

台灣南部地區午後對流系統個案模擬之研究

¹宋偉國、²朱宗良

¹Soong Wei-Kuo、²Zhu Zong-Liang

¹空軍航空技術學院

²空軍氣象聯隊

¹Airforce Institute of Technology

²Air Force meteorological United

摘要

本文分析2013年7月9日午後雷雨個案研究，以NCEP網格點資料分析7月8-9日綜觀天氣系統，並以WRF模式模擬台灣南部地區2013年7月9日午後對流系統，透過3x3公里高解析度分析對流發展機制。該個案顯示7月8日華南沿海有顯著西南氣流，此時台灣嘉義、台中有顯著降水。7月9日0000UTC太平洋高壓略為減弱，台灣西南外海水氣豐富，並伴隨顯著對流可用位能，此時台灣伴隨微弱東南風。台南以南地區於中午發生對流系統，之後對流胞往海邊移動，屏東午後亦產生顯著對流系統，WRF模式模擬該區近地層於下午二點伴隨顯著西南氣流，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。對流發展後，伴隨顯著位渦度，顯示對流潛熱釋放回饋到環境大氣，對流發展後，近地面氣流轉為東北風，利於對流往海邊移動，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。

關鍵字：對流系統、對流可用位能、位渦度、邊界層

Abstract

We use WRF model to simulate the convective systems afternoon on southern Taiwan during 2013 July 9th. The NCEP grid data is showed that there are significant southwesterly on southeastern China, the central Taiwan associated significant rainfall at 2013 July 8th. At July 9th 0000 UTC, the Pacific Ocean High Pressure system is weak, the ocean at Taiwan southwest side associated much moisture and convective available potential energy(cape), which is favor to form convective system. There are convective systems is occurred on southern Taiwan and those convective systems are moving to west side. Ping-Tung is occurred convective system at 1400LST, this area associated southwesterly and much moisture. Because the solar radiation is increased surface temperature, the height of planet boundary layer(PBL) is developed highly. That will be favored the convective system. Also, the southwesterly reaches inner land to form convergence that maintains mesoscale convective system(MCS). The latent heating by MCS is feedback to environment and induces high potential vorticity. After sunset, the PBL is weak and MCS is disappeared soon.

Key word; Gconvective system, cape, potential vorticity, PBL

壹、前言

2013年7月8日台灣南部並無顯著對流系統，9日台灣南部台南、屏東午後對流系統旺盛，並且降下冰雹，本文針對2013年7月9日在台南地區發生午後雷雨個案模擬分析，探討綜觀天氣系統與中尺度過程對對流發生的機制。本個案綜觀天氣分析請參閱宋與朱[1]，模擬初步結果請參閱宋與朱[2]，本文透過模式模擬結果，探討邊界層發展及位渦度分析多重天氣系統交互作用(宋等[3]、[4]、[5])。

貳、資料處理簡介

本文探討台南地區對流發展過程，在資料處理方面，觀測資料除延續宋與朱[1]氣象局、空軍氣象聯隊地面資料與高空資料，分析綜觀環境，引用環保署台南地面站資料，分析台灣南部海陸風環流分布，並引用NCEP資料分析綜觀天氣系統特性。

本研究引用中尺度模式WRF3.4版，模擬對流個案，模式初始時間為2013年7月9日0000UTC，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)，模擬中尺度過程對午後雷雨發展機制。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、綜觀環境分析

2013年7月8日0000UTC 850hPa天氣圖顯示(圖1a)，台灣為太平洋高壓所籠罩，35N、120E附近(中國山東)存在低壓帶，此低壓與太平洋高壓間形成顯著西南氣流，蘇力颱風距離台灣約1500公里，對台灣尚未影響。7月9日0000UTC 850hPa天氣圖顯示(圖1b)，副熱帶太平洋高壓勢力減弱東退，台灣處於微

弱東南風，此時大陸東南沿海、南海伴隨顯著的對流可用位能(convective available potential energy; cape)(圖2a, b)，顯示綜觀環境主要有利於海上對流系統的發展，對照宋與朱[2]分析衛星雲圖結果，亦顯示7月9日0800L台灣南部外海於菲律賓及太平洋地區有大範圍對流系統(圖3a)，顯示台灣南側水氣豐富，此時台灣本島並無對流系統。對照雷達回波(圖3b)，亦顯示台灣南部外海有對流系統。宋與朱[2]分析天氣一覽圖，顯示7月9日1200LST高雄1200L先出現雷雨，之後1300L屏南、屏北與岡山也出現雷雨，這些測站均出現西南風，而後1400L於台南、嘉義地區出現對流系統，風向為西北風，岡山、台南、嘉義機場伴隨雷雨，持續至1800L才逐漸減弱。此段期間台灣西部內陸也都出現降雨，臺南機場當日累積雨量集中在此四小時期間，累積雨量為53mm，對照7月8日與10日，台中、嘉義8日顯著降水(表1)，9日則台南至屏東顯著降水，顯示從8日至9日雨帶往南移動。台南7月9日午後雷雨發生(表2)過程除了大尺度環境在台灣附近提供水氣外，雷雨的激發可能與海風有關。宋與朱[1]分析台南地面溫度與風場，1100-1200LST達到最高溫，之後逐步降溫，早上至中午1200LST以前均為東北風，1300LST開始轉為西北風，而1400LST為雷雨發生開始，海風對於對流系統應有密切關係。

肆、個案模擬分析

宋與朱[2]用WRF模擬第二層水平網格解析度9x9公里，7月9日1100LST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。1400LST則對流系統往北發展，亦與觀測結果一致。本文則進一步分析更高解度之3x3公里對流演變，分析對流與邊界層、環流關係。

對流系統從1100L開始發展(圖4)，並且隨時間往西岸移動，本研究取跨越對流系統之東西向垂直結構(圖5)，可以明顯看到對流1300LST持續西移(圖5a)，1400L發展強盛(圖5b)，1500L則已逐漸減弱中(圖5c)。從位渦度分佈而言，對流發展與位渦度發展一致(圖6)，1400LST於對流區附近伴隨強位渦區(圖

6b),顯示對流潛熱釋放過程產生局部顯著渦度。

另外,宋與朱[2]分析WRF模擬屏東探空資料, 1100LST的LCL為869hPa, LFC為796hPa,本研究以WRF模式模擬屏東1400LST之LCL為898hPa(圖7a),與觀測結果接近。LFC為884hPa,模式模擬至1500L則LCL與LFC分別為914hPa、847hPa(圖7b),此時風場亦由1400LST的西南風轉為1500LST的東北風。透過WRF模擬邊界層PBL高度演變,顯示1200L至1300L於屏東之PBL高度達到1200公尺以上(圖8),邊界層的發展係透過熱對流過程,熱對流的舉升,加上環境西南風的往內陸產生輻合,使對流產生並持續維持其強度,而對流發展後,風場轉為東北風,與其西側環境風場產生局部輻合,使對流往海邊移動。1500L則PBL高度已低於1200公尺,對流缺乏足夠外力舉升而逐漸消散。

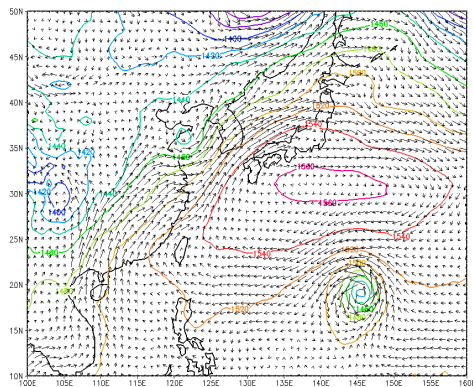


圖1a 2013年7月8日0000UTC 850hPa高度場

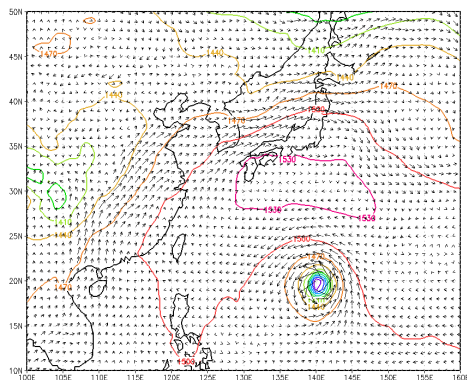


圖1b 2013年7月9日0000UTC 850hPa高度場

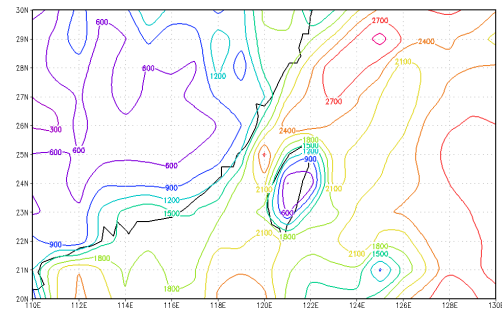


圖2a 2013年7月8日0000UTC cape能量分佈

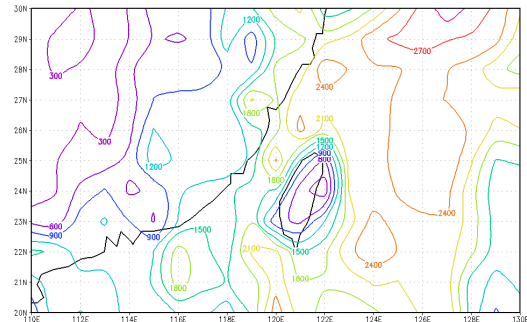


圖 2b

2013年7月9日0000UTC cape能量分佈

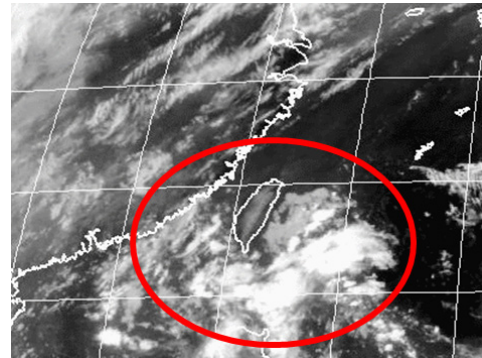


圖3a 2013年7月9日0800LST衛星雲圖

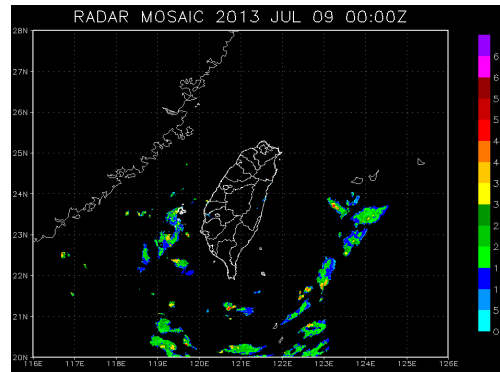


圖3b 2013年7月9日0800LST雷達回波

表1 屏東至台北8-10日日雨量(mm)(資料引自氣象局局屬觀測站)

測站	屏東	高雄	台南	嘉義	台中	新竹	台北
8日	0	0	0	16.5	20.3	0	8
9日	10	24	38	1.5	9.5	0.7	0
10日	0.5	0	0.4	2	0	0.4	0

表2 台南7月8-10日逐時雨量分布(NR即表示無降水)(資料引自環保署地面測站)

監測年月: 2013/07, 測站: 台南, 測項: RAINFALL (mm)

日期	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
07/08	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
07/09	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	13	36	1.2	1.2	2	NR	NR	NR	NR	NR	NR
07/10	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	6	2	NR	NR	NR	NR

Dataset: 709 3 RFP: 709-9k Init: 0000 UTC Tue 09 Jul 13
Post: 3.00 h Valid: 0600 UTC Tue 09 Jul 13 (2100 MDT Mon 08 Jul 13)
Reflectivity at k-index = 27
Horizontal wind vectors at k-index = 27

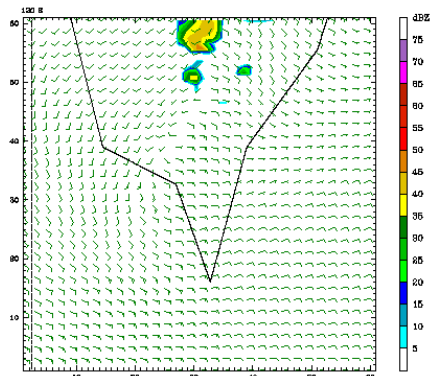


圖4a WRF模擬2013年7月9日1100LST對流系統分布

Dataset: 709 3 RFP: 709-9k Init: 0000 UTC Tue 09 Jul 13
Post: 6.00 h Valid: 0600 UTC Tue 09 Jul 13 (0000 MDT Tue 09 Jul 13)
Reflectivity at k-index = 27
Horizontal wind vectors at k-index = 27

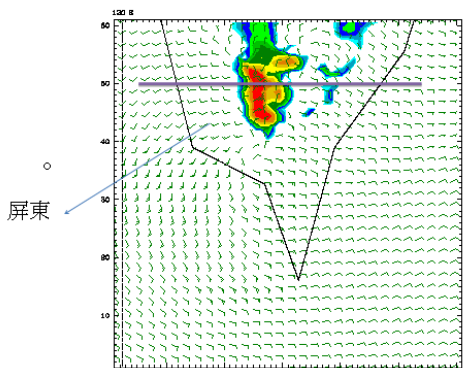


圖4b WRF模擬2013年7月9日1400LST對流系統分布

Dataset: 709 3 RFP: 709-9k Init: 0000 UTC Tue 09 Jul 13
Post: 6.00 h Valid: 0600 UTC Tue 09 Jul 13 (2300 MDT Mon 08 Jul 13)
Rain water mixing ratio XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0
Circulation vectors XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0

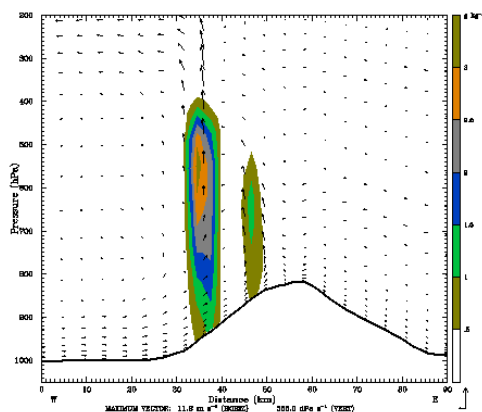


圖5a WRF模擬2013年7月9日1300LST雨滴混合比垂直分布

Dataset: 709 3 RFP: 709-9k Init: 0000 UTC Tue 09 Jul 13
Post: 6.00 h Valid: 0600 UTC Tue 09 Jul 13 (0000 MDT Tue 09 Jul 13)
Rain water mixing ratio XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0
Circulation vectors XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0

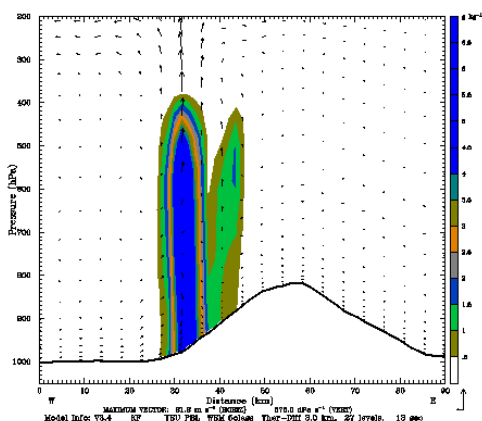


圖5b WRF模擬2013年7月9日1400LST雨滴混合比垂直分布

Dataset: 709 3 RFP: 709-9k Init: 0000 UTC Tue 09 Jul 13
Post: 7.00 h Valid: 0700 UTC Tue 09 Jul 13 (0100 MDT Tue 09 Jul 13)
Rain water mixing ratio XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0
Circulation vectors XY= 15.0, 50.0 to 45.0, 50.0

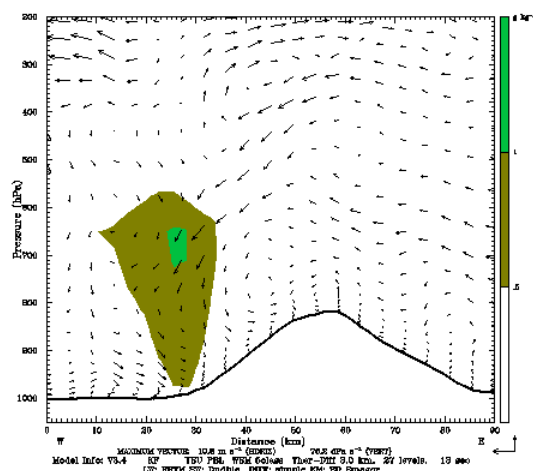


圖5c WRF模擬2013年7月9日1500LST雨滴混合比垂直分布

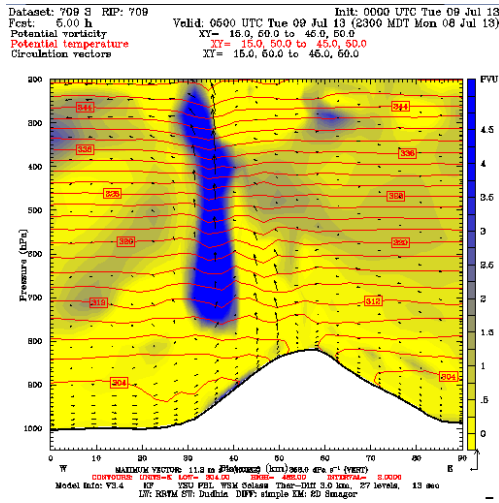


圖 6a WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1300LST 位
渦度與位溫垂直分布

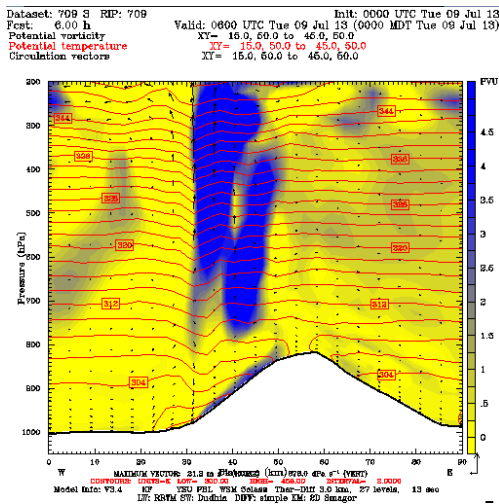


圖 6b WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1400LST 位
渦度與位溫垂直分布

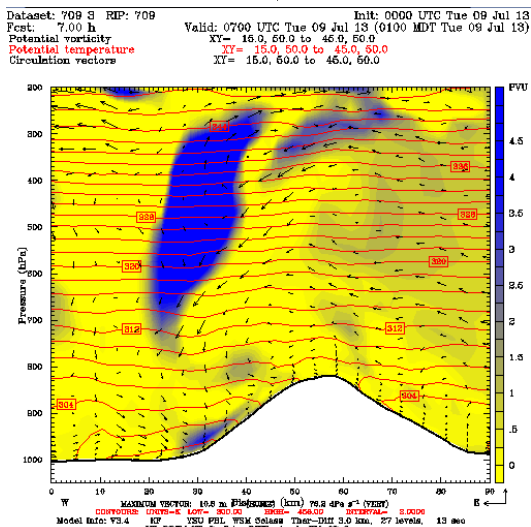


圖 6c WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1500LST 位
渦度與位溫垂直分布

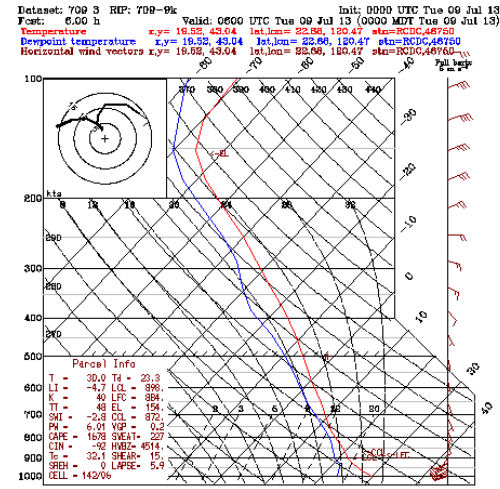


圖 7a WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1400LST 屏
東探空分布(對流移近)

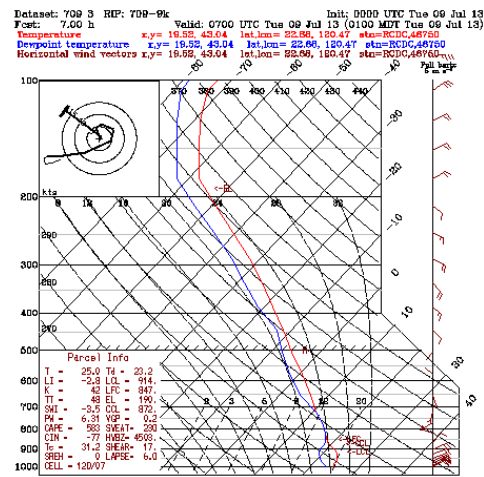


圖 7b WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1500LST 屏
東探空分布(對流出現)

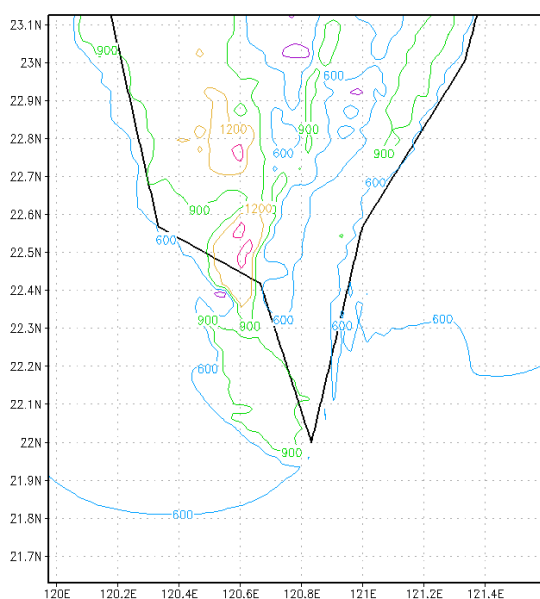


圖 8a WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1200LST 邊界層高度分布

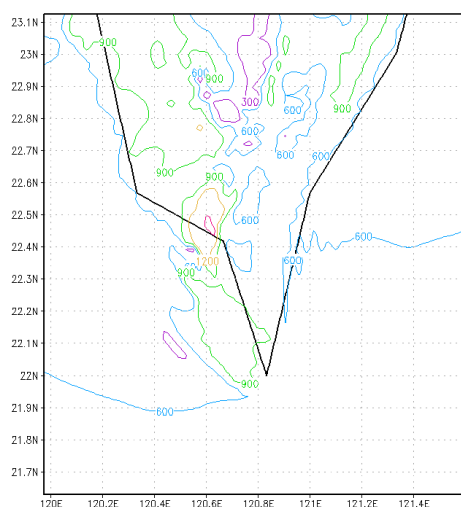


圖 8b WRF 模擬 2013 年 7 月 9 日 1300LST 邊界層高度分布

伍、結論

本文延續宋與朱[1][2]分析2013年7月9日午後雷雨個案研究，以NCEP網格點資料分析7月8-9日綜觀天氣系統，並以WRF模式模擬台灣南部地區2013年7月9日午後對流系統，

透過3x3公里高解析度分析對流發展機制。該個案綜觀環境顯示7月9日太平洋高壓略為減弱，台灣西南外海水氣豐富，台南以南地區於中午發生對流系統，之後對流胞往海邊移動，屏東也在午後發展強對流，該區近地層伴隨顯著西南氣流，帶來旺盛水氣，使對流凝結層與自由對流層高度由2000多公尺下降至1000多公尺，配合地面持續增溫，邊界層發展至1200公尺以上，於山區舉升高度至1000多公尺後，產生對流系統，對流雲並透過自由舉升過程發展為深對流系統，而對流發展後，伴隨顯著位渦度，旋轉氣流造成對流能量能被侷限於該區，有機會形成對流自我發展過程，但下午1500LST以後地面溫度迅速下降，風向轉為東北風，失去地面輻合機制後，對流系統迅速消散。

參考文獻

- [1]宋偉國、朱宗良：台南地區午後對流系統個案研究，第四屆航空科技與飛航安全學術研討會，p74，2014。
- [2]宋偉國、朱宗良：台灣南部地區午後對流系統個案研究，104氣象預報分析研討會，p2-18，2014。
- [3]宋偉國、巫美儀、李精進、陳益盛、陳建達：南部地區地形與邊界層結構對局部環流結構之模擬，第八屆全國大氣科學學術研討會論文彙編，桃園，57-64，2004。
- [4]宋偉國、馬屏龍、羅國誠、周文信、顏富山、郭政泰、馮信瑋：南部區域天候模擬分析，空軍航空技術學院學報，第四卷，第一期，157-165，2005。
- [5]宋偉國、張凱軍、張鈺雪：高屏地區局部環流之數值模擬研究，第七屆全國大氣科學研討會論文彙編，國立台灣大學，92-97頁，2001。