

出國報告 (出國類別:實習)

中美合作劇烈天氣資訊監測處理技術發展—LAPS-WRF 微物理參數化

服務機關：交通部中央氣象局

姓名職稱：林允才技佐

派赴國家：美國

報告日期：民國 95 年 1 月 23 日

出國期間：民國 94 年 5 月 16 日至 11 月 11 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號：C09404418

出國報告名稱：中美合作劇烈天氣資訊監測處理技術發展—LAPS-WRF 微物理參數化

頁數 26 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

交通部中央氣象局/趙如倩/2349-1012

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

戴俐卉/交通部中央氣象局/氣象衛星中心/委任技佐/2349-1248

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：民國 94 年 5 月 16 日 至民國 94 年 11 月 11 日 出國地區：美國

報告日期：民國 95 年 1 月 23 日

分類號/目：H8/氣象 H8/氣象

關鍵詞：微物理參數;LAPS-WRF; 極短時預報

內容摘要：(二百至三百字)

本局利用區域分析預報系統 (Local Analysis and Prediction System; LAPS) 的時間與空間高解析度所產生的 3 度空間大氣分析場，供數值預報模式作為初始場。透過 LAPS 所提供的初始場分析，可以高效率方式解決一般預報模式中常會遇到的旋邊問題 (spin-up problem)，有效縮短模式系統反應大氣降水的時間，對於短時預報作業是有效率的工具。

本實習針對 4 個個案，以美國 AVN 及本局 NFS 模式作為 LAPS 所需之背景場執行 3 維大氣狀態分析，其所產生的分析結果，則與中尺度預報模式 (Weather Research and Forecasting System; WRF) 相結合。選用 WRF 其 5 個不同微物理參數以進行個案模擬，藉由 LAPS-WRF 之預報結果，探討此二種模式 (AVN 與 NFS) 與微物理參數表現之優劣，以為極短時預報作業運用上之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw>)

中美合作劇烈天氣資訊監測處理技術發展—LAPS-WRF 微物理參數化

摘要

本局利用區域分析預報系統 (Local Analysis and Prediction System; LAPS) 的時間與空間高解析度所產生的 3 度空間大氣分析場，供數值預報模式作為初始場。透過 LAPS 所提供的初始場分析，可以高效率方式解決一般預報模式中常會遇到的旋邊問題 (spin-up problem)，有效縮短模式系統反應大氣降水的時間，對於短時預報作業是有效率的工具。

本實習針對 4 個個案，以美國 AVN 及本局 NFS 模式作為 LAPS 所需之背景場執行 3 維大氣狀態分析，其所產生的分析結果，則與中尺度預報模式 (Weather Research and Forecasting System; WRF) 相結合。選用 WRF 其 5 個不同微物理參數以進行個案模擬，藉由 LAPS-WRF 之預報結果，探討此二種模式 (AVN 與 NFS) 與微物理參數表現之優劣，以為極短時預報作業運用上之參考。

關鍵詞：微物理參數; LAPS-WRF; 極短時預報

目次

一、 目的	1
二、 過程	2
三、 心得	5
四、 建議事項	10
附表	11
附圖	14

一、目的

區域分析預報系統(Local Analysis and Prediction System ; LAPS)為美國海洋暨大氣總署所屬預報系統實驗室 (Forecast Systems Laboratory ; FSL) 所開發之 3 維大氣狀態分析系統。此一系統可以有效的加入多種觀測資料加以分析，提供一符合動力平衡之 3 度空間的狀態場描述，供中尺度數值預報模式執行天氣預報。透過中尺度模式的模擬，可以對局部地區的天氣變化做相當程度的描述，此為近年來短期預報發展的重點項目。天氣研究與預報系統(Weather Research and Forecasting System ; WRF)是近年來在國際上多個單位致力發展研究的中尺度預報模式，透過此系統之非絕熱初始化及微物理參數化，可以改善傳統數值模式存在之模式旋過問題(spin-up problem)。

美國在極短時天氣監測、分析與預報發展上，皆居於領先地位，故職此行奉派前往美國國家海洋暨大氣總署所屬的預報系統實驗室 (NOAA/FSL)，主要目的在運用 FSL 所發展之區域分析預報系統(LAPS)與天氣研究預報系統(WRF)相結合，利用個案研究評估不同背景場與微物理參數對 WRF 預報結果，以強化 LAPS-WRF 系統效能，提升劇烈災變天氣的極短時預報合理性。

二、過程

職此次赴美行程及工作概述說明如下表：

日期	地點與相關工作內容
94/5/16	台北→洛杉磯
94/5/17	洛杉磯→丹佛
94/5/18	(美國日期為 94/5/16) 赴美國國家海洋暨大氣總署預報系統實驗室(NOAA/FSL), 與孟繁村博士就此次訪美的工作內容交換意見, 並拜會區域分析預報系統(Local Analysis and Prediction System; LAPS)組長 John A. McGinley, 討論此行工作的目的, 隨即加入 LAPS 小組。
94/5/19-94/5/31	與John A. McGinley、Steve Albers進行數次會面討論、研讀報告, 並討論LAPS產品校驗系統(LFVS)更新版本的問題。
94/6/1-94/6/30	學習 LAPS 相關系統架構、了解 LAPS-WRF 相關控制程式。期間並將最新版的程式與資料傳回氣象局供實務工作同仁使用。
94/7/1-94/7/31	裝設新版 WRF 並順利得到 LAPS-WRF 產品;使用 FSL 磁帶資料庫,解出 NCEP 之 AVN 與海溫 SST 資料供 LAPS-WRF 使用;期間協助氣象局同事取得最新程式資料。
94/8/1-94/8/31	氣象局同仁王溫和前來 FSL, 與 LAPS 小組開會討論本局目前執行 LAPS 所遭遇的問題與狀況;順利將 WRF 各式產品藉由 RIP4 套裝軟體繪圖;測試模式各個程式執行所需時間;與氣象局同仁討論 2005 年個案研究內容。
94/9/1-94/9/30	與 Christopher J . Anderson 合作完成在 FSL 建立台灣區域 LAPS-WRF 即時預報工作;設定 LAPS-WRF 個案研究電腦計算環境;嘗試轉換 AVN 資料格式作為 LAPS 背景模式。
94/10/1-94/10/31	成功解譯 AVN 之 netcdf 格式;請 John Smart 協助處理有關衛星亮度溫度之 look-up table 問題;Jared Seehafer 於 18 日完成 LFVS 的最新版本;19~21 日, 資訊中心申湘雄主任來訪, 20 日向申主任與 LAPS 小組作 20 分鐘英文簡報有關本局 LAPS 近況以及職在 FSL 工作進度;開始執行 LAPS-WRF 個案研究, 月底統籌 4 個個案 LAPS-WRF 模式產品之探討。
94/11/1-94/11/9	將個案研究結果傳回氣象局;與 John A McGinley、Paul Schultz 和 Christopher J . Anderson 討論個案研究校驗結果, 並在 LAPS 小組會議中做 30 分鐘簡報工作結果;向 Christopher J . Anderson 學習架設 WRF-NMM 版本方法,

	並將相關檔案帶回氣象局；最後將個案結果與相關檔案備份至隨身硬碟。
94/11/10	丹佛→洛杉磯。
94/11/11	洛杉磯→台北。

工作內容說明如下：

5月份：職於2005年5月16日19點30分(當地時間)抵達科羅拉多州丹佛機場，FSL孟繁村博士接機，並帶領職前往所在地 - Boulder。在生活上安置妥當之後，隔日旋即開始在此間的工作。與LAPS小組負責人—John A. McGinley博士進行數次會面，職針對此行將運用LAPS-WRF模式執行個案研究與McGinley博士討論。與LAPS小組Steve Albers先生進行數次會面，Albers先生針對FSL所產生之台灣區域分析預報系統產品、資料型態及目錄、網頁架構做說明。與McGinley博士及Jared Seehafer先生討論LFVS(LAPS Forecasting Verification System)更新版本相關問題。參與FSL每日上午11時之天氣討論會，增加對當地天氣特性之了解。固定參與每週四下午LAPS小組會議，交流工作心得。

6月份：美方同事協助架設電腦系統以順利使用FSL各項資源。職開始對區域分析預報系統(LAPS)有關系統架構進行了解，學習LAPS-WRF架構流程、控制程式。期間並將最新版的相關程式與資料傳回本局供實務工作使用。

7月份：月初藉由Christ Hopper先生的協助裝設新版WRF(version:2.0.3.1)，使職能順利執行LAPS-WRF之計算；學習使用FSL磁帶資料庫，並成功解碼NCEP之AVN與SST供為LAPS-WRF使用；7月下旬職開始與LAPS小組新聘的模式負責人Christopher J. Anderson先生合作執行LAPS-WRF相關事宜；繼續協助氣象局同事取得最新程式資料。

8月份：1~5日氣象局同事王溫和訪問FSL，與LAPS小組開會討論本局目前執行LAPS所遭遇的問題與狀況。主要問題有2，其中之一當颱風經過台灣時，LAPS所分析出來的雷達回波場在中部地區會出現三角形空白區；另一個問題是在西南氣流旺盛的情況下，LAPS-MM5與LAPS-WRF所產生的回波與雨區預報場有快速消散的情形；McGinley博士在會議中提出職與Christopher J. Anderson合作在FSL建立台灣區域LAPS-WRF的即時預報工作，使LAPS小組能得到最新的預報結果；王溫和並協助職順利將WRF產生的各式產品藉由RIP4套裝軟體繪出圖形；測試模式各個程式執行所需時間，以便設立即時預報之定時啟動程式；測試LAPS-WRF2個微物理參數所需時間與結果；與氣象局同仁討論2005年個案研究內容，預計評估3個主要個案(1)1個回波消散個案(2)2個梅雨個案(3)1個颱風個案。

9月份：與Christopher J. Anderson合作完成建立台灣區域LAPS-WRF的即時預報工作；將氣象局同仁從磁帶下載的個案資料傳至FSL工作站，因硬碟毀損，FSL同事重裝系統與回復檔案耗去4個工作天；設定LAPS-WRF個案研究的電腦計算環境，與即時預報LAPS-WRF作區別；與本局王溫和協調關於個案研究用的2個背景場，AVN由FSL這端產生，NFS由氣象局產生；月底嘗試轉換AVN的格式當作LAPS

的背景模式，但尚未能解出netcdf格式，且由於7月中旬台灣的衛星資料由GOES9改為MTSAT，LAPS的版本需回復為7月之前演算法才會合理。

10月份：成功解譯AVN的netcdf格式，但回復LAPS的舊版本工程浩大且可能會影響現有即時預報工作，經與Anderson先生與王溫和溝通後，決定由氣象局產生AVN的初始場；請John Smart幫忙有關衛星亮度溫度的look-up table的部分，因為MTSAT的衛星資料乃採用GMS5的table，經LAPS分析後仍有些許差異造成雲分析有誤；Seehafer先生於18日完成LFVS的最新版本，職將修訂版程式與工作備忘錄傳回氣象局；19~21日，資訊中心申湘雄主任來訪，20日向申主任與LAPS小組作20分鐘英文簡報，內有關氣象局LAPS近況以及職在FSL工作進度；開始執行LAPS-WRF的個案研究，先做AVN的不同微物理參數，再做NFS的個案；颱風個案確定採用10月初侵台的強烈颱風LongWang，月底將4個個案的LAPS-WRF模式的結果完成。

11月份：將個案研究結果傳回本局，請黃葳芃協助有關降雨的校驗部分；職與McGinley博士、Paul Schultz和Anderson先生討論個案研究的校驗結果，並於3日的LAPS小組會議中做30分鐘簡報職的工作結果；請Anderson先生協助建立WRF-NMM版本的台灣預報場，向其學習架設此版本的方法，並將相關檔案帶回氣象局；最後將個案結果與相關檔案備份至隨身硬碟。回程於10日10時10分，搭乘美國聯合航空UA583班機，由丹佛出發飛抵洛杉磯，然後在當地時間10日15時20分轉搭中華航空CI005班機，於台北時間11日22時10分返抵中正機場，順利達成本年度所交付之任務。

三、心得

WRF(Weather and Research Forecast model)是近幾年美國相關之研究與作業單位集中大量人力及資源所發展出來的中尺度模式，目前仍屬於發展階段，但是WRF的優點在於先進的資料同化與物理參數化方法，使預報模組與分析模組能充分結合，並具備較新的物理動力及數值計算方法，而且WRF的程式碼有高度的模組化與平行處理的方式，因此可以充分利用計算機資源以滿足作業時間的要求。NOAA/FSL中LAPS team近來將LAPS與WRF結合，並致力於此一分析預報系統的發展、研究與應用，職此次赴美便參與這方面的研究工作。

職此行學習LAPS小組與許多頂尖科學研究人員豐富的模式及工作經驗，並經由多次的溝通討論與多人的協助之下，得以完成LAPS-WRF的個案研究工作，除了3個梅雨個案與1個颱風個案得到測試結果並將結果於11月初LAPS小組會議中報告討論外，並協助FSL完成LAPS-WRF即時預報的建置工作，順利達成任務交付也藉此學習到了一些程式修改方法技巧，收穫良多。

此次研究選擇4個個案，6個時段(如表1)，將2個模式(AVN與NFS)作為LAPS的背景模式場所產生的分析結果與中尺度預報模式WRF相結合，並調整每個個案時段WRF的5個微物理參數(如表2)，藉由校驗LAPS-WRF降雨量預報結果，與相同電腦環境下使用32顆CPU進行平行處理計算每次所需時間(如表3、表4)，綜合探討何種模式(AVN與NFS)與微物理參數表現較佳，以為極短時預報作業實際運用上之參考。

(一)、個案研究的軟體版本：

LAPS	(laps-0-24-14)
WRF	(V2.0.3.1:Dec,3,2004)
SI	(V2:Dec,10,2003)
Netcdf	(netcdf-3.5.0-pgi)
Perl	(V5.8.3)
Pgi-5.1-6	
Mpich-1.2.5..12.pgi	(include mpif90 mpicc)
Rip4	

(二)、不同 LAPS-WRF 微物理參數(Microphysics)項測試：

WRF 模式提供多種大氣微物理參數選項(如表 2)，不同的微物理參數有不同的假設，在學術研究上也因此於不同的天氣型態、不同的地理位置與不同的條件下做某些程度的調整。下面概述表 2 所列幾項微物理參數的意義：

1. Kessler scheme

暖雲法，沒有冰，一般使用在理想雲模式的研究。

2. Lin et al. scheme

1 種較複雜的方法，包括冰、雪、冰霰過程，適用於高解析即時資料的模擬。

3. WSM 3-class simple ice scheme

包括冰、雪過程的簡單方法，適用於中尺度網格點。

4. WSM 5-class scheme

比前 1 項(WSM 3)稍微複雜一點，多了混合相過程和超過冷水。

5. Ferrier microphysics

在 NCEP 實作模式中採用的微物理參數，簡單有效率的診斷混合相過程

6. WSM 6-class graupel scheme

1 種新的方法，包括冰、雪、冰霰過程，適用於高解析模擬。

為了解 LAPS-WRF 中 WRF 模式內何種微物理參數適用於台灣地區，以作為短時預報作業運用之參考，本次個案研究針對微物理參數 2~6 共 5 個不同微物理參數下 (Kessler scheme 使用在理想雲模式中，並不適用於實際作業上的應用)，將 LAPS-WRF 的 12 小時預報降雨值的結果與本局 QPESUMS 系統之降雨估計值做評比，分別針對單一背景模式場與不同背景模式場前 6 小時(00 時~06 時)與後 6 小時(06 時~12 時)Threshold 為 1mm、25mm 的預兆得分(Thread Score;TS)值與 25mm 的 Bias 值作檢測。圖 1、3、5、7、9 顯示 5 月 12 日 00Z 個案中，以 AVN 為背景模式場，在不同微物理參數下所產生的 LAPS-WRF 預報前 6 小時降雨量的結果與 QPESUMS 的校驗；圖 2、4、6、8、10 則是相同個案預報後 6 小時校驗的情形；同樣的個案時間，但是以 NFS 為背景模式場在不同微物理參數情況下所產生的前 6 小時校驗圖，參見圖 11、13、15、17、19；預報後 6 小時校驗圖，參見圖 12、14、16、18、20。下述校驗結果將以統計圖形顯示，圖中 5 種微物理參數分別以 m2 代表 Lin et al. scheme; m3 代表 WSM 3-class simple ice scheme; m4 代表 WSM 5-class scheme; m5 代表 Ferrier microphysics; m6 代表 WSM 6-class graupel scheme; 除了以不同背景模式場分類探討外，並將對模式的效率作分析：

1. 校驗結果

(1). 以 AVN 為背景模式場

圖 21 與 22 分別當 Threshold 是 1mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 TS 值的比較結果，5 個微物理參數表現相差不大，颱風的 2 個時段(100112Z 與 100200Z) 表現比梅雨個案好，尤其是前 6 小時的校驗結果。Ferrier microphysics(m5) 在 051200Z 的 12 小時預報結果比其他微物理參數佳，但在 061300Z 的表現比較差。圖 23 與 24 是 Threshold 為 25mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 TS 值的比較結果，Ferrier microphysics(m5)在前 6 小時 051212Z、061300Z 與 061512Z 的個案中表現稍差，在 051200Z 的 12 小時預報比其他參數表現好；Lin et al. scheme(m2)則在 100112Z 的 12 小時預報比其他參數表現好，在後 6 小時的 061300Z、061512Z 與 100200Z 的個案中表現稍差。圖 25 與 26 是 Threshold 為 25mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 Bias 值的比較情形，整體而言，各參數前 6 小時表現比後 6 小時佳；其中在 061300Z 個案中 12 小時的預報結果，5 個參數表現明顯比其他個案差，Ferrier microphysics (m5)的 12 小時預報比其他參數表現明顯較差，Lin et al. scheme(m2)則在後 6 小時的預報比其他參數佳。

(2). 以 NFS 為背景模式場

圖 27 與 28 是 Threshold 為 1mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 TS 值的比較結果，與前述 AVN 為背景模式場類似的情形，颱風的個案表現比梅雨個案好，但 NFS 是後 6 小時表現較佳。Ferrier microphysics(m5)在 051200Z 個案的 12 小時預報結果比其他微物理參數佳，其他參數表現相差不大。圖 29 與 30 是 Threshold 為 25mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 TS 值的比較結果，顯示 5 種參數表現幾無差異，100112Z 個案 12 小時的結果比其他個案明顯佳。圖 31 與 32 是 Threshold 為 25mm 時，預報前 6 小時與後 6 小時 Bias 值的比較情形，與前述 AVN 為背景模式場表現大相逕庭，除了 100112Z 之外，各參數前 6 小時在個案中大部分表現比後 6 小時差。Ferrier microphysics(m5)在前 6 小時的個案中比其他參數稍差(Bias 值較大)，其他參數表現差異不大，Bias 最大值是 051212Z 個案的 6.01；各參數在後 6 小時表現互有優劣，Bias 最大值是 061300Z 的 2.63，顯見 NFS 在預報後期比前期更佳。

2. 時間效率

由表 3 與表 4 的紀錄檔分別得到以 AVN 與 NFS 為背景模式場的情況下，不

同微物理參數在 LAPS-WRF 每預報 12 小時所需時間的紀錄。值得注意的是在 100112Z 與 100200Z 的颱風個案中，某些參數產生 4~5 小時的預報便停住，此乃因強對流系統情形下積分的時間間隔太長來不及計算劇烈的垂直運動，需調整 WRF 程式內 TIME_STEP 的時間從原來的內定值 30 改為 20，意即將積分時間間隔縮短以解決此問題，但過於頻繁的積分運算代表耗費更多的 CPU 計算時間，影響模式產生時間與預報成效。在表 3 的 AVN 背景模式場中可見颱風的 100112Z 與 100200Z 的 2 個時段中，WSM 3-class simple ice scheme(m3)、WSM 5-class scheme(m4)與 WSM 6-class graupel scheme(m6)均需調整 TIME_STEP；表 4 的 NFS 背景模式場則僅有 100200Z 的 WSM 3-class simple ice scheme(m3)需作調整。由圖 33 顯示以 AVN 背景模式場測試的 Ferrier microphysics(m5)的速率比其他參數快且穩定，每個個案均以 22 分鐘即完成 12 小時預報；WSM 6-class graupel scheme(m6)速率最慢，梅兩個案需 60 多分鐘，颱風個案需 80 多分鐘才能完成 12 小時預報；其他 3 個參數的效率表現各有優劣，但 Lin et al. scheme(m2)由於在颱風個案中無需調整 TIME_STEP，使其表現較佳。圖 34 顯示以 NFS 背景模式場測試的結果，Ferrier microphysics(m5)如同前述 AVN 的情形，速率比其他參數快且穩定，22 分鐘即完成 12 小時預報；WSM 6-class graupel scheme(m6)速率亦是最慢，所有個案均需 60 多分鐘；其他 3 個參數除 WSM 3-class simple ice scheme(m3)在颱風個案中的 1 個時段需調整 TIME_STEP 之外，在速率上整體表現比 Lin et al. scheme(m2)稍佳，比 WSM 5-class scheme(m4)則好很多。

(三)、LAPS-WRF 不同背景模式場測試：

1. 校驗結果

將測試的微物理參數以不同背景模式場校驗預報降雨量，圖 35 是 Threshold 為 25mm 的 Bias 值預報前 6 小時的校驗統計圖，紅色線與藍色線分別是 AVN 與 NFS 的 5 種微物理參數，AVN 在 051200Z、051212Z 與 061512Z 的 3 個時段表現較佳；NFS 則在 061300Z 與 100112Z 表現比較好；兩者在 100200Z 不分軒輊。整體而言，AVN 在前 6 小時預報的表現比 NFS 稍佳。

圖 36 是 Threshold 為 25mm 的 Bias 值預報後 6 小時的校驗統計圖，兩者在 061512Z 與 100200Z 表現相差不大，但是 051212Z 與 061300Z 個案中兩者差異很

大。整體而言，NFS 很明顯地在後 6 小時預報的表現比 AVN 佳。

2. 時間效率

將 2 個不同背景模式場在不同微物理參數的情況下，LAPS-WRF 每預報 12 小時所需的時間的紀錄合在一起(如圖 37)，X 軸前 6 個時段線條較細的是 AVN 的不同參數所需時間，後 6 個時段線條較粗的是 NFS 的不同參數所需時間。Ferrier microphysics(m5)的速率由圖中顯示比其他參數表現明顯快且穩定；WSM 6-class graupel scheme(m6)比其他參數所需時間長；其他 3 個參數互有優劣，但前述有關 WSM 3-class simple ice scheme(m3)、WSM 5-class scheme(m4)與 WSM 6-class graupel scheme(m6)在颱風個案時有時候需調整 TIME_STEP 以取得完整預報結果，Lin et al. scheme(m2)表現相對較佳。整體而言，除 Ferrier microphysics(m5)之外，AVN 其他 4 個參數比 NFS 所需時間較多。

(四)、小結：

由以上的個案研究可以得知分別在 5 個微物理參數與 2 個背景模式場的情況下，LAPS-WRF 藉由 QPESUMS 校驗 12 小時雨量的統計數值，可以得到效率與整體表現 2 個結果：一是何種微物理參數與何種背景模式效率較佳；一是何種微物理參數與何種背景模式整體表現較佳。

首先討論 5 個微物理參數結果表現情形，關於效率問題，由前述可得知 Ferrier microphysics(m5)的速率比其他參數表現明顯較快且穩定，不僅在 AVN 與 NFS 不同背景模式場均以相同的計算時間得到預報結果，也沒有遇到需要調整 TIME_STEP 的問題。在整體表現而言，以 Lin et al. scheme(m2)表現相對較佳，因為由雨量校驗顯示除了 Ferrier microphysics(m5)之外，其他 4 個參數在不同個案互有優劣差異不大，雖然它在效率方面比 Ferrier microphysics(m5)差，但它在此次研究中亦不需要調整 TIME_STEP，所以可以考慮應用在實際作業上。

2 個背景模式場表現情形在效率問題，由於 AVN 在颱風個案 100112Z 與 100200Z 2 個時段中，WSM 3-class simple ice scheme(m3)、WSM 5-class scheme(m4)與 WSM 6-class graupel scheme(m6)均需調整 TIME_STEP；NFS 僅在 100200Z 的 WSM 3-class simple ice scheme(m3)需作調整，由前述討論得知，NFS 在效率方面比 AVN 佳。在整體表現而言，前 6 小時的預報結果以 AVN 稍佳；後 6 小時 NFS 則明顯優於 AVN。

四、建議事項

WRF 是近期國際上正在發展中的一中尺度預報模式，除了使用較為進步的數值計算方式以及模組結構化的架構之外，它亦同時提供作業上以及研究上多樣化的物理選項可供不同的用途。職此次使用 LAPS-WRF 在 FSL 做台灣地區的個案研究，主要因為氣象局本身關於短期預報的電腦資源有限，實際作業上幾已滿載，幾乎無法進行其他相關的研究與探討，此次藉由 FSL 豐沛的電腦資源與經驗豐富的相關人員，對於職本次的個案研究提供最佳的環境與最大的幫助。關於未來之工作方向，職有幾點建議：

- (一) 持續派員參與 FSL 技術發展計畫，俾使台灣地區的極短期預報作業能持續改善進步。
- (二) 增購電腦配備，解決目前 Cluster 幾已滿載的問題，使相關工作人員能進行台灣地區 LAPS 分析方法與短期預報模式的測試與改進，並能針對個案作研究。
- (三) 台灣地區實際作業上 LAPS-WRF 的微物理參數是採用 WSM 5-class scheme，但是經本次個案研究發現整體表現最佳的是 Lin et al. scheme，建議可以再經由平行測試兩者效能與校驗結果考慮採用何種微物理參數。
- (四) 本次個案研究關於背景模式場方面以 NFS 表現較佳，但預報初期 AVN 比較好，若電腦資源許可，可將兩者均列入短期預報作業內，作為未來系集預報的依據。

表 1 4 個個案，6 個時段與個案型態

個案時間(2005 年)	個案型態
5 月 12 日 00Z;5 月 12 日 12Z	梅雨鋒面
6 月 13 日 00Z	梅雨鋒面
6 月 15 日 12Z	梅雨鋒面
10 月 1 日 12Z;10 月 2 日 00Z	颱風

表 2 WRF 各項微物理參數代號

微物理參數代號	簡述
1	Kessler scheme
2	Lin et al. scheme
3	WSM 3-class simple ice scheme
4	WSM 5-class scheme
5	Ferrier (new Eta) microphysics
6	WSM 6-class graupel scheme

表 3 LAPS-WRF 各項微物理參數所需時間紀錄(AVN 模式場)

Case Time	MP Num	Start Time	End Time	Long
05051200Z-AVN	2	2005/10/12 21:52	2005/10/12 22:38	46m
	3	2005/10/13 20:58	2005/10/13 21:34	36m
	4	2005/10/13 16:07	2005/10/13 16:52	45m
	5	2005/10/13 19:01	2005/10/13 19:23	22m
	6	2005/10/13 19:45	2005/10/13 20:49	64m
05051212Z-AVN	2	2005/10/14 20:24	2005/10/14 21:10	46m
	3	2005/10/14 21:19	2005/10/14 21:55	36m
	4	2005/10/14 22:09	2005/10/14 22:52	43m
	5	2005/10/14 22:59	2005/10/14 23:21	22m
	6	2005/10/17 14:01	2005/10/17 15:04	63m
05061300Z-AVN	2	2005/10/14 13:45	2005/10/14 14:21	36m
	3	2005/10/13 22:36	2005/10/13 23:09	33m
	4	2005/10/14 14:34	2005/10/14 15:19	45m
	5	2005/10/14 15:47	2005/10/14 16:09	22m
	6	2005/10/14 16:46	2005/10/14 17:51	65m
05061512Z-AVN	2	2005/10/17 16:58	2005/10/17 17:32	34m
	3	2005/10/17 19:03	2005/10/17 19:37	34m
	4	2005/10/17 19:59	2005/10/17 20:45	46m
	5	2005/10/17 20:53	2005/10/17 21:15	22m
	6	2005/10/17 21:49	2005/10/17 22:54	65m
050100112Z-AVN	2	2005/10/21 20:48	2005/10/21 21:25	37m
TIME_STEP = 20	3	2005/10/26 14:27	2005/10/26 15:18	51m
TIME_STEP = 20	4	2005/10/26 15:27	2005/10/26 16:28	61m
	5	2005/10/26 16:34	2005/10/26 16:56	22m
TIME_STEP = 20	6	2005/10/25 23:24	2005/10/26 00:46	82m
050100200Z-AVN	2	2005/10/25 22:39	2005/10/25 23:15	36m
TIME_STEP = 20	3	2005/10/25 18:52	2005/10/25 19:53	61m
TIME_STEP = 20	4	2005/10/24 19:46	2005/10/25 17:24	38m
	5	2005/10/24 19:16	2005/10/24 19:39	22m
TIME_STEP = 20	6	2005/10/28 19:18	2005/10/28 20:40	82m

表 4 LAPS-WRF 各項微物理參數所需時間紀錄(NFS 模式場)

Case Time	MP Num	Start Time	End Time	Long
05051200Z-NFS	2	2005/10/18 15:24	2005/10/18 15:58	34m
	3	2005/10/18 16:12	2005/10/18 16:43	31m
	4	2005/10/18 16:52	2005/10/18 17:38	46m
	5	2005/10/18 18:51	2005/10/18 19:13	22m
	6	2005/10/18 19:20	2005/10/18 20:21	61m
05051212Z-NFS	2	2005/10/18 20:41	2005/10/18 21:21	40m
	3	2005/10/18 21:33	2005/10/18 22:03	30m
	4	2005/10/18 22:13	2005/10/18 22:55	42m
	5	2005/10/18 23:41	2005/10/19 00:03	22m
	6	2005/10/19 00:50	2005/10/19 01:51	61m
05061300Z-NFS	2	2005/10/19 15:29	2005/10/19 16:05	36m
	3	2005/10/19 21:32	2005/10/19 22:07	35m
	4	2005/10/19 18:11	2005/10/19 18:54	43m
	5	2005/10/19 19:22	2005/10/19 19:44	22m
	6	2005/10/19 20:07	2005/10/19 21:10	63m
05061512Z-NFS	2	2005/10/20 16:26	2005/10/20 17:04	38m
	3	2005/10/20 20:48	2005/10/20 21:23	35m
	4	2005/10/20 21:35	2005/10/20 22:20	45m
	5	2005/10/20 22:28	2005/10/20 22:50	22m
	6	2005/10/20 22:58	2005/10/21 00:01	63m
050100112Z-NFS	2	2005/10/26 18:12	2005/10/26 18:49	37m
	3	2005/10/26 19:32	2005/10/26 20:07	35m
	4	2005/10/26 20:18	2005/10/26 21:01	43m
	5	2005/10/26 21:10	2005/10/26 21:33	22m
	6	2005/10/26 21:43	2005/10/26 22:46	63m
050100200Z-NFS TIME_STEP = 20	2	2005/10/27 18:19	2005/10/27 18:55	36m
	3	2005/10/27 16:14	2005/10/27 17:05	51m
	4	2005/10/27 14:42	2005/10/27 15:26	44m
	5	2005/10/27 14:14	2005/10/27 14:36	22m
	6	2005/10/26 23:14	2005/10/27 00:15	61m

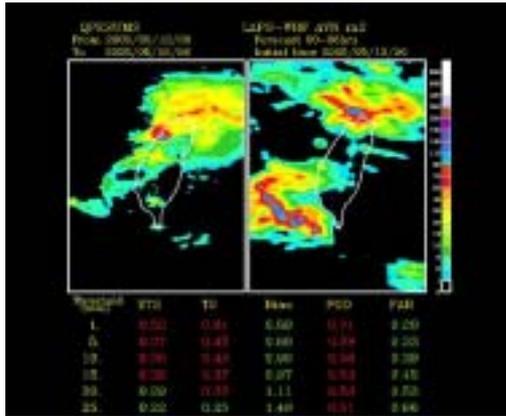


圖 1: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 2 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

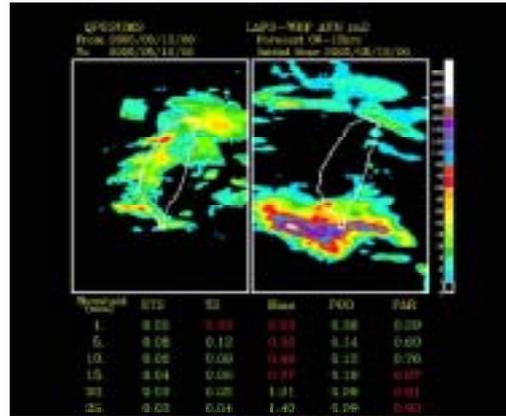


圖 2: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 2 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

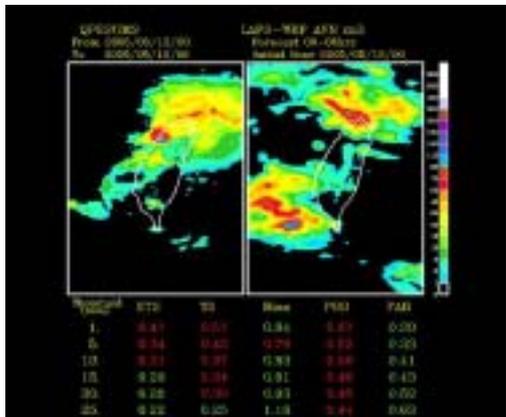


圖 3: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 3 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

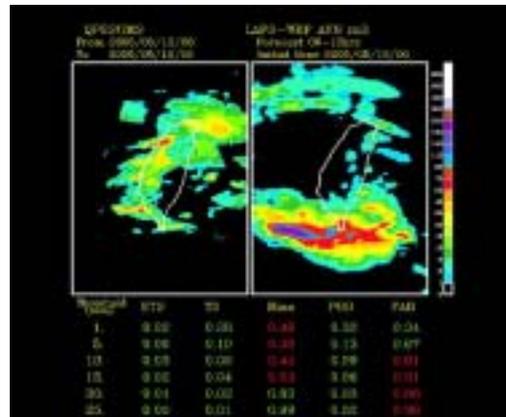


圖 4: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 3 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

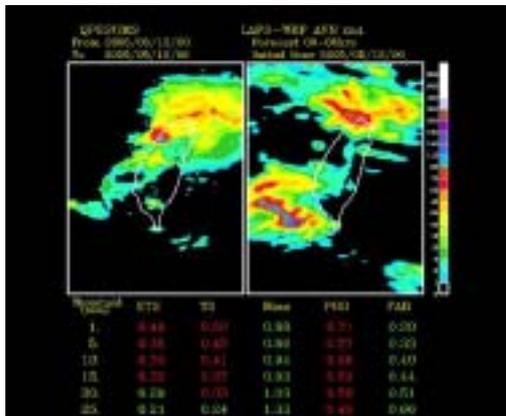


圖 5: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 4 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

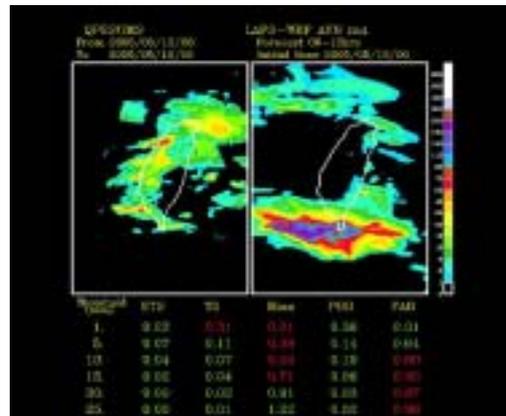


圖 6: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 4 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

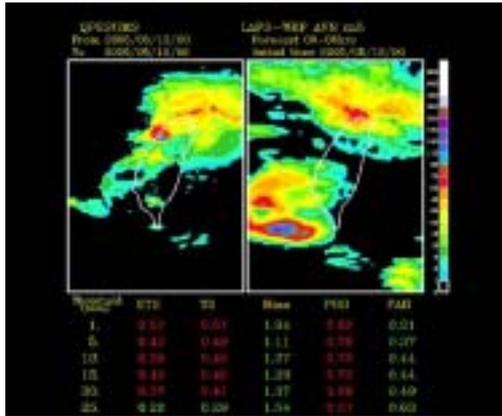


圖 7: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 5 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

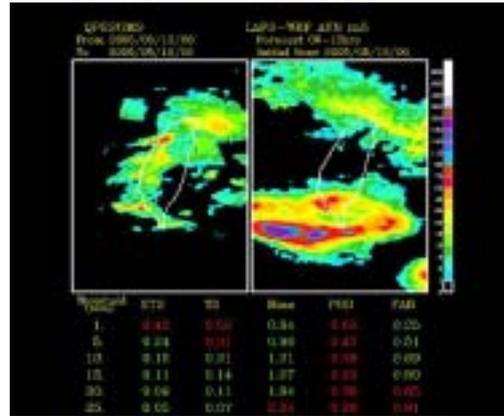


圖 8: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 5 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

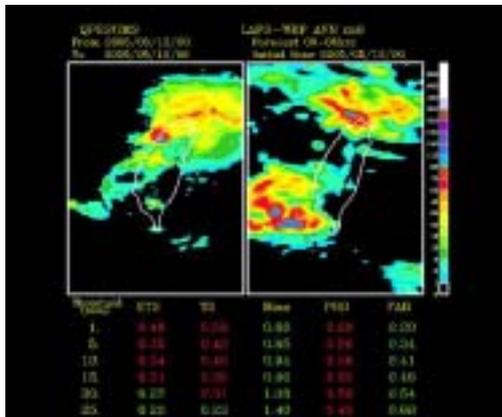


圖 9: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 6 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

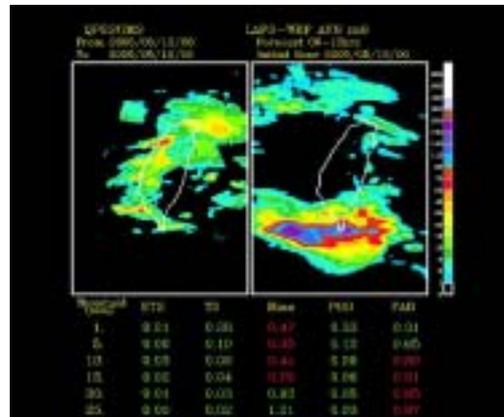


圖 10: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 6 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

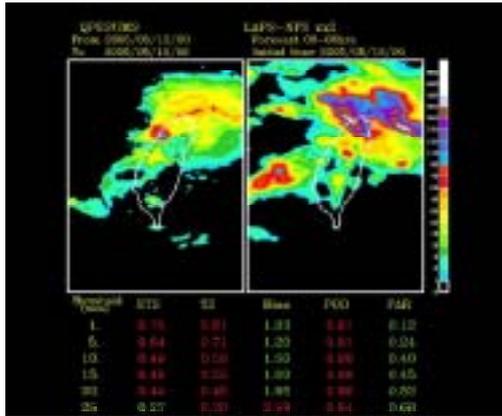


圖 11: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 2 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

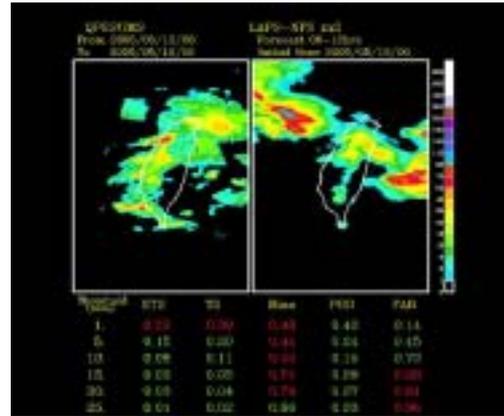


圖 12: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 2 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

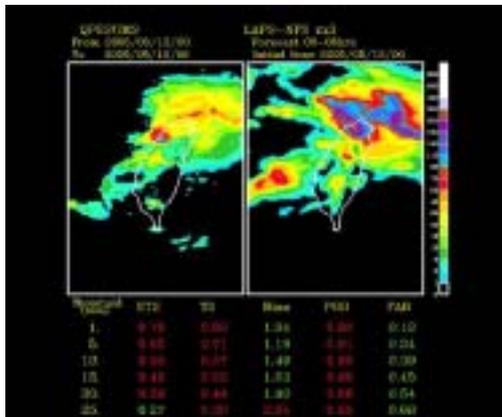


圖 13: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 3 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

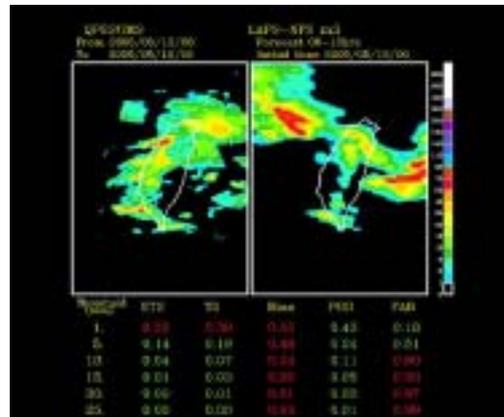


圖 14: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 3 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

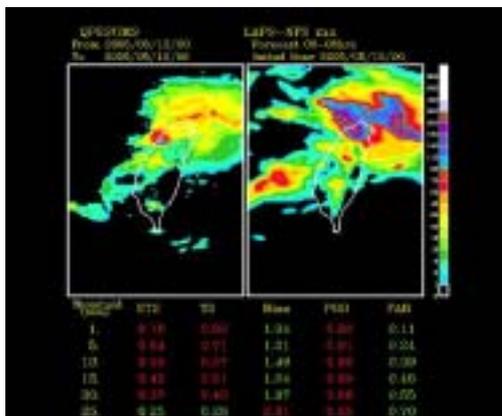


圖 15: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 4 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

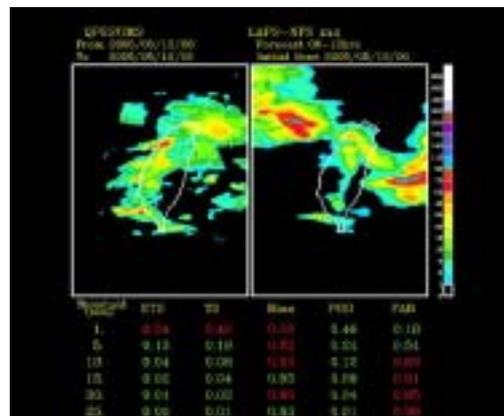


圖 16: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 4 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

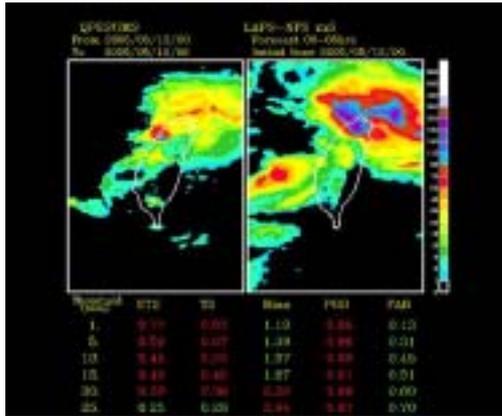


圖 17: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 5 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

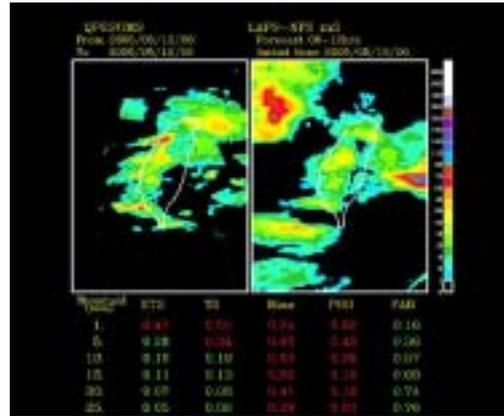


圖 18: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 5 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

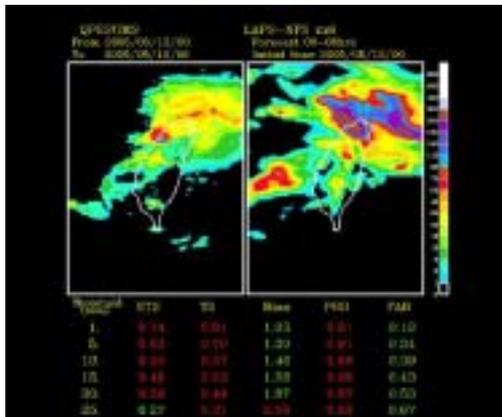


圖 19: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 6 之前 6 小時(00~06)降雨量校驗

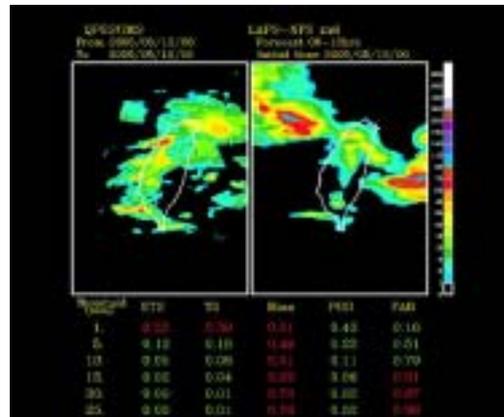


圖 20: 5/12 00Z 背景場 AVN 微物理參數 6 之後 6 小時(06~12)降雨量校驗

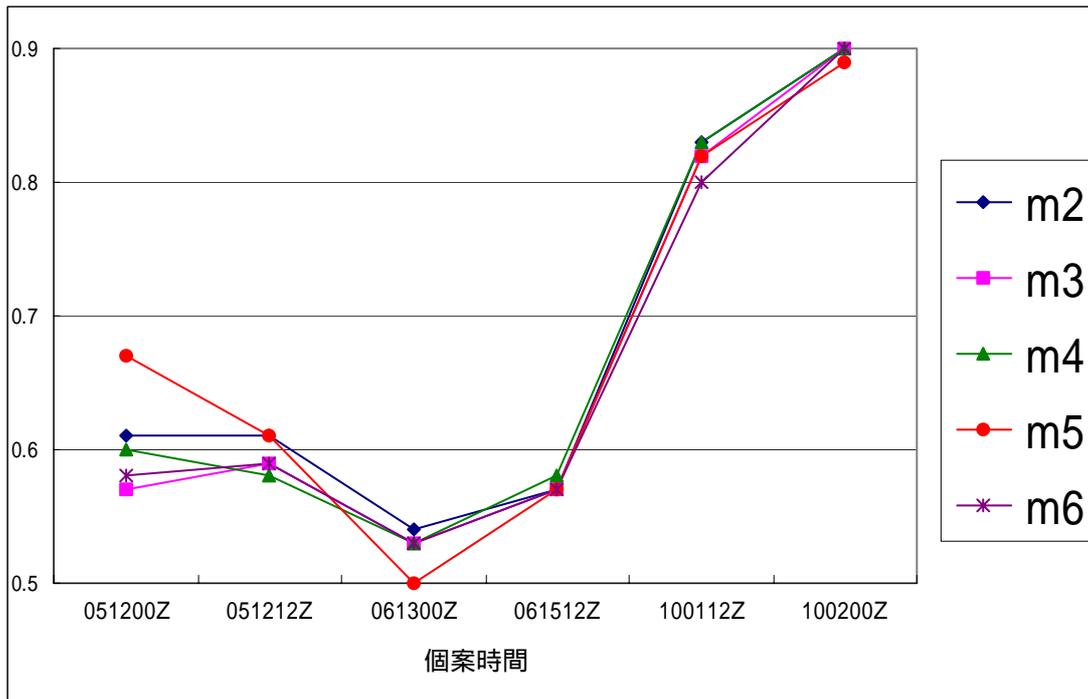


圖 21: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 1mm 的 TS 值比較圖

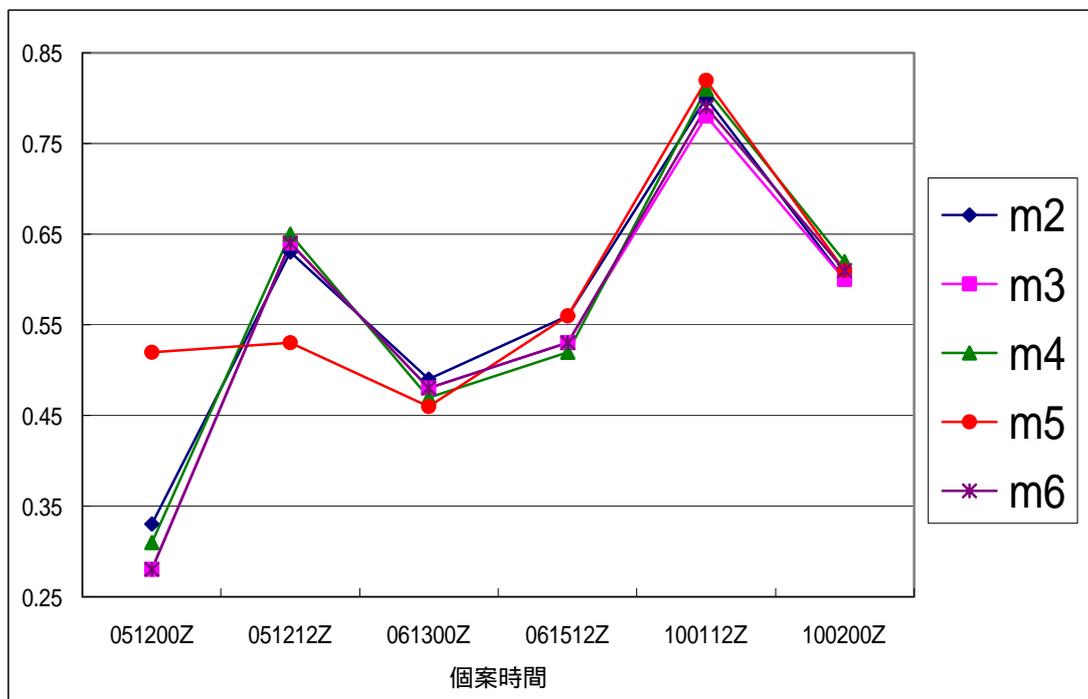


圖 22: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 1mm 的 TS 值比較圖

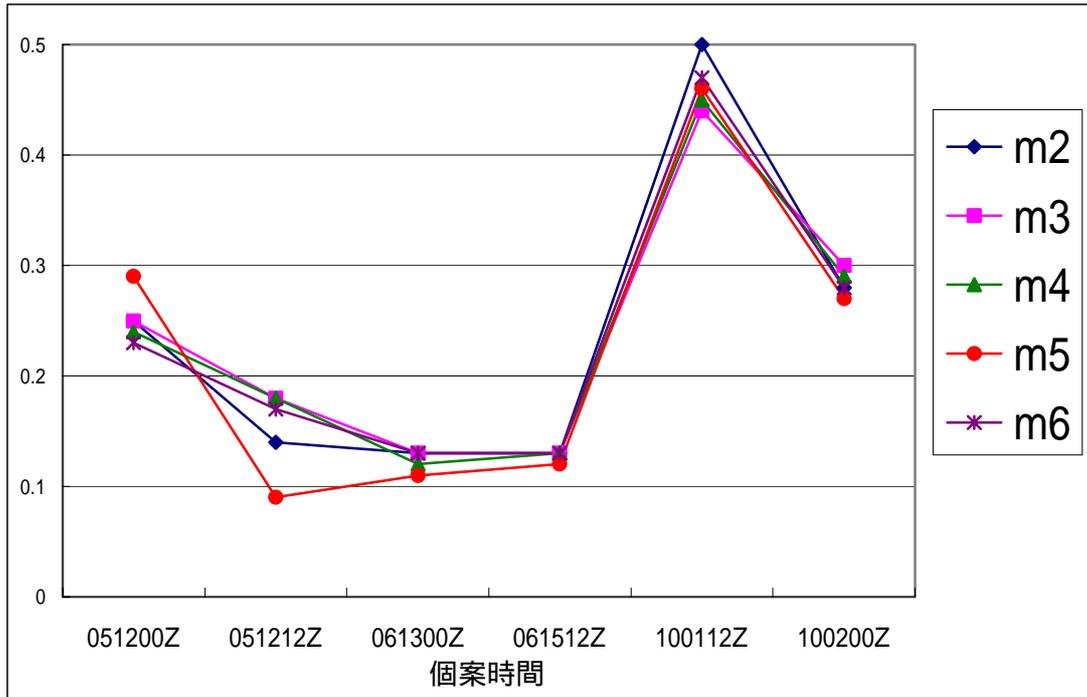


圖 23: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 TS 值比較圖

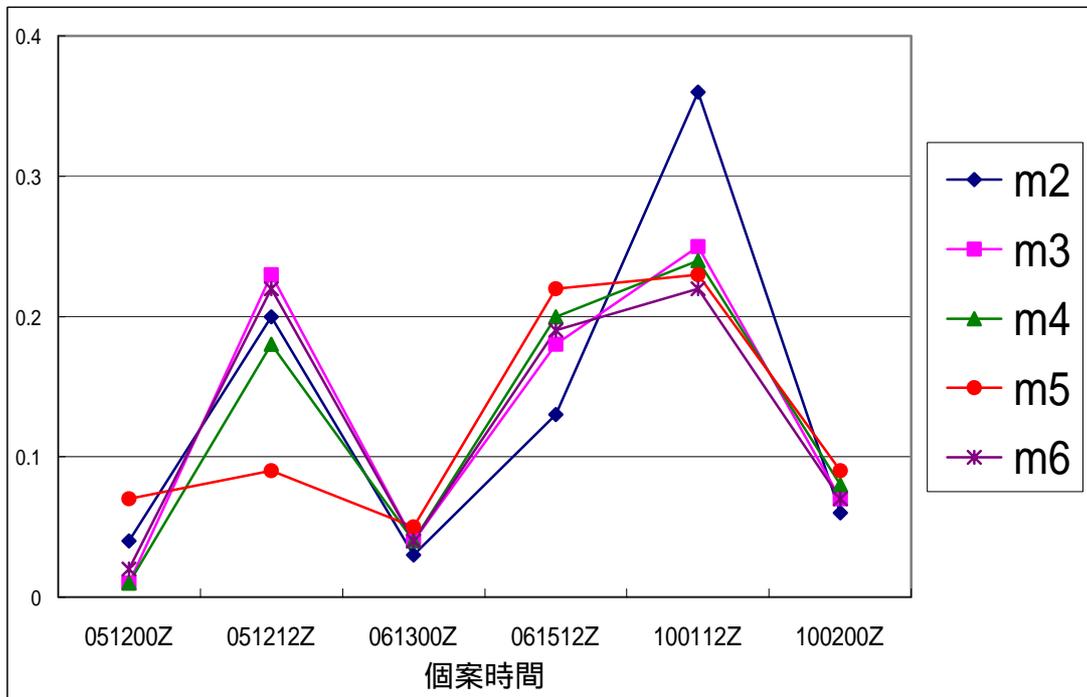


圖 24: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 TS 值比較圖

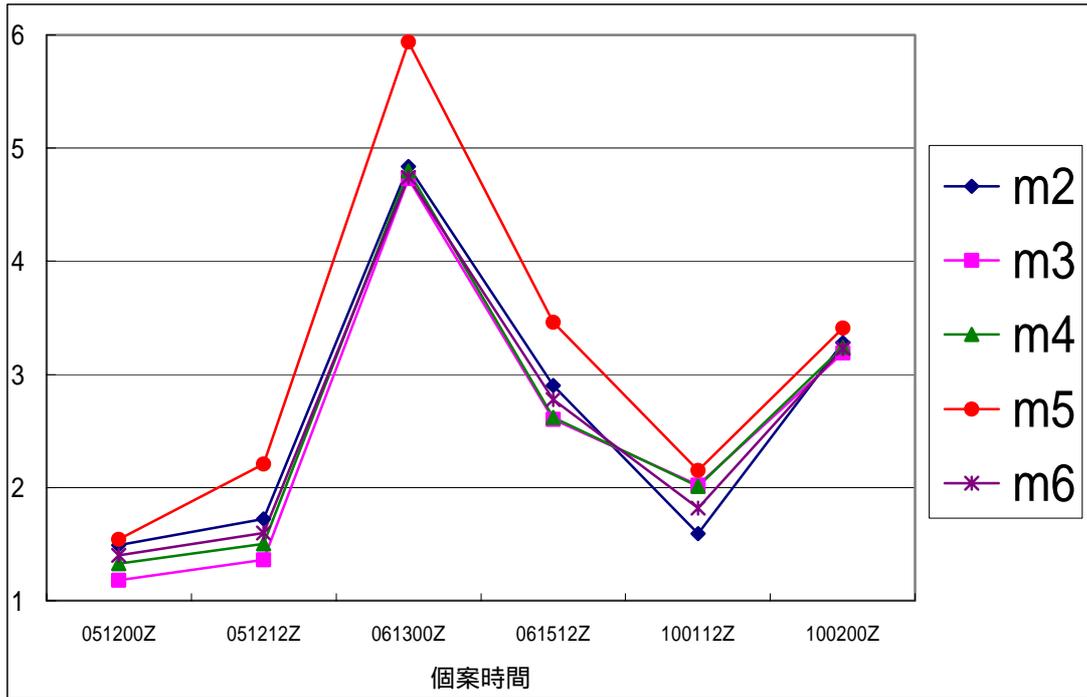


圖 25: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

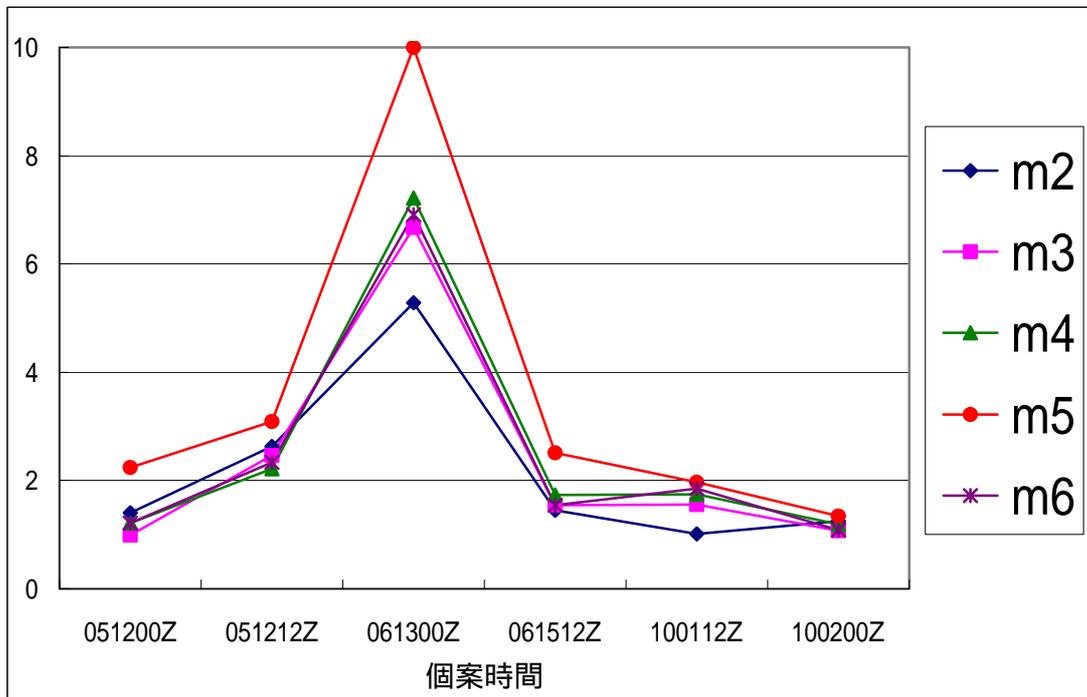


圖 26: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

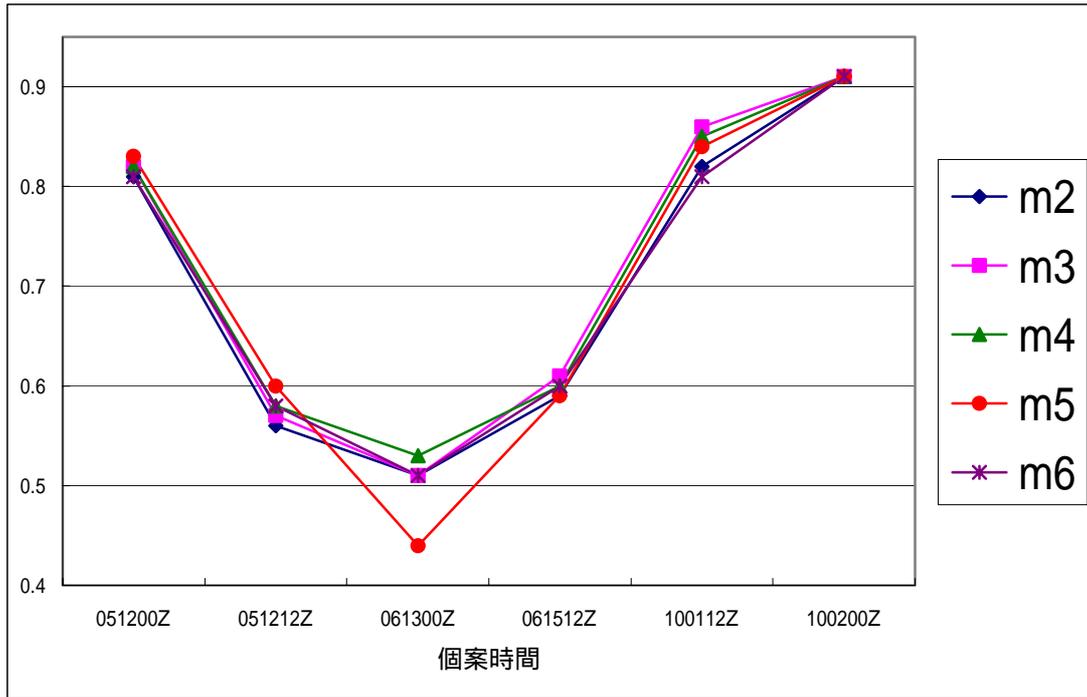


圖 27: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 1mm 的 TS 值比較圖

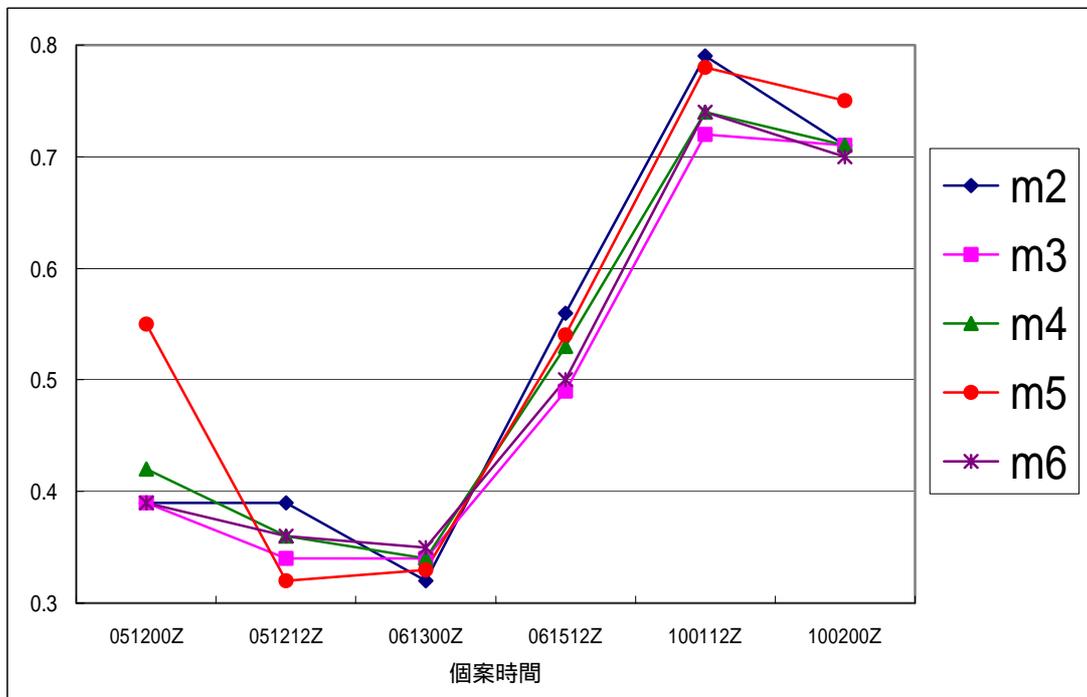


圖 28: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 1mm 的 TS 值比較圖



圖 29: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 TS 值比較圖

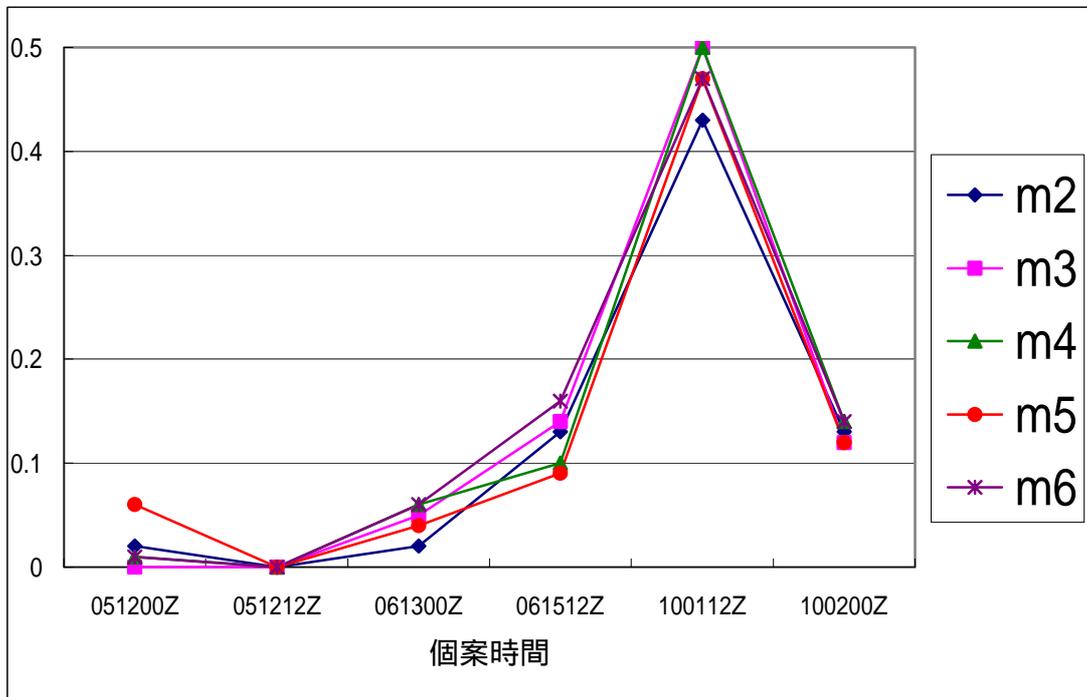


圖 30: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 TS 值比較圖

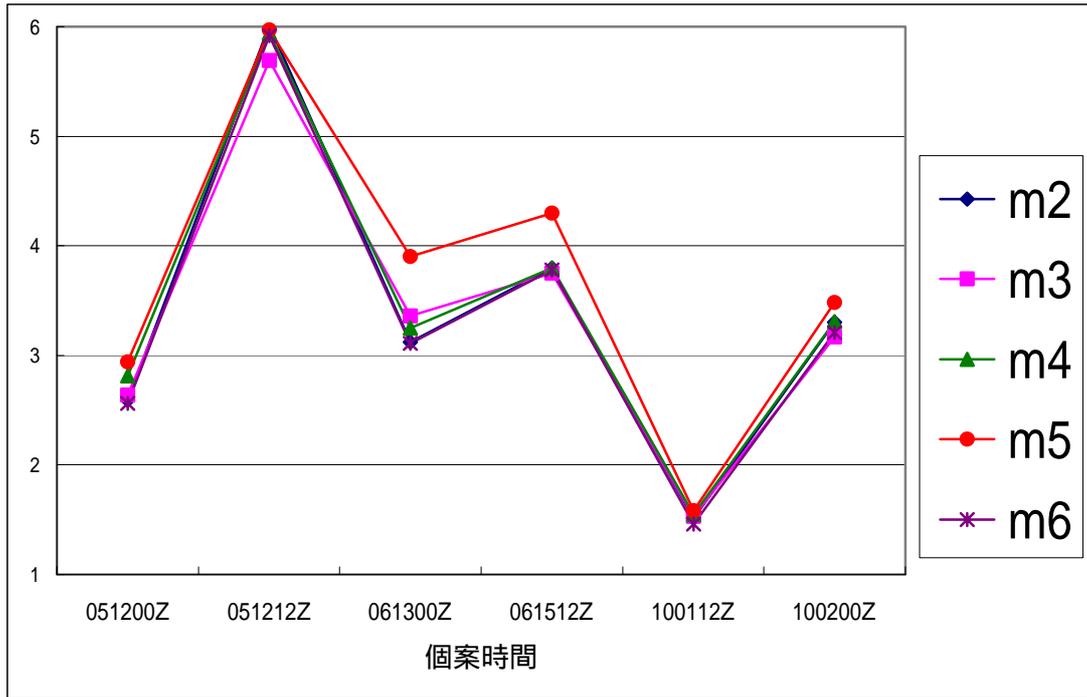


圖 31: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

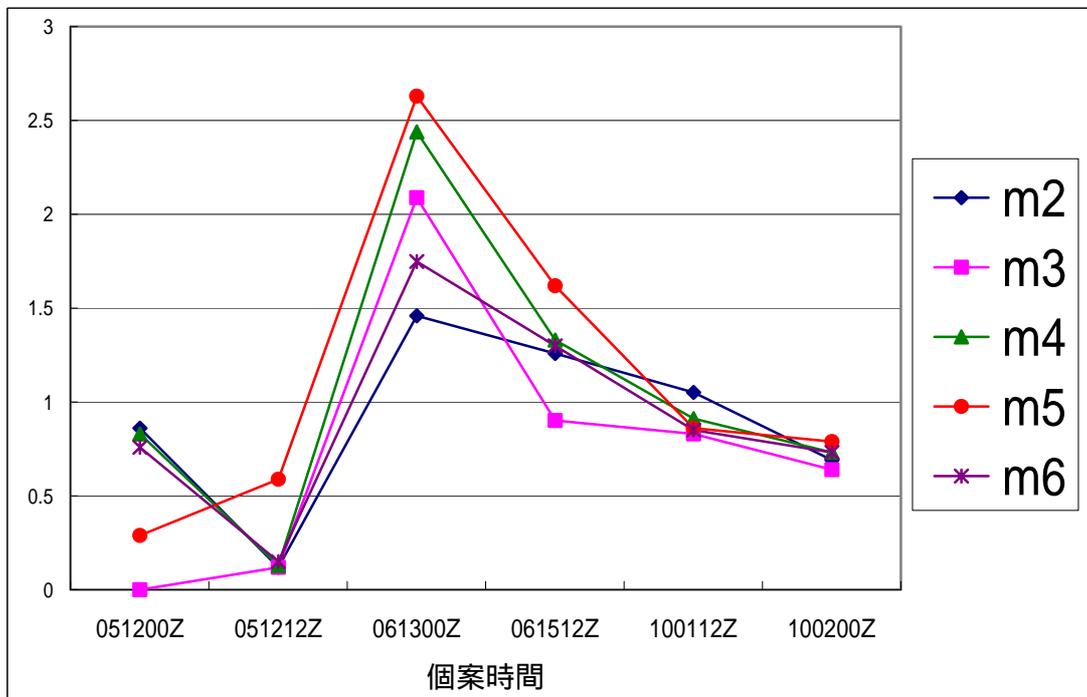


圖 32: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

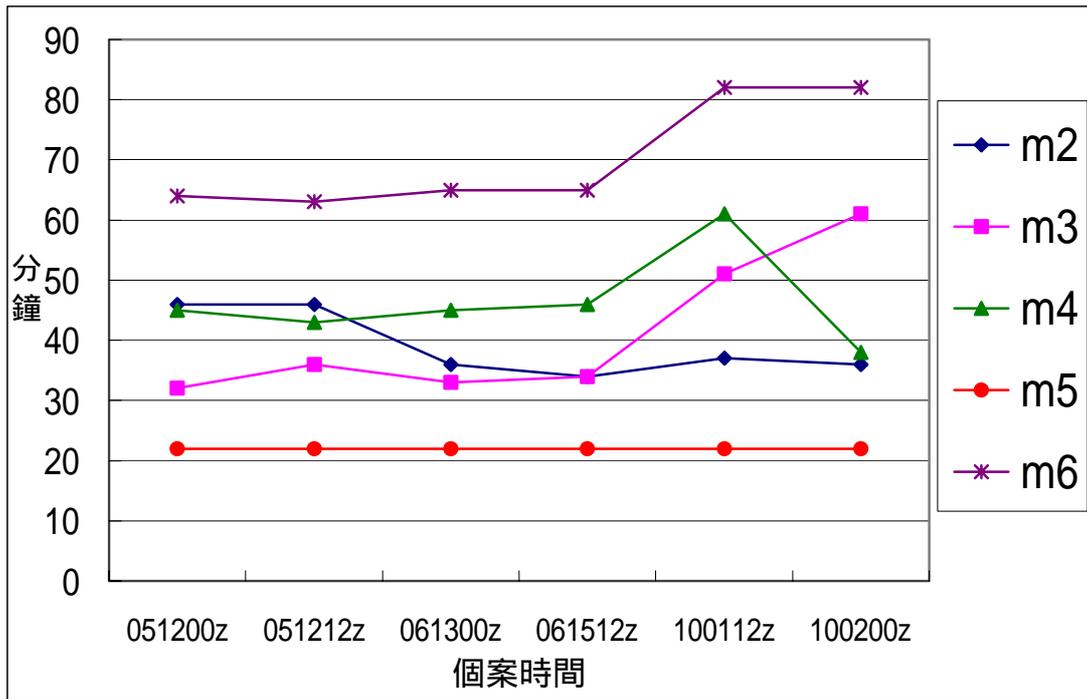


圖 33: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 AVN 為背景模式場完成預報 12 小時電腦所需時間

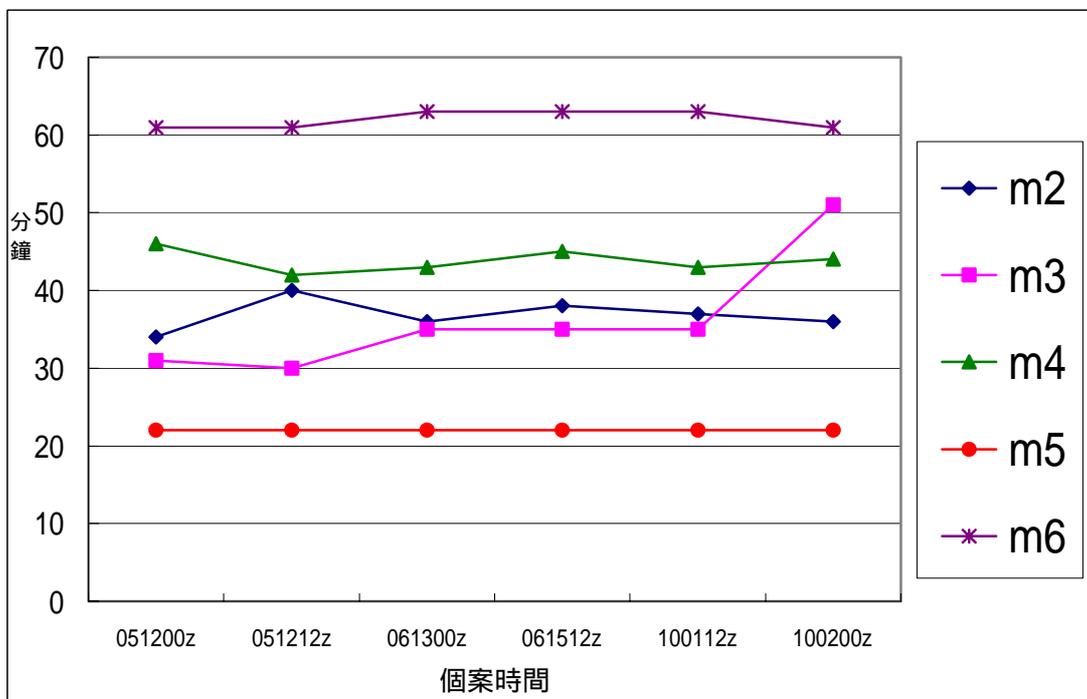


圖 34: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)以 NFS 為背景模式場完成預報 12 小時電腦所需時間

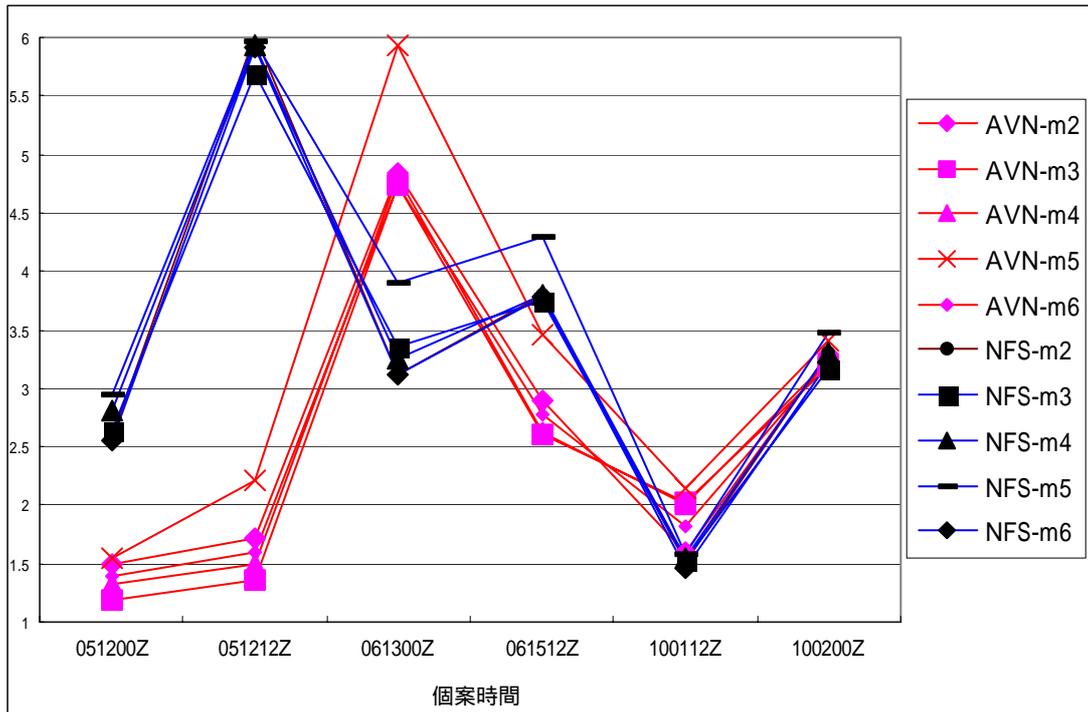


圖 35: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)分別以 AVN 與 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗前 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

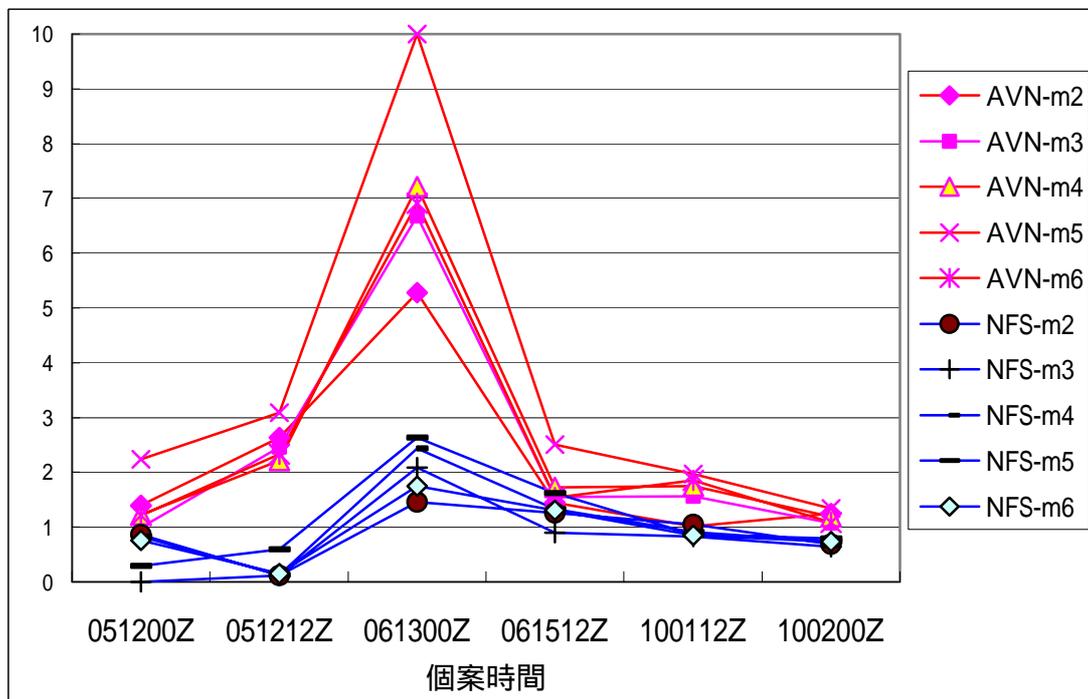


圖 36: LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)分別以 AVN 與 NFS 為背景模式場下與 QPESUMS 校驗後 6 小時預報降雨量 Threshold 為 25mm 的 Bias 值比較圖

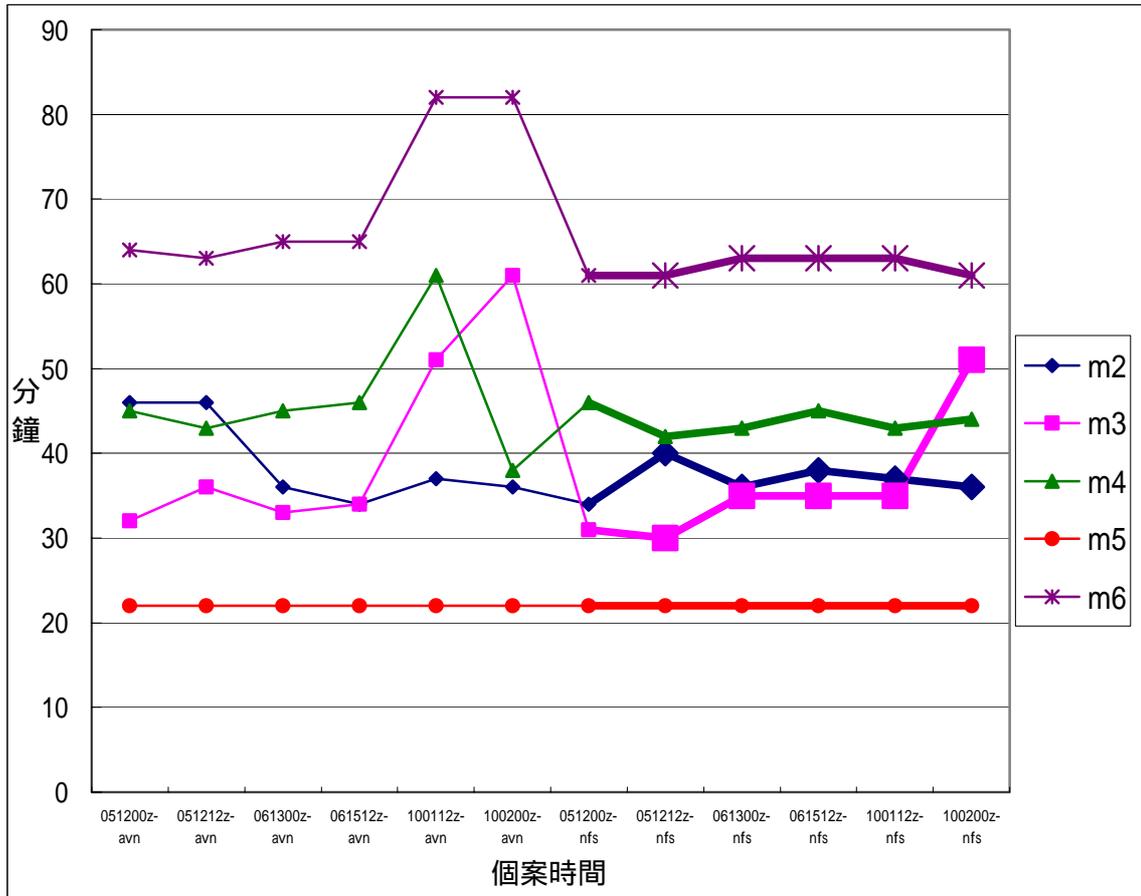


圖 37： LAPS-WRF5 種不同微物理參數(m2~m6)分別以 AVN 與 NFS 為背景模式場完成預報 12 小時電腦所需時間