

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

全球定位科學應用研究委託案(3/3)

101年度「全球定位科學應用研究中心」

期末報告

工作項目(3.2)：全球大氣與氣候模式掩星觀測同化及模擬報告

期末報告計畫名稱：進行掩星資料應用於全球大氣與氣候模擬、分

析前置技術發展：以掩星資料進行全球大氣長

期模擬及分析

執行期間： 2012/02/18~2013/02/17

分項工作管理人：林沛練

參與人員：簡芳菁 陳致穎 邱思翰 許郁卿

中 華 民 國 1 0 2 年 2 月

一、 摘要

本計畫探討福衛三號衛星 GPS RO 觀測資料對長時間區域模式模擬之影響，針對 2010 年 5 月中至 6 月中旬進行一個月延續模擬，結果顯示同化 GPS RO 資料對重力位高度場之技術得分有較大正值的現象，於熱帶地區有更為明顯之正貢獻情形，又以最後 11 天期間之模擬有最顯著之正技術得分。由過去研究發現 GPS RO 資料對短期 11 天的模擬有正貢獻，本研究顯示同化 GPS RO 資料對於一個月長時間延續模擬之重力位高度場也有所貢獻，又以觀測資料較為缺乏的熱帶海洋地區最為明顯，其中同化 GPS RO 資料後，對於控制組於孟加拉灣處模擬過低的氣旋有顯著改善之現象，而與分析場之強度較為相似。

第二部分是探討 GPS RO 資料對於 Global WRF 模擬的影響，比對 2012 年 6 月份的 Global WRF 有無加入 GPS 的分析場可以發現，加入 GPS RO 資料對相對溼度、溫度與風速皆有改善，其中對於風速的正貢獻最大。而 Global WRF 預報場的部分，本研究從 2012/06/09 進行 72 小時的模擬，結果顯示有無加入 GPS RO 資料對於相對濕度、溫度、風場差異不大，都是低緯度的模擬結果跟 NCEP FNL analysis 相近，中高緯度的模擬結果則是跟 NCEP FNL analysis 有較大的誤差。

二、 前言

本研究針對 2010 年 5 月中至 6 月中旬梅雨季期間(2010 年 5 月 15 日 0000 UTC~6 月 15 日 1200 UTC)，利用 Update cycle 的方式，進行有無同化 GPS RO 資料之一個月延續模擬測試，分別以控制組 CON 及同化 GPS RO 資料之實驗組 (GPS)對 ECMWF 分析場進行各氣象變數之校驗，以探討福衛三號衛星 GPS 觀測資料對一個月長時間 WRF 區域模式模擬之影響，並分別比較各時期同化 GPS RO 資料所造成之效應。本實驗第二部分時間以 2012 年 6 月為主，利用 EAKF 產生一個月(2012060100~2012063000)的系集增量分析場以及進行 72 小時的模擬(2012060900~2012061200)。實驗名稱 GFS 代表沒有同化 GPS RO 資料，實驗名稱為 GPS 表示有同化 GPS RO 資料。探討加入 GPS RO 資料對於 Global WRF 的影響。

2.1.1 資料來源與模式設定(第一部分)

針對 2010 年(2010 年 5 月 15 日 0000 UTC~6 月 15 日 1200 UTC)之 32 天 64 組模擬的梅雨季期間，使用 WRF 模式與三維變分同化系統(WRF 3DVAR) 將觀測資料同化至模式中。以同化傳統地面測站與探空資料之控制組(CON)，及除了同化傳統地面測站與探空資料外另加入 GPS RO 資料之實驗組(GPS)，分別對 ECMWF 分析場進行重力位高度場之校驗，以探討有無同化福衛三號 GPS RO 觀測資料之差異，並進行 72 小時定量評估。其模式設定分別如下：使用藍伯特地圖投影，模擬的範圍選取 WRF 模式三層巢狀網格設定(圖 1)，第一層(簡稱 D1)、第二層(簡稱 D2)及第三層(簡稱 D3)的水平解析度分別為 45 公里、15 公里及 5 公里，相鄰兩層網格間的資料可透過雙向交互作用(two-way interactive)互相影響，而垂直方向則為 32 層，模擬預報時間 72 小時。雲物理設定採用 Goddard GCE scheme (簡稱 G-GCE)並搭配 Kain-Fritsch 積雲參數法(簡稱 K-F)，邊界層參數法則選用 Yonsei University(簡稱 YSU)。WRF 模式的初始場及邊界資料來自於 NCEP (National Center for Environmental Prediction)每 6 小時一筆的 GFS(Global Forecast System)分析場資料 (水平解析為 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$)，模擬長度達 72 小時。

2.1.2 實驗設計與研究方法

針對 2010 年有無同化 GPS RO 資料之差異分為 2 組模式成員(參見表 1)，各成員第 1 組模擬之初始條件來源皆為初始時間的 NCEP GFS 分析場，而其餘的 63 組模擬皆使用前 6 小時初始時間的 6 小時預報場作為初始場(6-h update cycle)。並利用梅雨季期間實驗 GPS 的重力位高度場，與 ECMWF 分析場進行校驗，藉以檢驗其預報能力。表 2 則為利用 WRF VAR 於 2010 年梅雨季期間所同化的資料總量，在此我們使用均方根誤差(Root-mean square error, RMSE)求得實驗組 GPS 與控制組間的技术得分(skill score, SS)來進行校驗，其定義分別如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (F_n - O_n)^2}{N-1}} \quad (1)$$

$$SS = -\frac{RMSE_{GPS} - RMSE_{CON}}{RMSE_{CON}} \times 100\% \quad (2)$$

(1)式中的 F 及 O 分別代表預報場及觀測場，N 則為所有的樣本數。當均方根誤差較小時，代表預報的結果與觀測的結果較為接近，而(2)式之技術得分則為實驗組 GPS 相對於控制組 CON 預報的改進程度百分比，可判斷重力位高度場的正確性及改進程度。

2.2 研究方法與實驗設計(第二部分)

2.2.1 EAKF 資料同化系統概述

資料同化係將特定時間內所有的觀測資料加上模式背景場估計出大氣狀態。本局近年來不斷發展大氣資料同化系統以取代傳統的客觀分析方法，EAKF 利用系集預報與資料同化的特性，使得分析場更接近於實際大氣狀態，特別是在中尺度天氣系統上。

EAKF 採用卡爾曼濾波方法進行系集資料同化。EAKF 與一般的 EnKF 在資料同化過程中有所不同，主要在於 EAKF 使用每個系集成員的連續概率分佈和擷取背景場誤差，計算連續概率分佈和觀測資料的分析增量，利用此分析增量調整各個系集成員，得到新的系集成員的概率分佈，即調整後的系集增量分析場；EnKF 則是利用擾動觀測法計算出分析增量，再將分析增量加回到各個系集成員，得到新的系集增量分析場。

2.2.2 實驗設計

本研究使用 WRF (Weather Research and Forecasting) 模式為 v 3.1.1 版本。模式使用單層巢狀網格，預報區域如圖 16 所式，模式解析度為 111 km，垂直層使用 eta 座標共有 31 層，模式層頂為 30hPa。模式物理參數法包括 NOAH 土壤模式、WSM5 微物理參數法、YSU 邊界層參數法、Betts-Miller-Janjic 積雲參數法、RRTMG 長波輻射參數法和 RRTMG 短波輻射參數法等，各參數法之介紹詳見

WRF 使用手冊 (Skamarock et al., 2008)。模式之側邊界採用 NCEP 全球模式 $1^\circ \times 1^\circ$ 的分析與預報場，並以 NCEP 計算的 CV3 背景場誤差斜方差資料作為系集成員初始的背景場誤差斜方差。實驗採用 32 組系集成員作資料同化與短期預報，受限於電腦運算資源，使用 EAKF 系集平均進行 72 小時決定性預報。

本實驗以 2012 年 6 月為主，產生一個月 (2012060100~2012063000) 的系集增量分析場以及一筆預報資料 (2012060900~2012061200)。實驗名稱 GFS 代表沒有同化 GPS RO 資料，實驗名稱 GPS 表示有同化 GPS RO 資料。探討加入 GPS RO 資料對於 Global WRF 的影響。

三、 成果報告

3.1.1 同化 GPS RO 資料與分析場之校驗(第一部分)

圖 2 為 2010 年梅雨季期間 (2010 年 5 月 15 日 0000 UTC~6 月 15 日 1200 UTC)，第一層網域之 GPS 相對 CON 於各層之技術得分情況。由 2010 年第一層網域之技術得分，分別針對短期 11 天、一個月、一個月之模擬擷取與短期 11 天之相同時段及取最後 11 天之模擬結果可發現，同化 GPS RO 資料對各時期中、低層重力位高度場皆大致有正技術得分，又以一個月之最後 11 天的模擬於中、低層皆有較為顯著之正貢獻情形，顯示同化 GPS RO 資料所造成之影響會隨模擬時間累積，並於模擬最後時段顯現較為明顯之效應。

為進一步探討同化 GPS RO 資料對不同緯度範圍之影響，另依不同緯度，將 2010 年第一層網域 GPS 資料劃分成熱帶、副熱帶及中緯度等三個區域 (圖 3) 來進行探討。由圖 4 之 2010 年梅雨季各期間於第一層網格 GPS 依不同緯度區域 (區域 5 至 7) 的平均技術得分顯示，同化 GPS RO 資料於熱帶地區 (區域 7，圖 4c)，有較中緯度及副熱帶地區 (區域 5 與 6，圖 4a、b) 顯著之重力位高度場正貢獻，又以中、低層最為明顯。此外，由 2010 年梅雨季選取最後 11 天期間 (2010 年 6 月 5 日 0000 UTC~6 月 15 日 1200 UTC) 中之各區域平均技術得分更顯著可見同化 GPS RO 資料於中、低層之熱帶地區有明顯重力位高度場正貢獻的現象，顯示

同化 GPS RO 資料對於觀測資料較為缺乏的熱帶地區有較大之助益，又以後 11 天期間更為顯著，與第一層網域之分布相似。

除探討不同緯度範圍之影響外，為了解同化 GPS RO 資料分別對海洋及陸地區所造成之效應，另將第一層網域分成海、陸兩部分來進行探討。由圖 5 之 2010 年梅雨季各期間於第一層網格 GPS 分別依海洋及陸地的平均技術得分顯示，同化 GPS RO 資料對於海洋地區(圖 5b)，有較陸地區域(圖 5a)顯著重力位高度正貢獻，又以中、低層最為明顯。此外由 2010 年梅雨季選取最後 11 天期間(2010 年 6 月 5 日 0000 UTC~6 月 15 日 1200 UTC)中之海、陸區域平均技術得分更顯著可見同化 GPS RO 資料於中、低層之海洋地區有明顯重力位高度場正貢獻的現象，顯示同化 GPS RO 資料對於觀測資料較為缺乏的海洋地區有較大之助益，又以後 11 天期間更為顯著，與第一層網域、不同緯度地區之分布相似。

3.1.2 同化 GPS RO 資料之效應

由圖 4c 可發現同化 GPS RO 資料後對熱帶地區之中、低層的重力位高度場有顯著之正貢獻，再由 2010 年 5 月 15 日 0000 UTC 至 6 月 15 日 1200 UTC 之 GPS 組於第一層網域初始之各層平均重力位高度技術得分(圖 6)顯示，500 及 850 hPa 的重力位高度技術得分(圖 6b、c)，皆於孟加拉灣處有明顯正貢獻之現象，而於 300 hPa(圖 6a)之正重力位高度技術得分則較不顯著。為了解同化 GPS RO 資料對熱帶之孟加拉灣地區的中、低層有明顯正貢獻之原因，由圖 2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 之實驗 CON、GPS 及 ANA 各層重力位高度場(圖 7 至 9)及 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 之重力位高度場分布(圖 10 至 12)顯示此兩時期於孟加拉灣處分別有氣旋及熱帶氣旋存在，與觀測相似(圖 13a、b)而 CON 所模擬之氣旋重力位高度值較低，與分析場 ANA 之氣旋強度有較大之差異，而同化 GPS RO 資料之實驗 GPS 組所模擬之氣旋強度有明顯修正之情形，與分析場 ANA 之氣旋強度較為相近。另分別比較此兩時期各垂直層之 CON、GPS 與 ANA 顯示，CON 於 500、850 hPa(圖 8、9 及圖 11、12)與 ANA 有較大重力位高度值差異之情形，

而 300 hPa 的 CON(圖 7 及圖 10)與 ANA 之差異則較不明顯，因此同化 GPS RO 資料之後對該處過低的重力位高度修正的幅度較小，造成 300 hPa 於孟加拉灣處的重力位高度正貢獻較小，此為實驗 GPS 組於熱帶孟加拉灣處之中、低層有較高層顯著重力位高度之正貢獻的原因。

除比較控制組 CON 及實驗 GPS 於孟加拉灣處之重力位高度與分析場之差異外，另針對 2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 及 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 於孟加拉灣處所選取之三點 GPS RO 資料點(圖 14a、b)的重力位高度值來進行探討。圖 15a 為 2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 所選取之三點 GPS RO 資料點之重力位高度值與 5 月 18 日 0600 UTC 模擬 6 小時之 GPS 組(first guess)、5 月 18 日 1200 UTC 於初始之 GPS、CON 及 ANA 在相同位置的重力位高度值之比較。結果顯示，除位於圖 6 重力位高度之負貢獻處之點 1 外，

其於點 2、3 在同化原始較高之重力位高度的 GPS RO 資料點後，實驗 GPS 組有較 first guess 及 CON 高之重力位高度值，而與分析場 ANA 較為相近。而圖 15b 之 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 所同化的三點 GPS RO 資料也有類似之情形，在同化該三點較高之重力位高度的 GPS RO 資料後，實驗 GPS 組有較 first guess 及 CON 高之重力位高度值，而與分析場 ANA 較為相近，與 5 月 18 日 1200 UTC 之結果相似，顯示同化 GPS RO 資料後有助於修正控制組於孟加拉灣處模擬過低的氣旋，而與分析場之強度較為接近。

3.2 GPS RO 資料對於 Global WRF 分析場與預報場的影響(第二部分)

3.2.1 分析場差異分析

風速場(陰影)與溫度場(等值線)，在 GPS、GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖中(圖 17、圖 18、圖 19 和圖 20)，低層(850 hPa)，2012/06/01 00:00(圖 17)，GPS 的風速稍大於 NCEP FNL analysis，且兩者相當接近；GFS 的資料風速則略小於 NCEP FNL analysis。兩者和 NCEP FNL analysis 溫度部分差異不大，GPS

和 GFS 的溫度都高於 NCEP FNL analysis。2012/06/30 00:00 (圖 18)，整體而言 GPS 的風速較大於 GFS，此時 GPS 和 GFS 兩者和 NCEP FNL analysis 的差異較大於 2012/06/01 00:00 時的風速；溫度部分 GPS 偏小，但三者差異不大。高層(500 hPa)，2012/06/01 00:00 (圖 19)，風速和溫度部分，GPS、GFS 兩者和 NCEP FNL analysis 差異不大。2012/06/30 00:00 (圖 20)，GPS 跟 NCEP FNL analysis 的風速和溫度差異值較小。

相對溼度(陰影)與風場(箭頭)，在 GPS(上圖)、GFS(下圖)和 NCEP FNL analysis 的差異圖中(圖 21、圖 22、圖 23 和圖 24)，低層(850 hPa)，2012/06/01 00:00 (圖 21)，三者差異不大。2012/06/30 00:00 (圖 22)，整體而言 GPS 的相對濕度是三者中最低的，尤其是在太平洋和印度洋區域；風場部分 GPS 差異圖箭頭較小，可見 GPS 和 NCEP FNL analysis 差異較小。高層(500 hPa)，2012/06/01 00:00 (圖 23)，整體而言 GPS、GFS 相對濕度、風場差異不大，兩者相對濕度多大於 NCEP FNL analysis。2012/06/30 00:00 (圖 24)，GFS 的相對濕度差異較大，特別是印度洋地區；風場部分 GPS 和 NCEP FNL analysis 差異較小。

風速、溫度與相對溼度場 RMSE 時間序列圖中(圖 25、圖 26 與圖 27)，無論是風速、溫度和相對溼度上，GPS 於低層(850 hPa)的 RMSE (Root Mean Square Error，均方根誤差，在此為 GPS 或是 GFS 跟 NCEP FNL analysis 資料相比)值大多比 GFS 的 RMSE 小，但兩者差異不大，可見加入 GPS 資料可稍微改善初始場資料，但影響可能不顯著。

風速、溫度與相對溼度場 Mean Error(在此是 GPS 或是 GFS 減去 NCEP FNL analysis 資料) 時間序列圖中(圖 28、圖 29 與圖 30)，也是 GPS 表現較好，特別是在風速上，可發現 GPS 跟 NCEP FNL analysis 的差異較小；但溫度與相對溼度上，GPS 和 GFS 則是差異不大。

3.2.2 模擬結果分析

風速場(陰影)與溫度場(等值線)，在 GPS、GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異

圖中 (圖 31、圖 32)，低層 (850 hPa)，2012/06/12 00:00，模擬第 72 小時(圖 31)，GPS 和 GFS 的結果相似。高層 (500 hPa)，2012/06/12 00:00，模擬第 72 小時(圖 31)，GPS、GFS 風速兩者差異不大，兩者皆是低緯度的模擬結果跟 NCEP FNL analysis 較為接近。溫度部分則是 GPS 和 NCEP FNL analysis 較為相近，兩者的溫度大致上高於 NCEP FNL analysis。

相對溼度(陰影)與風場(箭頭)，在 GPS(上圖)、GFS(下圖)和 NCEP FNL analysis 的差異圖中(圖 33、圖 34)，在低層(850 hPa)和高層(500 hPa)，2012/06/12 00:00，模擬第 72 小時，GPS、GFS 相對濕度、風場差異不大，都是低緯度的模擬結果跟 NCEP FNL analysis 相近，中高緯度的模擬結果則跟 NCEP FNL analysis 有較大的差異。

表 1 2010 年有無同化衛星資料之模式成員實驗設計說明。其中 GPS RO 為 GPS RO 衛星資料。

模式成員	同化資料種類(common)	同化資料種類(special)
CON	SYNOP、SOUND	N/A
GPS	SYNOP、SOUND	GPS RO data

表 2 利用 WRF VAR 於 2010 年 5 月 15 日 0000 UTC 至 6 月 15 日 1200 UTC 之 32 天梅雨季期間 64 組模擬中所同化的資料總量。(地面測站、探空及 GPS RO 資料)

Init time (dd/hh)	5/15 00	5/15 06	5/15 12	5/15 18	5/16 00	5/16 06	5/16 12	5/16 18	5/17 00	5/17 06	5/17 12
地面測站	973	976	968	929	979	977	969	930	975	969	969
探空	152	3	129	4	152	4	132	4	154	4	125
GPS	9	15	9	18	10	19	9	5	4	14	9
Init time (dd/hh)	5/17 18	5/18 00	5/18 06	5/18 12	5/18 18	5/19 00	5/19 06	5/19 12	5/19 18	5/20 00	5/20 06
地面測站	928	967	1001	987	941	1001	998	996	937	991	997
探空	4	150	4	125	4	152	4	129	4	151	4
GPS	11	3	11	13	19	12	9	13	13	18	16

Init time (dd/hh)	5/20 12	5/20 18	5/21 00	5/21 06	5/21 12	5/21 18	5/22 00	5/22 06	5/22 12	5/22 18	5/23 00
地面測站	994	934	993	1002	993	944	993	997	994	943	991
探空	127	4	151	4	129	4	148	4	132	4	152
GPS	14	20	4	14	12	10	6	10	7	7	5
Init time (dd/hh)	5/23 06	5/23 12	5/23 18	5/24 00	5/24 06	5/24 12	5/24 18	5/25 00	5/25 06	5/25 12	5/25 18
地面測站	1000	994	933	973	971	968	941	1001	991	968	943
探空	5	132	4	152	4	127	4	150	4	128	4
GPS	15	7	10	13	21	13	23	12	18	8	7
Init time (dd/hh)	5/26 00	5/26 06	5/26 12	5/26 18	5/27 00	5/27 06	5/27 12	5/27 18	5/28 00	5/28 06	5/28 12
地面測站	991	998	968	939	1003	1004	967	947	969	994	963
探空	149	5	131	4	149	4	129	4	149	6	127
GPS	10	4	3	22	13	15	7	11	10	15	3

表 2 (續)

Init time (dd/hh)	5/28 18	5/29 00	5/29 06	5/29 12	5/29 18	5/30 00	5/30 06	5/30 12	5/30 18	5/31 00	5/31 06
地面測站	905	957	968	965	911	993	993	992	943	996	1001
探空	8	145	8	126	4	145	4	126	4	150	4
GPS	9	3	18	6	18	3	10	6	15	8	11
Init time (dd/hh)	5/31 12	5/31 18	6/1 00	6/1 06	6/1 12	6/1 18	6/2 00	6/2 06	6/2 12	6/2 18	6/3 00
地面測站	996	929	971	1000	993	927	977	986	960	931	968
探空	126	4	149	4	126	4	147	3	127	3	147
GPS	7	10	5	8	5	7	14	9	4	7	8
Init time (dd/hh)	6/3 06	6/3 12	6/3 18	6/4 00	6/4 06	6/4 12	6/4 18	6/5 00	6/5 06	6/5 12	6/5 18
地面測站	976	935	917	967	972	959	907	970	987	972	933
探空	3	129	3	148	3	129	3	148	3	129	3
GPS	10	4	10	9	15	7	11	6	6	8	12
Init time (dd/hh)	6/6 00	6/6 06	6/6 12	6/6 18	6/7 00	6/7 06	6/7 12	6/7 18	6/8 00	6/8 06	6/8 12
地面測站	969	992	948	924	977	975	997	953	996	1005	997
探空	146	3	129	3	148	3	129	3	147	3	129
GPS	5	8	6	14	10	6	8	11	11	13	10

Init time (dd/hh)	6/8 18	6/9 00	6/9 06	6/9 12	6/9 18	6/10 00	6/10 06	6/10 12	6/10 18	6/11 00	6/11 06
地面測站	942	994	984	994	938	1001	980	996	941	1009	1000
探空	3	148	3	129	3	144	4	130	7	147	6
GPS	11	11	10	9	10	5	10	17	5	15	14
Init time (dd/hh)	6/11 12	6/11 18	6/12 00	6/12 06	6/12 12	6/12 18	6/13 00	6/13 06	6/13 12	6/13 18	6/14 00
地面測站	975	932	990	983	976	930	973	995	993	911	998
探空	128	4	144	4	127	4	145	6	124	4	144
GPS	14	13	13	13	20	16	22	6	18	21	16
Init time (dd/hh)	6/14 06	6/14 12	6/14 18	6/15 00	6/15 06	6/15 12					
地面測站	994	994	923	996	990	977					
探空	5	127	4	144	5	128					
GPS	6	9	18	18	7	20					

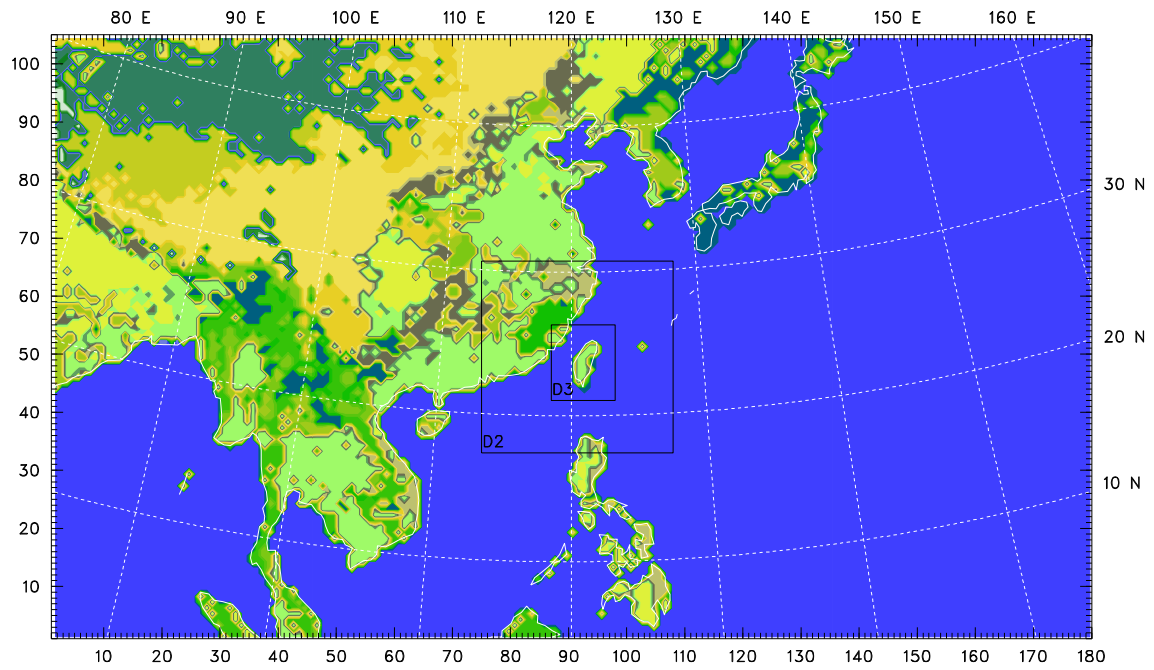


圖 1 2010 年梅雨季期間模式網格設定，第一層(D1)、第二層(D2)及第三層(D3)的水平解析度分別為 45 公里、15 公里及 5 公里。

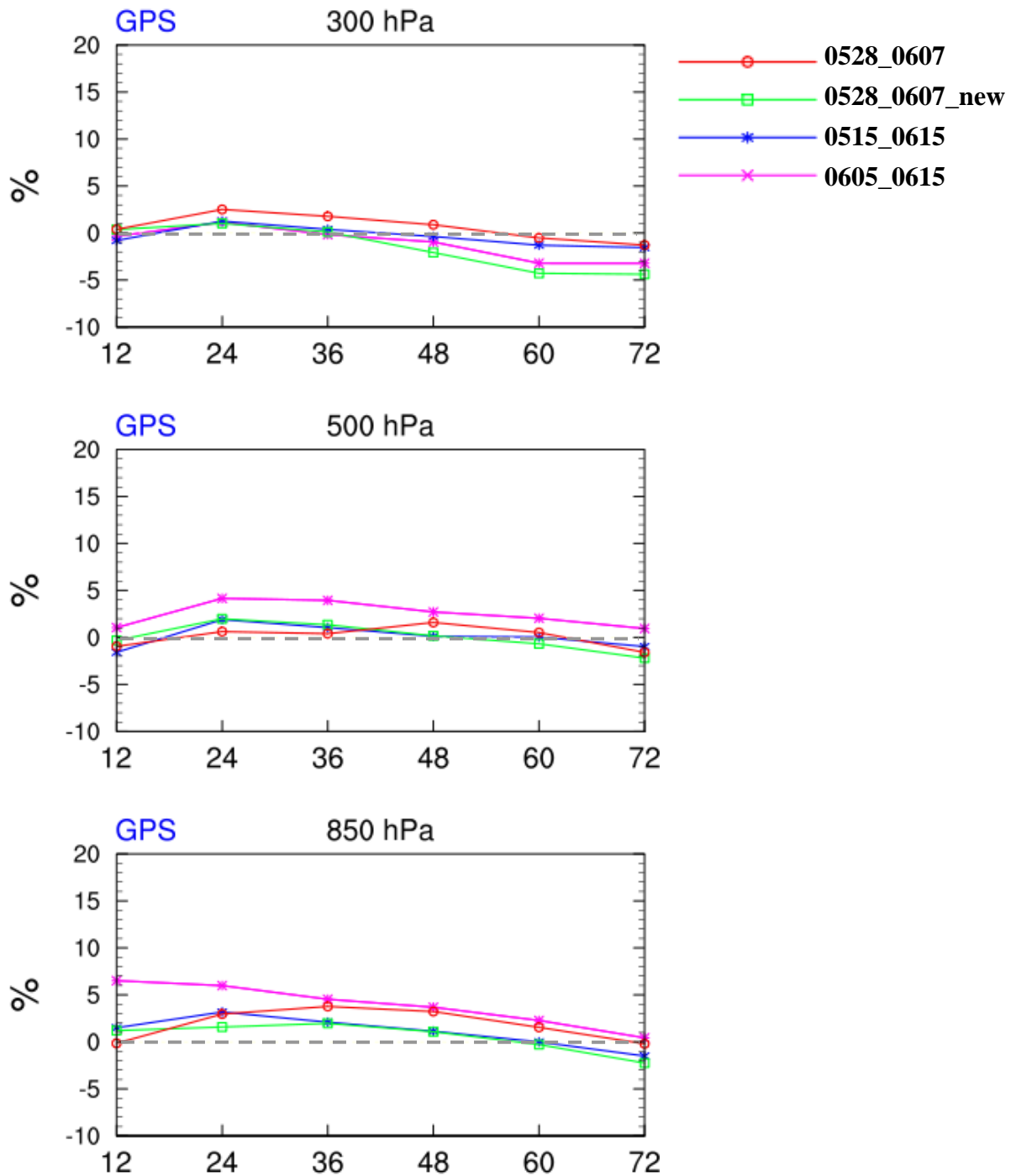
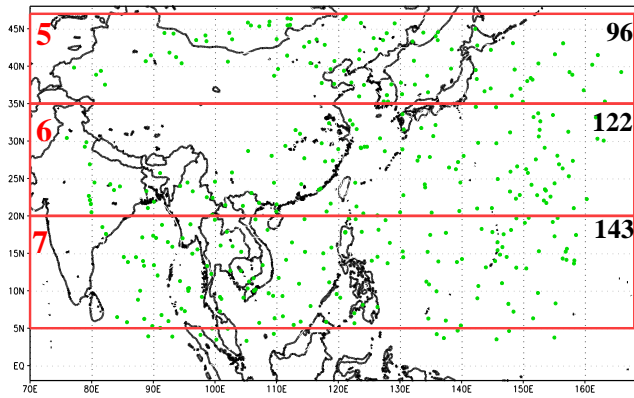
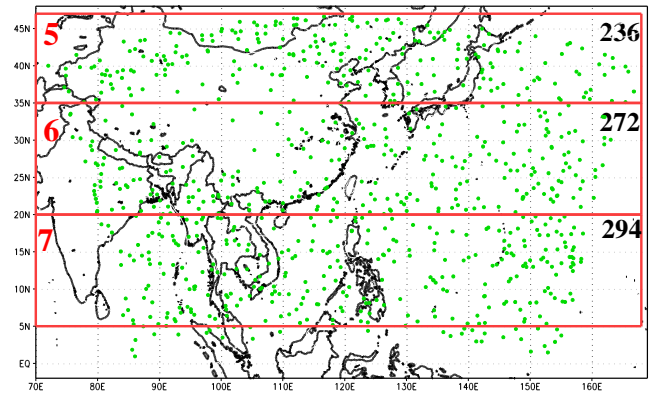


圖 2 2010 年梅雨季期間 D1 實驗 GPS 對照 CON 於 300、500 及 850 hPa 的重力位高度技術得分。其中紅線為短期 11 天(5/28~6/7)之模擬，綠線為一個月(5/15~6/15)之模擬取與上述短期相同期間的結果；藍線及粉線則分代表一個月之模擬及一個月期模擬取最後 11 天(6/5~6/15)期間之結果。橫座標為為模擬的時間，單位為 hr；縱座標為改進程度(技術得分)，單位為百分比。

(a) 2010052800-060712



(b) 2010051500-061512



(c) 2010060500-061512

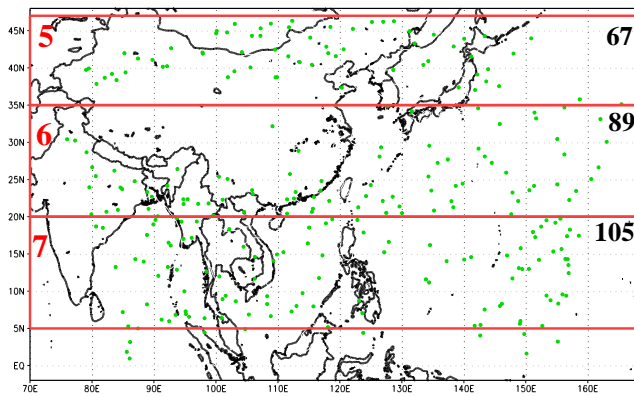


圖 3 (a)2010 年 5 月 28 日 0000 UTC 至 6 月 7 日 1200 UTC 於第一層網域 GPS RO 資料依不同緯度分布所選取之區域範圍及其資料分布。其中區域 5 至 7 分別為中緯度、副熱帶及熱帶區域，黑色數字則代表各區域所包含的資料點數。(b)、(c)同(a)，但分別為 5 月 15 日 0000 UTC 至 6 月 15 日 1200 UTC 及 6 月 5 日 0000 UTC 至 6 月 15 日 1200 UTC 期間之結果。

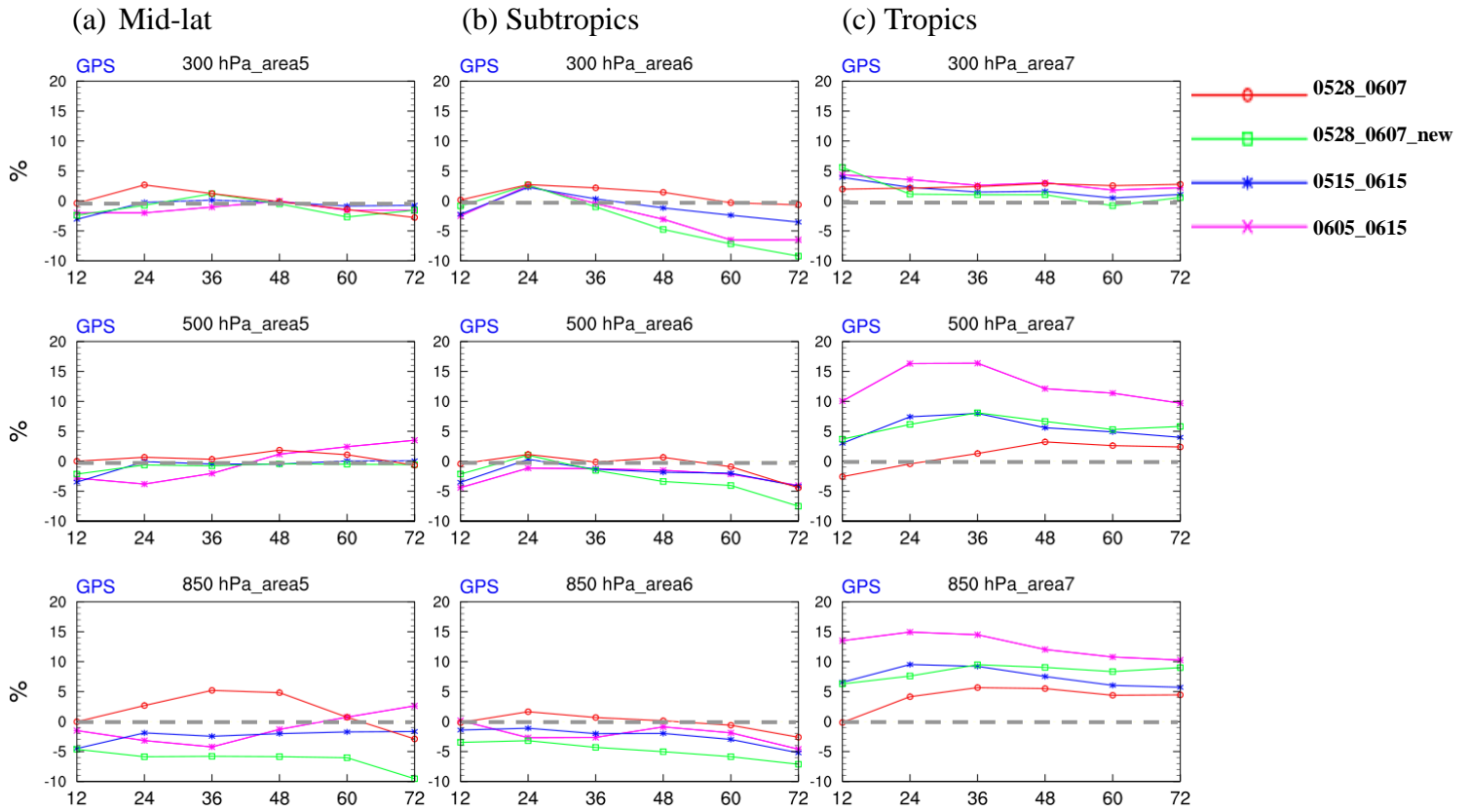


圖 4 (a)至(c)同圖 2，但為 2010 年 D1 實驗 GPS 依圖 4 之緯度分區(區域 5 至 7)的重力位高度技術得分。

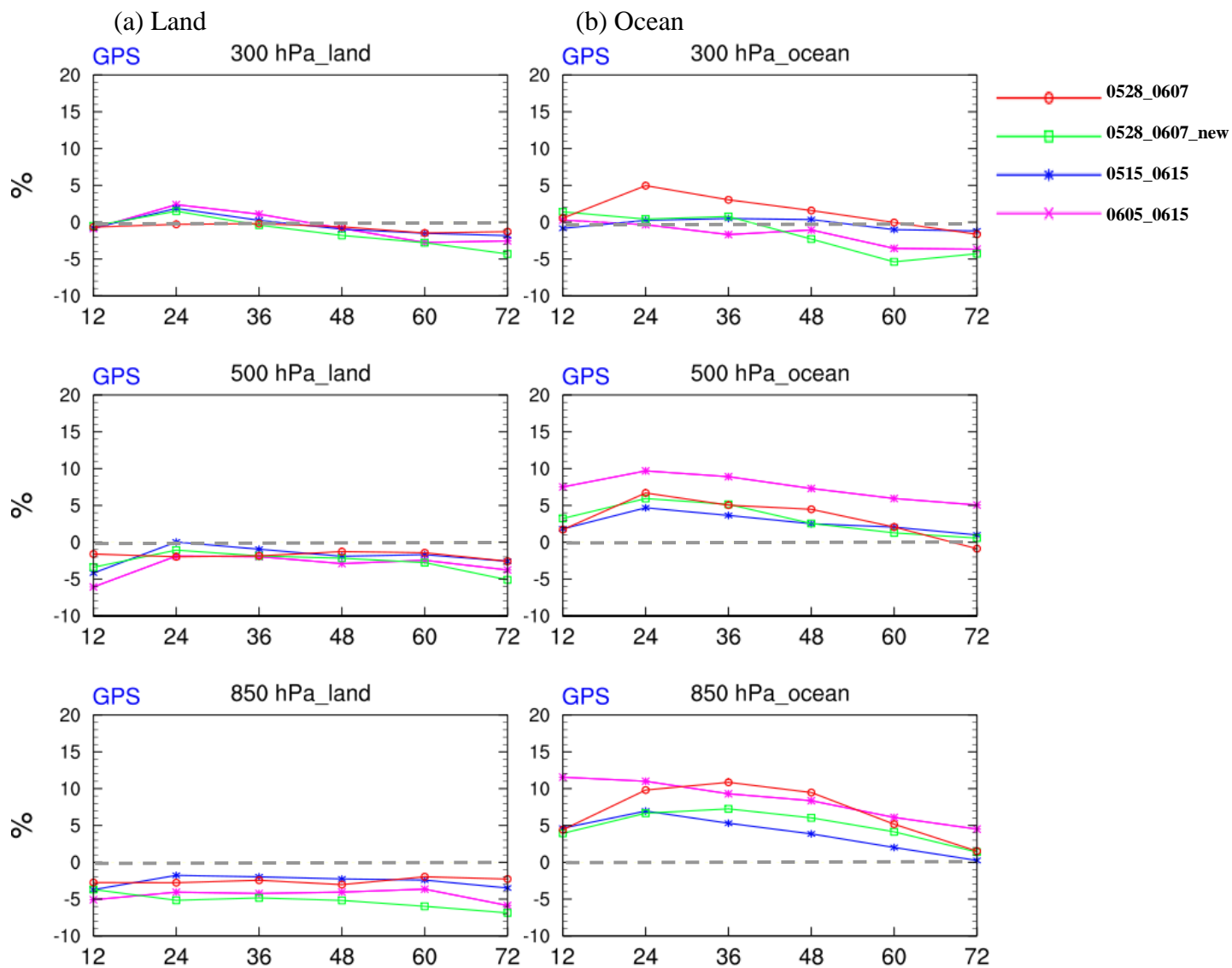
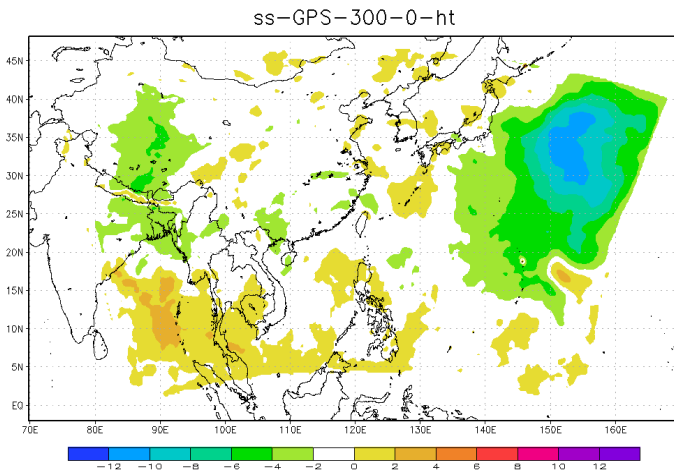
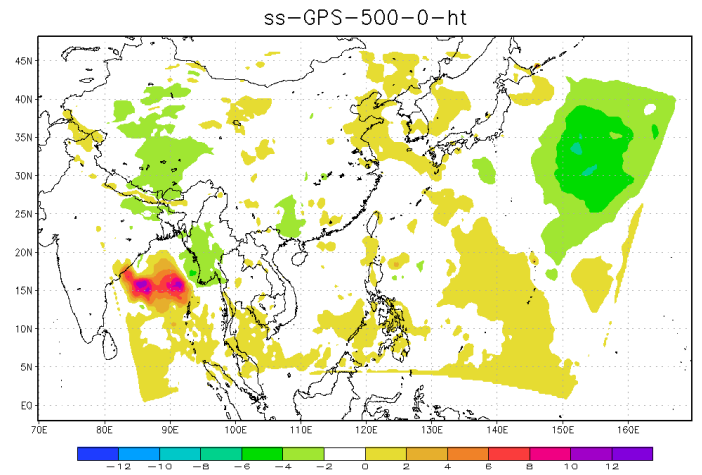


圖 5 (a)、(b)同圖 2，但分別為 2010 年陸地及海洋的重力位高度技術得分。

(a) 300 hPa



(b) 500 hPa



(c) 850 hPa

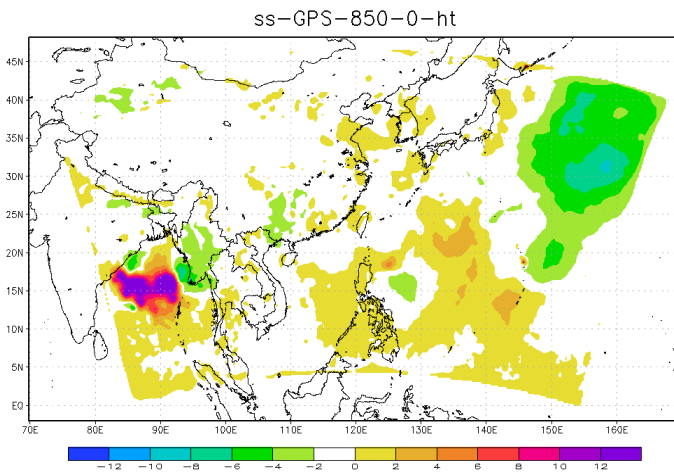


圖 6 (a)至(c)分別為 2010 年 5 月 15 日 0000 UTC 至 6 月 15 日 1200 UTC 之 GPS 組於第一層網域初始之 300、500 及 850 hPa 的平均重力位高度技術得分。

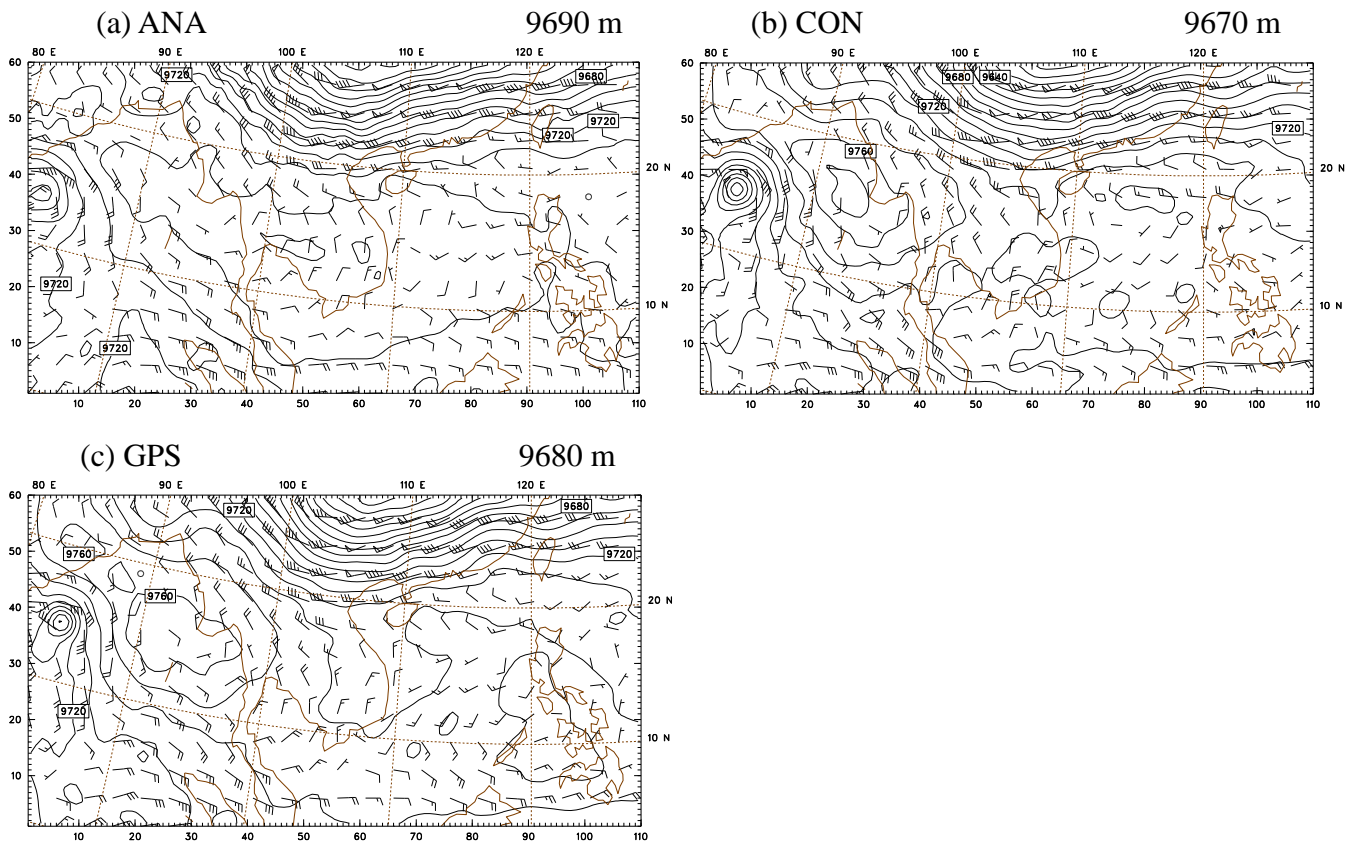


圖 7(a)至(c)分別為 2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 之 ECMWF 分析場(ANA)、CON 及 GPS 於 300 hPa 的重力位高度場(黑色實線，間距 10 m)。其中圖之右上方數值則分別代表各組於孟加拉灣之最低重力位高度值。

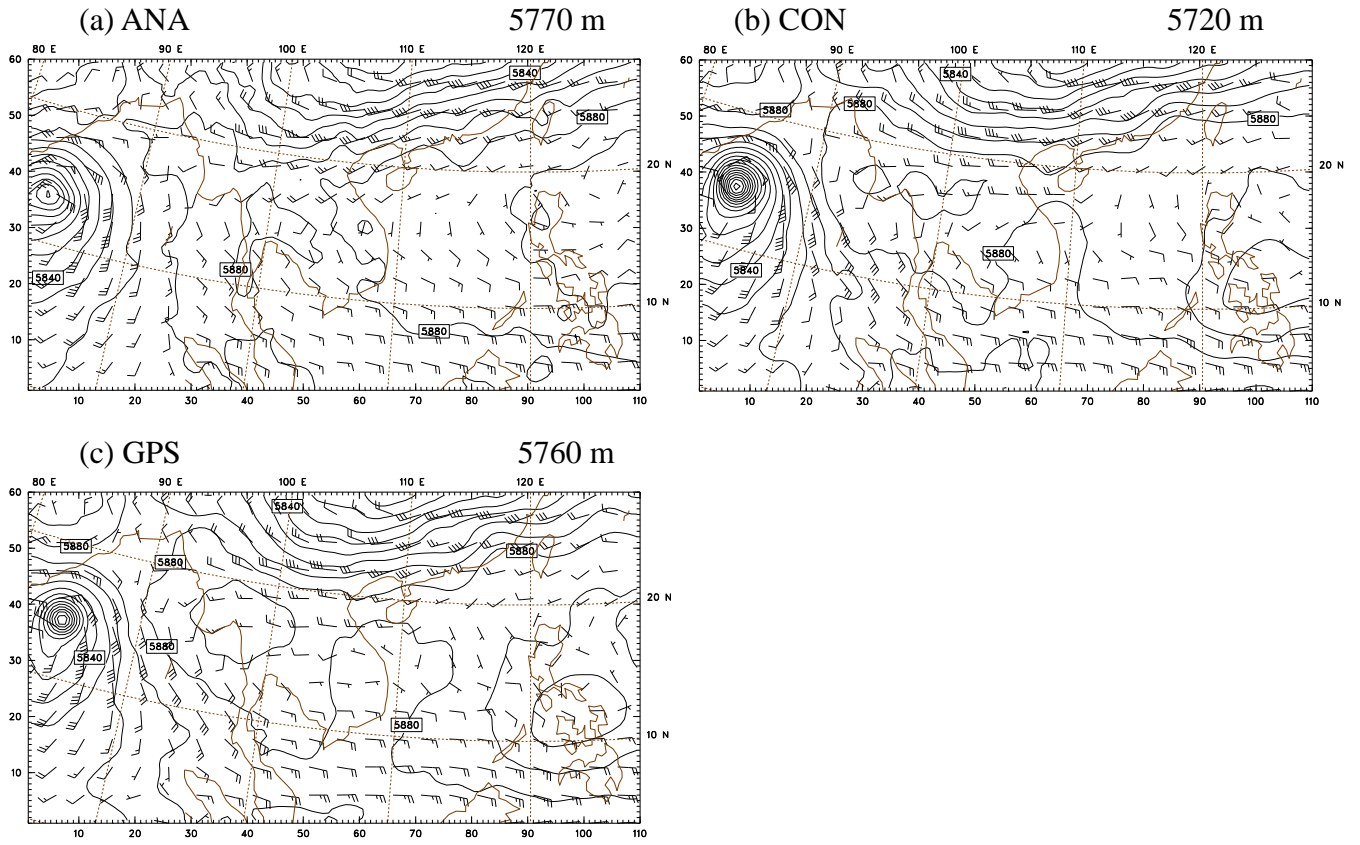


圖 8 同圖 7，但為 500 hPa 之重力位高度場。

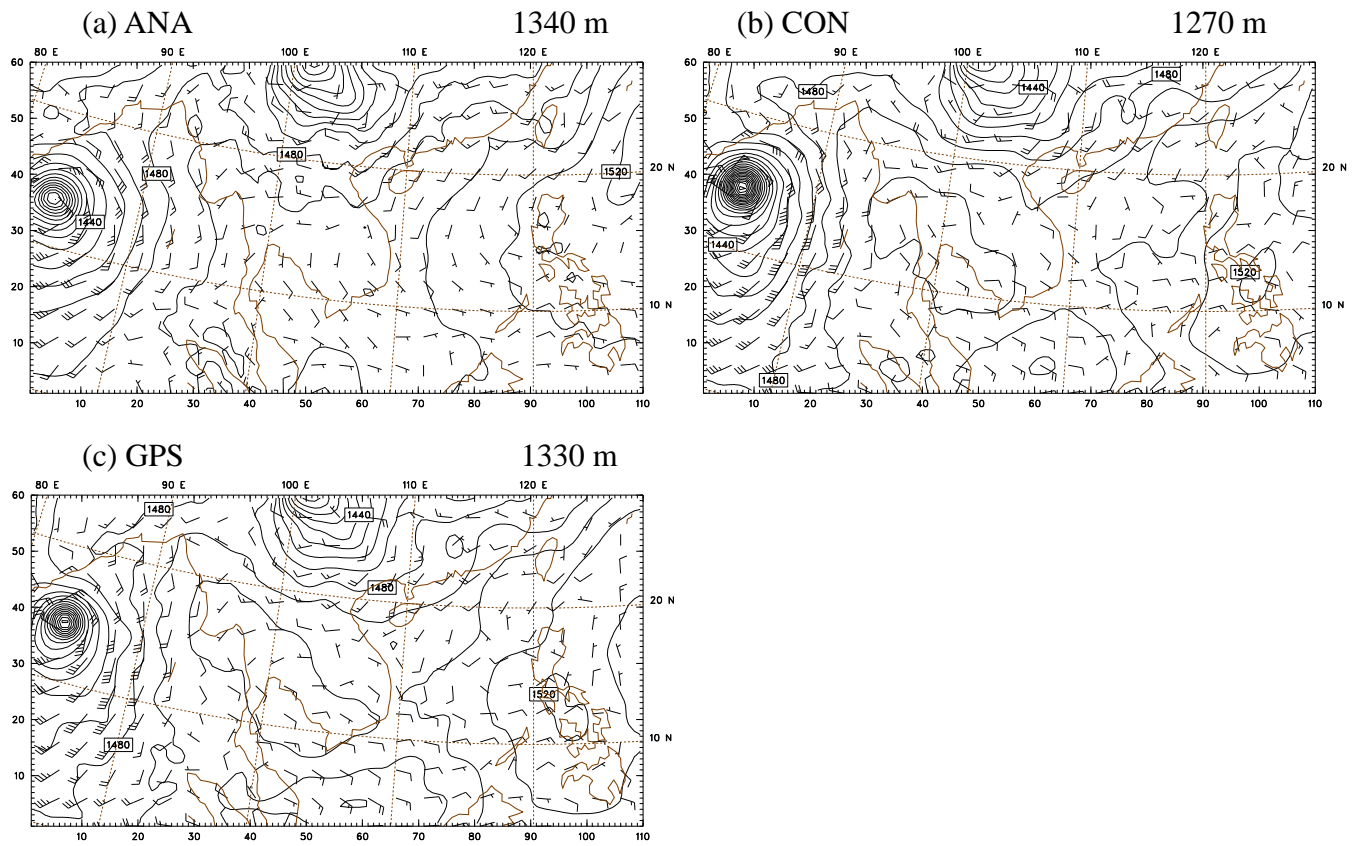


圖 9 同圖 7，但為 850 hPa 之重力位高度場。

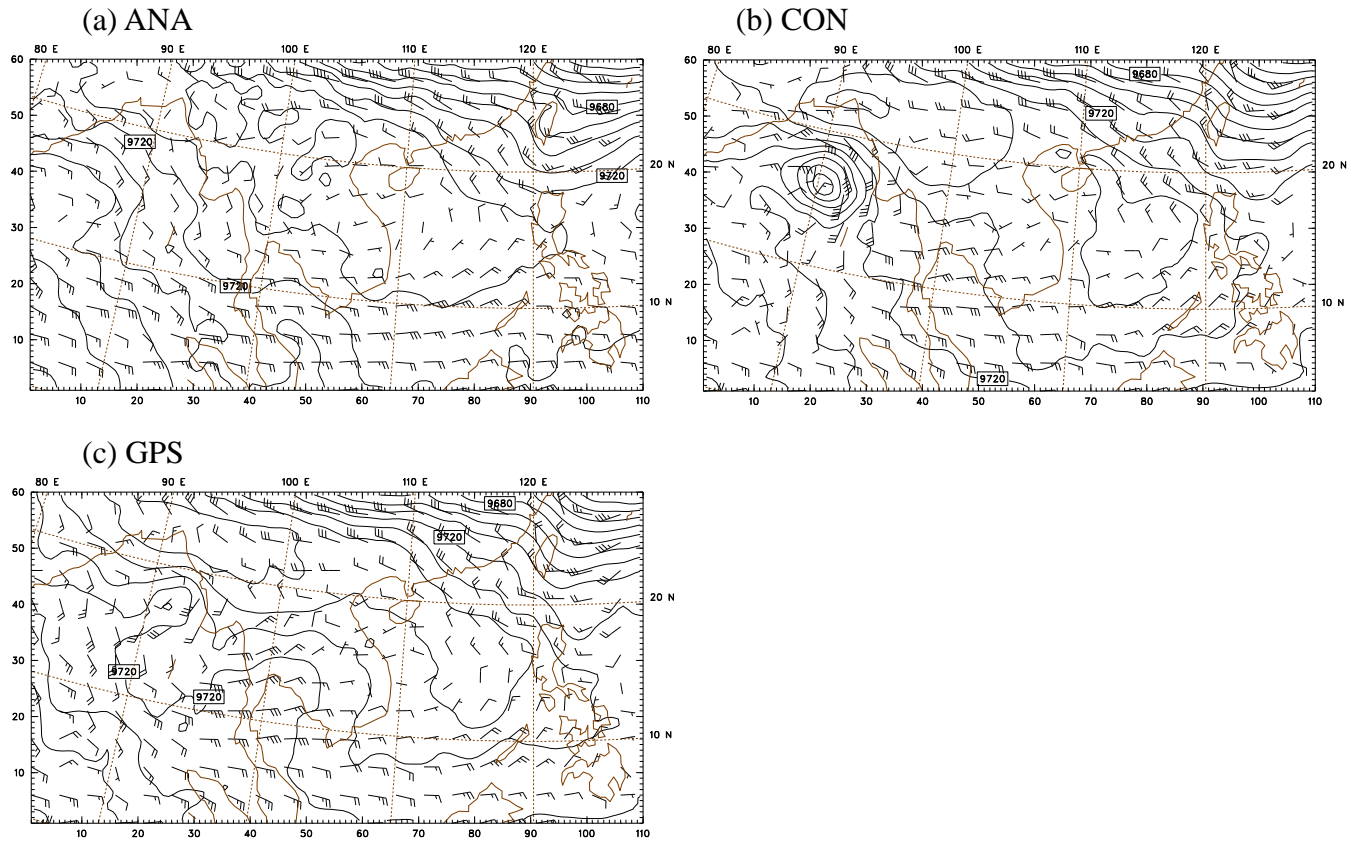


圖 10 同圖 7，但為 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 之 300 hPa 重力位高度場。

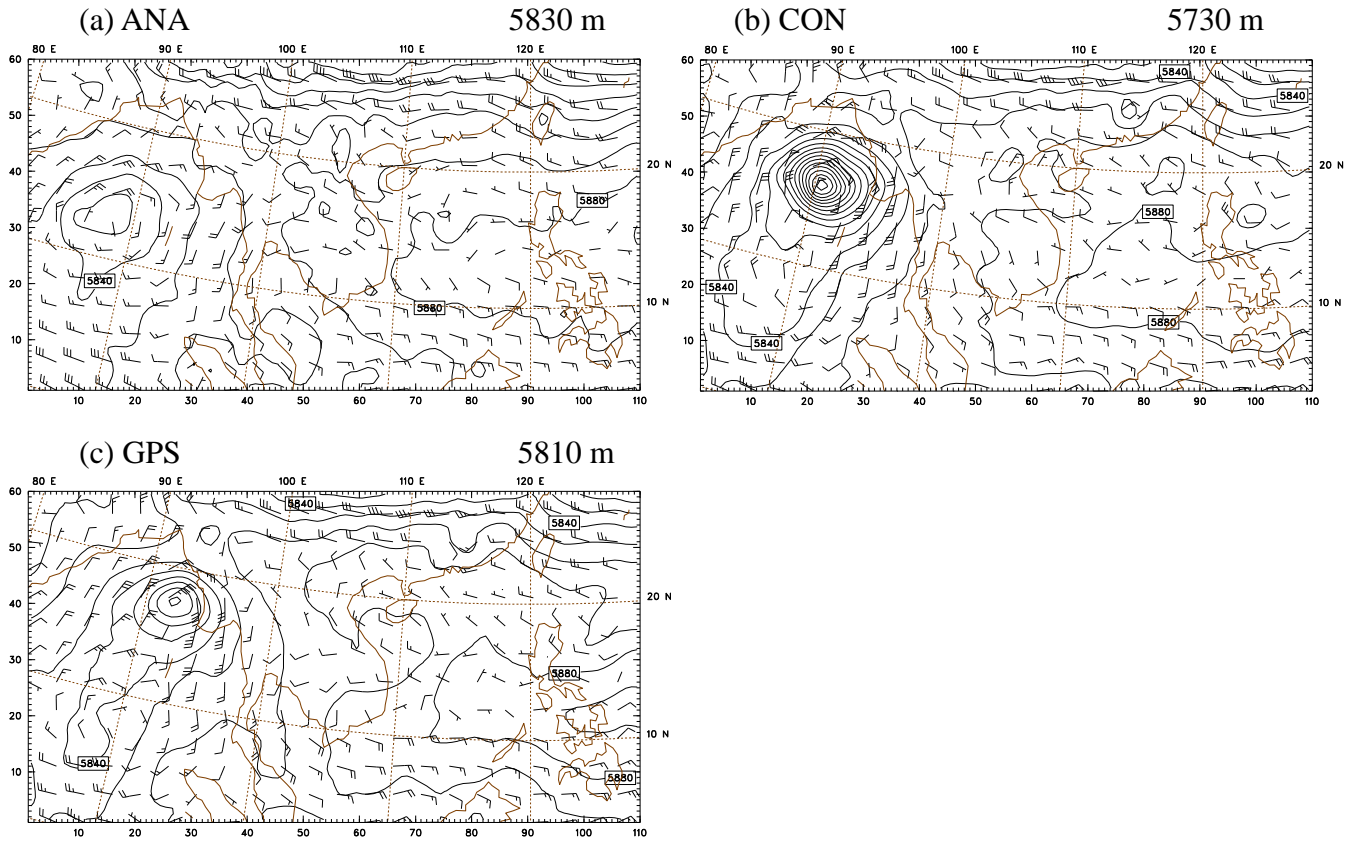


圖 11 同圖 10，但為 500 hPa 之重力位高度場。

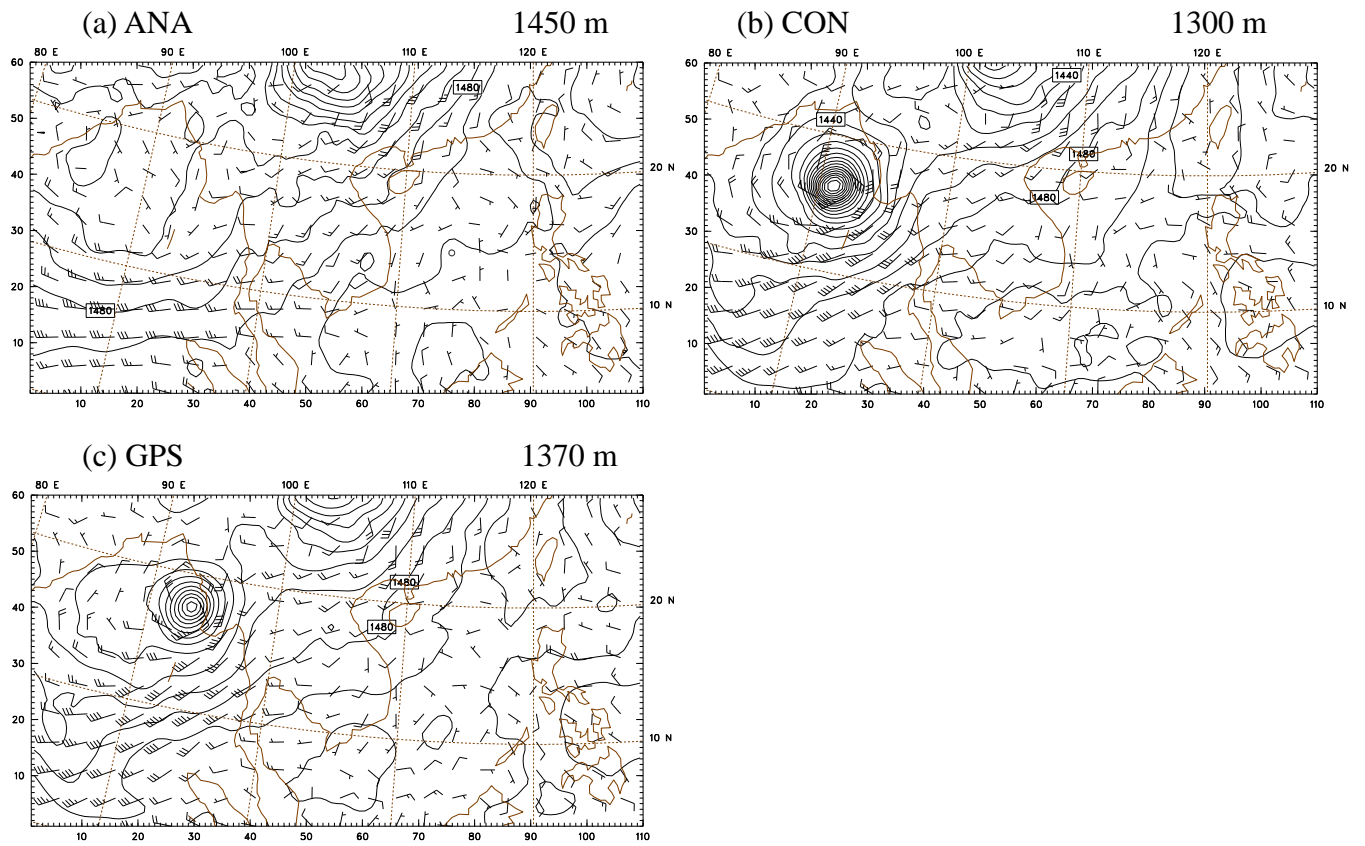
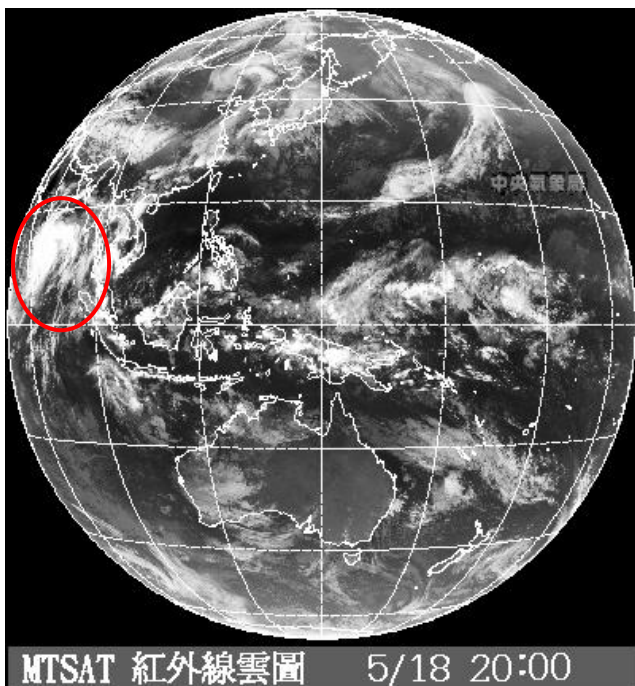


圖 12 同圖 10，但為 850 hPa 之重力位高度場。

(a) 2010051812 UTC



(b) 2010060712 UTC

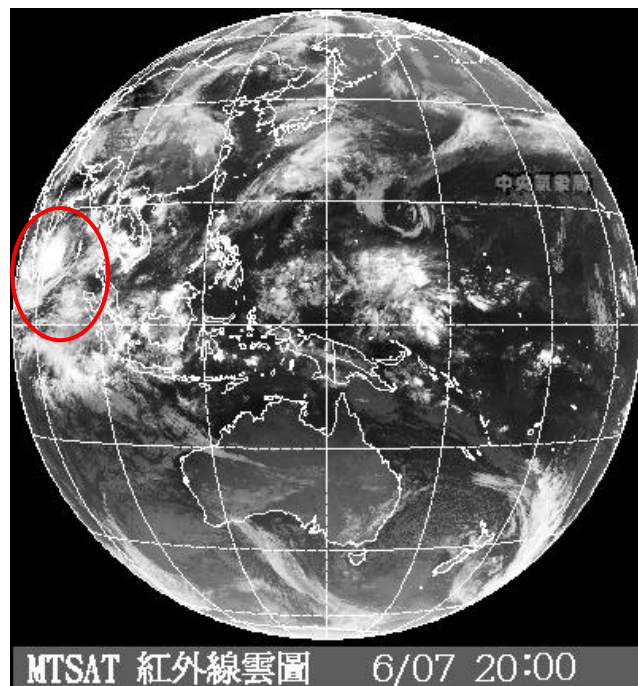
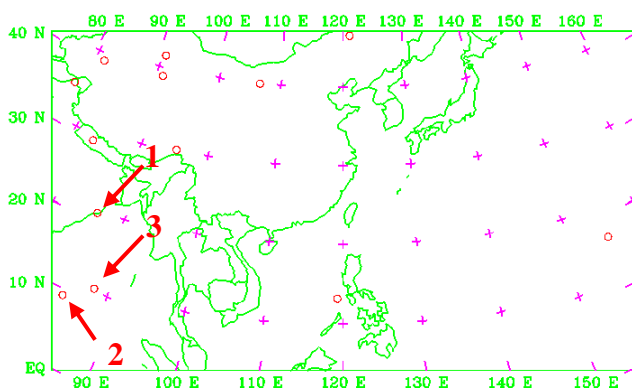


圖 13 (a)為 2012 年 5 月 18 日 1200 UTC 的紅外線衛星雲圖，其中紅圈部分為位於孟加拉灣的氣旋。(b)同(a)，但為 2012 年 6 月 7 日 1200 UTC 的結果，而紅圈部分為熱帶氣旋的位置。

(a) 2010051812 UTC



(b) 2010060712 UTC

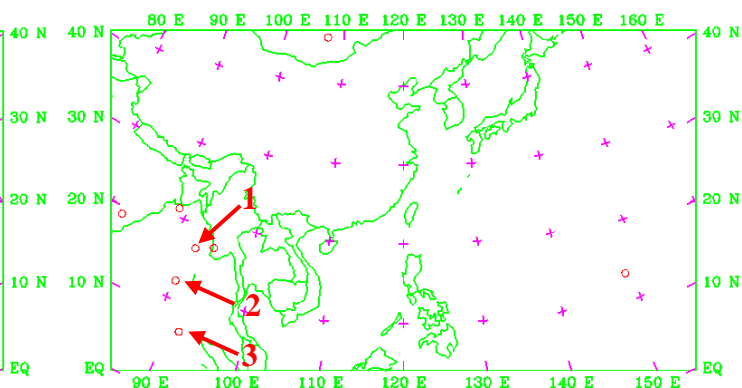
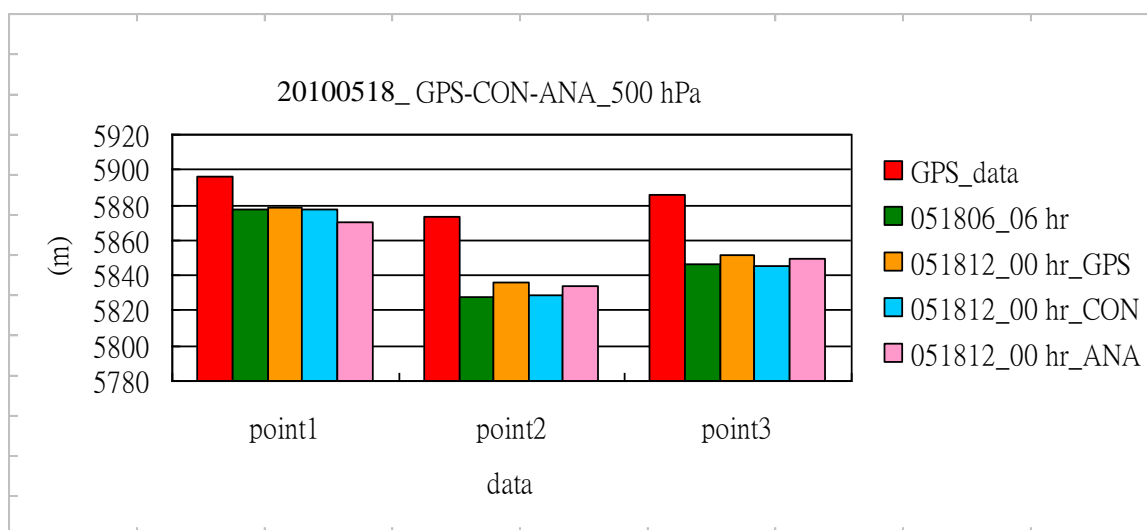


圖 14 (a)為 2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 於孟加拉灣所標註的 3 點 GPS RO 資料點的位置。(b)同(a)，但為 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 之結果。

(a)



(b)

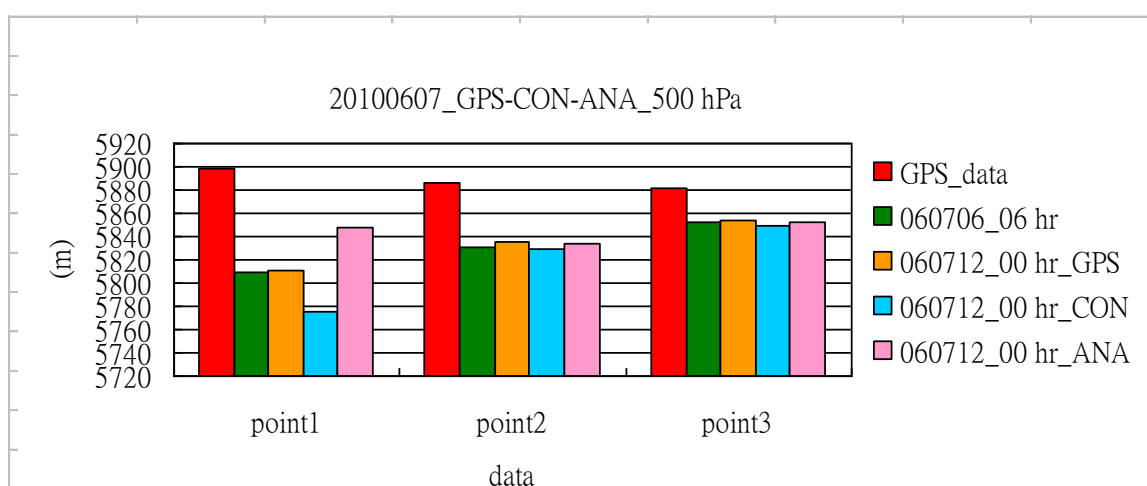


圖 15 (a)為圖 14(a)2010 年 5 月 18 日 1200 UTC 所選取的三點 GPS RO 資料點的 500 hPa 重力位高度值(紅色)，5 月 18 日 0600 UTC 模擬 6 小時之相同位置的重力位高度值(first guess，綠色)，與 5 月 18 日 1200 UTC 之 GPS、CON 及 ANA 於初始場的相同位置之重力位高度值(分別為橙、藍及粉色)。(b)同(a)，但為 2010 年 6 月 7 日 1200 UTC 於圖 14(b)所選取的三點 GPS RO 資料之結果。

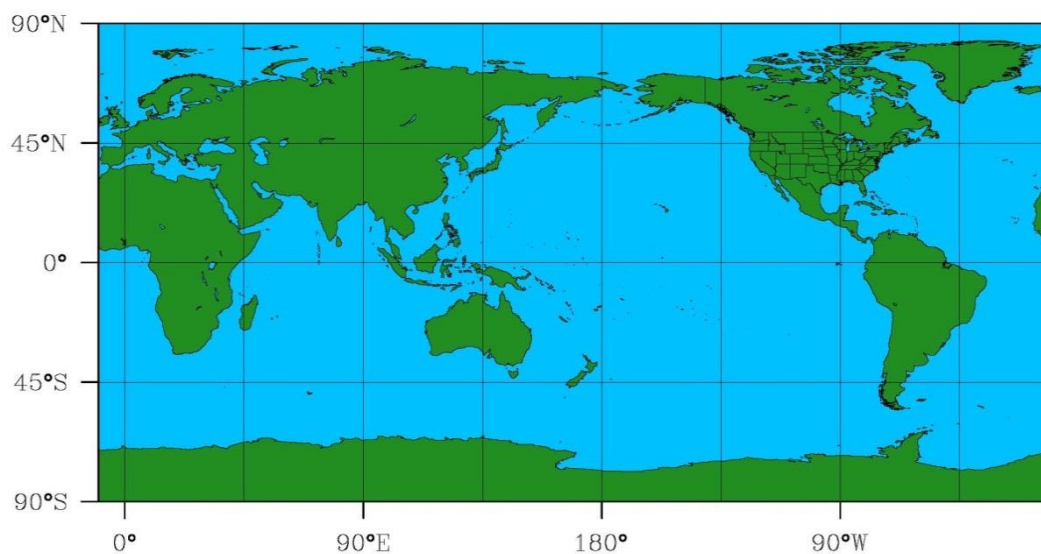


圖 16 WRF 模式預報網格點範圍，網格數為 361 x 181，格點解析度為 111 km，垂直層數為 31 層，模式層頂為 30 hPa。

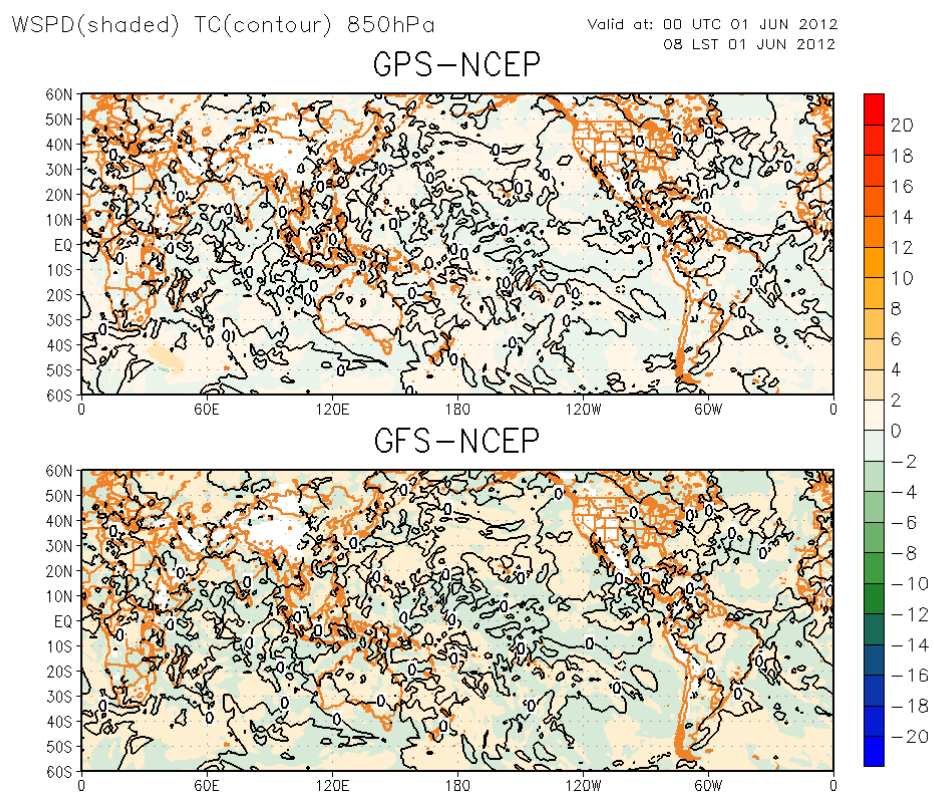


圖 17 上圖為 850hPa，2012/06/01 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為風速差異，等值線為溫度差異。(分析場)

WSPD(shaded) TC(contour) 850hPa

Valid at: 00 UTC 30 JUN 2012
08 LST 30 JUN 2012

GPS-NCEP

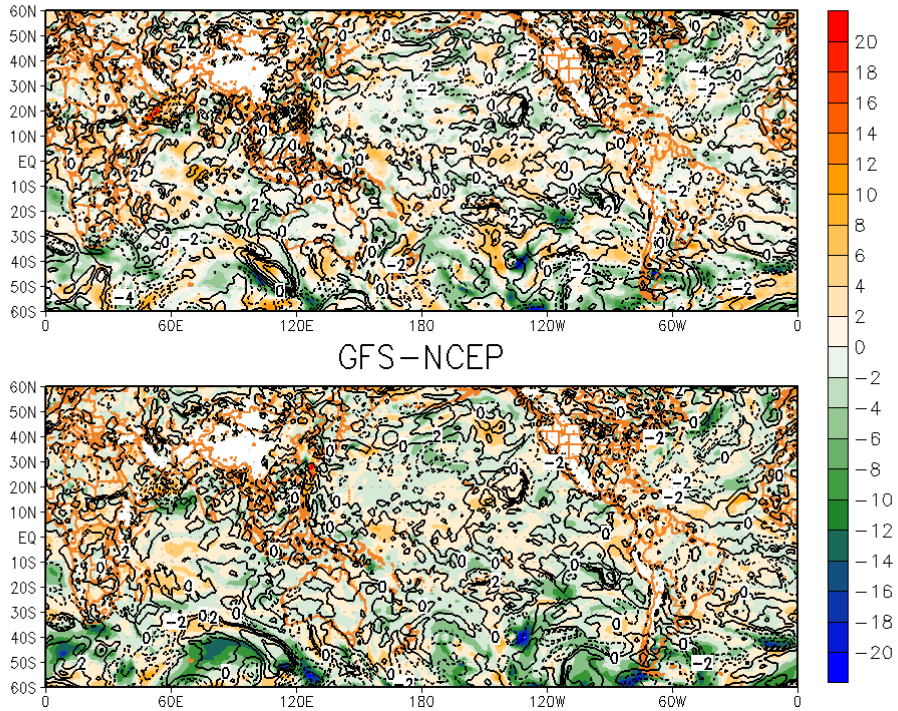


圖 18 上圖為 850hPa, 2012/06/30 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為風速差異, 等值線為溫度差異。(分析場)

WSPD(shaded) TC(contour) 500hPa

Valid at: 00 UTC 01 JUN 2012
08 LST 01 JUN 2012

GPS-NCEP

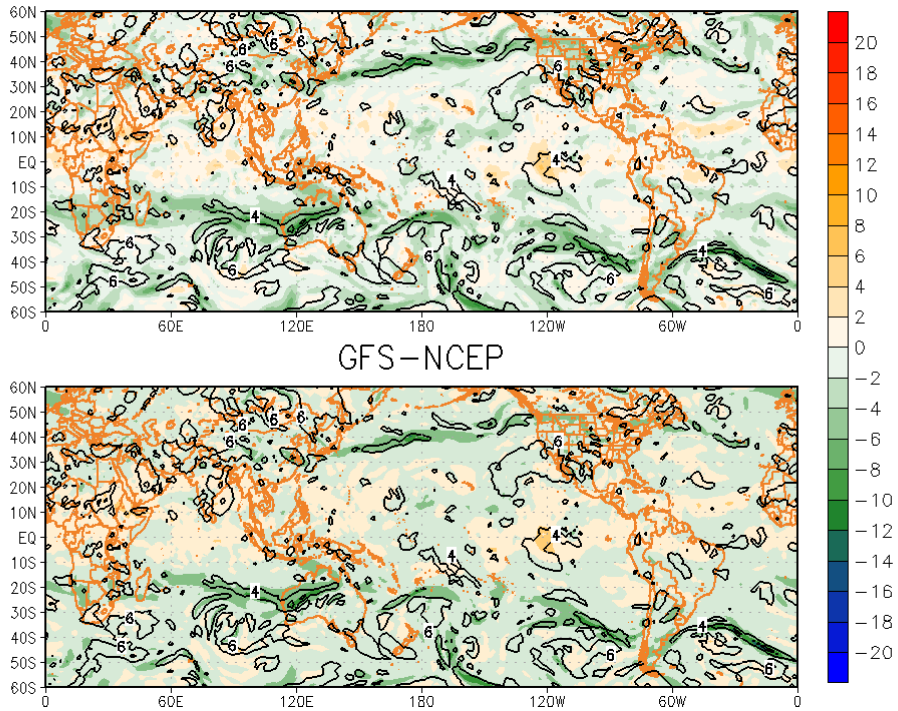


圖 19 上圖為 500hPa, 2012/06/01 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為風速差異, 等值線為溫度差異。(分析場)

WSPD(shaded) TC(contour) 500hPa

Valid at: 00 UTC 30 JUN 2012
08 LST 30 JUN 2012

GPS-NCEP

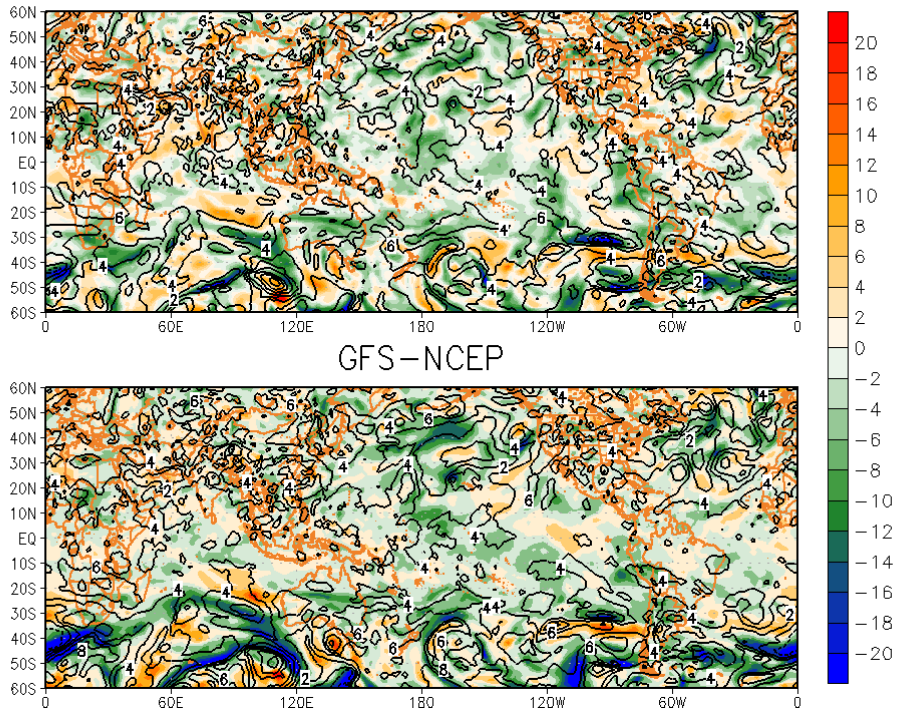


圖 20 上圖為 500hPa, 2012/06/30 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為風速差異, 等值線為溫度差異。(分析場)

RH(shaded) WSPD(vector) 850hPa

Valid at: 00 UTC 01 JUN 2012
08 LST 01 JUN 2012

GPS-NCEP

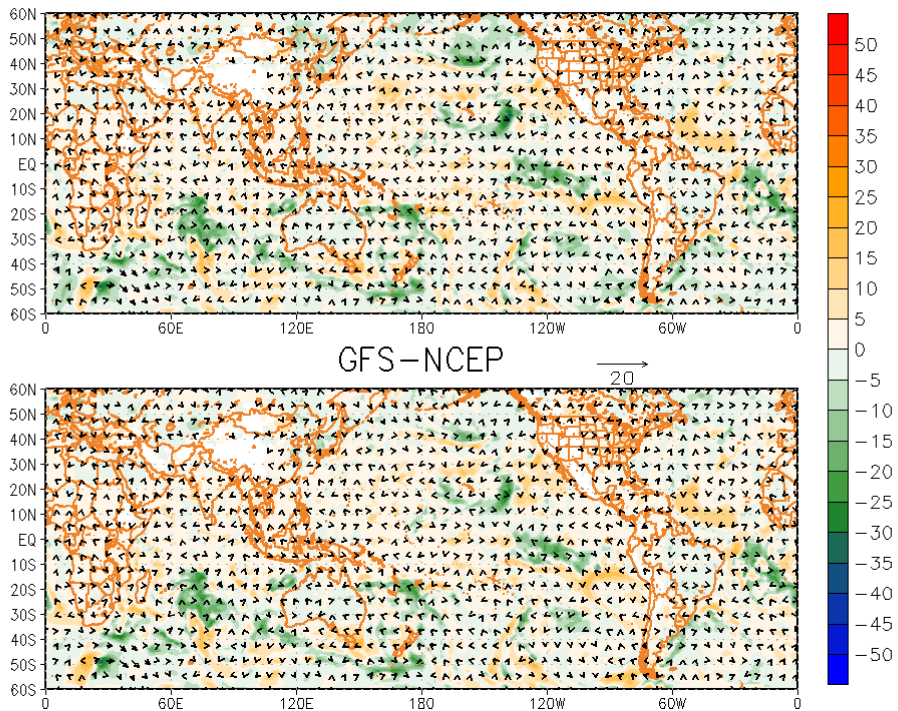


圖 21 上圖為 850hPa, 2012/06/01 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為相對濕度, 風標為風場差異。(分析場)

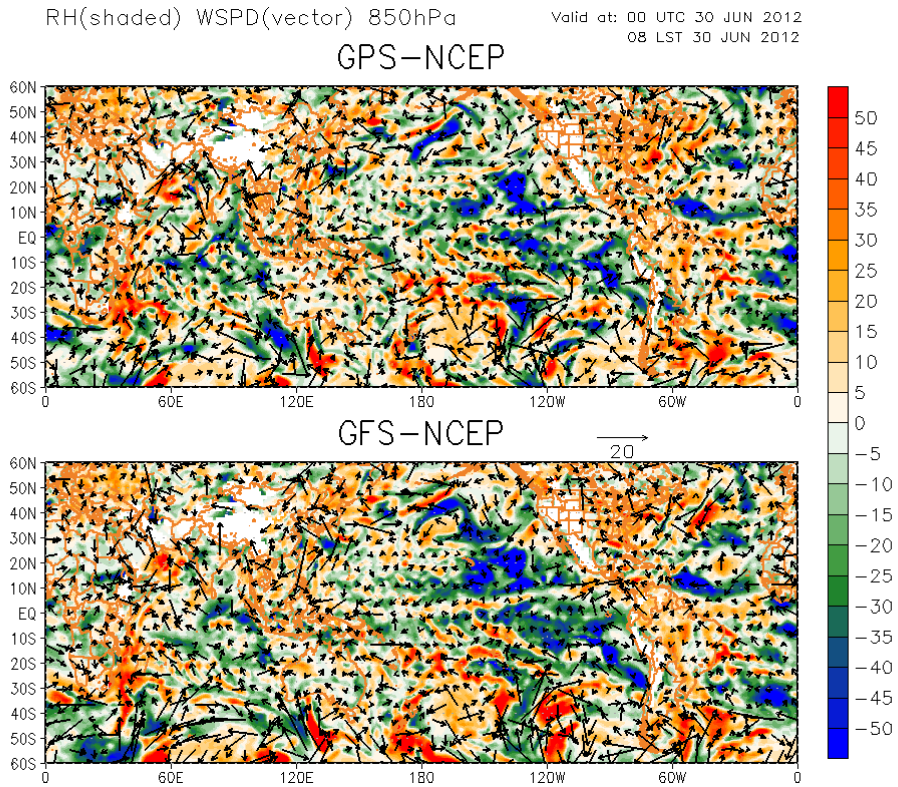


圖 22 上圖為 850hPa，2012/06/30 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為相對濕度，風標為風場差異。(分析場)

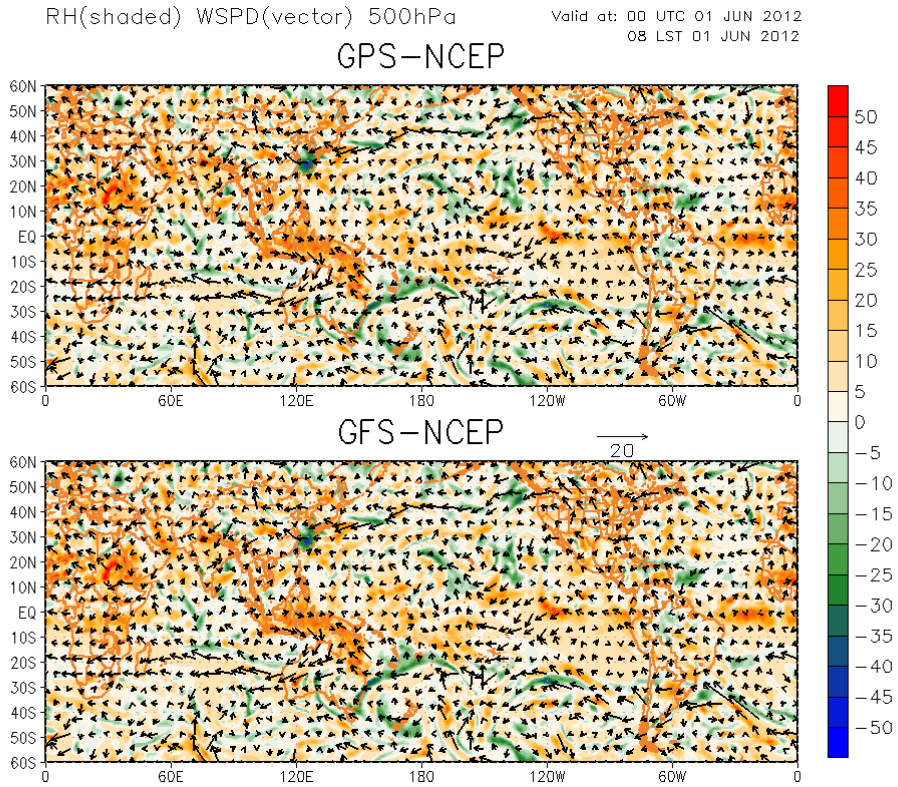


圖 23 上圖為 500hPa，2012/06/01 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為相對溼度，風標為風場差異。(分析場)

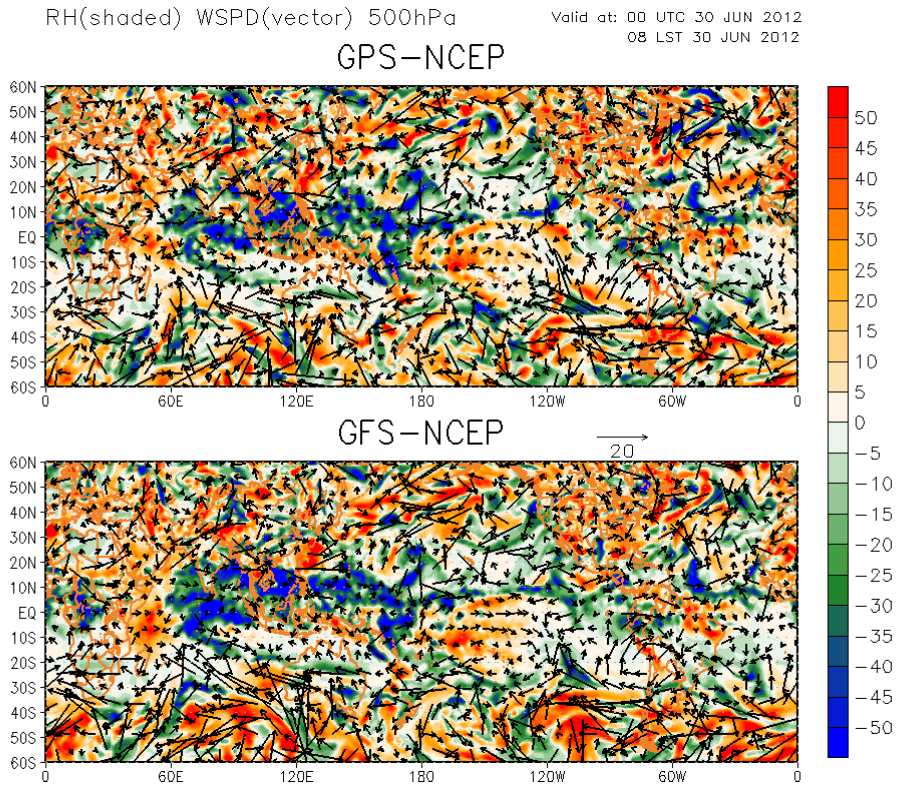


圖 24 上圖為 500hPa，2012/06/30 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為相對溼度，風標為風場差異。(分析場)

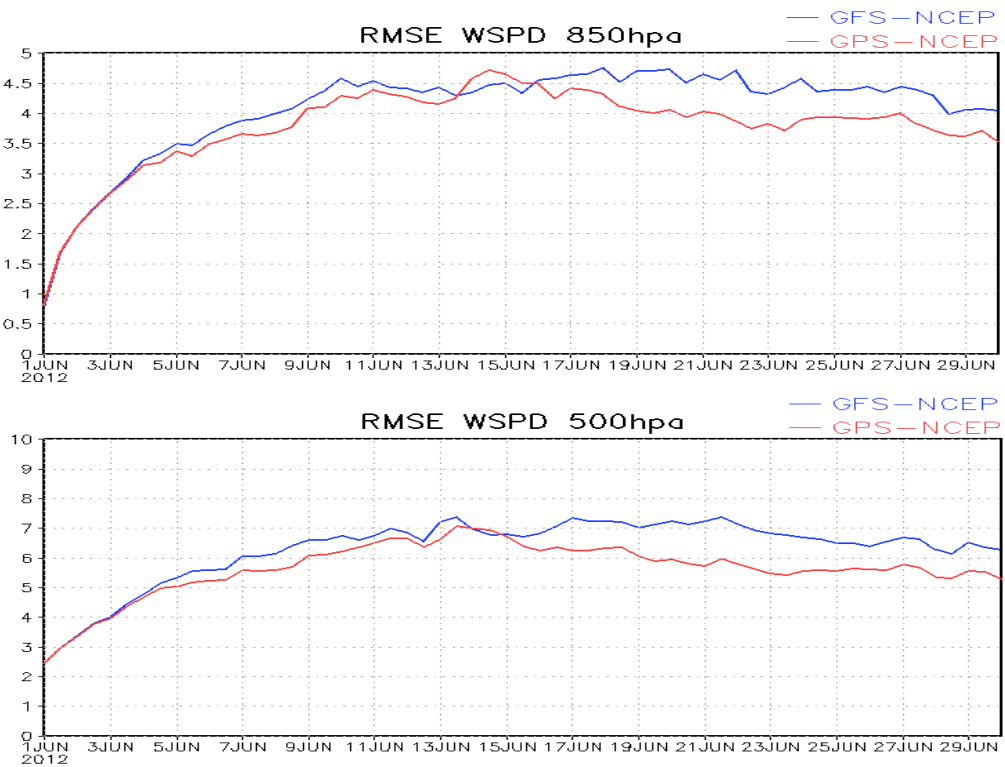


圖 25 模擬區域內，風速 RMSE 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

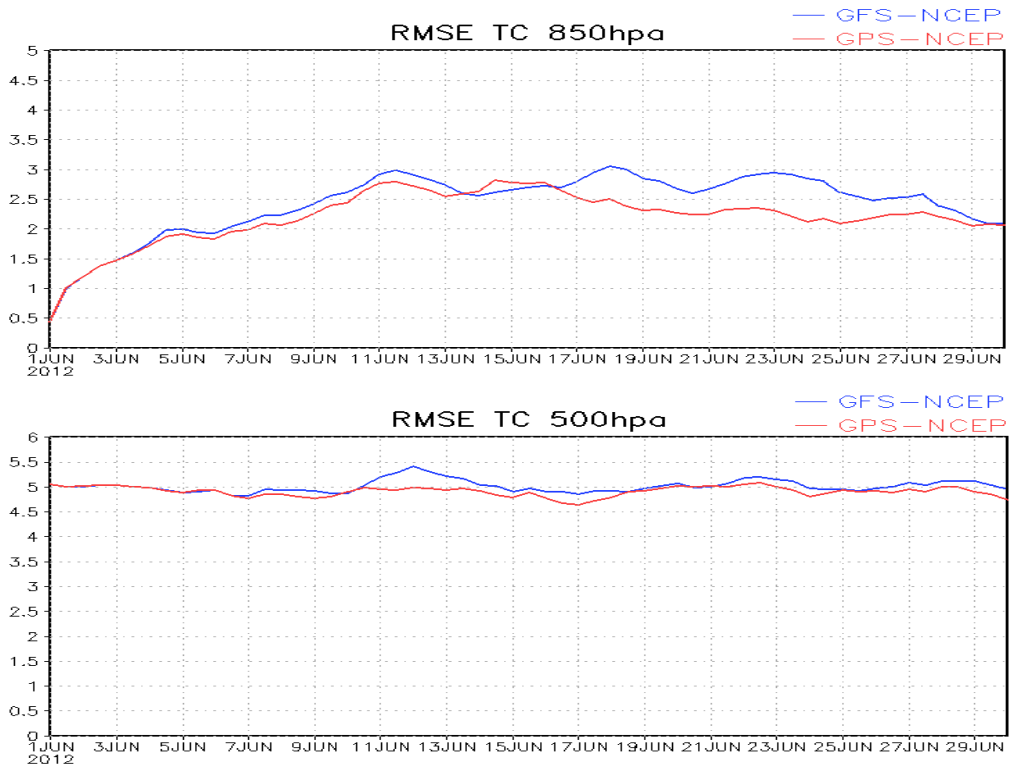


圖 26 模擬區域內，溫度 RMSE 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

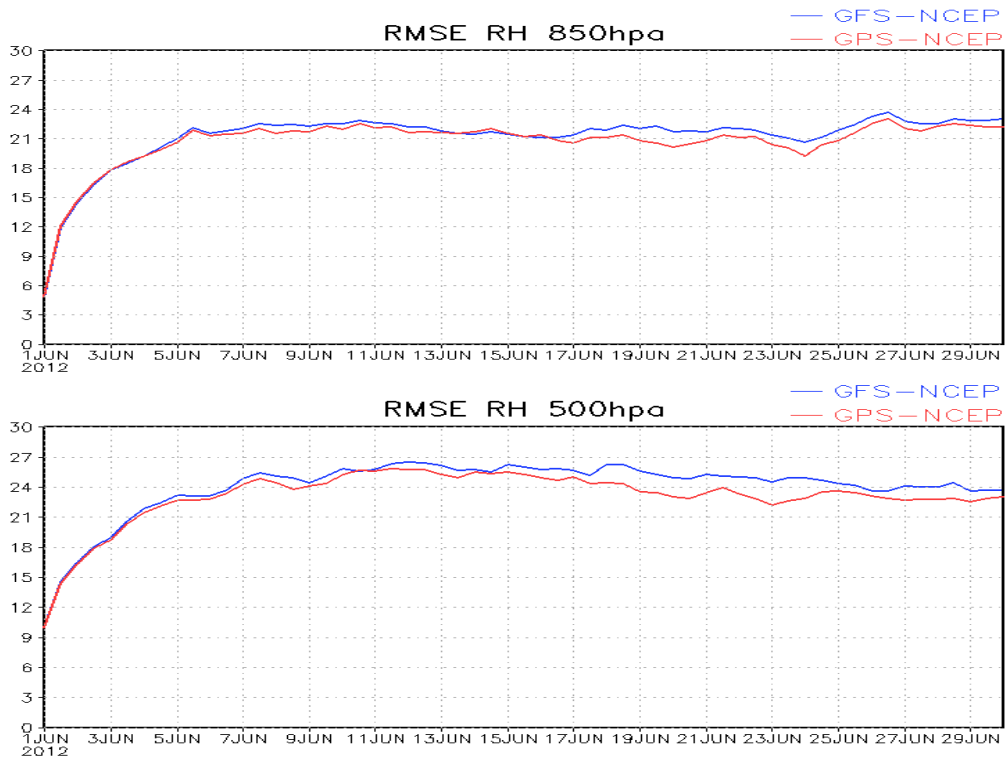


圖 27 模擬區域內，相對溼度 RMSE 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

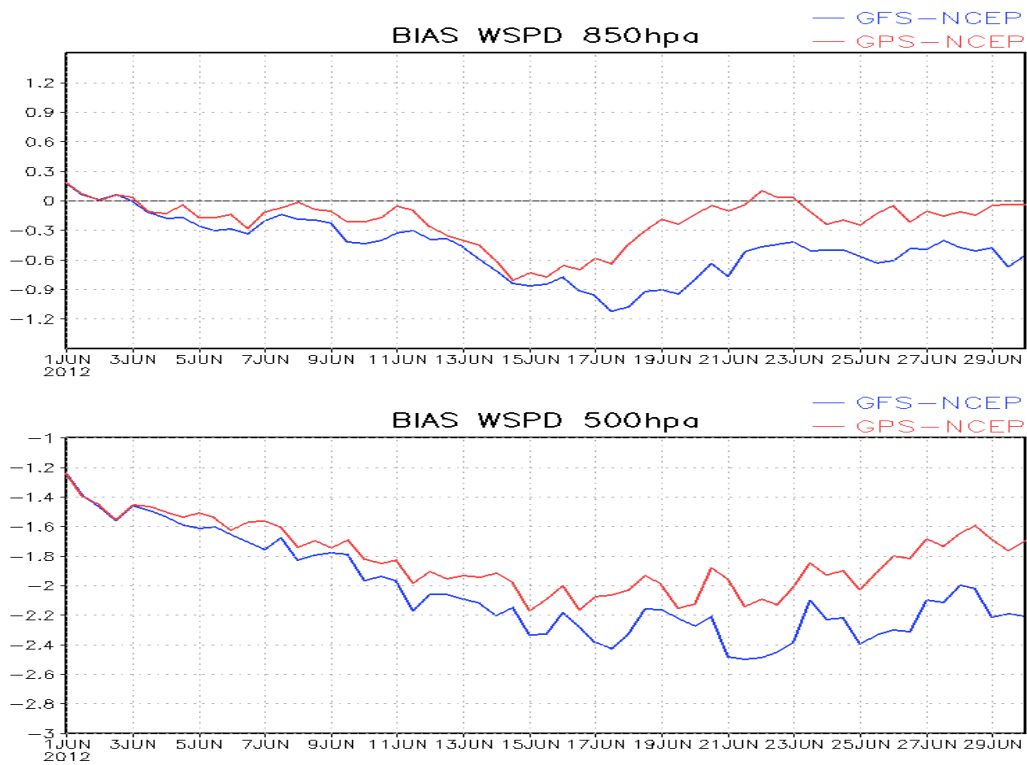


圖 28 模擬區域內，風速 Mean Error 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

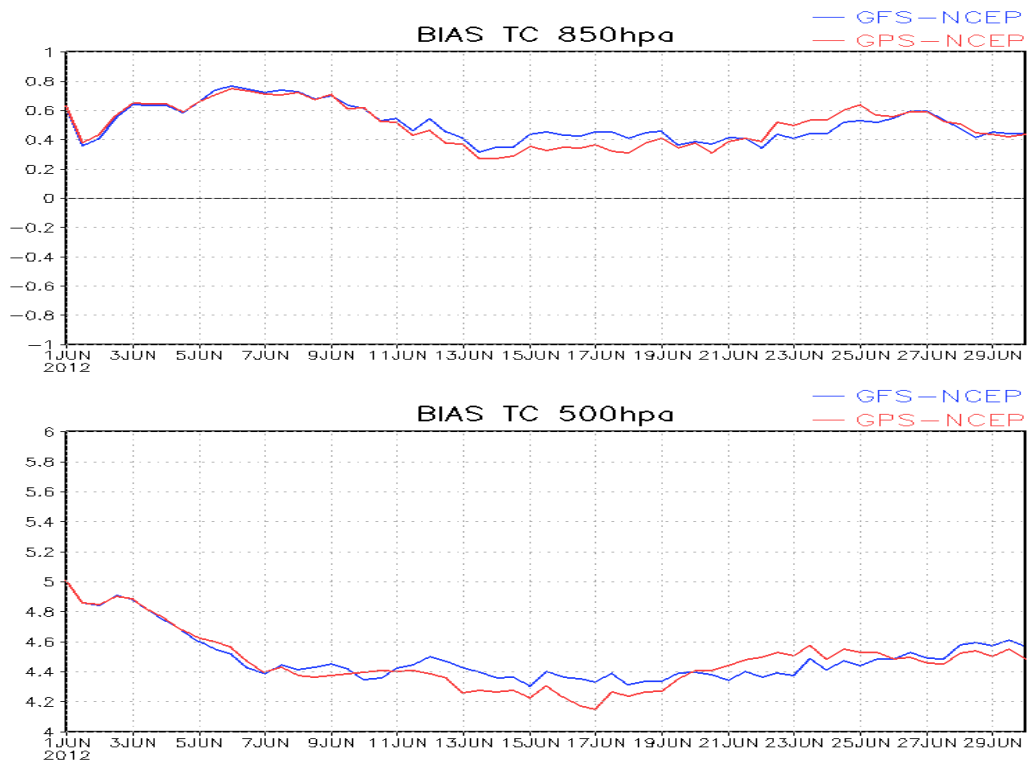


圖 29 模擬區域內，溫度 Mean Error 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

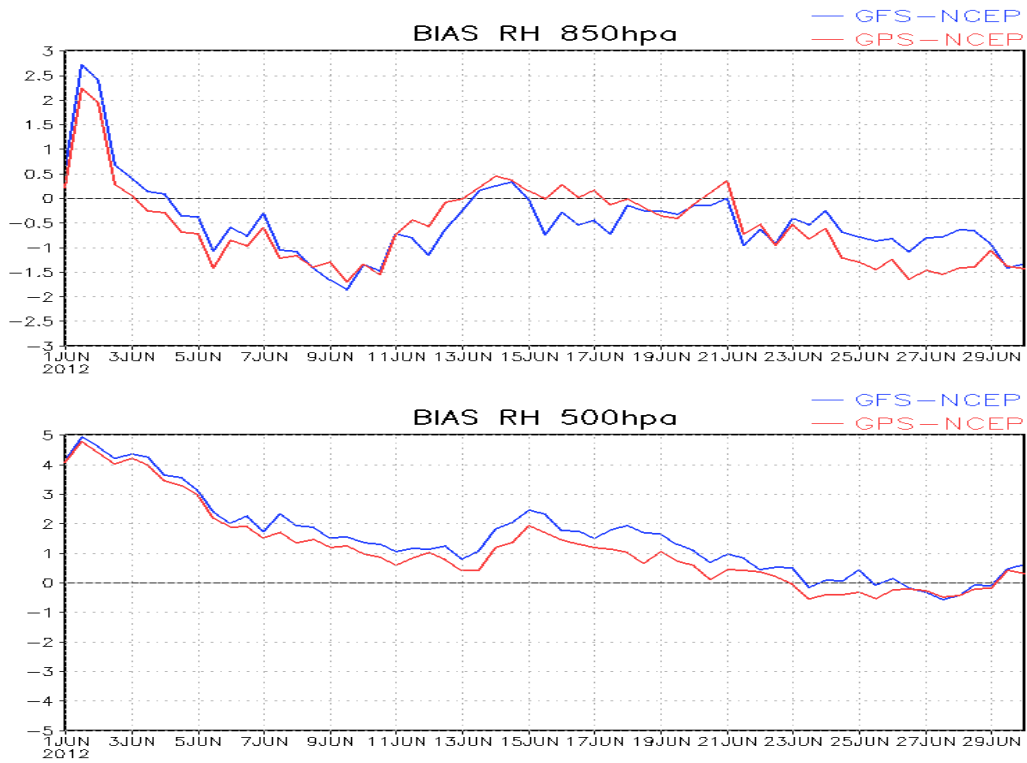


圖 30 模擬區域內，相對溼度 Mean Error 的時間序列，紅線為 GPS，藍線為 GFS，上圖是 850hPa，下圖是 500hPa。(分析場)

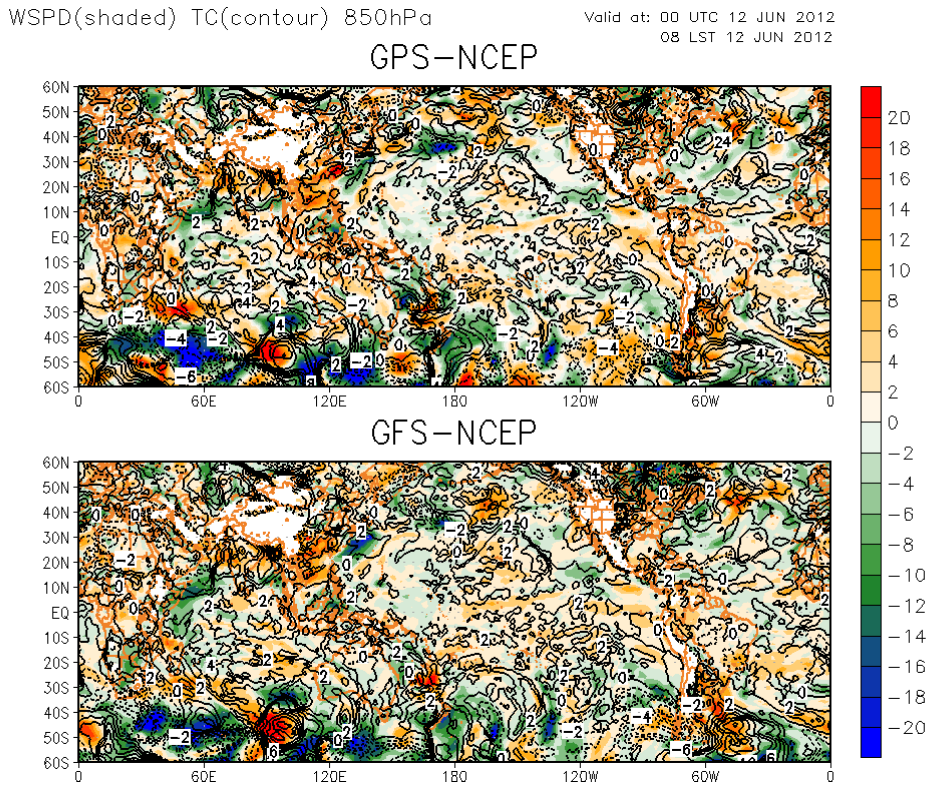


圖 31 上圖為 850hPa，2012/06/12 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為風速差異，等值線為溫度差異。(預報場)

WSPD(shaded) TC(contour) 500hPa

Valid at: 00 UTC 12 JUN 2012
08 LST 12 JUN 2012

GPS-NCEP

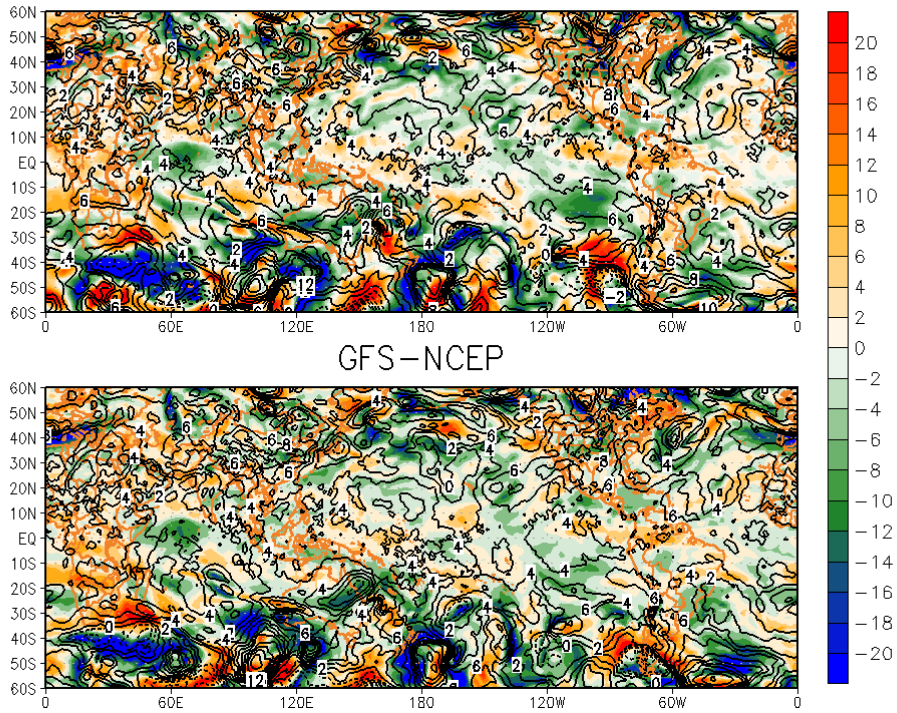


圖 32 上圖為 500hPa, 2012/06/30 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為風速差異, 等值線為溫度差異。(預報場)

RH(shaded) WSPD(vector) 850hPa

Valid at: 00 UTC 12 JUN 2012
08 LST 12 JUN 2012

GPS-NCEP

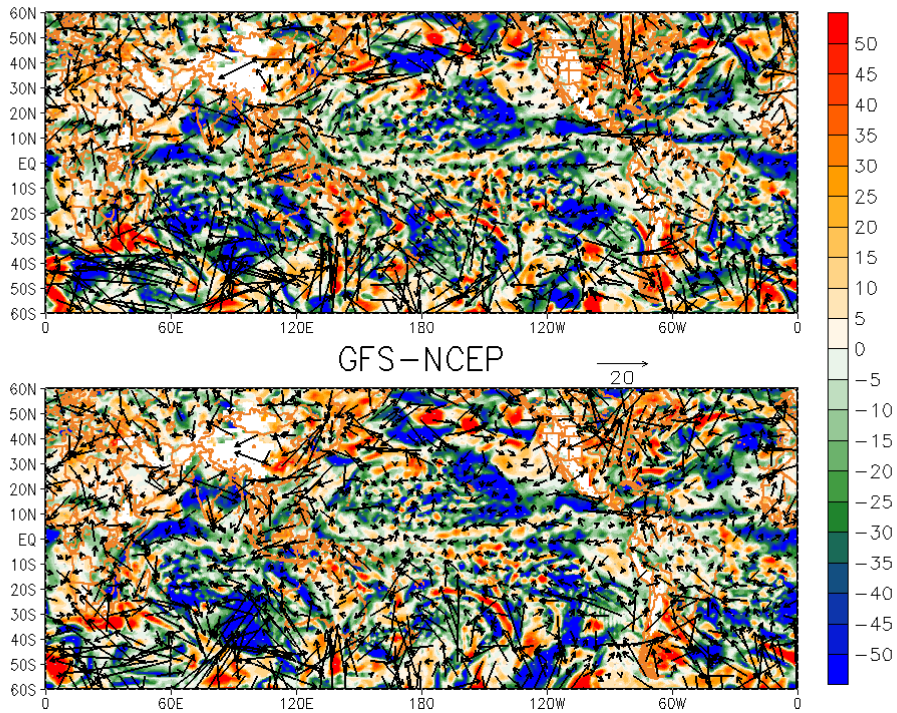


圖 33 上圖為 850hPa, 2012/06/12 00:00, GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖, 陰影為相對濕度, 風標為風場差異。(預報場)

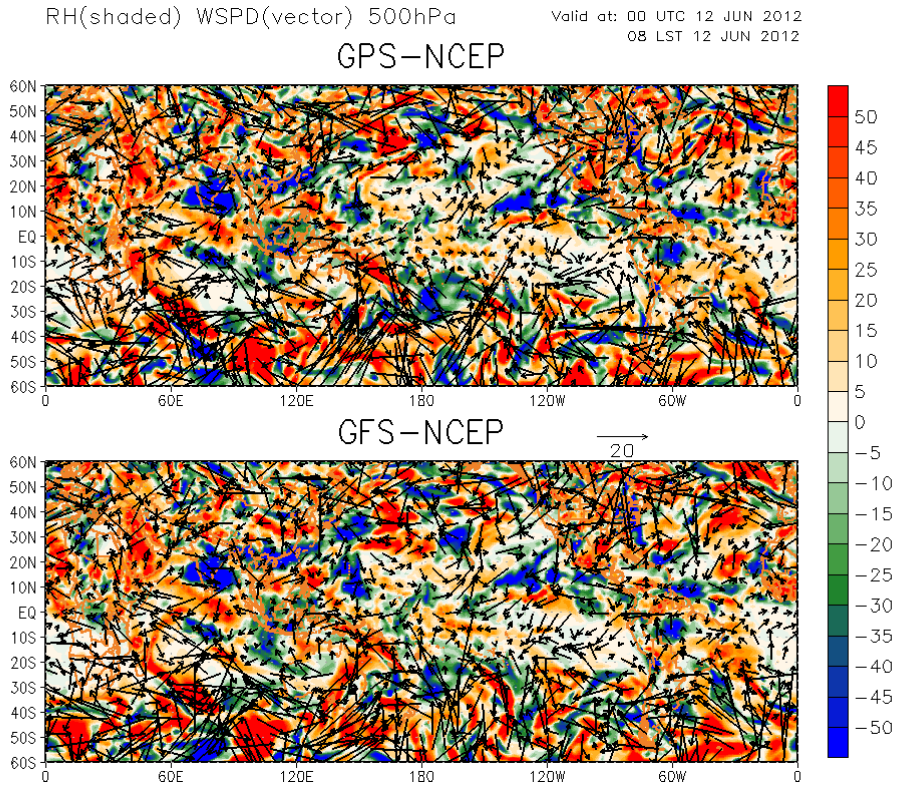


圖 34 上圖為 500hPa，2012/06/12 00:00，GPS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，下圖為 GFS 和 NCEP FNL analysis 的差異圖，陰影為相對濕度，風標為風場差異。(預報場)

四、 結語

本部分針對 2010 年梅雨季，藉由數值模擬探討同化福衛三號 GPS RO 觀測資料對長時間區域模式模擬之影響，並對 2010 年 5 月中至 6 月中旬進行一個月延續模擬。結果顯示各時期同化 GPS RO 資料對重力位高度場之技術得分皆有較大正值的現象，於熱帶地區有更為明顯之正貢獻情形，又以最後 11 天期間之模擬有最顯著之正技術得分，顯示同化 GPS RO 資料所造成之影響會隨模擬時間累積，並於模擬最後時段顯現較為明顯之效應。

由過去研究發現 GPS RO 資料對短期 11 天的模擬有正貢獻，本研究顯示同化 GPS RO 資料對於一個月長時間延續模擬之重力位高度場也有所貢獻，又以觀測資料較為缺乏的熱帶海洋地區最為明顯，有較高之正技術得分，其中同化 GPS RO 資料後，由於原始 GPS RO 資料有較高之重力位高度值，對於控制組於孟加拉灣處模擬過低的氣旋有顯著改善之現象，而與分析場之強度較為接近。

本部分利用 EAKF 產生 2012 年 6 月份的 Global WRF 分析場，比對有無加

入 GPS 資料可以發現，加入 GPS RO 資料對相對溼度、溫度與風速皆有改善，其中對於風速的正貢獻最大。而 Global WRF 預報場的部分，本研究從 2012/06/09 進行 72 小時的模擬，結果顯示有無加入 GPS RO 資料對於相對濕度、溫度、風場差異不大，都是低緯度的模擬結果跟 NCEP FNL analysis 相近，中高緯度的模擬結果則是跟 NCEP FNL analysis 有較大的誤差。

五、 自評表

原規劃目標	完成與否	說明
蒐集梅雨季與颱風季之各項資料及模式建置準備工作	完成	已蒐集 2008~2011 梅雨季與颱風季資料及 2012 梅雨季資料，正持續收集 2012 年颱風季之各項資料。
評估 RO 在不同資料同化策略 (full cycle, partial cycle) 下的影響	完成	已完成 RO 在不同資料同化策略下影響之測試，正進行不同資料同化策略對長時間積分影響之探討。
進行 WRF VAR 同化與模擬	完成	已完成颱風雨梅兩個案 WRF VAR 同化與模擬，正進行更多個案之模擬。
改進 WRF 3DVAR 資料同化系統中 GPSRO 資料的使用	完成	已比較利用 3DVAR 與 ENKF 不同同化方法對 GPSRO 資料使用的差異。正進行更深入之探討。
進行 Global WRF 模組或 HiRAM 模式研發與 WRF VAR 和 GSI 同化與模擬	完成	已完成 Global WRF 的安裝與測試，正進行長時間之積分。正進行 HiRAM 模式的評估與測試。
探討 GPS 資料進行 WRF VAR 同化之後，對區域氣候模擬與分析之影響	完成	已完成梅雨季一個月 WRF 模式的長期積分，並正進行 WRF VAR 同化 GPSRO 的模擬。
探討 dropsonde 資料、SSMI、AIRS 資料進行 WRF VAR 同化之後，對區域氣候模擬與分析之影響	完成	已完成 2008~2011 的 dropsonde、SSMI、AIRS 等資料進行 WRF VAR 同化之後，對梅雨季模擬與分析之影響。
撰寫報告	完成	期末報告撰寫完成。