

雷達資料同化之初始化問題探討

蔡雅婷、洪景山

中央氣象局氣象資訊中心

摘要

本文針對雷達資料同化進行初始化問題探討，並進一步評估初始化過程在提供資料雷達資料同化策略對短期定量降雨預報之影響。

實驗結果顯示，應用DFI方法不但可以得到較為平衡的質量場，並且在初始條件沒有水汽資訊時，可以有效減少spin-up時間，當初始條件含有水汽資訊後，雖然會降低降雨效率，但可經由調整DFI參數中之平滑窗區以補足此缺點，並可得到較完整的對流結構。

一、前言

當使用WRF 3DVAR進行雷達資料同化時，會造成不同模式變數在動力與熱力上的不平衡，而數位濾波初始化方法 (Digital Filter Initialization, 簡稱DFI) 之優勢在於有效減少經由客觀分析或資料內插對於模式初始場所帶來的不平衡現象，以提供在模式動力與熱力上較為平衡的初始場，這對於高更新頻率的雷達資料同化而言，尤其可能扮演重要的角色。因此本研究將針對雷達資料同化中之初始化問題進行探討，並進一步評估初始化過程在不同雷達資料同化策略之影響。

二、研究方法

(一) 數位濾波初始化方法介紹

數位濾波初始化方法可有效減少經由客觀分析或資料內插對於模式初始場所帶來的動量及質量場不平衡現象，提供模式動力上較為平衡的初始場。另外，當模式初始場中沒有雲與降水資訊時，也可以有效縮減spin-up的時間。

本研究採用Huang et al., (2007) 所提出之 Twice Digital Filter Initialization方法，如圖1所示。圖1範例中之平滑窗區 (filter window) 為1小時，而cutoff_seconds則不可大於平滑窗區。

(二) 實驗設計

本研究使用 WRF 模式 (Weather Research and Forecasting model, Michalakes et al., 2001)，配合 WRF 3DVAR (Barker et al., 2004) 建構一完整的資料同化系統，用以探討同化雷達資料之初始化問題。模式水平採兩層巢狀網格，網格間距分別為 10/2 公里，網域分布如圖 2。

雷達資料使用中央氣象局局屬雷達站，分別為五分山、七股、墾丁與花蓮雷達站。

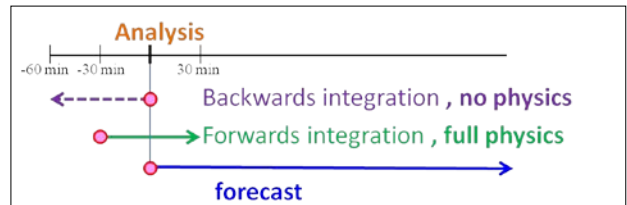


圖1：Twice Digital Filter Initialization方法，平滑窗區為1小時之示意圖。

WPS Domain Configuration

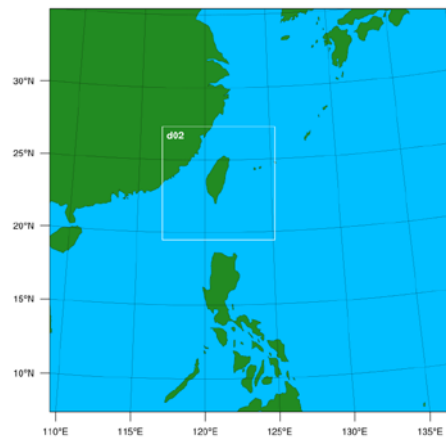


圖2：網域介紹。

個案時間為2012年6月10日06 UTC。實驗主要包含控制組 (NoDFI) 與實驗對照組 (DFI)，並分別將2組實驗應用在不進行資料同化 (NoDA)、冷啟動 (Cold start)、暖啟動 (Cycle) 3組資料同化策略。由於資料同化實驗中同化雷達資料，因此模式初始場中包含有降水資訊，因此可觀察當分析場中含有水汽資訊時，使用DFI方法對於spin-up的影響。

三、結果與分析

圖3為不同資料同化策略下模式水平平均之 $d\mu/dt$ 隨預報時間之變化，通常在一個不平衡的初始場中，模式在積分初期會經歷較大的調整，並導致較大的 $d\mu/dt$ 。圖中顯示，加入雷達資料同化後模式需要較長的時間來達到平衡狀態；而當加入DFI後，3種資料同化策略皆可於0.5小時內有效率地達到平衡狀態。

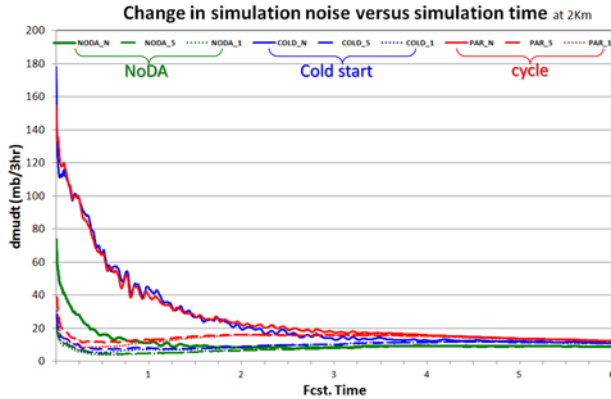


圖3： $d\mu/dt$ 隨預報時間的變化。長虛線與短虛線表示平滑窗區設定為0.5小時與1小時，實線表示不使用DFI；綠線表示不同化雷達資料，藍線為冷啟動而紅線為暖啟動。

DFI方法之優勢除了可提供較平衡的初始場外，還可在模式初始場沒有水汽資訊時有效的減少spin-up的時間。本研究主要是基於同化雷達資料之下探討模式初始化問題，因此在模式初始場中已包含有水汽資訊，故此藉由圖4加以瞭解當模式初始場中有水汽資訊時，使用DFI方法對於降雨效率之影響。

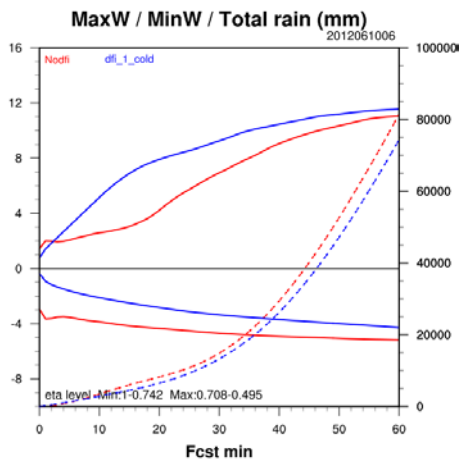


圖4：冷啟動實驗垂直區域平均之垂直速度極值與累積降雨隨預報時間的變化。紅線為不使用DFI方法，藍線為應用DFI方法。虛線表示累積降雨。

圖4顯示出不使用DFI方法之1小時累積降雨(紅虛線)相對於使用DFI方法(藍虛線)來得稍多，即表示當模式初始場中有水汽資訊時，加入DFI方法會降低降雨效率。

圖5為2012061006分析時間之垂直最大回波合成圖(Column vector, 簡稱CV圖)，由不同化雷達資料實驗(NoDA)得知使用DFI方法可以經由模式

向前與向後的積分使得模式初始場中含有水汽資訊，因而可減少spin-up的時間，由3小時累積降雨(圖6)亦顯示使用DFI方法會降低降雨效率，使用較大的平滑窗區降雨效率較差。

Cold start與Cycle實驗加入DFI方法後則會使雷達回波值變小(圖5)，尤其以Cold start更為明顯，此外，同化雷達資料實驗採用較小的平滑窗區可保留較多的雷達資訊；並由3小時累積降雨發現Cold start可以改善降雨位置錯置的現象，而Cycle可更進一步將西部地區無降雨的區域顯示出來，如預期的得到最佳的短時雨量預報。

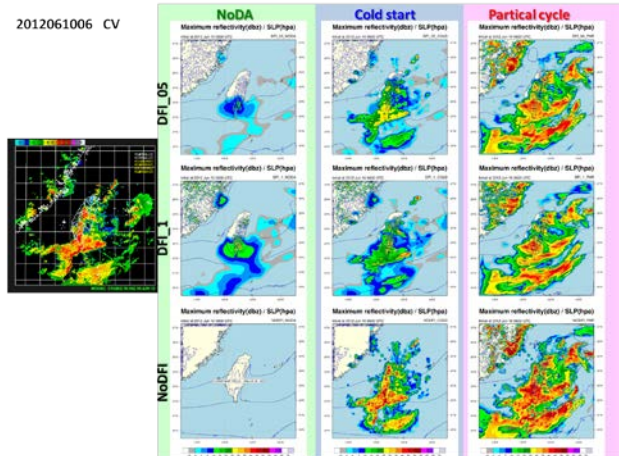


圖5：2012061006雷達CV圖。左為觀測合成雷達CV圖，接續分別為無資料同化(綠色行)、冷啟動(藍色行)與暖啟動(紅色行)。第一二列分別為平滑窗區使用0.5小時與1小時，最後一列為不使用DFI方法。

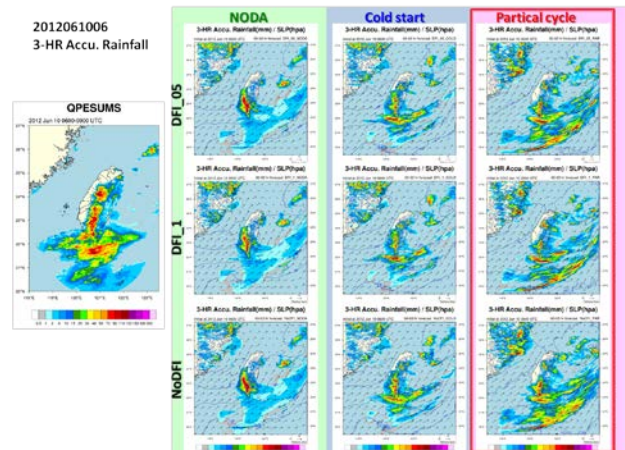


圖6：同圖5，但改為3小時累積降雨。

雖然模式分析時間之雷達回波截然不同，但經過雷達資料同化後，無論是否使用DFI，3小時累積降雨型態差異都不大。進一步調整DFI方法中的cutoff_seconds與平滑窗區做敏感性評估，期望能進一步突顯出DFI的影響。結果顯示平滑窗區相對於cutoff_seconds敏感，較小的平滑窗區可以保留較多的雷達資訊(未顯示)。

故此，將平滑窗區降低為10分鐘(DFI_1/6)，如圖7所示，於雷達回波之時間序列上發現相較於平滑窗區為1小時(DFI_1)而言，在模式預報50分鐘

內有較強的雷達回波，但仍然不及NoDA；對於模式發展而言，DFI_1/6實驗之雷達回波隨時間的發展也相較DFI_1和緩。在降雨效率上（圖8）亦顯示出不使用DFI（紅虛線）有較大的累積雨量，其次依序為DFI_1/6與DFI_1。

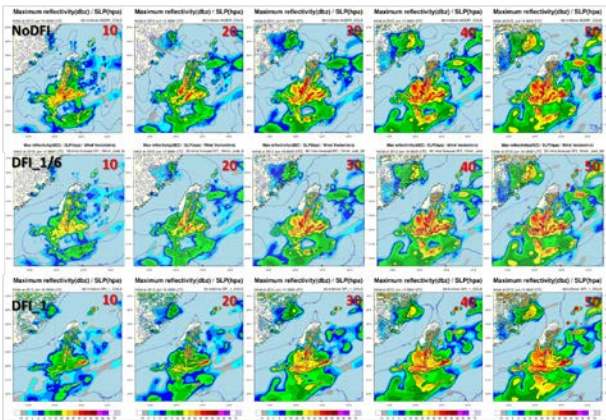


圖7：2012061006冷啟動實驗之雷達回波圖與SLP每間隔10分鐘輸出。第一列為NoDFI實驗，接續分別為平滑窗區為10分鐘與1小時。

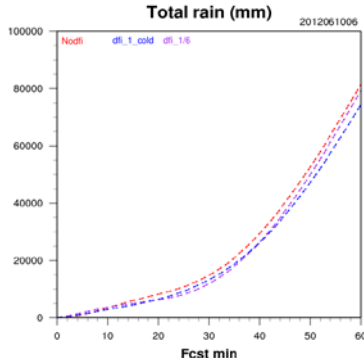


圖8：2012061006冷啟動實驗之累積降雨時序圖。紅線為NoDFI、藍線為平滑窗區為1小時，紫線為平滑窗區為10分鐘。

由模式預報雷達回波與降雨得知，於雷達資料同化實驗不使用DFI方法，對於降雨預報而言與使用DFI方法累積雨量差異不大（如圖6所示）但是在海平面氣壓可以大幅降低雜訊（如圖7所示），並且因為雷達資料同化中，由於雷達掃描的策略以及雷達觀測的限制皆會造成觀測資料不足的現象，如圖9之紫色圈所示，而使用DFI方法可以得到較為完整的垂直回波結構，如圖9之雷達回波圖垂直剖面所示。

因此，考慮模式中動力與熱力場間的平衡關係，不論使用何種策略皆必須使用DFI方法來快速達到平衡關係，如此不但可於短期預報中提供雨量預報，亦可提供較平衡的溫度及壓力參數。

四、 總結

台灣地區具有高密度雷達網，其中包含氣象雷達、防災降雨雷達以及移動式雷達，不但可提供劇烈降水天氣系統之監測與預警，同時可探討各種天氣系統之生命週期、降水過程等...，另外與模式結合進行資料同化以改進短期定量降雨預報亦為重要的應用。

本研究針對雷達資料同化初始化問題進行探討，以提供各不同資料同化策略最佳的初始化設定。

於實驗結果顯示，於3種資料同化策略中，對於定量降雨預報而言，一如預期的暖啟動優於冷啟動，不使用資料同化最差。而應用DFI方法不但可以得到較為平衡的質量場，並且在初始條件沒有水汽資訊（NoDA）時，可以減少spin-up時間，雖然同化雷達資料初始條件含有水汽資訊後，會降低降雨效率，但可調整DFI參數中之平滑窗區以保留較多的雷達資訊，經由模式積分的過程中改善同化雷達資料不足所帶來的結構不完整之缺點。

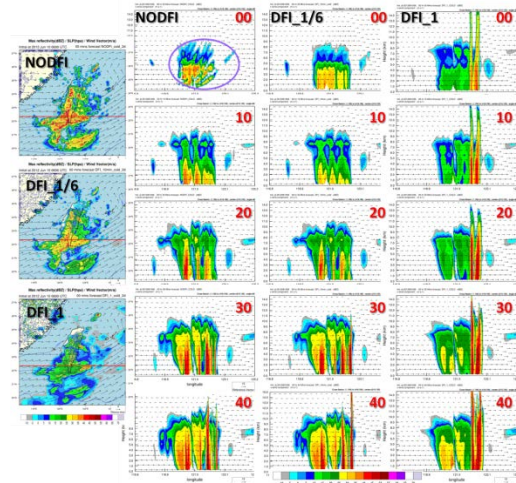


圖9：2012061006冷啟動實驗之雷達回波圖垂直剖面每間隔10分鐘輸出。

五、 參考文獻

Barker, D. M., W. Huang, Y. R. Guo, and Q. N. Xiao., 2004: A Three-Dimensional (3DVAR) Data Assimilation System For Use With MM5: Implementation and Initial Results. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 897-914.

Lynch, P., D. Giard and V. Ivanovici, 1997: Improving the efficiency of a digital filtering scheme. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 1976-1982.

Michalakes, J., S. Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, and W. Skamarock 2001: Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology, Singapore. pp. 269-27

Huang, X.-Y., M. Chen, W. Wang, J.-W. Kim, W. Skamarock, T. Henderson, 2007: Development of Digital Filter Initialization for WRF and its implementation at IUM, Preprints: 8th annual WRF User's Workshop.