



內政部國土測繪中心 2016 e-GNSS即時動態定位系 統使用者論壇

結合VBS-RTK之波浪與潮位GNSS浮標研發

林演斌 黃清哲 董東璟 高家俊

國立成功大學近海水文中心

2016/12/06

© Copyright 2016 Coastal Ocean Monitoring Center. All right reserved.
<http://www.comc.ncku.edu.tw>



大綱

- 前言
- 研究目的
- 方法
- 節果與討論
- 結論



前言

In the estuary, the real-time tide data is very important for making decision on the hazard mitigation.

Real-time tide data at estuary are also used as **boundary conditions** in the simulation of river water level for assessing the flood risk.





前言(cont.)

There is usually no platform or construction to set up the usual tide sensor

Expensive



在資料浮標上，以ATC波浪儀觀測波浪，雖然在國內外已普遍採用，但不易獲得其他現場對照資料佐證。

3



前人研究重點

1. Harigae et al. (2005)利用低成本之汽車導航等級GPS接收器，以觀測波高、週期與波向，波高準確度為公分等級，波向準確度為5 degrees。其研究將低頻訊號濾除，因此無法觀測潮位。
2. Doong et al. (2011)安裝GPS接收器於資料浮標上，擷取運動速度並分析波浪，與傳統的加速度計、傾角計、電羅經計算的結果比較，波高與週期之相關係數達0.95。但尚未具備觀測潮位功能。
3. Joodaki et al. (2013)使用單一GPS接收器於浮標上量測波浪，但未量測潮位。



前人研究重點(cont.)

4. Kato et al. (2010)使用RTK GPS接收器觀測海嘯，為獲得海嘯資料，將原始數據進行低通濾波並且扣除天文潮，因此未能同時觀測潮位。

前人已進行GPS buoy研究，但未即時觀測潮位。

相對於以往研究，本研究之重點特色為：

1. 結合VBS-RTK觀測海氣象，能同時觀測潮位及波浪。
2. GNSS buoy同時處理GPS(美國)與GLONASS(俄羅斯)兩組衛星的雙頻訊號。
3. 潮位基準不受地殼變動影響。

5



研究目的

- This study aims to develop a GNSS buoy to observe tides and ocean waves at estuaries and coastal areas.
- Tide data obtained from GNSS are validated by comparing with those obtained from nearby tide station. Wave data obtained from GNSS are compared with those obtained from the ATC sensor.
- Directional wave data determined from GNSS data are compared with those obtained from the ATC sensor.



解算方法比較

VBS-RTK (network-RTK)

PPP

PPP-RTK



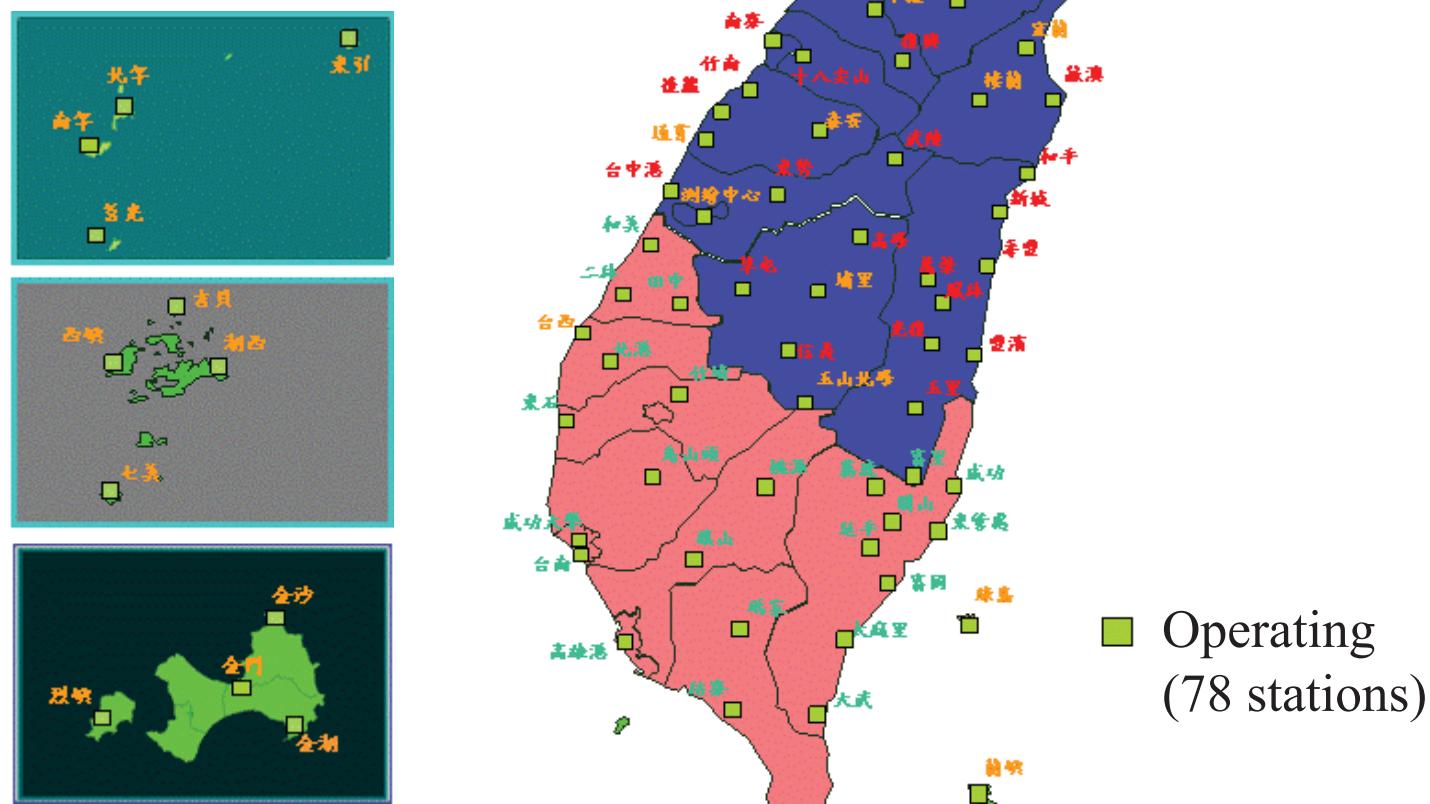
方法

e-GNSS即時動態定位系統之基本組成架構可區分為三大單元：

- 1.衛星定位基準網
- 2.控制計算中心
- 3.移動站使用者



臺灣e-GNSS基準站分布



<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>

© Copyright 2016 Coastal Ocean Monitoring Center. All rights reserved.
<http://www.comc.ncku.edu.tw>



移動站

The accuracy specification of the RTK GNSS receiver

	Accuracy specification
RTK	horizontal: 10 mm + 1.0 ppm × baseline length vertical: 15 mm + 1.0 ppm × baseline length
Velocity	0.02 m/s (CEP)



VBS-RTK

為e-GNSS之核心定位技術。係採用多個衛星定位基準站所組成的 GNSS 網絡來評估基準站涵蓋地區之定位誤差，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，產製一個虛擬的基準站做為 RTK 主站，所以移動站並不是接收某個實體基準站之實際觀測資料，而是經過誤差修正後的虛擬觀測數據。

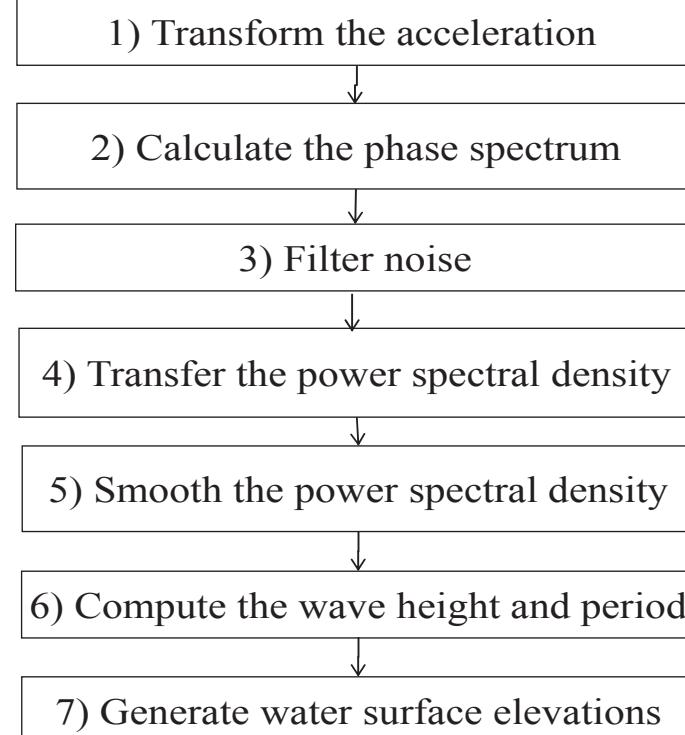
也就是 RTK 主站是經過人為產製的虛擬化基準站，其意義如同在移動站附近架設實體的基準站一樣，故被稱之為虛擬基準站即時動態定位技術，簡稱VBS-RTK。

<http://www.egnss.nlsc.gov.tw/>



建立分析方法

□ 從ATC分析波浪之流程



□ 從GNSS分析波浪之方法

□ 從GNSS分析潮位之方法

12



從GNSS分析波浪之方法(ηuv)

擷取天線運動的高度與東西、南北方向運動速度，觀測同一質點運動量，依據定義簡化方向波譜，可得

$$\Phi_{mn}(f) = \int_0^{2\pi} I_m(f, \theta) I_n^*(f, \theta) S(f, \theta) d\theta$$

$$I_m(f, \theta) = h_m(f) \cos^\alpha \theta \sin^\beta \theta$$

其中 α, β 隨觀測量而變。



從GNSS分析波浪之方法(cont.)

利用上述兩式，可得

$$\int_{-\pi}^{\pi} S(f, \theta) h_u(f) \cos \theta d\theta = C_{\eta u}(f)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} S(f, \theta) h_v(f) \sin \theta d\theta = C_{\eta v}(f)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} S(f, \theta) h_u^2(f) \cos^2 \theta d\theta = C_{uu}(f)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} S(f, \theta) h_u(f) h_v(f) \sin \theta \cos \theta d\theta = C_{uv}(f)$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} S(f, \theta) h_v^2(f) \sin^2 \theta d\theta = C_{vv}(f)$$

其中 $S(f, \theta) = D(f, \theta) C_{\eta \eta}(f)$ ， $D(f, \theta)$ 為方向分布函數， $C_{mn}(f)$ 為第 m 及 n 個波浪觀測量之交錯譜。

14



從GNSS分析波浪之方法(cont.)

將方向分布以二階傅立葉級數表示，可得傅立葉係數與方向分布函數關係式，再利用速度與水位交錯譜關係式，可得一、二階傅立葉係數

$$a_1(f) = \frac{C_{\eta u}(f)}{\sqrt{C_{\eta\eta}(f)[C_{uu}(f) + C_{vv}(f)]}}$$

$$b_1(f) = \frac{C_{\eta v}(f)}{\sqrt{C_{\eta\eta}(f)[C_{uu}(f) + C_{vv}(f)]}}$$

$$a_2(f) = \frac{C_{uu}(f) - C_{vv}(f)}{C_{uu}(f) + C_{vv}(f)}$$

$$b_2(f) = \frac{2C_{uv}(f)}{C_{uu}(f) + C_{vv}(f)}$$

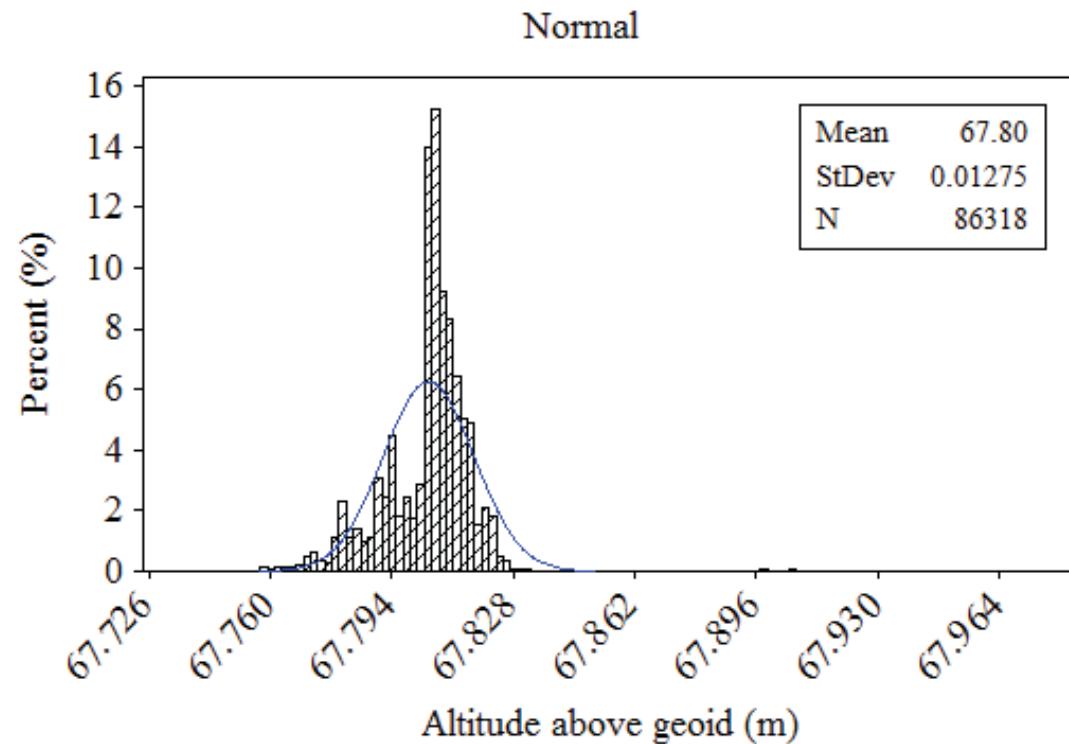


靜、動態測試環境



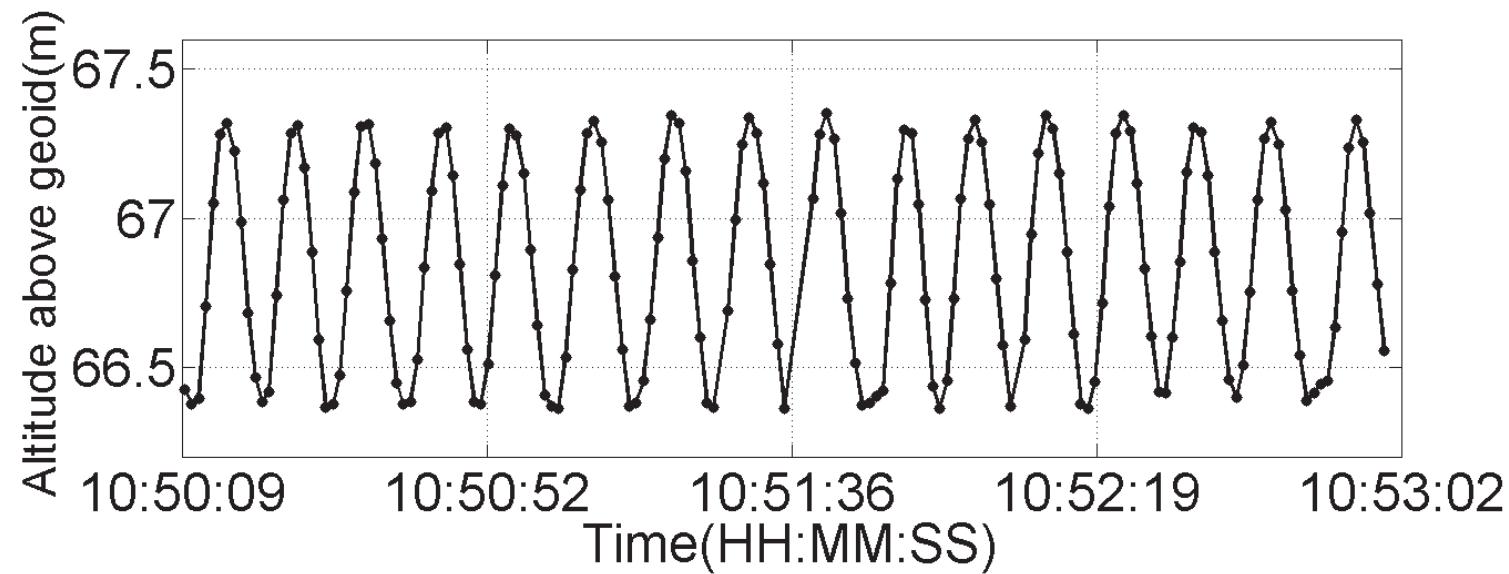


靜態測試資料分析



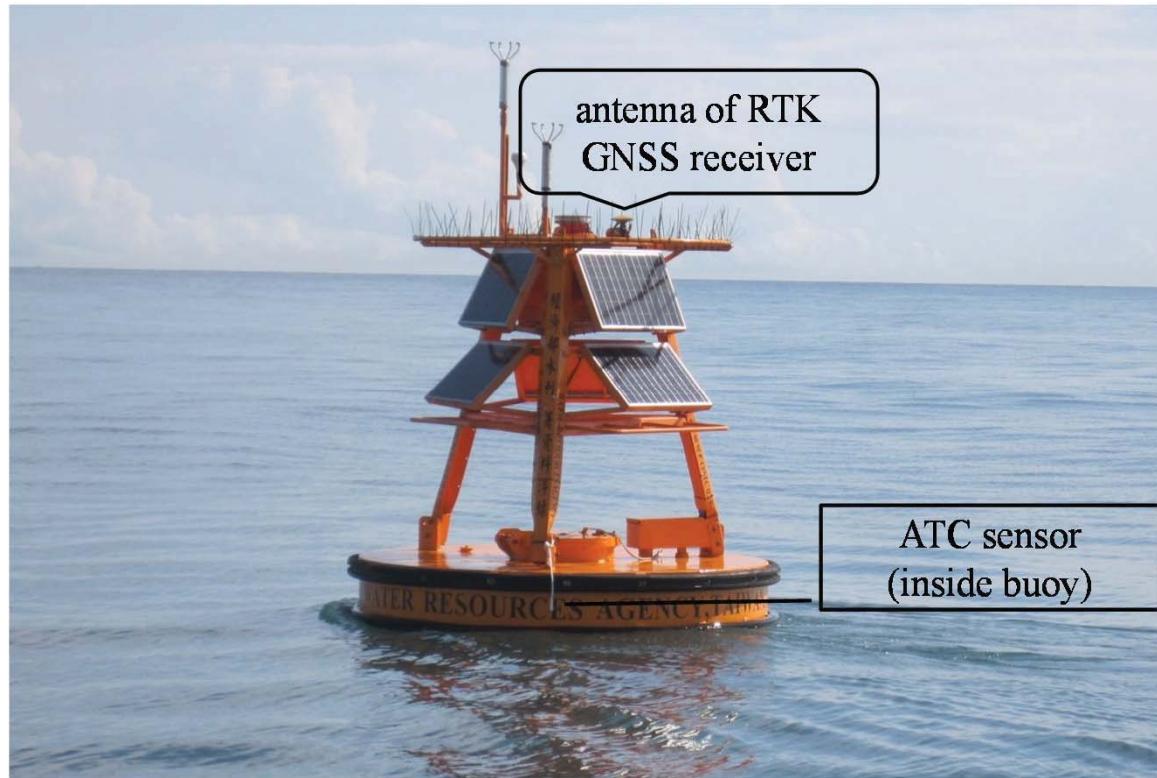


動態測試結果



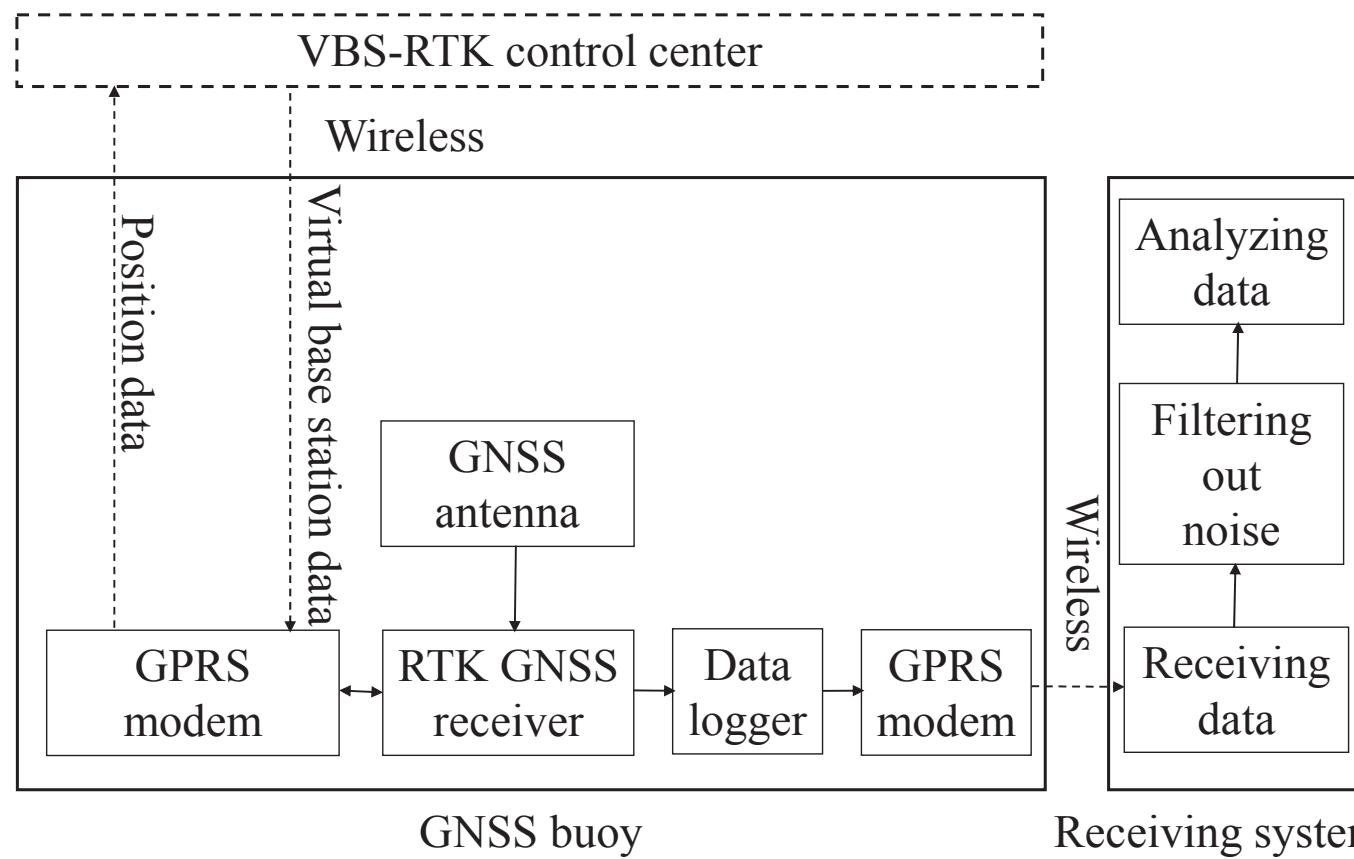


GNSS浮標外觀





系統架構圖





現場驗證方法

- 以鄰近潮位站資料驗證GNSS浮標之潮位資料
- 以GNSS浮標直接觀測之波浪資料驗證ATC波浪儀之波浪資料



現場驗證地點-蘇澳

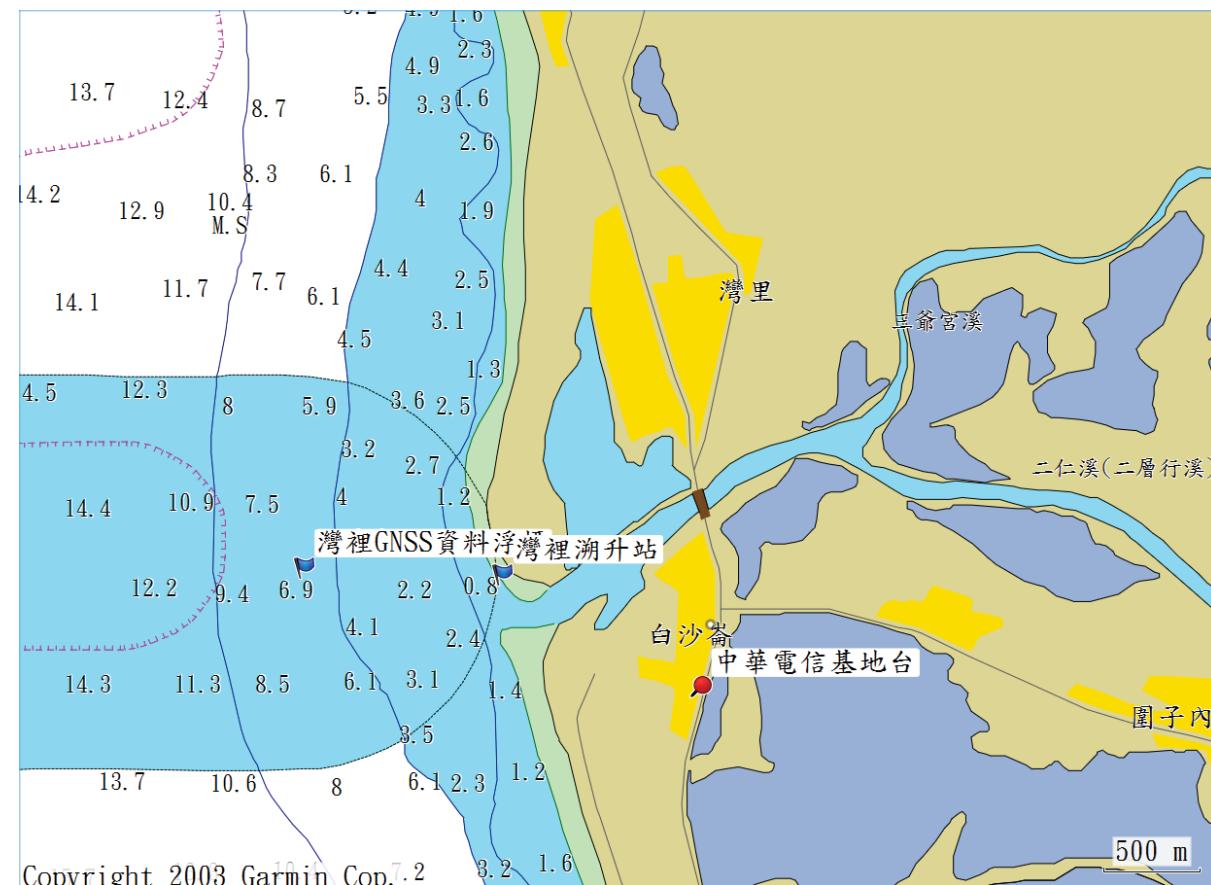


The next generation tide gauge was utilized for Suao tide station. The standard range of the tide gauge is 10 m. The **standard calibration accuracy equals to ± 2.5 mm**. The nonlinearity is ± 2.0 mm and the precision is ± 1.0 mm.

22

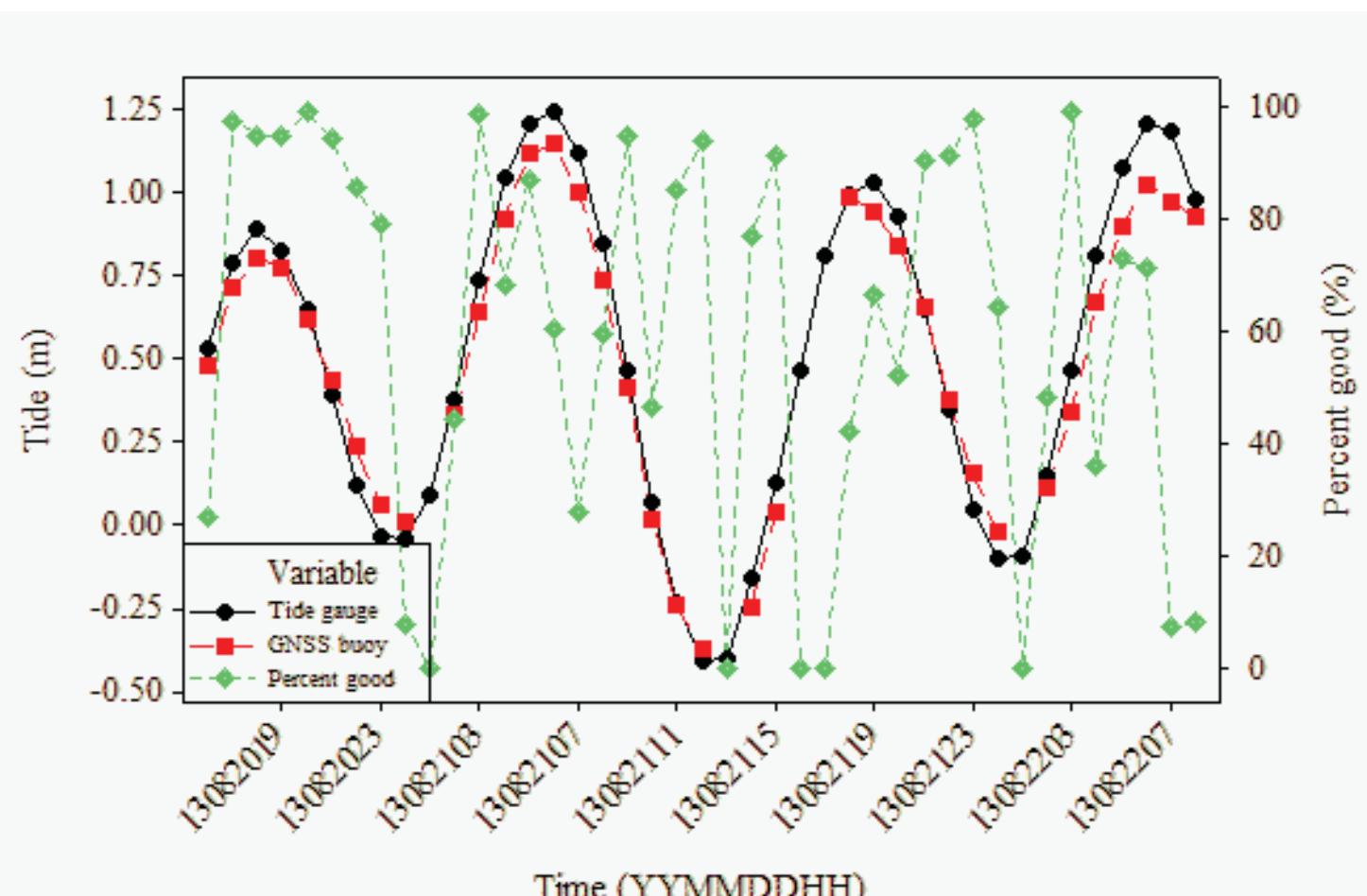


現場驗證地點-灣裡





潮位驗證結果 - 蘇澳





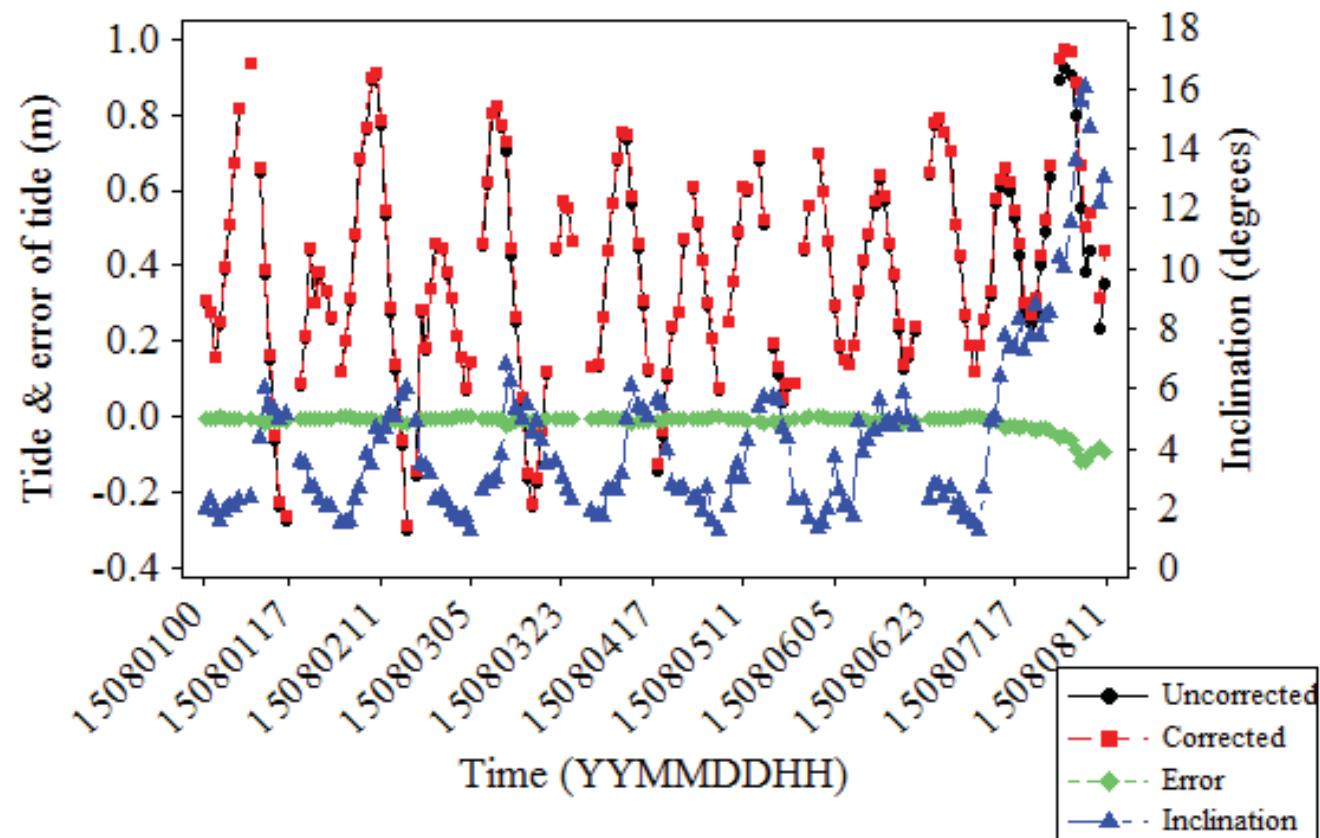
Solution types in GNSS messages

Solution Type	Meaning
0	Invalid data
1	Standalone solution
2	Code differential (DGPS) solution
3	Phase differential (RTK) solution with float ambiguities
4	Phase differential (RTK) solution with fixed ambiguities
5	Entered value (i.e., not calculated by the receiver)
9	DION solution
10	OmniSTAR HP solution
11	OmniSTAR XP solution
12	OmniSTAR VBS solution
13	Variable RTK fixed solution
14	Variable RTK float solution

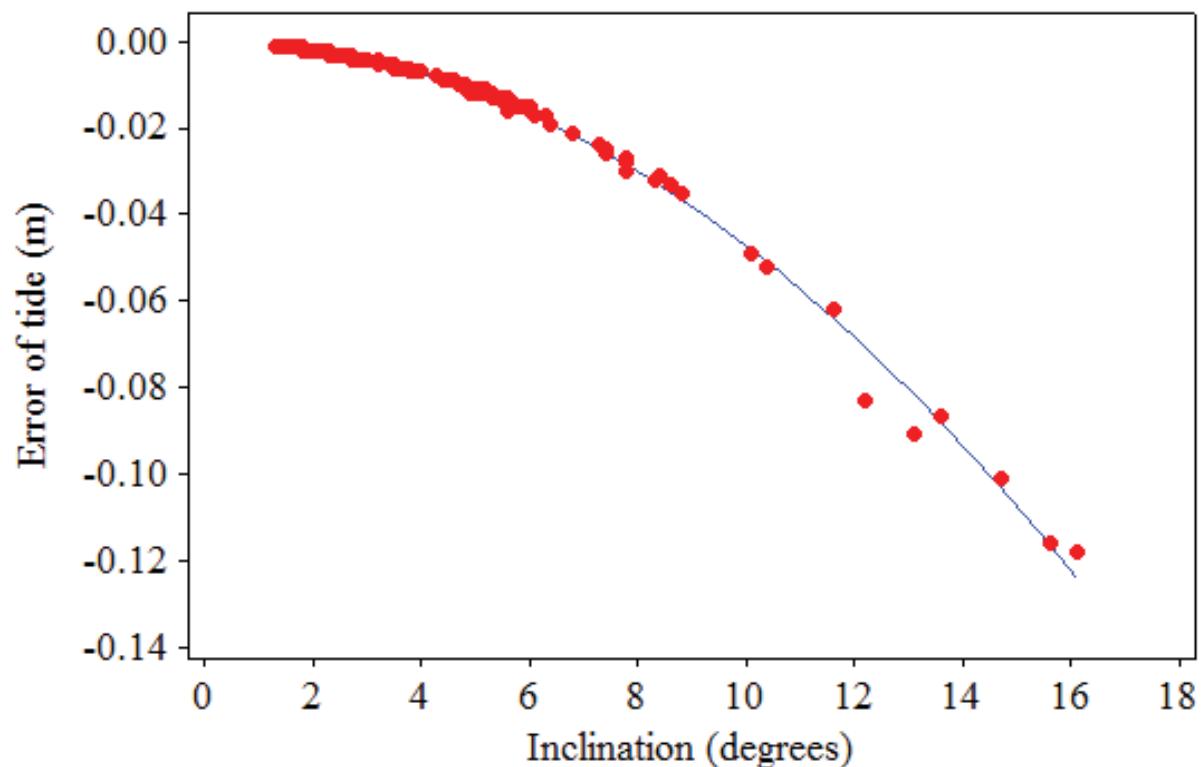
Good data

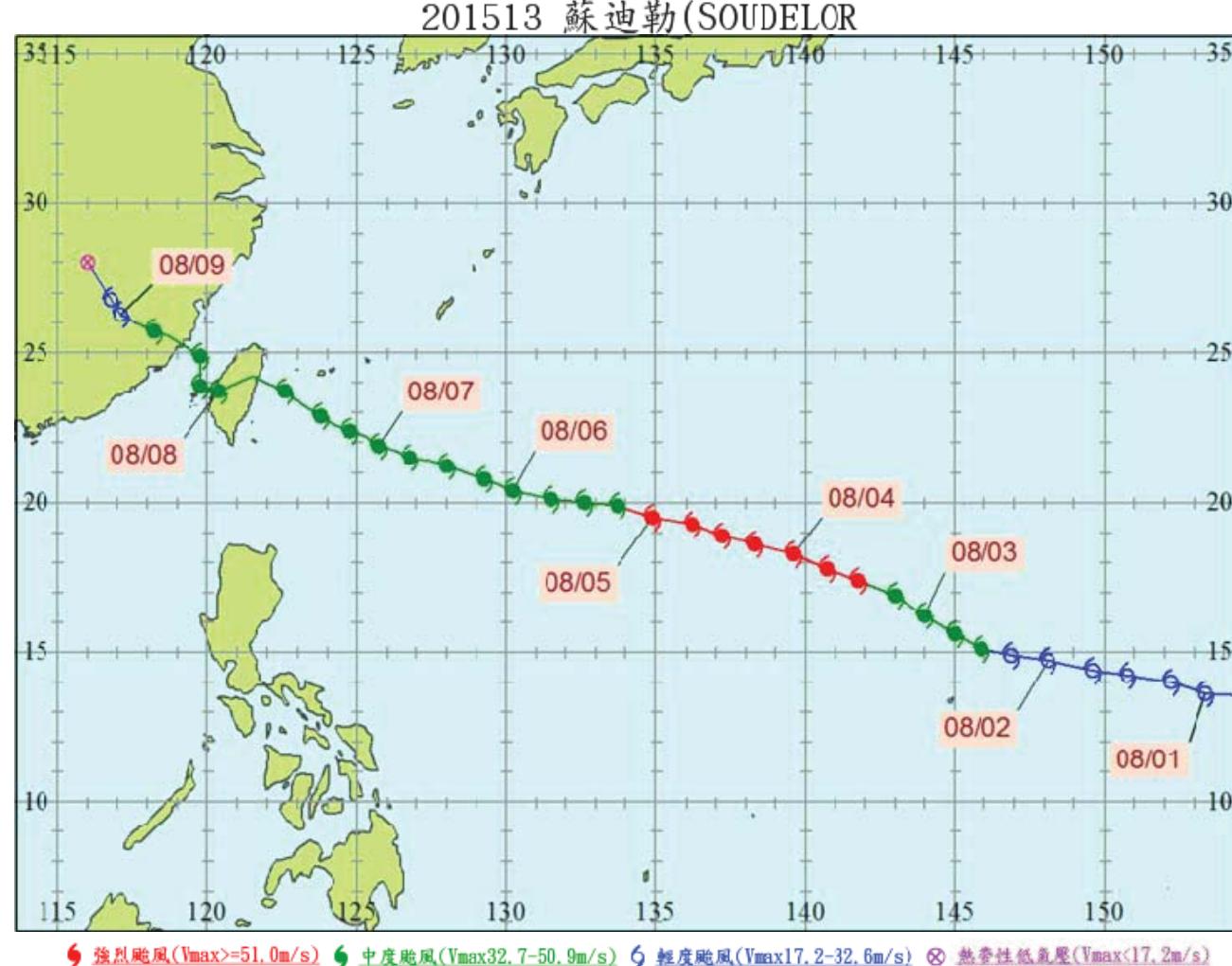


潮位驗證結果 - 灣裡



26





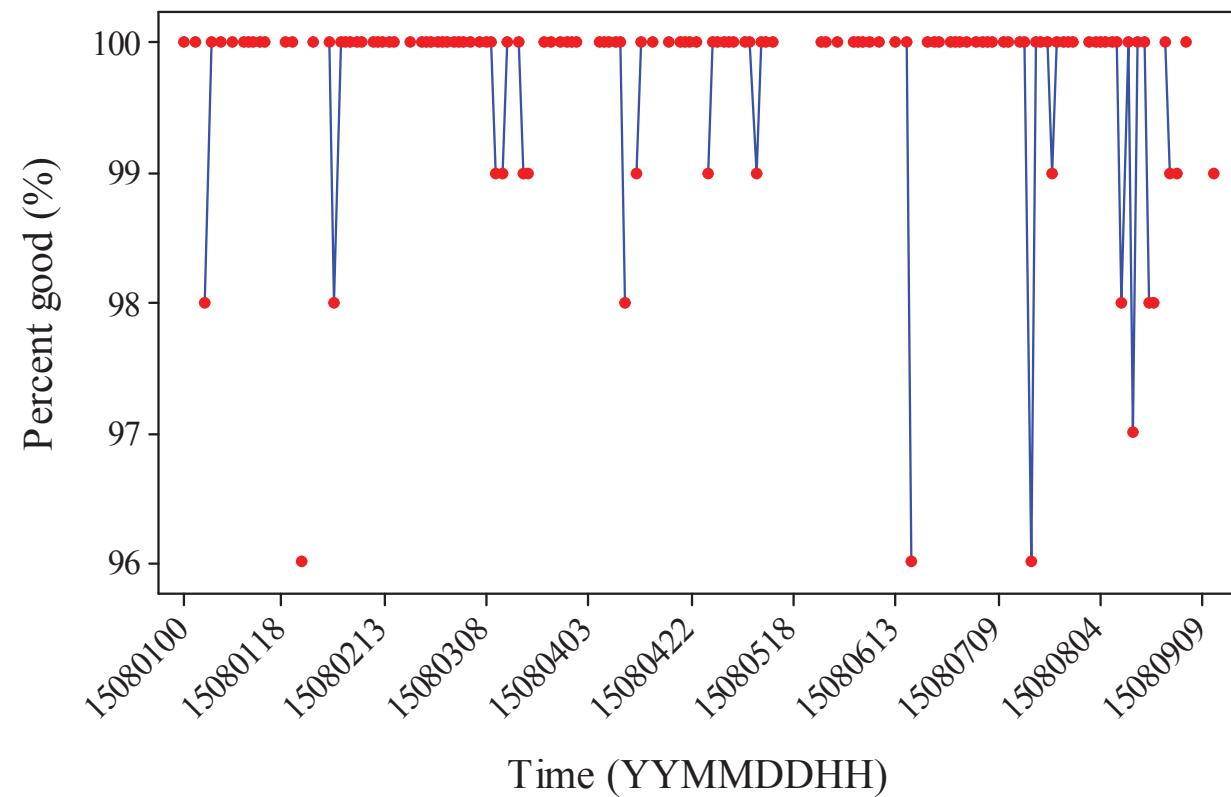
28

資料來源：中央氣象局

© Copyright 2016 Coastal Ocean Monitoring Center. All right reserved.
<http://www.comc.ncku.edu.tw>

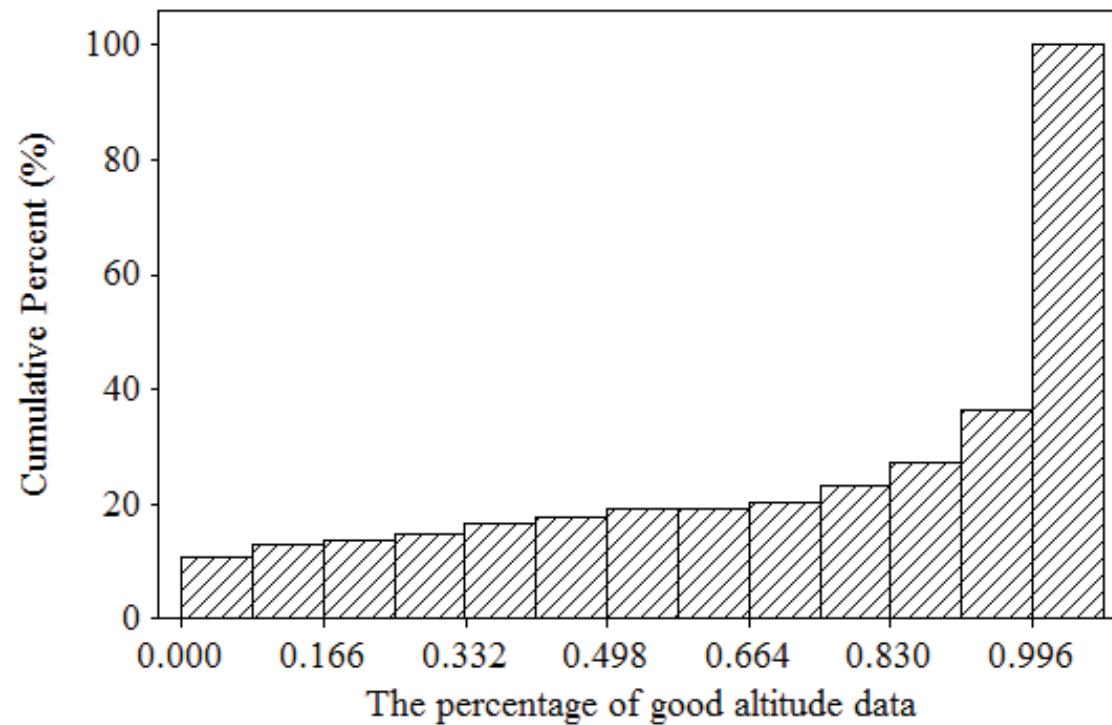


灣裡現場測試-RTK解算成功率



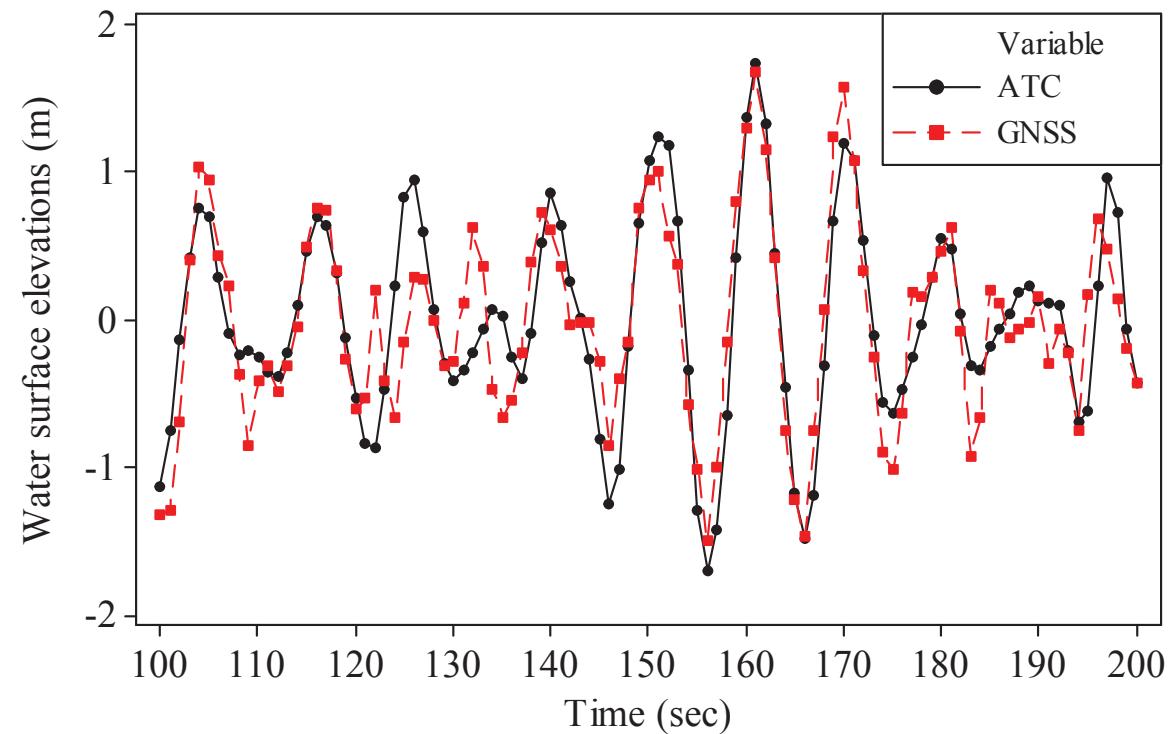


RTK解算成功率分析





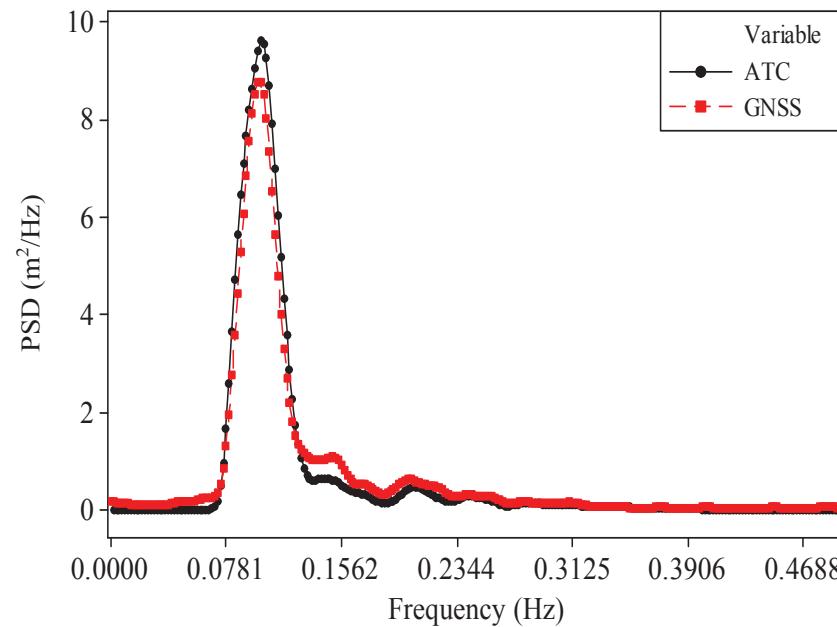
波浪水位時序列驗證結果-蘇澳



從ATC及GNSS獲得之波浪水位時序列(Aug. 21 09:00 in 2013)



一維波譜驗證結果-蘇澳



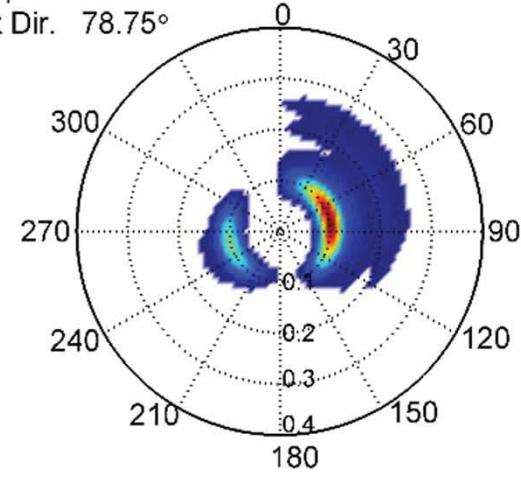
從ATC及GNSS獲得之一維波譜(Aug. 21 09:00 in 2013)



方向波譜驗證結果-蘇澳

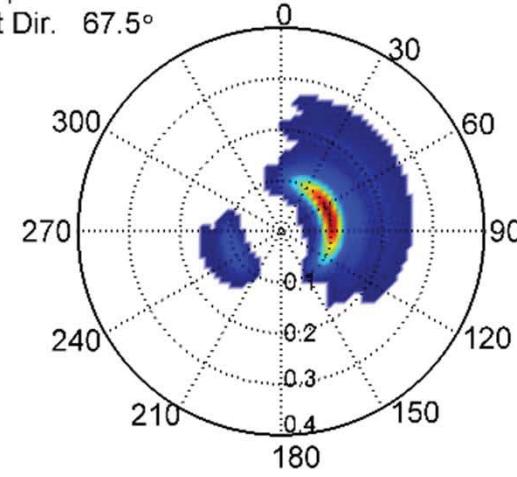
13082109

Peak Freq. 0.1055Hz
Dominant Dir. 78.75°



13082109

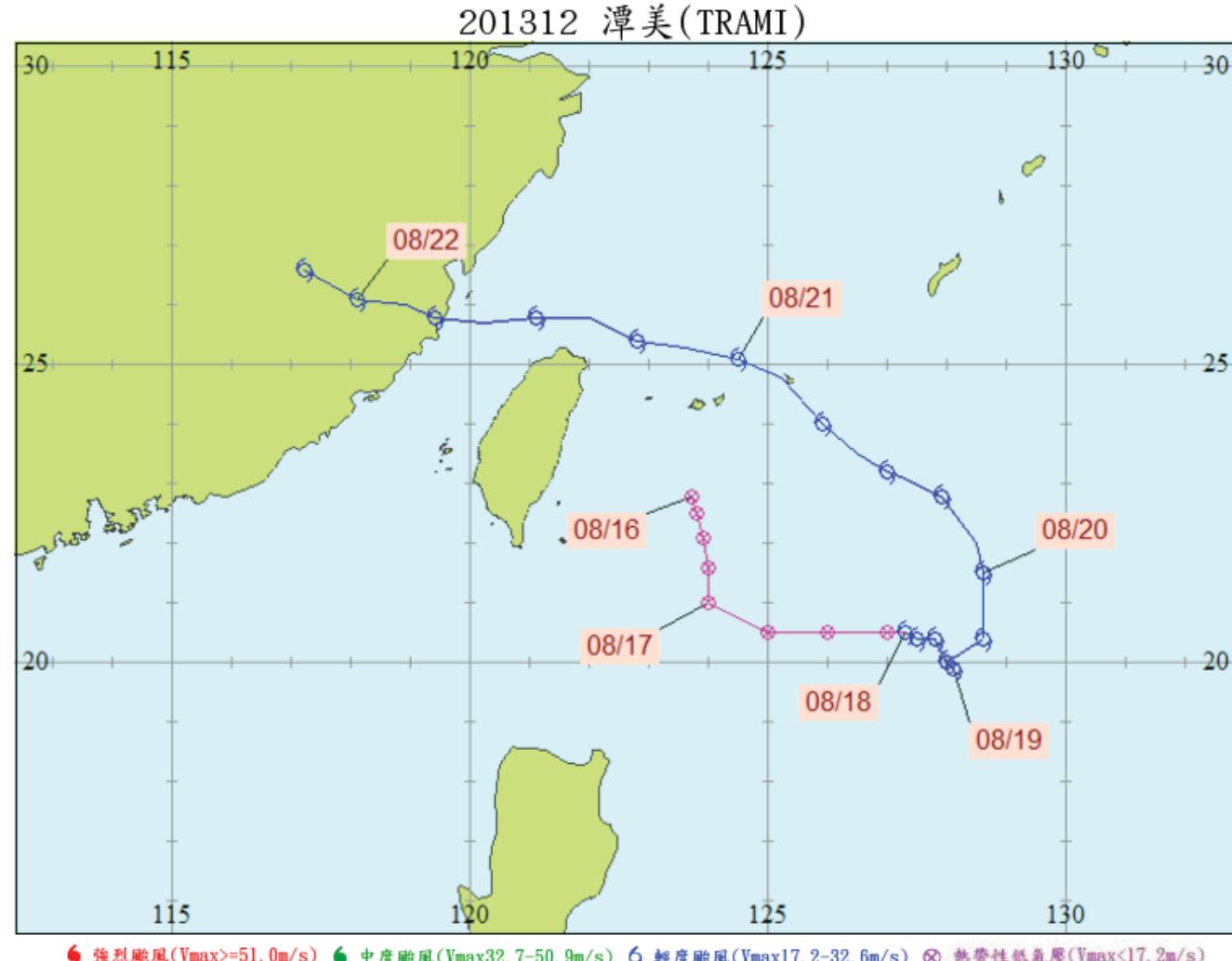
Peak Freq. 0.1055Hz
Dominant Dir. 67.5°



從ATC(左圖)及GNSS(右圖)獲得之方向波譜
(Aug. 21 09:00 in 2013)

(波浪能量所在方位代表波浪來向)

© Copyright 2016 Coastal Ocean Monitoring Center. All right reserved.
<http://www.comc.ncku.edu.tw>

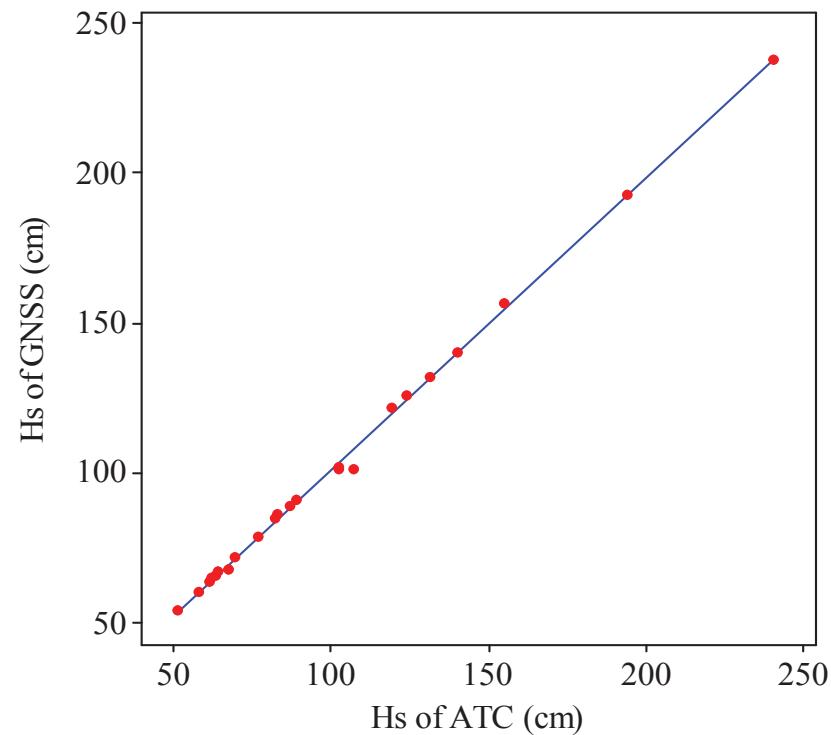


資料來源：中央氣象局

34



示性波高驗證結果-蘇澳

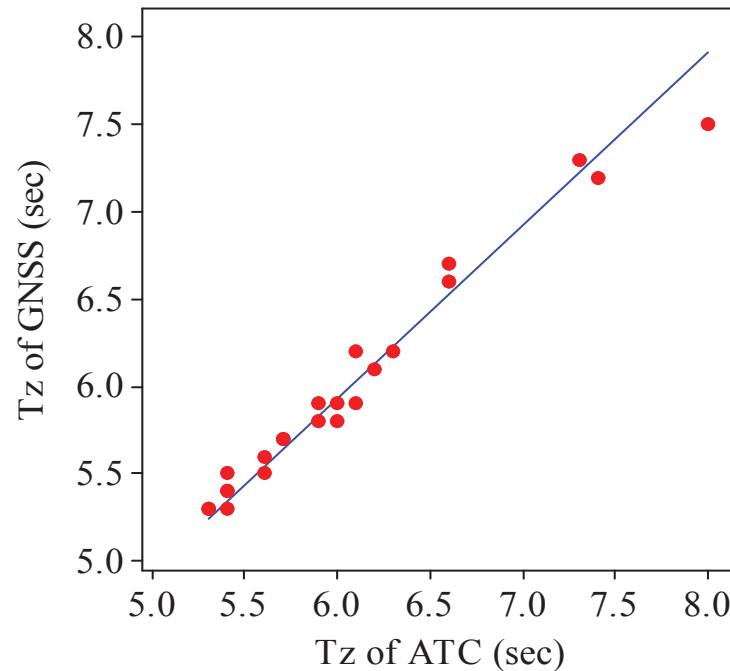


散佈圖及迴歸線
橫、縱軸分別為ATC、GNSS之示性波高

35



平均週期驗證結果-蘇澳

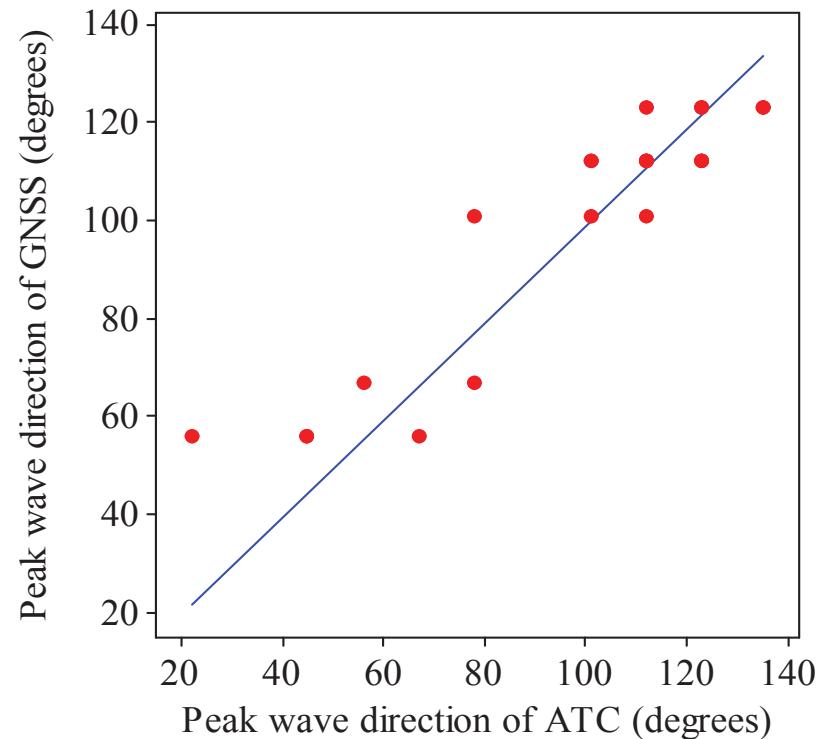


散布圖及迴歸線
橫、縱軸分別為ATC、GNSS之平均週期

36



主波向驗證結果-蘇澳

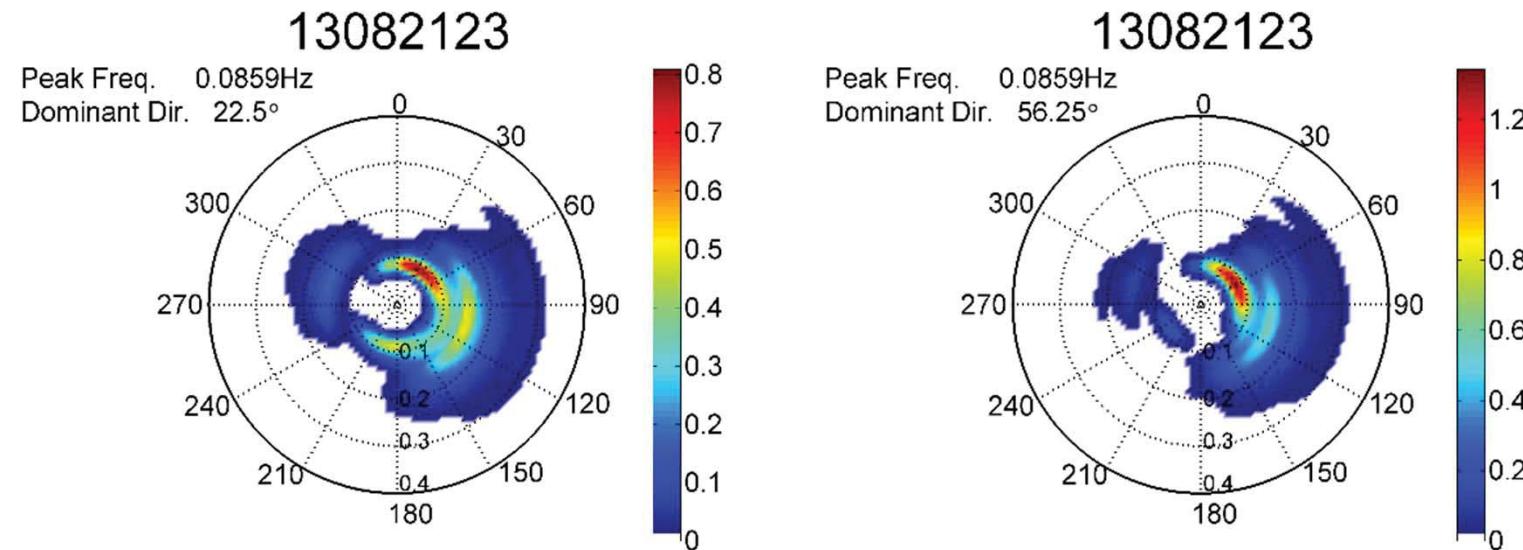


散佈圖及迴歸線
橫、縱軸分別為ATC、GNSS之主波向

37



方向波譜驗證結果-蘇澳



從ATC(左圖)及GNSS(右圖)獲得之方向波譜
(Aug. 21 23:00 in 2013)



結論

1. The developed GNSS buoy is able to measure real-time tides and ocean waves in the coastal areas, if GPS/GNSS signals are corrected well by data from the VBS-RTK control center.
2. The RMSE of tide data is validated to be within 10 cm.
3. According to scatter plots and regression lines on significant wave heights, zero-crossing periods, and peak wave directions for the GNSS receiver versus the ATC sensor, we find that these wave parameters are almost identical.



結論(續)

4. The selected case shows that the water surface elevation, one-dimensional spectrum, and directional spectrum derived by the **ATC** sensor fit well with those directly measured by the **GNSS** receiver.



報告完畢
請多指教