

# 現行數值模式對東亞大陸暖季降水特性掌握之評估

王重傑

私立中國文化大學大氣科學系

## 摘要

根據Wang et al. (2004, 2005) 的結果，本研究針對 2002-2005 年暖季 (含梅雨季) 期間，中央氣象局區域數值作業模式 (非靜力預報系統，簡稱NFS) 45 km網格之每日兩次 12-36 h定量降水預報，於東亞大陸地區雨量在經度—時間剖面上之分佈特性，以其平均日夜變化中地形與降水之「相位鎖定」現象進行定性評估，以了解現行模式對此地區暖季降水特徵之掌握程度，並對未來模式的改進提供參考方向。

結果發現，在模式降水的經度—時間分佈上，具有事件性且 5-6 月者亦具有隨時間東移之特性，而 7-8 月時模式降水之東移現象則不顯著。這些特性雖與衛星觀測所見之對流特性接近，但檢視其分佈之平均日夜變化顯示，模式降水之移行性偏弱：在青藏高原背風面之「相位鎖定」現象，模式在 5 月僅能部分掌握且侷限在 110°E以西，而 6-7 月則對現象的掌握不足，且以 6 月的落差最明顯，故評估結果與美國現行模式之評估相似。進一步將模式雨量平均日夜變化進行調和分析，並將結果與觀測比較，亦顯示在青藏高原東緣至四川盆地西緣之經度帶，模式降水曲線的分佈型態與觀測較接近，但在四川盆地至以東地區，如觀測中之移行性降水在局地清晨時段造成的次高峰結構，在模式預報中並未出現，且對降水一日波在 5-8 月伴隨日照增強而振幅增大現象的特徵掌握亦不佳。

模式在大陸平原區，在 6-8 月常出現滯留性降水，且雨量曲線日夜變化之極值發生相位幾與觀測相反，顯示降水極可能有系統性延遲之現象，且 45 km解析度顯然無法解析暖季局部環流的發展。此一現象，對未來模式的改進可提供重要參考方向。比較不同模式初始時間之差異，顯示 0000 UTC預報之平均雨量較多且雨區較大，1200 UTC者則相反。初始分析場品質的差異，以及模式降水預報技術特性與預報時段為日間或夜間降雨，可能為造成此種差異的原因。對 5 月份移行性降水的掌握程度，則 0000 與 1200 UTC的預報兩者能力相仿。NFS 模式的整體表現，在 2002-2005 年的資料期間，顯示隨時間有緩慢進步，可能與 15-km網格區在 2003 年的擴大有關。

## 一、簡介

鑑於暖季定量降水預報 (QPF) 技術的不足，世界各先進國家已將此部分的改善列為未來的重點工作。Carbone et al. (2002) 發現北美大陸暖季 (5-8 月) 的對流降水，若做南北向平均並以時間—經度剖面顯示 (稱 Hovmöller 圖)，可看出降水事件具有隨時間東移之特性，且許多事件尺度相當大，甚可達 3000 km 與 60 h，故在預報上具有應用的潛力與價值。在東亞地區，Wang et al. (2004, 2005) 使用衛星資料討論暖季對流 (與降水) 特徵，確認事件亦具類似之特性，尺度則達 2500 km 與 40 h。更甚者，兩地的平均日夜變化顯示，降水隨經度的分佈並非隨機，而是有在一日中特定時段出現的傾向，對流主要於下午至黃昏在大型山脈 (落磯山與青藏高原) 東側開始發展，隨後於夜間東移。此一規律現象稱為降水與地形在時空上的「相位鎖定」(phase-locking) 現象，其成因顯然與山脈在日間較強的輻射加熱有關，亦為吾人認為目前最有希望改進暖季 QPF 的部分。

上述研究顯示，未來作業模式若能合理掌握降水事件東移之機制，則可望能大幅改善暖季 QPF。然而，現階段模式對於相位鎖定現象的掌握程度，吾人

則必須先有所瞭解。Davis et al. (2003) 評估 NCEP Eta 與 NCAR WRF 模式，發現這些模式因解析度不足 (10-22 km) 並使用積雲參數化，目前對相位鎖定現象的掌握不足，事件移行性亦太弱。在東亞大陸地區，則尚未有類似研究，因此本文選擇針對中央氣象局非靜力預報系統 (NFS) 45 km 之東亞降水預報進行定性評估，一則增加對此模式能力的瞭解，二則提供未來改進模式的資訊。

## 二、資料與分析方法

本文使用與Wang et al. (2004, 2005) 相同的日本 GMS-5 衛星逐時紅外線黑體亮度溫度 ( $T_{BB}$ )，時段則為 1997-2003 年 5-8 月。首先，以 25°-40°N、95°-125°E 為計算區並以相同方法計算繪製  $T_{BB}$  之 Hovmöller 圖、求取  $T_{BB}$  低於不同門檻值 (例如 -32°C) 冷雲出現頻率之平均日夜變化、並對選定經度帶內之日夜變化做調和分析。在 NFS 模式方面，資料時段為 2002-2005 年 5-8 月，取每日兩次 (初始時間為 0000 與 1200 UTC) 12-36 h 之每 3 h 降水預報。雖 NFS 具 45、15、5 km 三層巢狀網格，但僅 45 km 粗網格能完整涵蓋計算區，故以其作為評估對象。先將資料內插至 0.2° × 0.2° 之

經緯網格，再以相似方式求取Hovmöller圖、平均日夜變化，並進行調和分析。值得一提的是，NFS在2003年擴大範圍，三層網格格點數由 $191 \times 127$ 、 $145 \times 139$ 及 $61 \times 91$ 增至 $221 \times 127$ 、 $181 \times 193$ 及 $91 \times 121$ 。此處，吾人將 $T_{BB}$ 視為觀測，但因其並不同降水，故僅能與NFS預報做定性比較，以評估此模式對東亞大陸的相位鎖定現象、及其季節轉變等特徵之掌握程度。

### 三、結果與討論

利用前節方法所得NFS降水預報之Hovmöller圖，可與同時段同區域以 $T_{BB}$ 資料所得者相比較。以2003年5月上半與7月下半為例，圖1a,b顯示觀測之對流降水在經度—時間剖面上具東移特性，且5月較顯著。相同時段NFS模式0000 UTC之預報降水(圖1c,d)則可見其分佈亦具事件性且與觀測之位置概略相符，與Wang et al. (2004)之結果一致。詳細比較，則可看出兩者有下列差異：一、模式部分降水事件有呈斷續且移行性不足之現象，特別是 $105^{\circ}$ - $120^{\circ}$ E，例如5月9-15日；二、模式降水之平均移速似較衛星者為慢；三、模式有過多滯留的非移行性系統，如 $95^{\circ}$ - $100^{\circ}$ E附近，觀測則為移行性。這些細部差異，在2002年暖季、以及模式1200 UTC之預報中亦可見。

為評估NFS模式對東亞地區「相位鎖定」現象的掌握程度，須求取Hovmöller圖之平均日夜變化。圖2a顯示1997-2003年5-8月計算區內冷雲( $T_{BB} < -32^{\circ}\text{C}$ )出現頻率之平均日夜變化(重複兩次)，如箭頭所示，對流約在1200 UTC於青藏高原東側 $100^{\circ}$ E處激發並東移，至次日0900 UTC可達 $111^{\circ}$ E，再次日則達 $125^{\circ}$ E。模式暖季0000 UTC預報降水之平均(圖2b)則顯示，高原東側系統可由1000 UTC東移至次日約0100 UTC(接近 $110^{\circ}$ E)且移速與觀測相近，但鎖定現象較觀測為弱且不再繼續東移。檢視模式1200 UTC之結果亦相似，現象較0000 UTC者更不顯著，移速則稍快(圖2c)。故整體而言，模式之相位鎖定現象較觀測弱而不顯，移行範圍亦侷限於 $110^{\circ}$ E以西，此與美國現行模式之評估相似(Davis et al. 2003)。另外，模式在 $110^{\circ}$ - $120^{\circ}$ E的平原區，降水最大最小值約在2200與1300 UTC( $114^{\circ}$ E除外)；觀測卻顯示對流頻率極值約在1000與0000 UTC。因此，模式降水在華中與華南地區之日夜變化相位與觀測幾乎相反，顯示有系統性延遲的現象，此點在未來模式的改進應是一項重要議題。比較圖2b與2c，另可發現0000 UTC初始之預報平均雨量較高、雨區亦較大，而1200 UTC者雨量則較低，僅 $105^{\circ}$ E處例外。初始分析場品質在此兩時間的差異，以及模式降水預報技術特性與預報時段(日間或夜間降雨)之搭配，均可能為造成此種差異的原因。

進一步評估模式對相位鎖定現象季節轉變之掌握。圖3a-d分別為5-8月逐月冷雲頻率之平均日夜變化，顯示相位鎖定現象在5-6月相當明顯，在

$100^{\circ}$ - $125^{\circ}$ E間均有移行，但盛夏的7-8月平原區之現象則明顯減弱，且高原東側事件之移速亦減慢。NFS模式之結果則顯示，5月份事件可於1000 UTC時東移至次日0000 UTC，但亦限於 $100^{\circ}$ - $110^{\circ}$ E間，移速則與觀測相近(圖3c)。觀測事件在6月之移行仍然顯著，但模式的掌握能力明顯下降，可辨認者僅侷限在鄰近高原的 $100^{\circ}$ - $103^{\circ}$ E。至於7-8月，模式中之移行現象已無法辨認，而觀測者亦漸減弱且範圍縮小。因此模式在5月表現最佳，但對相位鎖定現象亦僅能部分掌握，且侷限於 $110^{\circ}$ E以西，6月以後則掌握不足且以6月的落差最明顯，也顯示45 km解析度之模式，尚無法適當掌握暖季對流系統的發展與移行。

### 四、結論

本研究針對氣象局NFS模式45 km網格於2002-2005年暖季每日兩次12-36 h之QPF，對東亞地區地形與降水之「相位鎖定」現象進行定性評估，以了解現行模式對此現象特徵之掌握程度，並對未來的改進方向提供參考。結果發現模式降水分佈亦具有事件性，且5-6月亦具東移特性，7-8月則東移現象不顯，故與觀測之特性相似。然而模式降水之平均日夜變化則顯示，降水事件移行性偏弱，且對相位鎖定現象僅在5月能部分掌握，範圍則侷限在 $110^{\circ}$ E以西，6-7月掌握不足且以6月落差最明顯。模式在平原區常出現滯留性降水，且其日夜變化相位幾與觀測相反，顯示有系統性延遲現象。比較不同初始時間，則顯示0000 UTC預報之平均雨量較多而1200 UTC者較少。

### 參考文獻

- Carbone, R. E., J. D. Tuttle, D. Ahijevych, S. B. Trier, 2002: Inferences of predictability associated with warm season precipitation episodes. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 2033-2056.
- Davis, C. A., K. W. Manning, R. E. Carbone, S. B. Trier, and S. B. Tuttle, 2003: Coherence of warm-season continental rainfall in numerical weather prediction models. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 2667-2679.
- Wang, C.-C., G. T.-J. Chen, and R. E. Carbone, 2004: A climatology of warm-season cloud patterns over East Asia based on GMS infrared brightness temperature observations. *Mon. Wea. Rev.*, **132**, 1606-1629.
- Wang, C.-C., G. T.-J. Chen, and R. E. Carbone, 2005: Variability of warm season cloud episodes over East Asia based on GMS infrared brightness temperature observations. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1478-1500.

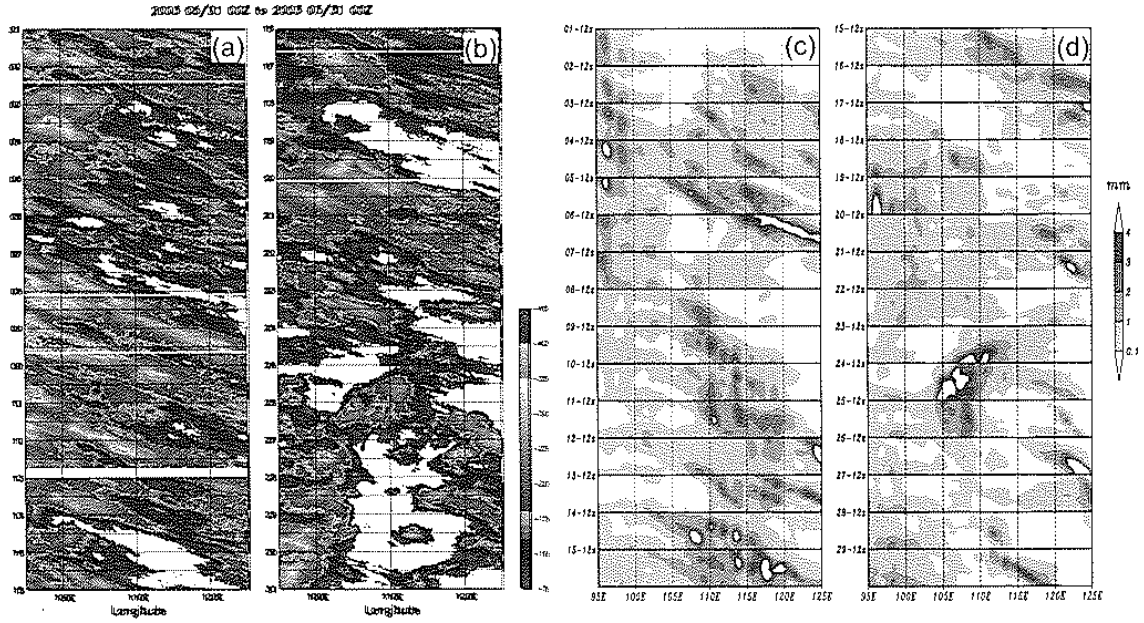


圖 1 2003 年 (a) 5 月上半與 (b) 7 月下半之  $T_{BB}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) 經度-時間剖面圖, 計算區為  $25^{\circ}\text{-}40^{\circ}\text{N}$ 、 $95^{\circ}\text{-}125^{\circ}\text{E}$ , 方法同 Wang et al. (2004)。 (c), (d) 同 (a), (b) 但為 NFS 逐日 0000 UTC 初始預報在 12-36 h 之每 3 h 降水 (mm)。

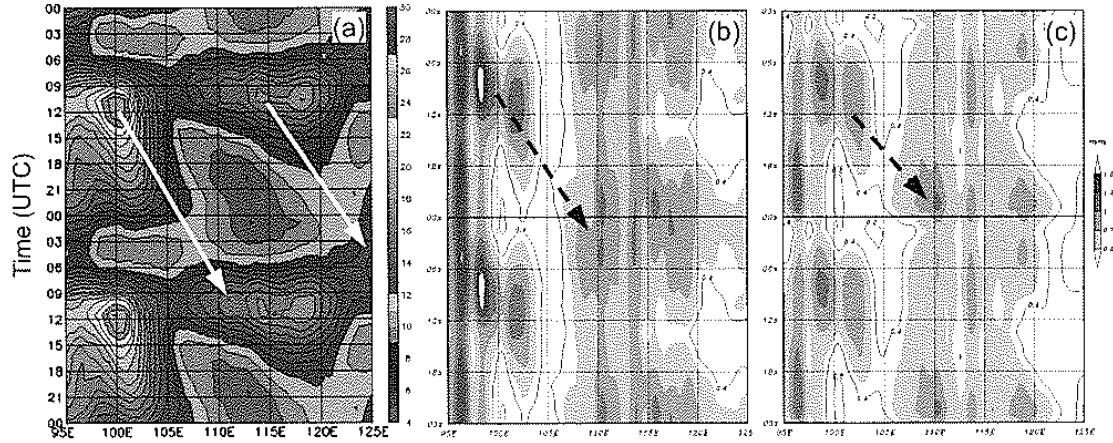


圖 2 (a) 1997-2003 年 5-8 月計算區內  $T_{BB} < -32^{\circ}\text{C}$  之冷雲頻率 (%) 在經度-時間剖面之平均日夜變化。(b) NFS 在 2002-2005 年 5-8 月每日 0000 UTC 初始預報 12-36 h 每 3 h 降水 (mm) 之平均日夜變化。(c) 同 (b) 但為 1200 UTC 預報。

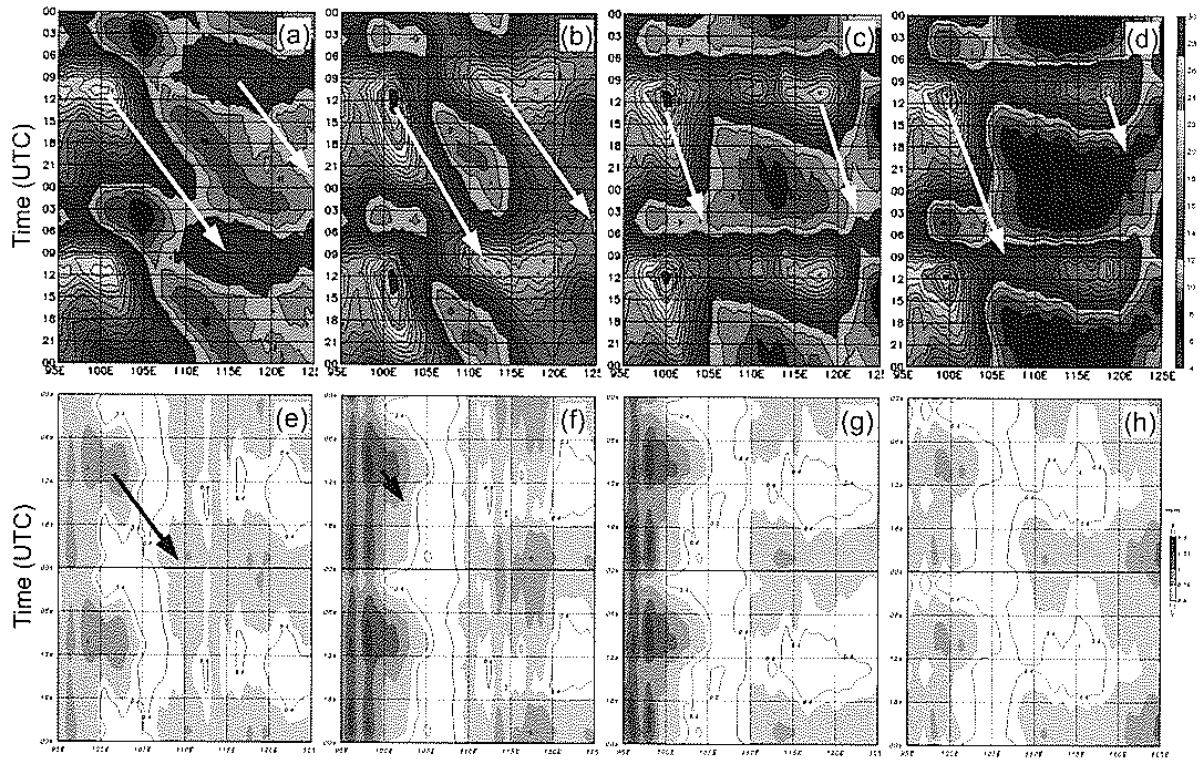


圖 3 (a)-(d) 同圖 2a 但為 (a) 5 月至 (d) 8 月冷雲 ( $T_{BB} < -32^{\circ}\text{C}$ ) 頻率之平均。(e)-(h) 同圖 2b 但為 (a) 5 月至 (d) 8 月每日兩次預報之平均。