

# 物理參數化變動對颱風路徑預報之影響與分析

馮欽賜 陳雯美 陳建河 汪鳳如

中央氣象局

## 摘要

邊界層及積雲對流參數化是牽動模式之地球-大氣循環的兩個關鍵過程。中央氣象局全球預報系統在今年(2009)7月初對這兩項物理參數化做了大幅度的更動。我們引進目前美國NCEP全球預報模式所使用的參數化作為更替，從物理機制的考量，新版本較原版本具備更完善的參數化過程，測試實驗顯示其對模式預報的系統性誤差產生相當明顯的改進作用，尤其有效改進原本模式有關邊界層高度過低，以及易於激發過強對流作用而產生太過活躍的熱帶低壓等現象，因此對直接受影響的熱帶地區之預報改善特別明顯。透過這些變化及改進，也連帶影響模式對颱風的模擬及路徑的預報誤差，這份報告我們將利用2008年侵臺颱風個案做為探討與分析此次物理參數化變動對颱風路徑預報之影響。

## 一、前言

由於物理參數化的改進是推升數值天氣預報品質很重要的環節，長久以來這方面的研究工作一直是數值模式發展持續不斷的課題。中央氣象局全球預報系統(CWB/GFS)在2年之前引進了雲水的預報方程並加入雲微物理參數化處理網格尺度的降水過程，不過當時積雲對流參數化未含有積雲雲頂之雲水逸出過程，使得大氣雲水收支因缺少此一重要來源而完整性不足。有鑑於此，我們開始以引進美國國家環境預測中心全球預報系統(NCEP/GFS)所使用的積雲參數化作為改進此問題的標的。不過，在測試過程中發現進行積雲對流參數化的調整不能忽略與邊界層參數化耦合的問題，因為地表之蒸發/散熱與可感熱過程對大氣提供之能量，是透過邊界層紊流作用將這些熱量擴散到邊界層內，而邊界層的高度及大氣特性會影響積雲對流參數化對雲底高度的判斷，進而決定積雲對流是否發生以及積雲發展的深度，這使得兩者之間緊密連繫。由於測試顯示原本作業版邊界層參數化易發生邊界層高度發展過低導致近地層大氣偏濕的情形，而無法有效搭配新版雲參數化產生合理的降水過程，因此我們決定一起引進NCEP/GFS的邊界層參數化作為更替的

版本。

就物理機制的考量而言，新版本均較原版本具備更完善的參數化過程。新版積雲參數化除考慮雲水在雲頂的逸出作用之外，亦涵蓋舊版未考慮的下沖流(downdraft)及動量垂直交換的機制。新版邊界層參數化相較舊版最大的不同在於多考慮了大渦流(large eddy)造成的非局地作用(nonlocal)，其有效改善了舊版在不穩定條件下因只含局地紊流擴散作用而低估邊界層發展的現象，能與新版積雲參數化有較合理的耦合。由於測試實驗顯示，兩者的更替對模式預報之系統性誤差的改善相當明顯，因此今年(2009)7月CWB/GFS已將這兩項物理參數化納入正式作業。

此次邊界層及積雲對流參數化的變動是牽動熱帶大氣模擬的兩個關鍵過程，測試結果顯示反映在熱帶地區有關溫度及風場方面的預報改善特別明顯。此外我們也發現熱帶對流降水的特性出現很大變化，相較之下新版對流降水的強度比舊版來得緩和，原本舊版容易激發過強對流而產生假的熱帶渦旋的現象因此獲得改善，不過另一方面卻也發現，當實際颱風形成時新版對颱風強度的模擬只能維持在某個程度不易加深，反之舊版則能加深其至相當強度，換言之兩者在

熱帶渦旋的預報強度，舊版的變化幅度要比新版大許多。透過這些改進與變化，毫無疑問將對模式在颱風路徑的預報產生影響，尤其為獲得最佳化的颱風路徑預報，一般而言模式採用的颱風初始化都會考量本身對熱帶渦旋的模擬特性，發展出最適性的作法，CWB/GFS 也不例外。因此，瞭解颱風初始化是否仍適用或者需進一步調修，也成為檢視其影響的重要一環。本報告將以 2008 年颱風個案進行測試與分析，就此問題做些探討。

## 二、颱風渦旋初始化

目前 CWB/GFS 作業所採用的颱風渦旋初始化方法分為 2 個階段，第一步先就猜測場(前 6 小時之預報)進行渦旋中心重新定位(relocation, RELOC)，第 2 階段才進入對颱風渦旋的調整。在作法上根據猜測場的渦旋強度區分為 2 種方法，若其中心氣壓值高於 996hPa 時，視為模式本身渦旋強度不足，我們採用傳統虛擬渦旋植入法(BOGUS)來改進初始渦旋。虛擬渦旋的風場結構包含了所謂(1)ring king vortex 型態的水平風場分布、(2)考慮颱風渦旋伴隨輻散(合)作用，在上下邊界層以其渦度場強度的 倍，所加入的輻散(合)場成分，(3)最後再加進背景環境風場的平均速度與過去 6 小時的颱風移動速度的差向量，作為修正背景環境駛流向量使其與颱風移動速度一致。虛擬渦旋的風場剖面視為探空觀測資料，利用資料同化植入。

另一方面，若其中心氣壓值低於 996hPa，則視為模式本身渦旋已具一定強度與結構，我們就不再用傳統虛擬渦旋植入法，反而是保留其原始對稱式的颱風渦旋

僅調整初始颱風渦旋所在之大尺度背景環流場(UV-TUNED)，作法是將初始場做 24 個波截斷平滑後的風場視為大尺度的背景環流，然後利用颱風渦旋中心約半徑 6 度範圍內的網格點風場求平均速度向量，並將此範圍之每一格點風場加進平均速度向量與過去 6 小時颱風向量之差值，藉此調整使初始颱風渦旋之大尺度環流與過去路徑趨勢一致。此法是假設背景環流平均速度向量可代表與駛流場近似的特性，利用這種調整來改進模式初始渦旋因資料不足同化過程無法產生正確駛流場的問題。

我們是以 2006-2008 年的颱風個案測試，證明這種混合法(OPTION)的路徑預報較單使用一種初始化方法(例如 UV-TUNED 或 BOGUS)的結果有所提升，顯示它具有適應不同個案而具有最佳綜效的特性(馮，2008)(如圖 1 所示)。

## 三、測試結果

2008 年 9 月份的辛樂克(Sinlaku)、哈格比(Hagupit)、薔蜜(Jangmi)等 3 個颱風作為本測試的對象，我們使用新舊版本物理分別進行整個 9 月份的同化循環(cycling)實驗，分析與比較兩者在 00Z 及 12Z 時 3 日颱風路徑及強度預報的差異。

### (一) 辛樂克颱風

辛樂克颱風是長生命期的颱風，新版物理參數化對此颱風整段時期的路徑預報都產生明顯的改進效果(如圖 2 所示)，統計兩者路徑預報的誤差，24/48/72 小時的改進幅度分別有 11%/31%/45%，72 小時誤差值由 429 公里減少至 235 公里。比較 9 月 12 日前的路徑，舊版在 9 月 11 日 00Z 前 5 個路徑預報都會出現偏右往北的誤差，新版對此誤差做了修正，並在 9 月 10 日 00Z 提前預報路徑會往臺灣偏轉的趨勢，雖然此時路徑仍過於偏南，不過隨後路徑很快地修改至正確的方向，此外新版對於侵臺後轉向東北的路徑亦較舊版掌握地確實。對於離臺後的路徑，舊版的預報不理想，除了有往北偏差之外速度過慢是嚴重的問題，究其原因與颱風渦旋垂直耦合的結構無法維持，減緩西風帶的導引作用有關。新版則大幅改善此現象，使颱風渦旋較平順往東北行進，兩者的差異與積雲參數化所產生的垂直結構不同有關。

另一方面，比較兩者所表現的颱風渦旋強度，舊版似乎要比新版反應地強，圖 3 顯示颱風期間兩者初始及預報場渦旋中心海平面氣壓的對應分布，可發現初始場舊版中心可低至 970hPa 但新版只能略低於 990hPa，在實際颱風強度最強時是差異最大的時候。若比較預報場，其差別是更大，舊版的渦旋中心氣壓可達到 950hPa 最低氣壓(9 月 10 日 00Z 之 66 小時預報)，但新版卻始終維持在 990hPa 附近。若以模擬中心氣壓的變化而言，顯然舊版較佳，然而對路徑預報而言，卻未必有直接連接，因為路徑行進與綜觀尺度

駛流場的預報品質更有關，新版似乎在此部分優於舊版。

#### (二)哈格比與薔蜜颱風

舊版對此颱風的路徑預報原本即相當不錯，72 小時誤差只有 179 公里。新版的結果大致與舊版類似，較前者 48 小時前的路徑誤差稍大，72 小時則變小(如圖 4)。從辛樂克及哈格比颱風的路徑分析，顯示颱風初始化方案在更換物理參數化後似乎仍能適用。不過，在薔蜜颱風的表現，卻與前兩個颱風不同，其結果反而是新版變差許多(如圖 5)，新版加重了舊版原就存在偏西行進的誤差。薔蜜颱風的結果，其實顯示颱風初始化方案為了更普遍適用於新版的物理特性，可能還有調整的空間，尤其在虛擬渦旋植入這方面。以薔蜜颱風為例，在前 4 個個案路徑誤差較大的情形，正與初始化渦旋均使用到虛擬渦旋植入有關，因此我們嘗試調整其虛擬渦旋的結構及植入作法，測試其對路徑的影響與敏感度，結果顯示這方面的調修對初始渦旋的改變，能有效地改善路徑偏西的誤差(如圖 6)。當然，對於其他兩個颱風是否有相同的助益，還需進一步測試。

## 四、小結

以 2008 年辛樂克、哈格比、薔蜜等 3 個颱風，初步測試的新舊版本物理參數化對颱風路徑與強度預報的影響，結果顯示新版較舊版在路徑預報的方面，對辛樂克颱風有大幅的改進，對哈格比颱風表現中性，對薔蜜颱風則變差。雖然，大體而言目前所用的颱風初始化方案仍能適用，不過從薔蜜颱風的進一步測試，發現虛擬渦旋植入法的調修可減少此初始化方案的路徑誤差，說明為取得新版物理參數化下更佳的路徑預報，颱風初始化方案仍有調整空間，而這又與新版在颱風強度預報方面較舊版偏弱有關，不過從辛樂克颱風的結果，舊版較佳的強度預報未必相應較佳的路徑品質。

## 參考文獻：

馮欽賜，2008：全球數值模式於颱風路徑預報之應用與發展 (I)。國科會計畫編號 NSC96-2625-Z-052-002，54 頁。

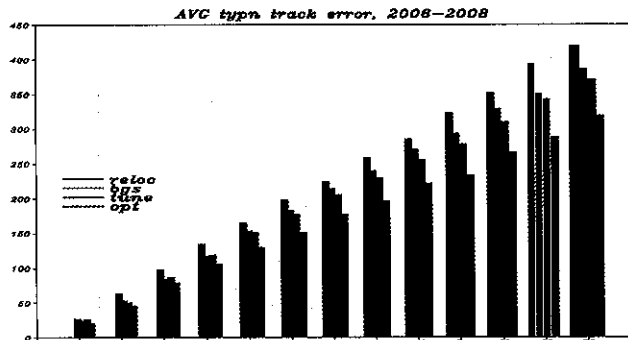


圖 1：2006-2008 年颱風路徑預報測試，4 種初始化方法之平均路徑誤差(km)統計。代號 reloc、bgs、uvtn 及 opt 分別代表 RELOC、BOGUS、UV-TUNED 及 OPTION 初始化方法。

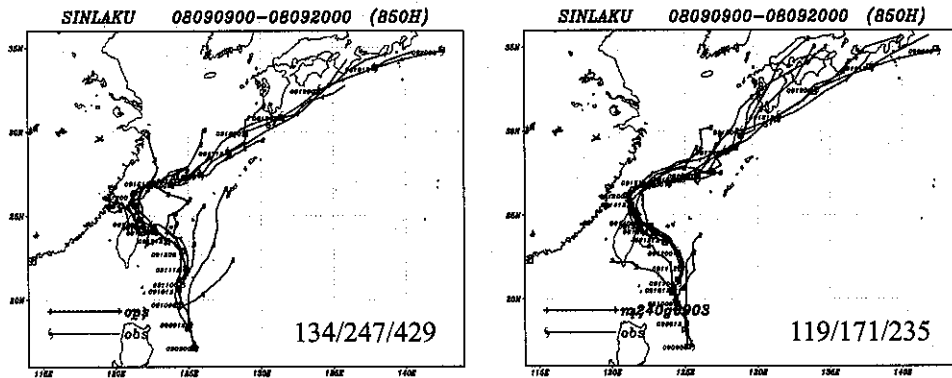


圖 2：新(m240gv903)舊(ops)版本物理參數化之辛樂克颱風路徑預報，圖中數字分別是其 24/48/72 小時平均預報誤差(km)。

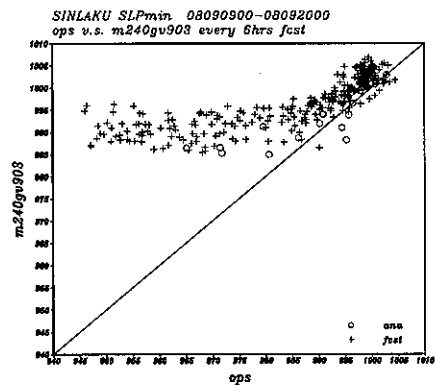


圖 3：辛樂克颱風期間新(m240gv903)舊(ops)版本之初始及預報場颱風渦旋中心海平面氣壓的對應分布。

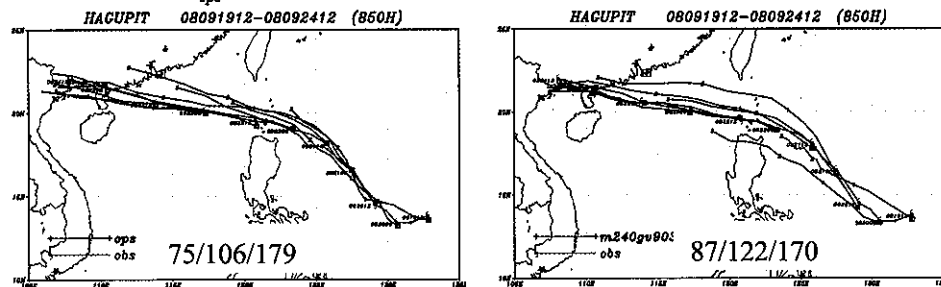
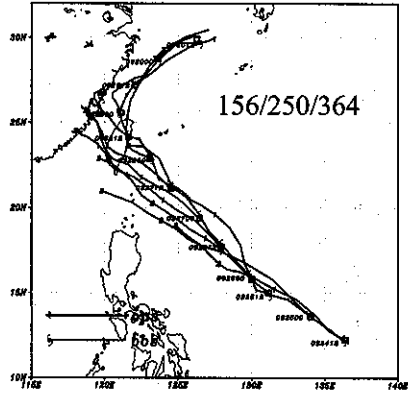


圖 4：新(m240gv903)舊(ops)版本物理參數化之哈格比颱風路徑預報，圖中數字分別是其 24/48/72 小時平均預報誤差(km)。

JANGMI 08092412-08093012 (850H)



JANGMI 08092412-08093012 (850H)

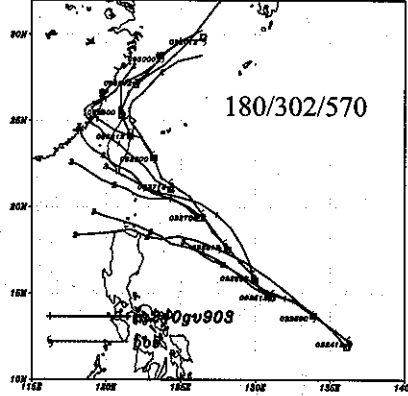


圖 5:新(m240gv903)舊(ops)版本物理參數化之薔蜜颱風路徑預報,圖中數字分別是其 24/48/72 小時平均預報誤差(km)。

JANGMI 08092412-08093012 (850H)

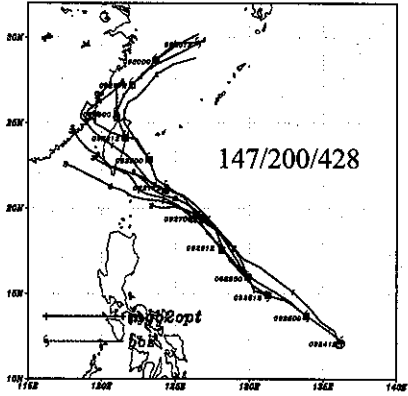


圖 6:新版本物理參數化但使用調修後之虛擬渦旋植入法之薔蜜颱風路徑預報,圖中數字分別是其 24/48/72 小時平均預報誤差(km)。