

衛星歸一化對流指數的建立與應用之研究

劉崇治¹ 徐天佑² 林唐煌³ 劉千義⁴

明新科技大學自然科學教學中心¹ 城市大學通識中心²

中央大學太空及遙測研究中心³ 中央大學太空及遙測研究中心/大氣物理研究所⁴

摘要

本研究利用地球同步衛星窗區頻道及水氣頻道的輻射觀測特性建立了一個新的參數-歸一化對流指數(Normalized Difference Convection Index; NDCI)。NDCI的設計主要是為了輔助決定颱風雲系當中對流發展比較旺盛的區域、颱風眼或颱風環流中心的可能位置及颱風的強度或中心最大陣風風速。結果顯示：透過NDCI的二維產品分析，除了可以很容易分辨出颱風環流中對流雲系發展旺盛的分布位置外，由於因為颱風眼附近的NDCI數值與颱風眼周圍的NDCI數值差異非常明顯，因此NDCI對颱風中心位置的確認也是非常有幫助。即使當颱風眼被高層卷雲或砧狀雲系所覆蓋時，NDCI的數值分布仍然顯示其為一個判斷颱風中心位置很好的輔助工具。此外本研究同時也針對颱風強度(近中心最大陣風風速)與NDCI數值進行相關性分析，結果顯示：颱風半徑200至250公里範圍內NDCI數值與最大陣風風速的相關係數可達0.7以上，因此NDCI也可以是一個判斷颱風強度的輔助工具。由於颱風的整個生命期間，大部分的時間都是在海面上，我們需要一些客觀的輔助工具幫助監控颱風的發展動態，本研究所提出的NDCI可能會有所幫助。

關鍵字：颱風、衛星影像、歸一化對流指數

一、前言

熱帶氣旋中心的位置是否能夠正確的被定位，關係著颱風強度的決定是否接近於事實(Olander et al. 2004; Velden et al. 2006)，此外也和利用數值模式模擬熱帶氣旋移動路徑與方向有關(Goerss 2009; Aberson 2002)。很多有關熱帶氣旋中心定位的研究都是透過地面雷達資料來進行，有些是利用都普勒雷達速度場或雷達迴波估算熱帶氣旋螺旋雨帶的中心位置(Wood, 1994; Wong et al., 2008; Wong and Yip, 2009)。Chang et al. (2009)提出一個方法來決定熱帶氣旋低反射回波的中心，不過除非熱帶氣旋已經非常接近陸地，否則其中心位置的判斷仍然需要藉由衛星資料來輔助。一般在熱帶氣旋作業單位中，最常使用衛星可見光及紅外線頻道來判讀熱帶氣旋的中心位置。這種傳統的方法在熱帶氣旋結構及雲系特徵很清晰，或是熱帶氣旋中心的眼已經清楚的形成時，熱帶氣旋中心的判讀會比較準確，當熱帶氣旋中心被高層卷雲遮蔽的時候，這種主觀的雲型識別，很容易造成誤判。雖然這幾年來衛星遙測技術不斷進步，很多空間解析能力很好的被動式微波觀

測也能夠提供很好的資訊，對那些中心被高層卷雲遮蔽的熱帶氣旋而言，會是一個輔助判斷熱帶氣旋中心位置很好的工具(Velden et al. 1989; Hawkinset al. 2001; Patadia et al. 2004)。不過大部分微波輻射儀都是裝載在軌道衛星，因此時間解析能力不足以提供逐時的觀測資料，因此地球同步衛星所裝載的觀測頻道仍然具有觀測的優勢。

Olander 和Velden (2009)利用地球同步衛星之水汽頻道和紅外線窗區頻道亮度溫度差值，來識別熱帶氣旋中之強對流雲系發展的範圍。Rouse et al. (1974)計算地球同步衛星之近紅外和紅波段的標準化比值，並提出一個指標(the normalized different vegetation index; NDVI)，其後NDVI被應用在許多領域。本研究的目的是結合Olander 和Velden (2009)及Rouse et al. (1974)的概念，利用紅外線窗區頻道和水氣頻道亮度溫度值，建立一個新的指數(Normalized Difference Convection Index; NDCI)，並應用在颱風的觀測之上。

二、資料

本研究所使用的衛星資料是地球同步衛星 GOES-9及MTSAT之紅外線長波觀測資料，資料時間從2005及2012年，其間共包含11個發生在西太平洋之強烈颱風，其路徑如圖1，為了將研究的重點放在颱風發展階段，衛星影像資料的收集時間從早期的熱帶低壓階段到其發展到達強烈颱風階段為止之衛星影像。另颱風的觀測資料則使用美軍颱風聯合預警中心(The Joint Typhoon Warning Center; JTWC)之最佳路徑資料，然後利用差分技巧得到逐時觀測資料。

三、方法

本研究利用紅外線窗區頻道亮度溫度(IR1)及水汽頻道亮度溫度(WV)的輻射特性建立一個新的指數(the Normalized Difference Convection Index ; NDCI)，其數學方程式可以寫成下式：

$$NDCI \equiv \frac{IR1 - WV}{IR1 + WV}$$

NDCI值介於值為1介於-1之間，當WV為0時，NDCI值等於1為最高值，當IR1為0時，NDCI值等於-1為最低值。在一個晴朗的天空或薄雲和空氣乾燥的情況下，NDCI值應大於0。在對流雲系統的情況下，NDCI值應低於0。為了簡化對流雲系的識別以方便討論及進行對流雲系的監測，本研究中將紅外線IR1頻道亮度溫度值介於192.8~208.8K視為發展旺盛的對流雲系區域(over shooting areas)，這樣的作法主要是參考MB亮度溫度曲線(如圖2)而來(Corbell等人，1976)。

四、討論

颱風龍王(2005)在9月25日生成，然後向西移動，並且迅速發展，在9月26日03:00 UTC 達到 143.05°E 和 19.67°N，成為輕度颱風強度的階段(最大風速大於 17.2m/s)。在此之後，它的強度不斷增加，在 21:00 UTC 位置在 41.35°E 和 21.20°N，其強度到達中度颱風級的標準(最大風速大於 32.7m/s)。9月27日19:00 UTC 位置在 138.21°E 和 22.17°N，成為強烈颱風(最大風速大於 51.0m/s)，此時由紅外線雲圖中可以清楚地看出對流雲系統已經變得越來越對稱，結構隨著時間越來越密集而且颱風眼出現了(如圖3所示)。此外，除了進行 NDCI 值特定的位置的橫截面的分析

外，我們也可以進行二維的觀測分析，以證明 NDCI 是可以幫助確定颱風的中心。圖4是9月29日00:00UTC到9月30日18:00 UTC期間，龍王颱風在強烈颱風階段當中，每6個小時的紅外線衛星雲圖，由這些雲圖中可以發現，9月29日18:00 UTC到9月30日12:00 UTC的颱風眼被高層雲系覆蓋，此階段颱風中心無法只是透過 IR1 雲圖便能夠清楚地確認。圖5則是9月29日00:00UTC到9月30日18:00 UTC期間 NDCI 值得分布，由圖5可知，無論在 IR1 紅外線衛星雲圖中，颱風眼是否清晰可見，在 NDCI 值的分佈是一個很好的輔助工具，可以找到一個颱風的中心。

五、結論

本研究的結果顯示：NDCI數值的分布對颱風中心位置的判斷會有幫助，另外對颱風強度及颱風所伴隨的對流雲系分布區域的監控，也會是很好的參考工具(詳於研討會議中討論)。由於地球同步衛星可以提供很好的時間及空間解析能力，並且NDCI的分布圖可以很容易地推導出來，因此NDCI可能在颱風相關參數決定的作業當中，可能是一個輔助的參考工具。不過，本研究只是初步的研究，新的NDCI指數需要更多的案例研究和深入的討論。

六、致謝

感謝中央氣象局颱風資料庫及國科會大氣研究資料庫提供颱風相關研究資料。本研究由國科會專題研究計畫「NSC 101-2625-M-159-001」及「NSC-102-2625-M-159-001」資助下完成。

七、參考文獻

- Aberson, S., 2002: Two years of operational hurricane synoptic surveillance. *Wea. Forecasting*, 17, 1101-1110.
- Chang, P.-L., B. J.-D. Jou, and J. Zhang, 2009: An algorithm for tracking eyes of tropical cyclones. *Wea. Forecasting*, 24, 245-261.

- Goerss, J., 2009: Impact of satellite observations on the tropical cyclone track forecasts of the NOGAPS. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 41–50.
- Hawkins, J. D., T. F. Lee, F. J. Turk, K. L. Richardson, C. Sampson, and J. Kent, 2001: Mapping tropical cyclone characteristics via passive microwave remote sensing. Preprints, 11th Conf. on Satellite Meteorology and Oceanography, Madison, WI, Amer. Meteor. Soc., 308–311.
- Olander, T., and C. S. Velden, , and J. Kossin, 2004: The Advanced Objective Dvorak technique (AODT): Latest upgrades and future directions. Proc. 26th AMS Hurricane and Tropical Meteorology Conf., Amer. Meteor. Soc., P1.19.
- Olander, L. T., C. S. Velden, 2009: Tropical cyclone convection and intensity analysis using differenced infrared and water vapor imagery, *Weather and Forecasting* Vol. 24, 1558–1572.
- Patadia, F., C. M. Kishtawal, P. K. Pal, and P. C. Joshi, 2004: Geolocation of Indian Ocean tropical cyclones using 85 GHz observations from TRMM Microwave Imager. *Curr. Sci.*, 87, 504–509.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., and Deering, D.W., 1974: Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, p. 3010-3017.
- Velden, C. S., W. Olson, and B. Roth, 1989: Tropical cyclone center fixing using DMSP SSM/I data. Preprints, 18th Conf. Hurricanes and Tropical Meteorology, San Diego, CA, Amer. Meteor. Soc., J36–J39.
- Velden, C. S., and Coauthors, 2006: The Dvorak tropical cyclone intensity estimation technique: A satellite-based method that has endured for over 30 years. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 85, 353–385.
- Wood, V. T., 1994: A technique for detecting a tropical cyclone center using a Doppler radar. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 11, 1207–1216.

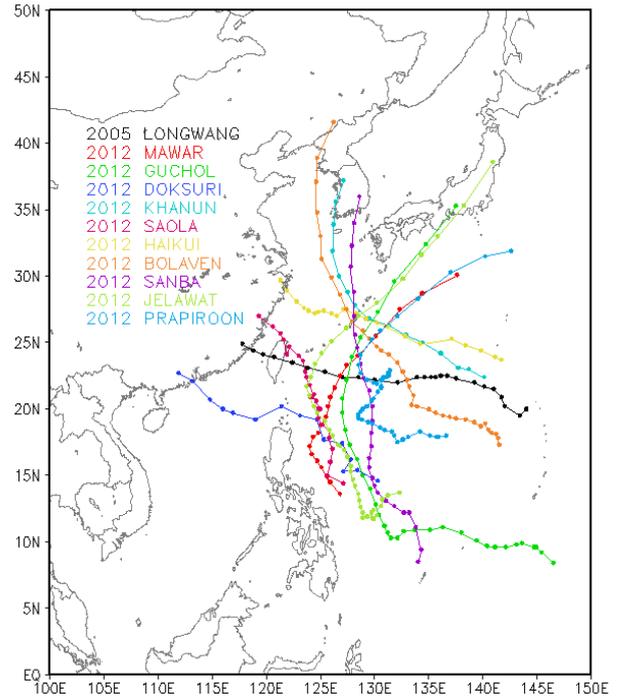


圖1 本研究所使用的11個發生在西太平洋之強烈颱風路徑。

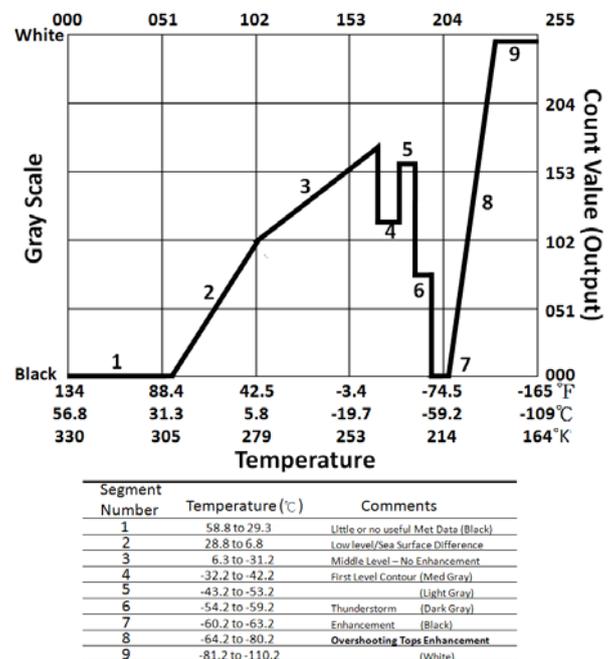


圖2 MB亮度溫度曲線（Corbell等人，1976）。

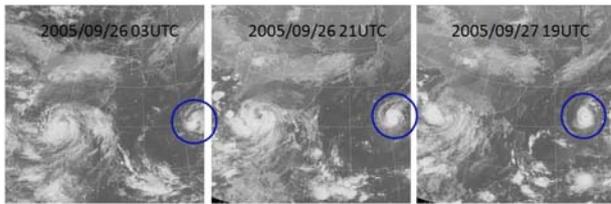


圖3 龍王颱風(2005)，風速到達(a)輕度(b)中度(c)強烈階段紅外線窗區頻道雲圖。

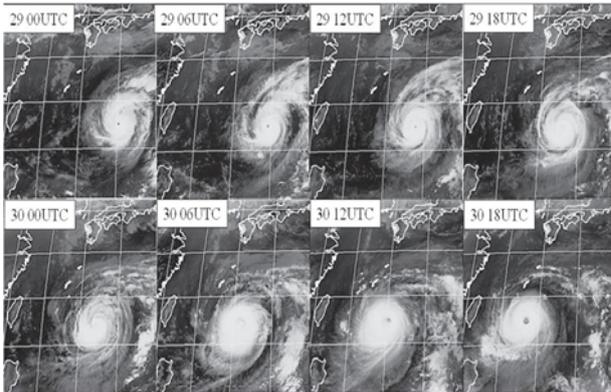


圖4 9月29日00:00UTC到9月30日18:00UTC期間，龍王颱風(2005)在強烈颱風階段當中，每6個小時的紅外線衛星雲圖。

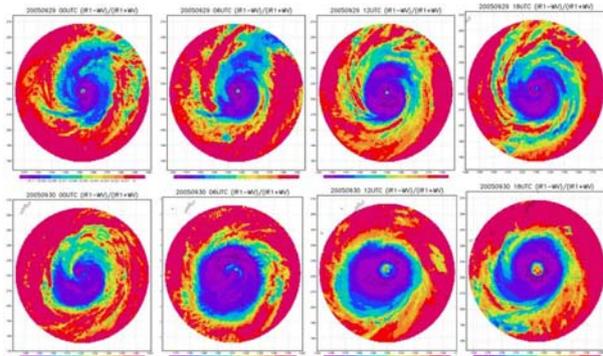


圖5 9月29日00:00UTC到9月30日18:00UTC期間，龍王颱風(2005)在強烈颱風階段當中，每6個小時的NDCI分布圖。