

# 同化雷達資料對數值預報影響之研究

周宜萍<sup>1</sup> 鄧仁星<sup>2</sup> 廖宇慶<sup>3</sup>  
中央氣象局<sup>12</sup> 中央大學<sup>3</sup>

## 摘要

本研究利用 The Local Analysis and Prediction System (LAPS)-Mesoscal Model version5(MM5)中尺度數值預報系統探討經由 cold-start 與 hot-start 處理後的初始場，對預報結果的影響，並嘗試加入雙都卜勒雷達合成之三維風場與 GBVTD 反演之颱風結構於 LAPS 中，以更進一步分析模式在定量降雨上的表現。本研究中選取艾利颱風(2004)進行個案討論。

關鍵字：LAPS-MM5、cold-start、hot-start

## 一、前言

1990年以前因為觀測資料所提供的資訊多半缺少雲雨資訊與垂直速度，因此大部分模式初始場都提供絕熱的情況也就是不考慮凝結和潛熱釋放的問題，不過這需要長時間的調節時間，對雲和降水的預報也很困難。1990年開始使用微物理方法，NOAA的Forecast Systems Laboratory(FSL)架設了一套初始資料同化與分析系統，名為The Local Analysis and Prediction System (LAPS)。LAPS的三維雲模式提供水氣、水、冰以及混合比和垂直運動的估計，作為中尺度模式微物理的初始場。2000年LAPS已經可以用在即時預報系統的初始場中，2001年後，許多的研究已可初步的證明LAPS有改善0~6h雲和降水量技術和預報的能力。如Jian et al.(2003)利用辛樂克颱風驗證LAPS對颱風的路徑強度與降雨估計皆有達到改善的目的，並可縮短模式的spin-up time。

## 二、資料來源

本研究所使用的基本資料首先以氣象局的非靜力區域預報模式(NFS)提供粗略的資訊，作為背景場或是初始猜測場，其解析度為 15 公里。還有地面觀測資料(如 METAR、buoy、synop、ship 和 mesonet)、探空資料(如 rawinsonde)、四座雷達站(五分山、花蓮、七股、墾丁)與衛星 GOES-9 號頻道。

## 三、動機

不難發現台灣所擁有的觀測資料缺乏中層的觀測資訊，雖有探空資料，但台灣地區只有定時兩點的觀測資料而已，故對此問題嘗試研究假設利用雙都普勒雷達合成法與 GBVTD 法來提供三維的

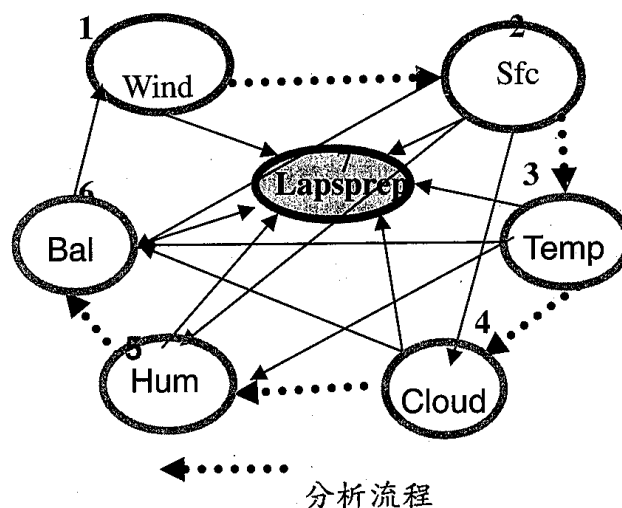
風場分布，是否能對模式的定量降雨預報有所改善。

LAPS 分析設定採用單層巢狀網格。水平網格點是 199 X 247，解析度 5 公里，垂直從 1100hPa 到 100hPa，等間距 50hPa 所組成。

## 四、模式初始化分析方法

LAPS 分析流程可參考圖一，首先進行風場分析模組，接著執行地面場分析模組，然後分析溫度以提供雲分析做處理，接下來處理水氣分析，最後在平衡之，其結果便可置入模式作為初始場使用。

### 模式初始化分析方法



圖一 LAPS 分析流程。

- 1.Wind 風場分析模組
- 2.Sfc 地面分析模組
- 3.Temp 溫度分析模組
- 4.Cloud 雲分析模組
- 5.Hum 水汽分析模組
- 6.Bal 動力平衡模組
- 7.Lapsprep 非絕熱初始化模組

所有的箭頭都代表資料流向

## 五、個案概述

本研究所使用的艾利颱風(2004)測試之。艾利颱風於 8 月 20 日在菲律賓東方海面生成，隨後增強輕度颱風後，朝西北方向移動，22 日發展至中度颱風，24 日到達台灣東北部海面後移速減緩，並轉向偏西移動通過台灣北部近海。在 24 日 1200UTC 時，颱風近中心出現最大風速高達 38m/s、960hPa 的最小海平面氣壓，且保持相同強度到 25 日 0800UTC。25 日進入台灣海峽後，移向逐漸轉向西南西，當日 2200UTC 由金門東北方進入福建，26 日 1200UTC 減弱為熱帶性低氣壓。

表一 四組敏感度實驗。

中層資料 \ 垂直速度法	無任何中層資料 (N)	雙都資料 +GBVTD 資料 (DG)
雲厚(C)垂直速度法	C-N	C-DG
修正(R)垂直速度法	R-N	R-DG

## 六、敏感度實驗

本研究使用 LAPS-MM5 模式系統來測試對艾利颱風之定量降水估計的能力。初始場的部分擁有相同基本資料的使用，如地面觀測站、雷達與衛星等資訊並固定 LAPS-MM5 的物理參數等相關設定下，考量兩種不同中層資料對於 LAPS 初始場程式中的情況以及兩種 LAPS 初始場程式中計算雲內垂直速度的估算法，則可將實驗細分成四組敏感度實驗測試(參見表一)。實驗中皆以 2004 年 8 月 25 日 0000UTC 為初始時間並積分達 6 小時。以雲厚垂直速度且並無任何中層資料的情況(C-N)當作控制組，未來先對控制組的 hot-start，與相同條件下的 cold-start 進行探究，其後進一步分析加入中層資料的四種 hot-start 敏感度測試是否有達到改善定量降雨預報之目標。

雲厚垂直速度法是假設雲種分類屬於 LAPS 的積雲族(積雲和積雨雲)或是 LAPS 的層雲族(層積雲、雨層雲、高積雲和卷積雲)便可透過垂直速度極大值與雲厚度成正比，與水平網格間距成反比所組成的公式以計算其垂直速度。這樣雲區垂直速度的估算方式在積雲族部分，垂直速度隨高度的分布會有一拋物線的特徵。層雲族的垂直速度在雲內呈現定值的特徵。此雲內垂直速度的計算方式於本研究中以雲厚垂直速度法簡稱之。

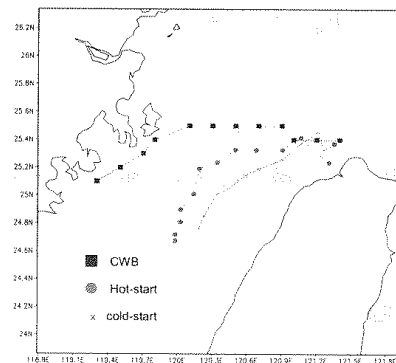
保持雲厚垂直速度法計算，接著在有雷達觀測區域內，若合成回波大於某一定值則屬對流區，反之則為層狀區。將對流區的垂直速度乘 2，層狀區的垂直速度乘 0.1 做修正。此雲內垂直速度的計算方式於本研究中以修正垂直速度法簡稱。設計修正垂直速度法以求更接近真實回波特徵。

## 七、MM5 模式設定

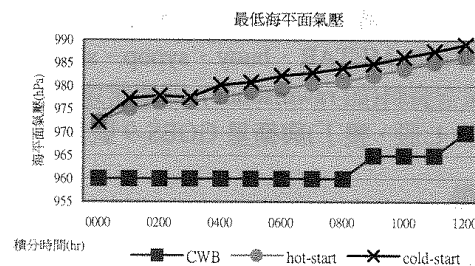
模擬範圍與 LAPS 分析設定相同。積分過程不採用積雲參數化而直接使用 Schultz(1995)的微物理過程。積分過程並利用淺積雲對流參數化模擬不降雨之淺對流系統。邊界條件部分，側邊界使用 relaxation 計算法，其資料來源來自中央氣象局的 NFS 模式，下邊界則應用輻射邊界條件，行星邊界層參數化採用 MRF 法(Hong and Pan,1996)。地面層使用多層土壤溫度模式處理 2、4、5 與 6 層。輻射參數化則是透過 RRTM(Mlawer et al.,1997)計算。積分時間步長 15 秒，積分總時間達 6 小時。

## 八、結果與討論

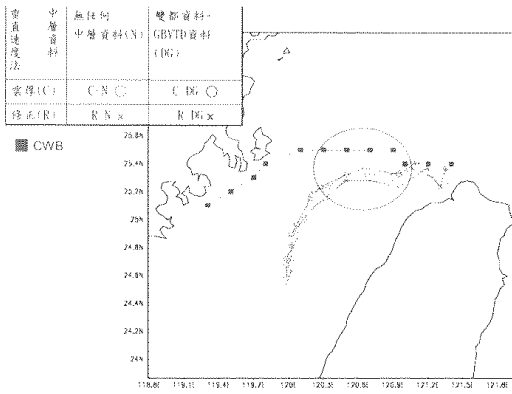
模擬首重路徑與強度必須滿足一定的標準，從圖二與圖三可清楚的看到路徑與強度上與前人研究一致，hot-start 皆比 cold-start 更趨近與觀測一致。四組敏感度實驗亦有著與觀測一樣的趨勢。圖四的路徑上發現四組實驗皆在三到六小時與氣象局公佈路徑有最相似的水平移動狀態，之後路徑則偏移。



圖二 cold-start 與 hot-start(控制組)路徑圖。

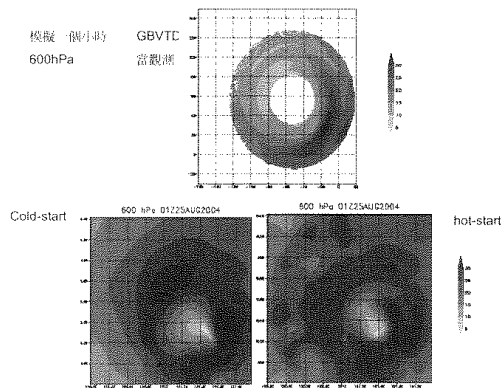


圖三 cold-start 與 hot-start(控制組)強度圖。

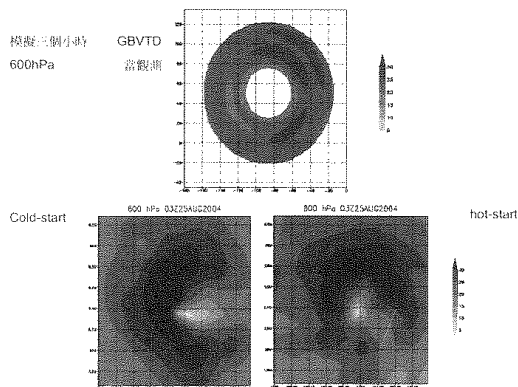


圖四 四組敏感度實驗路徑圖。

接下來分析水平風場，由於海面上無風場觀測資訊，因此利用 GBVTD 方法，透過五分山雷達資料反求當時水平風場作為觀測參考依據，初始時間 cold-start 與 hot-start 有著相似的情況。之後一小時圖五颱風有右強左弱的狀態出現，而相較之下，hot-start 呈現較 cold-start 類似的狀態。之後三小時圖六，颱風的趨勢有旋轉的現象，cold-start 與 hot-start 皆有此情形發生，但是 cold-start 有點旋轉過度。進一步分析四組敏感度實驗發現四組實驗在模擬三小時內都能掌握住颱風不對稱性的特徵，在此忽略圖示。



圖五 600hPa 的水平風場，cold-start 與 hot-start 在模擬一小時後的比較。

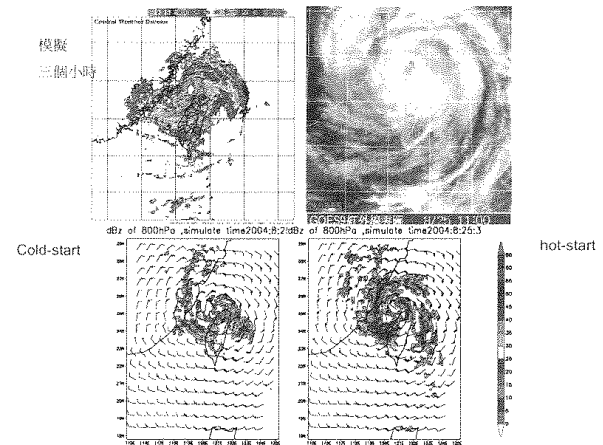


圖六 600hPa 的水平風場，cold-start 與 hot-start 在模擬三小時後的比較。

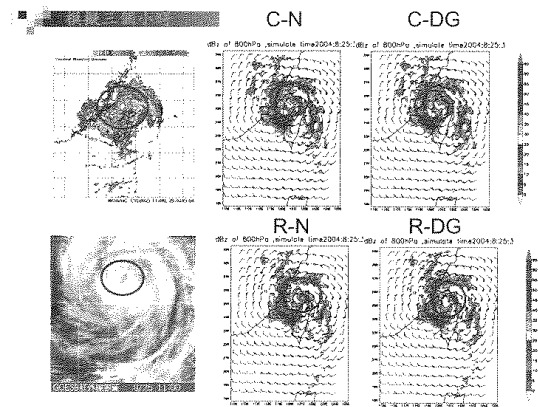
從回波來分析模擬一到六小時中，cold-start

正在努力調節生成對流系統，而 hot-start 有效的模擬出颱風的兩帶與環流。以三小時為例(圖七)，不僅外圍雨帶模擬出來，觀測台灣中南部那塊雲區有許多的雨帶，而 hot-start 也有掌握住。

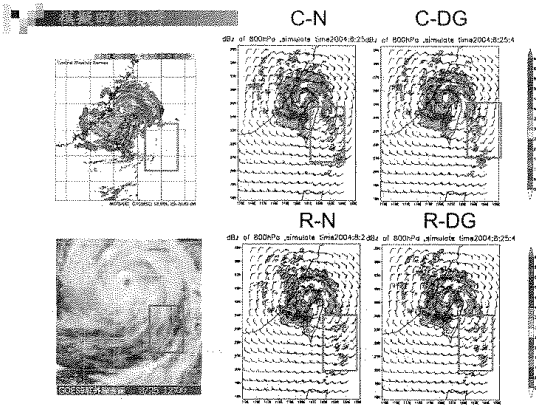
然後比較四組敏感度實驗，從圖八發現模擬第三個小時看到雲厚垂直速度法與修正垂直速度法強度皆比觀測的強度強，但是修正垂直速度法又比雲厚垂直速度法來的弱而較接近觀測。並細看颱風中心的環流，觀測有類似於完整圓的趨勢，GBVTD 的環流較不完整，左下角有破裂的現象，其歸咎原因可能是因為 GBVTD 所提供的資料其環流中心資料較不足所導致。在模擬第四個小時的時候，圖九觀測颱風最外圍的環流拖曳雨帶消失，雲厚垂直速度法的雨帶似乎過長，而修正垂直速度法與觀測較類似的狀態，拖曳雨帶強度明顯減弱且呈現消失的趨勢。在圖十模擬第五個小時的時候，觀測回波觀測到颱風的左下角多出一塊小回波，而雲厚垂直速度法無此現象，修正垂直速度法卻有模擬到。故八組敏感度實驗法可發現修正垂直速度法比雲厚垂直速度法更接近真實環流與強度。



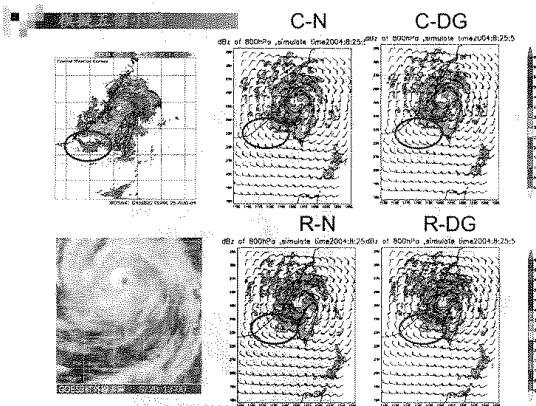
圖七 cold-start 與 hot-start 在模擬三小時後的回波示意圖。



圖八 八組敏感度實驗於模擬第三個小時的回波示意圖。



圖九 四組敏感度實驗於模擬第四個小時的回波示意圖。

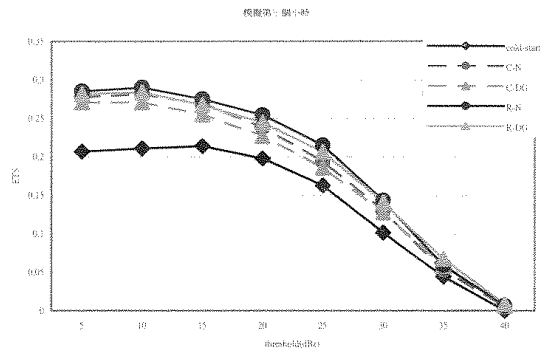


圖十 四組敏感度實驗於模擬第五個小時的回波示意圖。

從累積雨量方面來看，不管是北區的雨帶、中北部的雨量以及中南部的回波皆模擬出特徵。在四組敏感度實驗的部分整個模擬狀態趨勢類似，利用 the equitable threat score(ETS; Schaefer 1990)做定量上的探討公式如 1，A：預報、觀測均大於某一給定的回波門檻值；B：預報大於回波門檻值而觀測未達回波門檻值；C 預報未達回波門檻值而觀測大於回波門檻值 E 是隨機預報效應。

當 ETS 等於零，代表隨便預報都比此預報能力好，若 ETS 大於零，代表此研究方法已具有預報能力，若 ETS 等於一則表示預報與觀測完全一致。在模擬一到五個小時的 ETS，hot-start 大致比 cold-start 高，以模擬第三個小時為例(圖十一)知道在各種回波門檻值下，除了 hot-start 比 cold-start 來的好外，四組敏感度實驗皆比 cold-start 指數來的高，象徵 hot-start 對大範圍的定量回波估計是有不錯的預報能力。

$$ETS = \frac{A - E}{A + B + C - E} \quad (1)$$



圖十一 初始時間模擬第三個小時的 ETS。

## 九、結論與未來展望

本研究透過 LAPS 分析得到雲雨資訊、垂直速度等初始條件放入非絕熱預報模式作為初始場，在路徑、強度、水平風場、颱風雨帶與環流以及定量降雨估計中皆有達到改善 0~6 小時的預報。並從四個敏感度實驗中發現，修正垂直速度法比雲厚修正法更接近真實環流與強度。從定量降雨估計的角度來看，hot-start 其單小時的累積雨量與雷達回波則有良好的一致性。藉由 ETS 可客觀的發現艾利個案在模擬一到五小時大部分的回波預報能力上，hot-start 表現都比 cold-start 佳，中層風場資訊對回波預報的能力在本個案中效用並不明顯。未來可加入更多探空資訊，分辨除三維風場資訊外，三維溫度場的資訊是否更能改善定量降雨之預報。

## 十、參考文獻

- Hong, S. Y., and H. L. Pan, 1996: Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium range forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 2322-2339.
- Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. *J. Geophys. Res.*, **102(D14)**, 16663-16682.
- Schaefer, J. T., 1990: The critical success index as indicator of warning skill. *Wea. Forecasting*, **5**, 570-575.
- Schultz, P., 1995: An explicit cloud physics parameterization for operational numerical weather prediction. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 3331-3343.
- Jian, G.-J., S.-L. Shieh, and J.A. McGinley, 2003: Precipitation simulation associated with Typhoon Sinlaku (2003) in the Taiwan area using the LAPS diabatic initialization for MM5. *TAO*, **14**, 261-288.