

臺灣東部劇烈對流個案初步分析

李昌運 呂崇華 李子儀
空軍氣象中心

摘要

雷雨及其伴隨天氣現象均與飛航與一般民眾生命財產明顯威脅；然雷雨系統生命期短暫，大部分氣象觀測系統之時空解析度亦不足以完全解析雷雨現象之即時發展與演進趨勢，深使劇烈天氣預報與危安因素之及時偵知成為航空氣象與防災人員之一大挑戰，而臺灣東部地區因地形複雜，更是加深危安天氣預報的難度。

本文藉由分析2018年4月23日雷雨個案，以NCEP客觀分析資料、衛星雲圖、雷達回波、逐時降雨資料，分析其綜觀環境特性，探討劇烈對流系統好發特徵。結果發現在鋒面接近的綜觀環境下，臺灣東部外海風場影響其劇烈對流的發展，若其呈東南向風場，則易有劇烈對流發生，若其呈南至西南向風場，則不易於臺灣東部發生。

關鍵字：對流系統、雷雨

一、前言

雷雨系統的水平尺度小，且其生命週期僅數十分鐘至數小時，發生時常伴隨有下暴氣流、風切變、閃電及暴雨等天氣現象，影響飛安甚鉅；臺灣地區特殊的地形與海陸分布，受到太陽輻射加熱之差異，常伴隨海陸風與山谷風等局部環流的發展，而臺灣東部地區地理位置特殊，東臨太平洋，西接中央山脈及海岸山脈，在弱綜觀環境下，如有適當的環境風場配合垂直不穩定條件下，常有雷雨系統發展，肇致易有危安事件發生；而近年來午後對流議題漸受重視，如陳及劉（2017）即運用數值模式針對臺北盆地暖季在弱綜觀環境下午後雷陣雨進行分析研究；葉及呂（2015）則是運用衛星資料發展一指數，以應用於夏季午後熱對流之預測，齊(2013)運用衛星資料對臺灣地區暖季午後雷陣雨進行一分析，並期望能建立一概念模式；而戴等(2013)及劉等(2017)則利用臺電落雷偵測資料針對臺灣地區午後雷雨個案進行分析，得出其雲間放電(IC)峰值為雷雨預警之參考。

由上述學者所提出研究可發現，其中有針對發生於臺灣西半部地區的雷雨系統進行天氣診斷分析，有著重雷電資料分析研究，有運用衛星資料或利用做數值模式進行天氣系統研析，然而針對臺灣東部地區劇烈對流系統分析較少，因此，本文以NCEP客觀分析天氣資料對導致此次雷雨系統進行初步分析，希望結果可提供臺灣東部劇烈對流預報的參考。

二、個案分析與介紹

臺灣地區於2018年4月23日受鋒面接近影響，且因時間為四月，以統計資料而言，午後對流發展尚未到好發時期，而當日1200時臺東外海開始有

雲系堆積，1530時向北至花蓮機場，並產生雷雨天氣現象，雷電偵測資料、累積降雨資料、衛星雲圖及雷達回波如圖1至4，就花蓮地區的雷雨好發季節及當日的天氣系統，可知當日屬於較為少見之狀況，因此本文將其與系統配置相似且時間相近之個案(2018年5月2日及5月7日)做一探討。

三、資料與研究方法

本文運用美國國家環境預報中心客觀分析資料探討臺灣東部地區午後對流發展過程，在資料處理方面，以NCEP客觀分析資料、衛星雲圖、雷達回波，分析其綜觀環境特性，了解綜觀環境對於對流系統發展之影響，並與類案比較，分析個案大氣環境差異性，以了解臺灣東部地區在弱綜觀系統下，其好發天氣特徵為何。

而為降低臺灣東部地區在弱綜觀環境下，針對午後雷雨預報的難度，冀能找出影響午後雷雨的重要因子，是以本文針對2018年4月23日臺灣東部發生之個案進行一綜觀環境探討，並將其與綜觀系統配置大致相同之個案(2018年5月2日及5月7日)進行比較，為便於下文敘述，本文分別將2018年4月23日、5月2日及5月7日訂為A案、B案及C案。

四、個案環境分析

(一)個案綜觀天氣分析

由個案A、B及C地面天氣圖至500hPa高空天氣圖(圖5至8)分析可知臺灣地區為鋒面系統前緣，臺灣東部地區均屬一弱綜觀天氣系統，而在臺灣東部外海風場方面，A案偏東南向風場，B案及C案則偏南向風場；而在850hPa高空天氣圖亦顯示A案臺灣東部外海為偏南向風場，而B案及C案則為

偏西南向風場，東部外海地區 A 案相對濕度約為 70-80%，B 案及 7 日相對濕度約為低於 70%；700hPa 高空天氣圖亦顯示臺灣地區周遭無明顯槽線系統，臺灣東部外海於三個案中相對濕度均介於 80-90% 之間，臺灣處一明顯西南向風場；而 500hPa 臺灣東部外海均位於一負渦度區。

由上述可發現在三個案中鋒面系統位於大陸東南沿海一帶，臺灣東部及其外海由 850 至 700hPa 空層相對濕度均未高於 90%，500hPa 位於一負渦度區，顯示在上述三個個案中，臺灣東部地區大氣環境屬一弱綜觀天氣系統狀態，相對溼度偏低，惟 A 案 850hPa 以下空層為偏東南向風場，B 案及 C 案為偏西南向風場。

(二)個案環境指數分析

由三個案 850hPa 至 700hPa 鋒生函數及 Q-Vector 圖(圖 9 至 12)可發現，A 案鋒生函數可發現 850hPa 臺灣東部鋒生函數介於 0.5-1 之間，700hPa 鋒生函數為介於-0.5-0；B 案臺灣東部 850hPa 及 700hPa 鋒生函數均介於 0-0.5；C 案臺灣東部 850hPa 鋒生函數為 0-0.5，700hPa 臺灣東部鋒生函數為 0-1。

由 A 案 Q-Vector 可發現 850hPa 臺灣東部 Q-Vector 為 0-1 之間，700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0；B 案臺灣東部 850hPa Q-Vector 小於 0，700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0；C 案臺灣東部 850hPa Q-Vector 小於 0，700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。

由上述個案的鋒生函數及 Q-Vector 數值顯示，三個案中 A 案鋒生函數屬偏高狀況，較 B 案及 C 案為高；在 Q-Vector 方面，A 案較其於二日均高；由上可分析，A 案受風場及地形交互作用影響，在臺灣東部及其外海，水氣聚集較於兩個案為高，而 B 案及 C 案顯示，因當日為偏西南向風場，致氣流過山後，除無法使水氣聚集外，亦有一下沉作用，不利對流系統發展，而 A 案為偏東南風場，除受地形影響，使水氣易有聚集情況外，亦形成一舉升作用，利於對流系統發展。

(三)小結

由上述三個案分析(比較如表 1)顯示，三個案中臺灣東部及其外海均屬一弱綜觀天氣系統型態，惟 A 案 850hPa 以下空層為一偏東南風場，致水氣堆積於臺灣東部及東部外海，並有一舉升作用，而 B 案及 C 案則因低層屬偏西南向風場，氣流在通過中央山脈後，有一下沉作用，使該兩個案於臺灣東部均未有明顯對流系統發展。

五、分析與討論

綜合上述三個案綜觀天氣環境比較，可發現臺灣東部地區均處於弱綜觀環境下，但 A 案 850hPa 以下空層風場為一東南向風場，而 B 案及 C 案風場呈一西南向風場，由於風場的差異，在 A 案中，風場與地形呈一交互作用，使水氣於臺灣東部及其外海堆積，並由個案 A 中鋒生函數及 Q-vector 分析可知，臺灣東部呈現一利於舉升之大氣環境，使個案

A 當日有劇烈對流系統發生，終發生雷雨；而個案 B 及 C 中顯示，低層風場呈一西南走向，除無法在臺灣東部有水氣堆積狀況外，在氣流在過山後，亦有一下沉作用，使大氣環境成一相對穩定情況，致個案 B 與 C 無明顯對流系統發生。

由上述分析可知，低層風場的差異為臺灣東部在弱綜觀環境下劇烈對流系統預報的重要參考，示意如圖 13。

六、結論與展望

本文主要針對臺灣東部地區的午後雷陣雨進行分析，由本文使我們對於臺灣東部在弱綜觀天氣型態午後降水有進一步的認知，亦對風場對於午後降水的影響有初步的了解，綜合上述分析，造成本次臺灣東部於午後出現雷雨天氣現象可歸納如下：

- (一) 在鋒面接近系統影響的過程中，臺灣東部屬一弱綜觀天氣系統，其風場與臺灣地形交互作用，常會造成水氣聚集現象，而近地面層風場搭配臺灣地形所形成的水氣聚集常是臺灣東部地區劇烈對流系統發展之中要參考因素之一；
- (二) 低層風場與地形所形成之舉升或下沉作用對午後對流系統發展佔有一相當加成之作用。

然而對於午後對流的強度與變化則仍須進一步釐清，而本文因時間有限，僅能對個案做一初步分析，因此希冀後續進行下列研究：

- (一) 配合臺灣全方位閃電網(TTLN, Taiwan Total Lightning Network)資料篩選類案，並統計分析其綜觀環境與雷雨發生之相關性；
- (二) 臺灣東部花蓮機場及臺東機場分位處花東縱谷出口，其地形特性所形成之次環流(海陸風及山谷風)與綜觀環境風場所形成的風場對沖，常造成當地劇烈對流的產生，因此後續將運用數值模式針對地形進行模擬，以了解臺灣東部地形對雷雨系統發展的影響。

參考文獻

- 陳泰然、周鴻祺、廖佩娟、楊進賢，2009：“暖季弱綜觀強迫下中北臺灣午後熱對流的氣候特徵”，大氣科學，37 卷，69-108。
- 林品芳、張保亮、周仲島，2012：“弱綜觀環境下臺灣午後熱對流特徵及其客觀預報”，大氣科學，40 卷，77-108。
- 戴志輝、林博雄、王尹懋、王安翔，2013：“午後對流個案之全閃電分析”，102 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 齊祿祥，2013：“臺灣地區暖季午後雷陣雨之氣候特徵與概念模式分析”，102 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。
- 周小剛、朱禾、王秀明，2014：“地轉動量近似下的 Q 矢量及其在天氣圖上的應用”，物理學報，Vol 63, No.6, 069201。

葉南慶、呂冠毅，2015：“衛星資料應用於夏季午後熱對流之初步分析”，104 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。

陳奕翰、劉清煌：“暖季弱綜觀環境下臺北盆地午後雷陣雨觀測及模式資料分析”，106 年中央氣象局天氣分析與預報研討會。

表 1 個案環境場比較表。

| 空層 | 個案 | 4 月 23 日 | 5 月 2 日 | 5 月 7 日 |
|----------|----|---|---|---|
| 地面 | | 1. 低壓中心位於黃海，鋒面自此中心向西南延伸至江西一帶。 2. 臺灣東部地區屬一弱綜觀天氣系統。 | 1. 低壓中心位於日本海，鋒面自此中心向西南延伸至福建一帶。 2. 臺灣東部地區屬一弱綜觀天氣系統。 | 1. 低壓中心位於日本一帶，鋒面自此中心向西南延伸廣西一帶。 2. 臺灣東部地區屬一弱綜觀天氣系統。 |
| 850hPa | | 1. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 2. 臺灣東部地區風場為東南向，風速約為 10-15kts。 | 1. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 2. 臺灣東部地區風場為西南向，風速約為 15-20kts。 | 1. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 2. 臺灣東部地區風場為西南向，風速約為 15-20kts。 |
| 700hPa | | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 3. 臺灣東部地區風場為西南向，風速約為 15-20kts。 | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 3. 臺灣東部地區風場為西南向，風速約為 15-20kts。 | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區相對濕度為 70-80%。 3. 臺灣東部地區風場為西南向，風速約為 15-20kts。 |
| 500hPa | | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區為一負渦度區。 | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區為一負渦度區。 | 1. 臺灣周遭無明顯槽線系統。 2. 臺灣東部地區為一負渦度區。 |
| 鋒生函數 | | 1. 850hPa 臺灣東部鋒生函數為 0.5-1。 2. 700hPa 臺灣東部鋒生函數為 -0.5-0 之間。 | 1. 850hPa 臺灣東部鋒生函數為 0-0.5。 2. 700hPa 臺灣東部鋒生函數為 0-0.5。 | 1. 850hPa 臺灣東部鋒生函數為 0-0.5。 2. 700hPa 臺灣東部鋒生函數為 0-1。 |
| Q-vector | | 1. 850hPa 臺灣東部 Q-Vector 為 0-1。 2. 700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。 | 1. 850hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。 2. 700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。 | 1. 850hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。 2. 700hPa 臺灣東部 Q-Vector 小於 0。 |

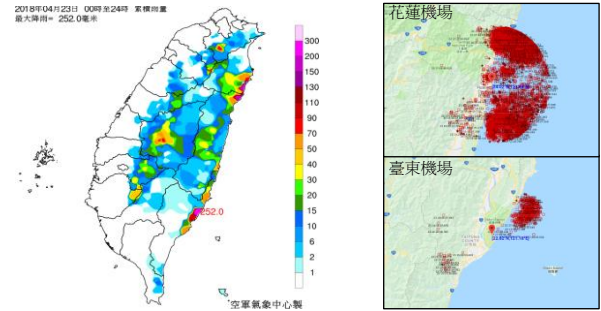


圖 1 107 年 4 月 23 日臺灣地區累積降雨分布圖。

圖 2 107 年 4 月 23 日花蓮機場及臺東機場半徑 30 公里區域落雷分布圖。

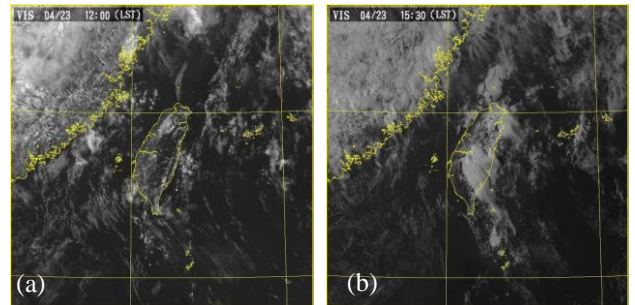


圖 3 可見光雲圖(a)2018 年 4 月 23 日 1200 LTC(b)2018 年 4 月 23 日 1530 LTC。

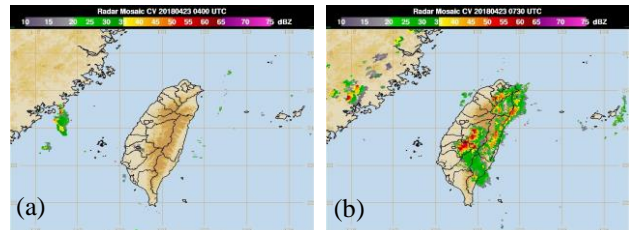


圖 4 雷達回波整合圖(a)2018 年 4 月 23 日 1200 LTC(b)2018 年 4 月 23 日 1530 LTC。

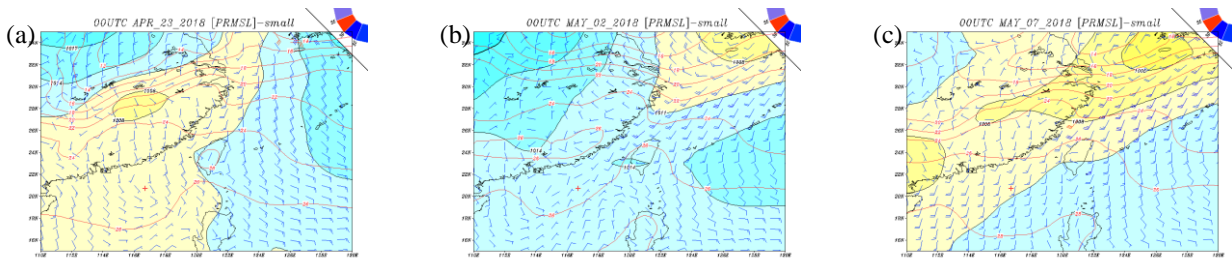


圖 5 地面天氣網絡資料分析圖，(a)107 年 4 月 23 日 00 UTC，(b)107 年 5 月 2 日 00 UTC，(c)107 年 5 月 7 日 00 UTC；圖中實線為等壓線，色階表示氣壓值。

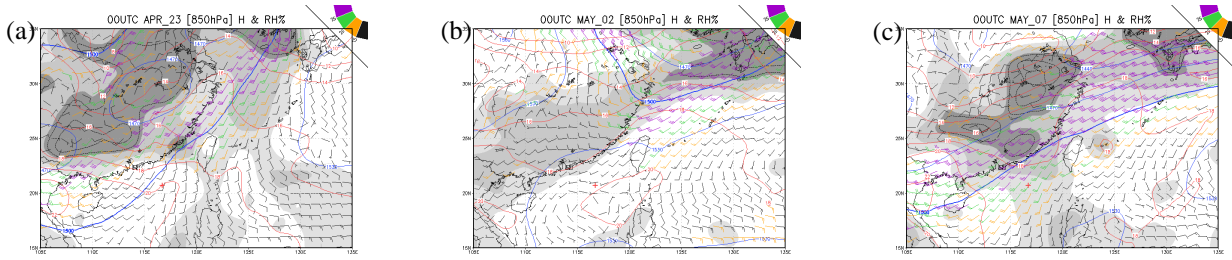


圖 6 850hPa 網絡資料分析高空圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中黑色實線為等高線，紅色實線為等溫線，色階表示相對濕度值。

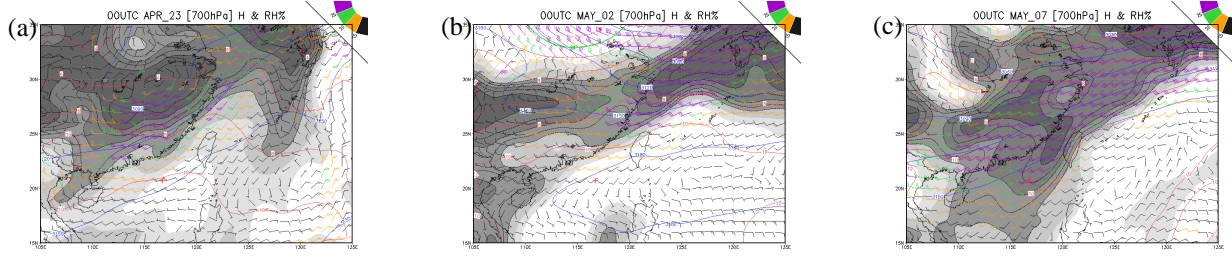


圖 7 地面天氣網絡資料分析圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中黑色實線為等高線，紅色實線為等溫線，色階表示相對濕度值。

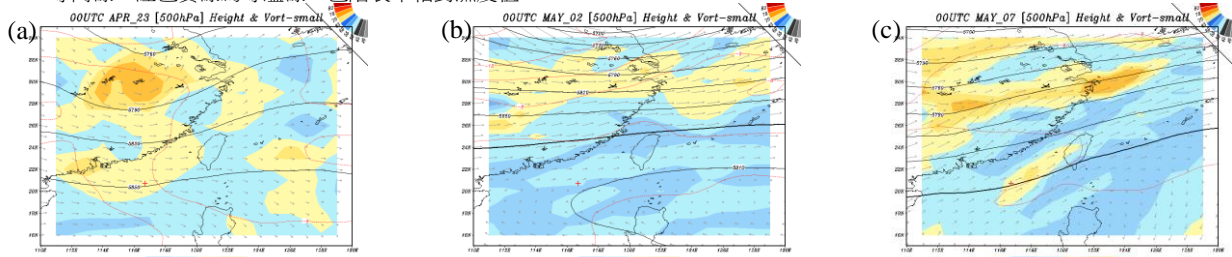


圖 8 地面天氣網絡資料分析圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中實線為等高線，色階表示渦度值。

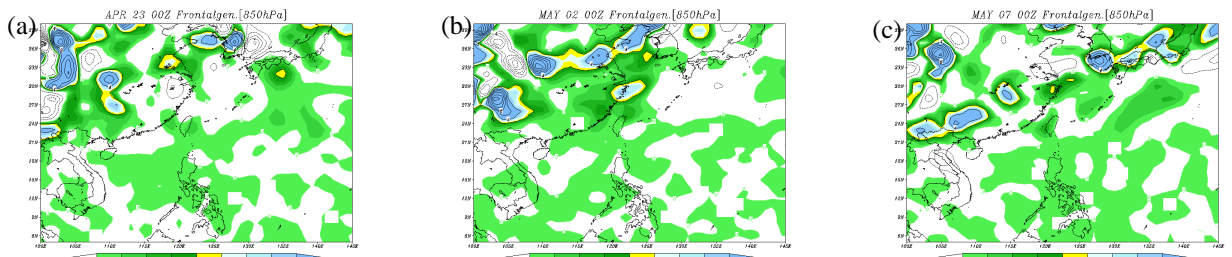


圖 9 850hPa 網絡資料分析高空圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中色階表示鋒生函數值。

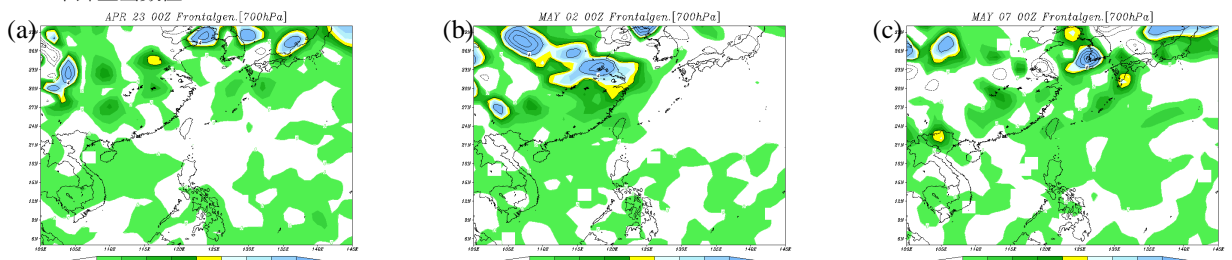


圖 10 700hPa 網絡資料分析高空圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中色階表示鋒生函數值。

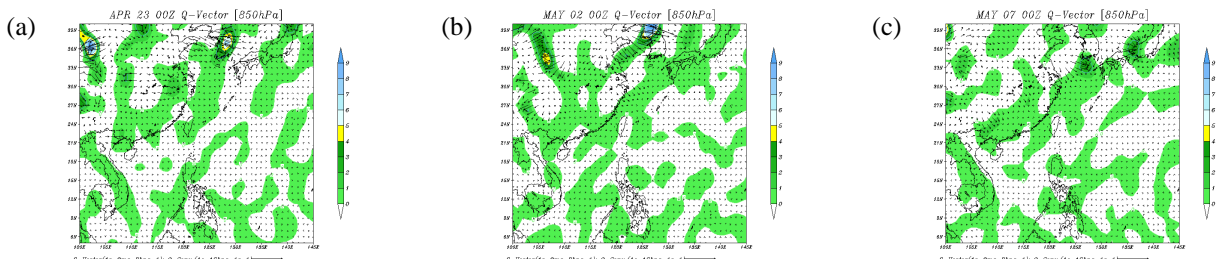


圖 11 850hPa 網絡資料分析高空圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中色階表示 Q-vector 值。

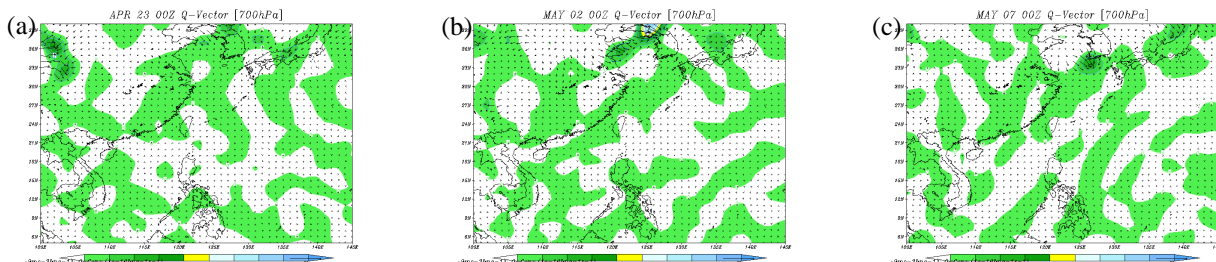


圖 12 700hPa 網格資料分析高空圖，(a)107年4月23日00 UTC，(b)107年5月2日00 UTC，(c)107年5月7日00 UTC；圖中色階表示 Q-vector 值。

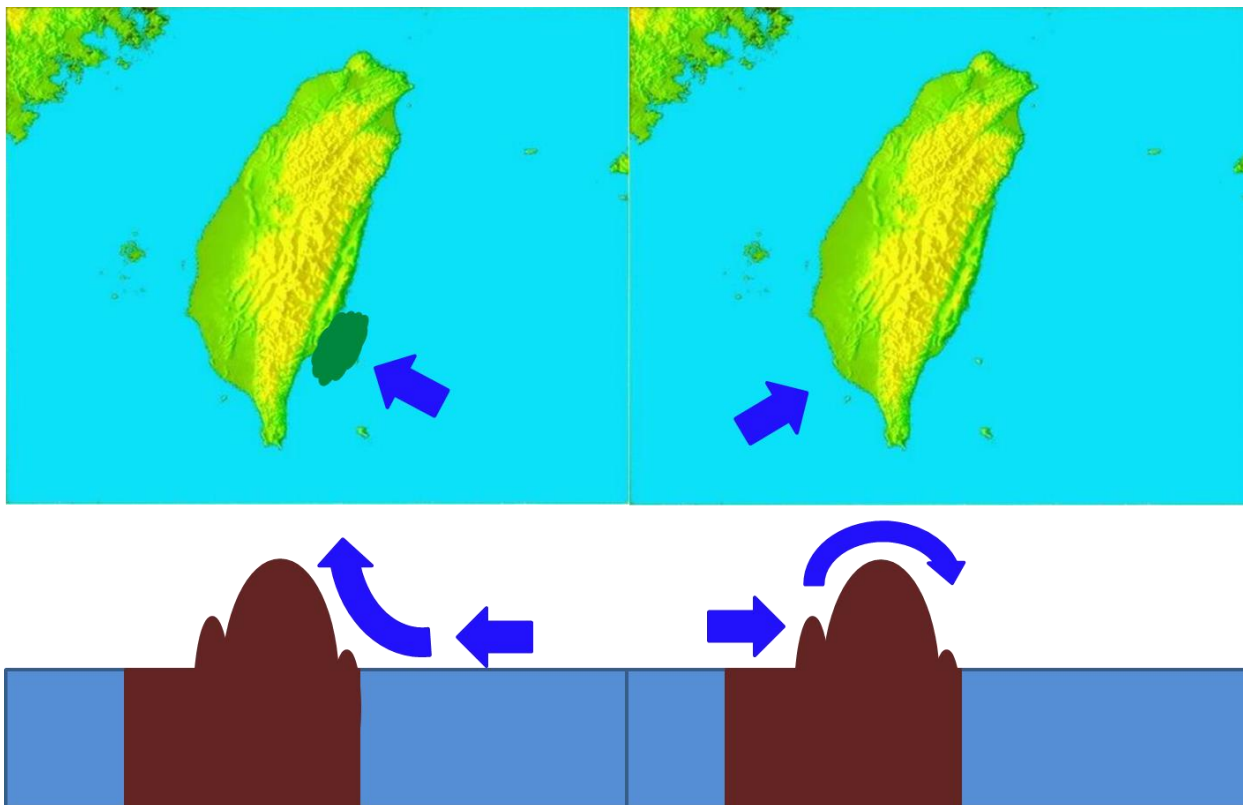


圖 13 弱綜觀環境下臺灣東部對流發展環境示意圖。