

應用全球衛星降雨資料分析台灣鋒面降雨強度

葉南慶¹ 莊耀中² 彭信碩³ 方玉龍⁴

¹ 空軍航空技術學院軍事氣象系

² 空軍航空技術學院航空通電系

³ 海軍大氣海洋局

⁴ 國防部資源規劃司

摘要

本研究利用全球衛星降雨資料 (Global Satellite Mapping of Precipitation, GSMaP) 估算梅雨鋒面於台灣地區之降雨強度。使用資料包含 GSMaP 衛星資料、中央氣象局 (Central Weather Bureau, CWB) 自動測站降雨量資料及地面天氣圖。

Yamamoto et al. (2015) 採用某演算法來改善 GSMaP 在亞洲地區的降雨估算，顯見使用 GSMaP 降雨產品需要依地區做適當的修正。本研究選取梅雨鋒面通過台灣上空時段，將 GSMaP 降雨資料與 CWB 實際觀測降雨量依地勢高度區分並分析比較，嘗試找出 GSMaP 降雨產品應用於台灣地區的系統性誤差，並使用統計法修正，使 GSMaP 估算降雨更接近實際降雨率。

初步分析結果顯示，GSMaP 估算台灣地區降雨與地形高度息息相關，最佳的地勢高度分類為 50 公尺以下、50 至 100 公尺及 100 公尺以上，依此高度分類時 GSMaP 降雨與 CWB 實際降雨的相關係數分別為 0.73、0.69 及 0.48，顯見 GSMaP 降雨的表現平地優於高山。經初步研究成果修正後，在偏差 (bias) 部分平均改善 17 毫米，在均方根誤差部分平均改善了 9.3 毫米，顯示本研究方法可有效改善 GSMaP 於台灣地區的降雨估算。

關鍵字：全球降雨資料、梅雨鋒面、降雨強度

一、前言

東亞地區每年的5-6月總有梅雨鋒面系統出現，此鋒面系統是台灣地區於此期間主要的降水天氣系統，由於梅雨時期的連續降雨使得土壤含水量大，容易造成落石、坍方、土石流、部分低窪地區易淹水等危害。因梅雨鋒面連日的降雨而對台灣造成人、事、物重大損失，另一方面，梅雨也是台灣地區水庫主要的來源 (另一來源為颱風)，梅雨期適時適量的降雨，對農業灌溉、民生用水等水資源的分配、調度及應用具其重要性。

Kidd et al. (2003) 提出了結合了被動微波資料與紅外線 (Infrared, IR) 資料來估算

降雨，提供每30分鐘一筆降雨估算資料，大大提升了時間解析度。而本研究使用的 GSMaP 也就是結合了 IR 資料及微波資料的降雨產品，基本原理為先使用準確度較高的微波資料估算降水，再利用較高時間解析度的 IR 資料填補 (Mapping) 空缺的資料，換句話說，此產品結合了紅外線資料高時間解析度及微波資料高準確度之優點。全球性降水填補的方法已經有許多學者研究 (Kidd et al. 2003, Joyce et al. 2004, Turk and Miller 2005, Huffman et al. 2007)。

Kubota et al. (2007) 研究中使用 GSMaP 反演降雨資料以及星載雷達 (Precipitation Radar, PR) 估計降雨資料分別與實際降雨觀

測資料比較，顯示在某情況下 GSMaP 有較好的結果。Seto et al. (2009) 利用 TR 毫米 (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) /PR 標準演算法所估計的降雨率來評估 GSMaP 與 TRMM / (TR 毫米 Microwave Imager, TMI) 的標準降雨產品 GPROF (The Goddard profiling algorithm)，結果顯示 GSMaP 在月平均與緯向平均降雨率的表現與 PR 的結果較為相近，顯示 GSMaP 具有一定程度的精準度。Taniguchi et al. (2013) 指出雖然在某些地區 GSMaP 反演降雨會有高估的現象，但 GSMaP 所反演的降雨與觀測之降雨值仍有高度的相關性。

許多文章指出梅雨期的強降雨與台灣複雜的地形息息相關 (陳1994; 陳2007)，另外也有學者使用數值方法來探討地形對於降雨型態的影響 (Chu and Lin 2000, Chen and Lin 2005, Chen et al. 2008)。由此可知，台灣地區的複雜地形勢必會影響 GSMaP 估算台灣地區的降雨強度，故本研究選取梅雨鋒面通過台灣上空時段，將 GSMaP 降雨資料與中央氣象局 (Central Weather Bureau, CWB) 實際觀測降雨量依地勢高度區分並分析比較，嘗試找出 GSMaP 降雨產品應用於台灣地區的系統性誤差，並使用統計法修正其誤差值，使 GSMaP 估算降雨強度更接近實際降雨率，並將此研究成果提供給相關的防救災單位及水資源管理單位，使相關單位可以提前有效地調度資源、並預防災害發生或減低可能造成之損傷。

二、資料收集及處理

2.1 GSMaP (Global Satellite Mapping of Precipitation) 衛星遙測資料

全球降雨分布資料 (GSMaP) 是由日本科學技術研究中心 (Japan Science and Technology Agency, JST) 所研發的產品，結合微波觀測及 IR 資料而成，提供全球南北緯

60 度之間的降雨資料，時間解析度 1 小時，空間解析度為經緯度 0.1 度，目前提供資料的單位為宇宙航空研究開發機構 (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA)。其中微波資料包含 TR 毫米的 TMI、Aqua 的 AMSR-E、DMSP 的 SSM/I 及 SSMIS、NOAA 的 AMSU-A/-B 及 MHS、MetOp 的 AMSU-A 及 MHS。

本研究分別擷取 2012 年 5 月 17 日、2012 年 5 月 28 日、2013 年 5 月 11 日以及 2013 年 5 月 17 日等 4 個時間段之 GSMaP reanalysis 降雨量資料進行探討，其中 GSMaP 之逐時雨量統計定義為該時段 00 分統計至 59 分，以 2012 年 5 月 17 日 0800LST 資料為例，該時段逐時雨量統計定義為自 08:00 分統計至 08:59 分止。

2.2 台灣颱風洪水研究中心-大氣水文研究資料庫之中央氣象局自動測站資料

自 2011 年 8 月起，國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心承接由科技部支持的大氣研究資料庫計畫，並結合該中心之各類研究資料 (例如觀測、系集模式等)，建構大氣水文研究資料庫。本研究主要是使用該資料庫內之中央氣象局自動測站降雨量資料，時間解析度為 1 小時，空間解析度為單點測站，總共有 425 個測站 (如圖 1)，除了測站代碼、名稱、位置 (經度、緯度) 外，還有測站高度。

為與 GSMaP 選擇的 4 個個案比較，本研究取其同時段之 CWB 自動測站降雨量資料進行探討，其中 CWB 自動測站之逐時雨量統計定義為前一個時段 00 分統計至該時段 00 分，以 2012 年 5 月 17 日 08L 資料為例，該時段逐時雨量統計定義為自 07:00 分統計至 08:00 分止。CWB 自動測站及 GSMaP 之逐時雨量統計定義比較如表 1。

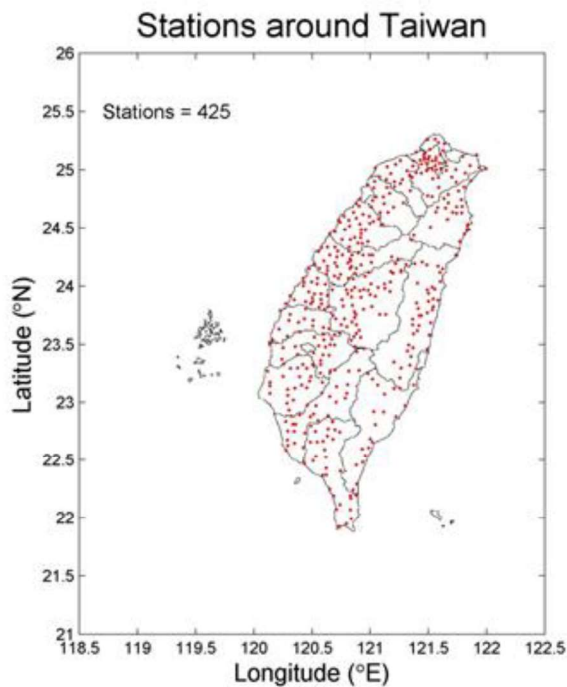


圖1 中央氣象局雨量站分布圖

表1 降雨資料比較表

類別 \ 項目	時間解析度	空間解析度	雨量統計定義
GSMaP 衛星遙測	1 筆/小時	0.1 x 0.1 度 (約 10 km)	2012 年 5 月 17 日 0800LST 雨量統計 自 08:00 分至 08:59 分止
CWB 自動測站	1 筆/小時	單點測站 (425 個測 站)	2012 年 5 月 17 日 0800LST 雨量統計 自 07:00 分至 08:00 分止
備註： 為了後續統計分析，須擷取 GSMaP 與 CWB 同一時段之降雨量資料進行探討，以 2012 年 5 月 17 日 08L 資料為例，須擷取 GSMaP 2012 年 5 月 17 日 0900LST 與 CWB 2012 年 5 月 17 日 0800LST 之降雨量資料進行研究。			

2.3 地面天氣圖

為探討本研究選取 4 個鋒面個案期間，綜觀環境的大氣狀況，本研究利用地面天氣圖來診斷分析其大氣環境，其地面天氣圖由中央氣象局下載，本研究使用當日 00 世

界時之天氣圖來分析個案當天的天氣系統概述以及鋒面的位置。

三、研究方法及步驟

3.1 CWB 降雨量驗證

進行降雨量研究探討之前，須確認本研究使用資料之可信度，以 2012 年 5 月 17 日當日累積降雨量為例，圖 2(a)為 CWB 所提供之累積雨量圖之圖片檔，而本研究將從大氣資料庫下載之 CWB 所屬 425 個自動測站降雨量資料執行線性內插後，繪製當日累積雨量圖如圖 2(b)。

比較圖 2(a)及圖 2(b)，累積降雨量的色標介於 0 至 300 毫米之間，由於 CWB 提供之累積降雨量為圖檔，故雖盡量將色標設定一樣，但仍有小部分色差。由兩者資料顯示的當日累積降雨量趨勢大致一致，顯示本研究使用測站雨量資料以及執行線性內差之後的雨量分布具一定之可信度。

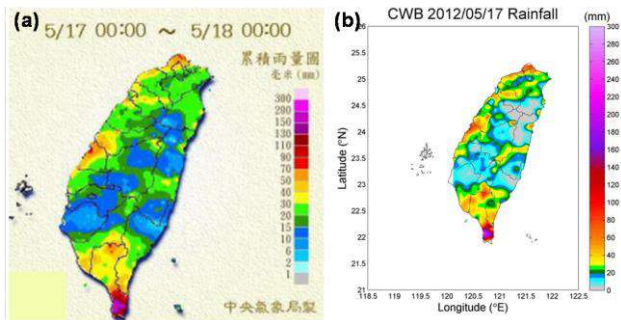


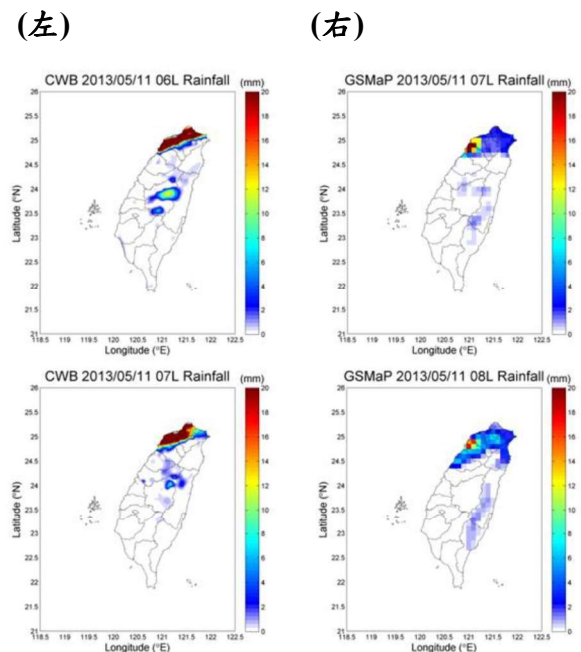
圖 2 (a)中央氣象局雨量站分布圖 (資料來源：中央氣象局) (b)使用 425 個 CWB 自動測站資料所繪 5 月 17 日累積降雨量

3.2 GSMaP 與 CWB 累積雨量定義

GSMaP 之逐時雨量統計定義為該時段 00 分統計至 59 分，以 2013 年 5 月 11 日 0800LST 資料為例，該時段逐時雨量統計定義為自 08：00 分統計至 08：59 分止，其下載資料名稱為 gsmmap_rnl_v631330_20130511_0000_02_AsiaSE.csv，資料時間為 0000 UTC。CWB 自動測站之逐時雨量統計定義為前一個時段 00 分統計至該時段 00 分，與

GSMaP 同時段為例，若比較 GSMaP 的 0000 UTC，依 CWB 定義時間則為 0100UTC。

本研究為了確認兩者之間之降雨時間是否有延遲，因此分別繪製 GSMaP 與 CWB 之逐時雨量圖進行比較 (圖略)，結果可以看出 CWB 之降雨趨勢落後於 GSMaP 降雨趨勢，若沒有將兩者之實際降雨時間統一即進行比較，則比較結果便會有明顯之誤差。因此，本研究統一兩者之實際降雨時間，即 CWB 之 N 時降雨強度與 GSMaP 之 (N+1) 時降雨強度比較，分別繪製 GSMaP 與 CWB 之逐時雨量圖進行定性分析比較，如圖 3 所示。圖 3(a)為 5 月 11 日 06 時至 11 時 CWB 累積降雨量圖，圖 3(b)為 5 月 11 日 07 時至 12 時 GSMaP 累積雨量圖，藉由比較圖 3(a)及圖 3(b)，可以看出兩者當日逐時降雨量趨勢一致，因此確認 GSMaP 之遙測降雨量資料具有參考價值，且 CWB 時間定義確實落後 GSMaP 之時間定義 1 小時，惟 GSMaP 所遙測出的雨量值大多低於 CWB 所觀測出的雨量值。



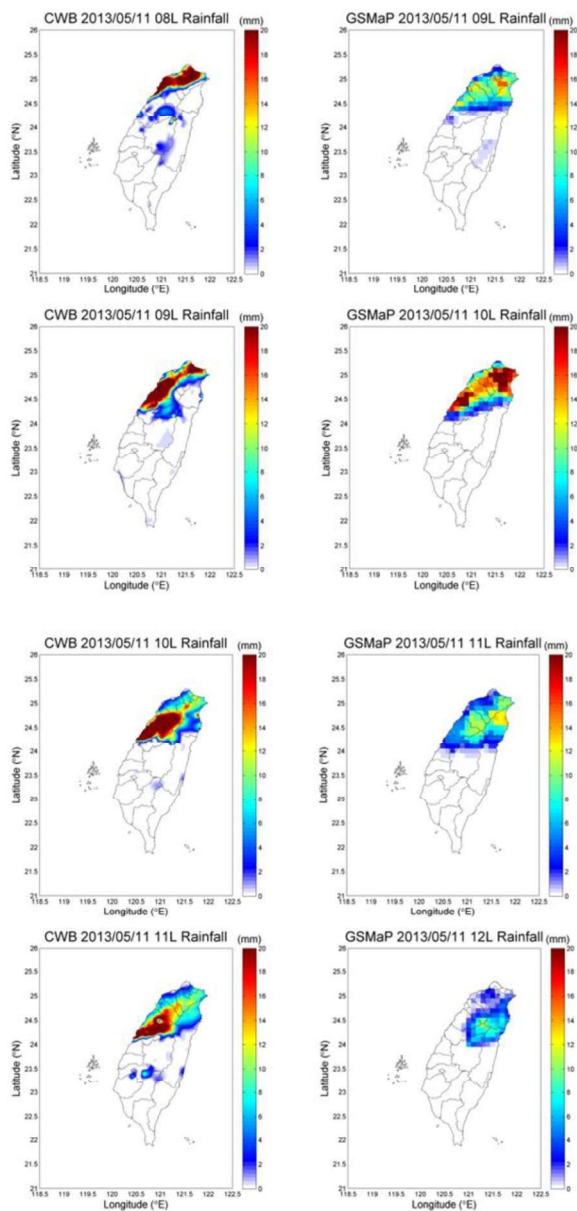


圖3 (左)由上至下為5月11日06時至11時CWB 累積降雨量圖 (右)由上至下為5月11日 07時至12時GSMaP累積雨量圖

四、結果分析與討論

4 本研究分別擷取 2012 年 5 月 17 日、2012 年 5 月 28 日、2013 年 5 月 11 日以及 2013 年 5 月 17 日等 4 個時間段之 GSMaP reanalysis 降雨量資料與 CWB 降雨量資料進行探討，分析步驟如下：

4.1 鋒面個案分析(包含定性與定量分析)。

- 4.2 依地勢高度區分為 4 組進行測試分析，並找出最佳分類。
 - 4.3 GSMaP 及 CWB 降雨量差異之機率分布及平均降雨量誤差分析。
 - 4.4 修正後之平均降雨量誤差及均方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE)。
- 分項敘述如下：

4.1 個案分析

鋒面個案分析(包含定性與定量分析)
 本研究選取 4 個個案，本篇僅以 2012 年 5 月 11 日代表，根據中央氣象局資料當天 08 時地面天氣圖顯示，低壓中心位於日本南方，鋒面向西南延伸至台灣海峽南部，台灣地區受鋒面接近與通過影響，台灣各地多為有雨之天氣。其中北部地區有局部大豪雨發生(如圖 4)。

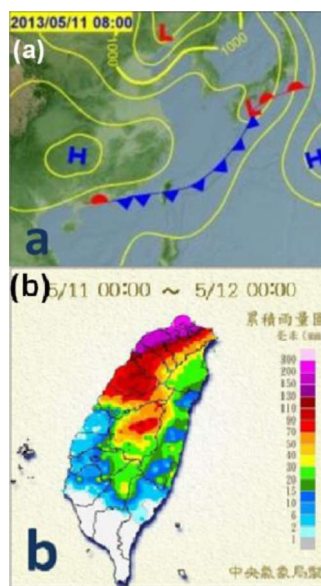


圖4 2013 年 5 月 11 日(a)地面天氣圖 (b)累積雨量 (資料來源：中央氣象局)

本研究蒐集台灣颱風洪水研究中心-大氣水文研究資料庫之 2013 年 5 月 11 日中央氣象局 425 個自動觀測站雨量資料，繪製當日 24 小時累積雨量圖如圖 5(a)。另外 2013 年 5 月 11 日全球降雨分布資料 GSMaP 繪製

當日 24 小時累積雨量圖，如圖 5(b)。

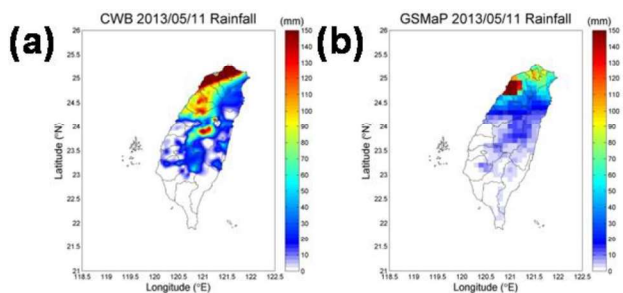


圖5 2013 年 5 月 11 日(a)CWB 累積降雨量 (b)GSMaP 累積降雨量

定性分析圖 5(a)及圖 5(b)，可以看出位於 2013 年 5 月 11 日期間，CWB 與 GSMaP 之當日累積降雨量趨勢大致類似，最強降雨區集中於北部地區，惟針 GSMaP 並沒有精準反演出最強之降雨位置，最強降雨位置與實際降雨略有偏差。

進一步瞭解 CWB 與 GSMaP 之累積降雨量相互關係（即定量分析），本研究將 2013 年 5 月 11 日 GSMaP 累積雨量值對 CWB 累積雨量值作散布圖，並以線性迴歸方法求取資料的趨勢線。如圖 6 所示，Y 軸代表 CWB 2013 年 5 月 11 日累積雨量值（毫米），X 軸代表 GSMaP 2013 年 5 月 11 日累積雨量值（毫米），以紅點表示資料點，以綠色直線代表斜率為 1（即 $y = x$ ）之趨勢線，以藍色點線代表線性迴歸之趨勢線。經過統計分析，線性迴歸方程式為「 $y = 1.14x + 21.32$ 」，相關係數為 0.74。

同樣將 2013 年 5 月 11 日 GSMaP 之日累積雨量減去 CWB 累積雨量值，求取機率分布，如圖 7 所示，Y 軸代表出現機率（%），X 軸代表雨量差值（毫米），可以看出於 2013 年 5 月 11 日 GSMaP 所遙測出的累積雨量值大多低於 CWB 所觀測出的累積雨量值。

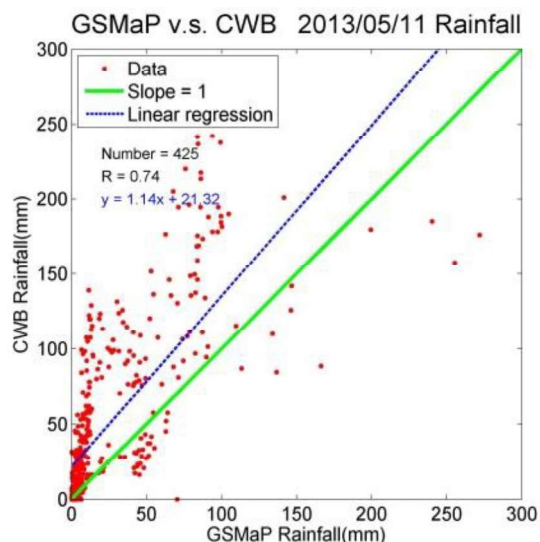


圖6 2013 年 5 月 11 日線性迴歸圖

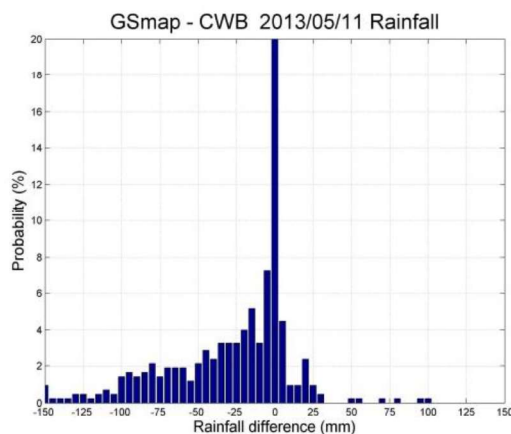


圖7 2013 年 5 月 11 日機率分布示意圖

本研究選取的 4 個個案探討皆以 5 月份梅雨鋒面為主，除了 2013 年 5 月 11 日之個案相關係數達 0.7 以上外，其餘 3 個個案相關係數皆低於 0.6。這樣的結果預判可能跟臺灣地形有關，故下節則針對 4 個個案合併探討，藉由區分高度，找出地形與降雨量之間的關係。

4.2 依地勢高度區分為 4 組進行測試分析，並找出最佳分類。

為瞭解地勢高度與降雨量之相互關係，本研究將地勢高度分類區分為 4 組進行（如

表 2) 測試，此文章僅就分類研析後最佳結果 (test2) 做詳述，其餘分類結果於表 3 顯示。

表2 地勢高度區分測試組別 (單位:公尺, m)

組別 項次	Test1	Test2	Test3	Test4
1	100 m 以下	50 m 以下	500 m 以下	30 m 以下
2	100 至 500 m	50 至 100 m	500 至 1000 m	30 至 150 m
3	500 m 以上	100 m 以上	1000 m 以上	150 m 以上

本研究 test2 的地勢高度區分為 50 公尺以下、50 至 100 公尺，以及 100 公尺以上等 3 組，測站數為 425，4 個鋒面個案，總計 1700 個樣本。

(1) 50 公尺以下

50 公尺以下之測站為 113 個 (如圖 8，4 個個案測站數為 113 x 4 = 452 個樣本)。以 GSMaP 累積雨量值對 CWB 累積雨量值作散布圖，並以線性迴歸方法求取資料的趨勢線。如圖 9 所示，Y 軸代表 4 個個案 50 m 以下之 CWB 累積雨量值 (毫米)，X 軸代表 4 個個案 50 公尺以下之 GSMaP 累積雨量值 (毫米)，以紅點表示資料點，總共有 452 個點位資料，以綠色直線代表斜率為 1 (即 $y = x$) 之趨勢線，以藍色點線代表線性迴歸之趨勢線。經過統計分析，線性迴歸方程式為「 $y = 1.18x + 8.47$ 」，相關係數為「0.73」。

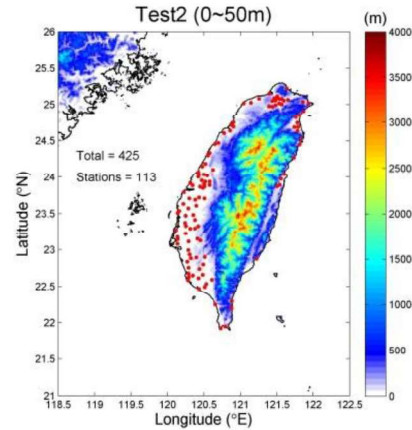


圖8 Test2 (50 公尺以下) 測站點位示意圖

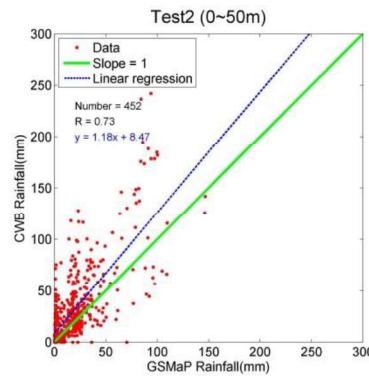


圖9 Test2 (50 公尺以下) 線性迴歸示意圖

(2) 50 至 100 公尺

50 至 100 公尺之測站為 52 個 (如圖 10，4 個個案測站數為 52 x 4 = 208 個樣本)。以 GSMaP 累積雨量值對 CWB 累積雨量值作散布圖，並以線性迴歸方法求取資料的趨勢線。如圖 11 所示，Y 軸代表 4 個個案 50 至 100 m 之 CWB 累積雨量值 (毫米)，X 軸代表 4 個個案 50 至 100 公尺之 GSMaP 累積雨量值 (毫米)，以紅點表示資料點，總共有 208 個點位資料，以綠色直線代表斜率為 1 (即 $y = x$) 之趨勢線，以藍色點線代表線性迴歸之趨勢線。經過統計分析，線性迴歸方程式為「 $y = 1.02x + 18.12$ 」，相關係數為「0.69」。

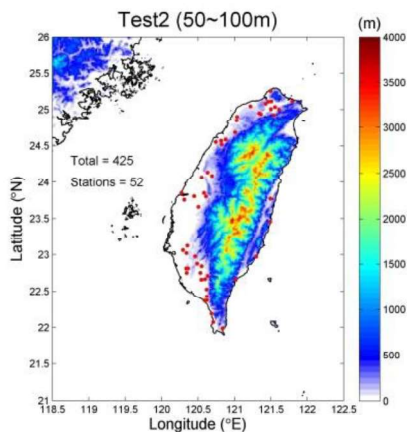


圖10 Test2 (50 至 100 公尺) 測站點位示意圖

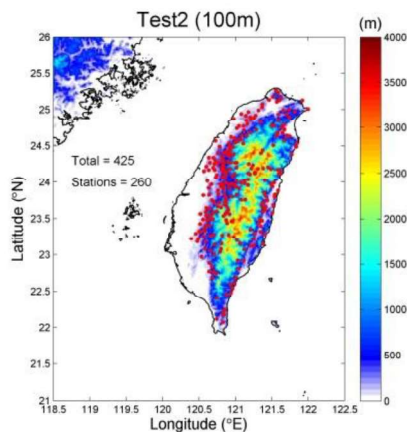


圖12 Test2 (100 公尺以上) 測站點位示意圖

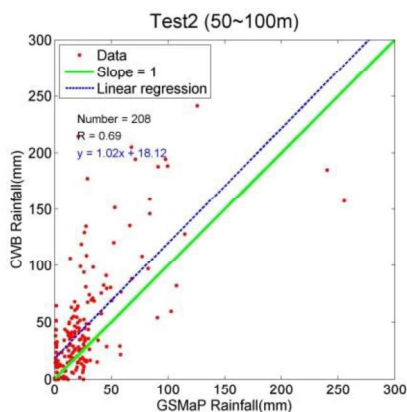


圖11 Test2 (50 至 100 公尺) 線性迴歸示意圖

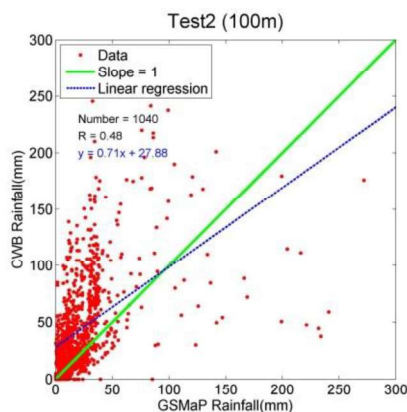


圖13 Test2 (100 公尺以上) 線性迴歸示意圖

(3) 100 公尺以上

500 公尺以上之測站為 260 個(如圖 12, 4 個個案測站數為 260 x 4 = 1040 個樣本)。以 GSMaP 累積雨量值對 CWB 累積雨量值作散布圖, 並以線性迴歸方法求取資料的趨勢線。如圖 13 所示, Y 軸代表 4 個個案 100 公尺以上之 CWB 累積雨量值 (毫米), X 軸代表 4 個個案 100 公尺以上之 GSMaP 累積雨量值 (毫米), 以紅點表示資料點, 總共有 1040 個點位資料, 以綠色直線代表斜率為 1 (即 $y = x$) 之趨勢線, 以藍色點線代表線性迴歸之趨勢線。經過統計分析, 線性迴歸方程式為「 $y = 0.71x + 27.88$ 」, 相關係數為「0.48」。

研究結果顯示, GSMaP 之累積雨量值大多低於 CWB 所觀測出的累積雨量值, 此現象與地勢高度有關, 因此本研究選取表現最佳之地勢高度分類, 即 Test2 作為 GSMaP 之修正依據, 依此分類, 進行低程高度 (50 公尺以下)、中程高度 (50 至 100 公尺) 以及高程高度 (100 公尺以上) 之機率分布比較, 並求取各高度之平均降雨誤差, 作為 GSMaP 之修正依據之一。

表3 4 個個案高度區分測試

類別	低程高度 迴歸方程式 相關係數	中程高度 迴歸方程式 相關係數	高程高度 迴歸方程式 相關係數
Test1	100 m 以下 $y = 1.11x + 11.85$ 0.71	100 至 500 m $y = 0.69x + 23.14$ 0.54	500 m 以上 $y = 0.77x + 31.50$ 0.44
Test2	50 m 以下 $y = 1.18x + 8.47$ 0.73	50 至 100 m $y = 1.02x + 18.12$ 0.69	100 m 以上 $y = 0.71x + 27.88$ 0.48
Test3	500 m 以下 $y = 0.89x + 17.43$ 0.63	500 至 1000 m $y = 0.75x + 29.08$ 0.42	1000 m 以上 $y = 0.78x + 34.01$ 0.46
Test4	30 m 以下 $y = 1.16x + 8.72$ 0.75	30 至 150 m $y = 0.85x + 18.05$ 0.64	150 m 以上 $y = 0.76x + 28.11$ 0.48

4.3 GSMaP 及 CWB 降雨量差異之機率分布 及平均降雨量誤差分析

以 Test2 之地勢高度分類作為依據，本研究將 GSMaP 之日累積雨量線性內插至 CWB 之 425 個自動觀測站點位，並以內插後之 GSMaP 累積雨量值減去 CWB 累積雨量值，求取機率分布圖，如圖 14 至圖 16 所示，Y 軸代表出現機率(%)，X 軸代表雨量差值(毫米)，可以看出於地勢高度分類後，GSMaP 所遙測出的累積雨量值大多仍低於 CWB 所觀測出的累積雨量值。針對 Test2 各高度之平均降雨量誤差如表 4 所示。

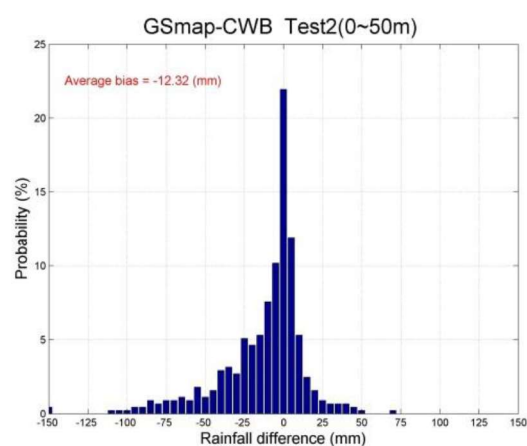


圖14 Test2 (50 公尺以下) 機率分布示意圖

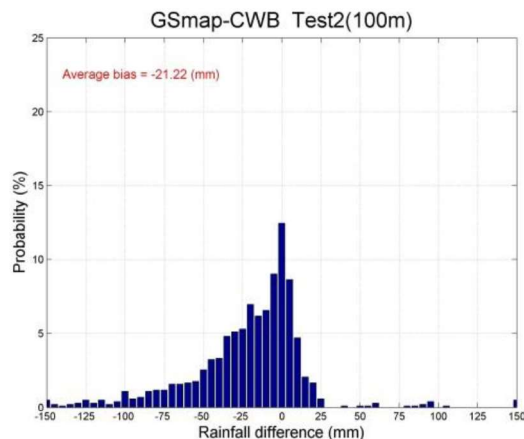
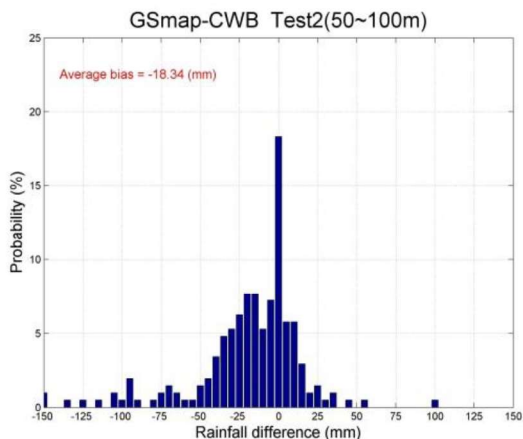


圖15 Test2 (50 至 100 公尺) 機率分布示意圖

圖16 Test2 (100 公尺以上) 機率分布示意圖

表4 Test2 各地勢高度平均降雨量誤差示意表

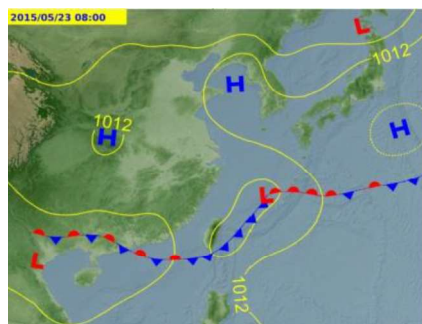
類別	低程高度 平均降雨量誤差	中程高度 平均降雨量誤差	高程高度 平均降雨量誤差
Test2	50 公尺以下 -12.32 (毫米)	50 至 100 公尺 -18.34 (毫米)	100 公尺以上 -21.22 (毫米)

4.4 Test2 之平均降雨量誤差修正

為了瞭解降雨量修正之可信度及實用性，本研究選取一個新的鋒面個案，即非建立各高度平均降雨量之獨立個案（如圖 17，2015 年 5 月 22 日），透過 Test2 之平均降雨量誤差修正，並進行修正前後平均降雨量誤差及均方根誤差之探討比較，如下列所述：

測試之鋒面個案的時間為 2015 年 5 月 22 日，根據圖 17 中央氣象局資料當天 08 時地面天氣圖顯示，低壓中心位於台灣東北部外海，鋒面向西南延伸通過台灣南部及巴士海峽，台灣地區當天受滯留鋒面影響，各地均有降雨發生，其中於 5 月 22 日中南部山區有局部豪雨發生，累積雨量超過 100 毫米。

(a)



(b)

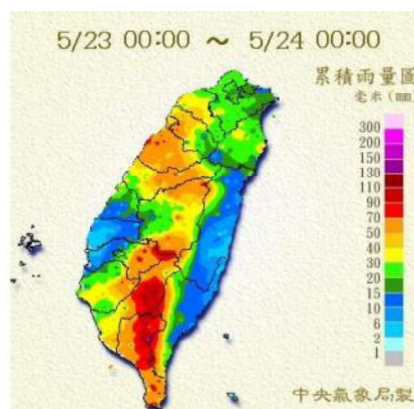


圖17 2015 年 5 月 22 日(a)地面天氣圖(b)累積雨量（資料來源：中央氣象局）

2015 年 5 月 22 日之 GSMaP 雨量與 CWB 降雨量資料依 Test2 分類區分為低程高度(50 公尺以下)、中程高度(50 至 100 公尺)以及高程高度(100 公尺以上)等 3 類型資料。並將 GSMaP 累積雨量值減去 CWB 累積雨量值，求取修正前各高度之機率分布，分別如圖 18、圖 19 及圖 20 之(a)所示，其中 Y 軸代表出現機率(%), X 軸代表雨量差值(毫米)，可以看出於高度區分後，針對此個案，GSMaP 所遙測出的累積雨量值大多仍低於 CWB 所觀測出的累積雨量值。其修正前各高度之平均降雨量誤差自低程高度至高程高度分別為 -17.81 毫米、-23.14 毫米以及 -24.73 毫米。另經統計分析所得修正前各高度之均分根誤差分別為 21.8 毫米、29.73 毫米以及 38.59 毫米(如表 5 所示)。

最後將 GSMaP 累積雨量分別代入 Test2 方式之低程、中程以及高程高度之平均降雨量誤差，求取修正後之 GSMaP 累積雨量，最後將此修正後的累積雨量減去 CWB 累積雨量值，求取修正後各高度之機率分布，分別如圖 18、圖 19 及圖 20 之(b)所示，其中 Y 軸代表出現機率(%), X 軸代表雨量差值(毫米)，可以看出於修正後，各高度分類的平均誤差及均方根誤差皆明顯降低(如表 5 所示)。由此可知，本研究所提之修正方式可降低 GSMaP 遙測資料之系統性誤差。

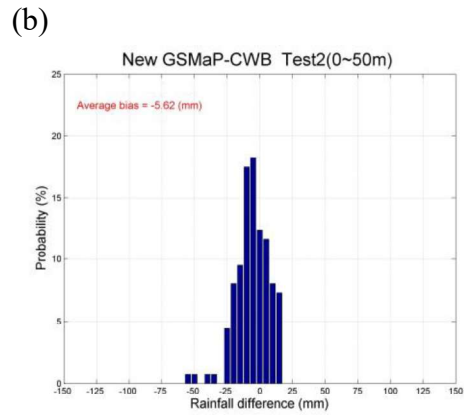
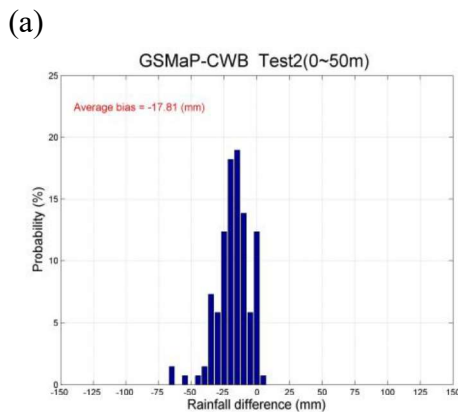


圖18 2015 年 5 月 22 日 Test2(50 公尺以下) 機率分布(a)修正前(b)修正後

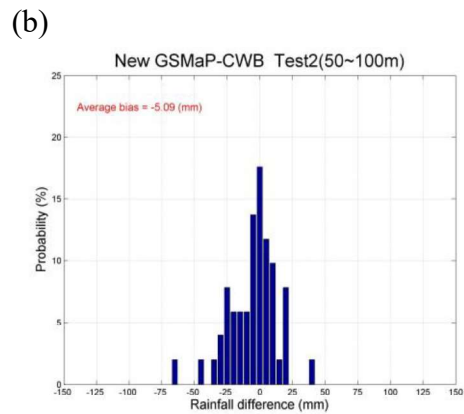
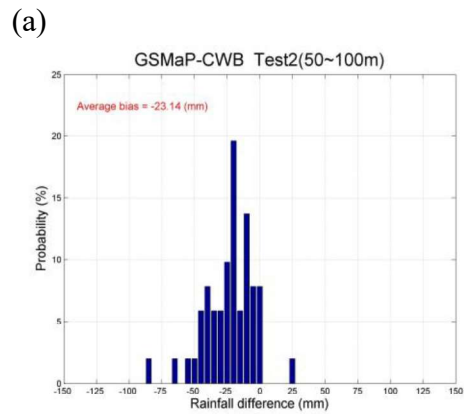


圖19 2015 年 5 月 22 日 Test2(50~100 公尺) 機率分布(a)修正前(b)修正後

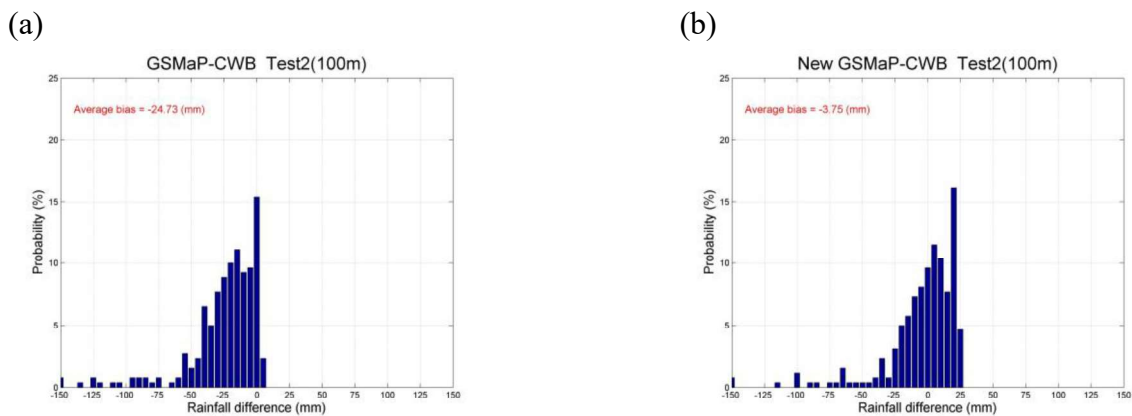


圖20 2015 年 5 月 22 日 Test2 (100 公尺以上) 機率分布(a)修正前(b)修正後

表5 Test2 之平均降雨量誤差修正

類別	低程高度 平均降雨量誤差		中程高度 平均降雨量誤差		高程高度 平均降雨量誤差	
	Test2	50 公尺以下 -12.32 (毫米)		50 至 100 公尺 -18.34 (毫米)		100 公尺以上 -21.22 (毫米)
	修正前	修正後	修正前	修正後	修正前	修正後
Bias	-17.81 毫米	-5.62 毫米	-23.14 毫米	-5.09 毫米	-24.73 毫米	-3.75 毫米
RMSE	21.80 毫米	13.62 毫米	29.73 毫米	19.08 毫米	38.59 毫米	29.52 毫米

五、結論

空本研究利用 GSMaP 估算梅雨鋒面對台灣地區的降雨強度，初步分析結果顯示，GSMaP 估算台灣地區降雨與地勢高度息息相關，而本研究所提之最佳的地勢高度分類分別為為 50 公尺以下、50 至 100 公尺及 100 公尺以上。依此高度分類分析 GSMaP 降雨與 CWB 實際降雨在各高度分類的相關係數分別為 0.73、0.69 及 0.48，顯見 GSMaP 在地勢較低的表現較佳，隨著地勢高度愈高，與 CWB 實際降雨之相關係數愈低，兩者成反比關係。

依據所分類之地勢高度，分別進行平均降雨的誤差統計分析，結果顯示，低程高度至高程高度的平均降雨量誤差分別為為 -12.32 毫米、-18.34 毫米以及 -21.22 毫米，顯示地勢高度愈高，平均降雨量誤差愈大，

且各高度分類 GSMaP 皆為低估實際降雨量，也就是說，GSMaP 的累積雨量值皆低於 CWB 所觀測出的累積雨量值。

為了證明此研究所提的平均降雨量誤差為 GSMaP 在台灣地區的系統性誤差，也就是該成果適用於鋒面通過台灣地區，故使用一獨立個案進行驗證，此個案經過本研究之平均誤差修正後，在降雨量偏差 (bias) 部分，各高度層之降與估算偏差皆明顯改善，3 高度分類之平均累積雨量改善約 17 毫米，在均方根誤差部分，3 高度分類之平均累積雨量改善了約 9 毫米，顯示本研究方法可以有效改善 GSMaP 於台灣地區的鋒面降雨估算。

六、參考文獻

- 王光華、劉振榮，“應用微波資料估計臺灣附近地區降雨之研究”，航測及遙測學刊，第 3 卷，第 3 期，第 39-66 頁，1988。
- 陳泰然，“台灣梅雨季之豪雨研究”，大氣科學，第 22 期，第 455-477 頁，1994。
- 陳泰然，“台灣梅雨季之豪雨研究”，大氣科學，第 35 期，第 261-286 頁，2007。
- Adler, R. F., Kidd, C., Petty, G., Morissey, M., and Goodman, H. M., “Intercomparison of Global Precipitation Products : The Third Precipitation Intercomparison Project (PIP-3), ” Bulletin of the American Meteorological Society, Vol.82, pp.1377-1396, 2001.
- Chen, S.-H., and Lin Y.-L., “Orographic effects on a conditionally unstable flow over an idealized three-dimensional mesoscale mountain,” Meteor. Atmos. Sci., Vol. 88, pp. 1- 21, 2005.
- Chen, S.-H., Lin Y.-L., and Zhao Z., “Effects of unsaturated moist Froude number and orographic aspect ratio on a conditionally unstable flow over a mesoscale mountain” J. Meteor. Soc. Japan., Vol. 86, pp. 353-367, 2008.
- Chen, W. J. and Li, C. C., “Rain Retrievals Using Tropical Rainfall Measuring Mission and Geostationary Meteorological Satellite 5 Data Obtained during the SCSMEX,” International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, pp. 2425-2448, 2002.
- Chu, C.-M. and Lin Y.-L., “Effects of orography on the generation and propagation of mesoscale convective systems in a two-dimensional conditionally unstable flow,” J. Atmos. Sci., Vol. 57, pp. 3817-3837, 2000.
- Ferraro, R. R. and Marks, G. F., “The Development of SSM/I Rain Rate Retrieval Algorithms Using Ground Based Radar Measurements,” Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol.12, pp.755-770, 1995.
- Ferraro, R. R., Weng, F., Grody, N. C., and Basist A., “An Eight-Year (1987-1994) Time Series of Rainfall, Clouds, Water Vapor, Snow Cover, and Sea Ice Derived from SSM/I Measurements,” Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 77, pp.891-905, 1996.
- Huffman, G., Adler, R. F., Bolvin, D. T., Gu, G., Nelkin, E. J., Bowman, K. P., Hong, Y., Stocker, E. F., and Wolff, D. B., “The TR 毫米 Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales,” J. Hydrometeor., Vol. 8, pp. 38-55, 2007.
- Joyce, R., Janowiak, J. E., Arkin P. A., and Xie P., “CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution,” J. Hydrometeor., Vol. 5, pp. 487-503, 2004.
- Kidd, C., Kniveton, D. R., Todd, M. C., and Bellerby, T. J., “Satellite Rainfall Estimation Using a Combined Passive Microwave and Infrared Algorithm, ” Journal of Hydrometeorology, Vol.4, pp.1088-1104, 2003.
- Kubota, T., Shige S., Hashizume H., Aonashi K., Takahashi N., Seto S., Hirose M., Takayabu Y. N., Nakagawa K., Iwanami K., Ushio T., Kachi M., and Okamoto K., “Global Precipitation Map using Satelliteborne Microwave Radiometers by the GSMaP Project : Production and Validation,” IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Vol. 45, pp. 2259-2275, 2007.
- Levizzani, V., Amorati, R., and Meneguzzo, F., “A review of Satellite-based rainfall estimation methods,” European Co 毫米 ission Project MUSIC Report, pp. 1-66, 2002.
- Liu, G. R., Liu, C. C., and Kuo, T. H., “A Satellite-Derived Objective Potential Index for MCS Development during the Mei-Yu Period,” Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 80, pp. 503-517, 2002.
- Petty, G. W., “Physical Retrievals of Over-Ocean Rain Rate from Multichannel Microwave Imagery. Part I: Theoretical Characteristics of Normalized Polarization and Scattering Indices,” Meteorology and

- Atmospheric Physics, Vol. 54, pp. 79-100, 1994.
- Seto S., Kubota T., Iguchi T., Takahashi N., Oki T., "An evaluation of over-land rain rate estimates by the GSMaP and GPROF algorithms; The role of lower-frequency channels" J. Meteor. Soc. Japan, 87A, pp. 183-202, 2009.
- Taniguchi A., Shige S., Yamamoto M. K., Mega T., Kida S., Kubota T., Kachi M., Ushio T., and Aonashi K., "Improvement of high-resolution satellite rainfall product for Typhoon Morakot (2009) over Taiwan," J. Hydrometeor., Vol. 14, pp. 1859-1871, 2013.
- Turk, J., and Miller S. , "Toward improving estimates of remotely sensed precipitation with MODIS/AMSR-E blended data techniques," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., Vol. 43, pp. 1059-1069, 2005.
- Wilheit, T. T., "Some Comments on Passive Microwave Measurement of Rain," Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 67, pp.1226-1232, 1986.
- Wilheit, T. T. and Chang, A. T. C., "An Algorithm for Retrieval of Ocean Surface and Atmospheric Parameters from the Observations of the Scanning Multichannel Microwave Radiometer," Radio Science, Vol. 15, pp. 525-544, 1980.
- Yamamoto M. K., and Shige S., "Implementation of an orographic/nonorographic rainfall classification scheme in the GSMaP algorithm for microwave radiometers, Atmospheric Research," Vol. 163, pp. 36-47, 2015.
- Yeh Nan-Ching, Chung-Chih Liu, Wann-Jin Chen, "Estimation of Rainfall Associated with Typhoons over Ocean Using TR 毫米 /TMI and Numerical Model," Water, Vol. 7, pp. 6017-6038, 2015.

Analysis of Rainfall Intensity of Taiwan Front using GSMaP

¹Nan-Ching Yeh, ²Yao-Chung Chuang, ³Hsin-Shuo Peng, ⁴Yu-Long Fang

¹Department of Military Meteorology, Air Force Institute of Technology, Taiwan

²Department of Aviation & Communication Electronics, Air Force Institute of Technology, Taiwan

³Naval Meteorological and Oceanographic Office, Taiwan

⁴Department of Resources Planning, Ministry of National Defense R.O.C.

ABSTRACT

In this study, the use of the Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products estimated Mei-yu rainfall intensity in Taiwan. The data were used includes GSMaP satellite data, the Central Weather Bureau (CWB) automatic station rainfall data and surface weather charts.

Yamamoto et al. (2015) used the algorithm to improve the GSMaP products in the Asian region, and it showed that the use GSMaP products were needed to be properly corrected by the region. In this case studying, it distinguished the height of the terrain to analyze the difference between the rainfall data of the GSMaP and the actual observed rainfall of CWB during the Mei-yu in Taiwan, and try to find out the systematic error of GSMaP products applied in Taiwan.

Preliminary analysis results showed, the GSMaP estimates rainfall in Taiwan is closely related to height of the terrain, the best classifications of terrain were altitudes below 50 meters, 50 to 100 meters and more than 100 meters, the correlation coefficients of GSMaP and CWB actual rainfall are 0.73, 0.69 and 0.48 respectively. It showed that result of the GSMaP products in ground (below 50 meters) is better than in the mountains. The preliminary results of this study, in the average of bias improvement 17 毫米, and the average of Root Mean Squared Error is improved 9.3 毫米, it is shown that this method can effectively improve the rainfall estimation of GSMaP products in Taiwan.

Keywords: Global Satellite Mapping of Precipitation, Meiyu front, rainfall intensity