

# 中央氣象局105年天氣分析與預報研討會

## 金門船席即時水深系統之建置

林受勳<sup>1</sup>、邱永芳<sup>1</sup>、薛憲文<sup>2</sup>、李信成<sup>2</sup>、王韋樺<sup>2</sup>  
港灣技術研究中心<sup>1</sup>、中山大學海科中心<sup>2</sup>

### 摘 要

商港之營運績效與港埠的規劃、設計與設施的完善，及航行安全資訊是否整合為一，能否隨時掌握港域內全面的水深狀況，及是否能提供船隻航行安全之足夠保證水深事項，息息相關。因此，如何建立即時的潮位站與觀測系統，配合港區範圍水深地形資料，加上潮汐預報，可用於提供即時性的船席、航道水深狀況，或是相關工程規劃設計與港域疏浚之安排，是為重要研究課題之一。主要目的在確實掌握金門水頭商港及料羅港港區和碼頭之水深，與即時及預測潮位資訊，期望能夠提高船舶進出港及停泊之航行安全性，並且增加港區營運的吃水量及載貨量，本研究成果將可大幅提昇港口競爭力。

關鍵字：即時水深、潮汐預報、地理資訊系統

### **2016 Conference on Weather Analysis and Forecasting**

#### **Project of establishing a tide prediction and observation system for wharfs of Kinmen harbor**

Lin,S.S.<sup>1</sup>, Chiu,Y.F.<sup>1</sup>, Shyue,S.W.<sup>2</sup>, Lee,H.C.<sup>2</sup>, Wang,W.H.<sup>2</sup>  
IHMT<sup>1</sup>, NSYSU<sup>2</sup>

### Abstract

Operation performance of commercial port are closely related to the following factors, such as: (1) harbors planning, design and facilities provided, (2) navigation safety information, (3) depth information for pier and waterway etc. Therefore, one of the important research topics is to establish a system with tide gauge stations around harbor with real-time tide observations, predicted tidal data and bathymetry for harbor, so this system can provide real-time allowable draft for commercial cargo vessels for each piers. The major purpose of this research is to integrate water depth information of Shuitou commercial port and Liaoluo harbor, real-time observed and predicted tidal information to know if under keel clearance of vessels can be fulfilled for the purpose of navigational safety. And this may increase the efficiency of harbor operations and will significantly improve the competitiveness of the port.

Key word: tide observation, tide prediction, GIS

## 一、前言

針對金門水頭商港及料羅港港區進行潮位分析，首先利用空間上各潮位站資料評估其間潮時與潮位之延遲及差異分析，以對各港潮位特性做初步了解。

另計算各潮位定義上的基準面與潮差等標準值，再探討高程系統間的系統常值，此結果除了可連結潮位站資料，一併分析水位在空間上變化外，亦可提供未來新設置潮位站與往昔潮位資料整合，此舉有助於進行長期潮位資料分析，並因應未來氣候造成

水位變化的可能影響。此外，將可繪製各潮位站的水位與日潮差的時序序列變化來評估各潮位站資料的特性，水位及日潮差等資料可提供計算精確的船席水深對於船隻停泊與港內航運是很重要參考資訊。透過往昔潮位紀錄來進行調和分析，獲得不同分潮的振幅與相位後可進行港區內的潮汐預報，其結果供港區及碼頭即時水深預報系統做呈現，預報結果對於港務管理或相關期程規劃有很大的貢獻。

## 二、圖資蒐集、繪製與轉換

1. 水深資料蒐集蒐集包含下列圖資：

- (1) 水深測量成果。
- (2) 水準測量成果。
- (3) 相關測量圖資。

2. 碼頭圖資繪製：將碼頭之位置以桌上型GIS軟體，數化繪製，建置為GIS格式檔案。



圖1 碼頭數化成果示意圖

3. 碼頭水深建置：頭之水深透過碼頭數化成果多邊型套疊實際的測量水深圖，以ArcGIS 空間分析工具，取得該碼頭之最低水深值。

(1) 將XYZ點位的圖層與碼頭多邊型圖層打開。

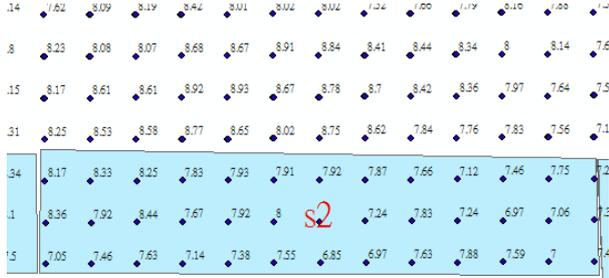


圖2 水深XYZ點位與碼頭多邊型套疊圖

(2) 以ArcGIS的Spatial Join工具，將點位圖層join出該點位所屬碼頭。

(3) 將點位的屬性表匯出至資料庫軟體，進行最小值的運算。

Stage	Data_Count	TARGET_PID	x	y	z	Name	Description	time_start	begin	end
Pier2	2	799	63905	276250	7.76	42	<div>			

圖3 水深點位取得對應之碼頭成果

當發現取得之值低於設計水深時，將進行人工之判讀，如水頭之S4與S5均有兩筆資料，低於設計水深，但考量資料均為岸邊，就忽略採用。

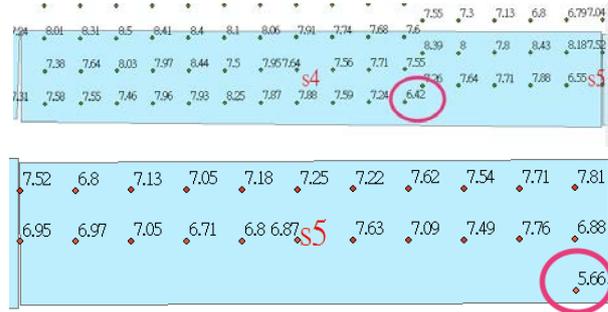


圖4 水頭S4與S5有低於設計水深之點位

而最後取得的值，以水頭港s5碼頭為例，設計水深為-6.5m，在水深圖均大於-6.5m，空間分析後取得最低值為-6.71m，但考慮水深測量的時間點為102年12月，已將近超過1年，建議該碼頭水深採用設計水深為水深值。

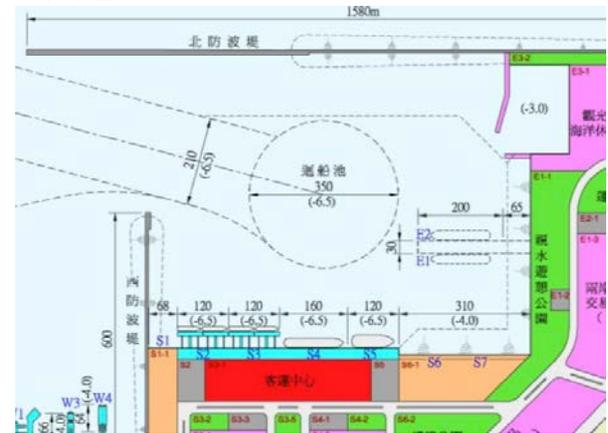


圖5 水頭港區設計平面圖

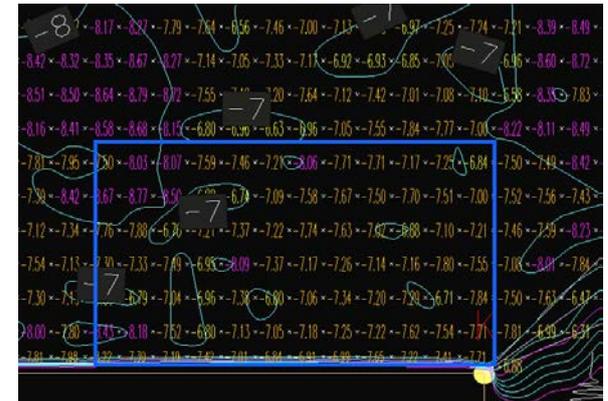


圖6 水頭港區s5碼頭區域水深分布情形

## 三、潮位資訊及分析模式系統建置

潮位為海岸工程結構物設計的重要參數。一般在海岸地區或港口設有驗潮站，以記錄潮汐水位，資料收集時間越長其代表性越佳。此工程設計用之各種潮位需由實測記錄經統計分析來求得，了解潮位及潮差的變化對於港灣工程規劃設計與港灣營運都是十分重要的。

首先利用金門水頭商港及料羅港兩潮位站於空間上位置分佈之不同，進行各潮位站之資料潮位分析，分析評估其潮時與潮位之延遲及差異，對潮位特性做初步了解，同時計算各潮位不同定義之基準面與潮差等數值。此外，繪製各潮位站每日的水位變化與日潮差的時序列變化來評估各潮位站資料特性；頻譜分析可將潮位資料轉為頻域的能譜以分析水位變化週期特性。

1.水頭商港資料收集與資料品管：採用交通部運輸研究所港灣技術研究中心於水頭商港長期監測之潮位資料來進行分析，水頭商港潮位站的位置資料時間為2011年8月18日17時36分至2014年11月12日15時28分，資料取樣頻率為每分鐘一筆資料。



圖7 金門水頭潮位站位置圖

2.水頭商港潮位基準面與潮差統計分析：根據收集到潮汐數據統計資料分析(以當地平均潮位為基準)，顯示最高潮位為3.93公尺，最低潮位為-2.89公尺，平均潮位為0.00公尺；最大潮差為6.28公尺，大潮差為4.81公尺，平均潮差為4.11公尺。

以2011年8月至2012年10月資料進行統計。日潮差變化的部分由於農曆朔望的關係為日潮差變化圖，可以明顯看出有約15天的週期變化。在最大日潮差為615.7cm，最小日潮差為260.0cm，另外平均日潮差則為465.8cm。

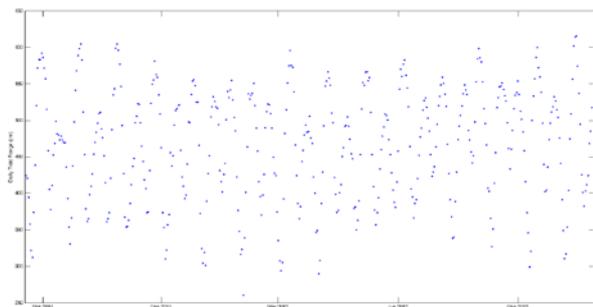


圖8 水頭商港日潮差變化(2011年8月至2012年10月)

3.水頭商港調和分析與潮位預報：持續進行長期性潮位觀測，為建立參考高程基準之必需條件。內政部國土測繪中心(2010b)於「水深測量技術發展先期研究」所述，由美國陸軍工兵署之作業規範中指出，可分別於不同地區設立長期(主要)、中期(次級)與短期(第三級)之潮位站，其中長期(主要)控制潮位站為

一至少需要19年週期之連續驗潮觀測站，主要可利用其潮汐資料計算調和分析常數，以供潮汐預報及基準面推算之用。中期(次級)控制潮位站為一觀測時間可以少於19年，但必須大於1年以上週期之潮位站，以提供365天海平面季節變化之調和分析使用。短期(第三級)潮位站則為觀測時間少於1年，但至少要有30天週期之潮位站，其主要在於提供29天之調和分析常數。

(1)運用以統計方法計算潮位站之平均潮差及平均大潮間隙。

(2)利用調和分析法，將觀測資料之潮汐訊號解析出來，以獲得不同分潮的振幅及相位延遲。

(3)利用調和分析後所獲得之主要分潮，來繪製潮位站之潮位振幅及相位角。

(4)用實測資料進行潮位預報，並與實測資料進行繪製分析比較。

潮位頻譜分析結果，橫軸為頻率(cycles per hour, cph)，縱軸分別為振幅(cm)及相位角(deg)，主要分潮有頻率為1/24(約0.042)，即為24小時附近之全日潮K1(27.5145cm)、O1(28.6499cm)及頻率為1/12(約0.083)，即為12小時附近之半日潮M2(189.9917cm)、S2(63.2305cm)、N2(31.7004cm)，由結果顯示水頭商港之潮汐是以半日潮為主。

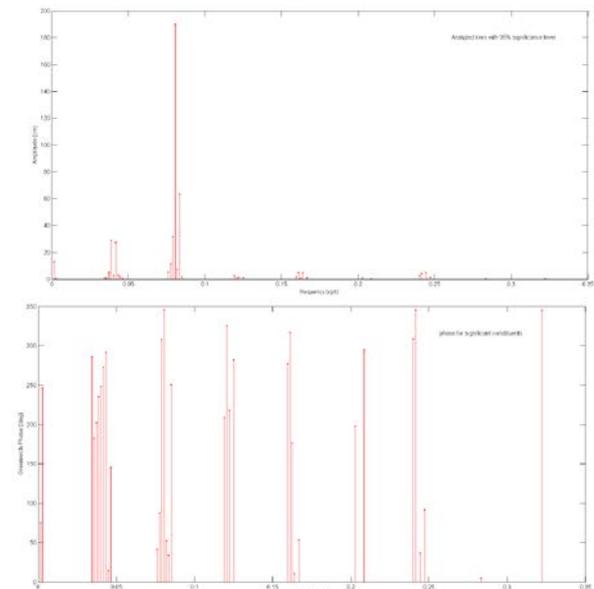


圖9 水頭商港資料頻譜分析結果

由潮型判別式為判斷基準，計算得法國制 $F=0.22$ ，屬半日潮；美國制 $f=0.29$ ，亦屬半日潮與振幅判斷相符。

4.料羅港資料收集與資料品管：採用於料羅港長期監測之潮位資料來進行分析，資料時間為2014年2月16日12時59分至2014年11月12日15時33分，資料取樣頻率為每分鐘一筆資料。

將料羅港潮位資料做基本資料品管，繪製時序水位變化圖，可看出資料品質較為穩定，僅有部分短時間的缺漏狀況發生。而藉由調和分析法找出此段期間平均水位為360公分。



圖10 金門料羅潮位站位置圖

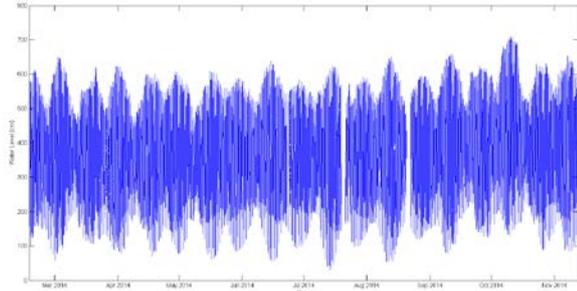


圖11 料羅港潮位資料時序(2014/02/16至2014/11/12)

5.料羅港潮位基準面與潮差統計分析：以2014年2月至2014年11月資料做統計。日潮差變化的部分由於農曆朔望的關係為日潮差變化圖，可以明顯看出有約15天的週期變化。在最大日潮差為595.4cm，最小日潮差為241.8cm，另外平均日潮差則為446.3cm。

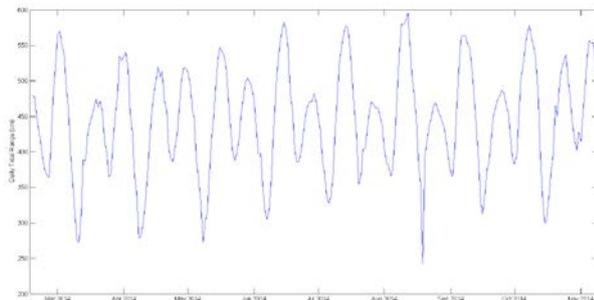


圖12 料羅港日潮差變化(2014年2月至2014年11月)

6.料羅港調和分析與潮位預報：經t\_tide調和分析計算後得主要分潮函數(Foreman, 1977, 1978)，以95%信賴區間估計，列出項目包括名稱、頻率、振幅、振幅誤差、相位角、相位角誤差及SNR(Signal Noise Ratio)，當SNR>2時，代表表現明顯之主要分潮。將蒐集之潮位資料，經程式計算後的結果，其中列出59個主要分潮、有效潮汐資料及缺損資料數量、潮位紀錄天數、時間及平均水位高度等資訊。

料收集起時間為2014年2月19日12時59分至2014年11月12日15時33分，共計269.11天。經上述t\_tide調和分析及公式計算後，得主要分潮平均潮位差為361.5324公分，潮時差約為11.8484小時。

潮位頻譜分析結果，橫軸為頻率(cycles per hour, cph)，縱軸分別為振幅(cm)及相位角(deg)，主要分潮

有頻率為1/24(約0.042)，即為24小時附近之全日潮K1(33.4590cm)、O1(28.2489cm)、P1(10.1291cm)及頻率為1/12(約0.083)，即為12小時附近之半日潮M2(180.7662cm)、S2(51.4292cm)、N2(32.1249cm)，由結果顯示料羅港之潮汐是以半日潮為主。

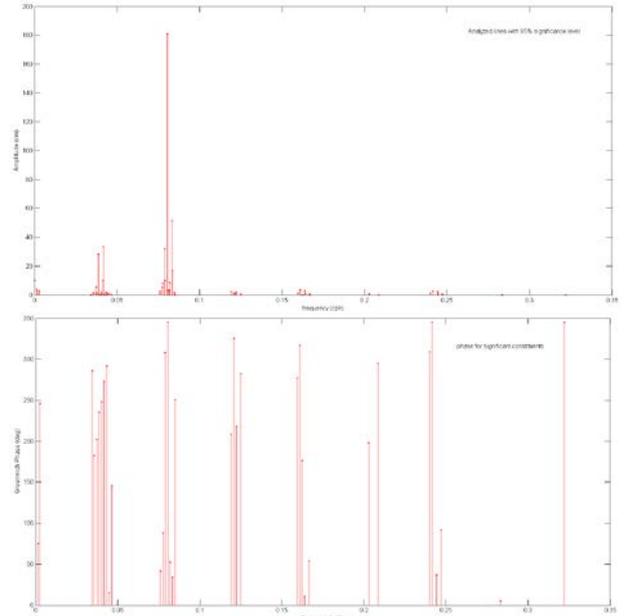


圖13 料羅港資料頻譜分析結果

由潮型判別式為判斷基準，計算得法國制F=0.27，屬半日潮；美國制f=0.34，亦屬半日潮與振幅判斷相符。

## 四、船席即時水深資訊系統建置

1.系統架構圖：



圖14 船席即時水深資訊系統架構圖

2.系統功能說明：

(1)潮位站水深查詢：提供潮位站之即時水深查詢顯示，顯示項目包含接收時間、即時潮位、底床高程、即時水深，預報水深曲線圖、預報水深數據清單、

當日實測水深曲線圖、當日實測水深數據清單、該潮位站所在位置地圖。



圖15 船席即時水深資訊系統主畫面成果圖

(2)地圖套疊：將金門港區之船席位置，套疊Google Map 之衛星影像與街道圖，並提供縮放等功能。



圖16 地圖套疊圖

(3)碼頭水深查詢：提供潮位站之水深查詢顯示，顯示項目包含接收時間、參考潮位站之即時潮位、底床高程、即時水深，預報水深曲線圖、預報水深數據清單、該碼頭所在位置地圖。



圖17 碼頭水深查詢圖

(4)潮位資料下載：週期查詢下載，提供潮位站之每月之實測潮位原始資料下載功能。日期查詢下載，提供潮位站之日期區間查詢，歷史之潮位資料，並可供CSV資料匯出功能。

(5)專案成果下載：提供本案之相關報告書、測量成果下載。

(6)底床高程管理：提供港區選擇、各碼頭之底床高程編輯管理功能。

(7)系統管理：使用者管理，提供分層授權系統管理功能。登入記錄查詢，提供管理者查詢登入者之日期及時間。資料異常警示功能，當系統偵測到資料未更新時，將發送通知信email 給管理人員。

(8)系統資料匯入：預報潮位系統資料匯入模組，提供將潮位資料調合分析之資料，匯入即時水深預報系統資料庫之模組。潮位設備資料匯入模組，可將潮位計透過GPRS回傳到主機之數據，解析並自動匯入系統資料庫中。

(9)其他應用系統之介接方式：本資料庫採用MySQL，可提供單純讀取帳號來串接資料庫。另提供即時碼頭水深資料之XML連結。

(10)手機版網頁：碼頭/潮位站選擇，提供使用者選擇查詢之碼頭。即時水深顯示，提供使用者選擇碼頭後，同時顯示該碼頭之即時與預報水深資訊。預報水深查詢顯示，提供使用者選擇碼頭後，同時顯示該12小時之預報水深資訊。

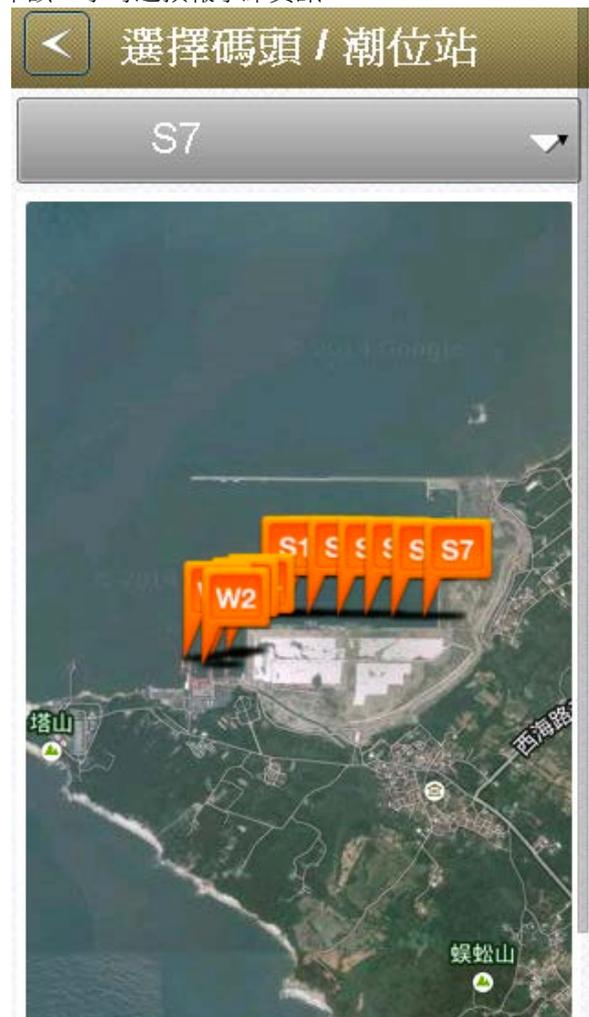


圖18 手機版碼頭選擇功能圖



圖19 實測水深與預報水深功能圖



圖20 日期選擇功能圖

## 五、港區地理資訊系統建置

1.系統架構圖：



圖21 港區地理資訊系統架構圖

2.系統功能說明：圖層套疊提供港區之控制點、水準點、影像圖、道路、水深圖、相關測量成果與碼頭位置之圖層套疊功能。

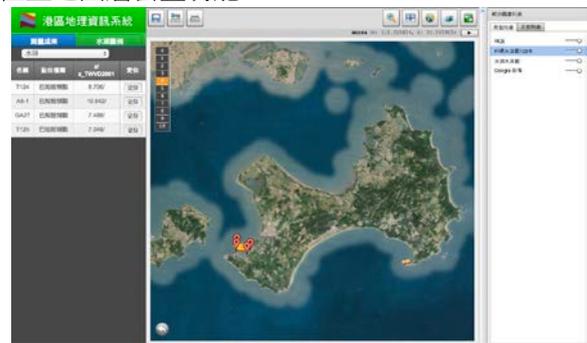


圖22 港區地理資訊系統畫面

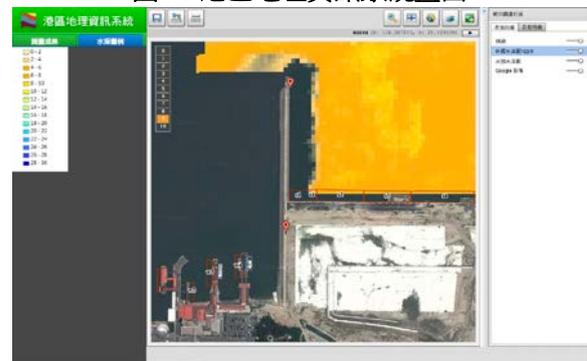


圖23 港區影像、碼頭、水深圖套疊情形畫面

## 參考文獻

- 余杏儒、尤皓正、江朕榮、林肯迪、于嘉順，2010：“台灣海域最低天文潮位面之推算”，第32屆海洋工程研討會論文集，台灣海洋工程學會，國立臺灣海洋大學，第711 - 716頁。
- 張力、孫新軒、劉雁春、暴景陽、肖付民，2009：“最低天文潮面的精度研究”，海洋測繪，第29 卷，第5 - 8頁。
- 張嘉強，1997：“結合GPS、驗潮及大地水準面資料推求海水面地形”，測量工程，第39 卷，第一期，第37 - 45頁。
- 劉文俊，1996：“台灣的潮汐”，共283頁。

## 中央氣象局105年天氣分析與預報研討會論文授權同意書

論文投稿作者在投稿論文時所填寫的資料以及上傳之檔案，均需同意本授權書所規定之各項說明。**無此項授權將無法完成投稿作業。**

茲同意將以下列論文名稱為題之稿件投稿於【105年天氣分析與預報研討會】，並刊登於研討會摘要集（紙本、電子版）或研討會相關網站。本稿件保證為授權人所創作，內容未侵害任何第三人之智慧財產權，且未曾以任何形式正式出版，授權人有權為本同意書之各項授權，特此聲明。

如有聲明不實而致【105年天氣分析與預報研討會】違反著作權法或引起版權糾紛，授權人願負一切法律之責任。本項授權牽涉到印刷紙本與電子版製作，不可撤回。

本同意書為非專屬授權，授權人對授權著作仍擁有著作權。本人於「105年天氣分析與預報研討會」投稿之論文，確實取得其他論文作者同意，事後若有其他作者有任何疑義，本人願負全部責任。

論文名稱：金門船席即時水深系統之建置

授權人代表：邱永芳 (簽名)

(本人已取得其他作者同意簽署，否則須自負法律責任)

中華民國 105 年 7 月 25 日

### 105年天氣分析與預報研討會簡報檔公開意願調查表

本人 邱永芳

- 同意  
 不同意  
 其它，

將"105年天氣分析與預報研討會"上所發表報告之"簡報檔"提供給中央氣象局於相關網頁上公開及分享。

簽名：邱永芳

## 2016 Conference on Weather Analysis and Forecasting Transfer of Copyright Agreement

The author(s), while submitting the paper, agree(s) that the information and files provided does not infringe any clause of this agreement. **This form must be signed and returned before your submission is accepted.**

The paper titled: Project of establishing a tide prediction and observation system for wharfs of Kinmen harbor

---

I hereby declare, on behalf of myself and my co-authors, that the paper titled above is submitted to **2016 Conference on Weather Analysis and Forecasting**, and is authorized to be published in the conference proceedings and on the conference website. I am/we are the sole author(s) of the paper and maintain the authority to enter into this agreement. Moreover, this paper does not contravene any existing copyright or any other third party rights. I will hold the Central Weather Bureau (hereafter, CWB), organizer of this conference, harmless against any suits, proceedings, and claims regarding copyright.

Copyright to this paper (including without limitation, the right to publish the paper in part or in whole, in any and all forms) is hereby transferred to the CWB to ensure widest protection and dissemination against infringement. The CWB proclaims no proprietary right other than copyright. **The declaration above is Irrevocable.**

Date: 2016/7/25

Signed: 邱永芬

First author/Authorized agent for joint authors

---

Do you agree that your presentation files to be published and shared on the conference website?

- Yes  
 No  
 Otherwise , \_\_\_\_\_

Signed: 邱永芬

105 年天氣分析與預報研討會\_摘要與全文投稿資訊  
(金門船席即時水深系統之建置)

資訊	內容/論文主題與報告方式勾選 (□)
作者	林受勳、邱永芳、薛憲文、李信成、王韋樺
文章題目	金門船席即時水深系統之建置
e-mail/電話/地址	tommy@mail.ihmt.gov.tw/04-26587123/臺中市梧棲區中橫十路 2 號
<input type="checkbox"/> 大氣監測與分析 Monitoring and Analysis on Atmosphere <input type="checkbox"/> 天氣模擬與預報 Weather Simulation and Forecasting <input type="checkbox"/> 氣候監測與預報 Monitoring and Prediction on Climate <input type="checkbox"/> 氣象防災及氣候調適應用 Applications on Meteorological Disaster Mitigation and on Climate Adaptation <input checked="" type="checkbox"/> 海象測報與應用 Observation, Prediction, and Applications on Marine Meteorology <input type="checkbox"/> 氣象資訊之智慧應用與服務 Toward Smart Weather Information Applications and Services <input type="checkbox"/> 強化海氣象災防之環境監測 Strengthening the Environmental Monitoring for Marine and Weather Disaster Mitigation <input type="checkbox"/> 氣象資料在綠色能源之應用 Meteorological Information Applications on Green Energy	
<input type="checkbox"/> 口頭報告 <input checked="" type="checkbox"/> 張貼論文	

\*張貼論文者也請勾選論文主題

**Information Sheet of the Paper**  
**2016 Conference on Weather Analysis and Forecasting, CWB**

Author(s)	Lin,S.S. Chiu,Y.F. Shyue,S.W. Lee,H.C. Wang,W.H.
Title of the Paper	<u>Project of establishing a tide prediction and observation system for wharfs of Kinmen harbor</u>
E-Mail/Phone Number/ /Address	tommy@mail.ihmt.gov.tw/04-26587123/No.2,Chung-Heng 10 <sup>th</sup> RD. Wuchi District, Taichung.
<input type="checkbox"/> Monitoring and Analysis on Atmosphere <input type="checkbox"/> Weather Simulation and Forecasting <input type="checkbox"/> Monitoring and Prediction on Climate <input type="checkbox"/> Applications on Meteorological Disaster Mitigation and on Climate Adaptation <input checked="" type="checkbox"/> Observation, Prediction, and Applications on Marine Meteorology <input type="checkbox"/> Toward Smart Weather Information Applications and Services <input type="checkbox"/> Strengthening the Environmental Monitoring for Marine and Weather Disaster Mitigation <input type="checkbox"/> Meteorological Information Applications on Green Energy	
<input type="checkbox"/> Oral <input checked="" type="checkbox"/> Poster	