

2004 ~ 2009年西北太平洋颱風對稱性研究

楊菁華¹ 劉清煌²

中國文化大學地學研究所¹ 中國文化大學大氣科學系²

摘 要

本研究根據最佳路徑的颱風位置，利用 NOGAPS 的分析資料計算颱風該時間的對稱性。此對稱性是依據 Hart (2003) B 值的計算方法，當 B 值大時颱風的不對稱性較大。利用此 B 值可以探討颱風的對稱性與颱風的強度變化及颱風行進路徑的關係。初步結果顯示當颱風在發展的初期、颱風行進方向不變時，或颱風在較低緯度時 B 值也比較小，然而當颱風在靠近陸地、轉向、或是移動到較高緯度、或強度減弱時則 B 值呈現出較大的變化，根據 Hart (2003) 對 B 值的討論，當 B 值的值域大於正負 10 以上時，此颱風變性的機率相當高。因此藉由 B 值與各個颱風個案之間的關係、可更進一步了解颱風路徑的走向以及颱風變性的可能性，未來希望能利用此 B 值來探討颱風轉向、變性的前鋒，此訊息將有利於颱風路徑的預報。

關鍵字：颱風、路徑、西北太平洋

一、前言

西北太平洋地區是全球颱風發生機率是為最高之處，而每年平均約有 26.7 個颱風會在此生成，且台灣位於颱風必經之路徑，除了每年約有 3~5 個颱風侵襲台灣之外，另外因為台灣所處的地理位置關係，以及颱風行徑之路線，所以颱風生成之後在通過台灣之路線到日本的這一塊區域裡，是相當重要的。

熱帶氣旋在熱帶地區形成，常其移動至高緯度時，颱風會減弱，經常會轉變為溫帶氣旋，而溫帶氣旋與熱帶氣旋兩者不管在動力上或熱力上的結構是截然不同的，然而熱帶氣旋轉變為溫帶氣旋的過程，其實到目前尚有相當多的未知，而轉變成功的溫帶氣旋往往在現今預報系統上還是個盲點而且經常帶來許多災害，所以這種轉變過程是值得深入去研究。而所謂的颱風“變性”根據先前學者的敘述，在 Klein et al. (2000) 利用個案的衛星雲圖中可以清楚看到在颱風在變性前南、北兩支方向的雲帶是相當勻稱的(圖 1)(d)，在逐漸進入中緯度系統快要變性時，颱風南支的雲帶

逐漸消散，中心也開始不明確(圖 1)(e)，颱風變性之後，就是典型的中緯度系統(圖 1)(f)。於是探討出颱風變性的基礎概念模式(圖 2)，(圖 2)(a)在衛星雲圖討論的部分就像圖一的個案。在(圖 2)(b)為颱風進入中緯度系統之後，氣流線行進的動向情形。(圖 2)(c)為 3-D 的情況，在颱風高層的部分因為受到 Polar Jet 的影響，原本垂直對稱的颱風因此傾斜而不對稱逐漸成為中緯度系統。Patrick Harr and Russell Elsberry (2000、2001) 個案分析討論，西北太平洋上颱風轉變為溫帶氣旋的過程及特徵結構上的發展；以及 Sarah Jones et al.(2003) 統計 1970 ~ 1999 年西北太平洋上的颱風路徑(圖 3)，且利用颱風的衛星雲圖，發現颱風在變性前後的衛星雲圖之發展，且針對熱帶氣旋轉變為溫帶氣旋的預報能力，及現階段對於熱帶氣旋轉變為溫帶氣旋的過程及了解。

就以現階段個案的了解發現，颱風變性往往在颱風行進路徑轉向之後的情況居多，那麼對於了解颱風在路徑上的改變也是相當重要的，透過 Hart (2003) B 值的計算，可以瞭解颱風本身的垂直熱力結構情形，經過 B 值的計算之

後，發現B值的改變與颱風行進路徑方向上有相當大的關聯，且當B值的值域大於正負 10 以上時，此颱風變性的機率相當高。

二、資料與研究方法

本研究使用 NOGAPS (Navy Operational Global Atmospheric Prediction System) $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的網格資料，2004~2009年 JTWC (Joint Typhoon Warning Center) 最佳路徑資料以及中央氣象局衛星雲圖 (VIS、IR、WV)、綜觀天氣圖。由於 JTWC 在 2003 年後期開始將 EX (extratropical) 列入分類，因此本文使用 2004~2009年 NOGAPS網格資料，將選取之個案分成三類。分別為：

1. 颱風變性、2. 颱風轉向、3. 颱風東南—西北走向，並分別分析其合成場。

另外，亦針對2006年雅吉(Yagi)颱風作個案分析，依據 Hart(2003) 對 B 值的計算：

$$B = h \left(\frac{Z_{600hPa} - Z_{900hPa} |_R}{Z_{600hPa} - Z_{900hPa} |_L} \right)$$

Z 為重力位高度場，以颱風中心取半徑 500km 的圓，R 為沿著颱風移動方向的右半邊，L 為沿著颱風移動方向的左半邊，h 若是在北半球等於 +1 在南半球就等於 -1。

本式子表明 B 值即為沿颱風路徑左右兩側之 600-900hpa 平均厚度場之差值。除此之外，我們將颱風移動方向分成 360 等分，分別計算 B 值，然後找出最大 B 值及其出現時之方向。

三、變性颱風個案分析— 2006年雅吉 (Yagi)

2006 年雅吉颱風(Yagi)於 9 月 16 日 00 UTC 於台灣東部外海距 4000 的洋面上生成，於 9 月 24 日 18 UTC 變性成溫帶氣旋至 9 月 25 日 06 UTC 消散。

從 9 月 22 日 12 UTC 地面天氣圖 (圖 4) 可以看到一道鋒面在颱風的北方並逐漸靠近；而由 500mb (圖 5)，可發現槽位於颱風西北側方向，也慢慢接近颱風。JTWC 最佳路徑資料顯示颱風強度從 9 月 22 日 12 UTC 紅外線衛星雲圖 (圖 6)，颱風南、北兩支的雲帶大致上為對稱，但北支部份因鋒面逐漸靠近使得有些許雲線拉出。

56 小時後(圖 7)，颱風受到鋒面影響開始變性，從雲圖中(圖 8)也可發現颱風中心已經消失，颱風南側雲系、幾乎消散北側則整個被拉出，此時颱風轉變為中緯度系統，此與(圖 1)(d)、(f)一致。接著，我們來探討 B 值、D 為移動方向、B Max 及 B Max 出現之方向關係(圖 9)。

首先，可以發現在颱風的 B 值與 B Max 及 D 值與 B Max 出現之方向的型態相當一致。就此個案分析結果指出在轉向前後 B 值變化相當大，代表當時環境場與颱風的交互作用之下使得颱風的垂直結構受到影響，而從颱風變性的時間點來看 B 值的話 $|B| > 10$ 以上，意謂颱風已完全轉變為中緯度系統。

四、特性位置合成場分析

(一) 颱風變性：選取2004~2009年西北太平洋上發生變性之颱風(視JTWC是否分類EX資料)變性位置不超過 30°N 之個案，網格中心為變性時颱風中心的位置，範圍為左右各取80個網格點，上下各取40個網格點。

850mb合成重力位高度場(圖10)(a)，顯示颱風在高壓脊北方。500mb合成渦度場(圖10)(b)，可以看到颱風在變性時與北方系統的結合。

(二) 颱風轉向：選取2004~2009年西北太平洋上轉向之颱風而轉向時的颱風位置不超過 30°N 且接近台灣之個案，網格中心為轉向時颱風中心的位置，範圍為左右各取80個網格點，上下各取40個網格點。

圖 5a 為颱風轉向時之 850mb 合成重力位高度場，颱風位於高壓脊東方且颱風北方有鞍形場存在。而 500mb 合成渦度場(圖 11b)中，颱風西北方及東北方有負渦度的存在。相比較兩者之 850mb 合成重力位高度場(圖 10a、11a)可清楚發現颱風中心北方皆存在鞍形場，且颱風有往鞍形場移動的趨勢。而由 500mb 合成渦度場(圖 10b、11b)更可知颱風進入中緯度槽內有助於正渦度之加強，兩系統間的交互作用為氣旋變性之重要因子。

(三) 颱風呈東南—西北走向：選取2004~2009年接近台灣附近時的移向改變不大且呈東南—西北走向之颱風個案，網格中心定在颱風最接近台灣時的位置，範圍為左右各取80個網格點，上下各取40個網格點。

850mb合成重力位高度場(圖12)(a)顯示太平洋副高位於颱風東邊而高壓脊可延伸至颱風北方，颱風的東南及西北方均有低壓存在且在颱風行進方向前面有鞍形場存在，均呈東南-西北方向平行。500mb合成渦度場(圖12)(b)太平洋副高壓在的位置亦呈東

南-西北的方向，與圖5太平洋副高壓在的位置有相當大的差異。圖13使用颱風變性之合成場去計算 B 值，分別為前48小時、前24小時與變性時的表現，可發現 B Max 在颱風變性前24小時已有明顯的增加，至變性時有急遽增加的趨勢且颱風往東北方移動。

五、結論

2006 年雅吉颱風之分析結果大致與先前學者研究相符，包括在衛星雲圖上雲帶的變化、槽線位置以及颱風與地面鋒面之位置。合成分析結果表明颱風的移動路徑與鞍形場的配置有關，颱風有向鞍形場移動的趨勢，而颱風的變性與否則和中緯度系統 500mb (槽及地面鋒面)密切相關。

此外，B值可代表當時颱風的垂直熱力結構，此參數有助於判別颱風變性與否(Hart, 2003)。在此，本研究之結果顯示 B值以及最大 B值之差值可用來判斷颱風的移動，颱風轉向此差值會加大。因此，未來希望能利用 B 值來探討颱風轉向及變性之前鋒，以其對颱風路徑預報有幫助。

誌謝

本研究在國家科學委員會計畫 NSC 95-2745-M-034-002-URD、NSC 96-2745-M-034-007-URD、NSC 97-2625-M-034-001-URD 經費支助下進行，而研究中所使用之電腦設備由中國文化大學大氣科學系提供；所使用之衛星資料及天氣圖資料取自於中央氣象局，提供本研究進行分析，在此謹致感謝之意。

參考文獻

Harr, P. A., and R. L. Elsberry, 2000: Extratropical Transition of Tropical Cyclones over the Western North Pacific. Part I: Evolution of Structural Characteristics during the Transition Process. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 2613-2633.

Klein, M. P., P. A. Harr, and R. L. Elsberry, 2000: Extratropical Transition of Western North Pacific Tropical Cyclones: An overview and conceptual model of the transformation stage. *Wea. Forecasting*, **15**, 373-395.

Klein, M. P., P. A. Harr, and R. L. Elsberry, 2001: Extratropical Transition of Western North Pacific Tropical Cyclones: Midlatitude and Tropical Cyclone Contributions to Reintensification. *Mon. Wea. Rev.*, **130**, 2240-2259.

Robert E. Hart, 2003: A Cyclone Phase Space Derived from Thermal Wind and Thermal Asymmetry. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 585-616.

Jones, C. S., and Coauthors, 2003: The Extratropical Transition of Tropical Cyclones: Forecast Challenges, Current Understanding, and Future Directions. *Wea. Forecasting*, **18**, 1052-1092.

Naoko Kitabatake 2008: Extratropical Transition of Tropical Cyclones in the Western North Pacific: Their Frontal Evolution. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 2066-2090.

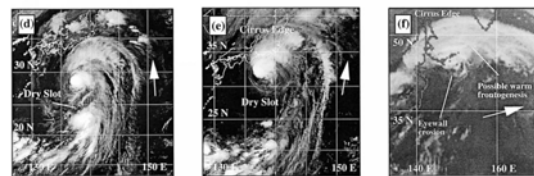


圖 1 Klein et al. (2000) 颱風變性個案之衛星雲圖

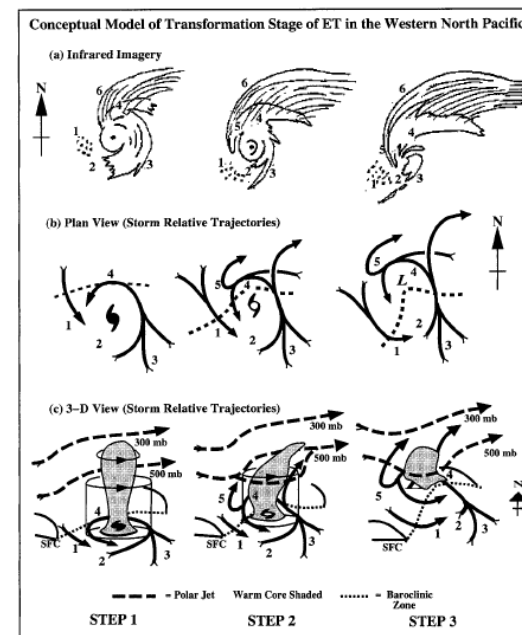


圖 2 Klein et al. (2000) 颱風變性的基礎概念模式

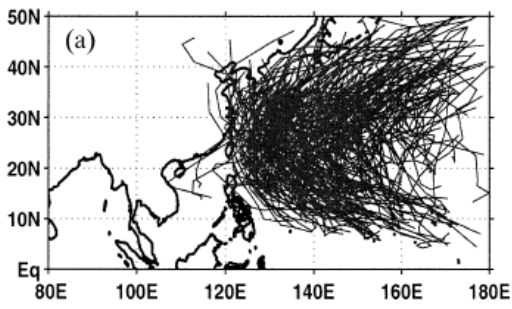


圖 3 Sarah Jones et al.(2003)

1970~1999 西北太平洋颱風路徑

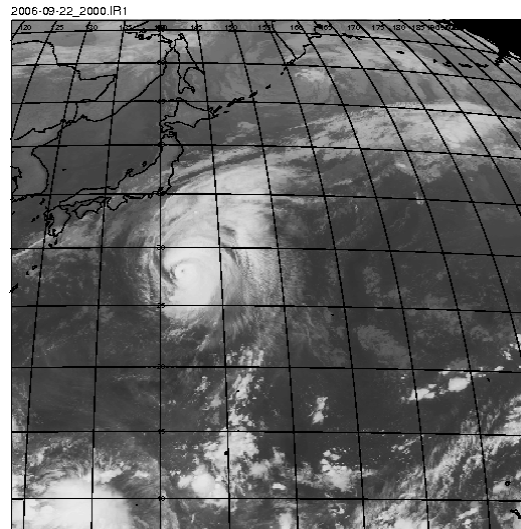


圖 6 2006年9月22日12UTC 紅外線衛星雲圖

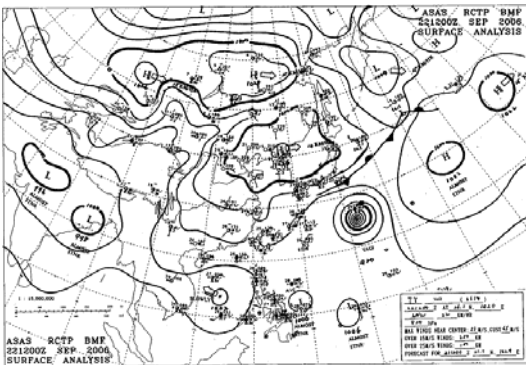


圖 4 2006年9月22日12UTC 地面天氣圖
(圖取自中央氣象局)

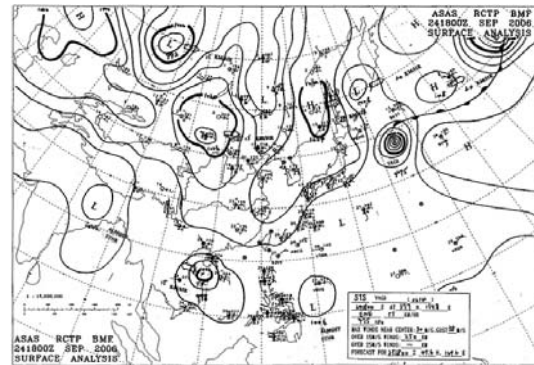


圖 7 2006年9月24日18UTC 地面天氣圖
(圖取自中央氣象局)

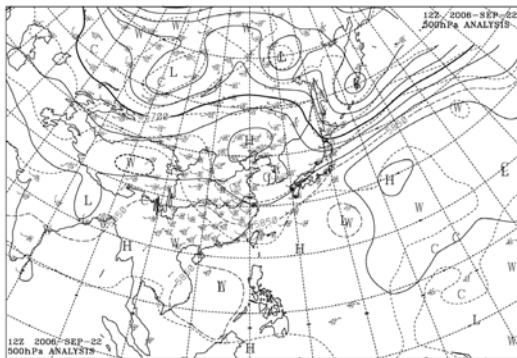


圖 5 2006年9月22日12UTC 500mb 高空圖
(圖取自中央氣象局)

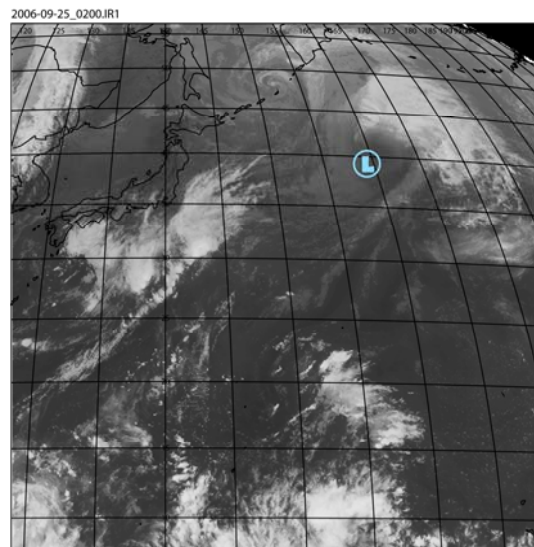


圖 8 2006年9月24日18UTC 紅外線衛星雲圖，
L 為當時颱風中心。

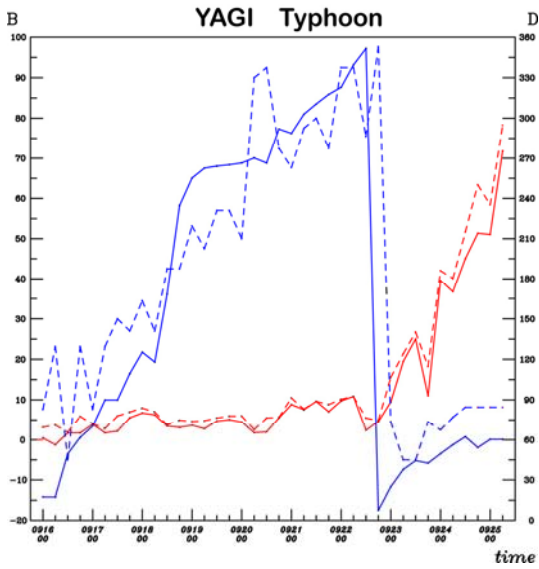


圖 9 2006 年雅吉颱風之 B 值(紅色實線)、D 為移動方向(藍色實線)，最大 B 值 (紅色虛線)以及最大 B 值之移動方向(藍色虛線)。

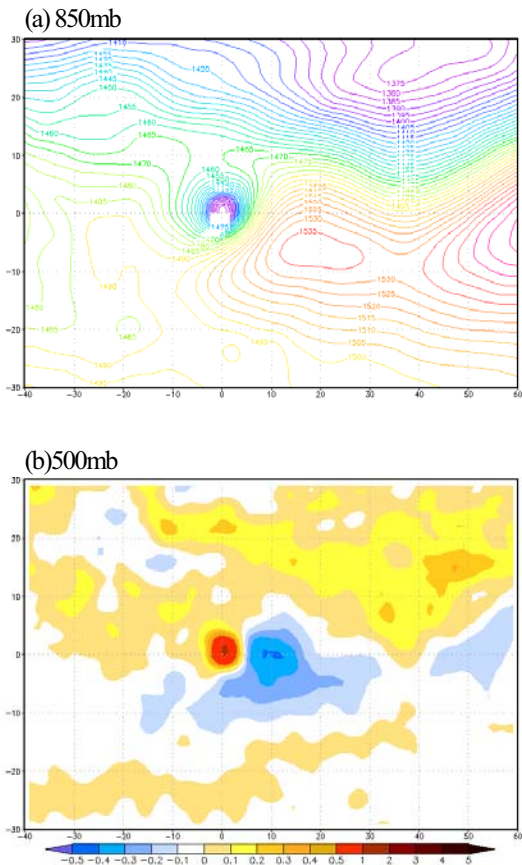


圖 10 颱風變性時之合成場，(a)為 850mb 重力位高度場、(b)為 500mb 厚度場

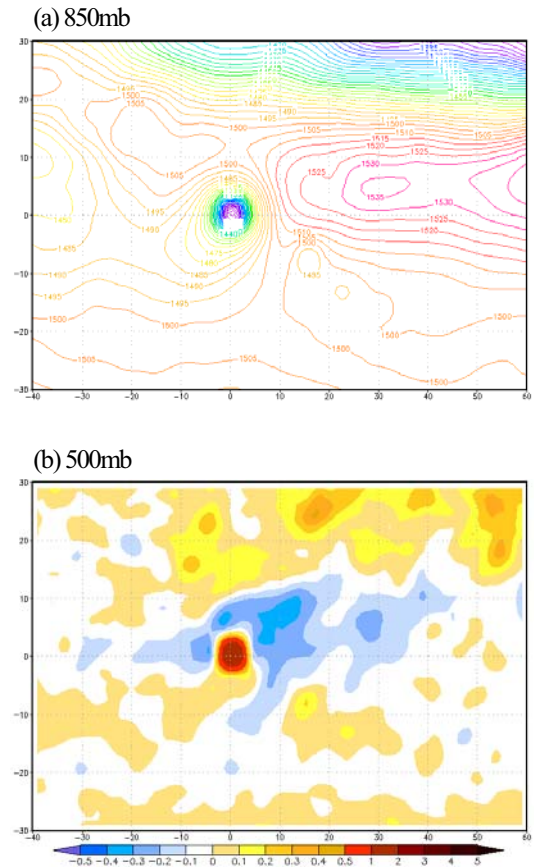


圖 11 颱風轉向時之合成場，(a)為 850mb 重力位高度場、(b)為 500mb 厚度場

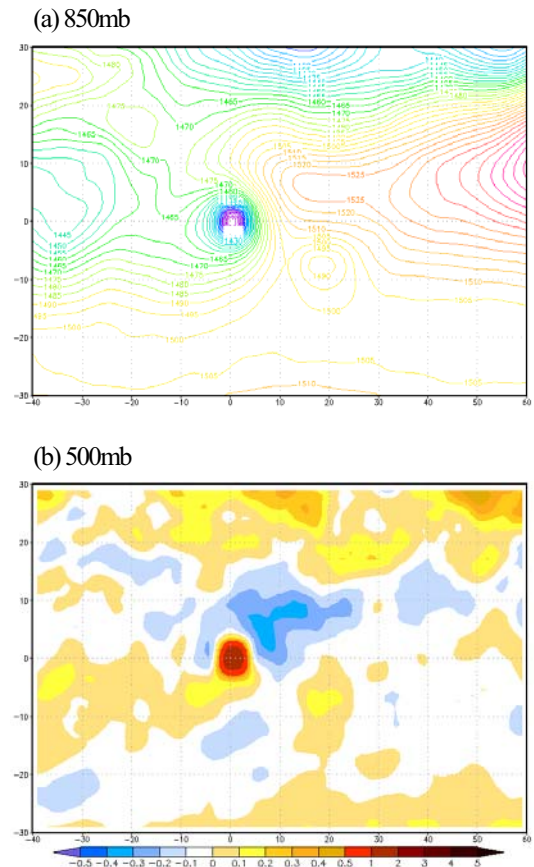


圖 12 颱風轉向時之合成場，(a)為 850mb 重力位高度場、(b)為 500mb 厚度場

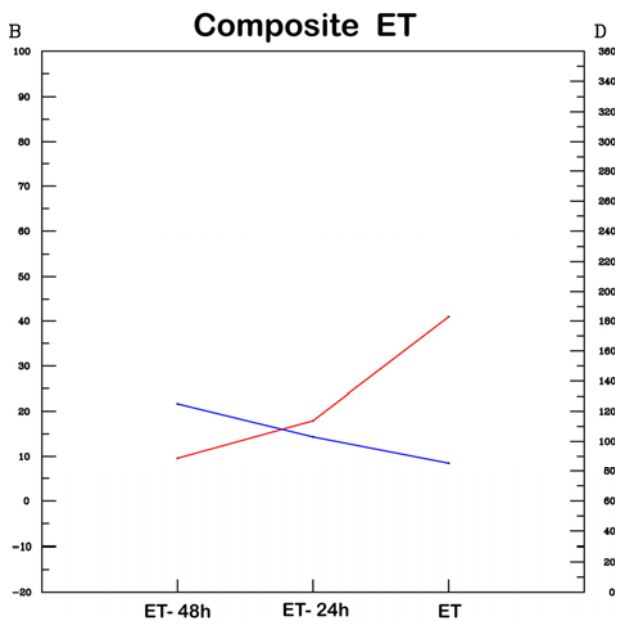


圖 14 颱風變性時與前24小時、前48小時之 B 值的
最大值及方向。