



國立成功大學
Coastal Ocean Monitoring Center
National Cheng Kung University
近海水文中心



GNSS連續水位浮標應用於亞重力波 觀測之研究

林演斌¹ 陳盈智¹ 林清睿¹ 陳孟詩² 潘琦²

1 國立成功大學近海水文中心

2 中央氣象署海象氣候組

2025/09/04



國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



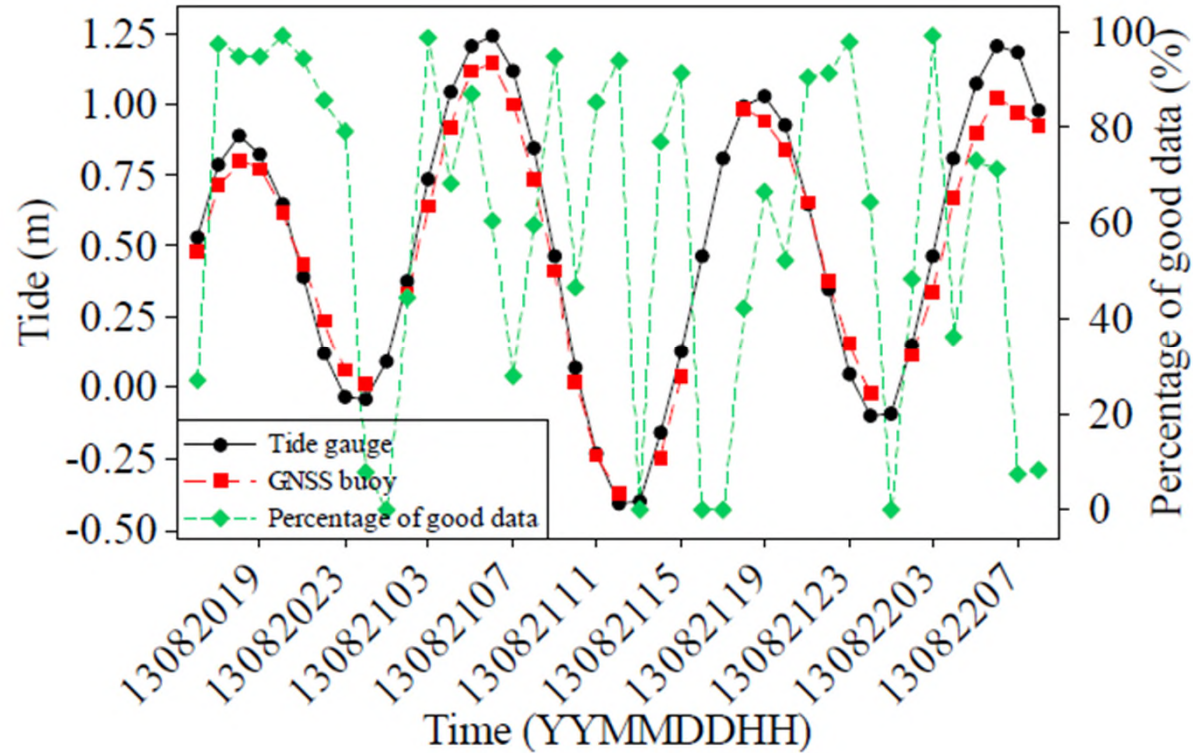
前言

目的

亞重力波（infra-gravity waves）為週期約 20 秒以上之低頻長波，廣泛存在於近岸淺水區，是引起港灣共振等現象的因素之一。本研究利用中央氣象署 GNSS 連續全時水位浮標觀測之水位資料，探討其應用於分析亞重力波之成效與可行性，初步結果顯示水位浮標亦能應用於觀測亞重力波。未來繼續研究以提供港灣共振、海岸侵蝕、近岸生態環境以及近岸遊憩活動安全等應用更完整的資訊。



前人研究



證實RTK GNSS能觀測潮位，與鄰近蘇澳潮位站的RMSE為9.5 cm。惟RTK定位受4G訊號範圍以及基線長度(baseline length)的限制。

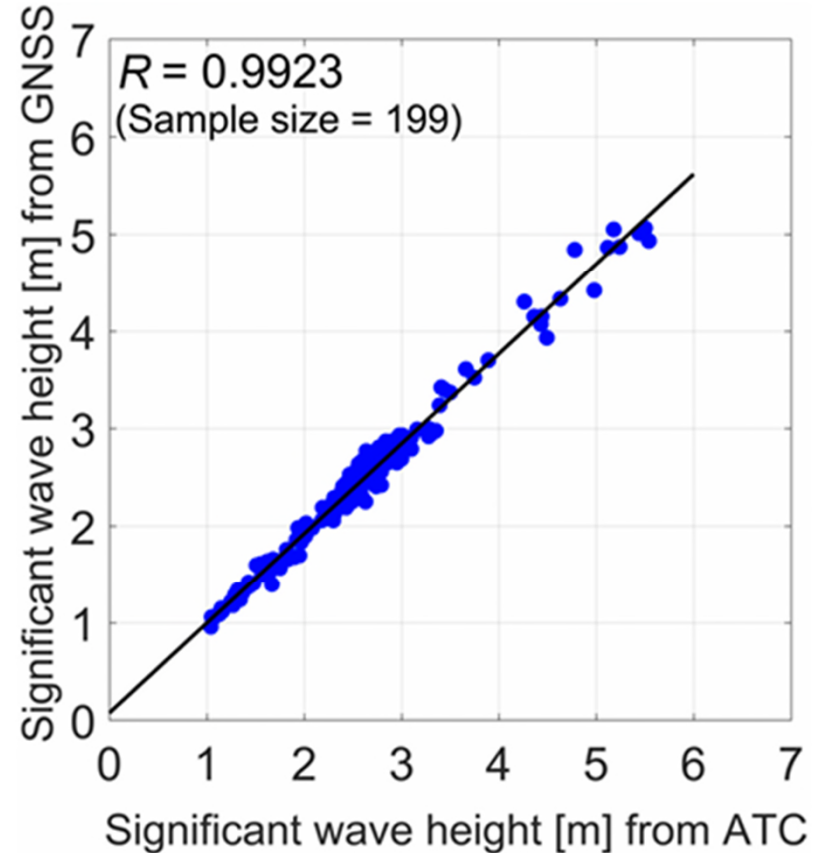
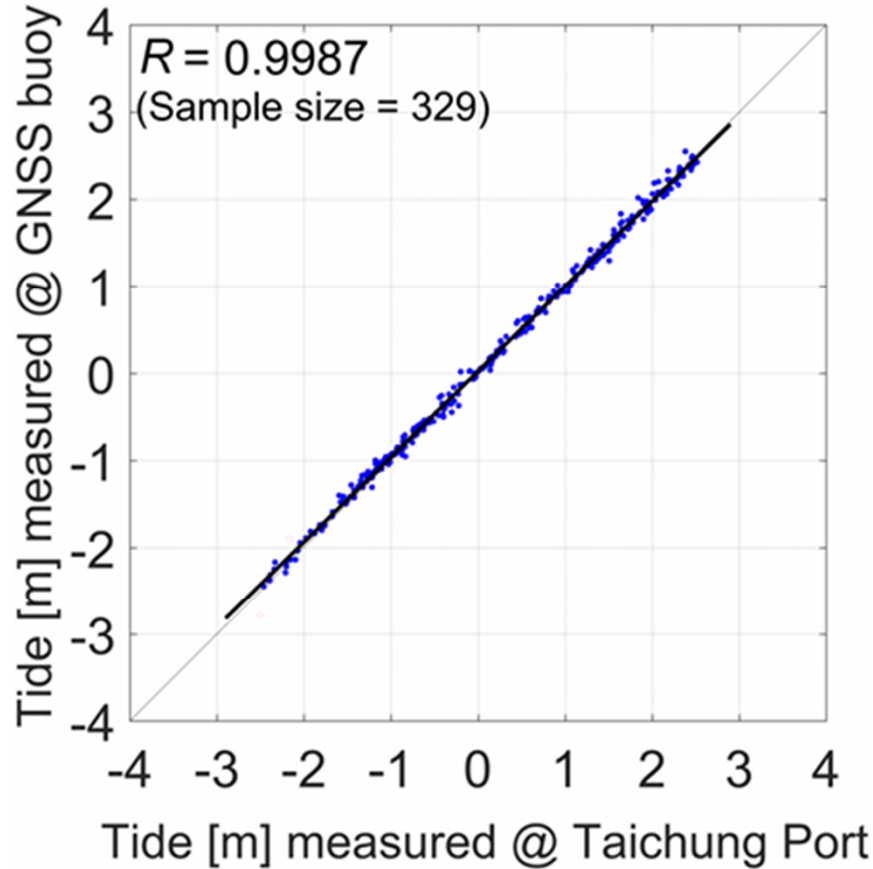
Reference: Lin, Y.P., Huang, C.J., Chen, S.H., Doong, D.J., and Kao, C.C., 2017. Development of a GNSS buoy for monitoring water surface elevations in estuaries and coastal areas. *Sensors*, Vol. 17, pp. 1-19, doi:10.3390/s17010172.



國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center
National Cheng Kung University

近海水文中心



研發RT-PPP GNSS觀測潮位與波浪，定位不受限制。

Reference: Lin, Y. P., Huang, C. J., & Chen, S. H. (2025). Evaluation of a GNSS Buoy With Real-Time Precise Point Positioning Ability for Monitoring Tides and Ocean Waves. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*.

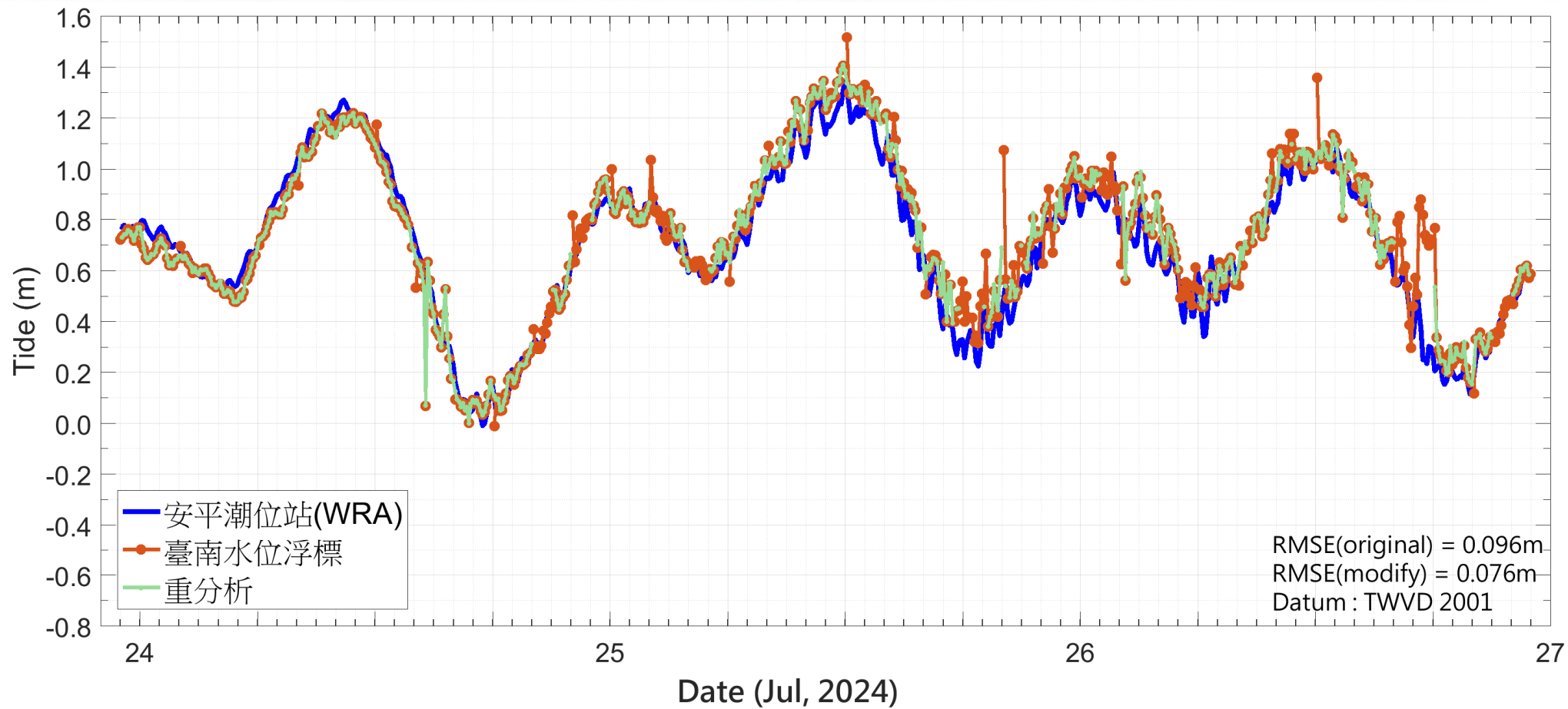


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



連續全時水位浮標觀測每6分鐘潮位資料

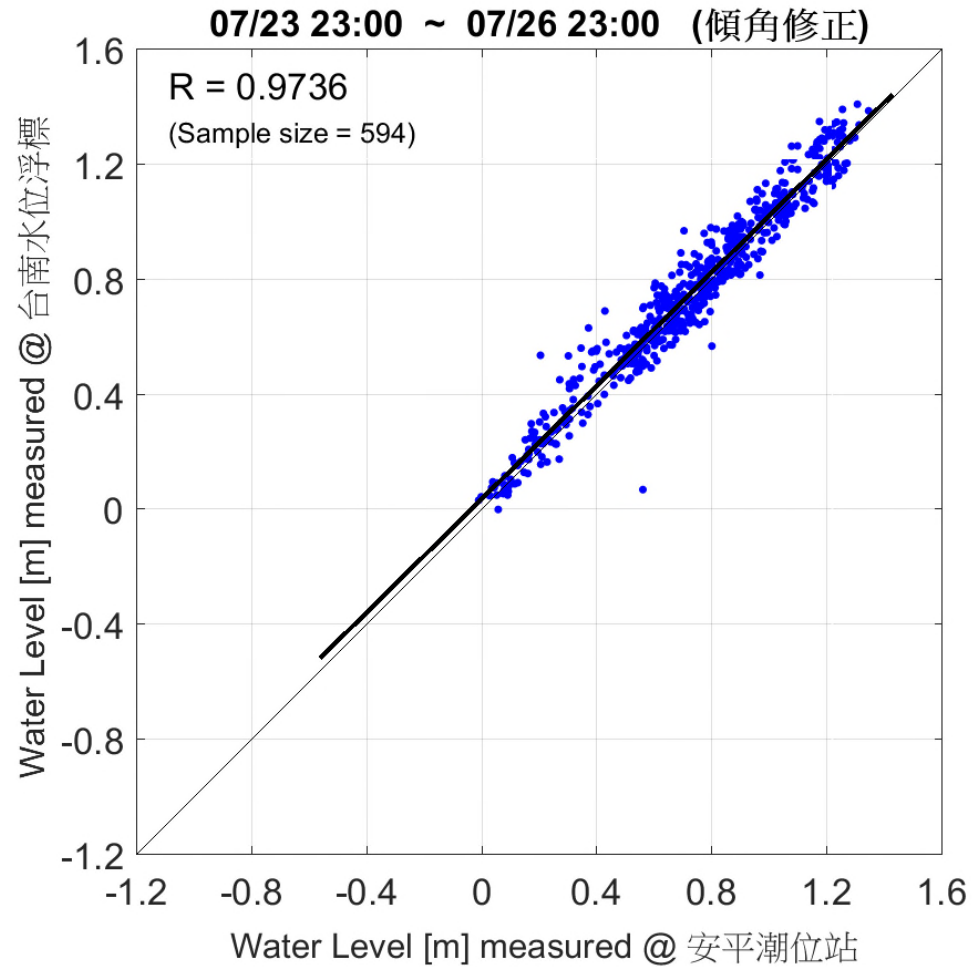


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



Reference: 林演斌、施孟憲、陳聖學、林清睿，2024，長期連續即時水位浮標研發，2024，113年天氣分析與預報研討會，A5-14。

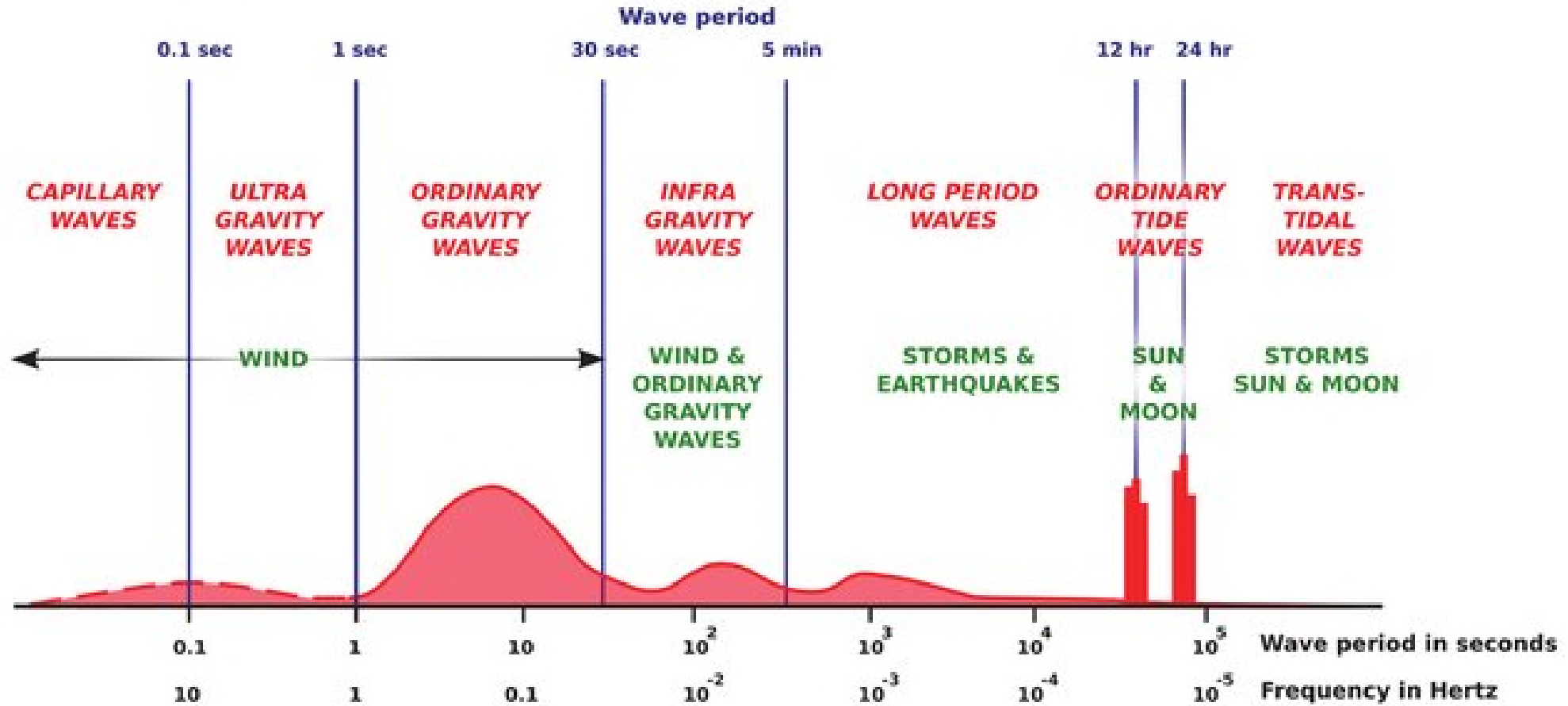


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

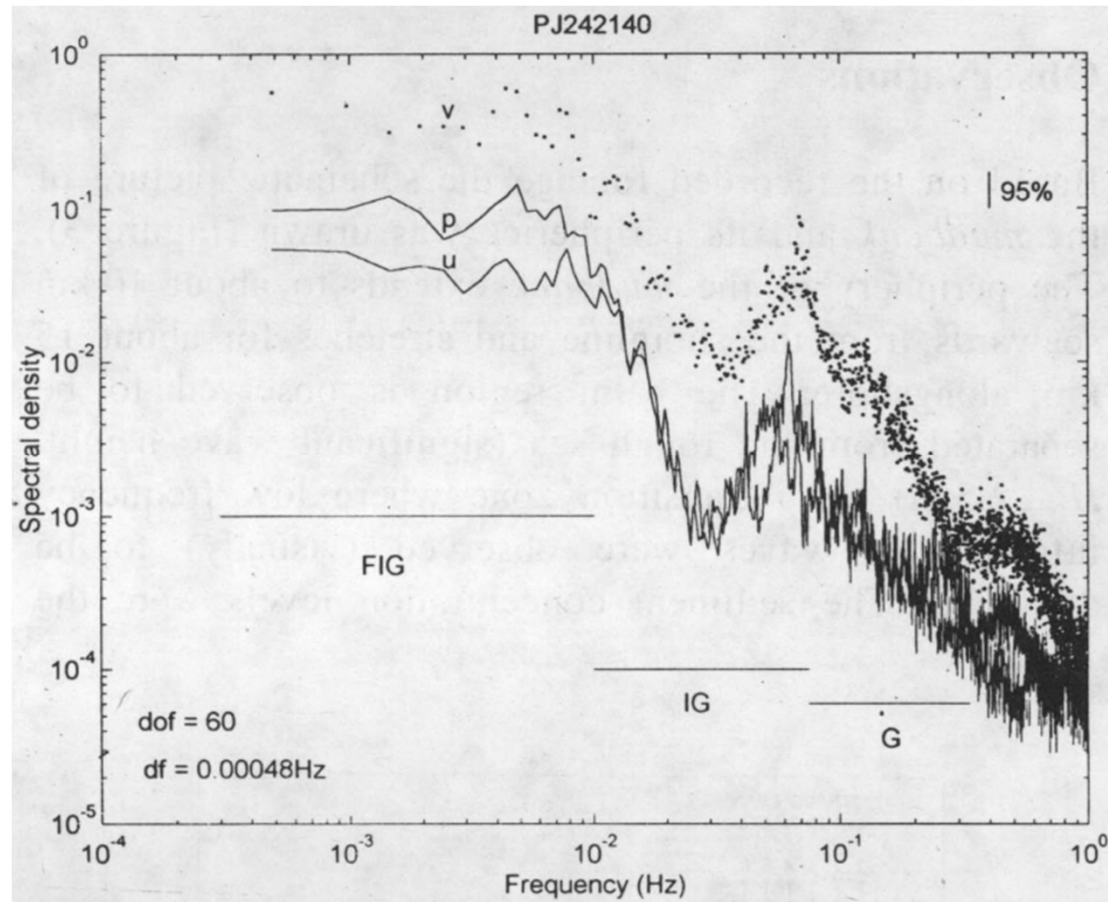
近海水文中心



一般分析亞重力波需取樣一段長期間(duration)資料，例如：25 ~ 150 min。 Adapted from Munk (1950)



國立成功大學
Coastal Ocean Monitoring Center
National Cheng Kung University
近海水文中心



Reference: Tatavarti, R., Narayana, A. C., Ravishankar, M., & Kumar, P. M. (1996). Mudbank dynamics: field evidence of edge waves and far infra-gravity waves. *Current Science*, 837-843.

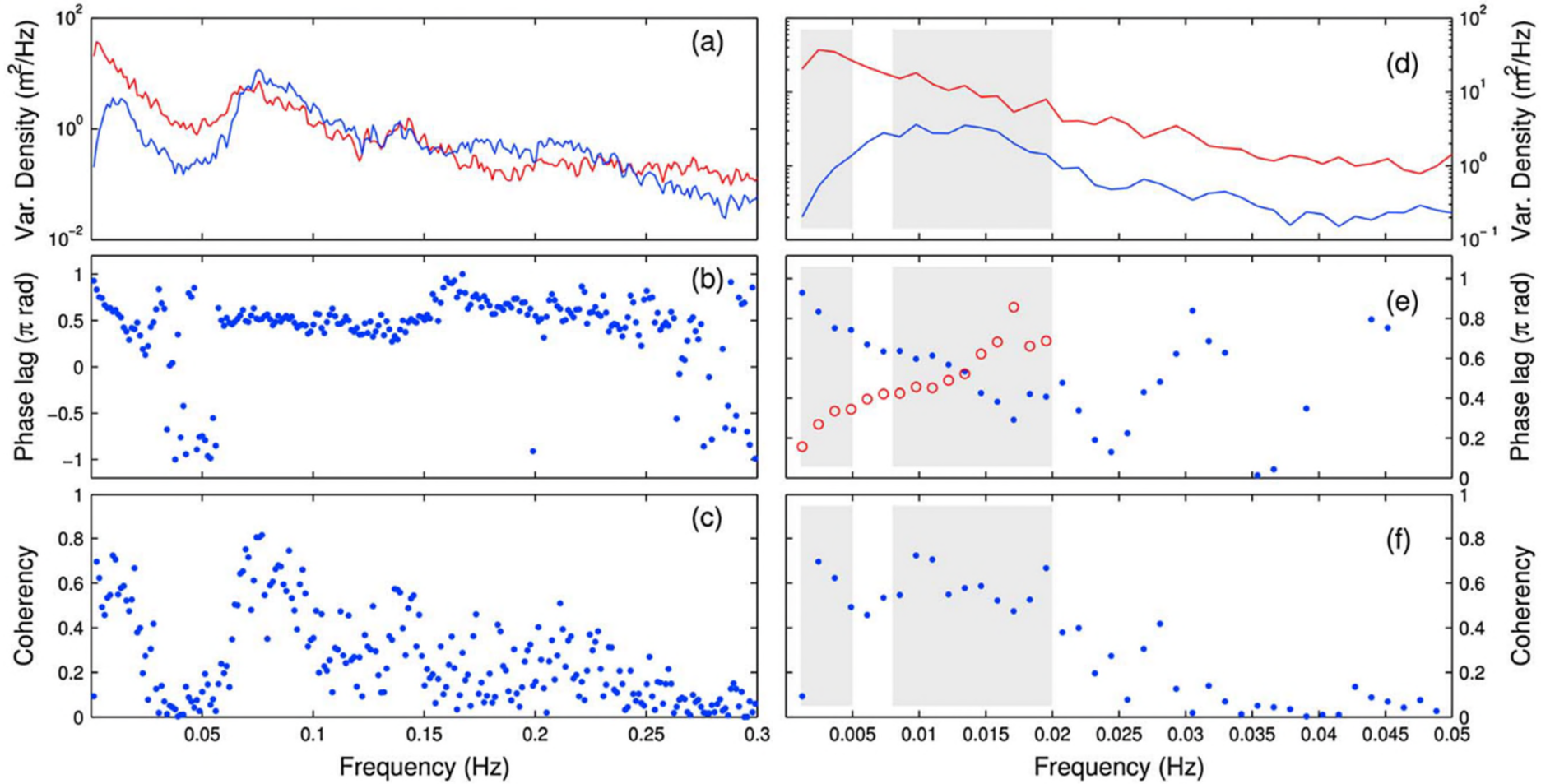


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



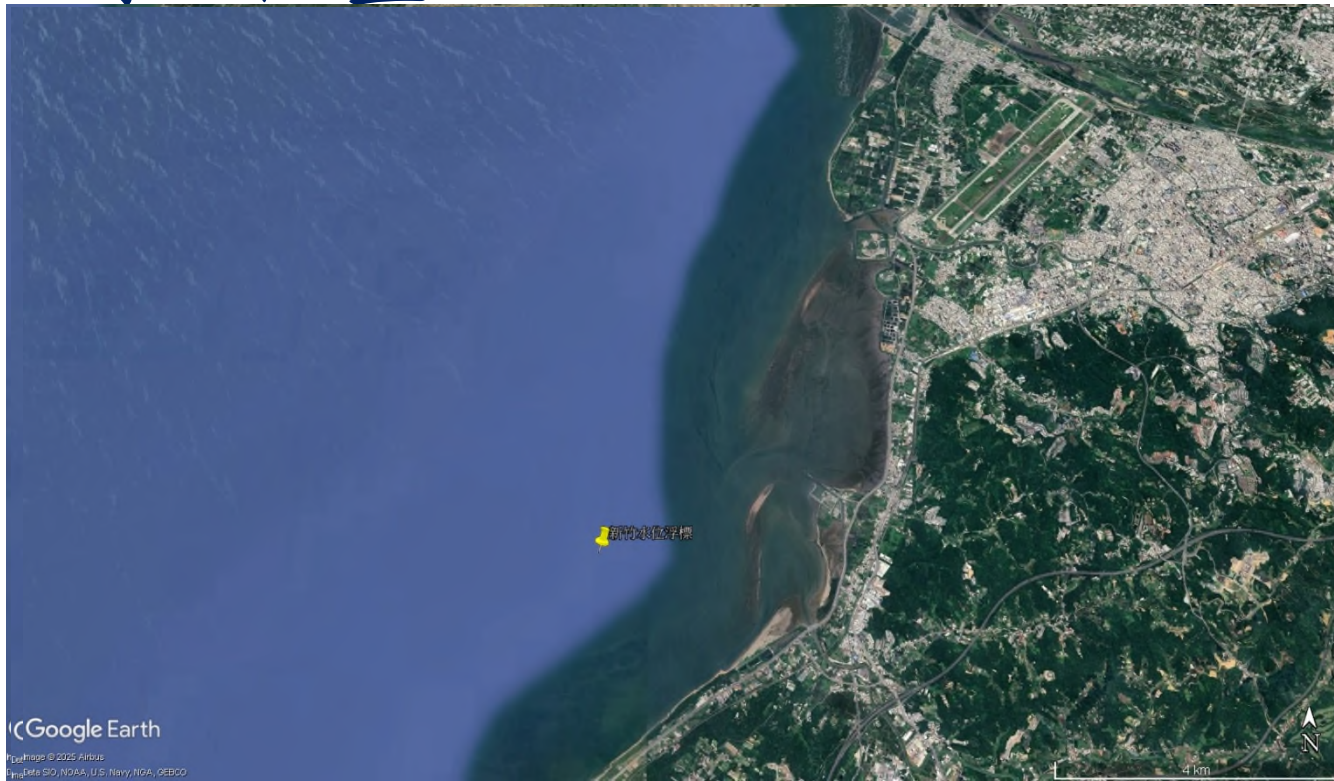
Reference: Sheremet, A., Staples, T., Arduin, F., Suarez, S., & Fichaut, B. (2014). Observations of large infragravity wave runup at Banneg Island, France. *Geophysical Research Letters*, 41(3), 976-982.

連續全時水位浮標非常適合觀測亞重力波。



研究方法

測站位置



外觀



水深：約12 m (臺南)，約11 m (彰化)，約13 m (新竹)



國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

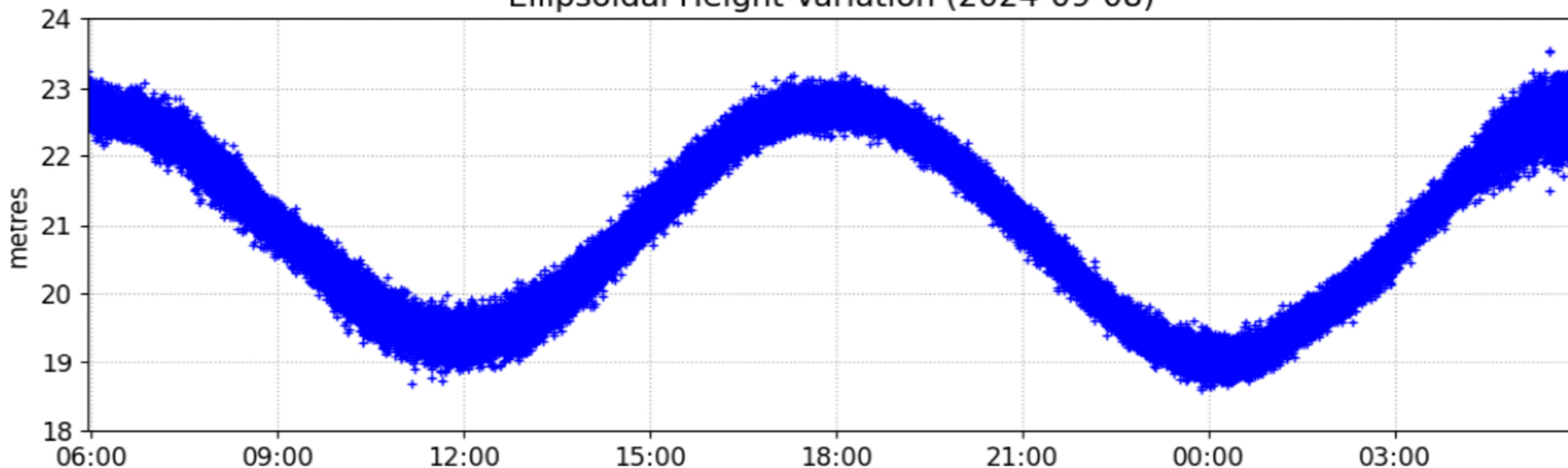
National Cheng Kung University

近海水文中心



連續全時水位數據

Ellipsoidal Height Variation (2024-09-08)



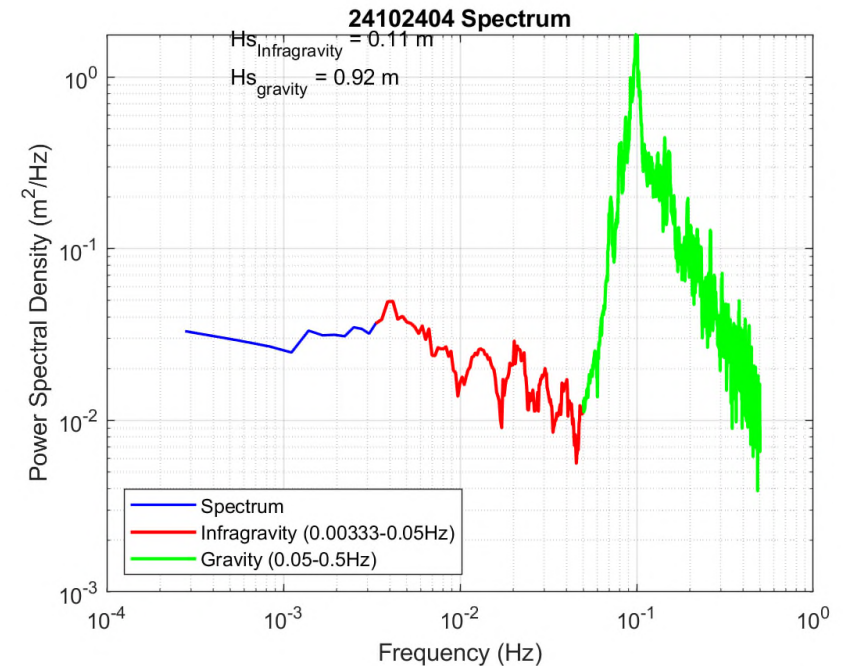
CSRS-PPP解算

以05:55:47.00 UTC 2024-09-08 – 05:55:46.00 UTC 2024-09-09新竹為例，取樣頻率：1 Hz



分析流程

- 使用資料: 臺南水位浮標(彰化為輔)
- 觀測頻率: 1 Hz
- 每次分析資料長度: 3600 sec (著重檢視 20 – 300 sec 成分波)
- 分析2024/7/16 – 2025/8/31 (共9733筆)
- 分析流程:
 1. 濾除潮汐資料: 以EMD分析, 取前3個IMF
 2. 以FFT分析得到波譜
 3. 計算亞重力波能量與一般重力波能量





國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



結果與討論- 波高

KRATHON

(max 1.49 m)

DANAS

(max 0.94 m)

GAEMI

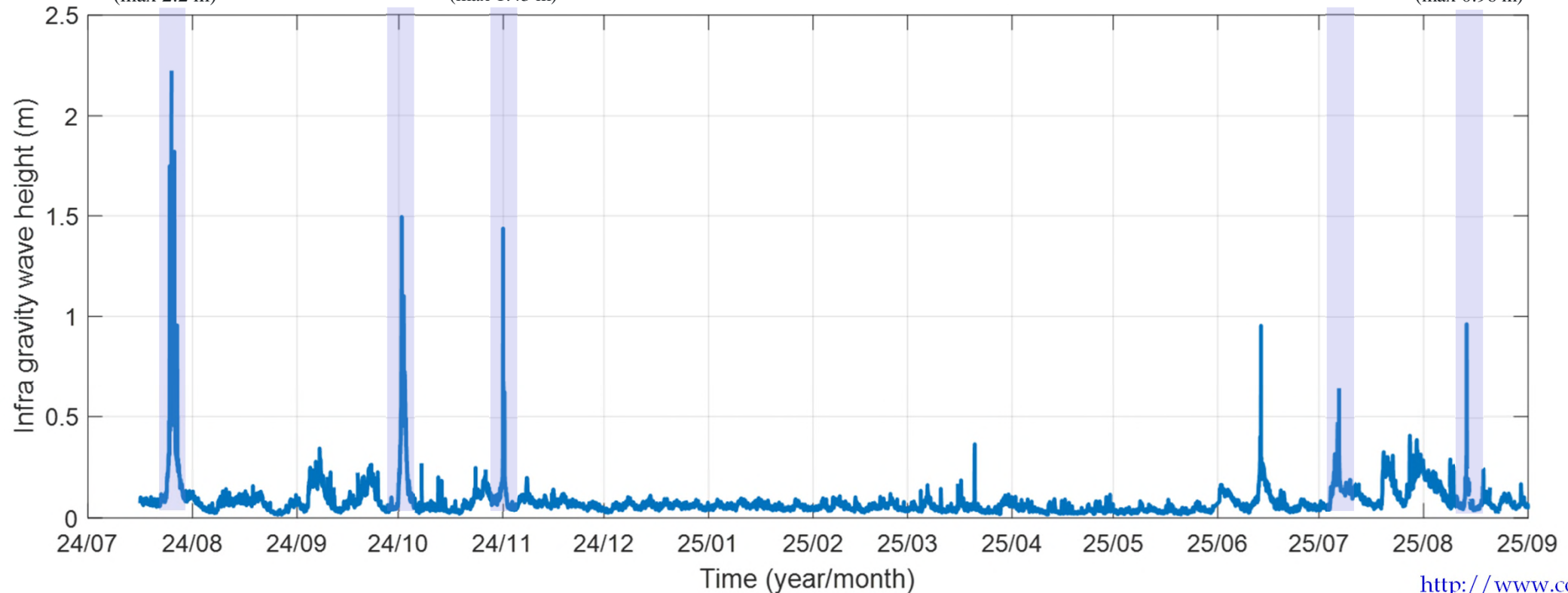
(max 2.2 m)

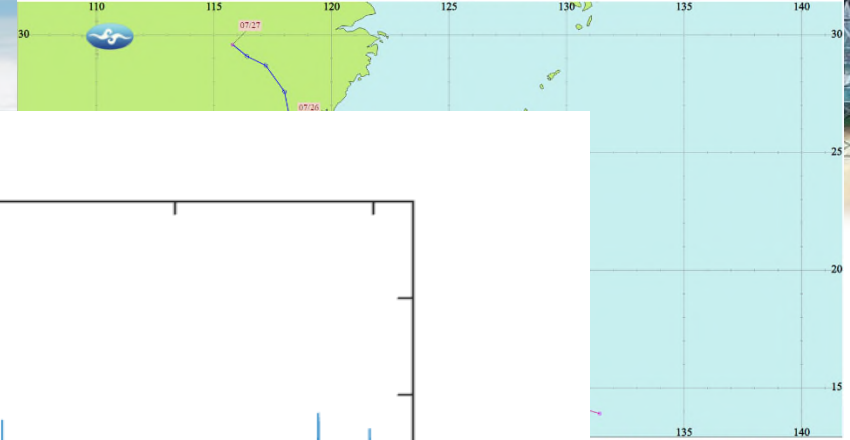
KONG-REY

(max 1.43 m)

PODUL

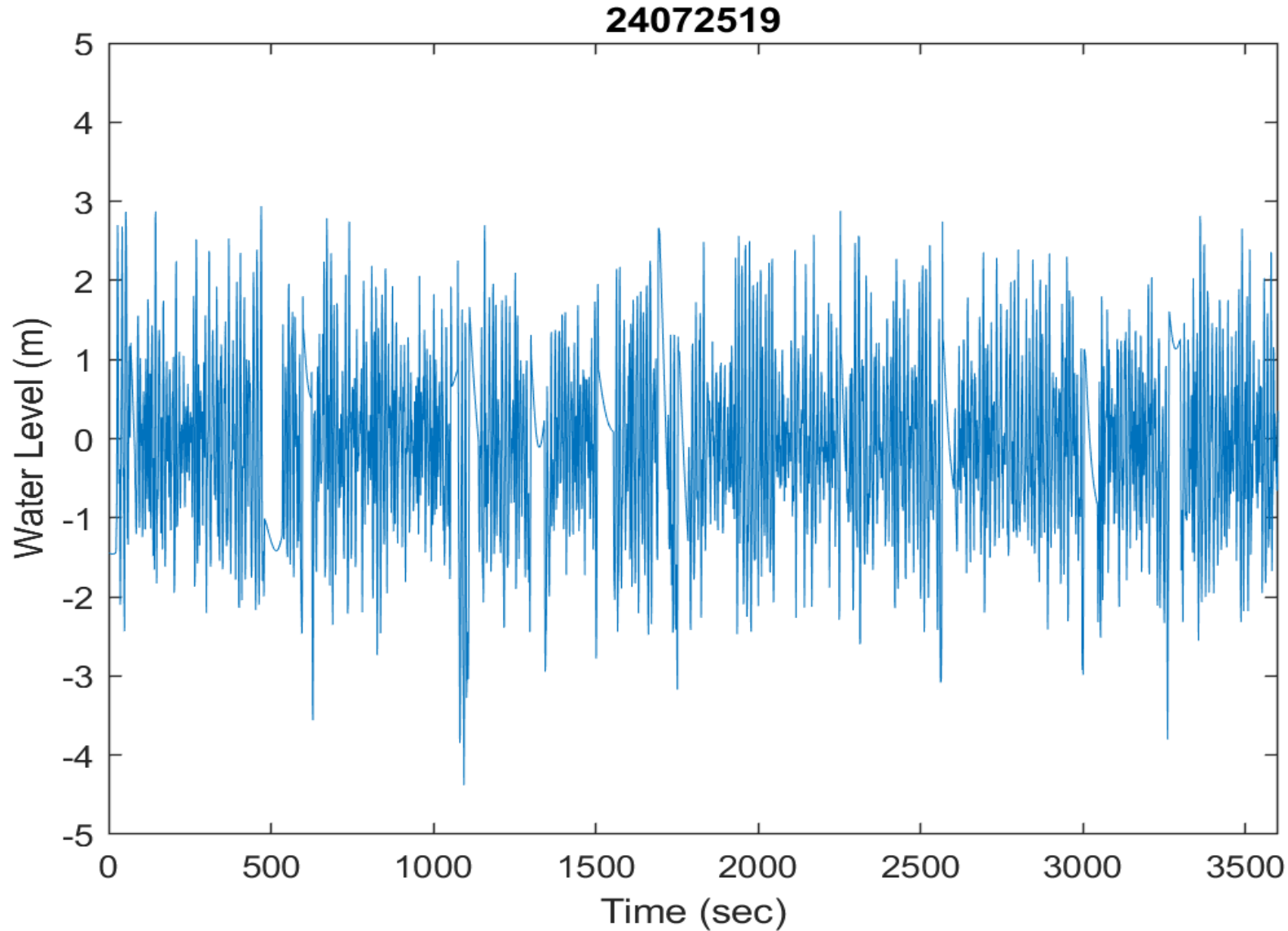
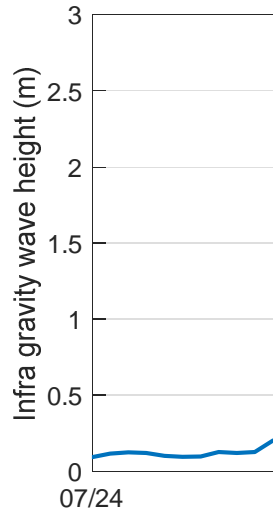
(max 0.96 m)





凱米

- 7/25
- 於7,



* 圖中缺值為資料品質不佳

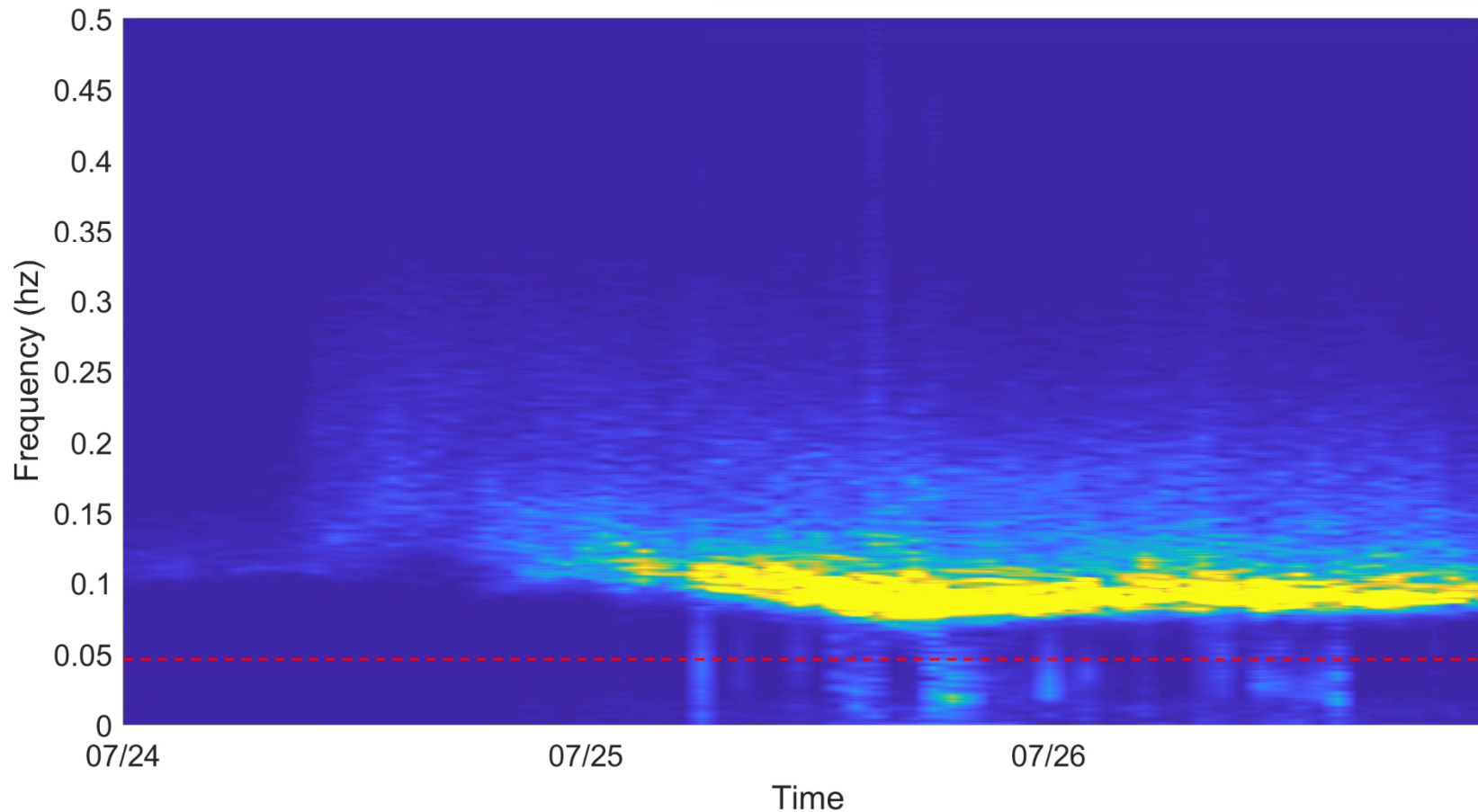
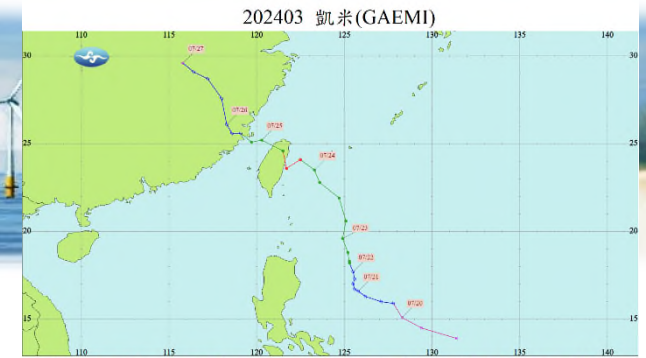


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



- 從時頻譜可以發現，7/25颱風逐漸影響台灣海峽，海況逐漸變差，一般重力波能量逐漸增強。
- 亞重力波能量也伴隨颱風影響而出現。

Gravity Wave

InfraGravity Wave

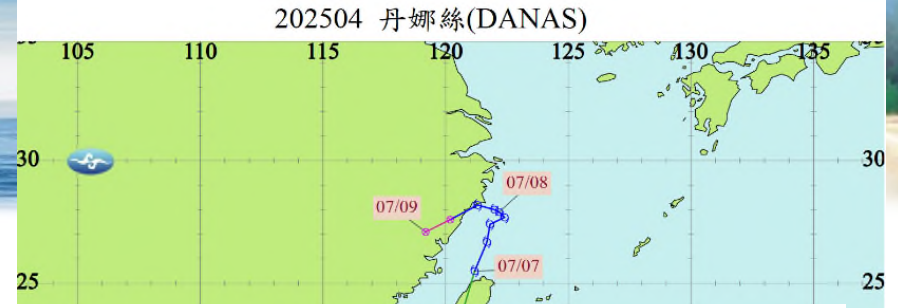


國立成功大學

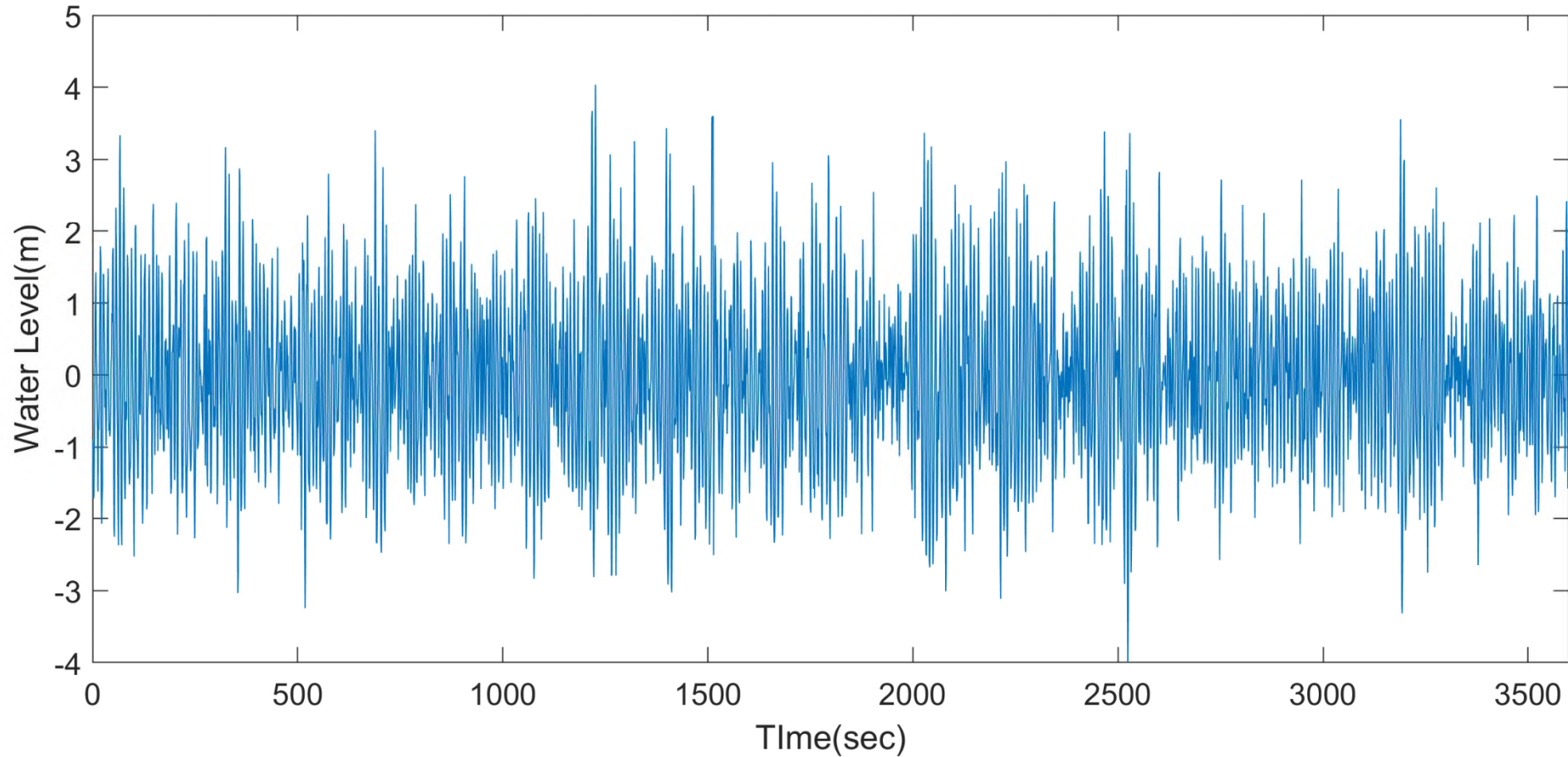
Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



丹娜絲 (DANAS) 颱風期間



* 圖中缺值為資料品質不佳



國立成功大學

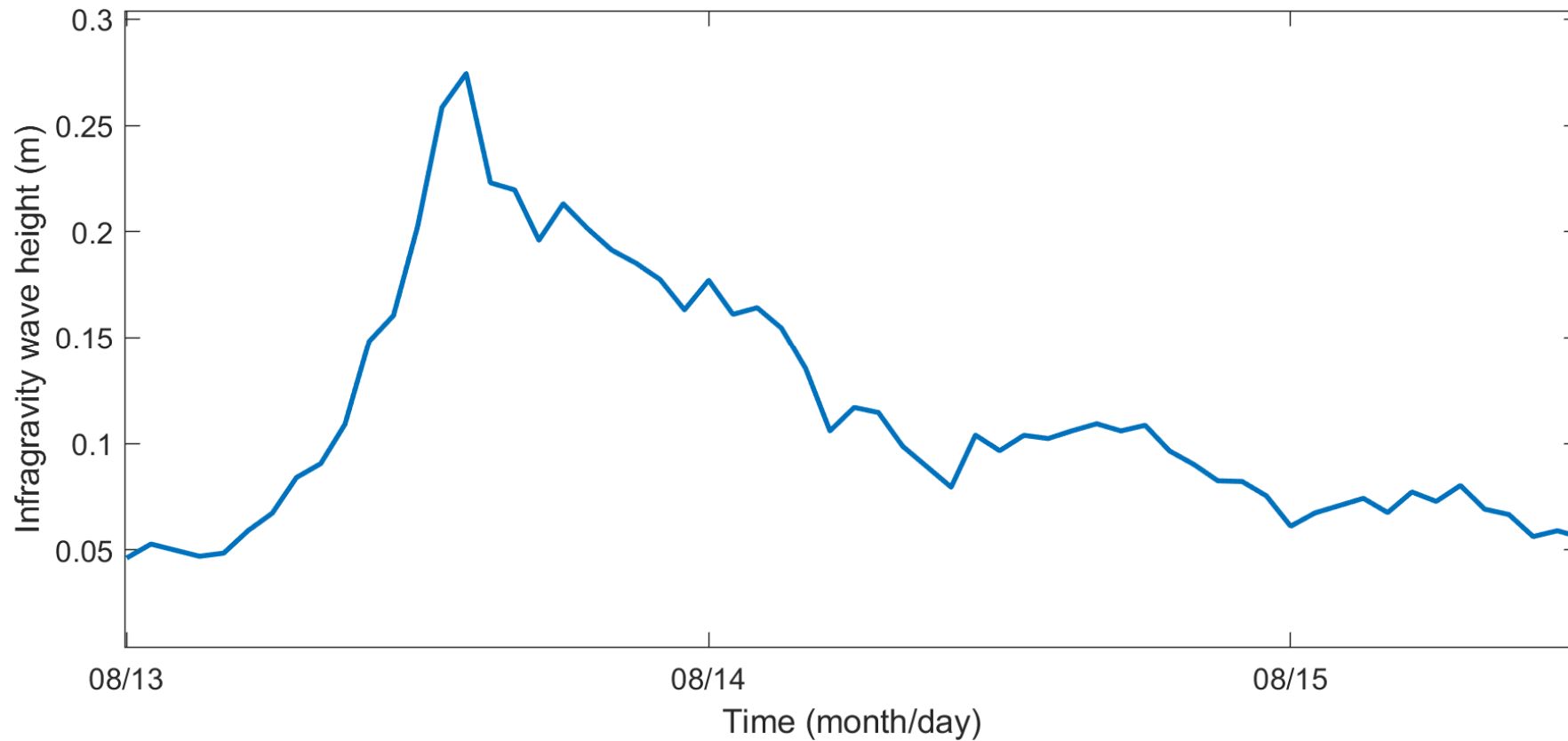
Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



楊柳 (PODUL) 颱風期間彰化



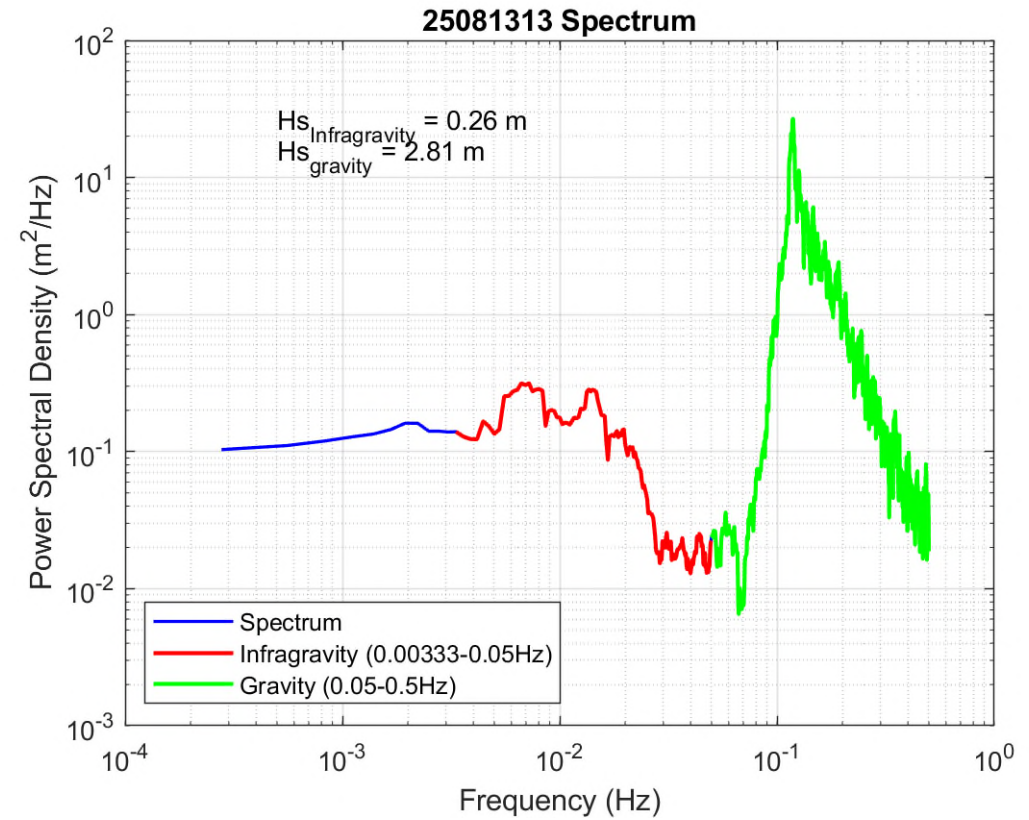
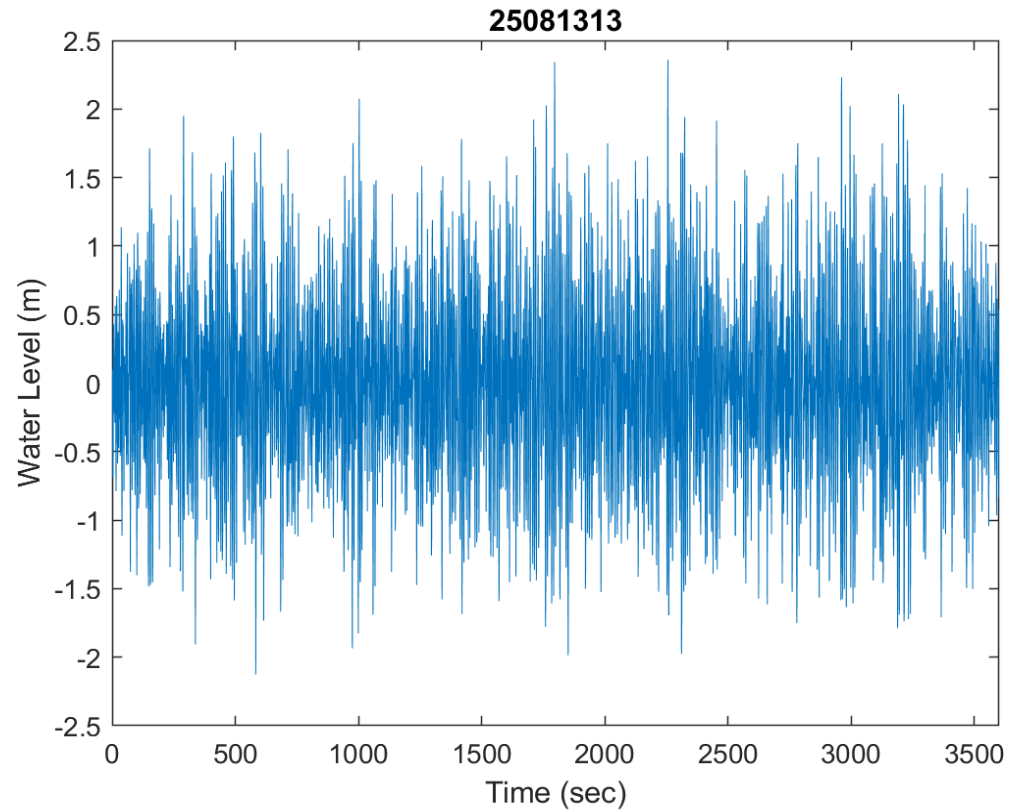


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



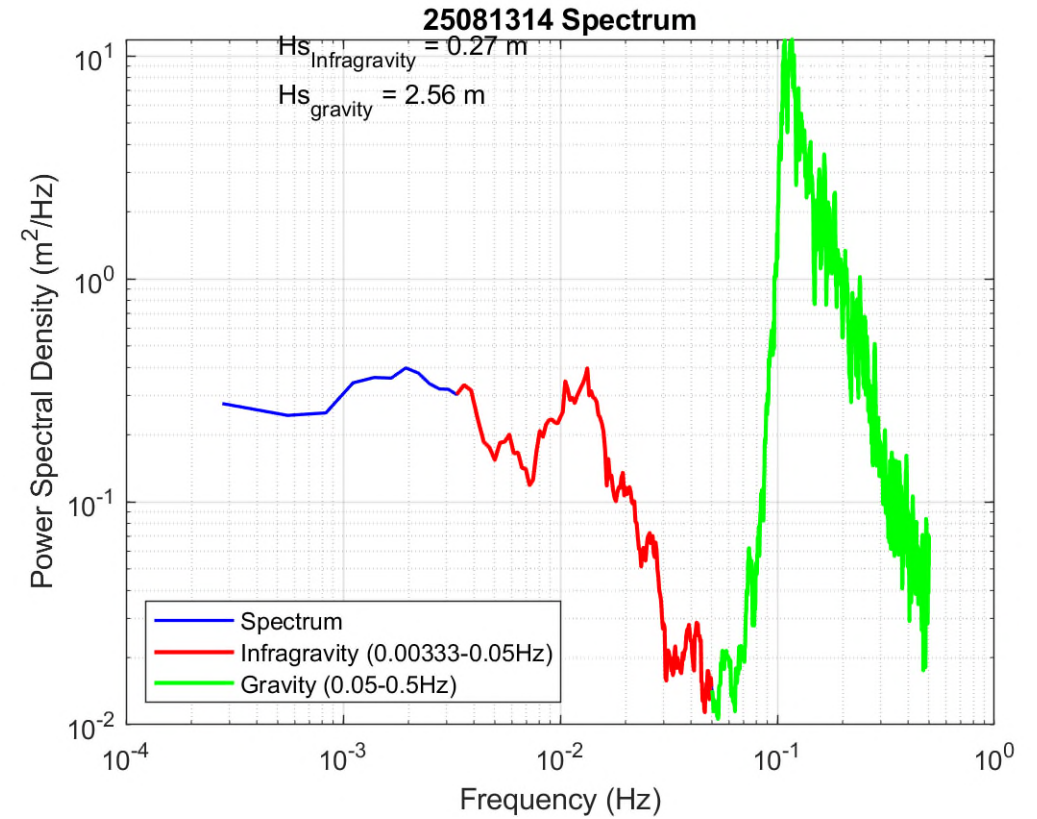
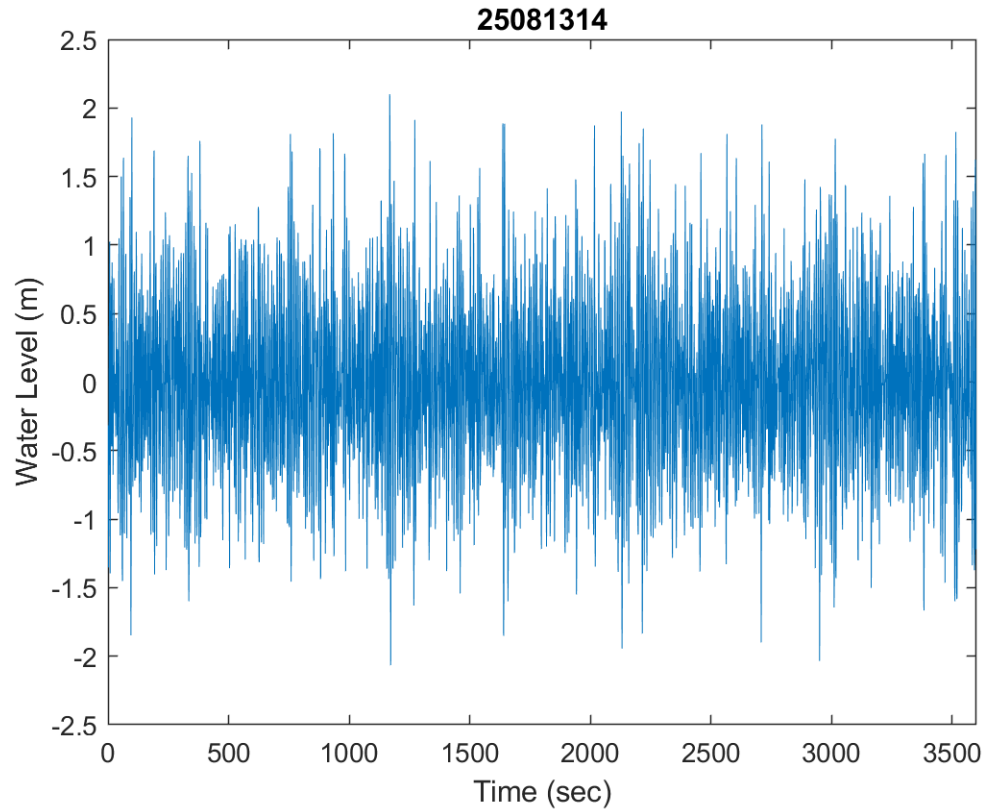


國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心





國立成功大學

Coastal Ocean Monitoring Center
National Cheng Kung University

近海水文中心



初步結論

1. 海表面水位資料中的亞重力波成分，可透過GNSS連續全時水位浮標觀測加以擷取。本研究利用臺南與彰化水位浮標 1 小時期間取樣頻率 1 Hz 的水位資料進行分析，經過去除潮汐與一般重力波成分後，成功取得該海域之亞重力波資訊。
2. 針對 2024 年 7 月至 2025 年 8 月的觀測資料分析顯示，臺南水位浮標海域的亞重力波波高多數小於 0.5 m，然而在凱米颱風期間仍觀測到顯著亞重力波高(2.2 m)，能量峰值頻率約為 0.019 與 0.03 Hz。丹娜絲、楊柳颱風的亞重力波高分別為 0.94 與 0.96 m，能量峰值頻率約為 0.006 與 0.015 Hz。
3. 針對 2025 年 8 月楊柳颱風的觀測資料分析顯示，彰化水位浮標海域的亞重力波波高增大至近 0.3 m，能量峰值頻率約為 0.006 與 0.015 Hz。
4. 由於亞重力波具有較長週期，須仰賴連續長期間水位觀測才能進行有效分析。水位浮標除具備潮汐與一般重力波觀測功能外，其連續長期間的水位資料亦可進一步應用於亞重力波之分析。



國立成功大學
Coastal Ocean Monitoring Center
National Cheng Kung University
近海水文中心



謝謝!



國立成功大學

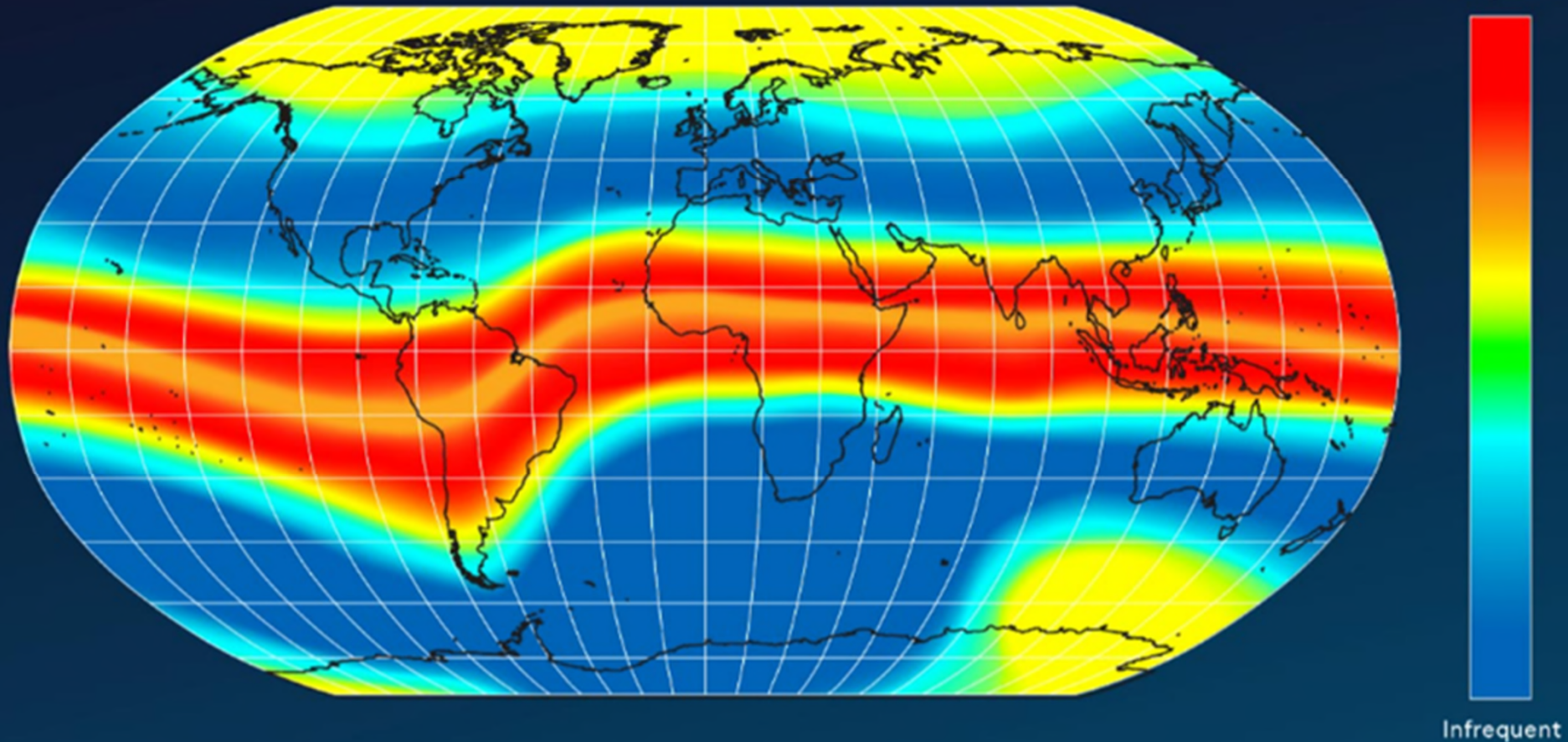
Coastal Ocean Monitoring Center

National Cheng Kung University

近海水文中心



Scintillation



Kintner et al. (2009)