

# 109年11月21日宜蘭地區降雨模擬分析

侯昭平

柯允斌

曹仕傑

陳智羿

國防大學理工學院環境資訊及工程學系

## 摘要

在109年11月19日至23日，臺灣地區受到鋒面接近以及東北季風影響下，宜蘭地區分別在11月21日及23日產生了強降雨（超過200 mm）的現象，但21及23日在東北季風的強度有顯著的差異。21日東北季風較弱，除了迎風面的降雨外，當東北季風進入蘭陽平原後，受磨擦力及口袋狀的地形影響而改變了風向，在平原上產生了繞流，繞流的風場與地形的交互作用下在平原南側的山區形成了風切帶，進而產生了大量的降雨。後續使用WRF模式模擬宜蘭地區的降雨及風切的變化，在11月21日受東北季風影響，蘭陽平原三角形地形在東北季風環境下，模擬之地面風場及回波圖顯示11月20日2000 L宜蘭地區出現地面輻合帶，並持續至11月21日 2000 L，而這些地面輻合帶間接造成了局部地區的降水。

關鍵字：東北季風、強降雨、WRF

## 一、前言

根據102年至109年的中央氣象局氣候年報資料顯示，在過去8年的降雨天數，宜蘭蘇澳鎮下雨天數平均為204.3天，約等於每3天中就有2天下雨，已經超過了基隆的197.8天，且中央氣象局資料顯示，近10年的蘇澳測站雨量，僅低於阿里山、大屯山鞍部測站，是平地測站中降雨量最高的測站，由於宜蘭地區在秋冬之際受到東北季風的影響下，豐富的水氣隨著氣流在地形抬升的影響下容易成雲致雨，當系統影響的時間夠長，就容易產生強降雨，造成局部地區的淹水。

因此，本研究除了利用NCAR發展的新一代中尺度數值天氣預報模式－WRF(Weather Research and Forecast model)，並使用Mellor-Yamada-Janjic(Eta) TKE scheme 邊界層參數化(bl\_pbl\_physics)與WSM6-class graupel scheme微物理參數(mp\_physics)進行109年11月21日的模擬，更結合2020年宜蘭劇烈降雨觀測實驗(Yilan Experiment for Severe Rainfall, YESRain)所蒐集到的資料進行綜合性的分析，期瞭解當日在宜蘭地區造成強降水的原因。

## 二、綜觀天氣分析

本篇研究個案發生於109年11月21日，根據中央氣象局的綜觀天氣圖(圖 1)顯示，當天受「東北季風」影響，分裂高壓中心位於朝鮮半島，1017 hPa的等壓線向南伸展至臺灣上空。相較23日，21日的冷高壓中心不僅較弱，東北季風的風速也較小。

而21日中央氣象局的紅外線衛星雲圖及雷達回波圖(圖 2)顯示，在宜蘭外海有明顯的對流發展，搭配蘇澳測站00 UTC時的斜溫圖(圖 3a)測得風速為15-25 KT，在700 hPa 至地面的溫度及露點相當接近，相對濕度明顯偏高。地面累積雨量圖(圖 3b)顯示當日降雨集中在東北部地區，分別在東澳嶺及蘇澳測站有達到234 mm及204 mm降雨量(圖 4)，達到豪雨等級。

## 三、資料來源與模式設定

### (一)資料來源

#### 1.YESRain觀測資料

YESRain期間不僅高密度分布且密集性的在宜蘭地區安排探空氣球的施放，更架設3台剖風儀於蘭陽平原上空，藉以瞭解東北季風進入蘭陽平原的風向及大氣變化(圖 5)。其中，更利用中央大學所發展的「三維風場反演技術(Wind Synthesis Using Doppler Measurement, WISSDOM)」建構出大範圍高解析度的風場。

#### 2.NCEP-FNL 全球分析場資料

本研究初始場使用美國環境預報中心提供的NCEP 全球模式分析場 FNL，資料水平空間解析度為  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ，時間解析度為每6小時1筆資料，作為模式初始資料場，模擬積分時間為2020年11月20日0000 UTC至11月24日0000 UTC，每6小時一筆資料，資料筆數總共為17筆。

### (二)模式設定

兩層巢狀網格間距為6 km及2 km，各網格的垂直層數為41層，WRF模式使用WRFV4.1.2版本，以每小時輸出一筆資料的時間解析度來實施計算；模擬設定中，使用了WSM6-class graupel scheme，此雲微物理參數法包含了水氣、雲水、雲冰、軟雹、雪、雨水等六種水象粒子及其各自的物理過程(表 1)。

## 四、分析結果與討論

### (一)觀測資料分析

為瞭解東北季風在蘭陽平原的風場變化，將11月21日00Z的探空氣球從地面(Surface, 以下簡稱SFC)到高度1 km的高空軌跡及剖風儀資料做比對。

從11月21日00Z的探空資料分析發現，僅有蘇澳氣象站從SFC至300 m會受到西北風影響，其他站的探空資料在上升的過程中皆受到北北東至東北風影響(圖 6)。

從21日三個地點的00至24 LST剖風儀資料分析(圖 7)，SFC至200 m風速為5-15 KT，風向為北北東至東北風，而200至800 m為15-20 KT的東北風，800至1200 m轉為15-10 KT的東風。而在強降雨時段，SFC至500 m的風場均保持在北北東至東北東風，顯示21日的風場在遇到山地後，在底層無產生反向的回流，且21日東北風的風速較弱、厚度較薄，高度最高只有到800-1000 m。

為瞭解降雨回波與風場的關係，透過WISSDOM的1.0 km雷達回波疊加地面測站的風場(圖 8)。在蘭陽平原南側的山區及蘇澳沿海，受水氣移入影響，有較大回波值；而地面測站顯示東北風進入平原後，沿著口袋地形產生繞流，最後在蘇澳轉西北風流出，但高度1 km的風場在宜蘭外海卻是吹東風，進到平原分流成東南風及東北風。顯示21日的SFC東北風進入平原內是沿著地形產生繞流，附近並無明顯的SFC風場輻合帶，而降雨回波則是受到1 km的風場影響而移入平原南側的山區。

### (二)模式模擬分析

從模擬結果發現，宜蘭地區在東北季風影響下，地面的風場為東北風，風速約5-10 KT，將模擬當日累積雨量與個案期間的降雨資料作比對，模式顯示在蘭陽平原的位置上以及沿海地區，其降雨分布有接近的結果，但在強度上有偏強的現象(圖 9)。

11月21日0200 LST 時的雷達回波，在平原的南側已出現西北風的情況，並發展出對流回波，由風向分布位置可推斷，此階段的地面風場是受到南方山脈阻擋的影響之下產生回流，而回波主要是受地形阻擋在迎風面有較大的回波值。

在0400 LST 時，東北風風速增強至10-15 kt，在風速增加的情況下，繞流出海的西北風亦增強，於0800 LST與東北季風在蘇澳附近輻合所誘發的強對流系統，強度可達40 dBz 以上，導致在蘇澳以及東澳嶺測站產生強烈的降雨。

在 21 日 1500 LST 時，東北風風速逐漸減弱至 5-10 kt，輻合帶上的對流回波亦開始逐漸減弱，而此輻合帶持續至2100 LST 後消散，對流回波亦有減弱情況。

由於宜蘭地區略呈三角形，在宜蘭的北、西、南三面為雪山山脈和中央山脈，僅東面面向太平洋，在三面環山的環境下，當受到東-東北向的風來襲時，氣流除了容易在地形上抬升形成對流降雨，也可能在地形上產生繞流，與原本來向的風形成輻合帶並產生對流降雨。

過去日本研究學者樺澤實先生，在1950年日本氣象廳的刊物「氣象廳研究時報」中提到，透過地面測站的觀測資料及垂直風測風觀測所得的風場資料，推測宜蘭地區在東北季風的環境下，中低層的氣流受到西南方山脈的阻擋下，在底層產生迴流並形成西風，而此迴流與低層的東北風產生輻合效應，透過WISSDOM雷達回波疊加地面測站的風場可發現，在宜蘭地區的出現的逆時針繞流強度增強時，集中在沿海蘇澳的降雨回波也逐漸增強。

將模式模擬結果與實際觀測的資料分析後，大概可以知道宜蘭地區在冬季的降雨系統生成和發展狀況，而造成宜蘭地區降雨的因素為東北風在特殊地形交互作用之下，產生迴流現象的西風，與流經海面的東北風產生輻合帶產生的降雨，此現象是相當重要的。

## 五、結論

由以上的天氣分析與模擬後得知，當蘭陽平原三角形地形受較弱的東北季風影響下，除了迎風面的山區有較大雨勢以外，當地形影響下產生底層西風繞流，與東北風輻合時，亦會在沿海發展出的強對流降雨，造成蘇澳測站出現明顯的雨勢。。

因此本研究透過WRF 4.1.2的模擬與觀測資料交互分析建立了宜蘭的降雨概念模式(圖 10)。

(一)1200至850 m：較弱的東北風與東部外海的南風在宜蘭外海處產生輻合，形成中尺度低壓，使宜蘭外海1 km高的風場為東北至東南風，並挾帶水氣向平原內輸送，並在迎風面的蘇澳及山區產生降雨較大值。

(二)800至200 m：當東北風進入到平原時，風向受到地形磨擦力影響而產生的轉向，但由於風速較弱，風場遇到地形並沒有產生明顯的向下沉降或是反向的迴流，而是挾帶著水氣沿著山地向上集

中。

(三)200 m至SFC：因800-200 m的風場遇到地形並沒有產生明顯的向下沉降或是反向的迴流，因此地面風場亦無吹西風或是南風等反向風。而平原內的多仍維持的微弱東北風，但在靠近山區的風場因地形阻擋而分成兩個支流，一部分轉為東風將水氣往山谷內集中，另一部分則轉為西北風朝蘇澳流出。

## 六、參考文獻

樺澤實，1950：第 2 種地形性降雨の實例について，氣象庁研究時報，第二卷，第三號，p65-69。

中央氣象局，2013-2020：102 年至 109 年氣候年報(中文)。

表 1 WRF 模式設定資料

版本	WRF 4.1.2	
資料來源	NCEP FNL(0.25°*0.25°) 每6小時一筆	
模擬時間	202011200000 UTC~ 202011240000 UTC(96 hr)	
WRF Domain	D1	D2
水平解析度	6 km x 6 km	2 km x 2 km
地形解析度	1 m	30 s
網格數	100 x 103	172 x 199
微物理參數 (mp_physics)	WSM 6-class graupel	
長波輻射參數 (ra_lw_physics)	RRTM	
短波輻射參數 (ra_sw_physics)	Goddard short wave	
邊界參數 (bl_pbl_physics)	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE	
eta層(e_vert)	41	

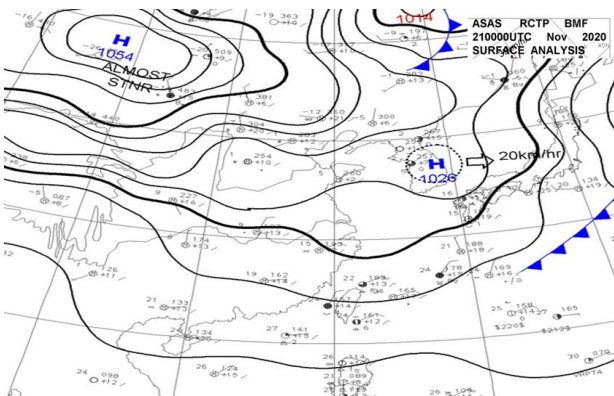


圖 1 11月21日00 UTC地面天氣分析圖。

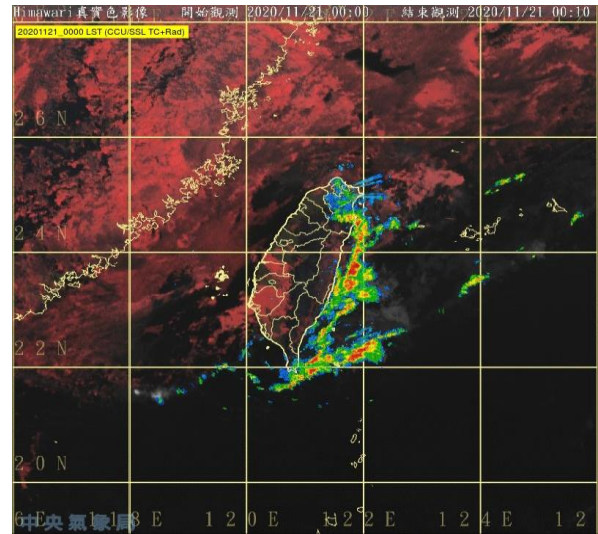


圖 2 11月21日00 LST衛星雲圖與雷達回波疊加圖。

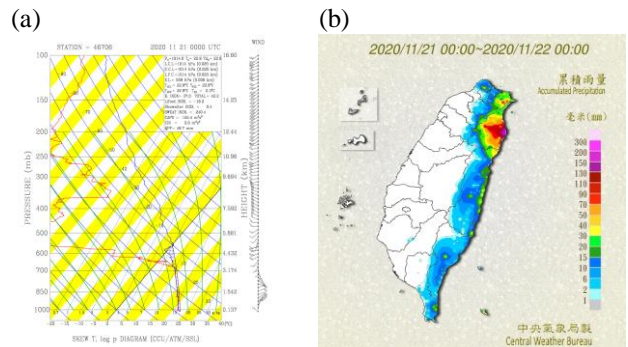


圖 3 11月21日中央氣象局圖資。其中(a)為蘇澳測站空斜溫圖；(b)為21日累積雨量圖(圖中顏色對應右方色階代表降水量)。

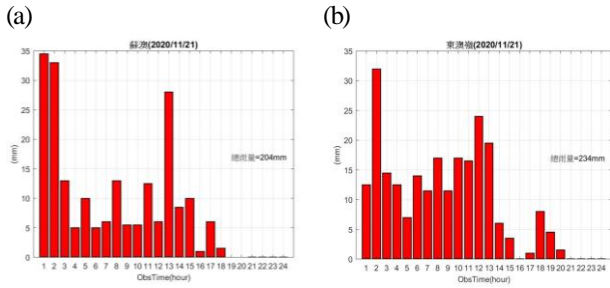
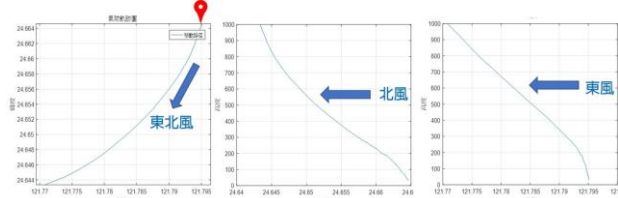


圖 4 蘇澳測站及東澳嶺測站11月21日累積雨量統計圖。其中(a)為蘇澳測站；(b)為東澳嶺測站。

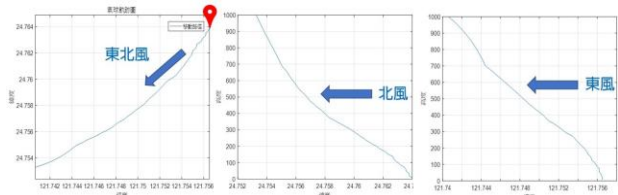


圖 5 YESRain 觀測儀器分布位置圖。

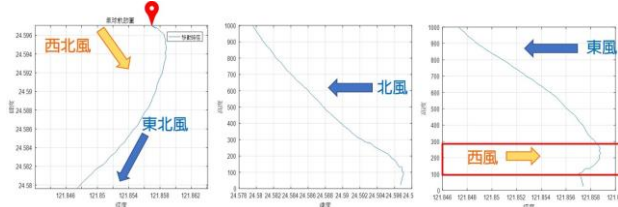
(a) 武淵國小站



(b) 宜蘭氣象站



(c) 蘇澳氣象站



(d) 三星探空站

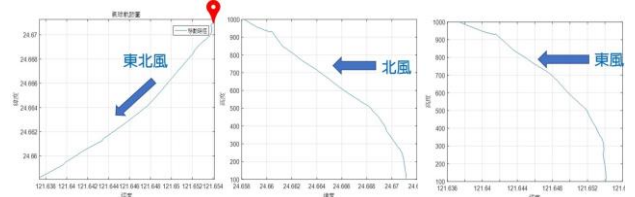
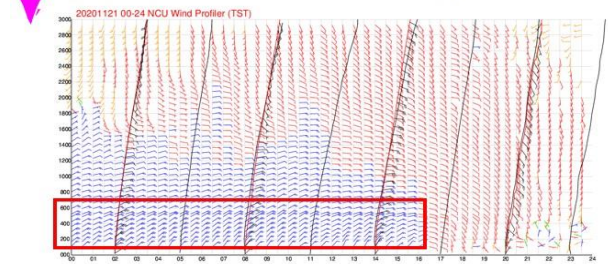


圖 6 探空資料11月21日00Z軌跡圖。左：水平軌跡。中：垂直及南北向軌跡。右：垂直及東西向軌跡。

壯園國中：24.748967, 121.788692 高度：41.1m



羅東高中：24.682, 121.762 高度：53.2m



三星國中：24.668, 121.653 高度：80.0m

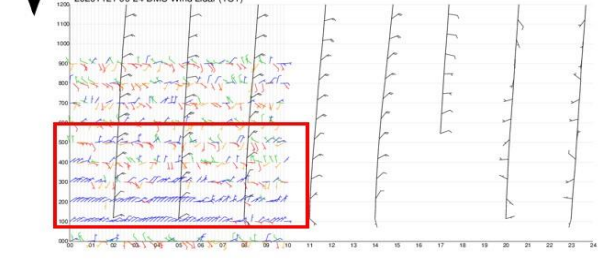


圖 7 11月21日00至24LST的剖風儀資料。圖中風標顏色代表風向，藍色為0-90°、紅色為91-180°、黃色為181-270°、綠色為271-360°。



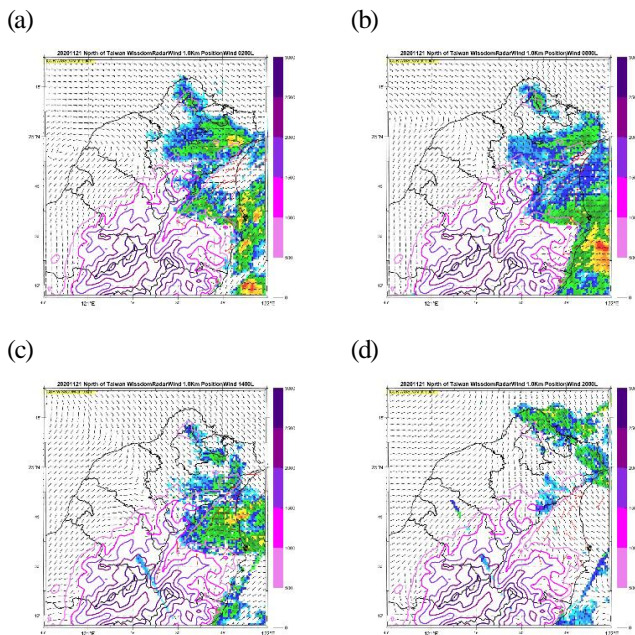


圖 8 11月21日0200 LST至2000 LST時1.0 km的WISDOM雷達回波疊加地面風場圖。其中黑色小風標為高度1.0 km風場；紅色風標為地面風場，單位 KT。等值線圖為地形高度，右方色階為地形高度，單位 m。其中(a)為0200 LST；(b)為0800 LST；(c)為1400 LST；(d)為2000 LST。

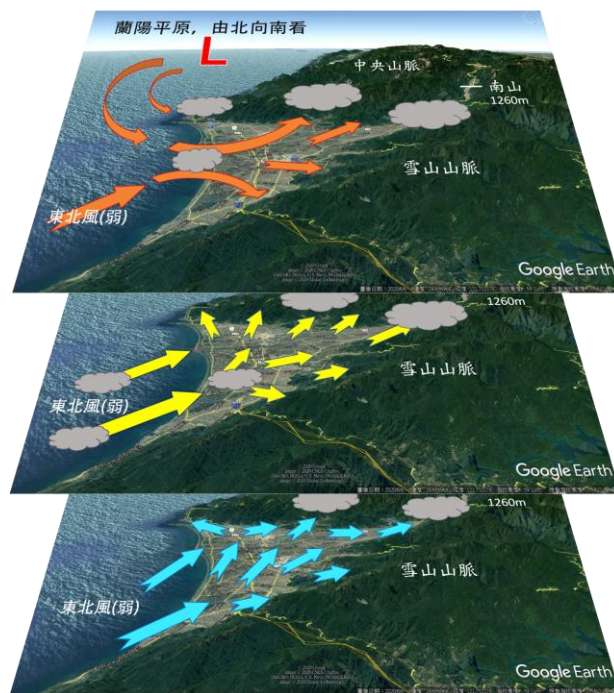


圖 10 宜蘭地區11月21日垂直風場變化示意圖。其中上：距地1200-850 m、中：距地800-200 m下：距地200 m-SFC。

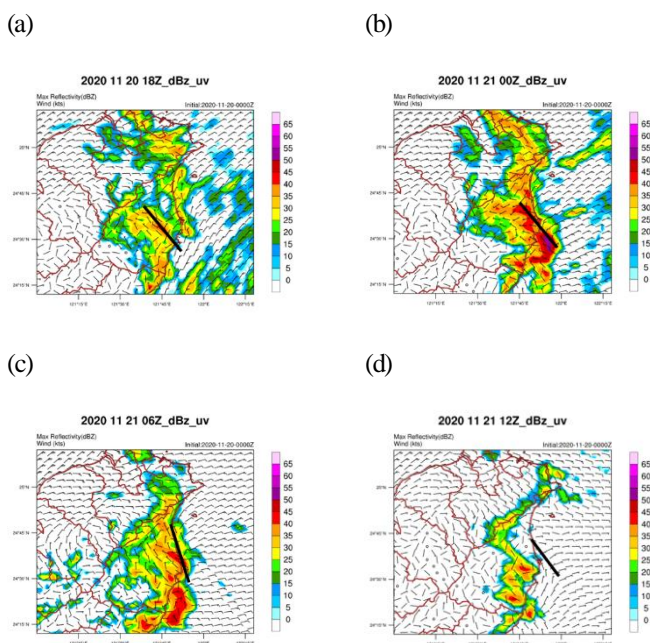


圖 9 WRF4.1.2 10m風與雷達回波合成圖。其中(a)至(d)時間同圖 8。