

CWB/NFS 分析場與 QuikSCAT 衛星海面風場之比較

黃任生¹ 陳宇能²

海象測報中心¹ 夏威夷大學氣象學系²

摘要

海象測報中心現行 CWB/NWW3 模式所輸入風場為本局 CWB/NFS 風場，為了解模式所使用風場的特性，本文就 CWB/NFS 分析場與 QuikSCAT 衛星海面風場進行比較。QuikSCAT 風場氣候分析中，東北季風受台灣地形影響的範圍可以延伸超過 1000 公里以上達南海北部區域；台灣海峽內冬半年平均風速約為台灣東岸同緯度地區的 2 倍，夏半年時期則地形效應不明顯。根據 CWB/NFS-RB、MB、HB 及 CWB/NFS-RC、MC、HC 分析場與 QuikSCAT 衛星風場進行比較，CWB/NFS 分析場普遍小於 QuikSCAT 衛星風場，其中以 HC 風場最明顯，最大偏差約為 4m/s；以季節來看，風速偏差則在夏季較小；相關性分析中，CWB/NFS 分析場與 QuikSCAT 風場相關性在冬季較好，梅雨期最差。

關鍵字：QuikSCAT，NFS，海面風場

一、前言

海象為存在於大氣與海洋交界面之自然現象，例如波浪、潮汐、暴潮、海水表面溫度及海面之風向、風速、氣壓、溫度...等。中央氣象局(以下簡稱本局)所負責的海象業務包含海象預報、海象觀測及海洋資料庫等3大類別，

在海象預報中，本局波浪預報產品主要為波高等值線預報圖(00UTC波浪分析、24hr及36hr波浪預報、波浪模式12-72hr預測)及漁業氣象預報(近海漁業氣象及三天漁業氣象)，波高等值線預報圖中主要使用本局海象觀測網實測資料及美國海洋暨大氣總署(NOAA)所發展之第三代波浪模式 NOAA WAVEWATCH III(以下稱本局波浪模式為 CWB/NWW3)，模式所輸入風場為本局 NFS 風場(以下稱本局風場模式為 CWB/NFS)；漁業氣象預報為風級浪高對照表由風場轉波場，對風場特性更為敏感，因此了解風場特性為提升波浪預報準確度的首要工作。由於海洋觀測有其先天限制，實測資料不若陸上觀測豐富，海面風場的比對應以使用衛星遙測資料最為完善，本文就 CWB/NFS 分析場與 QuikSCAT 衛星風場進行比較，以了解波浪模式所使用風場的特性。

CWB/NWW3 波浪模式使用風場為本局 NFS 風場(分析場及預報場)，為了解該風場與衛星風場的差異，就 CWB/NFS 分析場與 QuikSCAT 衛星風場進行比較。

二、方法

(一)、NFS 分析場資料說明

本文使用中央氣象局非靜力預報系統(Nonhydrostatic Forecast System)NFS 海面高 10m 分析風場，包含 NFS-RB、MB、HB 及 NFS-RC、MC、HC 分析場，為風場模式及觀測資料(探空報、飛機報、衛星、SYNOPSIS、SHIP、bogus CWB GFS data、Dropsonde 等)的最佳客觀分析結果，每日 4 次分析場時間為 00、06、12、18UTC，解析度分別為 RB&RC: 45×45km、MB&MC: 15×15km 及 HB&HC: 5×5km，本文使用空間範圍如圖 1，RB、MB、HB 資料時間為 2003 年 7 月 1 日至 2004 年 3 月 31 日；RC、MC、HC 資料時間為 2004 年 4 月 1 日至 2005 年 7 月 31 日。

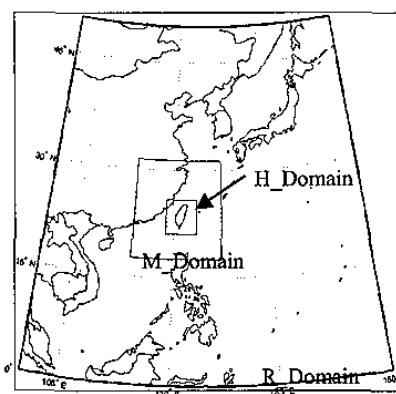


圖 1、R、M、H_Domain 範圍

(二)、QuikSCAT 衛星簡介

QuikSCAT(酬載 Quick Scatterometer 散射儀)太陽同步衛星，於 1999 年 6 月 19 日由美國太空總署(NASA)發射，接續 1996 年 NSCAT 衛星觀測工作，酬載儀器

散射儀波段13.4 GHZ，主要任務為全球海面風場的量測，衛星軌道參數如表1(JPL PO.DAAC, 2001)。

表1、QuikSCAT衛星軌道參數

Nominal Orbital Parameters	
Recurrent Period	4 days (57 orbits)
Orbital Period	101 minutes (14.25 orbits/day)
Local Sun Time at Ascending Node	6:00 A.M. ± 30 minutes
Altitude above Equator	803 km
Inclination	98.616°

QuikSCAT衛星觀測原理為，海面風場會影響海面粗糙度，而海面粗糙度影響衛星回波的強度，根據此一物理關係，利用微波反射的強度計算海面實際風場，因觀測資料可能受大氣環境的影響，在資料處理過程中也考量了水氣、熱通量等因素，各項資料參數如表2(JPL PO.DAAC, 2001)。

本文中使用 QuikSCAT 資料為 Level 3 風場，提供每日兩次全球海面 10m 風場，風場以 UV 向量值表示，解析度為 0.25°×0.25°，因衛星軌道因素，衛

表2、QuikSCAT衛星資料參數

Quantity	Requirement	Applicable Range
Wind Speed	2 m/s (RMSE)	3-20 m/s
	10%	20-30 m/s
Wind Direction	20° (RMSE) selected ambiguity	3-30 m/s
Spatial Resolution	25 km	sigma-0 cells
	25 km	Wind Vector Cells
Location Accuracy	25 km (RMSE)	Absolute
	10 km	Relative
Coverage	90% of ice-free ocean every day	
Mission Duration	36 months	

星資料呈帶狀分布，且受大氣環境影響有些許漏失。圖2為2005年1月1日的 ascending time，經緯度範圍為(0, 100)至(50, 150)，圖中每一格點衛星通過的時間並不相同，因此資料時間略有差異，座標(0, 100)與(50, 150)相差約兩小時。本文後續分析中以 QuikSCAT L3 資料視為實測值，不做任何修改。

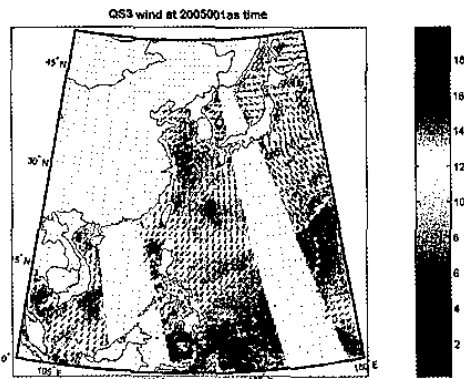


圖2、QuikSCAT 海面風場(20050101 ascending time)

(三)、分析方法

根據 CWB/NWW3 模式及模式所使用 CWB/NFS RB&RC、MB&MC、HB&HC 風場範圍，選定欲比

較之經緯度範圍 R_Domain、M_Domain 及 H_Domain，對應的資料如表3所示。資料時間為2003年7月1日至2005年7月31日。

表3、範圍定義及使用資料表

Domain	經緯度範圍	CWB/NFS 分析場
R_Domain	(0.125, 99.875) 至 (50.125, 149.875)	NFS-RB、RC 00,06,12,18UTC 海面 10m 風場
M_Domain	(17.625, 113.625) 至 (31.375, 127.375)	NFS-MB、MC 00,06,12,18UTC 海面 10m 風場
H_Domain	(21.125, 118.625) 至 (25.875, 123.375)	NFS-HB、HC 00,06,12,18UTC 海面 10m 風場

根據台灣季風型態，一般劃分為冬半年(10月至次年4月)及夏半年(5月至9月)，季風轉換時間大約為每年5、6月及10月。圖3為冬半年及夏半年平均風場，地形對冬半年平均風場的影響較明顯，影響範圍可以延伸超過1000公里以上達南海北部區域，夏半年時期則因季風較弱而不明顯。冬半年時期，東北部海域迎風面因地形阻擋(block)，接近陸地時風速明顯降低，但氣流接觸陸地後受地形抬升形成高壓帶，與西南部低壓帶存在一壓力梯度力，此一梯度力與東北季風同向，增加台灣島兩側及往南延伸的海域風速；而臺灣海峽為一開口方向正對風向的 Channel 地形，東北季風進入後大幅加速，與前述梯度力加成結果，風速在台灣海峽中部達到最大，平均風速約為台灣東岸同緯度地區的2倍；在巴士海峽區域，同樣因地形效應造成風速增加，但海峽方向與季風風向不一致，因此地形效應較臺灣海峽為弱，風速增加的幅度較小；而在台灣西南部沿海，因處於背風面，東北季風受中央山脈阻隔，風速明顯較低。

在夏半年平均風場中，台灣附近西南季風不明顯，風速與冬半年相差極大，而台灣海峽內平均風向仍為東北向，到南海北部才有較明顯西南向平均風，可知西南季風盛行期僅為夏半年中的某段時間，一般認為始於6月中旬終於9月中旬或更短，以整個夏半年時期來看西南季風並不適當。

針對以上氣候概述，分別對各季節風場特性較明顯的時期，定義出4個時間區間做後續分析(如表4)，本文以下所述梅雨季、夏季、秋季及冬季皆為此表所定義之時間區間。

表4、季節分類時間

季節分類	時間
梅雨季	5月16日~6月15日
夏季(盛行西南季風時期)	7月1日~8月15日
秋季	9月16日~10月31日
冬季(盛行東北季風時期)	12月1日~隔年2月28日

分別於 R_Domain、M_Domain 及 H_Domain 中，將每日4次 RB&RC、MB&MC 及 HB&HC 分析場依選定範圍線性內插至 QuikSCAT 風場的空間及時間格點上，於選定的季節分類時間內做相關係數 CR(correlation coefficient)、平均偏差 ME(mean bias

error)、均方根誤差 $RMSE$ (root mean square error)及分散係數 SI (scatter index)等檢定,各項統計參數定義如下,

$$CR = \frac{\sum (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\left\{ \sum (P_i - \bar{P})^2 \sum (O_i - \bar{O})^2 \right\}}} \quad (1)$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum (P_i - O_i) \quad (2)$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum (P_i - O_i) \quad (3)$$

$$SI = \frac{RMS}{\bar{O}} \quad (4)$$

其中 P 為模式值 (CWB/NFS), O 為觀測值 (QuikSCAT), \bar{P} 、 \bar{O} 為其平均值, n 為觀測資料數。

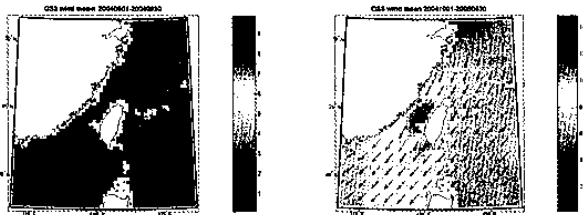


圖 3、夏半年及冬半年 QuikSCAT 平均風場

三、結果與討論

以下就各 Domain 間,對風速風向做統計分析。

(一) R_Domain

圖 4 為 QuikSCAT 風場於各季節分類時間內之平均風場,台灣附近夏季平均風為西南向,其餘季節平均風向為東北向,在梅雨季期間季風正處於轉換期,台灣附近平均風為東北向,南海南部風向為西南向,至夏季時期西南季風盛行,整個東亞海域風向為西南向,西南季風盛行期僅為夏半年中部份時期。因季風為海陸季節溫差所產生,隨著遠離陸地而較不明顯,太平洋海域風向在梅雨季及夏季尚無明顯變化。至秋季時東亞海域風向轉為東北向,南海南部風速明顯較小,此時應為東北季風初期,而太平洋海域東北風亦不明顯。至冬季,北緯 30° 以北海域季風方向為西北向,往南逐漸偏為東北向,為典型東北季風盛行期,與整個東亞海域包含南海皆在東北季風範圍內,而太平洋海域北緯 $5^\circ \sim 25^\circ$ 之間風向轉為東北向且風速明顯增大。

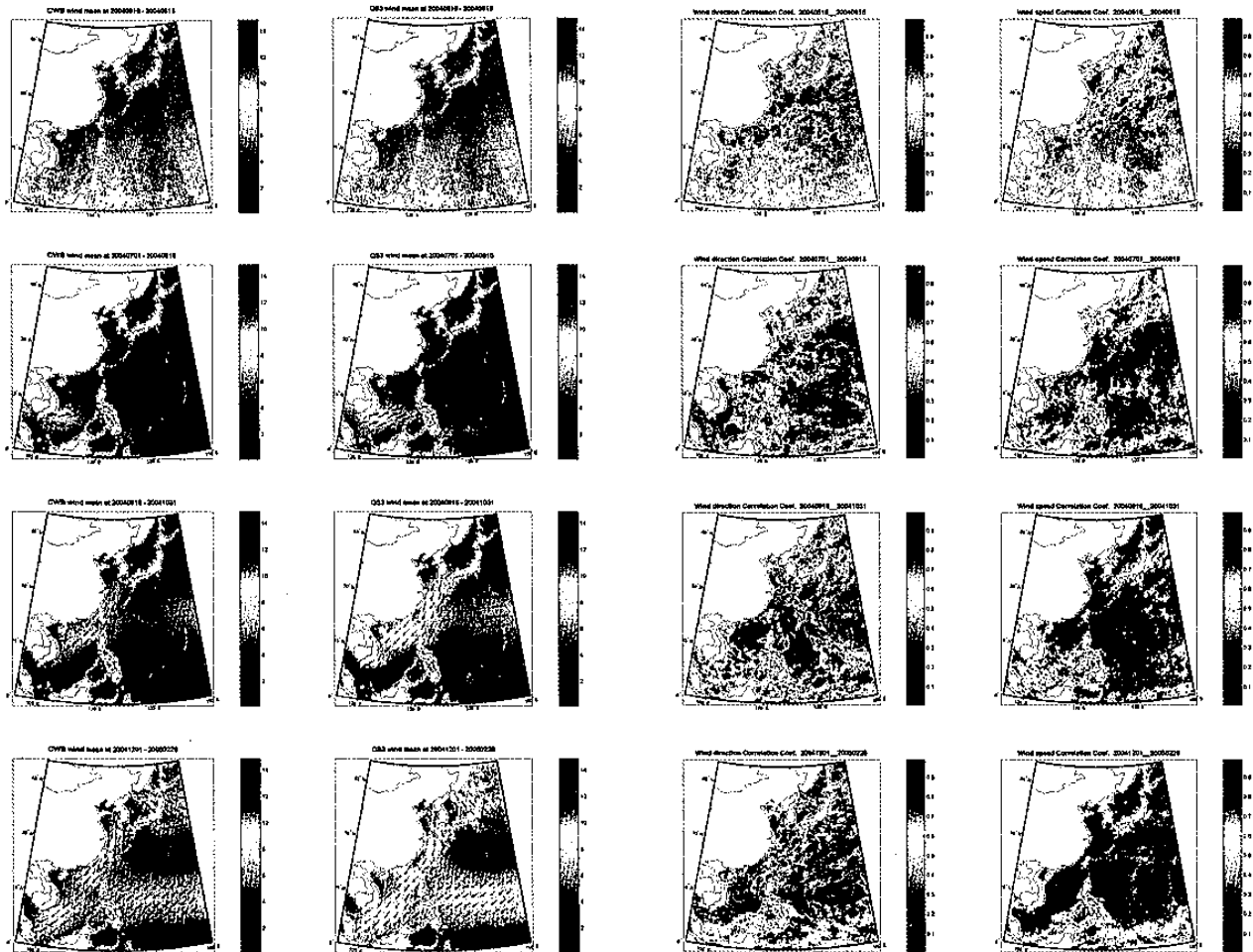


圖 4、R_Domain 梅雨季、夏季、秋季、冬季, CWB 及 QuikSCAT 平均風場

圖 5、R_Domain 風速風向之相關係數 CR

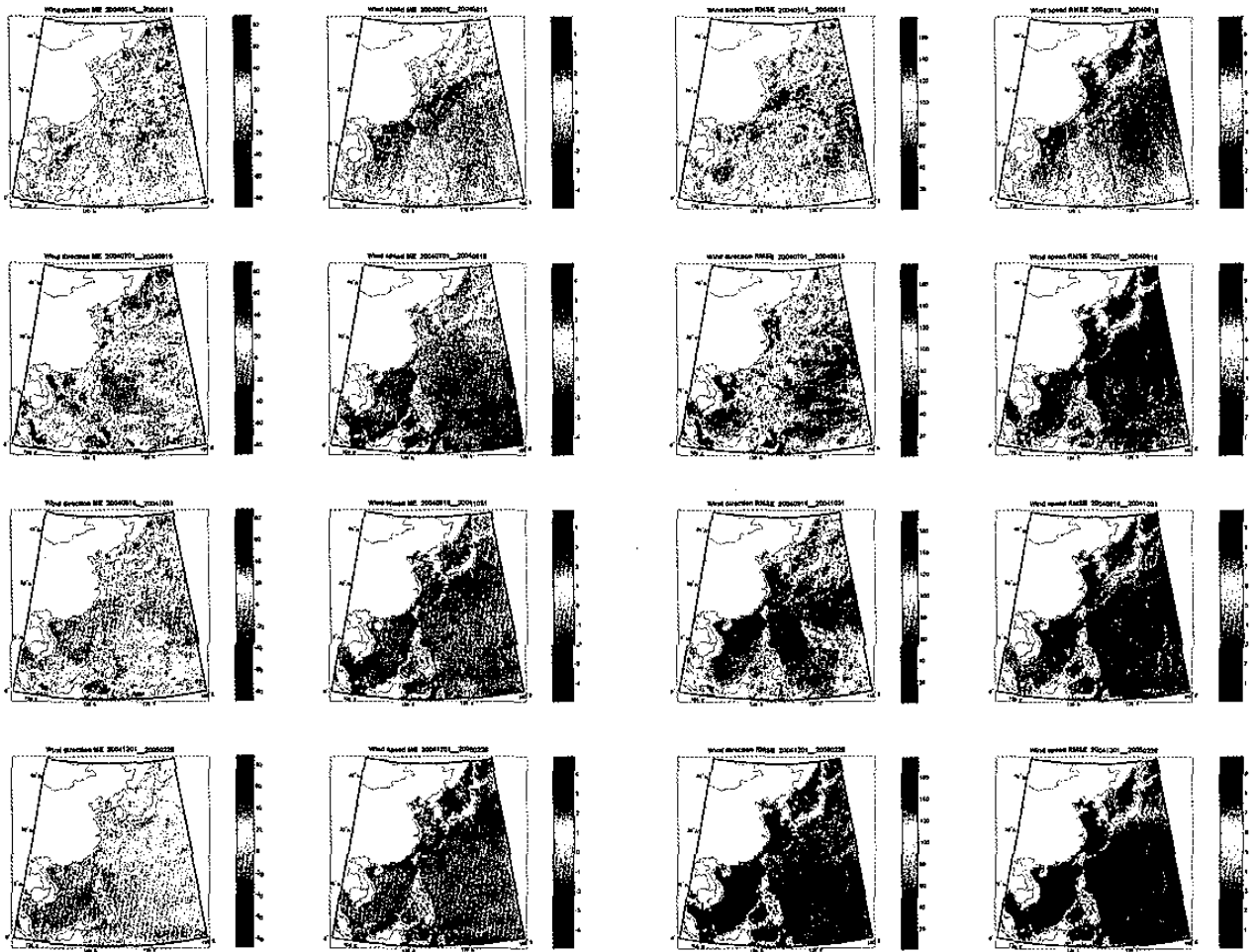


圖 6、R_Domain 風速風向之平均偏差 *ME*

圖 7、R_Domain 風速風向之均方根誤差 *RMSE*

CWB/NFS 與 QuikSCAT 風速風向 *CR* 及 *ME* 結果如圖 5 及圖 6 所示，每一圖上至下分別為梅雨期、夏季、秋季及冬季，風速 *CR* 無明顯差異，R_Domain 內大部分海域 *CR* 皆在 0.7 以上，但接近赤道則明顯較差，由風速的 *CR* 值則明顯看出梅雨期較其他季節低，而風向 *CR* 值則四季皆偏小，尤以夏季南海及秋季太平洋海域較明顯；以風向 *ME* 來看，4 個季節大多數區域約介於 -20° ~ 20° 之間，陸地邊緣則有較大偏差，以梅雨期及夏季最明顯；以風速 *ME* 來看，大部分區域 CWB/NFS 風速小於 QuikSCAT 約 1~2m/s，在陸地邊緣偏差較大，約 3~4m/s；在風速風向的 *RMSE*(如圖 7)中，以冬季誤差最小，梅雨期最大。

(二) M_Domain

M_Domain 各項統計分析結果如圖 8 所示，在 *CR* 中，四個季節中以梅雨期較低，其餘季節大部分海域 *CR* 皆在 0.7 以上，風向 *CR* 中則在冬季較低；以風速 *ME*(如圖 9)來看，4 個季節內大部分海域 CWB/NFS 風速小於 QuikSCAT 約 0~2m/s，梅雨期、秋、冬 3 季偏差較大，台灣附近除台灣海峽內的偏差最小外，其餘 CWB/NFS 風速小於 QuikSCAT 約 2~3m/s。

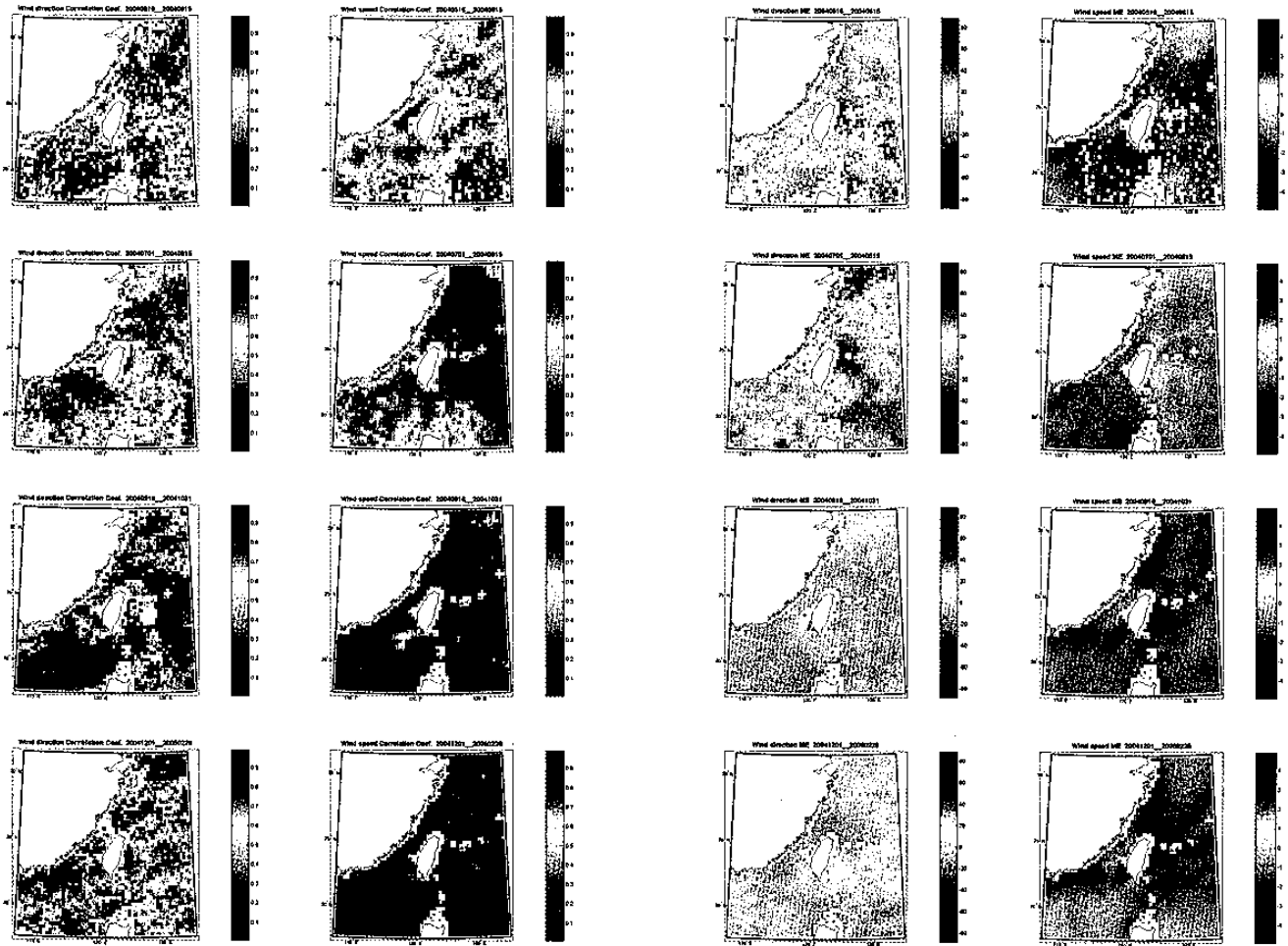


圖 8、M_Domain 風速風向之相關係數 CR

圖 9、M_Domain 風速風向之平均偏差 ME

(三) H_Domain

各項統計分析結果如圖 10 及圖 11 所示，風速的 CR 值於梅雨季明顯偏低，以區域來看在台灣西南部及東部海域較低，台灣海峽內則明顯良好，風速 CR 約在 0.8 以上；風速 ME 值夏季 CWB/NFS 風速小於 QuikSCAT 約 2~4m/s，梅雨期、秋、冬 3 季中 CWB/NFS 風速小於 QuikSCAT 約 3~5m/s，與上節中 M_Domain 內速度 ME 於台灣海峽最小的結果不一致。

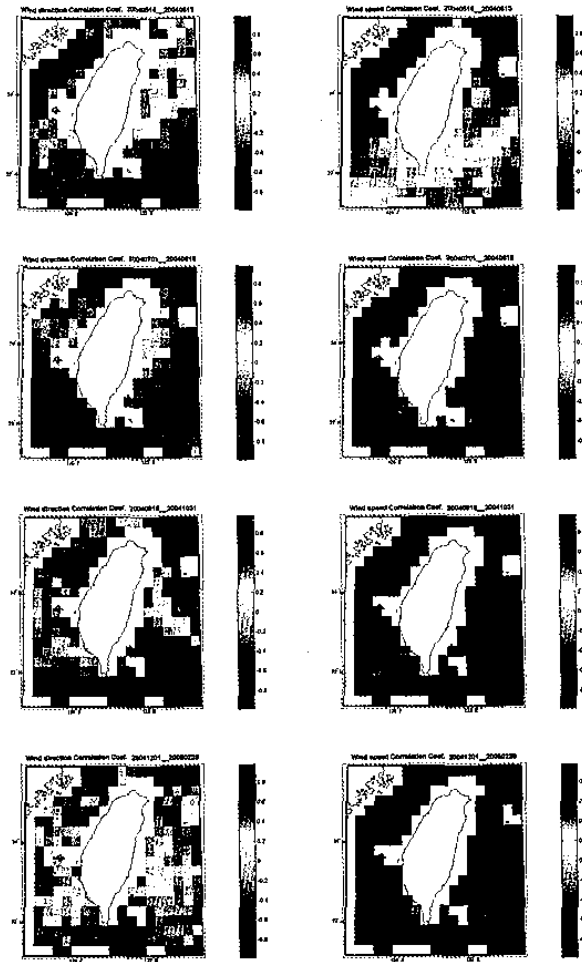


圖 10、H_Domain 風速風向之相關係數 CR

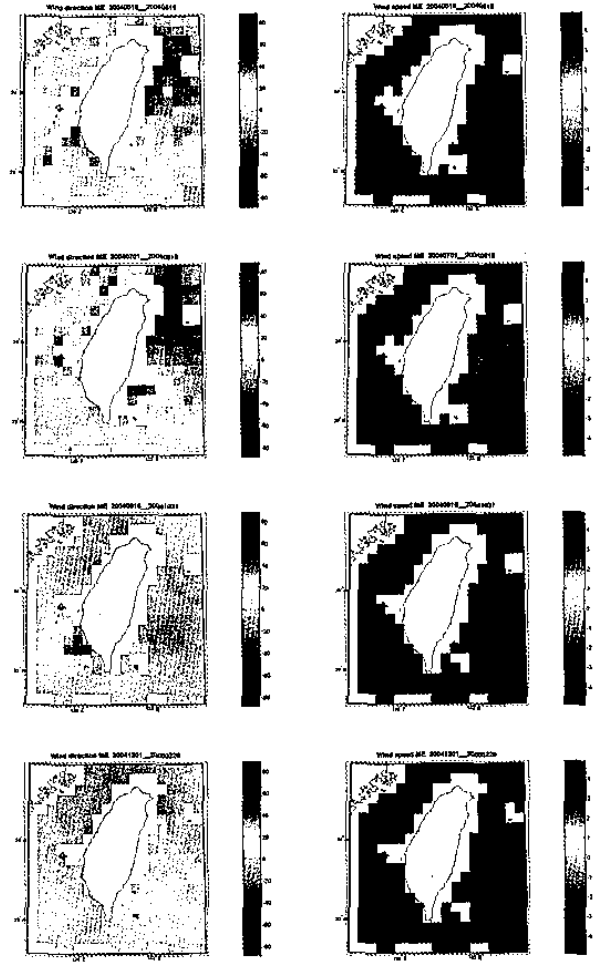


圖 11、H_Domain 風速風向之平均偏差 ME

四、結論與建議

以季節來看，CWB/NFS 與 QuikSCAT 風場相關性在冬季較好，梅雨期最差；速度偏差在夏季較小。以 Domain 來看，CWB/NFS 風速於 3 個 Domain 中皆偏小，以 H_Domain 最明顯。

CWB/NWW3 模式所使用的風場包含 CWB/NFS 分析場及預報場，本文僅使用分析場與 QuikSCAT 衛星風場比較，未來可進一步加入 CWB/NFS 預報場與 QuikSCAT 做比較，以了解 CWB/NWW3 模式所使用的所有風場與衛星風場的差異。

參考文獻：

- JPL PO.DAAC, 2001, SeaWinds on QuikSCAT Level 3 Daily, Gridded Ocean Wind Vectors (JPL SeaWinds Project) Guide Document, Version 1.1.
- Hendrik L. Tolman, 2002, User Manual and System Documentation of WAVEWATCH-III, version 2.22.