

東亞大陸暖季移行性降水事件伴隨綜觀天氣型態之合成研究

王重傑
私立中國文化大學大氣科學系

陳泰然
國立台灣大學大氣科學系

摘 要

本文使用日本 Geostationary Meteorological Satellite (GMS)-5 地球同步衛星逐時紅外線 (infrared; IR) 黑體亮度溫度與歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-range Weather Forecasts; ECMWF) 每日 4 次之 1.125° 網格分析資料, 針對 1997-2003 年 5-7 月東亞地區經度—時間剖面上之對流降水事件, 選取長距離移行 (移行性) 與激發但不移行 (非移行性) 個案, 以辨認經常伴隨此兩類個案出現之 500-hPa 綜觀天氣型態並加以分類, 並進行合成研究, 以探討降水事件之移行特性與綜觀天氣型態間之關係。

以 $25^\circ\text{-}40^\circ\text{N}$ 、 $100^\circ\text{-}120^\circ\text{E}$, 即青藏高原背風面為計算區域所得之對流降水事件移經 110°E 時最接近時間之 500-hPa 綜觀天氣型態作為分類依據, 本研究對於移行性事件辨認出四種經常出現之天氣類型: 分別命名為「槽—下游脊型」、「槽前型」、「合流型」、以及「短波型」。對於非移行性事件, 則辨認出三種經常伴隨之類型: 稱為「脊—下游槽型」、「槽後型」、以及「強副高型」。前兩種之流場型態, 恰與移行性事件的前兩種型態相反。另外, 對於 500 hPa 並無明顯有利之條件但仍有移行性事件出現之個案, 則亦辨認出三種較常見之型態: 「西南氣流伴隨強副高型」、「西北氣流型」、以及「西風分流型」。隨後以各類型個案移經 100°E 、 105°E 、 110°E 、 115°E 、及 120°E 時最接近之時間分別定為 T1 至 T5, 並依此將相同時間之個案加以合成, 以探討不同移行特性個案之間在綜觀天氣型態與演變上之異同。結果發現, 當 500 hPa 具有有利條件且出現移行性事件時, 低對流層 (850 與 700 hPa) 均伴有季風槽/低壓的加深、高度梯度增大、南來氣流增強、及水氣輸送與低層輻合之有利條件。當 500 hPa 具不利條件且降水系統激發但不移行時, 上述低層的有利條件則偏弱或不存在。另外, 當 500 hPa 不具明顯有利條件但仍出現移行性事件之合成, 顯示雖「西南氣流伴隨強副高型」與「強副高型」兩者之 500-hPa 流場型態相似, 但前者在低層有較強之西南氣流以輸送水氣並提供輻合舉升機制, 因此得以維持降水事件。與此相似, 雖「西北氣流型」與「槽後型」之 500-hPa 型態亦相近, 前者則因槽線相位較為下遊, 且槽後氣流中伴有移行短波與正渦度中心, 在低層亦造成額外的南來氣流。因此, 即使中高層流場型態並不特別有利, 若低層有充分的水氣供應與輻合, 仍可能支持移行性降水系統的出現。

一、前言

鑑於暖季定量降水預報 (QPF) 技術的不足 (Olson et al. 1995), 世界各先進國家之氣象界已將暖季對流降水預報的改善列為近年之重點工作。Carbone et al. (2002) 發現北美大陸暖季 (5-8 月) 對流降水, 若做南北向平均並顯示於時間—經度剖面 (Hovmöller 圖) 中, 可看出降水事件具東移的特性, 且許多事件的尺度相當大, 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; W04) 使用衛星資料討論暖季對流 (降水) 特徵, 確認事件亦具類似東移特性, 尺度則達 2500 km 與 40 h。兩地事件並均具明顯日夜變化特徵, 對流主要於下午至黃昏在大型山脈 (落磯山與青藏高原) 東側激發, 隨後於夜間東移, 移速約在 $7\text{-}30\text{ m s}^{-1}$ 間。此一規律現象, 吾人稱之為降水與地形間的「相位鎖定」(phase-locking) 現象, 亦為現階段最有希望改進暖季 QPF 的部分。另外, 由於東亞地形緯度較低, 7-8 月盛夏時因垂直風切減弱、太平洋高壓增強, 使 30°N 以南事件之東移特性減弱消失 (Wang et al. 2005a; W05)。

延續前述研究, 下一步應對有利或不利於降水事件激發與東移之綜觀條件增加瞭解。Wang et al. (2005b) 由天氣類型著手, 將 5-7 月之逐日綜觀形勢分為低層、高層、深層系統以及無系統等四類, 討論天氣類型與事件統計特性之關係, 結果發現當高低層均有系統時, 較有利於尺度大之事件發生; 反之, 無任何系統時最為不利。本研究則由對流降水事件著手, 選取東亞大陸之長距離移行 (移行性) 與激發但不移行 (非移行性) 個案, 依其所伴 500-hPa 綜觀天氣型態分類並進行合成研究, 以探討移行特性與綜觀天氣型態間之關係。

二、資料與研究方法

本文使用資料與 W04 與 W05 相同, 為日本 GMS-5 衛星逐時紅外線黑體亮度溫度 (T_{BB}), 時段為 1997-2003 年 5-7 月。綜觀資料採歐洲中期天氣預報中心 (ECMWF) 1.125° 每日 4 次之格點分析。首先, 以 $25^\circ\text{-}40^\circ\text{N}$ 、 $100^\circ\text{-}120^\circ\text{E}$, 即青藏高原背風面陸地為計算區, 依 W04 相同方法計算繪製 T_{BB} 之 Hovmöller 圖, 再選取圖中長距離移行 (移行性) 之事件, 依其

移經 110°E 時 (計算區中心) 最接近時間 (每 6 h) 之 500 hPa 天氣型態, 辨認常見型態並分類。隨後, 以各類型個案移經 100°E、105°E、110°E、115°E、及 120°E 時最接近之時間分別定為 T1 至 T5, 並依此將同類型個案合成。另外, 也選取於青藏高原東側激發但不移行 (非移行性) 之個案, 將事件依其移速延伸亦可推得 T1 至 T5 之時間, 並做相似合成。如此, 可討論不同移行特性個案在綜觀天氣型態與演變上之異同, 增進吾人對其所伴綜觀環境條件之瞭解。

三、綜觀天氣型態分類與合成結果

依前節所述方法, 本文將東亞大陸之對流降水事件分為移行性與非移行性兩大類, 其中移行性者又可依 500 hPa 之綜觀型態分為「強作用」與「弱作用」兩類, 而非移行性者在 500 hPa 均屬不利條件, 稱為「強抑制」。由於篇幅有限, 本節將僅顯示 T3 之合成結果。對於 500 hPa 為強作用之移行性事件, 本文辨認出四種常出現之天氣類型, 分別命名為「槽—下游脊型」、「槽前型」、「合流型」以及「短波型」。對於「強抑制」之非移行性事件, 則辨認出三種常見類型, 命名為「脊—下游槽型」、「槽後型」以及「強副高型」。另外, 部分移行性事件在 500 hPa 並無明顯有利之條件 (即「弱作用」), 亦有三種較常見之型態, 分別為「西南氣流伴隨強副高型」、「西北氣流型」以及「西風分流型」。因此, 本文共辨認出 10 種常伴隨移行性或非移行性之 500 hPa 天氣型態, 各型態依其出現頻率高低, 包括至少 4 個而至多 15 個個案, 個案數詳見表一。

在 500 hPa 為強作用之移行性事件裡 (共 46 個個案), 四種類型在 T3 時之合成綜觀形式均有利對流發展 (圖 1a-d)。「槽—下游脊型」與「槽前型」在華中至華南均伴有大幅之深槽與正渦度平流, 唯前者具明顯下游脊而後者無 (圖 1a,b)。由於有利之高層強迫, 850 hPa 均可見季風低壓加深與東移, 伴隨高度梯度增大與西南氣流增強, 並在區域內造成至少 $-2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的低層輻合 (圖 1e,f)。「合流型」在 500 hPa 雖無槽脊系統, 但具顯著大尺度合流, 「短波型」則伴有移行短波槽 (圖 1c,d), 此兩類在 850 hPa 亦伴有強西南氣流, 及其前緣顯著的輻合 (圖 1g,h)。非移行性事件常伴類型有「脊—下游槽型」、「槽後型」以及「強副高型」(共 25 個個案), 各類型 500 hPa 之合成示於圖 2。「脊—下游槽型」之型態恰與移行性的「槽—下游脊型」相反, 「槽後型」之型態則與「槽前型」相反, 高層均受槽後西北氣流與負渦度平流控制 (圖 2a,b), 伴有下沉作用而不利對流發展, 且低層亦屬高壓控制型態 (圖未示), 故對流激發後不久即減弱消失。第三類的「強副高型」中, 太平洋高壓明顯較其它類型者強且位置偏北 (圖 2c), 促使低層強西風帶北移, 低層輻合亦移至計算區以外 (圖未示)。

對於 500 hPa 為弱作用但仍有移行性事件之個案 (共 15 個個案), 亦有三種較常見型態。第一種為「西南氣流伴隨強副高型」, 其 500 hPa 亦伴隨強副熱

帶高壓 (圖 3a), 與非移行性的第三類相似, 但是由於本類型在計算區東南隅之高壓更強、西北側氣壓則較低, 故區內盛行西南風, 低層西南風與輻合亦強 (圖 3a,d)。第二種「西北氣流型」的 500 hPa 型態則與非移行性第二類相似, 但因槽的相位較偏東且槽後伴有短波擾動, 使低層有較強的輻合 (圖 3b,e)。最後一類則為「西風分流型」, 其高層西風在南北兩側較強、30°-35°N 間則偏弱, 低層亦有西南風與輻合之有利條件 (圖 3c,f)。

四、討論與結論

本文分析顯示, 高層強作用之移行性事件, 有利的動力條件造成計算區在低層具明顯偏南氣流與輻合之有利條件, 常見的有「槽—下游脊型」、「槽前型」、「合流型」以及「短波型」四類型。反之, 當高層的系統配置具強抑制作用時, 易造成非移行性事件出現, 對流即使激發亦無法長距離移行, 常見的有「脊—下游槽型」、「槽後型」以及「強副高型」, 其中前兩種型態, 恰與移行性的前兩種相反。

高層為弱作用但仍有移行性事件出現之個案, 較常見之型態有「西南氣流伴隨強副高型」、「西北氣流型」以及「西風分流型」, 與非移行性相似型態者比較, 顯示若 500 hPa 型態之差異足以造成低層之有利條件時, 則即使在弱綜觀強迫條件下, 移行性事件仍可能出現。

參考文獻

- Carbone, R. E., J. D. Tuttle, D. Ahijevych, and S. B. Trier, 2002: Inferences of predictability associated with warm season precipitation episodes. *J. Atmos. Sci.*, **59**, 2033-2056.
- Olson, D. A., N. W. Junker, and B. Korty, 1995: Evaluation of 33 years of quantitative precipitation forecasting at the NMC. *Wea. Forecasting*, **10**, 498-511.
- 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, 2005a: Variability of warm season cloud episodes over East Asia based on GMS infrared brightness temperature observations. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1478-1500.
- Wang, C.-C., and G. T.-J. Chen, and R. E. Carbone, 2005b: Characteristics of warm-season cloud/precipitation episodes over East Asian continent under different synoptic weather regimes.

表一 本研究之綜觀天氣型態分類與各類之個案數（括號）。

性質	500 hPa	綜觀天氣類型			
移行性	強作用	槽—下游脊型 (15)	槽前型 (12)	合流型 (10)	短波型 (9)
	弱作用	西南氣流伴隨強副高型 (6)		西北氣流型 (4)	西風分流型 (5)
非移行性	強抑制	脊—下游槽型 (10)		槽後型 (10)	強副高型 (5)

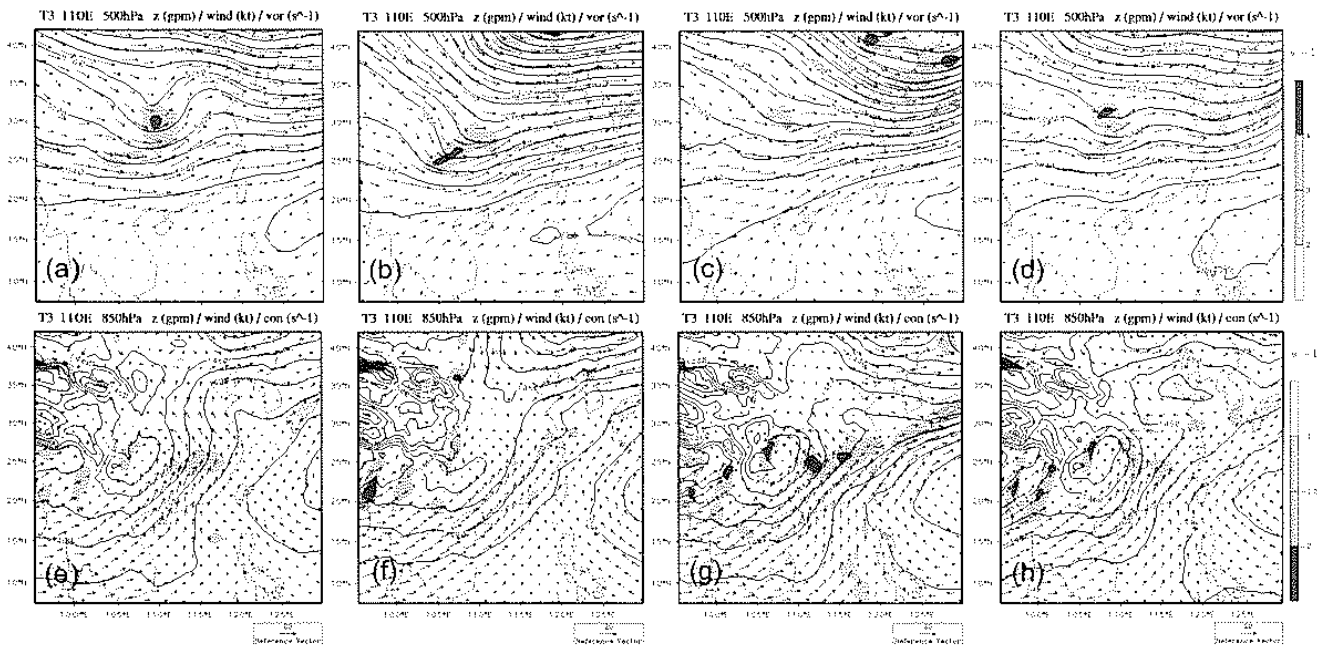


圖 1 強作用移行性事件 500 hPa 類型合成：(a) 槽—下游脊型，(b) 槽前型，(c) 合流型，及 (d) 短波型。(e)-(h) 同 (a)-(d)，但為 850 hPa。

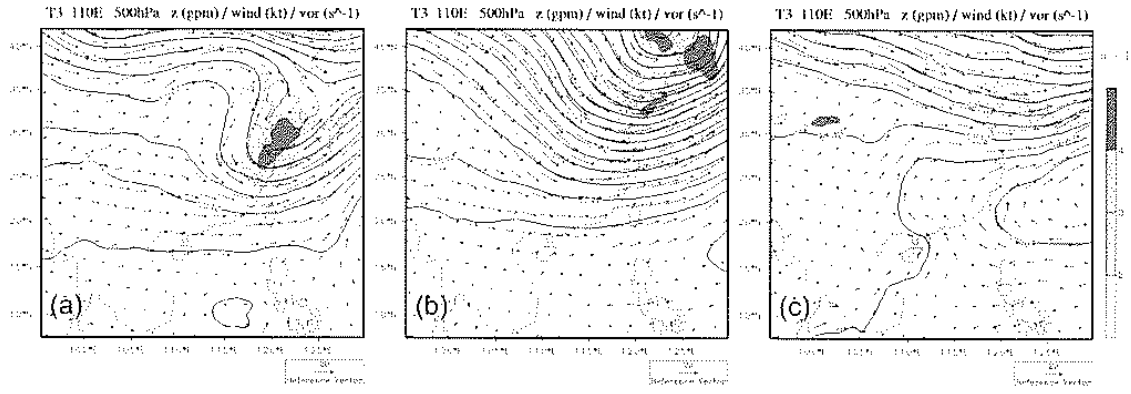


圖 2 強抑制非移行性事件 500 hPa 類型合成：(a) 脊—下游槽型，(b) 槽後型，及 (c) 強副高型。

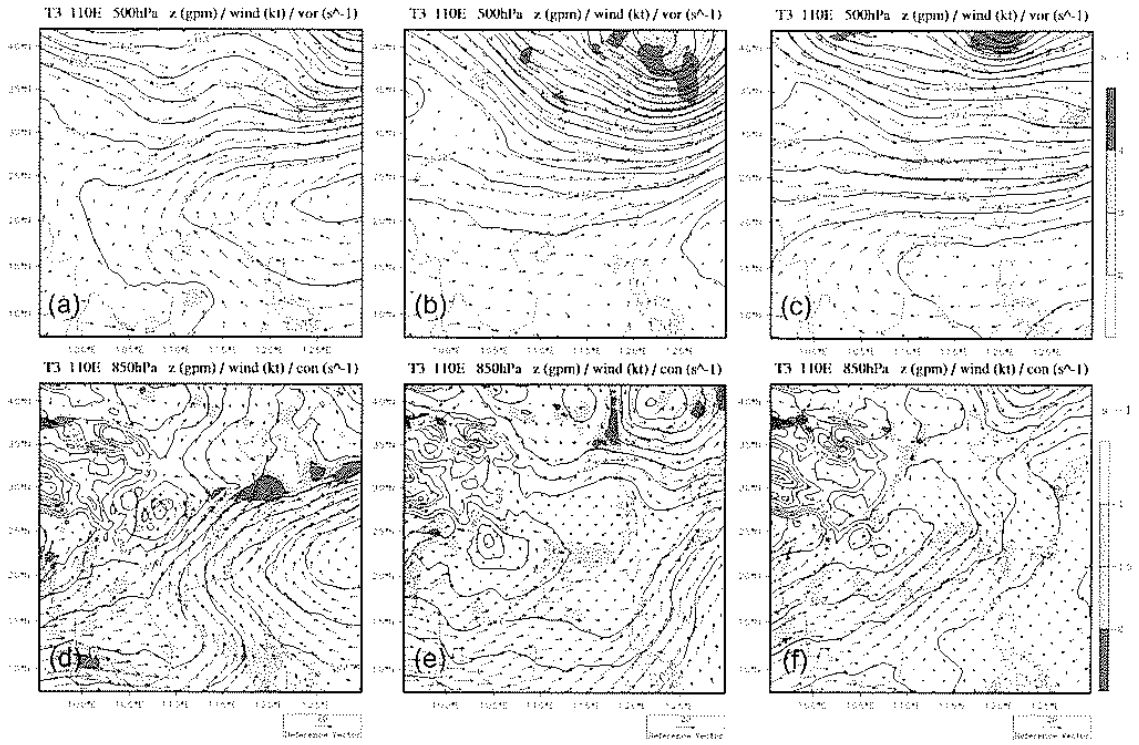


圖 3 弱作用移行性事件 500 hPa 類型合成：(a) 西南氣流伴隨強副高型，(b) 西北氣流型，及 (c) 西風分流型。(d)-(f) 同 (a)-(c)，但為 850 hPa。