100-21-7513
MOTC-IOT-99-H3DB004

海岸地形變遷之現場影像分析應用(2/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 100 年 4 月

100-21-7513
MOTC-IOT-99-HDB004

海岸地形變遷之現場影像分析應用(2/4)

著 者：郭晉安、黃明志、簡仲和、蔡宗利、簡仲璟、劉清松

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 100 年 4 月

100

海岸地形變遷之現場影像分析應用 (2/4)

交通部運輸研究所

GPN：1010000312
定價 300 元

國家圖書館出版品預行編目資料

海岸地形變遷之現場影像分析應用(2/4)
/郭晉安等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 100.04
面 ； 公分
ISBN 978-986-02-7165-2 (平裝)

1. 海岸工程 2. 地形測量 3. 影像分析 4.地理資訊系統

443.3029 100002660

海岸地形變遷之現場影像分析應用(2/4)

著　　者：郭晉安、黃明志、簡仲和、蔡宗利、簡仲璟、劉清松
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：10458 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)26587136
出版年月：中華民國 100 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：300 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：1010000312　　ISBN：978-986-02-7165-2（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(2/4)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊號)
ISBN978-986-02-7165-2(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010000312</td><td>運輸研究所出版品編號
100-21-7513</td><td>計畫編號
99-H3DB004</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
參與人員:陳正義、張麗瓊
錢爾潔、馬維倫
聯絡電話：(04)26587136
傳真號碼：(04)26564415</td><td colspan="2">合作研究單位：台灣首府大學
計畫主持人：李明靜
研究人員：郭晉安、黃明志、簡仲和、
蔡宗利
地址：72153 台南縣麻豆鎮南勢里 168 號
聯絡電話：(06)5718888-772</td><td>研究期間
自 99 年 3 月
至 99 年 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。另在高美濕地海岸地形影像拼接方面，已完成各影像視角之影像拼接作業，惟鏡攝影鏡頭編號 2 與編號 3 之影像無重疊，且台中港鄰近海岸潮差甚大，退潮時段海岸線已離堤線約 2 公里，因影像解析力與攝影距離限制，以致此部分在影像重建內插後會有模糊情形，其結果應用於退潮時段之海岸地形偵測，可能會造成較大偏差。</td></tr>
<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>100 年 4 月</td><td>334</td><td>300</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>
<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 nearshore morphology change (2/4)

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-02-7165-2 (pbk)	1010000312	100-21-7513	99-H3DB004

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien Chung-Ching
PROJECT STAFF: Liu Ching-Sung
PARTICIPATOR: CHEN CHENG-YI, CHANG LEE-CHUNG, CHIEN ER-JIER
MA WEI-LUN
PHONE: (04) 26587136 FAX: (04) 26564415

PROJECT PERIOD
FROM March 2010
TO December. 2010

RESEARCH AGENCY: Taiwan Shoufu University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee Ming-Ching
PROJECT STAFF: Huang Min-Chih, Kuo Chin-An, Chien Chung-Ho, Tasi Chong-Li
ADDRESS: No.168, Nanshih Li, Madou, Tainan 72153,Taiwan, R.O.C.
PHONE: (06) 5718888-772

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 technique. 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. Based 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 nearshore 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 Shihzuwan, 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. On the other hand, the global image of Gaomei Wetland is produced using the data received from different monitoring camera, where the sights of camera No. 2 and No. 3 do not cover each other at all. A possible difficulty is nonetheless generated from the large tide range that results in significant shoreline variations between high tide and low tide. As observed, the shoreline in Gaomei Wetland at low-tide period is up to approximately 2 km from the seawall. This may cause unavoidable errors for the currently used camera due to the capacity of resolution, and lead to blurred area in the global picture obtained from image reconstruction.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2011	334	300	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4)

目　　錄

表 目 錄

圖 目 錄

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，於平時期間建立每小時十分鐘之平均影像資料庫，並依據數值影像分析技術辨識港區海岸線資料，解析區段海岸波浪淺化傳遞特性與流場分佈資訊。在颱風侵襲或鋒面侵襲等特殊天氣條件，啟動連續觀測模式，分析探討短期劇烈海象期間之近岸波浪淺化傳遞特性與地形變化。

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。

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 98~99 年度的主要研究範圍與對象。

圖 1.2.1　2007 年颱風季節前西子灣十分鐘平均影像

圖 1.2.2　2007 年颱風季節後西子灣十分鐘平均影像

高美溼地面積大約三百多公頃，濕地面積雖然不大，但同時擁有泥質及砂灘兩種地質及其與河口沼澤地繫在一起，孕育成豐富且多元

之溼地生態，成為台中熱門生態景觀據點。然而，自 921 地震後接續幾個颱風將大量土石自大甲溪、大安溪順流帶下，堆積於台中港北防波堤與北防砂堤之間海域，經港灣技術研究中心現場測量顯示已大幅改變台中港北側海岸地形。另經現場勘查高美燈塔高度達 33m，燈塔頂部為架設攝影機之理想位置，有利觀測研究高美濕地海岸地形與提供未來海岸生態管理應用。

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，規劃在花蓮港務局設置影像觀測站，並將其列為後續主要研究範圍與對象。

1.3 本年度(99 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，第一年度計畫工作業於 2009 年 3~10 月期間完成，其主要工作內容如第(一)項所述，本年度研究內容與工作項目詳如第(二)項所列。

(一) 98 年度計畫(已完成)

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(本年度)

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，主要內容包括持續影像分析開發、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。另為利後續計畫工作推動，規劃於本年度進行台中港高美濕地架設現場影像觀測站，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與建置工作。

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(99 年度)計畫工作內容，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，同時就現場海岸地形影像記錄資料，進行海岸全景影像拼接工作。其中，海岸全景影像拼接方式，已參照第一年度海岸地形影像分析問題，進行拼合影像條紋與相鄰兩影像視角亮度差異改善，另為利海岸地形影像自動辨識處理，海岸全景拼合影像再進行自適增強與銳化之數值影像處理作業。

海岸地形影像分析方面，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，配合高雄港潮位與外海波浪資料，以潮位修正及潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式，進行西子灣海岸線分析，另為檢核海岸線分析資料之合理性，乃於 2010 年 7 月 9 日以即時動態衛星定位系統，進行西子灣海岸線現場測量工作。最後就較佳之海岸線影像分析方法，約逐月分析計算西子灣海岸線，並進行海岸線變遷分析作業。

有關近岸波流場影像分析部分，已完成西子灣單向攝影機之影像校正與重建作業，而近岸流場影像分析時，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)為例，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。其中，為瞭解近岸流影像分析方法之可行性，茲於成功大學水利及海洋工程學系河工試驗場渠道水槽，進行影像流速試驗加以驗核。另外，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情形。

台中港高美濕地影像觀測站檢測工作，本計畫已完成高美濕地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，且於 2010 年 4 月 29 日與 8 月 12 日分別進行地面控制點檢測與補測工作，並據以進行各視角外部參數校正及高美濕地全景影像拼接。另外，花蓮港美崙溪口現場影像觀測站選址作業，已於 2010 年 4 月 13 日會同計畫主辦單位，前往花蓮港務局現場勘查，選定較佳之影像觀測站位址。

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 2.1.1 所示。

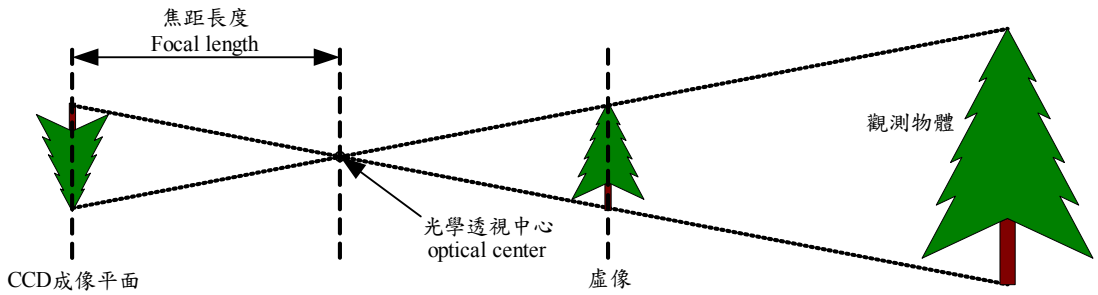


圖 2.1.1　針孔成像原理

圖 2.1.2 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。

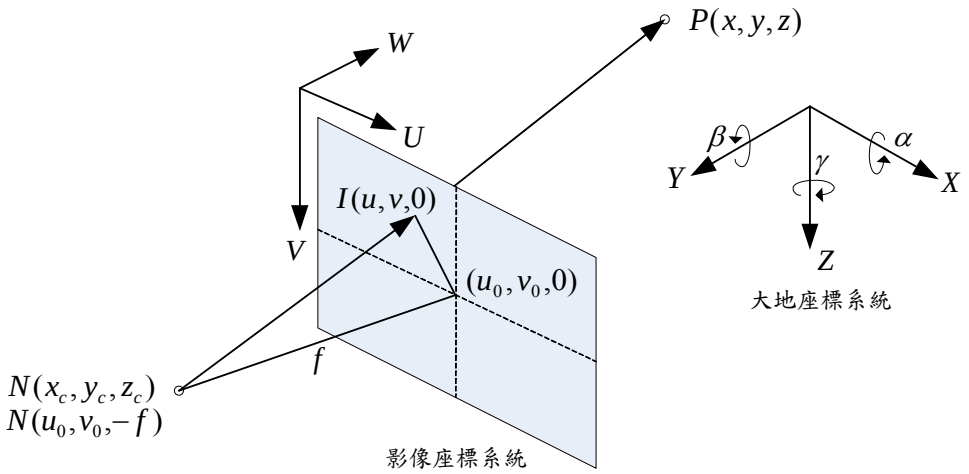


圖 2.1.2　坐標系統定義

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：

$$\begin{cases} b_k^{11}df + b_k^{12}d\alpha + b_k^{13}d\beta + b_k^{14}d\gamma + b_k^{15}dx_c + b_k^{16}dy_c + b_k^{17}dz_c = -F_k,\ k = 1,\cdots K \\ b_k^{21}df + b_k^{22}d\alpha + b_k^{23}d\beta + b_k^{24}d\gamma + b_k^{25}dx_c + b_k^{26}dy_c + b_k^{27}dz_c = -G_k,\ k = 1,\cdots K \end{cases} \tag{2.3.4}$$

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：

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

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

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、海岸地形影像分析程式發展與海岸地形全景影像拼接結果說明。

圖 3.1　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)

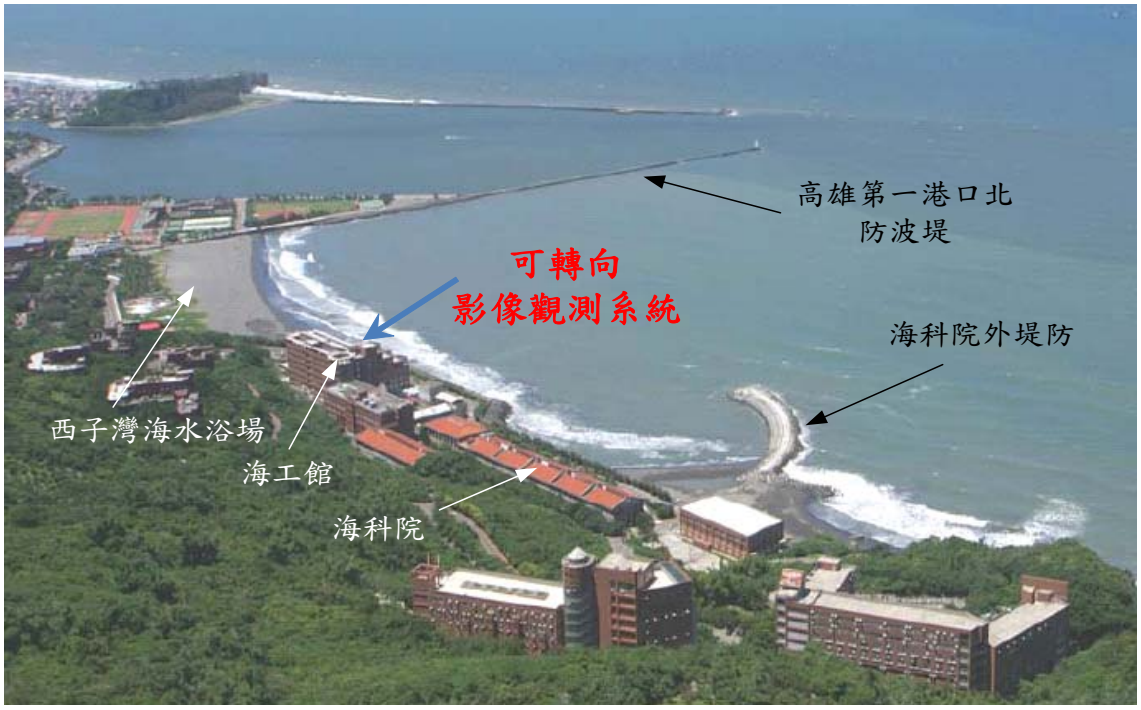


圖 3.2　西子灣可轉向影像觀測系統位置圖

3.1 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 3.1.1 所示，而 EVI-D70 可轉向控制攝影機之詳細規格如表 3.1.1 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。另本計畫第一年度工作已依 2.2 節所述方法，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，其結果如表 3.1.2 所示。

圖 3.1.1　影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機)

表 3.1.1　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

表 3.1.2　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
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 3.1.2 與表 3.1.3 所示；圖 3.1.2 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 3.1.3　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，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 3.1.3 所示。

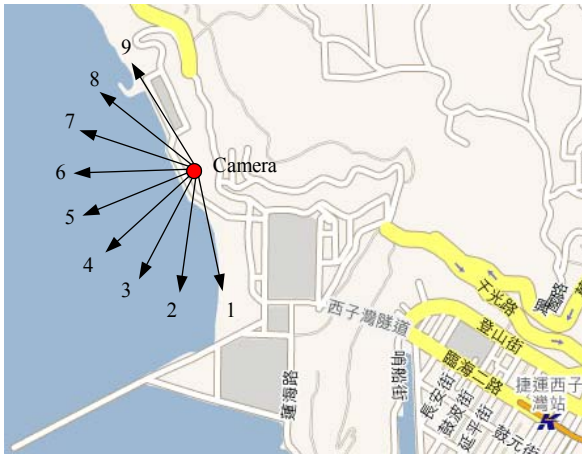


圖 3.1.2　西子灣海岸拍攝視角示意圖

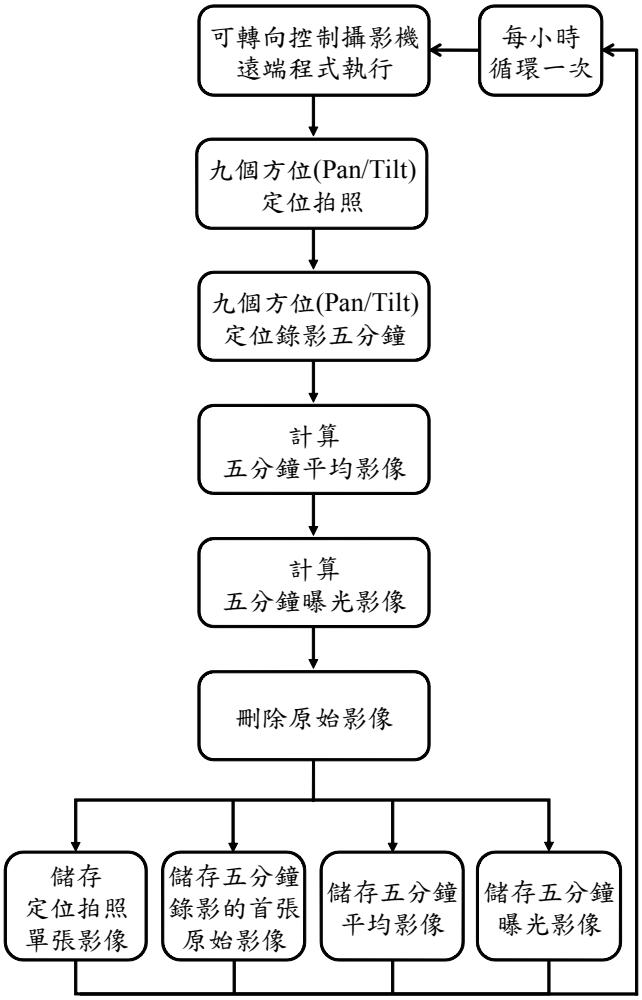


圖 3.1.3　西子灣全景海岸影像觀測系統程式執行流程圖

3.2 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，本節乃參照本計畫第一年度海岸地形影像開發研究成果，持續進行海岸全景影像拼接方法之改善與發展作業。

3.2.1 第一年度海岸地形全景影像拼接成果與問題概述

經由本計畫第一年度工作項目之執行，業依據 2.2 節攝影機內部參數校正方法完成 EVI-D70 可轉向攝影機之內部參數檢定與徑向扭曲校正作業，並由地面控制檢測結果配合 2.3 節攝影機外部參數校正學理，進行攝影機各視角之外部參數檢定工作，同時據以進行西子灣海岸地形影像之各視角影像拼接作業，如圖 3.2.1 之圖例所示。

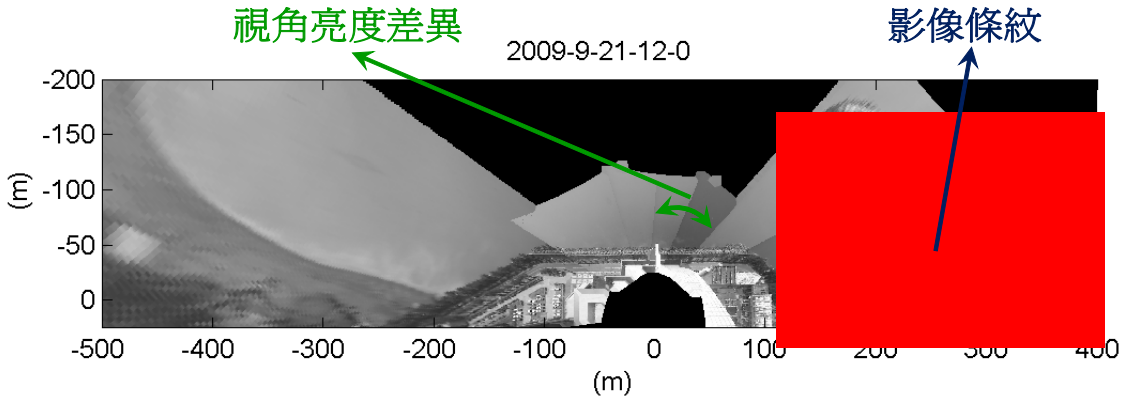


圖 3.2.1　西子灣海岸地形拼接影像圖例(2009/09/21 12:00)

由第一年度西子灣之各視角海岸地形影像拼接結果(如圖 3.2.1)知，各視角影像重疊區中，在海堤、海岸線與人工岬灣結構物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。惟在拼合影像部分視角有出現影像條紋現象，且在部分相鄰視角影像亮度差異甚大；此應用於海岸地形影像自動辨識處理時，可能因複雜的影像亮度梯度，造成海岸線偵測過程誤判，或於自動灘線辨識程式彙入更

複雜之偵測邏輯，供判斷正確之海岸線位置，將增加大幅之海岸影像分析運算時間。

3.2.2 海岸地形全景影像拼接方法改善

為利西子灣海岸地形之數值影像偵測作業，本節茲就 3.2.1 節第一年度海岸地形影像分析問題，進行拼合影像條紋與相鄰兩影像視角亮度差異改善，另為利海岸地形影像自動辨識處理，拼合影像再進行自適增強與銳化之數值影像處理作業。以下茲就海岸地形影像分析程式改善過程與結果說明如后。

一、拼合影像條紋改善

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，如式(2.2.7)，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 3.2.2 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。

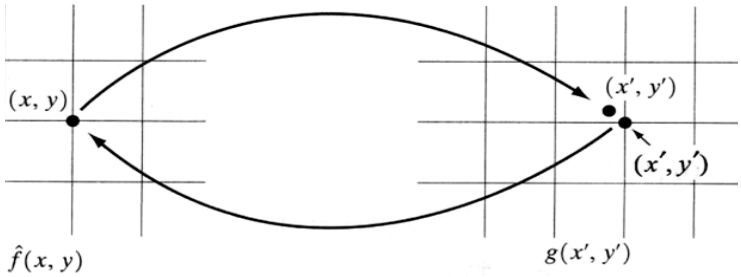


圖 3.2.2　最鄰近鄰域法灰階內插示意圖

由圖 3.2.3 顯示，經以最鄰近點法調整拼接重建影像後，原於中山大學海工館北側之人工岬灣結構物附近區域及海工館南側砂灘影像已無條紋。影像條紋去除後，海工館北側之人工岬灣內海岸地形與結構物邊界線分佈情形，較原影像者清晰。

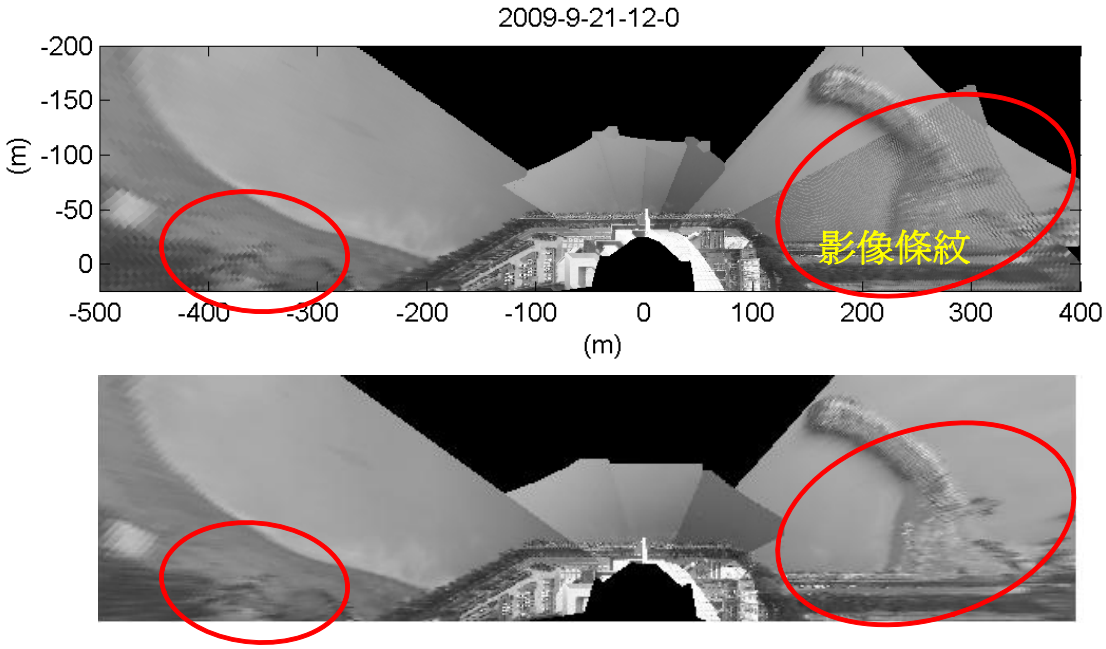


圖 3.2.3　西子灣拼合海岸地形影像條紋改善結果圖

(上圖：改善前，下圖：改善後)

二、相鄰兩影像視角亮度差異改善

由西子灣海岸地形拼接影像(如圖 3.2.1)，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，本節於影像拼合前，先搜尋兩相鄰視角影像範圍(如圖 3.2.4 左子圖之白色影像區)，分析其影像重疊區位置(如圖 3.2.4 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。

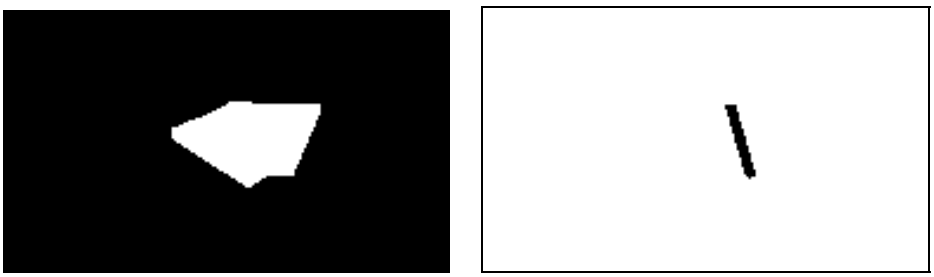


圖 3.2.4　兩相鄰視角影像範圍(左)與影像重疊區位置(右)圖

(視角 1 與 2)

由圖 3.2.5 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。

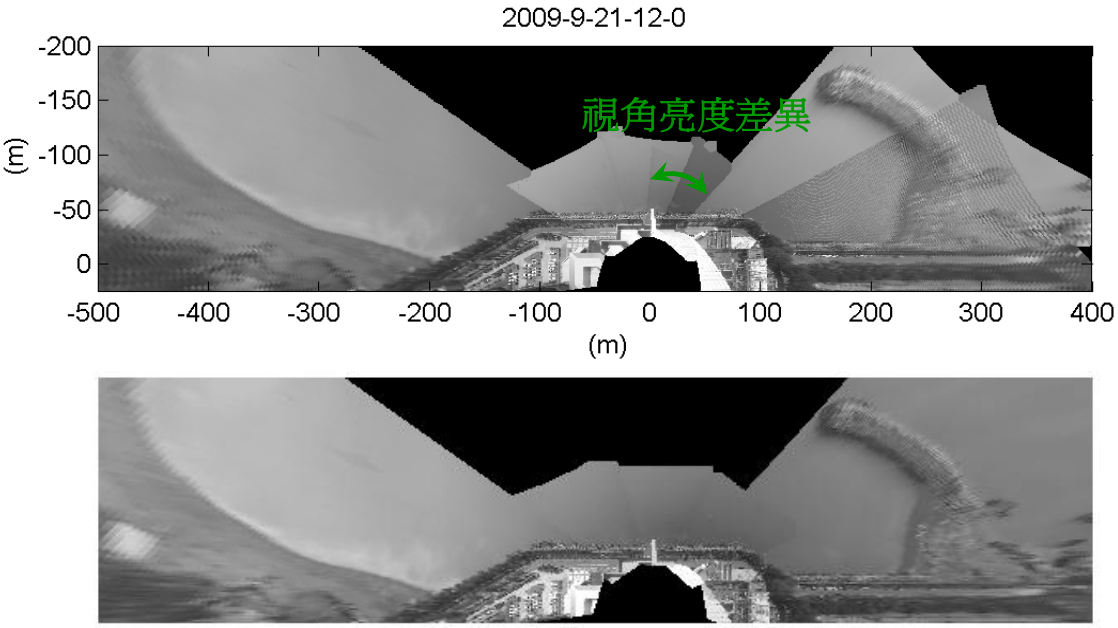


圖 3.2.5　相鄰兩影像視角亮度差異改善結果圖

(上圖：改善前，下圖：改善後)

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 3.2.6 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 3.2.6 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。

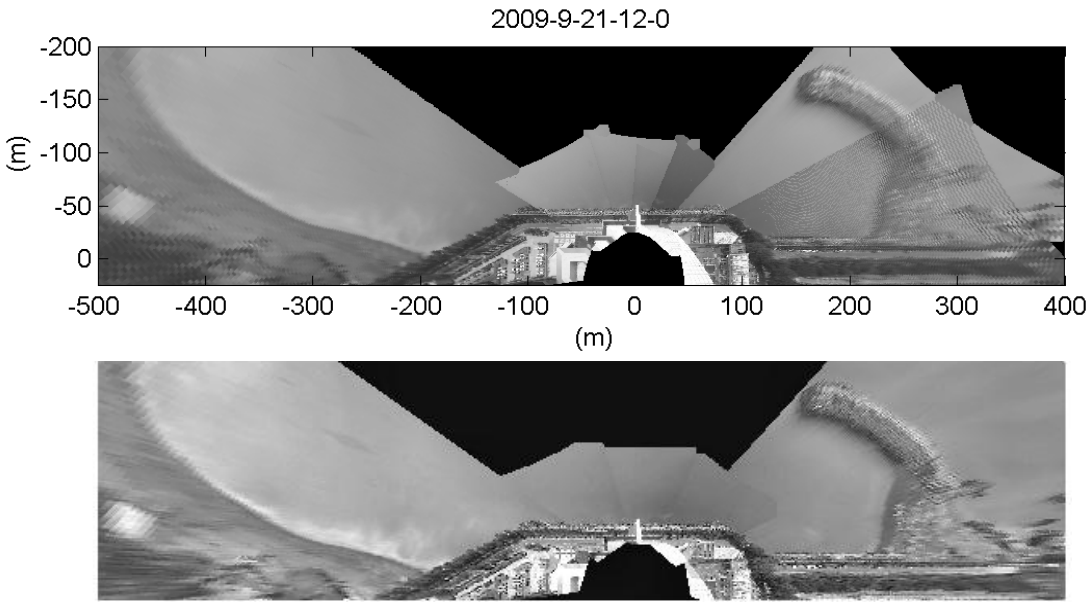


圖 3.2.6　影像增強與銳化影像處理改善結果圖

(上圖：改善前，下圖：改善後)

3.2.3 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，茲依 3.2.2 節海岸地形影像分析改善結果，配合第一年度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工作，其結果如圖 3.2.8 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。

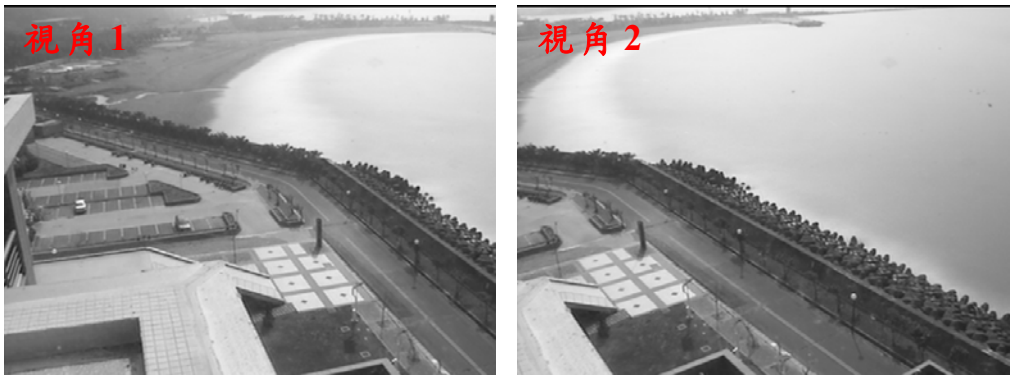


圖 3.2.7　西子灣各視角平均影像(2010/01/01 12:00)

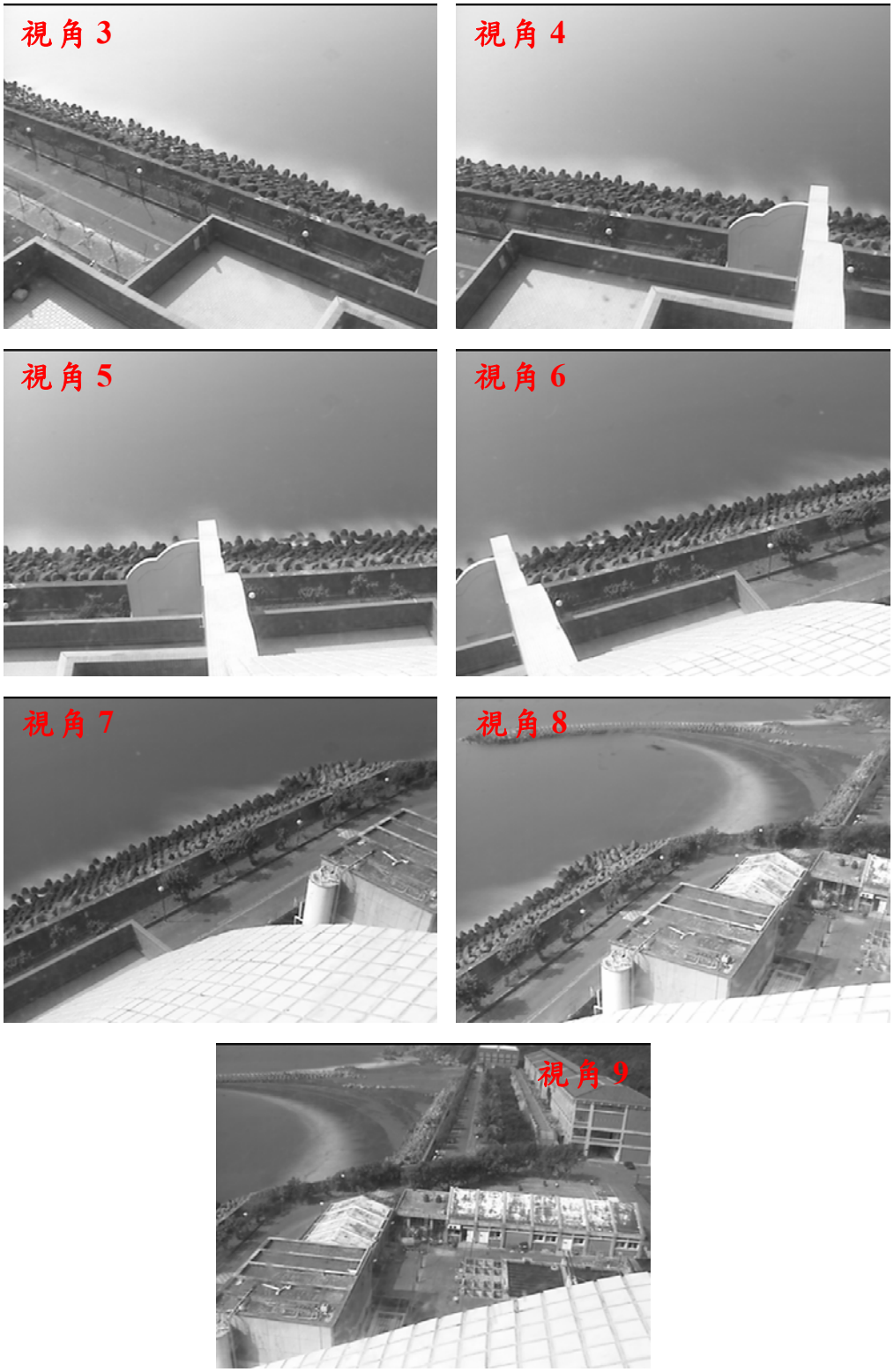


圖 3.2.7　西子灣各視角平均影像(2010/01/01 12:00)(續)

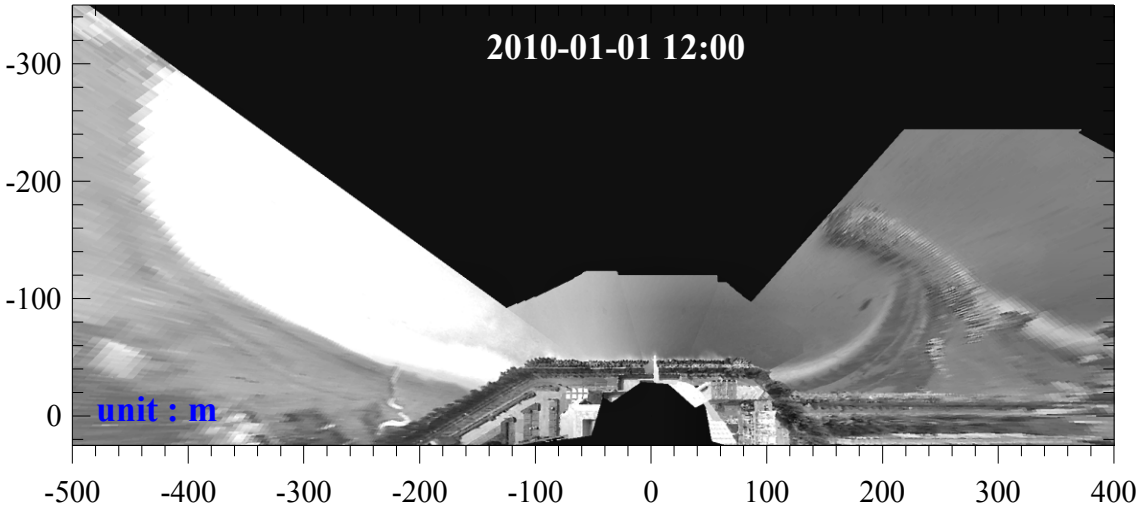


圖 3.2.8　西子灣海岸地形影像拼接結果圖例(2010/01/01 12:00)

3.3 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，以潮位修正及潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式，進行西子灣海岸線分析，另為檢核海岸線分析資料之合理性，乃於 2010 年 7 月 9 日以即時動態衛星定位系統，進行西子灣海岸線現場測量工作。最後就較佳之海岸線影像分析方法，分析西子灣海岸線並進行海岸線變遷分析作業。

3.3.1 海岸地形影像偵測方法

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、影像型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，通常需藉由不同的影像資訊及特性

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。

再者，自從 Kass et al.(1978)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)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)、Chan 與 Vesr(2001)、Li 等人(2008)、Lankton 與 Tannenbaum(2009)等。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，因本研究計畫中對於海岸地形影像灘線的萃取，有顯著的影像梯度變化，故分析程式的演算法採用 Caselles 等人(1997)所提出的模式，以下就主動輪廓模式及其測試結果說明。

一、主動輪廓模式概述

利用主動輪廓模型(Active Contour Model)分割邊界時，其節點移動的過程如 Snake 移動情況，而這裡所謂的 Snake 是指具有彈性且動態形變的曲線方程式，主動式輪廓模型就是利用主動曲線來捕捉影像中的物件輪廓，其中主動曲線的變形與移動完全由曲線的內力與所受的外力所決定，內力作用為限制輪廓為連續平滑的曲線，外力則將輪廓線推至具有影像特徵的位置。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。影像灰階值的變化是外能的主要來源，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

$$E(\Gamma) = \int_0^1 g(I(\Gamma(q)))\|\Gamma'(q)\|dq \tag{3.3.1}$$

其中

$$g(I)=\frac{1}{1+\left\|\nabla(G*I)\right\|^2} \tag{3.3.2}$$

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，

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}(x)=g(I(x))\left\|\nabla\phi(x)\right\|(c+\kappa)+\nabla g(I(x))\nabla\phi(x) \tag{3.3.3}$$

其中，ϕ 定義為距離函數，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\left\|\nabla\phi(x)\right\|)$ 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迭代，Snake 曲線追蹤邊緣時亦需要迭代，故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、西子灣海岸地形影像偵測初步測試結果

為利西子灣海岸地形之數值影像偵測，本節茲以主動輪廓模式法來實現分割海岸地形灘線目的，影像來源則如 3.1 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。利用動態輪廓法偵測灘線時，首先於欲偵測之灘線附近之海面影像上給定一任意曲線作為起始曲線，再透過曲線迭代逐漸逼近灰階影像梯度大的目標灘線。與灘線影像相較之下，海面影像灰階度相差甚小，故不同的起始曲線雖迭代次數略有差異，但偵測所得之灘線無異。分析時採用 5 分鐘平均影像，如圖 3.3.1 所示為西子灣 2010 年 5 月 1 日早上 6 點之平均影像，其攝影機之方位角 1000，圖上紅色曲線為給定之起始輪廓曲線。圖 3.3.2 系列分別為疊代 200、400、600、700 次之後的結果，由圖中顯示任意給定一輪廓曲線，利用上述 Caselles 等人(1997)所提出之模式可以準確地讓曲線逼高影像梯度(高能量)水、陸交界之灘線，當迭代至 600 次之後已可準確貼近灘線，迭代次數增至 700 次時曲線變化甚小，顯示輪廓曲線已趨於穩定。圖 3.3.2C 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 Caselles 等人(1997)之模式可以應用於海岸地形灘線之萃取。

圖 3.3.1　起始輪廓曲線

(西子灣平均影像,方位角 1000,2010/05/01,06:00 a.m.)

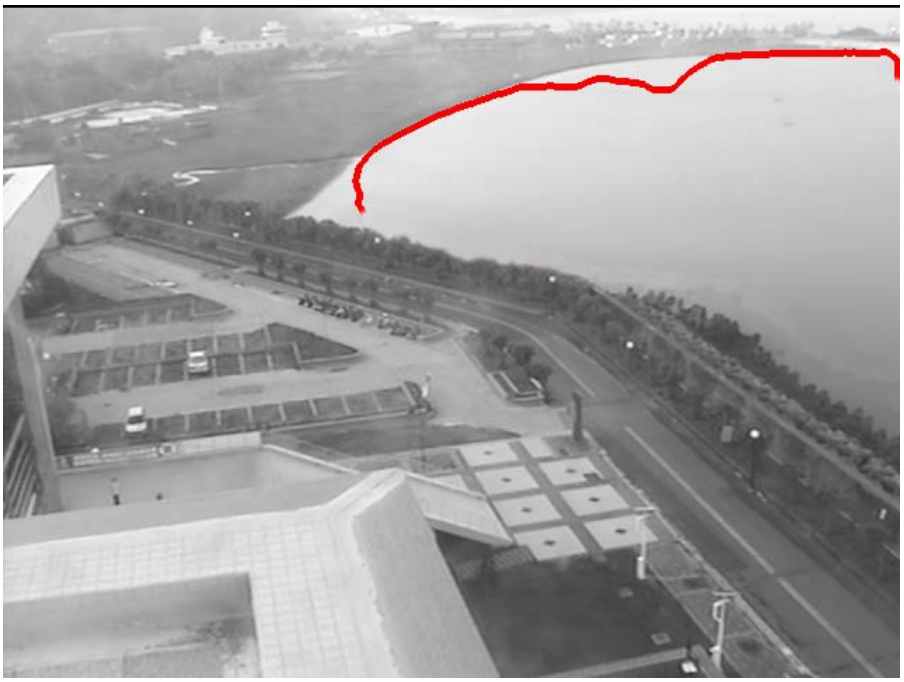


圖 3.3.2A　疊代 200 次之輪廓曲線

(西子灣平均影像,方位角 1000, 2010/05/01, 06:00 a.m.)

圖 3.3.2B　疊代 400 次之輪廓曲線

(西子灣平均影像,方位角 1000, 2010/05/01, 06:00 a.m.)

圖 3.3.2C　疊代 600 次之輪廓曲線

(西子灣平均影像,方位角 1000, 2010/05/01, 06:00 a.m.)

3.3.2 海岸線偵測分析與驗核

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 3.3.3 所示)，進行西子灣海岸線偵測分析作業，另於 2010 年 7 月 9 日以即時動態衛星定位系統，進行西子灣海岸線測量工作，以檢核海岸線偵測分析結果之合理性。

圖 3.3.3　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 3.3.1 節所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，如圖 3.3.4 所示。為獲取中潮系統高程為零之海岸水位線，本節考量以潮位修正及潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式進行分析，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，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(3.3.4)，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。

$$\bar{\eta} = 0.35\beta_f \left(H_0 T_0\right)^{1/2} \tag{3.3.4}$$

式中，β_f 為前灘坡度，H_0 為深海示性波高，T_0 為深海示性週期。其中，前灘坡度 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。

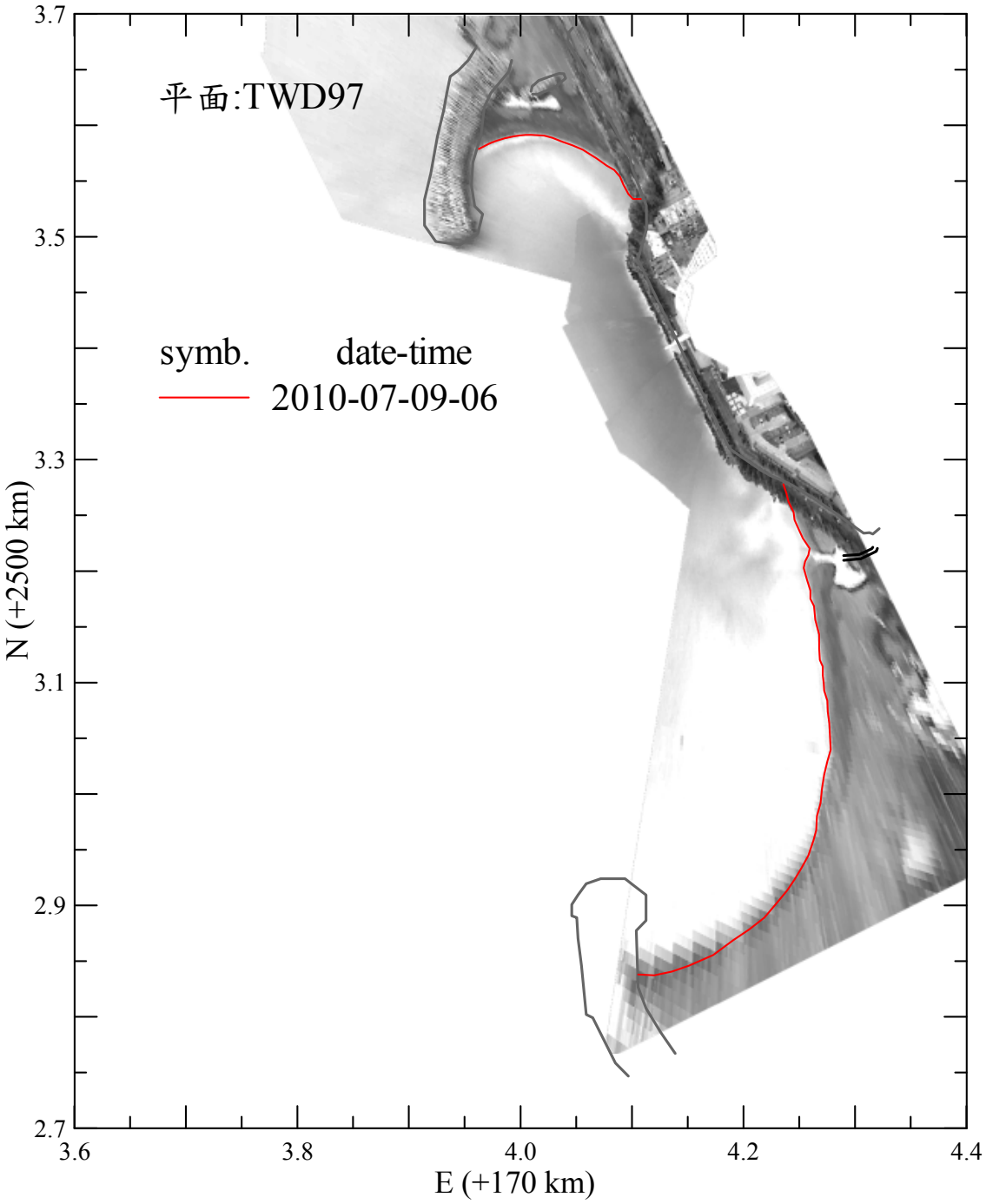


圖 3.3.4　海岸水位線偵測分析結果(2010/07/09 06:00)

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 3.3.1 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如圖 3.3.5A 與圖 3.3.5B 所示。

表 3.3.1　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+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

圖 3.3.5A　西子灣海岸線實地測量情形(2010/07/09)

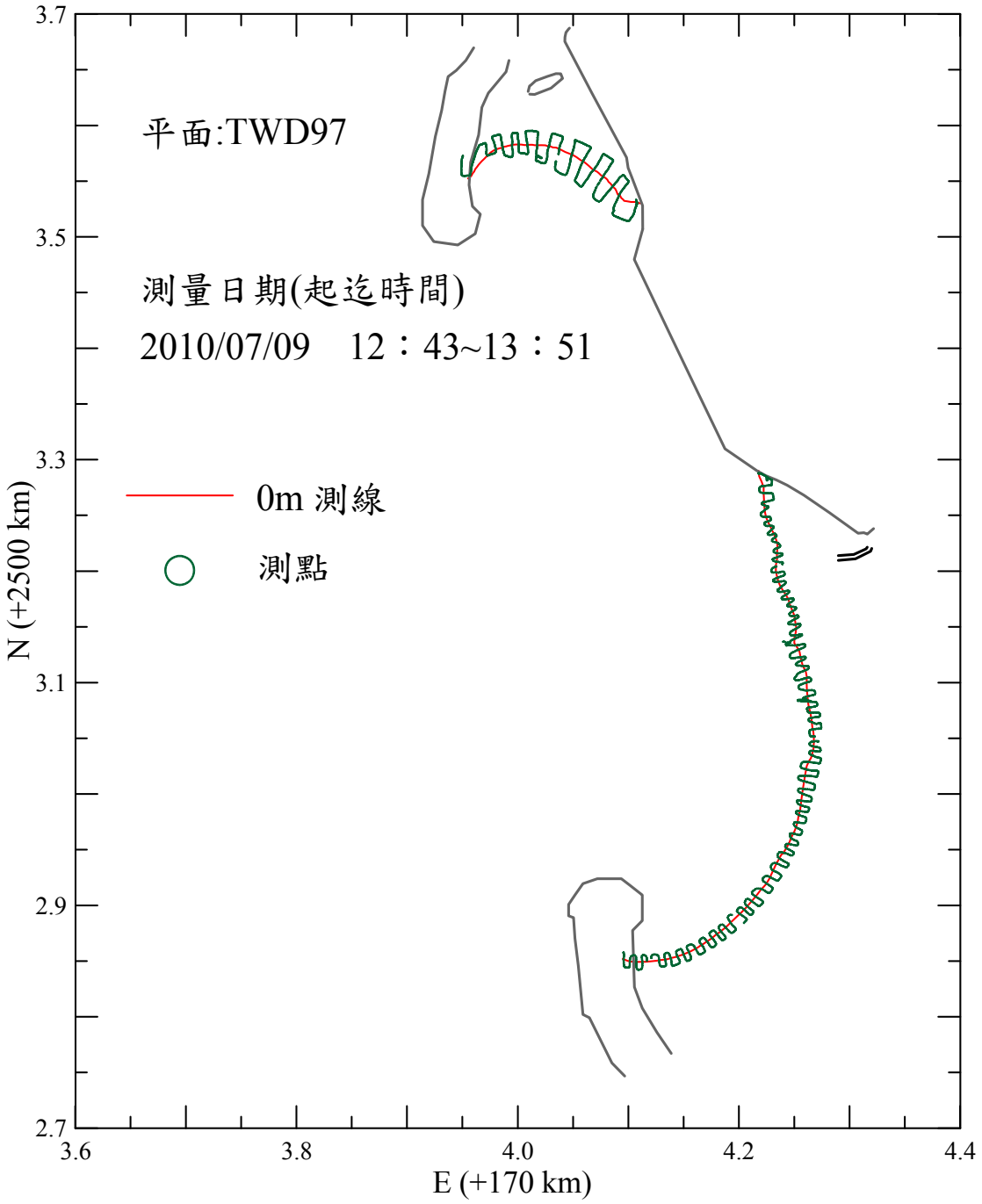


圖 3.3.5B　西子灣海岸線實地測量 0m 測線測點圖(2010/07/09)

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 3.3.6 所示)進行逐時水位線分析(逐時水位線分析結果，如圖

3.3.7 所示，而各海岸斷面前灘地形如圖 3.3.8 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 3.3.9 所示。

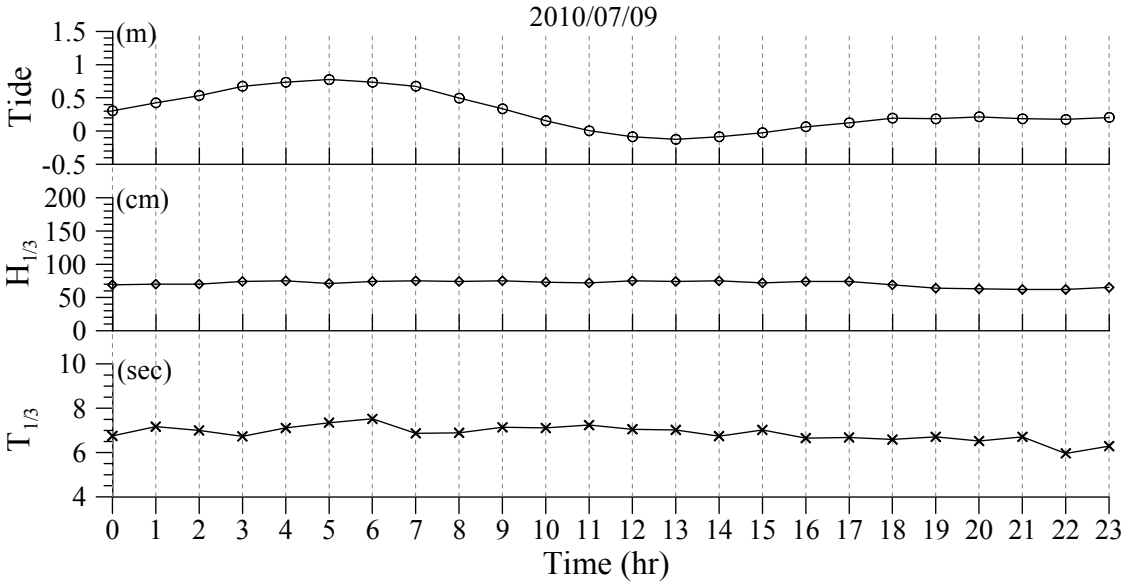


圖 3.3.6　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/07/09)

根據圖 3.3.7 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。

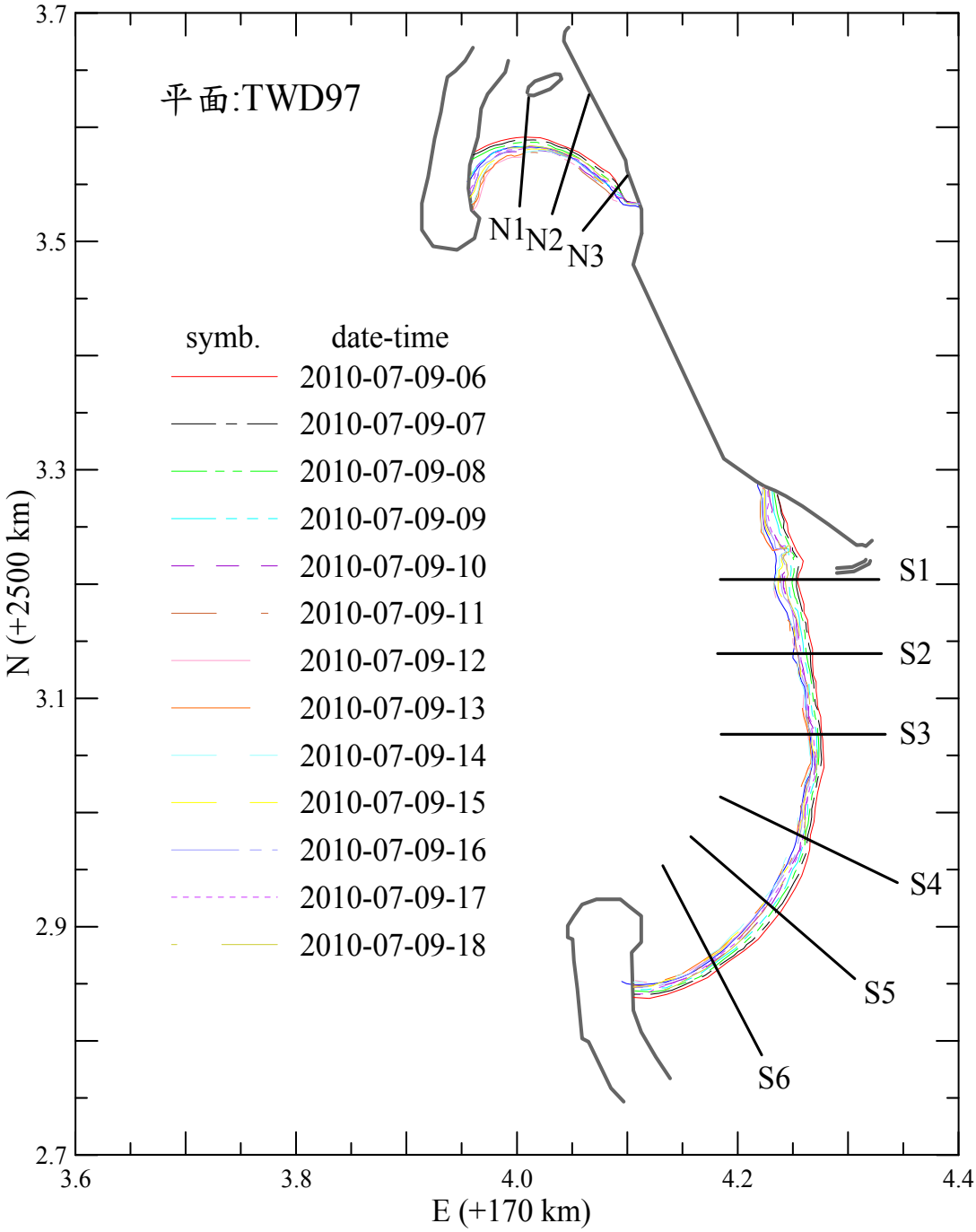


圖 3.3.7　逐時水位線分析結果圖(2010/07/09)

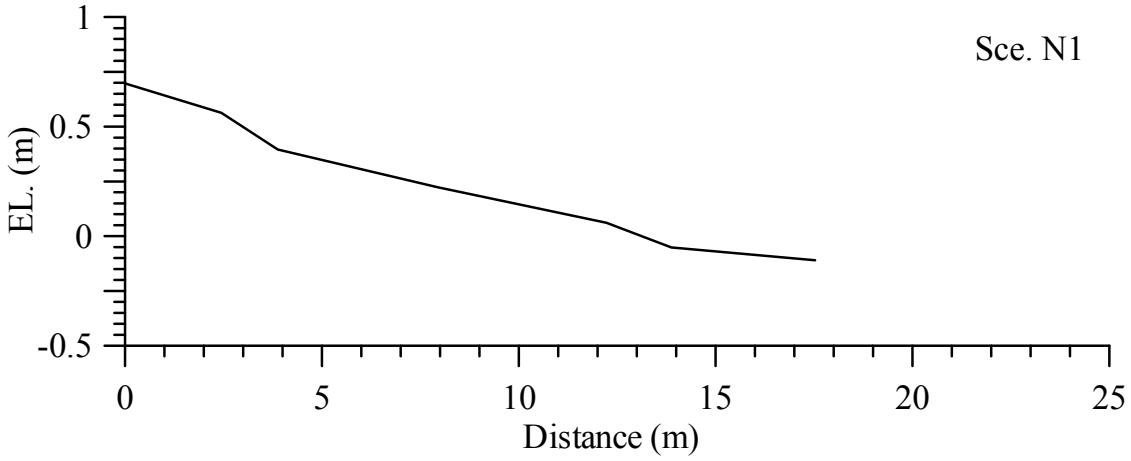


圖 3.3.8A　北岬頭斷面 N1 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

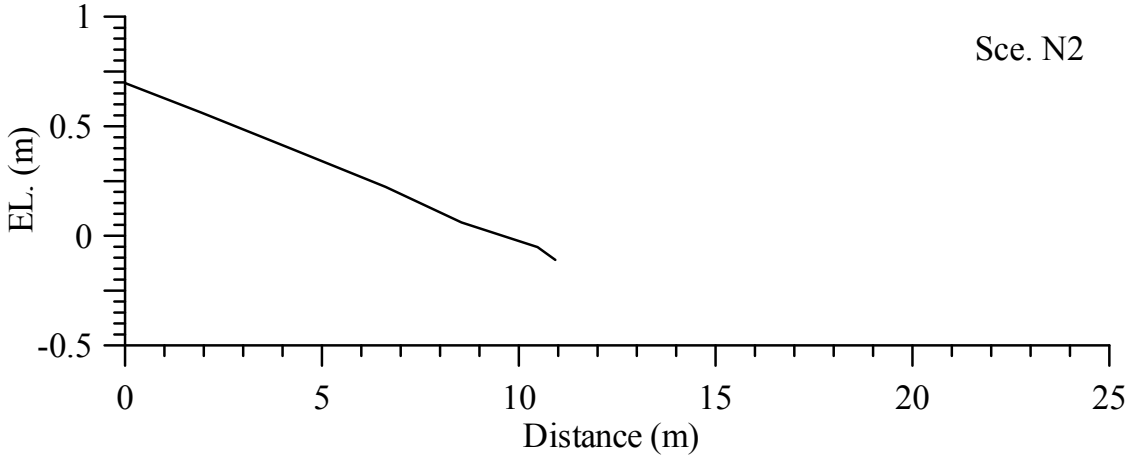


圖 3.3.8B　北岬頭斷面 N2 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

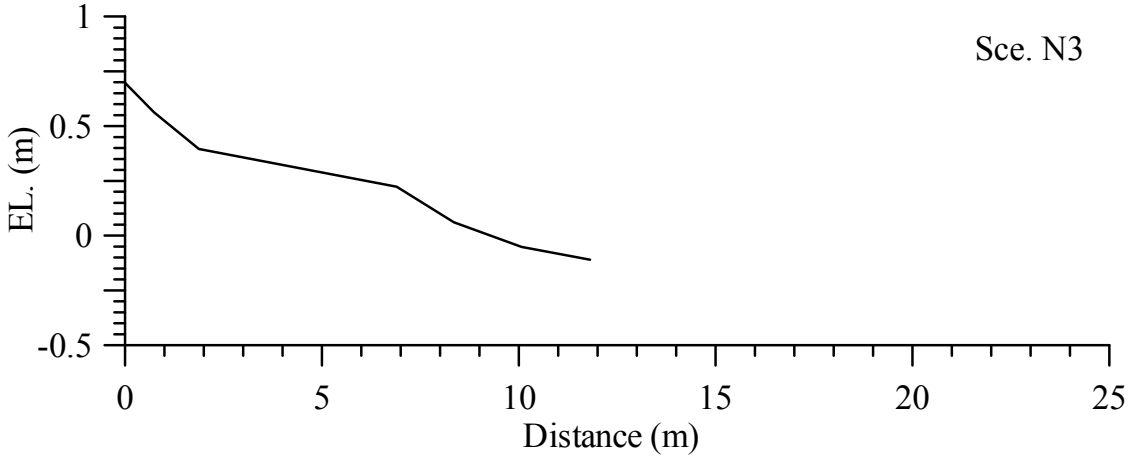


圖 3.3.8C　北岬頭斷面 N3 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

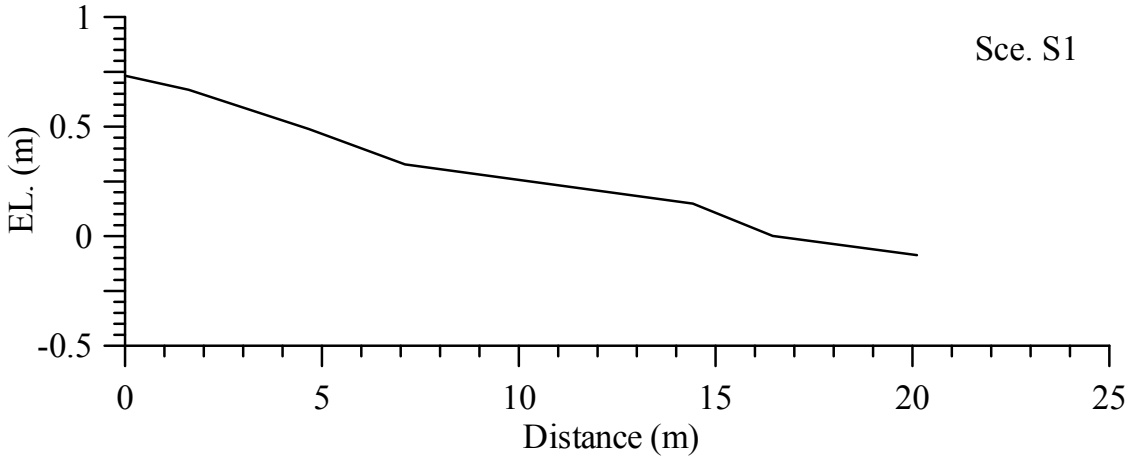


圖 3.3.8D　南岬頭斷面 S1 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

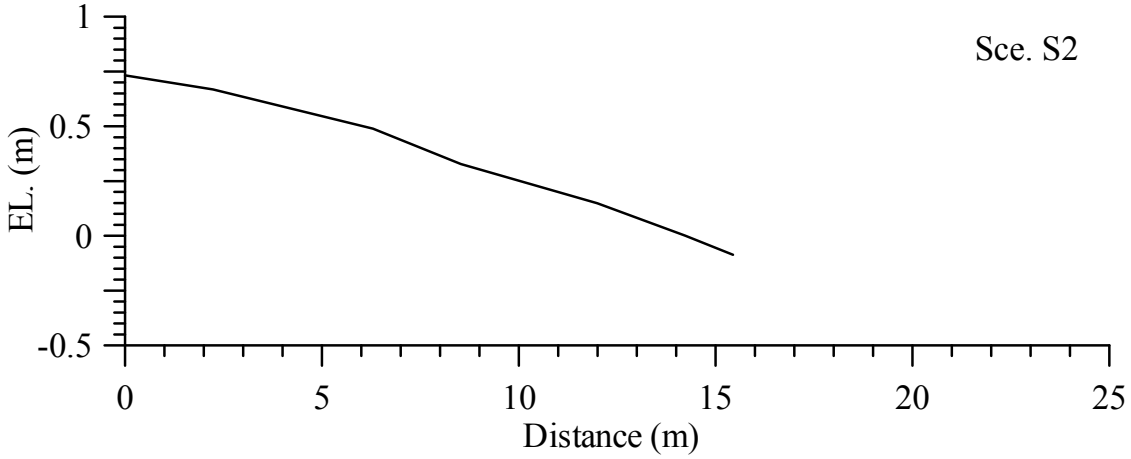


圖 3.3.8E　南岬頭斷面 S2 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

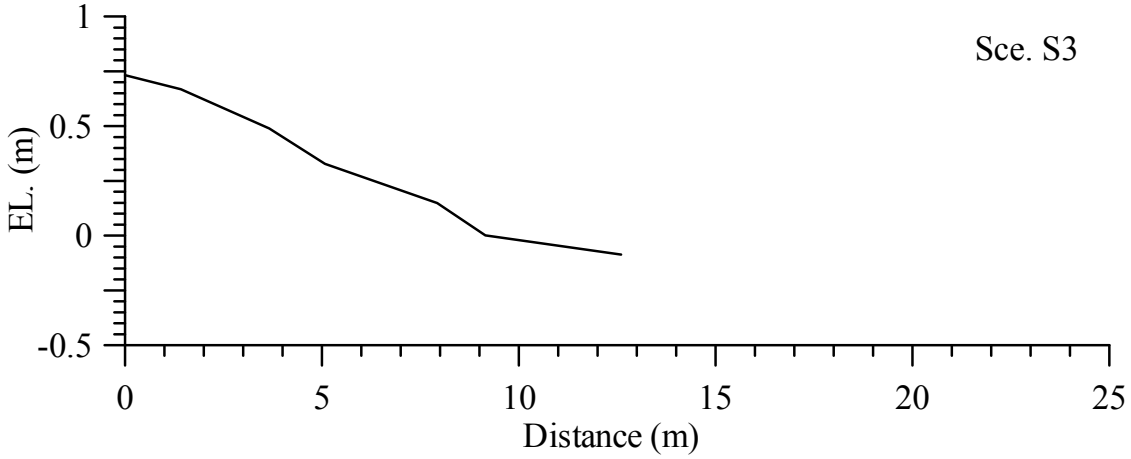


圖 3.3.8F　南岬頭斷面 S3 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

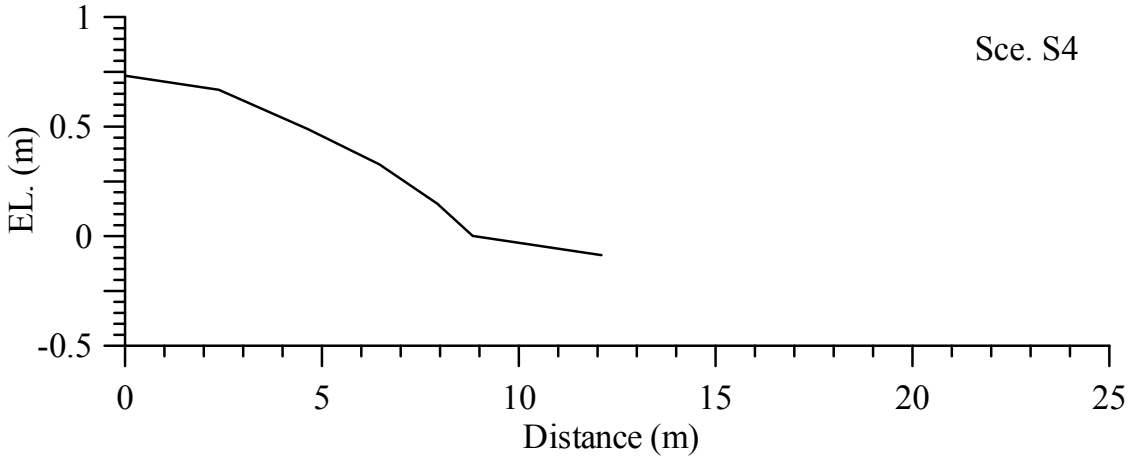


圖 3.3.8G　南岬頭斷面 S4 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

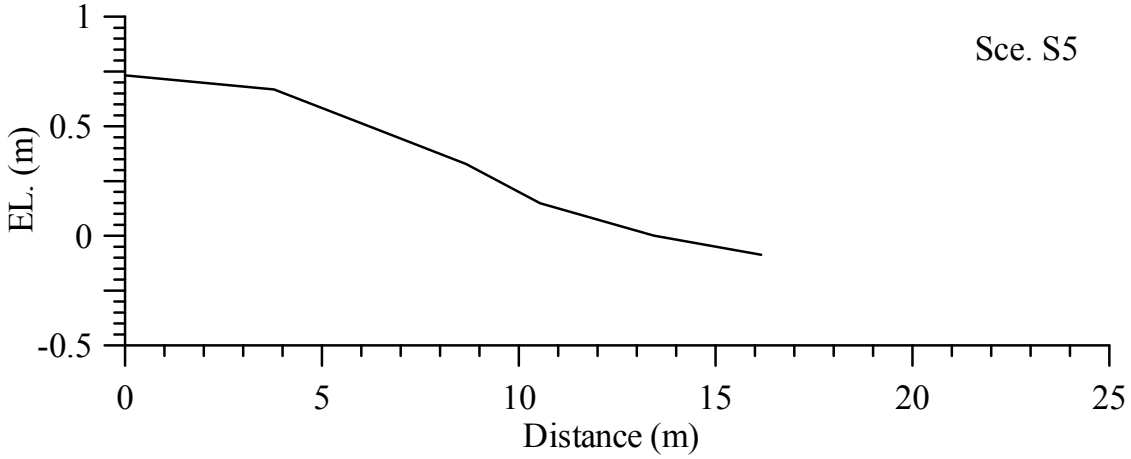


圖 3.3.8H　南岬頭斷面 S5 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

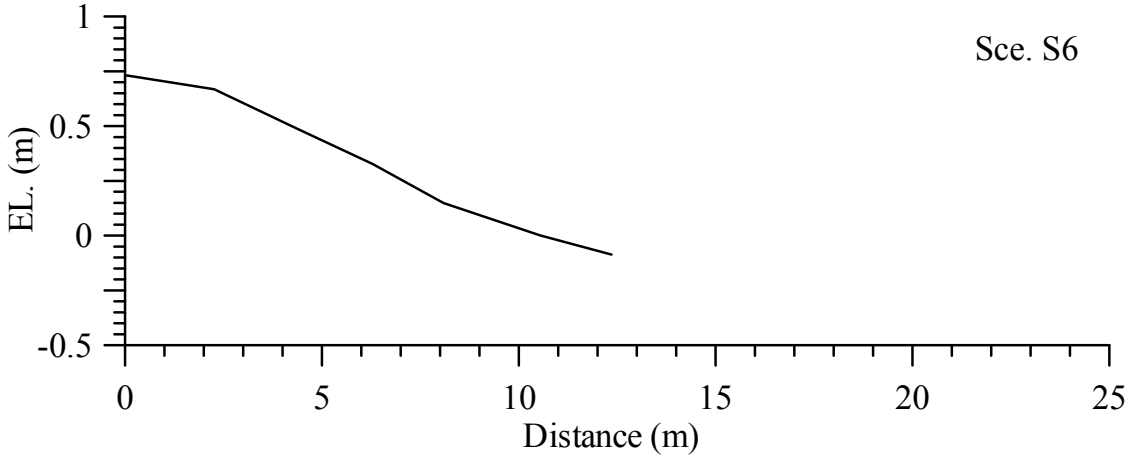


圖 3.3.8I　南岬頭斷面 S6 前攤地形剖面圖(2010/07/09)

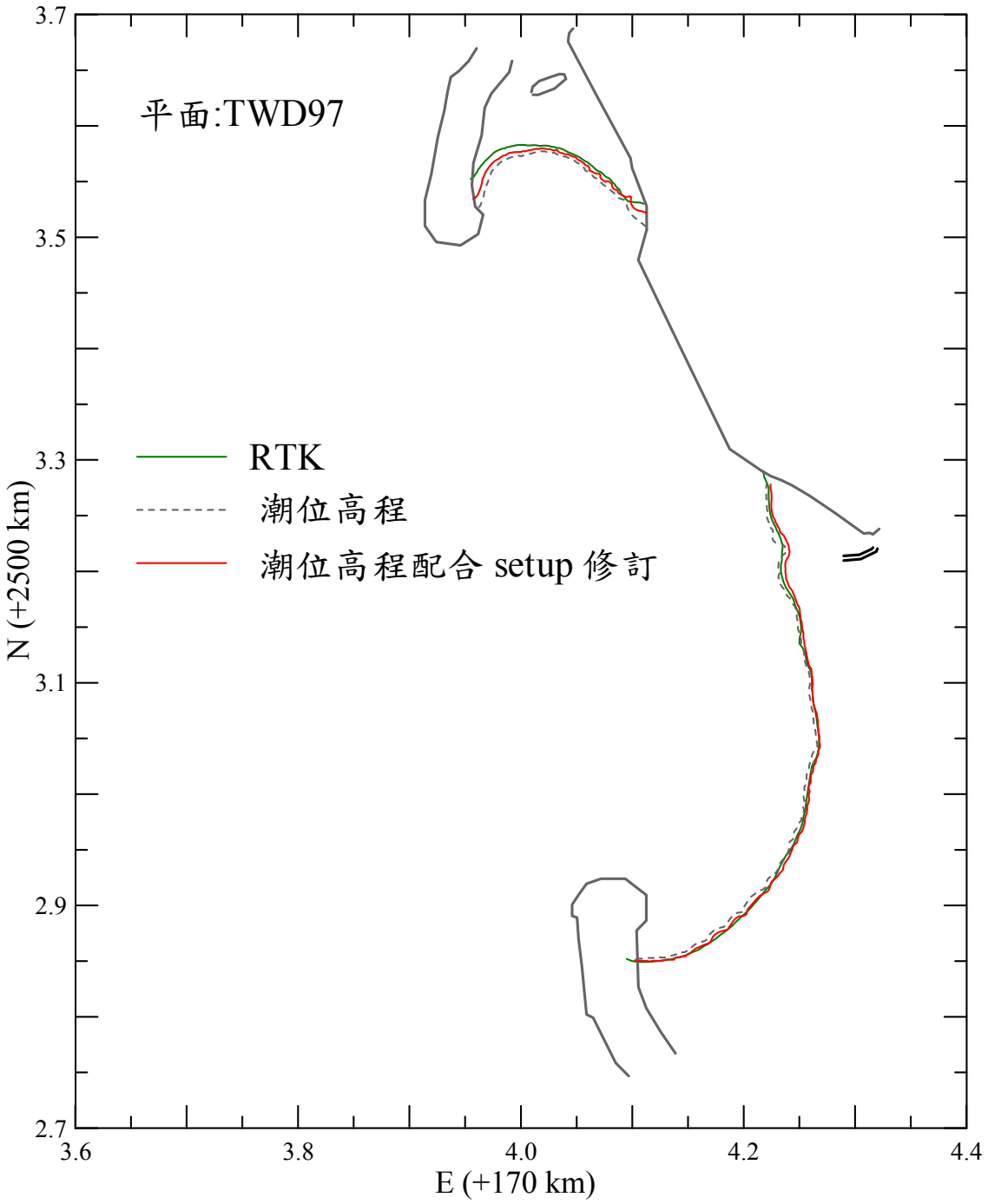


圖 3.3.9　海岸線分析結果比較圖(2010/07/09)

3.3.3 西子灣海岸線變遷分析

由 3.3.2 節分析結果顯示，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)；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，其中引用之高雄港潮位與外海波浪資料，如圖 3.3.10 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 3.3.11 系列所示。

另為利於瞭解西子灣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 3.3.12 所示)外，並於北、南岬頭海岸分別各取 3 與 6 個斷面，進行海岸線斷面變化分析，其結果如圖 3.3.13 系列與表 3.3.2 所示。

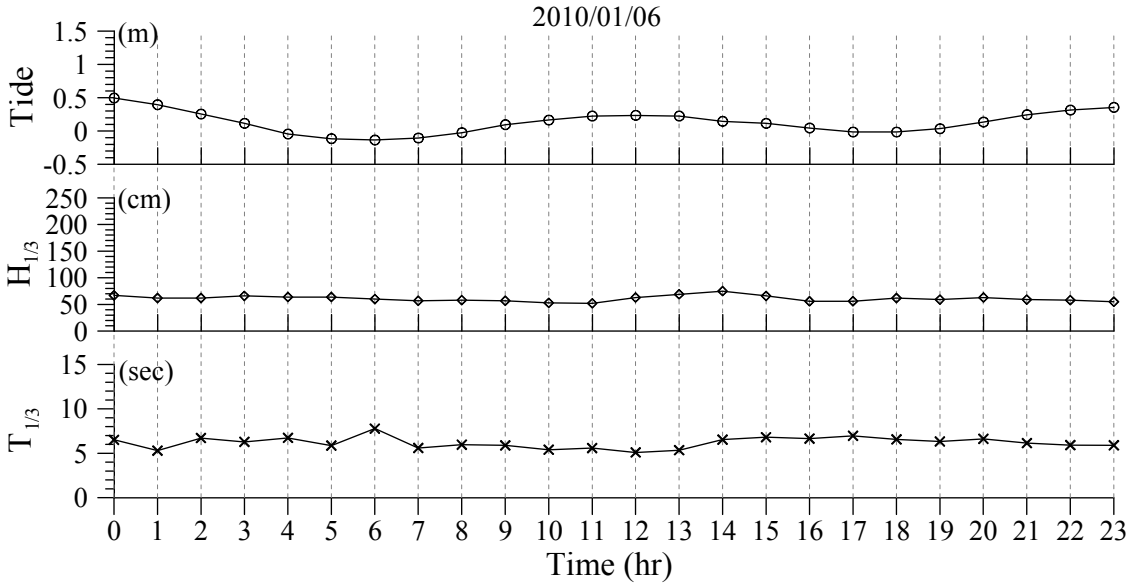


圖 3.3.10A　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/01/06)

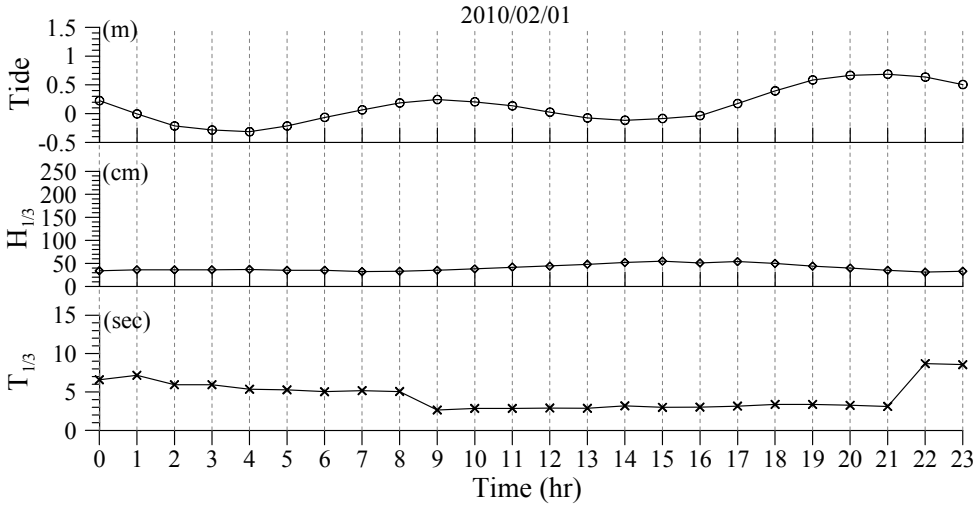


圖 3.3.10B　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/01/31)

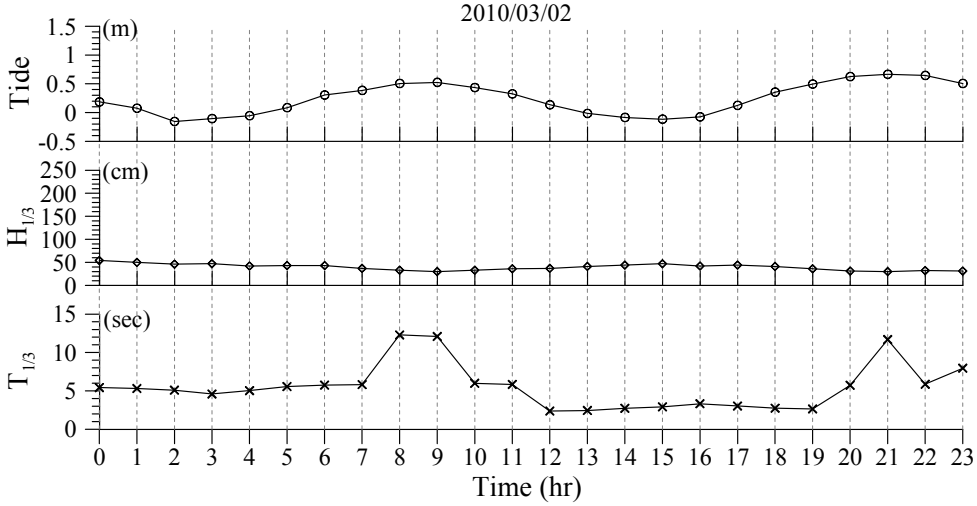


圖 3.3.10C　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/03/02)

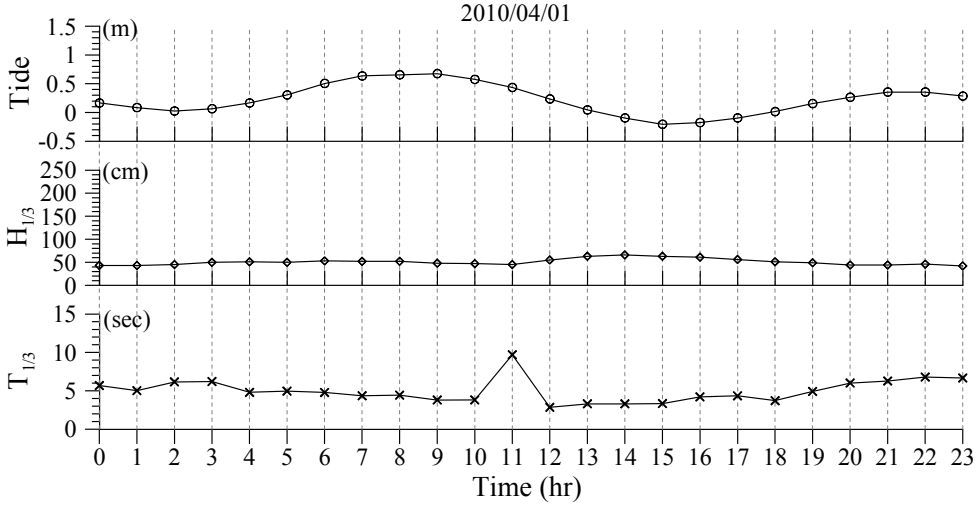


圖 3.3.10D　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/04/01)

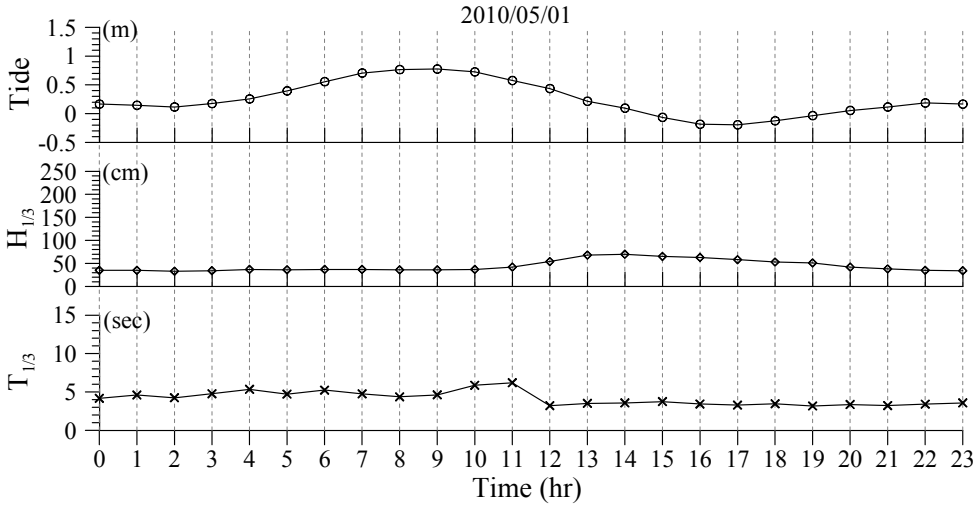


圖 3.3.10E　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/05/01)

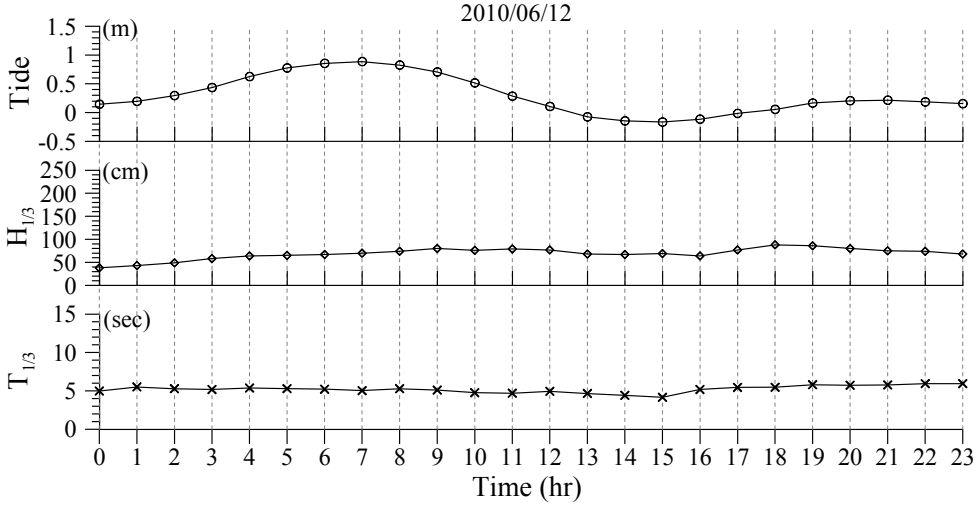


圖 3.3.10F　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/06/12)

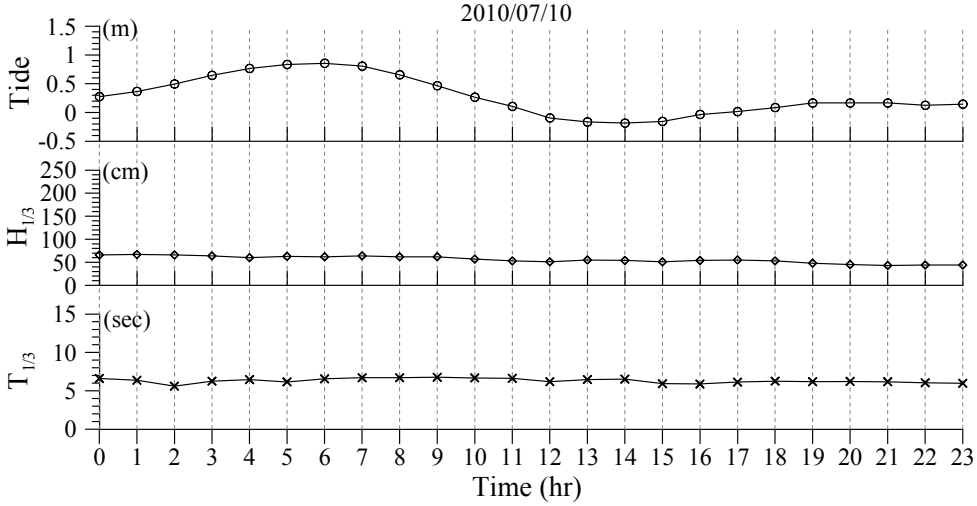


圖 3.3.10G　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/07/10)

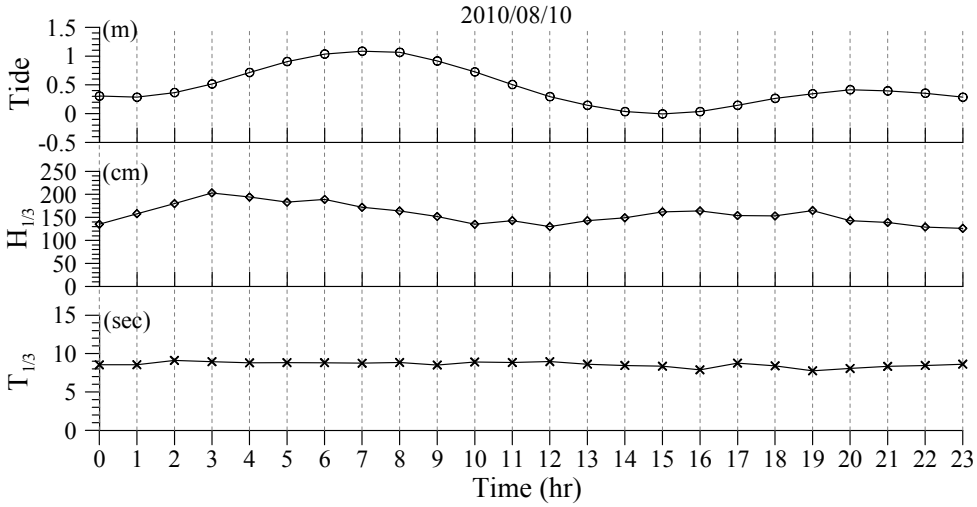


圖 3.3.10H　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/10)

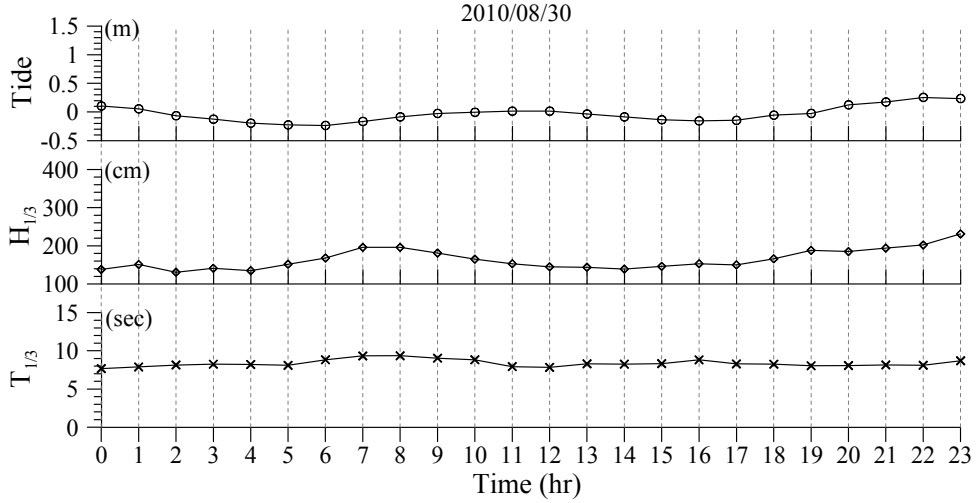


圖 3.3.10I　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/30)

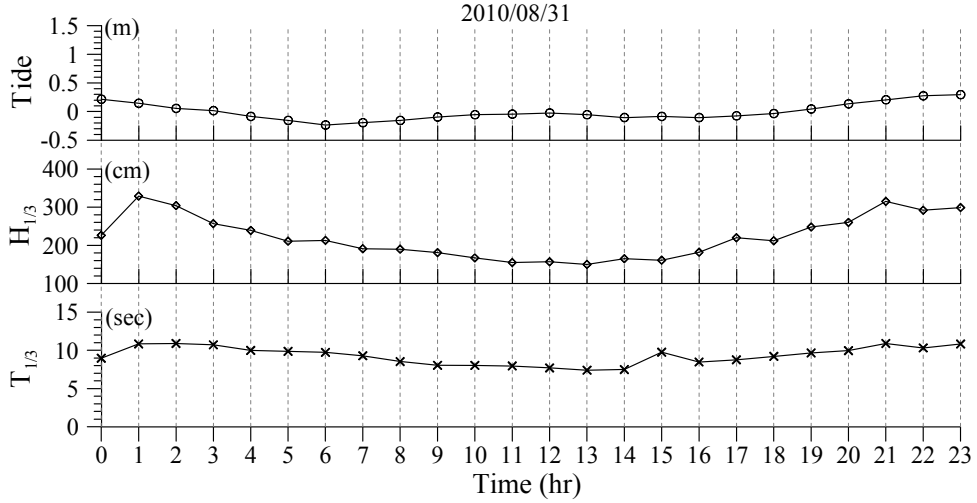


圖 3.3.10J　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/08/31)

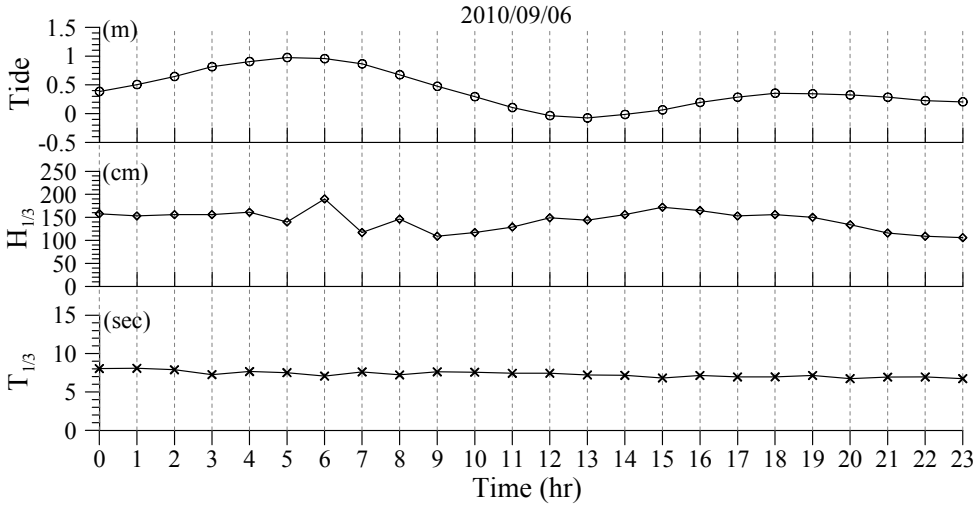


圖 3.3.10K　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/06)

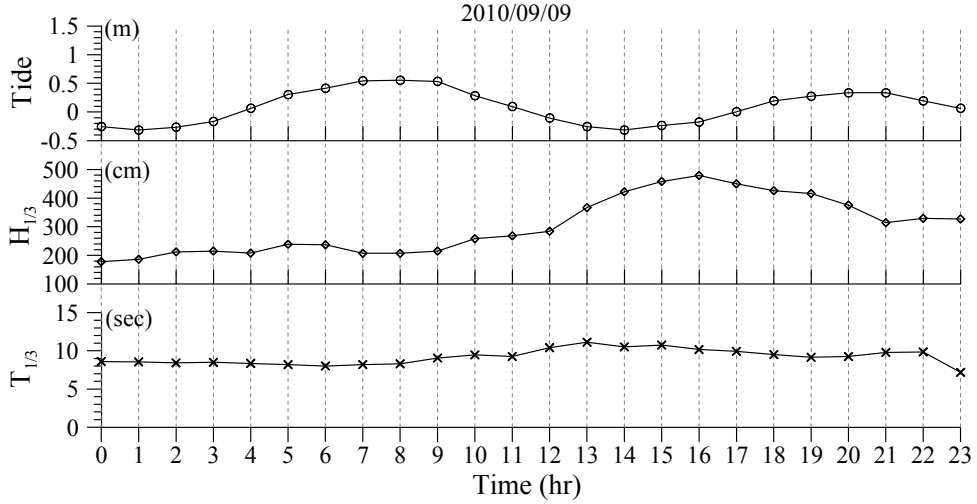


圖 3.3.10L　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/09)

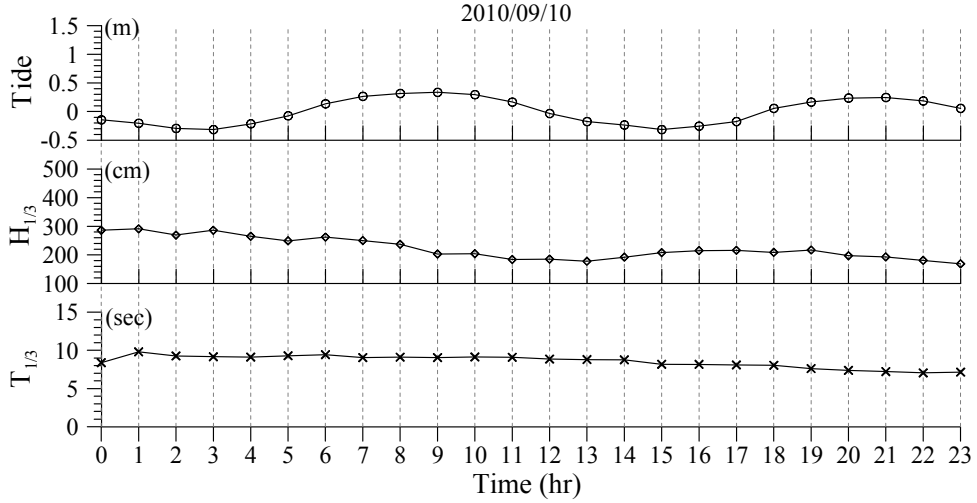


圖 3.3.10M　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/10)

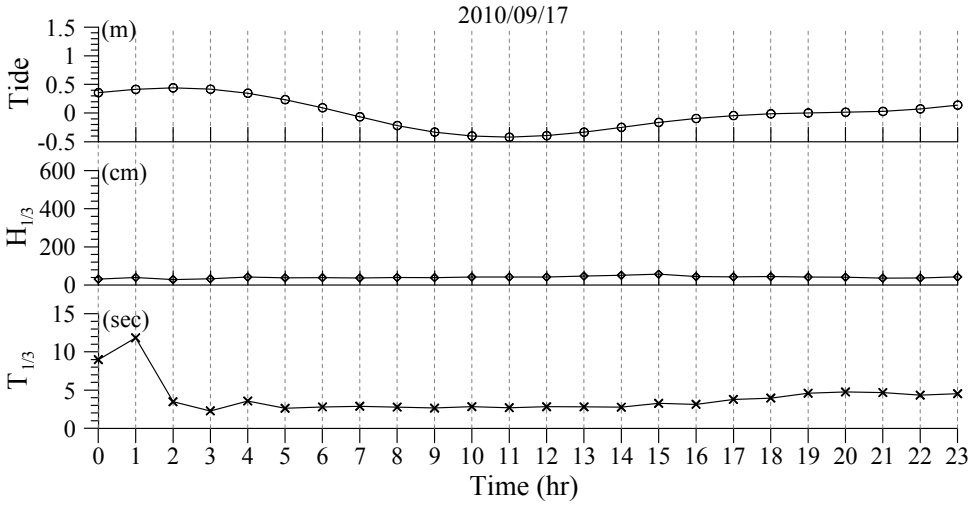


圖 3.3.10N　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/17)

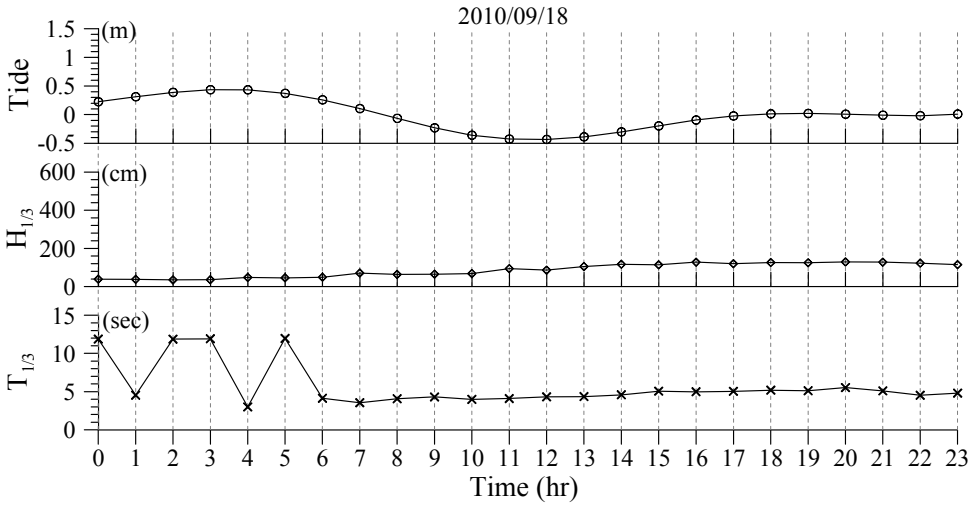


圖 3.3.10O　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/18)

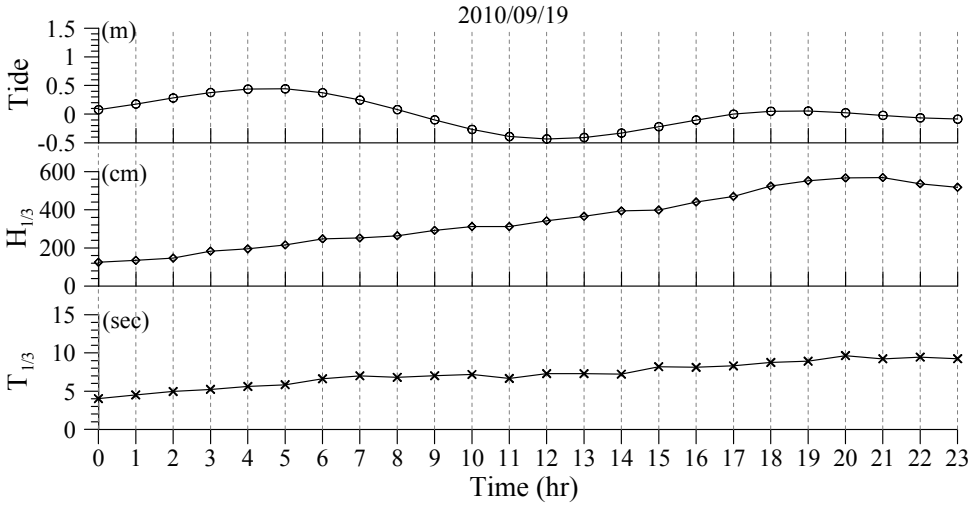


圖 3.3.10P　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/19)

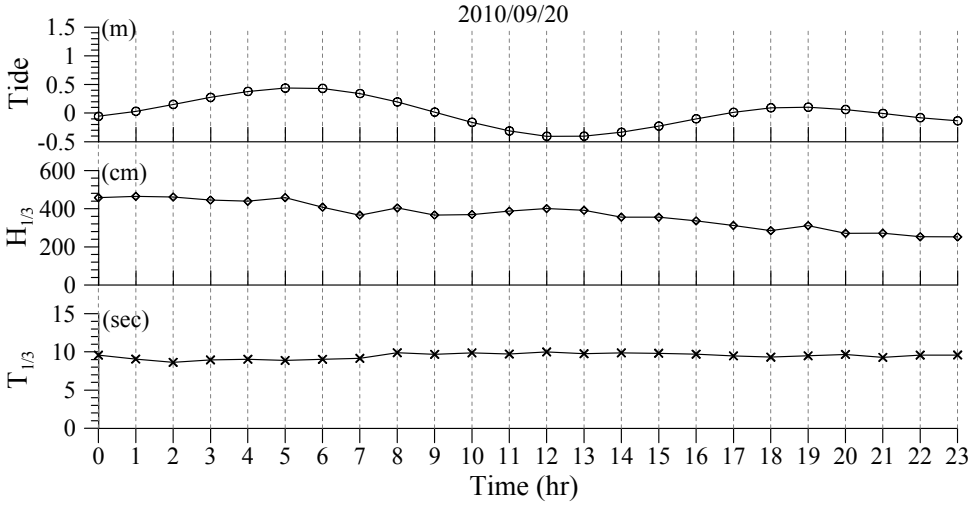


圖 3.3.10Q　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/09/20)

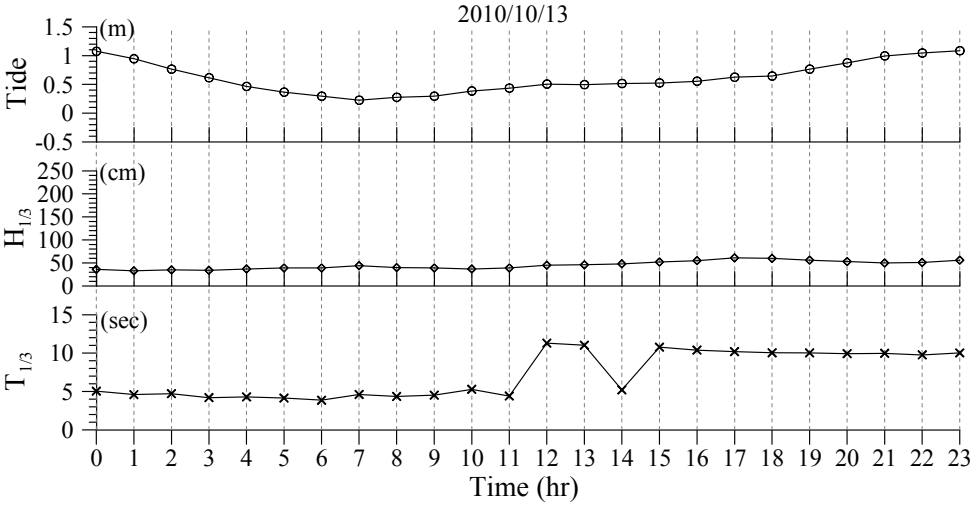


圖 3.3.10R　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/13)

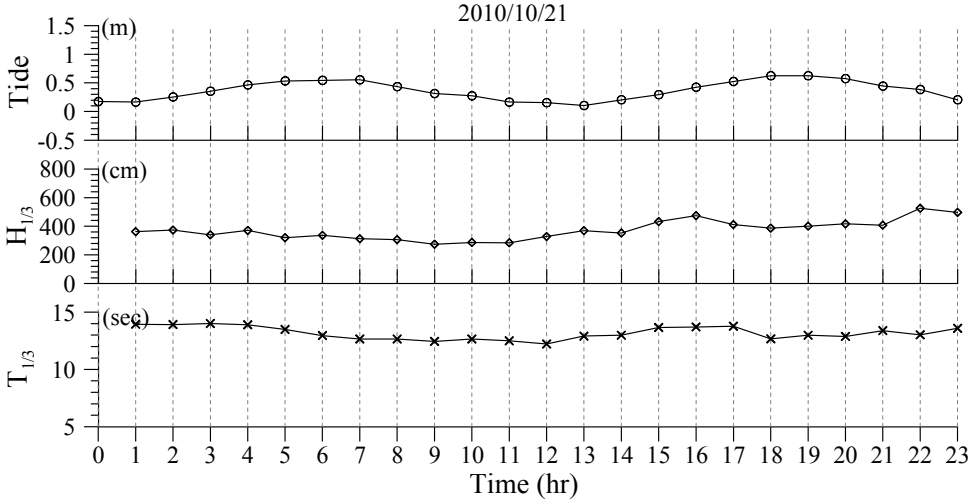


圖 3.3.10S　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/21)

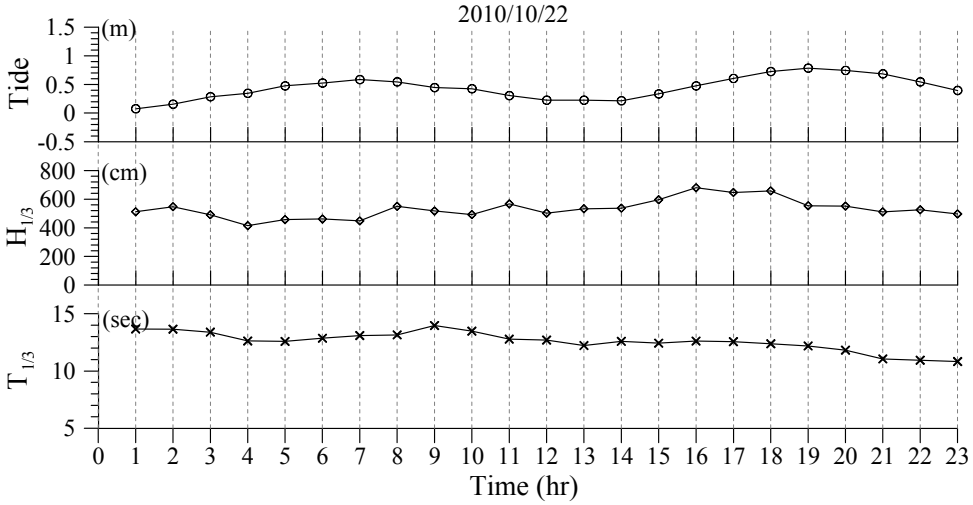


圖 3.3.10T　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/22)

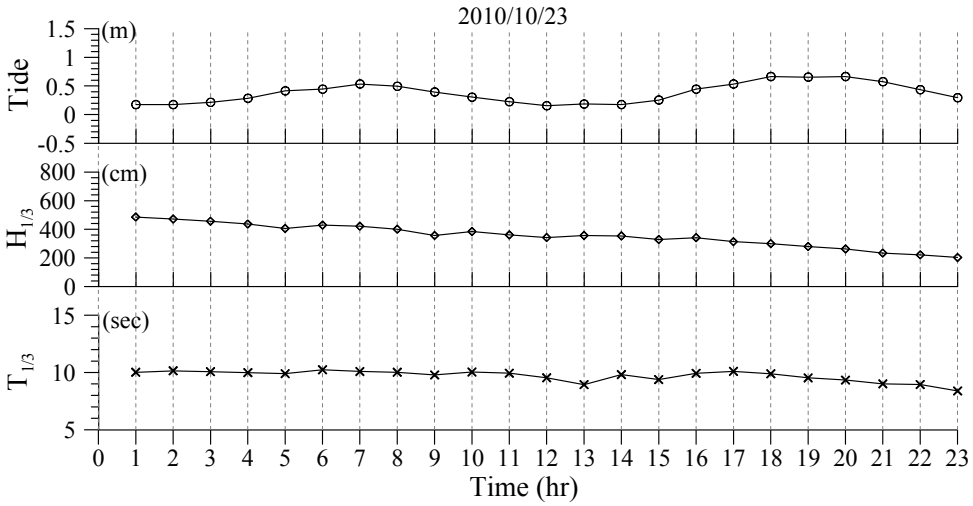


圖 3.3.10U　高雄港潮位與外海波浪歷程圖(2010/10/23)

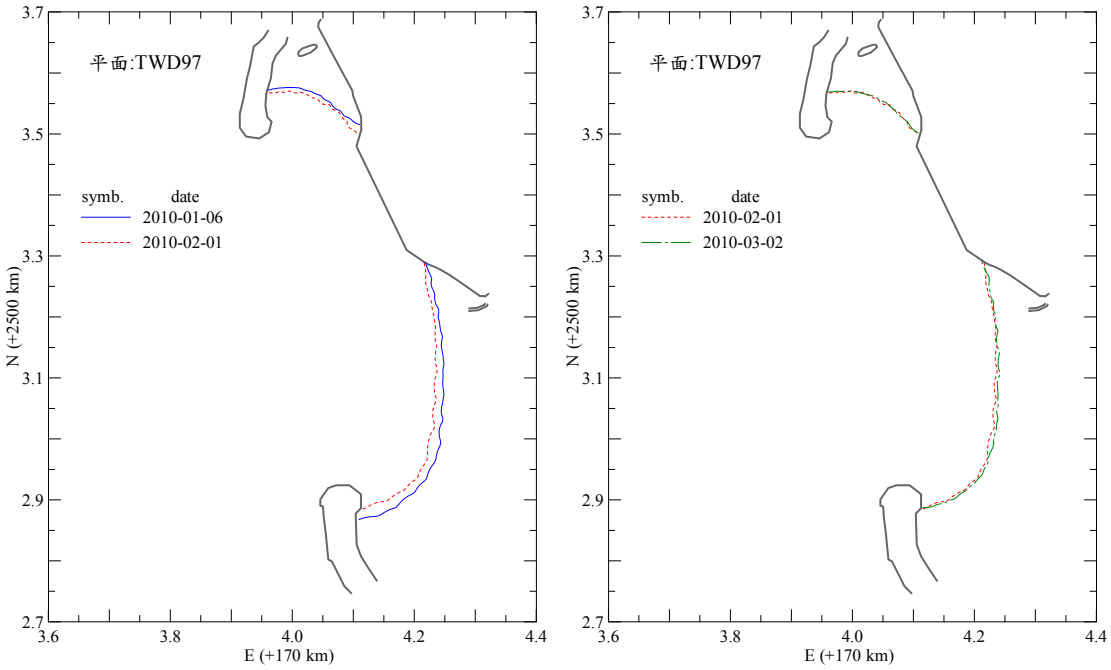


圖 3.3.11A　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 1 與 2 月，右：2010 年 2 與 3 月)

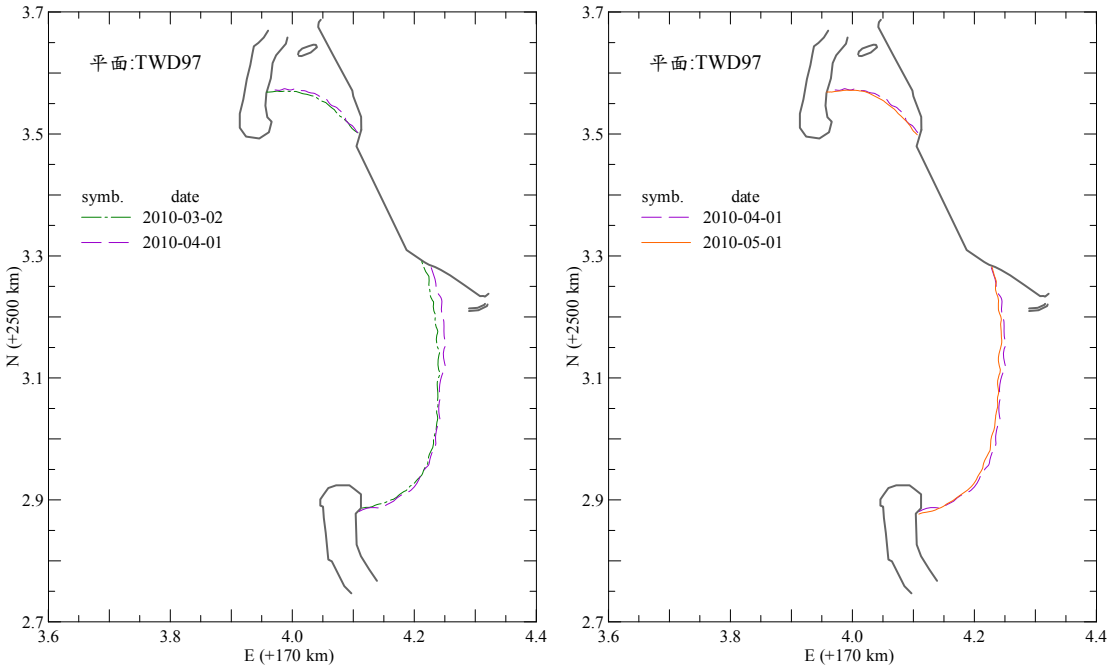


圖 3.3.11B　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 3 與 4 月，右：2010 年 4 與 5 月)

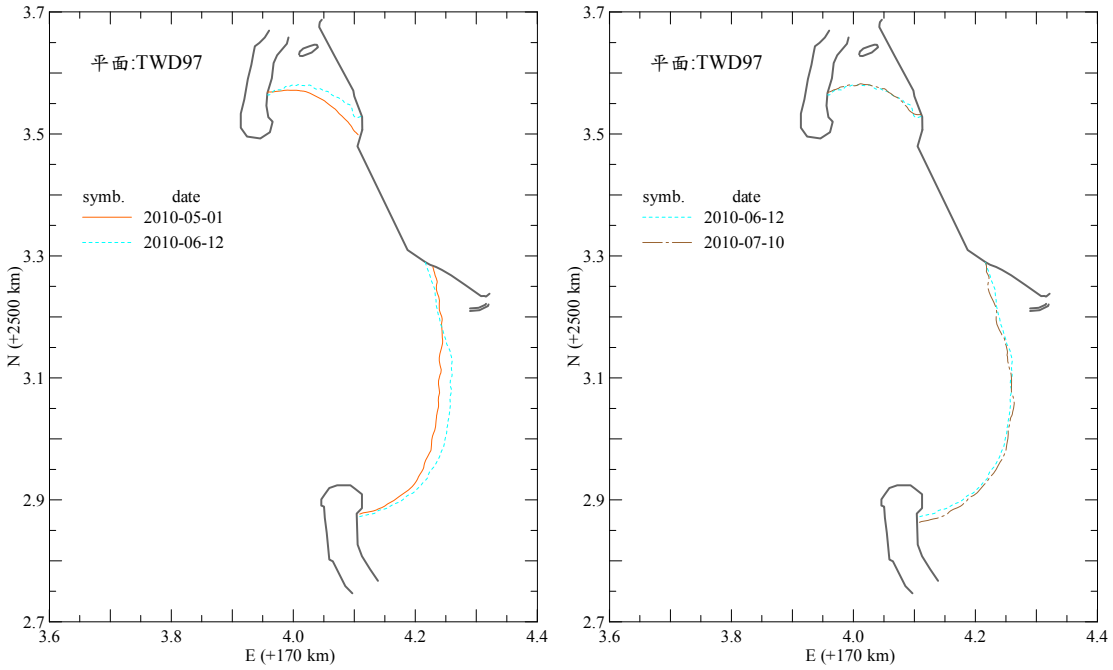


圖 3.3.11C　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 5 與 6 月，右：2010 年 6 與 7 月)

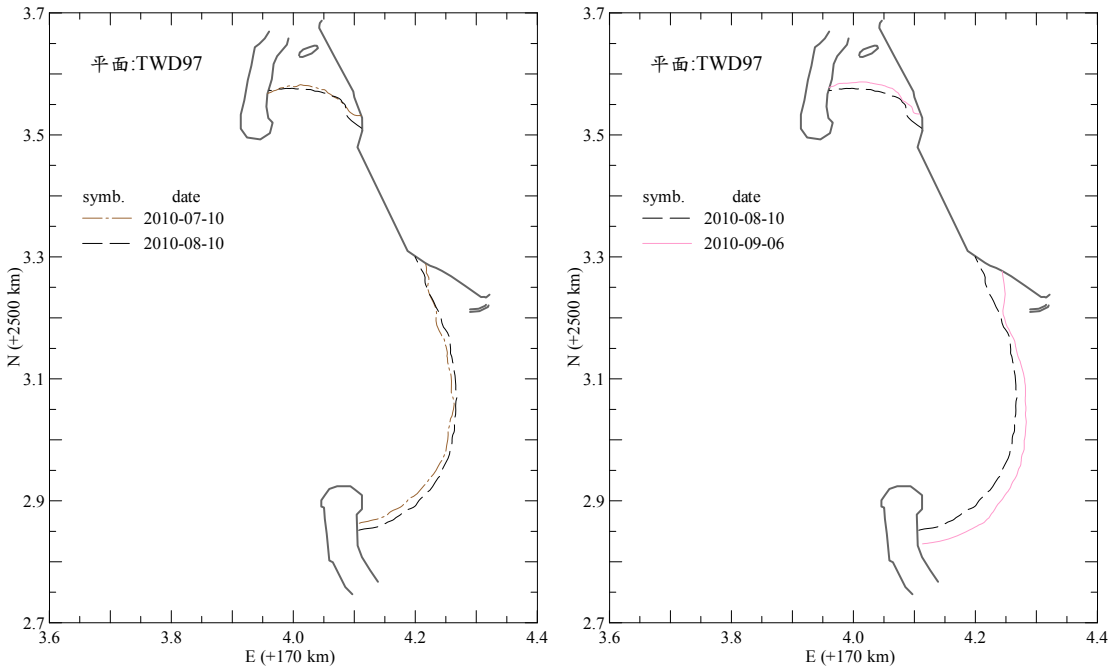


圖 3.3.11D　西子灣海岸線比較圖

(左：2010 年 7 與 8 月，右：2010 年 8 與 9 月)

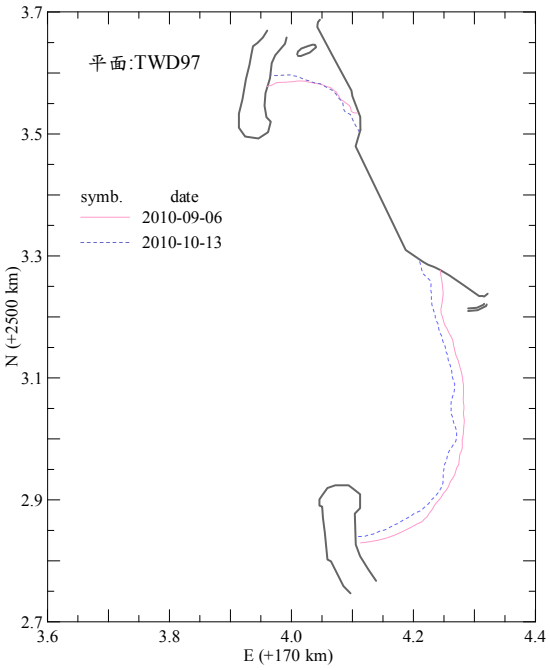


圖 3.3.11E　西子灣海岸線比較圖

(2010 年 9 與 10 月)

由西子灣逐月海岸線變遷分析(如圖 3.3.12)與海岸線斷面變化分析結果(如圖 3.3.13 與表 3.3.2)顯示，於北岬頭海岸段自 2010 年 1 月起至 5 月 1 日期間，其海岸線變化幅度多小於 10m，而從 5 月迄至 10 月 13 日期間，除短期有海岸線往海側成長外，整體而言大致呈後退現象。在南岬頭海岸線變化方面，自 2010 年 1 月起至 5 月 1 日期間，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。

另本年度歷經南修(侵台期間為 08/30~31)、莫蘭蒂(侵台期間為 09/09~10)、凡那比(侵台期間為 09/17~20)與梅姬(侵台期間為 10/21~23)颱風前後，南、北岬頭海岸線都有後退的情況，如圖 3.3.14~圖 3.3.17 所示，其中梅姬颱風北岬頭海岸線，於斷面 N1~N2 之海岸線有較顯著的侵退情形，海岸線約後退 15~40m，其餘歷經颱風在北岬頭海岸線，除斷面 N3 附近海岸線變化不明顯外，斷面 N1~N2 之海岸線約後退 11~19m；南岬頭海岸線，除莫蘭蒂颱風，於靠中山大學海科院較平直海岸段(斷面 S1~S4)之海岸線變化不明顯外，其餘歷經颱風之海岸線斷

面 S1~S4 都有明顯的後退情形，海岸線約後退 8~37m，於灣岸段(斷面 S5~S6)海岸線，其中凡那比颱風後之海岸線稍有顯著向後退約 12~17m，其餘颱風之海岸線變化較不明顯。

整體而言，西子灣南、北岬頭海岸線大致呈夏季後退侵蝕，冬季淤淺成長現象，但就長期間而論(2010 年 1~10 月)，整體之海岸線變化仍為後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退 7.62~19.36m，而南岬頭海岸線除斷面 S1 為往外海成長約 4.07m 外，其餘地區之海岸線後退約 9.39~29.32m，且海岸線後退幅度越往南越大。

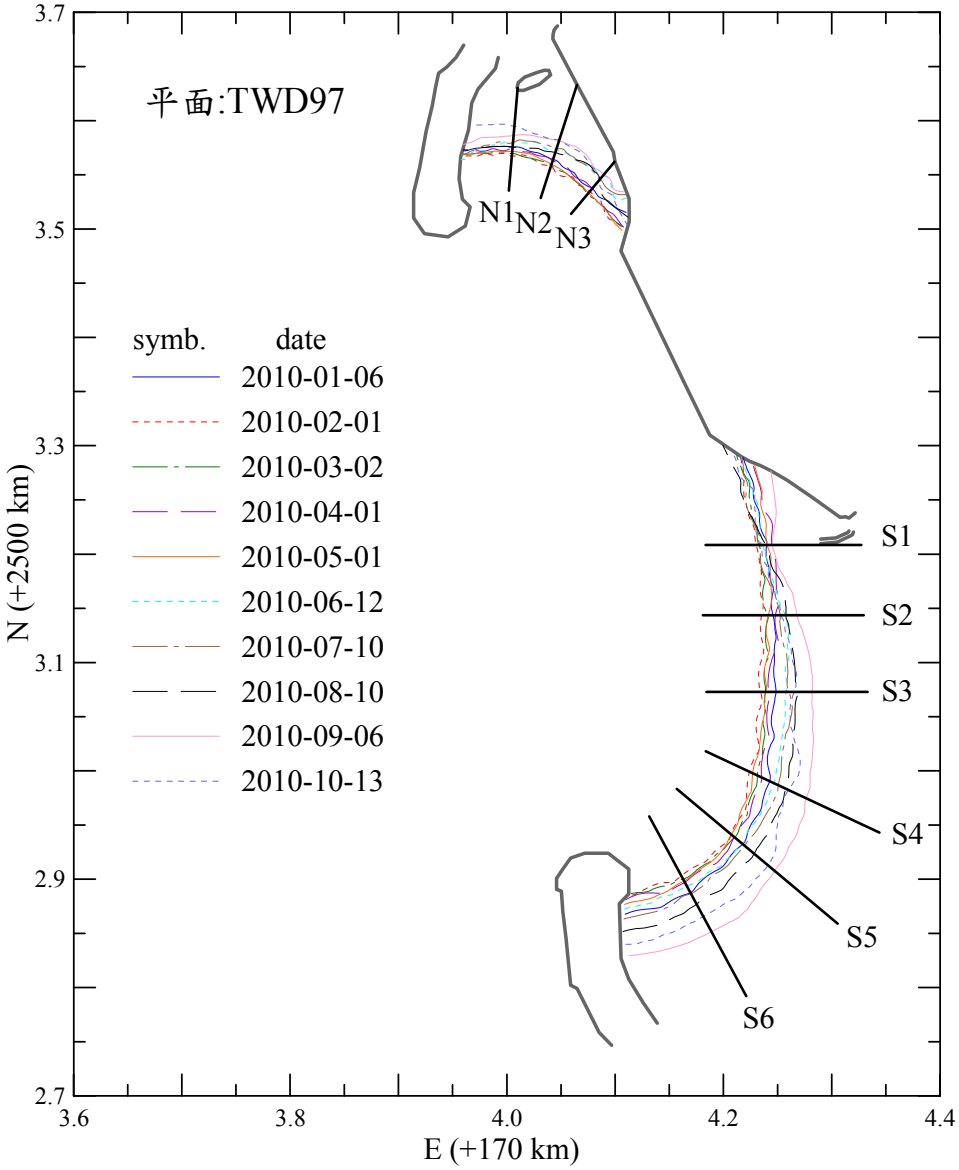


圖 3.3.12　西子灣海岸線變遷分析圖

表 3.3.2　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

註：海岸線變化分析基準：2010/01/06

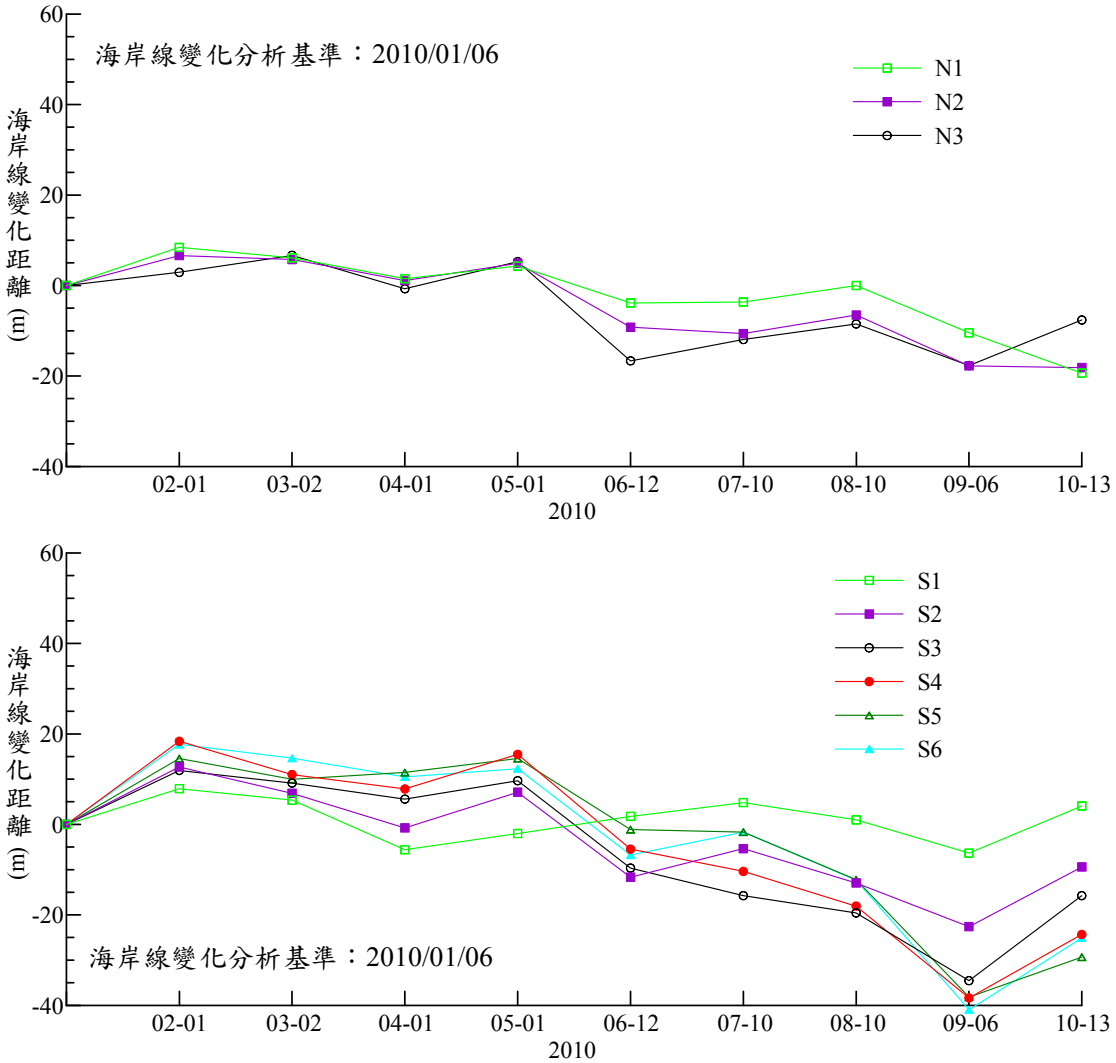


圖 3.3.13　西子灣海岸線斷面變化圖

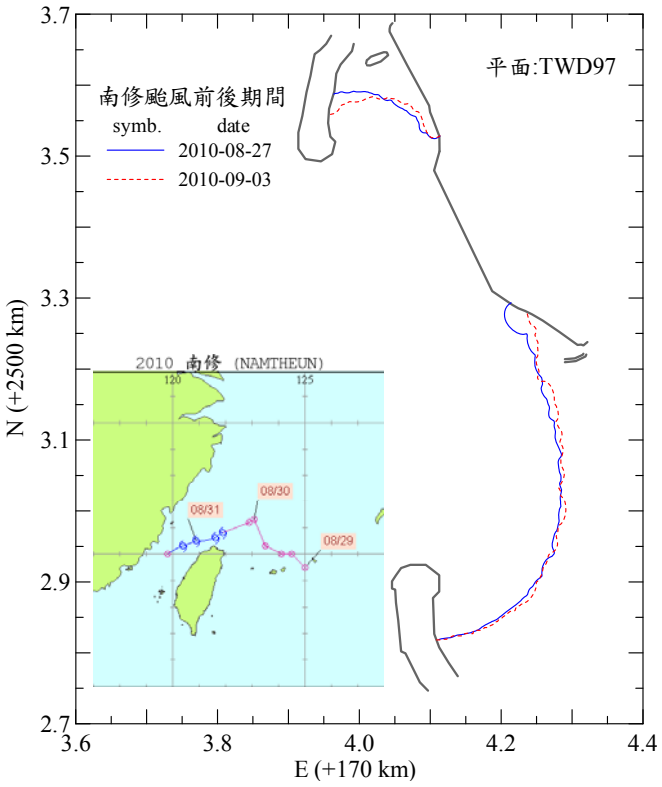


圖 3.3.14　南修颱風前後期間西子灣海岸線斷面變化圖

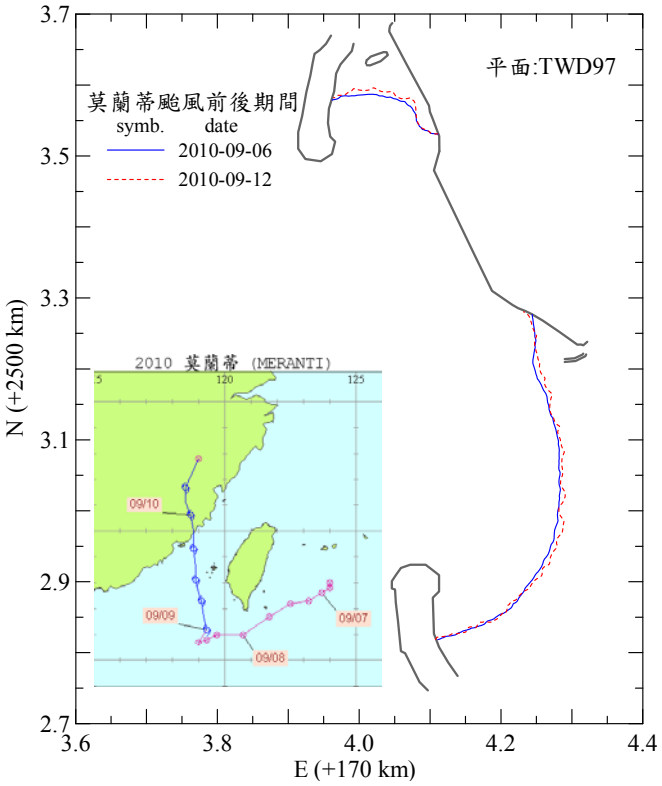


圖 3.3.15　莫蘭蒂颱風前後期間西子灣海岸線斷面變化圖

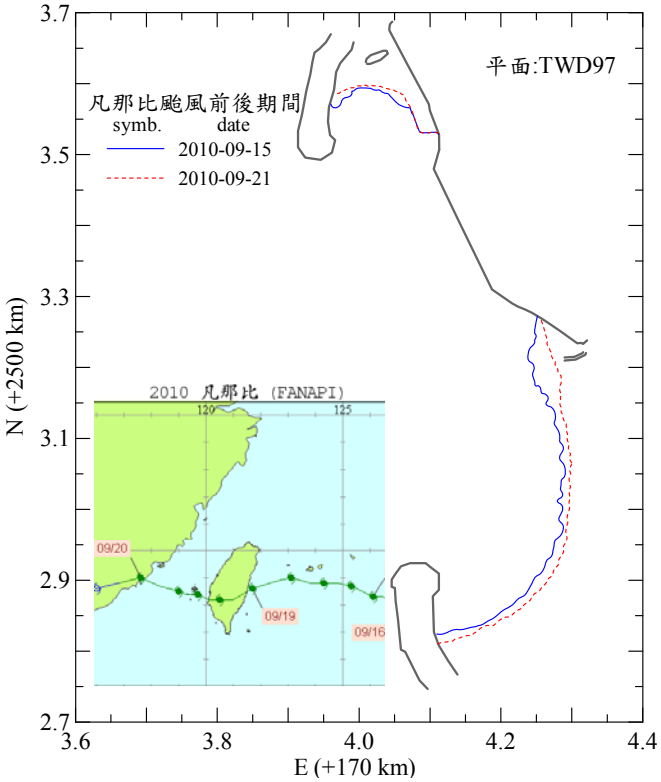


圖 3.3.16　凡那比颱風前後期間西子灣海岸線斷面變化圖

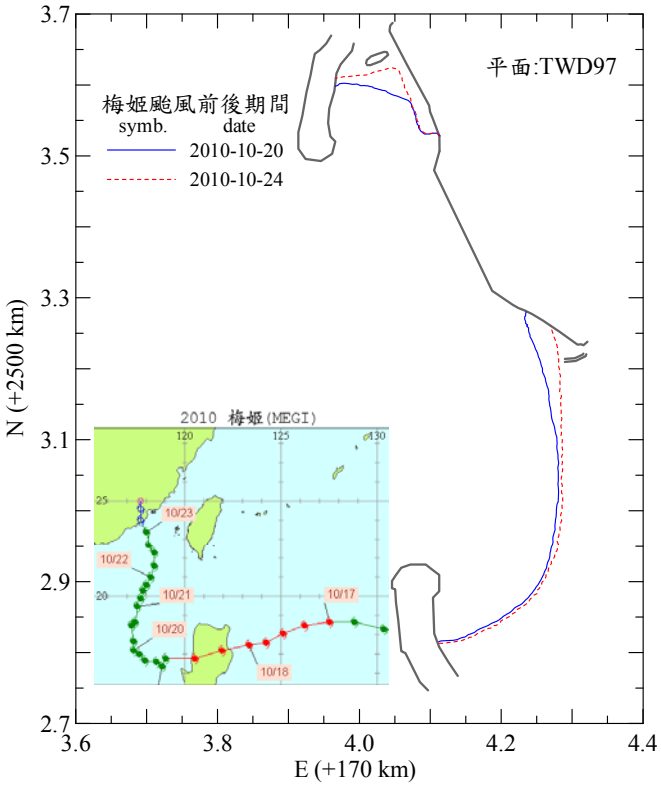


圖 3.3.17　梅姬颱風前後期間西子灣海岸線斷面變化圖

第四章 高雄西子灣海域近岸波流場影像觀測

近岸波浪與波流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。

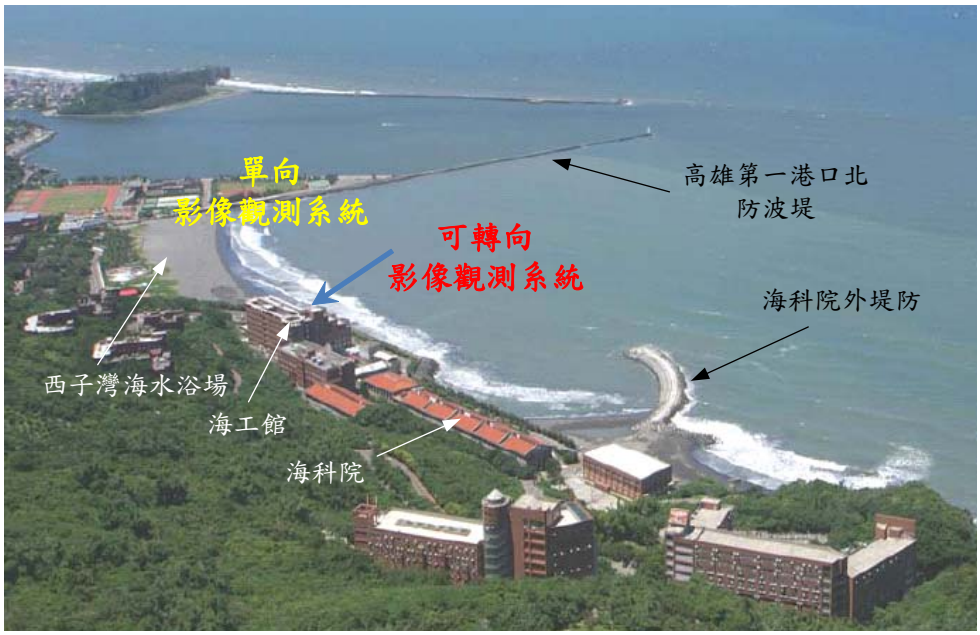


圖 4.1　西子灣單向影像觀測系統位置示意圖

4.1 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 4.1.1 所示)，以 10Hz 擷取速度、每張影像為 1280(pixel)×960(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 4.1.1 所示，影像觀測系統程式執行流程如圖 4.1.2 所示。

表 4.1.1　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 4.1.1　影像儀器設備(攝影機、防水罩與觀測站主機機箱)

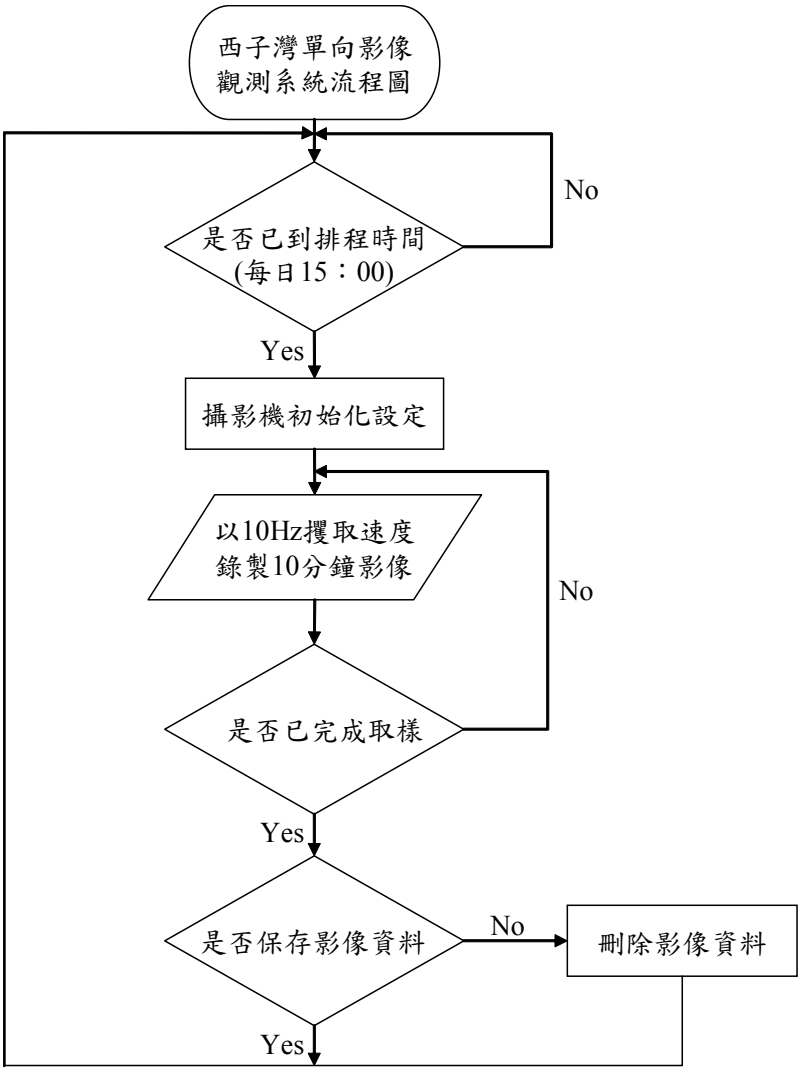


圖 4.1.2　西子灣單向影像觀測系統程式執行流程圖

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，依 2.2 節所述方法以棋盤格校正板進行檢定，圖 4.1.3 與圖 4.1.4 分別為拍攝之棋盤格校正板影像與 FL2-14S3C 數位攝影機鏡頭徑向扭曲迴歸結果，另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 4.1.2 以供後續應用參考。

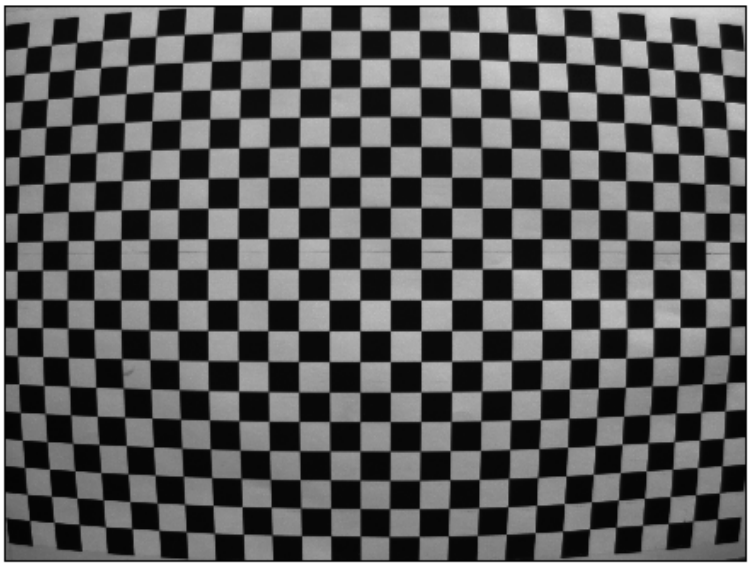


圖 4.1.3　棋盤格校正板影像圖

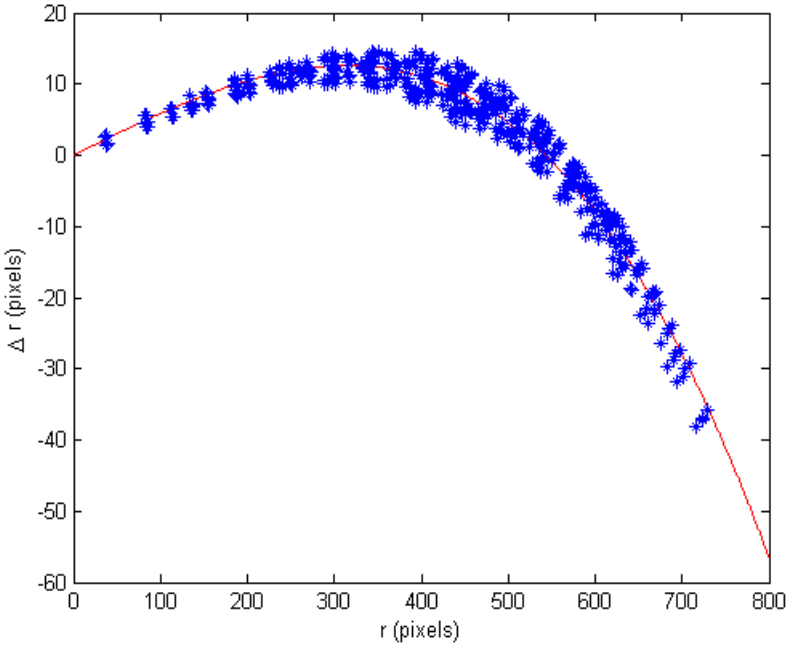


圖 4.1.4　FL2-14S3C 數位攝影機鏡頭徑向扭曲迴歸結果圖

表 4.1.2　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 4.1.5 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。

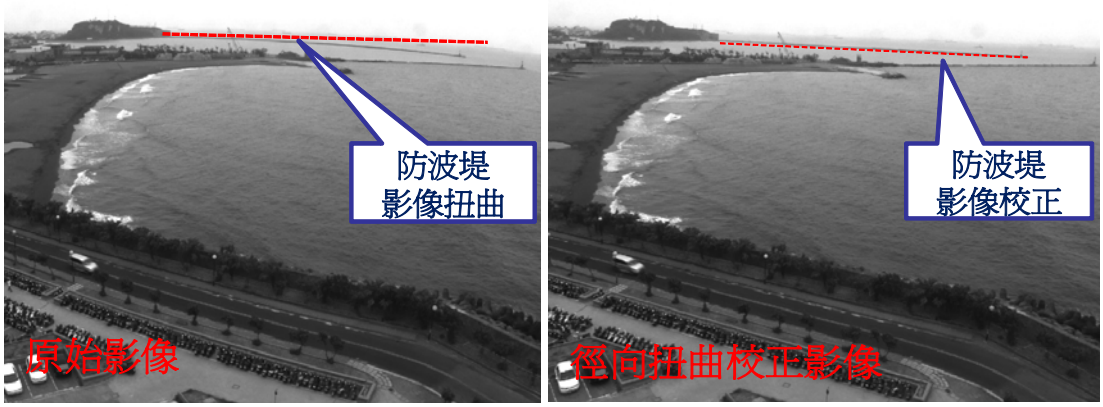


圖 4.1.5　西子灣單向攝影機原始影像(左)與徑向扭曲校正影像(右)圖

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 4.1.6 與表 4.1.3 所示。

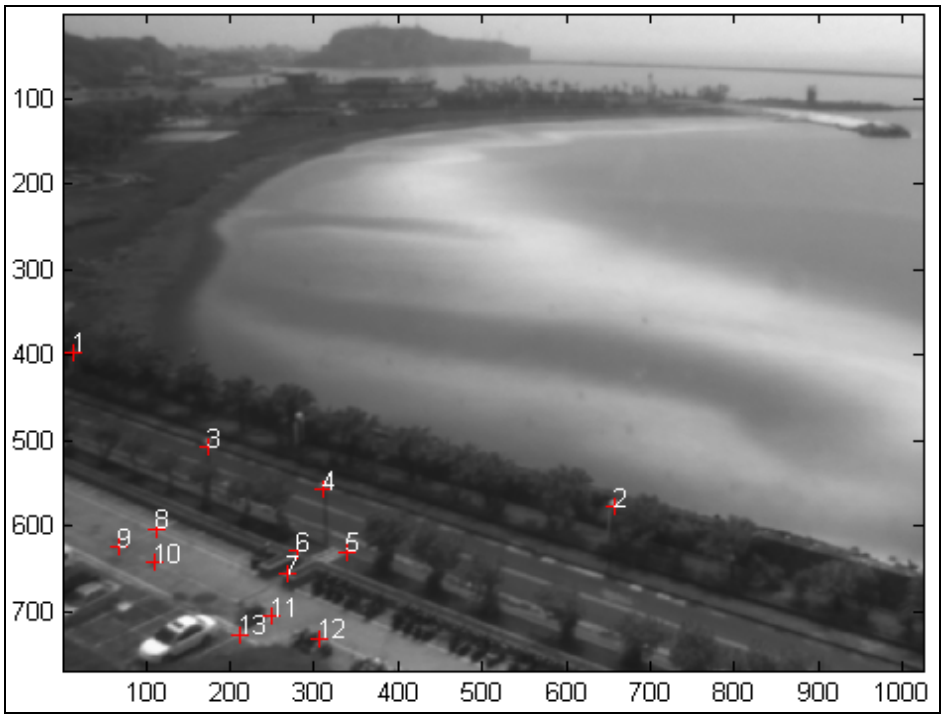


圖 4.1.6　西子灣單向影像觀測站影像及地面控制點位置分佈圖

表 4.1.3　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

4.2 近岸流影像分析

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，依式(4.2.1)與式(4.2.2)計算其波數頻率譜(frequency-wavenumber spectrum)。

$$I\left(f,k_y;x\right)=\iint I\left(t,y;x\right)\times e^{-i2\pi ft}e^{-i2\pi k_y y}dtdy \tag{4.2.1}$$

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。

$$S\left(f,k_y\right)=\hat{I}\left(t,y\right)*\hat{I}\left(t,y\right) \tag{4.2.2}$$

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(4.2.3)所示。

$$\iint S\left(f,k_y\right)dfdk_y=\iint S\left(v,k_y\right)|k|dvdk_y \tag{4.2.3}$$

式中$|k|$為 Jacobian 行列式，v 為速度，$S(v,k_y)$為速度-頻率譜。

再就式(4.2.3)對週波數 k_y 進行積分，以獲得 $S(v)$為速度譜，如式

(4.2.4)所示。

$$S(v)=\int_{k_{\min}}^{k_y} S(v,k_y)\,dk_y \tag{4.2.4}$$

式中 $k_{\min}$ 為最小週波數，可用以決定濾除波浪波速影響。

4.2.1 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。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 影像攫取速度，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 攫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 4.2.1~圖 4.2.3 所示。

圖 4.2.1　渠道流速影像試驗攝影儀器與佈置情形

圖 4.2.2　渠道流速影像試驗校正板

圖 4.2.3　渠道流速檢測情形

渠道流速試驗影像資料，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 4.2.4 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 4.2.5 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。

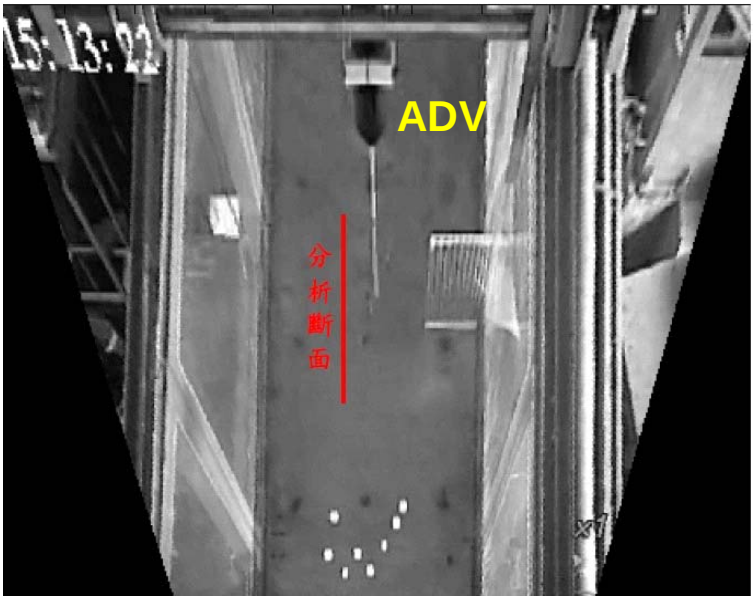


圖 4.2.4　渠道流速試驗校正影像與流速分析斷面位置圖

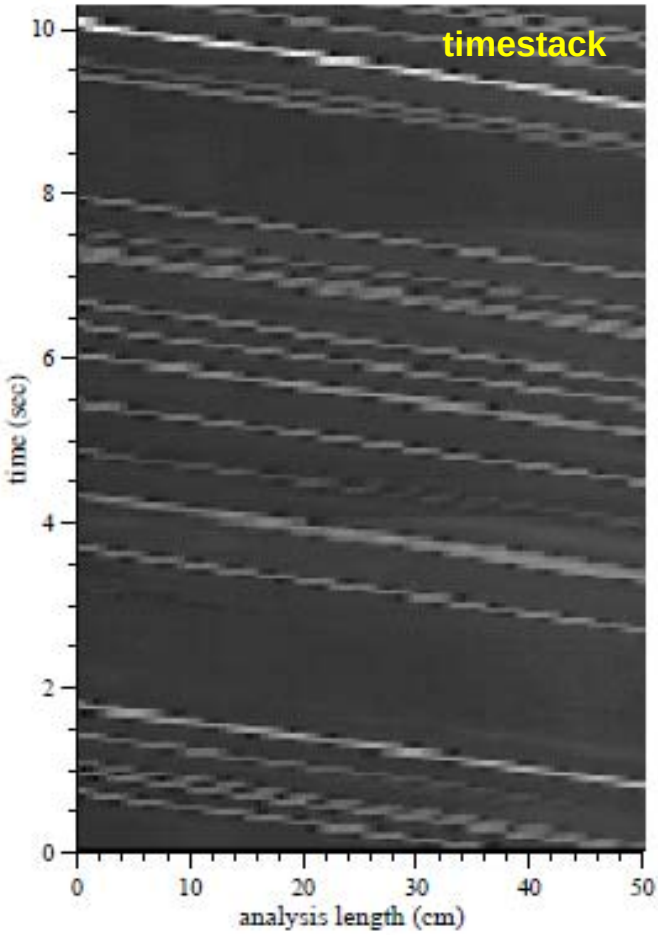


圖 4.2.5　流速分析斷面時間歷程影像圖

圖 4.2.6 與圖 4.2.7 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。

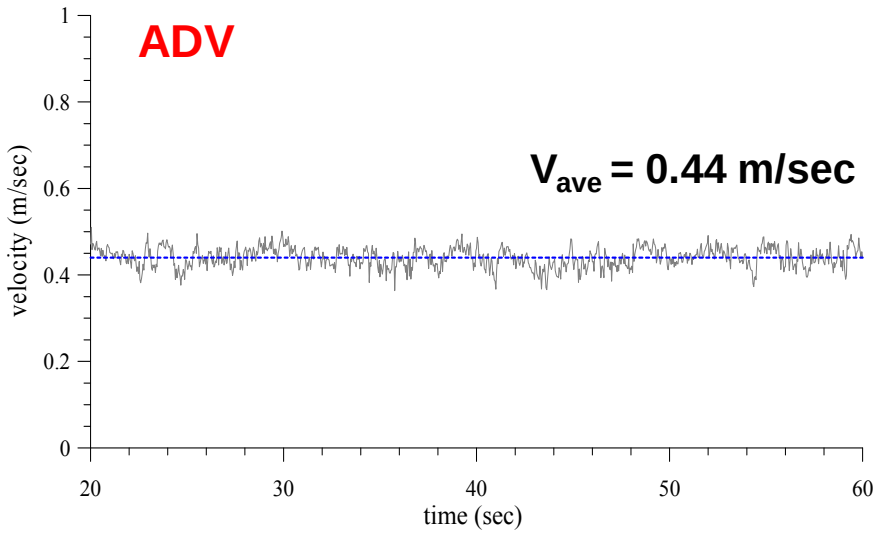


圖 4.2.6　試驗期間 NORTEK ADV 流速檢測歷程圖

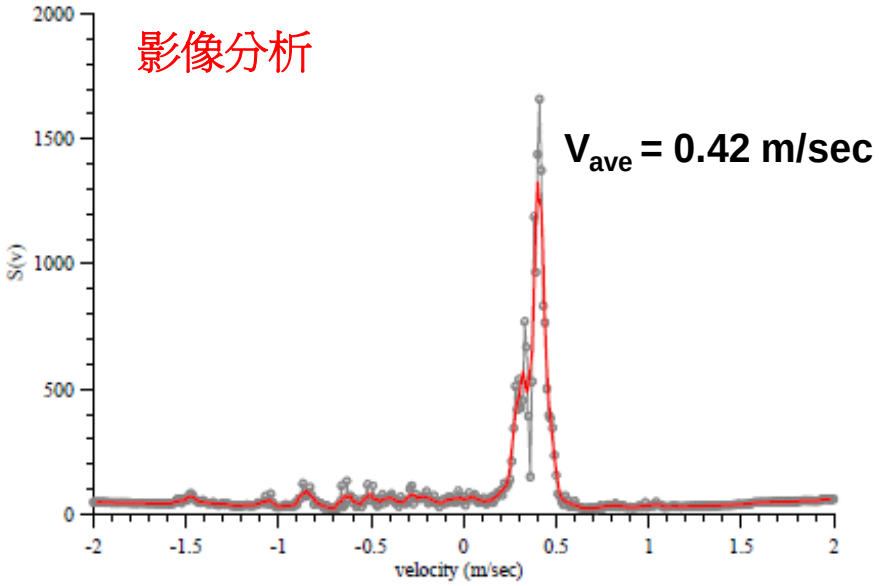


圖 4.2.7　流速分析影像斷面流速頻譜圖

4.2.2 西子灣近岸流影像分析

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 4.2.8 與圖 4.2.9 所示。

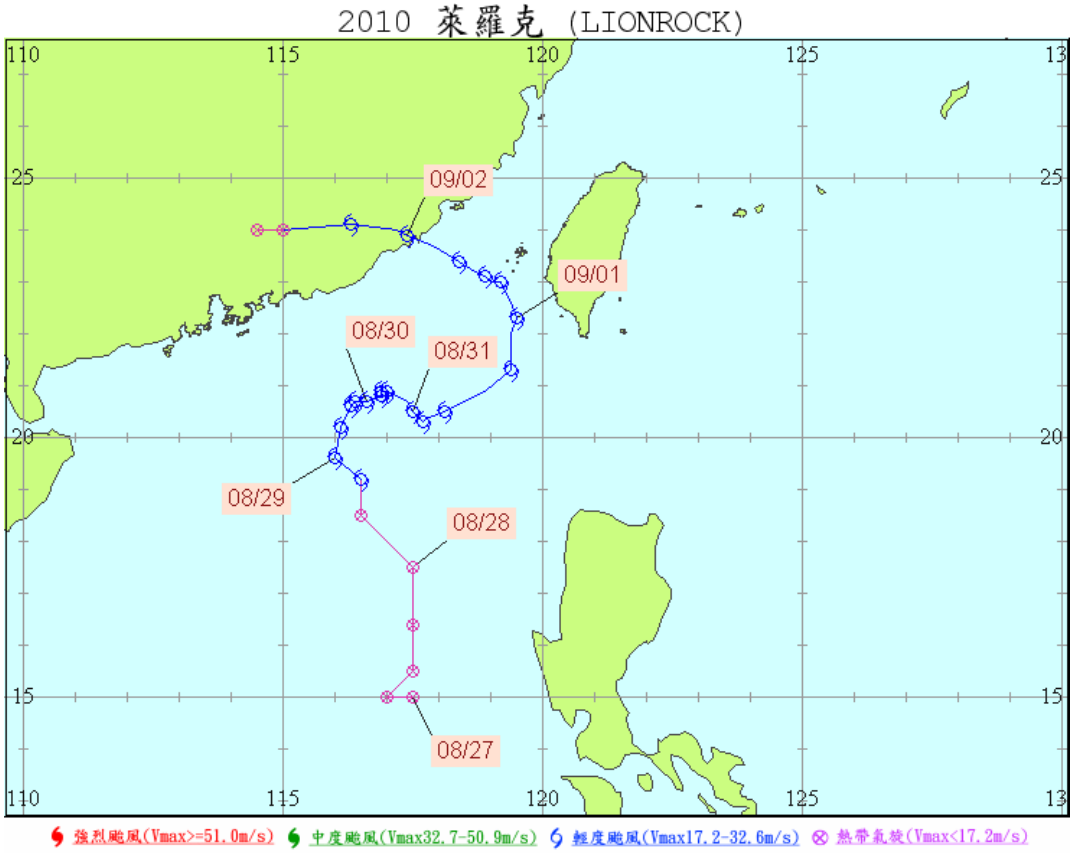


圖 4.2.8　2010 年 8 月萊羅克颱風行進路徑圖(資料來源：中央氣象局)

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 4.2.9 之白色亮帶)，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，沿海岸線每隔約 20m 取乙處位址(共 10 處，如圖 4.2.10 標示之 Sec. X)，每個位址離岸每隔約 10m 取一組影像分析斷面(每處至

少 11~12 組影像分析斷面)，其中，近岸流分析斷面長度採 20m。

圖 4.2.9　西子灣單向攝影機影像(2010 年 8 月 31 日 15 時)

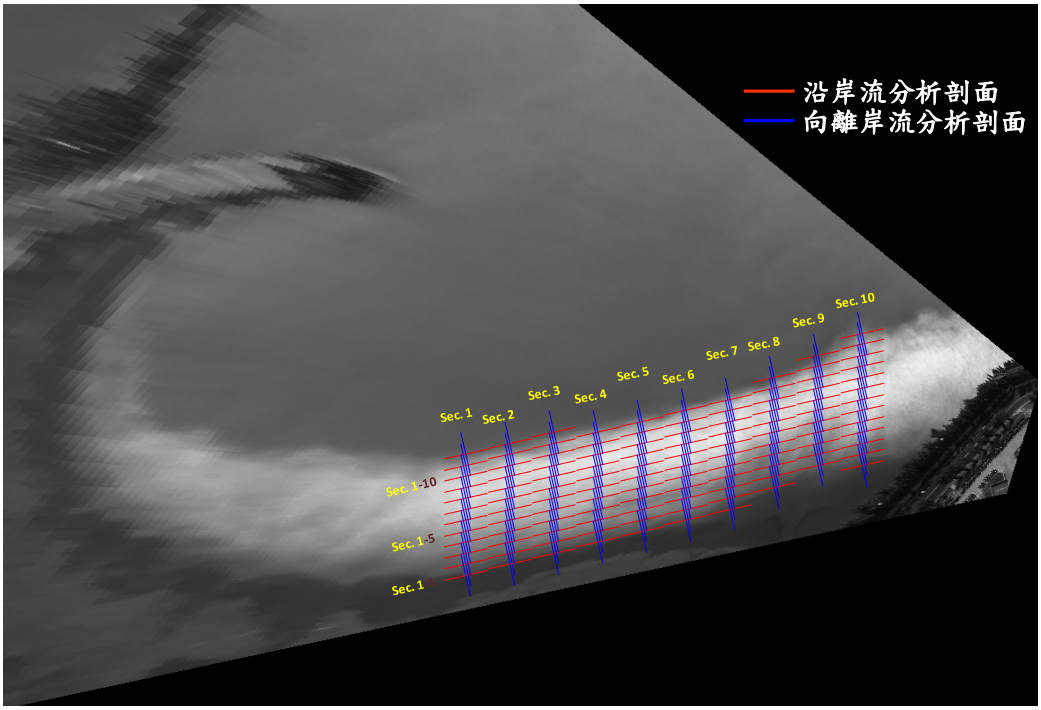


圖 4.2.10　西子灣近岸流影像分析斷面位置圖

根據前述劃定之沿岸流與向離岸流影像分析斷面位置，依 Aagaard 與 Holm(1989)方法，製做時間歷程影像，如圖 4.2.11(Sec.3-8 剖面)所示。再依 Chickadel 等人(2003)方法，將各分析像素時間序列影像，擇取影像分析長度至少 32sec，依式(4.2.1)與式(4.2.2)計算其波數頻率譜，再就式(4.2.3)與式(4.2.4)將波數頻率譜換算成速度譜後，並據以計算流速。其中，時間歷程影像流速分析歷程如圖 4.2.11 所示，10 處沿岸流與向離岸流分析剖面之平均流速結果如圖 4.2.12~圖 4.2.13 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 4.2.14 之流速流向平面圖。

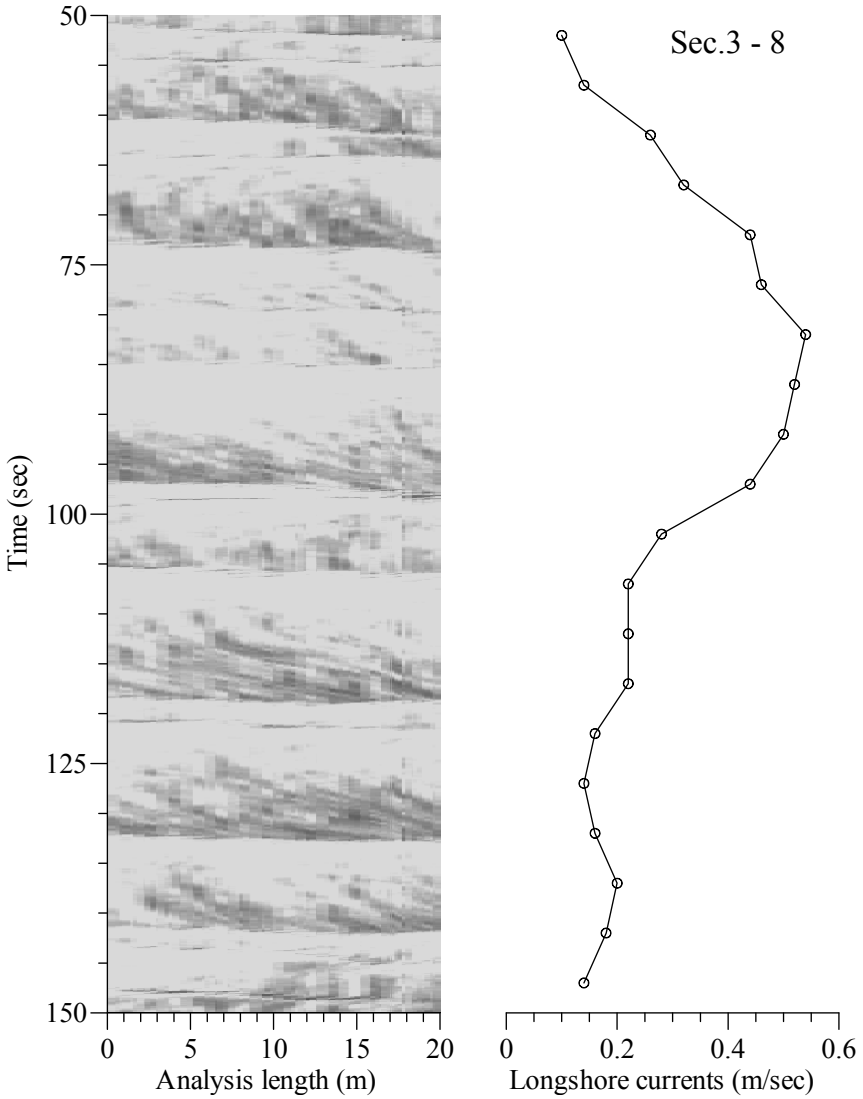


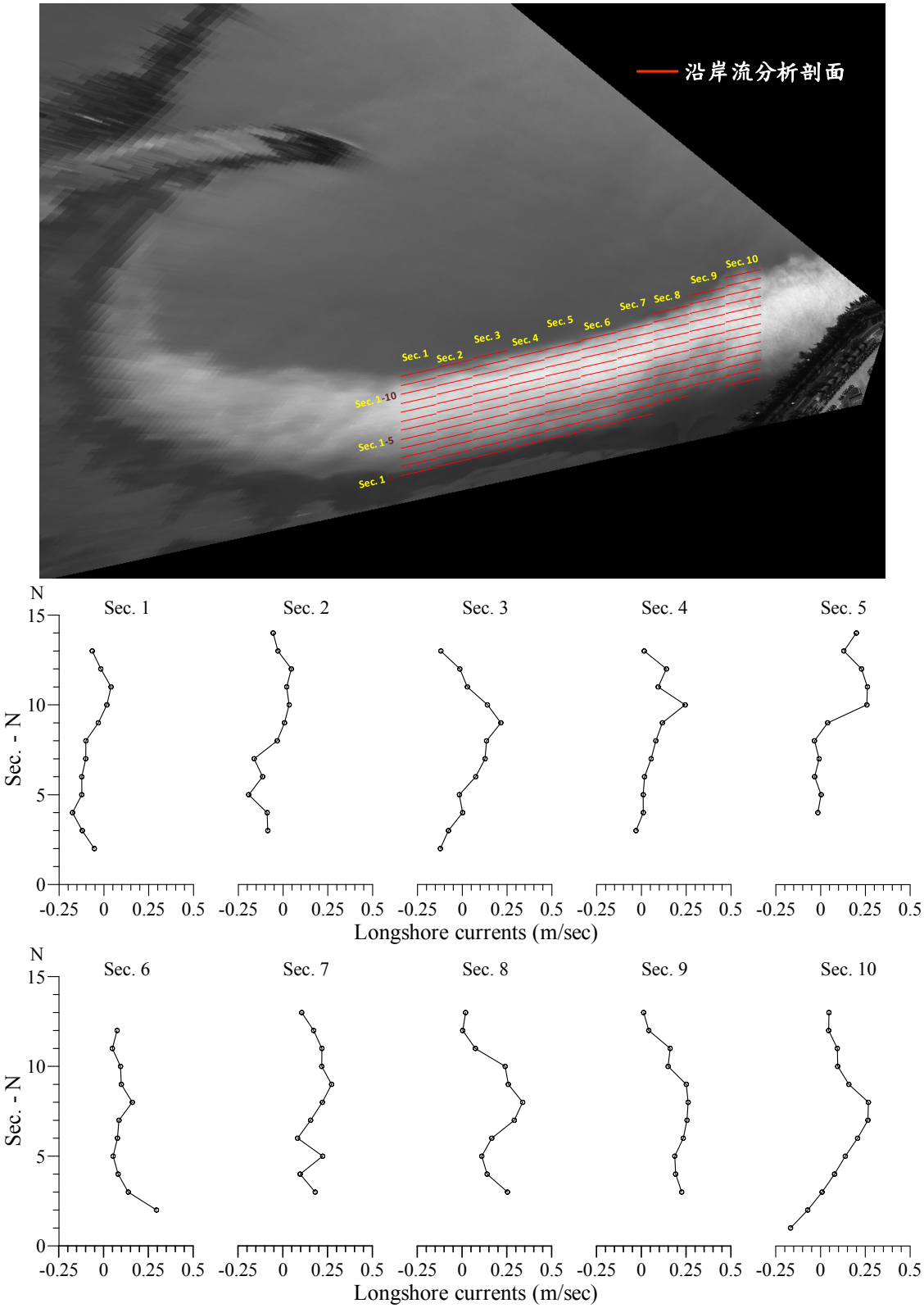
圖 4.2.11　沿岸流時間歷程影像圖(Sec.3-8 剖面)

表 4.2.1　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

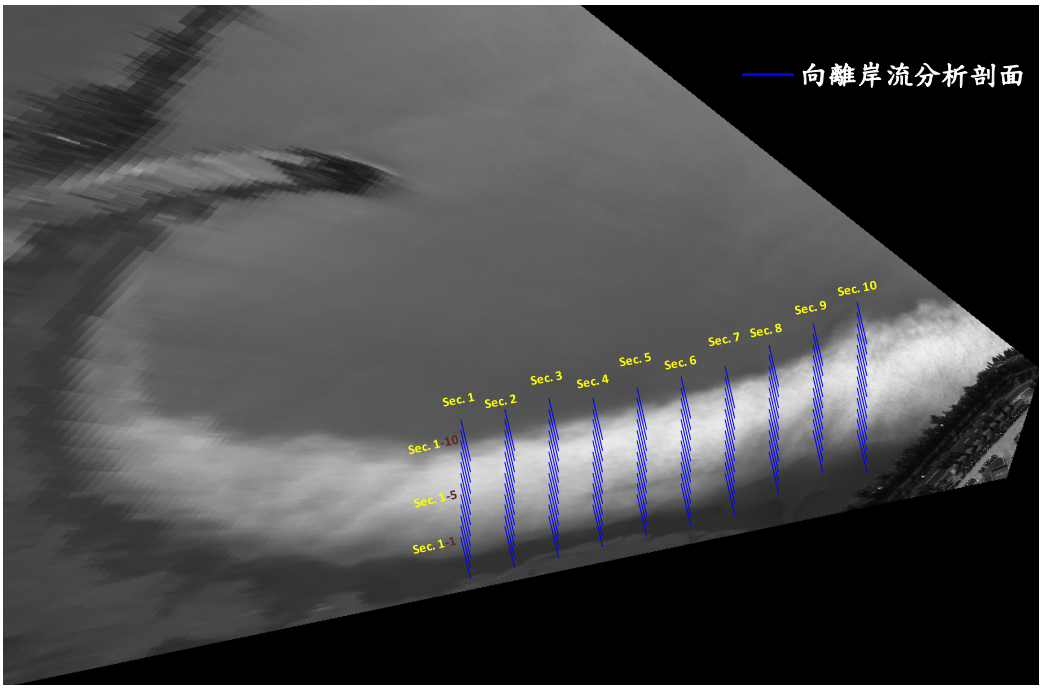
表 4.2.2　向離岸流剖面分析結果表(單位：m/sec)

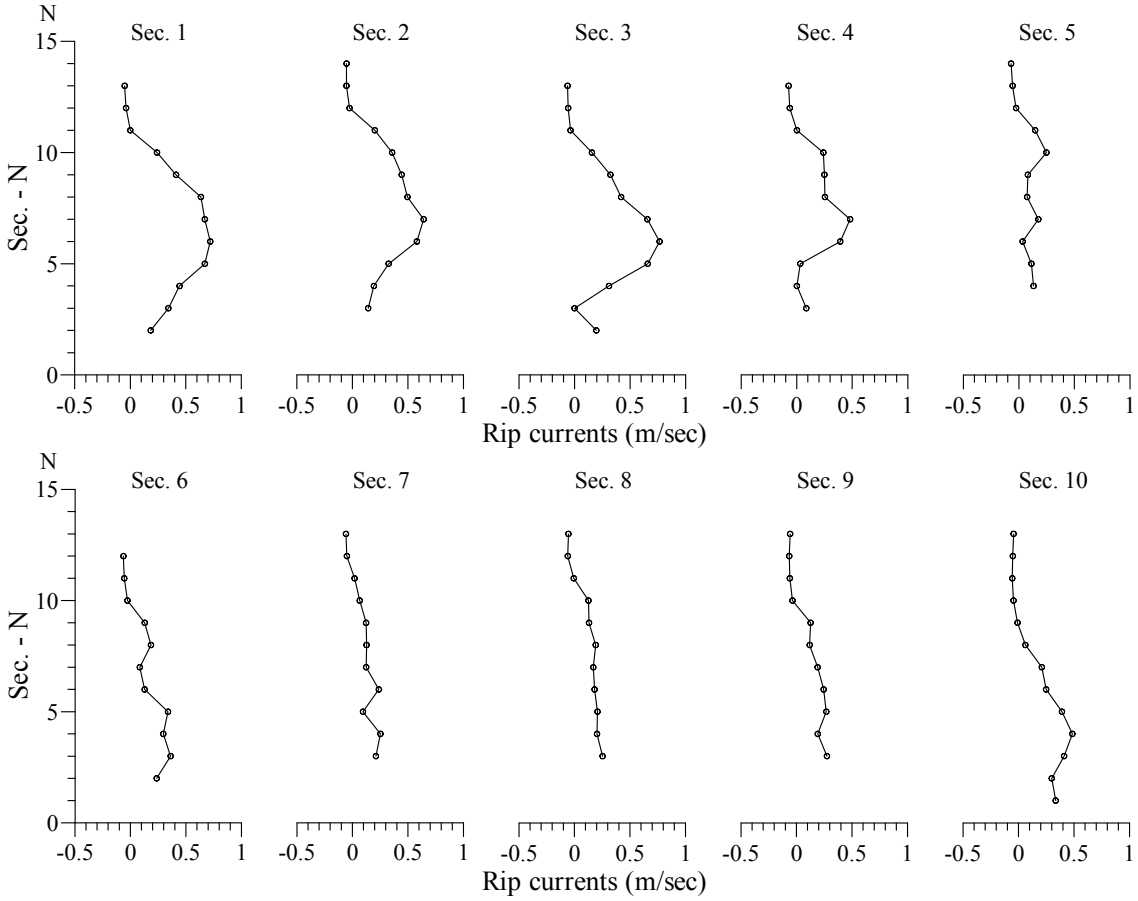
Sec-N	Sec.1	Sec.2	Sec.3	Sec.4	Sec.5	Sec.6	Sec.7	Sec.8	Sec.9	Sec.10
13		-0.05			-0.07		-0.06	-0.05	-0.06	-0.04
12	-0.05	-0.05	-0.06	-0.07	-0.06	-0.06	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05
11	-0.04	-0.03	-0.06	-0.06	-0.02	-0.06	0.02	-0.01	-0.06	-0.06
10	0.00	0.20	-0.04	0.00	0.15	-0.03	0.07	0.13	-0.04	-0.04
9	0.24	0.36	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：沿岸流速正值表示往右，負值表是往左。

圖 4.2.12　沿岸流剖面分析結果圖(2010/08/31 15:00)





註：向離岸流速正值表示為離岸方向，負值表示為向岸方向。

圖 4.2.13　向離岸流剖面分析結果圖(2010/08/31 15:00)

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。

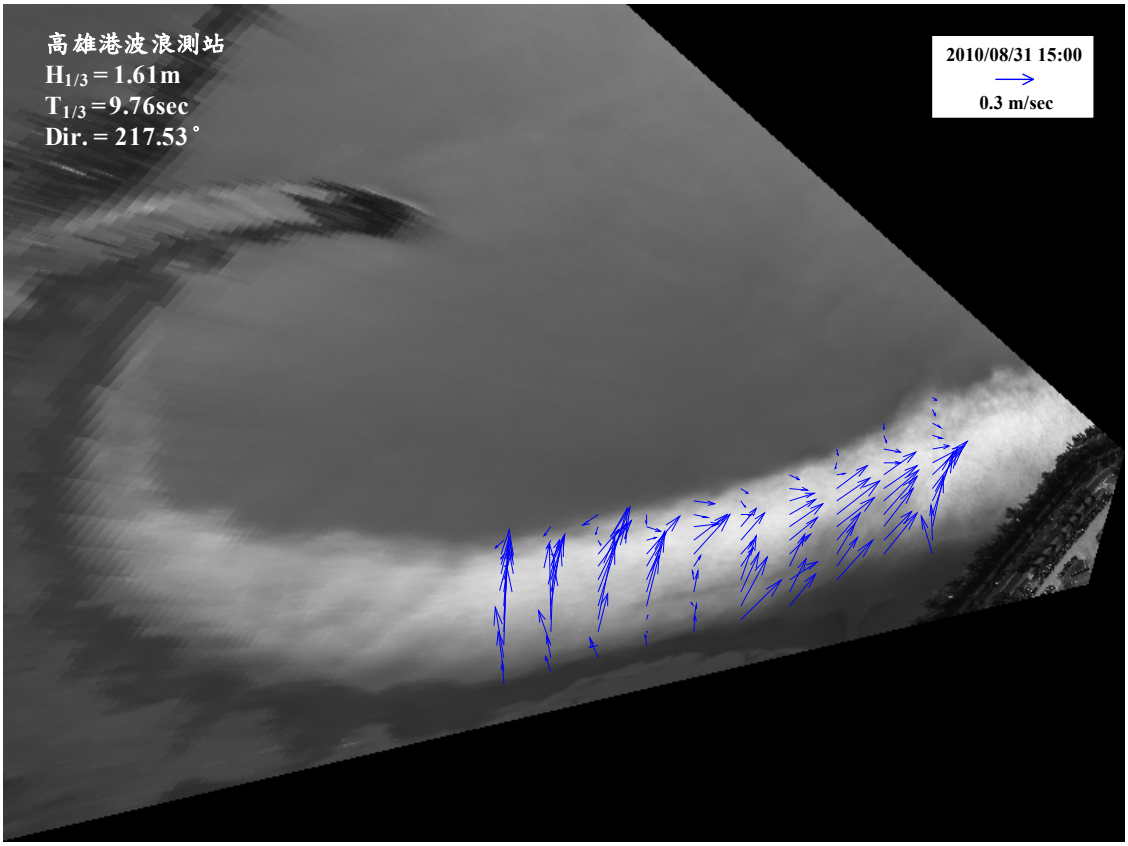


圖 4.2.14　近岸流平面分佈結果圖(2010/08/31 15:00)

4.3 近岸波浪傳遞影像分析

近岸波浪傳遞影像分析作業，同近岸流分析擇取 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°)為例進行影像分析。

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，於垂直海岸線方向選取三處分析斷面進行近岸波浪傳遞影像分析，如圖 4.3.1 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，如圖 4.3.2 所示。

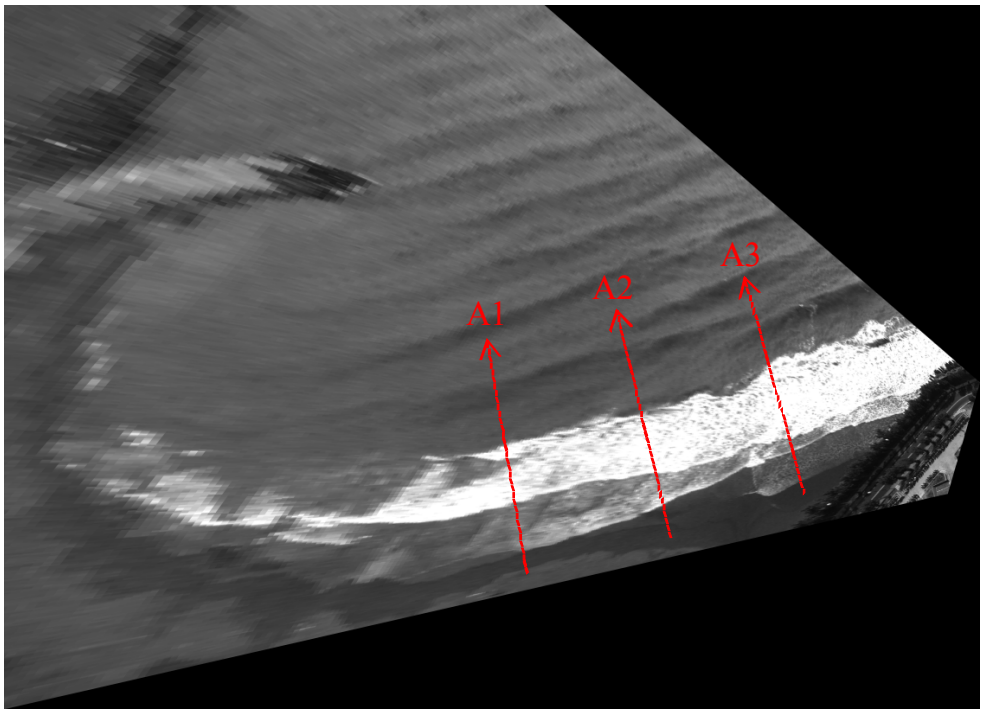


圖 4.3.1　近岸波浪傳遞影像分析斷面位置圖

一、波速、水深與淺化係數計算方法

由波浪傳遞時間歷程影像(如圖 4.3.2)中，可清楚看出波浪由水深較深處傳往淺海處，波峰與波谷線移動情形。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(4.3.1)，再依據微小振幅波波浪位相傳遞速度公式，如式(4.3.2)，可推算得 kh 值與水深 h，則可依據式(4.3.3)計算波浪影像分析斷面之淺化係數。

$$C = \Delta X / \Delta t \tag{4.3.1}$$

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。

$$C = C_0 \tanh(kh) \tag{4.3.2}$$

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。

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2n}\frac{1}{\tanh kh}} \tag{4.3.3}$$

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

二、波速、水深與淺化係數計算結果

茲將 2010 年 8 月 31 日 15 時之三處波浪傳遞影像分析斷面資料，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 4.3.2。

由分析結果知，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，各斷面至碎波處其波速呈漸增情形、淺化係數略呈遞減狀態，其可能係水深較深區域有潛沒砂洲地形所致，而碎波處至海岸區段因水深變淺，波速呈急遽下降情況，而以微小振幅波理論所計算之波浪淺化係數呈漸增情形，其已不適用於實際海岸之波浪傳遞，故於圖 4.3.2 中之淺化係數以虛線表示。另為驗核計算結果，建議後續辦理有關現場水深地形與波流調查工作，以檢核與發展前述所提之波速、水深與淺化係數方法。

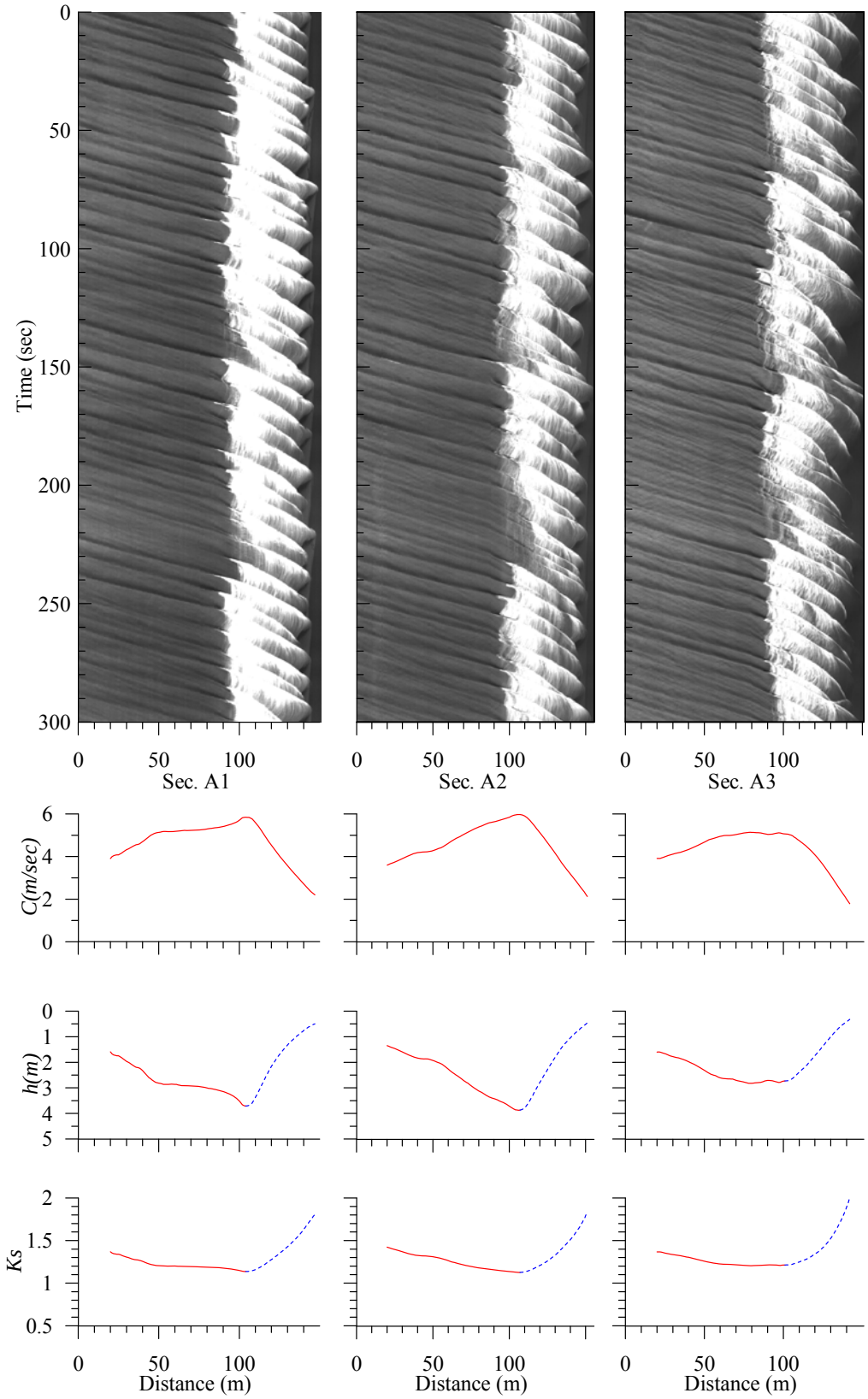


圖 4.3.2　近岸波浪傳遞—波速、水深與淺化係數計算結果圖

第五章 台中港高美濕地影像觀測站設置

自 921 地震後接續幾個颱風將大量土石自大甲溪、大安溪順流帶下，堆積於台中港北防波堤與北防砂堤之間海域，已大幅改變台中港北側海岸地形，為潛在淤積台中港之砂源。於本計畫第一年度計畫工作執行期間─2009 年 4 月 13 日，現場勘查台中港北防波堤與北防砂堤之間海域，發現港灣技術研究中心觀測塔位置前方海域(如圖 5.1 之左圖所示)與右側海域(如圖 5.1 之右圖所示)，已經圍堤各自作為海岸防風林及風力發電場址。經立即現場勘查北邊的高美燈塔(如圖 5.2 所示)，其高度達 33m，燈塔頂部為架設攝影機之理想位置，可觀測研究高美濕地(如圖 5.3 所示)。

目前港灣技術研究中心業於 2009 年底發包並完成高美濕地影像觀測站設置作業，為利後續計畫工作之執行與推動，茲於本年度進行高美濕地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、地面控制點檢測與各視角外部參數校正及高美濕地全景影像拼接研究工作。

圖 5.1　台中港北防波堤與北防砂堤之間海域現況圖

圖 5.2　台中港高美燈塔

圖 5.3　高美濕地海岸現況圖

5.1 高美濕地影像觀測站設備與佈置

高美濕地影像觀測系統係設置在台中港北側高美燈塔頂樓，其攝影設備採藍眼科技 Arecont Vision AV8180M 800 萬畫素 180 度視角網路型攝影機。其中，攝影機組配有 4 個 200 萬畫素之 CMOS 影像感應器，可同時拍攝 4 個視角海岸影像。AV8180M 攝影機之詳細規格，如表 5.1.1 所示，而影像觀測系統地理位置與攝影機拍攝範圍，如圖 5.1.1 所示。

表 5.1.1　高美濕地攝影機規格表

Arecont Vision AV8180M	規格說明	
	影像感應器	1/2 英吋光學格式
	對焦(focus)	手動對焦
	最高解析度(像素)	1600×1200
	壓縮格式	Motion JPEG
	每秒幅數	1600×1200 每秒22張 800×600 每秒88張
	移動偵測	內建不需另購軟體
	網路供電(PoE)	內建
	最低照度(Lux)	0.2 Lux @ F2.0

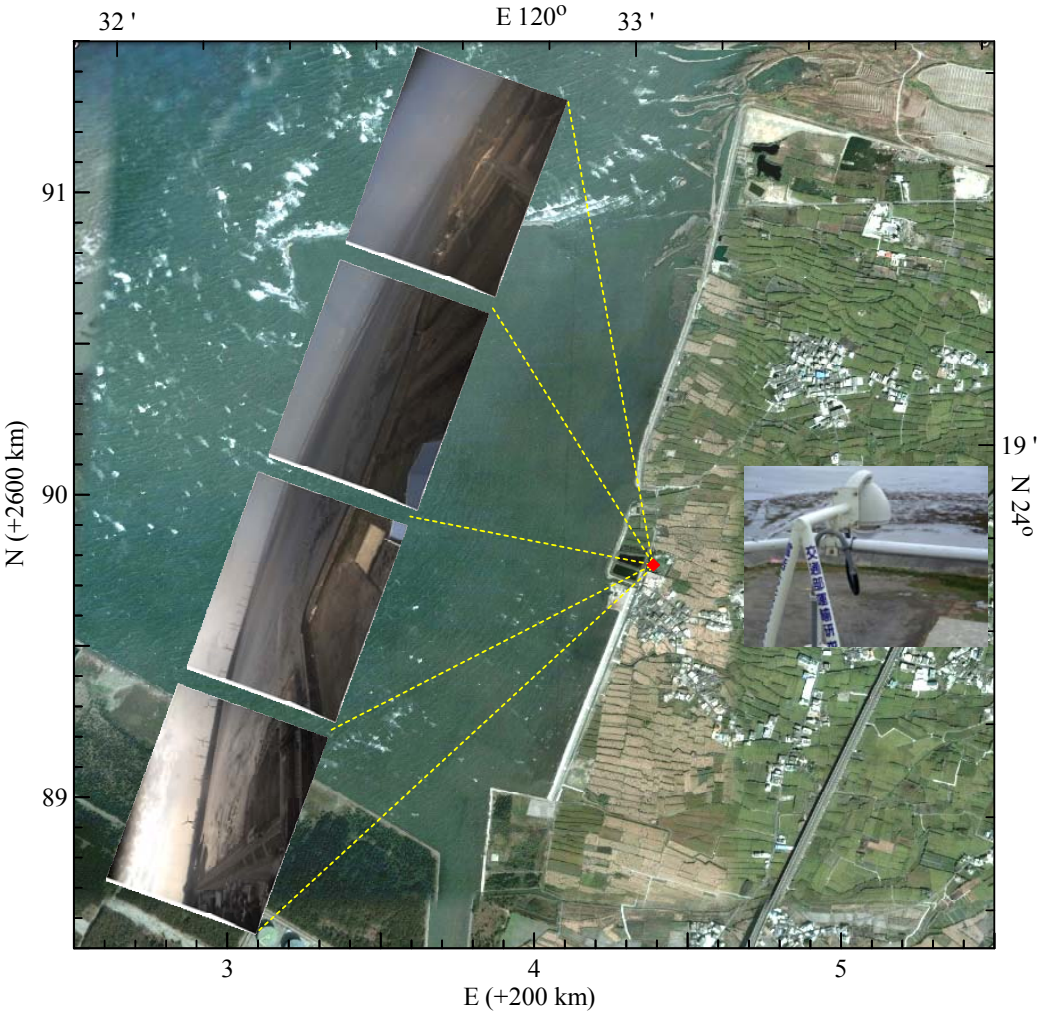


圖 5.1.1　高美濕地影像觀測系統地理位置與攝影機拍攝範圍示意圖

5.2 內部參數校正與鏡頭扭曲率校正結果

高美濕地海岸地形影像觀測系統，各視角攝影機組之 CMOS 影像感應器，拍攝不同方位與位置之棋盤格校正板影像(如圖 5.2.1 所示)，依據 Zhang(2000)所提校正方法與本計畫第一年度研究結果，如 2.2 節所述，進行攝影機內部參數校正與鏡頭徑向扭曲係數檢定作業。茲將各視角攝影機組鏡頭徑向扭曲係數檢定結果，整理於圖 5.2.2 系列，並將攝影機內部參數結果整理於表 5.2.1，以供外部參數檢定與後續高美濕地海岸地形影像分析應用參考。

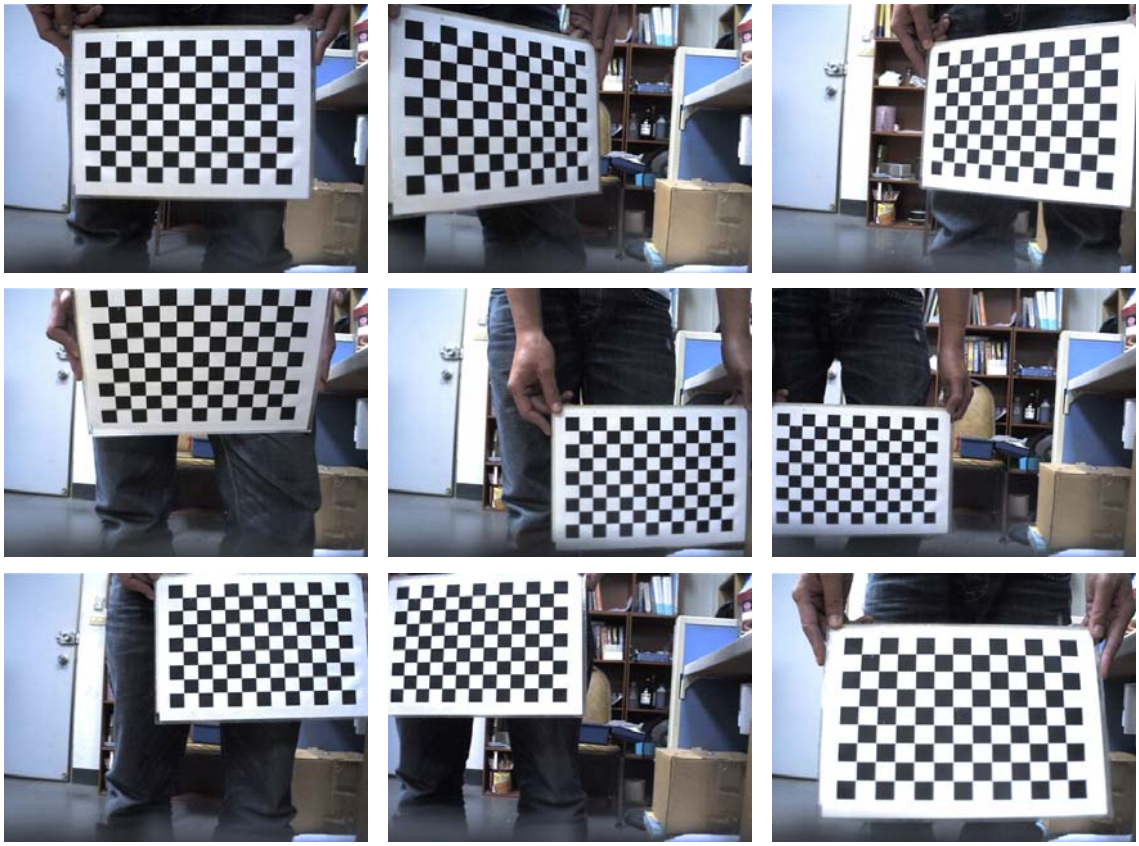


圖 5.2.1　不同方位與位置之棋盤格校正板影像圖

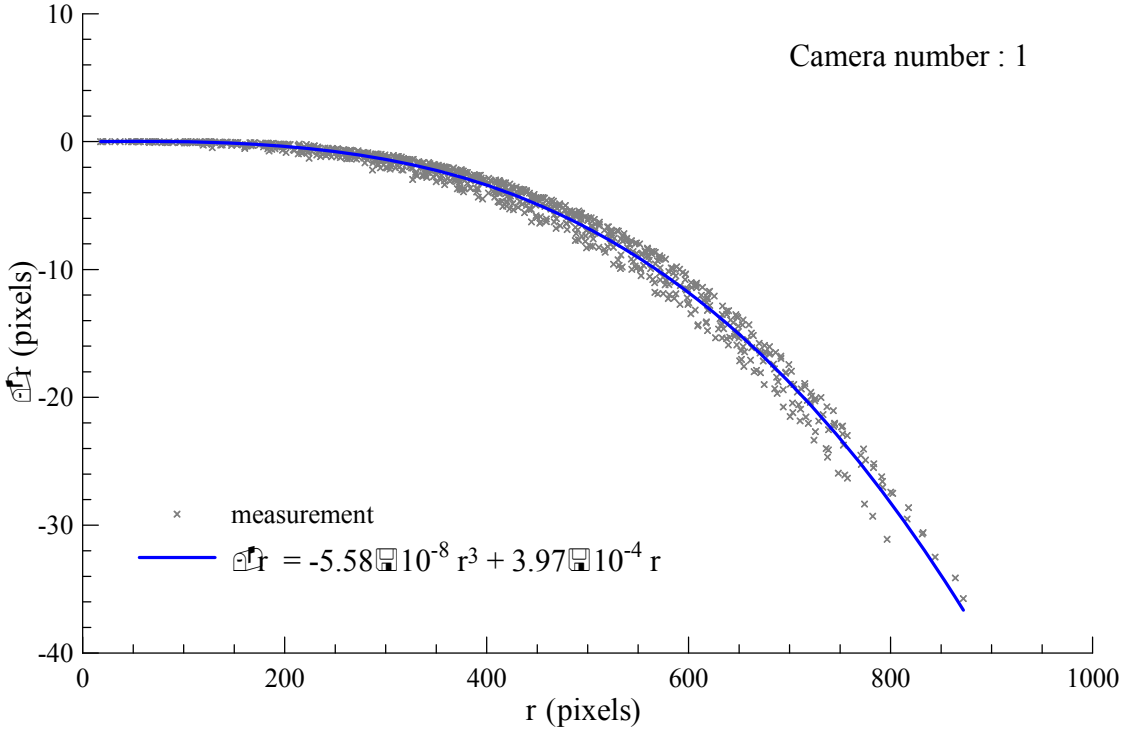


圖 5.2.2A　攝影鏡頭編號 1 之徑向扭曲迴歸結果圖

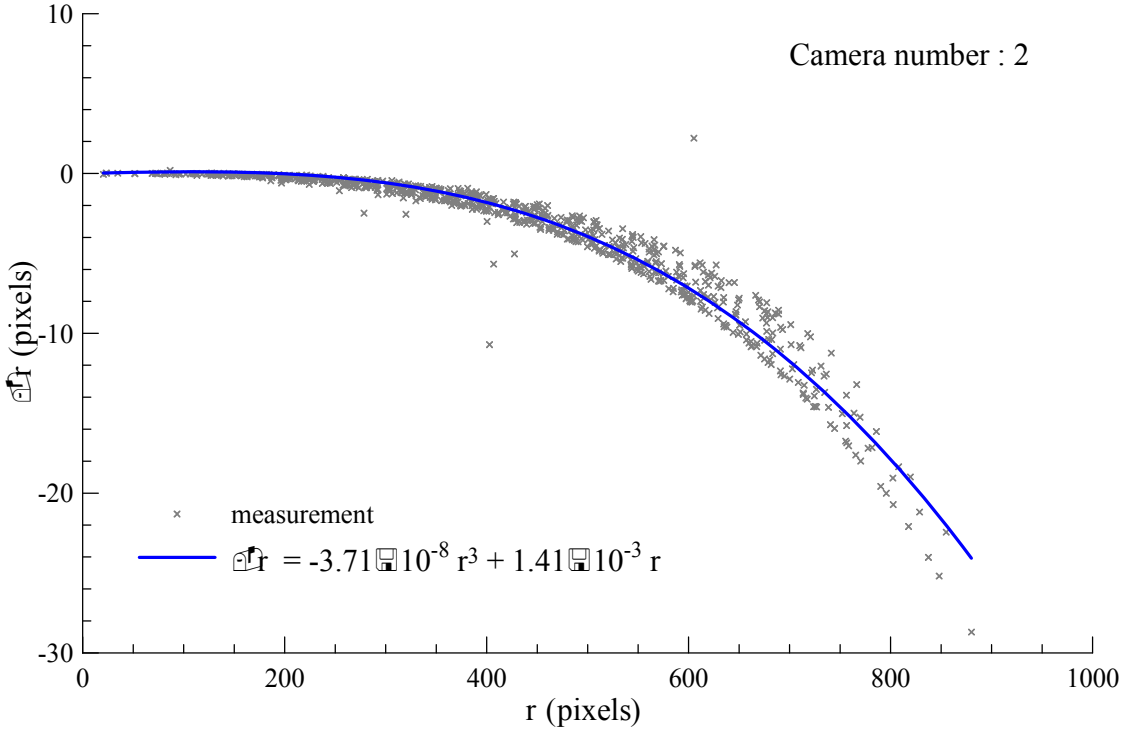


圖 5.2.2B　攝影鏡頭編號 2 之徑向扭曲迴歸結果圖

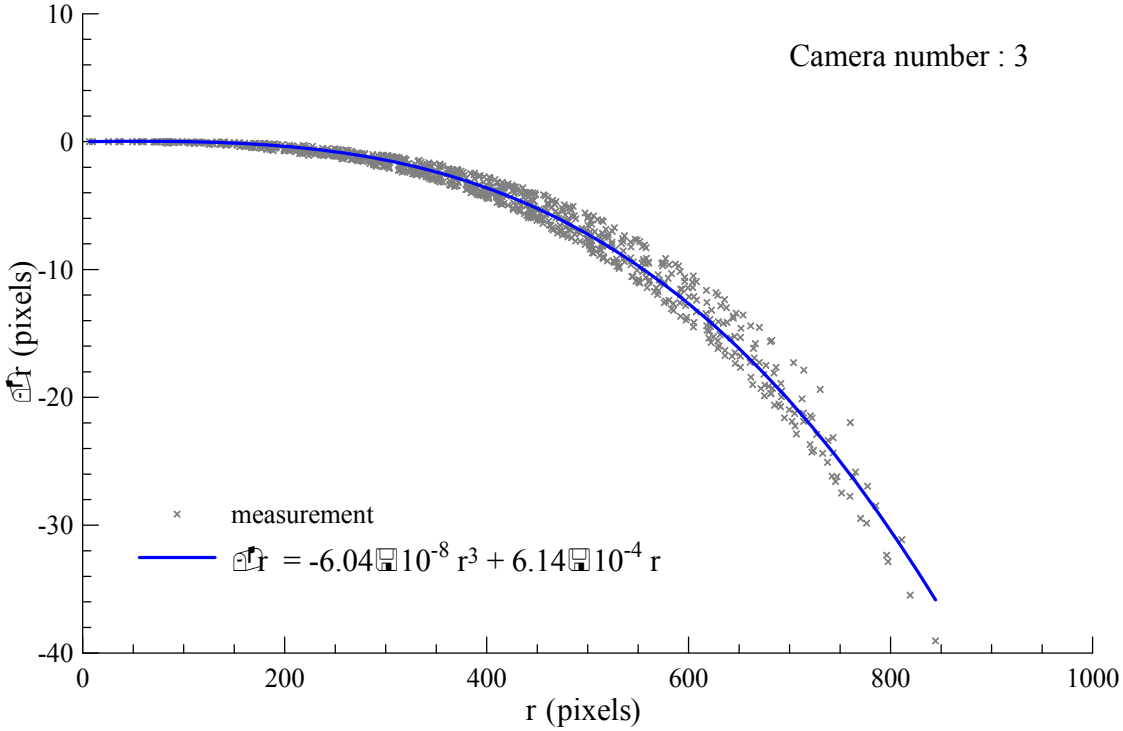


圖 5.2.2C　攝影鏡頭編號 3 之徑向扭曲迴歸結果圖

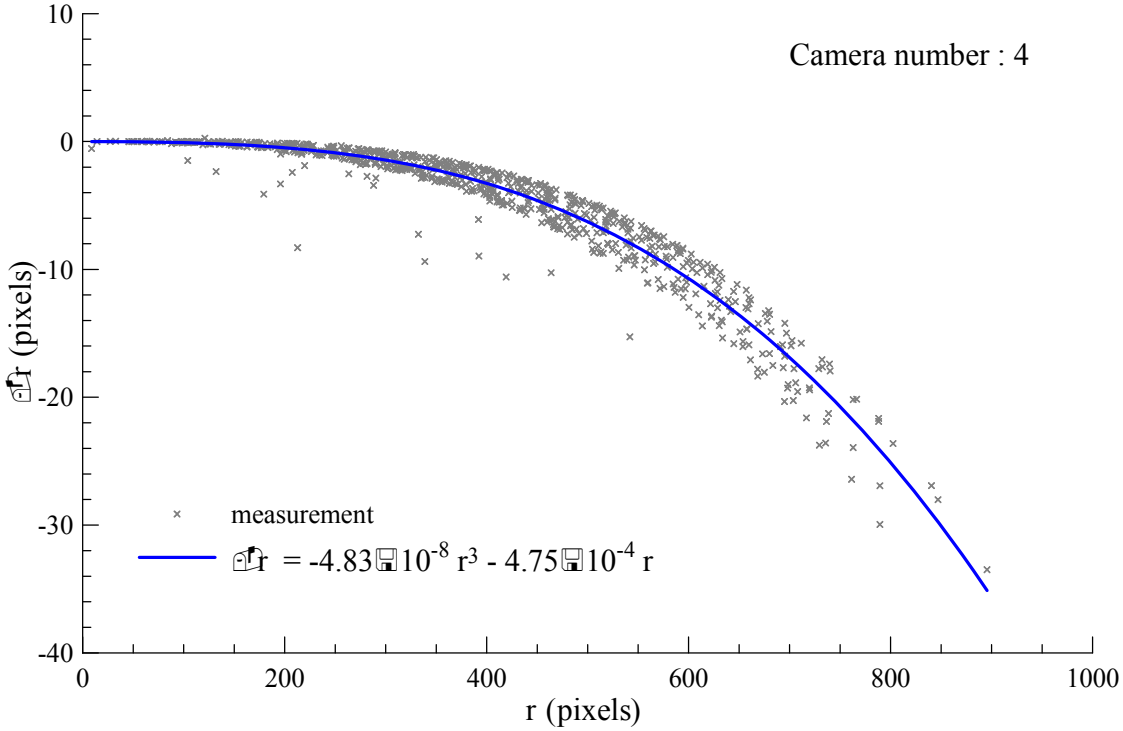


圖 5.2.2D　攝影鏡頭編號 4 之徑向扭曲迴歸結果圖

表 5.2.1　AV8180M 攝影機內部參數檢定結果表

攝影機參數	攝影鏡頭 編號：1	攝影鏡頭 編號：2	攝影鏡頭 編號：3	攝影鏡頭 編號：4
鏡頭焦距	1926.805	2001.406	1919.259	1946.962
u_0	786.769	786.596	819.900	769.886
v_0	639.856	647.776	570.411	517.145
k_1	-5.580×10^{-8}	-3.714×10^{-8}	-6.041×10^{-8}	-4.832×10^{-8}
k_2	3.973×10^{-4}	1.406×10^{-3}	6.136×10^{-4}	-4.749×10^{-4}
λ_u	1.006	1.001	1.005	1.003

5.3 高美濕地影像觀測站地面控制點檢測

為供高美濕地影像觀測站各攝影鏡頭之外部參數求解，本計畫茲於 2010 年 4 月 29 日辦理高美濕地影像觀測站地面控制點檢測作業，於 8 月 12 日辦理鏡頭 2 之地面控制點增設補測工作；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。

為提供未來高美濕地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港灣技術研究中心內之一等水準點(編號 K400)，其平面坐標與水準資訊如表 5.3.1 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，如風力發電機座、海堤階梯與橋梁等地方，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，地面控制點檢測情形如圖 5.3.1 所示，而高美濕地攝影機坐標高程與各攝影鏡頭地面控制點檢測資訊，整理於表 5.3.2~表 5.3.7，以供

高美濕地各攝影鏡頭外部參數檢定與影像拼合運用參考。

表 5.3.1　港灣研究中心內之一等水準點(編號 K400)資訊表

點位編號	TWD97系統(m)		高程(m)
	E	N	
K400	202173.122	2685003.625	4.161

圖 5.3.1　高美濕地地面控制點檢測情形圖

表 5.3.2　高美濕地攝影機檢測資訊表

項目	二度分帶坐標		高程
	E(m)	N(m)	Z(m)
攝影機	204446.808	2689718.626	38.4945

表 5.3.3　高美濕地攝影鏡頭 1 地面控制點檢測資訊表(2010/04/29)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點1-1	204472.846	2689853.549	3.3103	1170	1065
校正點1-2	204457.150	2689844.348	3.1447	970	1062
校正點1-3	204454.414	2689946.097	6.6406	928	779
校正點1-4	204473.426	2689972.511	4.6841	1041	788
校正點1-5	204403.405	2689890.959	2.7535	378	786
校正點1-6	204381.857	2689889.953	3.4000	156	733
校正點1-7	204400.106	2689993.628	6.3472	553	662

表 5.3.4　高美濕地攝影鏡頭 2 地面控制點檢測資訊表(2010/04/29)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點2-1	204337.206	2689770.163	4.7907	233	761
校正點2-2	204344.964	2689796.011	5.4628	642	742
校正點2-3	204349.989	2689794.390	2.1120	655	809
校正點2-4	204360.598	2689838.707	5.5934	1210	734
校正點2-5	204391.678	2689820.046	2.2514	1438	935
校正點2-6	204362.930	2689752.583	2.7160	137	988

表 5.3.5　高美濕地攝影鏡頭 3 地面控制點檢測資訊表(2010/04/29)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點3-1	204370.758	2689741.565	2.4330	1505	1073
校正點3-2	204366.613	2689726.499	2.5311	1129	1035
校正點3-3	204351.167	2689731.436	2.5518	1200	914
校正點3-4	204356.006	2689746.550	2.4794	1522	935
校正點3-5	204355.714	2689676.921	5.8129	145	925
校正點3-6	204320.415	2689689.624	5.5983	523	738
校正點3-7	203072.838	2689221.566	4.5085	227	322
校正點3-8	202897.670	2689322.730	4.5981	425	302

表 5.3.6　高美濕地攝影鏡頭 4 地面控制點檢測資訊表(2010/04/29)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點4- 1	204321.451	2689610.599	3.9972	1113	786
校正點4- 2	204354.030	2689653.172	4.0811	1333	937
校正點4- 3	204387.525	2689647.624	6.8886	857	1086
校正點4- 4	204380.455	2689626.857	6.9356	710	1001
校正點4- 5	204384.068	2689625.562	6.9318	651	1020
校正點4- 6	204389.595	2689624.085	3.7336	568	1098
校正點4- 7	204376.468	2689586.277	3.7068	432	976
校正點4- 8	204370.983	2689588.246	6.9176	500	916
校正點4- 9	204324.632	2689456.153	6.9417	280	772
校正點4-10	203779.021	2688810.844	4.5736	634	537
校正點4-11	203601.821	2688915.849	4.4502	962	474
校正點4-12	203425.309	2689017.911	4.2344	1265	409
校正點4-13	203249.326	2689119.612	4.2691	1550	357

表 5.3.7　高美濕地攝影鏡頭 2 增設地面控制點檢測資訊表(2010/08/12)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 2-1	204391.569	2689758.276	2.562	567	1186
校正點 2-2	204336.677	2689759.148	3.362	79	796
校正點 2-3	204365.169	2689840.875	3.156	1268	768
校正點 2-4	204407.966	2689796.134	2.308	1449	1117

5.4 高美濕地全景拼接影像

高美濕地各視角攝影機影像，依 5.2 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 2010 年 4 月 29 日地面控制點檢測與 8 月 12 日地面控制點增設補測資訊，配合 2.3 節所述攝影機外部參數校正學理，重建物理坐標影像後，再進行高美濕地海岸地形影像拼接工作，其拼接結果如圖 5.4.1 所示。

依據高美濕地海岸地形影像拼接結果(如圖 5.4.1 所示)，攝影鏡頭編號 2 與編號 3 之影像無重疊，而攝影鏡頭編號 1 與編號 2、編號 3

與編號 4 之影像有小幅度重疊。高美濕地海岸範圍廣泛，沿岸長度約 2.5 公里，且台中港鄰近海岸潮差甚大(大潮差約 4.6m)，退潮時段海岸線已離堤線約 2 公里，因影像解析力與攝影距離限制，以致此部分在影像重建內插後會有模糊情形，其結果應用於退潮時段之海岸地形偵測，可能會造成較大偏差。其中，由海岸影像校正拼接結果，本影像觀測站攝影機(解析度：1600×1200 像素)，可解析之較具代表性區域為沿岸範圍約 1.2 公里，離岸約 500 公尺範圍。

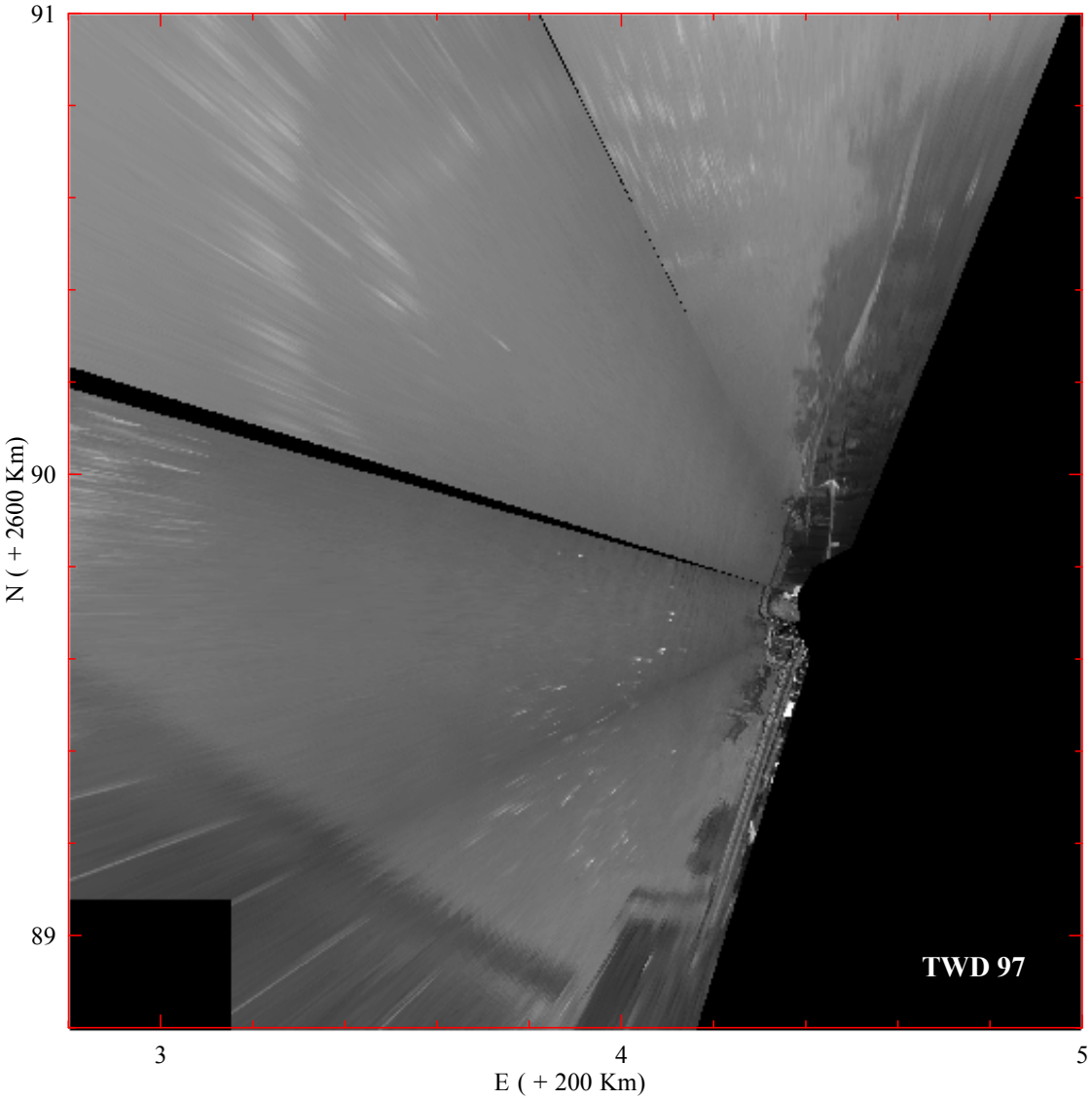


圖 5.4.1　高美濕地海岸地形影像拼接結果圖

第六章 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，同時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，同時完成 98 年度建置之台中高美濕地影像觀測站之影像拼接與花蓮美崙溪影像觀測站之選址作業。以下茲就本年度各項工作研究成果歸納如下結論與建議。

6.1 結論

一、本年度海岸全景影像拼接方式，參照第一年度海岸地形影像分析問題，進行拼合影像條紋與相鄰兩影像視角亮度差異改善，另為利海岸地形影像自動辨識處理，海岸全景拼合影像再進行自適增強與銳化之數值影像處理作業。

二、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。

三、根據 2010 年 1~10 月西子灣海岸影像變遷分析結果，西子灣南、北岬頭海岸線大致呈夏季後退侵蝕，冬季淤淺成長現象，但就長期間而論(2010 年 1~10 月)，整體之海岸線變化仍為後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退 7.62~19.36m，而南岬頭海岸線除斷面 S1 為往外海成長約 4.07m 外，其餘地區之海岸線後退約 9.39~29.32 m，且海岸線後退幅度越往南越大。

四、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。

五、由 2010 年 8 月 31 日西子灣單向攝影機影像近岸流分析結果，於靠近南岬頭灣岸段之近岸流，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 區帶再往海科院方向流動情形。

六、依波浪傳遞影像分析結果，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，各斷面至碎波處其波速呈漸增情形、淺化係數略呈遞減狀態，其可能係水深較深區域有潛沒砂洲地形所致，而碎波處至海岸區段因水深變淺，波速呈急遽下降情況，而以微小振幅波理論所計算之波浪淺化係數呈漸增情形，其已不適用於實際海岸之波浪傳遞。

七、依據高美濕地海岸地形影像拼接結果，攝影鏡頭編號 2 與編號 3 之影像無重疊，而攝影鏡頭編號 1 與編號 2、編號 3 與編號 4 之影像有小幅度重疊。高美濕地海岸範圍廣泛，沿岸長度約 2.5 公里，且台中港鄰近海岸潮差甚大，退潮時段海岸線已離堤線約 2 公里，因影像解析力與攝影距離限制，以致此部分在影像重建內插後會有模糊情形，其結果應用於退潮時段之海岸地形偵測，可能會造成較大偏差。

6.2 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、本計畫完成流速試驗比對，驗證流速分析方法於試驗室可行，建議計畫主辦單位於後續計畫增列現場流速檢測工作與經費，進一步確認其應用於現場之可行性，以提升其應用價值。

三、潮位配合波浪水位堆升方法分析海岸線，其結果相對於即時動態衛星定位系統所檢測者之偏差約 1~3 公尺，為提升其檢測結果，建議可採 2 部以上攝影機同時監控近岸沖刷帶水位變化，直接分析波浪堆升高度，提供海岸線分析應用。

四、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，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. Chen, Q. et al., 1999, Boussinesq modeling of a rip current system, *Journal of Geophysical Research*, 104 (C9), 20617-20637.
10. 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.
11. 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.

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

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

14. 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.

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

16. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

28. 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.

29. 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.

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

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

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

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

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

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

36. 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.

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

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

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

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

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

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

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

44. 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。

45. 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。

46. 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。

47.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。

48.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。

49.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。

50.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。

51.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。

附錄一 花蓮港美崙溪口海岸地形影像觀測站選址

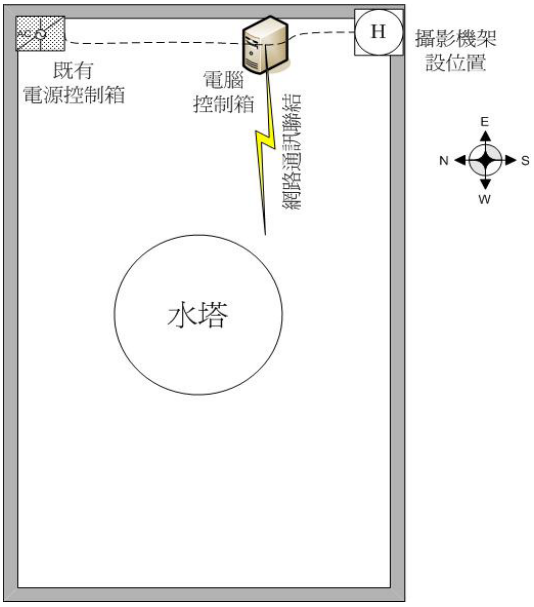
由於美崙溪出海口海岸地形變化影響區域排水，必須長期觀察以提前因應。故本計畫擬在花蓮港務局樓頂架設影像觀測站，長期觀測週遭海域的海岸地形變遷，並探討波浪淺化及近岸流場等特性，並於 2010 年 4 月 13 日會同計畫主辦單位，前往花蓮港務局現場勘查，選定較佳之影像觀測站位址。其中，依據現場勘查結果初步選定 3 處位址，各預定設置位址與觀看美崙溪口視野，如附圖 1.1~1.3 所示。

依附圖 1.1~1.3 資料顯示，初步選定之 3 處影像觀測站設置位址，其於觀看美崙溪口海岸地形影像之效果應相當。位址 1 處之女兒牆高度較低，僅有鄰近角鋼可供攝影機支架固定，於颱風侵襲期間可能導致攝影機支架搖晃；位址 2 處之女兒牆高度雖夠，但女兒牆下方有一凸緣，不利攝影機支架固定施工；而位址 3 處之女兒牆高度夠，且在女兒牆上下方各有一凸緣可供攝影機支架固定，另此處留有以往架設攝影機之舊有配線及電源供應箱，可方便本計畫影像觀測站設站之施工。因此，美崙溪口海岸地形影像觀測站建議設置在位址 3 處。附圖 1.4 為攝影機架設之簡易配置圖。

附圖 1.1　美崙溪口海岸地形影像觀測站預定設置位址 1 示意圖
(左圖：符號紅色×為規劃測站設置位址，右圖：觀看美崙溪口視野)

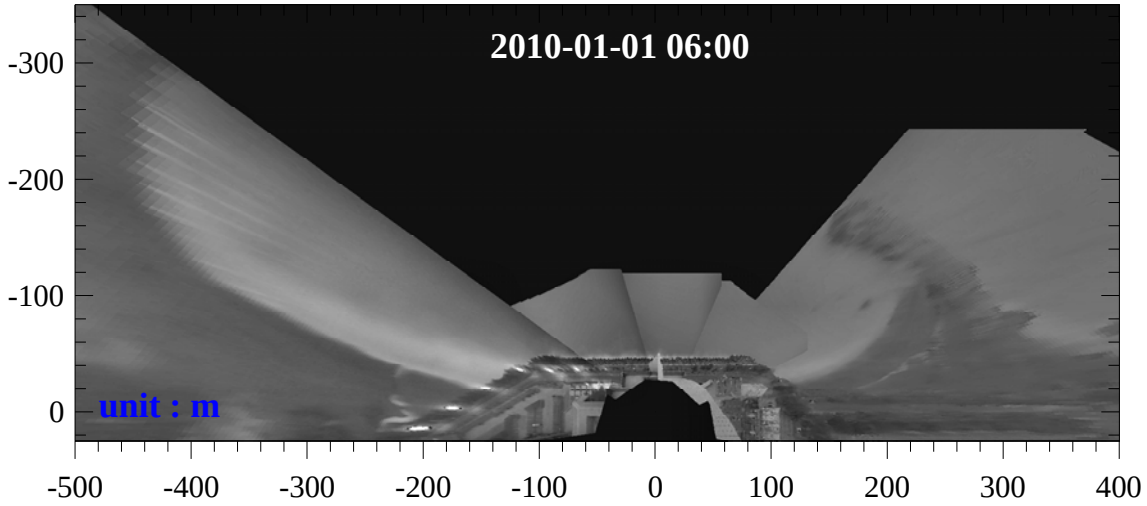
附圖 1.2　美崙溪口海岸地形影像觀測站預定設置位址 2 示意圖
(左圖：符號紅色×為規劃測站設置位址，右圖：觀看美崙溪口視野)

附圖 1.3　美崙溪口海岸地形影像觀測站預定設置位址 3 示意圖
(左圖：符號紅色×為規劃測站設置位址，右圖：觀看美崙溪口視野)

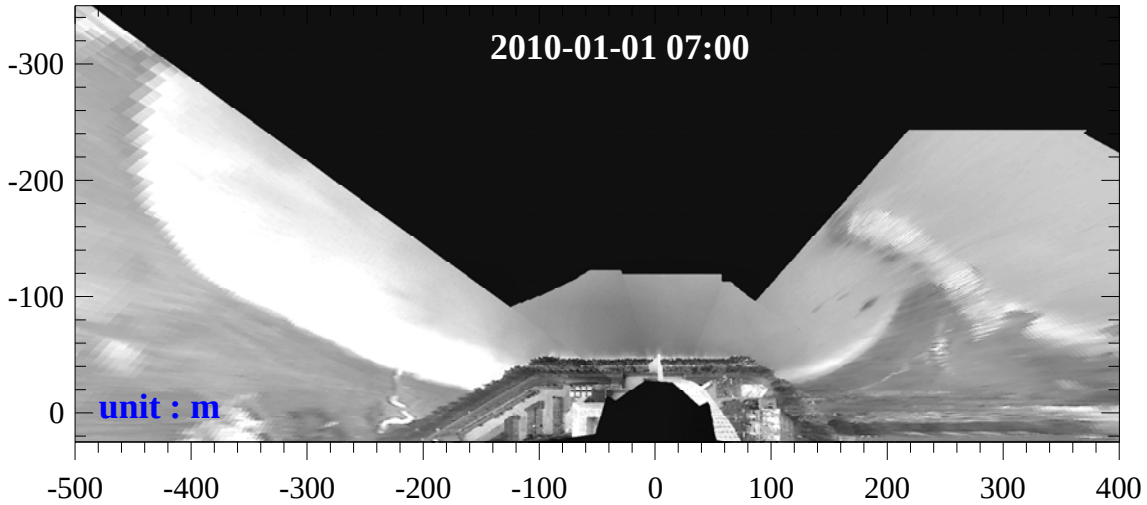


附圖 1.4 攝影機架設簡易配置圖

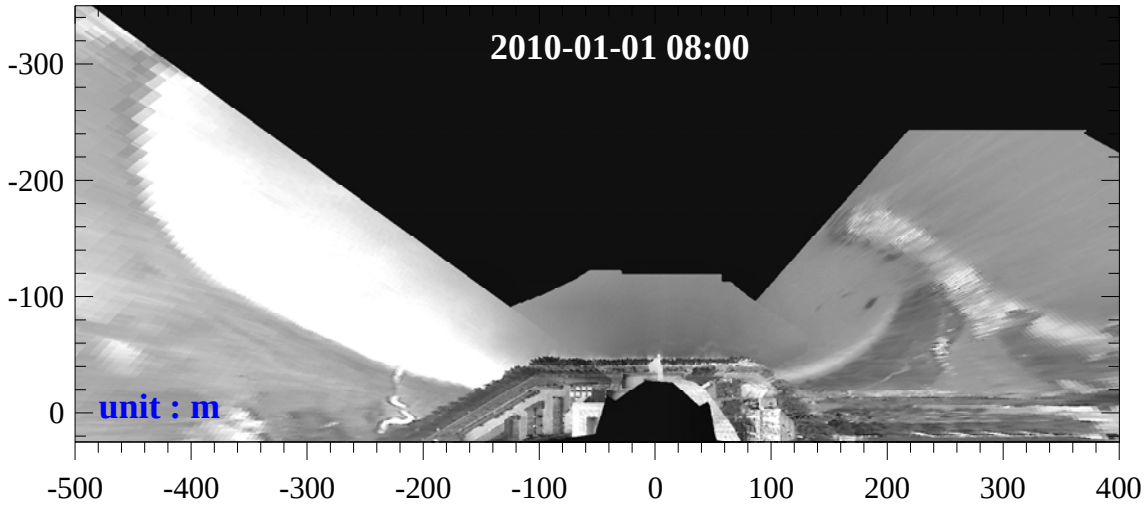
附錄二 全景影像拼接圖(2010/01~2010/10)



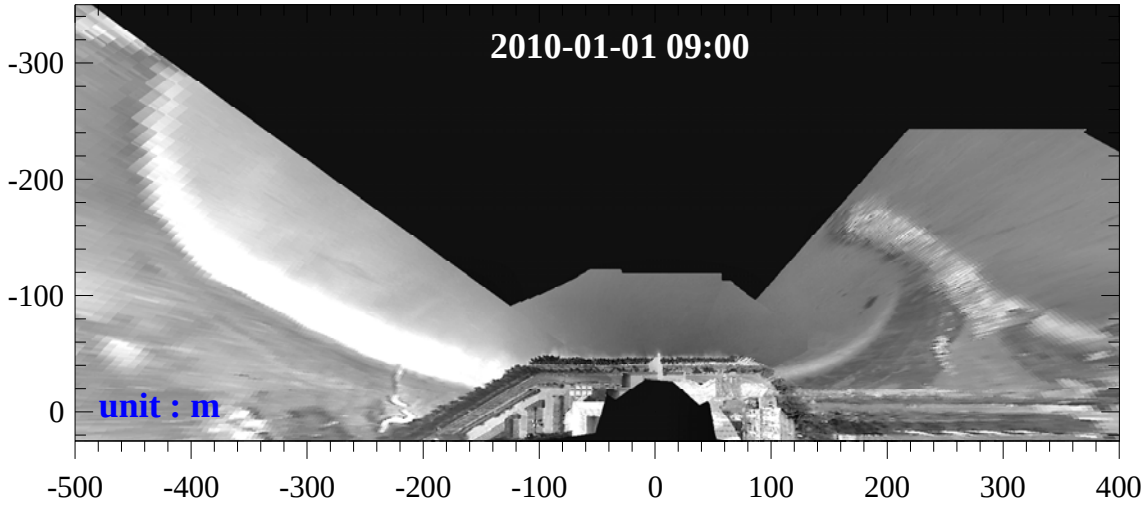
附圖 1A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 06:00)



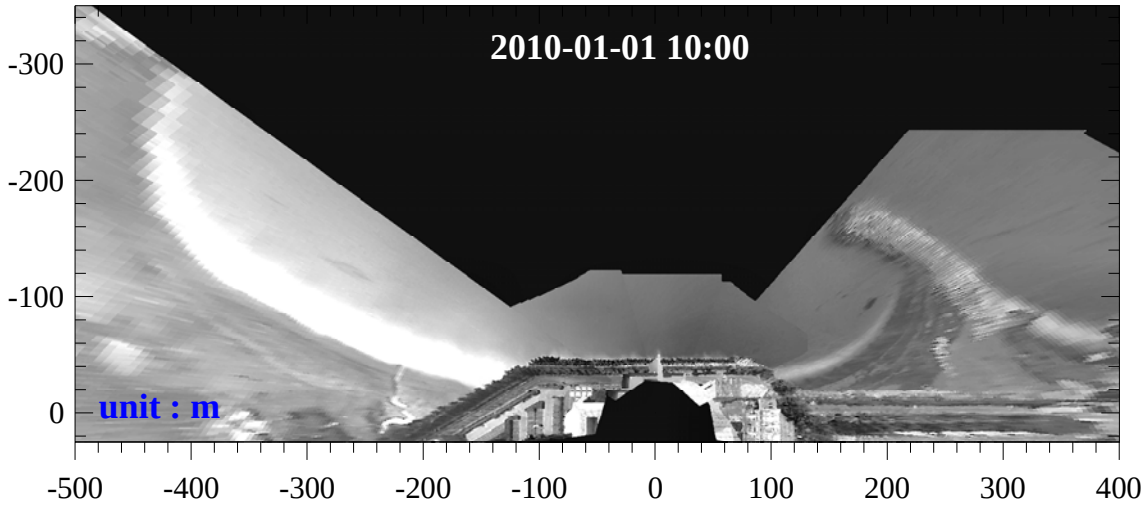
附圖 1B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 07:00)



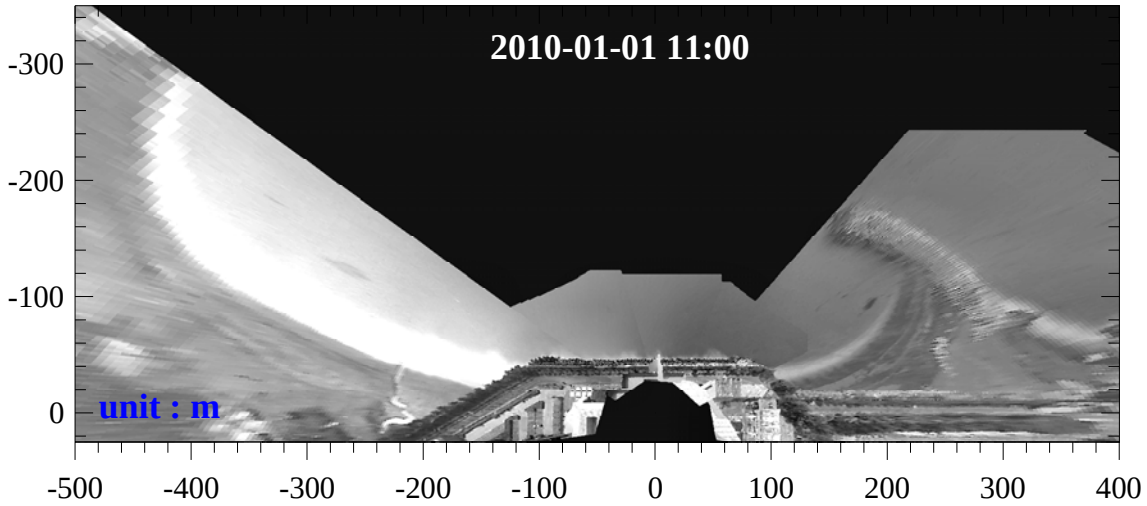
附圖 1C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 08:00)



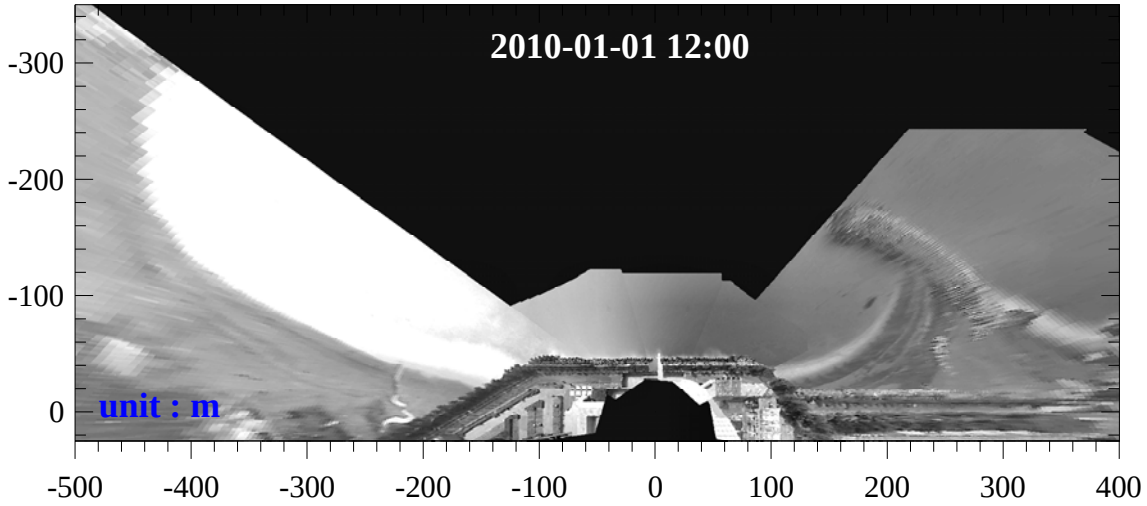
附圖 1D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 09:00)



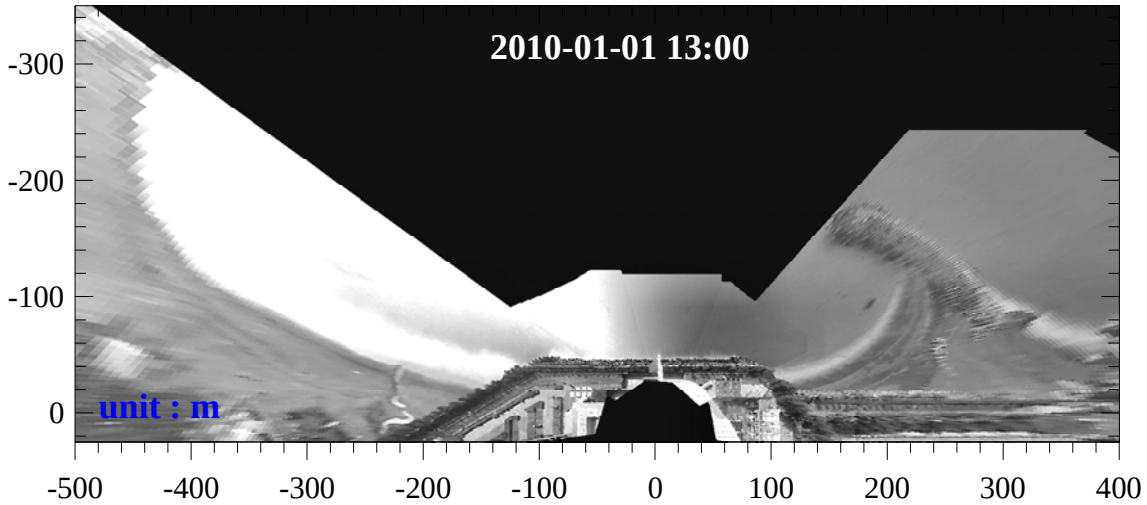
附圖 1E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 10:00)



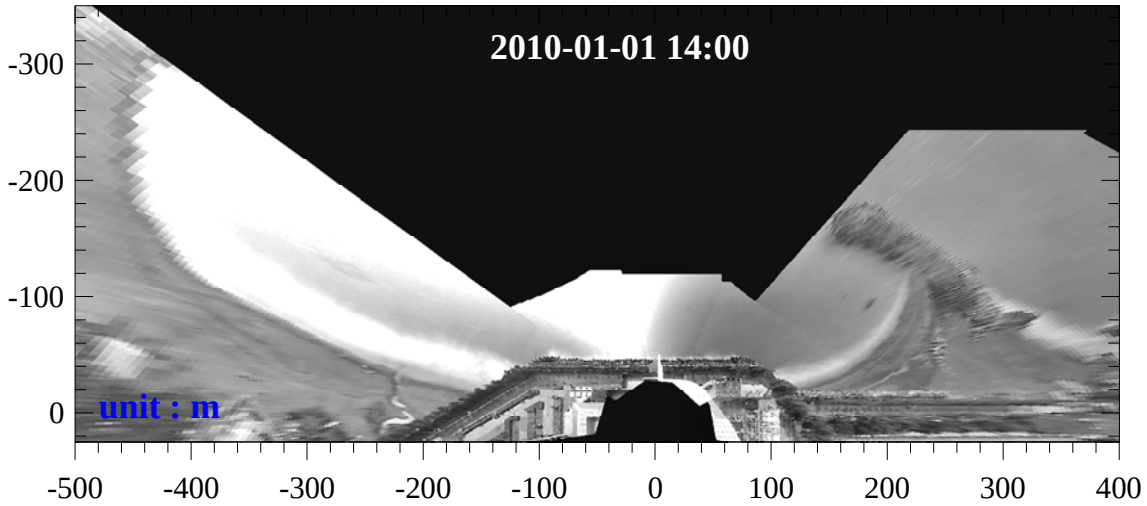
附圖 1F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 11:00)



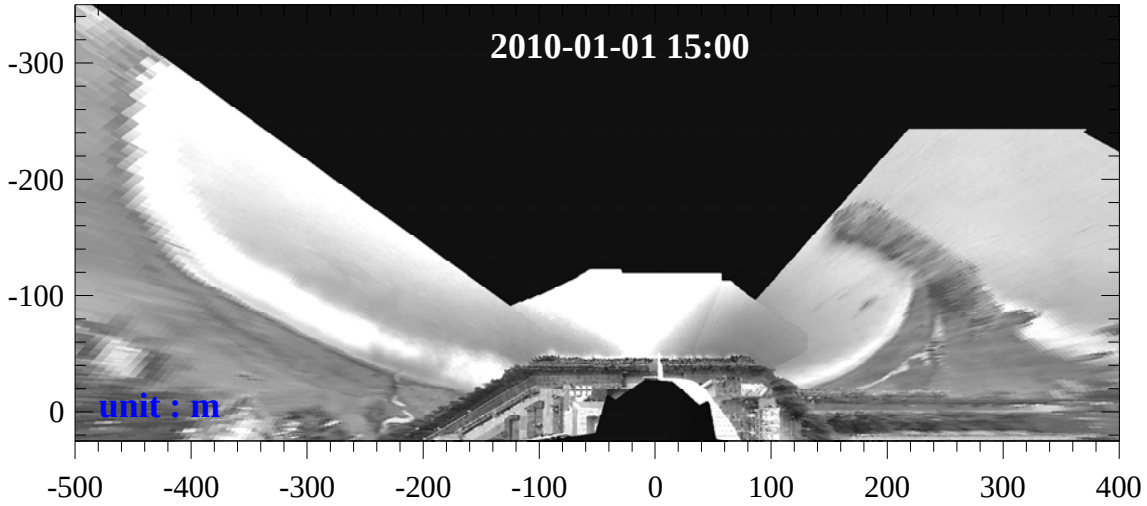
附圖 1G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 12:00)



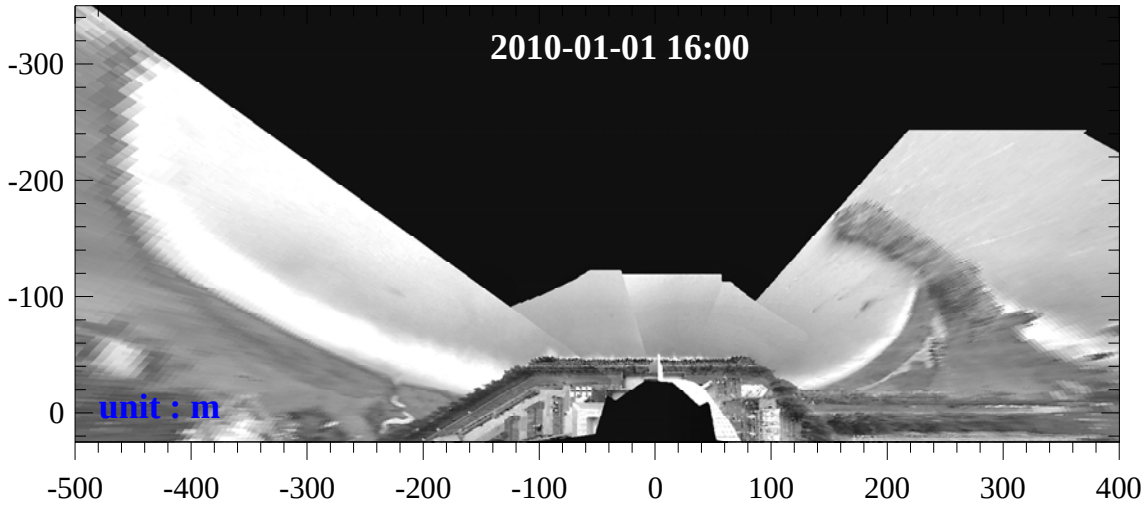
附圖 1H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 13:00)



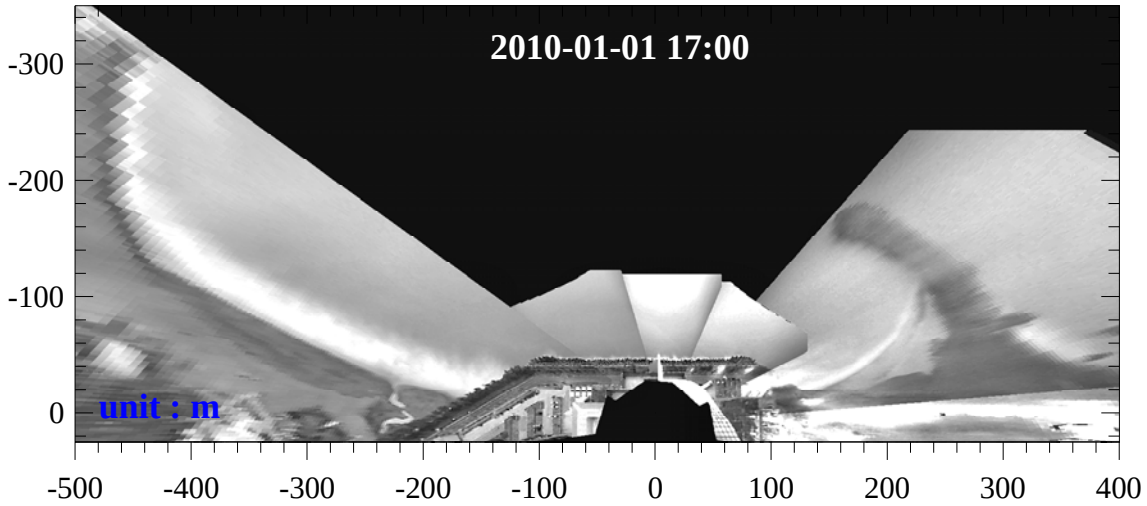
附圖 1I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 14:00)



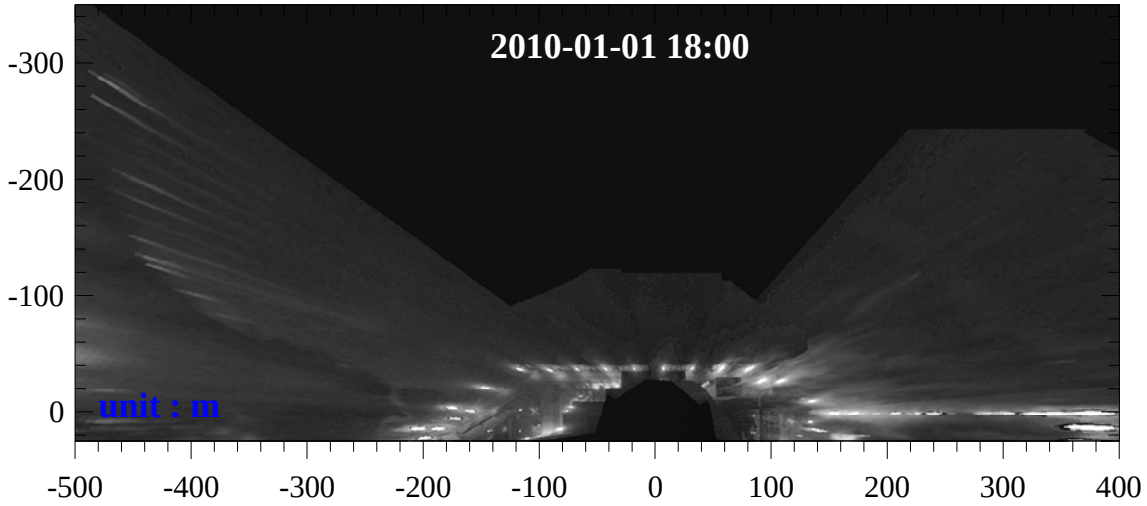
附圖 1J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 15:00)



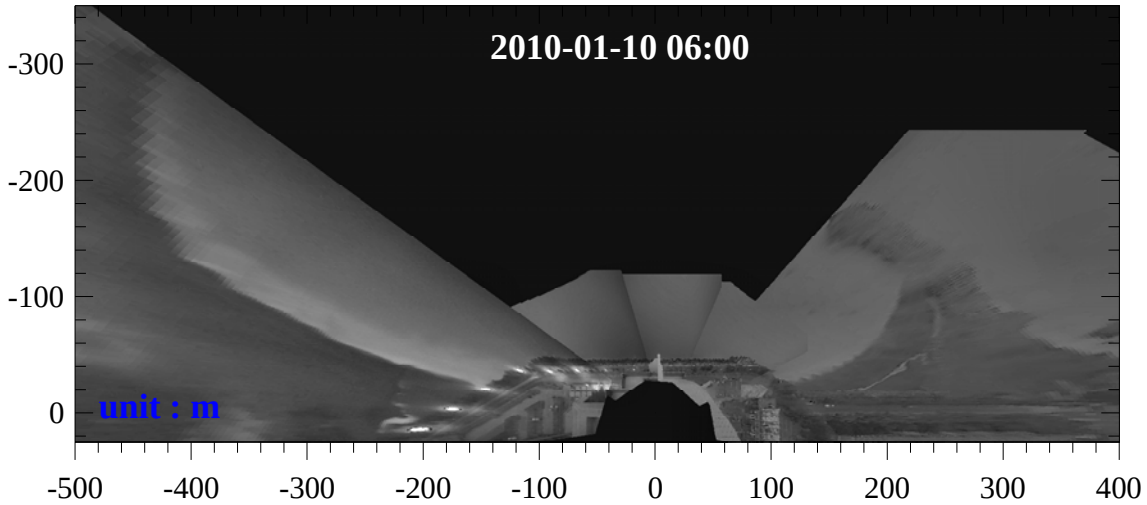
附圖 1K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 16:00)



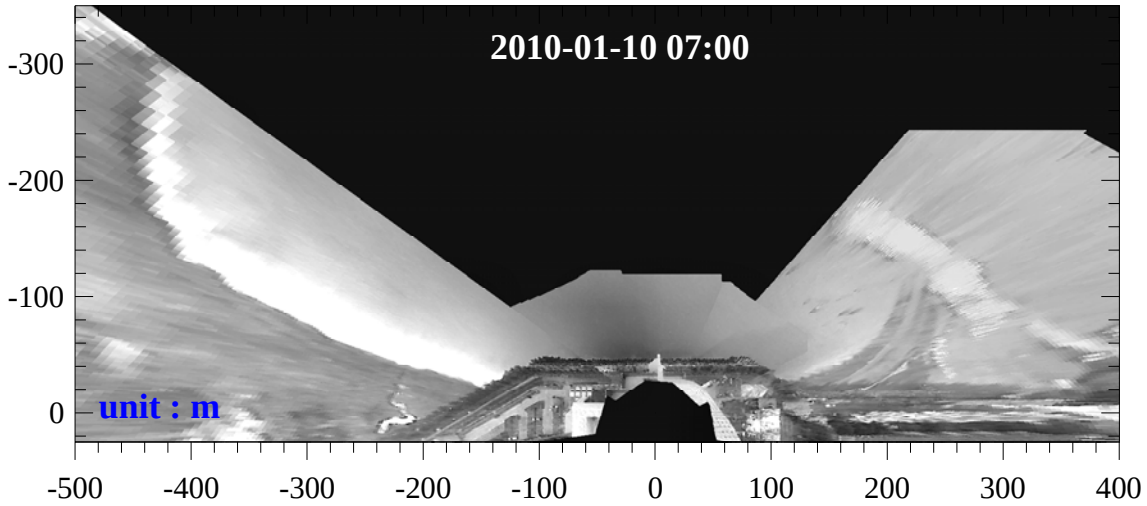
附圖 1L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 17:00)



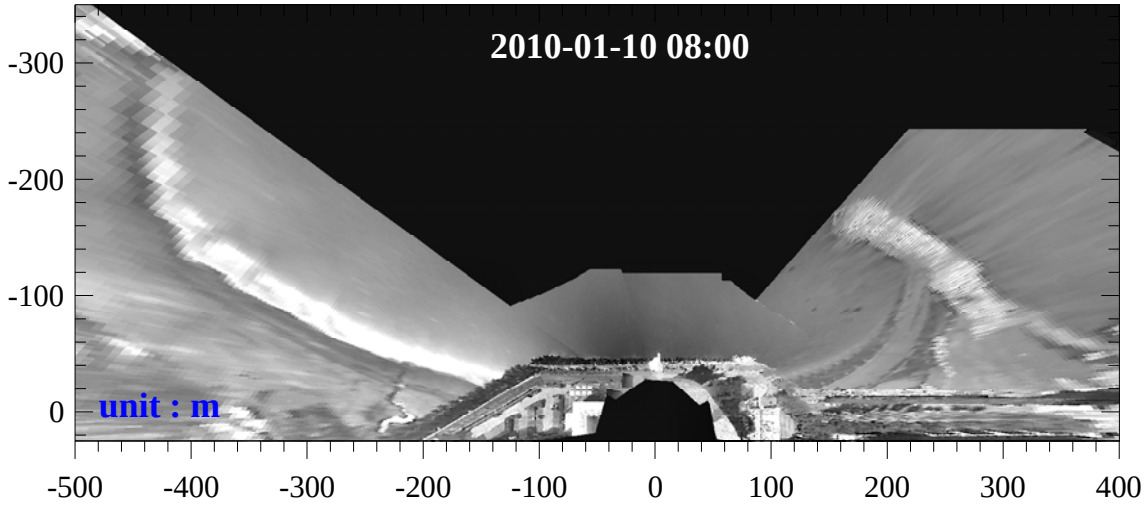
附圖 1M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/01 18:00)



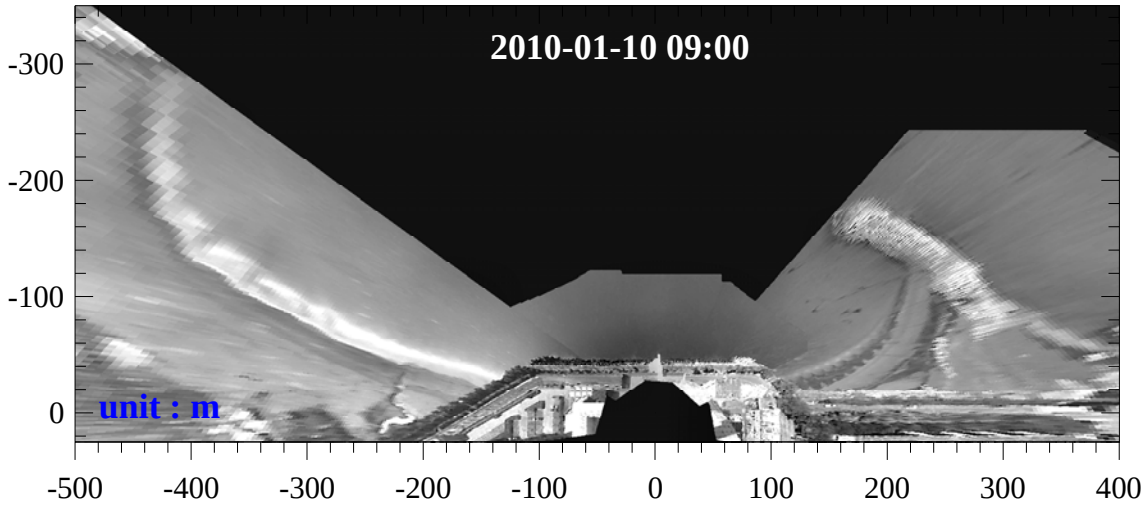
附圖 2A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 06:00)



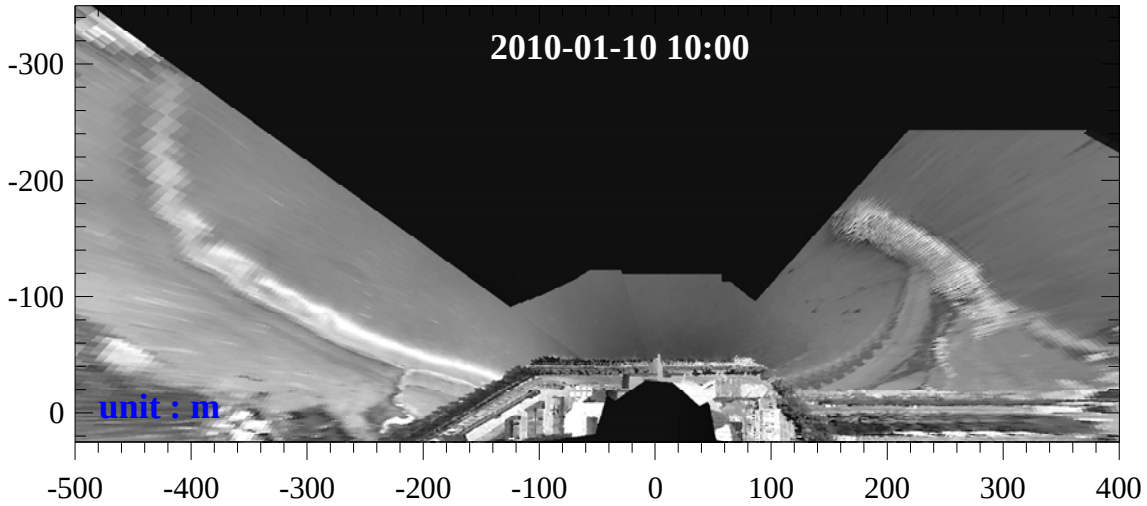
附圖 2B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 07:00)



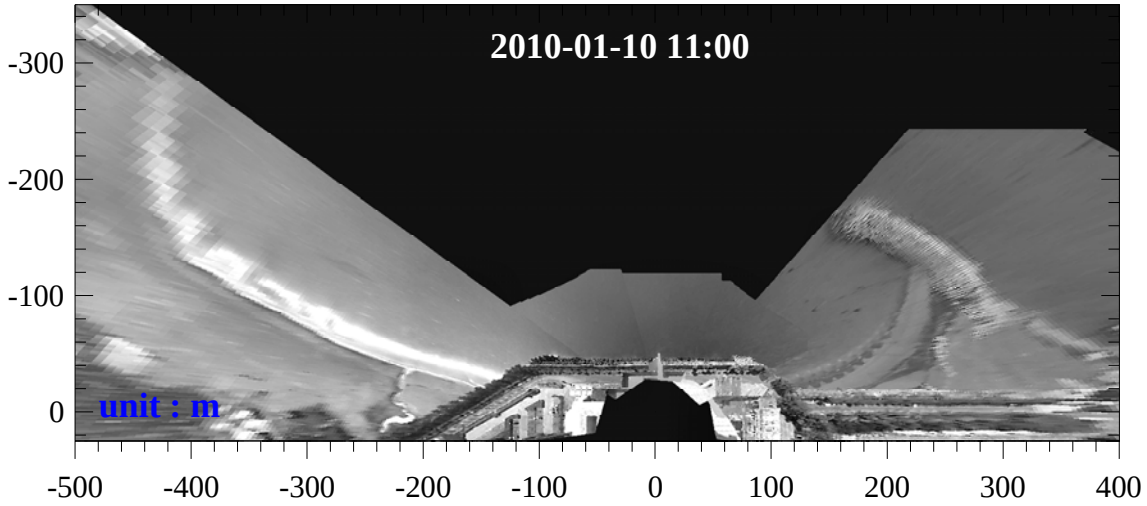
附圖 2C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 08:00)



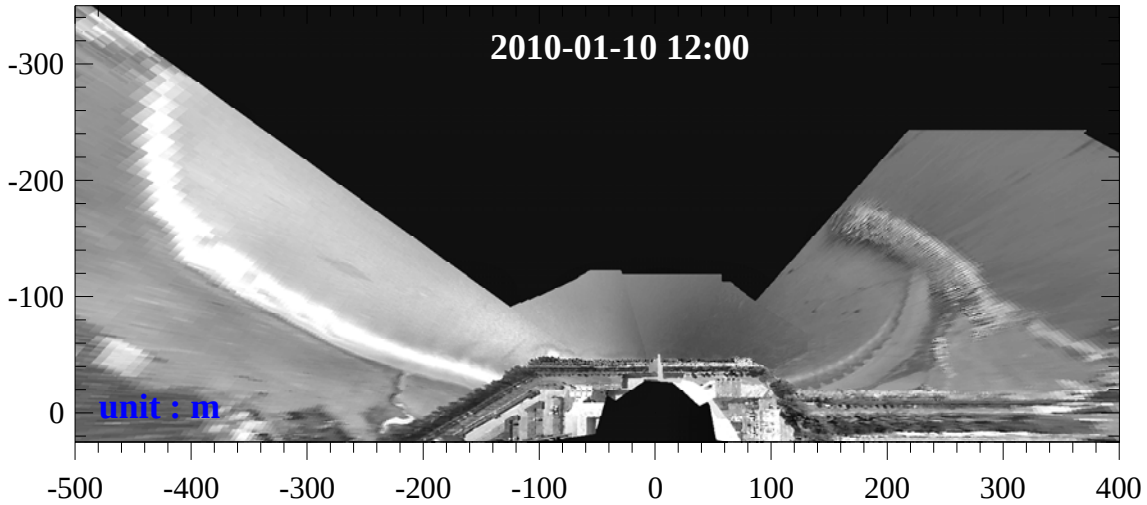
附圖 2D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 09:00)



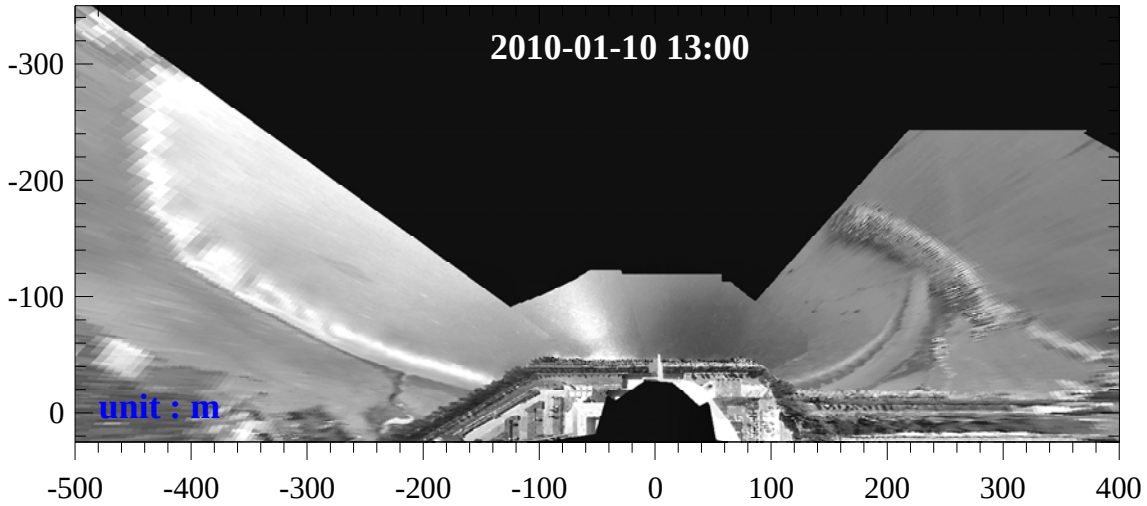
附圖 2E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 10:00)



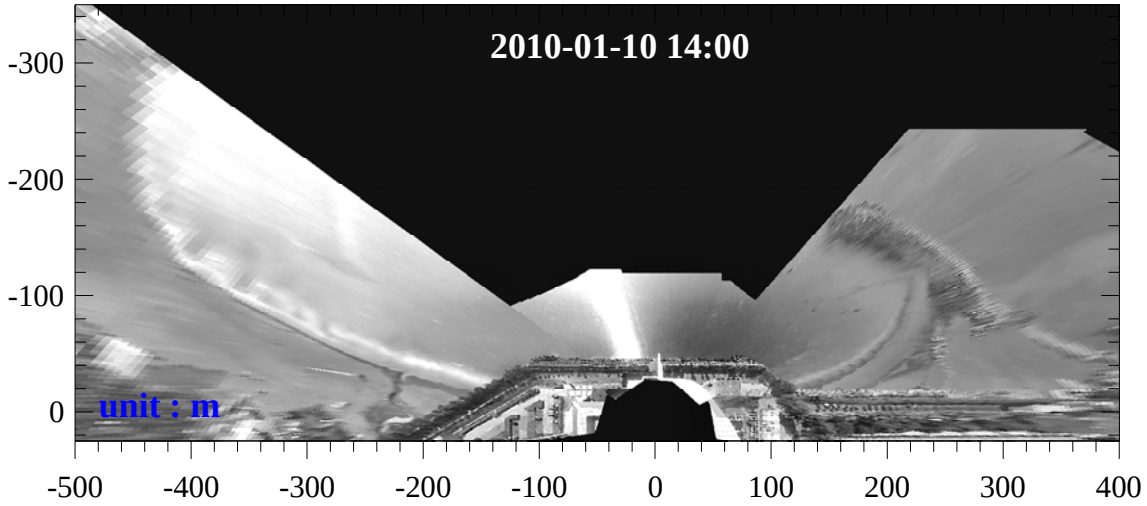
附圖 2F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 11:00)



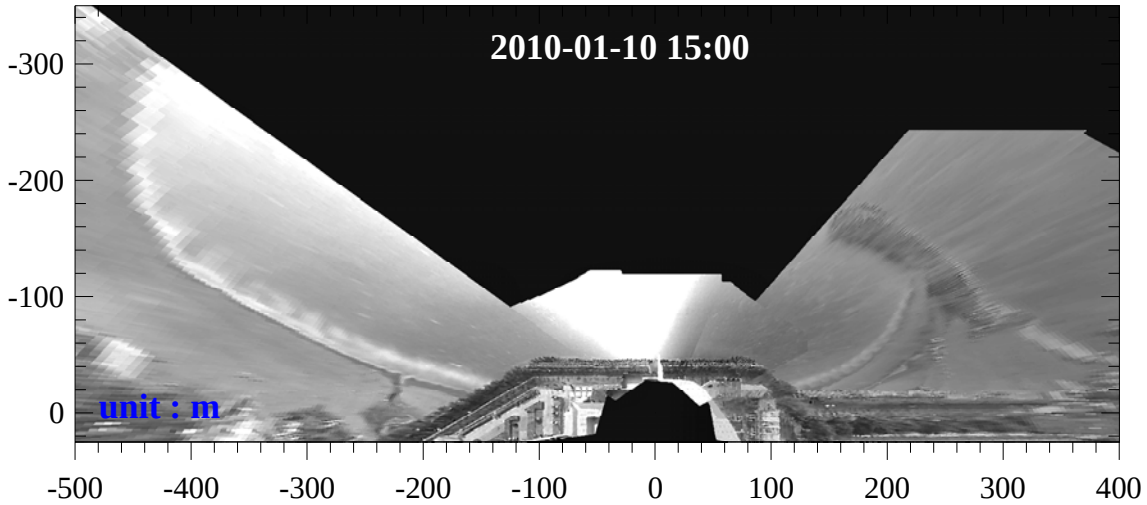
附圖 2G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 12:00)



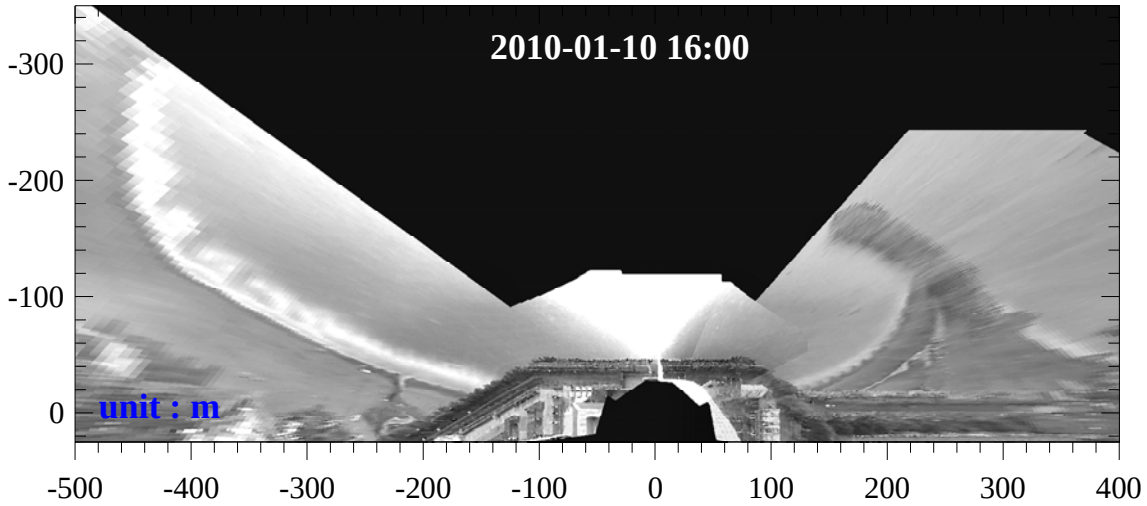
附圖 2H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 13:00)



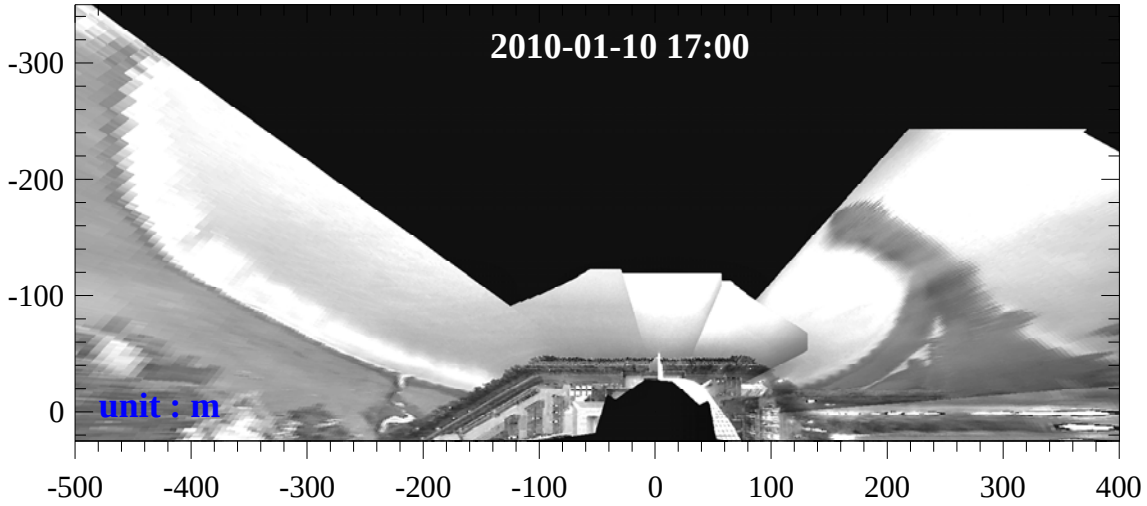
附圖 2I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 14:00)



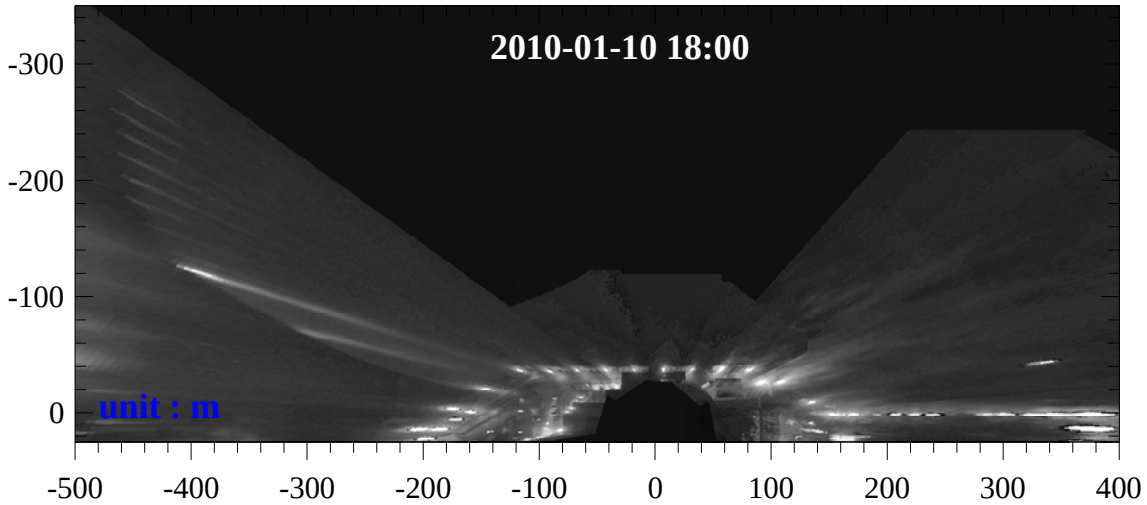
附圖 2J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 15:00)



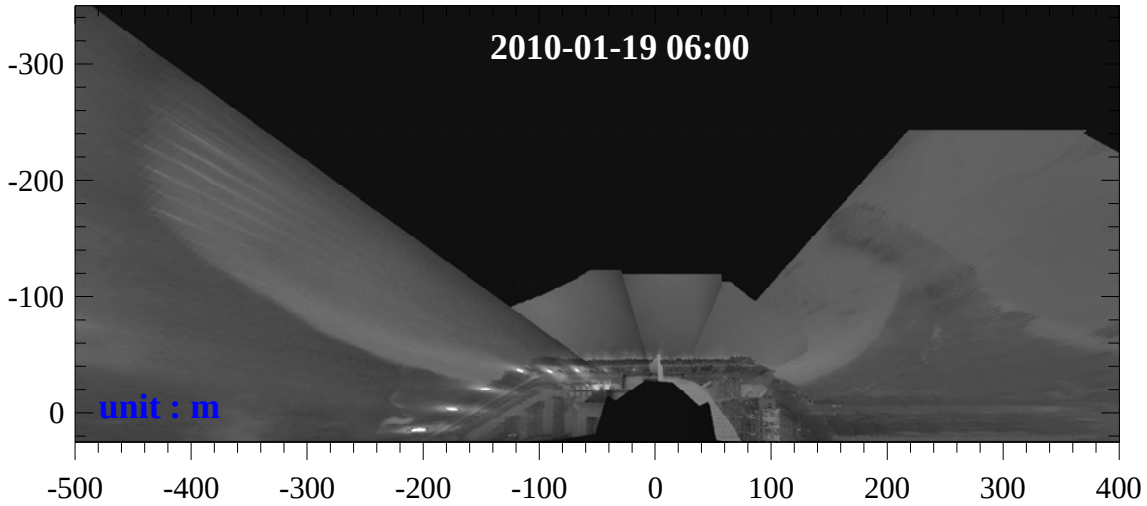
附圖 2K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 16:00)



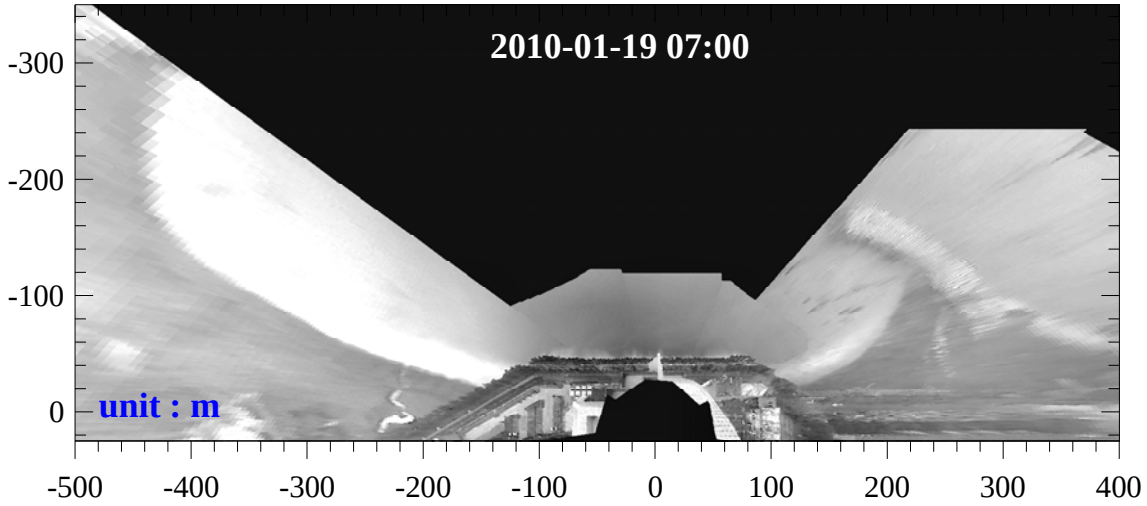
附圖 2L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 17:00)



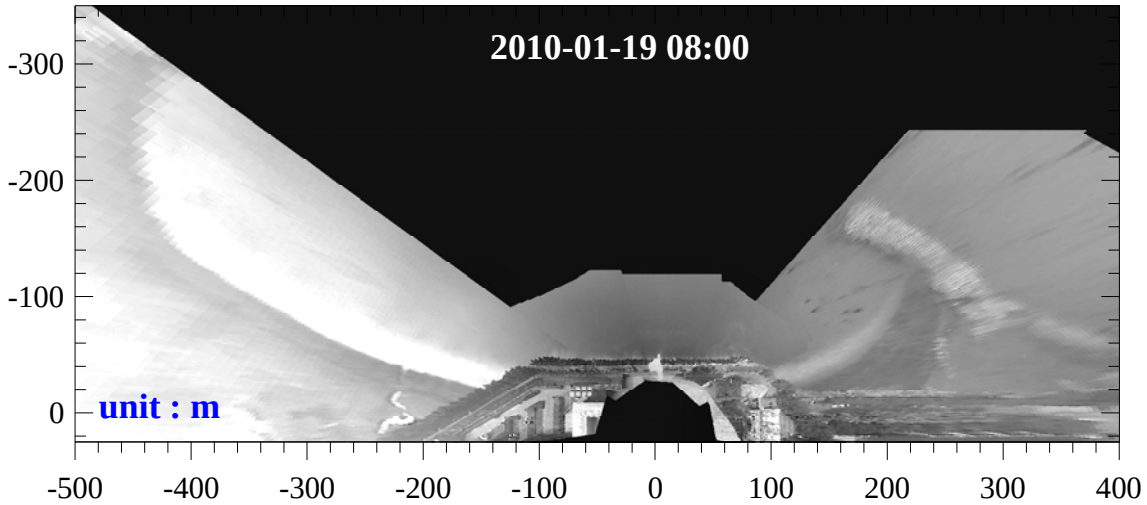
附圖 2M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/10 18:00)



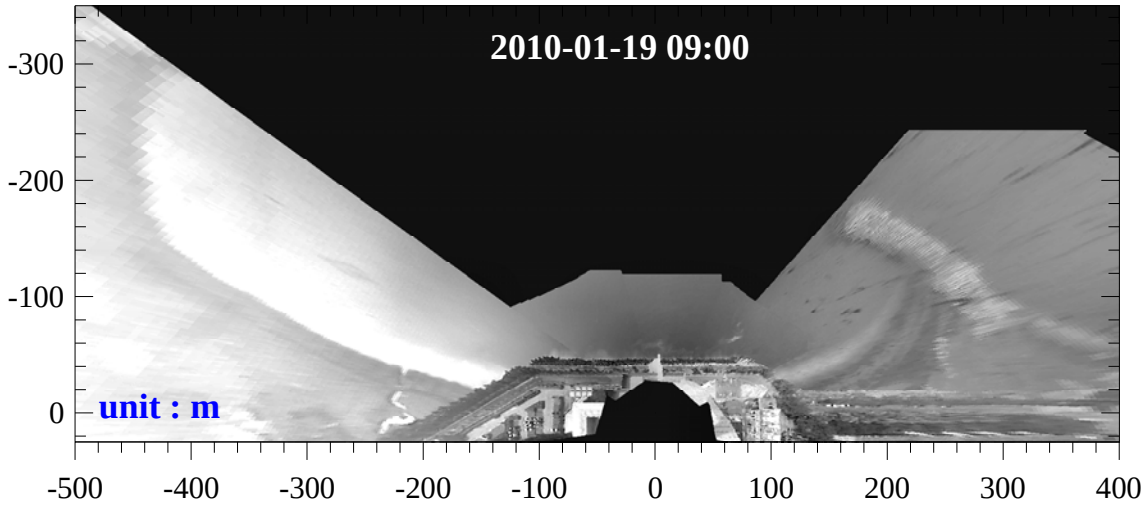
附圖 3A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 06:00)



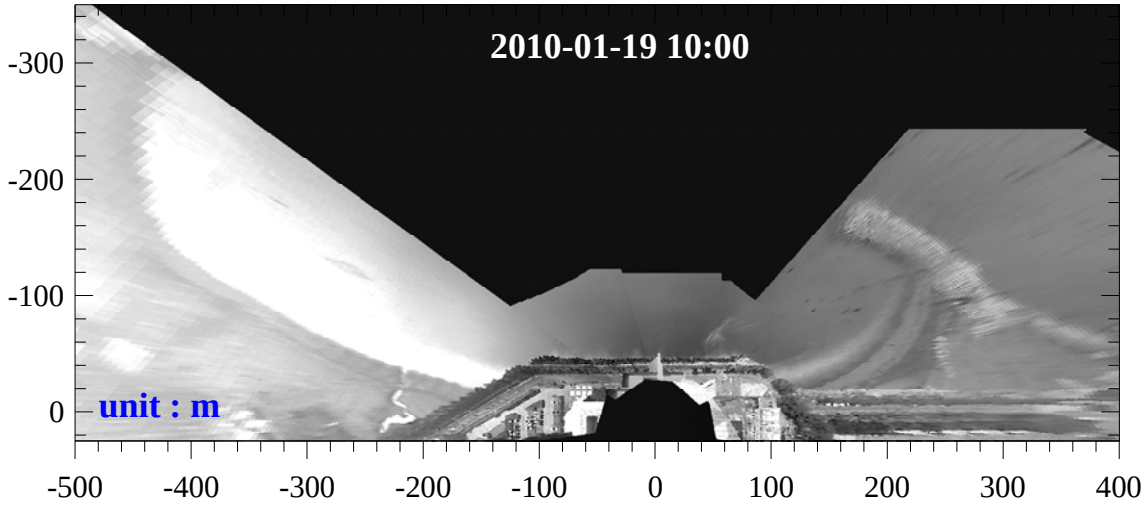
附圖 3B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 07:00)



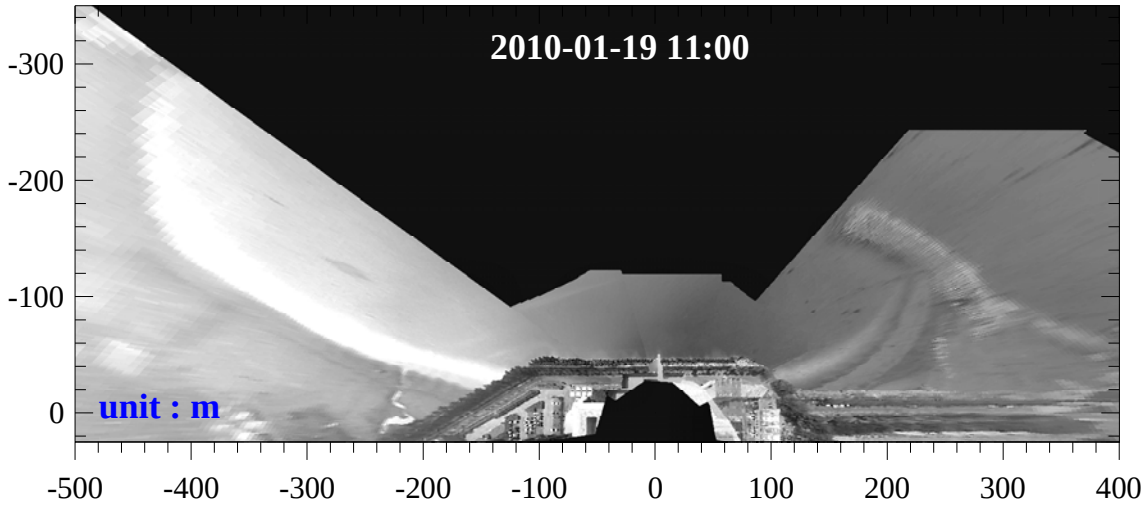
附圖 3C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 08:00)



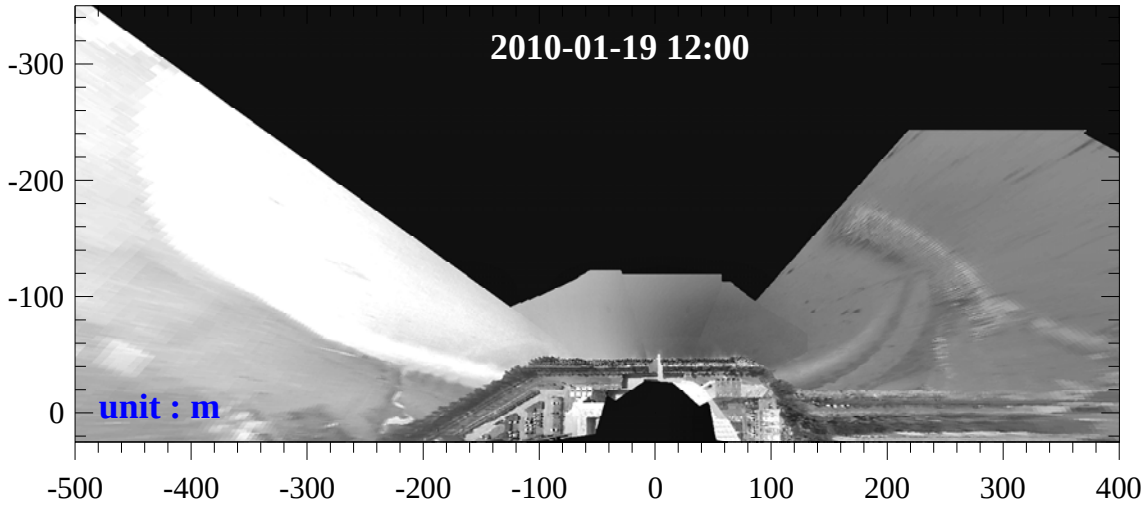
附圖 3D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 09:00)



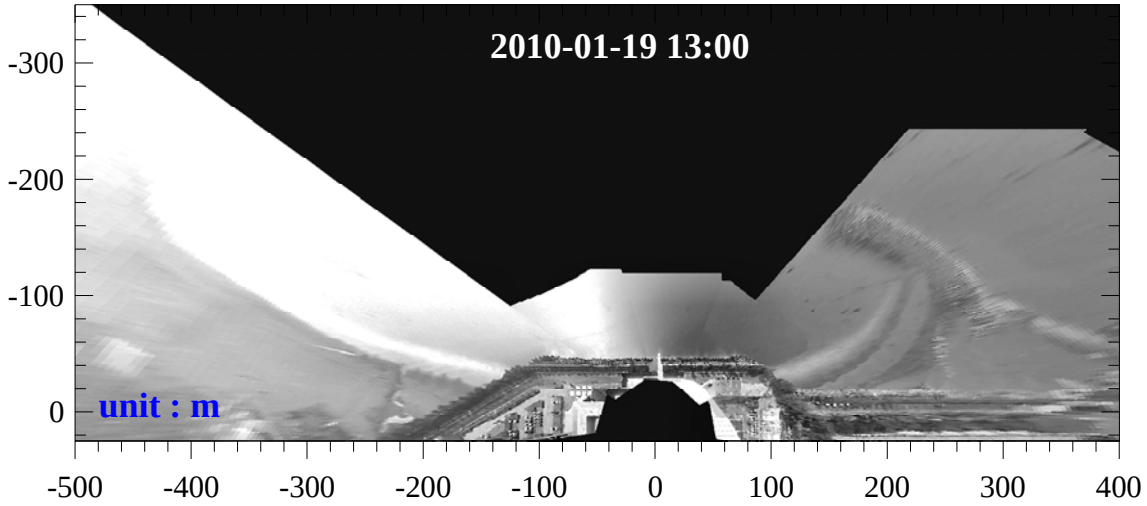
附圖 3E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 10:00)



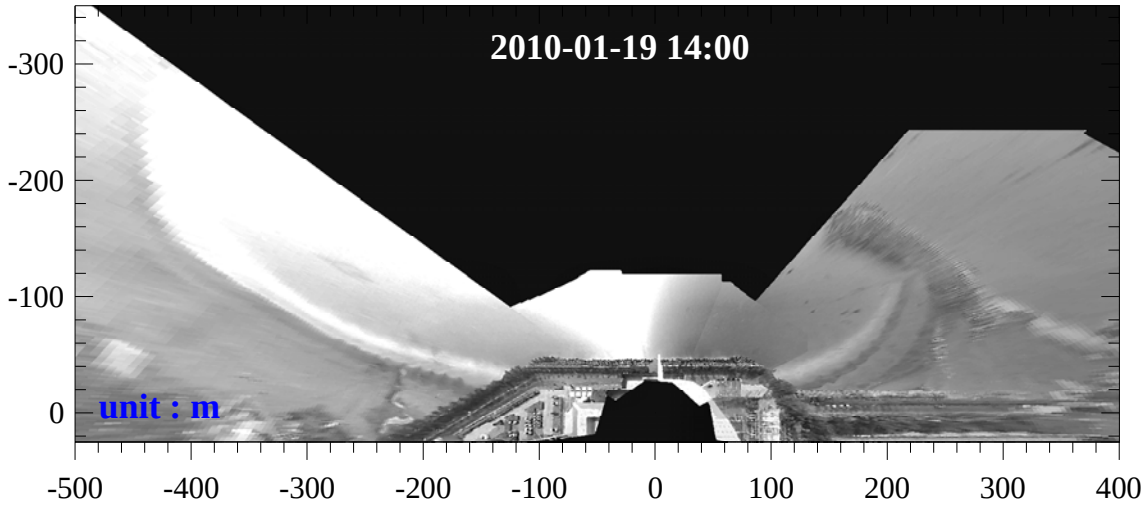
附圖 3F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 11:00)



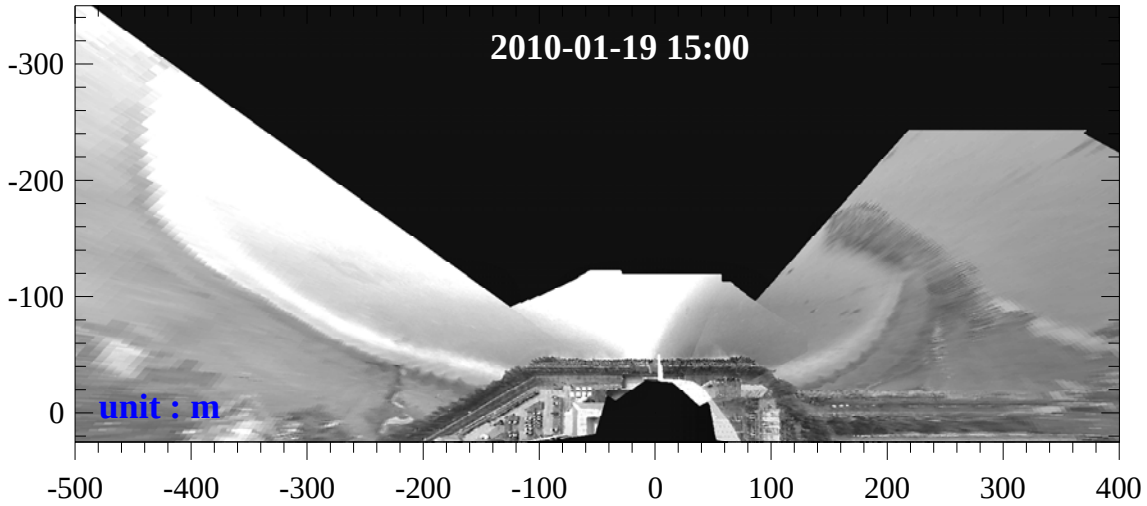
附圖 3G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 12:00)



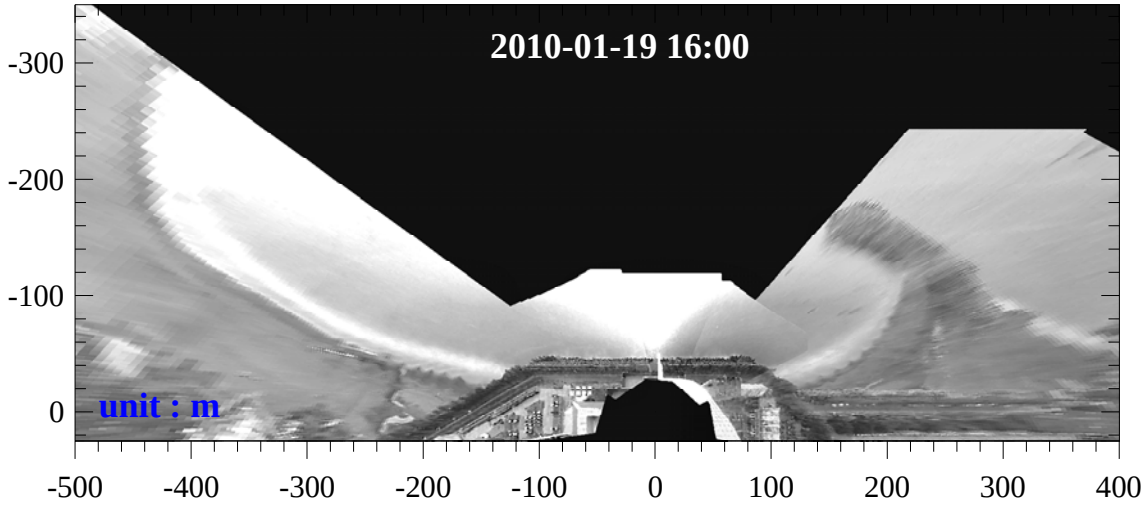
附圖 3H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 13:00)



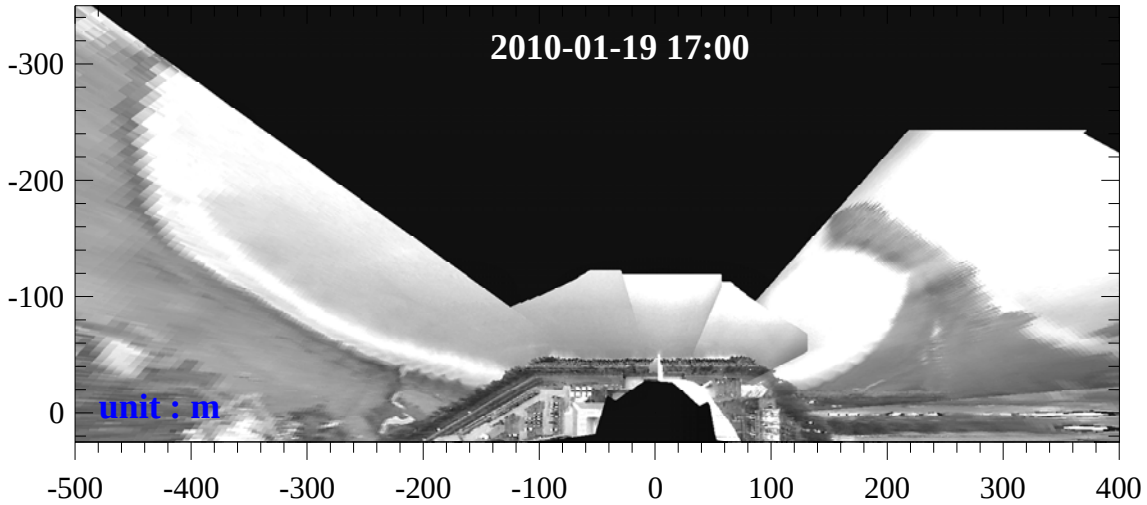
附圖 3I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 14:00)



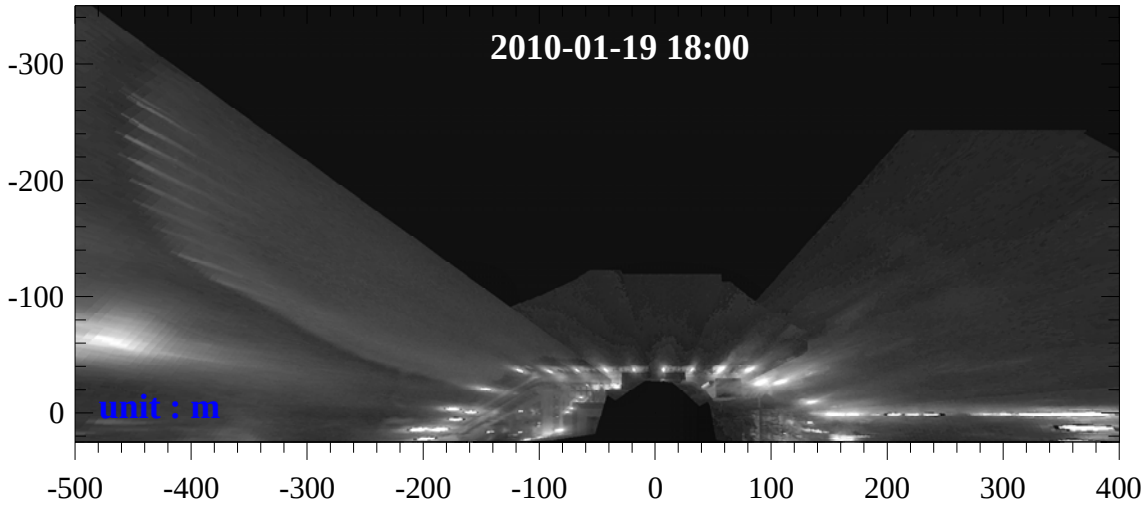
附圖 3J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 15:00)



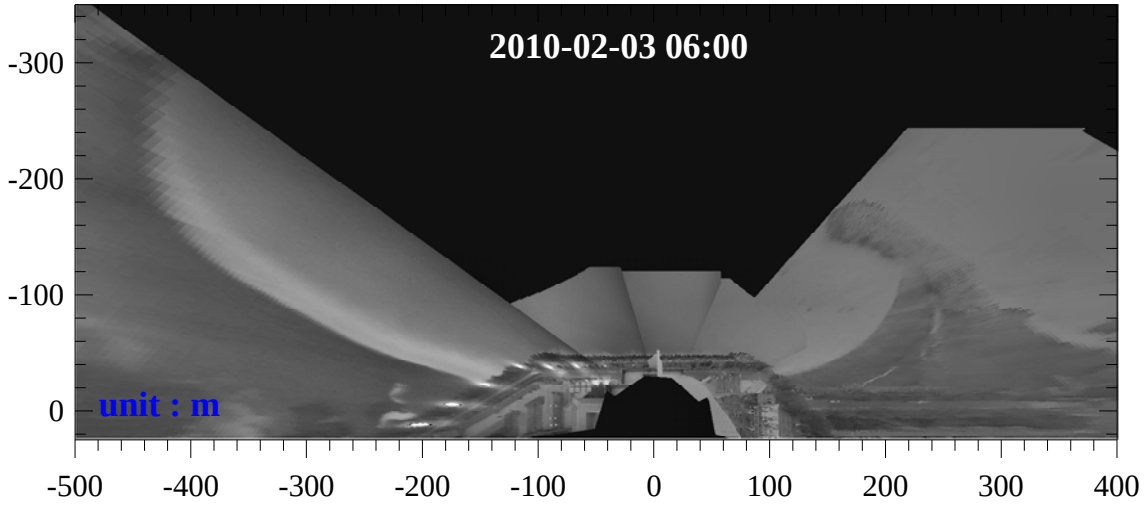
附圖 3K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 16:00)



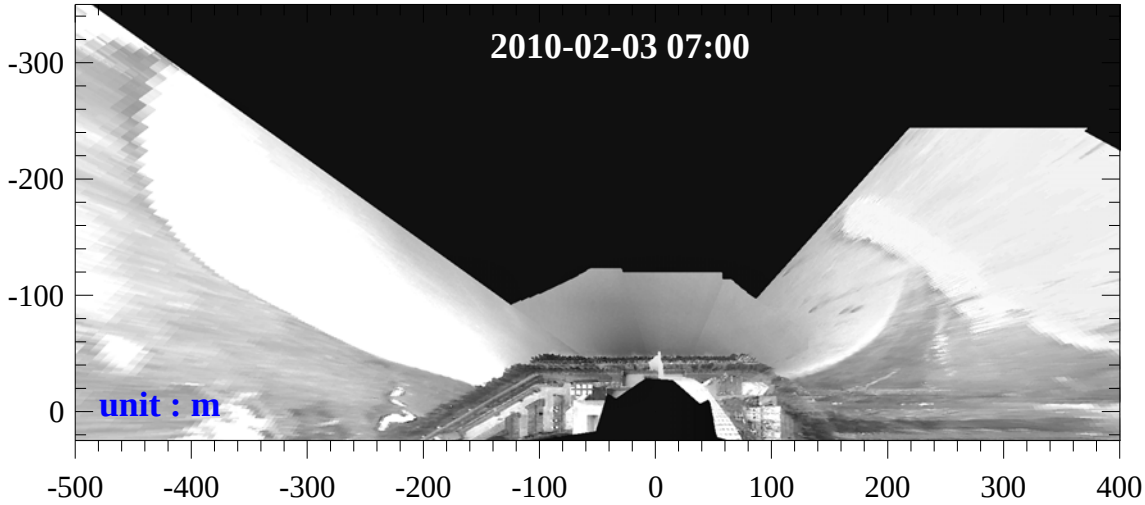
附圖 3L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 17:00)



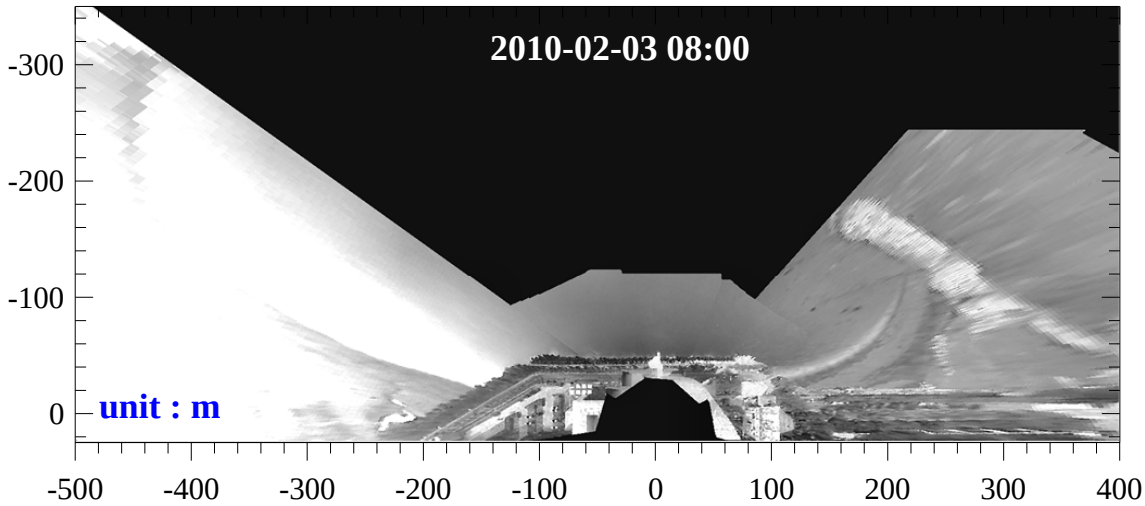
附圖 3M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/01/19 18:00)



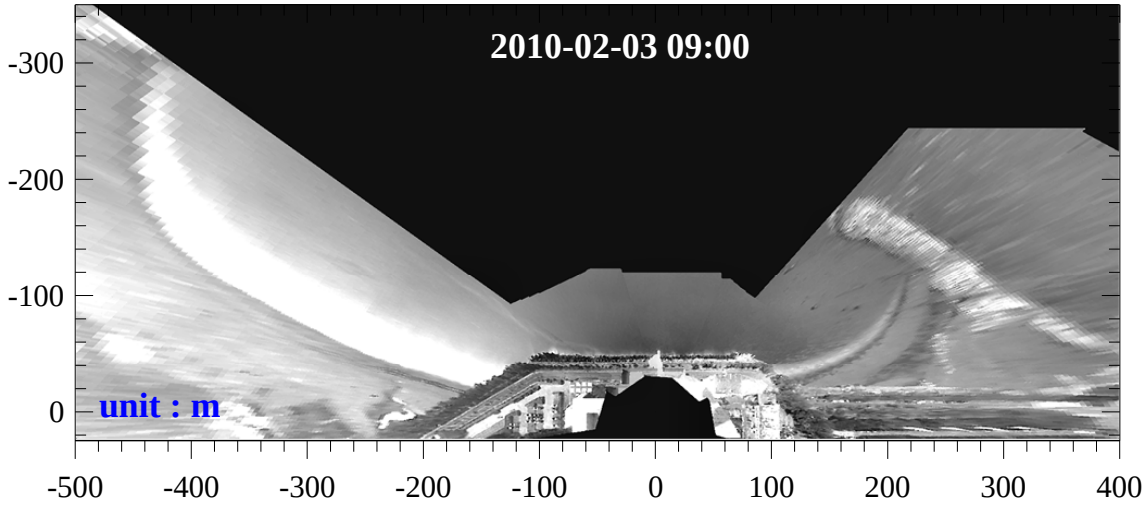
附圖 4A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 06:00)



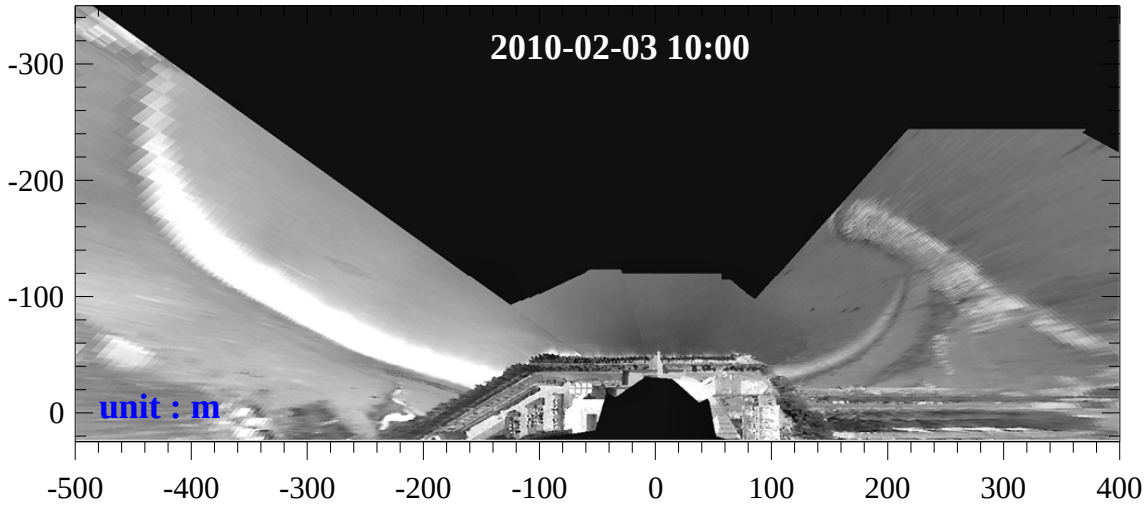
附圖 4B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 07:00)



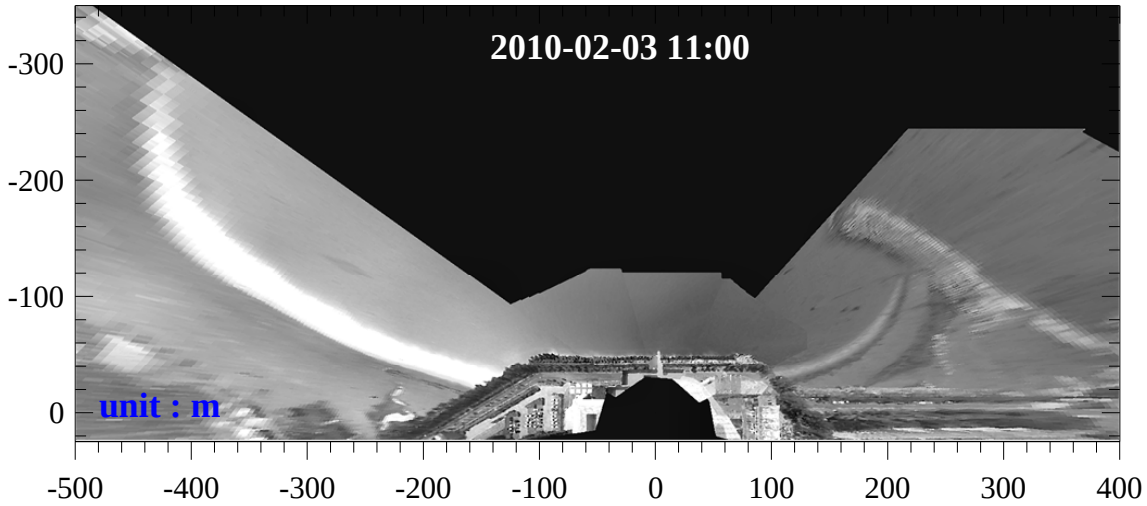
附圖 4C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 08:00)



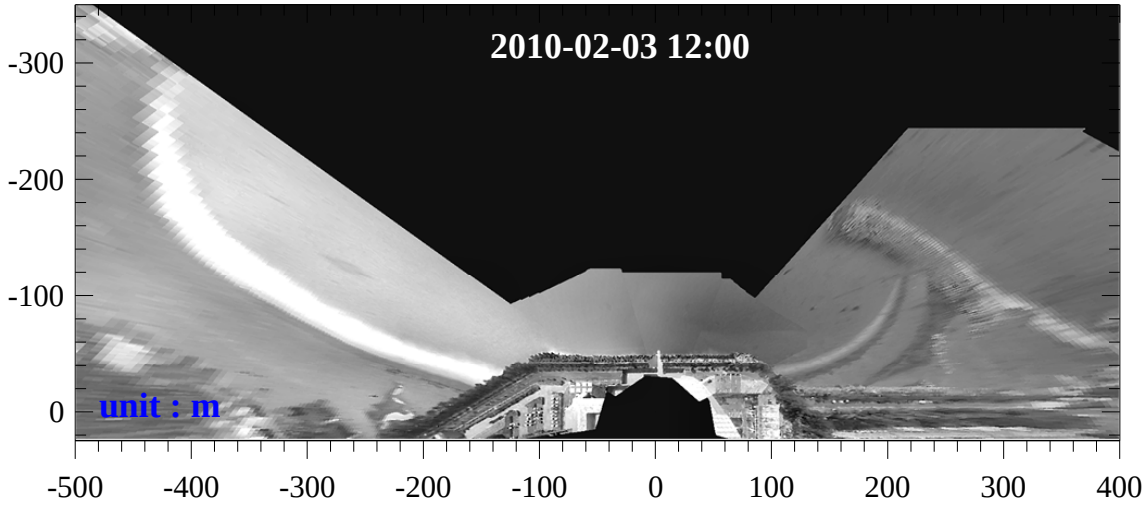
附圖 4D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 09:00)



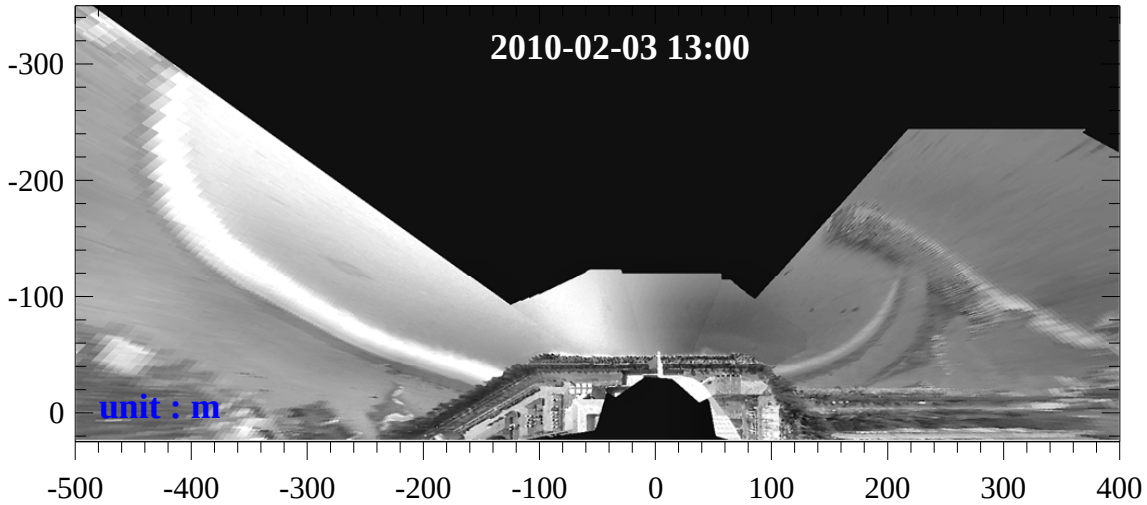
附圖 4E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 10:00)



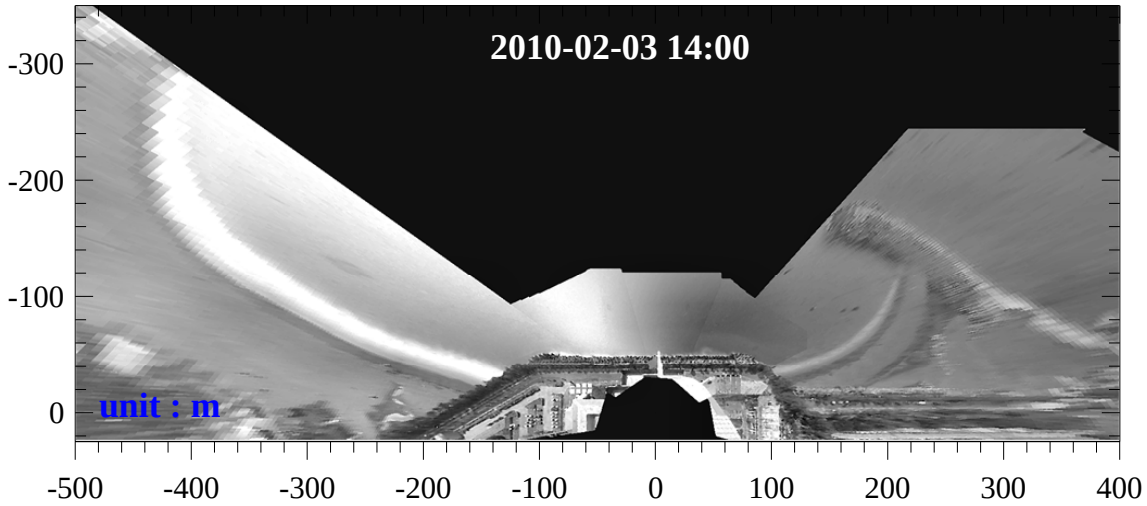
附圖 4F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 11:00)



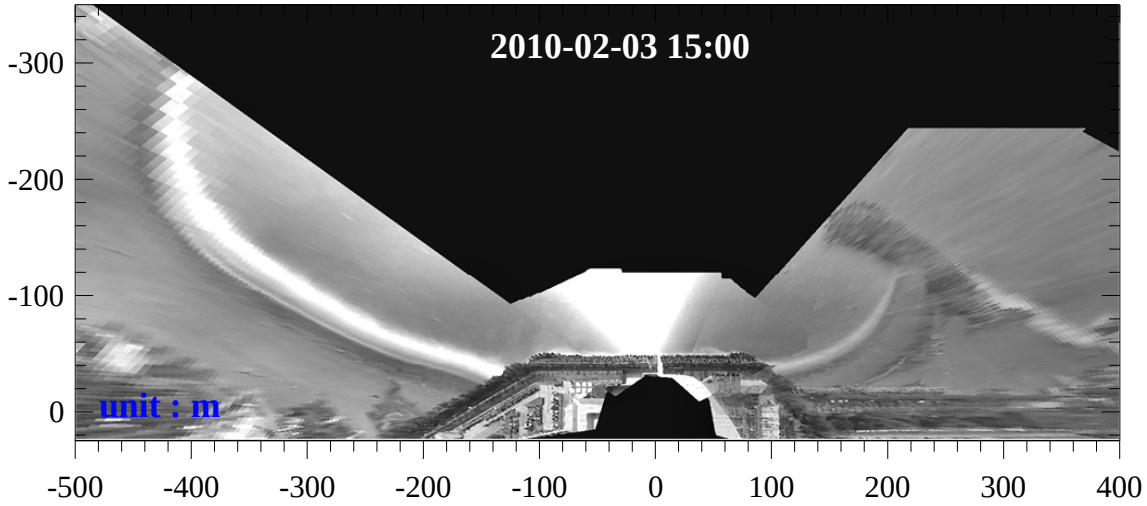
附圖 4G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 12:00)



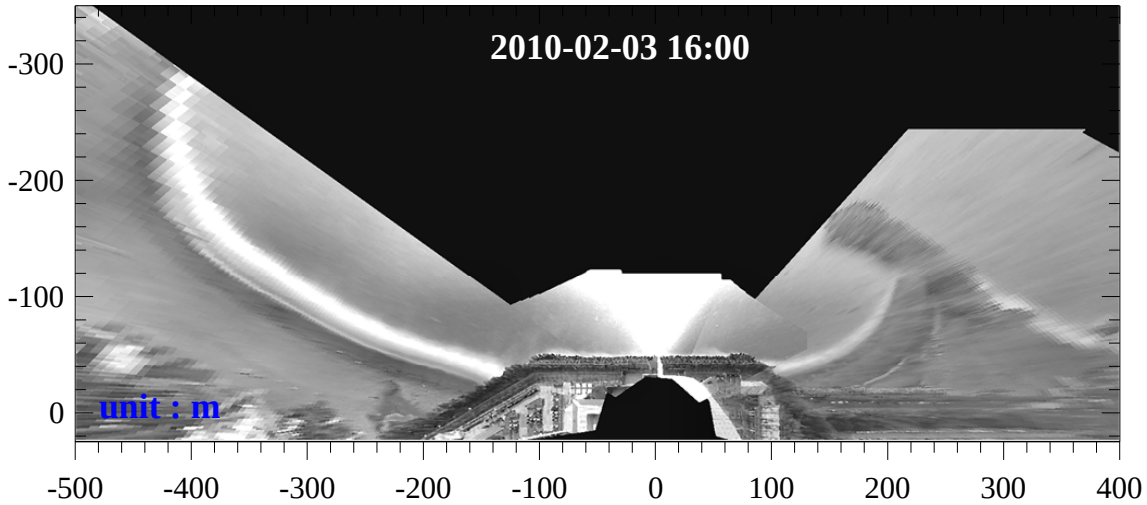
附圖 4H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 13:00)



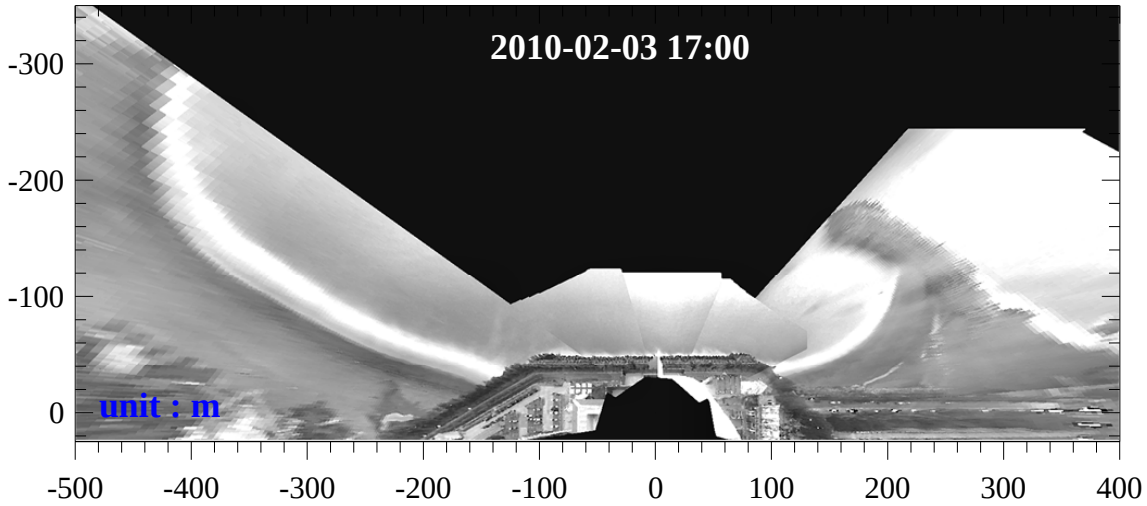
附圖 4I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 14:00)



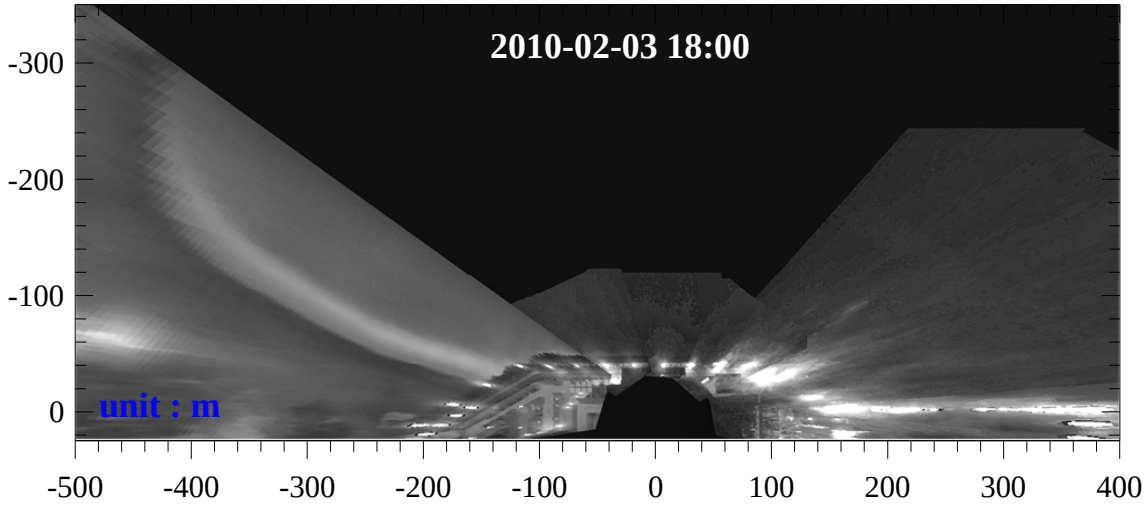
附圖 4J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 15:00)



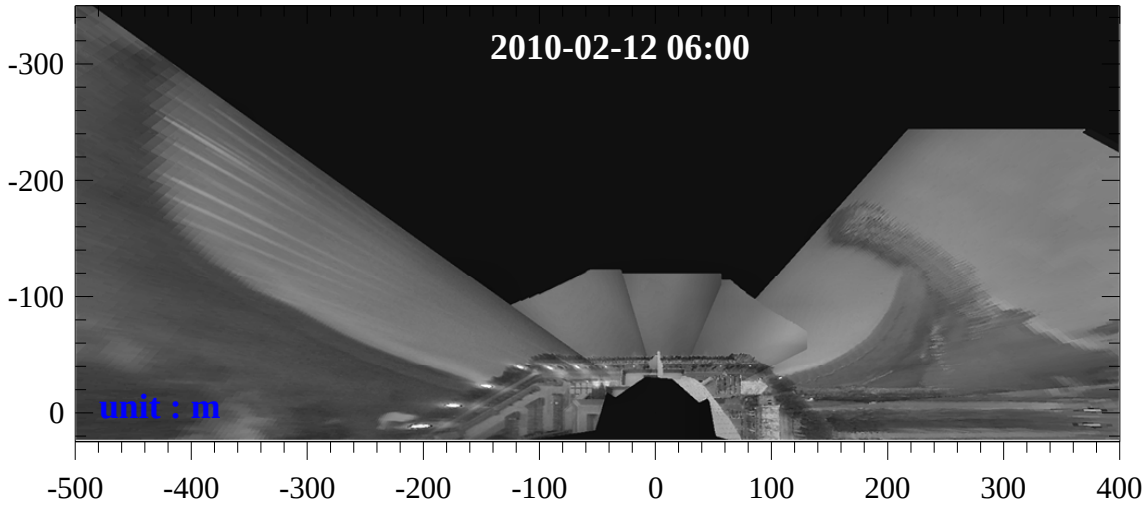
附圖 4K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 16:00)



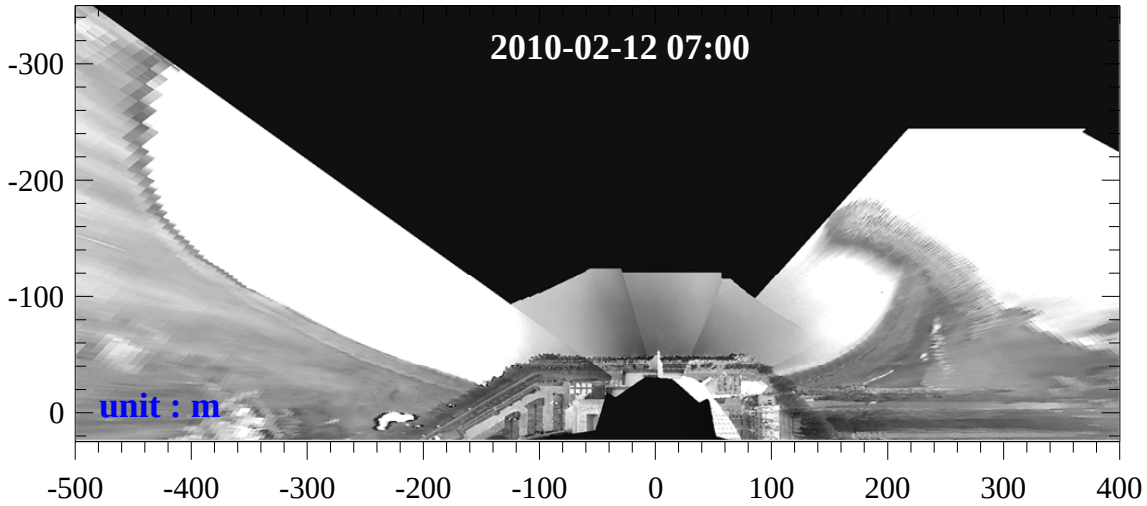
附圖 4L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 17:00)



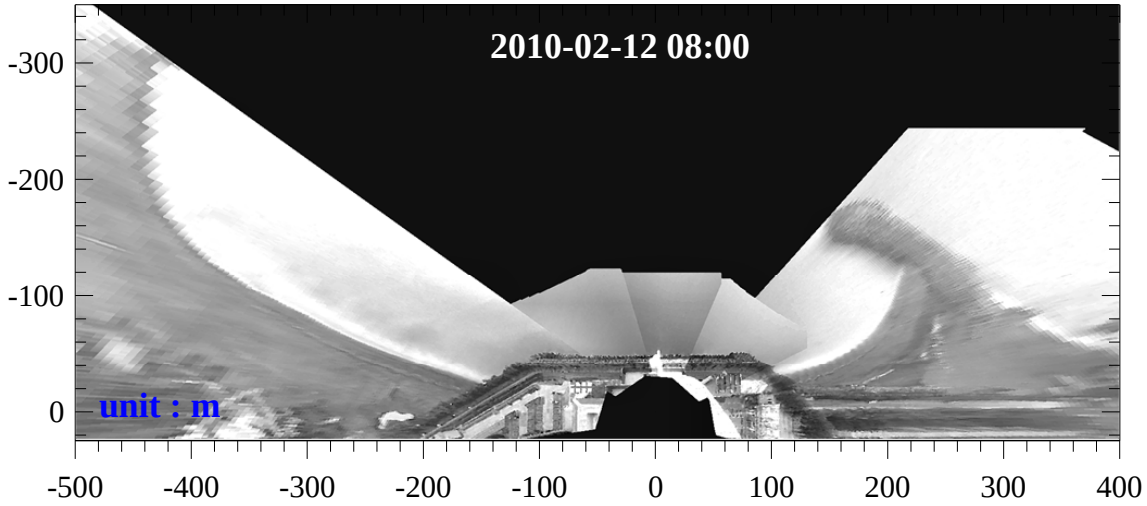
附圖 4M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/03 18:00)



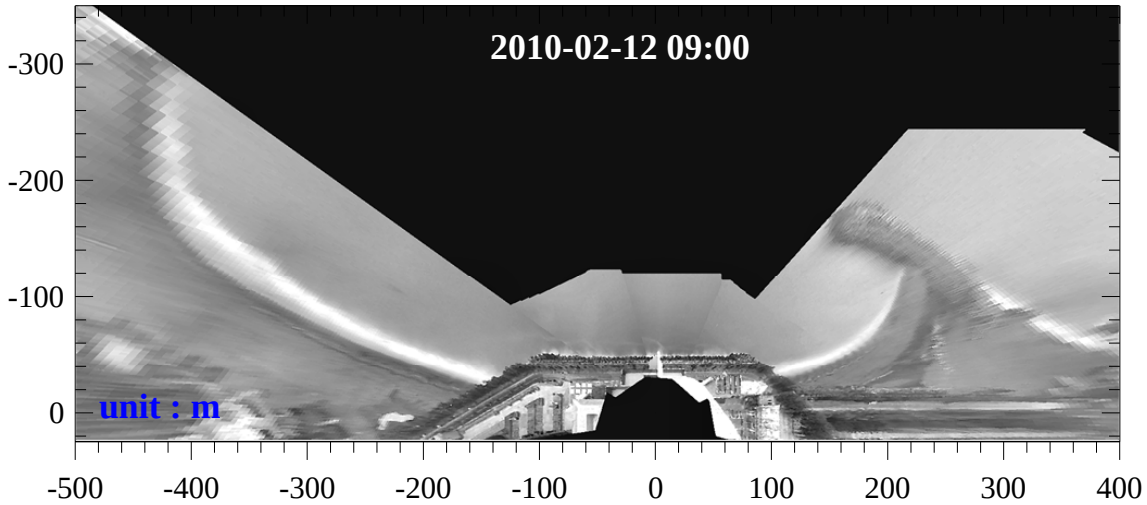
附圖 5A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 06:00)



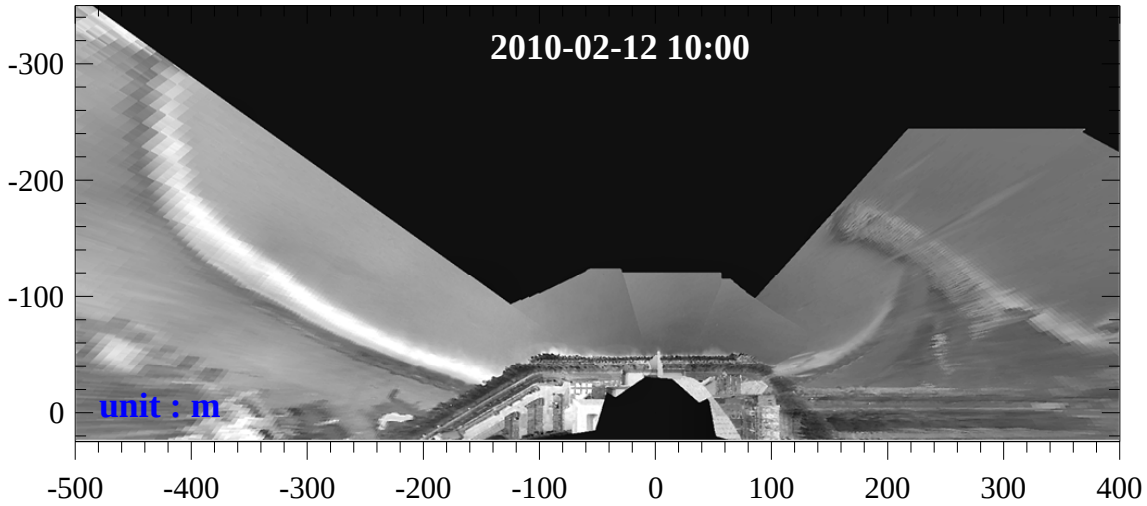
附圖 5B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 07:00)



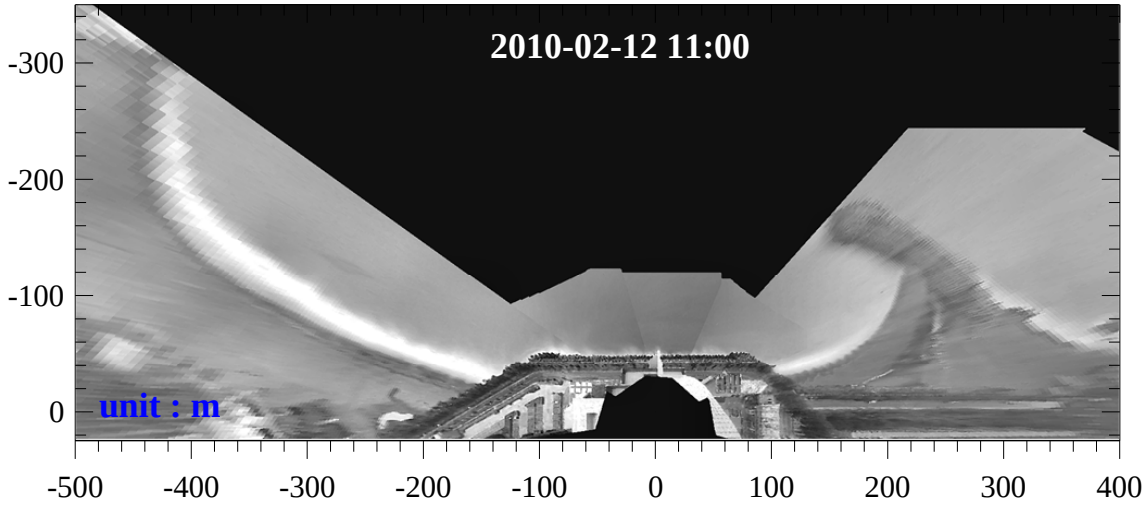
附圖 5C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 08:00)



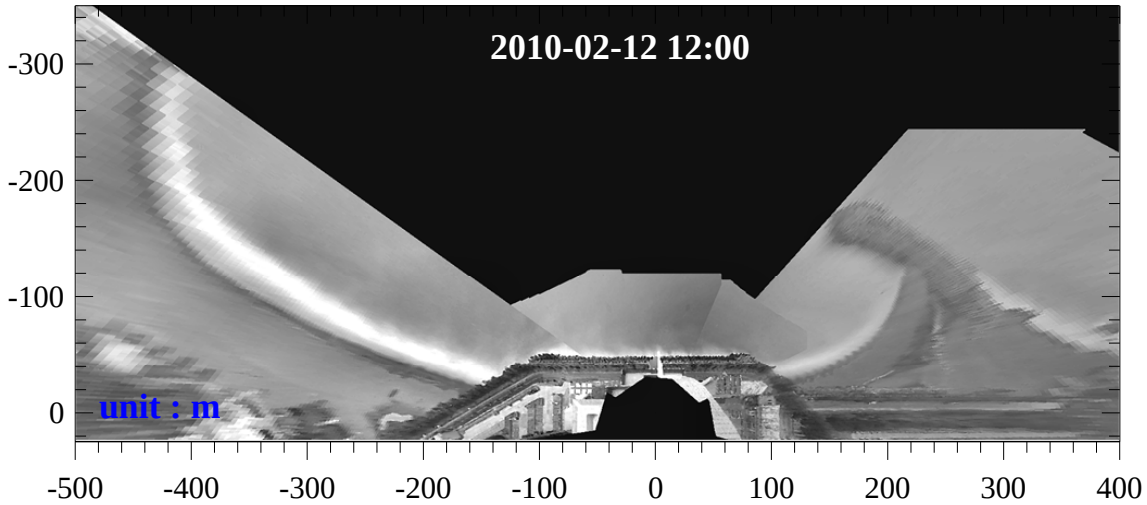
附圖 5D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 09:00)



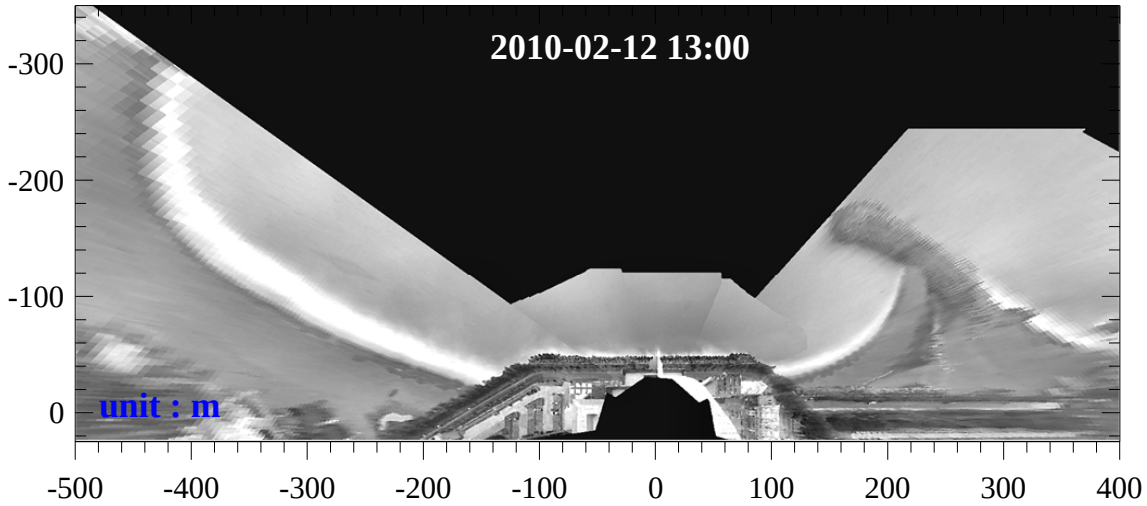
附圖 5E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 10:00)



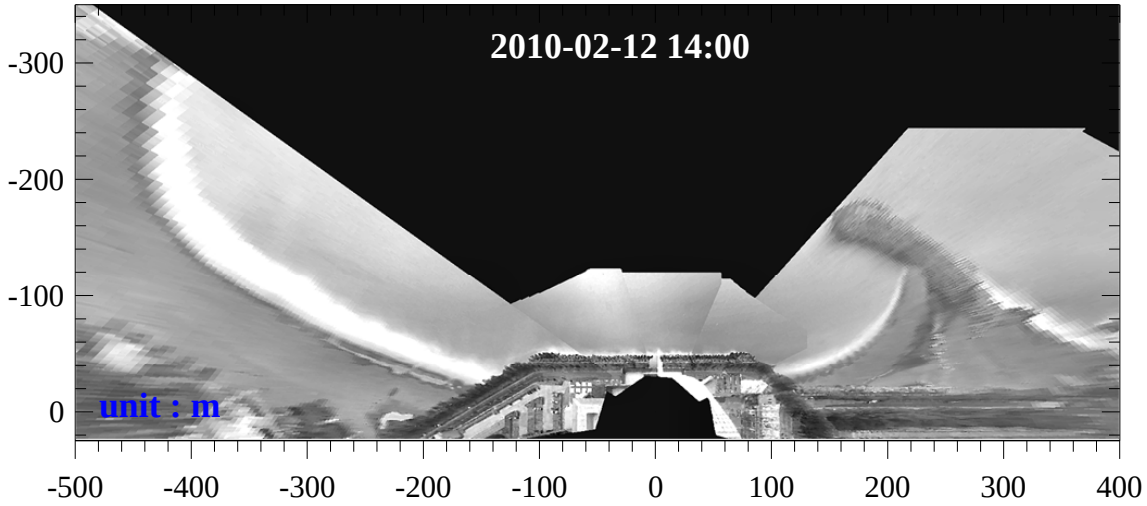
附圖 5F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 11:00)



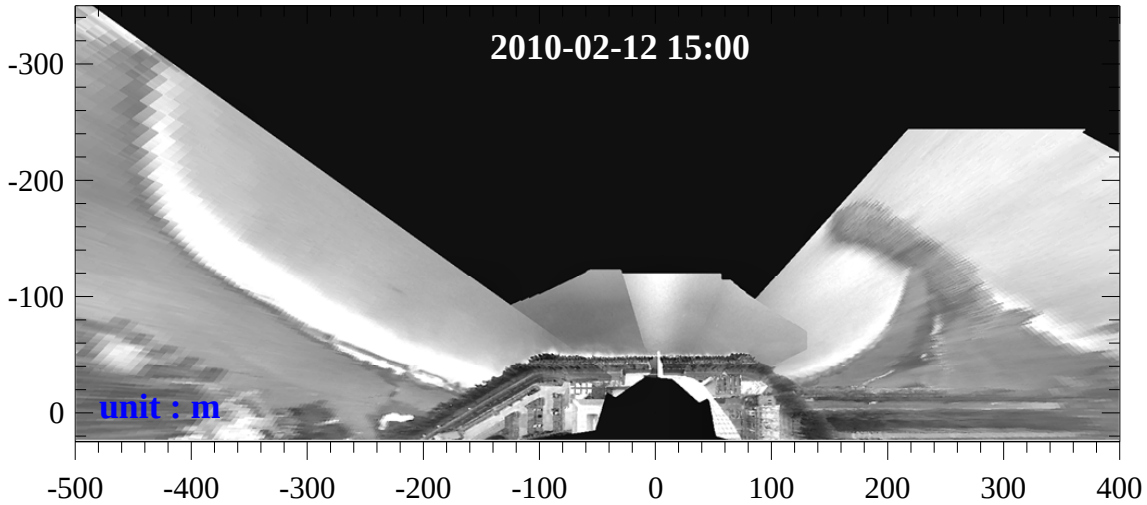
附圖 5G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 12:00)



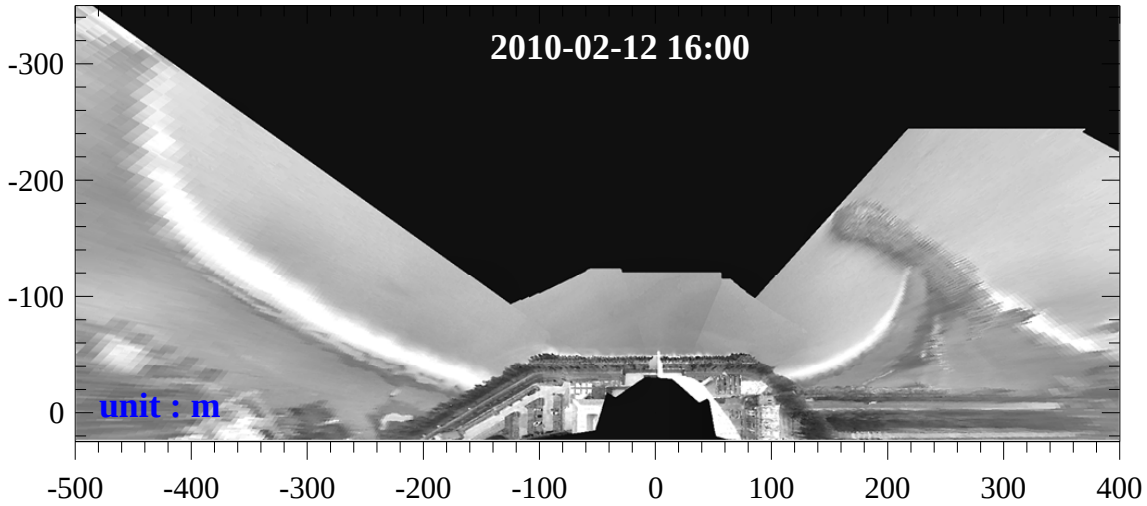
附圖 5H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 13:00)



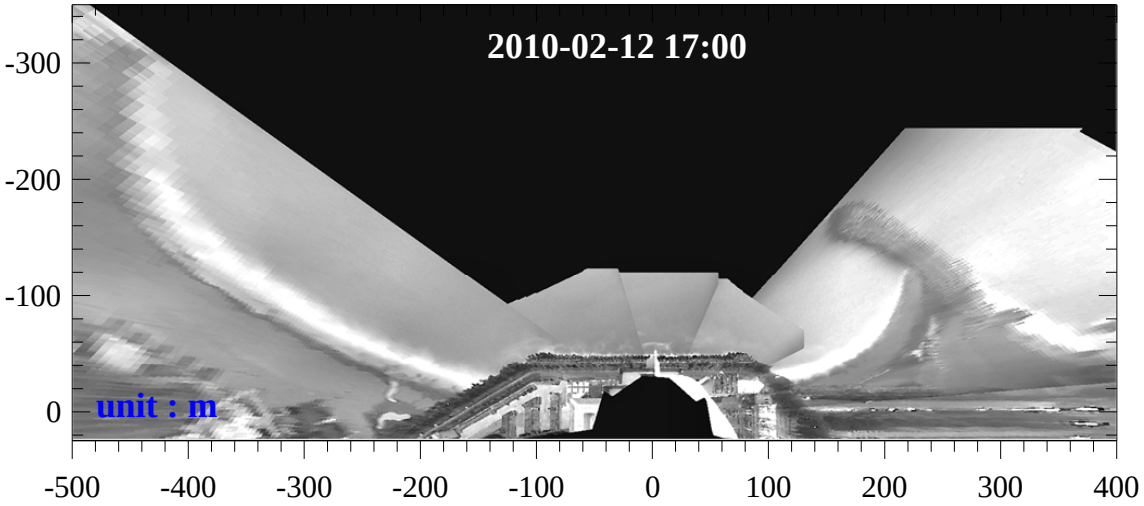
附圖 5I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 14:00)



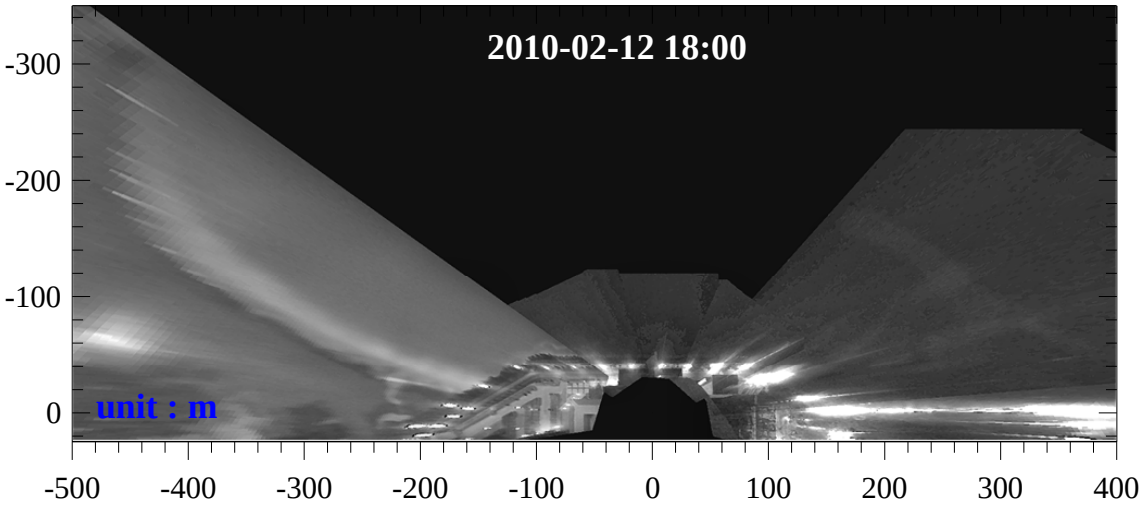
附圖 5J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 15:00)



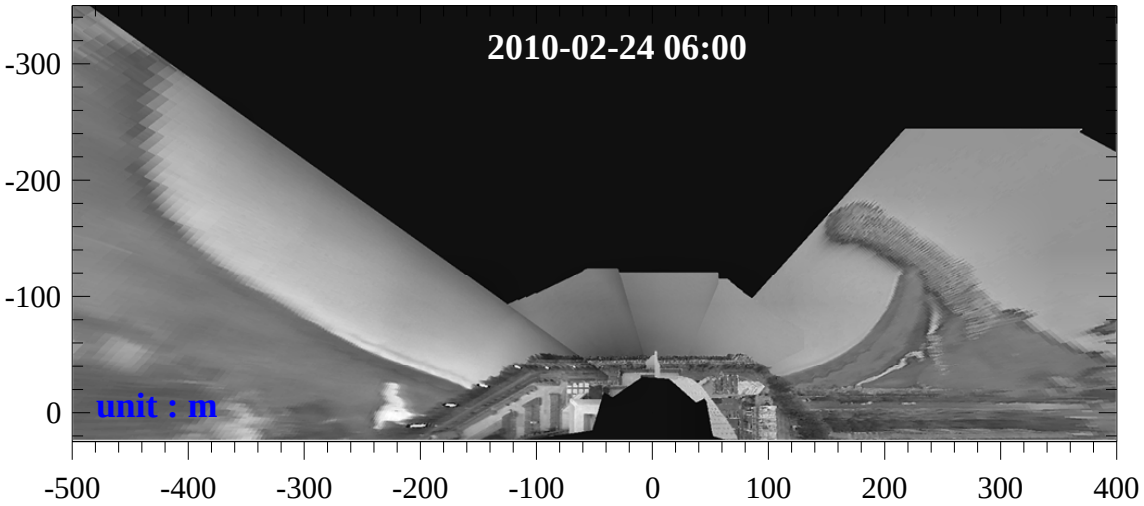
附圖 5K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 16:00)



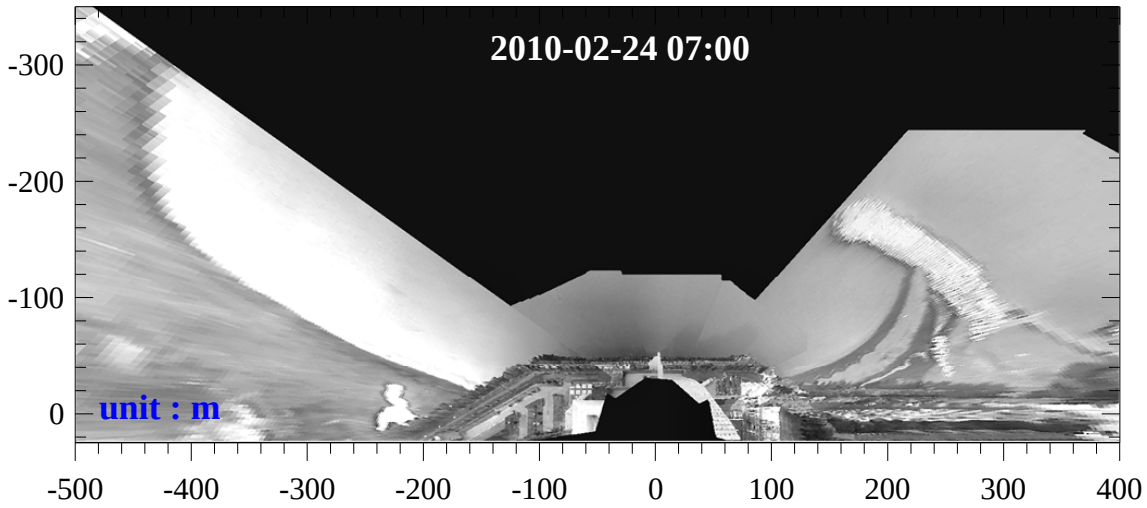
附圖 5L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 17:00)



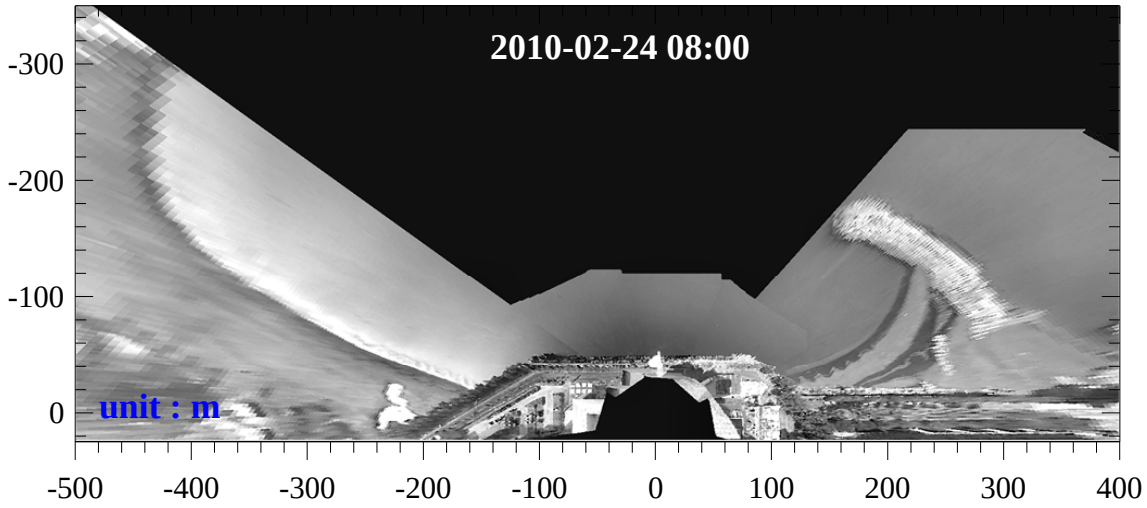
附圖 5M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/12 18:00)



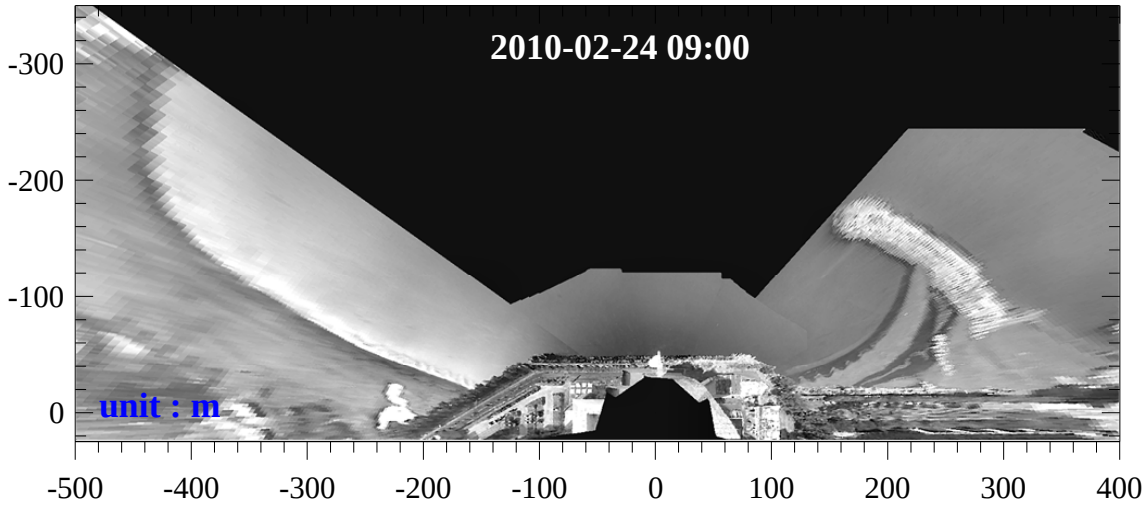
附圖 6A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 06:00)



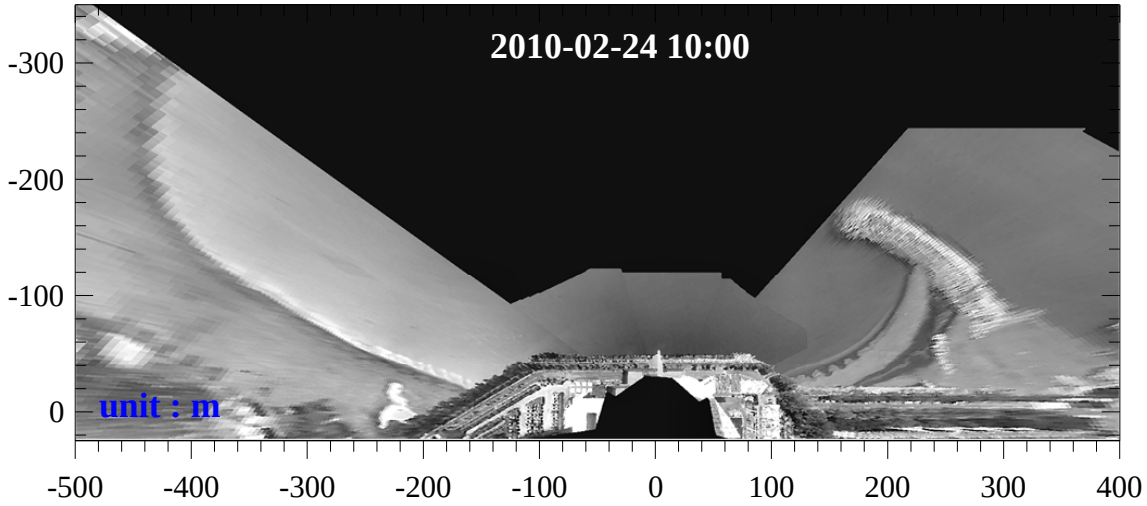
附圖 6B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 07:00)



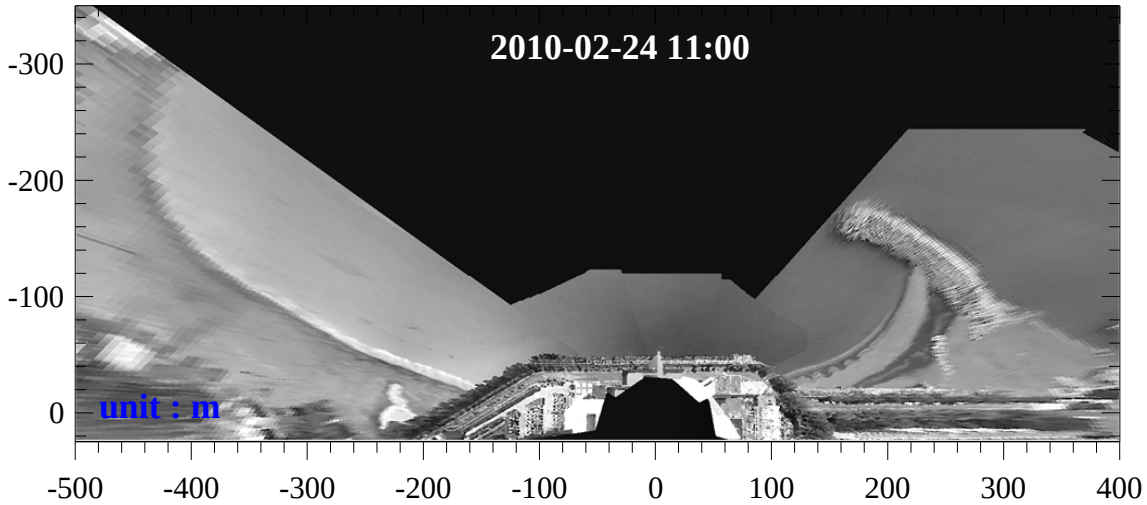
附圖 6C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 08:00)



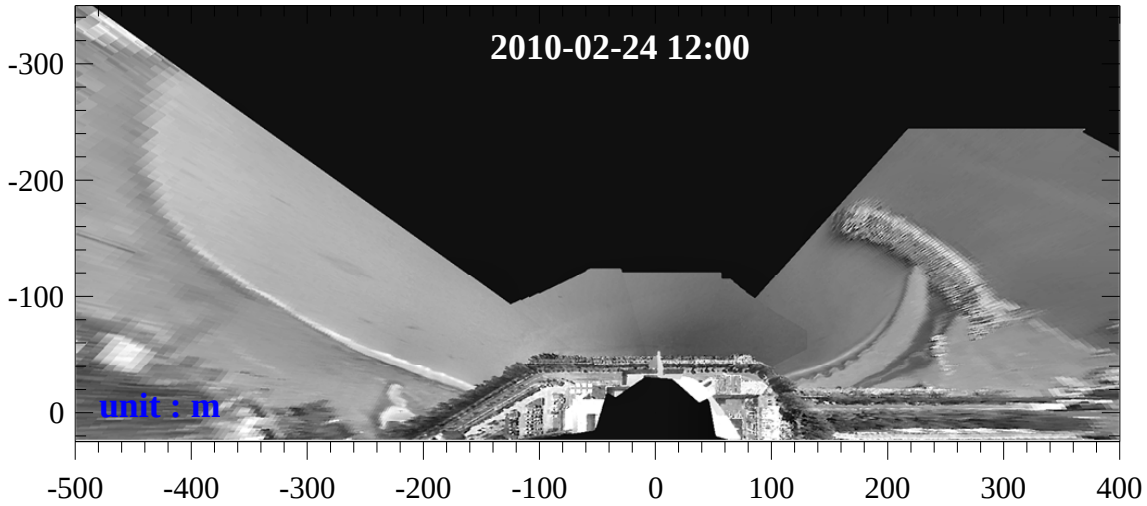
附圖 6D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 09:00)



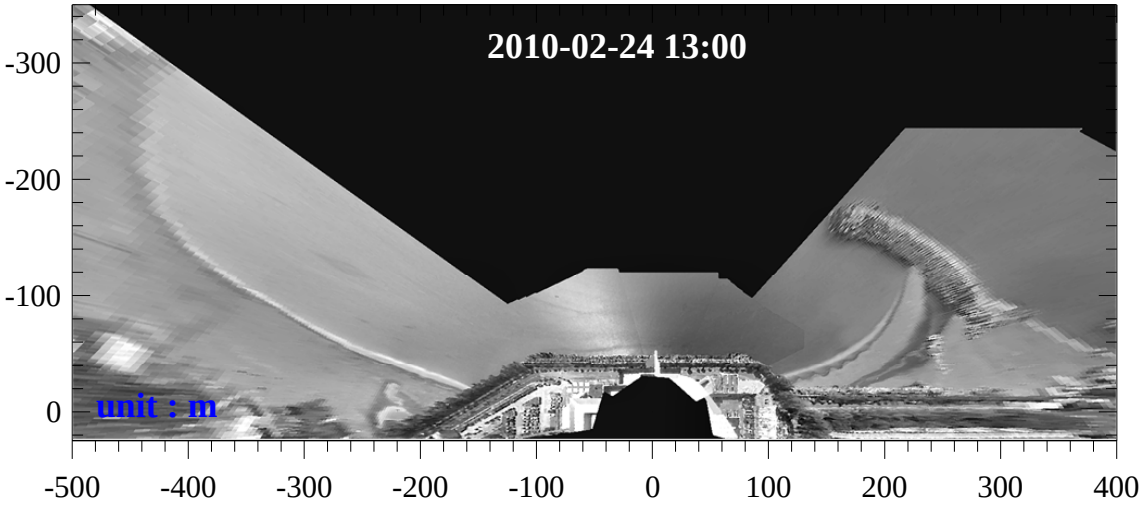
附圖 6E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 10:00)



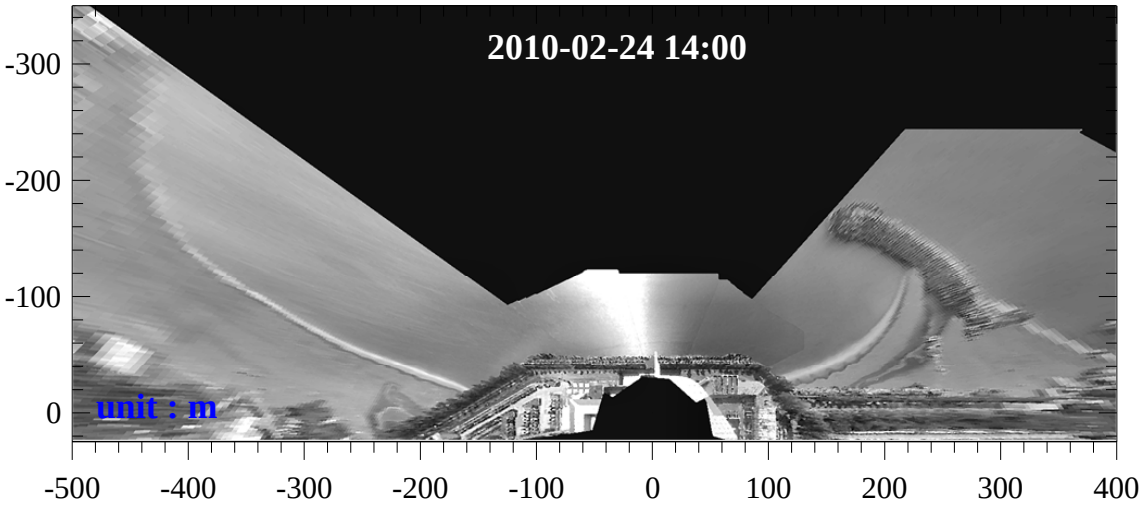
附圖 6F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 11:00)



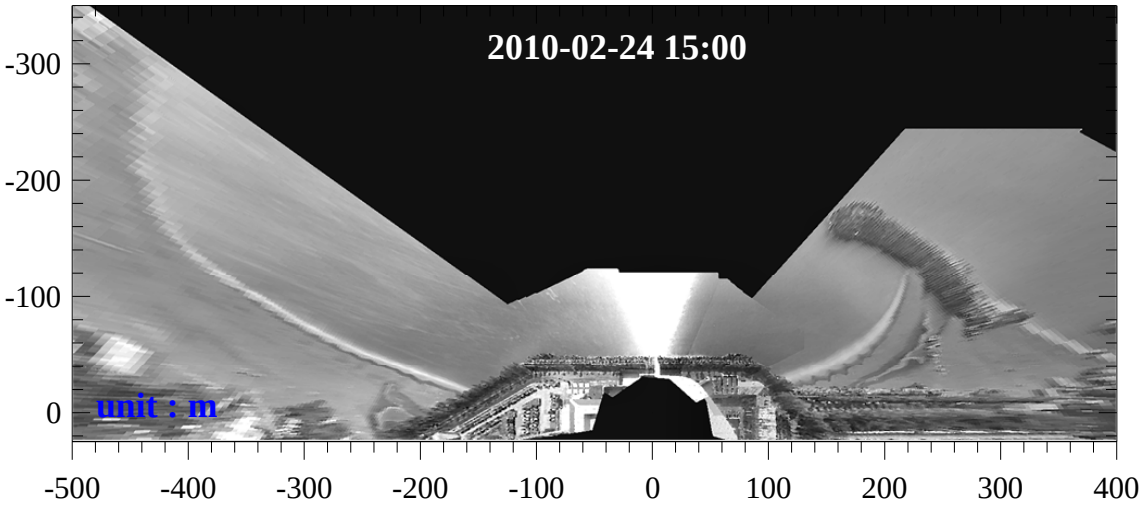
附圖 6G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 12:00)



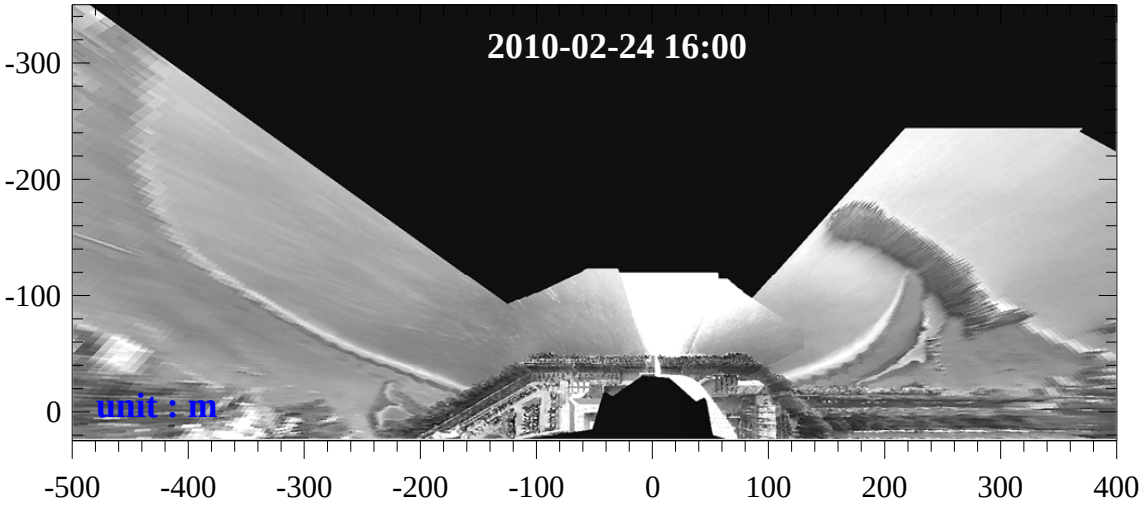
附圖 6H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 13:00)



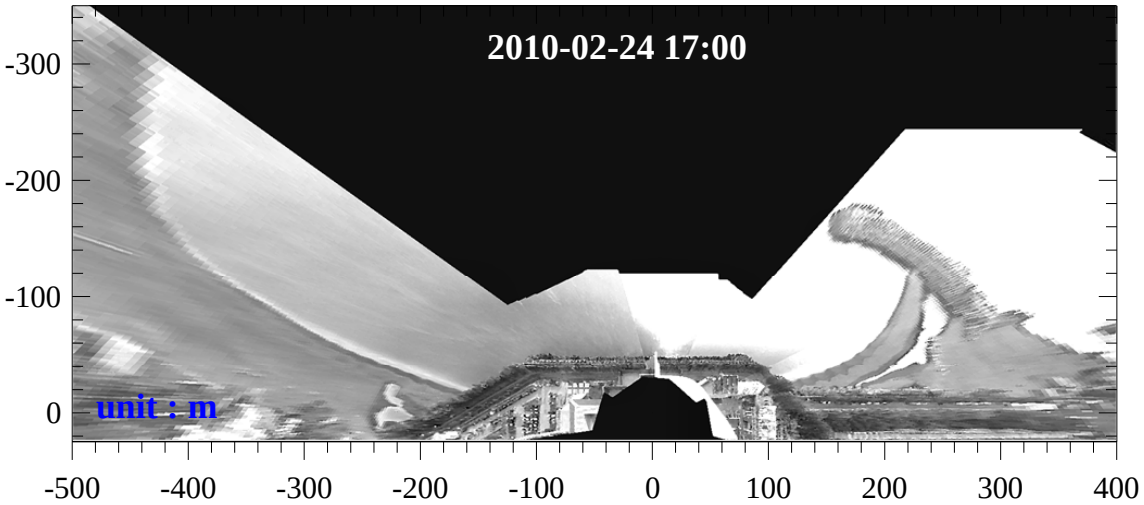
附圖 6I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 14:00)



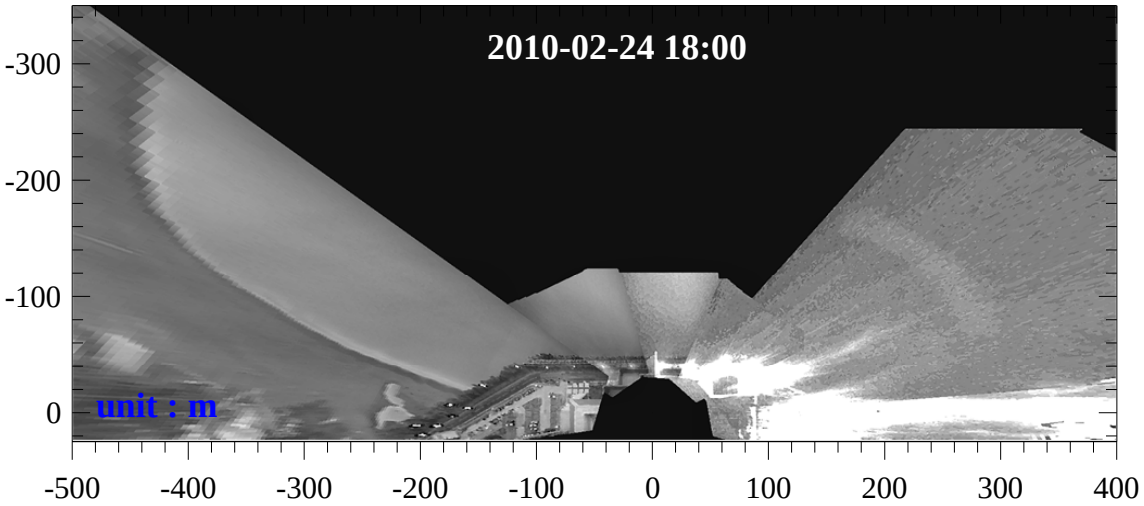
附圖 6J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 15:00)



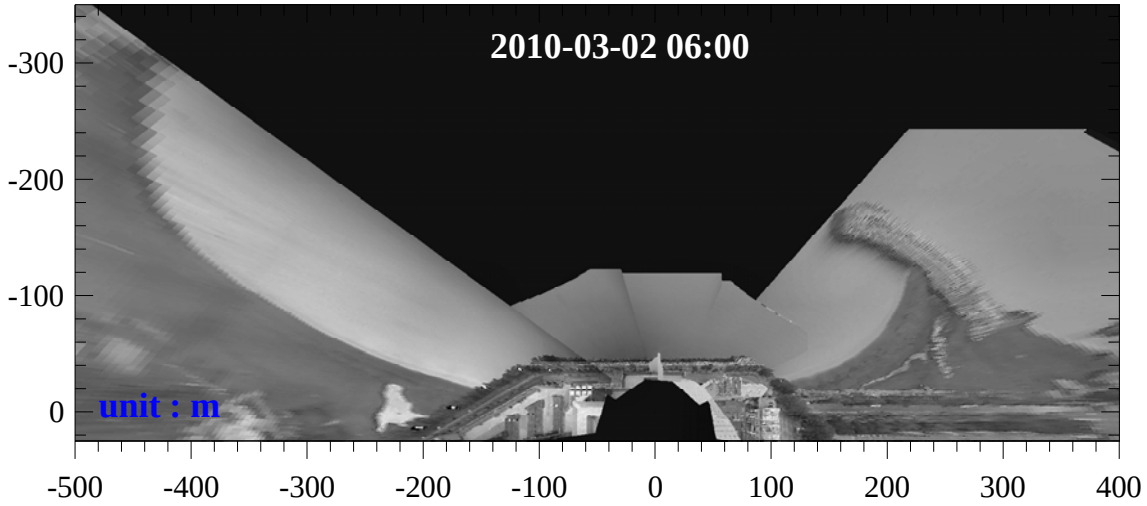
附圖 6K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 16:00)



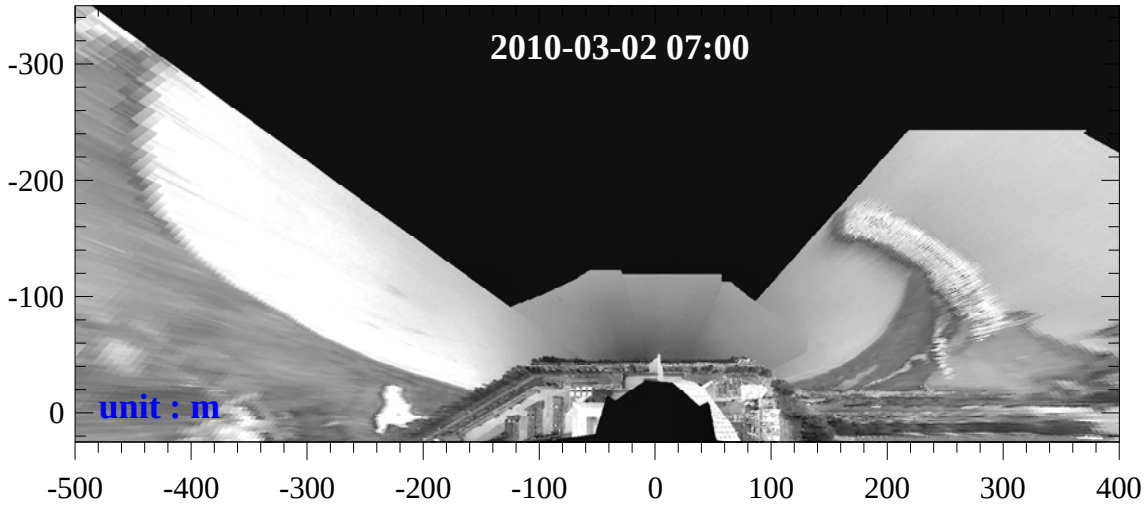
附圖 6L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 17:00)



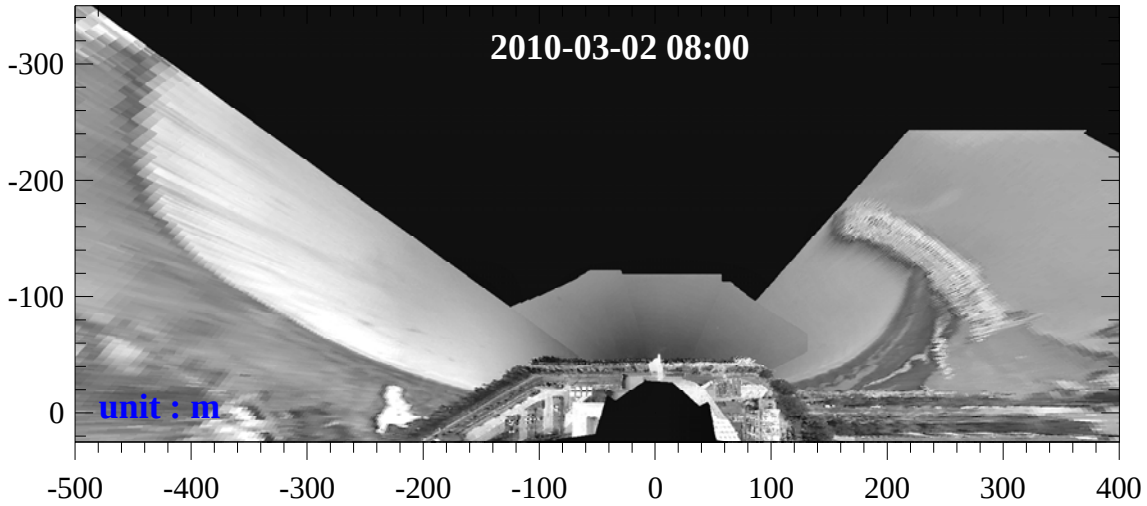
附圖 6M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/02/24 18:00)



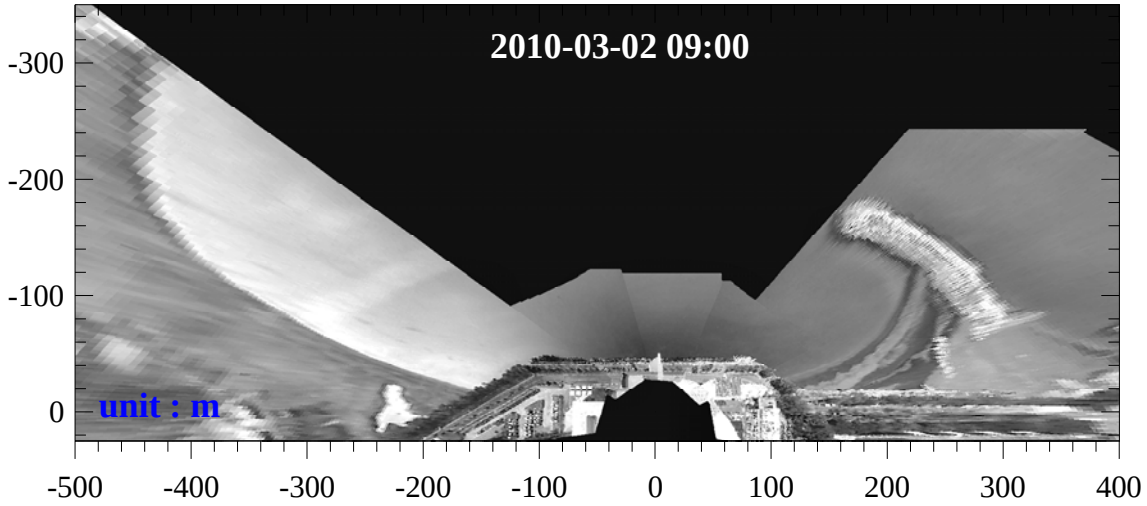
附圖 7A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 06:00)



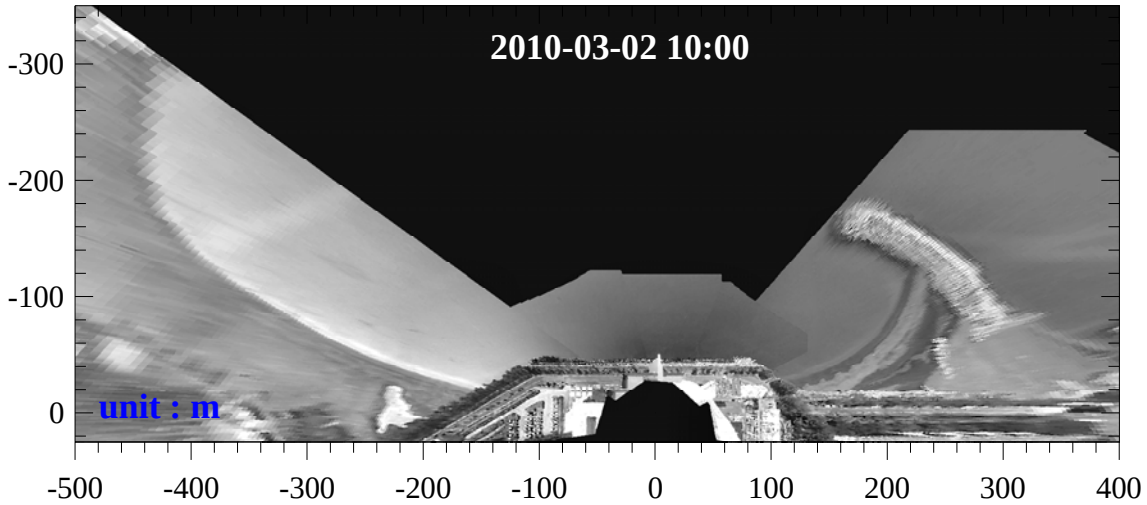
附圖 7B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 07:00)



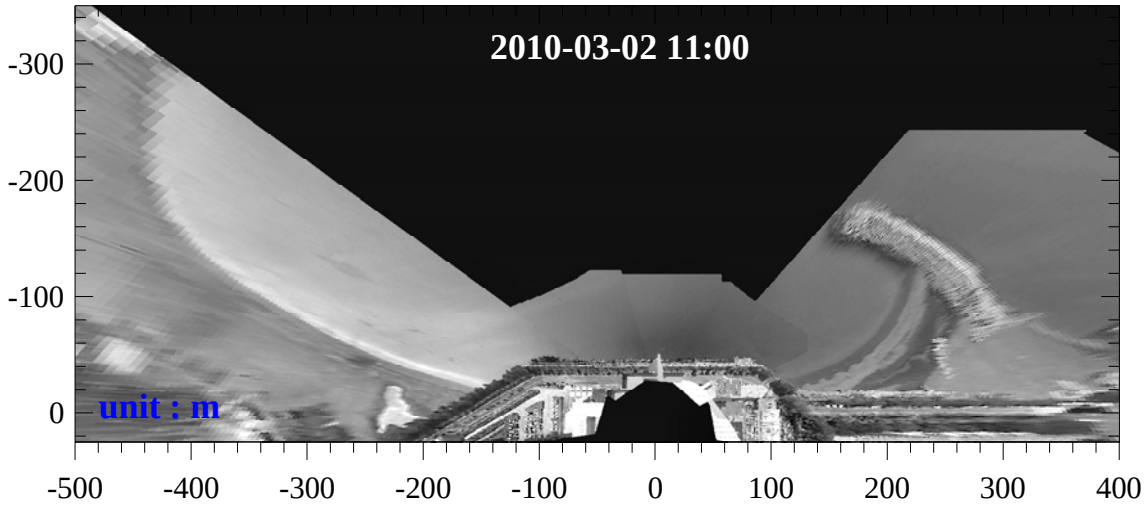
附圖 7C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 08:00)



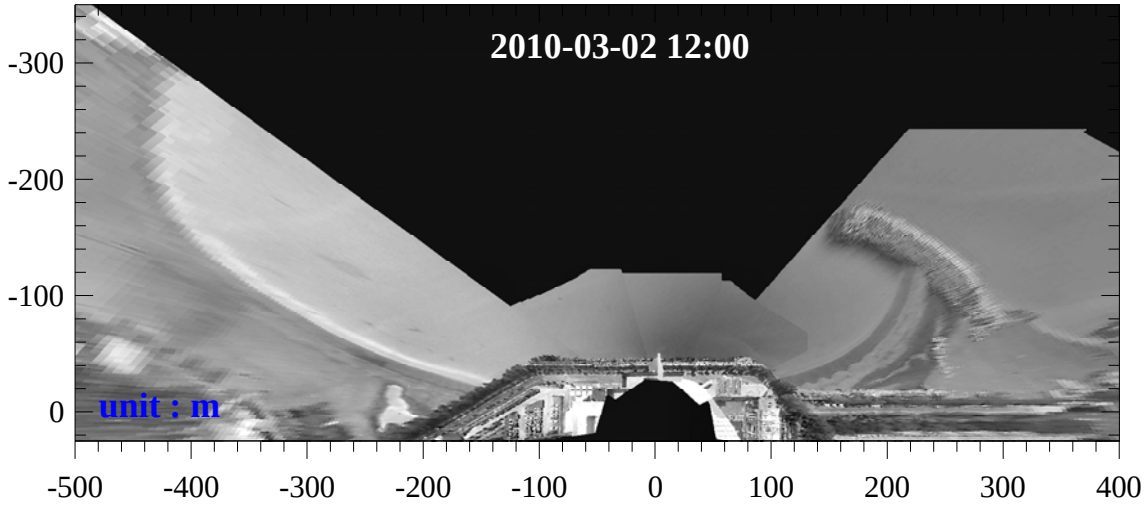
附圖 7D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 09:00)



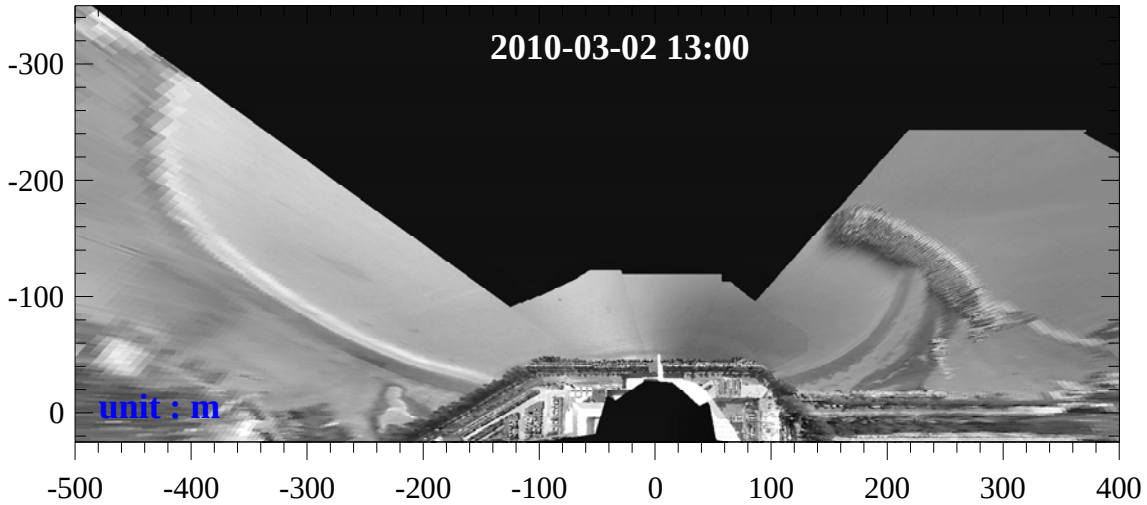
附圖 7E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 10:00)



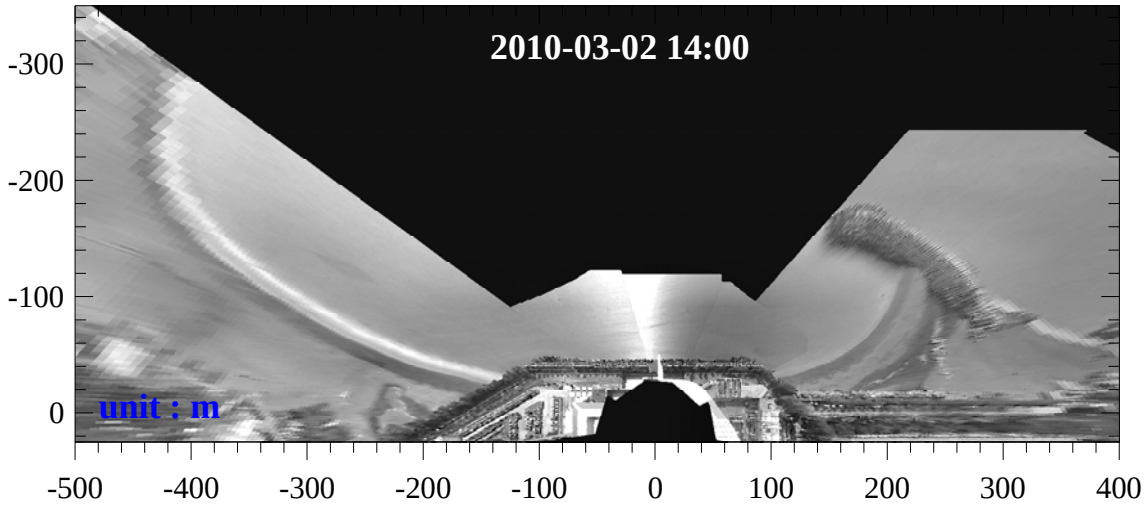
附圖 7F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 11:00)



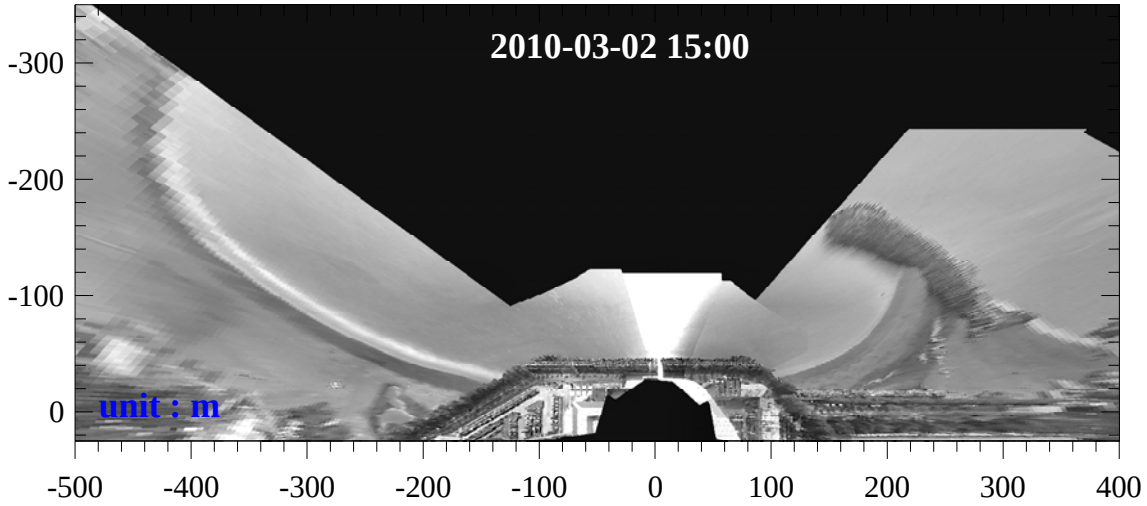
附圖 7G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 12:00)



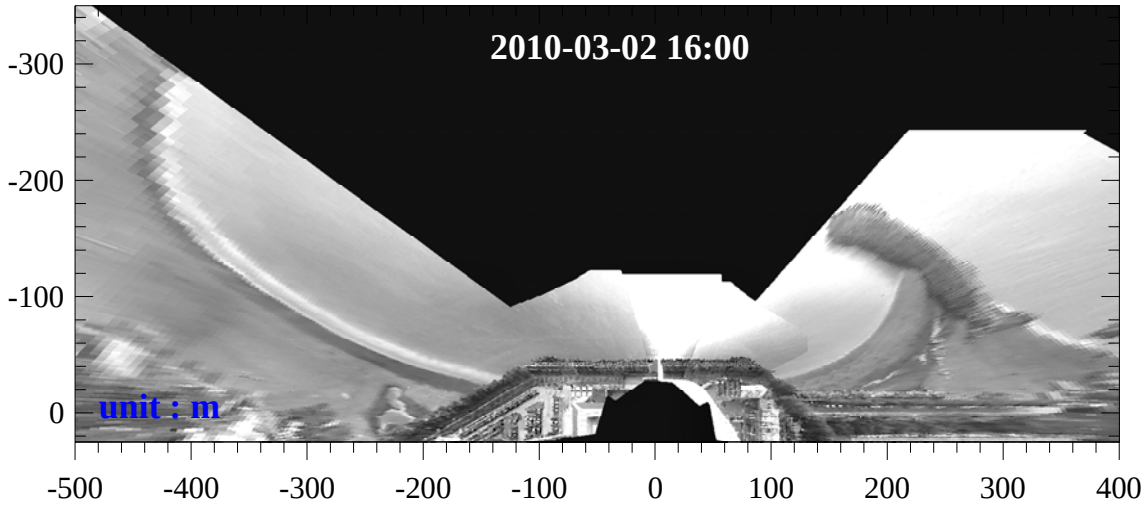
附圖 7H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 13:00)



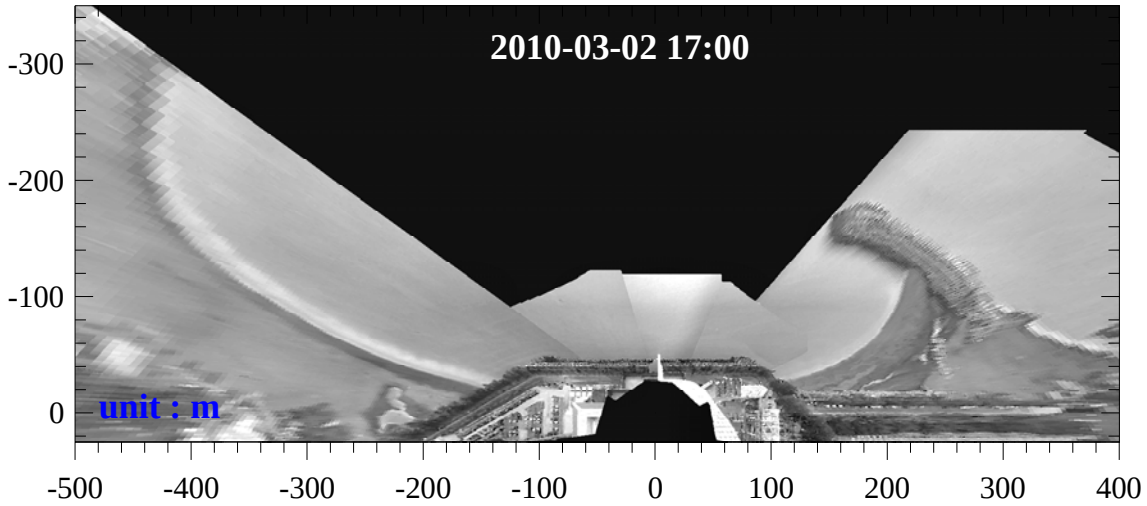
附圖 7I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 14:00)



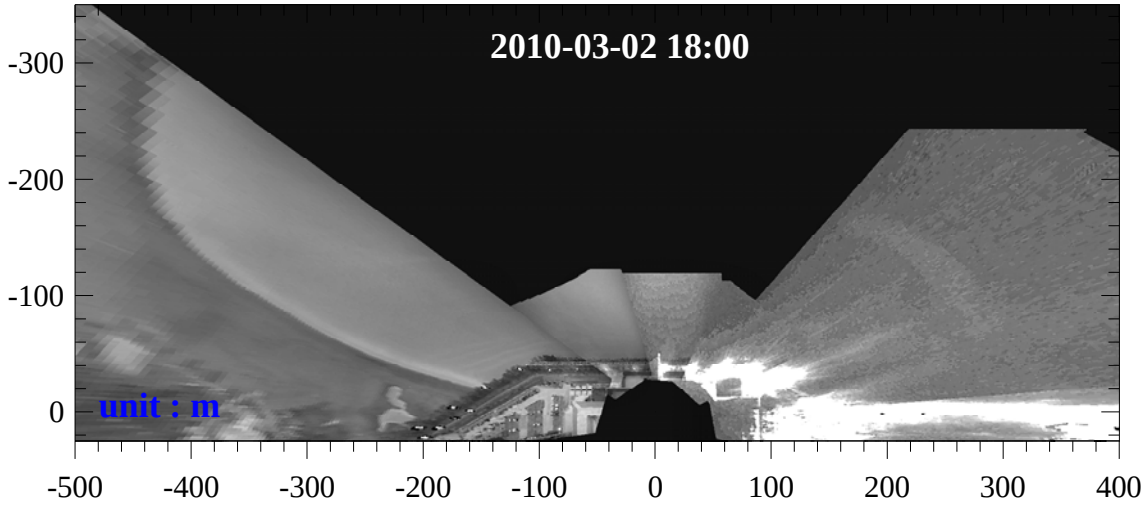
附圖 7J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 15:00)



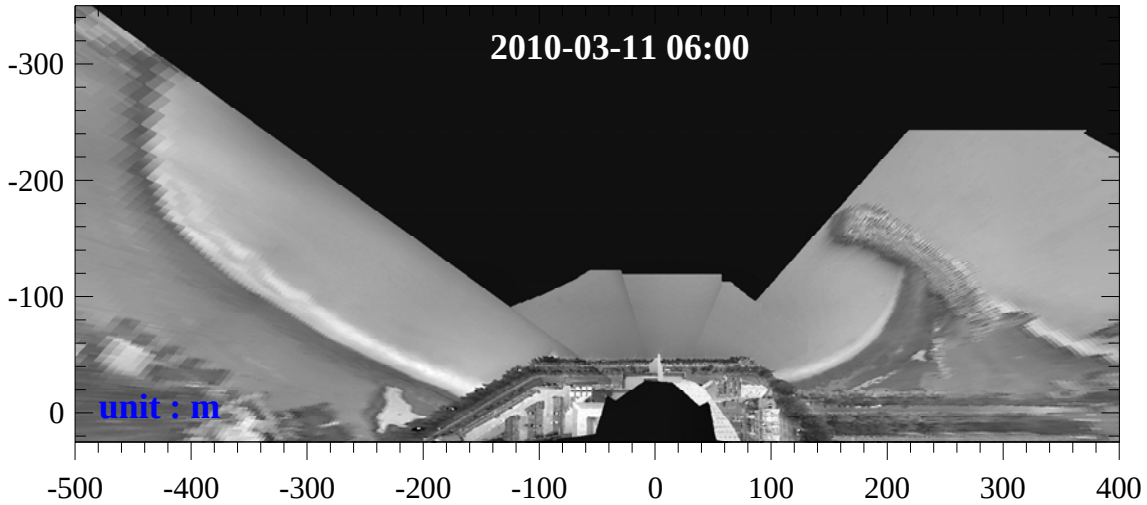
附圖 7K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 16:00)



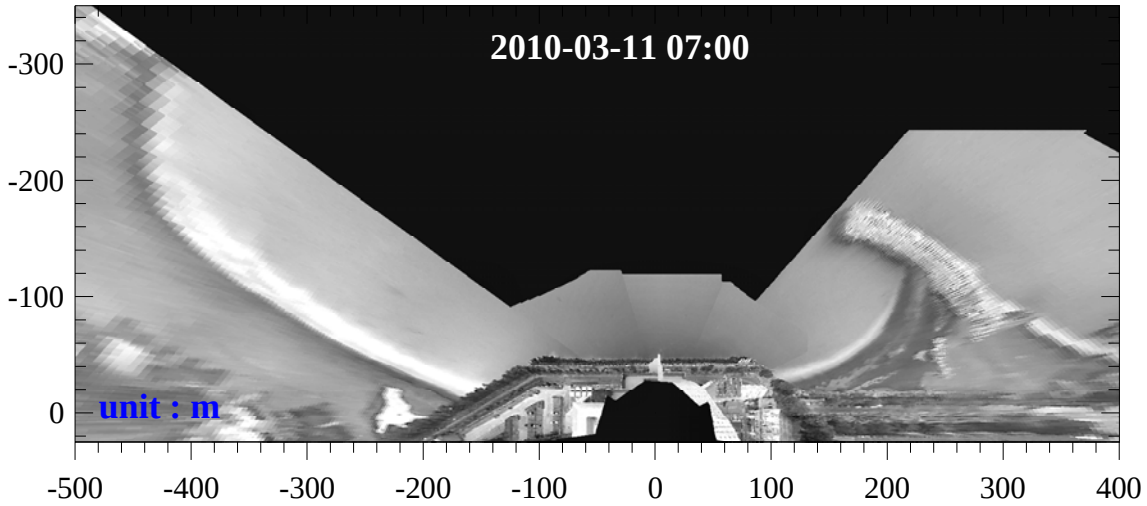
附圖 7L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 017:00)



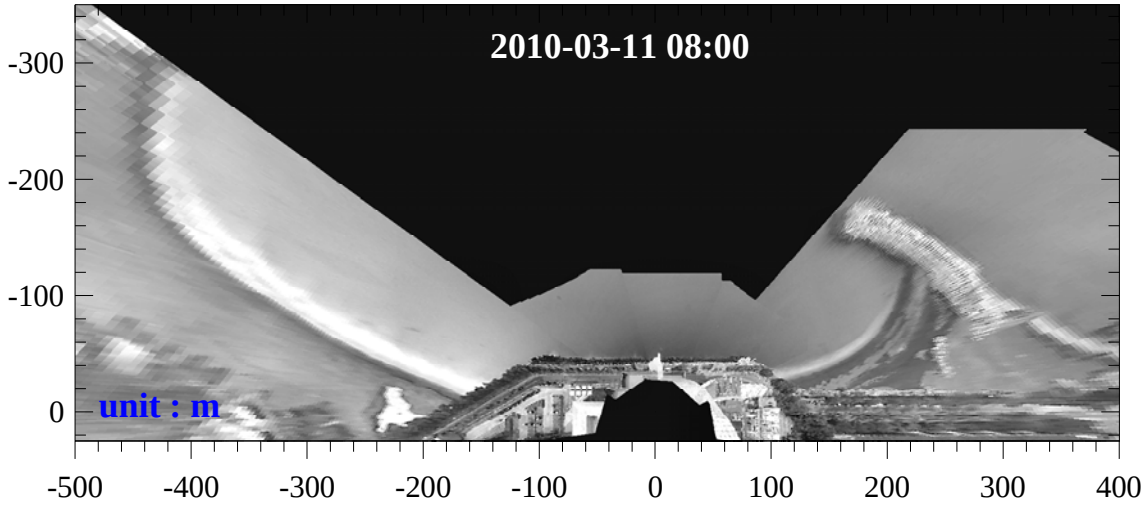
附圖 7M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/02 18:00)



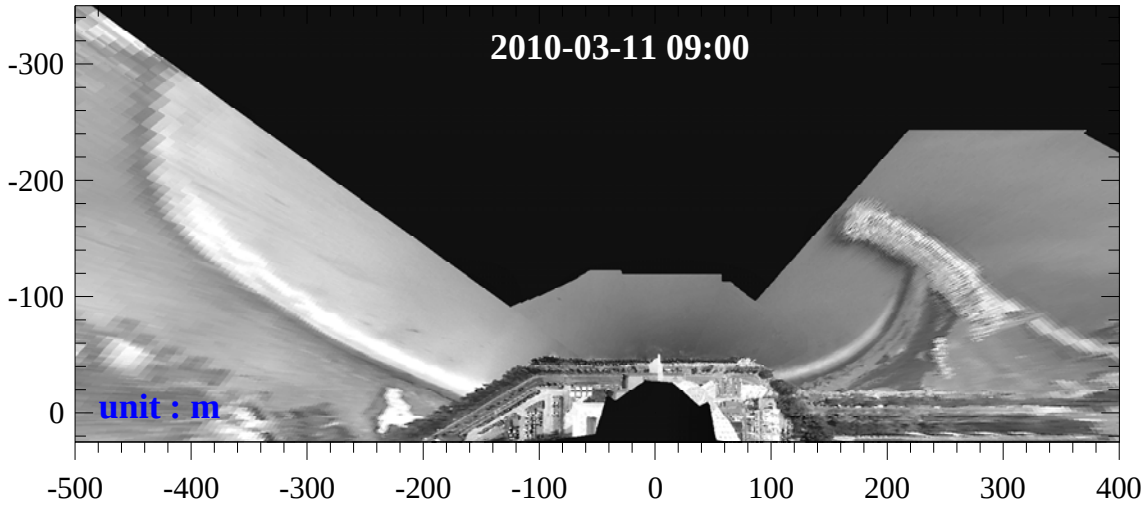
附圖 8A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 06:00)



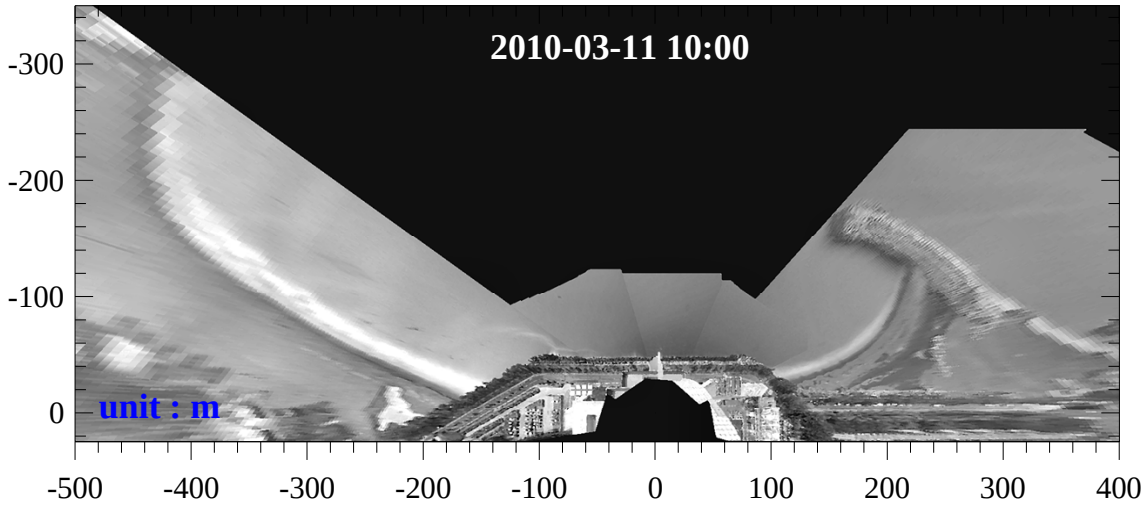
附圖 8B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 07:00)



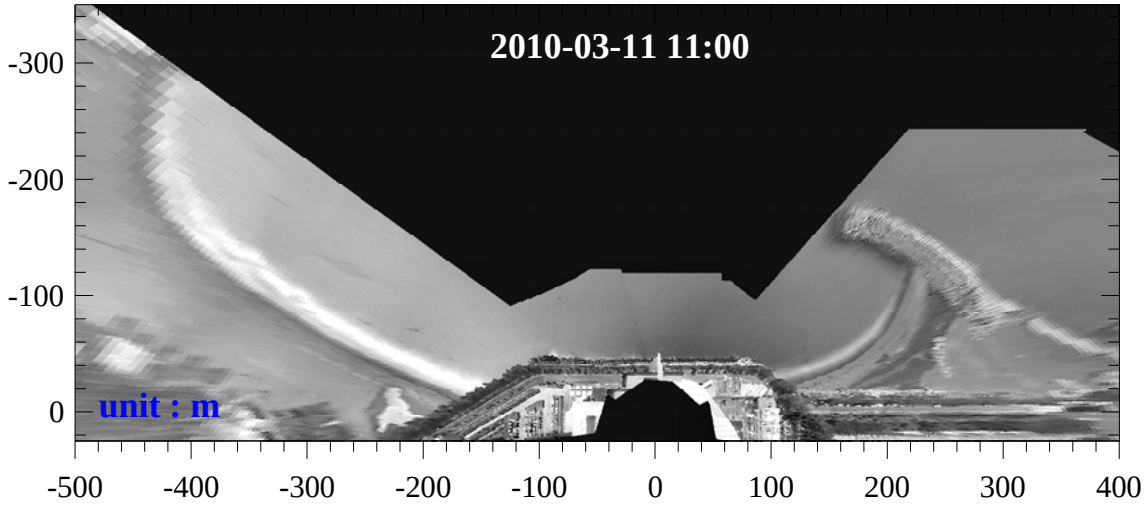
附圖 8C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 08:00)



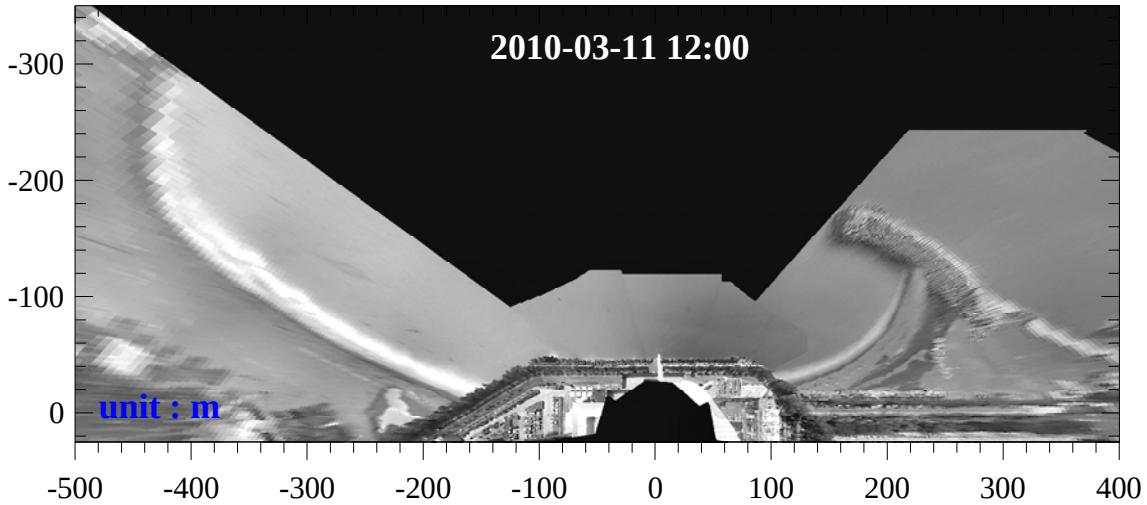
附圖 8D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 09:00)



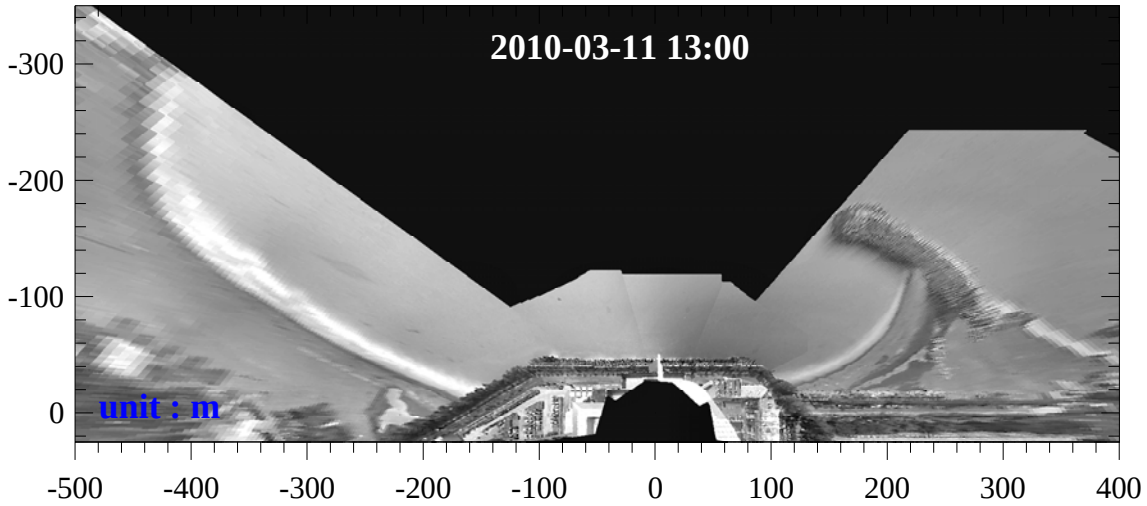
附圖 8E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 10:00)



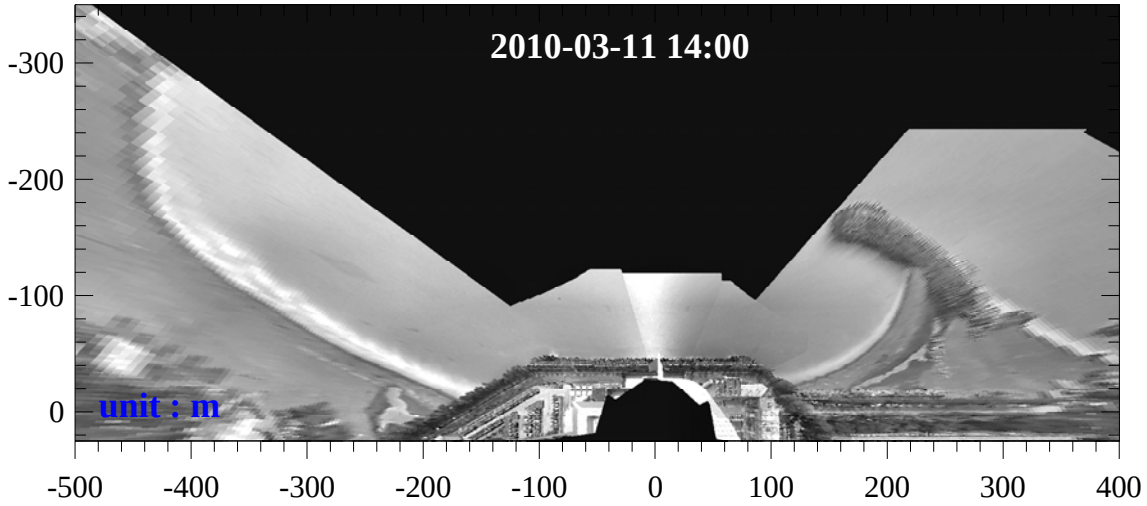
附圖 8F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 11:00)



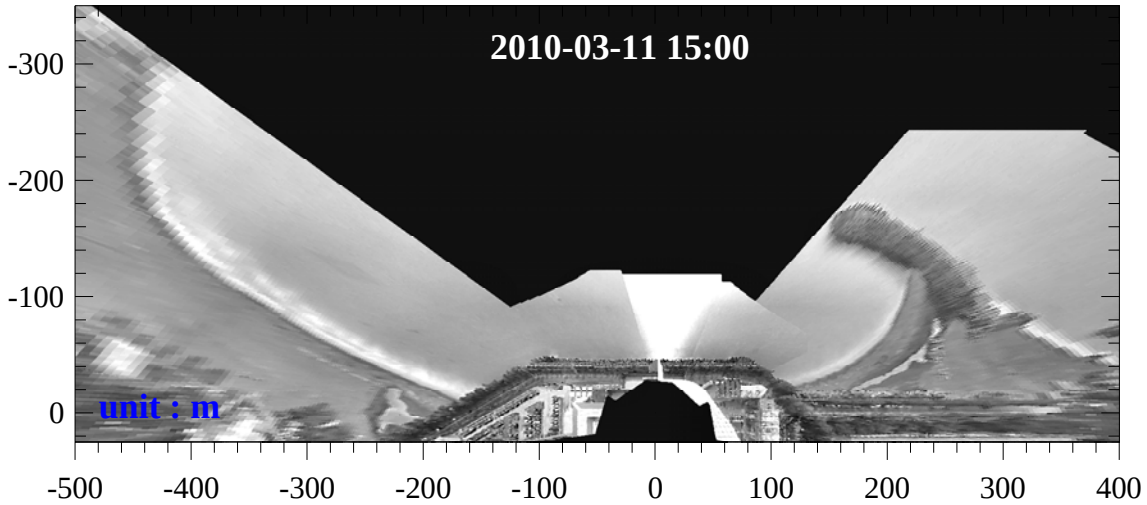
附圖 8G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 12:00)



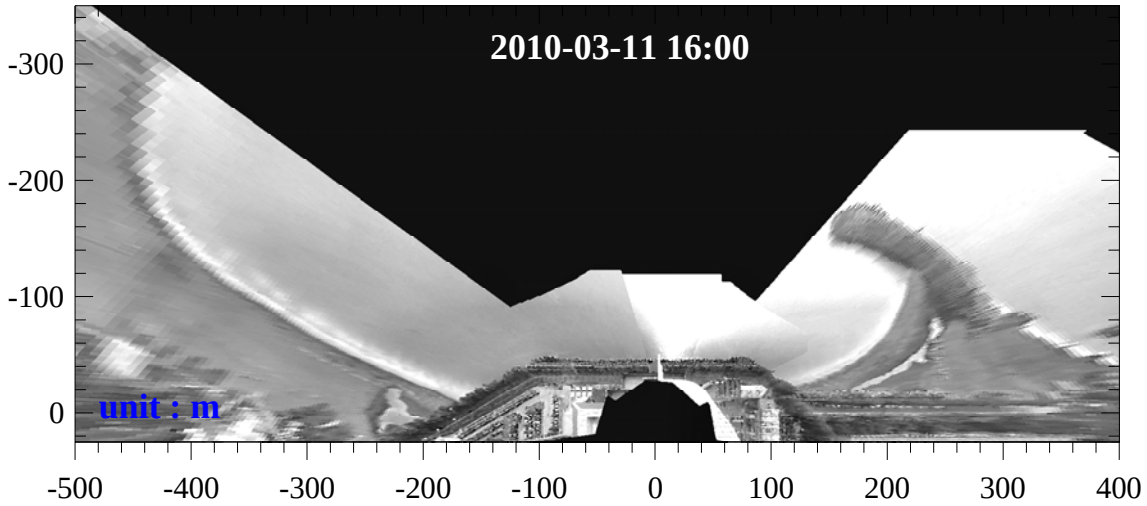
附圖 8H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 13:00)



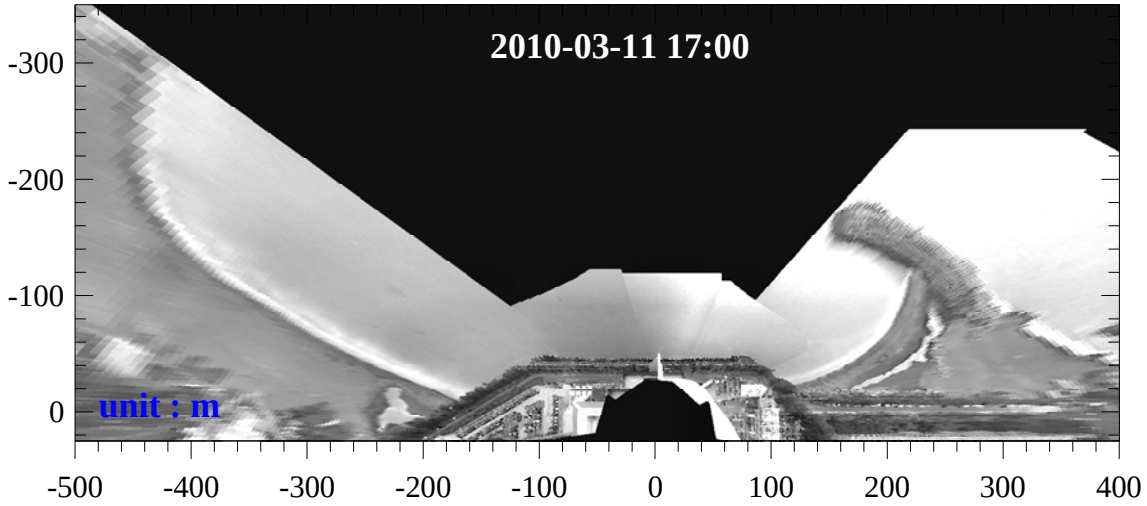
附圖 8I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 14:00)



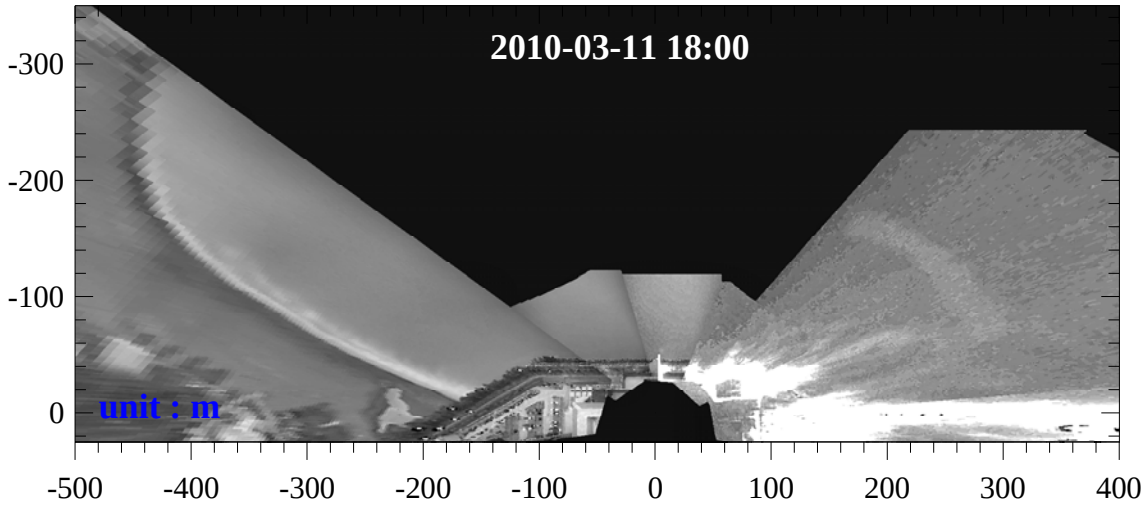
附圖 8J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 15:00)



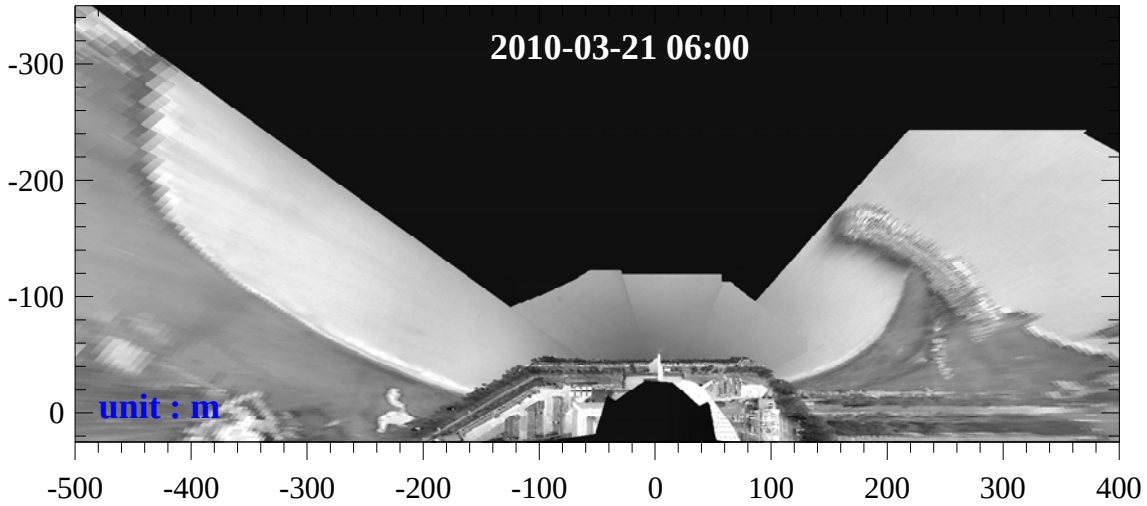
附圖 8K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 16:00)



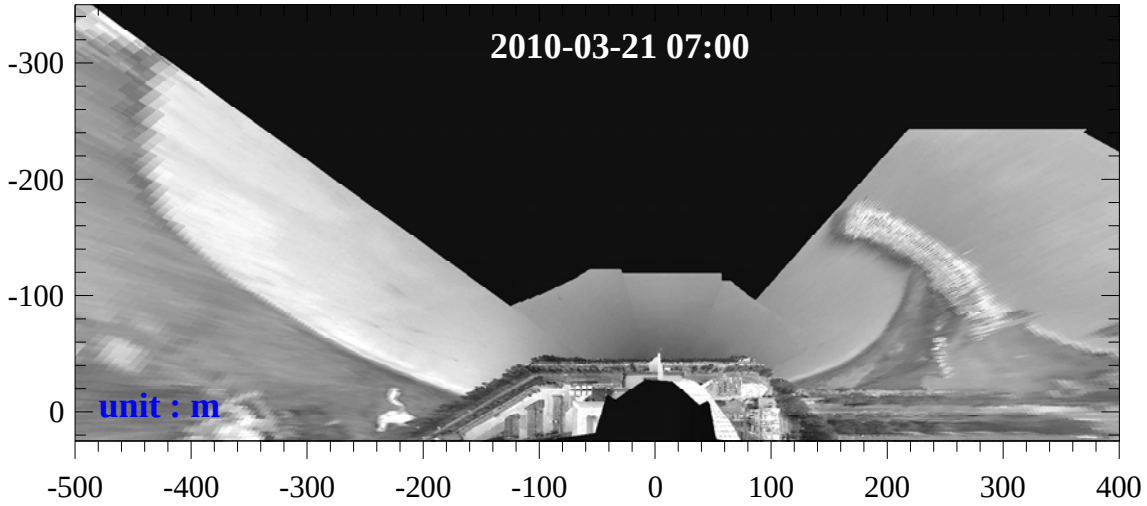
附圖 8L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 17:00)



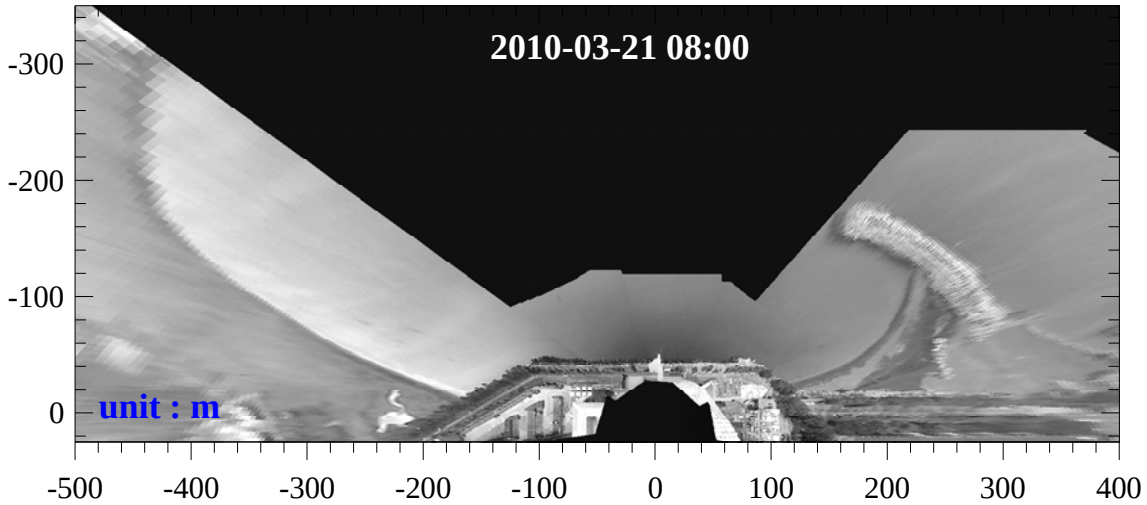
附圖 8M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/11 18:00)



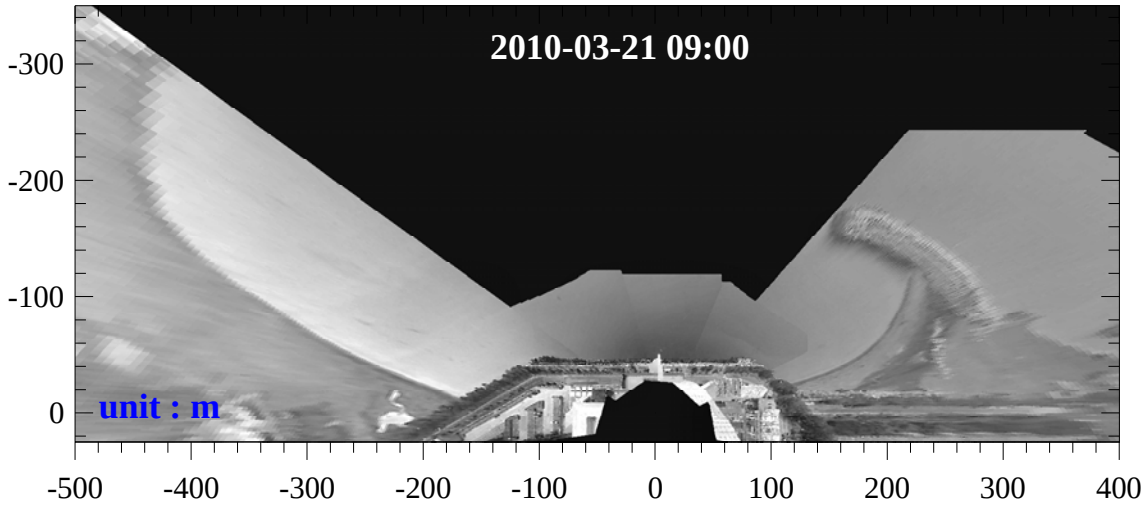
附圖 9A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 06:00)



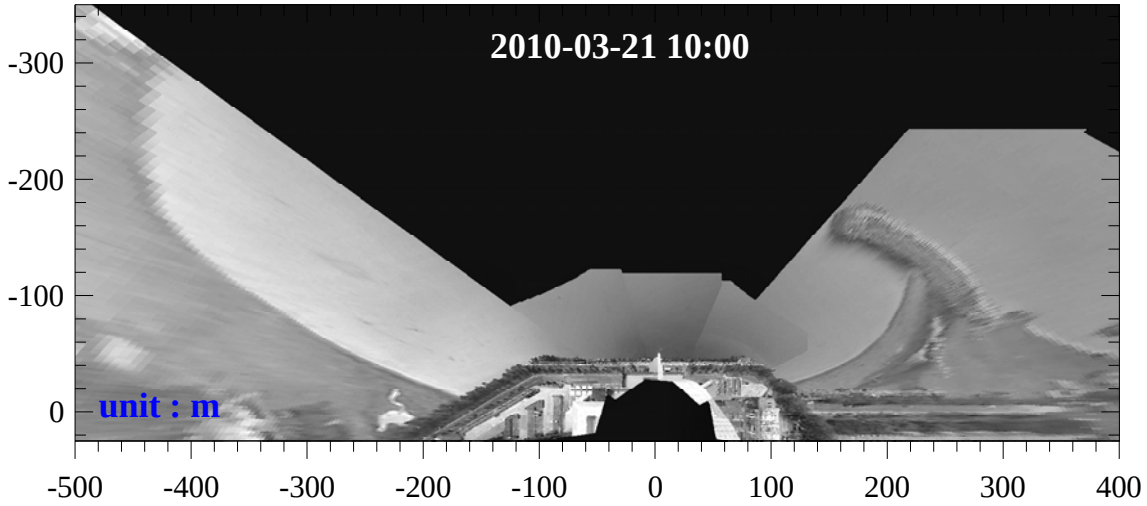
附圖 9B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 07:00)



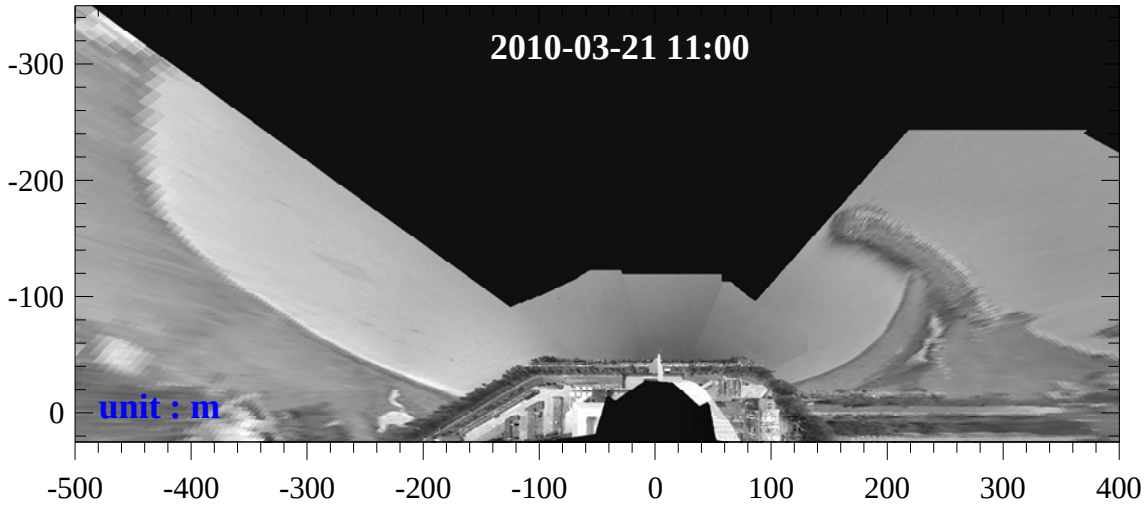
附圖 9C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 08:00)



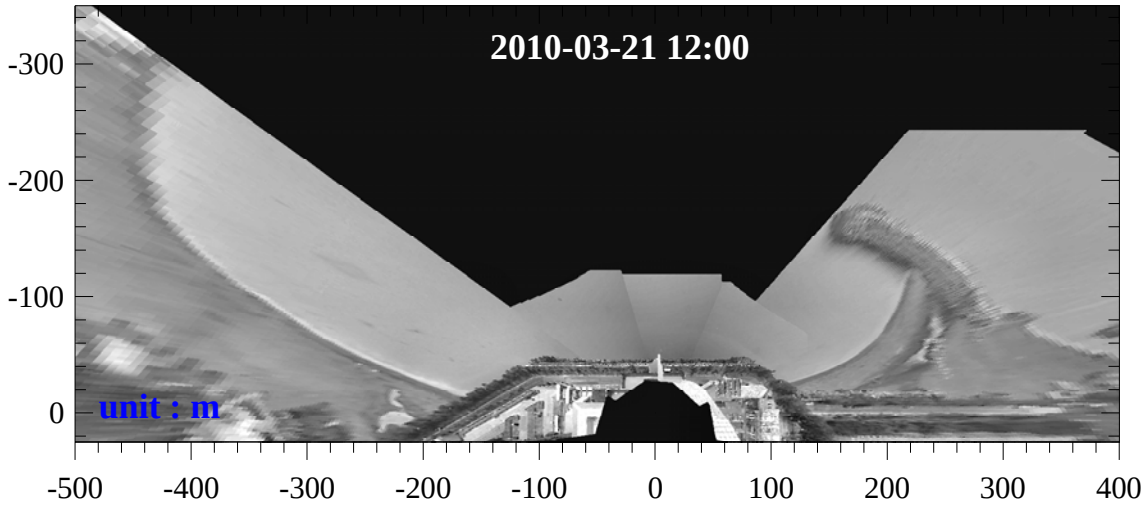
附圖 9D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 09:00)



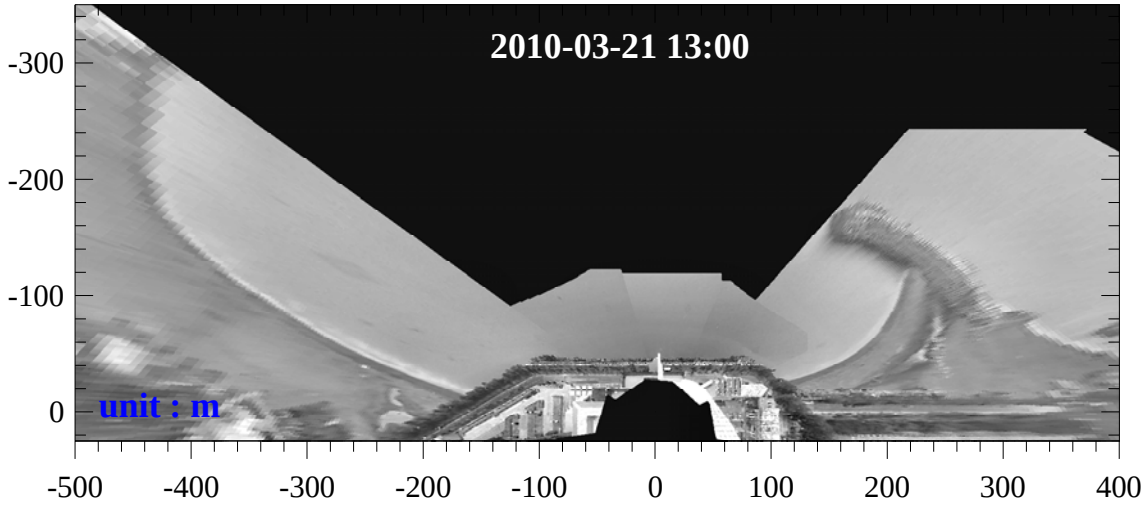
附圖 9E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 10:00)



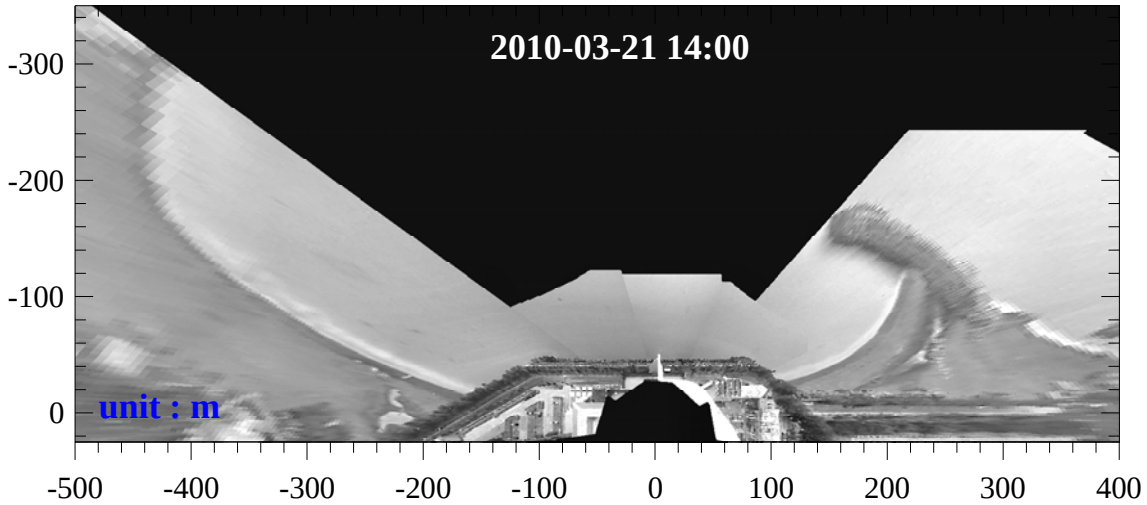
附圖 9F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 11:00)



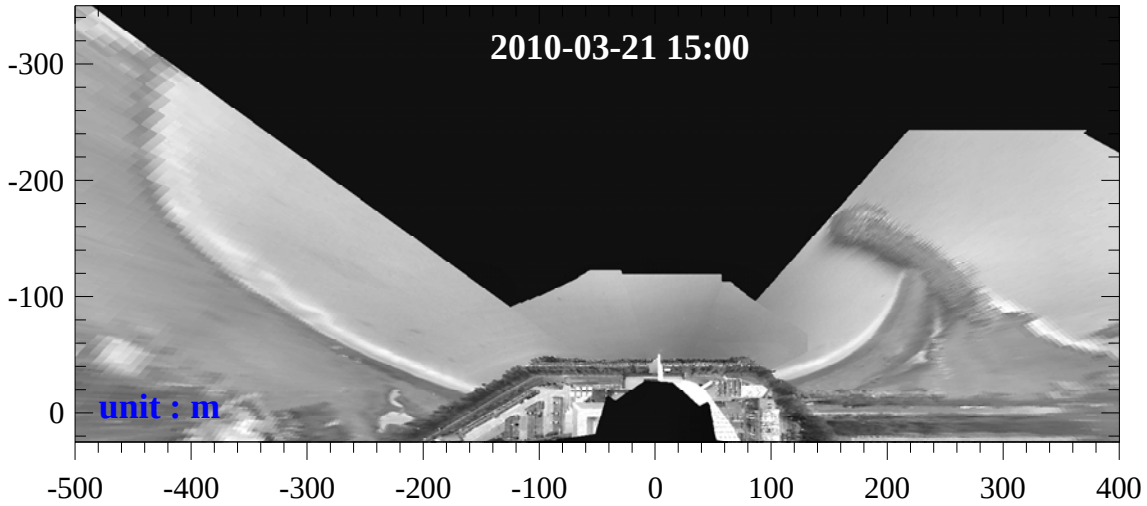
附圖 9G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 12:00)



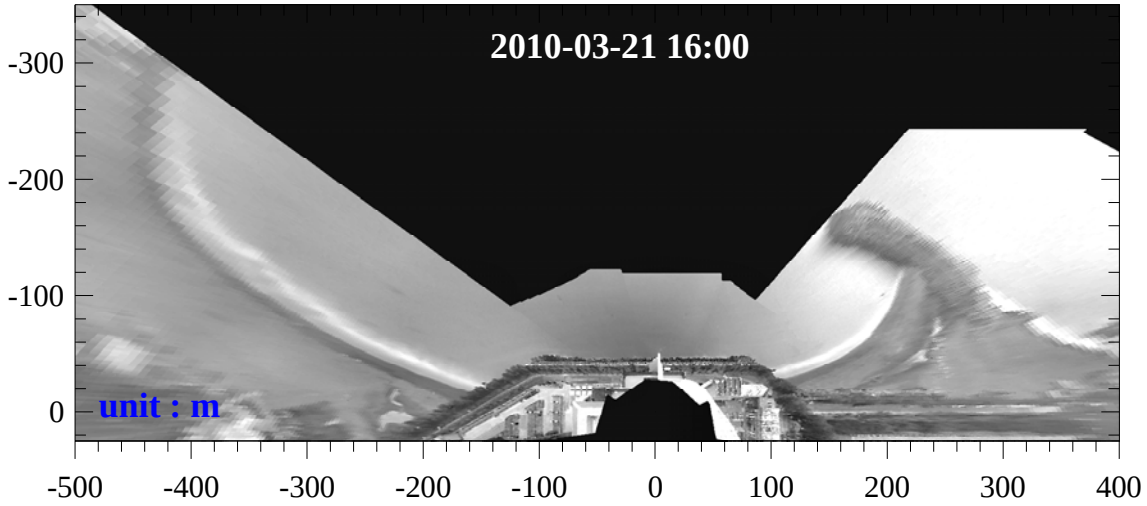
附圖 9H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 13:00)



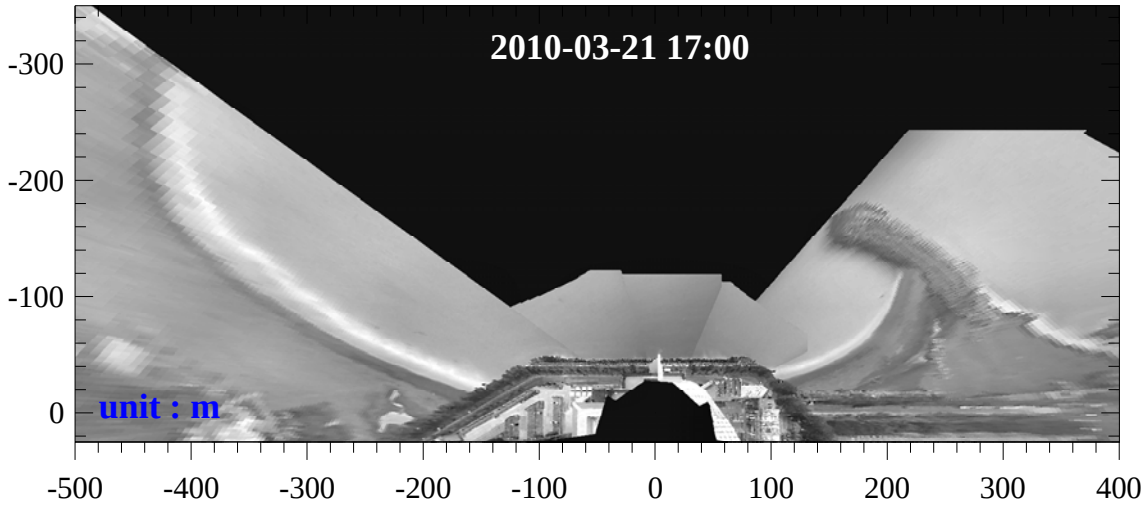
附圖 9I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 14:00)



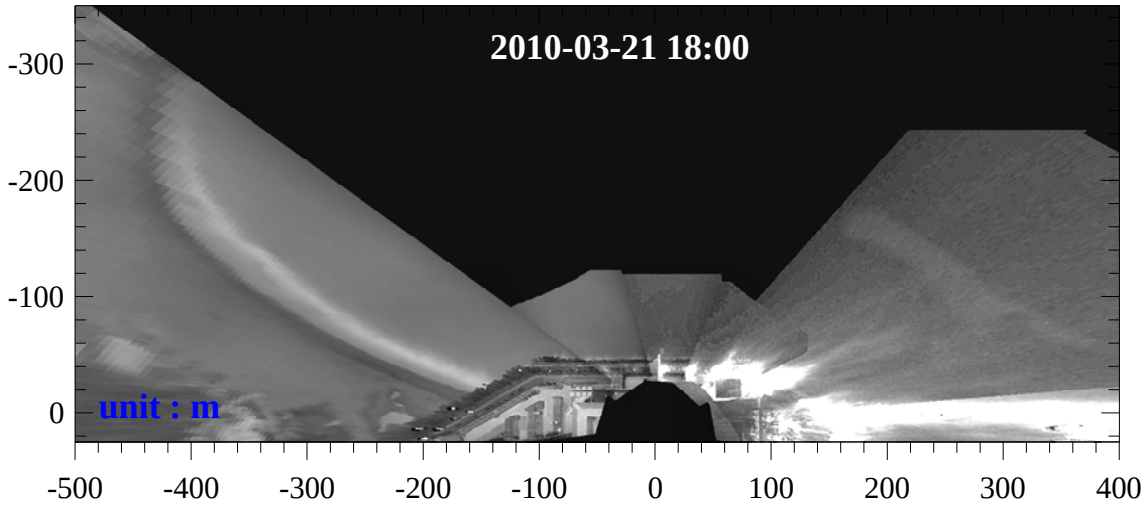
附圖 9J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 15:00)



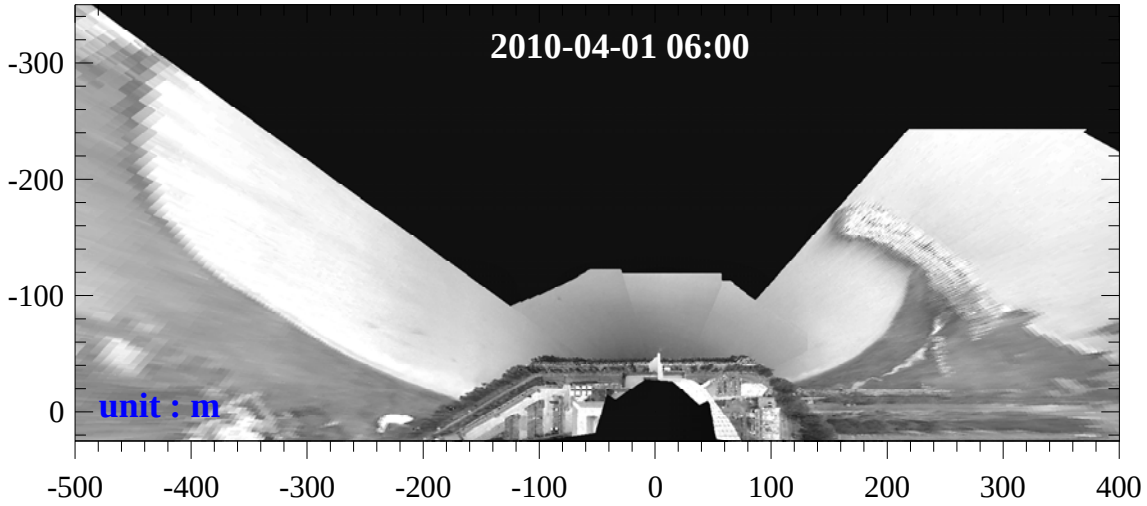
附圖 9K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 16:00)



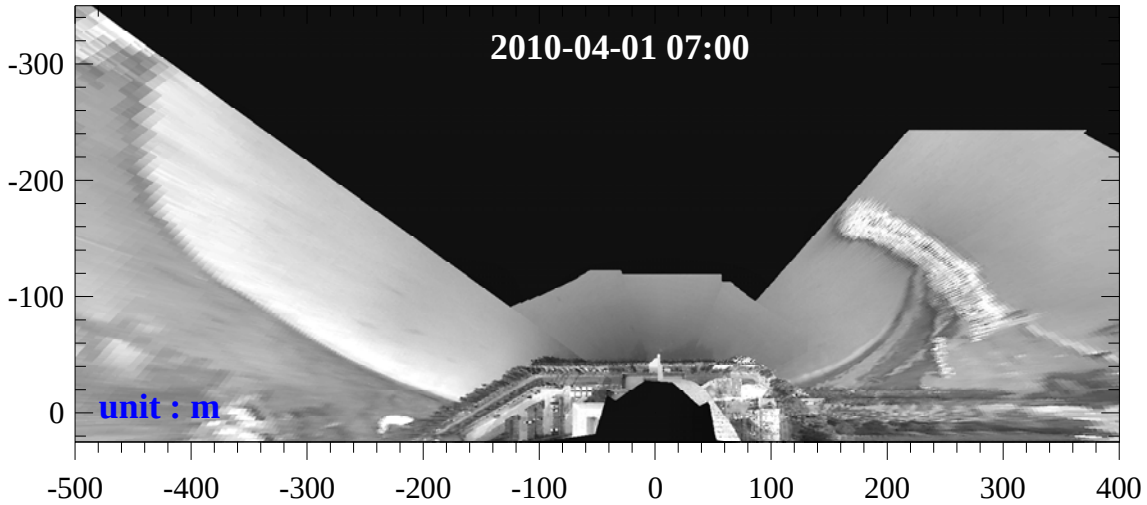
附圖 9L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 17:00)



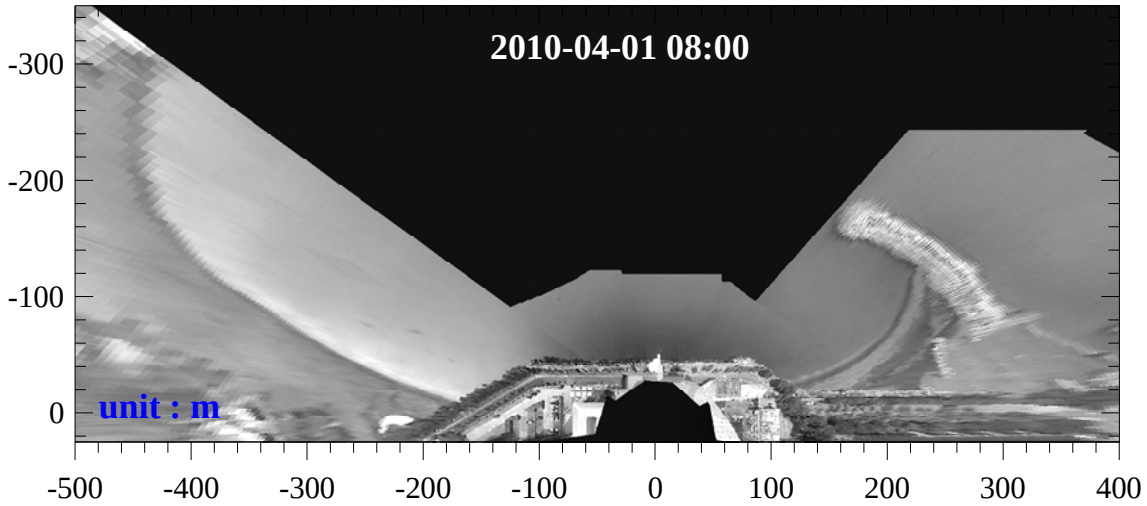
附圖 9M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/03/21 18:00)



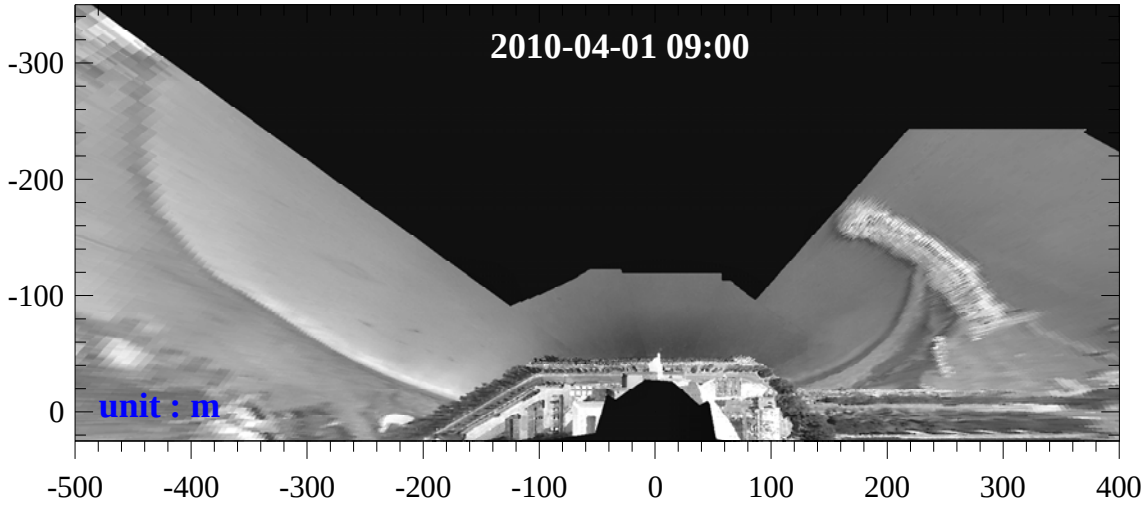
附圖 10A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 06:00)



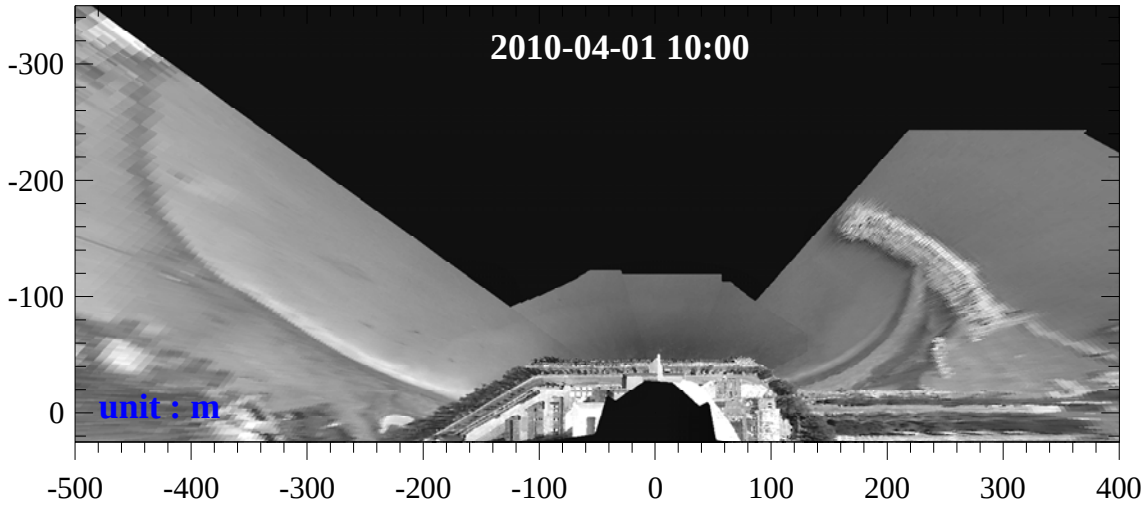
附圖 10B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 07:00)



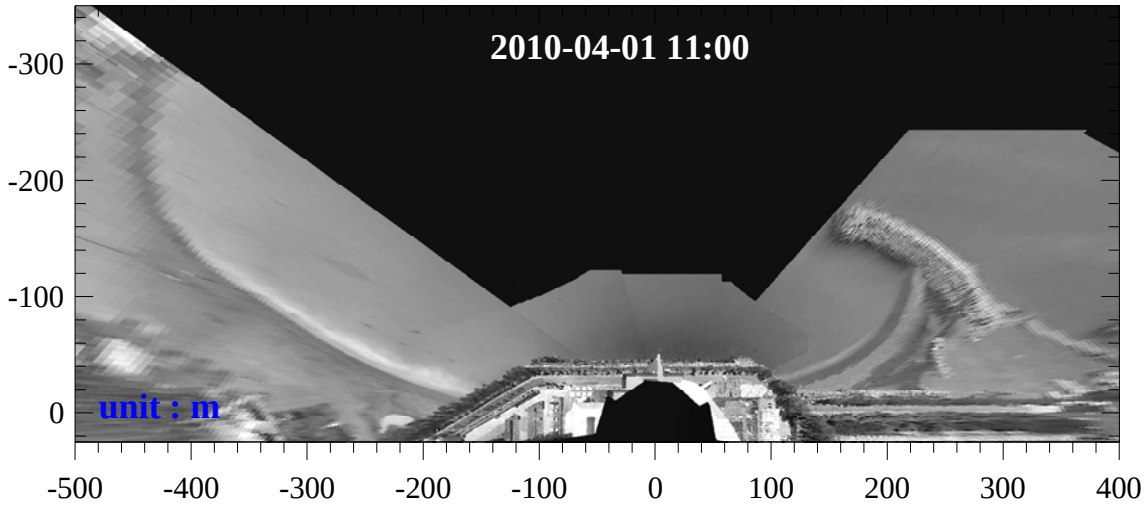
附圖 10C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 08:00)



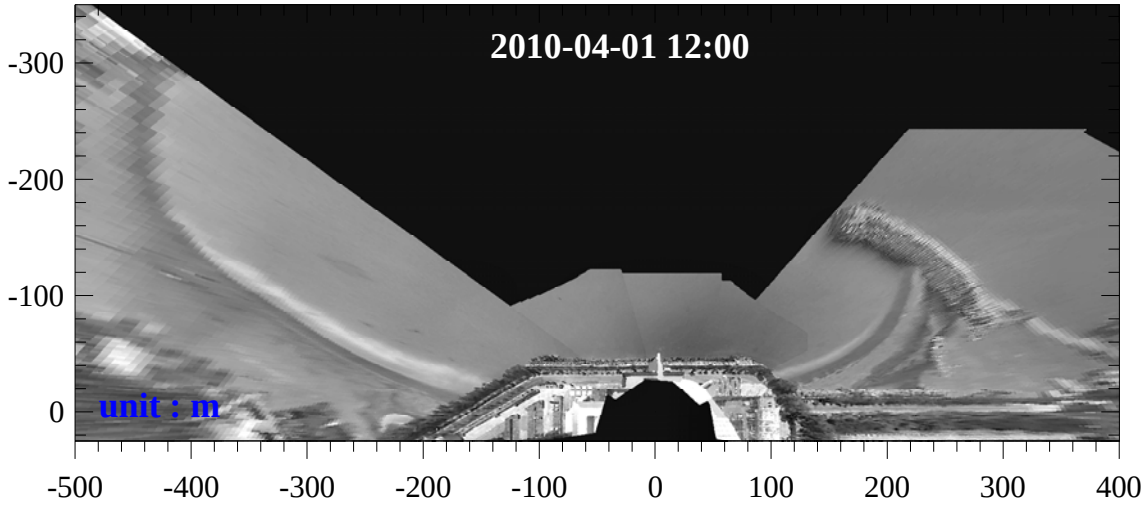
附圖 10D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 09:00)



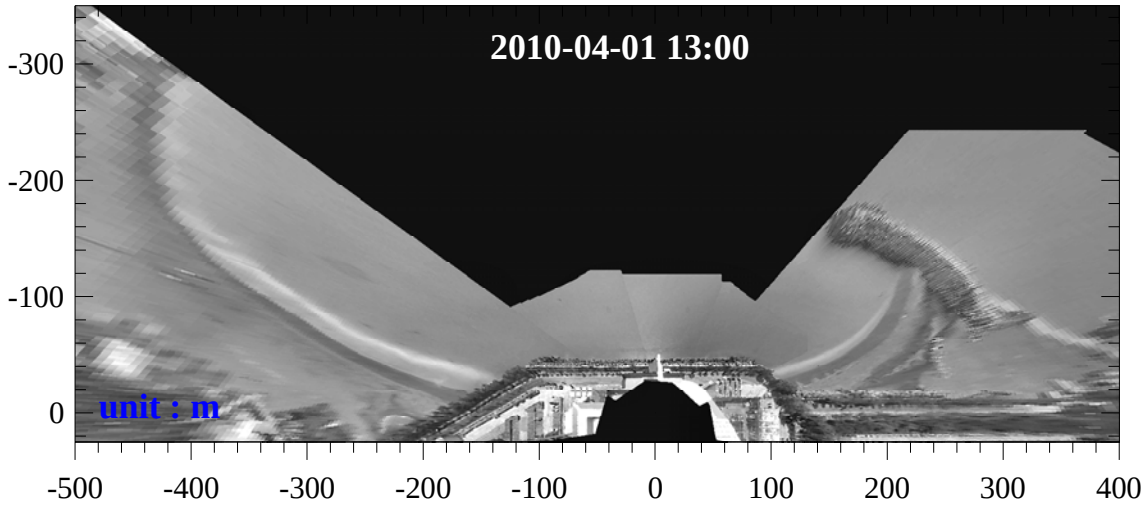
附圖 10E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 10:00)



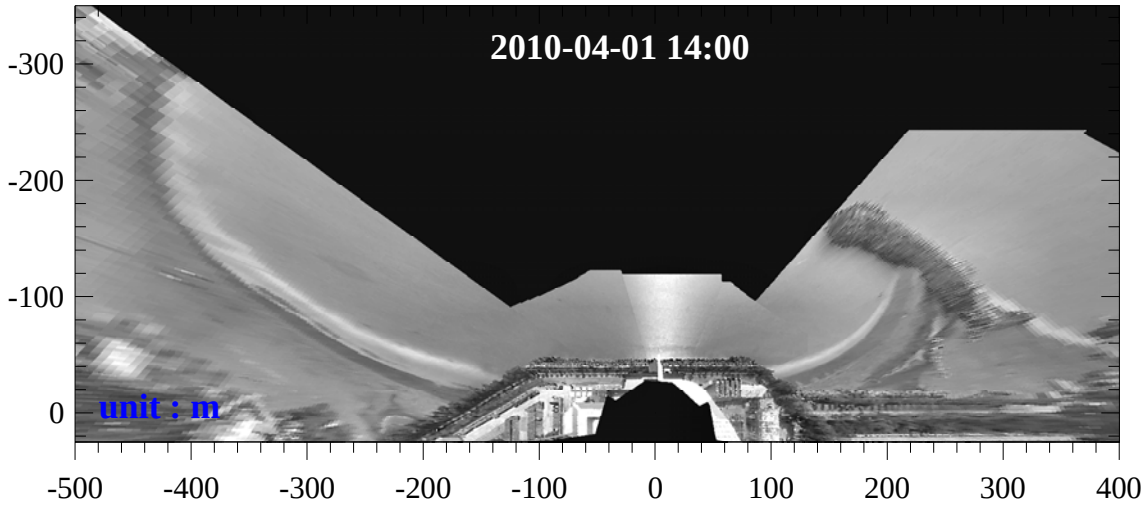
附圖 10F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 11:00)



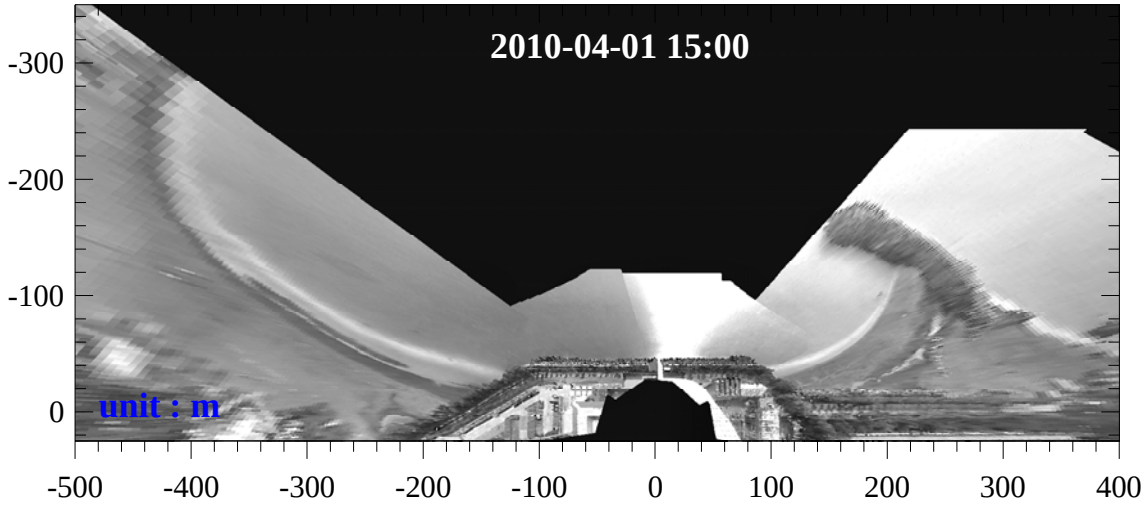
附圖 10G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 12:00)



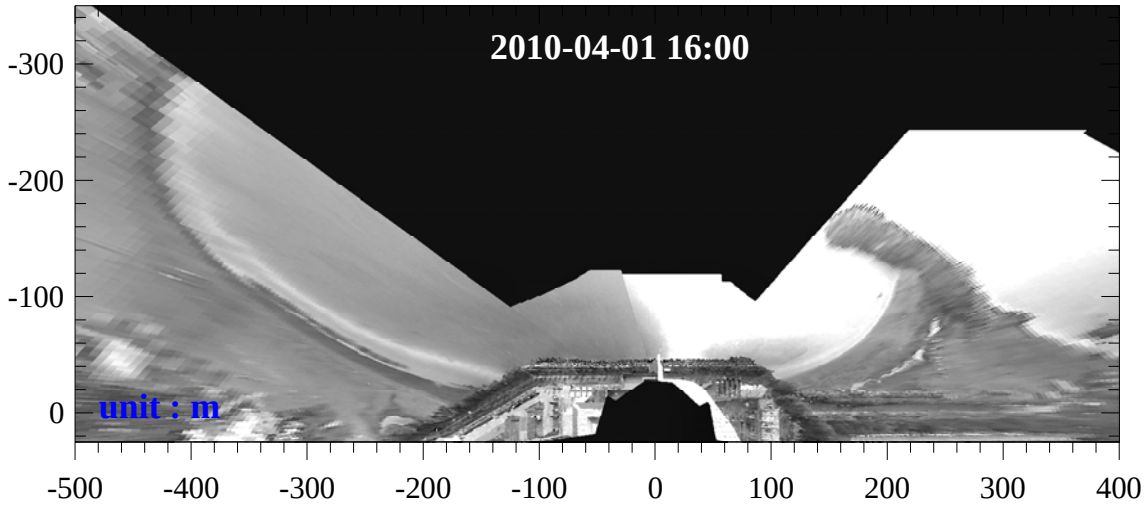
附圖 10H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 13:00)



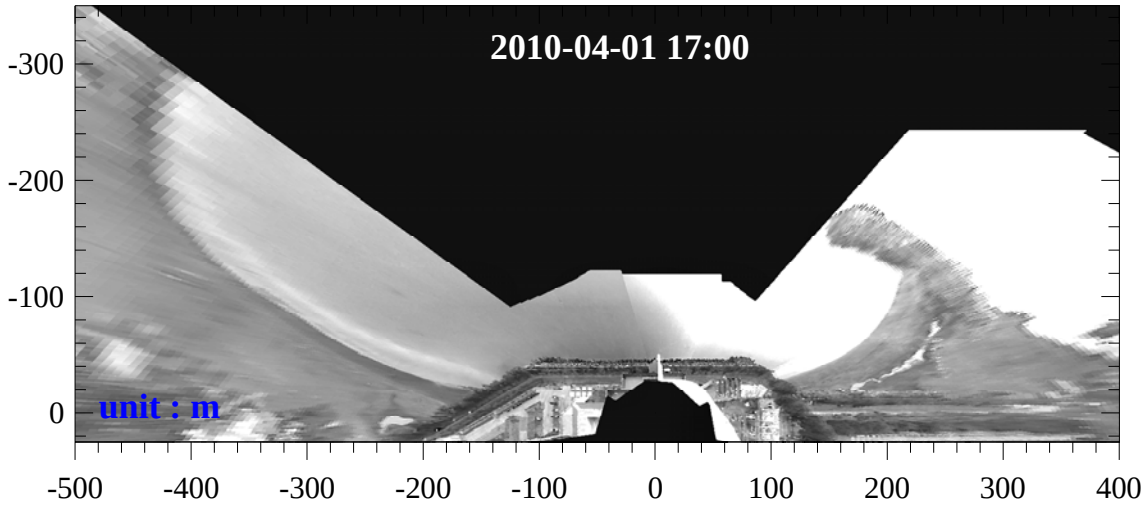
附圖 10I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 14:00)



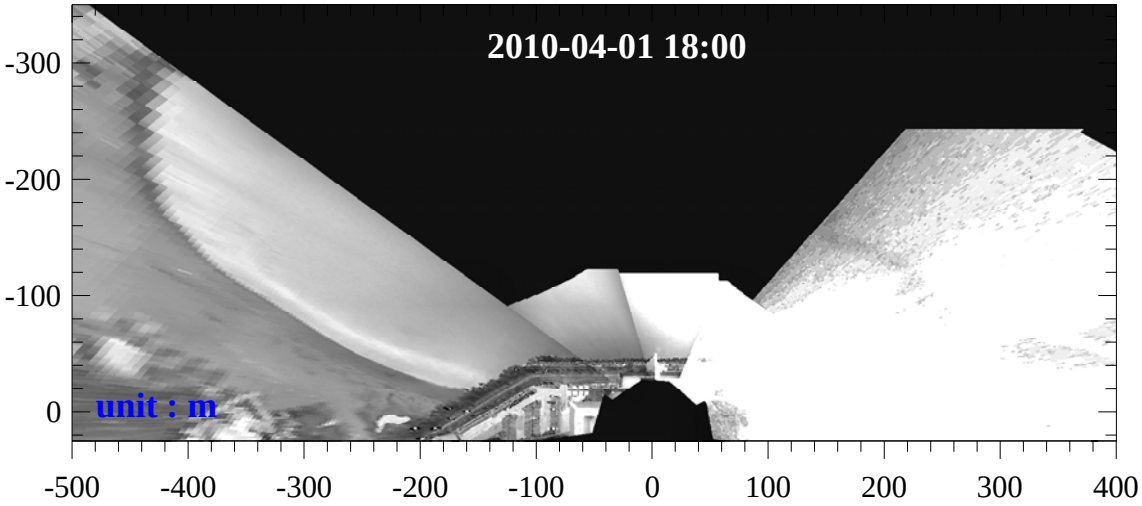
附圖 10J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 15:00)



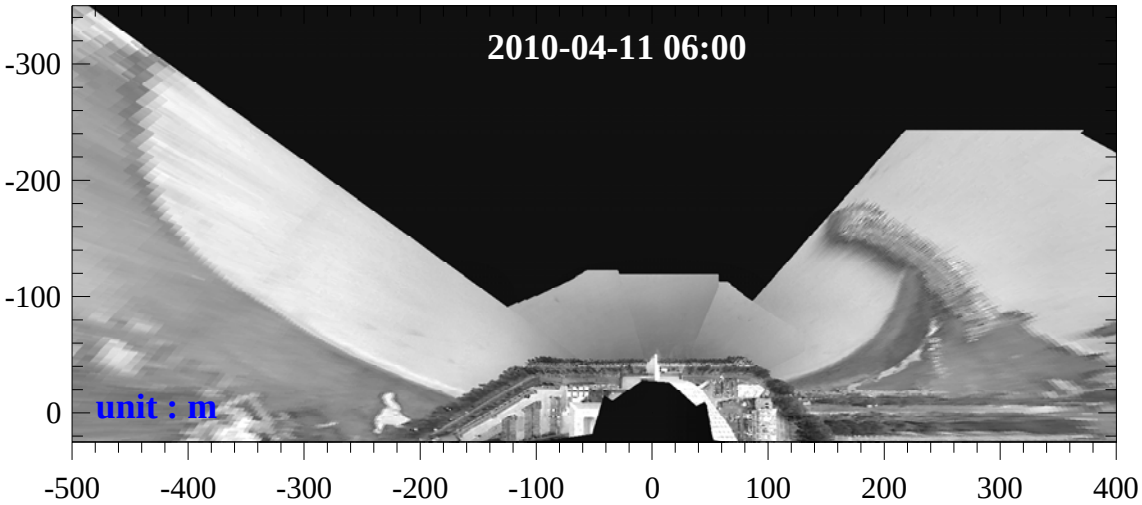
附圖 10K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 16:00)



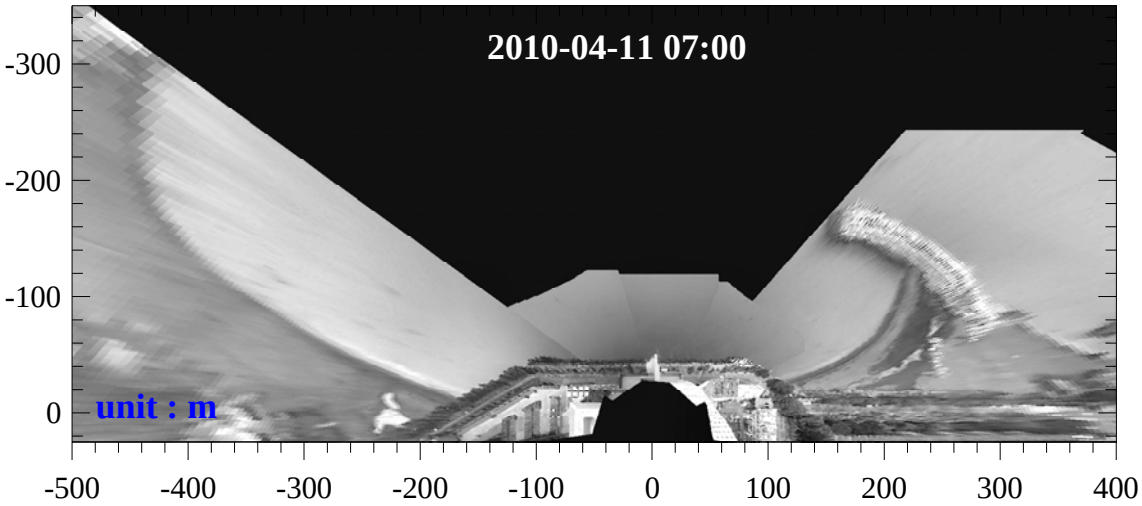
附圖 10L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 17:00)



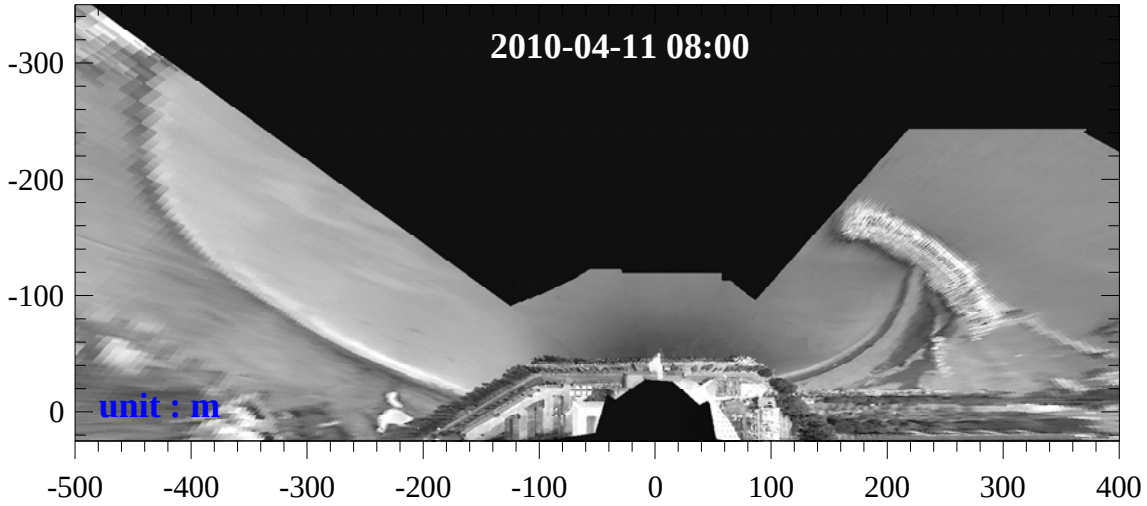
附圖 10M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/01 18:00)



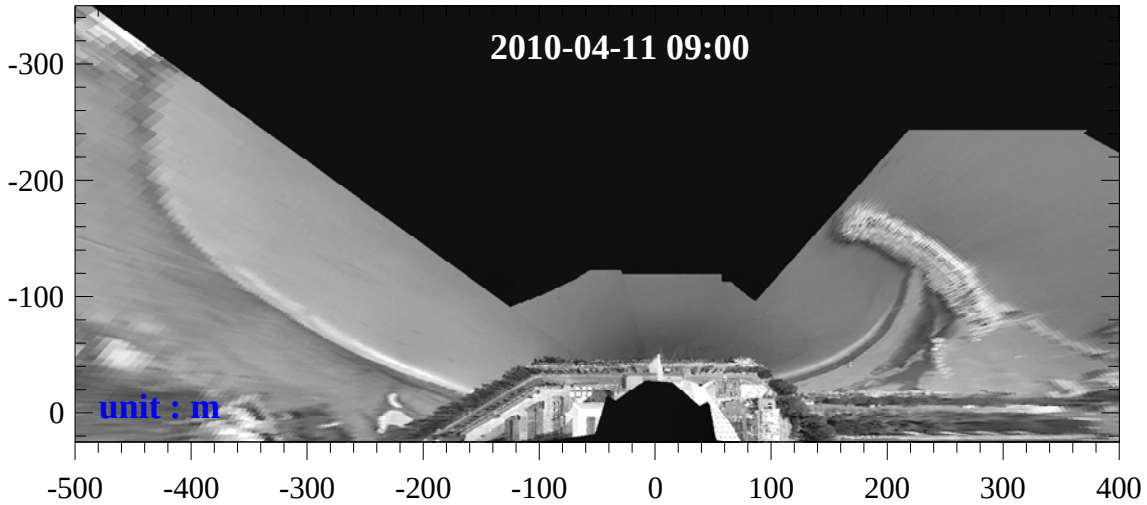
附圖 11A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 06:00)



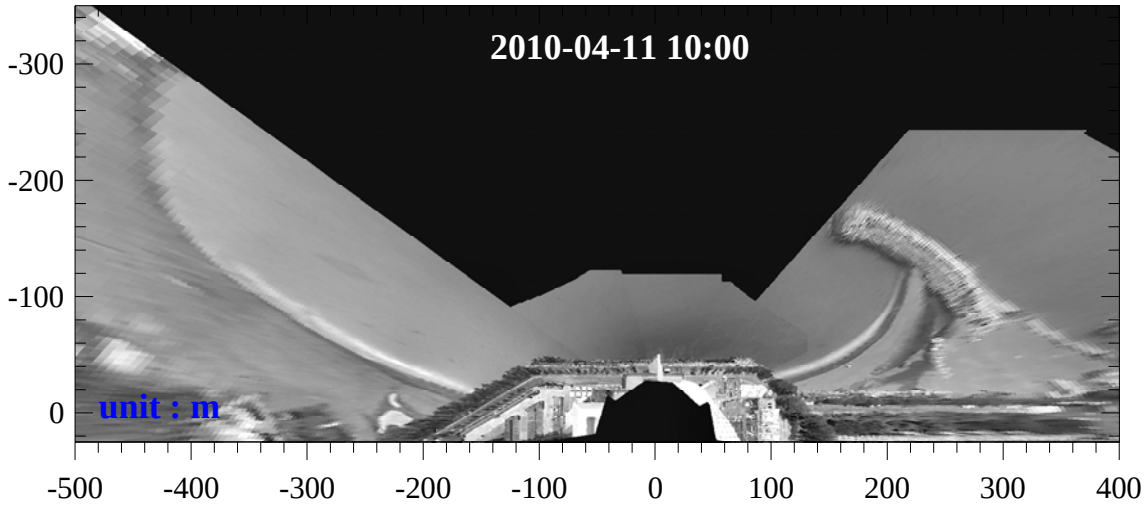
附圖 11B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 07:00)



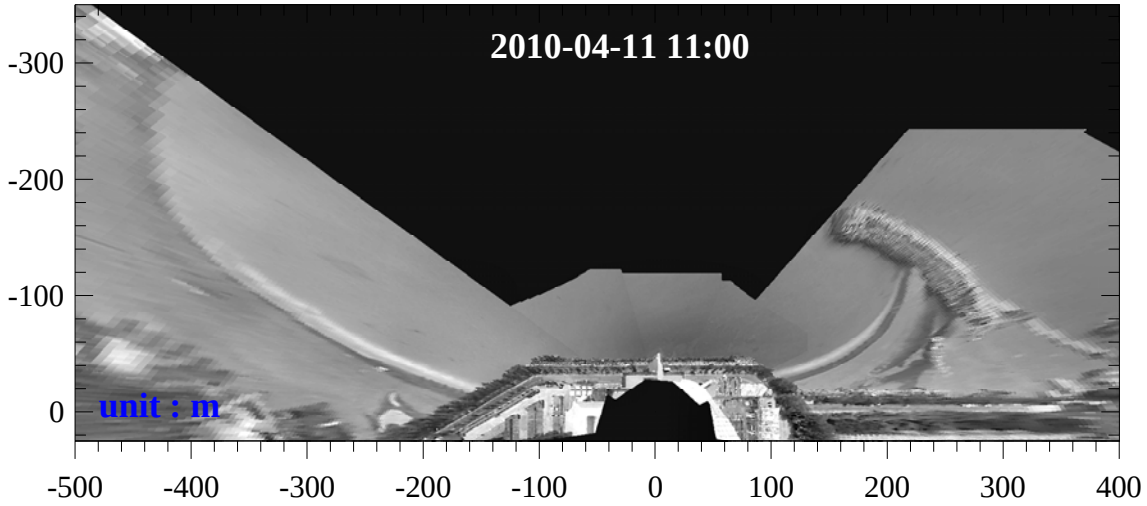
附圖 11C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 08:00)



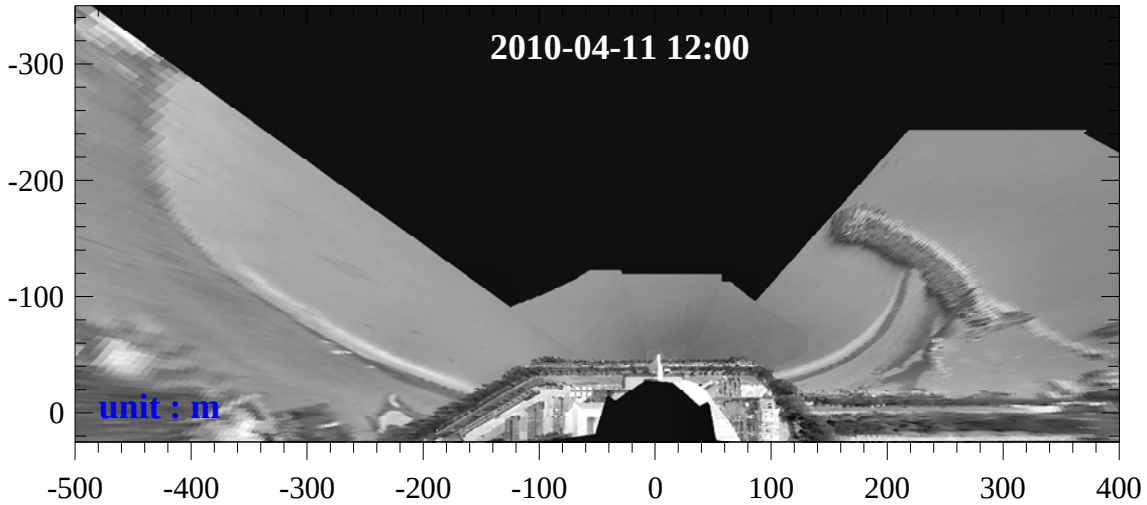
附圖 11D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 09:00)



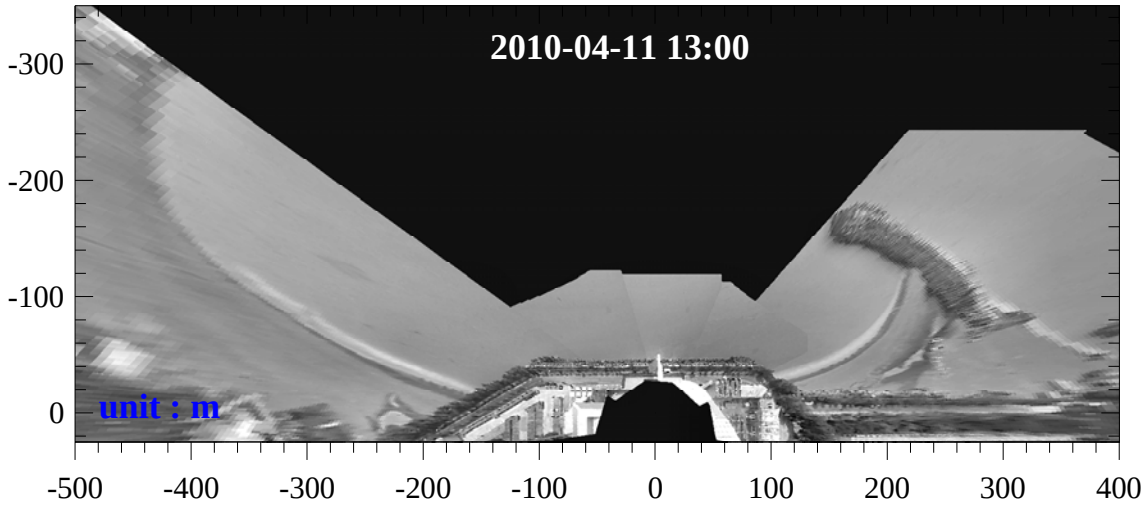
附圖 11E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 10:00)



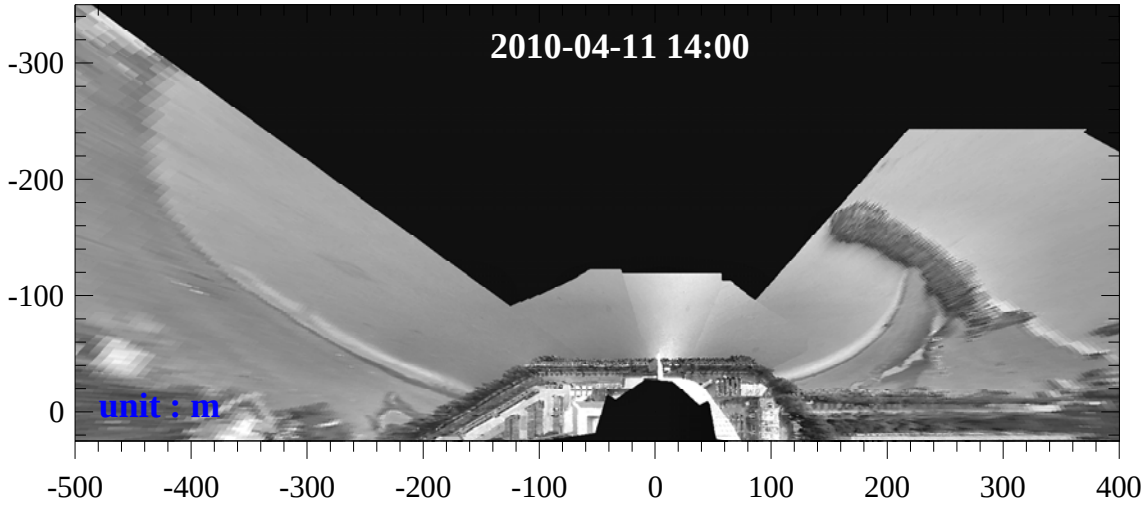
附圖 11F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 11:00)



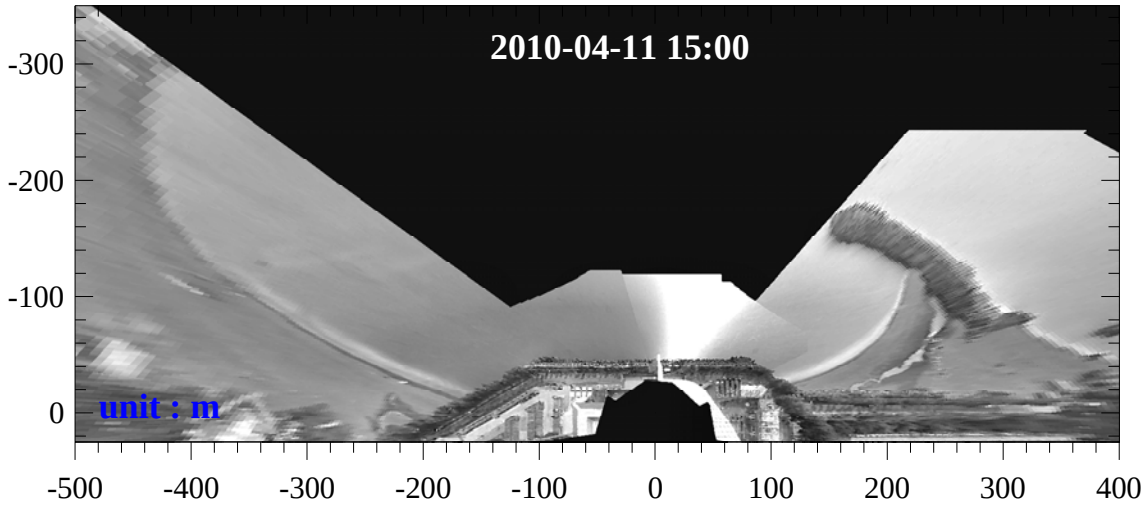
附圖 11G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 12:00)



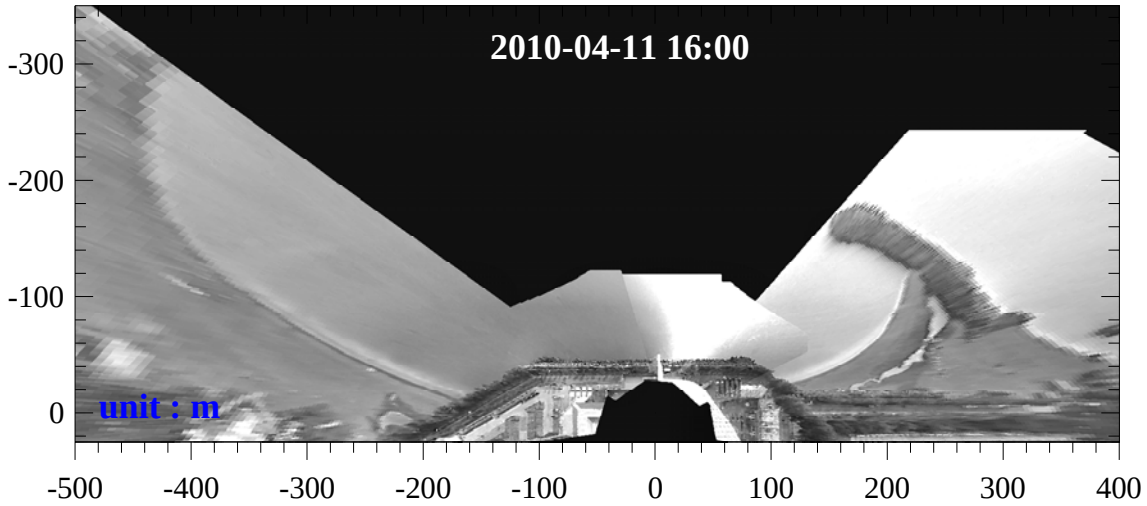
附圖 11H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 13:00)



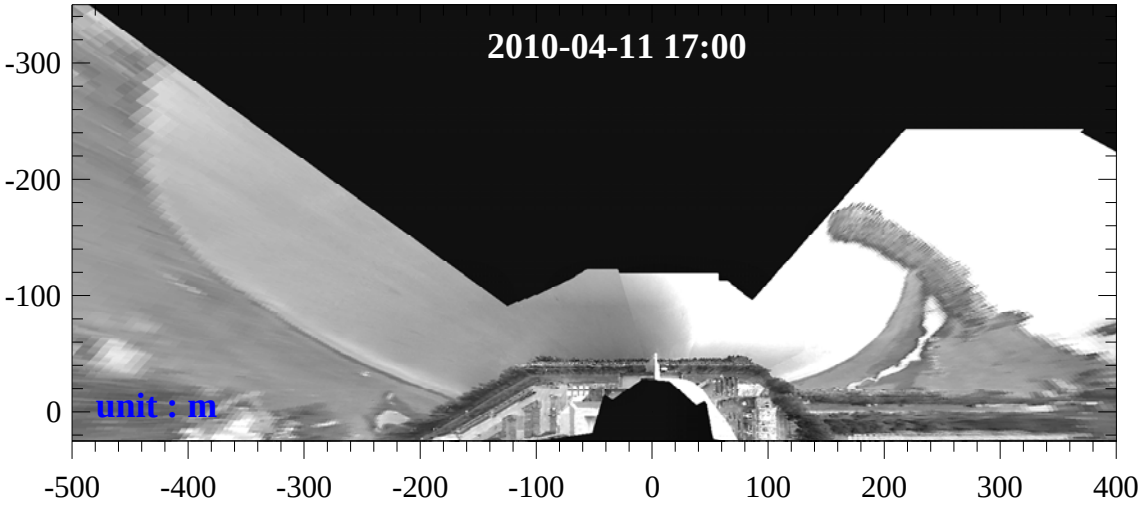
附圖 11I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 14:00)



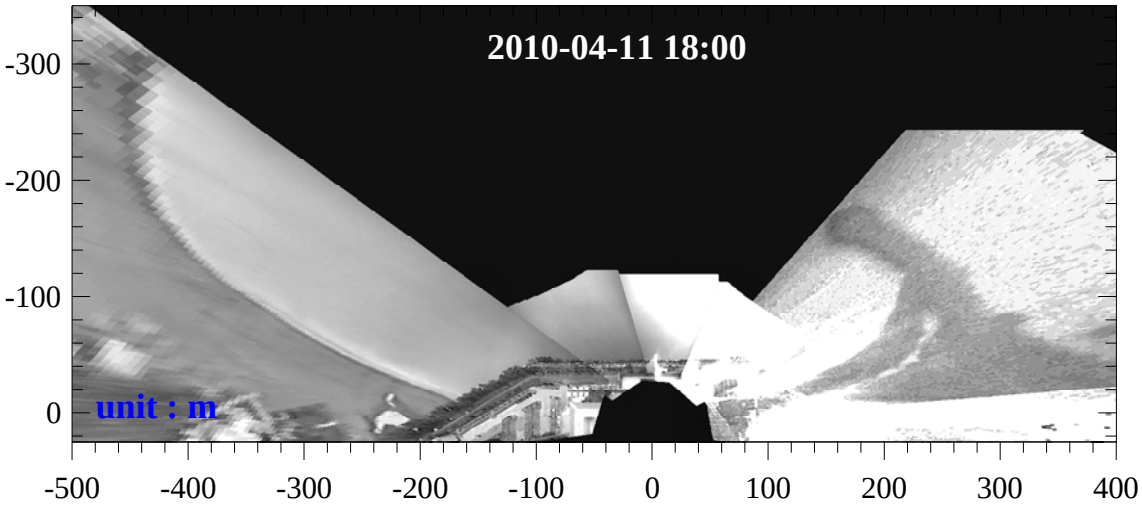
附圖 11J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 15:00)



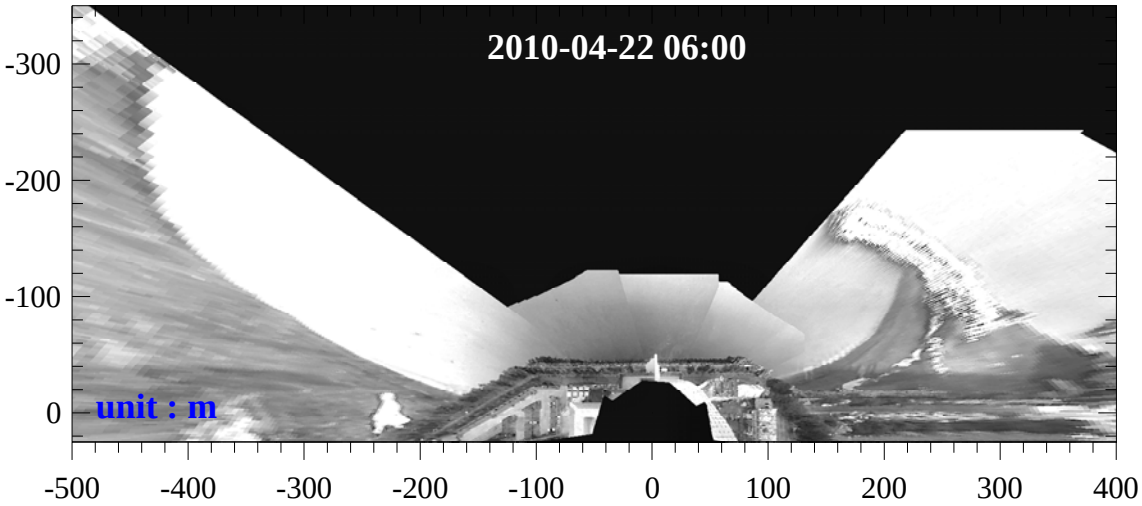
附圖 11K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 16:00)



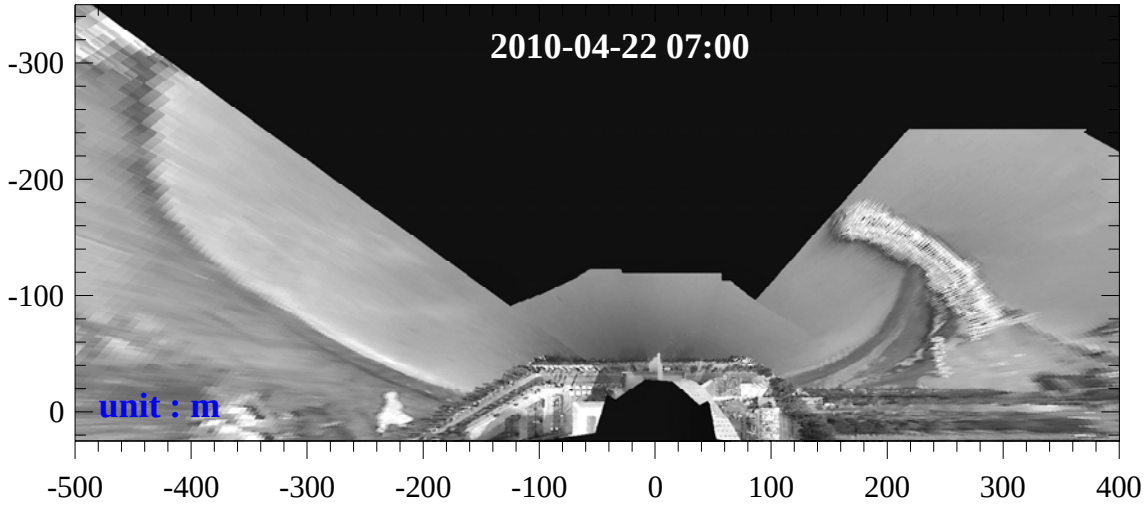
附圖 11L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 17:00)



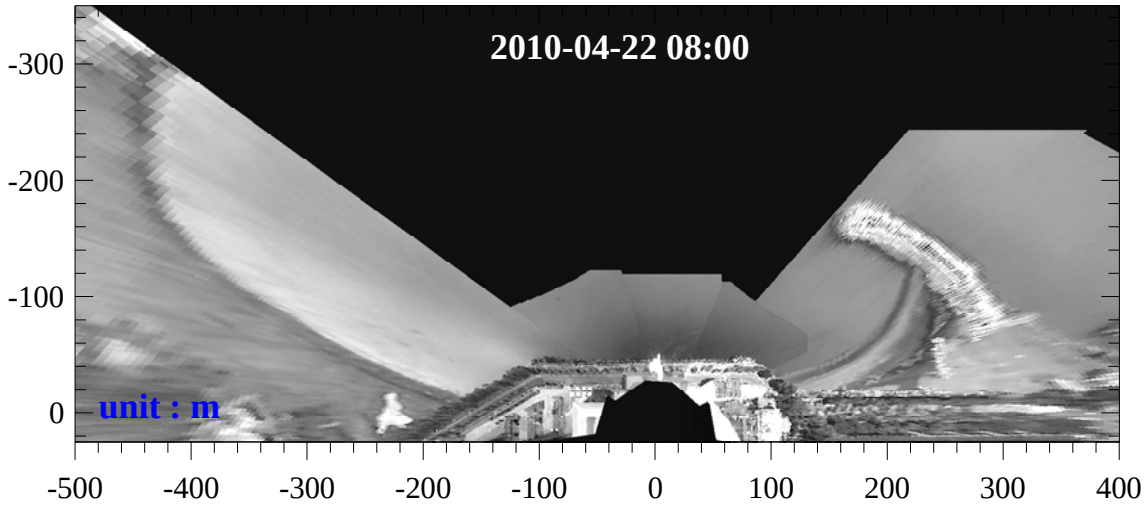
附圖 11M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/11 18:00)



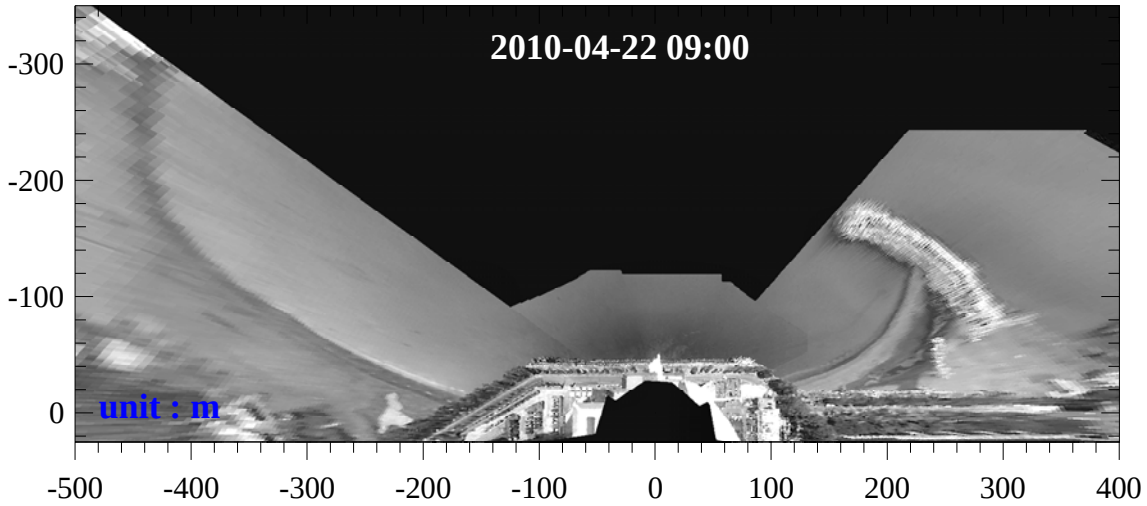
附圖 12A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 06:00)



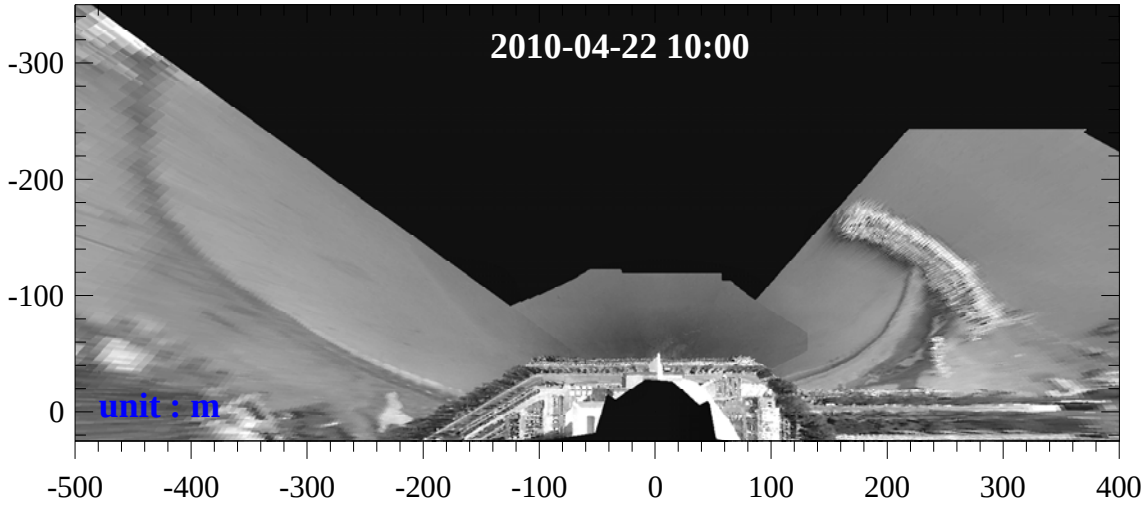
附圖 12B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 07:00)



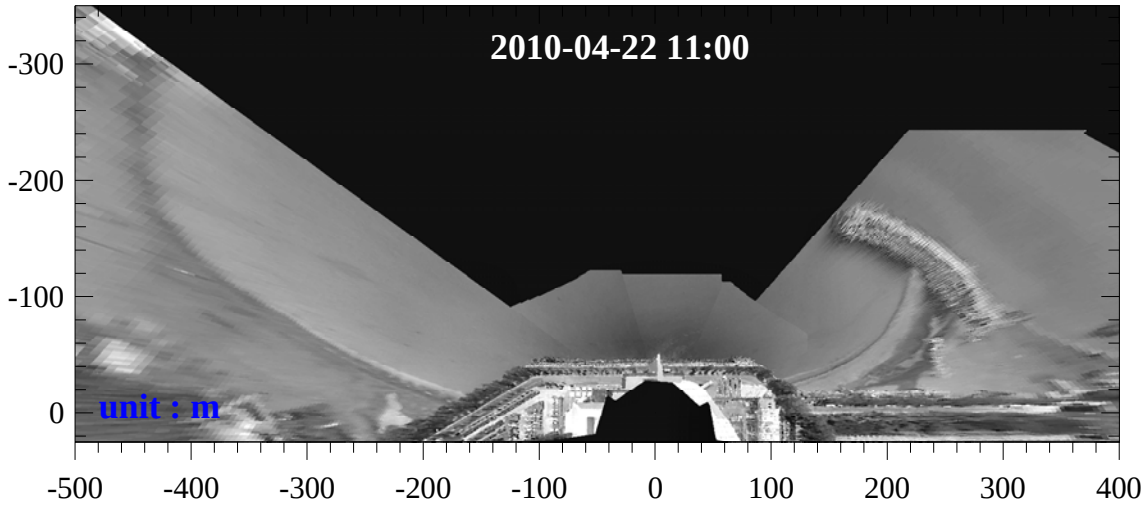
附圖 12C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 08:00)



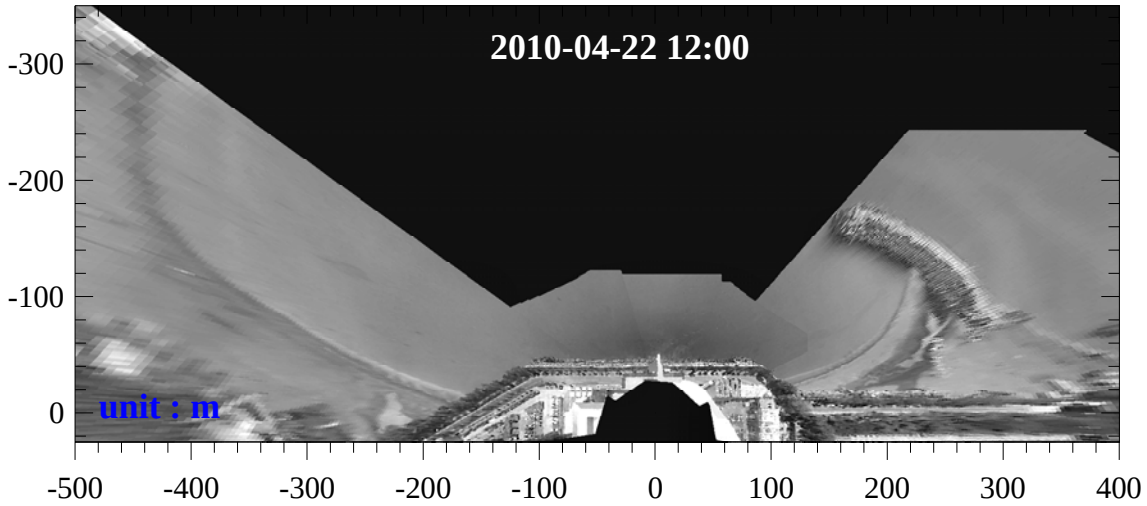
附圖 12D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 09:00)



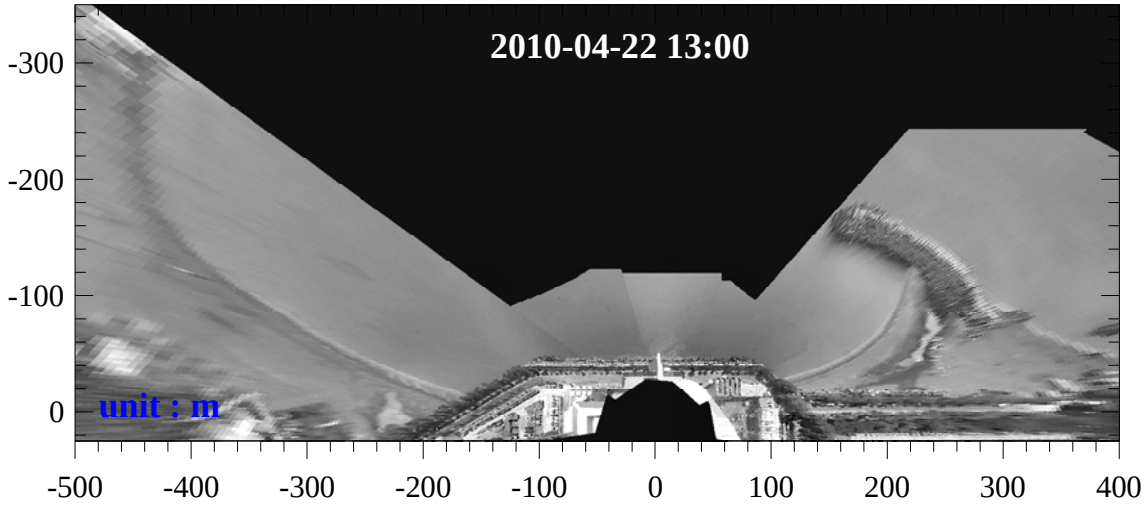
附圖 12E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 10:00)



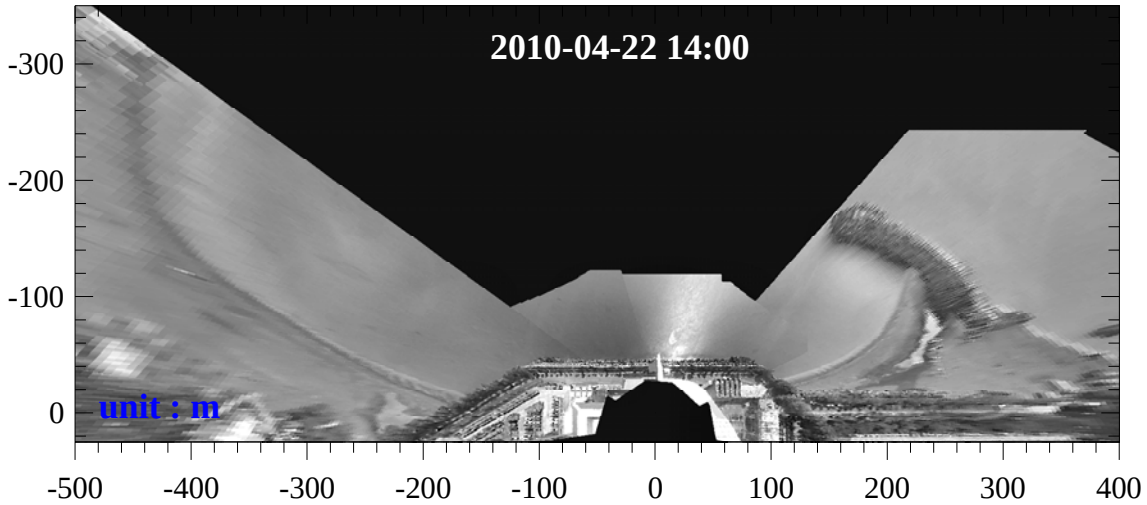
附圖 12F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 11:00)



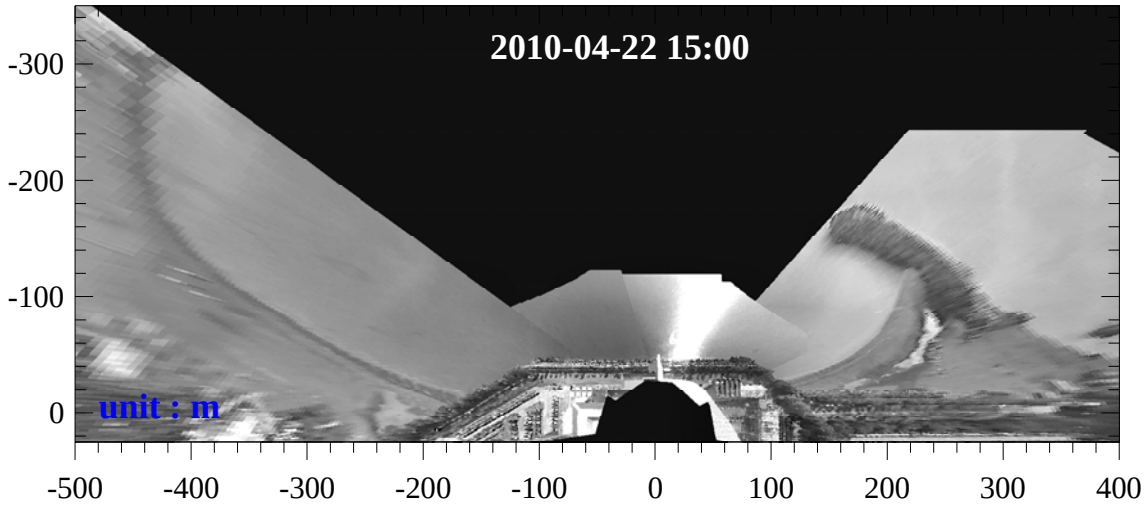
附圖 12G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 12:00)



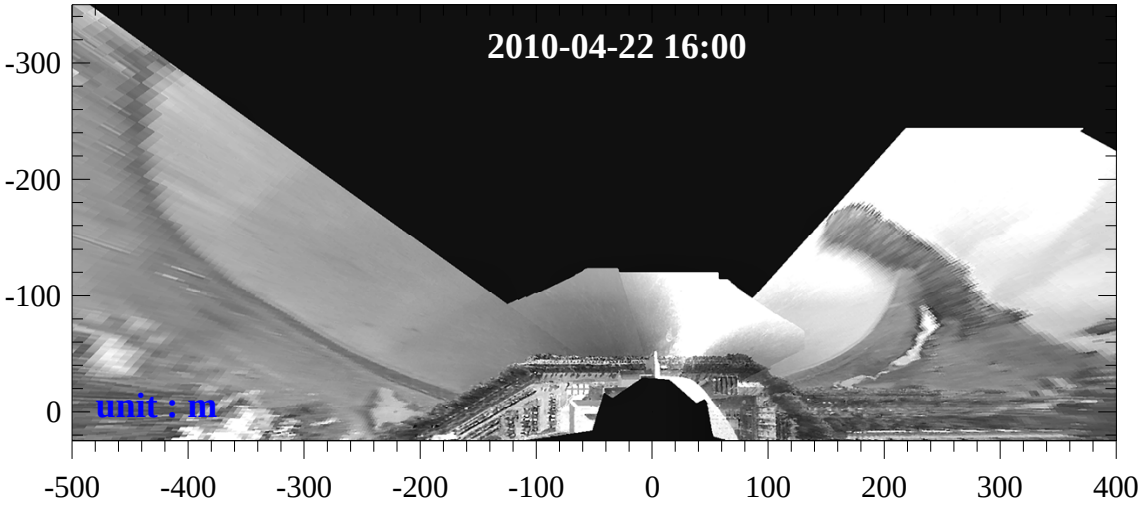
附圖 12H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 13:00)



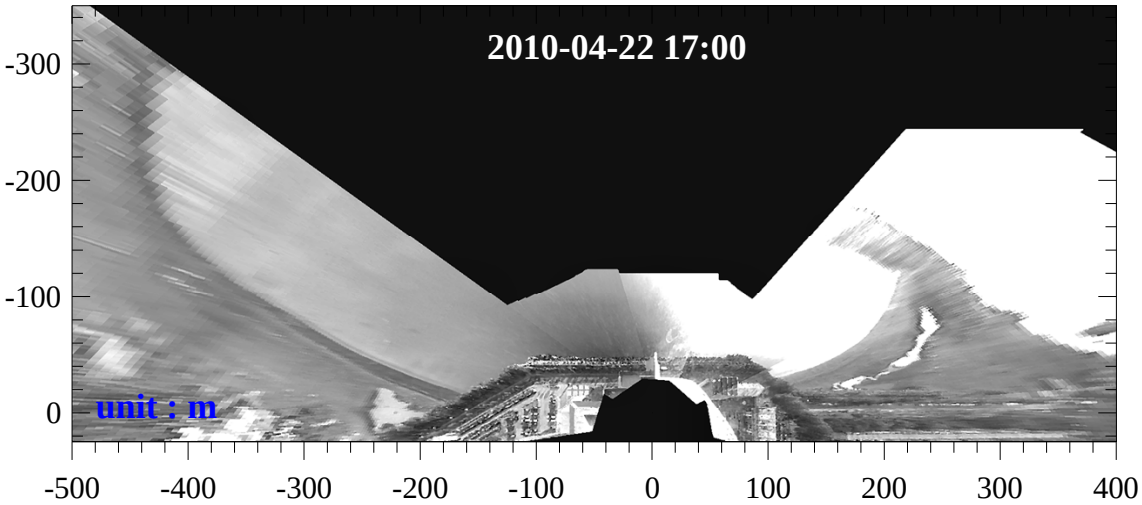
附圖 12I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 14:00)



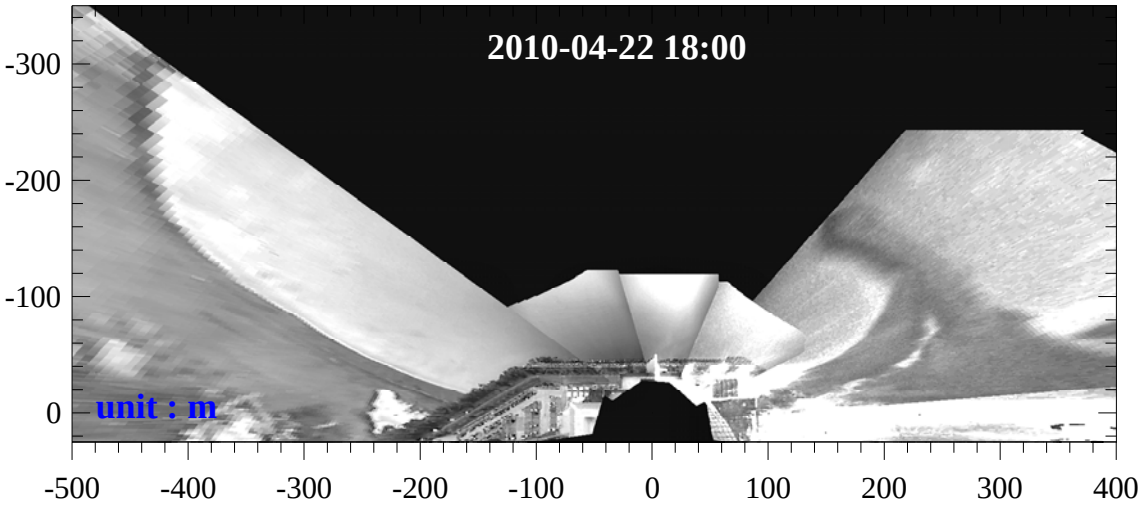
附圖 12J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 15:00)



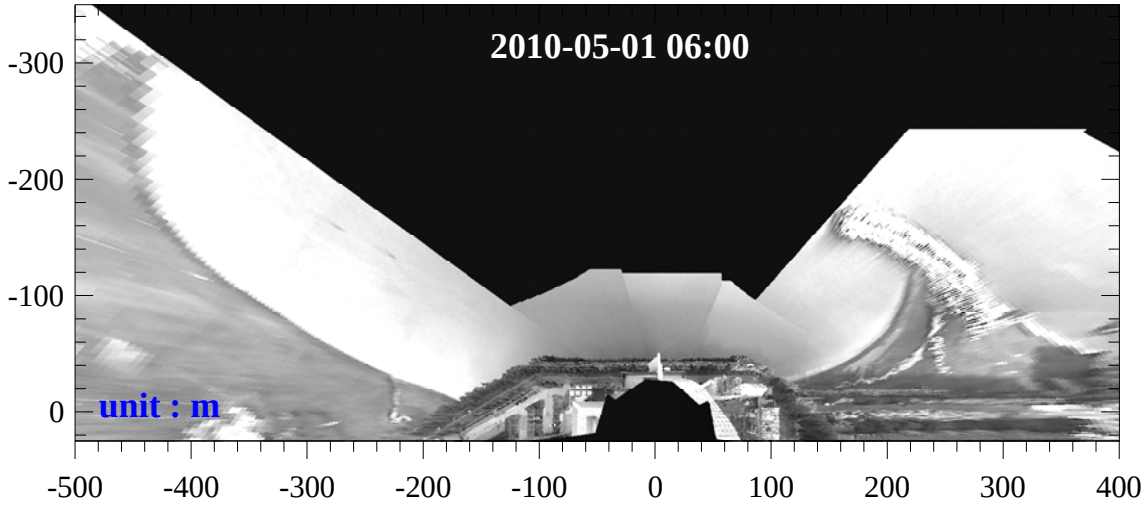
附圖 12K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 16:00)



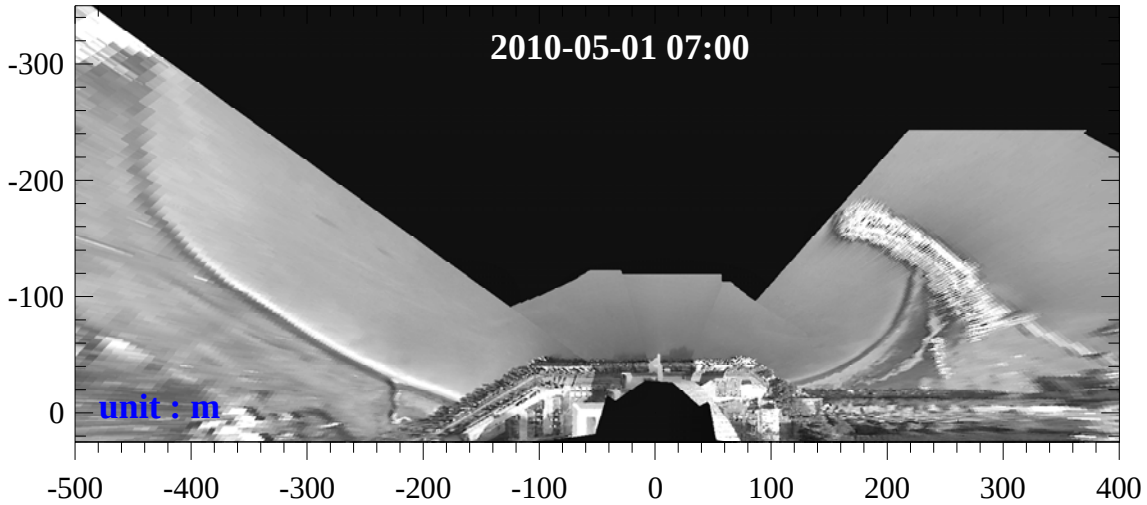
附圖 12L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 17:00)



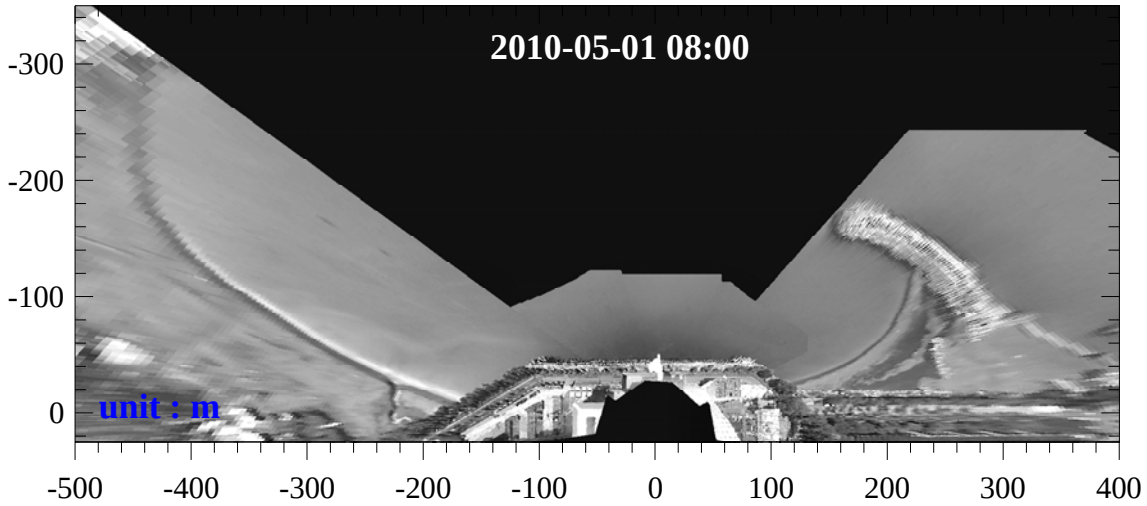
附圖 12M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/04/22 18:00)



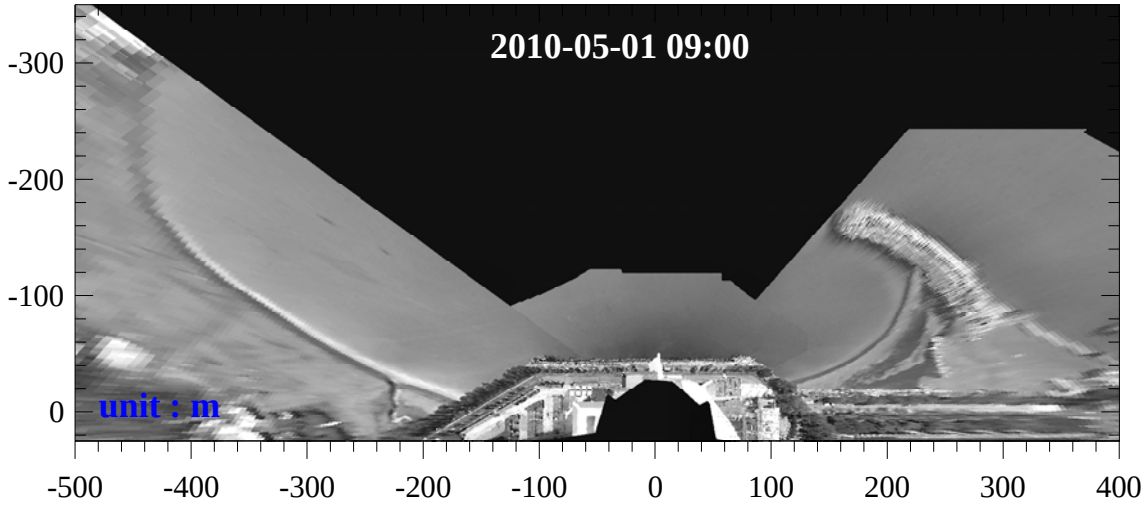
附圖 13A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 06:00)



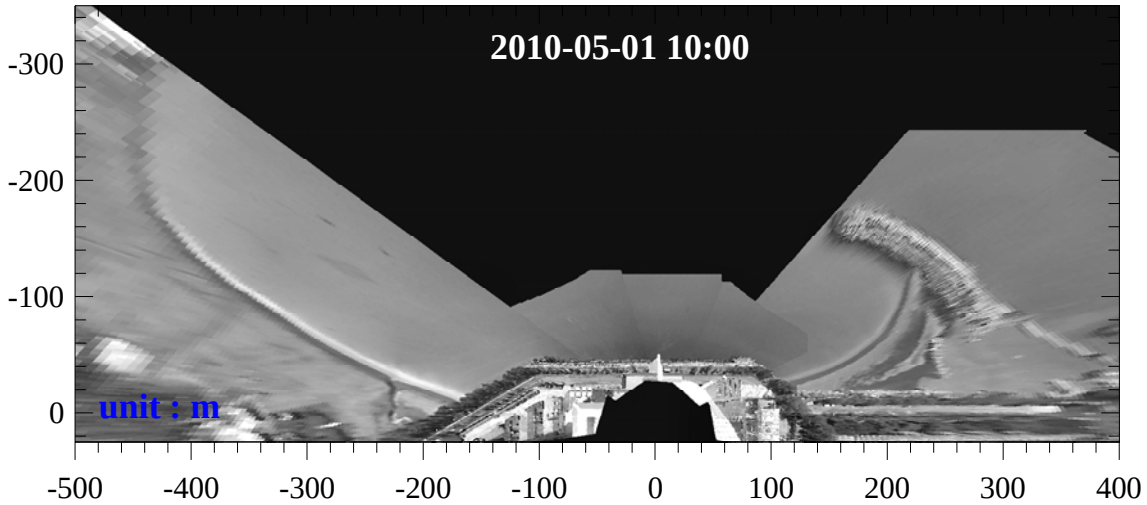
附圖 13B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 07:00)



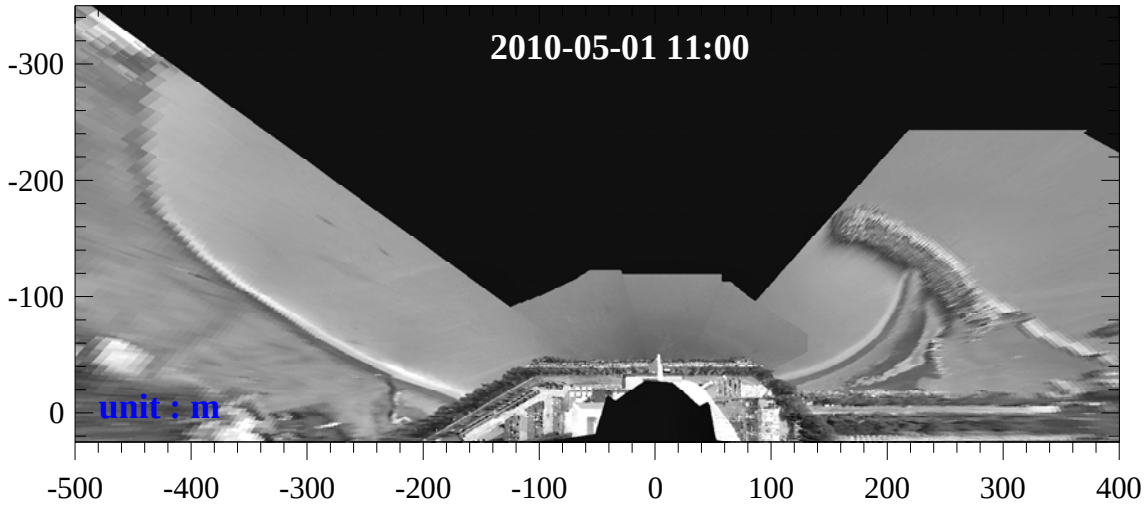
附圖 13C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 08:00)



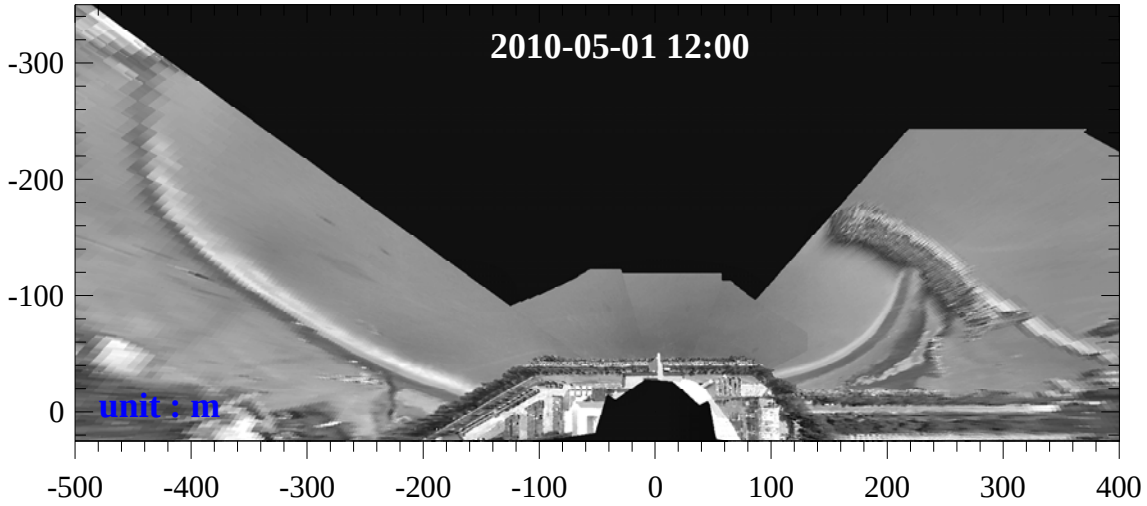
附圖 13D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 09:00)



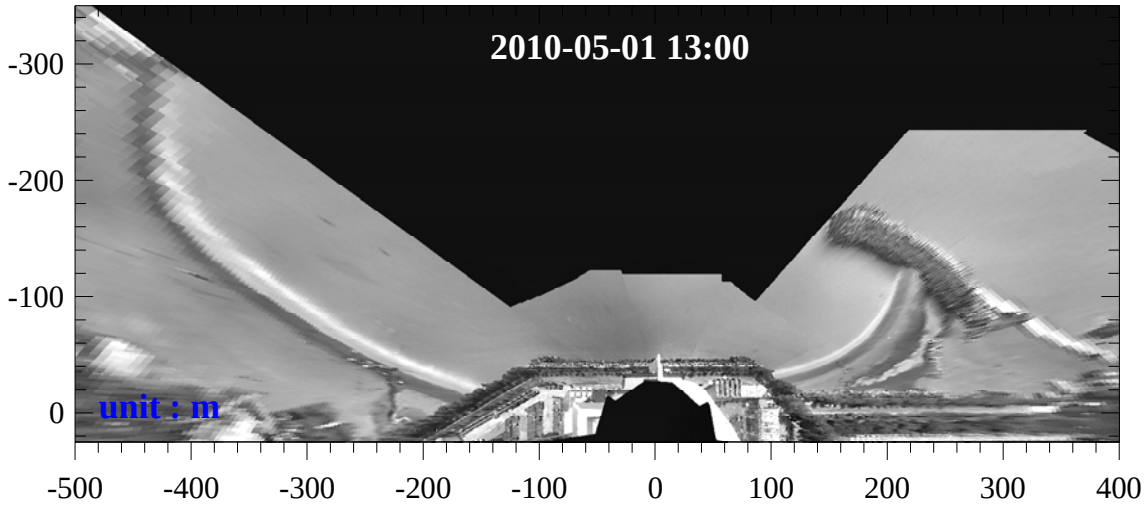
附圖 13E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 10:00)



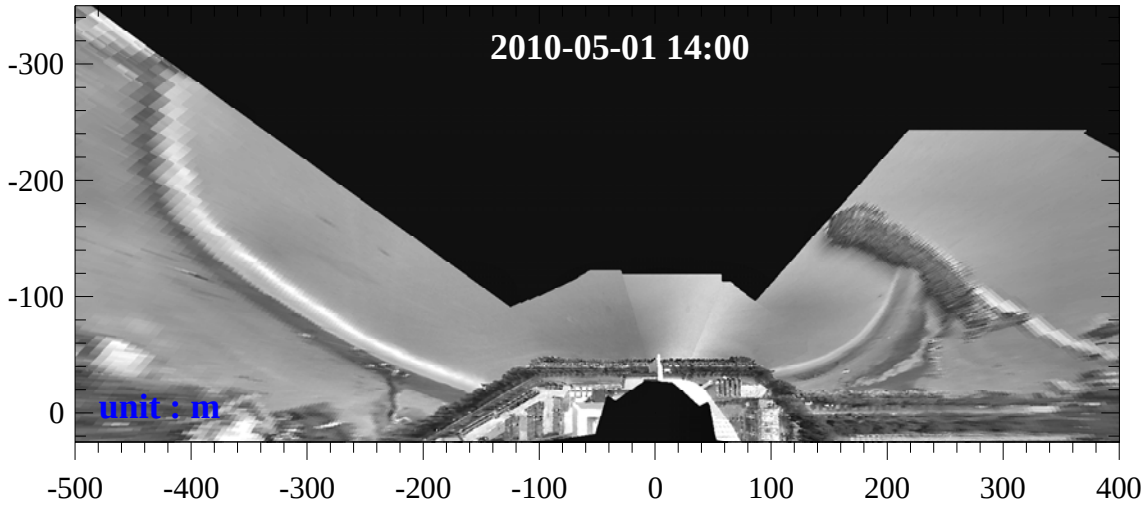
附圖 13F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 11:00)



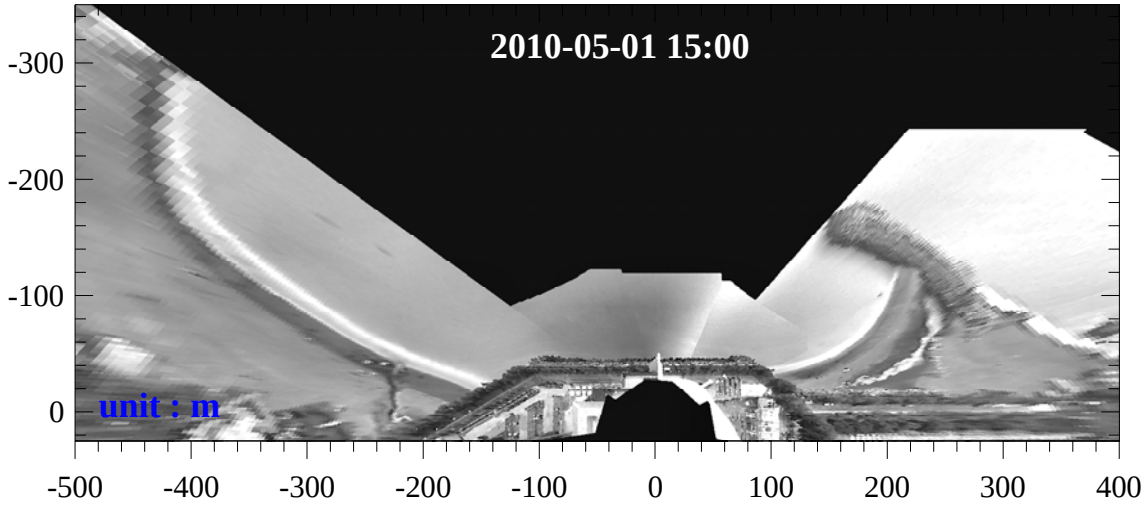
附圖 13G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 12:00)



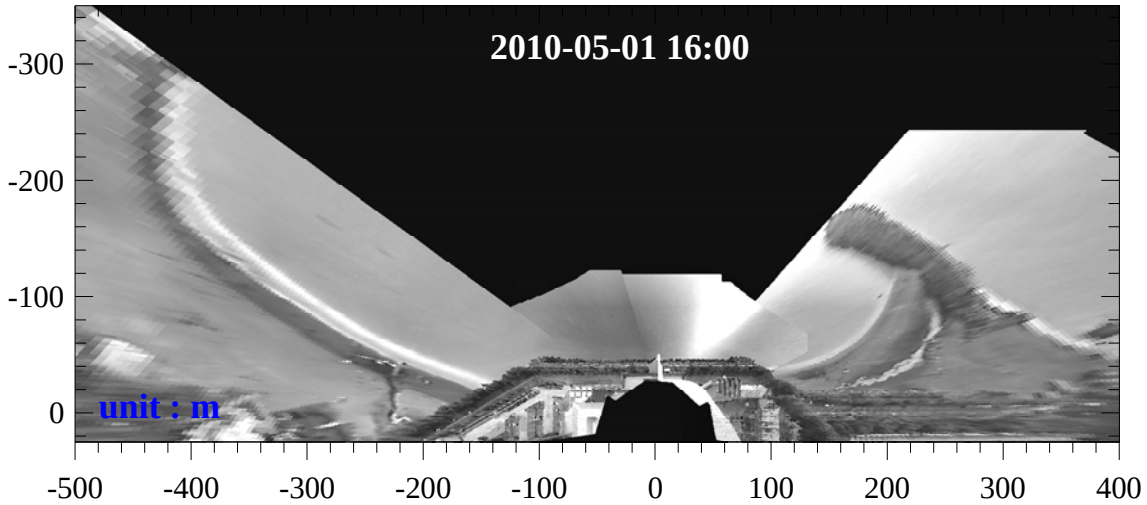
附圖 13H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 13:00)



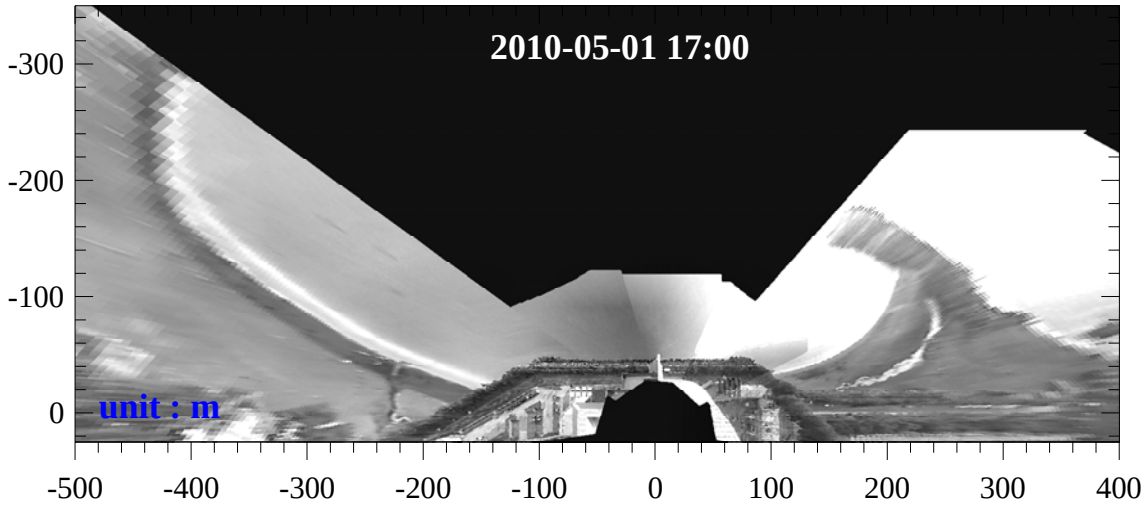
附圖 13I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 14:00)



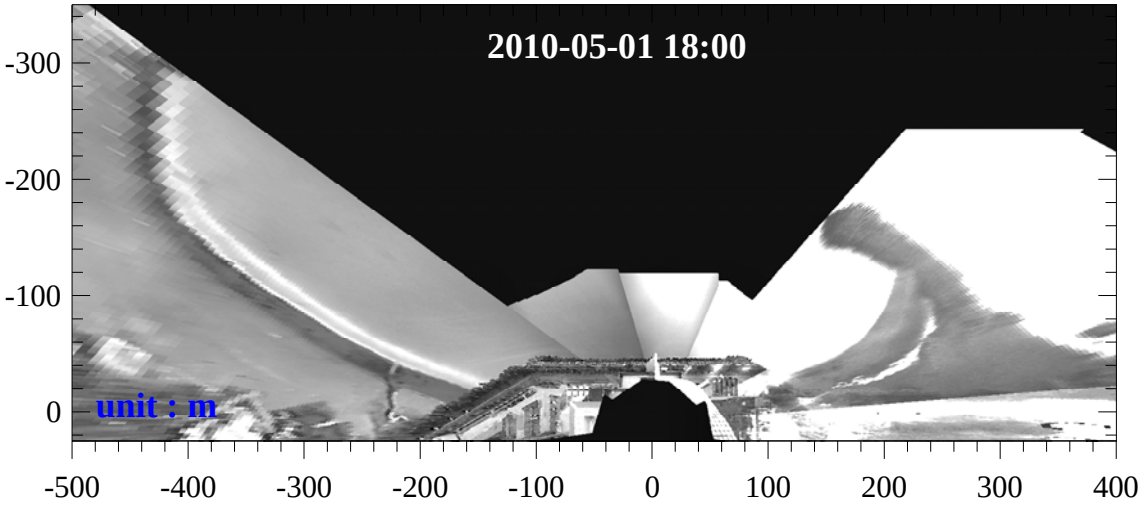
附圖 13J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 15:00)



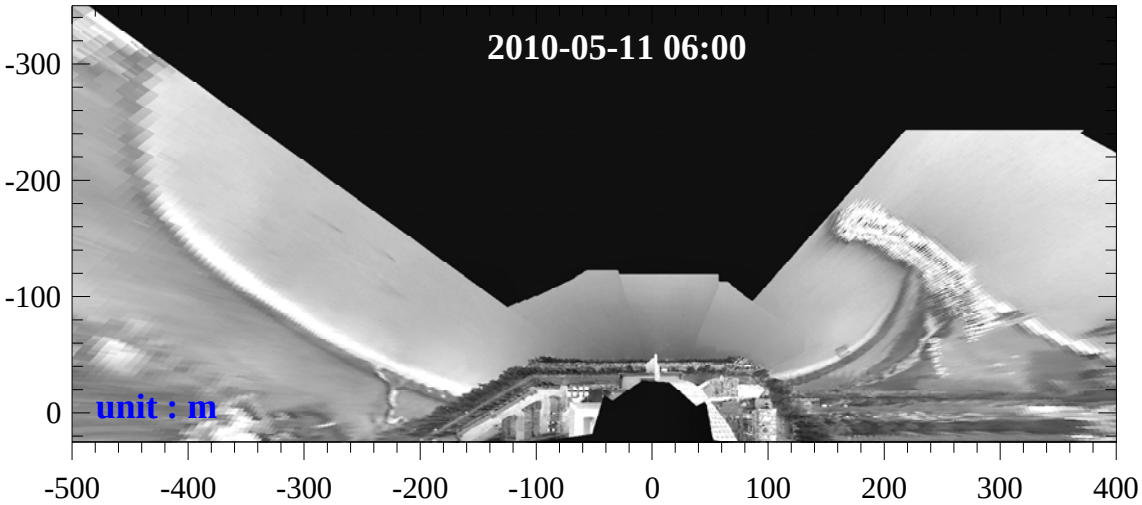
附圖 13K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 16:00)



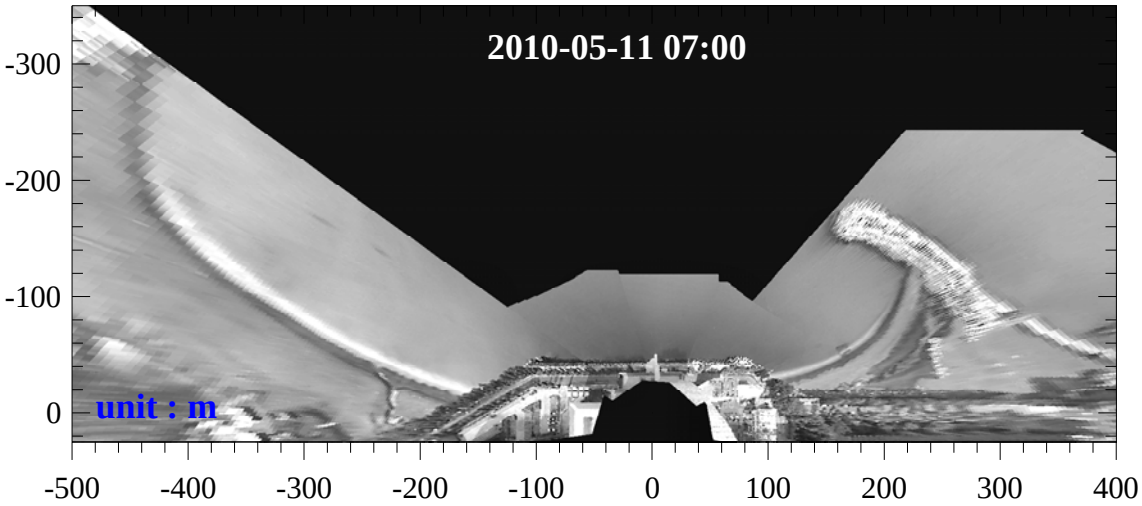
附圖 13L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 17:00)



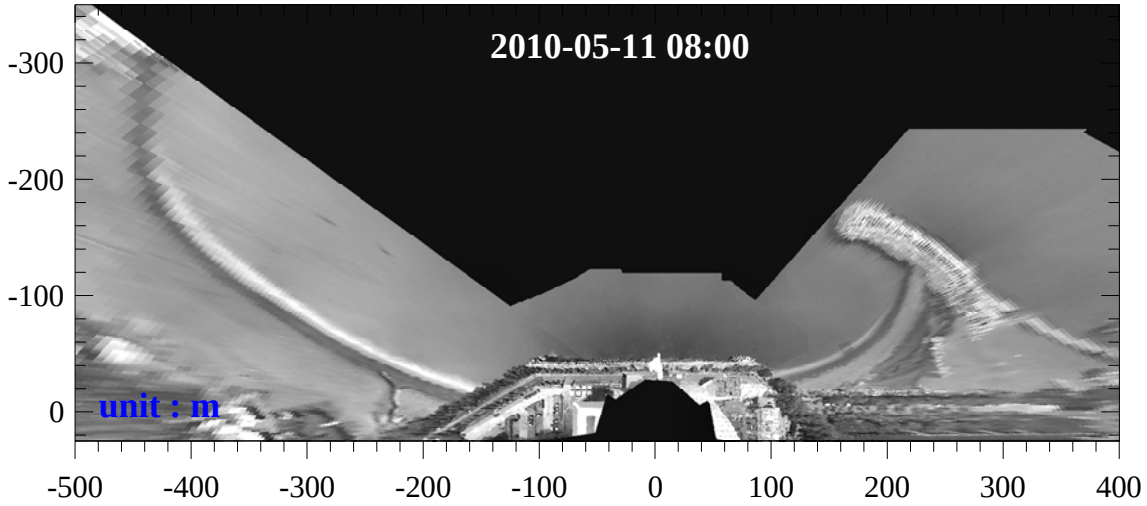
附圖 13M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/01 18:00)



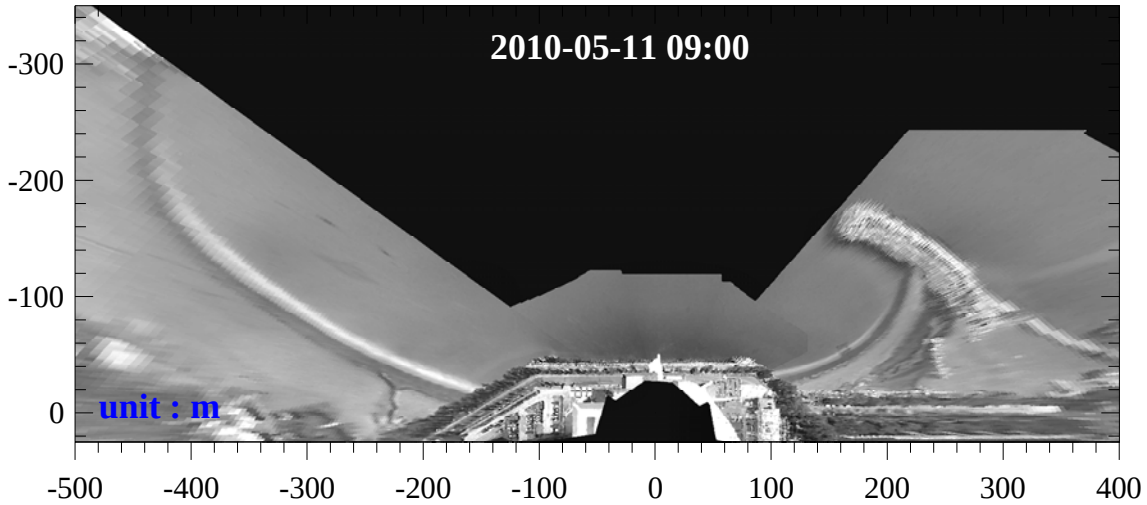
附圖 14A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 06:00)



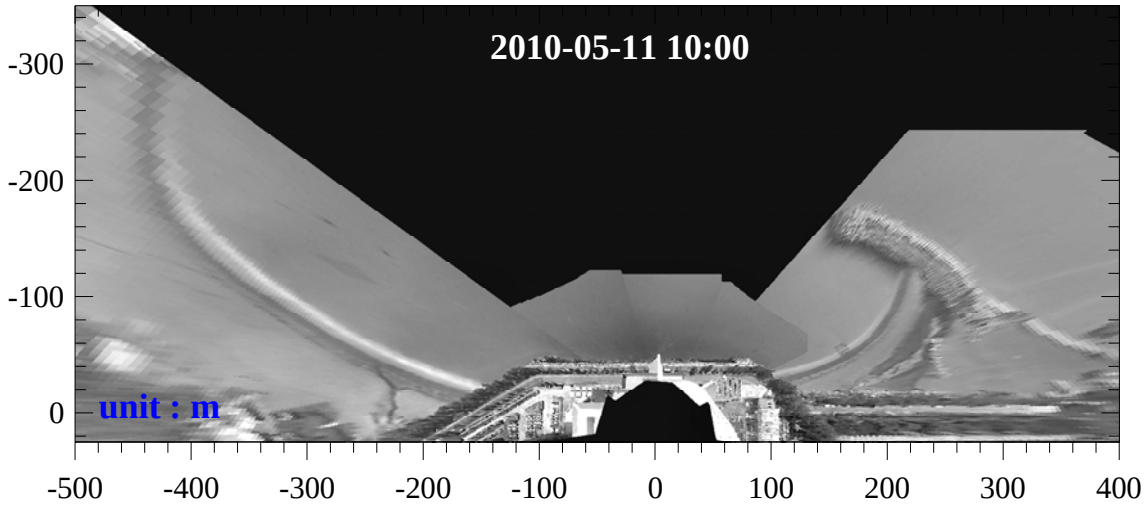
附圖 14B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 07:00)



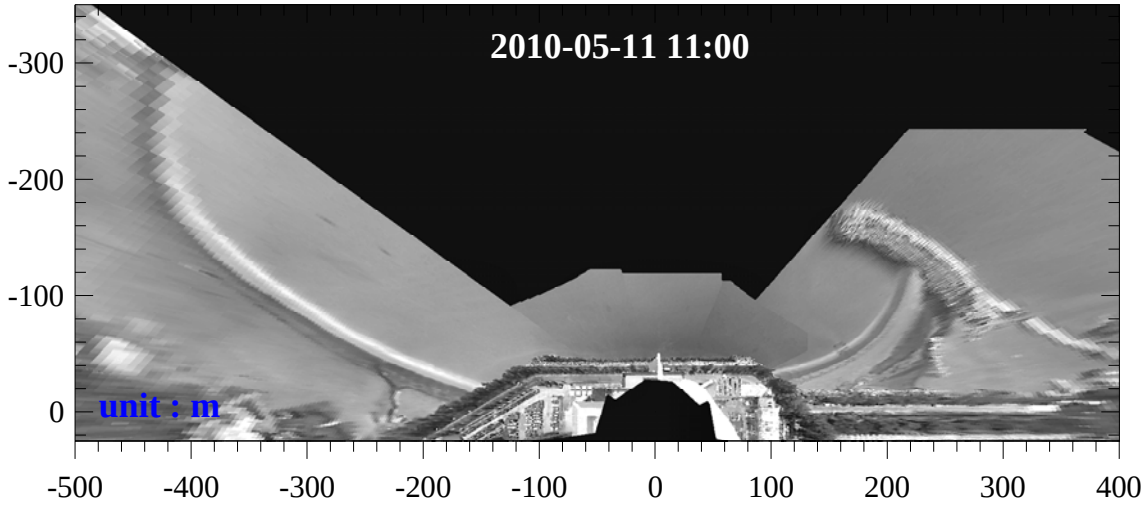
附圖 14C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 08:00)



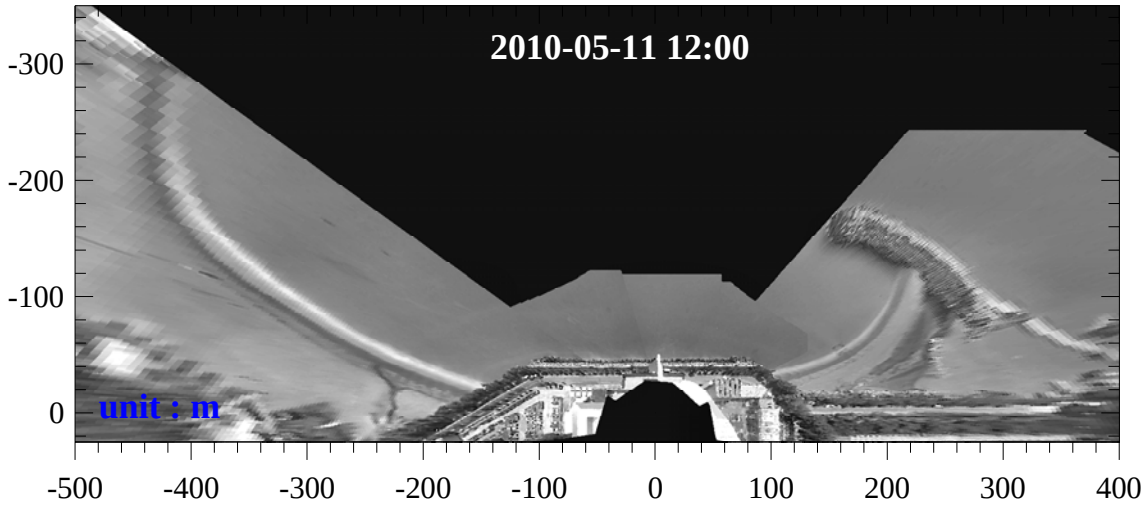
附圖 14D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 09:00)



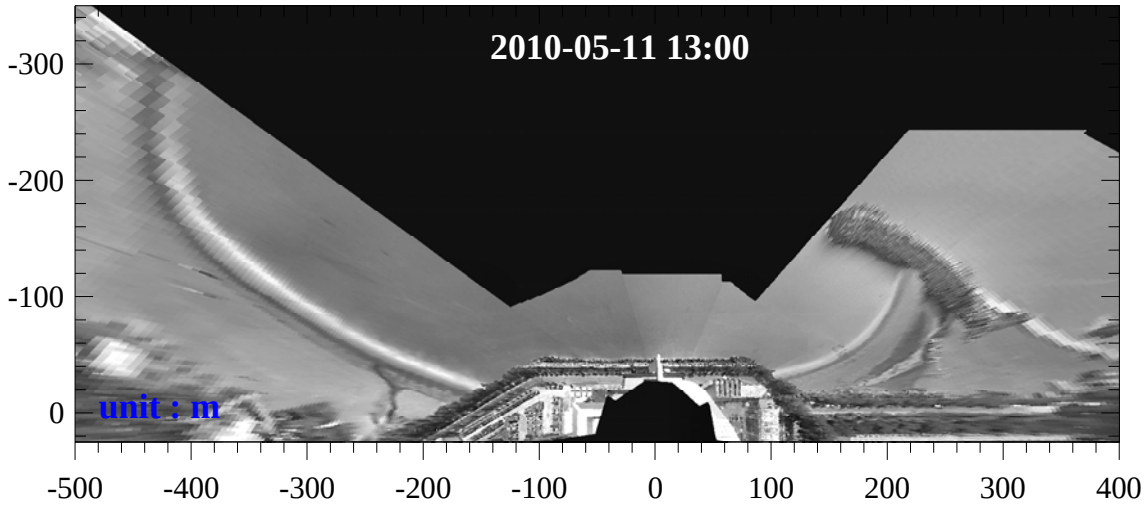
附圖 14E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 10:00)



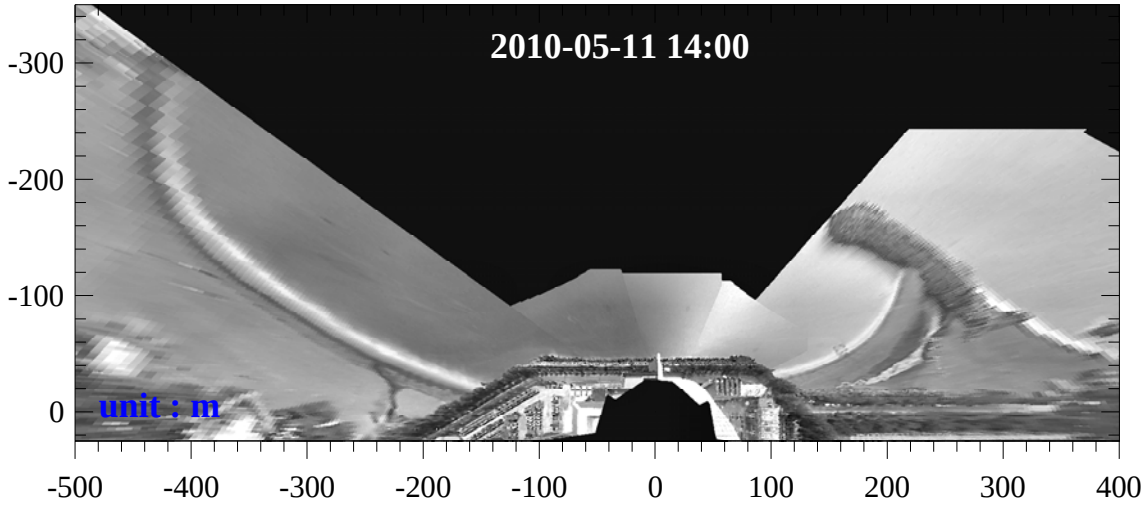
附圖 14F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 11:00)



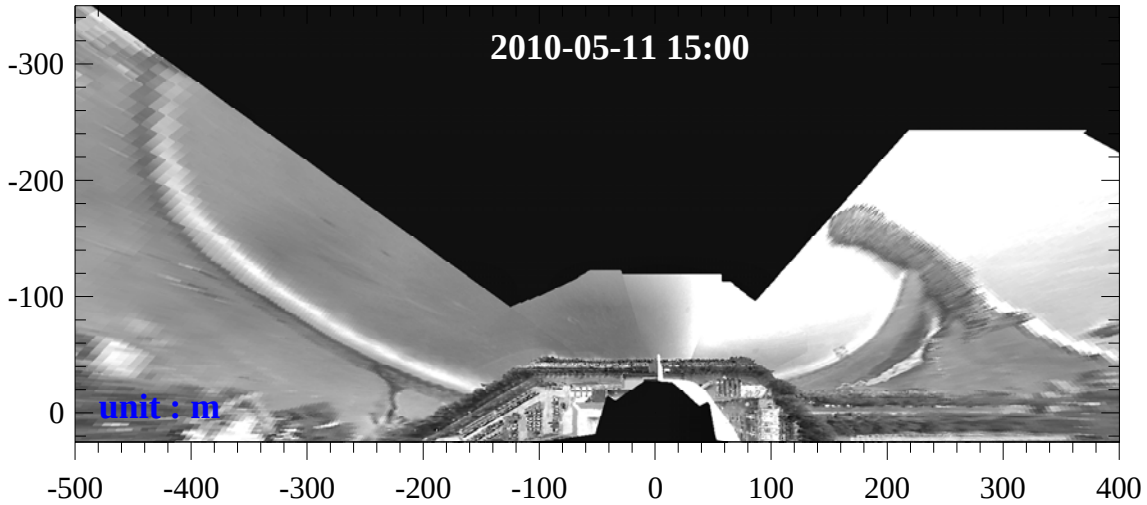
附圖 14G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 12:00)



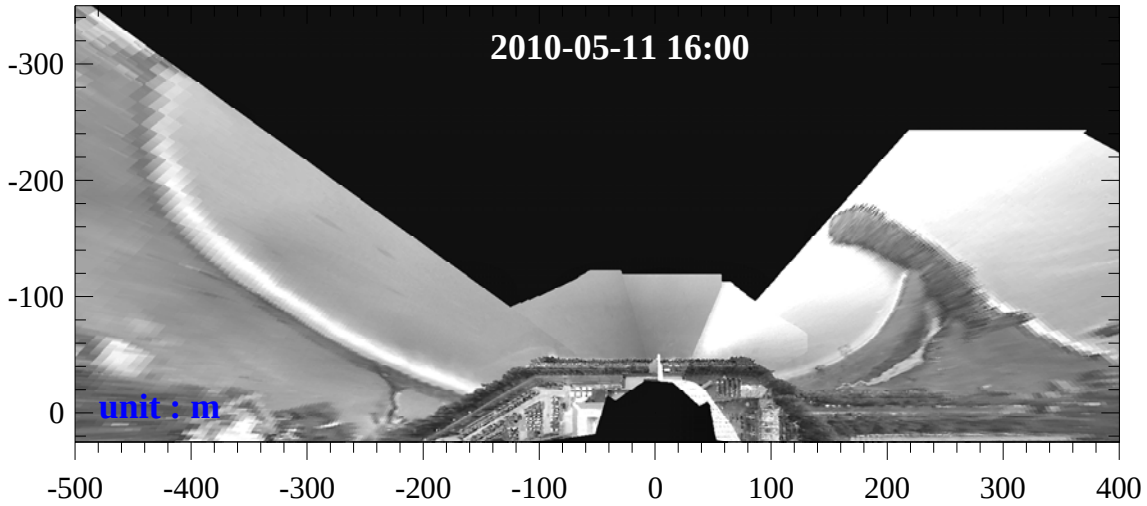
附圖 14H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 13:00)



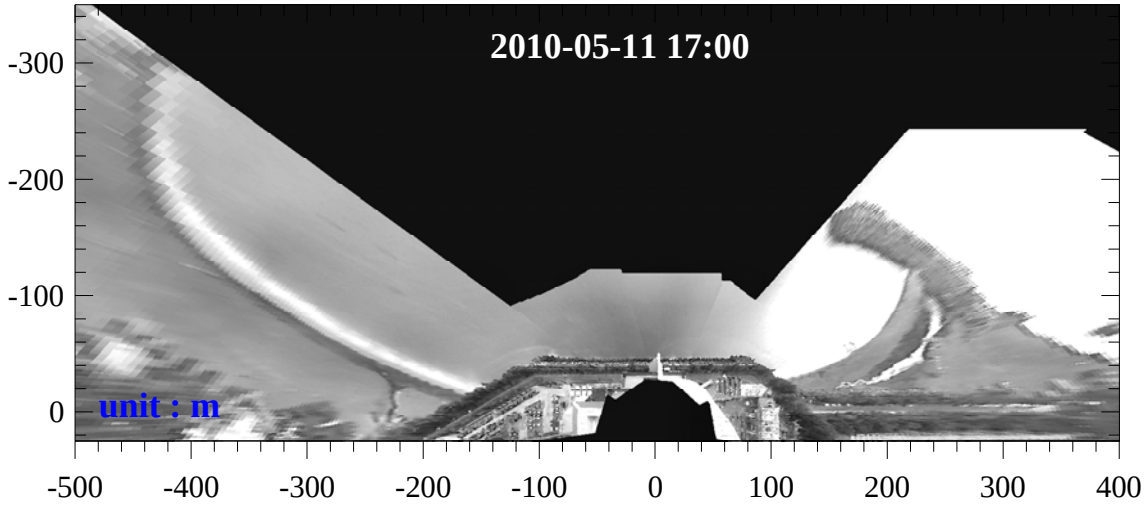
附圖 14I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 14:00)



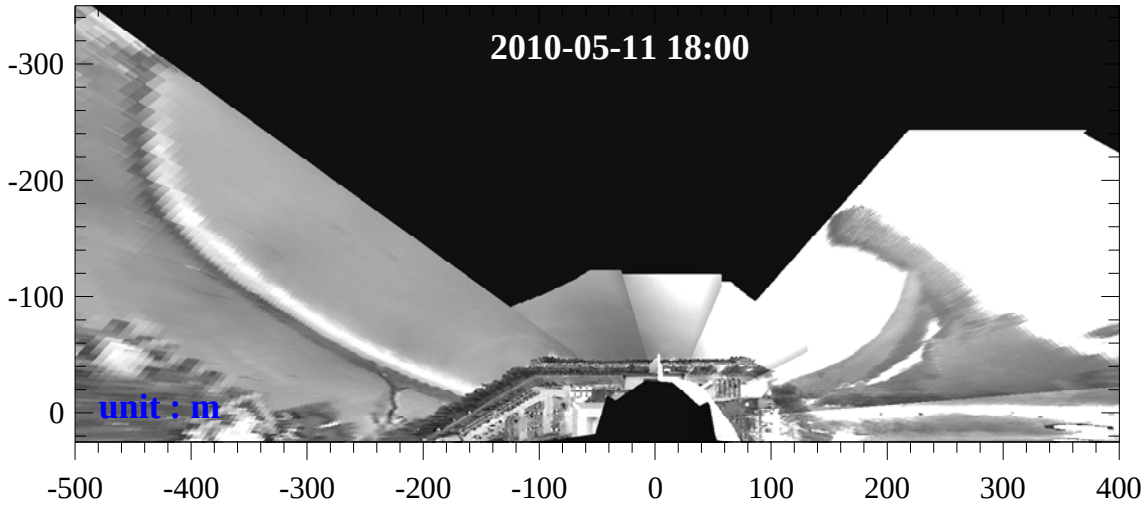
附圖 14J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 15:00)



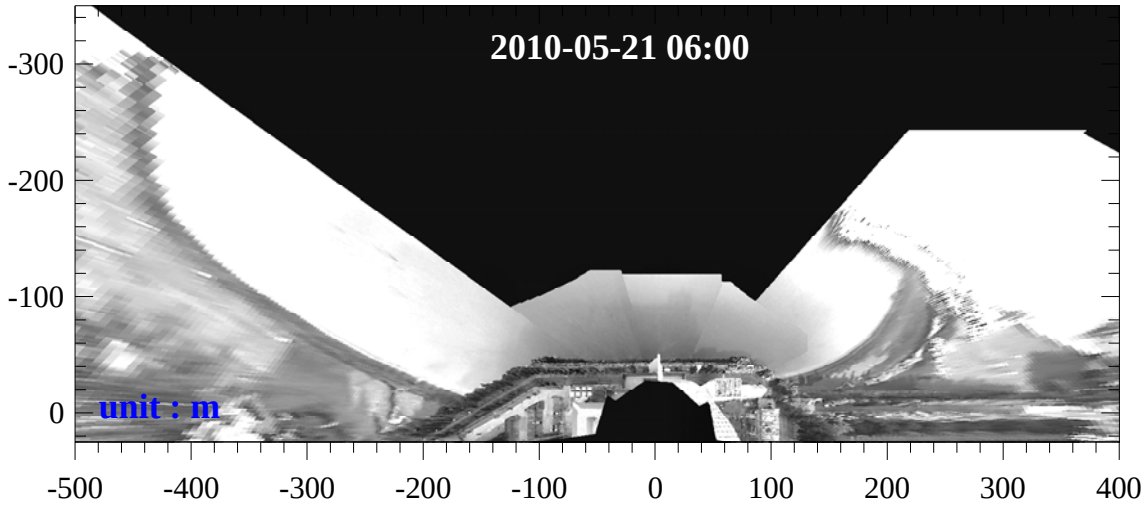
附圖 14K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 16:00)



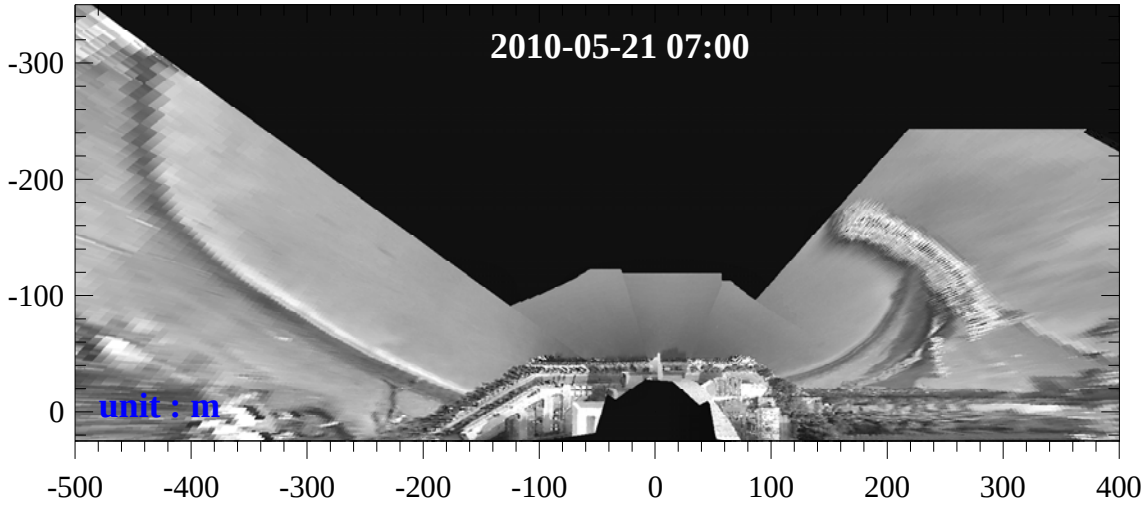
附圖 14L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 17:00)



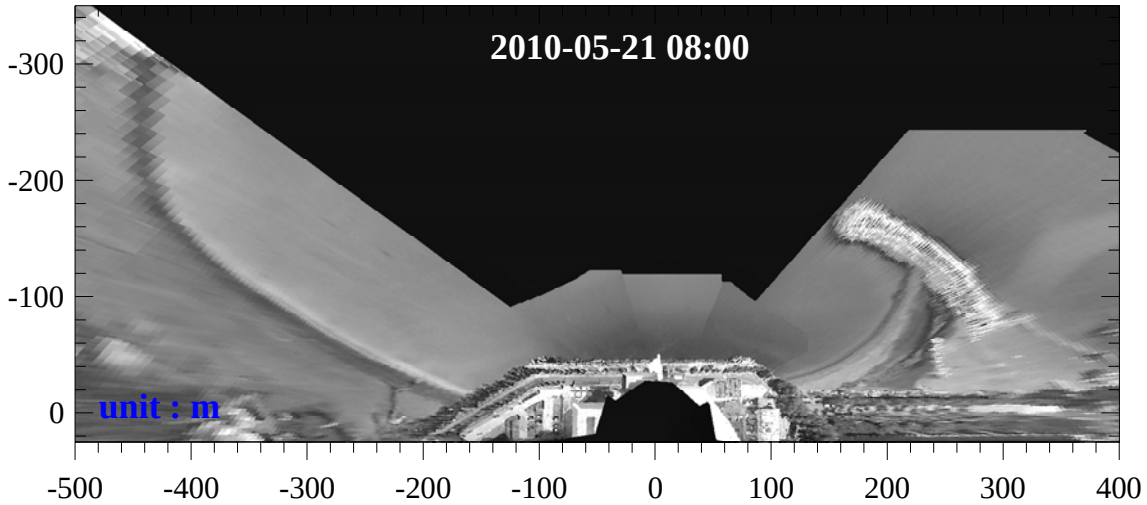
附圖 14M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/11 18:00)



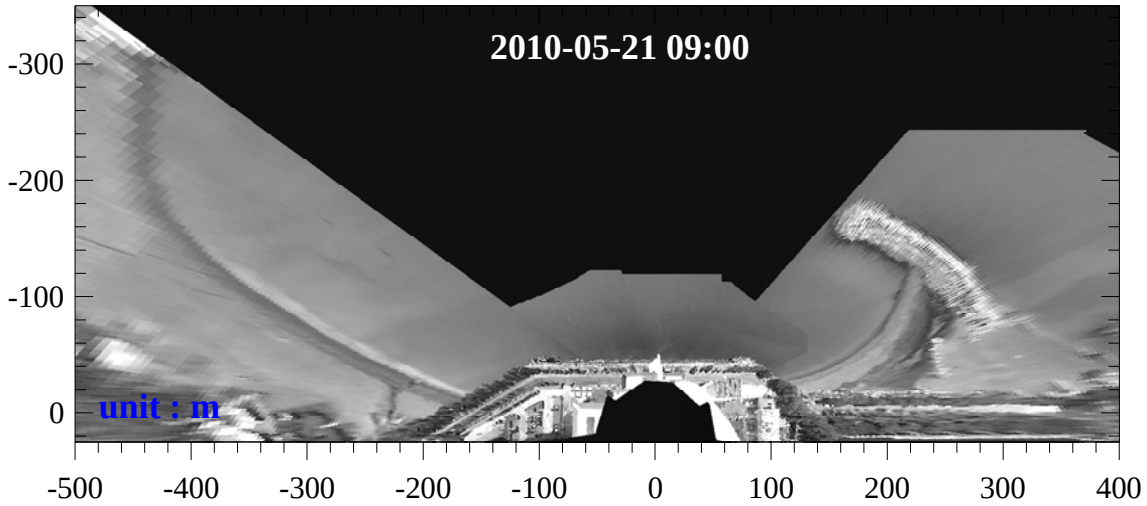
附圖 15A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 06:00)



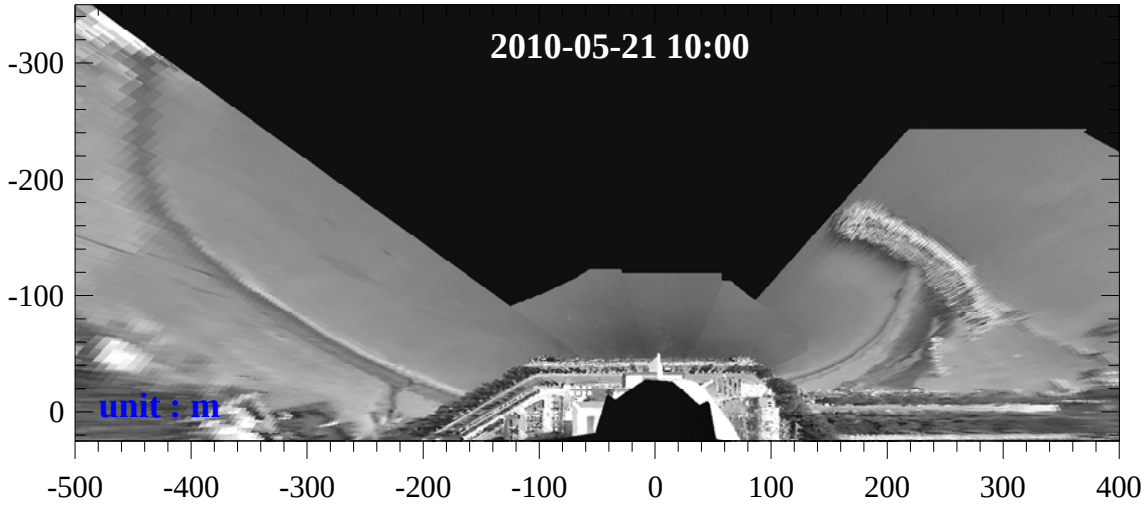
附圖 15B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 07:00)



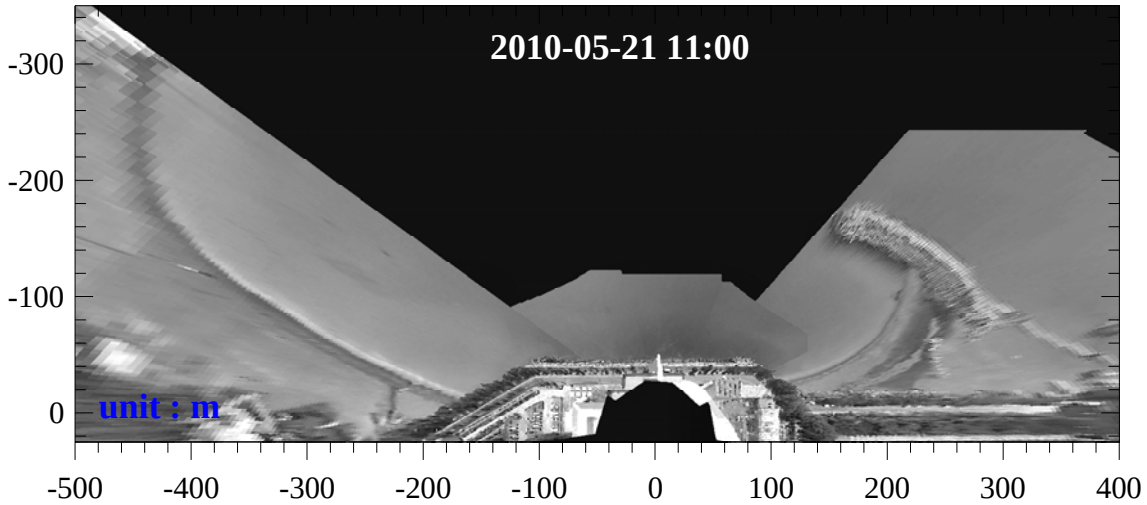
附圖 15C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 08:00)



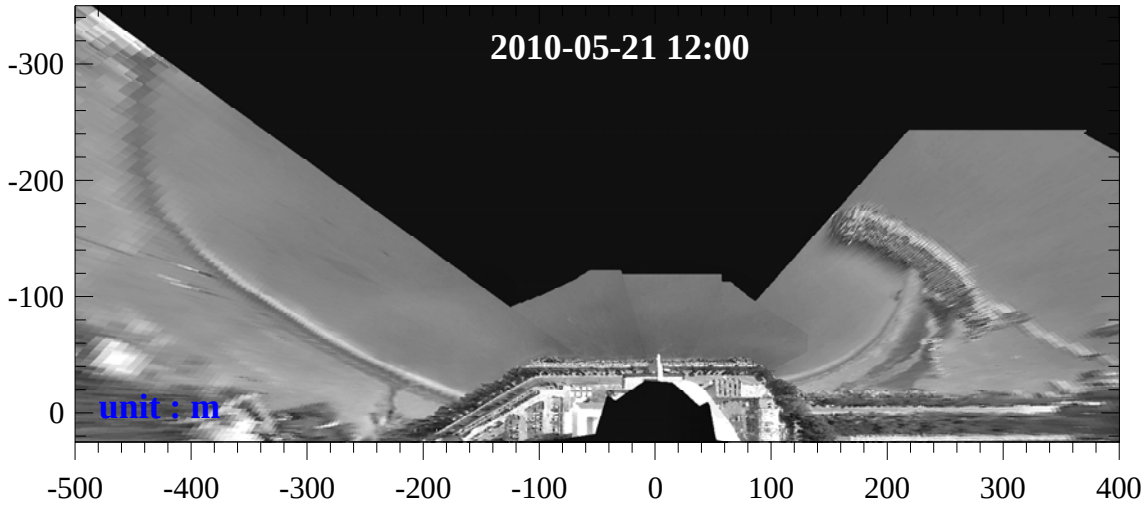
附圖 15D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 09:00)



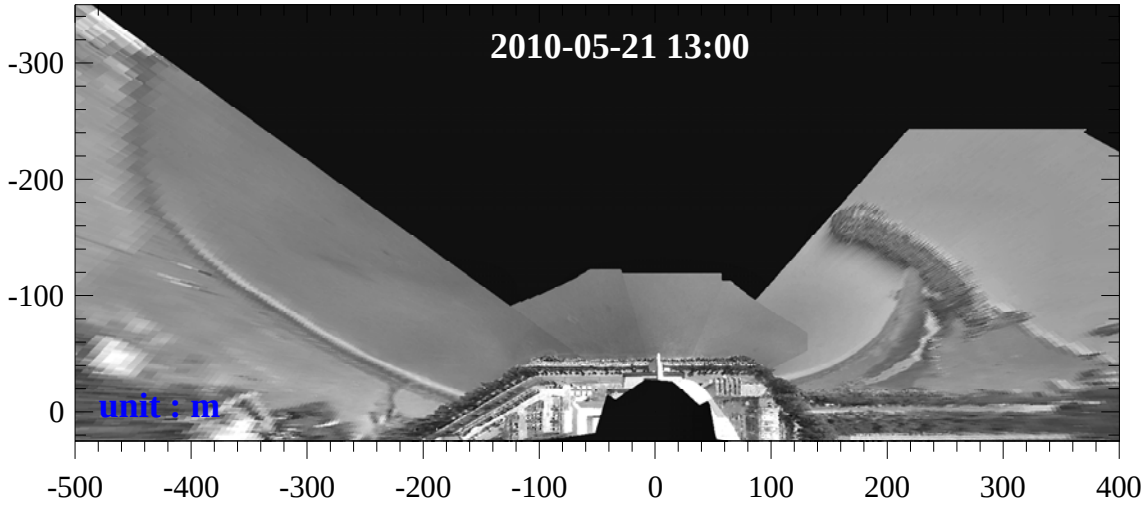
附圖 15E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 10:00)



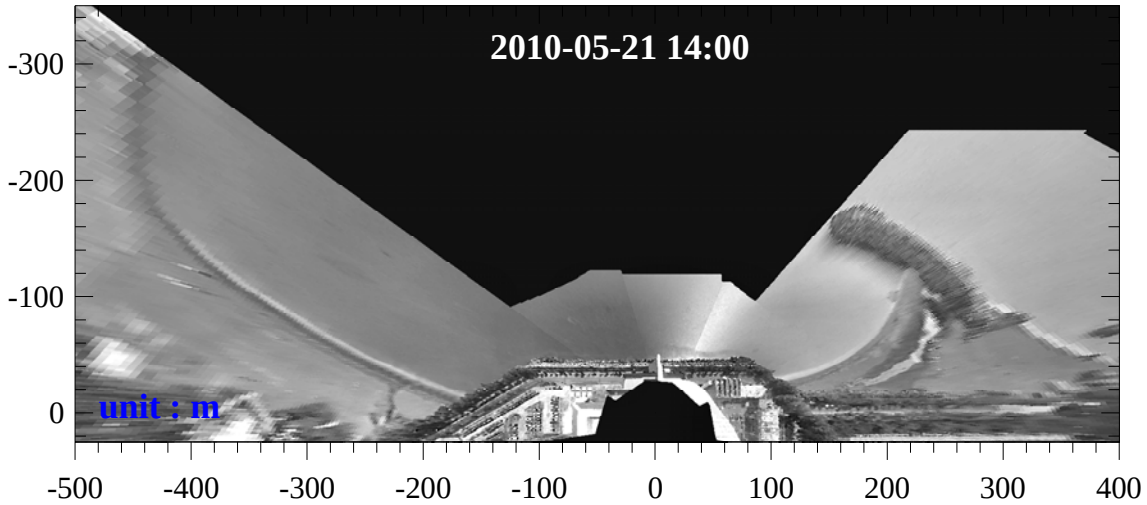
附圖 15F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 11:00)



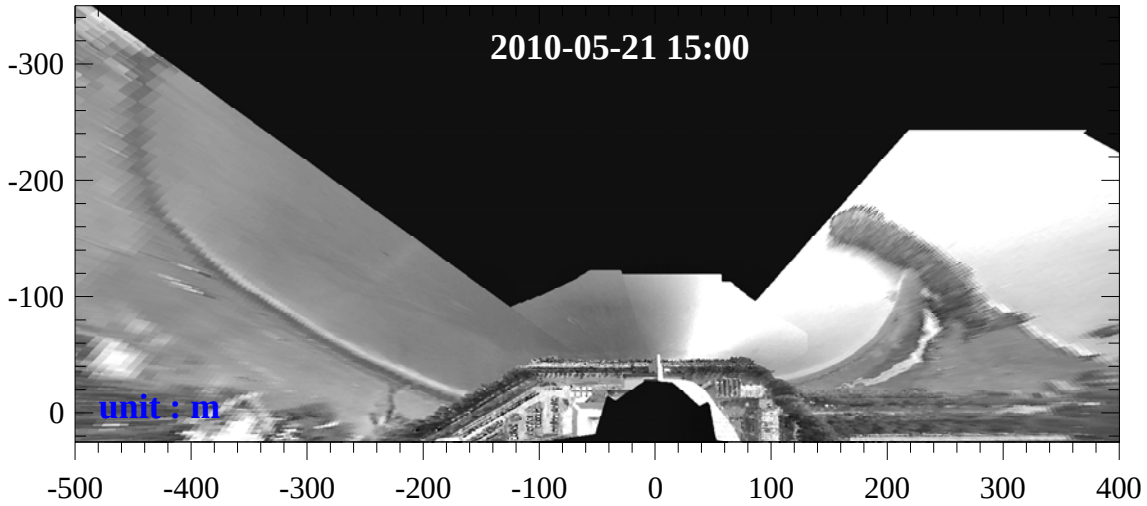
附圖 15G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 12:00)



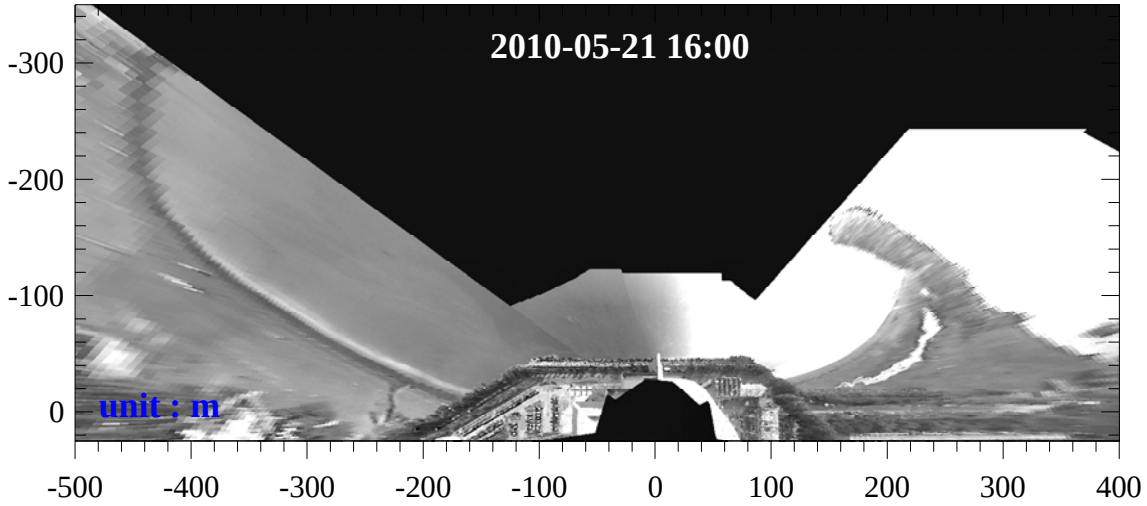
附圖 15H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 13:00)



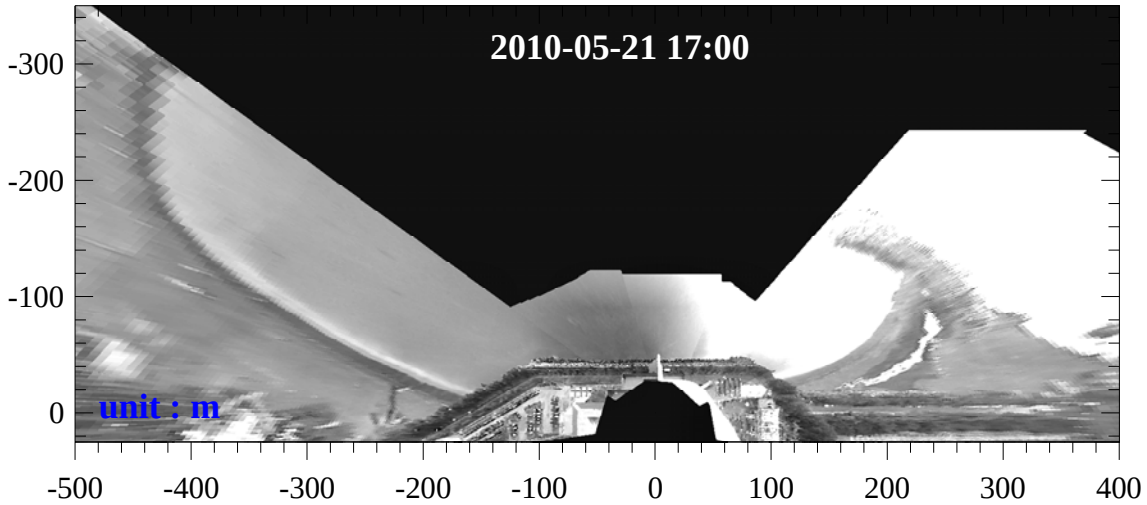
附圖 15I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 14:00)



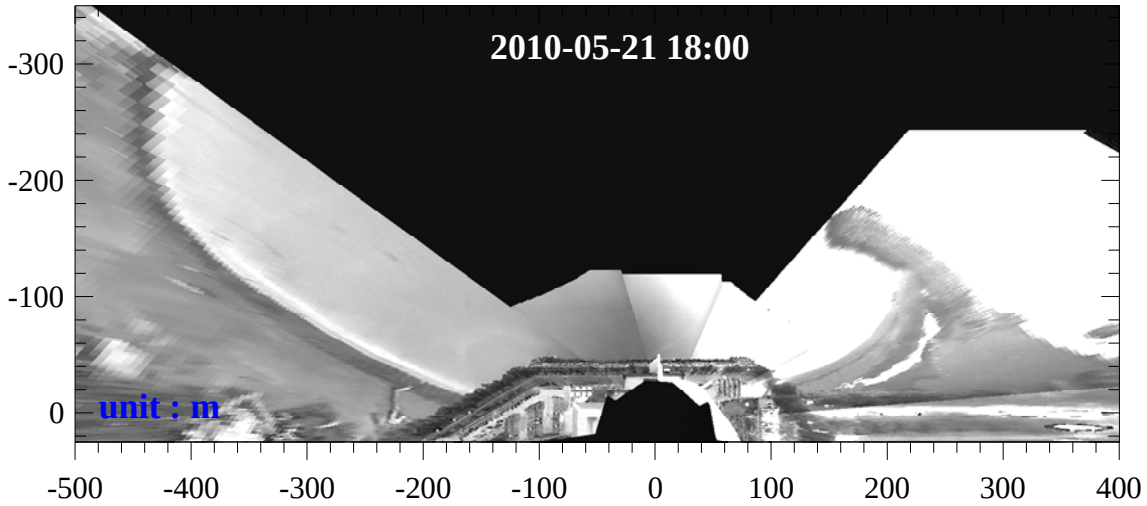
附圖 15J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 15:00)



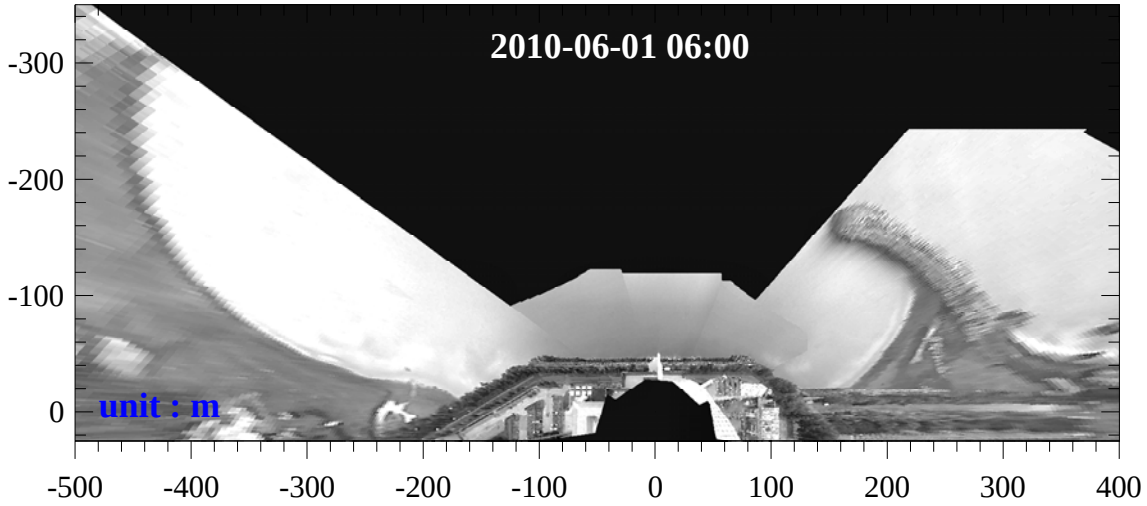
附圖 15K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 16:00)



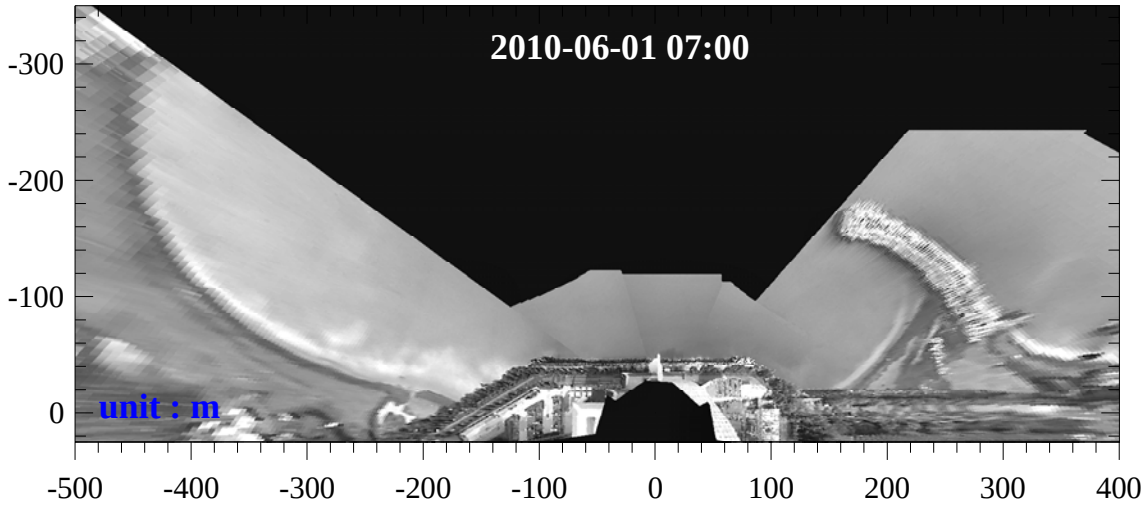
附圖 15L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 17:00)



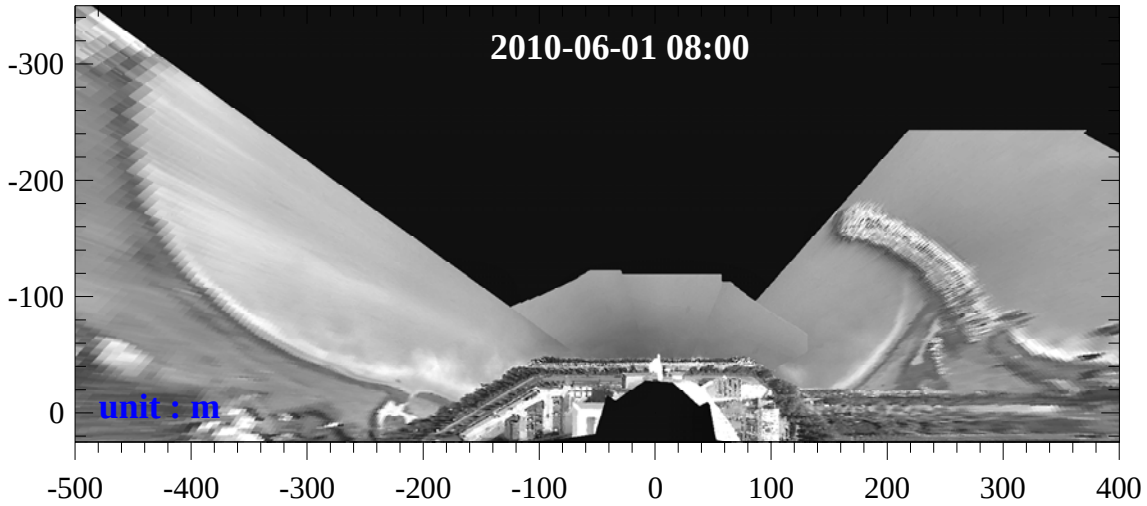
附圖 15M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/05/21 18:00)



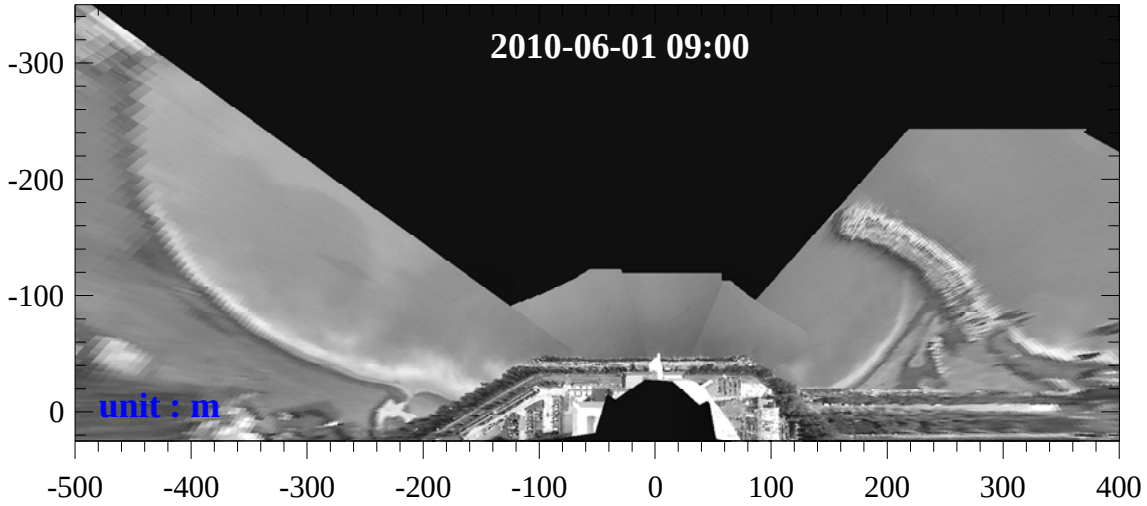
附圖 16A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 06:00)



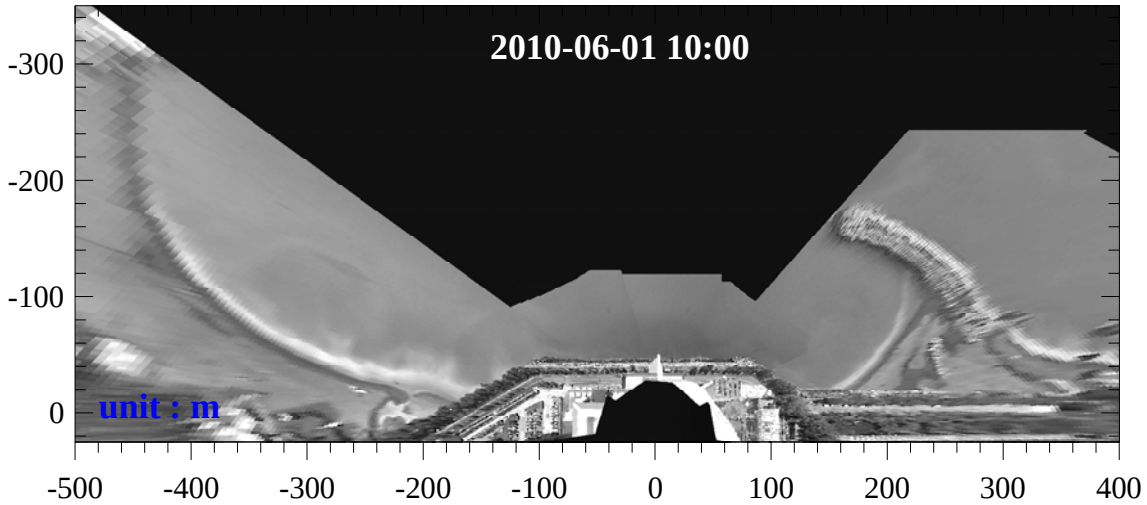
附圖 16B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 07:00)



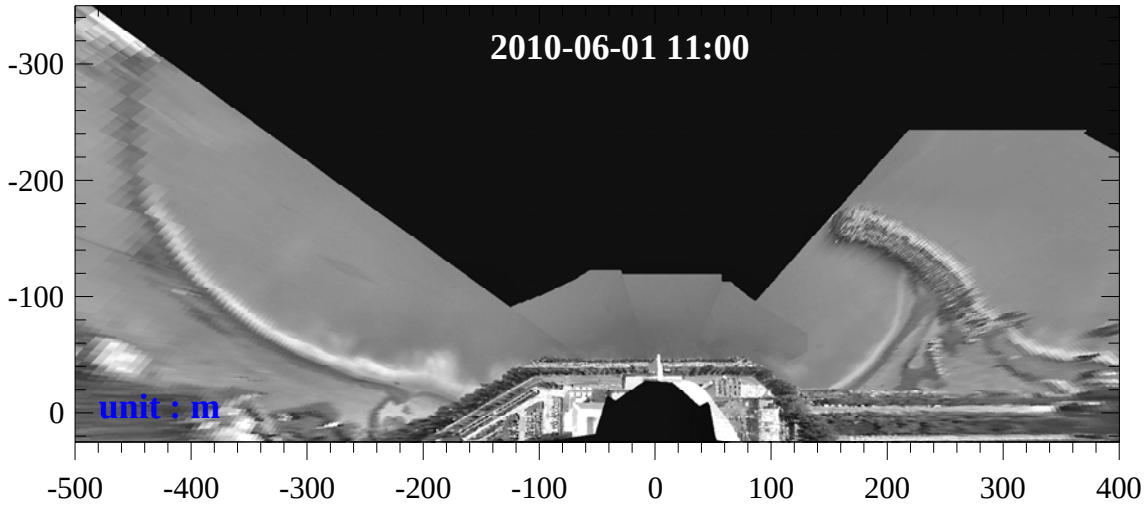
附圖 16C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 08:00)



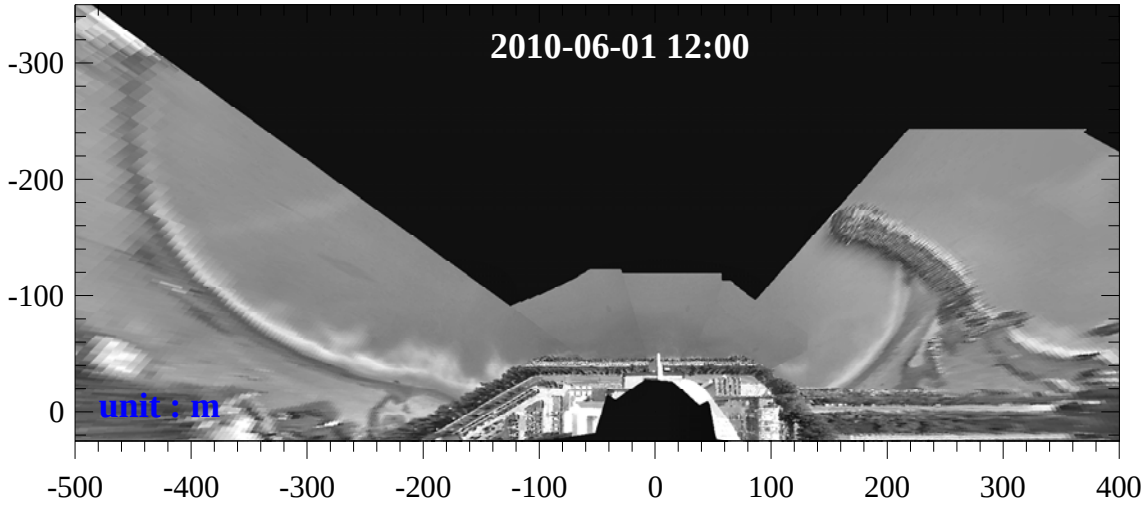
附圖 16D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 09:00)



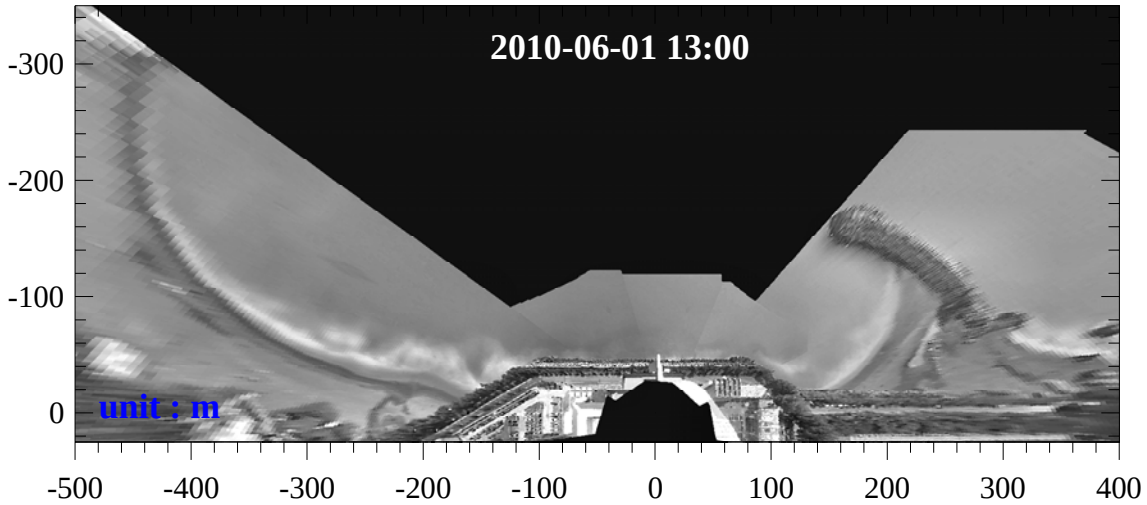
附圖 16E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 10:00)



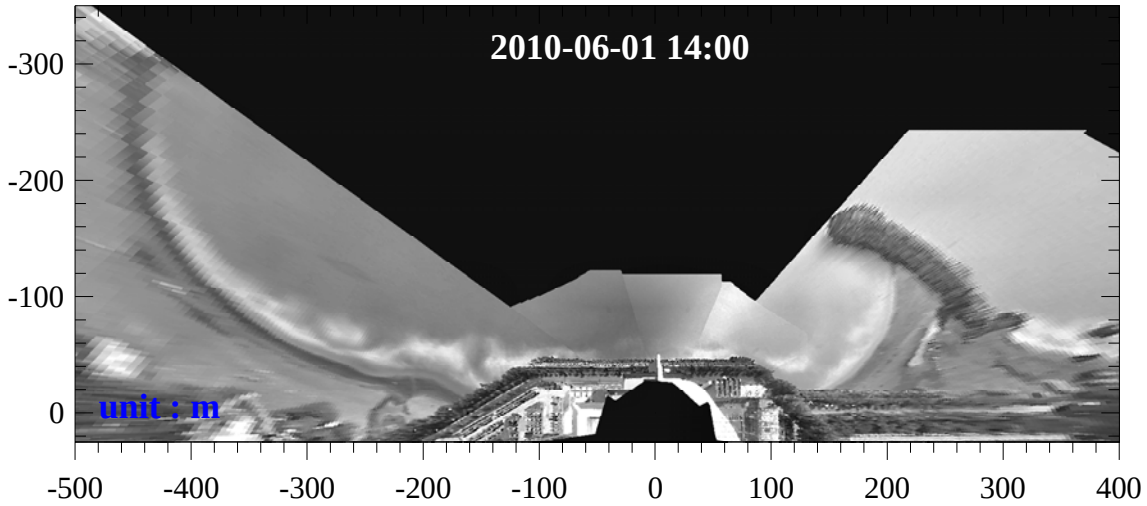
附圖 16F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 11:00)



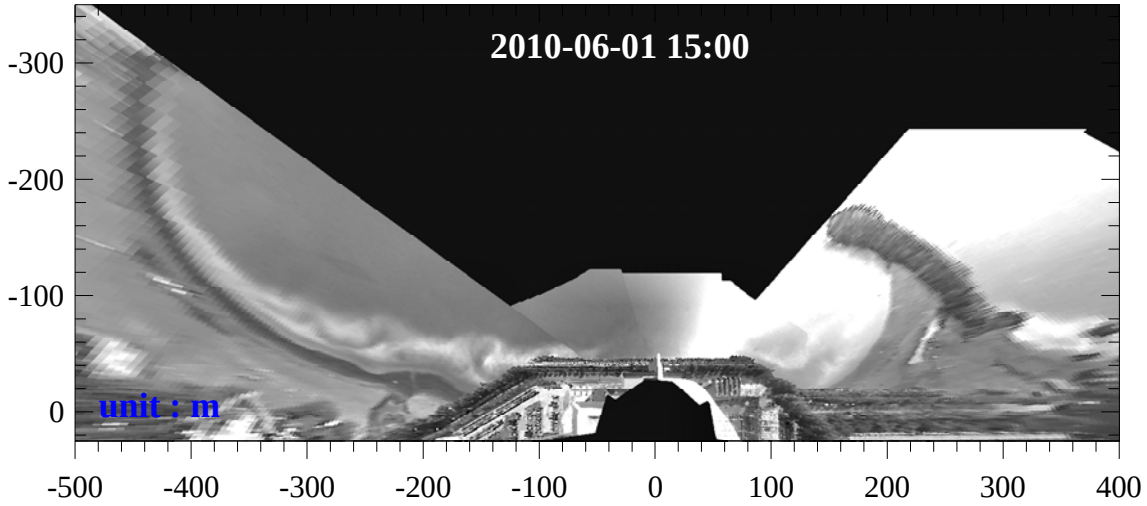
附圖 16G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 12:00)



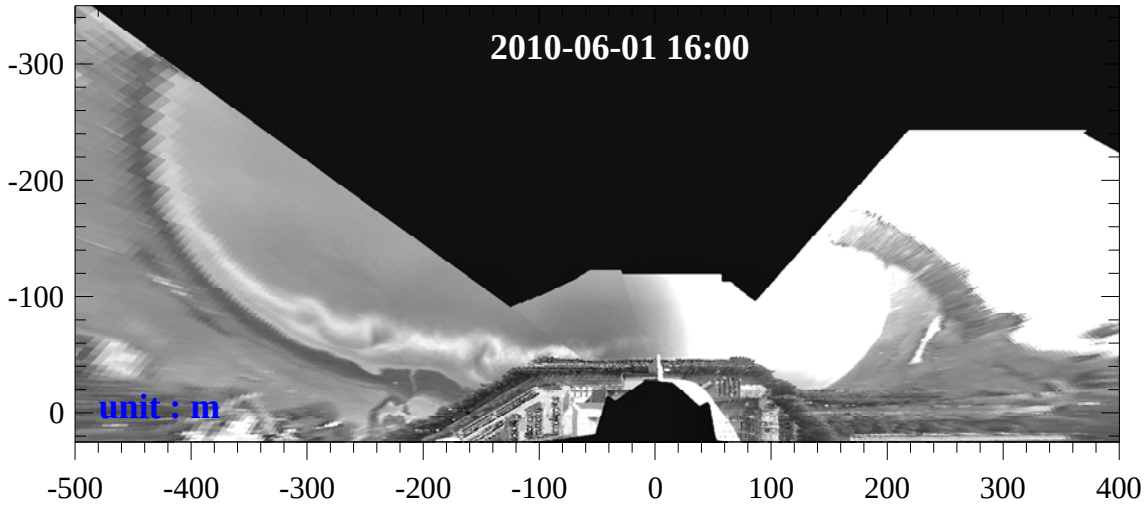
附圖 16H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 13:00)



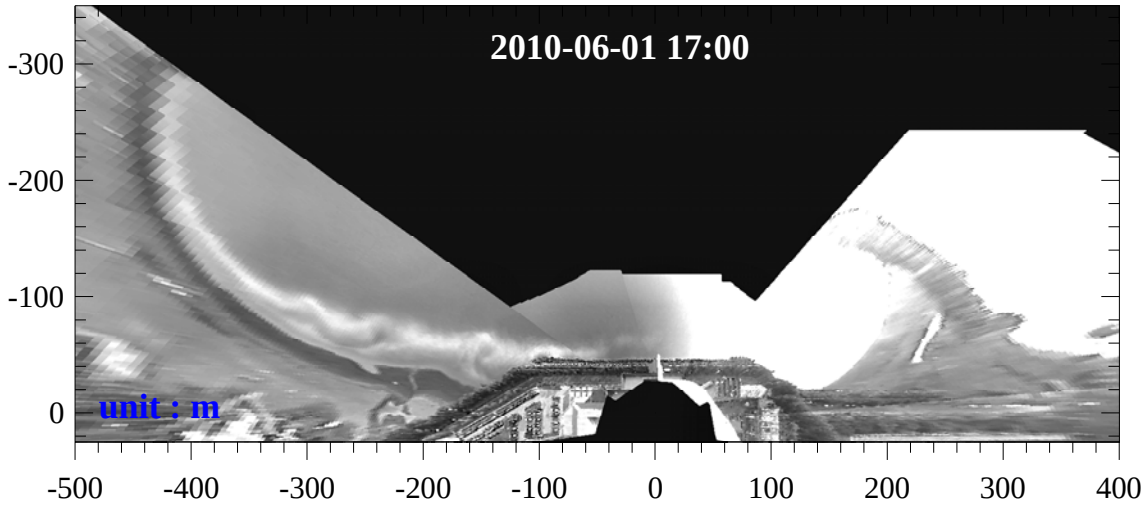
附圖 16I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 14:00)



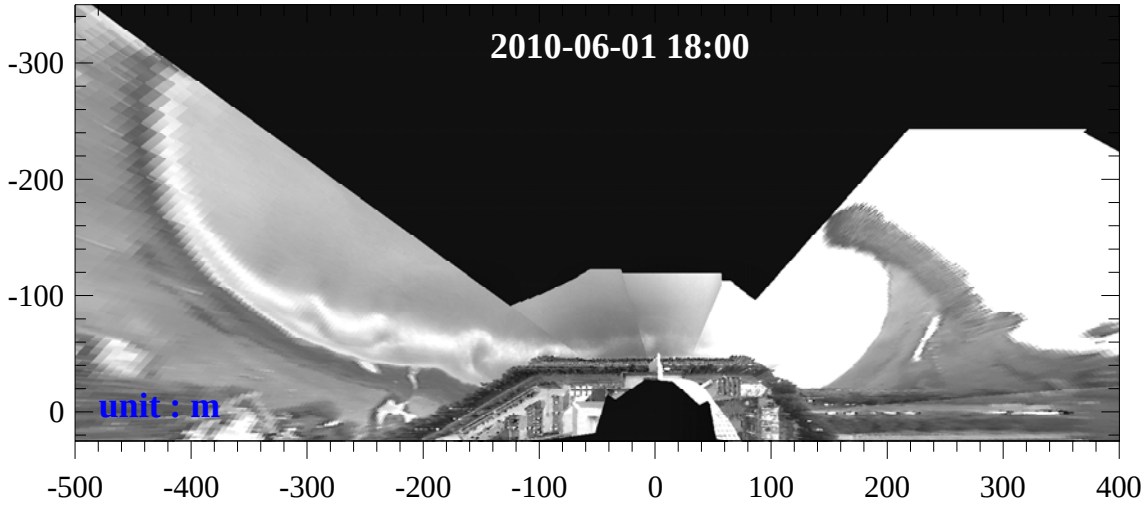
附圖 16J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 15:00)



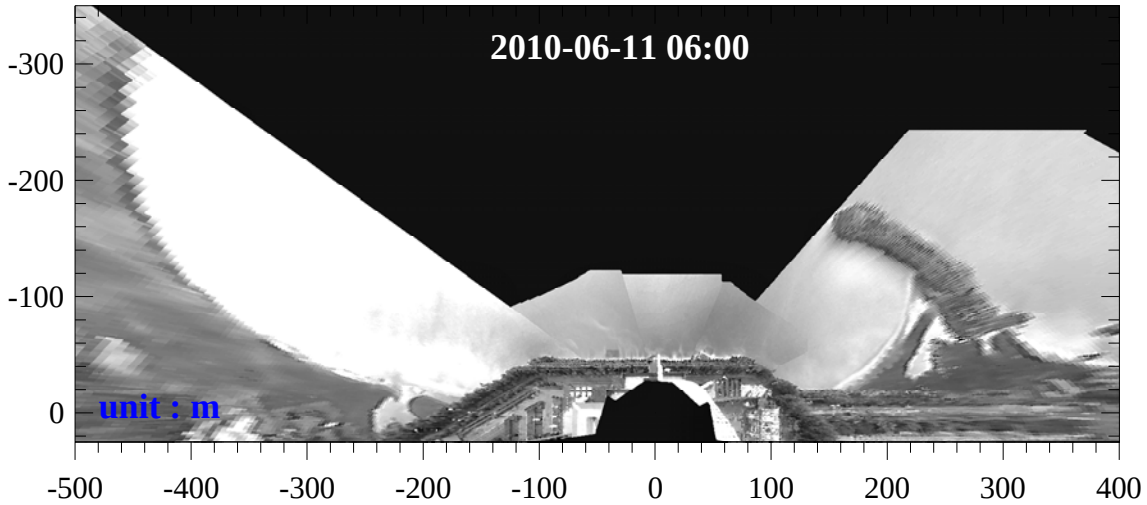
附圖 16K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 16:00)



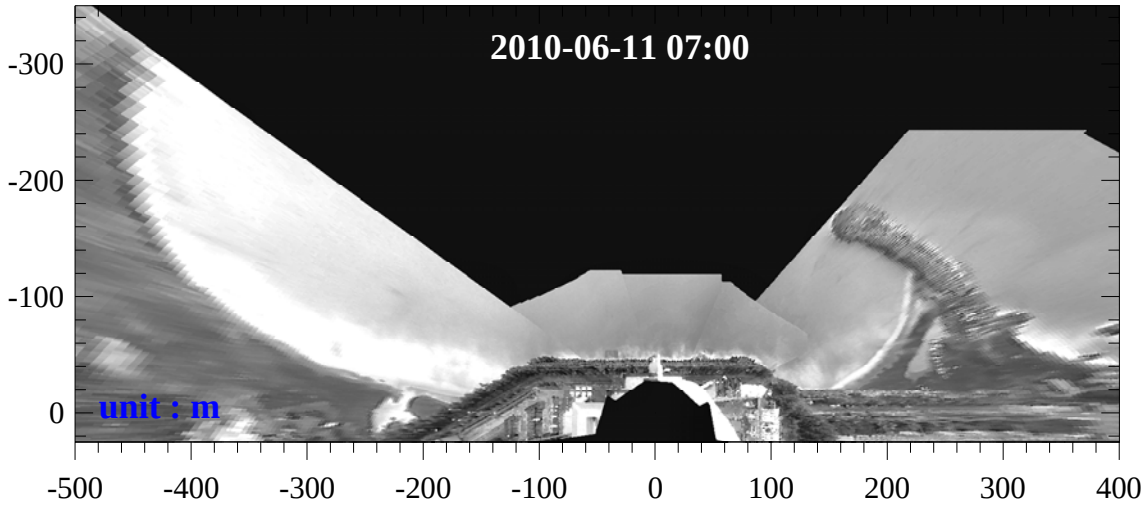
附圖 16L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 17:00)



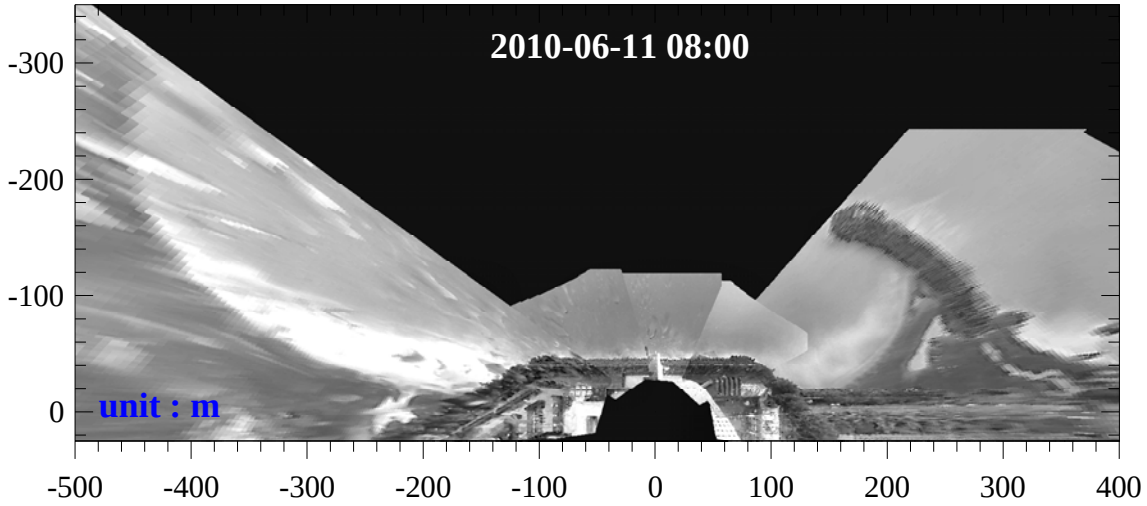
附圖 16M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/01 18:00)



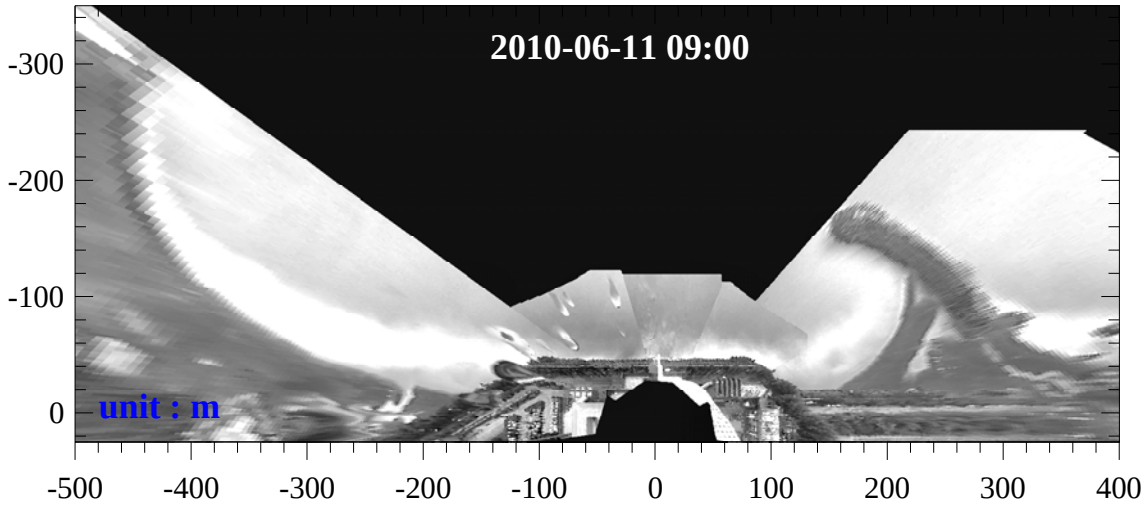
附圖 17A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 06:00)



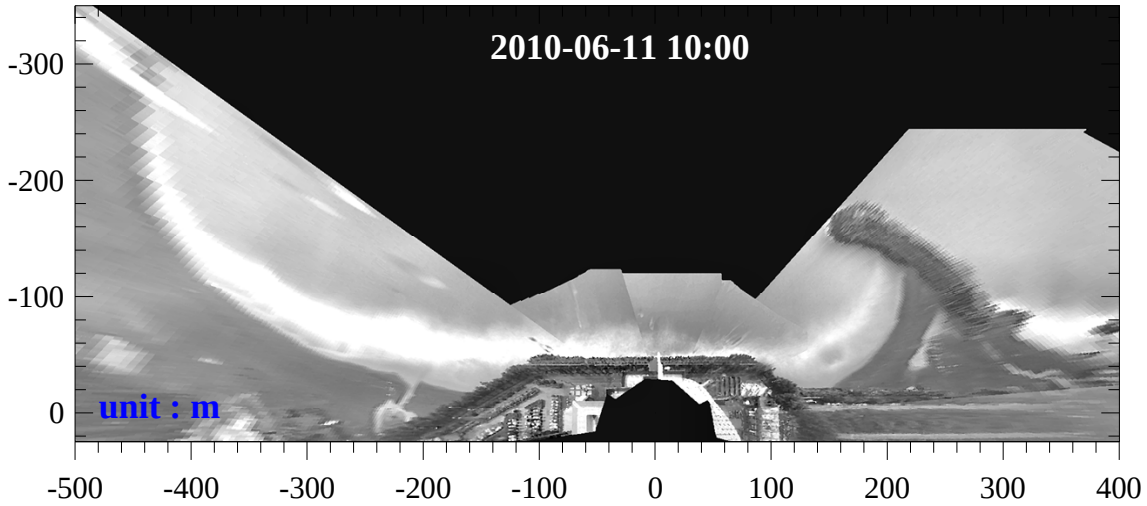
附圖 17B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 07:00)



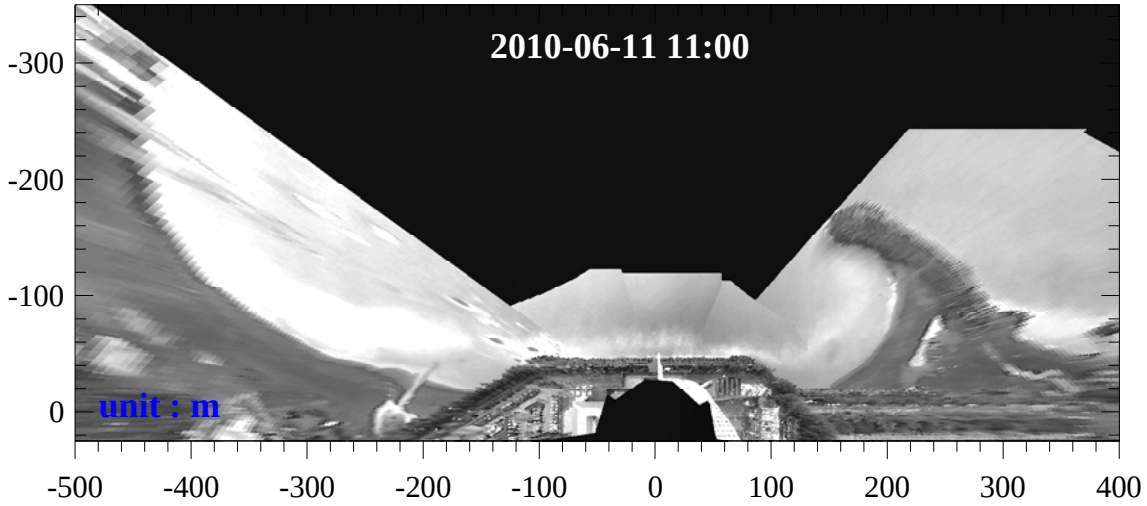
附圖 17C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 08:00)



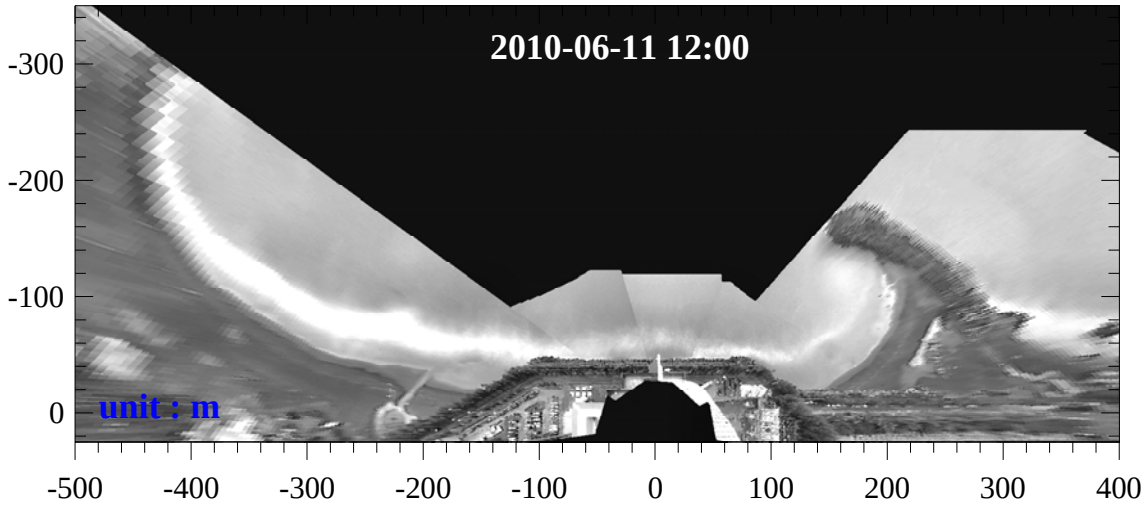
附圖 17D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 09:00)



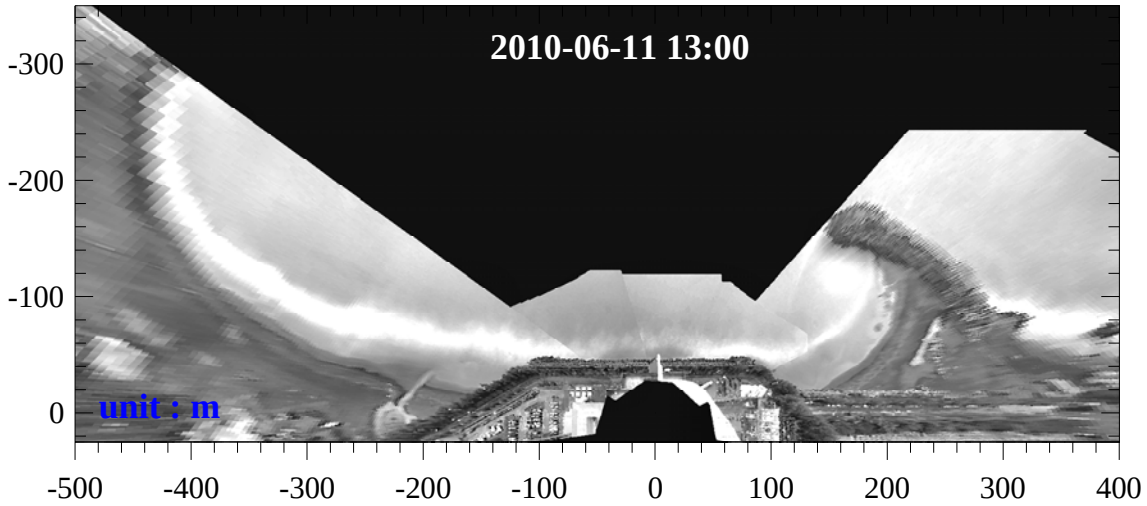
附圖 17E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 10:00)



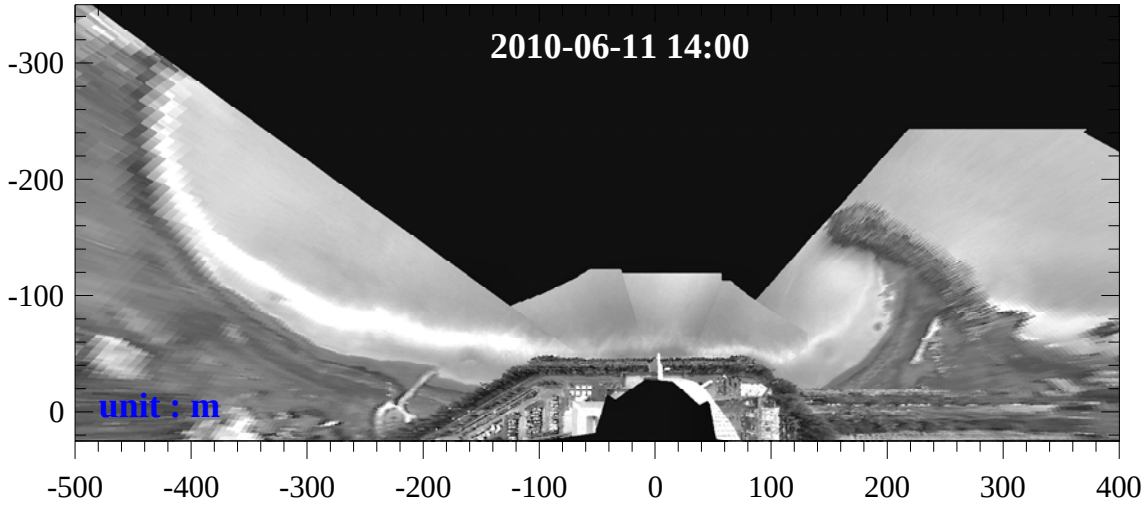
附圖 17F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 11:00)



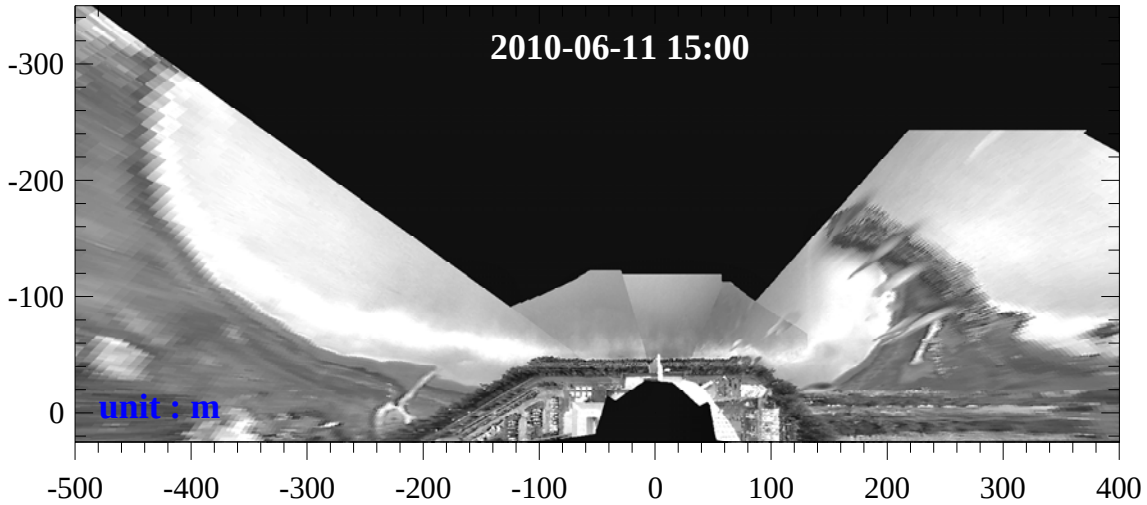
附圖 17G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 12:00)



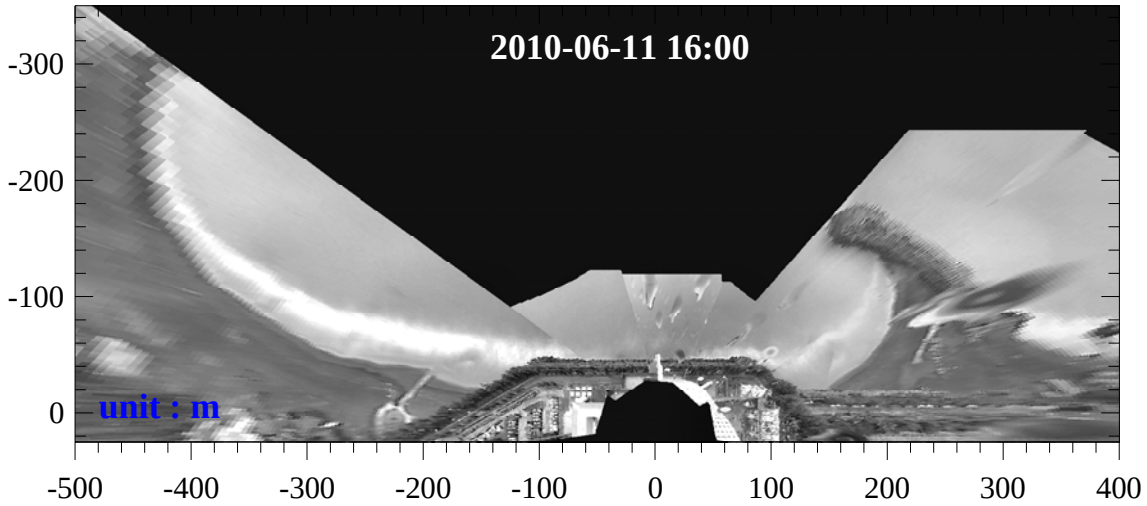
附圖 17H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 13:00)



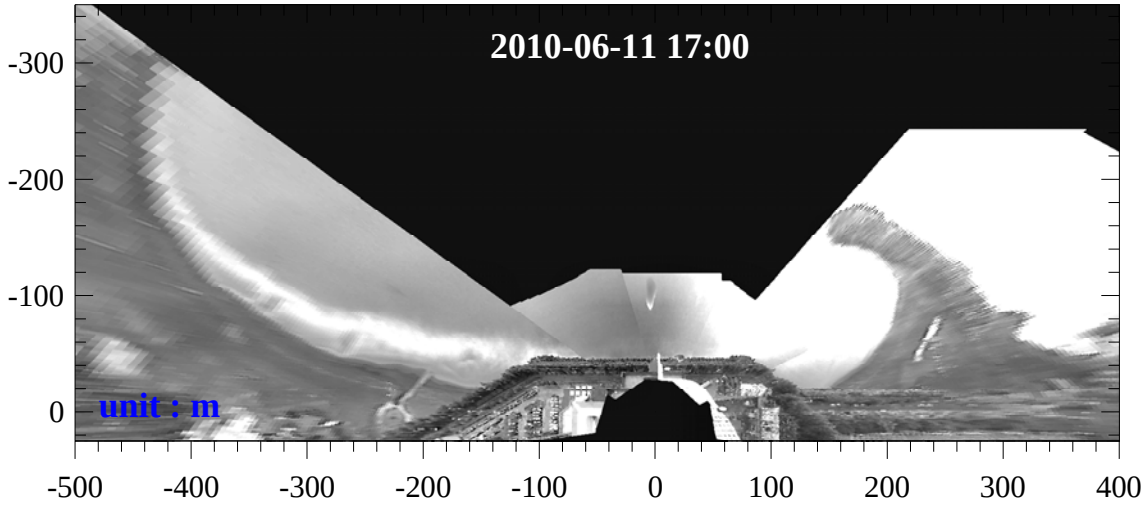
附圖 17I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 14:00)



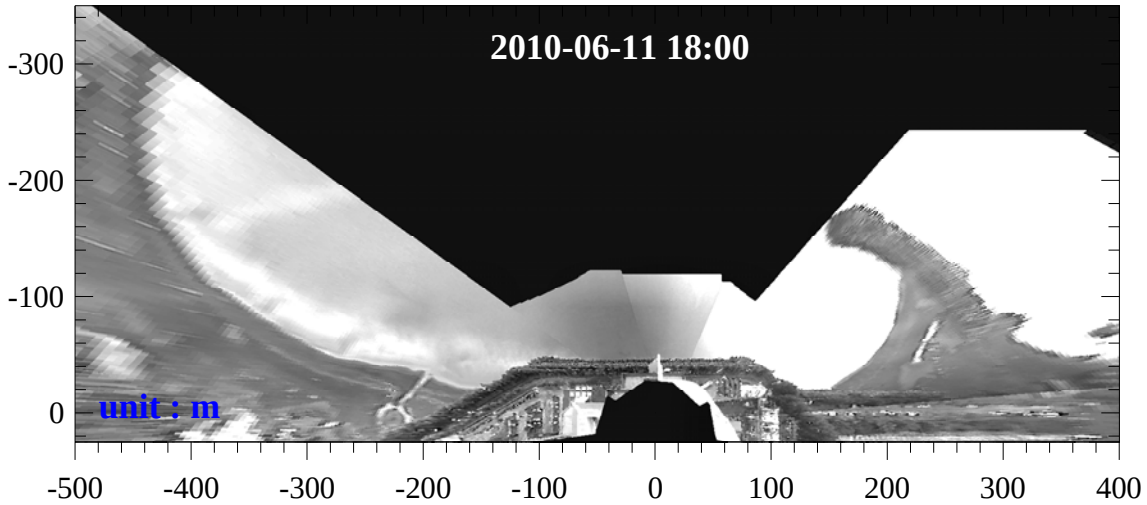
附圖 17J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 15:00)



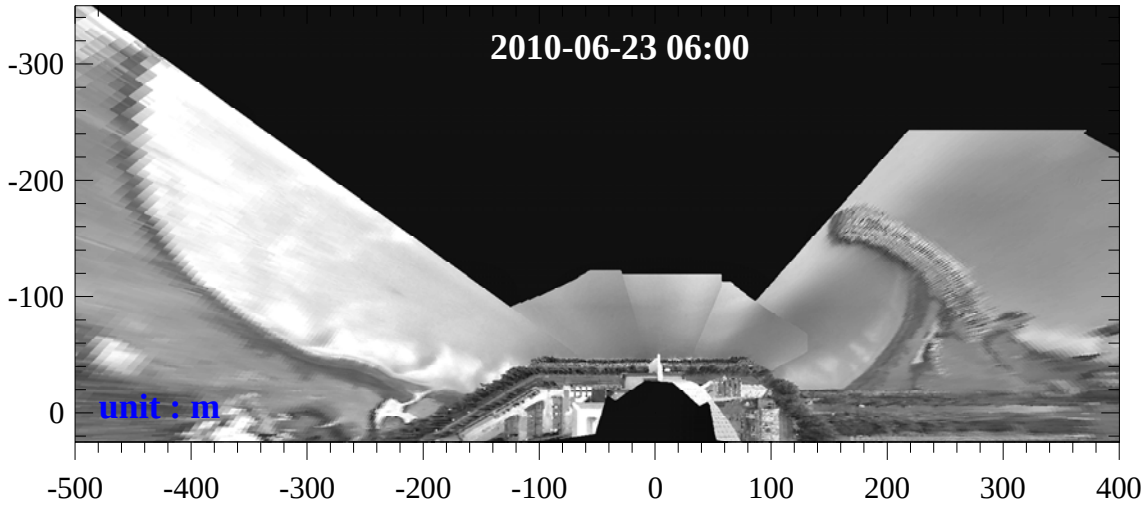
附圖 17K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 16:00)



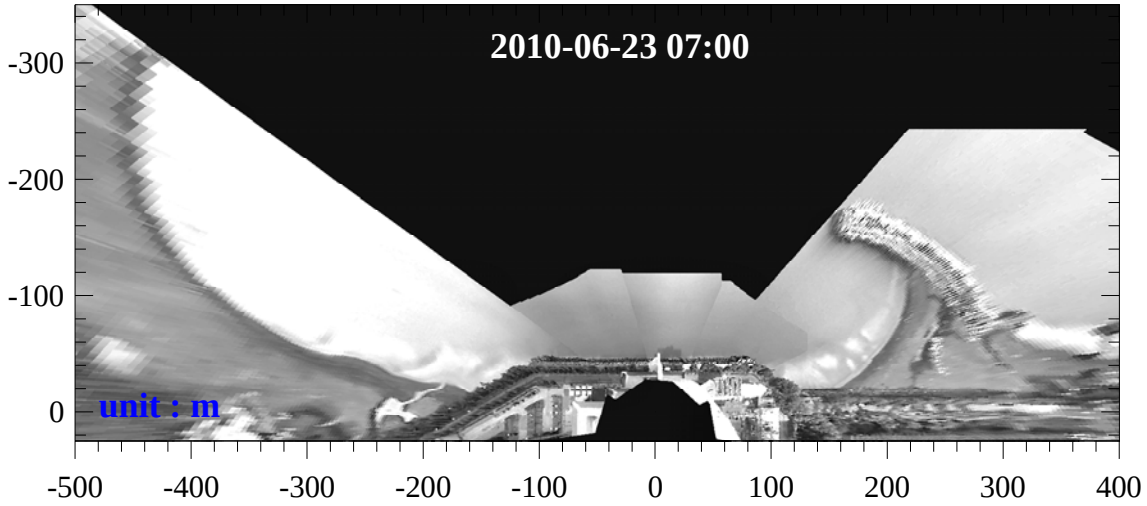
附圖 17L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 17:00)



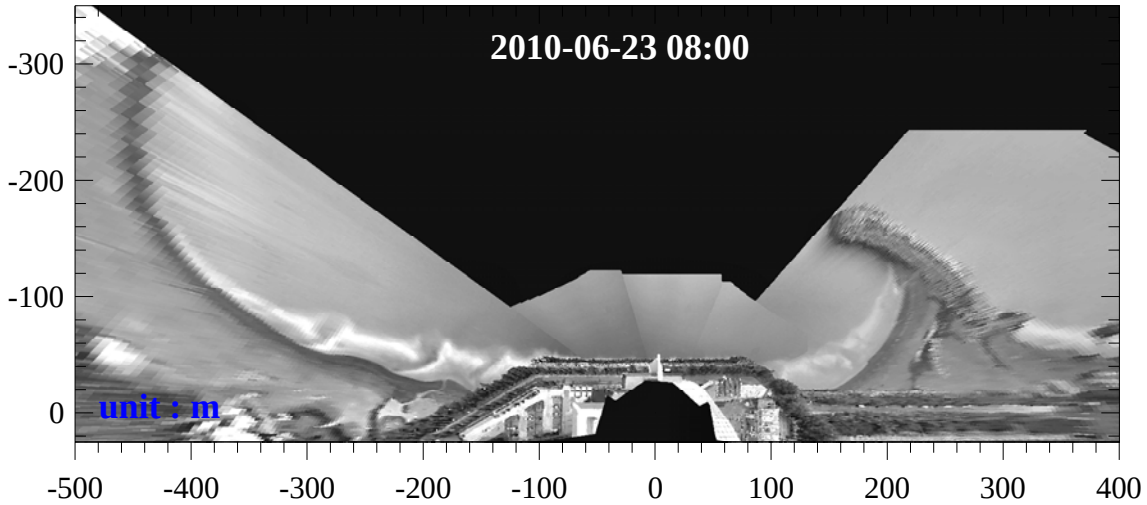
附圖 17M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/11 18:00)



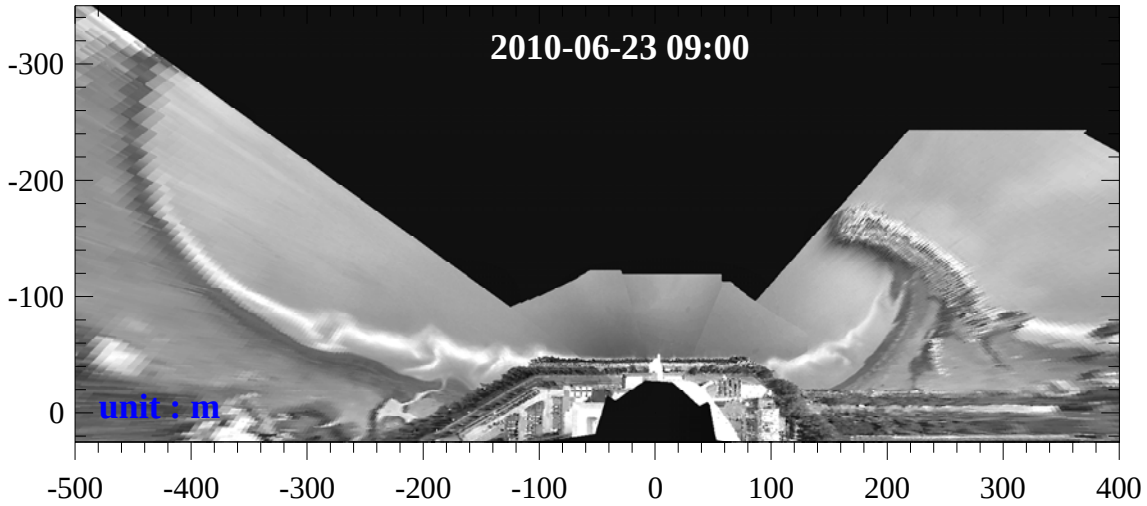
附圖 18A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 06:00)



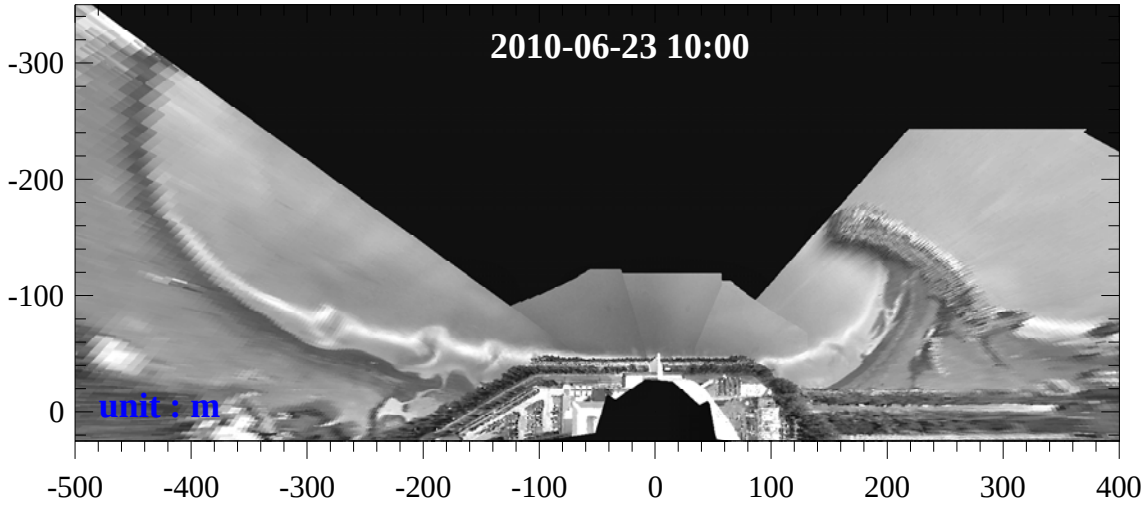
附圖 18B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 07:00)



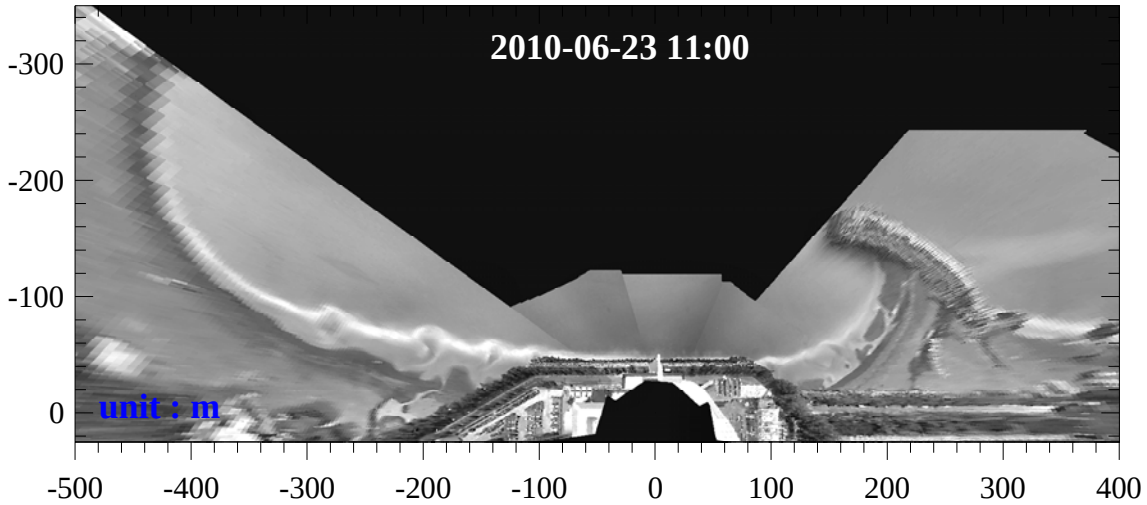
附圖 18C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 08:00)



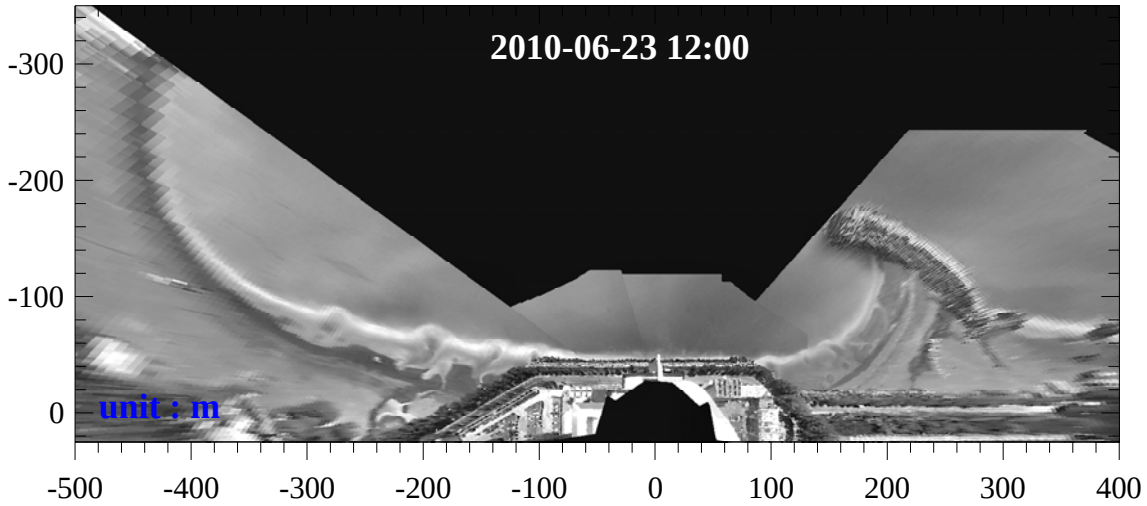
附圖 18D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 09:00)



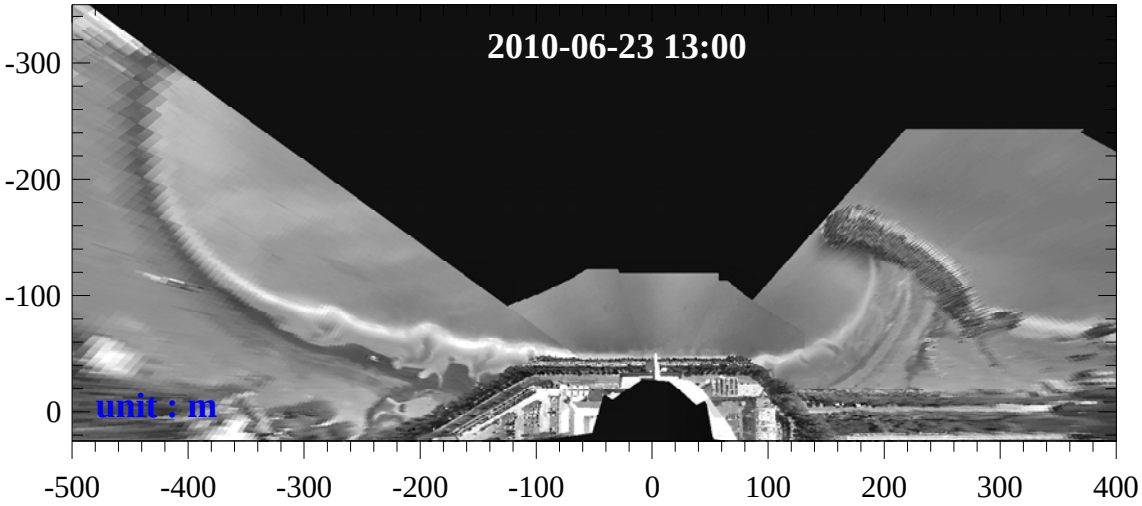
附圖 18E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 10:00)



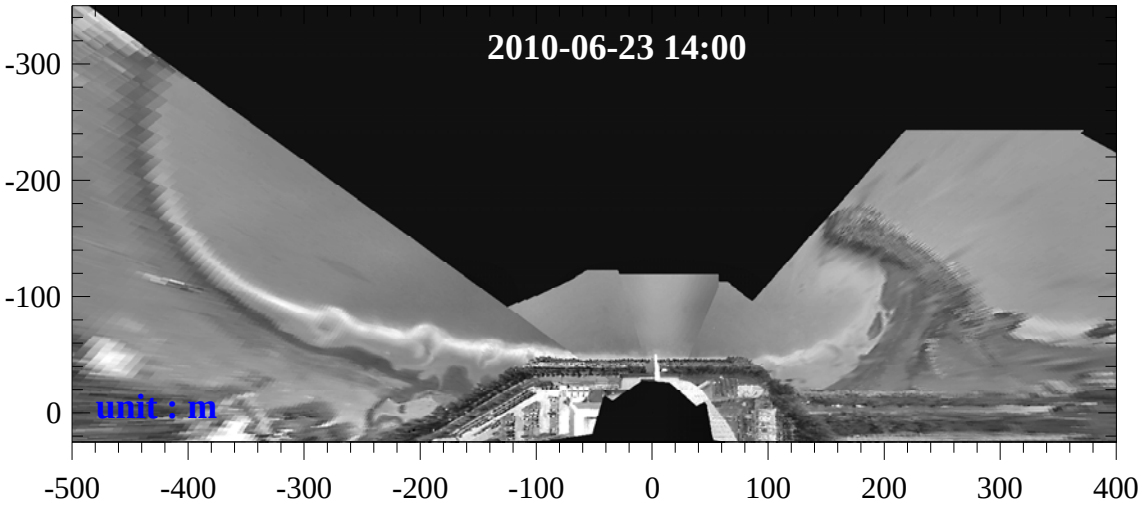
附圖 18F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 11:00)



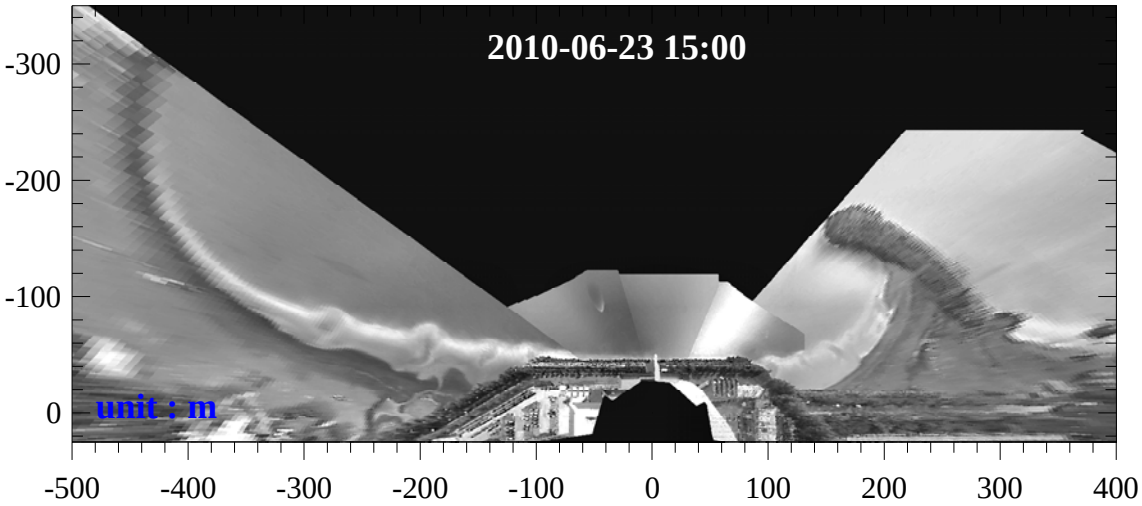
附圖 18G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 12:00)



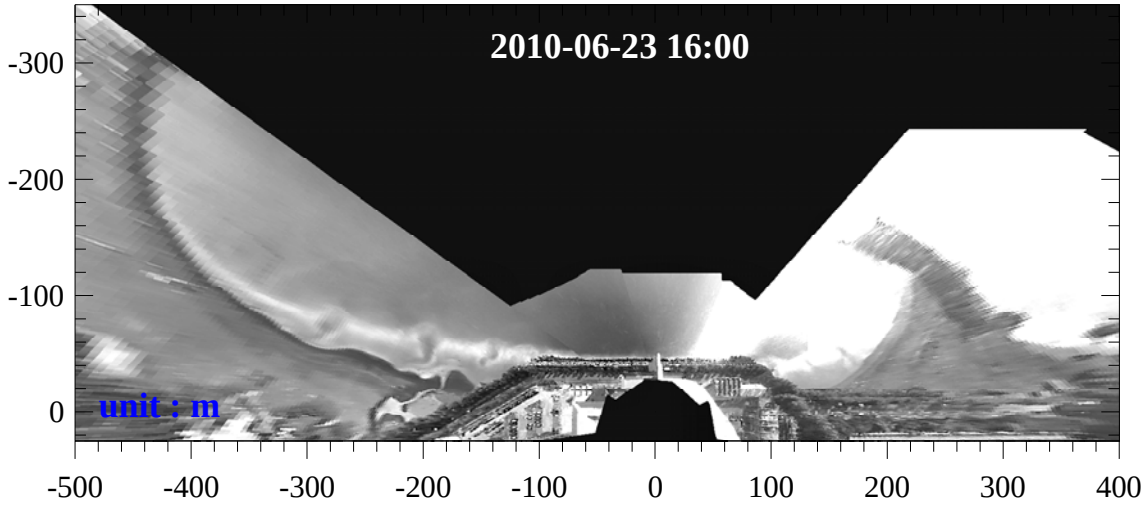
附圖 18H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 13:00)



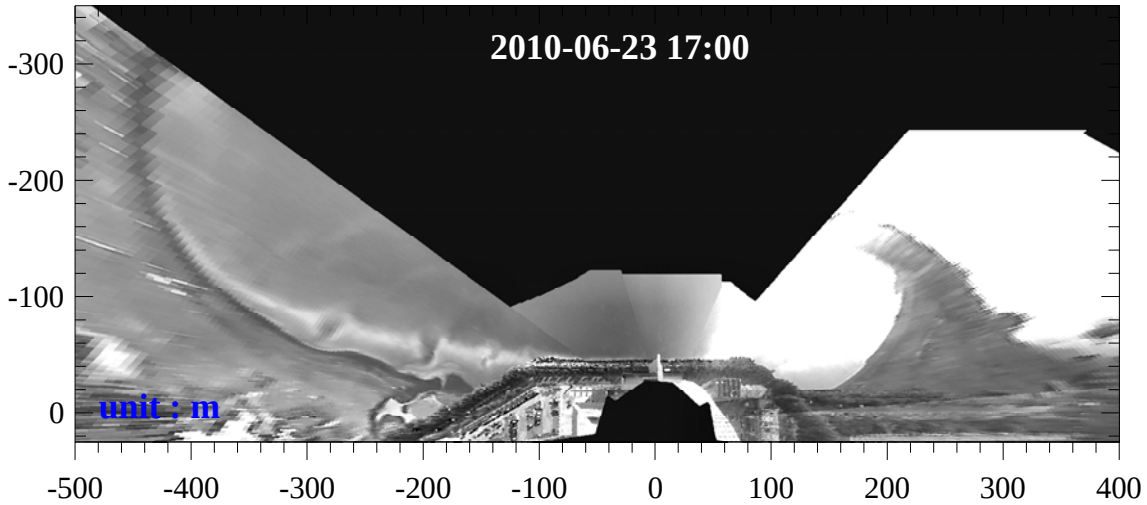
附圖 18I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 14:00)



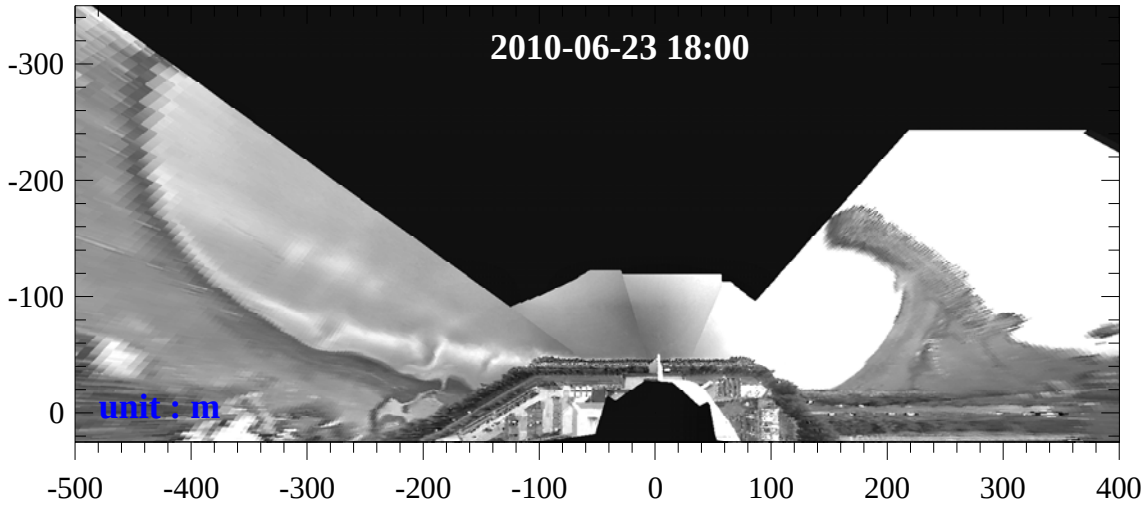
附圖 18J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 15:00)



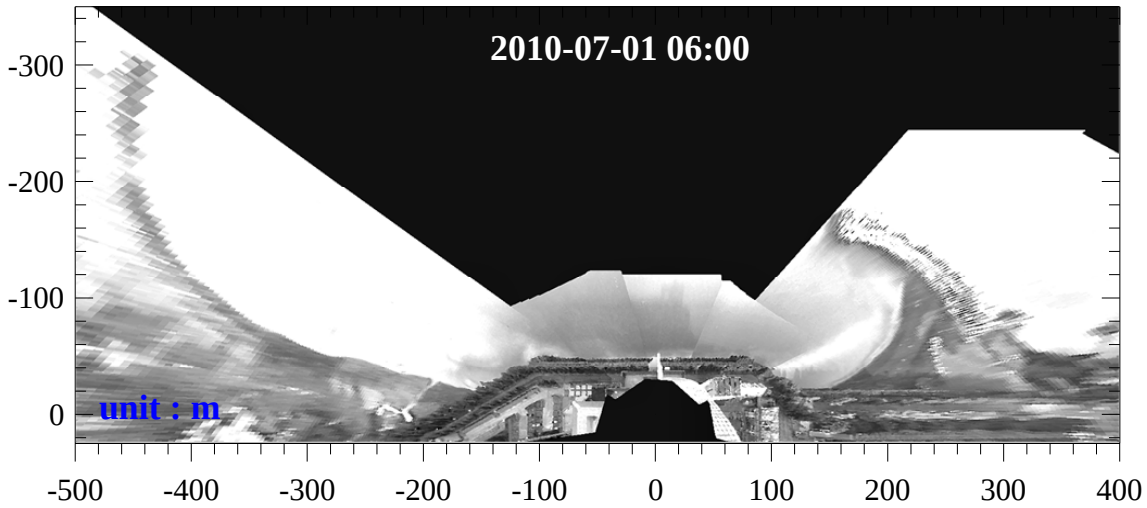
附圖 18K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 16:00)



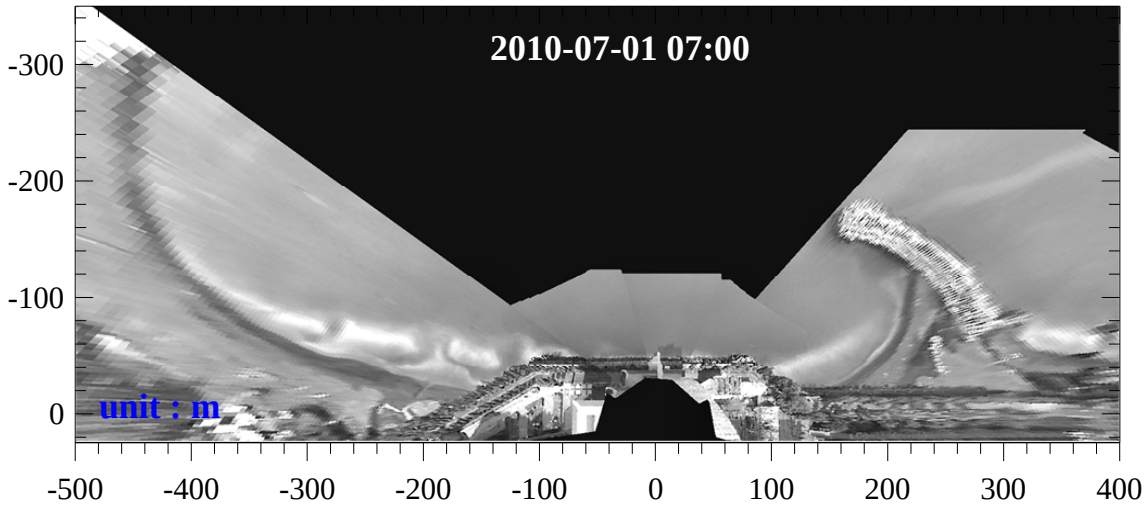
附圖 18L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 17:00)



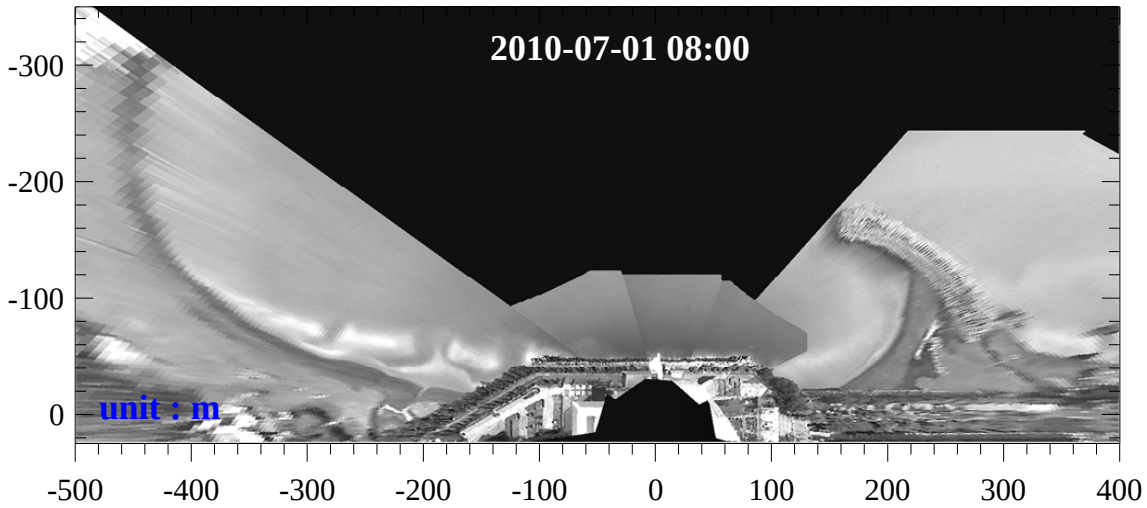
附圖 18M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/06/23 18:00)



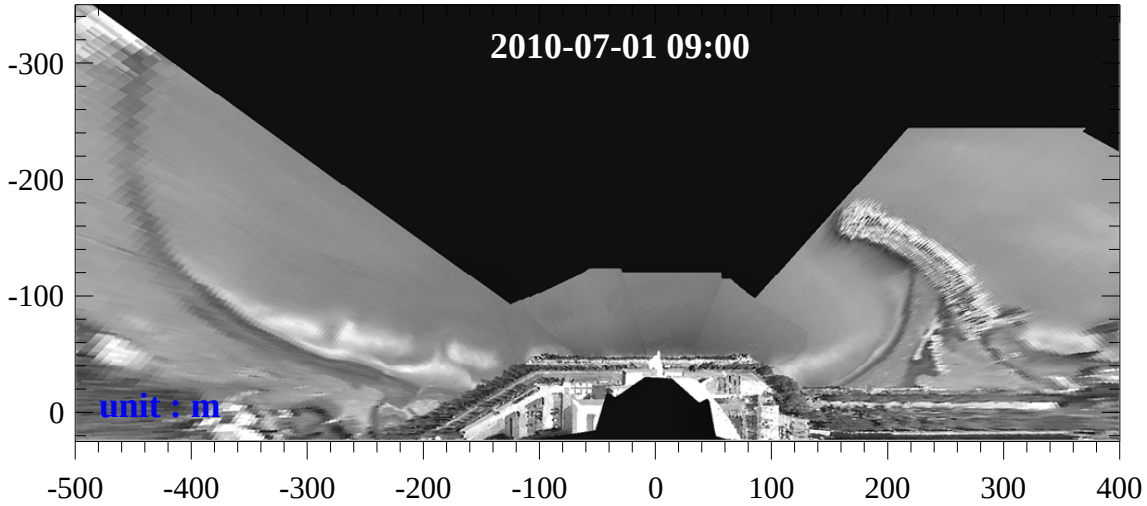
附圖 19A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 06:00)



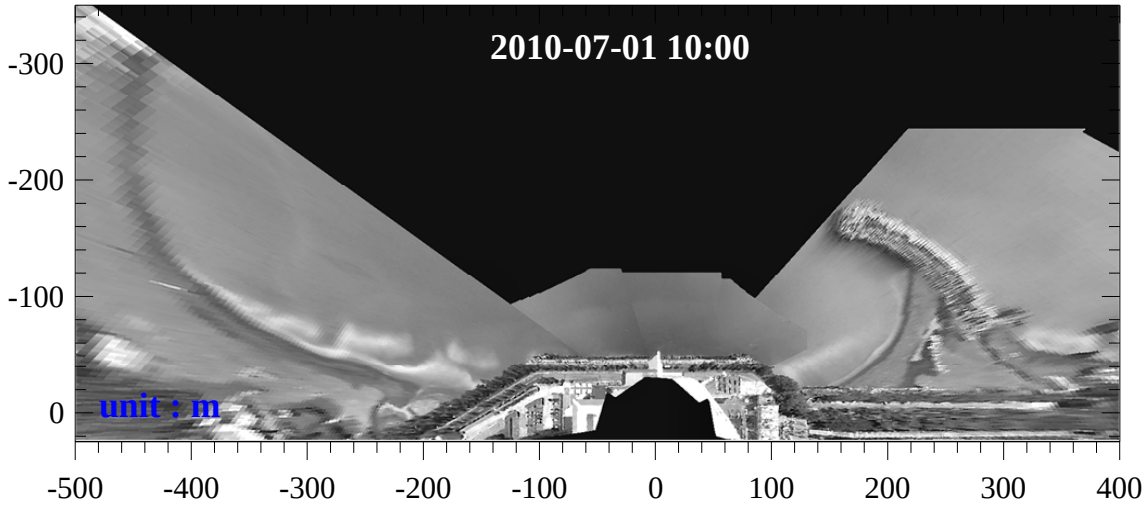
附圖 19B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 07:00)



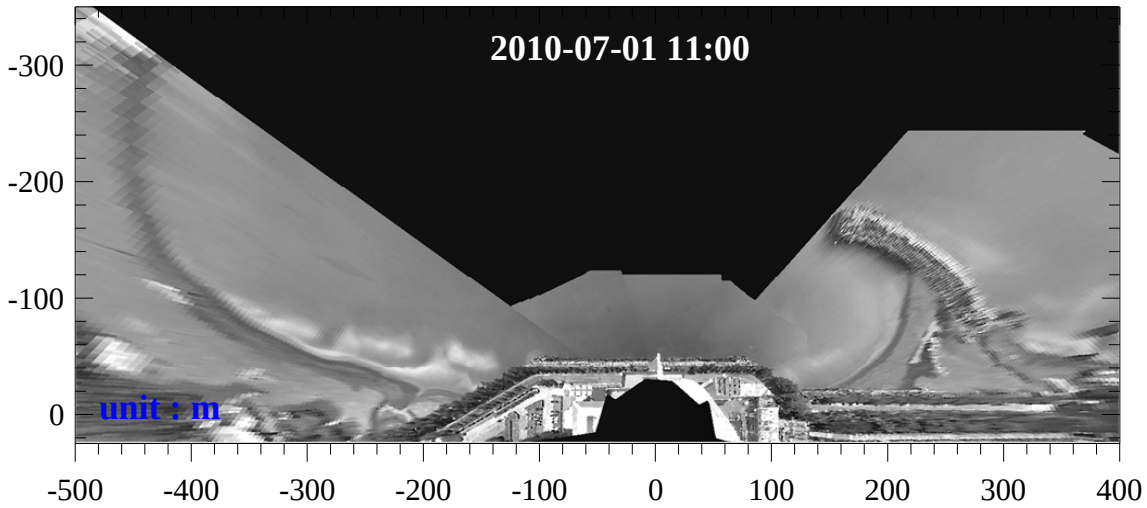
附圖 19C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 08:00)



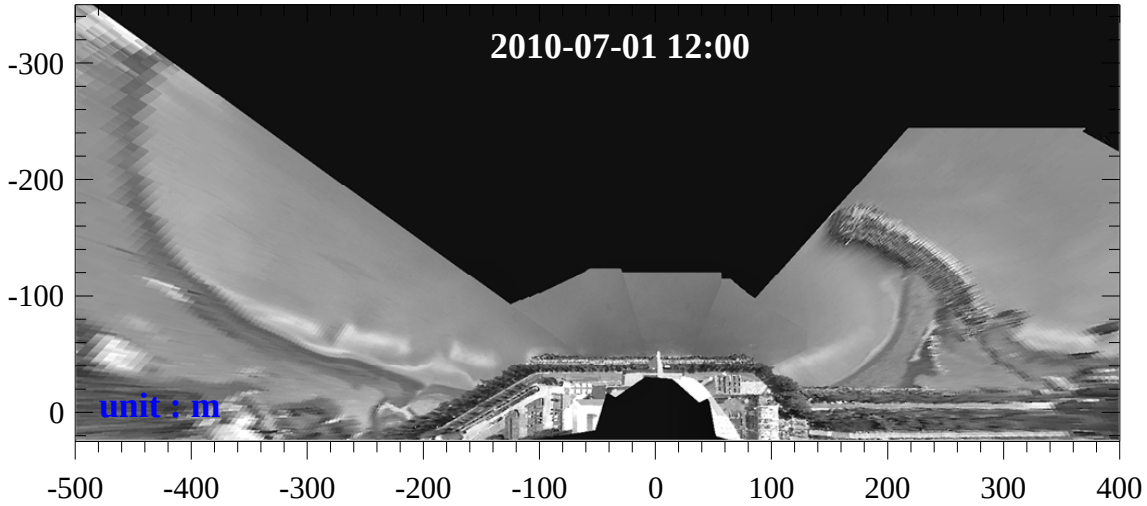
附圖 19D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 09:00)



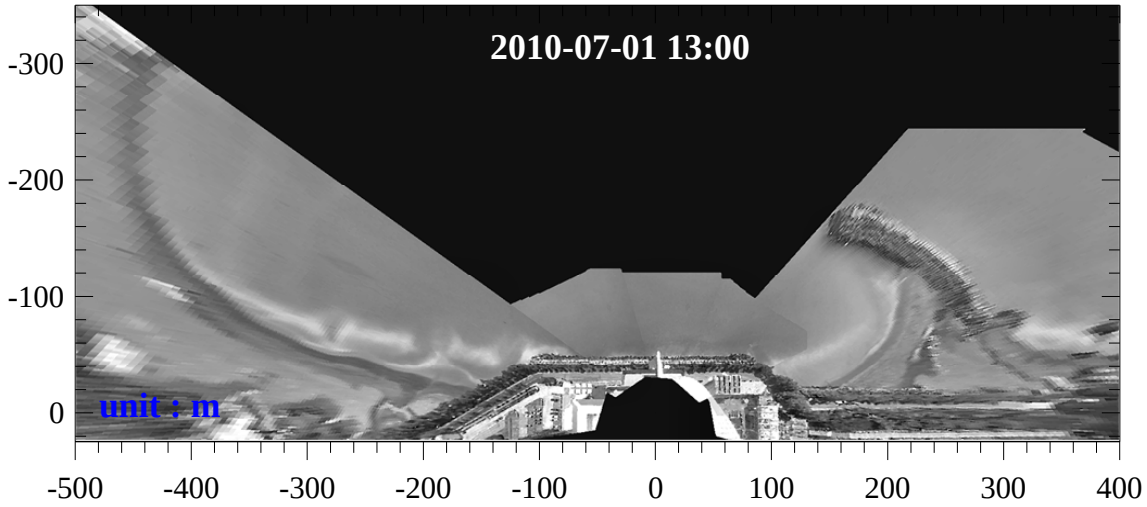
附圖 19E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 10:00)



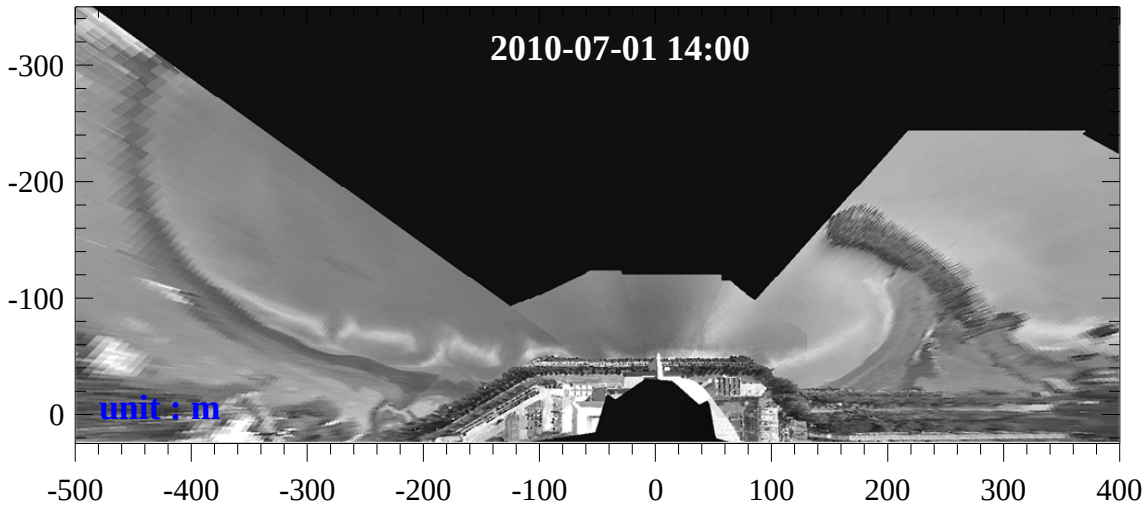
附圖 19F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 11:00)



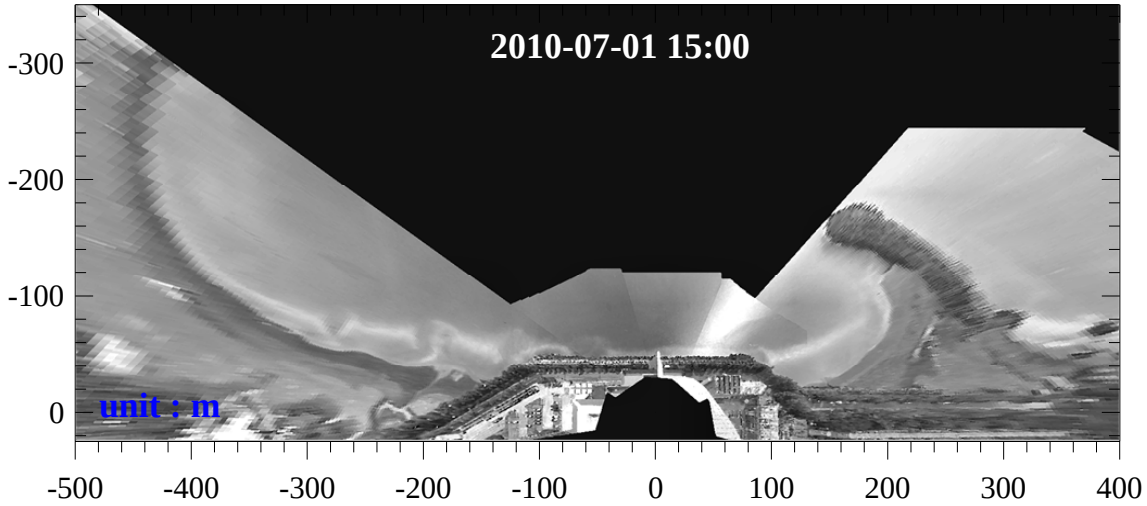
附圖 19G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 12:00)



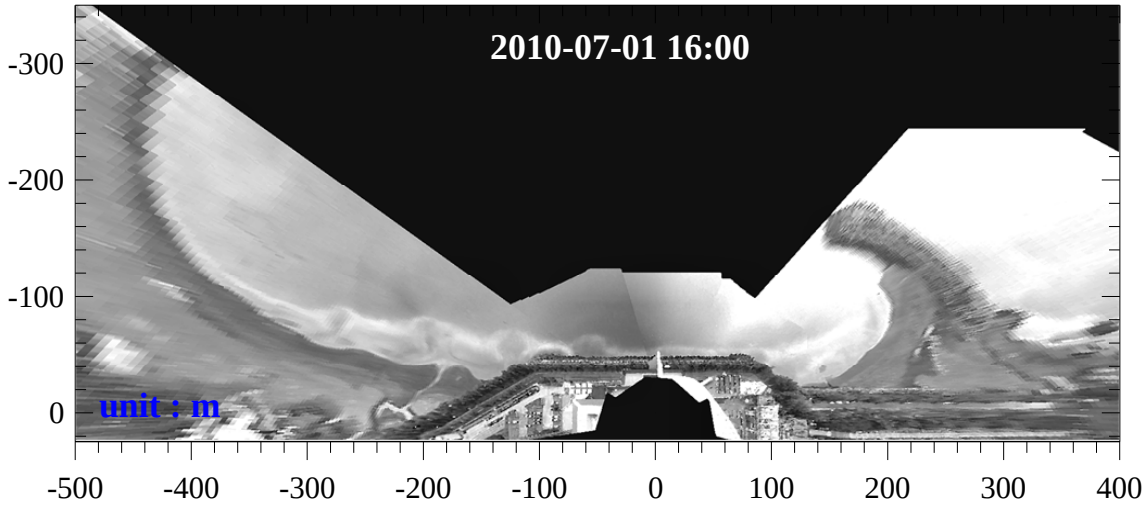
附圖 19H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 13:00)



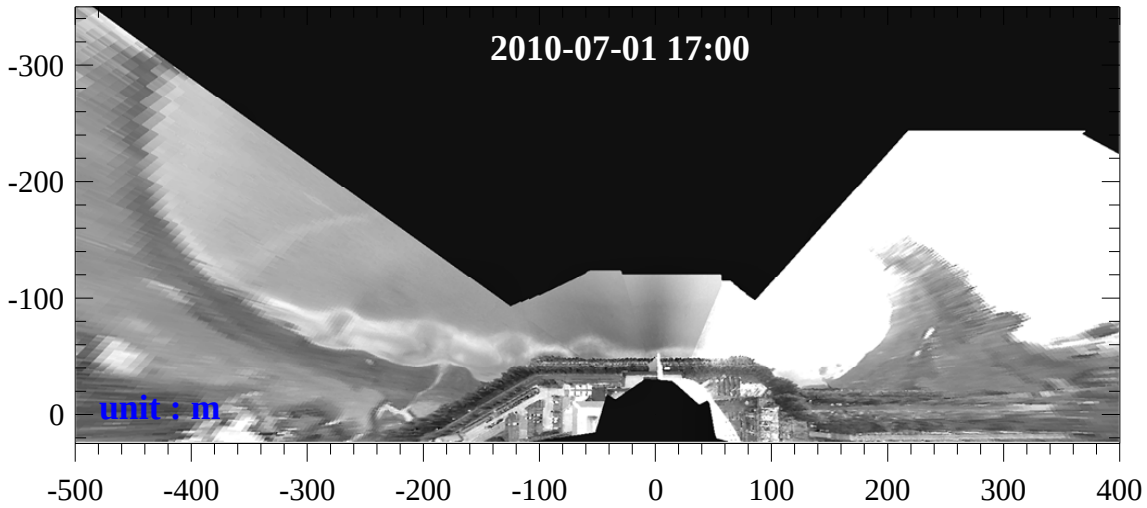
附圖 19I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 14:00)



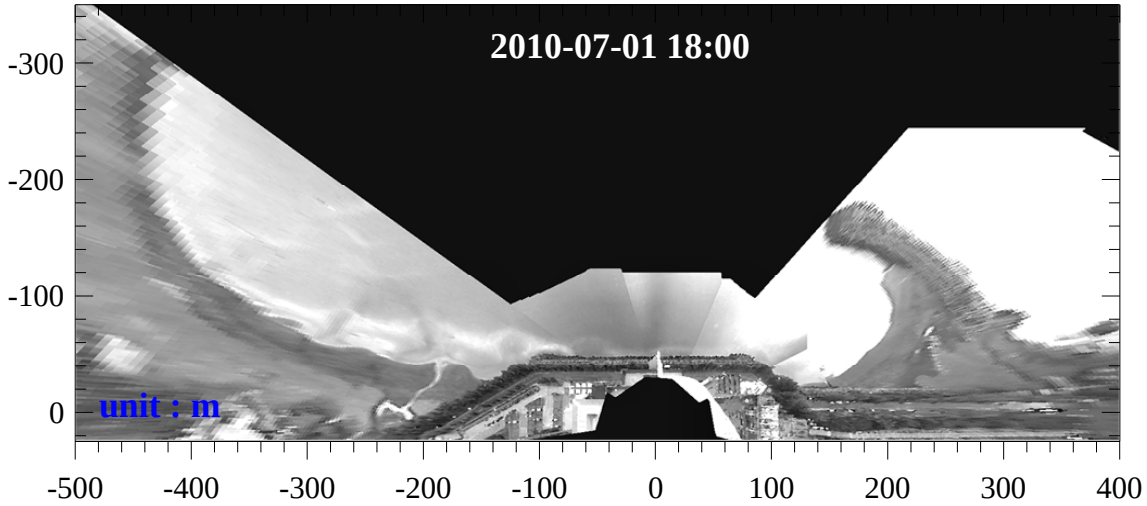
附圖 19J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 15:00)



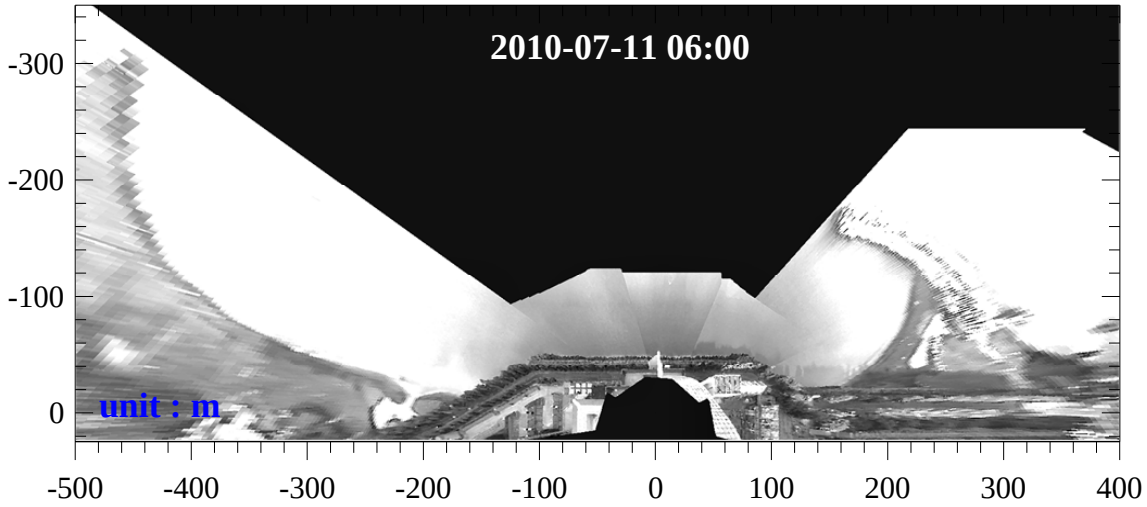
附圖 19K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 16:00)



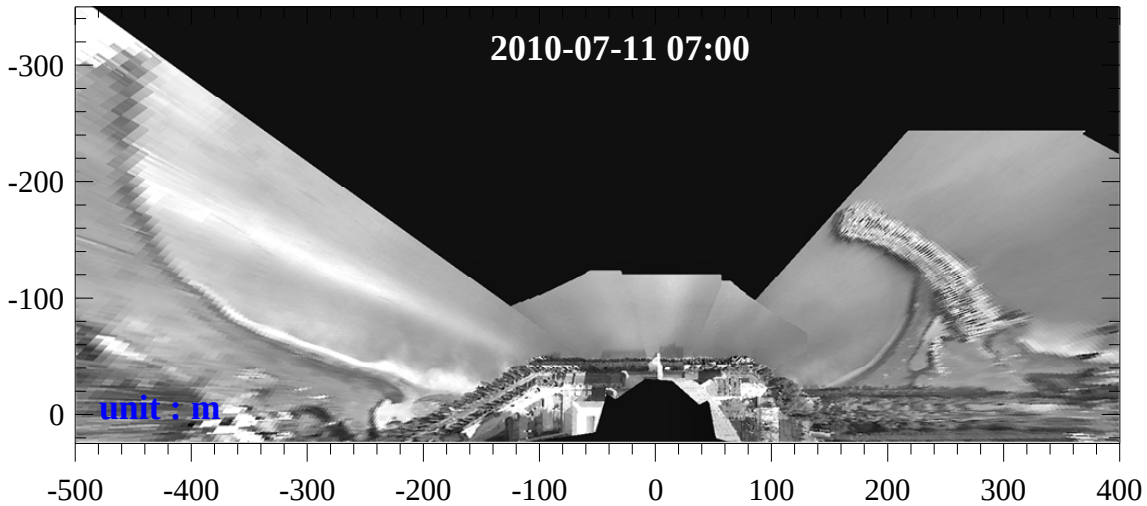
附圖 19L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 17:00)



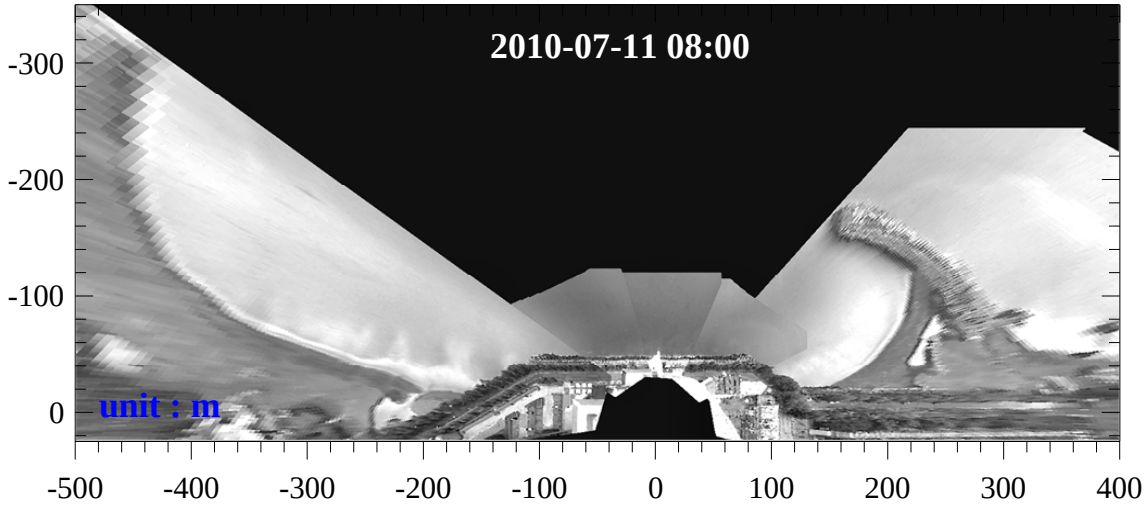
附圖 19M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/01 18:00)



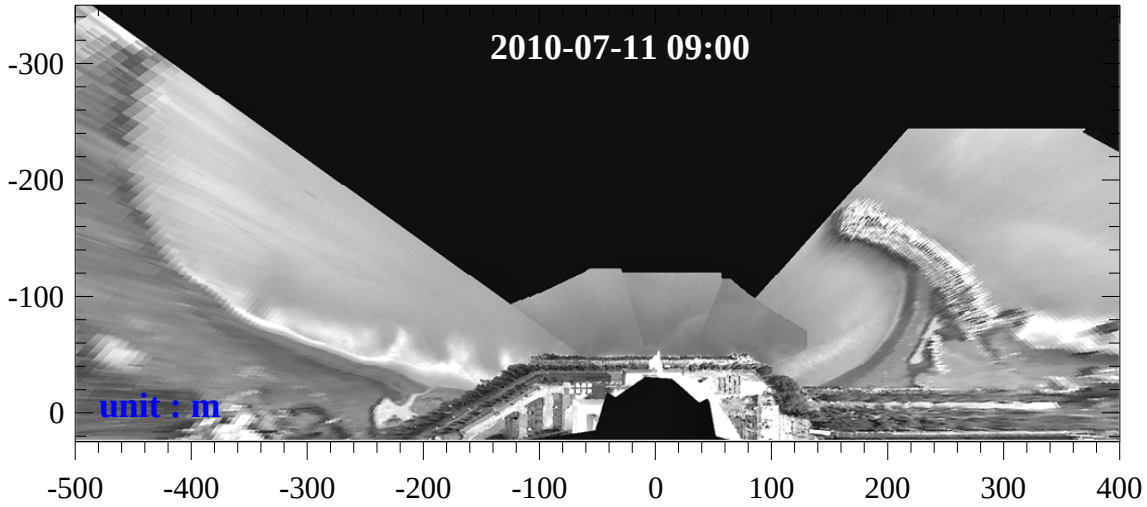
附圖 20A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 06:00)



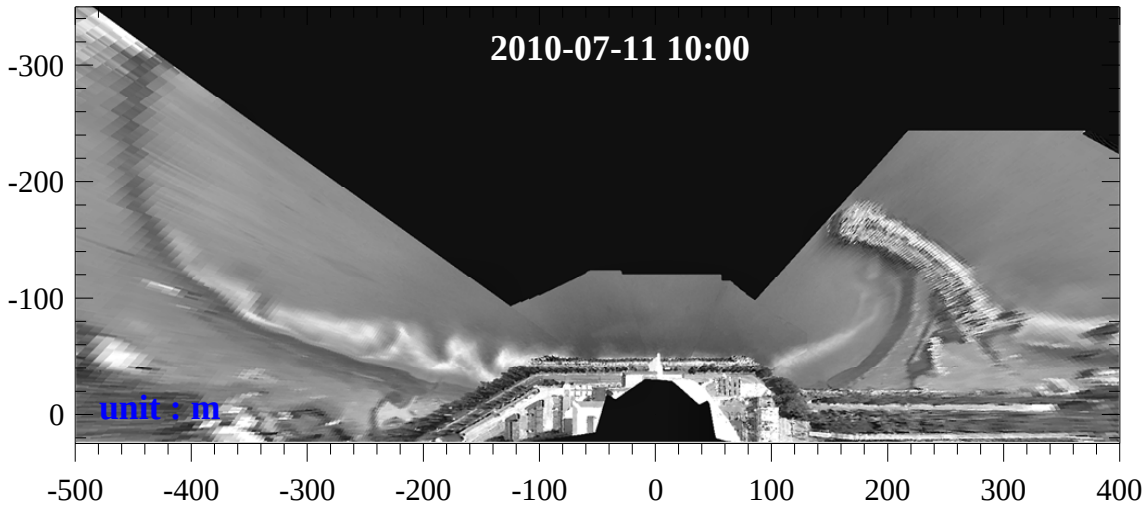
附圖 20B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 07:00)



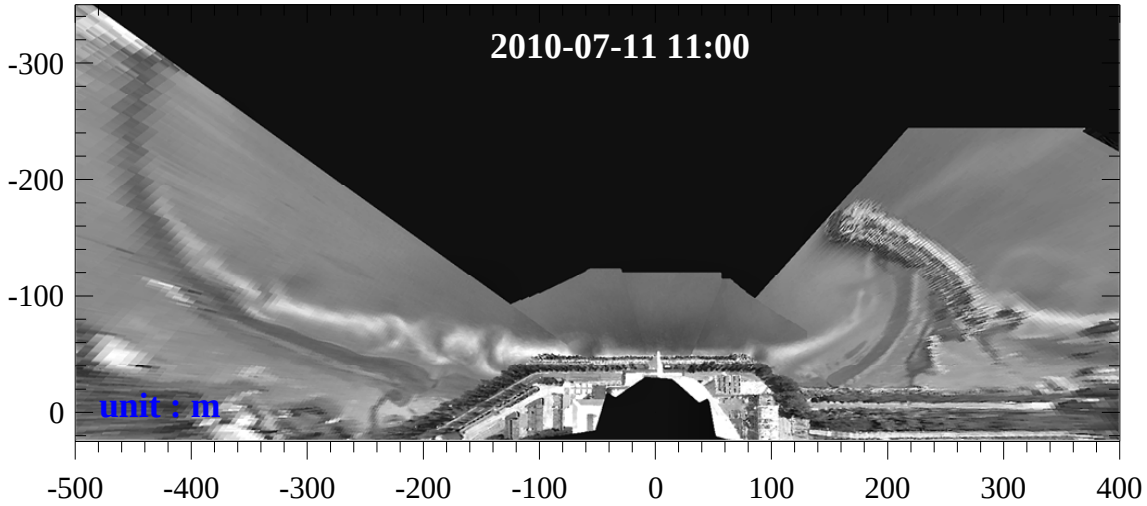
附圖 20C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 08:00)



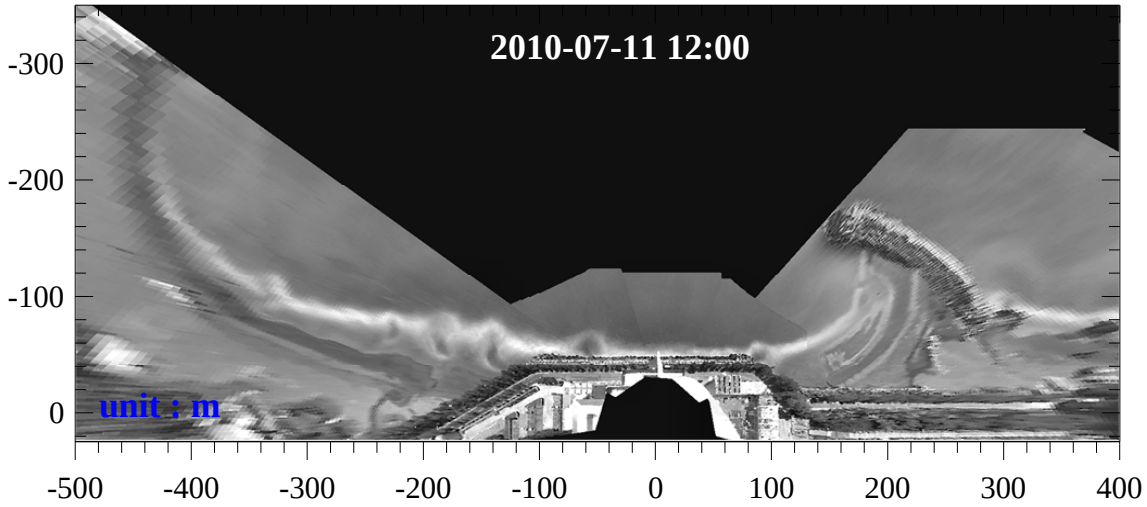
附圖 20D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 09:00)



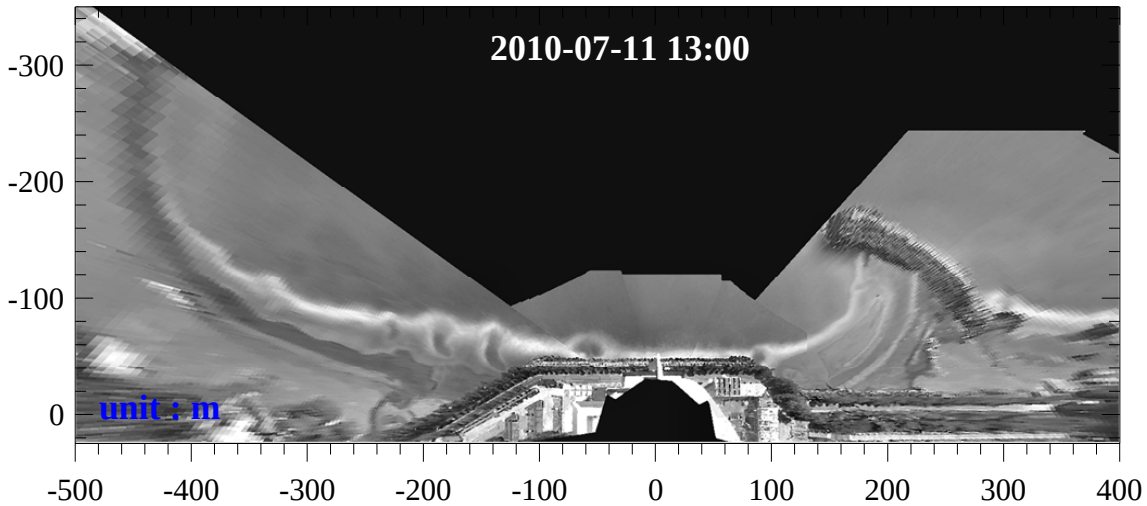
附圖 20E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 10:00)



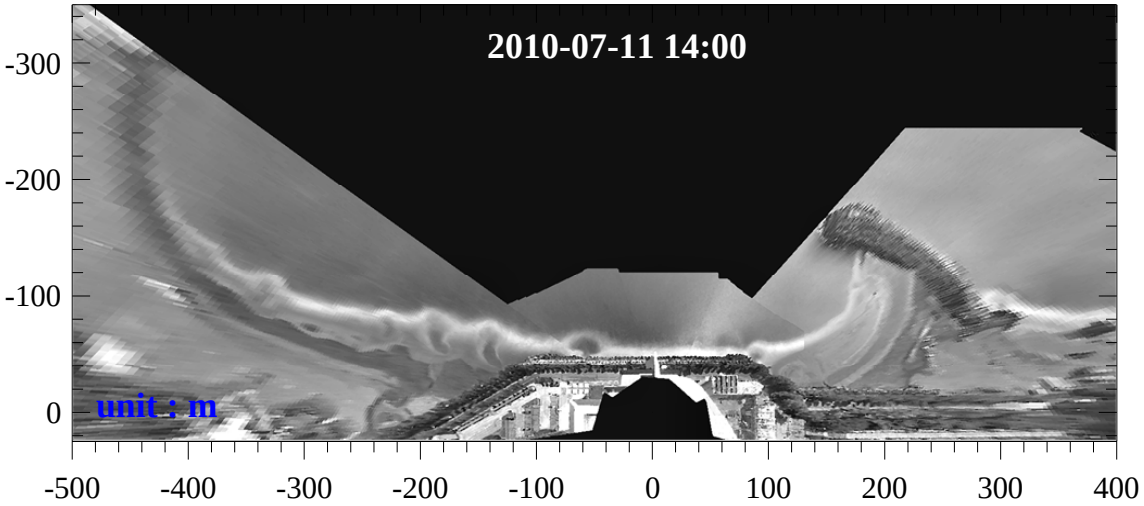
附圖 20F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 11:00)



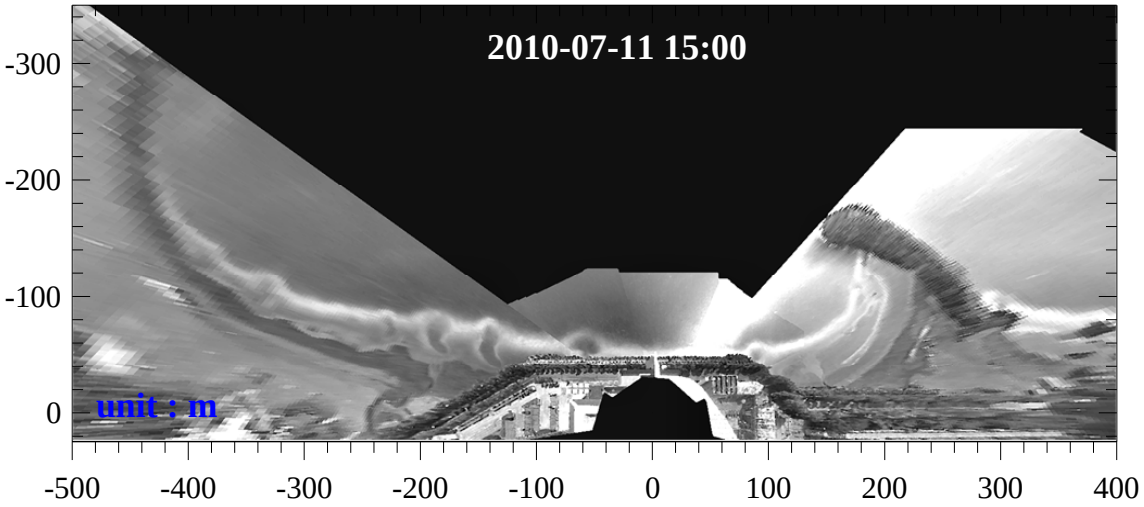
附圖 20G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 12:00)



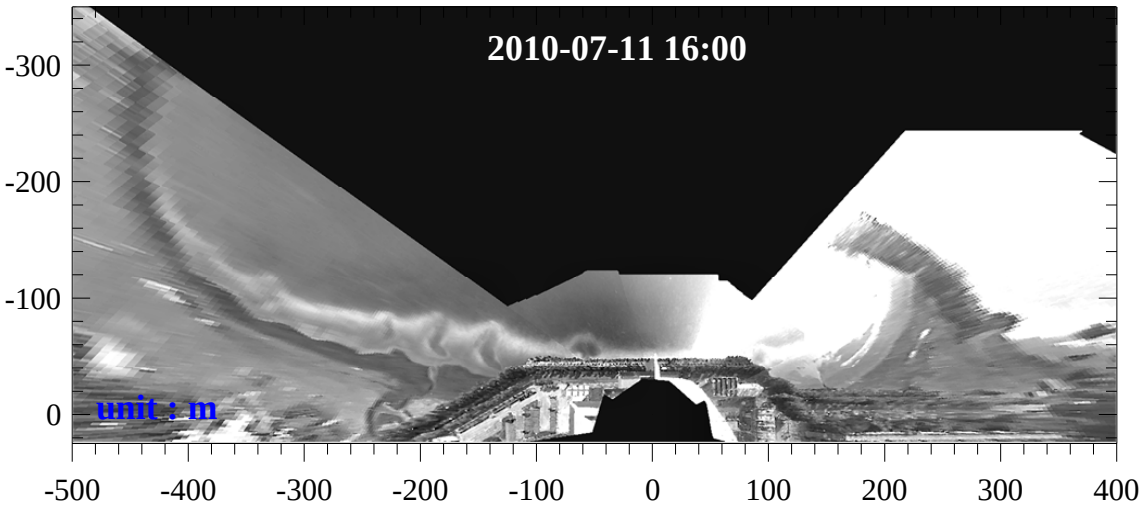
附圖 20H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 13:00)



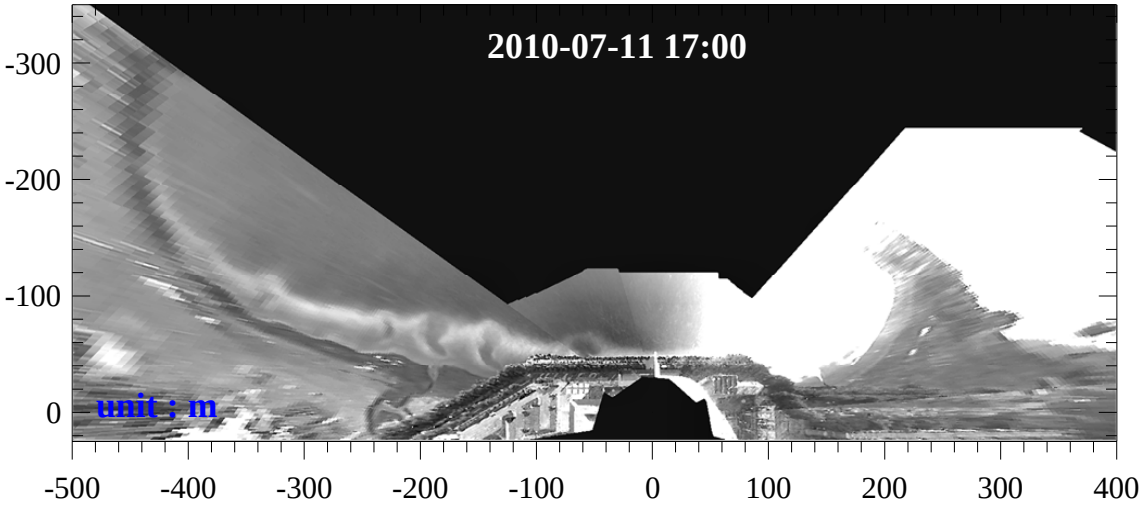
附圖 20I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 14:00)



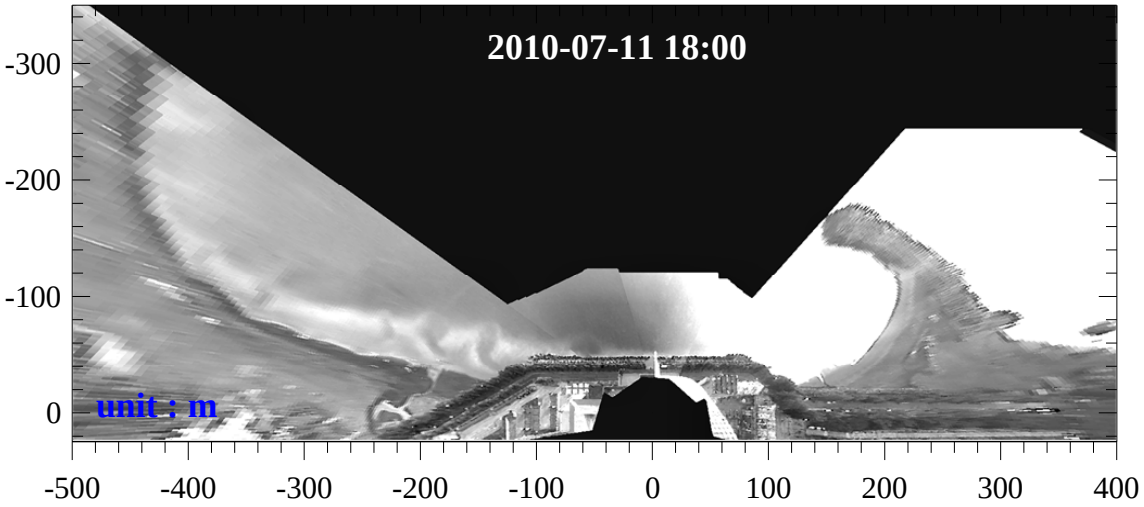
附圖 20J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 15:00)



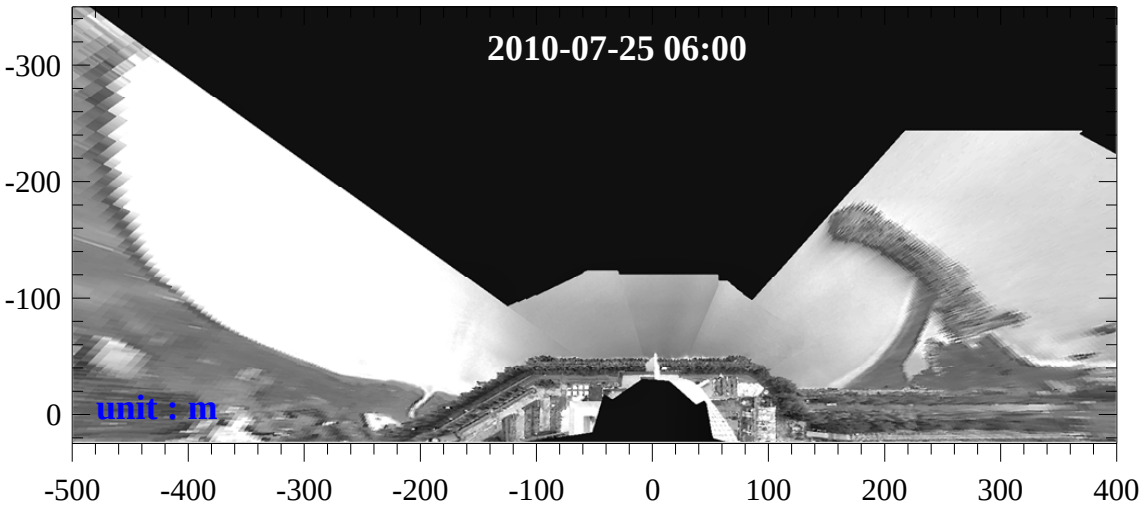
附圖 20K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 16:00)



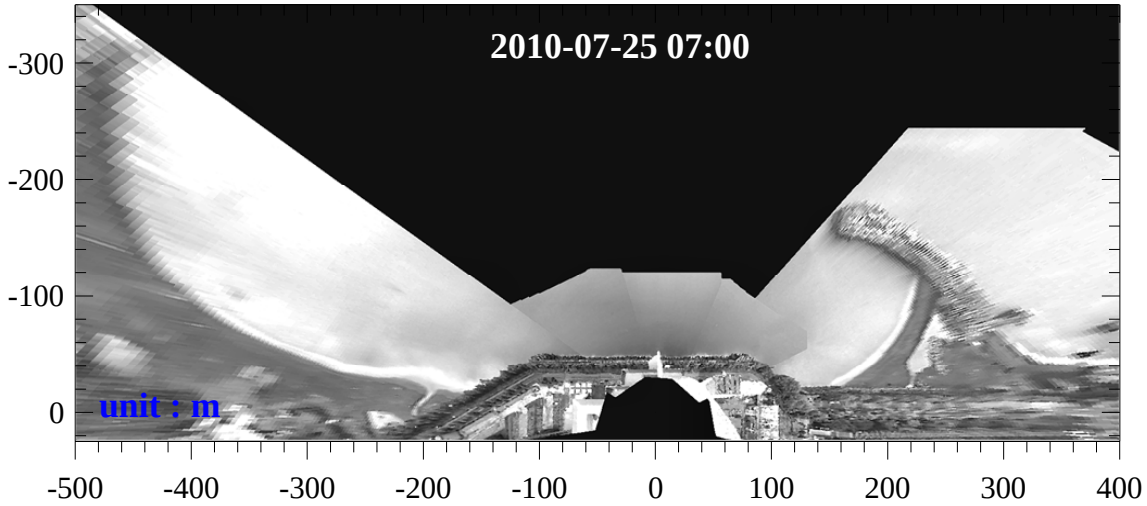
附圖 20L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 17:00)



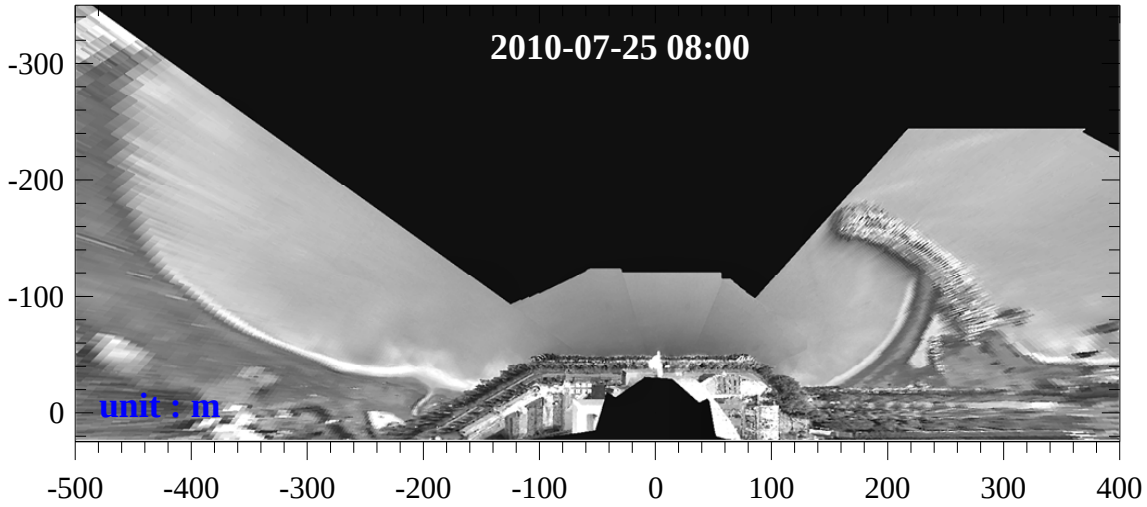
附圖 20M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/11 18:00)



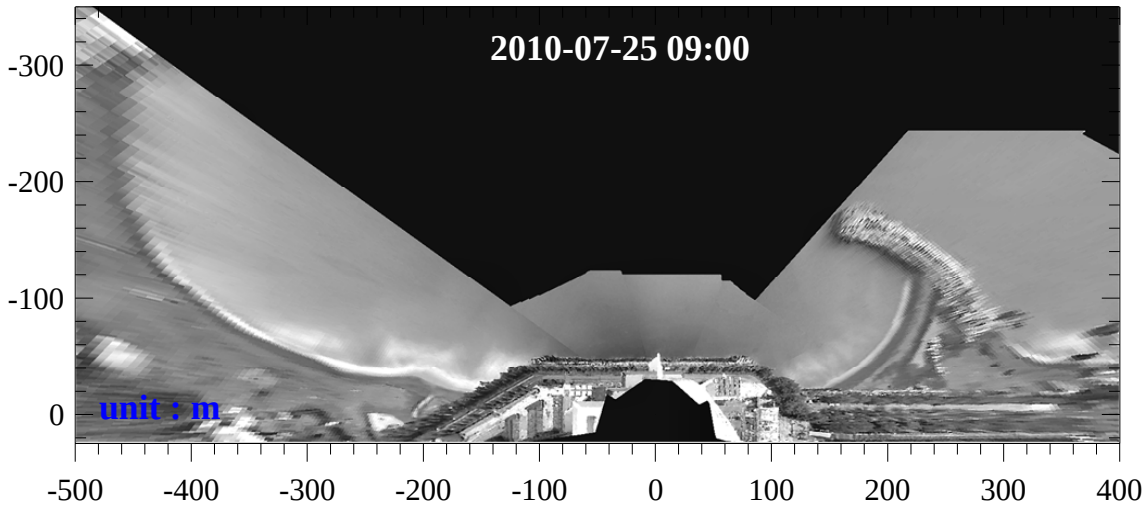
附圖 21A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 06:00)



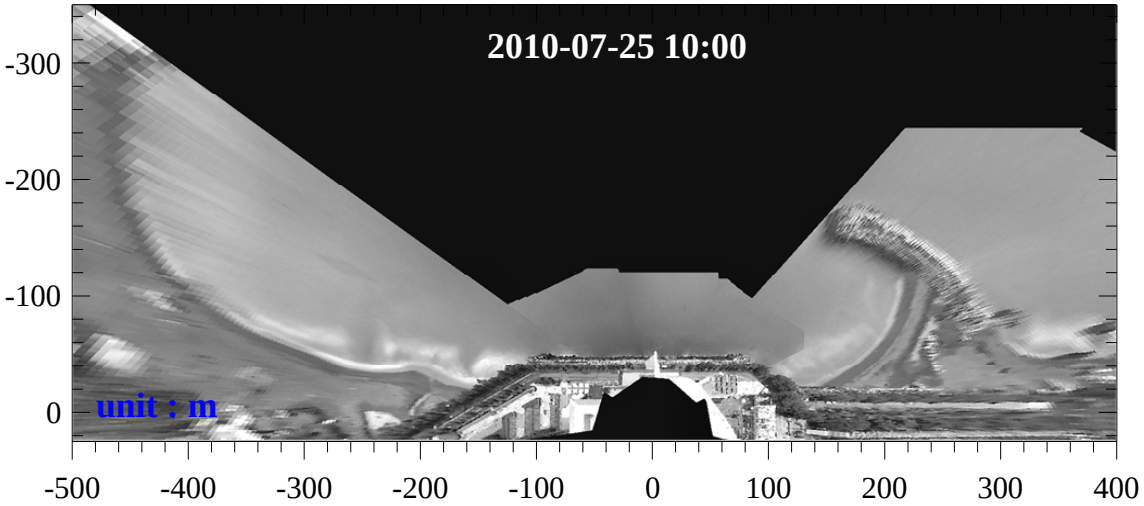
附圖 21B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 07:00)



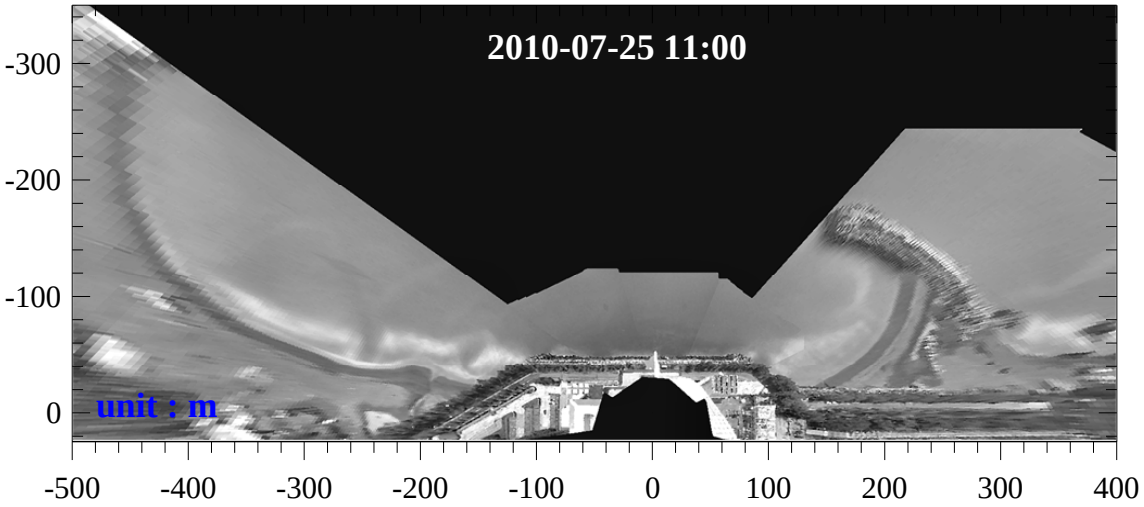
附圖 21C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 08:00)



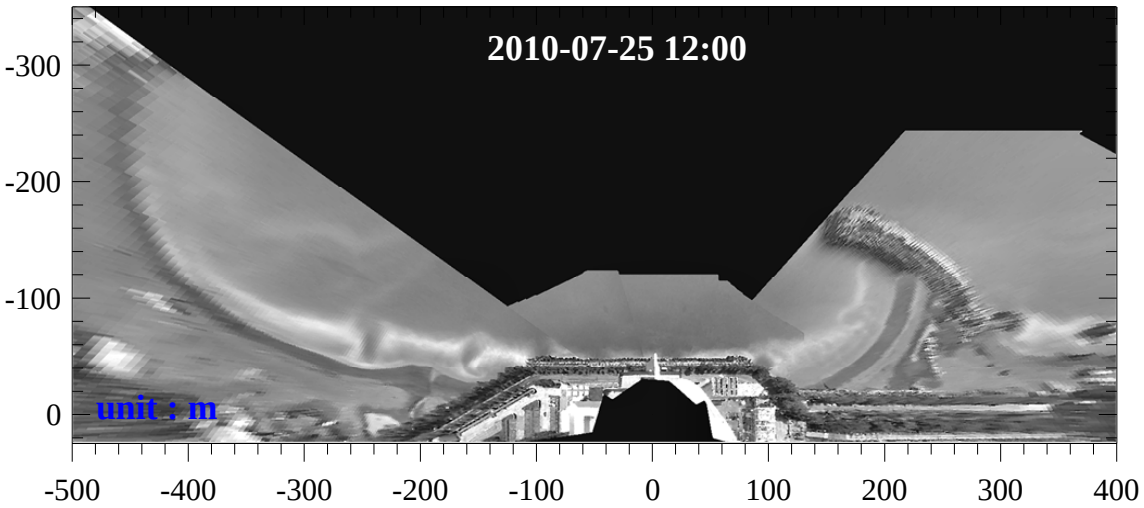
附圖 21D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 09:00)



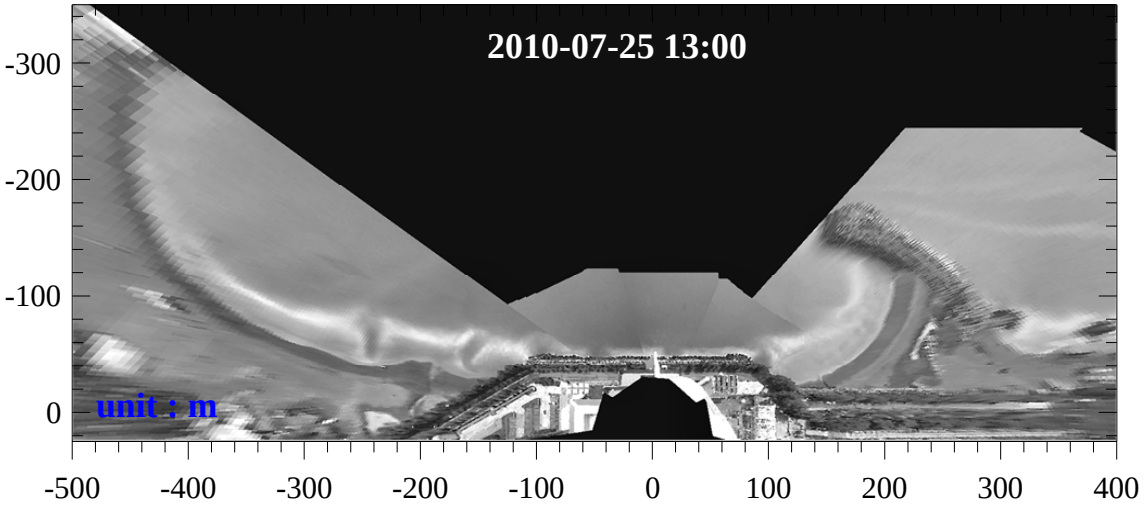
附圖 21E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 10:00)



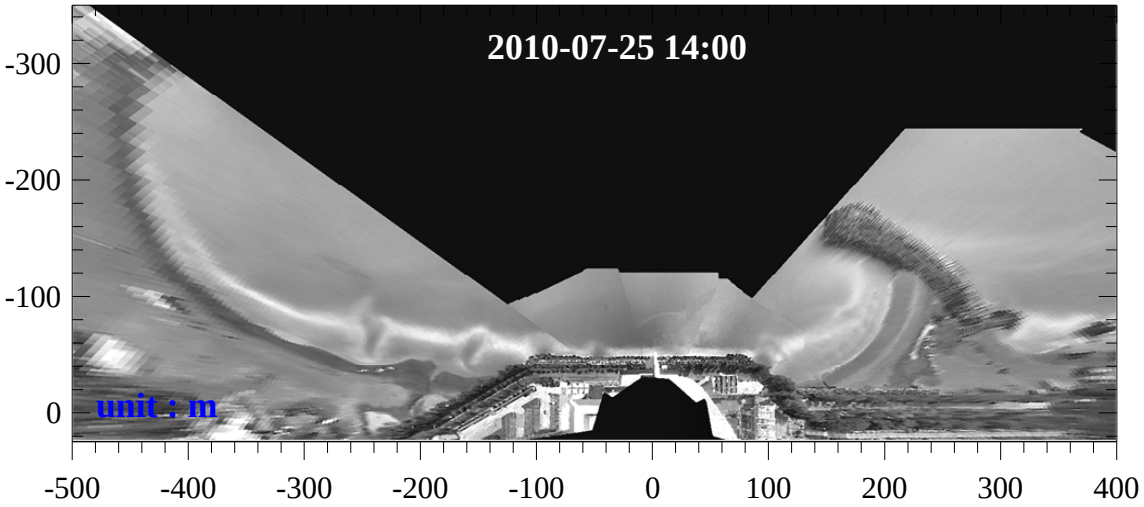
附圖 21F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 11:00)



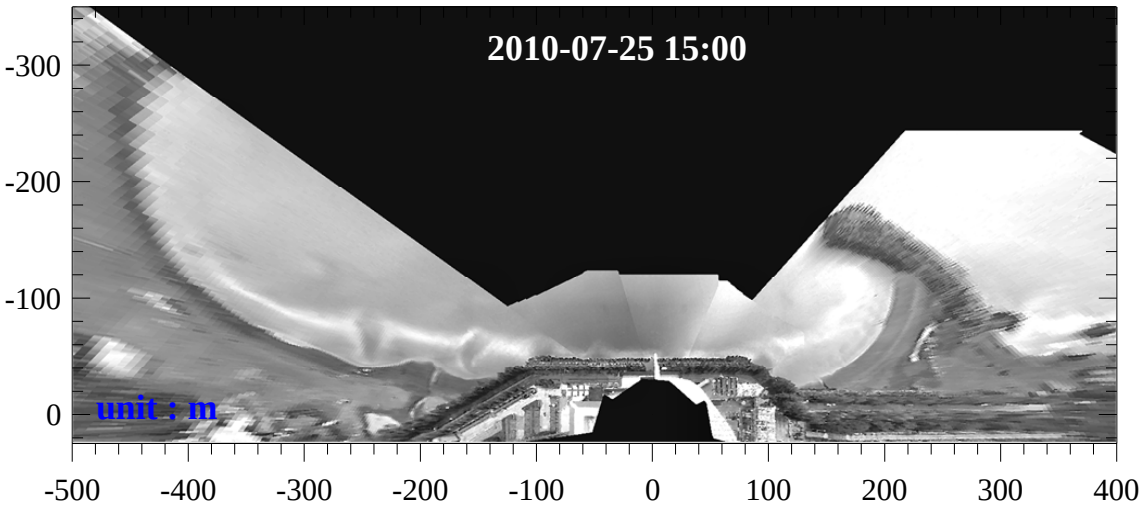
附圖 21G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 12:00)



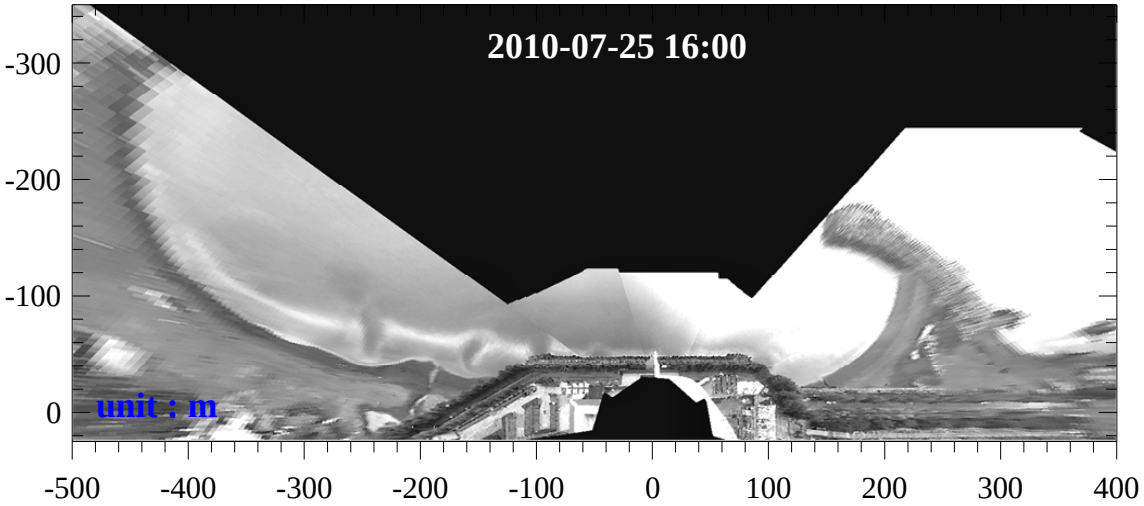
附圖 21H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 13:00)



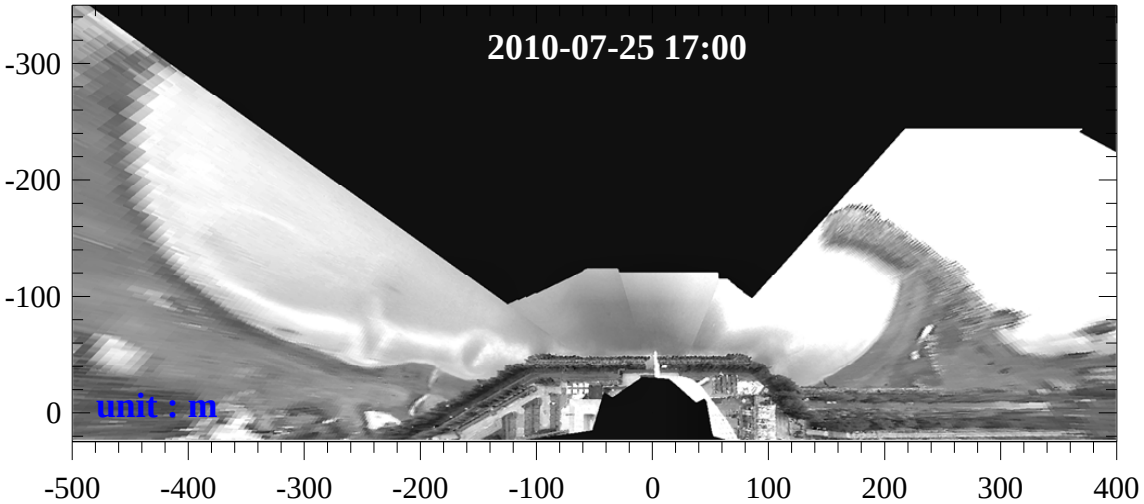
附圖 21I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 14:00)



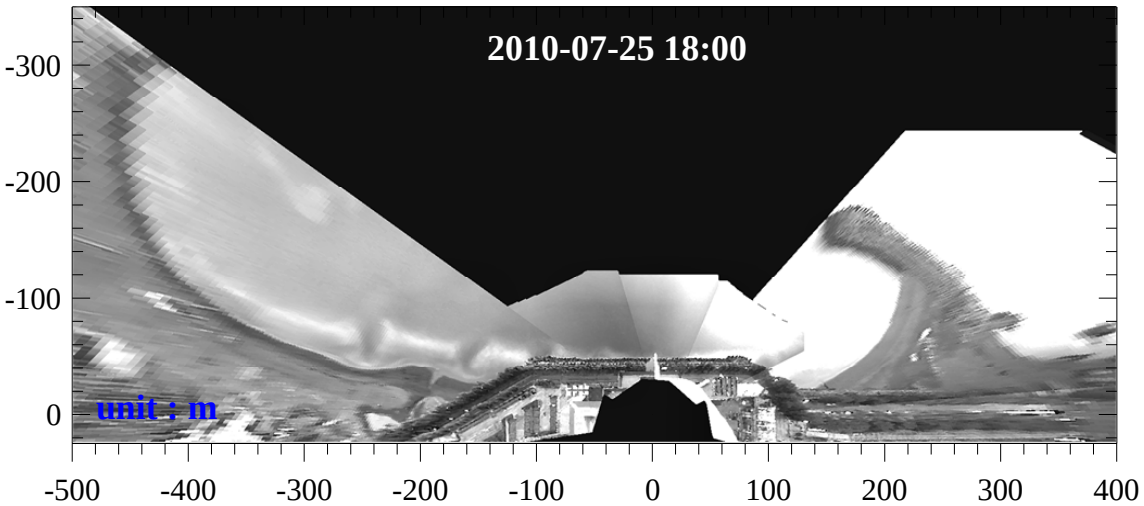
附圖 21J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 15:00)



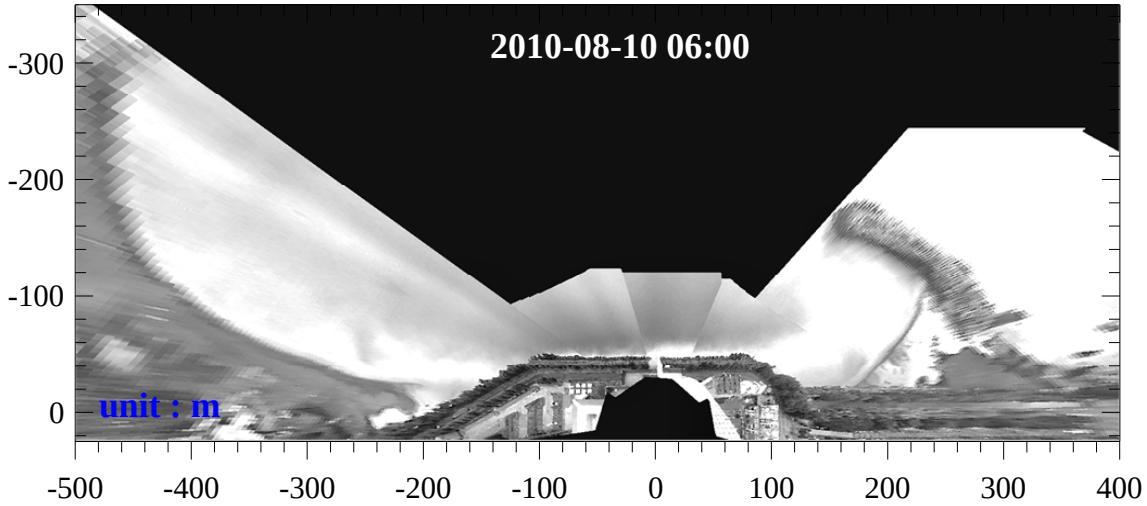
附圖 21K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 16:00)



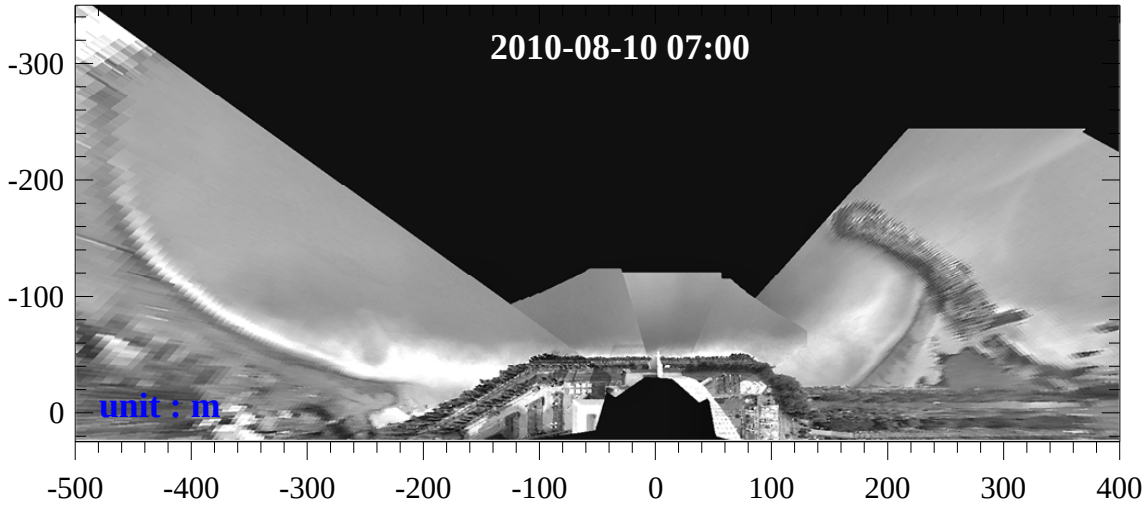
附圖 21L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 17:00)



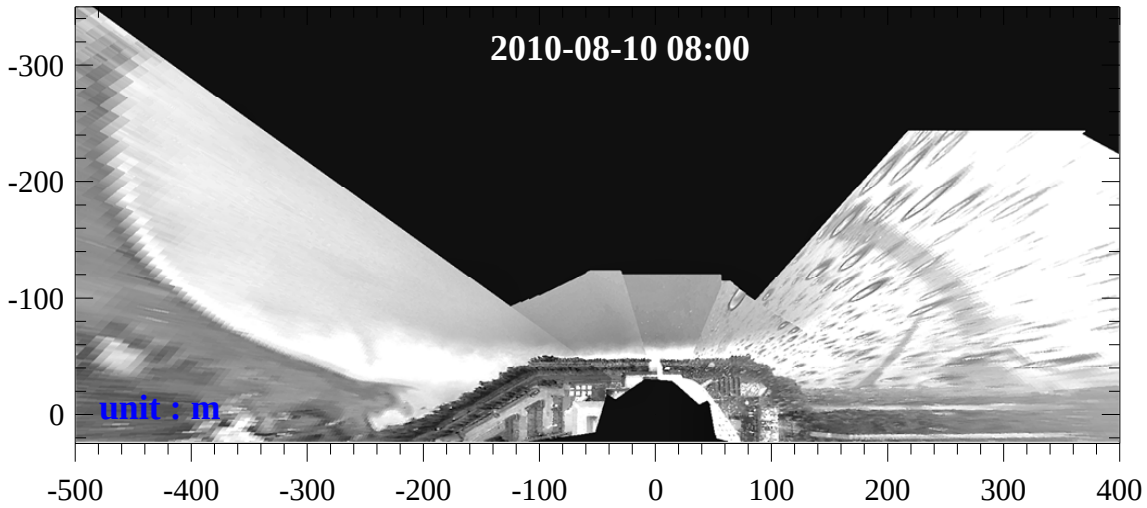
附圖 21M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/07/25 18:00)



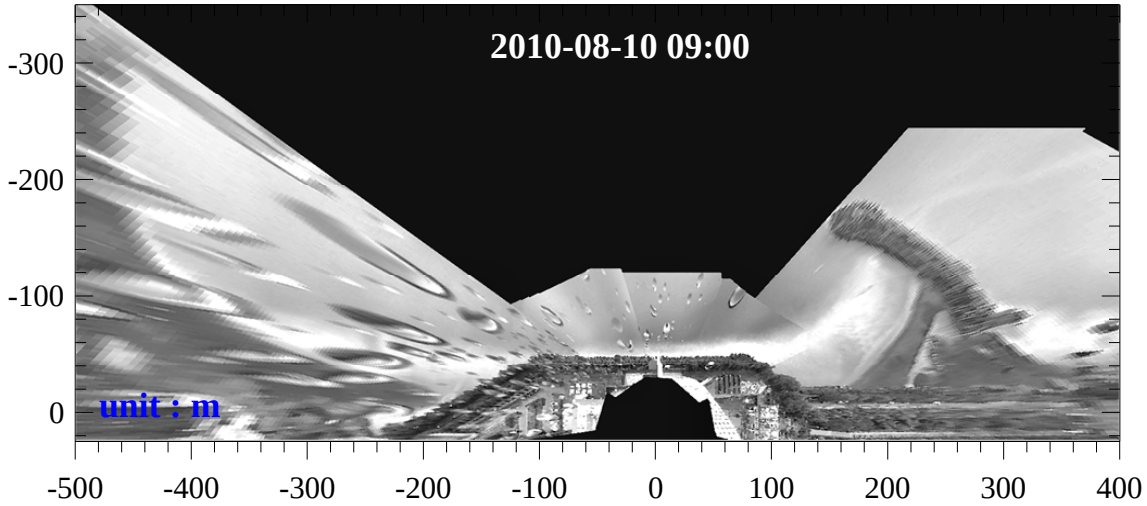
附圖 22A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 06:00)



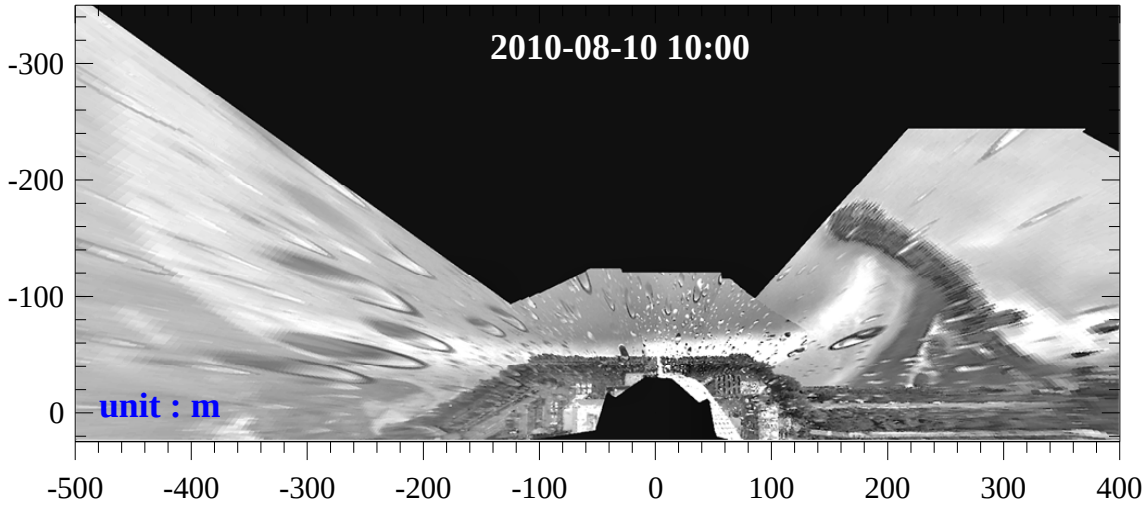
附圖 22B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 07:00)



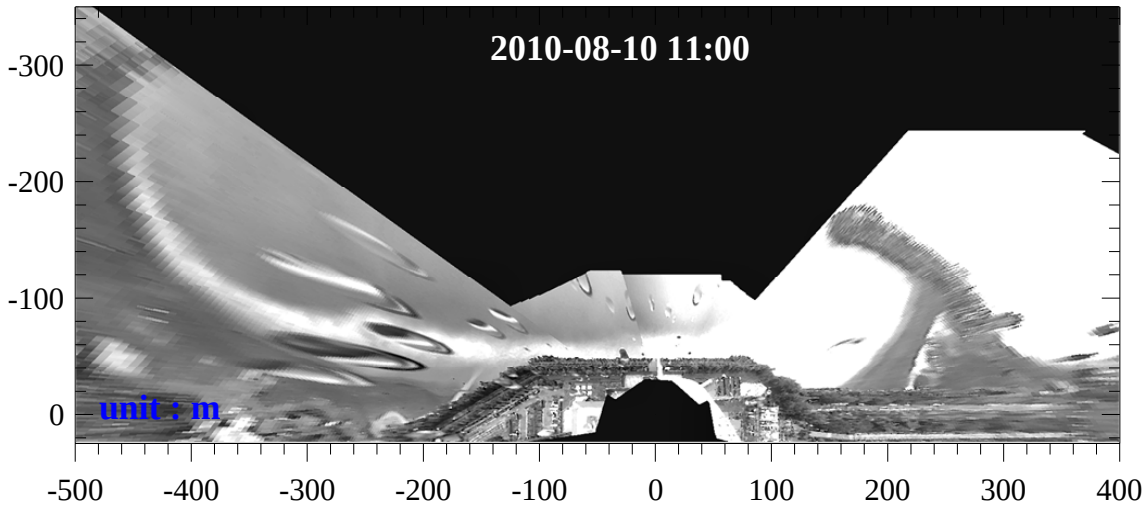
附圖 22C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 08:00)



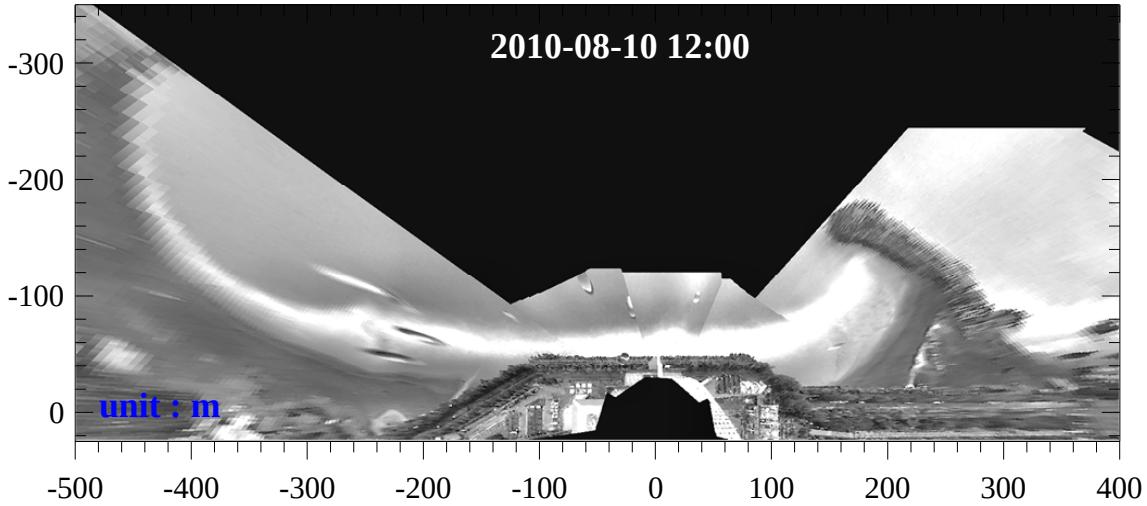
附圖 22D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 09:00)



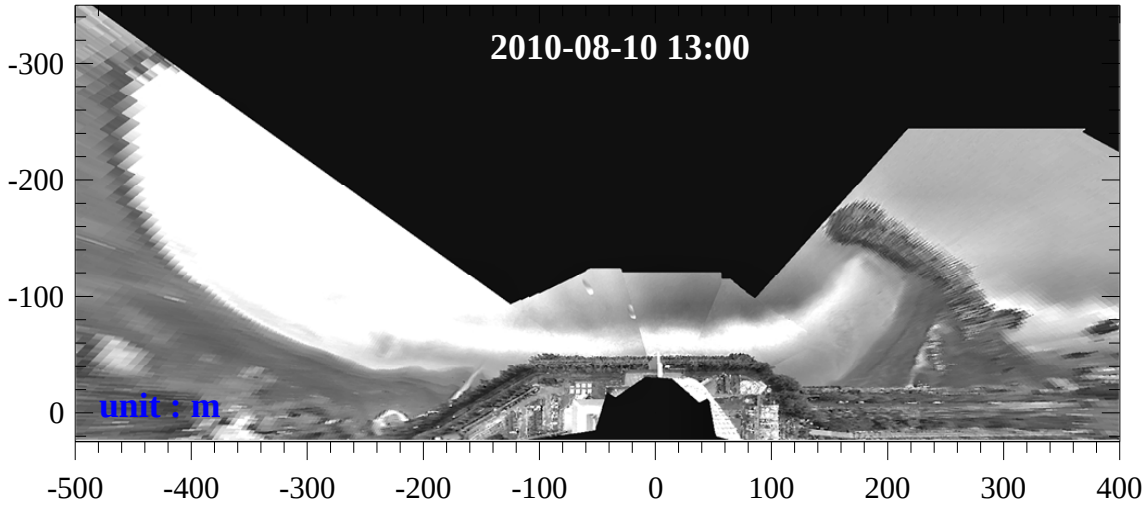
附圖 22E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 10:00)



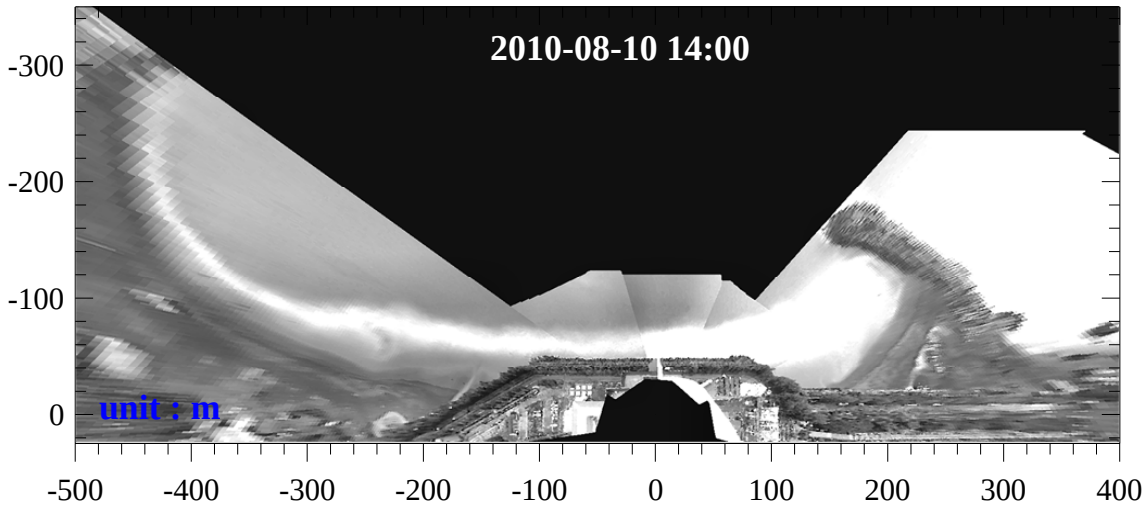
附圖 22F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 11:00)



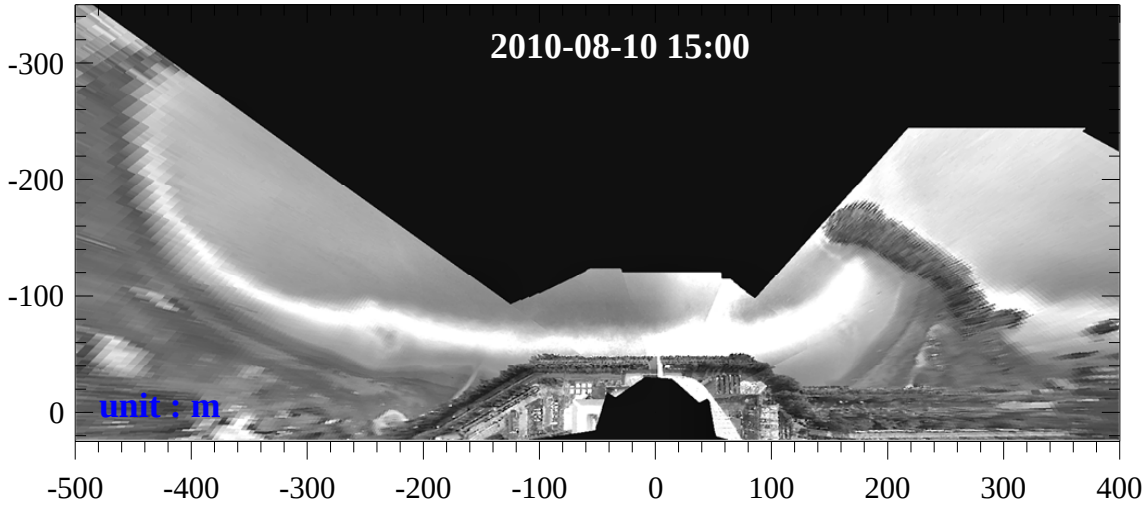
附圖 22G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 12:00)



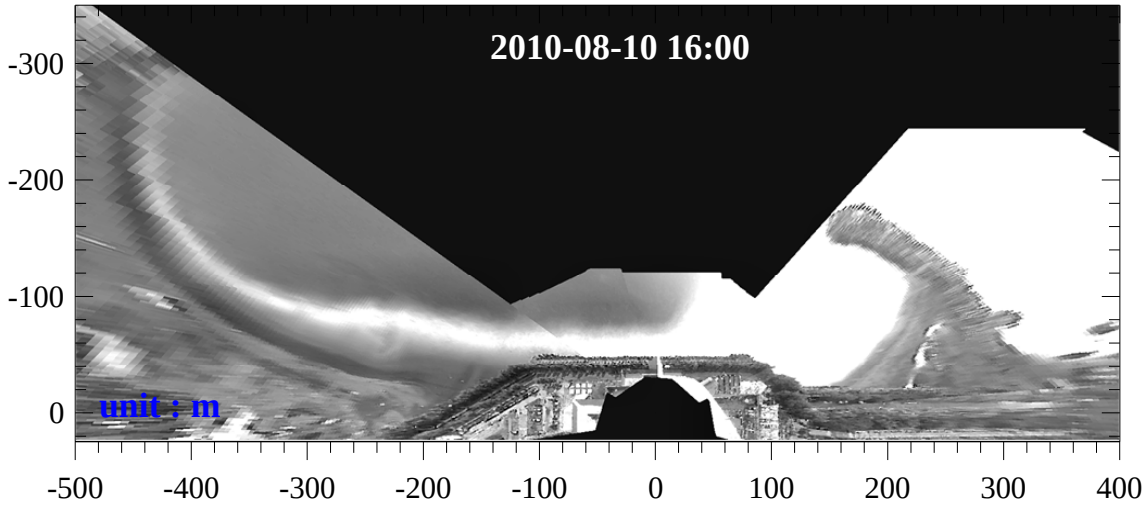
附圖 22H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 13:00)



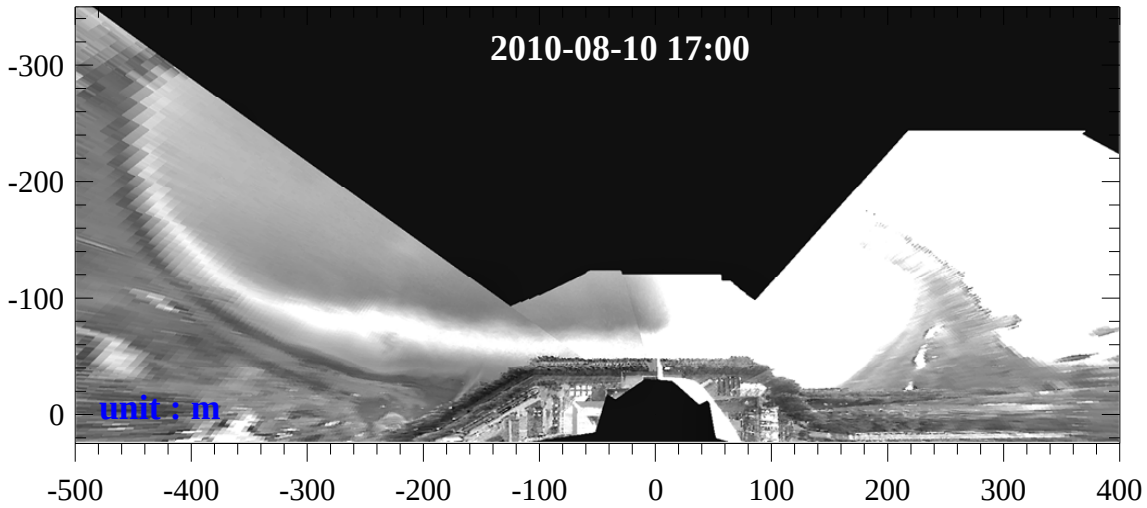
附圖 22I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 14:00)



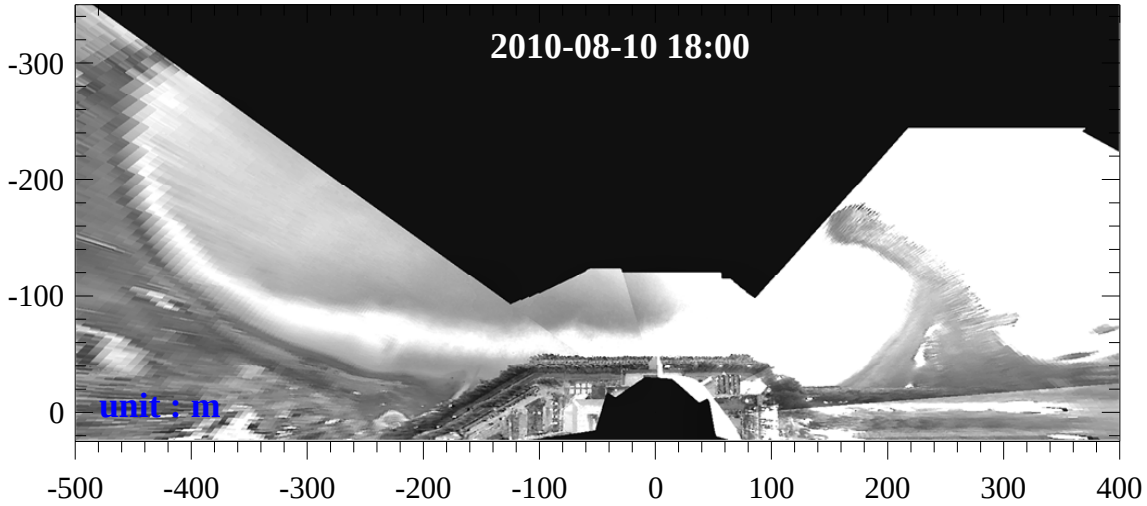
附圖 22J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 15:00)



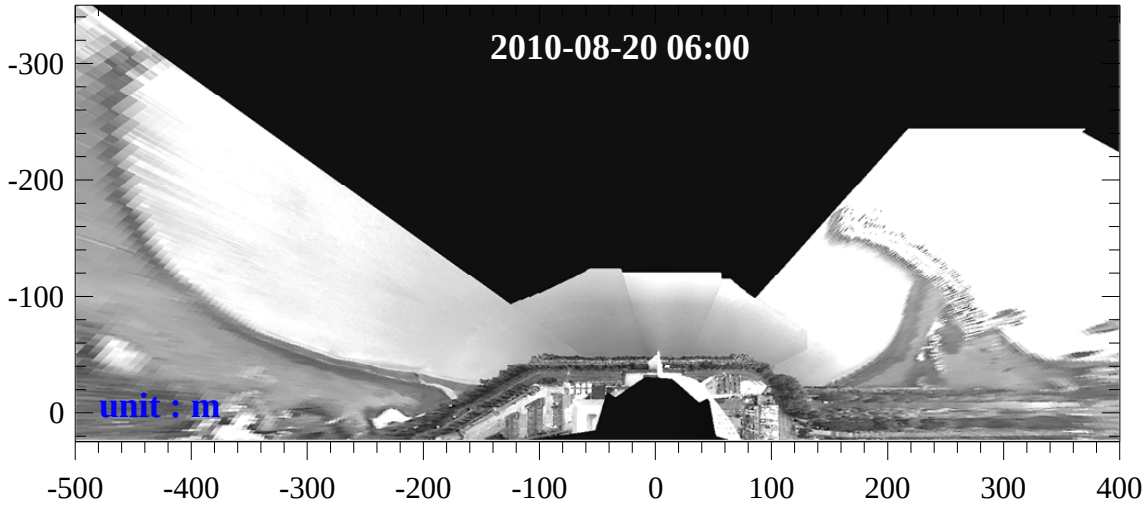
附圖 22K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 16:00)



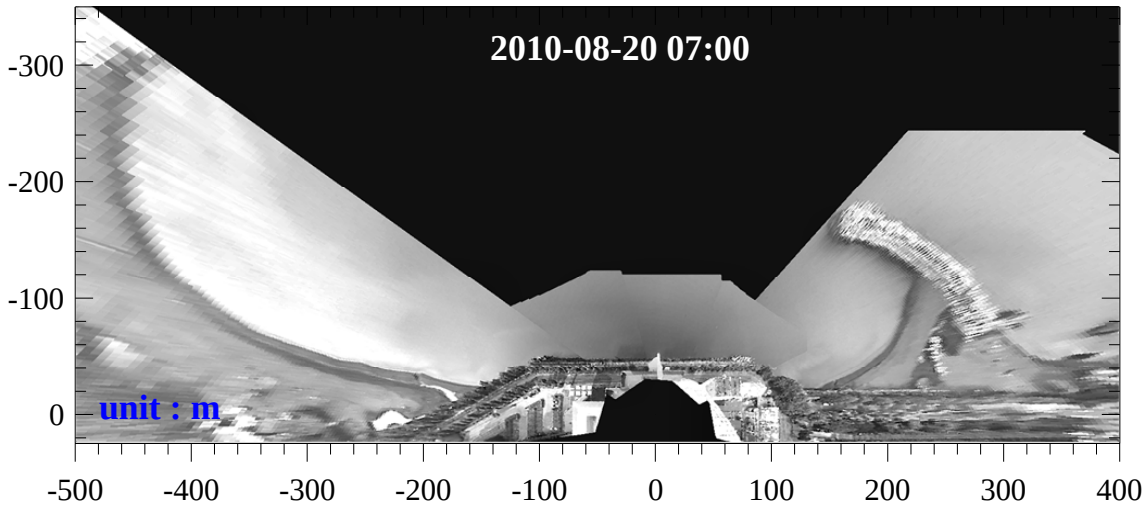
附圖 22L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 17:00)



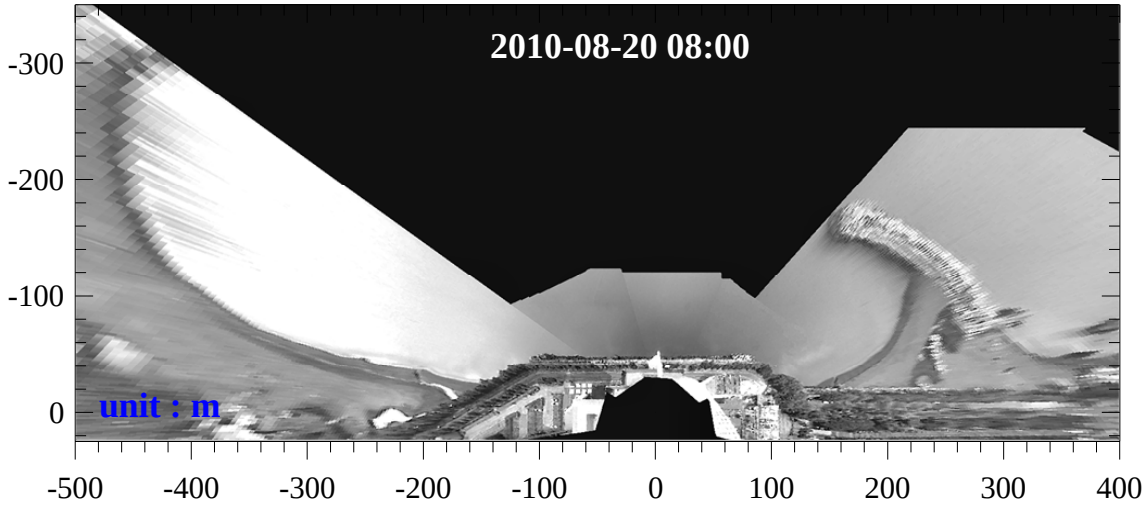
附圖 22M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/10 18:00)



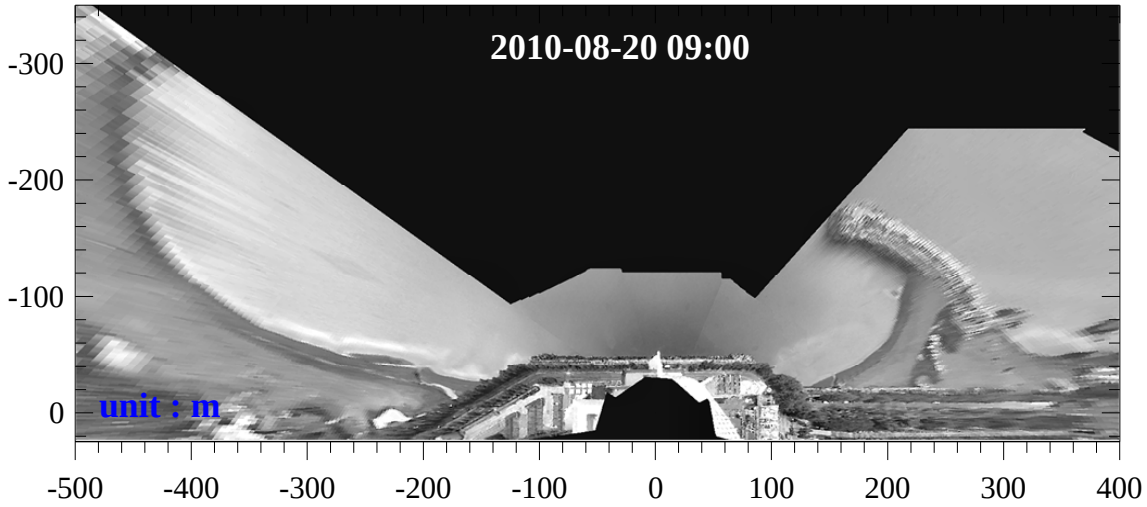
附圖 23A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 06:00)



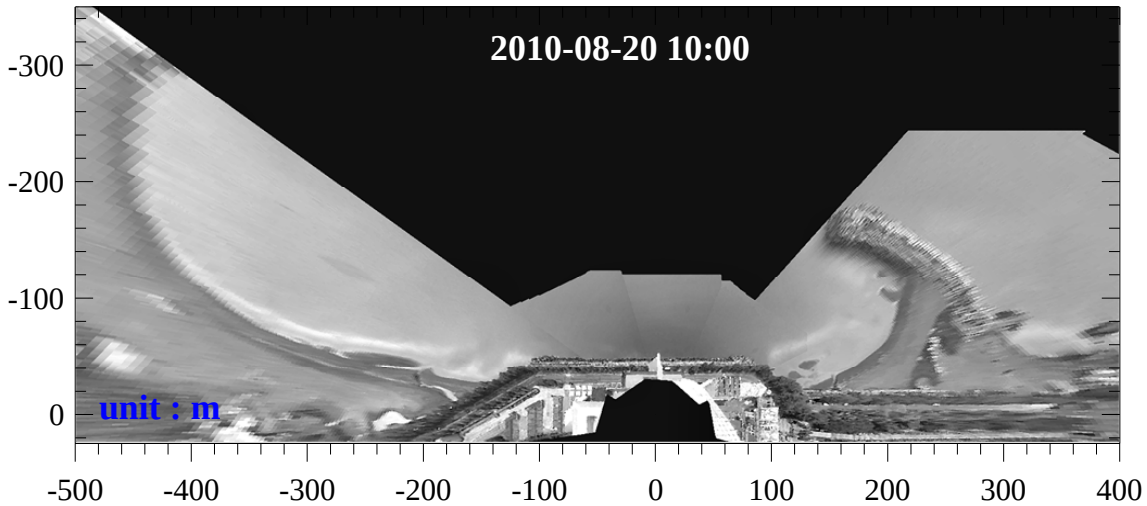
附圖 23B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 07:00)



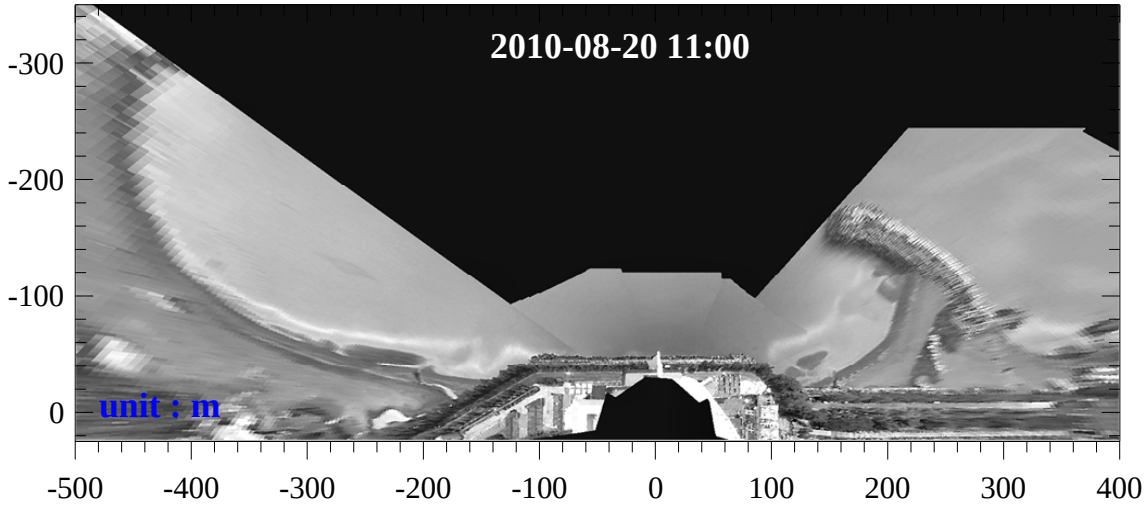
附圖 23C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 08:00)



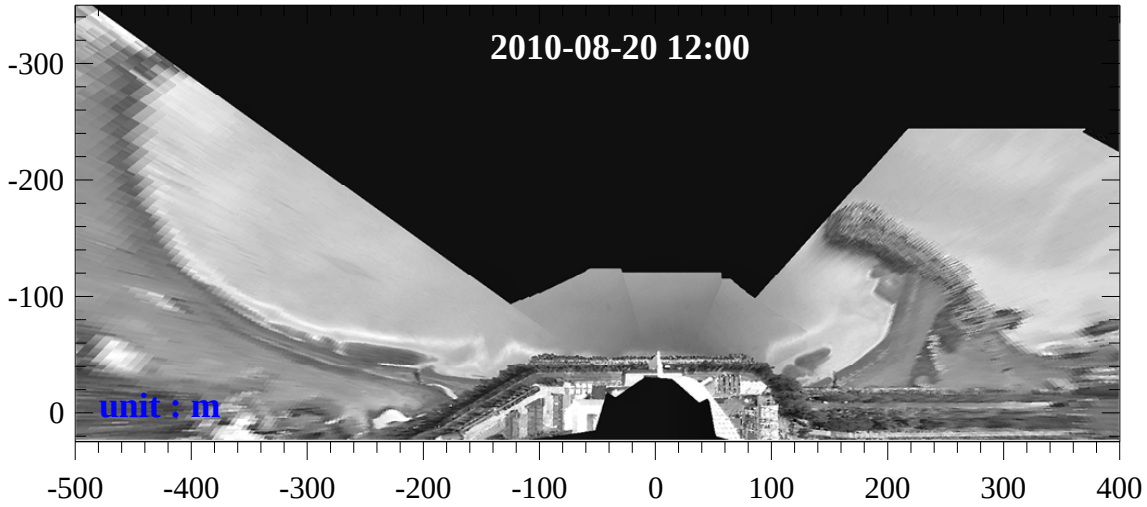
附圖 23D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 09:00)



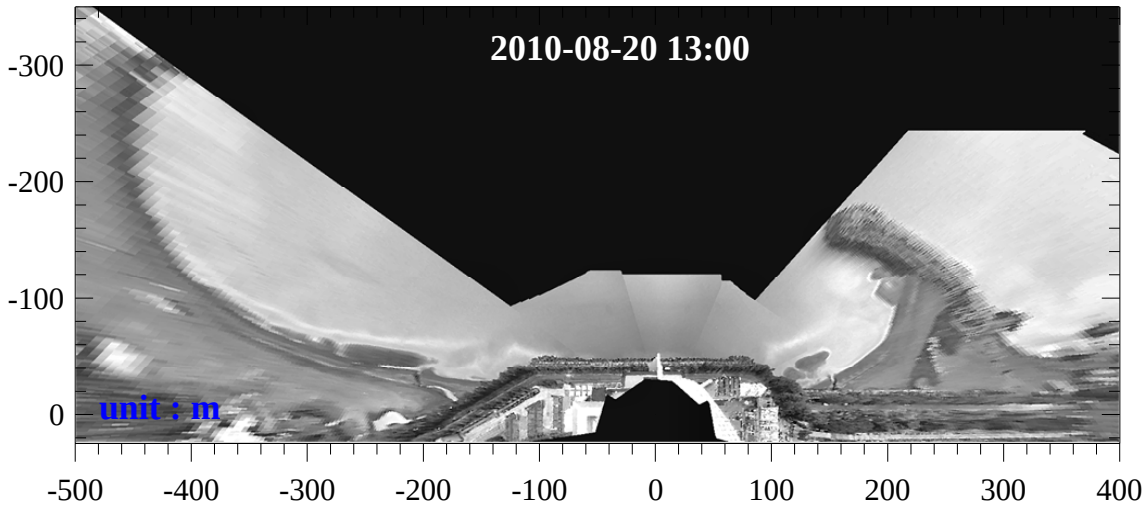
附圖 23E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 10:00)



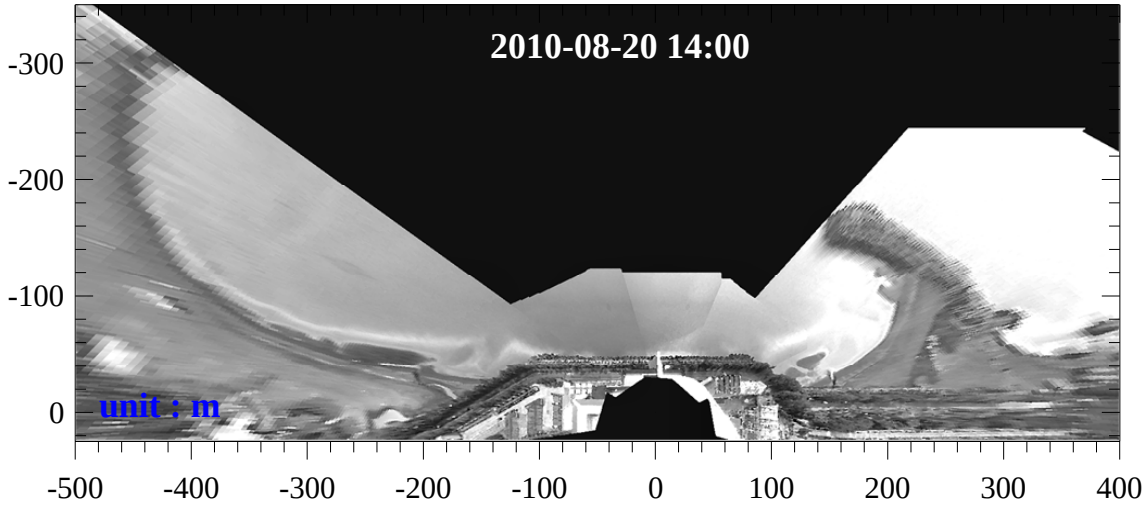
附圖 23F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 11:00)



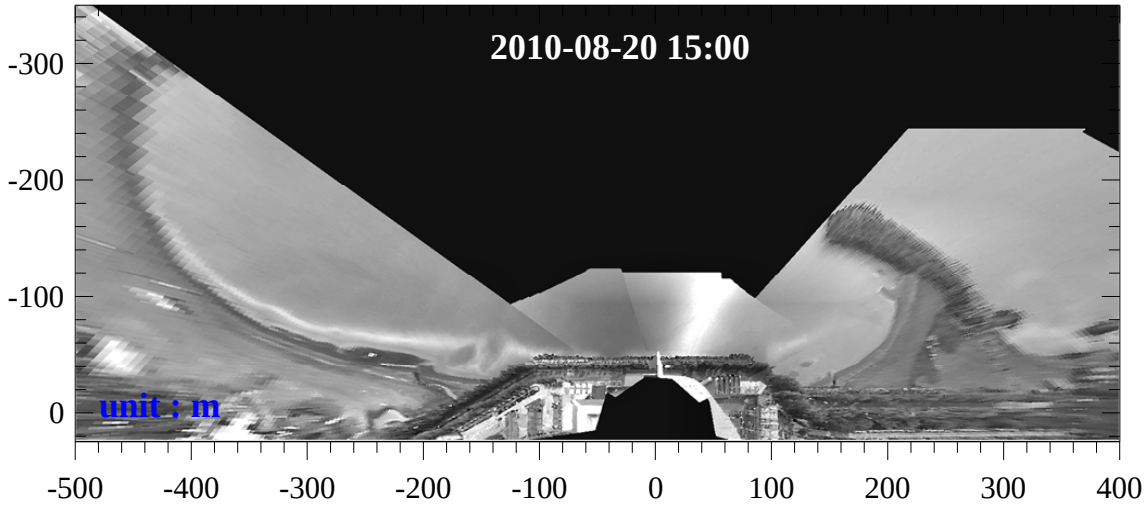
附圖 23G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 12:00)



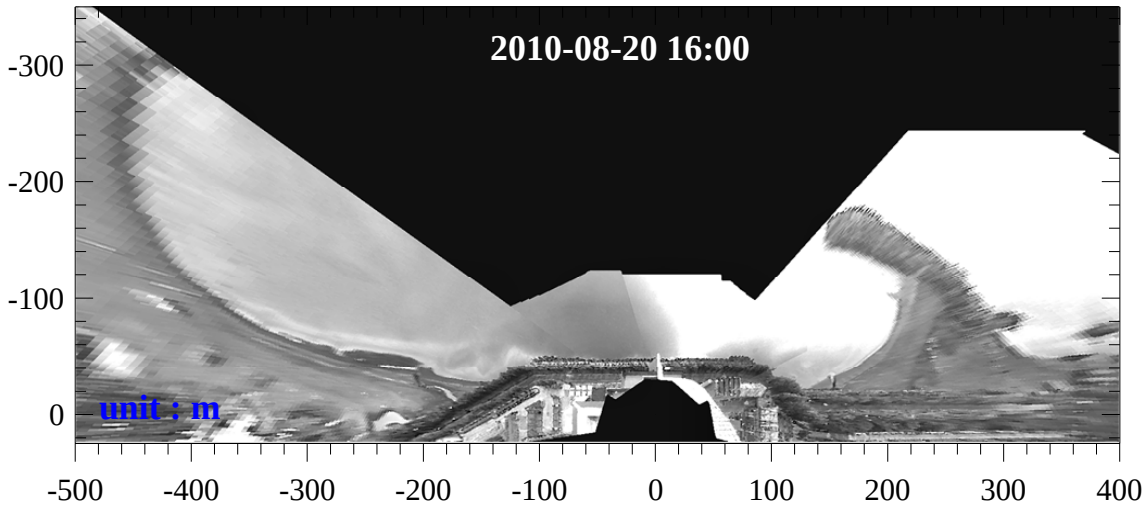
附圖 23H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 13:00)



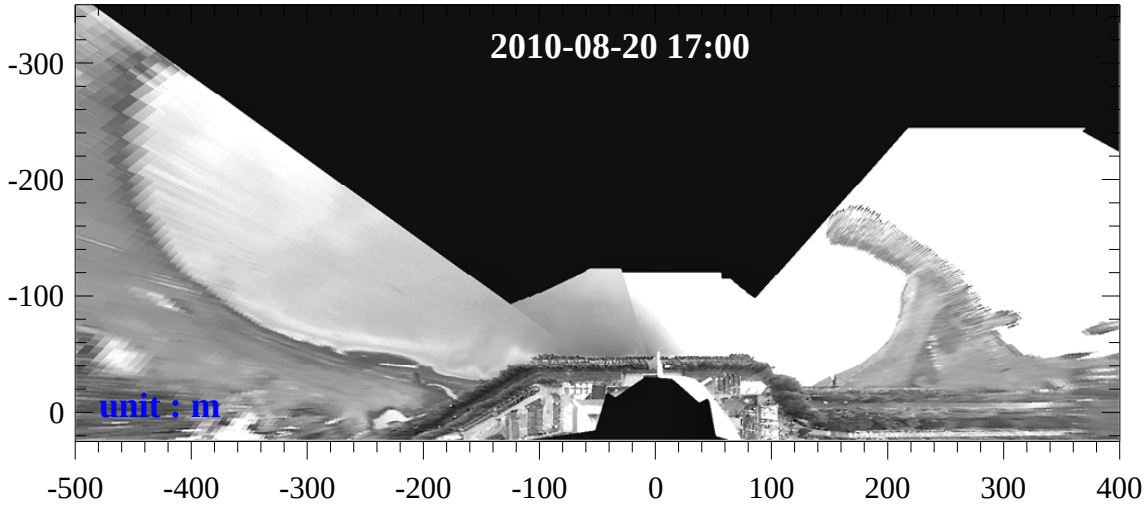
附圖 23I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 14:00)



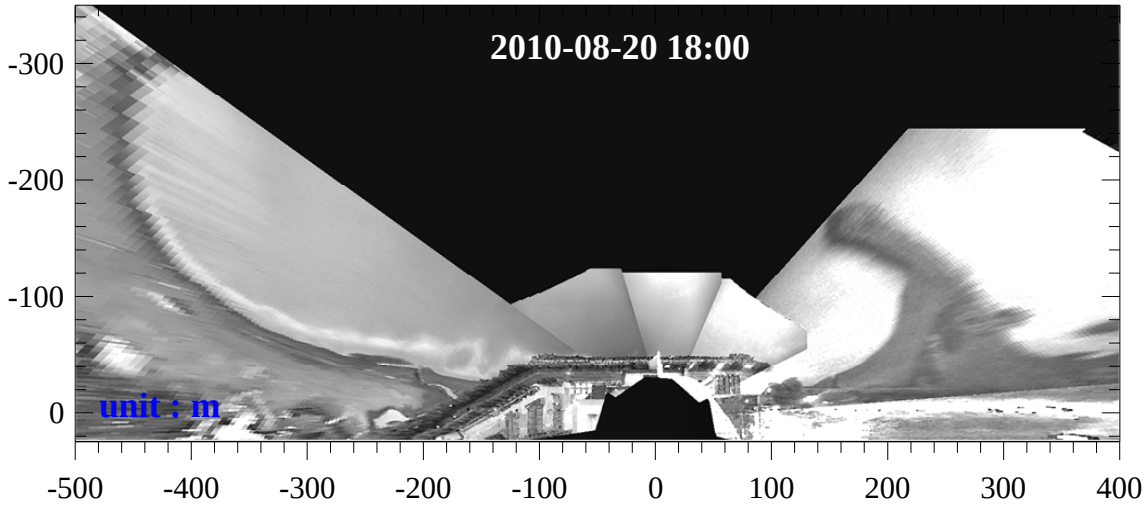
附圖 23J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 15:00)



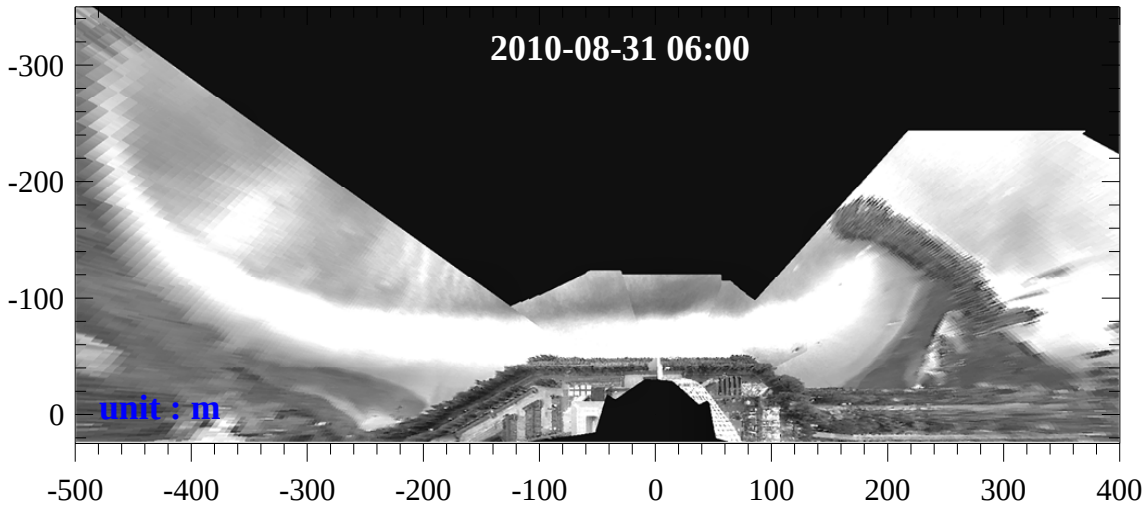
附圖 23K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 16:00)



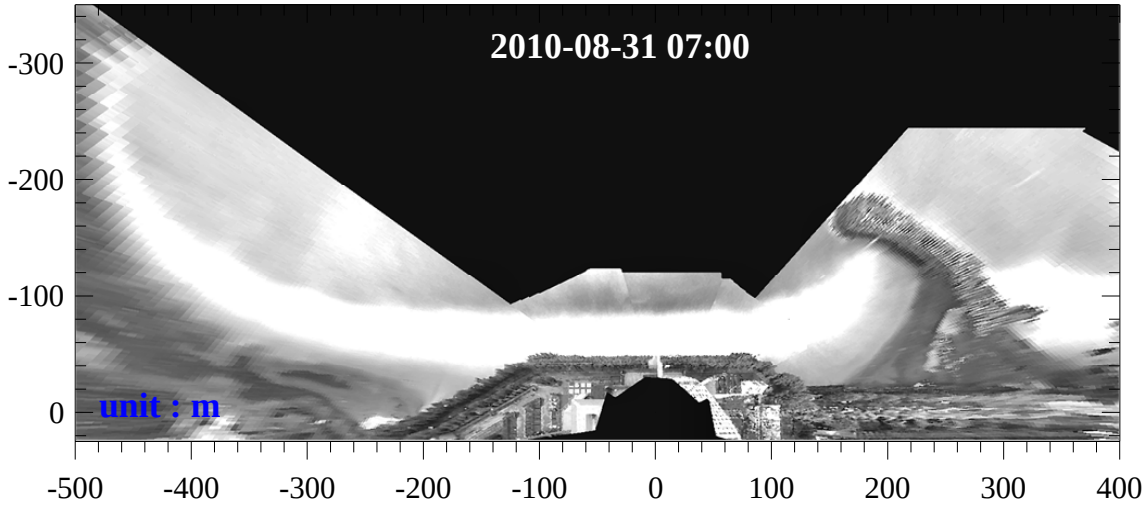
附圖 23L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 17:00)



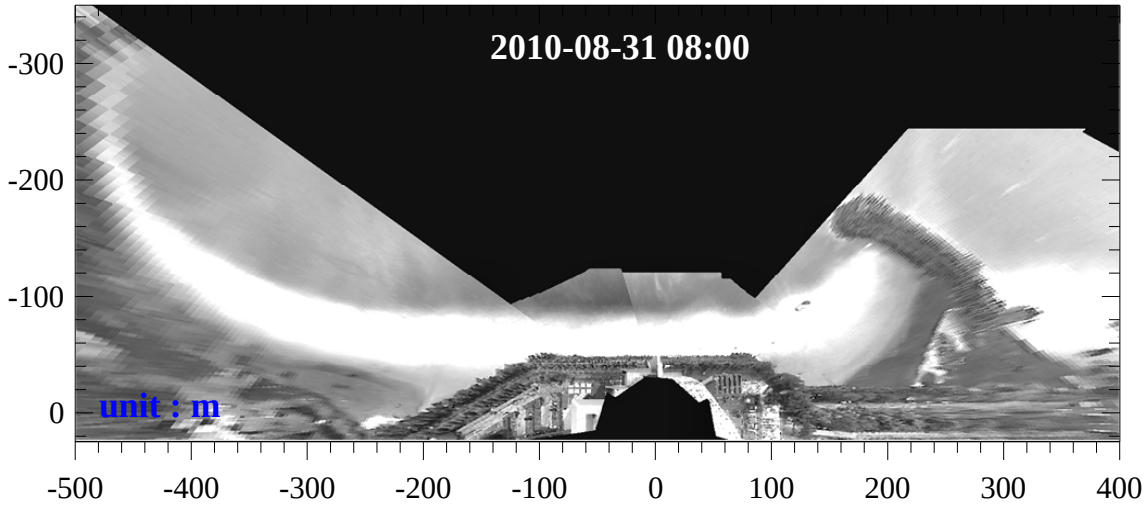
附圖 23M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/20 18:00)



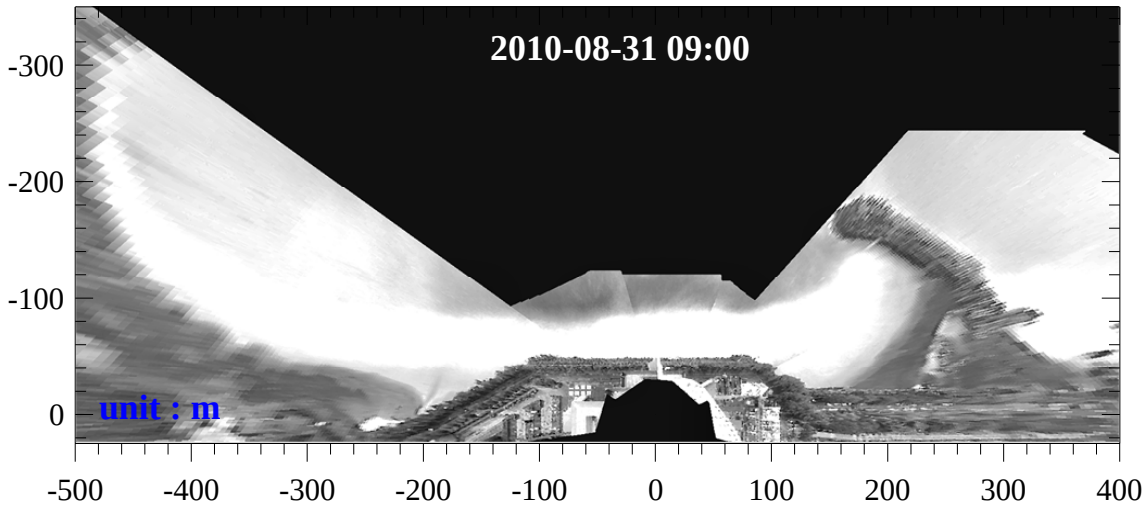
附圖 24A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 06:00)



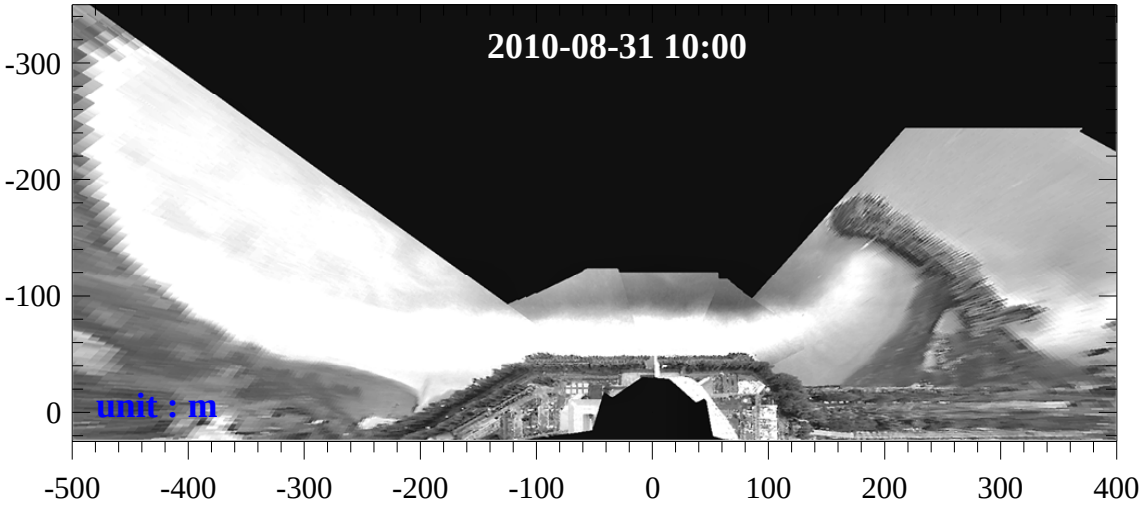
附圖 24B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 07:00)



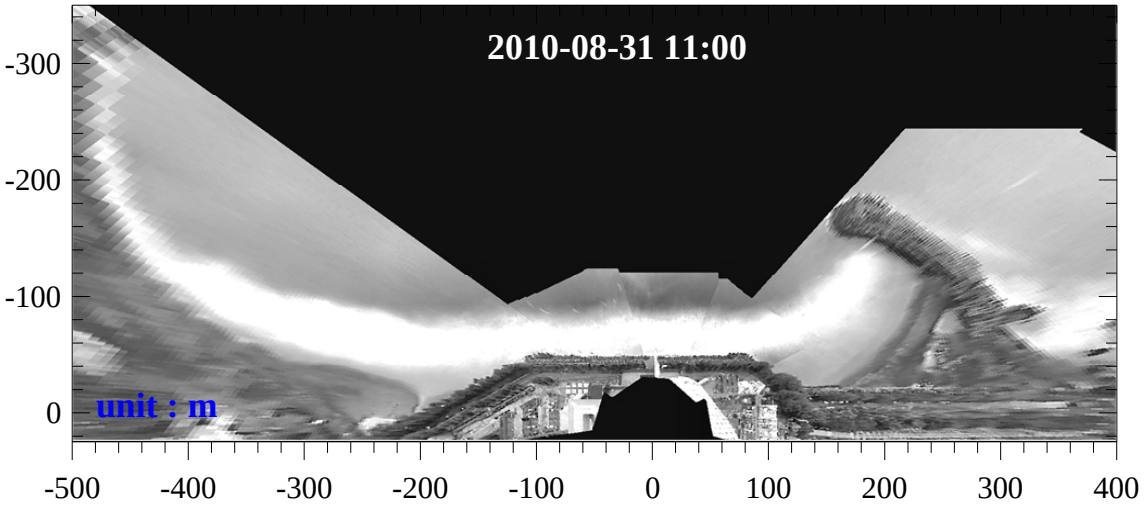
附圖 24C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 08:00)



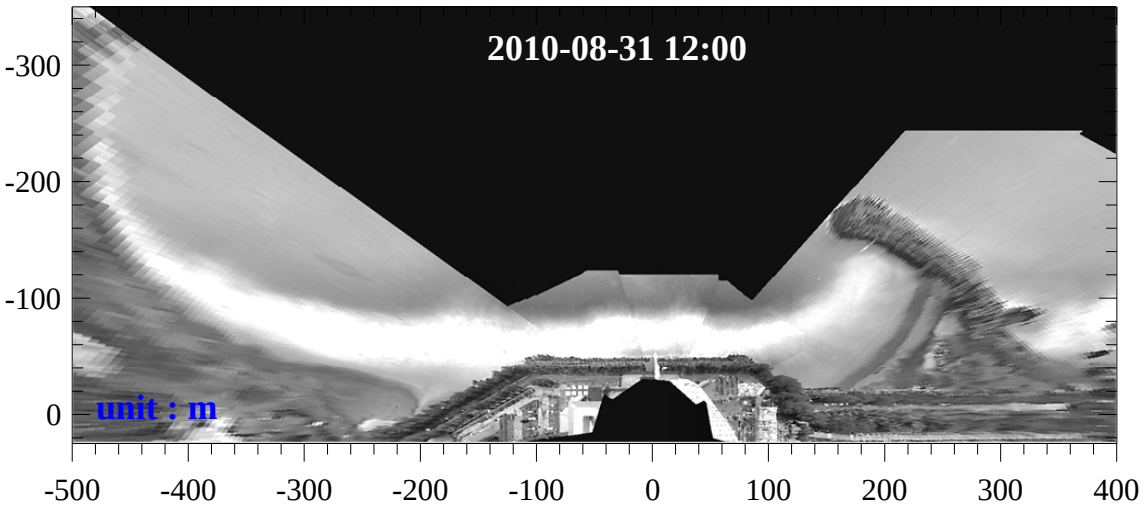
附圖 24D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 09:00)



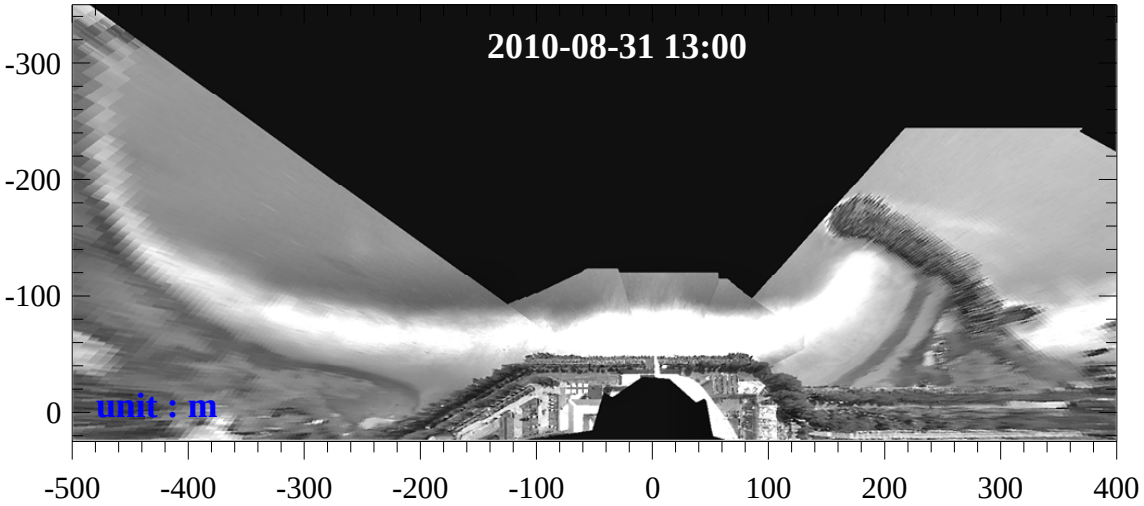
附圖 24E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 10:00)



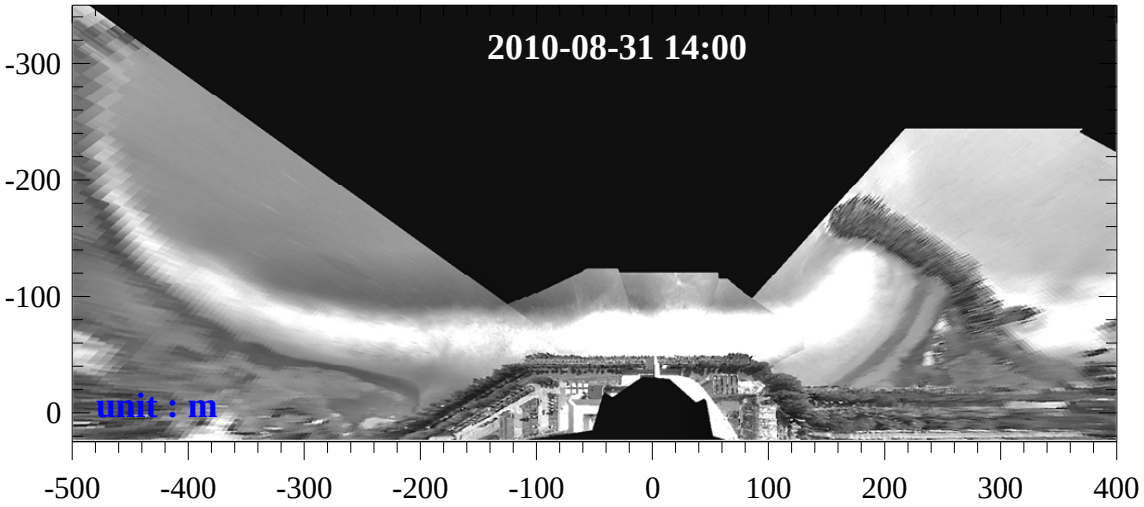
附圖 24F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 11:00)



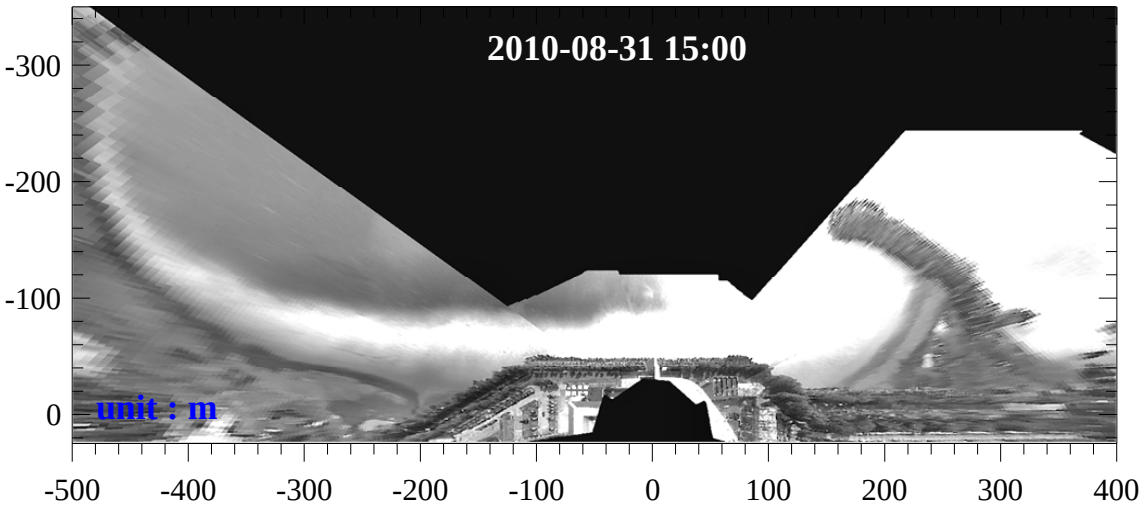
附圖 24G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 12:00)



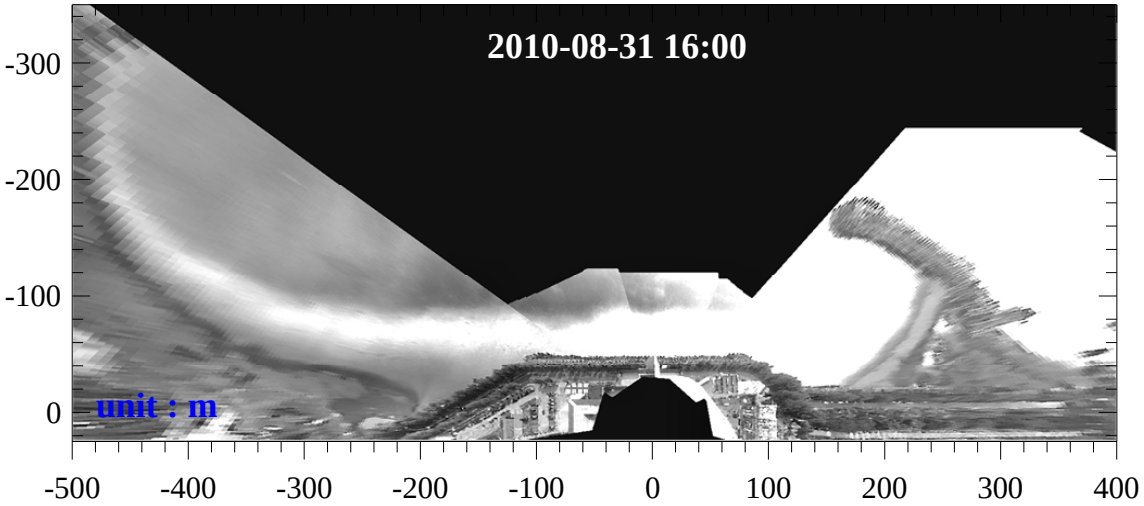
附圖 24H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 13:00)



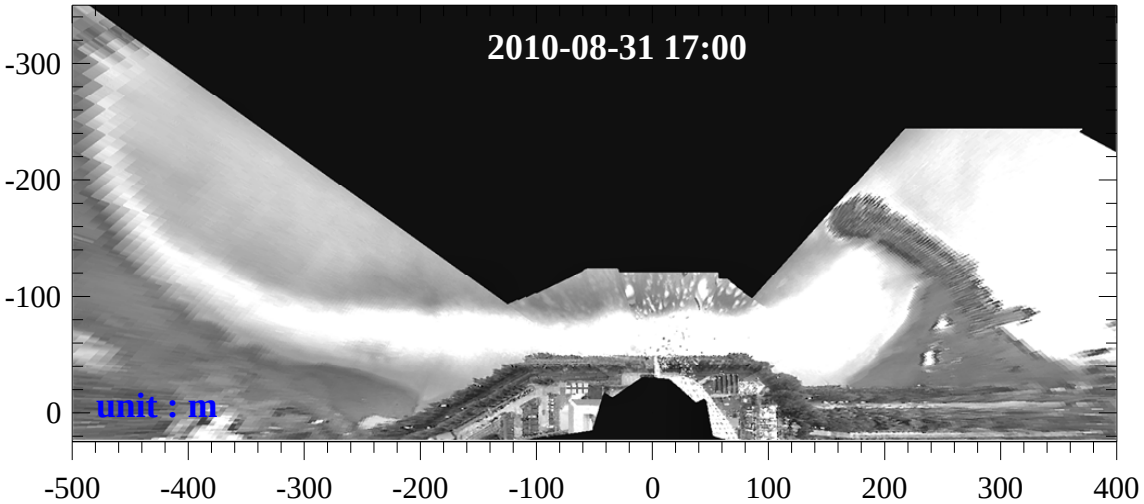
附圖 24I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 14:00)



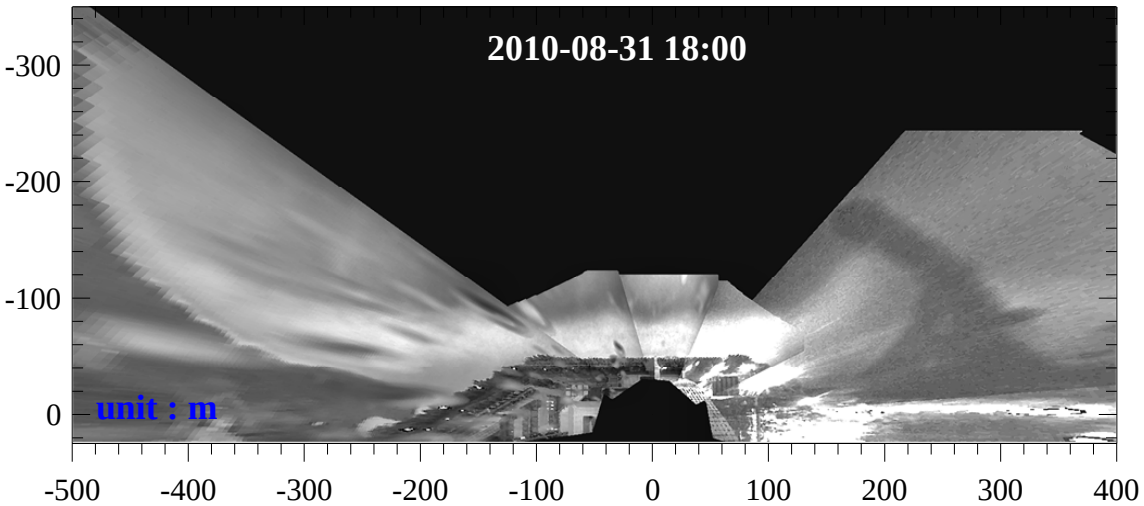
附圖 24J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 15:00)



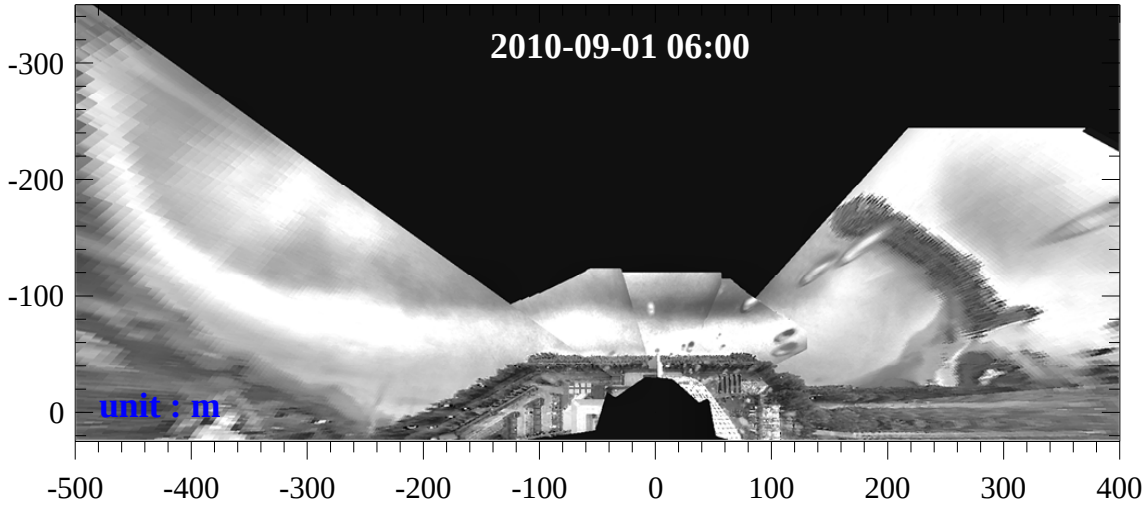
附圖 24K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 16:00)



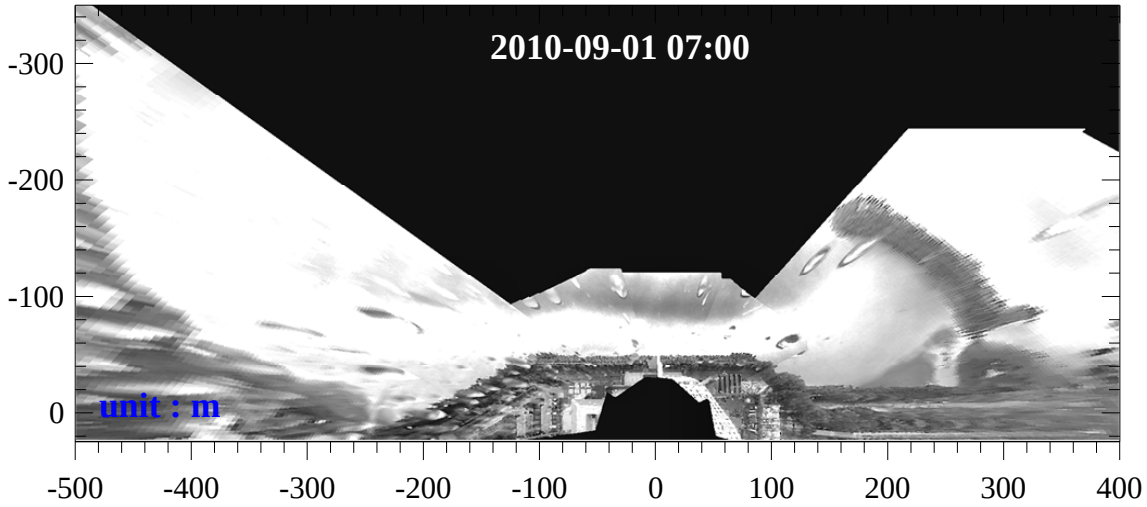
附圖 24L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 17:00)



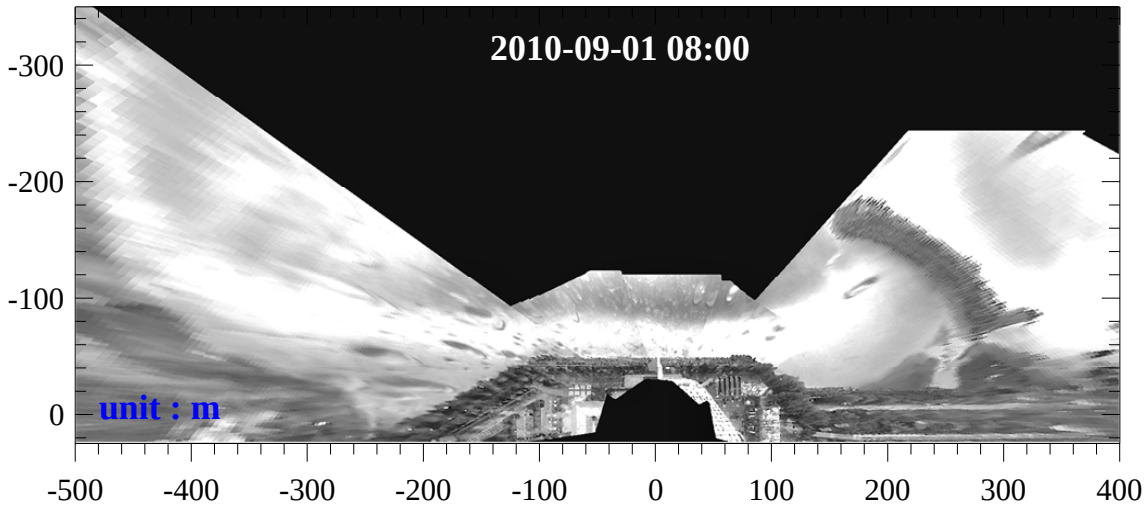
附圖 24M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/08/31 18:00)



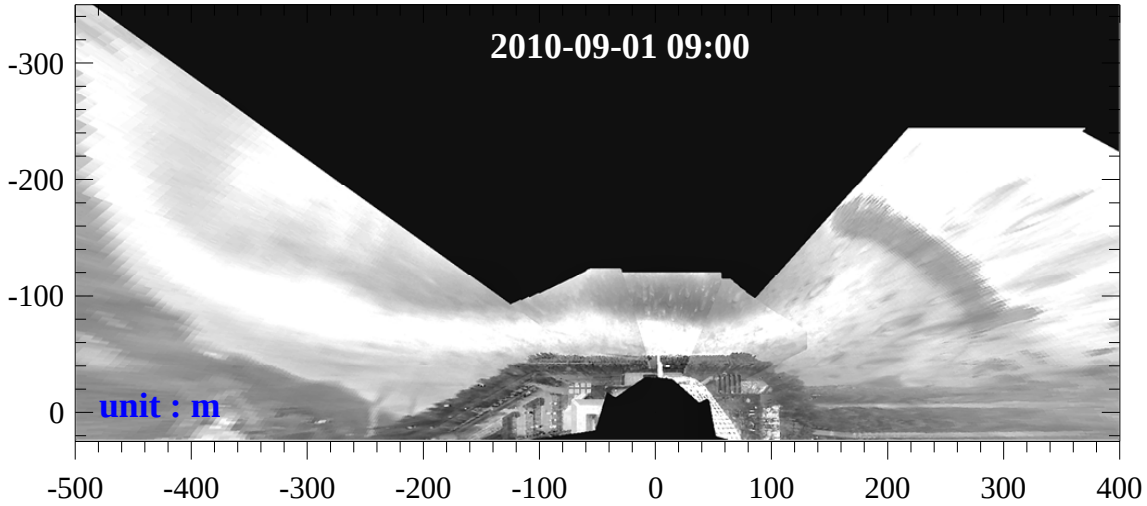
附圖 25A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 06:00)



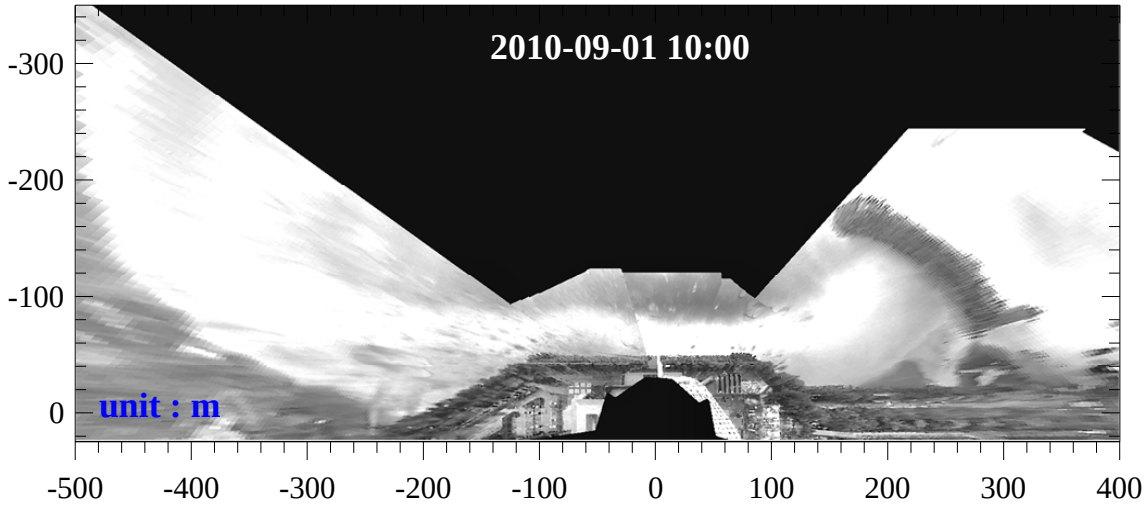
附圖 25B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 07:00)



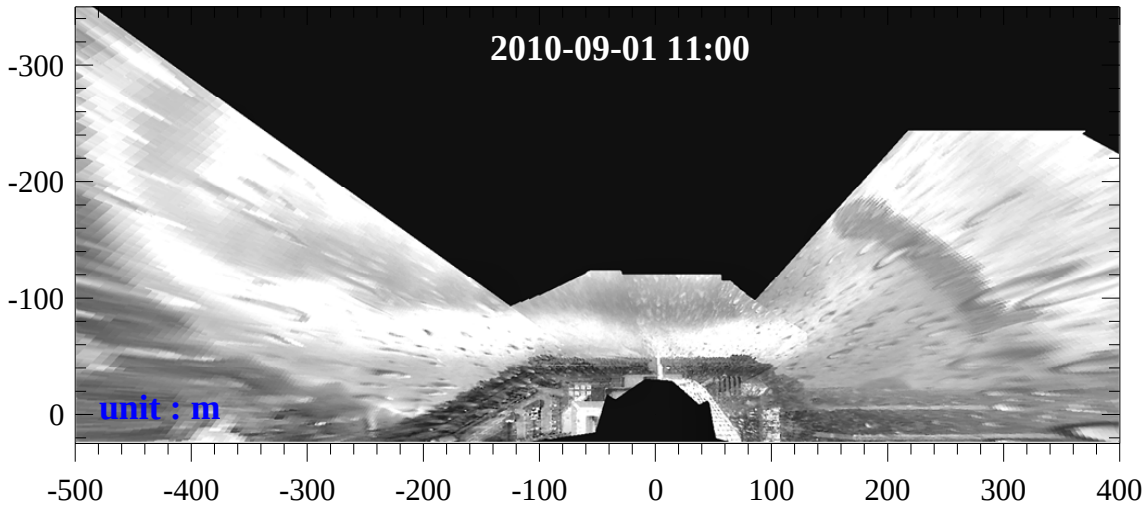
附圖 25C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 08:00)



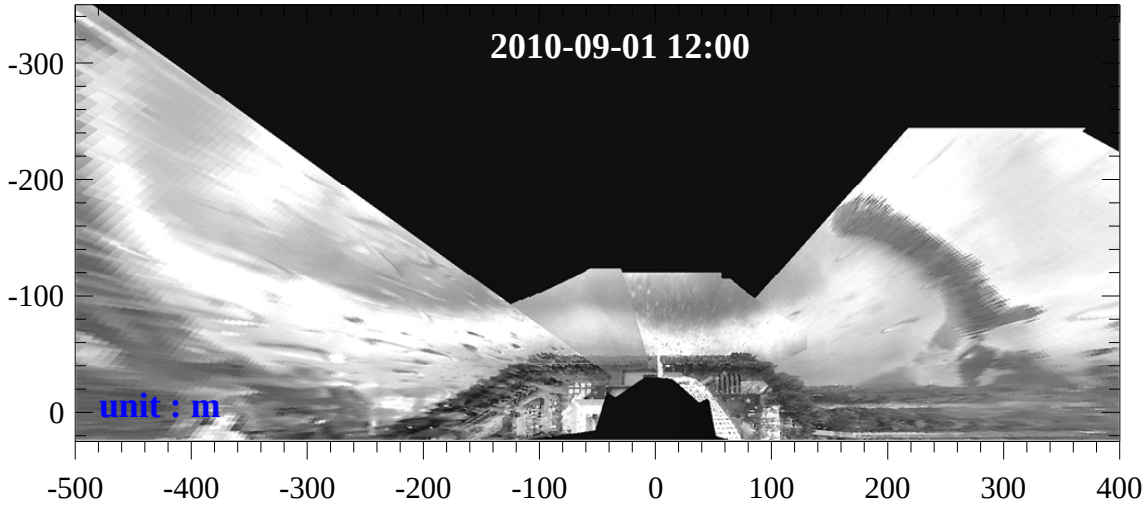
附圖 25D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 09:00)



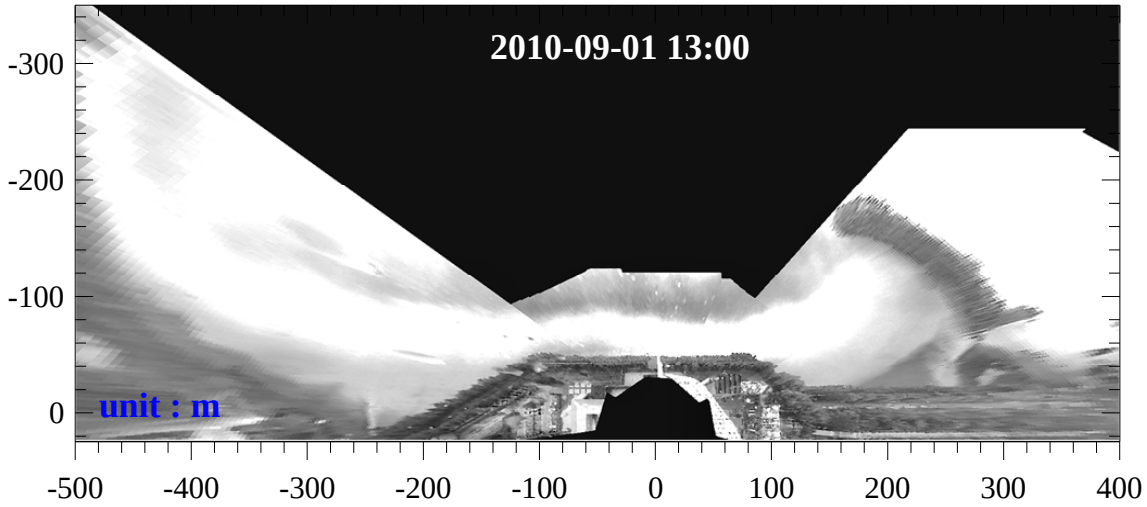
附圖 25E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 10:00)



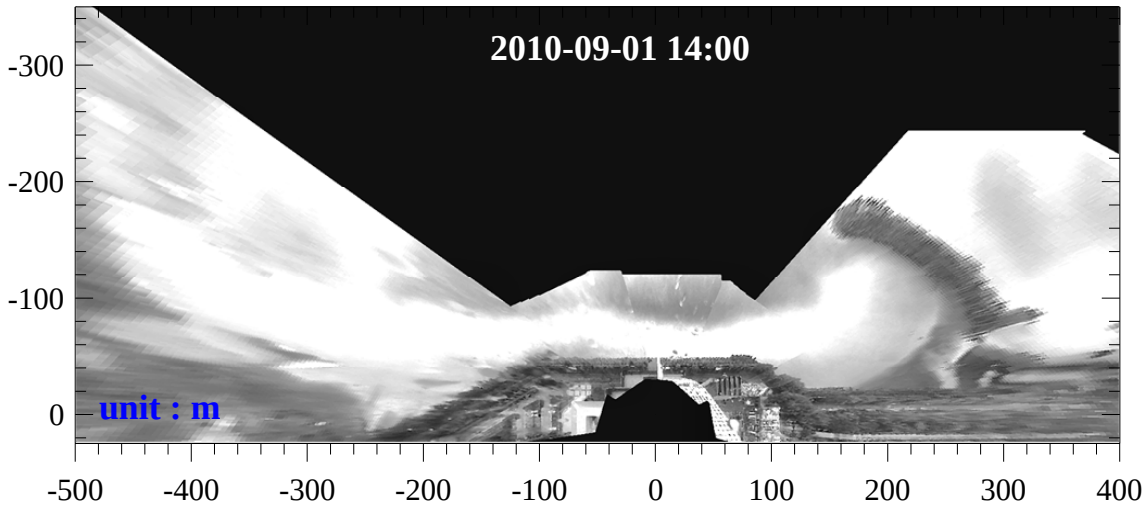
附圖 25F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 11:00)



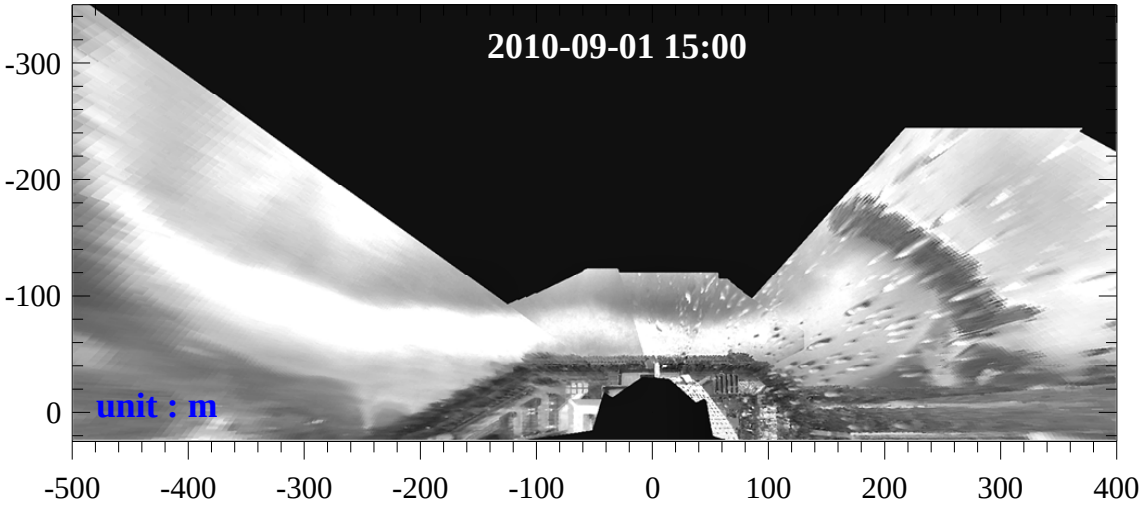
附圖 25G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 12:00)



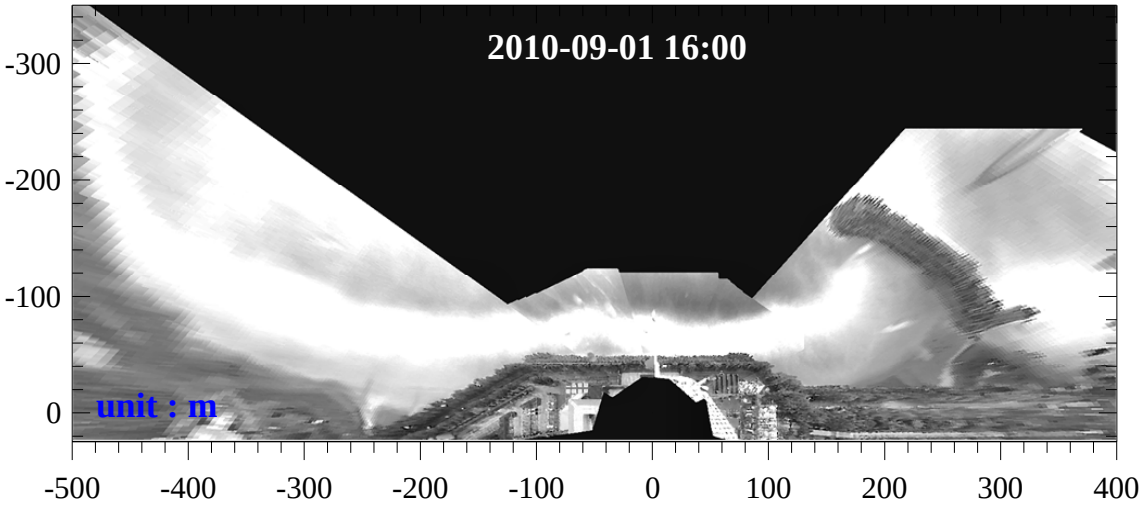
附圖 25H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 13:00)



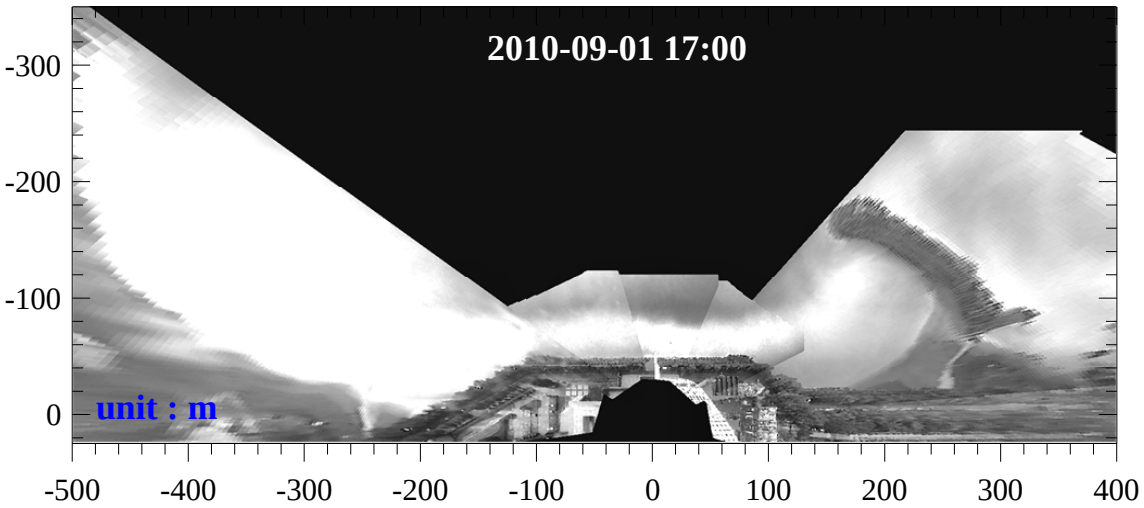
附圖 25I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 14:00)



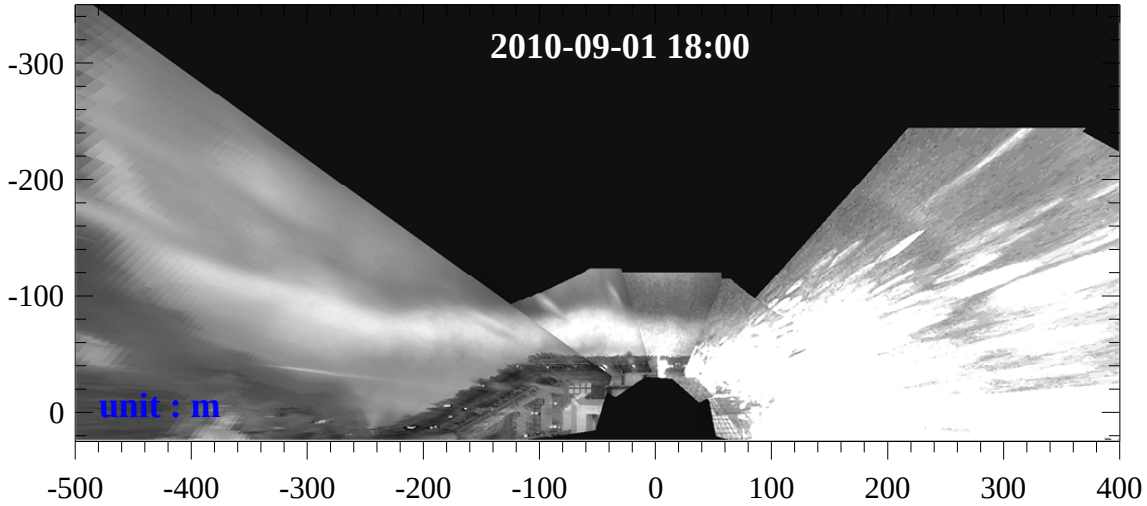
附圖 25J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 15:00)



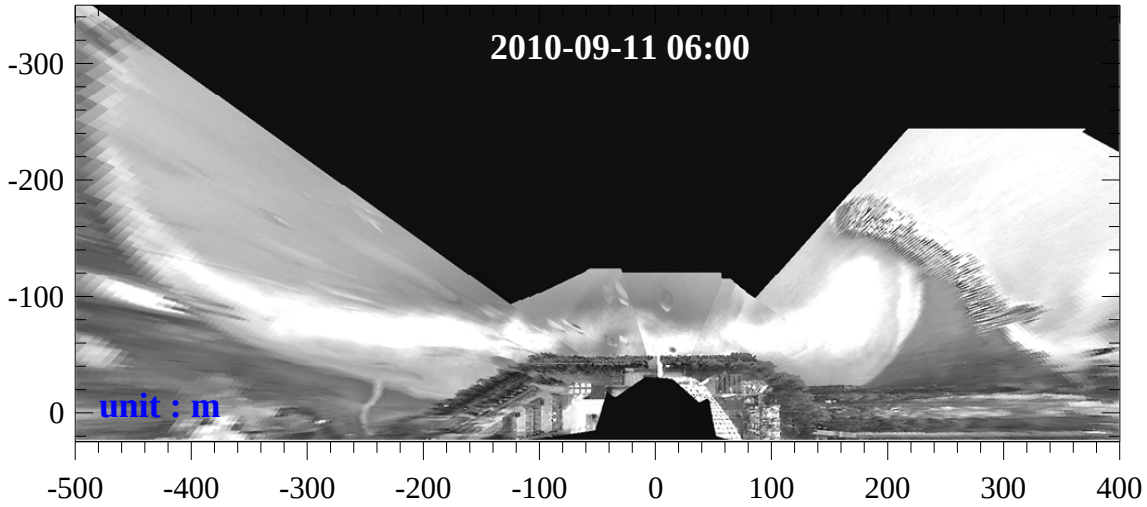
附圖 25K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 16:00)



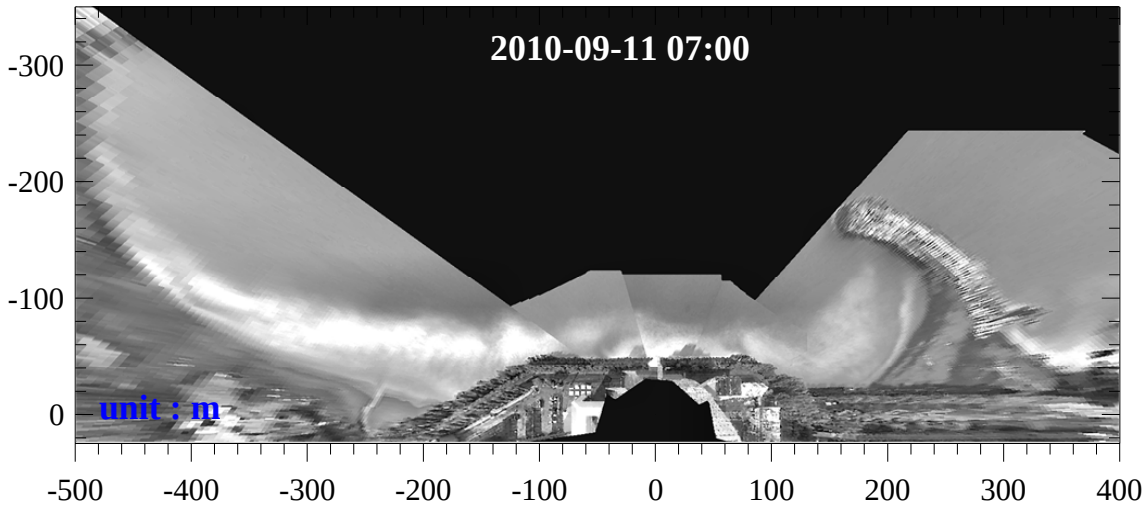
附圖 25L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 17:00)



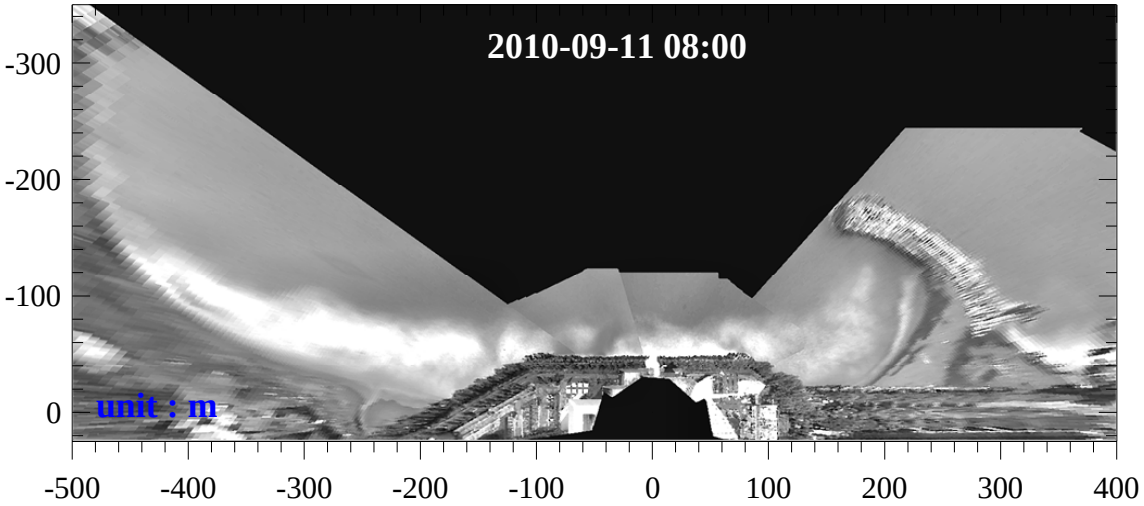
附圖 25M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/01 18:00)



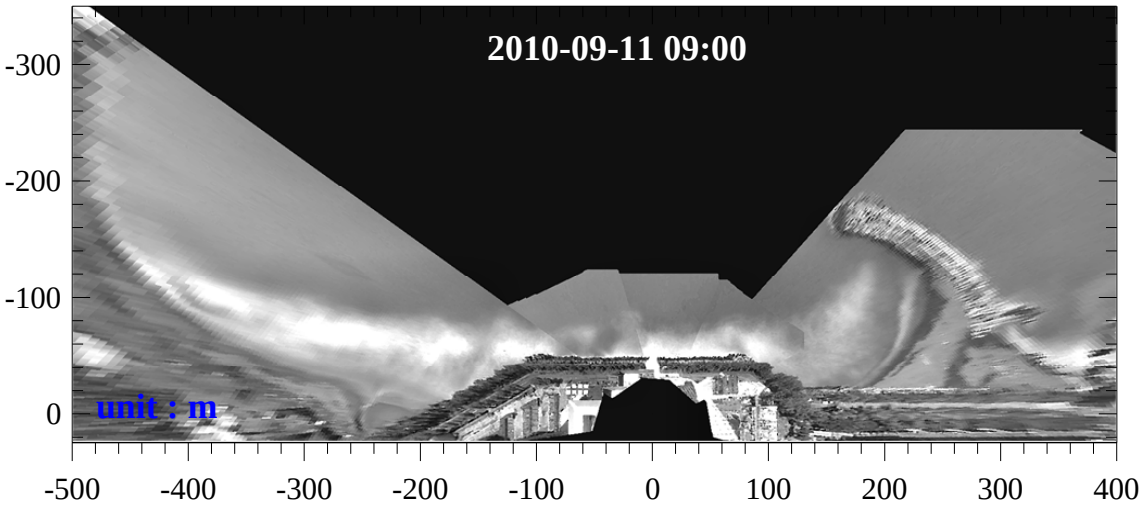
附圖 26A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 06:00)



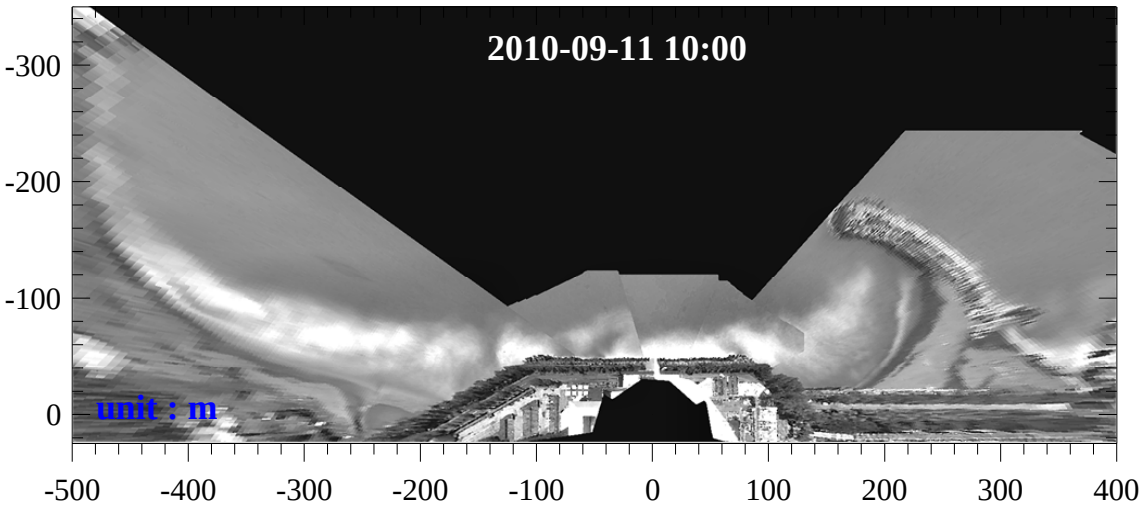
附圖 26B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 07:00)



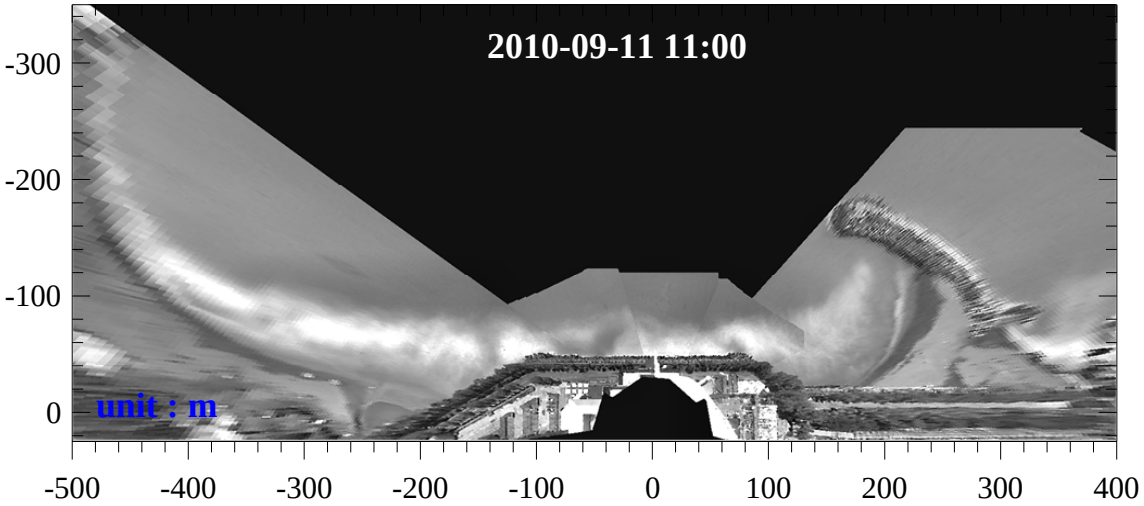
附圖 26C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 08:00)



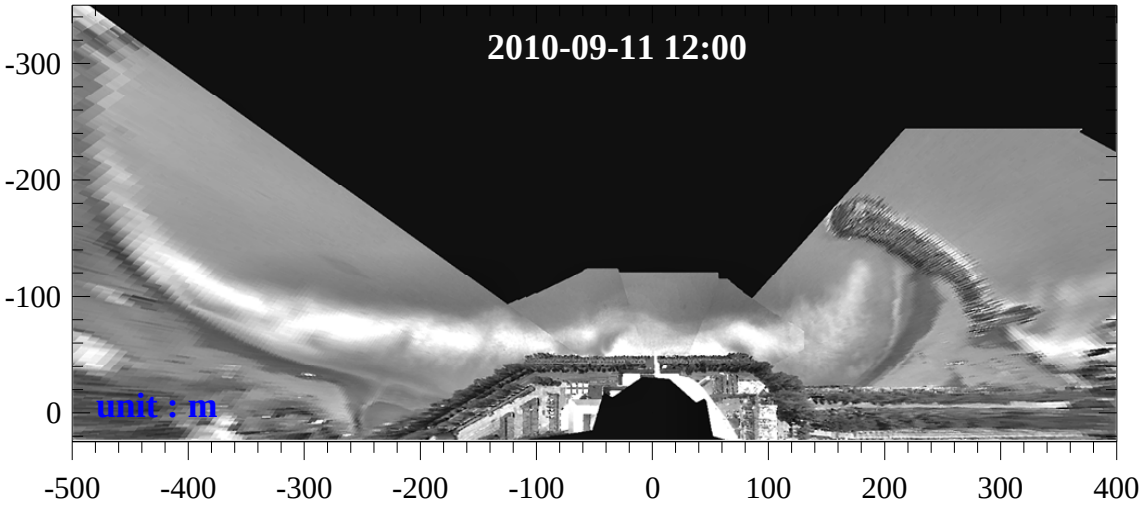
附圖 26D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 09:00)



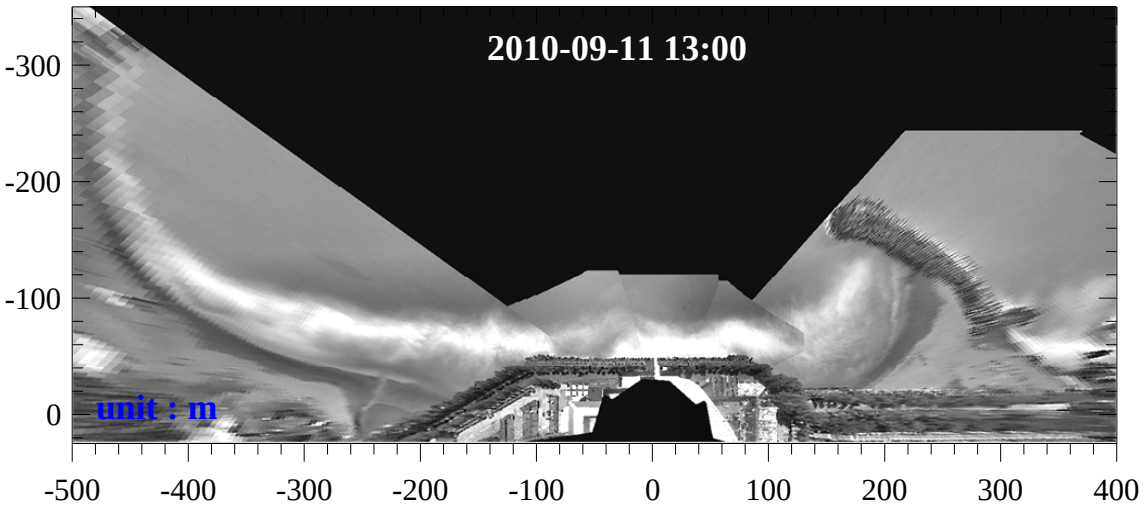
附圖 26E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 10:00)



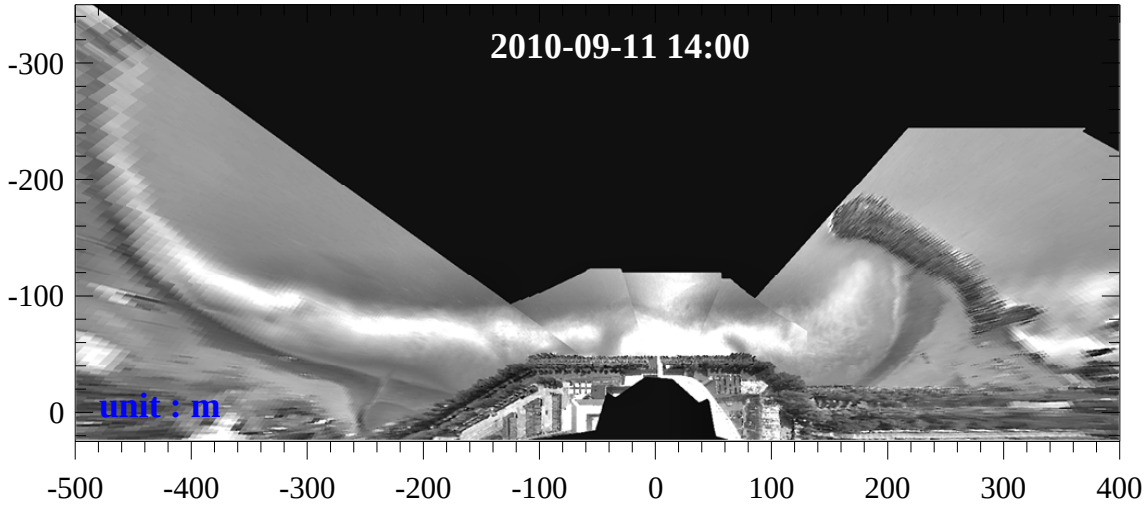
附圖 26F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 11:00)



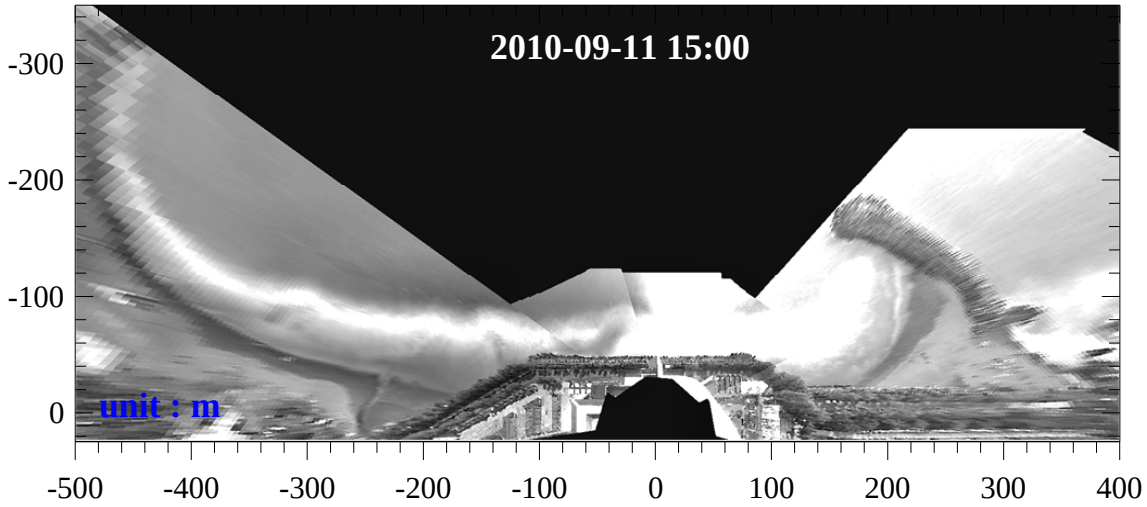
附圖 26G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 12:00)



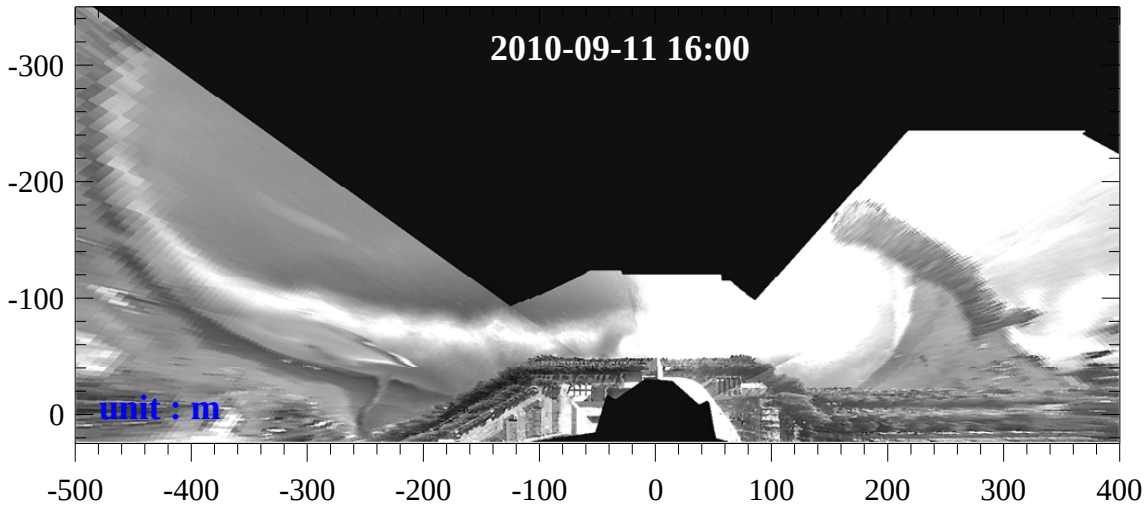
附圖 26H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 13:00)



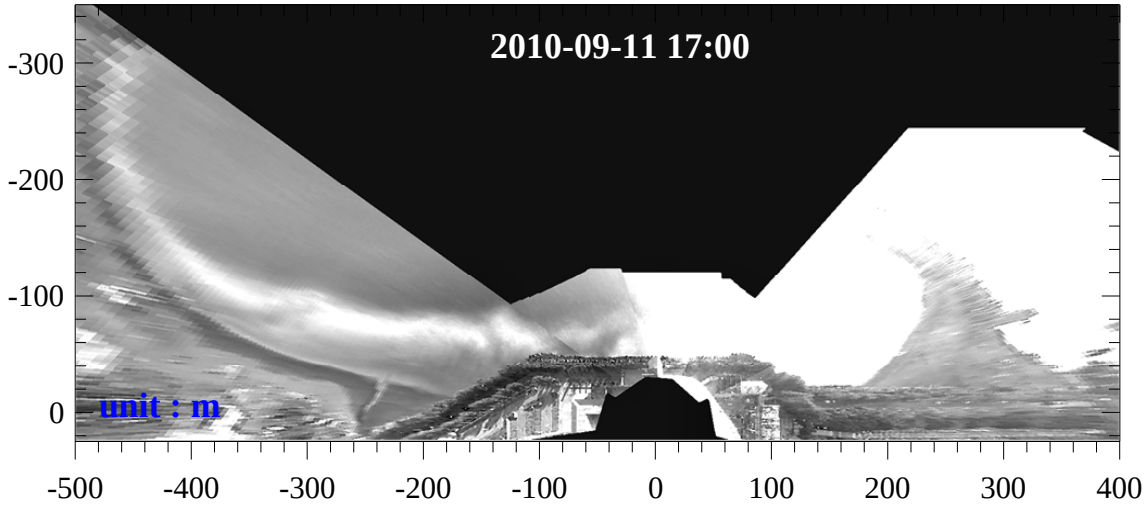
附圖 26I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 14:00)



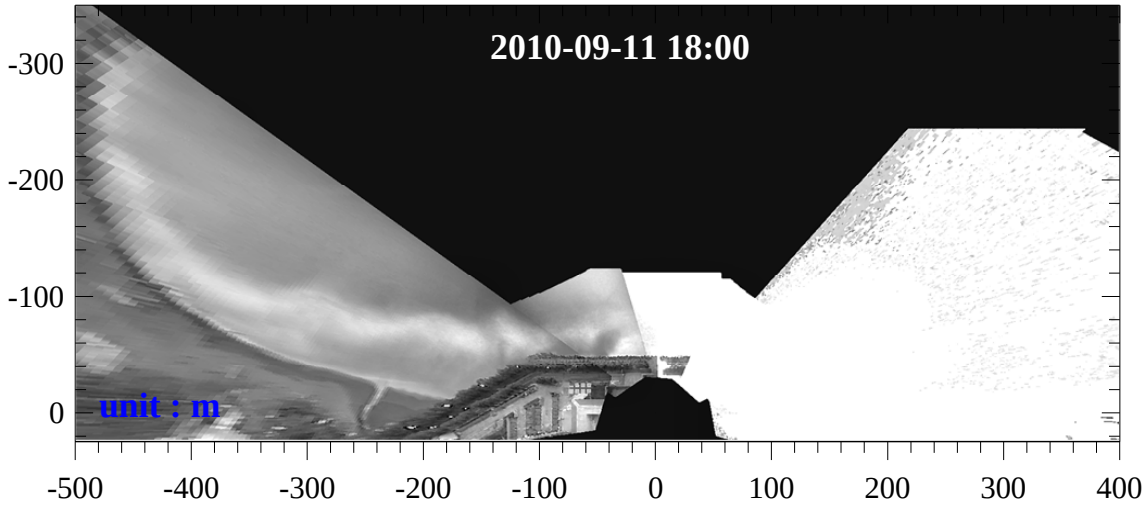
附圖 26J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 15:00)



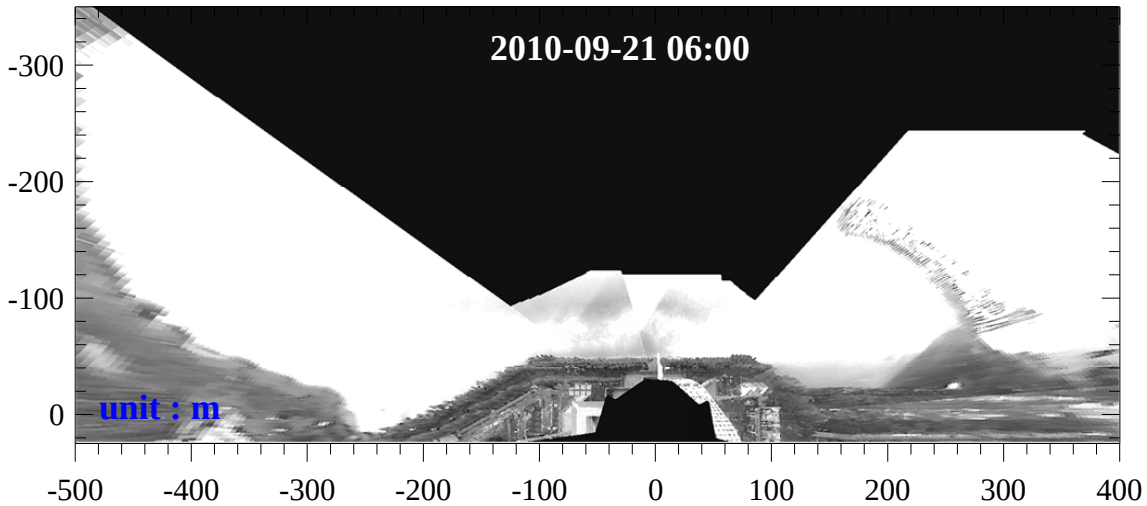
附圖 26K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 16:00)



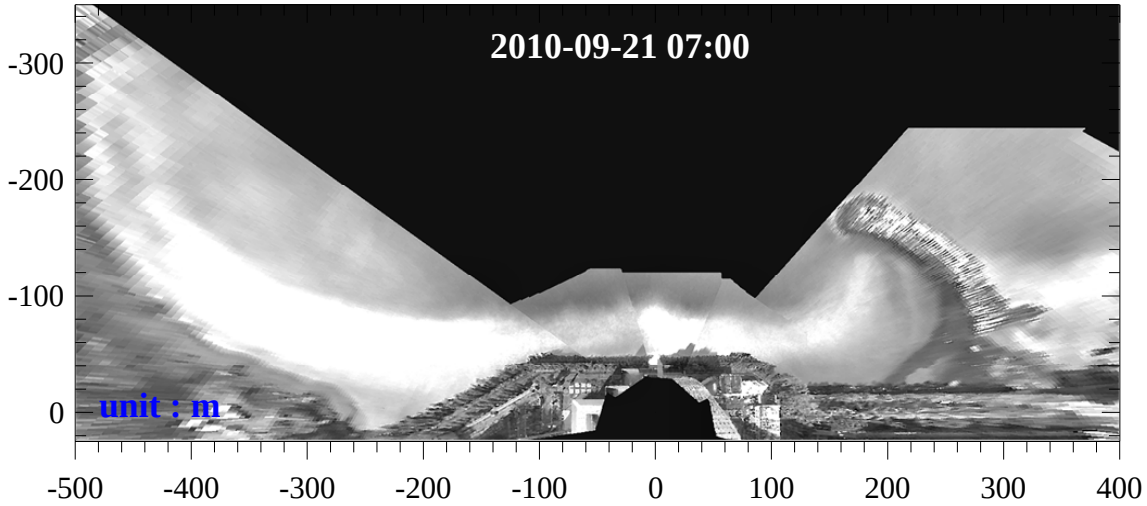
附圖 26L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 17:00)



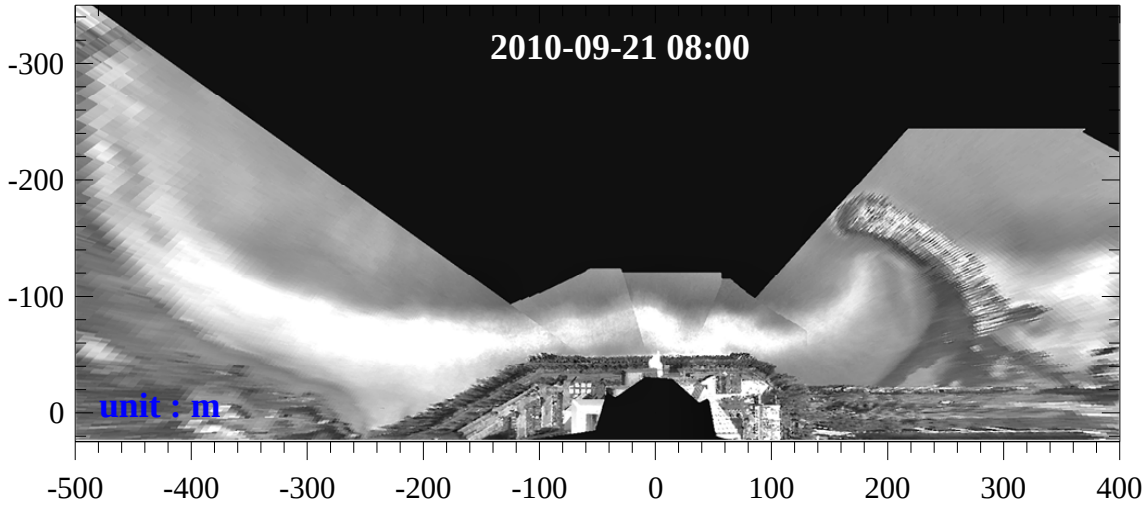
附圖 26M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/11 18:00)



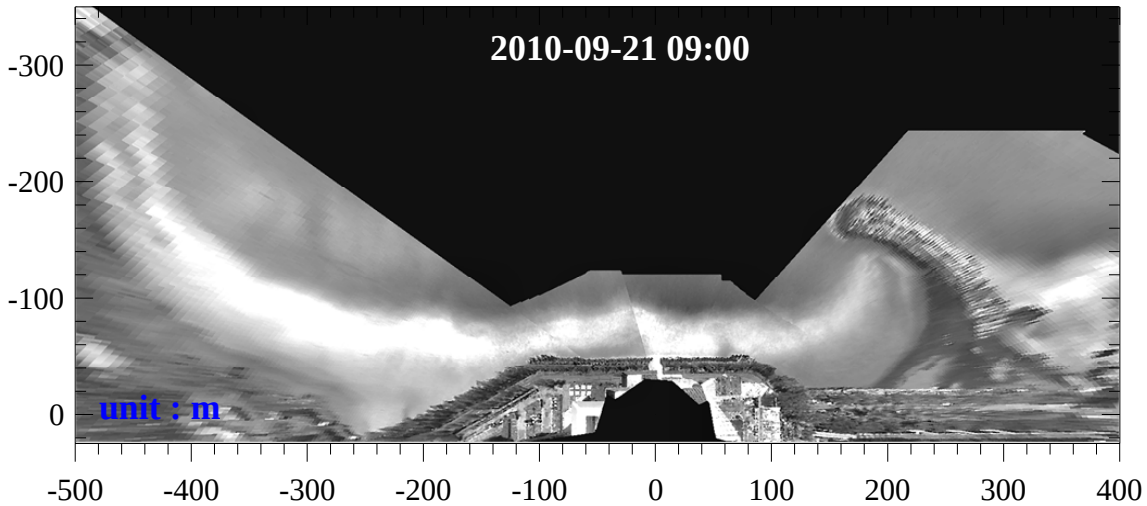
附圖 27A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 06:00)



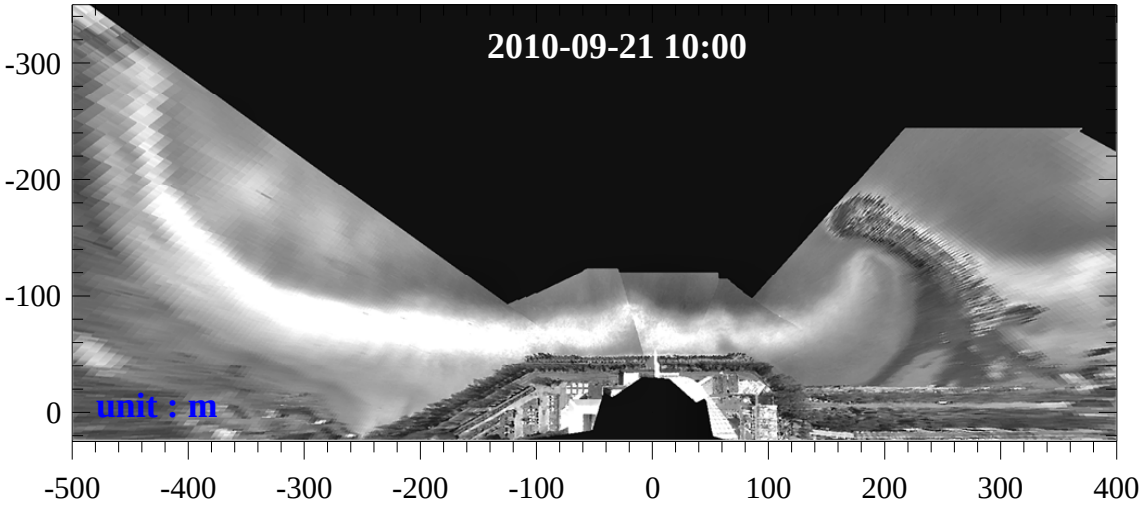
附圖 27B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 07:00)



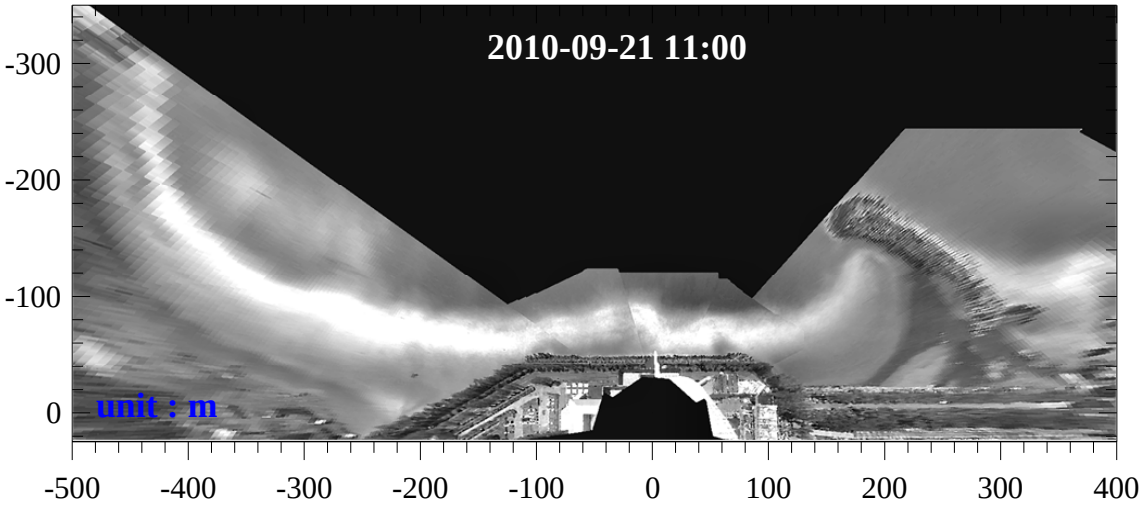
附圖 27C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 08:00)



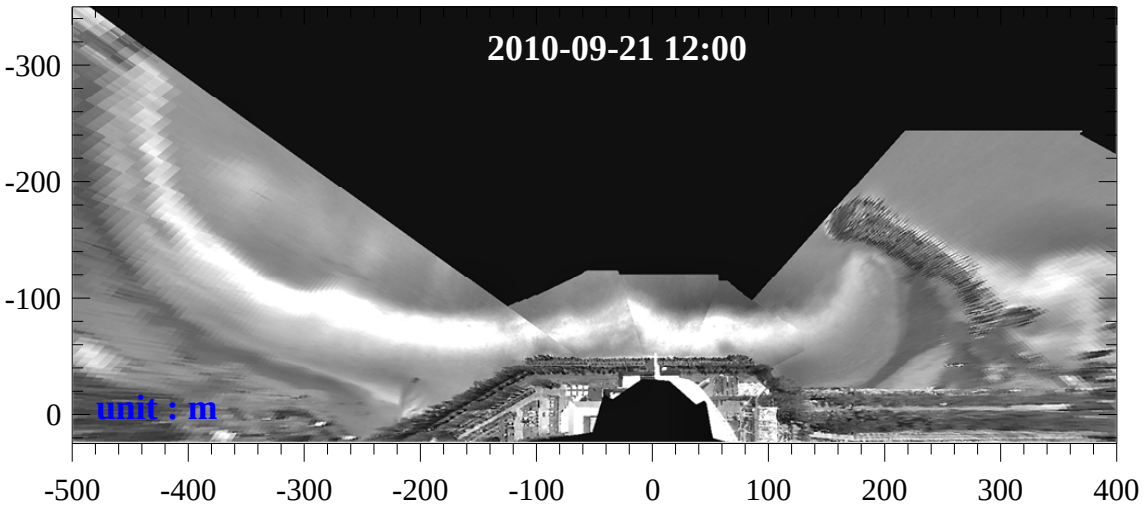
附圖 27D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 09:00)



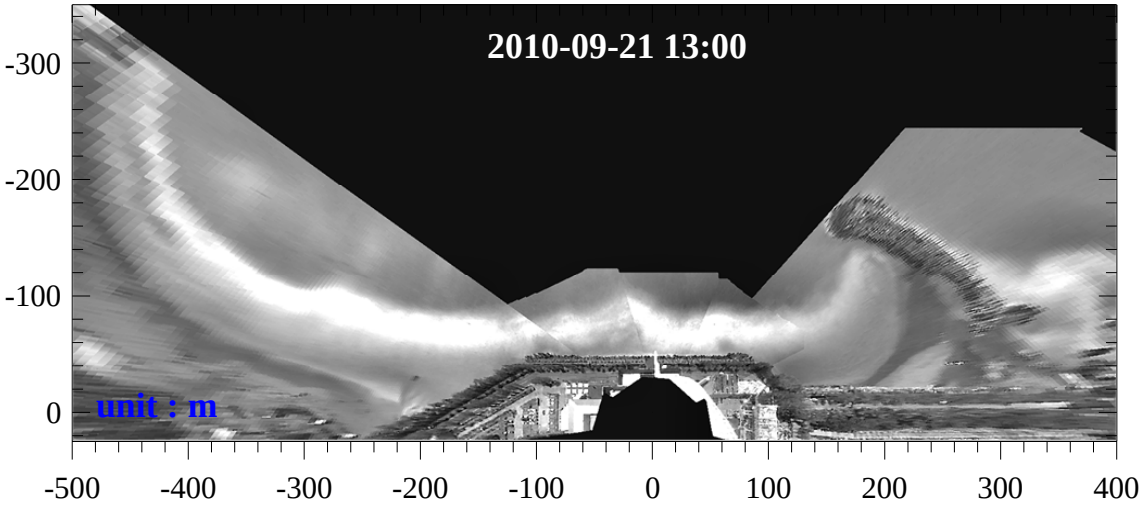
附圖 27E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 10:00)



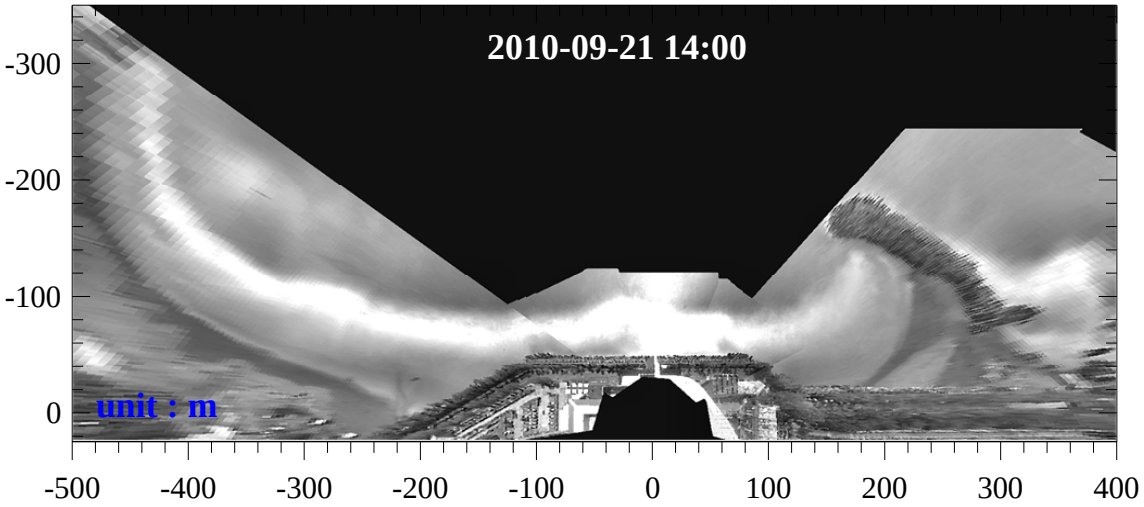
附圖 27F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 11:00)



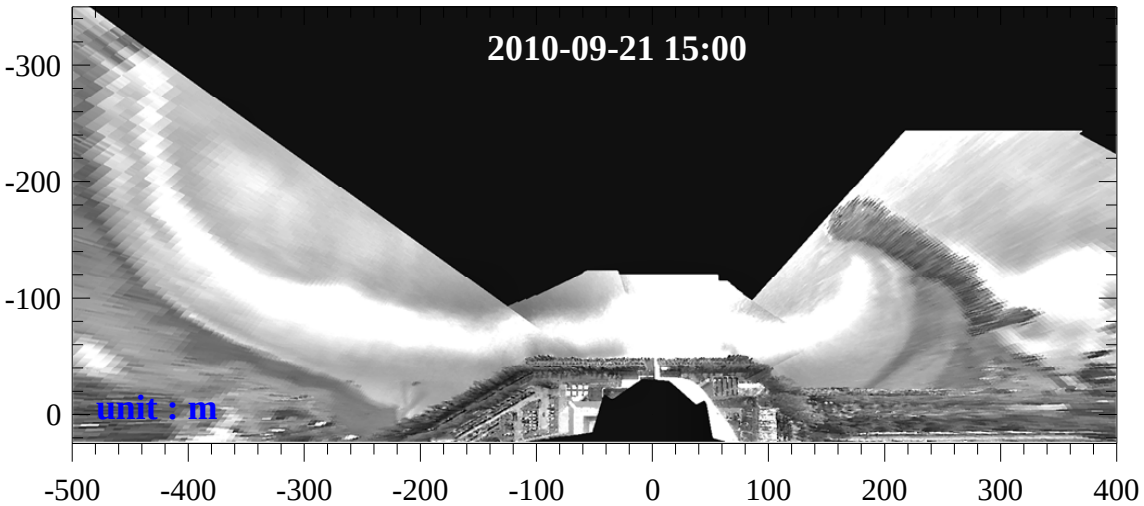
附圖 27G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 12:00)



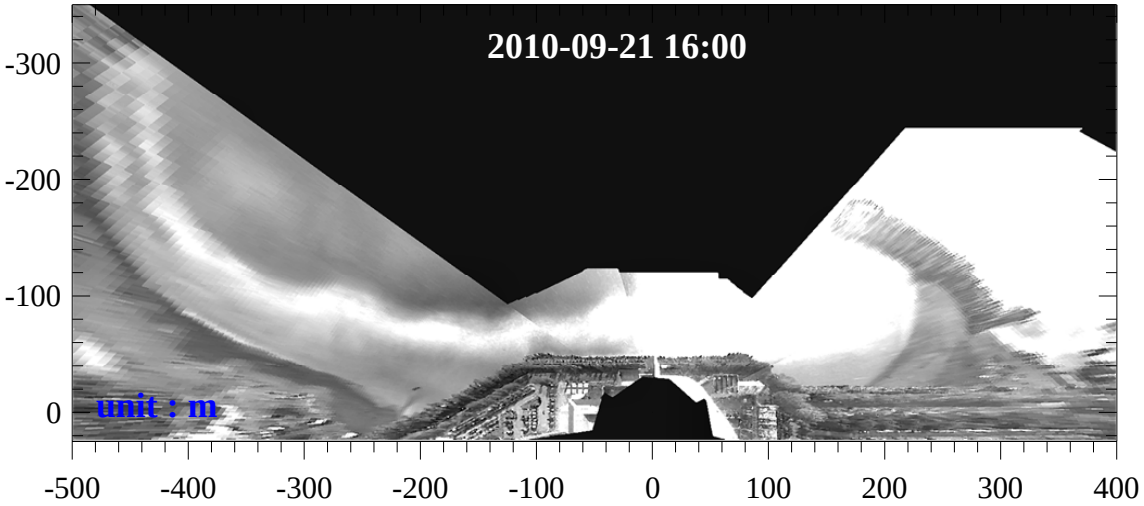
附圖 27H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 13:00)



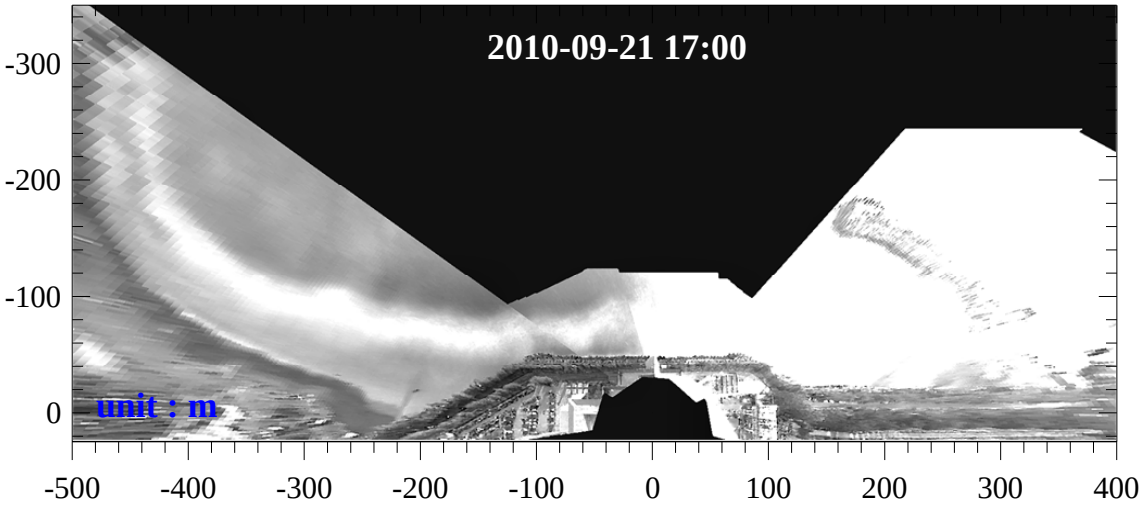
附圖 27I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 14:00)



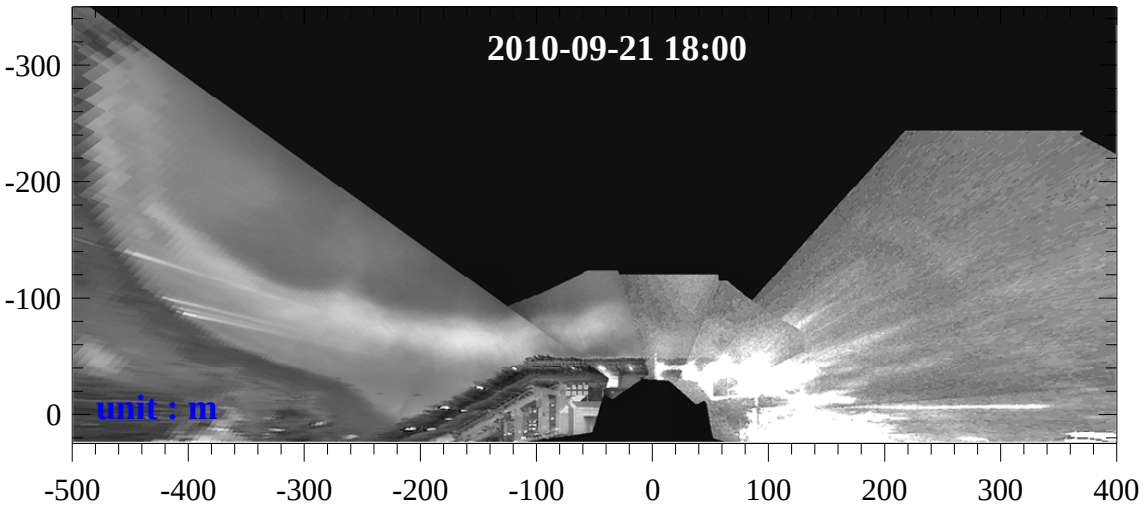
附圖 27J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 15:00)



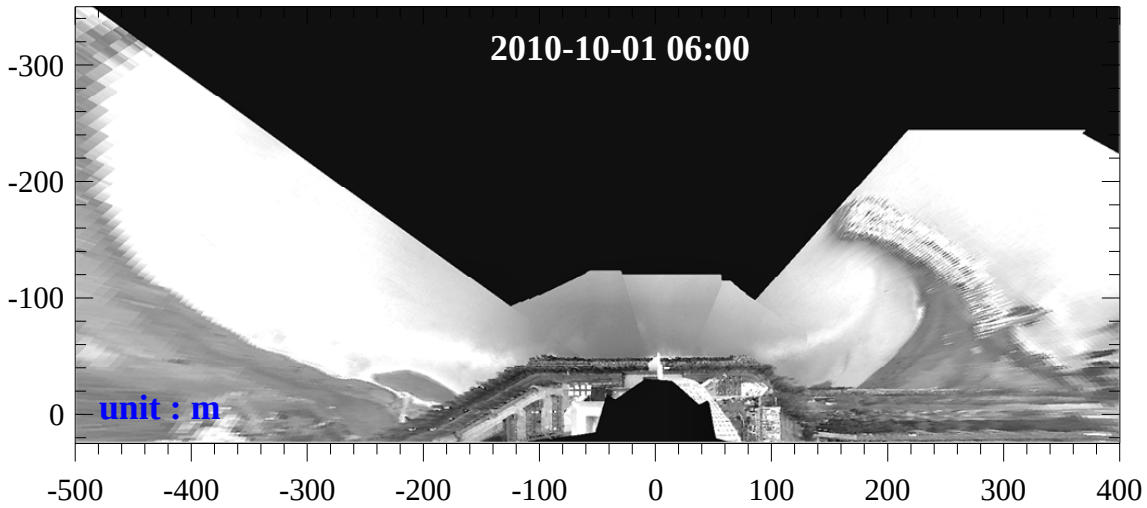
附圖 27K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 16:00)



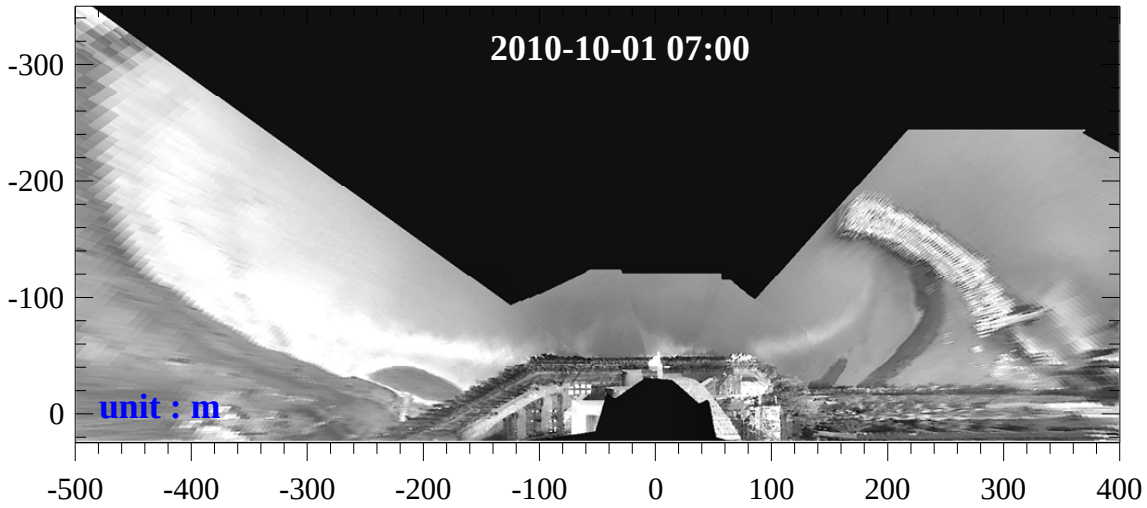
附圖 27L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 17:00)



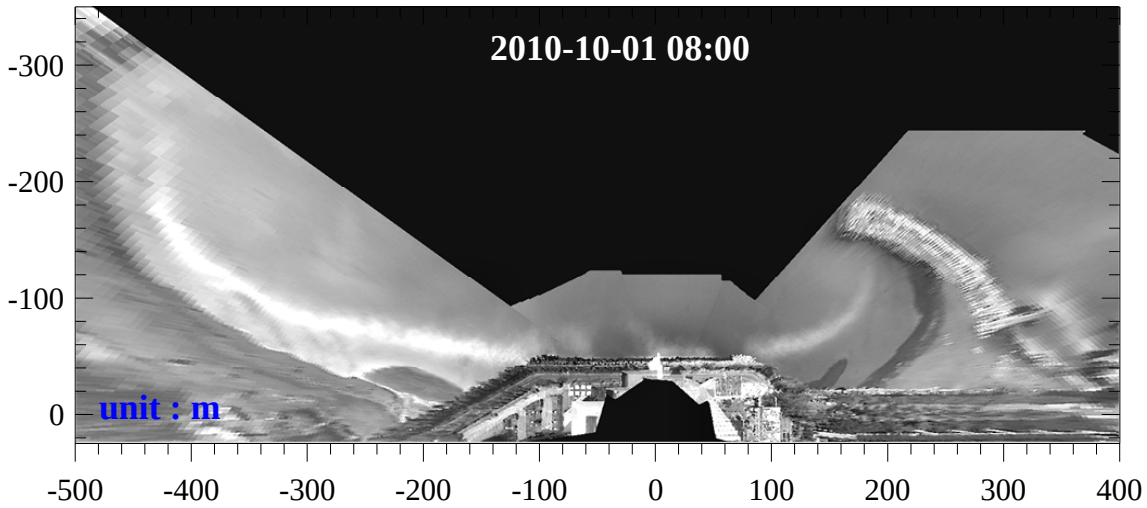
附圖 27M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/09/21 18:00)



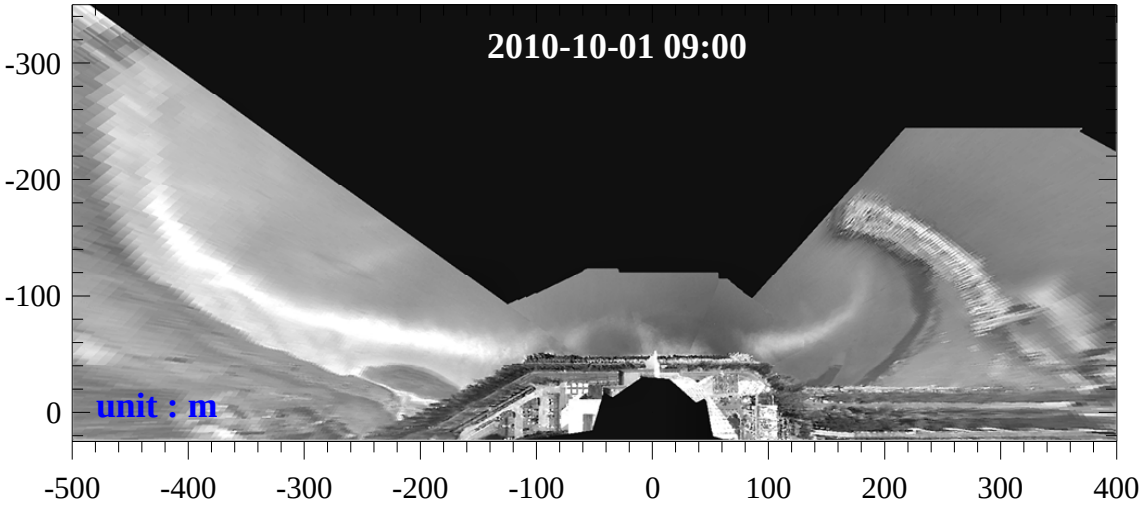
附圖 28A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 06:00)



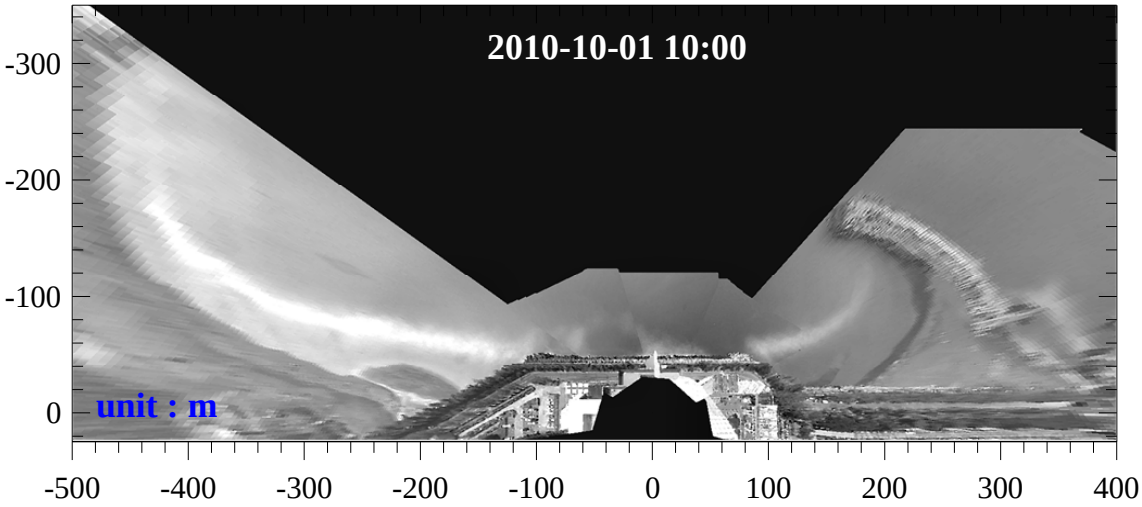
附圖 28B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 07:00)



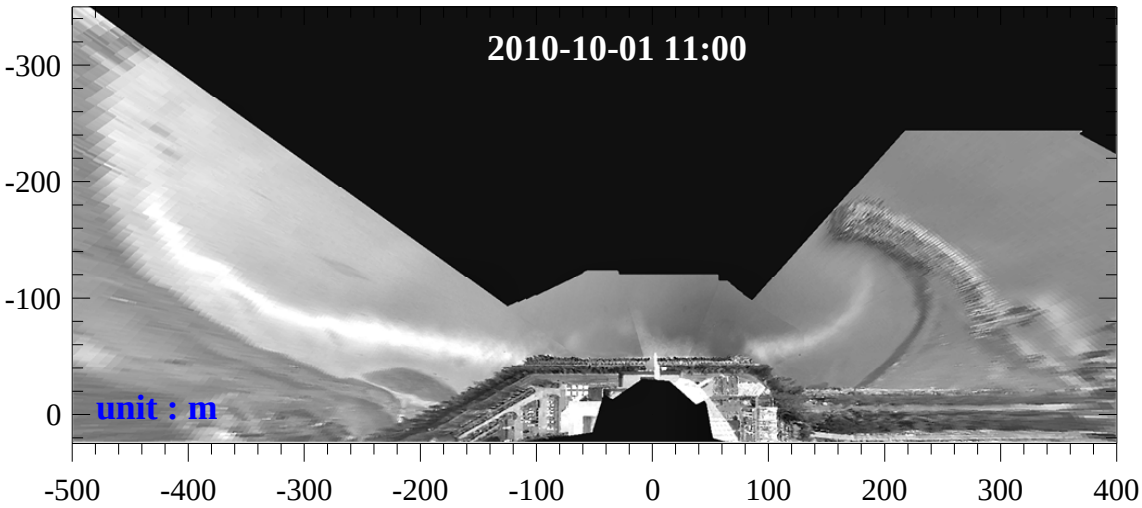
附圖 28C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 08:00)



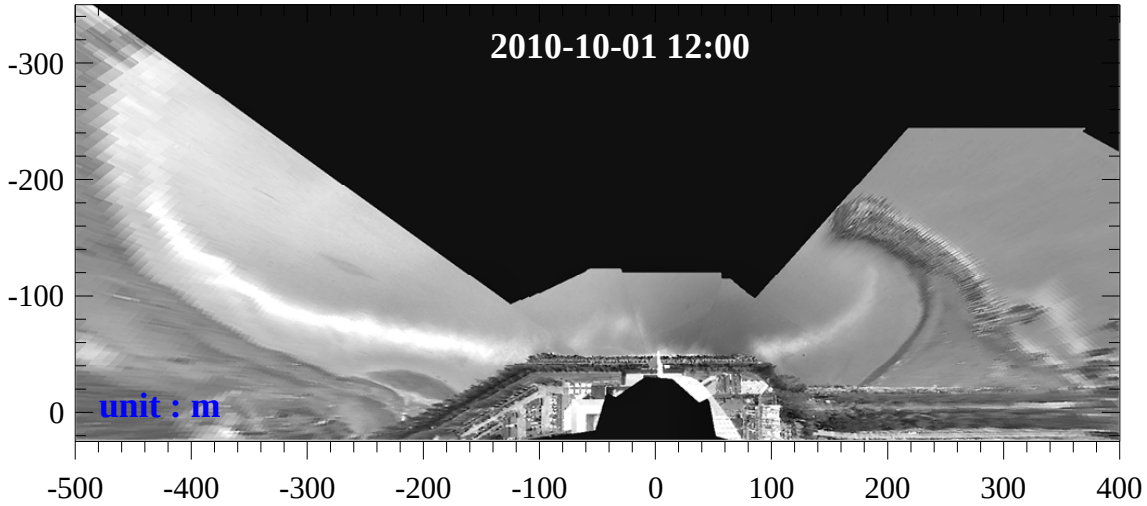
附圖 28D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 09:00)



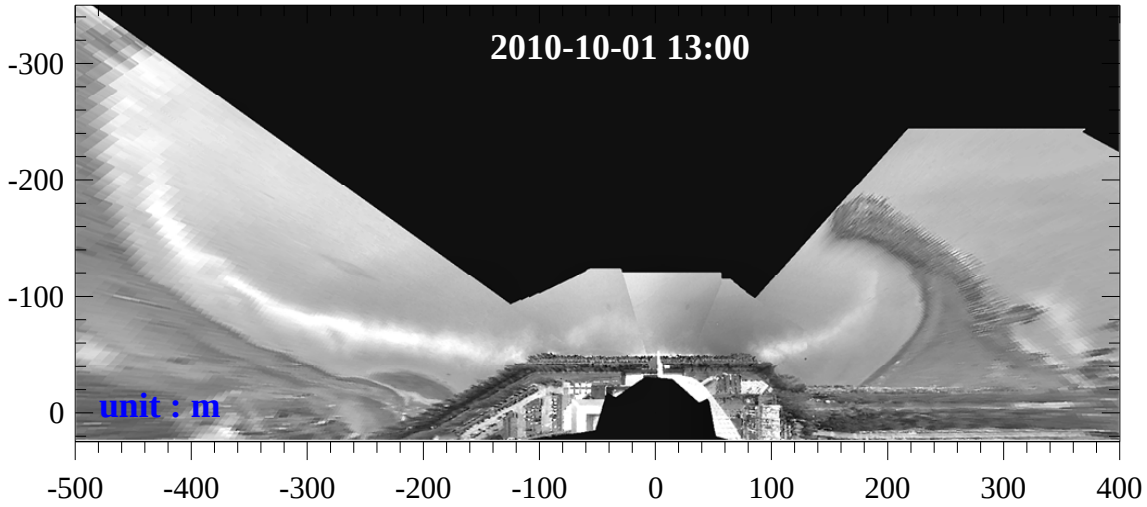
附圖 28E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 10:00)



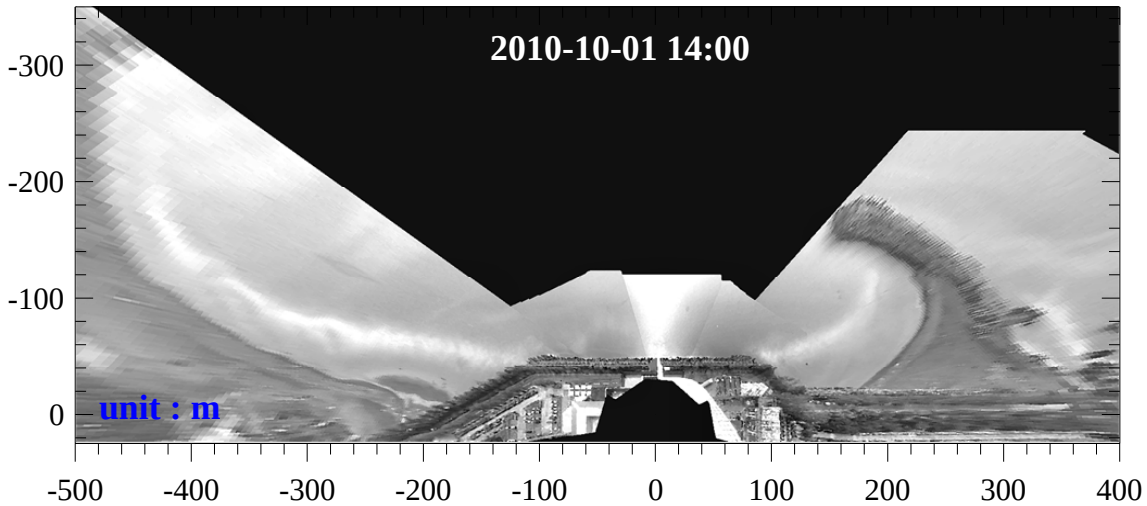
附圖 28F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 11:00)



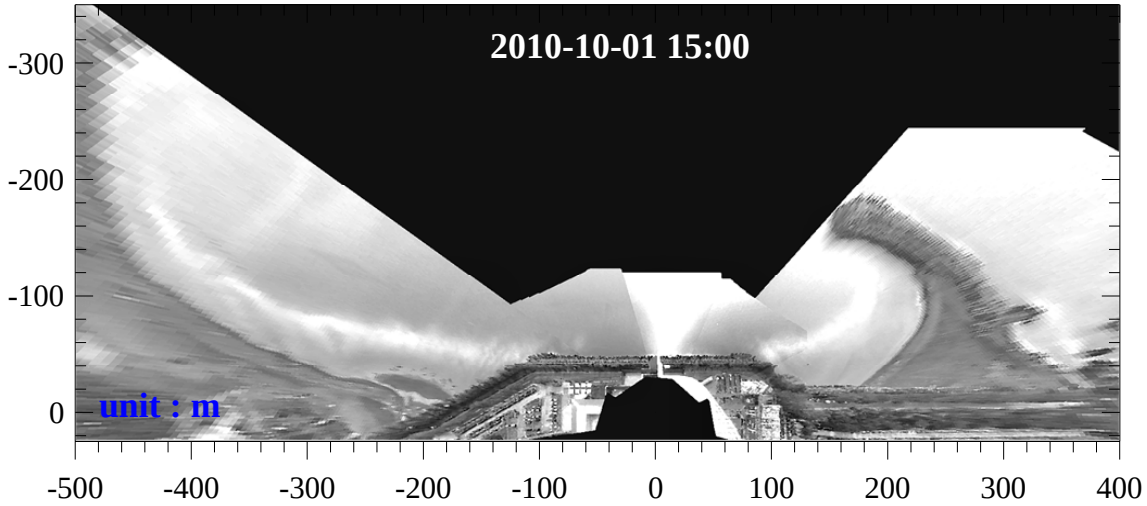
附圖 28G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 12:00)



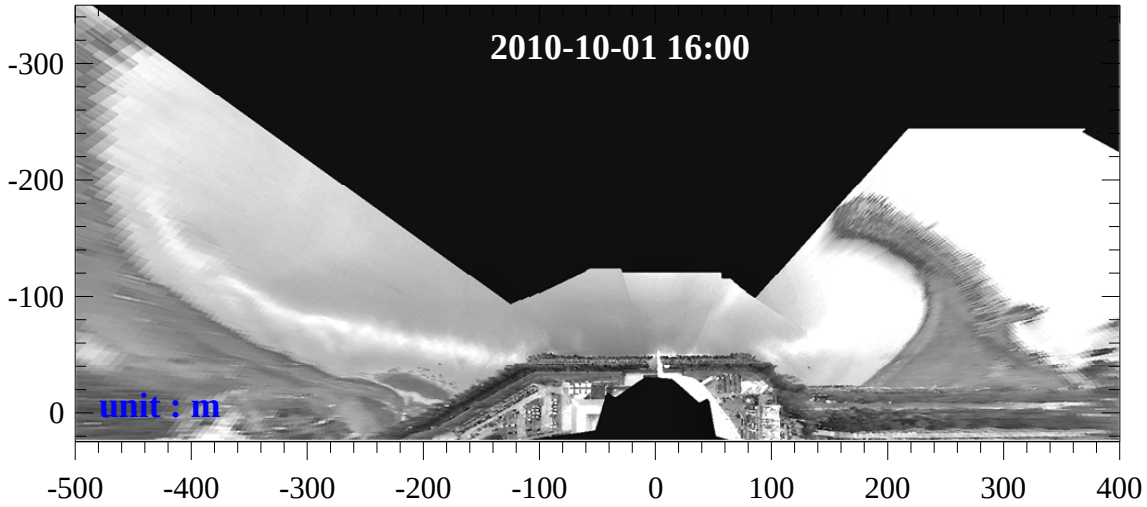
附圖 28H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 13:00)



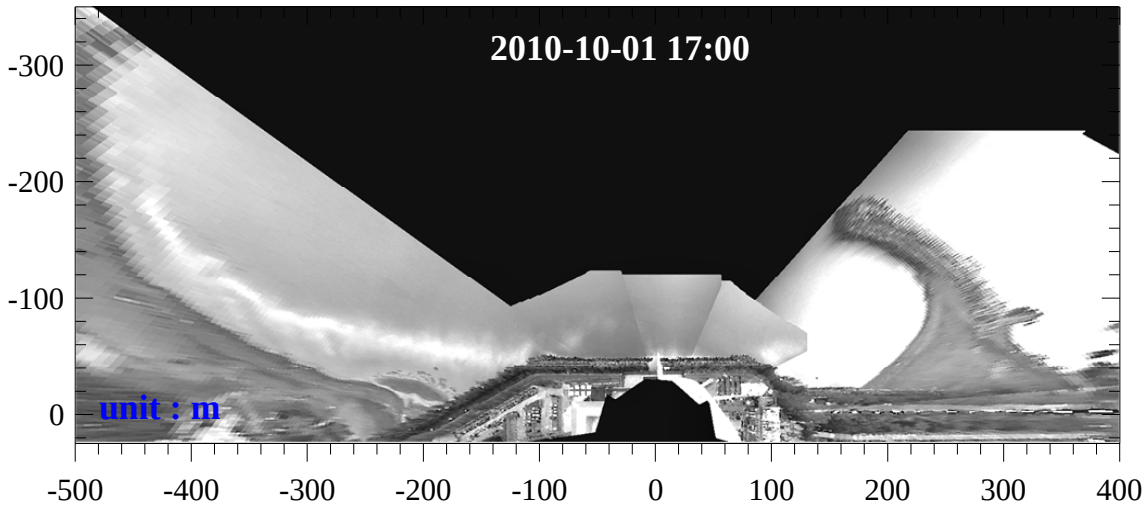
附圖 28I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 14:00)



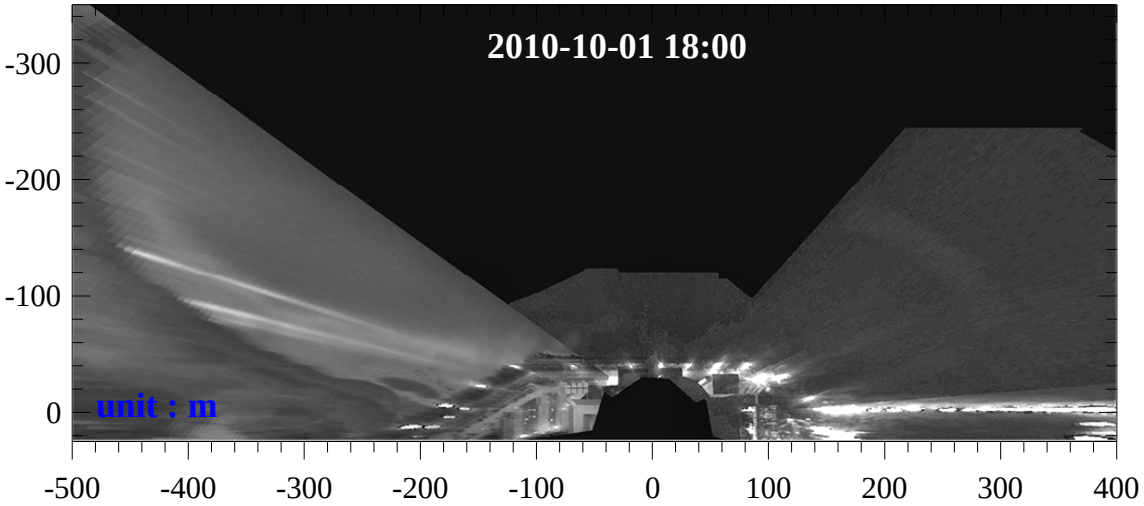
附圖 28J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 15:00)



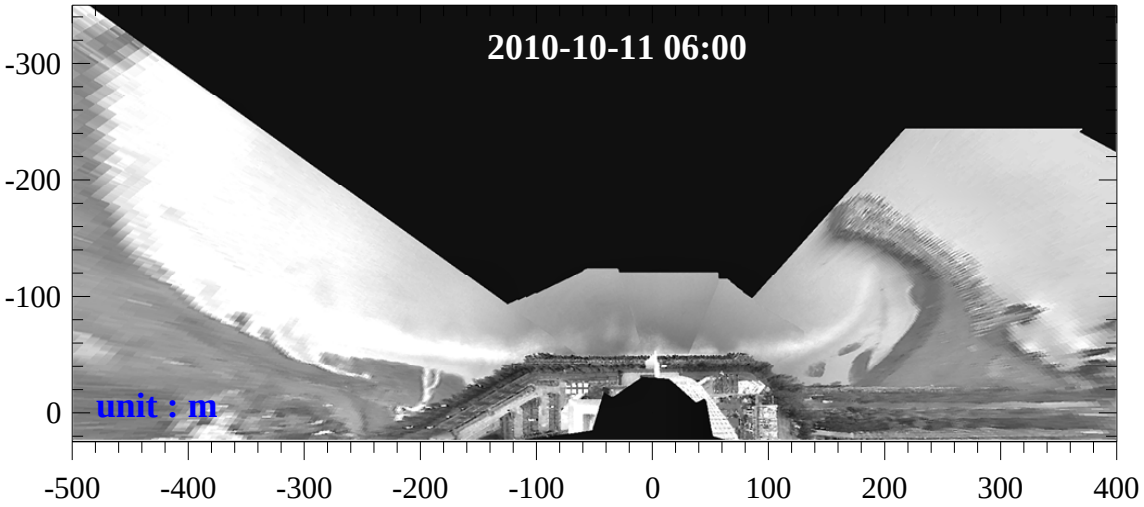
附圖 28K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 16:00)



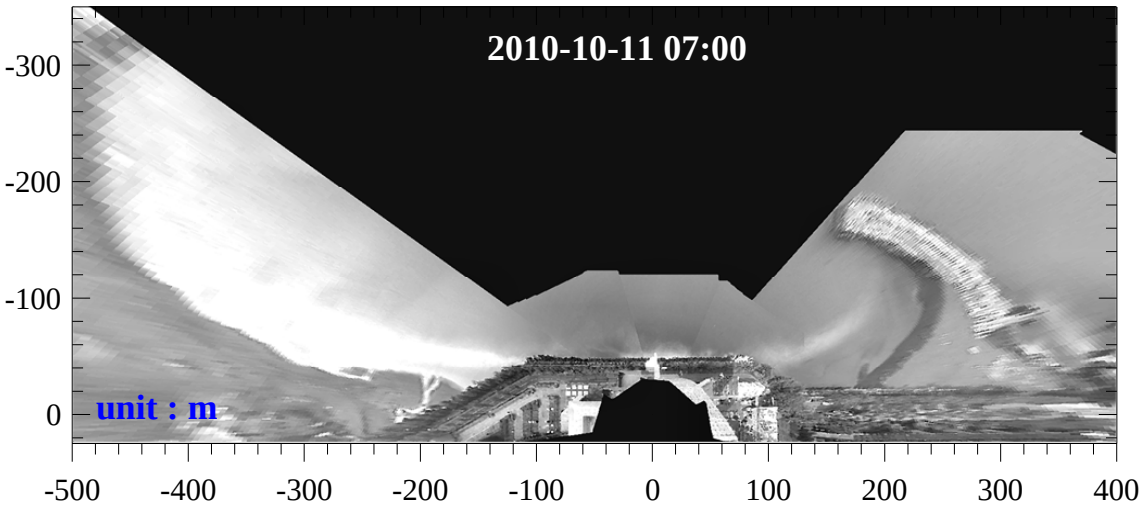
附圖 28L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 17:00)



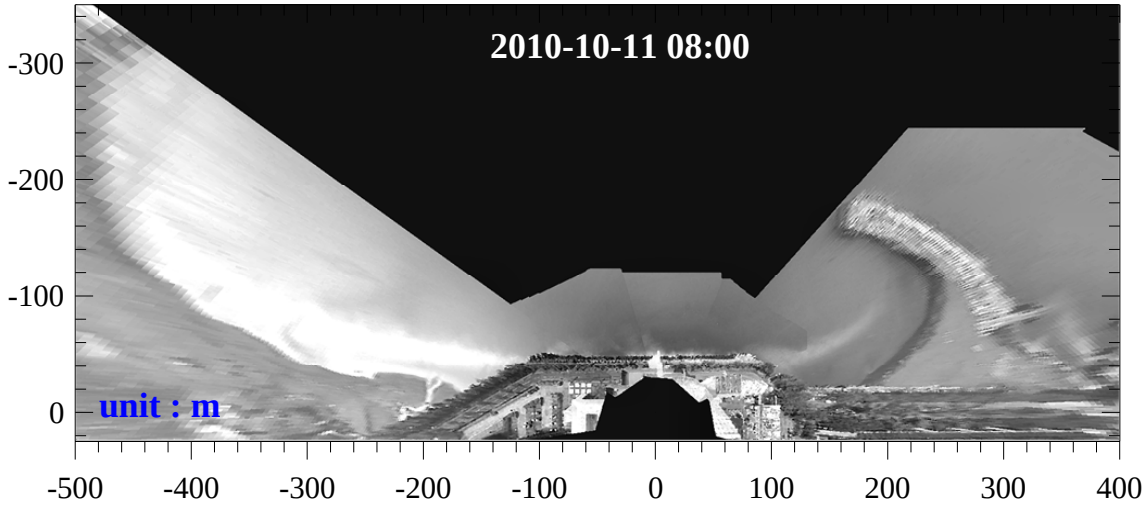
附圖 28M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/01 18:00)



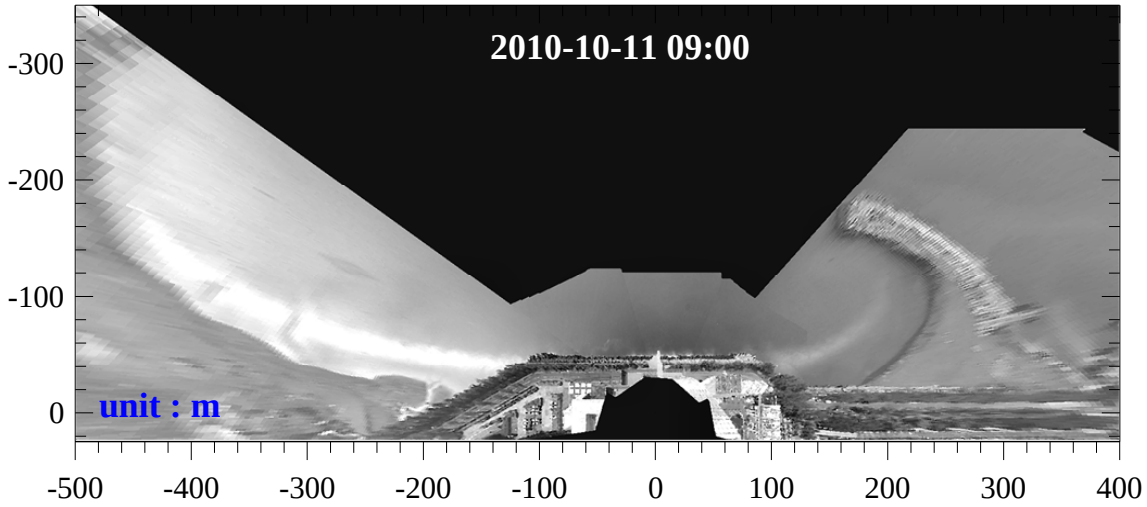
附圖 29A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 06:00)



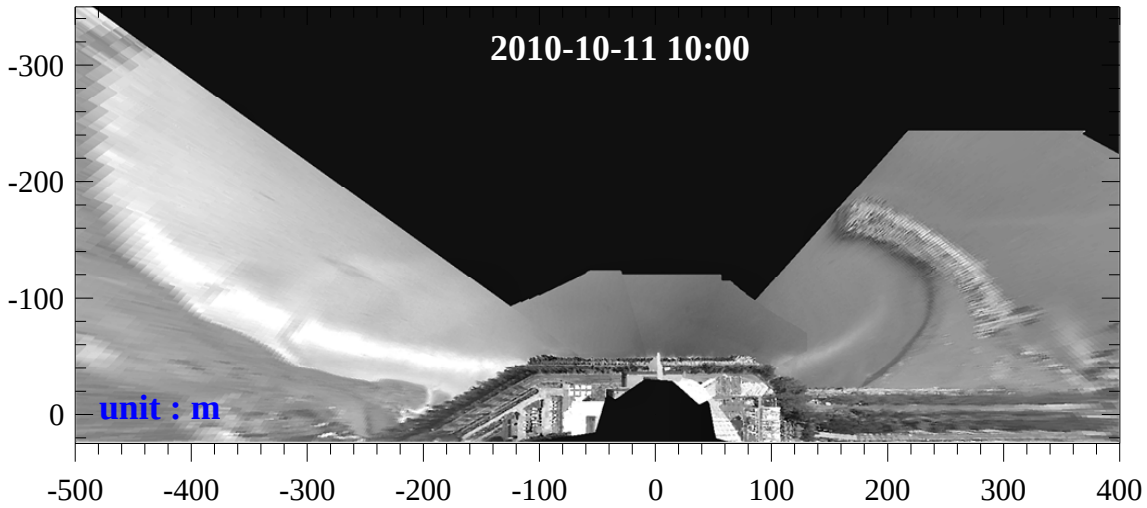
附圖 29B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 07:00)



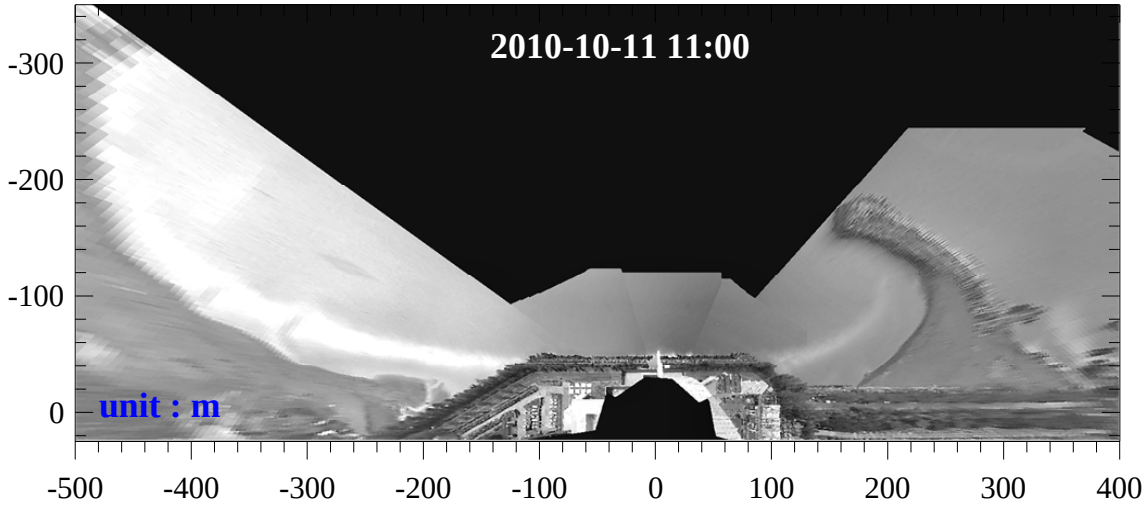
附圖 29C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 08:00)



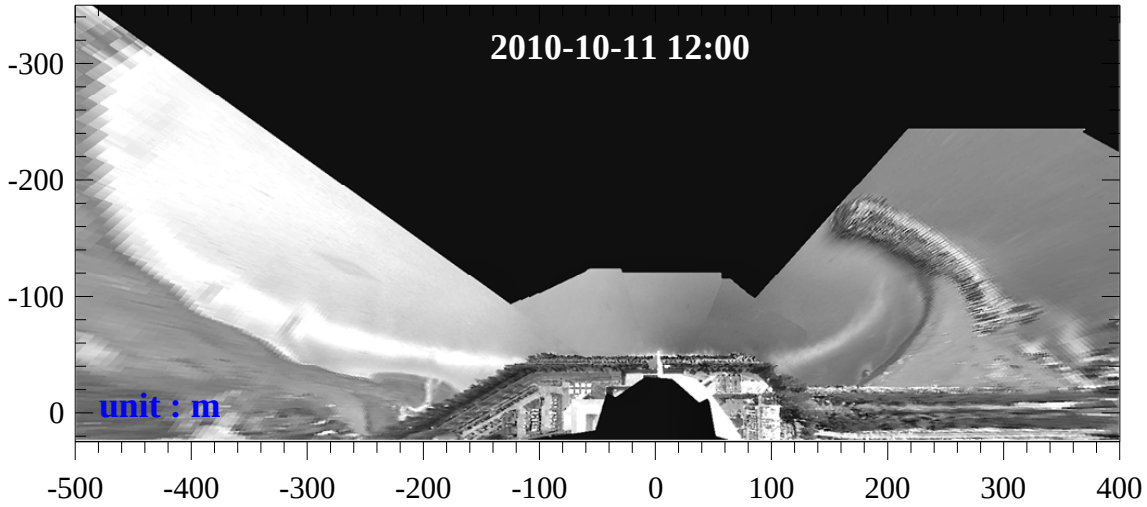
附圖 29D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 09:00)



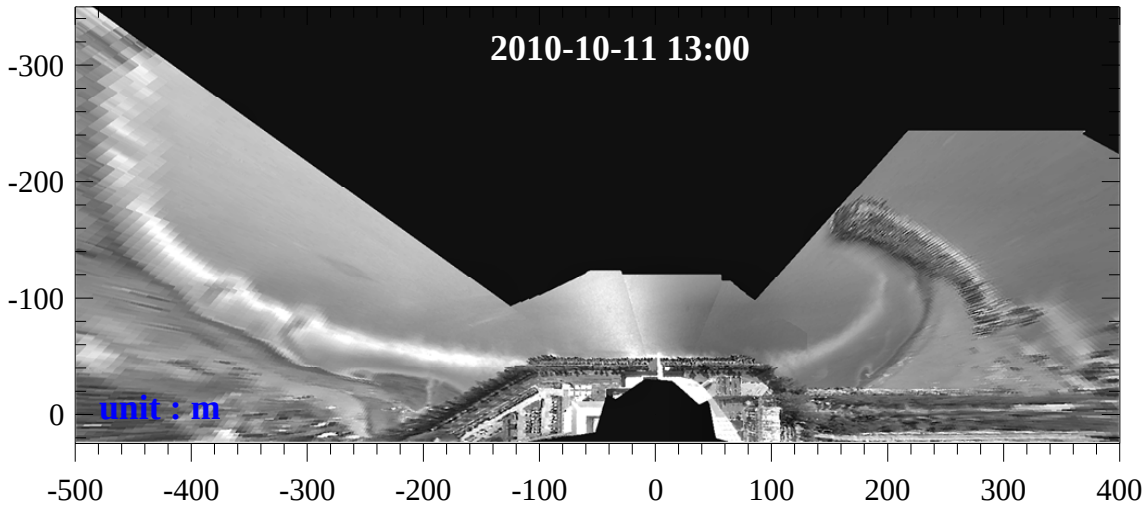
附圖 29E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 10:00)



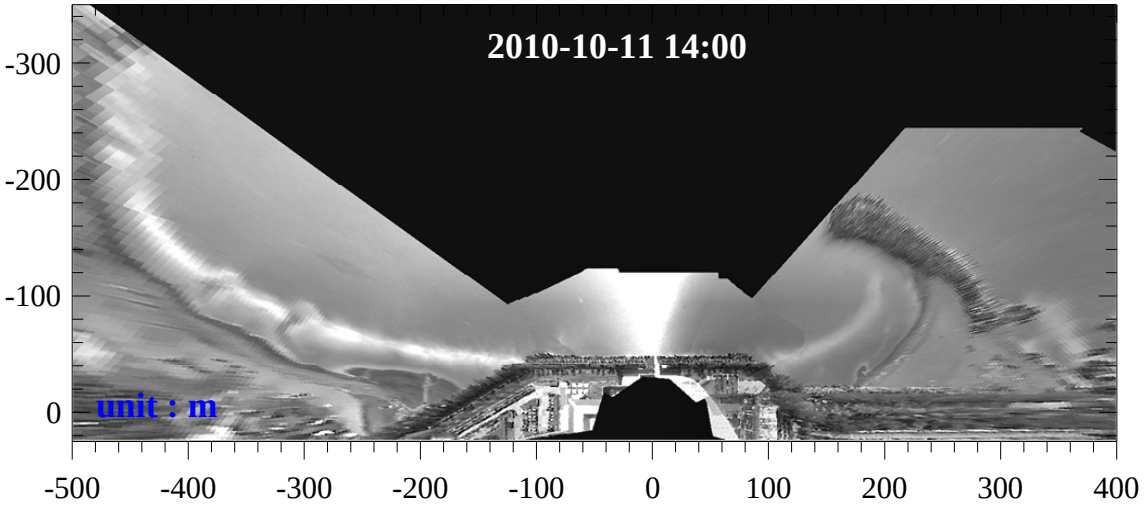
附圖 29F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 11:00)



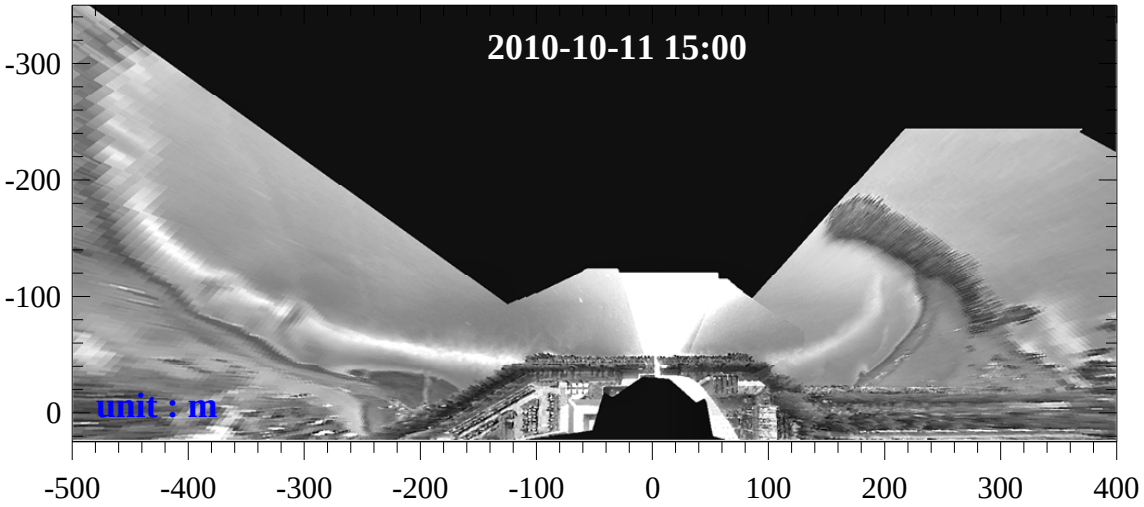
附圖 29G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 12:00)



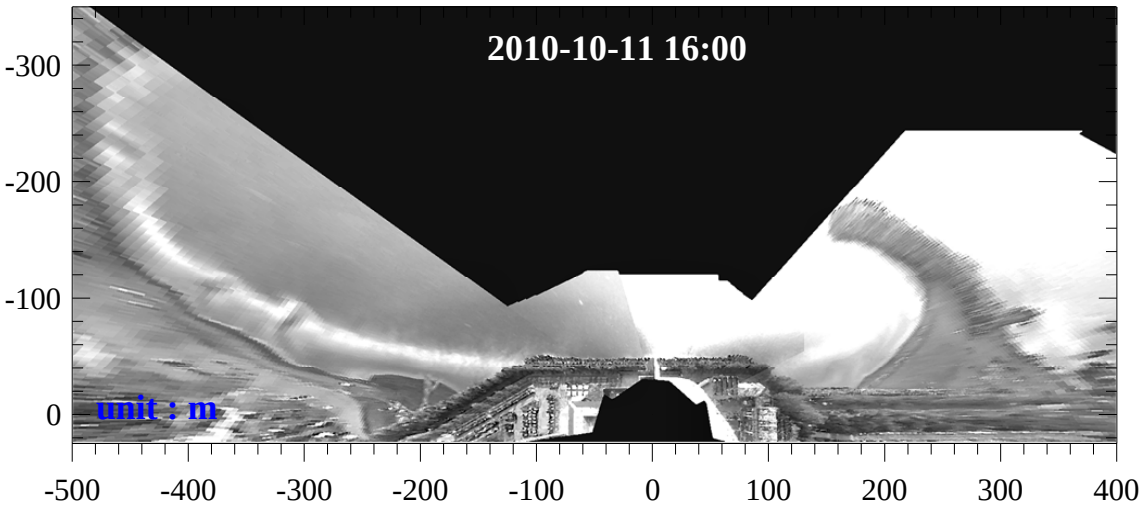
附圖 29H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 13:00)



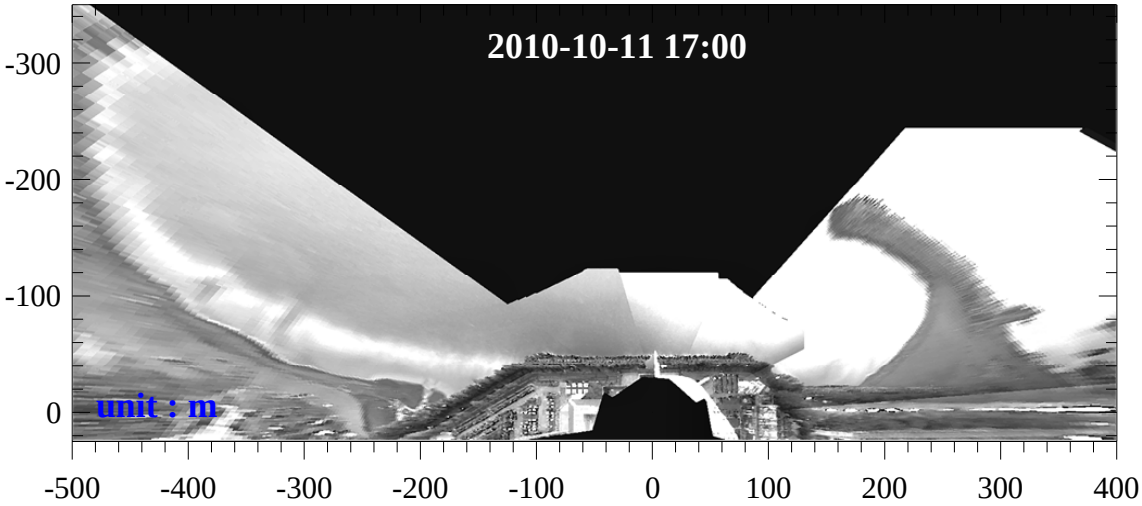
附圖 29I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 14:00)



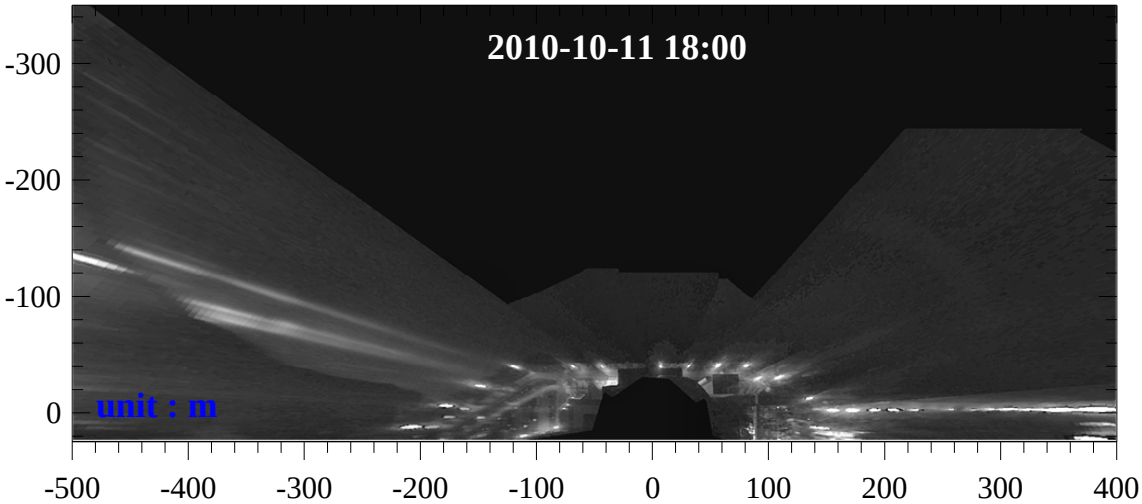
附圖 29J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 15:00)



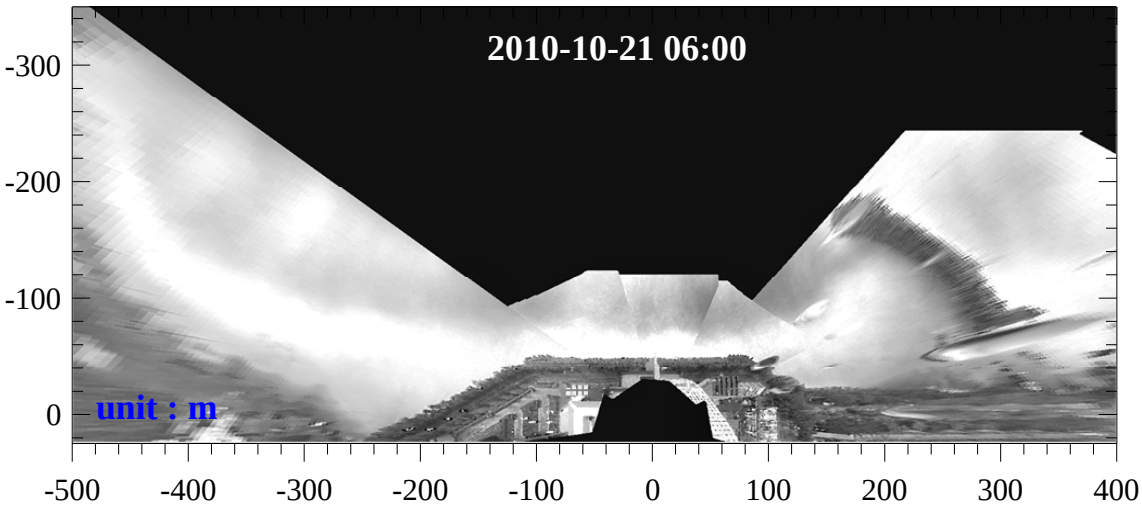
附圖 29K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 16:00)



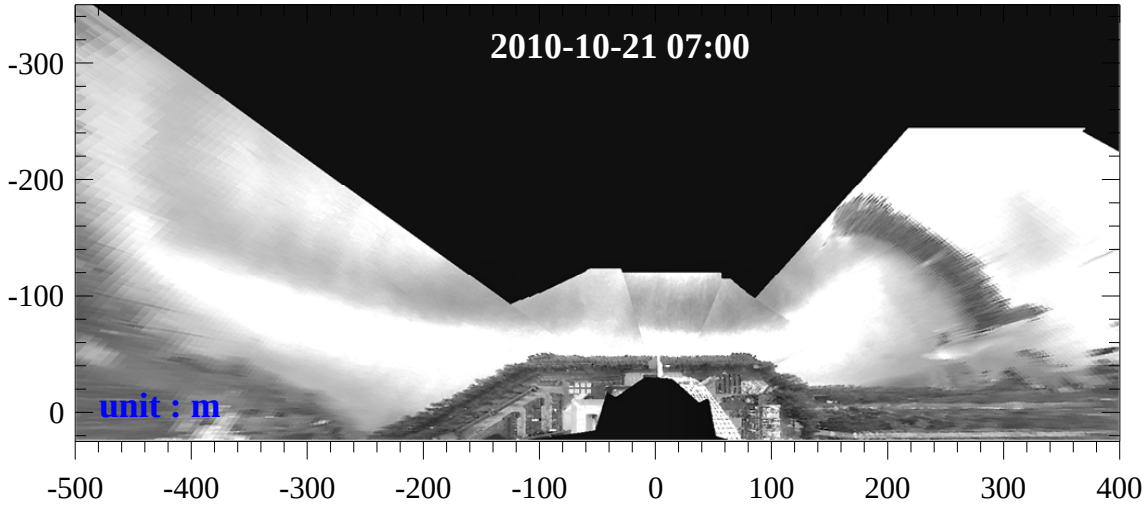
附圖 29L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 17:00)



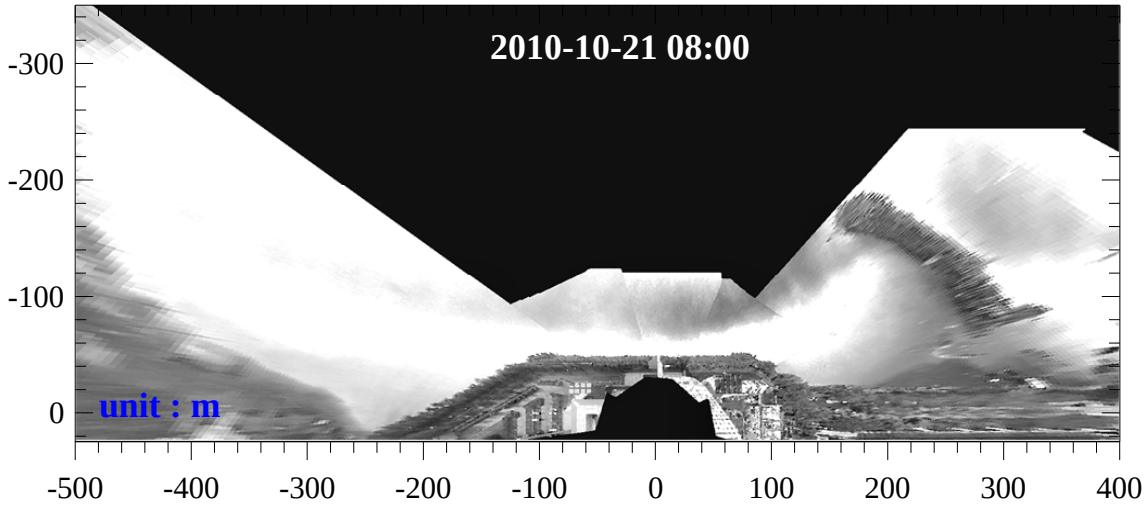
附圖 29M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/11 18:00)



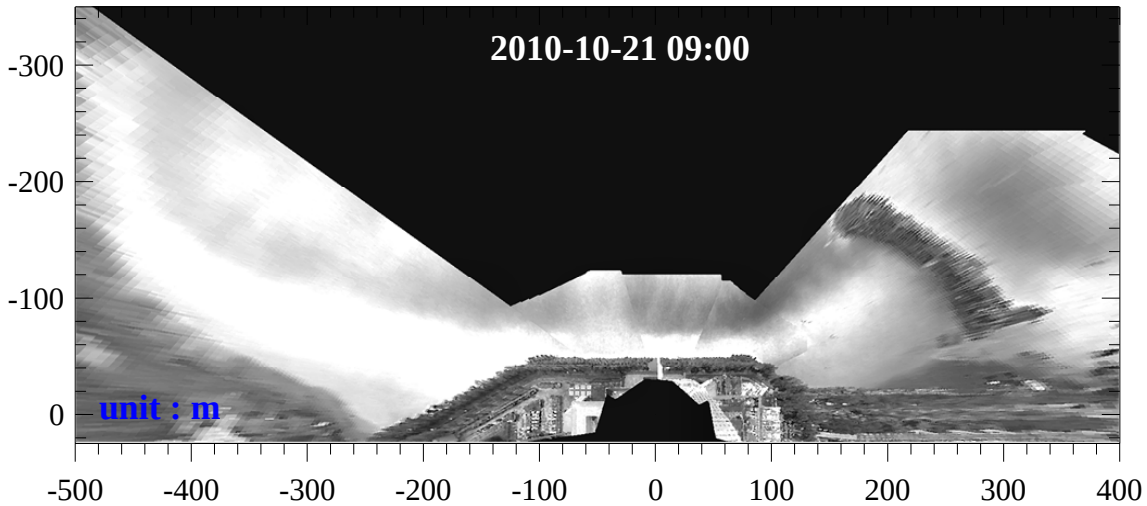
附圖 30A　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 06:00)



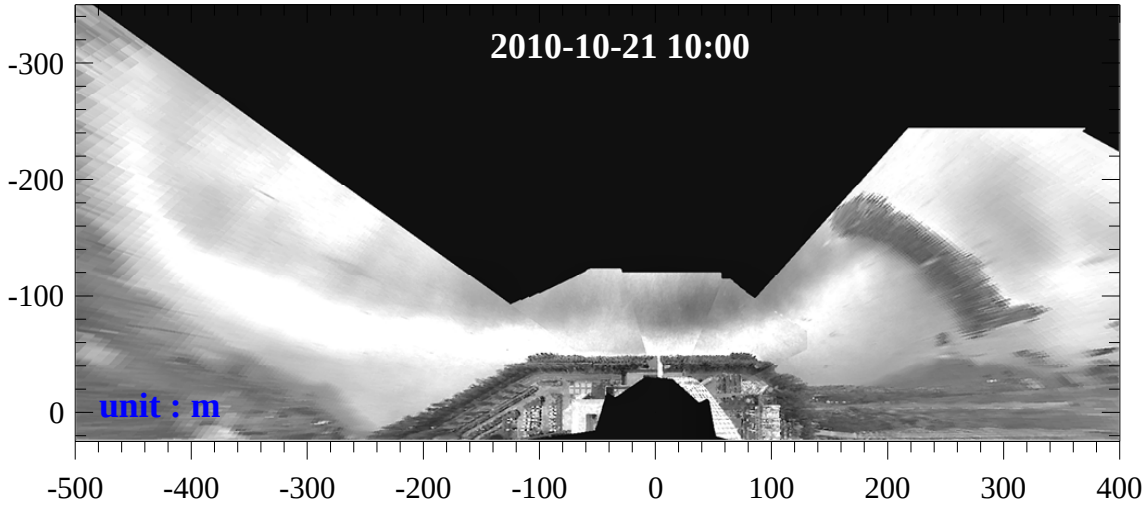
附圖 30B　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 07:00)



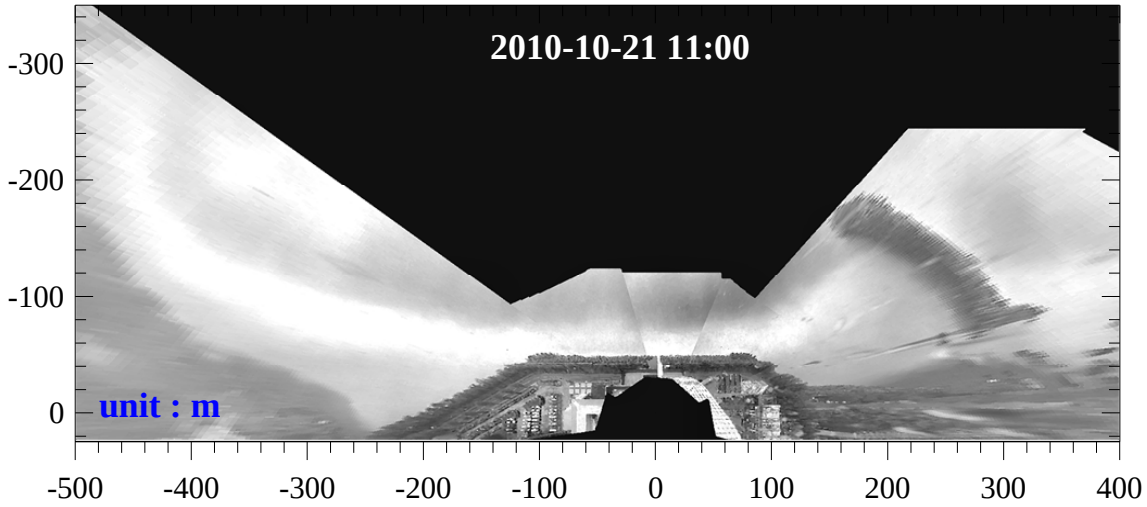
附圖 30C　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 08:00)



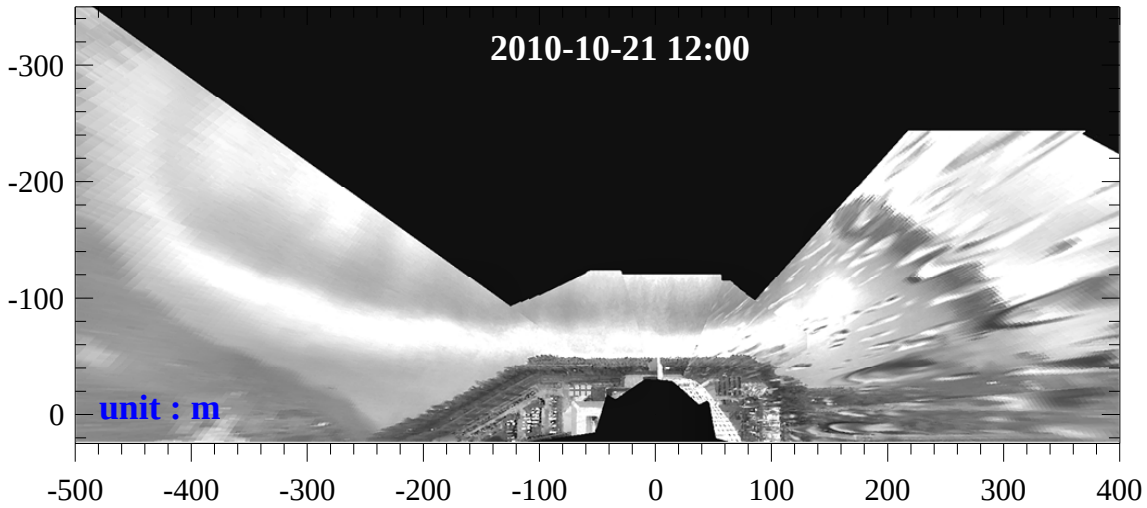
附圖 30D　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 09:00)



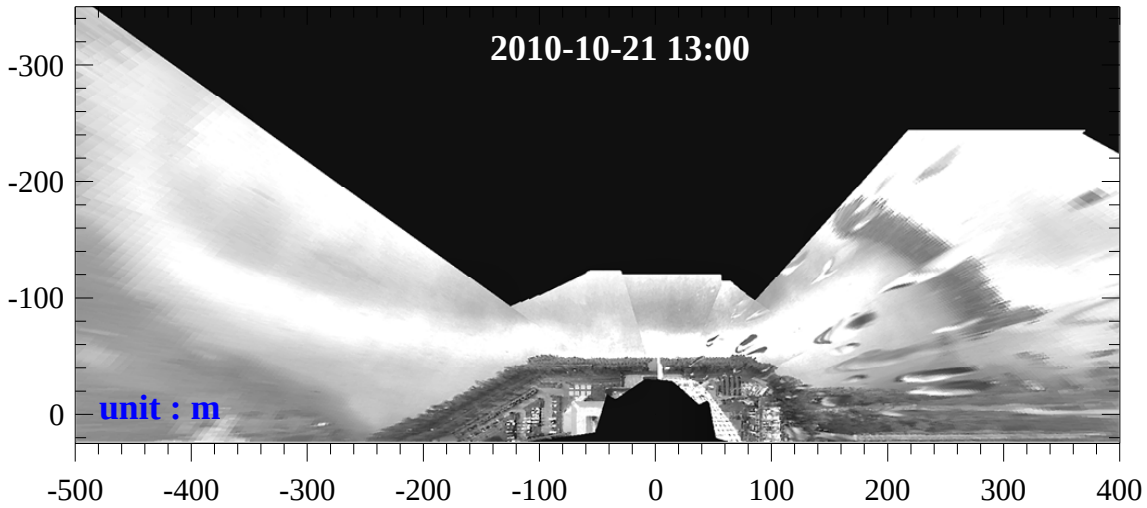
附圖 30E　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 10:00)



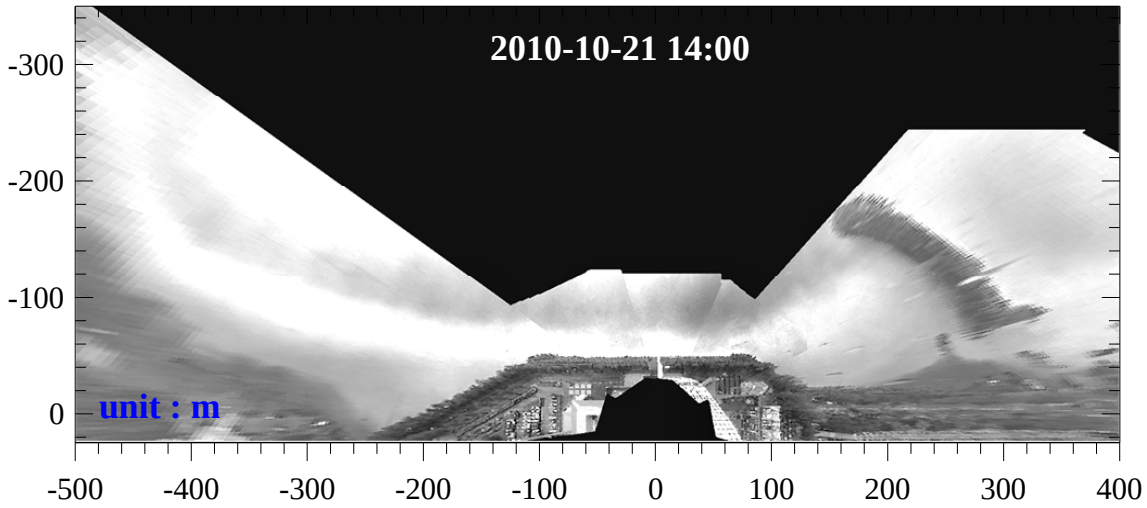
附圖 30F　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 11:00)



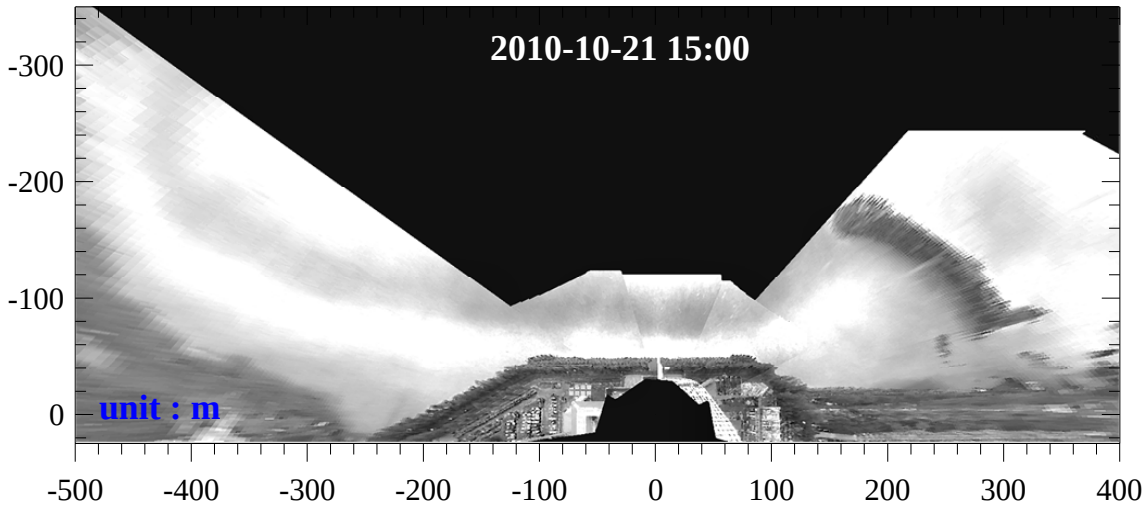
附圖 30G　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 12:00)



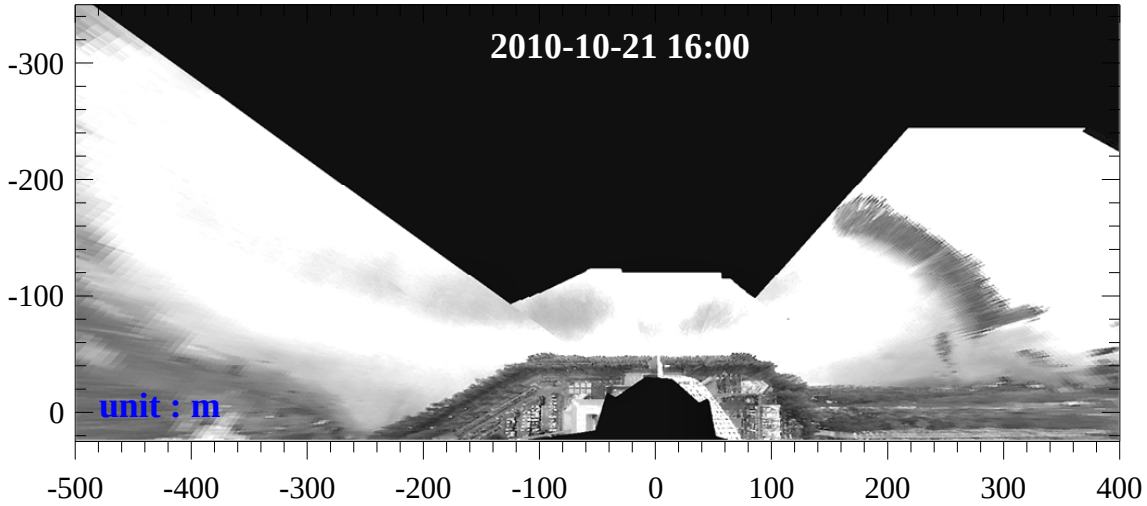
附圖 30H　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 13:00)



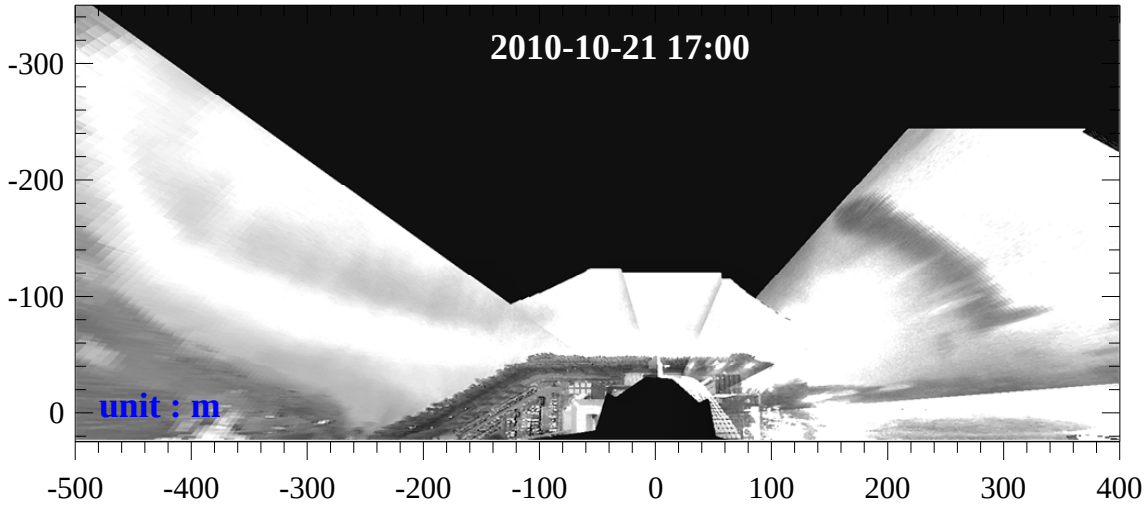
附圖 30I　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 14:00)



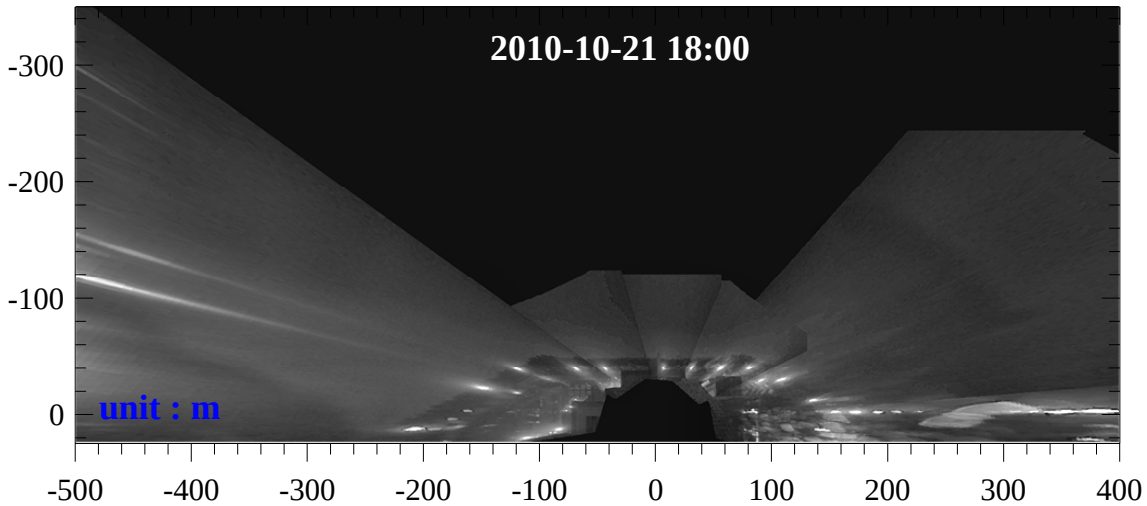
附圖 30J　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 15:00)



附圖 30K　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 16:00)



附圖 30L　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 17:00)



附圖 30M　西子灣海岸地形影像全景圖(2010/10/21 18:00)

附錄三

期中報告審查意見及辦理情形說明表

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4)

日期：中華民國九十九年七月十二日（星期一）上午九時四十分整

地點：港研中心一樓會議室

主席：港研中心　簡仲璟 科長　　紀錄：劉清松

報告人：郭晉安

期中報告審查意見與處理情形

審查委員	審查意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
梁乃匡 委員	承辦單位對地形影像分析的技術已有新的開發。另外以高解析度的單向攝影機，觀測近岸流，希在理論分析方面加強，並與實測比較驗証，如果可行，建議中心配合。	謝謝說明，期末報告已增作渠道水槽進行定量流試驗，於試驗影像表面流速攝影時，以ADV同步檢測流速，提供流場影像分析方法之驗核。	同意辦理
郭一羽 委員	工作內容與題目不合，地形與波流屬不同技術，可分開研究較易集中心力。	建議計畫主辦單位，後續之類似計畫分案辦理。另依計畫工作內容，本計畫需執行西子灣海岸之地形與波流影像分析工作，期末報告已就地形與波流影像分析兩部分工作，分節說明其分析方法與成果。	同意辦理
	潮位變化難以讓海岸線確定。故只觀測海岸線在工程上應用不大，如侵蝕淤積量的計算是否可得含量的數據。應集中心力在高程變化，可確實了解地形變化。	海岸線分析以單日每小時海岸影像資料(06:00~18:00)，偵測得水位線位置後，對應當時刻之高雄港10號碼頭潮位高度(已轉中潮系統)，同時考量波浪水位堆升(setup)作用，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線(高程0m)內插作業。另外，依據每月海岸線分析成果，進行海岸線變動分析說明。	同意辦理
	計算結果用一般平面地形圖表示，較易了解。	海岸地形影像平面坐標系統，已改成以TWD97系統表示。	已遵照委員意見修正
	應用成果如西子灣的地形變化是否可詳加敘述。	已於期末報告第3.3.3節，說明西子灣海岸線變化情形。	已遵照委員意見修正

審查委員	審查意見	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	本年度引用 RTK 檢測地面控制點位置坐標(TWD97)及高程(TWVD 2001)有利於海岸地形變化分析，值得肯定。	謝謝肯定。	
	攝影影像疊合後之灘線與潮位之關係為何？與 GCP 高程如何連結，做為地形變遷判斷建議多加說明。	期末報告已參照委員意見加強說明，其餘如郭委員第 2 點意見回覆。	同意辦理
	由影像判讀分析波、流場及地形之相關理論、驗證，建議補充說明。	期末報告已增作有關海岸影像-海岸線偵測分析結果與即時動態衛星定位系統檢測結果之比對。有關流場影像分析方法之驗核，詳如 梁委員意見回覆。	同意辦理
	建議期末報告中能將西子灣海岸地形變遷分析之應用成果展示。	已於期末報告第 3.3.3 節，說明西子灣海岸地形變遷分析成果。	同意辦理
江文山 委員	式 (2.1.5) 到 式 (2.1.6) 的 過程，請再思考是否有更適切的方式。	式(2.1.5)中係僅能提供縱、橫向之長度/相素比例為 1：1 之影像轉換，而本文考量有些鏡頭影像，其縱、橫向之長度/相素比例非等比，故於式(2.1.5)中加入縱、橫向之長度/相素比例調整參數並無不妥。	同意辦理
	p.2-6 頁”同一點空間坐標上有可能會有兩個以上的高度值”，請教其原因。	謝謝指正，已作內容之修訂。	同意辦理
	p.2-11 影像分析模式發展的基本假設為攝影機與觀測物的高度相同。然實務上，攝影機通常架設於高處，其對結果的影響？是否有改善的方式。	攝影機內部校正理論係由針孔成像推演而來，而外部參數校正理論已包括攝影機三維坐標與傾角等資訊；因此，可以運用俯視攝影方式進行觀測物之監測，如著名之 Argus 影像觀測系統即採類似之理論。	同意辦理
	沿岸流分析中潮流的影響如何考量?	潮流等相對於碎波後產生之氣泡移動屬低頻波動，式(4.2.4)中之分析最小週波數 kmin 可用以濾除潮流影響。	同意辦理
	地形變遷為計畫主題，應加強探討。	謝謝說明，於期末報告第 3.3.3 節，說明西子灣海岸地形變遷分析成果。	同意辦理

審查委員	審查意見	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	上一年度之邊緣偵測及本年度之主動輪廓模式之應用差異及優劣比較，建議補充說明。	邊緣偵測法，其偵測梯度閥值易受空間亮度影響，導致海岸線誤判情形；故本年度採主動輪廓模式進行分析。	同意辦理
	近岸流場影像分析之原理，請詳細補充說明。同時應強調其為表面平均流(多大之平面範圍及多久之時間長度)，其解析度之評估。	期末報告已補充近岸流場影像分析理論及增作分析方法驗核作業。	同意辦理
	本研究建議著重在海岸地形變遷方面，其他如何利用影像分析結果在波流場之監測可作為次要目標。	參照辦理。	同意辦理
	對於後續高美濕地之地面控制點測量工作及花蓮港美崙溪口攝影機設置規劃及硬體架設，請密切與本中心聯絡儘速進行。	參照辦理。	已遵照委員意見修正
	報告請參照本中心相關規定格式修正、編輯。	參照辦理。	已遵照委員意見修正
主席裁示	經全數委員同意，本計畫期中報告審查通過。	謝謝肯定。	
	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。	期末報告已參考審查委員意見，辦理必要之修正工作。	已遵照委員意見修正
	請致遠管理學院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。另意見回覆內容與處理情形如期末報告附錄。	已遵照委員意見修正
	請致遠管理學院配合本所行政作業，儘速完成合約規定事項。	參照辦理。	已遵照委員意見修正

附錄四

期末報告審查意見及辦理情形說明表

海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4)

日期：中華民國九十九年十一月十六日（星期二）上午九時四十分整

地點：港研中心一樓會議室

主席：港研中心　簡仲璟 科長　　紀錄：劉清松

報告人：郭晉安

期末報告審查意見與處理情形

審查委員	審查意見	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	本案相關文獻、影像分析原理闡述完整，研究內容皆良好，給予肯定。	謝謝肯定。	
	本案計畫名稱為"海岸地形變遷"分析，建議章節敘述中能先以"波浪"→"流場"→"地形變遷"之順序編排，較有因果之關連性。	本計畫目標旨在利用現場影像分析「海岸地形變遷」，故章節之安排首先著重在海岸地形變遷分析工作，而波浪傳遞與流場分析，於本年度計畫工作尚在分析方法之研究階段，故報告才以如期末報告編排方式展現。	同意辦理
	考慮水位堆升之經驗公式其適用性是否有限制，本案考慮之水位堆升量最大值約多少？	謝謝說明，今之水位堆升之經驗公式相當多，為考量其適用性，因此本計畫採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。	同意辦理
	建議未來能結合第一年攫取影像分析颱風作用前後之地形變遷，可了解颱風之最大侵蝕量及颱風後回淤率，對西子灣養灘估算應有幫助。	謝謝說明，惟第一年之影像係採每3小時間隔進行錄製(本年度為每小時)，於部分時間無法涵蓋高程為0m(含以下)之水位資料，故無法切確分析海岸線位置。	同意辦理
	能否推估沿岸砂堆(sand bar)之位置與規模及變移關係，另外海岸線如以日平均影像攫取與目前方式會有何差異？何種適用？	建議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，再進行沿岸砂堆位置、規模及變移關係。另本計畫旨在獲取海岸線(高程0m)，以日平均影像分析時會受區域潮型(是否對稱)影響且其解析出之海岸線係當地潮位系統平均水位，而非中潮系統之海岸線(高程0m)。	同意辦理

審查委員	審查意見	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	流速之分析在波動下，峰、谷影像色階是否會影響到率定之結果。	流速分析係藉由碎波後產生氣泡之移動軌跡影像，依據速度頻率譜觀念進行分析，其中為獲取純粹之波流平均速度，於分析時已作波浪率除之作業，因此無波峰、谷影像色階影響之問題。	同意辦理
	波場分析於碎波帶內k_s之計算，係受非線性影響大抑是亦包含有C,h解析結果之影響？	碎波帶內淺化係數k_s係線性波理論計算結果，其於碎波後已不適用，另期末報告修正稿已將碎波帶內之淺化係數改採虛線表示並於文中補充說明，如p4-21之圖4.3.2。	同意辦理
張金機委員	p.3-8 圖3-2-4右子圖“白色”影像應為“黑色”。	謝謝指正，期末報告修正稿(p.3-8)已將誤植文字修正。	已遵照委員意見修正
	p.3-14起始曲線如何給訂？不同起始條件結果差異如何？	利用動態輪廓法偵測灘線時，首先於海面影像上給定一任意曲線作為起始曲線，再逐漸逼近灰階影像梯度大的灘線。與灘線影像相較之下，海面影像灰階度相差甚小，故不同的起始曲線雖迭帶次數略有差異，但偵測所得之灘線無異。	同意辦理
	p.3-20海岸線偵測分析 1.RTK岸線實測，灘線隨時變化，如何決定？ 2.波浪堆升校驗，坡度β_f如何選擇？ 3.p.3-22同日期，不同時段潮汐漲退，建議繪成海岸剖面圖。 4.p.3-32建議將01-06基準水位繪入。	1.RTK施作係利用接近該日最低潮時，迅速完成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，其作法已補充於期末報告修正稿p.3-20。 2.前灘坡度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，分析方法已補充於期末報告修正稿p.3-18。 3.期末報告修正稿已作斷面資料補充，如p.3-24~3-26之圖3.3.8。 4.期末報告修正稿已補繪01-06基準水位，如p.3-40之圖3.3.13。	同意辦理
	流速影像分析，試驗室穩定水流影像分析結果可信度高，並不表示現場同樣可信度，建議作現場實測資料校驗，計算應更清楚敘述，並將外海波浪加以說明。	謝謝說明。建議計畫主辦單位於後續計畫增列現場流速檢測工作與經費，辦理現場流速監測與檢證作業。	同意辦理

審查委員	審查意見	合作研究單位處理情形	本所計畫承辦單位審查意見
張金機委員	高美及美崙溪口測點應清楚標明。	感謝指正，高美濕地影像地面控制點標示圖已作修正，如p.5-9~5-13，另美崙溪口海岸地形影像觀測站預定設置位址標示亦作調整，如p.6-1~6-2。	同意辦理
梁乃匡委員	p.3-13頁(3.3.3)式φ(x)的定義不明。	已於3.3.1節文中加強說明。	同意辦理
	p.3-18頁(3.3.4)式的單位不符。	式(3.3.4)中之係數為有因次。	同意辦理
	p.4-7頁(4.2.3)式請述明清楚。	期末報告修正稿已再補充式(4.2.3)之說明，如p.4-7~4-8。	同意辦理
蕭松山委員	本人所提期中報告審查意見均已回覆，並於期末報告補充說明。	感謝委員指導。	
	引用潮位及波浪水位堆升修正，分析海岸線偵測比對、成效值得肯定，惟海岸水位線隨時變動，比對之海岸線，採用何時間點建議說明。另波浪水位堆升計算式宜檢討，β_f前灘坡度如何決定？	謝謝肯定。即時動態衛星定位系統監測時間點已於期末報告修正稿(p.3-18)補充，另前灘坡度之決定係依單日6:00 ~18:00每小時水位線位置配合潮位高度資料決定。	同意辦理
	本計畫完成流速試驗比對，驗證流速分析方法可行，值得提供進一步現場流場驗證參考。	謝謝說明，同時建議計畫主辦單位於後續計畫增列現場流速檢測工作與經費，進一步確認其應用於現場之可行性。	同意辦理
	建議 a.海岸線偵測分析方法及驗核多加描述說明海岸線求得過程。 b.結論建議分開列述。	a.已於文中加強說明。 b.期末報告修正稿已將結論與建議分開列述	同意辦理
簡仲璟委員	本年度對於影像拼接方式，進行視角亮度差異改善及自適增強及銳化處理。這些處理作業對於海岸地形變遷分析有何助益？建議補充說明。	視角亮度差異改善，可降低相鄰兩視角亮度差異，避免因兩視角亮度差異造成海岸線之誤判，而自適增強及銳化處理可增強平均影像之砂灘與海水影像梯度差，使海岸線利於偵測與判讀。	同意辦理
	以潮位配合波浪水位堆升方法，進行海岸線影像分析其偏差量較單以潮位作修正者為佳，但仍有1~3公尺之偏差，後續有無再進一步提升方法。	可採2部以上攝影機同時監控近岸沖刷帶水位變化，直接分析波浪堆升高度，另已將此整理為建議事項。	同意辦理

審查委員	審查意見	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	由西子灣海岸影像分析結果顯示除北岬頭，整體海岸線長期呈現後退趨勢，尤其是愈靠近南岬頭。依2010年1月至10月而言，海岸線後退約有~29公尺。此是否顯示人工養灘計畫未獲得預期成效。	由2010年1月至10月海岸影像分析，西子灣海岸線係呈後退趨勢，另由於分析資料僅有海岸線，沒有近岸水深之解析，且未涵括人工養灘計畫時，因此較無客觀角度說明養灘計畫之成效。	同意辦理
	海岸線變化不足以充分代表海岸地形變遷。因此，後續是否可由波浪傳遞影像分析結果，探討水面下之地形變化，請評估。	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。	同意辦理
	西子灣之流場特性與海岸線後退有無關聯性，建議補充說明。	由於西子灣單向影像觀測系統拍攝範圍只有南岬灣海岸，且影像解析較好區域只有靠中山大學海科院附近海岸，未能瞭解全域岬灣海岸之流場情形，故較難分析流場與海岸線後退之關聯性。	同意辦理
	報告請參照本中心相關規定格式修正、編排，並增補中英文摘要。	期末報告修訂稿已參照 貴中心規定格式修正、編排並增補中英文摘要。	已遵照委員意見修正
主席裁示	經全數委員同意，本計畫期末報告審查通過。	謝謝肯定。	
	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稿辦理。	期末報告修訂稿已參酌各委員意見，辦理必要之內容增補與修正作業。	已遵照委員意見修正
	請台灣首府大學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。	已遵照委員意見修正
	請台灣首府大學配合本所行政作業，儘速完成合約規定事項。	參照辦理。	已遵照委員意見修正

附錄五

期中審查簡報

計畫緣起與目的

高雄港、台中港與花蓮港爲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

- 可供港阜鄰近海域之船舶航行安全維護
- 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
- 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
- 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

計畫緣起與目的

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

近岸波流監測方面，常運用底碇式潮波流儀與波浪觀測浮標等儀器進行測量，惟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。另連續之海岸地形與波流監測常需耗費龐大的監測經費。

近年來，攝影機硬體與影像分析技術大幅提升，透過觀測站得到單張影像、平均影像及曝光影像

- 可分析海岸線的變化、近岸沙洲變化、離岸流等
- 配合像素陣列、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

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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

99年度計畫工作內容

年度	研究內容與工作項目
98 (已完成)	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 (本年度)	利用高雄港西子灣之現場影像資料庫進行 持續影像分析軟體開發 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、近岸流場循環特性
	台中港高美濕地現場影像觀測站架設 (規劃完成全幅影像拼接) 花蓮港美崙溪口現場影像觀測站選址 (規劃完成建站)

目前工作進度與內容

工作項目	工作內容
1.西子灣海域海岸地形影像觀測	完成至99年6月之現場海岸地形影像觀測作業，並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。
2.西子灣海域近岸波場流場影像觀測	完成至99年6月之現場波場流場影像觀測工作。
3.海岸地形影像分析軟體開發	重整本計畫第一年度海岸線影像分析程式，其中修改內容說明如下 A.以最鄰近點法調整影像重建方式，其結果已改善拼合影像出現條紋情形。 B.影像拼合時，考量就各視角重疊區之平均亮度進行調整，其結果已可降低兩視角影像拼合後亮度差異，造成後續自動灘線辨識處理困難。 C.拼合影像進行自適增強與銳化之影像處理程序，除使原始拼接影像視覺立體與清晰外，並有助後續自動灘線辨識之處理。 海岸線影像分析發展 以主動輪廓模式進行海岸地形影像偵測測試。 於07/09以RTK檢測GCP之TWD97座標與TWVD2001水準。

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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

目前工作進度與內容

工作項目	工作內容
4.近岸波場、流場影像分析軟體開發	A.完成西子灣單向攝影機之影像校正與重建之程式編撰作業。 B.以西子灣單向攝影機進行近岸流場之初步分析工作
5.台中港高美濕地現場影像觀測站架設	A.已於4/29完成影像觀測站(4個攝影鏡頭)之地面控制點檢測 B.依據檢定結果彙整影像座標與地面控制點座標(TWD97系統)對照表。 C.進行各視角外部參數校正及高美濕地全景影像拼接
6.花蓮港美崙溪口現場影像觀測站選址	A.於4月13日會同計畫主辦單位進行現場勘查。 B.選定較佳之影像觀測站位址

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爲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爲門檻值，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爲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

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，以灰階影像爲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。

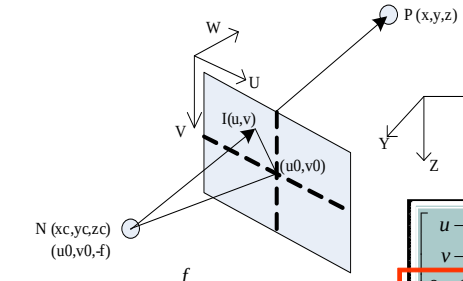
Madsen and Plant(2001)與Harley等人(2007)均發展出可自動判別僅具單一水線(waterline)之陡變坡度海灘潮間帶地形之方法。

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。

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



$\overline{NP}$(XYZ座標系統)

$\overline{NI}$(UVW座標系統)

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

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

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

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

攝影機校正 —直接線性轉換

$$u = \frac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \qquad v = \frac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1}$$

$$\begin{bmatrix} L_1-L_9u & L_2-L_{10}u & L_3-L_{11}u \\ L_5-L_9v & L_6-L_{10}v & L_7-L_{11}v \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u-L_4 \\ v-L_8 \end{bmatrix}$$

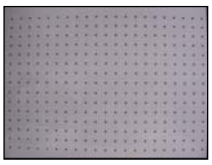
空間限制法 – 假設z為定值求解
只適合無明顯高程之影像區域
(正常情況需要最少2台攝影機資訊求解三維座標)

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

$$z = 0$$
$$(x_{ij}, y_{ij}) = (i, j)$$

攝影機內部校正板



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

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

攝影機校正 — 內部參數校正與扭曲校正

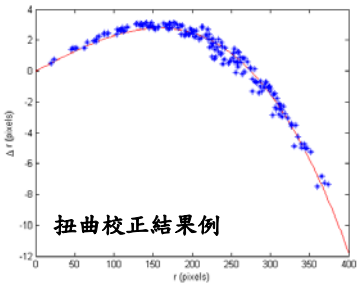
徑向扭曲模式

$$r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2}$$
$$\Delta r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2} - \sqrt{(u_{ij}^p - u_0)^2 + (v_{ij}^p - v_0)^2}$$
$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r$$

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

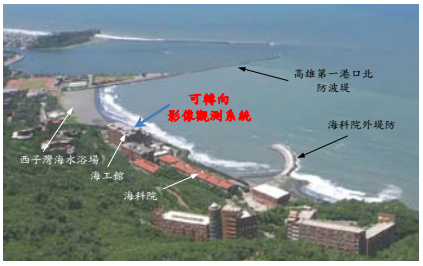
一階泰勒展開線性化求疊代項

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

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

空間中最少需要四點控制點

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向



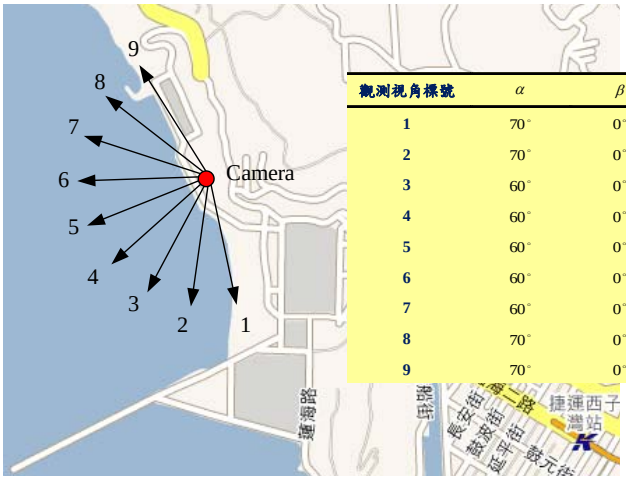
SONY EVI-D70	規格說明
影像感測器	1/4" CCD
擷取影像解析度	640×480
水平轉動角度(Pan)	−170° ~ +170°
垂直轉動角度(Tilt)	0° ~ 120°
焦距	F = 4.1mm ~ 73.8mm
控制介面	RS232/RS422 通訊
電源	DC 10.8~13.2V
功率	12W
尺寸	132×144×144mm

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

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(2/4) — 期中報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

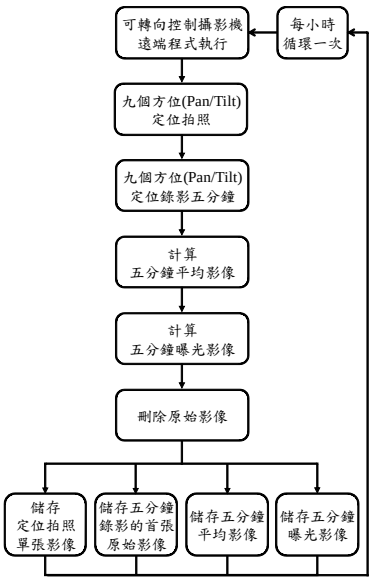
西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向



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°

財團法人致遠管理學院　- 20 -

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(2/4) — 期中報告　簡報

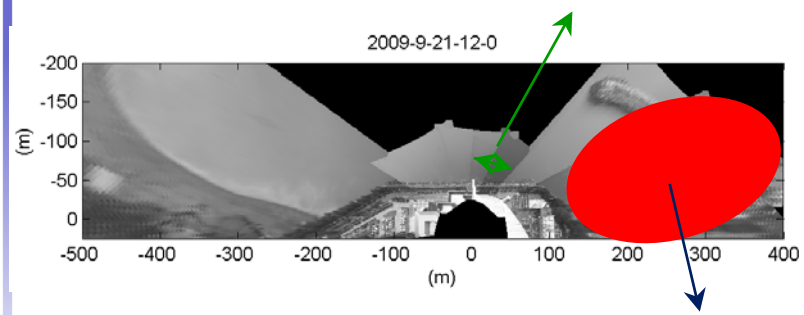
畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式問題

- 拼合影像有條紋現象
- 拼合影像各視角亮度差異

視角亮度差異



影像條紋

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式改善

- 拼合影像有條紋現象

  解決方法：以最鄰近點法調整影像重建方式，其結果已改善拼合影像出現條紋情形。

- 拼合影像各視角亮度差異

  解決方法：影像拼合時，考量就各視角重疊區之平均亮度進行調整，其結果已可降低兩視角影像拼合後亮度差異，造成後續自動灘線辨識處理困難。

- 其他

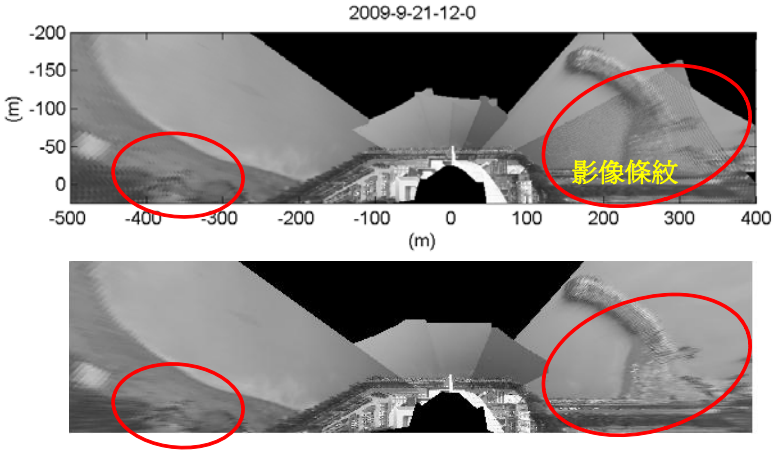
  拼合影像進行自適增強與銳化之影像處理程序，除使原始拼接影像視覺立體與清晰外，並有助後續自動灘線辨識之處理。

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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

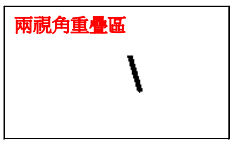
第一年度影像拼合程式改善　影像重建調整

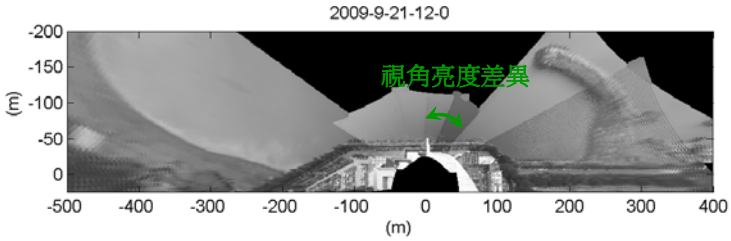


西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式改善

重疊區兩度調整



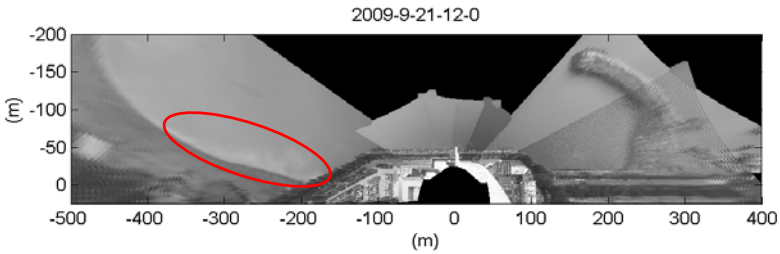


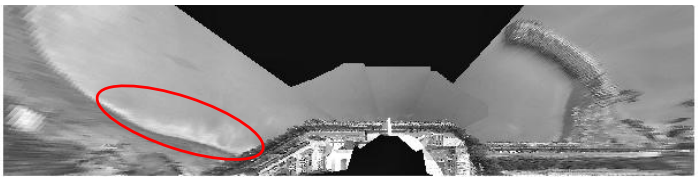
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期中報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式改善　自適增強與銳化





西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

海岸地形影像偵測發展

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

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

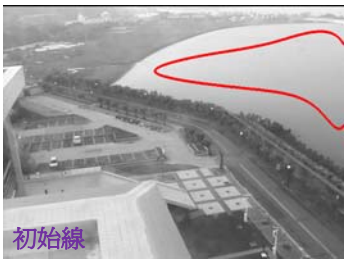
其中，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\|\nabla\phi(x)\|)$ 相當於輪廓曲線的曲率，c 則為與曲線擴張有關的常數。

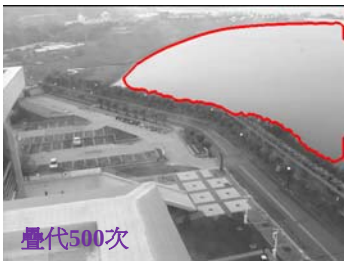
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

海岸地形影像偵測發展



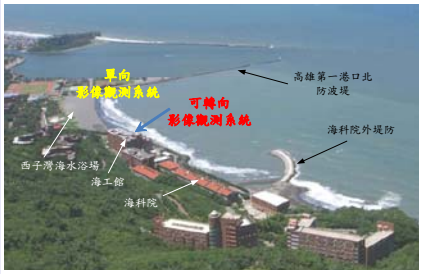


西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

西子灣海岸地形全景影像拼接結果

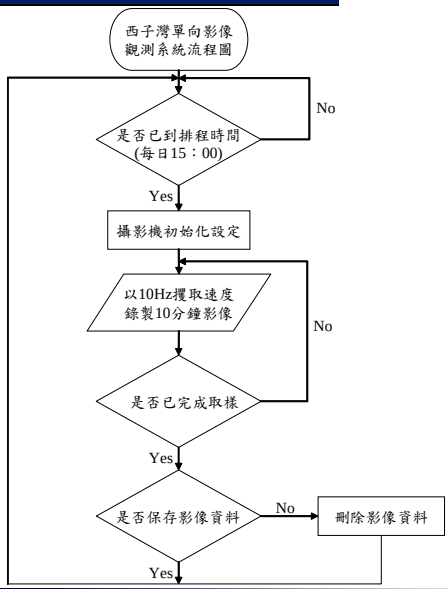
畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向



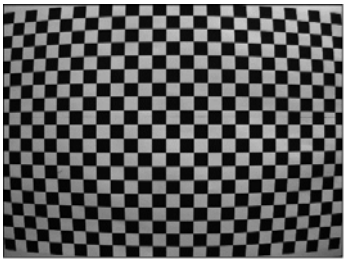
型號	FL2-14S3C
影像感測器	1/2″ CCD
最大影像解析度	1392×1032
像素大小	4.65μm×4.65μm
影像及控制介面	IEEE 1394b
同步	外部觸發或軟體觸發
電源	DC 8~32V
功率	2.5W
尺寸(mm)	29×29×30 mm
搭配鏡頭焦距	F = 6mm

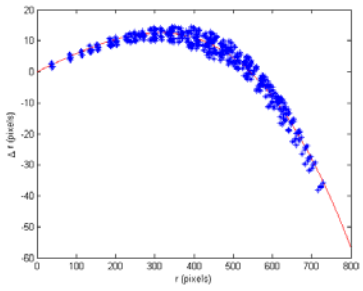
西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向

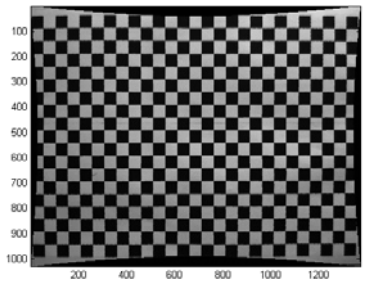


緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

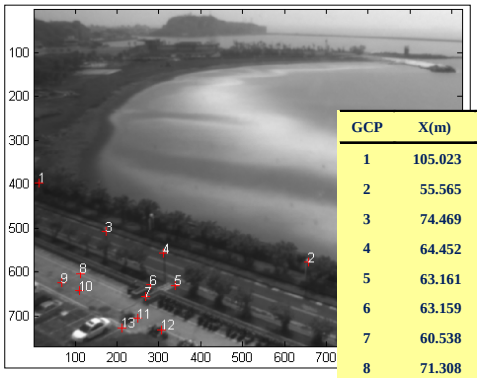
西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向







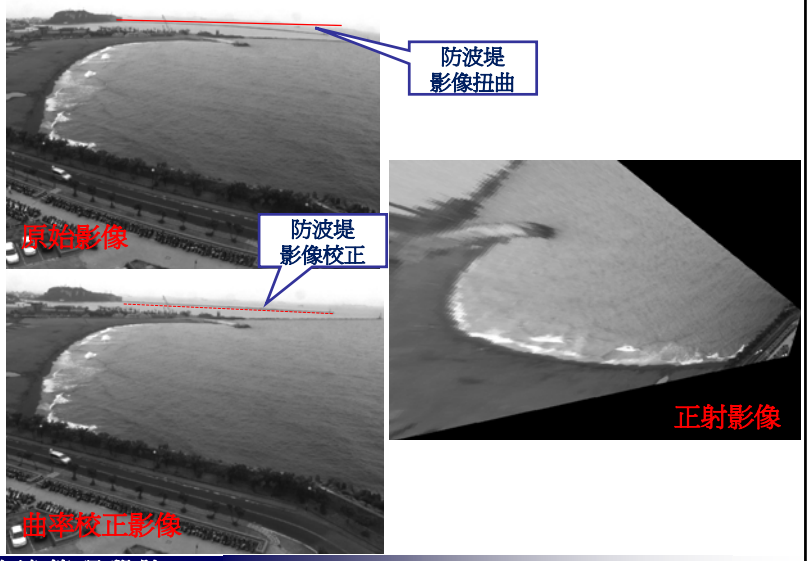
西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向



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

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向



西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向

Chickadel等人(2003)沿岸流影像分析

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

式中係數函數 ***I*** 爲影像亮度，***f*** 爲頻率，***t*** 爲時間，***x*** 爲向離岸位置，***y*** 爲沿岸位置，**ky** 爲沿岸方向之週波數。

$$S(f,k_y)=\hat{I}(t,y)*\hat{I}(t,y)$$

$$\mathrm{var}\{S(f,k_y)\}=\iint S(f,k_y)dfdk_y=\iint S(v,k_y)|k|dvdk_y$$

式中|k|爲Jacobian行列式

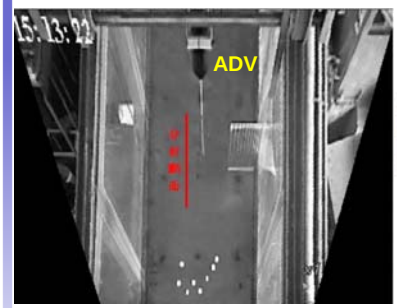
$$S(v)=\int_{k_{\min}}^{k_y} S(v,k_y)dk_y$$

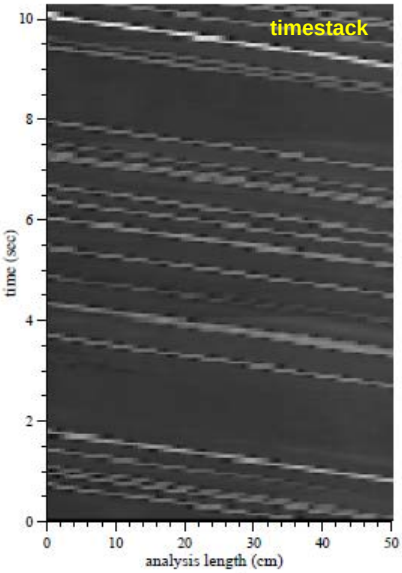
緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向

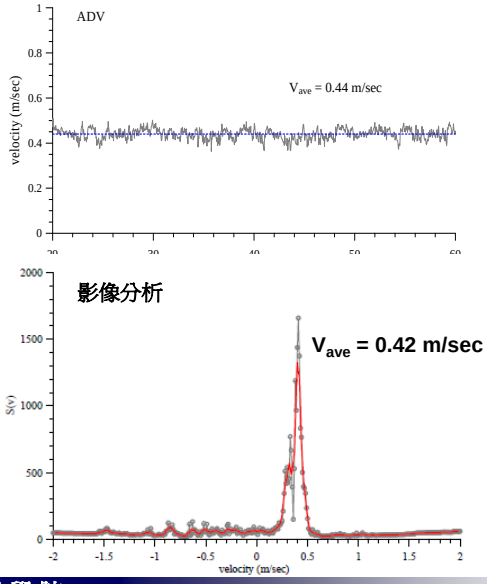
渠道水槽 流速試驗

定流量



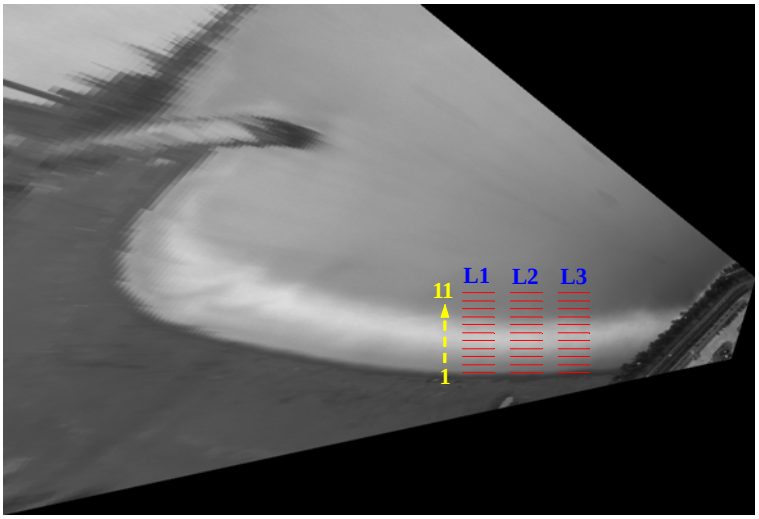


西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向



緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

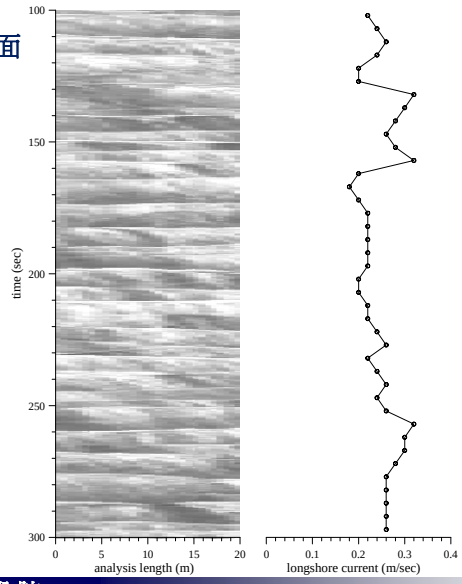
西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向



西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向

L2 – 5斷面

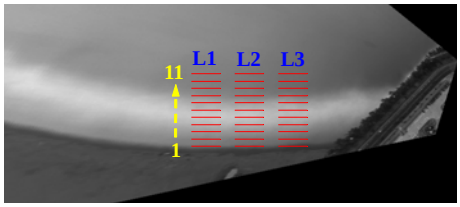
2010/03/18 - 15:00

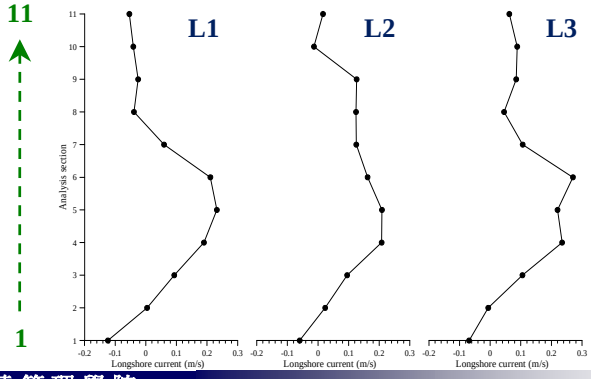


緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

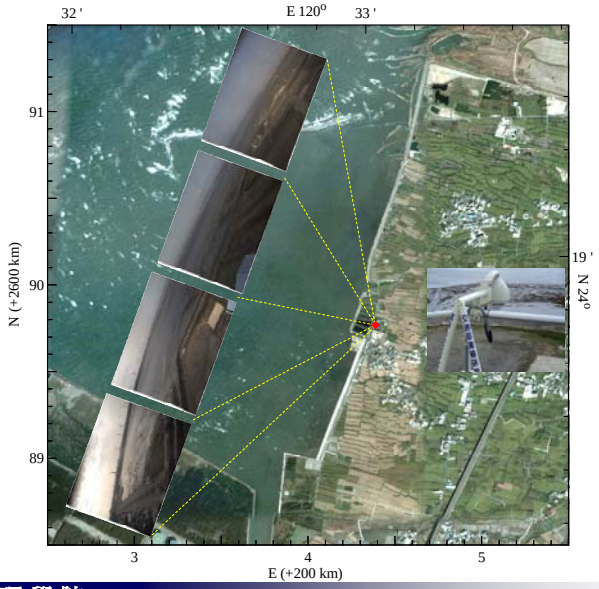
西子灣海域近岸波流場影像觀測 — 單向

2010/03/18 - 15:00



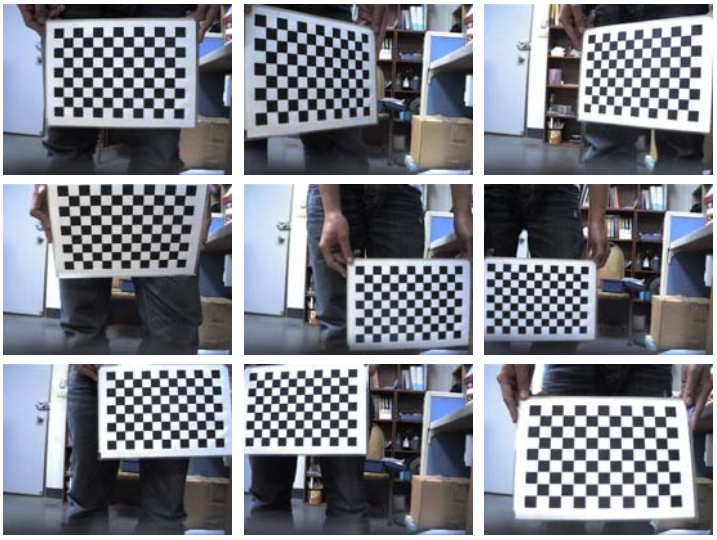


高美濕地影像觀測站設置



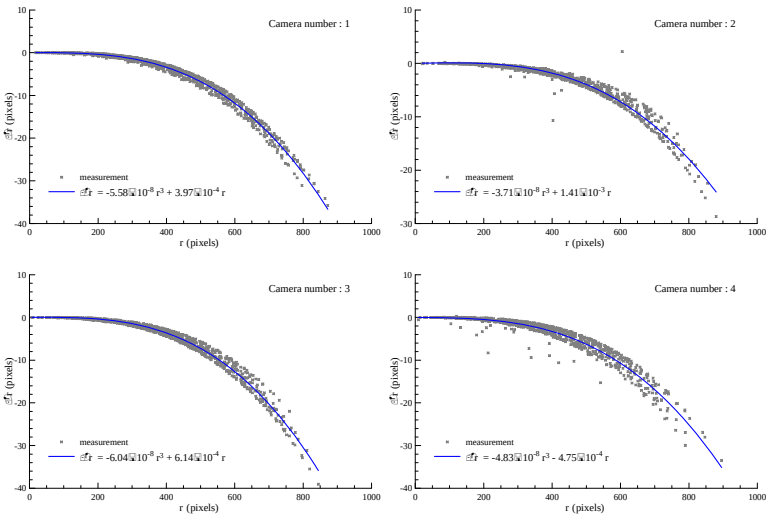
高美濕地影像觀測站設置

攝影機內部參數校正 — 棋盤格影像



高美濕地影像觀測站設置

徑向扭曲參數檢定



高美濕地影像觀測站設置

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果

攝影機參數	攝影鏡頭編號：1	攝影鏡頭編號：2	攝影鏡頭編號：3	攝影鏡頭編號：4
鏡頭焦距	1926.805	2001.406	1919.259	1946.962
u_0	786.769	786.596	819.900	769.886
v_0	639.856	647.776	570.411	517.145
k_1	-5.580×10^{-8}	-3.714×10^{-8}	-6.041×10^{-8}	-4.832×10^{-8}
k_2	3.973×10^{-4}	1.406×10^{-3}	6.136×10^{-4}	-4.749×10^{-4}
λ_u	1.006	1.001	1.005	1.003

高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測　　2010/04/29

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			

一等水準點 - K400

GCP檢測

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

高美濕地影像觀測站設置

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	204446.808	2689718.626	38.4945

高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 1-1	204472.846	2689853.549	3.3103	1170	1065
校正點 1-2	204457.150	2689844.348	3.1447	970	1062
校正點 1-3	204454.414	2689946.097	6.6406	928	779
校正點 1-4	204473.426	2689972.511	4.6841	1041	788
校正點 1-5	204403.405	2689890.959	2.7535	378	786
校正點 1-6	204381.857	2689889.953	3.4000	156	733
校正點 1-7	204400.106	2689993.628	6.3472	553	662

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 2-1	204337.206	2689770.163	4.7907	233	761
校正點 2-2	204344.964	2689796.011	5.4628	642	742
校正點 2-3	204349.989	2689794.390	2.1120	655	809
校正點 2-4	204360.598	2689838.707	5.5934	1210	734
校正點 2-5	204391.678	2689820.046	2.2514	1438	935
校正點 2-6	204362.930	2689752.583	2.7160	137	988

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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

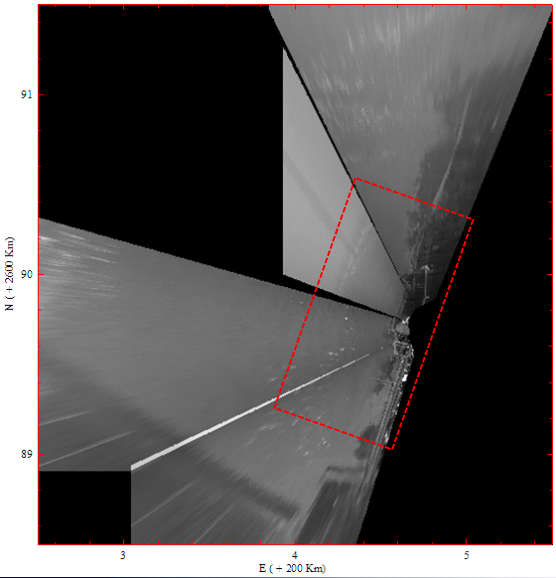
高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 3-1	204370.758	2689741.565	2.4330	1505	1073
校正點 3-2	204366.613	2689726.499	2.5311	1129	1035
校正點 3-3	204351.167	2689731.436	2.5518	1200	914
校正點 3-4	204356.006	2689746.550	2.4794	1522	935
校正點 3-5	204355.714	2689676.921	5.8129	145	925
校正點 3-6	204320.415	2689689.624	5.5983	523	738
校正點 3-7	203072.838	2689221.566	4.5085	227	322
校正點 3-8	202897.670	2689322.730	4.5981	425	302

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 4-1	204321.451	2689610.599	3.9972	1113	786
校正點 4-2	204354.030	2689653.172	4.0811	1333	937
校正點 4-3	204387.525	2689647.624	6.8886	857	1086
校正點 4-4	204380.455	2689626.857	6.9356	710	1001
校正點 4-5	204384.068	2689625.562	6.9318	651	1020
校正點 4-6	204389.595	2689624.085	3.7336	568	1098
校正點 4-7	204376.468	2689586.277	3.7068	432	976
校正點 4-8	204370.983	2689588.246	6.9176	500	916
校正點 4-9	204324.632	2689456.153	6.9417	280	772
校正點 4-10	203779.021	2688810.844	4.5736	634	537
校正點 4-11	203601.821	2688915.849	4.4502	962	474
校正點 4-12	203425.309	2689017.911	4.2344	1265	409
校正點 4-13	203249.326	2689119.612	4.2691	1550	357

高美濕地影像觀測站設置



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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

花蓮港美崙溪口影像觀測站

畫緣起與目的

99年度計畫工作內容

花蓮港美崙溪口影像觀測站

影像觀測站選址

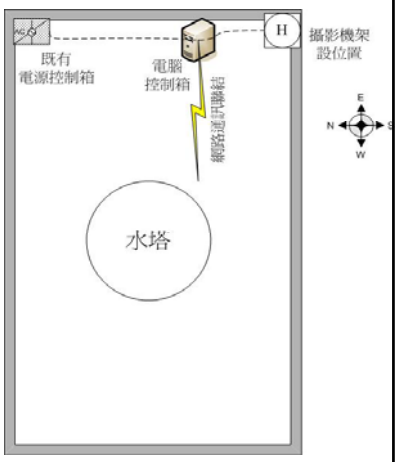
2010/04/13

後續工作規劃

畫緣起與目的

99年度計畫工作內容

花蓮港美崙溪口影像觀測站



後續工作規劃

後續工作規劃

- 西子灣海岸地形影像觀測
  持續現場觀測作業
- 西子灣海域近岸波場流場影像觀測
  持續現場觀測作業
- 海岸地形影像分析軟體開發
  - ✓ 持續進行海岸線影像自動辨識程式開發。
  - ✓ 依據2010/07/09以RTK檢測之GCP成果，將拼合影像轉爲二度分帶(TWD97)正射影像。
  - ✓ 依據2010/07/09海岸線檢測結果(RTK)，進行海岸線影像偵測結果比對。
  - ✓ 利用兩視角重疊影像，嘗試解算辨識海岸線高程；倘解算結果不佳(受限於原始影像精度)，則規劃蒐集高雄港潮位處理
- 近岸波場、流場影像分析軟體開發
  - ✓ 離岸流場影像分析
  - ✓ 波峰線影像分析

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(2/4) — 期中報告　簡報

畫緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流場影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
後續工作規劃

後續工作規劃

後續工作規劃

- 近岸波場、流場影像分析軟體開發
  - ✓ 離岸流場影像分析
  - ✓ 波峰線影像分析
- 台中港高美濕地影像觀測站架設
  - ✓ 擇期進行高美濕地影像監測站之地面控制點檢測工作，以修正攝影鏡頭編號2之物理坐標影像尺度偏差。
- 花蓮港美崙溪口影像觀測站建置
  - ✓ 於完成花蓮港務局申請建站後，規劃於本年度7月辦理現場設站工作。

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(2/4) — 期中報告 簡報

簡報完畢

敬請指教

財團法人致遠管理學院

附錄六

期末審查簡報

- 期中報告審查意見與處理情形
- 計畫緣起與目的
- 計畫工作內容
- 工作進度與內容
- 數值影像於海岸監測之發展與應用
- DLT攝影機模型理論基礎
- 西子灣海岸地形影像觀測
  - ✓ 海岸地形影像偵測方法
  - ✓ 海岸線偵測分析與驗核
  - ✓ 西子灣海岸線變遷分析
- 西子灣近岸波流影像觀測
  - ✓ 近岸流影像分析
    - ◻ 近岸流影像分析方法驗核
    - ◻ 西子灣近岸流影像分析
  - ✓ 近岸波浪傳遞影像分析
- 高美濕地影像觀測站
- 花蓮港美崙溪口影像觀測站
- 結論與建議

期中報告審查意見與處理情形

審查意見	意見回覆與處理情形
承辦單位對地形影像分析的技術已有新的開發。另外以高解析度的單向攝影機，觀測近岸流，希在理論分析方面加強，並與實測比較驗証，如果可行建議中心配合。	謝謝說明，期末報告已增作渠道水槽進行定量流試驗，於試驗影像表面流速攝影時，以ADV同步檢測流速，提供流場影像分析方法之驗核。
工作內容與題目不合，地形與波流屬不同技術，可分開研究較易集中心力。	建議計畫主辦單位，後續之類似計畫分案辦理。另依計畫工作內容，本計畫需執行西子灣海岸之地形與波流影像分析工作，期末報告已就地形與波流影像分析兩部分工作，分節說明其分析方法與成果。
潮位變化難以讓海岸線確定。故只觀測海岸線在工程上應用不大，如侵蝕淤積量的計算是否可得含量的數據。應集中心力在高程變化，可確實了解地形變化。	海岸線分析以單日每小時海岸影像資料(06:00~18:00)，偵測得水位線位置後，對應當時刻之高雄港10號碼頭潮位高度(已轉中潮系統)，同時考量波浪水位堆升(setup)作用，換算各時段之水位線高程值，再據以進行海岸線(高程)內插作業。另外，依據每月海岸線分析成果，進行海岸線變動分析說明。
計算結果用一般平面地形圖表示，較易了解。	海岸地形影像平面坐標系統，已改成以TWD97系統表示。
應用成果如西子灣的地形變化是否可詳加敘述。	已於期末報告第節，說明西子灣海岸線變化情形。

期中報告審查意見與處理情形

審查意見	意見回覆與處理情形
本年度引用RTK檢測地面控制點位置坐標(TWD97)及高程(TWVD 2001)有利於海岸地形變化分析，值得肯定。	謝謝肯定。
攝影影像疊合後之灘線與潮位之關係爲何？與GCP高程如何連結，做爲地形變遷判斷建議多加說明。	期末報告已參照委員意見加強說明，其餘如 郭委員第2點意見回覆。
由影像判讀分析波、流場及地形之相關理論、驗證，建議補充說明。	期末報告已增作有關海岸影像-海岸線偵測分析結果與即時動態衛星定位系統檢測結果之比對。有關流場影像分析方法之驗核，詳如 梁委員意見回覆。
建議期末報告中能將西子灣海岸地形變遷分析之應用成果展示。	已於期末報告第節，說明西子灣海岸地形變遷分析成果。
式()到式(2.1.6)的過程，請再思考是否有更適切的方式。	式()中係僅能提供縱、橫向之長度/相素比例爲1：1之影像轉換，而本文考量有些鏡頭影像，其縱、橫向之長度/相素比例非等比，故於式()中加入縱、橫向之長度/相素比例調整參數並無不妥。
p.2-6頁”同一點空間坐標上有可能會有兩個以上的高度值”請教其原因。	謝謝指正，已作內容之修訂。

期中報告審查意見與處理情形

審查意見	意見回覆與處理情形
p.2-11影像分析模式發展的基本假設爲攝影機與觀測物的高度相同。然實務上，攝影機通常架設於高處，其對結果的影響？是否有改善的方式。	攝影機內部校正理論係由針孔成像推演而來，而外部參數校正理論已包括攝影機三維坐標與傾角等資訊；因此，可以運用俯視攝影方式進行觀測物之監測，如著名之Argus影像觀測系統即採類似之理論。
沿岸流分析中潮流的影響如何考量?	潮流等相對於碎波後產生之氣泡移動屬低頻波動，式()中之分析最小週波數kmin可用以濾除潮流影響。
地形變遷爲計畫主題，應加強探討。	謝謝說明，於期末報告第節，說明西子灣海岸地形變遷分析成果。
上一年度之邊緣偵測及本年度之主動輪廓模式之應用差異及優劣比較，建議補充說明。	邊緣偵測法，其偵測梯度閾值易受空間亮度影響，導致海岸線誤判情形；故本年度採主動輪廓模式進行分析。
近岸流場影像分析之原理，請詳細補充說明。同時應強調其爲表面平均流(多大之平面範圍及多久之時間長度)，其解析度之評估。	期末報告已補充近岸流場影像分析理論及增作分析方法驗核作業。
本研究建議著重在海岸地形變遷方面，其他如何利用影像分析結果在波流場之監測可作爲次要目標。	參照辦理。

期中報告審查意見與處理情形

審查意見	意見回覆與處理情形
對於後續高美濕地之地面控制點測量工作及花蓮港美崙溪口攝影機設置規劃及硬體架設，請密切與本中心聯絡儘速進行	參照辦理。
報告請參照本中心相關規定格式修正、編輯。	參照辦理。
經全數委員同意，本計畫期中報告審查通過。	謝謝肯定。
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。	期末報告已參考審查委員意見，辦理必要之修正工作。
請致遠管理學院依審查意見研提處理情形答覆意見送本所審查後，作爲修正報告之依據。	參照辦理。另意見回覆內容與處理情形如期末報告附錄。
請致遠管理學院配合本所行政作業，儘速完成合約規定事項	參照辦理。

計畫緣起與目的

高雄港、台中港與花蓮港爲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

- 可供港阜鄰近海域之船舶航行安全維護
- 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
- 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
- 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

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

計畫緣起與目的

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爲之

近岸波流監測方面，常運用底碇式潮波流儀與波浪觀測浮標等儀器進行測量，惟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。另連續之海岸地形與波流監測常需耗費龐大的監測經費。

近年來，攝影機硬體與影像分析技術大幅提升，透過觀測站得到單張影像、平均影像及曝光影像

- 可分析海岸線的變化、近岸沙洲變化、離岸流等
- 配合像素陣列、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

99年度計畫工作內容

年度	研究內容與工作項目
98 (已完成)	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 (本年度)	利用高雄港西子灣之現場影像資料庫進行 持續影像分析軟體開發 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
	台中港高美濕地現場影像觀測站 (規劃完成全幅影像拼接) 花蓮港美崙溪口現場影像觀測站選址

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

目前工作進度與內容

工作項目	工作內容
1.西子灣海岸地形影像監測分析	參照第一年度海岸地形影像分析問題，進行拼合影像條紋與相鄰兩影像視角亮度差異改善，其中爲利海岸地形影像自動辨識處理，拼合影像再進行自適增強與銳化之數值影像處理作業 依主動輪廓模式方法，配合高雄港10號碼頭潮位資料與高雄港外海波浪資料，以潮位修正及潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式，進行西子灣海岸線分析 爲檢核海岸線分析資料之合理性，乃於2010年7月9日以即時動態衛星定位系統，進行西子灣海岸線現場測量工作。 潮位配合波浪水位堆升(setup)修正等兩種方式，約逐月分析計畫西子灣海岸線，並進行海岸線變遷分析作業。
2.西子灣近岸波流場影像監測與分析	完成西子灣單向攝影機之影像校正與重建作業 渠道水槽進行影像流速驗核試驗 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)爲例，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 依波浪傳遞時間歷程影像，計算波峰移動速度，配合微小振幅波理論分析海岸波浪傳遞之淺化係數變化

目前工作進度與內容

工作項目	工作內容
3.台中港高美濕地現場影像觀測站架設	A.已於4/29、8/12完成影像觀測站(4個攝影鏡頭)之地面控制點檢測 B.依據檢定結果彙整影像座標與地面控制點座標(TWD97系統)對照表。 C.進行各視角外部參數校正及高美濕地全景影像拼接
4.花蓮港美崙溪口現場影像觀測站選址	A.於4月13日會同計畫主辦單位進行現場勘查。 B.選定較佳之影像觀測站位址

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

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爲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爲門檻值，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爲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

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

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

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，以灰階影像爲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。

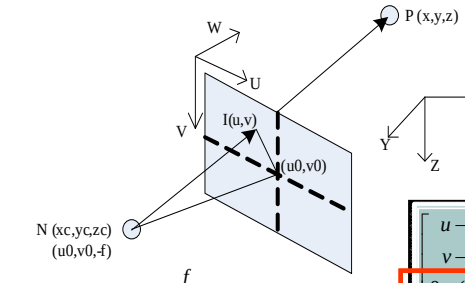
Uunk等人(2010)成功發展出可自動化判讀潮間帶特徵地形之方法，可應用於退潮時方可見潮間帶砂連之緩變坡度海岸。

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、航道淺淤、海灘遊憩、生態保護等方面之管理 。

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
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



$\overline{NP}$(XYZ座標系統)

$\overline{NI}$(UVW座標系統)

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

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

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

攝影機校正 —直接線性轉換

$$u=\frac{L_1x+L_2y+L_3z+L_4}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1} \qquad v=\frac{L_5x+L_6y+L_7z+L_8}{L_9x+L_{10}y+L_{11}z+1}$$

$$\begin{bmatrix} L_1-L_9u & L_2-L_{10}u & L_3-L_{11}u \\ L_5-L_9v & L_6-L_{10}v & L_7-L_{11}v \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} u-L_4 \\ v-L_8 \end{bmatrix}$$

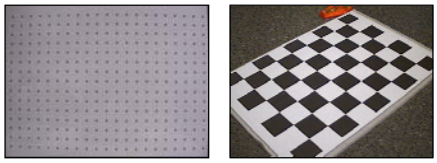
空間限制法 – 假設z為定值求解
只適合無明顯高程之影像區域
(正常情況需要最少2台攝影機資訊求解三維座標)

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

$$z=0$$
$$(x_{ij},y_{ij})=(i,j)$$

攝影機內部校正板



$$\begin{cases} iL_1+jL_2+L_4-iu_{ij}^dL_9-ju_{ij}^dL_{10}=u_{ij}^d, & i=1\cdots m, \quad j=1\cdots n \\ iL_5+jL_6+L_8-iv_{ij}^dL_9-jv_{ij}^dL_{10}=v_{ij}^d, & i=1\cdots m, \quad j=1\cdots n \end{cases}$$

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

攝影機校正 — 內部參數校正與扭曲校正

徑向扭曲模式

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

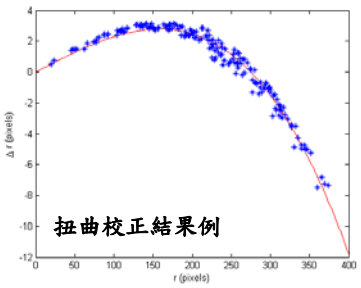
$$\Delta r_{ij} = \sqrt{(u_{ij}^d - u_0)^2 + (v_{ij}^d - v_0)^2} - \sqrt{(u_{ij}^p - u_0)^2 + (v_{ij}^p - v_0)^2}$$

$$\Delta r = k_1 r^3 + k_2 r$$

正規化均勻分佈校正格點

$$\lambda_v = 1$$

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



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

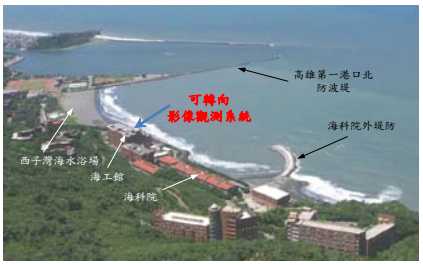
一階泰勒展開線性化求疊代項

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

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

空間中最少需要四點控制點

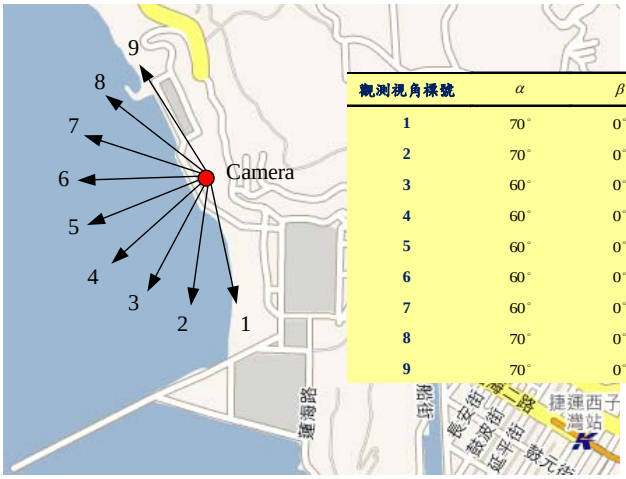
西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向



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

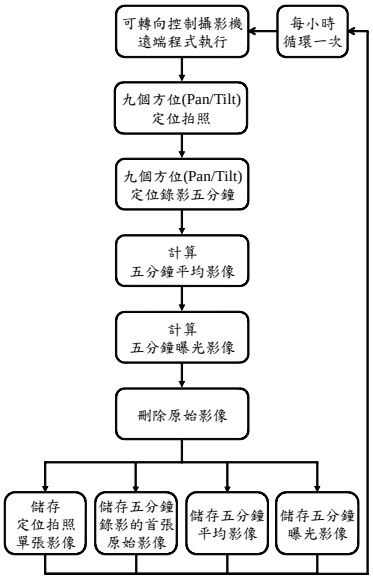


觀測視角標號	α	β	γ
1	70°	0°	– 80°
2	70°	0°	– 60°
3	60°	0°	– 40°
4	60°	0°	– 20°
5	60°	0°	0°
6	60°	0°	20°
7	60°	0°	40°
8	70°	0°	60°
9	70°	0°	80°

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

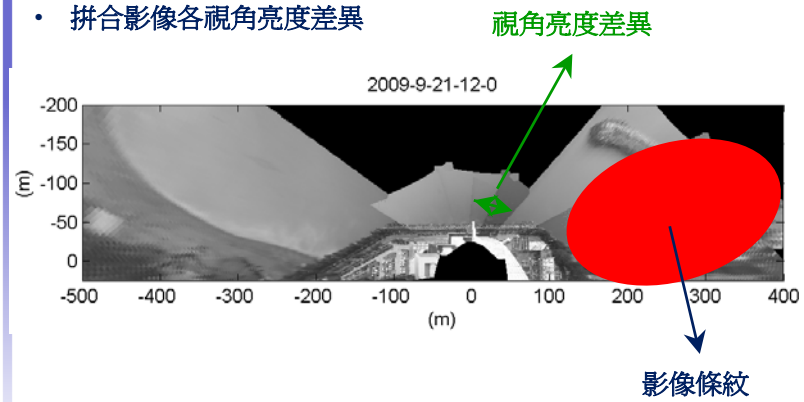
西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向



西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式問題

- 拼合影像有條紋現象
- 拼合影像各視角亮度差異



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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
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

第一年度影像拼合程式改善

- 拼合影像有條紋現象

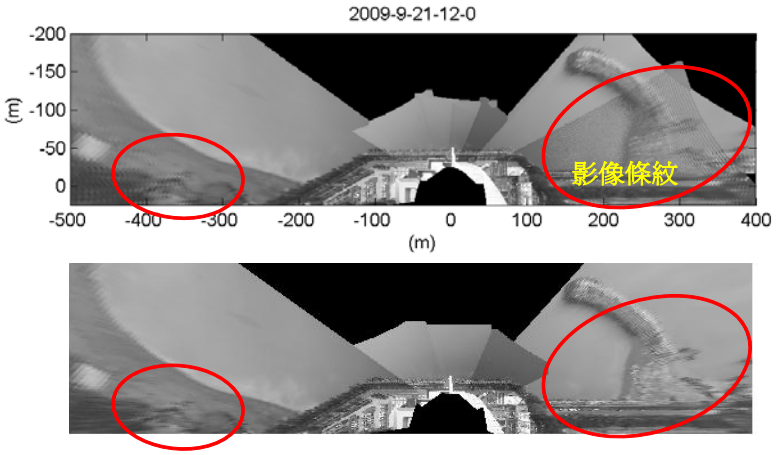
  解決方法：以最鄰近點法調整影像重建方式，其結果已改善拼合影像出現條紋情形。
- 拼合影像各視角亮度差異

  解決方法：影像拼合時，考量就各視角重疊區之平均亮度進行調整，其結果已可降低兩視角影像拼合後亮度差異，造成後續自動灘線辨識處理困難。
- 其他

  拼合影像進行自適增強與銳化之影像處理程序，除使原始拼接影像視覺立體與清晰外，並有助後續自動灘線辨識之處理。

西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

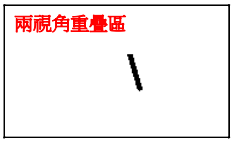
第一年度影像拼合程式改善　影像重建調整

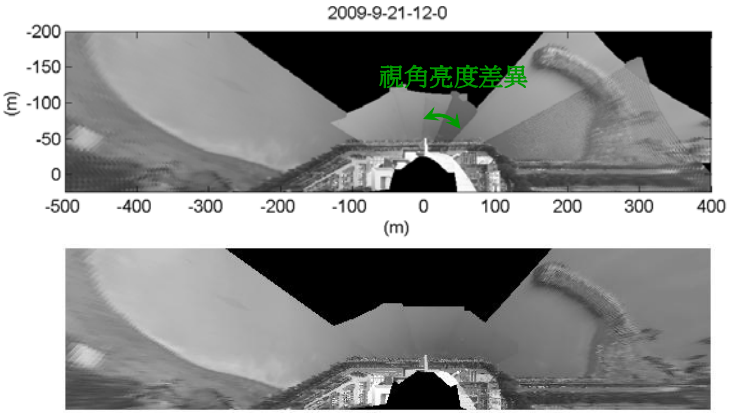


西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式改善

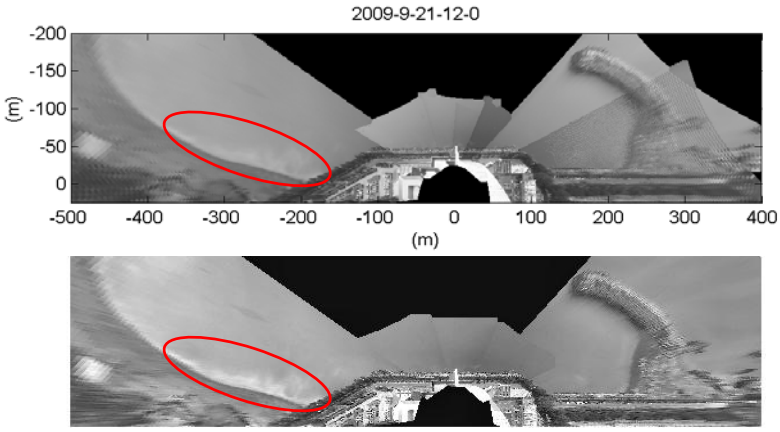
重疊區兩度調整





西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

第一年度影像拼合程式改善　自適增強與銳化

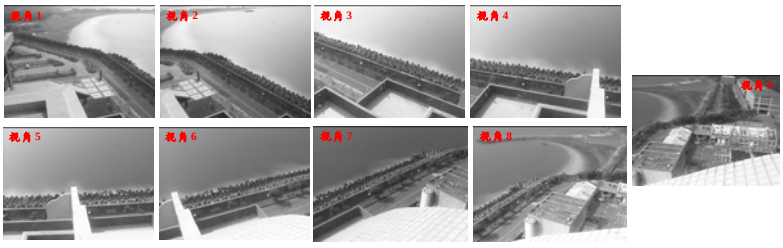


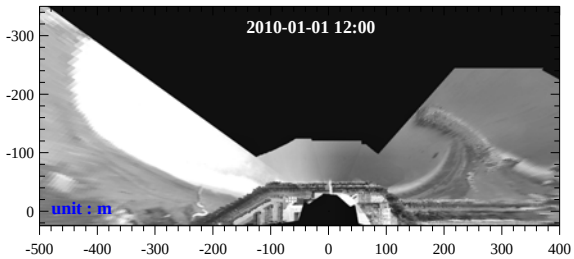
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
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

第一年度影像拼合程式改善　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 — 偵測方法

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

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

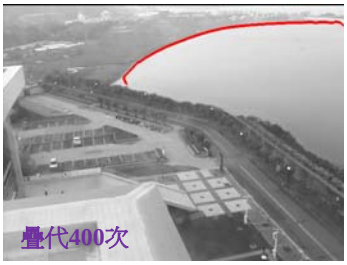
其中，$\kappa=div(\nabla\phi(x)/\|\nabla\phi(x)\|)$ 相當於輪廓曲線的曲率，c 則為與曲線擴張有關的常數。

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

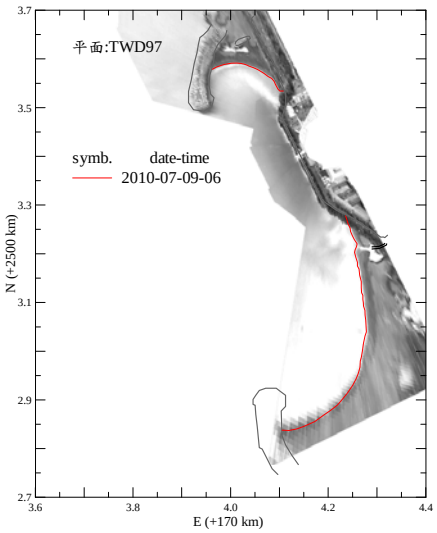
西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 — 偵測方法



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



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 — 海岸線偵測分析與驗核

- 潮位修正
  - ✓ 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(轉爲中潮系統)，換算各時段之水位線高程值
  - ✓ 再據以進行海岸線(中潮系統高程爲0m)內插作業
- 潮位配合波浪水位堆升(setup)修正

- ✓ 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爲前灘坡度，H_0爲深海示性波高，T_0爲深海示性週期

- ✓ 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

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 — 海岸線偵測分析與驗核

- 西子灣現場海岸線測量
  - ✓ 2010年7月9日
  - ✓ 即時動態衛星定位系統 (RTK，雙頻)
  - ✓ 高潮灘線 ~ 低潮灘線

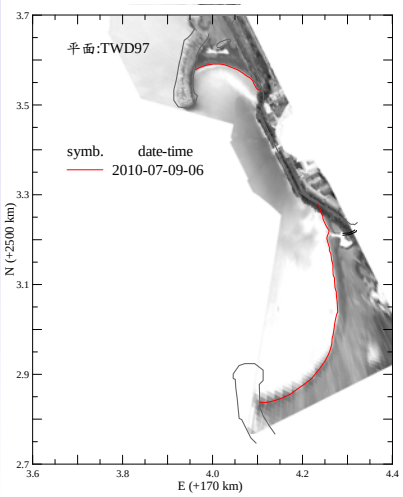
儀器名稱		觀測項目	主要儀器規格
NovAtel DL-2		坐標與高程定位	即時定位精度：±2 cm 後處理精度：0.5cm(±1ppm) DL-2坐標輸出頻率：10 Hz DL-4坐標輸出頻率：20 Hz
NovAtel DL-4			

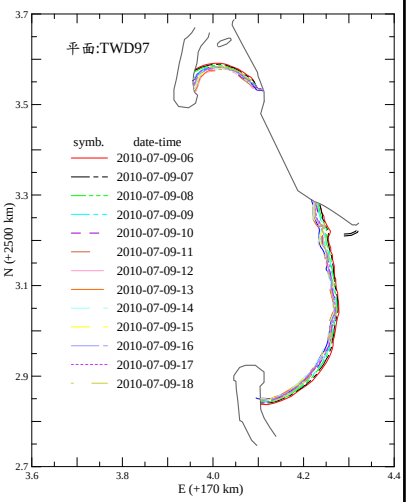
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
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 — 海岸線偵測分析與驗核

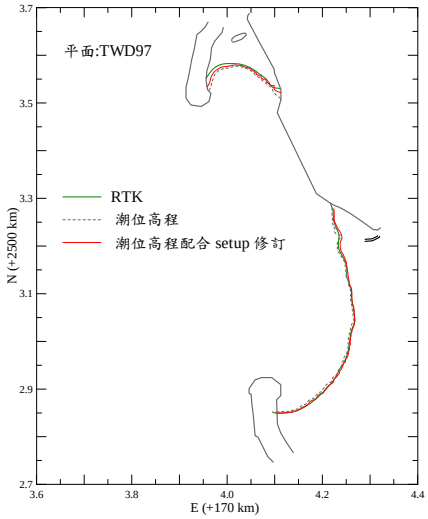


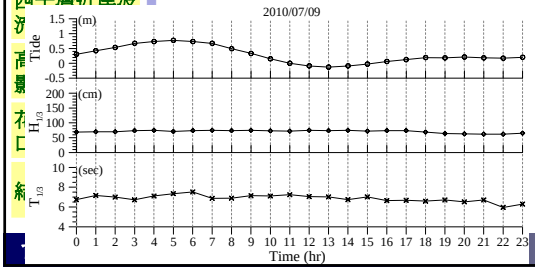


西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

海岸地形影像偵測與分析 — 海岸線偵測分析與驗核

- 潮位修正:北岬頭海岸線與RTK檢測者之位置偏差平均約8m，而南岬頭海岸者約爲4m
- 潮位配合波浪水位堆升:於北岬頭海岸除在靠近岬頭附近有較大之偏差外，其餘地區尚稱接近，其偏差平均約3m，在南岬頭海岸方面，其海岸線分析結果相對於RTK檢測者甚爲接近，其位置偏差平均約1m



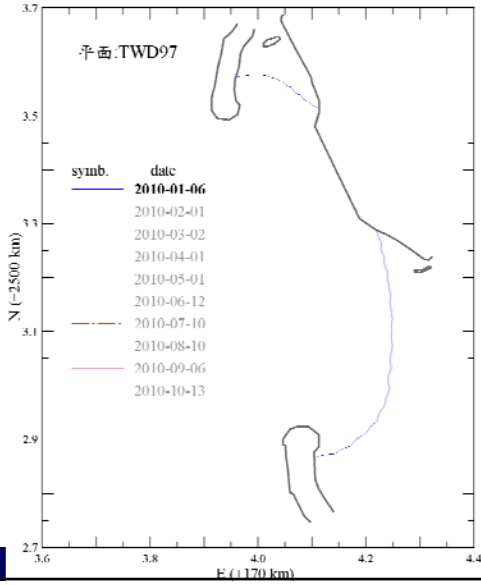


交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

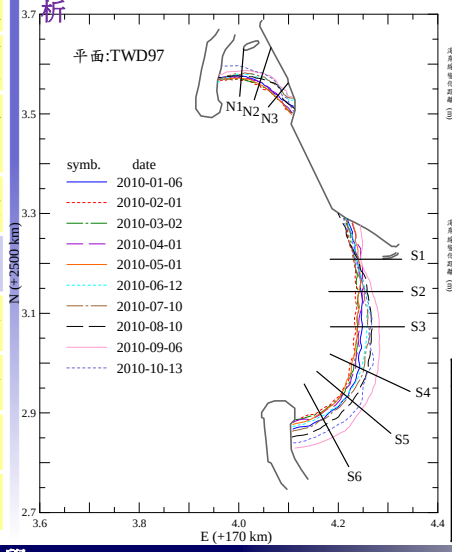
西子灣海岸地形影像觀測 — 可轉向

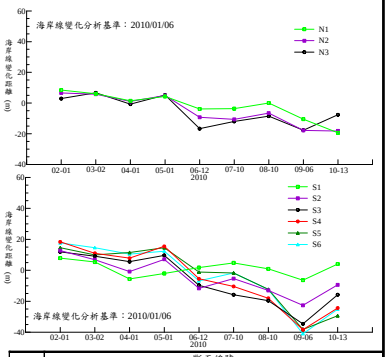
海岸地形影像偵測與分析 — 西子灣海岸線變遷分析



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



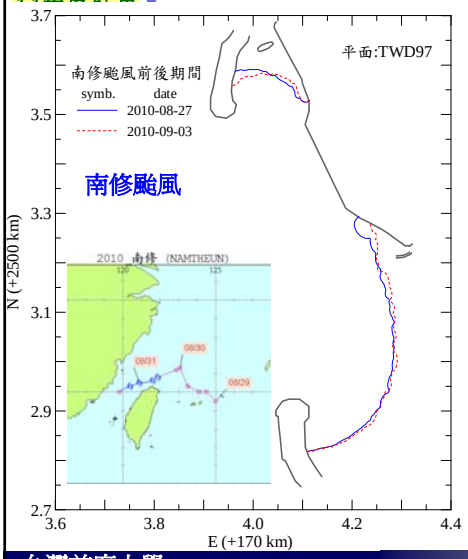


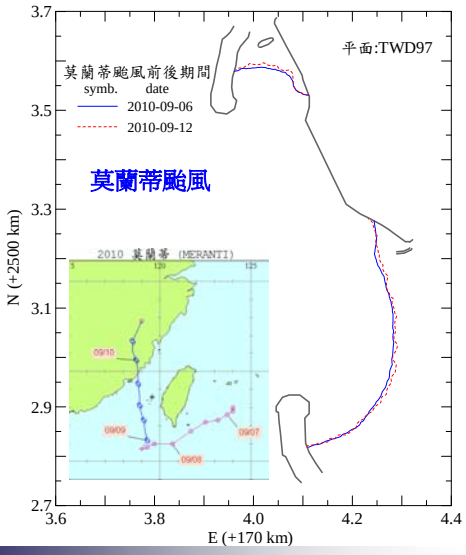
日期	斷面編號								
	N1	N2	N3	S1	S2	S3	S4	S5	S6
02/01	8.43	6.61	2.91	7.90	12.70	11.94	18.37	14.59	17.70
03/02	6.12	5.77	6.68	5.36	6.86	9.14	11.02	9.98	14.64
04/01	1.52	1.12	-0.71	-5.59	-0.79	5.59	7.83	11.48	10.51
05/01	4.31	4.93	5.27	-2.03	7.12	9.65	15.48	14.59	12.32
06/12	-3.83	-9.21	-16.65	1.79	-11.68	-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

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫

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



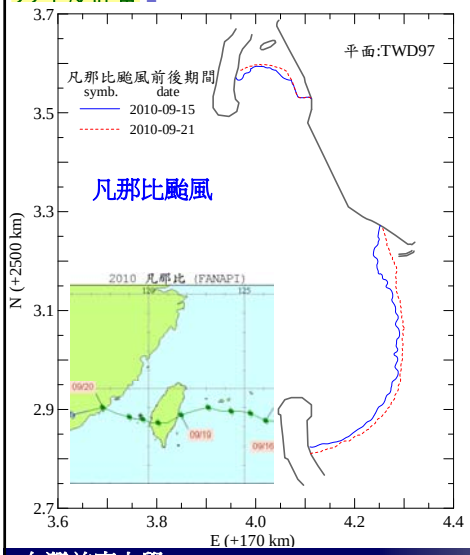


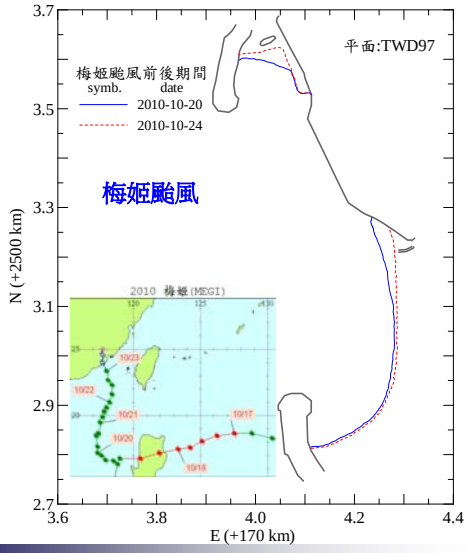
緣起與目的

99年度計畫

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





緣起與目的

99年度計畫工作內容

目前工作進度與內容

數值影像於海岸監測之發展與應用

DLT 攝影機模型理論基礎

西子灣海岸地形影像觀測

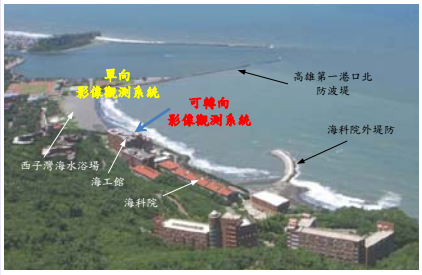
西子灣近岸波流影像觀測

高美濕地影像觀測站

花蓮港美崙溪口影像觀測站

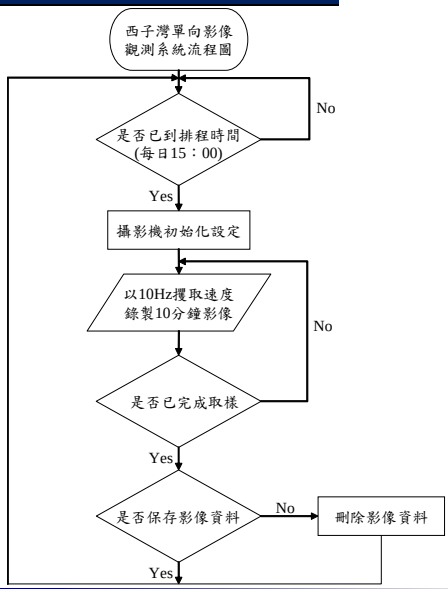
結論與建議

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

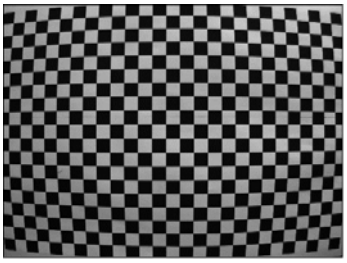
西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向

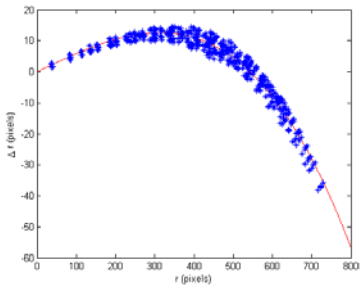


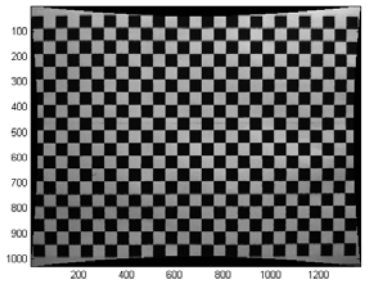
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

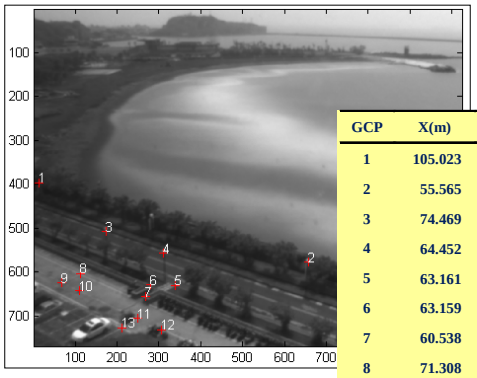
西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向







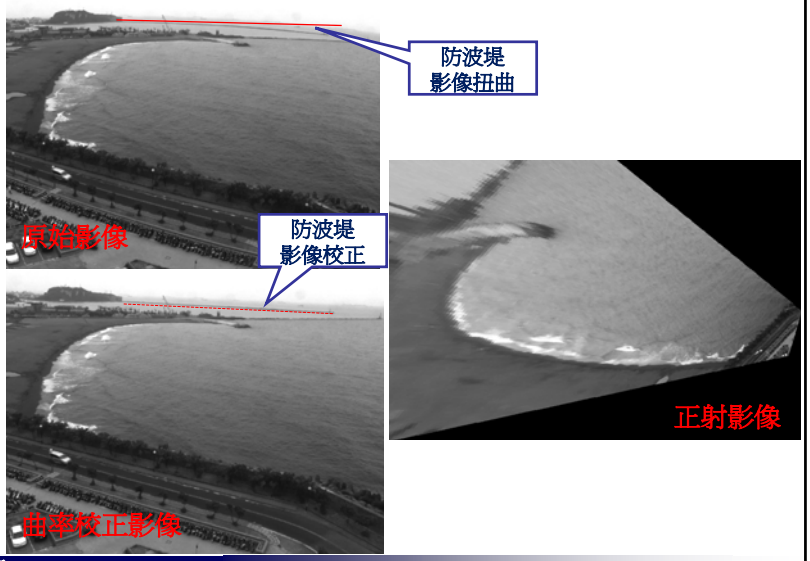
西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向



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

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
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

近岸流影像分析方法驗核

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* 爲影像亮度，*f* 爲頻率，*t* 爲時間，*x* 爲向離岸位置，*y* 爲沿岸位置，*ky* 爲沿岸方向之週波數。

$$S(f,k_y)=\hat{I}(t,y)*\hat{I}(t,y)$$

$$\mathrm{var}\{S(f,k_y)\}=\iint S(f,k_y)dfdk_y=\iint S(v,k_y)|k|dvdk_y$$

式中|k|爲Jacobian行列式

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

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(2/4) — 期末報告　簡報

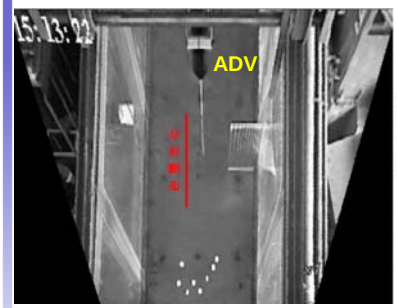
緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

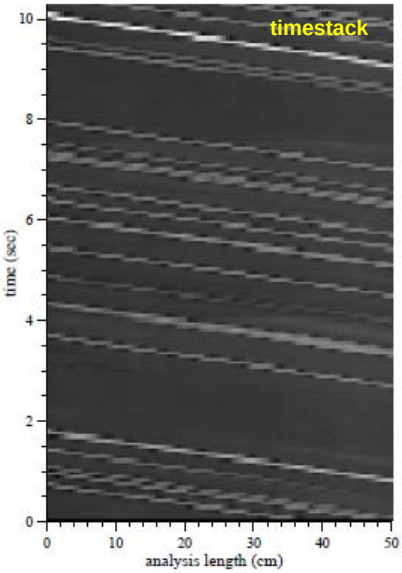
西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向

近岸流影像分析方法驗核

渠道水槽 流速試驗

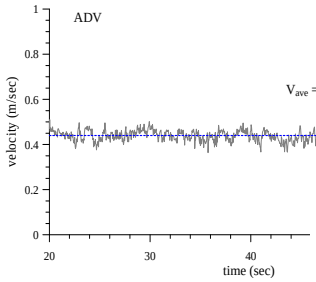
定流量

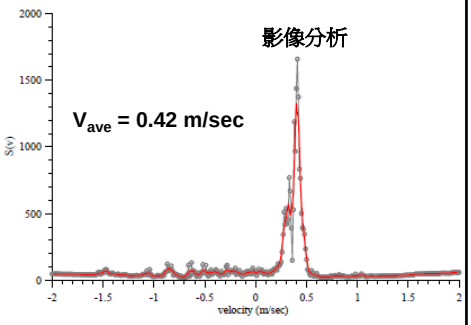




西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向

近岸流影像分析方法驗核





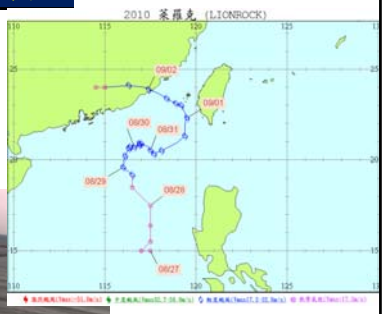
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

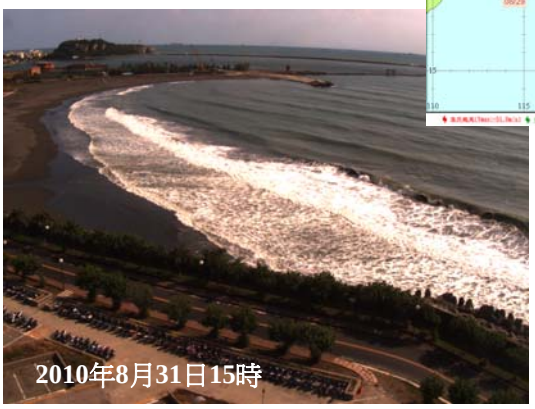
緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

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

2010年8月萊羅克颱風



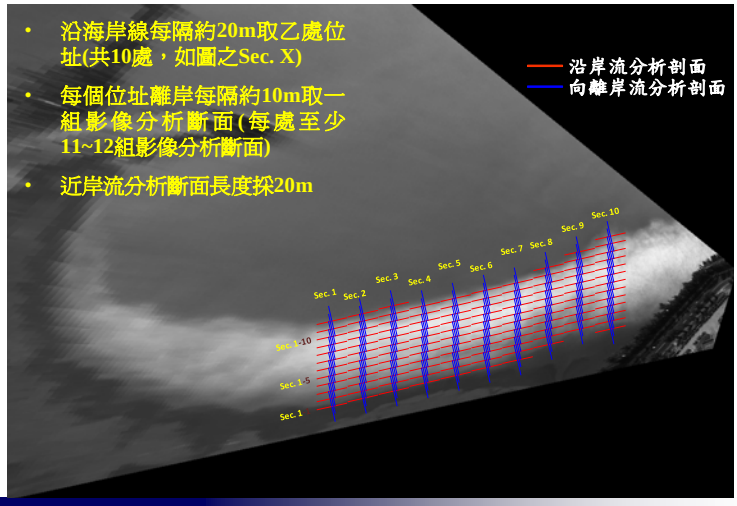


西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向

西子灣近岸流影像分析

2010年8月萊羅克颱風

- 沿海岸線每隔約20m取乙處位址(共10處，如圖之Sec. X)
- 每個位址離岸每隔約10m取一組影像分析斷面(每處至少11~12組影像分析斷面)
- 近岸流分析斷面長度採20m

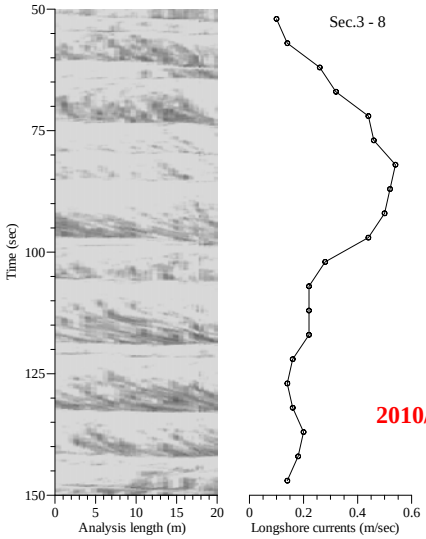


緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

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

Sec.3-8剖面

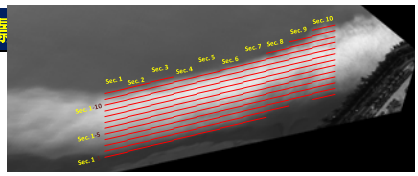


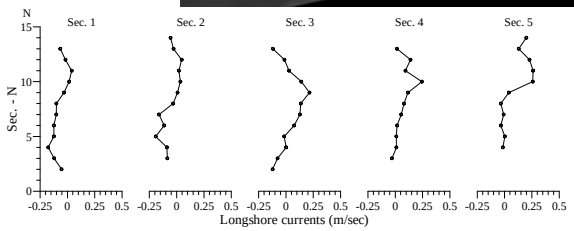
2010/08/31 - 15:00

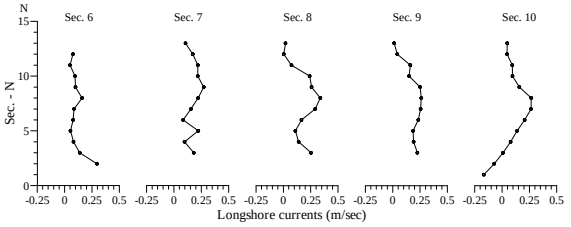
西子灣海域近岸波流影

西子灣近岸流影像分析

— 沿岸流剖面







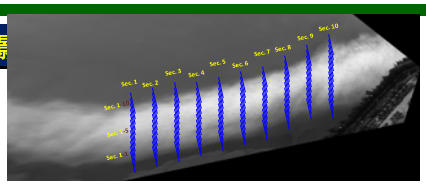
交通部運輸研究所　海岸地形變遷之現場影像分析應用研究(2/4) — 期末報告　簡報

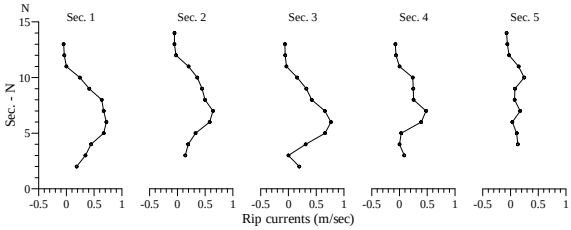
緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

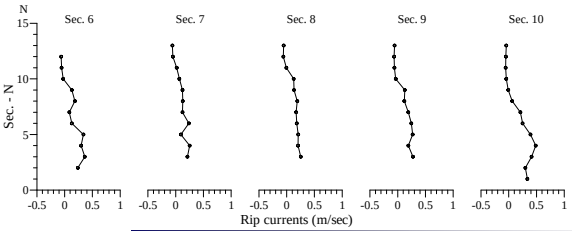
西子灣海域近岸波流影

西子灣近岸流影像分析

— 向離岸流剖面

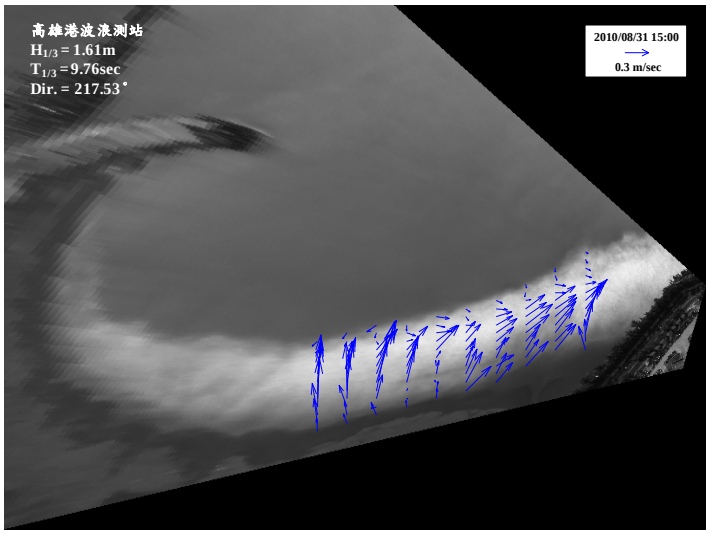






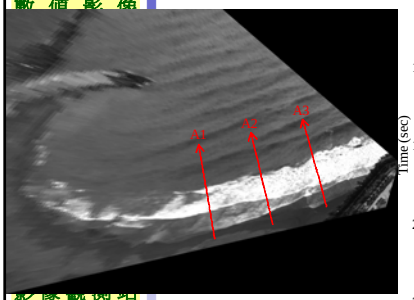
西子灣海域近岸波流影像觀測 — 單向

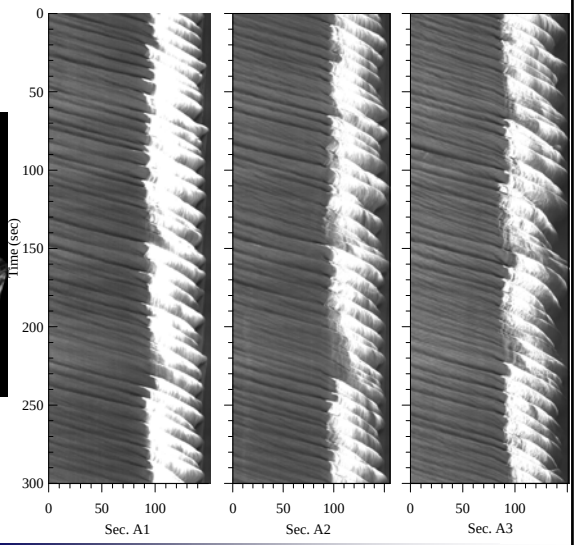
西子灣近岸流影像分析 — 近岸流平面流場



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

- 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爲波浪位相移動速度(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

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

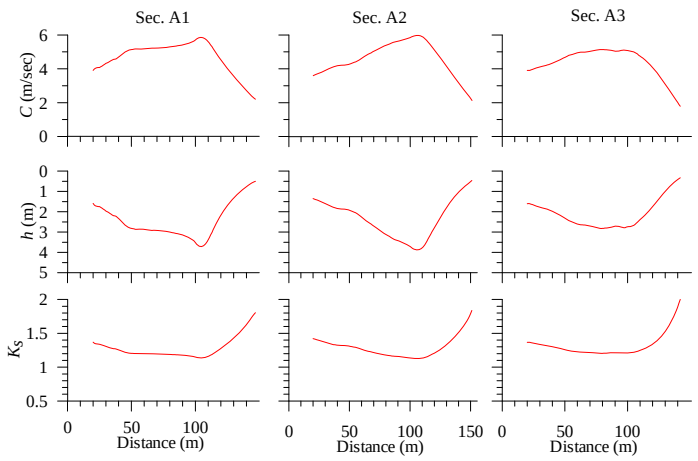
- 淺化係數

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{2n}\frac{1}{\tanh kh}} \qquad n = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh}\right)$$

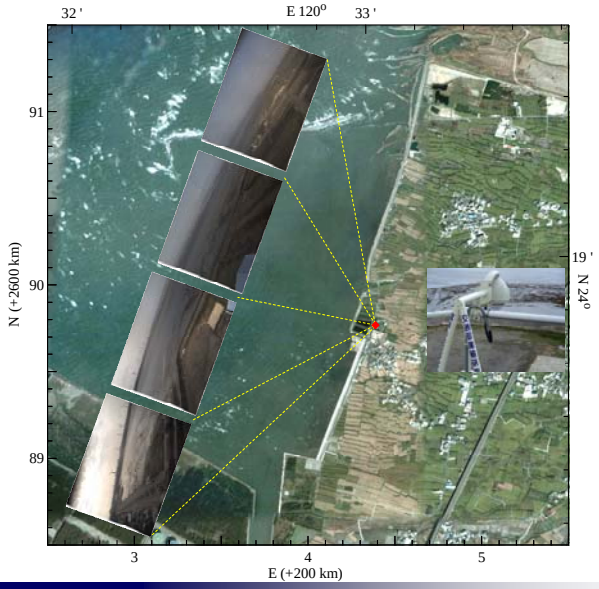
緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
DLT 攝影機模型理論基礎
西子灣海岸地形影像觀測
西子灣近岸波流影像觀測
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

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

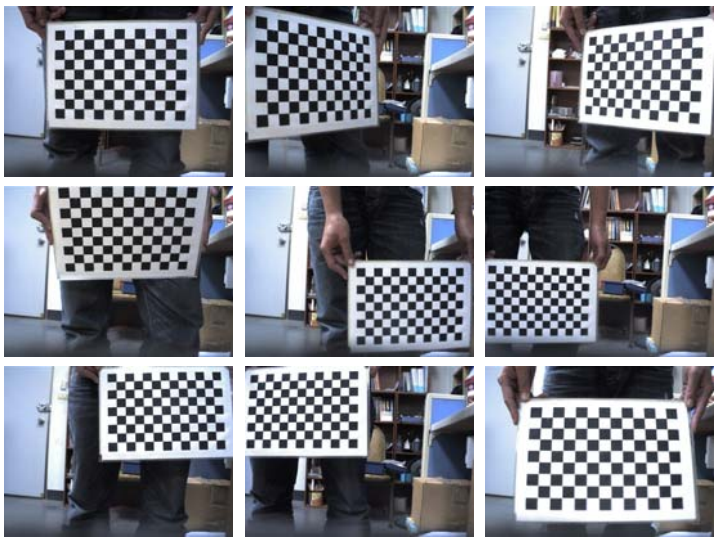


高美濕地影像觀測站設置



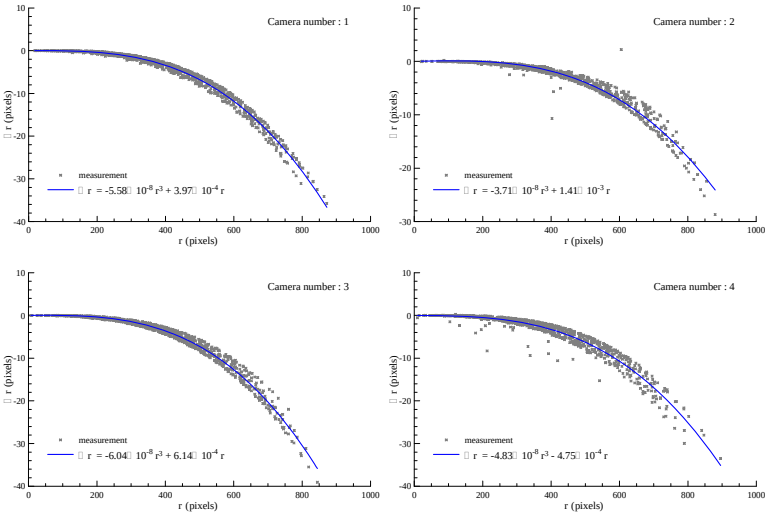
高美濕地影像觀測站設置

攝影機內部參數校正 — 棋盤格影像



高美濕地影像觀測站設置

徑向扭曲參數檢定



緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

高美濕地影像觀測站設置

攝影機內部參數與徑向扭曲參數檢定結果

攝影機參數	攝影鏡頭編號：1	攝影鏡頭編號：2	攝影鏡頭編號：3	攝影鏡頭編號：4
鏡頭焦距	1926.805	2001.406	1919.259	1946.962
u_0	786.769	786.596	819.900	769.886
v_0	639.856	647.776	570.411	517.145
k_1	-5.580×10^{-8}	-3.714×10^{-8}	-6.041×10^{-8}	-4.832×10^{-8}
k_2	3.973×10^{-4}	1.406×10^{-3}	6.136×10^{-4}	-4.749×10^{-4}
λ_u	1.006	1.001	1.005	1.003

高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測　　2010/04/29

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			

一等水準點 - K400

GCP檢測

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

高美濕地影像觀測站設置

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	204446.808	2689718.626	38.4945

高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測(2010/04/29)

Camera - 1

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 1-1	204472.846	2689853.549	3.3103	1170	1065
校正點 1-2	204457.150	2689844.348	3.1447	970	1062
校正點 1-3	204454.414	2689946.097	6.6406	928	779
校正點 1-4	204473.426	2689972.511	4.6841	1041	788
校正點 1-5	204403.405	2689890.959	2.7535	378	786
校正點 1-6	204381.857	2689889.953	3.4000	156	733
校正點 1-7	204400.106	2689993.628	6.3472	553	662

Camera - 2

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 2-1	204337.206	2689770.163	4.7907	233	761
校正點 2-2	204344.964	2689796.011	5.4628	642	742
校正點 2-3	204349.989	2689794.390	2.1120	655	809
校正點 2-4	204360.598	2689838.707	5.5934	1210	734
校正點 2-5	204391.678	2689820.046	2.2514	1438	935
校正點 2-6	204362.930	2689752.583	2.7160	137	988

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

高美濕地影像觀測站設置

地面控制點檢測(2010/04/29)

Camera - 3

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 3-1	204370.758	2689741.565	2.4330	1505	1073
校正點 3-2	204366.613	2689726.499	2.5311	1129	1035
校正點 3-3	204351.167	2689731.436	2.5518	1200	914
校正點 3-4	204356.006	2689746.550	2.4794	1522	935
校正點 3-5	204355.714	2689676.921	5.8129	145	925
校正點 3-6	204320.415	2689689.624	5.5983	523	738
校正點 3-7	203072.838	2689221.566	4.5085	227	322
校正點 3-8	202897.670	2689322.730	4.5981	425	302

Camera - 4

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 4-1	204321.451	2689610.599	3.9972	1113	786
校正點 4-2	204354.030	2689653.172	4.0811	1333	937
校正點 4-3	204387.525	2689647.624	6.8886	857	1086
校正點 4-4	204380.455	2689626.857	6.9356	710	1001
校正點 4-5	204384.068	2689625.562	6.9318	651	1020
校正點 4-6	204389.595	2689624.085	3.7336	568	1098
校正點 4-7	204376.468	2689586.277	3.7068	432	976
校正點 4-8	204370.983	2689588.246	6.9176	500	916
校正點 4-9	204324.632	2689456.153	6.9417	280	772
校正點 4-10	203779.021	2688810.844	4.5736	634	537
校正點 4-11	203601.821	2688915.849	4.4502	962	474
校正點 4-12	203425.309	2689017.911	4.2344	1265	409
校正點 4-13	203249.326	2689119.612	4.2691	1550	357

高美濕地影像觀測站設置

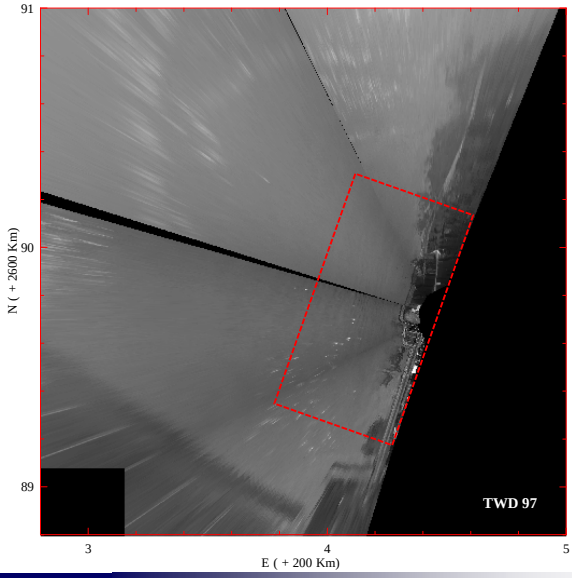
地面控制點檢測(2010/08/12)

檢測項目	二度分帶坐標		高程	影像坐標	
	E(m)	N(m)	Z(m)	U	V
校正點 2-1	204391.569	2689758.276	2.562	567	1186
校正點 2-2	204336.677	2689759.148	3.362	79	796
校正點 2-3	204365.169	2689840.875	3.156	1268	768
校正點 2-4	204407.966	2689796.134	2.308	1449	1117

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

高美濕地影像觀測站設置



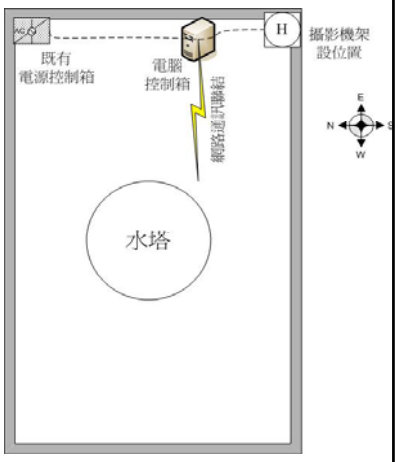
花蓮港美崙溪口影像觀測站

花蓮港美崙溪口影像觀測站

影像觀測站選址

2010/04/13

花蓮港美崙溪口影像觀測站



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(2/4) — 期末報告　簡報

結論與建議

- 本年度海岸全景影像拼接方式，參照第一年度海岸地形影像分析問題，進行拼合影像條紋與相鄰兩影像視角亮度差異改善，另爲利海岸地形影像自動辨識處理，海岸全景拼合影像再進行自適增強與銳化之數值影像處理作業。
- 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1~10月西子灣海岸影像變遷分析結果，西子灣南、北岬頭海岸線大致呈夏季後退侵蝕，冬季淤淺成長現象，但就長期間而論(2010年1~10月)，整體之海岸線變化仍爲後退趨勢，其中北岬頭海岸線約後退7.62~19.36m，而北岬頭海岸線除斷面S1爲往外海成長約4.07m外，其餘地區之海岸線後退約9.39~29.32 m，且海岸線後退幅度越往南越大。

結論與建議

- 本年度歷經萊羅克(侵台期間爲08/31~09/02)、莫蘭蒂(侵台期間爲09/09~10)與凡那比(09/17~20)颱風前後，南、北岬頭海岸線都有後退的情況，其中北岬頭海岸線，除斷面N3附近海岸線變化不明顯外，斷面N1~N2之海岸線約後退11~19m；南岬頭海岸線，除靠中山大學海科院較平直海岸段(斷面S1~S4)之海岸線變化不明顯外，灣岸段(斷面S5~S6)海岸線約後退12~17m。
- 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爲0.42m/sec，而由NORTEK ADV流速儀所檢測者，其平均流速爲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。另爲驗核本方法應用於現場之可行性，建議後續辦理有關現場波流調查工作進行檢核。
- 由2010年8月31日西子灣單向攝影機影像近岸流分析結果，於靠近南岬頭灣岸段之近岸流，主要爲往外海之離岸流主導，另其沿岸流在Sec.1~Sec.2等處之流向爲往高雄港方向，而靠中山大學海科院附近海域段(Sec.4~Sec.10)，其近岸流主要爲往海科院之沿岸流所主導，且其流場有聚集於Sec.-7~-9區帶再往海科院方向流動情形。

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(2/4) — 期末報告　簡報

緣起與目的
99年度計畫工作內容
目前工作進度與內容
數值影像於海岸監測之發展與應用
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
高美濕地影像觀測站
花蓮港美崙溪口影像觀測站
結論與建議

結論與建議

- 依波浪傳遞影像分析結果，波浪由水深較深區域往海岸傳遞時，各斷面至碎波處其波速呈漸增情形、淺化係數略呈遞減狀態，其可能係水深較深區域有潛沒砂洲地形所致，而碎波處至海岸區段因水深變淺，波速呈急遽下降情況，而以微小振幅波理論所計算之波浪淺化係數呈漸增情形，其已不適用於實際海岸之波浪傳遞。另爲驗核計算結果，建議後續辦理有關現場水深地形與波流調查工作，以檢核與發展本計畫所提波速、水深與淺化係數方法。
- 由高美濕地海岸地形影像拼接結果，攝影鏡頭編號2與3之影像無重疊，而攝影鏡頭編號1與2、編號3與4之影像有小幅度重疊。高美濕地海岸範圍廣泛，沿岸長度約2.5公里，且台中港鄰近海岸潮差甚大，退潮時段海岸線已離堤線約2公里，因影像解析力與攝影距離限制，以致此部分在影像重建內插後會有模糊情形，其結果應用於退潮時段之海岸地形偵測，可能會造成較大偏差。
- 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，建議於攝影鏡頭防護罩上設置雨刷與噴水裝置，於每次啓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。

簡報完畢

敬請指教