

颱風預報作業的省思：以2024年珊珊颱風為例

楊忠權

空軍氣象聯隊第21任聯隊長、國立臺灣大學

1. 前言

當今會釀成巨大災害的自然現象，除了地震之外，另一個是每年夏季期間廣受矚目的大氣現象-颱風。颱風之所以讓人聞之喪膽，除了其渦旋本身挾帶強而有力的暴風；當其活動環境駛流場不明確，路徑原地打轉，對於某地長時間大量雨水的侵蝕，往往水患成災或土石滑動成流，危及生命財產，也造成經濟活動的損失。

研究熱帶氣旋活動的文獻至今已超過百年，從一開始關注氣旋的路徑變化、何種因子主導渦旋路徑的改變、雙渦旋彼此互動的角色。接續探討颱風強度的演變、雙眼強置換、影響颱風強度演變的因子、海氣交互作用的角色。隨著電腦科技的發展進程，從單一模式的模擬研究，逐漸發展成系集預報的概念，到如今深度學習AI的表現也慢慢在作業單位參考及應用。

直覺上，現在對於颱風未來路徑的預測已接近完善，好像在颱風未生成前大家都可以在媒體渲染的助播下，提早預知即將有颱風的到來，盡早做好行程規劃。但事實的驗證中，過度的預言、失準的機率偏高，但事後好像沒有人會在意。身為氣象專業人員，對於目前的社會現況，一定百感交集。

氣象聯隊成立至今70週年，承先賢先輩無私奉獻，努力經營才有光輝耀眼的成果。個人自2001年有幸公費赴國立臺灣大學攻讀研究所，開始接觸有關颱風議題的研究，至今發表過關於颱風研究的國內外學術論文或研討會報告計有11篇（如參考文獻所示）。結合近期發生的颱風個案（珊珊），分享一些個

人的觀察及建議，期望對於同為氣象人或會使用氣象資料的長官們有所參考及運用。

2. 個案介紹

2024年西北太平洋地區第10號颱風珊珊(Shanshan)之所以被選為本文的例案，主要因為「實際行走路徑」（如圖3(1)黑實線）的變化，以及「各颱風作業單位初始路徑預測」，兩者偏差過大，登陸日本陸地的地點直線偏差超過500公里。

珊珊颱風生命期間的綜觀環境（如圖1），從2024年8月21日至9月1日每日0200時的地面天氣圖，不容易發現造成珊珊颱風路徑在8月24日晚上至27日上午明顯偏西北西移動的主要原因。有人說是太平洋高壓西伸提供的駛流，讓珊珊颱風行走路徑產生偏西變化。但從圖1(d)至圖1(f)，可發現地面天氣圖在臺灣東北方海域上空有一低氣壓，此低壓與珊珊颱風彼此間的互動，類似雙颱風互繞，也就是珊珊颱風提供其左側低壓往西南、往南的駛流分量；而位於左側的小低壓回饋珊珊颱風往北、往西北的駛流動力。

判斷高壓勢力是否西伸或東退，傳統的方法採用700 hPa或500 hPa高空天氣圖某一等高線（如3180 gpm或5880 gpm），看此等高線在東西方向（緯向）的變化。從圖4(d)至圖4(f)的700 hPa等高線3180 gpm最西側的位置始終在東經140度附近，顯示此期間（24日2000時至27日0800時）太平洋高壓勢力驅駛珊珊颱風往西北西運動的貢獻相當有限。在500 hPa圖上也同樣顯示一致的結果。

從300 hPa高空天氣圖（如圖5）可發現如

同圖1所見到的情況，即在圖1所見到的小低壓，在其高層相對應的是一個發展良好的高層冷心低壓，此冷心結構相當深厚（200 hPa至500 hPa皆清晰可見）。

各國颱風預報作業中心對外發布颱風未來路徑預測如圖3所示。作業人員依據數值天氣預報模擬輸出結果（如圖2）擬定官方路徑預測。從8月20日晚上2000時各國數值模式的模擬輸出（如圖2(a)），均顯示在菲律賓海將有一熱帶氣旋生成，未來將朝日本南方海域接近。21日晚上的初始模擬也顯示同樣的預測結果（如圖2(b)），唯各家模式的預測路徑軌跡漸趨一致。22日清晨0200時日本氣象廳將此熱帶低壓強度提升為颱風珊珊，各國颱風預報作業中心對其路徑預測如圖3(a)。隨著時間推移，從預測自日本近畿地方登陸（8月22日2000時，圖3(b)），逐漸演變自九州地方登陸（8月26日2000時，圖3(f)），登陸地點預報誤差頗大。

3. 預報失準的可能原因

2024年颱風生命期內其路徑變化主要受到周圍環境場的影響，其次是渦旋本身受地球自轉的動力機制（ β 效應）往西北偏移。當數值模式初始條件沒有完全捕捉到真實大氣環境，其後的模擬出現明顯偏差是可以預期。換言之，當真實環境條件完整融入數值模式初始場，對於模式渦旋路徑的預測才比較有參考價值。此珊珊個案為例，當模式掌握到高層冷心低壓結構時，其模式預測路徑隨之產生往西北西方向偏移的變化。由此可見，位於臺灣東北方海域冷心低壓的出現，左右後續珊珊颱風路徑出現偏折，造成登陸日本時間及地點的改變。

眾所皆知，數值模式設計時（積分計算）比較有利於模擬低壓渦旋的成長。當模擬環境條件有利渦旋生成，隨著時間此模擬渦旋的發展會加速且持續較長的時間。數值模式

的進化過程隨著時間的演進逐漸進入更高解析度，網格解析度提高相對應的模式中更易長出低壓渦旋。因此，在使用高解析數值模式（全球模式或區域模式）時要謹慎，隨時隨地參照氣象衛星觀測所得雲團位置，研判其模擬渦旋是否過度高估。

人工智慧AI科技即使再怎麼強大，當它進行深度學習階段所使用的資訊含有某種程度的誤差（觀測誤差、差分計算誤差、反演計算誤差、參數化誤差等的累加），對其結果的信賴程度需要再進一步精確評估，不可貿然完全相信。

4. 因應作法建議

當今數值模式天氣預報產品幾乎對外全面公開，透過網際網路人人垂手可得，網紅屬名「氣象專家」比比皆是。見到數值模式模擬出低壓渦旋且往臺灣附近接近，為爭取網路流量，爭先恐後發布沒有經過檢驗的假訊息。此舉對於有經驗的氣象專業人員即使胸有成竹，但窮於應付回答不明事理人員的質問，往往需要耗損過多的體力及專注力，甚至被莫名責怪或汙名沒有擔當等。

「苦不堪言」是折損氣象專業、流失人才的主要因子之一；「細心、勤快」始終是氣象人員必須奉為主臬的準繩。仔細觀察所使用資料的合理性，尤其是關鍵性天氣系統（如颱風），切記勿人云亦云，繼續傳遞錯誤訊息。當低壓渦旋還沒有正式升級為颱風前，相關訊息僅供參考；待日本氣象廳正式給予颱風名稱後，之後的模式模擬結果其可信度相對增加。勤快地更新所有氣象資訊及完整掌握，並適時回報長官，減少因資訊延宕回報，肇致長官的不諒解。

5. 結語

颱風預報作業僅是氣象工作日常的重點之一，民國90年代初期以前，我國軍颱風警

報作業的發布，幾乎是以空軍氣象中心所發布的颱風警報單為主要參考依據。之後因應中央災害應變中心的成立，為求統一口徑，逐漸以中央氣象局（民國 112 年 9 月 15 日組織改造升格為中央氣象署）發布的颱風資料為主，但空軍氣象中心仍須針對國軍部隊的兵力警戒部署進行警報階段的發布作業。

行文至此，年度第二號侵襲臺灣本島的颱風山陀兒(KRATHON)正在高雄外海幾乎近似滯留狀態原地打轉。相信在這個強烈颱風侵襲前、中、後，大家在網路或媒體所見到的訊息應該相當可觀，且關於颱風路徑的預測每天一變，一直偏西發展。過去每當颱風造成重創之後，透過長官的重視，氣象單位才有機會獲得預算更新老舊設備或提供人員赴國內外大學進修。為求永續經營，建議上級長官勿等到災損才想到氣象專業的重要，也請平日務必尊重專業，否則軍中或國內氣象人才的流失會更加提早出現。

每天與老天爺打交道，即使是諸葛孔明，也未必料事如神，樣樣皆準。從事氣象工作存在先天不足的情況下，本著熱愛工作，服務空軍，期待現役學弟妹們持續傳承優良傳統，踵武前賢，再創氣象聯隊永續光輝。

6. 致謝

全球網際網路的便利性提供更多元的服務資料，本文囿於時間倉促，天氣分析圖、模式渦旋路徑預測圖及各國作業單位官方颱風路徑預報圖等，均來自各單位官方網頁，特以致謝，承蒙空軍氣象中心的邀稿，至深銘感。

7. 參考文獻

吳俊傑與楊忠權，2003：颱風運動之位渦診斷研究。氣象預報與分析，177，1-12。
吳俊傑、楊忠權、潘大綱與周昆炫，2004：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論文集編，桃園龍潭，123-128。

楊忠權，2003：鳳凰與風神(2002)雙颱風交互作用之位渦診斷研究。國立臺灣大學大氣科學系，碩士論文，94頁。

楊忠權與吳俊傑，2005：2004年侵臺颱風敏督利與艾利路徑特徵之位渦診斷分析。2005年天氣分析與預報研討會論文集編，臺北，516-521。

楊忠權，2009：西北太平洋地區熱帶氣旋路徑特徵探討。國立臺灣大學大氣科學系，博士論文，113頁。

楊忠權與吳俊傑，2009：西北太平洋地區熱帶氣旋路徑特徵探討—2008年風神颱風個案研究。2009年第18屆國防科技學術研討會論文集編，桃園龍潭。

Wu, C.-C., S.-G. Chen, C.-C. Yang, P.-H. Lin, and S. D. Aberson, 2012: Potential vorticity diagnosis of the factors affecting the track of Typhoon Sinlaku (2008) and the impact from dropwindsonde data during T-PARC. Mon. Wea. Rev., 140, 2670-2688.

Yang, C.-C. and Wu, C.-C., 2004: Binary interaction between Typhoons Fengshen (2002) and Fungwong (2002) based on the potential vorticity diagnosis. Proc., 26th Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology. Amer. Meteor. Soc., Miami, Florida. 663-664.

Yang, C.-C., C.-C. Wu, K.-H. Chou, and C.-Y. Lee, 2008: Binary interaction between Typhoons Fengshen (2002) and Fungwong (2002) based on the potential vorticity diagnosis. Mon. Wea. Rev., 136, 4593-4611.

Yang, C.-C., and C.-C. Wu, 2010: Characteristics of tropical cyclone tracks over western North Pacific - the case study

of Typhoon Fengshen (2008). Proc., 29th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Tucson, AZ.

Yang, C.-C., C.-C. Wu, and K. K. W. Cheung, 2018: Diagnosis of large prediction errors on recurvature of Typhoon Fengshen (2008) in the NCEP_GFS model. J. Meteor. Soc. Japan., 96, 85-96.

作者簡歷：

畢業於空軍通信電子學校專科55期77年氣象班39期、科學軍官班30期(82年)、文化大學85年班、參謀官班86年班、臺大碩士92年班、博士98年班。曾在空軍氣象中心歷練長期預報課上尉氣象官、分析預報課少校預報長及中校課長，實際從事颱風分析及預報作業5年。

8. 圖附錄

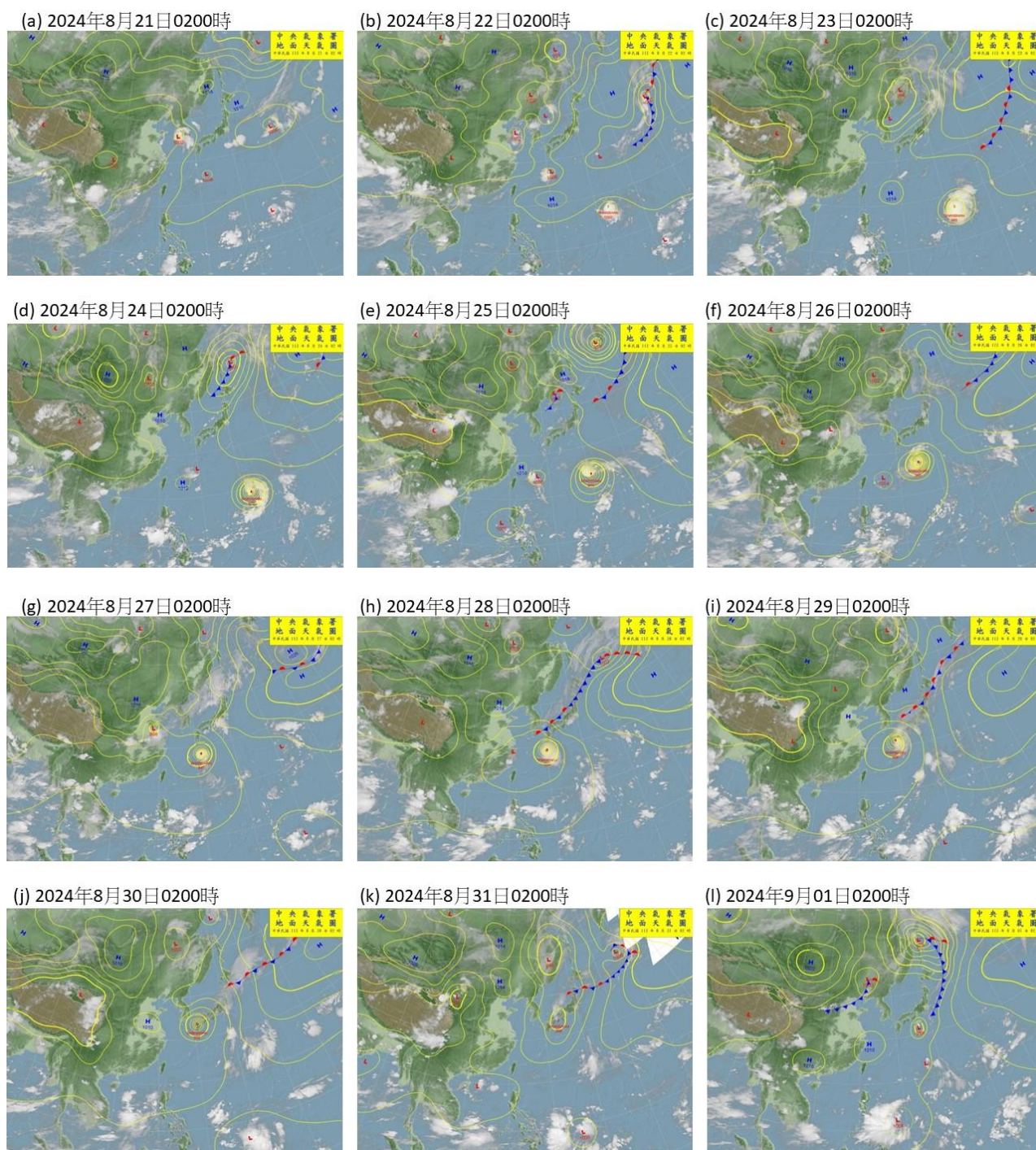


圖 1 中央氣象署每日 0200 時地面天氣圖，自 2024 年 8 月 21 日至 9 月 1 日每 24 小時一張。淡綠色實線表等壓線，疊加紅外線氣象衛星雲圖（白色）。摘自中央氣象署。

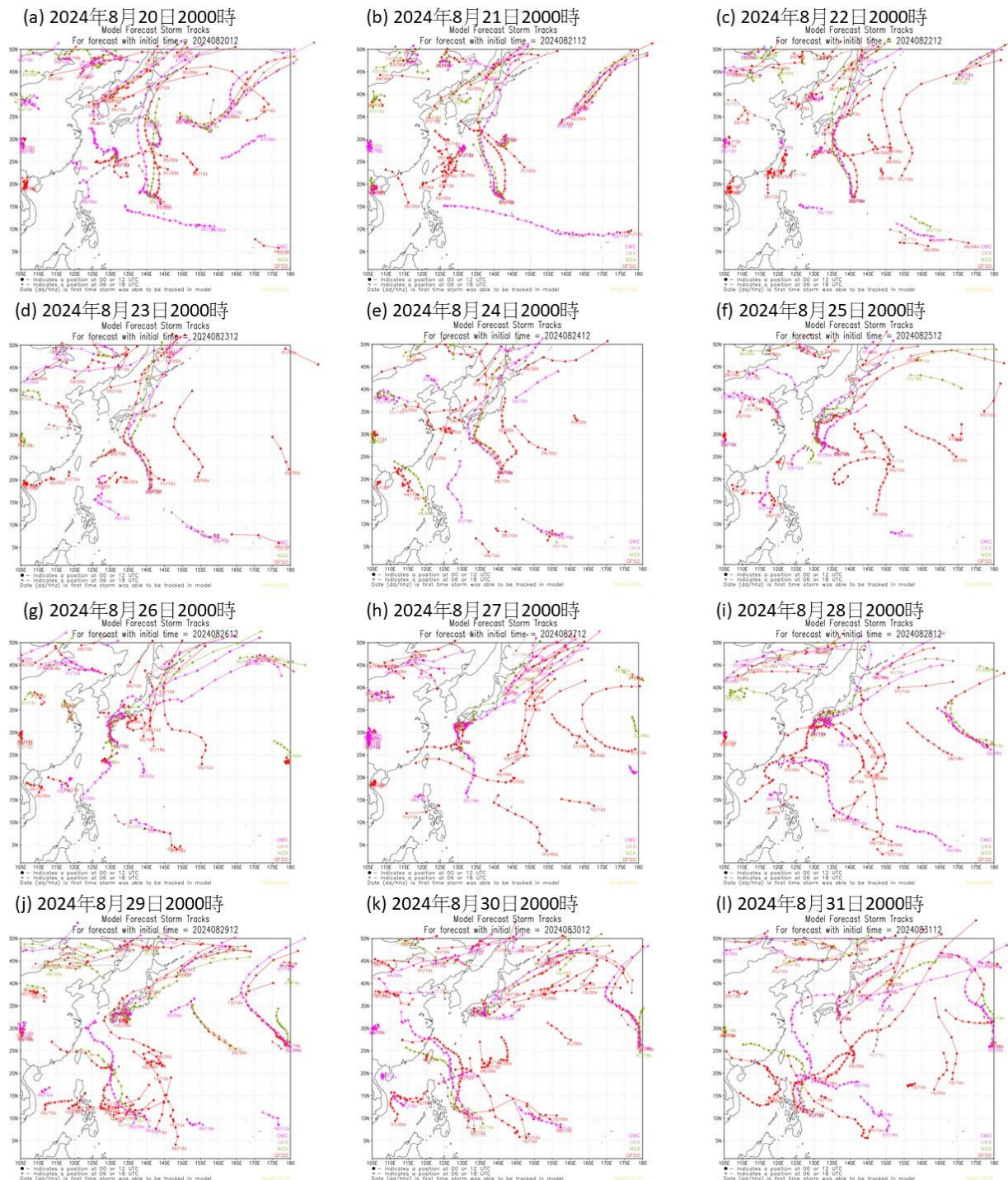


圖 2 美國 NOAA 每日 2000 時初始模式預報氣旋生成路徑軌跡圖，自 2024 年 8 月 20 日至 8 月 31 日每 24 小時一張。紅色線為美國全球預報系統(GFSO)，淺綠色線為美國海軍預報模式(NGX)，粉紅色線為英國氣象局預報模式(UKX)，洋紅色線為加拿大氣象中心預報模式(CMC)。摘自美國 NOAA。

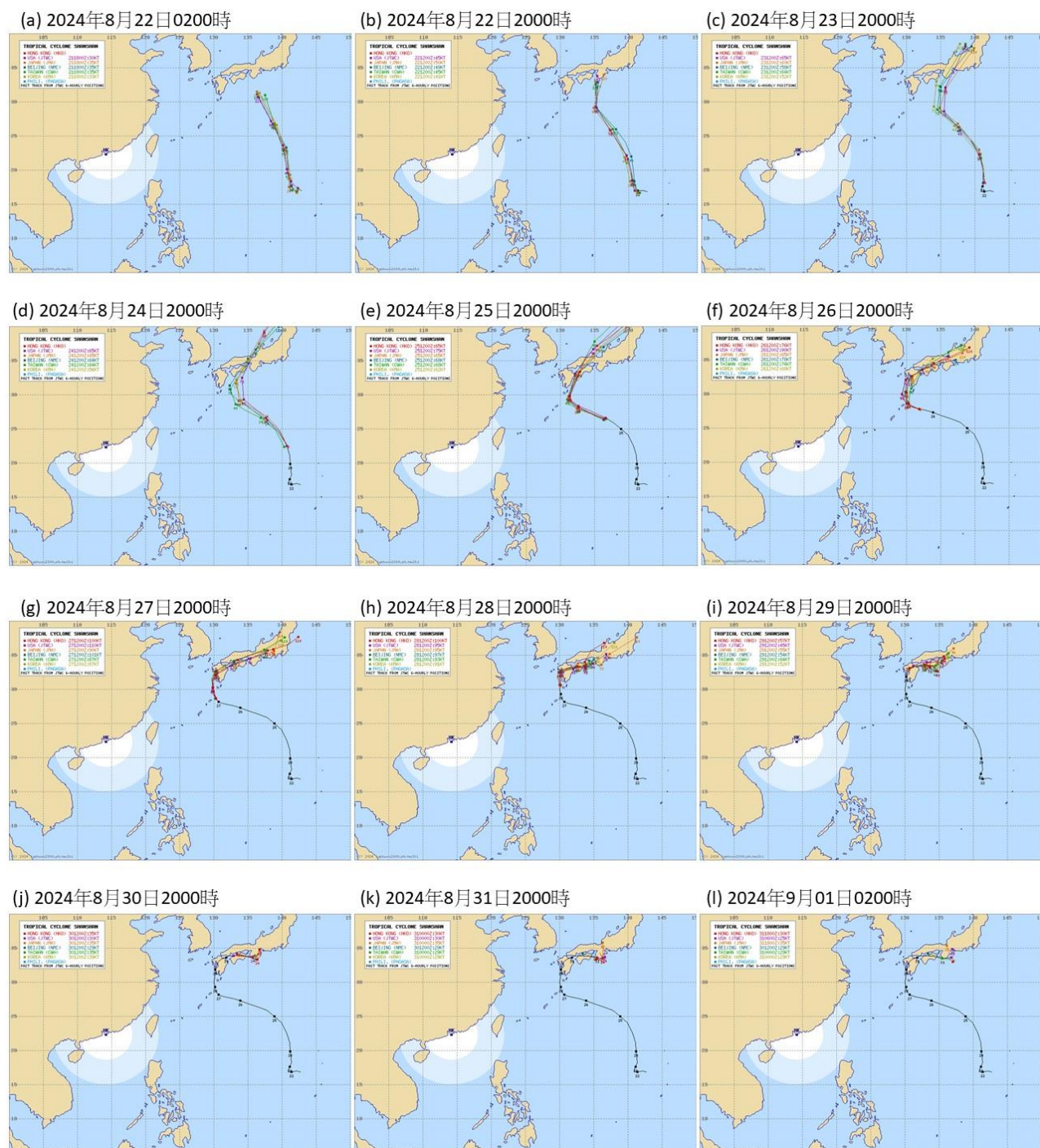


圖 3 全球颱風作業中心颱風路徑預報整合圖。(a)2024 年 8 月 22 日 0200 時珊珊颱風生成第一次報告，自 2024 年 8 月 22 日 2000 時至 8 月 31 日 2000 時每 24 小時一張(b 至 k)。其中(l)為 2024 年 9 月 1 日 0200 時最後一次報告。黑線實線表最佳路徑(best track)，紅色線為香港天文臺(HKO)，紫色線為美國颱風聯合警報作業中心(JTWC)，紅色線為日本氣象廳(JMA)，深綠色為中國中央氣象台(NMC)，淡綠色為中央氣象署(CWA)，橄欖色為韓國氣象廳，天藍色為菲律賓大氣、地球物理與天文服務管理局(PAGASA)。摘自 typhoon2000。

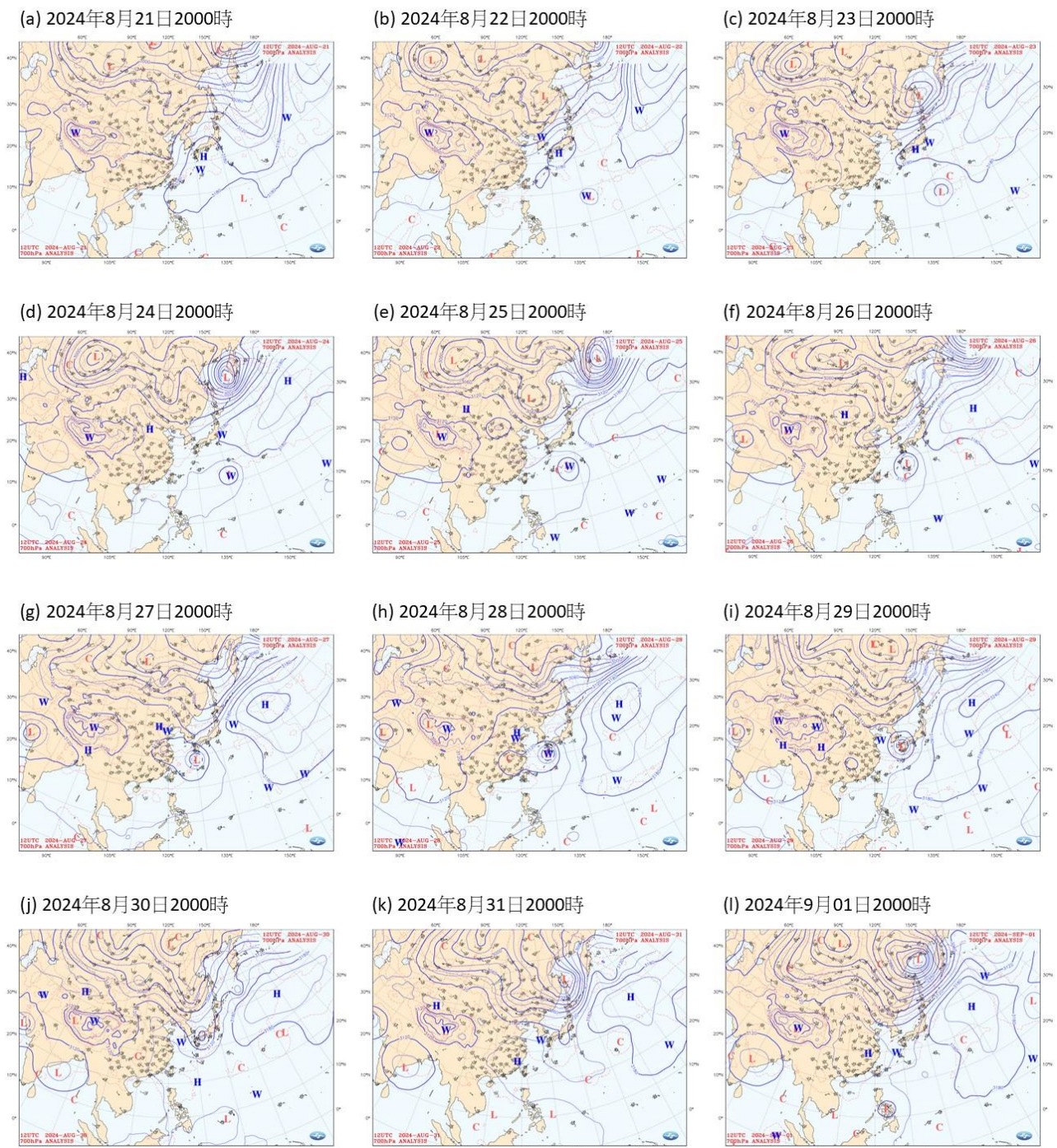


圖 4 中央氣象署每日 2000 時 700 hPa 高空天氣分析圖，自 2024 年 8 月 21 日至 9 月 1 日每 24 小時一張(a 至 l)。藍色實線表等高度線，紅色虛線表等溫度線。摘自中央氣象署。

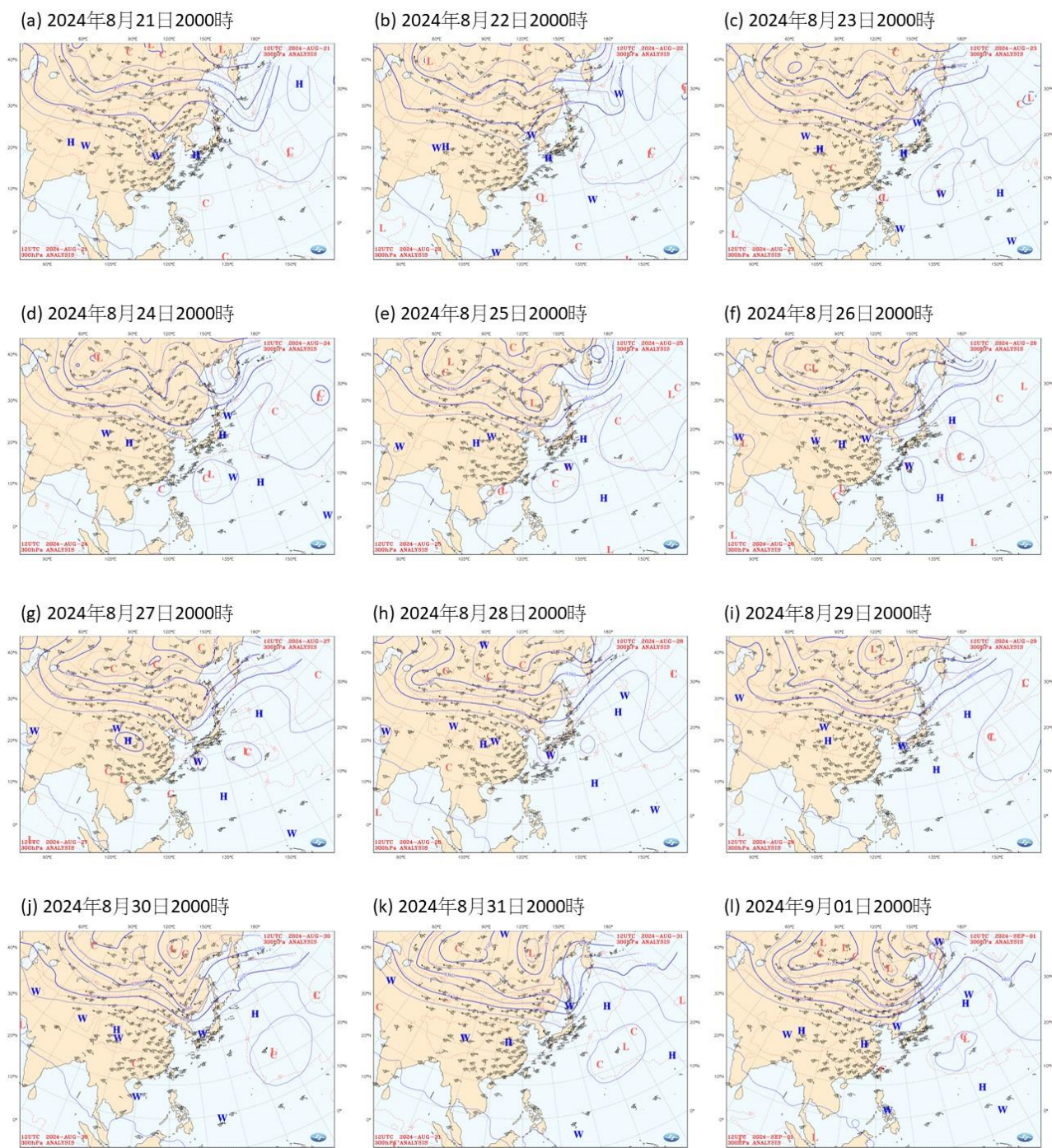


圖 5 中央氣象署每日 2000 時 300 hPa 高空天氣分析圖，自 2024 年 8 月 21 日至 9 月 1 日每 24 小時一張(a 至 l)。藍色實線表等高度線，紅色虛線表等溫度線。摘自中央氣象署官網。