

2018年7月24日高雄對流個案分析

宋偉國¹、陳益盛²

¹空軍航空技術學院

²空軍氣象聯隊

摘 要

本文選取2018年7月24日西南氣流伴隨午後雷雨個案分析雷雨發生的條件，結果顯示綜觀環流微弱西南氣流，跨赤道低層噴流有波動現象並往西傳遞，造成南海與西太平洋25N以南有顯著對流雲系，但臺灣缺乏強西南氣流效應下，高雄地區僅在上午海陸交界及下午高雄山區發生顯著降水。本研究模擬該個案，能成功模擬出高雄對流系統。高雄對流系統於早上係透過海陸風交接過渡期，陸風尚未消失，而海風剛剛興起，造成海陸交界處有對流發生。下午透過地形舉升效應，配合邊界層高度發展，提供熱力條件與地形效應下，產生午後雷雨的發展。雷雨發展生命期僅三小時，此係因缺乏有力之綜觀環境如顯著西南氣流等環境因素，僅靠午後對流效應激發對流系統，故其生命期相當有限。

本研究能成功模擬出雷雨發生時間、地點，且模式模擬24小時僅約在個人型電腦上運算3小時即完成，此顯示模式可提前18小時模擬出雷雨現象，對於雷雨發生的預報提供發展之潛力。

關鍵字：對流系統、低層噴流、邊界層

壹、前言

雷暴伴隨嚴重的積冰、亂流、閃電和冰雹，以及颶線，對飛航構成相當大的威脅，Ashley(2016)指出1982-2013年美國致命飛航事件中，有35%歸因於氣象因素，造成美國每年近百件飛安事故。影響飛安氣象因素包含溫度、濕度、氣壓、亂流、對流天氣、風、積冰、能見度、降雨(Ismail et al.,2019;Fultz & Ashley,2016)，其中雷暴雖然只有2.7%，但雷暴發生前後的風切、亂流各佔57%、5.2%，合計65%。另外，雷暴常發生於山區附近，山區劇烈天候變化產生的飛安案例相當高(Baker & Lamb, 1989;Black & Mote, 2015; Grabowski et al., 2002; Kearney & Li, 2000; Unga, 1995)，臺灣中央山脈佔全島1/3，山脈造成的複雜氣流，往往利於雷暴發展，雷暴與山脈影響下，對飛安影響更顯著。雷暴形成與大尺度環境、邊界層條件、局部環流有密切關係，臺灣雷暴概分為三類(1)梅雨伴隨雷暴，發生於5-6月(2)西南氣流伴隨雷暴，發生在7-9月，與季風槽關係密切(3)午後雷暴豪雨，發生於6-9月。對於臺灣雷暴系統發生的條件，已有許多研究文獻發表(Akaeda et al. 1995; Chen et al. 1999; Chen and Chen 2003; Huang et al.,2014;Huang and Chen 2015;Johnson and Bresch 1991; Jou 1994; Lin et al. 2011; Xu et al. 2012; Ruppert Jr. et al. 2013)，本研究將應用數值模式WRF做個案模擬，探討環境熱力與風切因子對雷暴發生的相關性研究。

貳、資料處理簡介

本研究所使用的數值模式為美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research, 簡稱NCAR)、美國國家大氣海洋總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, 簡稱NOAA)所共同發展的新一代中尺度數值模式，簡稱WRF(Weather Research and Forecasting Model)。WRF模式是一種可用來進行高解析度模擬的數值模式，同時，也是一個可以做各種不同廣泛應用的數值模式，例如：作業單位天氣預報、區域氣候模擬、特殊天氣個案模擬等。數值天氣預報系統即根據大氣物理動力學及熱力學的原理來預測大氣中的變化狀況，以全球之地面、高空及海洋等氣象觀測資料及初始格點猜測值為輸入資料，利用超級電腦進行大氣分子運動之時空積分，以推算出天氣系統的未來演變。模式初始時間夏季個案為2018年7月21日與7月24日，初始條件與邊界條件資料採用NCEP 每1度水平解析度資料。模式採用水平網格二層，水平解析度第一層90x90網格點、水平解析度9km、第二層73x73網格點、3km解析度，垂直層28層。邊界層採用YSU模擬邊界層高度。

參、個案分析

2018年7月24日臺灣處於弱綜觀西南氣流環境(圖1)，太平洋高壓勢力微弱，臺灣南側海上則有低壓系統發展對流雲系，在25N以南從中國大陸華南沿海至太平洋均有顯著對流雲系，甚至發展為颱風，顯然南海一帶氣

流相當不穩定。此時40E-140E於15-25N強風速帶有出現波動現象(圖2)，來自跨赤道索馬利亞低層強風區往西移動，分別在60E,90E,110E,130E有四個強風區，這些強西南風區提供南海與太平洋對流發展條件。然而，這些強西南風往西移動而非北移，因此對臺灣對流的發展並無顯著影響。

透過綜觀環境分析，顯示缺乏顯著西南氣流情形下，臺灣降水分布將屬於局部性質。雷達回波顯示，2018年7月24日0800-1000LST高雄海陸交界附近對流系統逐漸發展起來(圖3a,3b)，1200LST對流系統逐漸往外海移動並減弱(圖3c)。1400LST則對流在高雄山區顯著發展(圖3d)。7月24日1400LST除了南臺灣有顯著對流發展外，嘉義與北臺灣亦出現顯著對流系統，顯示此時臺灣環境處於不穩定狀態，一旦有適合中尺度機制如地形、海風、熱對流等情況發生時，即有顯著對流系統發生。另外，透過雷達回波顯示0800-1000LST的高雄海岸對流系統應該與海陸風交替時期產生的輻合過程有關，清晨陸風往海上移動，等到日出後，陸風勢力漸漸消散，此時海風開始發展起來，此種海陸風消長時機約為早上0800LST左右，當減弱中的陸風從高雄內陸項海上移動時，遇到海上開始發展的海風產生輻合區，同時因著15-20N附近有顯著大尺度低壓槽伴隨對流雲系，此時海陸風交替階段提供了海岸附近輻合區，導致海岸附近於0800LST開始對流發展。之後太陽持續增溫陸地，陸風消失，在僅依靠海

風環流與南側低壓槽條件影響下，仍不足以激發顯著對流系統，使得1000LST以後對流迅速消散。然而到了1400LST，高雄、嘉義、桃園竹苗山區附近都有顯著對流系統發生，此對流明顯為午後熱對流系統。宋與朱(2014)分析2013年7月9日午後雷雨個案，亦顯示該日午後臺南以南地區於發生對流系統，之後對流胞往海邊移動，屏東午後亦產生顯著對流系統，該個案主要是伴隨顯著西南氣流，帶來旺盛水氣，地面持續增溫，邊界層發展至1200公尺以上，熱對流與西南氣流往內陸舉升過程，產生對流系統。黃昏以後邊界層高度迅速下降，失去地面輻合機制後，對流系統迅速消散。而本個案則缺乏顯著西南氣流，對流發展比較與熱對流及地形舉升過程有關。

分析2018年7月24日高雄站當日逐時降水與溫度場(圖4)，顯示高雄站在上午7-8時、10-11時有顯著降水(圖4a)，溫度約在30°C附近，地面溫度並無顯著日夜變化，清晨即已近30°C。發生降水時，溫度略微下降，此為降水蒸發冷卻所致。但降水過後地面溫度又回升30°C左右，然而到下午並未有顯著對流發生，高雄亦未再降雨，雖然海風帶來水氣到高雄，但水氣並未影響太陽日照增溫效應，高雄地區地面溫度在午後仍有上升，唯仍未導致午後熱對流現象，此須模式模擬，透過高解析環流與邊界層結構進一步分析高雄熱力性質。

除了高雄站上午的降水外，下午高雄山區雷達回波顯示有強對流，本研究選取甲仙

測站作為山區測站代表，甲仙2018年7月24日地面觀測資料顯示(圖4b)，在0800LST以後溫度持續上升，到1200LST溫度達最高值32.4°C，唯該站與高雄站比較，甲仙早上0800LST以前的溫度在25°C以下，與高雄站30°C差距很大，由於甲仙早上溫度過低，因此風向偏東北風，且在山區，缺乏海陸交界提供的輻合效應，因此未如高雄地面發展出對流系統。24日1400LST甲仙出現13.5mm雨量，1500LST降下16mm雨量，1600LST降雨迅速減小到1mm，顯示山區降雨為典型午後雷雨系統。分析高雄與甲仙風場，白天均為西南風(圖5)，二者風速也都在3m/s以下，顯示西南氣流微弱，但早上陸風與海風交會時，仍會利於對流發展(圖6)。

模式模擬2018年7月24日每三小時降雨量顯示(圖7)，1400LST與1600LST高雄伴隨西南風，並有顯著降雨發生，水平風場顯示早上高雄外海0800LST有西南風，高雄內陸則為東北風，風速在4m/s以下，此與觀測結果一致。高雄內陸陸風與海上西南風交界處形成氣流輻合，此時高雄已有對流系統發生，顯示海風與陸風提供氣流輻合，使高雄對流系統發展。1400-1600LST此時高雄風場伴隨西南風。模式模擬0800LST高雄市區邊界層高度約400多公尺，高雄山區邊界層高度則在400公尺以下，顯示高雄市區上午對流的發展，除了風場提供輻合外，邊界層亦提供流發展的機會。1400LST時，高雄市區與山區附近邊界層高度均發展至800公尺以上，顯示透過西

南風與熱對流過程，配合地形效應，使高雄山區對流持續發展起來。

肆、結論

本文選取2018年7月24日西南氣流伴隨午後雷雨個案分析雷雨發生的條件，結果顯示綜觀環流微弱西南氣流，跨赤道低層噴流有波動現象並往西傳遞，造成南海與西太平洋25N以南有顯著對流雲系，但臺灣缺乏強西南氣流效應下，高雄地區僅在上午海陸交界及下午高雄山區發生顯著降水。本研究模擬該個案，能成功模擬出高雄對流系統。高雄對流系統於早上係透過海陸風交接過渡期，陸風尚未消失，而海風剛剛興起，造成海陸交界處有對流發生。下午透過地形舉升效應，配合邊界層高度發展，提供熱力條件與地形效應下，產生午後雷雨的發展。雷雨發展生命期僅三小時，此係因缺乏有力之綜觀環境如顯著西南氣流等環境因素，僅靠午後對流效應激發對流系統，故其生命期相當有限。

本研究能成功模擬出雷雨發生時間、地點，且模式模擬24小時僅約在個人型電腦上運算3小時即完成，此顯示模式可提前18小時模擬出雷雨現象，對於雷雨發生的預報提供發展之潛力。

伍、參考文獻

宋偉國與朱宗良，2014：臺灣南部地區午後對流系統個案研究，中央氣象局天氣分析預報研討會。

Akaeda, K., J. Reisner, and D. Parsons, 1995:

- The role of mesoscale and topographically induced circulations initiating a flash flood observed during the TAMEX project. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 1720-1739.
- Ashley, W. S., Strader, S., Dziubla, D. C., & Haberlie, A. (2015). Driving blind: Weather-related vision hazards and fatal motor vehicle crashes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, 755–778.
- Baker, S. P., & Lamb, M. W. (1989). Hazards of mountain flying: Crashes in the Colorado rockies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66, 522–527.
- Black, A. W., & Mote, T. L. (2015). Characteristics of winter-precipitation-related transportation fatalities in the United States. *Weather, Climate, and Society*, 7, 133–145. doi:10.1175/WCAS-D-14-00011.1
- Chen, C.-S. and Y.-L. Chen, 2003: The rainfall characteristics of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 1323–1341.
- Chen, T. C., M. C. Yen, J. C. Hsieh, and R. W. Arritt, 1999: Diurnal and seasonal variations of the rainfall measured by the automatic rainfall and meteorological telemetry system in Taiwan. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 80, 2299-2312.
- Grabowski, J. G., Curriero, F. C., Baker, S. P., & Li, G. (2002). Exploratory spatial analysis of pilot fatality rates in general aviation crashes using geographic information systems. *American Journal of Epidemiology*, 155, 398–405.
- ISMAIL GULTEPE, R. SHARMAN, PAUL D. WILLIAMS, BINBIN ZHOU, G. ELLROD, P. MINNIS, S. TRIER, S. GRIFFIN, SEONG. S. YUM, B. GHARABAGHI, W. FELTZ, M. TEMIMI, ZHAOXIA PU, L. N. STORER, P. KNERINGER, M. J. WESTON, HUI-YA CHUANG, L. THOBOIS, A. P. DIMRI, S. J. DIETZ, GUTEMBERG B. FRANC, A. M. V. ALMEIDA, and F. L. ALBQUERQUE NETO · 2019 : A Review of High Impact Weather for Aviation *Meteorology Pure and Applied Geophysics* 176(5):1869 – 1921 ·
- Johnson, R. H., and J. F. Bresch, 1991: Diagnosed Characteristics of Precipitation Systems over Taiwan during the May–June 1987 TAMEX. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 2540-2557. Jou, B. J.-D., 1994: Mountain-originated mesoscale precipitation system in northern Taiwan: A case study 21 June 1991. *TAO*, 5, 169-197.
- Kearney, P. J., & Li, G. (2000). Geographic variations in crash risk of general aviation and air taxis. *Aviation, Space, and*

Environmental Medicine, 71, 19–21.

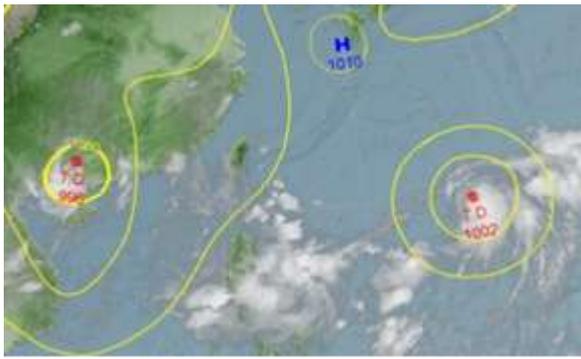
Lin, P. F., P. L. Chang, B. J.-D. Jou, J. Wilson, and R. Roberts, 2012: Objective prediction of warm season afternoon thunderstorm in northern Taiwan using a fuzzy logic approach. *Wea. Forecasting*, 27, 1178-1197.

Ruppert Jr. J. H., R. H. Johnson, and A. K.

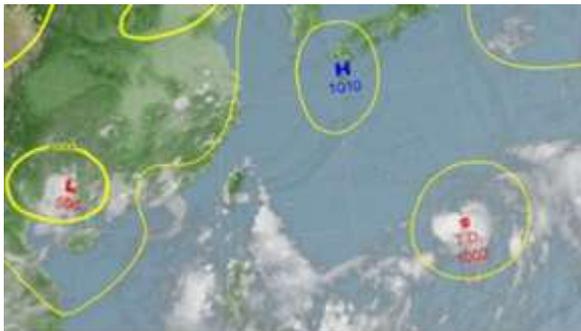
Rowe, 2013: Diurnal circulations and rainfall in Taiwan during SoWMEX/TiMREX (2008). *Mon. Wea. Rev.*, 141, 3851-3872.

Ungs, T. J. (1995). Explanatory factors for the geographic distribution of US civil aviation mortality. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 66, 522–527.

Xu, W., E. J. Zipser, Y. L. Chen, C. Liu, Y. C. Liou, W. C. Lee, B. J.-D. Jou, 2012: An orography-associated extreme rainfall event during TiMREX: Initiation, storm evolution, and maintenance. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 2555-2574.



(a)

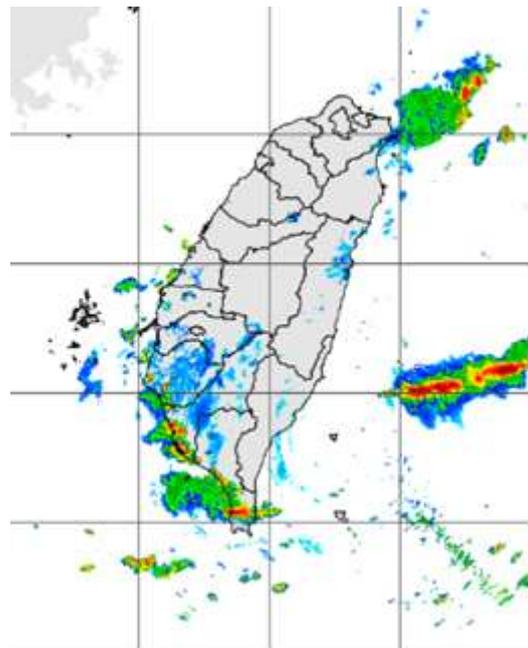


(b)

圖1 2018年7月24日(a)0800LST(b)1400LST
地面天氣圖伴隨衛星雲圖



(a)



(b)

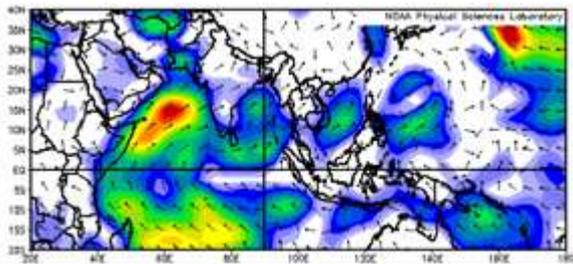
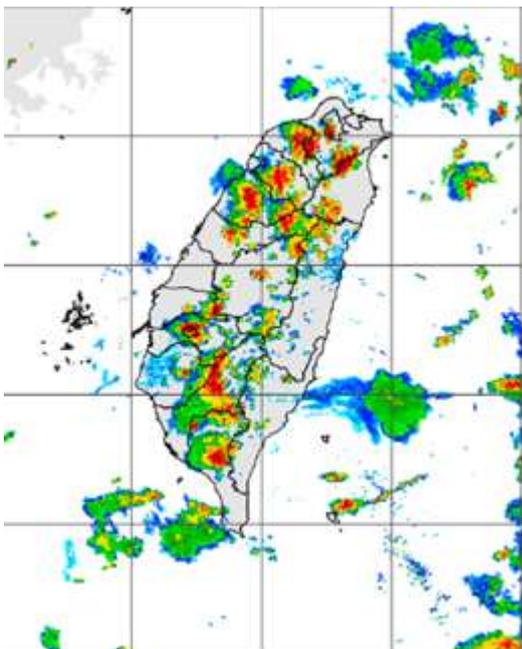


圖2 2018年7月24日1000hPa風場

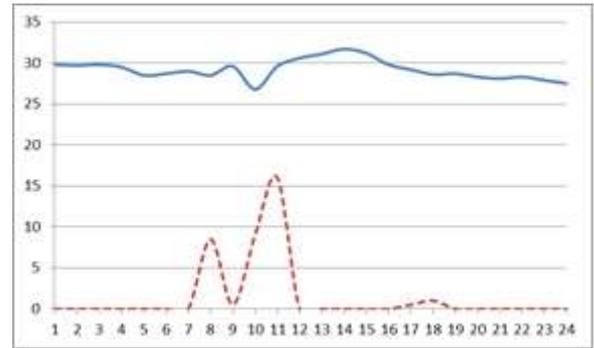


(c)

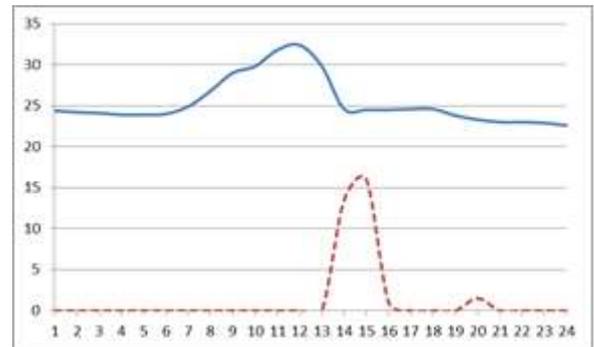


(d)

圖3 2018年7月24日(a)0800LST(b)1000LST
(c)1200LST(d)1400LST每2小時雷達回
波圖

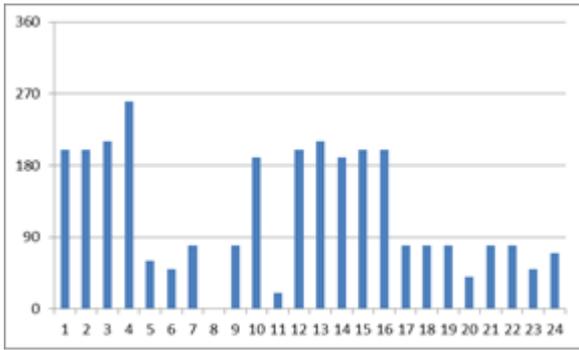


(a)

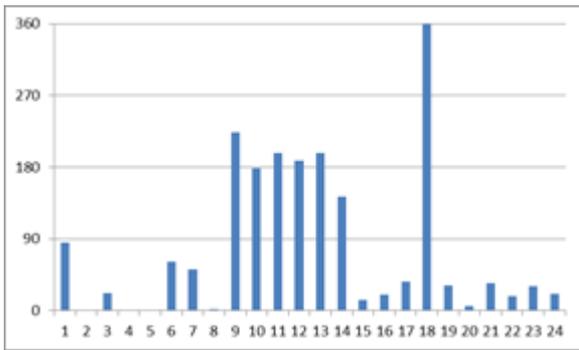


(b)

圖4 2018年7月24日(a)高雄(b)甲仙地面溫
度(實線)與降雨(虛線)逐時觀測資料



(a)



(b)

圖5 2018年7月24日(a)高雄(b)甲仙地面風向逐時觀測資料

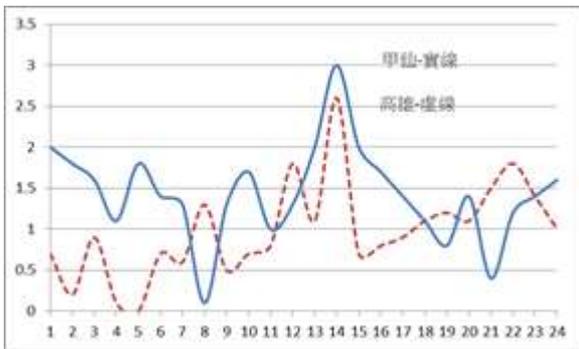
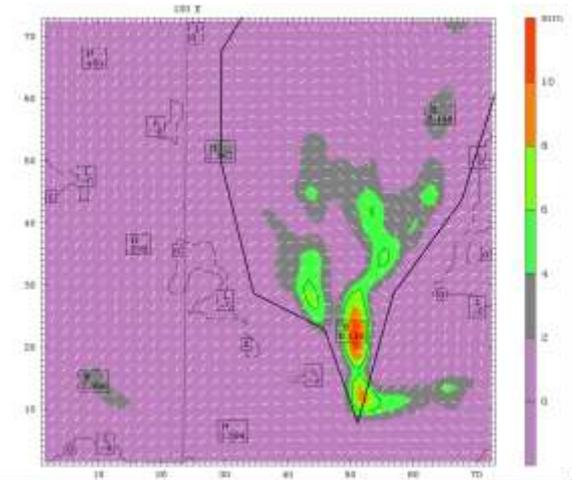
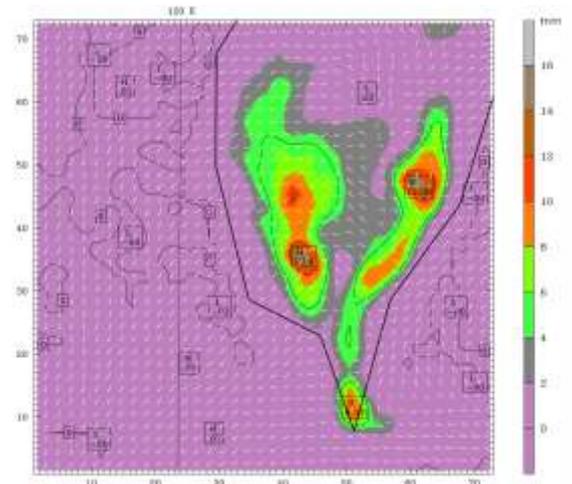


圖6 2018年7月24日高雄與甲仙地面風速逐時觀測資料

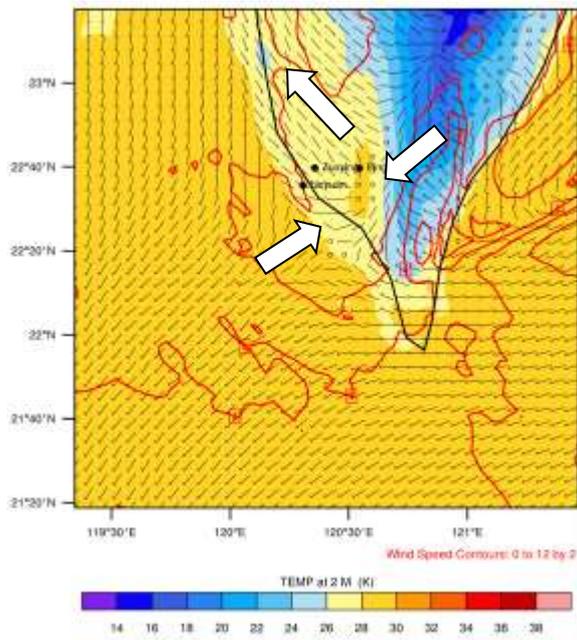


(a)

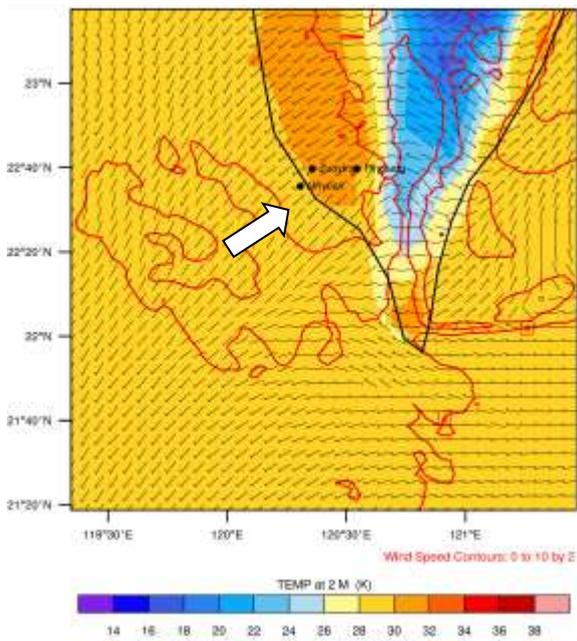


(b)

圖7 2018年7月24日(a)1400LST(b)1600LST每三小時累積降雨量

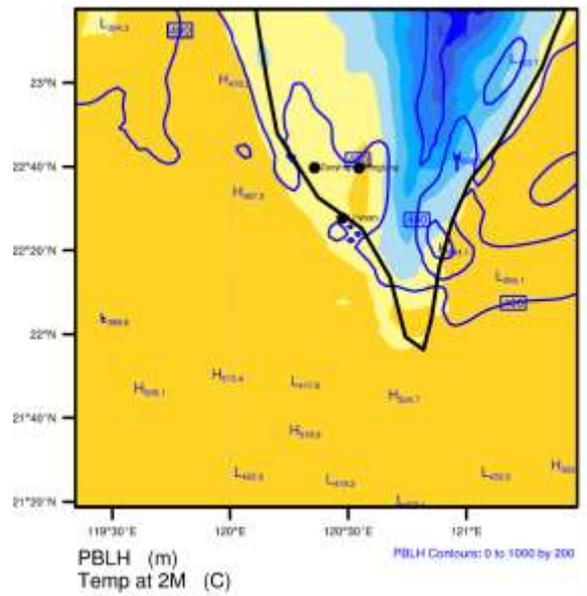


(a)

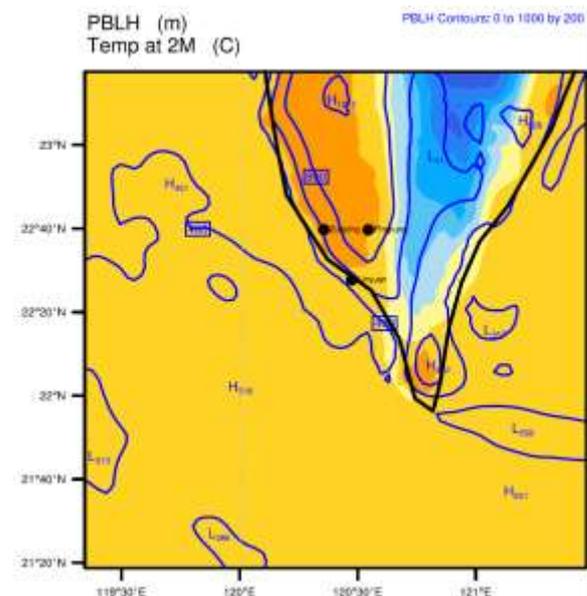


(b)

圖8 2018年7月24日(a)0800LST(b) 1400LST地面風速與溫度模擬



(a)



(b)

圖9 2018年7月24日(a)0800LST(b) 1400LST邊界層高度