

侵台颱風特性研究-以2014年鳳凰颱風為例

宋偉國¹、馮信瑋²

空軍航空技術學院氣象系

Soong Wei-Kuo¹、Fong Shin-Wei²

Airforce Institute of Technology

摘要

本文分析2014年9月19-21日鳳凰颱風個案研究，以中央氣象局颱風資料庫提供資料分析綜觀天氣系統、颱風侵台期間地面站雨量、風場、氣壓分佈，並以WRF模式模擬颱風系統，透過高解析度分析颱風移動機制與其特徵。該個案綜觀環境顯示9月19日太平洋高壓呈現南北走向，而700hPa伴隨華南短波槽，利於颱風往西北移動。9月20日颱風移至菲律賓呂宋島時，華南短波槽已東移，缺乏綜天氣系統導引情況下，颱風在巴士海峽附近近似滯留，並逐漸轉為往北移動。模式模擬的雲帶與颱風路徑大致與觀測結果一致，颱風伴隨風向亦與地面觀測結果接近，但颱風預報的風速強度比觀測結果強很多，颱風移速也比觀測結果為快，此可能是颱風模擬之風速過強，導致透過科氏力效應，造成往北合力過大，使颱風持續往北移動過快。本研究後續將加入觀測資料做模式同化，修正對颱風風速預報過強效應，並探討地形對北移颱風路徑與速度之影響性。

關鍵字：颱風、地形、WRF

Abstract

We use Central Weather Bureau(CWB) typhoon database and WRF model to study the Fung-Wong typhoon during 2014 September 19th-21th . During September 19th ,the Synoptic environment is showed that the orientation of ridge for the Pacific Ocean High Pressure is south-north. The 700hPa weather map is showed that there is a short trough over southeastern China, which is favored the typhoon moved northwestward. At September 20th, as the typhoon moved to northern Philippine , the short trough moved eastward. Because of the weak synoptic environment, the typhoon moved slowly and turned to move northward on Bashi-Channel. The rainband and typhoon track are simulated by WRF model, those results are closed to observation. The wind direction also is closed to observation. However, the speed of the typhoon is faster that for observation. This error simulated by WRF is owing to stronger wind speed of typhoon. When the typhoon associated with stronger wind, it will favor the typhoon move northward fast because of the Coriolis force. In the future, we will bogus observation data to do model assimilation to reduce the wind speed of the typhoon and study the terrain effect on typhoon track.

Key word : Fung-Wong typhoon , terrain, WRF

壹、前言

台灣自然災害中，颱風伴隨的強風、洪

水、土石流，往往帶來國內重大災情。颱風的生成、發展、移動路徑、降雨、與綜觀環境關

係、地形交互作用等等，已有相當多研究，本文將針對2014年9月19-22日鳳凰颱風為例，分析颱風特性。颱風路徑分為外力、內力因素，外力主要是環境駛流效應，例如夏季颱風沿著副熱帶太平洋高壓外緣往西北移動，但秋冬季節，大陸冷高壓南下，往往使颱風轉為向西移動。另外，西風帶的長波槽，也會引導颱風往東北移動。內力則包含 β 效應，北邊科氏力比南邊科氏力強，產生的淨力使颱風往北移動。另外，颱風產生強輻合區，氣流往颱風中心移動，颱風北邊往南/南邊往北氣流的科氏力產生北邊往西/南邊往東移動，若颱風輻合氣流風速均等情況下，由於北邊科氏力較南邊為強，將使颱風往西移動。

颱風與地形交互作用下，亦影響其移動，例如，當颱風移進台灣時，其西北面環流被台灣中央山脈破壞，在動量守恆情況下，颱風東南環流可能會增強，產生向西北的淨力，推動颱風往西北移動。Brand and Blelloch(1974)[1]發現颱風移至台灣時，會產生氣旋式路徑，強度亦會減弱。對於颱風往西侵台的個案，颱風登陸位置會受到地形影響的結果不同，對於接近台灣北部的颱風，會有氣旋式的偏轉，且在台灣東南方伴隨一個副低壓的生成。李與張(2003)[2]模擬颱風個案，當颱風北移接近台灣時，颱風中低層氣流受地形影響。Yeh (1993)[3]分析不同移速的颱風，發現較慢與強度較弱的颱風受到地形影響比移動較快、強度較強的颱風。颱風外圍環流受到地形的影響，由於阻塞的加強，加上環境風場的偏移，造成颱風減速以及向南走。

颱風遇山脈產生副低壓，造成颱風移行不連續，颱風遇地形受摩擦力影響亦可能改變移速使路徑產生偏折。颱風至台灣，除了路徑受地形影響外，其降雨分布易受地形影響顯著，關於颱風移行路徑、雨帶分佈、數值模擬結果等，國內已有相當多文獻探討

(羅,1997[4];吳等,2007[5];楊,2009[6];陳等,2010[7])，2014年為台灣史上有名的乾旱年，7-8月均無颱風侵台紀錄，造成全省缺水狀態，9月17日鳳凰颱風在太平洋生成後，沿著副熱帶高壓外圍往西北移動，9月20日在菲律賓呂宋島登陸，之後突然往北移動，移速也減緩，原本預計將登陸台灣西半部，渴望帶來顯著雨量，但結果卻是往東部登陸，本文將針對此次鳳凰颱風北移過程，探討該颱風路徑演變及其侵台後，環流特性與及降水分佈特徵。

貳、資料處理簡介

本文透過中央氣象局颱風資料庫提供天氣圖、衛星雲圖、颱風路徑圖、台灣各地氣象變化，分析颱風至台灣的影響。

本研究引用中尺度模式WRF3.4版，模擬鳳凰颱風個案，模式初始時間為2014年9月19日0000UTC至9月22日，採用水平網格三層，第一層網格70*70(27km)，第二層網格91*91(9km)，第三層網格61*61(3km)，模擬颱風發展與移性特性。邊界層參數化用Yonsei University (YSU)，於地表層用Monin-Obukhov with Carslon-Boland黏滯副層及標準的similarity，土壤用5層土壤處理熱擴散 Single-Moment 5-class (WSM5)，雲物第一、二層雲滴、雨滴、冰晶、雪交互作用，第三層網格Kessler scheme暖雲過程。積雲參數化用Kain-Fritsch (KF)，降水方面採用KM 2D Smagor 模組，短波輻射採用Dudhia，長波採用RTIM。

參、颱風移行與降雨分析

圖1為鳳凰颱風路徑圖，鳳凰颱風於9月17日生成後，往西移行，9月18日往北西移動，於9月19日0000UTC靠近菲律賓呂宋島，19日0600UTC登陸呂宋島後，移速減緩，甚至原地打轉，9月20日0000UTC移到南海，之後突然轉為往北移動，速度亦相當緩慢，20日台灣凌晨2時到6時颱風在巴士海峽一度滯留，幾乎原地打轉，6、7時的移動速度約只有10公里。9月21日0000UTC靠近台灣鵝鑾鼻近海，此時國內發出登陸警報，全台均宣佈

停止上班上課，21日0600UTC(21日台灣中午時間)颱風從鵝鑾鼻附近登陸，1200UTC(21日台灣晚上時間)移到台灣東北部，之後持續加速往台灣東部沿海移動，21日1800UTC(台灣22日凌晨)已經移到海上，22日國內解除颱風警報。

鳳凰颱風在呂宋島附近速度減緩，並且轉為北行緩慢移動，登陸鵝鑾鼻後，又開始加速沿著台灣東部沿海北上，之後又在三貂角登陸，其降水區分為二段，前半段9月21日0000LTC(20日1600UTC)至2000LTC(20日1200UTC)集中在台灣東部(圖2a)，後半段9月22日0000LTC(21日1600UTC)至0800LTC(22日0000UTC)則集中在台灣北部(圖2b)，此時颱風已經離台。分析各測站降水分佈情形，台東9月20日上午開始局部間歇降雨(圖3a)，21日開始顯著持續降豪雨，下至下午3時以後停止豪大雨，地面風向亦由上午西北風轉為下午西南風，此風向反映颱風已經移到台東北邊。溫度與露點而言，颱風來台東之前，溫度約 30°C ，溫度露點差約 $7-8^{\circ}\text{C}$ ，颱風離開台東後，溫度與露點均與颱風來之前接進，顯示並無發生焚風現象。花蓮則9月21日開始降雨(圖3b)，下午4-8時降雨最多，22日以後則停止降雨。風向則9月19日晚上開始吹西南風，9月20日中午至下午轉為東南風，20日黃昏至21日下午又轉為西南風，顯示受到颱風環流與地形交互作用下，兼之颱風9月20日至21日中午前移速緩慢，導致花蓮風向並不穩定。恆春在9月20日下午4時以前(圖3c)，風向為東北風，明顯受到颱風外圍環流影響。9月20日下午至21日中午以前顯著降雨，21日中午恆春氣壓下降最多，達987hPa，此時颱風登陸此區，高雄9月21日開始下雨(圖3d)，21日下午4時以後停止降雨，風向持續為西北風，顯係為颱風北移後的風向反映。台南降雨很少(圖3e)，9月21日中午以前風向為東北風，21日下午至晚上為西北風，此一顯示為颱風環流的反映。台中亦無顯著降水(圖3f)，9月21日下午4時氣壓下降至985hPa，之後氣壓持續升高，顯示該區並無受到颱風東北風氣流越山造成低壓效應。9月22日台中風向轉為西南風，但風速不大，

該區亦無顯著降水發生。

本個案當颱風在21日中午登陸鵝鑾鼻，之後往台灣東部北移時，台灣西部並無顯著降雨，亦無顯著低壓中心產生，而颱風過後，西半部西南風亦相當微弱，並無造成顯著降水，反而是台北地區開始有顯著降雨，此應為颱風北移至大陸東南沿海後，西北風遇地形產生的輻合過程，使降雨較為明顯。至於東部的風速明顯比西部大，但除了外島風速較強，本島風速均不會太大。

2014年9月19日0000UTC地面天氣圖顯示(圖4a)，19日華南冷鋒接近颱風，700hPa天氣圖顯示(圖4b)，華南存在短波槽，130E以東為副熱帶太平洋高壓外圍環流，綜觀天氣系統駛流效應有利於颱風往西北移動。20-21日華南冷鋒仍在華南沿海(圖5a)，700hPa天氣圖顯示21日太平洋高壓形成南北走向(圖5b)，而中緯度短波槽已移到颱風前方，槽後冷空氣使颱風移速持續減緩，而太平洋高壓脊南北走向位置，利於颱風往北移動。22日冷鋒東移，颱風持續北上至大陸東海一帶(圖略)，此應為颱風內部動力過程使其往北加速移動。衛星雲圖顯示(圖6)，9月19日颱風結構尚不完整，20日颱風在菲律賓強度加強，21日0000UTC則颱風結構受地形影響而強度減弱，此時颱風開始移動緩慢。21日0600UTC颱風已登陸南台灣(圖6e)，雷達回波顯示有清楚颱風眼(圖略)。21日1800UTC颱風對流系統結構仍不完整，顯係受地形破壞所致，颱風位於東北部沿海。

肆、颱風個案模擬分析

WRF模擬第一層水平網格解析度 27×27 公里，6小時預報值，即9月19日1400LST時，700hPa高度圖顯示颱風位於菲律賓呂宋島附近沿海(圖7a)，東亞短波槽位於120E附近，槽區伴隨對流雲帶，太平洋高壓中心位於 25°N 、 130°E ，高壓外緣脊呈現南北走向，9月20日0200LST高壓脊位置並無明顯改變(圖7b)，與700hPa天氣圖觀測結果一致(圖5b)。WRF模擬第二層水平網格解析度 9×9 公里，9月20日0200LST地面氣壓與降水分佈顯示(圖8)，颱風位於菲律賓呂宋島附近沿海，與衛

星觀測結果一致。9月21日0200LST颱風已經靠近本省東部(圖9),在台灣中南部出現對流系統,9月21日1400LST已經在台灣東北側(圖10),9月21日2000LST已經在台灣北側海面上(圖11)。

20日2000LST 850hPa風場分佈顯示(圖12a),台灣東部位於颱風外圍環流東南強風帶,風速達20m/s,顯然風速比觀測結果為強,但風向與花蓮結果一致。模式模擬台灣西部出現較微弱風帶,風向為東北風,顯示為地形阻擋所致。9月21日0200LST颱風已經靠近本省東部(圖12b),在台灣中南部出現對流系統,南部地區風場為西南風,中部以北為西北風,與觀測風場結果接近。9月21日0800LST模式模擬已經登陸台灣東部(圖12c),850hPa模式模擬風場顯示,颱風東南側與西北側存在二個強風區,颱風西北側的大陸沿海盛行東北風,而台灣東南附近海域為西南風,9月21日1400LST(圖12d)已經在台灣東北側,唯觀測結果此時颱風仍在台灣東側附近,顯示本模式模擬結果,颱風移速仍過快,此可能是本模式模擬風速過強,透過颱風內力的科氏力效應,使颱風往過移動過快所致。

本研究模擬顯示颱風移動位置於呂宋島附近近似滯留,之後往台灣東部北移並加速,於21日晚上中心離開台灣本省,此模擬比觀測結果略為快速。本研究未來將針對台灣地形作敏感度測試,了解地形對於台灣移行的原因。

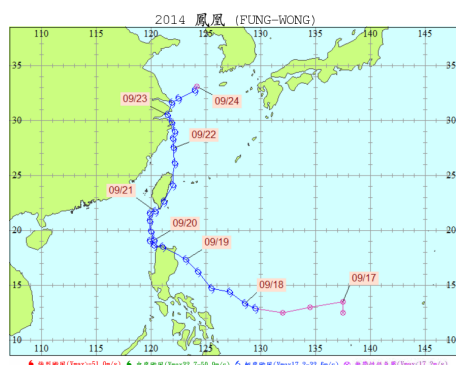


圖1 鳳凰颱風路徑圖(中央氣象局提供)

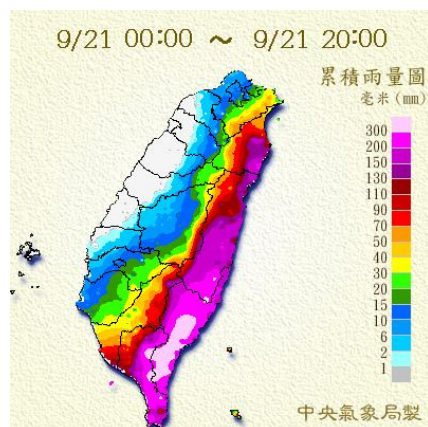


圖2a 9月21日0000LTC至2000LTC累積降雨量

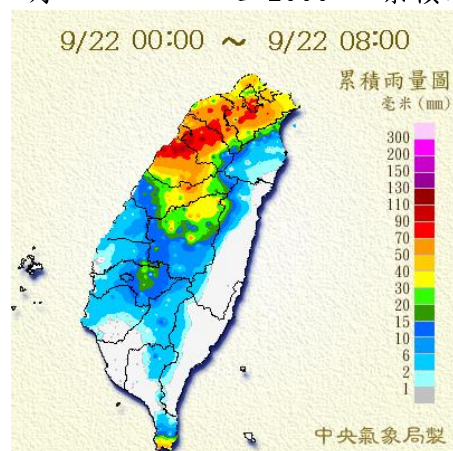


圖2b 9月22日0000LTC至0800LTC累積降雨量

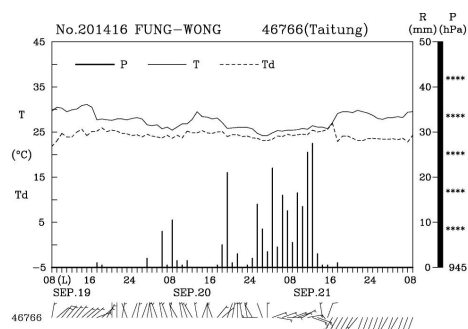


圖3a 台東地面站氣象要素逐時分佈

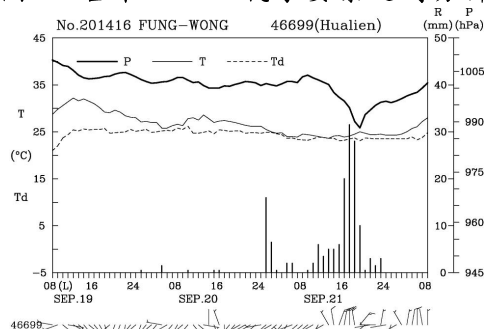


圖3b 花蓮地面站氣象要素逐時分佈

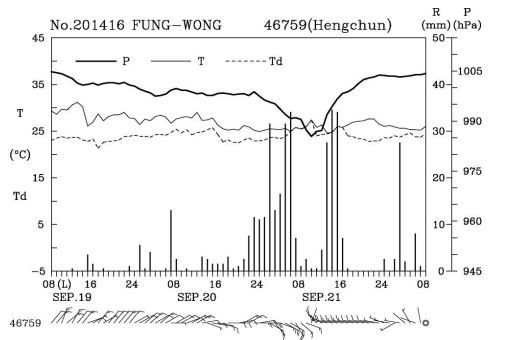


圖3c 恆春地面站氣象要素逐時分佈

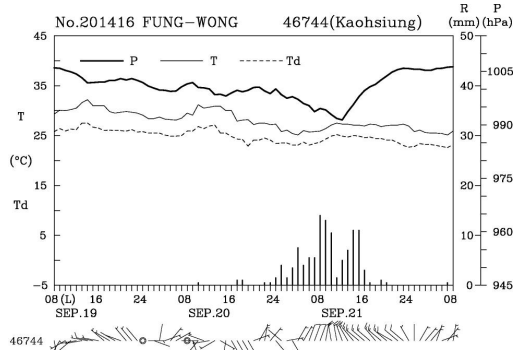


圖3d 高雄地面站氣象要素逐時分佈

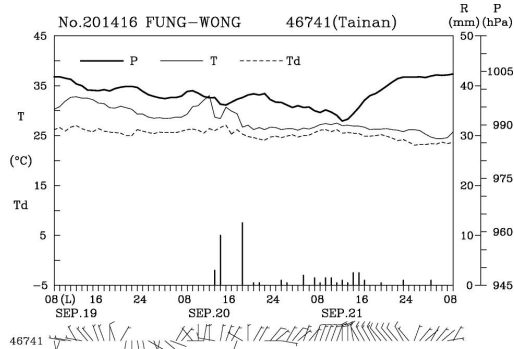


圖3e 台南地面站氣象要素逐時分佈

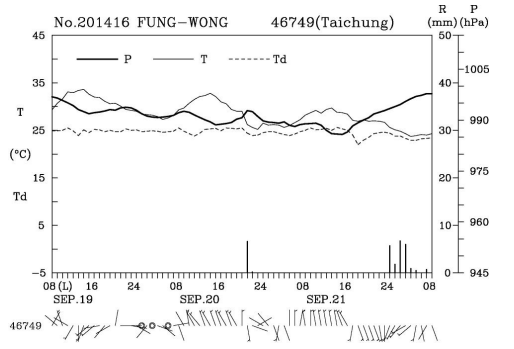


圖3f 台中地面站氣象要素逐時分佈

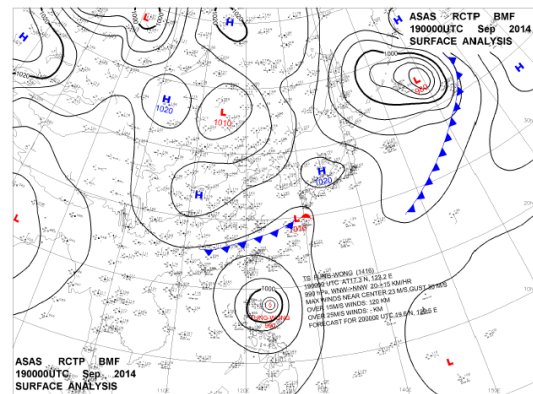


圖4a 2014年9月19日0000UTC地面圖

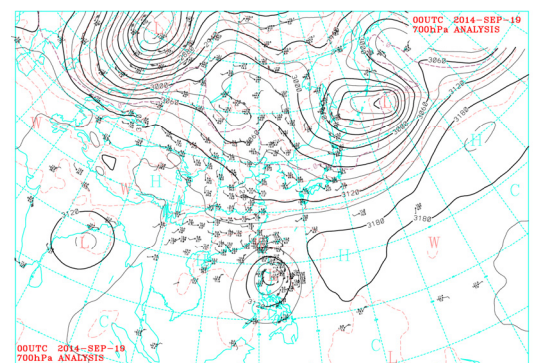


圖4b 2014年9月19日0000UTC700hPa天氣圖

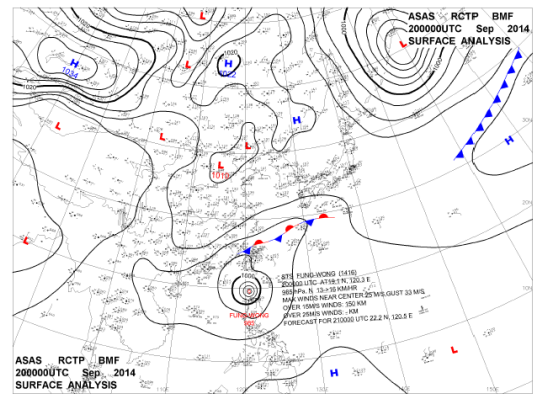


圖5a 2014年9月21日0000UTC地面圖

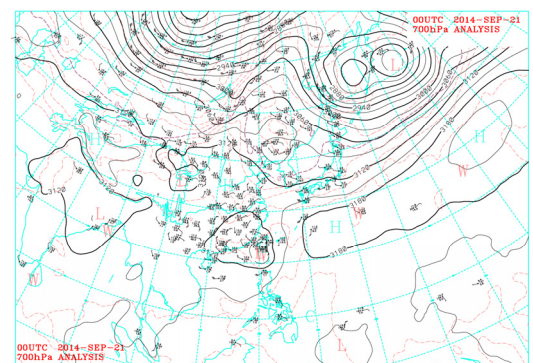


圖5b 2014年9月21日0000UTC 700hPa天氣圖

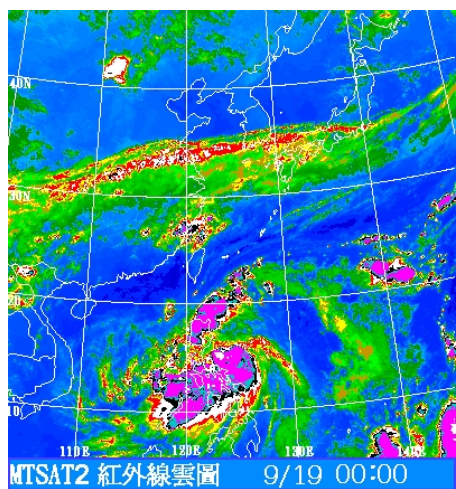


圖 6a 2014年9月19日 0000LST 衛星雲圖

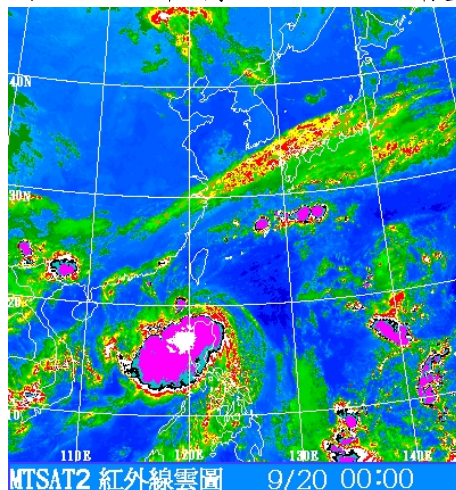


圖 6b 2014年9月20日 0000LST 衛星雲圖

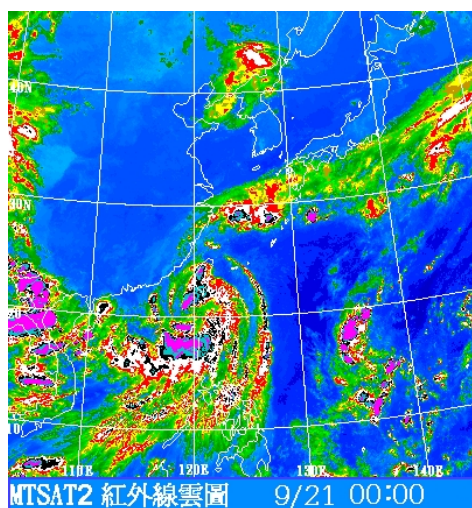


圖 6c 2014年9月21日 0000LST 衛星雲圖

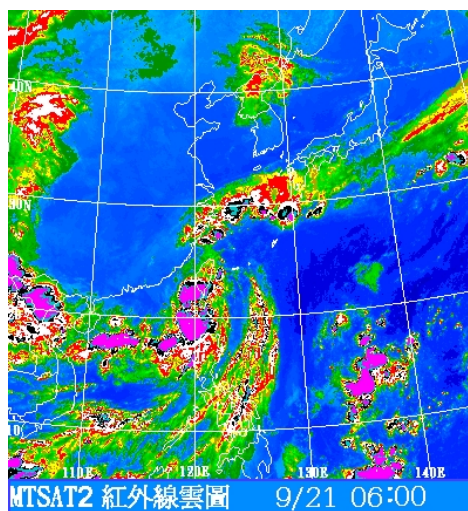


圖 6d 2014年9月21日 0600LST 衛星雲圖

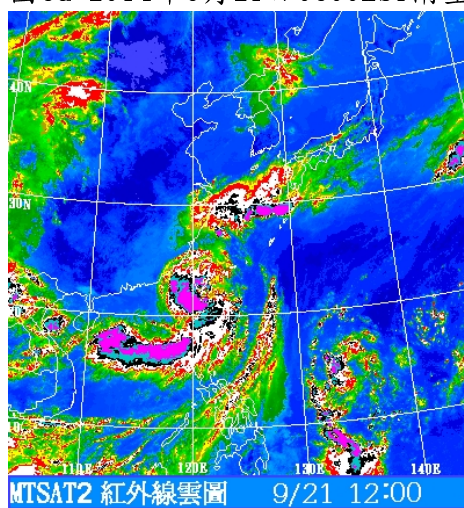


圖 6e 2014年9月21日 1200LST 衛星雲圖

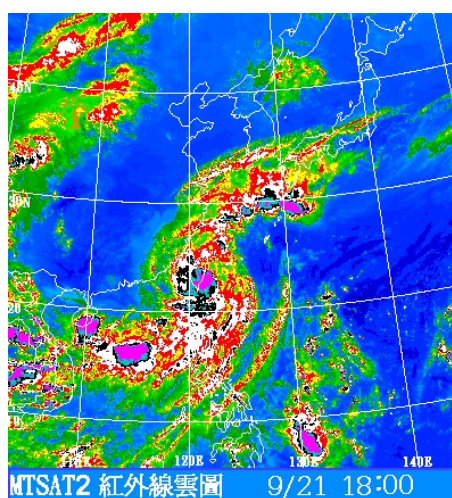


圖 6f 2014年9月21日 1800LST 衛星雲圖

Dataset: 919 RIP: 919 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 00.00 h Valid: 0000 UTC Fri 19 Sep 14 (0000 MDT Fri 19 Sep 14)
Geopotential height at pressure = 700 hPa
Geopotential height at pressure = 700 hPa
Horizontal wind vectors at pressure = 700 hPa

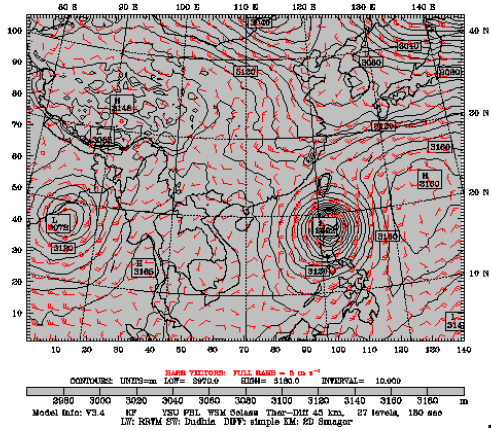


圖 7a 模式模擬 2014 年 9 月 19 日 1400LST
700hPa 高度與風場

Dataset: 919 RIP: 919 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 18.00 h Valid: 1800 UTC Fri 19 Sep 14 (1200 MDT Fri 19 Sep 14)
Geopotential height at pressure = 700 hPa
Geopotential height at pressure = 700 hPa
Horizontal wind vectors at pressure = 700 hPa

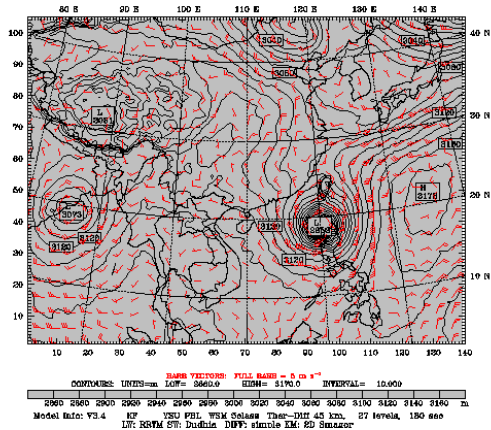


圖 7b 模式模擬 2014 年 9 月 20 日 0200LST
700hPa 高度與風場

Dataset: 91902 RIP: 209 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 18.00 h Valid: 1800 UTC Fri 19 Sep 14 (1200 MDT Fri 19 Sep 14)
Temperature at k-index = 27
Sea-level pressure at k-index = 27
Horizontal wind vectors at k-index = 27

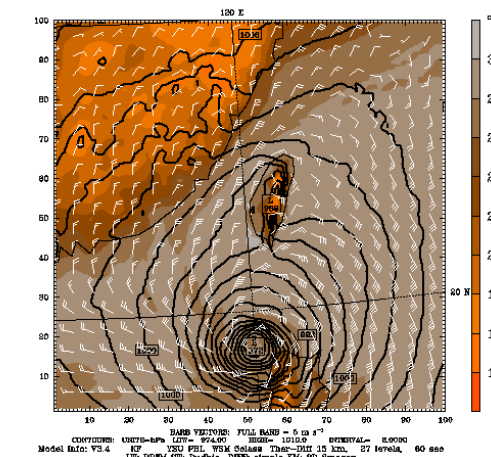


圖 8a 2014 年 9 月 20 日 0200L 地面氣壓與風場

Dataset: 91902 RIP: 209 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 18.00 h Valid: 1800 UTC Fri 19 Sep 14 (1200 MDT Fri 19 Sep 14)
Reflectivity at k-index = 27

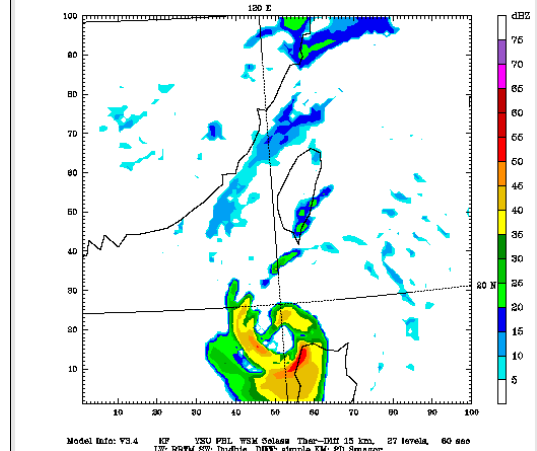


圖 8b 2014 年 9 月 20 日 0200L 模擬降水回波分佈

Dataset: 91902 RIP: 209 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 42.00 h Valid: 1800 UTC Sat 20 Sep 14 (1200 MDT Sat 20 Sep 14)
Temperature at k-index = 27
Sea-level pressure at k-index = 27
Horizontal wind vectors at k-index = 27

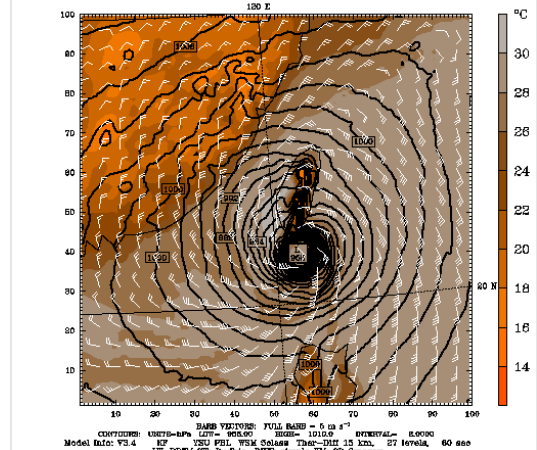


圖 9a 2014 年 9 月 21 日 0200L 地面氣壓與風場

Dataset: 91902 RIP: 209 Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14
Fct: 42.00 h Valid: 1800 UTC Sat 20 Sep 14 (1200 MDT Sat 20 Sep 14)
Reflectivity at k-index = 27

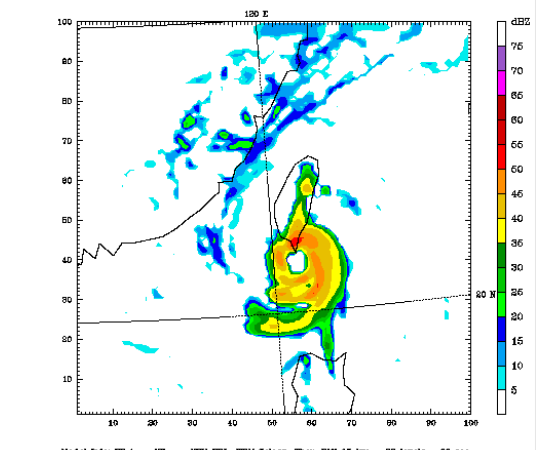


圖 9b 2014 年 9 月 21 日 0200L 模擬降水回波分佈

Dataset: 91902 RIP: 209
Fest: 04:00 h
Temperature
Sea-level pressure
Horizontal wind vectors
Valid: 0600 UTC Sun 21 Sep 14 (0000 MDT Sun 21 Sep 14)
at k-index = 27
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

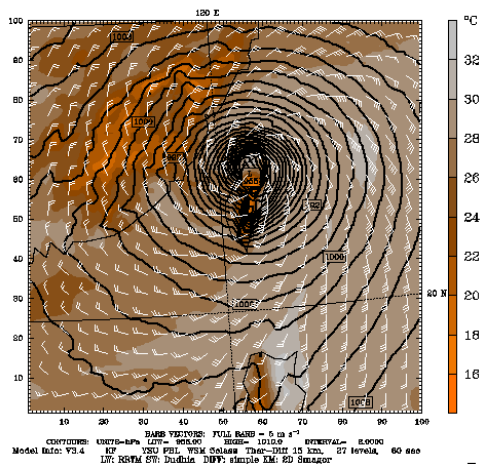


圖10a 2014年9月21日1400L 地面氣壓與風場

Dataset: 91902 RIP: 209
Fest: 04:00 h
Reflectivity
Valid: 0600 UTC Sun 21 Sep 14 (0000 MDT Sun 21 Sep 14)
at k-index = 27
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

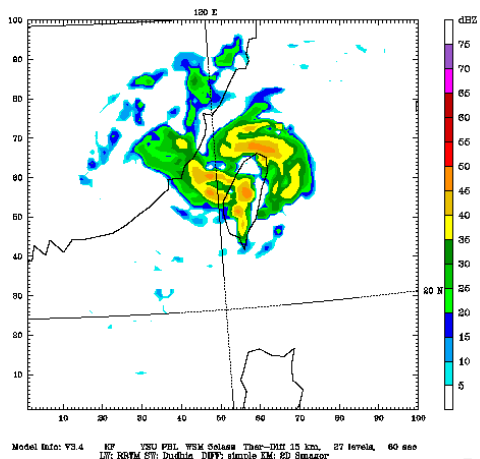


圖10b 2014年9月21日1400L模擬降水回波分佈

Dataset: 91902 RIP: 209
Fest: 00:00 h
Temperature
Sea-level pressure
Horizontal wind vectors
Valid: 1200 UTC Sun 21 Sep 14 (0000 MDT Sun 21 Sep 14)
at k-index = 27
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

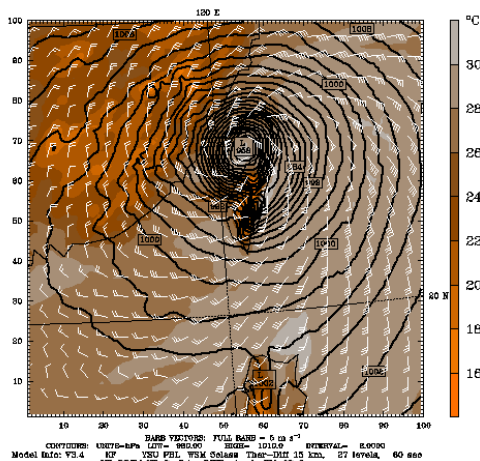


圖11a 2014年9月21日2000L 地面氣壓與風場

Dataset: 91902 RIP: 209
Fest: 00:00 h
Reflectivity
Valid: 1200 UTC Sun 21 Sep 14 (0000 MDT Sun 21 Sep 14)
at k-index = 27
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

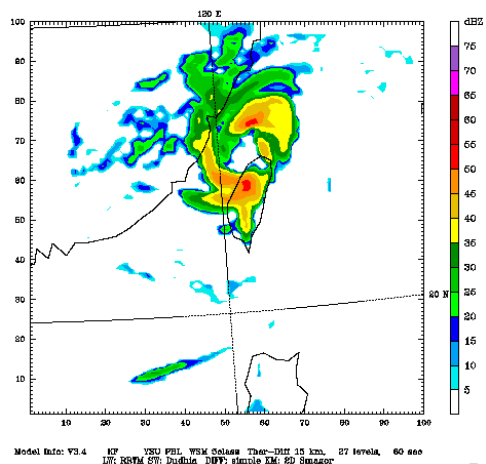


圖 11b 2014 年 9 月 21 日 2000L 模擬降水回波分佈

Dataset: 91902 RIP: 919-214
Fest: 00:00 h
Relative vorticity
Horizontal wind speed
Horizontal wind vectors
Valid: 1200 UTC Sat 20 Sep 14 (0000 MDT Sat 20 Sep 14)
at pressure = 850 hPa
at pressure = 850 hPa
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

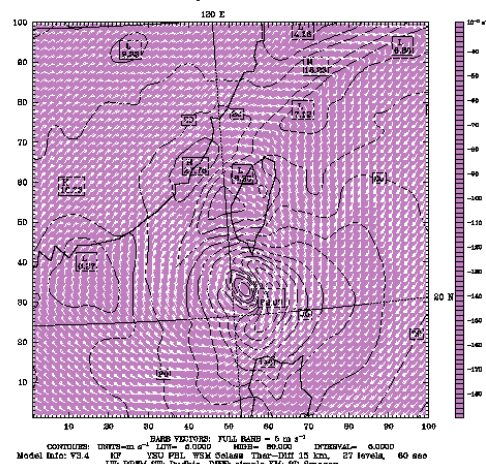


圖 12a 2014 年 9 月 20 日 2000L 850hPa 模擬風場

Dataset: 91902 RIP: 919-214
Fest: 00:00 h
Relative vorticity
Horizontal wind speed
Horizontal wind vectors
Valid: 1200 UTC Sat 20 Sep 14 (0000 MDT Sat 20 Sep 14)
at pressure = 850 hPa
at pressure = 850 hPa
Init: 0000 UTC Fri 19 Sep 14

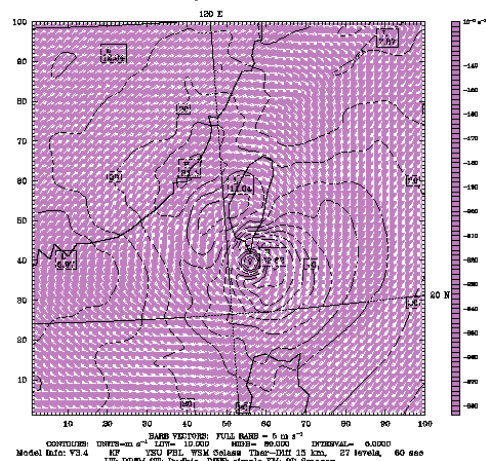


圖12b 2014年9月21日0200L 850hPa模擬風場

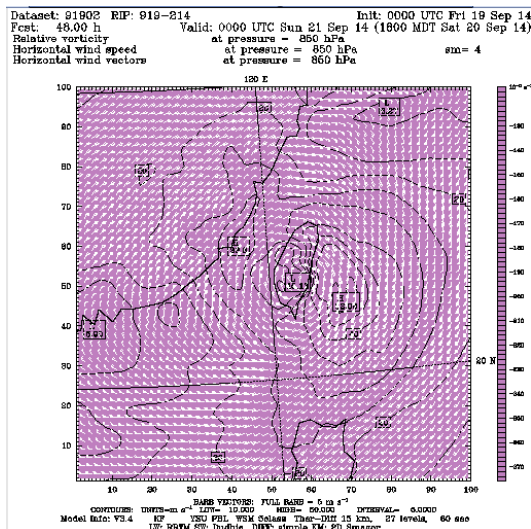


圖 12c 2014 年 9 月 21 日 0800L 850hPa 模擬風場

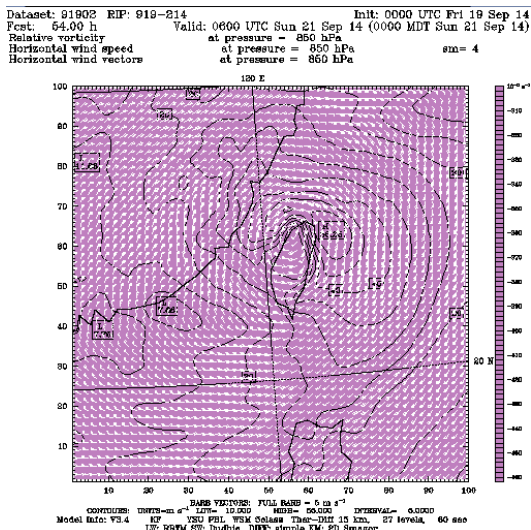


圖 12d 2014 年 9 月 21 日 1400L 850hPa 模擬風場

伍、結論

本文分析 2014 年 9 月 19-21 日鳳凰颱風個案研究，以中央氣象局颱風資料庫提供資料分析綜觀天氣系統、颱風侵台期間地面站雨量、風場、氣壓分佈，並以 WRF 模式模擬颱風系統，透過高解析度分析颱風移動機制與其特徵。該個案綜觀環境顯示 9 月 19 日太平洋高壓呈現南北走向，而 700hPa 伴隨華南短波槽，利於颱風往西北移動。9 月 20 日颱風移至菲律賓呂宋島時，華南短波槽已東移，缺乏綜天氣系統導引情況下，颱風在巴士海峽附近近似滯留，並逐漸轉為往北移動。模式模擬的雲帶與颱風路徑大致與觀測結果一致，

颱風伴隨風向亦與地面觀測結果接近，但颱風預報的風速強度比觀測結果強很多，颱風移速也比觀測結果為快，此可能是颱風模擬之風速過強，導致透過科氏力效應，造成往北淨力過大，使颱風持續往北移動過快。本研究後續將加入觀測資料做模式同化，修正對颱風風速預報過強效應，並探討地形對北移颱風路徑與速度之影響性。

參考文獻

- [1] Brand, S., and J. W. Blelloch, 1974: Changes in the characteristics of typhoons creossing the island of Taiwan. Mon. Wea. Rev., 102, 708-713.
- [2] 李清勝、張龍耀，「妮蔻兒颱風 (Nichole, 1998) 侵台前路徑變化之研究，大氣科學，第 31 期第三號，2003。
- [3] Yeh, T. C. and R. L. Elsberry, 1993a: Interaction of typhoon with the Taiwan orography. Part I: Upstream track deflection. Mon. Wea. Rev., 121, 3193-3212.
- [4] 羅靜瑜，「颱風運動與其駛流關係之研究」，國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，1997
- [5] 吳俊傑、楊忠權、潘大綱、周昆炫，「米勒颱風 (2003) 行徑之位渦診斷分析」，第八屆全國大氣科學學術研討會，2007。
- [6]. 楊忠權，「西北太平洋地區熱帶氣旋路徑特徵探討」，博士論文，國立台灣大學理學院大氣科學研究所，2009
- [7] 陳得松、蕭玲鳳、黃康寧、葉天降、鄭銘華，2010: “中央氣象局數值區域模式對颱風路徑預測之表現”，99 年天氣分析與預報研討會，2010 年 6 月 28-30 日，台北，臺灣

