

108-051-7A87

MOTC-IOT-107-H2DA002a

# 海洋雷達應用於海象觀測之探討 －應用案例探討



交通部運輸研究所

中華民國 108 年 2 月

108-051-7A87

MOTC-IOT-107-H2DA002a

# 海洋雷達應用於海象觀測之探討 －應用案例探討

著作：劉明鑫、張家穎

交通部運輸研究所

中華民國 108 年 2 月

海洋雷達應用於海象觀測之探討—應用案例探討

交通部運輸研究所

GPN: 1010800182

定價 200 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

海洋雷達應用於海象觀測之探討-應用案例探討 /  
劉明鑫, 張家穎著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通  
部運輸研究所, 民 108. 02

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-8522-3(平裝)

1. 海洋氣象

444.94

108000750

海洋雷達應用於海象觀測之探討-應用案例探討

著 者：劉明鑫、張家穎

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：[www.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587229

出版年月：中華民國 108 年 2 月

印 刷 者：采峰實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價： 200 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：1010800182 ISBN：978-986-05-8522-3 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                            |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：海洋雷達應用於海象觀測之探討-應用案例探討                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |                            |                                                              |
| 國際標準書號（或叢刊號）<br>ISBN 978-986-05-8522-3(平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 政府出版品統一編號<br>1010800182 | 運輸研究所出版品編號<br>108-051-7A87 | 計畫編號<br>MOTC-IOT-107-H2DA002a                                |
| 本所主辦單位：港灣技術研究中心<br>主管：朱金元<br>計畫主持人：劉明鑫<br>研究人員：蔡立宏<br>參與人員：張家穎<br>聯絡電話：04-26587121<br>傳真號碼：04-26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                            | 研究期間<br><br>自 107 年 1 月<br>至 107 年 12 月                      |
| 關鍵詞：海洋雷達、海浪、海流、測量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |                            |                                                              |
| <p>海氣象觀測作業為一困難與危險的工作，觀測工作常須出海佈放並維護相關觀測儀器，而透過遙測技術的發展，觀測作業將變得更為容易，而其中高頻雷達的相關技術，則實為科技發展出的一項成果，廣泛應用於各領域中，海洋雷達具有可觀測廣大範圍、維護方便及即時觀測等特性，國際上海洋雷達發展已具有一定的歷史，目前主流採用 CODAR SeaSonde 系統以及線性陣列海洋雷達 WERA 系統，而國內已有文獻探討 CODAR SeaSonde 系統並有相關研究仍在進行，但對於 WERA 系統則少有相關案例，本所自 2010 年開始規劃引進線性陣列海洋雷達 WERA 系統，於臺北港建置雷達觀測站觀測波浪及海流等資料，並運用 WERA 系統內建網路應用程序產生相關分析圖表資料，簡化分析工作，透過高頻雷達獲取更多有關臺北港海域之資訊。</p> <p>本研究係依 107 年度科技計畫「離岸風電海氣象觀測與特性分析(2/4)」綱要計畫辦理，為其子計畫之一，其研究目的主要探討本所建置海洋雷達所展示出之量測成果，其研究成果效益及後續應用，包含未來設置線性陣列雷達於觀測離岸風電場區之參考，可將其經驗用於建立附近海域平面性之海流與波浪等海氣象觀測資料庫，補充傳統定點式觀測站之侷限，強化資料驗證應用之準確性，亦可增設船舶追蹤相觀模組，並發展相關技術與船舶追蹤及結合船舶自動辨識系統(AIS)結合併用，以利航行安全監督與管理，提高航行安全，期能本研究提升國內海洋雷達觀測技術方法及資料分析方式。</p> |                         |                            |                                                              |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 頁數                      | 定價                         | 本 出 版 品 取 得 方 式                                              |
| 108 年 2 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 147                     | 200                        | 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。 |
| 機密等級： <input type="checkbox"/> 限閱 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密（解密【限】條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密）■普通                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                            |                                                              |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         |                            |                                                              |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                              |                                   |                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TITLE: Discussion on Application of Marine Radar to Marine                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                              |                                   |                                                                                                                                                |
| ISBN(OR ISSN)<br>978-986-05-8522-3(pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1010800182 | IOT SERIAL NUMBER<br>108-051-7A87 | PROJECT NUMBER<br>MOTC-IOT-107-H2D<br>A002a                                                                                                    |
| DIVISION: Harbor & Marine Technology Center<br>DIVISION DIRECTOR: Chin-Yuan Chu<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: : Ming-Xin Liu<br>PROJECT STAFF: Li-Hung Tsai, Chia-Ying Chang<br>PHONE: (04)26587121<br>FAX: (04)26564418                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                   | PROJECT PERIOD<br>FROM Jan. 2018<br>TO Dec. 2018                                                                                               |
| KEY WORDS: Ocean Radar, waves, currents, measurements                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                                   |                                                                                                                                                |
| <p>Marine meteorological observation operations are a difficult and dangerous task. Observation work often requires deployment and maintenance of related observation instruments at sea. Through the development of telemetry technology, observation work becomes easier, and the technologies related to high-frequency radar are a significant result of development of science and technology widely used in various fields. Marine radar has the characteristics of wide range of monitoring and observability with easy maintenance and instantaneous observation. The global development of marine radar has a certain history. At present, CODAR SeaSonde system and linear array marine radar WERA system are used in mainstream. The domestic literature has discussed CODAR SeaSonde system and related research is still in progress, while very few cases related to WERA system have been seen. Since 2010, we have planned to introduce linear array marine radar WERA system and to build radar observation stations in the Taipei Port to observe waves, ocean currents and other data, and apply the WERA system built-in network to the use in generating relevant analysis charts, simplifying the analysis, thereby obtaining more information about the waters of the Taipei Port through the high-frequency radar.</p> <p>This research is carried out based on the 2018 annual scientific plan “Offshore Wind Power Maritime Meteorological Observation and Characteristic Analysis (2/4)” outline, and is one of its sub-projects. Its research purpose is mainly to explore the measurement results of the marine radar established by the Institute. The benefits of the research results and the subsequent applications, including the reference for the future setting of linear array radars in the observation of offshore wind power district, can be used to establish marine meteorological observation database for ocean currents and waves in the nearby seas, complementing the limitations of traditional fixed-point observatories, enhancing the accuracy of data verification and applications. It is also able to be used to additionally set up relevant vessel tracking modules, and develop related technologies in conjunction with vessel tracking and integrate automatic identification systems (AIS) to benefit navigation safety supervision and management, improve navigation safety. Hope that this study can improve domestic marine radar observation techniques and data analysis methods.</p> |                                              |                                   |                                                                                                                                                |
| DATE OF PUBLICATION<br>Feb. 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | NUMBER OF PAGES<br>147                       | PRICE<br>200                      | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> SECRET<br><input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                                   |                                                                                                                                                |

# 目 錄

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 中文摘要 .....            | I    |
| 英文摘要 .....            | II   |
| 目 錄 .....             | III  |
| 圖目錄 .....             | V    |
| 表目錄 .....             | X    |
| 第一章 緒論 .....          | 1-1  |
| 1.1 前言 .....          | 1-1  |
| 1.2 研究動機及目的 .....     | 1-2  |
| 1.3 研究項目與方法 .....     | 1-5  |
| 1.4 本研究組織 .....       | 1-6  |
| 第二章 臺北港地理環境背景資料 ..... | 2-1  |
| 2.1 港區概況 .....        | 2-1  |
| 2.2 海象資料分析 .....      | 2-5  |
| 2.2.1 風 .....         | 2-7  |
| 2.2.2 海流 .....        | 2-9  |
| 2.2.3 波浪 .....        | 2-11 |
| 2.2.4 潮位 .....        | 2-13 |
| 第三章 量測原理與建站現況 .....   | 3-1  |
| 3.1 波浪成因 .....        | 3-1  |
| 3.2 雷達測流原理 .....      | 3-3  |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 3.3 WERA 雷達設備 .....     | 3-4  |
| 3.4 WERA 雷達分析軟體 .....   | 3-7  |
| 3.5 雷達測站建置現況.....       | 3-8  |
| 第四章 雷達觀測案例探討.....       | 4-1  |
| 4.1 淡水河口流場變化.....       | 4-1  |
| 4.2 分析圖表案例.....         | 4-38 |
| 4.3 颱風期間海氣象觀測資料.....    | 4-44 |
| 第五章 結論與建議.....          | 5-1  |
| 5.1 結論.....             | 5-2  |
| 5.2 建議.....             | 5-2  |
| 5.3 成果效益及後續應用情形.....    | 5-3  |
| 參考文獻.....               | 參-1  |
| 附錄一 期末報告審查意見處理情形表 ..... | 附錄 1 |
| 附錄二 期末審查簡報 .....        | 附錄 2 |

## 圖目錄

|       |                                |      |
|-------|--------------------------------|------|
| 圖 2.1 | 臺北港地理位置.....                   | 2-3  |
| 圖 2.2 | 臺北港分期發展平面圖.....                | 2-4  |
| 圖 2.3 | 臺北港二期工程平面配置圖.....              | 2-4  |
| 圖 2.4 | 臺北港空拍照片.....                   | 2-5  |
| 圖 2.5 | 臺北港 2009~2017 年各季風速風向玫瑰圖.....  | 2-7  |
| 圖 2.6 | 臺北歷年四季及全觀測期風速機率分佈圖.....        | 2-9  |
| 圖 2.7 | 臺北港 2009~2017 年各季海流玫瑰圖.....    | 2-11 |
| 圖 2.8 | 臺北港典型水位變化時序圖.....              | 2-14 |
| 圖 2.9 | 臺北港歷年海流流向機率分佈圖.....            | 2-14 |
| 圖 3.1 | 各種相對水深之水粒子移動軌跡.....            | 3-2  |
| 圖 3.2 | 臺灣附近海底地形圖.....                 | 3-2  |
| 圖 3.3 | WERA 雷達設備機櫃.....               | 3-5  |
| 圖 3.4 | 功率放大器機組方塊圖.....                | 3-6  |
| 圖 3.5 | 臺北港雷達北側測站接收天線.....             | 3-11 |
| 圖 3.6 | 臺北港雷達南側測站設置現場.....             | 3-11 |
| 圖 3.7 | 臺北港雷達南側測站接收天線.....             | 3-12 |
| 圖 3.8 | 2015 年 12 月 9 日合成流速圖.....      | 3-12 |
| 圖 3.9 | 2015 年 12 月 9 日示性波高圖.....      | 3-13 |
| 圖 4.1 | 2015 年 2 月 1 日 00:00 流場向量..... | 4-2  |
| 圖 4.2 | 2015 年 2 月 1 日 00:30 流場向量..... | 4-3  |

|        |                                |      |
|--------|--------------------------------|------|
| 圖 4.3  | 2015 年 2 月 1 日 01:00 流場向量..... | 4-4  |
| 圖 4.4  | 2015 年 2 月 1 日 01:30 流場向量..... | 4-5  |
| 圖 4.5  | 2015 年 2 月 1 日 02:00 流場向量..... | 4-6  |
| 圖 4.6  | 2015 年 2 月 1 日 02:30 流場向量..... | 4-7  |
| 圖 4.7  | 2015 年 2 月 1 日 03:00 流場向量..... | 4-8  |
| 圖 4.8  | 2015 年 2 月 1 日 03:30 流場向量..... | 4-9  |
| 圖 4.9  | 2015 年 2 月 1 日 04:00 流場向量..... | 4-10 |
| 圖 4.10 | 2015 年 2 月 1 日 04:30 流場向量..... | 4-11 |
| 圖 4.11 | 2015 年 2 月 1 日 05:00 流場向量..... | 4-12 |
| 圖 4.12 | 2015 年 2 月 1 日 05:30 流場向量..... | 4-13 |
| 圖 4.13 | 2015 年 2 月 1 日 06:00 流場向量..... | 4-14 |
| 圖 4.14 | 2015 年 2 月 1 日 06:30 流場向量..... | 4-15 |
| 圖 4.15 | 2015 年 2 月 1 日 07:00 流場向量..... | 4-16 |
| 圖 4.16 | 2015 年 2 月 1 日 07:30 流場向量..... | 4-17 |
| 圖 4.17 | 2015 年 2 月 1 日 08:00 流場向量..... | 4-18 |
| 圖 4.18 | 2015 年 2 月 1 日 08:30 流場向量..... | 4-19 |
| 圖 4.19 | 2015 年 2 月 1 日 09:00 流場向量..... | 4-20 |
| 圖 4.20 | 2015 年 2 月 1 日 09:30 流場向量..... | 4-21 |
| 圖 4.21 | 2015 年 2 月 1 日 10:00 流場向量..... | 4-22 |
| 圖 4.22 | 2015 年 2 月 1 日 10:30 流場向量..... | 4-23 |
| 圖 4.23 | 2015 年 2 月 1 日 11:00 流場向量..... | 4-24 |

|        |                                |      |
|--------|--------------------------------|------|
| 圖 4.24 | 2015 年 2 月 1 日 11:30 流場向量..... | 4-25 |
| 圖 4.25 | 2015 年 2 月 1 日 12:00 流場向量..... | 4-26 |
| 圖 4.26 | 2015 年 2 月 1 日 12:30 流場向量..... | 4-27 |
| 圖 4.27 | 2015 年 2 月 1 日 13:00 流場向量..... | 4-28 |
| 圖 4.28 | 2015 年 2 月 1 日 13:30 流場向量..... | 4-29 |
| 圖 4.29 | 2015 年 2 月 1 日 14:00 流場向量..... | 4-30 |
| 圖 4.30 | 2015 年 2 月 1 日 14:30 流場向量..... | 4-31 |
| 圖 4.31 | 2015 年 2 月 1 日 15:00 流場向量..... | 4-32 |
| 圖 4.32 | 2015 年 2 月 1 日 15:30 流場向量..... | 4-33 |
| 圖 4.33 | 2015 年 2 月 1 日 16:00 流場向量..... | 4-34 |
| 圖 4.34 | 2015 年 2 月 1 日 16:30 流場向量..... | 4-35 |
| 圖 4.35 | 2015 年 2 月 1 日 17:00 流場向量..... | 4-36 |
| 圖 4.36 | 2015 年 2 月 1 日 17:30 流場向量..... | 4-37 |
| 圖 4.37 | 2015 年 8 月絕對速度圖.....           | 4-38 |
| 圖 4.38 | 2015 年 8 月絕對速度方向圖.....         | 4-39 |
| 圖 4.39 | 2015 年 8 月東向流速圖.....           | 4-39 |
| 圖 4.40 | 2015 年 8 月東向流速精度圖.....         | 4-40 |
| 圖 4.41 | 2015 年 8 月北向流速圖.....           | 4-40 |
| 圖 4.42 | 2015 年 8 月北向流速精度圖.....         | 4-41 |
| 圖 4.43 | 2015 年 8 月徑向流速圖.....           | 4-41 |
| 圖 4.44 | 2015 年 8 月徑向流速精度圖.....         | 4-42 |

|        |                                    |      |
|--------|------------------------------------|------|
| 圖 4.45 | 2015 年 8 月徑向流速圖 .....              | 4-42 |
| 圖 4.46 | 2015 年 8 月徑向流速精度圖 .....            | 4-43 |
| 圖 4.47 | 2015 年 8 月示性波高圖 .....              | 4-43 |
| 圖 4.48 | 2015 年 8 月平均波向圖 .....              | 4-44 |
| 圖 4.49 | 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風北側測站徑向流速圖 ..... | 4-47 |
| 圖 4.50 | 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風南側測站徑向流速圖 ..... | 4-48 |
| 圖 4.51 | 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風絕對值流速圖 .....    | 4-49 |
| 圖 4.52 | 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風示性波高圖 .....     | 4-50 |
| 圖 4.53 | 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風示性波高圖 .....     | 4-51 |
| 圖 4.54 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風東向流速精度圖 .....       | 4-52 |
| 圖 4.55 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖 .....       | 4-52 |
| 圖 4.56 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風絕對速度圖 .....         | 4-53 |
| 圖 4.57 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風絕對速度方向圖 .....       | 4-53 |
| 圖 4.58 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風東向流速圖 .....         | 4-54 |
| 圖 4.59 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風北向流速圖 .....         | 4-54 |
| 圖 4.60 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風北向流速精度圖 .....       | 4-55 |
| 圖 4.61 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速圖 .....         | 4-55 |
| 圖 4.62 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速圖 .....         | 4-56 |
| 圖 4.63 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖 .....       | 4-56 |
| 圖 4.64 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風示性波高圖 .....         | 4-57 |
| 圖 4.65 | 2015 年 8 月蘇迪勒颱風平均波向圖 .....         | 4-57 |

|        |                            |      |
|--------|----------------------------|------|
| 圖 4.66 | 2015 年 7 月 24 日徑向流速圖.....  | 4-58 |
| 圖 4.67 | 2015 年 7 月 24 日徑向流速圖.....  | 4-59 |
| 圖 4.68 | 2015 年 7 月 24 日絕對值流速圖..... | 4-60 |
| 圖 4.69 | 2015 年 7 月 24 日示性波高圖.....  | 4-61 |



## 表目錄

|       |                                    |      |
|-------|------------------------------------|------|
| 表 2.1 | 臺北港分期發展計畫期程表.....                  | 2-3  |
| 表 2.2 | 臺北港 2009~2017 年各季風速觀測分佈統計表 .....   | 2-6  |
| 表 2.3 | 臺北港 2009~2017 年海流觀測分季流向分佈統計表 ..... | 2-10 |
| 表 2.4 | 臺北港 2009~2017 年波浪觀測分季波高分佈統計表 ..... | 2-13 |
| 表 2.5 | 臺北港 2009~2017 年波浪觀測分季波向分佈統計表 ..... | 2-13 |
| 表 3.1 | 雷達技術規格表.....                       | 3-6  |
| 表 3.2 | 雷達站建置工作項目表.....                    | 3-10 |
| 表 4.1 | 2015 年發佈颱風警報之所有颱風列表.....           | 4-45 |



# 第一章 緒論

## 1.1 前言

位處全球最大洋以與最大陸域交界處的臺灣，其地理位置擁有極佳的經貿價值，對世界而言為一重要樞紐。臺灣四周環海，東臨太平洋；西面臺灣海峽；北與中國大陸東海；南則與巴士海峽。此獨特的海洋環境與大氣、地形以及天候等條件之影響，導致臺灣附近海域流場特性相當複雜多變。臺灣地理條件極佳，造成數個國際商港的蓬勃發展，使航運貿易成為我國重要的經濟活動。據前人研究發現，太平洋北赤道洋流影響東南海域表面流；季風為主要影響臺灣東北部海域的流況，冬季東北季風的風速變化影響海流與流速；臺灣西海岸，潮流為主要的表面流。另外，位於西太平洋海域，有來自菲律賓的黑潮，穿越臺灣東部海域，並沿著日本方向流去。海流資訊為海洋物理研究上重要參數，對於實務應用上如：離岸風電、處理海洋垃圾與臺灣政府海洋政策制定等均有相當的必要性。目前最新的海流觀測，須達到即時性與空間的全面性。對於海流的觀測方法大致可分兩種方式包含直接式現場觀測(In-situ measurement)與間接式遙感探測(Remote sensing)。遙測為利用影像攝取或電磁回波量測方式來得到觀測區域的資訊。其中遙測不用直接將觀測儀器放置於海上，有效降低因海洋外力導致儀器損壞，因此被視為研究海洋的最佳利器。海流遙測技術中使用衛星及航空方式有二、三十年的發展，當今已發展出由衛星資料得知海面流場方法(Crocker et al., 2007)。但是對於飛機所飛行高度與儀器解析度等限制因素下，衛星或飛機當今還無法達到許多海洋研究與觀測需求。針對大範圍海面監測，遙測技術具有「廣景覽要」的重要特性，流場資訊的獲得極具潛力。對海面流場的遙感探測技術中，高頻雷達測流技術較不易受到早晚變化及風雨影響的限制，又能對大範圍

海域進行觀測，為當今國際間使用的主要技術之一。現今各種高頻雷達測流技術，美國的 SeaSonde 系統與 WERA 高頻雷達系統較為普及的觀測系統。我國港灣技術研究中心自 2010 年起開始規劃，並引進德國之 WERA 高頻雷達測流系統，針對臺北港海域的表面海流進行監測。WERA 系統對於流場解算技術高頻雷達為透過陣列天線並搭配 Beam Forming 演算法，解算來自不同方向成分的訊號。原理為經由海面回波訊號抵達不同天線的時間不同，相位差主要是因為不同天線訊號之間產生，並使用三角函數關係解算出相位差資訊，亦可反算出方向資訊的訊號。根據不同的雷達操作頻率(radar operation frequency)，雷達系統能解析出不同觀測範圍的流場資訊。一般而言，現有 SeaSonde 系統可區分為長距離(工作頻率為 4.58 MHz)以及標準型(工作頻率為 24.3 MHz)雷達系統，其觀測範圍可達 60km 到 200km 之間。此一布拉格波之頻率則是透過波浪的分散關係式以及特定條件之深水重力波之波長(雷達電磁波長的一半)做為參數所求得之(Crombie, 1955)。上述的布拉格波以及都卜勒偏移效應物理機制與數學關係本身雖已有明確之定義，但其流場解析方法牽涉到一系列的訊號處理以及解析步驟。

近年來全球接連發生極端天氣與不斷創新紀錄的氣候事件，臺灣未來可能面臨更嚴峻的海氣象條件的侵襲，有必要對流場，作進一步的觀測。

## 1.2 研究動機及目的

物體反射電磁波的特性於20世紀初被科學家發現，電磁波具有不易受天氣影響且能夠穿透雲霧，至第二次世界大戰之後，航安及防空雷達快速發展下引起了相當大的作用。波浪遙測於1946年被揭開，當時海況分析已使用傅立葉轉換 (Barber et al.,1946)，科學家於1954年使用相機拍攝海面波浪，運用光學觀點對海面波浪特性做分析，Crombie(1955)發現海面與電磁波作用所導致的布拉格反射(Bragg

scattering)現象，後繼者持續用航海雷達作為觀測波浪的工具，Wright(1965)使用雷達影像做為波向及波長的判讀，為利用海洋雷達作波浪觀測的先驅。雷達波的波段名稱係依據雷達波長來做區分，其中X-波段的雷達波長範圍為2.4公分至3.8公分。Harris(1978)運用不同雷達波的頻率來觀測波浪，結果發現雷達應用於獲取海面流場資訊非常合適且極具潛力，此結果加強使用海洋雷達觀測波浪的根據。

八零年代，Young et al(1985)用X-Band雷達觀測海況，提出同時兼備波浪於空間及時間上的特性，成為之後雷達遙測波浪的理論基礎，原理為根據一序列之海面雷達影像來決定三維能譜，擷取訊號並分離雜訊是用波浪分散關係作為濾波器來進行波譜與表面流速的決定。Young et al(1985)提出雷達影像量測表面流速，因表面流的影響導致都卜勒效應，讓海面波譜能量產生都卜勒偏移，藉偏移量反推表面流場，用最小平方法對分散關係式的偏移量得出，其概念為將各波數域及每個頻率域與相對分散關係式中所對應波數與頻率的差值視為誤差，設定一個變數等於全部頻率與波數誤差的平方和，取此變數值為最小，此時 $\vec{u}$ 為最佳流速向量，即得出海面流速向量。許多學者使用相同方式來求流速向量的最佳值。之後許多學者開始使用X-band雷達影像去推算海表面流。Young et al(1985)運算流速的方法成了GKSS研究中心學者群後來的研究主軸，例如：都卜勒頻率偏移，由經驗公式計算出來校正流速值(Seemann et al.,1997)、並提出波數及流速帶入分散關係式中，經由數學運算來反推在不同頻率中的能量 (Nieto et al.,2000)。

海洋遙測受相當的重視及廣泛應用，用雷達感測或光學攝影的方法，得到較廣的海面資訊。超過三十年發展衛星與航空方式搭載雷達進行海洋遙測的技術，並發展出由衛星所攝得的海洋波場影像中取出海洋環境資訊的方式(Doong et al.,2003)。衛星遙感在大尺度、低時變性的海洋環境現場上有相當優勢，1990年代初有學者用衛星影像進行油污監測工作(Bern et al., 1993)。對於全天候大空間尺度範圍的偵測，

許多研究針對衛星搭載合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)所測得的海面影像已發展出不同的演算法，並經由分析衛星影像，可從判讀出海面油污的特徵。由於軌道運行的特性，一般非同步衛星(asynchronous satellite) 的再訪率較長，最短為一天，有時更多達數天，較不易達成油污監控的目的。

觀測不同海洋特徵的尺度規模不盡相同(Kanevsky, 2009)，其中海面油污的時間解析度建議於一天內；為得到有效的空間解析度則需在百公尺之內。為獲更高解析度的海面資訊，於岸邊或船艦上搭載X-band 雷達來進行海洋觀測亦是近年常見的遙測技術。航海雷達的主要功能為探測與搜尋，藉由陸地及船舶表面反射，來得知陸地、島嶼或船舶航行軌跡等資訊。當雷達應用於船舶導航目的時，海面回波會導致目標物辨識不易，因此常將其視為雜訊做濾除，唯研究海洋環境及調查時，但海面回波卻也是大多數的學者所感興趣。

從1960 年代起，有學者發現雷達回波可得出一些海面波紋特徵(Ijima et al., 1964)，且不同頻段電磁波於海面所產生的回波效果不相同。曾有學者利用各種頻率範圍的雷達電磁波來進行波浪觀測，分析結果得到了雷達應用於海面波紋觀測的可行性 (Mattie and Harris, 1978)。對於使用雷達技術應用在海洋環境調查，Young et al. (1985)於1980 年使用X-band 雷達對海面回波影像時序列資料做演算，藉此推算出海面波譜資訊，來反推求得海表面波浪與流場，確定了X-band 雷達使用於海洋觀測的可行性。德國Helmholtz-Zentrum Geesthacht 研究中心接續Young et al. (1985)的觀測結果，持續發展X-band 雷達遙測技術，並首先提出雷達作業化觀測技術和觀測系統的主幹。

在臺灣，本中心和臺灣大學合作建置X-band 雷達遙測系統(王，1999)，成為國內開發X-band 雷達海洋環境遙測系統的先驅。本中心也和臺灣海洋大學(尹等，2005；翁等，2011)的研究團隊合作，持續投入此發展雷達的技術及研究討論，並針對雷達所測出的海面影像統計特

徵進行深入分析。而成功大學的研究團隊其研究重心在於雷達系統軟體技術的研發，自行開發雷達訊號的取樣、分析方法與軟體程式，並將雷達系統改裝成陸上移動式觀測系統，針對沿海進行觀測作業，其雷達遙測領域亦獲得了相當的研究成果(吳等，2002、2004、2005、2006、2008、2009；Wu et al., 2008、2010、2011)，據前述討論可發現，運用X-band 雷達發展監測海面油污技術極具潛力。相對於雷達搭載在衛星、飛機或船艦的方式，X-Band雷達亦能架設在岸邊，只要電力穩定的提供就能持續且即時監控海面狀況，此三維的觀測技術可獲得兼具時間及空間海象資訊。

目前國內高頻海洋雷達主要使用美國的CODAR SeaSonde系統，並於國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心所建置之海洋資料庫中已有相當多之高頻雷達測流等資料可供查詢，而對於國際上另一套主流觀測系統岸際線性陣列雷達WERA，國內鮮少有相關研究成果案例可供探討，而於本研究中將展示WERA實際觀測出之成果，其研究成果期能提供學術、施政、設計及施工相關單位之參酌，並能提昇國內港灣海岸之研究技術水準。

### 1.3 研究項目與方法

本研究分別藉由雷達資料蒐集方式進行分析以及探討，目標港區以臺北港為研究對象。本研究主要研究工作項目為海象相關資料收集與分析。茲將本年度（107 年）研究內容說明如下：

1. 海氣象相關資料收集與分析：  
收集 104 年臺北港區之海氣象等資料（包括波、流），來探討本區域海氣象特性。
2. 臺北港地理環境背景資料
3. 量測原理與建站現況
4. 雷達觀測案例探討

## 5. 結論建議

### 1.4 本研究組織

本研究共分為五章，第一章為緒論，說明本研究研究背景、動機、目的及方法；第二章為臺北港地理環境背景資料；第三章量測原理與建站現況；第四章為雷達觀測案例探討；第五章為結論建議，並說明成果效益及後續應用情形。

## 第二章 臺北港地理環境背景資料

本研究以臺北港為目標港區，臺北港位於臺灣西北角，舉凡船隻靠岸、離岸，皆受流場影響，臺北港海流受潮汐影響，尤其是淡水河口流速強大，以上種種令人對於臺北港(潮)流特性如何產生興趣。臺北港建港工程自民國 82 年開始發展以來，港埠建構持續影響港區水域內地形水深的改變，同時也造成附近海域流場的變化。緣此，本研究將針對臺北港海域之流場特性進行探討，研究要旨在於台北港建構工程內港埠配置對附近海域流場之影響。未來隨著擴建工程的持續進行，臺北港近岸海域流況分佈特性亦將隨之改變，逐步反應擴建工程進行的海域地形現況，為能掌握工程建構進程中的流場分佈特性，因此，本文擬以 WERA 雷達系統從事臺北港與淡水河口之流場觀測研究，希望藉由雷達在時間與空間上的觀測能力，掌握臺北港海(潮)流特性，提供航行安全，海岸保護，遊憩安全參考。本研究同步進行區域平面流場流況結果對於臺北港海域流場特性有更深入的瞭解並提供後續港埠規劃建設及相關研究之參酌。

### 2.1 港區概況

臺北港闢建於臺灣北端淡水河入海口南岸，新北市八里區至林口區近岸海域，以觀音山為屏障，濱臨台灣海峽，東距基隆港 34 哩、花蓮港 106 哩，南距臺中港 87 哩、高雄港 208 哩，西距大陸福州港 134 哩，海運航線便捷，地理條件優越台北港地理位置如圖 2.1 所示。台北港分期發展計畫期程劃分為第一期、第二期、第三期工程計畫及遠期發展計畫，各期建港計劃之期程規劃如表 2-1 所示，各期工程計畫範圍如圖 2.2 所示。其中，第二期工程又區劃為三個五年計畫，逐步建構出完整港域，使港內水域獲得有效遮蔽並進一步提高港內水域靜穩度，以落實港埠開發成效及建港揭槓目標之達成。台北港港埠發展定位係基隆港之輔助港、北部地區遠洋貨櫃主航線之作業基地、北部地區大宗散貨之主要進口港與儲運中心、環島航運之主要港口、更是未

來的國際物流中心。

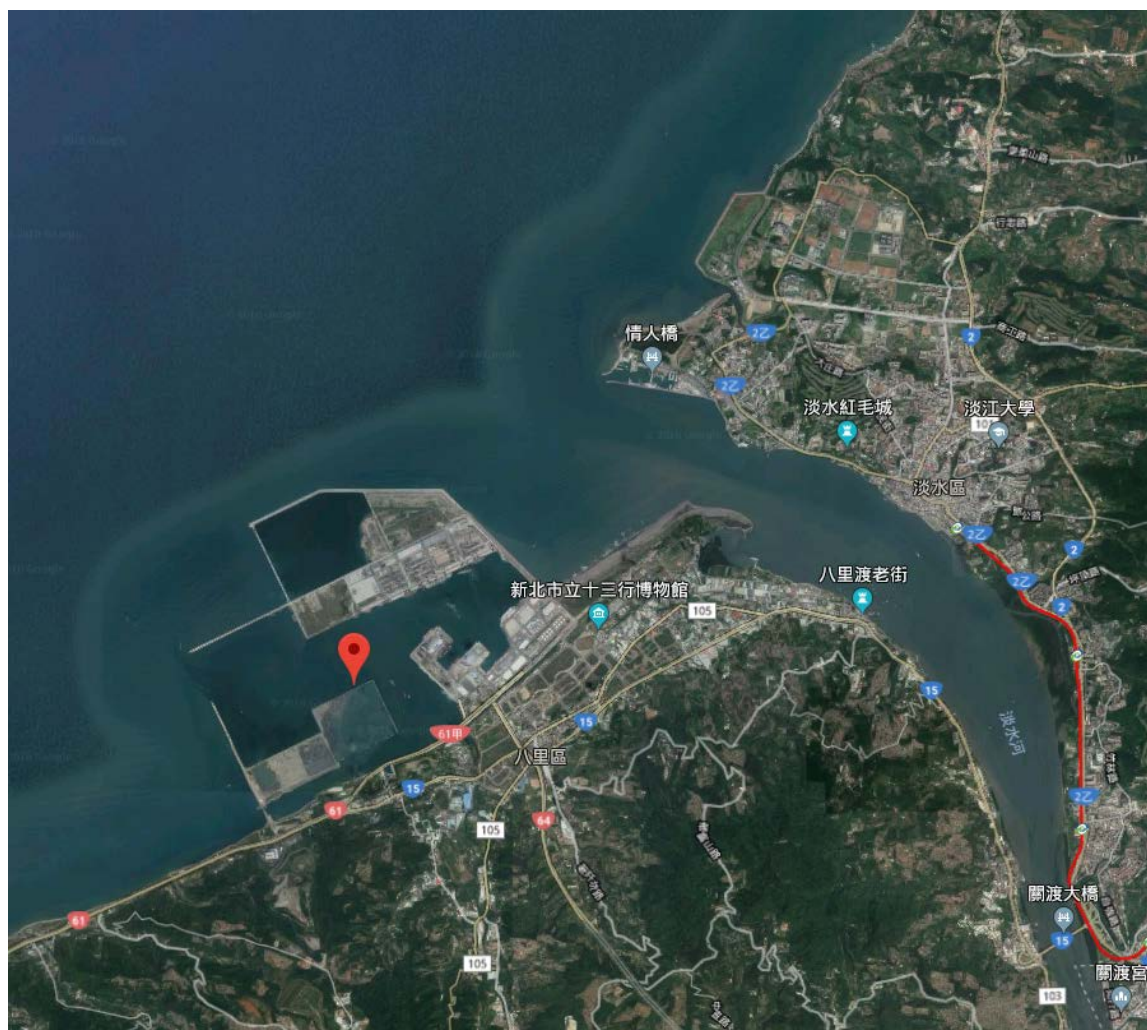
臺北港發展計畫自民國 82 年開始第一期建港工程，接續第二期工程第三個五年計畫（民國 96~100 年），建港迄今(107 年)已歷經 25 年頭，港區二期建設工程平面配置如圖 2.3 所示，尚有第三期工程（民國 101~110 年）及遠期發展計畫(民國 111 年以後)。第一期工程(民國 82~87 年)完成北外廓防波堤垂直海岸堤段及南防波堤；第二期工程第一個五年計畫期間(民國 85~91 年)興建南防波堤延伸堤段及南內堤、北外廓防波堤延伸拋石堤後，轉向 W26°S 續建北外廓堤以及增建北內堤；第二期第二個五年計畫(民國 91~95 年) 目的為延伸北外廓防波堤，增加航道遮蔽長度，以提高港內靜穩及船舶進出港口安全，工程進程沿北外廓堤堤頭續建沉箱堤約千餘公尺。而臺北港近期的發展計畫，包含新興計畫中的前置作業工作項目、實質建設計畫等工作執行。海岸地形變遷及港域水文特性主要受港埠建設的外廓設施所影響，隨著發展計劃的施建及擴港工程的持續進行，明顯的工程因素差異性將導致台北港海域流場分佈特性亦隨之改變。臺北港港區建設空照圖如圖 2.4 所示。

14 席營運碼頭，東 1 碼頭、東 2 碼頭長度分別為 170 公尺，東 3 碼頭長度 227 公尺，東 4 碼頭、東 5 碼頭長度為 150 公尺，東 6 碼頭長度 157 公尺，東 7 碼頭長度 250 公尺東 13 碼頭長度 200 公尺，東 14 碼頭長度 300 公尺，東 15 碼頭長度 250 公尺，東 16 碼頭長度 360 公尺、北 2 碼頭長度 200 公尺、北 3 碼頭長度 365 公尺、北 4 碼頭長度 330 公尺，總長度 3,279 公尺。可供給業者良好的投資環境，棧埠裝卸及倉儲業務多開放民間投資經營，全港擁有眾多自動化裝卸倉儲設備，作業效率高，對於將來兩岸直航擁有較佳的優勢。

**表2.1 臺北港分期發展計畫期程表**

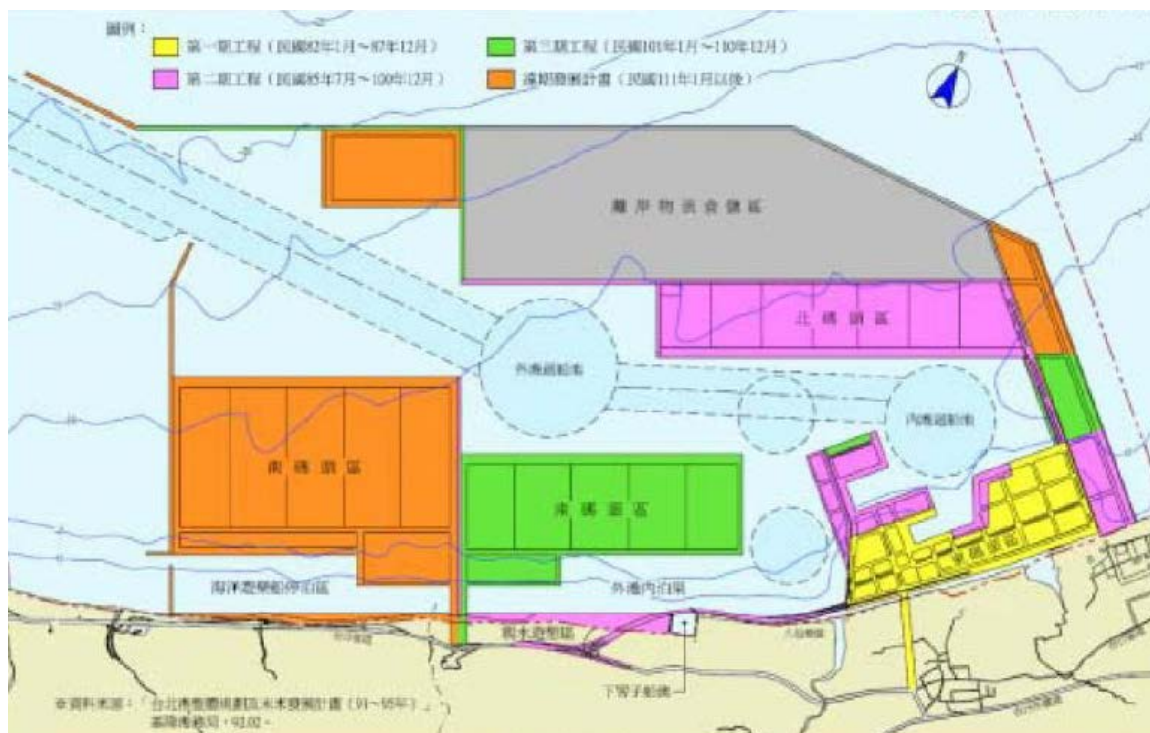
| 階段別     |         | 期程(民國)             | 年數    |
|---------|---------|--------------------|-------|
| 第二期工程計畫 | 第一個五年計畫 | 85 年 7 月～92 年 12 月 | 7.5 年 |
|         | 第二個五年計畫 | 91 年元月～95 年 12 月   | 5 年   |
|         | 第三個五年計畫 | 96 年元月～100 年 12 月  | 5 年   |
| 第三期工程計畫 |         | 101 年元月～110 年 12 月 | 10 年  |
| 遠期發展計畫  |         | 111 年元月以後          |       |

資料來源：交通部基隆港務局「臺北港整體規劃及未來發展計畫(96-100 年)」，中華民國九十六年四月。



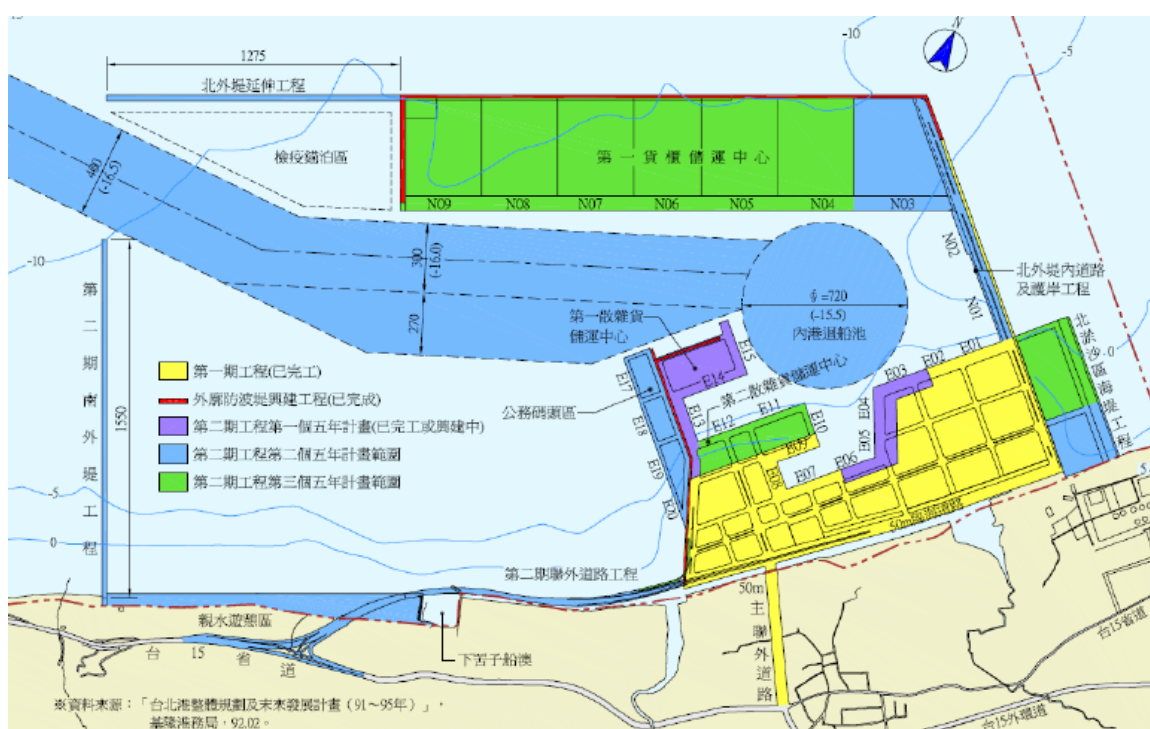
資料來源：Google Map

**圖2.1 臺北港地理位置**



資料來源：「96 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究」期末報告書

圖2.2 臺北港分期發展平面圖



資料來源：「96 年臺北港水理海岸地形變遷數值監測模式研究」期末報告書

圖2.3 臺北港二期工程平面配置圖



資料來源：臺灣港務股份有限公司-臺北港全球資訊網

圖2.4 臺北港空拍照片

## 2.2 海象資料分析

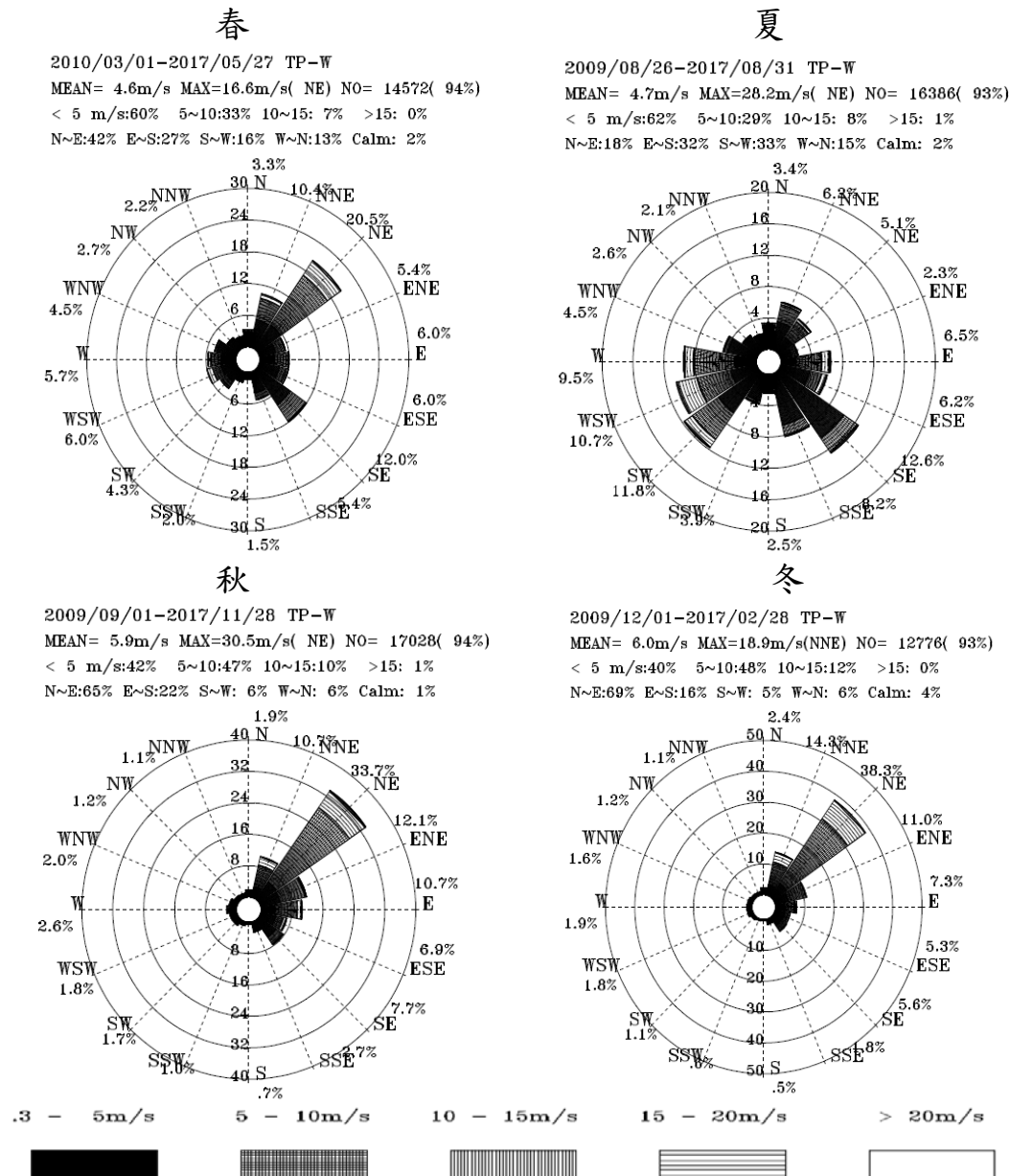
以本所港灣技術研究中心在臺北港附近海域海象觀測站所觀測之潮位、海流、風及波浪作統計分析，說明如下。根據臺北港觀測樁 2009~2017 年間之風力統計資料，各季平均風速及 10 分鐘平均風速極值統計成果如表 2-2 所示，並繪製成歷年各季及全年風玫瑰圖如圖 2.5 所示。由表列可看出臺北港海域之風力強度，而風玫瑰圖顯示各季及全年風向分佈比例，在正常的天氣型態下以冬季的平均風力最強，受東北季風的作用其風速及風向均較為穩定；而入夏之後太平洋高壓盤踞北太平洋狀況下天氣形態趨於穩定，台北港海域在逐漸進入西南季風期後，各方位均有風向分佈，顯示夏季風向多變化。而每年 6 至 7 月初夏期間平均風速雖略降低，但因低緯度海域附近水溫升高，經海、氣交互作用而易生成颱風，往往造成大範圍天氣之劇烈改變，臺灣又位處在西太平洋發生颱風最常侵襲的路徑上，故全年之平均風速極值出現在 8 至 9 月間。

由歷年各季及全年風玫瑰圖可得知，臺北港於民國 2009 年～2017 年間，全年之風向主要集中在東北與東北東二個方向，其他方向所佔百分比較小且方位機率分佈平均。以季節分佈而言，冬季 12 至 2 月，由大陸高氣壓所生之大氣環流掌控，風向分佈最大比率為 ENE 及 NE，其次為 NNE 及 E 向，上述四方位合計約佔冬季風向資料近八成，基本上台港海域大多為東北風。到了三月開始，季節轉換逐漸進入春季，東北季風減弱，各方位中以 NNE 向為最多，但比率已經降低。夏季則風向多變，各方位分佈均勻，其中以 S 比率較高，其次為 WNW、W、WSW，合計以西南來向為最多，但是其餘各方向比率接近，不像東北季節風期間主要風向集中。到了秋季時分，整個風向分佈又如同春季分佈類似，以 ENE 為最高，其次為 NE 向，其餘各方位各有少許分佈。

**表2.2 臺北港2009~2017年各季風速觀測分佈統計表**

| 季節 | 平均風速<br>(m/s) | 低風速<br>( <5m/s) | 中風速<br>( 5-10m/s) | 高風速<br>( >10m/s) |
|----|---------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 春  | 4.6%          | 59.7%           | 33.4%             | 6.9%             |
| 夏  | 4.7%          | 62.2%           | 29.3%             | 8.5%             |
| 秋  | 5.9%          | 41.8%           | 47.9%             | 10.3%            |
| 冬  | 6.0%          | 39.6%           | 48.7%             | 11.7%            |
| 全期 | 5.3%          | 51.1%           | 39.6%             | 9.3%             |

資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所



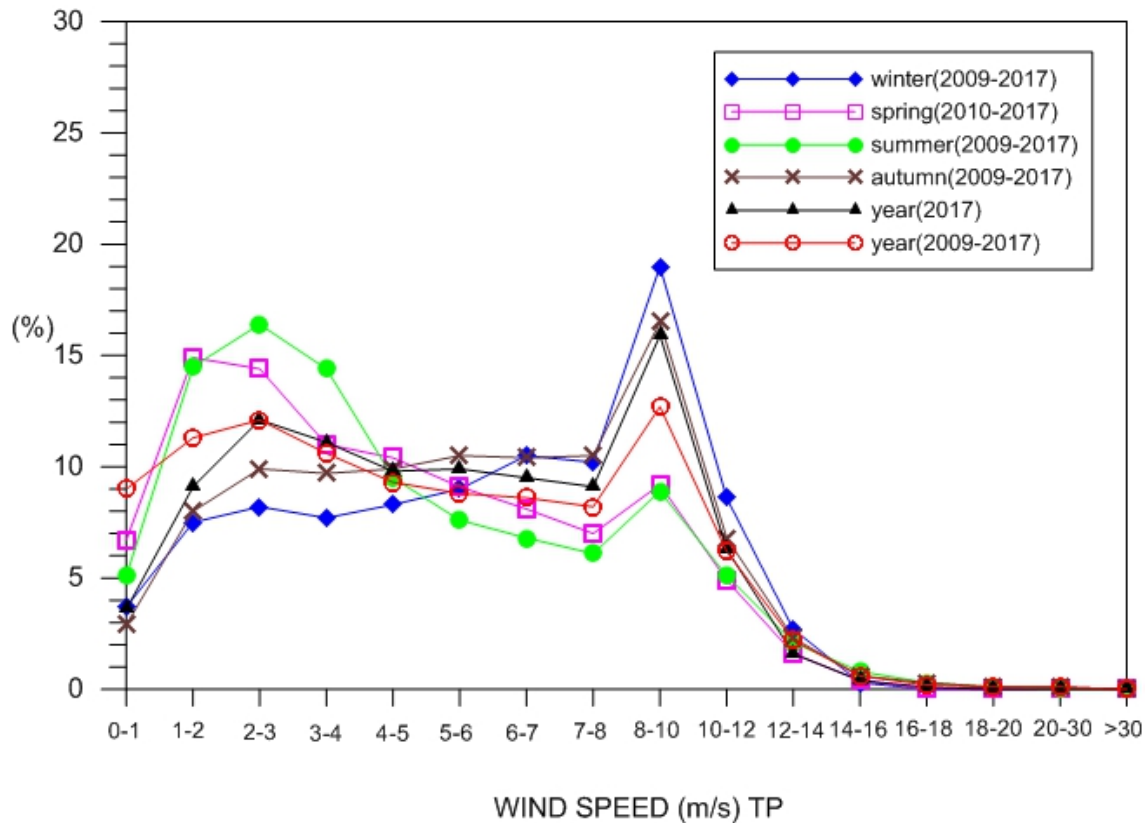
資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

**圖2.5 臺北港2009~2017年各季風速風向玫瑰圖**

## 2.2.1 風

風資料由本所港灣技術研究中心自 1996 年 10 月至 2017 年 12 月期間所收集之資料顯示，臺北港除了夏季為西南季風之外，其他時間大多受到東北季風之吹襲。風速發生機率最高的為 0m/s~5 m/s；其次為 5 m/s~10 m/s。風向發生機率最高的為 ENE；其次為 NE。最大風速

為 26.33 m/s，相對風向為 43.26 度。針對臺北港全部觀測期間〔2009 年至 2017 年 11 月〕資料加以分析，冬季因東北季風強而穩定，平均風速最高，數值為 6.0 m/s，季觀測最大 10 分鐘平均風速為 18.9 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 39.6 %，5~10 m/s 之區間佔全部之 48.7 %以上，大於 10 m/s 者佔 11.7 %。春季之平均風速值為 4.6 m/s，季觀測最大 10 分鐘平均風速為 16.6 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 59.7 %，5~10 m/s 之區間佔全部之 33.4 %以上，大於 10 m/s 者佔 6.9 %。夏季之平均風速值為 4.7 m/s，季觀測最大 10 分鐘平均風速為 28.2 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 62.2 %，5~10 m/s 之區間佔全部之 29.3 %以上，大於 10 m/s 者佔 8.5 %。秋季之平均風速值為 5.9 m/s，季觀測最大 10 分鐘平均風速為 30.5 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 41.8 %，5~10 m/s 之區間佔全部之 47.9 %以上，大於 10 m/s 者佔 10.3 %。綜合歷年來臺北海域全觀測期間統計之平均風速值為 5.3 m/s，觀測最大 10 分鐘平均風速為 30.5 m/s，風速分佈在 5 m/s 以下者佔 51.1 %，5~10 m/s 之區間佔全部之 39.6 %以上，大於 10 m/s 者佔 9.3 %。



資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

圖2.6 臺北歷年四季及全觀測期風速機率分佈圖

### 2.2.2 海流

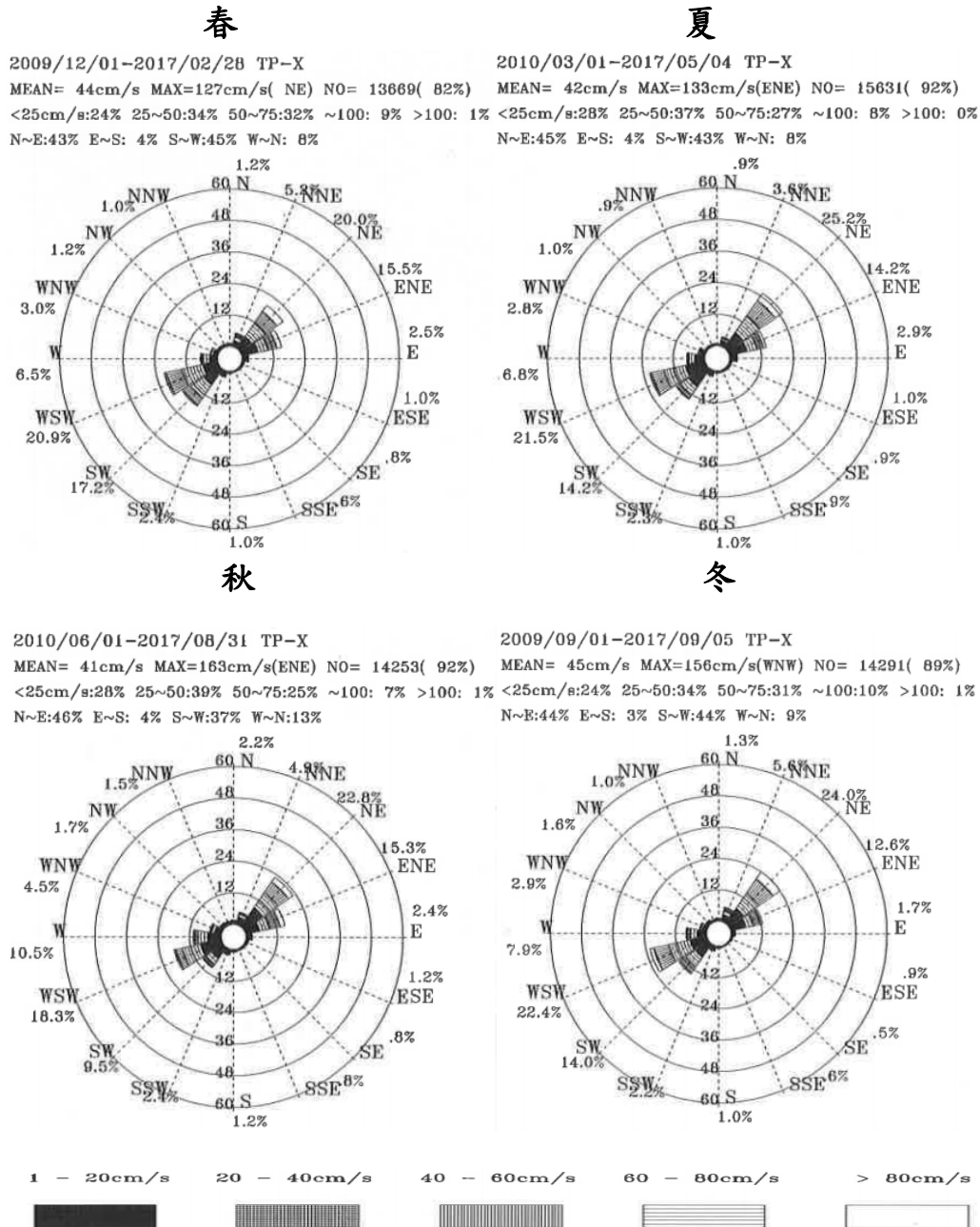
根據臺北港觀測樁 2009~2017 年間海流資料，各季流向分布統計如表 2-3 所示，且繪製成各季海流玫瑰圖如圖 2.7 所示。由表中可得知 2009~2017 年間各季平均流向分佈統計型態，以 N~E 及 S~W 區間分佈為主。此一統計結果顯示，台北港觀測樁附近海域海流主要為潮流，因此結果不隨季節而有明顯變化。詳細分析漲退潮期間流向，漲潮時段主要均集中在第三象限方向，尤 SW~WSW 間比率最高，退潮時段主要均集中在第一象限，尤以 NE~ENE 間比率最高，其他區間所佔之比例甚低，故流向大致平行於海岸線走向。東北季風期通常風向穩定，風速亦強，風驅流之影響雖有時會顯現在流向之分佈上，惟主要方向應不至改變。由於測站離岸不遠受海岸邊界影響，故流向之分佈相當規則，季節性變化小。

流速及流向係表示 1 小時平均流速及流向。最大流速、流向表示 1 小時平均流速中之最大值及相對之平均流向。流向由正北為零度開始，順時針為正，表示海流之去向。根據現場實測資料分析，臺北港觀測樁所測海流主要為潮流，為往復之運動。85~91 年七年水深-5M 海流流速主要介於 0~40cm/s，約佔 56%；其次為 40~80cm/s，約佔 41%。主要流向為 ENE 及 WSW 方向，合計約佔 46%。其次為 NE 及 SW 方向，合計約佔 26%。2009~2017 年水深-5M 最大流速為 119.9cm/s，相對流向 238 度。

**表2.3 臺北港2009~2017 年海流觀測分季流向分佈統計表**

| 季節 | 流向% (N-E) | 流向% (E-S) | 流向% (S-W) | 流向% (W-N) |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 春  | 45.2%     | 4.2%      | 42.8%     | 7.7%      |
| 夏  | 45.9%     | 4.3%      | 36.6%     | 13.1%     |
| 秋  | 44.1%     | 3.1%      | 43.7%     | 9.2%      |
| 冬  | 42.9%     | 3.8%      | 44.8%     | 8.5%      |

資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所



資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

圖2.7 臺北港2009~2017年各季海流玫瑰圖

### 2.2.3 波浪

本研究收集本所港灣技術研究中心自 2009~2017 期間的波浪觀測資料，歷年之波高整理如表 2.4 所示。表中顯臺北港海域平均波高為 1.18 m。以季節分，冬季波高最大，平均  $H_s$  波高為 1.63 m，秋季次

高，平均 Hs 波高 為 1.37 m，再次為春季，平均 Hs 波高為 1.01 m，夏季波高最小，平均 Hs 波高僅 0.73 m。就波高分佈統計來看，冬季時 Hs 波高小於 1 m 者 佔 26.6 %，1 至 2 m 間佔 41.0 %，大於 2 m 者佔 32.3 %。秋季時 Hs 波高小於 1 m 者佔 42.2 %，1 至 2 m 間佔 38.1 %，大於 2 m 者僅佔 19.6 %。4-6 春季時 Hs 波高小於 1 m 者 佔 60.5 %，1 至 2 m 間佔 29.6 %，大於 2 m 者僅佔 9.8 %。夏季時波高最小，Hs 波高小於 1 m 者佔 78.7 %，1 至 2 m 間佔 18.9 %，大於 2 m 者僅佔 2.3 %。

波向定義取正北為零度，順時針為正，表示波浪之來向。臺北港海域之波向在東北季風盛行 期波向呈現較單純的情形，因東北來的風域未受阻擋，風速較強，風向一般也十分集中，故冬季主波向集中在 N~NNE 方位，其比例約近六成一，如以四個象限區分如表 2.5，冬季波向多自偏北方來，以 N~E 象限最多， 約佔 63.0 %，W~N 象限約佔 28.7 %。另外本海域海岸線大致成東北西南西走向，夏季季風主要由西南方往東北吹，除正南方來的風風域 受到限制外，其餘如吹襲西南風時，仍使得波浪仍得以成長，夏季波向多自西北方來，以 W~N 象限最多，約佔 47.3 %，但 N~E 象限仍約佔 20.4 %，S~W 象限約佔 29.9 %。春季與秋季在臺灣均屬於季節轉換 期，風向不穩定，其波向分佈雖呈現冬、夏之間的過渡型態，但仍與冬季之分布狀況較為接近，簡單的說，臺灣北部海域波浪現象受東北季風影響之程度與時間要超過西南季風之影響期。

**表2.4 臺北港2009~2017 年波浪觀測分季波高分佈統計表**

| 季節 | 平均波高(m) | Hs<1.0% | Hs1.0~2.0% | Hs>2.0% |
|----|---------|---------|------------|---------|
| 春  | 1.01    | 60.5%   | 29.6%      | 9.8%    |
| 夏  | 0.73    | 78.7%   | 18.9%      | 2.3%    |
| 秋  | 1.37    | 42.2%   | 38.1%      | 19.6%   |
| 冬  | 1.63    | 26.6%   | 41.0%      | 32.3%   |

資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

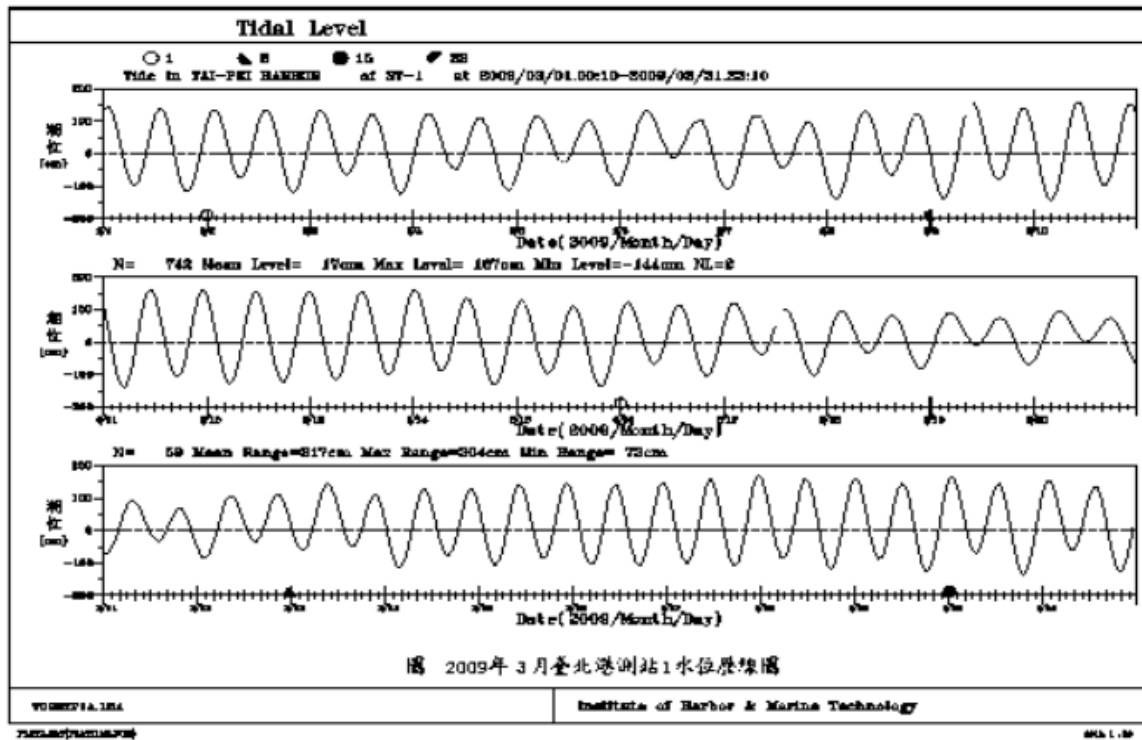
**表2.5 臺北港2009~2017 年波浪觀測分季波向分佈統計表**

| 季節 | 波向 (N~E) | 波向 (E~S) | 波向 (S~W) | 波向 (W~N) |
|----|----------|----------|----------|----------|
| 春  | 50.5%    | 5.8%     | 16.2%    | 27.5%    |
| 夏  | 20.4%    | 2.4%     | 29.9%    | 47.3%    |
| 秋  | 58.9%    | 3.4%     | 3.2%     | 34.5%    |
| 冬  | 63.0%    | 2.9%     | 5.5%     | 28.7%    |

資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

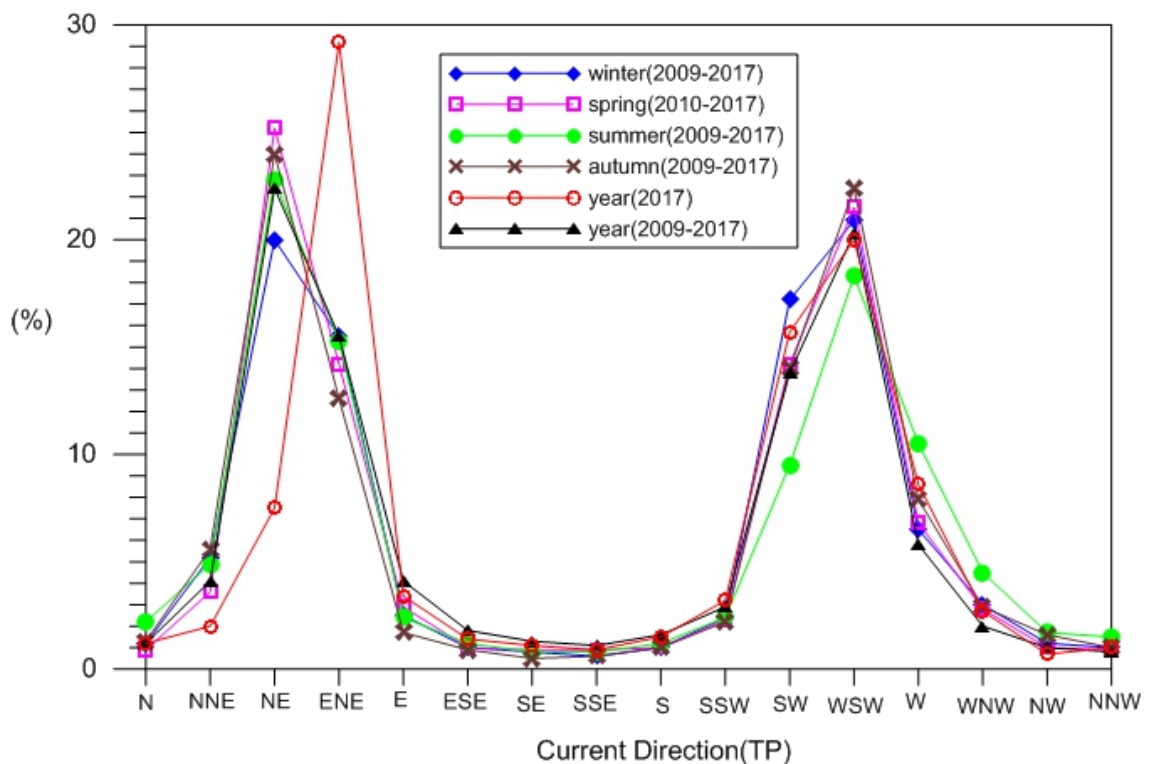
#### 2.2.4 潮位

觀察圖 2.8 可知臺北港海域是半日潮及全日潮綜合影響地區，半日潮成份大於全日潮。臺北港所測得海流流向大致平行於海岸線走向。風驅流之影響雖有時會顯現在流向、流速之分佈上出現變化，如颱風期間，惟僅能在短時間改變流向。基本上臺北港歷年資料之流向分佈相當規則，季節性變化小，如下圖 2.9 之臺北港歷年四季海流流向 16 方位分佈比率圖所示。



資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

圖2.8 臺北港典型水位變化時序圖



資料來源：「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」107,交通部運輸研究所

圖2.9 臺北港歷年海流流向機率分佈圖

## 第三章 量測原理與建站現況

### 3.1 波浪成因

表面波為發生在海洋表面上的海浪，經由空氣與水的介面傳遞的波動，為重力波的一種形式，當海洋表面由風吹拂，風引起摩擦力與壓力對海洋表面的平衡產生擾動，部份的風能量傳遞至水面上。海浪的三個主要成因，風吹時間、風吹區域與風速大小，當風速越大、風吹過的區域越廣且時間越長，所形成的海浪也越大。

因風與水之間的摩擦力，導致表面的水分子移動軌跡接近圓形，此種移動方式經由縱波與橫波所組成，橫波為上下運動，縱波為往返運動。波浪能量會藉由波浪前進的方向傳遞，而水分子只在原處做上下運動。海浪的波動為隨機的，會因海面的風速與風向隨時隨地的改變，通常海浪為雜亂的，其海浪的波高、波長與週期皆為隨機量。

水分子的運動軌跡，於不同的狀況下引起不同的運動形式，可分為淺水、中間水深與深水，如下圖3.1的由左至右，在淺水波的運動軌跡近似橢圓，深水波呈圓形，圖3.1中的式子為定義不同波的條件， $h$ 為水深， $k$ 為波數， $k = 2\pi/L$ ， $L$ 為波長[Dean and Dalrymple, 1991]。

在本文中使用WERA雷達觀測臺北港近岸，主要深度大約40~80公尺之間，如圖3.2所示。

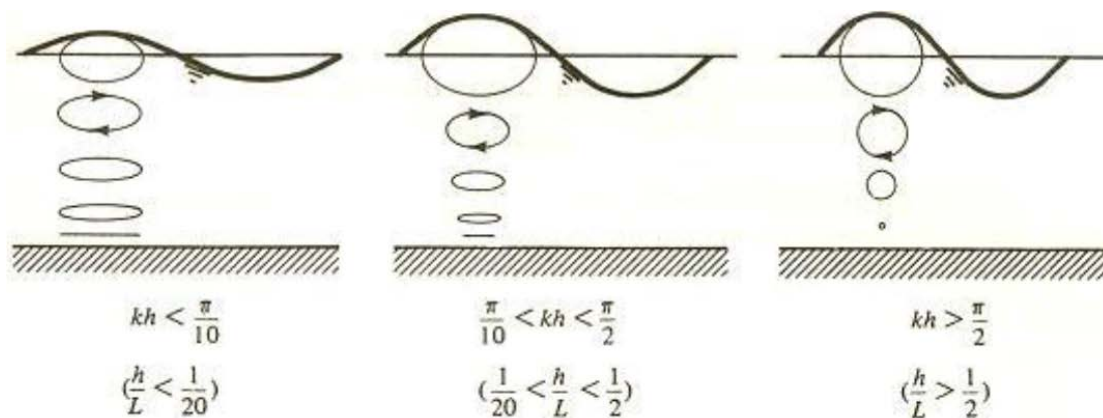


圖3.1 各種相對水深之水粒子移動軌跡，摘自 [Dean and Dalrymple, 1991]

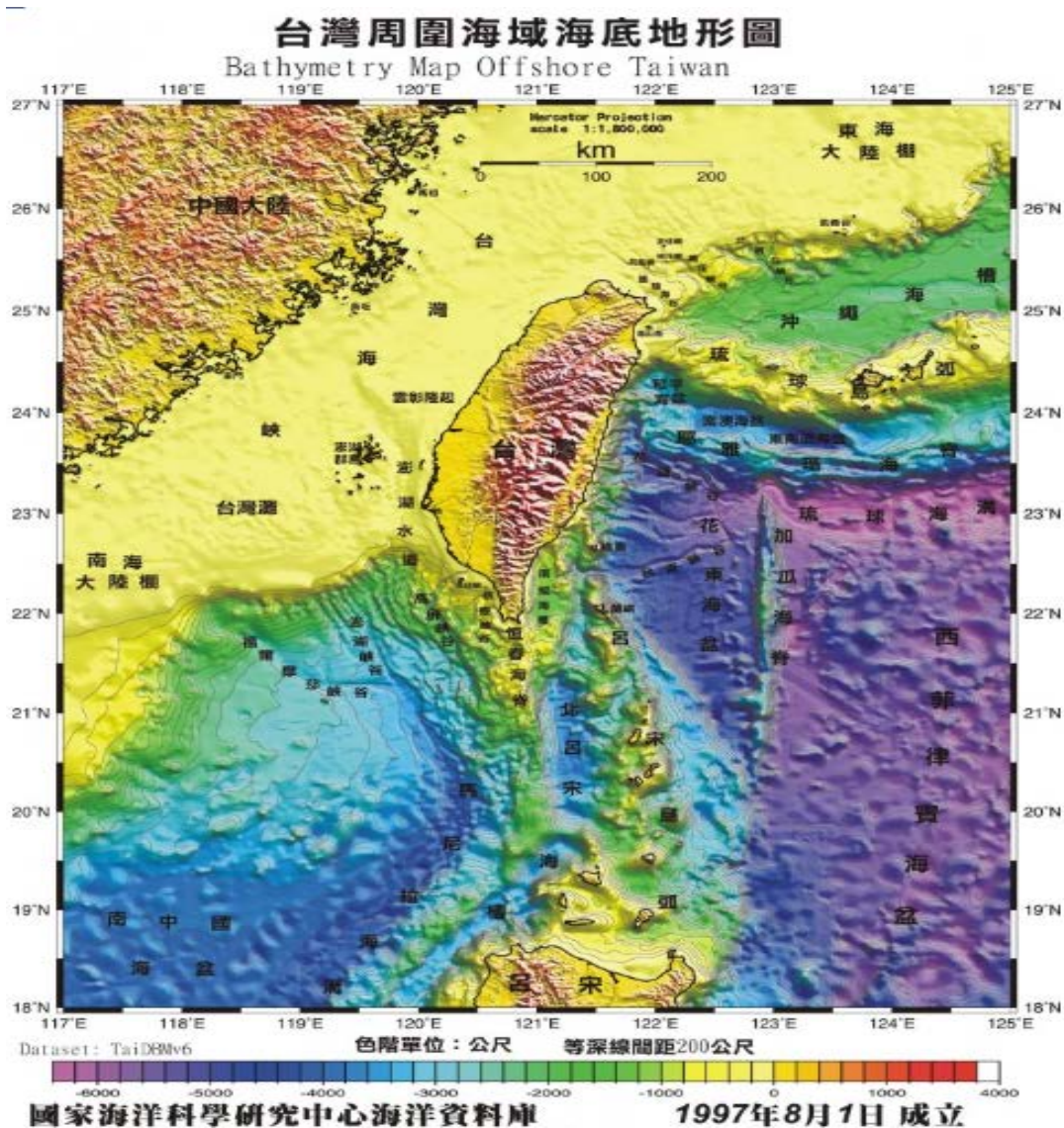


圖3.2 臺灣附近海底地形圖，摘自[國家海洋科學研究中心海洋資料庫]

### 3.2 雷達測流原理

雷達原理為利用電磁能量以定向方式發射至空間中，經由目標物所反射的電磁波，來計算該物體的速度、距離及方位，於本文應用的高頻雷達系統所觀測的目標物為海面的波浪，由雷達所觀測到徑向的海浪相對速度，及深水波理論速度的差異，來計算得出海表面流的流速與流向。

電磁波可分成垂直與水平極化波二種，針對測量海浪所使用的雷達為垂直極化，海洋為良導體，當電磁波打入海面會引起反射，由於海浪的波形為上下運動，導致垂直極化碰到海面的凸起物(海浪)，引起的反射較大，假設使用水平極化反射很容易就消散掉。發射的電磁波波長為海面上波浪的波長二倍時，由於疊加效應，入射波的反方向產生較大的反射波，此現象稱之為布拉格反射，關係式如下所示：

$$\lambda_w = n \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (2.2.1)$$

$\lambda_w$ 是海浪波長， $\lambda$ 是雷達發射波的波長。

使用都卜勒效應來測量海浪波速，當雷達徑向方向與目標物有相對速度，反射的雷達波即有頻率位移現象，關係式如下所示：

$$f_D = \frac{2V}{\lambda} \quad (2.2.2)$$

$f_D$ 為都卜勒頻移， $\lambda$ 為雷達發射波波長， $V$ 為海浪在雷達徑向方向的相對速度，海浪速度是依據深水波理論推出，海浪本身的速度外，亦受到表面海流流速所影響。

$$V = \pm \sqrt{\frac{g\lambda_w}{2\pi}} + U \quad (2.2.3)$$

$g$ 是重力加速度， $U$ 是在雷達徑向方向的表面海流流速， $\lambda_w$ 是海浪的波長， $\sqrt{\frac{g\lambda_w}{2\pi}}$ 為波浪速度， $\pm$ 表示海浪於雷達徑向方向為靠近或遠離

雷達地點的方向，海浪移動方式以類圓形運動的移動方式，波峰和波谷為反向移動的方式，一是遠離雷達，另一個是靠近雷達的方式移動，於本文雷達系統的定義正表示靠近雷達，負表示遠離雷達。

據(2.2.1)、(2.2.2)、(2.2.3)式可以導出：

$$f_D = \pm \sqrt{\frac{g}{\lambda\pi}} + \frac{2U}{\lambda} \quad (2.2.4)$$

式子中 $f_D$  為雷達觀測出海浪的都卜勒頻率，其中 $U$ 為未知數，其他參數皆為固定值，由此可推出海浪於雷達徑向方向的表面海流流速 $U$ ，其中海浪在頻率域上理論的一階的頻率可表示為 $\pm \sqrt{\frac{g}{\lambda\pi}}$ ， $\pm$ 表頻率域正頻及負頻的部分。

### 3.3 WERA雷達設備

本節就WERA雷達設備所設置的硬體設備概略簡介，其硬體設備主要可以分為放置於室內的機櫃與室外的發射天線及接收天線。置放於室內的機櫃如圖3.3所示，該圖中由下往上其設備依序為，功率放大器機組、電源開關機組、接收器機組1、接收器機組2、頻率控制機組及電腦液晶螢幕，另為了避免雷達設備在電源故障情況下，達到受控和安全的狀態，亦配置不斷電供電系統(UPS)。有關上述設備功能，如功率放大器機組，用於放大發射信號發送到發射天線陣列，電源開關機組，用於WERA系統的各部分功能遠端開啟和關閉，也可為自體供電的測站節省電力，並可監控機架內的溫度和電壓，亦可用來遠端控制功率放大器的輸出功率。接收器機組包含輸入過濾器和多達八個通道的接收器模組；至於頻率控制機組，其功能為產生所有雷達需要的射頻訊號，其機組內並含狀態機模組包含：時鐘模組、掃描模組、狀態機模組、類比數位轉換器模組、即時單元模組。

置於室外之雷達設備包含:發射天線4支、接收天線8支及電纜，發射天線須每隔3.5公尺橫向設置，並於縱向每隔1.5公尺設置，接收

天線須每隔3~4公尺設置，設置地點所需要的範圍約為240平方公尺，如設置地點沒有建築物可供放置雷達機櫃，則需要另外設置空間置放，通常會設置於貨櫃屋，且貨櫃屋內需安裝冷氣等設備避免機櫃運作溫度過高而無法進行量測。



**圖3.3 WERA 雷達設備機櫃**

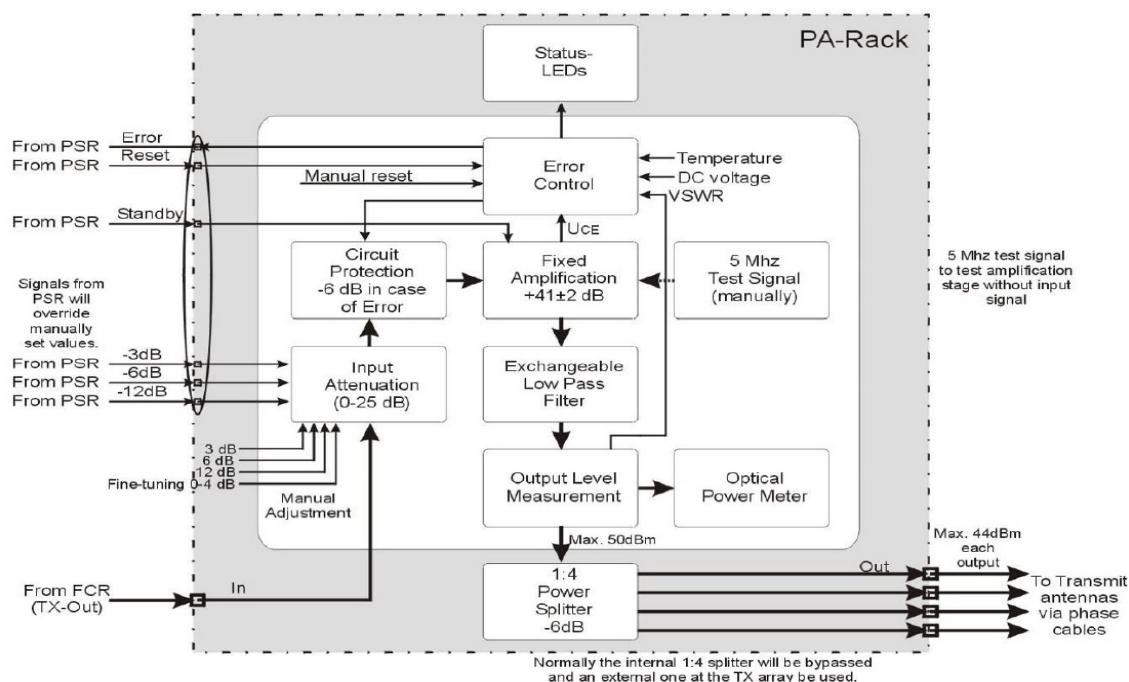


圖3.4 功率放大器機組方塊圖

表 3.1 雷達技術規格表

| 項目     | 技術規格                                                                                                                                         |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 操作頻率   | 38.5MHz                                                                                                                                      |
| 量測範圍   | 1.海流繪圖：一般20 km<br>2.波浪繪圖：一般10 km<br>3 風向繪圖：一般 15 km                                                                                          |
| 觀測整合時間 | 海流：一般5~10 分鐘<br>波浪資料：一般 20 分鐘                                                                                                                |
| 空間解析度  | 300 m @ 500 kHz 帶寬                                                                                                                           |
| 準確度    | 流速：2 cm/s<br>波高：10 % ( 0.15 ~ 2.2 m)                                                                                                         |
| 量測參數   | 1.觀測重疊區域海流流速向量<br>2.單一測站所有觀測覆蓋區域<br>徑向海流流速<br>3.單一測站所有觀測覆蓋區域<br>示性波高度，最大距離範圍達<br>10 km。<br>4.觀測重疊區域(若兩個測站資<br>料品質夠充分時)<br>5.波向:最大距離範圍達10 km。 |

### 3.4 WERA雷達分析軟體

WEERA雷達系統的主機所使用的作業系統為Linux Opensuse，而WEERA作業系統中並設置WEERA Data Viewer的網路應用程序，由於是網路應用程序，WEERA Data Viewer經由網路瀏覽器接收(例如:Mozilla Firefox 或 Google Chrome)，表示可以接受遠端電腦與終端使用者操作，使用起來十分直覺和方便，借由這套系統便可以遠端進行操作。

WEERA Data Viewer 的功能包含:

- 展示最新量測的海流、波或風向圖(註:由Data Combiner 產生)。

- 視覺化標示量測所得之極端海洋參數位置(限於海洋預警功能啟動時；選項)

- 互動式地圖，只需要點擊地圖，即可展示量測數值或其他數據。展示每個WEERA系統測站的基本訊息和情況。

- 展示WEERA系統的基本訊息和海洋結構。

- 可視化歷史地圖資料((註：由WEERA Data Combiner產生) 包含：

  - 每個測站的徑向海流圖。

  - 整合各測站後之海流圖。

  - 示性波高和波向圖。

  - 風向圖。

- 展示原始量測數據，乾淨資料或填充缺口資料(限於功能啟動時；選項)。

- 產生客製化動態地圖。

- 可根據所選擇測點之量測資料，繪製時間序列圖。

- 資料輸出格式包含NetCDF，GRIB或常用的CSV tables。

可整合額外特殊工具至 WERA Data Viewer (人工物清除、海洋警告、漂流物預測、波向頻譜或其他感應器等)。

WERA Data Viewer 該網路應用程序，可以將許多的量測數據以動畫方式呈現，讓使用者能更輕易判讀海流、波高及風向等觀測資料，惟本所所建置之雷達測站，功能未包含觀測風之相關資料，至於前述每個測站的徑向海流圖、整合各測站後製海流圖、示性波高及波向圖在第四章有相關資料供參。

### 3.5 雷達測站建置現況

目前於臺北港港務大樓及南防波堤內側位置，有設置兩座 WERA 雷達觀測站，由於建置雷達設置的發射天線及接收天線，需要一定的空間放置，因此設置地點的選擇及如何評估，實為重要的課題，建置所需的工作項目如表 3-1。為了雷達設備能夠方便進行維護，臺北港的北側觀測站，便選擇設置在臺北港的港務大樓，我們將發射天線安裝在港務大樓的頂樓上，接收天線則設置於陽台上如圖 3.5。至於臺北港的南側觀測站，由於需要與北側觀測站有一定的距離，因此經過評估後，便選擇設置在臺北港的南防波堤，距離臺北港務大樓約 5 公里處的位置，南側觀測站因為沒有合適的空間，可供置放雷達機櫃，因此，我們於該處設置了貨櫃屋，並將該測站的發射天線設置於貨櫃屋上方，而接收天線則設置於附近的山坡上，其設置情形如圖 3.6、3.7，雷達觀測南北兩測站所採用的頻率皆為 38.5MHz (頻寬 500 kHz)，這樣的配置涵蓋臺北港附近海域約 20 公里距離範圍，每個觀測站可以搜集一維徑向雷達訊號，得到一維徑向海流、波浪與風力等資料；經整合兩觀測站所搜集之一維徑向雷達訊號，即可得到二維實測向量資料，用以建立海洋雷達方向性海流與波浪之觀測資料。

而時至今日，臺北港雷達北側測站，由於廠房的興建而造成觀測資料品質不佳；臺北港雷達南側測站，也因橋梁的興建，造成了同樣的狀況，如圖 3.8 及圖 3.9，可以看出其涵蓋的觀測範圍大幅縮小，已

非當初所設計規劃之範圍，未來將需要重新尋找適當的設置地點，並且評估機房配置電力系統及環境狀況，還有跟相關部門協調，再行設置並整修雷達測站，以讓整個觀測工作順利進行。

表 3.2 雷達站建置工作項目表

| 工作<br>項<br>次 | 工作項目                                              | 所需工具、材料、人員和時間                        |
|--------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 01           | 標記兩個貨櫃屋場址的位置                                      | 5m 捲尺                                |
| 02           | 為貨櫃屋建立簡單基礎                                        | 準備石塊或同等品，以保持貨櫃屋距離地面 30 公分以上。         |
| 03           | 將貨櫃屋放置在已建立的基礎                                     | 能承載 3 噸的堆高機/吊車                       |
| 04           | 標記所有接收和 4 個發射天線的位置                                | 2m 三腳架、標記棒、錘子和 20m 捲尺，需 3 名人員工作 4 小時 |
| 05           | 如果需要定義電纜導溝的路線                                     | 準備更多標記棒，以標記通道位置                      |
| 06           | 用導向繩安裝天線桿                                         | 需 2 到 3 名人員工作 6 小時                   |
| 07           | 用徑向方位安裝天線線圈，並檢查調整                                 | 需 1 名人員工作 8 小時                       |
| 08           | 電纜鋪設（如果需要配管或包覆時）                                  | 需 3 名人員工作 6 小時                       |
| 09           | 連接電源線和連接電話                                        |                                      |
| 10           | 打開系統組件的包裝和安裝機櫃                                    | 需 2 名人員工作 4 小時                       |
| 11           | 開啟系統電源和設定 WERA 控制系統                               | 需 1 名人員工作 1 小時                       |
| 12           | 執行內部校正(256 取樣點和 80Hz 偏移)                          | 需 1 名人員工作 1 小時                       |
| 13           | 在戶外 Rx 電纜線的末端連接校正盒，執行校正。進行校正工作。                   | 需 1 名人員工作 1 小時                       |
| 14           | 連接所有 Rx 天線                                        | 需 1 名人員工作 2 小時                       |
| 15           | 連接 Tx 陣列天線，一次只有一個 Tx 信號輸出（功率放大器不連接）。執行校正和檢查直接路徑信號 | 需 2 名人員工作 1 小時                       |
| 16           | 連接功率放大器，將衰減器開關開啟，並開始測試校正。調整 PA 功率到綠色為止            | 需 1 名人員工作 1 小時                       |
| 17           | 停止測試校準和執行校正以檢查直接路徑信號。如果需要的話降低功率。                  | 需 1 名人員工作 1 小時                       |
| 18           | 填寫檢查表                                             | 需 1 名人員工作 1 小時                       |



圖3.5 臺北港雷達北側測站接收天線



圖3.6 臺北港雷達南側測站設置現場



圖3.7 臺北港雷達南側測站接收天線

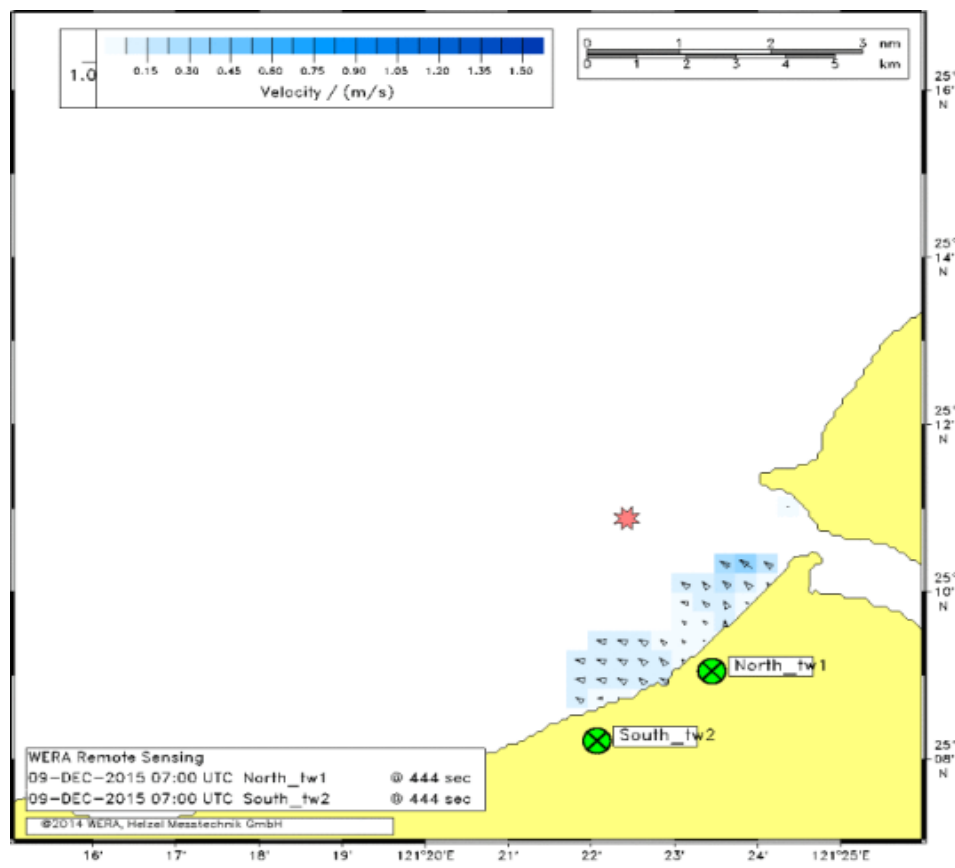


圖3.8 2015 年 12 月 9 日合成流速圖

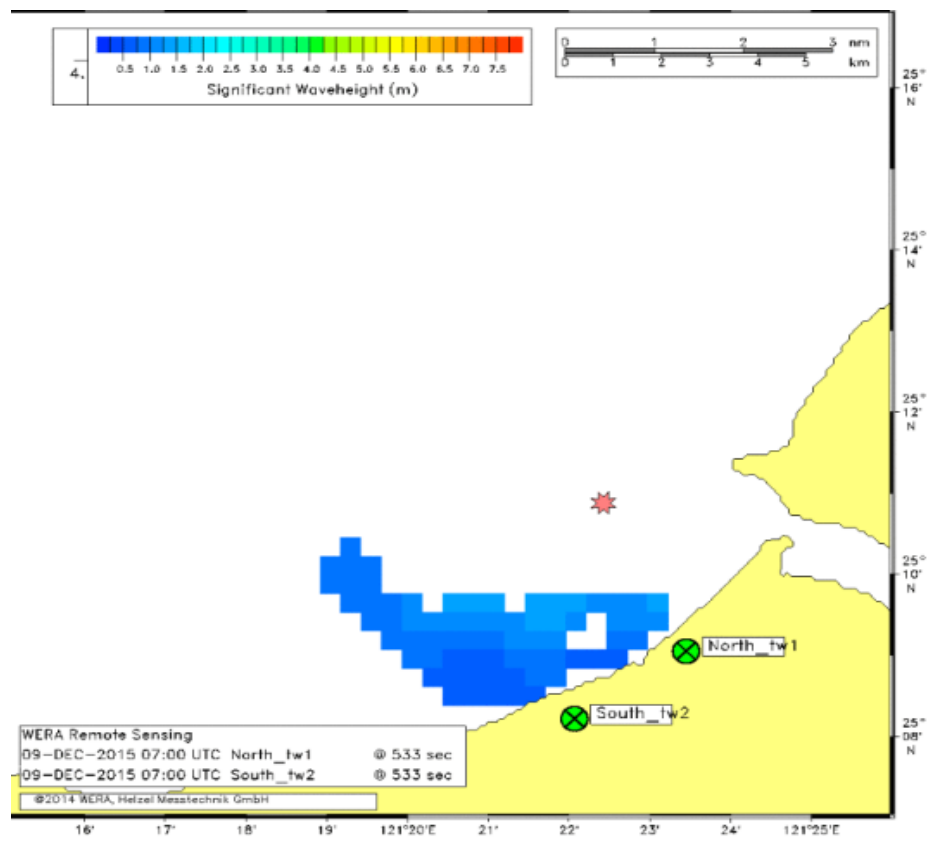


圖3.9 2015 年 12 月 9 日示性波高圖



## 第四章 雷達觀測案例探討

設置於臺北港港務大樓及南防波堤內側的2套WERA雷達測站，整合2套海洋雷達監測站觀測資料後，可得到二維海流、波浪與風力等觀測結果，其所量測之觀測結果，應用WERA Data Viewer網路應用程序，即可使用該程序產生出分析圖表，Data Viewer其功能介紹已於第三章說明，由於其網路應用程序所設置之使用者友善介面，讓相關分析工作得以降低作業時間，例如進入到海洋地圖頁面時，我們可得到大範圍的平面流場圖及平面波場圖，點擊海洋地圖任一點位，就可以得到該點座標的相關資訊，透過這些相關資訊及量測資料，我們就可以開始進行相關的研究，因為這些功能而讓分析工作更為順利，而本章節分別對雷達所觀測到的資料依以下4.1節、4.2節及4.3節的案例探討。

### 4.1 淡水河口流場變化

本節的觀測資料主要探討於淡水河河口處之流場分析，如圖4.1中左上角之色條所示為其流速之變化，同圖4.1，其圖中之比例尺如右上角，而由照片中可得知淡水河河口處，漲退潮之變化情形，淡水河口為半日潮，每日有二次的漲退潮，潮流方向幾乎與海岸線平行，漲潮為西南方向，退潮為東北方向。依據水利處淡海測站的潮汐觀測結果顯示，淡水河口為半日潮為主的混合潮，每日會有二次的高低潮，夏秋之際水位較高，水位差較大；冬春之際水位較低，水位差較小，下面一系列的圖為2015年2月1日所觀測之流場變化圖，圖4.1上方為雷達所量測之平面流場圖，該流場圖中所顯示的箭頭方向為流速方向，圖4.1的圖片下方為潮位歷時圖，縱軸為相對水位值，其單位為公尺，潮位站設置之對應位置座標為（25.165805，121.393418），位於臺北港港區內，由歷時圖可以判斷出，每日會有二次的高低潮，潮位歷時圖中紅點為所對應為水位的位置，2015年2月1日00:00至07:30這段時間，其流場向量為低潮位，流向為流入淡水河口之方向，如圖4.1至圖4.16，2015年2月1日08:00至14:00，其流場向量為高潮位轉低潮位，流向為流入淡水河口之方向，如圖4.17至圖4.29，2015年2月1日14:30至17:30，其流場向量為低潮位轉高潮位，

流向為流出淡水河口之方向，如圖4.30至圖4.36。

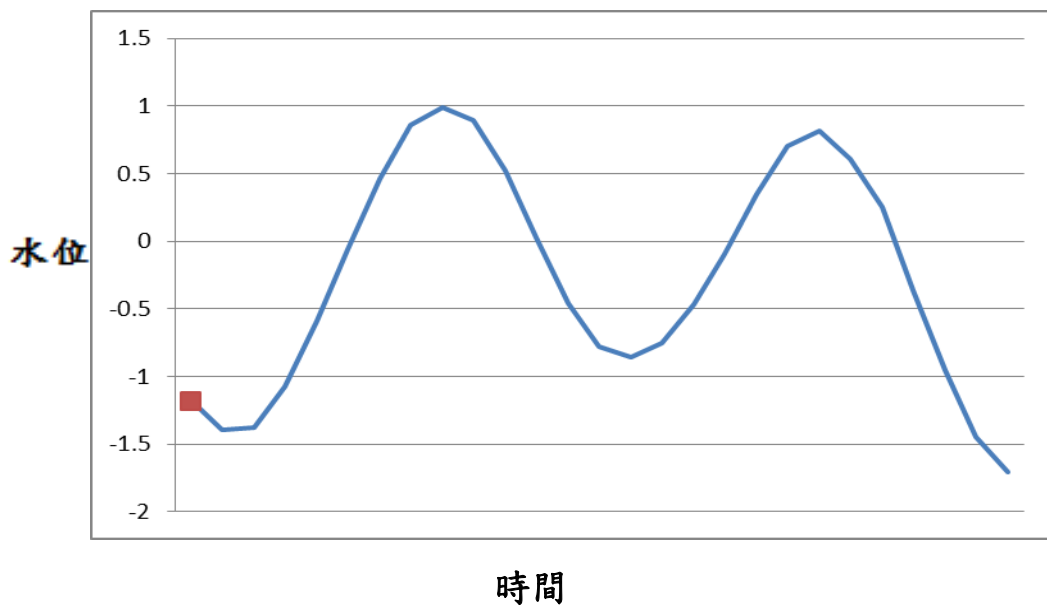
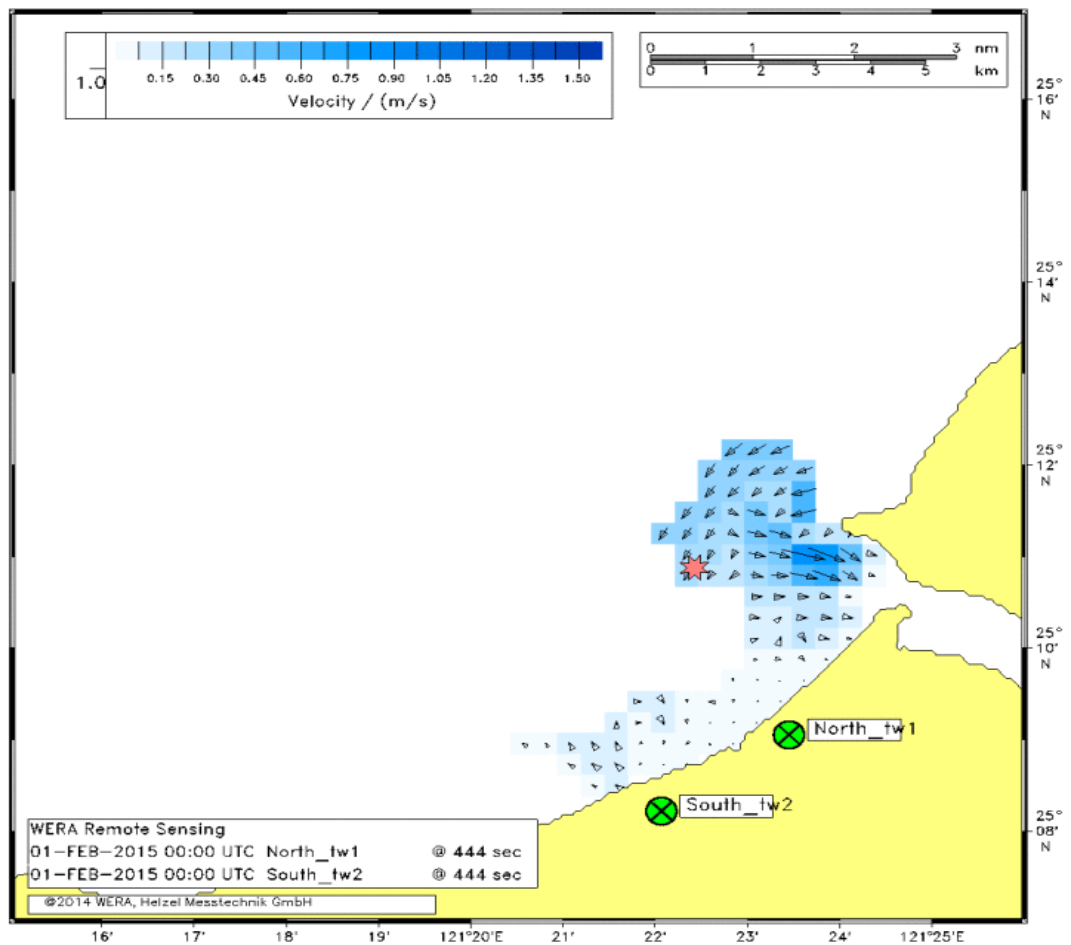


圖4.1 2015年2月1日00:00流場向量

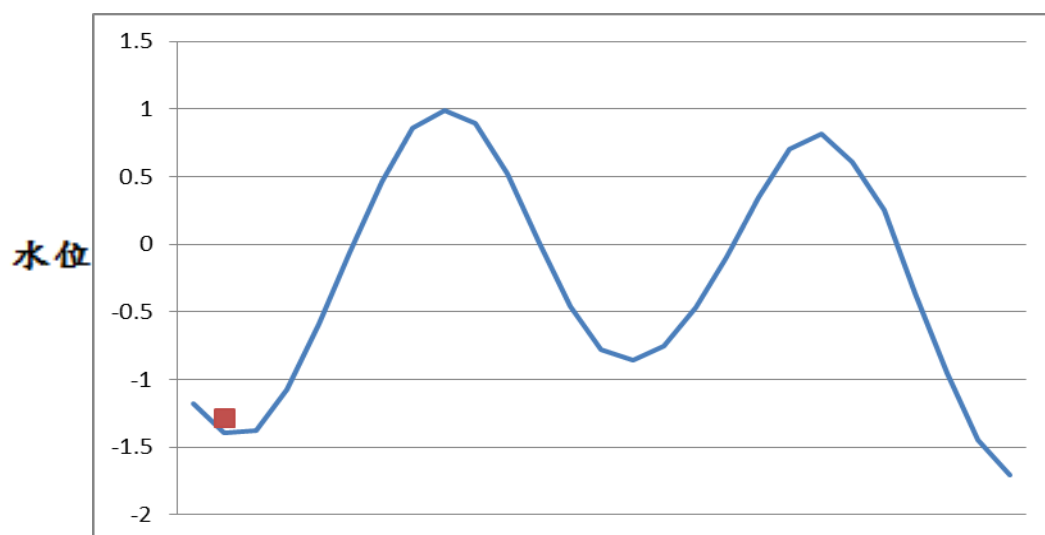
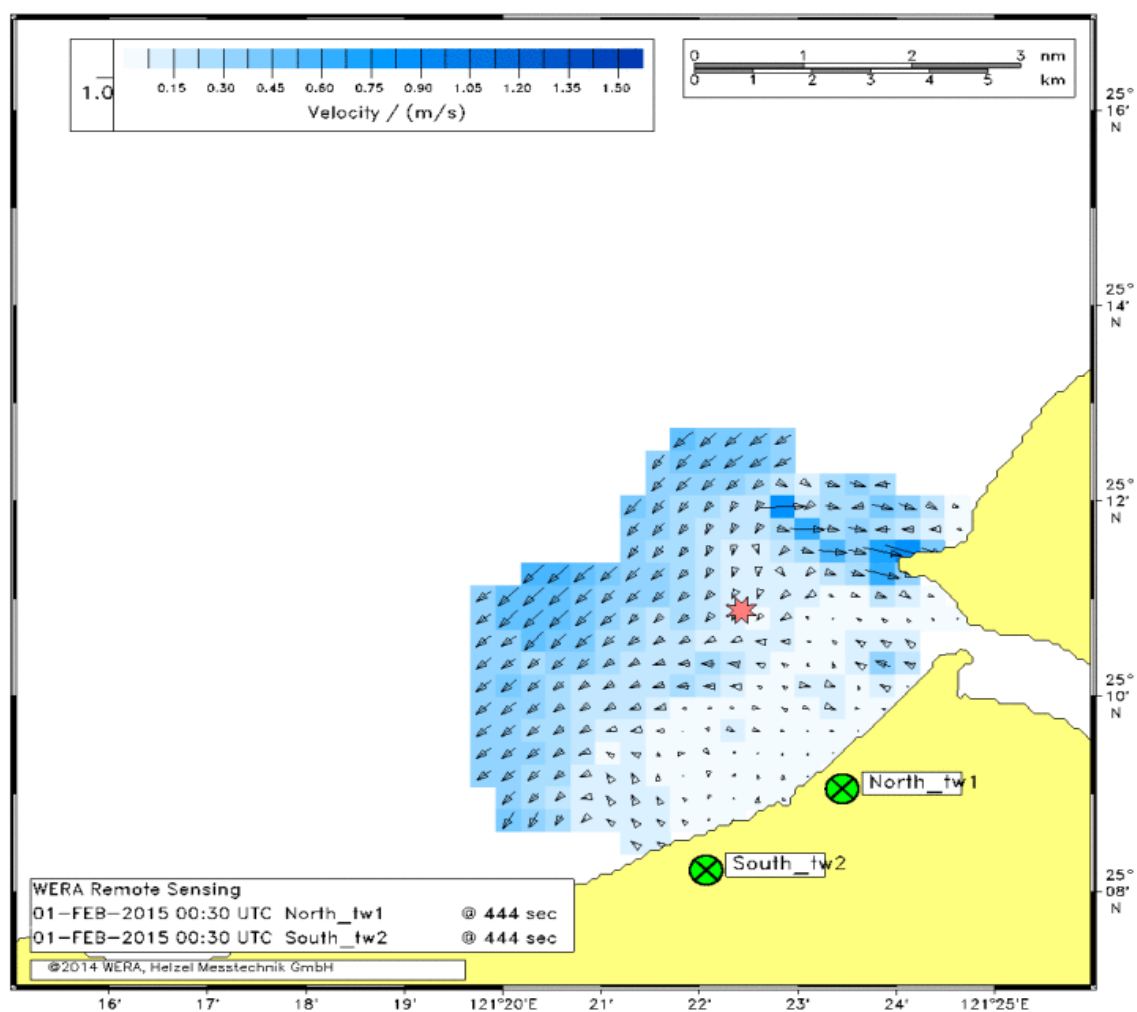


圖4.2 2015年2月1日00:30流場向量

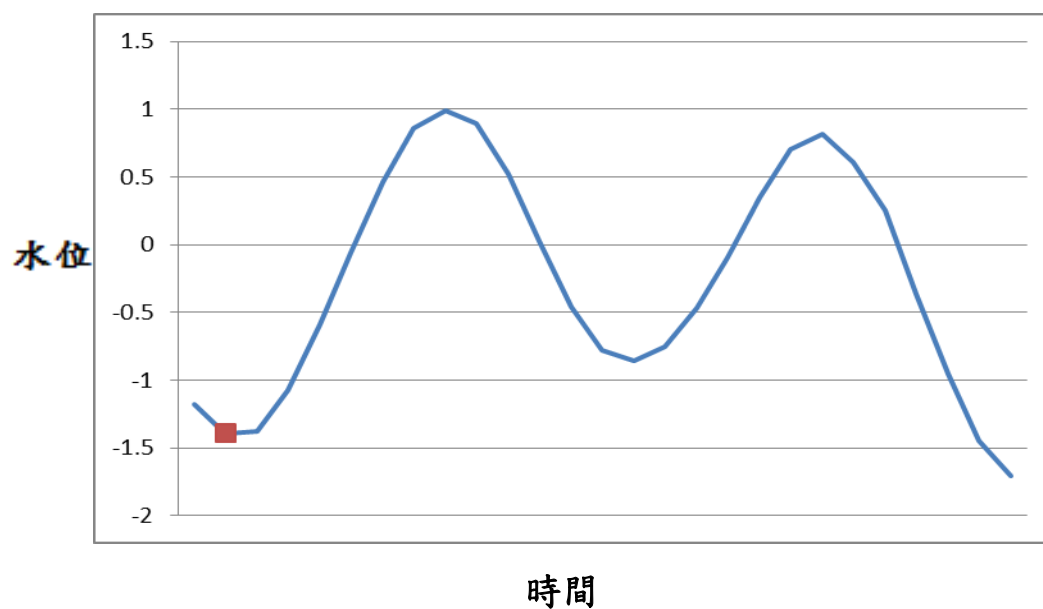
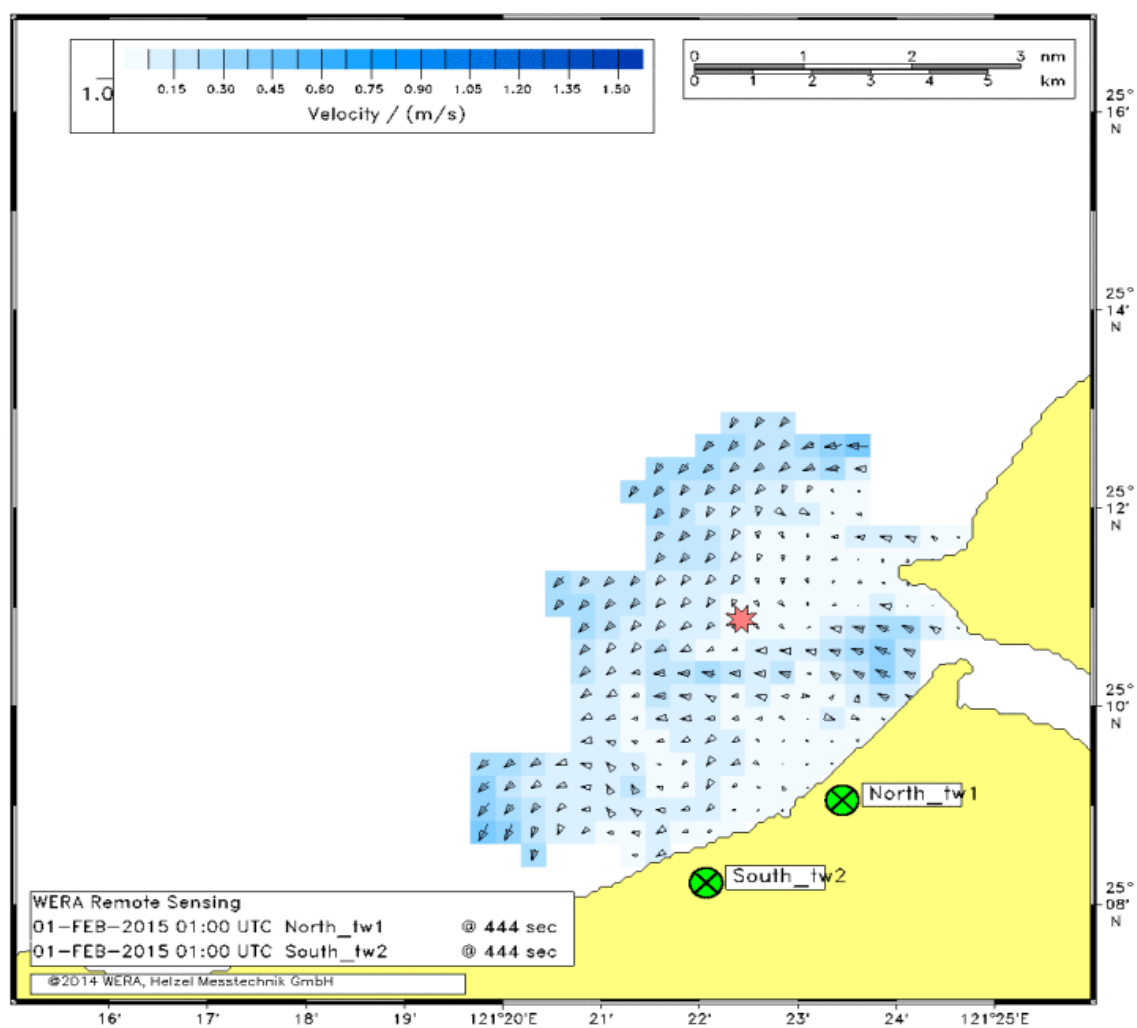


圖4.3 2015年2月1日01:00流場向量

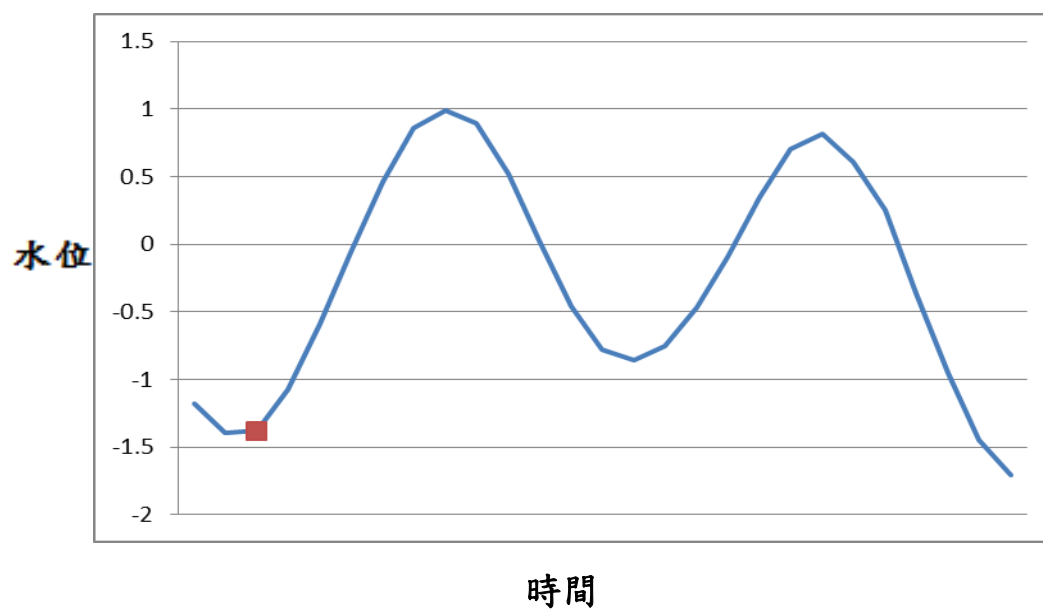
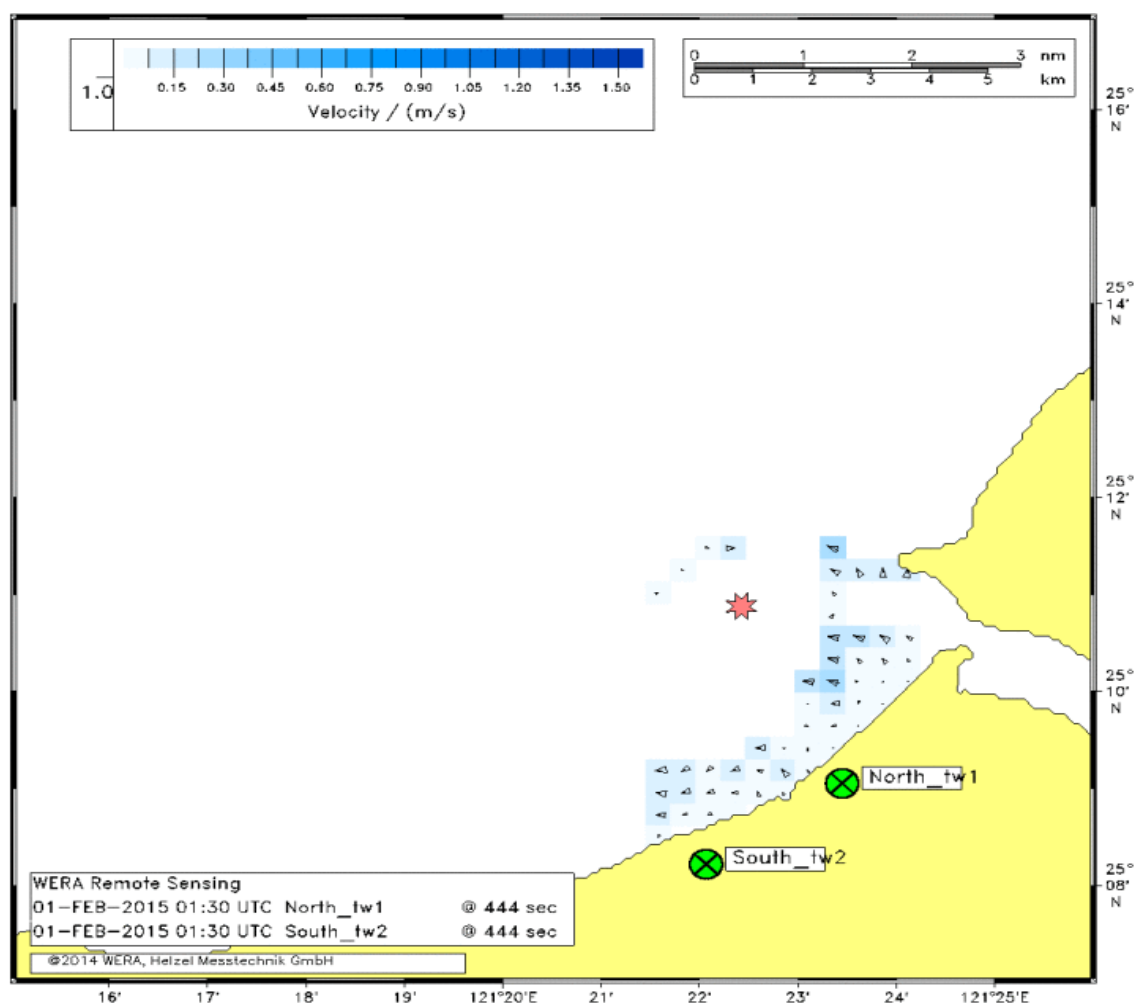


圖4.4 2015年2月1日01:30流場向量

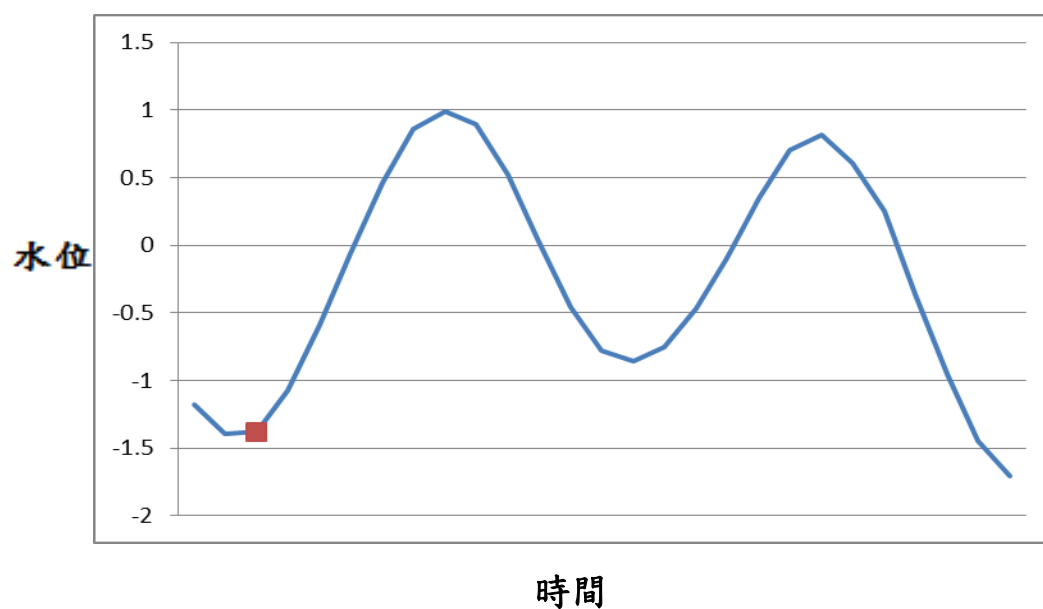
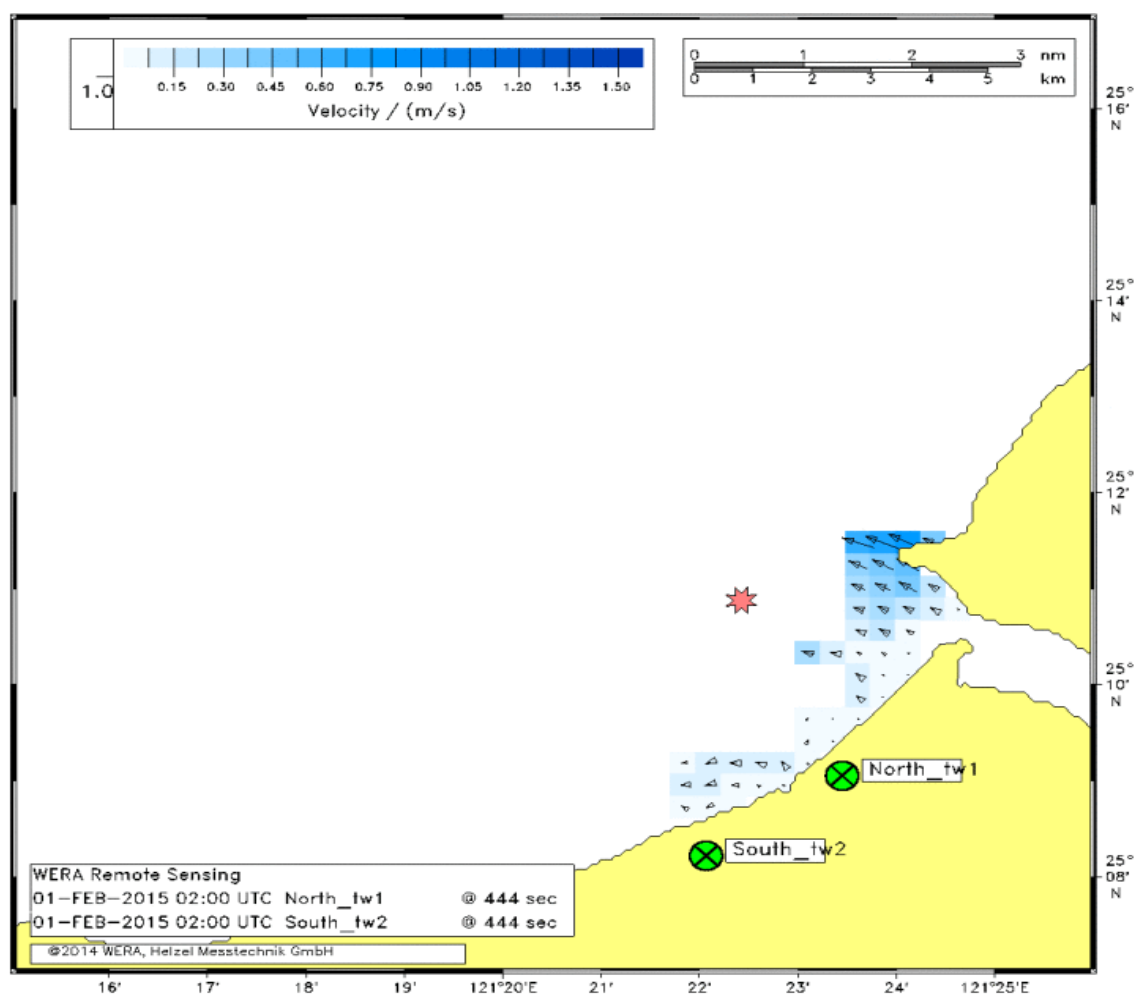


圖4.5 2015年2月1日02:00流場向量

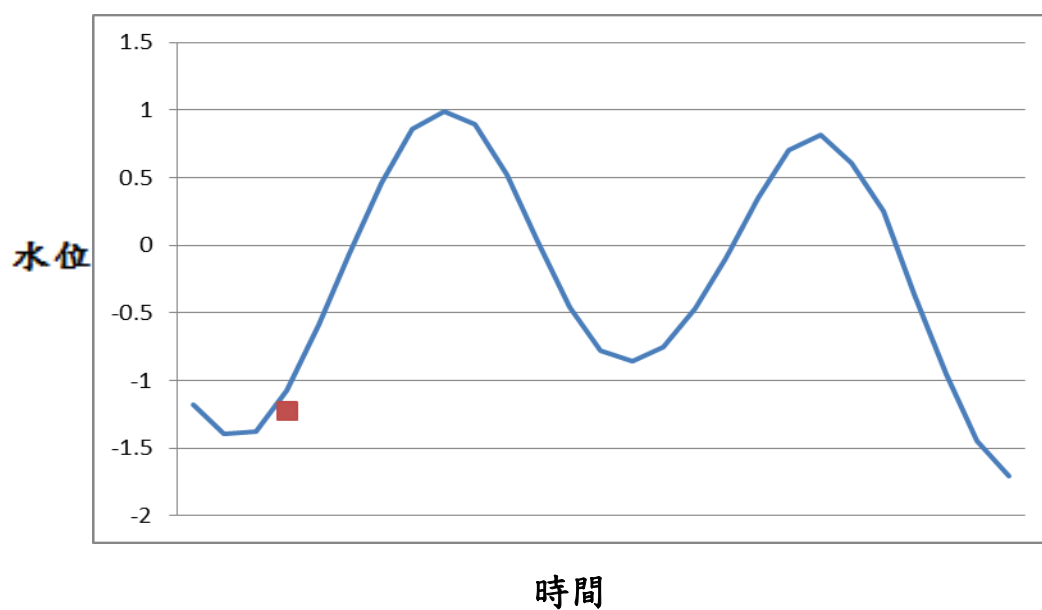
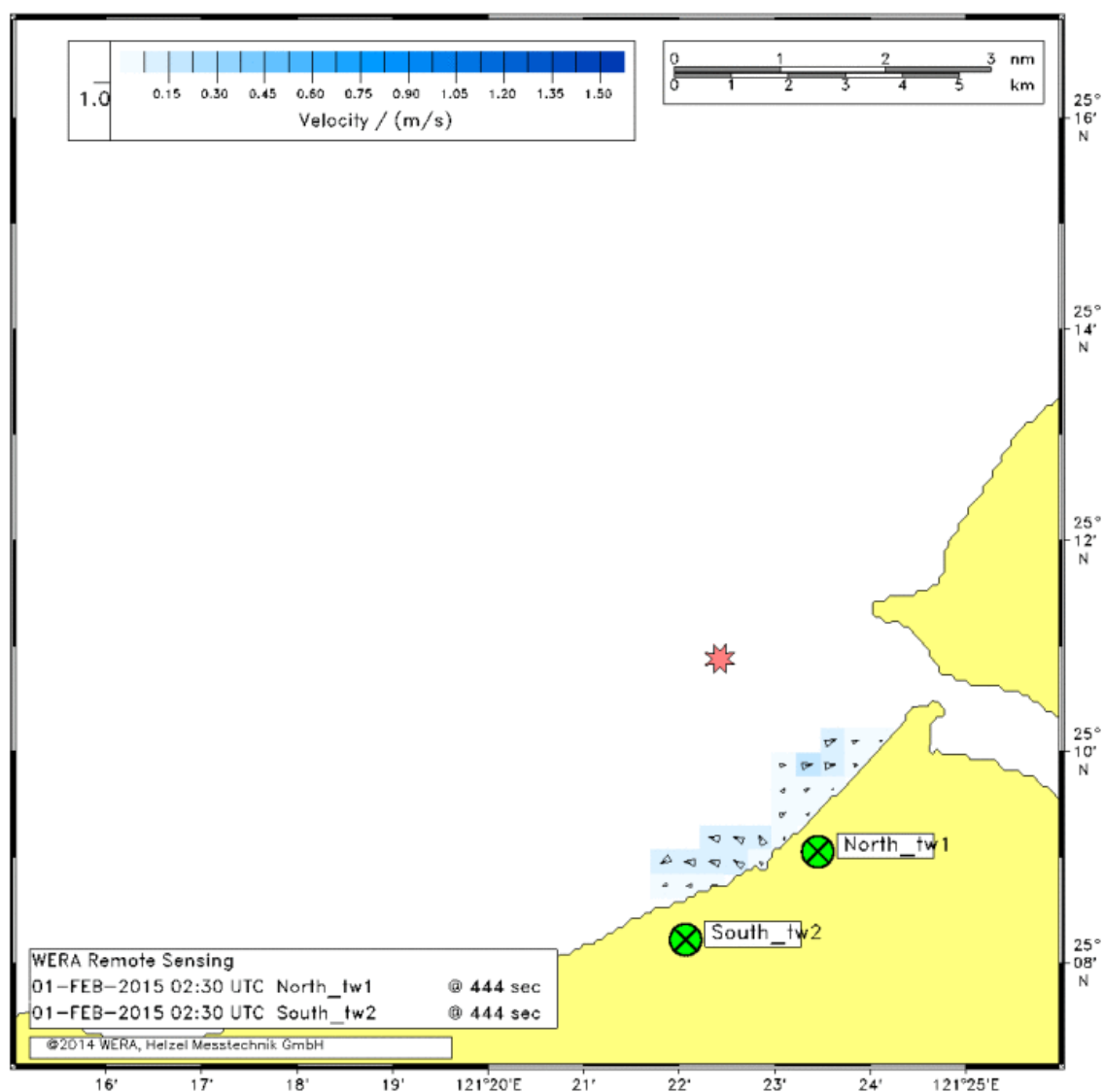


圖4.6 2015年2月1日02:30流場向量

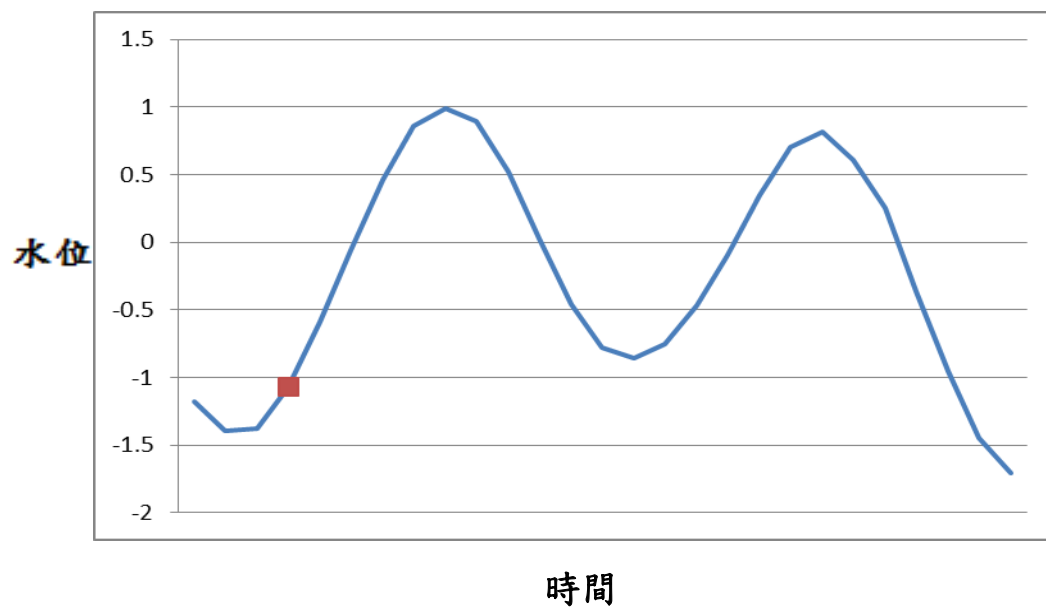
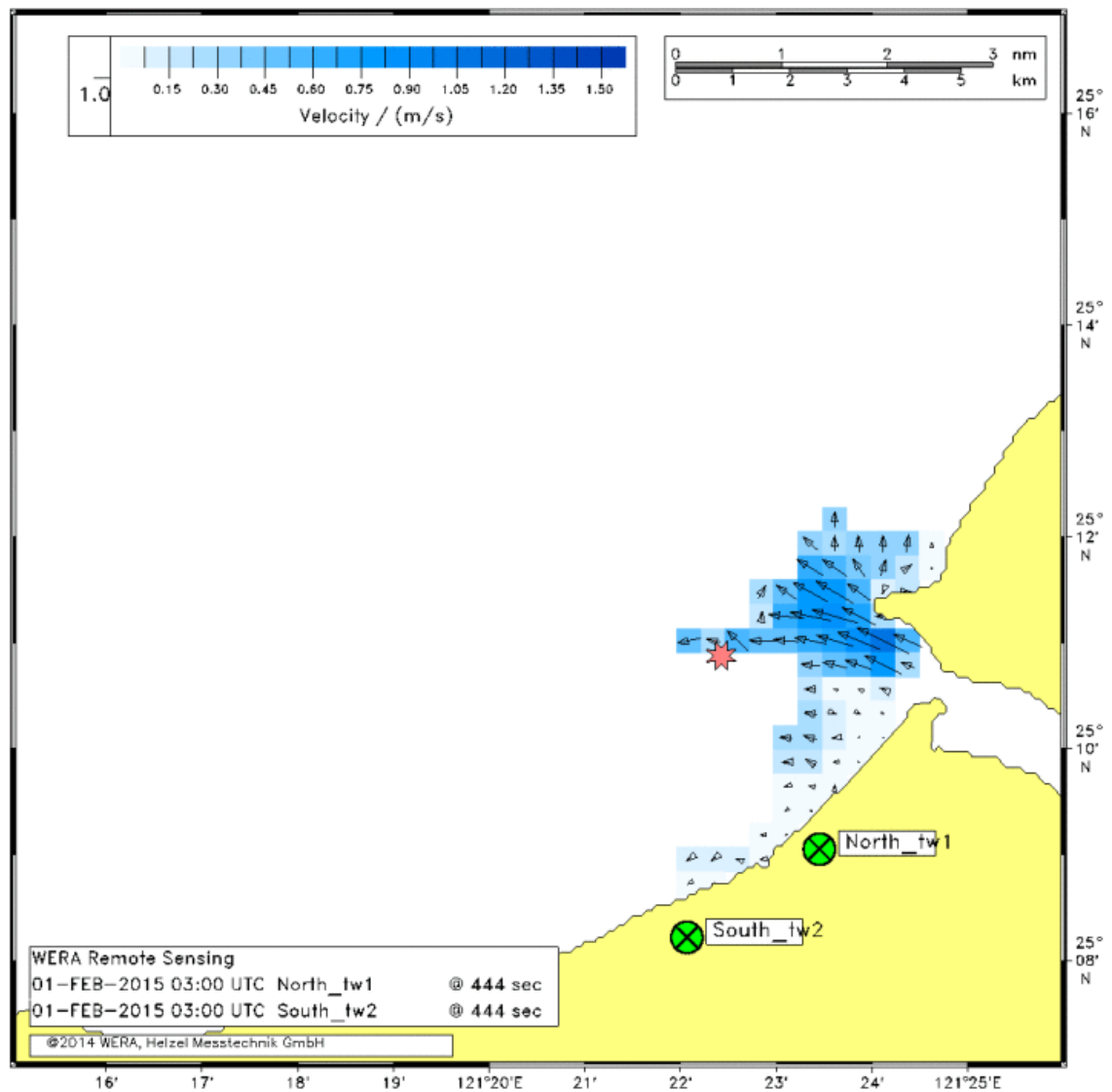
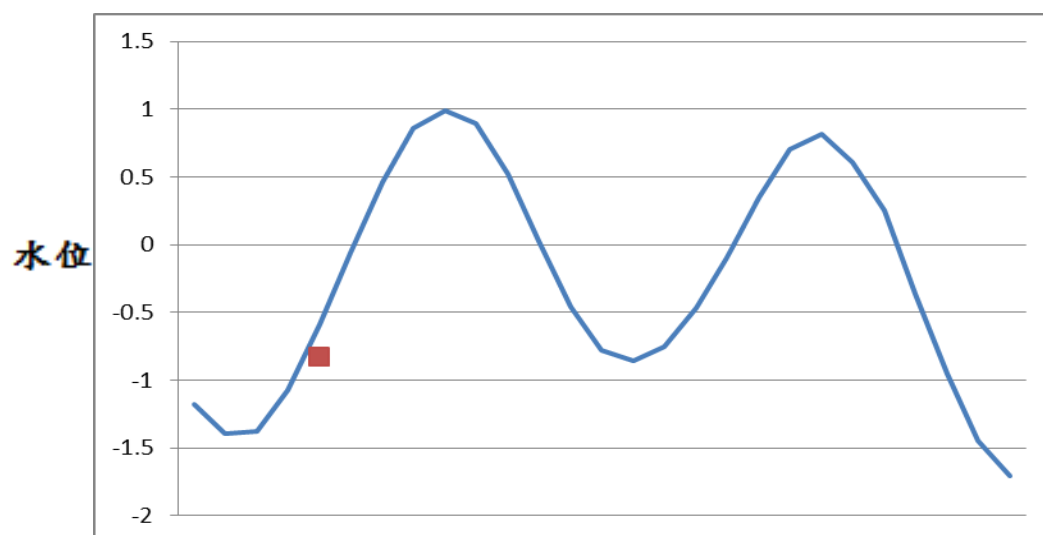
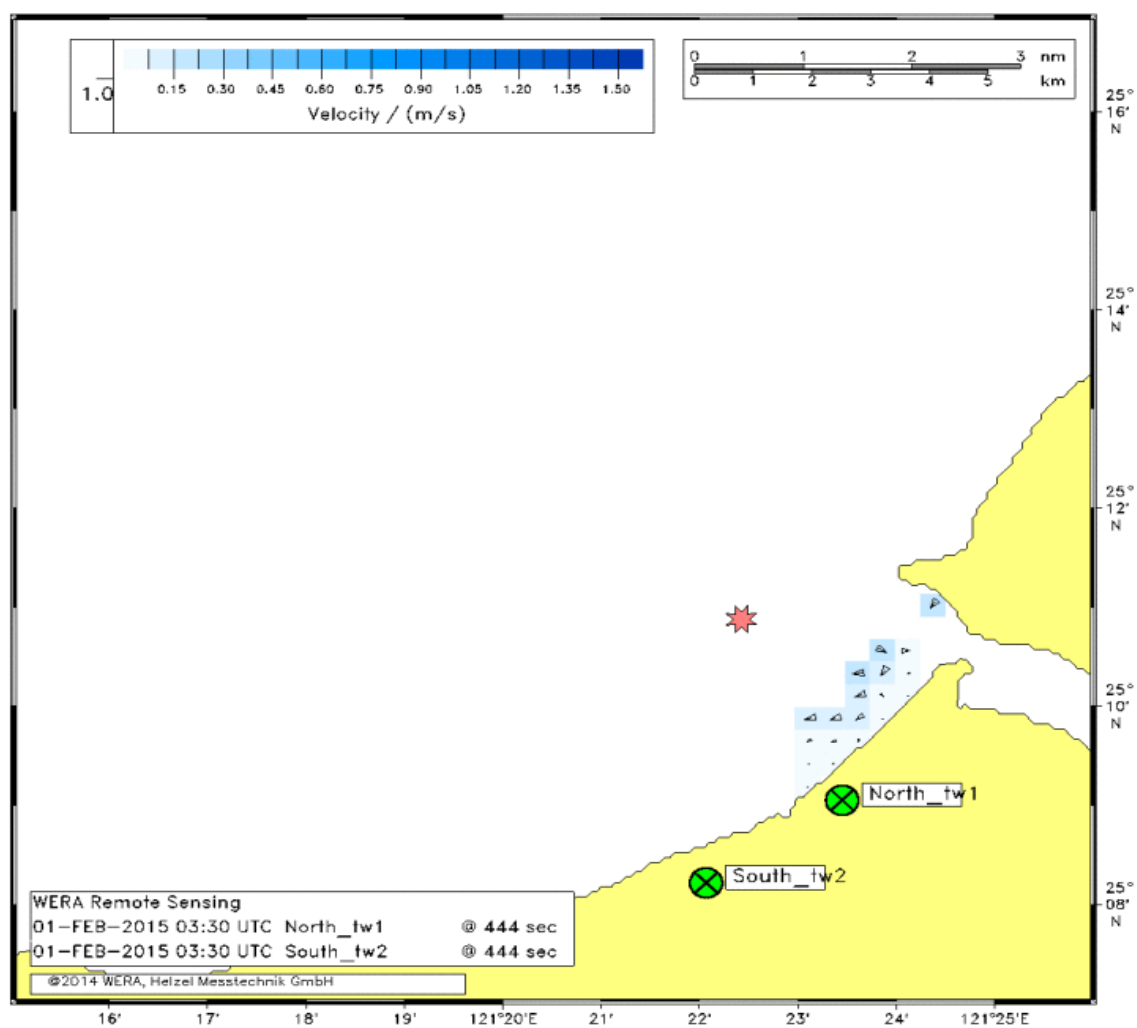


圖4.7 2015年2月1日03:00流場向量



時間

圖4.8 2015年2月1日03:30流場向量

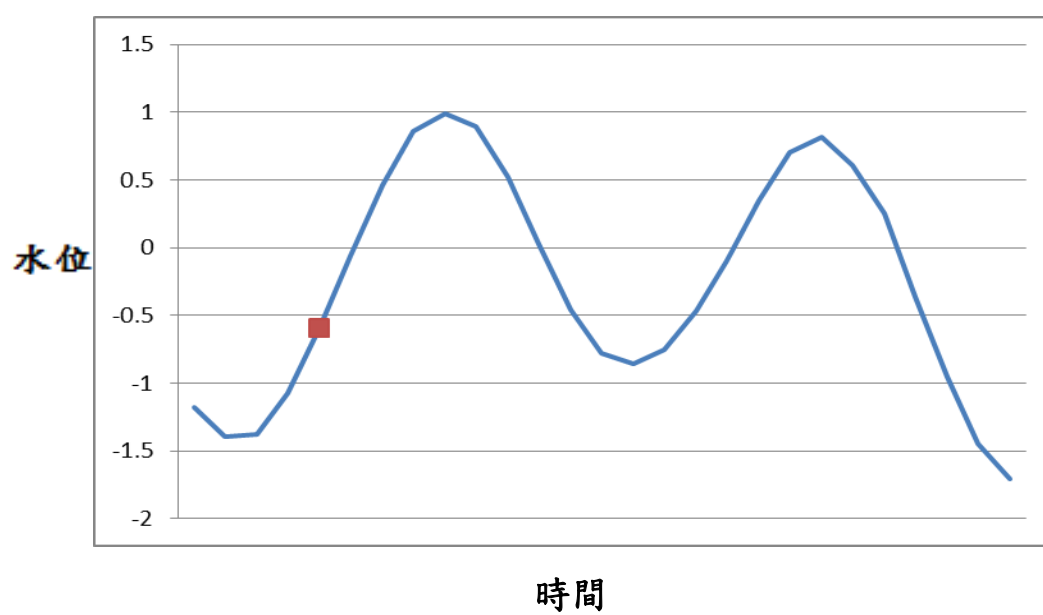
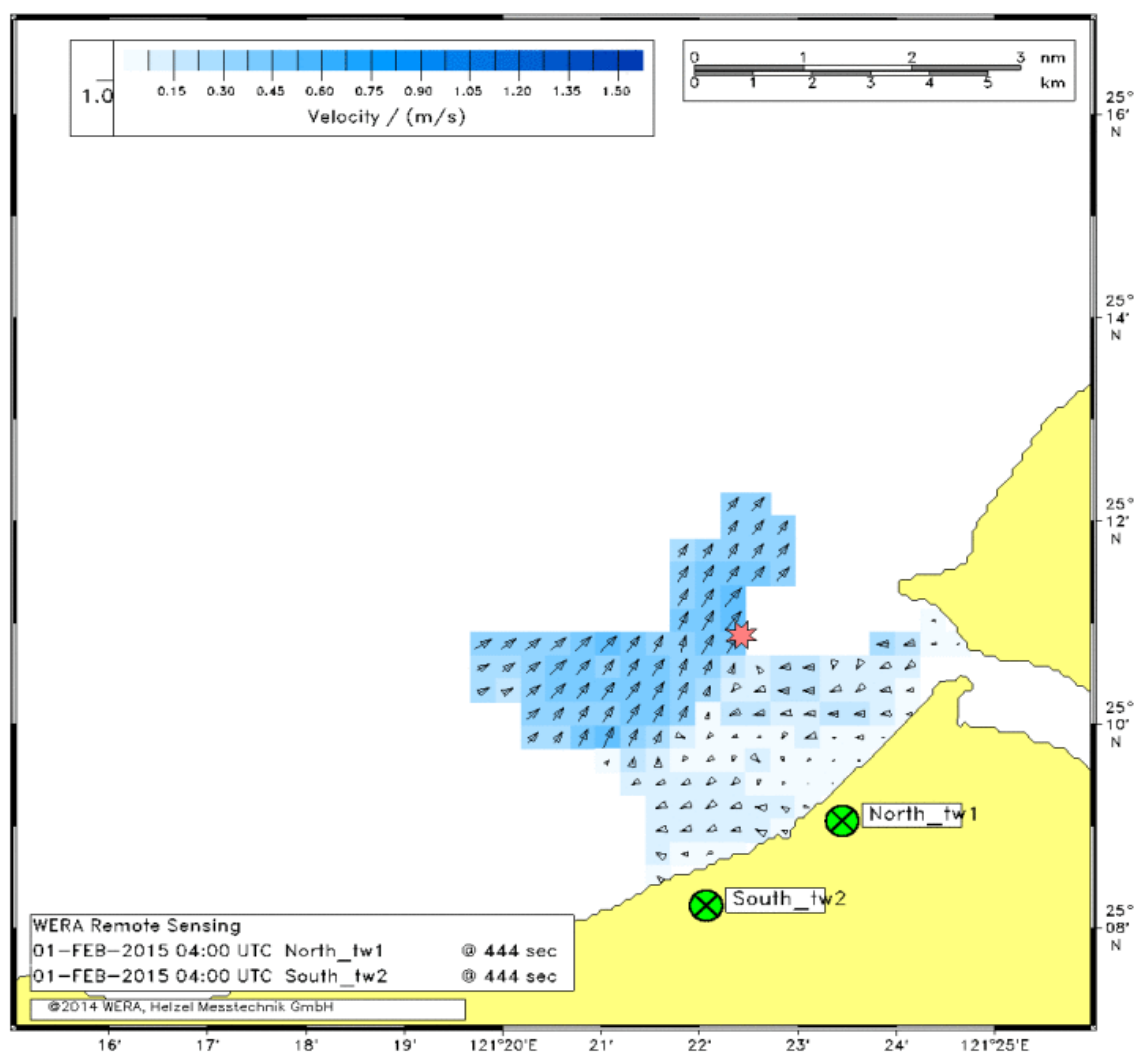


圖4.9 2015年2月1日04:00流場向量

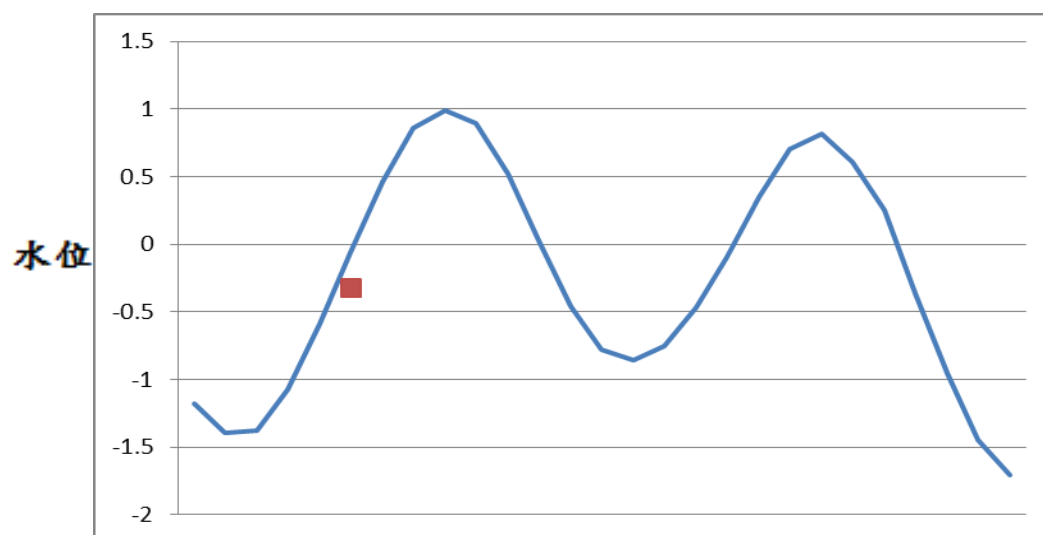
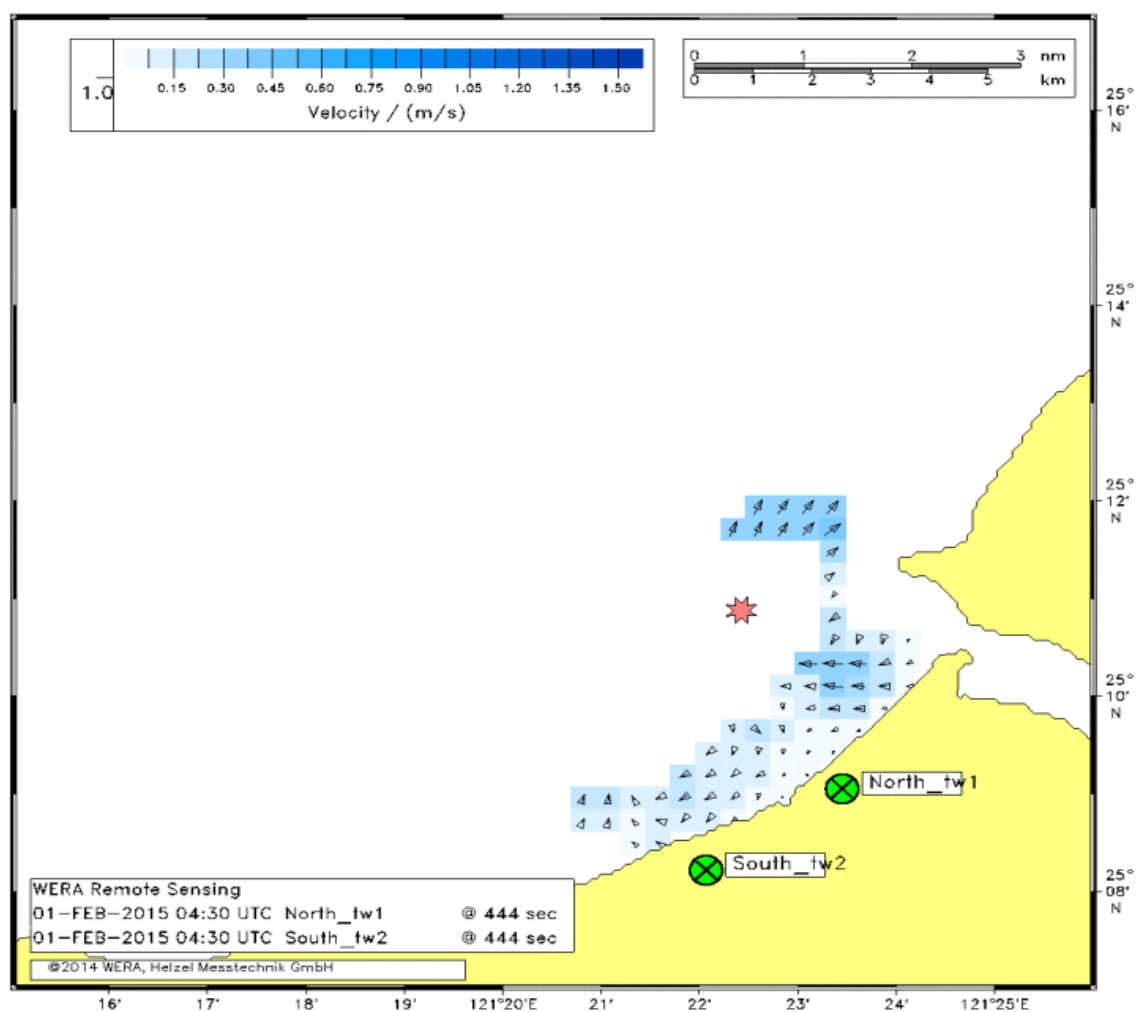


圖4.10 2015年2月1日04:30流場向量

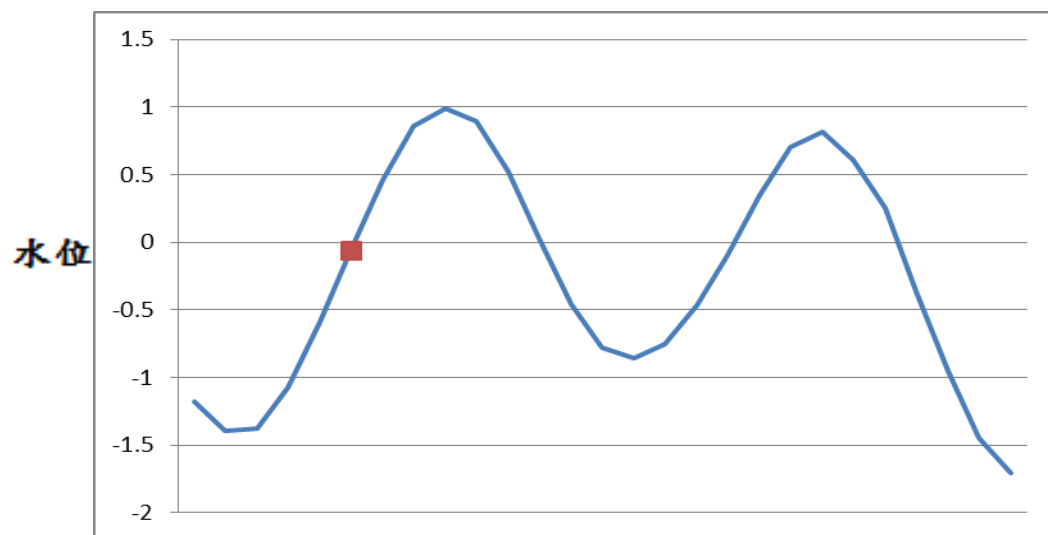
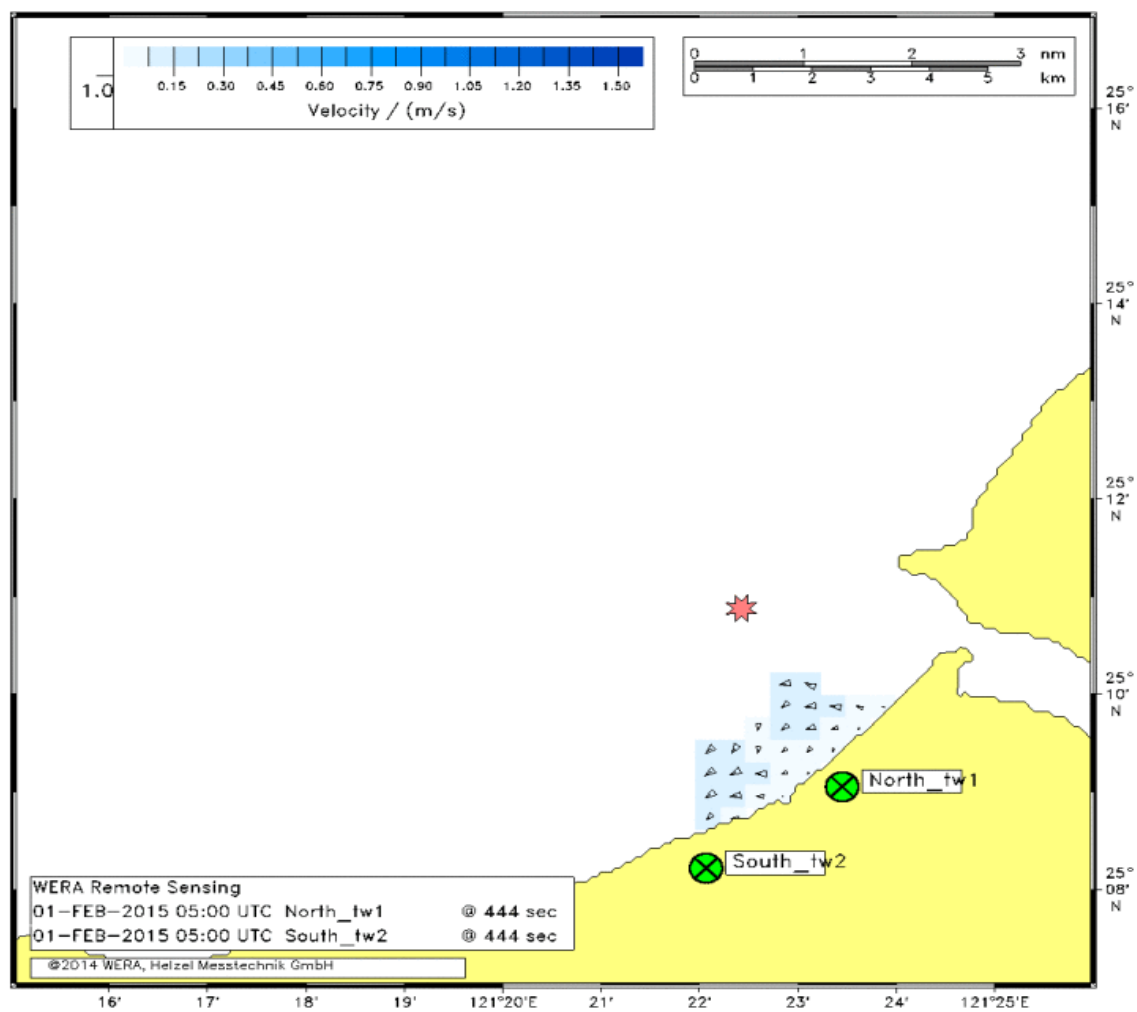
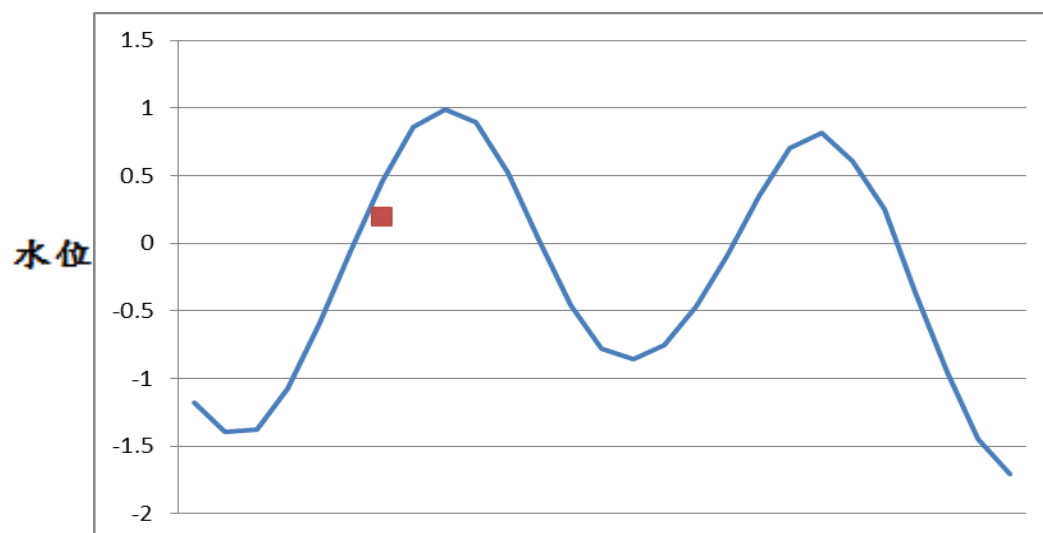
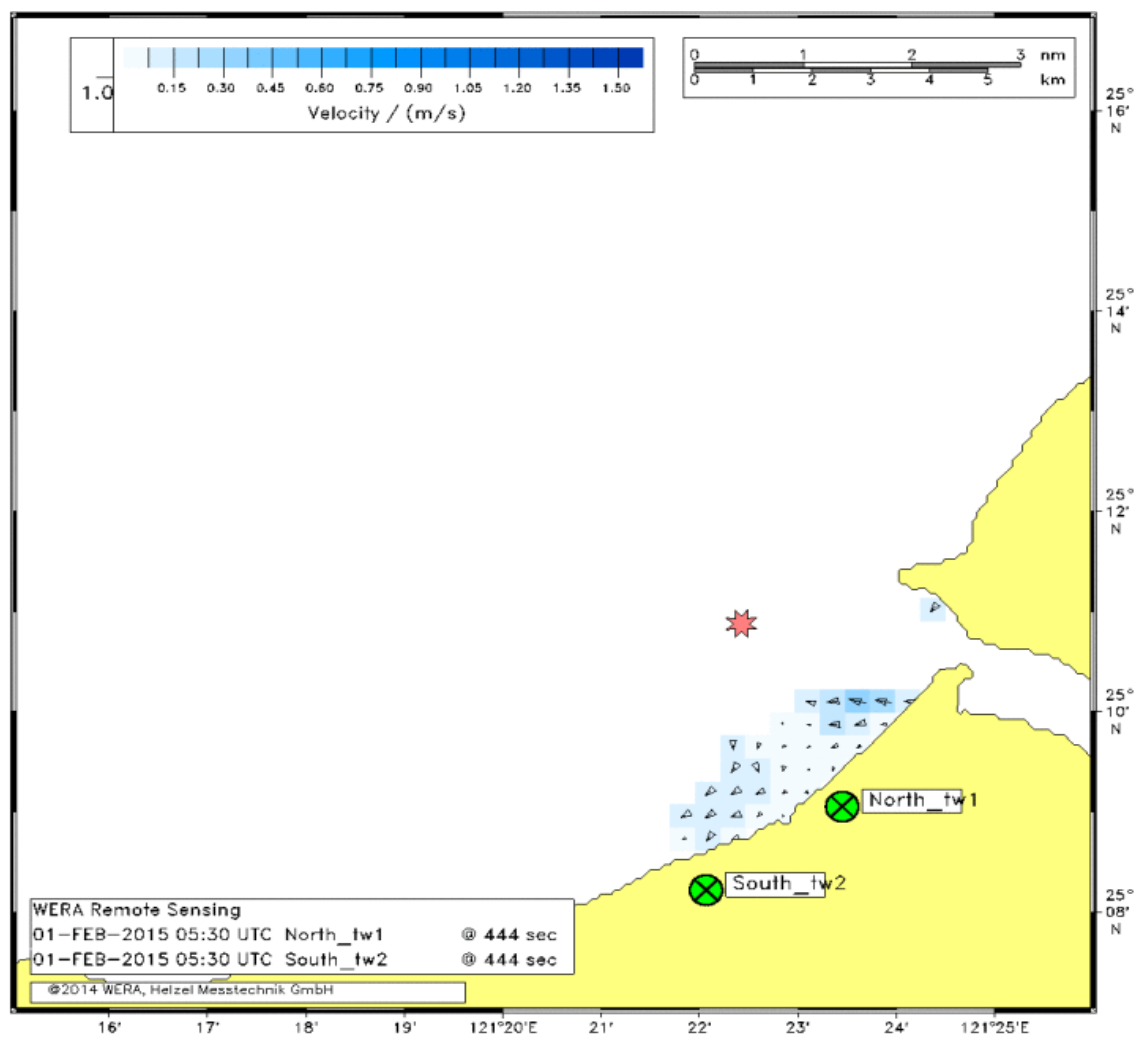


圖4.11 2015 年 2 月 1 日 05:00 流場向量



時間

圖4.12 2015年2月1日05:30流場向量

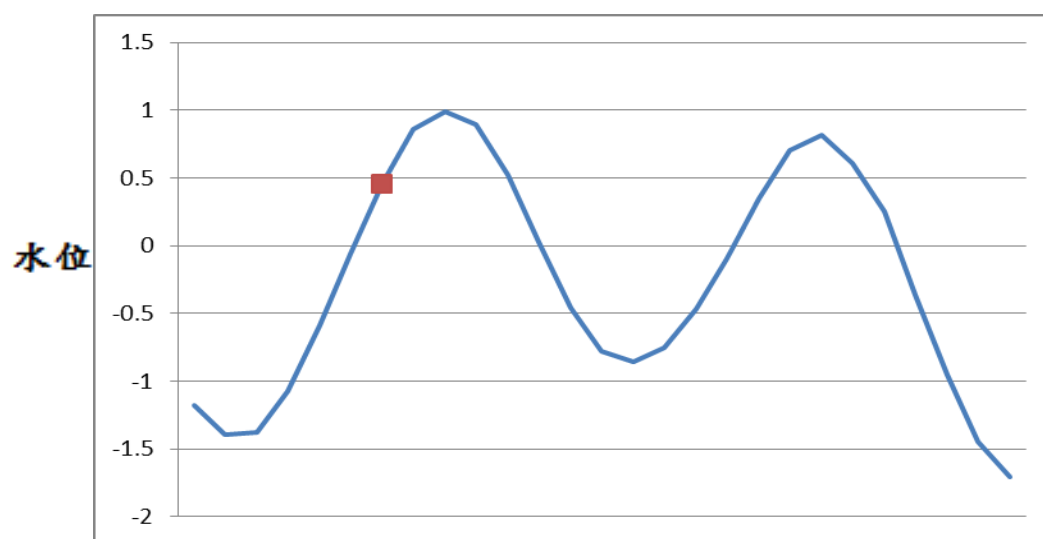
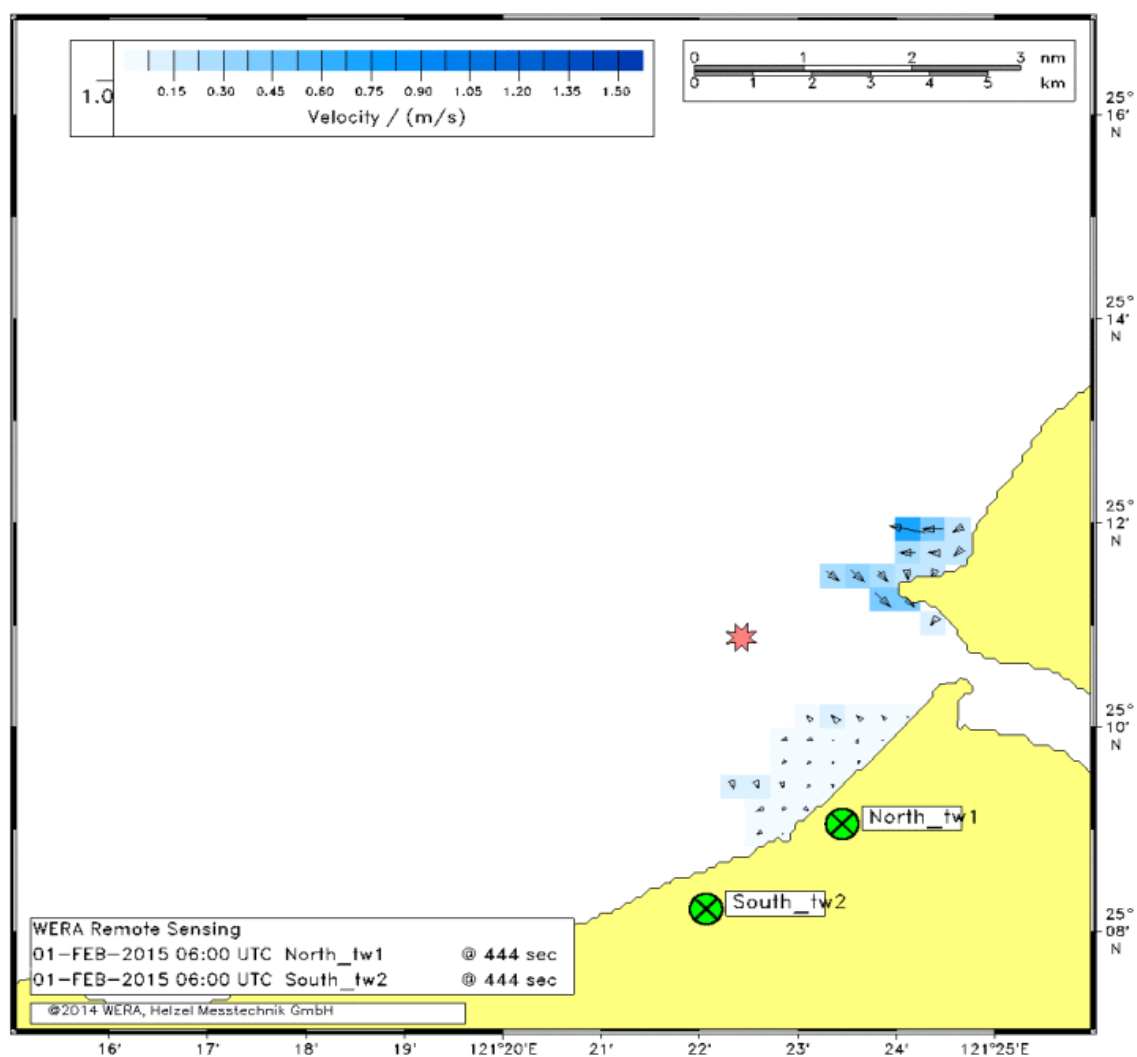


圖4.13 2015 年 2 月 1 日 06:00 流場向量

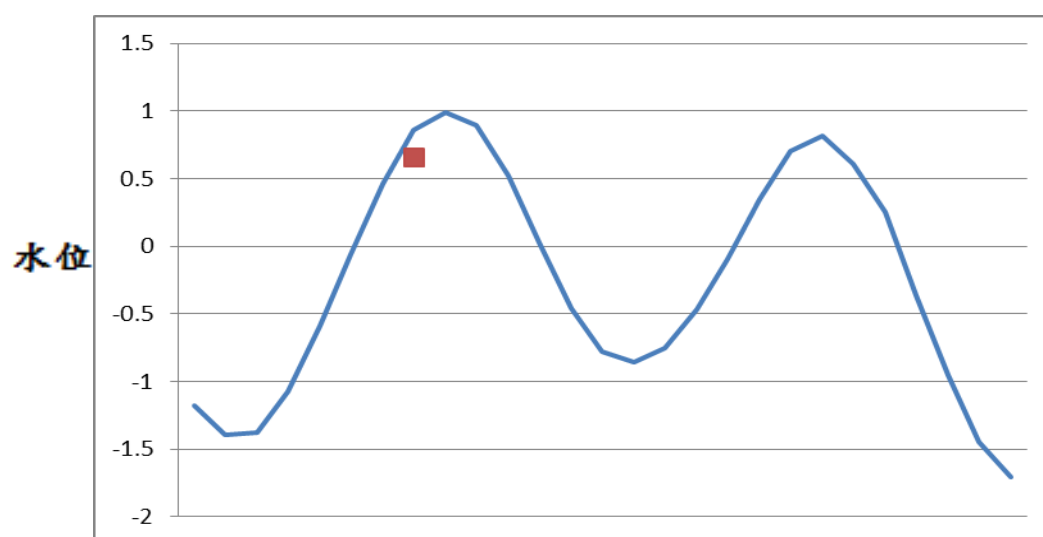
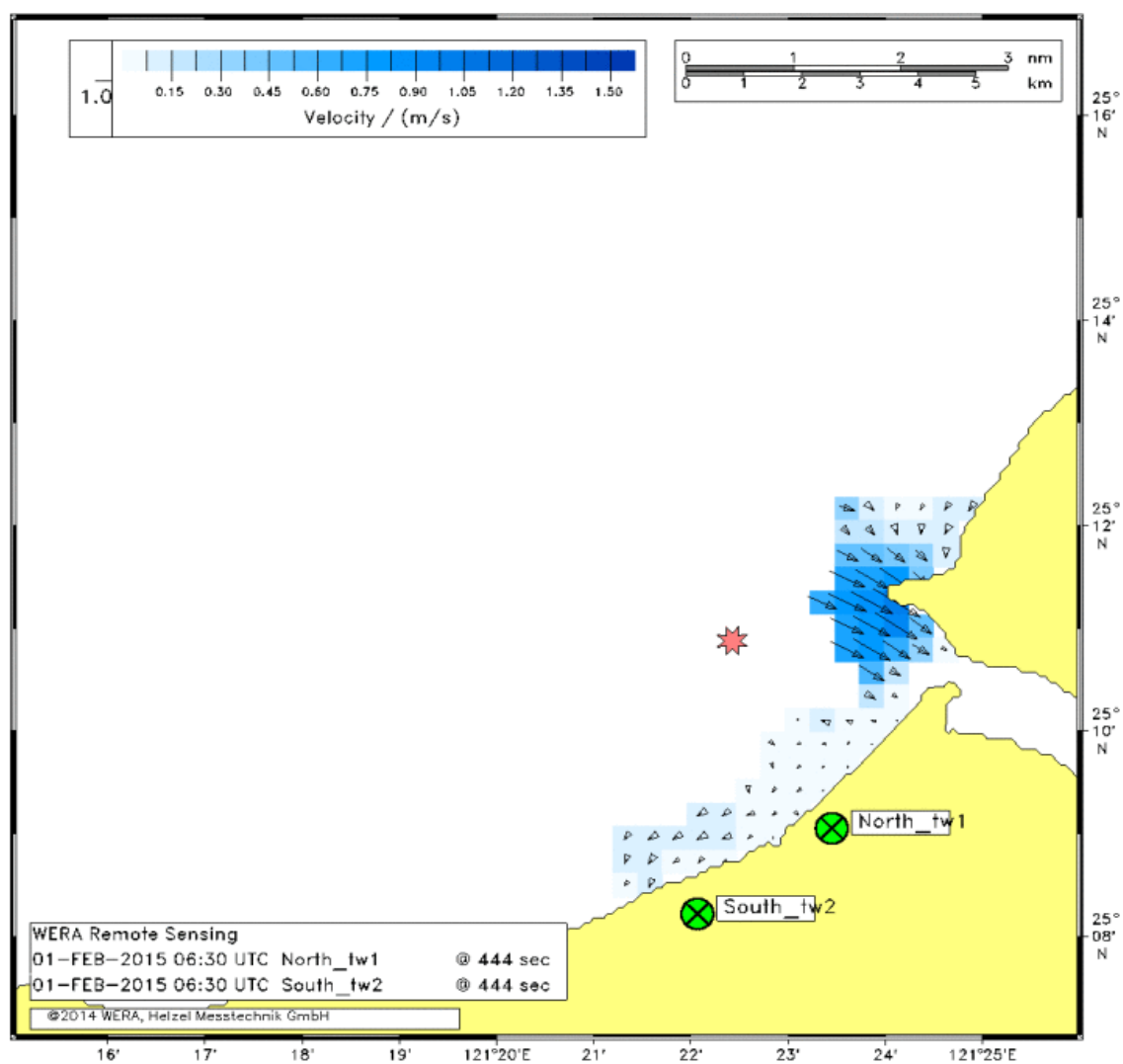


圖4.14 2015 年 2 月 1 日 06:30 流場向量

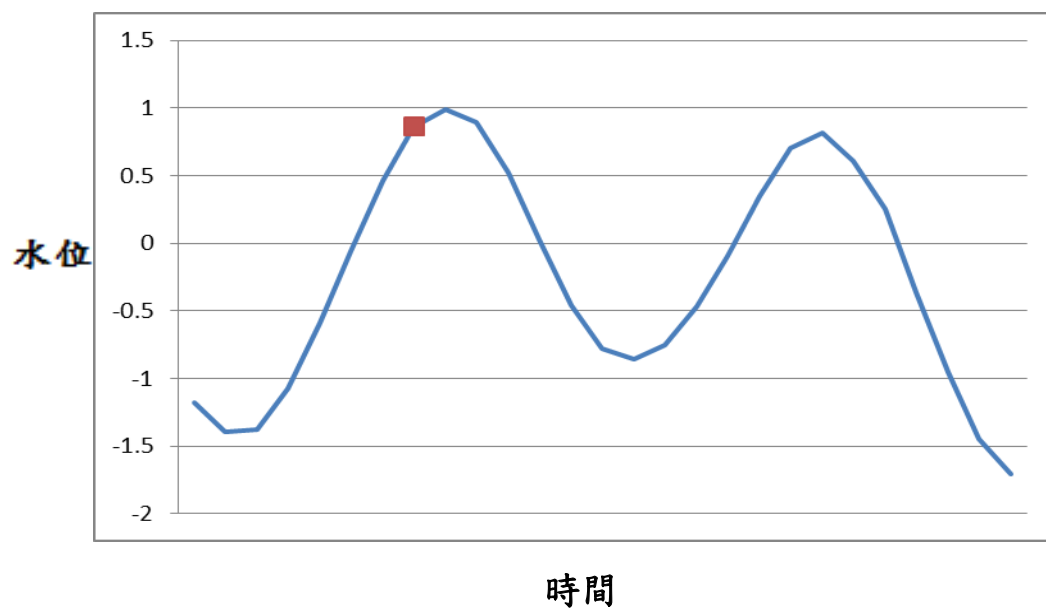
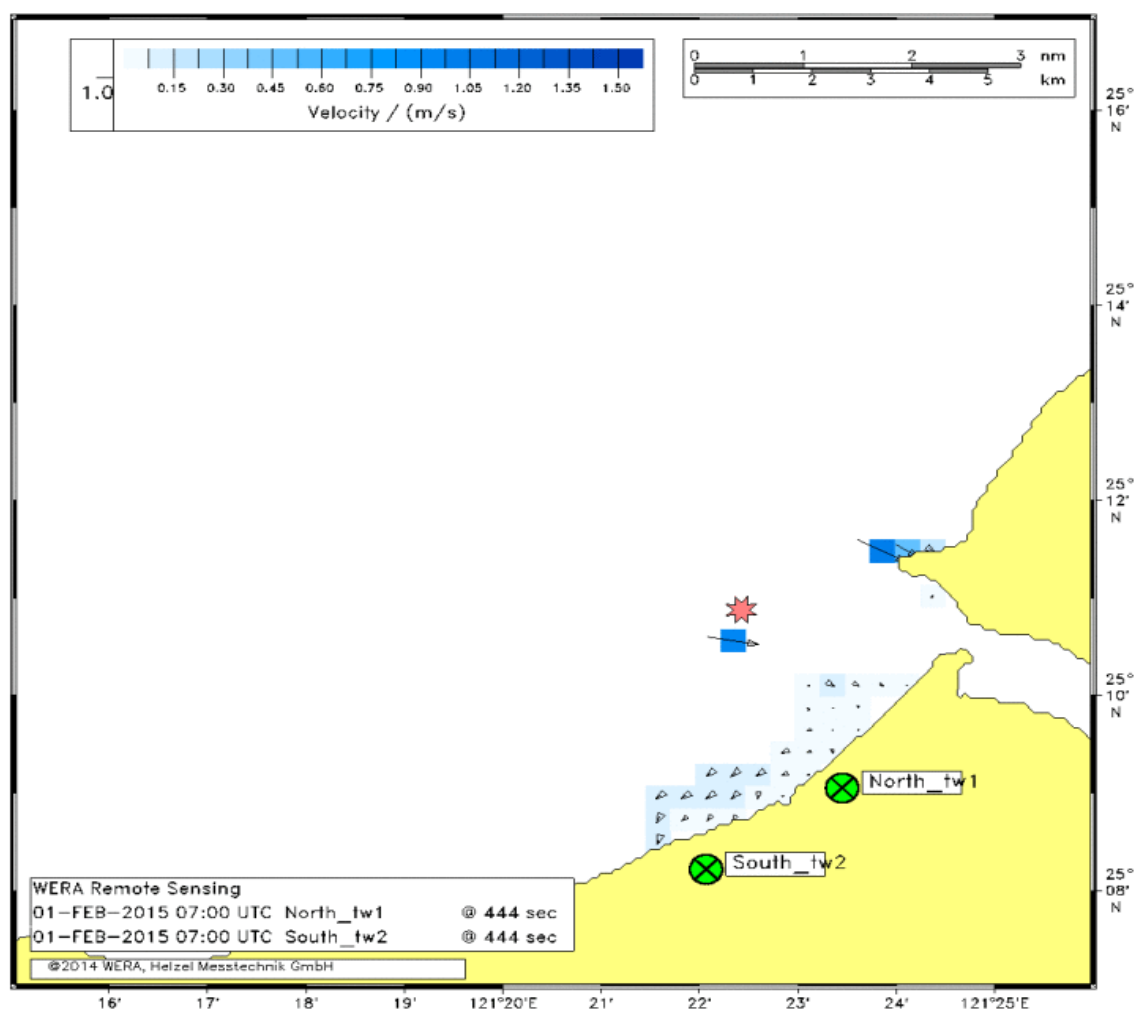


圖4.15 2015 年 2 月 1 日 07:00 流場向量

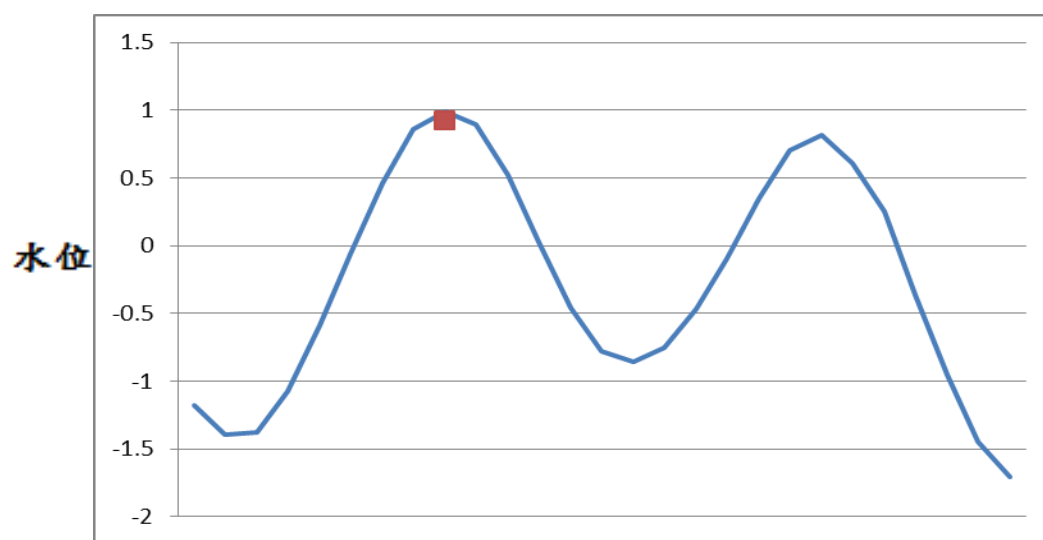
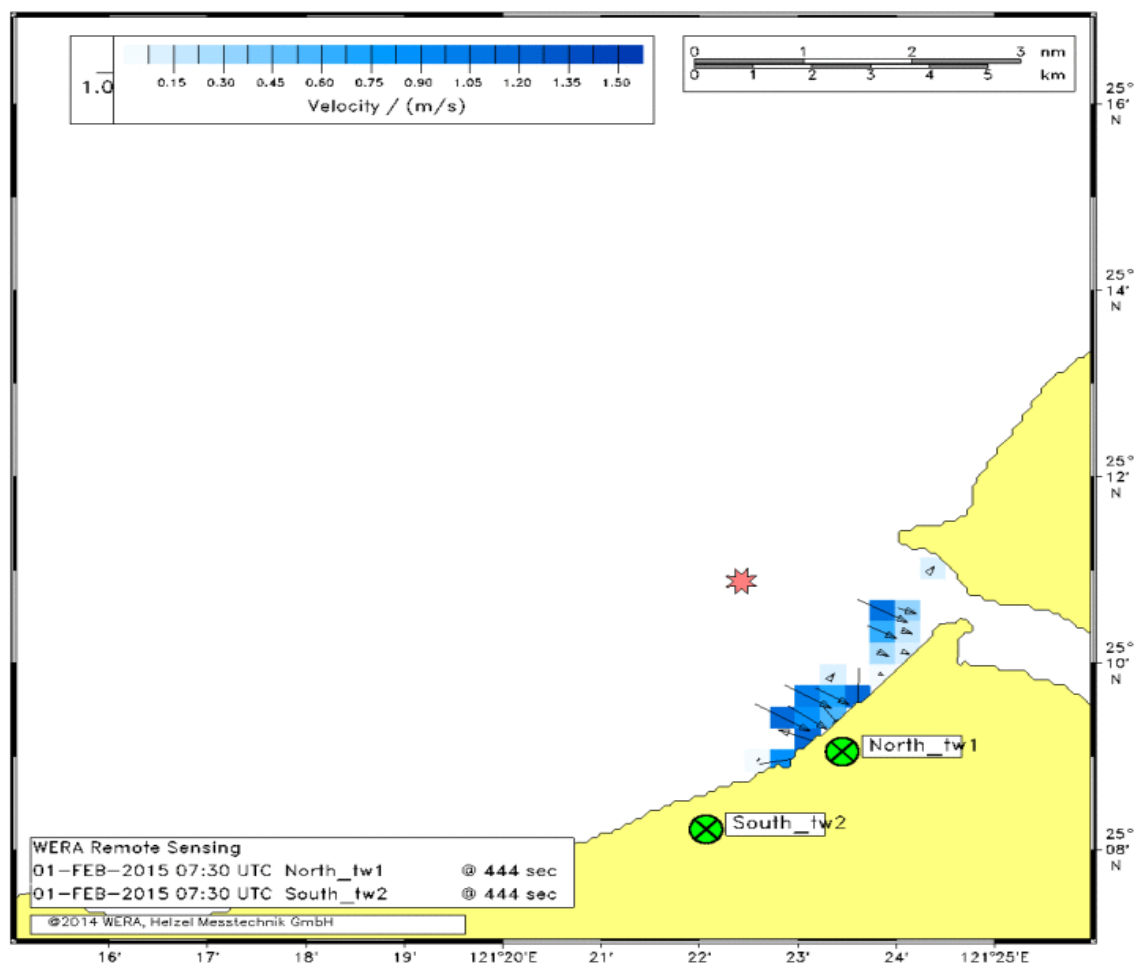


圖4.16 2015 年 2 月 1 日 07:30 流場向量

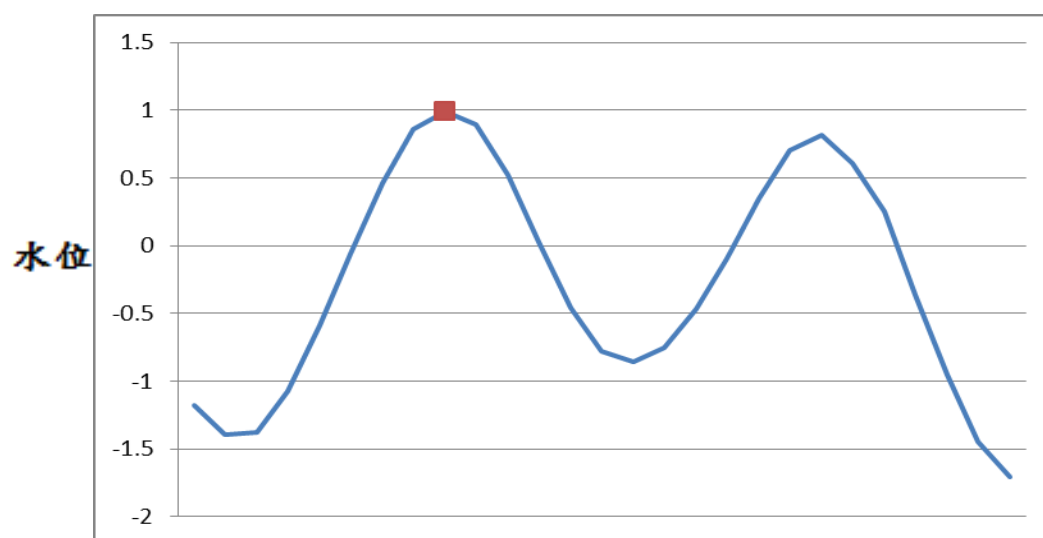
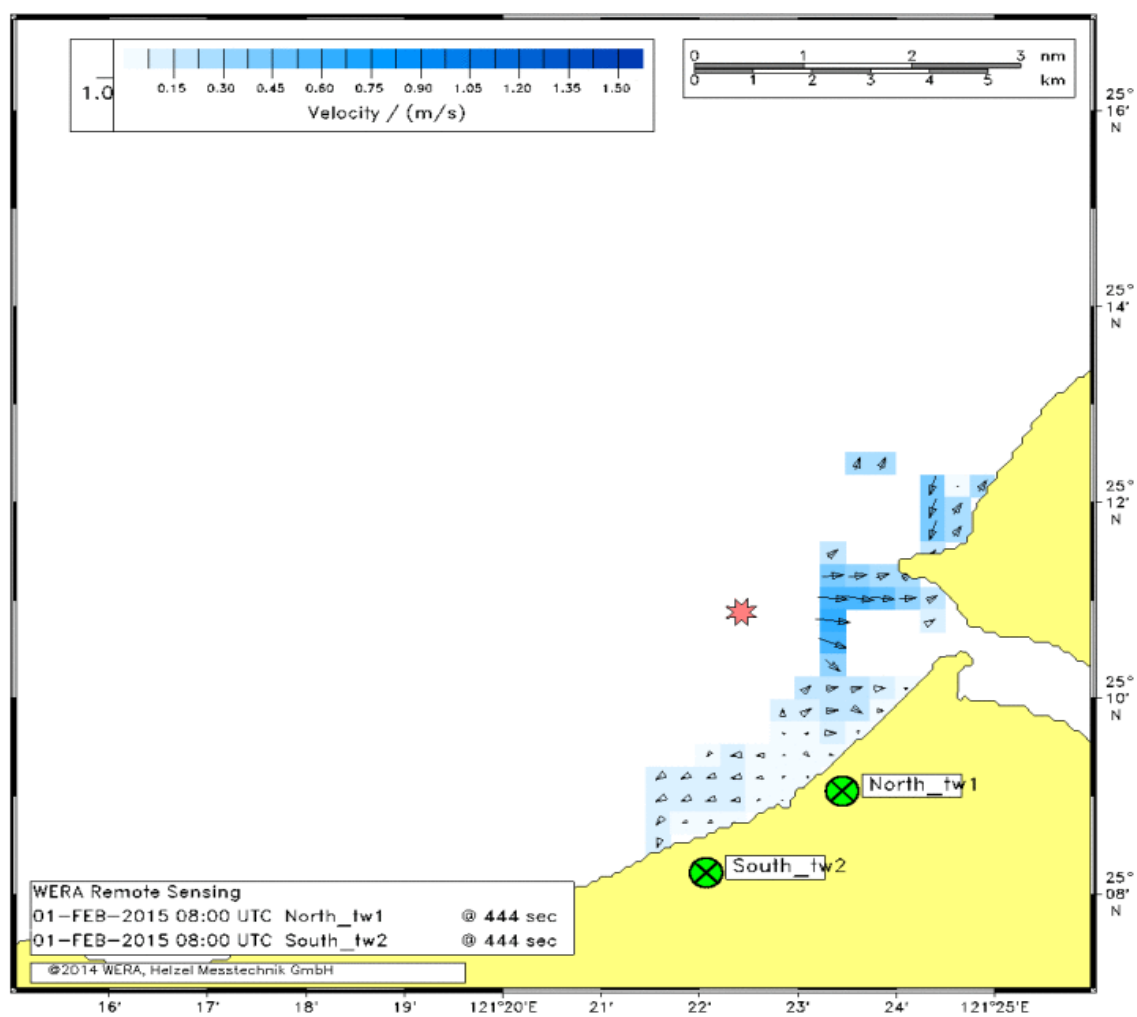


圖4.17 2015 年 2 月 1 日 08:00 流場向量

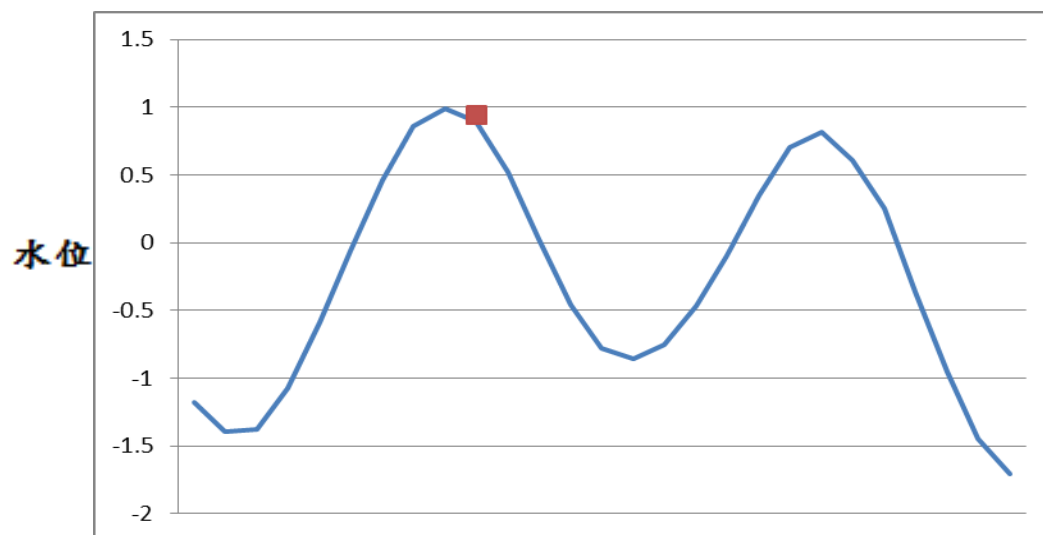
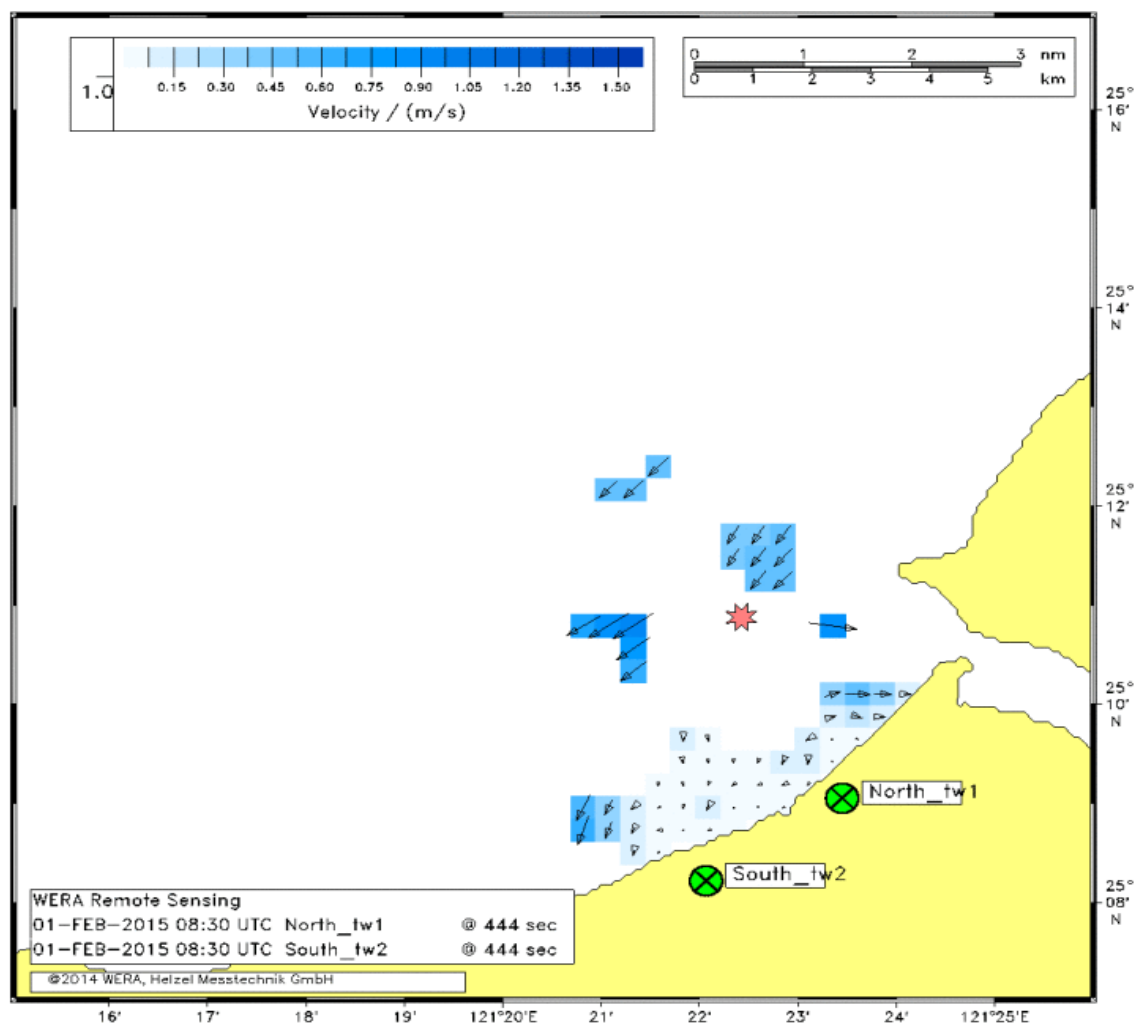


圖4.18 2015年2月1日08:30流場向量

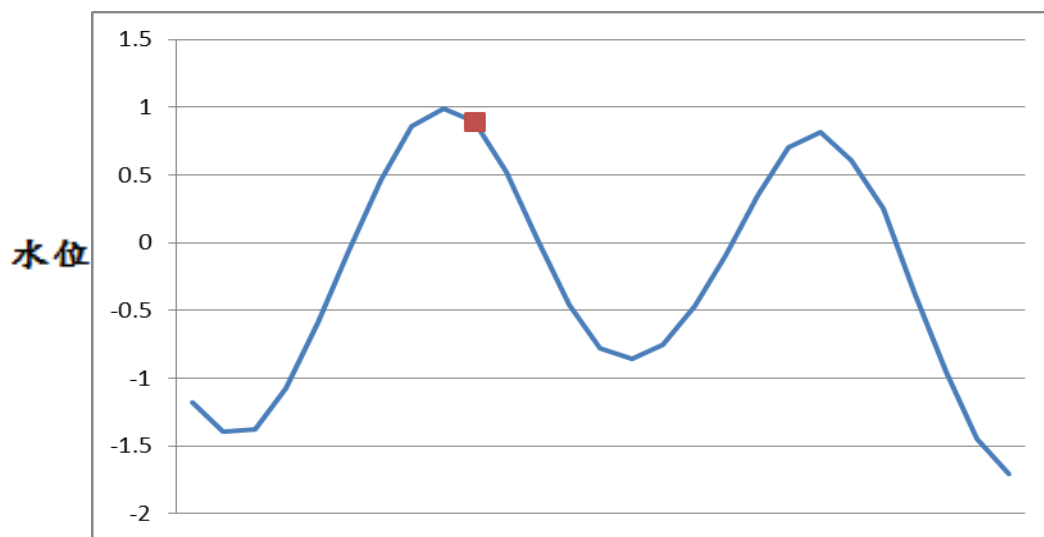
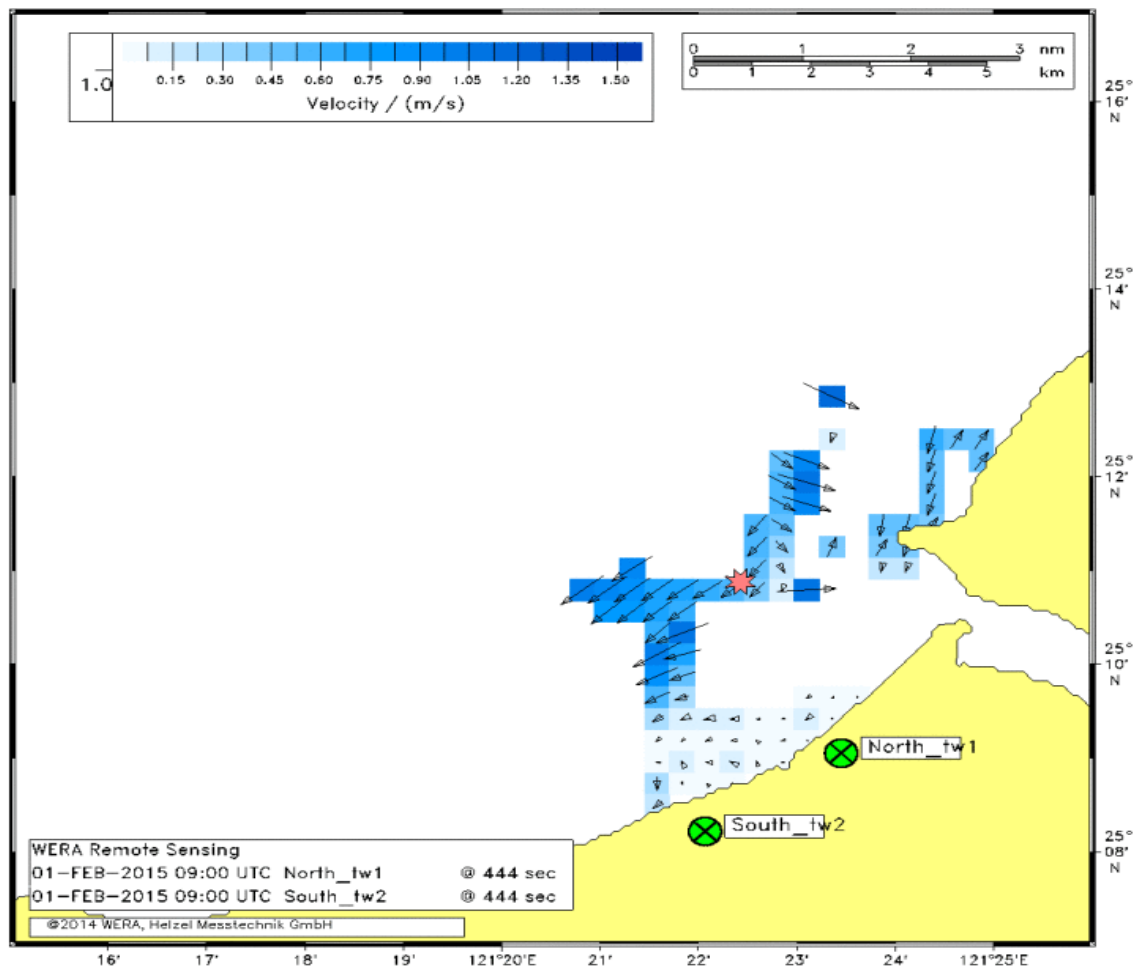


圖4.19 2015 年 2 月 1 日 09:00 流場向量

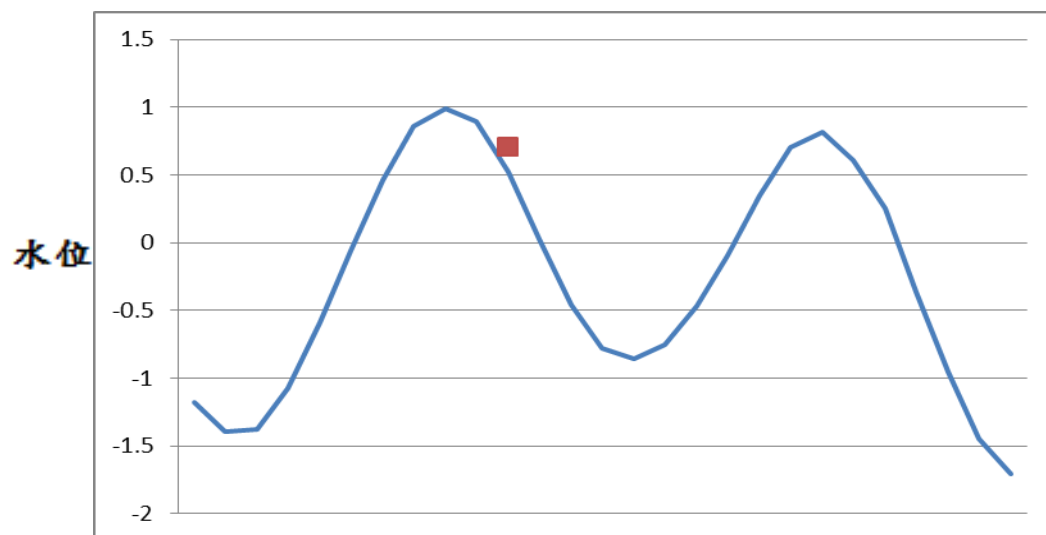
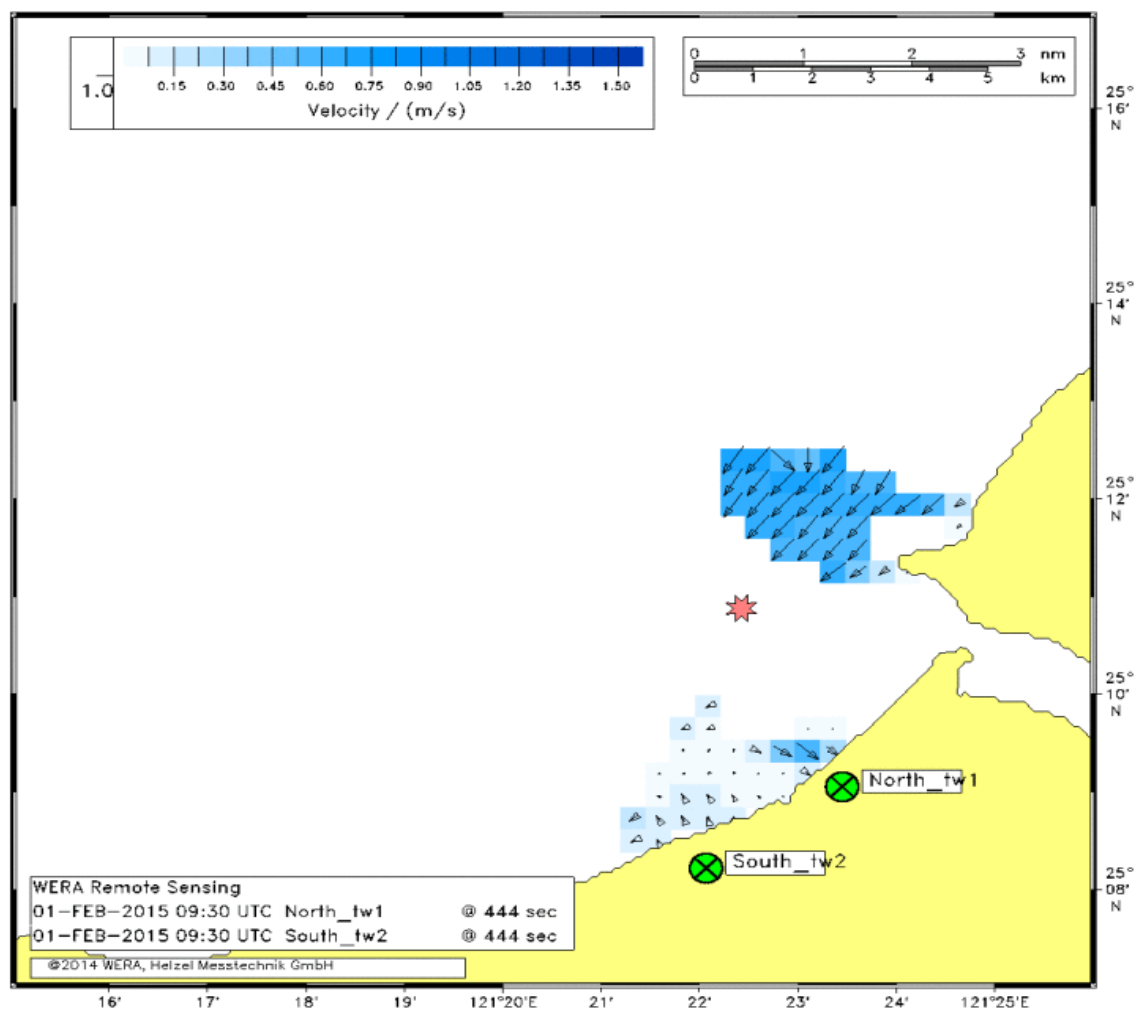


圖4.20 2015 年 2 月 1 日 09:30 流場向量

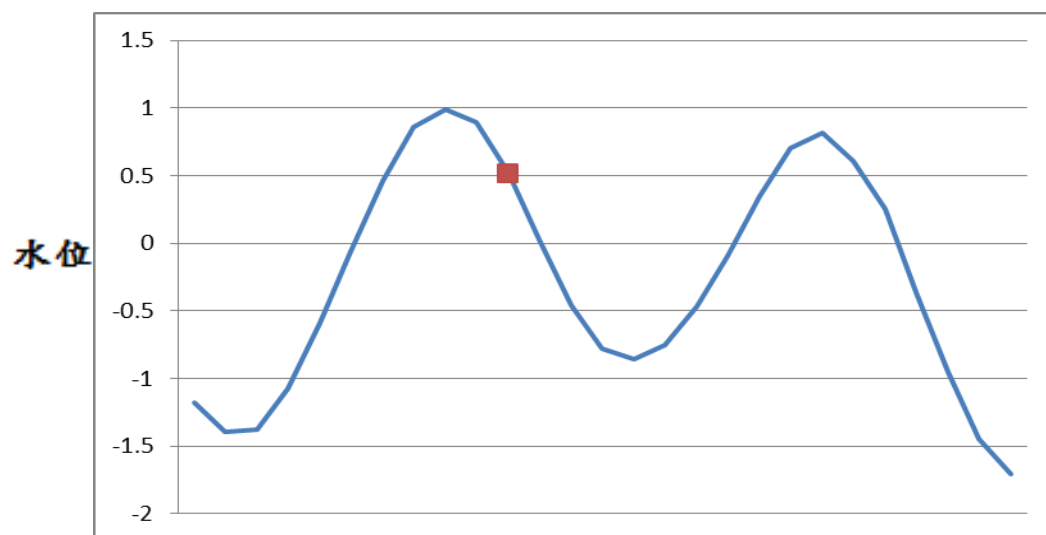
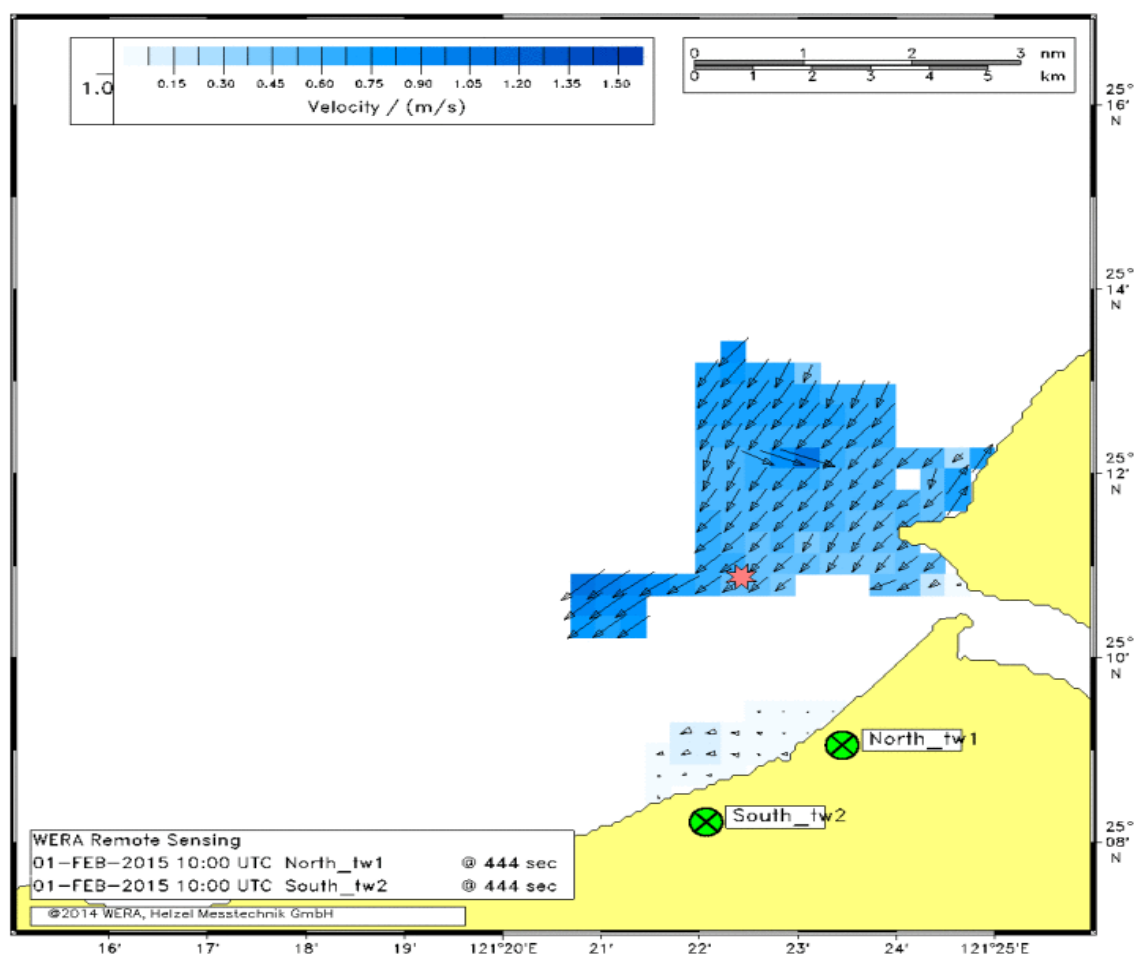


圖4.21 2015年2月1日10:00流場向量

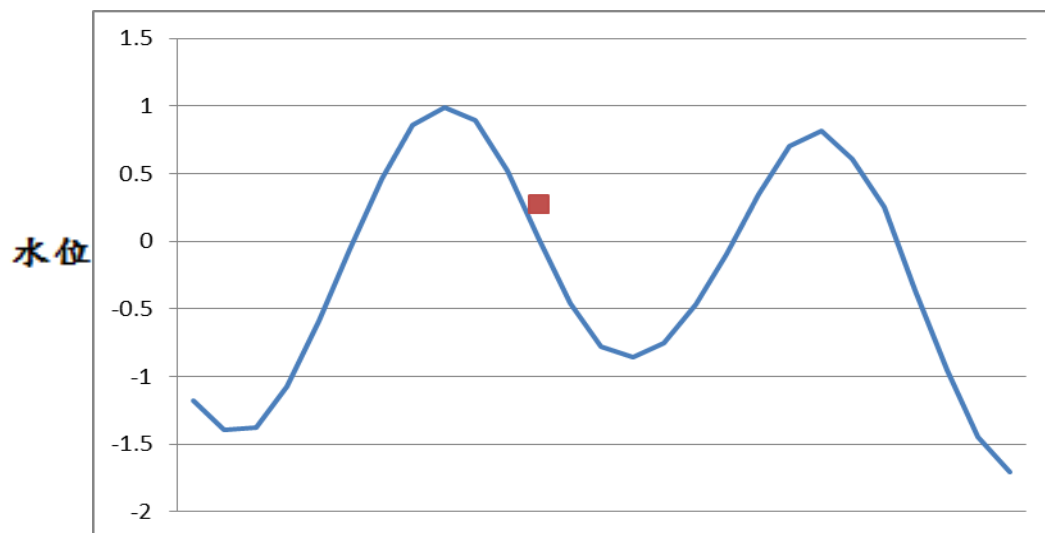
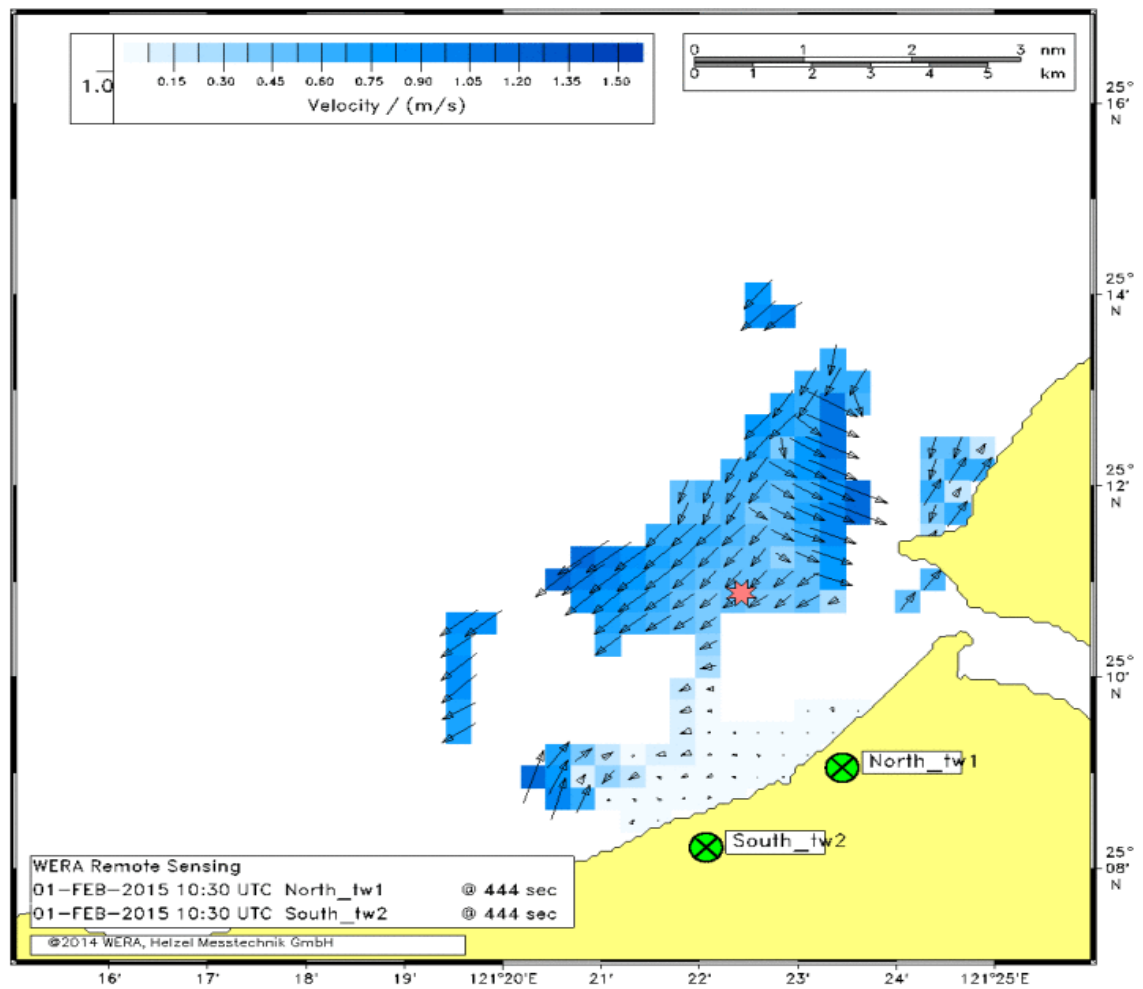


圖4.22 2015年2月1日10:30流場向量

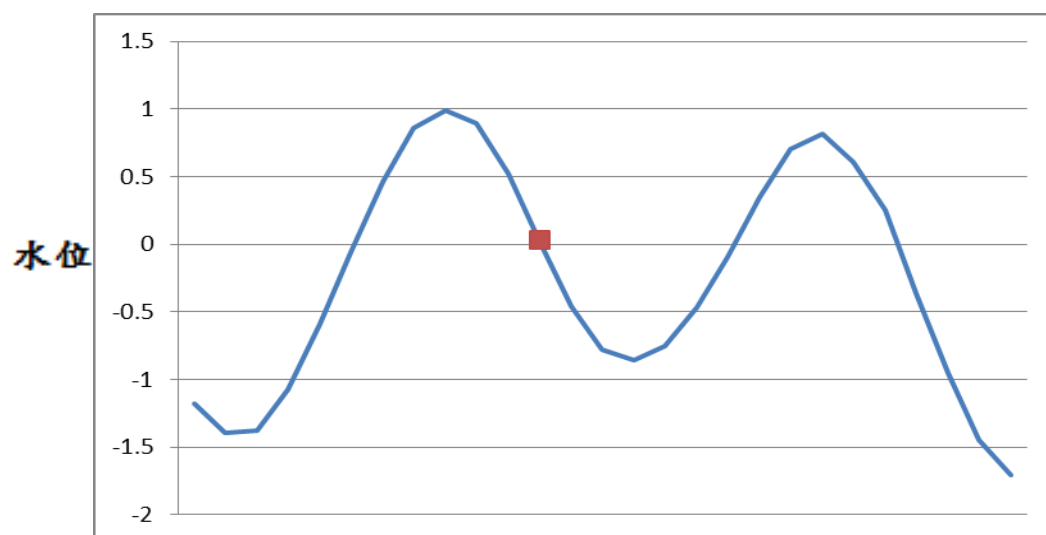
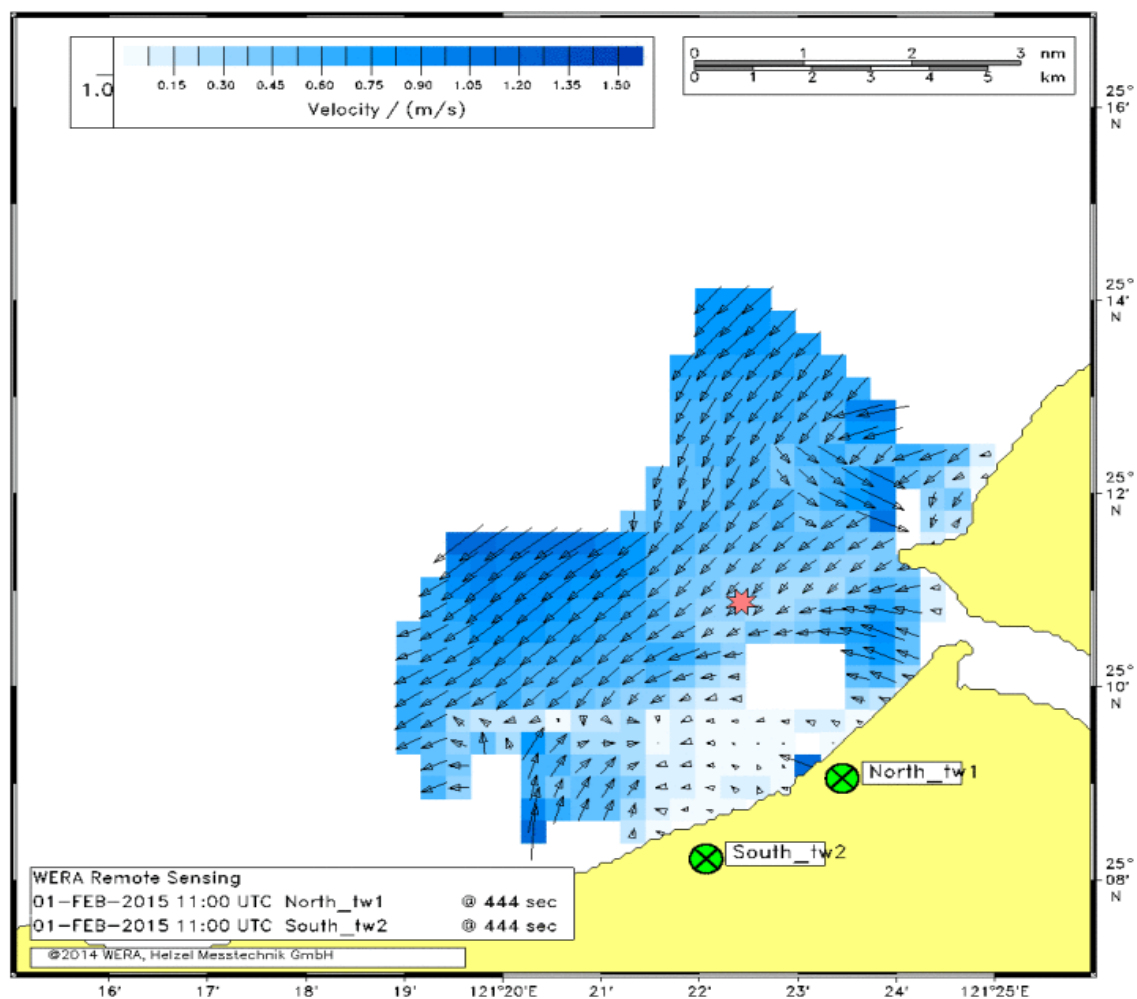


圖4.23 2015 年 2 月 1 日 11:00 流場向量

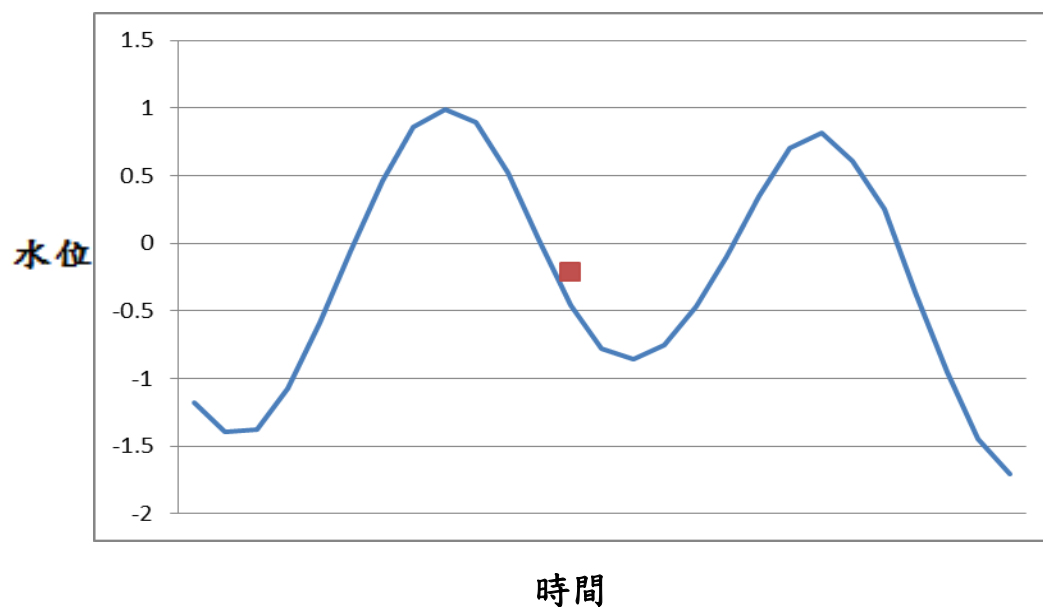
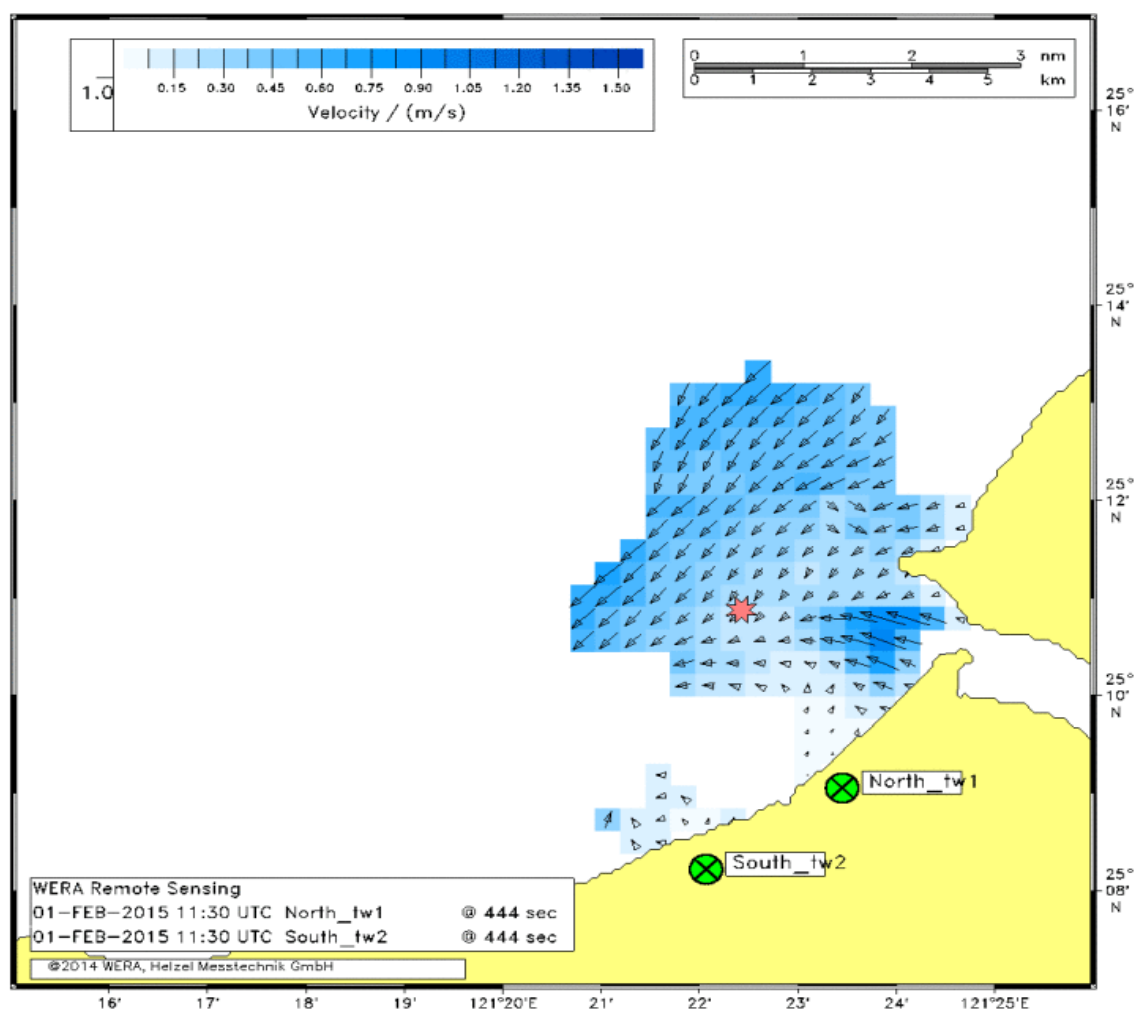


圖4.24 2015年2月1日11:30流場向量

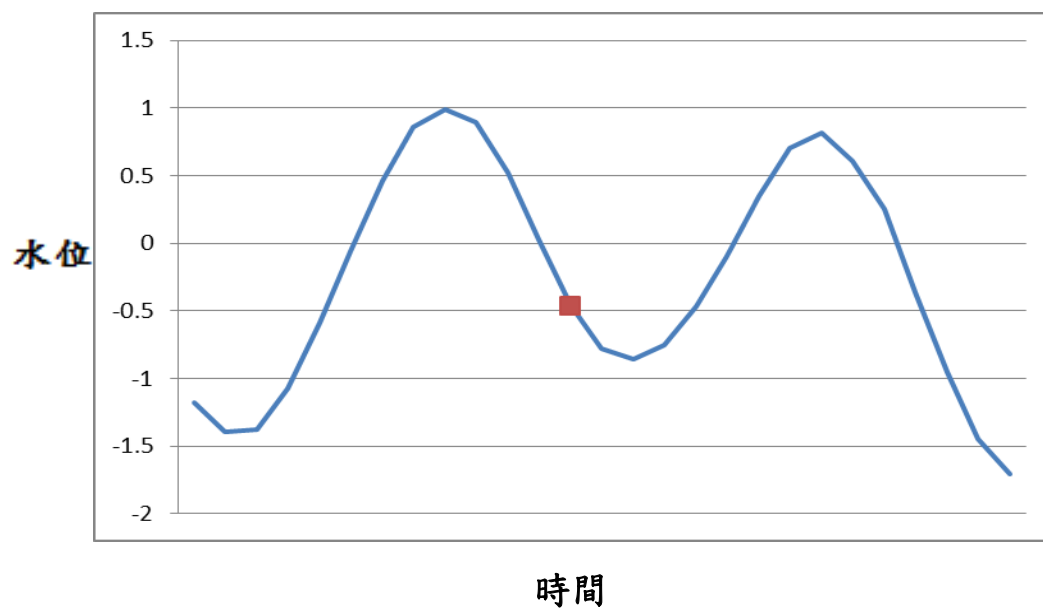
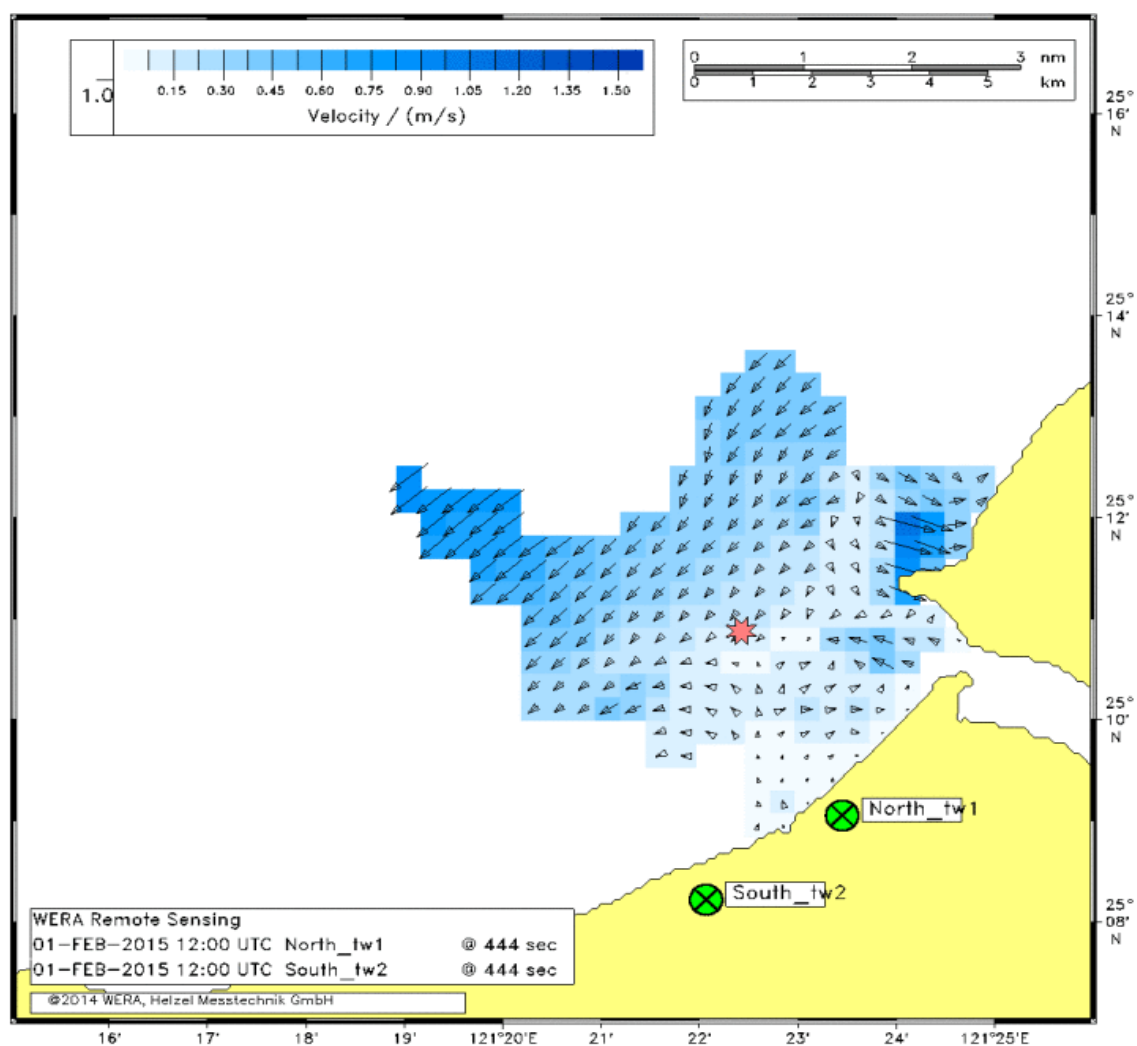


圖4.25 2015 年 2 月 1 日 12:00 流場向量

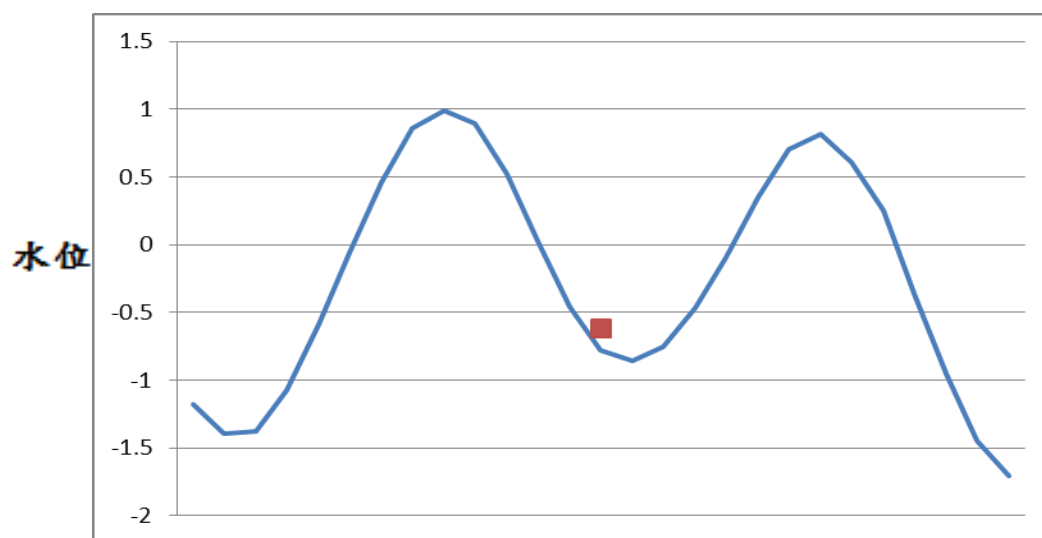
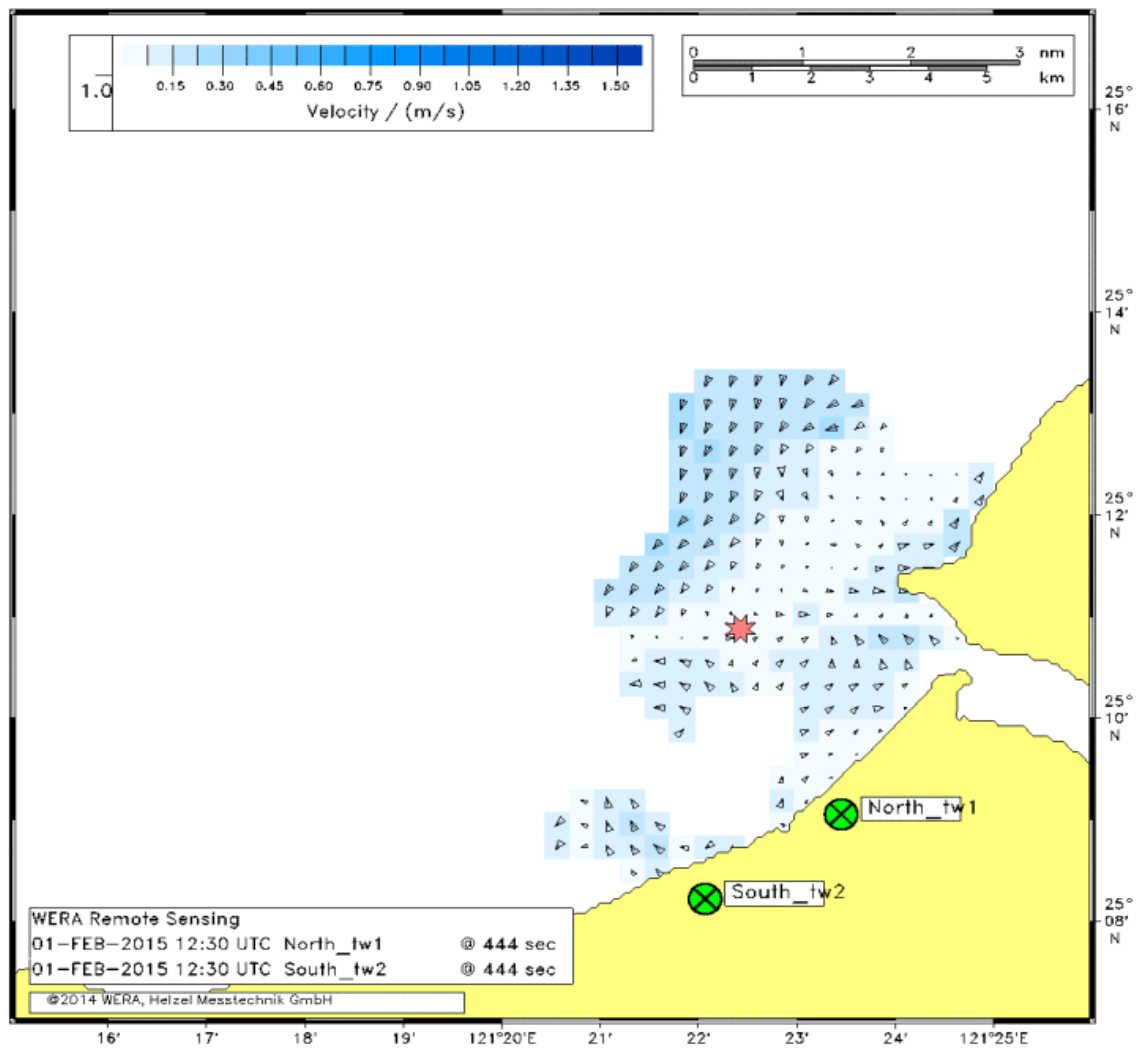


圖4.26 2015年2月1日12:30流場向量

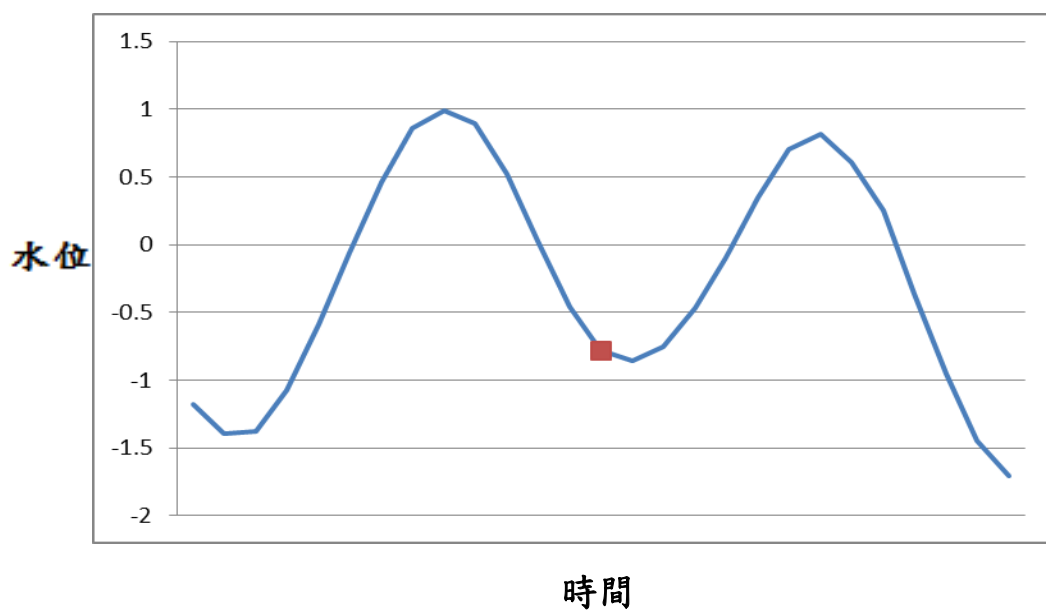
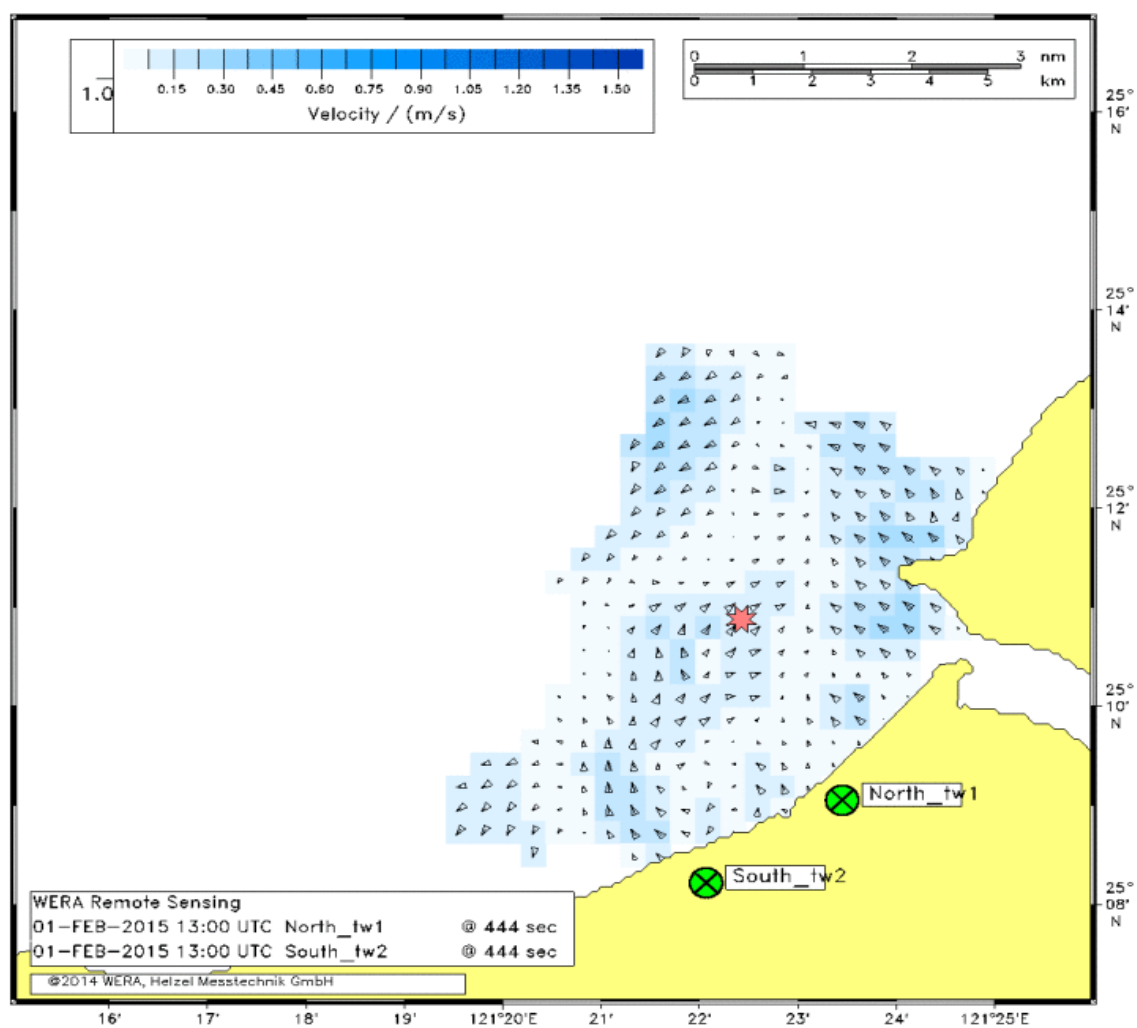


圖4.27 2015年2月1日13:00流場向量

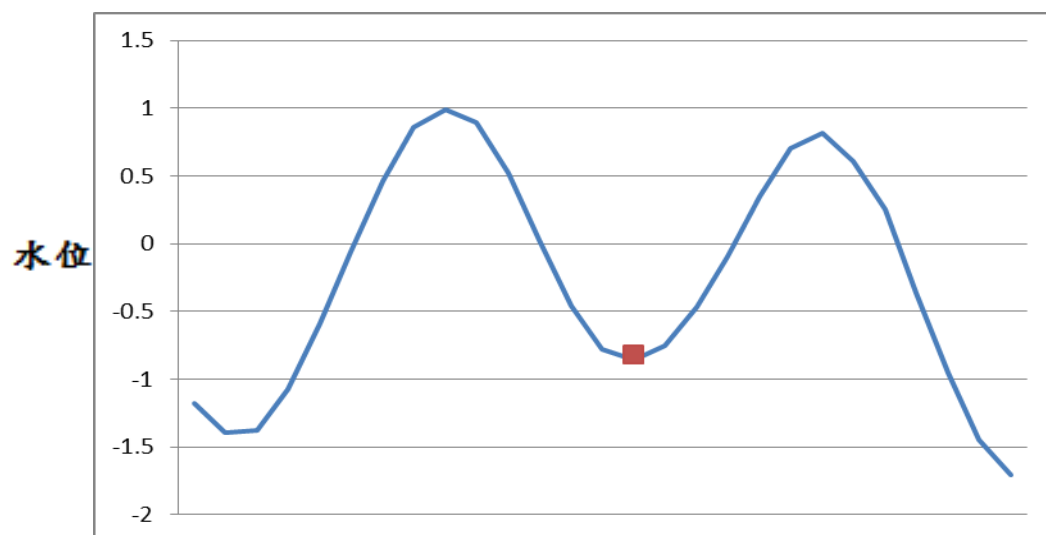
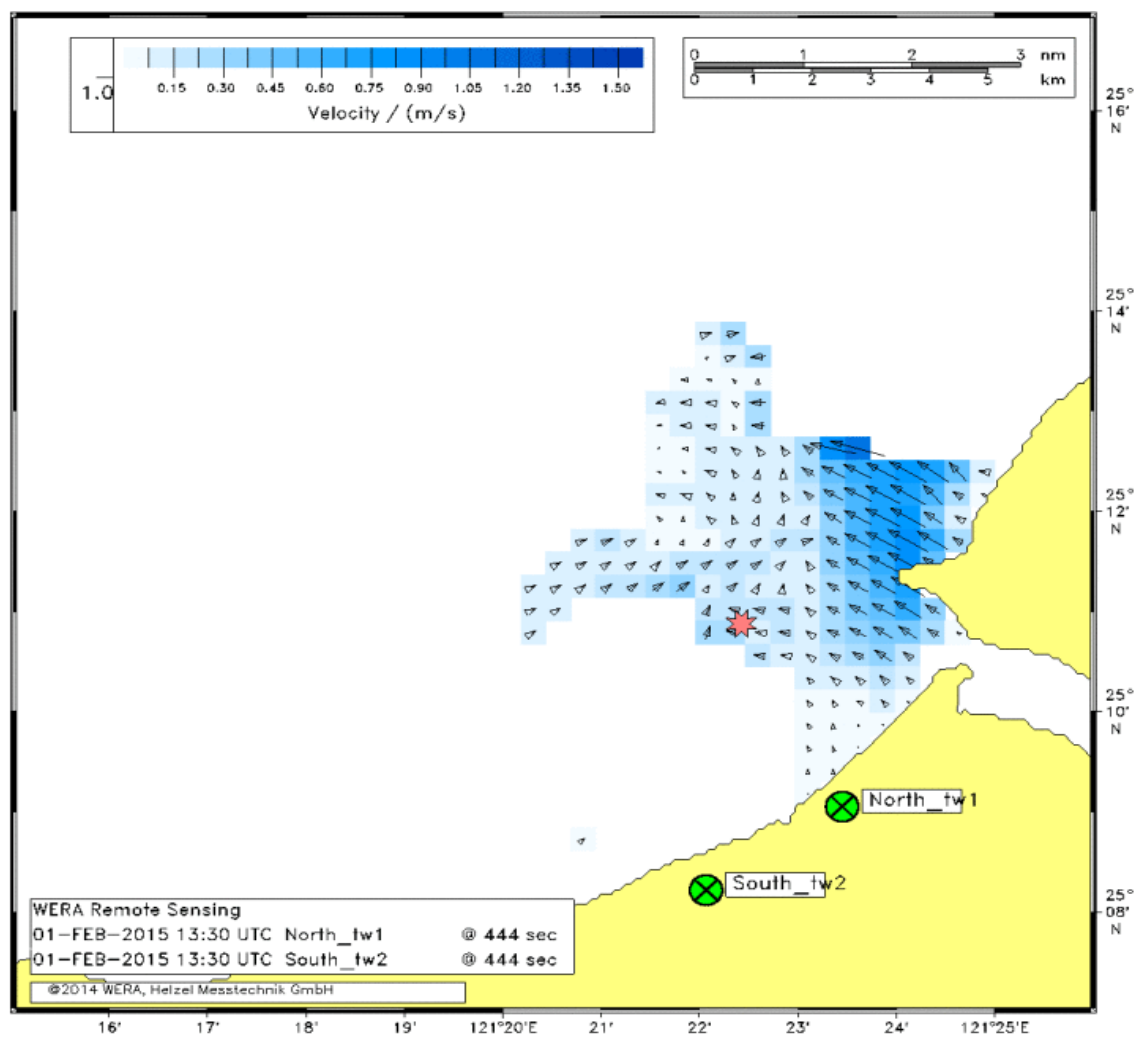


圖4.28 2015 年 2 月 1 日 13:30 流場向量

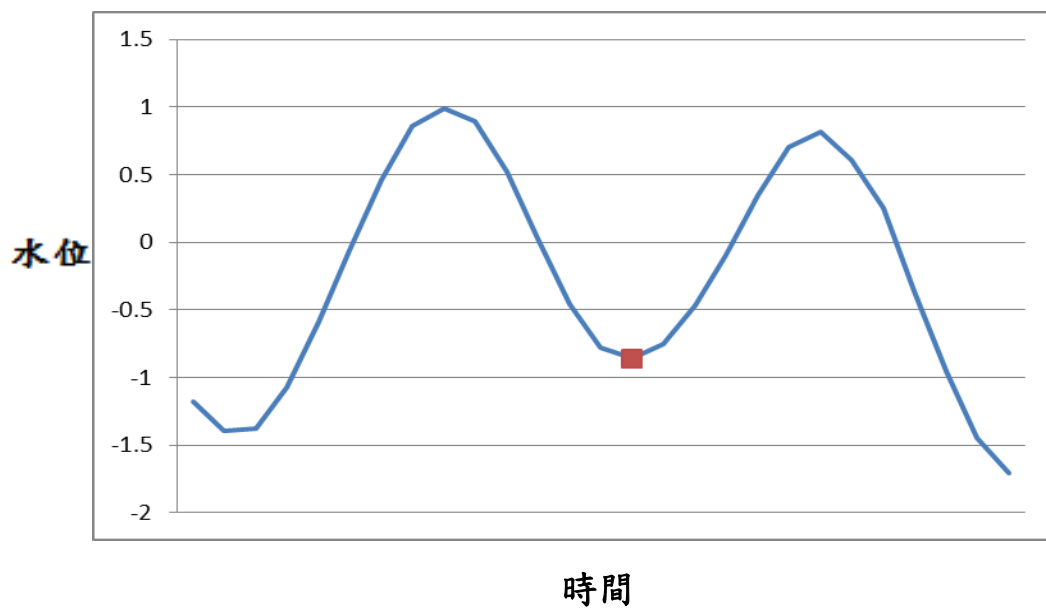
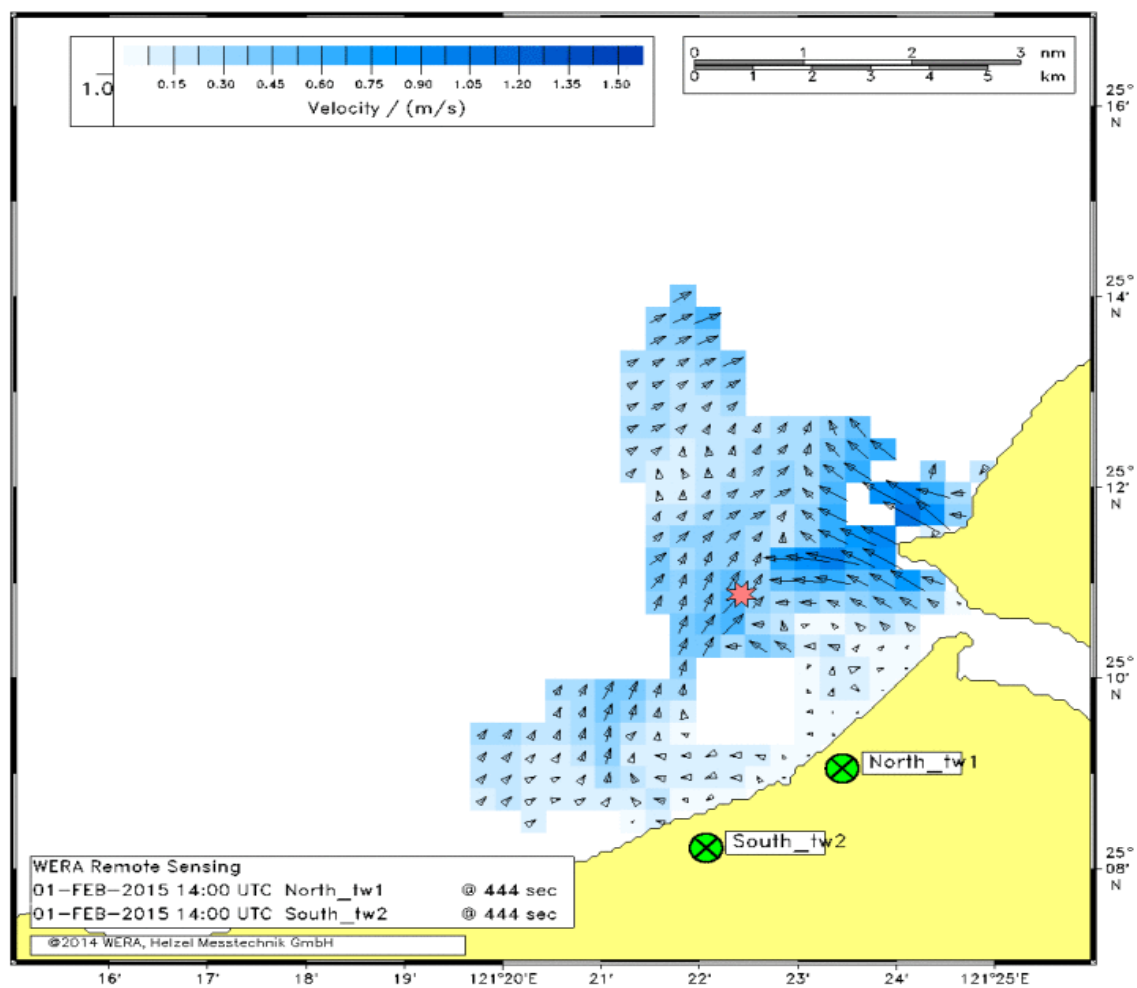


圖4.29 2015年2月1日14:00流場向量

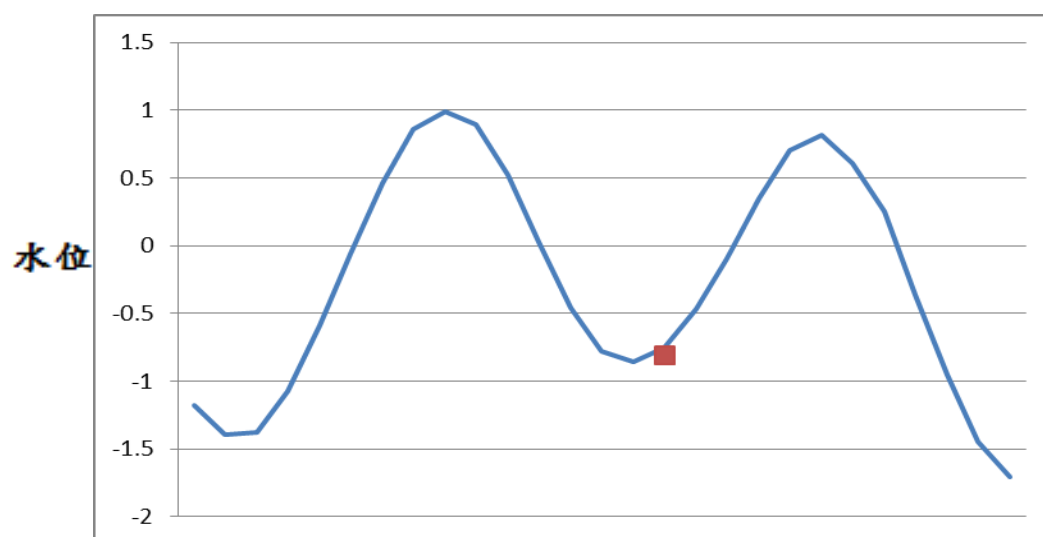
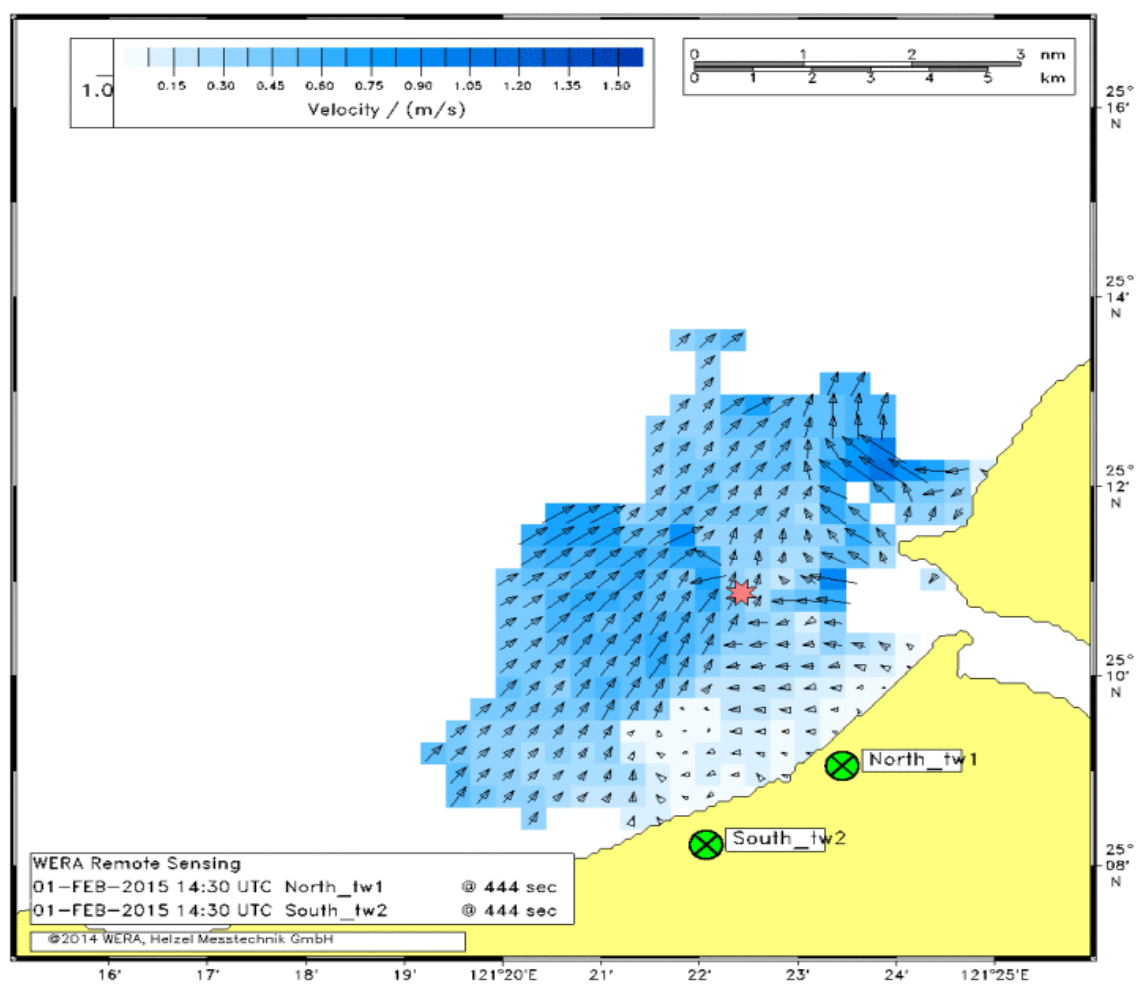


圖4.30 2015 年 2 月 1 日 14:30 流場向量

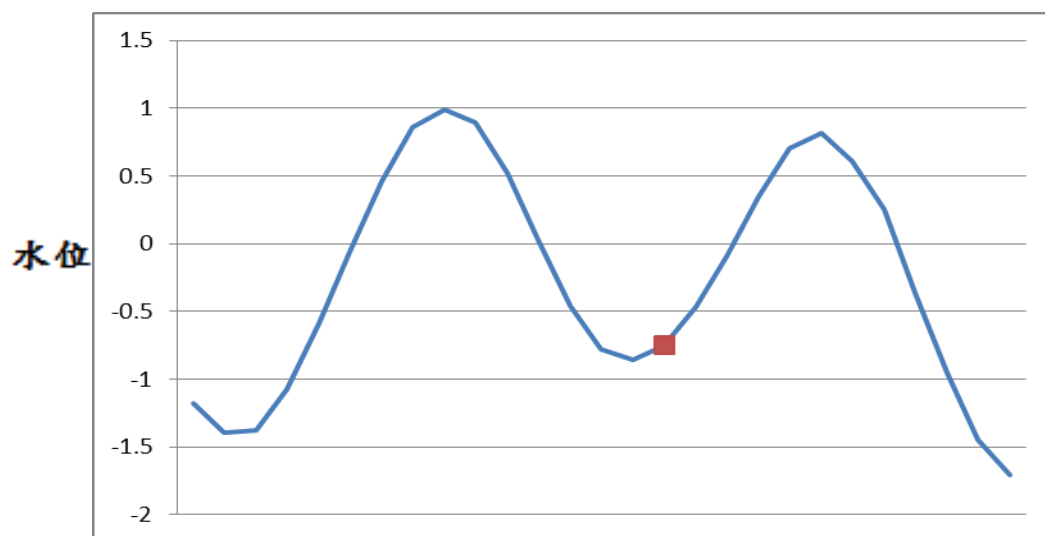
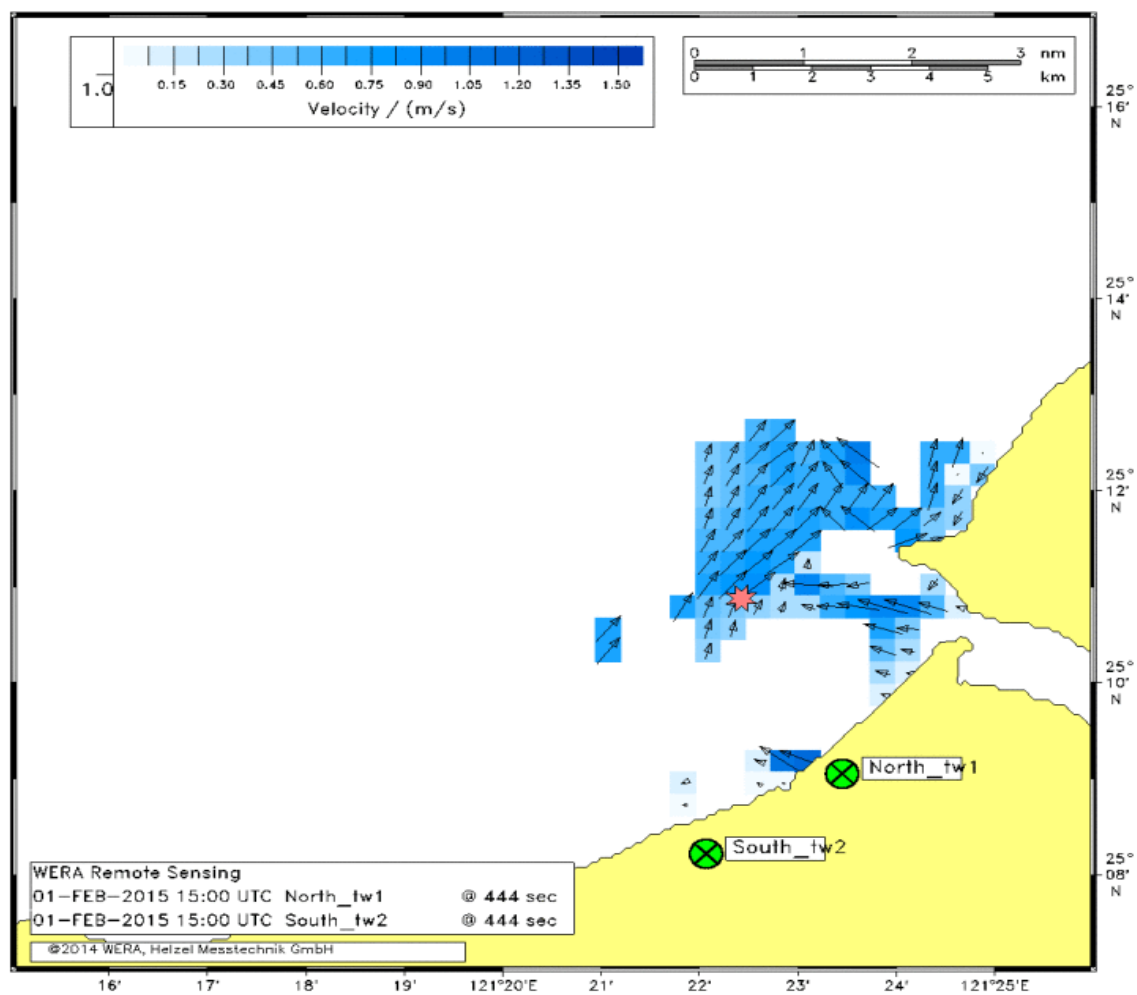


圖4.31 2015年2月1日15:00流場向量

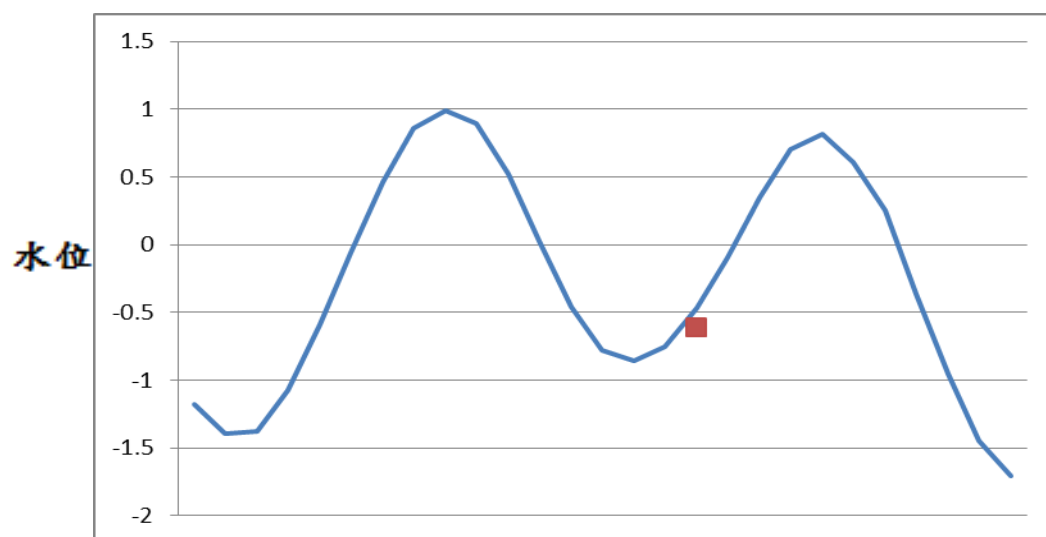
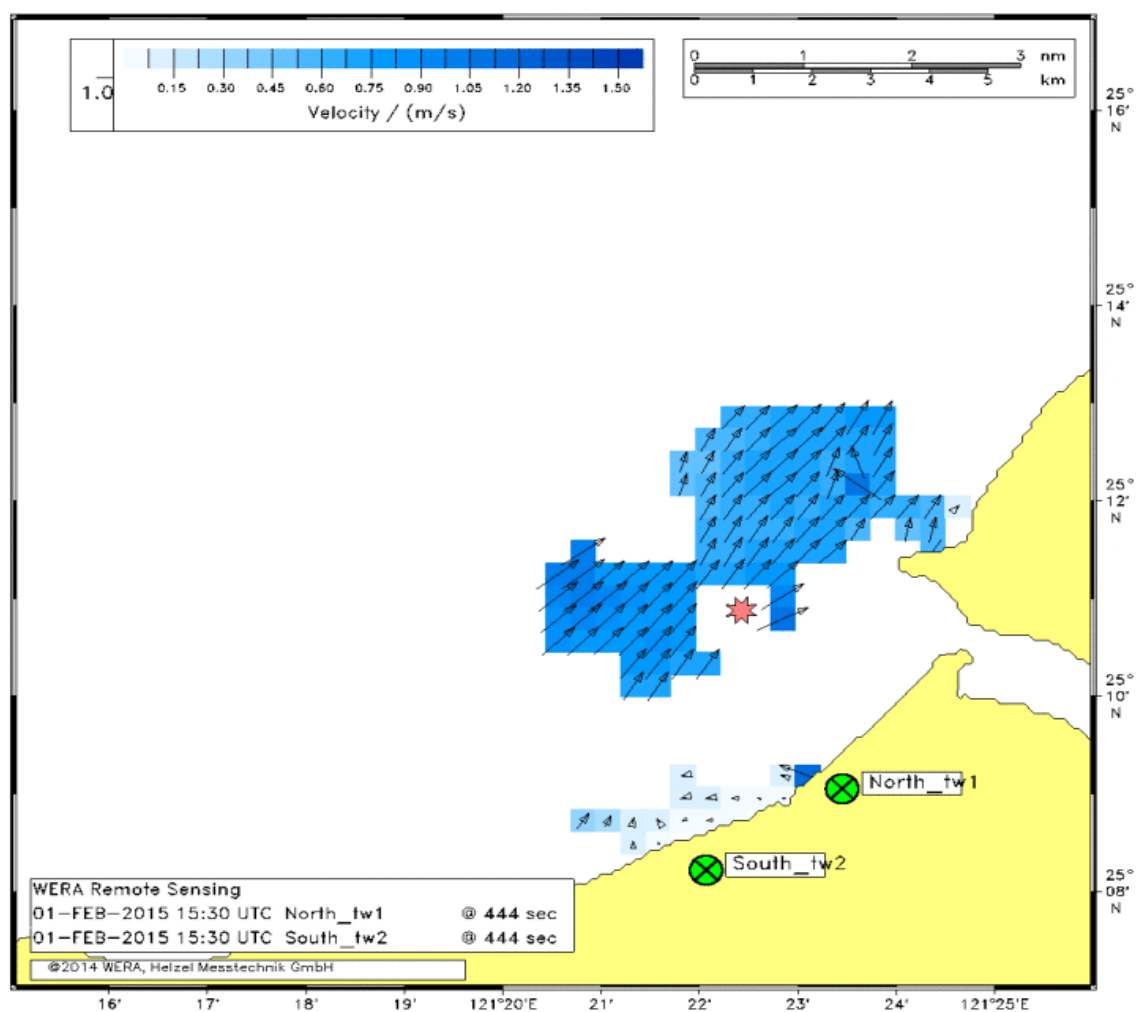
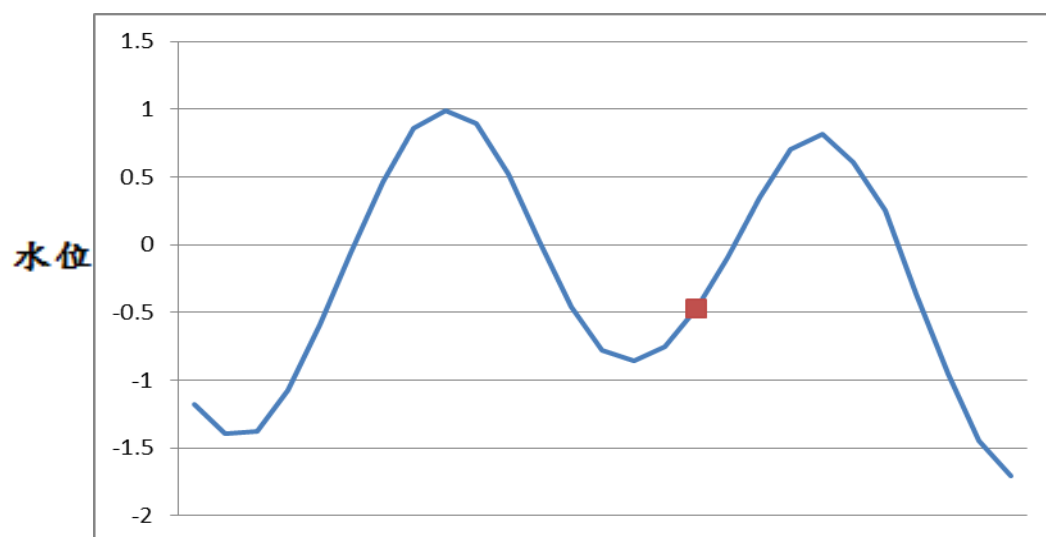
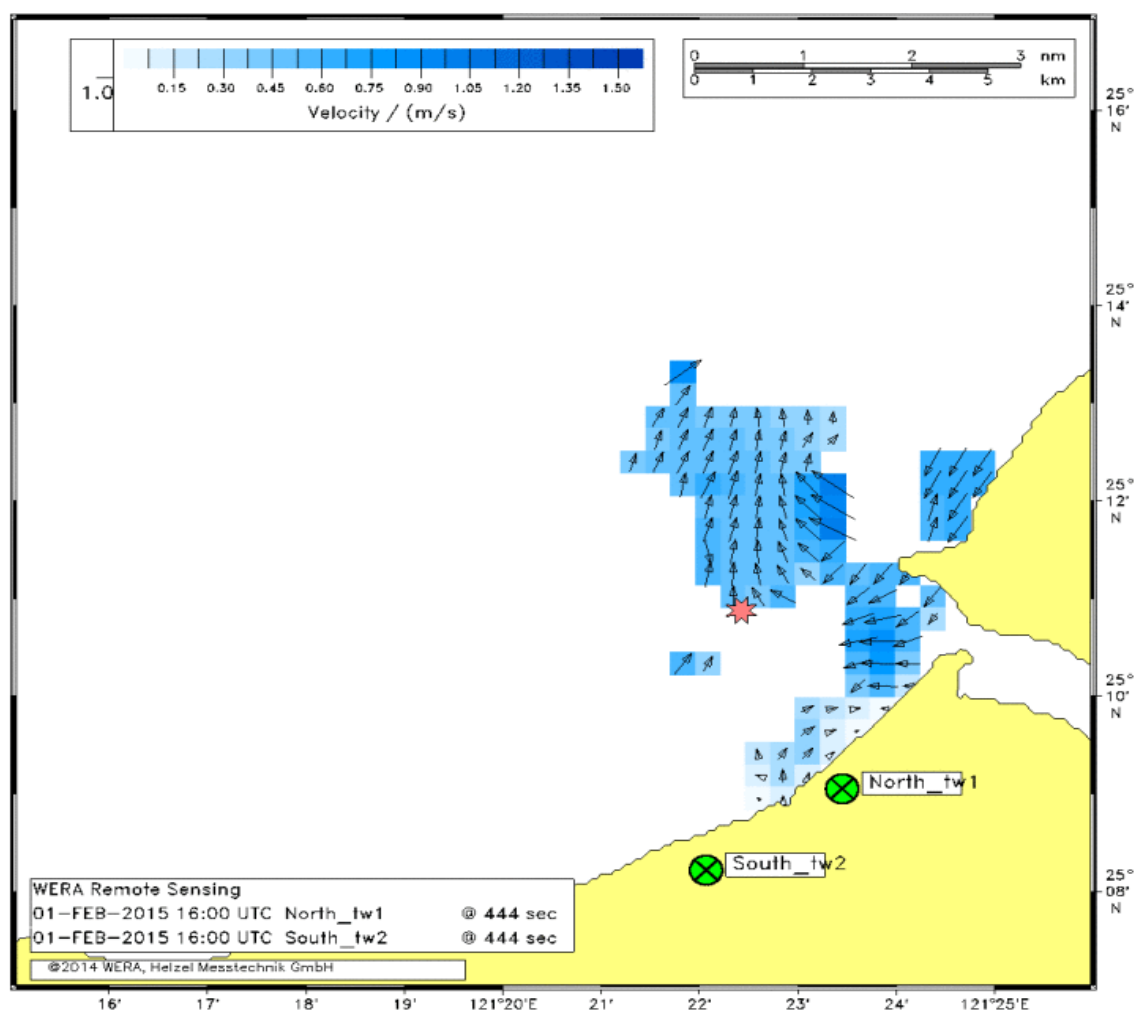


圖4.32 2015 年 2 月 1 日 15:30 流場向量



時間

圖4.33 2015 年 2 月 1 日 16:00 流場向量

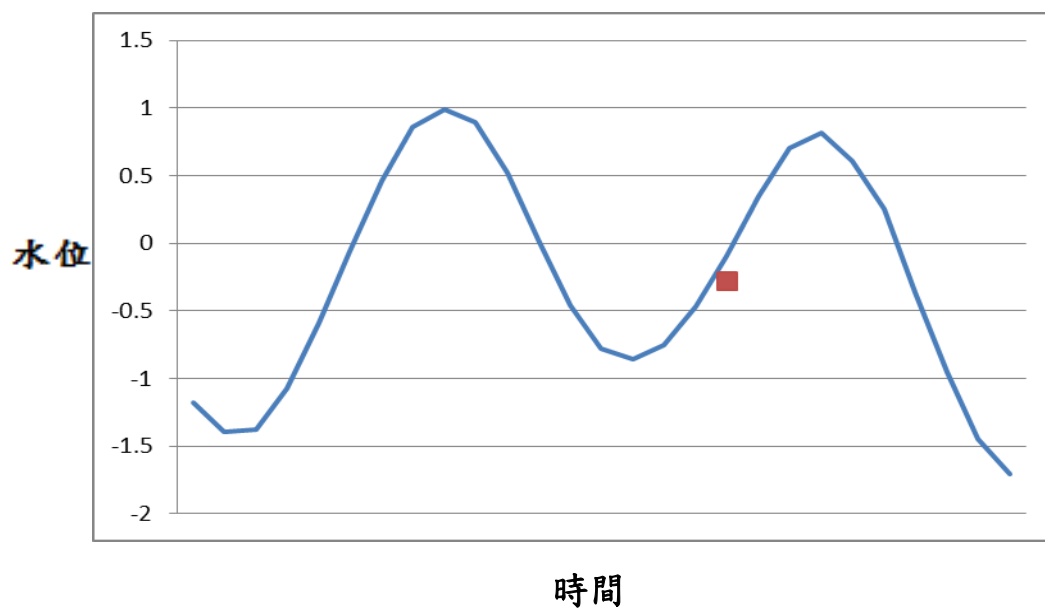
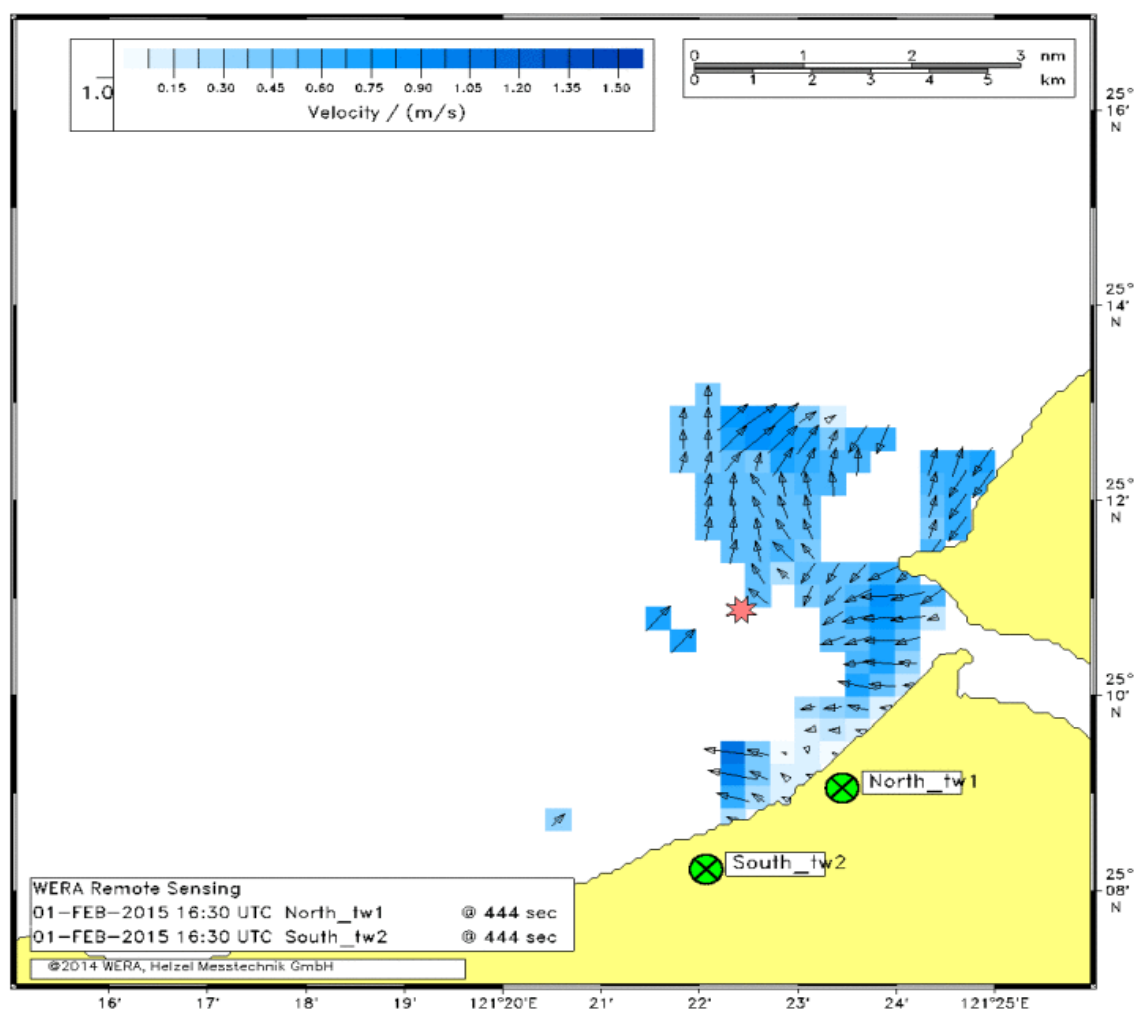


圖4.34 2015年2月1日16:30流場向量

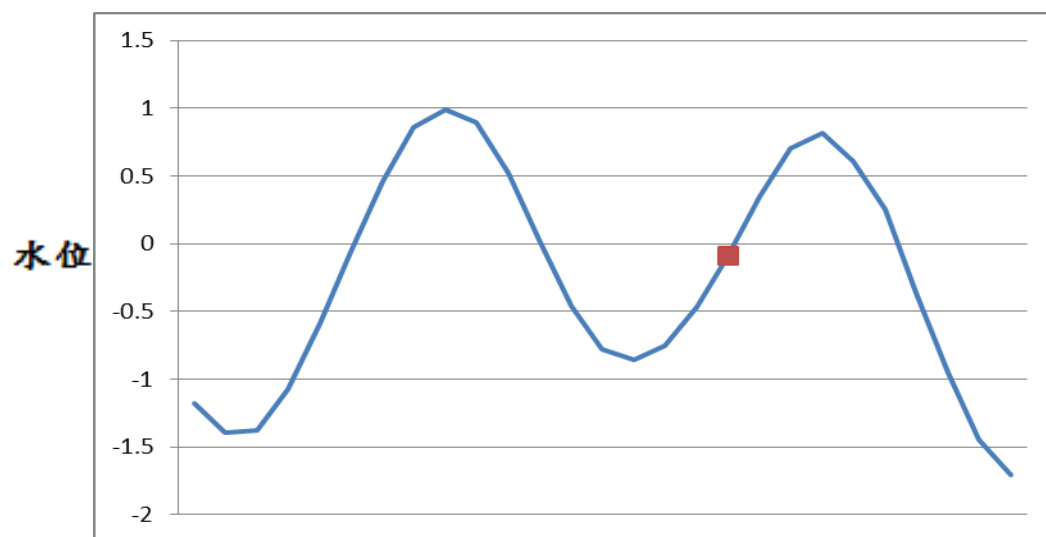
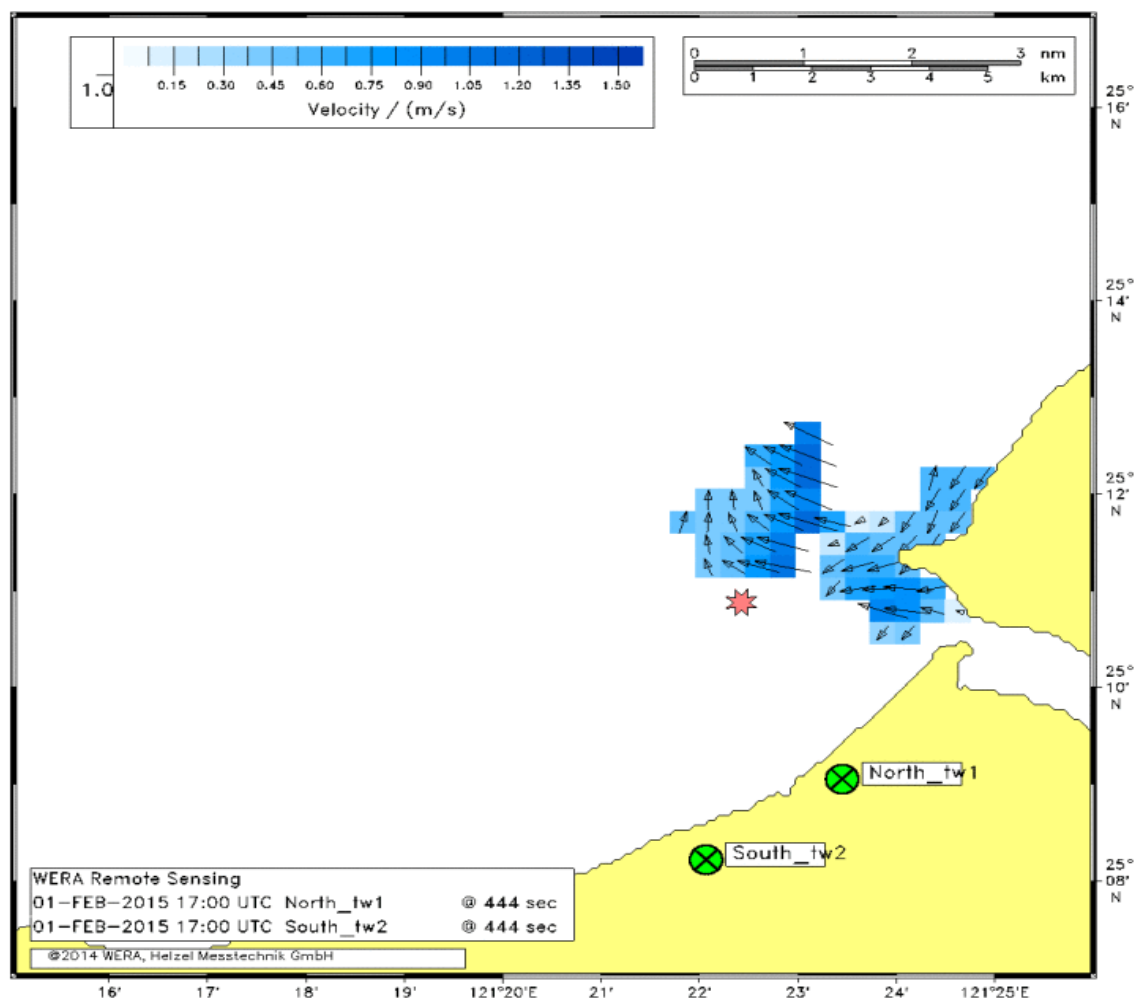


圖4.35 2015年2月1日17:00流場向量

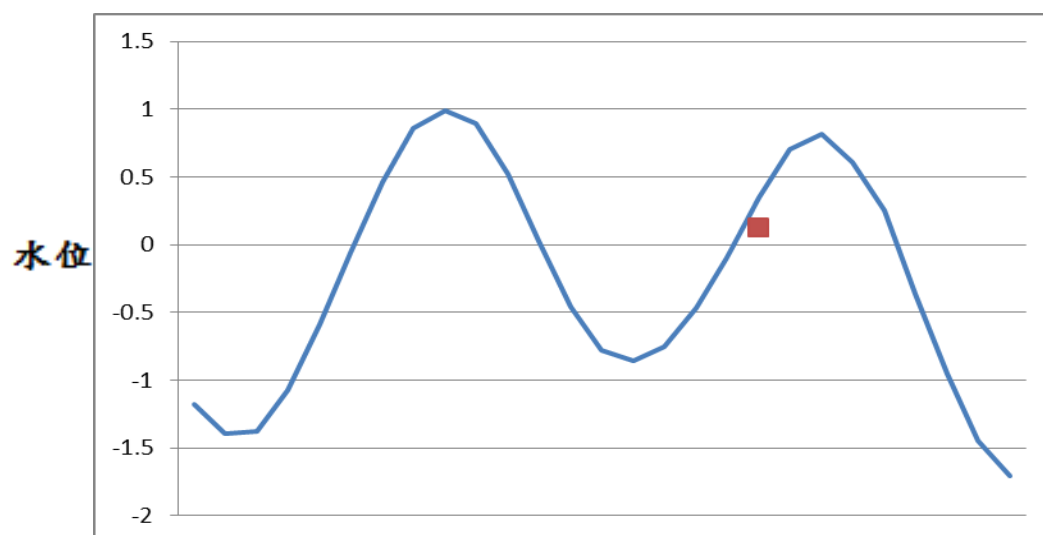
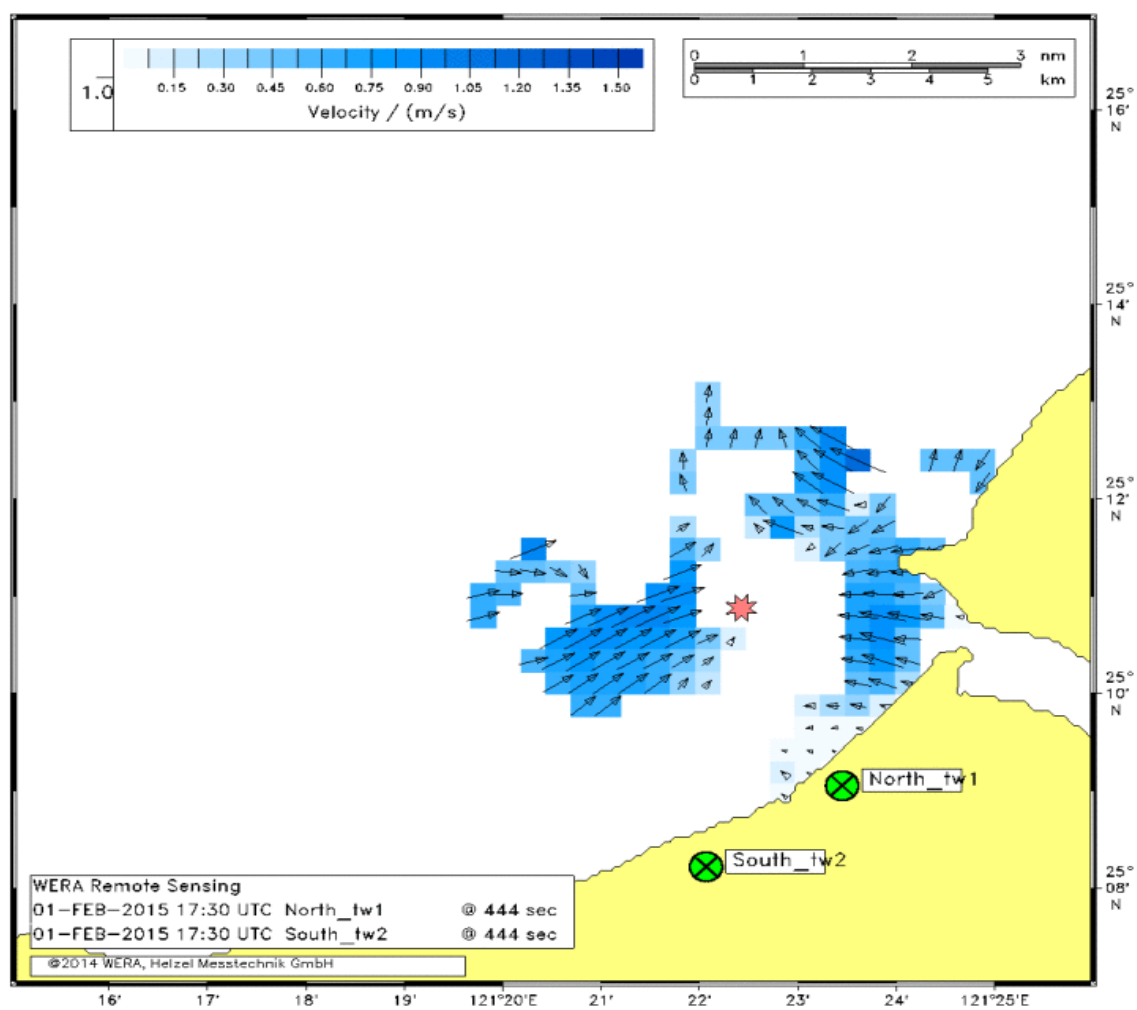


圖4.36 2015 年 2 月 1 日 17:30 流場向量

## 4.2 分析圖表案例

圖4.37至圖4.48為使用WERA Data Viewer產出於2015年8月份WEAR雷達所觀測之海象觀測資料歷時圖，其觀測位置位於本所港研中心所設置的舊海氣象觀測樁(該觀測樁目前已拆除)，本資料是由圖像展示區域中，選取所感興趣的座標區域，即可至時間序列頁面中產出相關分析圖表，其分析圖表類型有下列幾種：絕對速度圖、絕對速度方向圖、東向流速圖、東向流速精度圖、北向流速圖、北向流速精度圖、徑向流速圖、徑向流速精度圖、示性波高圖、平均波向圖；另外各歷時分析圖表中，圖表中並展示起始時間、取樣頻率、紀錄時間、資料紀錄筆數、遺失資料紀錄筆數、可用資料百分比。

而由8月份的歷時圖(舊海氣象觀測樁之位置)資料顯示，臺北港北側觀測站其可用資料百分比約在20%左右如圖4.37至圖4.44，而南側觀測站所觀測的品質較佳，其可用資料百分比可達58%如圖4.46，概括而言，南北側站於該座標點位觀測到的資料品質與底錠式剖面流速儀比較而言，觀測品質應可在做調整。

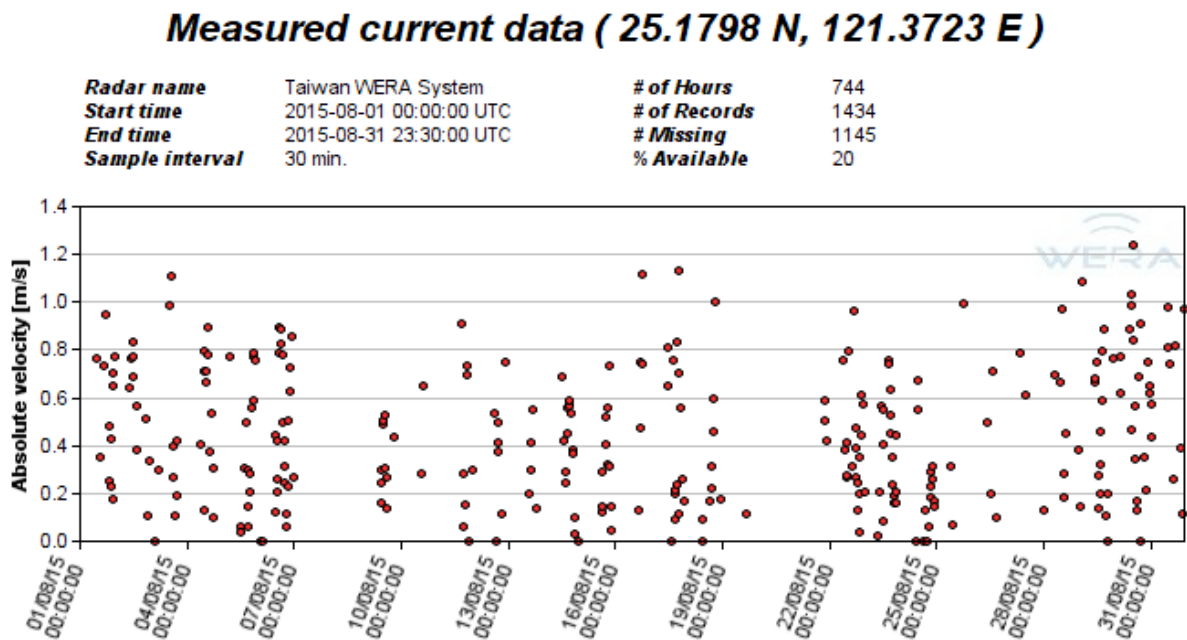


圖4.37 2015 年 8 月絕對速度圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1434 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1145 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 20   |

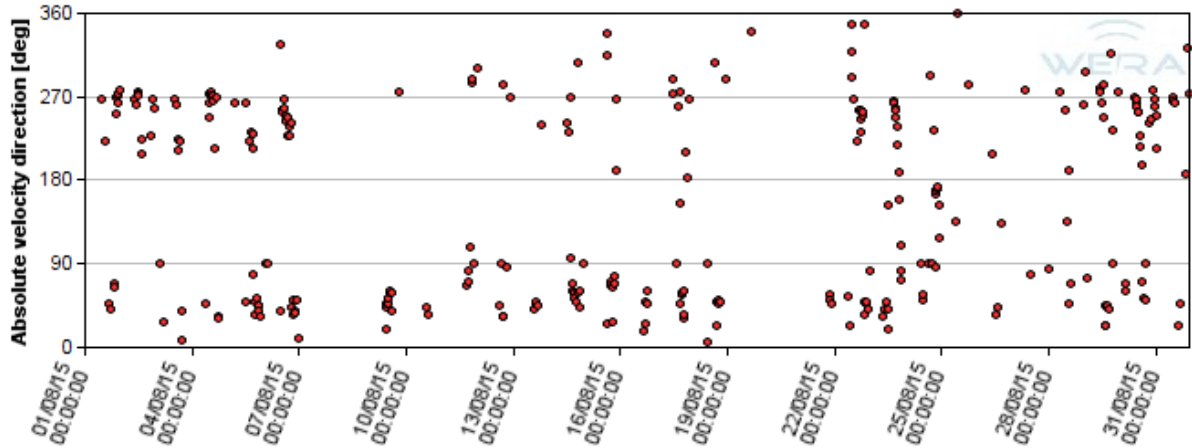


圖4.38 2015 年 8 月絕對速度方向圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1434 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1145 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 20   |

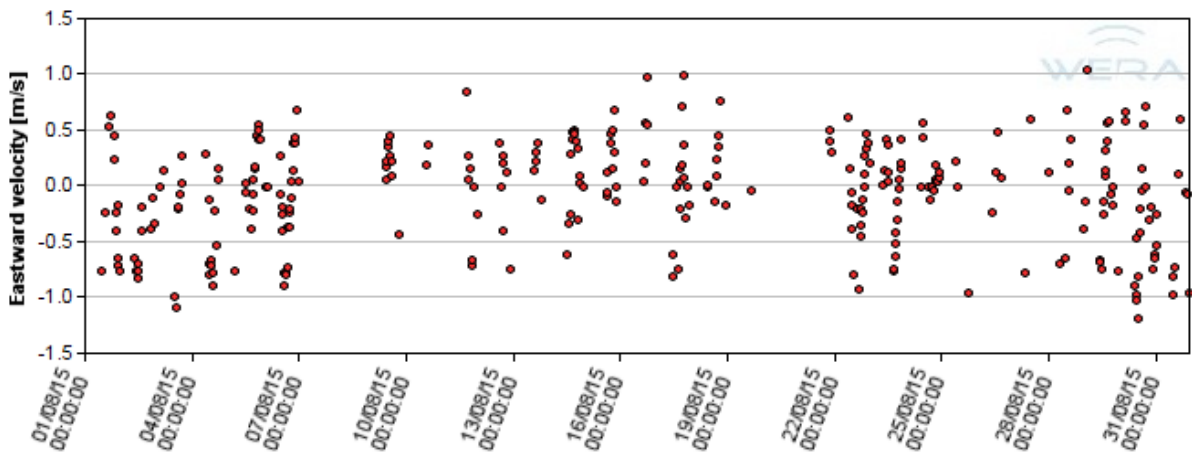


圖4.39 2015 年 8 月東向流速圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1434 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1145 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 20   |

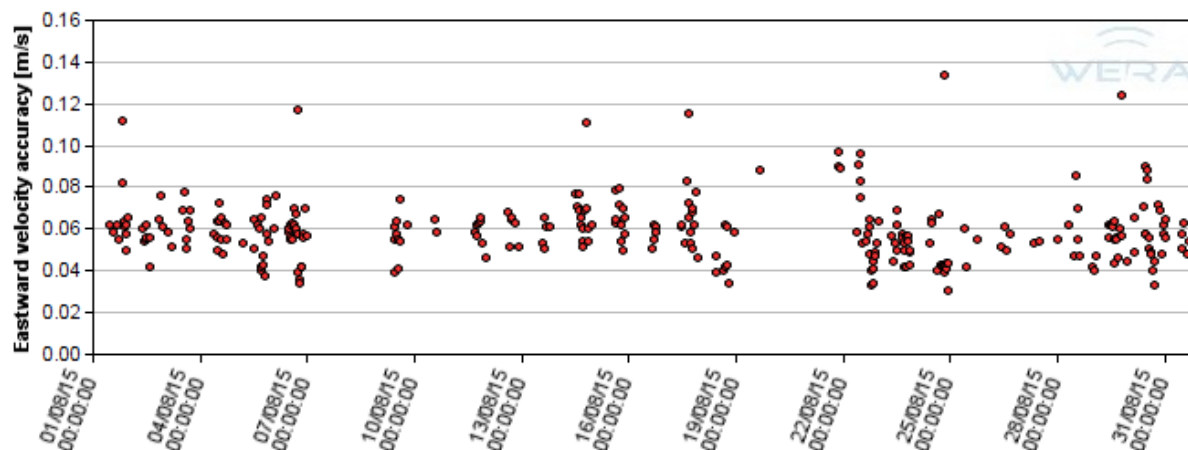


圖4.40 2015 年 8 月東向流速精度圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1434 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1145 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 20   |

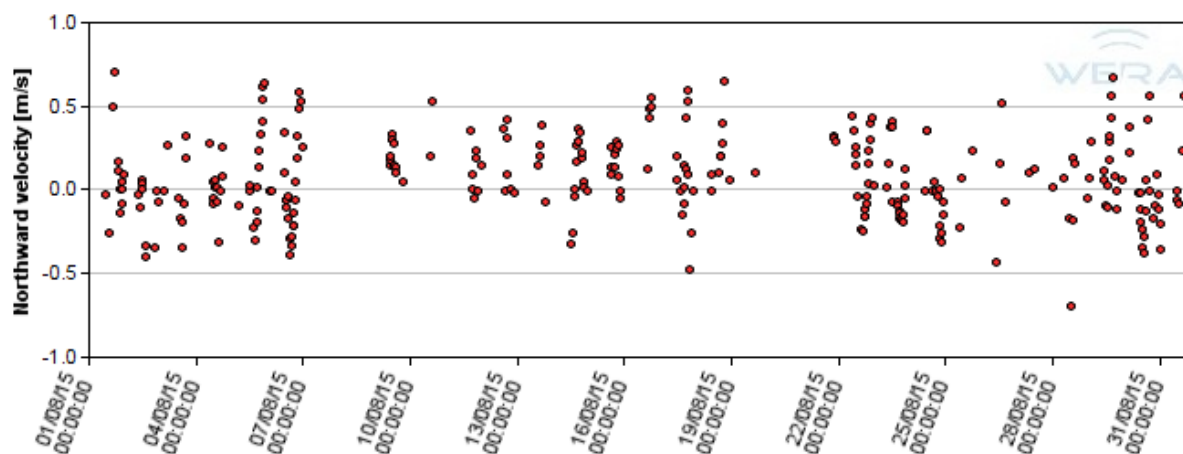


圖4.41 2015 年 8 月北向流速圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1434 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1145 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 20   |

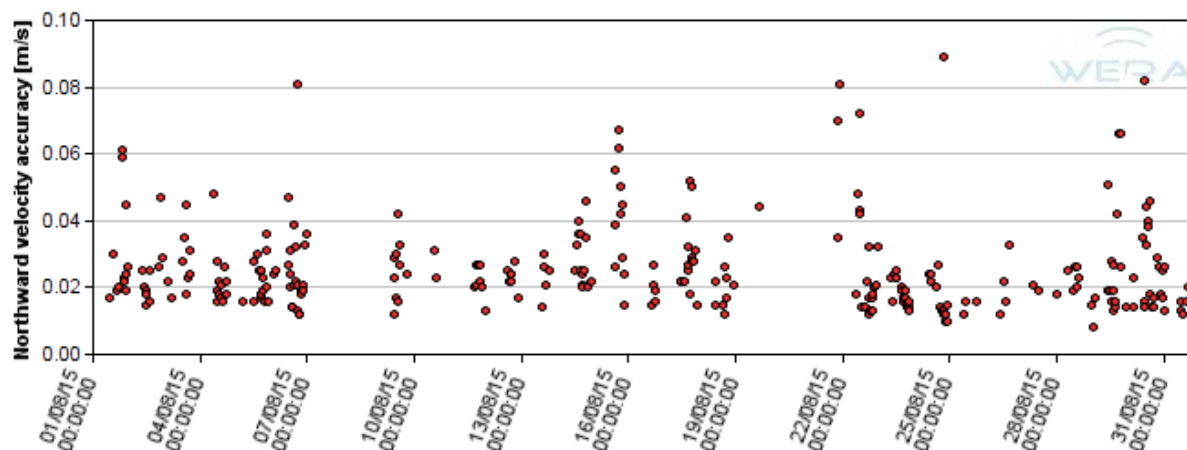


圖4.42 2015 年 8 月北向流速精度圖

### Measured radial current, North\_tw1 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | North                   | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1485 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1220 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 18   |

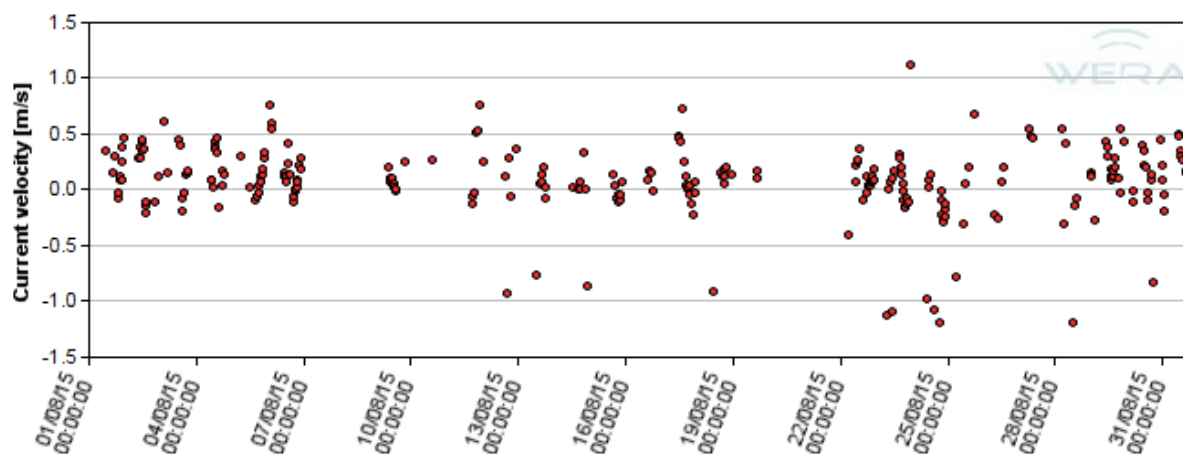


圖4.43 2015 年 8 月徑向流速圖

### Measured radial current, North\_tw1 ( 25.1798 N, 121.3723 E)

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | North                   | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1485 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1220 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 18   |

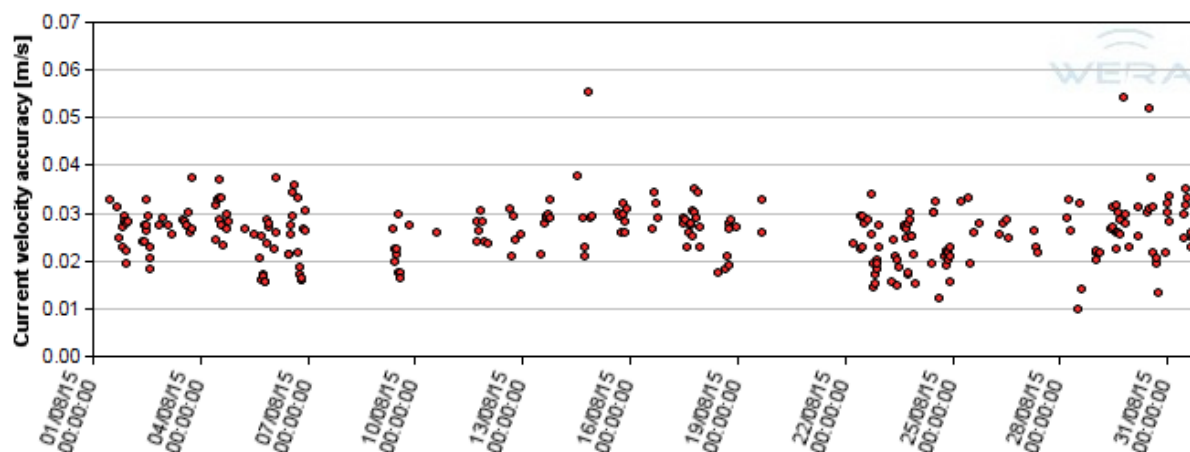


圖4.44 2015 年 8 月徑向流速精度圖

### Measured radial current, South\_tw2 ( 25.1798 N, 121.3723 E)

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | South                   | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1437 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 600  |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 58   |

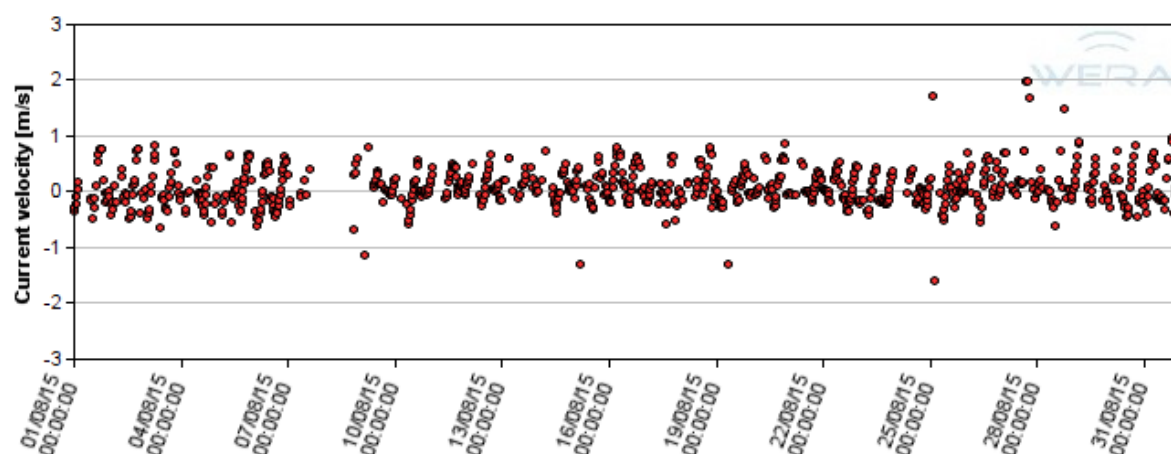


圖4.45 2015 年 8 月徑向流速圖

### Measured radial current, South\_tw2 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | South                   | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1437 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 600  |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 58   |

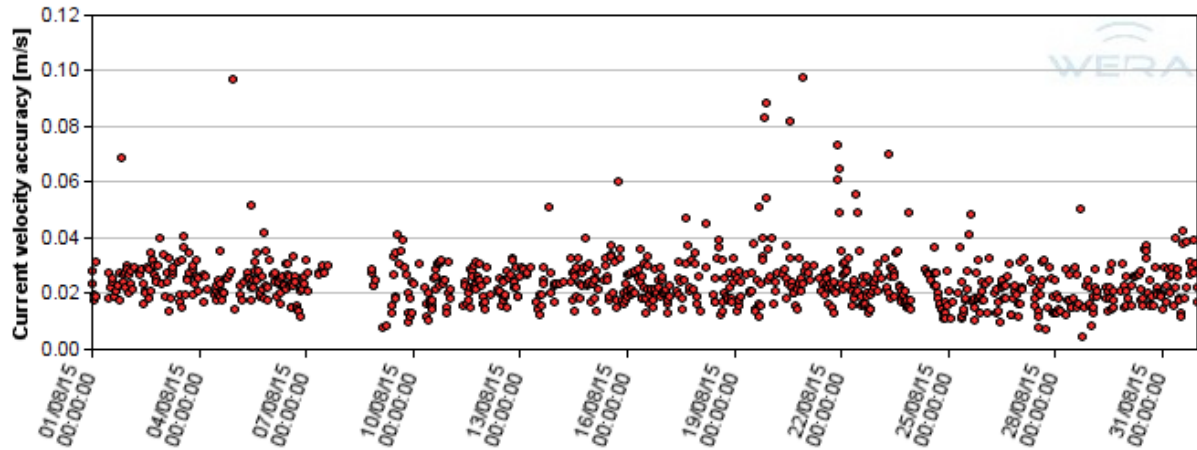


圖4.46 2015 年 8 月徑向流速精度圖

### Measured wave data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1432 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1090 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 24   |

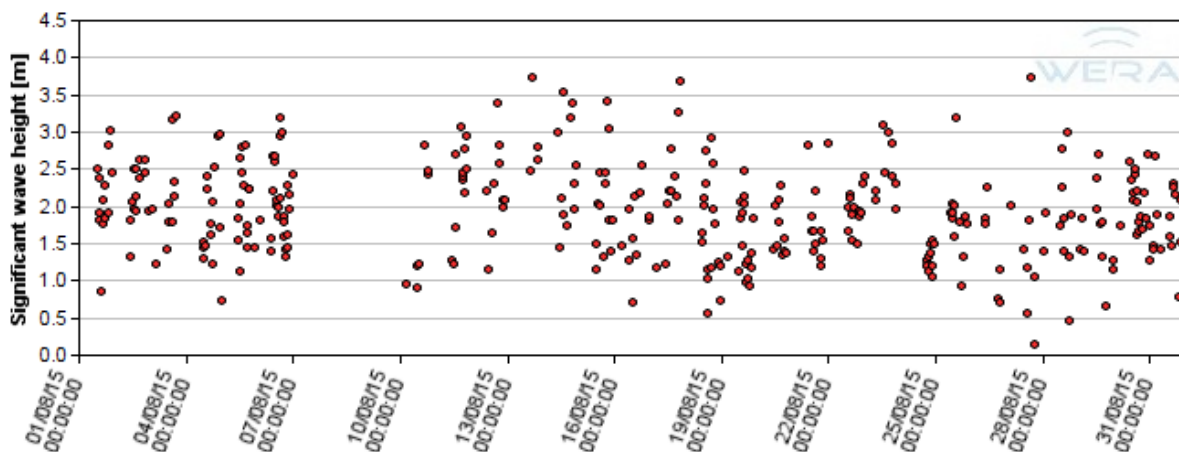


圖4.47 2015 年 8 月示性波高圖

### Measured wave data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |      |
|------------------------|-------------------------|---------------------|------|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 744  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-01 00:00:00 UTC | <b># of Records</b> | 1432 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-31 23:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 1431 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 0    |

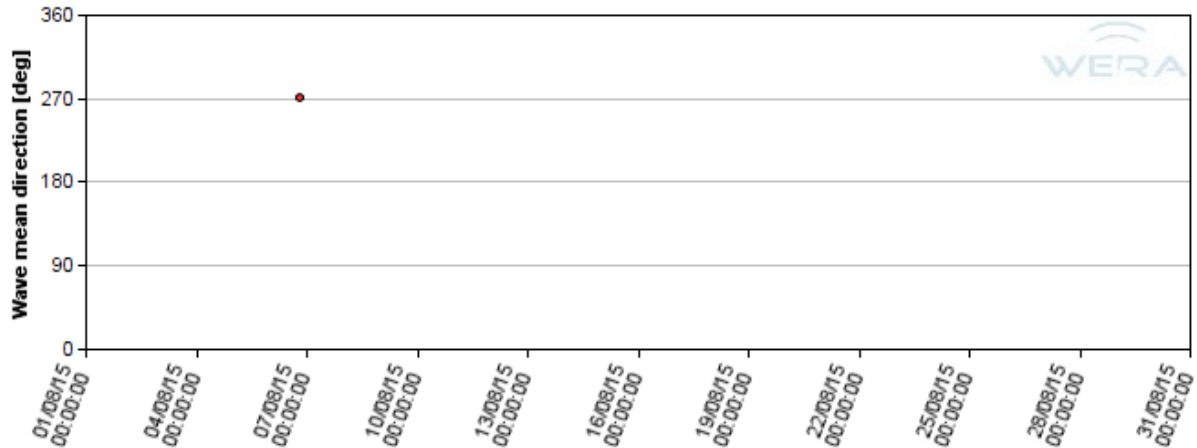


圖4.48 2015 年 8 月平均波向圖

#### 4.3 颱風期間海氣象觀測資料

臺灣由於位處西太平洋及南海地區發生的颱風的主要路徑上，颱風侵襲期間會發生海氣象之異常反應，造成風、波、流觀測數據極值產生。故颱風侵襲期間所測得之海氣象數據，對於海岸工程研究、規劃、設計、施工及觀測資料統計來說，是相當重要的。根據中央氣象局統計，平均每年有3到4次颱風警報。其中以8月最多，次為7月和9月，故每年之7至9月可說是臺灣的颱風季節。

全球每年約有80個颱風生成，其中西太平洋及南海地區平均每年形成的颱風有26個，依據中央氣象局統計，2015年發佈侵襲臺灣的颱風有6個直接侵襲或影響到臺灣致發佈颱風警報，較歷年來年平均侵台颱風數為多，且影響臺灣期間集中在7月至10月。2015年度由中央氣象局發佈海上陸上颱風警報，按其發生順序編號、名字及颱風警報時間、路徑、中心最大風速等列表如表4.1。

表4.1 2015 年發佈颱風警報之所有颱風列表

| 年份   | 編號                     | 中文名稱 | 英文名稱     | 侵臺路徑分類 | 警報期間                                 | 近臺強度 | 近臺        |           |             |              | 警報發布報數 |
|------|------------------------|------|----------|--------|--------------------------------------|------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------|
|      |                        |      |          |        |                                      |      | 最低氣壓(hPa) | 最大風速(m/s) | 7級風暴風半徑(km) | 10級風暴風半徑(km) |        |
| 2015 | <a href="#">201521</a> | 杜鵑   | DUJUAN   | 2      | 2015-09-27 08:30<br>2015-09-29 17:30 | 強烈   | 925       | 51        | 220         | 80           | 20     |
| 2015 | <a href="#">201515</a> | 天鵝   | GONI     | ---    | 2015-08-20 17:30<br>2015-08-23 20:30 | 強烈   | 925       | 51        | 200         | 80           | 26     |
| 2015 | <a href="#">201513</a> | 蘇迪勒  | SOUDELOR | 3      | 2015-08-06 11:30<br>2015-08-09 08:30 | 中度   | 930       | 48        | 300         | 100          | 24     |
| 2015 | <a href="#">201510</a> | 蓮花   | LINFA    | ---    | 2015-07-06 08:30<br>2015-07-09 05:30 | 輕度   | 975       | 30        | 120         | 30           | 24     |
| 2015 | <a href="#">201509</a> | 昌鴻   | CHAN-HOM | ---    | 2015-07-09 05:30<br>2015-07-11 11:30 | 中度   | 935       | 48        | 280         | 100          | 19     |
| 2015 | <a href="#">201506</a> | 紅霞   | NOUL     | ---    | 2015-05-10 08:30<br>2015-05-11 20:30 | 強烈   | 925       | 51        | 200         | 80           | 13     |

高頻雷達相較於傳統底錠式剖面流速儀，因具有設置在岸上的優勢，所觀測之海表面範圍較為寬廣且即時，且不會受到海生物附著、海底電纜斷裂等影響，而底錠式剖面流速儀所連接之海纜，則易受颱風影響所損壞，相較於雷達較不易維修，若採用即時系統來說，高頻雷達確實為一較佳之解決方案，然而於WERA雷達所觀測到的情況，並非如此，以下如圖4.49至圖4.65為蘇迪勒颱風期間所觀測之相關資料，圖4.49至圖4.53為雷達觀測到的平面流場圖及平面波場圖，雖然WERA雷達觀測時不具有底錠式剖面流速儀於水下的缺點(海生物附著、海底電纜斷裂等)，但由圖4.52及圖4.53觀測成果來看，颱風期間所觀測到之資料品質並不穩定，造成此種現象的因果仍需進一步研究。

圖4.54至圖4.65為蘇迪勒颱風於舊觀測樁所觀測到之歷時圖，說明如下，圖4.54中2015年8月蘇迪勒颱風東向流速精度圖，發現在2015年8月6日東向流速精度集中分布於0.02 ~ 0.08之間；圖4.55中2015年8月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖，發現在2015年8月6日徑向流速精度集中分布於0.015~0.035之間；圖4.56中2015年8月蘇迪勒颱風絕對速度圖集中分布於0~1之間；圖4.57中2015年8月蘇迪勒颱風絕對速度方向圖，發現在2015年8月6日絕對速度方向集中分布於180~300與0~90之間；圖4.58中2015年8月蘇迪勒颱風東向流速圖，發現在2015年8月6日東向流速集中分布於-1.0~1.0之間；圖4.59中2015年8月蘇迪勒颱風北向流速圖中，發現在2015年8月6日北向流速集中分布於-0.4~0.6之

間；圖4.60中2015年8月蘇迪勒颱風北向流速精度圖，發現在2015年8月6日北向流速精度集中分布於0.01~0.05之間；圖4.61中2015年8月蘇迪勒颱風徑向流速圖，發現在2015年8月6日徑向流速集中分布於-0.1~0.3之間；圖4.62中2015年8月蘇迪勒颱風徑向流速圖，發現在2015年8月6日徑向流速集中分布於-0.5~1.0之間而8月9日徑向流速集中分布於-1.5~1.0之間；圖4.63中2015年8月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖，發現在2015年8月6、7日徑向流速精度集中分布於0.010~0.035之間，而8月9日徑向流速精度集中分布於0.005~0.035之間；圖4.64中2015年8月蘇迪勒颱風示性波高圖，發現在2015年8月6日示性波高集中分布於1.0~3.5之間；圖4.65中2015年8月蘇迪勒颱風平均波向圖，發現在2015年8月6日平均波向於270度。

總上所述，蘇迪勒颱風期間所觀測之資料品質，經由圖4.49至圖4.53與圖4.66至圖4.69比較，可判斷出於蘇迪勒颱風期間，其觀測之資料品質不佳，無論是在觀測平面流場及平面波場，皆未能達成原先規劃的量測範圍，藉由這次觀測成果，能夠於未來進行探討，是電子儀器故障，亦或是電磁波受到干擾，影響此種結果為何種因素所造成，以讓雷達能更順利取得於品質佳的觀測資料。

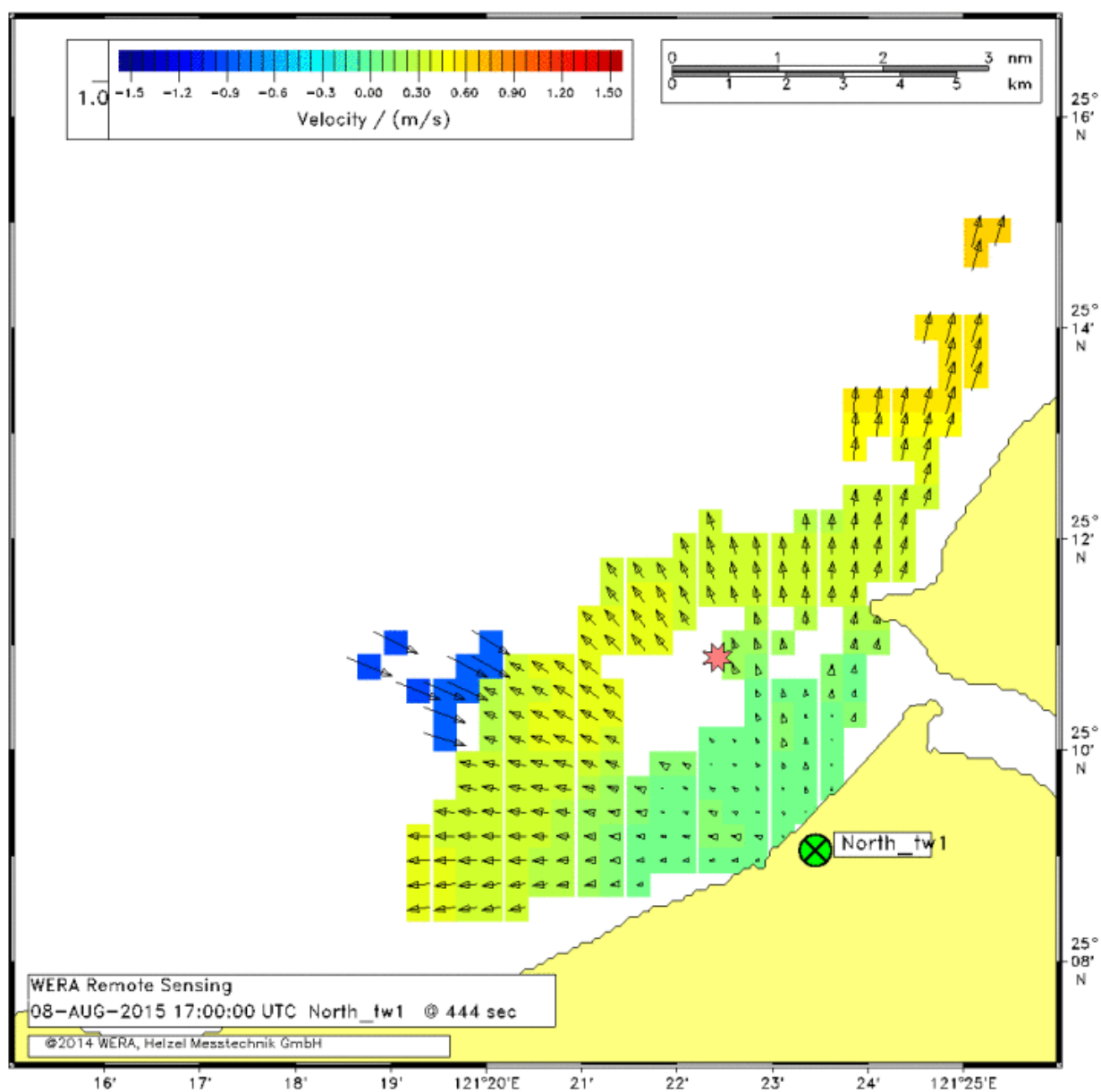


圖4.49 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風北側測站徑向流速圖

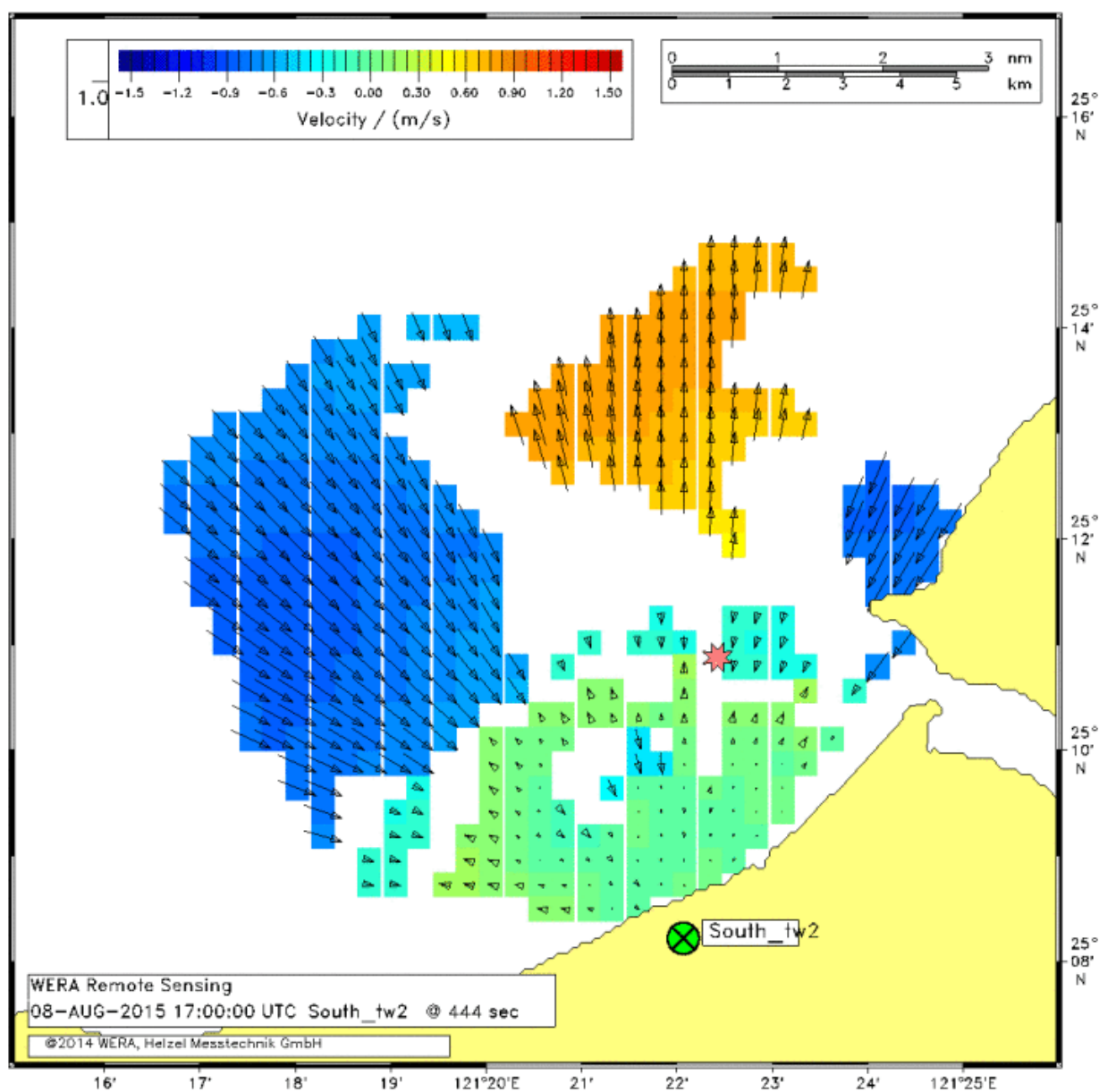


圖4.50 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風南側測站徑向流速圖

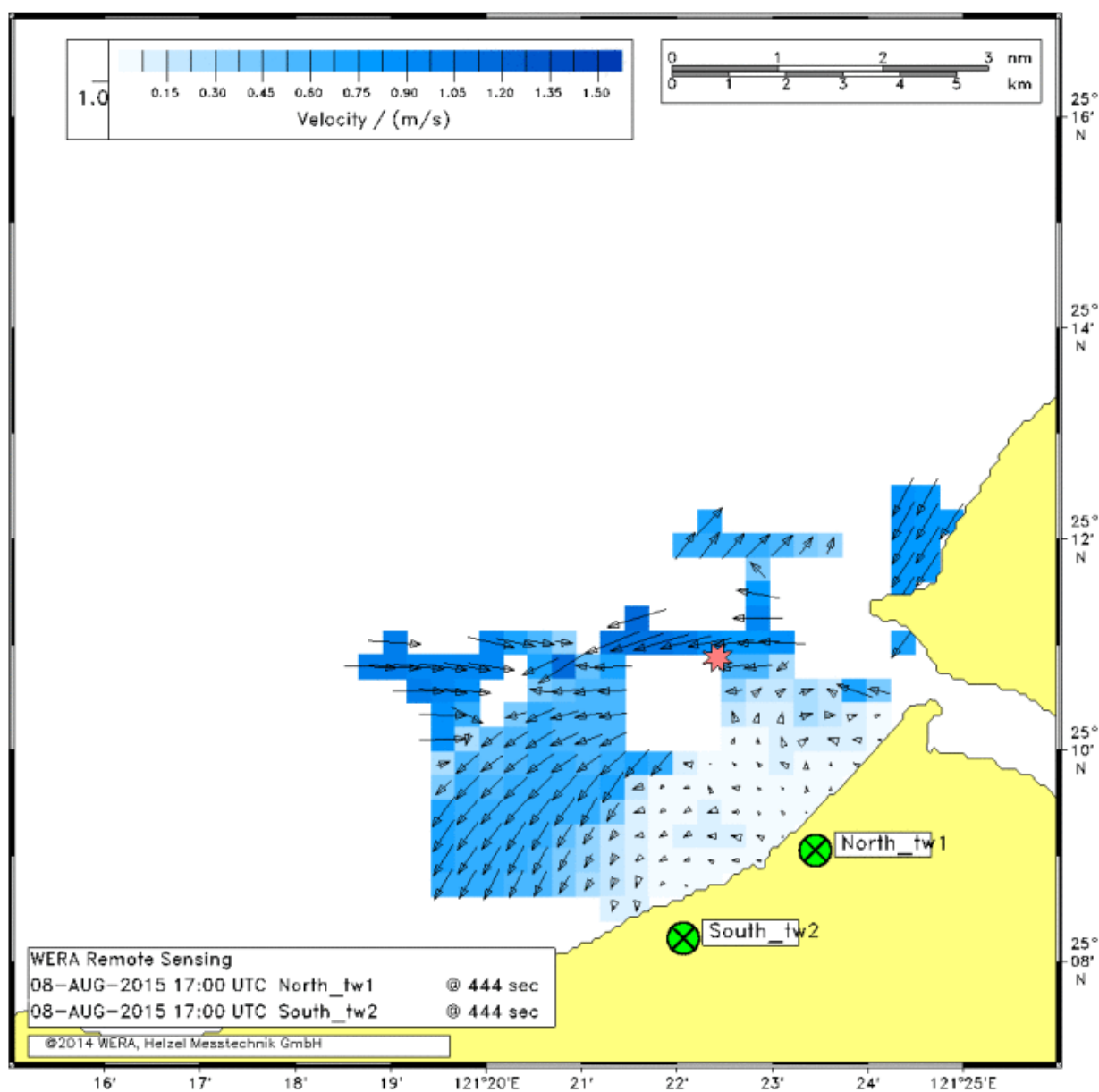


圖4.51 2015 年 8 月 8 日蘇迪勒颱風絕對值流速圖

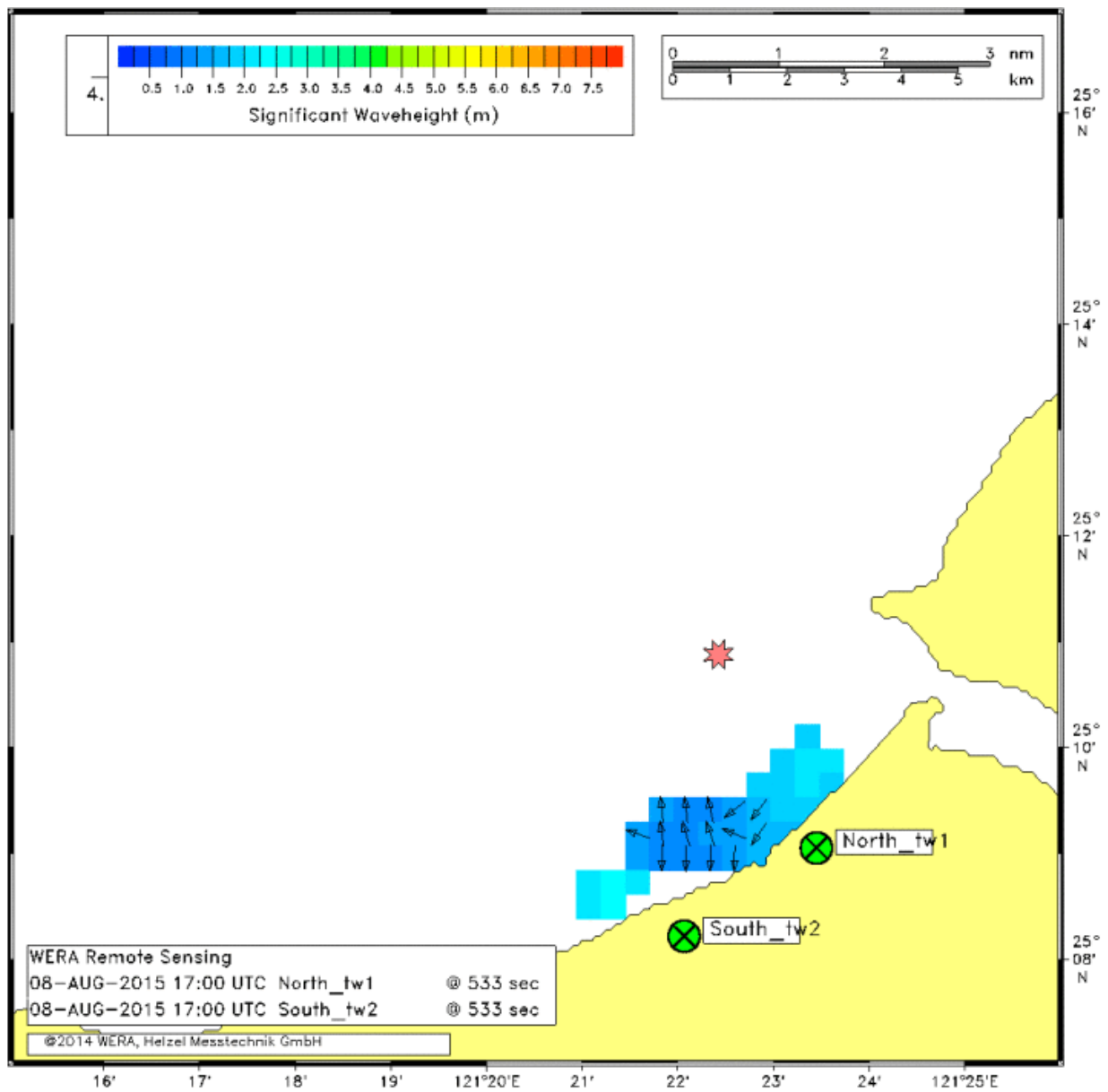


圖4.52 8月8日蘇迪勒颱風示性波高圖

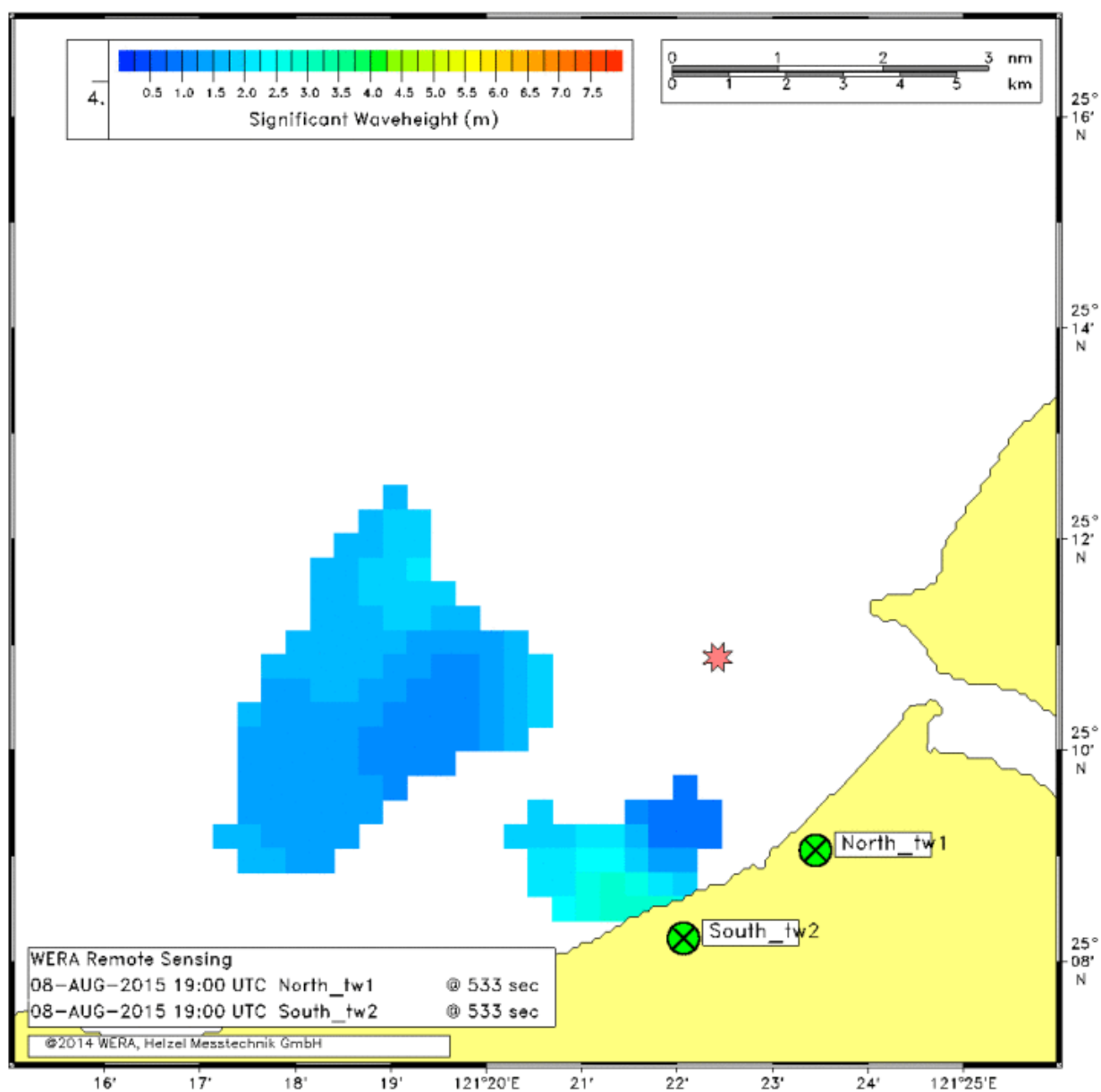


圖4.53 2015年8月8日蘇迪勒颱風示性波高圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

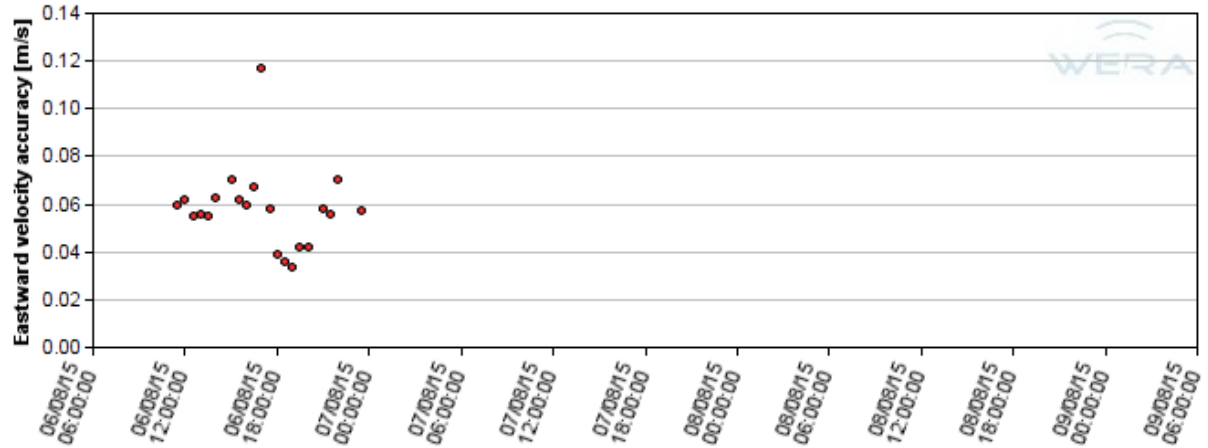


圖4.54 2015 年 8 月蘇迪勒颱風東向流速精度圖

### Measured radial current, North\_tw1 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |     |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-----|
| <b>Radar name</b>      | North                   | <b># of Hours</b>   | 69  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 139 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 123 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 12  |

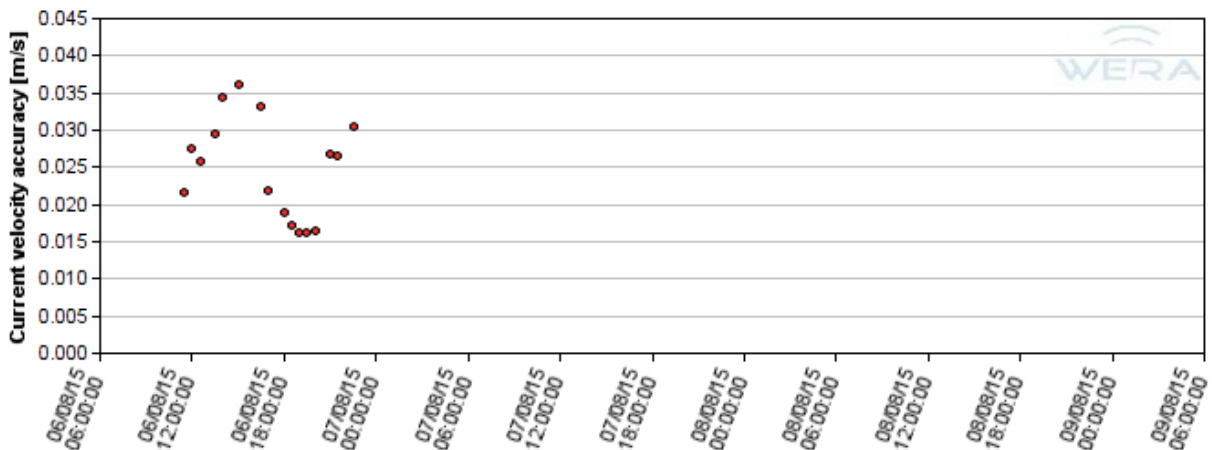


圖4.55 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

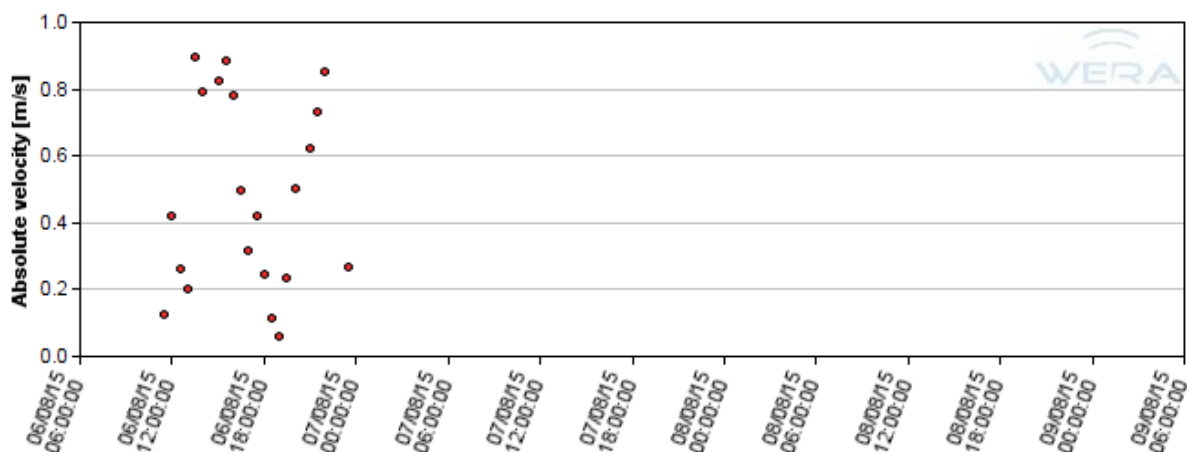


圖4.56 2015 年 8 月蘇迪勒颱風絕對速度圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

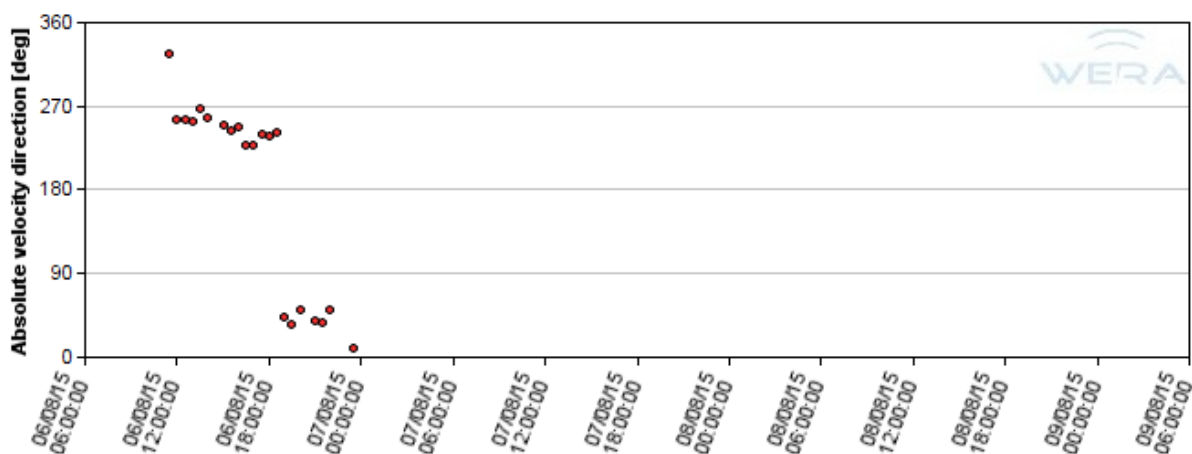


圖4.57 2015 年 8 月蘇迪勒颱風絕對速度方向圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

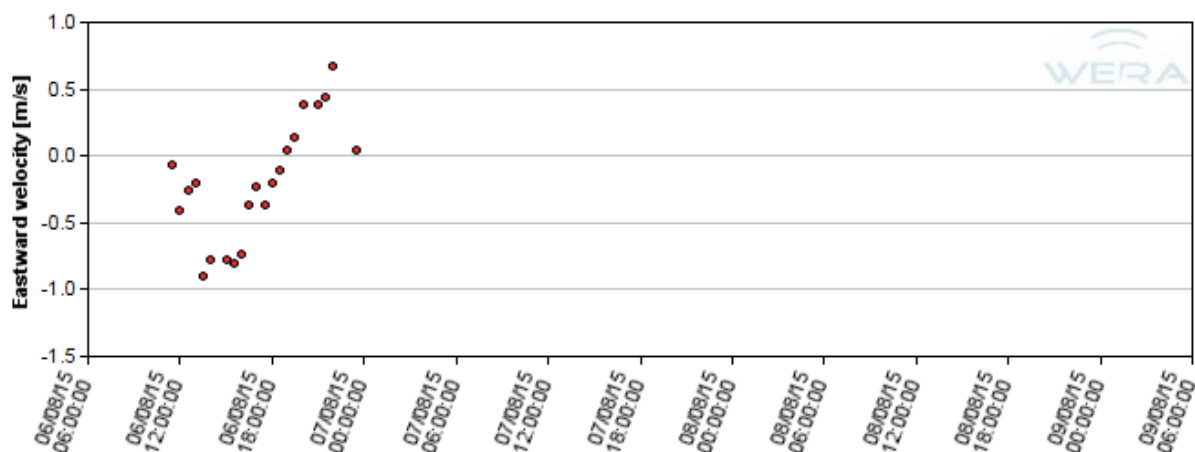


圖4.58 2015 年 8 月蘇迪勒颱風東向流速圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

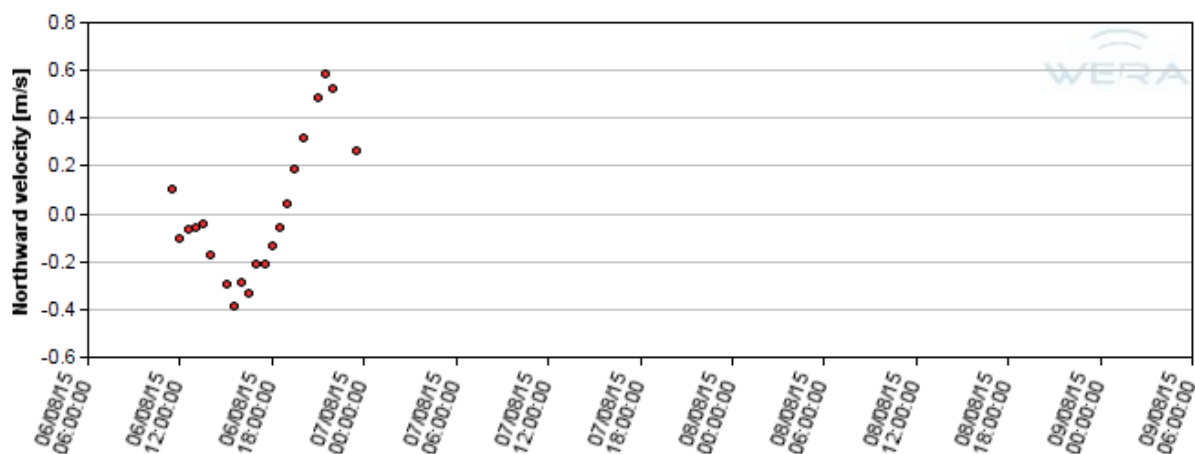


圖4.59 2015 年 8 月蘇迪勒颱風北向流速圖

### Measured current data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 74 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 22 |

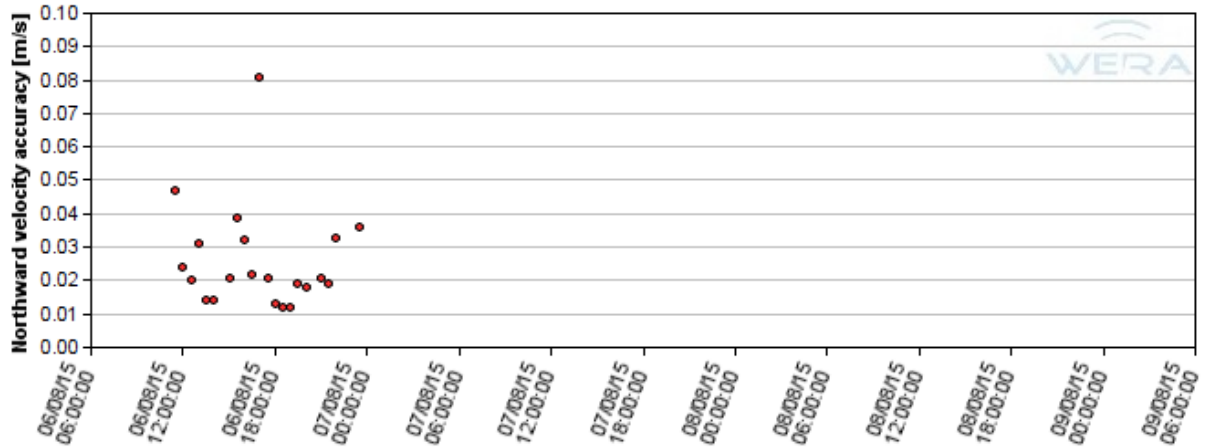


圖4.60 2015 年 8 月蘇迪勒颱風北向流速精度圖

### Measured radial current, North\_tw1 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |     |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-----|
| <b>Radar name</b>      | North                   | <b># of Hours</b>   | 69  |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 139 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 123 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 12  |

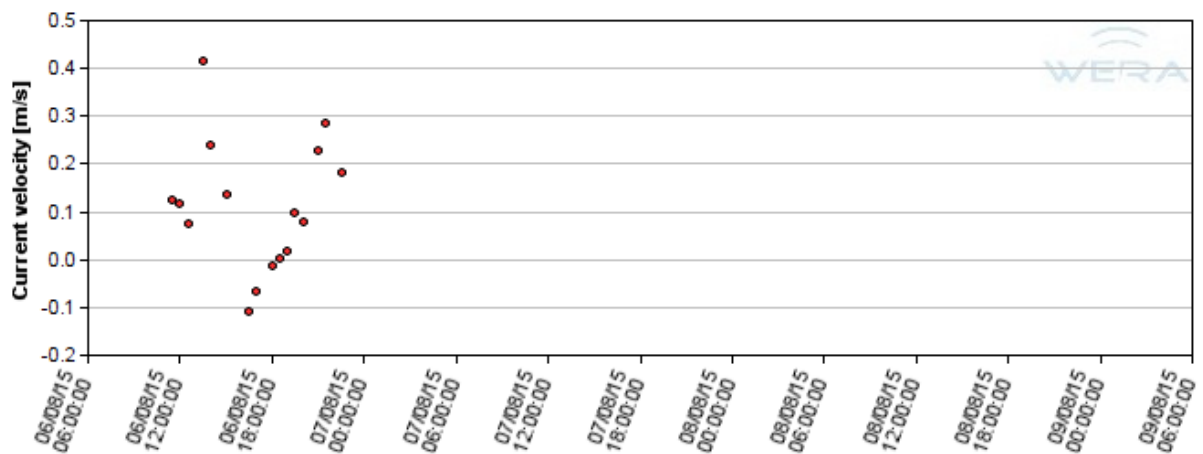


圖4.61 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速圖

### Measured radial current, South\_tw2 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | South                   | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 59 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 38 |

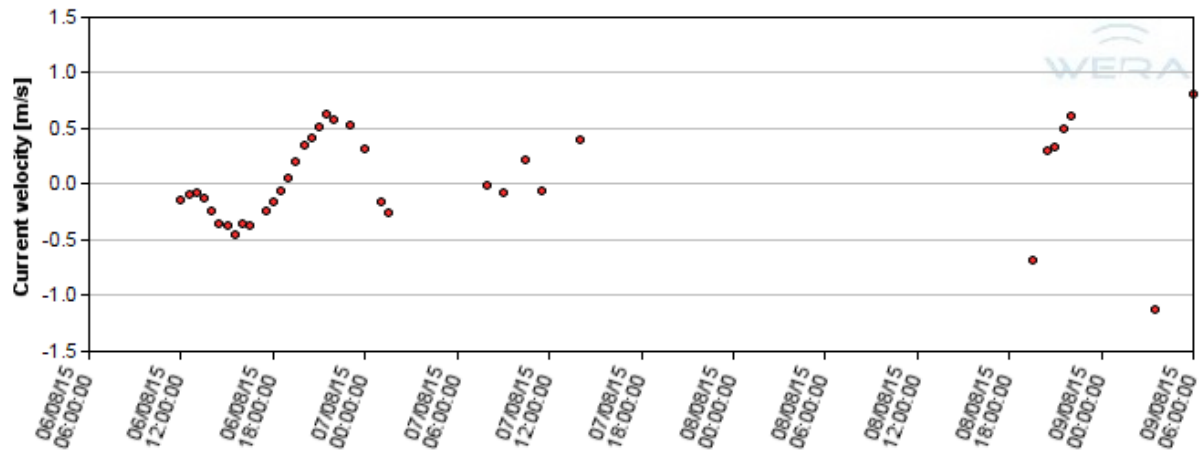


圖4.62 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速圖

### Measured radial current, South\_tw2 ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | South                   | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 59 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 38 |

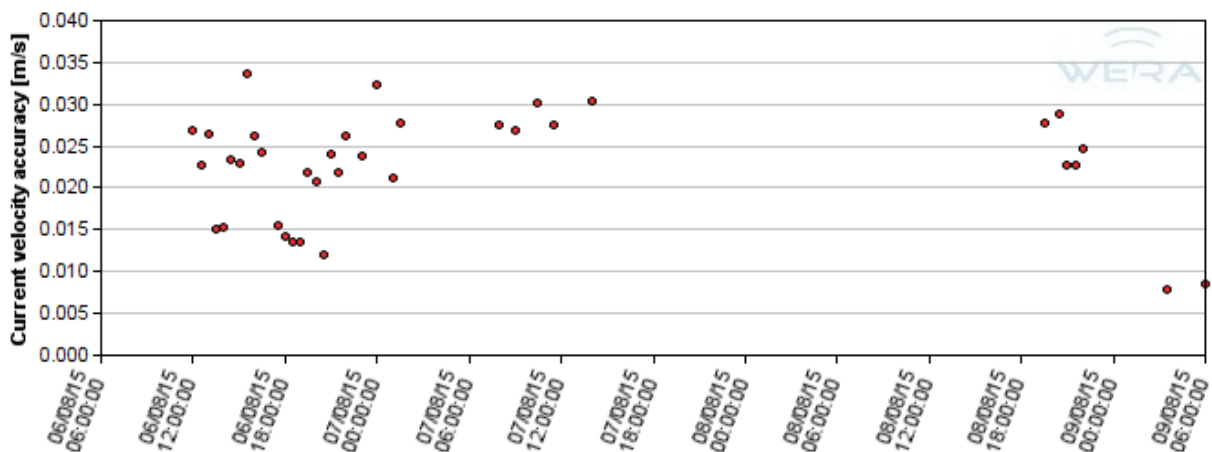


圖4.63 2015 年 8 月蘇迪勒颱風徑向流速精度圖

### Measured wave data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 75 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 21 |

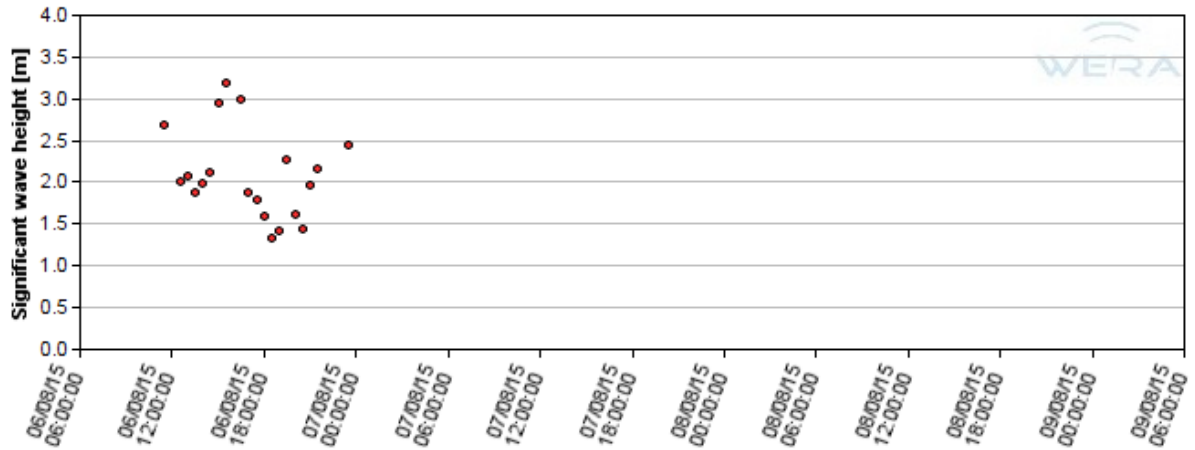


圖4.64 2015 年 8 月蘇迪勒颱風示性波高圖

### Measured wave data ( 25.1798 N, 121.3723 E )

|                        |                         |                     |    |
|------------------------|-------------------------|---------------------|----|
| <b>Radar name</b>      | Taiwan WERA System      | <b># of Hours</b>   | 69 |
| <b>Start time</b>      | 2015-08-06 11:30:00 UTC | <b># of Records</b> | 95 |
| <b>End time</b>        | 2015-08-09 08:30:00 UTC | <b># Missing</b>    | 94 |
| <b>Sample interval</b> | 30 min.                 | <b>% Available</b>  | 1  |

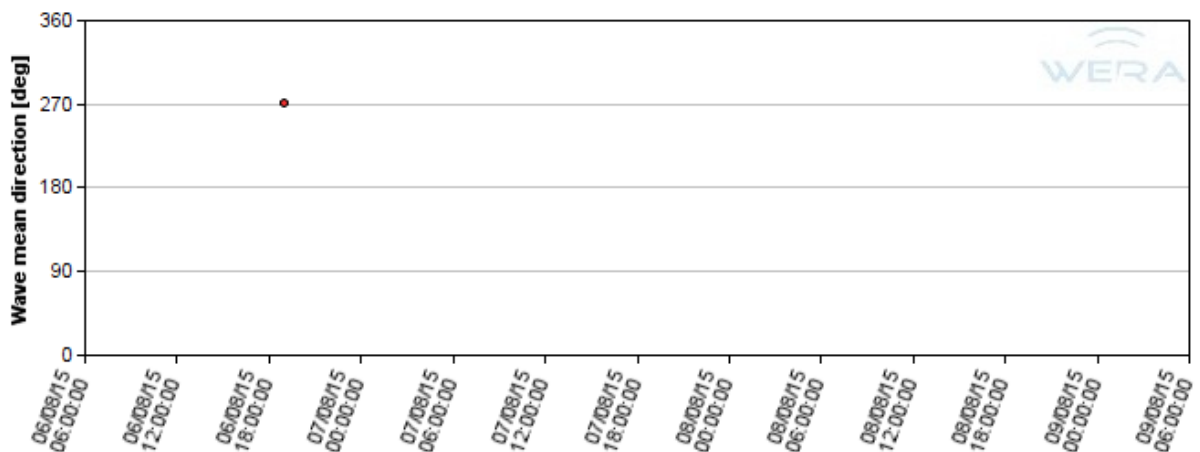


圖4.65 2015 年 8 月蘇迪勒颱風平均波向圖

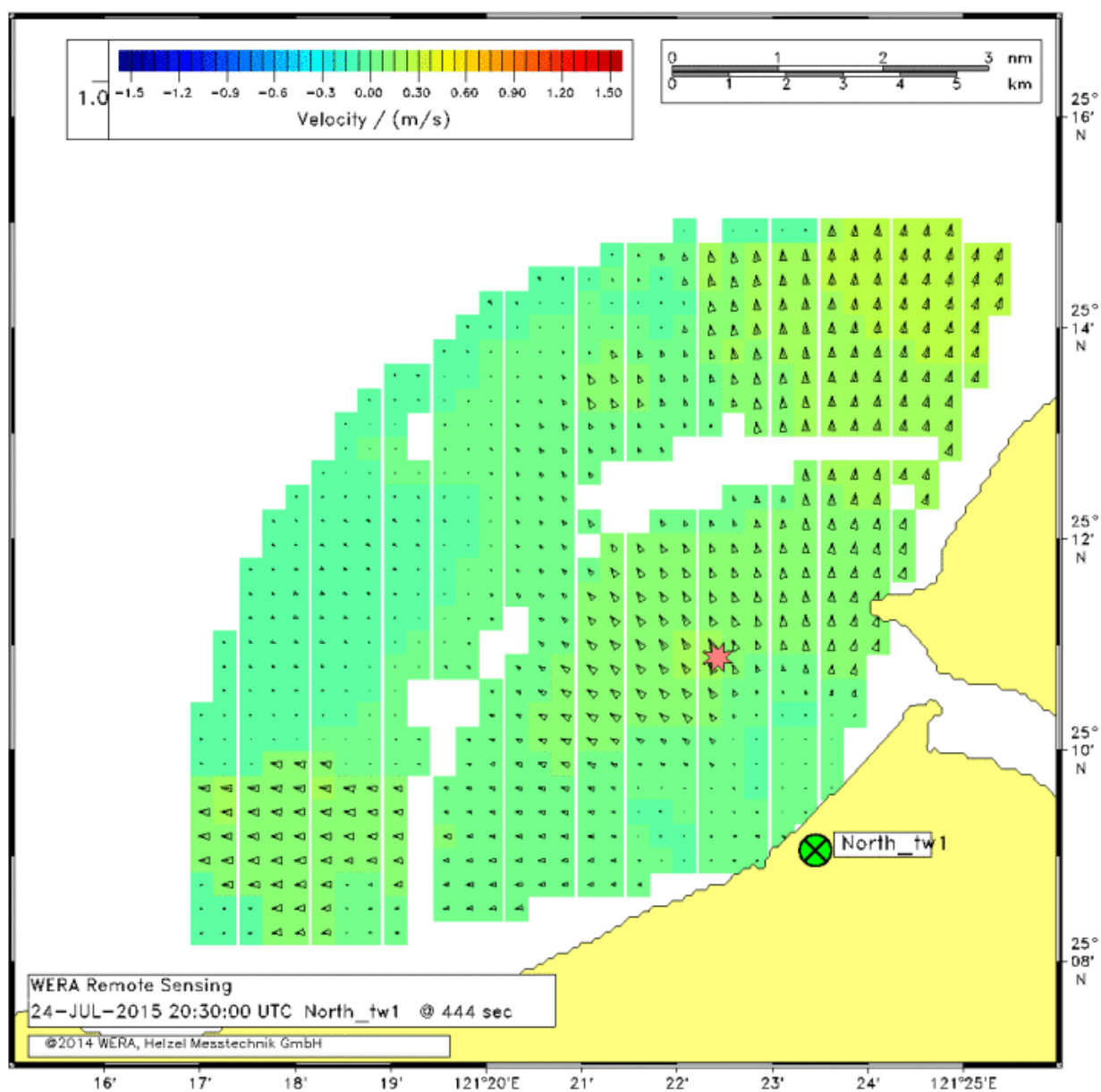


圖4.66 2015 年 7 月 24 日徑向流速圖

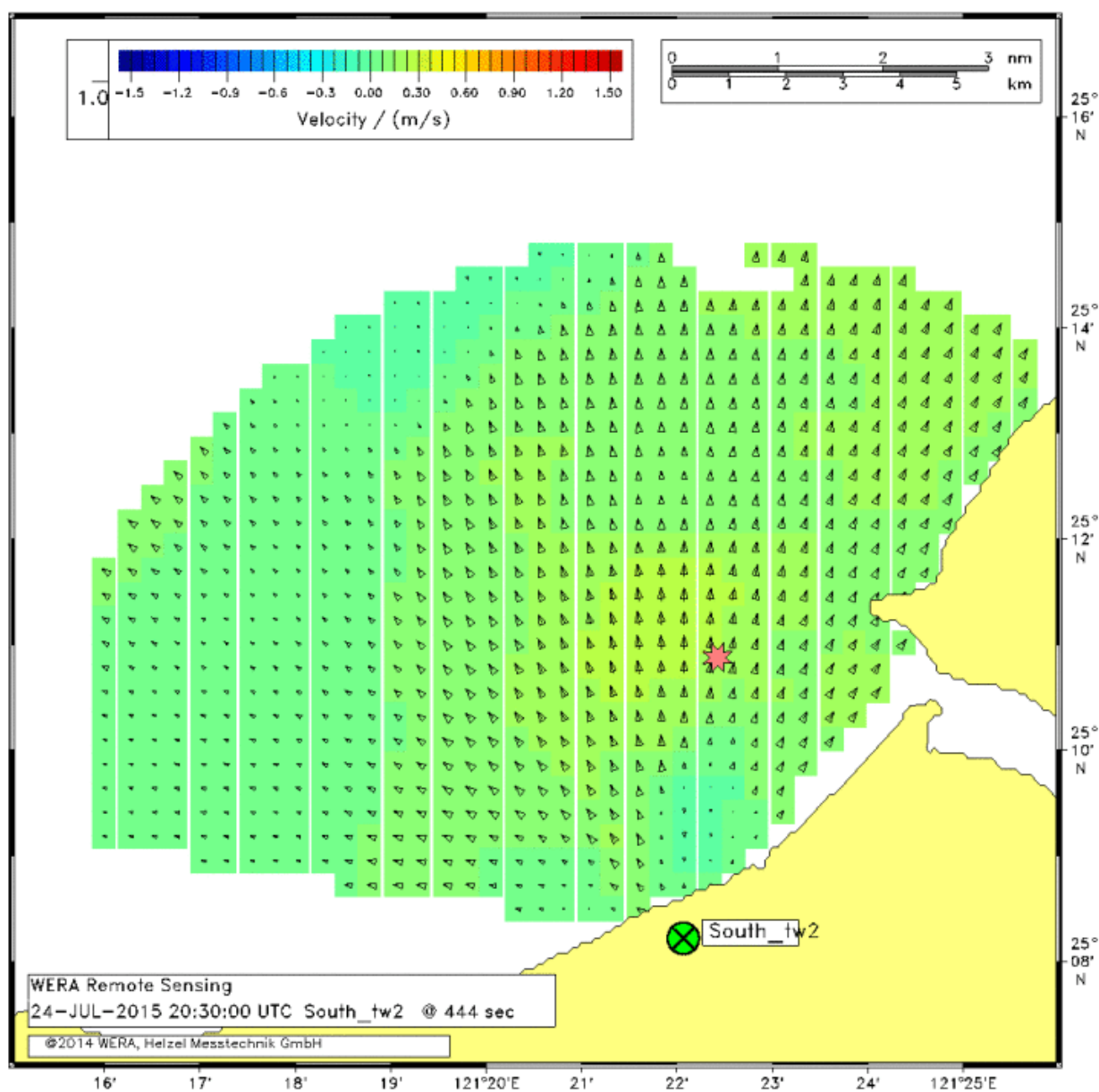


圖4.67 2015 年 7 月 24 日徑向流速圖

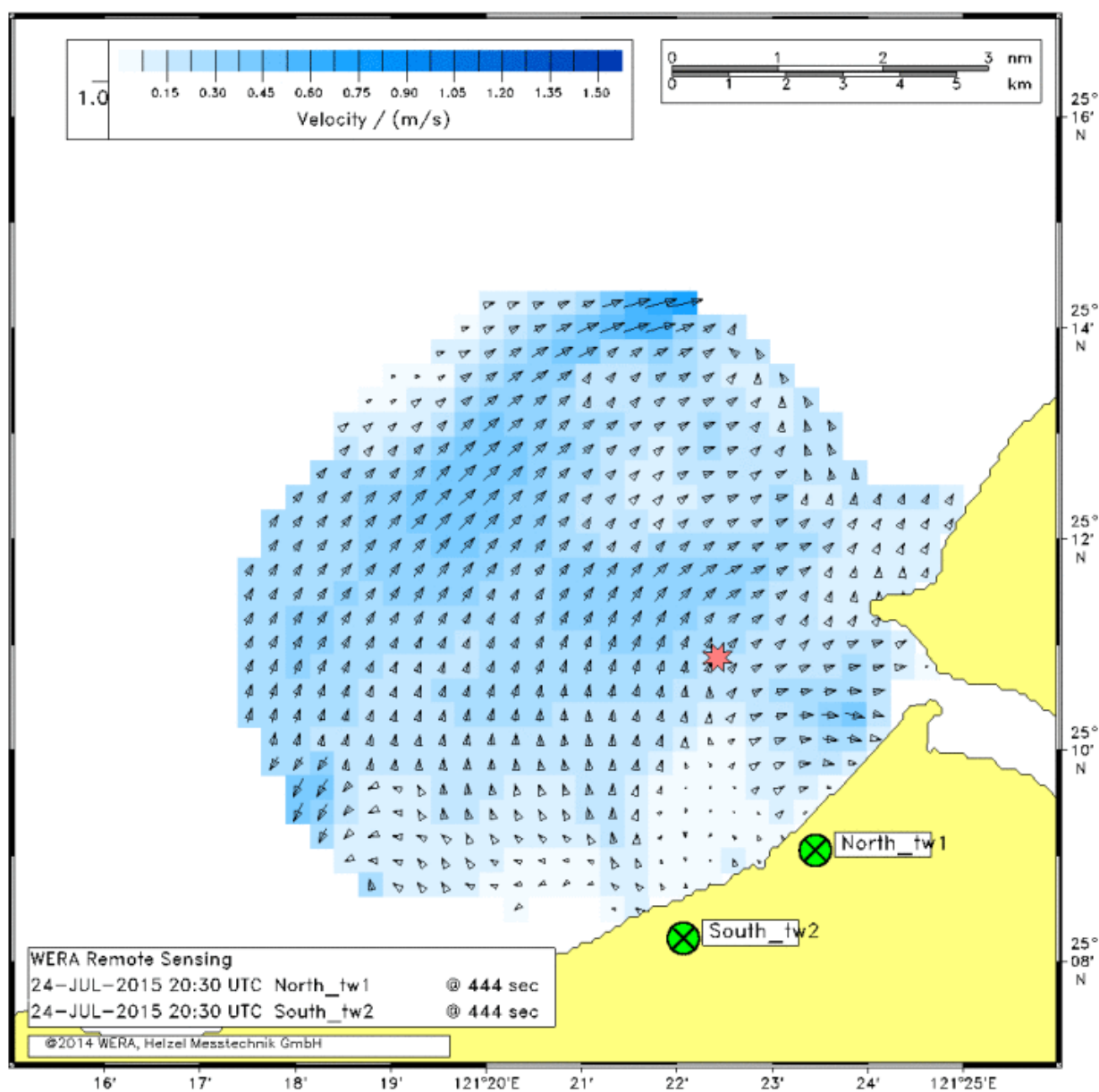


圖4.68 2015 年 7 月 24 日絕對值流速圖

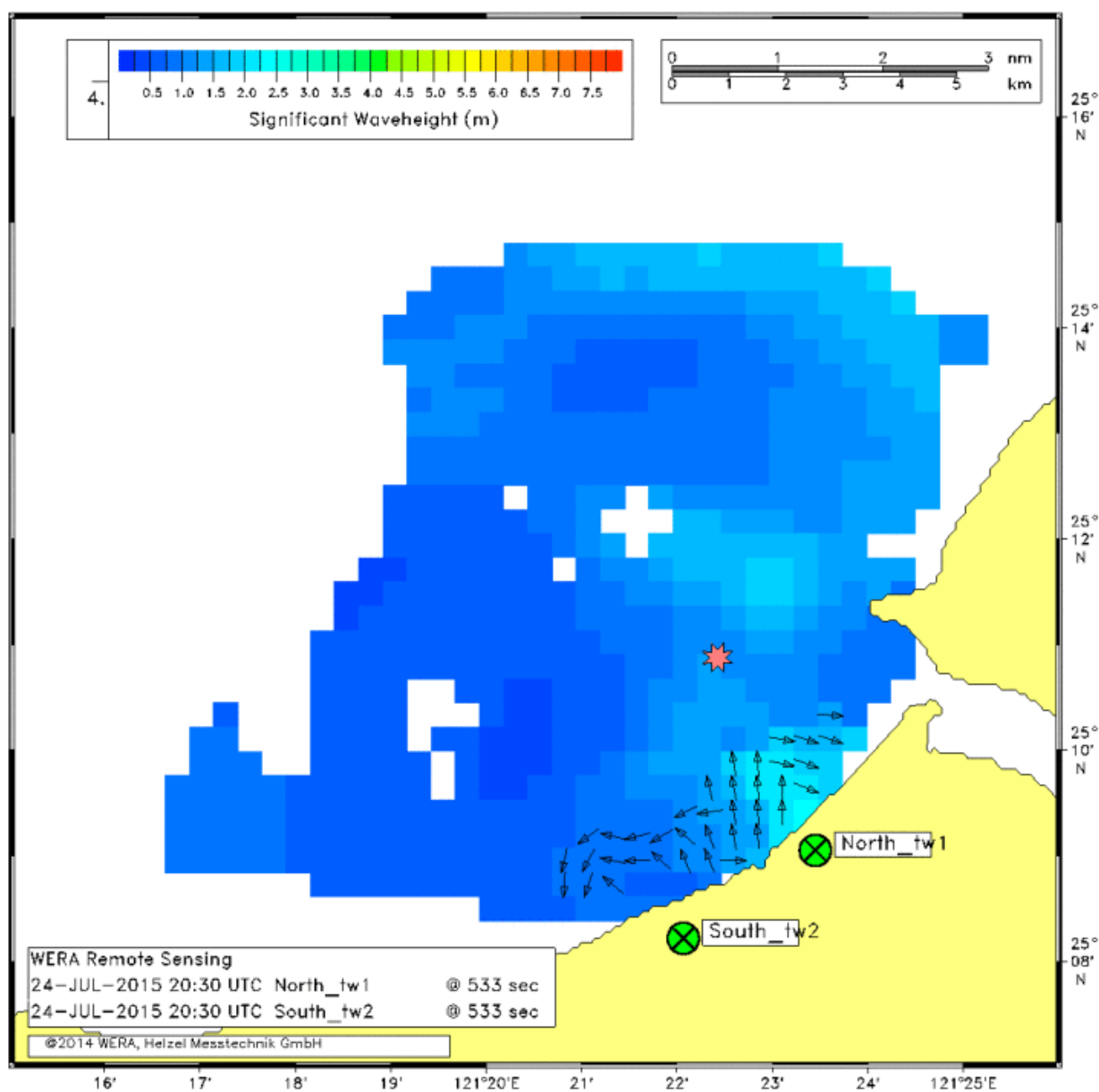


圖4.69 2015 年 7 月 24 日示性波高圖



## 第五章 結論與建議

海象觀測工作耗費人力物力龐大，建立海氣象觀測站與量測資料實屬珍貴，觀測站儀器保養維護為首要工作，以期資料順利取得。海氣象觀測資料蒐集是屬於長期性的工作，而於實務上進行海氣象維護作業時常需考量作業時之海氣象狀況，如作業當日海氣象狀況不佳，便無法進行海氣象維護的作業，以本所設置之底錠式剖面流速儀為例，因底錠式剖面流速儀置放於水下並固定於水下所設置之儀器架，作業時需由潛水人員到水下，將剖面流速儀於儀器架上方移除螺絲並將剖面流速儀收回，如風浪過大使無法進行該項作業，而若儀器損壞時便無法進行觀測，且需要重新視天氣情況佈放新的儀器，如水下傳輸電纜、資料傳輸介面箱、電力供應系統，再如臺北港所設置之海氣象觀測樁為借鏡，觀測樁就曾經因為樁體傾斜，而無法進行即時觀測作業長達半年之久。而我國所設置之海洋雷達如CODAR、WERA系統，因其相關設備皆設置於岸上，因此於進行相關維護保養、維修等作業較傳統式海象觀測儀器更為方便，亦能節省維護所需要之人力。

剖面流速儀僅能觀測單點，剖面流速儀以聲波方式量測流速其技術優於傳統流速量測，因為剖面流速儀是利用都卜勒效應原理測量水流速度，只要一個剖面流速儀，能量測整個剖面水層的資訊，不須時常替換零件及校正，但剖面流速儀會受到海中生物附著，如藤壺、貝類等等，而產生量測的干擾。剖面流速儀量測波浪具多種量測模式，並適用於不同情形、可分析不同方向所形成的波浪、可置放於較深位置量測波浪等特點。而WERA雷達則具有即時、長距離與不間斷的特性，使用雷達觀測大範圍的海表面流場全貌，雷達測流有一定的可行性與穩定性，同時根據波場與回波信號之關係亦能反演出相關之海洋物理機制，因此利用雷達影像得出海面流場，不論在時間上、空間上，皆能發揮一定的功效，由於雷達觀測精度會受到的影響，包括了風、雨、表層流、結構物及靜電雜訊分佈等影響，而其中結構物干擾的部分是可以改進的並能提高分析精度，由此可見，海洋雷達確實有與傳統底錠式觀測儀器各具有不一樣的特性。

本文依107年度科技計畫「離岸風電海氣象觀測與特性分析(2/4)」綱要計畫辦理，為其子計畫之一，從第一章回顧海洋雷達相關文獻，第二章收集104年臺北港區之海氣象等資料（包括波、流），來探討臺北港區域海氣象特性，第三章說明雷達量測原理與建站現況，第四章為雷達觀測案例探討，對於WERA雷達系統所量測到的相關資料進行分析，綜合上述內容，茲歸納結論、建議及成果效益及後續應用情形如5.1節、5.2節及5.3節：

## 5.1 結論

1. 如第四章所探討之案例，WERA雷達所採用的發射頻率為38.5MHz，發射天線型式為垂直單桿矩形陣列，接收天線型式為線性陣列，而於颱風期間所觀測到之平面波場及平面流場資料品質不佳，無法完全取得涵蓋範圍20公里的觀測資料。
2. 使用高頻雷達裝置讓我們更為了解臺北港的平面波場及流場，且使我們能快速獲取大範圍的觀測資料，這些資料可成為往後施政、設計、施工及學術研究的重要參考資料來源之一，由此來提升我國國內港灣工程之研究技術水準，所得數據亦可提供相關各項港灣工程研究、規畫及環境評估等多面向的參考。
3. 高頻雷達裝置相關設備皆設置於岸上，因此於進行相關維護保養、維修等作業較傳統式海象觀測儀器更為方便，亦能節省維護所需要之人力，有助於維護管理作業的進行。

## 5.2 建議

1. 因於雷達量測資料期間海氣象觀測樁倒塌損壞，故未有足夠底錠式剖面流速儀所量測資料，可以與高頻雷達量測之資料進行分析及比較，未來可針對兩種不同儀器所得之量測結果，進行比較驗證其相關性。
2. 雷達觀測的原始資料為都卜勒頻譜，利用都普勒頻譜回波訊號相對於中心頻率之偏移量，可以計算出對應於接收天線方向之一維徑向流速、流

向、波高、波向與風向等資料，亦可使用其頻譜圖中的雷達反射截面積(RCS)，來獲得目標物的資訊，未來可進行相關解析之研究。

3. 目前於離岸風電區域規劃安裝海洋雷達，未來可依據臺北港域建置海洋雷達站之經驗應用於其中，觀測該區域之海氣象資訊，並發展船舶追蹤技術，來彌補船舶自動辨識系統(AIS)不足處，以利航行安全監督與管理，提高航行安全。
4. 量測需求可隨雷達頻率與天線數量調整範圍及解析，例如雷達操作頻率越低，則量測範圍愈廣，未來可視情形增加模組，如海嘯預警系統等模組，再視需要增加對應之相關設備。
5. 因高頻雷達因具有可觀測範圍廣、具有即時觀測及全天候觀測之特性，未來可增加船舶追蹤相關模組，進行船舶追蹤及結合船舶自動辨識系統(AIS)進行相關研究，以符合國際趨勢，其效益可期待應用於海上急難救助、國防安全及海象觀測。

### 5.3 成果效益及後續應用情形

配合國內綠能政策的推動，對於臺中港規劃為離岸風電產業之重要港口，故須對該海域之海氣象各項資料進行收集、分析與評估等作業，方能瞭解該海域之海氣象資訊，本所未來將於臺中港設置線性陣列雷達站，透過前次臺北港南北2測站之建置過程經驗，包含場址規畫與土地提供、無線電使用執照申請、海洋雷達進出口事宜、現場基礎工作、海洋雷達頻率調整及相關行政程序之辦理，能使建站過程更有效率，本次計畫並能使雷達觀測作業更為順利，而相關觀測資料也可後續提供產、官、學界來進行驗證比較，有助於提升國內有關海洋雷達觀測技術之發展。



## 參考文獻

1. 智統科技股份有限公司，海洋雷達觀測儀器中文軟體操作手冊，交通部運輸研究所。
2. 吳立中、董東璟、高家俊、曾鈞敏，2005，應用航海雷達於空間波場觀測之研究-空間波流場之分析，第 27 屆海洋工程研討會。
3. 吳立中、董東璟、林家豐、高家俊，2006，從雷達影像萃取近岸海域表面流場之研究，海洋工程學刊，第 6 卷，第 2 期，第 81-94 頁。
4. 吳立中、董東璟、莊士賢，2008，雷達於海洋觀測之應用，海洋及水下科技季刊，第 18 卷，第 2 期，第 3-7 頁。
5. 吳立中、董東璟、莊士賢、高家俊，2009，航海雷達應用於海面波流監測可行性之探討，水利，第 19 期。
6. 蔡立宏、羅冠顯、曾俊傑，2018，106 年國際商港海氣象觀測與特性分析，交通部運輸研究所。
7. 蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、羅冠顯、衛紀淮、李政達、劉明鑫、林受勳，2018，2017 年 12 港域海氣象觀測資料年報，交通部運輸研究所。
8. 蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、羅冠顯、衛紀淮、李政達、劉明鑫、林受勳，2018，106 年國內商港海氣象觀測與特性分析，交通部運輸研究所。
9. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2015，2014 年臺灣海氣象觀測資料統計年報，交通部運輸研究所。
10. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2015，2015 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測海流資料)，交通部運輸研究所。

11. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2015，2015 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測潮汐資料)，交通部運輸研究所。
12. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2015，2015 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測波浪資料)，交通部運輸研究所。
13. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2015，2015 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(臺北港域觀測海氣象資料)，交通部運輸研究所。
14. 蘇青和、李俊穎、陳明宗、劉清松、傅怡釗、陳鈞彥、林珂如、謝佳紘，2016，2016 年臺灣環境資訊網觀測資料年報(12 海域觀測潮汐資料)，交通部運輸研究所。
15. 蘇青和、李俊穎、陳明宗、劉清松、傅怡釗、陳鈞彥、林珂如、謝佳紘，2016，2016 年臺灣環境資訊網觀測資料年報(12 海域觀測海流資料)，交通部運輸研究所。
16. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2016，2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(臺北港域觀測海氣象資料)，交通部運輸研究所。
17. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2016，2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測海流資料)，交通部運輸研究所。
18. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2016，2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測潮汐資料)，交通部運輸研究所。
19. 蘇青和、李俊穎、蔡立宏、廖慶堂、蔣敏玲、衛紀淮、羅冠顯、林受勳、傅怡釗、陳鈞彥，2016，2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(12 港域觀測波浪資料)，交通部運輸研究所。

20. 王順寬、何良勝、張憲國、劉勁成、徐如娟，2013，*臺北港風速與風向的聯合分佈特性的探討*，第 35 屆海洋工程研討會。
21. 蕭松山、方惠民、江允智、王星宇、徐如娟、何良勝，2013，*臺北港平面流況特性分析研究*，第 35 屆海洋工程研討會。
22. 范揚沼、陳家銘、高家俊、湯世燦，2012，*颱風波候統計與變化趨勢之探討*，第 34 屆海洋工程研討會。
23. 蔡瑞舫、張憲國、何良勝、劉勁成、黃茂信、衛紀懷，2014，*臺北港、臺中港與安平港風能分析與探討*，第 36 屆海洋工程研討會。
24. Booij, N., Ris, R.C. and Holthuijsen, L.H., 1999, "A third generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation", *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 104(C4), 7649-7666.
25. Crombie, 1955, "Doppler spectrum of sea echo at 13.56 Mc/s", *Nature* 175, 681-682.
26. Doong, D.J., Kao, C.C., Chuang, Laurence Z.H., and Lin, H.P., 2003, *Nearshore Wave Field Analysis Using SAR Images*, China Ocean Engineering, Vol. 17, No. 1, pp. 45-60.
27. Ijima, T., Takahashi, T., and Sasaki, H., 1964, Application of radars to wave observations, *Proc. Conf. Coastal Eng.*, pp.10-22.
28. J. C. Nieto Borge, C. Guedes Soares, 2000, Analysis of directional wave fields using X-band navigation radar, *Coast. Eng.*, vol. 40, no. 4, pp. 375-391.
29. Kanevsky, M.B., 2009, *Radar Imaging of the Ocean Waves*, Elsevier, Oxford.
30. Mattie, M.G., and Harris, D.L., 1978, The Use of Imaging Radar in Studying Ocean Waves, *Proc.16th Coastal Eng.*, ASCE, pp.174-189.
31. N. F. Barber, F. Ursell, J. Darbyshire and M.J. 1946, *Tucke: A frequency analysis used in the study of ocean waves*. No. 158, pp.329-332.

32. Paduan, J.D., Washburn, L., 2013, "High-frequency radar observations of ocean surface currents. ", *Annu. Rev. Mar. Sci.* 5, 115–136.
33. Pinardi, N., Zavatarelli, M., Adani, M., Coppini, G., Fratianni, C., Oddo, P., Simoncelli, S., Tonani, M., Lyubartsev, V., Dobricic, S., Bonaduce, A., 2015, "Mediterranean Sea large-scale low-frequency ocean variability and water mass formation rates from 1987 to 2007: a retrospective analysis. " *Prog. Oceanogr.* 132, 318–332.
34. Shen, W., Gurgel, K.-W., Voulgaris, G., Schlick, T., Stammer, D., 2011, "Wind-speed inversion from HF radar first-order backscatter signal. " *Ocean Dyn.* 62 (1), 105–121.
35. Shrira, V.I., Forget, P., 2015, "On the nature of near-inertial oscillations in the uppermost part of the ocean and a possible route toward HF radar probing of stratification. " *J. Phys. Oceanogr.* 45 (10), 2660–2678.
36. Skliris, N., Mantziafou, A., Sofianos, S., Gkanasos, A., 2010, "Satellite-derived variability of the Aegean Sea ecohydrodynamics. " *Cont. Shelf Res.* 30 (5), 403–418.
37. Seemann, J., Ziemer, F., and Senet, C. M. 1997. *A method for computing calibrated ocean wave spectra from measurements with a nautical X-band radar. Proc., Oceans '97 Conf., Marine Technology Society, Vol. 2, 1148–1154.*
38. Teague, C., Vesecky, J.F., Hallock, Z.R., 2001, "A comparison of multifrequency HF radar and ADCP measurements of near-surface currents during COPE-3. " *IEEE J. Ocean. Eng.* 26 (3), 399–405.
39. Tzali, M., Sofianos, S., Mantziafou, A., Skliris, N., 2010, "Modelling the impact of Black Sea water inflow on the North Aegean Sea hydrodynamics. " *Ocean Dyn.* 60 (3), 585–596.
40. Wu, L.C., Lee, B.C., Doong, D.J., Kao, C.C., and Chuang, L.Z.H., 2008, Nonlinear Influences on Ocean Waves Observed by X-band Radar, *Marine Geophysical Researches*, Vol. 29, pp. 43-50. 69.

41. Young I.R., Rosenthal, W., and Ziemer, F., 1985, A three dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean waves directionality and surface currents, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 90, pp. 1049-1059.



附錄一  
期末報告審查意見處理情  
形表

## 附錄一 期末審查意見及辦理情形說明表

### 交通部運輸研究所自辦研究計畫

#### ☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：海洋雷達應用於海象觀測之探討-應用案例探討

執行單位：交通部運輸研究所港研中心第二科

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 處理情形                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(一) 陳委員明宗：</b><br>1. 表目錄另外列一頁較適宜。<br>2. P1-5 本年度(108)應為誤植。<br>3. 1.4 本研究組織名稱不恰當，應在修正。<br>4. P2-2 之論述似乎為 96 年之論述，宜更新為本(107 年)之論述。<br>5. 表 2.2 之相關風速應加上%較適宜。<br>6. P3-5 240 平方公分應為誤植。<br>7. 雷達觀測包含雷達本身發射及接收之資料正確，以及完善的應用軟體來分析所量測之觀測結果。相關雷達係 2015 年建置，P3-8 結論係設置地點不好造成觀測品質不佳。應再找尋適當地點設置，以量測較佳之觀測結果來分析。<br>8. 雷達觀測之流場分析若能配合該地點之流場數值模擬做比較，應可獲得較佳之結果或參數設定。<br>9. 圖 4-66 至 4-69 相關流速圖及波 | <br>1. 已依委員意見增列表目錄為一頁。<br>2. 已於第一章中修正。<br>3. 將該節名稱修正為「本研究章節安排」。<br>4. 感謝委員指導，遵照辦理。<br>5. 已於第二章中修正。<br>6. 已於第三章中修正為「240 平方公尺」。<br>7. 謝謝委員建議，未來將視實際需求重新辦理規劃。<br>8. 謝謝委員建議。<br>9. 謝謝委員，因目前雷達網路 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>高圖似乎與碼頭配置重疊，應該將地形圖及碼頭配置一併顯示才能確認分析結果正確否？</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>應用程序所設置之操作介面為固定之樣版，未來儀器進行修復時會納入考量配合碼頭配置修正。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>(二) 張委員憲國：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 研究目的為何？工作項目是否已達到研究目標規劃？期中研究項目為分析 104 年臺北區海氣象資料是否有誤？</li> <li>2. 圖 2.9 顯示 107 的水流流向 ENE 與其他年份的統計峰值 NE 風向有所差異。</li> <li>3. 第 3.1 節的標題與內文不符。</li> <li>4. 表列儀器的規格及測量精度。</li> <li>5. 第四章的測量結果為何每次分析是不同範圍？</li> <li>6. 流況與潮位關係如何(漲潮、退潮或低潮及高潮等)？</li> <li>7. 流場特性是否與淡水河口的流量有關？</li> <li>8. 分析上可以配合理論或數值計算來加強說明。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究目的主要探討本所建置海洋雷達所展示出之量測成果，工作項目已達到研究目標規劃，因文中雷達量測所得之資料為 104 年，故分析 104 年臺北港區之海氣象資料。</li> <li>2. 當年度流速資料蒐集率為 68%，故有可能樣本數不足，造成此種原因。</li> <li>3. 此節內容係讓一般讀者認識波浪造成之原因，以便瞭解後續雷達量測波浪之相關性。</li> <li>4. 已於第三章增加相關表單。</li> <li>5. 雷達所獲得之資料量與其周圍之環境天氣等干擾都有影響，故造成資料所產生之範圍不同，但是觀測之範圍相同。</li> <li>6. 於第四章 4.1 節有說明。</li> <li>7. 雷達所量測之資料目前僅有表面波、流之資料，未有流量之資料，故未進行其流場特性與淡水河口之關連。</li> <li>8. 謝謝委員建議。</li> </ol> |
| <p><b>(三) 謝委員志敏：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 海洋雷達應用於海象觀測之探</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員的肯定。</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>討計畫，對海象觀測具有重要的意義，是一個很重要的研究計畫。</p> <p>2.從計畫報告書中，主持人對於文獻收集及對國內外該研究領域現況之瞭解程度應為良好;計畫之研究方法及步驟亦為可行;計畫書列有明確之成果。</p> <p>3.文獻格式須一致，缺少的文獻須補上[例如:P.1-2:Barber et al.,1946];P.1-3:(Young et al.,1985),(Nieto et al.,2000),(Seemann et al.,1977),(Doong et al.,2003),(Bern et al.,1993);P.1-4,(Kanevsky,2009),(Ijima et al.,1964),(Mattie and Harris,1978):P.1-5(吳等，2002,2004,2005;Wu et al.,2008)]</p> <p>4.圖 2.6、圖 3.4、圖 4.30 至圖 4.36 內文內未說明，請補說明。</p> <p>5.P.2-13 頁之表格 2.5 內文內未說明，請補說明。</p> <p>6.P.3-1 和 P.3-2 頁內的 [DeannandDalrympl,1991]，請更正為[Deann and Dalrympl,1991]</p> <p>7.建議補充內文內的圖文說明，請詳述每張圖的內容。</p> <p>8.P.3-2 之圖 3.1 建議修改為[各種相對水深之水粒子移動軌跡]</p> <p>9.如何驗證海洋雷達測流的準確性?是否有跟海洋中心的 CODAR 資料比較?</p> | <p>2.感謝委員的肯定。</p> <p>3.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>4.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>5.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>6.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>7.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>8.感謝委員指導，遵照辦理。</p> <p>9.未來儀器若進行修復時，雷達測流之資料將與 AWAC 或 ADCP 之資料進行驗證;文中並未與海洋中心的資料比</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 較。                                                                                 |
| <p><b>(四) 林委員佑任：</b></p> <p>1.遙測應用於海象觀測是一個很有實用性很具有價值的觀測方式，例如臺中港由於潮差大圍堤面積大合攏工程困難度很高，往往因為內外水位差造成流速過大而有事故發生，目前的臺中港的離岸風電產業園區，就是工業專業區二的圍堤造地工程，在94年的合攏工程為避免事故及石料大量損耗並決定配合採用的石料噸數，同步辦理合攏流速的測量、經驗公式計算及數值模擬，但到了最後合攏時刻因為海象變差工程緊急搶進，根本無法量測流速。因此傳統測量方式很難不干擾施工、不干擾流場或不干擾航行等作業。若能採雷達這種非接觸性量測則將無此問題，且可量測範圍大，如果移動性機動性良好，更會是一個應用性很廣很實用的工具。</p> <p>2.台灣每幾年就會發生一次較嚴重的商船擱淺事件，油汙大面積擴散造成區域海洋生態浩劫，本系統若可觀察及預測油汙漂離方向，未來除油作業將事半功倍，本案值得持續研究熟悉系統並進一步推廣，未來並可朝提高機動性方向研究。</p> <p>3.本系統實用性良好，但適用性如何？若發生無法準確觀測的影響原因為何？本系統使用有哪些限</p> | <p>1.感謝委員的肯定。</p> <p>2.感謝委員的意見。</p> <p>3.可適用於平面波、流場的量測；無法準確觀測的影響可能有物體遮蔽、電磁波干擾、</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>制?</p> <p>4.建議未來進一步的研究,除了可搭配 AWCP 驗證成果外,亦可考量配合 CCTV 錄影來協助判斷實際表面波浪與成果之關係,甚至與碎波帶之關係。</p> <p>5.P3-3 只要波浪波長為微波雷達電磁波 1/2 波長的整數倍,即能產生布拉格共振波而有布拉格反射現象,因此不一定要恰好電磁波長等於水波長的 2 倍,建議修正,另外式 2.2.1 公式宜修訂為 <math>\lambda_w = n \cdot \lambda/2</math>。</p> <p>6.南側的發射天線與接收天線附近是否有障礙物影響量測?另北側的發射及接收天線高度已甚高,為何還有障礙物會影響測量。</p> <p>7.有關第四章的流場向量成果圖示內容,請問本研所得到的流速所謂絕對流速或徑向流速之意義為何?是代表波形速度、群波速度或海流的速度。</p> <p>8.觀測樁損壞原因為何請說明。</p> | <p>儀器故障等因素;Wera 系統的限制決定,應先視使用單位的需求決定,包含操作頻率、陣列天線等不同都會有影響,安裝雷達的限制包含了儀器的物理限制、站場配置的限制等等。</p> <p>4.謝謝委員建議,未來將視實際需求重新辦理規劃。</p> <p>5.感謝委員指導,遵照辦理。</p> <p>6.南北側測站的發射天線與接收天線皆有障礙物,但影響量測之原因探討,因目前量測儀器損壞無法進行測試,未來將視配合業務規劃重新探討原因。</p> <p>7.單一雷達測站獲得的流速資料僅為徑向流速資料,而絕對流速資料為雷達 2 測站之徑向流速合成後所獲得之流速,雷達所量測之資料為表面流之流速資料。</p> <p>8.此觀測樁於 2004 年打設,並於 2015 年損壞,研判為樁體長期受風浪作用下產生之長</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 期震動，產生材料疲勞而斷裂損壞。                                                                                  |
| <p><b>(五) 林委員燕璋：</b></p> <p>1.本計畫係測海雷達應用案例探討，對於 P3-4，所述天線縱向橫向配置，2 測站距離等，建議釐清原理之差異，評估說明對觀測結果之優缺可能影響。</p> <p>2.遙測資料之推演是否可用，需實測資料進行校正，報告書第四章所列實際潮位與雷達海流觀測圖例，及 4.2 分析圖表案例雷達流圖例，為何可用資料只有 20% 及 58%及針對此一比對部分，報告中並未說明清楚，又所述颱風個案，在颱風的不同路徑位置是會有不同結果，建議加強實測與遙測資料比對應證說明，另所附圖例可擇要或較完整觀測資料案例加強說明，精簡圖之篇幅安排。</p> <p>3.結論部分，建議針對本計畫議題，說明使用本觀測工具之優缺點，包含站場配置、物理限制、技術限制等，以利後續海洋觀測推展之參考。</p> | <p>1.謝謝委員建議。</p> <p>2.謝謝委員建議，已於文中加強說明；另外針對颱風部分，未來將視實際需求重新辦理比對應證工作。</p> <p>3.謝謝委員建議，並已於文中加強說明。</p> |



## 附錄二 期末審查簡報

# 海洋雷達應用於海象觀測之 探討-應用案例探討

報告人:劉明鑫助理研究員

## 緣起

**計畫緣起：**本計畫係107年度科技研究計畫中，離岸風電海氣象觀測與特性分析(2/4)項下之子計畫。

**目標：**探討過去進行平面性海流與波浪等海氣象觀測工作相關成果。

**效益：**依據過去臺北港建立海洋雷達站經驗，作為未來設置線性陣列雷達於觀測離岸風電場區之參考，期能將本研究成果提升國內海洋雷達觀測技術方法及資料分析方式。



## 研究概況



傳統觀測方式



耗時

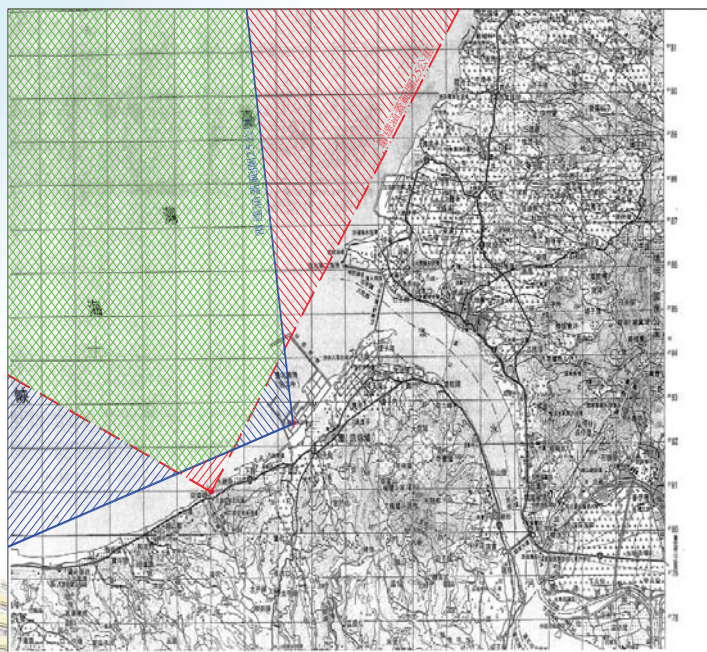
耗費

耗力

## 臺北港雷達站建置

| 工作項目      | 說明                        |
|-----------|---------------------------|
| 場址規畫與土地提供 | 台北港區內候選場址現地測量，確認土地使用等     |
| 無線電使用執照申請 | 國家通訊委員會(NCC)申請無線電使用執照     |
| 海洋雷達進出口事宜 | 海洋雷達、進出口報關、驗關等手續          |
| 現場基礎工作    | 執行場址整地、基礎工、觀測屋、天線、海洋雷達安裝等 |
| 電力與訊號     | 電源提供、WLAN(或其他資料傳輸系統)      |
| 海洋雷達頻率調整  | 38.5MHz                   |

## 研究概況



| 技術規格   | 量測參數                                                                       |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| 量測範圍   | 1.海流繪圖：一般20 km<br>2.波浪繪圖：一般10 km                                           |
| 觀測整合時間 | 1.海流：一般5 ~ 10 分鐘<br>2.波浪資料：一般20 分鐘                                         |
| 空間解析度  | 300 m @ 500 kHz 帶寬                                                         |
| 準確度    | 1.流速：2 cm/s<br>2.波高：10 % ( 0.15 ~ 2.2 m )                                  |
| 量測參數   | 1.觀測重疊區域海流流速向量<br>2.徑向海流流速。<br>3.示性波高度，最大距離範圍達10 km。<br>3.波向，最大距離範圍達10 km。 |

## 研究概況



## 研究概況



## 雷達遠端操作系統

**Taiwan WERA System**

Home  
Radar System  
Ocean Maps  
Time Series

System: **HELZEL**  
Helzel Messtechnik

System:

**WERA Data Viewer**  
About

**WERA**  
WATER REMOTE SENSING

**Point coordinates**  
Latitude:  Longitude:  Grid in:  Grid in:

**Select data to**  
1st / Single:   
Add 2nd:   
Quality:

**Display**  
1st plot:   
2nd plot:   
Set y-axis scale limits:    
Display vertical grid: ☐

**Select time range**  
Select date: 

| December 2015 |    |    |    |    |    |    |
|---------------|----|----|----|----|----|----|
| M             | T  | W  | T  | F  | S  | S  |
| 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  |    |
| 7             | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 14            | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21            | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 28            | 29 | 30 | 31 |    |    |    |

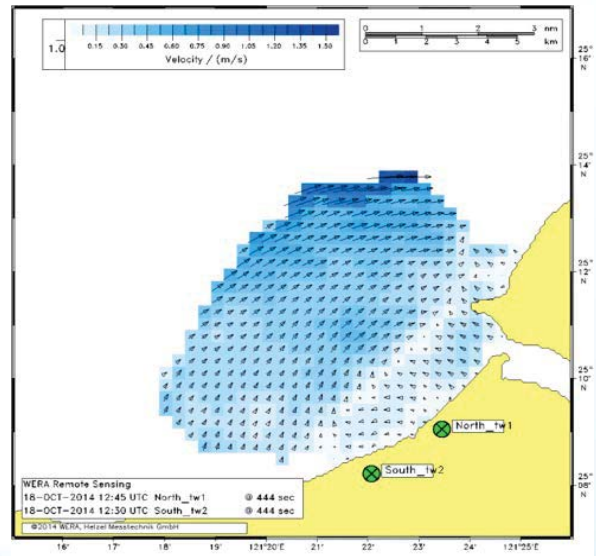
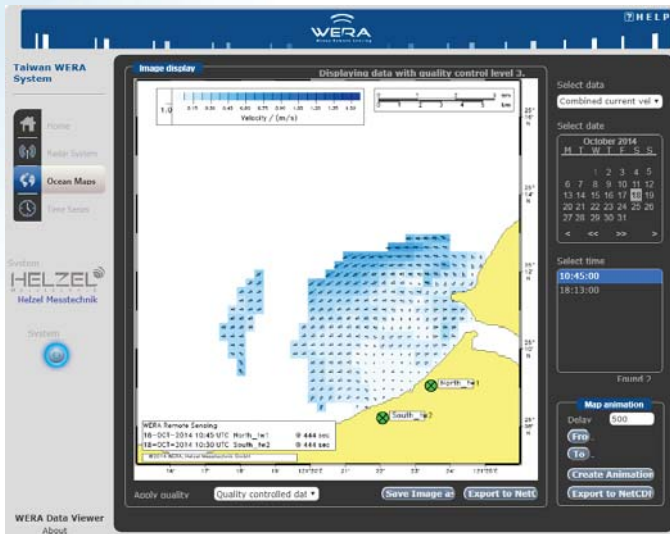
  
Select time:   
Found 15

Click "From" and "To" buttons to select the start and end of the desired range.  
**From** No date selected  
**To** No date selected  
No range selected

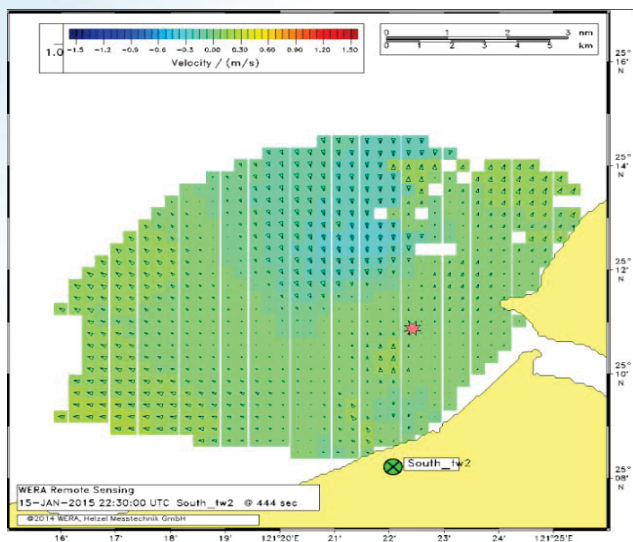
**Generate Plot** **Export to NetCDF** **Export to CSV**



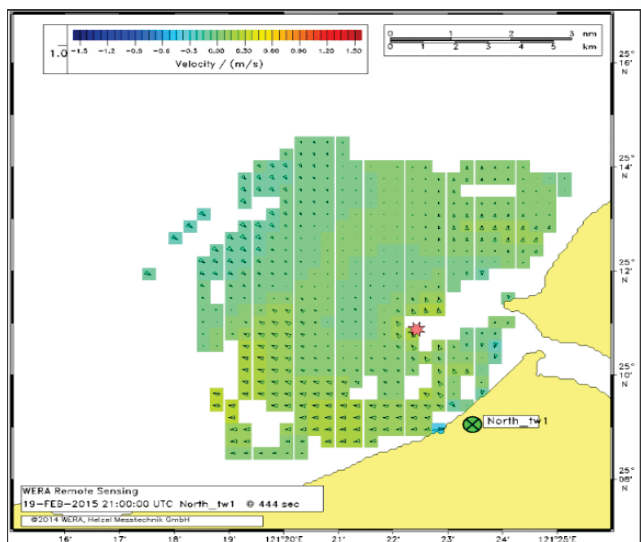
## 研究現況



## 研究現況

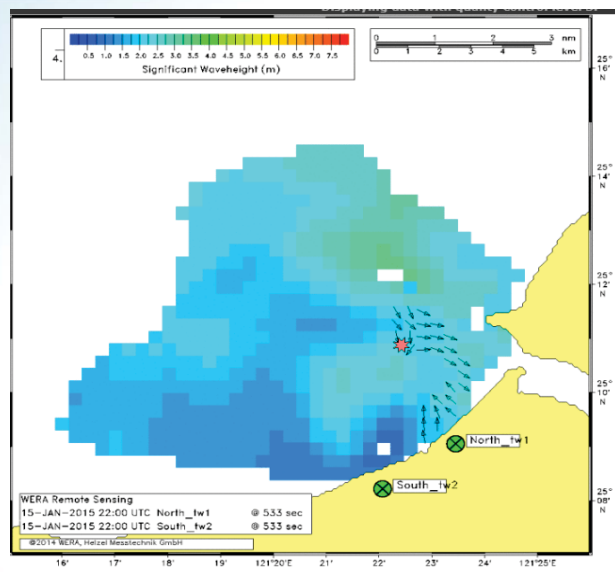


南站觀測情形

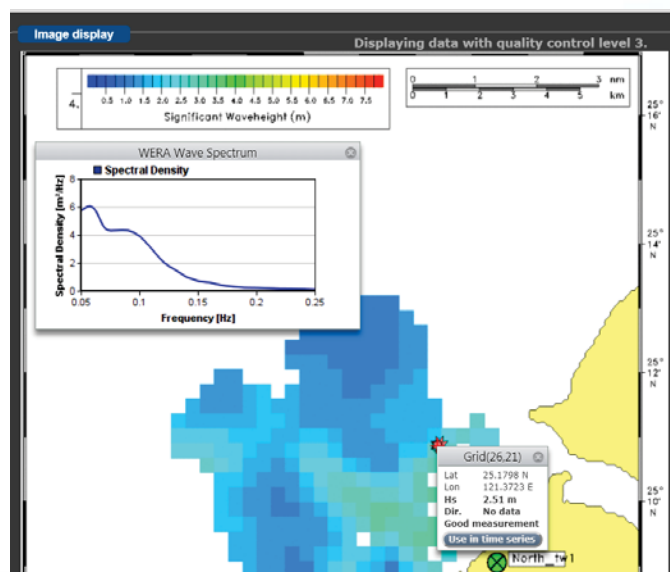


北站觀測情形

## 研究現況



波浪觀測情形



可得知示性波高

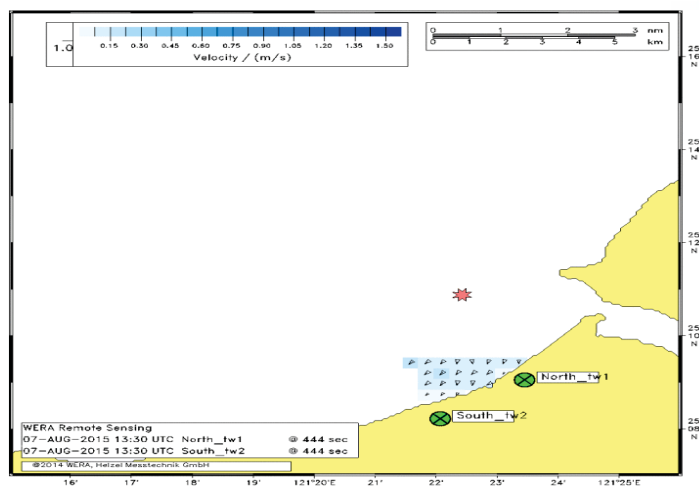
## 測站現況(蘇迪勒颱風)

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                                                                                      |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 蘇迪勒 (SOUDOLOR)                                                                                                       |
| 編號             | 201513                                                                                                               |
| 生成地點           | 159.3, 13.6                                                                                                          |
| 生成(注)日期        | 2015年 08月 08日                                                                                                        |
| 發布時間           | 海上 2015-08-06 11:30<br>陸上 2015-08-06 20:30                                                                           |
| 解除時間           | 陸上 2015-08-09 08:30<br>海上 2015-08-09 08:30                                                                           |
| 發布次數           | 24                                                                                                                   |
| 最大強度           | 中度                                                                                                                   |
| 近中心最大風速        | 48 (公尺/秒)                                                                                                            |
| 候選路徑分數         | 3                                                                                                                    |
| 預警地段           | 花蓮縣秀林鄉                                                                                                               |
| 動結             | 生成後穩定向西北移動並快速增強，4日午後顯著減弱，但仍以中度颱風上陸後也顯著。7日17時其中心在花蓮東南東方海面，熱風應逐漸消散而解除。8日04時40分在中心由花蓮秀林鄉及陸，11時在蘇林縣登陸北海岸，同日20時左右由花蓮進入大陸。 |
| 灾情             | 受颱風影響，造成多處道路坍方，多處停電斷路及房屋受損。中央災害應變中心統計至8月11日止計有8人死亡，4人失蹤，427人受傷，農林牧畜損失22億元。                                           |
| 颱風災害專屬網頁連結     | 災害應變                                                                                                                 |

註1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

註2：災情數據由內政部消防署及行政院農委會資料。

※ 本表主要用於對各級政府之颱風警報發布之內容，內容包含：颱風名稱、颱風編號、颱風生成地點、颱風生成(注)日期、發布時間、解除時間、發布次數、最大強度、近中心最大風速、候選路徑分數、預警地段、動結、灾情、颱風災害專屬網頁連結。此外還有颱風警報解除時間、最大強度及近中心最大風速，同時對颱風生成時間及解除時間、颱風生成地點及解除地點等一併說明。(使用時請注意：TST)



流場觀測情形

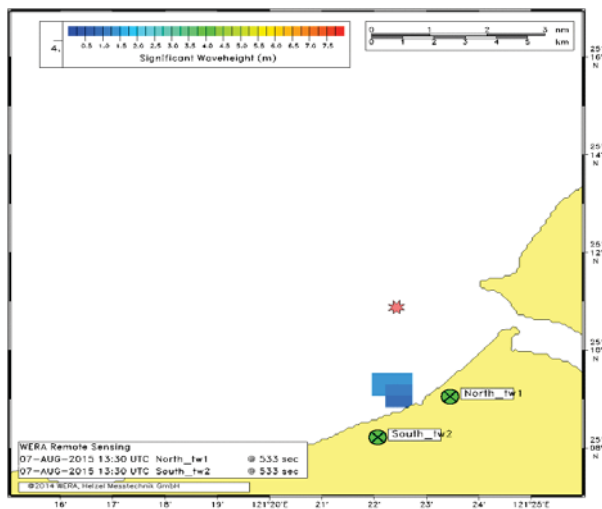
## 測站現況(蘇迪勒颱風)

| 中央氣象局颱風警報發布概況表 |                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名稱             | 蘇迪勒 (SOUDELOR)                                                                                                  |
| 編號             | 201513                                                                                                          |
| 生成地點           | 159.3, 13.6                                                                                                     |
| 使用日期           | 2015年 08月 08日                                                                                                   |
| 發布時間           | 海上 2015-08-06 11:30<br>陸上 2015-08-06 20:30                                                                      |
| 解除時間           | 海上 2015-08-09 08:30<br>陸上 2015-08-09 08:30                                                                      |
| 發布種數           | 24                                                                                                              |
| 最大強度           | 中度                                                                                                              |
| 近中心最大風速        | 48 (公尺/秒)                                                                                                       |
| 候選路徑分數         | 3                                                                                                               |
| 預警地點           | 花蓮縣秀林鄉                                                                                                          |
| 動向             | 生成後穩定向西北西移動並快速增強，4日午後開始略有減弱，但仍以中度颱風上强度也。7日17時其中心在花蓮縣東方海面，熱風眼逐漸縮小。8日4時40分在中心由花蓮縣秀林鄉東移，11時在蘇林縣登陸。同日20時左右由蘇林縣進入大陸。 |
| 灾情             | 受颱風影響，造成多處道路坍方，全臺停電戶數達400萬戶。中央災害應變中心統計至8月11日止計有8人死傷，4人失蹤，427人受傷，農損估計達22億元。                                      |
| 颱風災害專家團成員      | 災害應變                                                                                                            |

註1：資料範圍取自警報發布至警報解除。

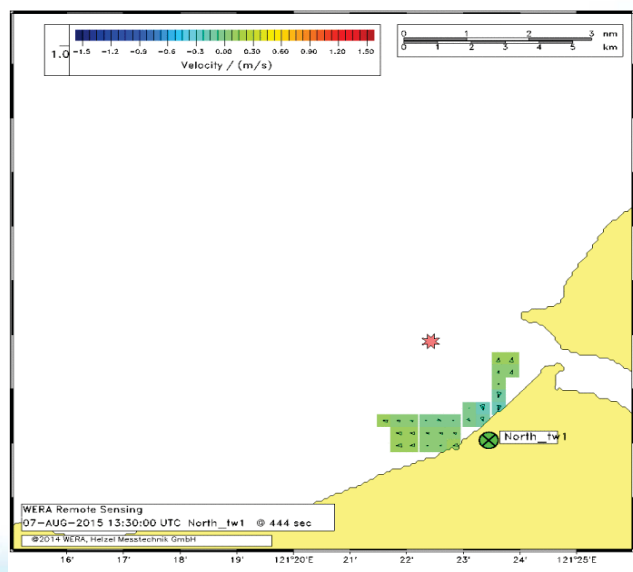
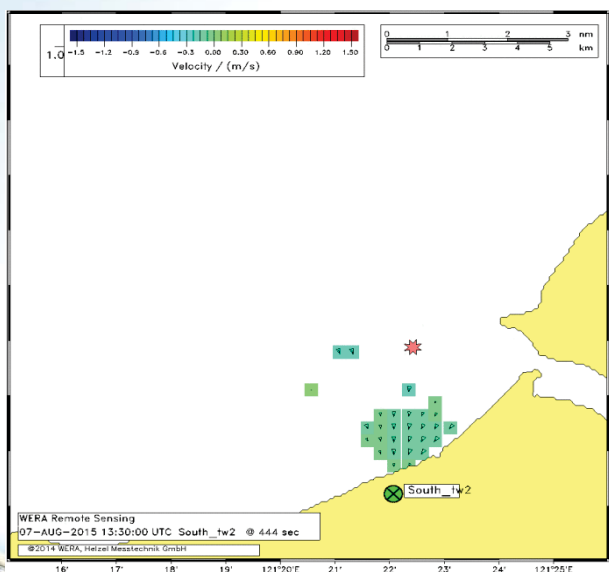
註2：災情數據自內政部消防署及行政院農委會資料。

※ 概況表主要用於對各級政府發布之颱風警報的介紹，內容包含：颱風名稱、颱風編號、颱風生成地點、颱風使用(發布)的日期、發布與解除對各級政府發布警報與解除警報的時間以及對各級政府發布警報與解除警報的次數，此外還有對各級政府發布警報與解除警報的強度及近中心最大風速，同時亦對颱風生成地點、解除警報地點及解除警報時間等作一說明。(使用語言: TST)



### 波高觀測情形

## 測站現況(蘇迪勒颱風)



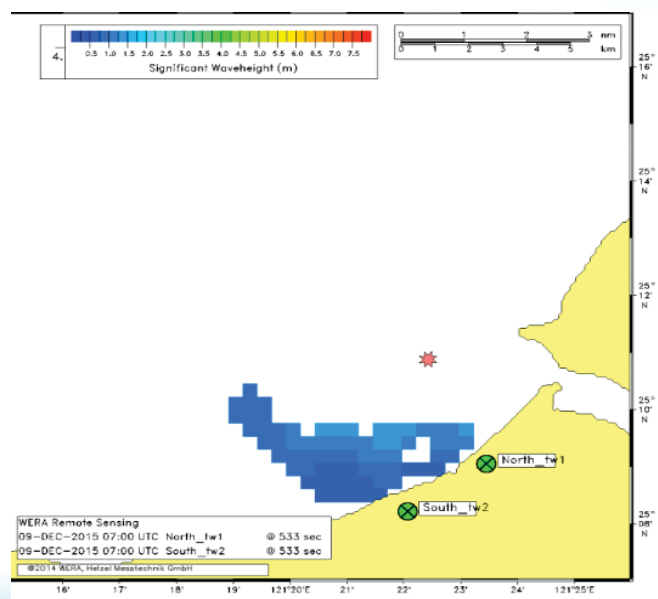
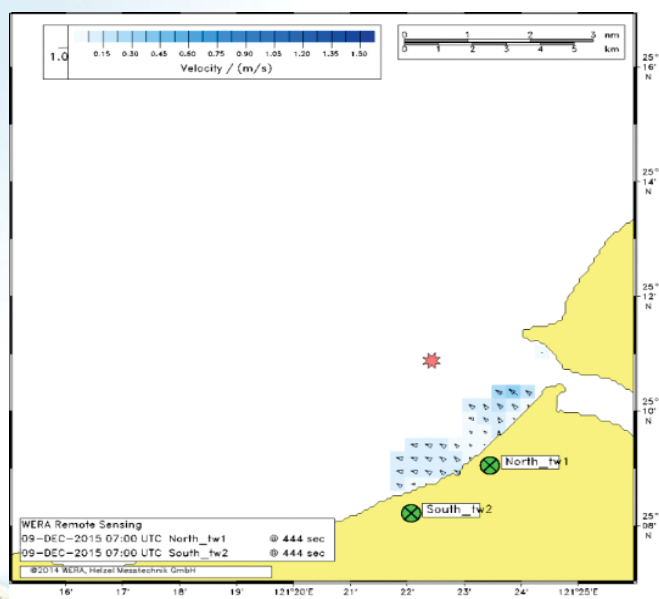
## 測站遮蔽影響



## 測站現況



## 測站現況



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

## 海洋雷達應用於海象觀測之探討- 應用案例探討

報告人:張家穎博士



- 研究方法
- 研究成果與討論
- 結論

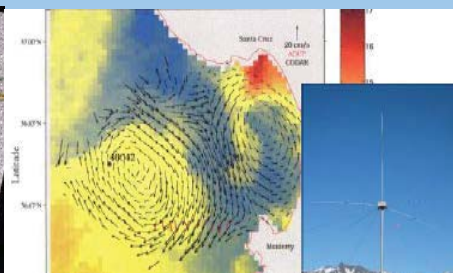


- 非接觸式遙測技術發展現況

衛星



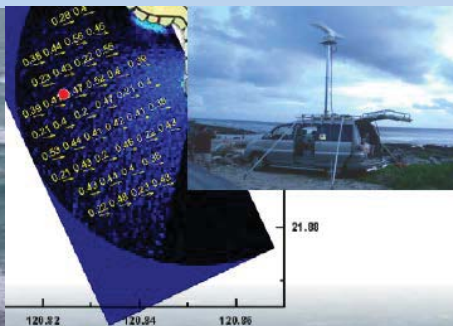
高頻雷達



光學攝影機



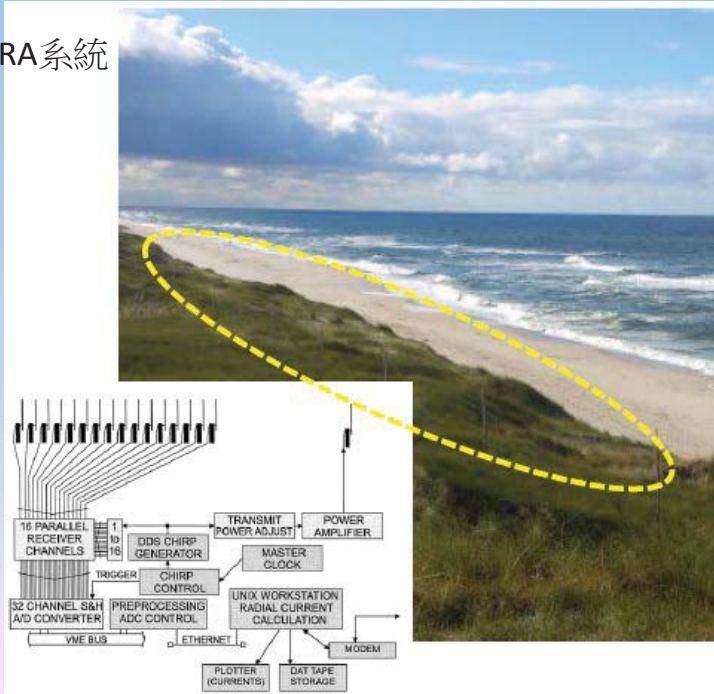
岸邊X-band 雷達





- 高頻雷達觀測技術現況

WERA系統



透過陣列天線搭配Beam forming 演算法，可解算訊號中來自不同方向之成分，其原理是透過某一方向的海面回波抵達不同天線的時間不同(相位差)，透過數學三角函數關係解算不同天線的相位差，即可反算出訊號的方向資訊。



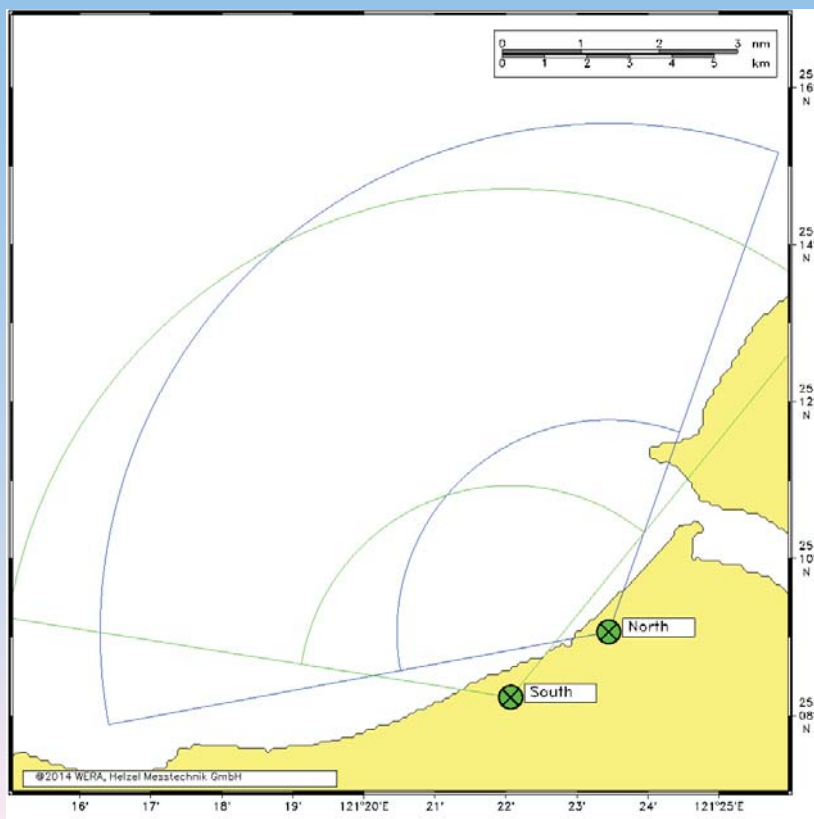
## 研究方法

- 台北港的WERA測站

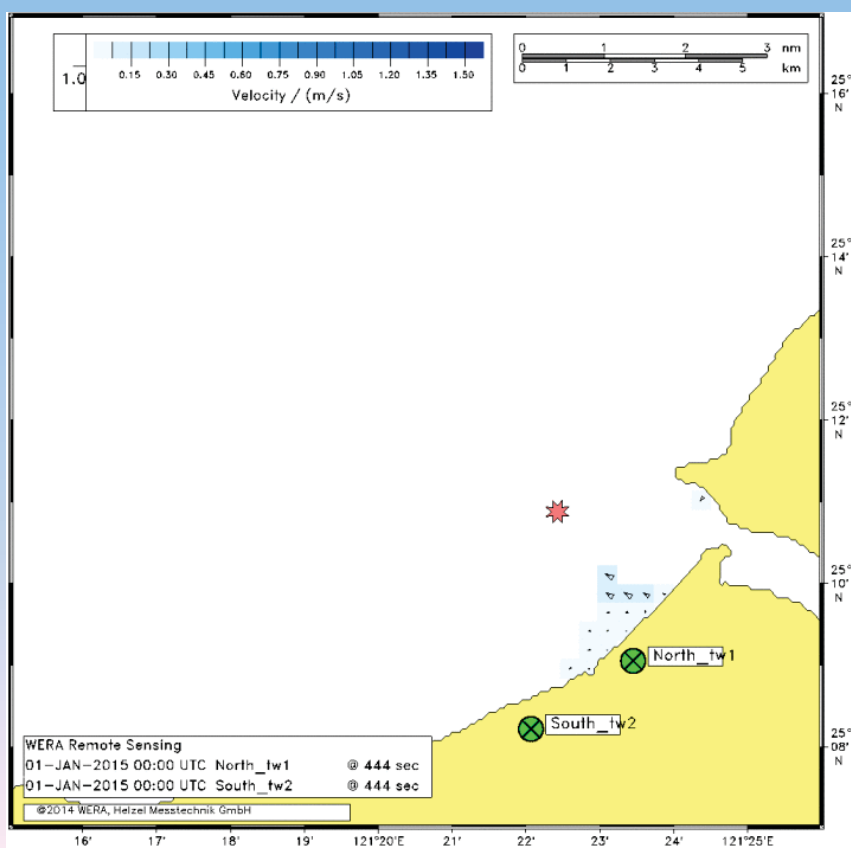




## 研究成果與討論

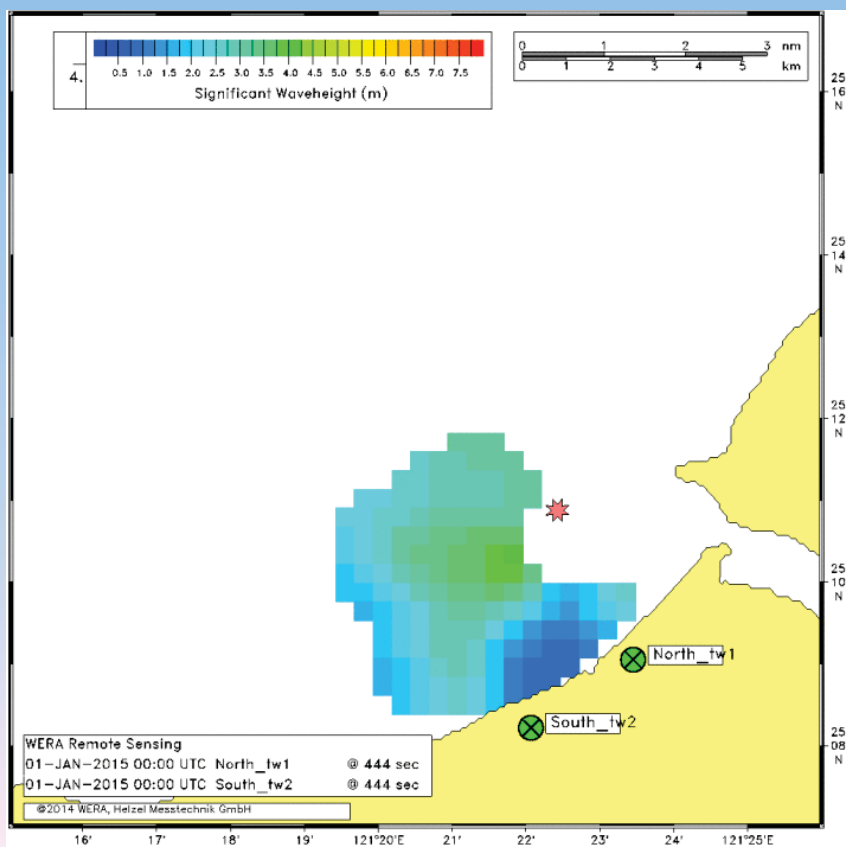


## 研究成果與討論



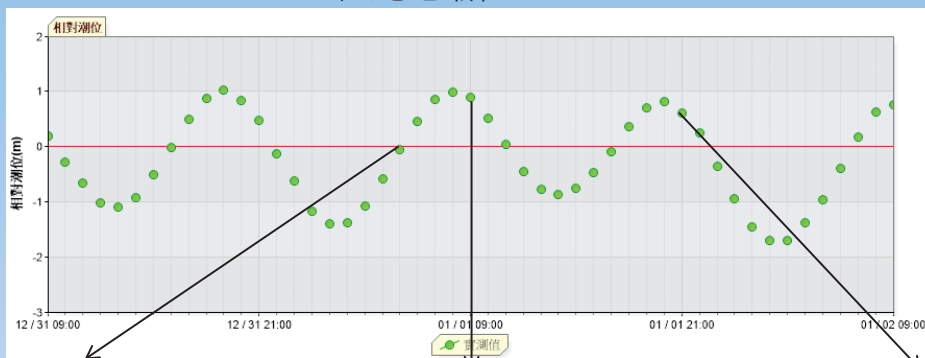


# 研究成果與討論



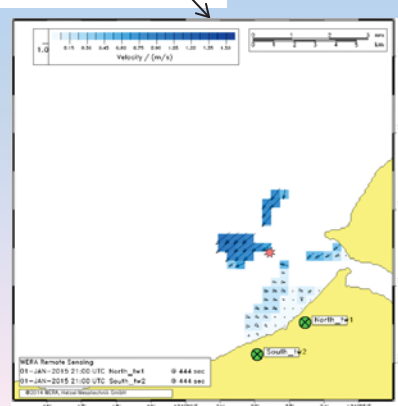
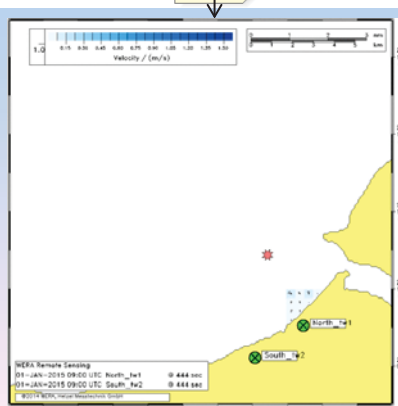
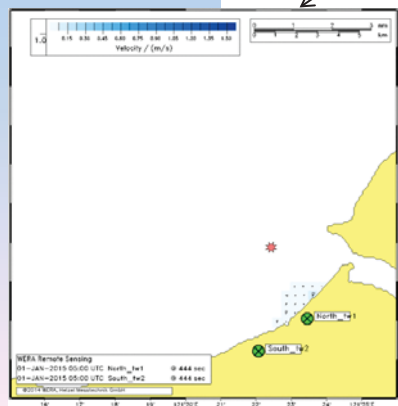
# 研究成果與討論

台北港潮位



平潮

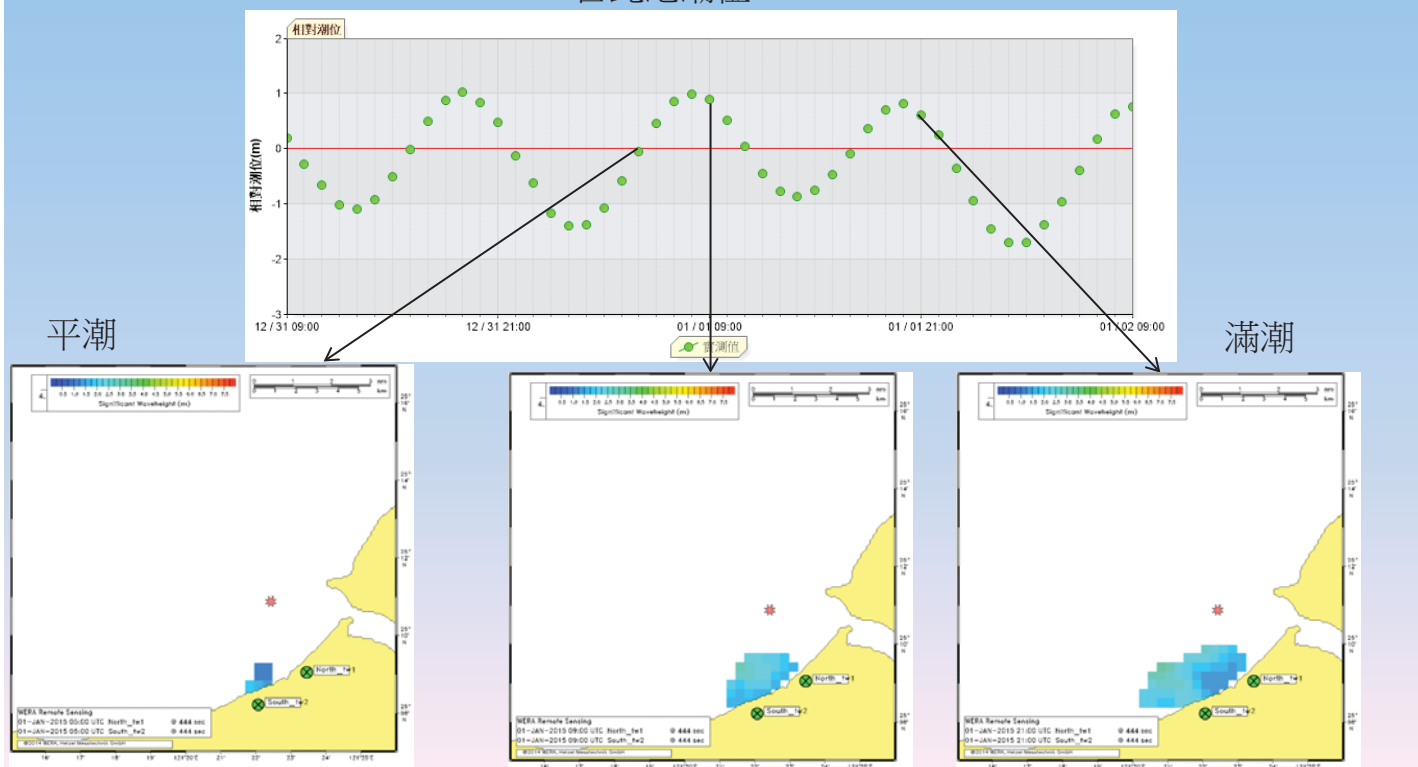
滿潮



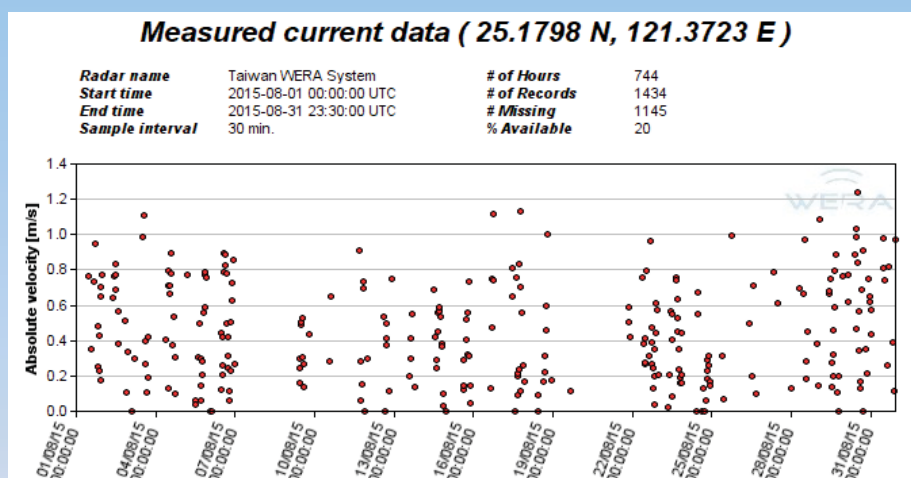


# 研究成果與討論

台北港潮位

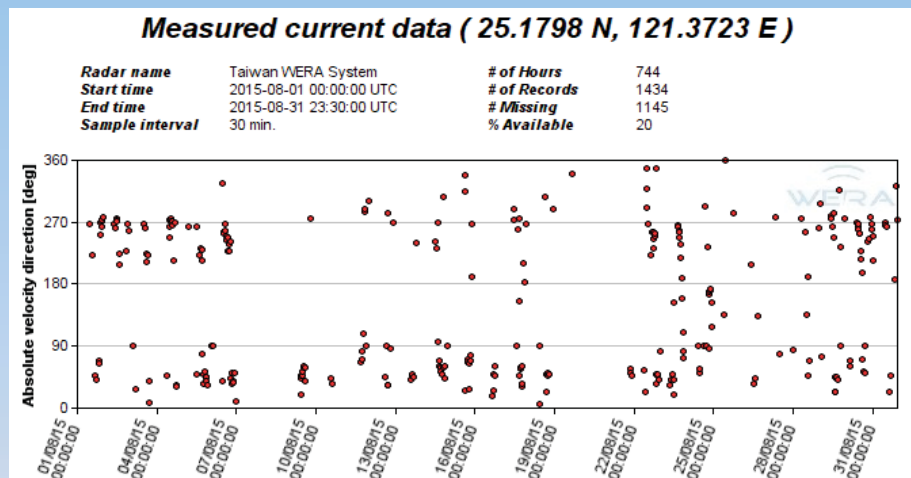


# 研究成果與討論



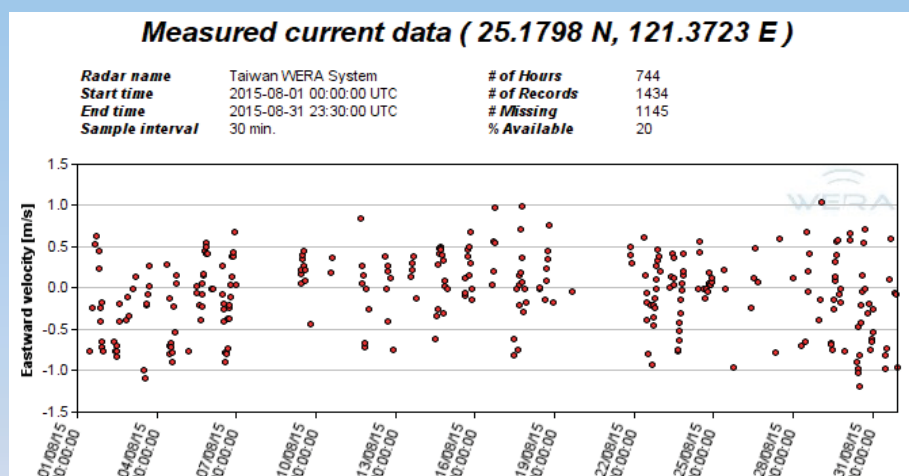
2015年8月絕對速度圖

# 研究成果與討論



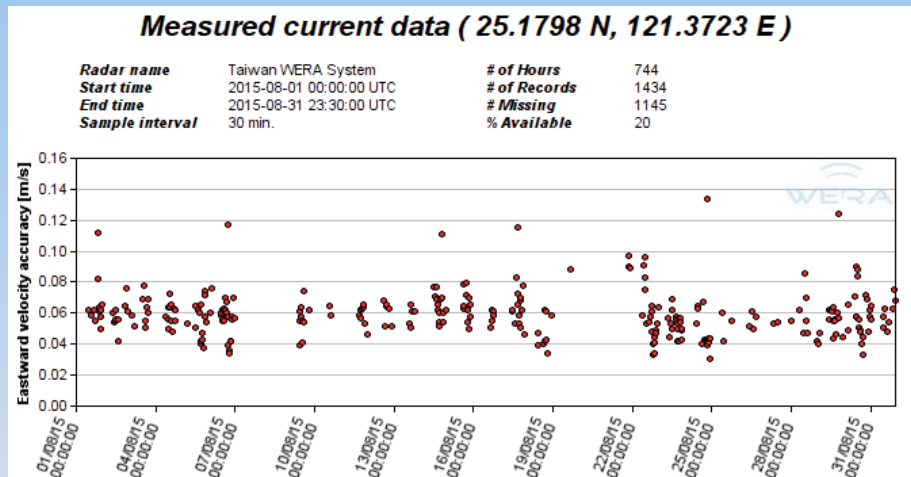
2015年8月絕對速度方向圖

# 研究成果與討論



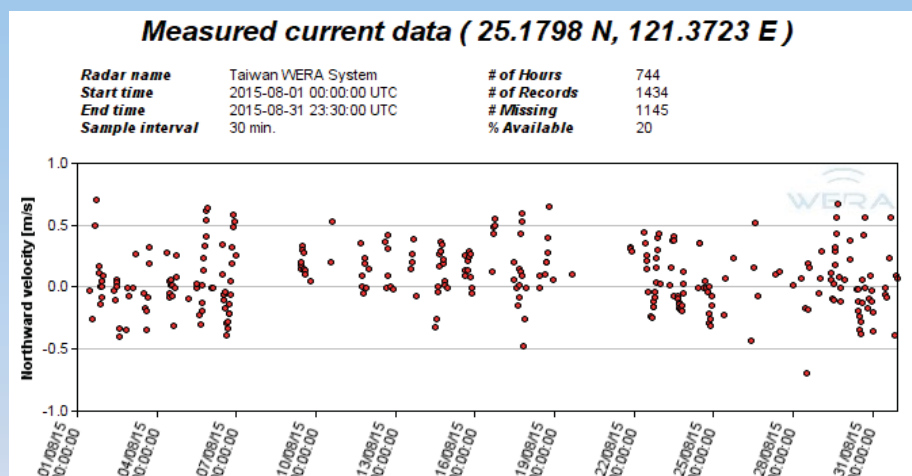
2015年8月Eastward velocity圖

# 研究成果與討論



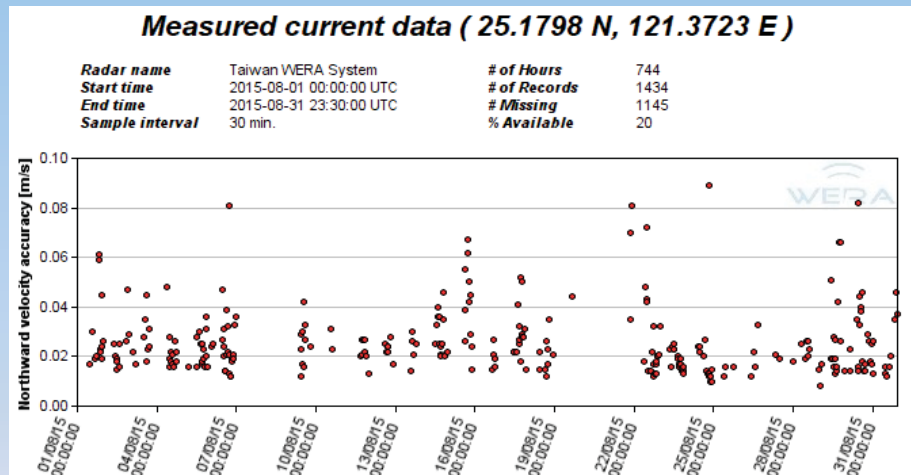
2015年8月 Eastward velocity accuracy 圖

# 研究成果與討論



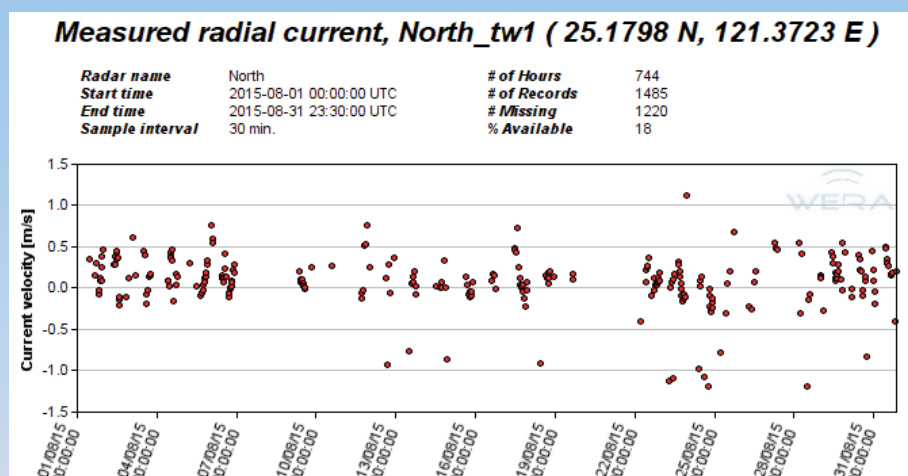
2015年8月 Northward velocity 圖

# 研究成果與討論



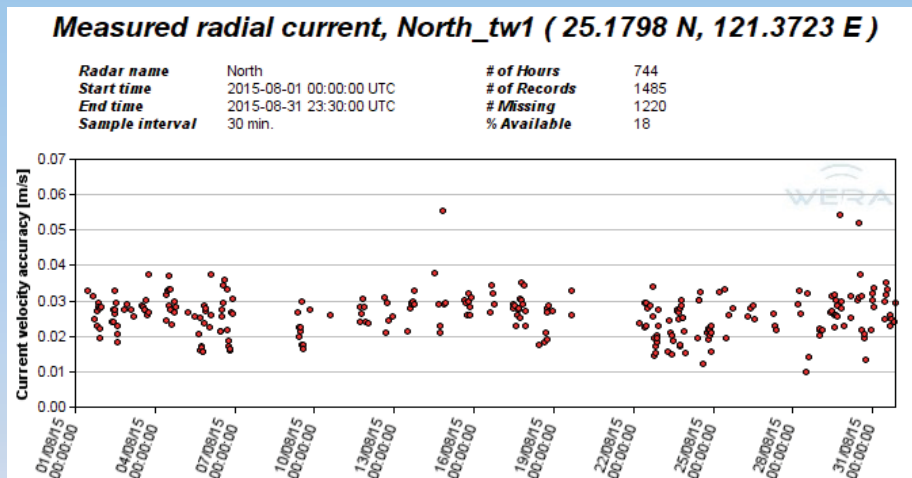
2015年8月Northward velocity accuracy圖

# 研究成果與討論



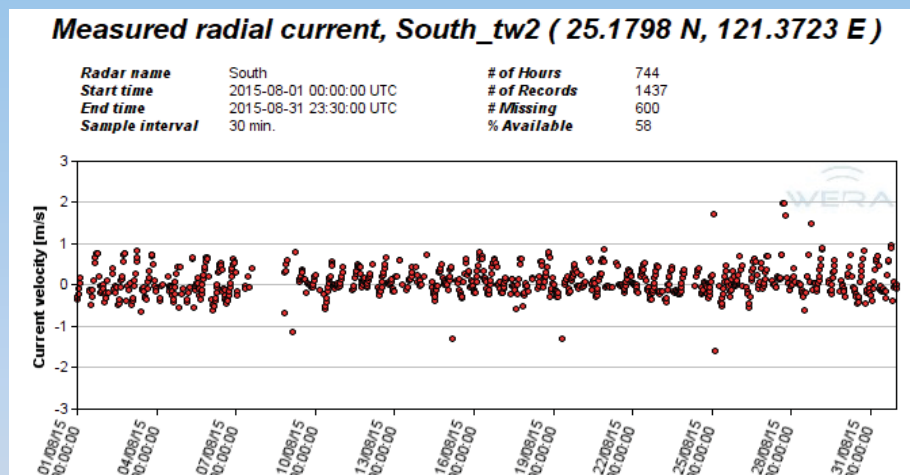
2015年8月Current velocity圖

# 研究成果與討論



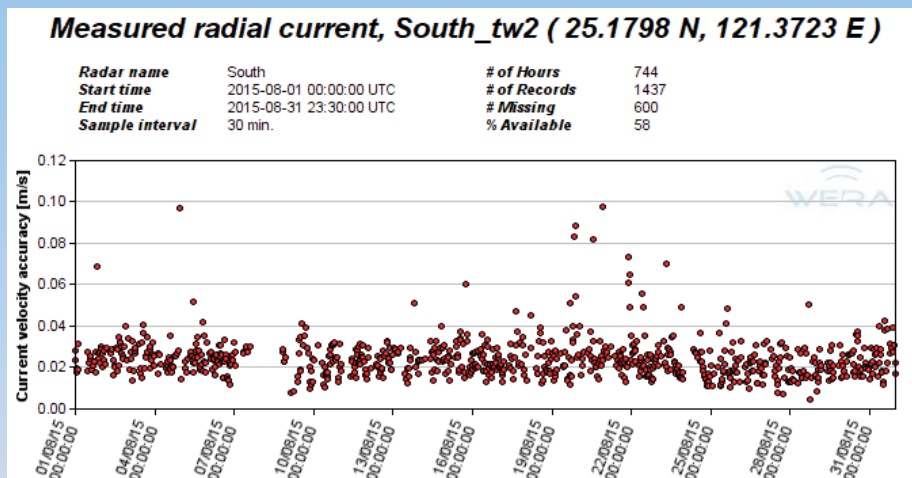
2015年8月Current velocity accuracy圖

# 研究成果與討論



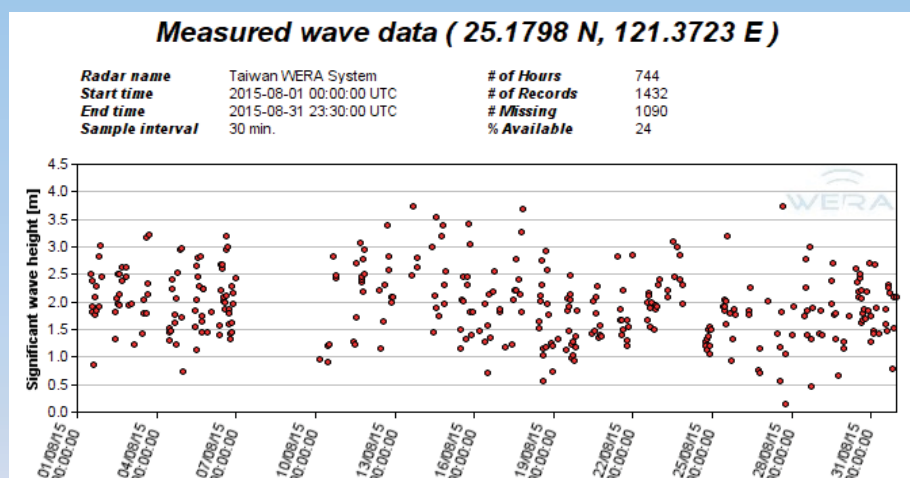
2015年8月Current velocity圖

# 研究成果與討論



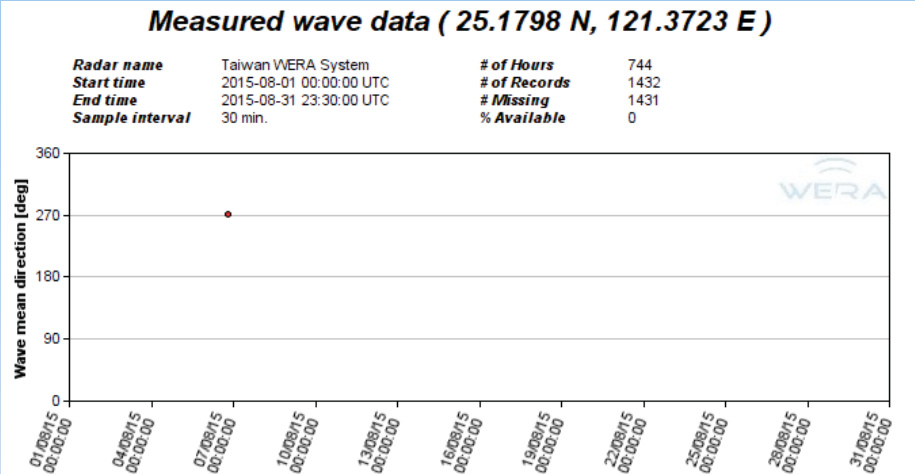
2015年8月Current velocity accuracy圖

# 研究成果與討論



2015年8月示性波高圖

研究成果與討論

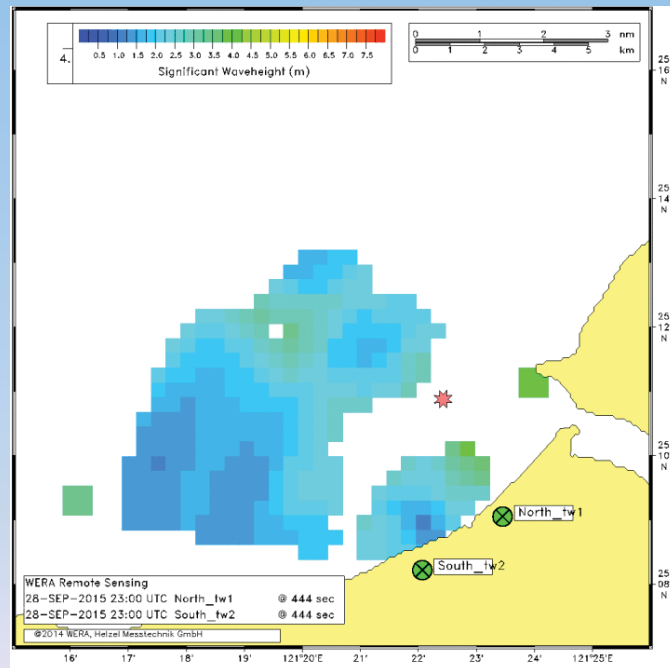


2015年8月Wave mean direction圖

研究成果與討論

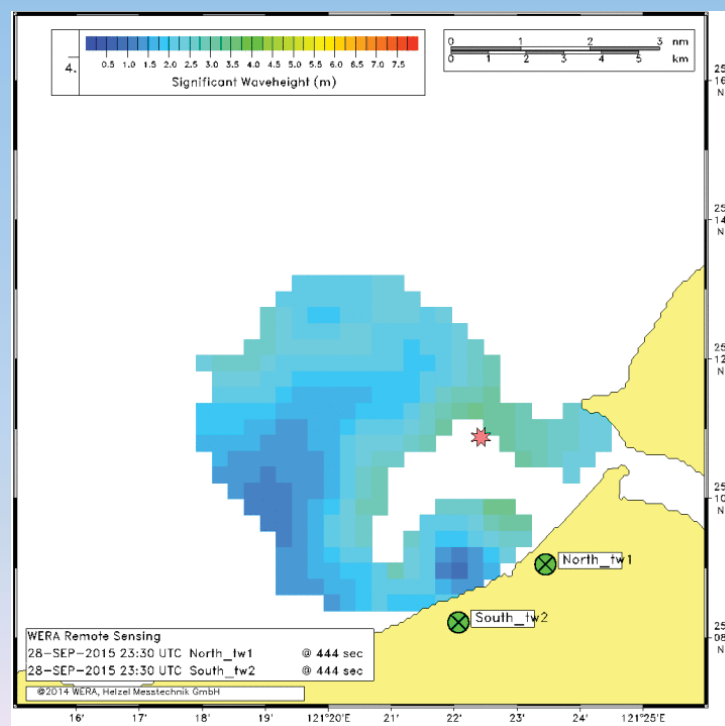
| 年份   | 編號                     | 中文名稱 | 英文名稱     | 侵襲路徑分類 | 警報期間                                 | 近臺強度 | 近臺        |           |             |              | 警報發布報數 |
|------|------------------------|------|----------|--------|--------------------------------------|------|-----------|-----------|-------------|--------------|--------|
|      |                        |      |          |        |                                      |      | 最低氣壓(hPa) | 最大風速(m/s) | 7級風暴風半徑(km) | 10級風暴風半徑(km) |        |
| 2015 | <a href="#">201521</a> | 杜鵑   | DUJUAN   | 2      | 2015-09-27 08:30<br>2015-09-29 17:30 | 強烈   | 925       | 51        | 220         | 80           | 20     |
| 2015 | <a href="#">201515</a> | 天鵝   | GONI     | ---    | 2015-08-20 17:30<br>2015-08-23 20:30 | 強烈   | 925       | 51        | 200         | 80           | 26     |
| 2015 | <a href="#">201513</a> | 蘇迪勒  | SOUDELOR | 3      | 2015-08-06 11:30<br>2015-08-09 08:30 | 中度   | 930       | 48        | 300         | 100          | 24     |
| 2015 | <a href="#">201510</a> | 蓮花   | LINFA    | ---    | 2015-07-06 08:30<br>2015-07-09 05:30 | 輕度   | 975       | 30        | 120         | 30           | 24     |
| 2015 | <a href="#">201509</a> | 昌鴻   | CHAN-HOM | ---    | 2015-07-09 05:30<br>2015-07-11 11:30 | 中度   | 935       | 48        | 280         | 100          | 19     |
| 2015 | <a href="#">201506</a> | 紅霞   | NOUL     | ---    | 2015-05-10 08:30<br>2015-05-11 20:30 | 強烈   | 925       | 51        | 200         | 80           | 13     |

# 研究成果與討論



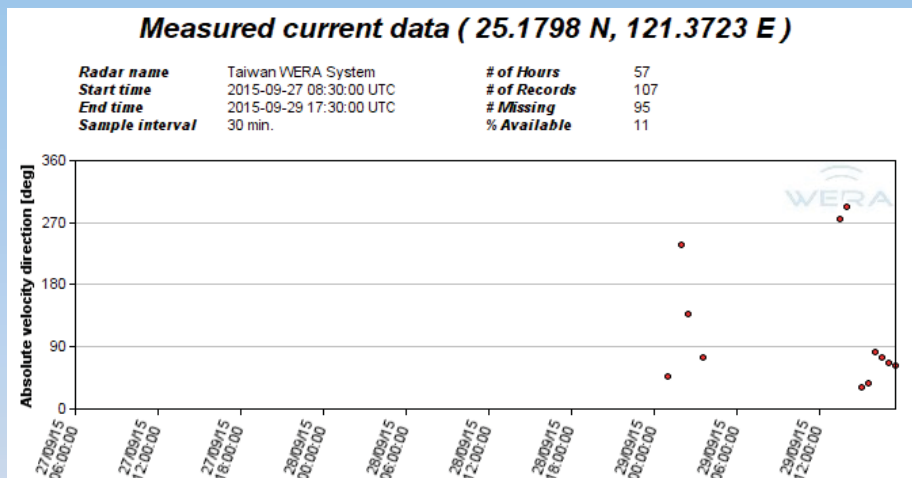
2015年9月28日DUJUAN颱風適性波高圖

# 研究成果與討論



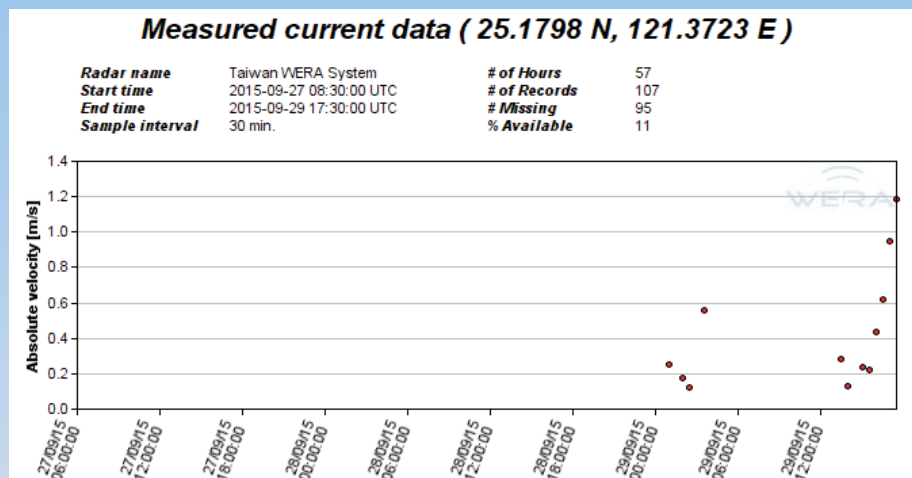
2015年9月28日DUJUAN颱風示性波高圖

# 研究成果與討論



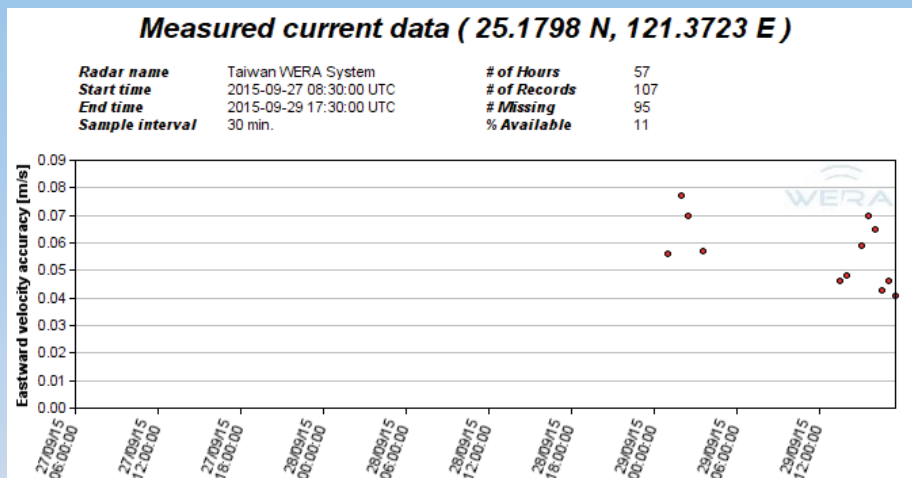
2015年9月27、28、29日絕對速度方向圖

# 研究成果與討論



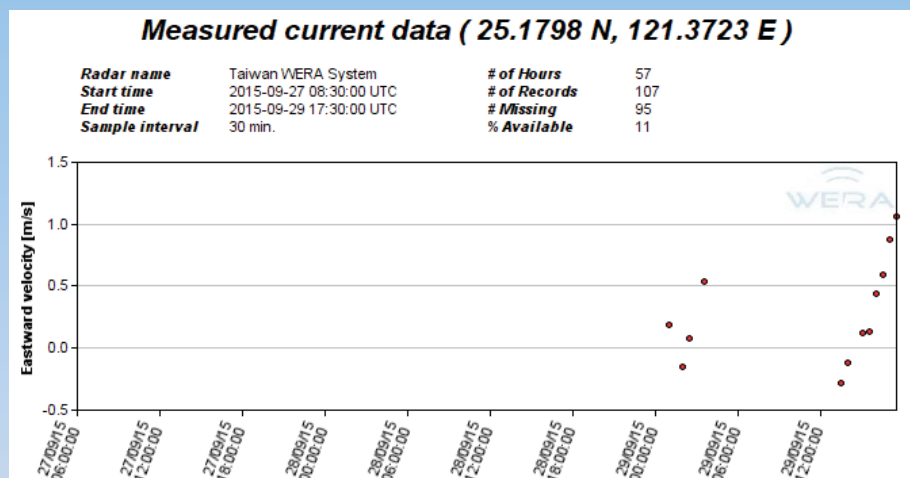
2015年9月27、28、29日絕對速度圖

# 研究成果與討論



2015年9月27、28、29日 Eastward velocity accuracy圖

# 研究成果與討論



2015年9月27、28、29日 Eastward velocity圖