

海平面觀測資料 之自動檢校與初步分析

楊智傑¹ 曾于恆² 余文彥³ 陳進益⁴

¹國立台灣大學水工試驗所

²美國國家大氣科學研究中心

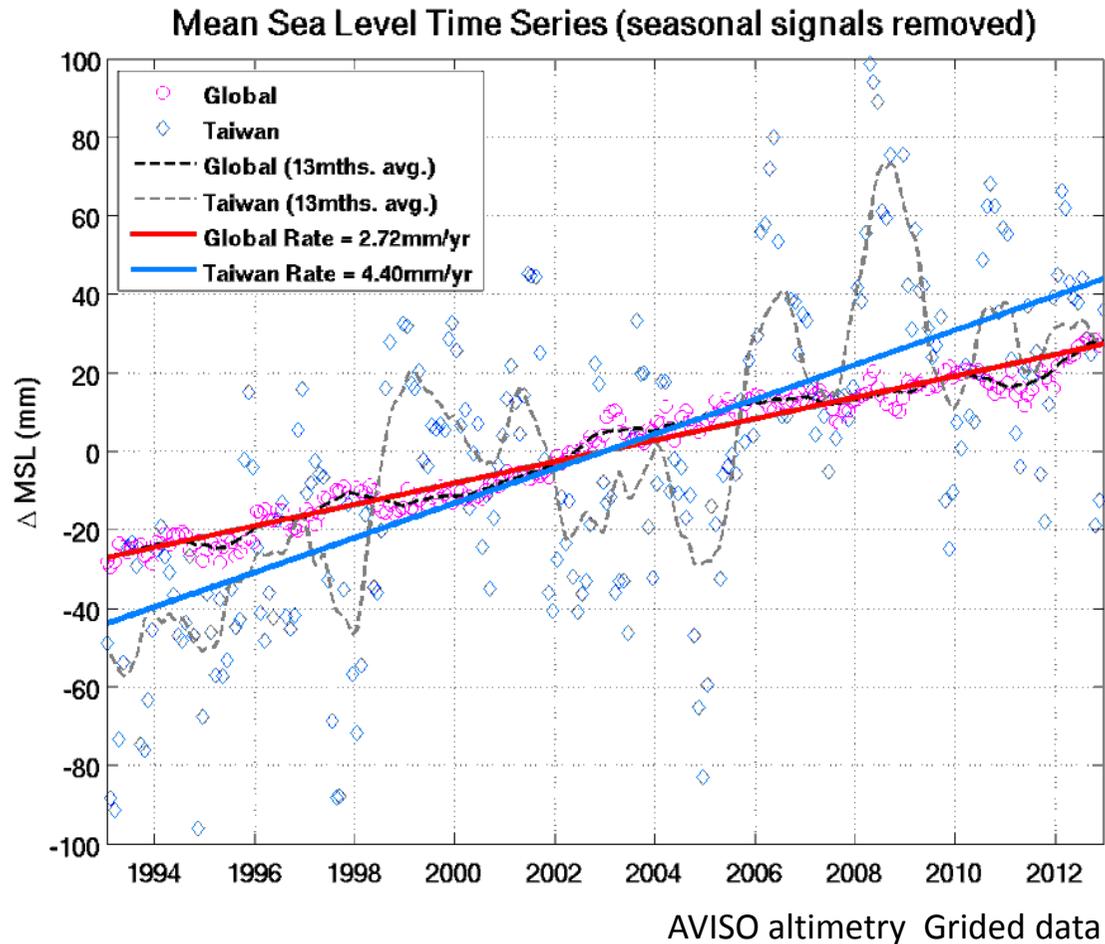
³中央研究院環境變遷研究中心

⁴中央氣象局中心

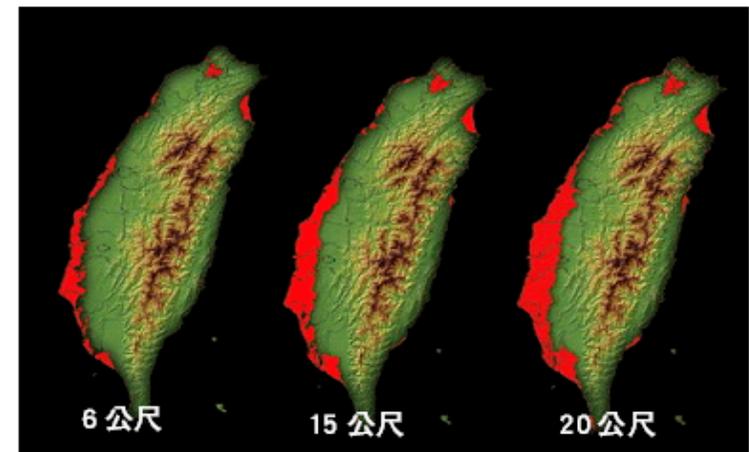
大綱

- 前言
 - 海平面上升
 - 觀測潮位資料
- 海平面資料檢校系統
- 海平面資料自動檢核模組
 - 方法概述
 - 驗證
- 海平面資料自動校正模組
 - 方法概述
 - 驗證
- 檢校成果(高雄&基隆)

海平面上升

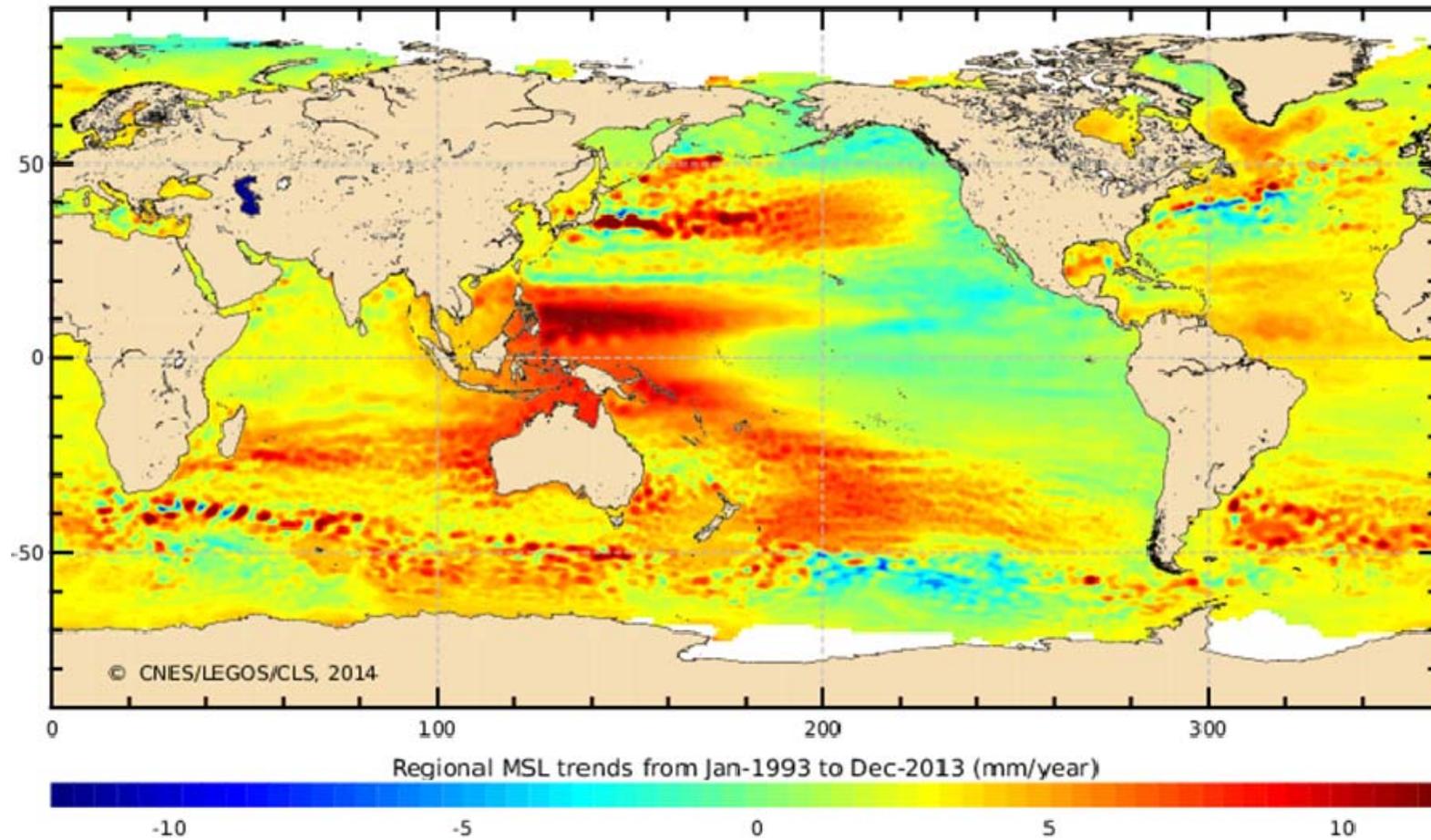


- 全球暖化的影響下，海平面上升的議題備受關注。
- 台灣四面環海，居民生活與海洋密切相關。



天下雜誌

Mean Sea Level Trend Map (mm/yr)

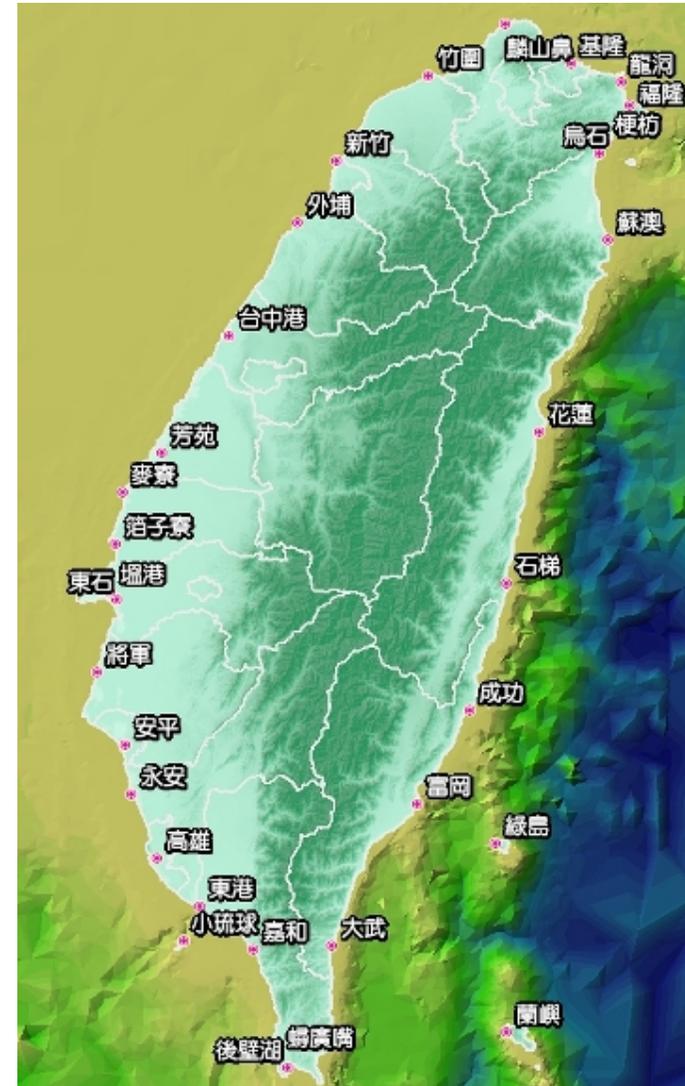


AVISO altimetry Grided data

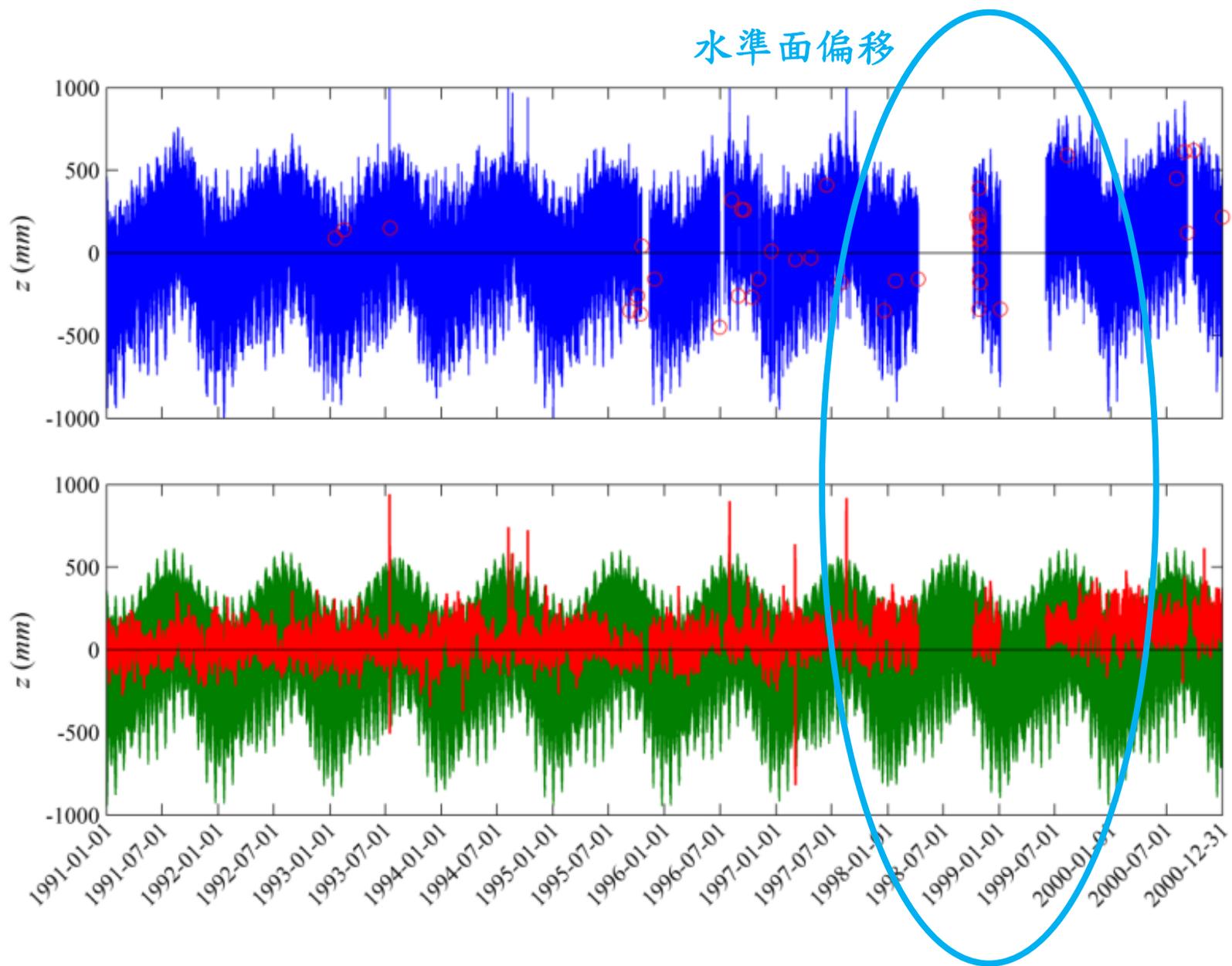
潮位觀測資料

- 海平面變化需分析潮位站的長期觀測資料，然記錄常有中斷與水準面(基準點)偏移的現象。
 - 風災、地殼變動、地層下陷
 - 儀器問題、人為因素(故障維護、更換儀器、變更地點)

潮位站代號	潮位站名稱	經度	緯度	起始時間	資料缺漏 (至2013年8月)
1516	基隆	121°45' 08"E	25°09' 18"N	1946/05/01	11.7%
112	新竹	120°55' 14"E	24°50' 55"N	1992/05/27	3.9%
1176	將軍	120°04' 59"E	23°12' 45"N	2002/01/01	8.5%
1246	蘇澳	121°52' 01"E	24°35' 33"N	1981/01/01	12.9%
1256	花蓮	121°37' 25"E	23°58' 50"N	1950/06/01	20.2%
1356	澎湖	119°34' 37"E	23°33' 37"N	1954/10/01	8.1%
1366	塭港	120°07' 21"E	23°28' 00"N	1963/02/01	22.8%
1436	台中港	120°31' 59"E	24°17' 16"N	1971/03/01	16.3%
1486	高雄	120°17' 18"E	22°36' 52"N	1947/05/16	18.9%



潮位觀測資料水準面偏移



海平面資料檢校系統

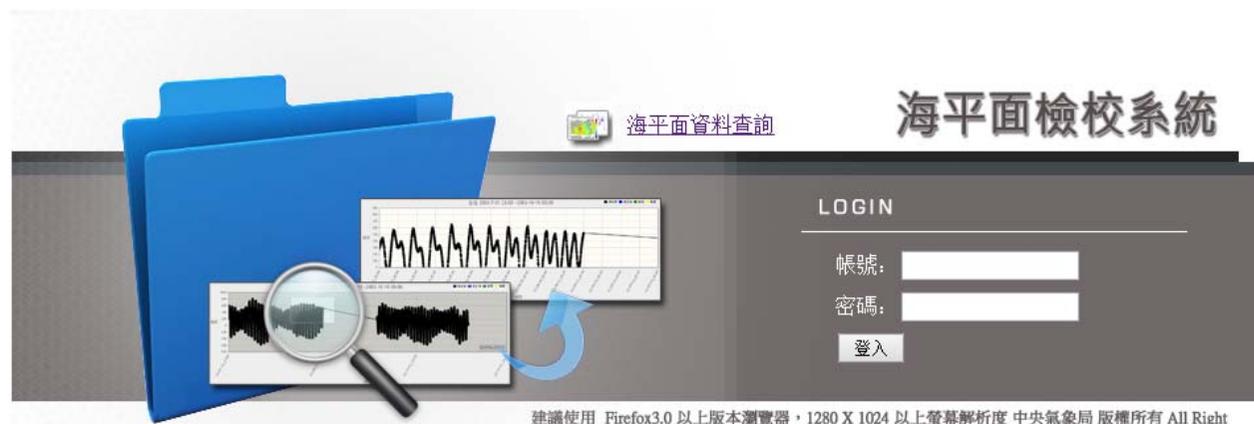
本計畫針對觀測潮位資料龐大與記錄缺失的特性，開發海平面資料檢校系統修正資料中異常偏移的水準面，使得潮位資料可運用於長期統計分析。

- 海平面資料自動檢核模組

自動檢核挑錯，記錄需要修正的時段。

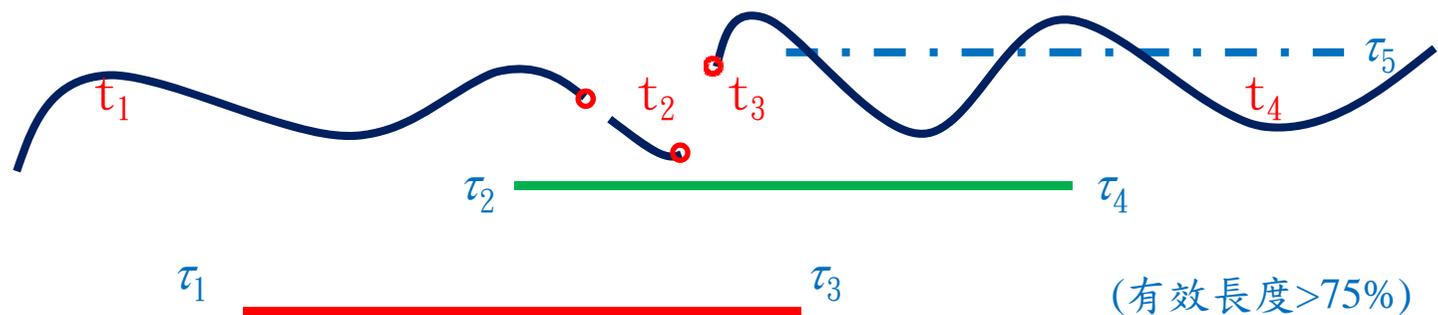
- 海平面資料自動校正模組

建立不同的方法計算水準面調整差值。



海平面資料自動檢核模組-檢核方法概述

- 主要針對儀器問題、人為因素。
- 不考慮地殼變動、地層下陷等因素。 (*)
- 檢核方法利用海平面資料移動平均搜尋異常。
 - 在重疊時段內(t_2-t_3)，假設最長中斷事件(t_2-t_3)發生基準偏移，進一步取其前後兩年(t_1 、 t_4)以計算基準面修正量。
 - 最大的檢核誤差小於重疊時段的長度
 - 檢核出的 t_1 不超過前一檢核事件的 t_2 ； t_4 不超過後一檢核事件的 t_3



移動平均跨距： $\tau_3 - \tau_1$ (或 $\tau_4 - \tau_2$)

海平面資料自動檢核模組-長/短期潮位資料分析

檢核模組之移動平均參數(時間跨距及時間平移)及檢核參數(平均之變化)需針對各測站研析給定。

- 依據移動平均的跨距分為：
 - 長期潮位資料分析：使用跨距**2年**計算移動平均。
 - 短期潮位資料分析：使用跨距**28天**計算移動平均。
- 長期資料分析
 - **檢核參數一**：該資料之單筆移動平均與前一筆移動平均相比，變化超過**45mm**即判斷為基準面異常偏移事件；連續兩筆移動平均被檢核出異常時，若屬於同向變化(如：120 mm及 140 mm)，則取前一筆，若為反向變化(如：120 mm及-140 mm)，則兩筆均為異常。
 - **檢核參數二**：若該筆移動平均值的增加量及下一筆移動平均值的增加量之和超過**53mm**，則判斷為基準面異常偏移事件，若該筆(及前、後兩筆)資料已在條件一被檢核出，則跳過。

海平面資料自動檢核模組-檢核參數

- 短期潮位資料分析：

各潮位站有很大的變異性，參數設定採用下列公式：

$$\text{檢核參數一} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Radz}_i + 3 \times \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Radz}_i - \mu)^2} = \mu + 3\sigma$$

$$\text{檢核參數二} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{Radz}_i + 5 \times \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\text{Radz}_i - \mu)^2} = \mu + 5\sigma$$

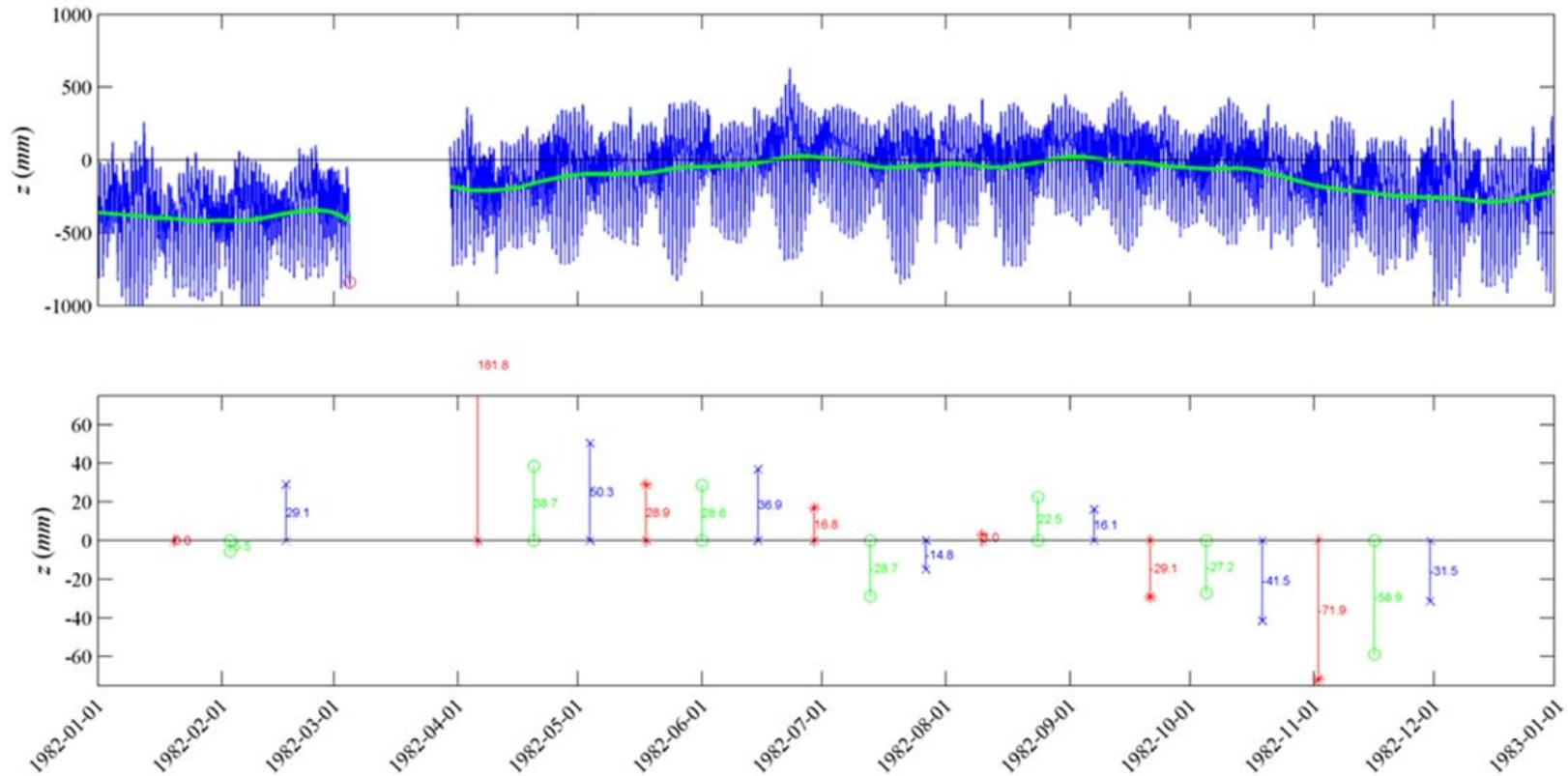
- Radz：觀測資料前、後兩筆移動平均相差之絕對值。
- μ ：Radz之平均； σ ：Radz之標準差。

檢核參數表

潮位站代號	潮位站名稱	短期檢核參數一(mm)	短期檢核參數二(mm)	短期檢核參數一(mm)	長期檢核參數二(mm)
1516	基隆	102	149	45	53
112	新竹	116	172	45	53
1176	將軍	106	157	45	53
1246	蘇澳	85	123	45	53
1256	花蓮	152	229	45	53
1356	澎湖	126	188	45	53
1366	塭港	108	157	45	53
1436	台中港	106	156	45	53
1486	高雄	97	144	45	53

海平面資料自動檢核模組-驗證

- 使用實測潮位資料，包含：基隆、新竹、高雄、花蓮、澎湖等潮位觀測站。
- 驗證方式：
 - 對原始潮位資料進行第一次檢核，得到發生基準面異常偏移時段。
 - 逐次均勻地在各年製造一至兩筆人為的資料中斷、水準面異常偏移事件。依據各潮位觀測站資料時間長度，大約進行20至40次測試。
 - 再次進行檢核，測試檢核模組是否能順利偵測此人為異常事件。
- 驗證結果：成功率接近九成。
- 失敗原因：
 - 水準面異常偏移發生之時間附近資料遺失過多。
 - 水準面異常偏移與自然變化結合。



檢核模組基隆站短期實測潮位分析驗證例：1982/03/05中斷25天，中斷前偏移-100 mm。

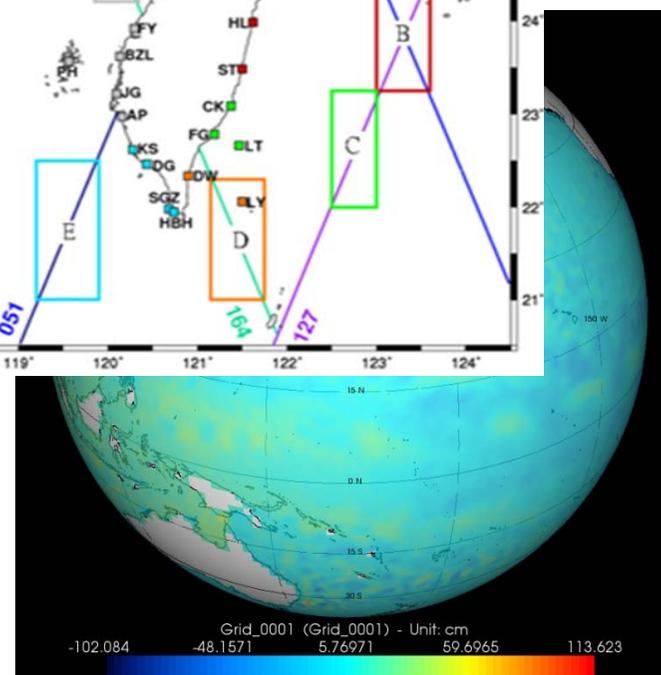
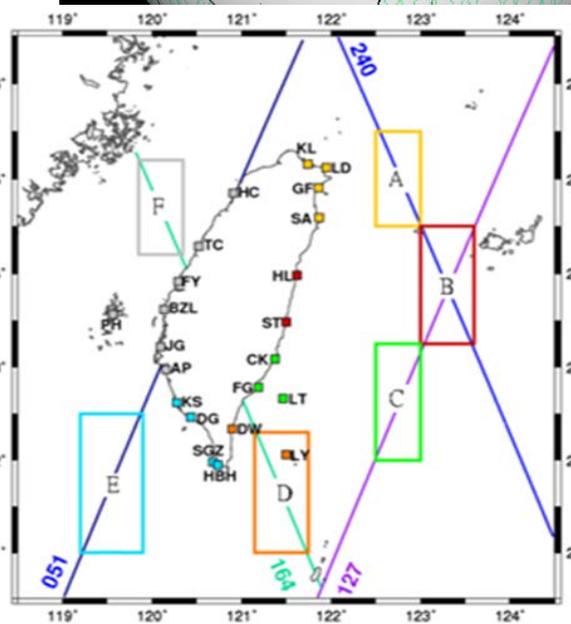
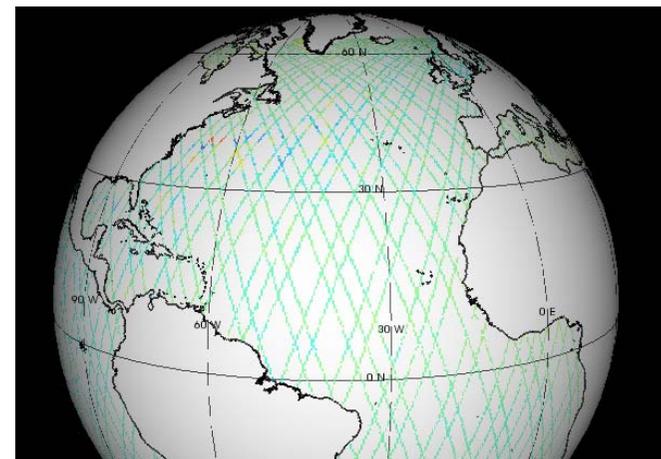
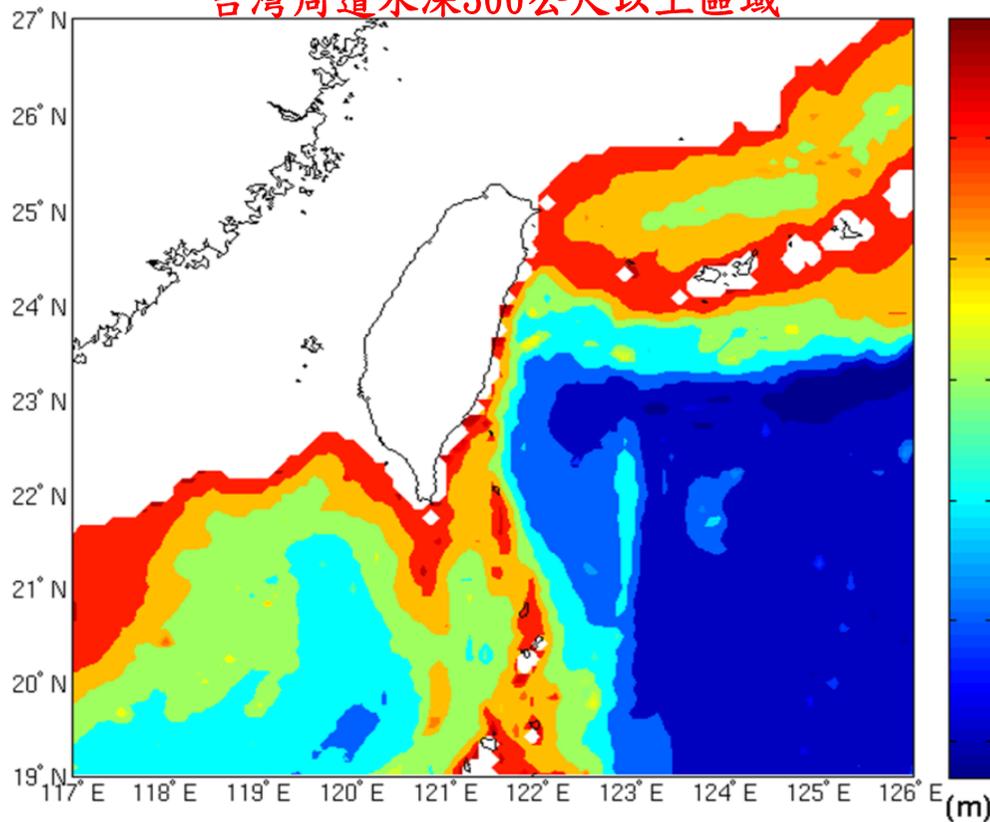
- 原始資料(藍實線)與月平均線(綠實線)。
- 使用短期分析(28天跨距移動平均)成功檢核異常偏移。

海平面資料自動校正模組-校正方法

- 校正方法：
 1. 直接平均差值修正法
 2. 天文潮平均差值修正法
 - 調和分析
 - 天文潮資料庫
 3. NA099b全球潮汐模式
 4. 給定差值修正法
- 注意事項：
 - 兩段潮位資料基準面之差異，包含了(1)人為造成的基準面偏移及(2)平均海水面的自然變化。
 - 目前尚無有效的方法將兩者分離，故消去基準面偏移，同時也會消去局部的自然變化。
 - 以研究海平面長期變化趨勢而言，消去之局部自然變化會隨分析時間之增長而減弱其影響。此外，亦可能有正、負抵銷之情形。

不用衛星遙測資料修正？

台灣周遭水深300公尺以上區域



AVISO Gridded

海平面資料自動校正模組-天文潮平均修正法概述

- 調和分析是將潮汐是為各種分潮之總和，每個分潮都有一定的週期與振幅，可用傅立葉級數展開表示：

$$\eta(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t)$$

$$= A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} H_n \cos(\omega_n t - \varepsilon_n)$$

選取 k 個分潮以求得最佳近似之潮汐運動方程式，

$$y(t') = A_0 + \sum_{r=1}^k (A_r \cos \omega_r t' + B_r \sin \omega_r t')$$

欲使潮位方程式有最佳近似，利用最小二乘法原理使殘差平方和最小，求得各項常數，進而求得各分潮的振幅與調和常數

$$U = \sum_{t'=-m}^m [y_t - y(t')]^2$$

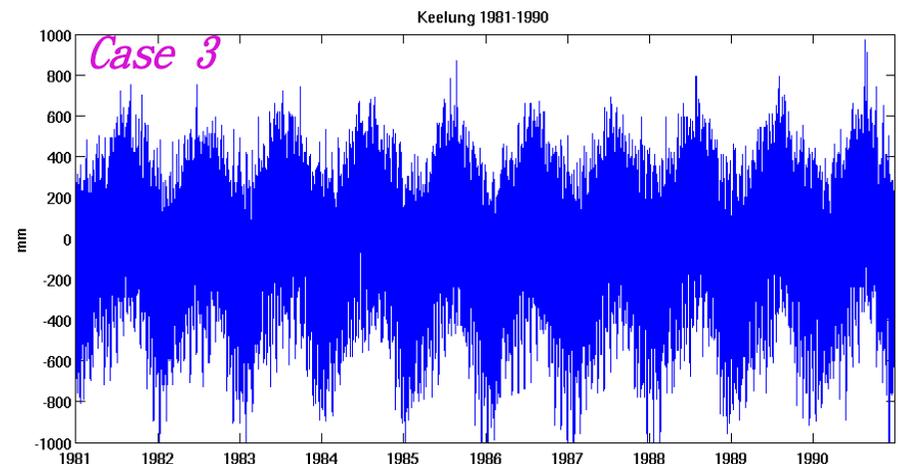
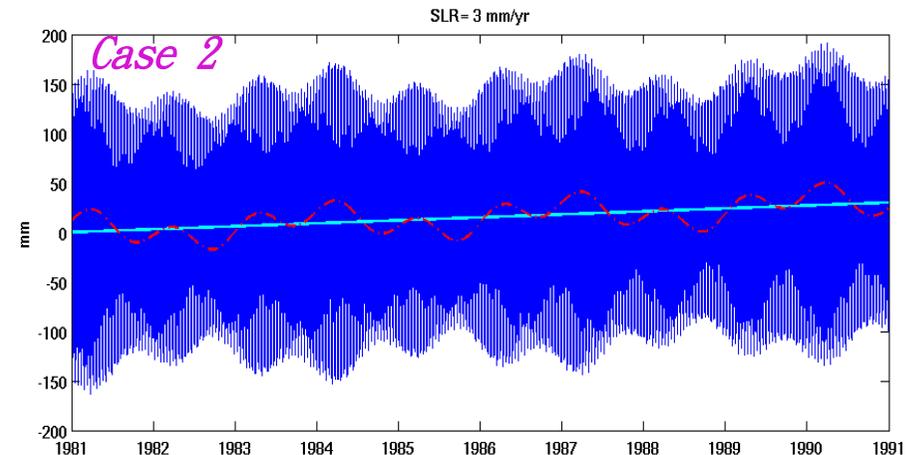
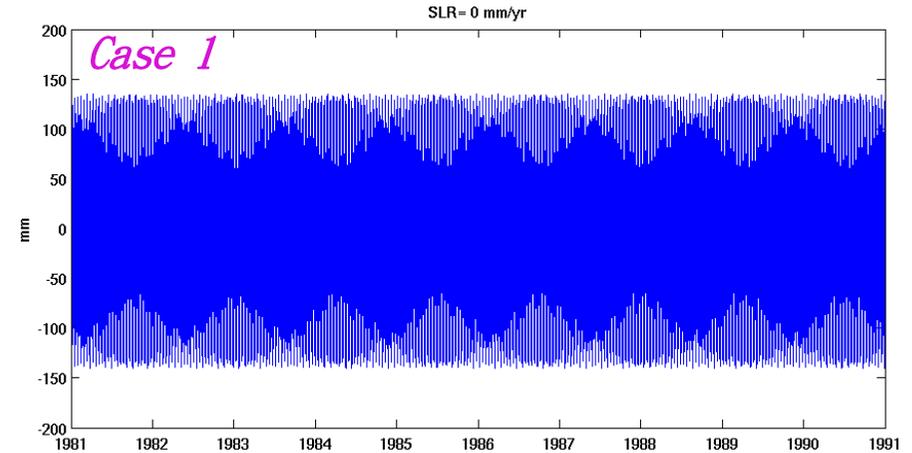
分潮編號	分潮名稱	分潮週期(時)	分潮編號	分潮名稱	分潮週期(時)
1	Sa	8766.55	35	M2	12.42
2	Ssa	4382.89	36	H2	12.40
3	Msm	763.49	37	Mks2	12.39
4	Mm	661.31	38	Lda2	12.22
5	Msf	354.37	39	L2	12.19
6	Mf	327.86	40	T2	12.02
7	ALP1	29.07	41	S2	12.00
8	2Q1	28.01	42	R2	11.98
9	Sig1	27.85	43	K2	11.97
10	Q1	26.87	44	Msn2	11.79
11	Rho1	26.72	45	Eta2	11.75
12	O1	25.82	46	Mo3	8.39
13	Tau1	25.67	47	M3	8.28
14	Bet1	24.97	48	So3	8.19
15	No1	24.83	49	Mk3	8.18
16	Chi1	24.71	50	Sk3	7.99
17	Pi1	24.13	51	Mn4	6.27
18	P1	24.07	52	M4	6.21
19	S1	24.00	53	Sn4	6.16
20	K1	23.93	54	Ms4	6.10
21	Psi1	23.87	55	Mk4	6.09
22	Phi1	23.80	56	S4	6.00
23	The1	23.21	57	Sk4	5.99
24	J1	23.10	58	2Mk5	4.93
25	So1	22.42	59	2Sk5	4.80
26	Oo1	22.31	60	2Mn6	4.17
27	Ups1	21.58	61	M6	4.14
28	Oq2	13.16	62	2Ms6	4.09
29	Eps2	13.13	63	2Mk6	4.09
30	2N2	12.91	64	2Sm6	4.05
31	Mu2	12.87	65	Msk6	4.04
32	N2	12.66	66	3Mk7	3.53
33	Nu2	12.63	67	M8	3.11
34	H1	12.44	68	M10	2.48

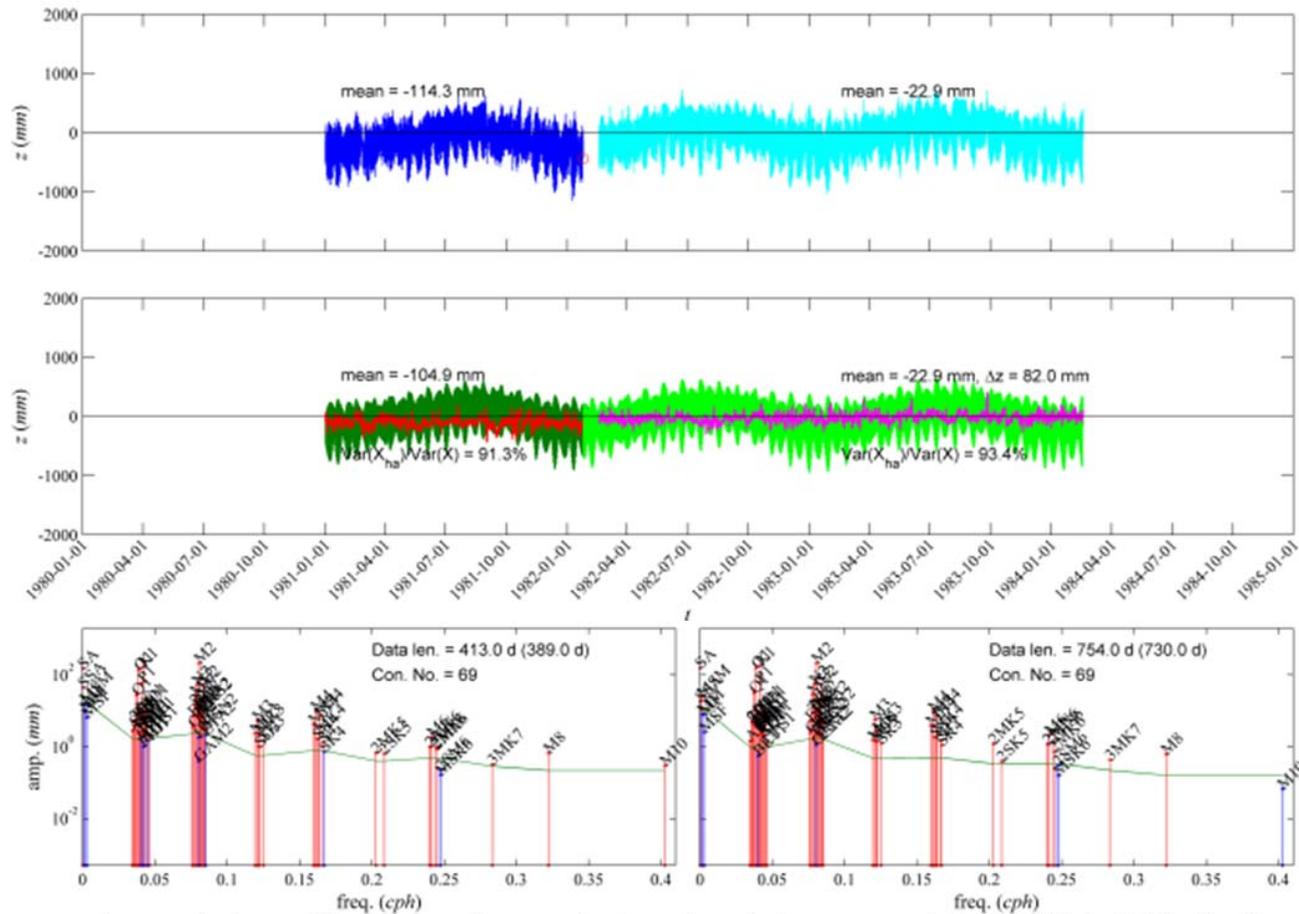
海平面資料自動校正模組-天文潮平均修正法驗證

- 驗證使用
 1. 基隆站1981~1990年天文合成潮(M2、S2、O1、K1)。
 2. 基隆站1981~1990年天文合成潮(M2、S2、O1、K1)，加入年上升率，以及1年與3年的週期波合成。
 3. 基隆站1981~1990年實測潮位資料。
- 製造中斷基準面偏移事件，基準偏移為 ± 100 mm，使用檢核模組判斷需修正之時段($t_1-t_2-t_3-t_4$)。
- 天文潮平均差值修正法連結調和分析預報程式(T_TIDE，使用69個分潮)，求得(t_1-t_2)以及(t_3-t_4)兩相鄰時段潮位資料基準面，並進一步求得兩者之差值。

驗證結果：

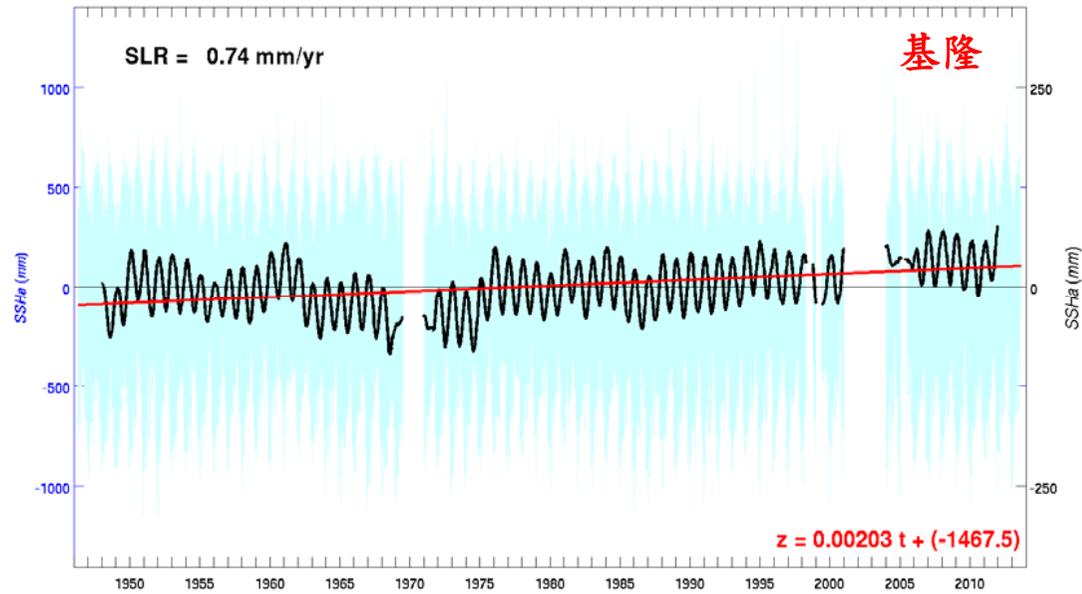
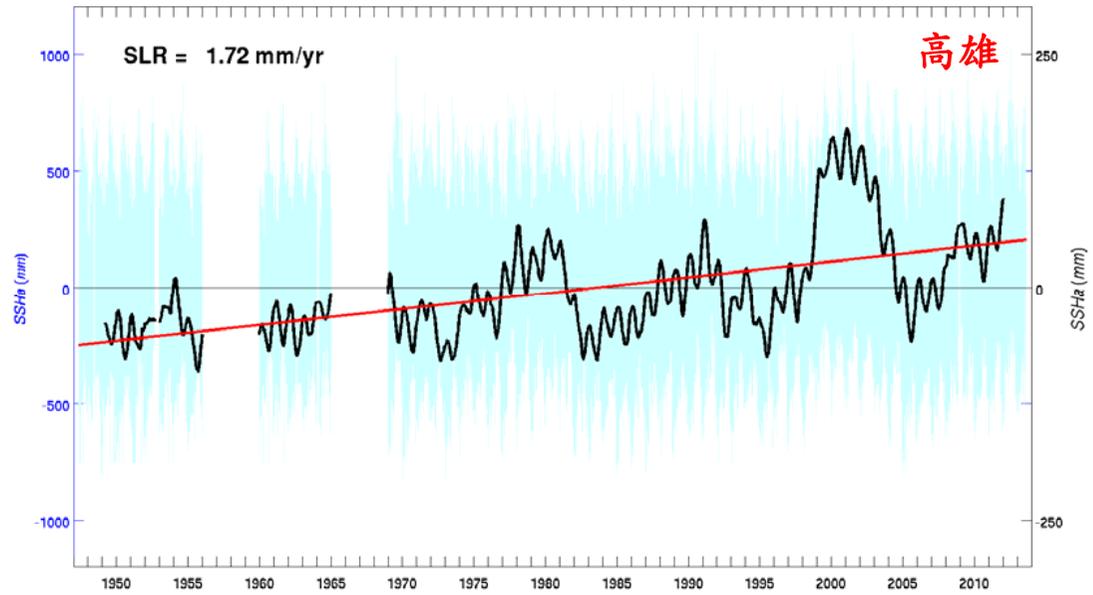
- Case 1: M2、S2、O1、K1
能準確得到修正值 ± 100 mm
- Case 2: (M2、S2、O1、K1)+合成波
 - SLR=3mm/yr：準確度約93%
 - SLR=6mm/yr：準確度約88%
- Case 3: 實測資料
受海水面自然變化影響：
 - 自然變化不大時，計算之修正值誤差小於1%
 - 自然變化顯著時，計算修正值的準確度可達到70%





校正模組基隆站潮位分析驗證例，於1982/01/25中斷25天，基準面偏移-100mm。經檢核與校正模組得到修正量為+82mm。
 (上層為原始資料，中層為天文潮及非天文潮，下層為重要分潮)

高雄 & 基隆



Thank You!