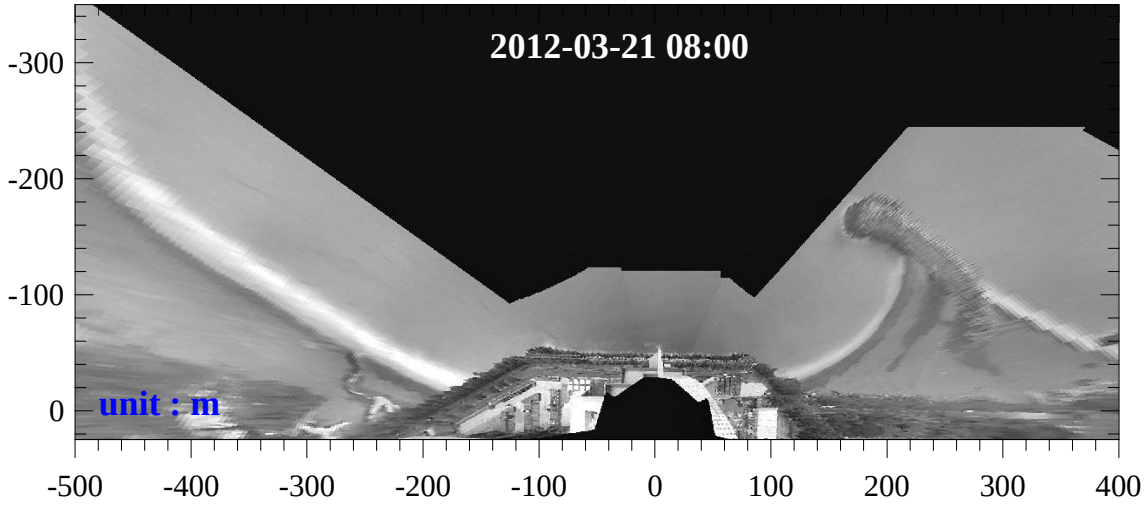
附圖 5M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/11 18:00)



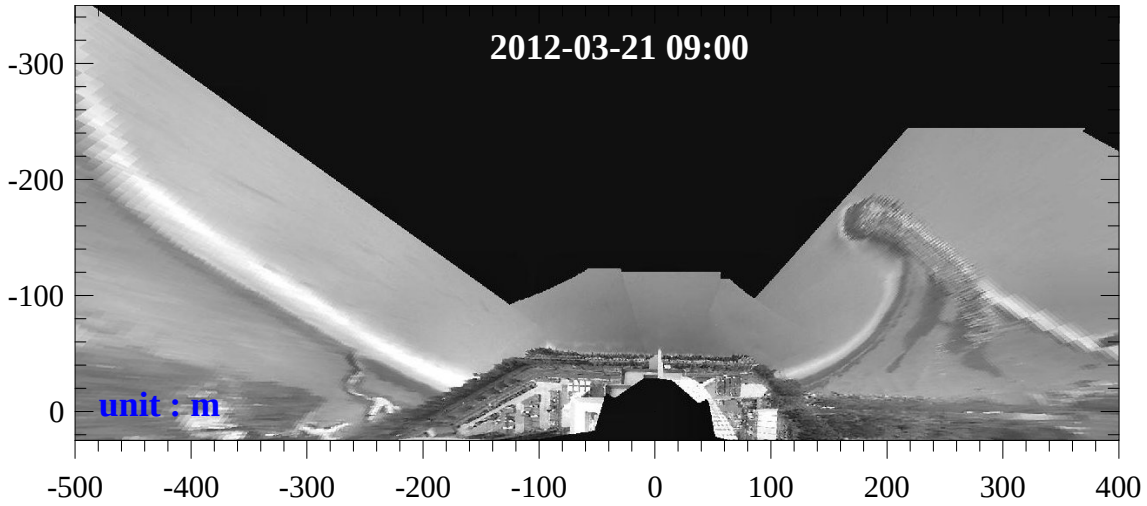
附圖 6A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 06:00)



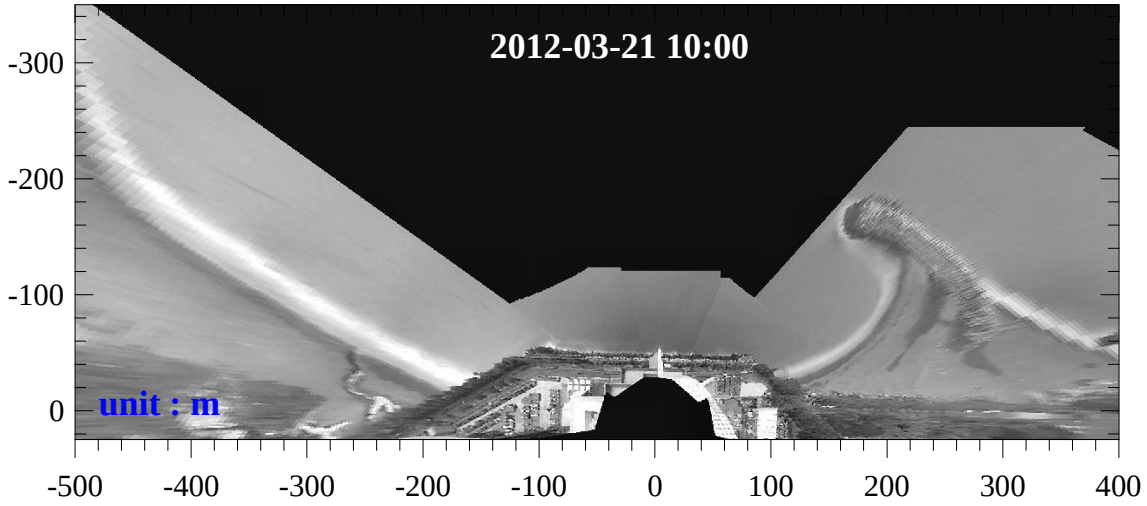
附圖 6B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 07:00)



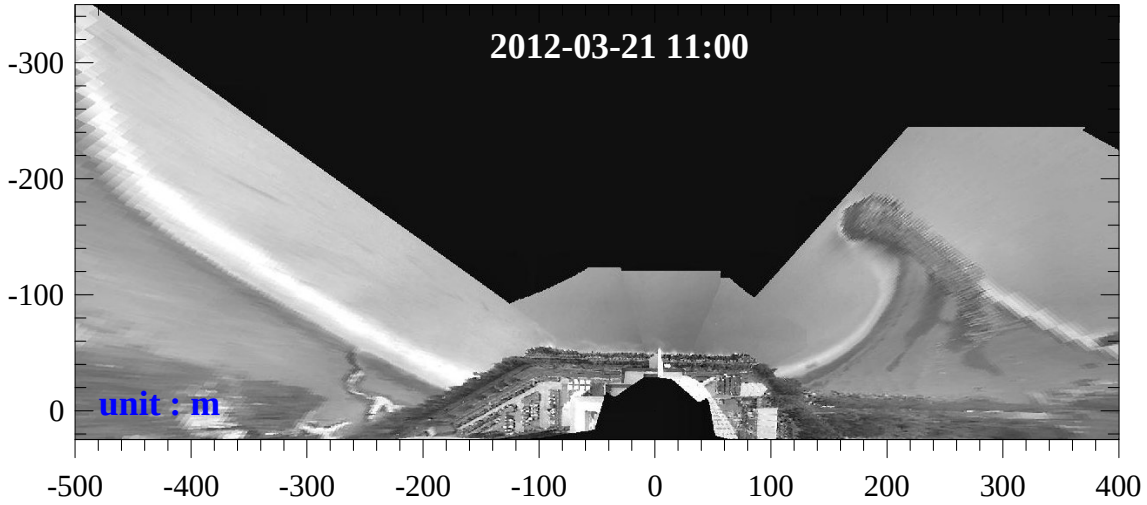
附圖 6C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 08:00)



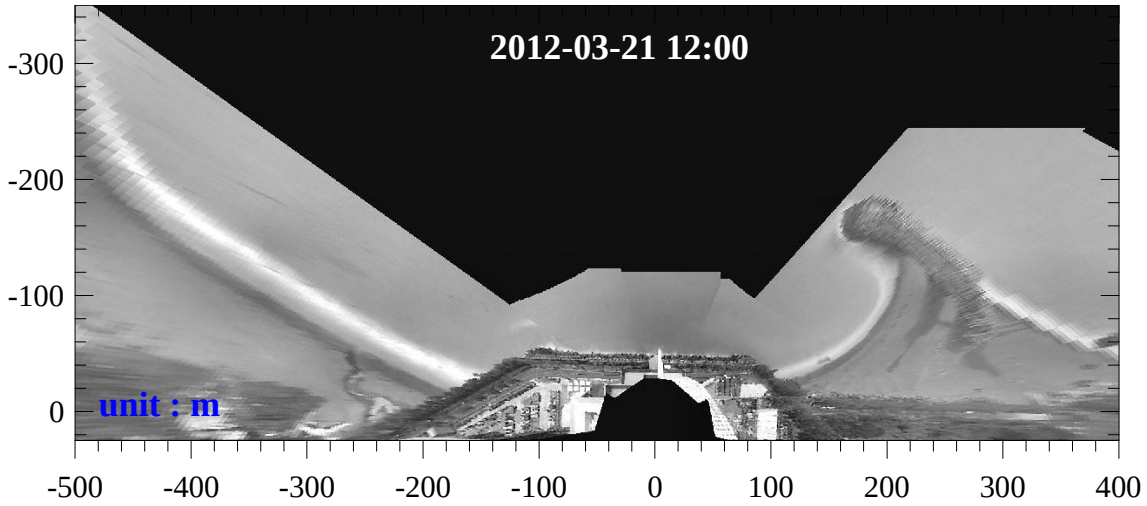
附圖 6D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 09:00)



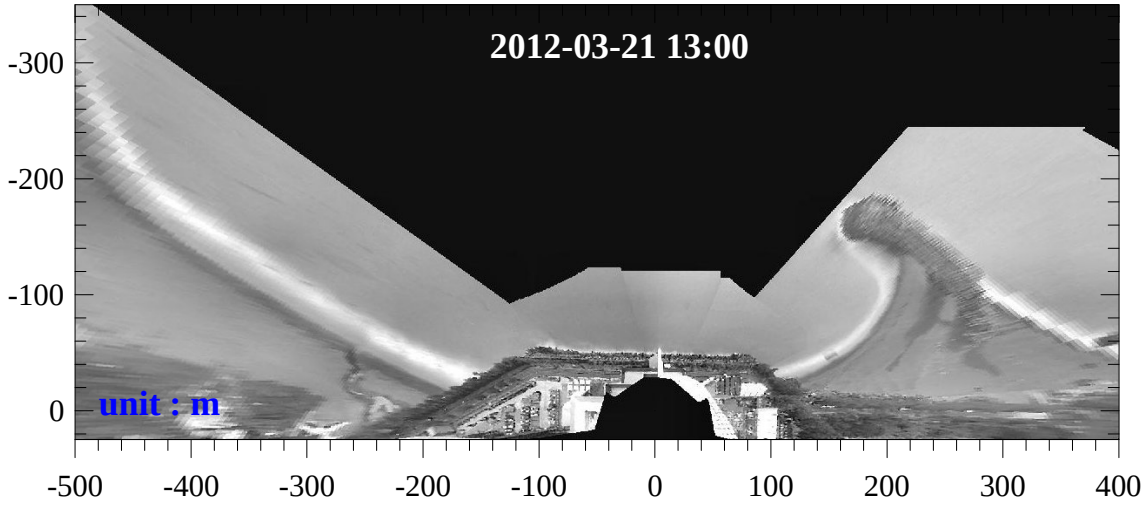
附圖 6E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 10:00)



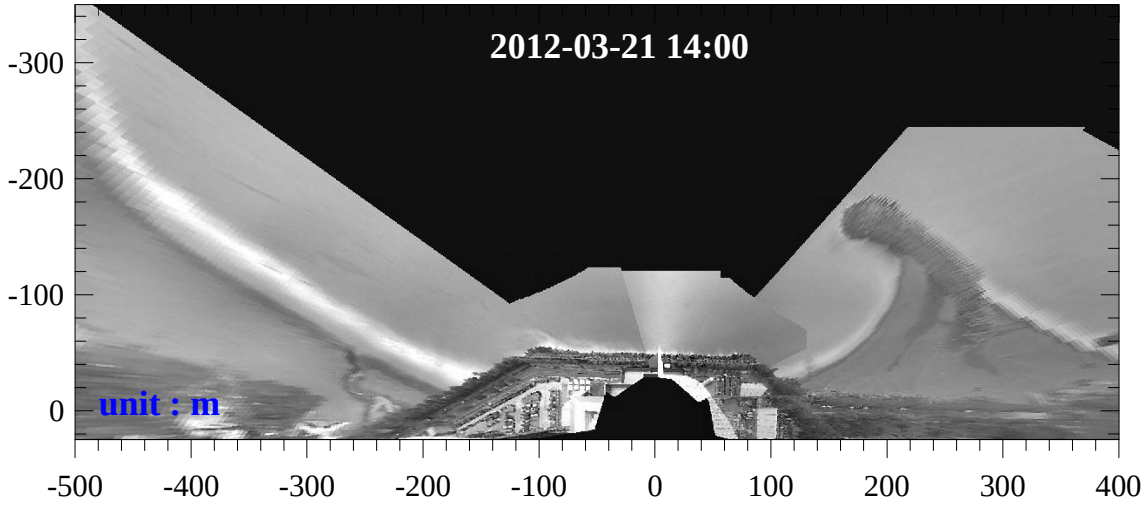
附圖 6F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 11:00)



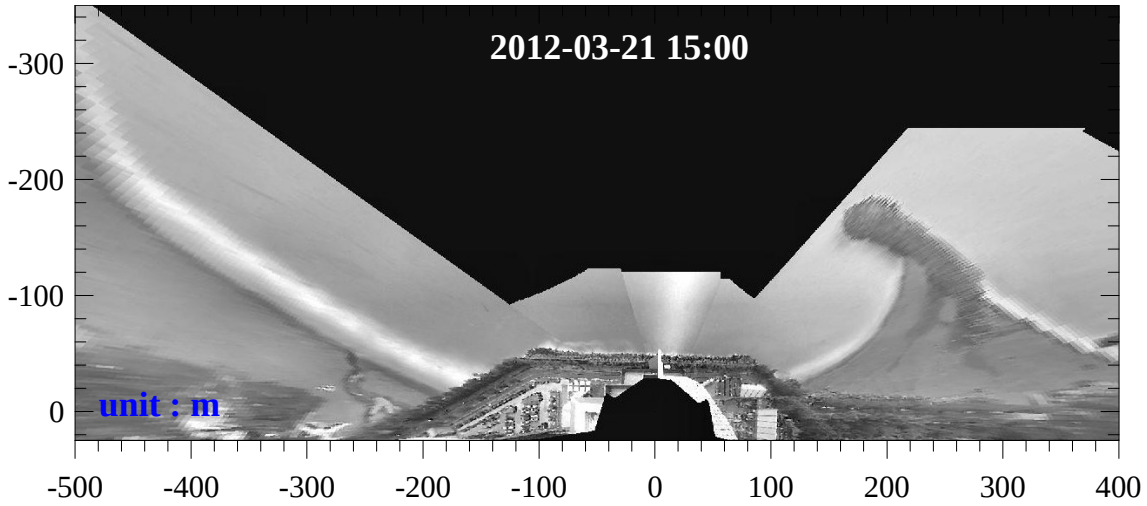
附圖 6G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 12:00)



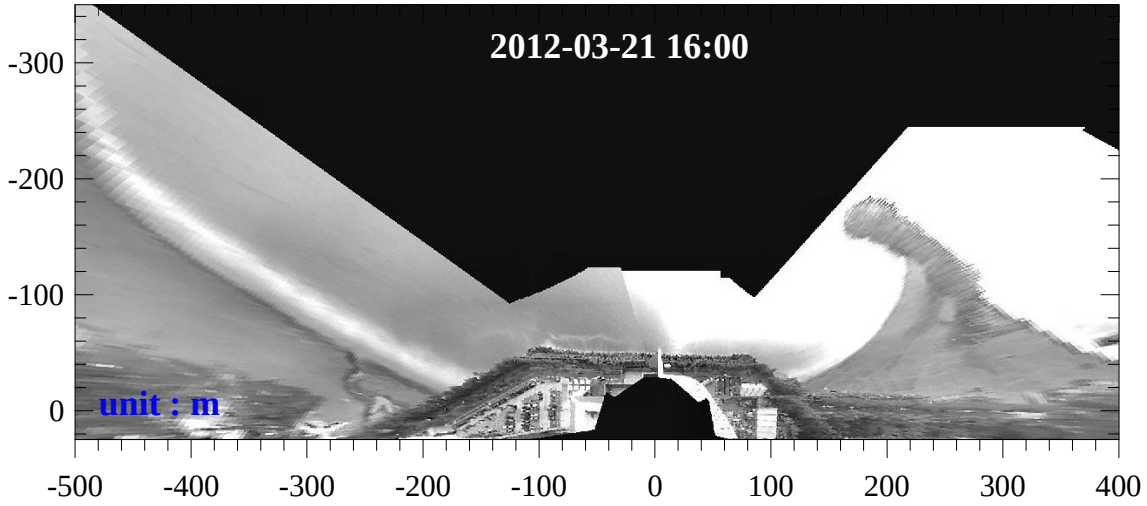
附圖 6H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 13:00)



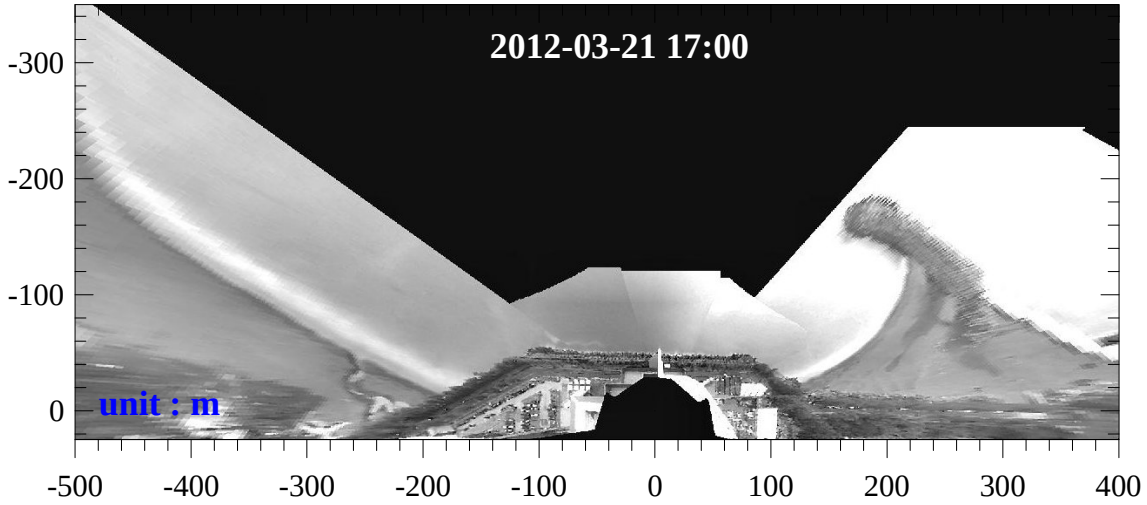
附圖 6I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 14:00)



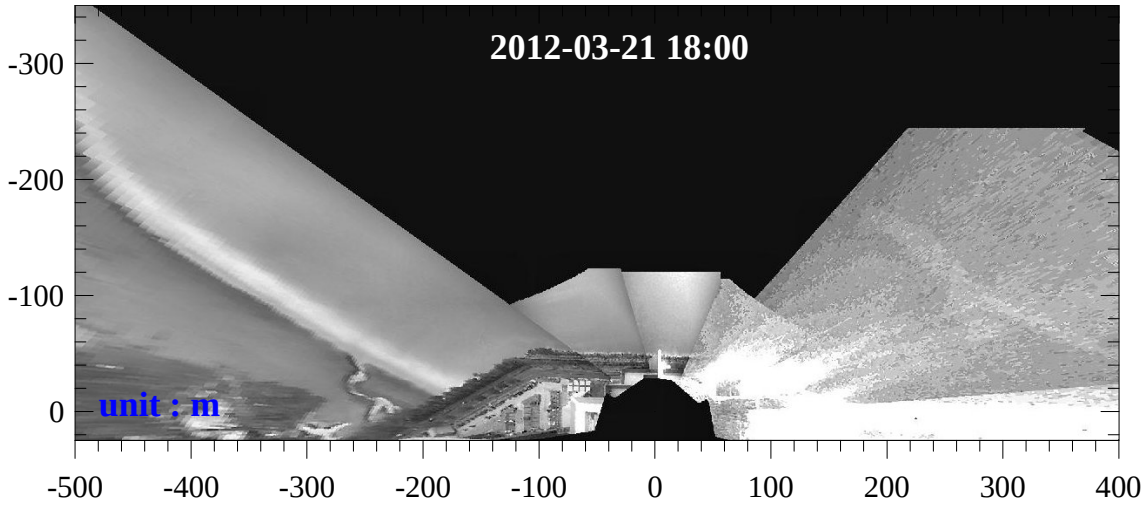
附圖 6J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 15:00)



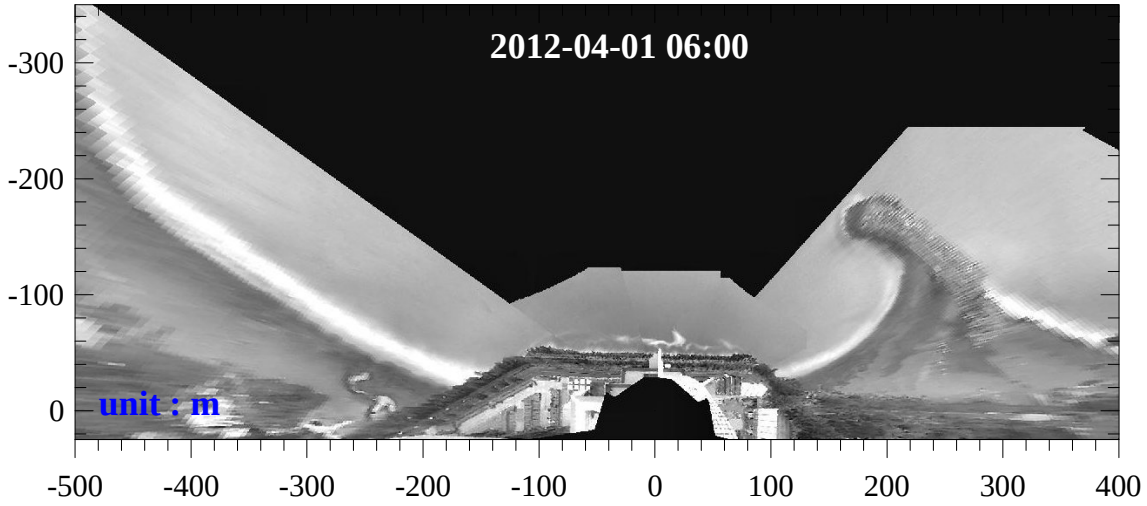
附圖 6K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 16:00)



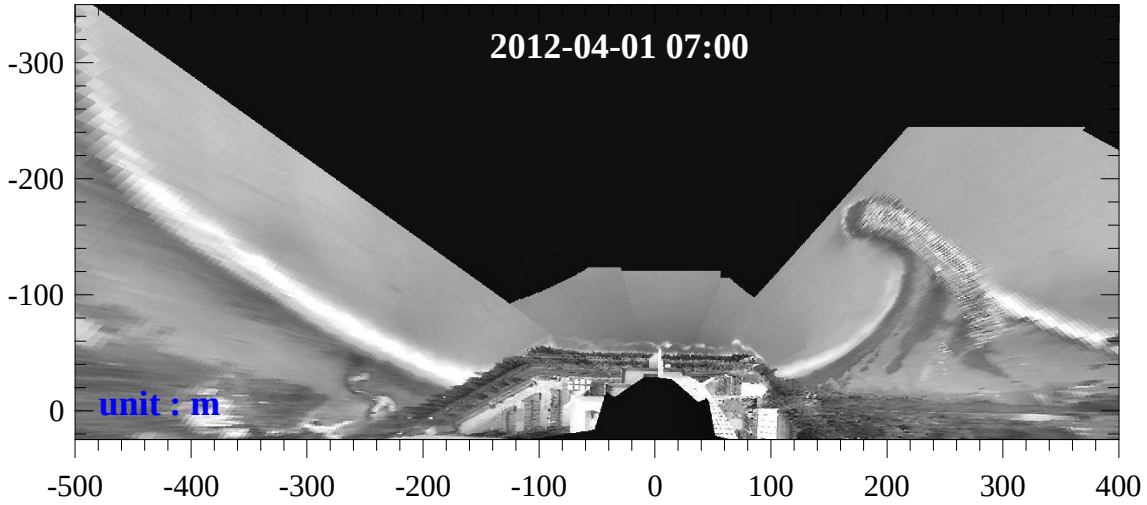
附圖 6L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 17:00)



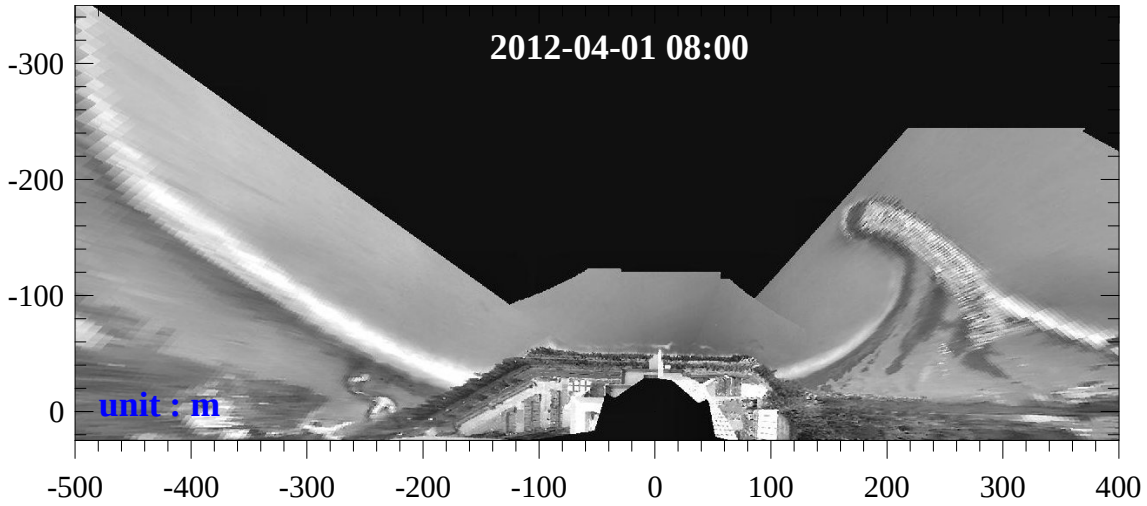
附圖 6M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/03/21 18:00)



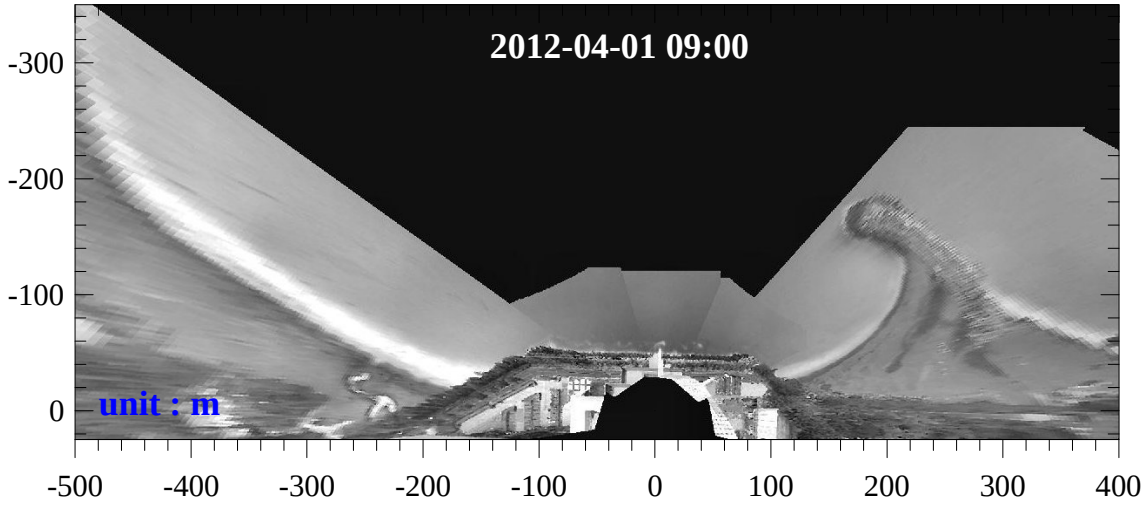
附圖 7A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 06:00)



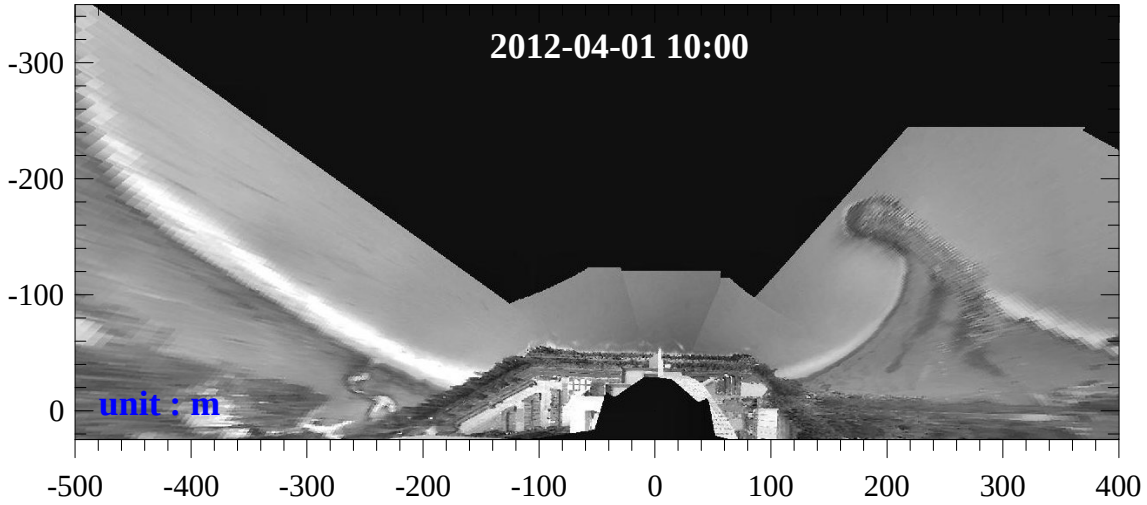
附圖 7B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 07:00)



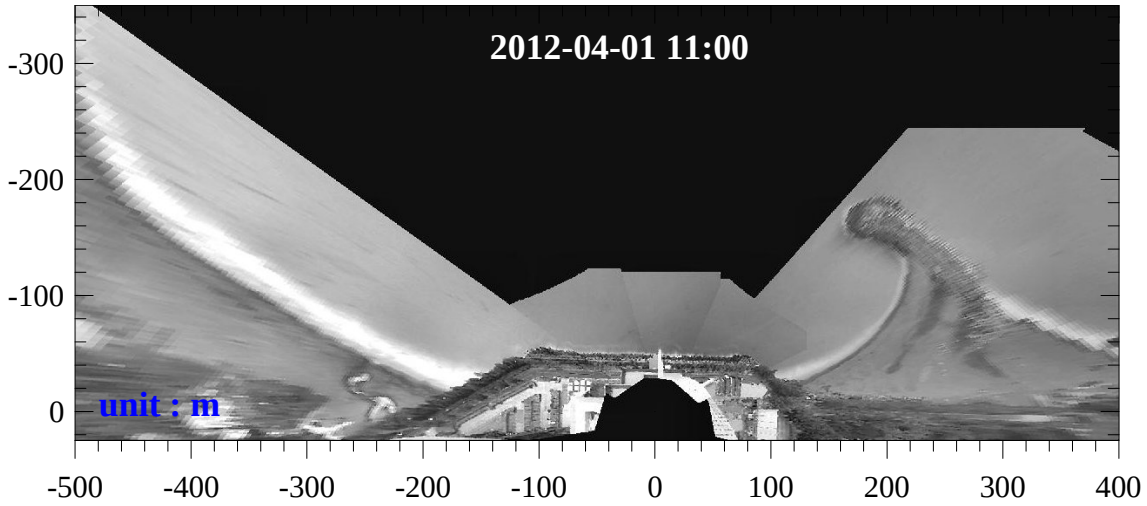
附圖 7C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 08:00)



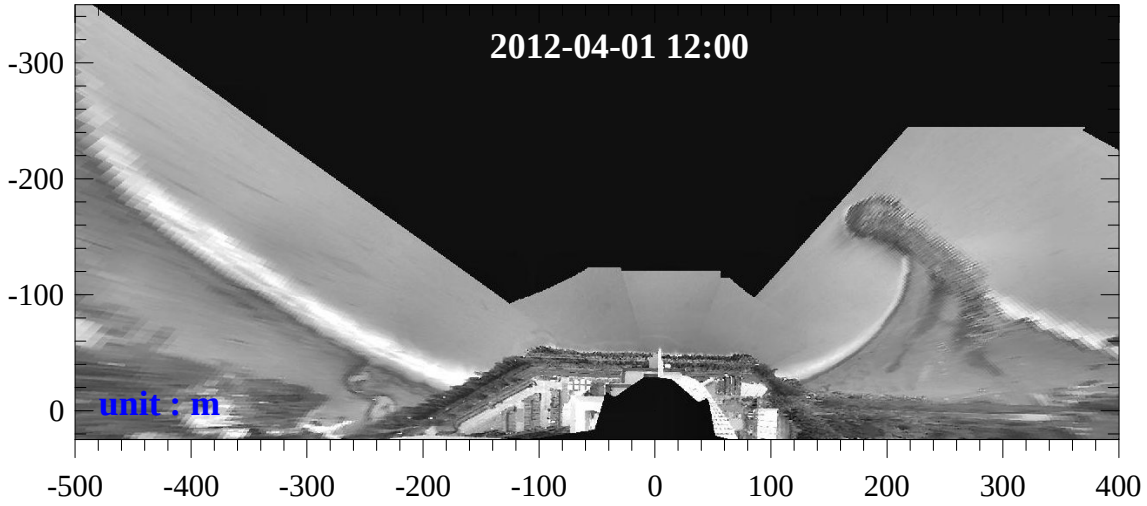
附圖 7D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 09:00)



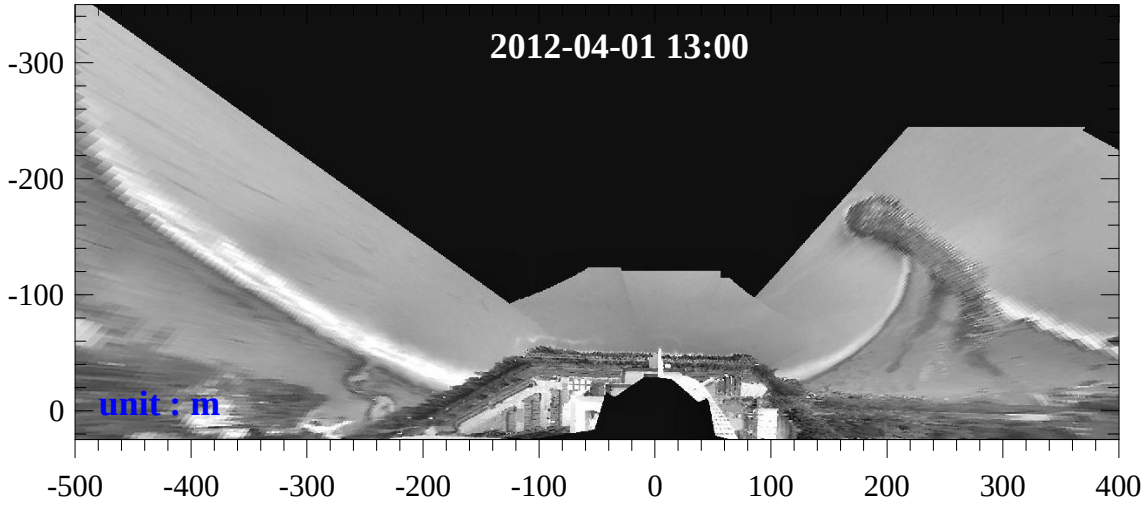
附圖 7E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 10:00)



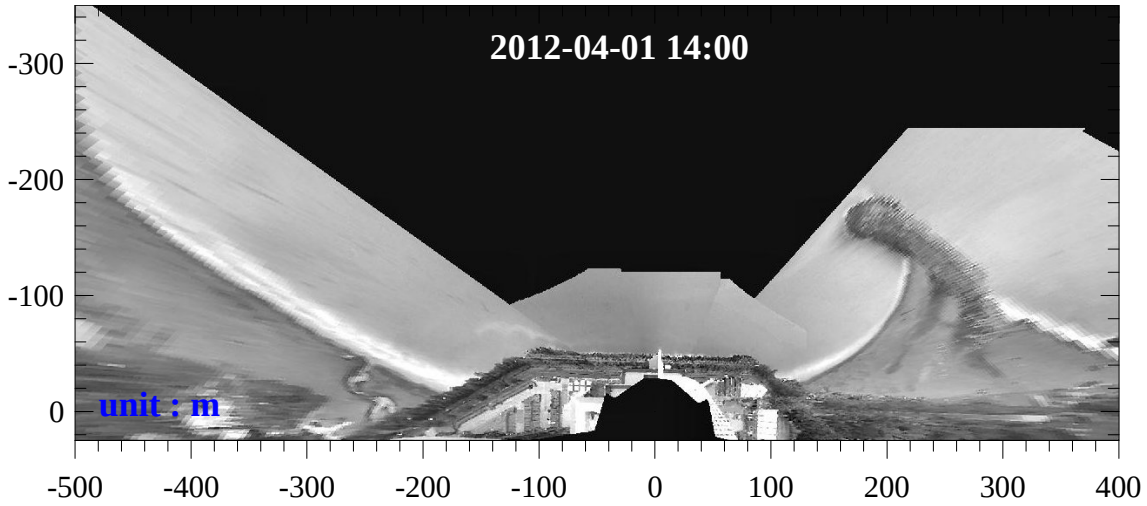
附圖 7F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 11:00)



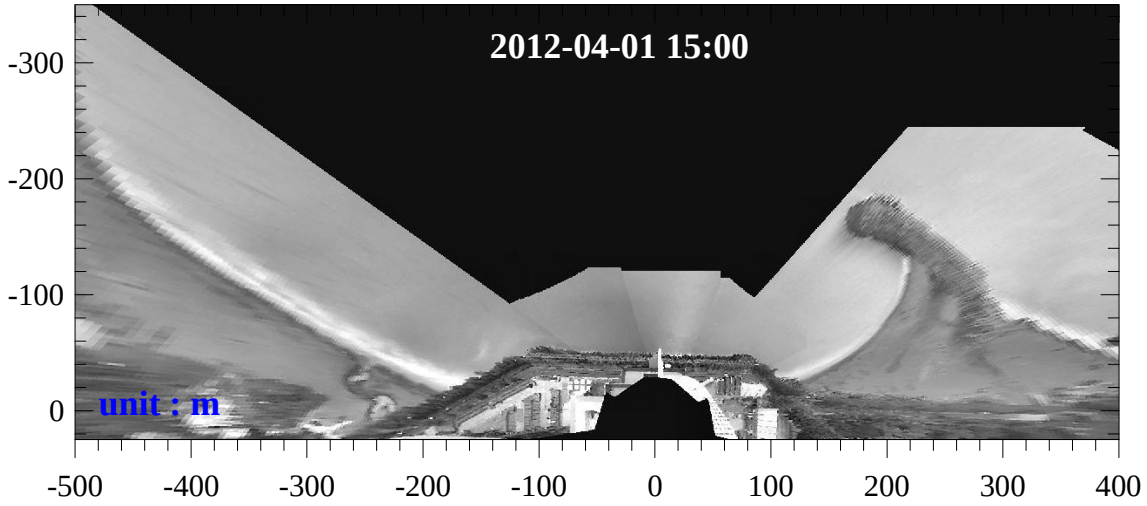
附圖 7G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 12:00)



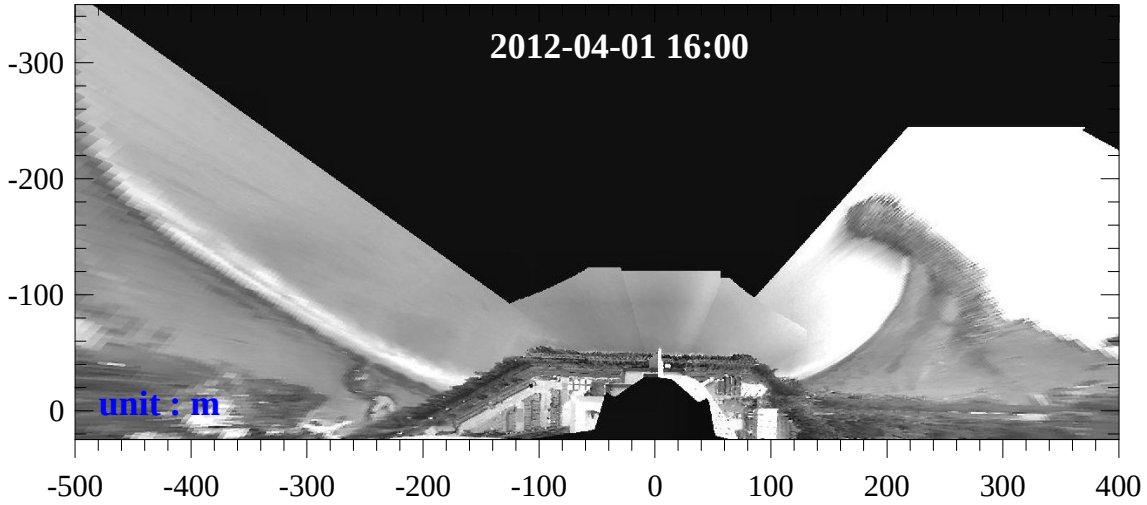
附圖 7H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 13:00)



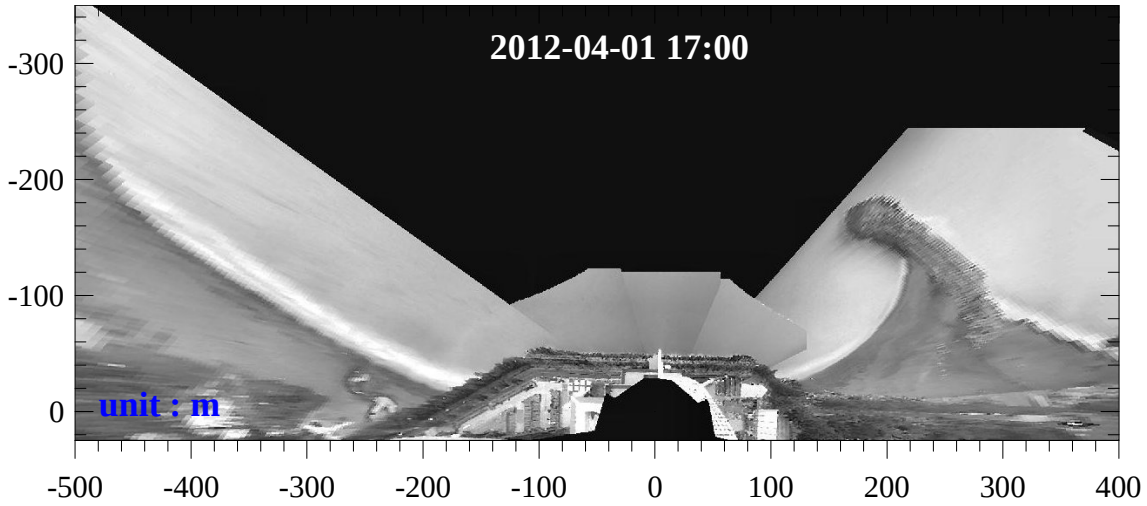
附圖 7I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 14:00)



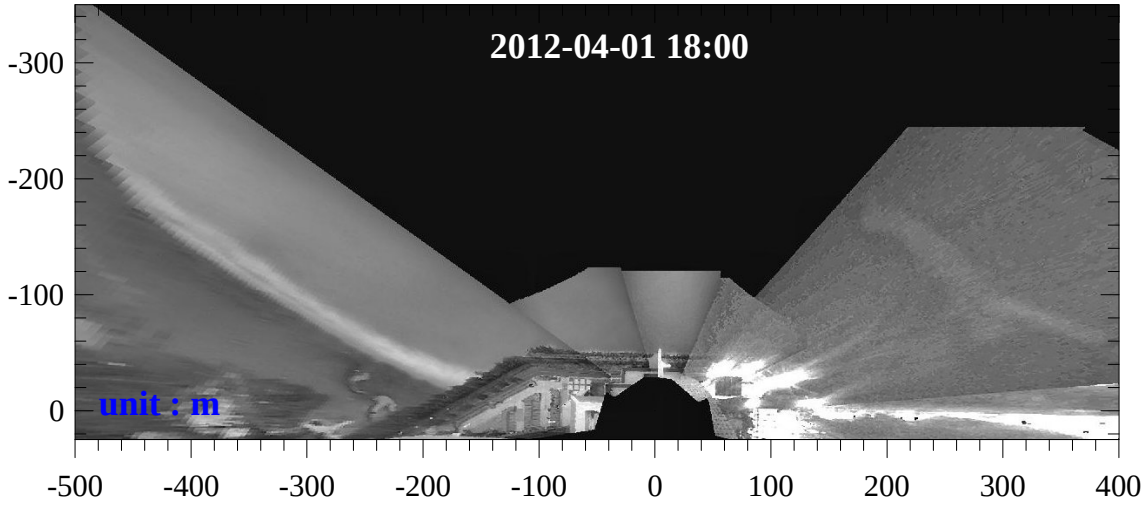
附圖 7J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 15:00)



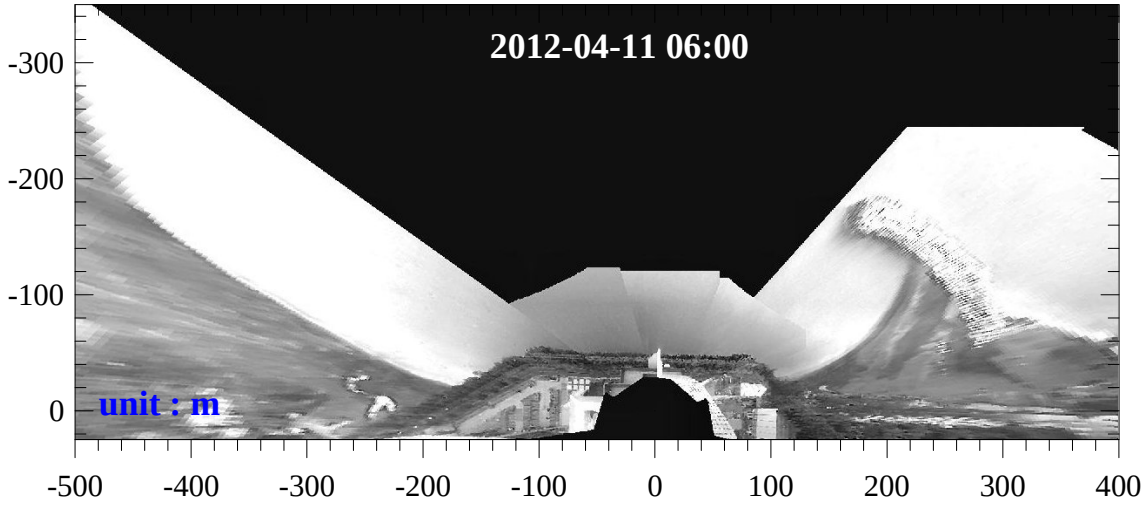
附圖 7K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 16:00)



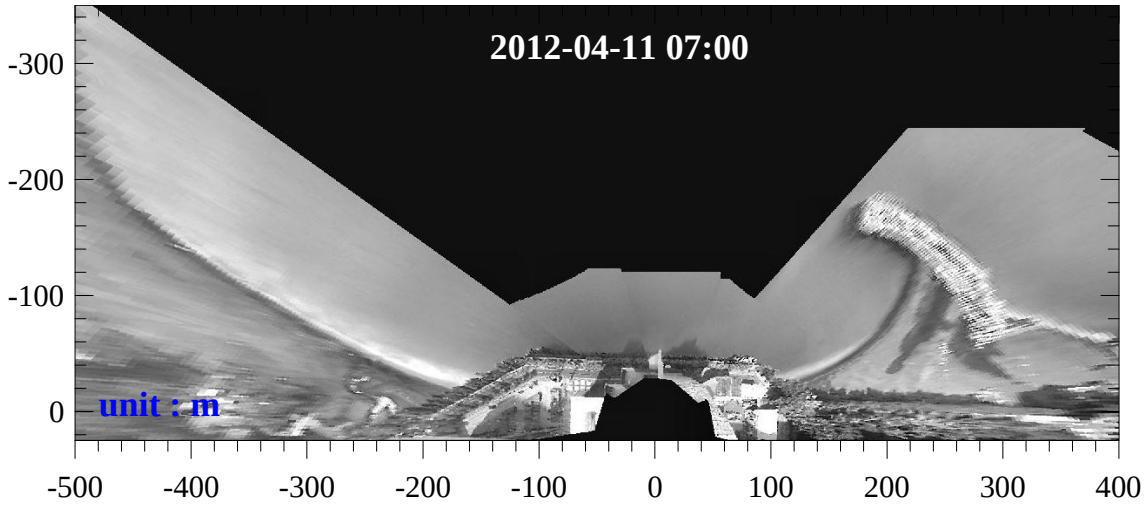
附圖 7L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 17:00)



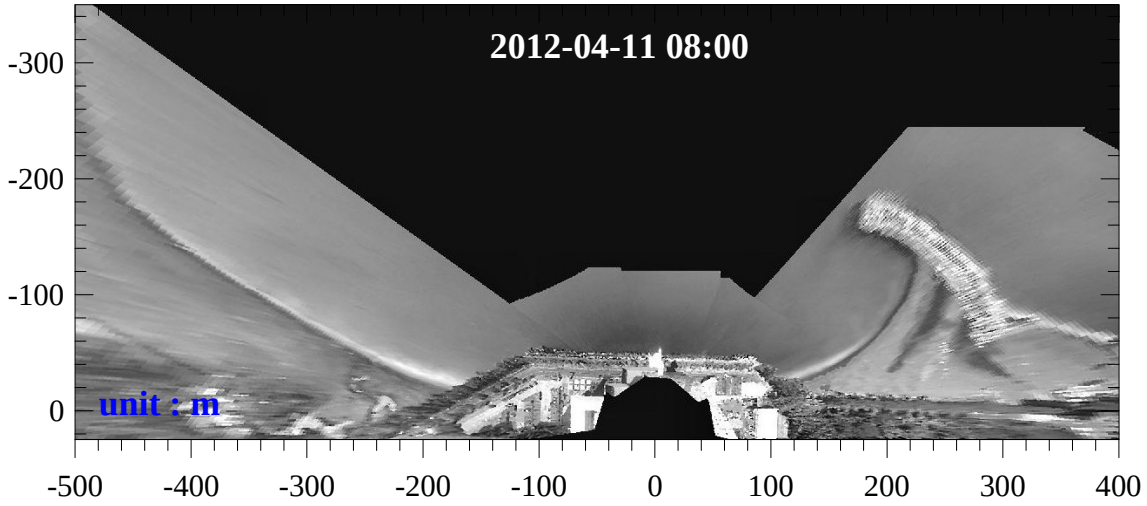
附圖 7M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/01 18:00)



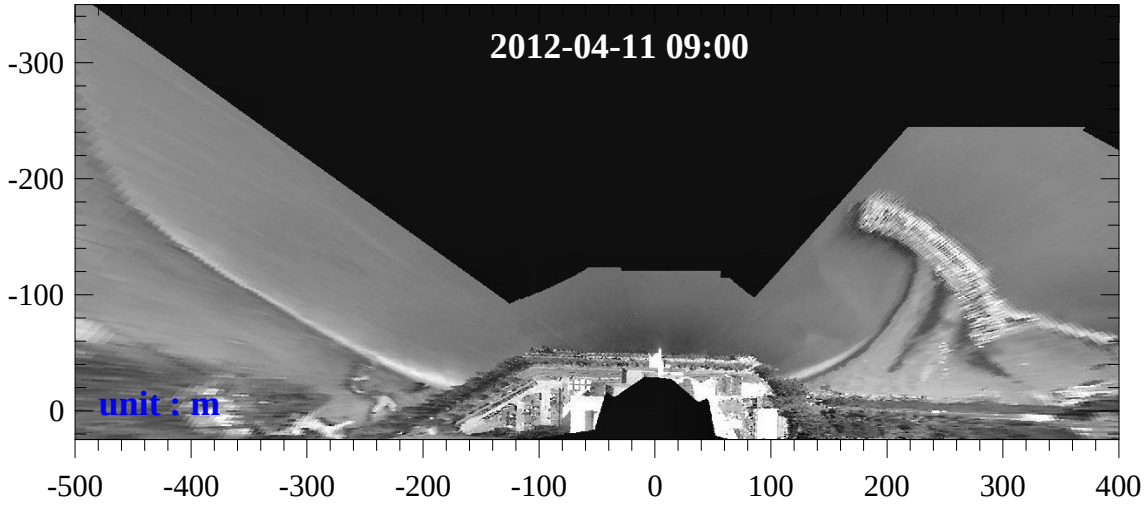
附圖 8A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 06:00)



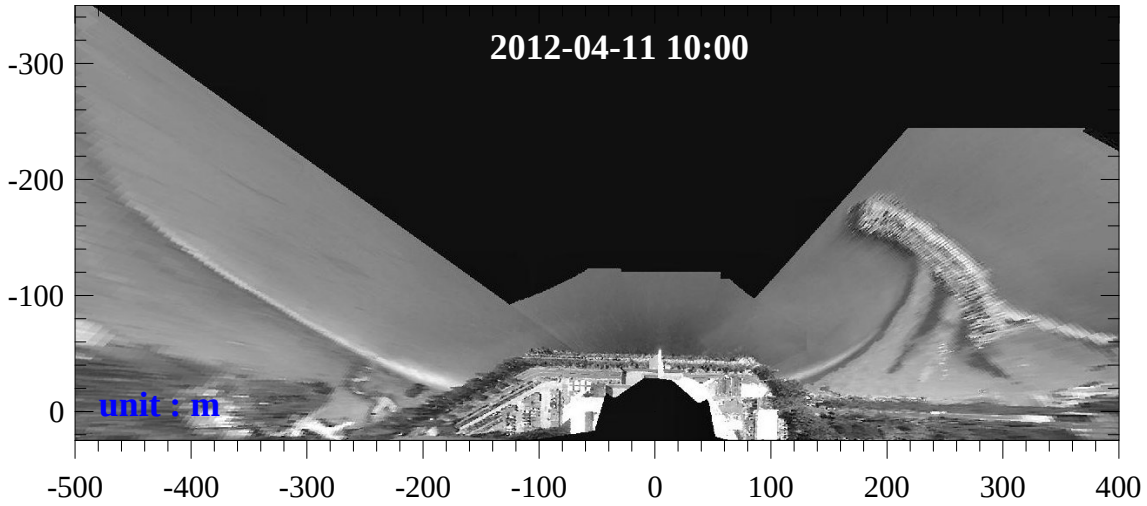
附圖 8B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 07:00)



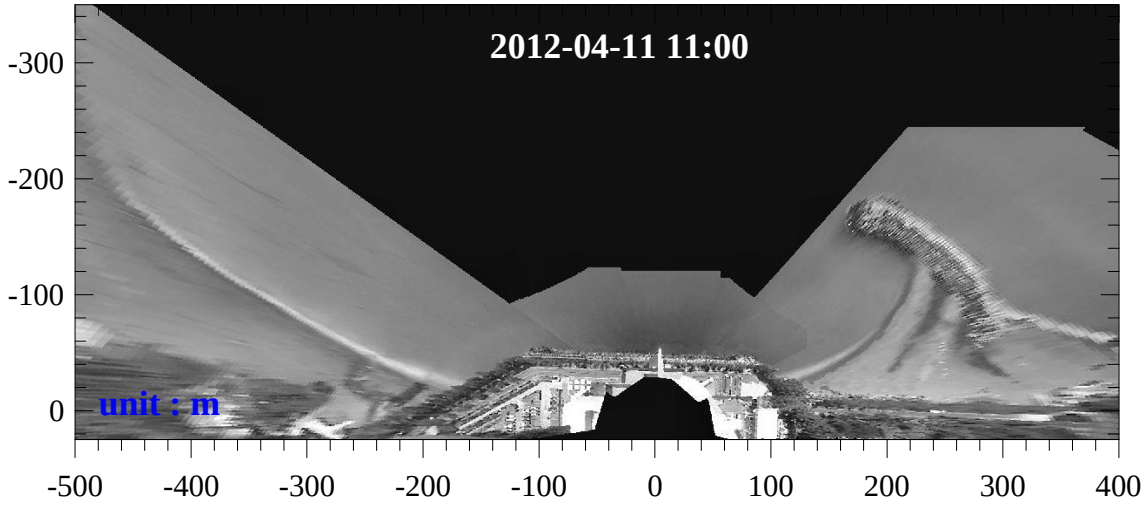
附圖 8C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 08:00)



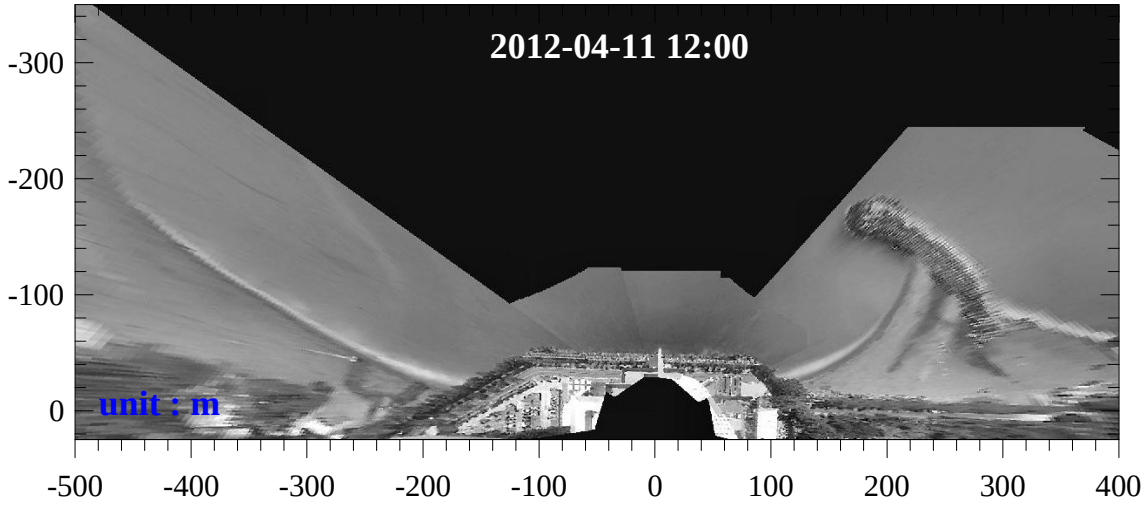
附圖 8D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 09:00)



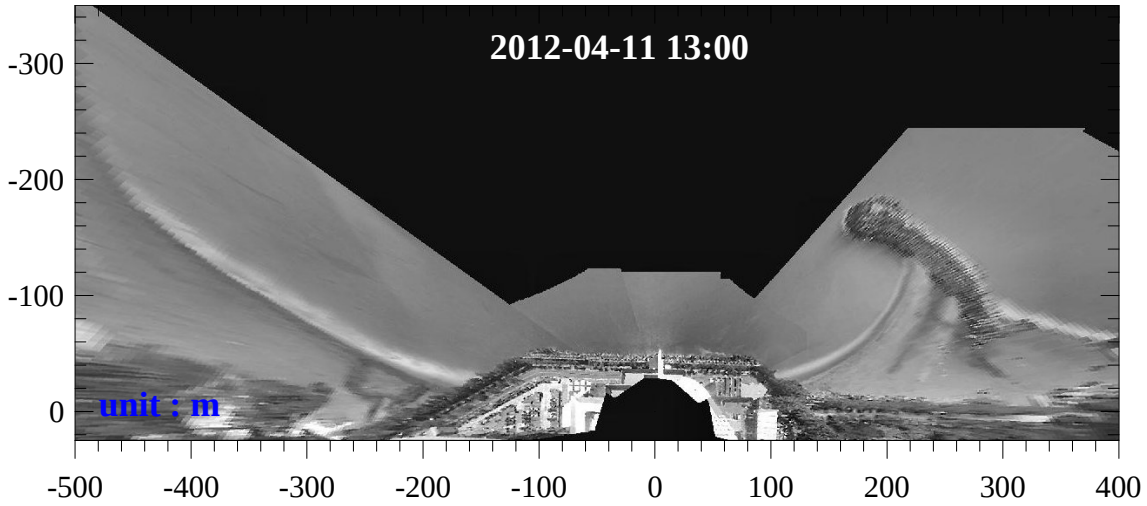
附圖 8E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 10:00)



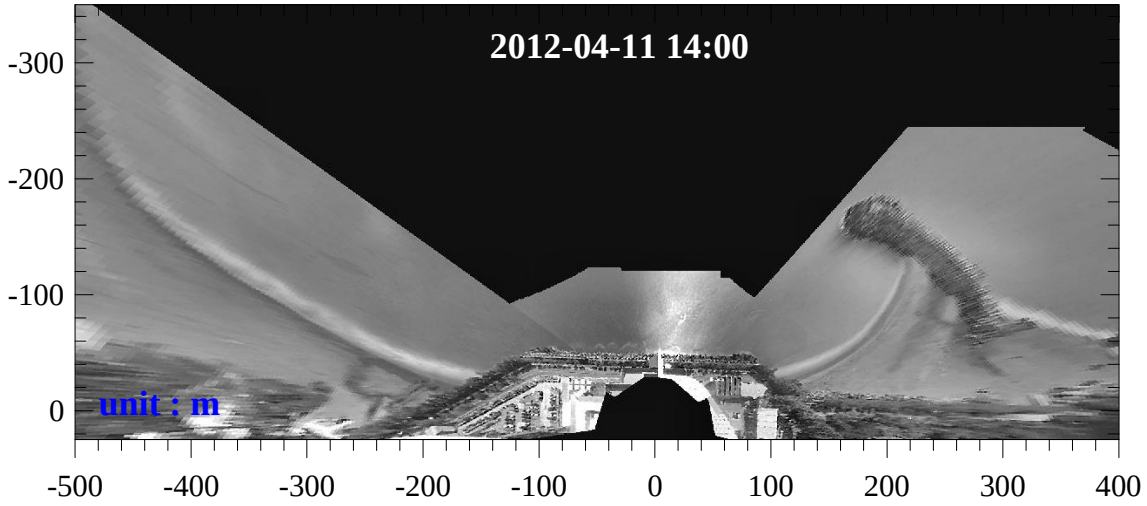
附圖 8F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 11:00)



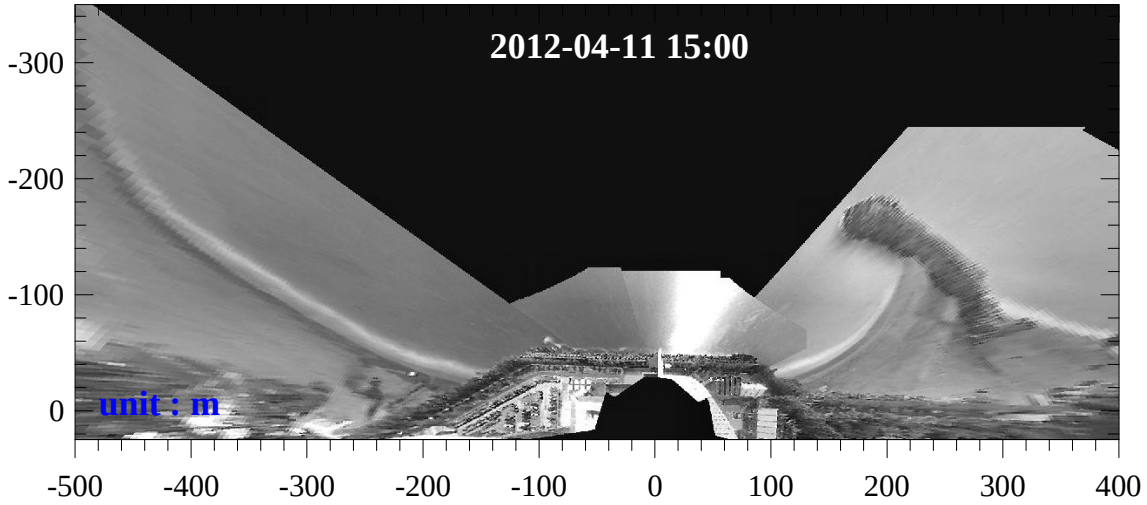
附圖 8G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 12:00)



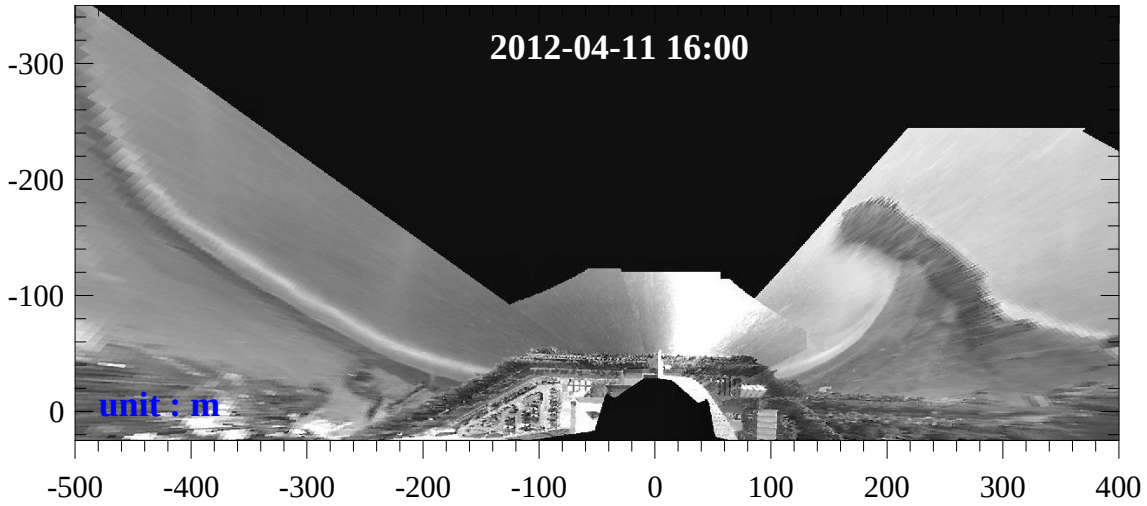
附圖 8H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 13:00)



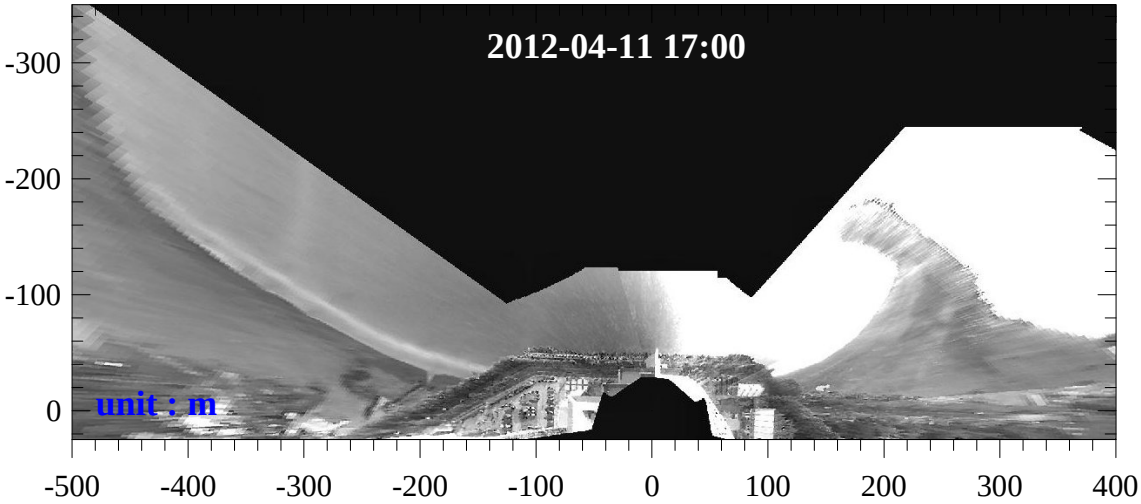
附圖 8I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 14:00)



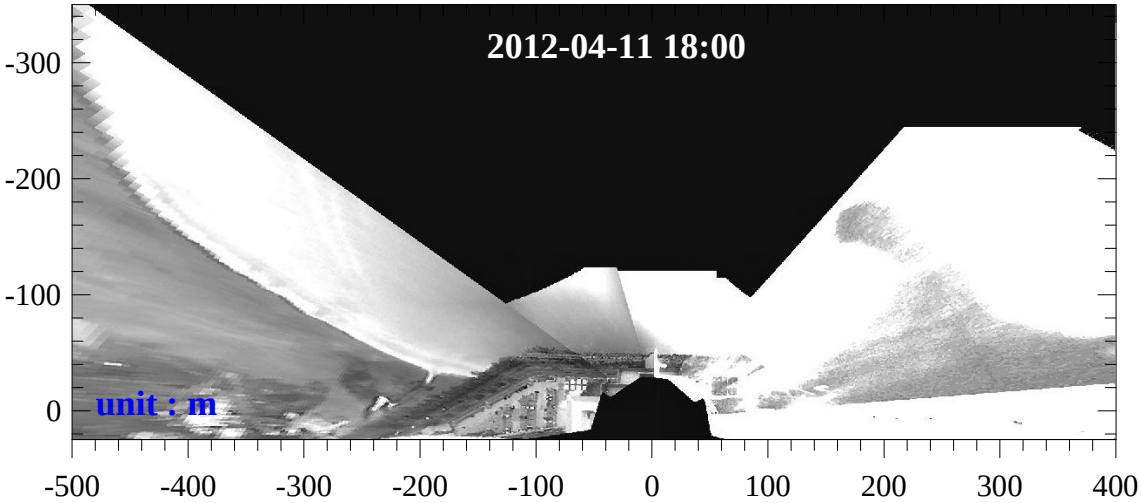
附圖 8J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 15:00)



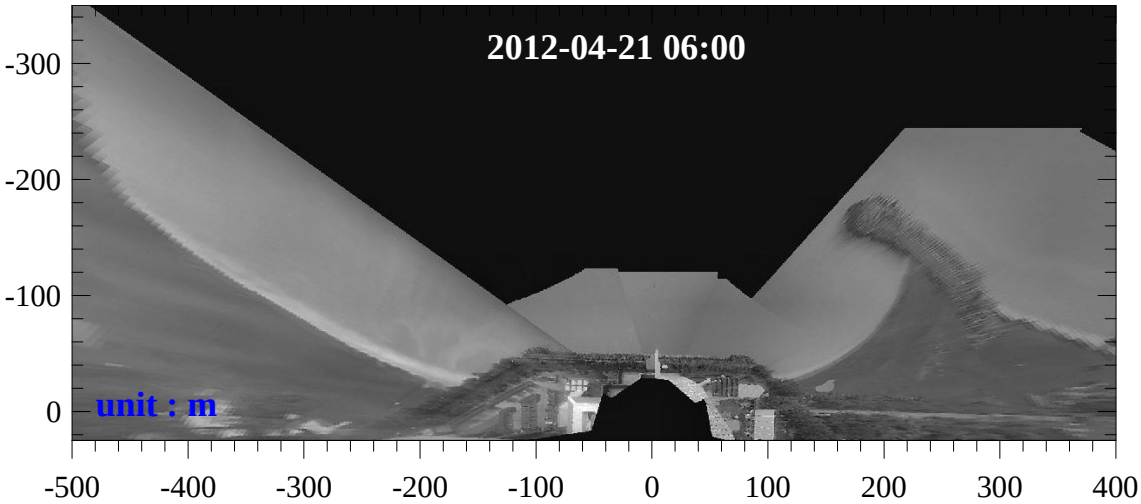
附圖 8K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 16:00)



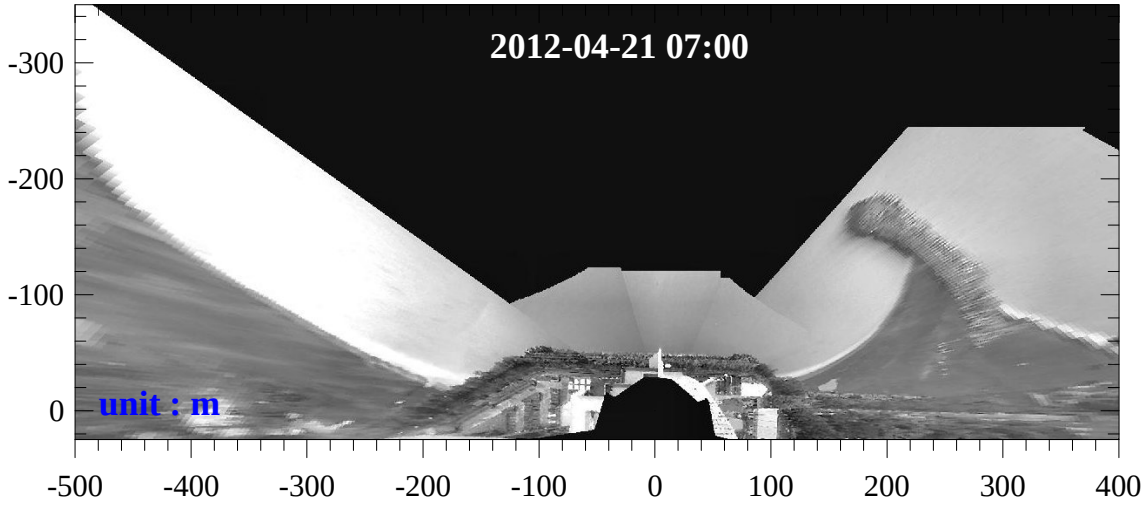
附圖 8L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 17:00)



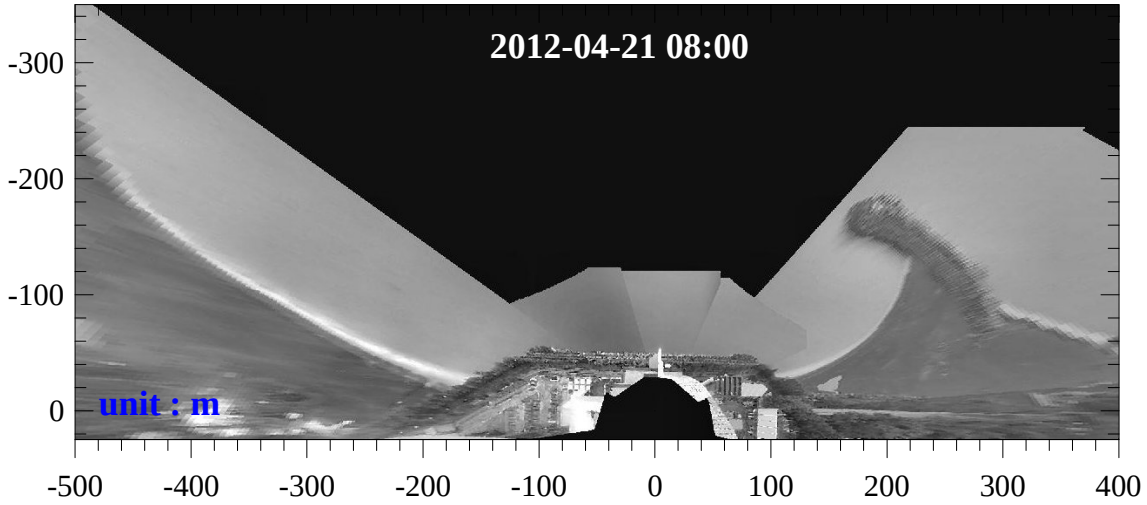
附圖 8M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/11 18:00)



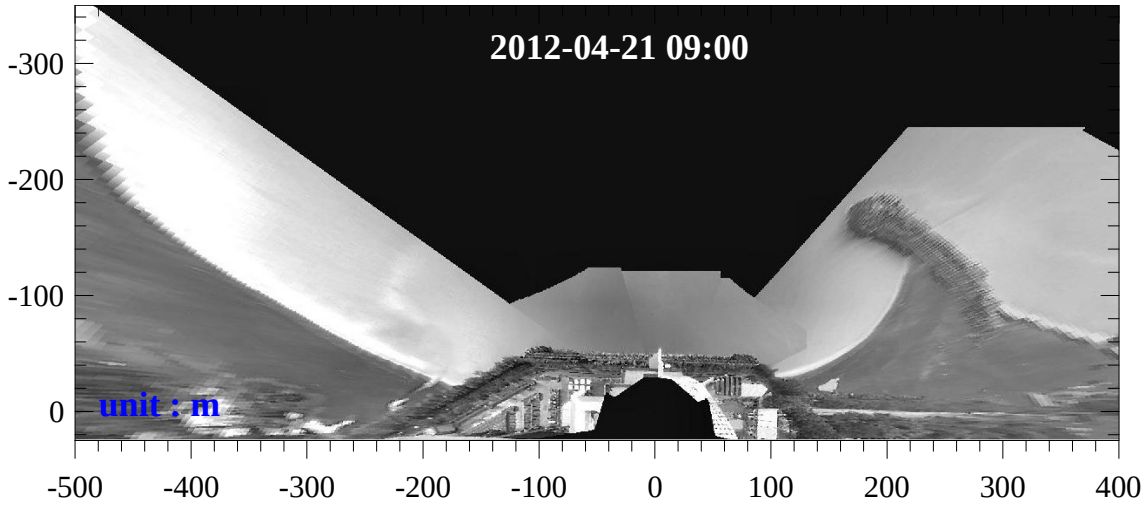
附圖 9A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 06:00)



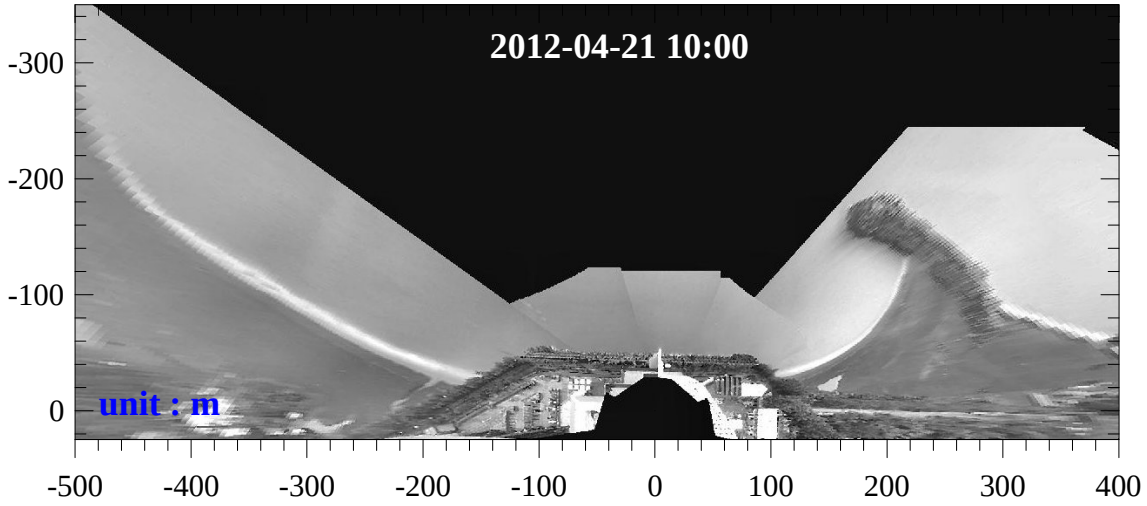
附圖 9B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 07:00)



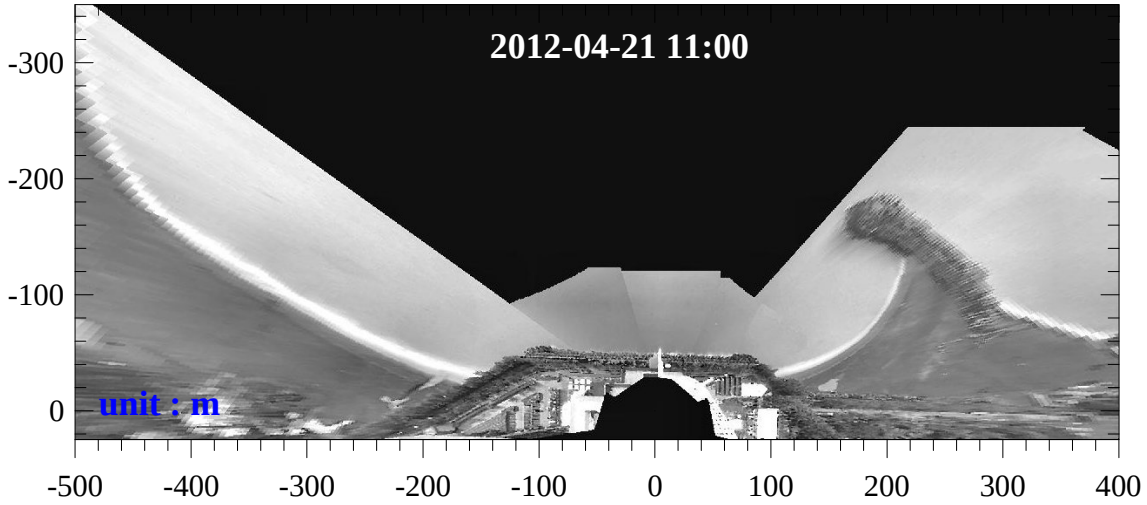
附圖 9C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 08:00)



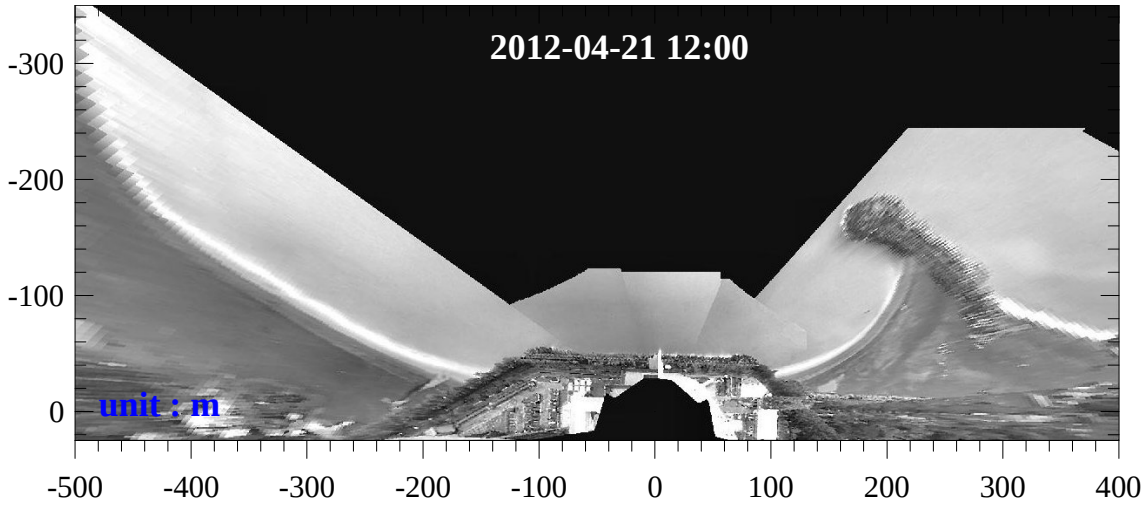
附圖 9D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 09:00)



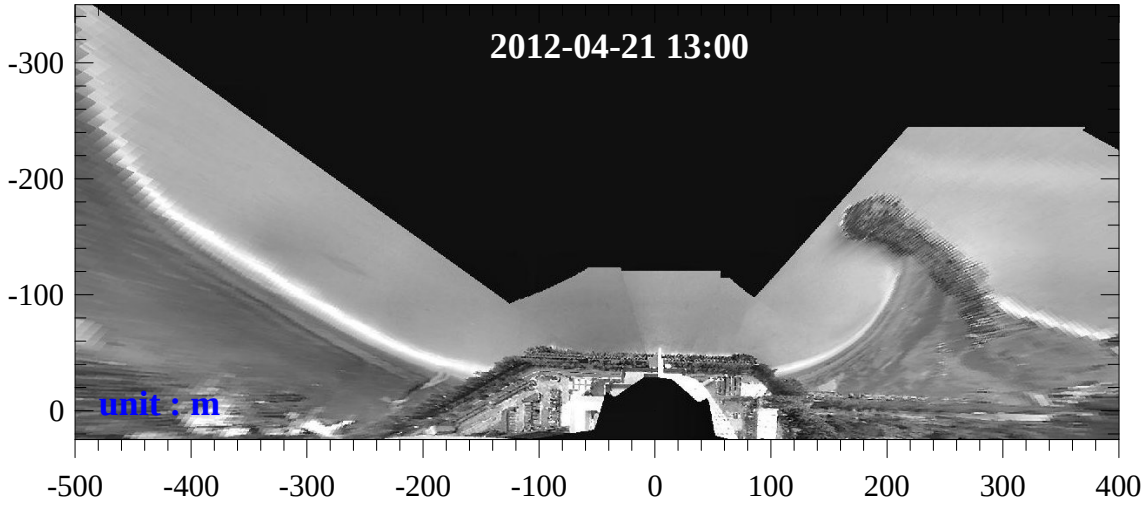
附圖 9E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 10:00)



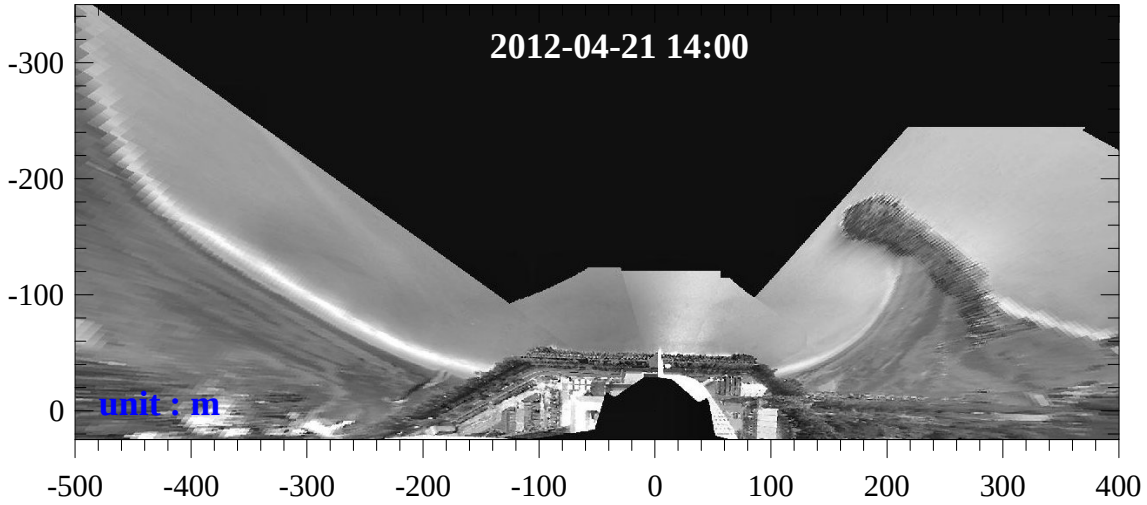
附圖 9F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 11:00)



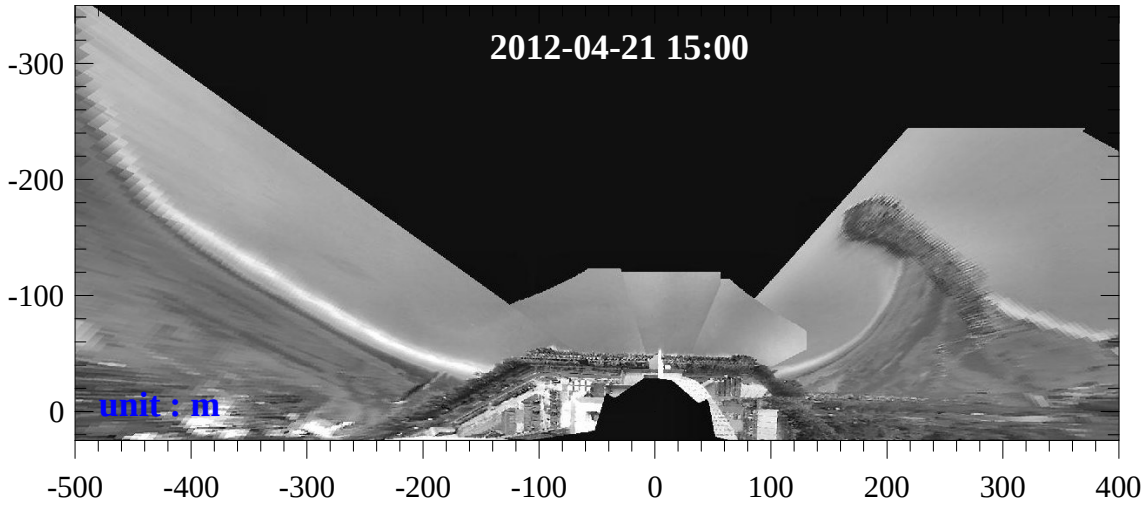
附圖 9G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 12:00)



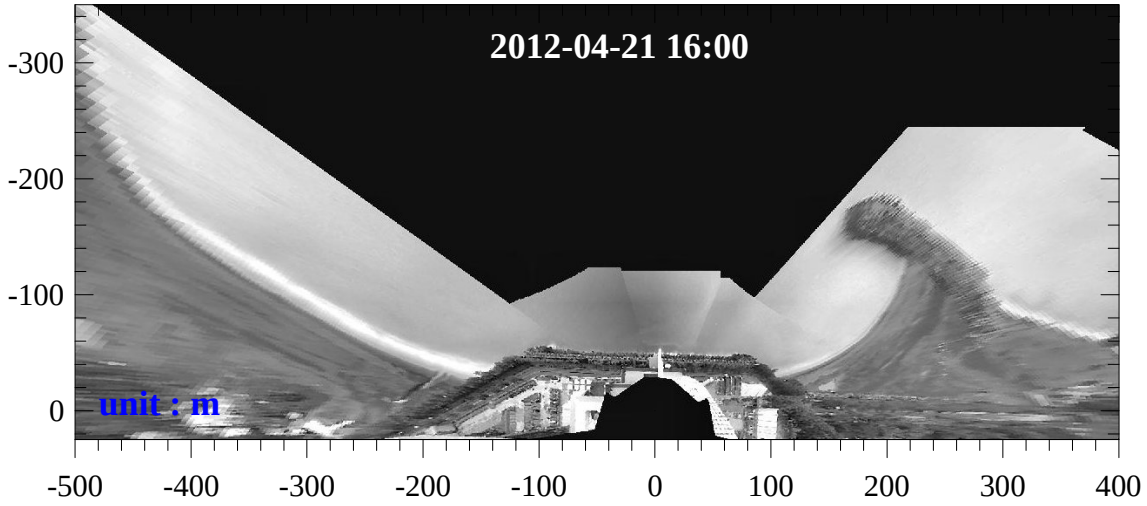
附圖 9H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 13:00)



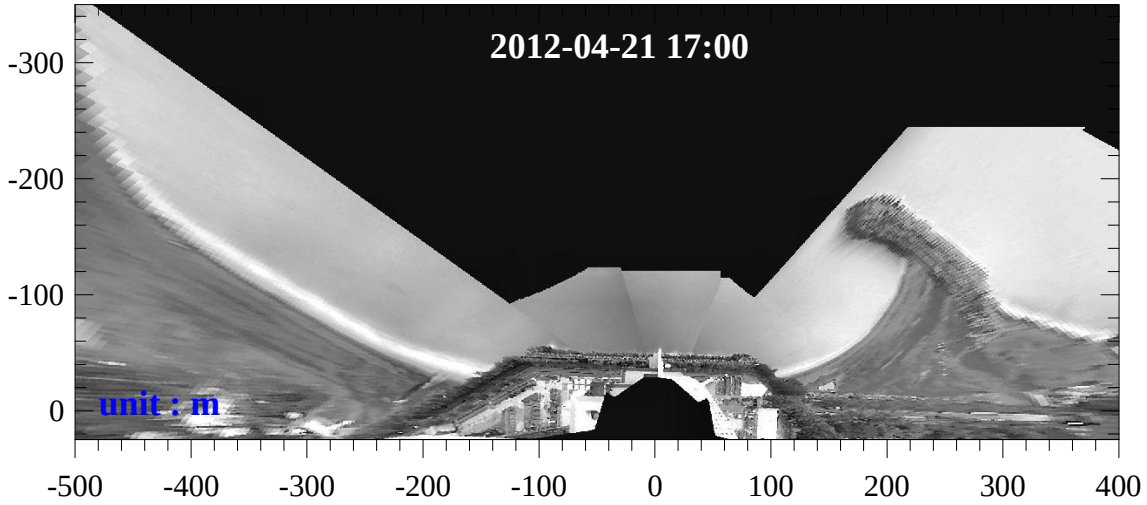
附圖 9I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 14:00)



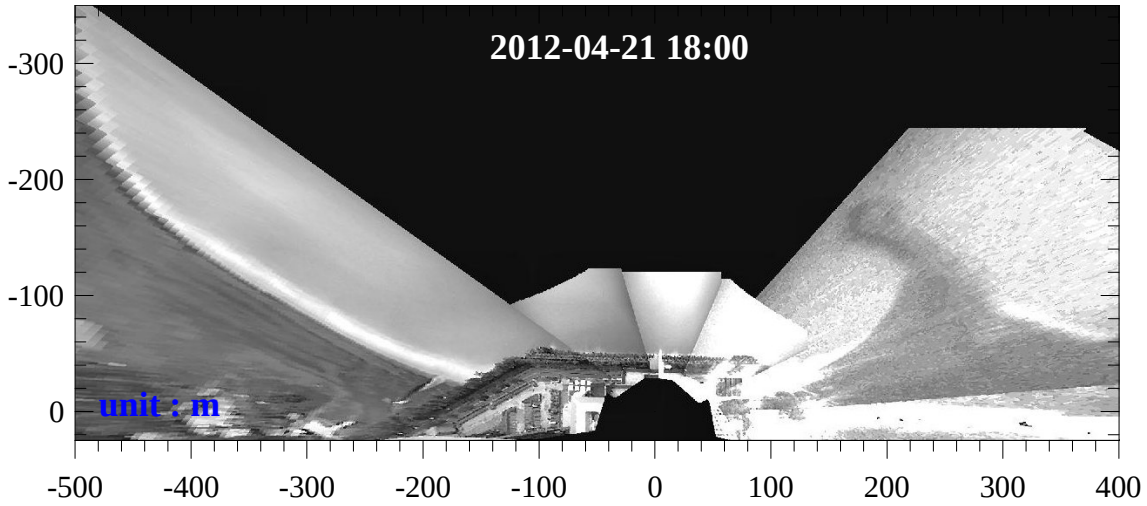
附圖 9J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 15:00)



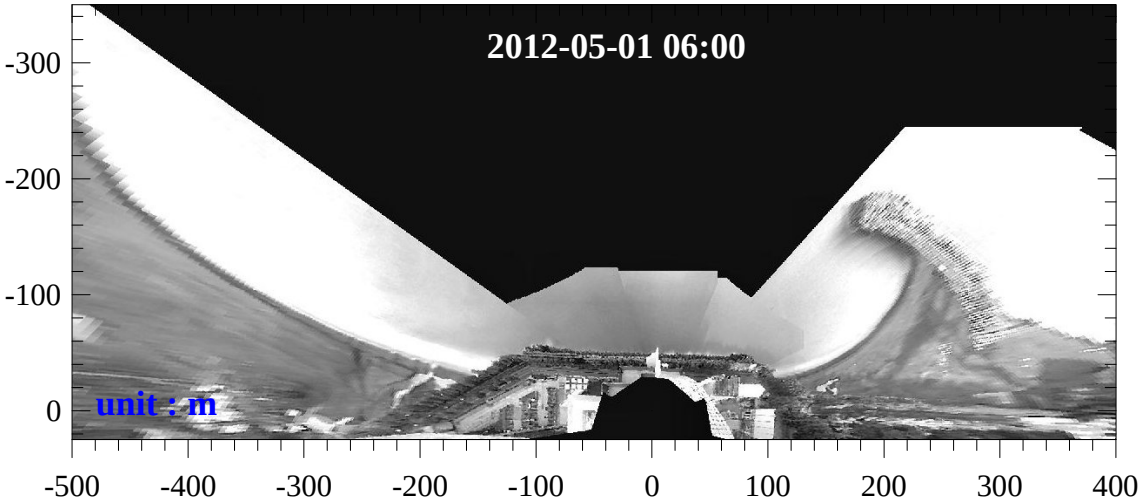
附圖 9K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 16:00)



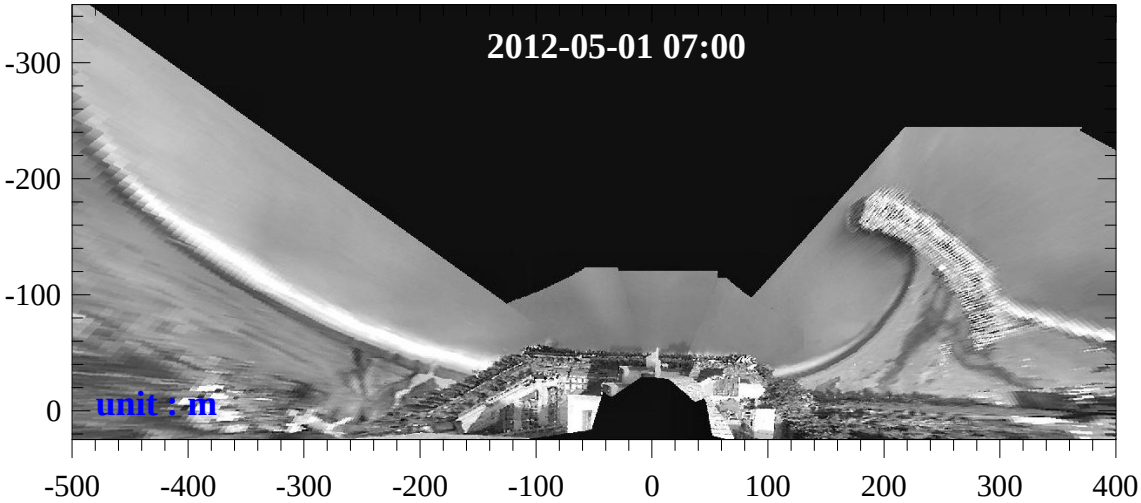
附圖 9L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 17:00)



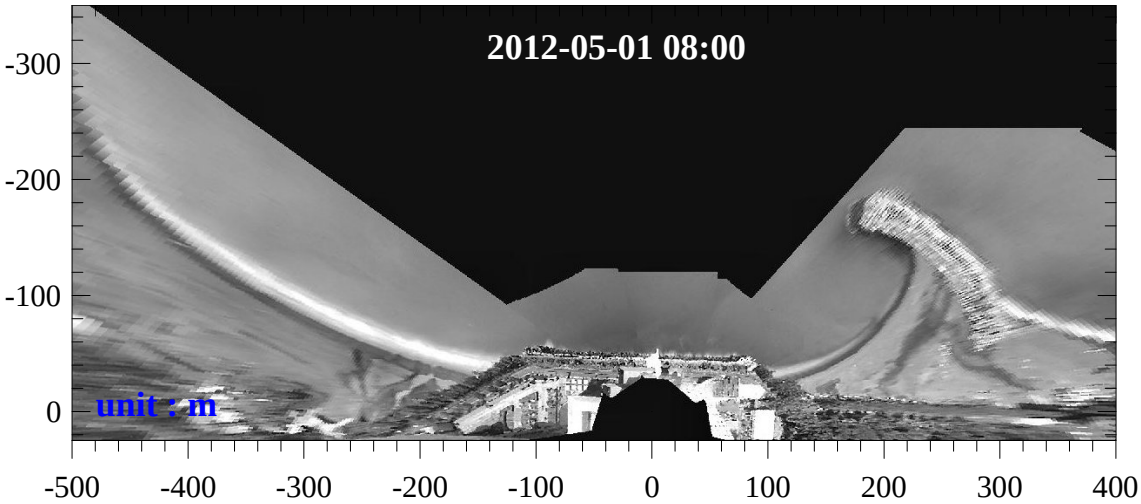
附圖 9M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/04/21 18:00)



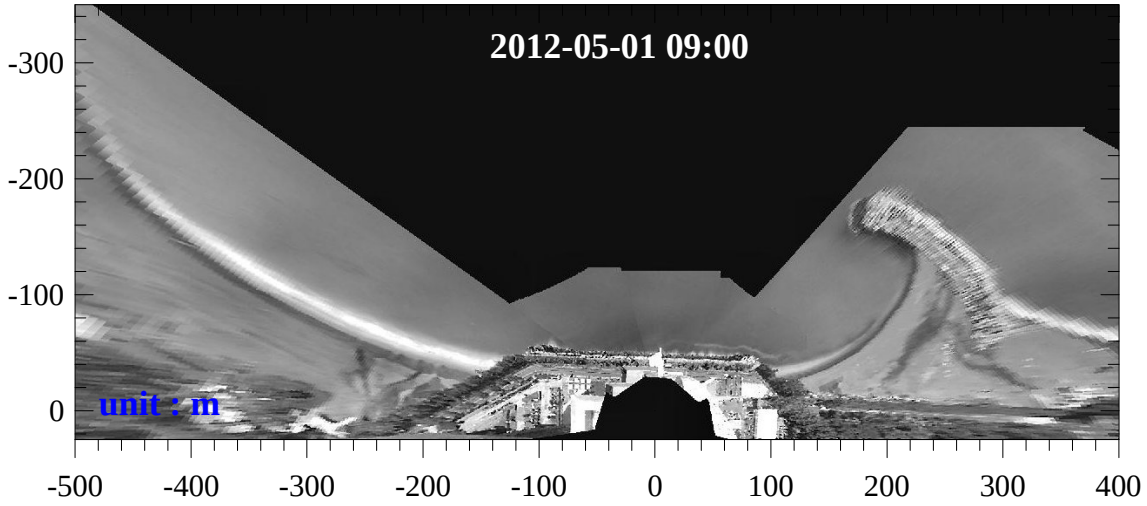
附圖 10A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 06:00)



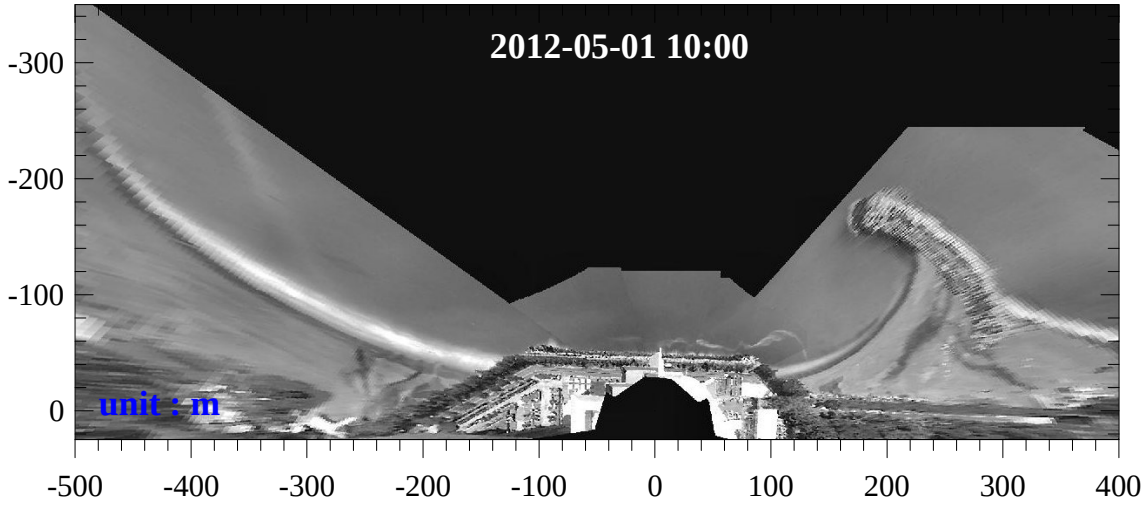
附圖 10B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 07:00)



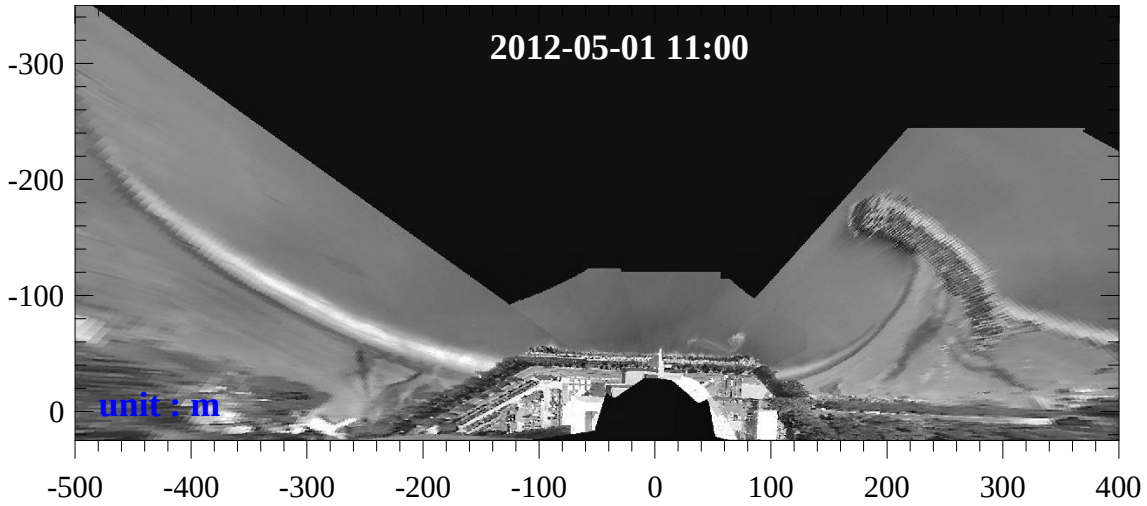
附圖 10C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 08:00)



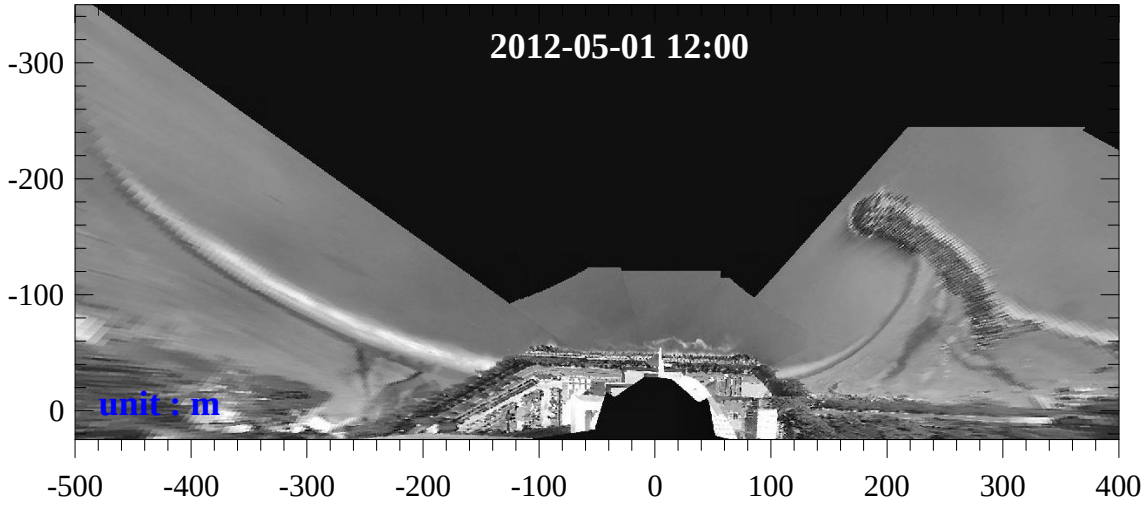
附圖 10D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 09:00)



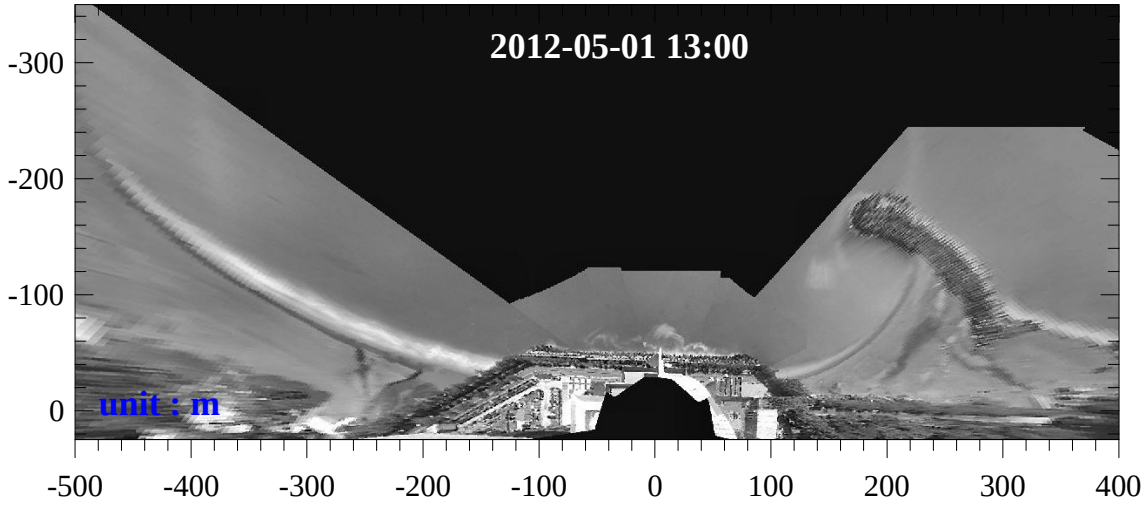
附圖 10E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 10:00)



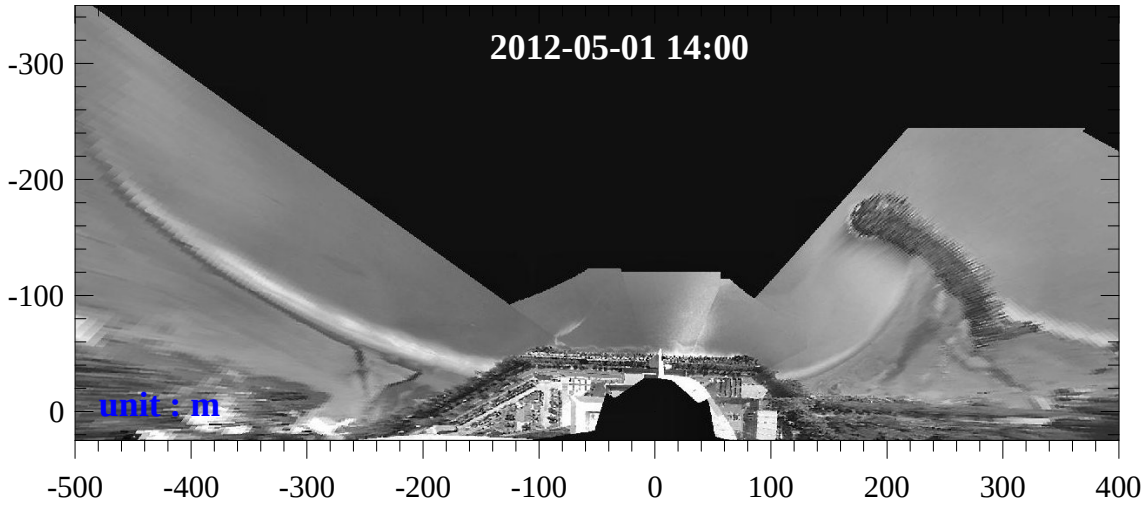
附圖 10F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 11:00)



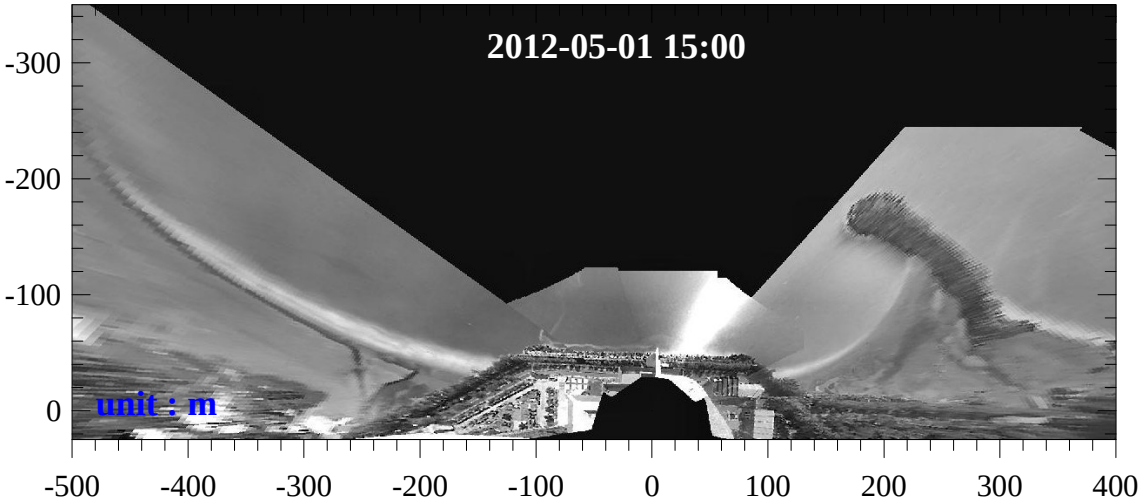
附圖 10G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 12:00)



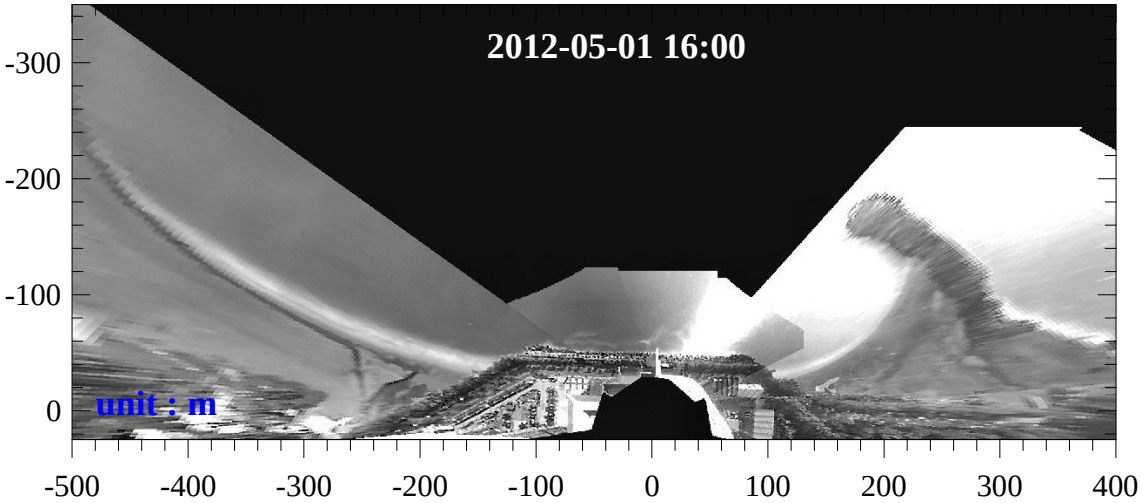
附圖 10F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 13:00)



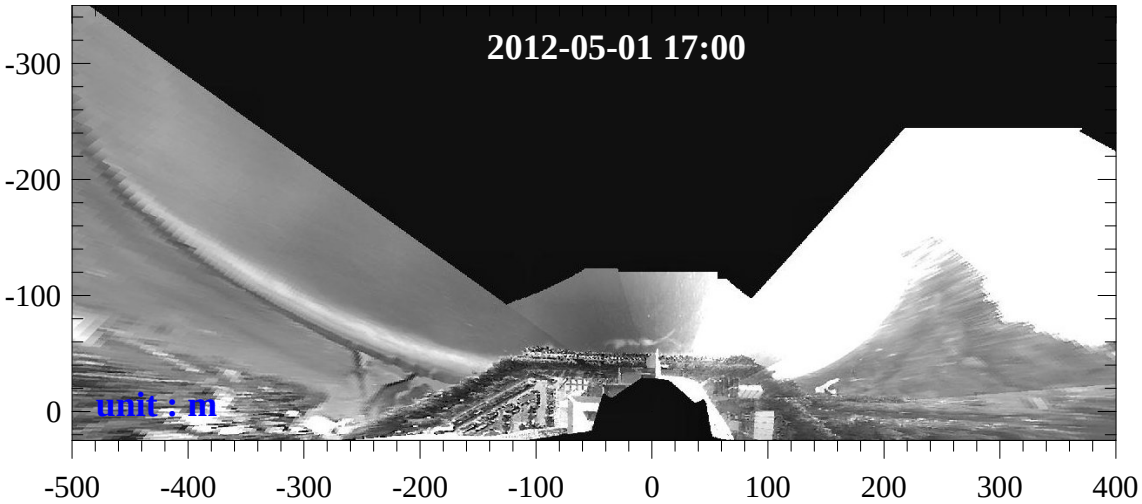
附圖 10I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 14:00)



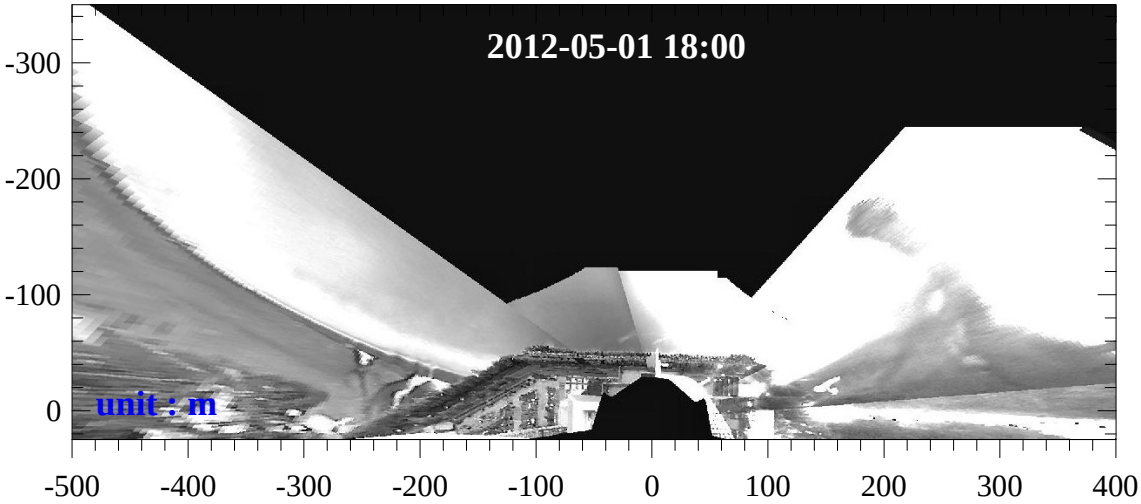
附圖 10J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 15:00)



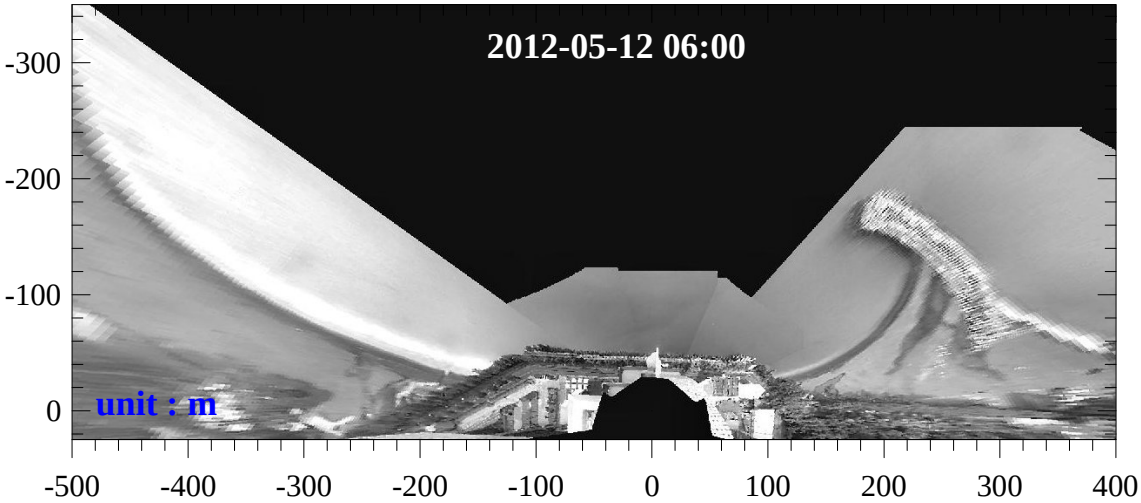
附圖 10K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 16:00)



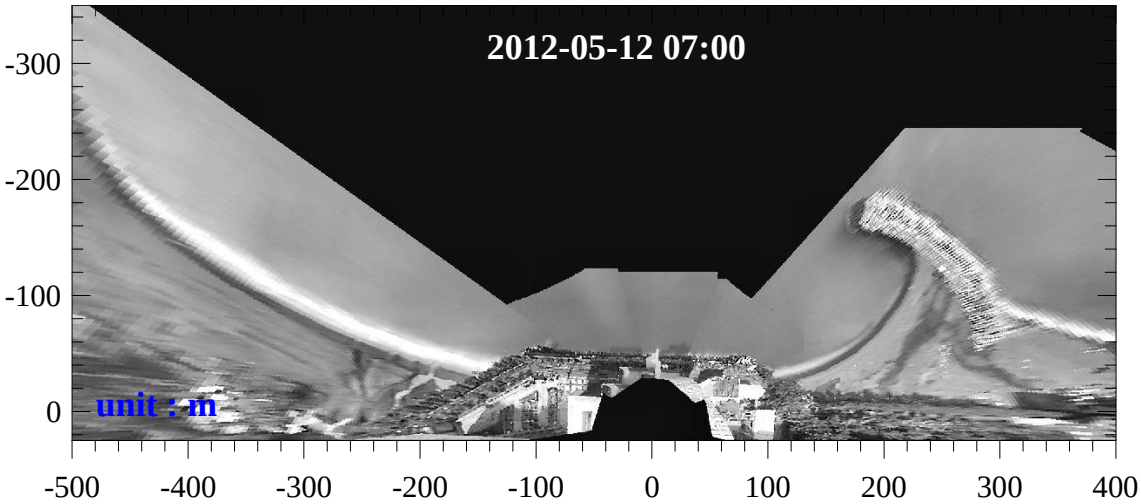
附圖 10L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 17:00)



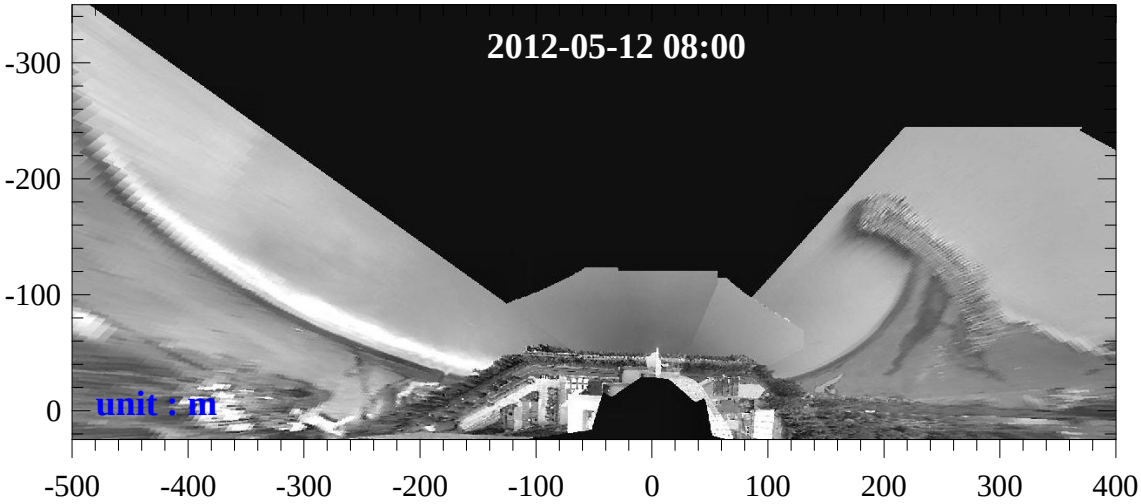
附圖 10M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/01 18:00)



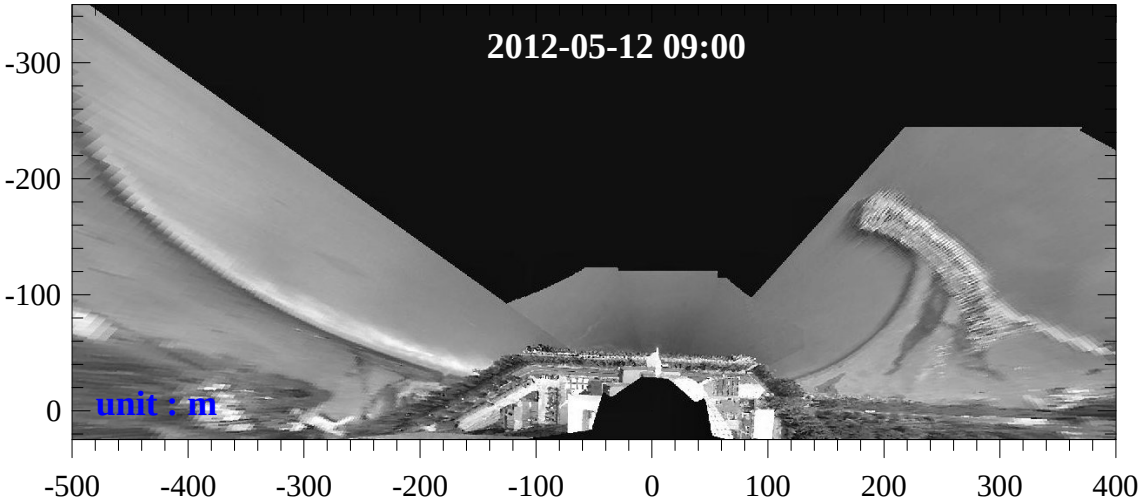
附圖 11A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 06:00)



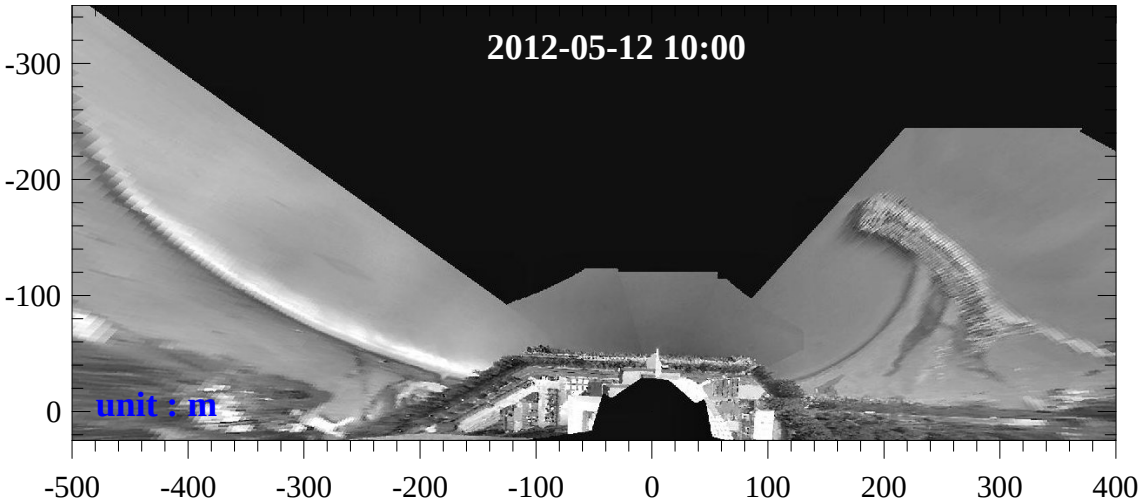
附圖 11B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 07:00)



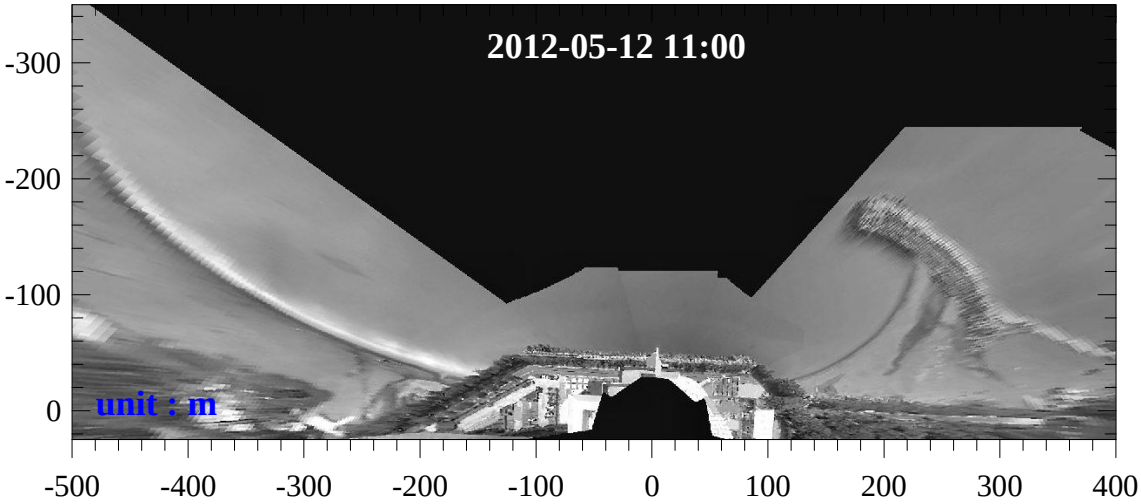
附圖 11C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 08:00)



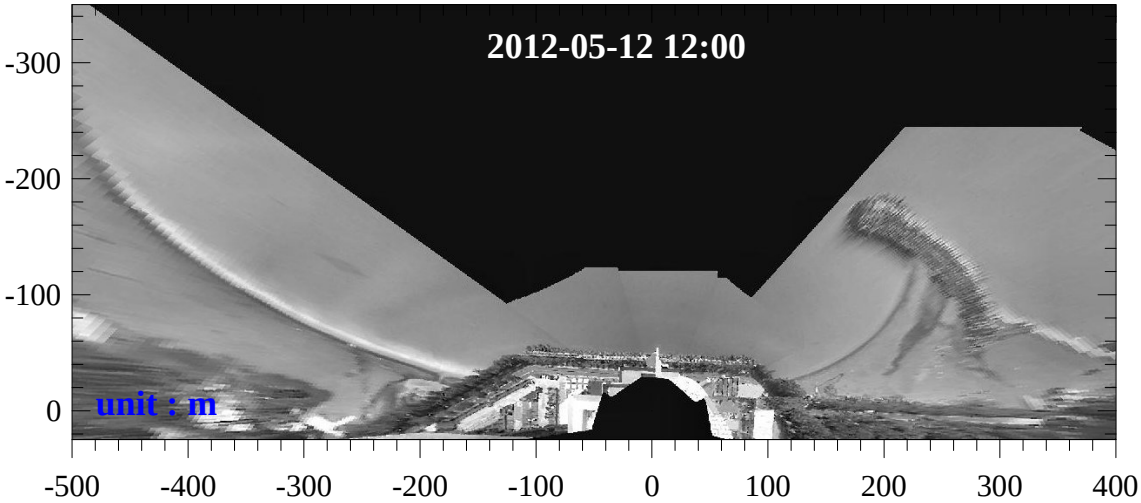
附圖 11D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 09:00)



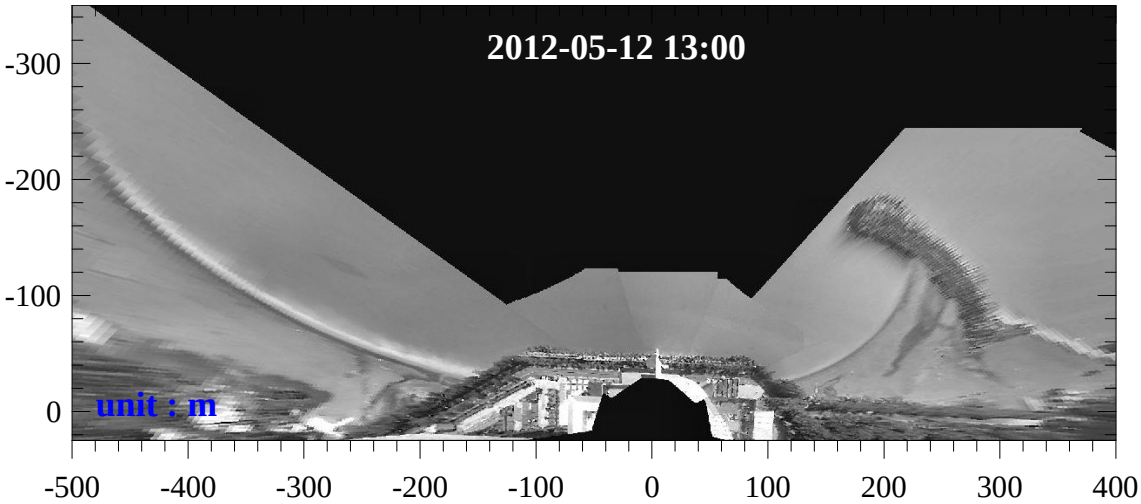
附圖 11E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 10:00)



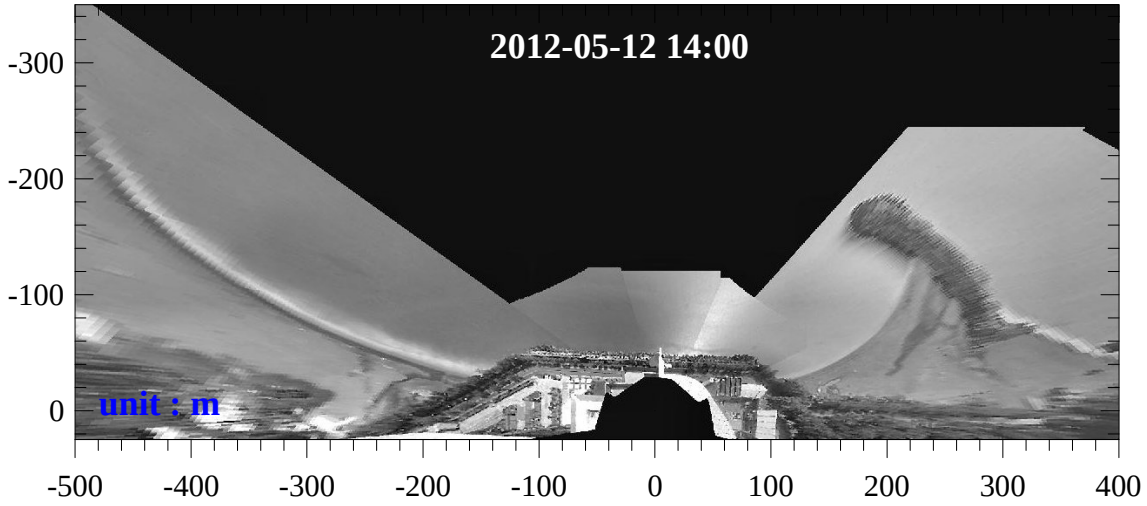
附圖 11F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 11:00)



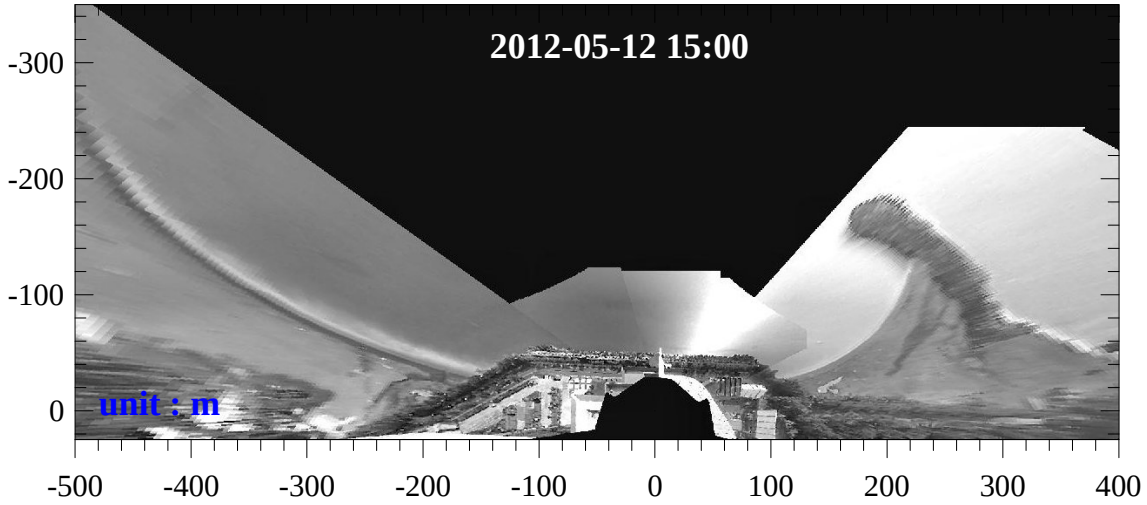
附圖 11G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 12:00)



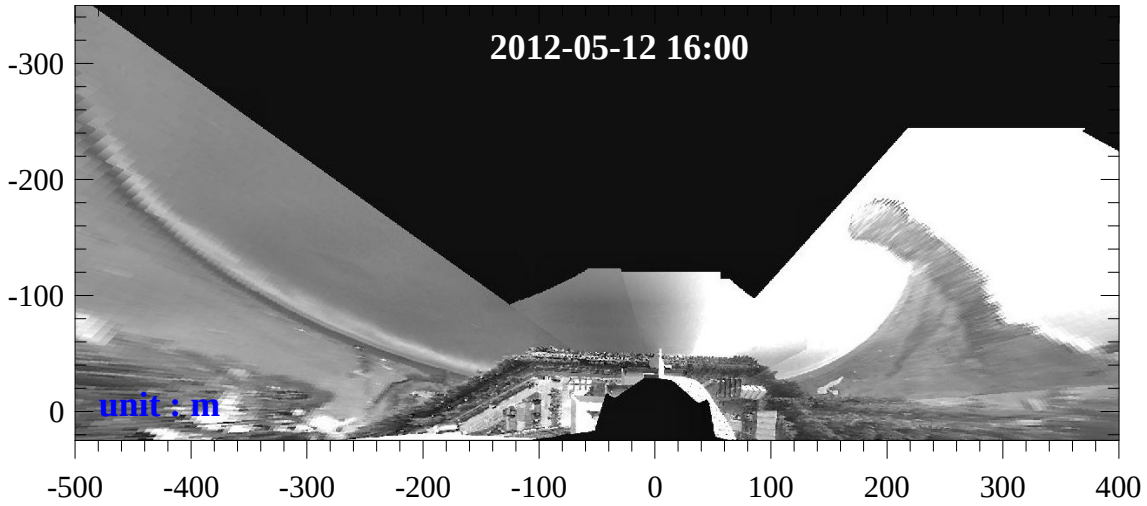
附圖 11H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 13:00)



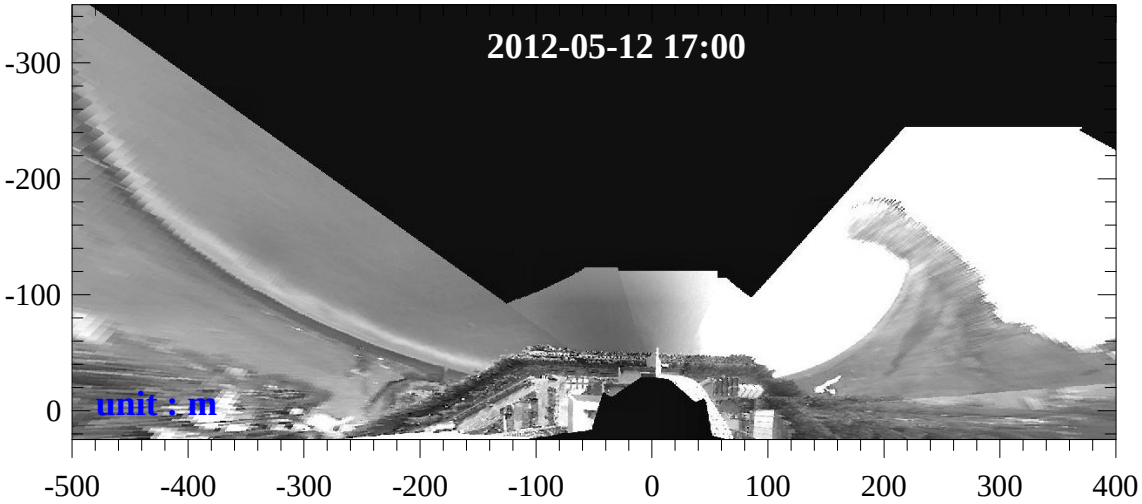
附圖 11I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 14:00)



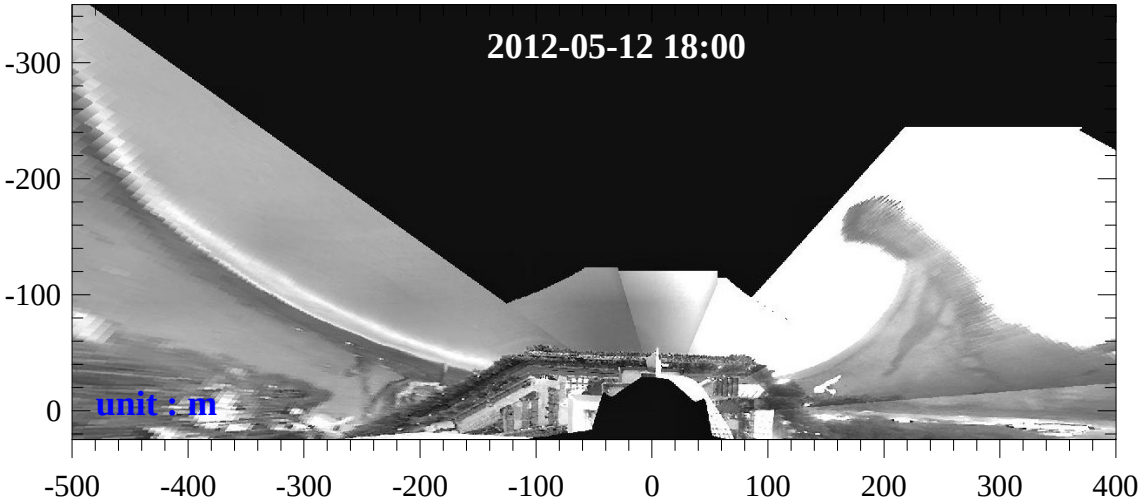
附圖 11J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 15:00)



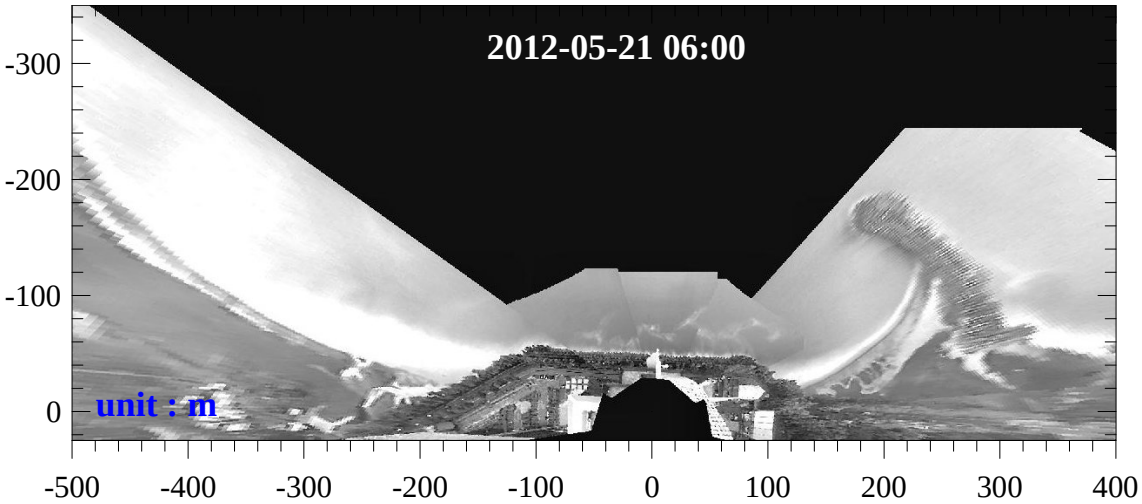
附圖 11K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 16:00)



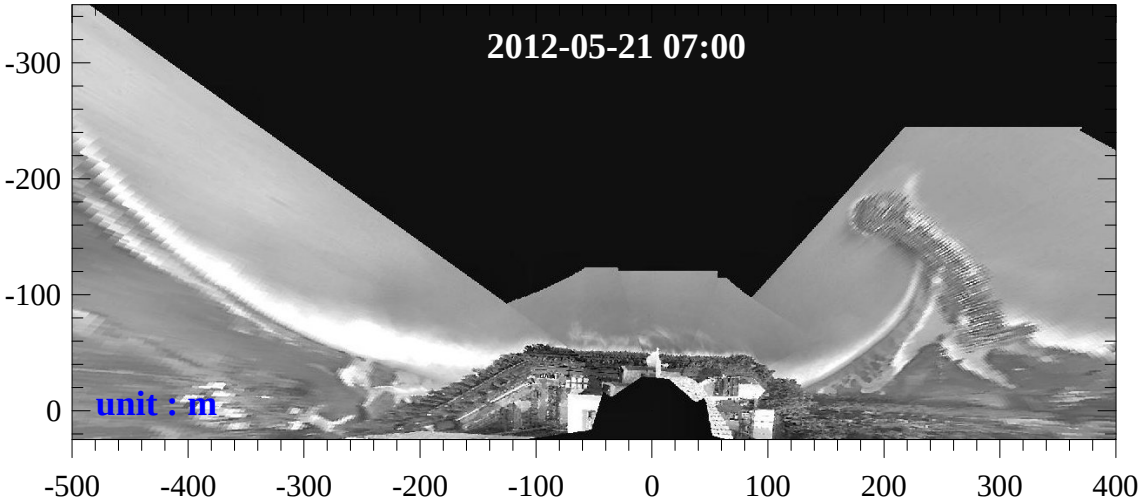
附圖 11L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 17:00)



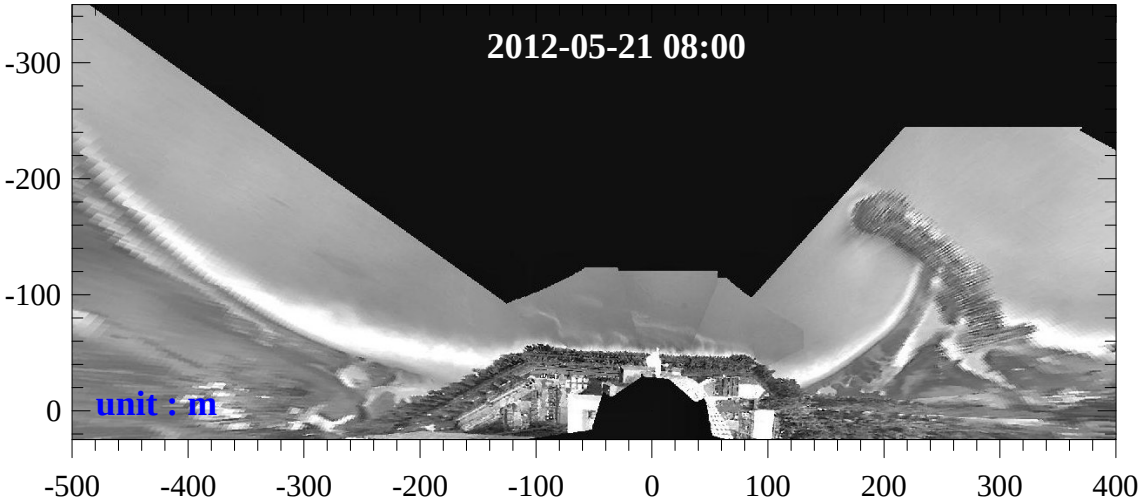
附圖 11M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/12 18:00)



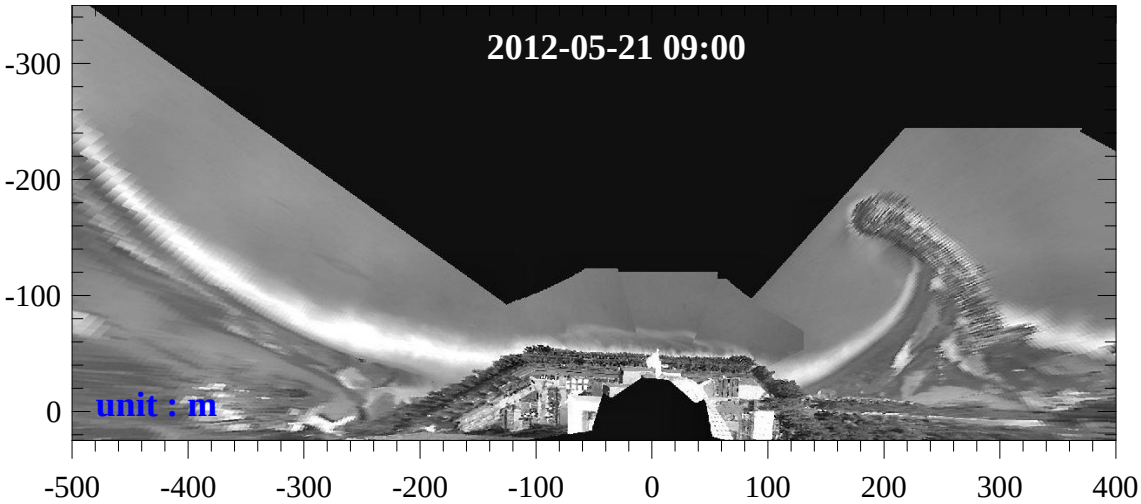
附圖 12A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 06:00)



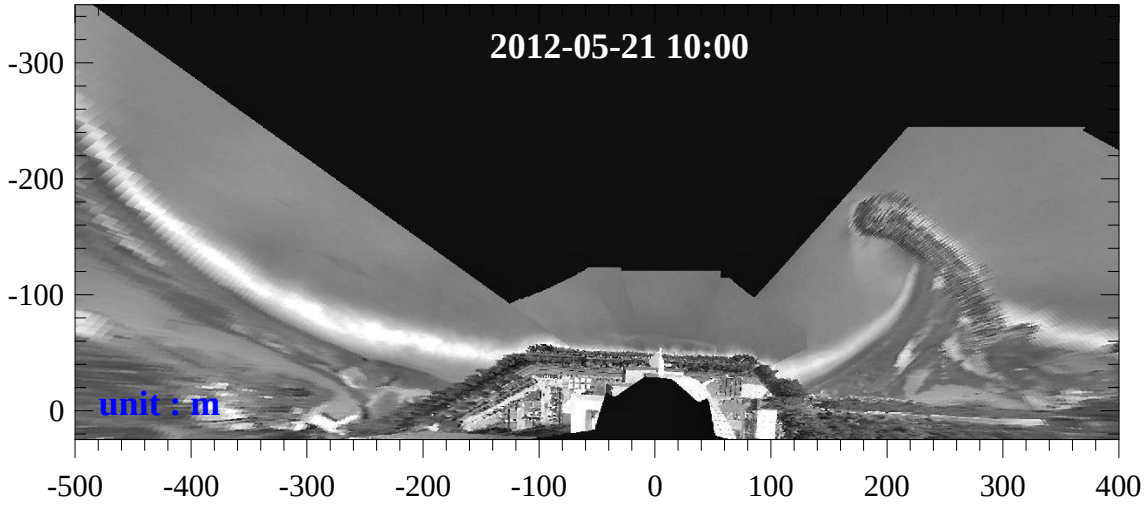
附圖 12B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 07:00)



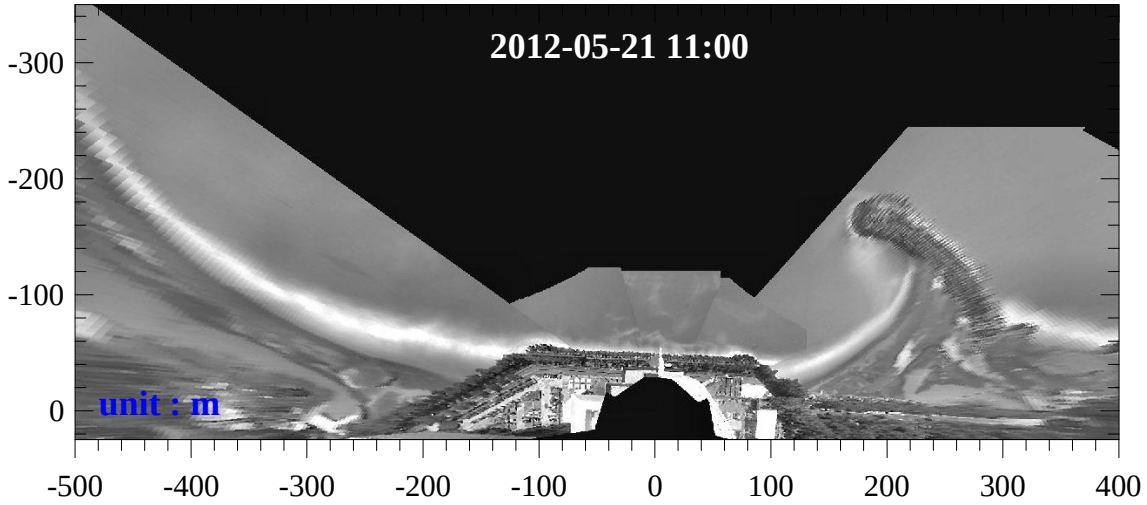
附圖 12C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 08:00)



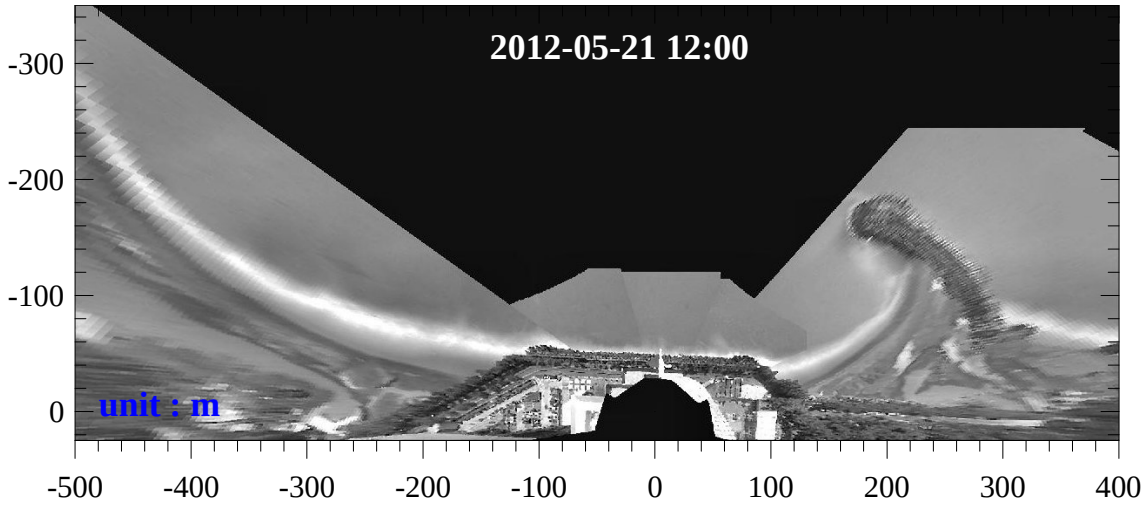
附圖 12D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 09:00)



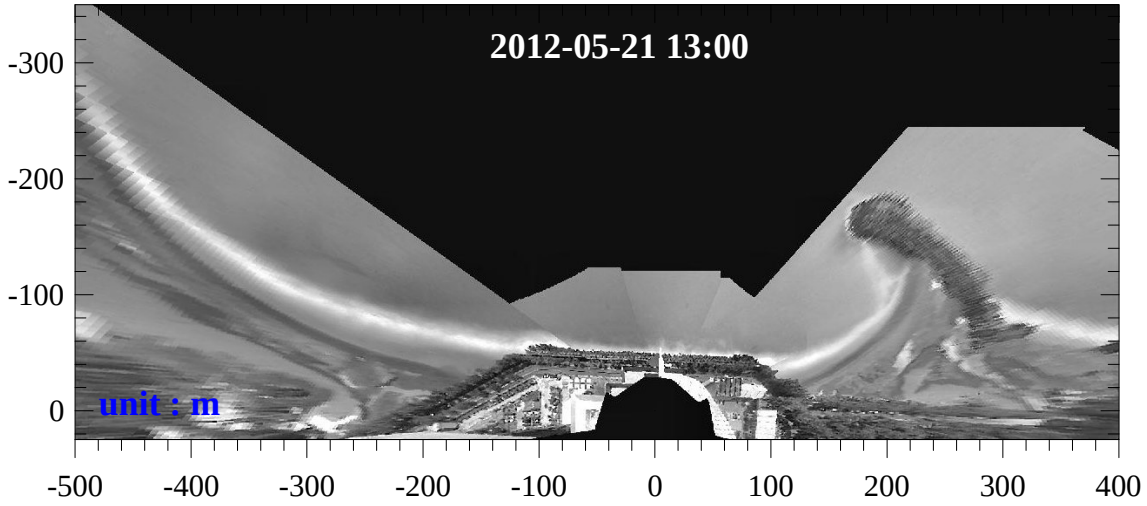
附圖 12E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 10:00)



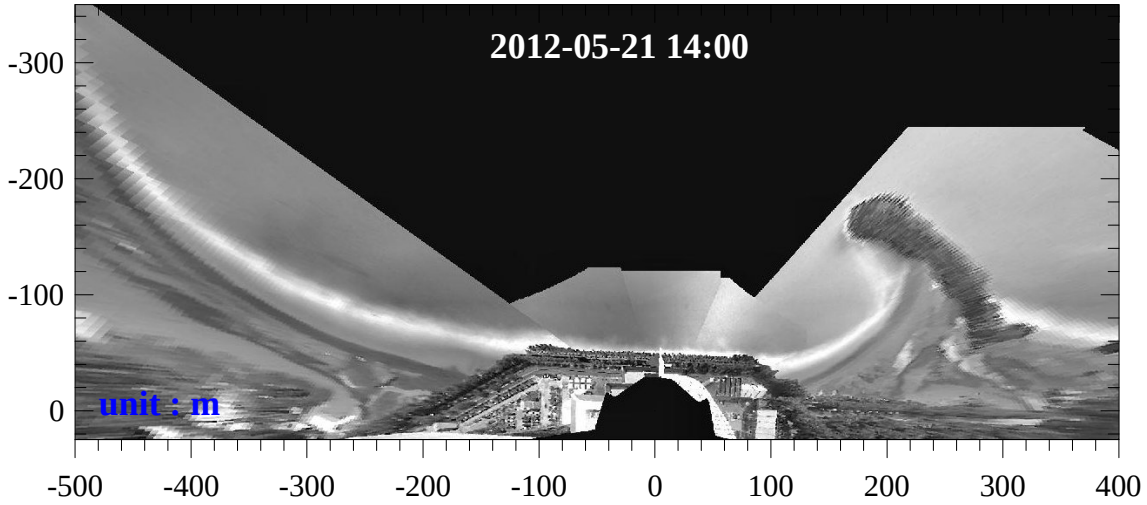
附圖 12F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 11:00)



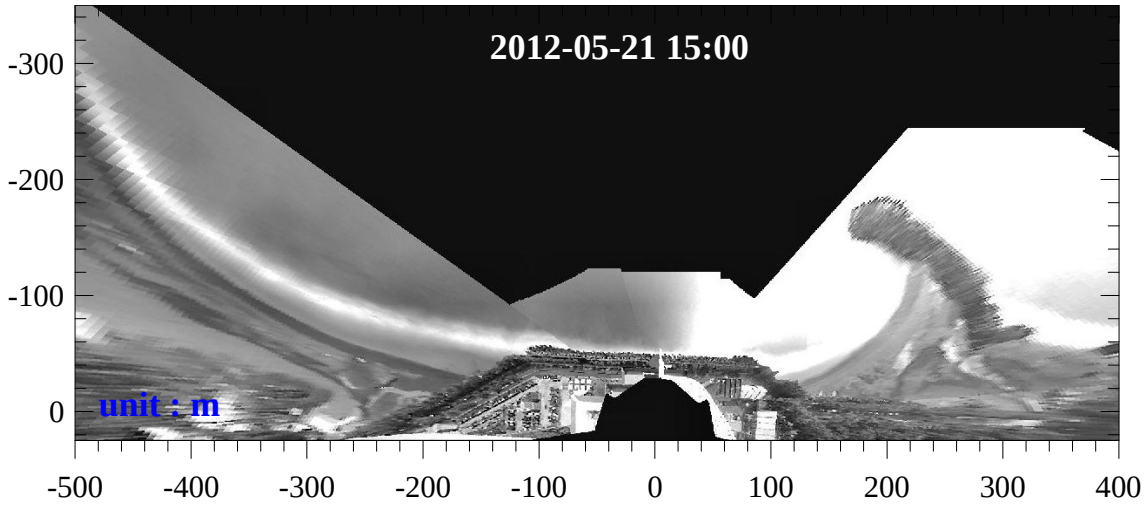
附圖 12G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 12:00)



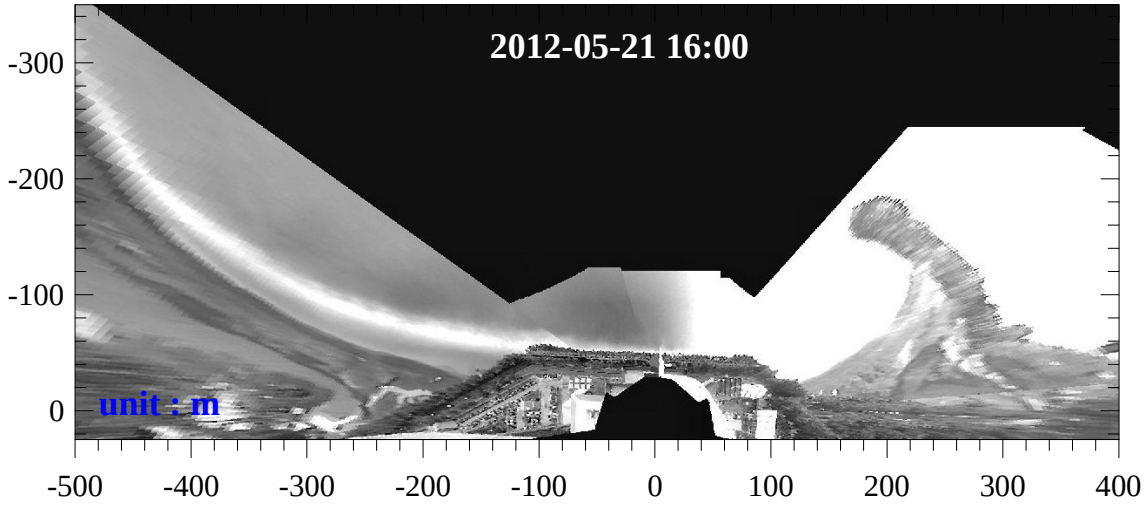
附圖 12H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 13:00)



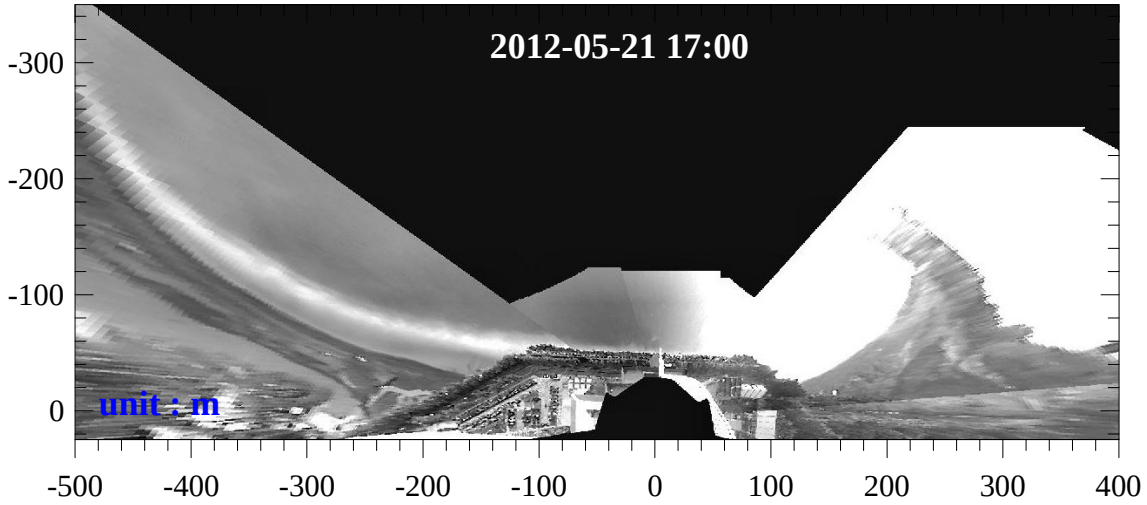
附圖 12I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 14:00)



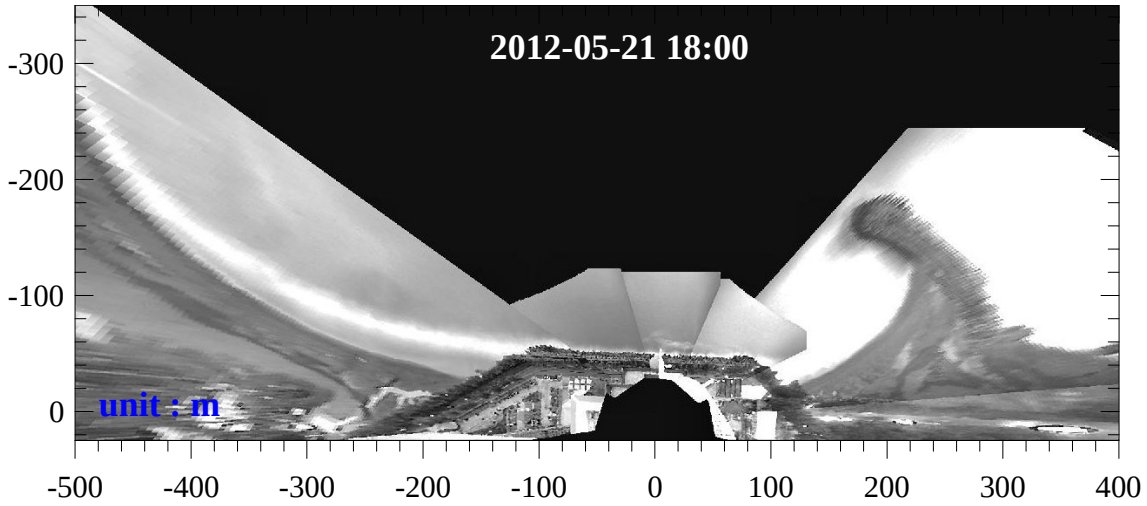
附圖 12J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 15:00)



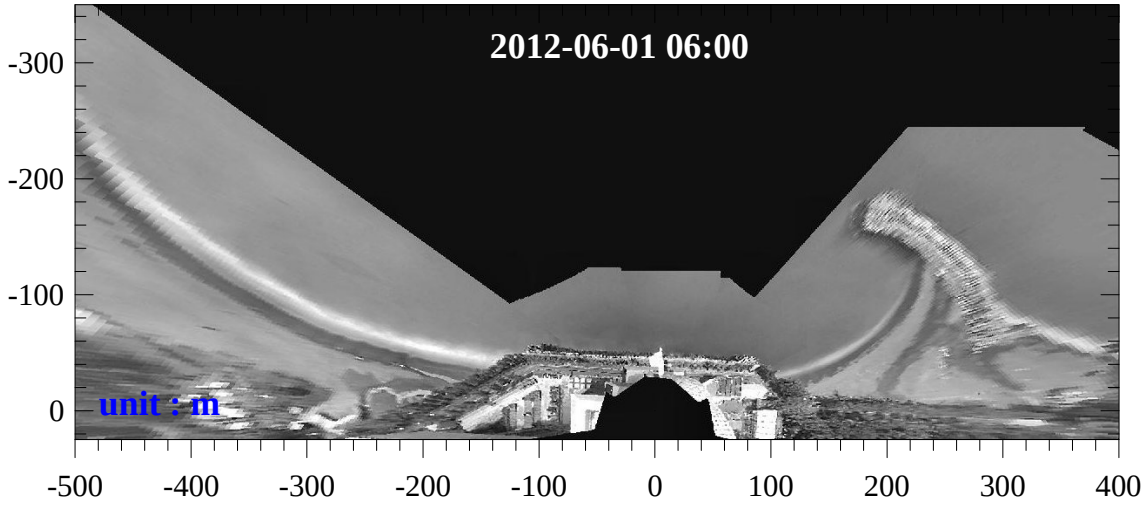
附圖 12K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 16:00)



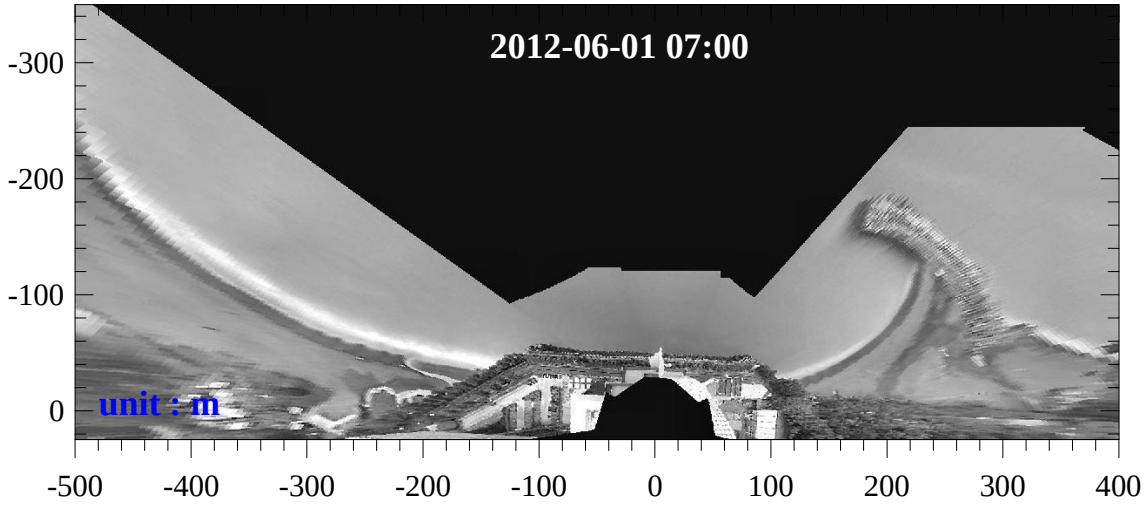
附圖 12L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 17:00)



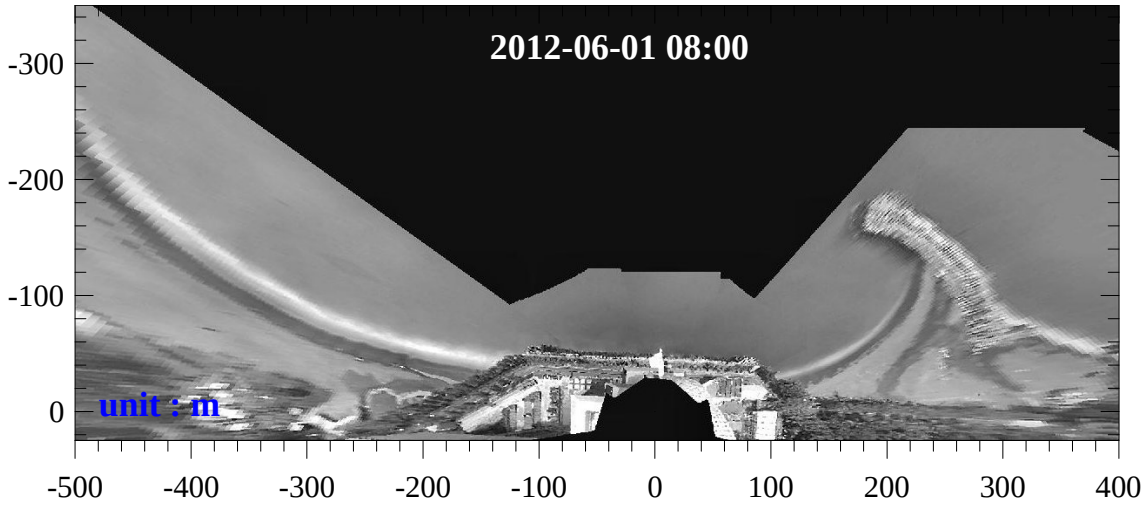
附圖 12M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/05/21 18:00)



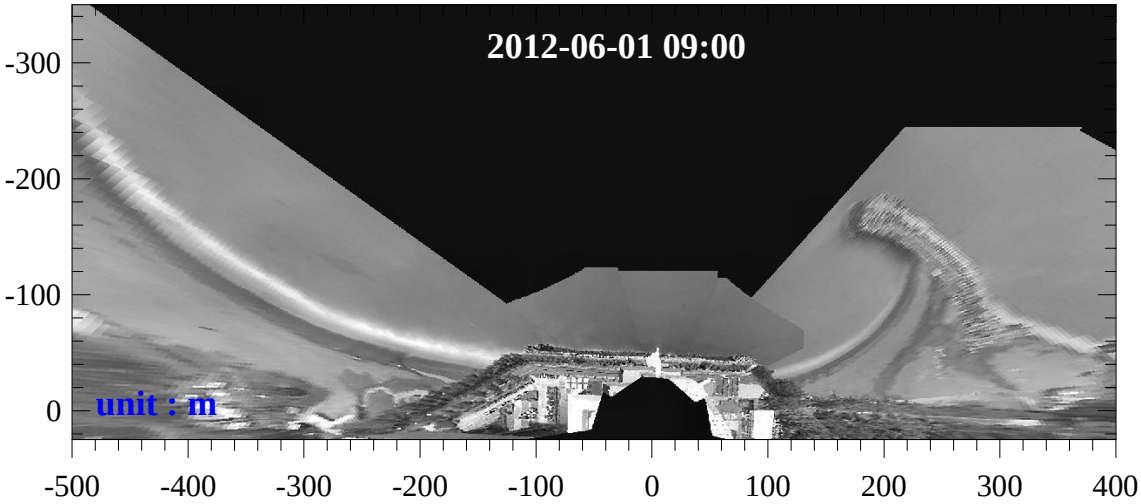
附圖 13A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 06:00)



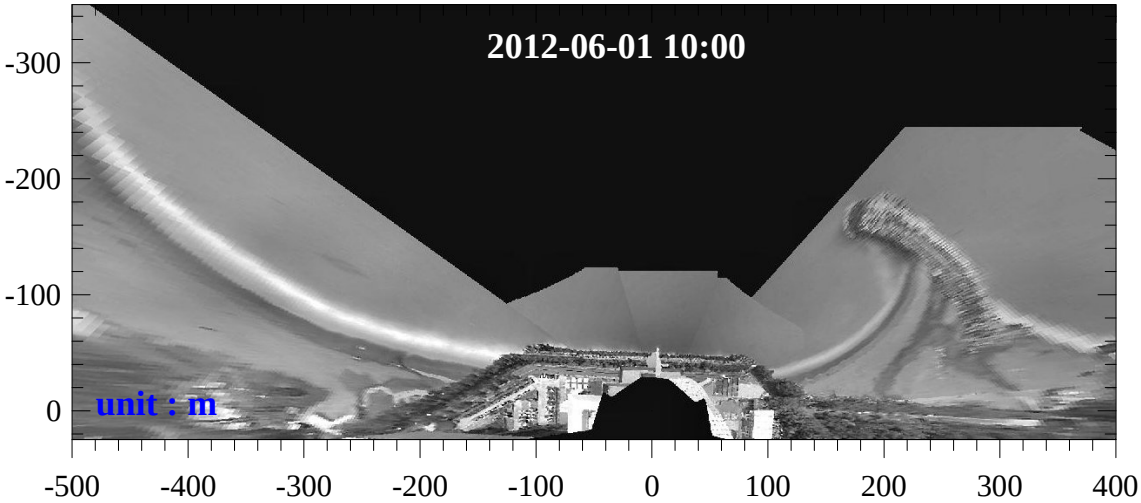
附圖 13B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 07:00)



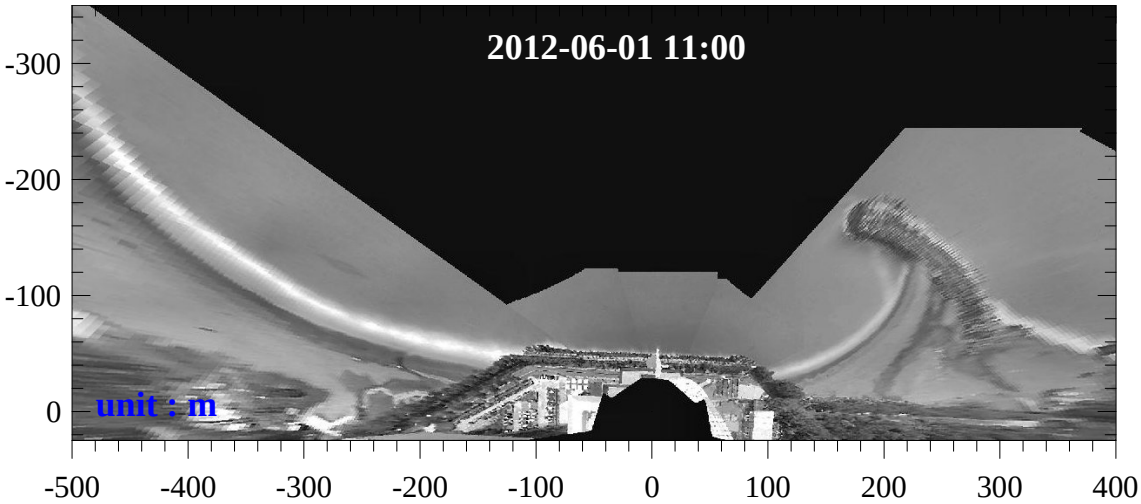
附圖 13C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 08:00)



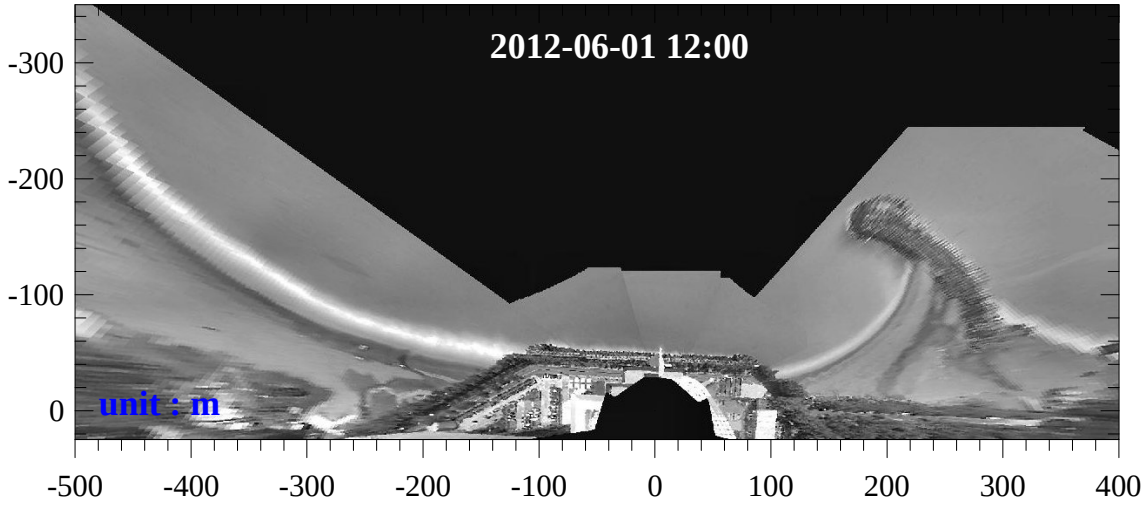
附圖 13D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 09:00)



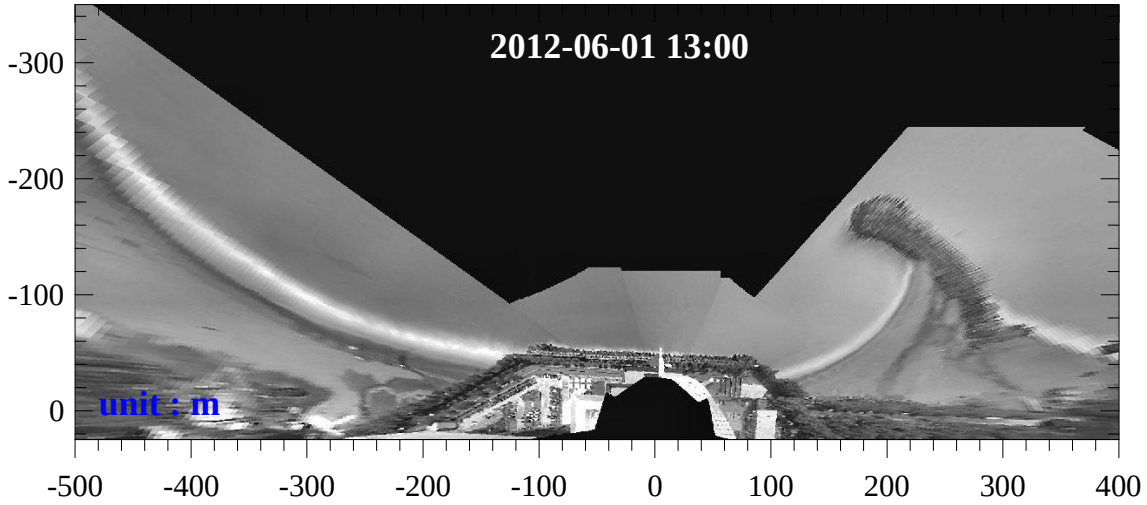
附圖 13E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 10:00)



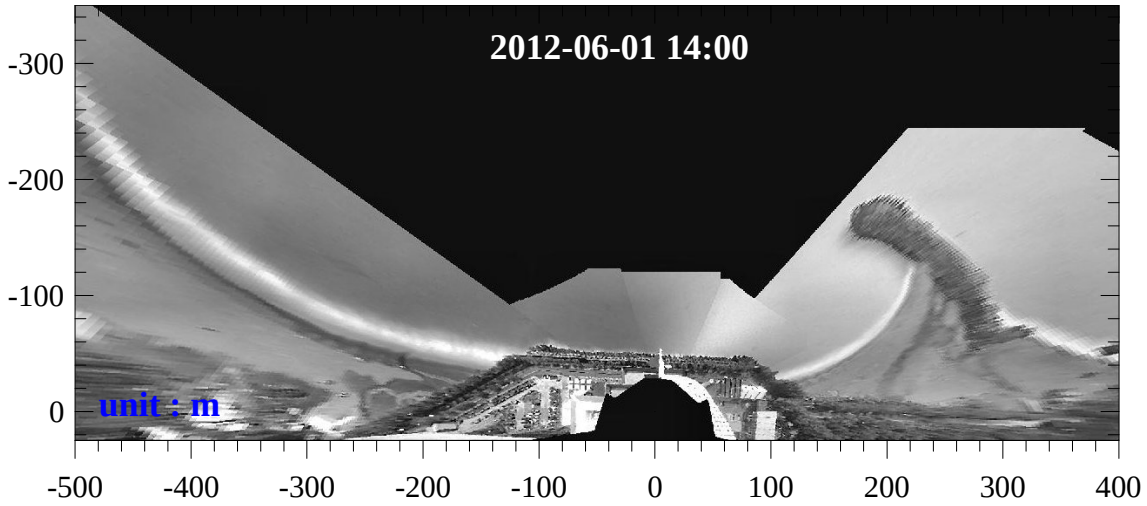
附圖 13F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 11:00)



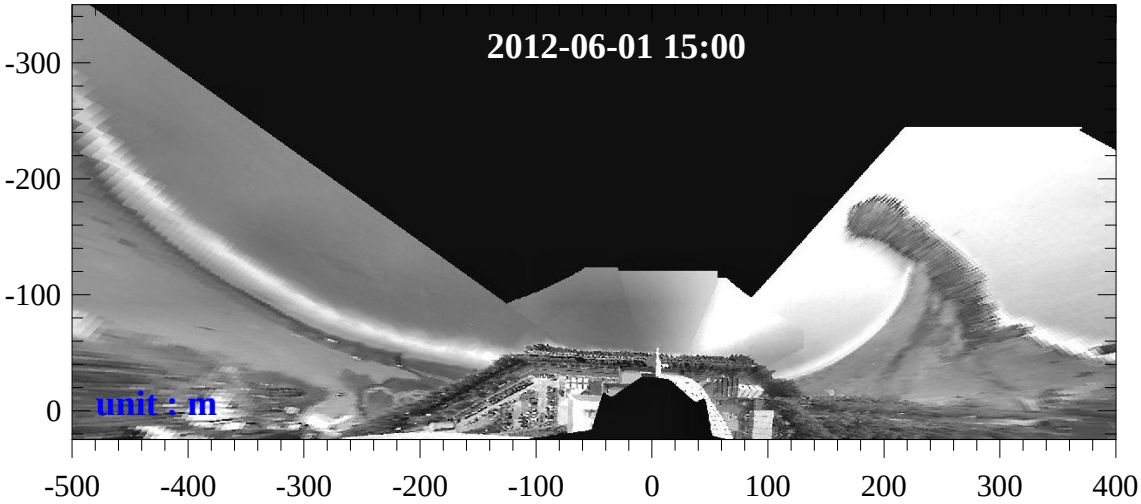
附圖 13G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 12:00)



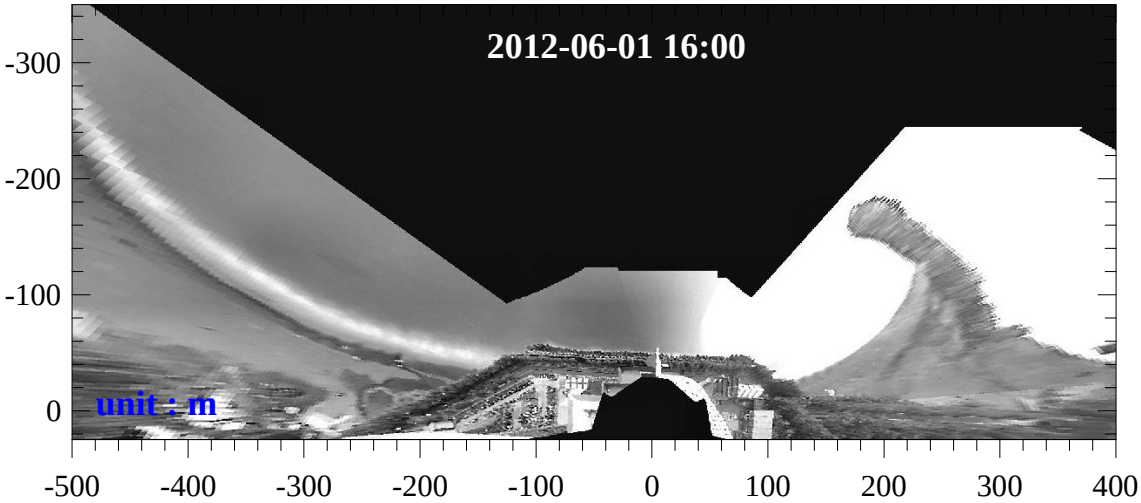
附圖 13F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 13:00)



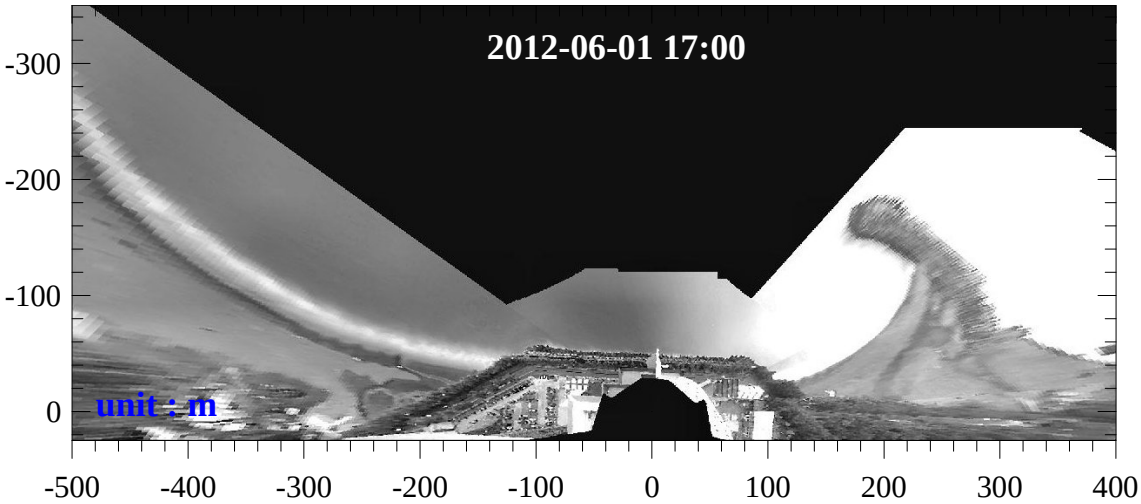
附圖 13I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 14:00)



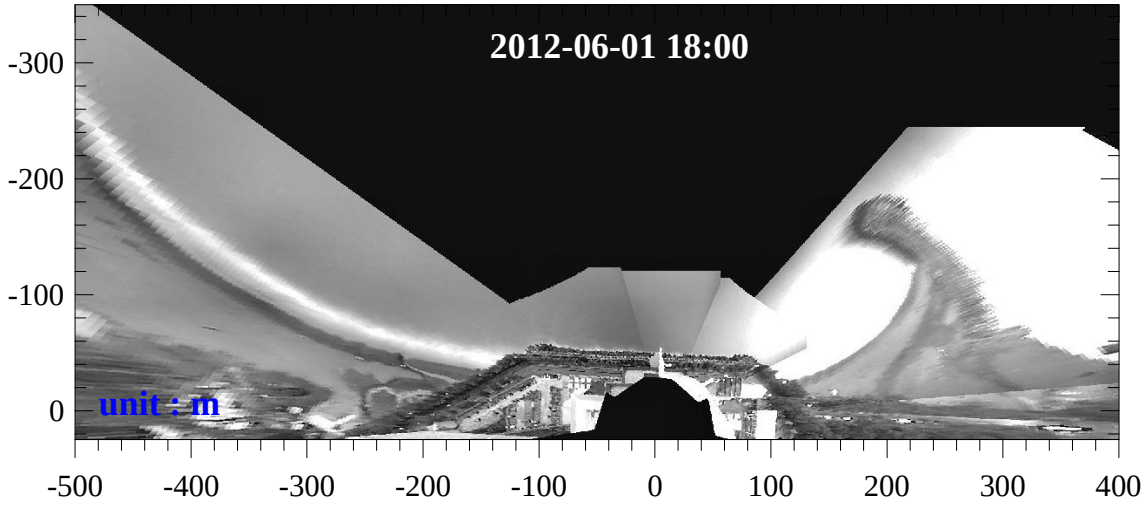
附圖 13J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 15:00)



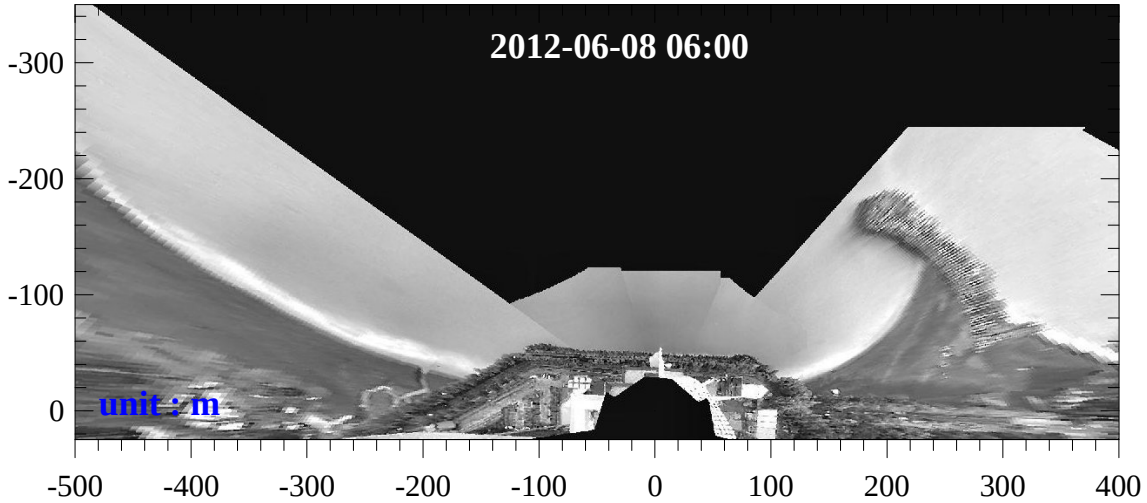
附圖 13K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 16:00)



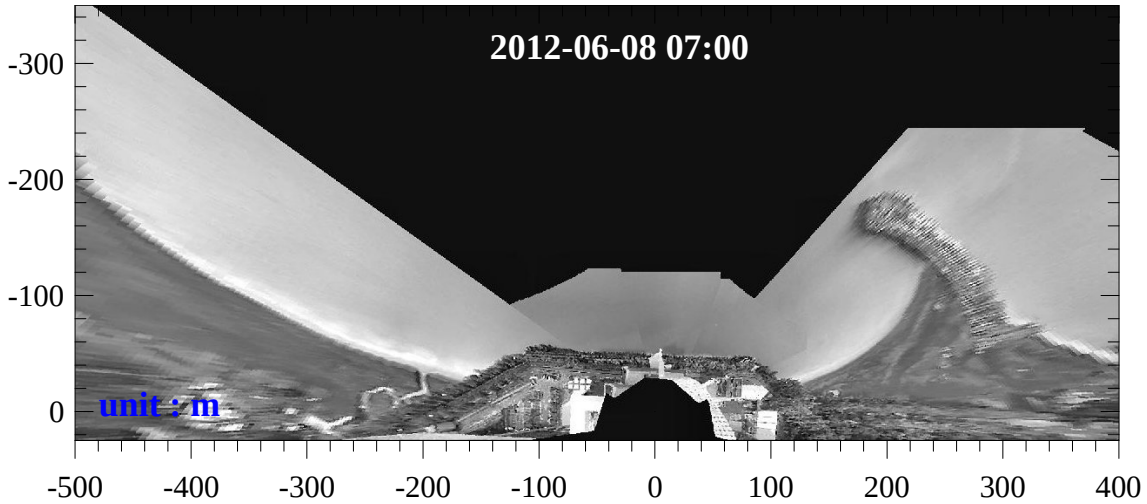
附圖 13L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 17:00)



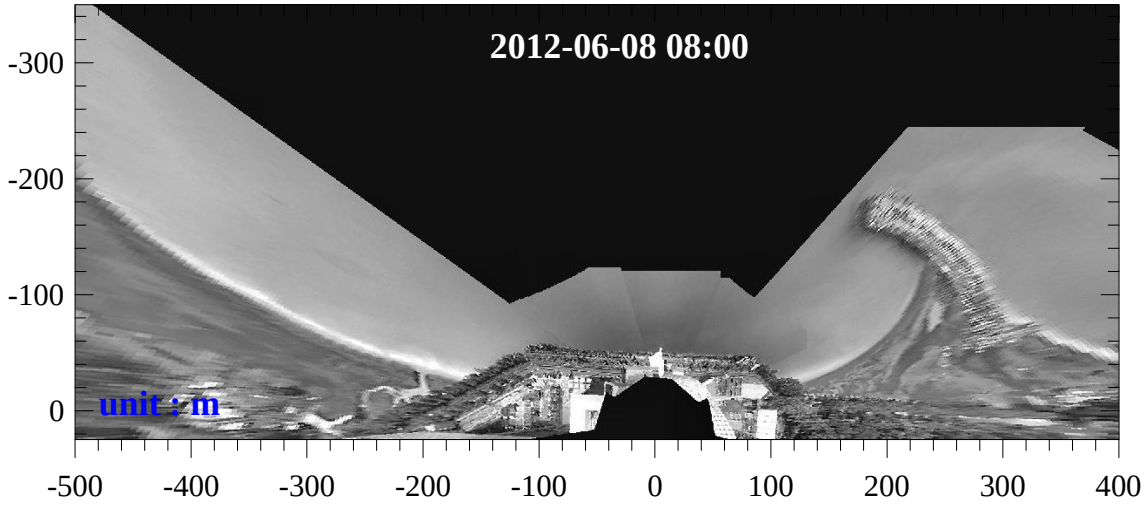
附圖 13M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/01 18:00)



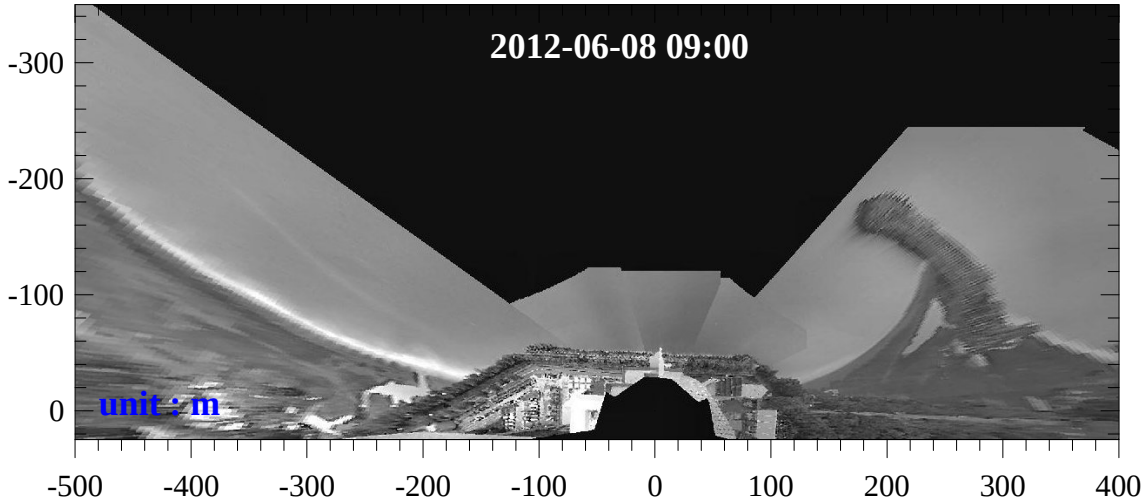
附圖 14A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 06:00)



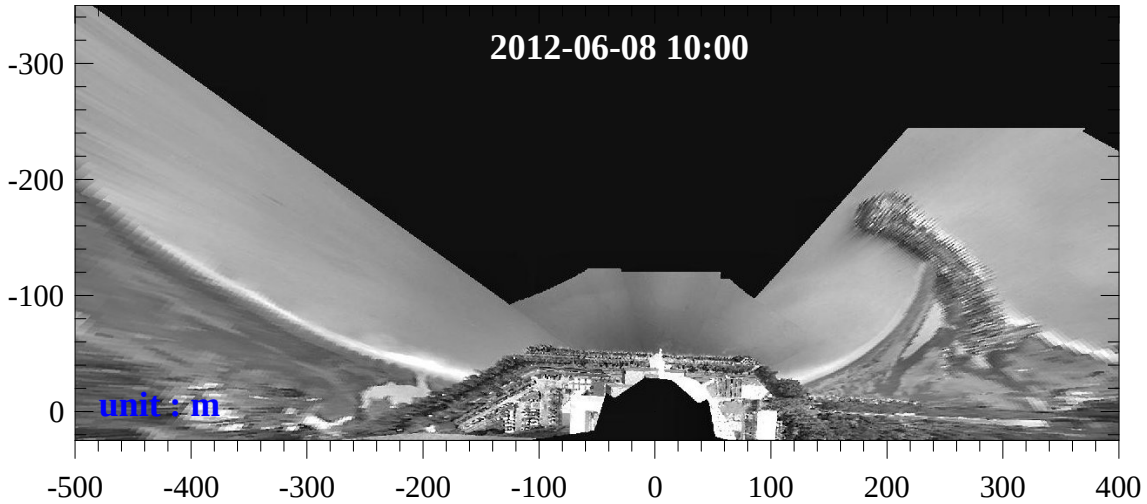
附圖 14B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 07:00)



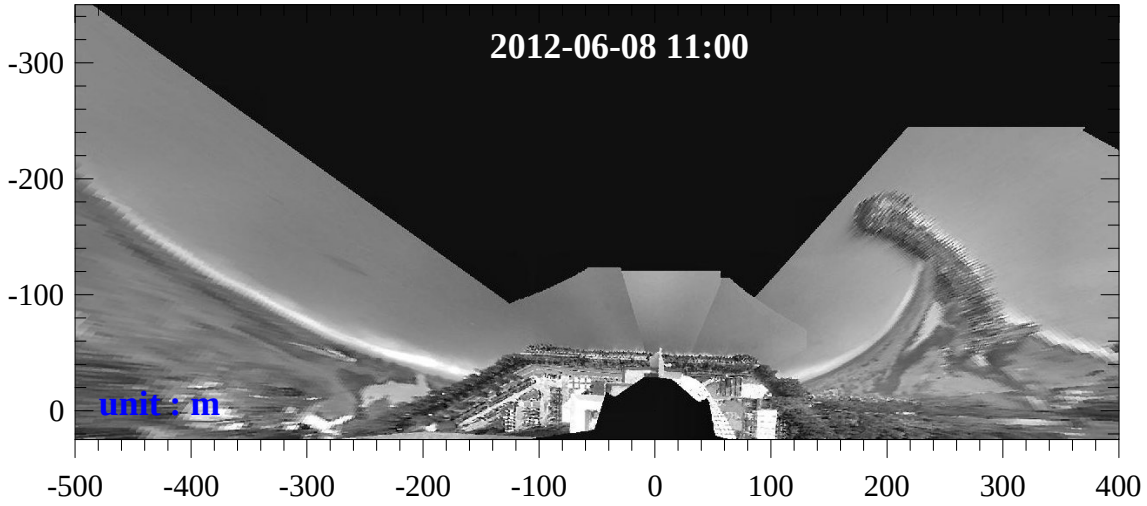
附圖 14C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 08:00)



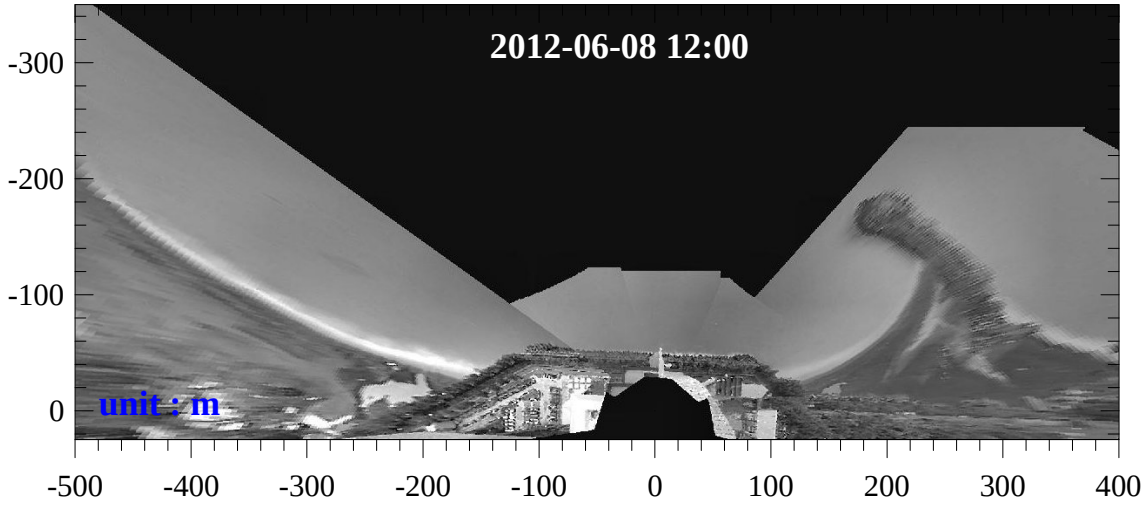
附圖 14D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 09:00)



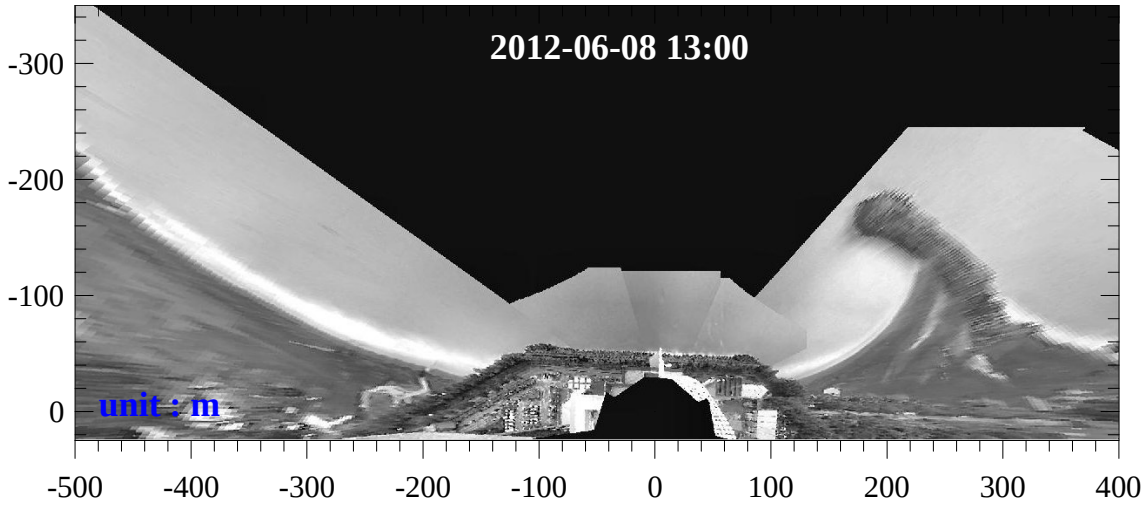
附圖 14E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 10:00)



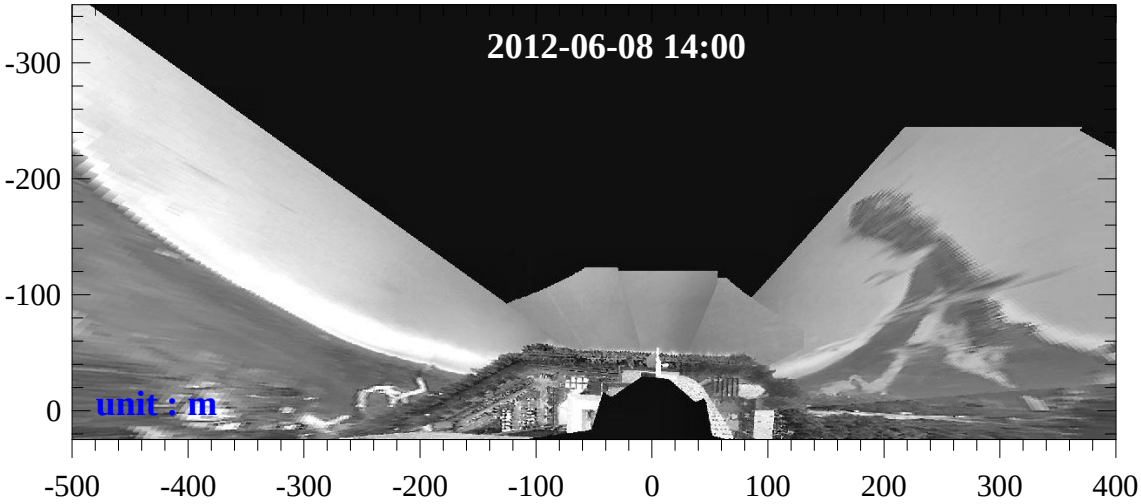
附圖 14F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 11:00)



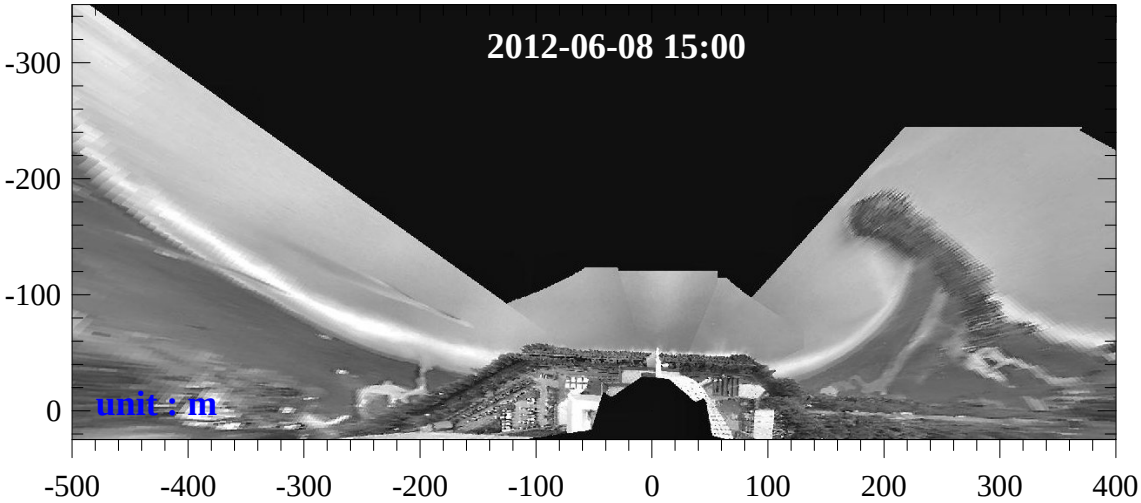
附圖 14G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 12:00)



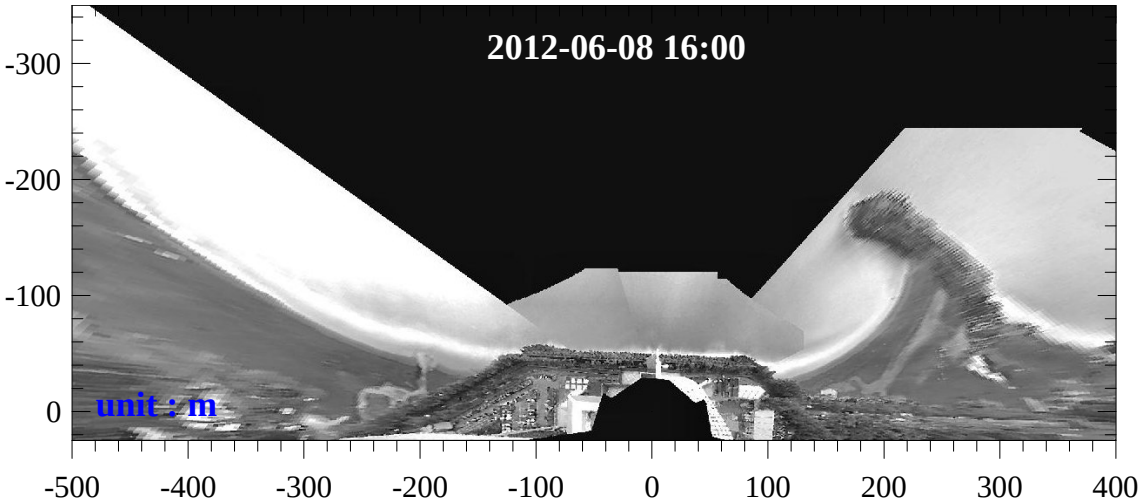
附圖 14H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 13:00)



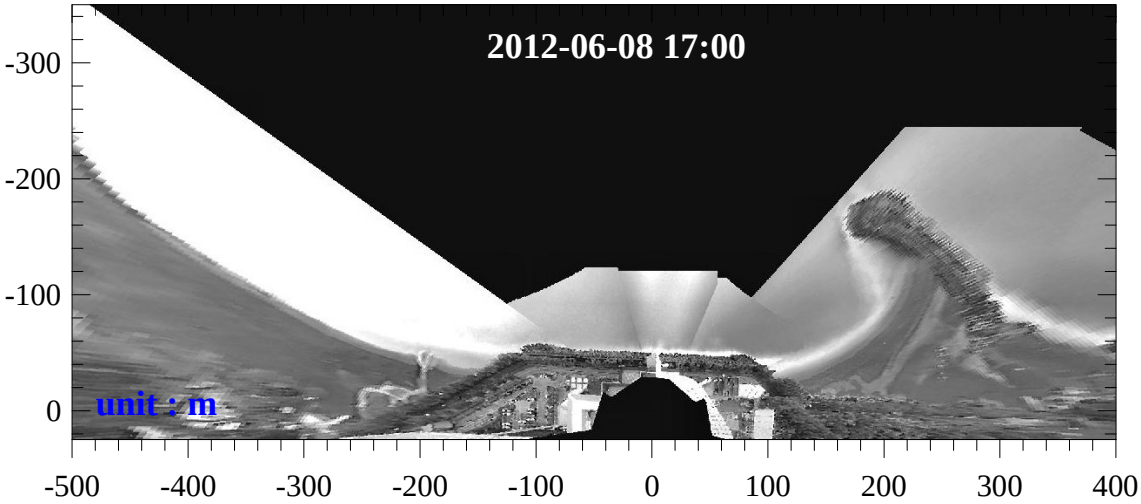
附圖 14I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 14:00)



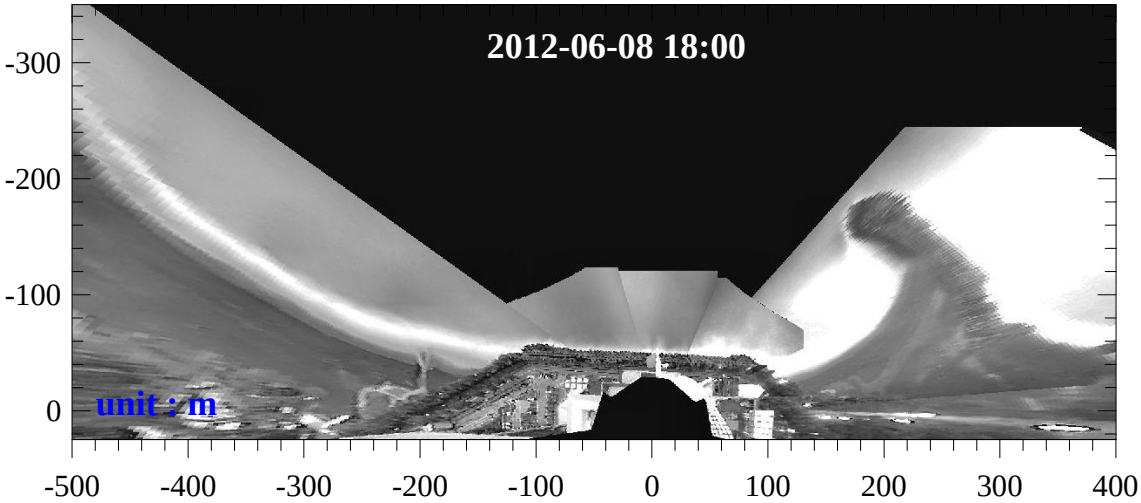
附圖 14J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 15:00)



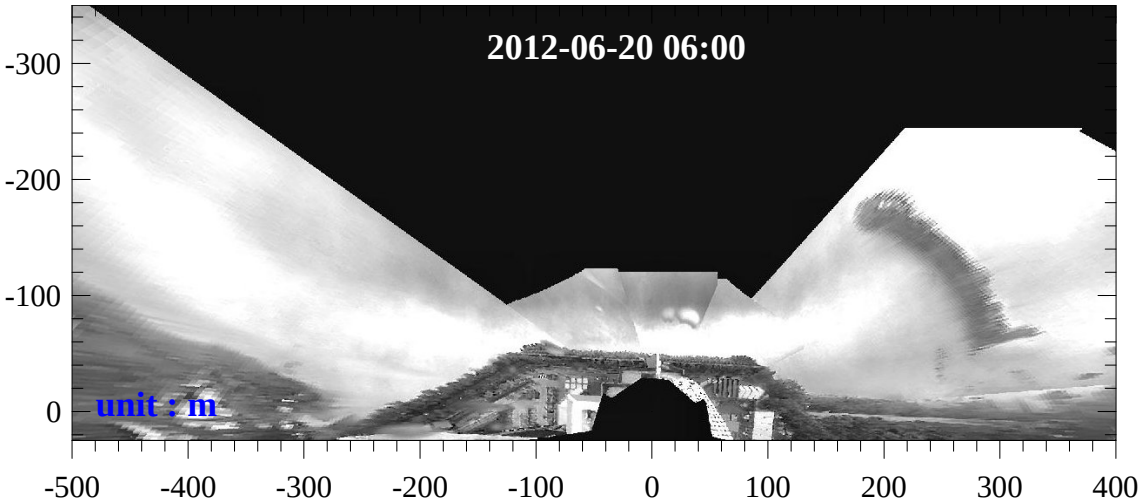
附圖 14K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 16:00)



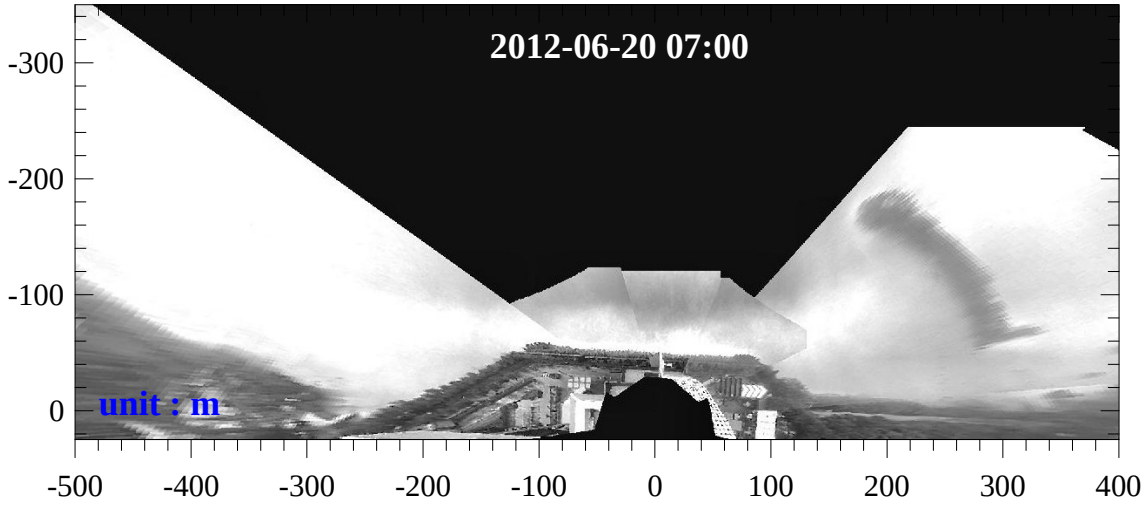
附圖 14L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 17:00)



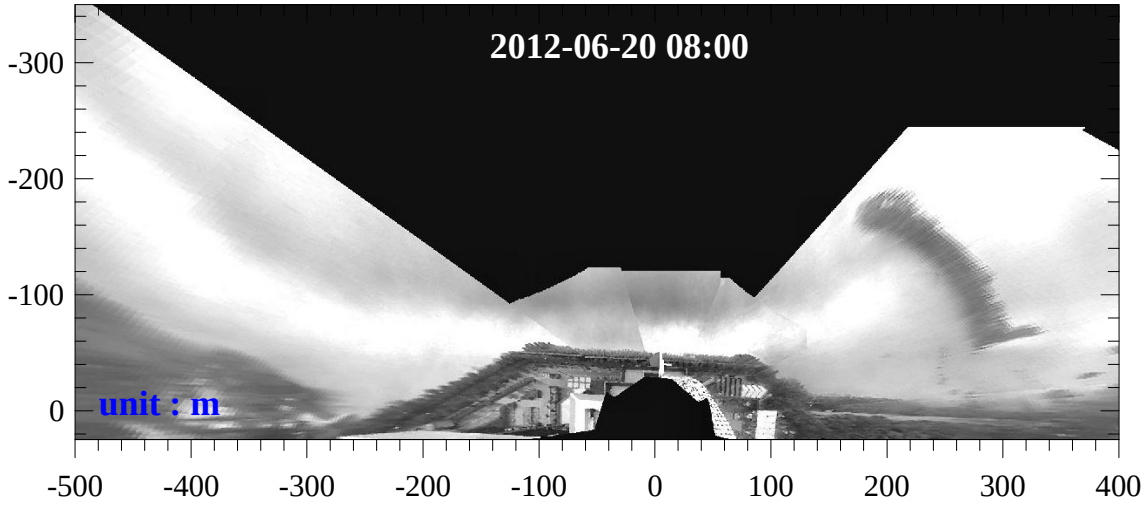
附圖 14M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/08 18:00)



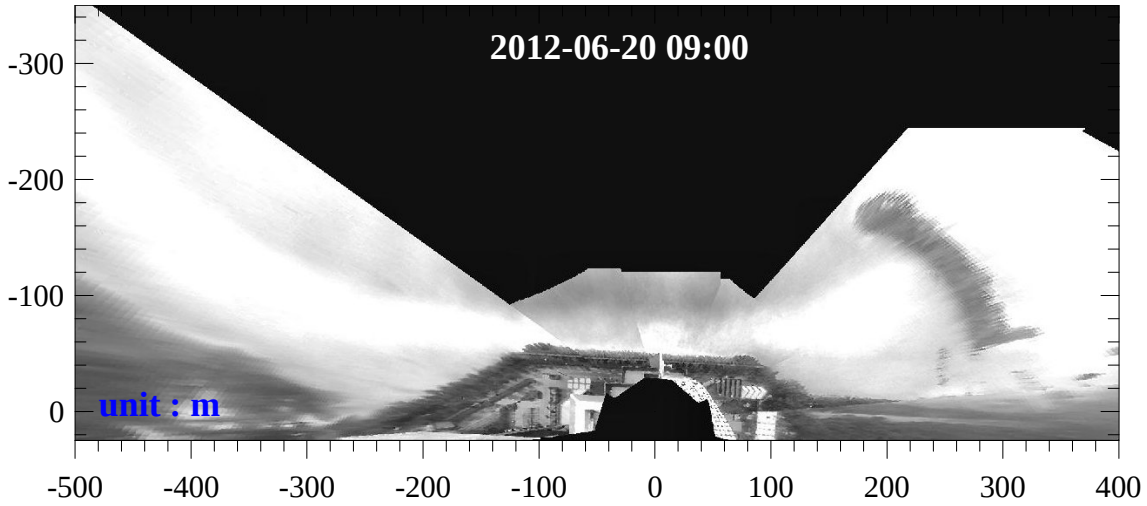
附圖 15A　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 06:00)



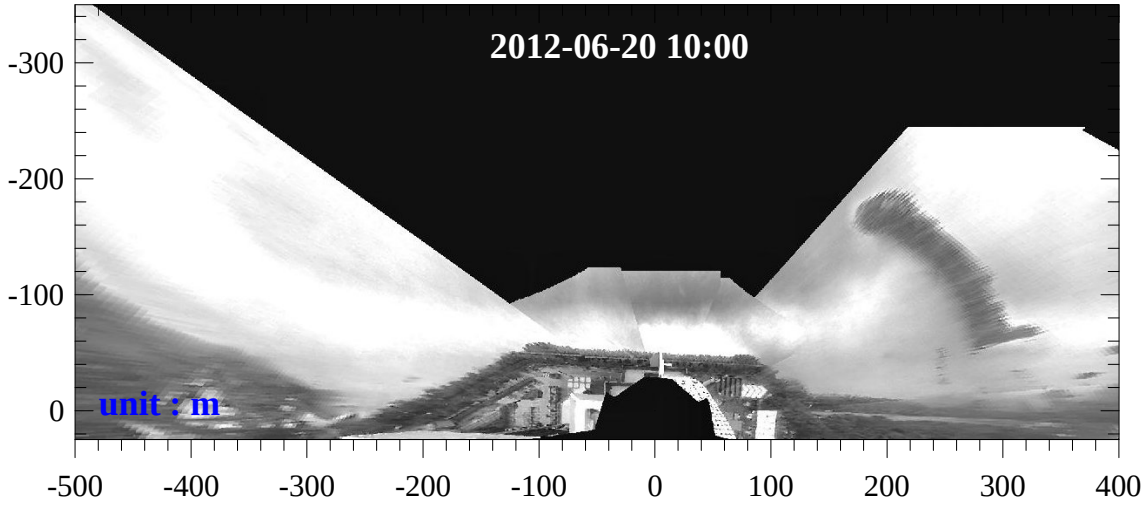
附圖 15B　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 07:00)



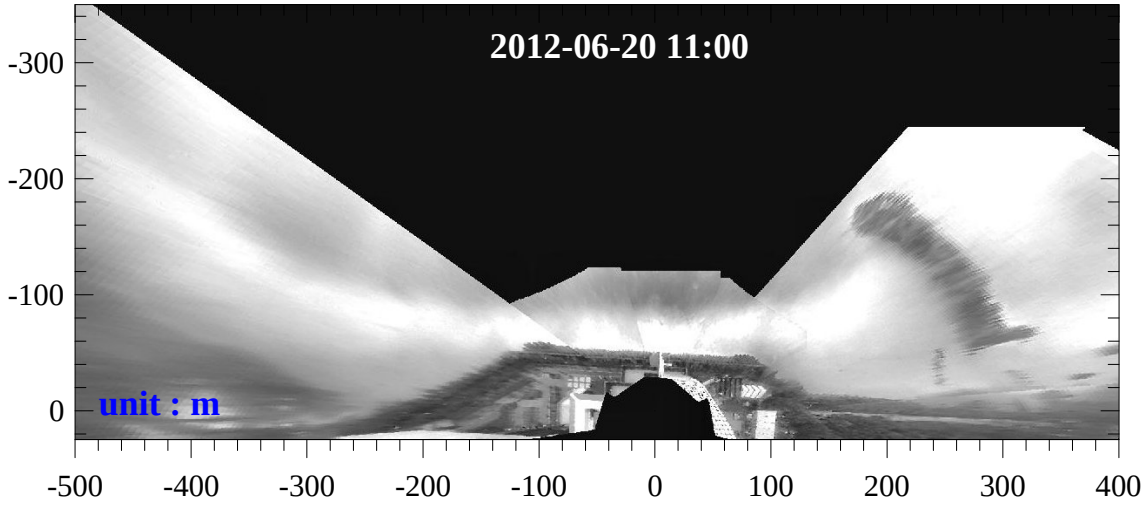
附圖 15C　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 08:00)



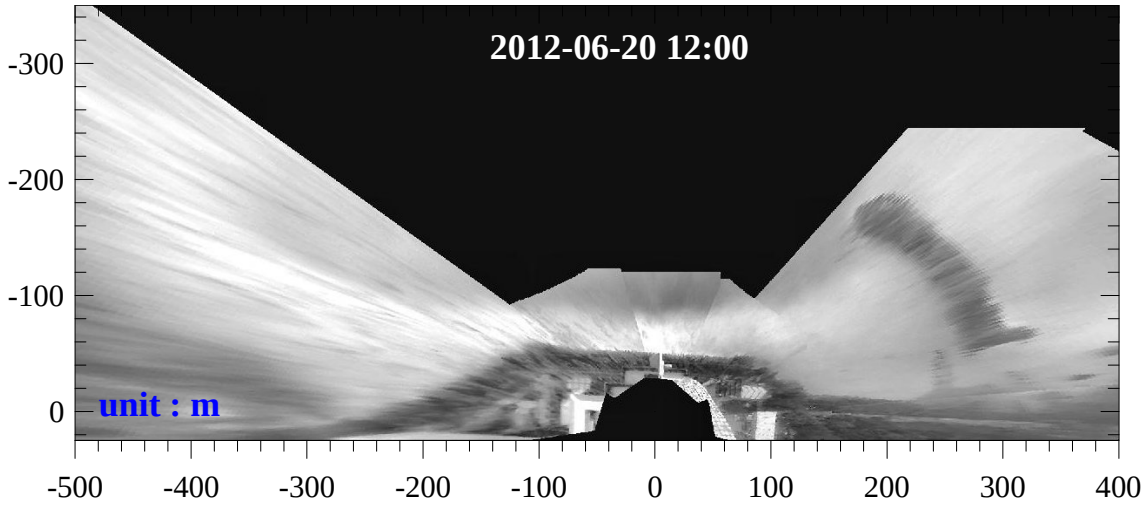
附圖 15D　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 09:00)



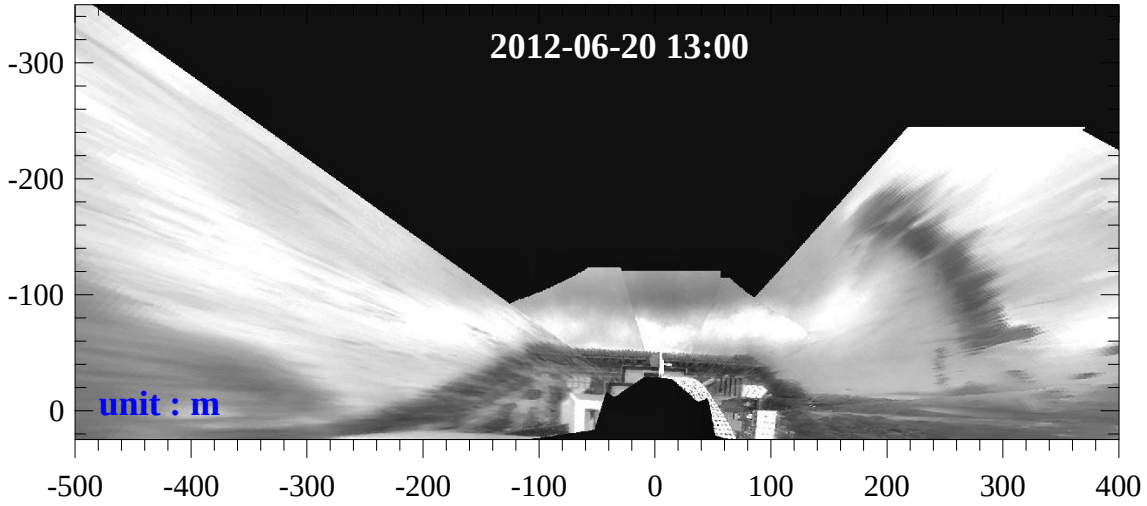
附圖 15E　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 10:00)



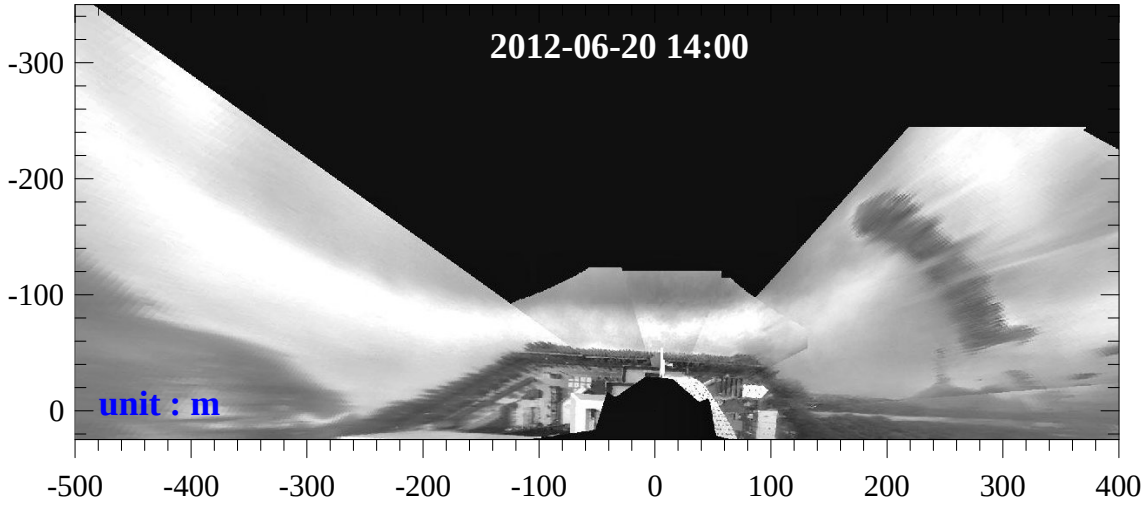
附圖 15F　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 11:00)



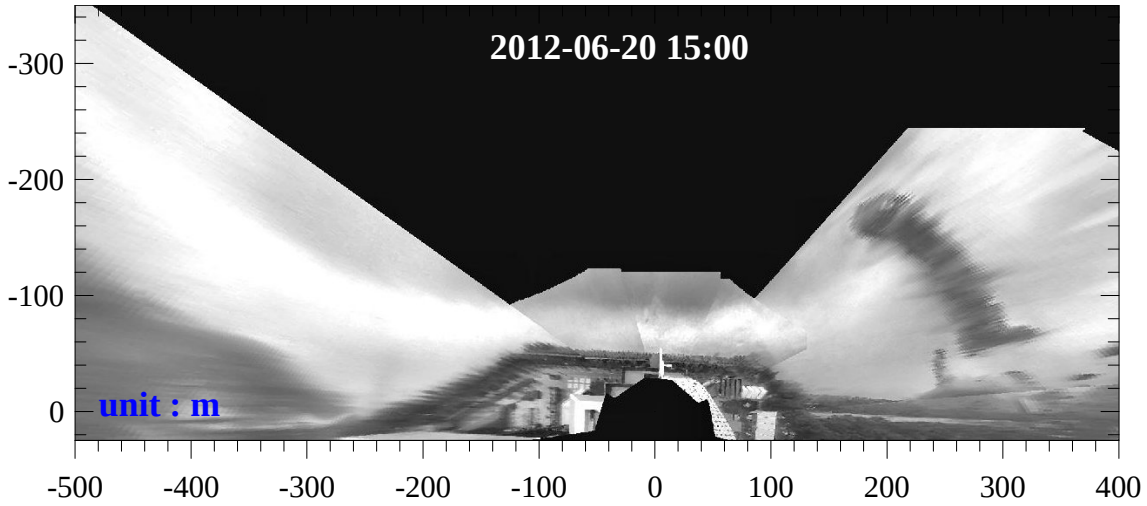
附圖 15G　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 12:00)



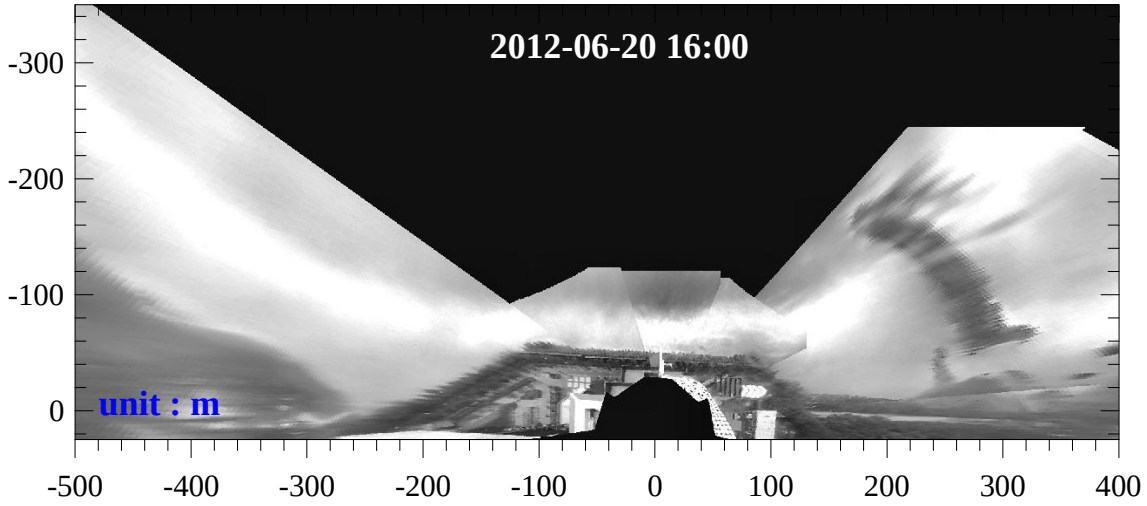
附圖 15H　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 13:00)



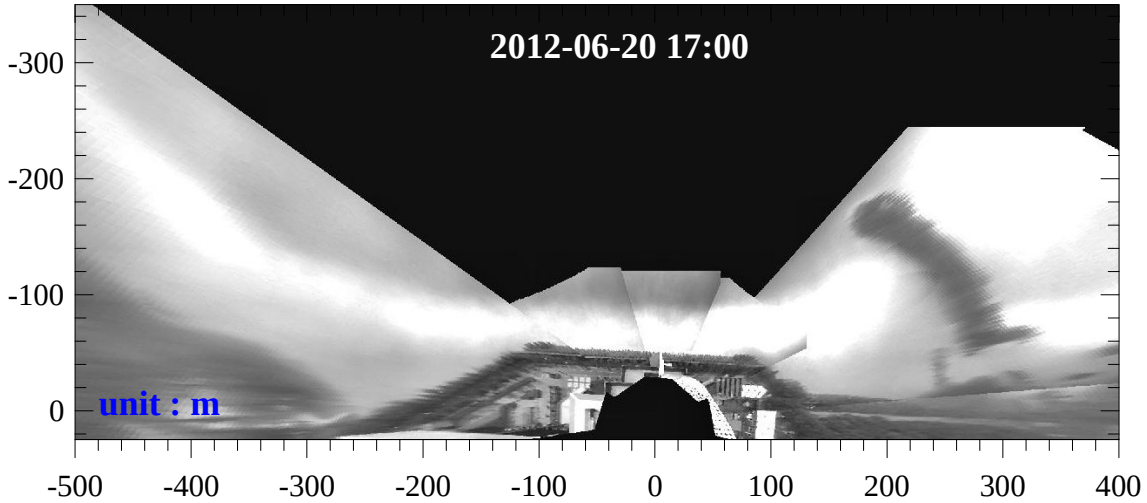
附圖 15I　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 14:00)



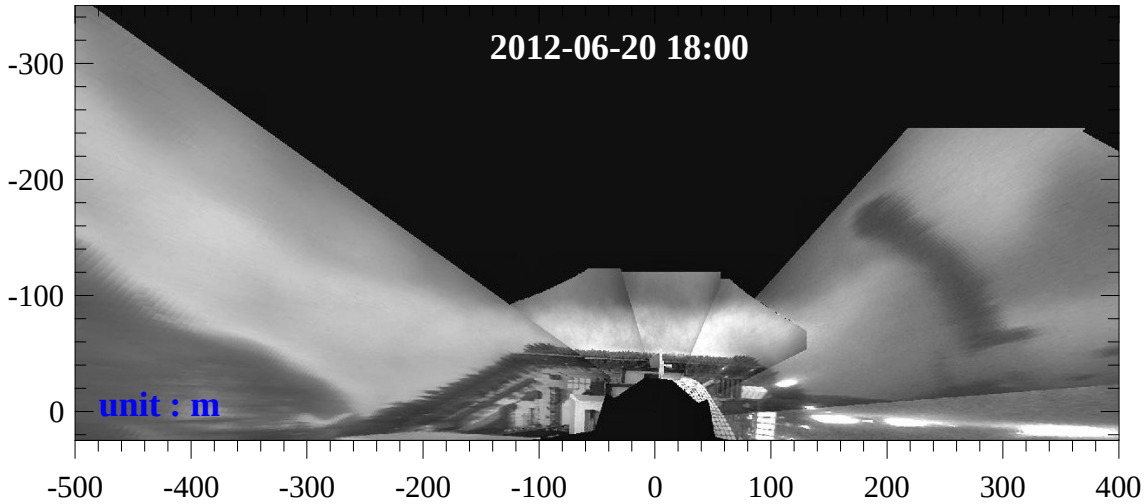
附圖 15J　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 15:00)



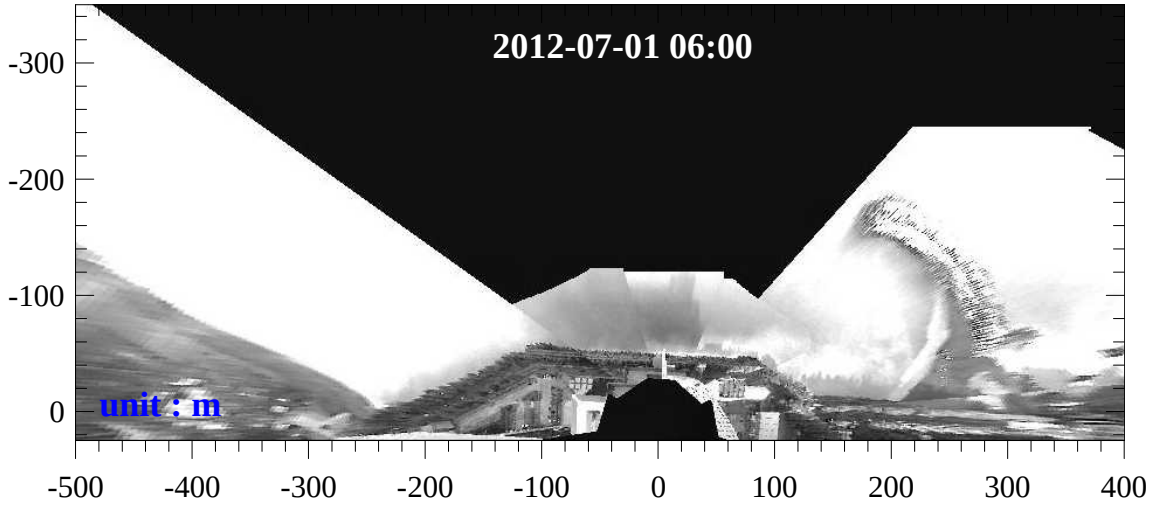
附圖 15K　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 16:00)



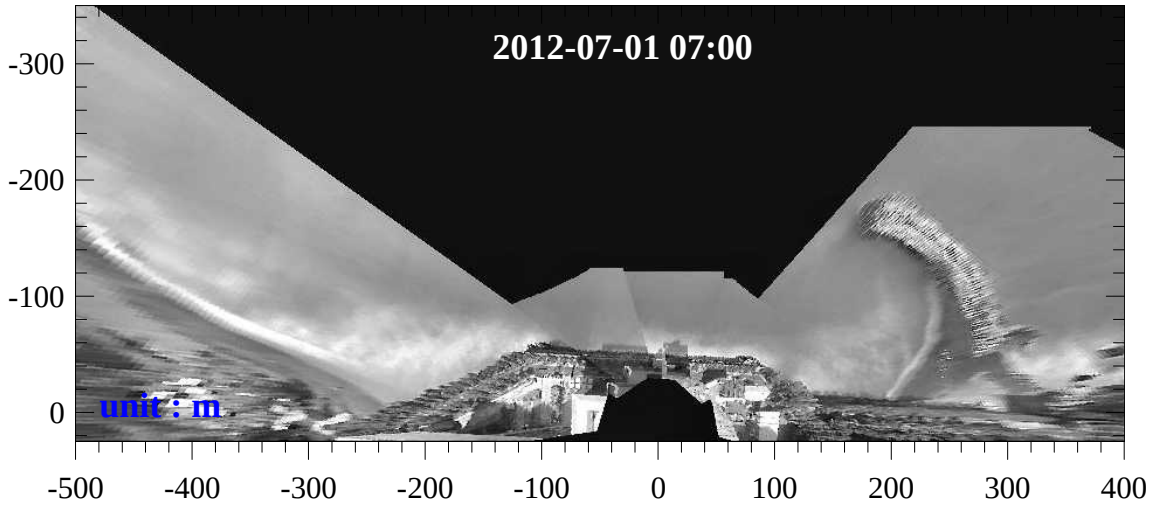
附圖 15L　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 17:00)



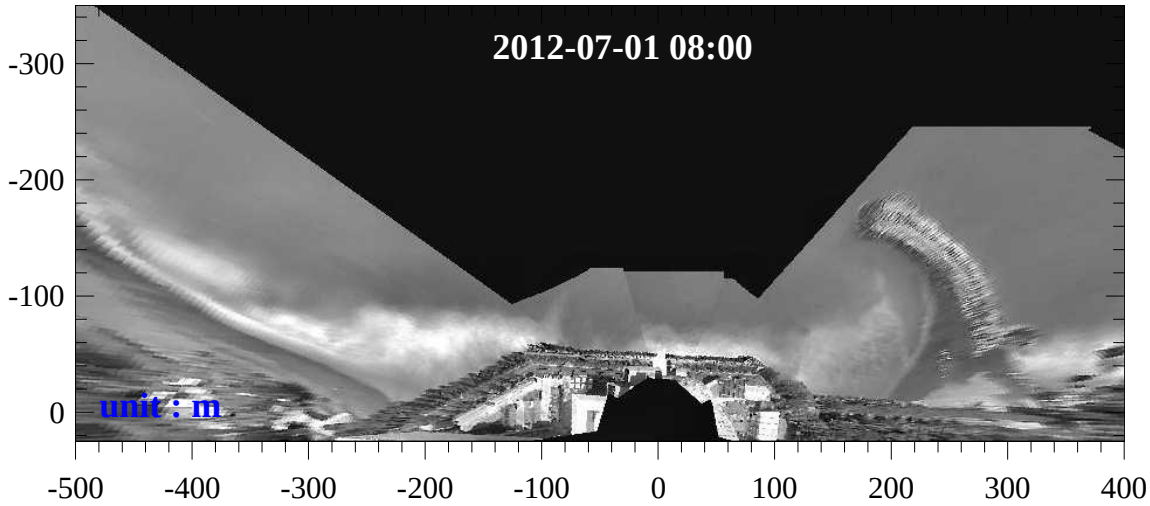
附圖 15M　西子灣海岸地形影像全景圖(2002/06/20 18:00)



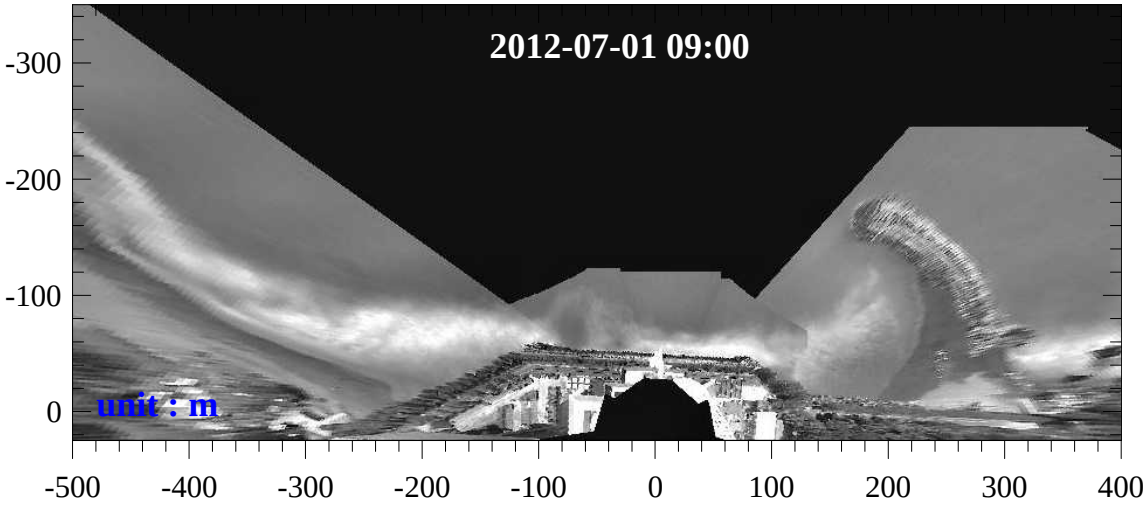
附圖 16A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 06:00)



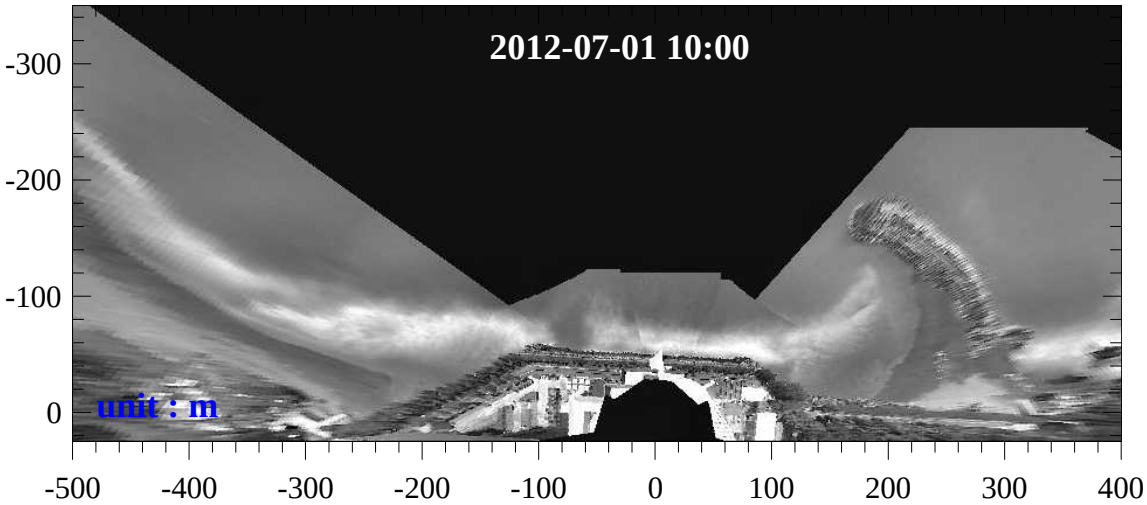
附圖 16B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 07:00)



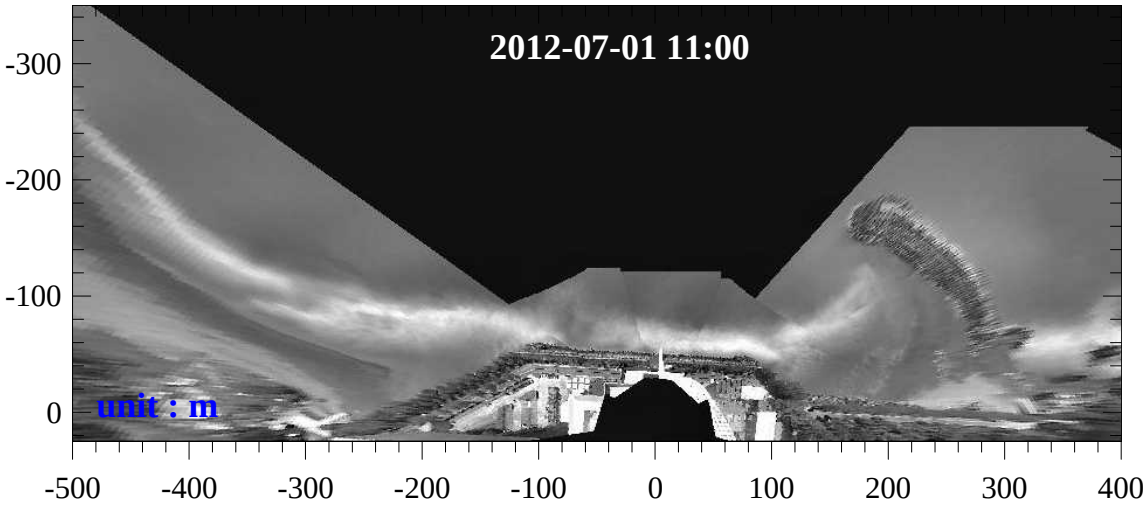
附圖 16C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 08:00)



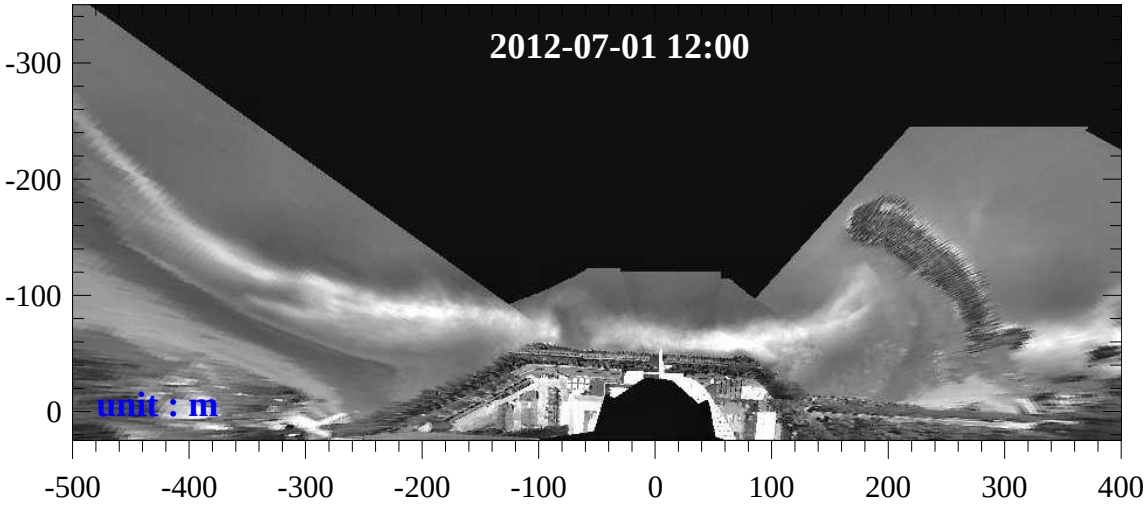
附圖 16D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 09:00)



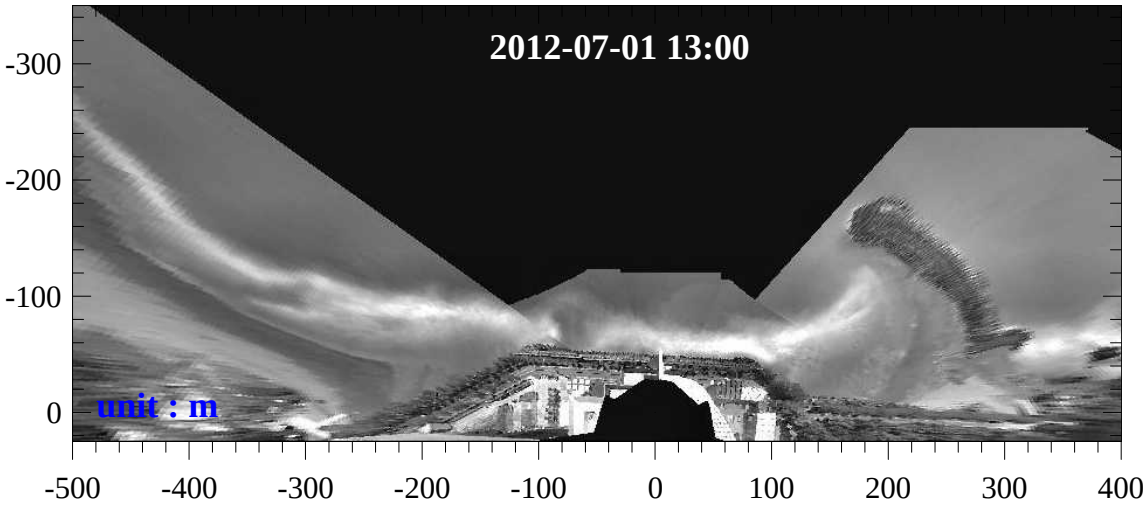
附圖 16E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 10:00)



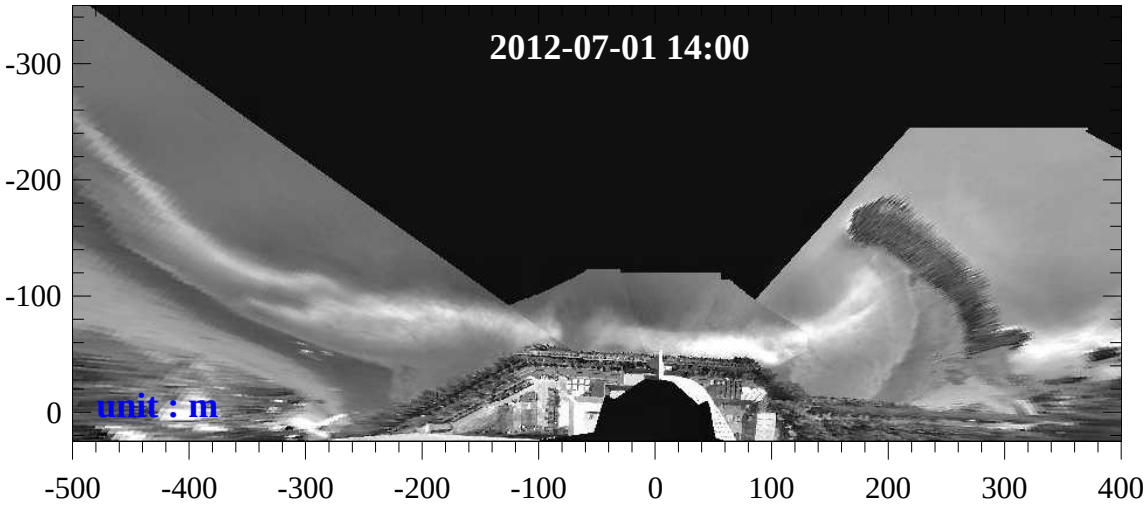
附圖 16F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 11:00)



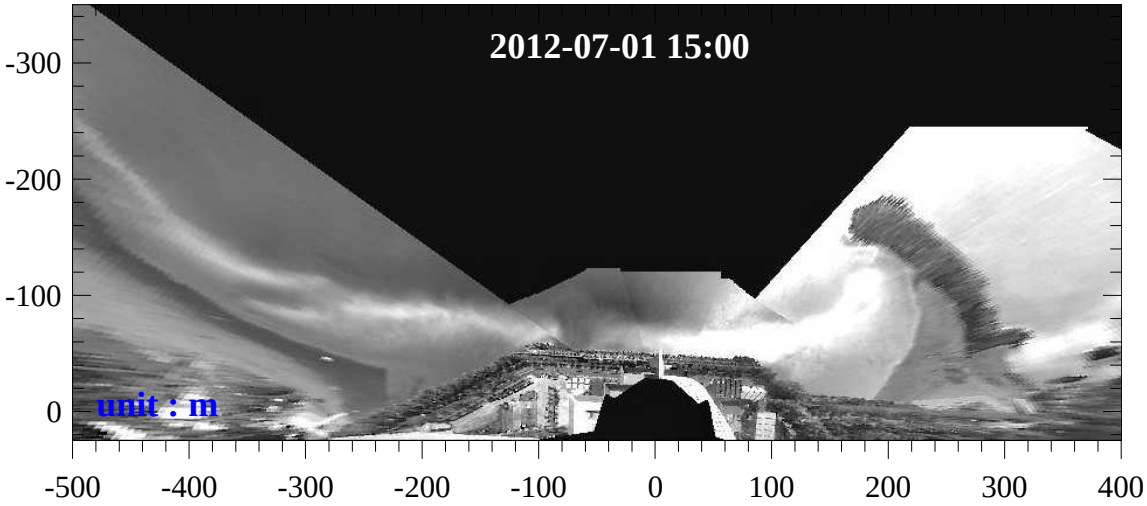
附圖 16G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 12:00)



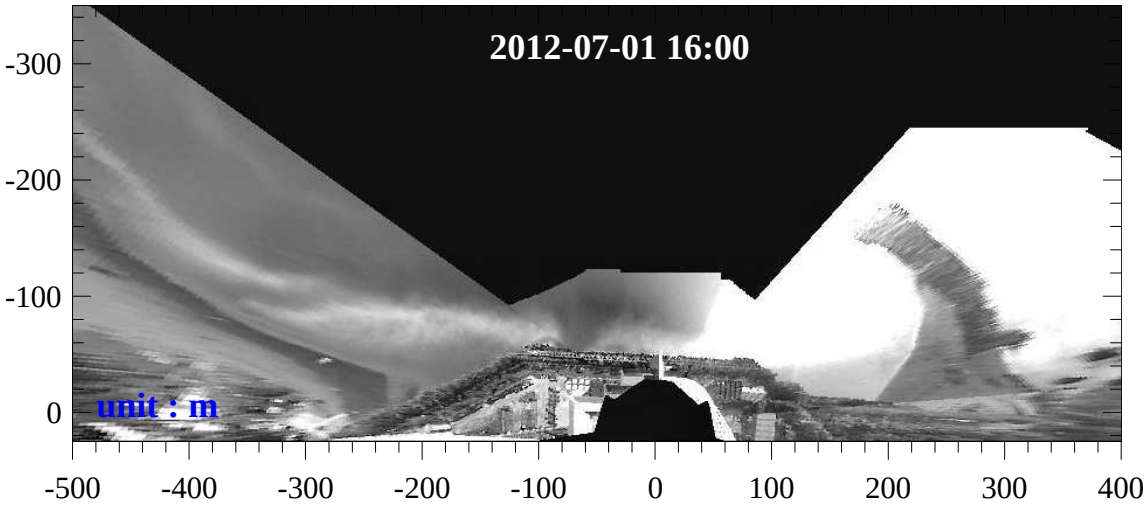
附圖 16H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 13:00)



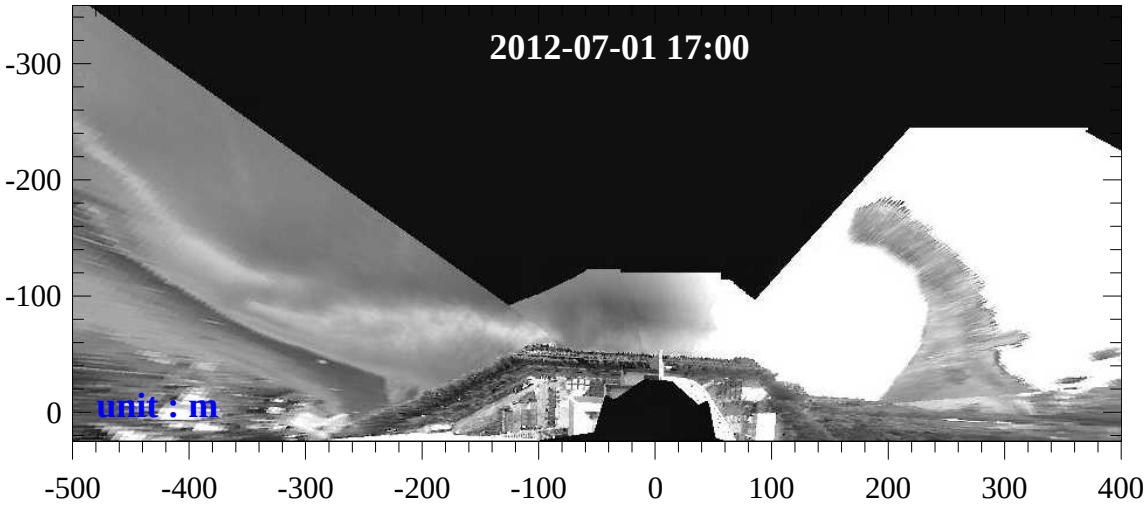
附圖 16I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 14:00)



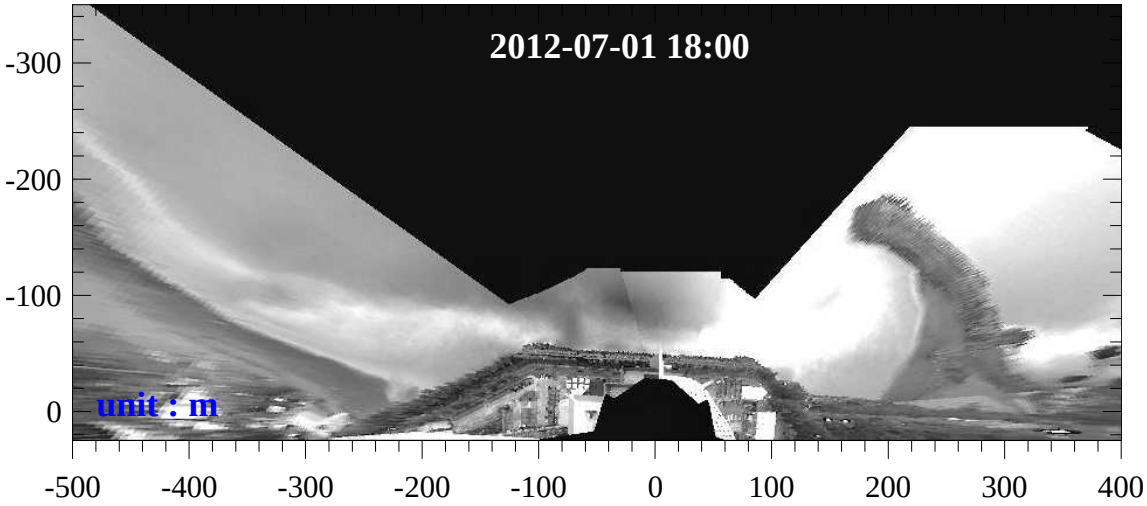
附圖 16J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 15:00)



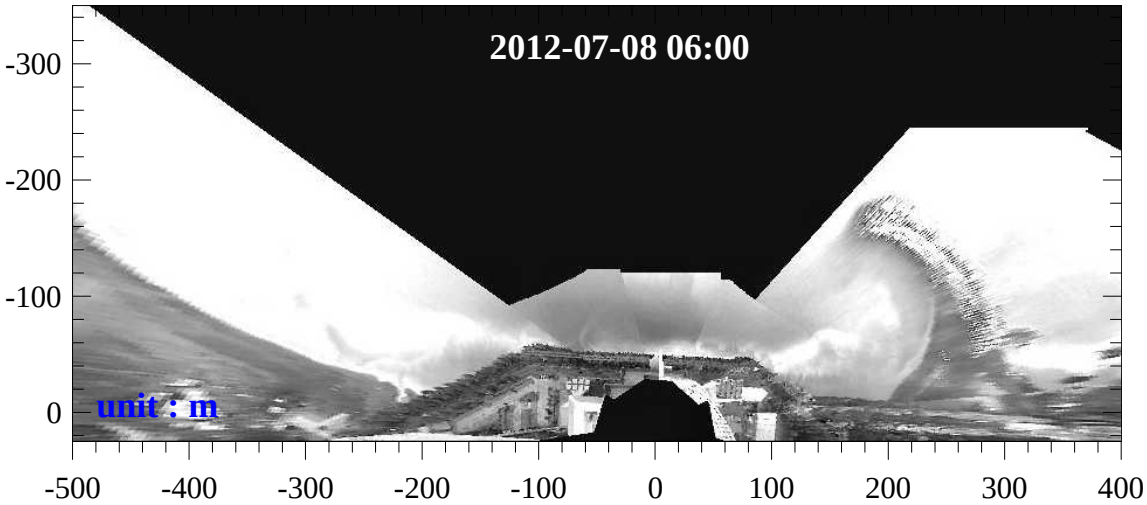
附圖 16K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 16:00)



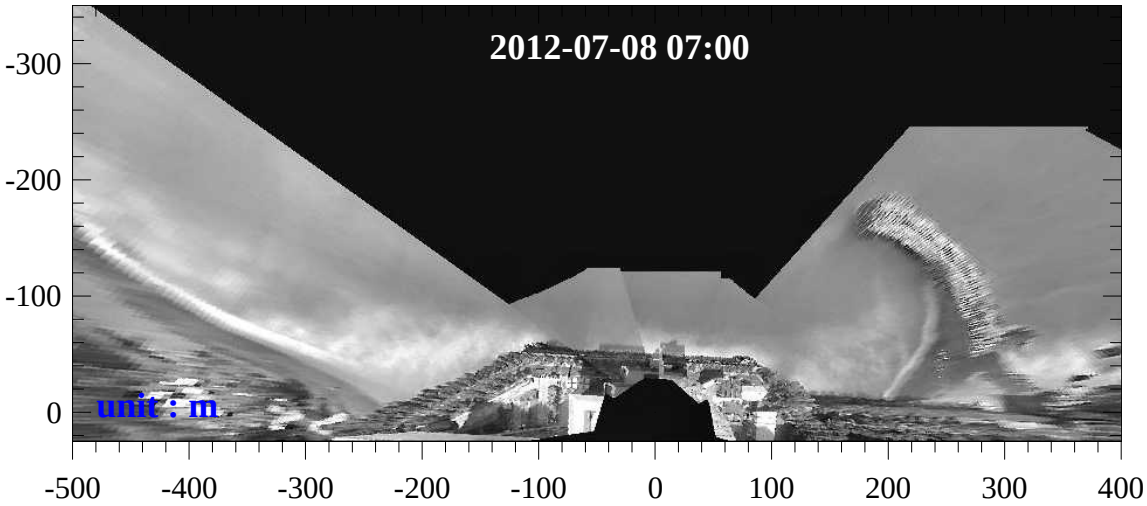
附圖 16L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 17:00)



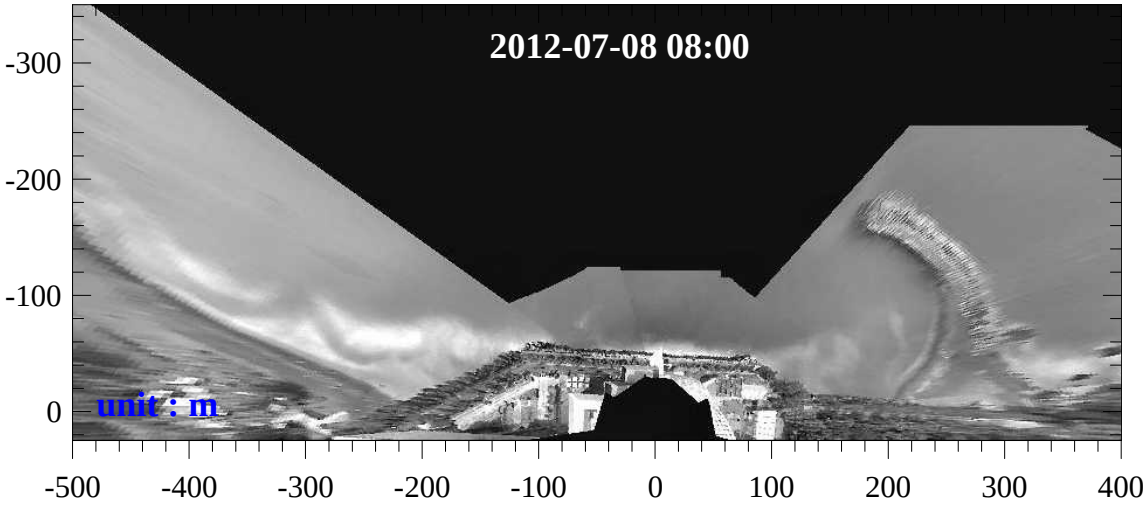
附圖 16M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/01 18:00)



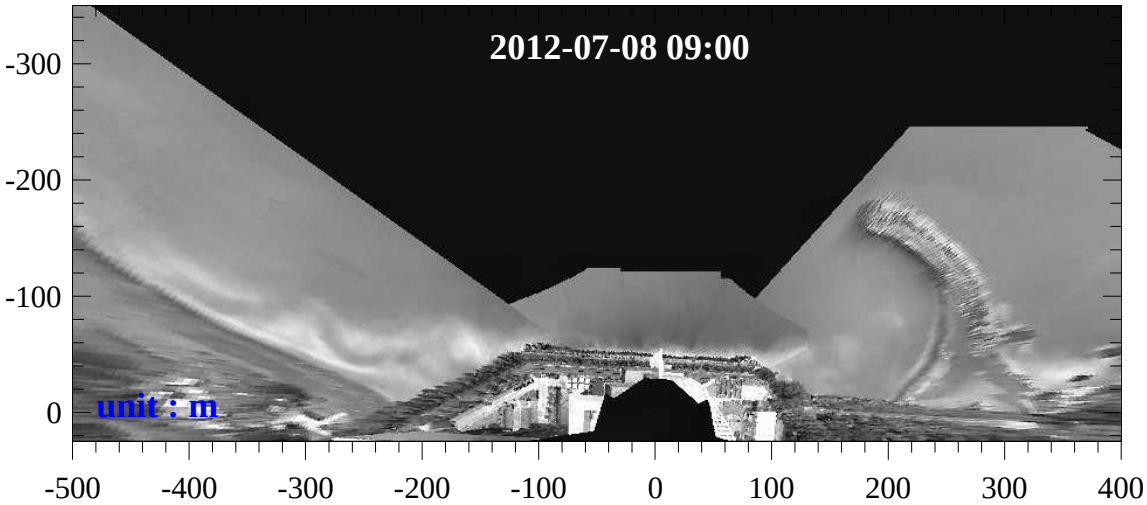
附圖 17A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 06:00)



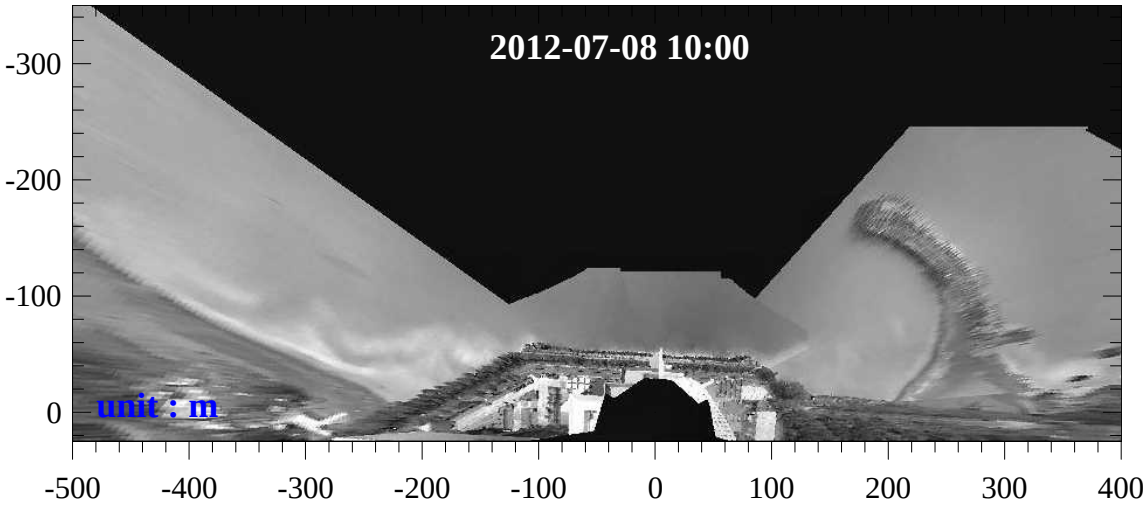
附圖 17B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 07:00)



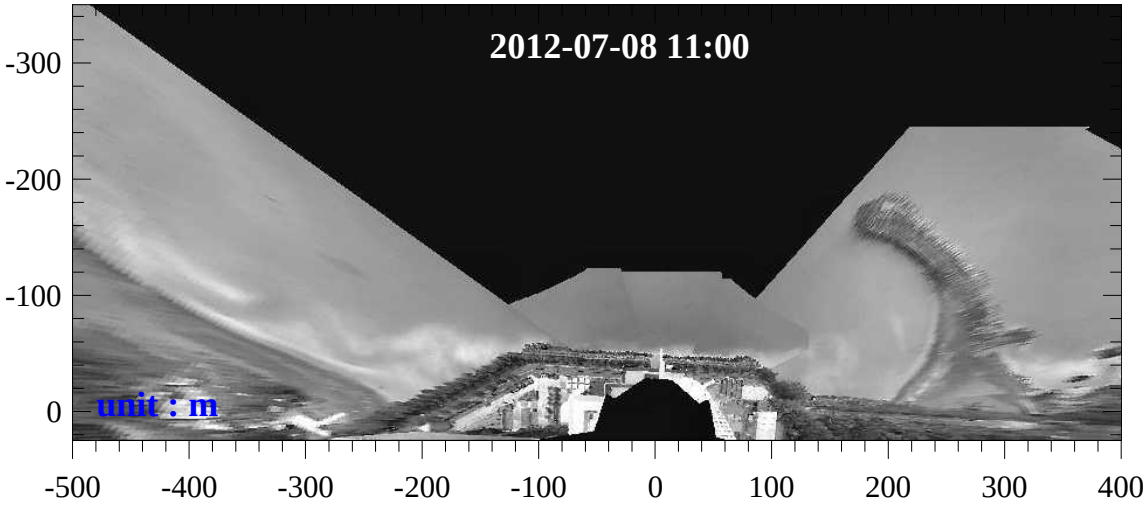
附圖 17C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 08:00)



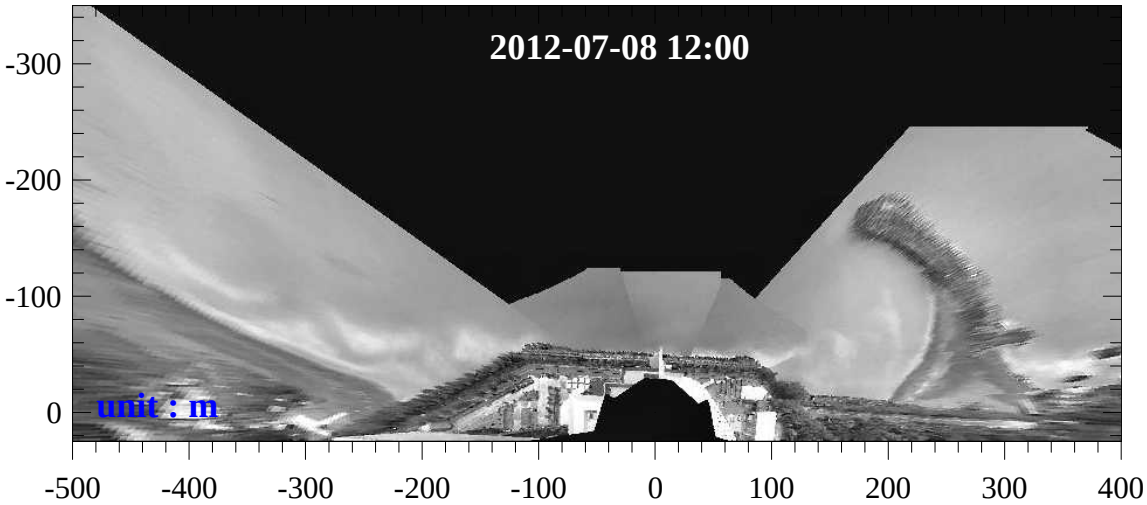
附圖 17D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 09:00)



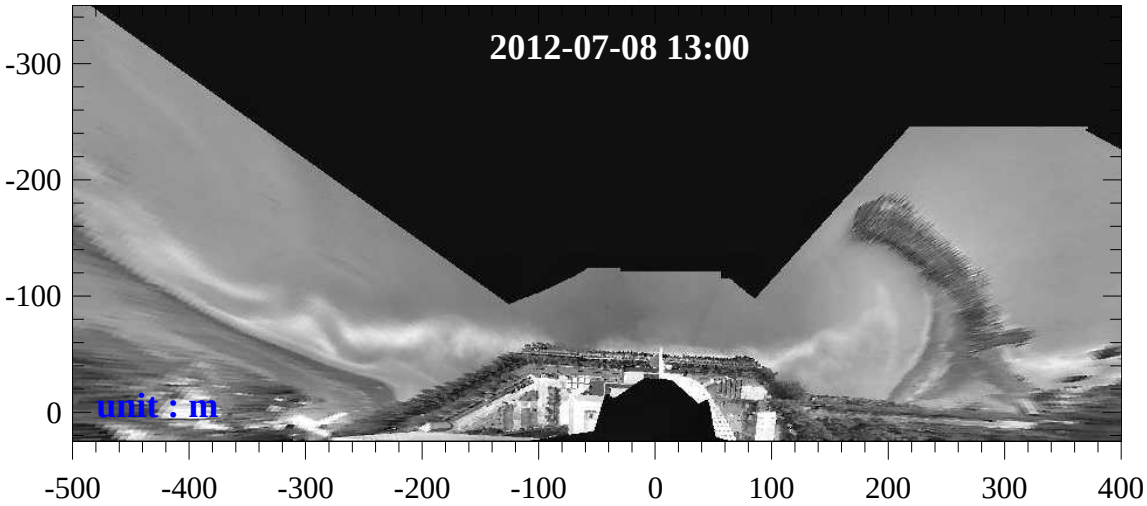
附圖 17E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 10:00)



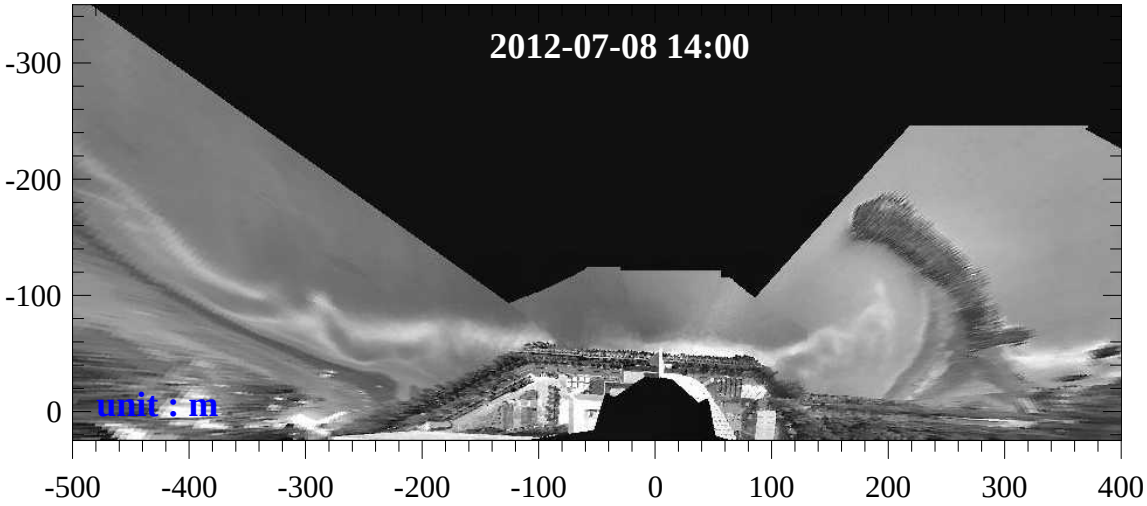
附圖 17F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 11:00)



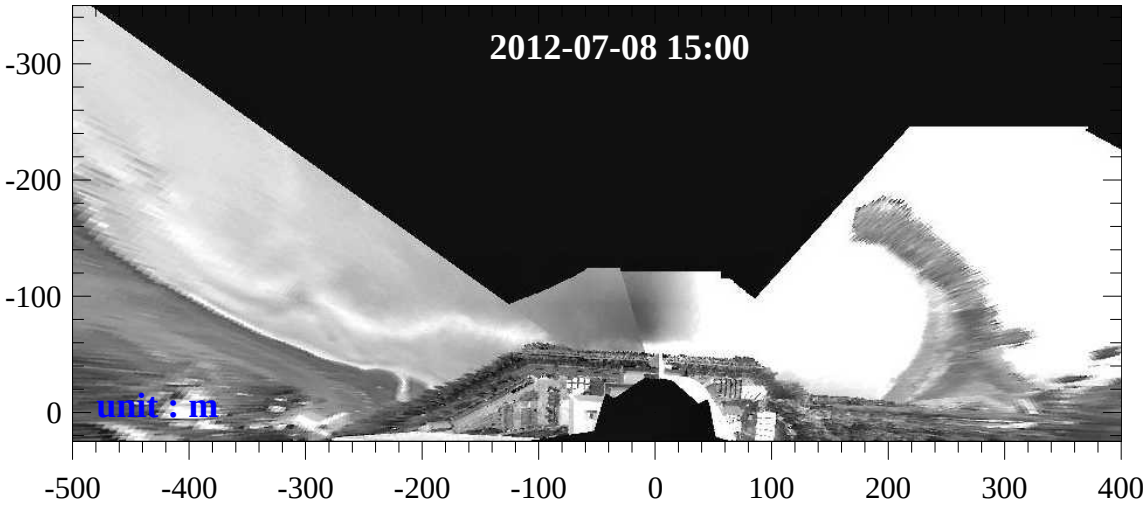
附圖 17G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 12:00)



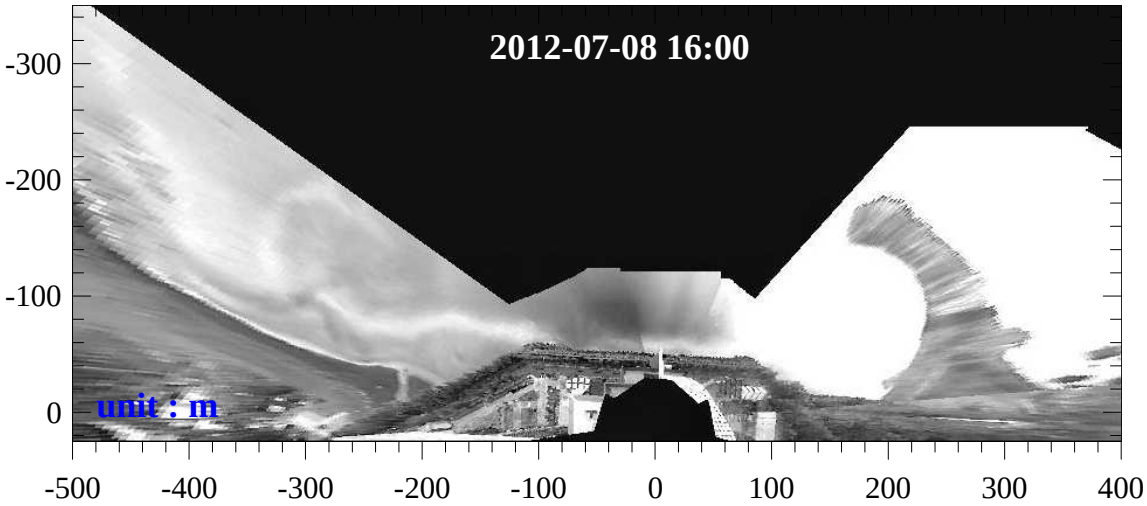
附圖 17H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 13:00)



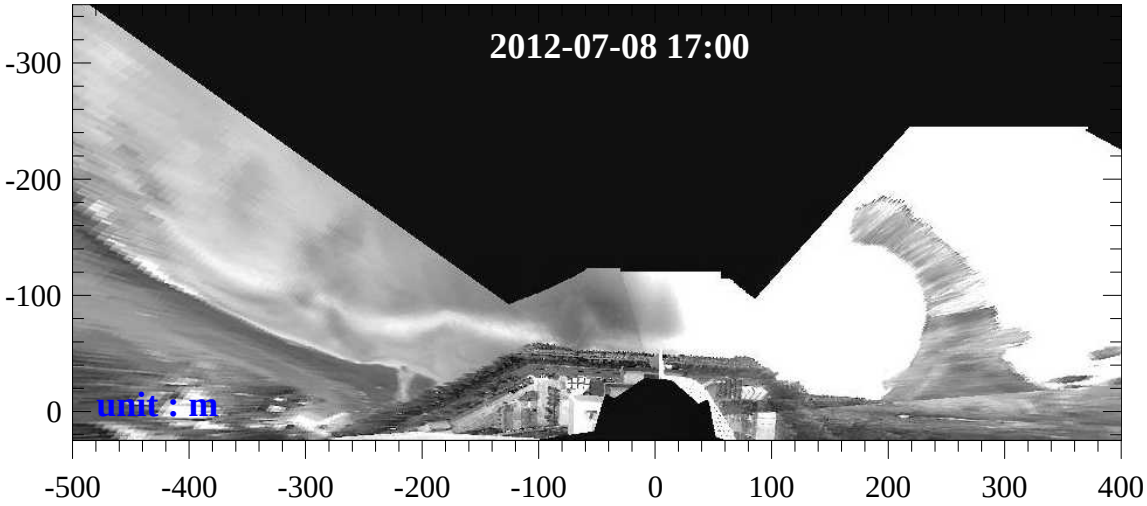
附圖 17I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 14:00)



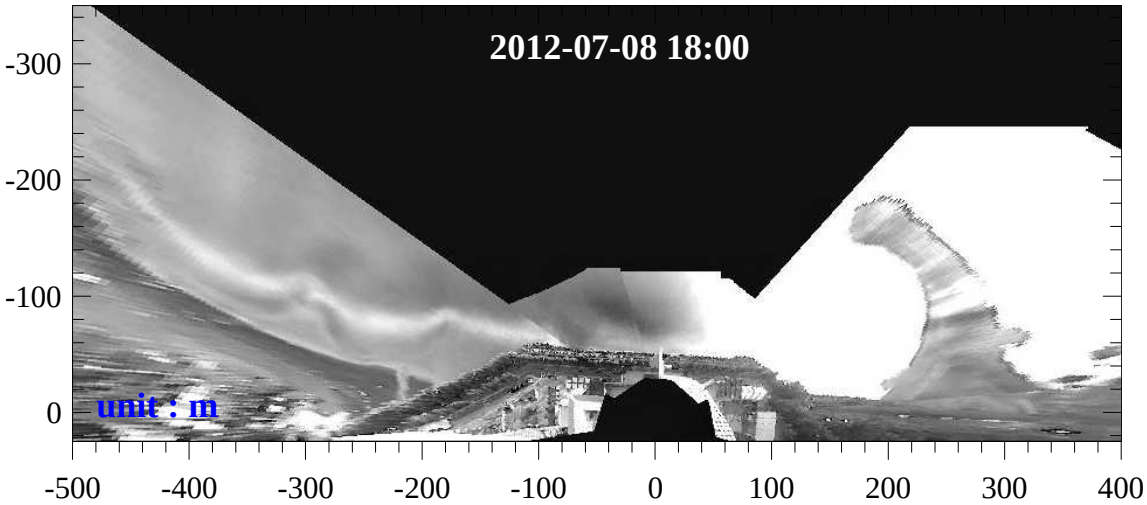
附圖 17J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 15:00)



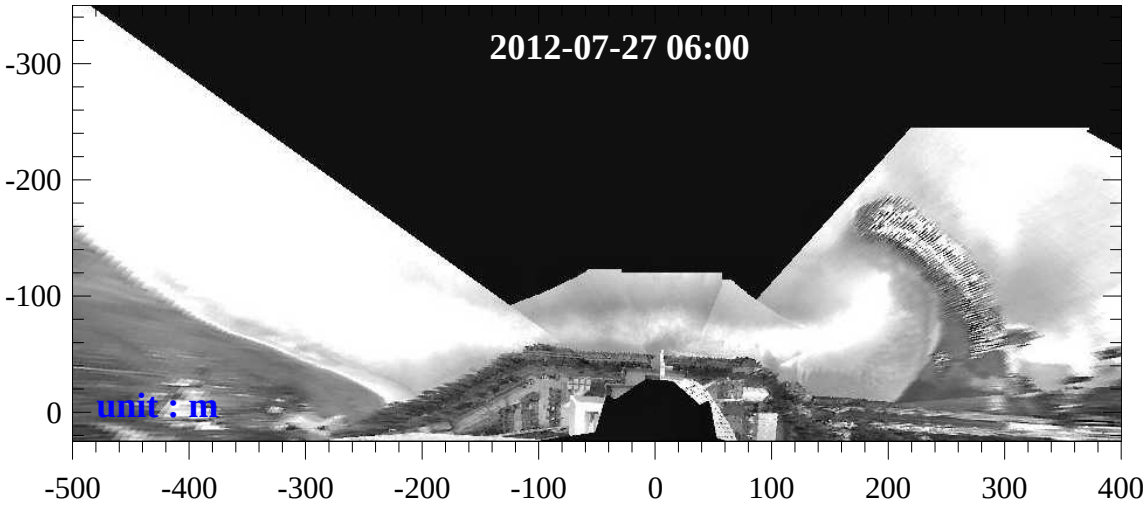
附圖 17K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 16:00)



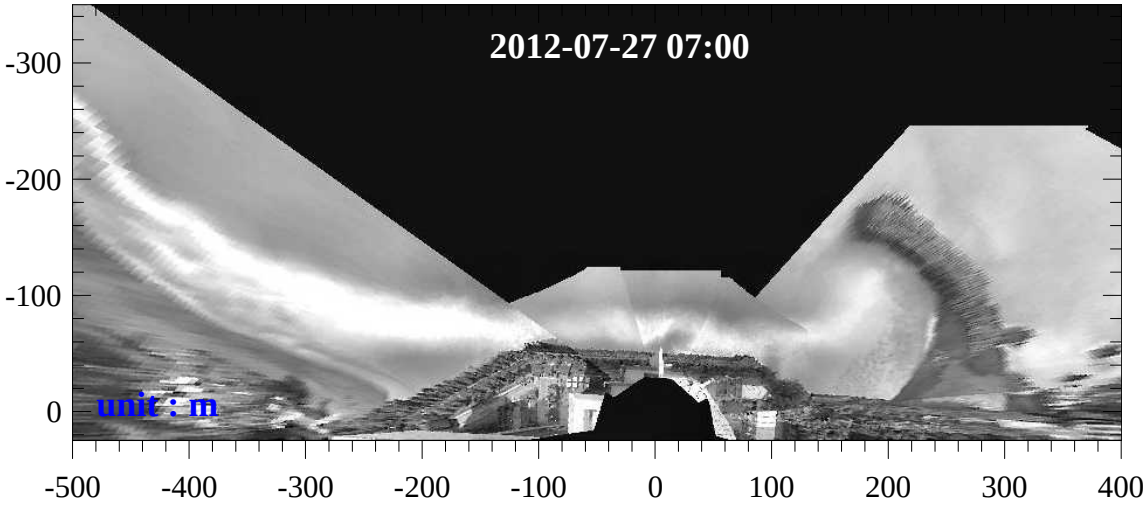
附圖 17L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 17:00)



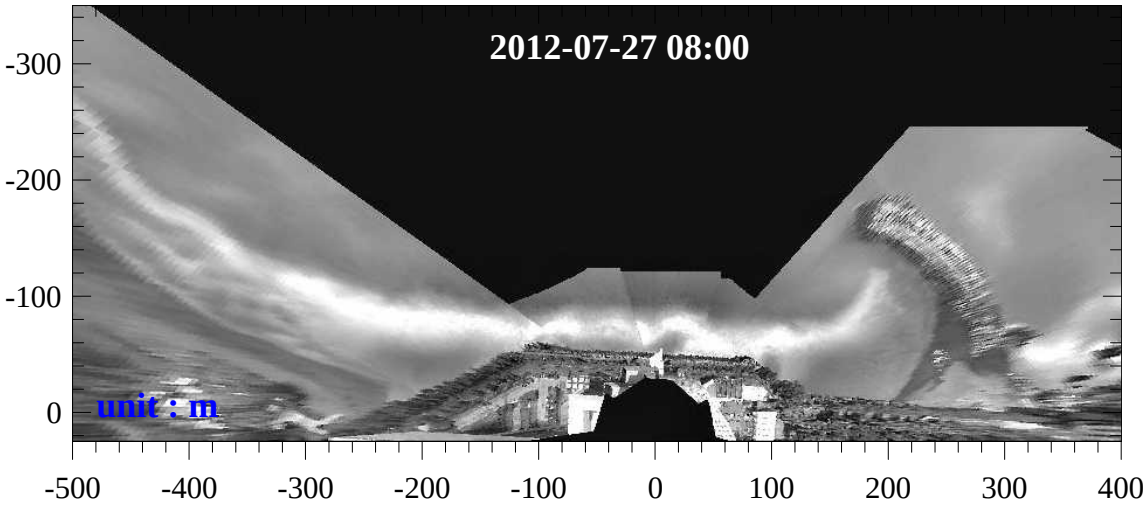
附圖 17M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/08 18:00)



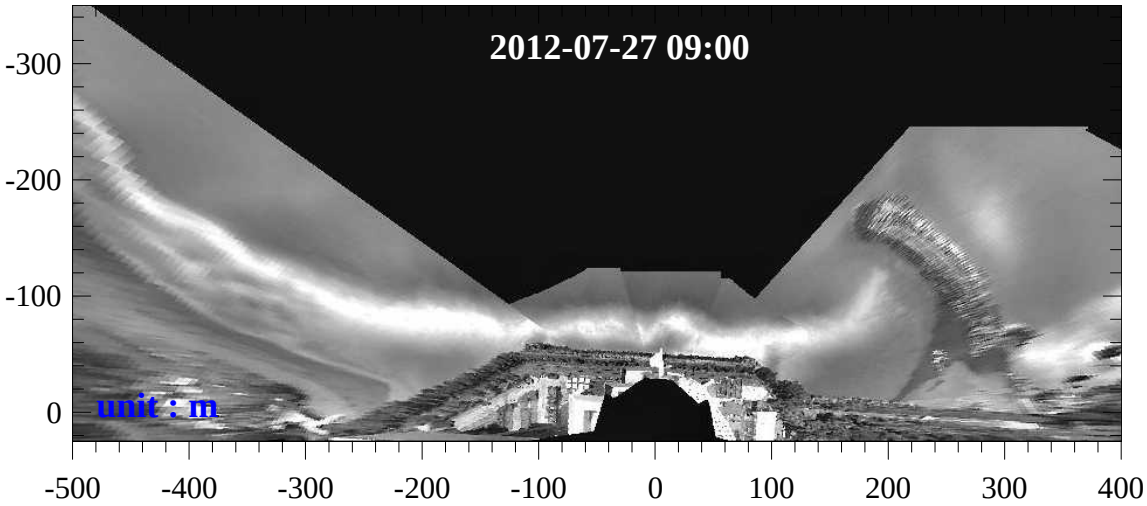
附圖 18A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 06:00)



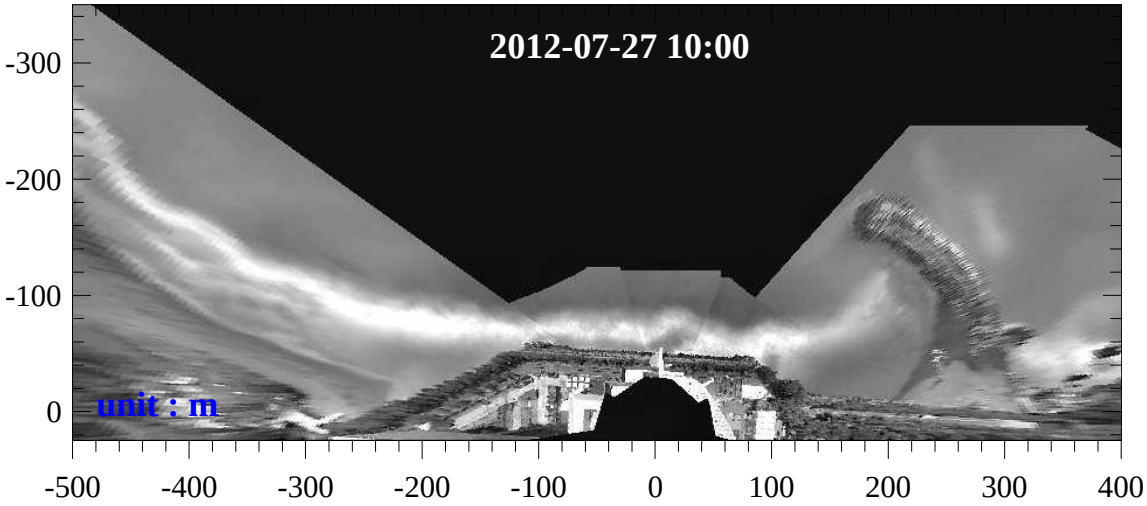
附圖 18B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 07:00)



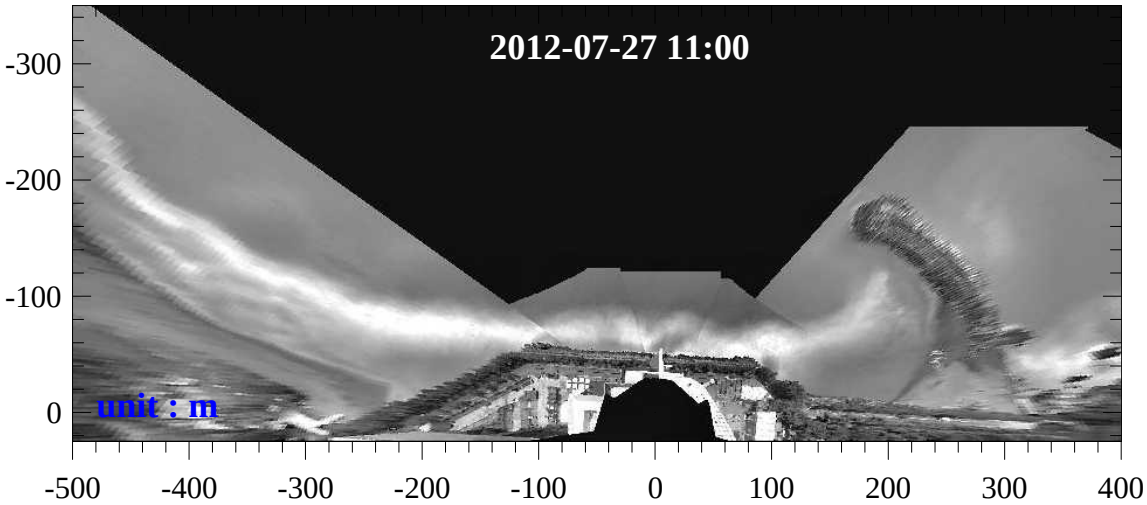
附圖 18C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 08:00)



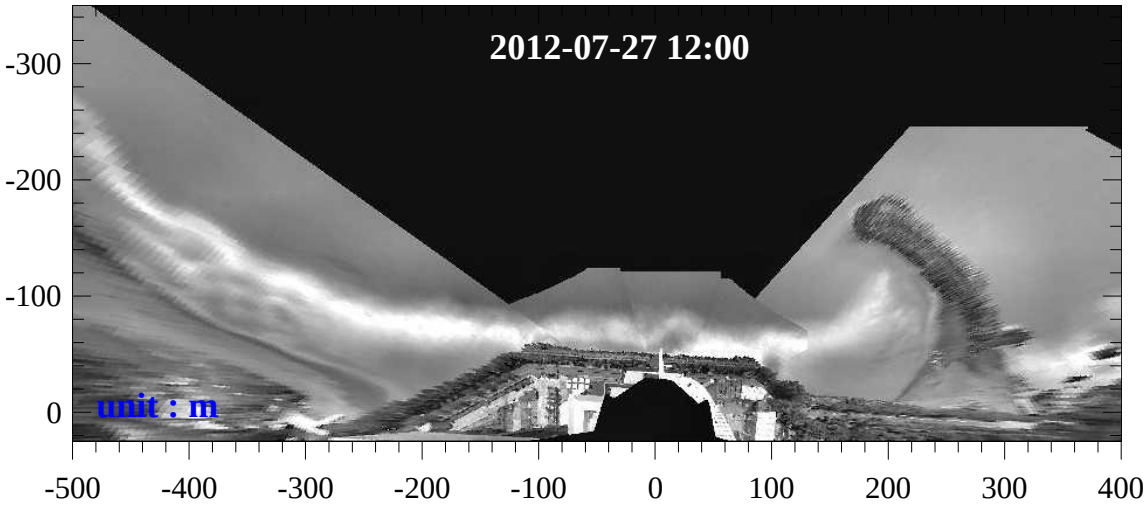
附圖 18D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 09:00)



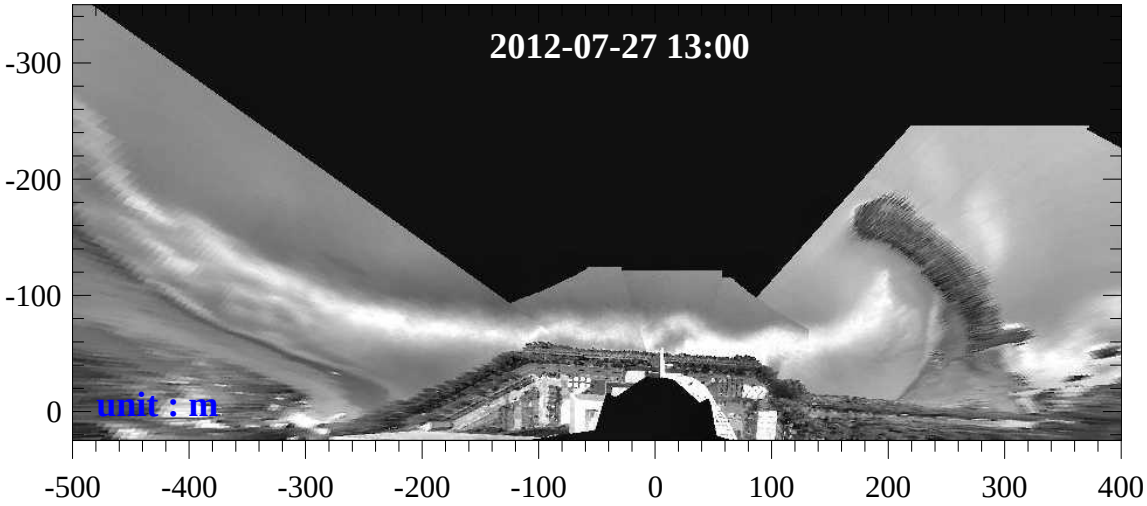
附圖 18E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 10:00)



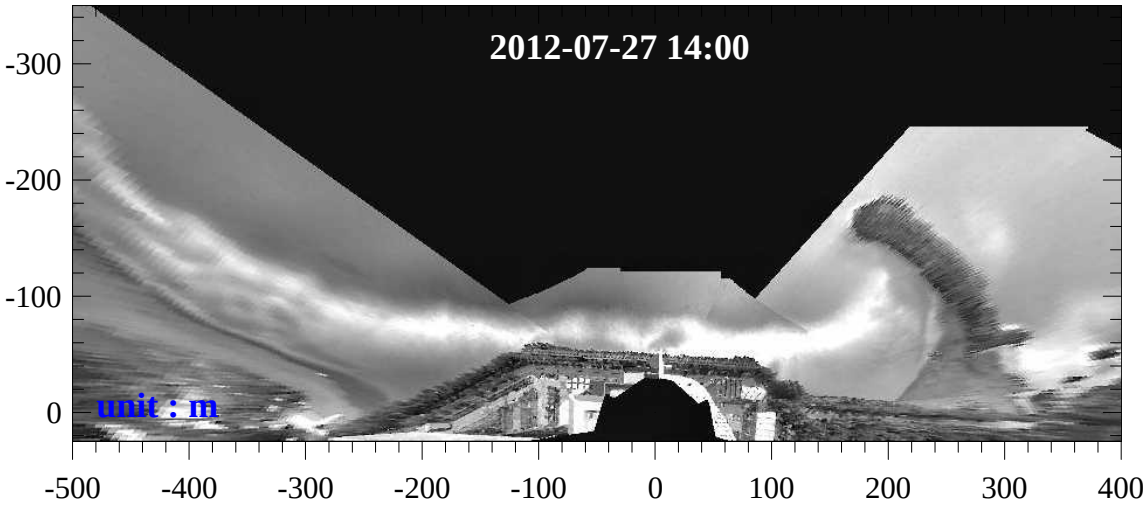
附圖 18F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 11:00)



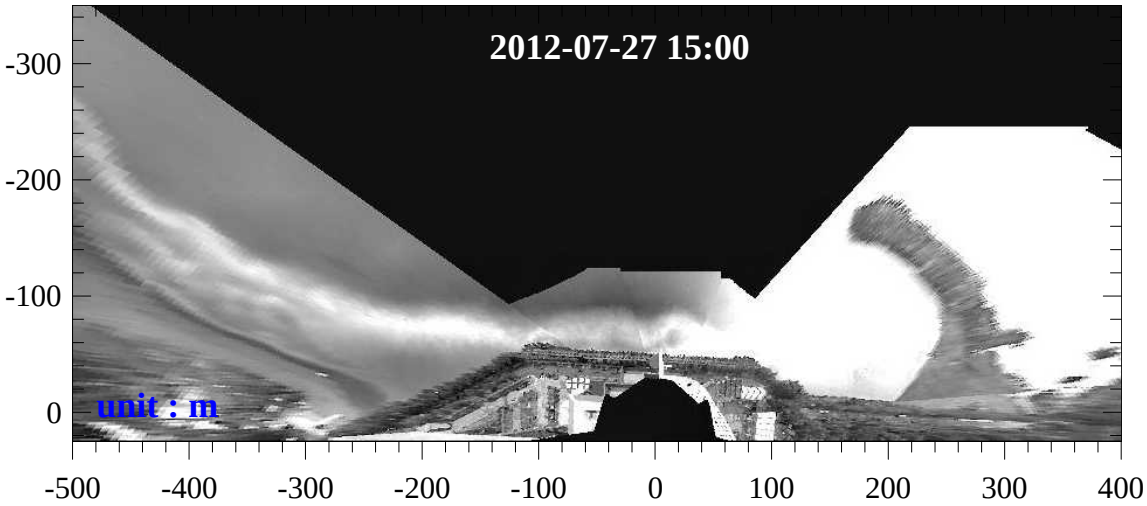
附圖 18G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 12:00)



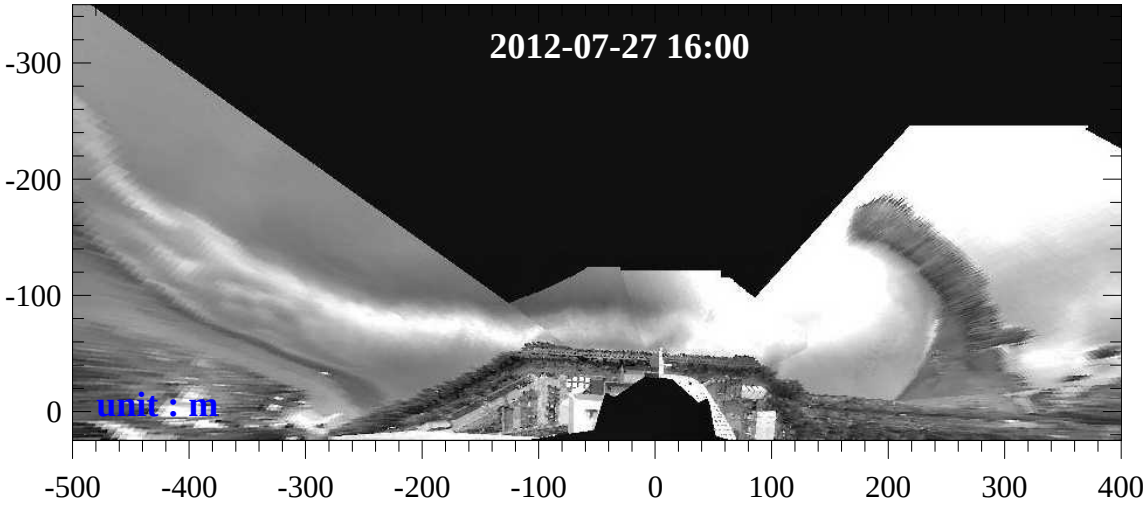
附圖 18H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 13:00)



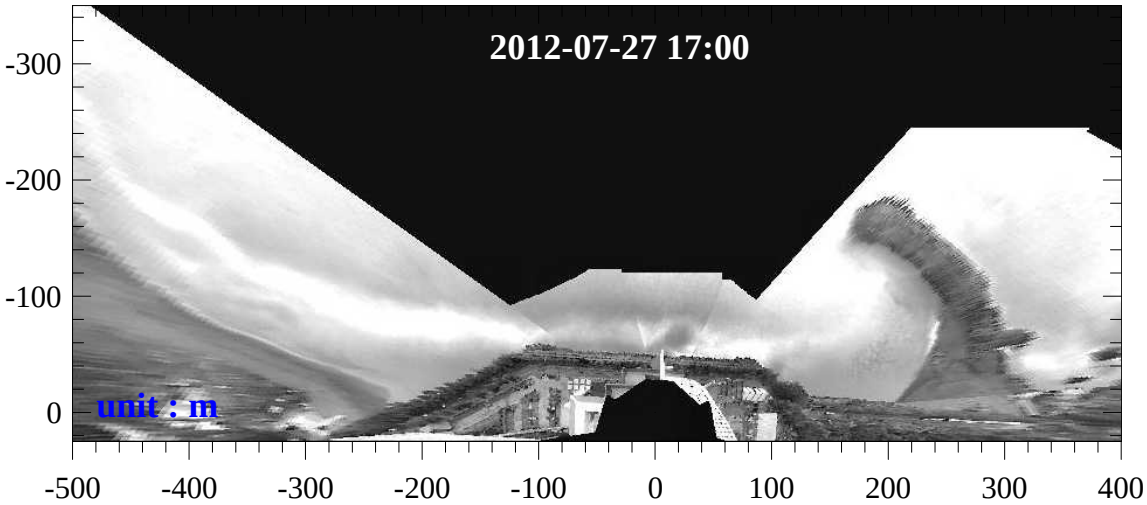
附圖 18I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 14:00)



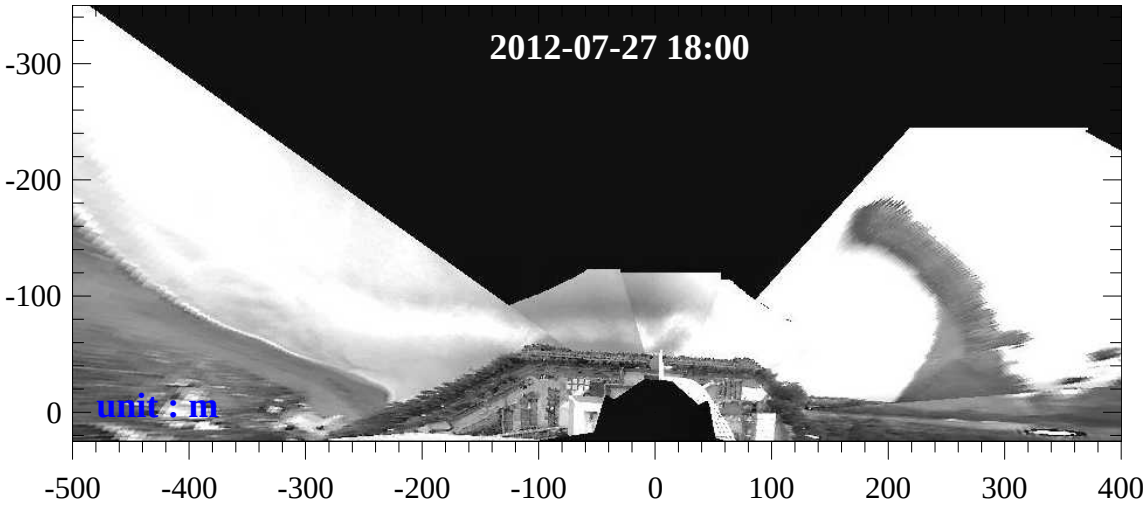
附圖 18J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 15:00)



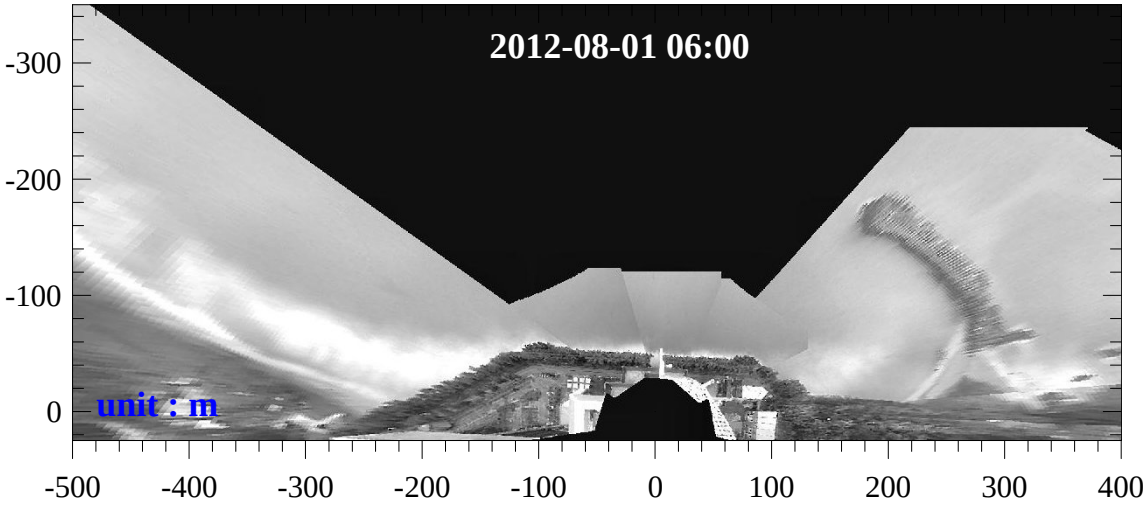
附圖 18K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 16:00)



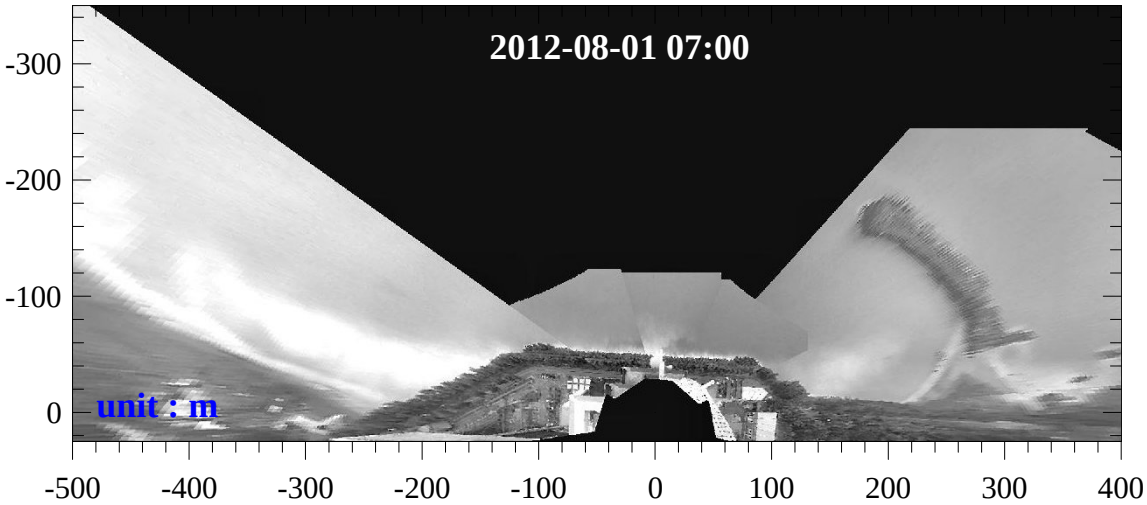
附圖 18L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 17:00)



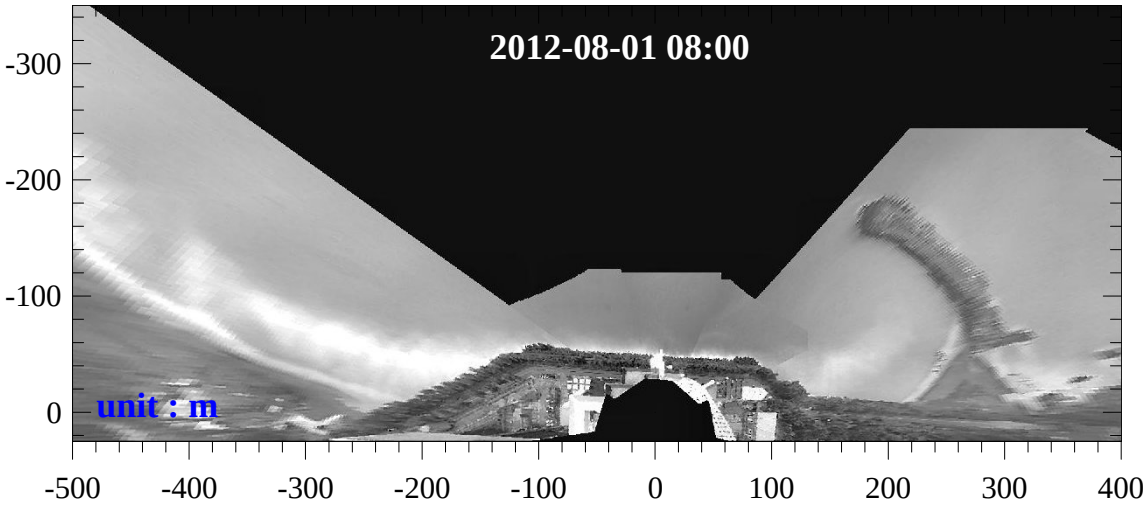
附圖 18M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/07/27 18:00)



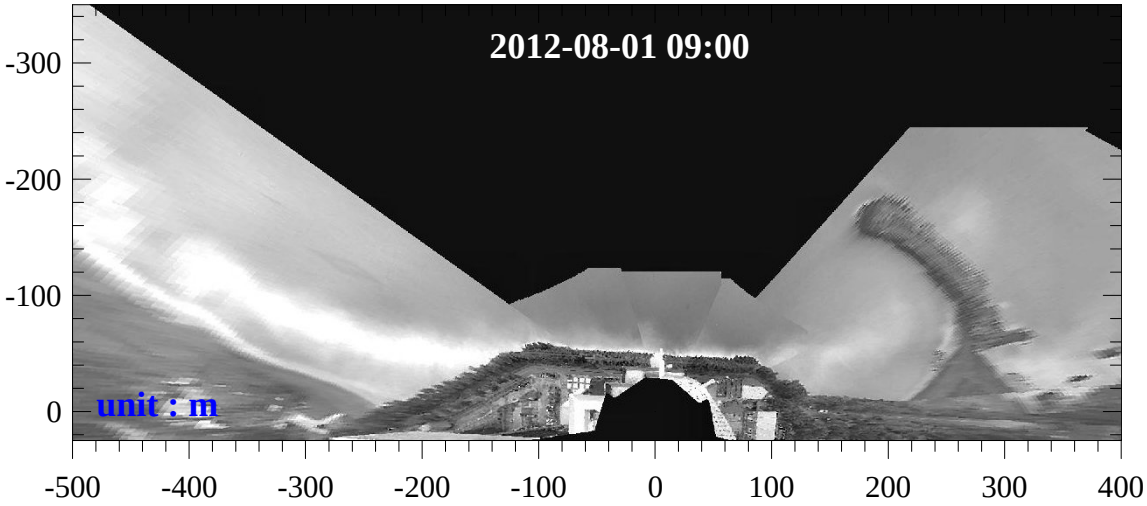
附圖 19A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 06:00)



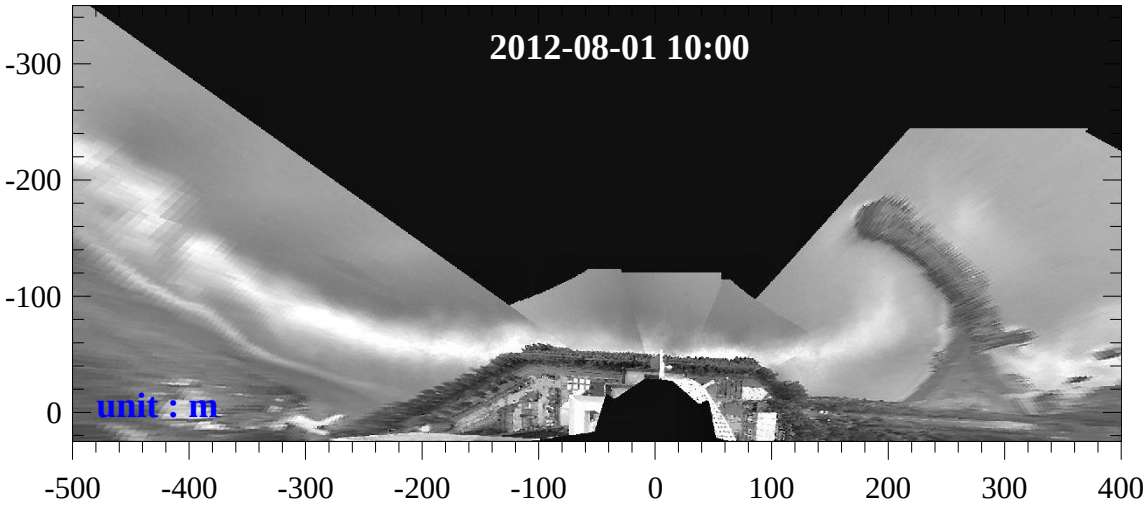
附圖 19B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 07:00)



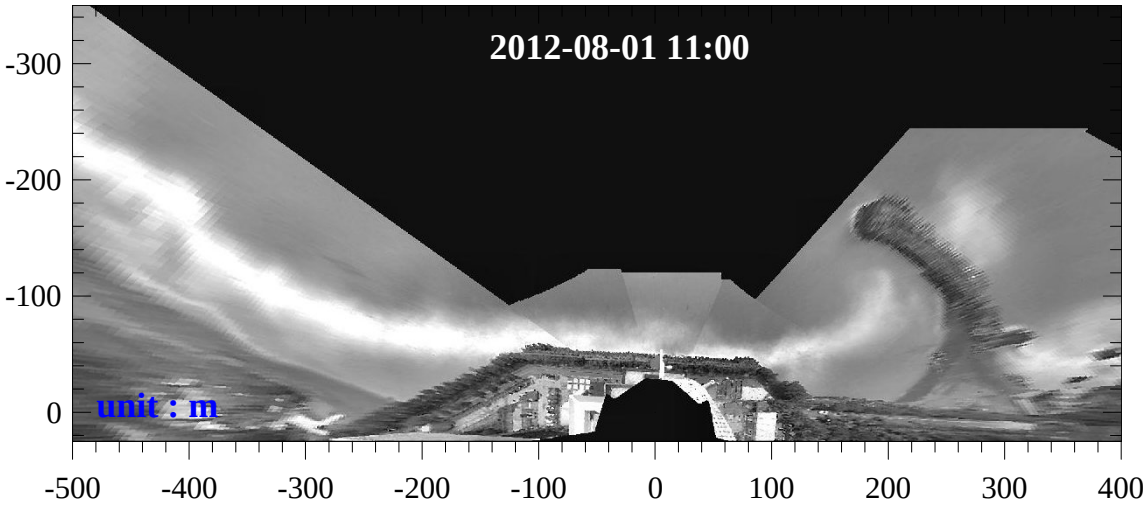
附圖 19C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 08:00)



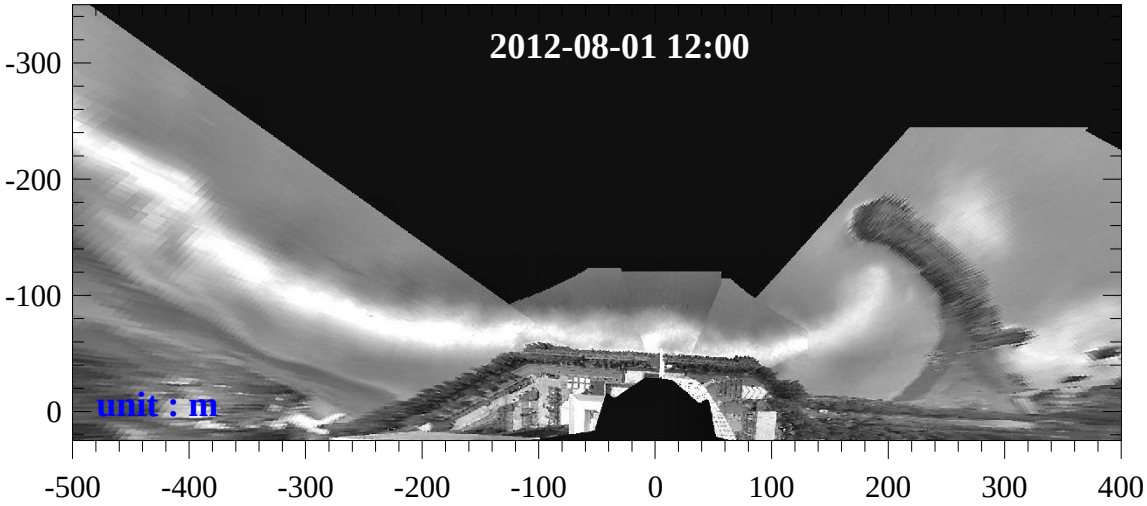
附圖 19D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 09:00)



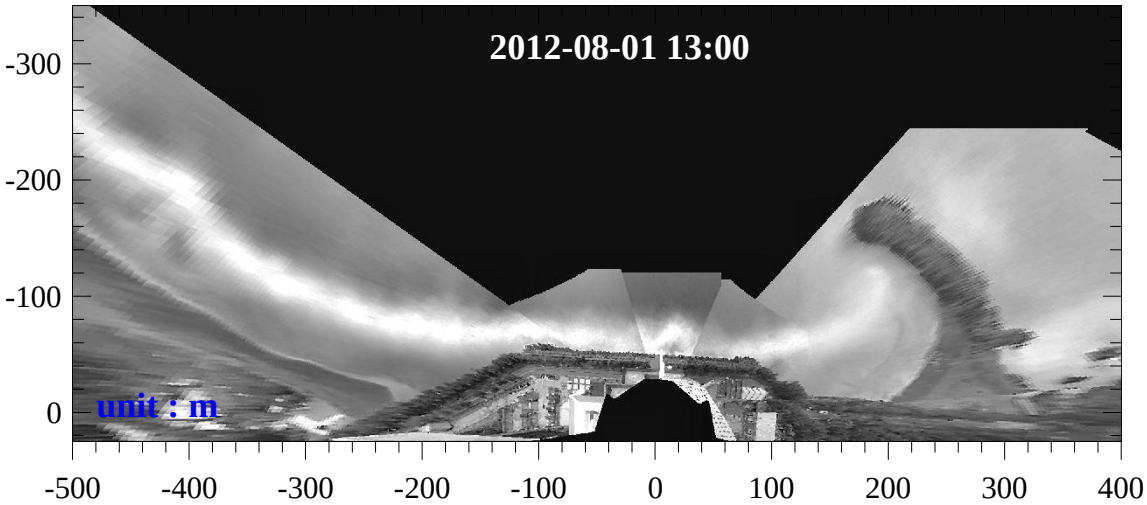
附圖 19E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 10:00)



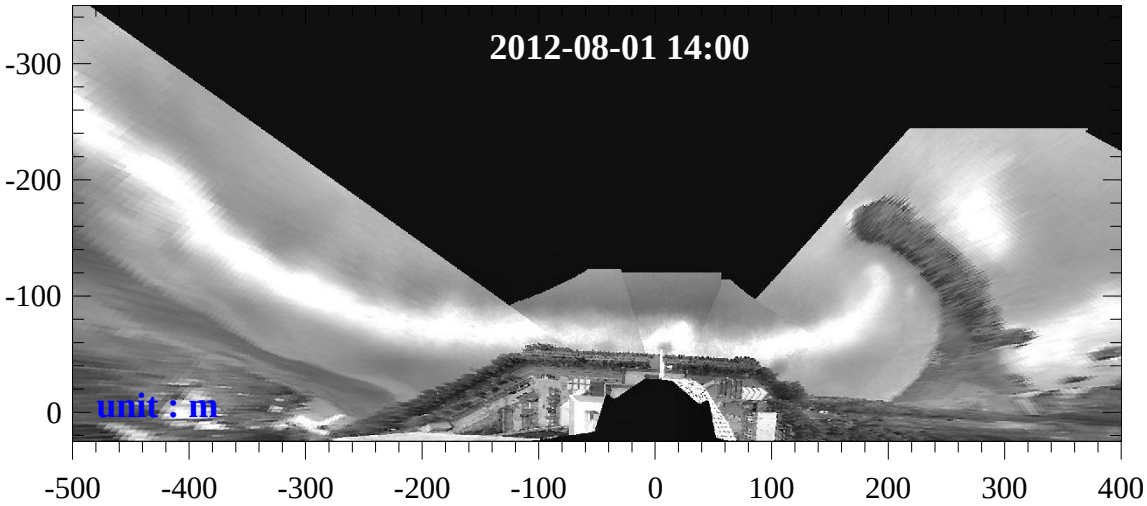
附圖 19F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 11:00)



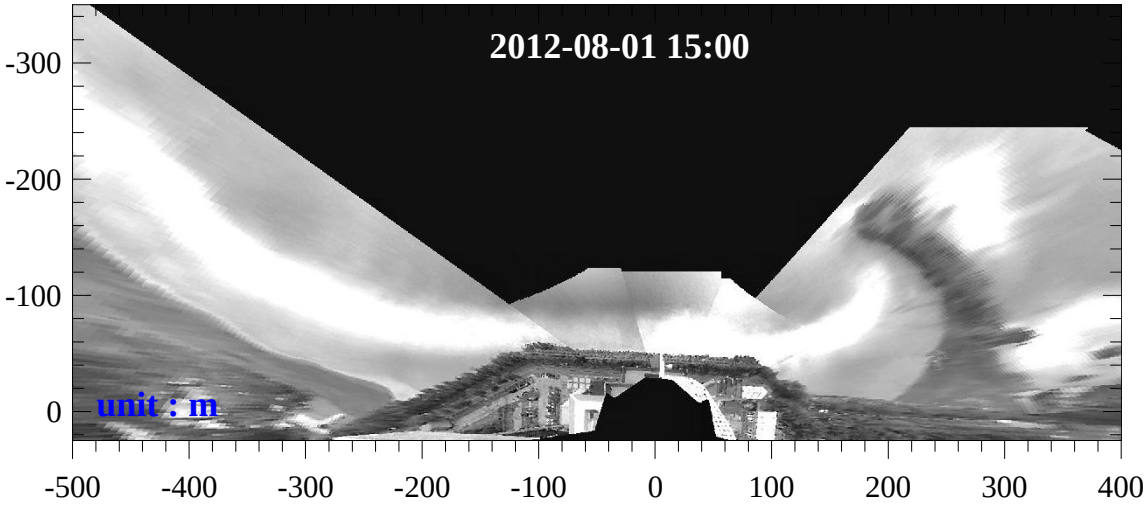
附圖 19G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 12:00)



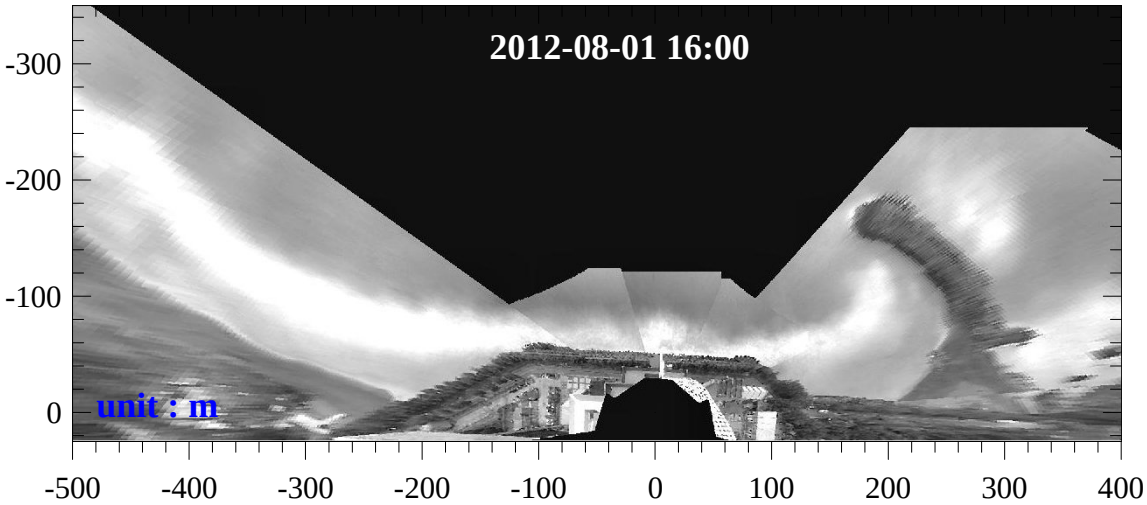
附圖 19H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 13:00)



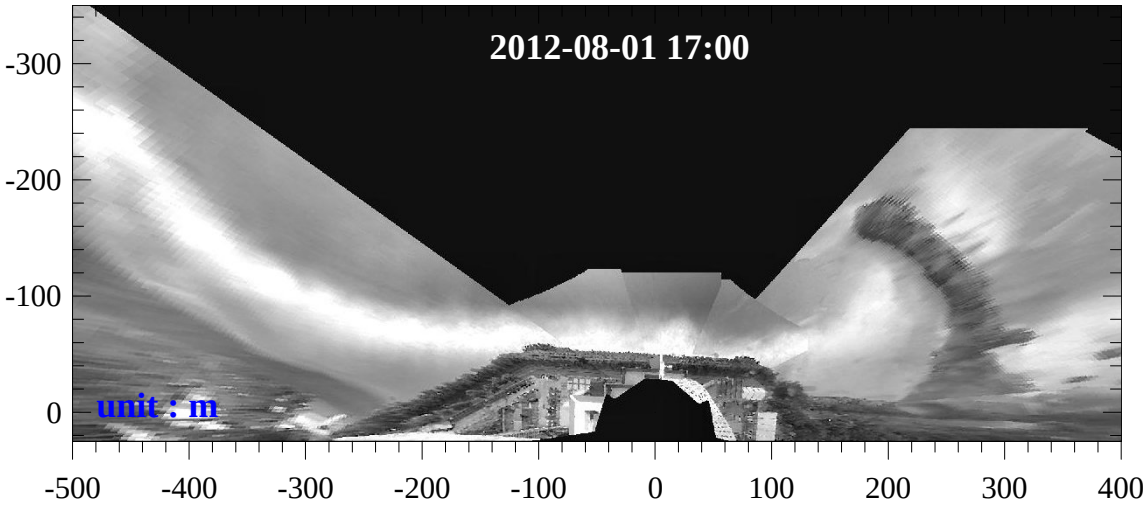
附圖 19I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 14:00)



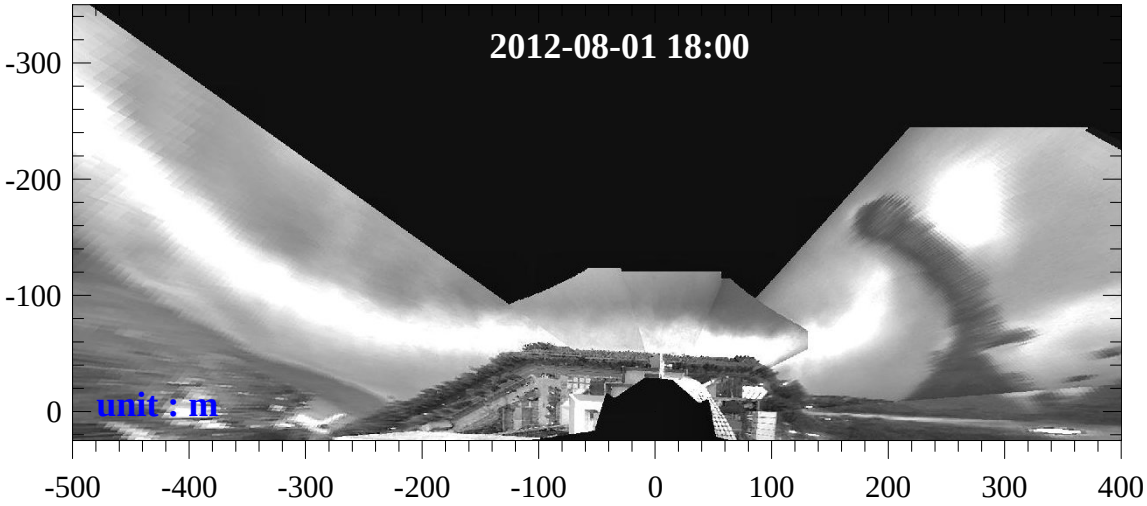
附圖 19J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 15:00)



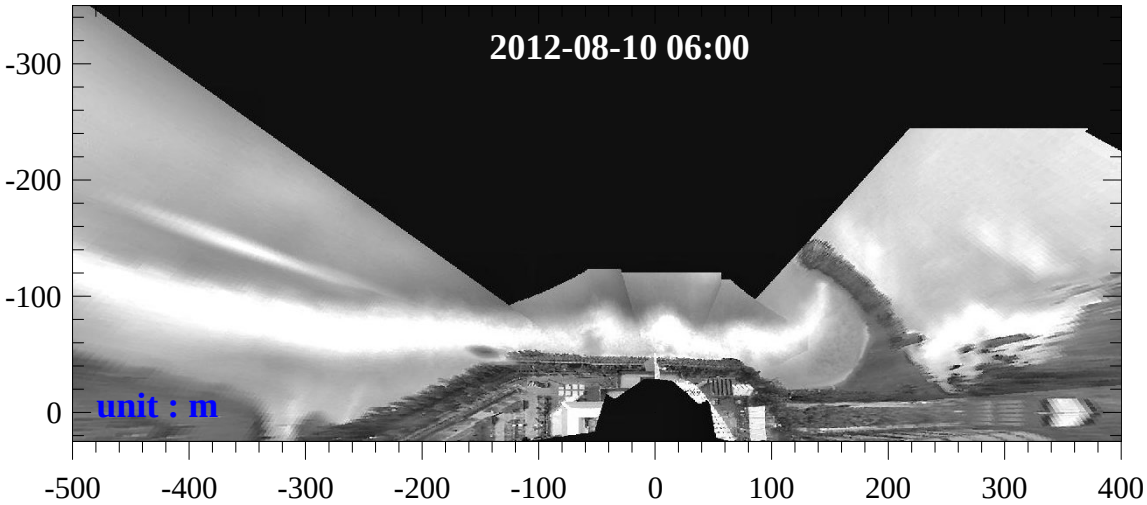
附圖 19K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 16:00)



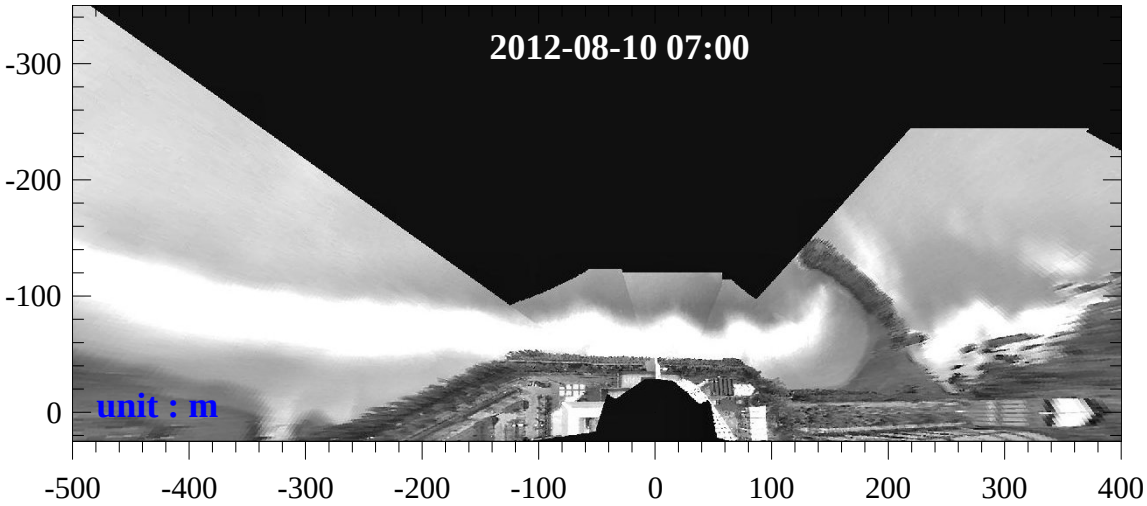
附圖 19L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 17:00)



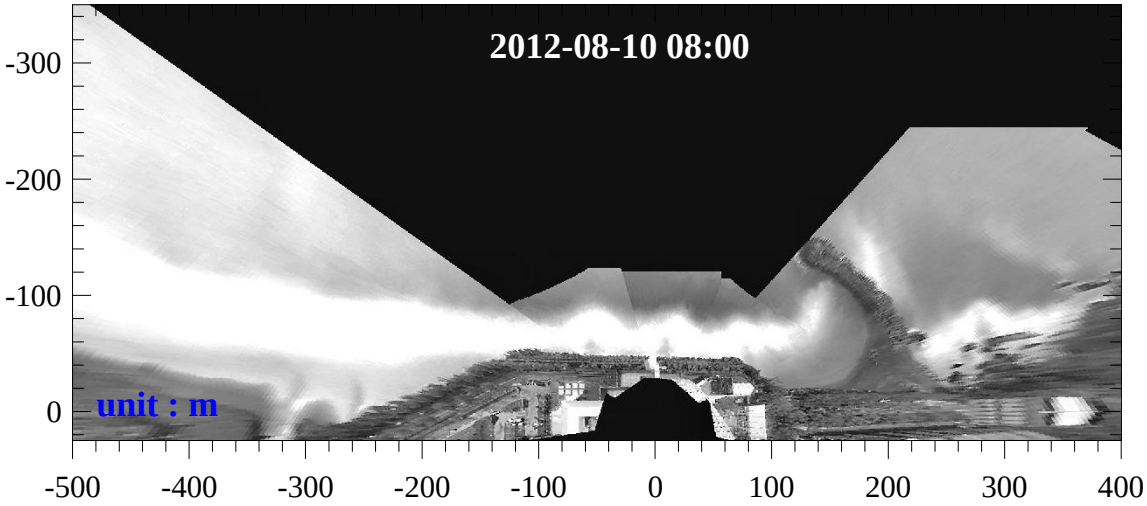
附圖 19M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/01 18:00)



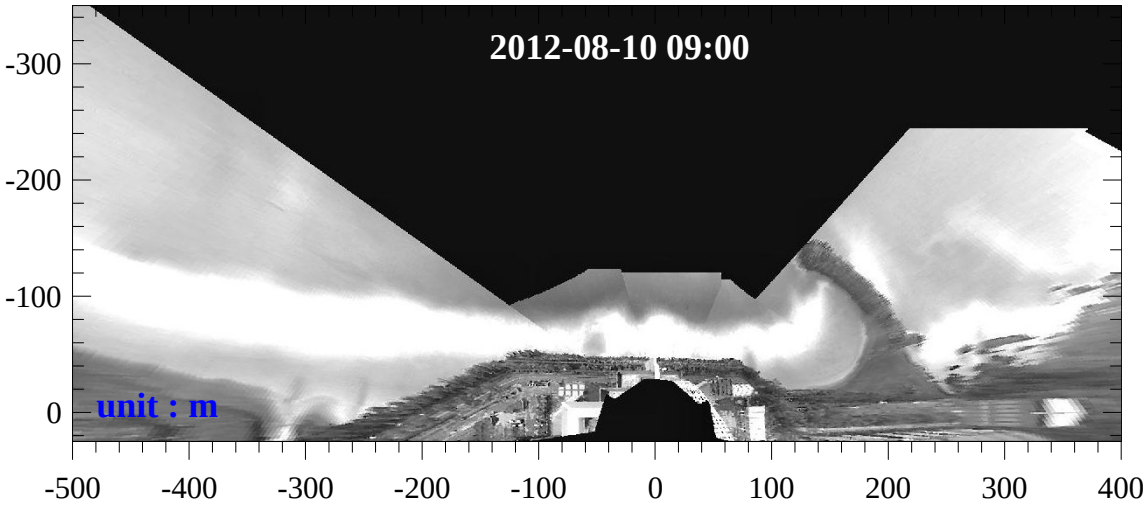
附圖 20A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 06:00)



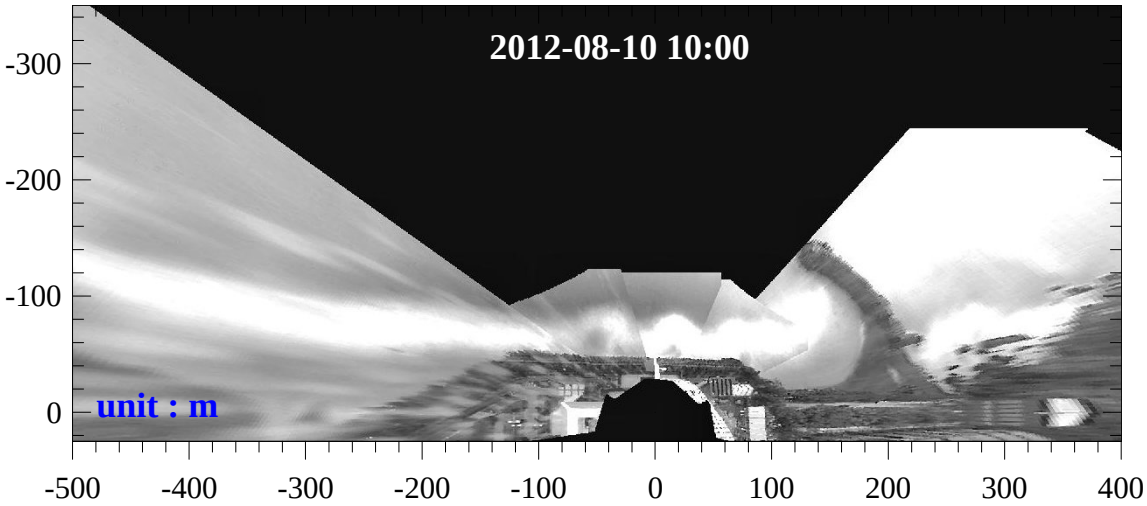
附圖 20B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 07:00)



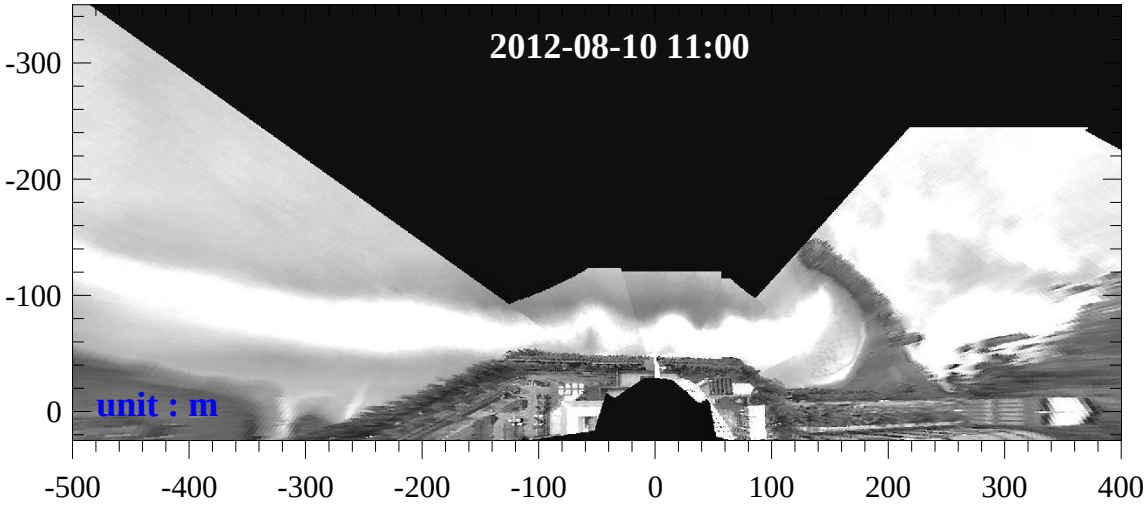
附圖 20C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 08:00)



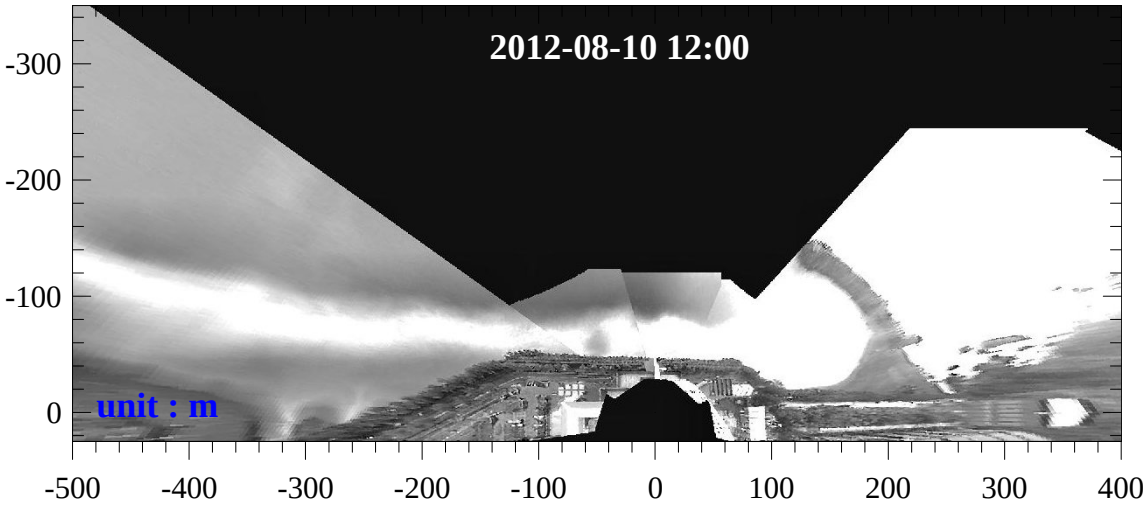
附圖 20D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 09:00)



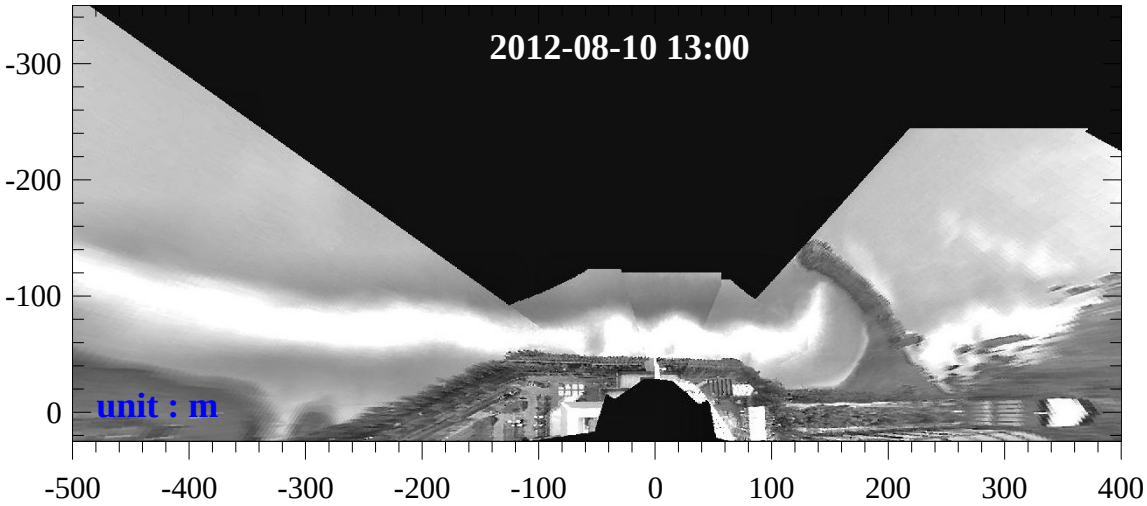
附圖 20E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 10:00)



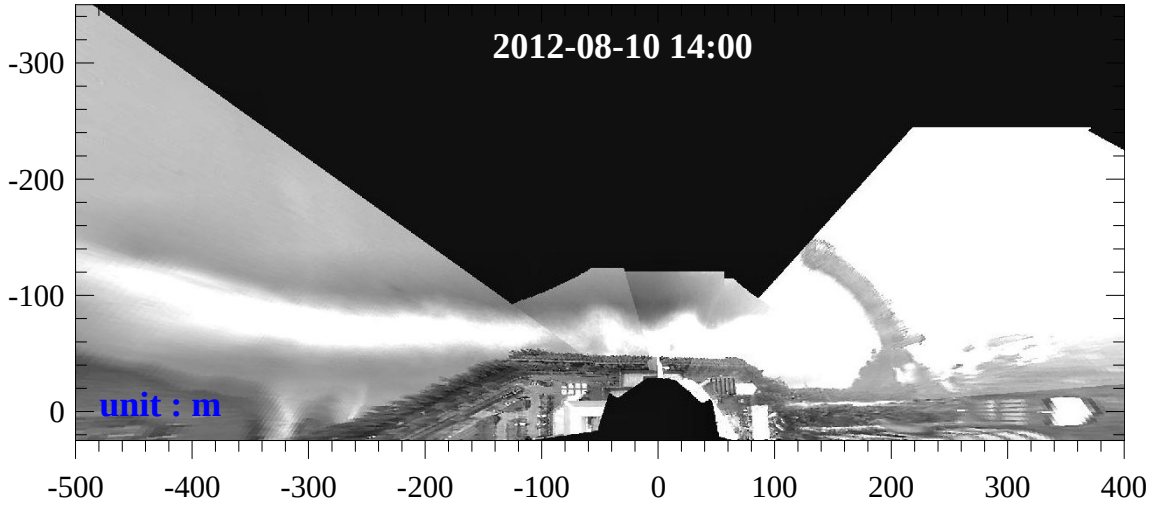
附圖 20F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 11:00)



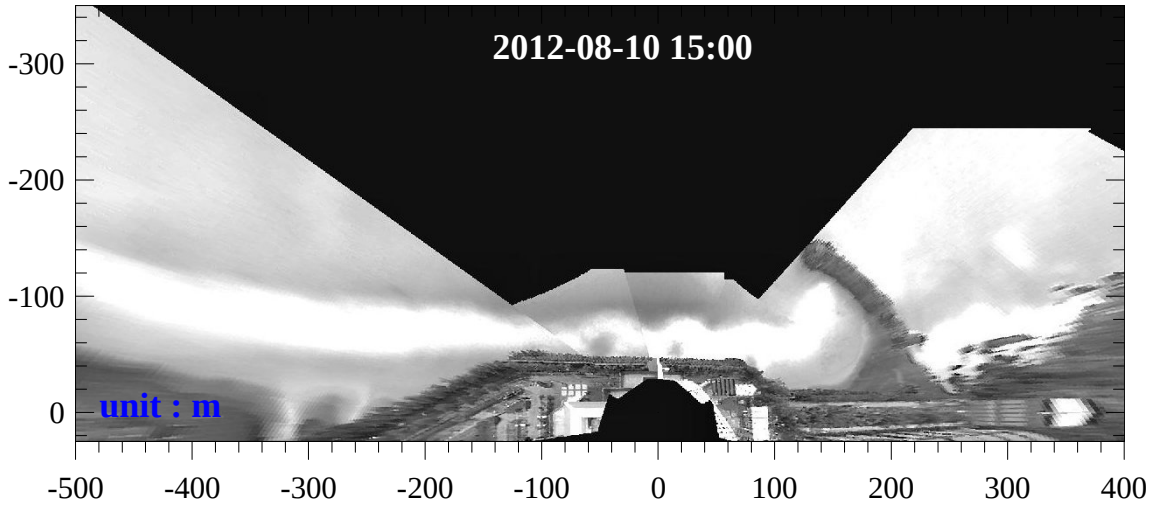
附圖 20G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 12:00)



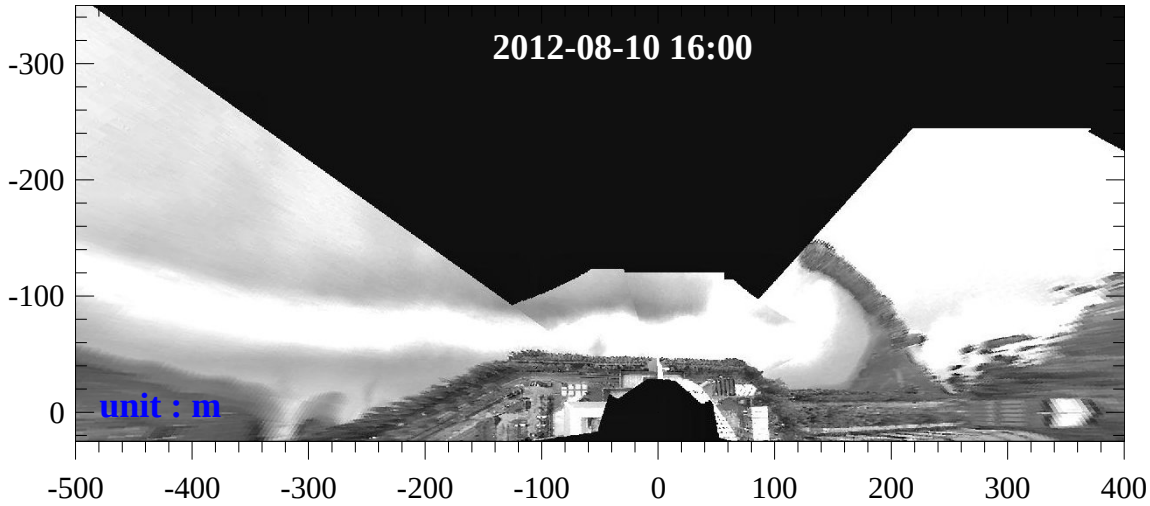
附圖 20H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 13:00)



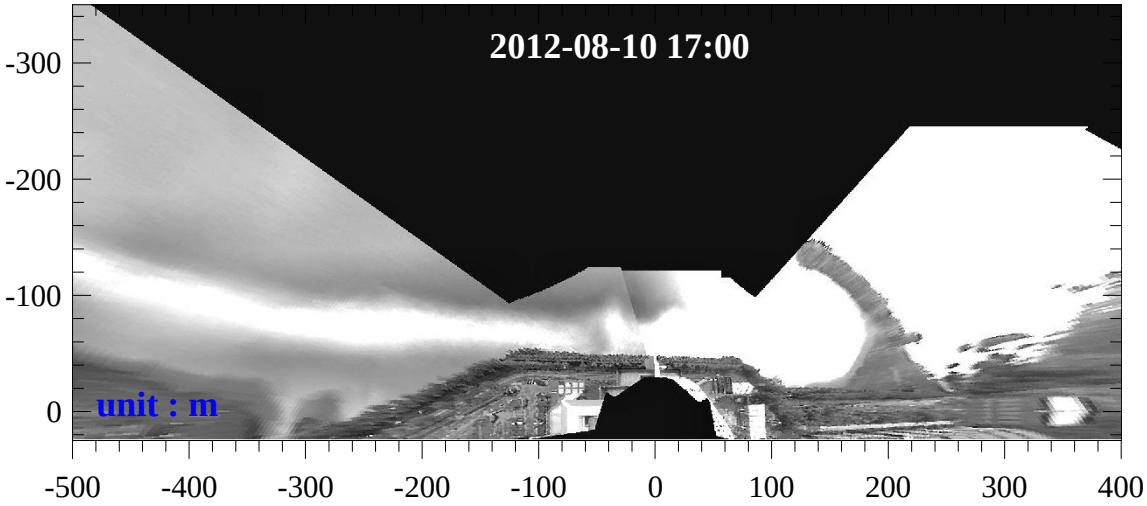
附圖 20I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 14:00)



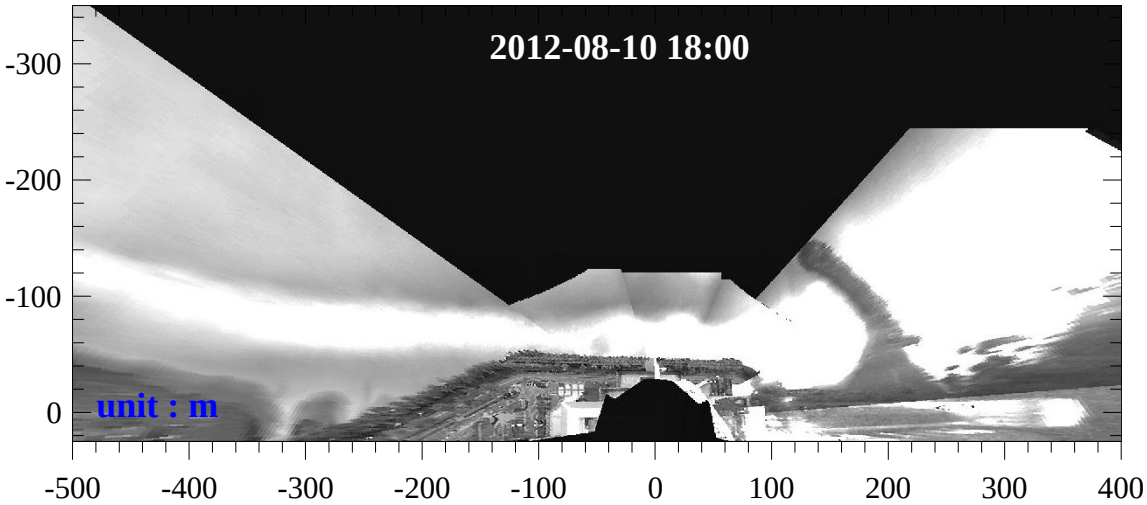
附圖 20J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 15:00)



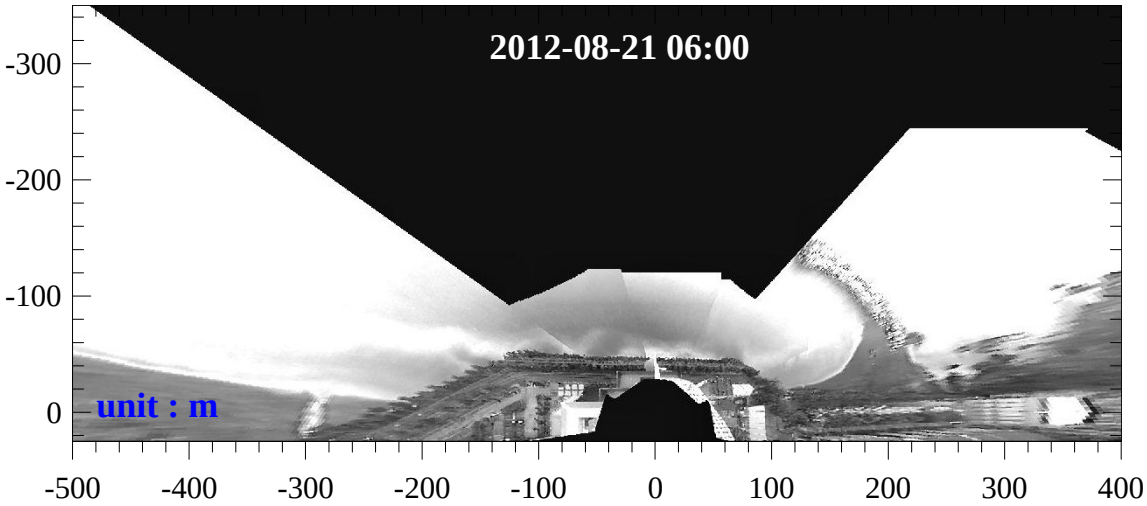
附圖 20K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 16:00)



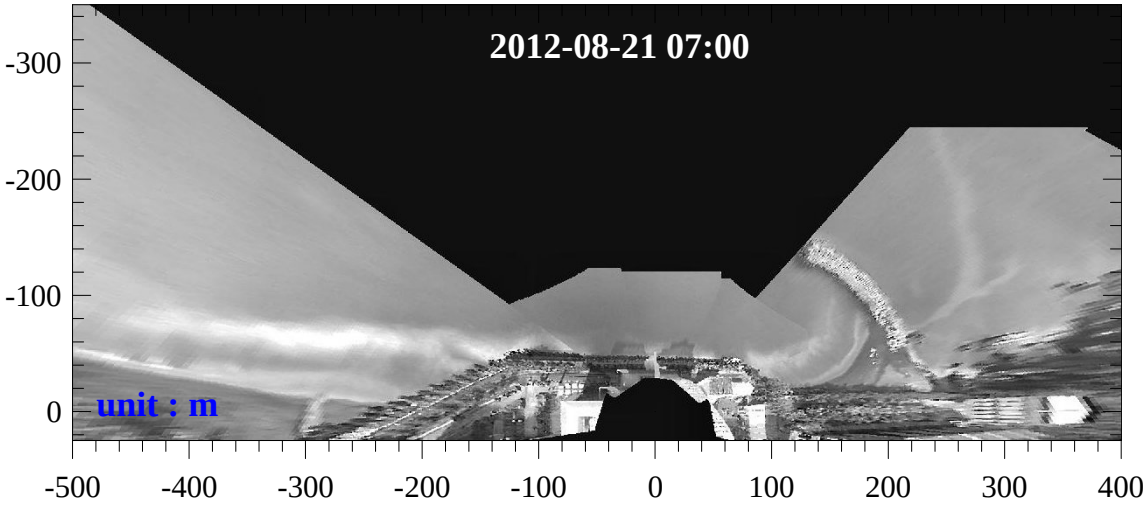
附圖 20L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 17:00)



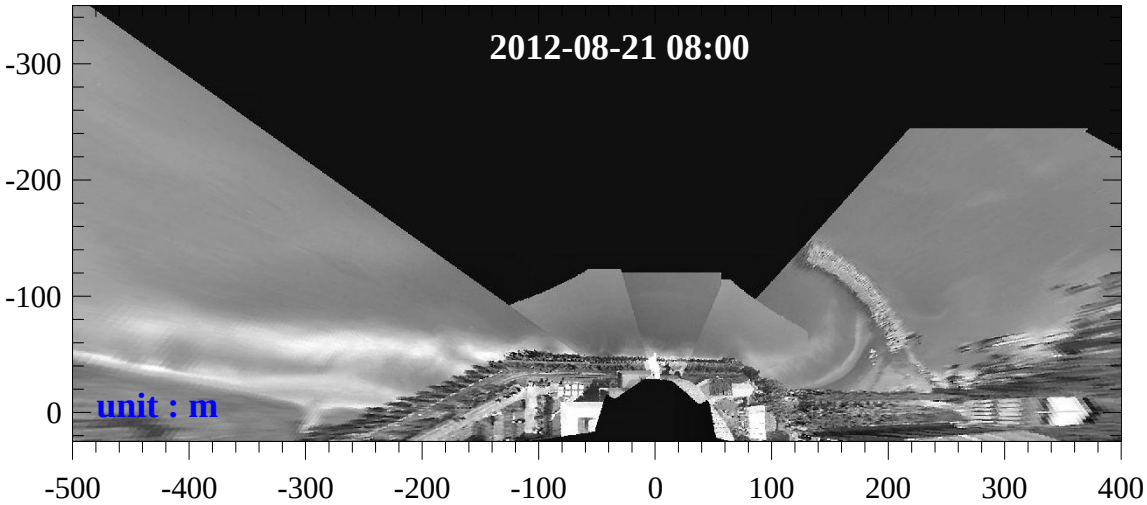
附圖 20M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/10 18:00)



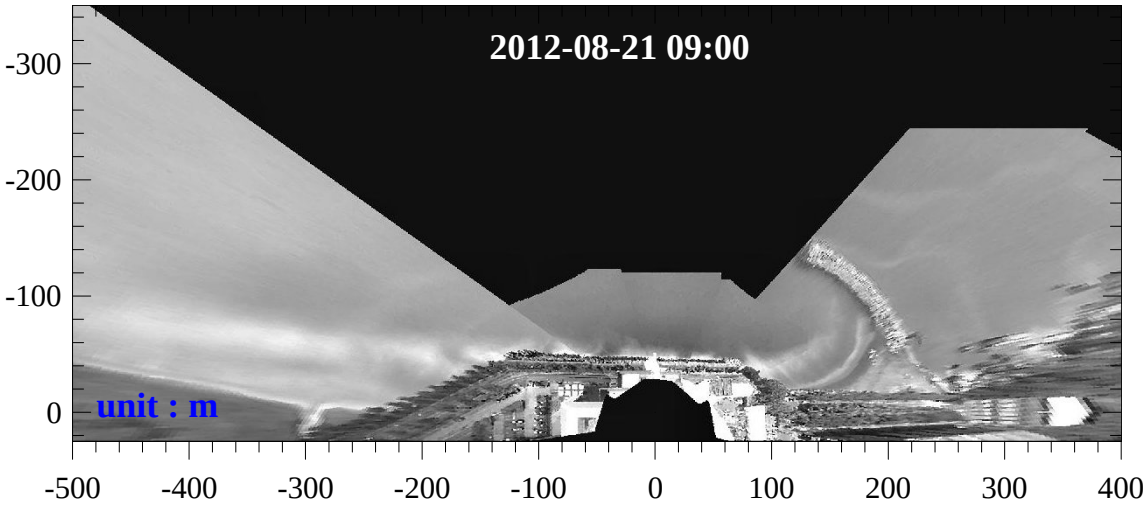
附圖 21A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 06:00)



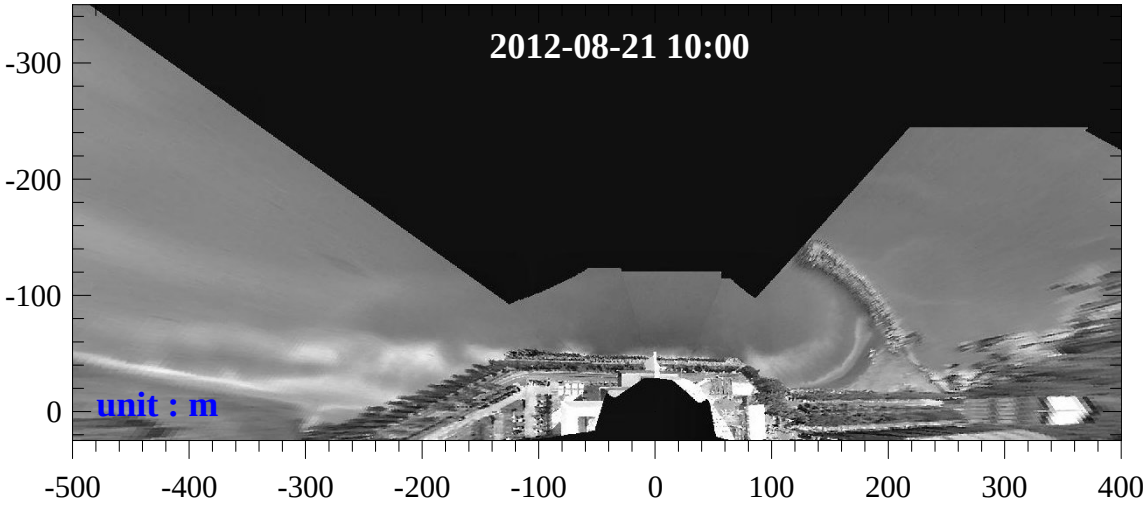
附圖 21B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 07:00)



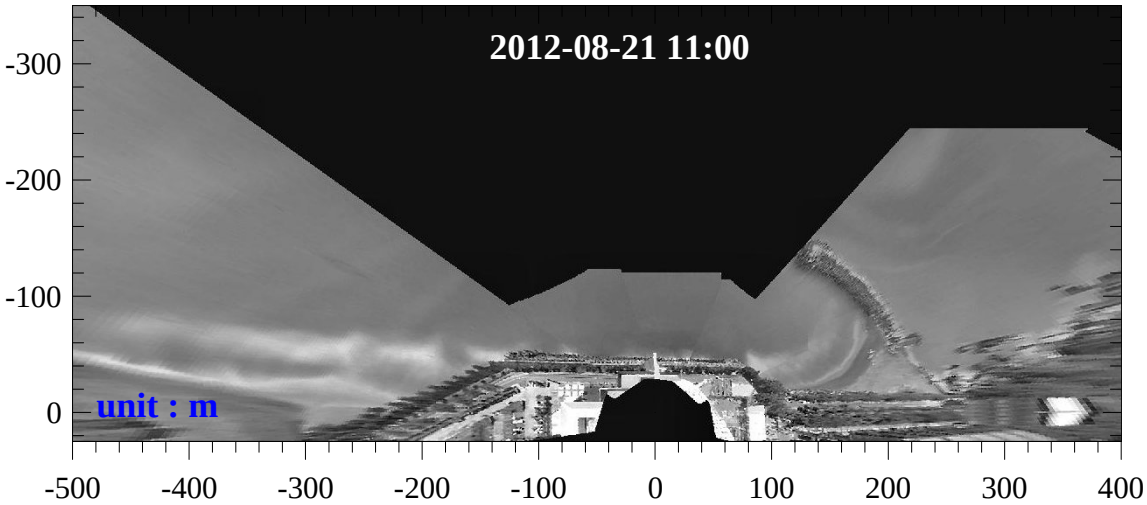
附圖 21C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 08:00)



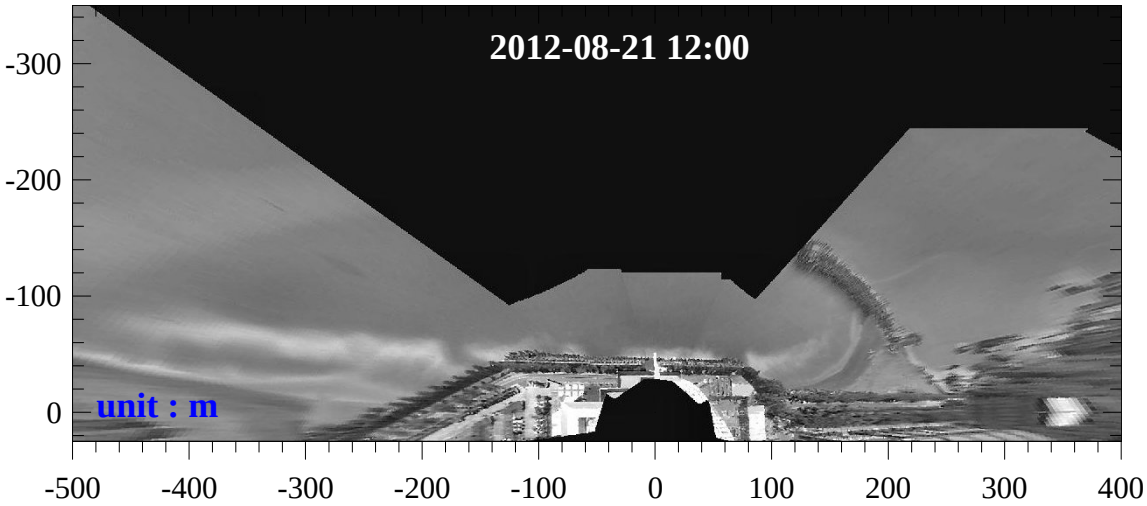
附圖 21D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 09:00)



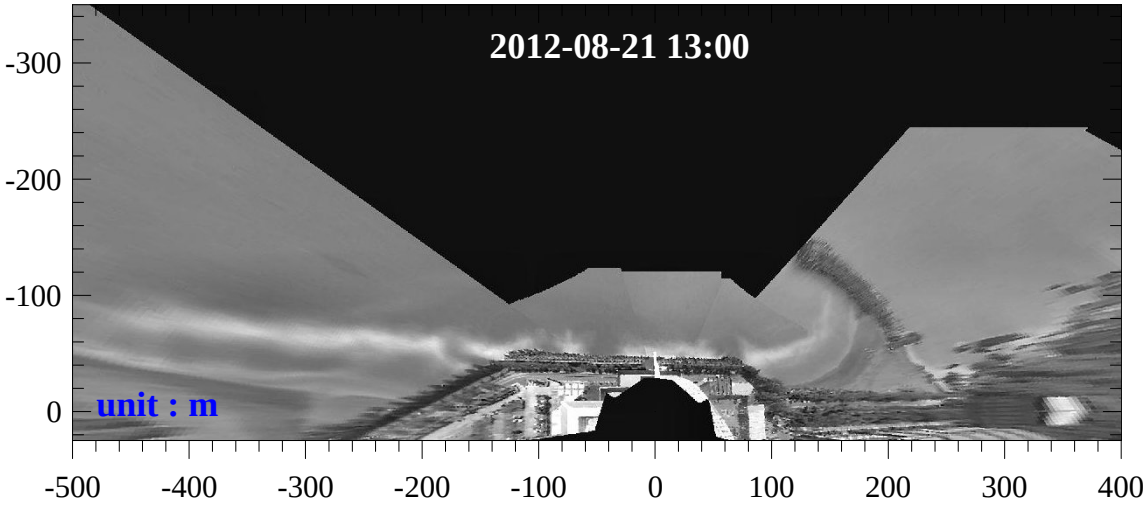
附圖 21E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 10:00)



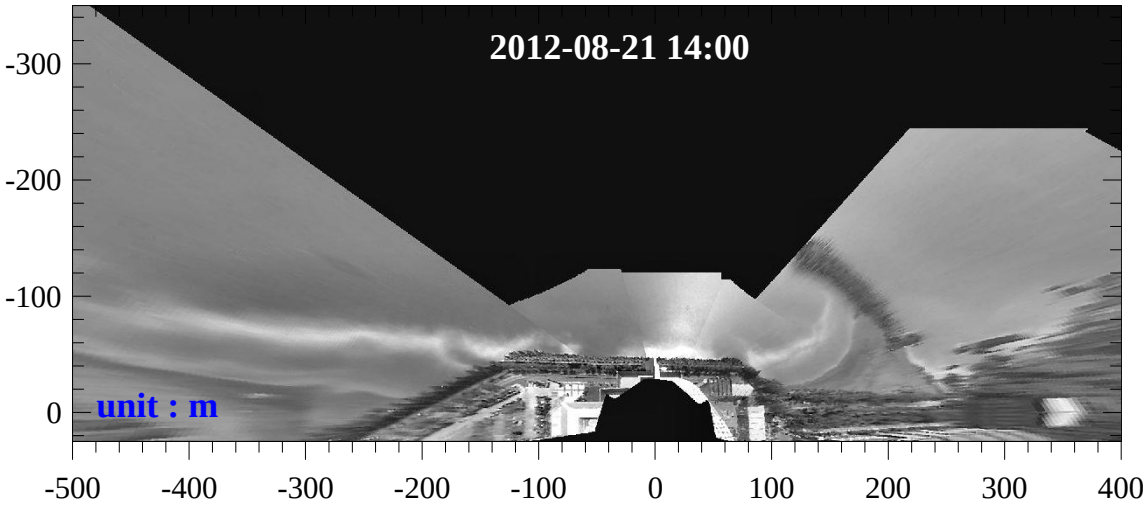
附圖 21F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 11:00)



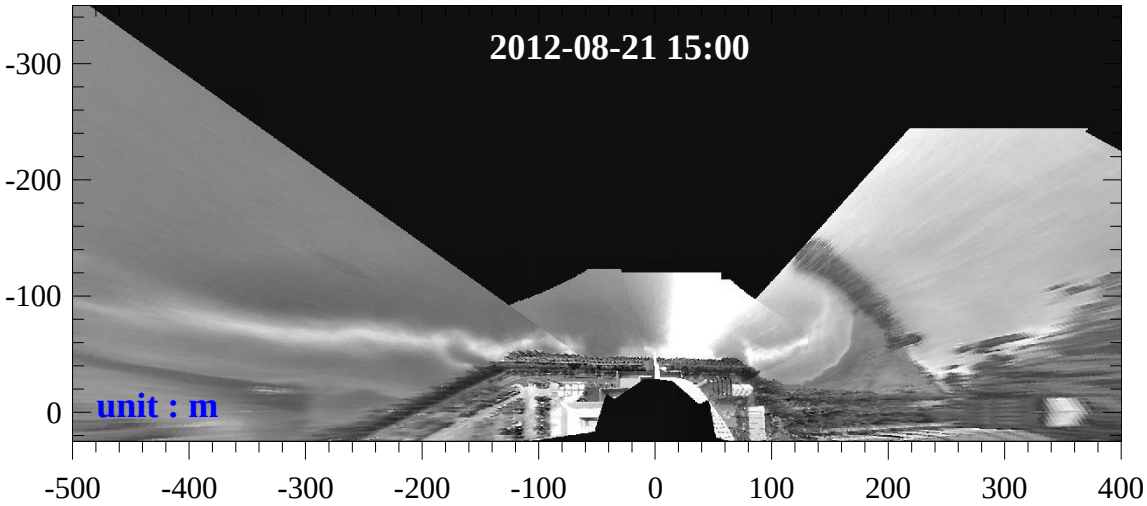
附圖 21G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 12:00)



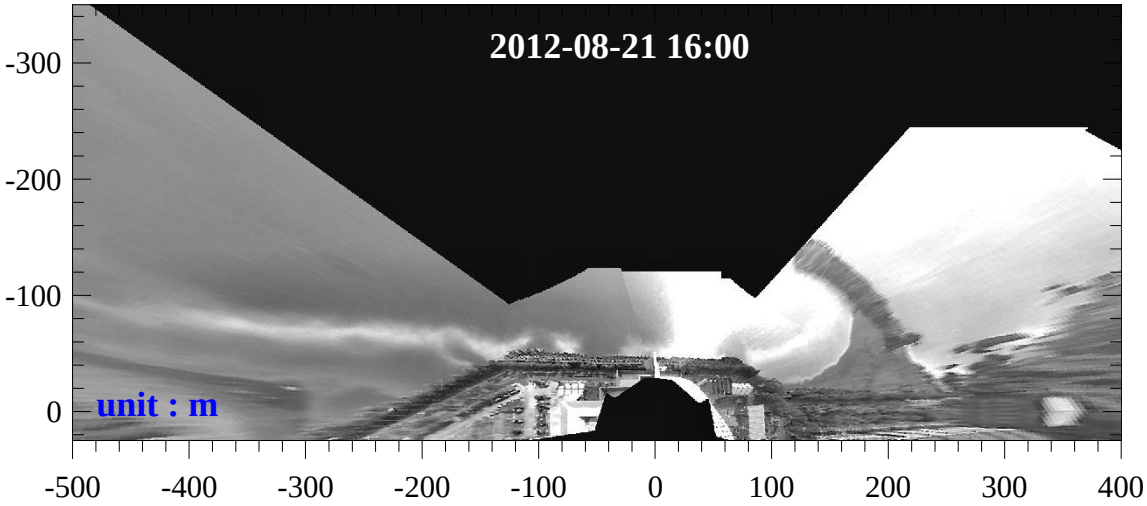
附圖 21H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 13:00)



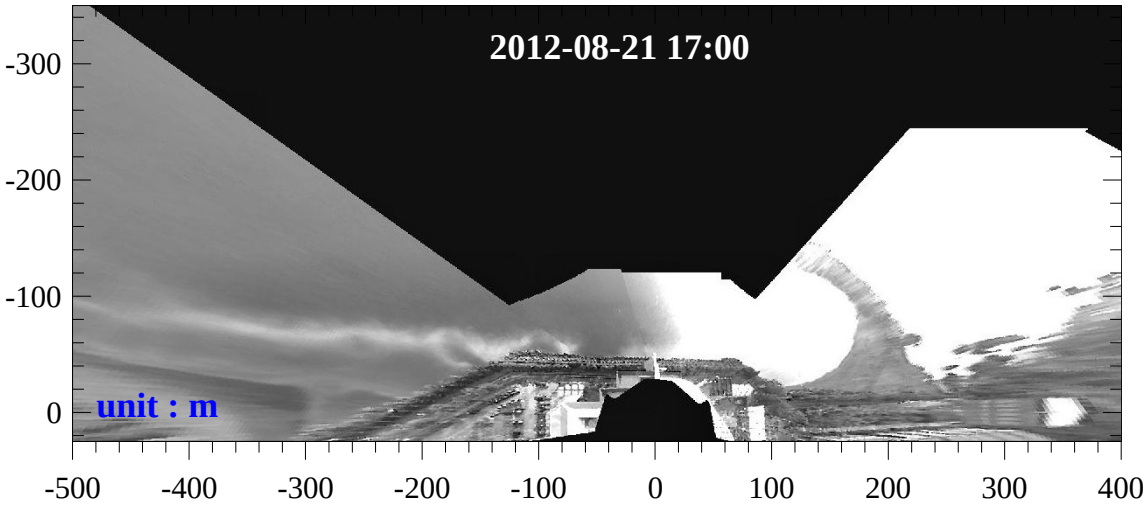
附圖 21I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 14:00)



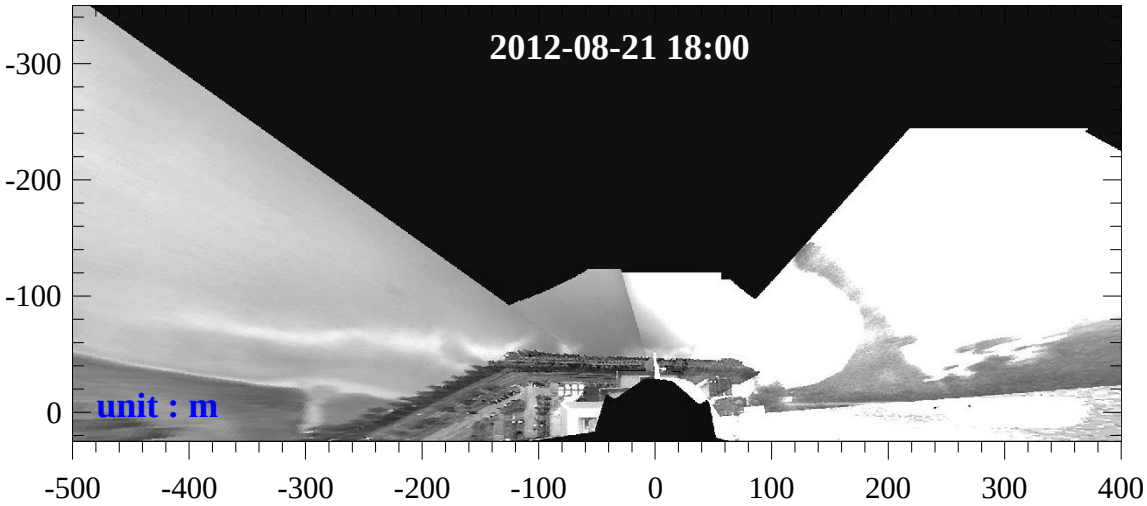
附圖 21J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 15:00)



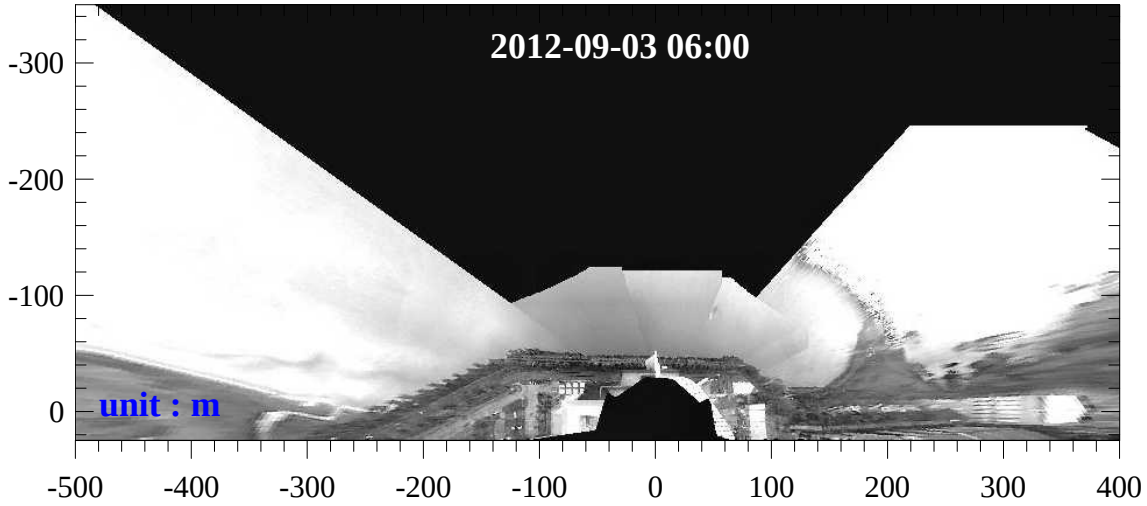
附圖 21K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 16:00)



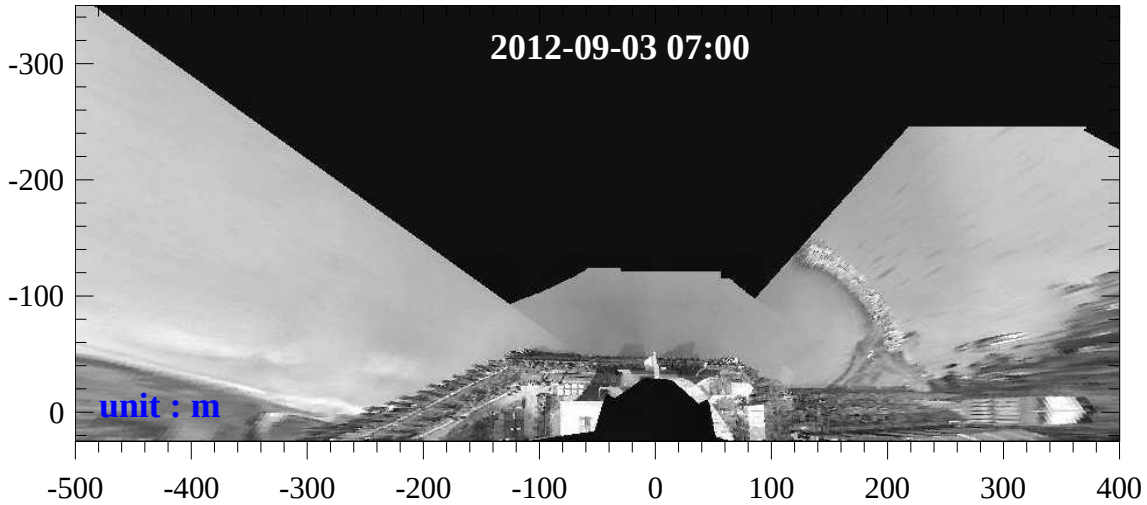
附圖 21L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 17:00)



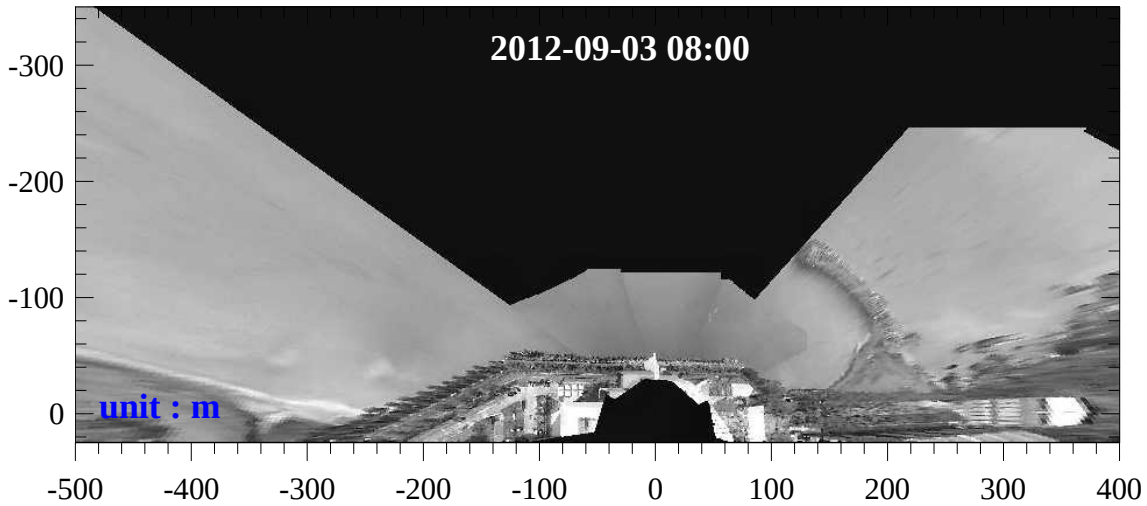
附圖 21M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/08/21 18:00)



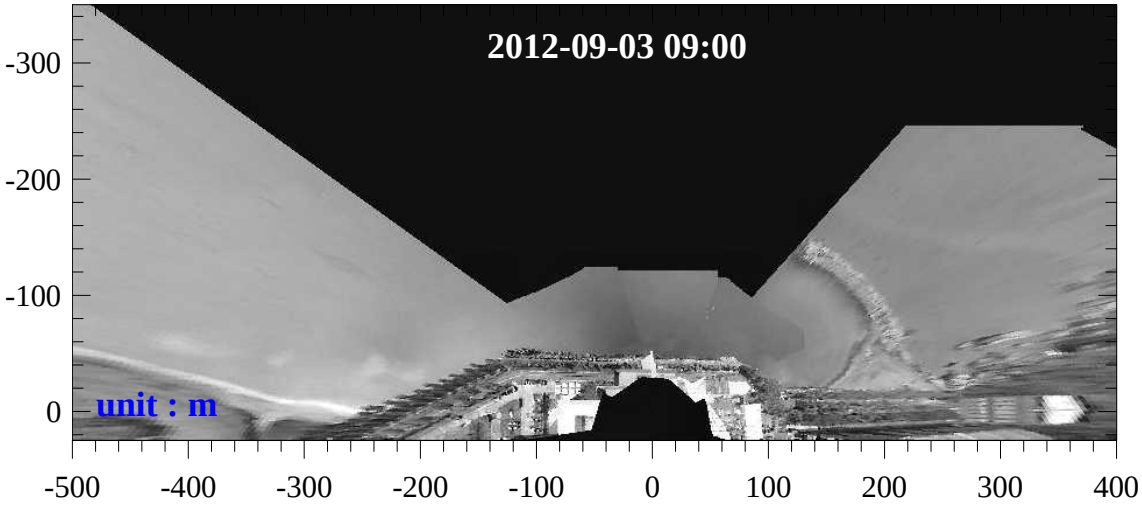
附圖 22A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 06:00)



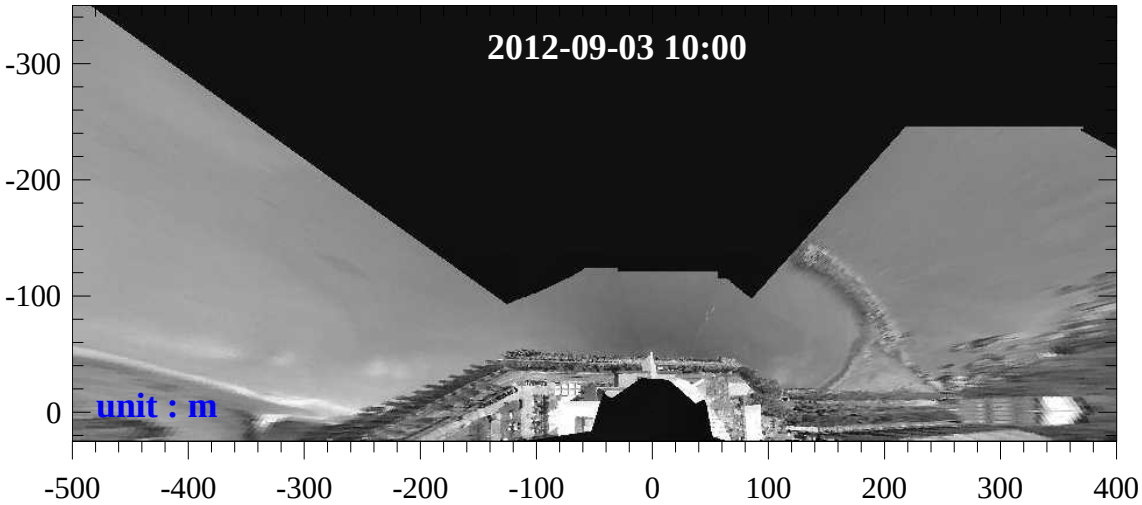
附圖 22B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 07:00)



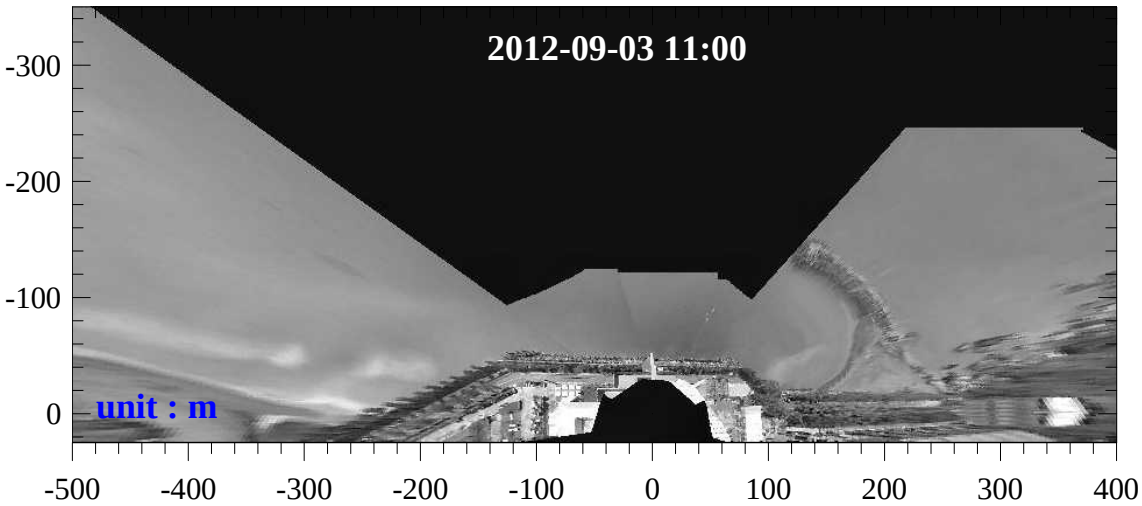
附圖 22C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 08:00)



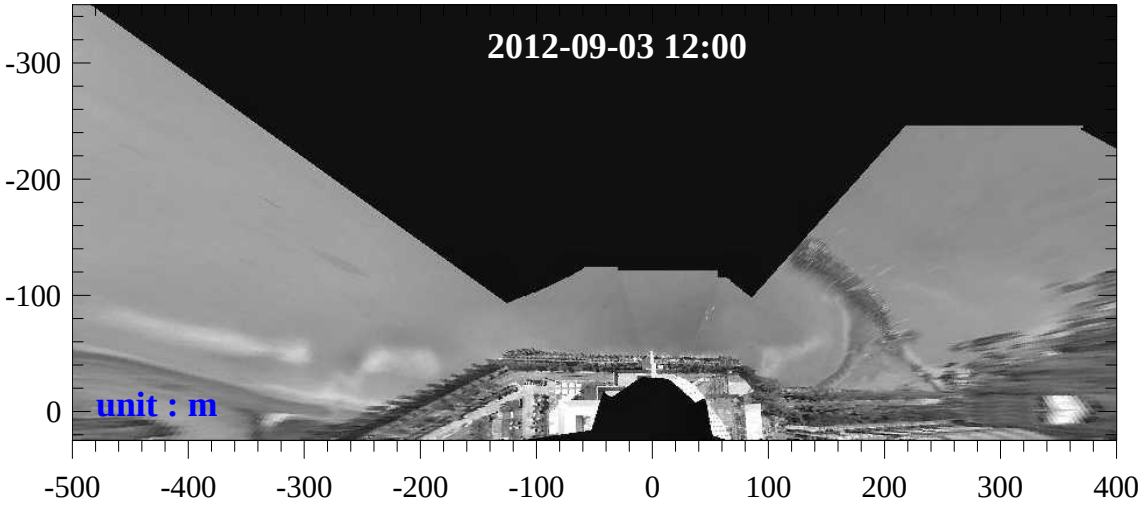
附圖 22D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 09:00)



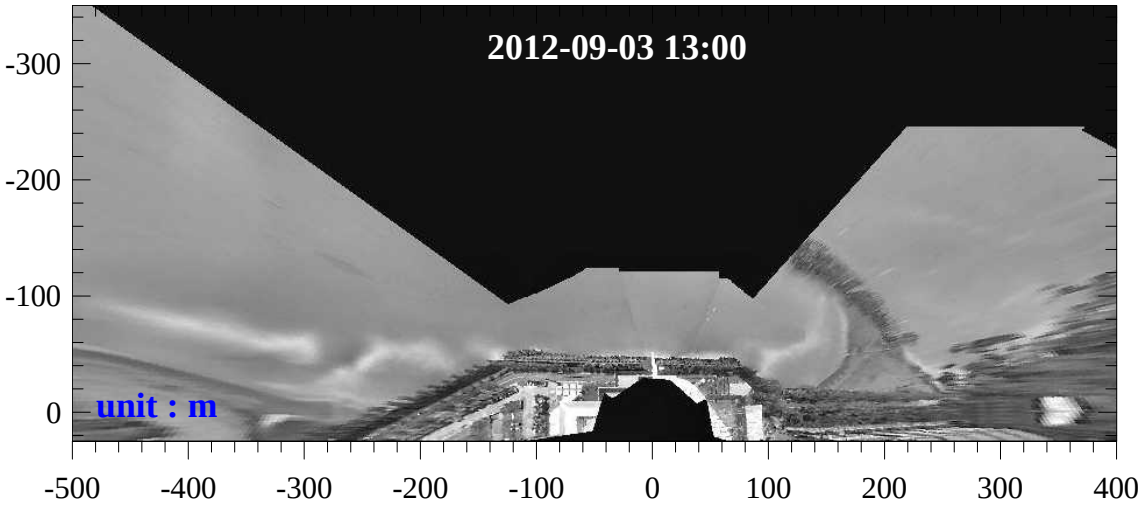
附圖 22E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 10:00)



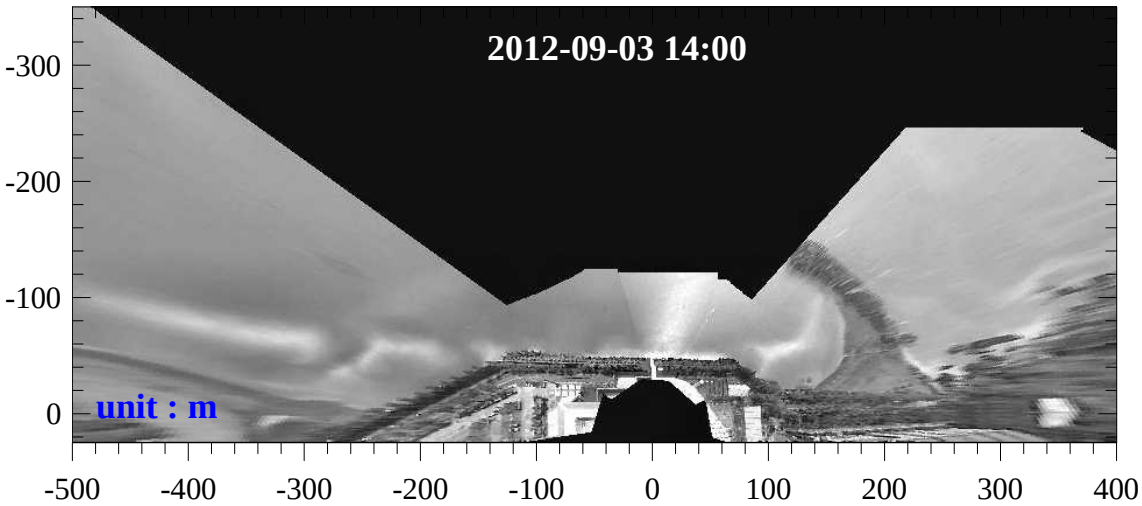
附圖 22F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 11:00)



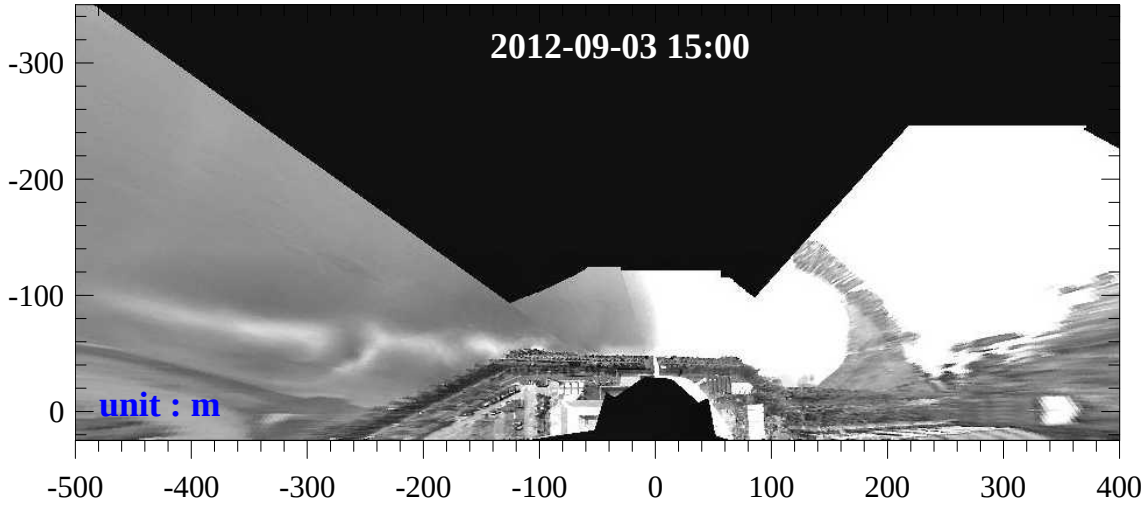
附圖 22G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 12:00)



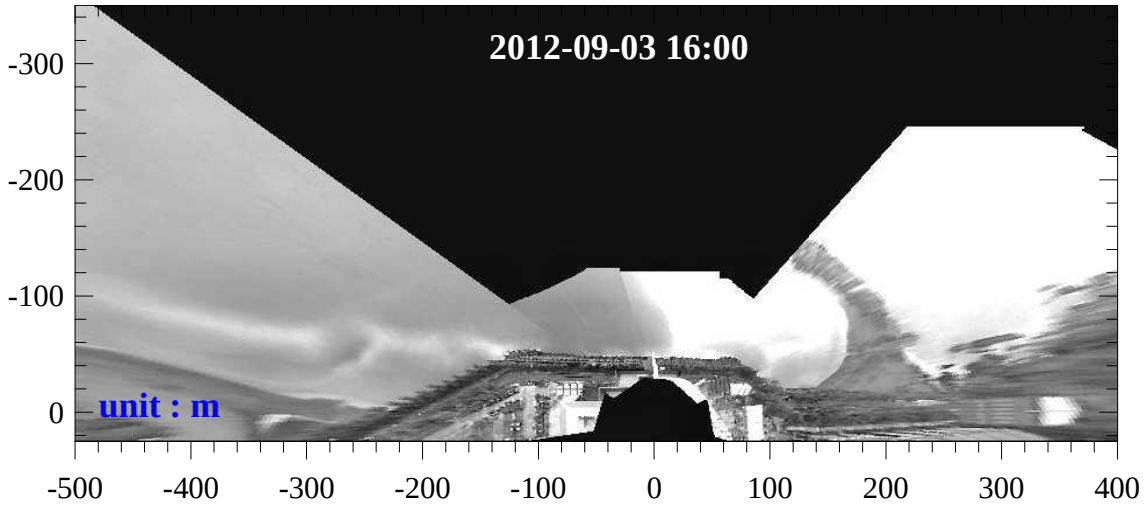
附圖 22H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 13:00)



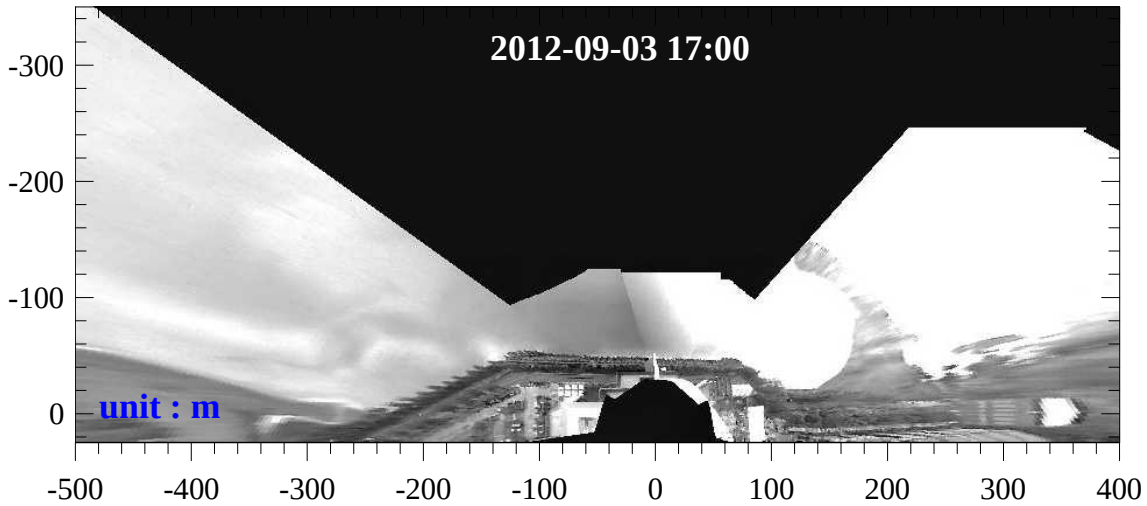
附圖 22I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 14:00)



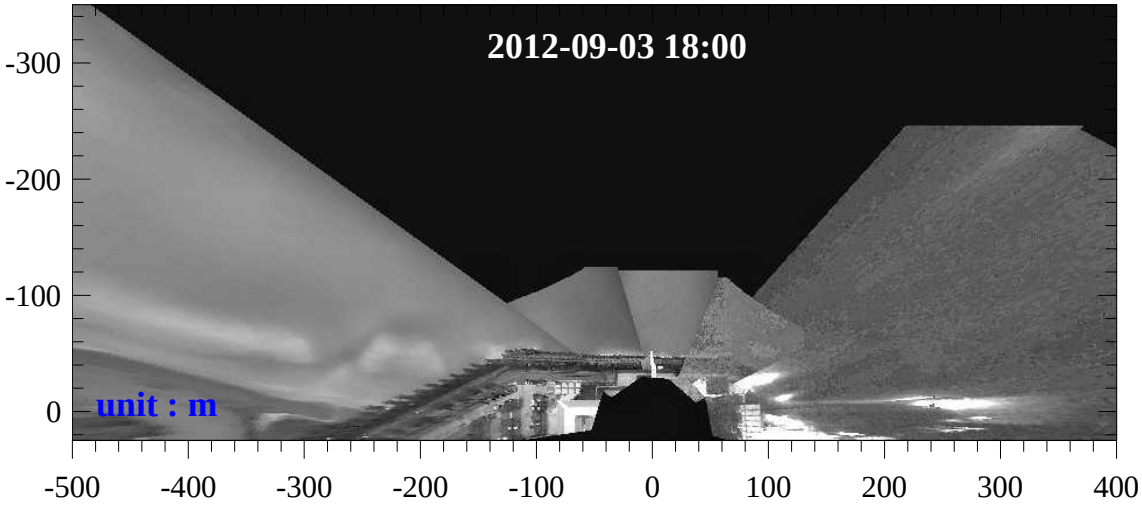
附圖 22J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 15:00)



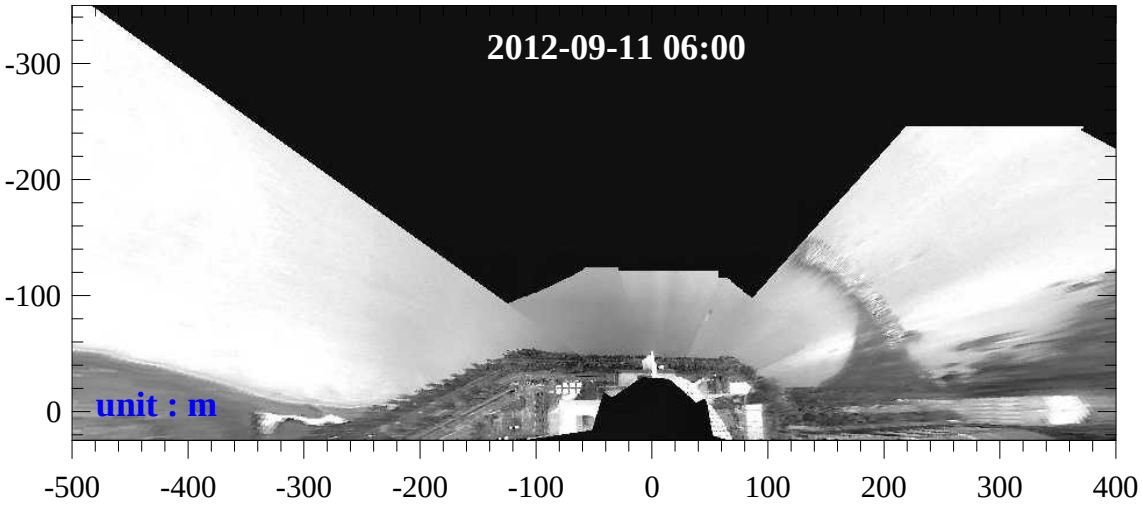
附圖 22K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 16:00)



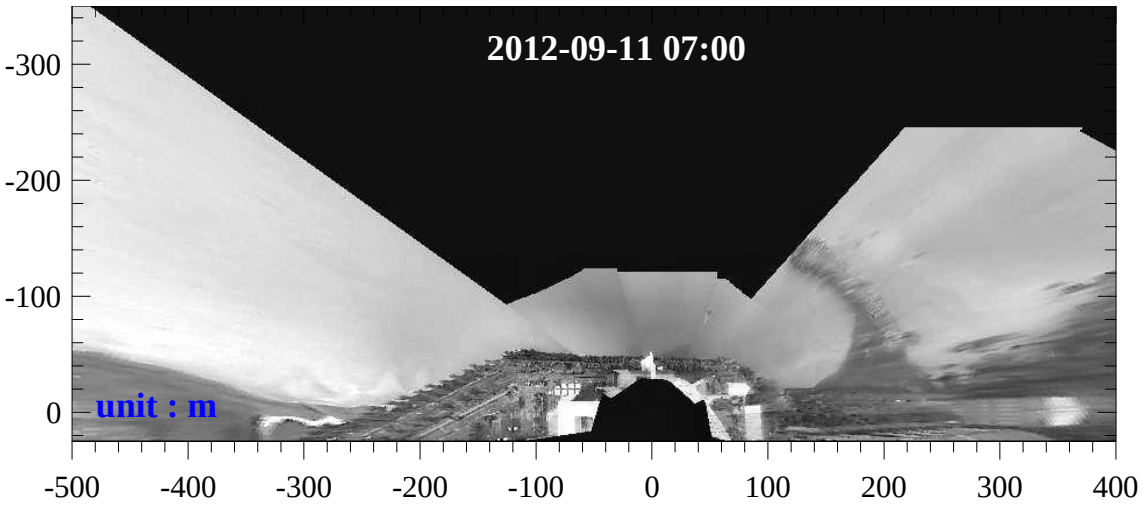
附圖 22L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 17:00)



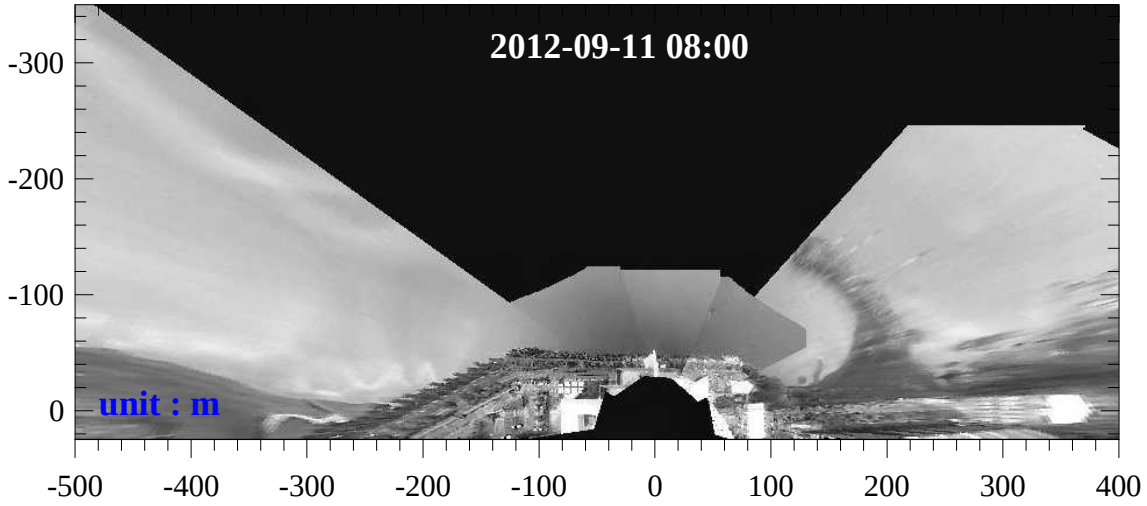
附圖 22M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/03 18:00)



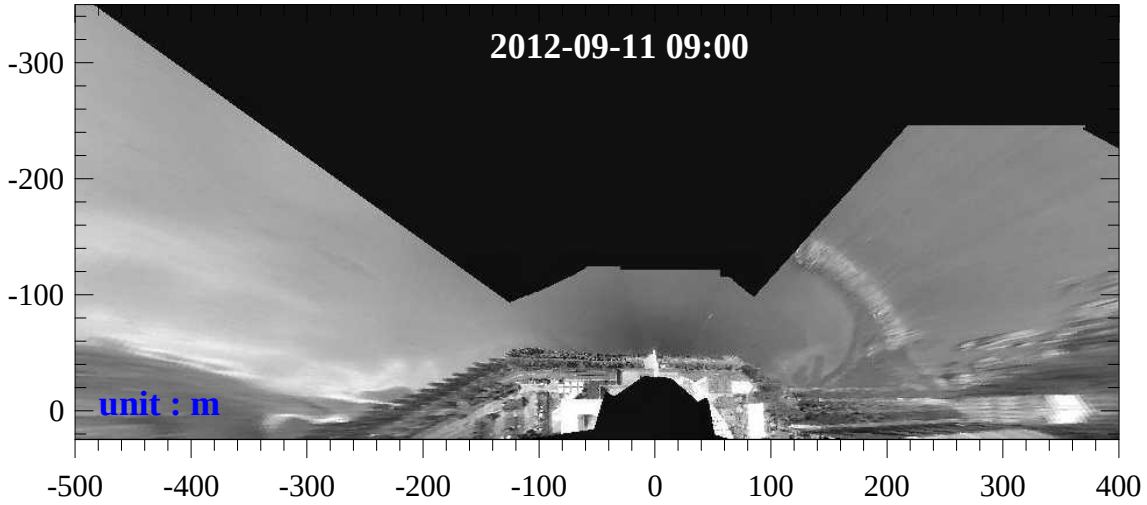
附圖 23A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 06:00)



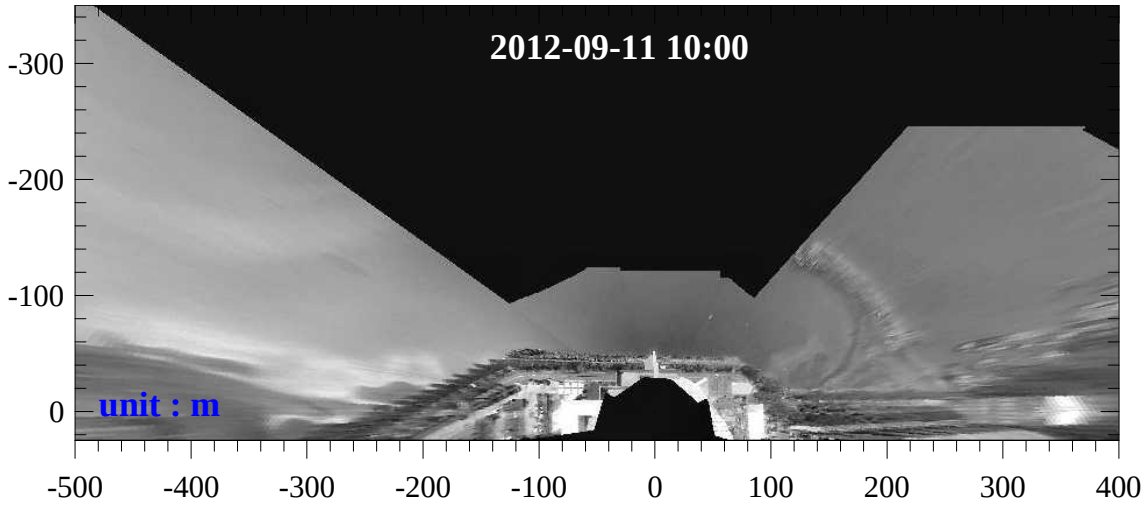
附圖 23B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 07:00)



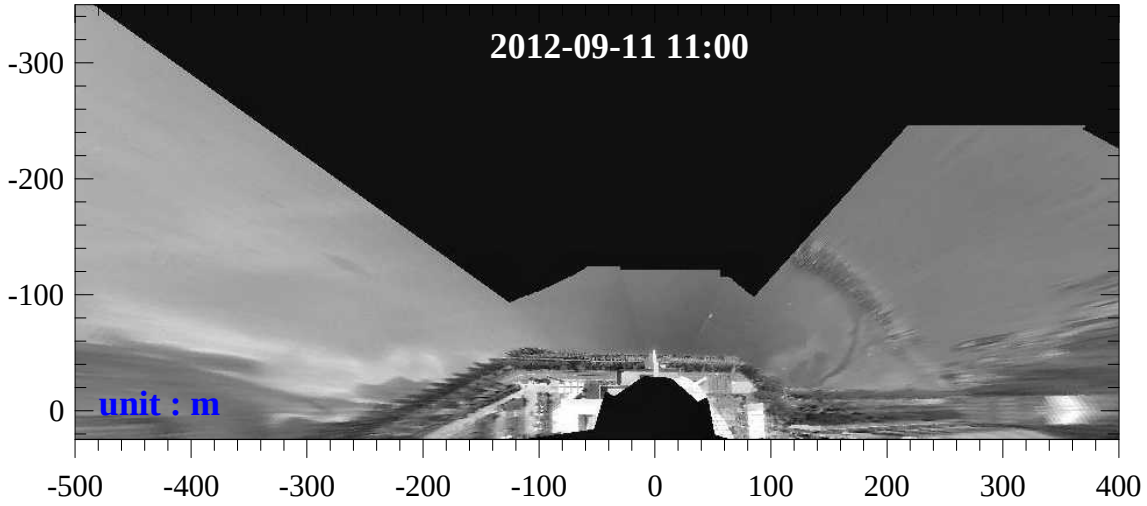
附圖 23C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 08:00)



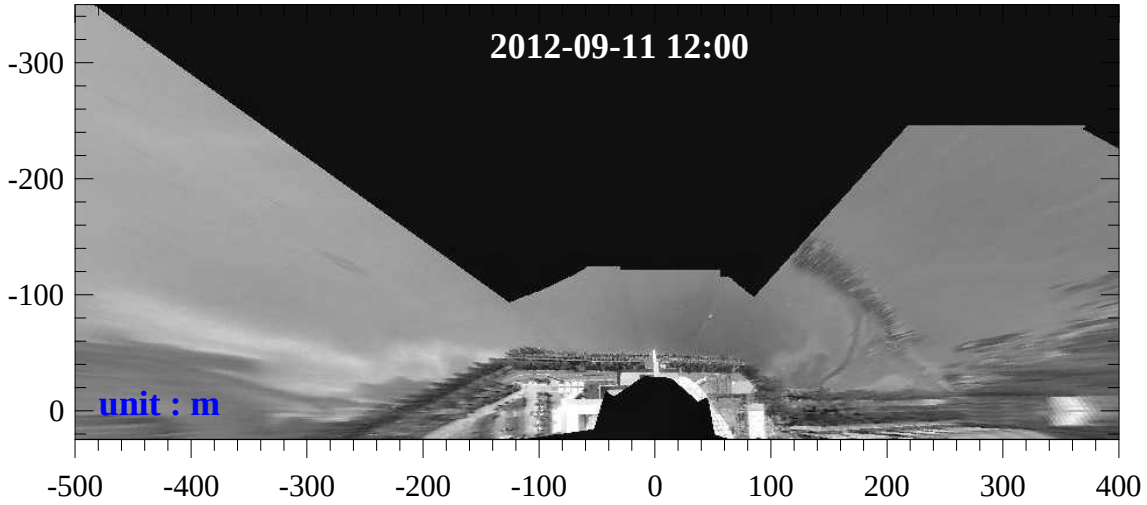
附圖 23D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 09:00)



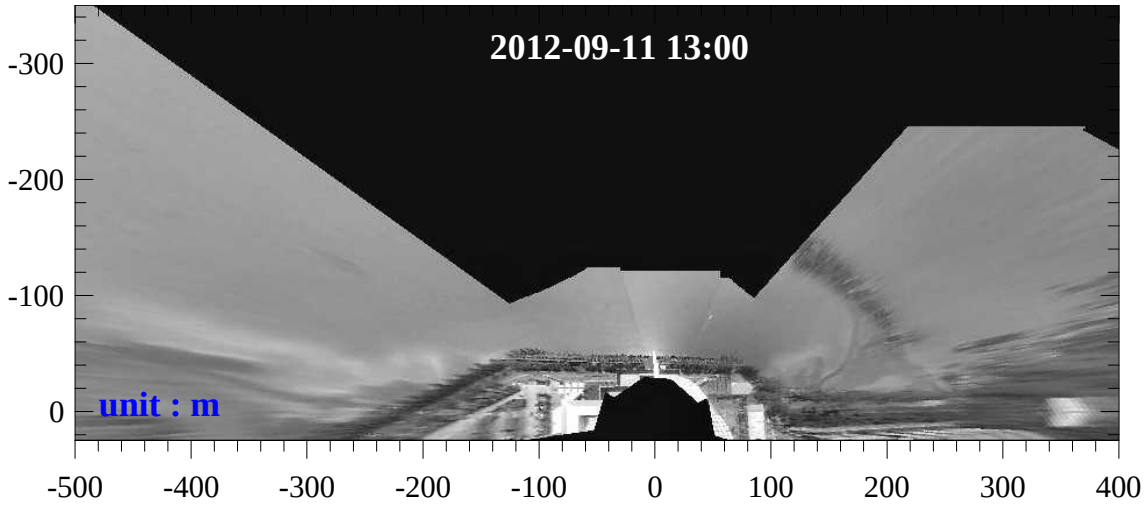
附圖 23E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 10:00)



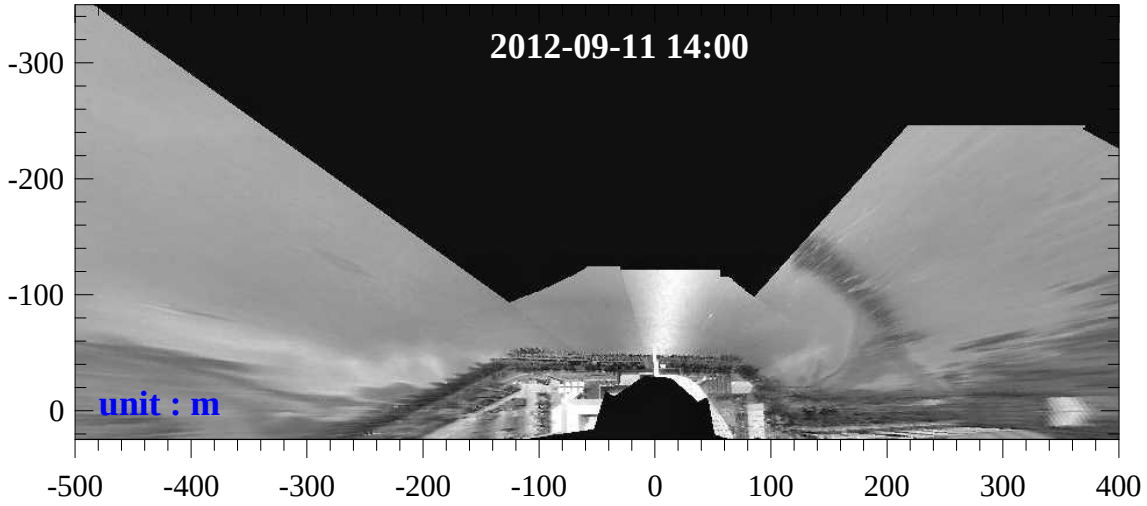
附圖 23F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 11:00)



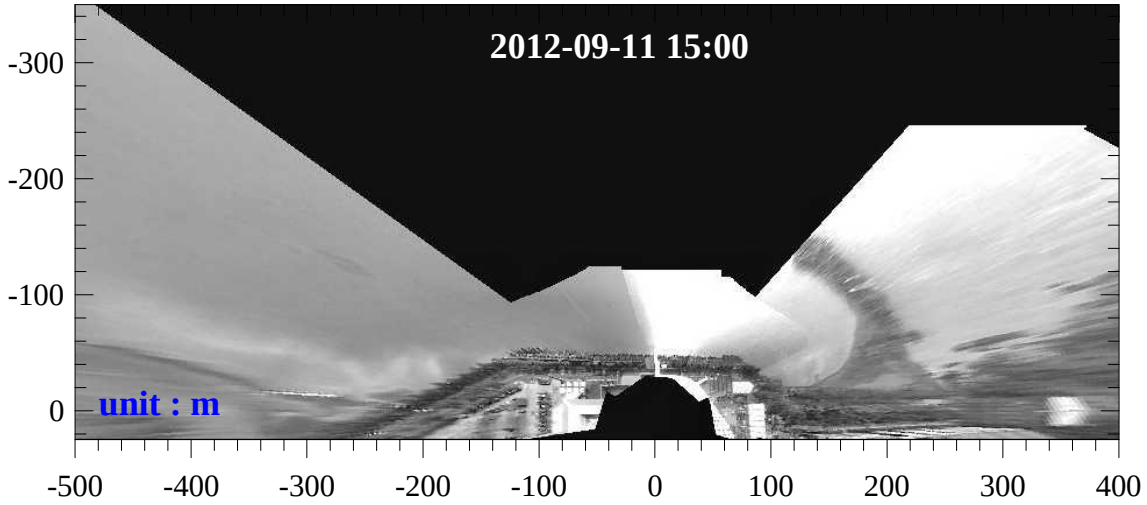
附圖 23G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 12:00)



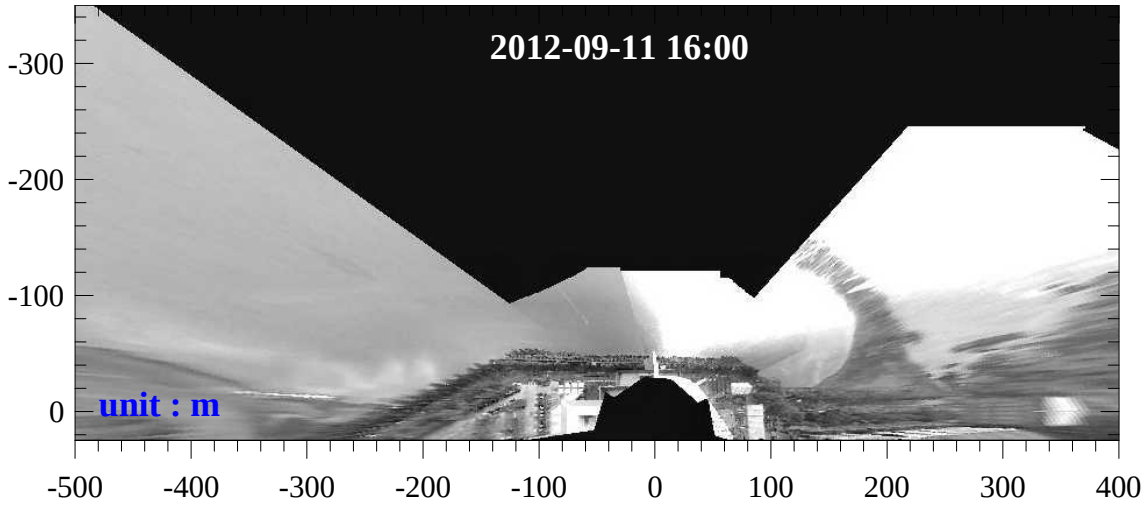
附圖 23H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 13:00)



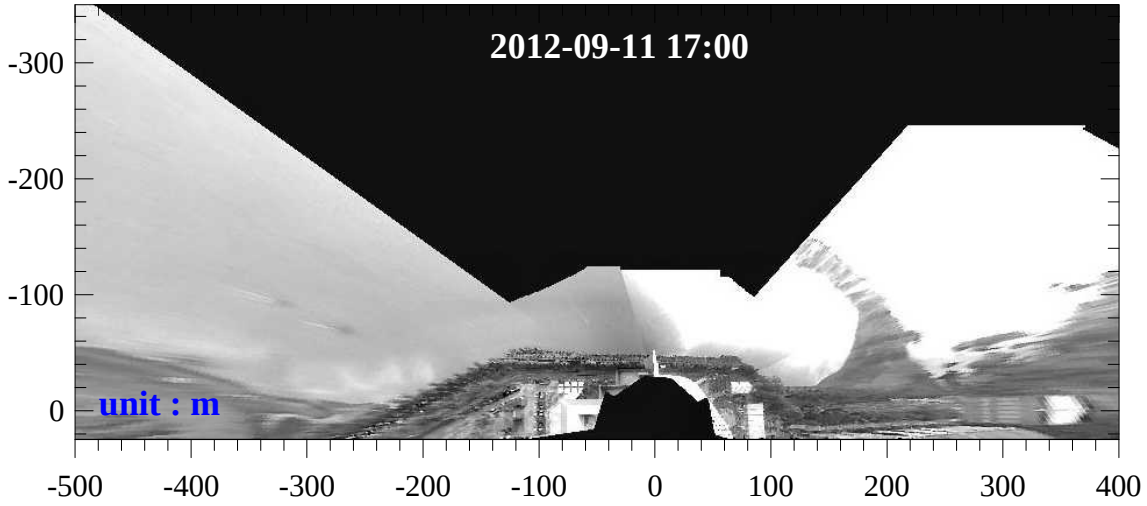
附圖 23I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 14:00)



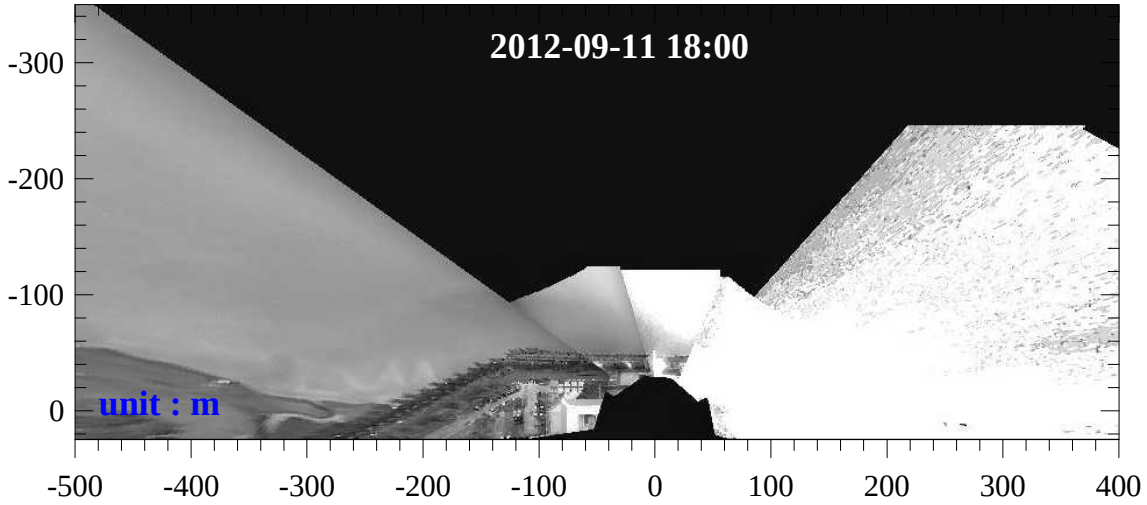
附圖 23J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 15:00)



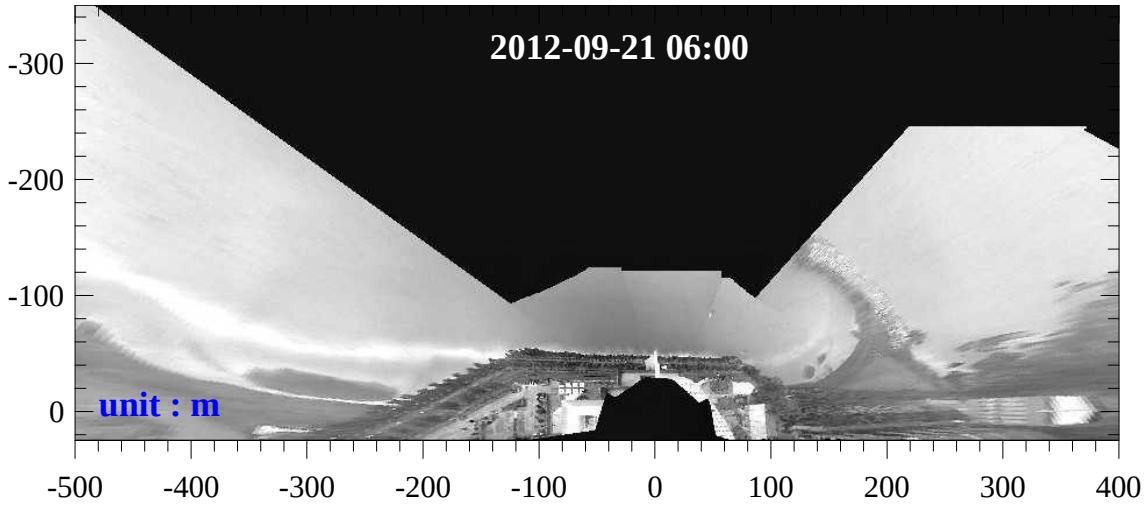
附圖 23K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 16:00)



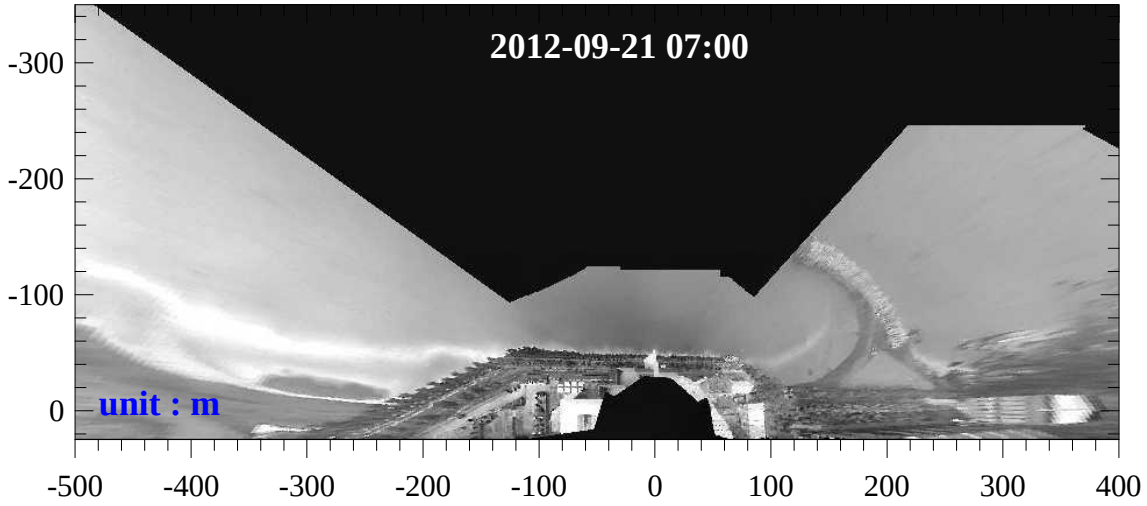
附圖 23L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 17:00)



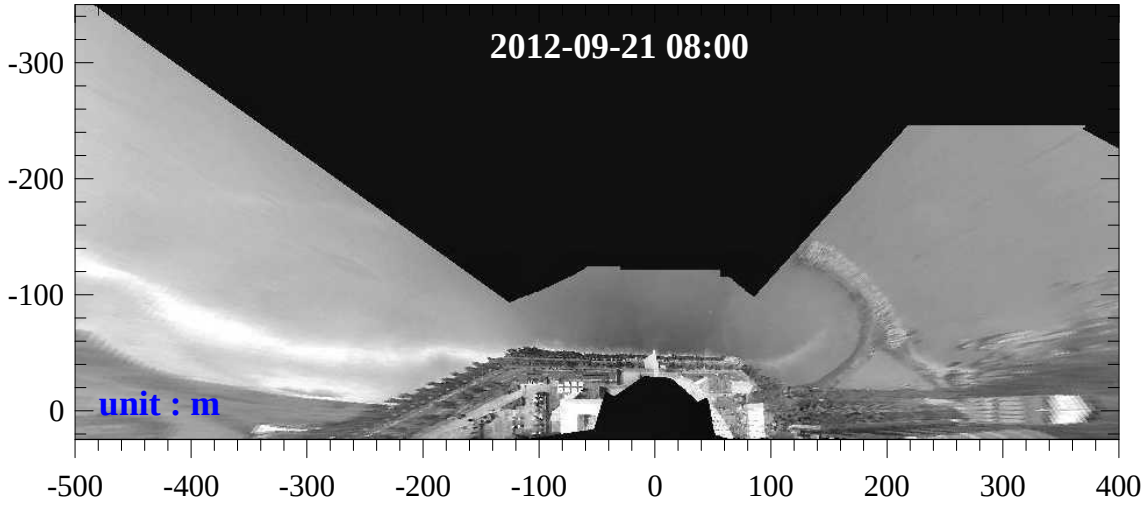
附圖 23M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/11 18:00)



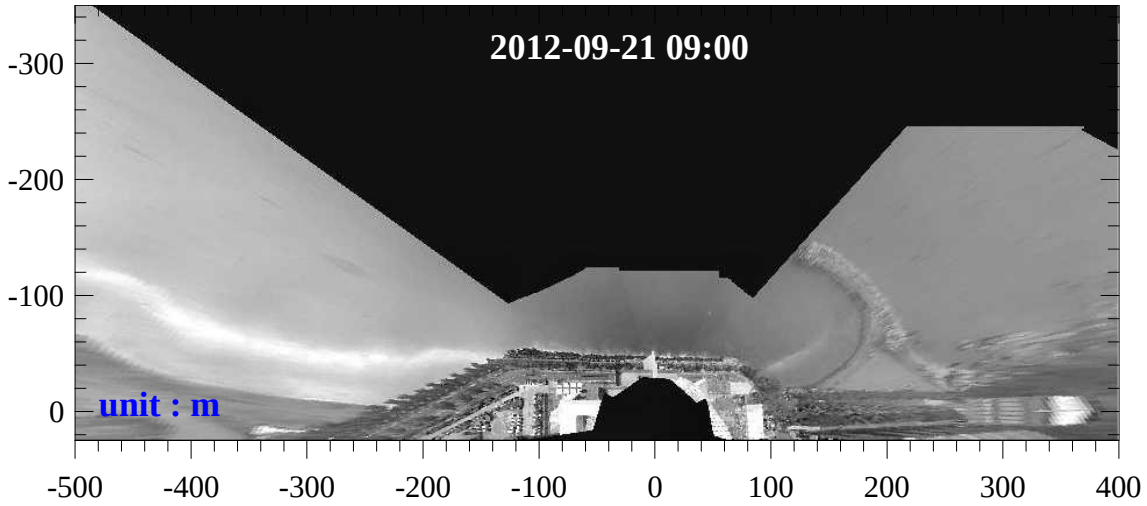
附圖 24A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 06:00)



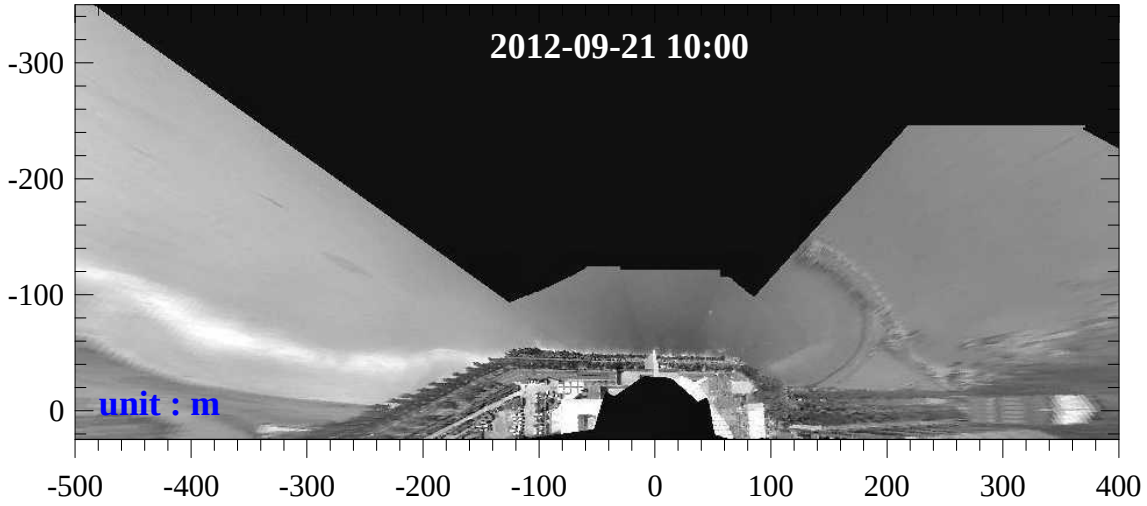
附圖 24B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 07:00)



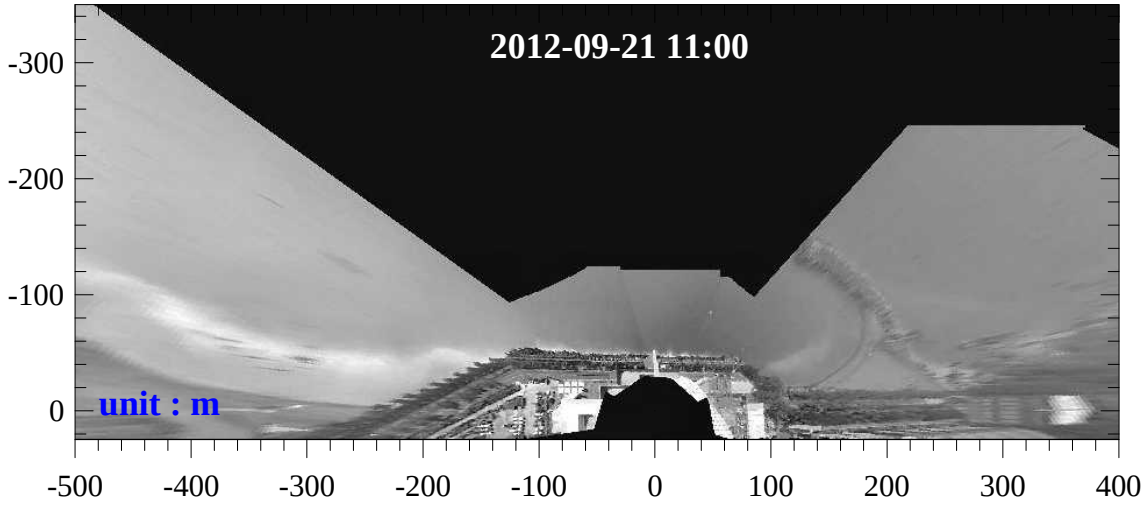
附圖 24C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 08:00)



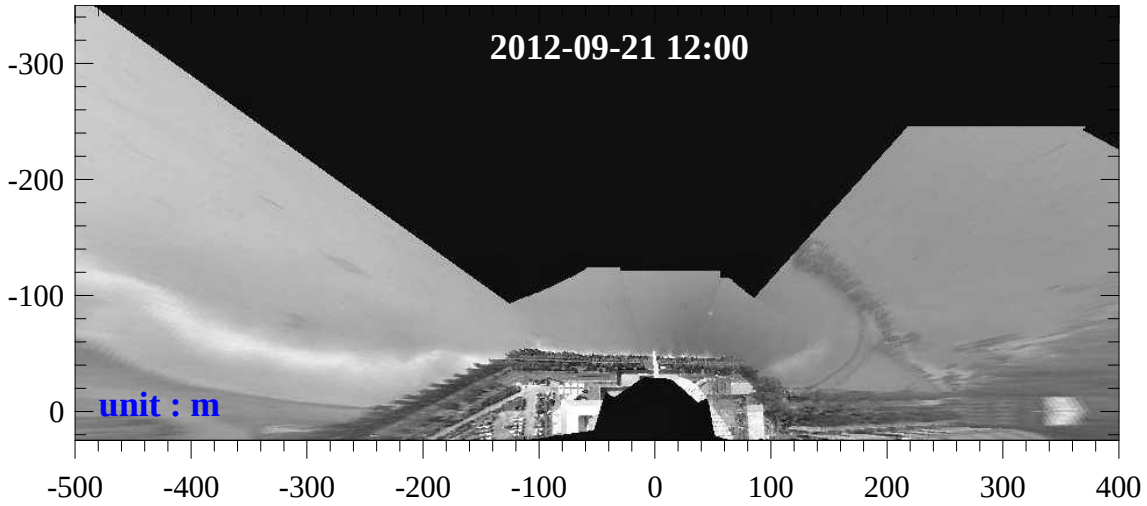
附圖 24D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 09:00)



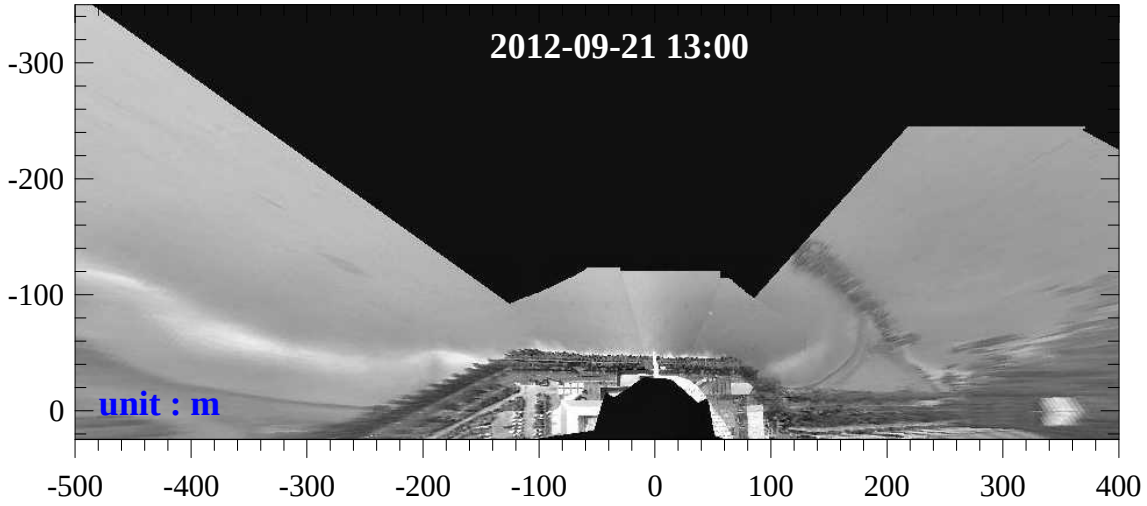
附圖 24E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 10:00)



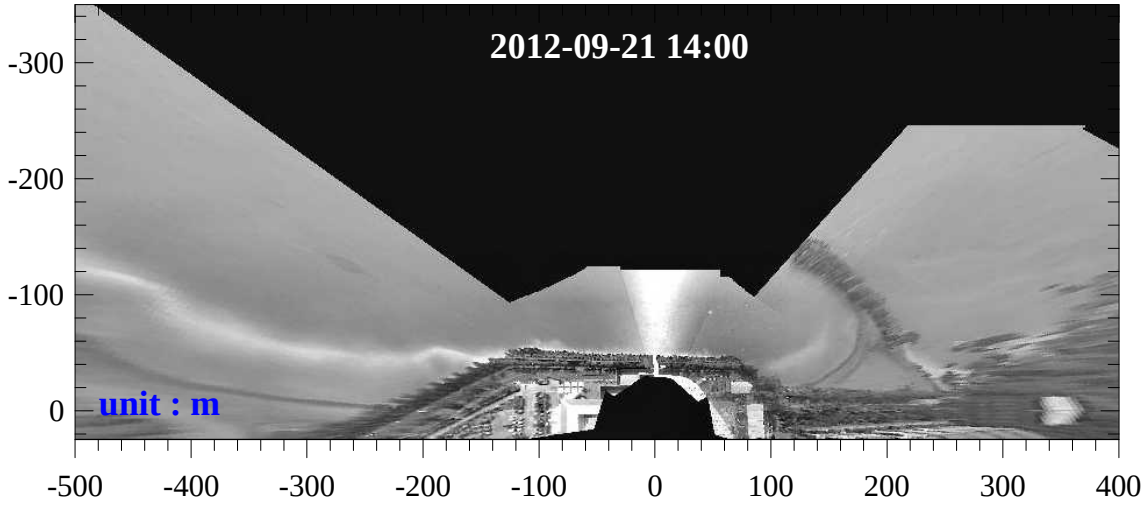
附圖 24F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 11:00)



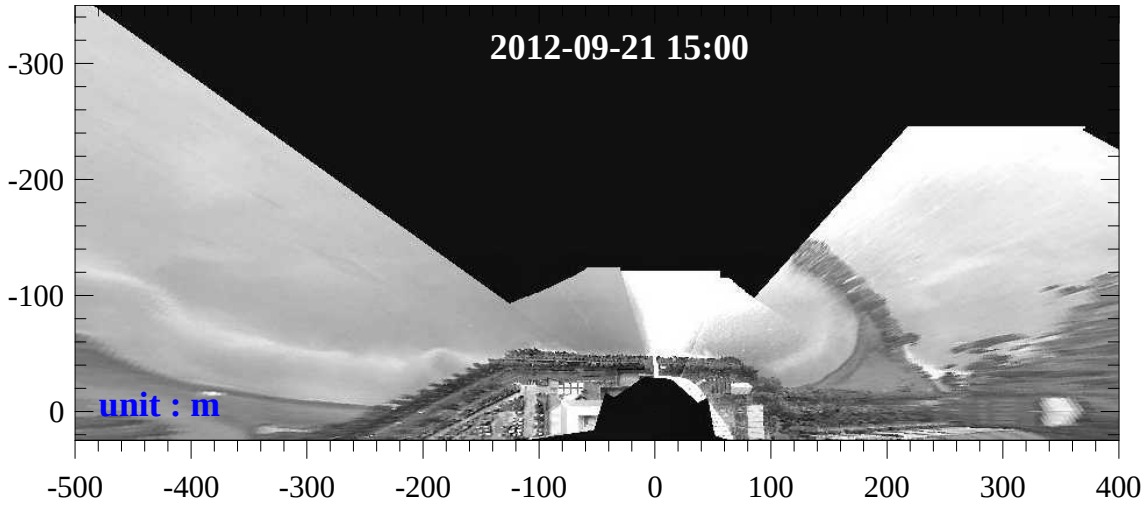
附圖 24G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 12:00)



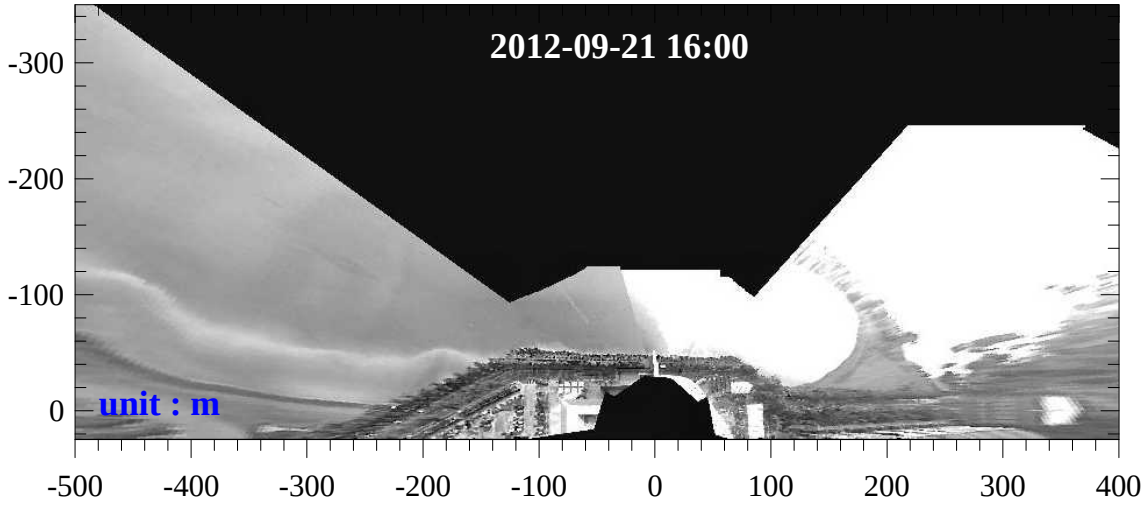
附圖 24H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 13:00)



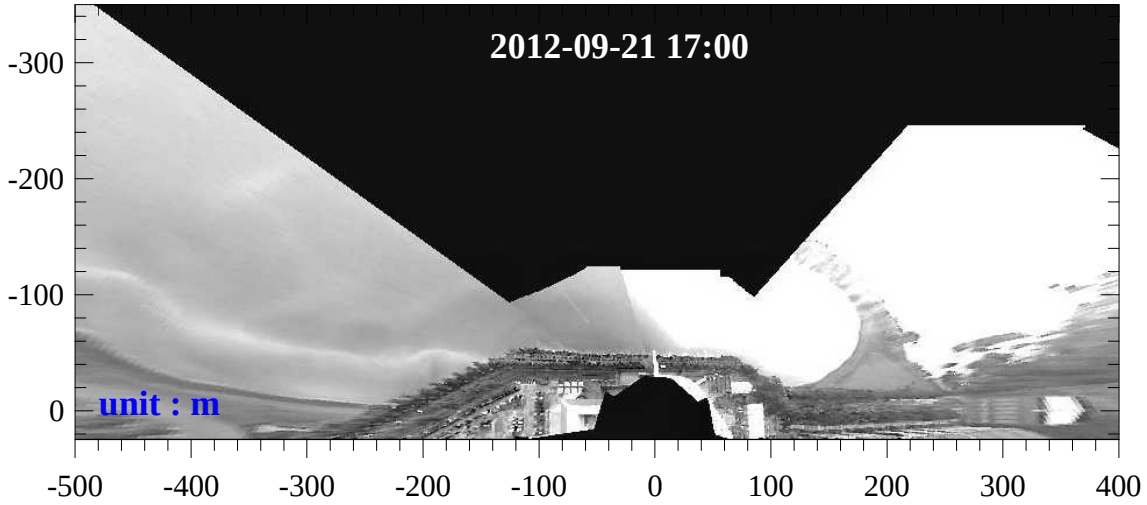
附圖 24I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 14:00)



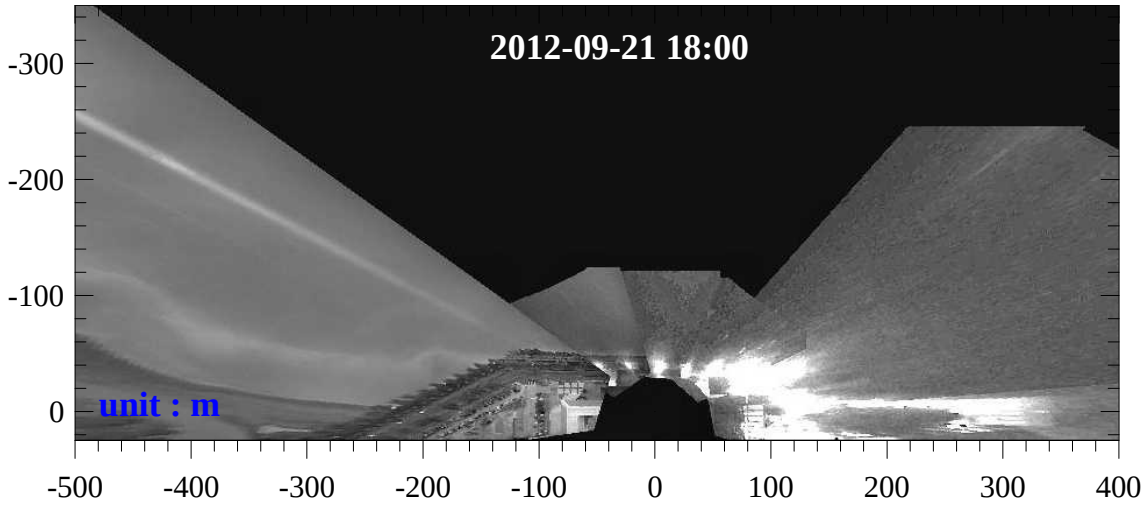
附圖 24J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 15:00)



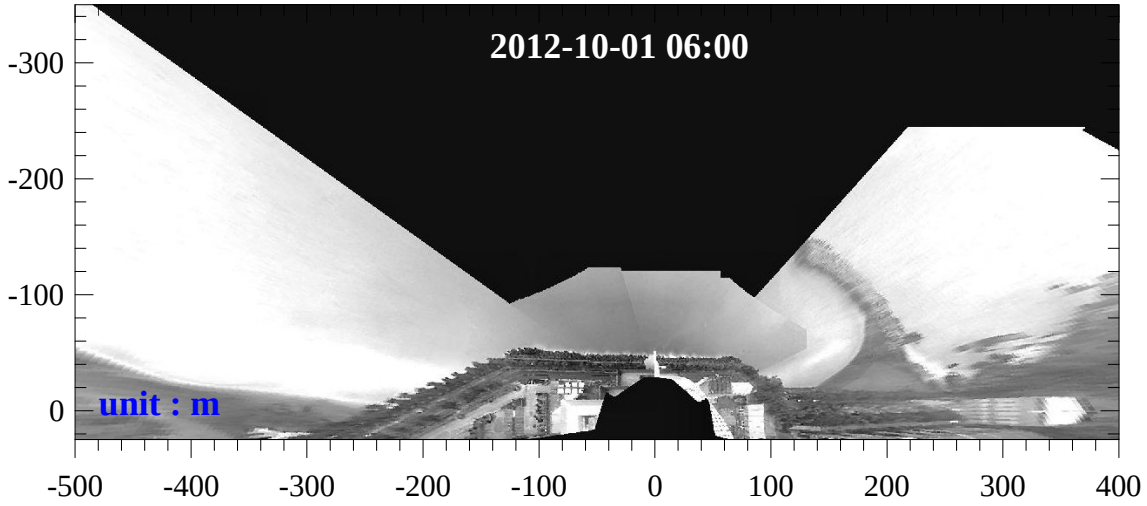
附圖 24K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 16:00)



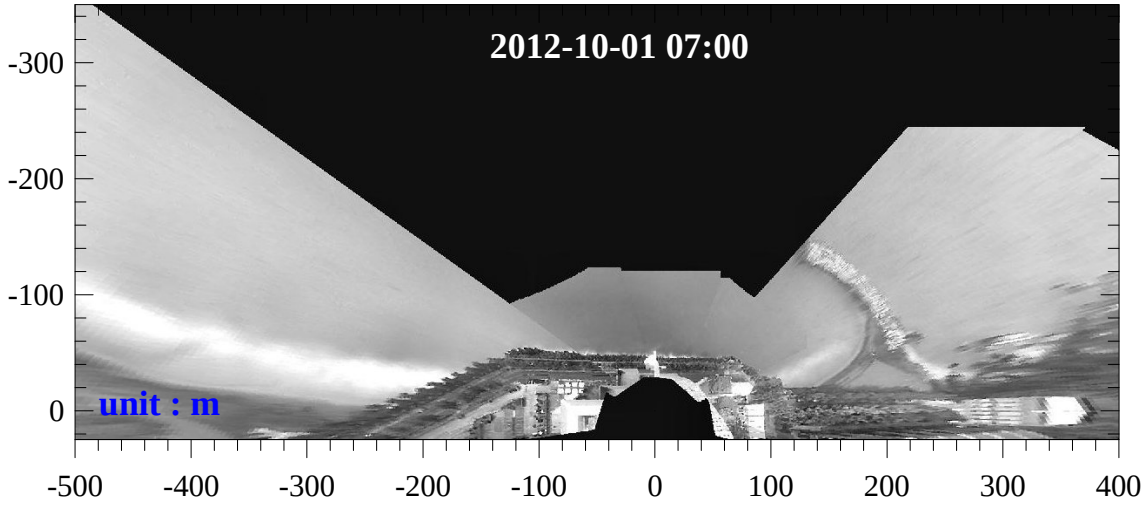
附圖 24L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 17:00)



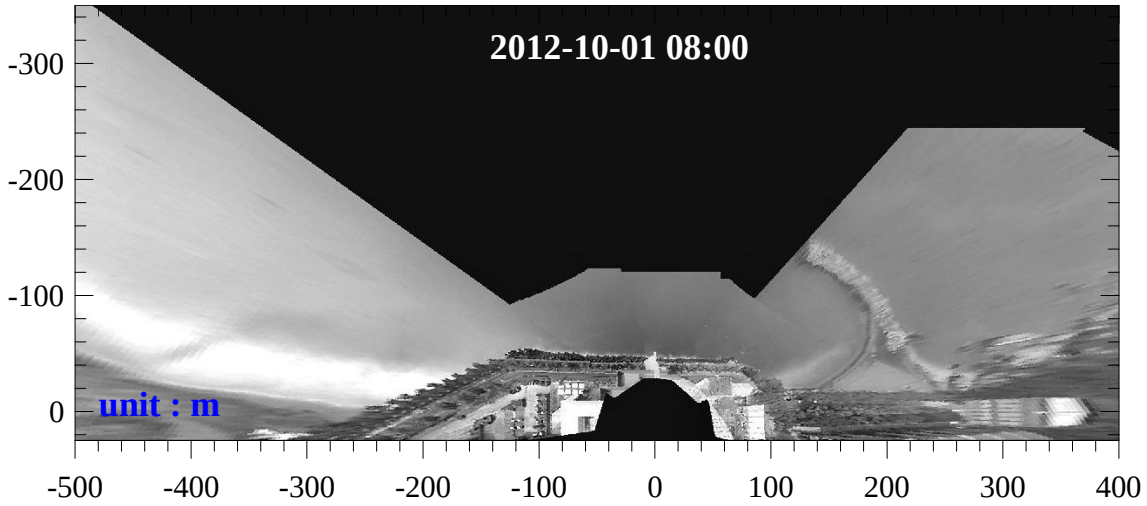
附圖 24M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/09/21 18:00)



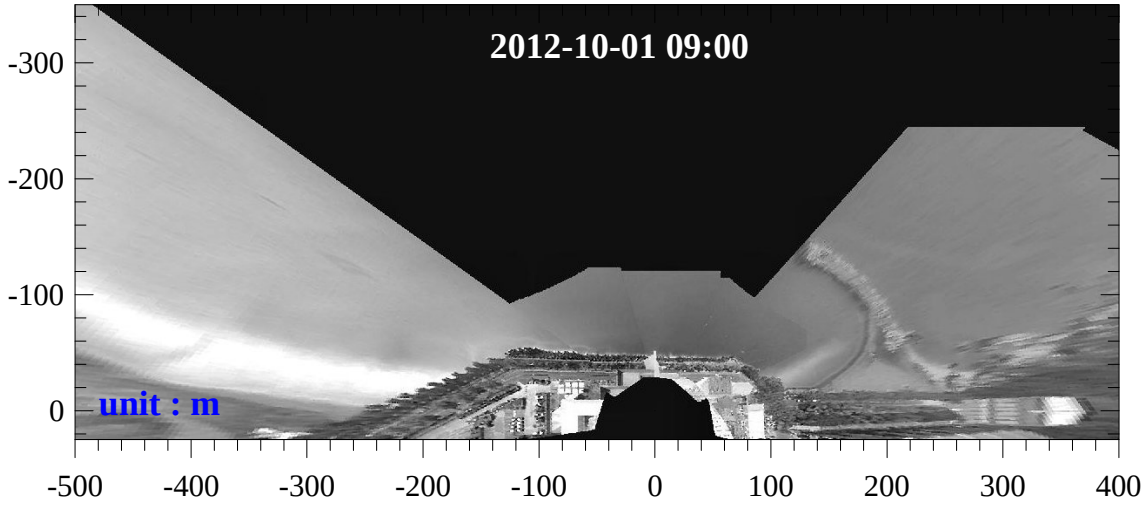
附圖 25A　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 06:00)



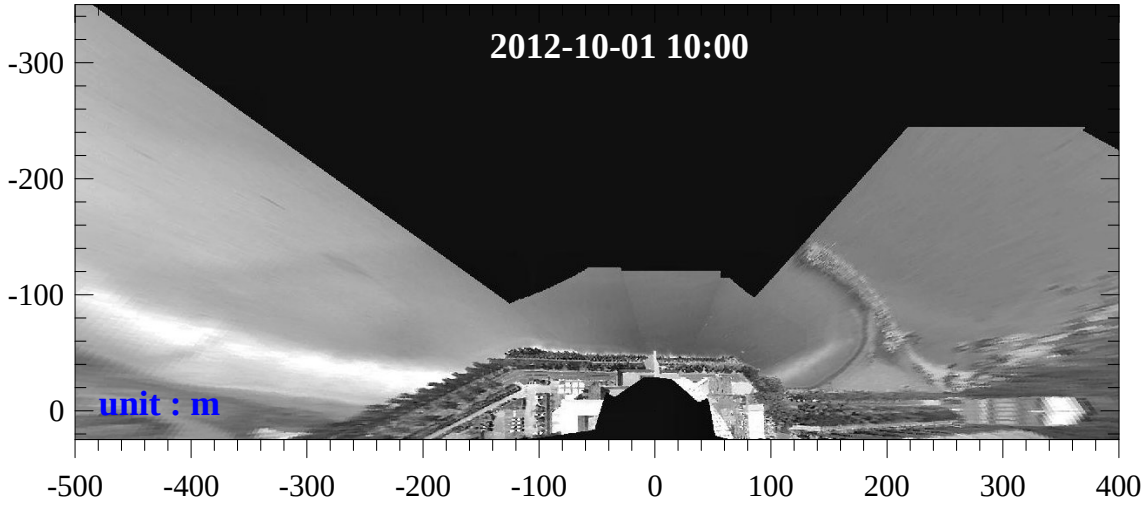
附圖 25B　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 07:00)



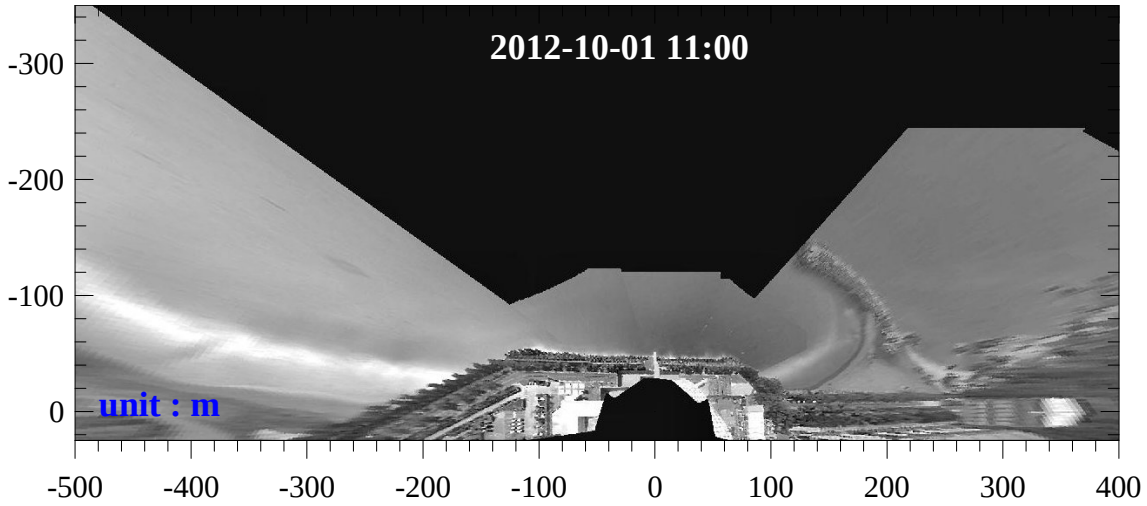
附圖 25C　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 08:00)



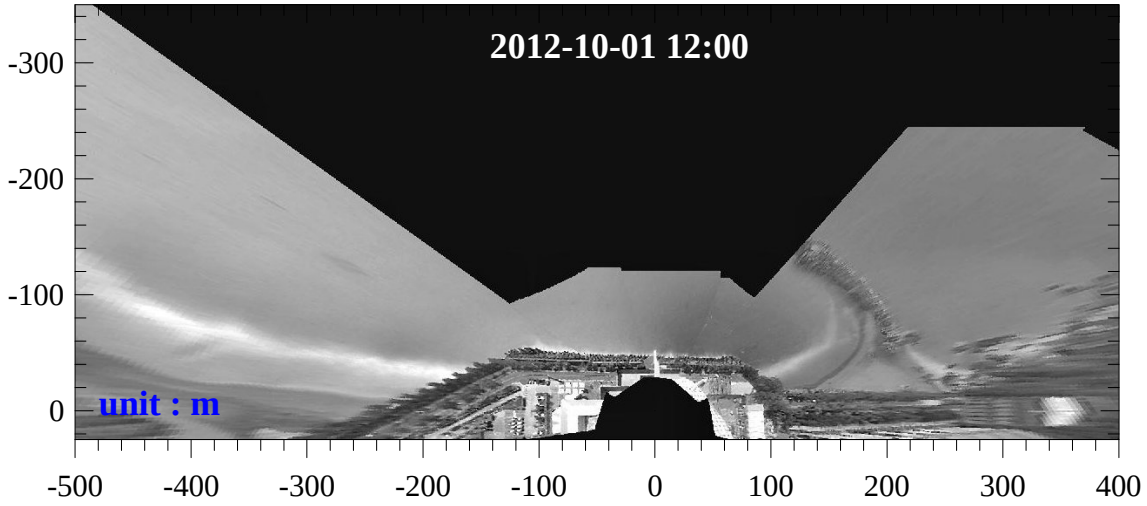
附圖 25D　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 09:00)



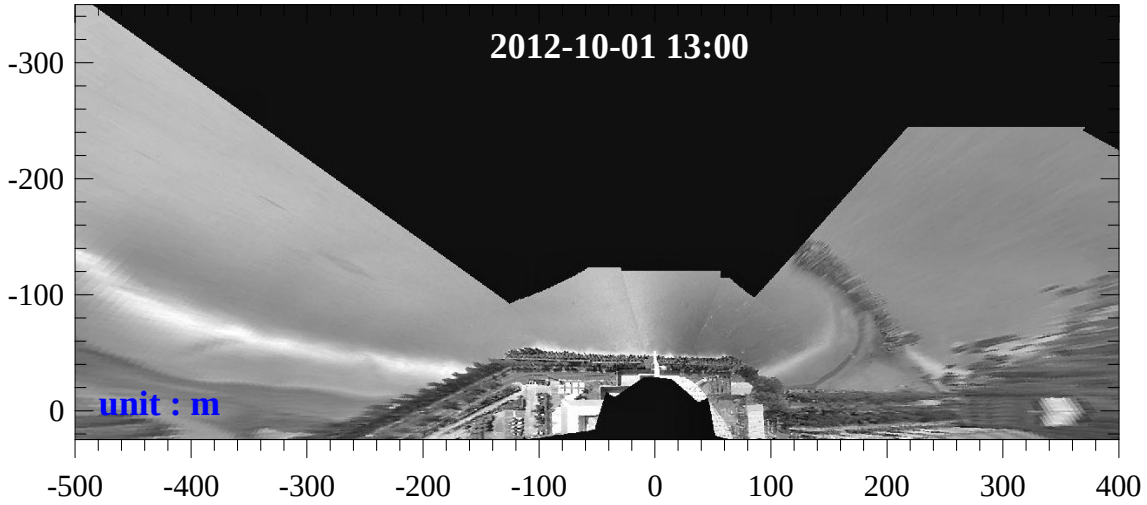
附圖 25E　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 10:00)



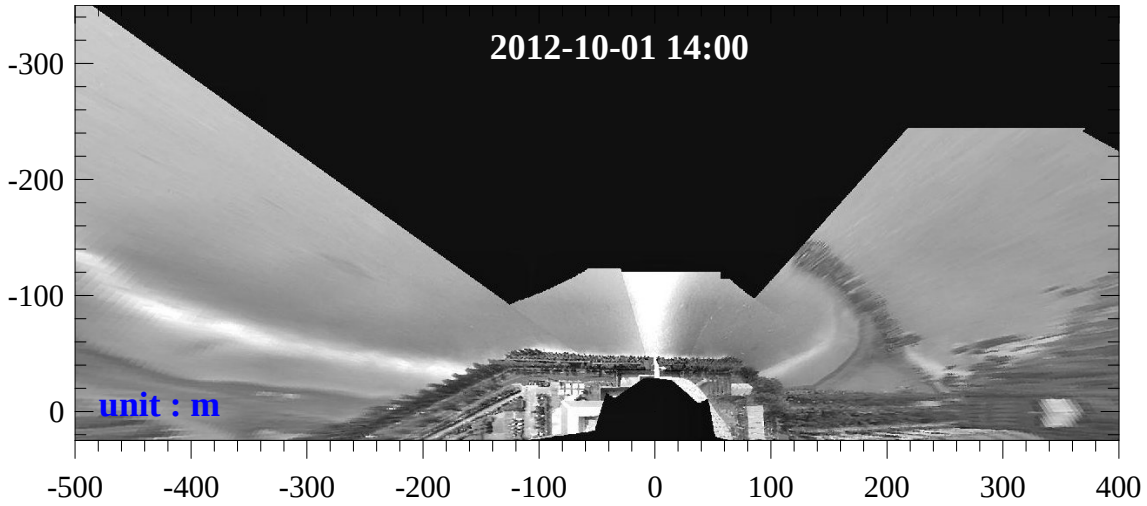
附圖 25F　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 11:00)



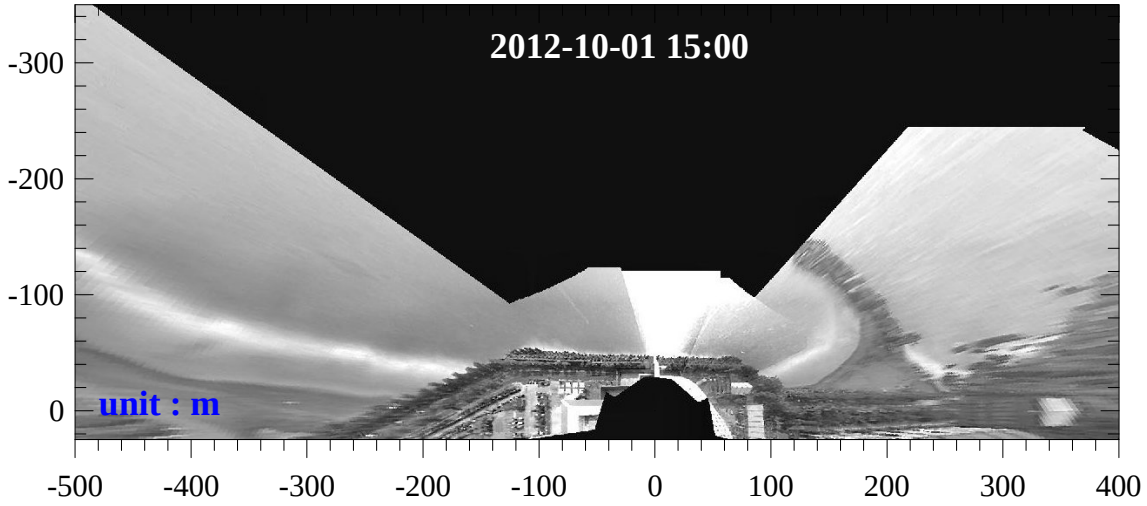
附圖 25G　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 12:00)



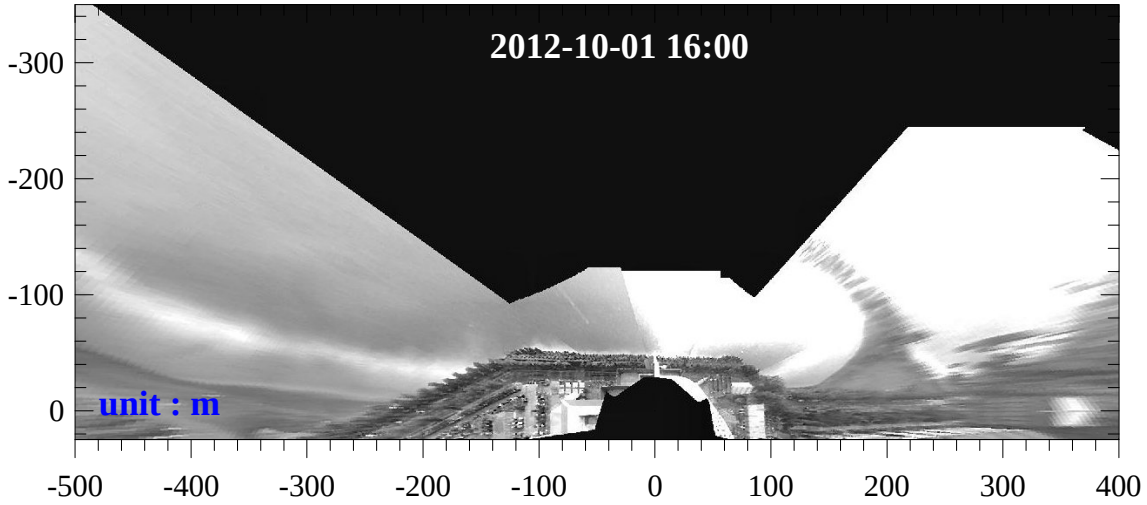
附圖 25H　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 13:00)



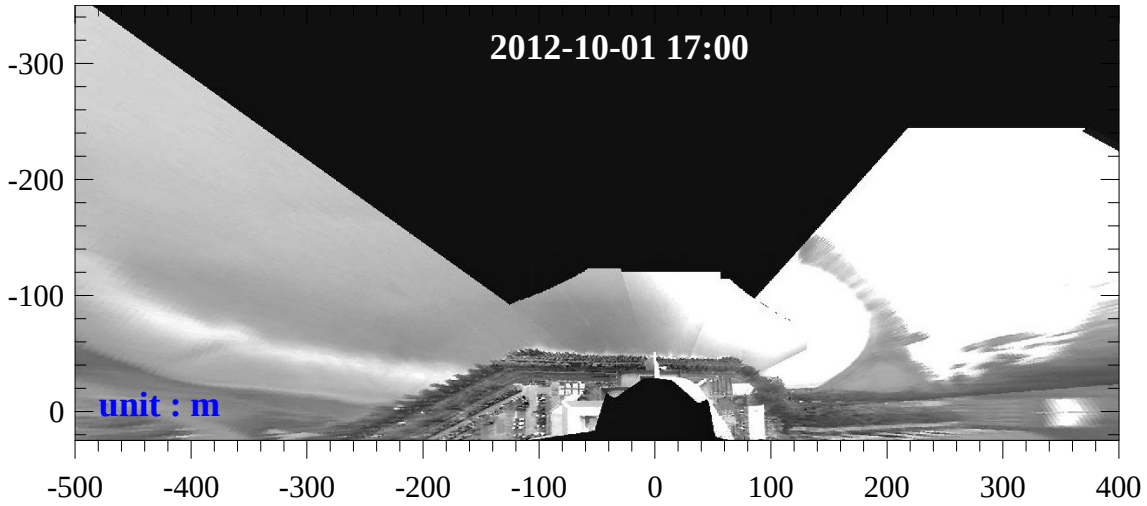
附圖 25I　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 14:00)



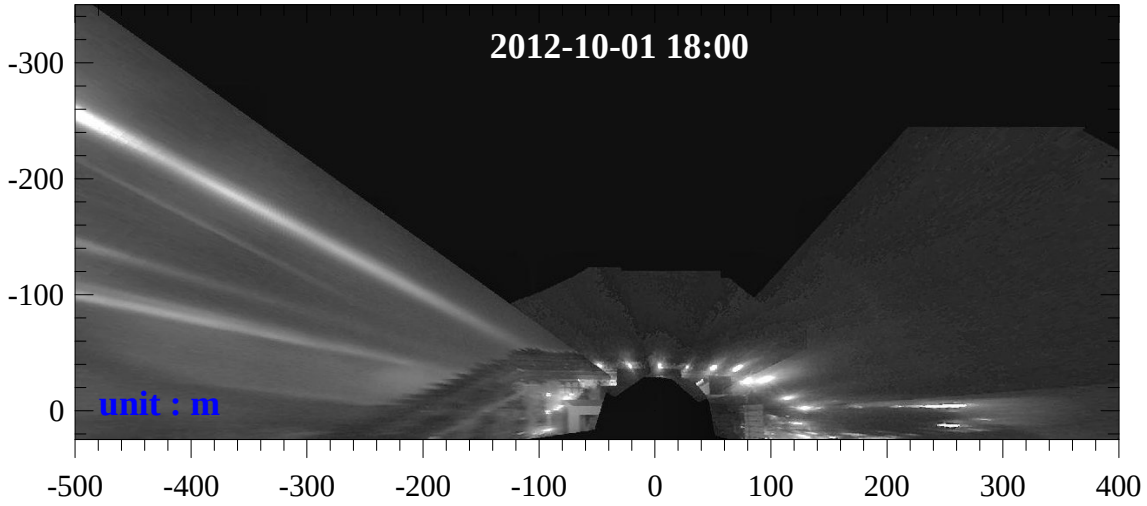
附圖 25J　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 15:00)



附圖 25K　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 16:00)

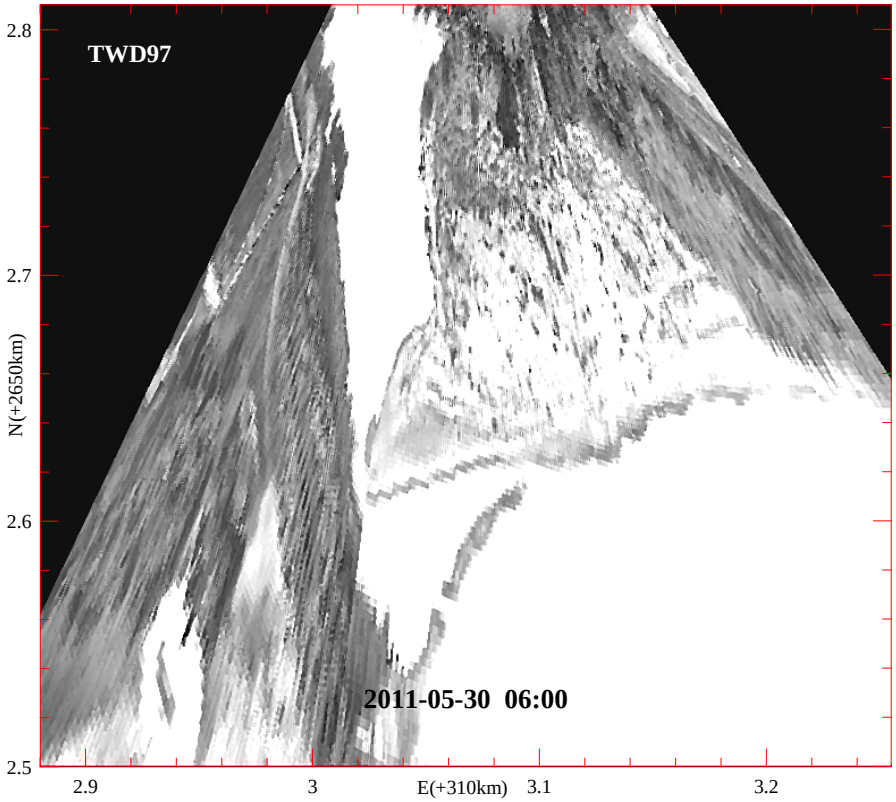


附圖 25L　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 17:00)

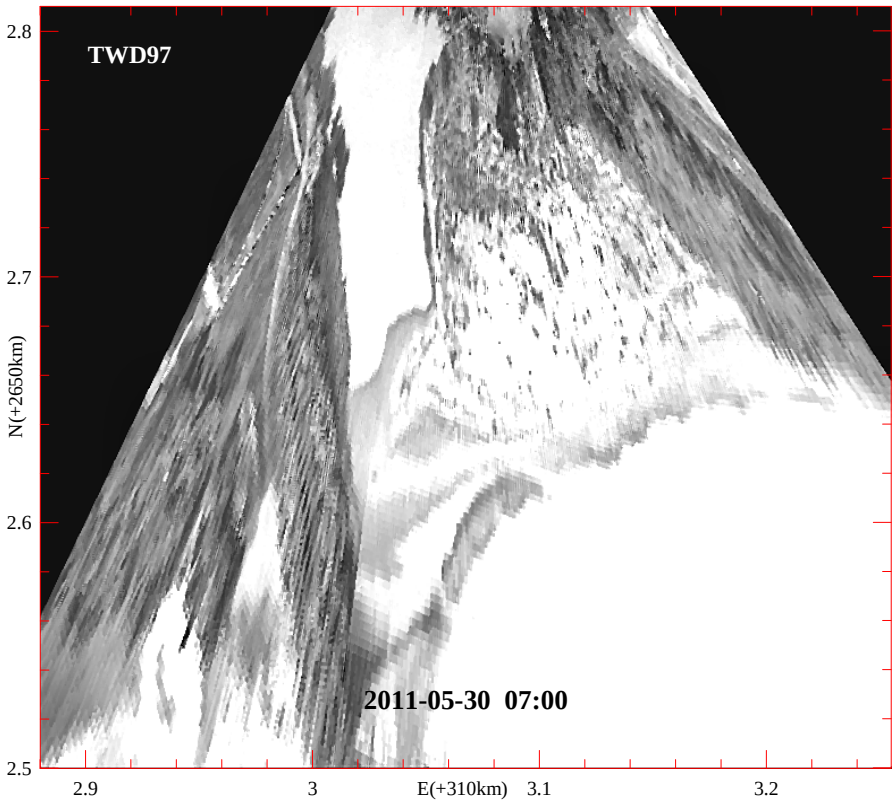


附圖 25M　西子灣海岸地形影像全景圖(2012/10/01 18:00)

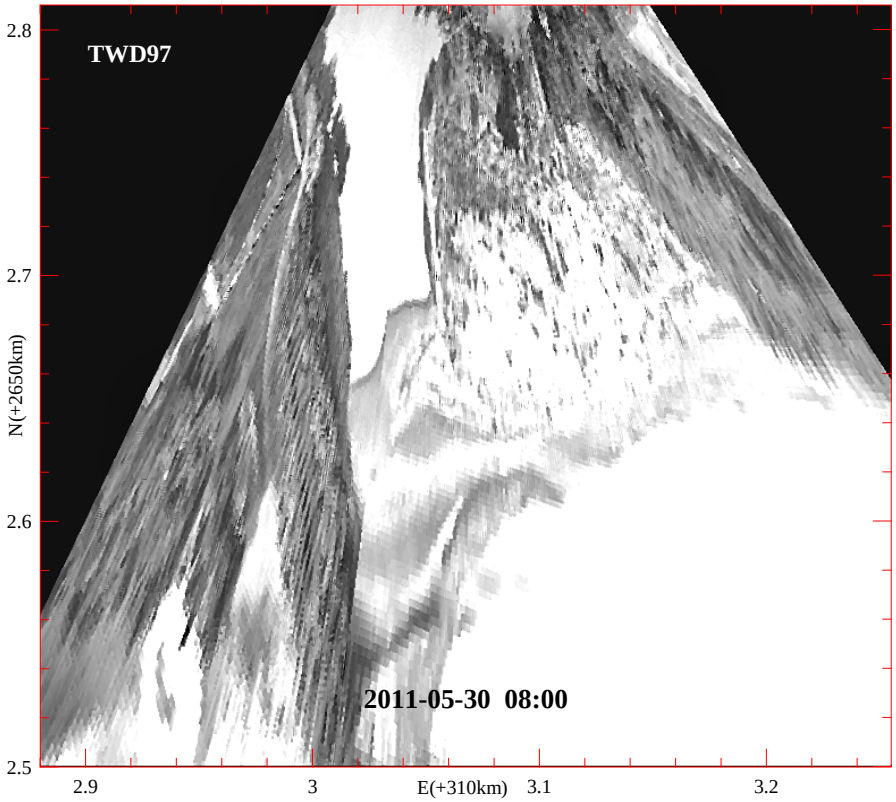
花蓮美崙溪　(2011/05~2012/10)



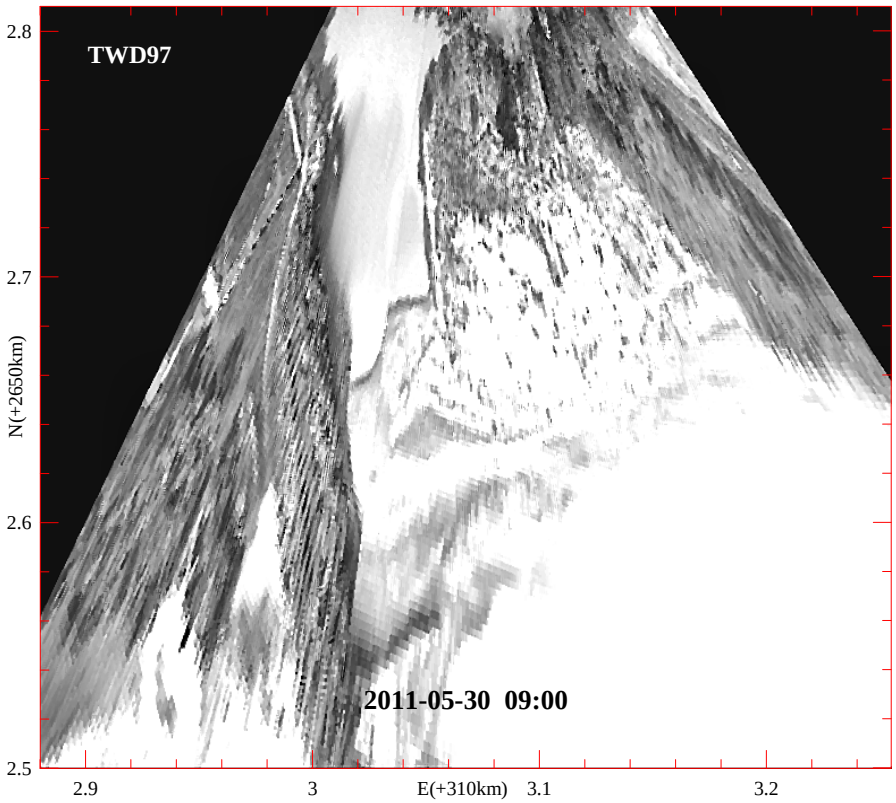
附圖 1A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 06:00)



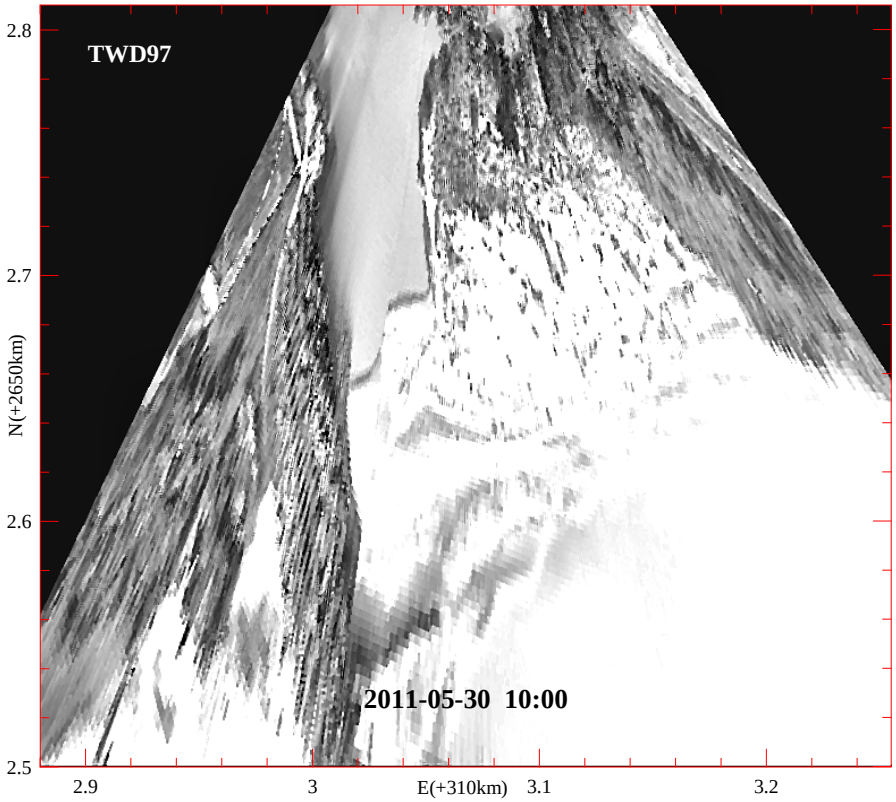
附圖 1B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 07:00)



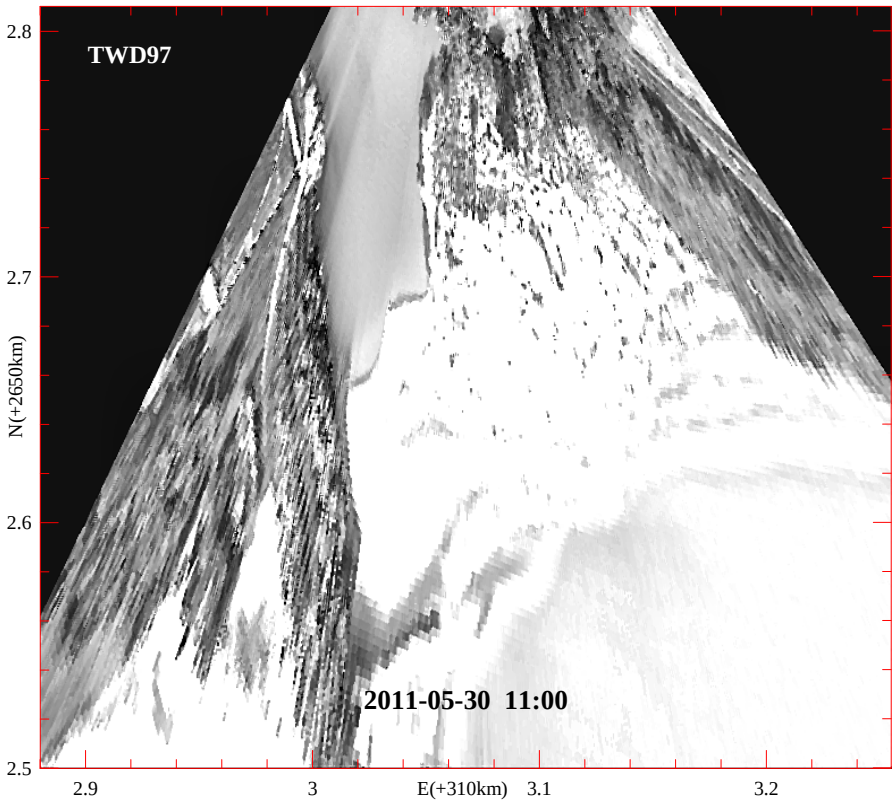
附圖 1C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 08:00)



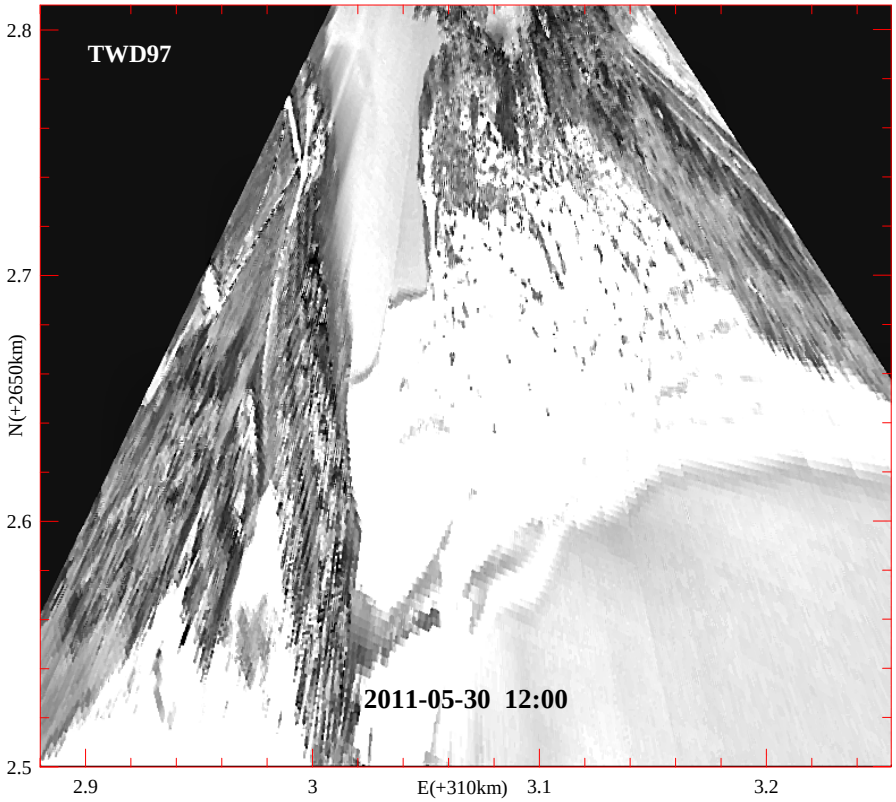
附圖 1D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 09:00)



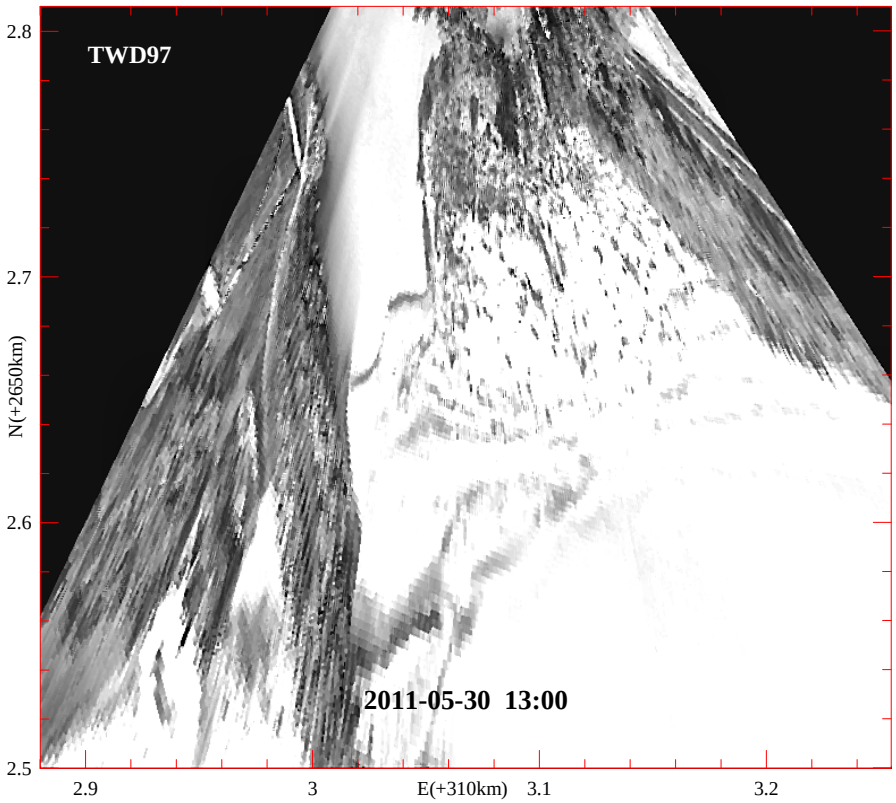
附圖 1E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 10:00)



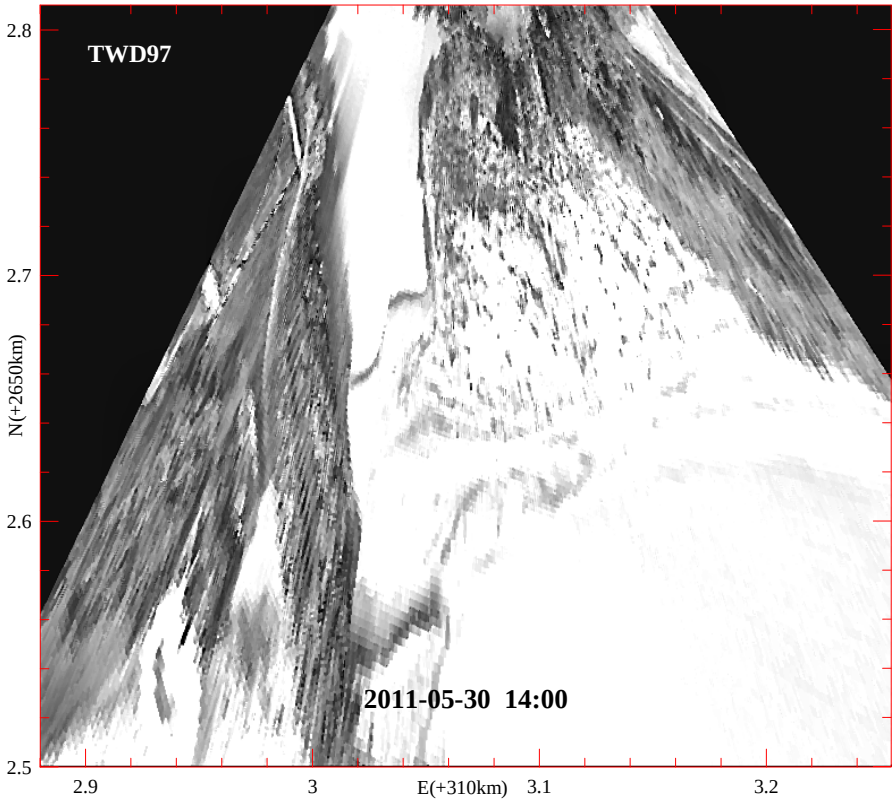
附圖 1F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 11:00)



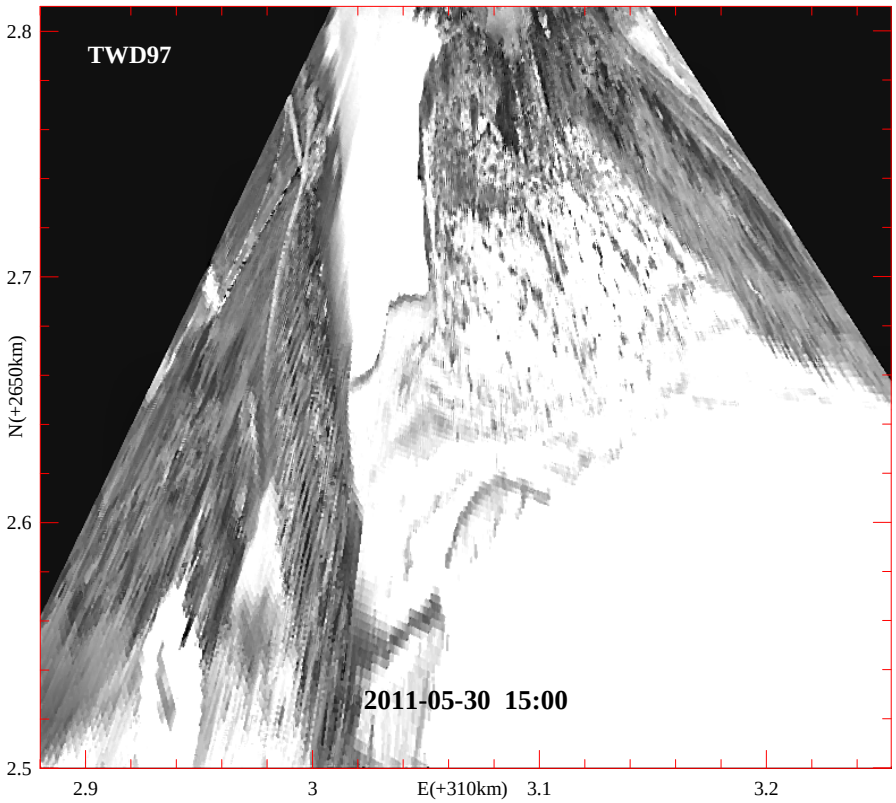
附圖 1G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 12:00)



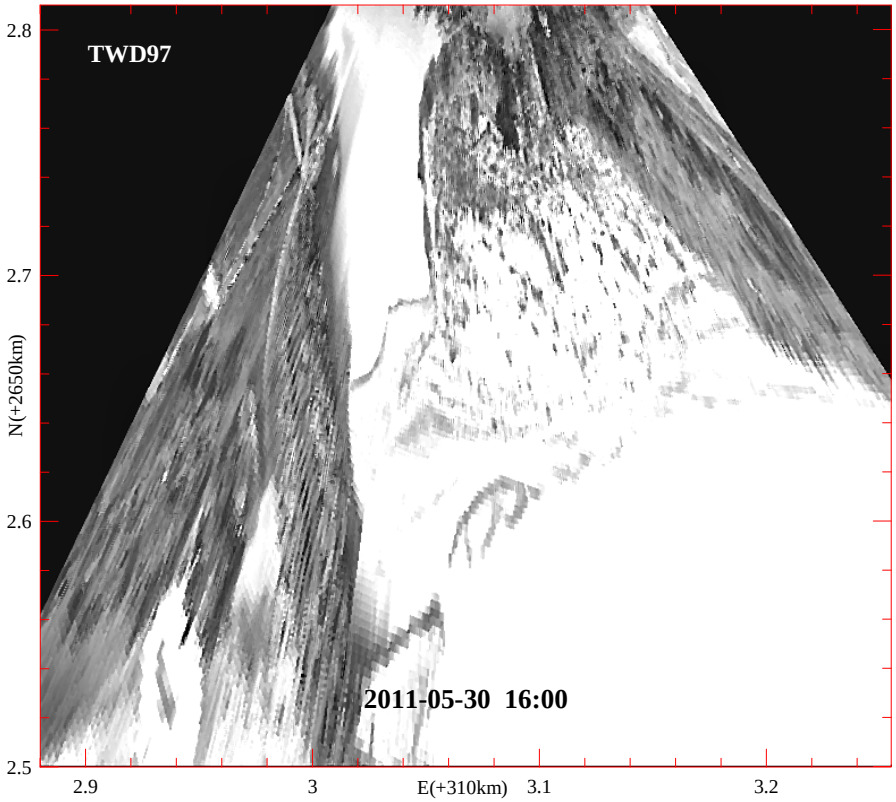
附圖 1H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 13:00)



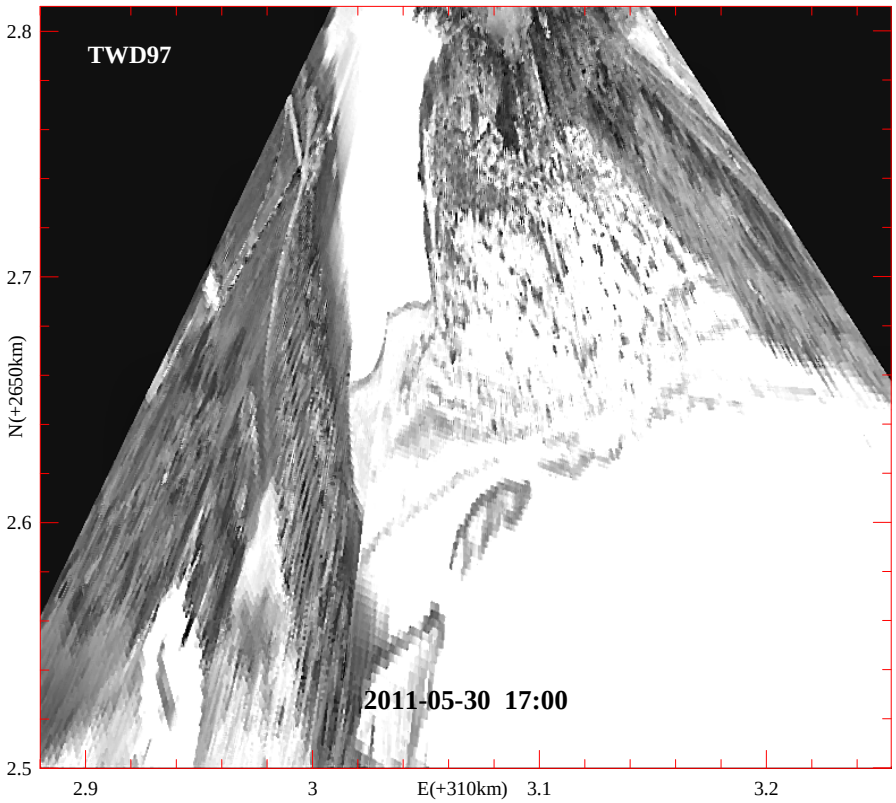
附圖 1I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 14:00)



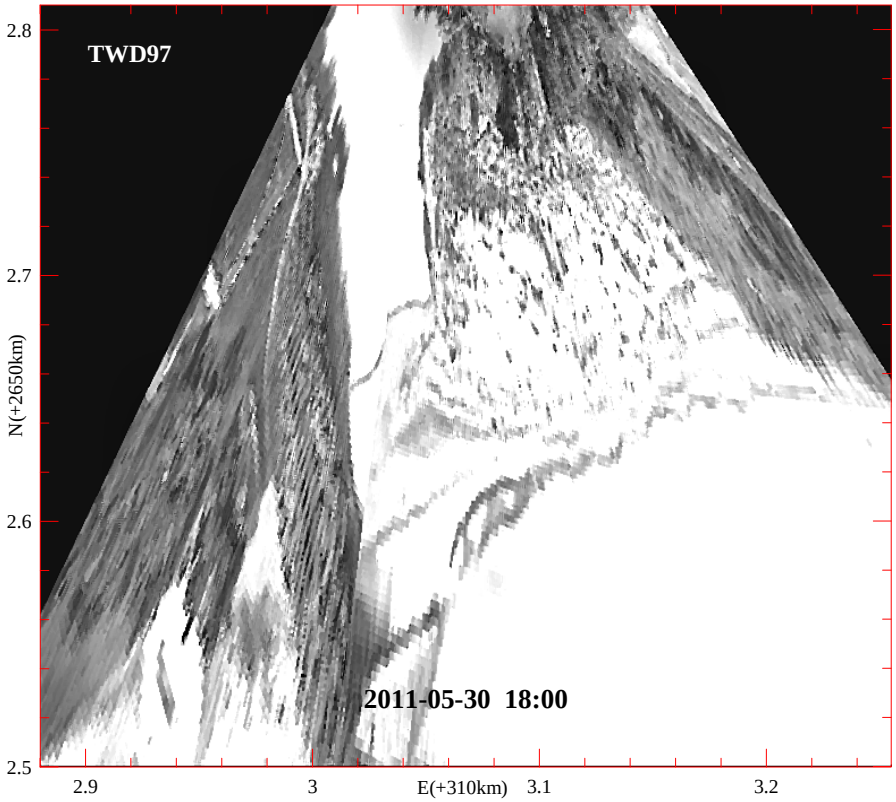
附圖 1J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 15:00)



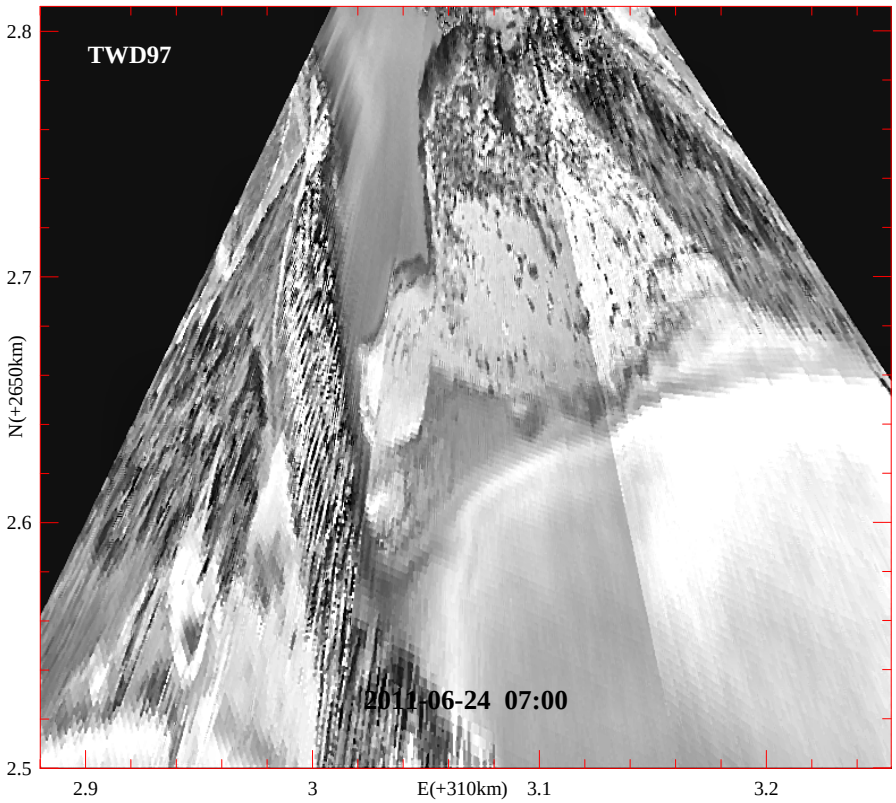
附圖 1K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 16:00)



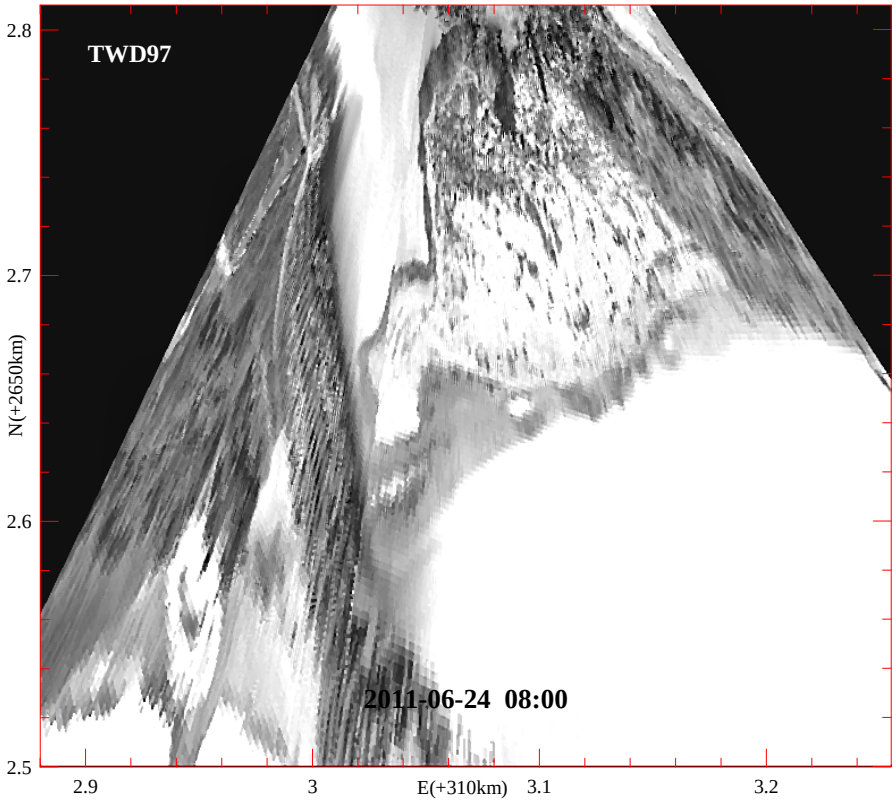
附圖 1L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 17:00)



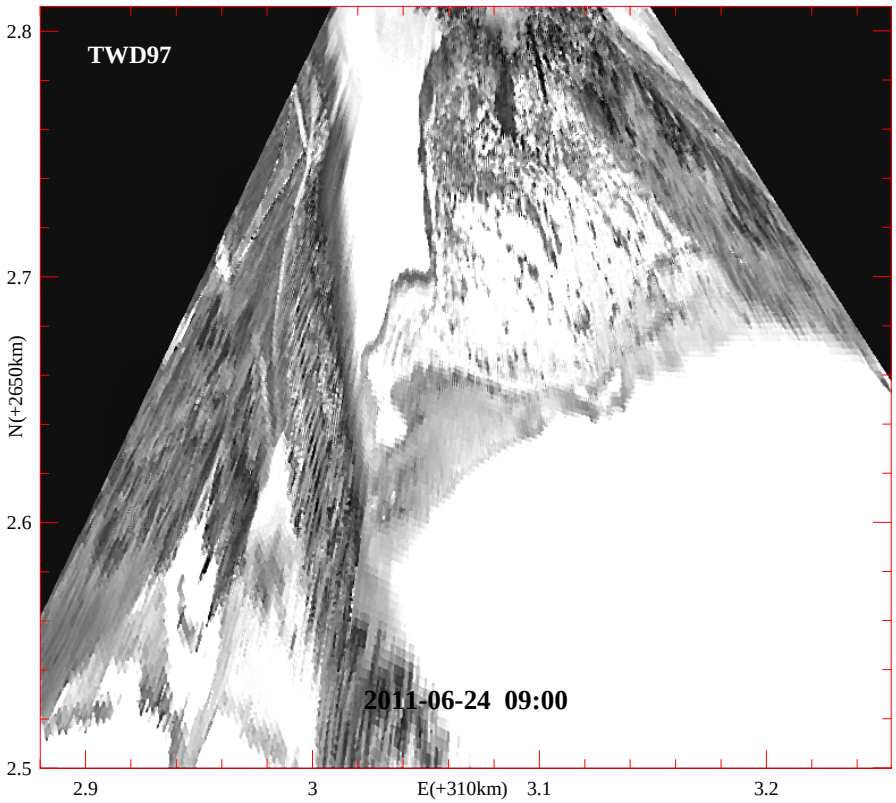
附圖 1M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/05/30 18:00)



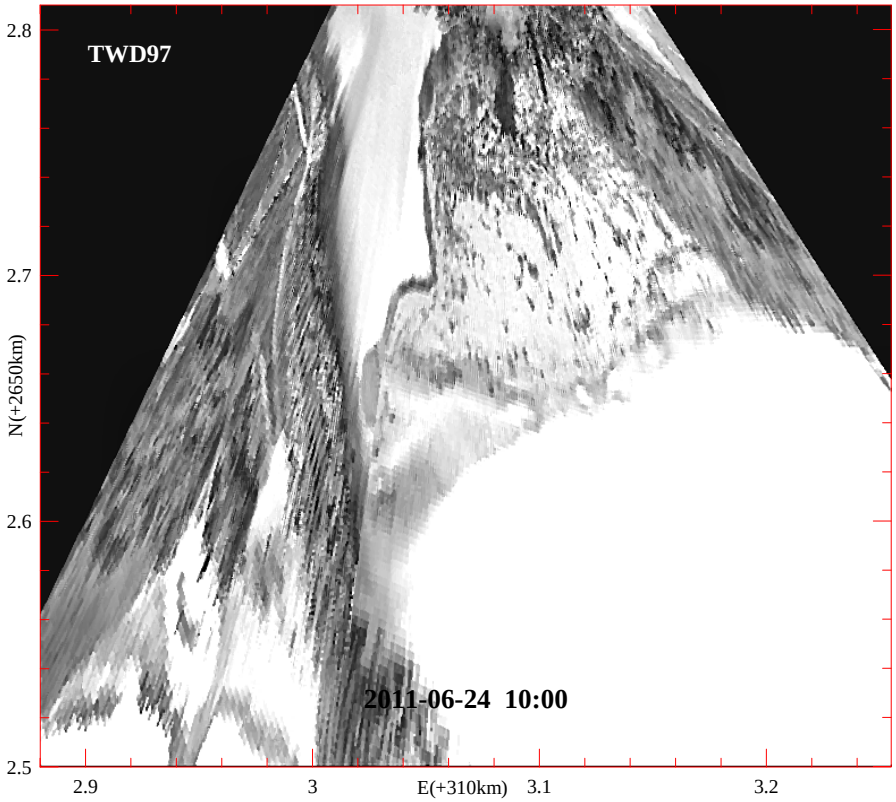
附圖 2A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 07:00)



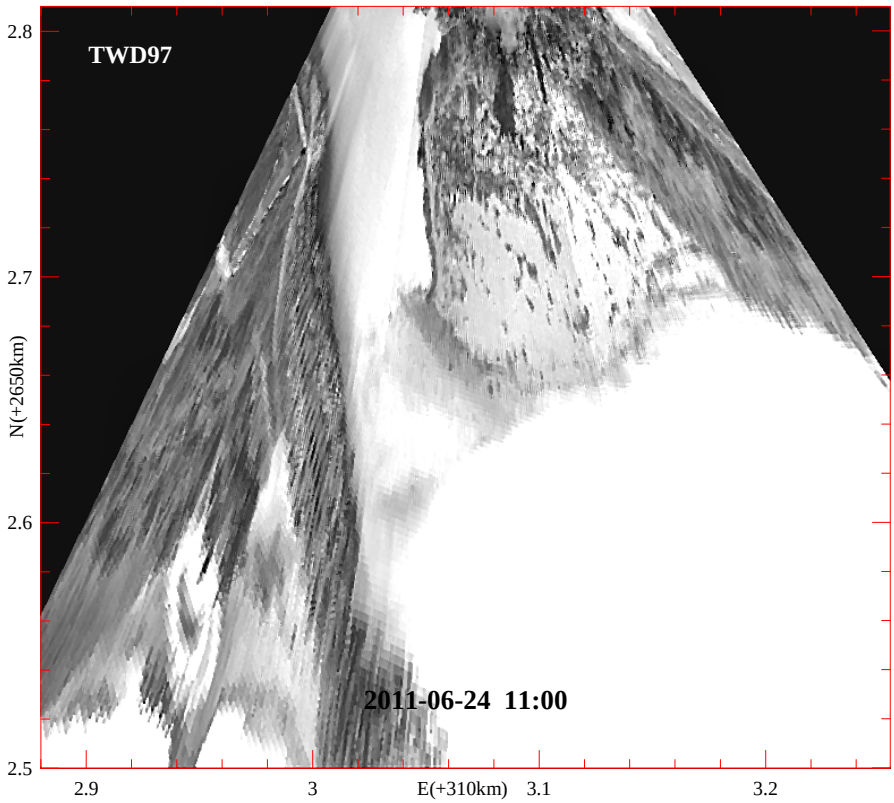
附圖 2B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 08:00)



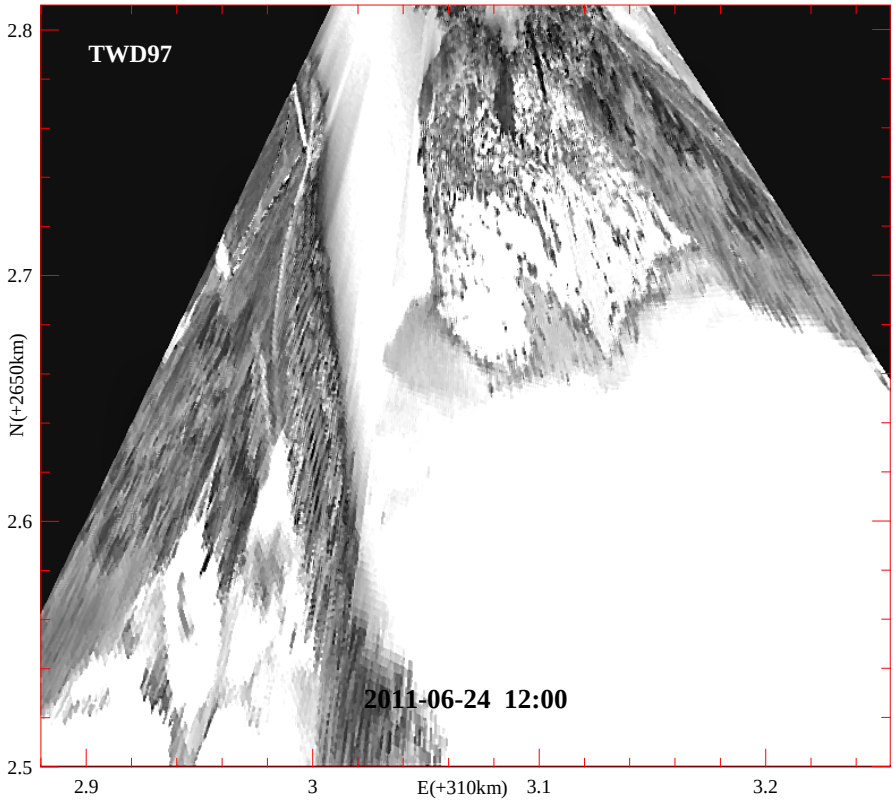
附圖 2C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 09:00)



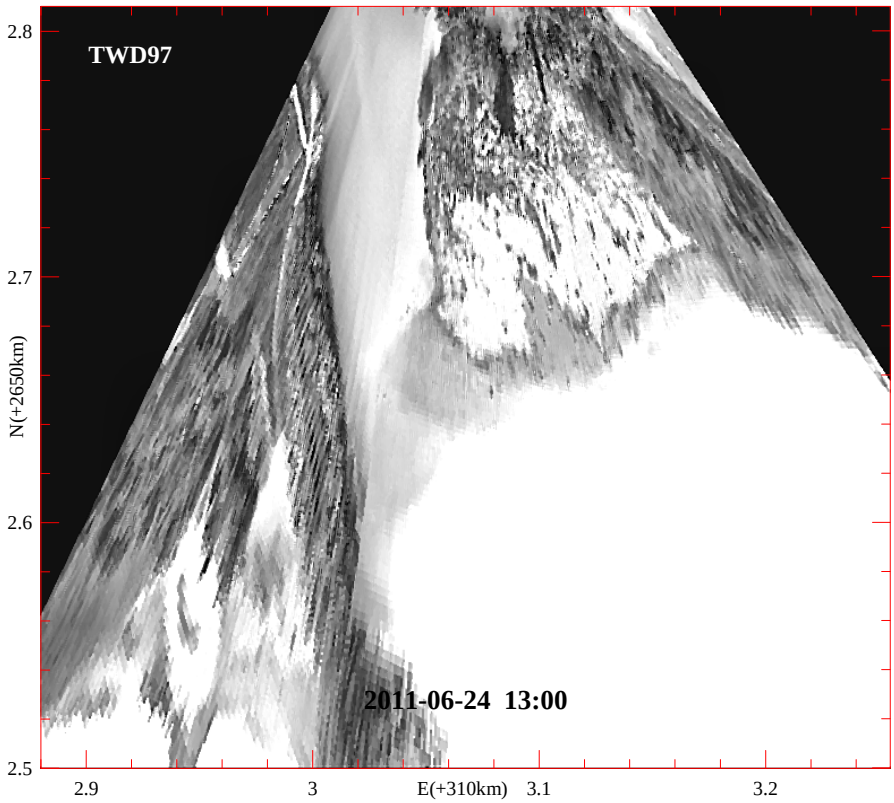
附圖 2D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 10:00)



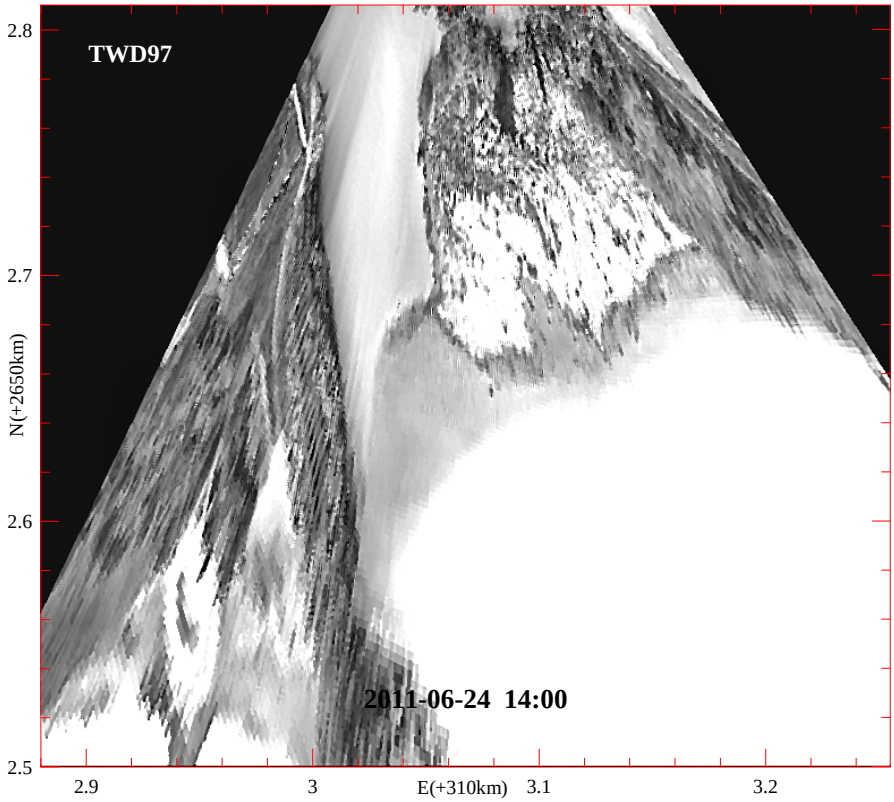
附圖 2E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 11:00)



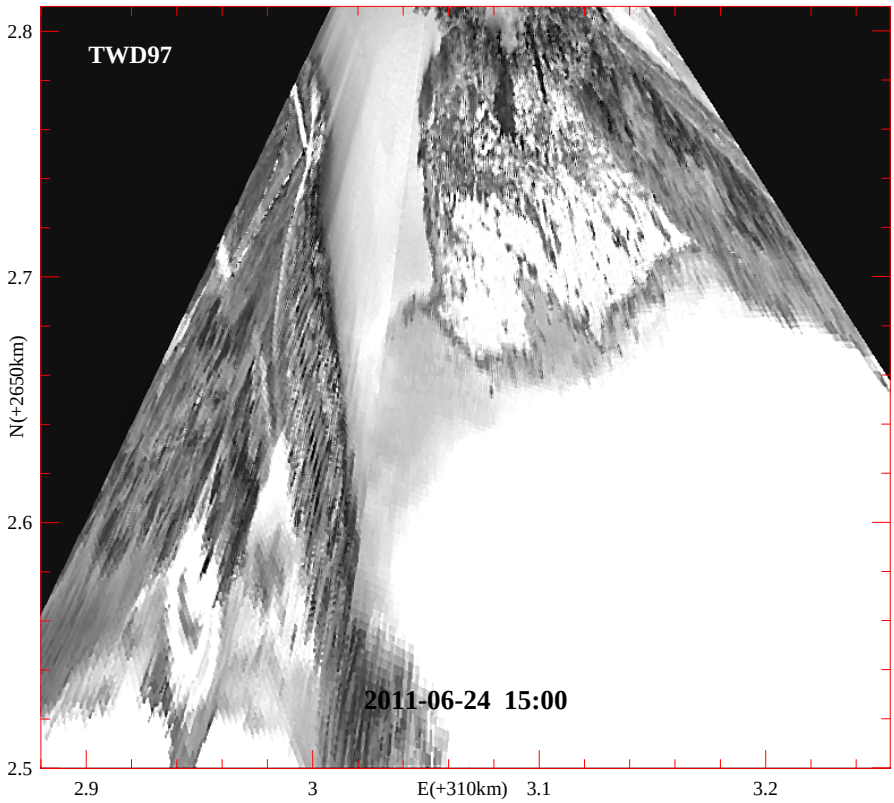
附圖 2F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 12:00)



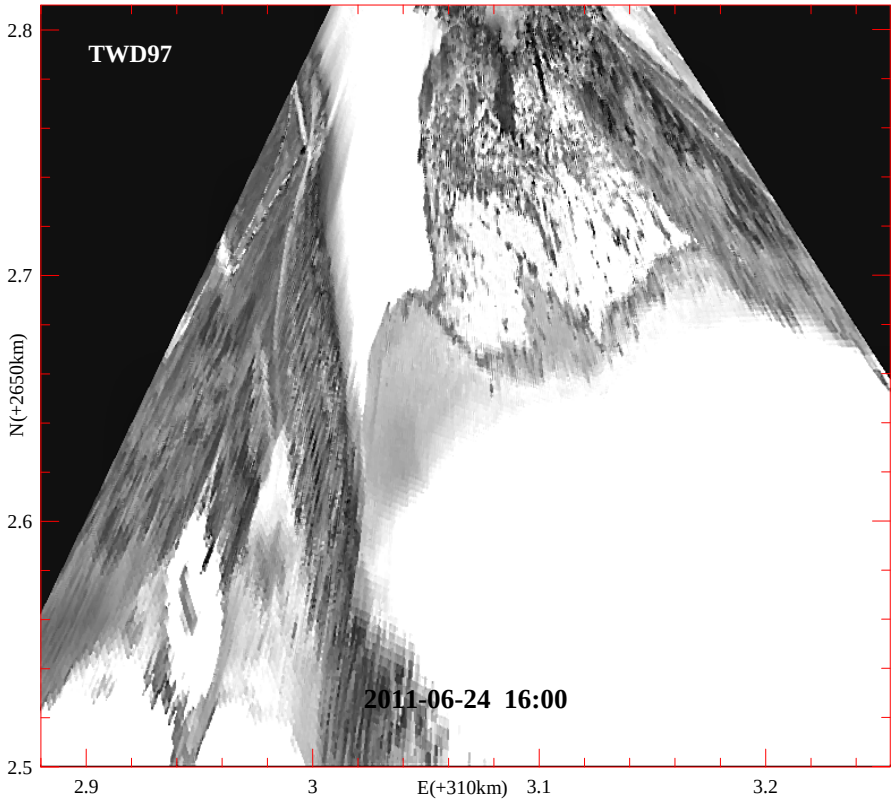
附圖 2G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 13:00)



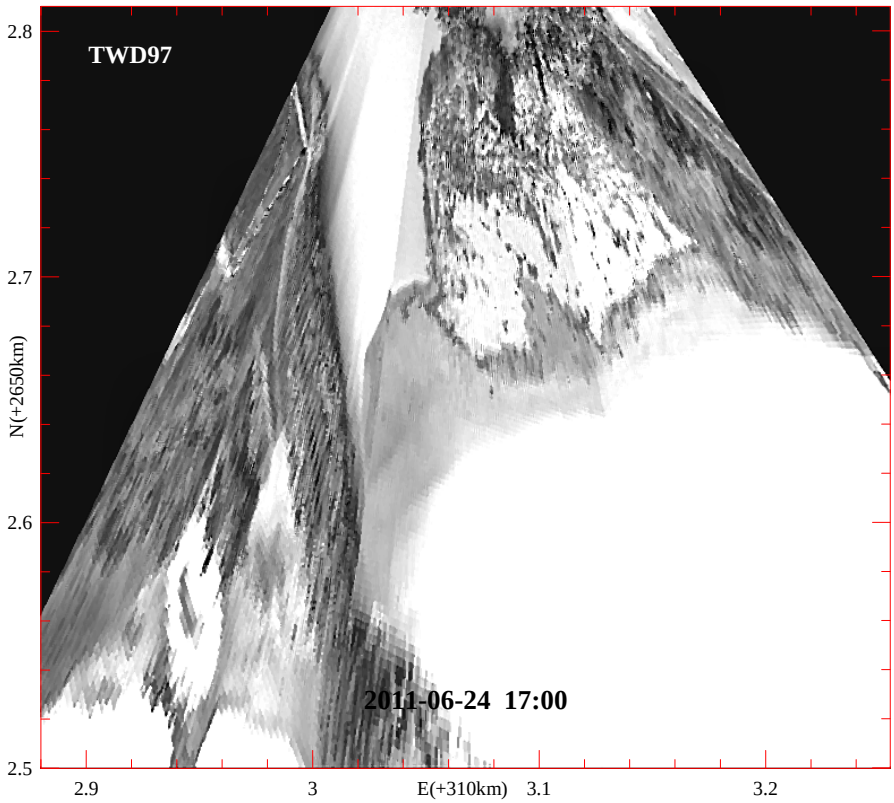
附圖 2H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 14:00)



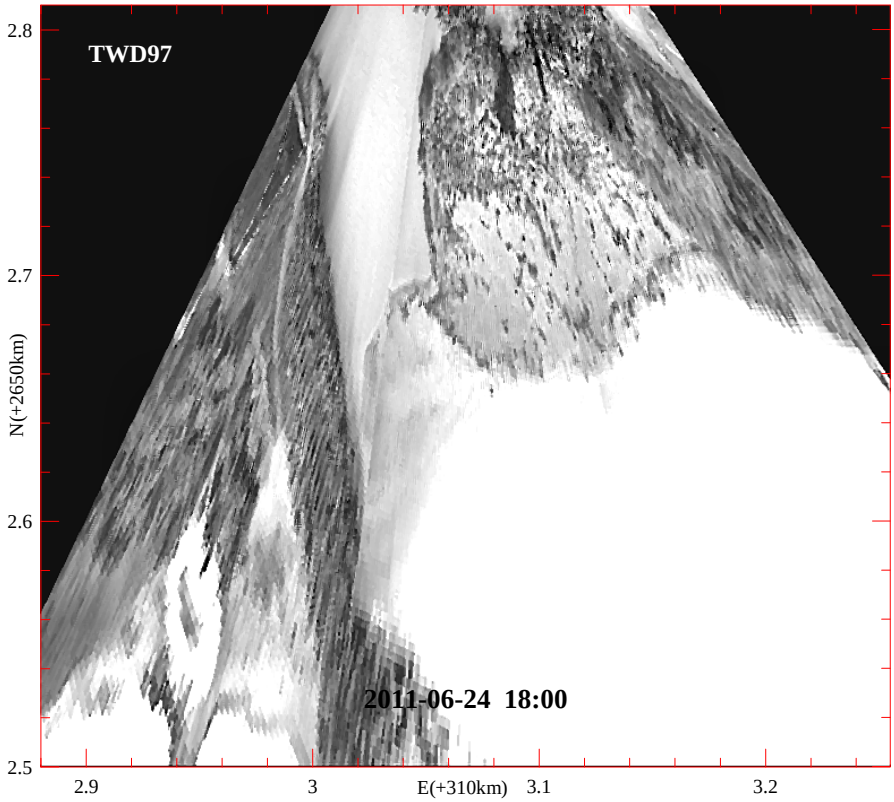
附圖 2I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 15:00)



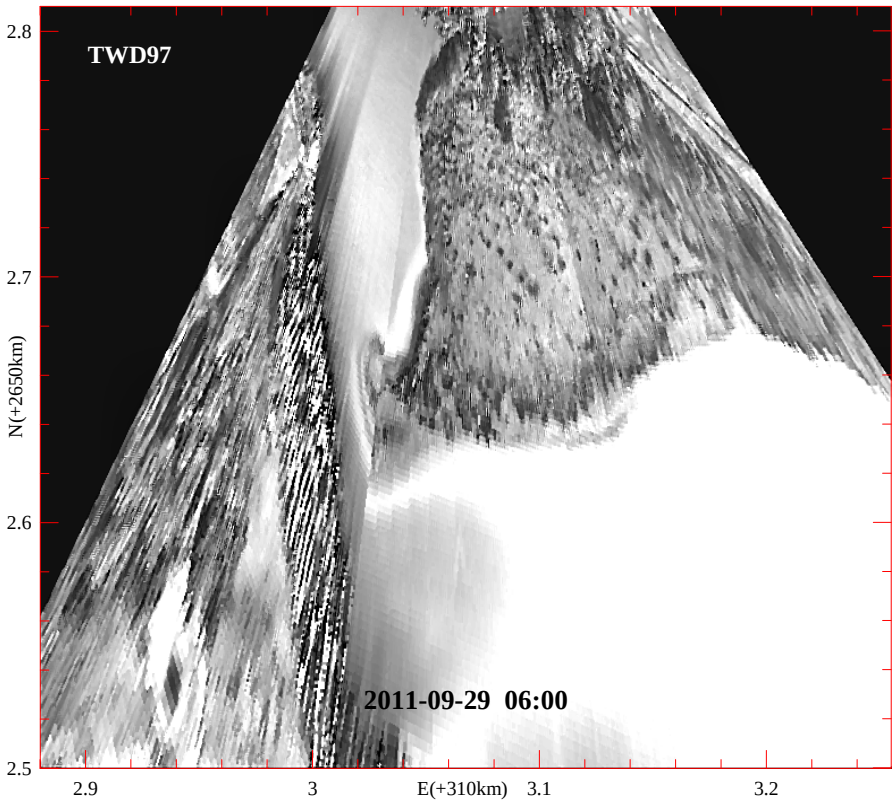
附圖 2J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 16:00)



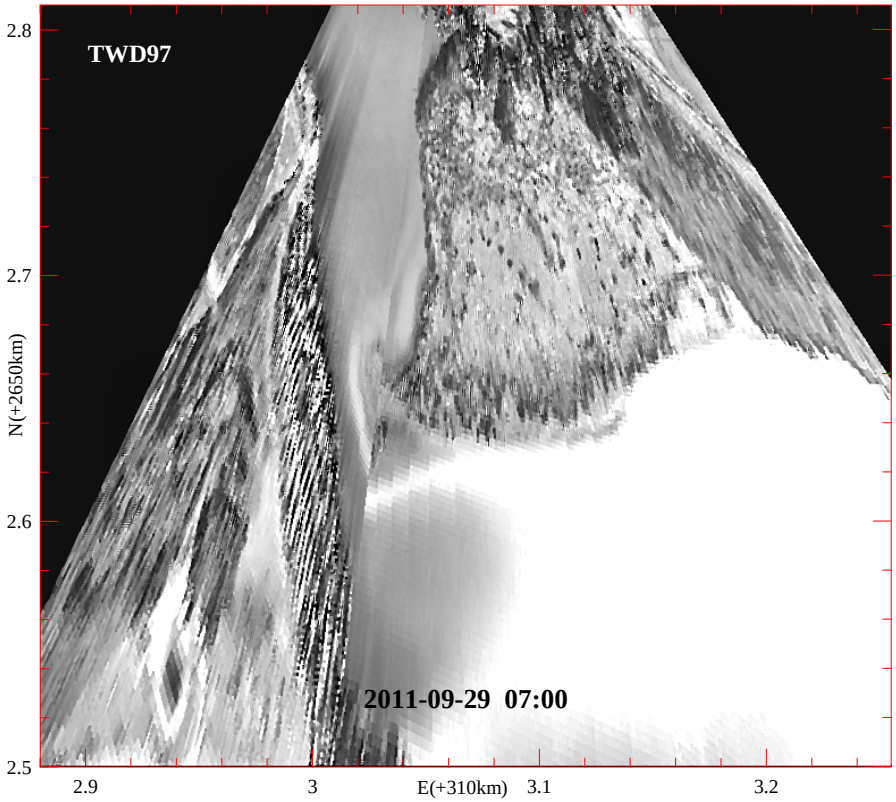
附圖 2K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 17:00)



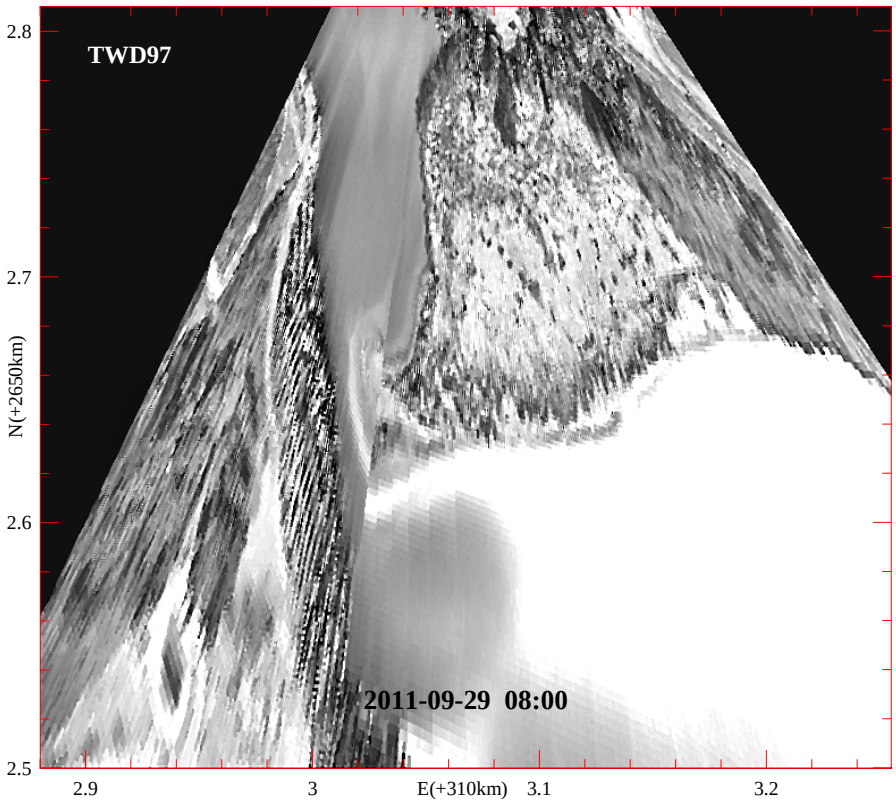
附圖 2L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/06/24 18:00)



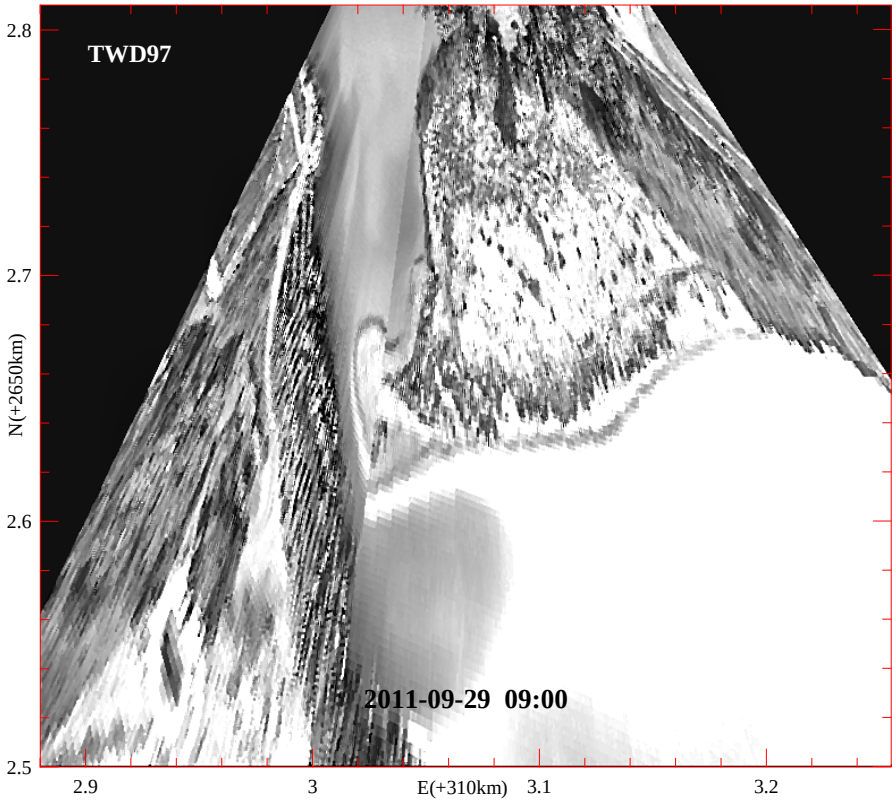
附圖 3A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 06:00)



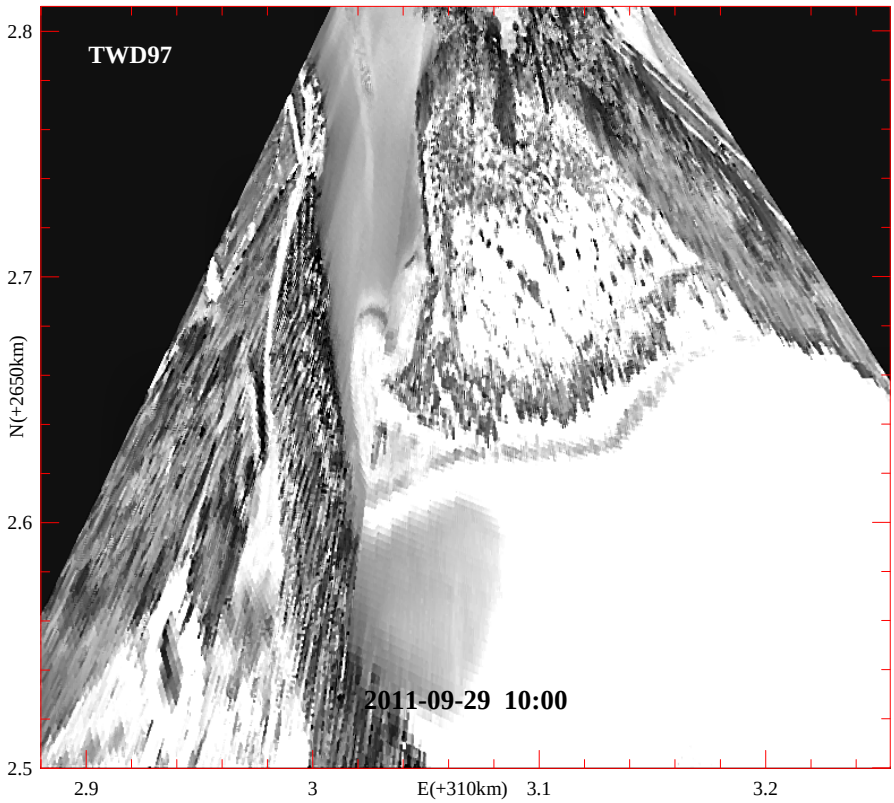
附圖 3B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 07:00)



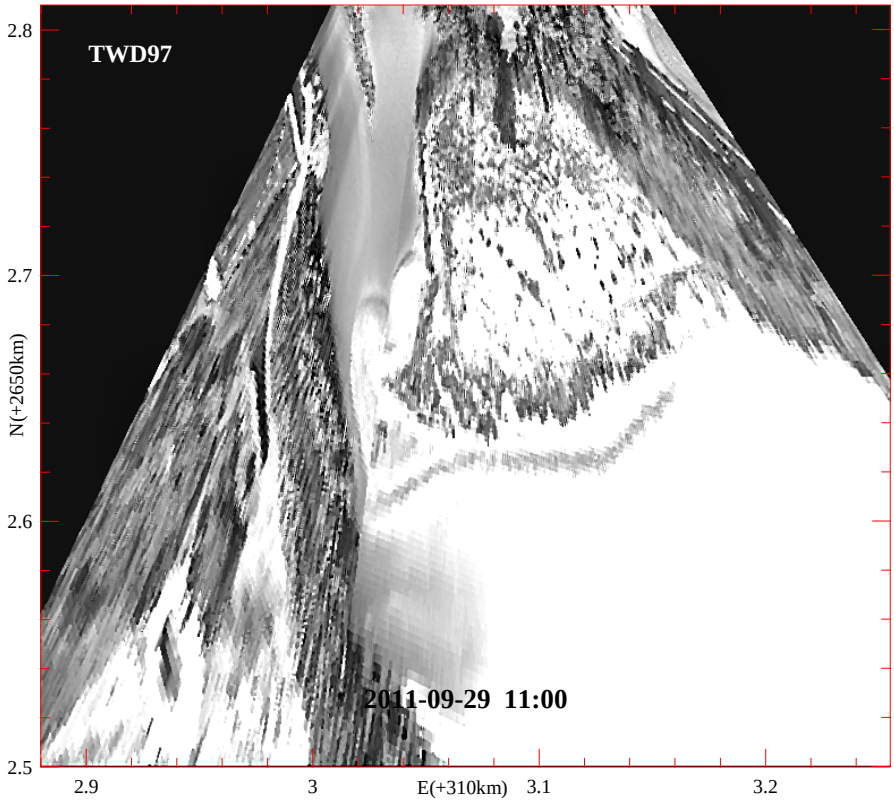
附圖 3C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 08:00)



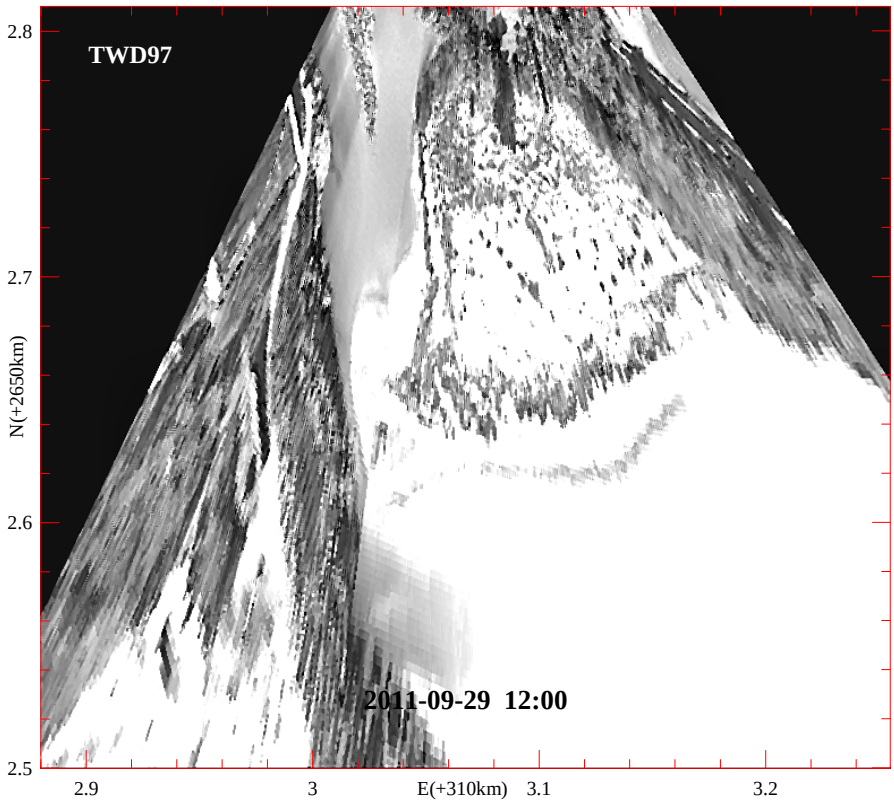
附圖 3D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 09:00)



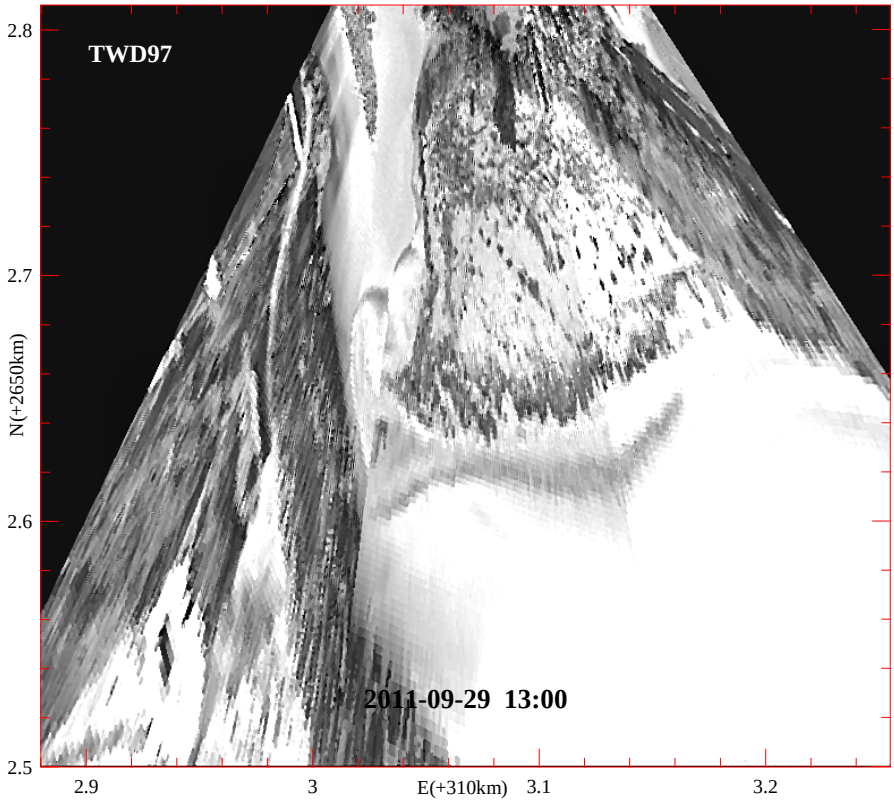
附圖 3E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 10:00)



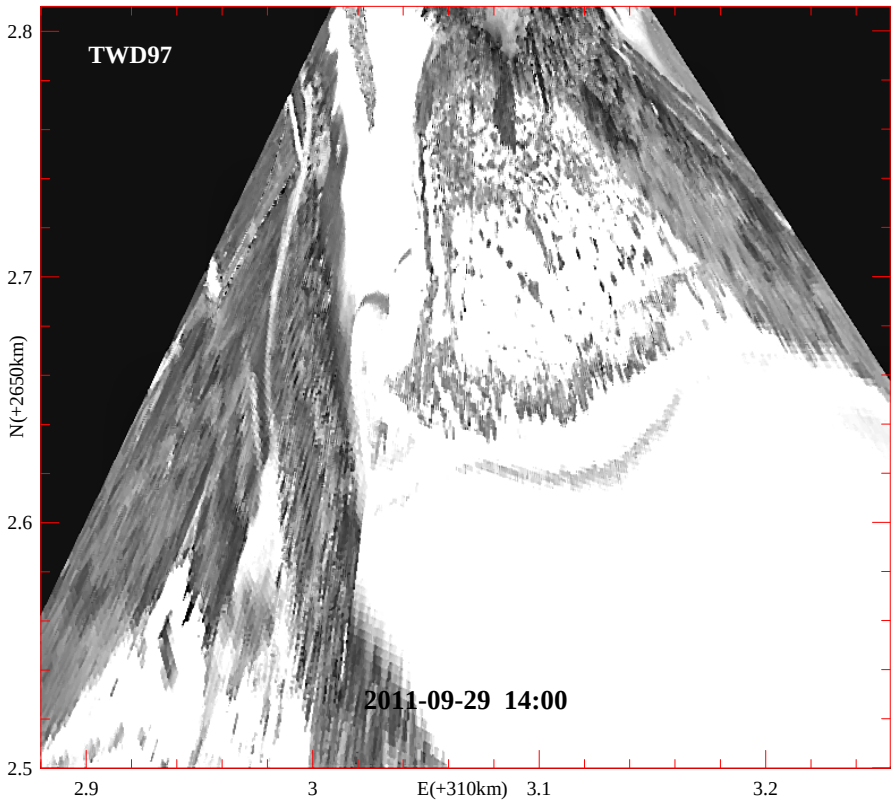
附圖 3F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 11:00)



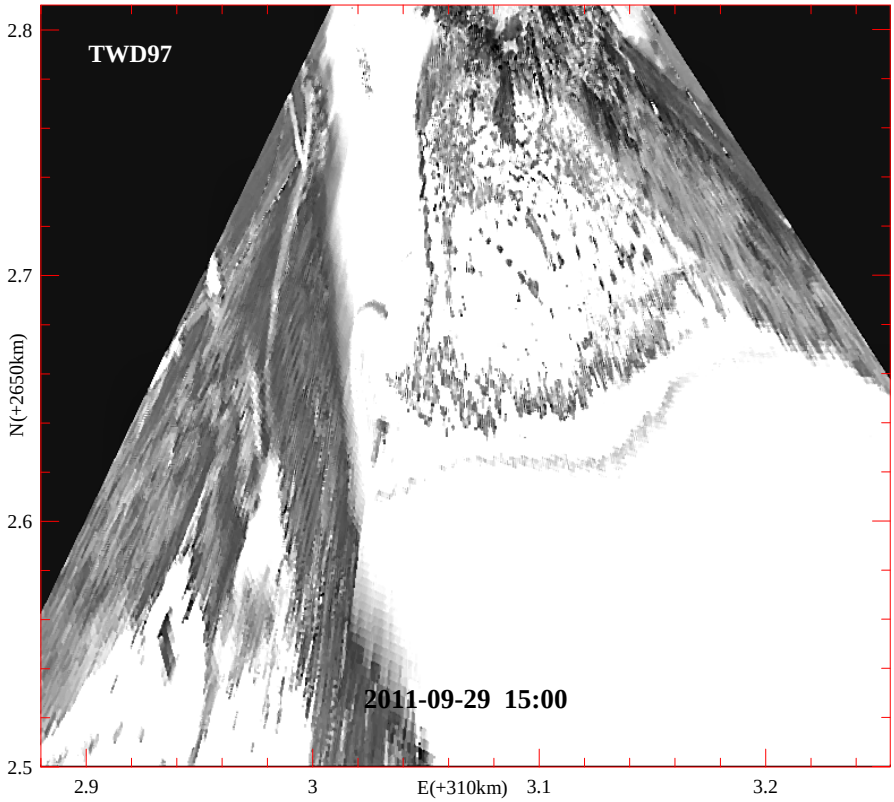
附圖 3G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 12:00)



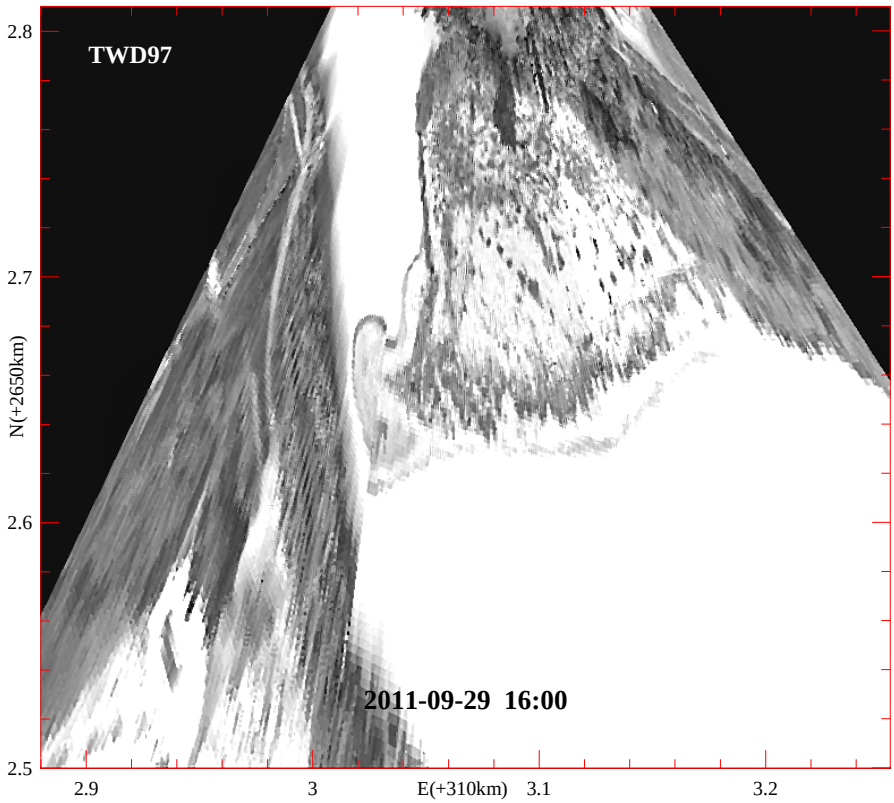
附圖 3H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 13:00)



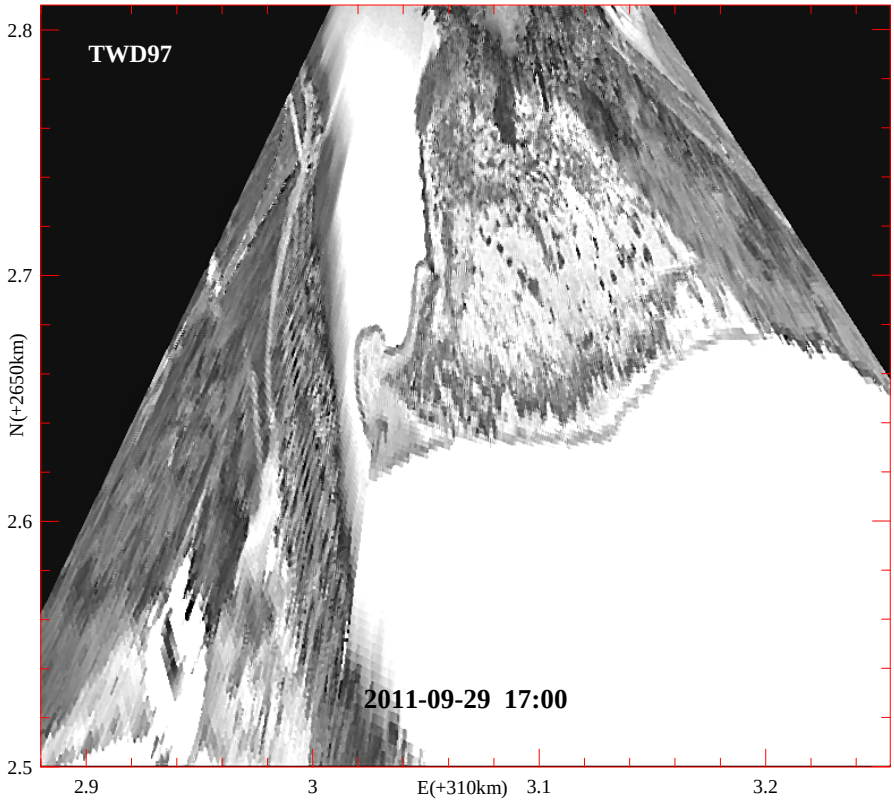
附圖 3I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 14:00)



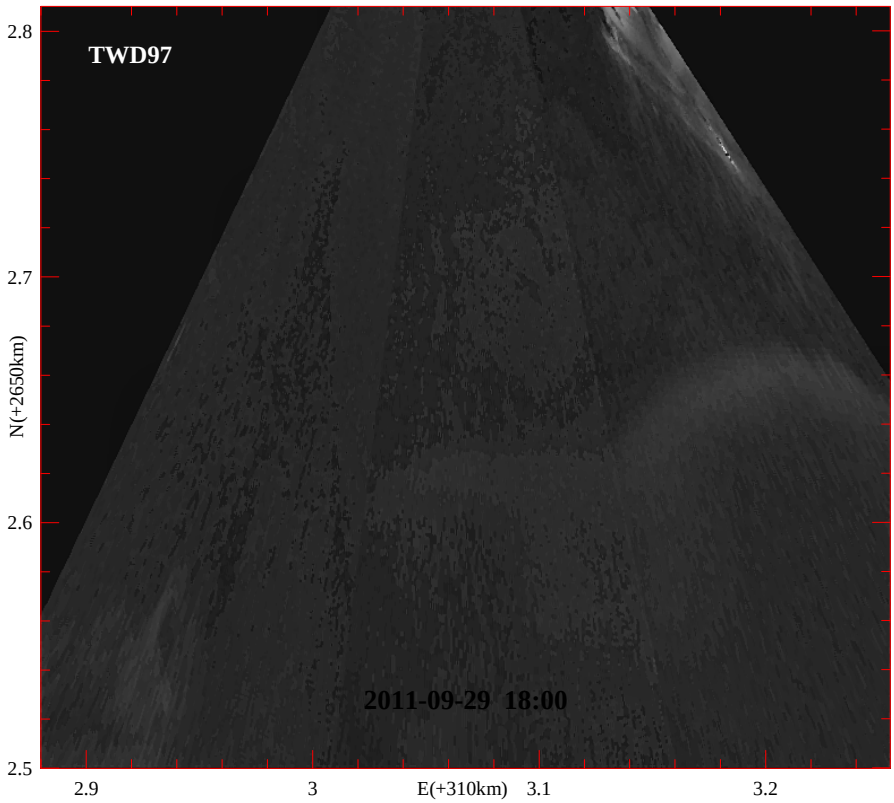
附圖 3J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 15:00)



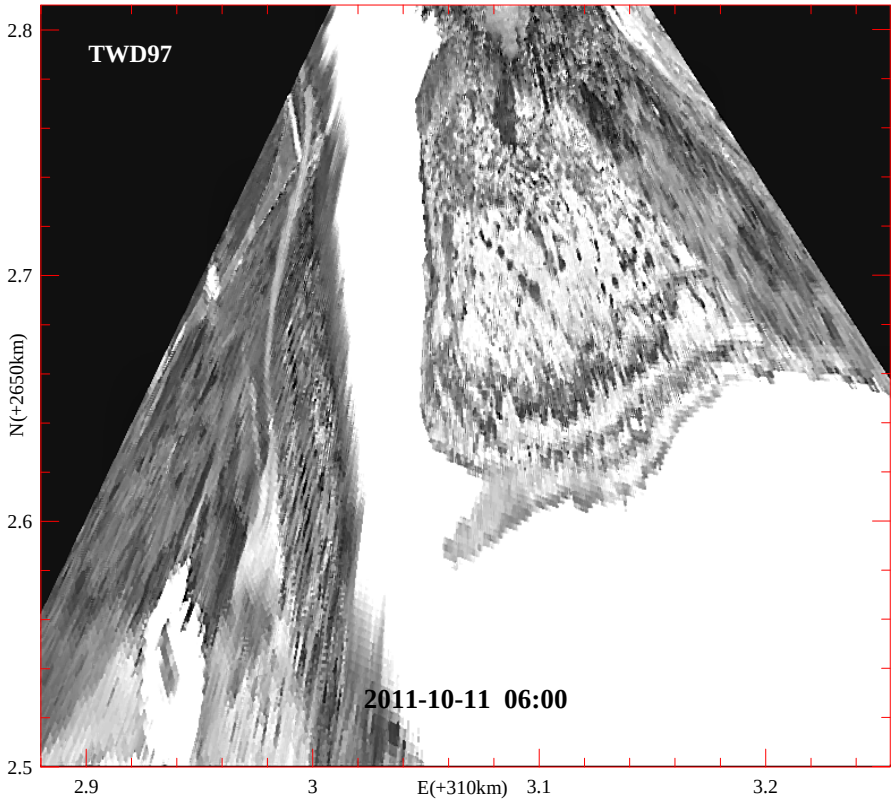
附圖 3K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 16:00)



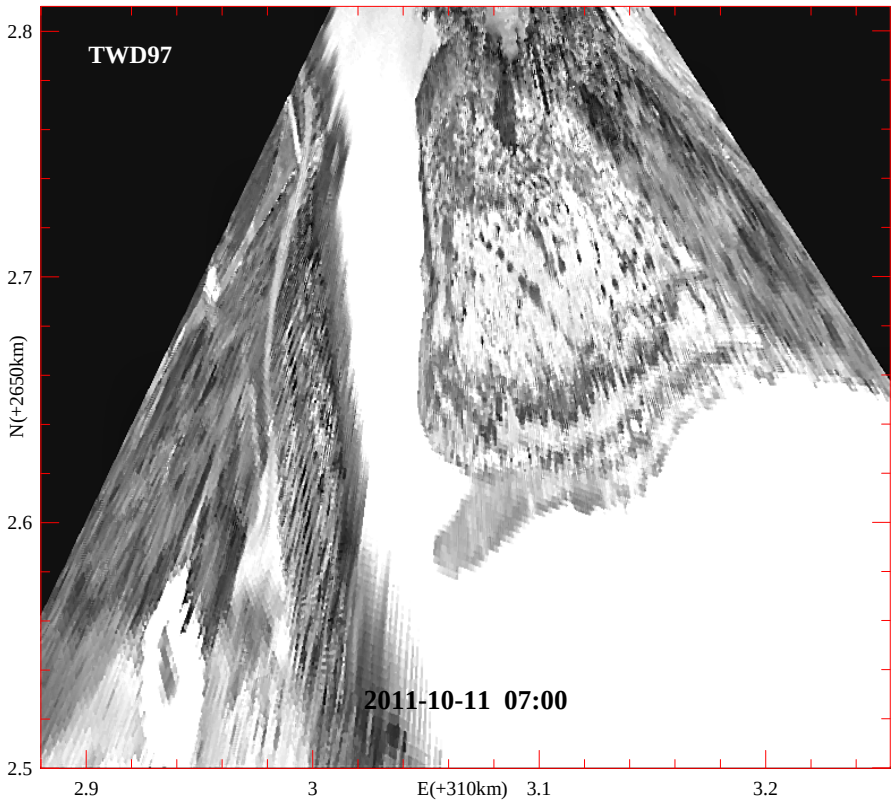
附圖 3L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 17:00)



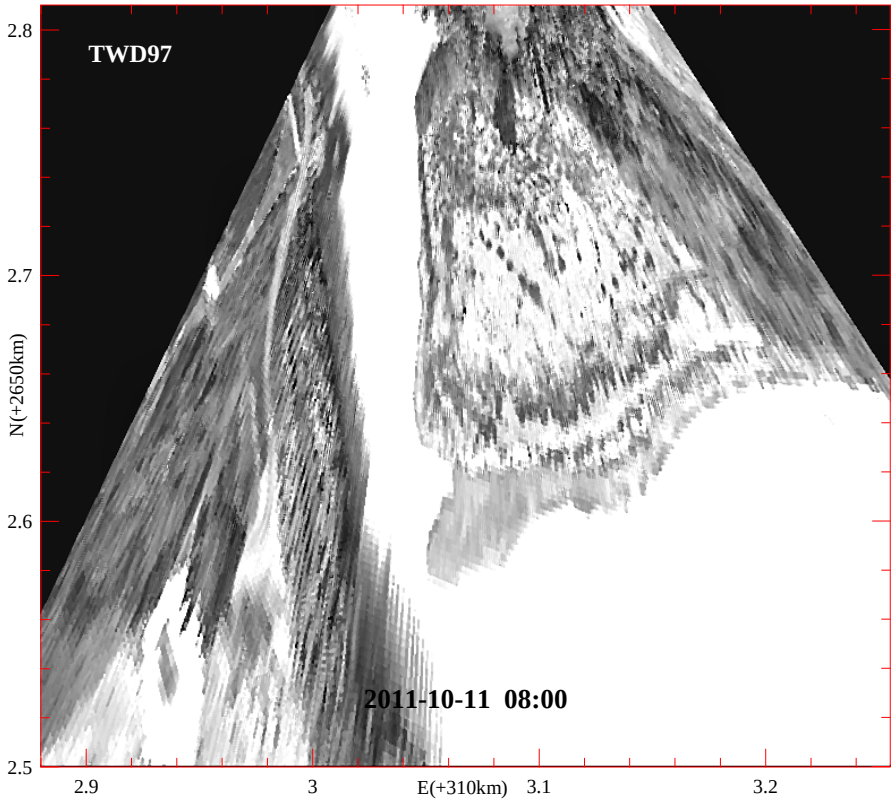
附圖 3M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/09/29 18:00)



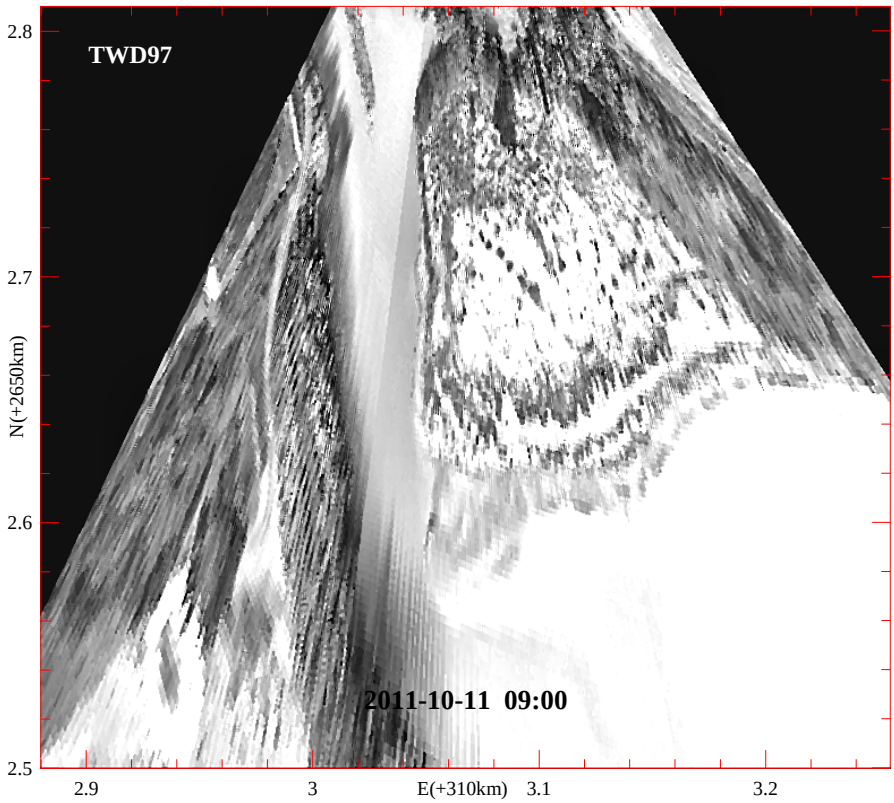
附圖 4A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 06:00)



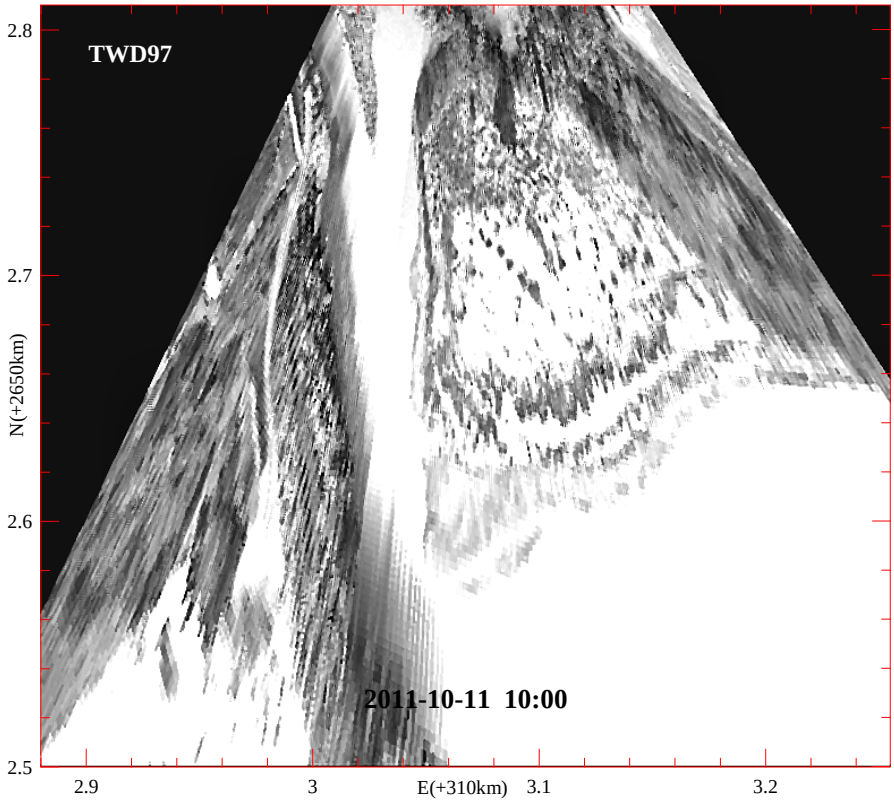
附圖 4B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 07:00)



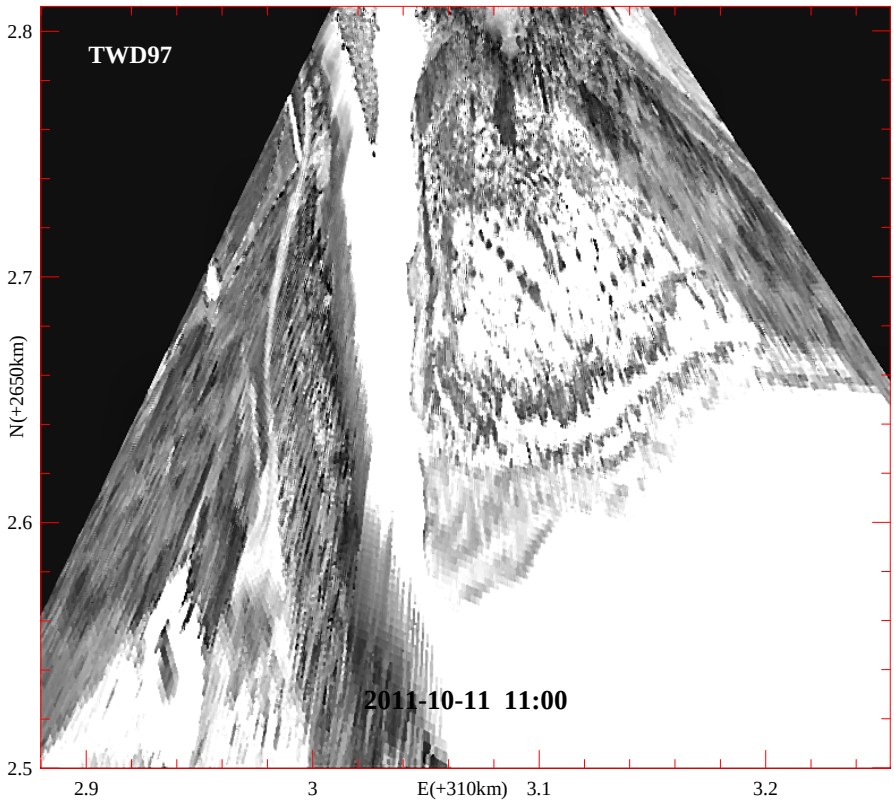
附圖 4C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 08:00)



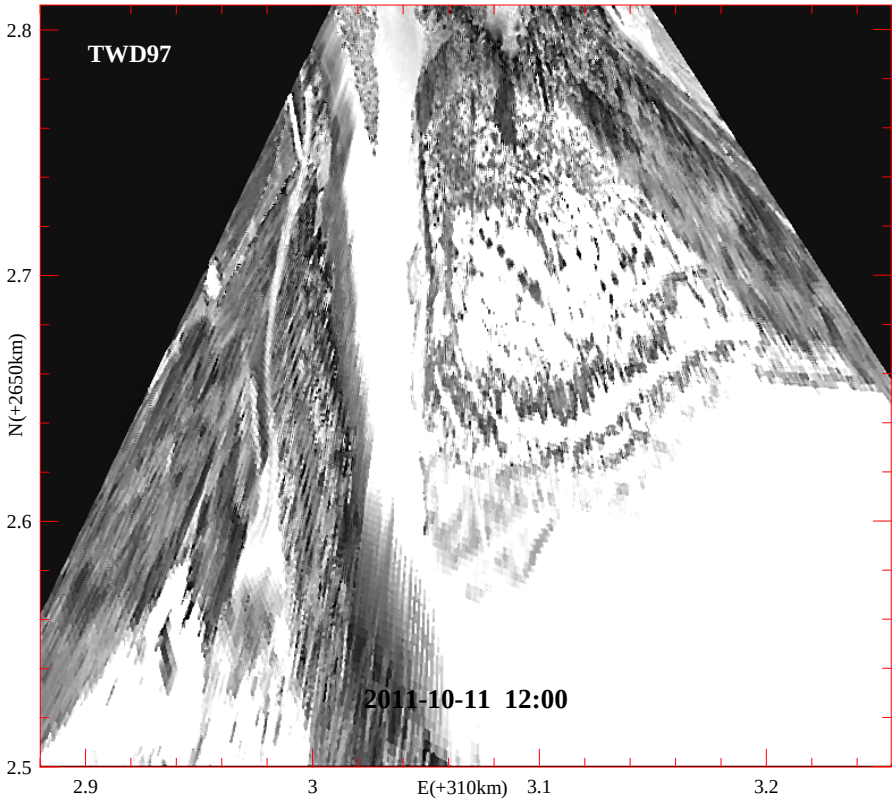
附圖 4D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 09:00)



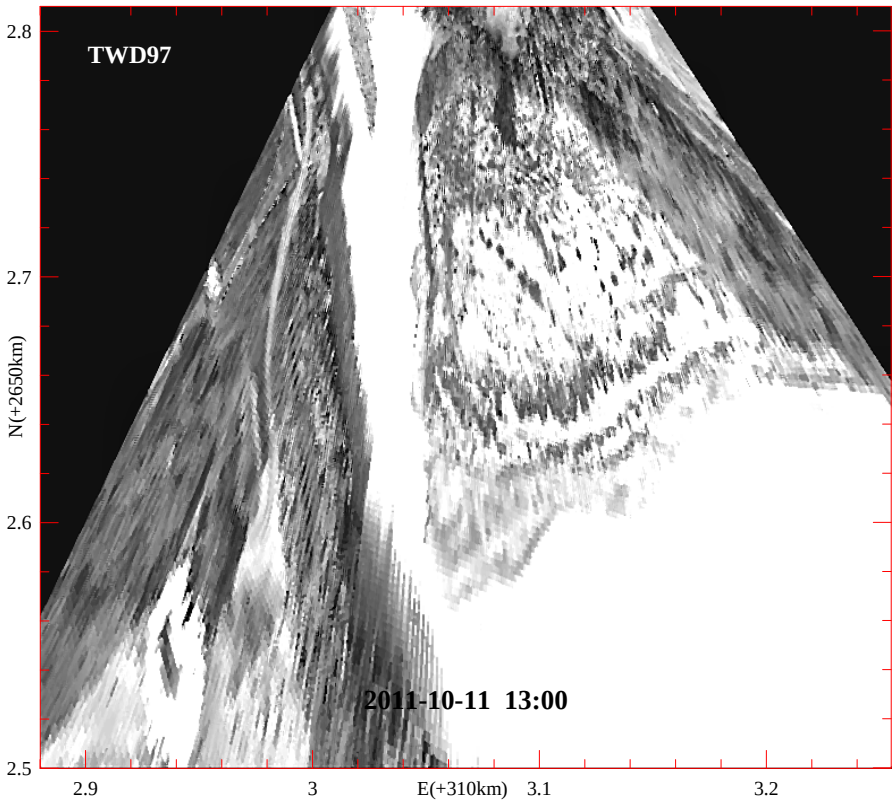
附圖 4E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 10:00)



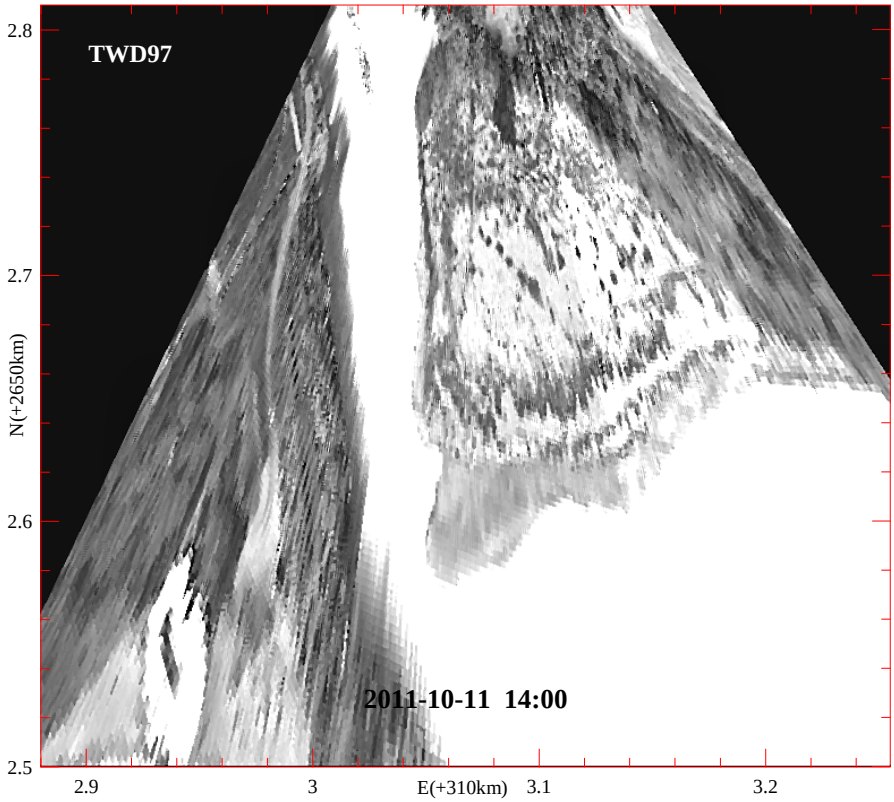
附圖 4F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 11:00)



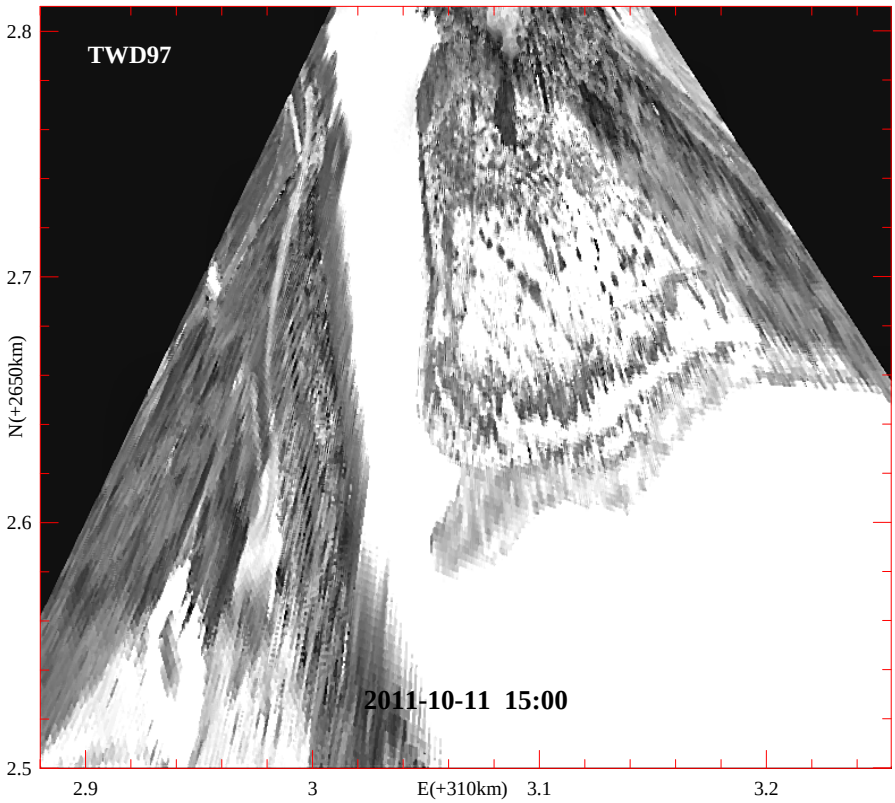
附圖 4G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 12:00)



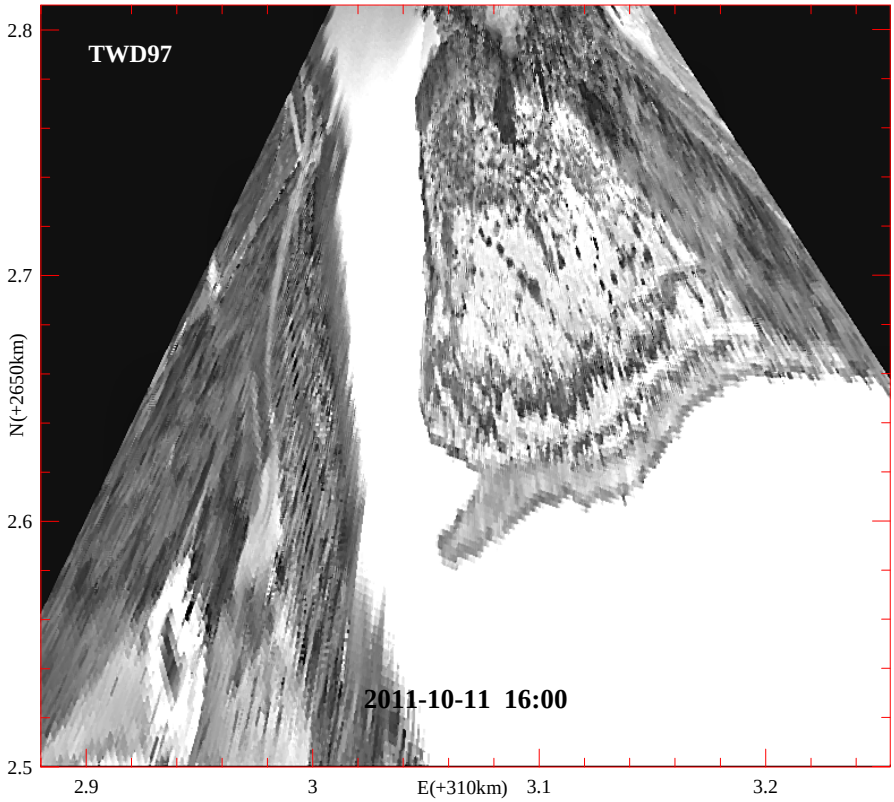
附圖 4H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 13:00)



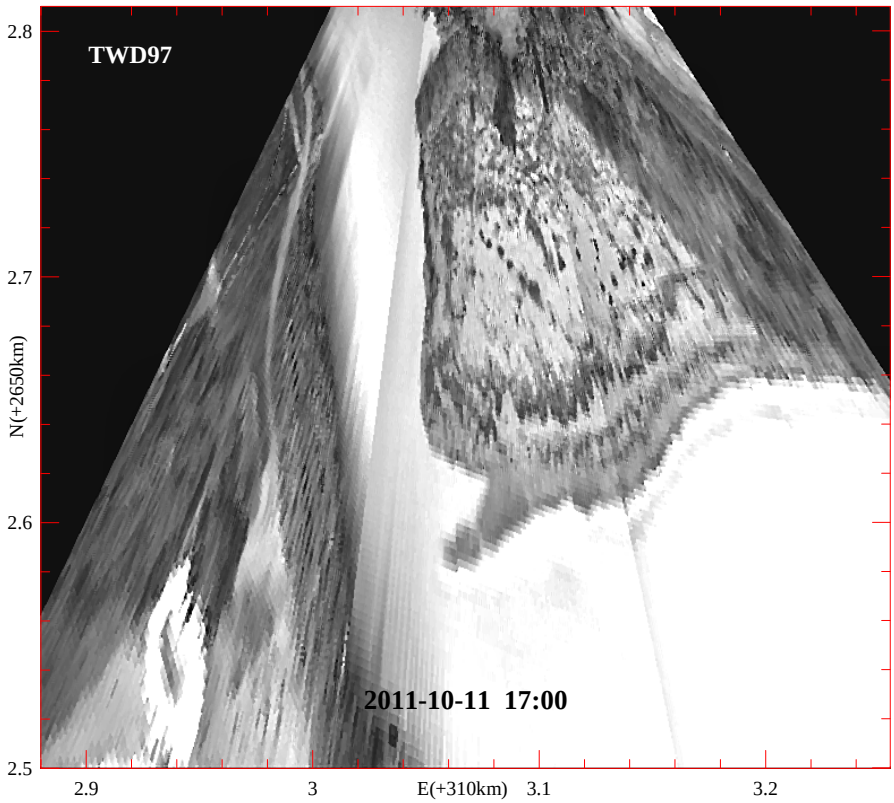
附圖 4I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 14:00)



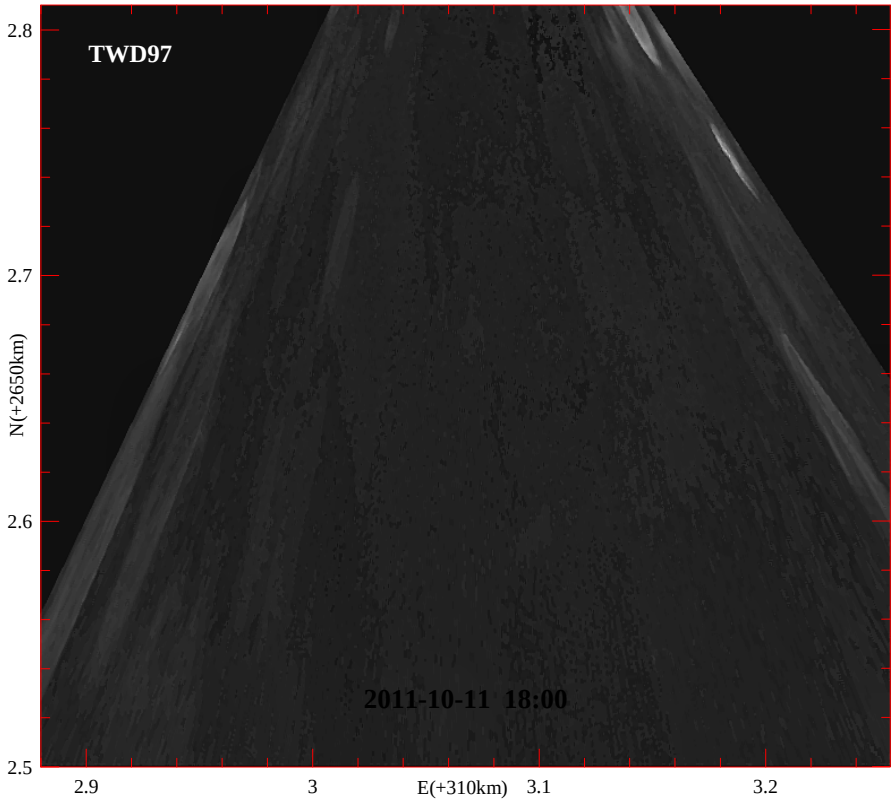
附圖 4J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 15:00)



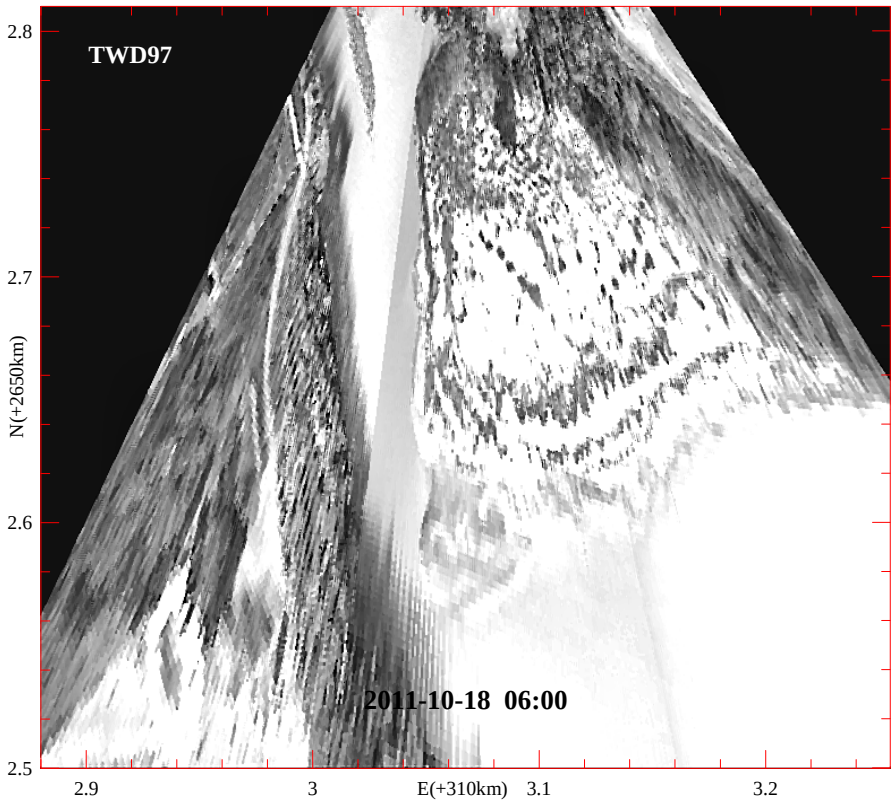
附圖 4K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 16:00)



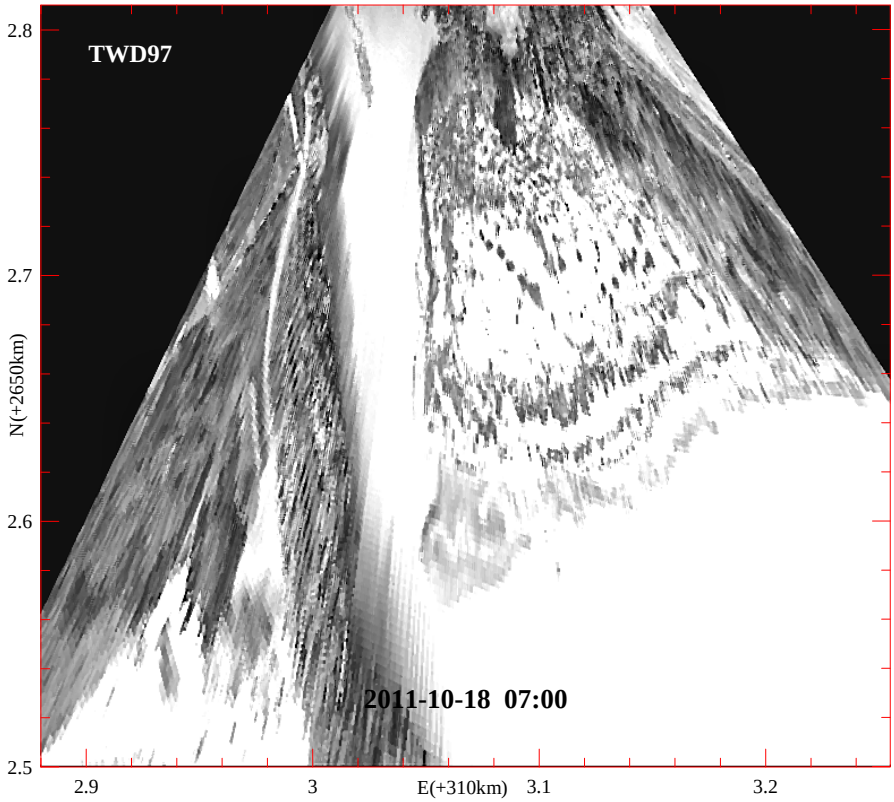
附圖 4L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 17:00)



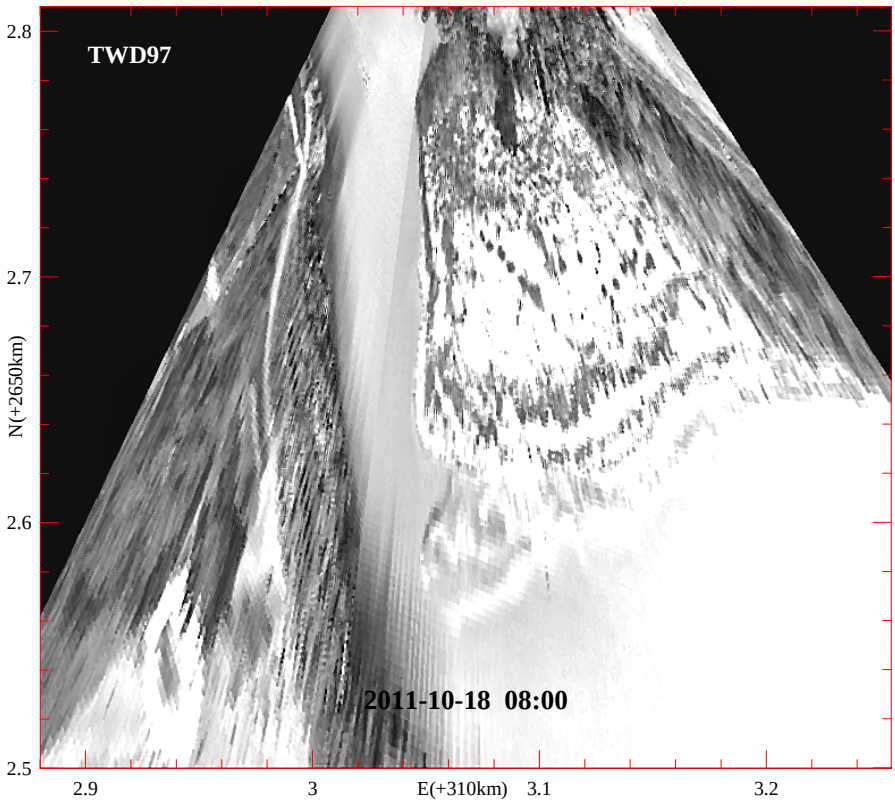
附圖 4M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/11 18:00)



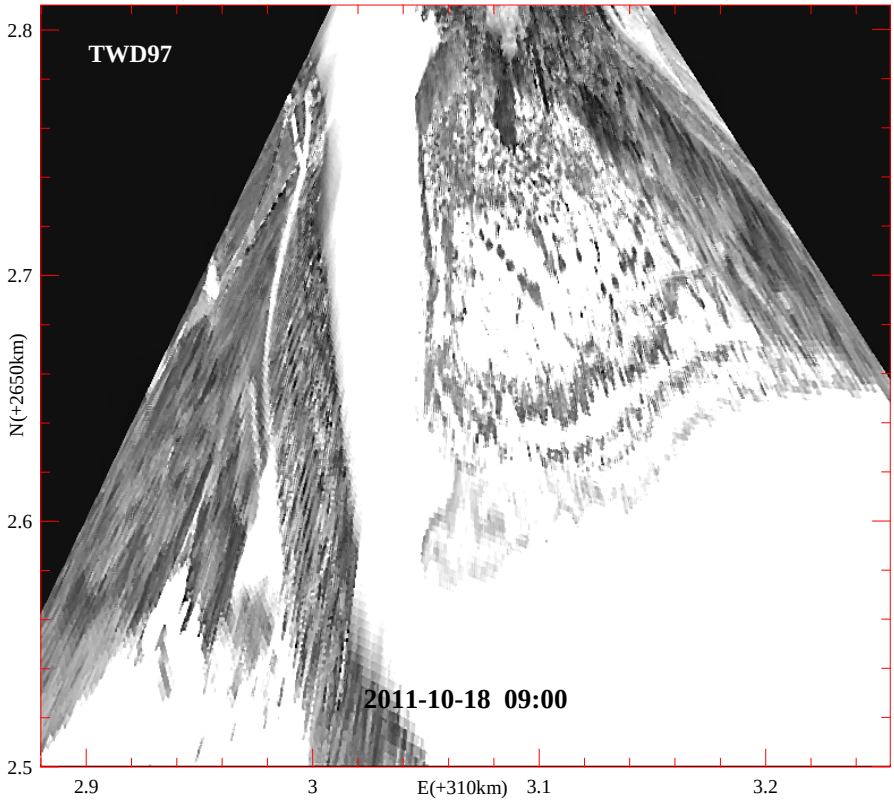
附圖 5A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 06:00)



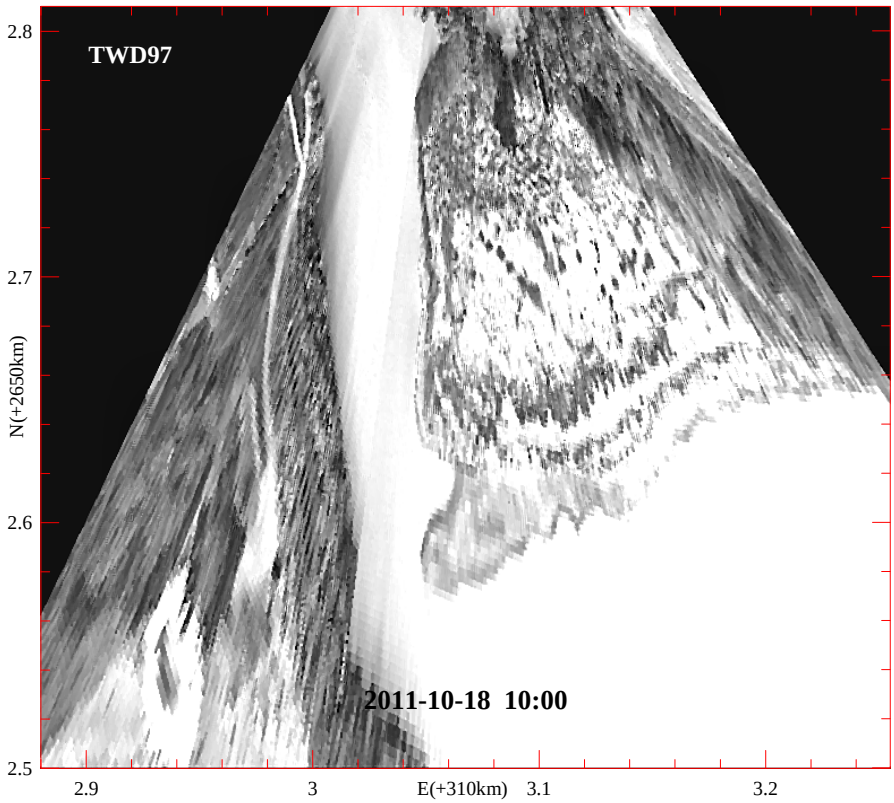
附圖 5B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 07:00)



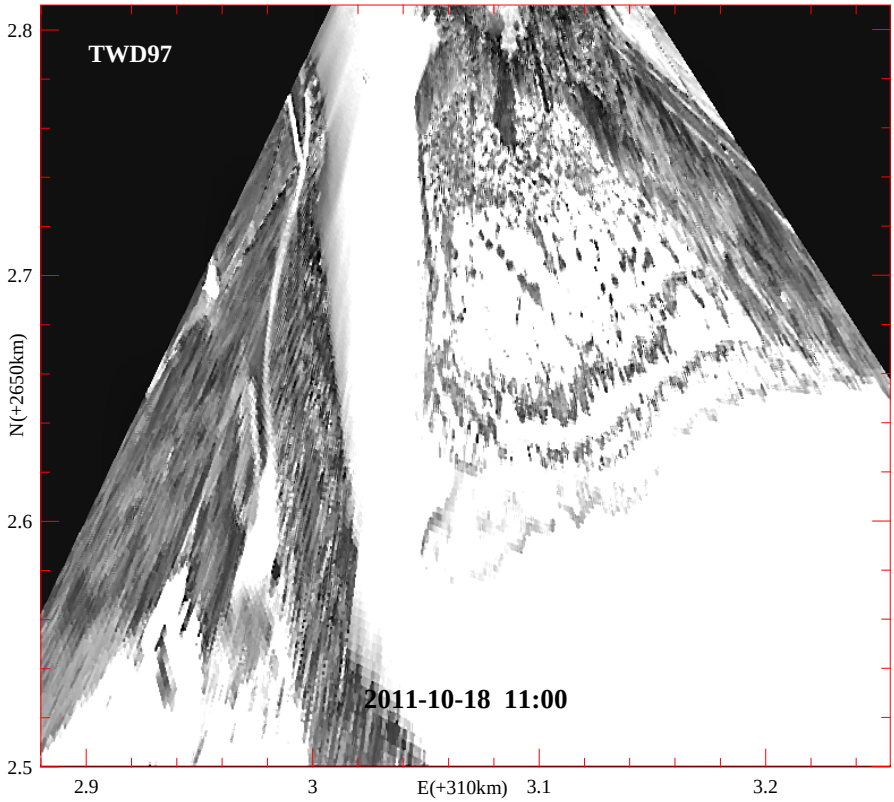
附圖 5C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 08:00)



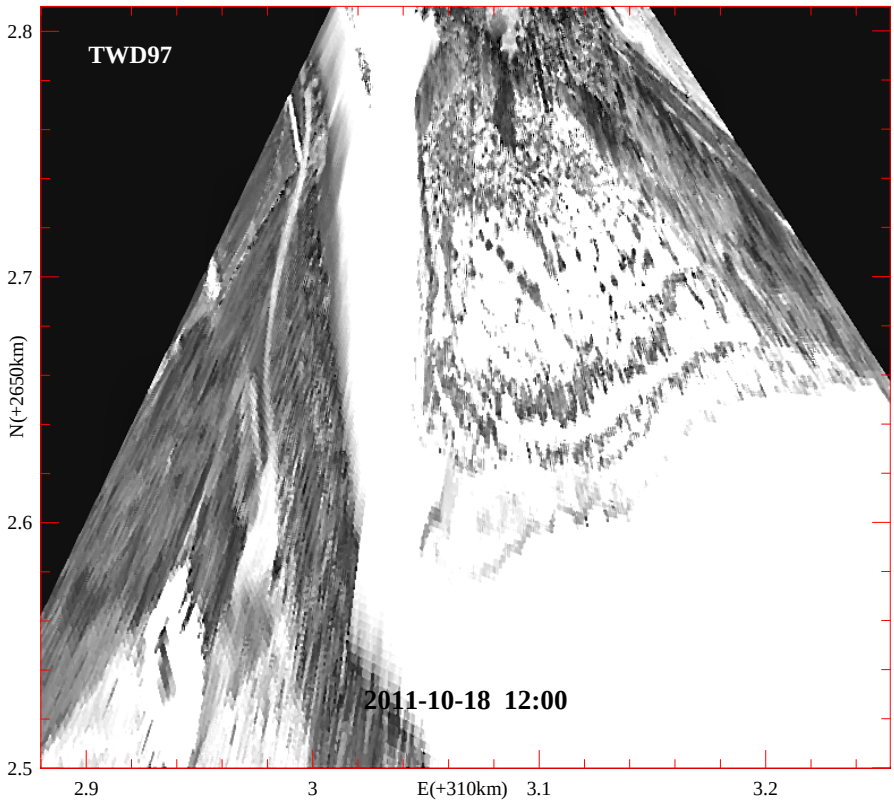
附圖 5D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 09:00)



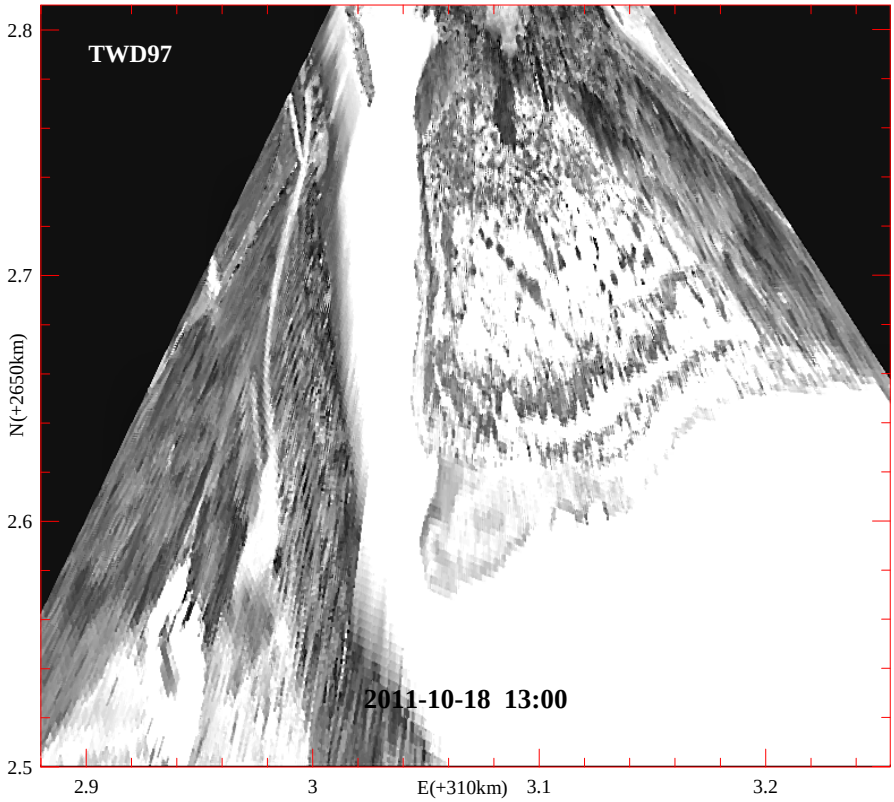
附圖 5E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 10:00)



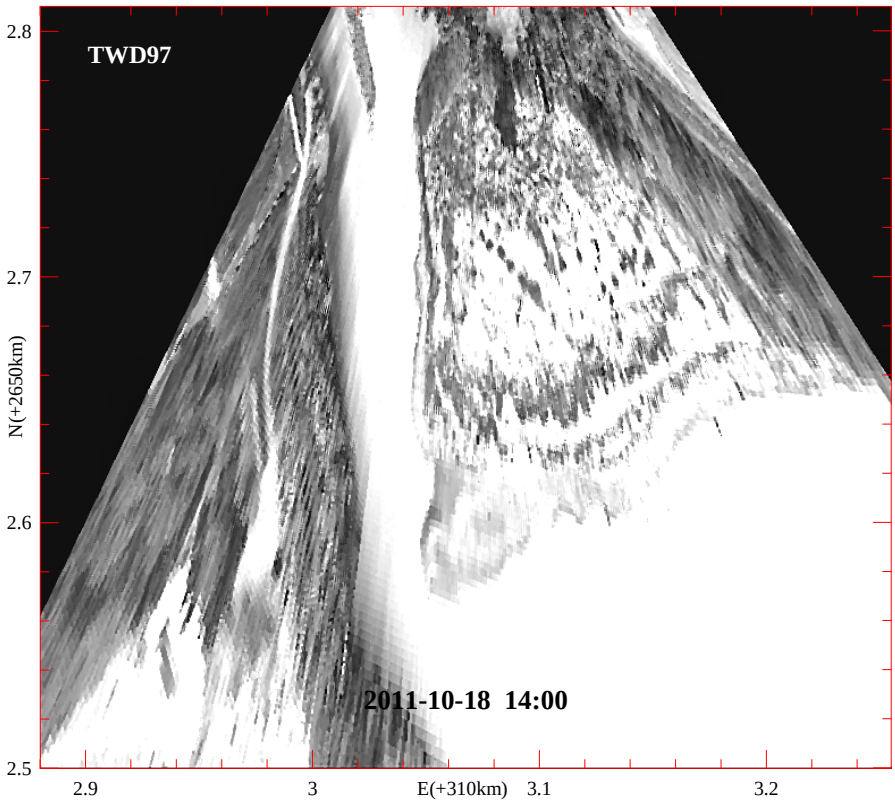
附圖 5F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 11:00)



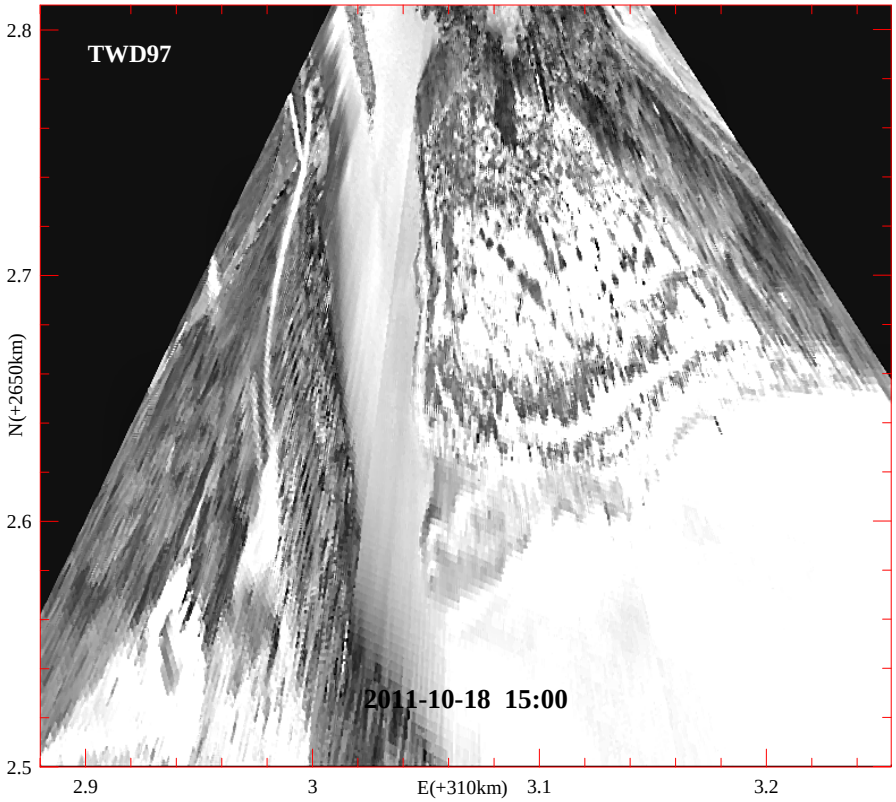
附圖 5G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 12:00)



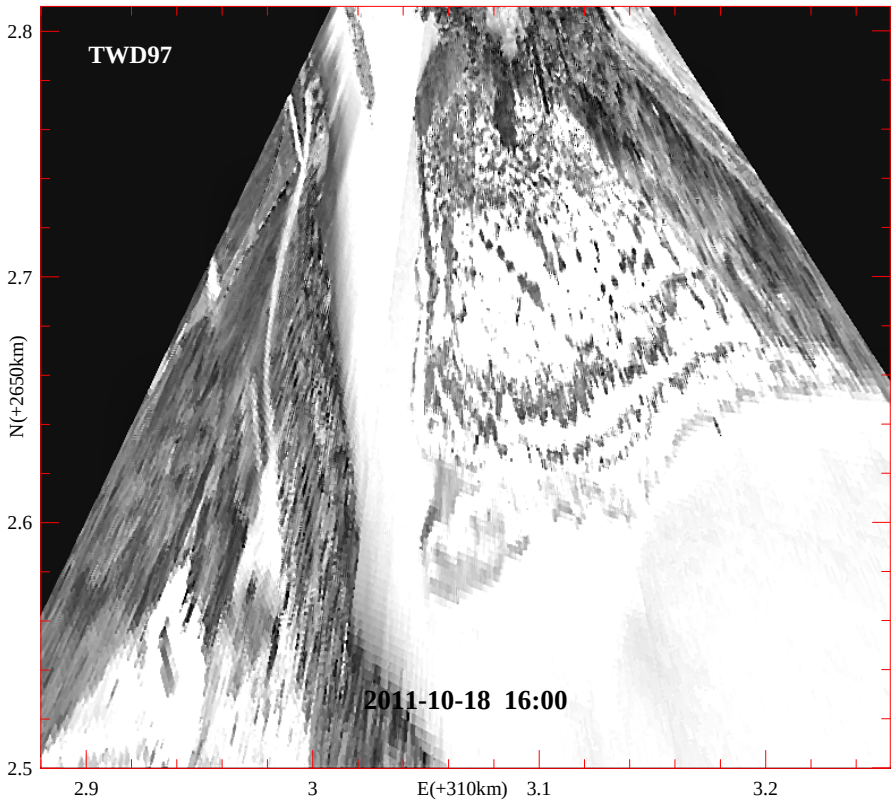
附圖 5H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 13:00)



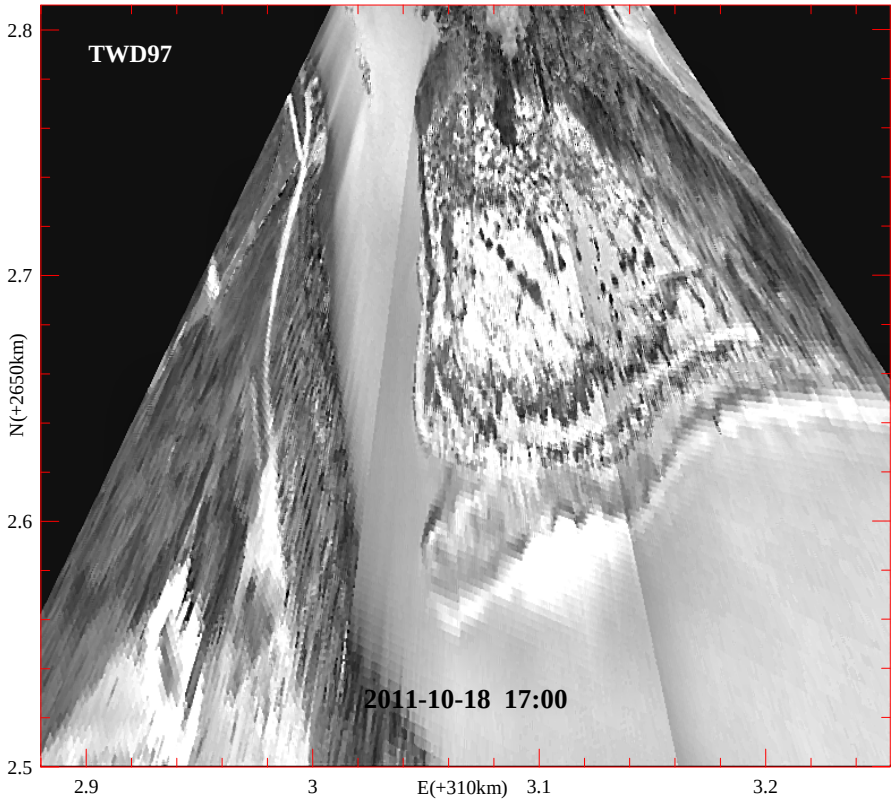
附圖 5I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 14:00)



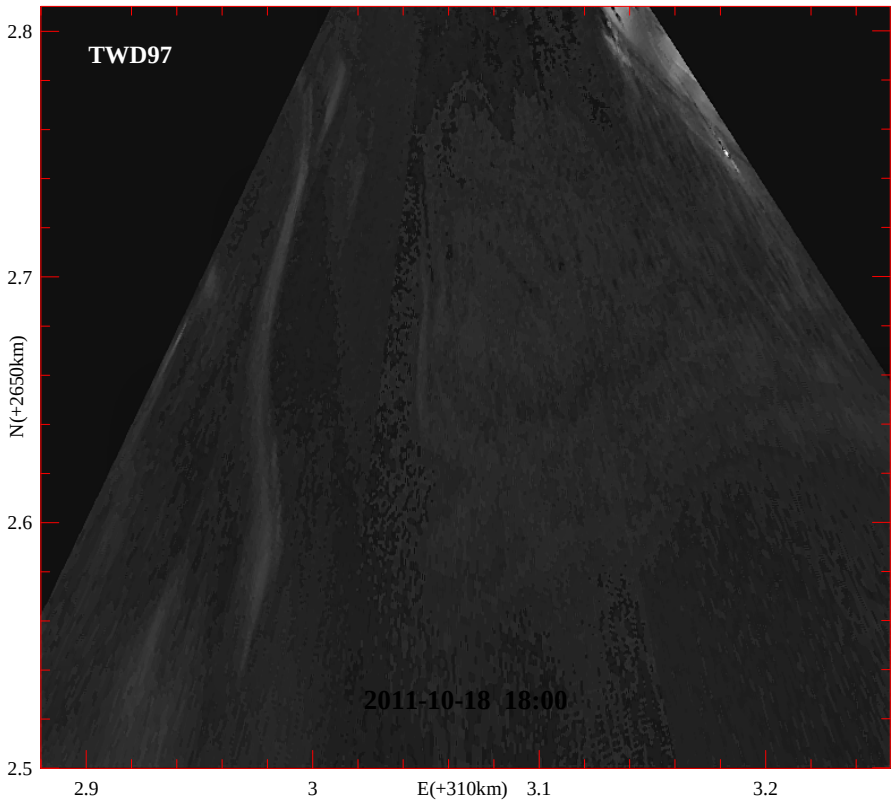
附圖 5J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 15:00)



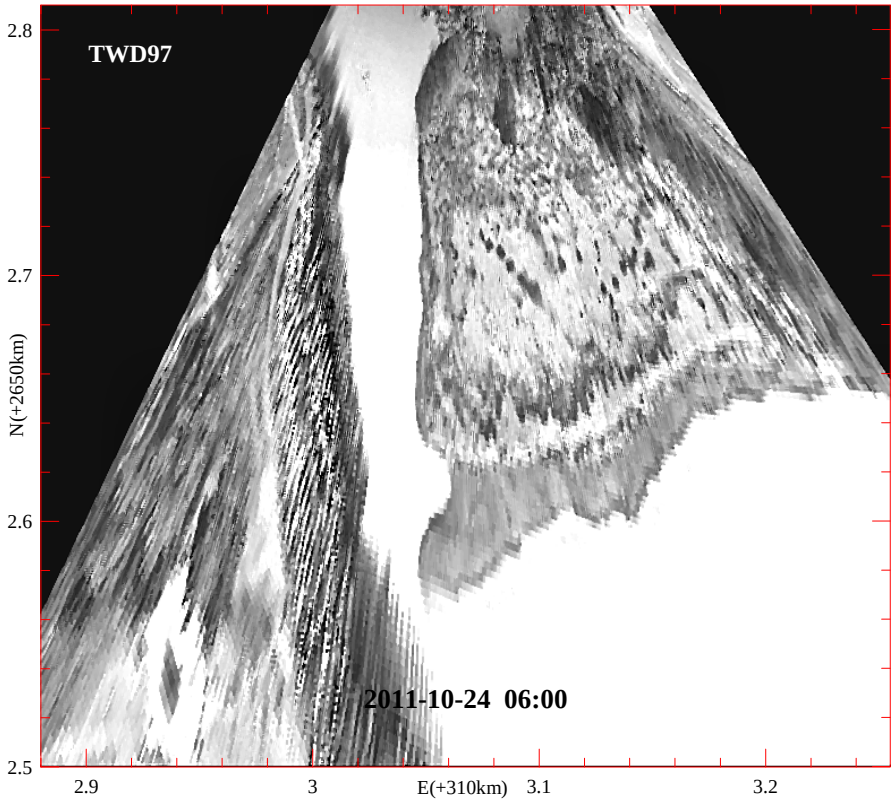
附圖 5K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 16:00)



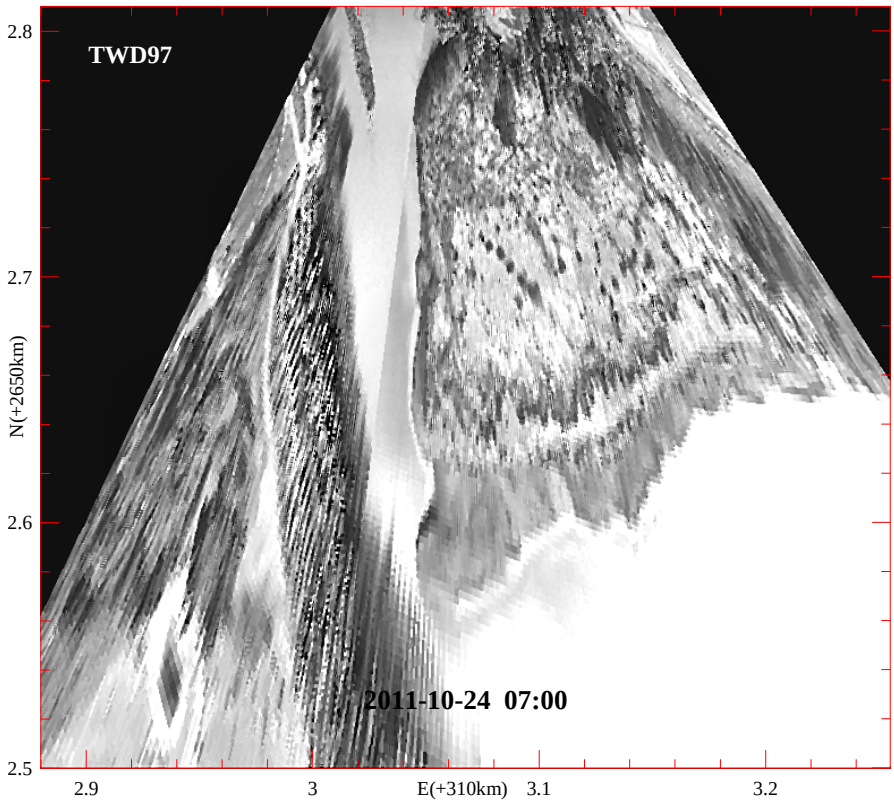
附圖 5L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 17:00)



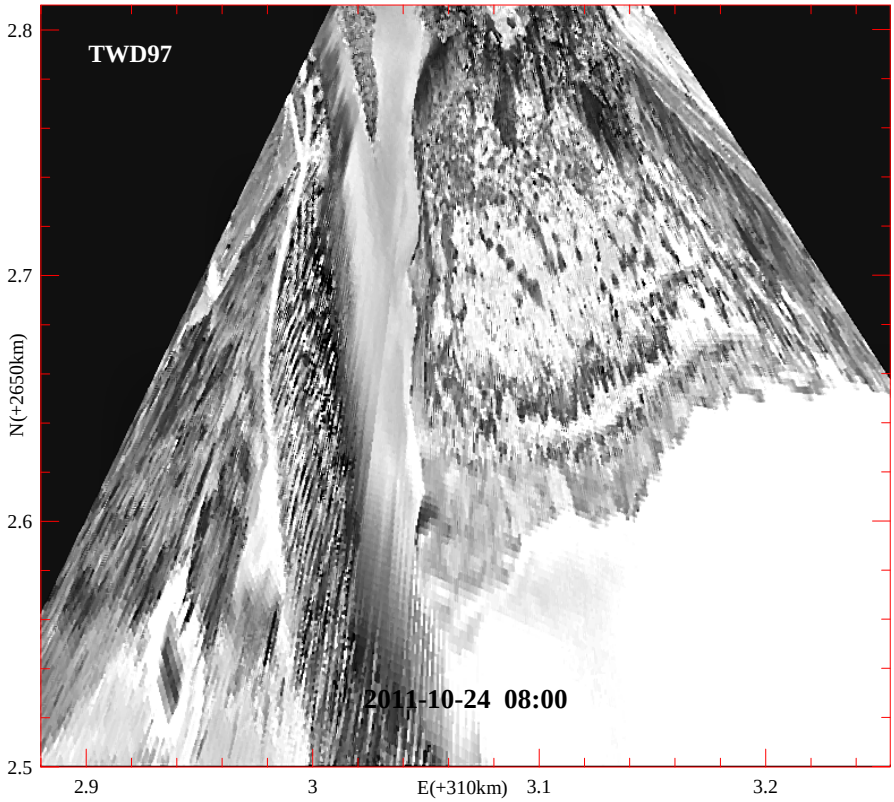
附圖 5M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/18 18:00)



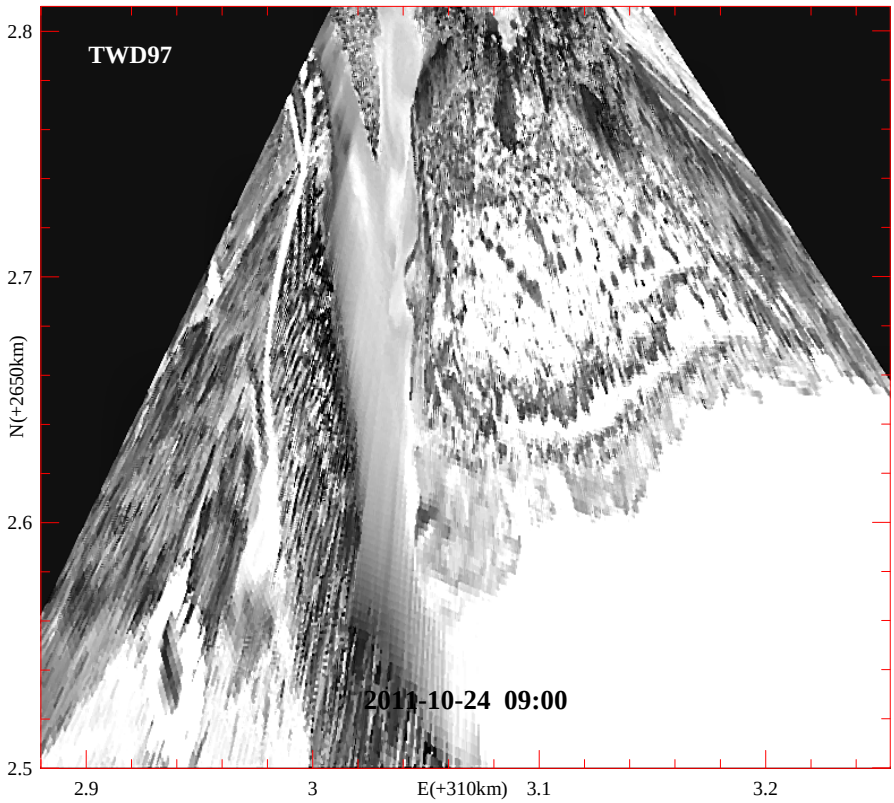
附圖 6A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 06:00)



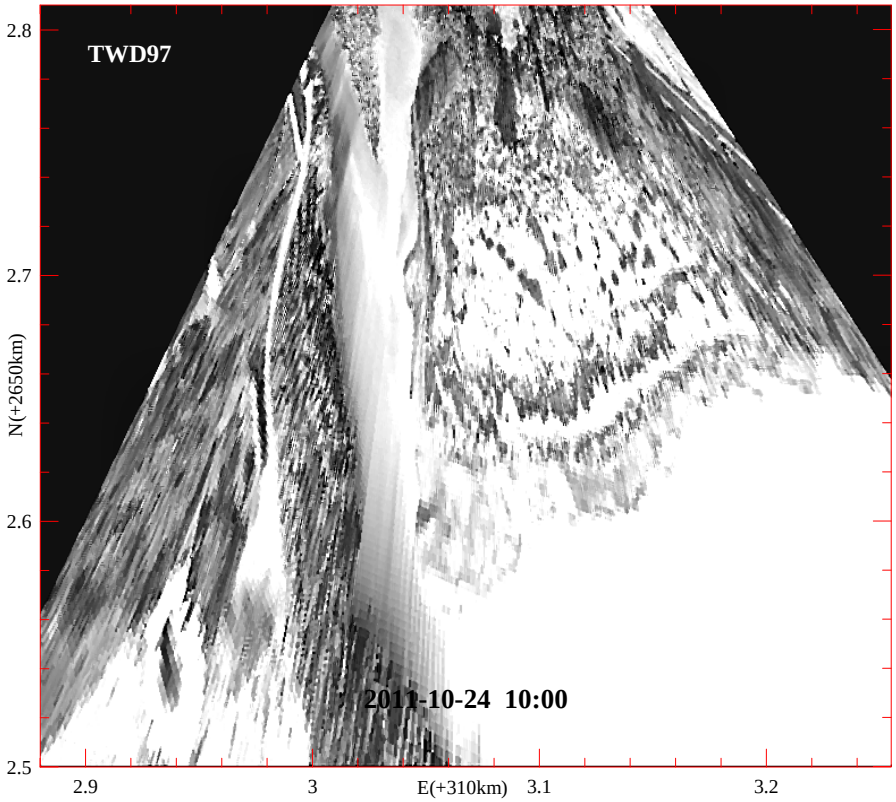
附圖 6B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 07:00)



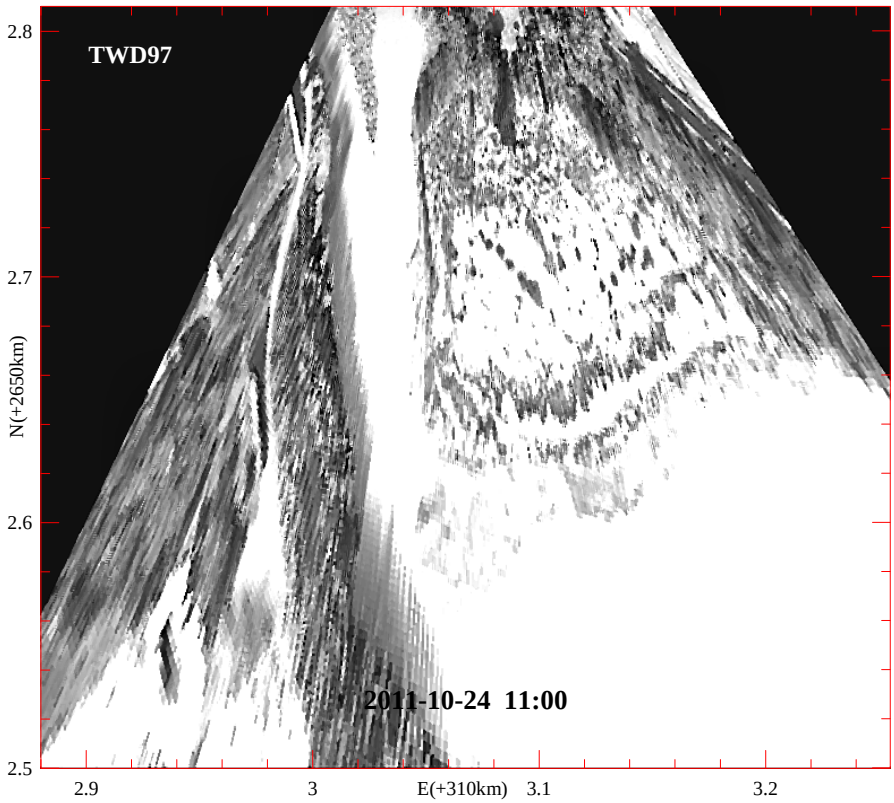
附圖 6C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 08:00)



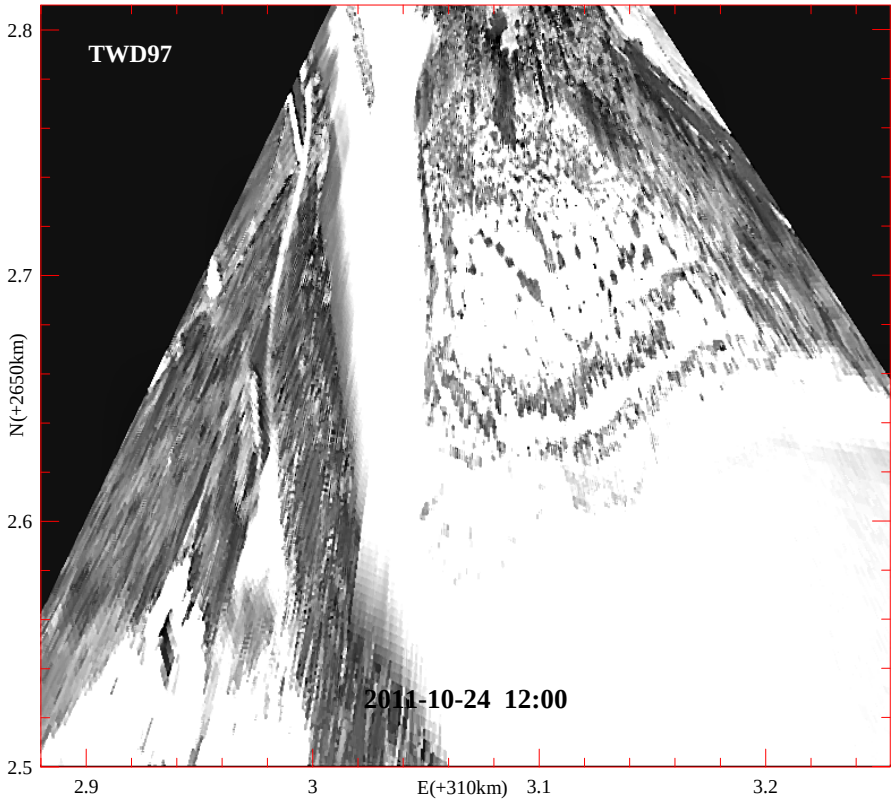
附圖 6D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 09:00)



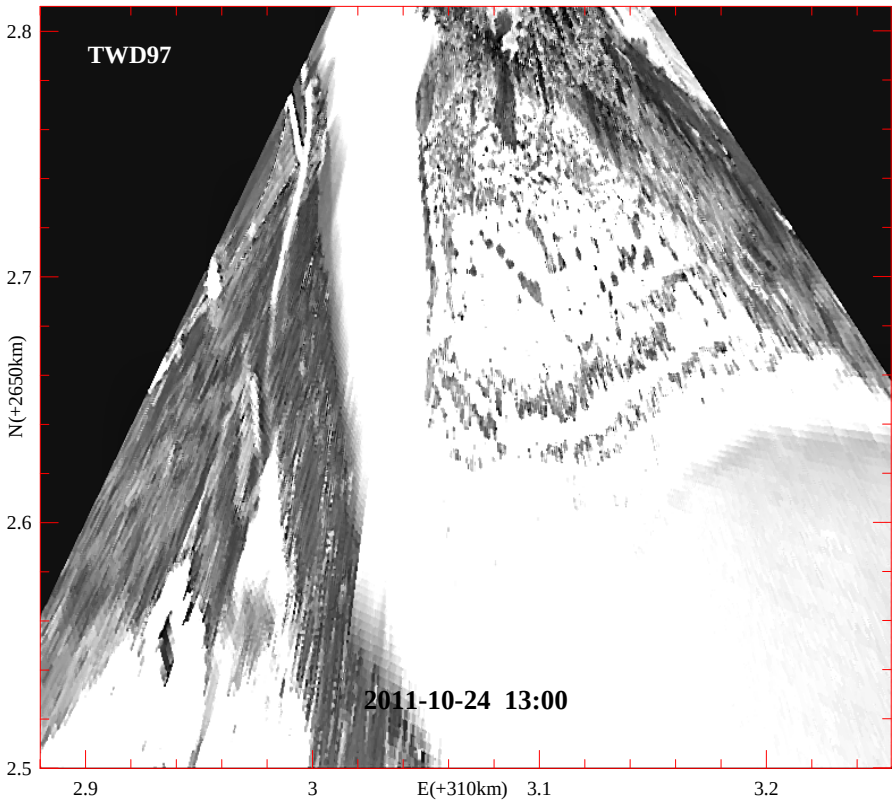
附圖 6E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 10:00)



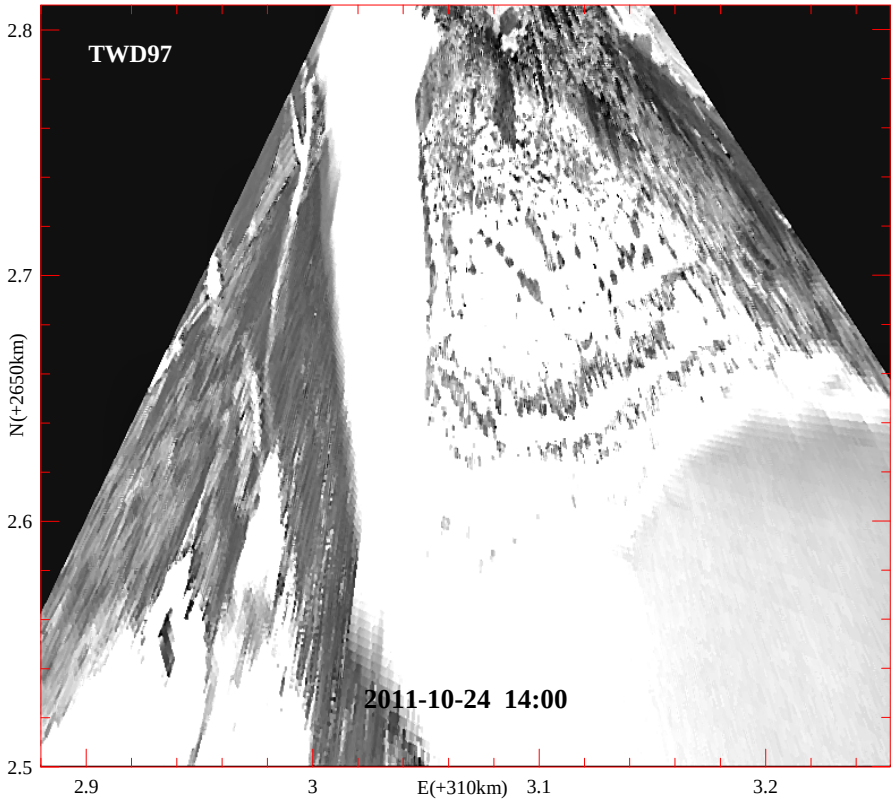
附圖 6F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 11:00)



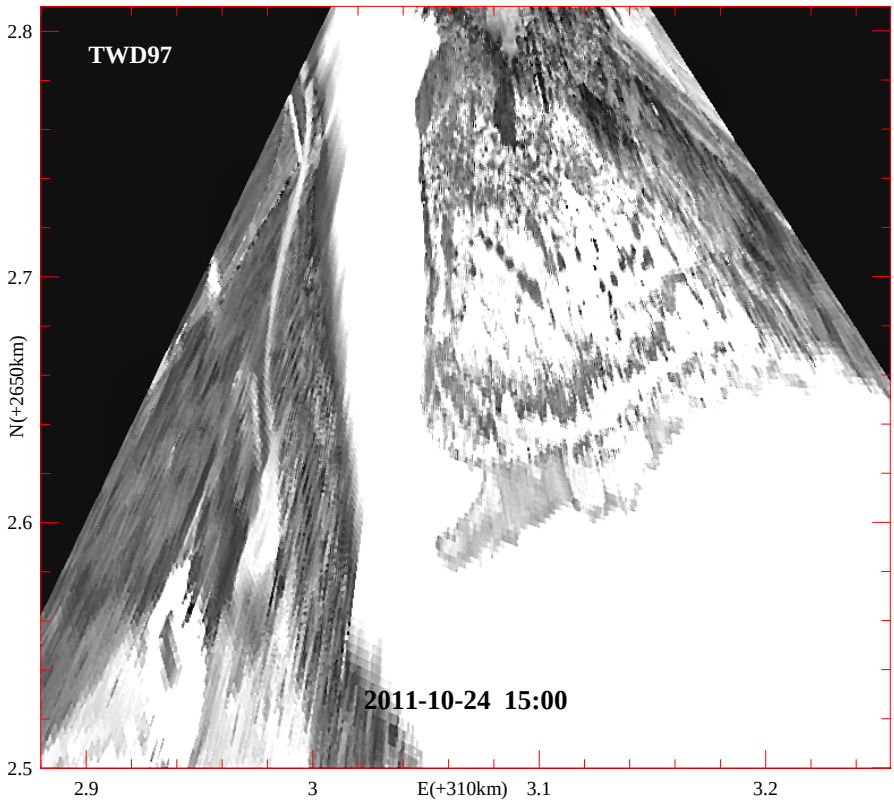
附圖 6G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 12:00)



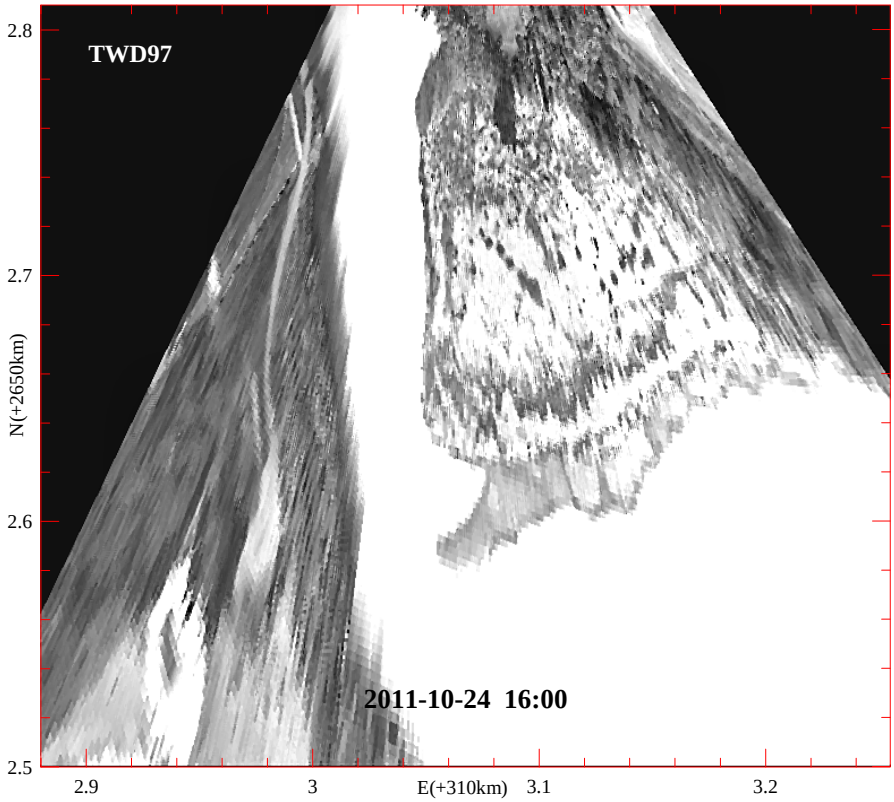
附圖 6H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 13:00)



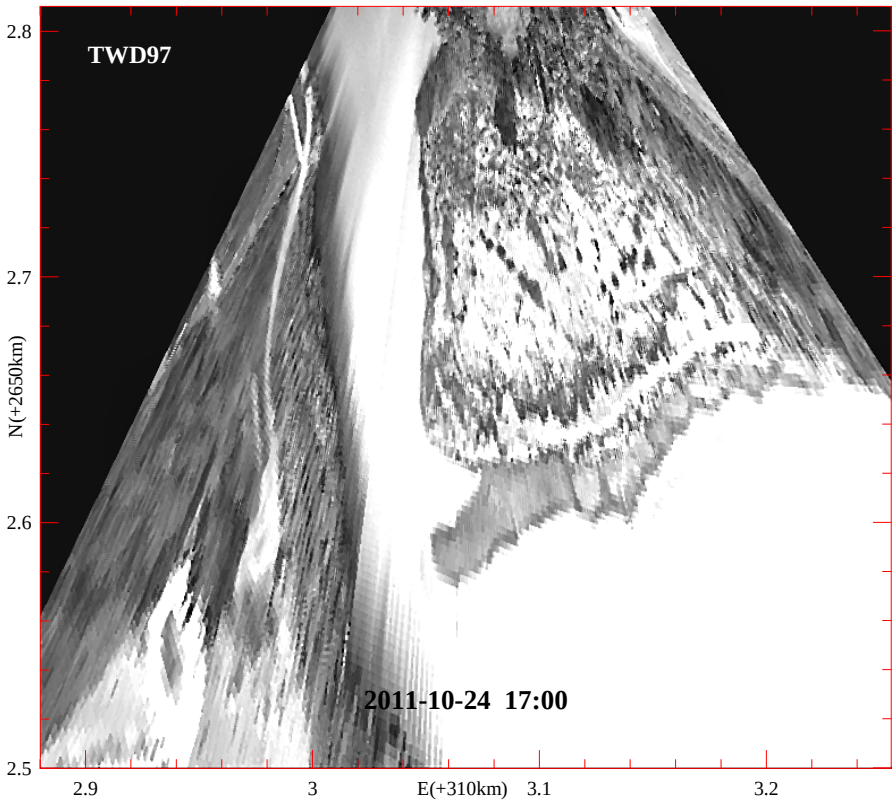
附圖 6I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 14:00)



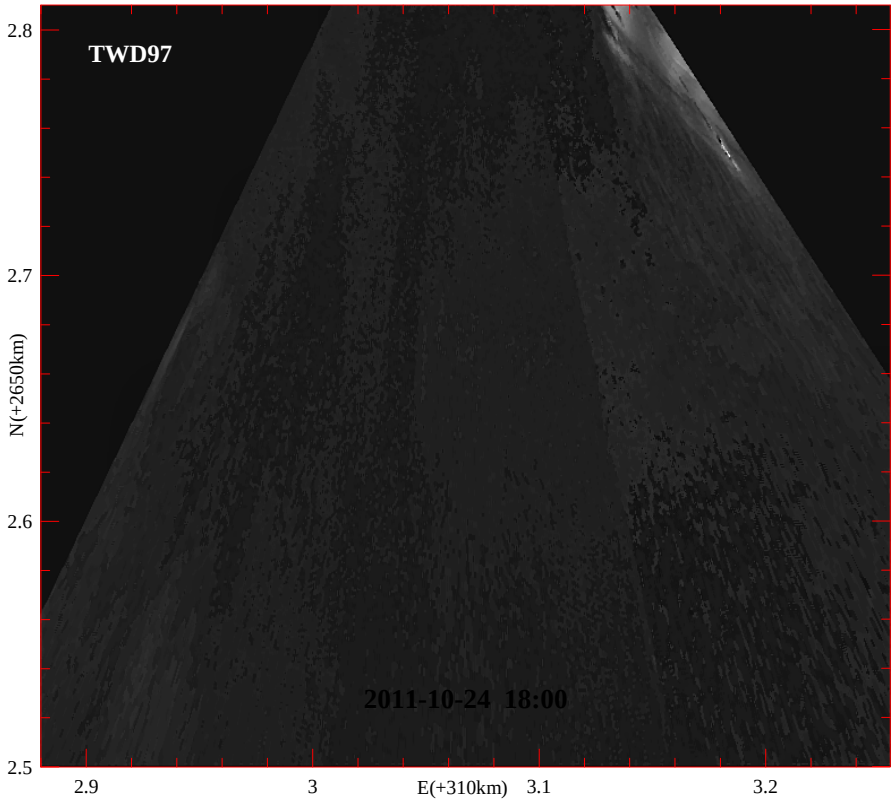
附圖 6J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 15:00)



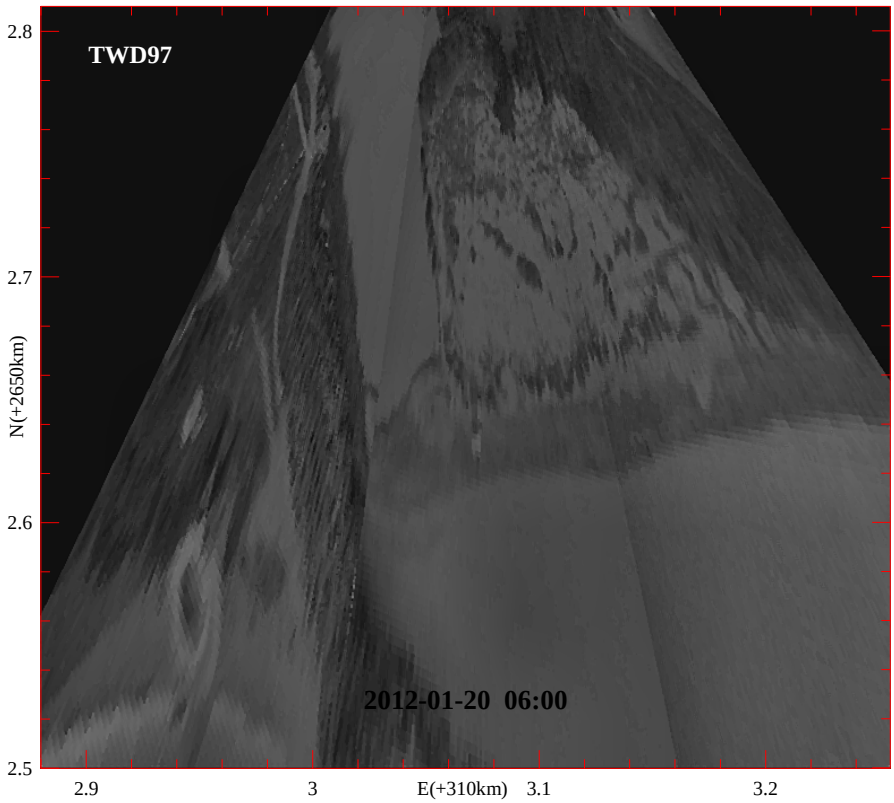
附圖 6K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 16:00)



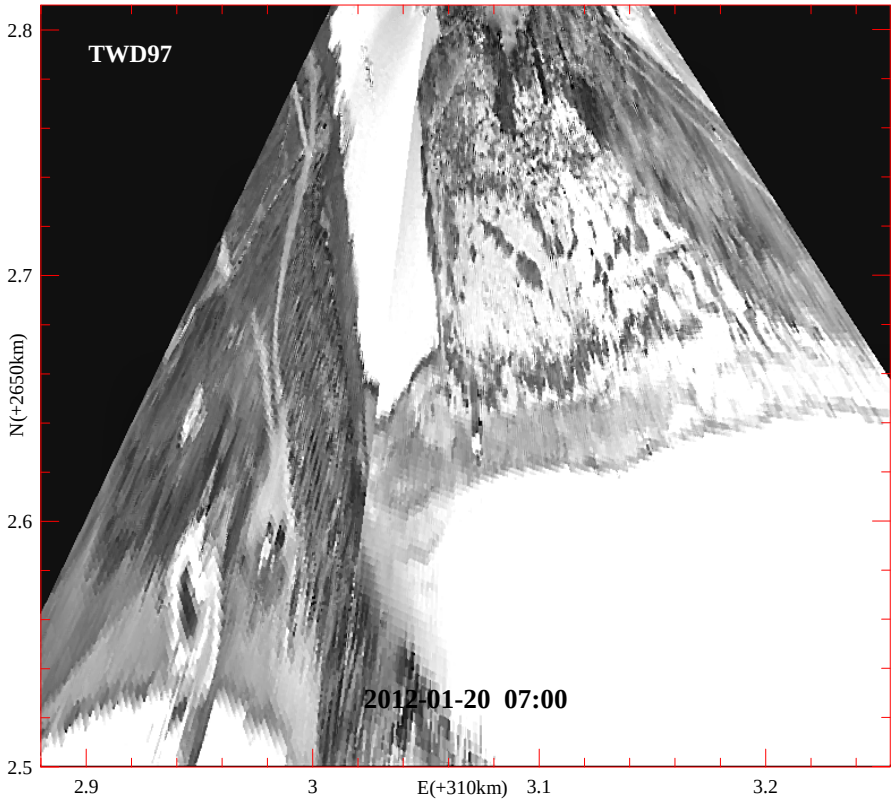
附圖 6L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 17:00)



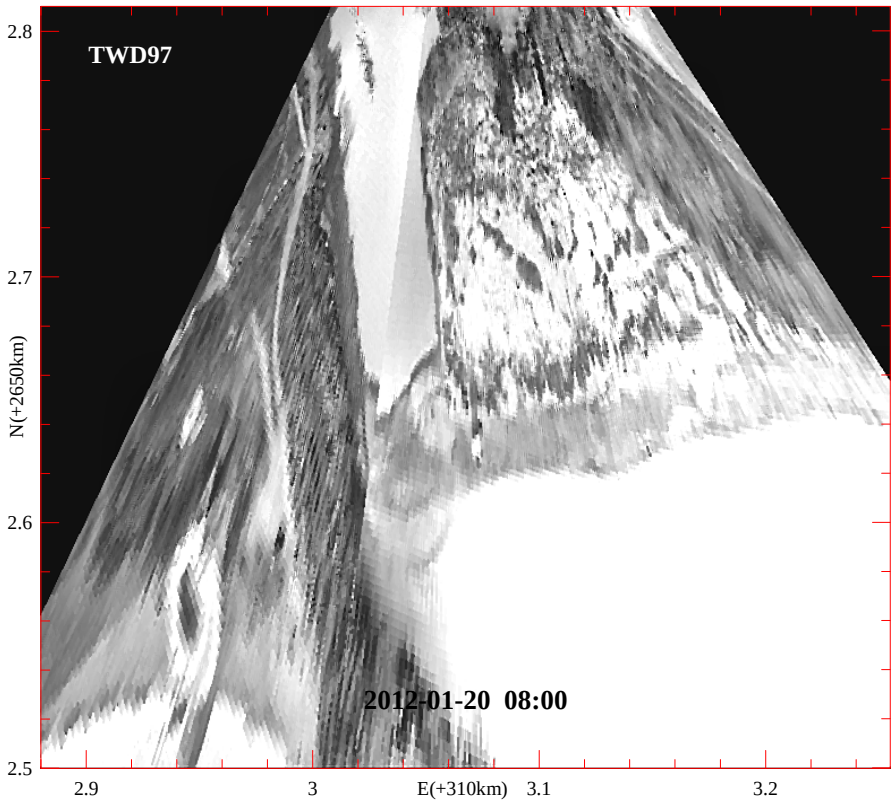
附圖 6M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2011/10/24 18:00)



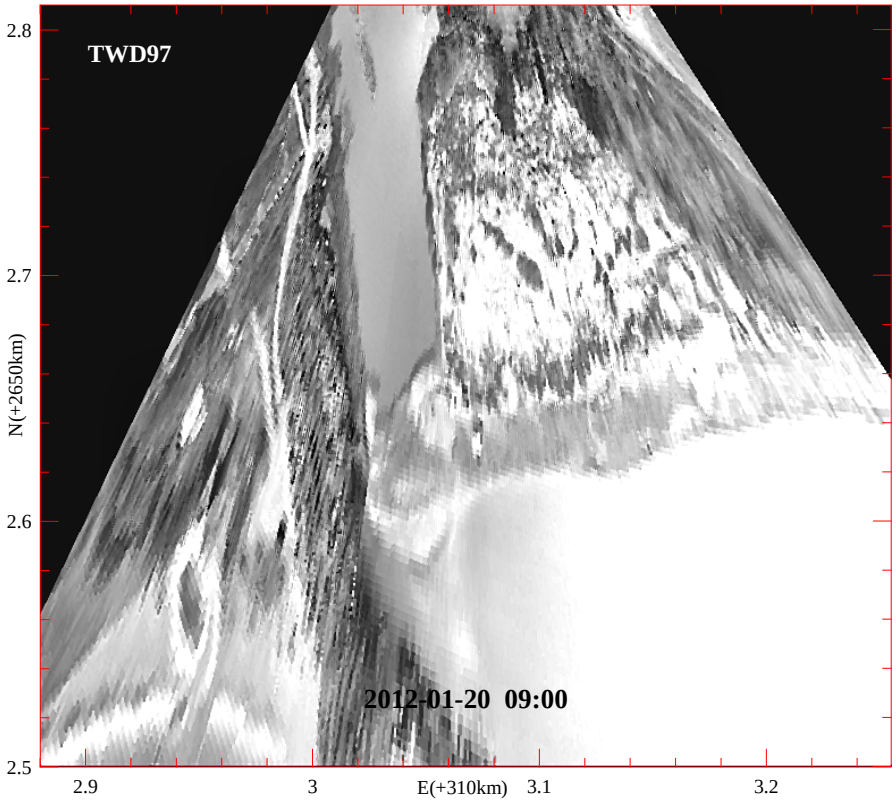
附圖 7A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 06:00)



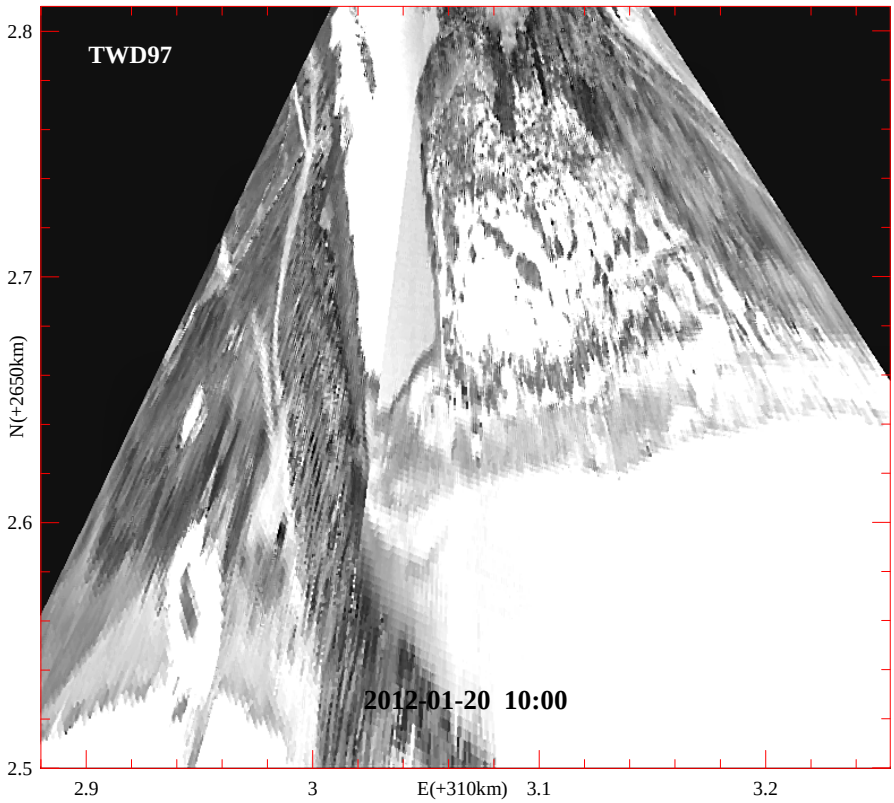
附圖 7B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 07:00)



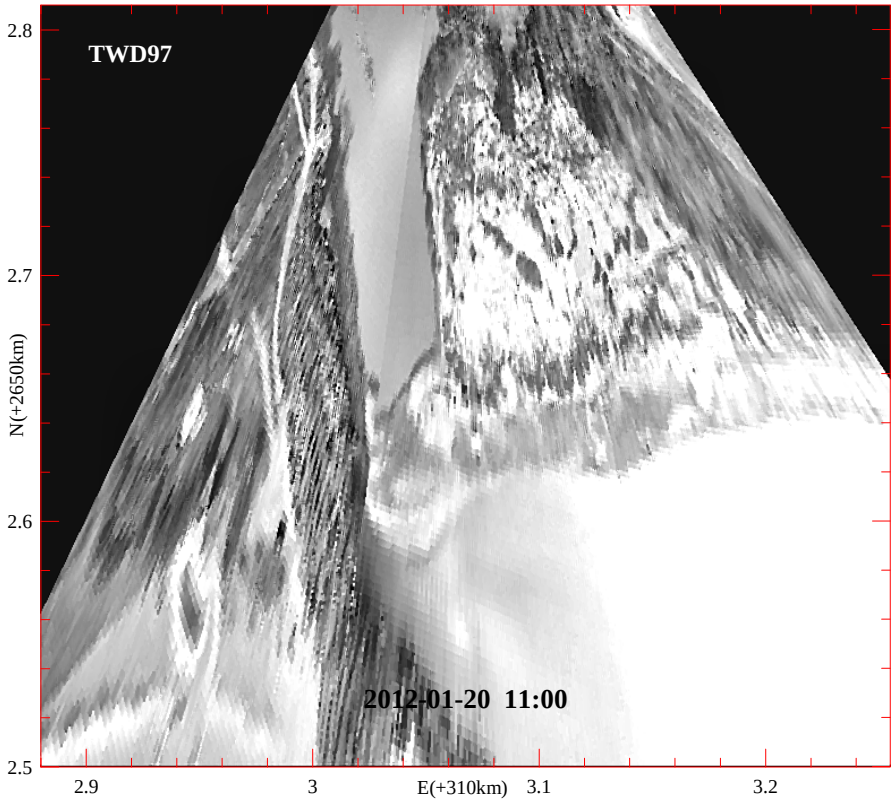
附圖 7C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 08:00)



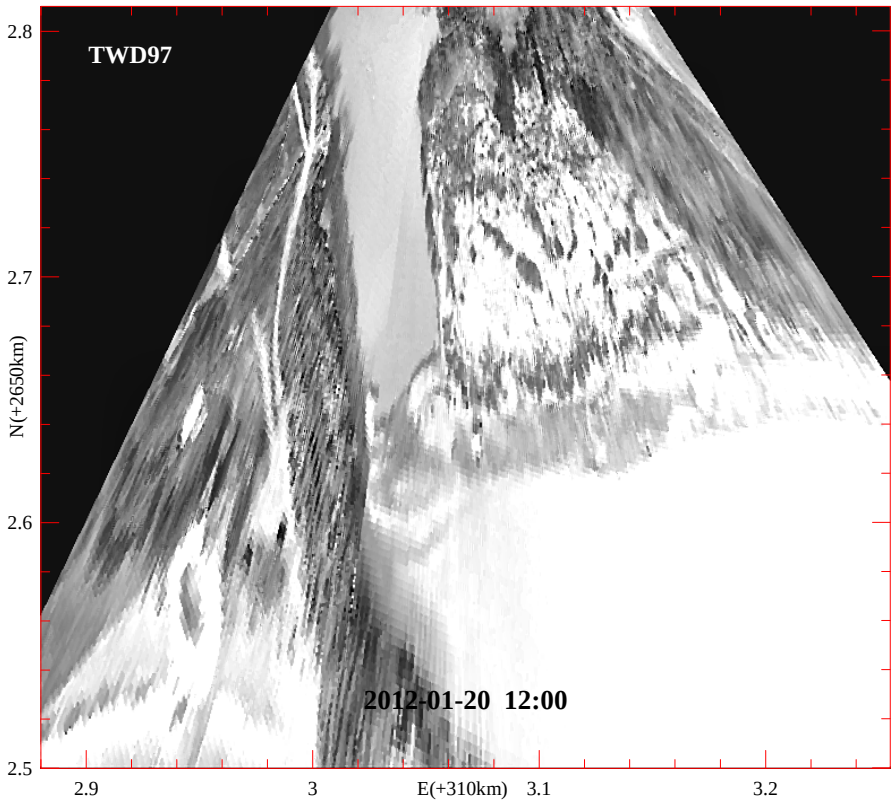
附圖 7D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 09:00)



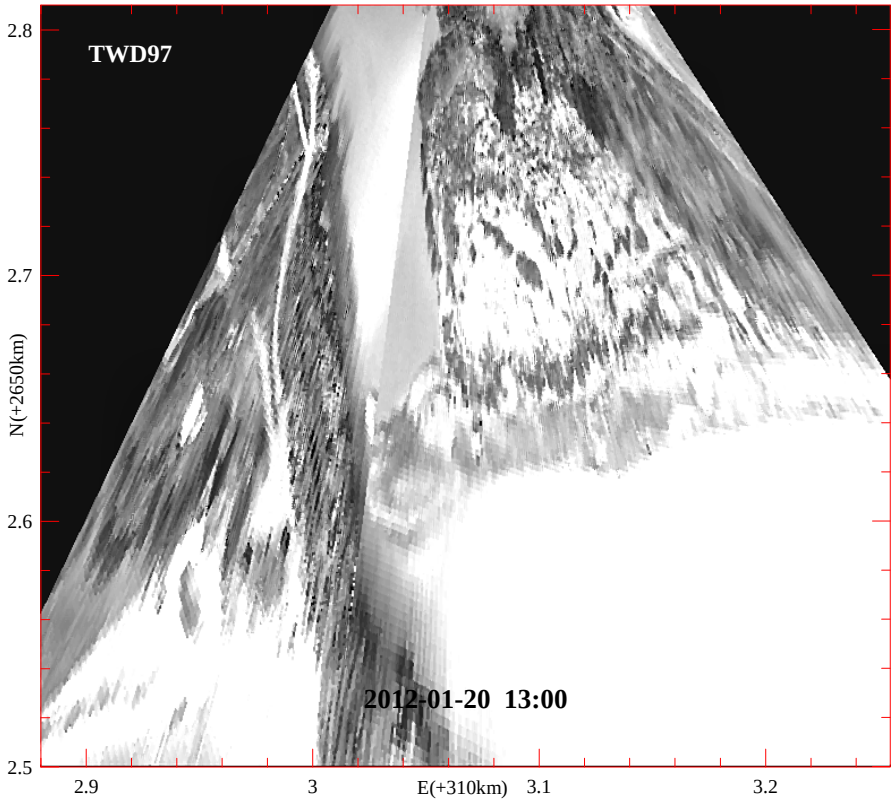
附圖 7E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 10:00)



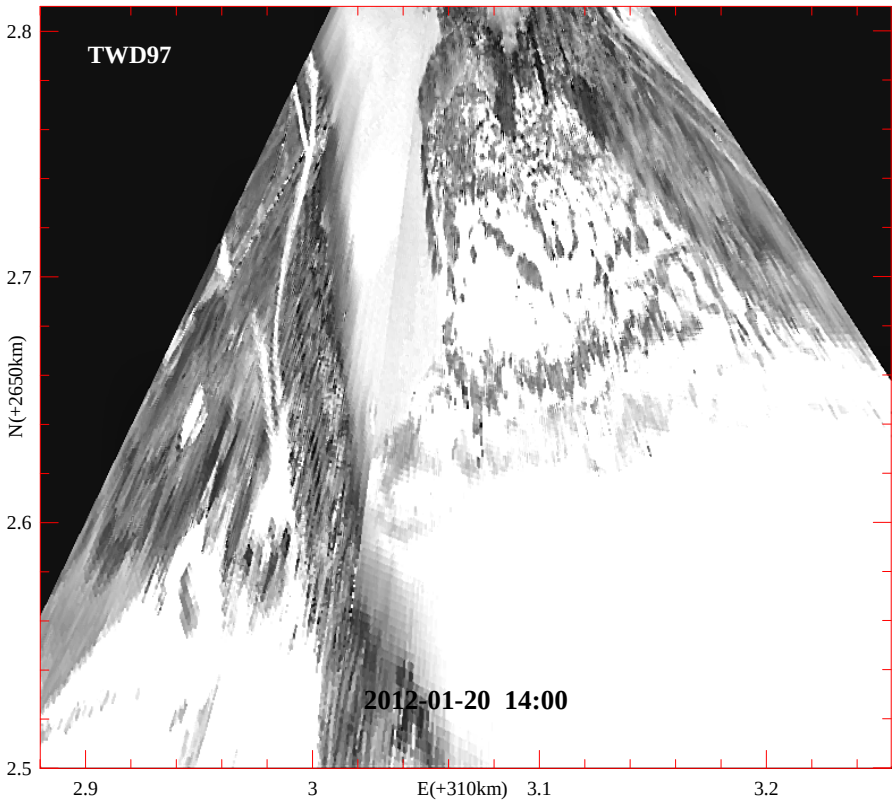
附圖 7F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 11:00)



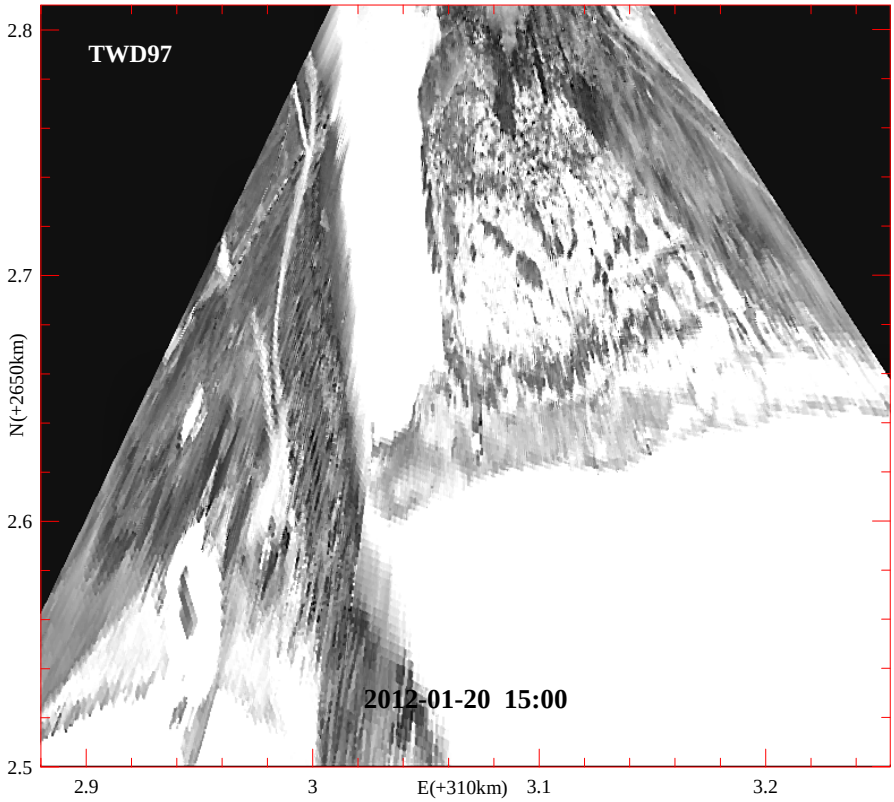
附圖 7G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 12:00)



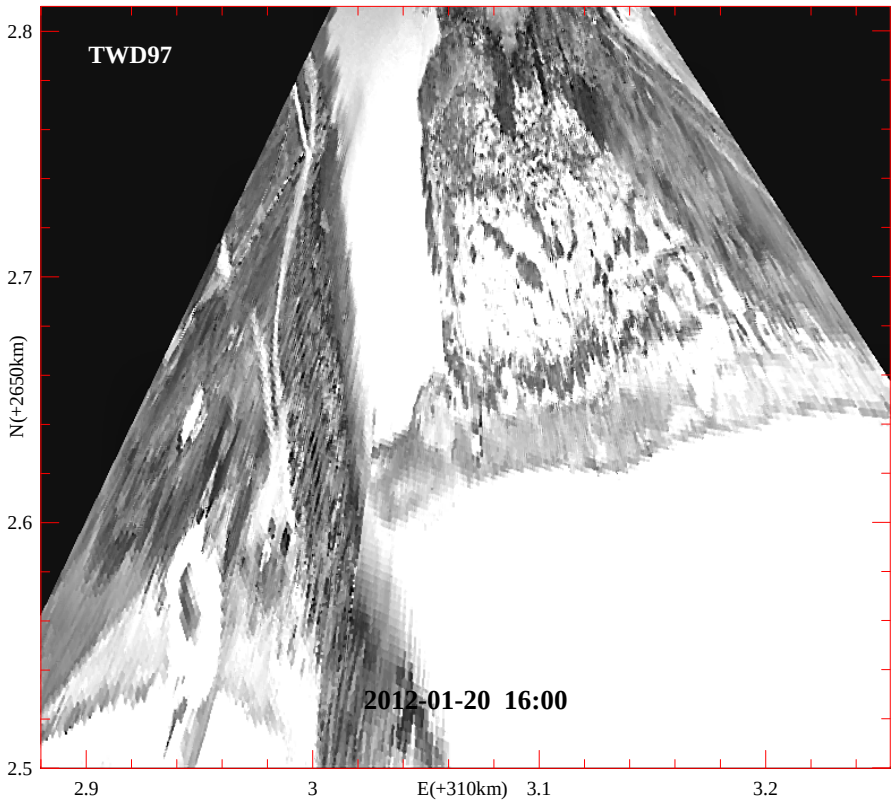
附圖 7H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 13:00)



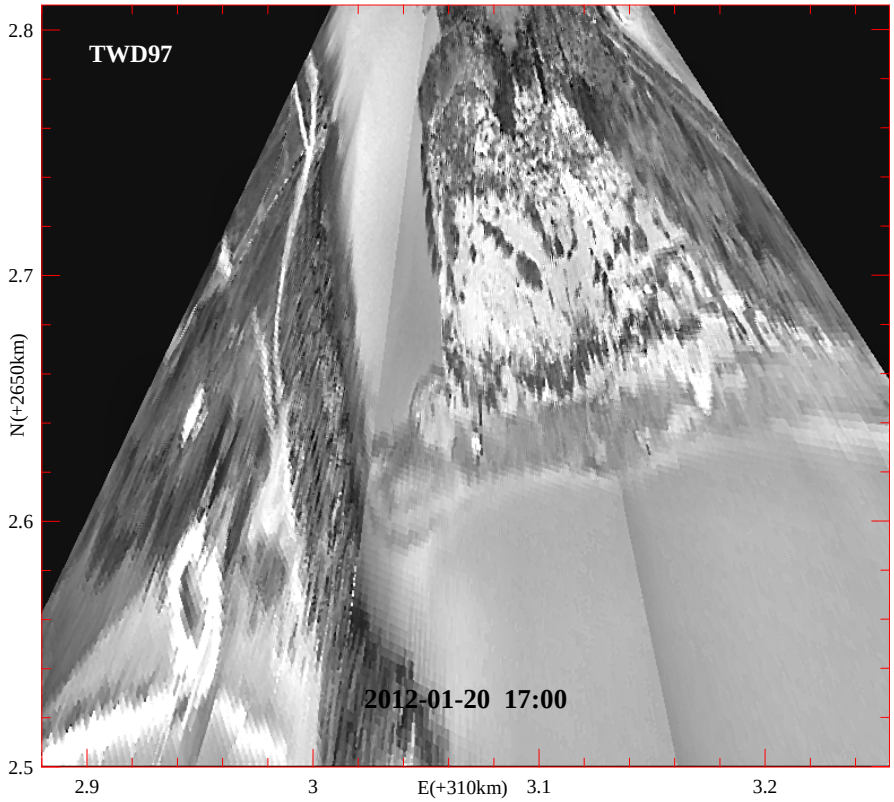
附圖 7I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 14:00)



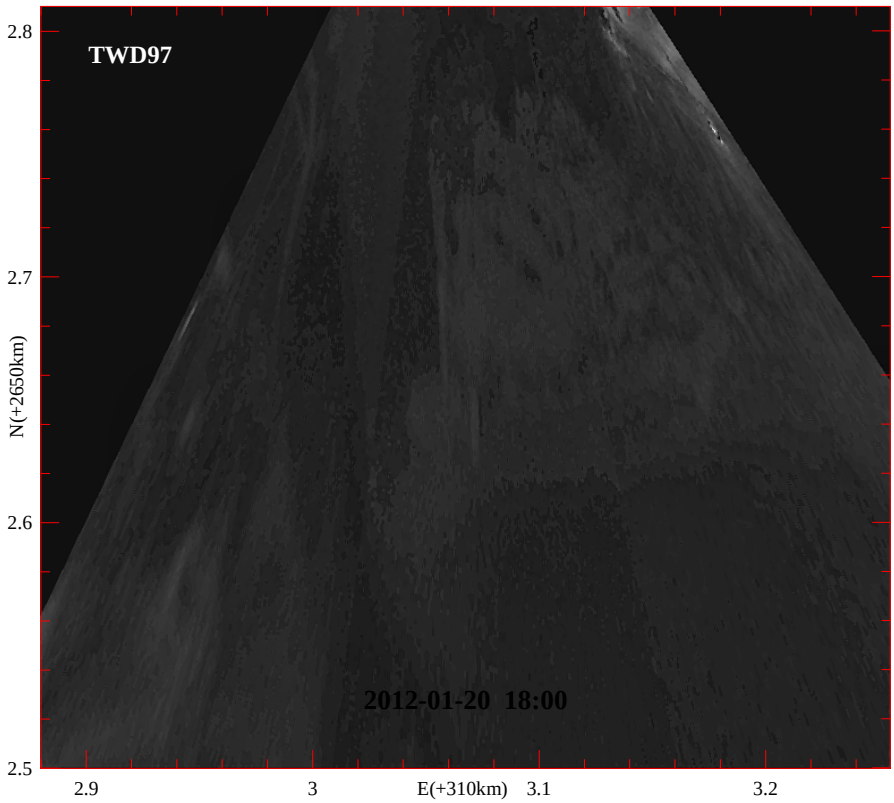
附圖 7J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 15:00)



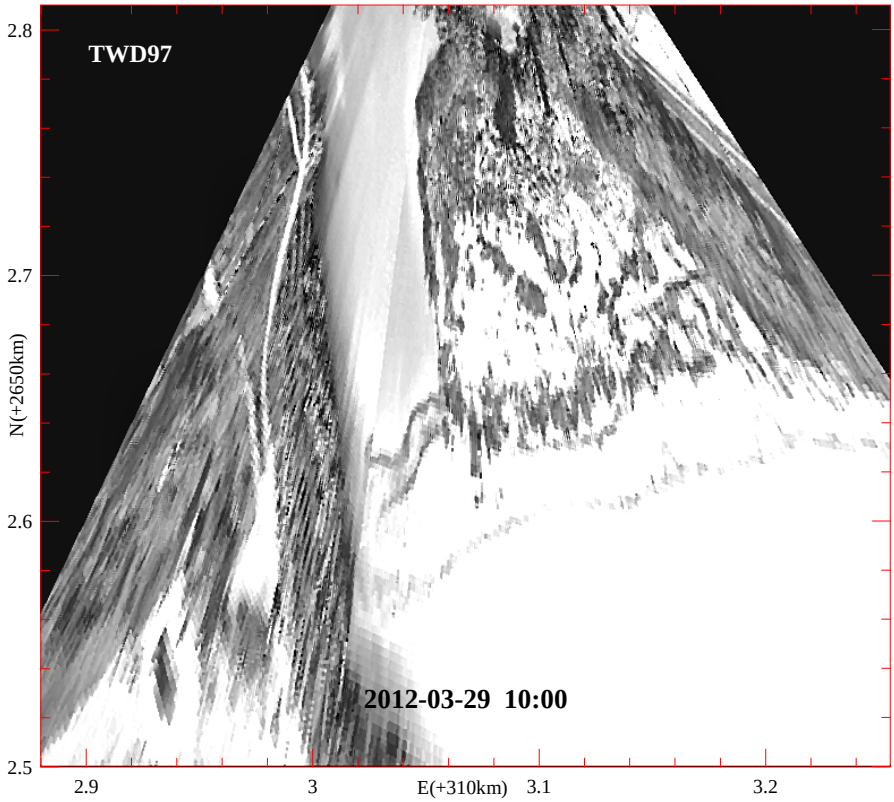
附圖 7K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 16:00)



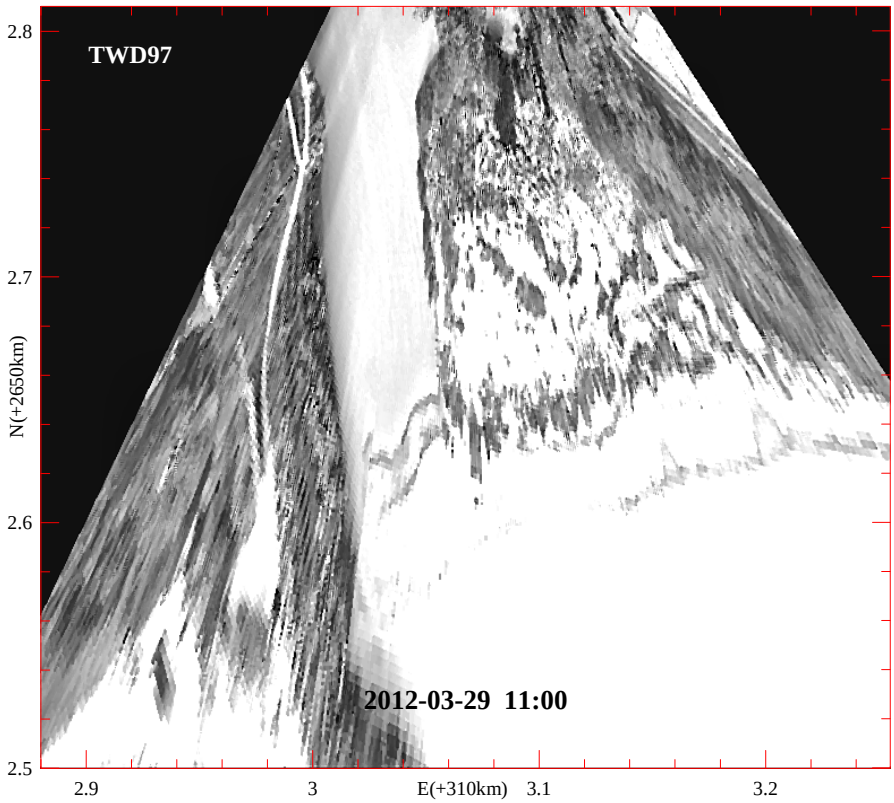
附圖 7L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 17:00)



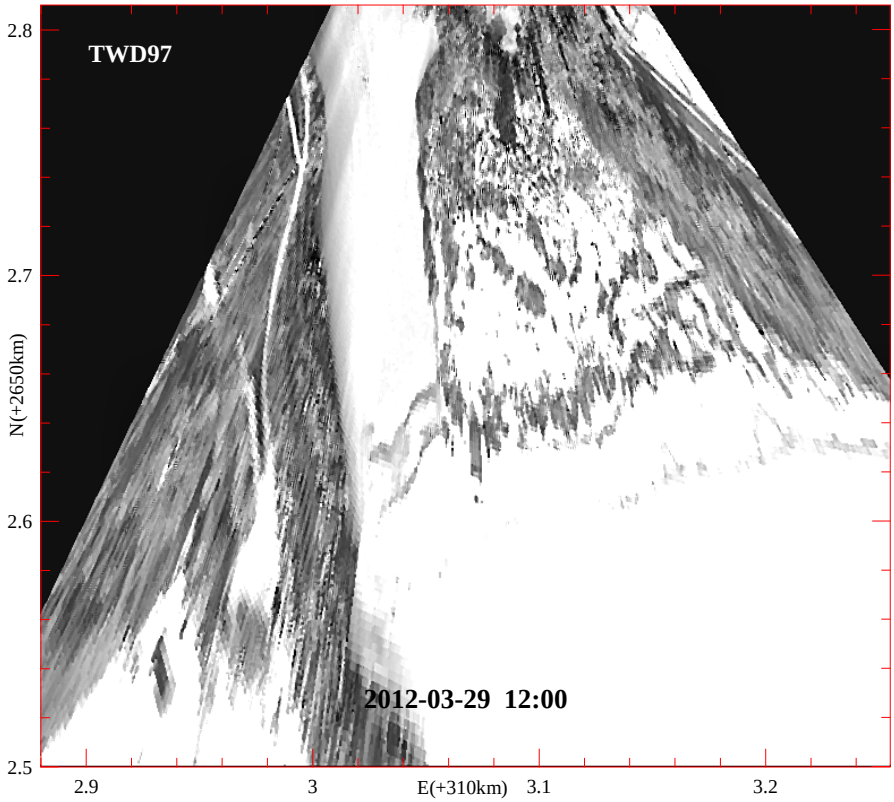
附圖 7M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/01/20 18:00)



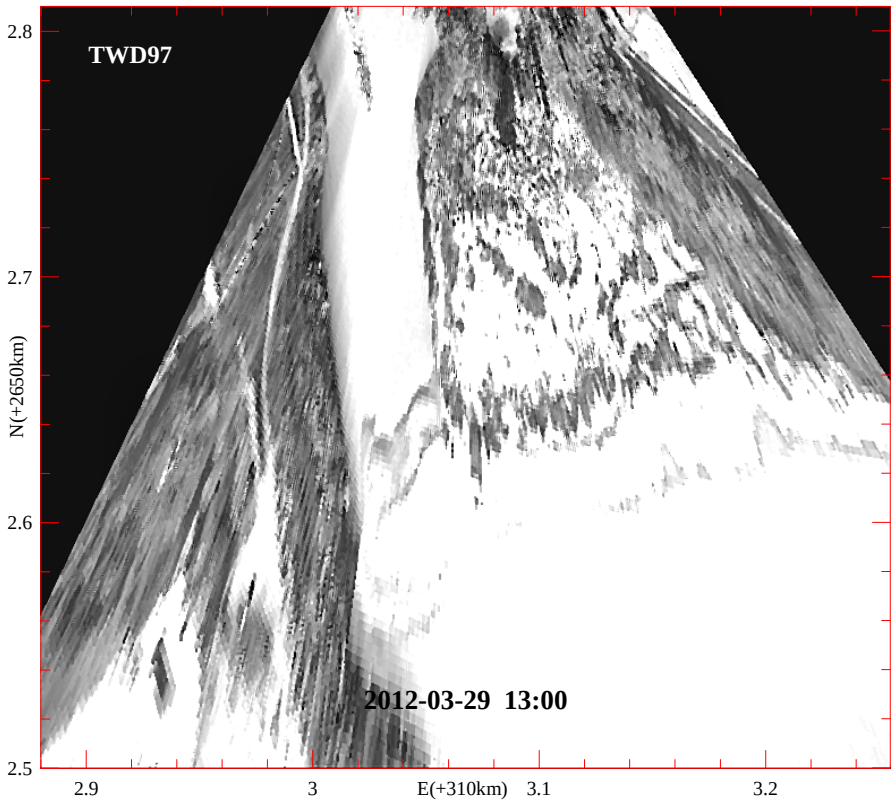
附圖 8A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 10:00)



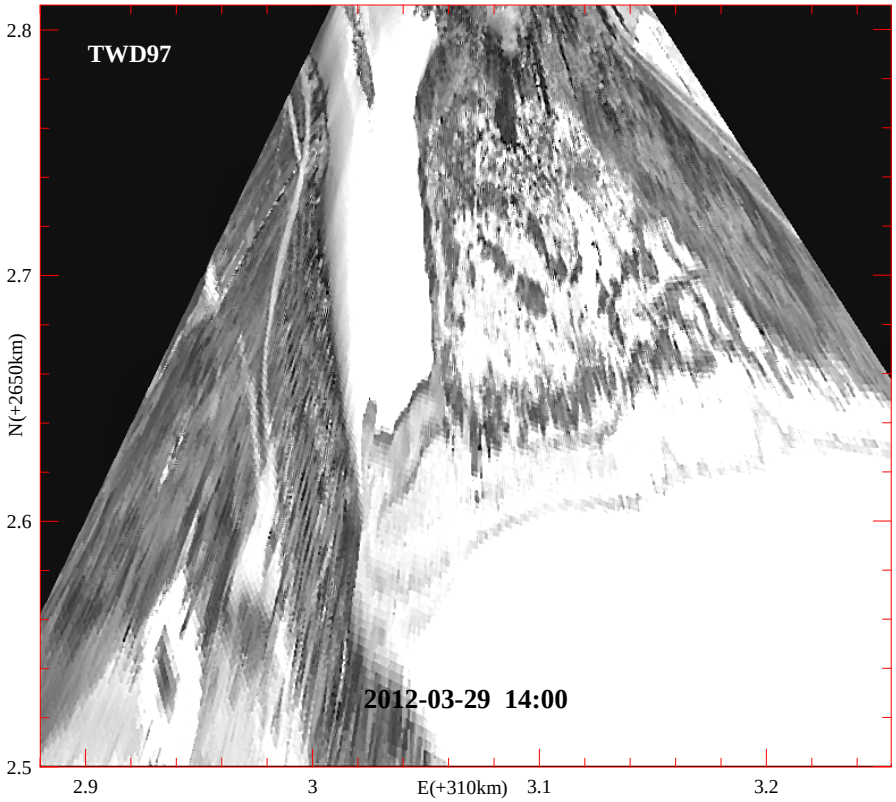
附圖 8B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 11:00)



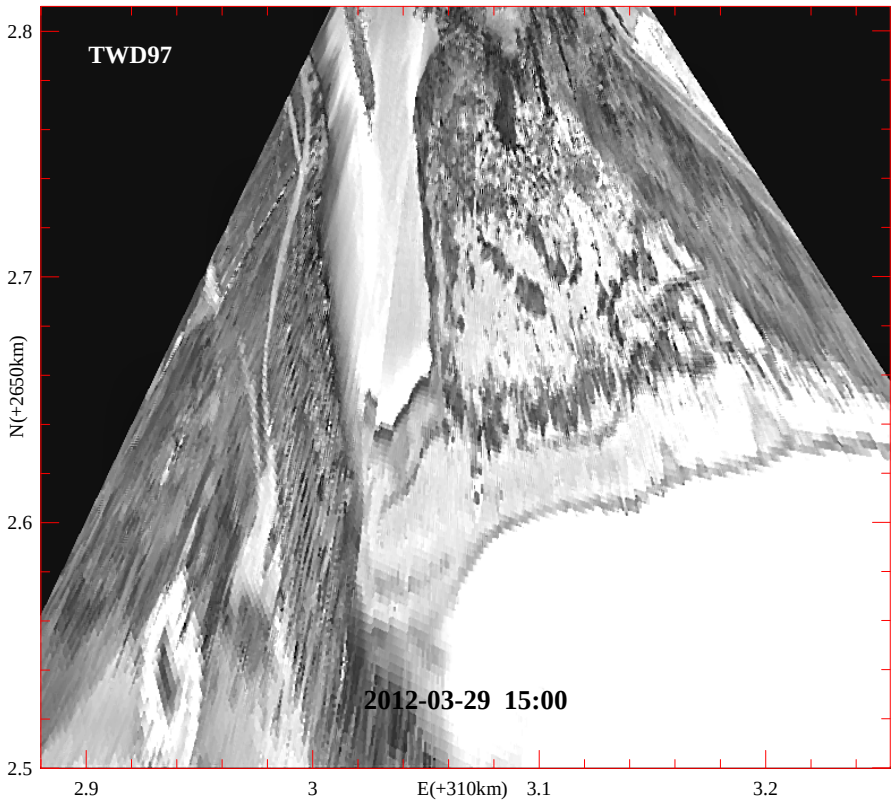
附圖 8C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 12:00)



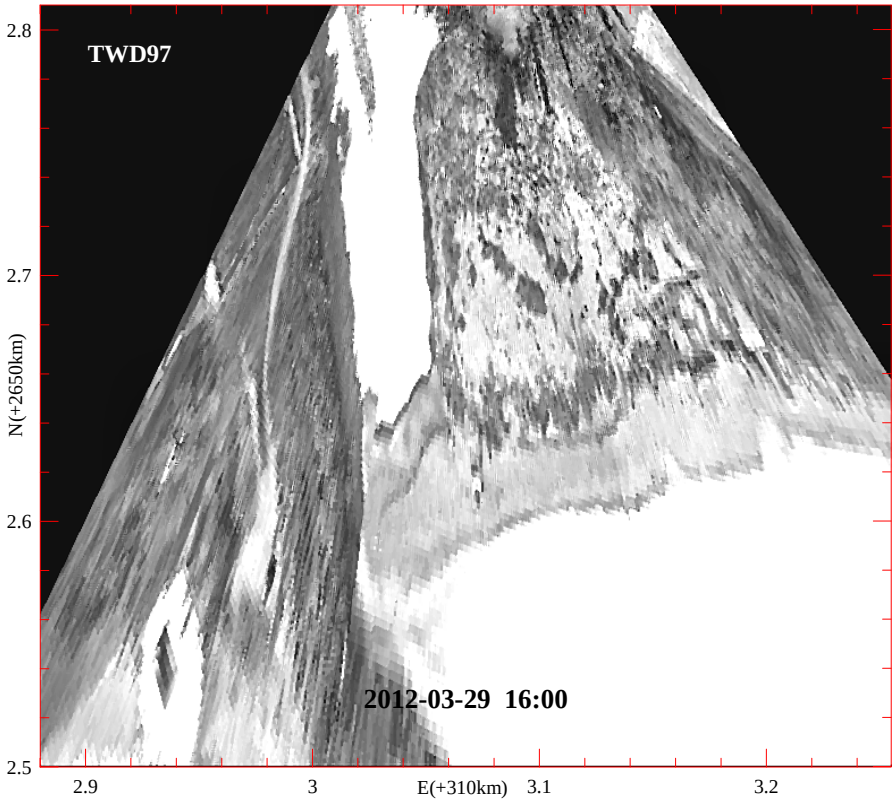
附圖 8D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 13:00)



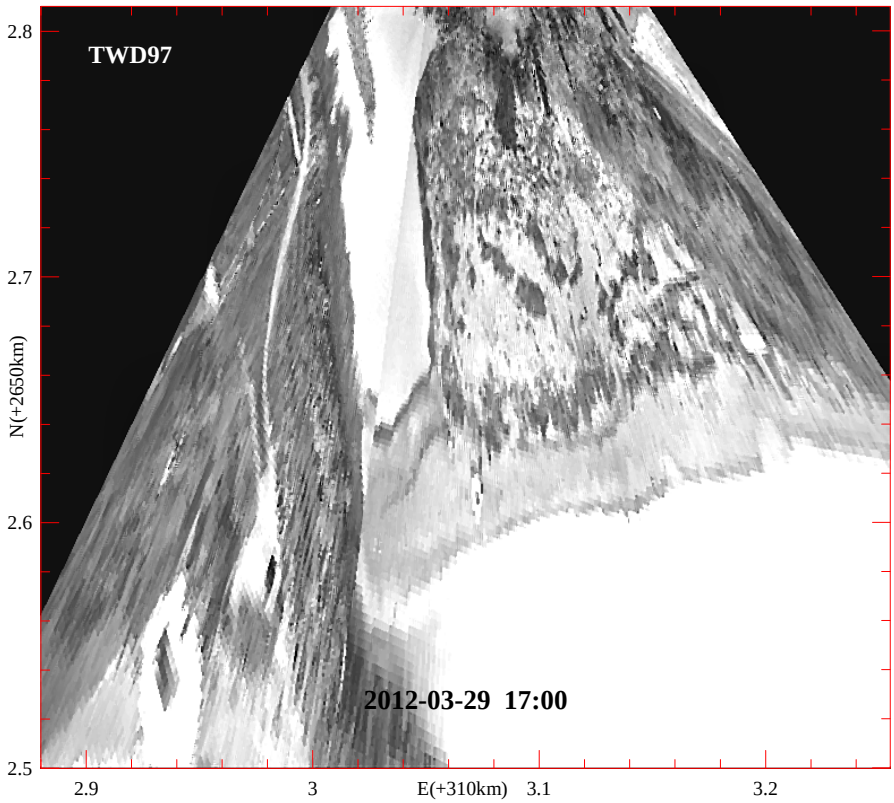
附圖 8E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 14:00)



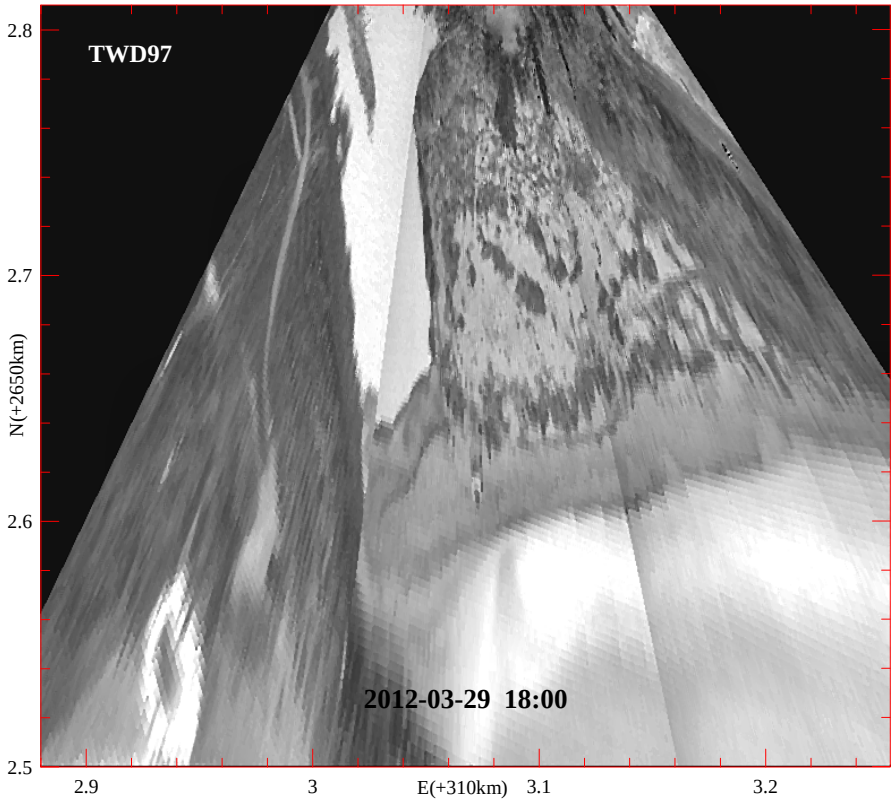
附圖 8F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 15:00)



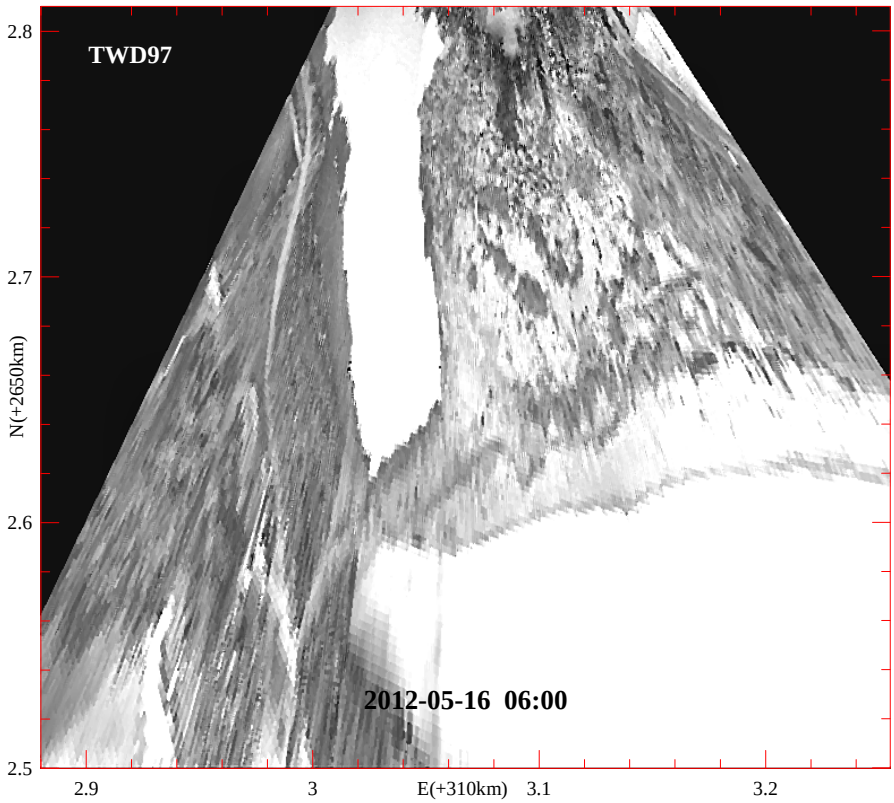
附圖 8G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 16:00)



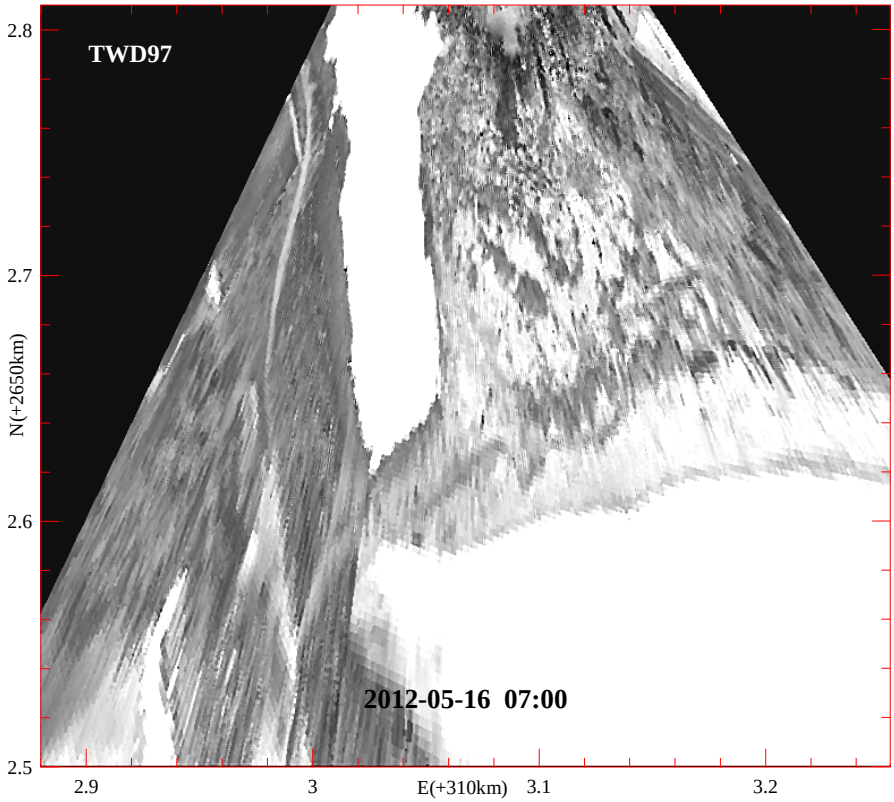
附圖 8H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 17:00)



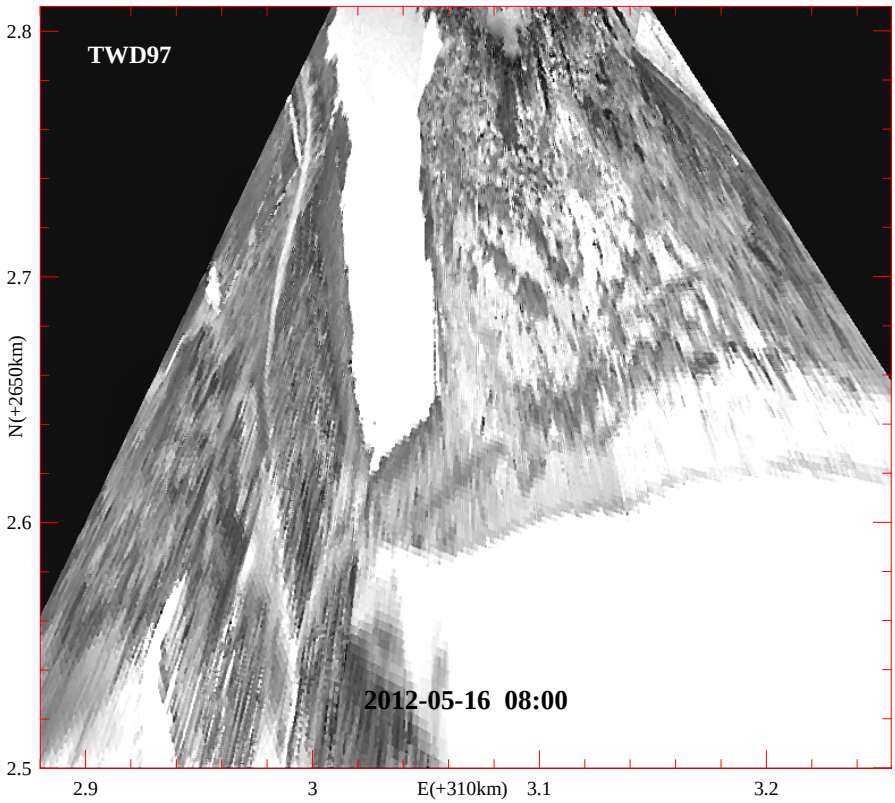
附圖 8I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/03/29 18:00)



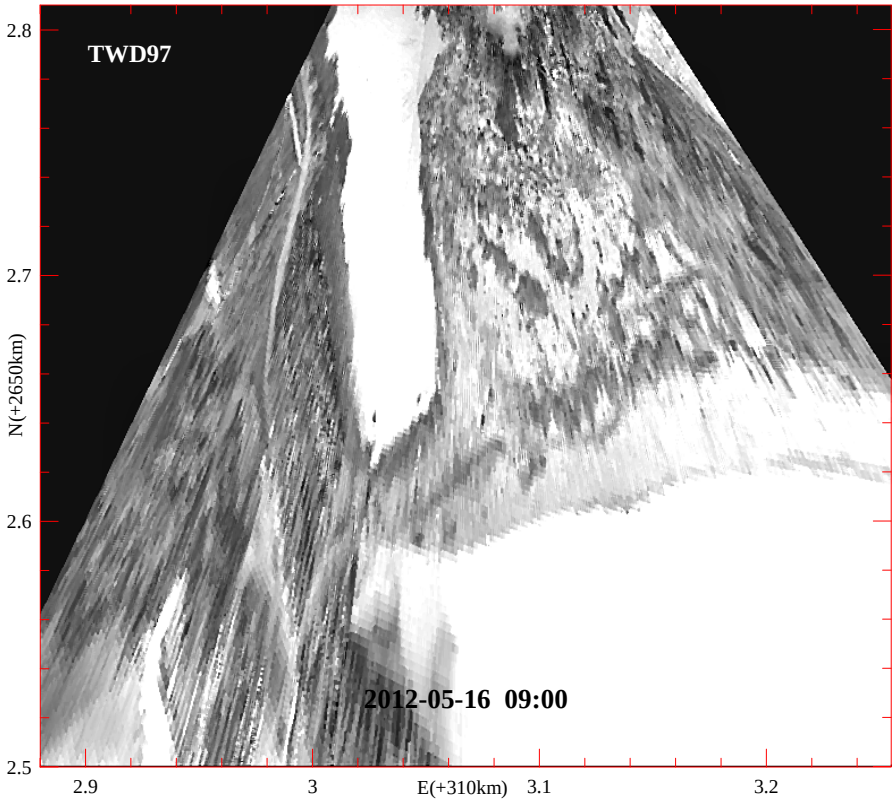
附圖 9A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 06:00)



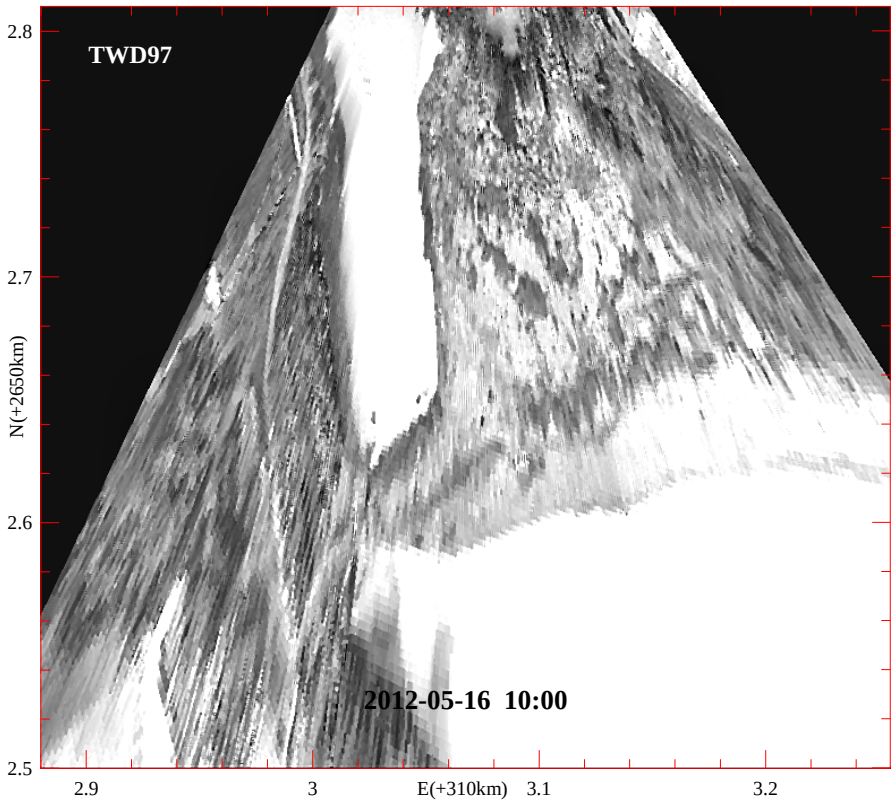
附圖 9B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 07:00)



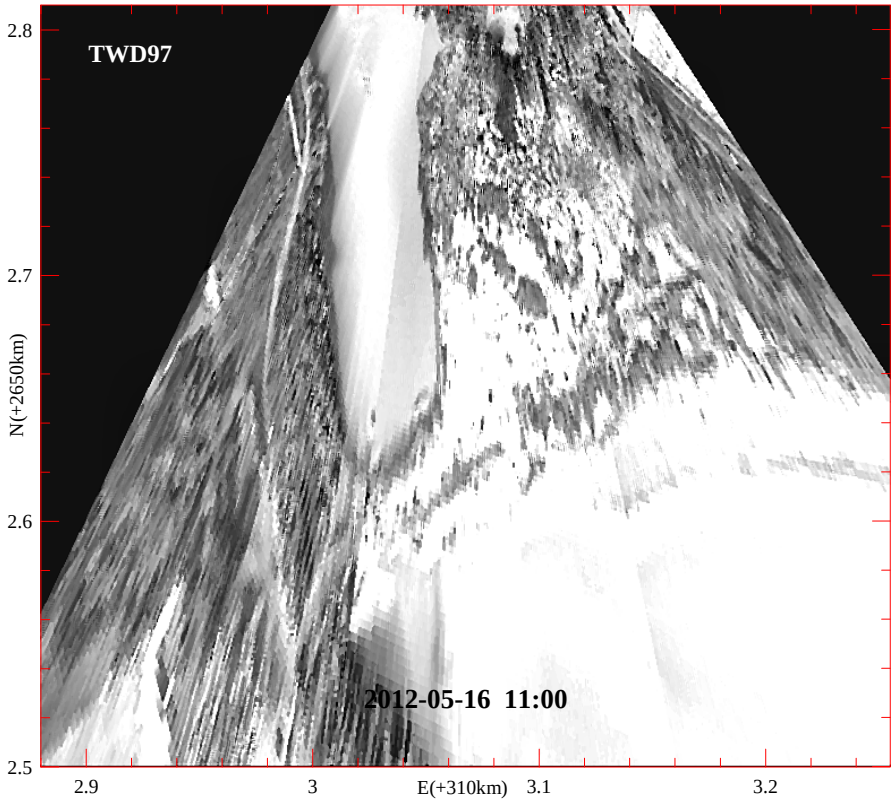
附圖 9C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 08:00)



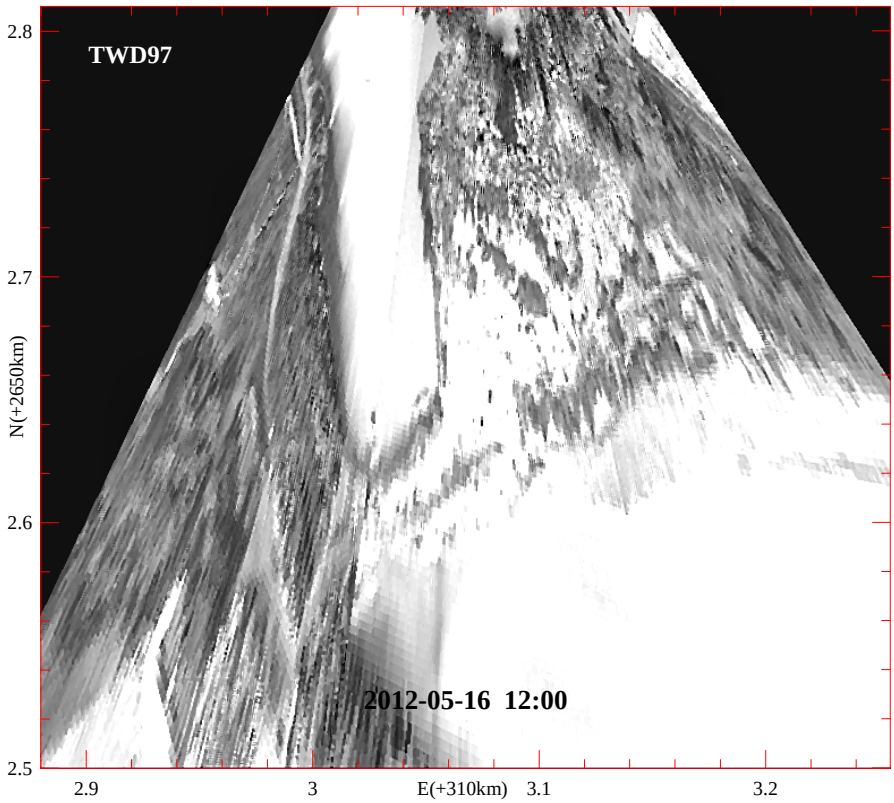
附圖 9D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 09:00)



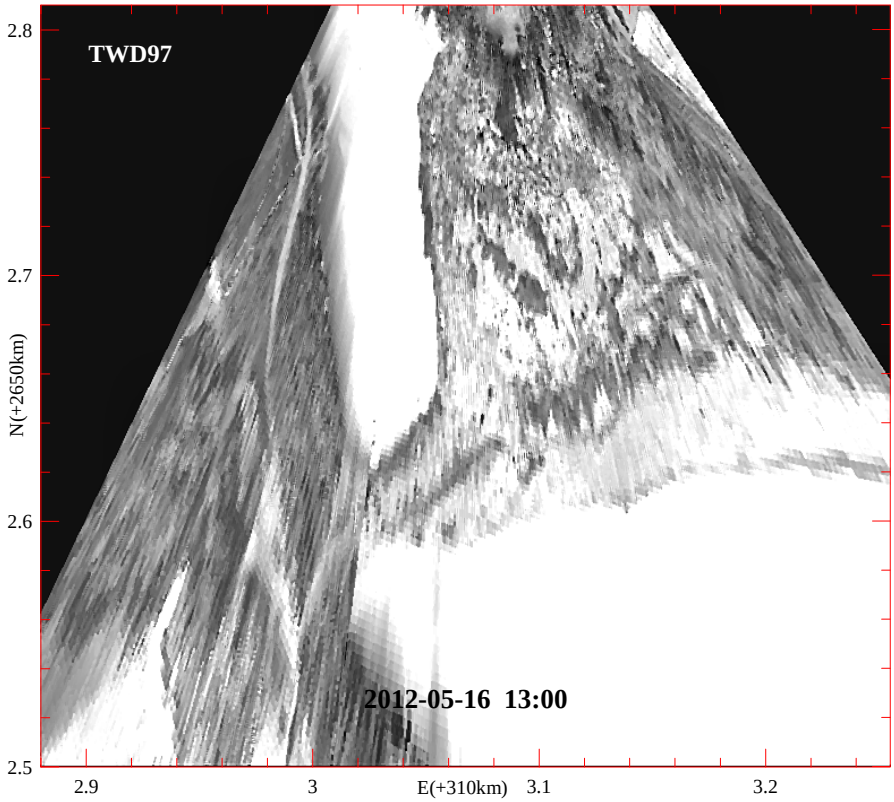
附圖 9E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 10:00)



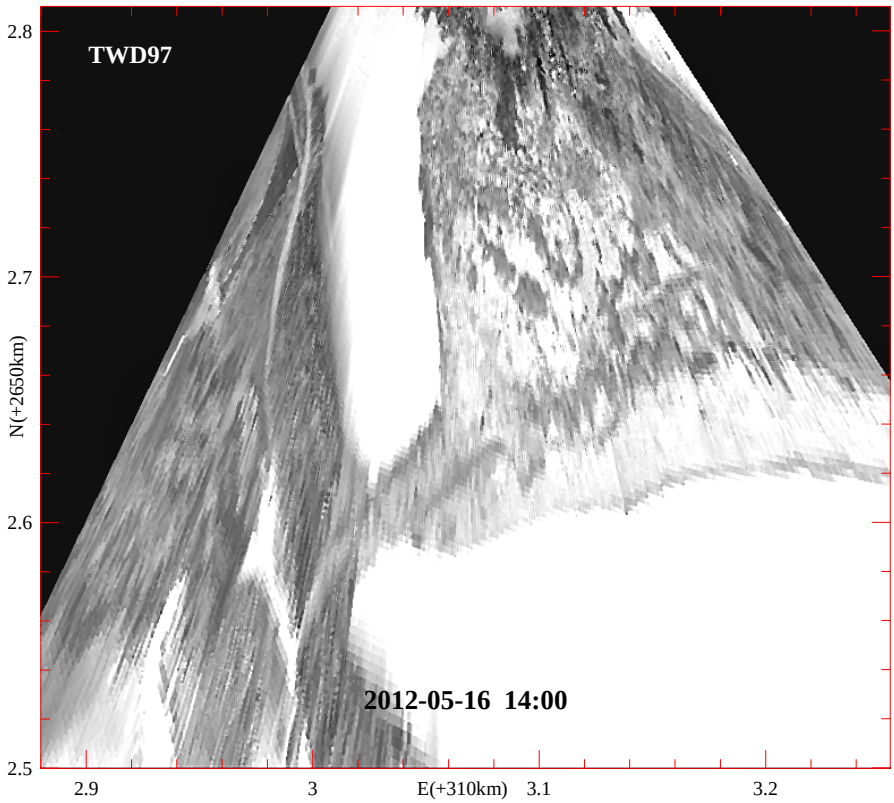
附圖 9F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 11:00)



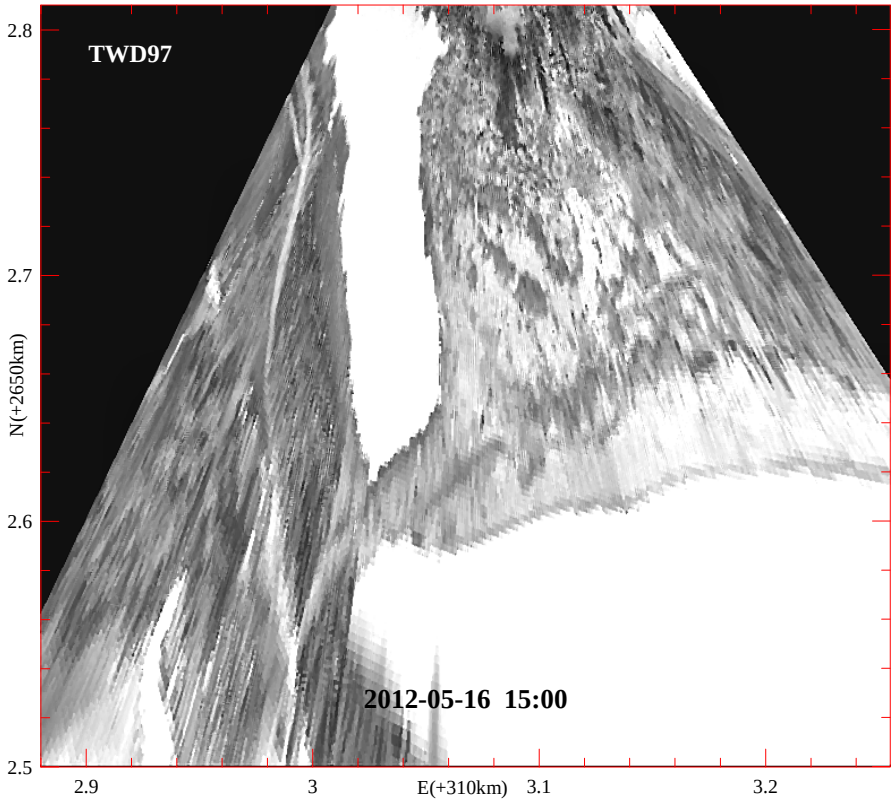
附圖 9G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 12:00)



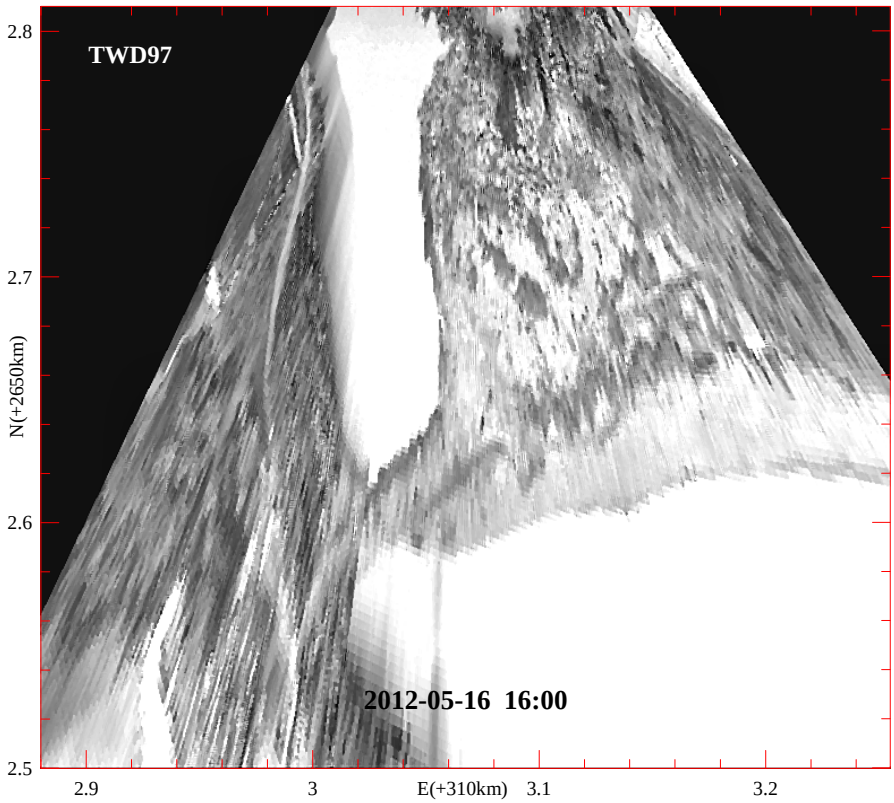
附圖 9H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 13:00)



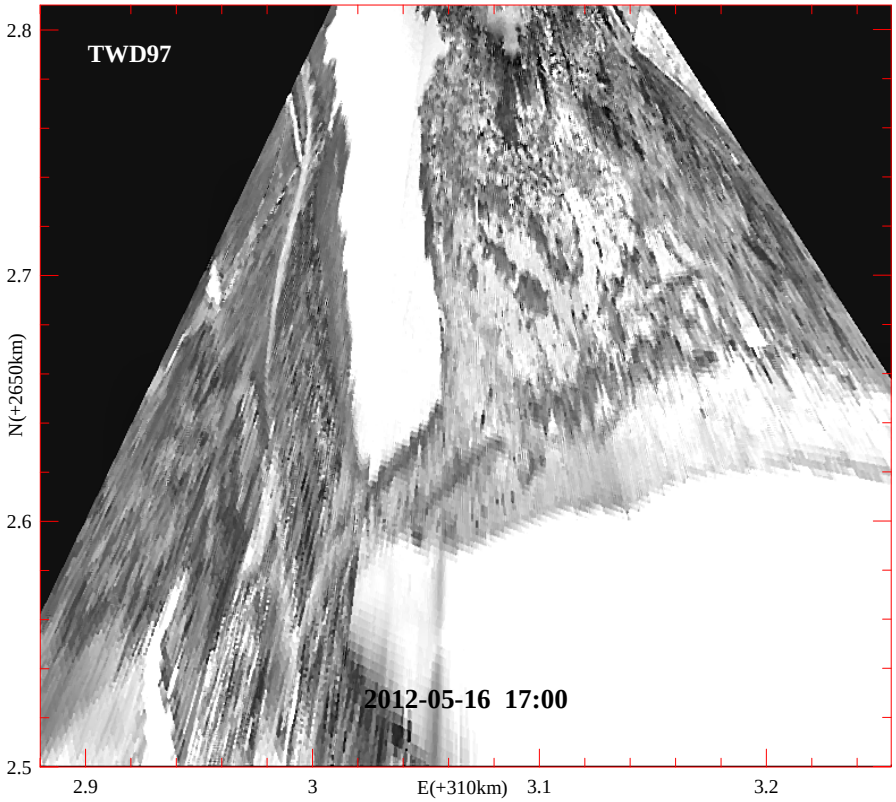
附圖 9I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 14:00)



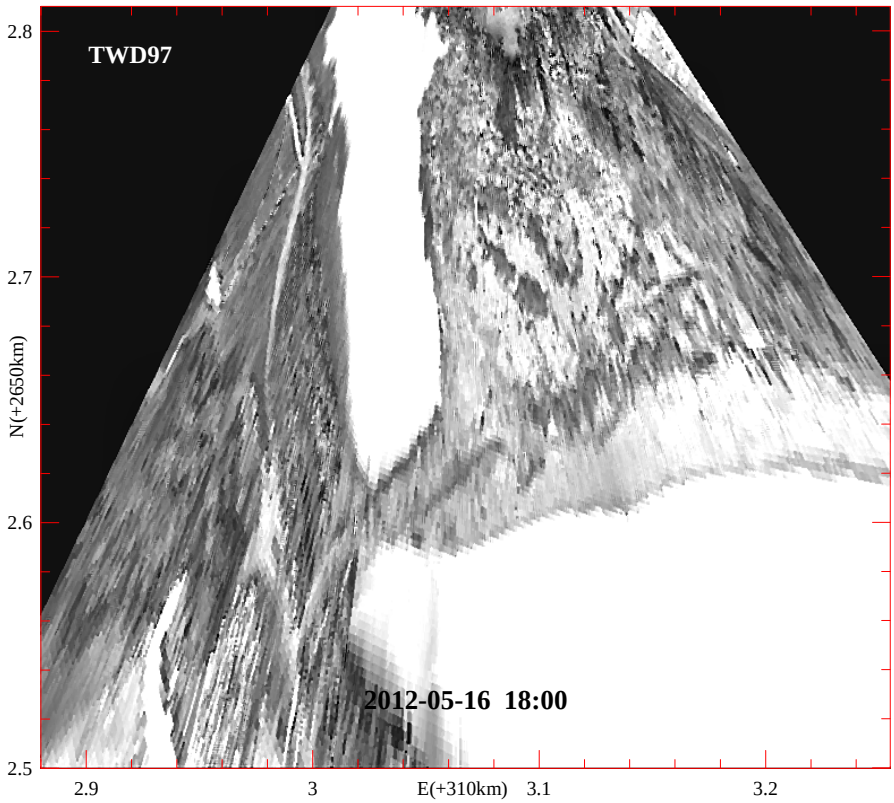
附圖 9J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 15:00)



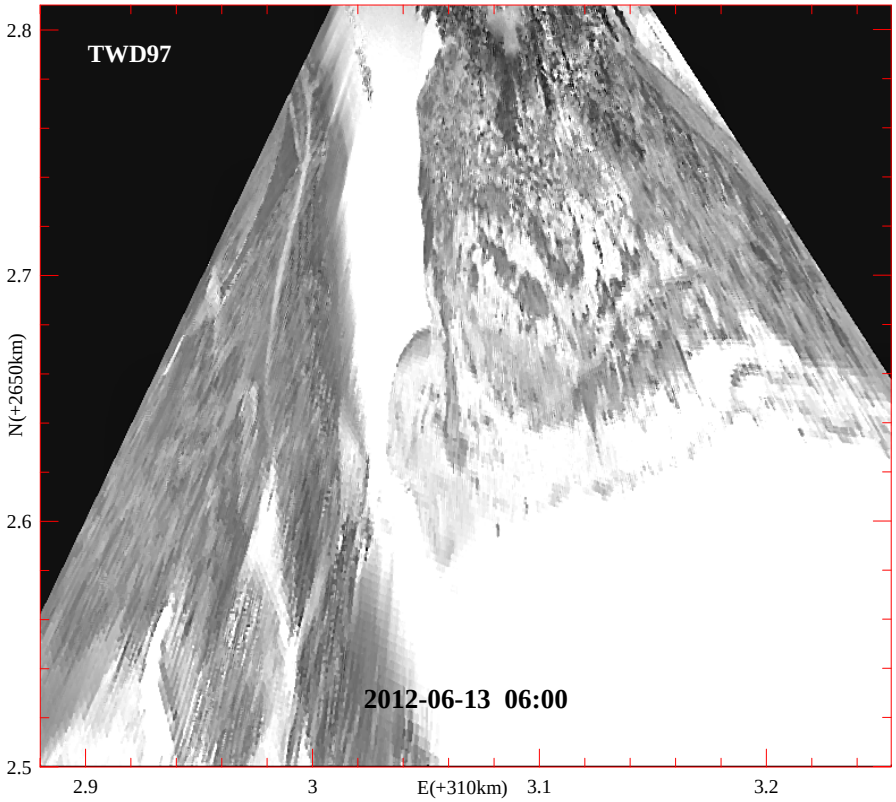
附圖 9K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 16:00)



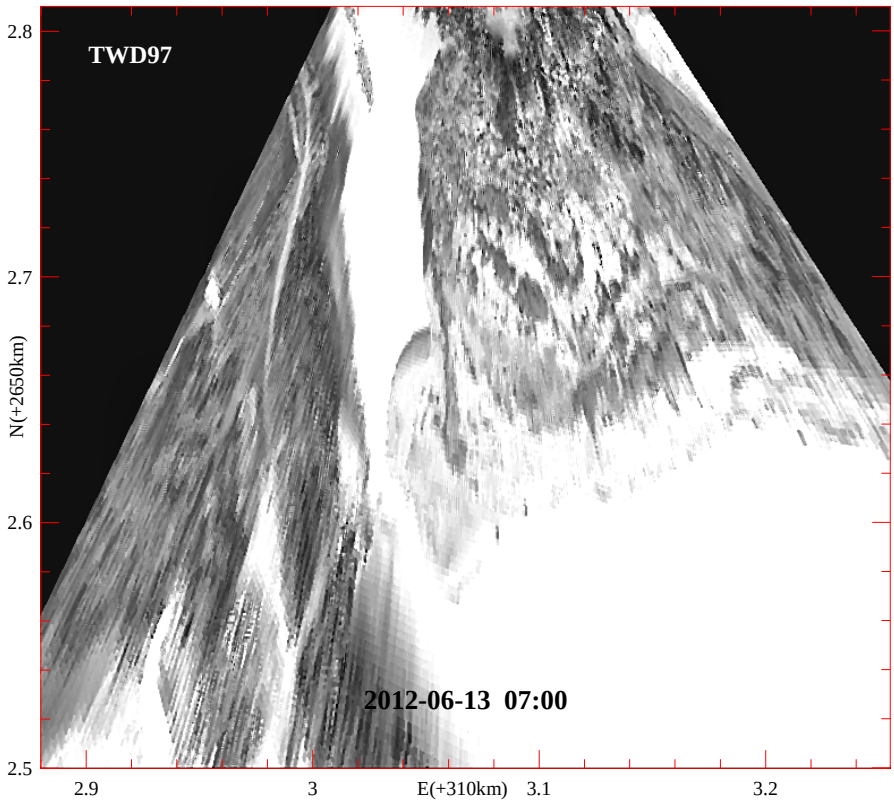
附圖 9L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 17:00)



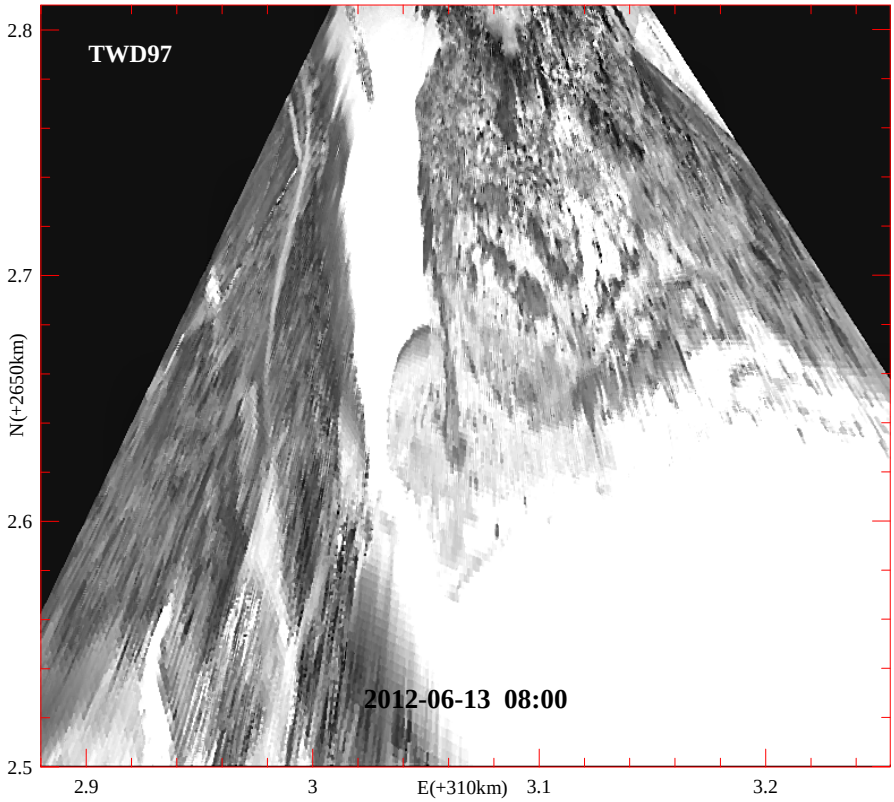
附圖 9M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/05/16 18:00)



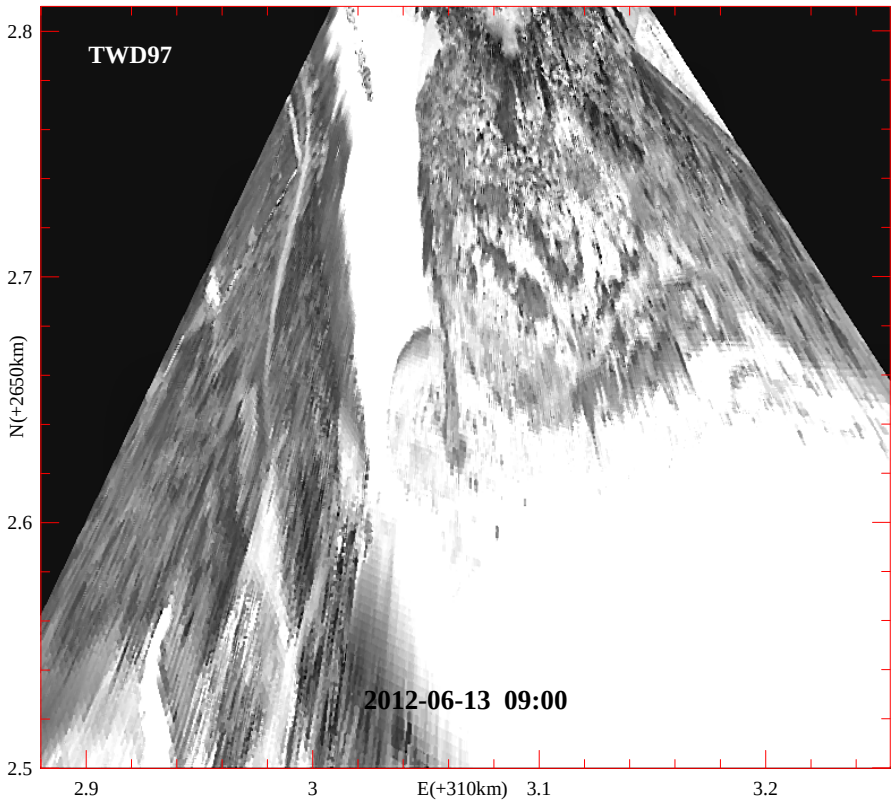
附圖 10A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 06:00)



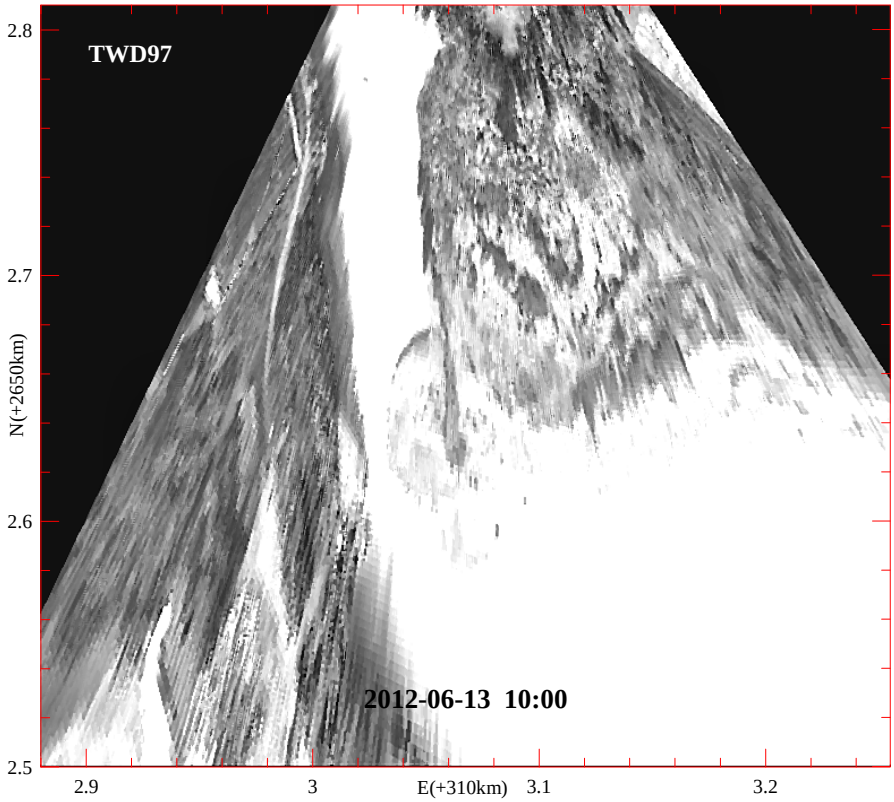
附圖 10B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 07:00)



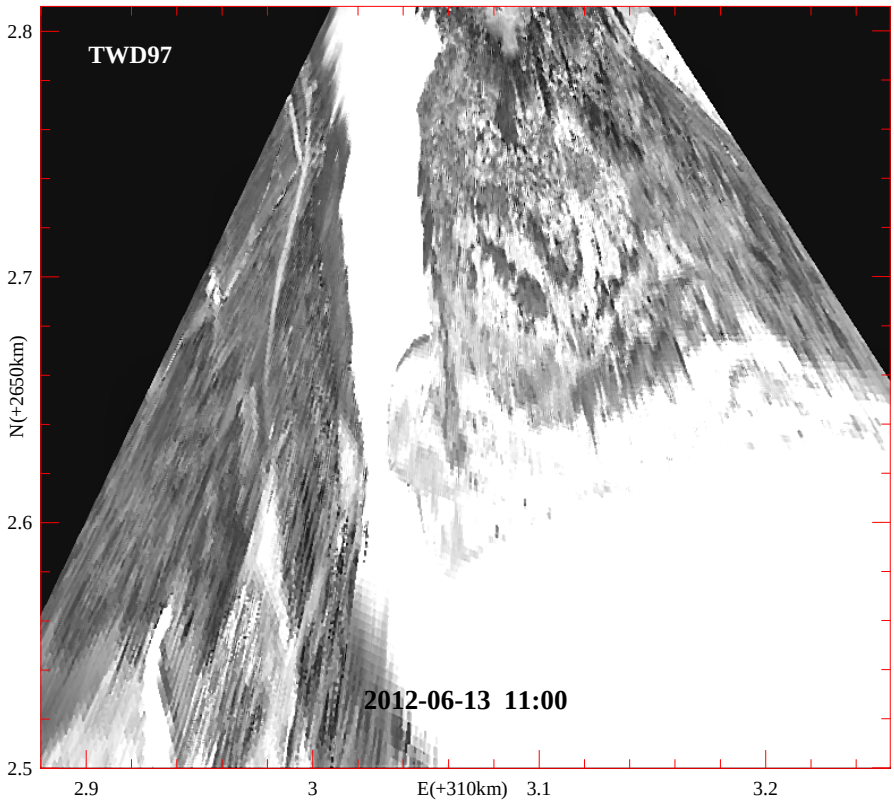
附圖 10C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 08:00)



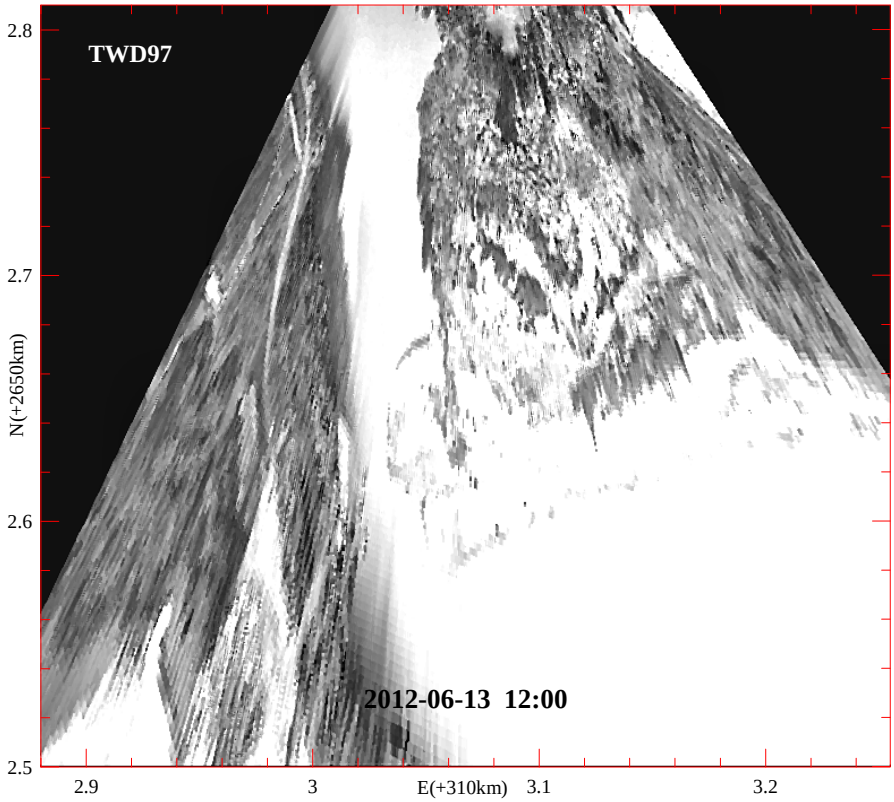
附圖 10D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 09:00)



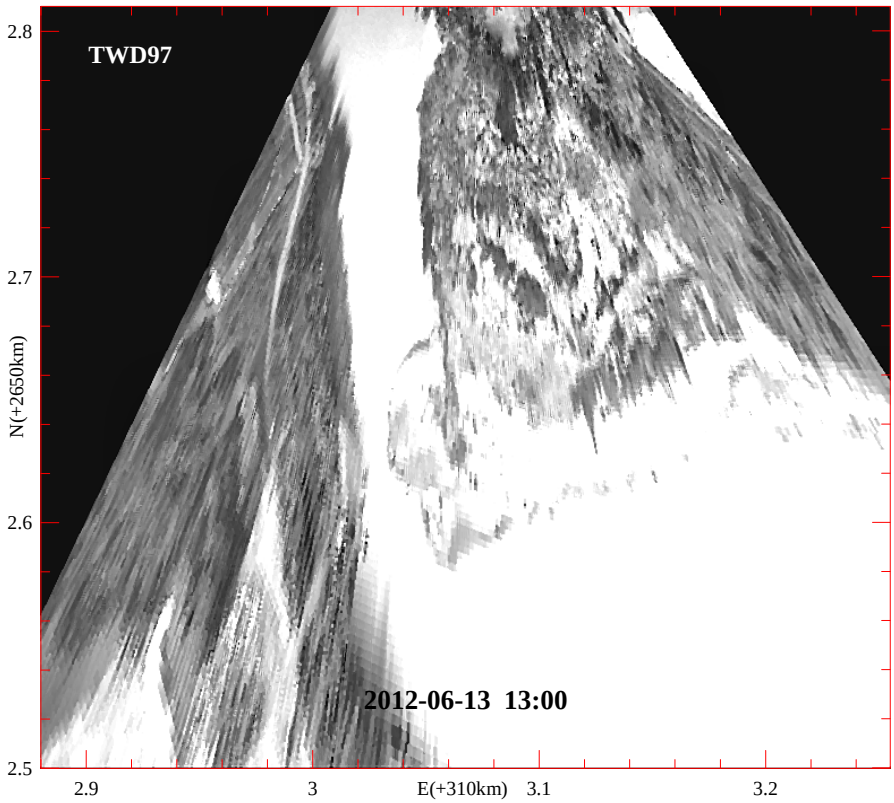
附圖 10E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 10:00)



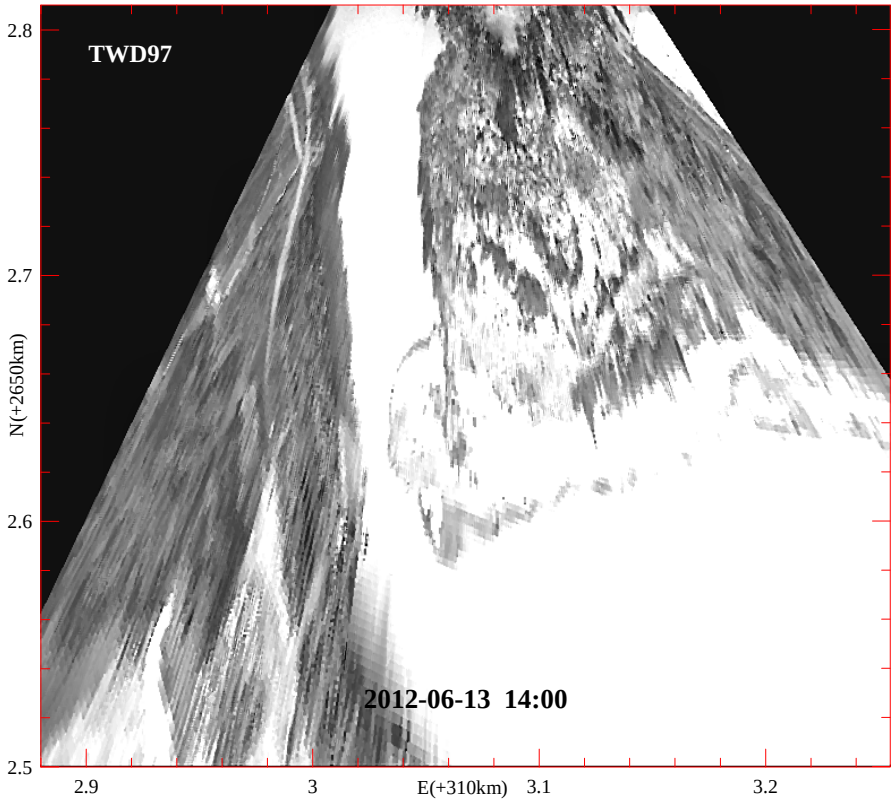
附圖 10F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 11:00)



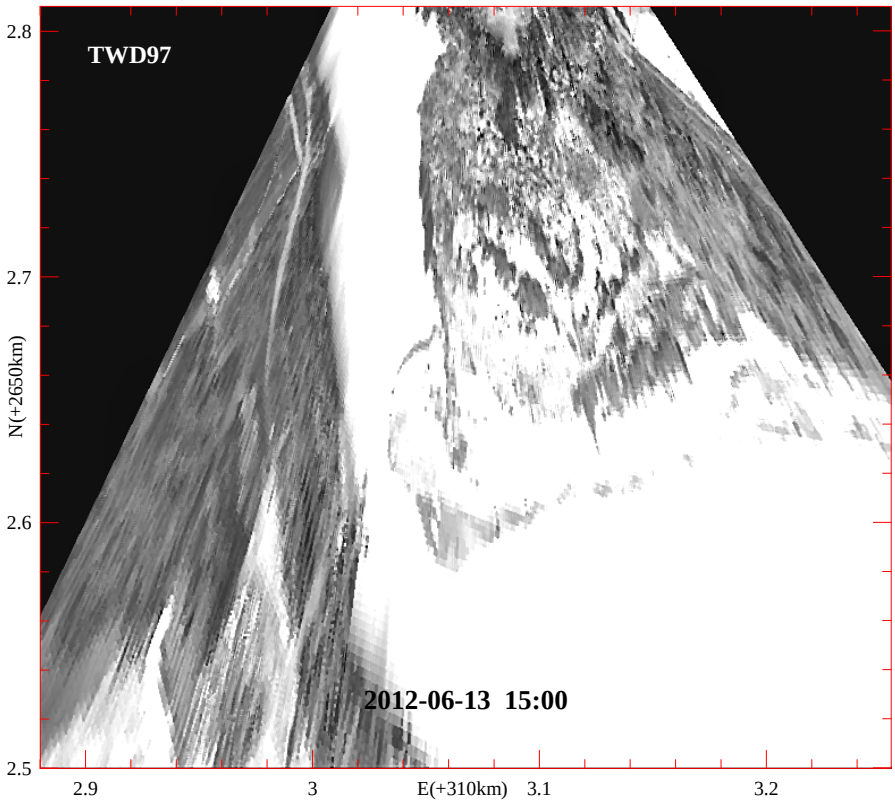
附圖 10G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 12:00)



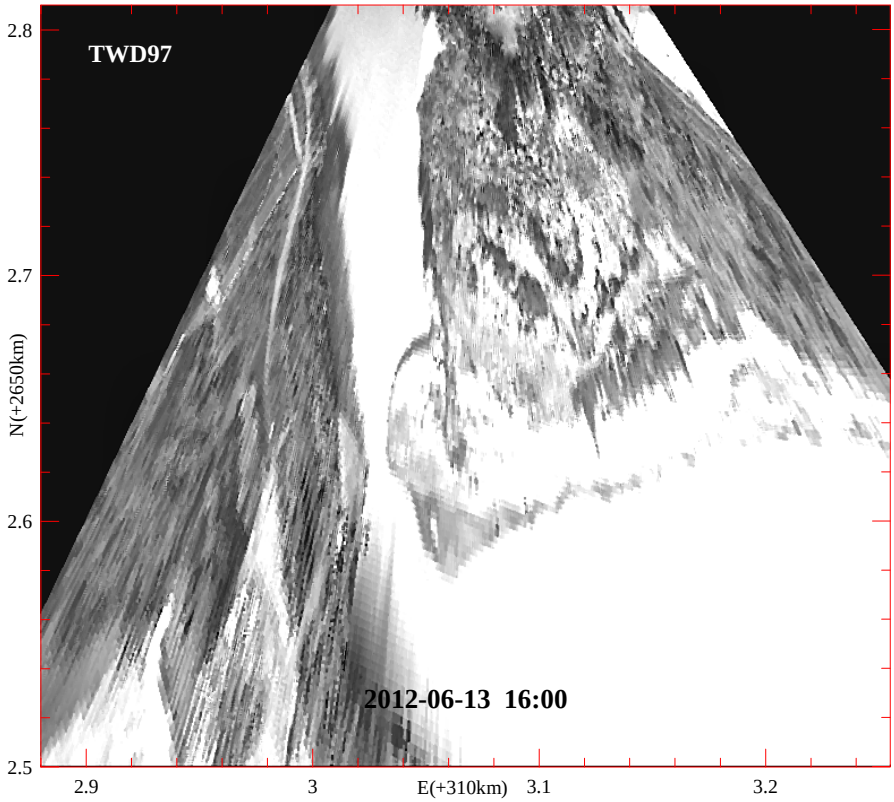
附圖 10H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 13:00)



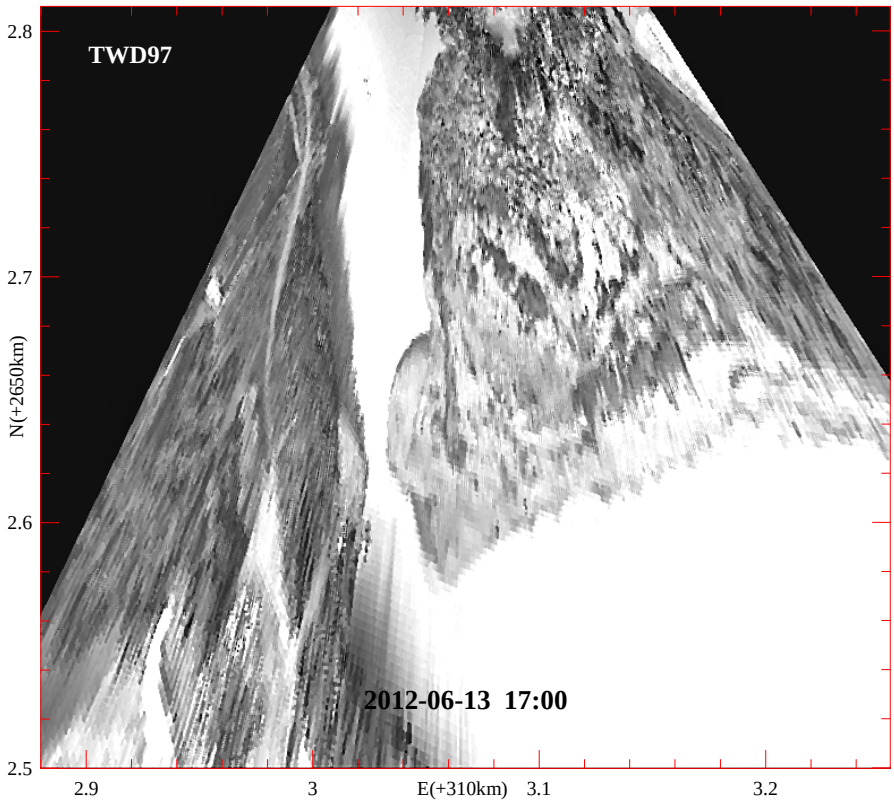
附圖 10I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 14:00)



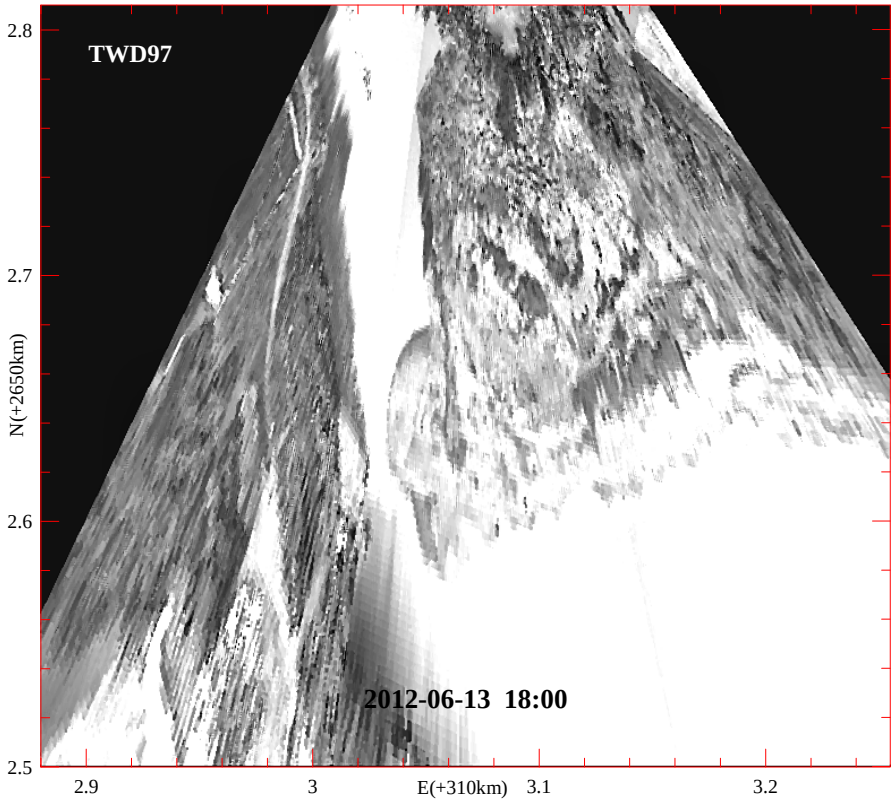
附圖 10J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 15:00)



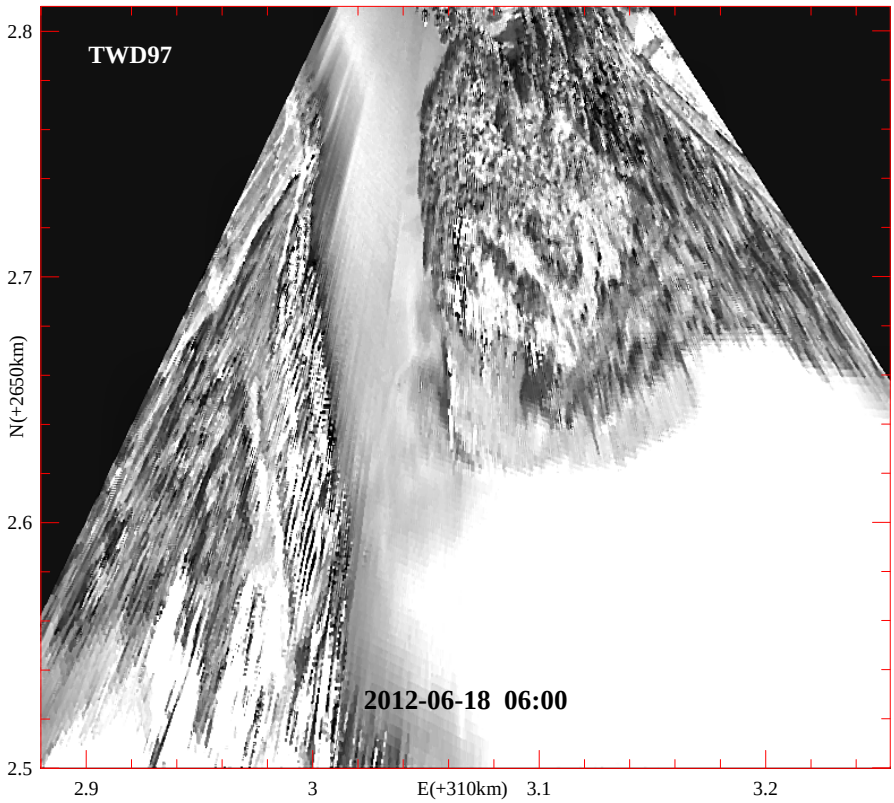
附圖 10K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 16:00)



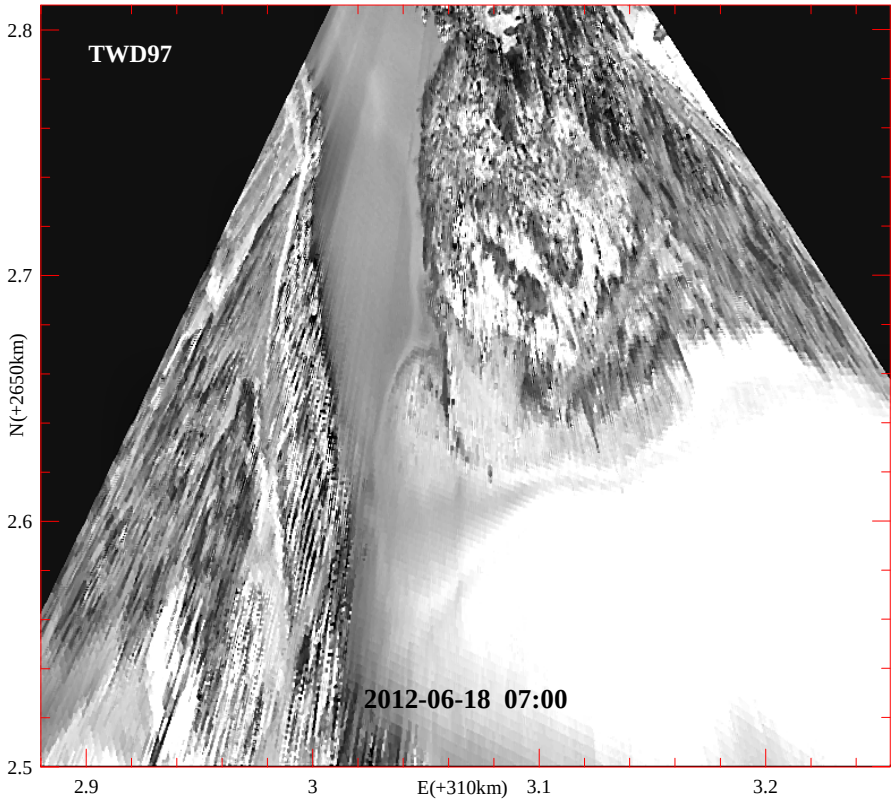
附圖 10L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 17:00)



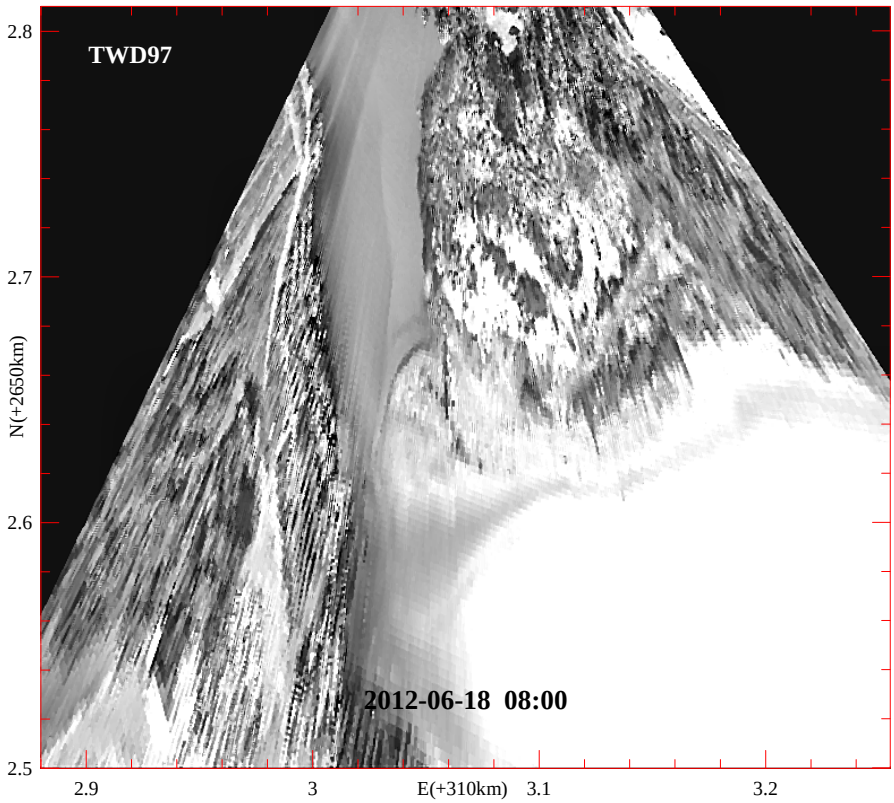
附圖 10M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/13 18:00)



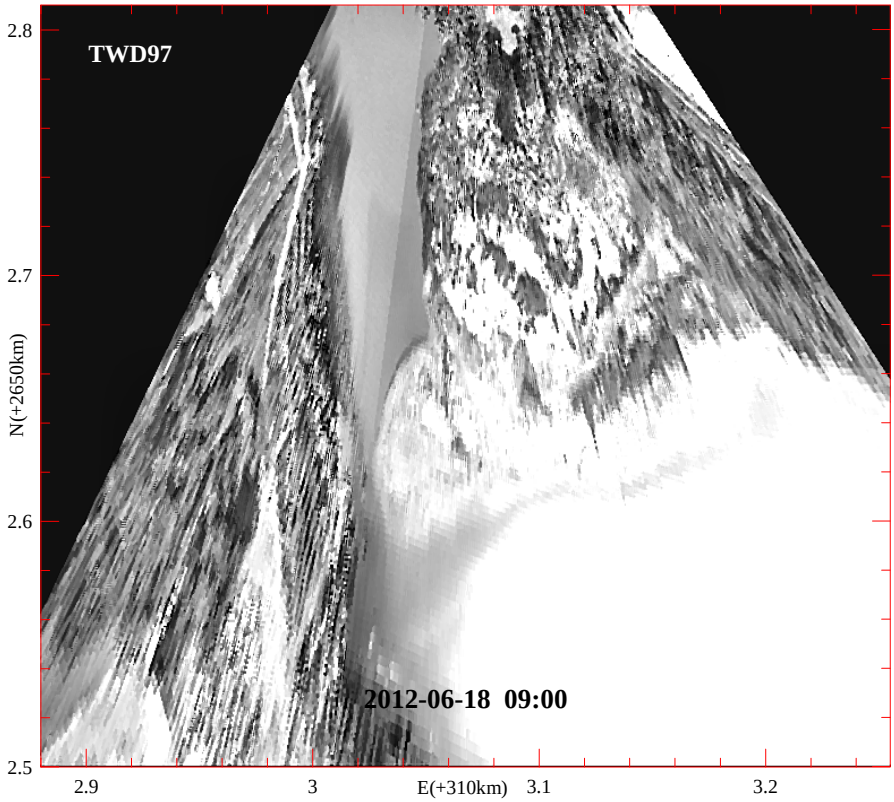
附圖 11A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 06:00)



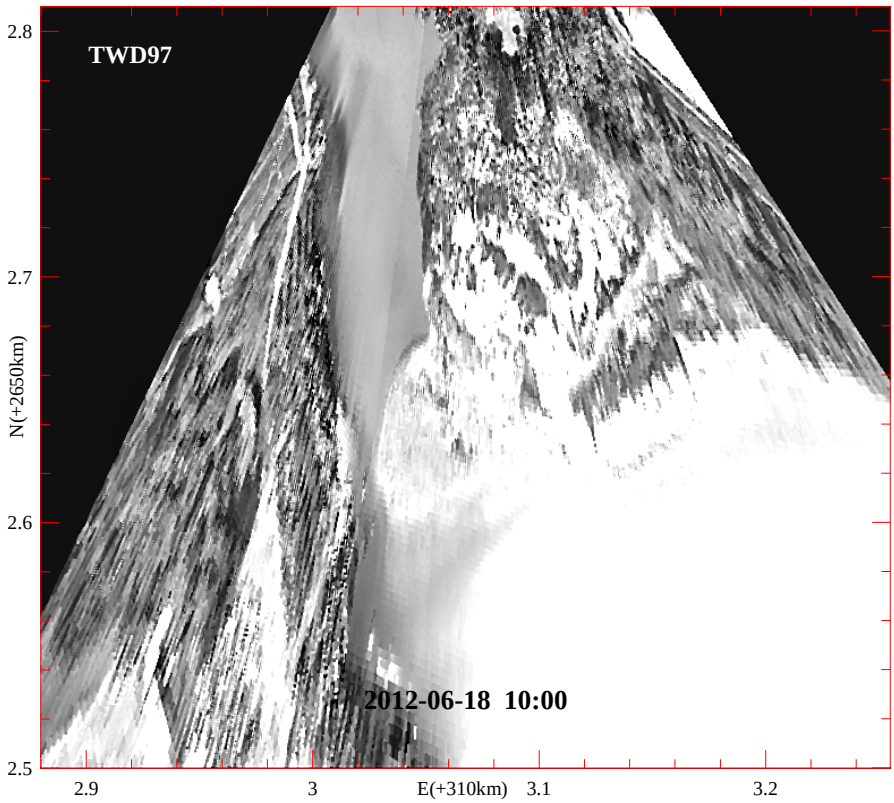
附圖 11B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 07:00)



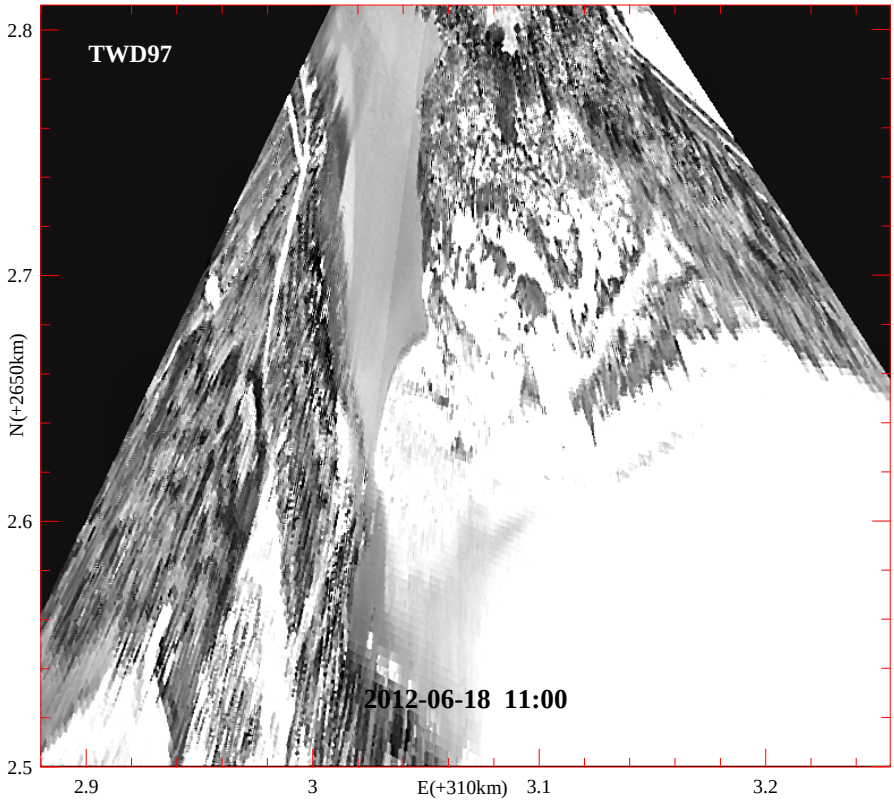
附圖 11C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 08:00)



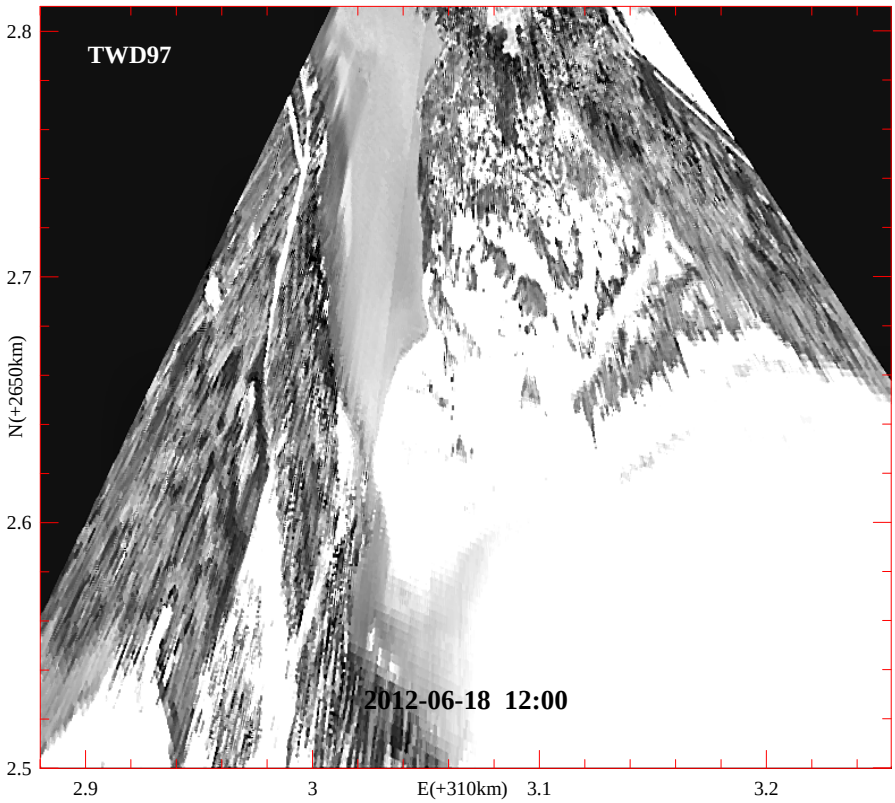
附圖 11D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 09:00)



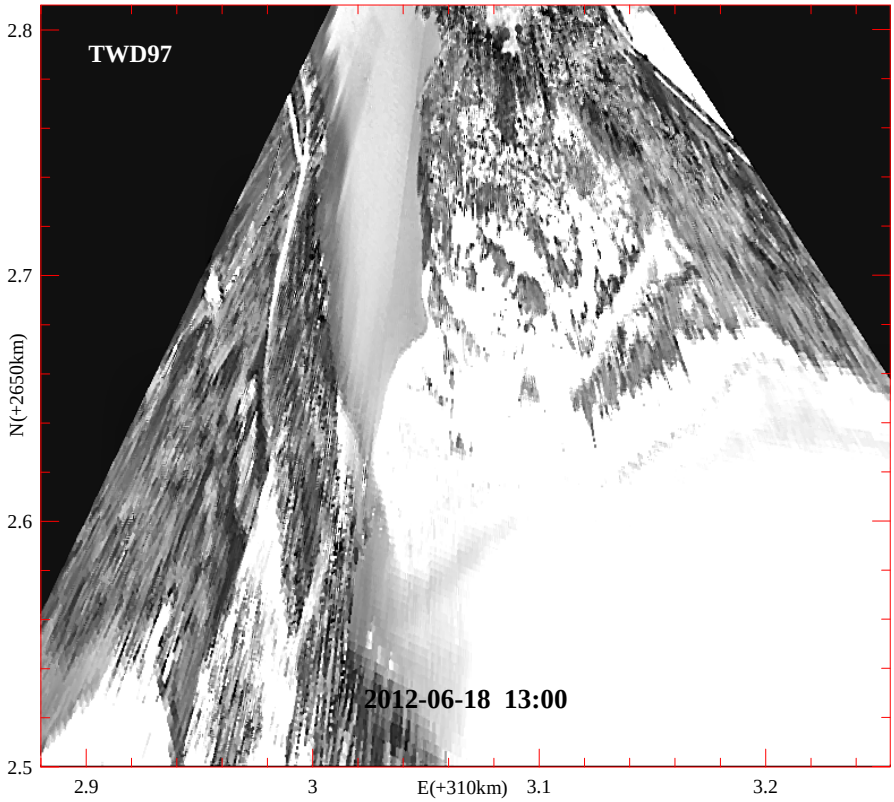
附圖 11E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 10:00)



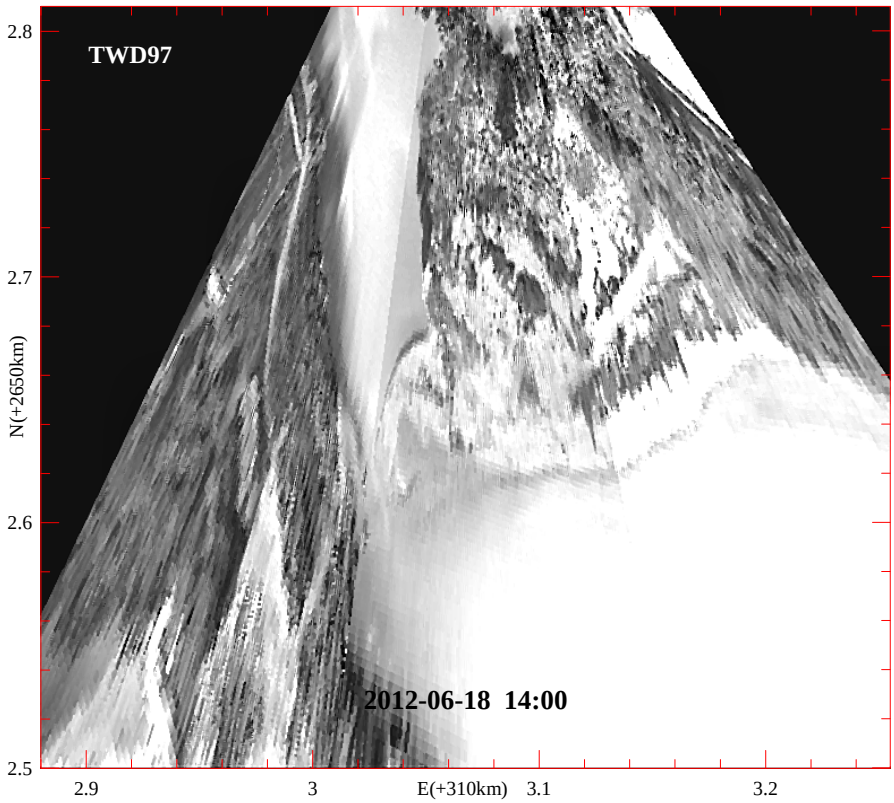
附圖 11F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 11:00)



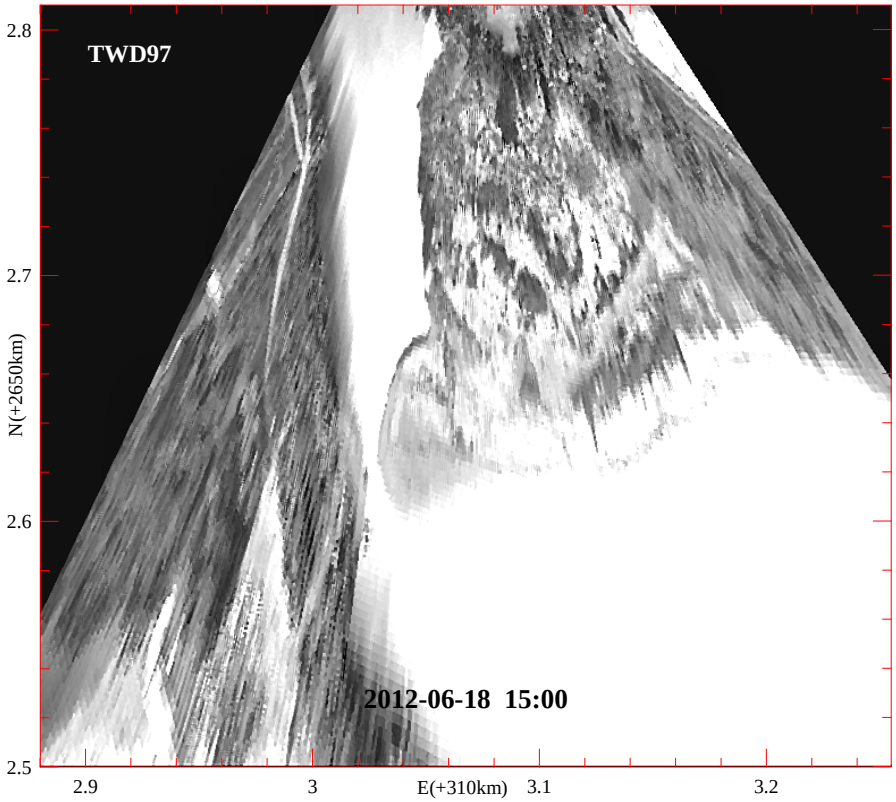
附圖 11G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 12:00)



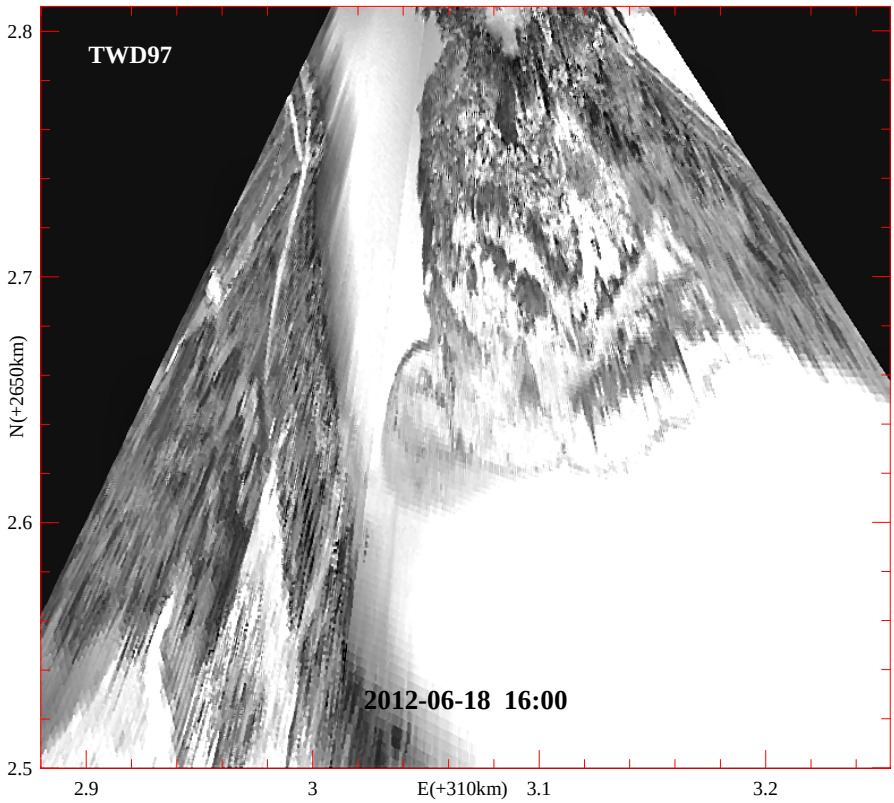
附圖 11H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 13:00)



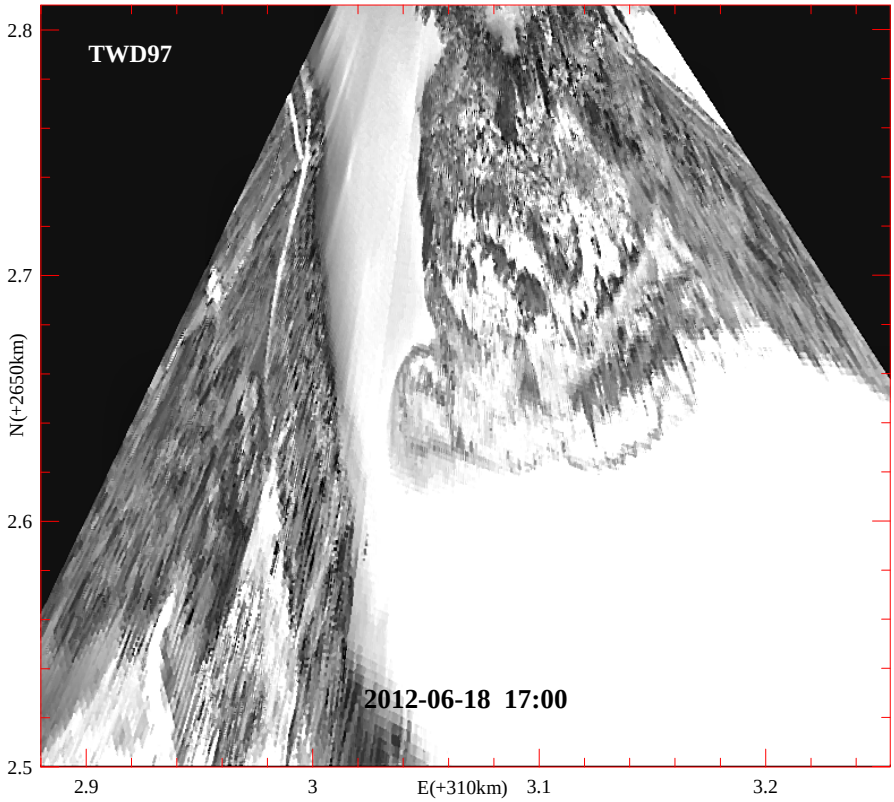
附圖 11I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 14:00)



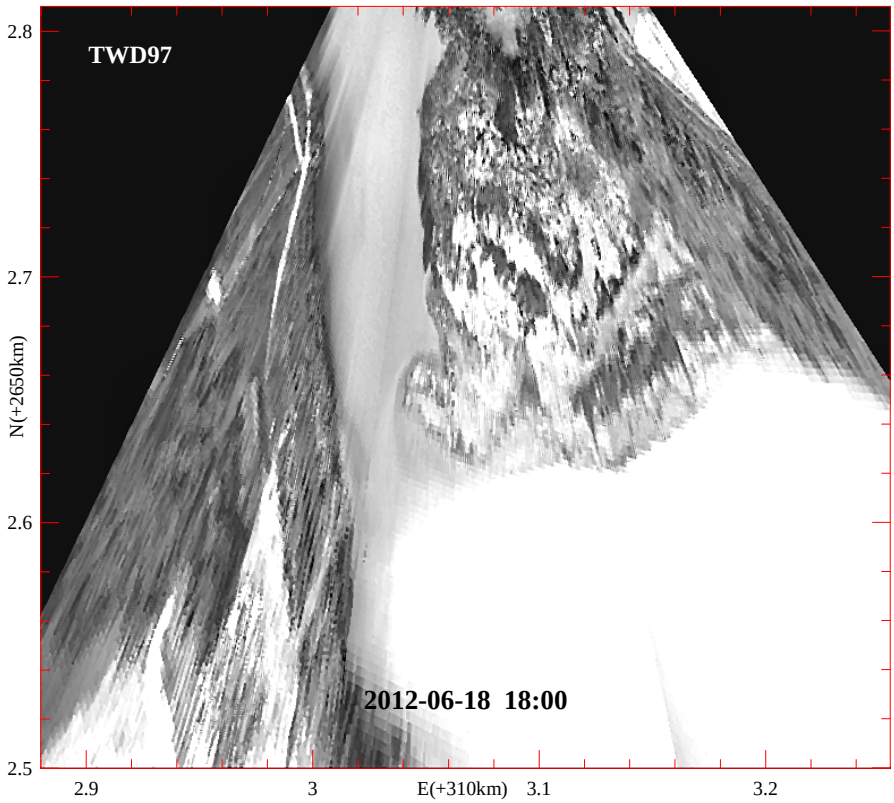
附圖 11J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 15:00)



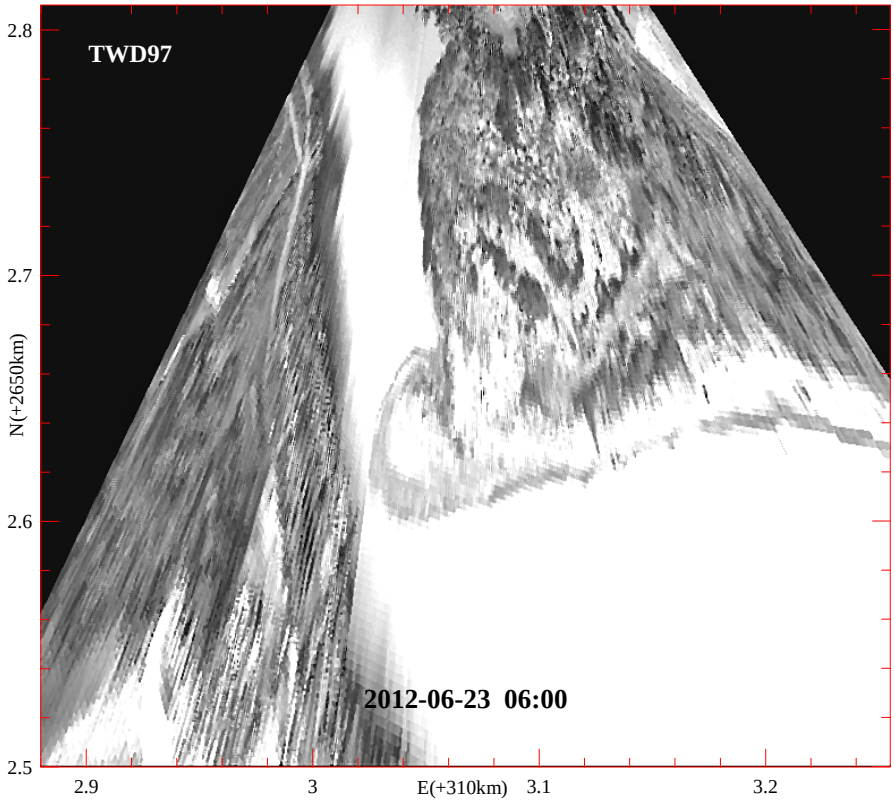
附圖 11K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 16:00)



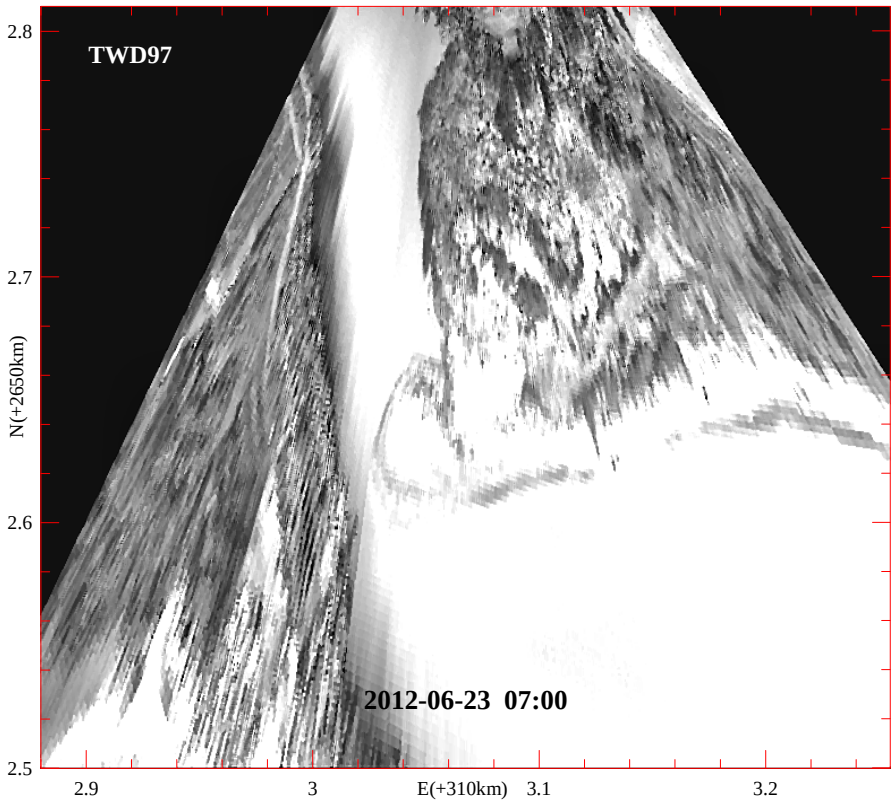
附圖 11L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 17:00)



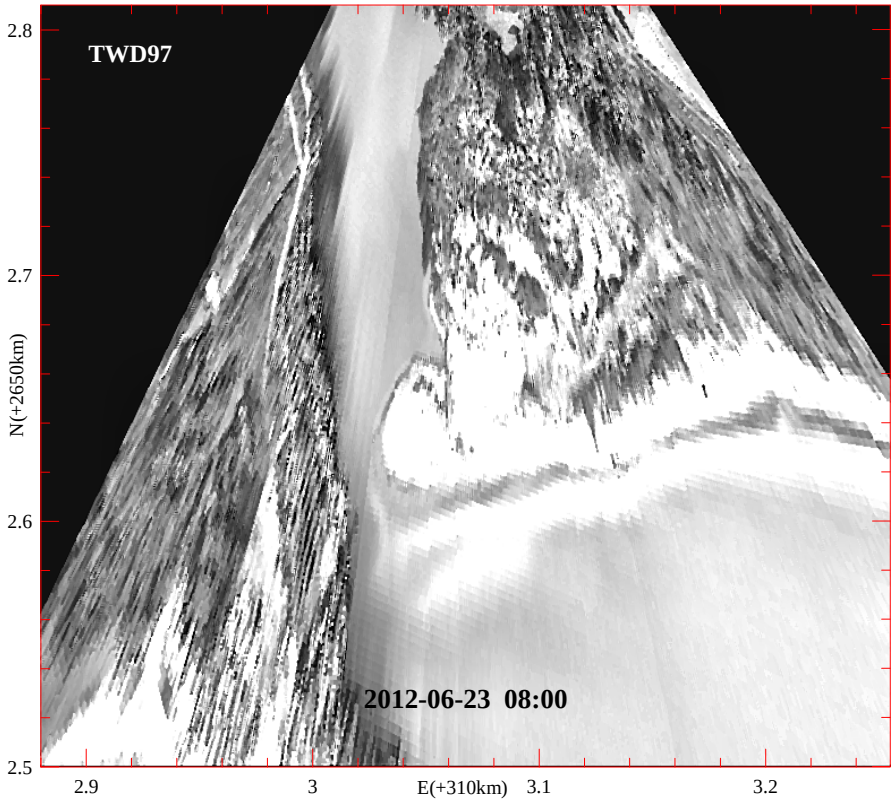
附圖 11M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/18 18:00)



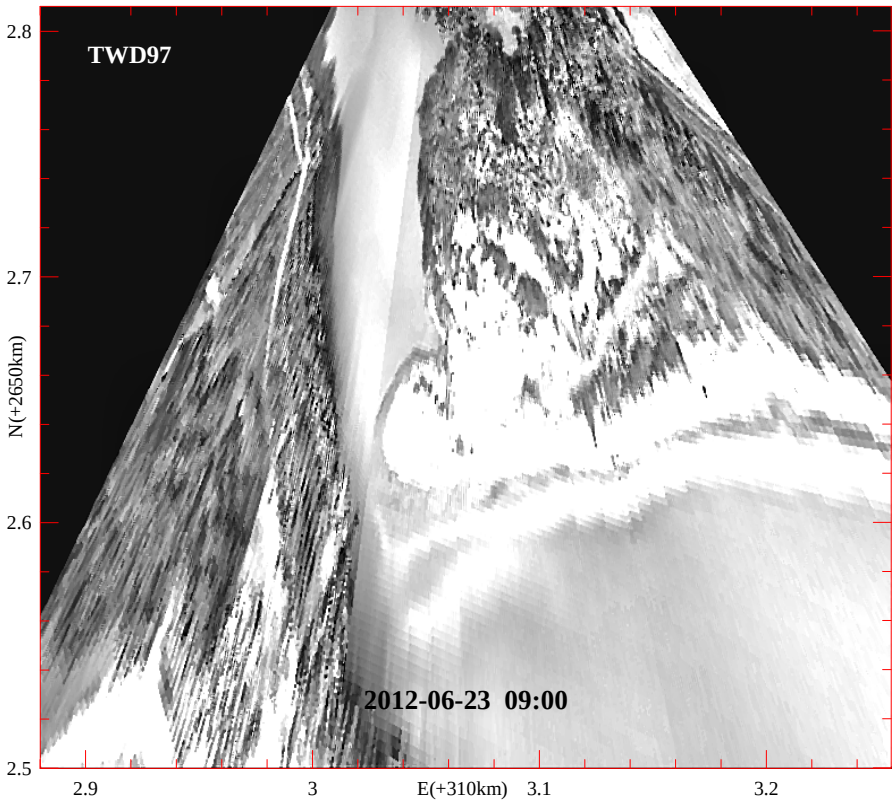
附圖 12A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 06:00)



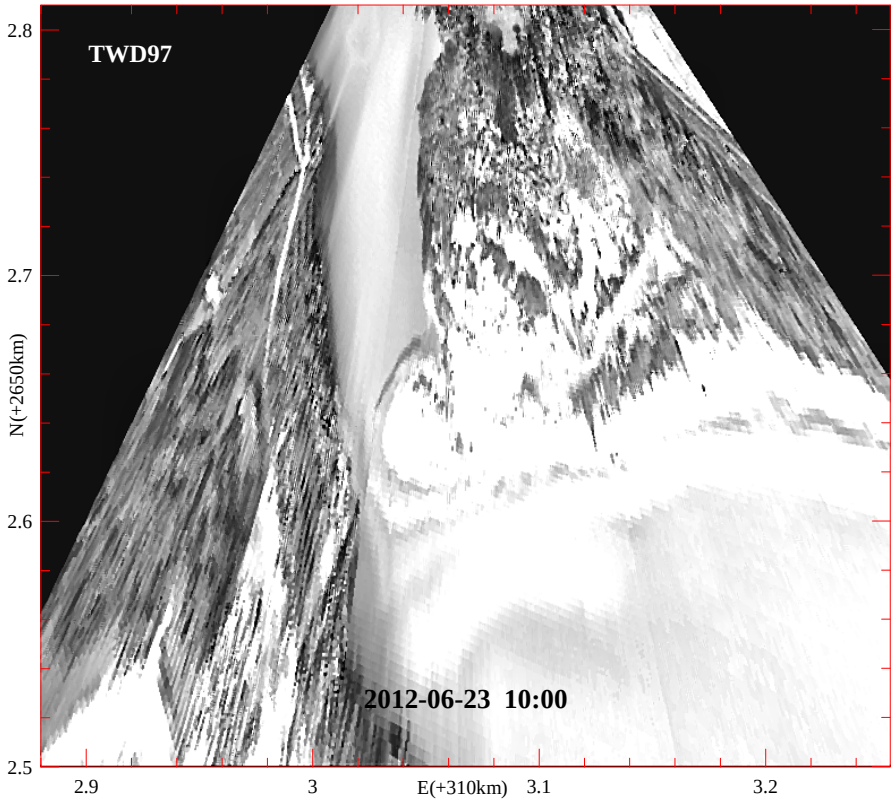
附圖 12B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 07:00)



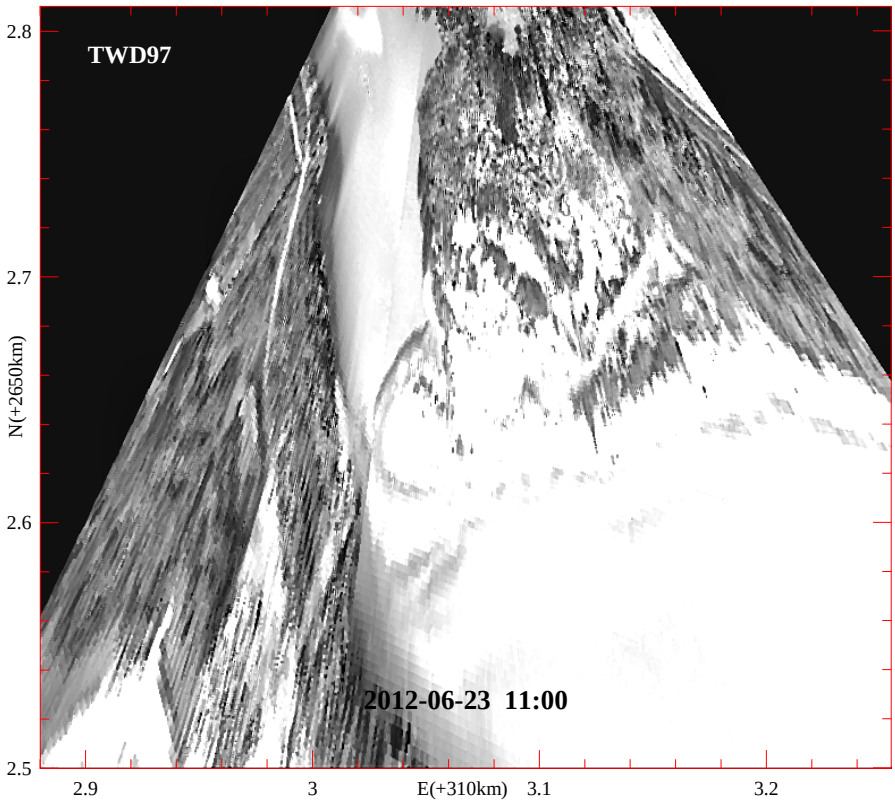
附圖 12C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 08:00)



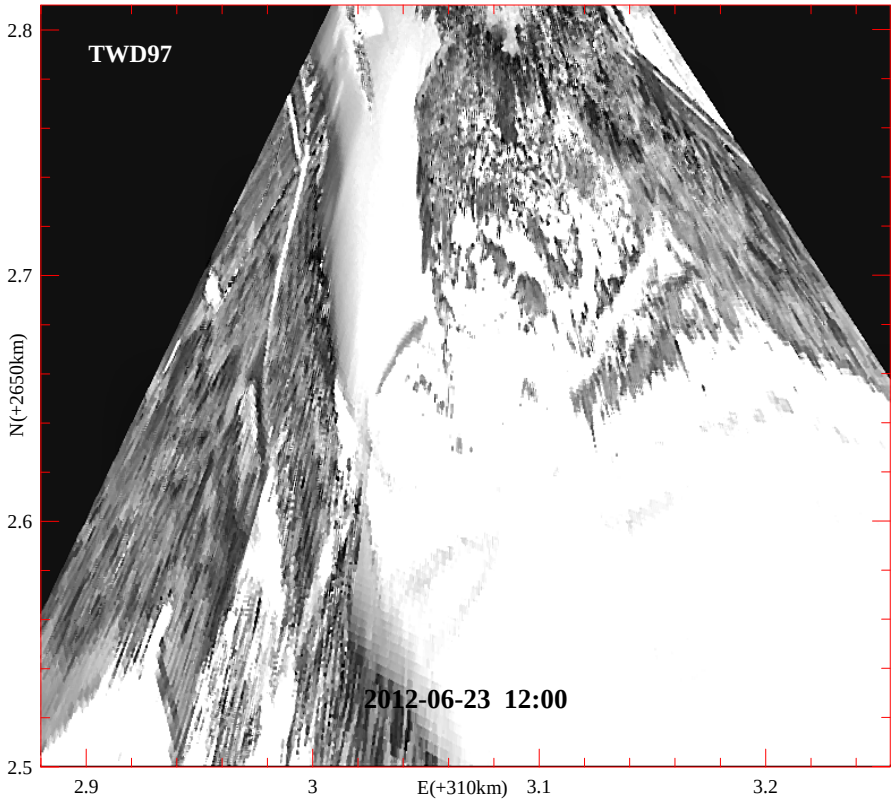
附圖 12D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 09:00)



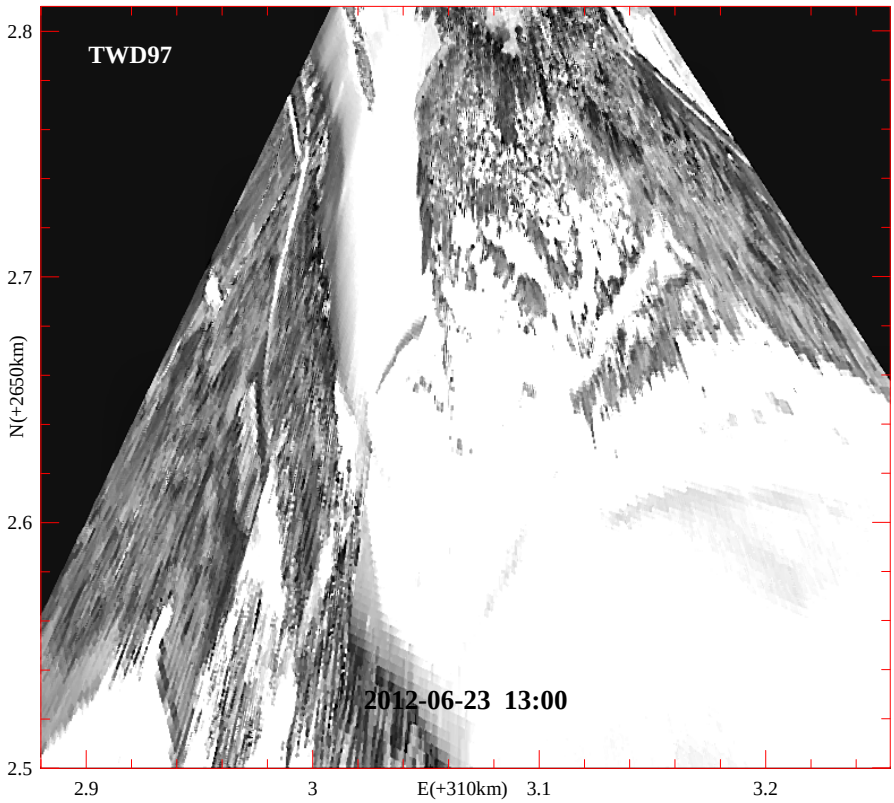
附圖 12E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 10:00)



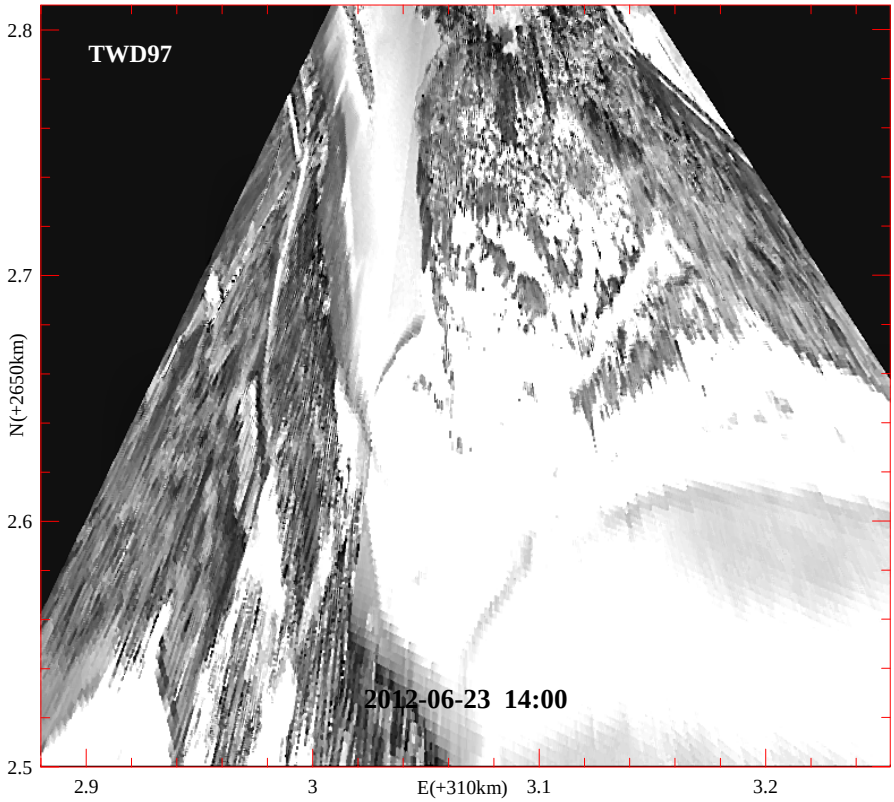
附圖 12F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 11:00)



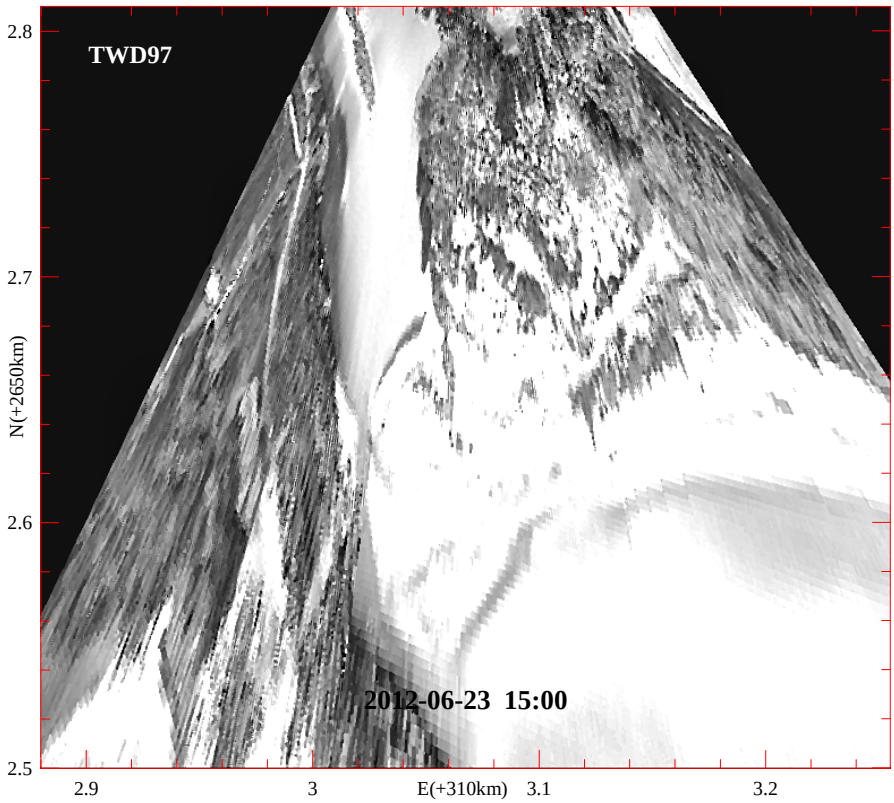
附圖 12G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 12:00)



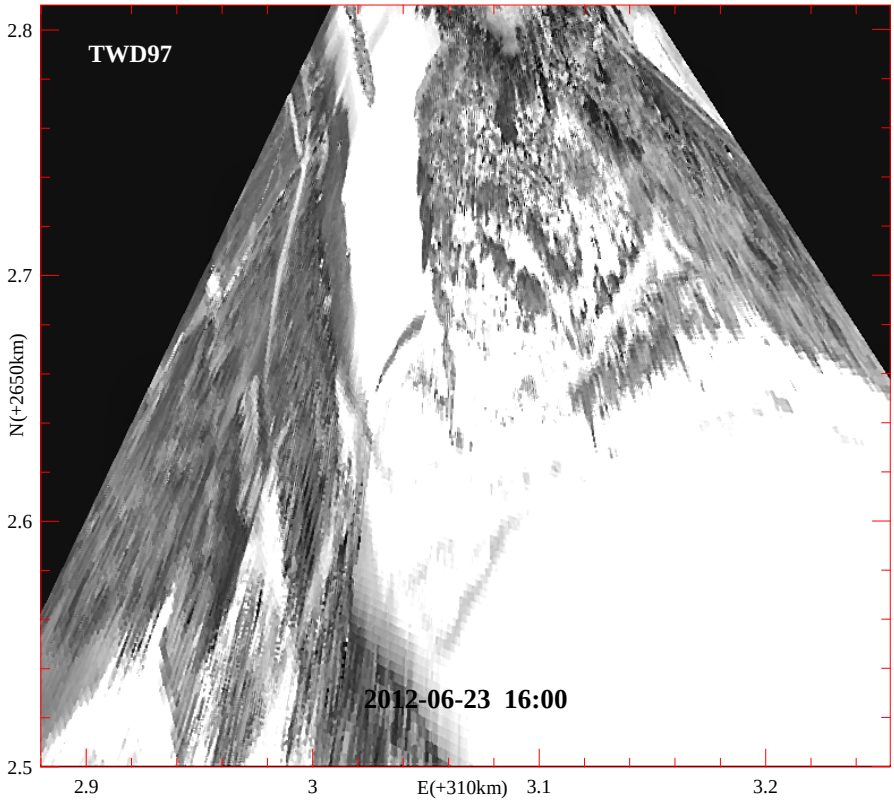
附圖 12H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 13:00)



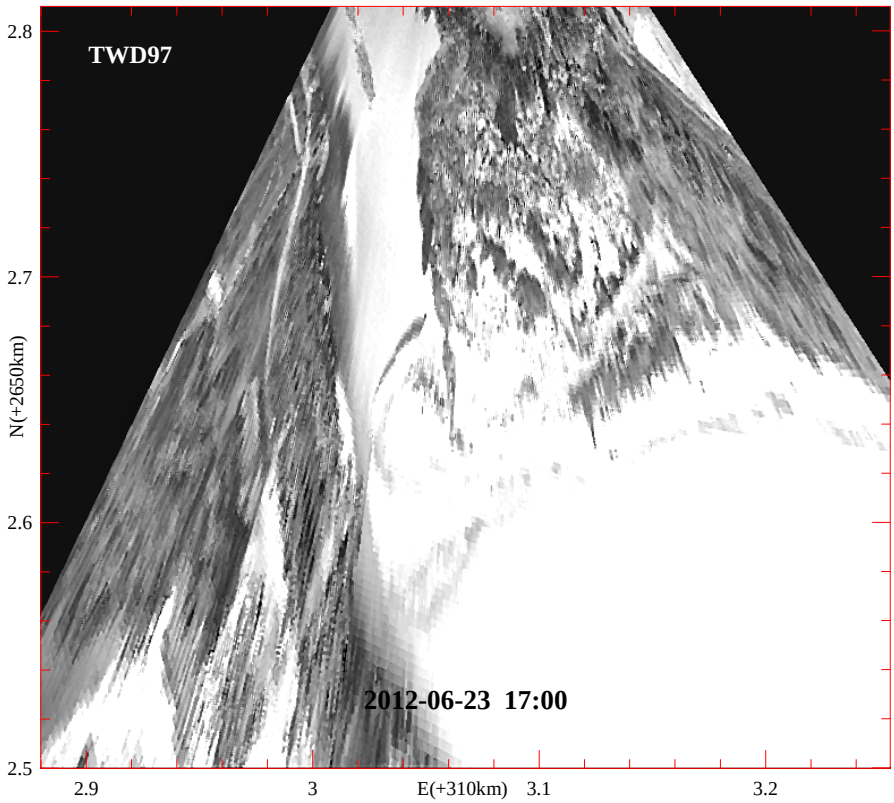
附圖 12I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 14:00)



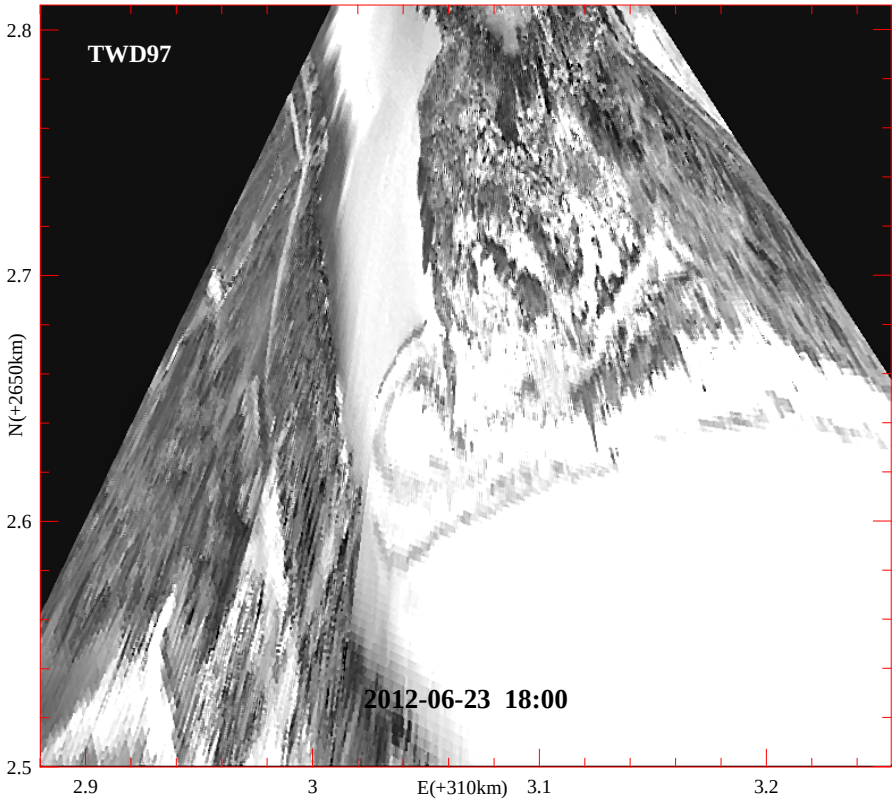
附圖 12J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 15:00)



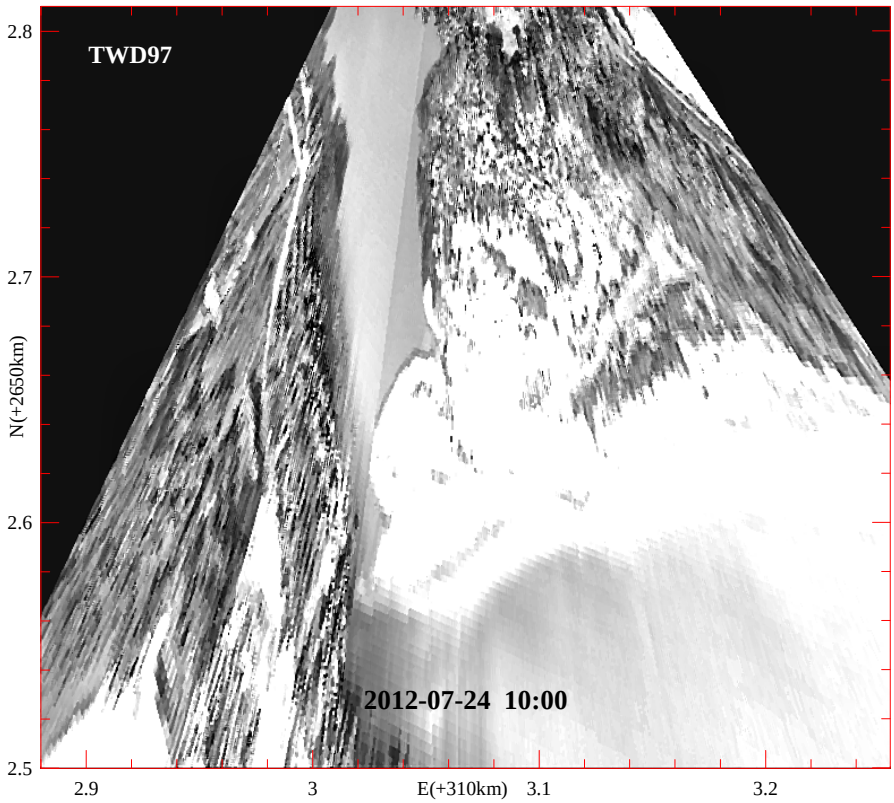
附圖 12K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 16:00)



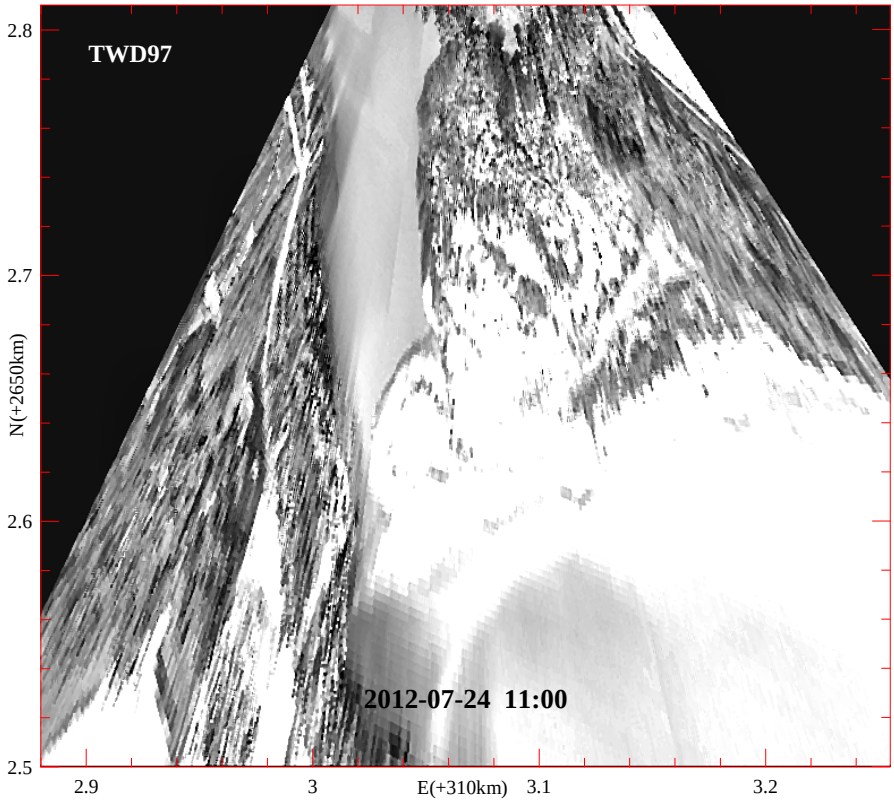
附圖 12L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 17:00)



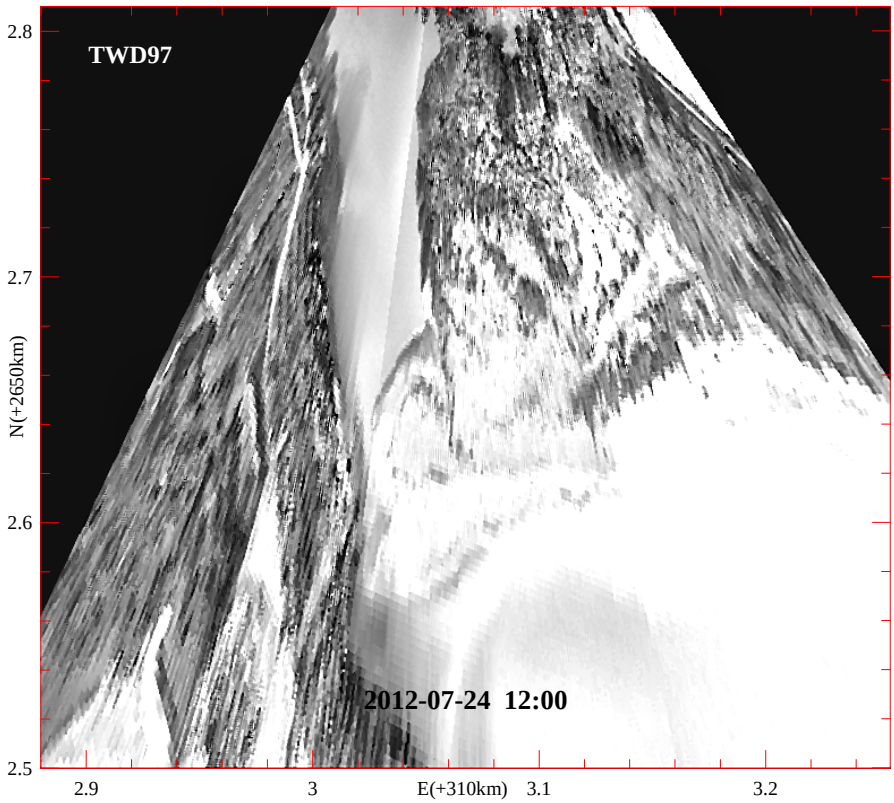
附圖 12M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/06/23 18:00)



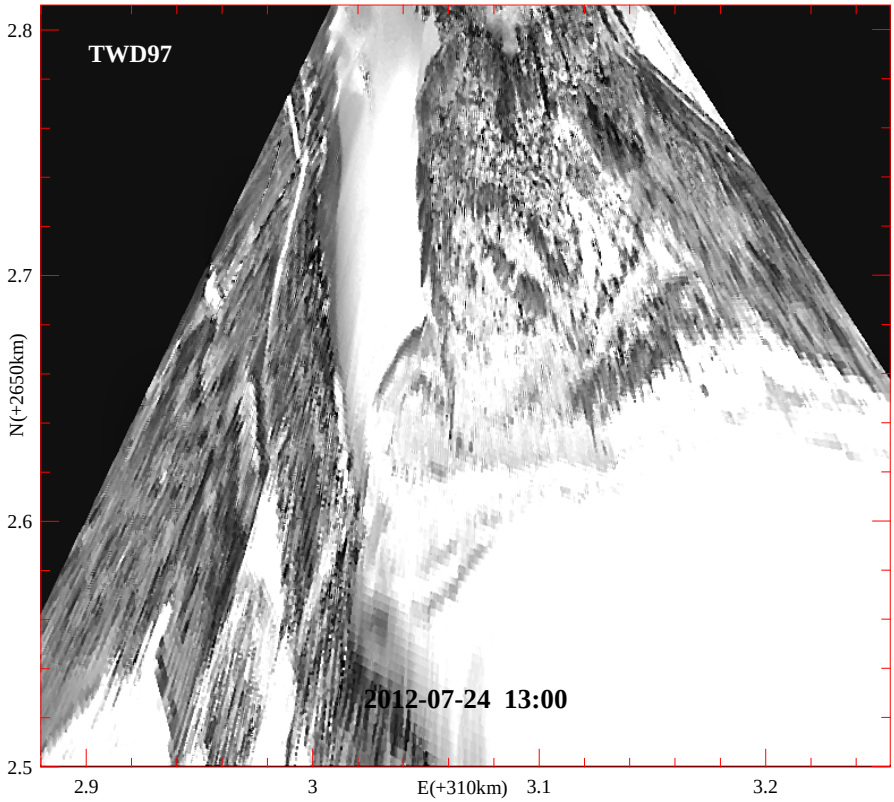
附圖 13A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/07/24 10:00)



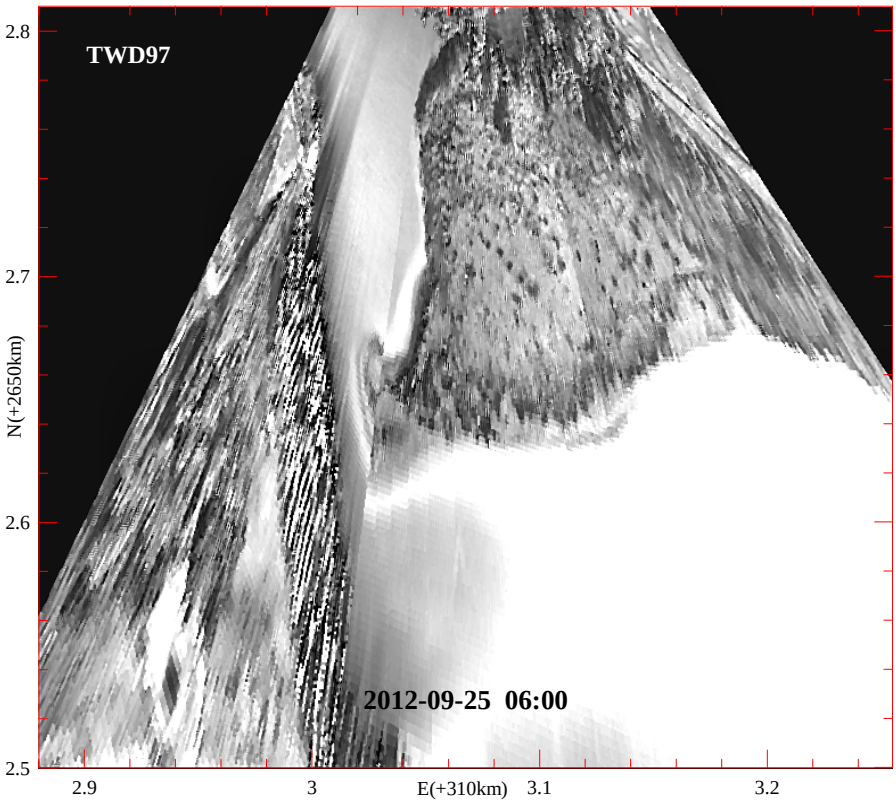
附圖 13B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/07/24 11:00)



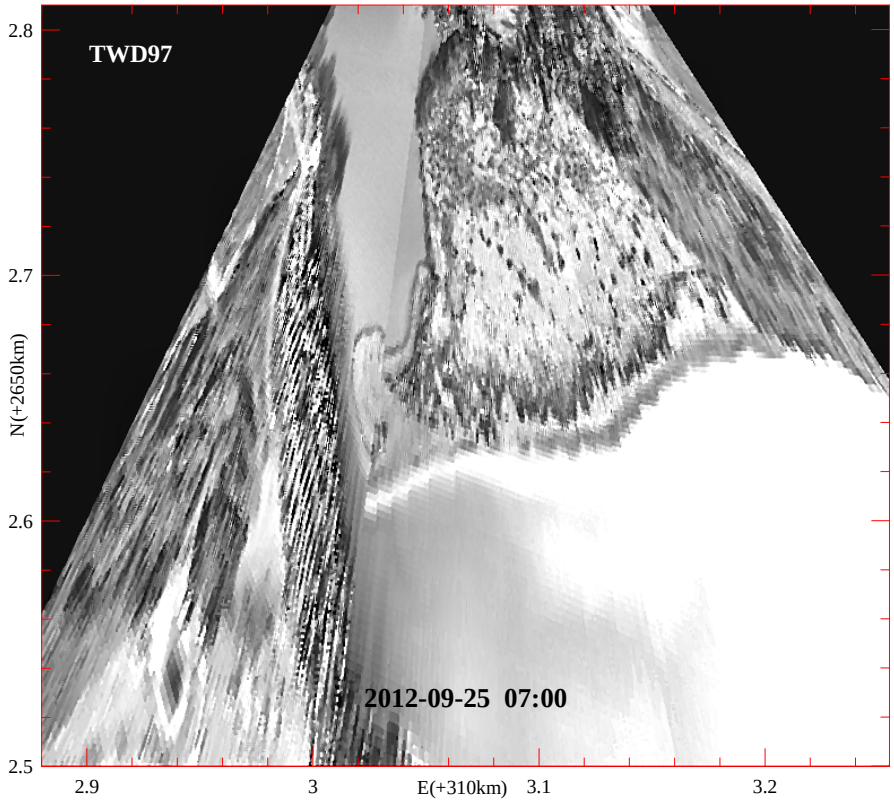
附圖 13C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/07/24 12:00)



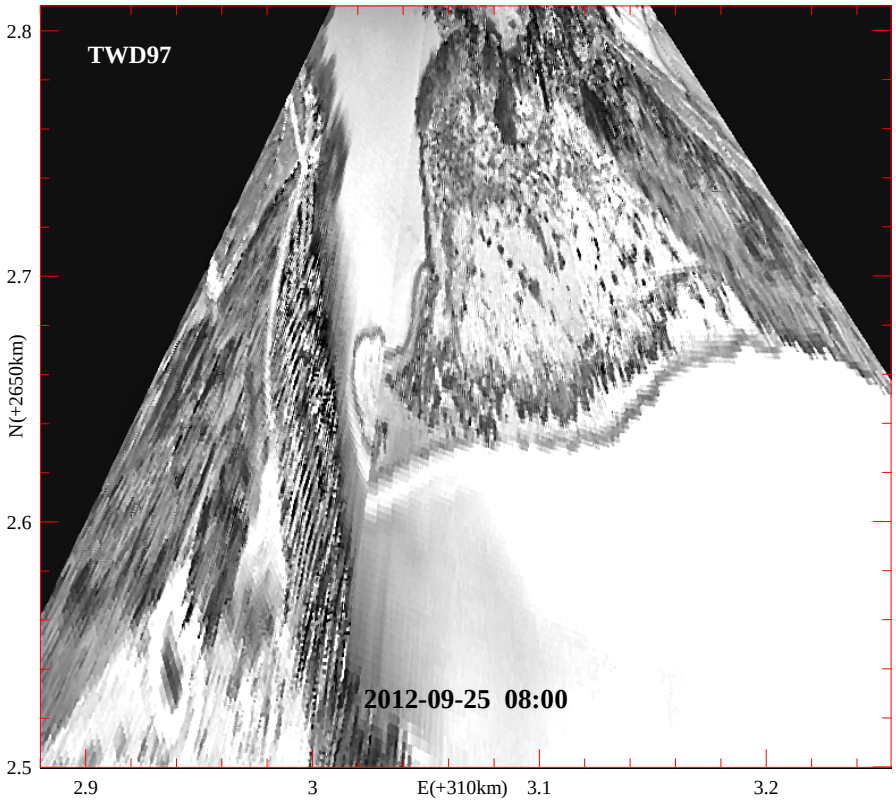
附圖 13D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/07/24 13:00)



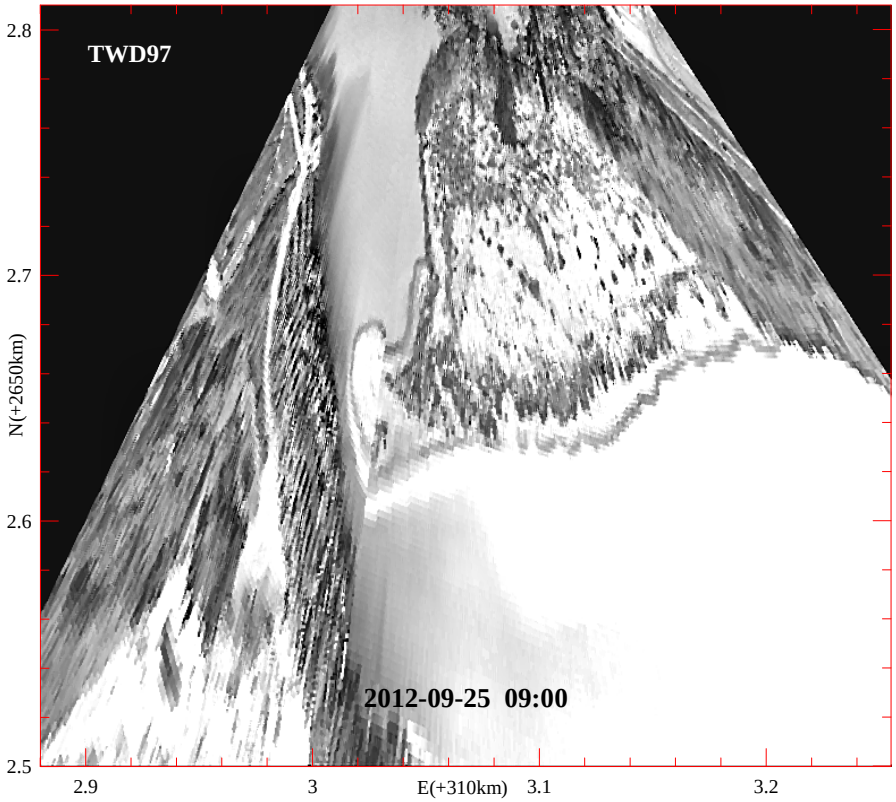
附圖 14A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 06:00)



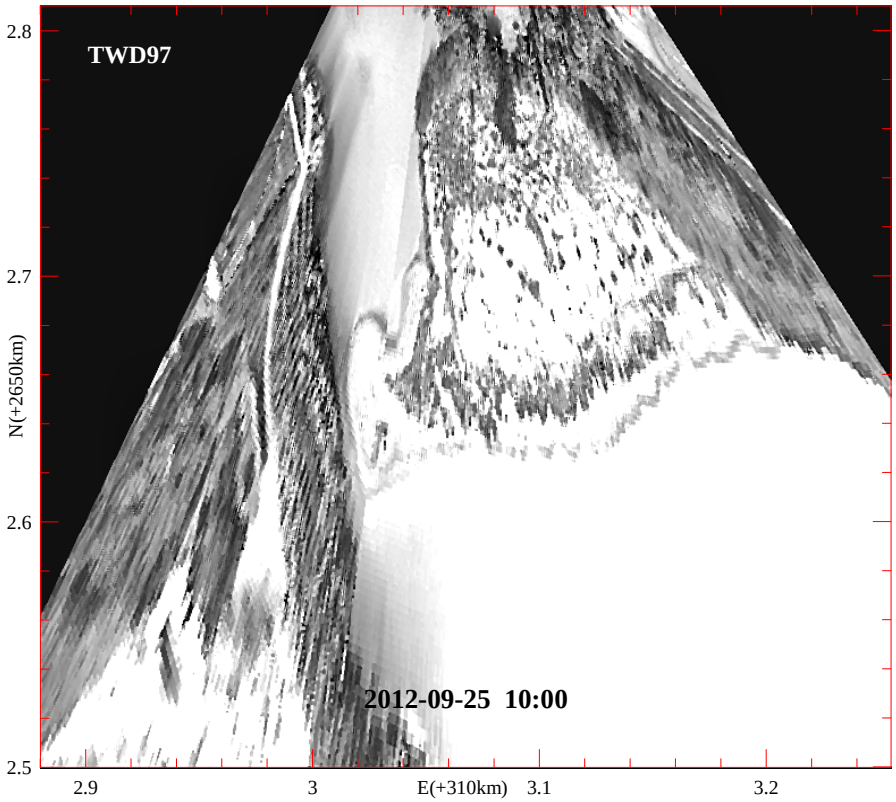
附圖 14B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 07:00)



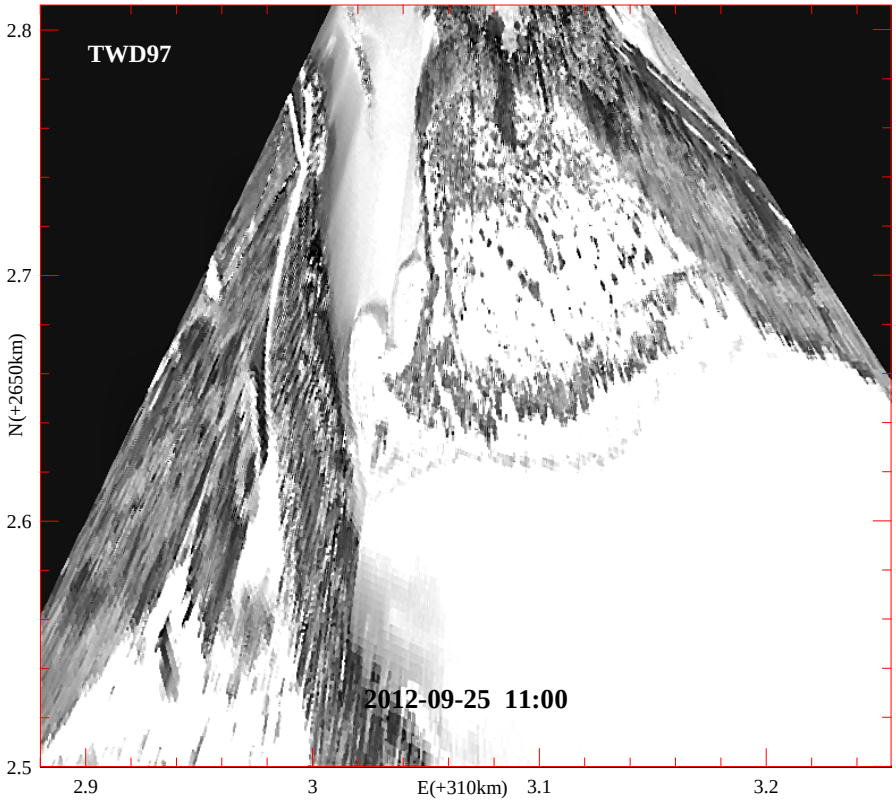
附圖 14C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 07:00)



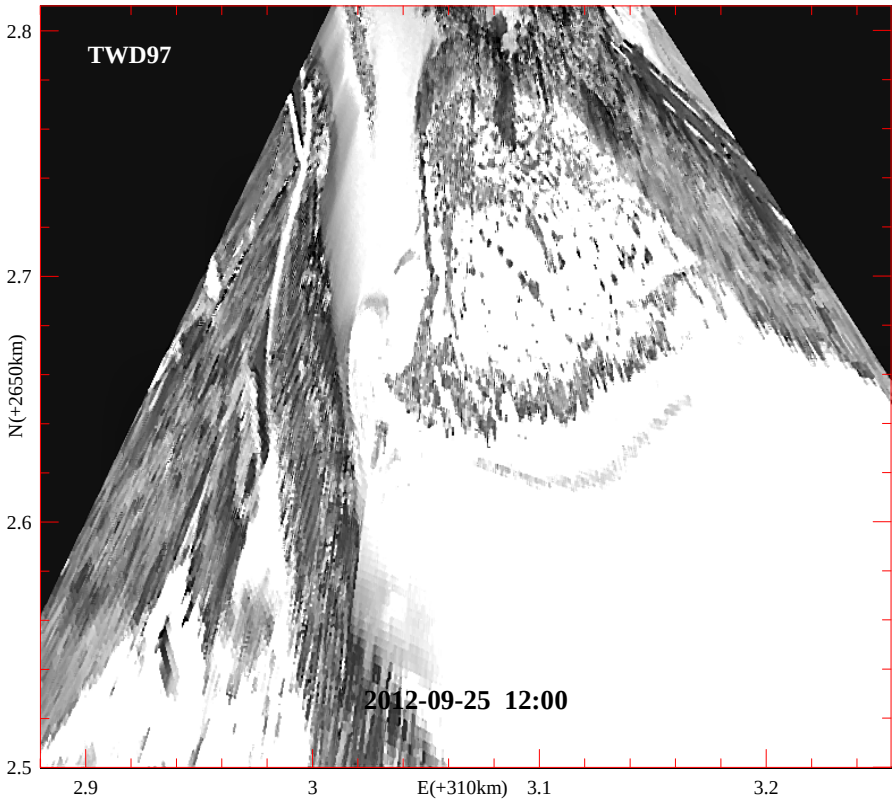
附圖 14D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 09:00)



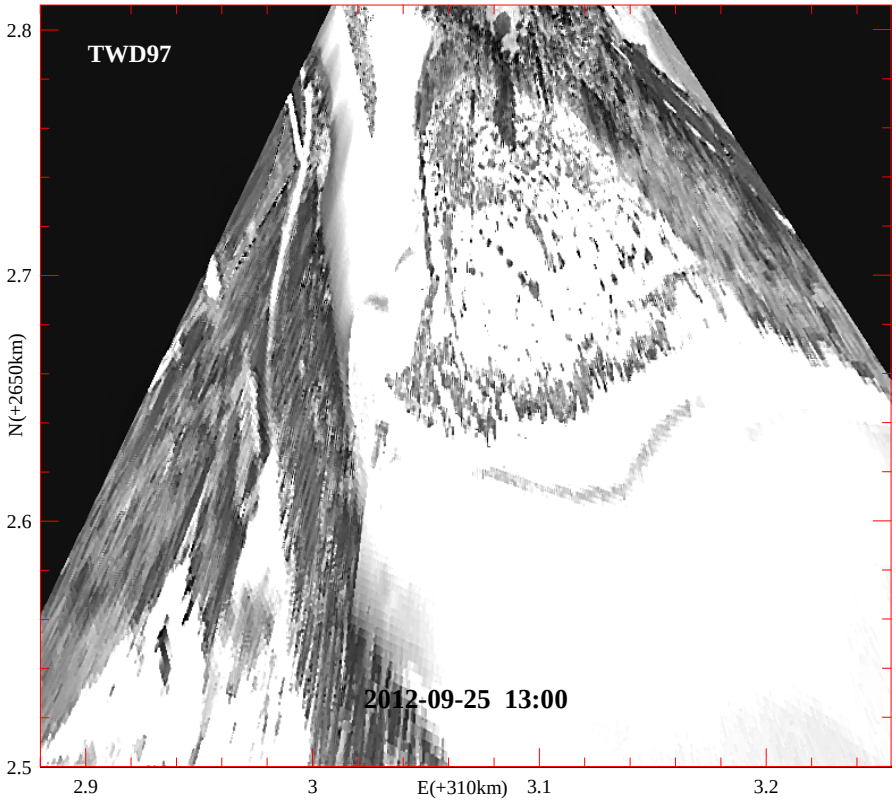
附圖 14E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 10:00)



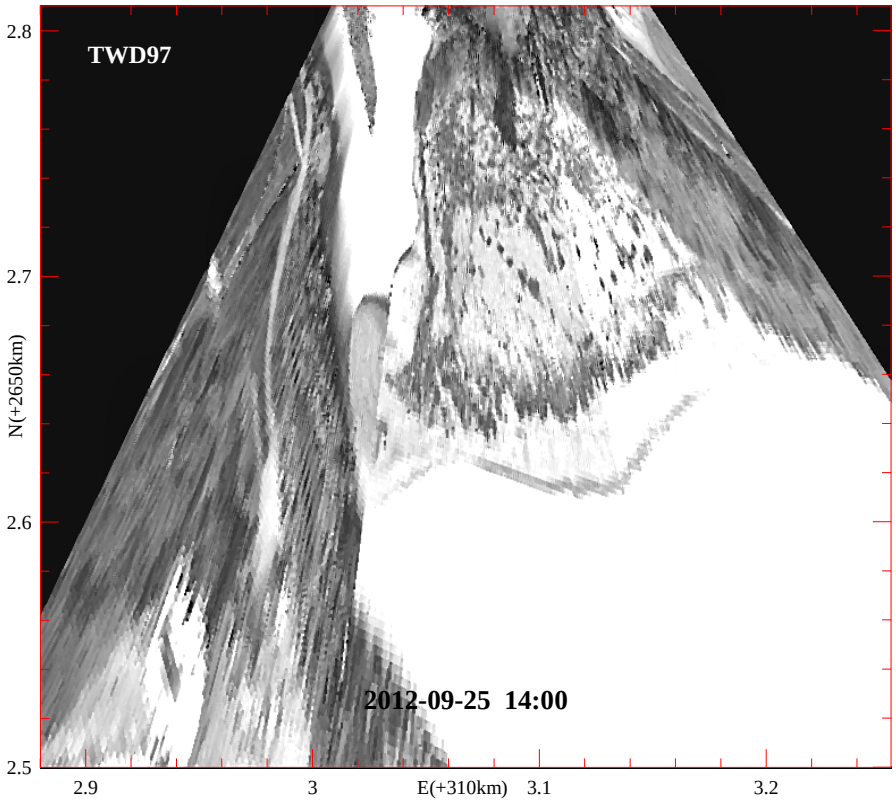
附圖 14F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 11:00)



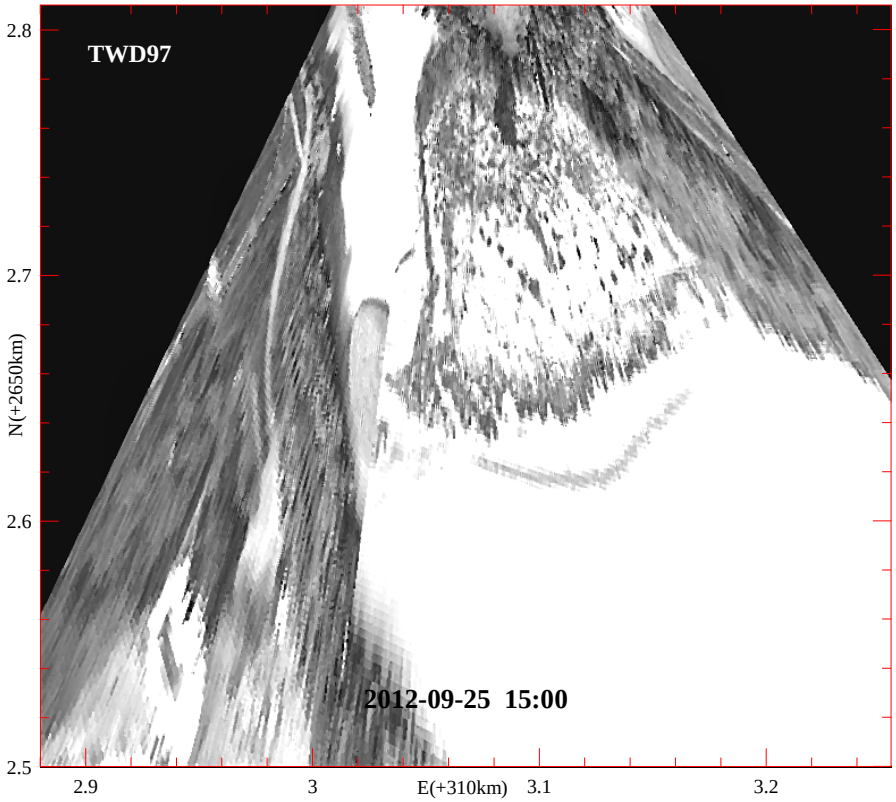
附圖 14G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 12:00)



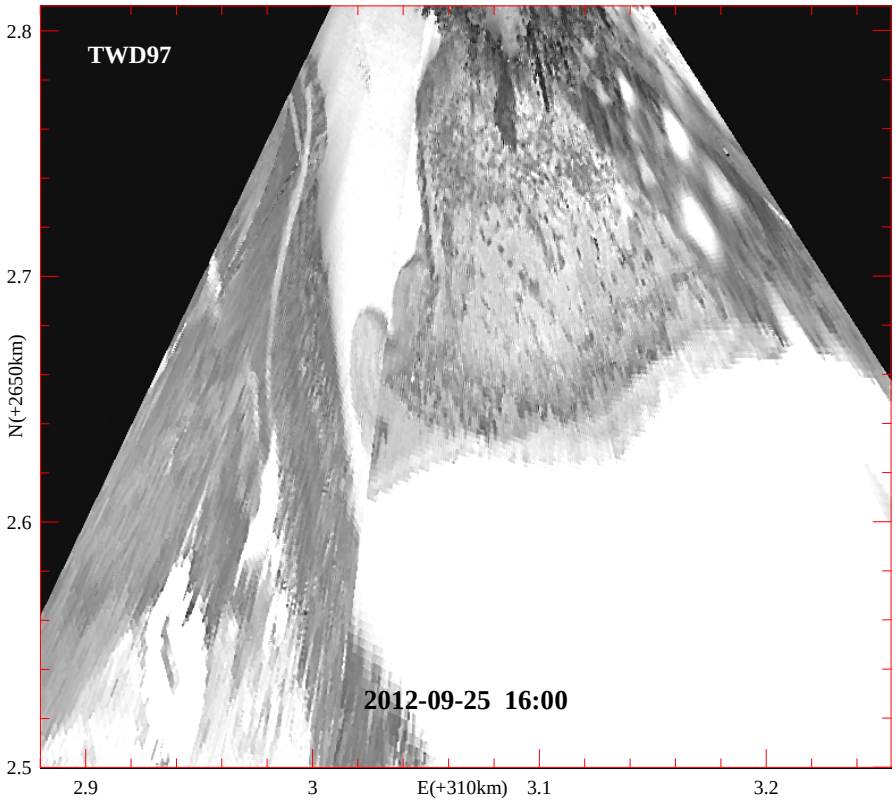
附圖 14H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 06 13:00)



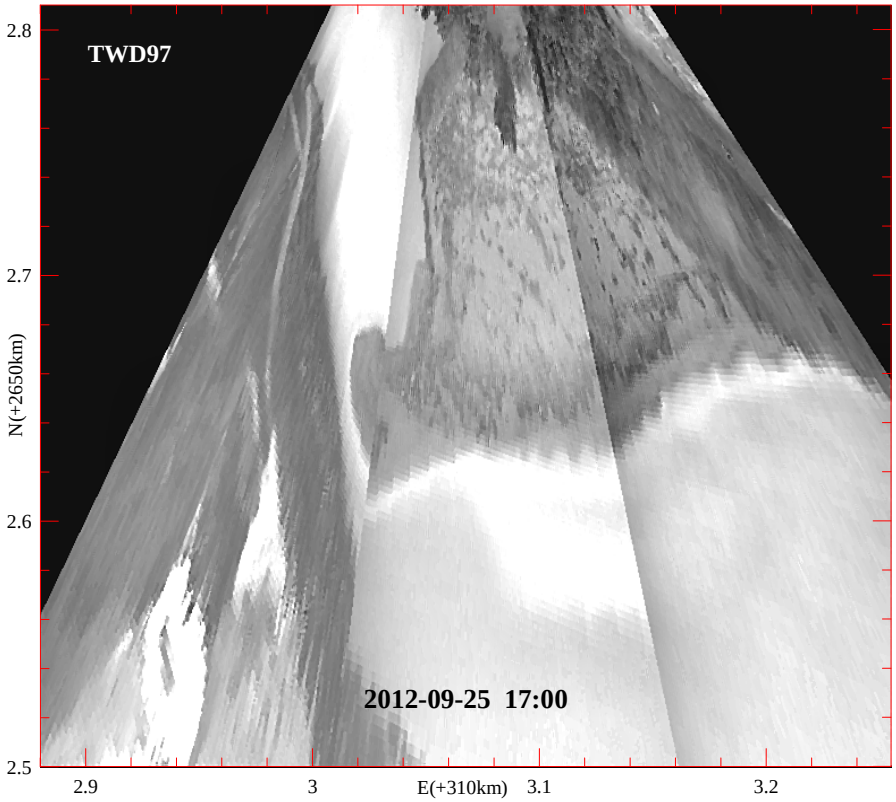
附圖 14I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 14:00)



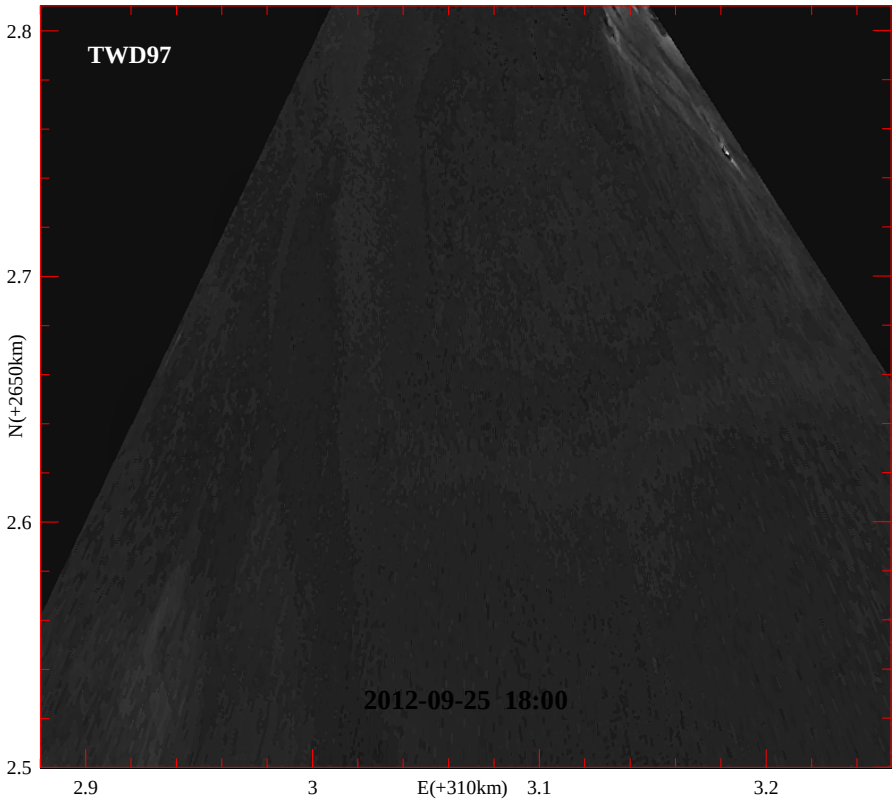
附圖 14J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 15:00)



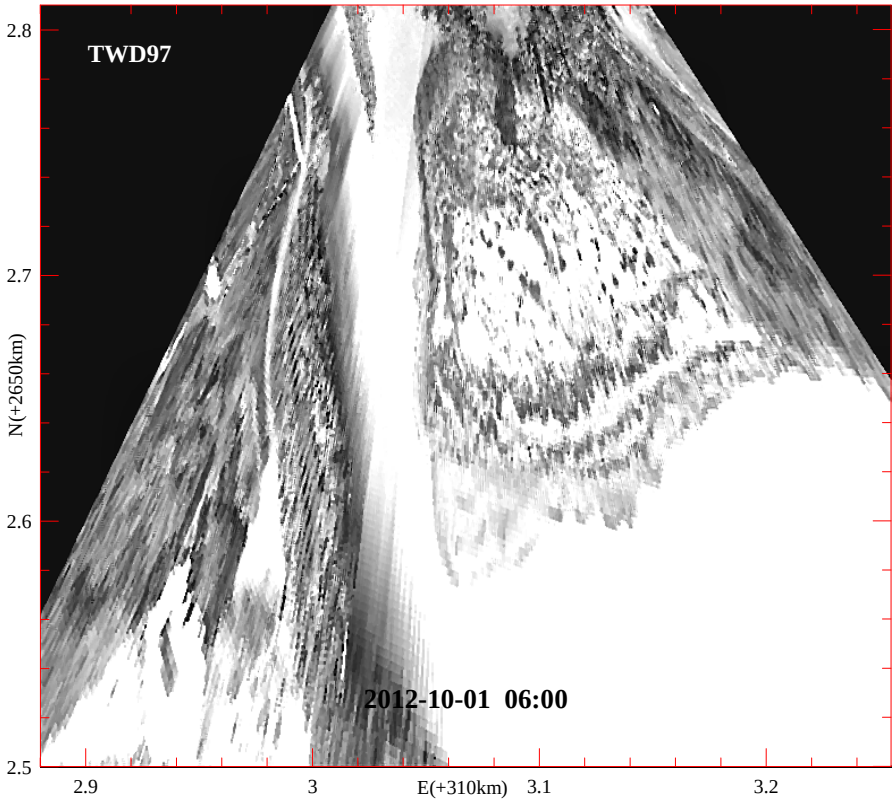
附圖 14K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 16:00)



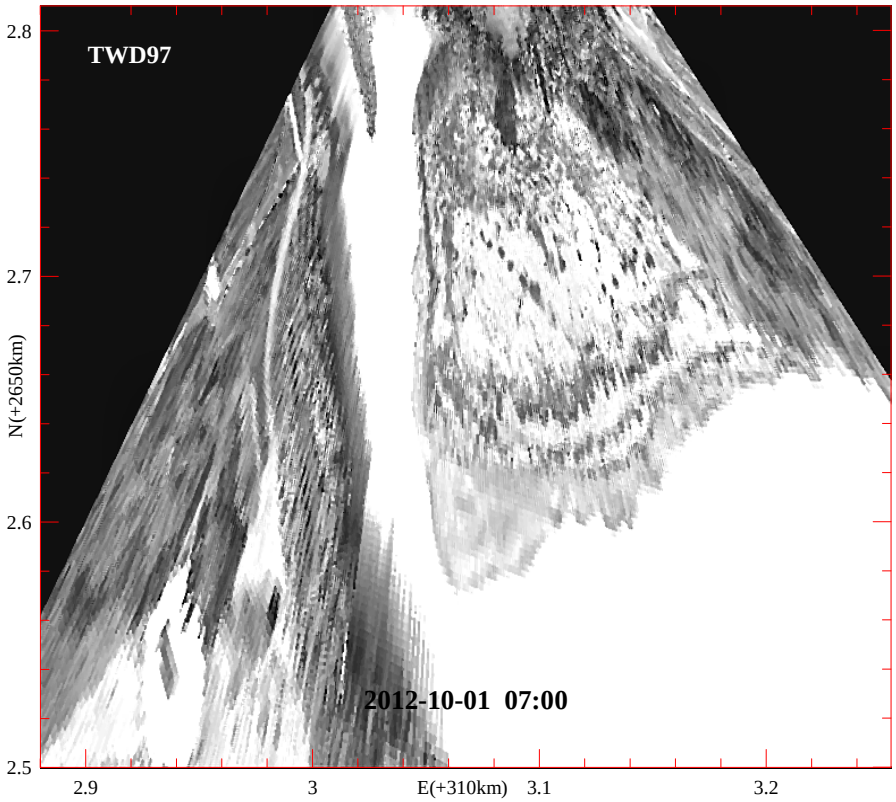
附圖 14L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 17:00)



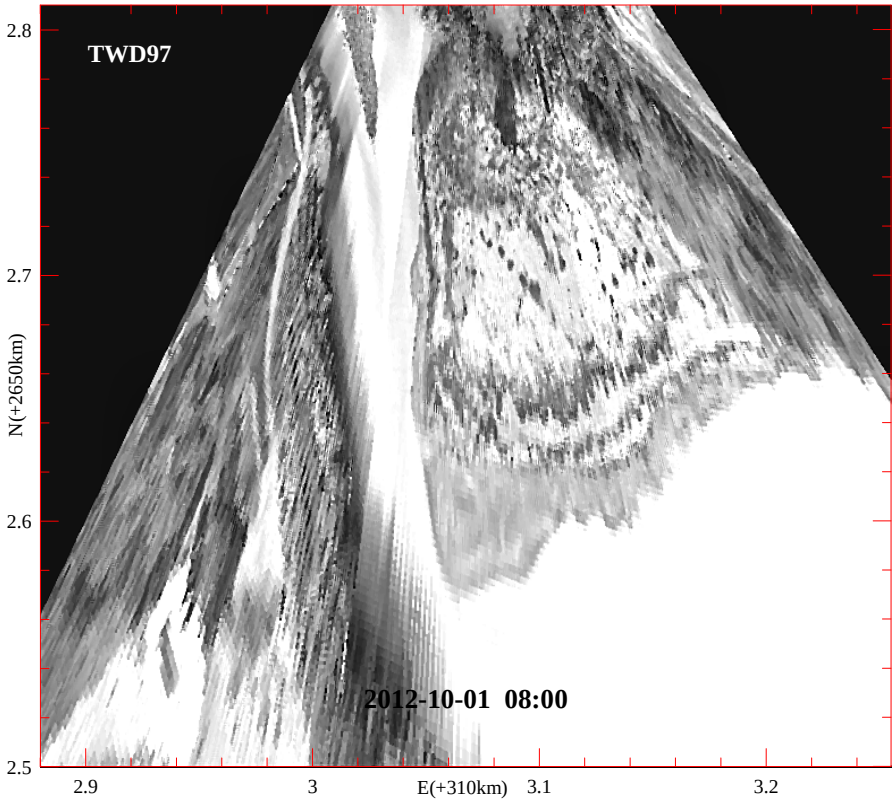
附圖 14M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/09/25 18:00)



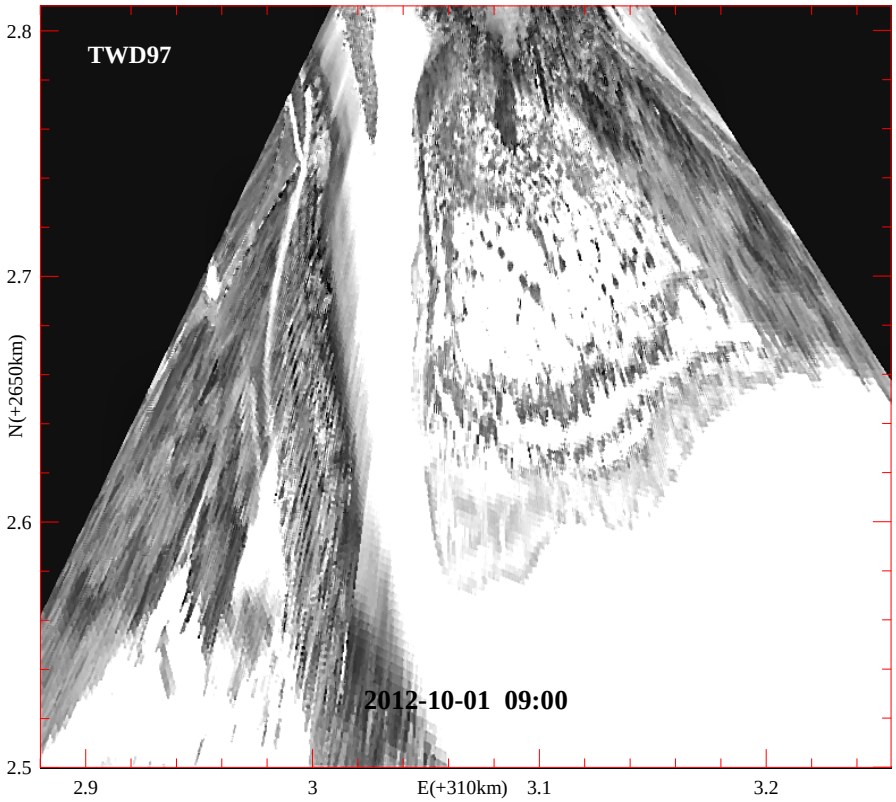
附圖 15A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 06:00)



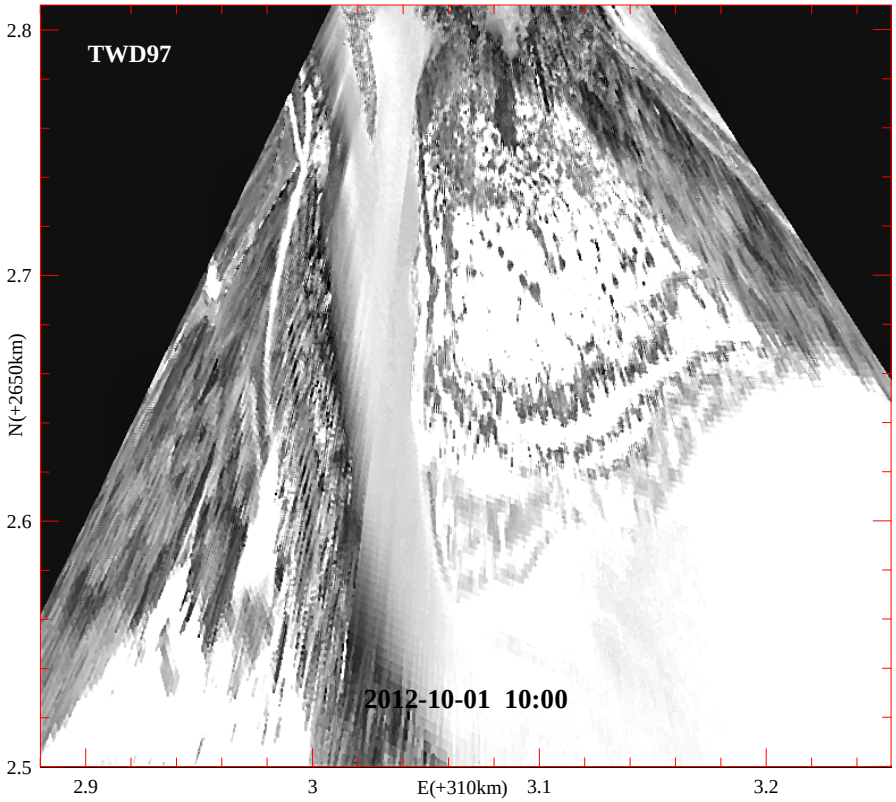
附圖 15B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 07:00)



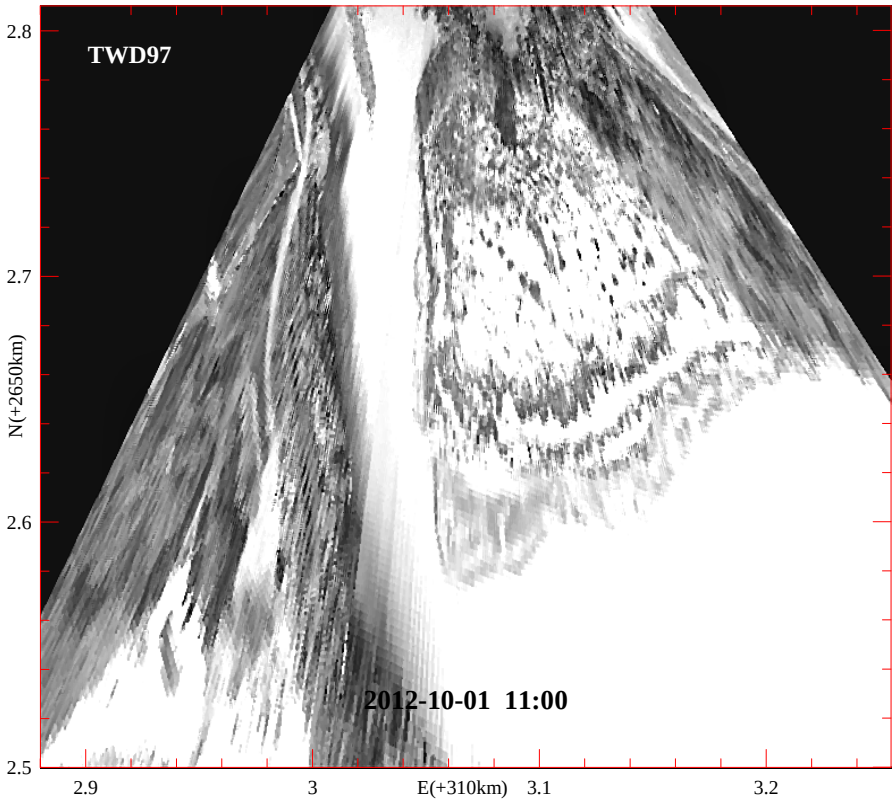
附圖 15C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 08:00)



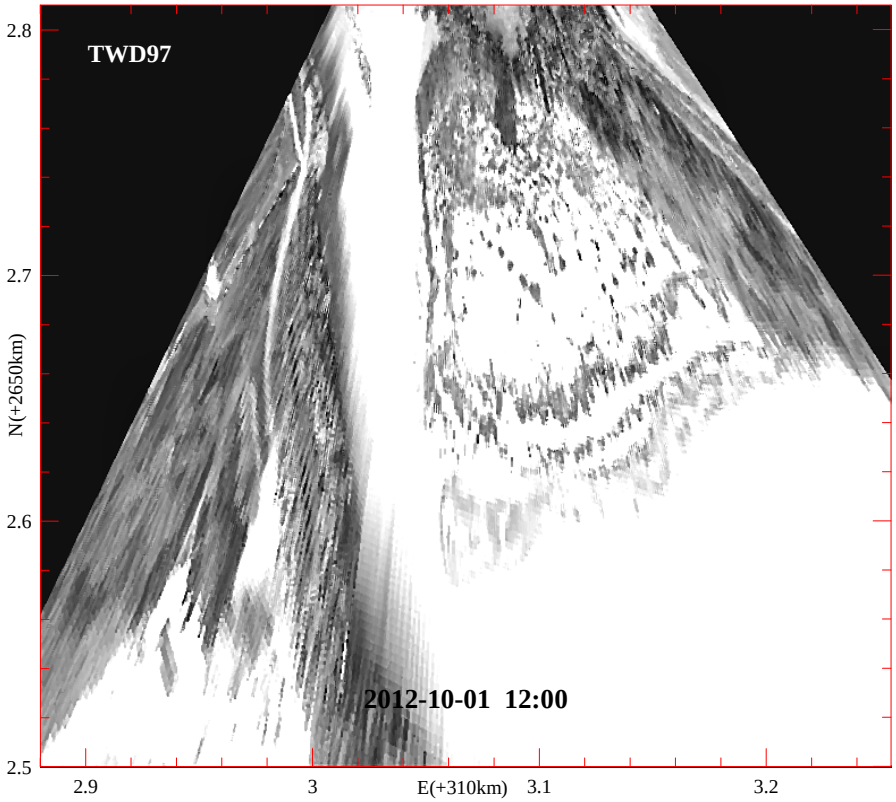
附圖 15D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 09:00)



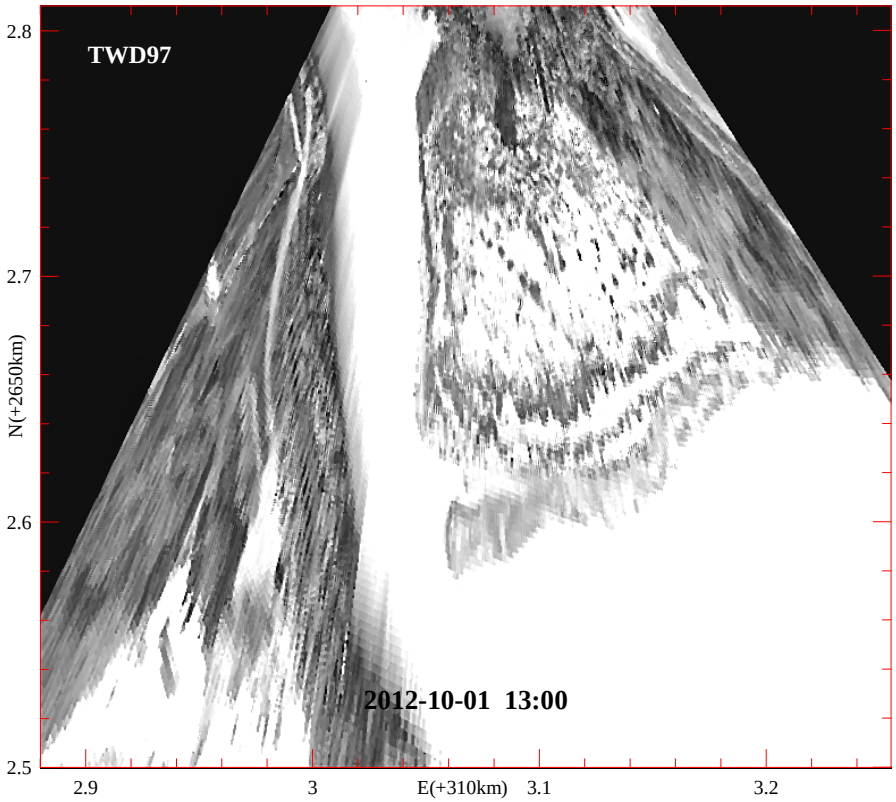
附圖 15E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 10:00)



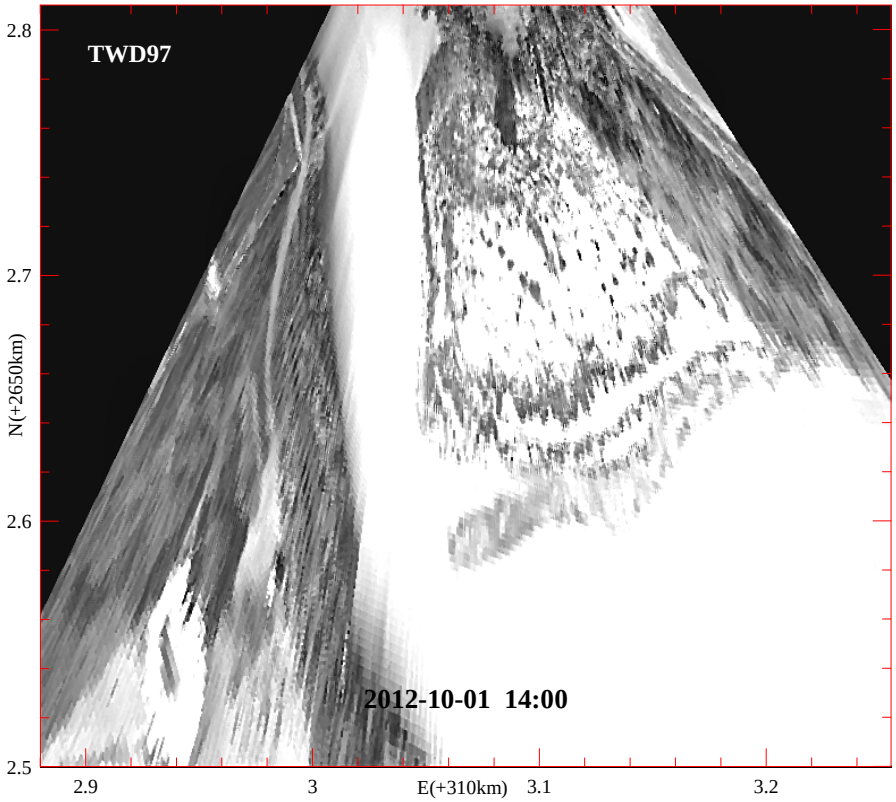
附圖 15F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 11:00)



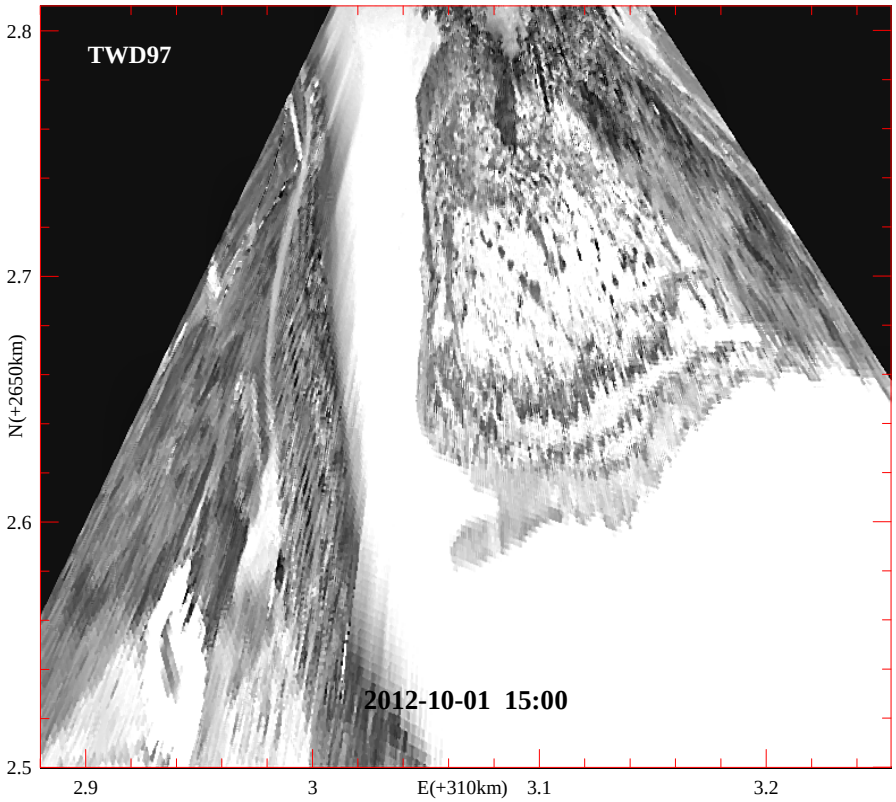
附圖 15G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 12:00)



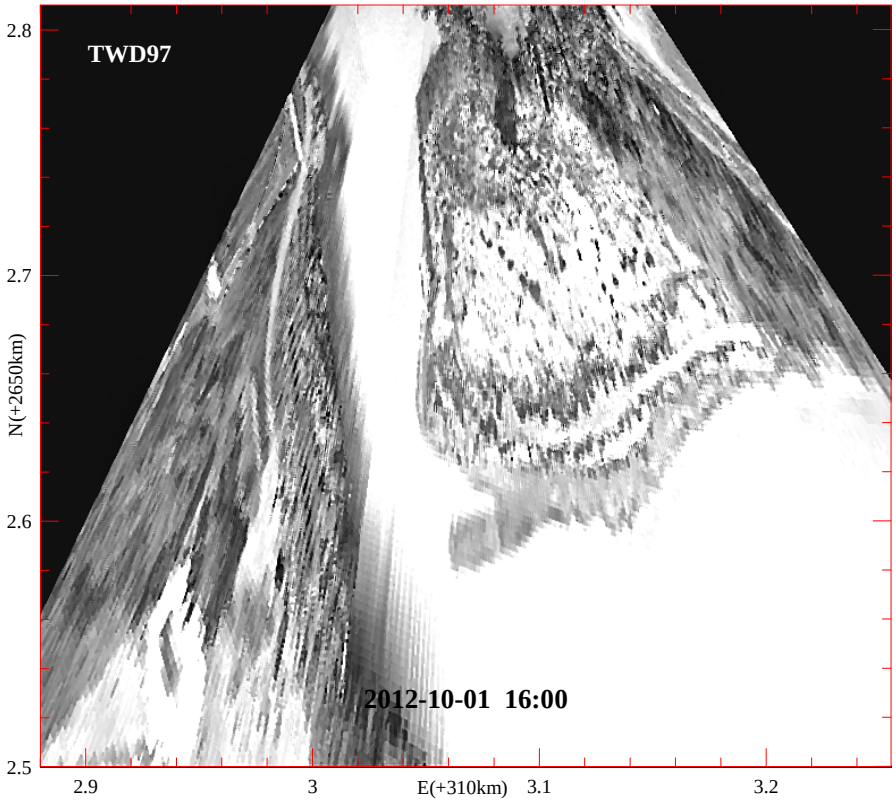
附圖 15H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 13:00)



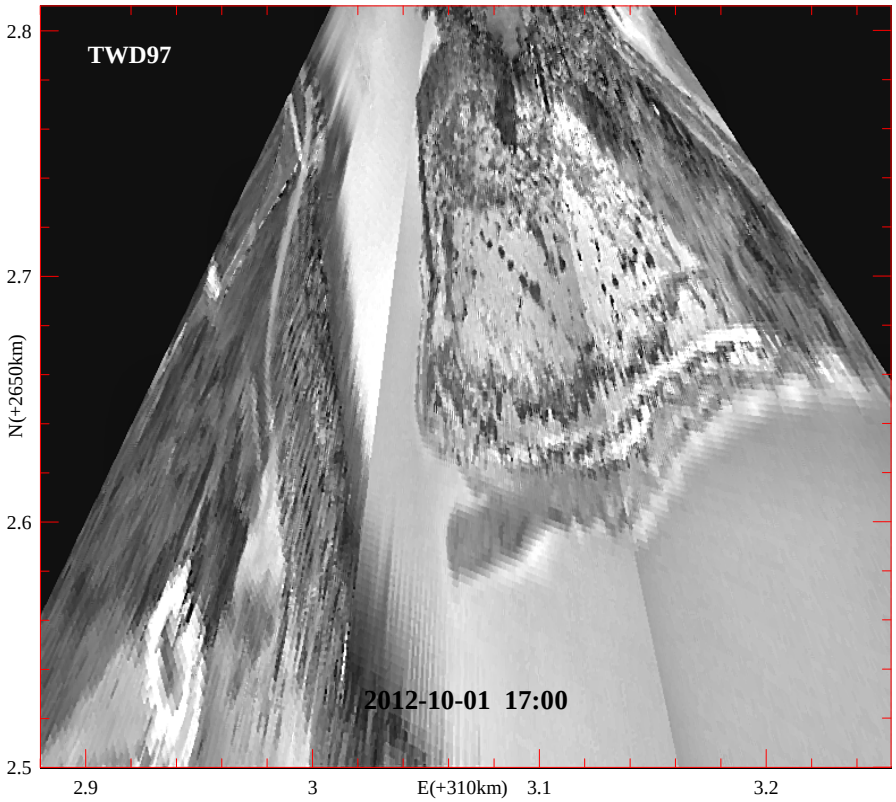
附圖 15I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 14:00)



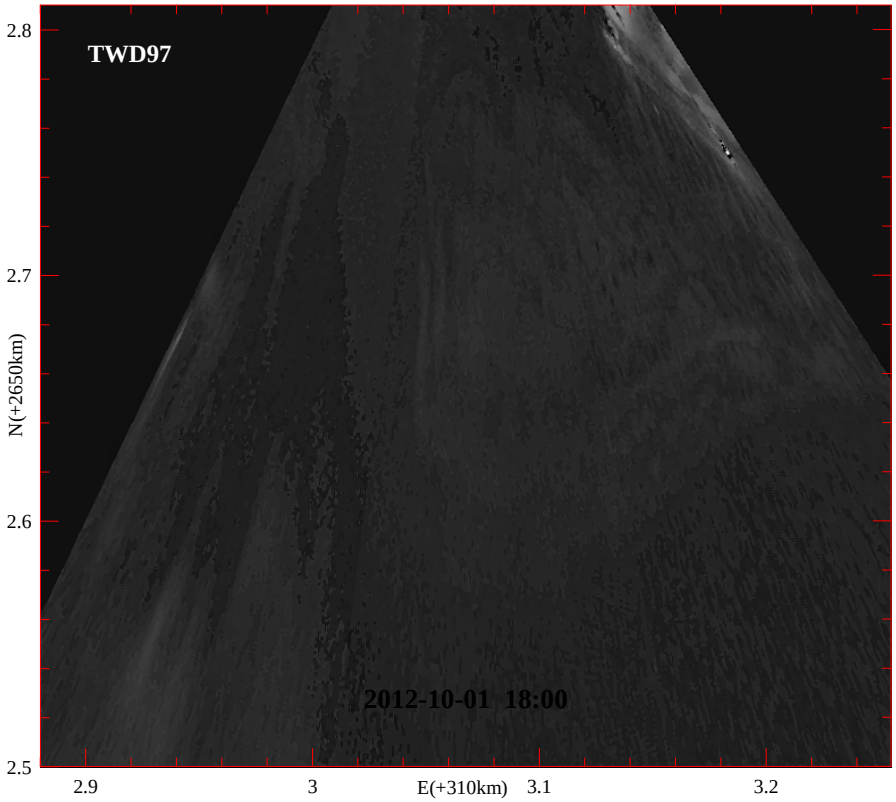
附圖 15J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 15:00)



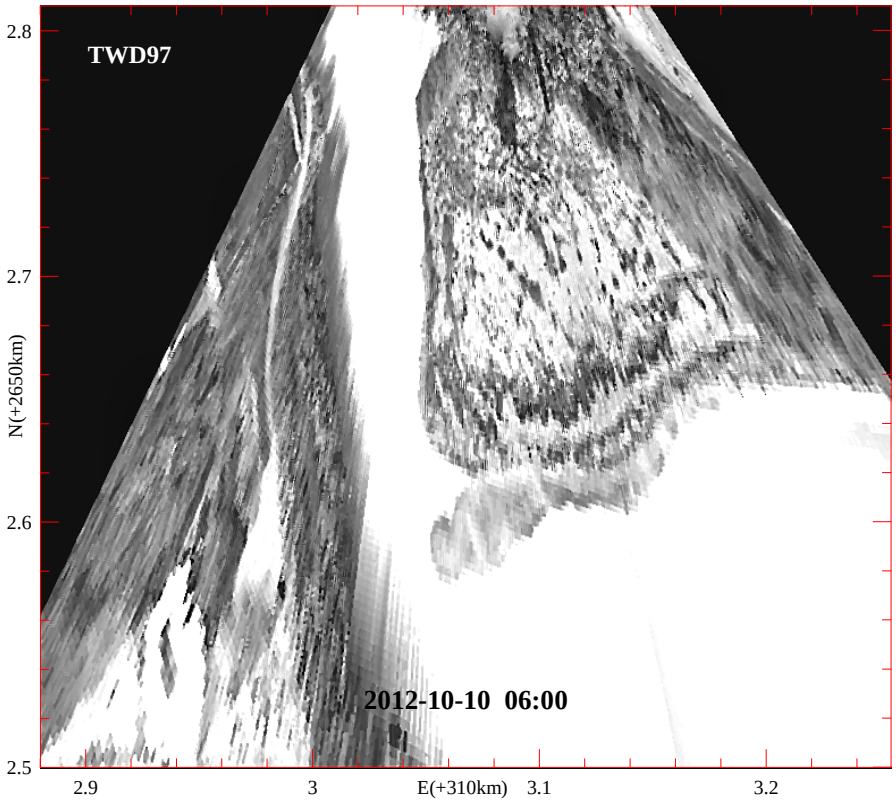
附圖 15K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 16:00)



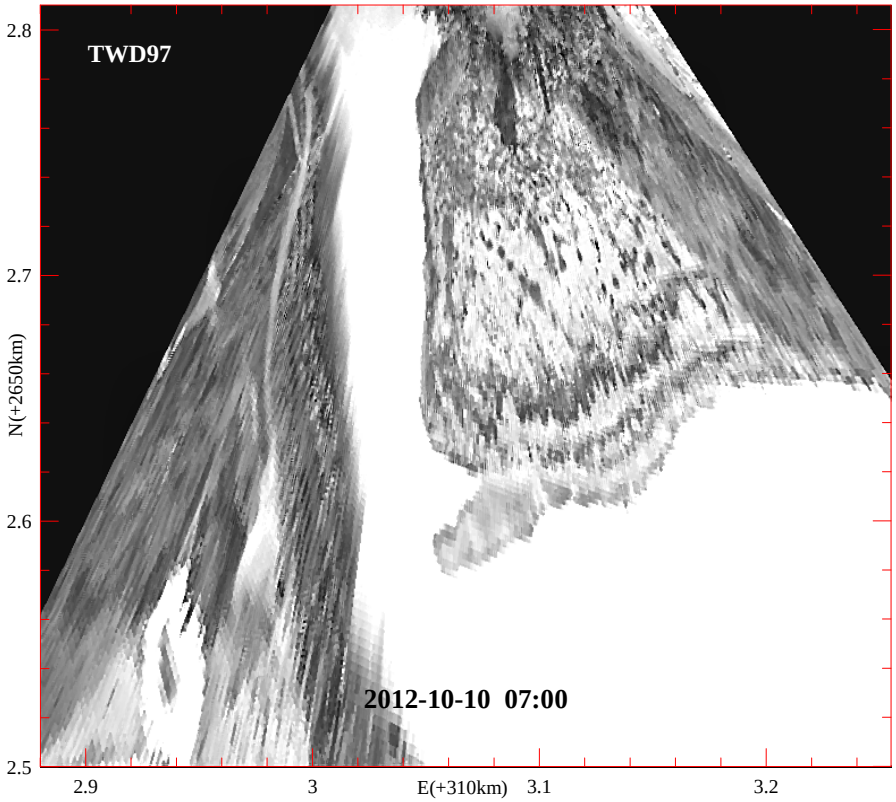
附圖 15L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 17:00)



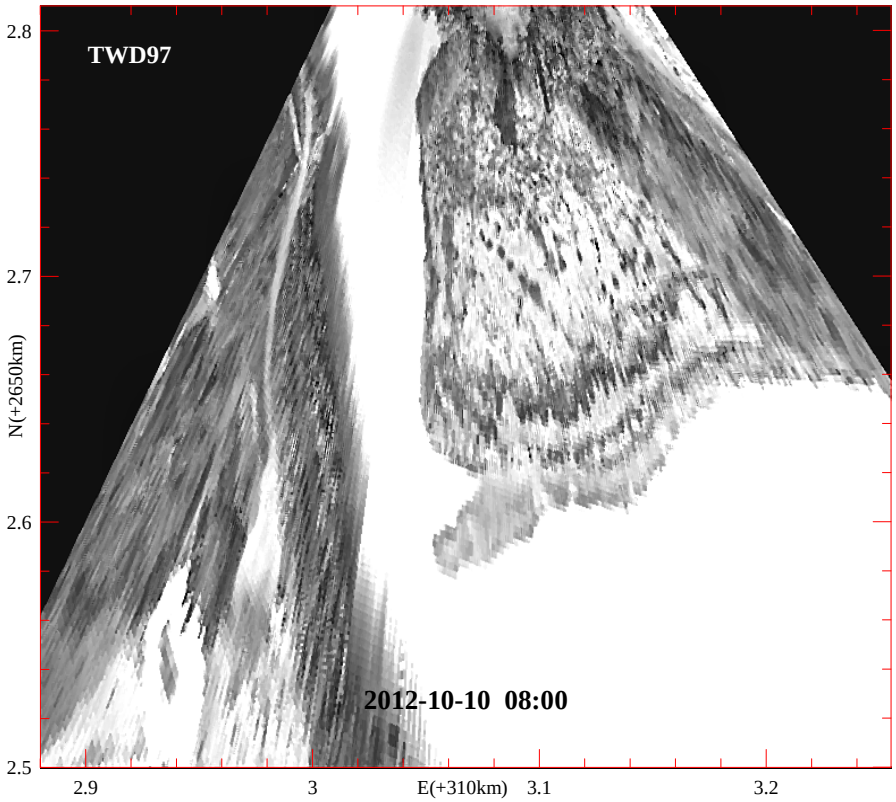
附圖 15M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/01 18:00)



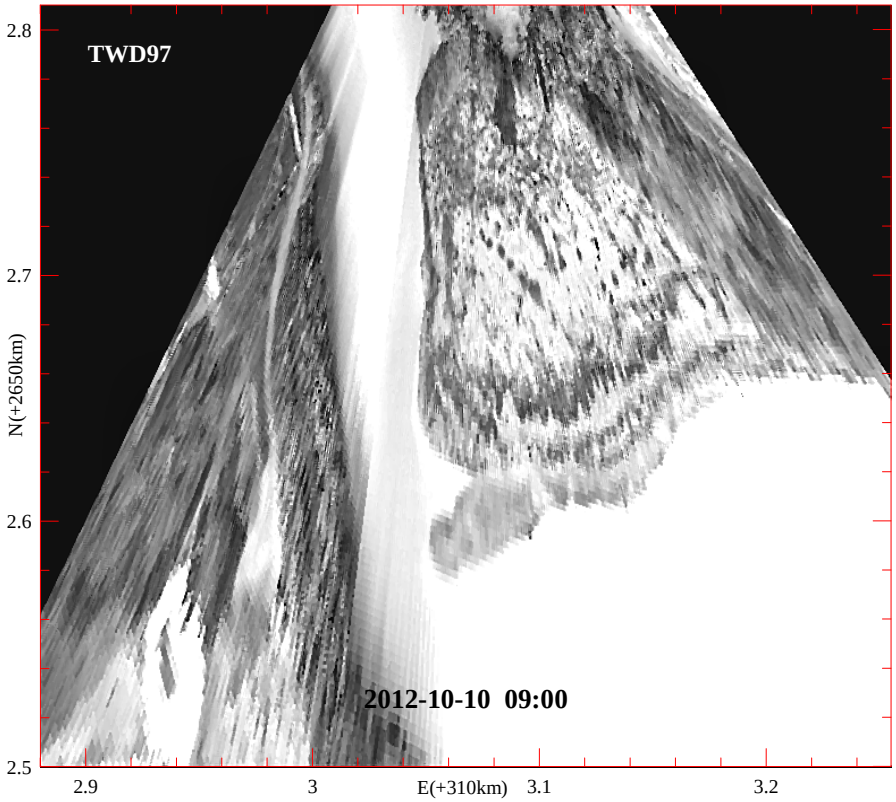
附圖 16A　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 06:00)



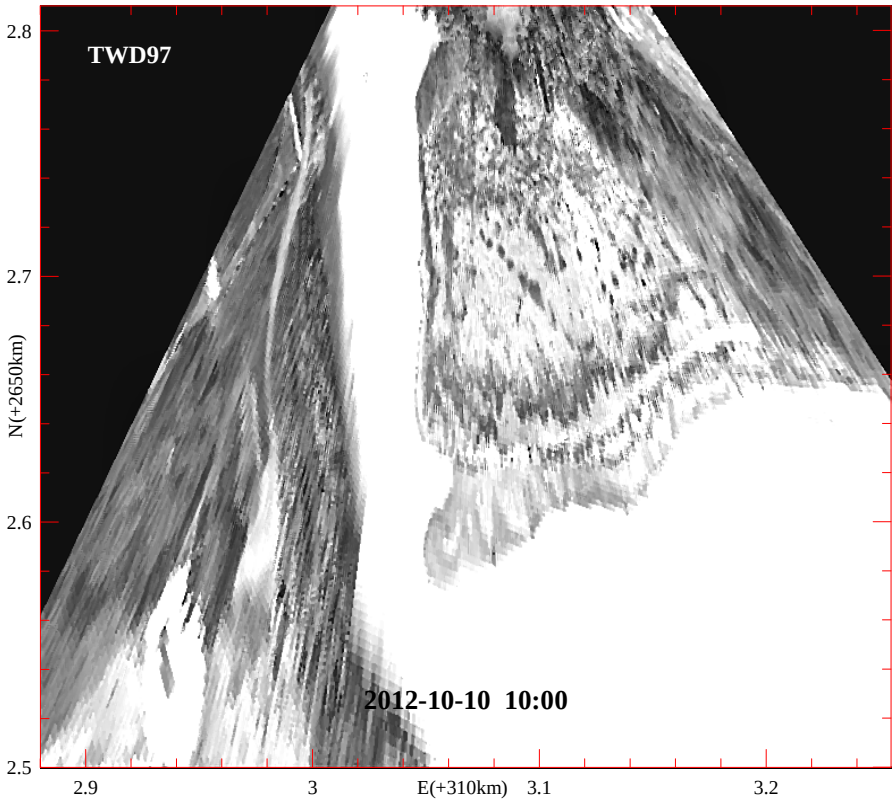
附圖 16B　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 07:00)



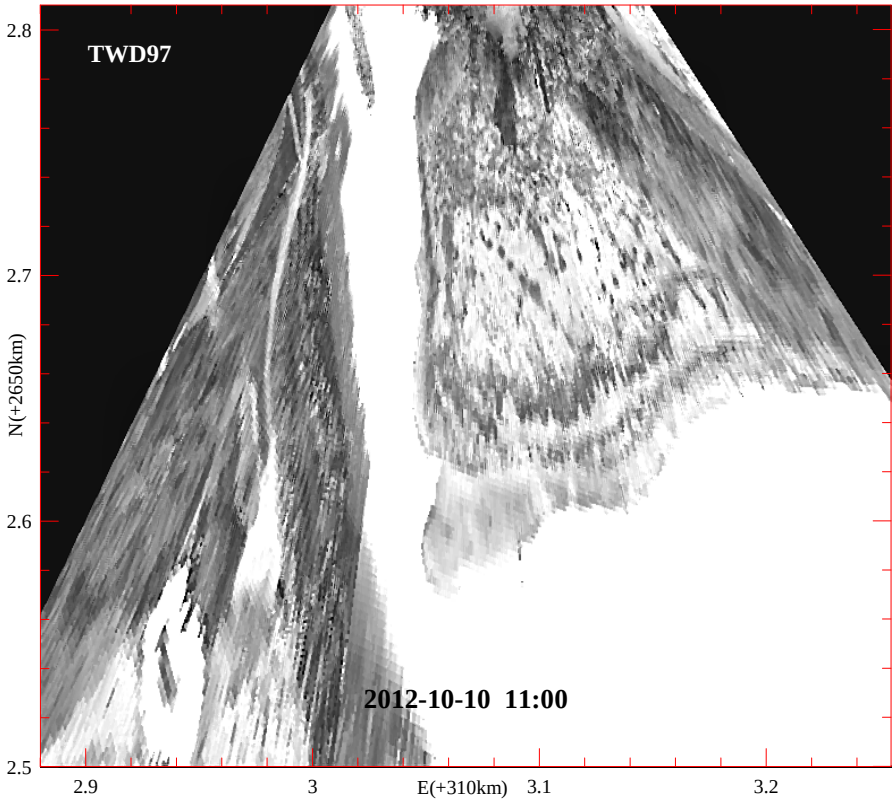
附圖 16C　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 08:00)



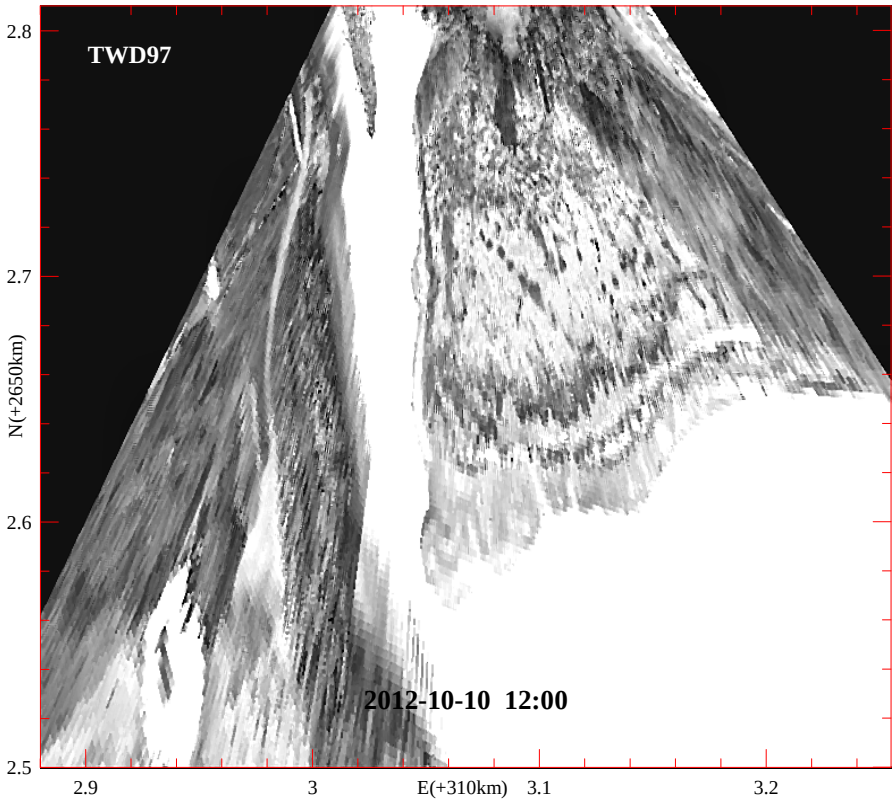
附圖 16D　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 09:00)



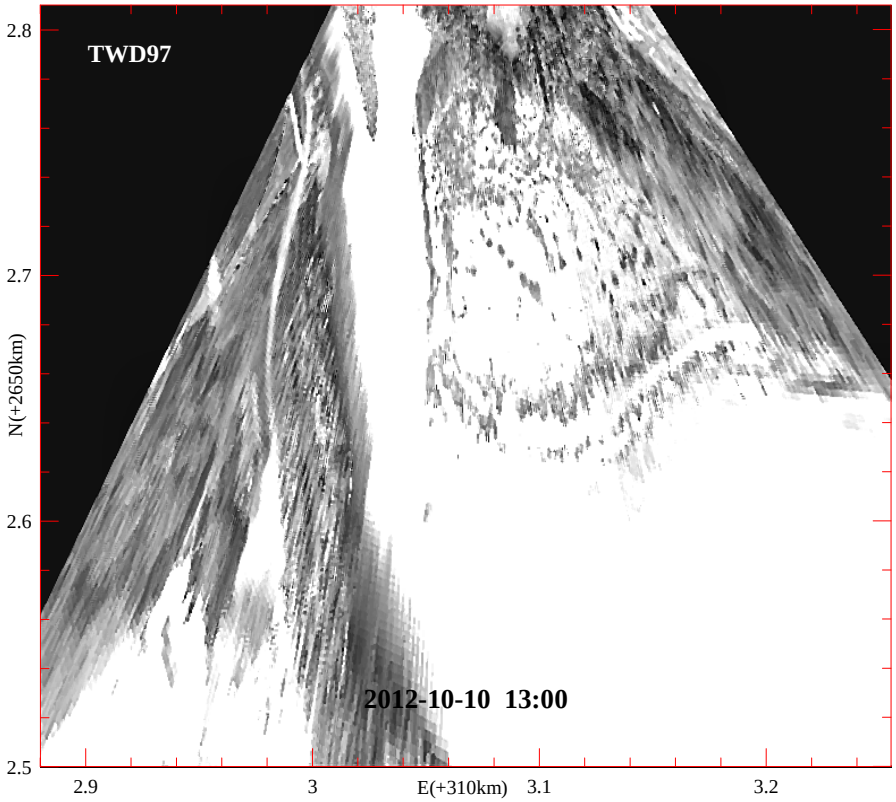
附圖 16E　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 10:00)



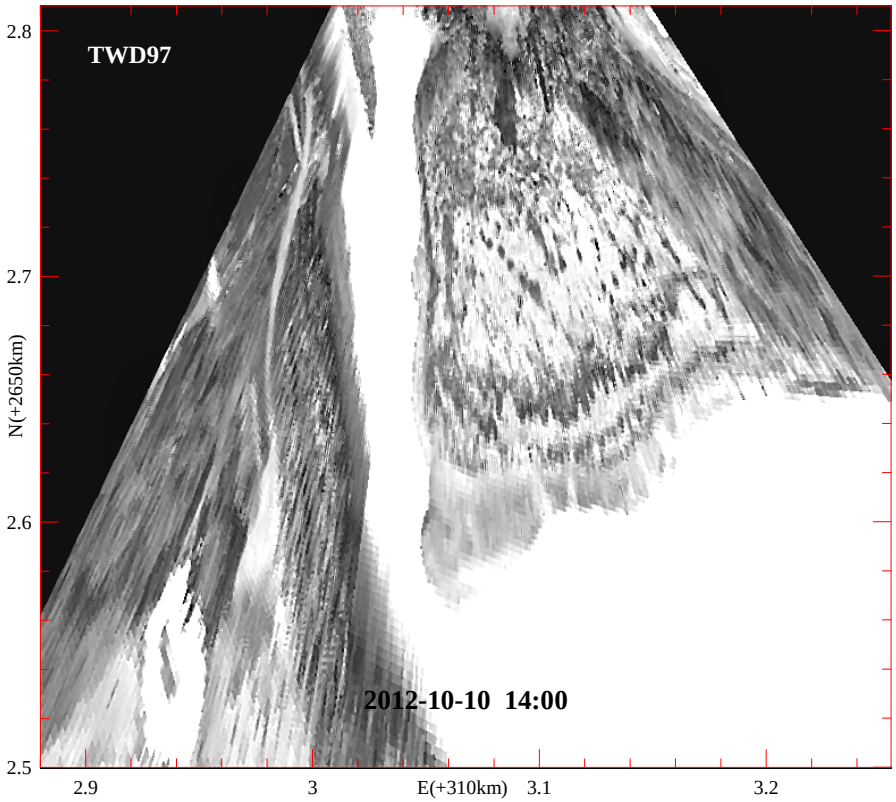
附圖 16F　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 11:00)



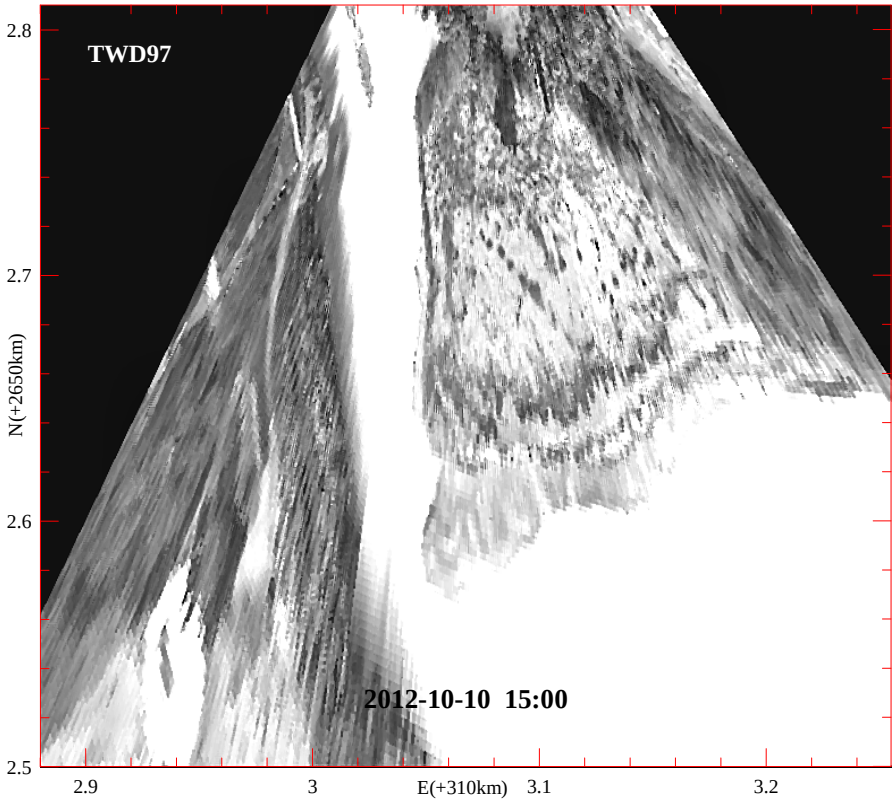
附圖 16G　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 12:00)



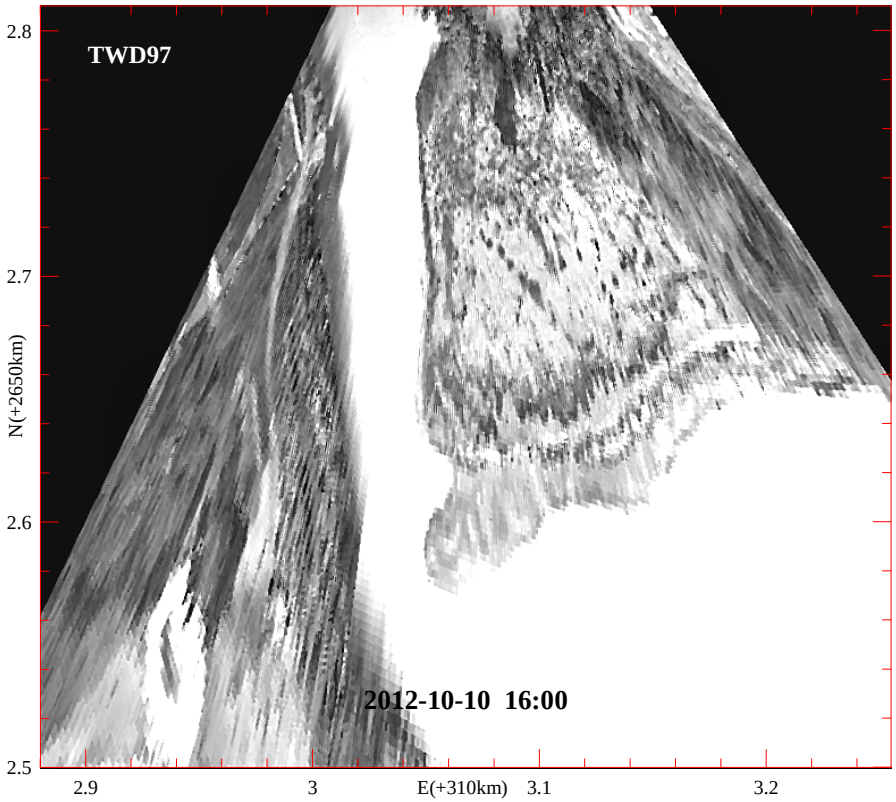
附圖 16H　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 13:00)



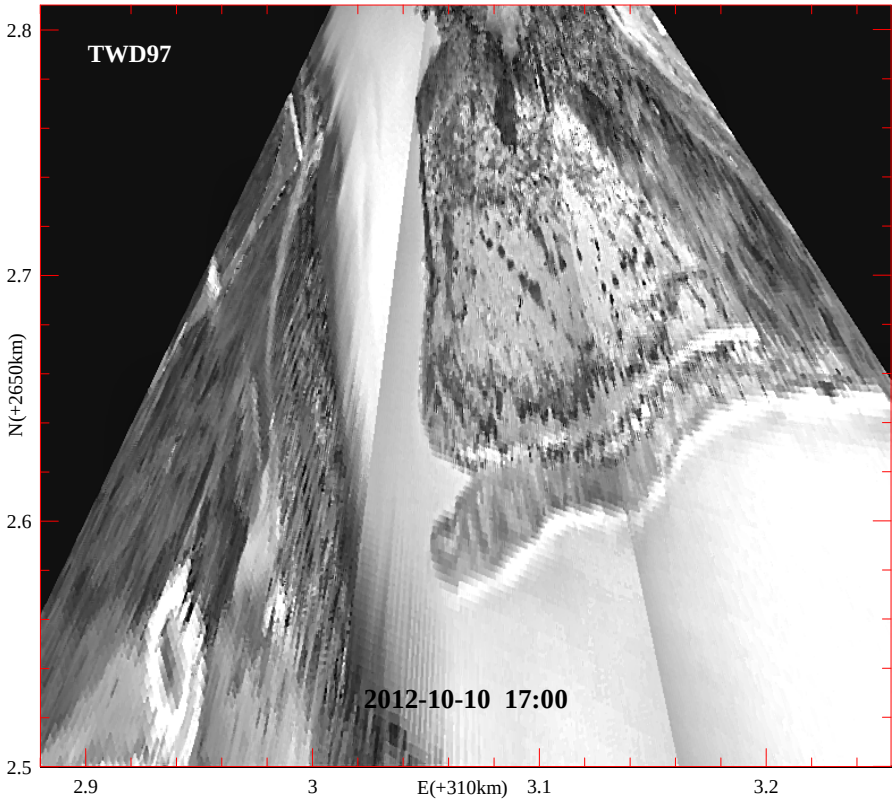
附圖 16I　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 14:00)



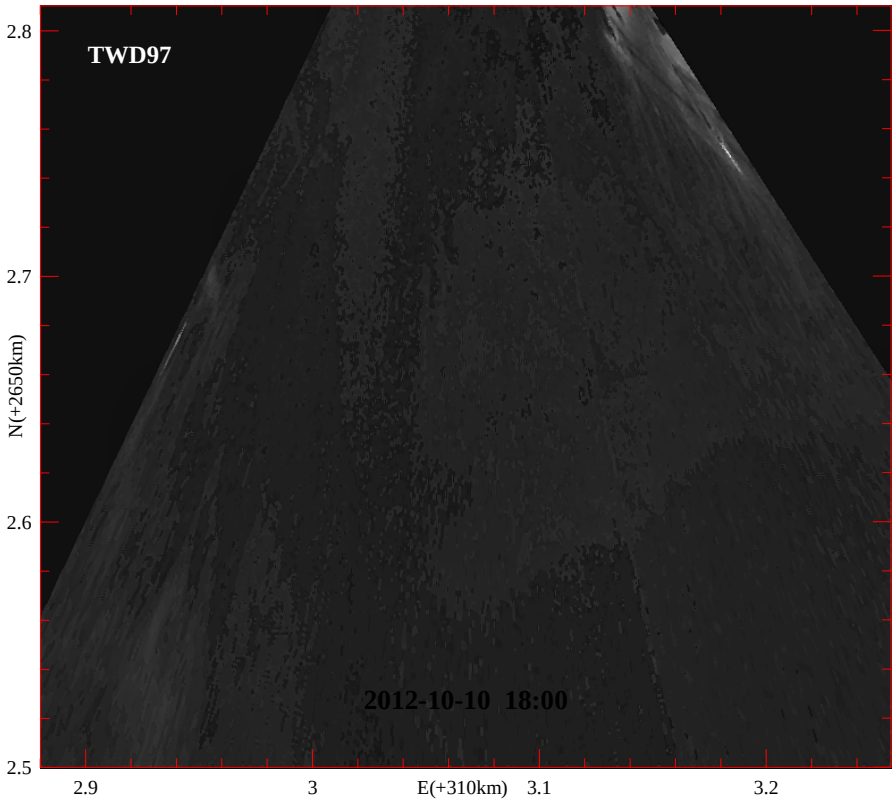
附圖 16J　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 15:00)



附圖 16K　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 16:00)



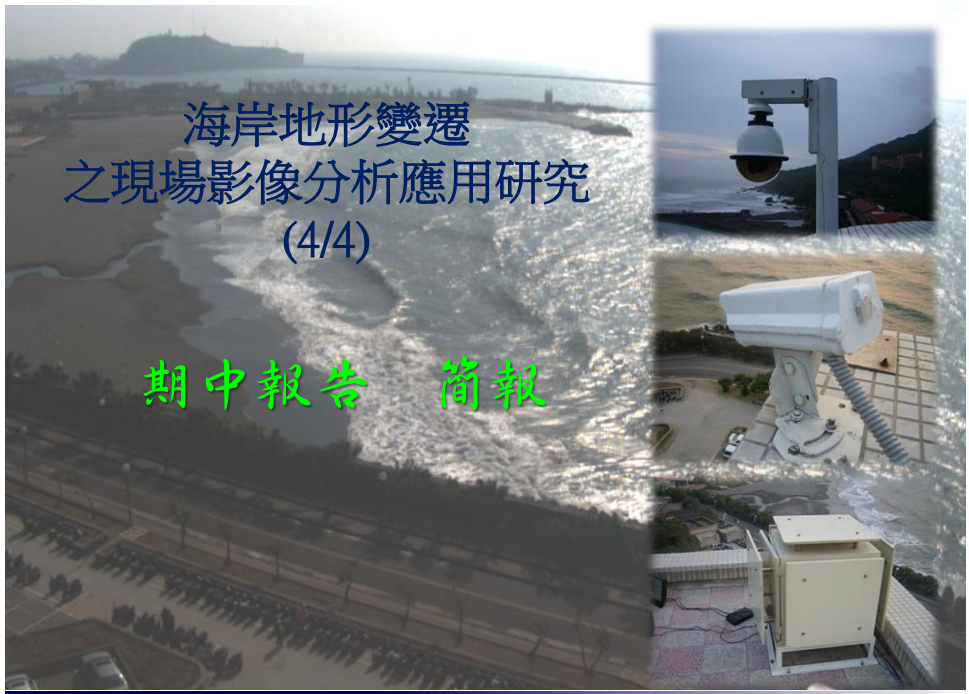
附圖 16L　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 17:00)



附圖 16M　花蓮美崙溪海岸地形影像全景圖(2012/10/10 18:00)

附錄

期中審查會議簡報資料



海岸地形變遷之現場影像分析應用研究 (4/4)

期中報告　簡報

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

簡報內容

1. 緣起與目的
   計畫背景
2. 研究工作內容
   目前研究進度
3. DLT 攝影機模型理論基礎
4. 西子灣海岸地形影像觀測
5. 西子灣近岸波流影像觀測
6. 花蓮港美崙溪口影像觀測站
7. 後續工作

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

- 人類經濟、文化活動多集中於沿海地區。全球許多重要的經濟脈絡和高密度人口活動之大城幾乎與海岸比鄰而居。高雄港、花蓮港為台灣主要國際商港，對國內進出口航運與經濟發展之影響相當大，故瞭解此處海洋環境對於海島型國家的台灣而言是相當重要的。利用影像資訊進行海岸量測與分析已行之有年，也廣泛地應用在各種近岸的問題解析。
- 奧勒岡州立大學海岸影像研究團隊(Coastal image lab)發展出一套海岸遙測系統Argus，透過觀測站得到單張影像、平均影像及曝光影像，便可分析
  - ✓ 海岸線的變化
  - ✓ 近岸流
  - ✓ 亦可配合像素陣列分析、動態輪廓模式邊緣偵測等方式分析近岸波浪流場資訊

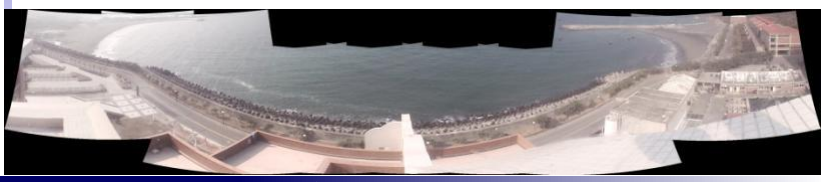
此觀測系統相對於航空攝影或衛星攝影分析方式，成本較低且人力需求較少。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

- 針對觀察海岸變遷，本研究擬在所欲觀察的海岸區域(高雄港、花蓮港)附近架設影像觀測站，並發展一套海岸影像觀測作業系統，透過網際網路隨時隨地監控觀測現場情況，也可以進行即時系統操作或更改觀測模式。
- 海岸影像觀測系統包括以下功能：
  - ✓ 攝影機定位、影像存取、長期錄影、平均影像及曝光影像之處理，並透過網路將影像資料傳回實驗室進行後續處理
  - ✓ 由觀測系統取得的長期觀測影像資訊，應用影像處理技術，便可以得到觀測地點的海岸地形變遷
  - ✓ 應用像素陣列分析、動態輪廓模式、或多攝影機觀測方式，亦可得到港口週遭海岸波浪淺化時之傳遞特性、近岸流場特性。

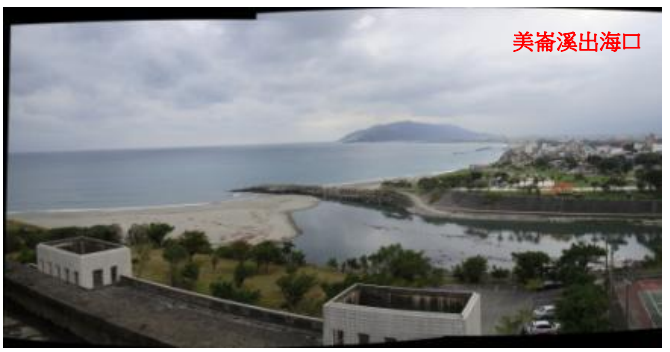
- 高雄、花蓮港為台灣主要國際商港，對國內進出口航運與經濟發展之重要性自不待言；故瞭解此主要國際商港之海洋環境，對於海島型國家–台灣乃相當重要。
- 高雄港
  - ✓ 高雄港北側之西子灣為高雄港的出入門戶之一，也是觀光遊憩的景點。西子灣海灘原長約一公里，自民國69年中山大學在此設立後，先後進行填海造地工程，再在其北端興建海堤及堆置消波塊保護海堤，隨後又在海堤北端興建L型突堤，這些人工設施改變了西子灣海岸原有的外觀，也將原有沙灘長度減半。
  - ✓ 民國94年營建署責成高雄市政府辦理「高雄西子灣海岸計畫整體規劃」，於西子灣規劃台灣第一個人工岬灣及養灘工法示範案例，以創造安定及親水的灣岸海灘。目前已在原L型突堤處及北防波堤處中間興建總長320公尺之突堤岬頭，並進行人工養灘，預期將大幅改變西子灣海岸灘線與高雄港北側附近海岸地形



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) – 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

- 花蓮港
  - ✓ 花蓮港附近，美崙溪出海口經常淤積泥沙，阻礙排水造成市區低窪地區在颱風季節淹水。



- 98年度計畫已完成工作
  - ✓ 高雄港西子灣架設現場影像觀測站，開始長期觀測與影像分析軟體開發
  - ✓ 中山大學觀測站選址，網路攝影機採購，影像分析儲存傳輸系統建置
  - ✓ 地面控制點(GCP)測量
  - ✓ 攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正
  - ✓ 建立現場影像資料庫
- 99年度計畫已完成工作
  - ✓ 持續高雄港西子灣影像分析開發
  - ✓ 高雄港西子灣海岸地形變遷
  - ✓ 高雄港西子灣近岸波浪淺化傳遞特性、近岸流場特性
  - ✓ 台中港高美濕地影像觀測站之地面控制點(GCP)測量、攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正作業
  - ✓ 完成花蓮港美崙溪口海岸地形影像觀測站選址工作

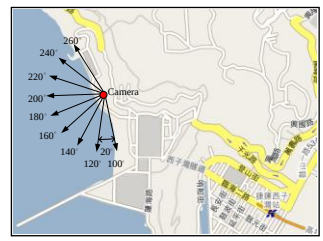
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) – 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

- 100年度計畫已完成工作
  - ✓ 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，提升利用影像分析結果研判海岸(潮間帶附近)地形變遷之準確度。
  - ✓ 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口海岸地形變遷之探討。
  - ✓ 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。

單向攝影機系統 -- 高雄中山大學海工系館頂樓南側

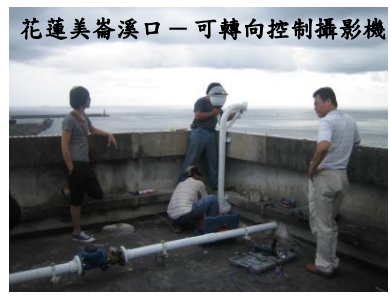
可轉向控制攝影機 -- 高雄中山大學海工系館頂樓北側



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

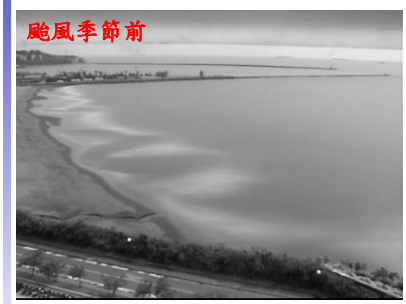
花蓮美崙溪口－可轉向控制攝影機

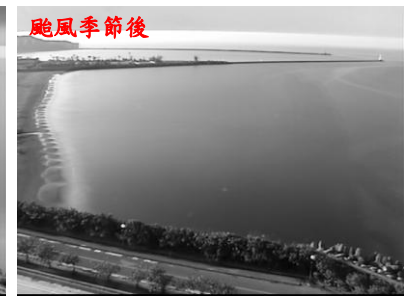


花蓮美崙溪口－單轉向控制攝影機

研究範圍與對象 – 高雄港

- 高雄港日前完工的西子灣人工岬灣及養灘工程，預期在最近幾年內將大幅改變西子灣海岸灘線及北防波堤附近海岸地形，高雄港北側之西子灣為高雄港的出入門戶之一，也是觀光遊憩的景點，就國人海濱遊憩安全考量而言，有必要詳加研究高雄港附近海岸地形變遷。





2007年颱風季節前後西子灣海岸地形變化

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) – 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

研究範圍與對象 – 高雄港

2008年6月完工西子灣人工岬灣及養灘工程

研究範圍與對象 – 花蓮港

- 在花蓮港附近，美崙溪出海口海岸地形變化，影響區域排水，必需長期觀察以提前因應。

本年度計畫之主要工作項目為利用高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口之現場影像資料庫，進行海岸地形變遷、近岸波浪淺化傳遞與流場特性二方面之研究包括：

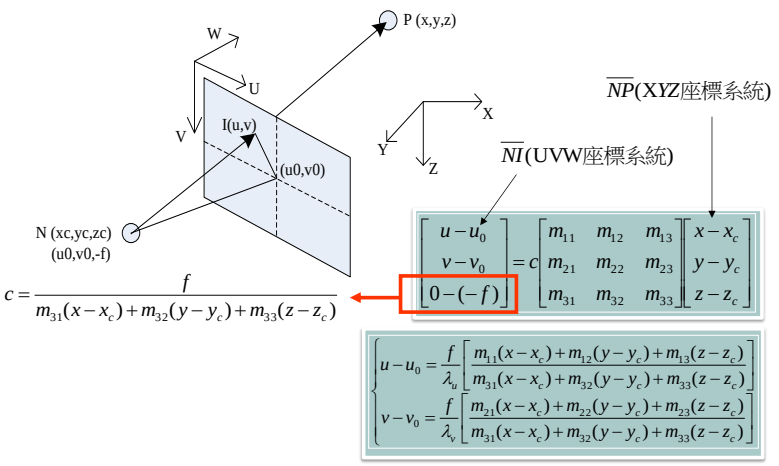
- 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，以提升利用影像分析結果研判海岸(潮間帶附近)地形變遷之準確度。
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口海岸地形變遷之探討。（合辦）
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。（合辦）
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸流場特性之分析探討。（合辦）
- 持續進行海岸地形影像觀測並建立影像資料庫。（合辦）

- 西子灣可轉向與單向影像觀測系統
  - 自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔。
  - 就現場海岸地形影像記錄資料，進行影像拼接。
  - 參照前年度海岸地形影像改善方法進行海岸線偵測分析，與初步之近岸流場分析工作。
- 花蓮港美崙溪口影像觀測站
  - 自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔。
  - 於3月進行地面控制點檢核作業，並據以進行各視角外部參數校正。
  - 就現場海岸地形影像記錄資料，進行影像拼接。
  - 參照前年度海岸地形影像改善方法進行海岸線偵測分析。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

攝影機校正－直接線性轉換



攝影機校正－直接線性轉換

$$u = \frac{L_1x + L_2y + L_3z + L_4}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1} \qquad v = \frac{L_5x + L_6y + L_7z + L_8}{L_9x + L_{10}y + L_{11}z + 1}$$

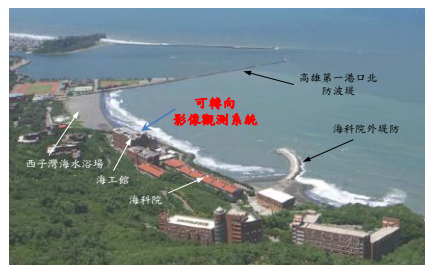
$$\begin{bmatrix} L_1 - L_9u & L_2 - L_{10}u & L_3 - L_{11}u \\ L_5 - L_9v & L_6 - L_{10}v & L_7 - L_{11}v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ \boxed{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u - L_4 \\ v - L_8 \end{bmatrix}$$

空間限制法 － 假設z為定值求解
只適合無明顯高程之影像區域
(正常情況需要最少2台攝影機資訊求解三維座標)

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的計畫背景
研究工作內容目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

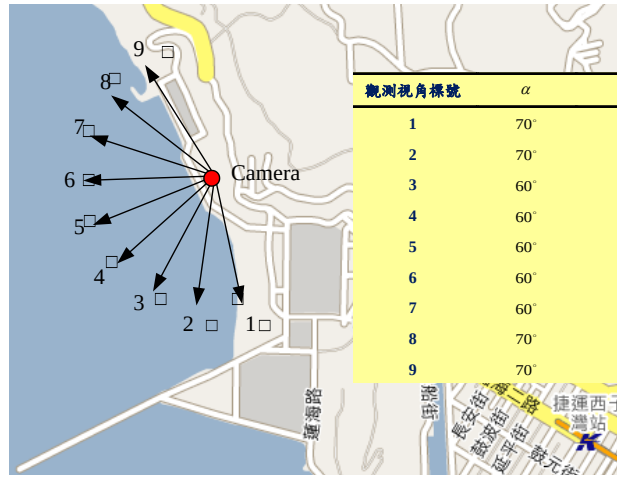
西子灣海岸地形影像觀測－可轉向



SONY EVI-D70	規格說明	
	影像感測器	1/4" CCD
	擷取影像解析度	640×480
	水平轉動角度(Pan)	−170° ~ +170°
	垂直轉動角度(Tilt)	0° ~ 120°
	焦距	F = 4.1mm ~ 73.8mm
	控制介面	RS232/RS422 通訊
	電源	DC 10.8~13.2V
	功率	12W
	尺寸	132×144×144mm

攝影機參數	圓點陣列校正板	棋盤格校正板
鏡頭焦距	820 (pixel)	820 (pixel)
u_0	320.4	315.9
v_0	239.54	233.4
k_1	-3.6621×10^{-7}	-3.4859×10^{-7}
k_2	2.6314×10^{-2}	2.6357×10^{-2}
λ_u	1.032	1.0406

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

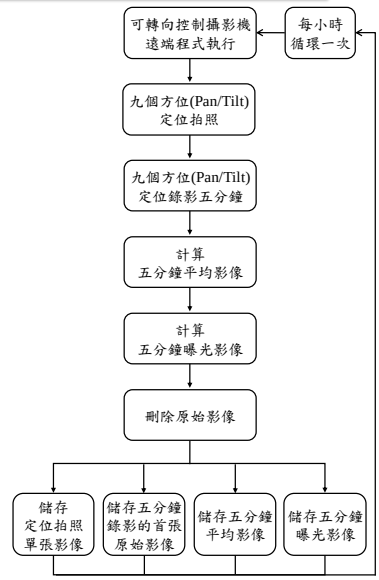


觀測視角標號	α	β	γ
1	70°	0°	–80°
2	70°	0°	–60°
3	60°	0°	–40°
4	60°	0°	–20°
5	60°	0°	0°
6	60°	0°	20°
7	60°	0°	40°
8	70°	0°	60°
9	70°	0°	80°

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

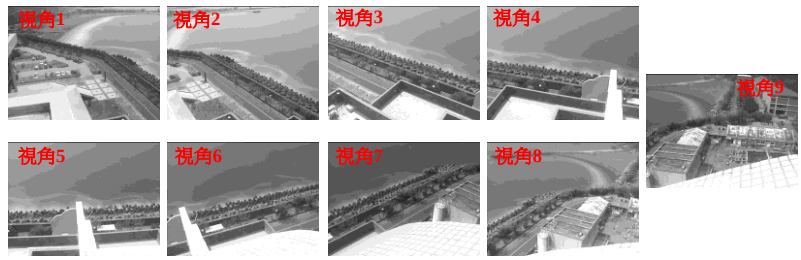
緣起與目的計畫背景
研究工作內容目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

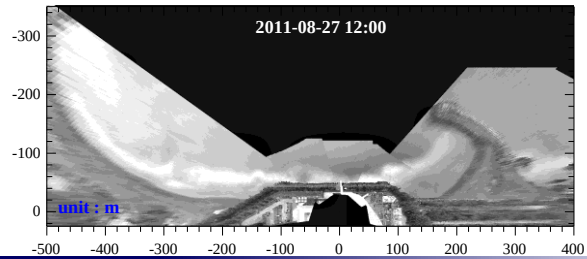
西子灣海岸地形影像觀測－可轉向



西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

全景影像拼接





交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

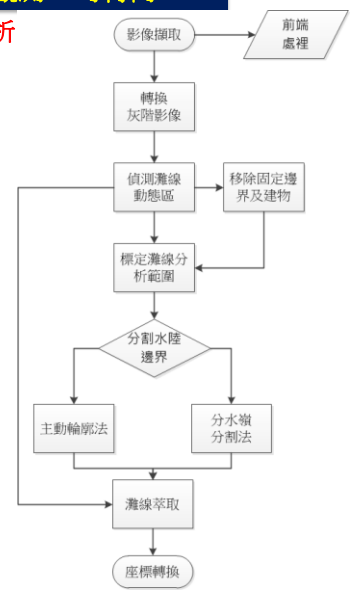
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析

水路邊界分割方法

灘線分割方法及流程



西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

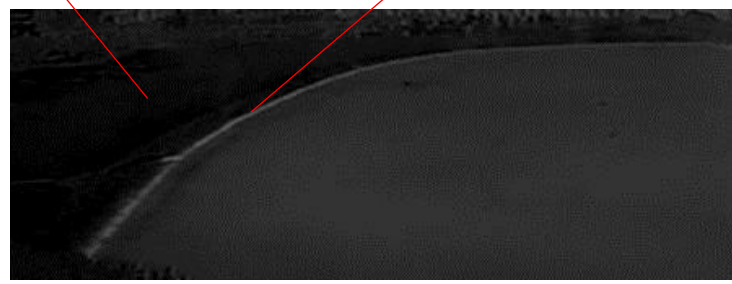
水路邊界分割方法

偵測灘線動態區

- 利用累積差值偵測動態區

陰暗區表示靜態區

明亮區表示動態區



西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—影像分割方法的決定

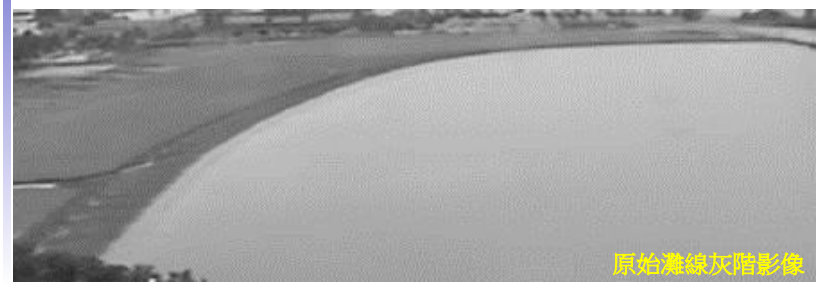
- 影像分割原則
  - 傳統影像分割演算法依據不連續性與相似性
  - 邊緣檢測、臨界值法、區域成長…等等
  - 沒有任何一種影像分割技術可以建立通則去適應各種類型影像的分割
- 海岸灘線影像屬於一序列水、陸交界之動態影像特性
  - 分水嶺分割法
  - 主動式輪廓法

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

- 將水陸交界的灘線灰階影像視為一拓撲學曲面，其中灰階值為其高度
  - 找出集水盆地和分水嶺山脊線，其中集水盆地為欲分割的物件



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

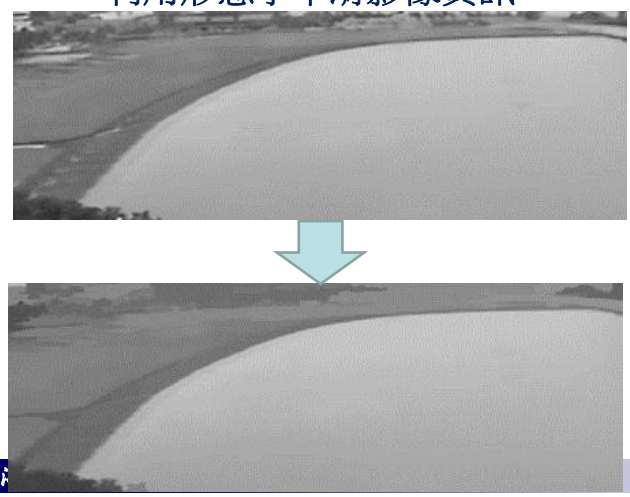
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

利用形態學平滑影像資訊

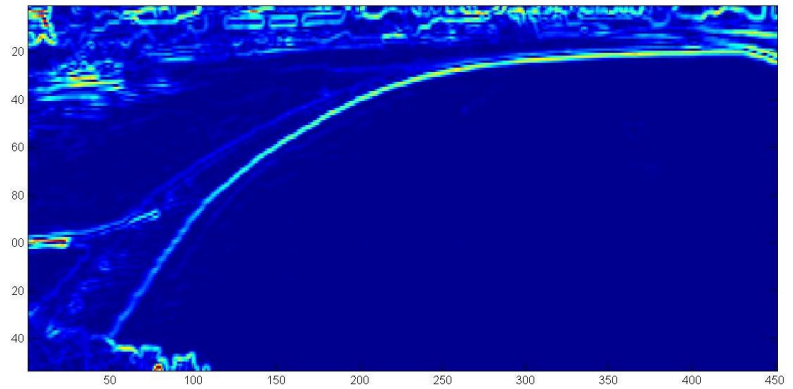


西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

影像梯度



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

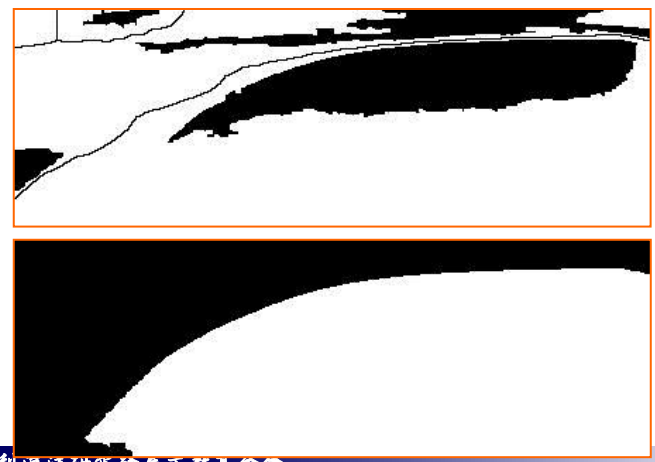
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

分水嶺分割



集水盆地和山脊線

水、陸分割結果

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式

Caselles等人(1997)所提出的能量方程式

$$E(\Gamma)=\int_0^1 g(I(\Gamma(q)))\|\Gamma'(q)\|dq$$

$$g(I)=\frac{1}{1+\|\nabla(G*I)\|^2}$$

上式，I 為影像強度值，Γ 參數曲線，G 為變異數為 1 的高斯濾波。能量方程式最小化可導出 Snake 曲線模式

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}(x)=g(I(x))\|\nabla\phi(x)\|(c+\kappa)+\nabla g(I(x))\nabla\phi(x)$$

其中，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\|\nabla\phi(x)\|)$ 相當於輪廓曲線的曲率，c 則為與曲線擴張有關的常數。

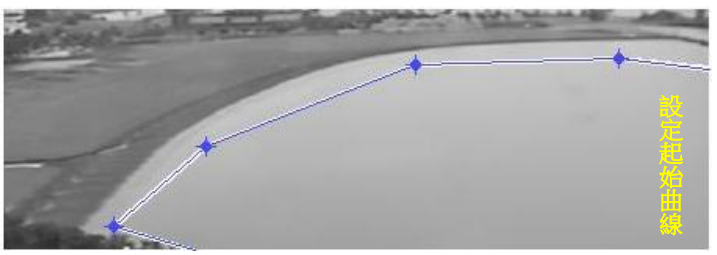
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式

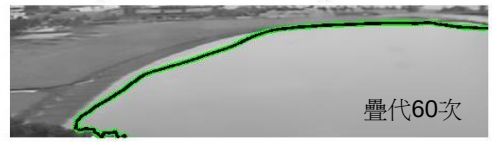


西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

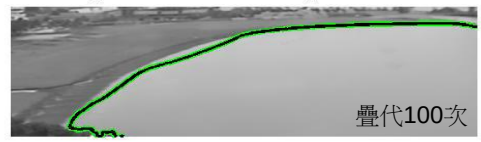
海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式

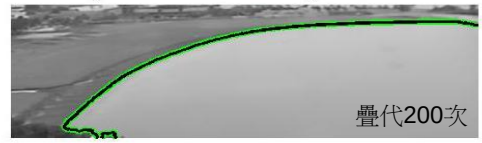
Localized Region Based Active Contour Segmentation 60 Iterations



Localized Region Based Active Contour Segmentation 100 Iterations



Localized Region Based Active Contour Segmentation 200 Iterations

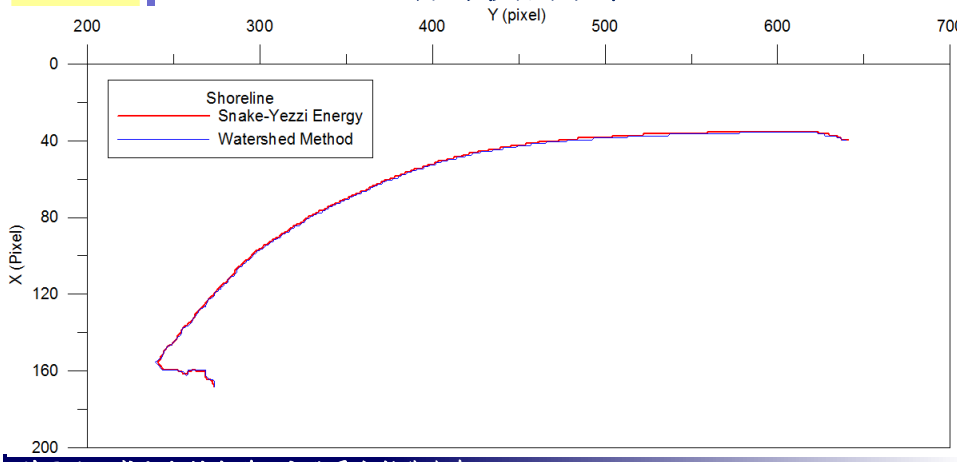


西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

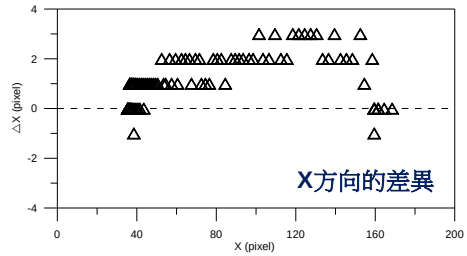
水路邊界分割方法－主動輪廓模式

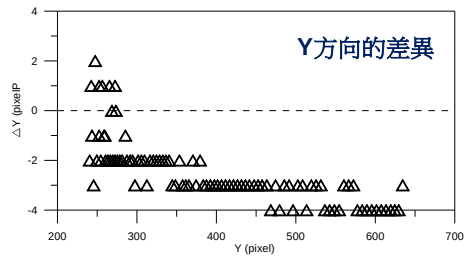
灘線偵測結果



西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法





交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

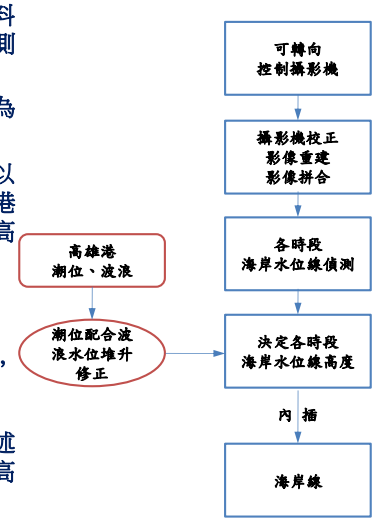
海岸地形影像偵測與分析

- ✓ 茲就單日每小時海岸影像資料(06:00~18:00)，以主動輪廓模式偵測每小時海岸影像水位線位置
- ✓ 對應當時刻之高雄港潮位高程(轉為中潮系統)，
- ✓ 考量波浪水位堆升(setup)作用，以Stockdon等人(2006)經驗式依高雄港外海波浪資料，進行波浪水位堆升高度計算

$$\bar{\eta} = 0.35\beta_f \left(H_0 T_0\right)^{1/2}$$

β為前灘坡度，H_0為深海示性波高，T_0為深海示性週期

- ✓ 波浪水位堆升高度計算結果配合前述潮位修正法，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線內插作業

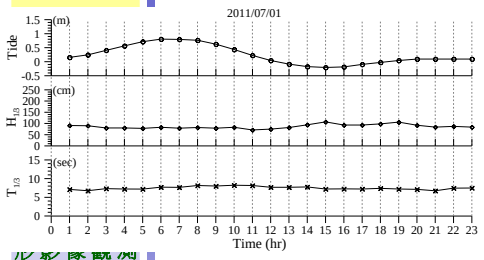


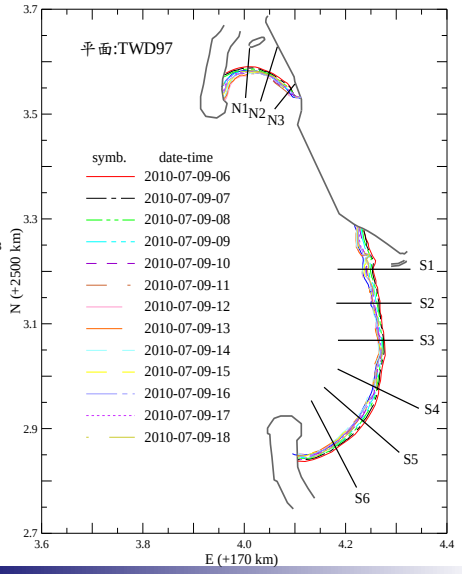
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景

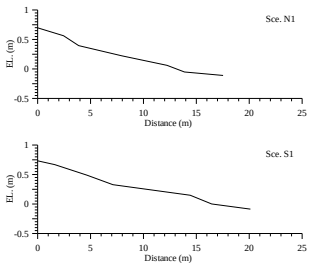
西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析





西子灣近岸波流影像觀測



花蓮港美崙溪口影像觀測站

後續工作

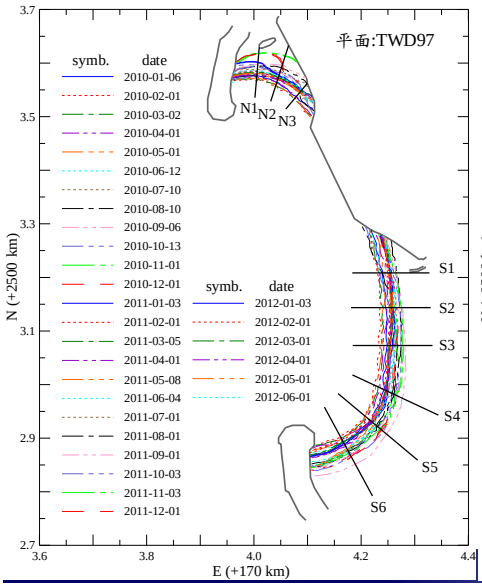
財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會　- 35 -

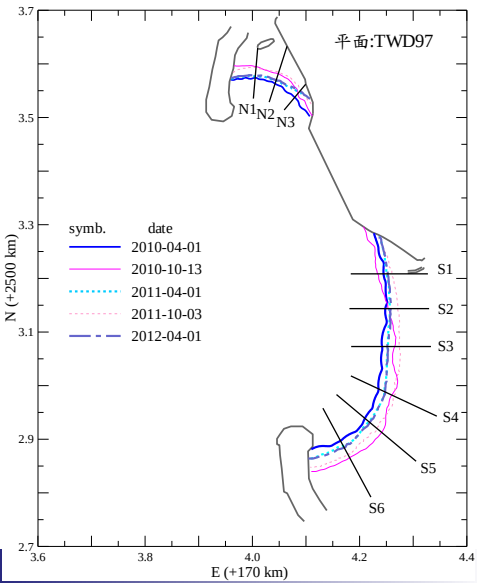
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

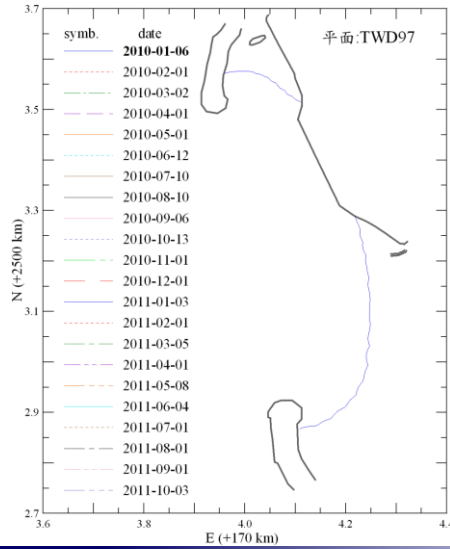
海岸地形影像偵測與分析－ 西子灣海岸線變遷分析





西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－ 西子灣海岸線變遷分析



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－ 西子灣海岸線變遷分析

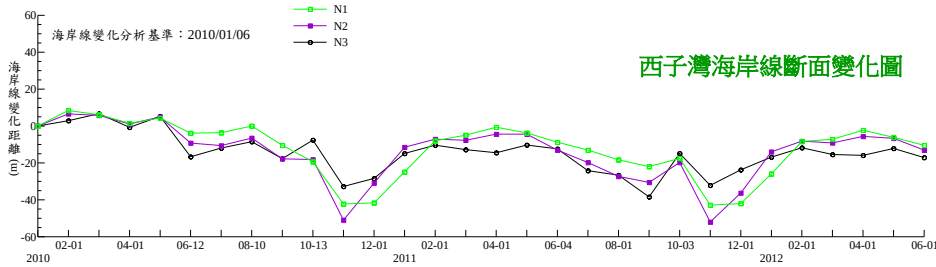
日期	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
02/01	8.43	6.61	2.91	7.90	12.70	11.94	18.37	14.59	17.70
03/02	6.12	5.77	6.68	5.36	6.86	9.14	11.02	9.98	14.64
04/01	1.52	1.12	-0.71	-5.59	-0.79	5.59	7.83	11.48	10.51
05/01	4.31	4.93	5.27	-2.03	7.12	9.65	15.48	14.59	12.32
06/12	-3.83	-9.21	-16.65	1.79	-11.68	-9.65	-5.47	-1.14	-6.77
07/10	-3.64	-10.61	-11.94	4.83	-5.33	-15.75	-10.40	-1.68	-1.68
08/10	0.00	-6.51	-8.48	1.01	-12.95	-19.56	-18.05	-12.22	-12.32
09/06	-10.45	-17.78	-17.68	-6.36	-22.60	-34.54	-38.36	-38.17	-40.95
10/13	-19.36	-18.15	-7.62	4.07	-9.39	-15.75	-24.33	-29.32	-25.06
11/01	-42.24	-50.97	-32.75	-15.18	-17.56	-19.56	-25.96	-15.95	-11.91
12/01	-41.64	-30.91	-28.40	-13.62	-15.70	-15.36	-26.93	-26.96	-21.96
01/03	-24.89	-11.49	-14.88	-15.68	-11.93	-11.15	-11.08	-4.70	4.81
02/01	-8.01	-7.12	-10.35	-10.16	-8.75	-8.56	6.25	4.55	15.02
03/05	-4.91	-7.69	-12.81	-15.53	-11.65	-9.32	-8.57	-3.93	6.24
04/01	-0.66	-4.39	-14.46	-11.11	-11.76	-10.14	-9.37	2.65	0.79
05/08	-3.74	-4.44	-10.28	-11.17	-11.27	-9.69	-9.13	-5.75	-7.99
06/04	-8.77	-13.06	-12.39	-15.11	-13.58	-11.91	-8.21	-5.41	-4.59
07/01	-13.04	-19.77	-24.18	-20.80	-17.45	-19.43	-13.90	-5.81	-5.61
08/01	-18.32	-27.29	-26.62	-26.89	-24.56	-27.15	-18.57	-10.49	-7.85
09/01	-21.98	-30.54	-38.40	-27.91	-29.23	-31.22	-25.28	-15.77	-11.30
10/03	-17.51	-19.77	-14.83	-21.61	-25.17	-26.34	-19.99	-12.11	-9.47
11/03	-42.84	-52.01	-32.14	-24.90	-28.41	-31.68	-28.28	-22.51	-16.78
12/01	-42.01	-36.27	-23.73	-17.25	-20.40	-17.48	-26.89	-25.39	-25.70
01/03	-25.93	-13.98	-16.82	-16.65	-13.61	-13.41	-12.84	-4.73	2.71
02/01	-8.39	-8.20	-11.77	-15.45	-11.60	-11.60	-9.66	2.27	9.03
03/01	-7.17	-9.14	-15.43	-17.37	-14.33	-10.31	-9.77	-5.60	6.20
04/01	-2.27	-5.61	-15.88	-13.22	-12.83	-9.84	-10.68	-3.32	-3.94
05/01	-6.13	-6.65	-12.14	-14.77	-13.89	-11.51	-11.61	-7.15	-11.55
06/01	-10.46	-13.08	-17.10	-17.60	-18.01	-16.15	-15.90	-10.61	-13.33
海岸線變化率(m/年)	-8.24	-5.36	-8.07	-10.54	-8.12	-7.65	-6.24	-4.71	-3.59

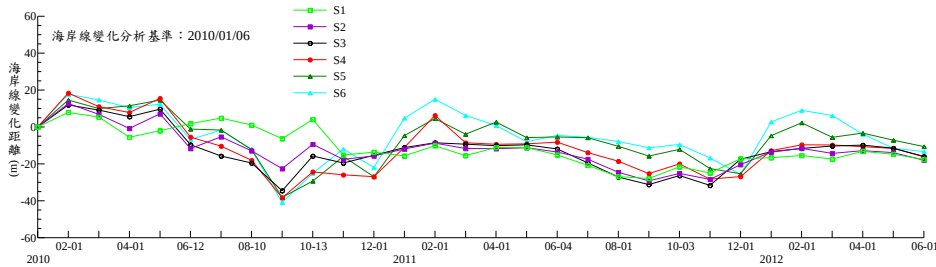
緣起與目的
計畫背景

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－ 西子灣海岸線變遷分析

西子灣海岸線斷面變化圖





緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

DLT 攝影機模型理論基礎

西子灣海岸地形影像觀測

西子灣近岸波流影像觀測

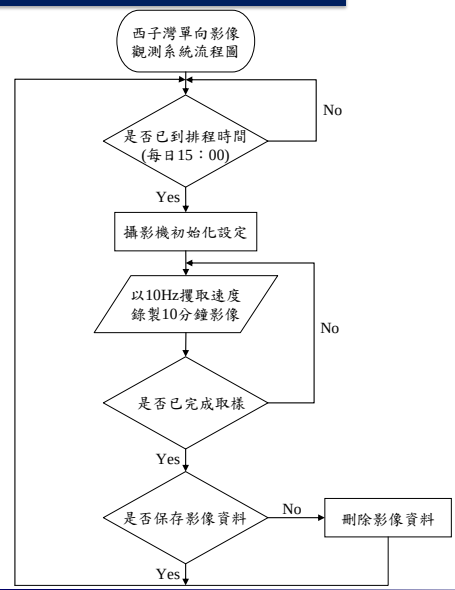
花蓮港美崙溪口影像觀測站

後續工作

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

型號	FL2-14S3C
影像感測器	1/2″ CCD
最大影像解析度	1392×1032
像素大小	4.65μm×4.65μm
影像及控制介面	IEEE 1394b
同步	外部觸發或軟體觸發
電源	DC 8~32V
功率	2.5W
尺寸(mm)	29×29×30 mm
搭配鏡頭焦距	F = 6mm

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

近岸流影像分析方法

Chickadel等人(2003)波流影像分析

$$I(f,k_y;x)=\iint I(t,y;x)\times e^{-i2\pi ft}e^{-i2\pi k_y y}dtdy$$

式中係數函數 ***I*** 為影像亮度，***f*** 為頻率，***t*** 為時間，***x*** 為向離岸位置，***y*** 為沿岸位置，**ky** 為沿岸方向之週波數。

$$S(f,k_y)=I(t,y)*I(t,y)$$

$$\mathrm{var}\{S(f,k_y)\}=\iint S(f,k_y)dfdk_y=\iint S(v,k_y)|k|dvdk_y$$

式中|**k**|為**Jacobian**行列式

$$S(v)=\int_{k_{\min}}^{k_y} S(v,k_y)dk_y$$

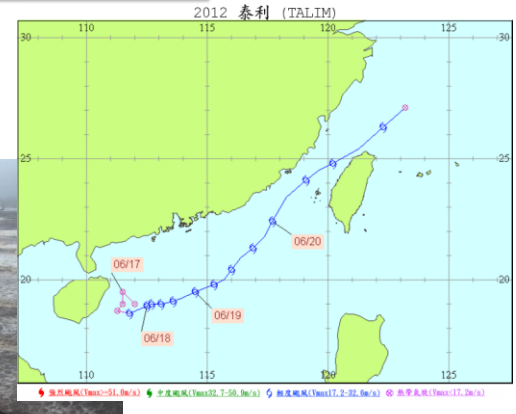
緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析

2012年6月泰利颱風



高雄港外海
波高為5.54m
週期為12.48sec
入射波向為231.71˚

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

DLT 攝影機模型理論基礎

西子灣海岸地形影像觀測

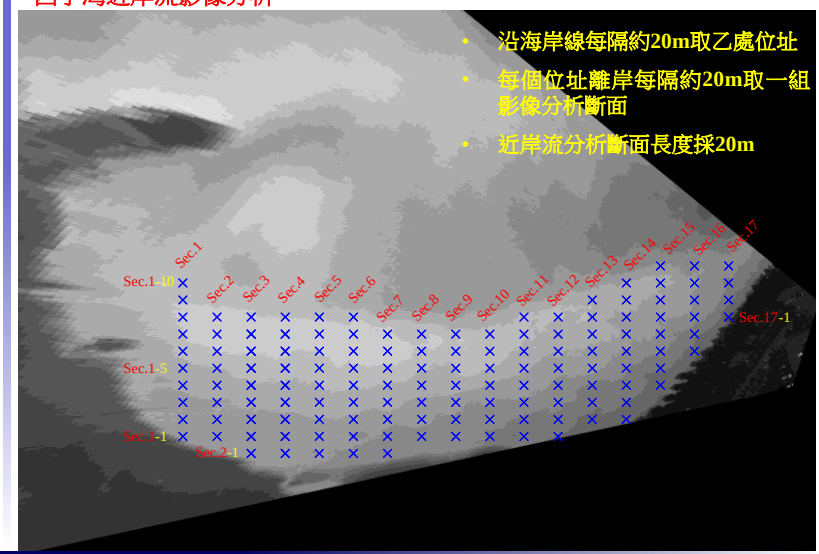
西子灣近岸波流影像觀測

花蓮港美崙溪口影像觀測站

後續工作

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

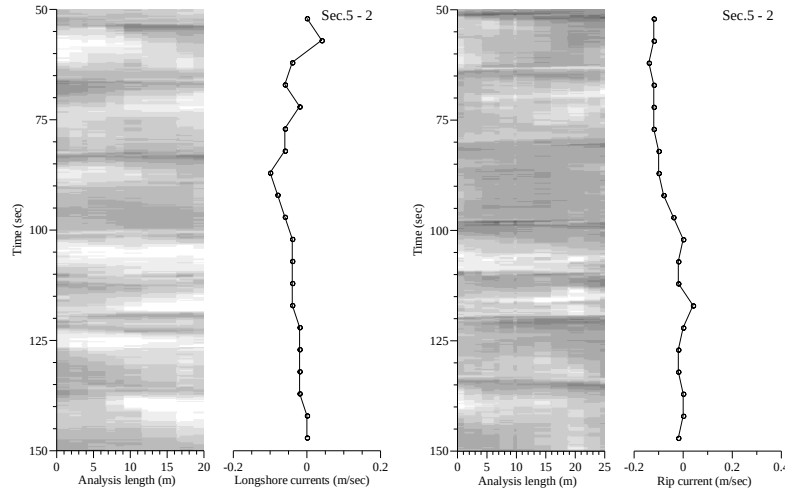
西子灣近岸流影像分析



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析

沿岸流　　向離岸流



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

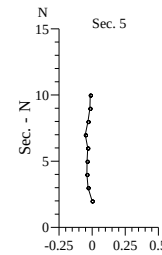
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向　2012年6月泰利颱風

西子灣近岸流影像分析

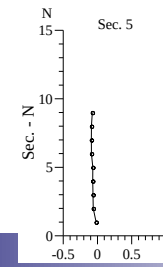
Sec-N	Sec.5
9	-0.001
8	-0.031
7	-0.040
6	-0.038
5	-0.034
4	-0.052
3	-0.031
2	-0.017
1	-0.015

沿岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)



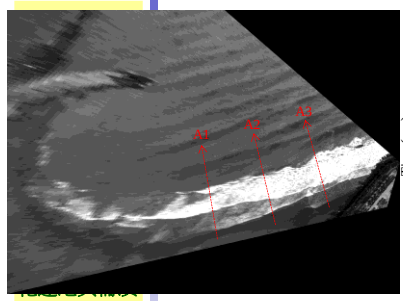
Sec-N	Sec.5
9	-0.020
8	-0.062
7	-0.065
6	-0.070
5	-0.069
4	-0.088
3	-0.090
2	-0.089
1	-0.076

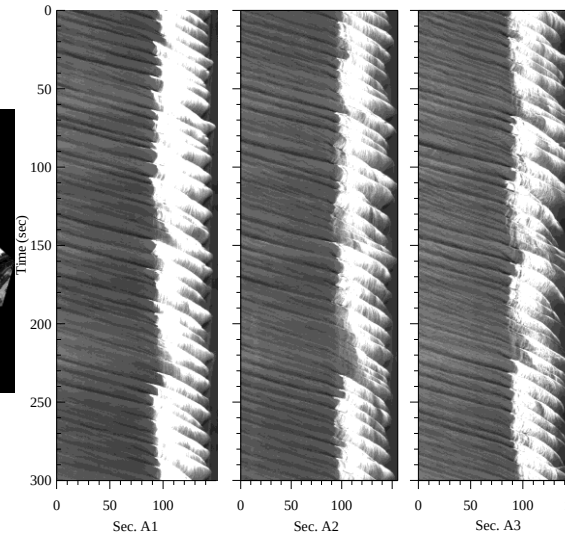
向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸波浪傳遞影像分析





交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告　簡報

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸波浪傳遞影像分析

- 波浪位相移動速度
  - ✓ 擷取各時段之波峰線位置(垂直海岸線斷面位置)，並據以計算波峰移動速度作為波浪位相移動速度(wave phase speed，C)

$$C = \Delta X / \Delta t$$

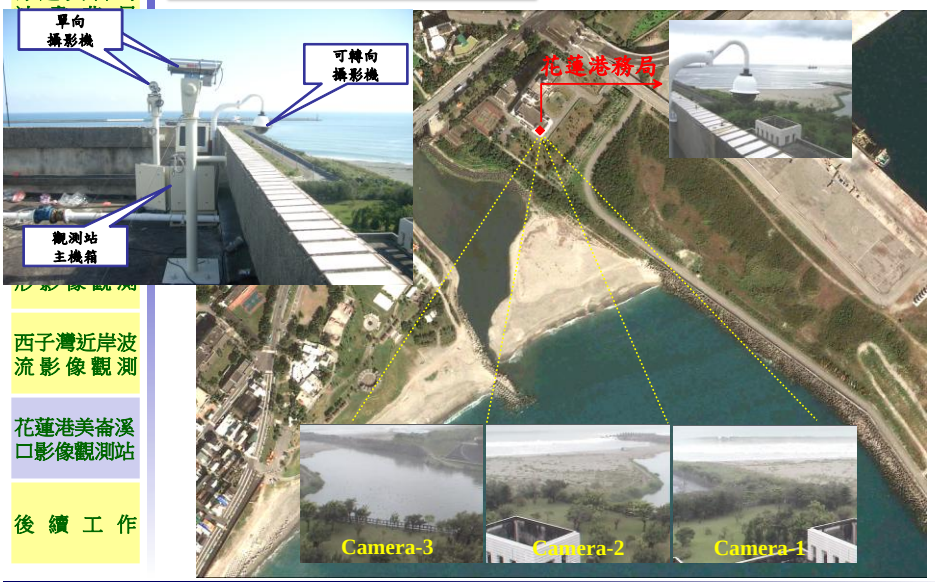
- kh值與水深h
  - ✓ 依據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式(如下式)，可推算得kh值與水深h

$$C = C_0 \tanh(kh)$$

- 淺化係數

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2n}\frac{1}{\tanh kh}} \qquad n = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)$$

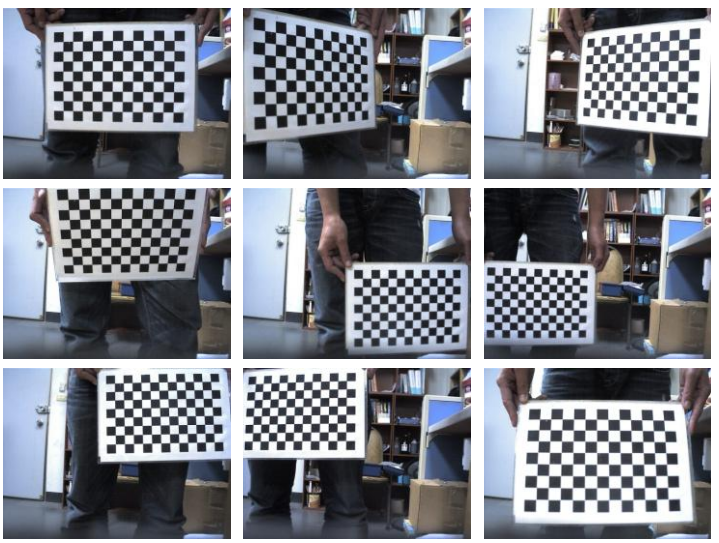
花蓮美崙溪口影像觀測站設置



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期中報告　簡報

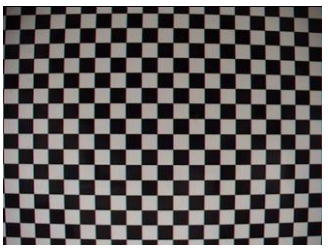
花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

攝影機內部參數校正－棋盤格影像

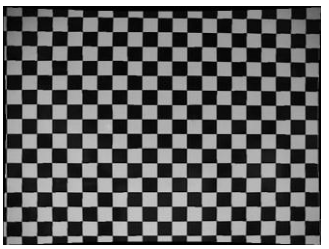


花蓮美崙溪口影像觀測站設置– 可轉向

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果



校正前



校正後

攝影機參數	棋盤格校正板
鏡頭焦距	820 (pixel)
u_0	315.9
v_0	233.4
k_1	-3.4859×10^{-7}
k_2	2.6357×10^{-2}
λ_u	1.0406

交通部運輸研究所 海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) – 期中報告 簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

花蓮美崙溪口影像觀測站設置– 可轉向

地面控制點檢測 2011/05/05

儀器名稱		觀測項目	主要儀器規格
NovAtel DL-2		坐標與高程定位	即時定位精度：±2 cm 後處理精度：0.5cm(±1ppm) DL-2坐標輸出頻率：10 Hz DL-4坐標輸出頻率：20 Hz
NovAtel DL-4			

經濟部水利署第九河川局
海岸斷面樁控制點(編號WT1)

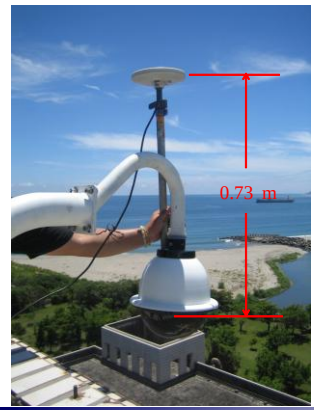
點位編號	TWD97系統(m)		高程(m)
	E	N	
WT1	312957.9910	2652696.8180	9.421

GCP檢測

花蓮美崙溪口影像觀測站設置– 可轉向

地面控制點檢測

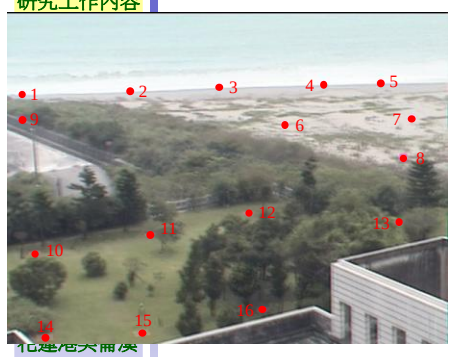
檢測項目	二度分帶坐標		高程
	E(m)	N(m)	Z(m)
攝影機	313082.9764	2652960.8122	43.801



花蓮美崙溪口影像觀測站設置– 可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 1



影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
1	313262.59	2652711.69	2.36	23	119
2	313234.03	2652699.80	2.32	179	113
3	313210.02	2652688.99	2.39	308	108
4	313181.19	2652680.37	2.63	460	105
5	313159.16	2652672.99	2.61	543	103
6	313166.32	2652749.25	3.12	405	163
7	313141.28	2652734.37	2.90	588	155
8	313133.40	2652772.76	2.41	576	210
9	313218.72	2652772.36	6.53	23	156
10	313133.34	2652891.38	18.38	41	348
11	313126.40	2652883.42	18.40	210	321
12	313121.04	2652873.85	18.36	350	290
13	313106.91	2652873.15	18.41	568	304
14	313120.59	2652908.56	18.92	57	471
15	313115.43	2652905.18	18.50	195	465
16	313109.51	2652896.83	16.72	373	430

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容

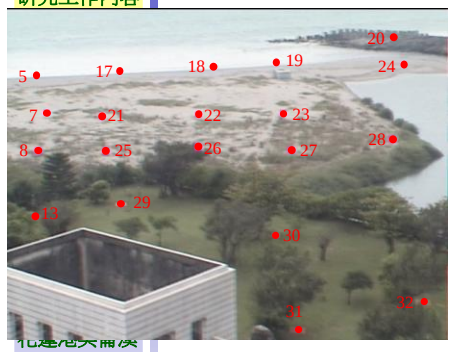
花蓮港美崙溪口影像觀測站

後續工作

花蓮美崙溪口影像觀測站設置─可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 2



影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	43	99
7	313141.28	2652734.37	2.90	59	152
8	313133.40	2652772.76	2.41	46	207
13	313106.91	2652873.15	18.41	42	301
17	313136.00	2652665.85	2.70	164	93
18	313111.01	2652656.58	2.61	300	86
19	313091.97	2652647.10	2.33	391	81
20	313051.44	2652577.84	2.92	561	41
21	313127.75	2652738.50	2.61	136	157
22	313106.79	2652733.56	2.37	278	154
23	313088.25	2652731.35	2.05	401	152
24	313053.60	2652640.96	1.31	576	81
25	313121.17	2652771.22	2.28	144	208
26	313103.36	2652769.34	2.09	278	202
27	313086.14	2652768.93	1.95	413	205
28	313066.05	2652756.28	1.59	560	191
29	313099.97	2652868.92	18.40	166	284
30	313085.51	2652878.74	18.46	390	328
31	313083.03	2652899.71	18.59	423	465
32	313074.98	2652894.18	18.52	605	425

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容

花蓮港美崙溪口影像觀測站

後續工作

花蓮美崙溪口影像觀測站設置─可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 3

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
20	313051.44	2652577.84	2.92	19	38
24	313053.60	2652640.96	1.31	36	80
28	313066.05	2652756.28	1.59	27	188
32	313074.98	2652894.18	18.52	86	419
33	313013.53	2652589.78	4.48	184	35
34	312966.32	2652568.86	6.49	342	20
35	312943.61	2652592.78	6.53	453	27
36	312964.64	2652707.14	10.26	566	66
37	313062.70	2652886.97	18.38	302	356
38	313054.80	2652894.88	18.33	500	393
39	313070.60	2652901.32	18.53	213	468
40	313062.08	2652903.24	18.49	412	465

花蓮美崙溪口影像觀測站設置─單向

單向攝影機

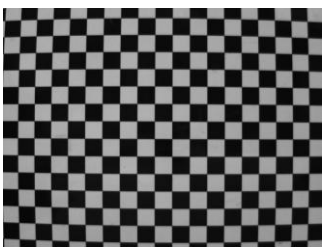
	型號	FL2-14S3C
	影像感測器	1/2″ CCD
	最大影像解析度	1392×1032
	像素大小	4.65μm×4.65μm
	影像及控制介面	IEEE 1394b
	同步	外部觸發或軟體觸發
	電源	DC 8~32V
	功率	2.5W
	尺寸(mm)	29×29×30 mm
	搭配鏡頭焦距	F = 6mm

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) ─ 期中報告　簡報

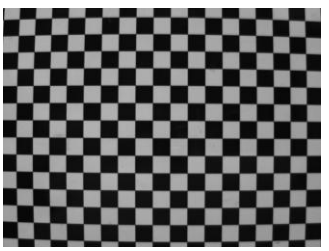
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作

花蓮美崙溪口影像觀測站設置─單向

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果



校正前



校正後

攝影機參數	攝影鏡頭(編號：1)	攝影鏡頭(編號：2)
u_0	400.0	399.7
v_0	325.3	309.2
k_1	-1.711×10^{-7}	-1.829×10^{-7}
k_2	1.466×10^{-2}	1.609×10^{-2}
λ_u	1.018	1.021

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

後續工作

花蓮美崙溪口影像觀測站設置─單向

地面控制點檢測(2011/05/05)

視角- C1

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	52	169
7	313141.28	2652734.37	2.90	79	284
8	313133.40	2652772.76	2.41	53	400
17	313136.00	2652665.85	2.70	312	162
18	313111.01	2652656.58	2.61	588	151
21	313127.75	2652738.50	2.61	252	298
22	313106.79	2652733.56	2.37	550	295
25	313121.17	2652771.22	2.28	257	401
26	313103.36	2652769.34	2.09	548	400

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

後續工作

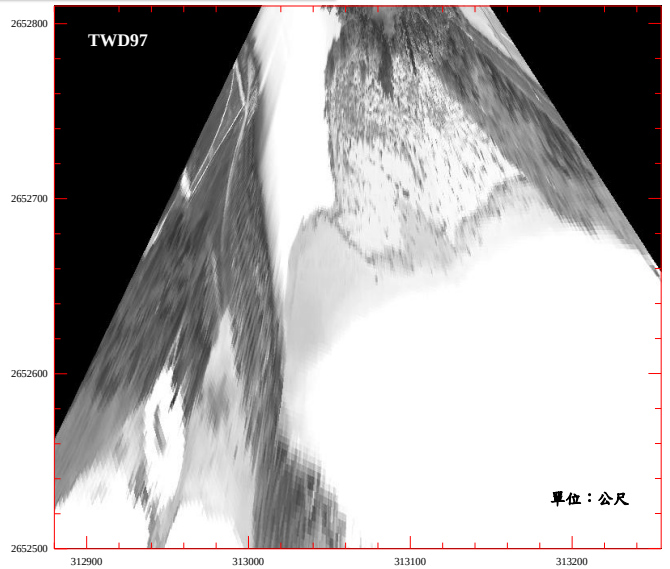
花蓮美崙溪口影像觀測站設置─單向

地面控制點檢測(2012/03)

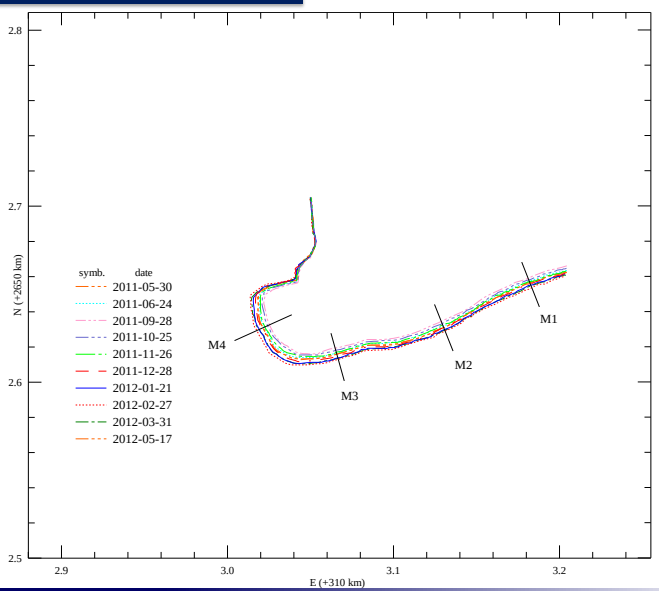
視角- C2

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
17	313136.00	2652665.85	2.70	117	190
18	313111.01	2652656.58	2.61	375	179
19	313091.97	2652647.10	2.33	570	172
21	313127.75	2652738.50	2.61	51	317
22	313106.79	2652733.56	2.37	335	312
23	313088.25	2652731.35	2.05	577	314
25	313121.17	2652771.22	2.28	52	415
26	313103.36	2652769.34	2.09	327	412
27	313086.14	2652768.93	1.95	598	419

花蓮美崙溪口全景拼接影像

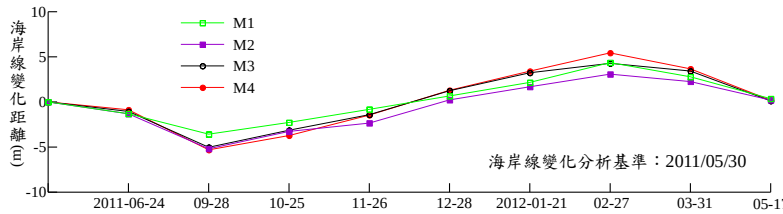


花蓮美崙溪口全景拼接影像



花蓮美崙溪口全景拼接影像

日期	斷面編號			
	M1	M2	M3	M4
2011/06/24	-1.30	-1.32	-1.05	-0.86
2011/09/28	-3.57	-5.18	-5.02	-5.31
2011/10/25	-2.27	-3.27	-3.13	-3.72
2011/11/26	-0.82	-2.34	-1.40	-1.45
2011/12/28	0.67	0.23	1.24	1.30
2012/01/21	2.17	1.68	3.23	3.42
2012/02/27	4.37	3.08	4.28	5.44
2012/03/31	2.78	2.26	3.43	3.67
2012/05/17	0.36	0.21	0.12	0.19
海岸線變化率 (m/年)	4.97	4.95	5.70	6.37



- 西子灣與花蓮港美崙溪口影像觀測系統之影像錄影與資料整理
- 持續進行海岸地形影像自動辨識與海岸線變遷分析
- 近岸波浪淺化傳遞特性、近岸流場分析
- 為瞭解現場近岸流影像分析之合理性，規劃於7~8月期間以拋放浮球觀測方式進行分析流速比對。

簡報完畢
敬請指教

- 觀察海岸地形變遷影像判別方法應用於海岸或近岸現場方面之研究在國外已有多年歷史，可區分為
  - ✓ 水動力學(Hydrodynamics)
  - ✓ 地形學(Morphology)
  - ✓ 近年來更與海岸管理(Coastal Zone Management) 結合。
- 此方面的技術由奧勒崗州大的Holman開創後(Holman and Stanley, 2007)，將其Argus影像觀測系統推動至世界各地，目前歐盟五國十二個研究團隊組成之Coast View Project即主要集中於海岸管理方面之應用(Huntley and Stive, 2007)。

現場海岸水動力影像監測研究

學 者	研究內容
Holman和Guza(1984)	以時間間隔攝影(time-lapse photography) 監測現場自然砂灘之波浪溯上運動情形，根據監測照片配合觀測斷面已量取之坐標高程資料，以人工點繪取得各時間沖刷水位變化資料。
Aagaard與Holm (1989)	提出以時間歷程影像斷面觀念，進行波浪沖刷帶之水位分析
Holland(1993) Holland (1995) Holland與Puleo(2001) Bailey與Shand(1994)	沿用Aagaard與Holm(1989)提出以時間歷程影像斷面觀念配合Lippmann及Holman(1989)所提之幾何轉換方法，萃取自然砂灘上波浪沖刷水位時間歷程資料
Holland等(1997)	以兩部CCD攝影機同時拍攝不同視角之近岸波浪溯上與回刷影像，並依Abdel-Ariz和Karara(1971)所提之直接線性轉換法)，發展出三維影像與物理坐標轉換關係式，提出波浪溯上地形剖面之三維位置標定方法
Wanek和Wu(2006)	使用三部不同方位角度之CCD攝影機拍攝現場波浪運動影像，配合Holland(1997)所提之影像與物理坐標校訂方式進行三維影像坐標校正，並據以分析萃取波浪變化之三維資料，且其分析結果與現場波高計所記錄者之水位時間歷程與波浪能譜資料，大致均相符合。

現場海岸水動力影像監測研究

學 者	研究內容
Stockdon等(2006)	於現場觀測波浪沖刷區之水位變化，依Holland等(1997)影像辨識與坐標標定方法，將沖刷區影像水位觀測資料數值化，探討波浪湧升、溯上與沖刷高度之特性，並根據分析結果提出相關之經驗公式。
Holland等人(2001)	以高解析攝影機拍攝現場沖刷帶海表面序列影像，配合質點影像流速分析技術 (particle image velocimetry techniques)，分析近岸區域平面流速分佈情形
Chickadel等人(2003) Cohen等人(2004)	利用高解析CCD攝影機所攝之刷帶海表面序列影像，將海表面影像轉成速度譜後，分析沿岸流剖面資料
郭與簡(2009)	沿用Chickadel等人(2003)分析方法，於台南市黃金海岸從事沿岸流影像監測分析亦獲得不錯效果

實驗室海岸水動力影像監測研究

學 者	研究內容
Bonmarin等人 (1985)	於實驗室波浪水槽中加入螢光染料，配合充足之照明設備以高速照相機拍攝週期為0.67~0.83sec之深水重力波碎波過程影像，並配合人工點繪方式萃取出碎波波形剖面，進行波高、波長、波峰、波谷與波浪尖銳度之特性分析
Bonmarin等(1989)	提出以波浪與背景灰階影像之亮度分界作為門檻值，將灰階影像轉換成二值影像(黑色與白色影像)，再藉由電腦程式判讀波形二值影像之交界點，萃取出波形影像資料
Siddiqui等人(2001)	在水槽中添加花粉粒子之PIV影像，運用水位影像之平均輝度值作為波浪與背景影像之亮度門檻值，進行波浪水位偵測
Lee等人(2002) Lee和Kwon (2003)	運用Mexican Hat小波函數分析靜水位、波浪未碎波與碎波之空間資料，其中於波浪碎波區處理效果較不理想之處則以三次曲線內插連結之
林等人(2004)	以二維差分運算子(Prewitt與Sobel)配合數位影像處理技巧辨識波浪水位資料
Zarruk(2005)	運用質點影像流速(PIV)之微觀技術，分析波浪自由液面空間之影像垂直方向亮度梯度資料，配合高次之多項式回歸統計方法，分析波浪通過潛堤之波形資料

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期中報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
重要文獻回顧
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

實驗室海岸水動力影像監測研究

學 者	研究內容
Yao和Wu(2005)	利用動態輪廓模式(active contour model)，依波浪自由液面附近影像亮度之梯度向量資料，追蹤偵測波浪水面之形狀
Erikson與Hanson(2005)	以CCD攝影機水平視角拍攝砂質底床上(D_{50}=0.13mm)近岸波浪傳遞與底床變動情形，運用Matlab套裝軟體內之影像與物理坐標轉換與邊緣偵測(Roberts二維運算子)指令程式進行影像幾何校正及空間與時間上之波形與底床變化資料萃取分析。
Kuo等人(2006)	將近岸區影像依沿岸方向切割成多組子影像，再由各子影像之亮度資訊以Otsu (1978)所提方法，計算水體與波浪水槽側壁之亮度門檻值，並據以進行溯上水位影像辨識。
Mukto等人(2007)	提出以多重影像門檻值法進行波浪剖面偵測分析
Chou等人(2003、2004)	將由拍攝波場後所得影像之灰階值分佈與波高之間的關係回歸得轉換函數式

海岸地形影像監測研究

- 影像灰階強度

  Plant與Holman(1997)、 Madsen與Plant(2001)發展之SLIM模式，在判斷陡變坡度海灘之岸線時已有良好精度與表現，但對於緩變坡度海灘與有砂洲砂連突出水面等情況易造成誤判。

- 影像空間梯度強度

  如Davidson等人(1997)所提方法，其可供判斷緩變坡度海灘岸線位置，惟精度仍較粗略，此外，以灰階影像為基礎發展之岸線判別理論所得出之高程通常須另做在址修正。

- 動態影像岸線判別

  Stefan等人(2003)針對HSV(Hue-Saturation-Value)彩域之時序列動態影像做分析以判斷岸線位置，岸線水位高程則據當時潮汐和波浪條件作計算得出，可應用於判定陡變坡度海灘岸線位置。

Madsen and Plant(2001)與Harley等人(2007)均發展出可自動判別僅具單一水線(waterline)之陡變坡度海灘潮間帶地形之方法。

Uunk等人(2010)成功發展出可自動化判讀潮間帶特徵地形之方法，可應用於退潮時方可見潮間帶砂連之緩變坡度海岸。

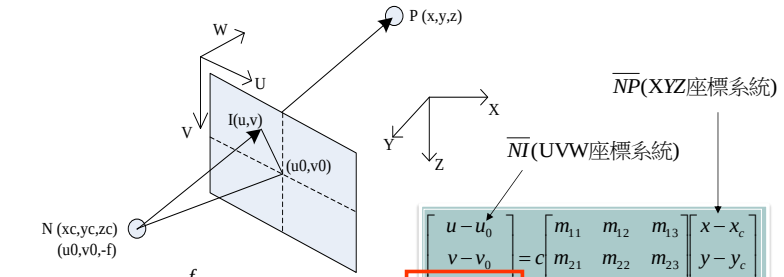
交通部運輸研究所 海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4)－ 期中報告 簡報

緣起與目的
計畫背景
重要文獻回顧
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

海岸管理影像監測研究

- 隨著電子攝影設備發展迅速，近年來應用動態影像監測於海岸管理已引起各國海岸管理單位與海岸工程界高度興趣與重視。
- 由歐盟提供資金的跨國性海岸監測三年計畫CoastView Project(採用第三代Argus影像監視系統，Holman and Stanley, 2007)，利用數台攝影機進行海岸環境時間域與空間域全面性資料監測(含劇烈氣候下海岸資訊)，可提供管理單位完整資訊進行海岸地形變遷、海岸保護、航道浚淤、海灘遊憩、生態保護等方面之管理 。

攝影機校正－直接線性轉換



$$c=\frac{f}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}$$

$$\begin{bmatrix} u-u_0 \\ v-v_0 \\ 0-(-f) \end{bmatrix} = c\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x-x_c \\ y-y_c \\ z-z_c \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} u-u_0=\dfrac{f}{\lambda_u}\left[\dfrac{m_{11}(x-x_c)+m_{12}(y-y_c)+m_{13}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \\ v-v_0=\dfrac{f}{\lambda_v}\left[\dfrac{m_{21}(x-x_c)+m_{22}(y-y_c)+m_{23}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \end{cases}$$

攝影機校正－直接線性轉換

$$u=\frac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \qquad v=\frac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1}$$

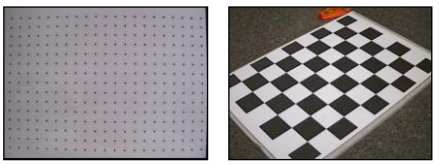
$$\begin{bmatrix} L_1-L_9u & L_2-L_{10}u & L_3-L_{11}u \\ L_5-L_9v & L_6-L_{10}v & L_7-L_{11}v \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} u-L_4 \\ v-L_8 \end{bmatrix}$$

空間限制法 － 假設Z為定值求解
只適合無明顯高程之影像區域
(正常情況需要最少2台攝影機資訊求解三維座標)

攝影機校正－內部參數校正與扭曲校正

正規化均勻分佈校正格點

攝影機內部校正板



$$z = 0$$
$$(x_{ij}, y_{ij}) = (i, j)$$

$$\begin{cases} iL_1 + jL_2 + L_4 - iu_{ij}^d L_9 - ju_{ij}^d L_{10} = u_{ij}^d, & i = 1 \cdots m, \quad j = 1 \cdots n \\ iL_5 + jL_6 + L_8 - iv_{ij}^d L_9 - jv_{ij}^d L_{10} = v_{ij}^d, & i = 1 \cdots m, \quad j = 1 \cdots n \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_{ij}^p = [\dfrac{iL_1 + jL_2 + L_4}{iL_9 + jL_{10} + 1}], & i = 1 \cdots m, \quad j = 1 \cdots n \\ v_{ij}^p = [\dfrac{iL_5 + jL_6 + L_8}{iL_9 + jL_{10} + 1}], & i = 1 \cdots m, \quad j = 1 \cdots n \end{cases}$$

攝影機校正－內部參數校正與扭曲校正

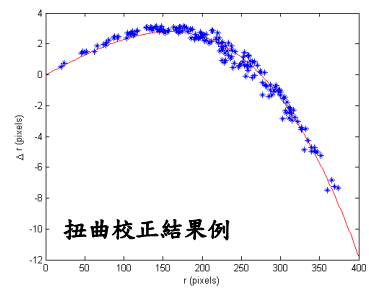
徑向扭曲模式

$$r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2}$$
$$\Delta r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2} - \sqrt{(u_{ij}^p - u_0)^2 + (v_{ij}^p - v_0)^2}$$
$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r$$

正規化均勻分佈校正格點

$$\lambda_v = 1$$

$$\lambda_u = \frac{\sum_{i=2}^{m}\sum_{j=1}^{n}(u_{ij}^p - u_{(i-1)j}^p)}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=2}^{n}(v_{ij}^p - v_{i(j-1)}^p)}$$



扭曲校正結果例

攝影機校正－外部參數校正

一階泰勒展開線性化求疊代項

$$\begin{cases} u-u_0=\dfrac{f}{\lambda_u}\left[\dfrac{m_{11}(x-x_c)+m_{12}(y-y_c)+m_{13}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \\ v-v_0=\dfrac{f}{\lambda_v}\left[\dfrac{m_{21}(x-x_c)+m_{22}(y-y_c)+m_{23}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \end{cases}$$

o p q

$$\begin{cases} F(f,\alpha,\beta,\gamma,x_c,y_c,z_c)=q\lambda_u(u-u_0)-fo=0 \\ G(f,\alpha,\beta,\gamma,x_c,y_c,z_c)=q\lambda_v(v-v_0)-fp=0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} F+\dfrac{\partial F}{\partial f}df+\dfrac{\partial F}{\partial \alpha}d\alpha+\dfrac{\partial F}{\partial \beta}d\beta+\dfrac{\partial F}{\partial \gamma}d\gamma+\dfrac{\partial F}{\partial x_c}dx_c+\dfrac{\partial F}{\partial y_c}dy_c+\dfrac{\partial F}{\partial z_c}dz_c=0 \\ G+\dfrac{\partial G}{\partial f}df+\dfrac{\partial G}{\partial \alpha}d\alpha+\dfrac{\partial G}{\partial \beta}d\beta+\dfrac{\partial G}{\partial \gamma}d\gamma+\dfrac{\partial G}{\partial x_c}dx_c+\dfrac{\partial G}{\partial y_c}dy_c+\dfrac{\partial G}{\partial z_c}dz_c=0 \end{cases}$$

攝影機校正－外部參數校正

一階泰勒展開線性化求疊代項

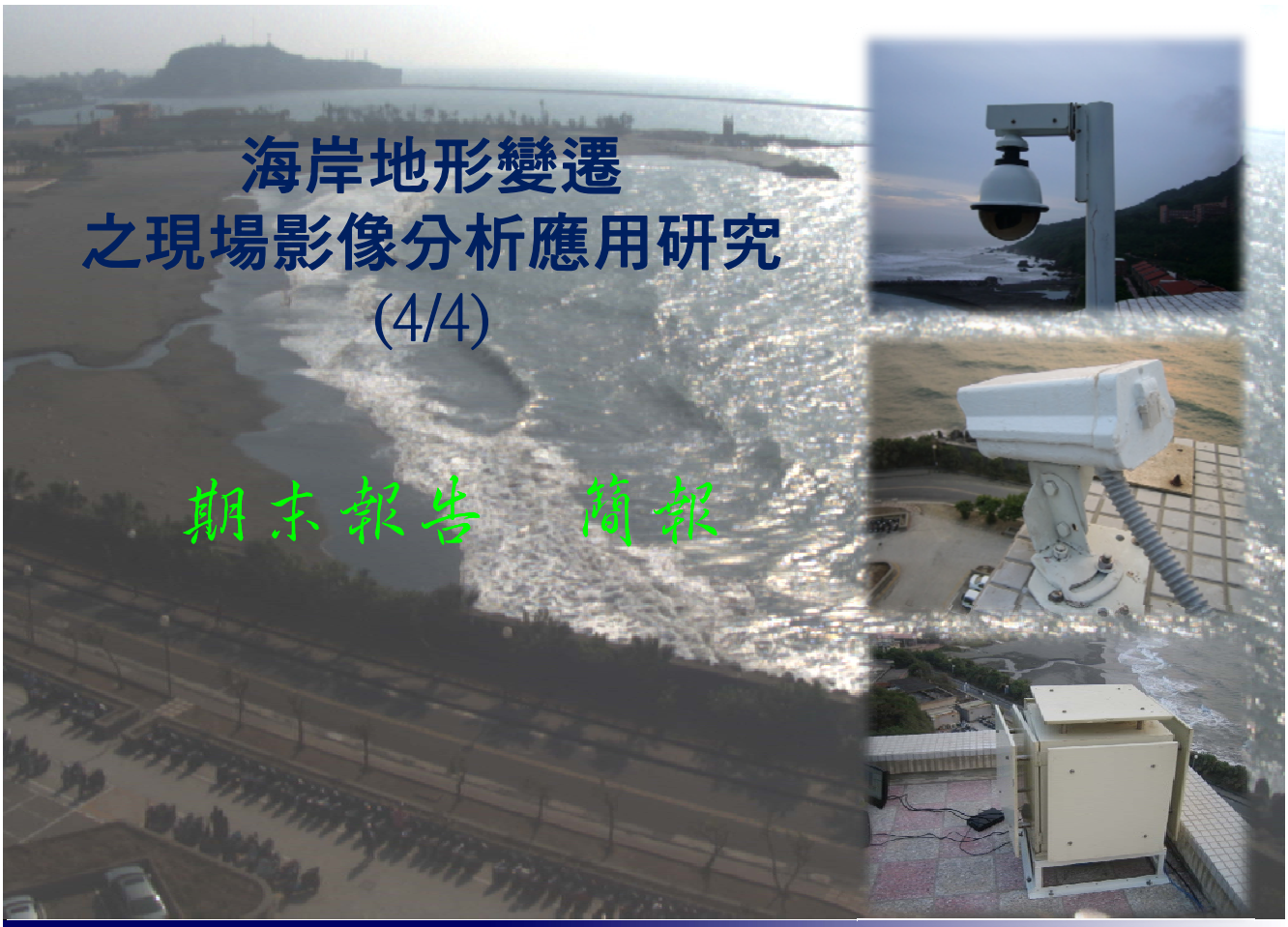
$$\begin{cases} b_k^{11}df+b_k^{12}d\alpha+b_k^{13}d\beta+b_k^{14}d\gamma+b_k^{15}dx_c+b_k^{16}dy_c+b_k^{17}dz_c=-F_k, & k=1,\cdots K \\ b_k^{21}df+b_k^{22}d\alpha+b_k^{23}d\beta+b_k^{24}d\gamma+b_k^{25}dx_c+b_k^{26}dy_c+b_k^{27}dz_c=-G_k, & k=1,\cdots K \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} b_1^{11} & b_1^{12} & b_1^{13} & b_1^{14} & b_1^{15} & b_1^{16} & b_1^{17} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_k^{11} & b_k^{12} & b_k^{13} & b_k^{14} & b_k^{15} & b_k^{16} & b_k^{17} \\ b_1^{21} & b_1^{22} & b_1^{23} & b_1^{24} & b_1^{25} & b_1^{26} & b_1^{27} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_k^{21} & b_k^{22} & b_k^{23} & b_k^{24} & b_k^{25} & b_k^{26} & b_k^{27} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} df \\ d\alpha \\ d\beta \\ d\gamma \\ dx_c \\ dy_c \\ dz_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_1 \\ \cdots \\ -F_k \\ -G_1 \\ \cdots \\ -G_k \end{bmatrix}$$

空間中最少需要四點控制點

附錄

期末審查會議簡報資料



海岸地形變遷之現場影像分析應用研究 (4/4)

期末報告　簡報

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

簡報內容

1. 緣起與目的
   計畫背景
2. 研究工作內容
   目前研究進度
3. DLT 攝影機模型理論基礎
4. 西子灣海岸地形影像觀測
5. 西子灣近岸波流影像觀測
6. 花蓮港美崙溪口影像觀測站
7. 結論與建議

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

審查意見	意見回覆與處理情形
波速計算中 Δx，Δt是否即為代表L與T之意思？	Δx表示波峰移動距離，Δt表示波峰移動Δx所需時間。
SNAKE與分水嶺法在x, y方向之pixel差異中如換成本案攝影機，x, y方向最大的距離誤差可能是多少？	依據第一年度攝影機解析分析，於現場較遠距之最大的距離誤差可能達2~4公尺。
西子灣地形監測分析中，南北岬頭於2010/10發生最大後退量後，至目前似仍無法回淤(雖然有季節性侵淤)，2010/04～2010/10大幅後退情形有無重大颱風事件之影響？	2010/04～2010/10期間計有4個颱風侵台，其中萊羅克莫蘭蒂颱風多從南海或巴士海峽轉往台灣海峽，其對西子灣海域影響較大。
建議花蓮港美崙溪口海岸線比較圖可給予放大，比較易以辨識。	已調整美崙溪口海岸線圖。
美崙溪口地形之變化待期末應可了解是否為季節性變化，抑或河川輸砂增加之影響。	經查詢台灣水文年報資料，目前尚無美崙溪流量站與懸浮濃度觀測資料；另從歷次之海岸線資料，其存在有季節性變化。
建議說明近岸流場影像分析現場觀測驗證方法。	已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，並與影像分析流速資料進行比對。
期末報告建議將四年來的研究成果綜整分析尤其是針對西子灣地形變遷分析，或可提供養灘工法之參考。	期末報告已整合四年度計畫研究成果。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

審查意見	意見回覆與處理情形
關於沿岸流場與波浪淺化成果，請納入簡報說明的部份。	已於期末報告進行資料補充。
西子灣海岸線變化，簡報說明夏季後退、冬季前進。請進一步探討颱風的影響。	已增列觀測期間颱風資訊，同時配合颱風近岸流場說明西子灣海岸線變化情形。
為驗證沿岸流場所規劃之浮球施放，請詳細說明其相關細節與施放方式。	已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，詳細施測過程如附錄一。
沿岸流場與波浪淺化分析之流程，請於報告中詳細說明，以利閱讀。	已於期末報告進行資料補充。
部份文獻在報告中出現，但在「參考文獻」中未出現，應補上。	已補充參考文獻資料。
在海岸地形影像偵測與分析中，提到一個重要名詞之影像分割，建議將其定義清楚，以便讀者易於理解分析理論。	參照辦理。
花蓮美崙溪口之海岸線變遷分析工作，請儘速加強辦理，例如美崙溪之排水對海岸線變化之影響(相較西子灣無何溪排水清況)。目前報告中所附之海岸線比較圖不清晰請改善	已調整海岸線線條繪製方式，並放大圖面內容。另外經查詢台灣水文年報資料，目前尚無美崙溪流量站與懸浮濃度觀測資料。
近岸流及近岸波浪傳遞影像分析工作，請再深入加強，以擴展監測影像之分析應用層面	已於期末報告進行補充。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

審查意見	意見回覆與處理情形
影像分析應用之相關限制條件(例如環境條件，設備條件，影像處理工具條件等)，建議加以探討並做補充說明。	限制條件已作成結論建議事項。
西子灣海岸線比較圖K及3.分別顯示在北岬頭及南岬頭處有較大之變化，其原因何在？圖3.3.17E及3.也有非常相似的情形。	2010年9~11月期間之海岸線變化較大，其原因可能與該期間有4個颱風侵台(萊羅克、莫蘭蒂颱風從南海或巴士海峽轉往台灣海峽)有關。2010年12月~2011年1月與2011年12月~2012年1月兩段時間都有海岸線較大幅之回淤。
西子灣及花蓮美崙溪口影像分析之流場或海岸線結果，建議取其他現場觀測儀器之資料做比對檢驗。	有關現場海岸線比對請參見附錄四。另外，已於9月14日進行現場浮標追蹤作業，進行流速比對。
西子灣及花蓮美崙溪口不同時間影像比對潮位影響甚大，圖逐時水位線分析，若考慮全日潮影響，取樣13小時間太短應加長。	西子灣及花蓮美崙溪口兩區域之潮型主要為混合潮與半日潮，就目前監測與分析方式(配合該兩區鄰近海岸之潮位站資料)，西子灣及花蓮美崙溪口兩區域多可分析出高程0m之海岸線。另外，若延長觀測時間，在硬體上面需增設夜視功能，建議後續計畫更新硬體設備再進行相關研究。
西子灣及花蓮美崙溪口地形變化，例圖海岸線太多無法辨識。建議針對幾年來之個別重大颱風及冬季(或夏季)典型季風期間前後做詳細比對應較有意意。建議以季節變化、颱風前後等做比對(每張圖不要太多海岸線)。另比對圖如圖4.3.3太小不易辨識，方位也不明。	已調整海岸線線條繪製方式，圖4.3.3亦放大圖面內容。另外，圖3.3.17系列即是相隔每月之海岸線比較，而圖3.3.18B為典型季風結束後之海岸線比較。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

審查意見	意見回覆與處理情形
利用影像作近岸流場特性分析，是否可以探討潮流特性？颱風期間近岸流應為分析重點流場可於平面圖上標示向量大小，同時期波場特性也應納入說明。	本計畫近岸流影像分析(波浪碎波生成之沿岸流與向離岸流)，主要係追蹤碎波帶白沫與漂浮物質，因此無法進行潮流計測。另外，颱風期間近岸流分析結果已補充於期末報告。
報告撰寫內容請依本所規定，期末報告增加納入中英摘要及結論建議等章節。本年度為四年期之第四年應作一總整理及具體成果論述。	期末報告已增加中英摘要及結論建議，並於報告彙整四年度研究成果。

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會

第一章	前言	
第二章	DLT攝影機模型理論基礎	
第三章	高雄西子灣海域近岸波流場影像觀測	2~4年度分析成果
第四章	高雄港西子灣海岸地形影像觀測	1~4年度分析成果
第五章	花蓮美崙溪口海岸地形影像觀測	3~4年度分析成果
第六章	結論與建議	
附錄一	近岸流影像分析方法驗核	實驗室、現場
附錄二	近岸地形影像分析方法驗核(水工試驗)	實驗室
附錄三	全景影像拼接圖	4年度分析成果
附錄四	海岸線偵測分析方法驗核	現場
附錄五	台中港高美濕地影像觀測站設置	第2年度成果

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

- 人類經濟、文化活動多集中於沿海地區。全球許多重要的經濟脈絡和高密度人口活動之大城幾乎與海岸比鄰而居。高雄港、花蓮港為台灣主要國際商港，對國內進出口航運與經濟發展之影響相當大，故瞭解此處海洋環境對於海島型國家的台灣而言是相當重要的。利用影像資訊進行海岸量測與分析已行之有年，也廣泛地應用在各種近岸的問題解析。
- 奧勒岡州立大學海岸影像研究團隊(Coastal image lab)發展出一套海岸遙測系統Argus，透過觀測站得到單張影像、平均影像及曝光影像，便可分析
  - ✓ 海岸線的變化
  - ✓ 近岸流
  - ✓ 亦可配合像素陣列分析、動態輪廓模式邊緣偵測等方式分析近岸波浪流場資訊

此觀測系統相對於航空攝影或衛星攝影分析方式，成本較低且人力需求較少。

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

- 針對觀察海岸變遷，本研究擬在所欲觀察的海岸區域(高雄港、花蓮港)附近架設影像觀測站，並發展一套海岸影像觀測作業系統，透過網際網路隨時隨地監控觀測現場情況，也可以進行即時系統操作或更改觀測模式。
- 海岸影像觀測系統包括以下功能：
  - ✓ 攝影機定位、影像存取、長期錄影、平均影像及曝光影像之處理，並透過網路將影像資料傳回實驗室進行後續處理
  - ✓ 由觀測系統取得的長期觀測影像資訊，應用影像處理技術，便可以得到觀測地點的海岸地形變遷
  - ✓ 應用像素陣列分析、動態輪廓模式、或多攝影機觀測方式，亦可得到港口週遭海岸波浪淺化時之傳遞特性、近岸流場特性。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

- 高雄、花蓮港為台灣主要國際商港，對國內進出口航運與經濟發展之重要性自不待言；故瞭解此主要國際商港之海洋環境，對於海島型國家—台灣乃相當重要。
- 高雄港
  - ✓ 高雄港北側之西子灣為高雄港的出入門戶之一，也是觀光遊憩的景點。西子灣海灘原長約一公里，自民國69年中山大學在此設立後，先後進行填海造地工程，再在其北端興建海堤及堆置消波塊保護海堤，隨後又在海堤北端興建L型突堤，這些人工設施改變了西子灣海岸原有的外觀，也將原有沙灘長度減半。
  - ✓ 民國94年營建署責成高雄市政府辦理「高雄西子灣海岸計畫整體規劃」，於西子灣規劃台灣第一個人工岬灣及養灘工法示範案例，以創造安定及親水的灣岸海灘。目前已在原L型突堤處及北防波堤處中間興建總長320公尺之突堤岬頭，並進行人工養灘，預期將大幅改變西子灣海岸灘線與高雄港北側附近海岸地形

- 花蓮港
  - ✓ 花蓮港附近，美崙溪出海口經常淤積泥沙，阻礙排水造成市區低窪地區在颱風季節淹水。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

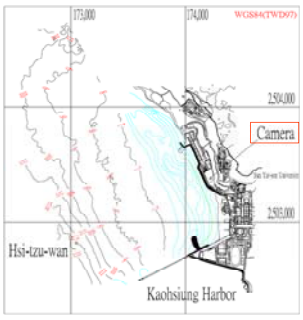
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

- 98年度計畫已完成工作
  - ✓ 高雄港西子灣架設現場影像觀測站，開始長期觀測與影像分析軟體開發
  - ✓ 中山大學觀測站選址，網路攝影機採購，影像分析儲存傳輸系統建置
  - ✓ 地面控制點(GCP)測量
  - ✓ 攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正
  - ✓ 建立現場影像資料庫
- 99年度計畫已完成工作
  - ✓ 持續高雄港西子灣影像分析開發
  - ✓ 高雄港西子灣海岸地形變遷
  - ✓ 高雄港西子灣近岸波浪淺化傳遞特性、近岸流場特性
  - ✓ 台中港高美濕地影像觀測站之地面控制點(GCP)測量、攝影機扭曲校正，攝影機內部與外部參數校正作業
  - ✓ 完成花蓮港美崙溪口海岸地形影像觀測站選址工作

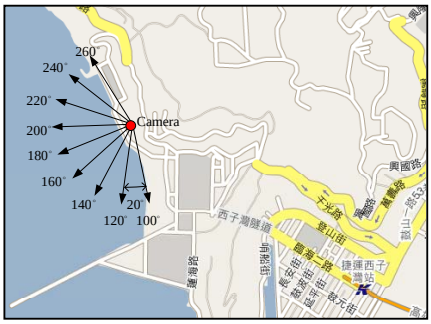
- **100年度計畫已完成工作**
  - ✓ 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，提升利用影像分析結果研判海岸(潮間帶附近)地形變遷之準確度。
  - ✓ 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口海岸地形變遷之探討。
  - ✓ 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

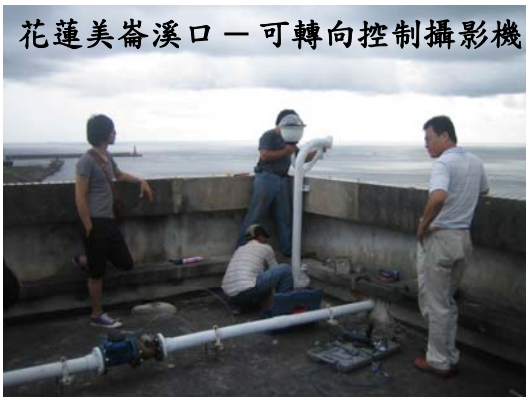
單向攝影機系統 -- 高雄中山大學海工系館頂樓南側



可轉向控制攝影機 -- 高雄中山大學海工系館頂樓北側



花蓮美崙溪口－可轉向控制攝影機



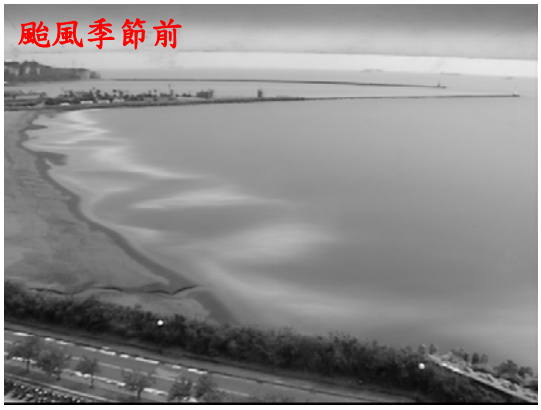
花蓮美崙溪口－單轉向控制攝影機

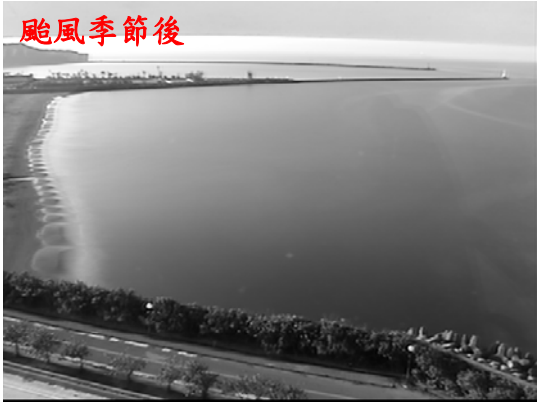
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

研究範圍與對象 － 高雄港

- 高雄港日前完工的西子灣人工岬灣及養灘工程，預期在最近幾年內將大幅改變西子灣海岸灘線及北防波堤附近海岸地形，高雄港北側之西子灣為高雄港的出入門戶之一，也是觀光遊憩的景點，就國人海濱遊憩安全考量而言，有必要詳加研究高雄港附近海岸地形變遷。





2007年颱風季節前後西子灣海岸地形變化

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

研究範圍與對象 － 高雄港

2008年6月完工西子灣人工岬灣及養灘工程

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

研究範圍與對象 － 花蓮港

- 在花蓮港附近，美崙溪出海口海岸地形變化，影響區域排水，必需長期觀察以提前因應。

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

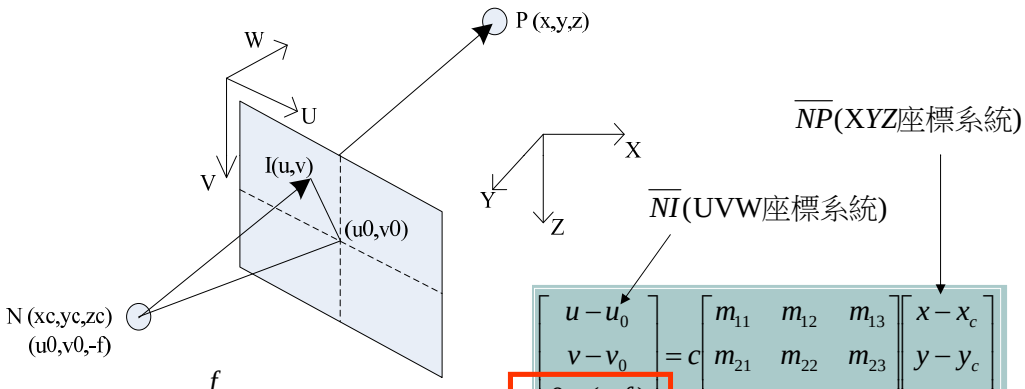
本年度計畫之主要工作項目為利用高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口之現場影像資料庫，進行海岸地形變遷、近岸波浪淺化傳遞與流場特性二方面之研究包括：

- 海岸地形影像分析相關軟體持續開發及測試與修正，以提升利用影像分析結果研判海岸(潮間帶附近)地形變遷之準確度。
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口海岸地形變遷之探討。（合辦）
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸波浪淺化傳遞特性之探討。（合辦）
- 利用影像資料庫中之影像紀錄資料，進行高雄港西子灣及花蓮港美崙溪口近岸流場特性之分析探討。（合辦）
- 持續進行海岸地形影像觀測並建立影像資料庫。（合辦）

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

- 西子灣可轉向與單向影像觀測系統
  - 自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔。
  - 就現場海岸地形影像記錄資料，進行影像拼接。
  - 參照前年度海岸地形影像改善方法進行海岸線偵測分析，與初步之近岸流場分析工作。
- 花蓮港美崙溪口影像觀測站
  - 自現場影像監測系統下載記錄影像資料，建立影像資料檔。
  - 於3月進行地面控制點檢核作業，並據以進行各視角外部參數校正。
  - 就現場海岸地形影像記錄資料，進行影像拼接。
  - 參照前年度海岸地形影像改善方法進行海岸線偵測分析。

攝影機校正－直接線性轉換



$$c=\frac{f}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}$$

$$\begin{bmatrix} u-u_0 \\ v-v_0 \\ 0-(-f) \end{bmatrix} = c\begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x-x_c \\ y-y_c \\ z-z_c \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} u-u_0=\dfrac{f}{\lambda_u}\left[\dfrac{m_{11}(x-x_c)+m_{12}(y-y_c)+m_{13}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \\ v-v_0=\dfrac{f}{\lambda_v}\left[\dfrac{m_{21}(x-x_c)+m_{22}(y-y_c)+m_{23}(z-z_c)}{m_{31}(x-x_c)+m_{32}(y-y_c)+m_{33}(z-z_c)}\right] \end{cases}$$

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

攝影機校正－直接線性轉換

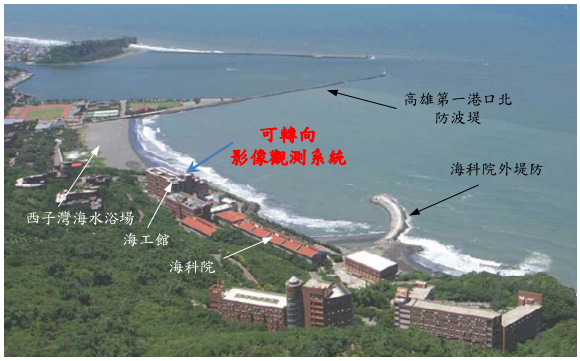
$$u=\frac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \qquad v=\frac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1}$$

$$\begin{bmatrix} L_1-L_9u & L_2-L_{10}u & L_3-L_{11}u \\ L_5-L_9v & L_6-L_{10}v & L_7-L_{11}v \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} u-L_4 \\ v-L_8 \end{bmatrix}$$

空間限制法 － 假設z為定值求解
只適合無明顯高程之影像區域
(正常情況需要最少2台攝影機資訊求解三維座標)

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向



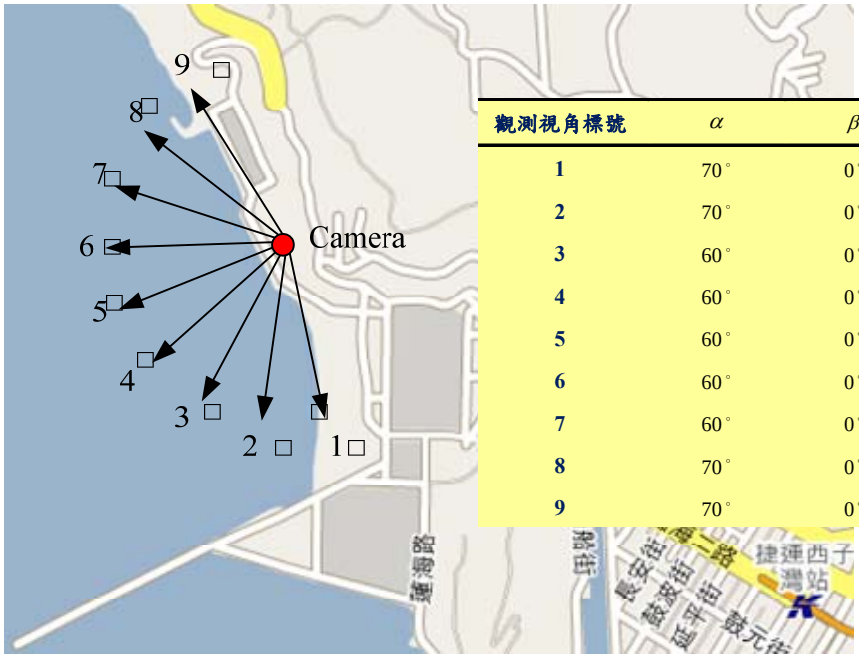
SONY EVI-D70	規格說明	
	影像感測器	1/4″ CCD
	擷取影像解析度	640×480
	水平轉動角度(Pan)	−170° ~ +170°
	垂直轉動角度(Tilt)	0° ~ 120°
	焦距	F = 4.1mm ~ 73.8mm
	控制介面	RS232/RS422 通訊
	電源	DC 10.8~13.2V
	功率	12W
	尺寸	132×144×144 mm

攝影機參數	圓點陣列校正板	棋盤格校正板
鏡頭焦距	820 (pixel)	820 (pixel)
u_0	320.4	315.9
v_0	239.54	233.4
k_1	-3.6621×10^{-7}	-3.4859×10^{-7}
k_2	2.6314×10^{-2}	2.6357×10^{-2}
λ_u	1.032	1.0406

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

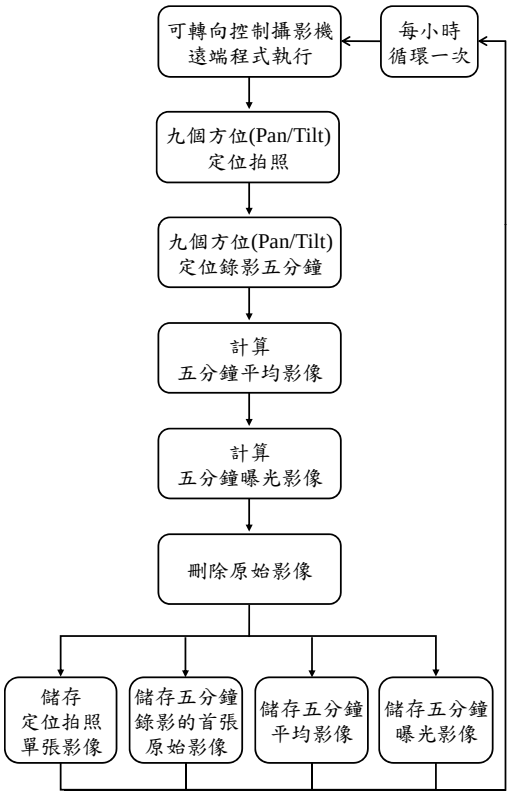
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向



觀測視角標號	α	β	γ
1	70°	0°	−80°
2	70°	0°	−60°
3	60°	0°	−40°
4	60°	0°	−20°
5	60°	0°	0°
6	60°	0°	20°
7	60°	0°	40°
8	70°	0°	60°
9	70°	0°	80°

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

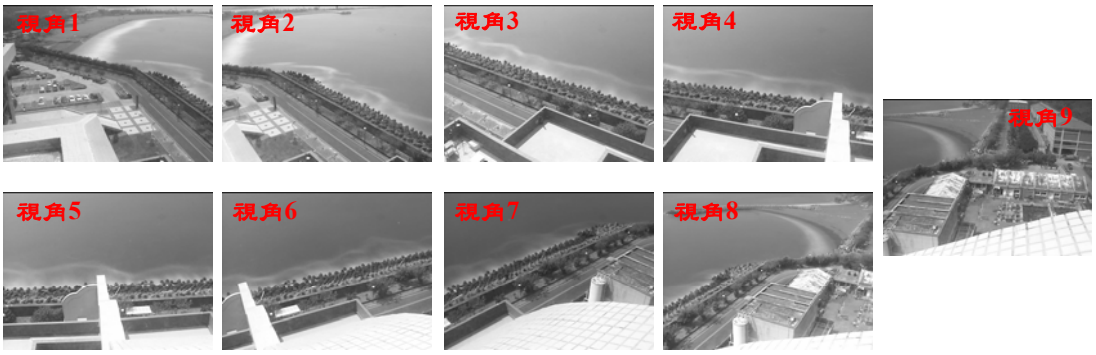


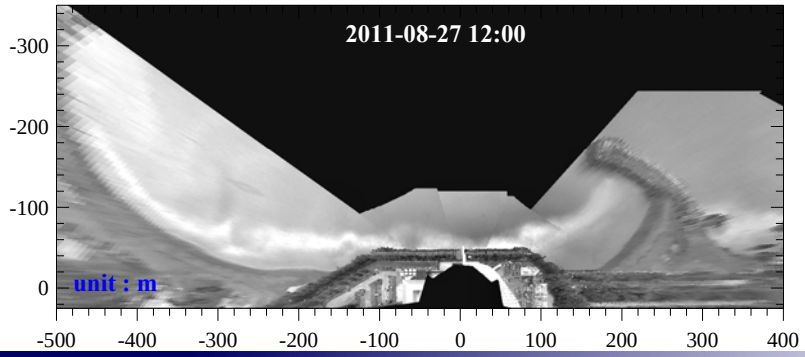
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

全景影像拼接



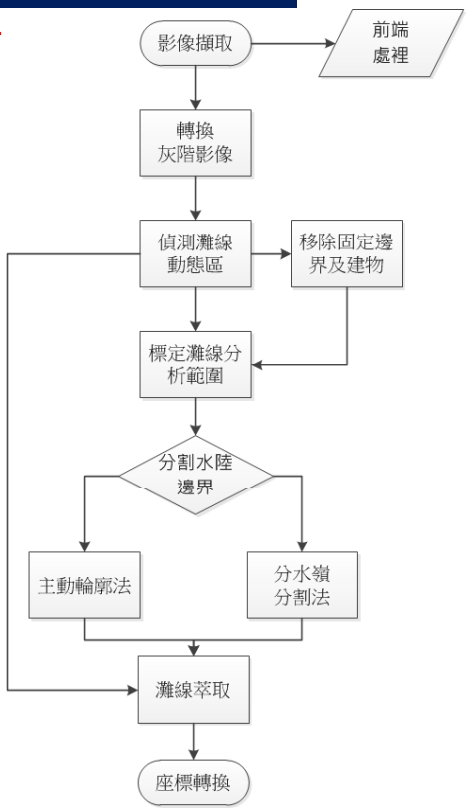


西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析

水路邊界分割方法

灘線分割方法及流程



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 偵測方法

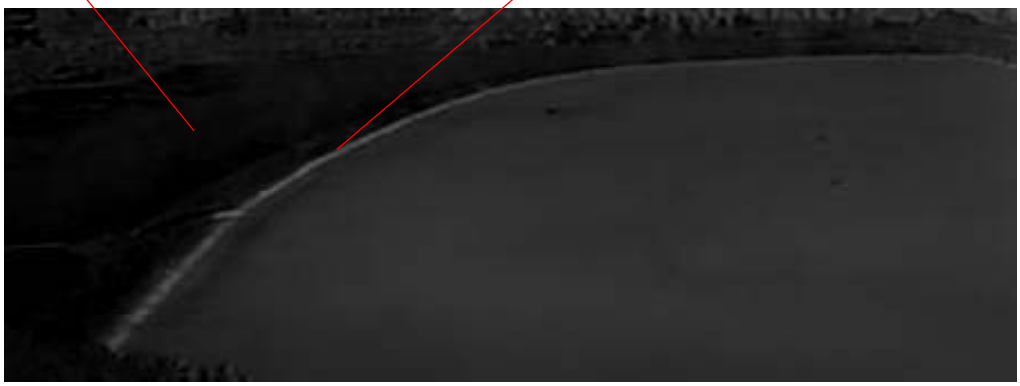
水路邊界分割方法

偵測灘線動態區

- 利用累積差值偵測動態區

陰暗區表示靜態區

明亮區表示動態區



西子灣海岸地形影像觀測 – 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 – 偵測方法

水路邊界分割方法–影像分割方法的決定

- 影像分割原則
  - 傳統影像分割演算法依據不連續性與相似性
  - 邊緣檢測、臨界值法、區域成長…等等
  - 沒有任何一種影像分割技術可以建立通則去適應各種類型影像的分割
- 海岸灘線影像屬於一序列水、陸交界之動態影像特性
  - 分水嶺分割法
  - 主動式輪廓法

西子灣海岸地形影像觀測 – 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 – 偵測方法

水路邊界分割方法–分水嶺影像分割

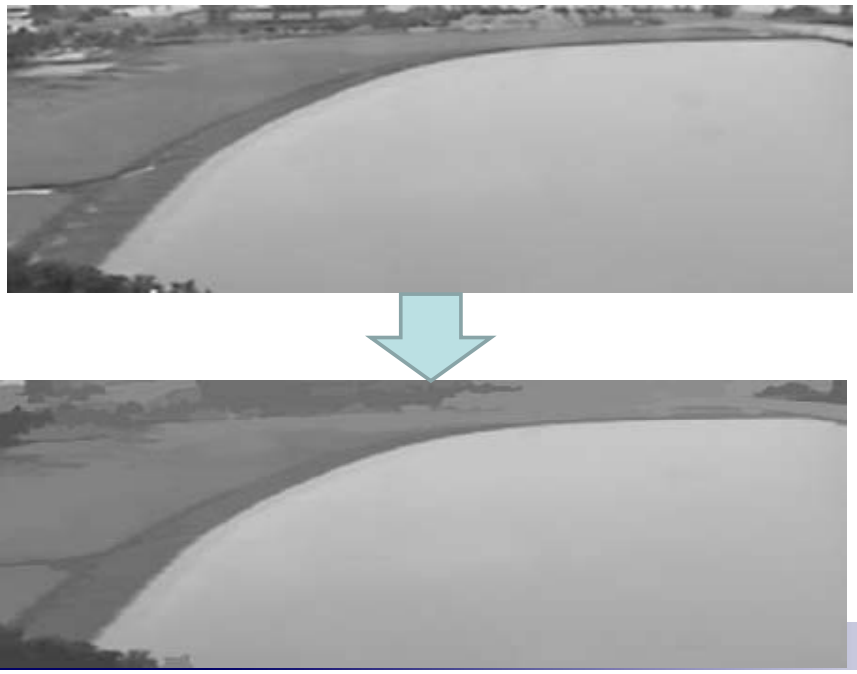
- 將水陸交界的灘線灰階影像視為一拓撲學曲面，其中灰階值為其高度
  - 找出集水盆地和分水嶺山脊線，其中集水盆地為欲分割的物件

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

利用形態學平滑影像資訊

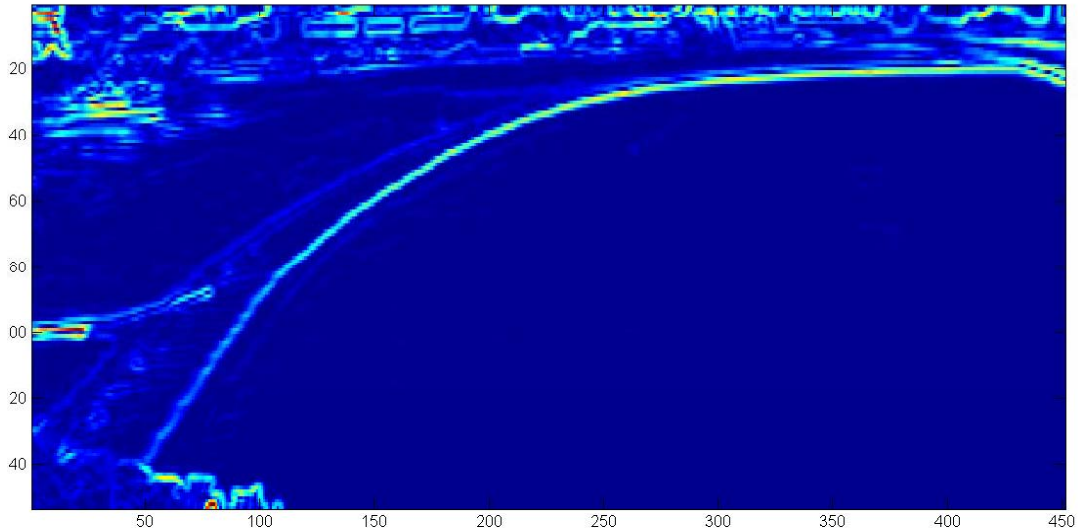


西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

影像梯度



緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—分水嶺影像分割

分水嶺分割

集水盆地和山脊線

水、陸分割結果

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法—主動輪廓模式

Caselles等人(1997)所提出的能量方程式

$$E(\Gamma)=\int_0^1 g(I(\Gamma(q)))\|\Gamma'(q)\|dq$$

$$g(I)=\frac{1}{1+\|\nabla(G*I)\|^2}$$

上式，I 為影像強度值，Γ 參數曲線，G 為變異數為 1 的高斯濾波。能量方程式最小化可導出 Snake 曲線模式

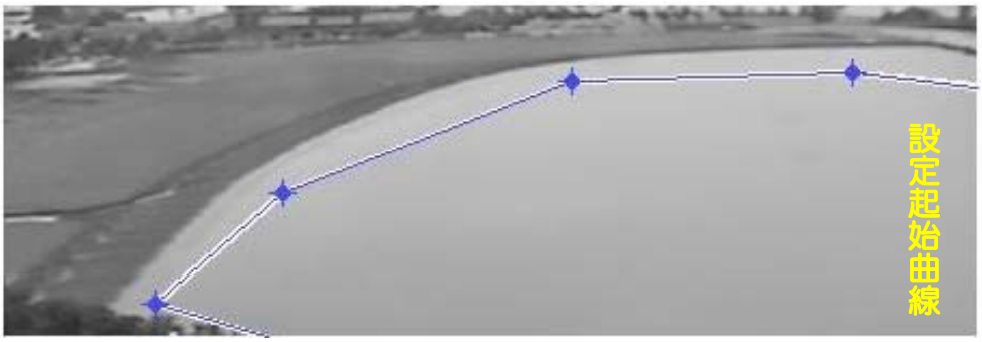
$$\frac{\partial\phi}{\partial t}(x)=g(I(x))\|\nabla\phi(x)\|(c+\kappa)+\nabla g(I(x))\nabla\phi(x)$$

其中，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\|\nabla\phi(x)\|)$ 相當於輪廓曲線的曲率，c 則為與曲線擴張有關的常數。

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

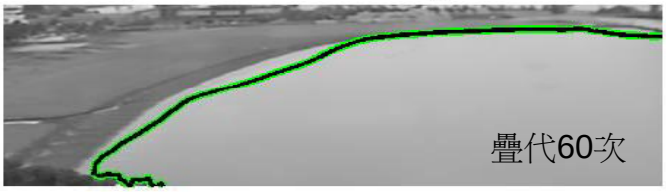
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

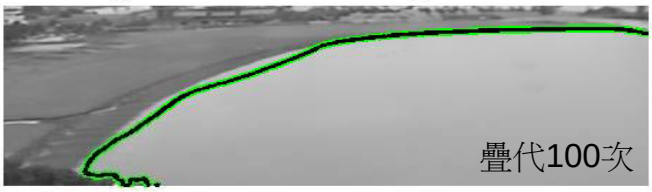
海岸地形影像偵測與分析－偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式

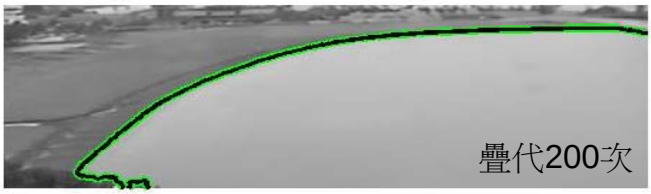
Localized Region Based Active Contour Segmentation 60 Iterations



Localized Region Based Active Contour Segmentation 100 Iterations



Localized Region Based Active Contour Segmentation 200 Iterations



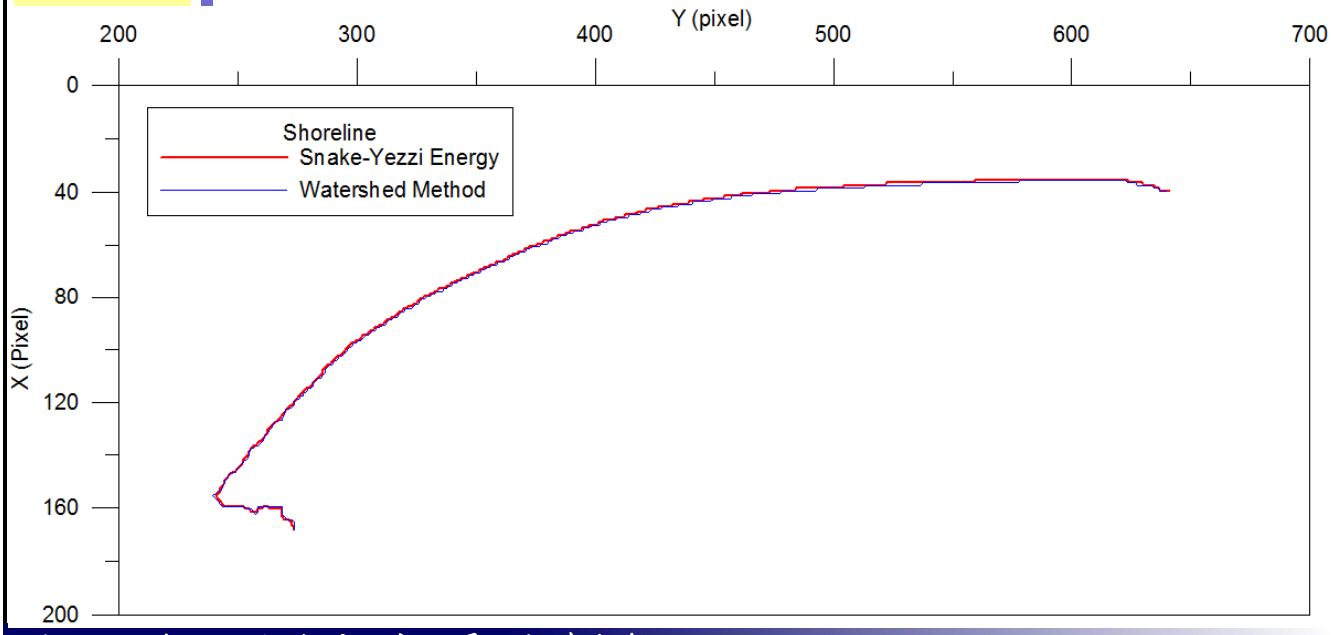
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 偵測方法

水路邊界分割方法－主動輪廓模式

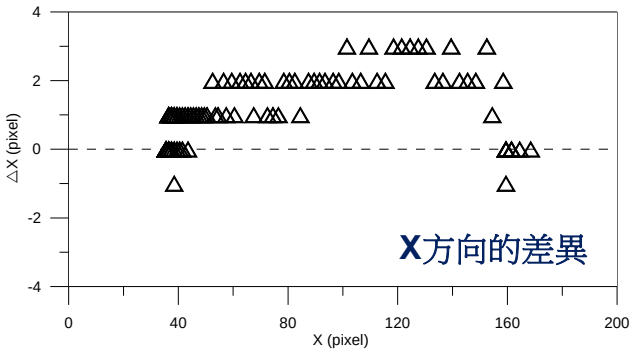
灘線偵測結果

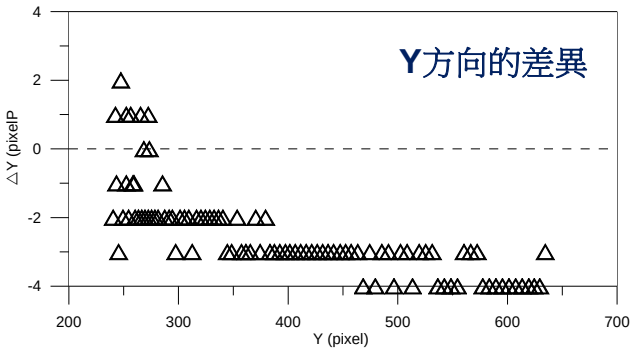


緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 偵測方法





緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

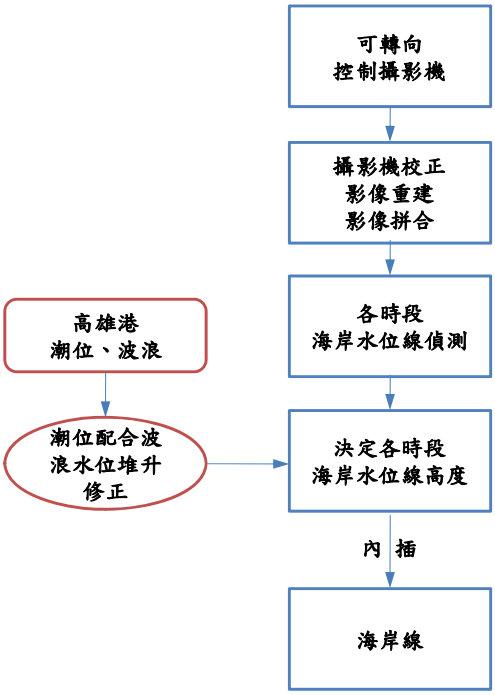
海岸地形影像偵測與分析

- ✓ 茲就單日每小時海岸影像資料(06:00~18:00)，以主動輪廓模式偵測每小時海岸影像水位線位置
- ✓ 對應當時刻之高雄港潮位高程(轉為中潮系統)，
- ✓ 考量波浪水位堆升(setup)作用，以Stockdon等人(2006)經驗式依高雄港外海波浪資料，進行波浪水位堆升高度計算

$$\bar{\eta} = 0.35\beta_f \left(H_0 T_0\right)^{1/2}$$

β為前灘坡度，H_0為深海示性波高，T_0為深海示性週期

- ✓ 波浪水位堆升高度計算結果配合前述潮位修正法，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線內插作業

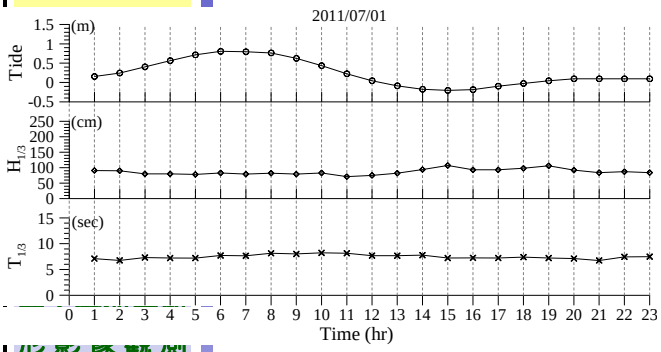


交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

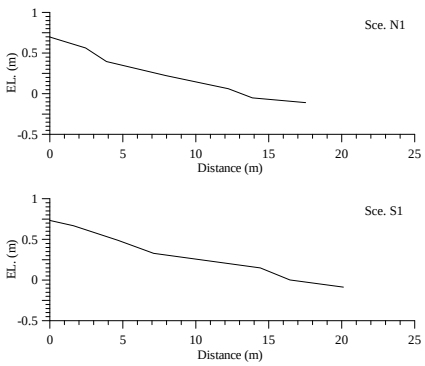
緣起與目的
計畫背景

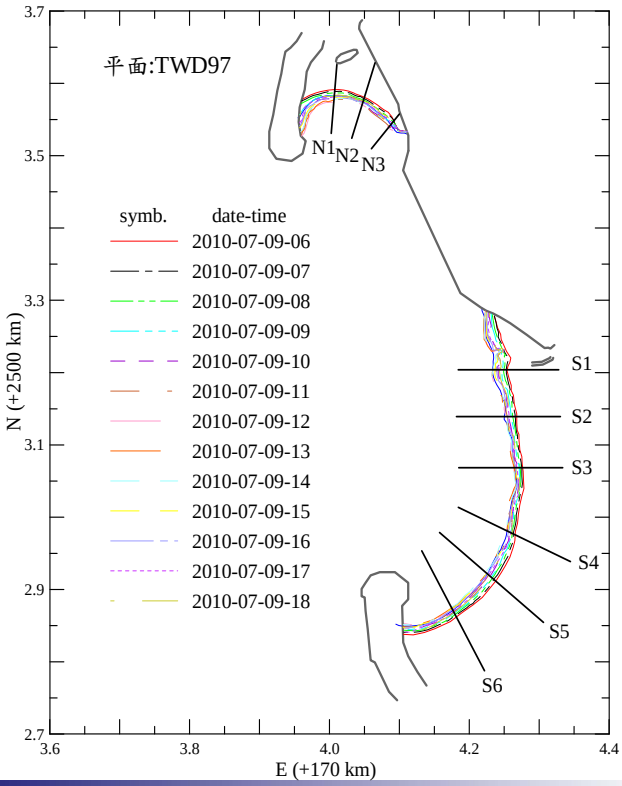
西子灣海岸地形影像觀測－可轉向

海岸地形影像偵測與分析



西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

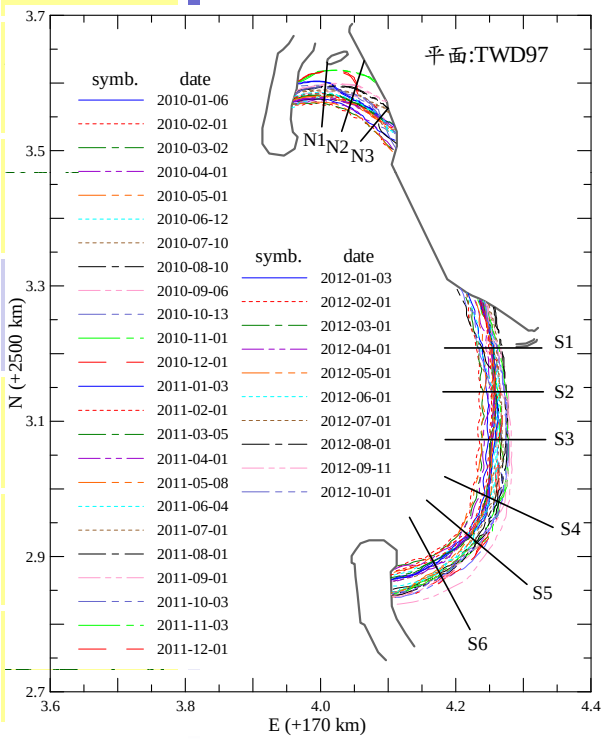


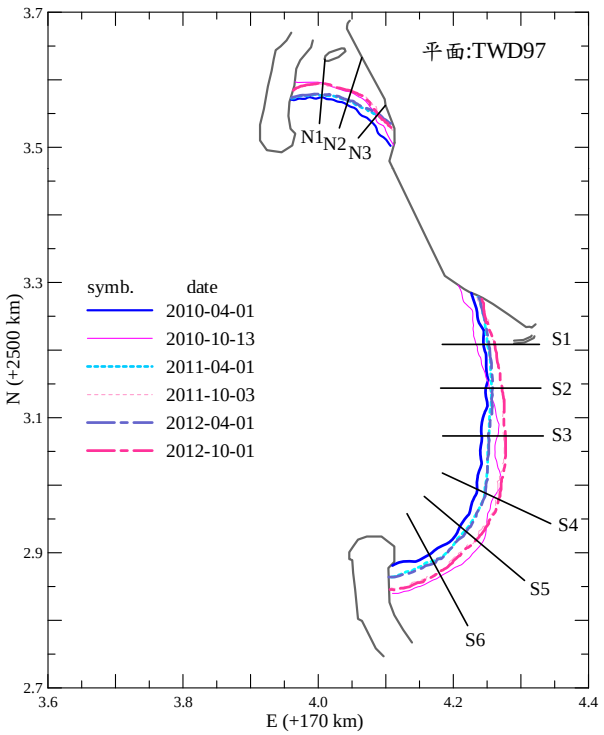


緣起與目的
計畫背景

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 西子灣海岸線變遷分析





交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

DLT 攝影機模型理論基礎

西子灣海岸地形影像觀測

西子灣近岸波流影像觀測

花蓮港美崙溪口影像觀測站

結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 西子灣海岸線變遷分析

日期	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
02/01	8.43	6.61	2.91	7.90	12.70	11.94	18.37	14.59	17.70
03/02	6.12	5.77	6.68	5.36	6.86	9.14	11.02	9.98	14.64
04/01	1.52	1.12	-0.71	-5.59	-0.79	5.59	7.83	11.48	10.51
05/01	4.31	4.93	5.27	-2.03	7.12	9.65	15.48	14.59	12.32
06/12	-3.83	-9.21	-16.65	1.79	-11.68	-9.65	-5.47	-1.14	-6.77
07/10	-3.64	-10.61	-11.94	4.83	-5.33	-15.75	-10.40	-1.68	-1.68
08/10	0.00	-6.51	-8.48	1.01	-12.95	-19.56	-18.05	-12.22	-12.32
09/06	-10.45	-17.78	-17.68	-6.36	-22.60	-34.54	-38.36	-38.17	-40.95
10/13	-19.36	-18.15	-7.62	4.07	-9.39	-15.75	-24.33	-29.32	-25.06
11/01	-42.24	-50.97	-32.75	-15.18	-17.56	-19.56	-25.96	-15.95	-11.91
12/01	-41.64	-30.91	-28.40	-13.62	-15.70	-15.36	-26.93	-26.96	-21.96
01/03	-24.89	-11.49	-14.88	-15.68	-11.93	-11.15	-11.08	-4.70	4.81
02/01	-8.01	-7.12	-10.35	-10.16	-8.75	-8.56	6.25	4.55	15.02
03/05	-4.91	-7.69	-12.81	-15.53	-11.65	-9.32	-8.57	-3.93	6.24
04/01	-0.66	-4.39	-14.46	-11.11	-11.76	-10.14	-9.37	2.65	0.79
05/08	-3.74	-4.44	-10.28	-11.17	-11.27	-9.69	-9.13	-5.75	-7.99
06/04	-8.77	-13.06	-12.39	-15.11	-13.58	-11.91	-8.21	-5.41	-4.59

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 － 西子灣海岸線變遷分析

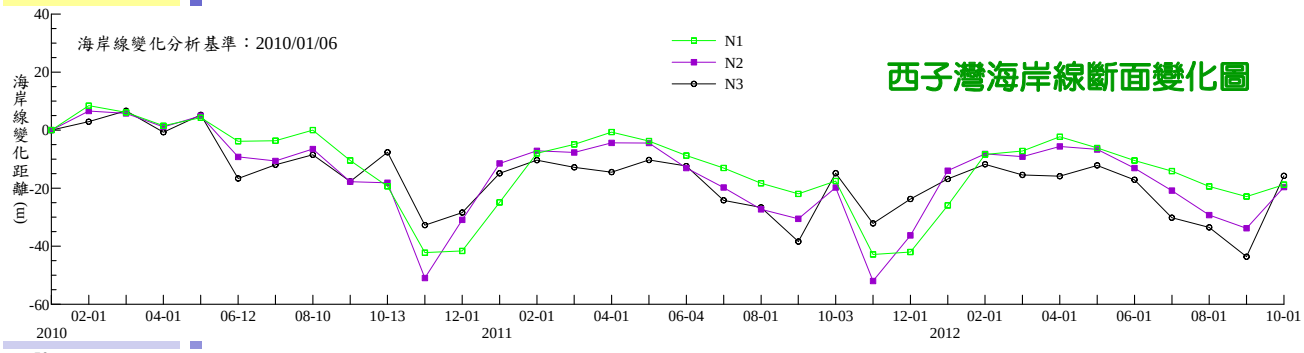
日期	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
07/01	-13.04	-19.77	-24.18	-20.80	-17.45	-19.43	-13.90	-5.81	-5.61
08/01	-18.32	-27.29	-26.62	-26.89	-24.56	-27.15	-18.57	-10.49	-7.85
09/01	-21.98	-30.54	-38.40	-27.91	-29.23	-31.22	-25.28	-15.77	-11.30
10/03	-17.51	-19.77	-14.83	-21.61	-25.17	-26.34	-19.99	-12.11	-9.47
11/03	-42.84	-52.01	-32.14	-24.90	-28.41	-31.68	-28.28	-22.51	-16.78
12/01	-42.01	-36.27	-23.73	-17.25	-20.40	-17.48	-26.89	-25.39	-25.70
01/03	-25.93	-13.98	-16.82	-16.65	-13.61	-13.41	-12.84	-4.73	2.71
02/01	-8.39	-8.20	-11.77	-15.45	-11.60	-11.60	-9.66	2.27	9.03
03/01	-7.17	-9.14	-15.43	-17.37	-14.33	-10.31	-9.77	-5.60	6.20
04/01	-2.27	-5.61	-15.88	-13.22	-12.83	-9.84	-10.68	-3.32	-3.94
05/01	-6.13	-6.65	-12.14	-14.77	-13.89	-11.51	-11.61	-7.15	-11.55
06/01	-10.46	-13.08	-17.10	-17.60	-18.01	-16.15	-15.90	-10.61	-13.33
07/01	-10.46	-13.08	-17.10	-17.60	-18.01	-16.15	-15.90	-10.61	-13.33
08/01	-14.12	-20.84	-30.17	-22.86	-20.24	-22.86	-21.64	-13.29	-16.65
09/11	-19.40	-29.27	-33.52	-28.78	-28.56	-29.84	-27.67	-18.53	-19.27
10/01	-22.87	-33.83	-43.63	-20.36	-26.29	-32.77	-35.97	-23.52	-22.84
海岸線變化率 (m/年)	-6.89	-6.95	-10.24	-6.95	-10.24	-10.48	-10.48	-6.89	-3.53

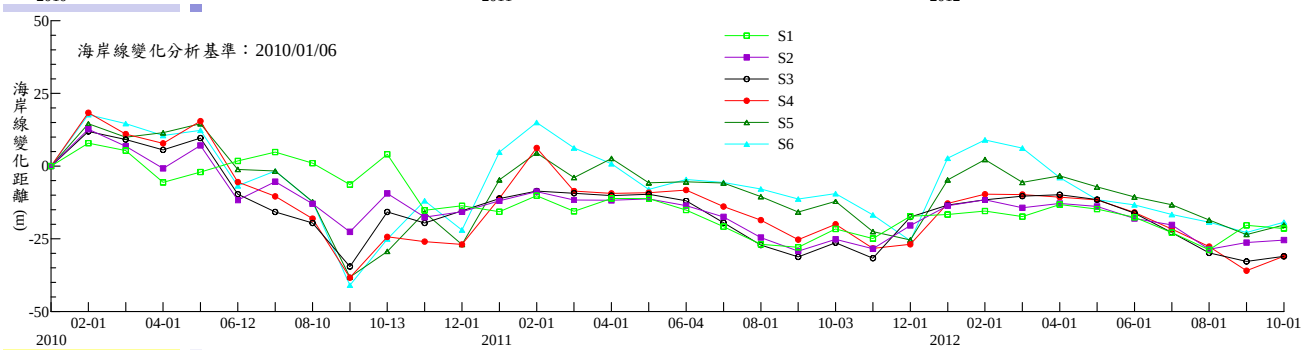
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景

西子灣海岸地形影像觀測 － 可轉向

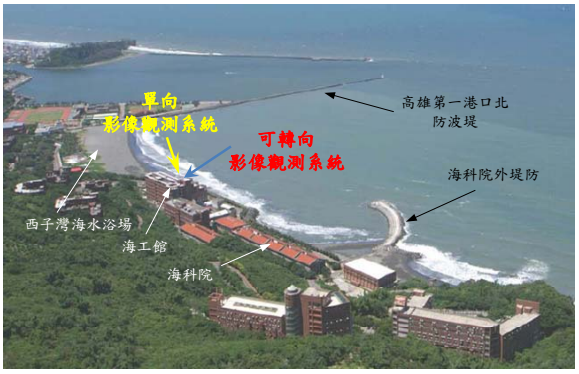
海岸地形影像偵測與分析 － 西子灣海岸線變遷分析





緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

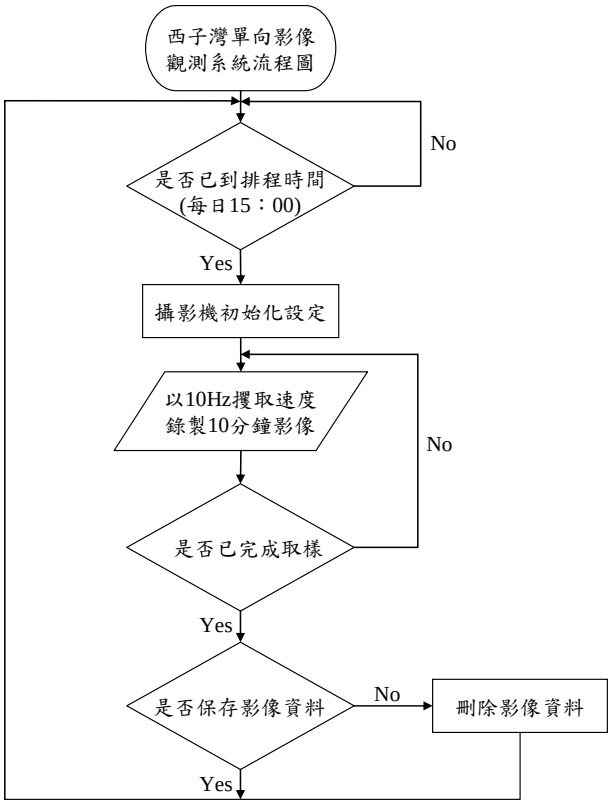


型號	FL2-14S3C
影像感測器	1/2″ CCD
最大影像解析度	1392×1032
像素大小	4.65μm×4.65μm
影像及控制介面	IEEE 1394b
同步	外部觸發或軟體觸發
電源	DC 8~32V
功率	2.5W
尺寸(mm)	29×29×30 mm
搭配鏡頭焦距	F = 6mm

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

近岸流影像分析方法

Chickadel等人(2003)波流影像分析

$$I(f,k_y;x)=\iint I(t,y;x)\times e^{-i2\pi ft}e^{-i2\pi k_y y}dtdy$$

式中係數函數 I 為影像亮度，f 為頻率，t 為時間，x 為向離岸位置，y 為沿岸位置，ky 為沿岸方向之週波數。

$$S(f,k_y)=\bar{I}(t,y)*\bar{I}(t,y)$$

$$\mathrm{var}\{S(f,k_y)\}=\iint S(f,k_y)dfdk_y=\iint S(v,k_y)|k|dvdk_y$$

式中|k|為Jacobian行列式

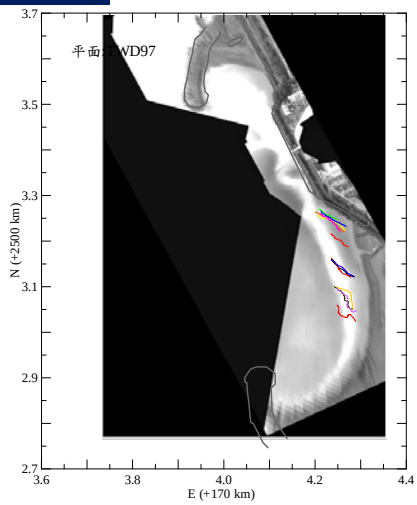
$$S(v)=\int_{k_{\min}}^{k_y} S(v,k_y)dk_y$$

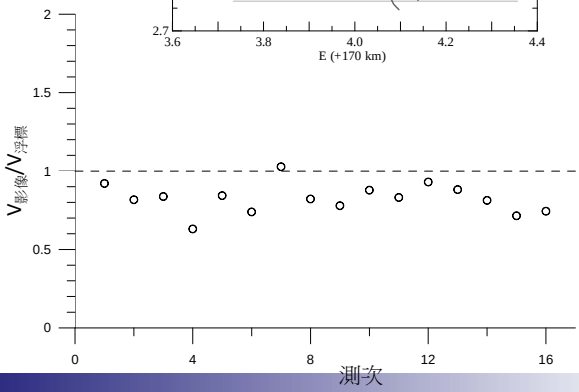
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

近岸流影像分析方法

測次	觀測時間
1	11:29~11:31
2	11:34~11:36
3	11:42~11:44
4	11:49~11:52
5	11:57~12:00
6	12:03~12:05
7	12:07~12:10
8	12:15~12:17
9	12:21~12:24
10	12:31~12:34
11	12:40~12:42
12	12:45~12:48
13	12:53~12:56
14	13:00~13:03
15	13:08~13:12





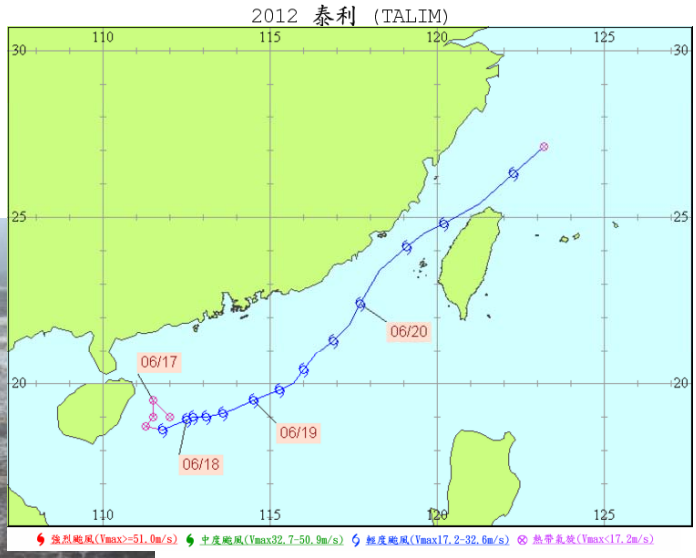
緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析

2012年6月泰利颱風



高雄港外海
波高為5.54m
週期為12.48sec
入射波向為231.71°

緣起與目的
計畫背景

研究工作內容
目前研究進度

DLT 攝影機模型理論基礎

西子灣海岸地形影像觀測

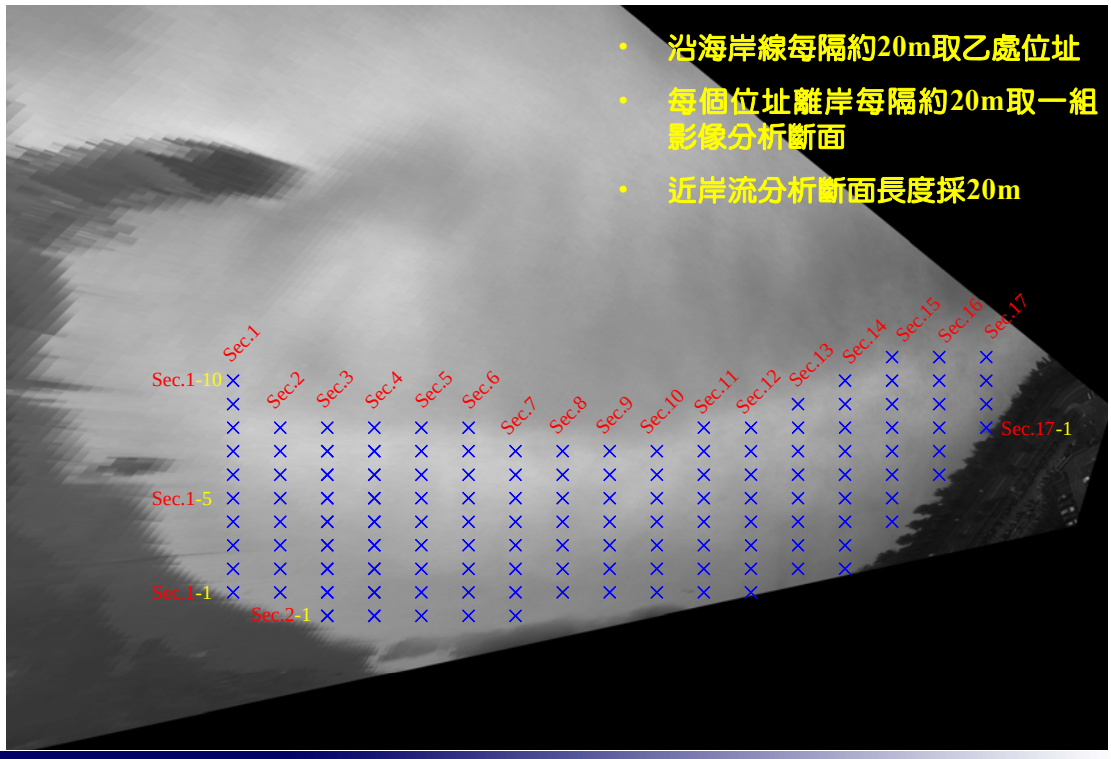
西子灣近岸波流影像觀測

花蓮港美崙溪口影像觀測站

結論與建議

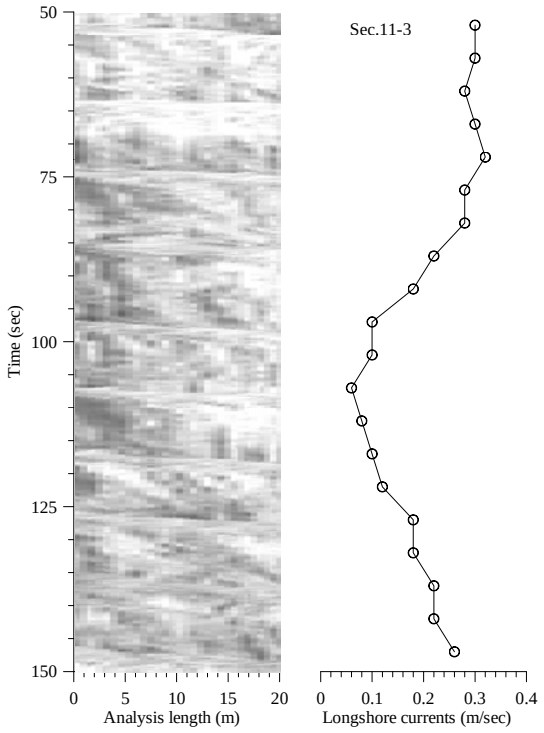
西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析

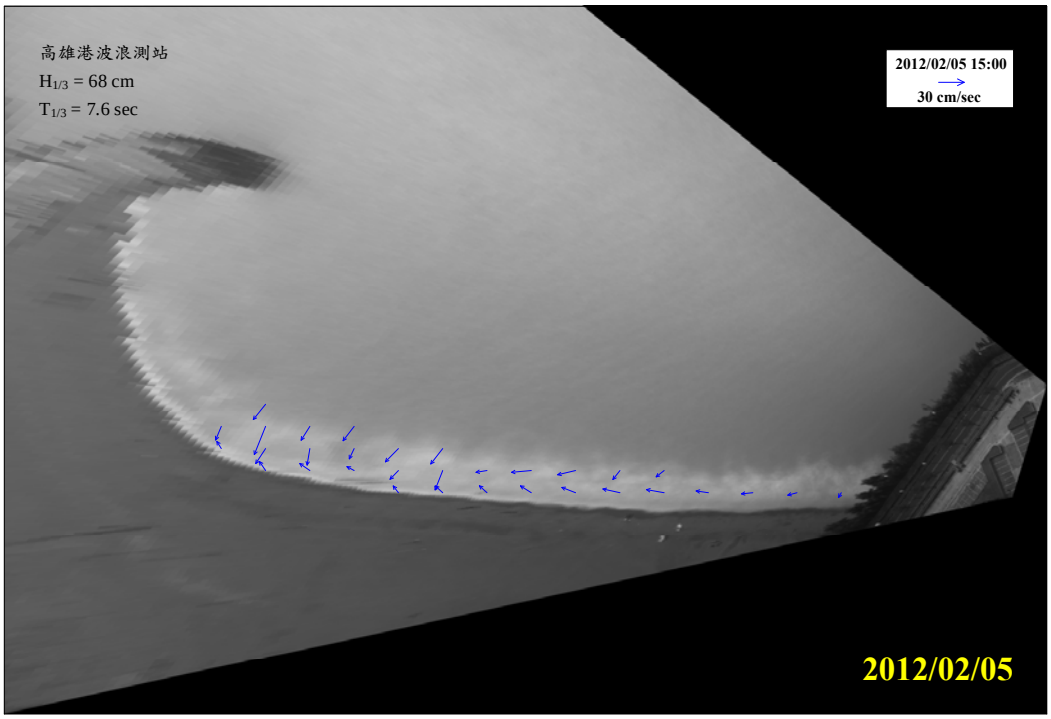


交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

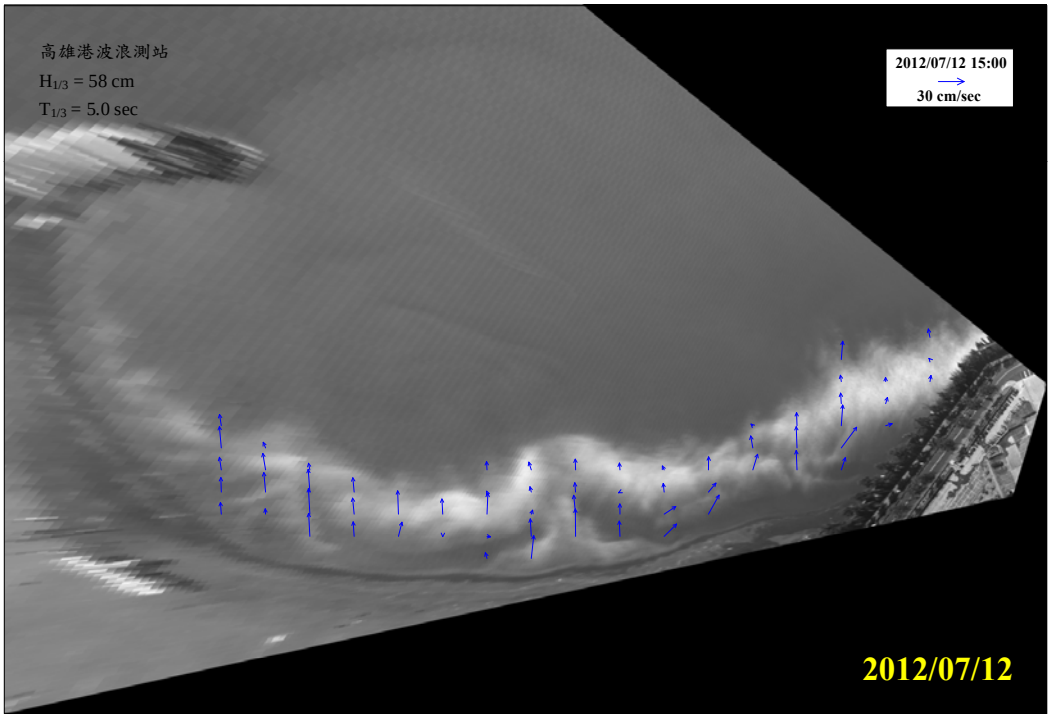
西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析

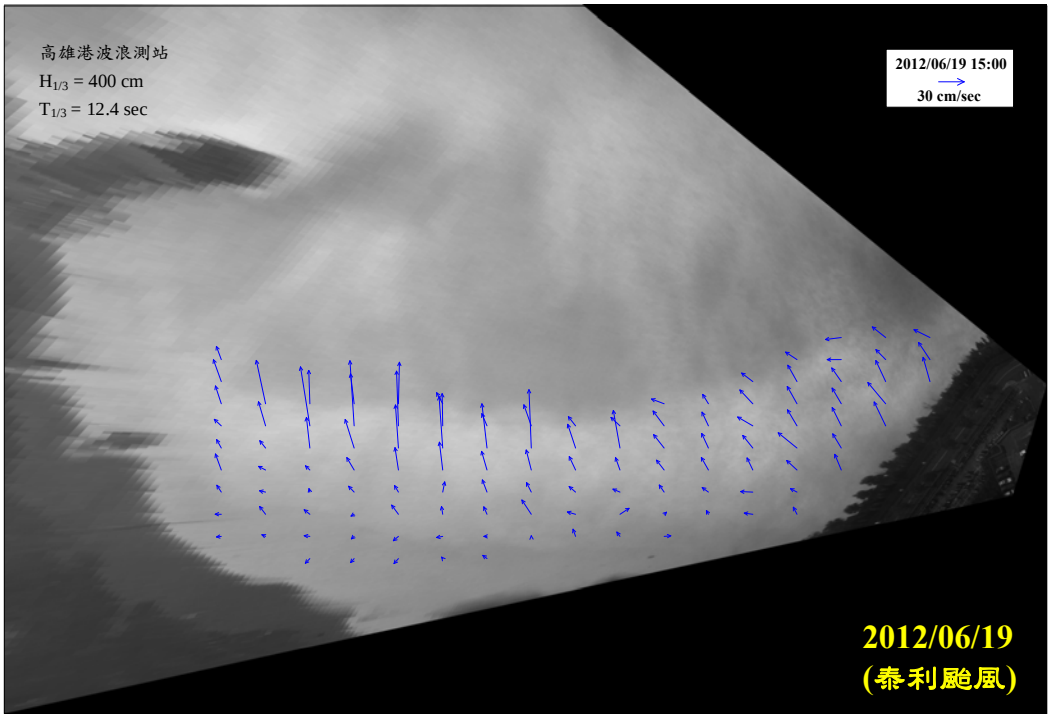


交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸流影像分析



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸波浪傳遞影像分析

- 波浪位相移動速度
  - ✓ 擷取各時段之波峰線位置(垂直海岸線斷面位置)，並據以計算波峰移動速度作為波浪位相移動速度(wave phase speed，C)

$$C = \Delta X / \Delta t$$

- kh值與水深h
  - ✓ 依據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式(如下式)，可推算得kh值與水深h

$$C = C_0 \tanh(kh)$$

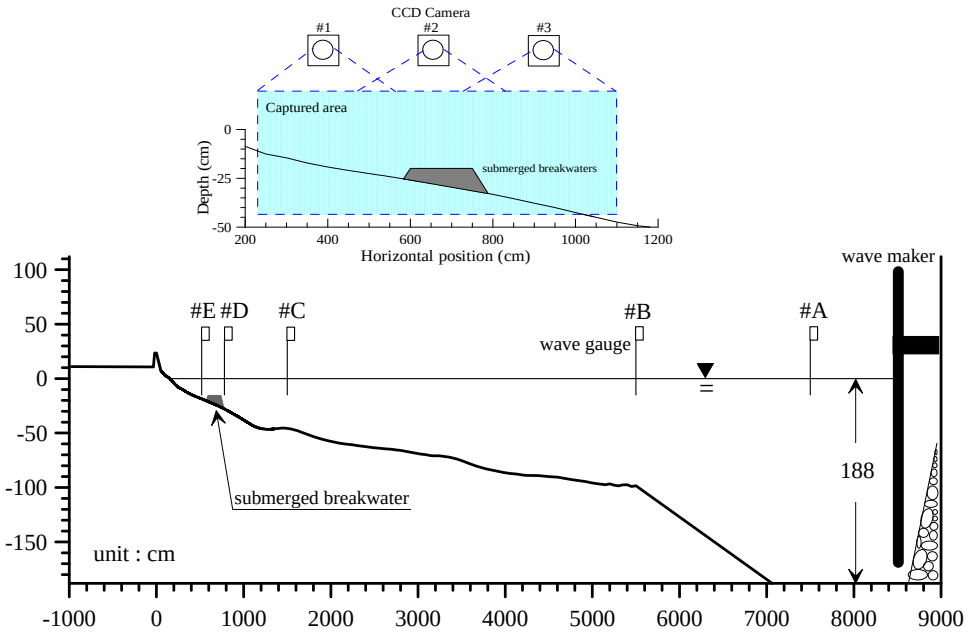
- 淺化係數

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2n}\frac{1}{\tanh kh}} \qquad n = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)$$

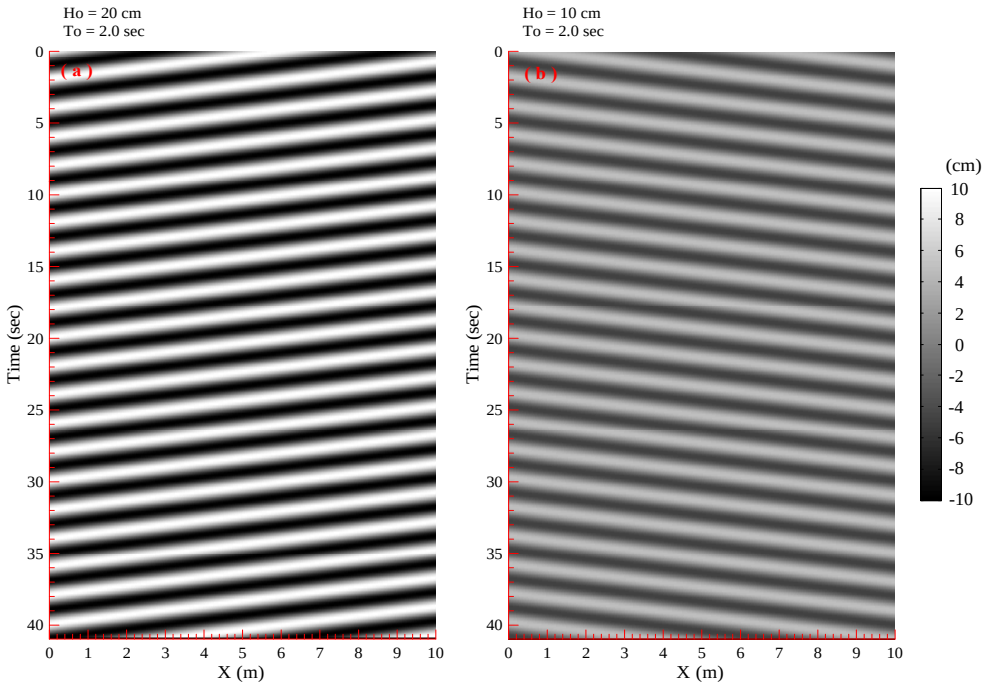
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



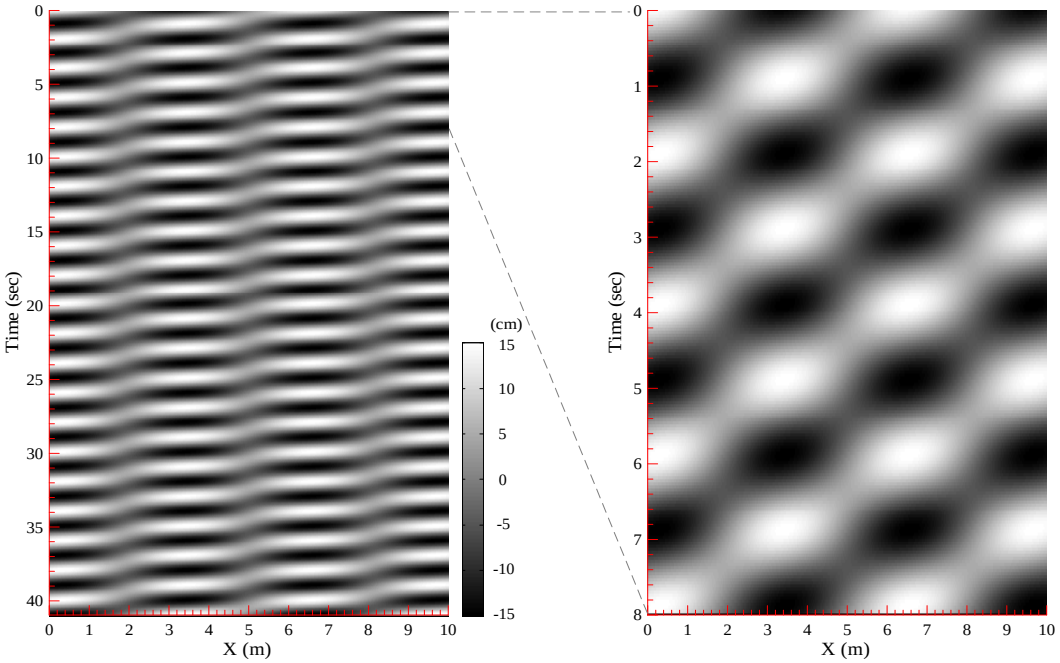
西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

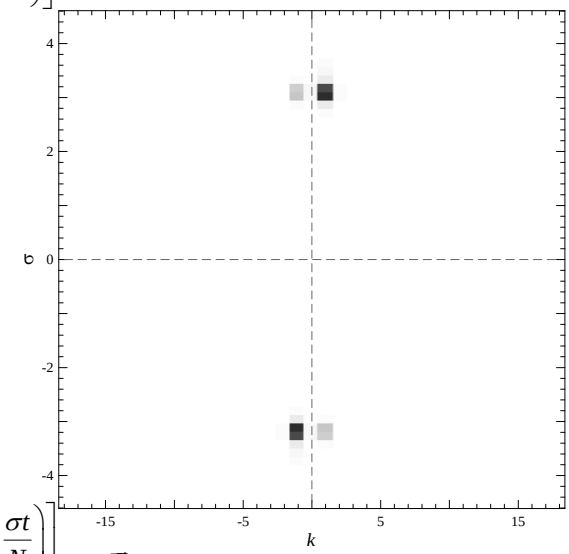
西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

$$\eta(k,\sigma)=\frac{1}{MN}\sum_{x=-M/2}^{M/2}\sum_{t=-N/2}^{N/2}\eta(x,t)\exp\left[-i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right]$$

式中
x為時間歷程影像水平位置
t為時間
η(x,t)為複合波之波浪水位
k為週波數
σ為角頻率
M與N為分析樣本數



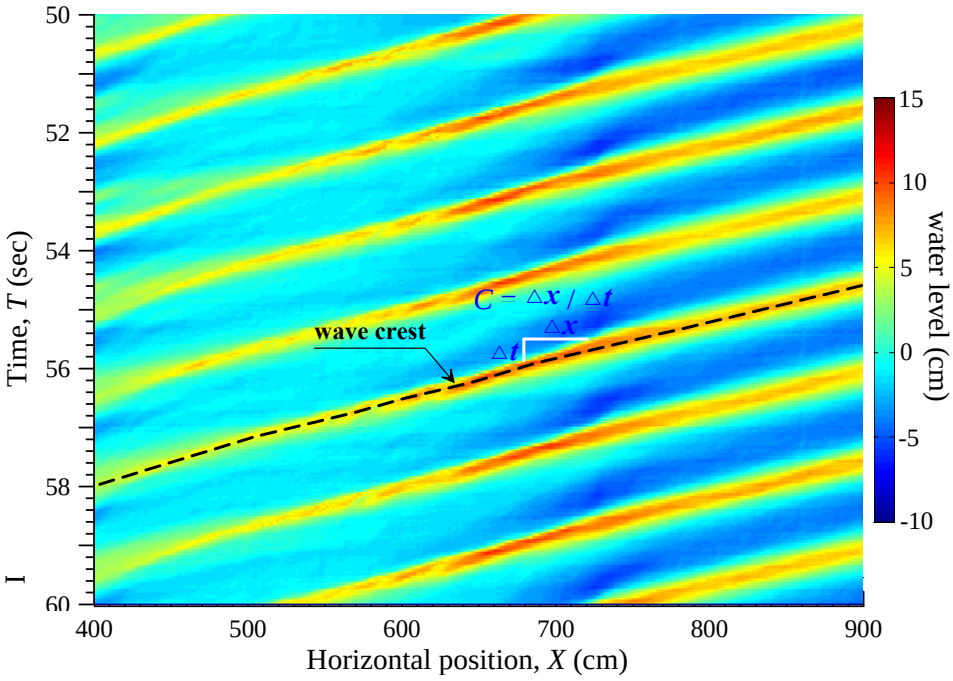
$$\eta_1(x,t)=\sum_{k=-M/2}^{M/2}\sum_{\sigma=-N/2}^{N/2}\eta_1(\vec{k},\sigma)\exp\left[i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right],\ \text{if}\ \vec{C}>0$$

$$\eta_2(x,t)=\sum_{k=-M/2}^{M/2}\sum_{\sigma=-N/2}^{N/2}\eta_2(\vec{k},\sigma)\exp\left[i\left(\frac{\vec{k}x}{M}+\frac{\sigma t}{N}\right)\right],\ \text{if}\ \vec{C}<0$$

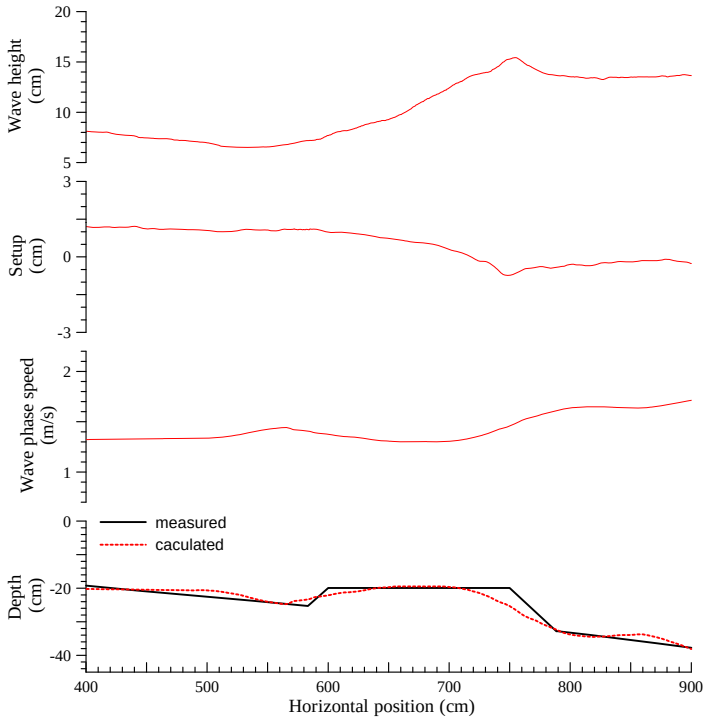
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向



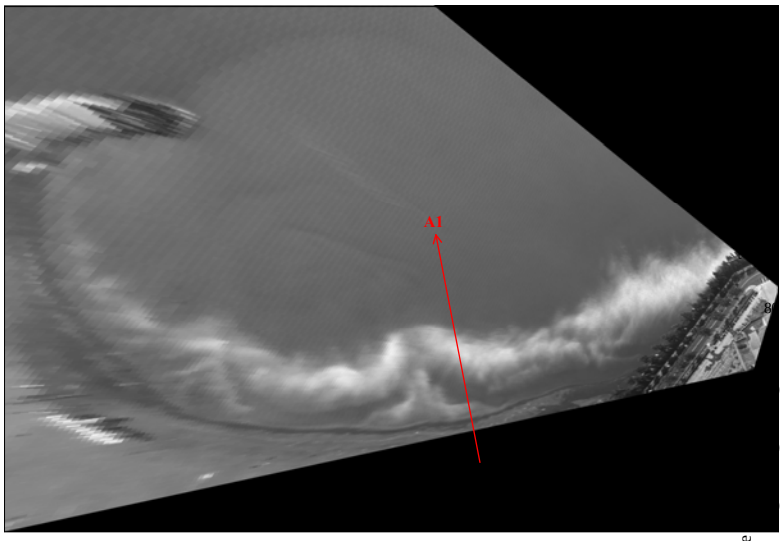
西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

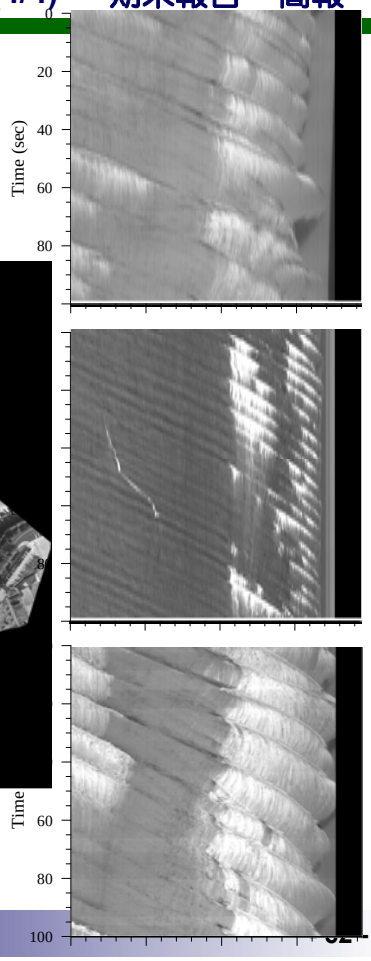


緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

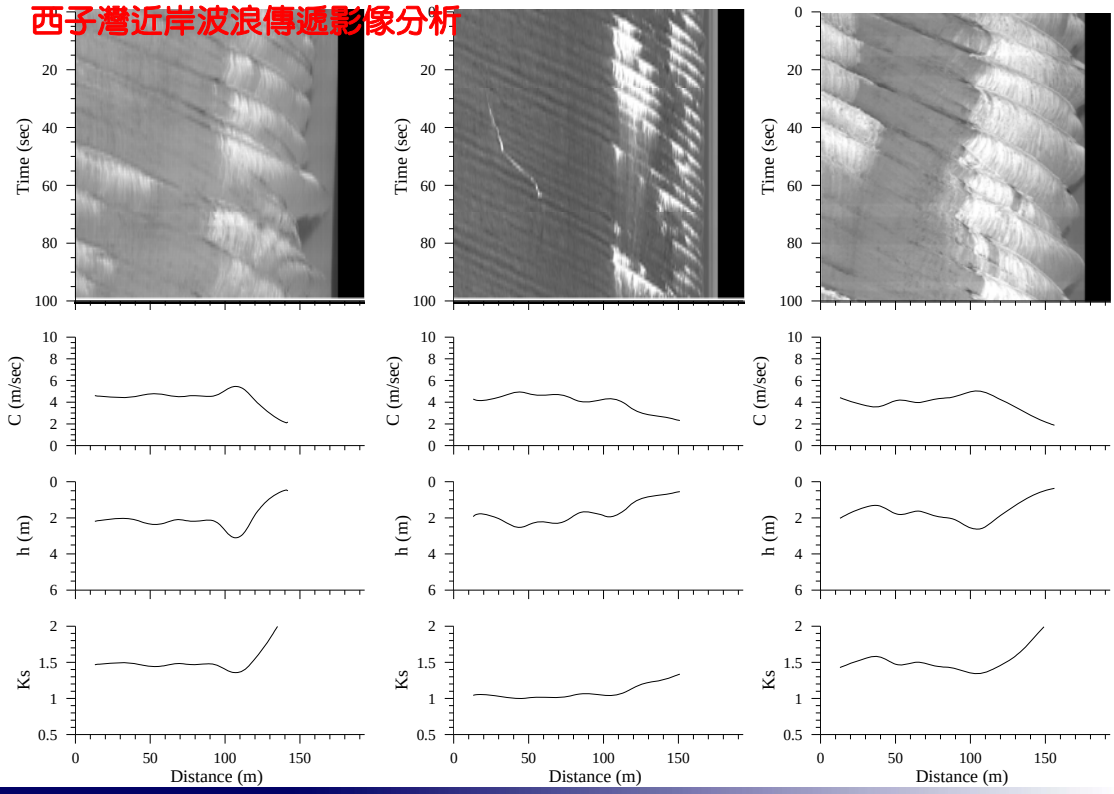
西子灣近岸波浪傳遞影像分析



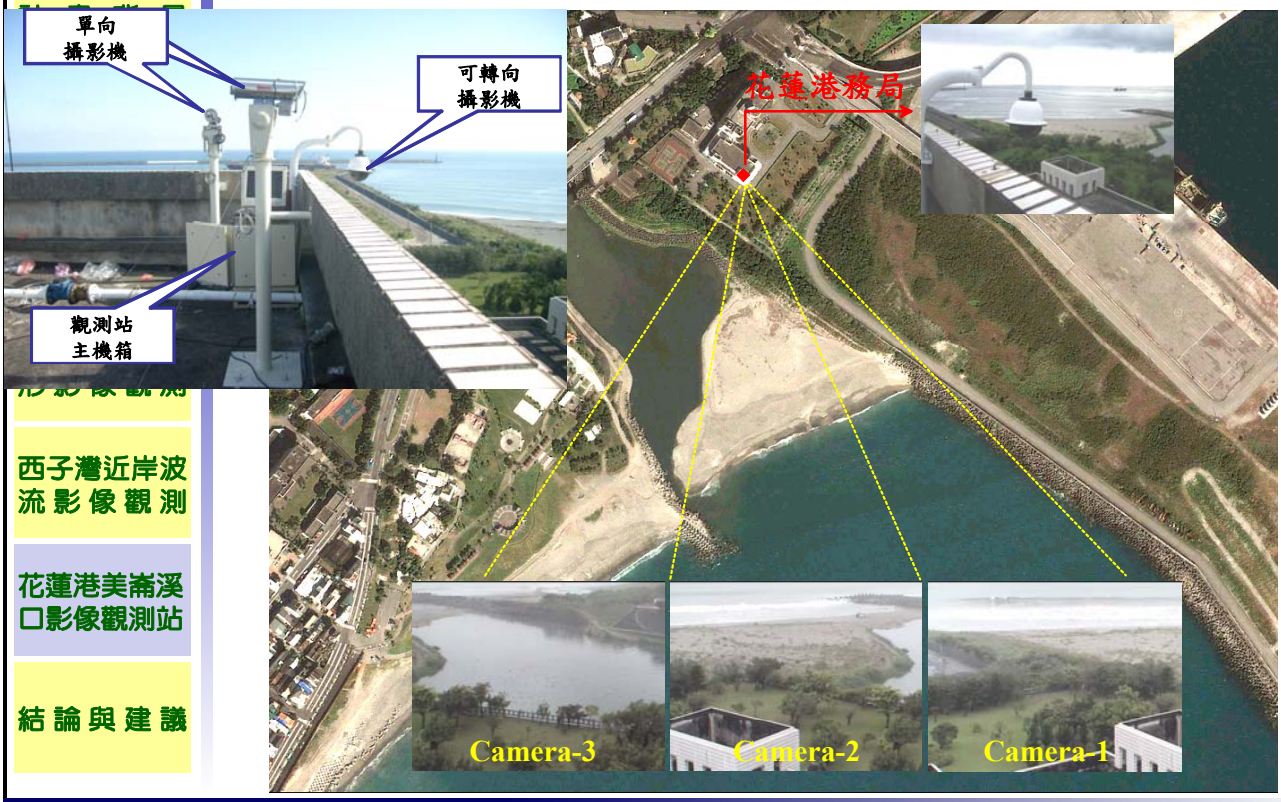


西子灣海域近岸波流影像觀測－單向

西子灣近岸波浪傳遞影像分析



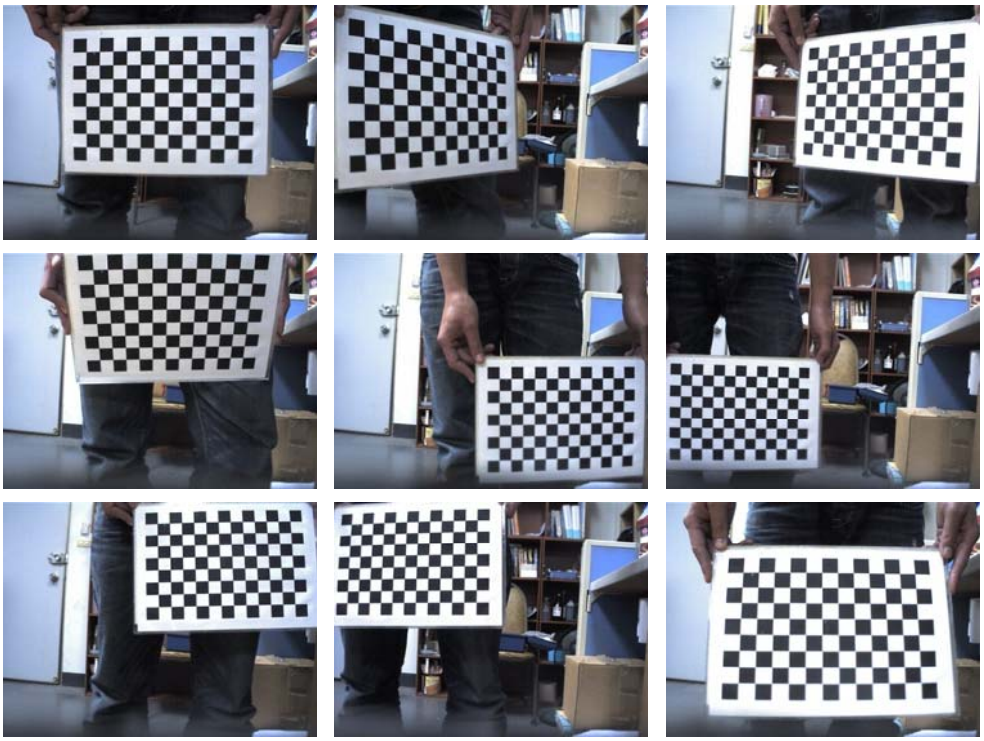
花蓮美崙溪口影像觀測站設置



緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

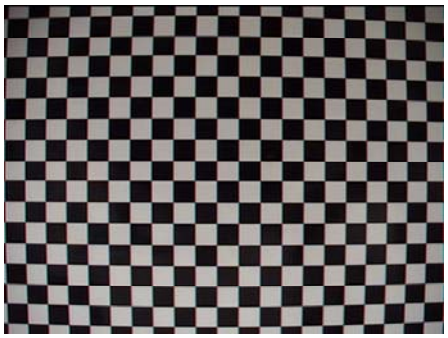
攝影機內部參數校正 － 棋盤格影像



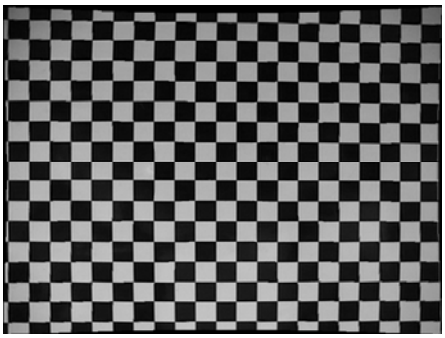
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果



校正前



校正後

攝影機參數	棋盤格校正板
鏡頭焦距	820 (pixel)
u_0	315.9
v_0	233.4
k_1	-3.4859×10^{-7}
k_2	2.6357×10^{-2}
λ_u	1.0406

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

地面控制點檢測

2011/05/05

儀器名稱		觀測項目	主要儀器規格
NovAtel DL-2		坐標與高程定位	即時定位精度：±2 cm 後處理精度：0.5cm(±1ppm) DL-2坐標輸出頻率：10 Hz DL-4坐標輸出頻率：20 Hz
NovAtel DL-4			

經濟部水利署第九河川局
海岸斷面樁控制點(編號WT1)

點位編號	TWD97系統(m)		高程(m)
	E	N	
WT1	312957.9910	2652696.8180	9.421

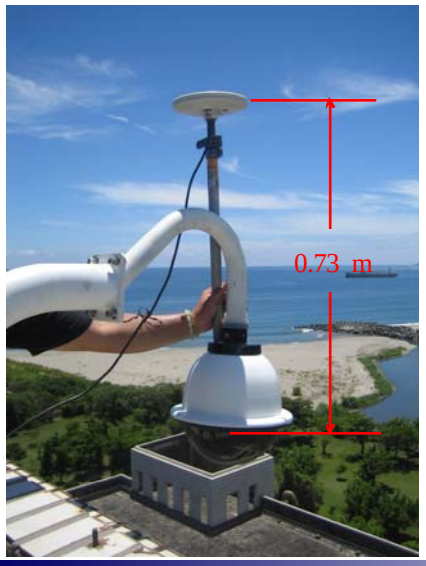
GCP檢測

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

地面控制點檢測

檢測項目	二度分帶坐標		高程
	E(m)	N(m)	Z(m)
攝影機	313082.9764	2652960.8122	43.801

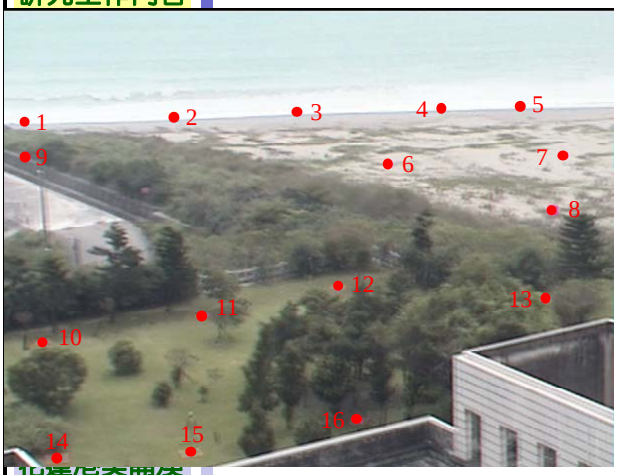


緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
花蓮美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 1



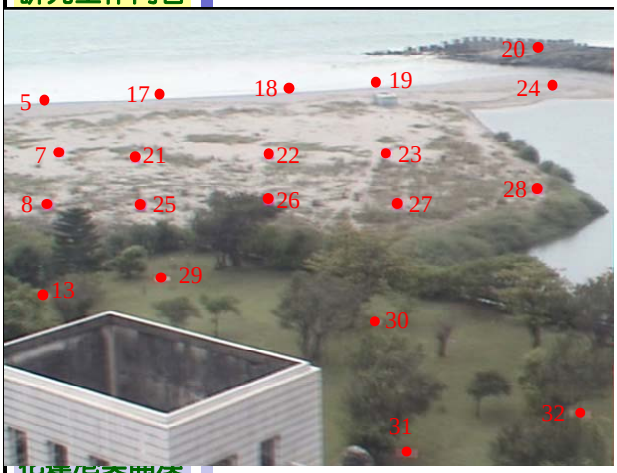
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
1	313262.59	2652711.69	2.36	23	119
2	313234.03	2652699.80	2.32	179	113
3	313210.02	2652688.99	2.39	308	108
4	313181.19	2652680.37	2.63	460	105
5	313159.16	2652672.99	2.61	543	103
6	313166.32	2652749.25	3.12	405	163
7	313141.28	2652734.37	2.90	588	155
8	313133.40	2652772.76	2.41	576	210
9	313218.72	2652772.36	6.53	23	156
10	313133.34	2652891.38	18.38	41	348
11	313126.40	2652883.42	18.40	210	321
12	313121.04	2652873.85	18.36	350	290
13	313106.91	2652873.15	18.41	568	304
14	313120.59	2652908.56	18.92	57	471
15	313115.43	2652905.18	18.50	195	465
16	313109.51	2652896.83	16.72	373	430

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
花蓮美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 2



影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	43	99
7	313141.28	2652734.37	2.90	59	152
8	313133.40	2652772.76	2.41	46	207
13	313106.91	2652873.15	18.41	42	301
17	313136.00	2652665.85	2.70	164	93
18	313111.01	2652656.58	2.61	300	86
19	313091.97	2652647.10	2.33	391	81
20	313051.44	2652577.84	2.92	561	41
21	313127.75	2652738.50	2.61	136	157
22	313106.79	2652733.56	2.37	278	154
23	313088.25	2652731.35	2.05	401	152
24	313053.60	2652640.96	1.31	576	81
25	313121.17	2652771.22	2.28	144	208
26	313103.36	2652769.34	2.09	278	202
27	313086.14	2652768.93	1.95	413	205
28	313066.05	2652756.28	1.59	560	191
29	313099.97	2652868.92	18.40	166	284
30	313085.51	2652878.74	18.46	390	328
31	313083.03	2652899.71	18.59	423	465
32	313074.98	2652894.18	18.52	605	425

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－可轉向

地面控制點檢測(2012/03)

視角 - 3

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
20	313051.44	2652577.84	2.92	19	38
24	313053.60	2652640.96	1.31	36	80
28	313066.05	2652756.28	1.59	27	188
32	313074.98	2652894.18	18.52	86	419
33	313013.53	2652589.78	4.48	184	35
34	312966.32	2652568.86	6.49	342	20
35	312943.61	2652592.78	6.53	453	27
36	312964.64	2652707.14	10.26	566	66
37	313062.70	2652886.97	18.38	302	356
38	313054.80	2652894.88	18.33	500	393
39	313070.60	2652901.32	18.53	213	468
40	313062.08	2652903.24	18.49	412	465

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－單向

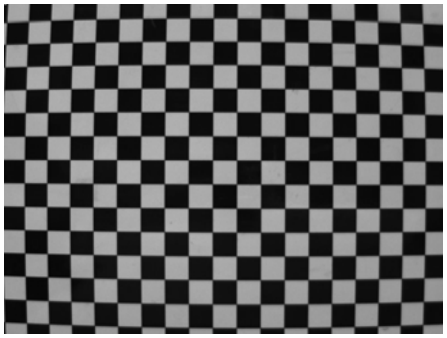
單向攝影機

型號	FL2-14S3C
影像感測器	1/2″ CCD
最大影像解析度	1392×1032
像素大小	4.65μm×4.65μm
影像及控制介面	IEEE 1394b
同步	外部觸發或軟體觸發
電源	DC 8~32V
功率	2.5W
尺寸(mm)	29×29×30mm
搭配鏡頭焦距	F = 6mm

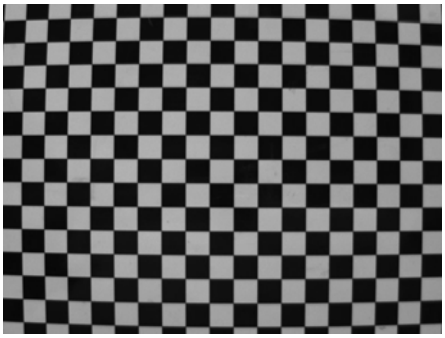
緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－單向

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果



校正前



校正後

攝影機參數	攝影鏡頭(編號：1)	攝影鏡頭(編號：2)
u_0	400.0	399.7
v_0	325.3	309.2
k_1	-1.711×10^{-7}	-1.829×10^{-7}
k_2	1.466×10^{-2}	1.609×10^{-2}
λ_u	1.018	1.021

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－單向

地面控制點檢測(2011/05/05)

視角- C1

影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
5	313159.16	2652672.99	2.61	52	169
7	313141.28	2652734.37	2.90	79	284
8	313133.40	2652772.76	2.41	53	400
17	313136.00	2652665.85	2.70	312	162
18	313111.01	2652656.58	2.61	588	151
21	313127.75	2652738.50	2.61	252	298
22	313106.79	2652733.56	2.37	550	295
25	313121.17	2652771.22	2.28	257	401
26	313103.36	2652769.34	2.09	548	400

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
結論與建議

花蓮美崙溪口影像觀測站設置－單向

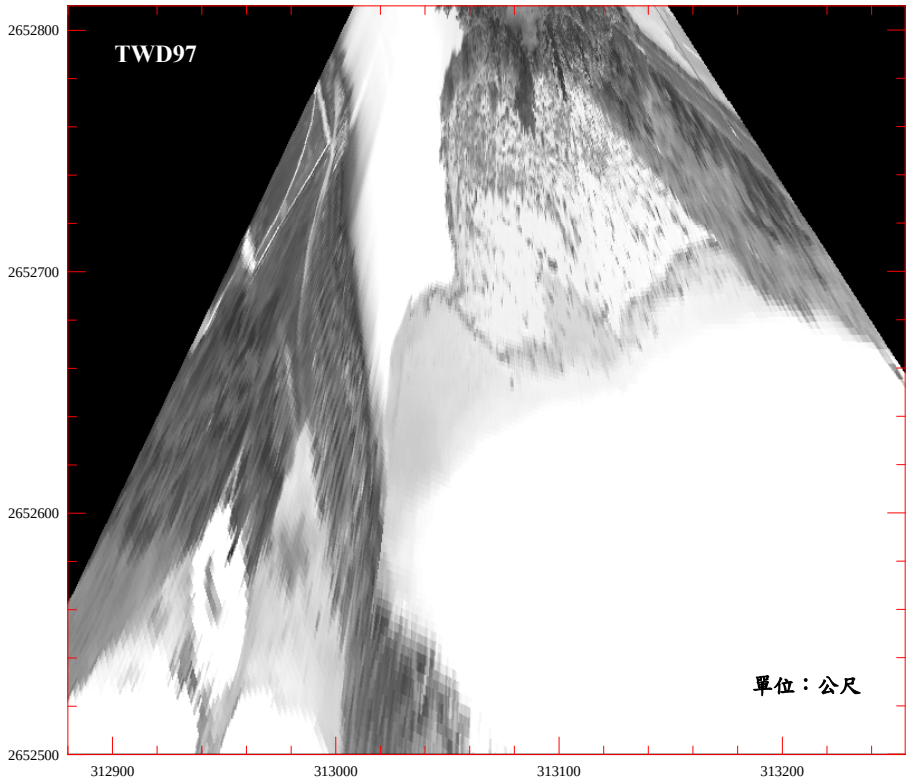
地面控制點檢測(2012/03)

視角- C2

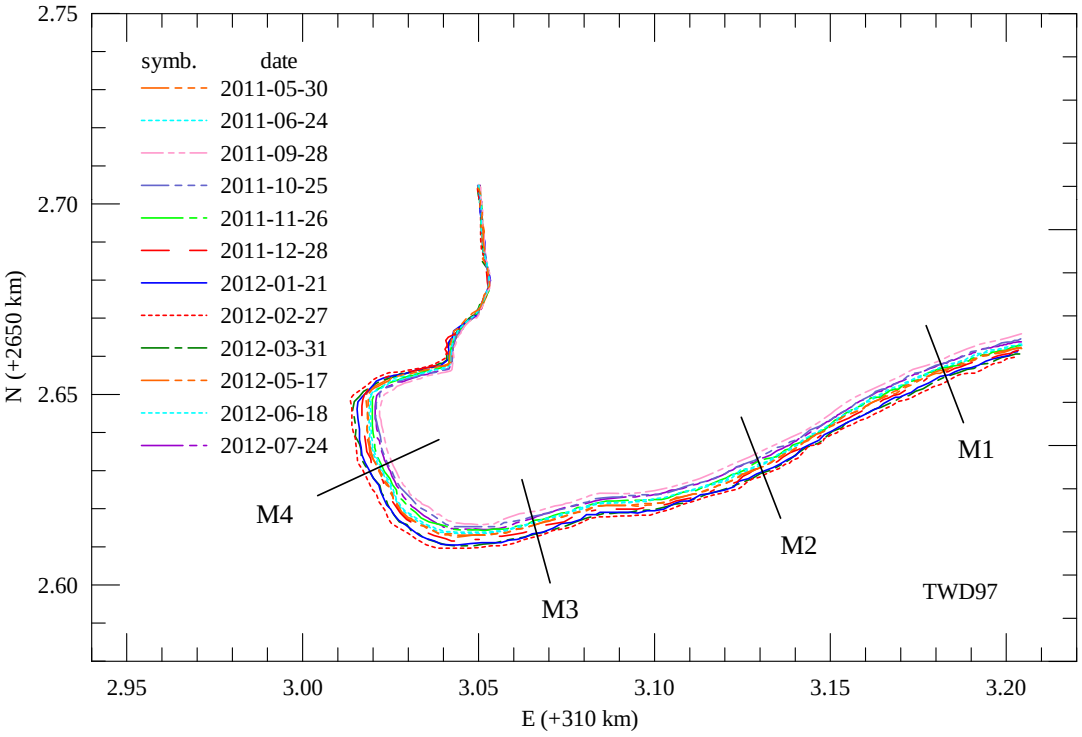
影像點位編號	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
17	313136.00	2652665.85	2.70	117	190
18	313111.01	2652656.58	2.61	375	179
19	313091.97	2652647.10	2.33	570	172
21	313127.75	2652738.50	2.61	51	317
22	313106.79	2652733.56	2.37	335	312
23	313088.25	2652731.35	2.05	577	314
25	313121.17	2652771.22	2.28	52	415
26	313103.36	2652769.34	2.09	327	412
27	313086.14	2652768.93	1.95	598	419

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口全景拼接影像



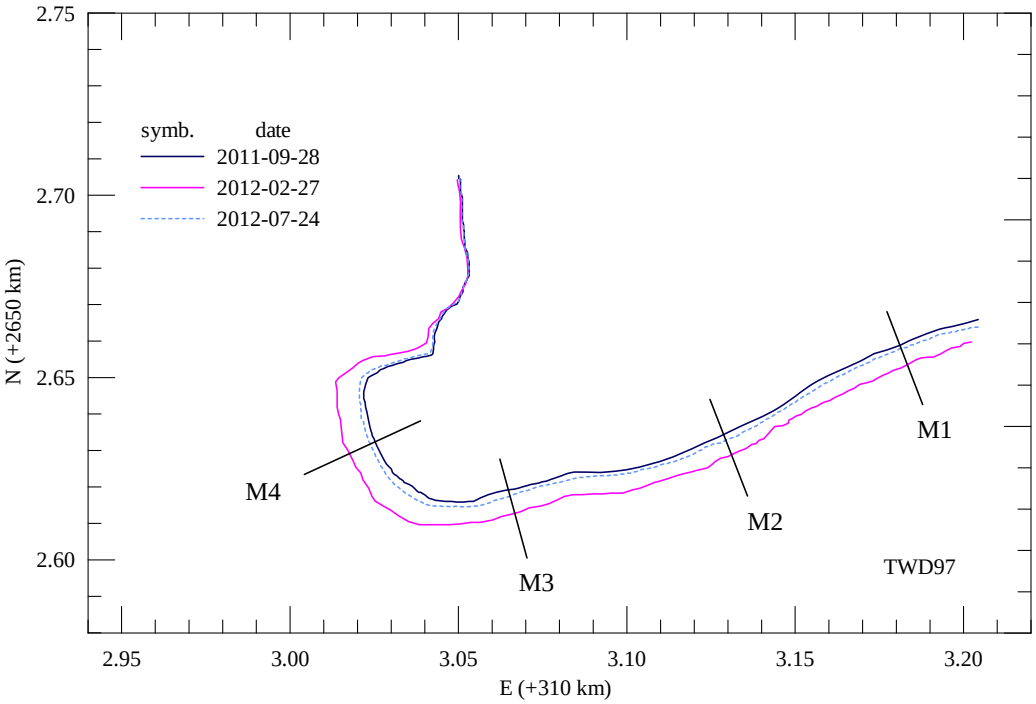
花蓮美崙溪口全景拼接影像



交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

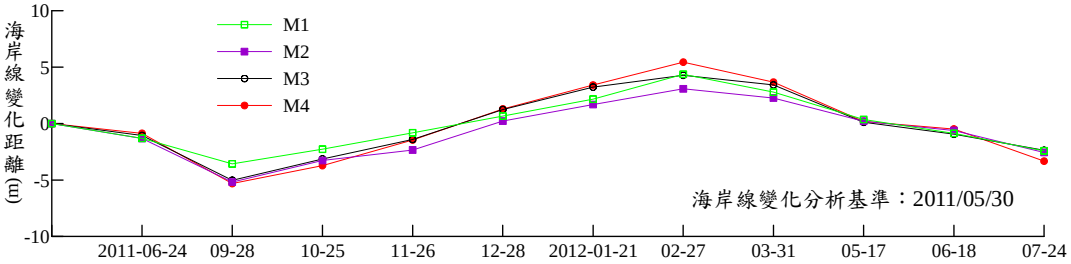
花蓮美崙溪口全景拼接影像



緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

花蓮美崙溪口全景拼接影像

日期	斷面編號			
	M1	M2	M3	M4
2011/06/24	-1.30	-1.32	-1.05	-0.86
2011/09/28	-3.57	-5.18	-5.02	-5.31
2011/10/25	-2.27	-3.27	-3.13	-3.72
2011/11/26	-0.82	-2.34	-1.40	-1.45
2011/12/28	0.67	0.23	1.24	1.30
2012/01/21	2.17	1.68	3.23	3.42
2012/02/27	4.37	3.08	4.28	5.44
2012/03/31	2.78	2.26	3.43	3.67
2012/05/17	0.36	0.21	0.12	0.19
2012/06/18	-0.87	-0.61	-0.94	-0.48
2012/07/24	-2.41	-2.56	-2.36	-3.33
海岸線變化率 (m/年)	1.81	1.70	1.80	1.72



緣起與目的
計畫背景
研究工作內容
目前研究進度
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

- 渠道斷面流速試驗分析結果，本計畫使用Chickadel等人(2003)所提之流速影像分析方法，所分析得之流速分析斷面時間歷程影像的平均流速為0.42m/sec，而由NORTEK ADV流速儀所檢測者，其平均流速為0.44m/sec，顯示本計畫採用之影像流速分析方法分析結果應可信賴。
- 依波浪傳遞影像分析結果，泰利與天秤颱風影響期間，在X=10m時之淺化係數即高達1.5，其原因在於在此處前波浪已發生碎波，另外在近岸碎波後淺化係數呈現上升趨勢，顯示線性波理論已不適用於實際海岸碎波後淺化係數之推求。
- 依近岸地形影像分析方法驗核(水工試驗)結果，在中間性波範圍條件下，依據微小振幅波理論所反推之地形，與潛堤前與後端區域，大致與實際地形相近，而在潛堤前緣與堤根處附近，則偏差較大。整體而言，除潛堤前、後端區域之陡變地形外，其餘各處依微小振幅波理論所反推之地形，大致與實際地形相近，整體之偏差約在5%內。

- 依主動輪廓模式與分水嶺兩種海岸線影像偵測方法之分析結果，主動輪廓模式可以直接萃取目標灘線的座標位置，對於灘線有較好的描述性，而分水嶺分割法在影像分割後，需再進一步透過8連通或4連通法描述邊界位置，對於解析度較低的影像其有較大的計算誤差。另外，對影像分析的速度性而言，利用主動輪廓模式計算需耗時甚多，而相對分水嶺分割法則可縮短運算時間約近200倍，顯示分水嶺分割法在計算速度上有較大的優勢。
- 依本計畫兩種海岸線分析方法之比較結果知，單以潮位修正所分析之海岸線，其海岸線相對於即時動態衛星定位系統(RTK)所檢測者約有4~8公尺之偏差，而以潮位配合波浪水位堆升所分析之海岸線較接近RTK檢測者，其偏差量約1~3公尺，顯示以潮位配合波浪水位堆升方法進行影像海岸線分析，其分析結果較接近實際情形。

- 根據2010年1月~2012年10月西子灣海岸影像變遷分析結果，西子灣南、北岬頭海岸線在冬季淤淺成長現象，夏季時受西南季風與颱風影響，其海岸線多有後退情況。就長期間而論，整體之海岸線變化為後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退23~44m，而南岬頭海岸線地區之海岸線後退約23~36m，且海岸線後退幅度越往南越大。其中，西子灣北岬頭於2010年1月~2012年10月期間其海岸線變化率約在-6.89~-10.24m/年，而於南岬頭其海岸線變化率約在-3.53~-10.48 m/年。
- 由花蓮港美崙溪口逐月海岸線變遷分析結果顯示，美崙溪口砂洲之海岸線大致呈現冬季成長，夏季侵退之情形，且海岸線每年約以1.7~1.8m之成長速度增大範圍。

- 就本計畫於地形水深解析之初步研究成果，波浪時間歷程影像之波速解析，配合微小振幅波理論可計算近岸水面下地形，建議計畫主辦單位於後續計畫配合辦理小規模測量工作，獲取近岸水深資料(包括沿岸砂堆)，評估微小振幅波理論應用於碎波帶內之水深計算與修訂方法，以瞭解其應用於現場之可行性與限制。
- 較明顯之波浪與近岸流變化特性多在較大風浪期間，惟洪汛期之颱風波浪發生時常伴隨較大風雨，常造成雨滴落在影像鏡頭上影響監測影像品質，而無法應用於波浪傳遞與近岸流分析。因此，爾後欲從事影像監測相關研究時，建議於攝影鏡頭防護罩上設置雨刷與噴水裝置，於每次啟動錄影前訂時清洗防護罩鏡面灰塵與刷除雨滴，以提升監測影像品質。
- 本計畫西子灣及花蓮美崙溪口兩區域之潮型主要為混合潮與半日潮，就目前監測與分析方式(配合該兩區鄰近海岸之潮位站資料)，西子灣及花蓮美崙溪口兩區域多可分析出高程0m之海岸線。另外，若於全日潮地區進行海岸線影像觀測，建議宜延長觀測時間，並在硬體上面需增設夜視功能。

交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(4/4) － 期末報告　簡報

簡報完畢
敬請指教

財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會