

2012 年天秤(Tembin)及布拉萬(Bolaven)雙颱與兩個熱帶性低氣壓的交互作用：應用 3D 衛星雲圖資料做案例分析

劉說安¹ 劉智群² 吳孟錫² 李岳軍³ 鄭琦翰⁴ 桂清平⁵ 洪榮木⁵

中央大學遙測中心¹ 健行科大電機系² 健行科大資管系³ 南京氣象學院⁴ 健行科大電子系⁵

摘要

本文討論雙颱與兩個熱帶性低氣壓(Tropical Depression, TD)的交互作用，實例是2012年八月的兩個颱風天秤(Tembin)與布拉萬(Bolaven)，所形成的雙颱效應。交互作用包括熱帶性低氣壓的形成、發展、作用與吞沒。天秤颱風與一個TD，相距1000公里，高度差2公里，以逆時鐘旋轉，所以產生交互作用；布拉萬颱風與另一個TD，相距900公里，高度差3.5公里，同樣是逆時鐘旋轉，所以也產生交互作用。當兩個相近的TD合併之後，天秤颱風增強，作了一個U型轉向；布拉萬颱風同樣增強，以及改變行進方向。這顯示兩組颱風與TD之間的作用，借由TD合併會造成雙颱的交互作用，這是一種間接交互作用，是新的雙颱效應。在這方面的觀察與瞭解，對牽涉雙颱效應有關天氣預報與預測之解釋具有潛在助益。

關鍵字：衛星雲圖，雙颱效應，TD。

一、前言

颱風(熱帶性風暴)對天氣的衝擊相當大，因此分析颱風的分佈和變動對於減救災很有助益。分析颱風常用方式之一係藉由衛星雲圖影像達成，主要是觀察雲層的結構與變動情況。在分析衛星雲圖影像時，分成單颱[1]-[8]和雙颱[9]-[13]等情形。

雙颱效應(Two-cyclone Effects)是指兩個颱風靠近時，當兩者距離小於1,400公里，所產生的交互作用。這是由早期學者藤原(Fijiwhara)教授提出的學說，一般稱之藤原效應(Fijiwhara Effects)[8]。所產生的交互作用，主要是改變行進方向和造成旋轉。之後，綜合出的交互作用有五類：(1)完全合併(Complete Merge, CM)；(2)部份合併(Partial Merge, PM)；(3)完全環繞(Complete Straining out, CSO)；(4)部份環繞(Partial Straining out, PSO)；與(5)彈開(Elastic Interaction, EI)[10]。在應用上，有學者以程式模擬的方式，找出雙颱以不同旋渦(Core Vortex)與範圍大小(Size)，有各種的作用[11]。近期，學者們看出，在雙颱之間有熱帶性風暴(Tropical Storm, TS)出現，會影響颱風的走向[12]。這顯示，在雙颱之間有颱風與TS的作用存在，造成雙颱呈現間接的交互作用。

在2012年八月，我們觀察到天秤與布拉萬雙颱之間，出現兩個熱帶性低氣壓。由於兩組颱風與TD之間先有作用，又當兩個相近的TD

合併之後，造成雙颱呈現間接的交互作用。因此，天秤颱風增強，作了一個U型轉向；布拉萬颱風同樣增強，以及改變行進方向[13]。

本文應用MTSAT衛星雲圖影像，以影像重建技術，建立3-D颱風雲層圖。MTSAT衛星接收系統，由1,691 MHz 接收機與iDAP(integrated display and processing)系統組成。第二，利用雲頂溫度到海面溫度的遞增性，逕自應用剖面技術，以建立起雲層影像的3-D雲層圖。第三，以2012年八月的兩個颱風天秤與布拉萬為實例，對所形成的雙颱效應，進行分析與研究。分析的內容有二，一是六日雲圖影像分析，根據連續六天的影像資料作分析；二是六時段雲圖影像分析，根據連續約一天的影像資料作細部分析。當分析時，用距離、高度差、範圍大小和旋轉方式等四個參數，來分析雙颱與兩個TDs的作用與特性。最後，以雲圖影像、颱風軌跡圖、3-D颱風剖面圖及颱風眼圖等資料進行分析，以觀測和瞭解雙颱與TD的交互作用，裨益天氣預報與做好防禦。

二、六天雲圖影像分析

天秤與布拉萬颱風之六日雲圖影像如圖.1(a)到(f)所示。雲圖影像是用短波(3.7um)紅外線(IR)獲得，解析度是 $1 \times 1 \text{ km}$ 畫素。天秤與布拉萬颱風軌跡如圖.2 所示。在 $D_1 \sim D_5$ 期間，天秤颱風是往西行進，布拉萬颱風則是往北西走。在 D_5 之後，天秤颱風以一 U-型轉向南方；布拉萬颱風強度增大之後，加速往偏北行進。

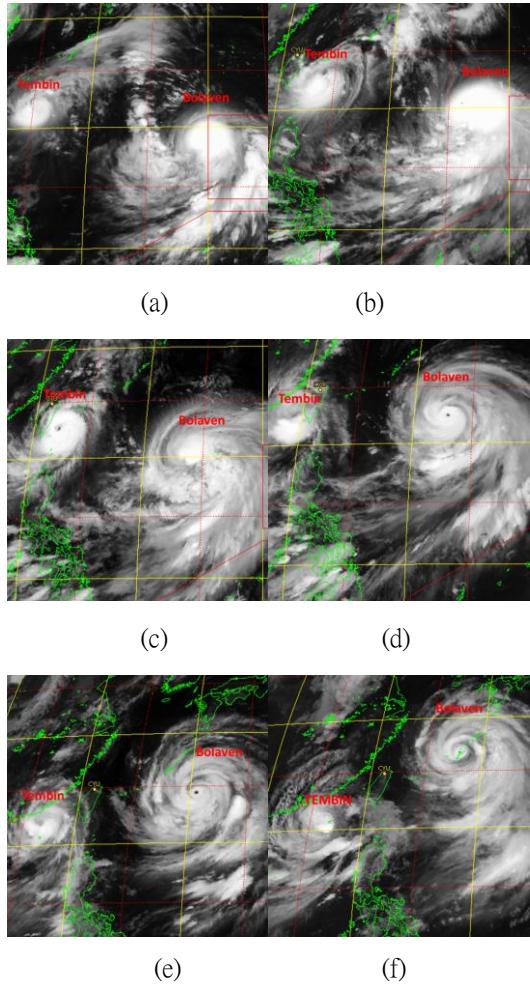


圖. 1. 天秤與布拉萬颱風之六日雲圖影像: (a) $D_1 = 12:32, 21$ Aug. , (b) $D_2 = 12:32, 22$ Aug. , (c) $D_3 = 12:32, 23$ Aug. , (d) $D_4 = 12:32, 24$ Aug. , (e) $D_5 = 12:32, 25$ Aug. , (f) $D_6 = 12:32, 26$ Aug. 。

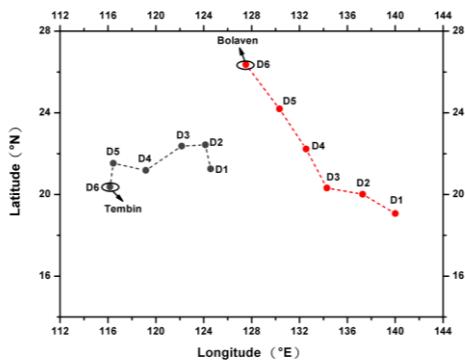


圖. 2. 天秤與布拉萬颱風軌跡圖(Aug. 21~26)。

在建立雲圖影像的 3-D 雲層之後，我們以圖.1(b)為例，得到其 3-D 颱風剖面圖如圖. 3。其間，可以看出天秤與布拉萬兩個颱風的形狀，同時看到中間的 TD。從看到之頂視圖，可以觀察到颱風眼的眼牆(Eye-wall)，如圖.4(a)到(f)所示。眼牆像一個漏斗的樣子，具有深

度，稱之漏斗效應(Funnel effect)。在 $D_1 \sim D_3$ 期間，天秤颱風的颱風眼比較清楚，如圖.4(a)到(c)所示，此期間強度較強。後來在 $D_4 \sim D_6$ 期間，布拉萬颱風的颱風眼比較清楚，如圖.4(d)到(f)所示。三個颱風眼的大小為 10 Km by 10 Km, 12 Km by 8 Km, 與 8 Km by 10 Km，三個漏斗的深度為 10 Km, 10 Km 與 5.1 Km。觀察颱風眼的大小與漏斗的深度，顯示布拉萬颱風的強度是增大的情況。

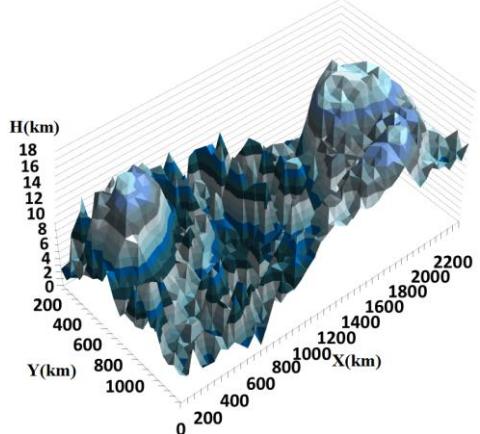


圖. 3 在 D_2 時間的 3-D 颱風剖面圖。

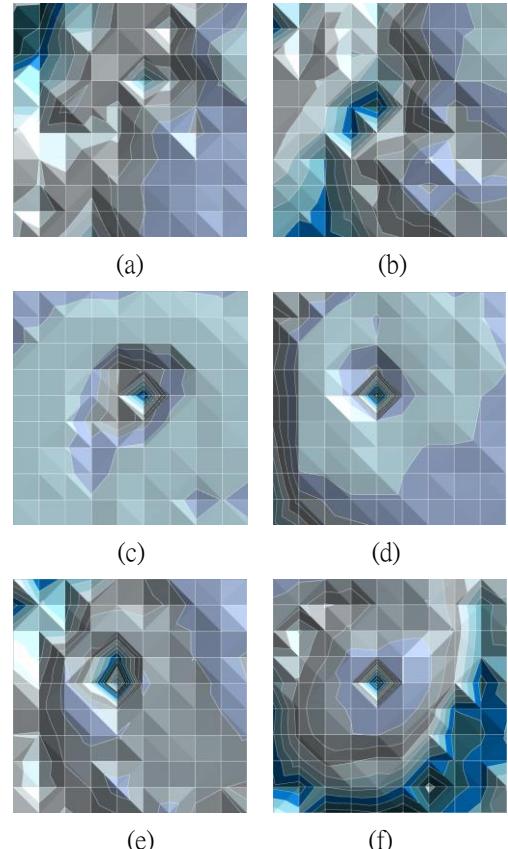


圖.4. 天秤颱風颱風眼: (a) $D_1 = 12:32, 21$ Aug. , (b) $D_2 = 12:32, 22$ Aug. , (c) $D_3 = 12:32, 23$ Aug.; 布拉萬颱風颱風眼: (d) $D_4 = 12:32, 24$ Aug. , (e) $D_5 = 12:32, 25$ Aug. , (f) $D_6 = 12:32, 26$ Aug. 。

圖.5. 顯示天秤與布拉萬颱風的交互作用，在時間為 $D_1 \sim D_6$ 。圖.5(a)是雙颱高度變化，圖.5(b)為雙颱距離變化與漏斗深度。在 D_1 時間，天秤颱風的高度為 15.3 Km，布拉萬颱風的高度為 17.2 Km，兩者高度差是 2.1 Km。在 $D_1 \sim D_6$ 期間，天秤颱風的高度變化不顯著，不過，布拉萬颱風的高度下降了 3 Km。天秤與布拉萬雙颱距離變化在 1,600~1,470 Km 之間，最近處是在 D_3 時間，約 1,400 Km。天秤颱風的漏斗深度在 3.6 ~ 9.1 Km 之間；至於，布拉萬颱風的漏斗深度在 5.1 ~ 10.0 Km 之間。明顯地，雙颱在 D_3 時間之前，就已開始交互作用。

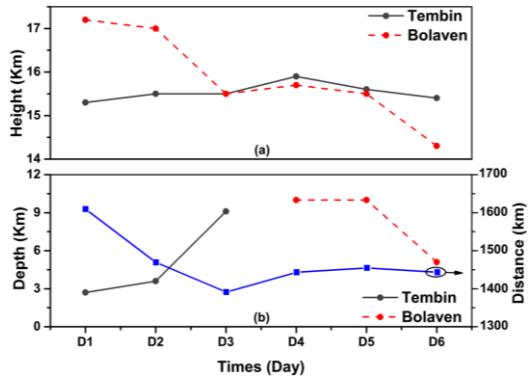


圖.5. 天秤與布拉萬颱風的交互作用，在時間為 $D_1 \sim D_6$: (a) 雙颱高度變化，(b) 雙颱距離變化與漏斗深度。

三、六時段雲圖影像分析

為察明 $D_1 \sim D_2$ 期間，天秤與布拉萬颱風的細部變化，又取六時段雲圖影像，作深入分析。天秤與布拉萬颱風之六時段雲圖影像如圖.6(a)到(f)所示。天秤與布拉萬颱風軌跡如圖.6 所示。在 $T_1 \sim T_6$ 期間，天秤與布拉萬颱風，移動緩慢。在圖.6(a)中，一個 TD 在天秤與布拉萬颱風之間開始發展。接著在圖.6(b)中，兩個 TDs (TD_1 與 TD_2)在天秤與布拉萬颱風之間形成。等到 $T_3 \sim T_4$ 期間，兩個 TDs 已十分明顯，使得兩組交互作用分別運作，一是天秤颱風與 TD_1 交互作用，二是布拉萬颱風與 TD_2 交互作用。最後，在 $T_5 \sim T_6$ 期間， TD_1 與 TD_2 合併成一個 TD，造成兩組交互作用結合。如此之故，天秤與布拉萬颱風，成為間接交互作用。同樣地，這類間接交互作用，可在軌跡圖上看出，如圖.7 所示。建立雲圖影像的 3-D 雲層圖，我們以圖.6(d)為例，得到其 3-D 颱風剖面圖如圖.8。其間，可以看出天秤與布拉萬兩個颱風的形狀，同時看到中間的兩個 TDs。在時間為 $T_1 \sim T_6$ 期間，圖.9 顯示天秤與布拉萬颱風的交互作用。其中，圖.9(a)是雙颱與 TDs 之距離變化，圖.9(b)為雙颱高度變化，圖.9(c)是雙颱範圍大小變化。

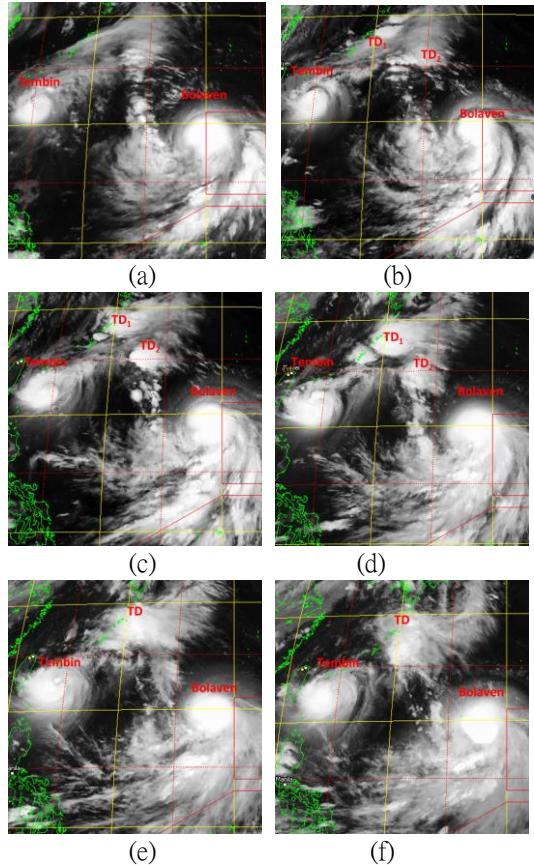


圖.6. 天秤與布拉萬颱風之六時段雲圖影像: (a) $T_1 = 12:32, 21$ Aug. , (b) $T_2 = 17:32, 21$ Aug. , (c) $T_3 = 21:32, 21$ Aug. , (d) $T_4 = 01:32, 22$ Aug. , (e) $T_5 = 05:32, 22$ Aug. , (f) $T_6 = 09:32, 22$ Aug. 。

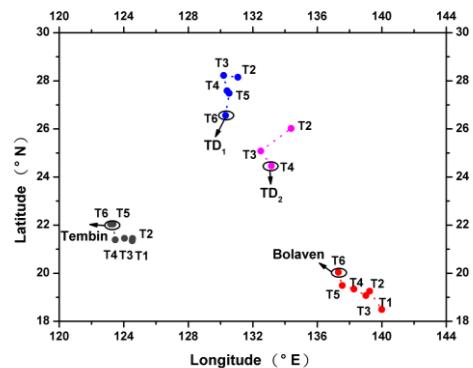


圖.7. 天秤與布拉萬颱風及兩個 TDs 軌跡圖 (Aug. 21~22)。

天秤與布拉萬雙颱距離變化在 1,500~1,600 Km 之間，沒有接近到 1,400 Km 以下，不過，天秤颱風與 TD_1 之間的距離在 910~980 Km 之間，布拉萬颱風與 TD_2 之距離變化在 790~920 Km 之間，這都小於 1,400 Km，但是分別有交互作用。天秤颱風的高度為 14.5 ~ 15.9 Km， TD_1 的高度為 12.0 ~ 14.8 Km。布拉萬颱風的高度為

17.3 ~17.5 Km , TD₂的高度為 12.5 ~15.0 Km 。圖.9(d)在 T₂~T₄期間，天秤颱風與 TD₁作用，使得天秤颱風範圍變小與 TD₁變大，不過，布拉萬颱風與 TD₂作用，使得布拉萬颱風範圍變大與 TD₂變小。這是兩組颱風與 TD 分別作用，所產生的現象。至於在 T₅~T₆期間，天秤與布拉萬兩個颱風範圍都變小，這是間接交互作用的結果。

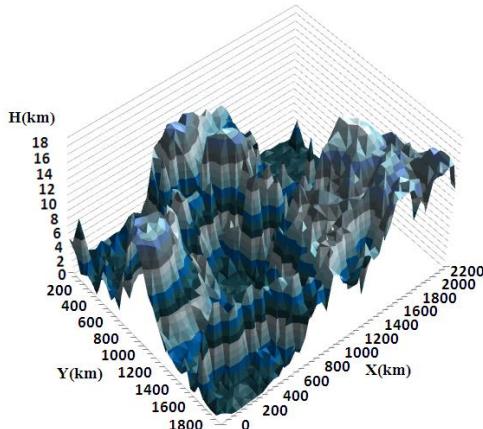
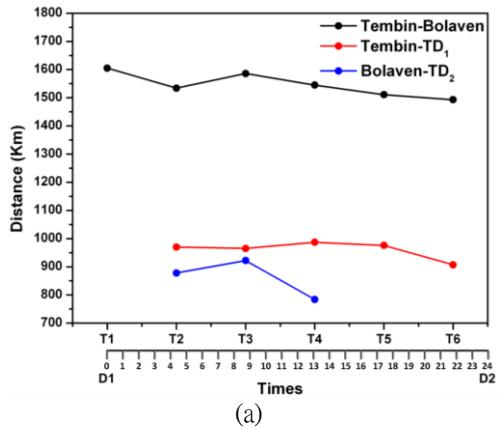
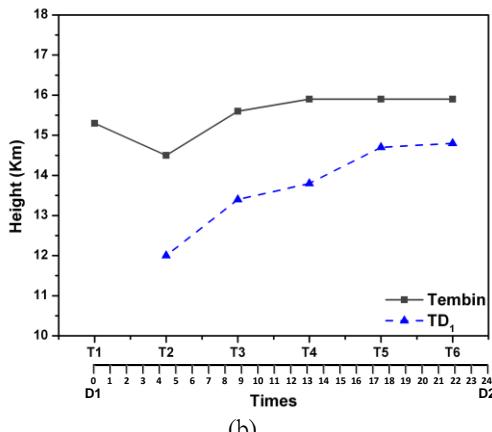


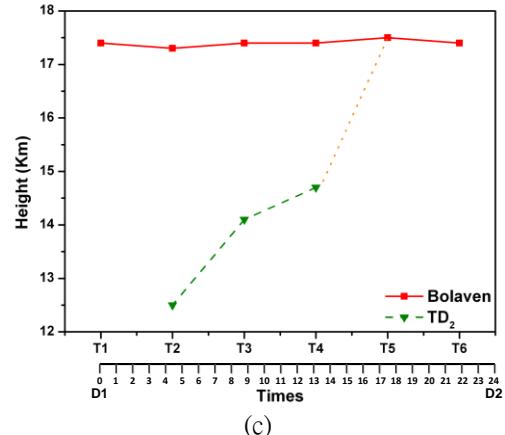
圖.8 在 T₄時間的 3-D 颱風剖面圖。



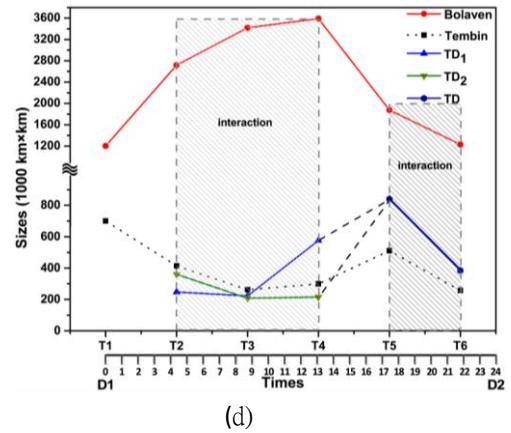
(a)



(b)



(c)



(d)

圖.9. 天秤與布拉萬颱風及 TDs 的交互作用，在時間為 T₁~T₆: (a) 雙颱與 TDs 距離變化，(b)雙颱與 TDs 高度變化，(c)是雙颱範圍大小變化。

四、討論與結論

本文用不同時間取像的衛星雲圖影像作分析，一是每日取像的六日雲圖影像，一是每四小時取像的六時段雲圖影像。從六日雲圖影像中，綜合出軌跡圖，看出天秤與布拉萬颱風軌交互作用的結果。結果是天秤颱風以一U型轉向南方，以及布拉萬颱風強度增大，加速往偏北行進。從六時段雲圖影像中，看出天秤與布拉萬颱風的細部變化。先是一個TD在天秤與布拉萬颱風之間開始發展。接著，兩個TDs (TD₁與TD₂)在天秤與布拉萬颱風之間形成。使得兩組交互作用分別運作，一是天秤颱風與TD₁交互作用，二是布拉萬颱風與TD₂交互作用。最後，TD₁與TD₂合併成一個TD，造成兩組交互作用結合。如此之故，天秤與布拉萬颱風，成為間接交互作用。

綜之由於天秤和布拉萬颱風比兩個 TDs 高大，當他們分別靠近時，產生兩組交互作用。再經過兩個 TDs 合併，天秤和布拉萬颱風就產生間接交互作用。這是造成天秤颱風作 U 型轉

向和布拉萬颱風增強與轉向的原因。在颱風中心的漏斗效應，可以顯示颱風的強度。在未來研究上，需要更多的實例，來觀測此類交互作用，以及作深入分析，以供增進天氣預報之用。

致謝

本文主要引述共同作者們之論文 Liu et al. (2015)，其完成承蒙健行科技大學電資學院衛星通訊實驗室提供其所接收之氣象衛星雲圖資料，以及該期刊審查委員審閱斧正、惠予指導，在此致上十二萬分謝忱。本研究於國科會計畫 NSC 101-221-E-008-019 及 NSC 101-111-M-008-018 支助下完成。

參考文獻

1. M. F. Pineros, E. A. Ritchie, and J. S. Tyo, Objective measures of tropical cyclone structure and intensity change from remotely sensed infrared image data," *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 46, no. 11, pp. 3574–3580, Nov. 2008.
2. M. F. Pineros, E. A. Ritchie, and J. S. Tyo, "Estimating tropical cyclone intensity from infrared image data," *Weather and Forecasting*, vol. 26, pp. 690-698, 2011.
3. C. C. Wu, Numerical simulation of typhoon Gladys (1994) and its interaction with Taiwan terrain using the GFDL hurricane model," *Monthly Weather Review*, vol. 129, pp. 1533-1549, Jun. 2001.
4. C. J. Zhang and X. D. Wang, "Typhoon cloud image enhancement and reducing speckle with genetic algorithm in stationary wavelet domain," *IET Image Process*, vol. 3, no. 4, pp. 200-216, Aug. 2009.
5. I. F. Pun, I. I. Lin, C. R. Wu, D. S. Ko, and W. T. Liu, "Validation and application of altimetry-derived upper ocean thermal structure in the western north Pacific ocean for typhoon-intensity forecast," *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 45, no. 6, 1616-1630, 2007.
6. C. Liu, T. Y. Shyu, C. C. Chao, and Y. F. Lin, "Analysis on typhoon Long Wang intensity changes over the ocean via satellite data," *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 17, no. 1, pp. 23-28, 2009.
7. Y. T. Yang, H.-C. Kuo, E. Hendrick, Y.-C. Liu, and M. Peng: Relationship between Typhoons with Concentric Eyewalls and ENSO in the Western North Pacific Basin. *J. Climate*, **28**, 3612–3623, 2015.
8. C. A. Somporn, J. A. Willi, G. B. Hans, K. O. Susanne, K. Wattana, and S. Suchada, "3D cloud and storm reconstruction from satellite image," *Modeling, Simulation and Optimization of Complex Processes*, pp. 187-206, 2008.
9. S. Fujiwhara, "On the growth and decay of vortical systems," *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 49, pp. 75-104, 1923.
10. R. Prieto, B. D. McNoldy, S. R. Fulton, and W. A. Schubert, "A classification of binary tropical cyclone-like vortex interactions," *Monthly Weather Review*, vol. 131, pp. 2656-2666, 2003.
11. Y. J. Joung, M. K. Lin, Y. C. Lin, C. W. Chang, and H. H. A. Chen, "A simulation of Fujiwhara effect on a structured agent-based peer-to-peer system," *Proceedings of the 2007 2nd International Conference on Communication System Software and Middleware and Workshops*, pp. 1-7, 2007.
12. C. C. Wu, T. S. Huang, W. P. Huang, and K. H. Chou, "A new look at the binary interaction: Potential vorticity diagnosis of the unusual southward movement of Typhoon Bopha (2000) and its interaction with Typhoon Saomai (2000)," *Monthly Weather Review*, vol. 131, pp. 1289-1300, 2003.
13. J. C. Liu, Y. A. Loiu, M. X. Wu, Y. J. Lee, C. H. Cheng, C. P. Kuei, and R. M. Hong, "Interactions among two tropical depressions and typhoons Tembin and Bolaven (2012) in pacific ocean: Analysis of the depression-cyclone interactions with 3-D reconstruction of satellite cloud images," *IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 53, no. 3, pp. 1394-1402, March, 2015.