

臺灣地區颱風極端時降雨之特徵分析

王惠民¹ 葉天降²

中央氣象局

摘要

本文使用1998-2008年間，中央氣象局265個雨量自動觀測站和25個地面觀測站之時雨量資料及美軍聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center)6小時1次之颱風最佳路徑(best track)為分析資料。選取當颱風地面中心在東經118-126度、北緯19-28度範圍內，中央氣象局290個雨量觀測站之任一測站時雨量大於(含)15毫米時，同一時間所有測站之時雨量個案，利用百分排序法，取各測站百分排序前百分之一的最小時雨量值，作為各地颱風極端時降雨之門檻值。分析颱風極端時雨量發生地和颱風地面中心之相對位置與其頻率在不同時期於臺灣地區分布之特徵。

滿足前述時間與颱風所在位置條件之個案有1996筆，依前述極端時降雨門檻值之定義，即為1996筆時雨量由大而小排序後之最前面第20個個案之時雨量值。分析結果顯示，颱風極端時降雨約90%是發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內，其中5-6月極端時降雨發生的頻率遠低於7-10月。7-8月期間極端時降雨發生頻率較高的地區從中部日月潭山區向南延伸至高屏山區並包括嘉義、高雄及屏東地區，這種分布特徵可能與夏季西南季風有關。9-10月期間極端時降雨發生頻率較高的地區大都分布於新竹、花蓮以北，這種分布特徵可能與冬季東北季風有關。另外，7-10月各地發生極端時降雨後持續於未來1小時發生極端時降雨的機會偏高，但隨著時間增加，發生極端時降雨的機會明顯減低。

關鍵詞：颱風、門檻值、極端時降雨。

一、前言

臺灣位於環太平洋沿海，原本就容易受颱風侵襲，近年來如納莉、潭美、桃芝、敏督利、辛樂克、卡玫基、莫拉克等不同性質颱風都在各地形成罕見的災難性

降雨。因此，「極端氣候」、「極端天氣」、「極端降水」(盧等，2007)、(陳與盧，2007)等便成為近年研究分析最感興趣的議題。

關於極端事件的定義與研究，Manton et al.(2001)分析1961-1998年間東南亞及

南太平洋之極端日雨量及溫度時，曾用資料百分排序前百分之十的第1個百分位值作為極端雨量分級的門檻(閾)值，而Zhai et al. (2005) 則曾用前百分之五的第1個百分位值作為極端日降雨量分級的門檻值，分析中國1951-2000年間極端日降雨量及其頻率。陳等(2007)認為此法優點為簡單易懂，但不適用於作業性的氣候監測，因門檻值需逐年更新且數值對於資料長度相當敏感。

若純以資料之統計分析上之應用而不涉及極端事件重現周期(recurrence period)之機率問題或是氣候監測作業，百分排序法在對極端事件的定義上確實是簡單又容易理解。由於，百分排序法在資料統計分析上之應用不受資料長度的限制且已被廣泛的用於極端氣候事件之分辨(陳等，2007)。因此，本文遂用此法定義颱風極端時雨量並陸續針對其強度與發生地和颱風地面中心之相對位置與日夜頻率之差異及其頻率在不同時期於臺灣地區分布之特徵等做分析，以提供颱風防災作業觀念模式之參考。

二、資料及分析方法

本文使用1998-2008年間，中央氣象局265個雨量自動觀測站和25個地面觀測站(圖1)合計290處之時雨量資料，颱風個案之選取則為當颱風地面中心在東經118-126度、北緯19-28度範圍內。其中颱風地面中心係採用美軍聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center)6小時1次之颱風最佳路徑(best track)資料，並經簡

單之線性內插至每小時之颱風中心位置。圖2為依颱風地面中心第1次進入上述分析範圍的時間，分5-6月、7-8月及9-10月三個期間，所得颱風路徑圖，其中5-6月、7-8月及9-10月分別有7、27及21個颱風。



圖1. 中央氣象局25個地面觀測站(紅色點)與265個自動雨量觀測站(黑色點)位置分布圖。

Fig. 1. The distribution of the locations of 25 surface stations and 265 rain gauge stations of Central Weather Bureau.

對颱風極端時降雨門檻值之選取，係先將每一時間個案中，全部測站均為大雨以下的個案濾除。其作法為對某一時間

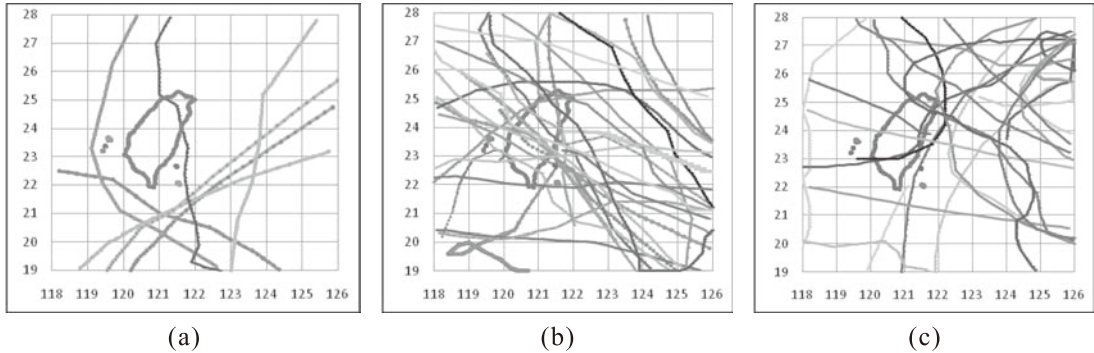


圖2. 1998-2008年間(a)5-6月、(b)7-8月及(c)9-10月，颱風地面中心在東經118-126度、北緯19-28度範圍內之最佳路徑圖。

Fig. 2. The best tracks when the surface centers of typhoons in the domain of 118-126 degrees of longitude and 19-28 degrees of latitude during the period of (a) May and Jun.,(b) Jul. and Aug.,(c) Sep. and Oct. during the period of 1998 through 2008.

290處之時雨量需至少有一處之時雨量大於(含)15毫米時，該個案才被選取。經由此篩檢之時雨量個案，總計有1996筆，含55個颱風。

依Manton et al.(2001)分析極端事件時，以百分排序選取之作法，分別分析各測站颱風時雨量百分排序後之前百分之一、五、十之最小時雨量值，最後取各測站百分排序前百分之一的最小時雨量值，作為本文颱風極端時雨量之門檻值。

而該站所有大於或等於此時雨量門檻值之個案都稱之為是該站之颱風極端時降雨個案。經此處理之後再對臺灣各地颱風極端時雨量門檻值之大小，其與地形之關係，及5-6月、7-8月及9-10月3個期間，臺灣本島各地颱風極端時降雨發生頻率之分布等特徵作分析。從各處1996個個案中，依由大而小排序後，第20個最大時雨量個案，即為各處極端時雨量門檻值個案。

三、結果分析

經由前述之處理，颱風極端時雨量門檻值分布如圖3。在進一步討論颱風極端時雨量門檻值之前，值得對雨量觀測站之分布先做說明，圖1可見臺灣雨量觀測站之分布中，高山地區之雨量觀測站較少，特別是雪山山脈、及北中與南段之中央山脈，以及宜蘭與花蓮縣界及恆春半島(除恆春外)雨量觀測站因設站較晚，因考慮資料年限之一致性而未採用，因此圖3中有部分灰色區域係表示缺雨量觀測之區域，另雪山、大雪山山區及臺東成功和附近山區，雨量觀測站稀少，分析結果可能較不具代表性。

圖3顯示，時雨量值較高(40-60毫米/小時)的地區分布在北部的鞍部、竹子湖一帶山區，西北部桃園、新竹、苗栗至臺中一帶山區、南部嘉南及高屏一帶山區及

東部宜蘭、蘇澳和花蓮山區。颱風極端時雨量門檻值較小(20-30毫米/小時)的地區分布在桃園至新竹沿海地區、雲林至臺南沿海地區。雪山、大雪山山區及臺東、成功和附近山區也較小，不過就如前述，這些地區可能由於雨量觀測站較稀少，結果較不具代表性。

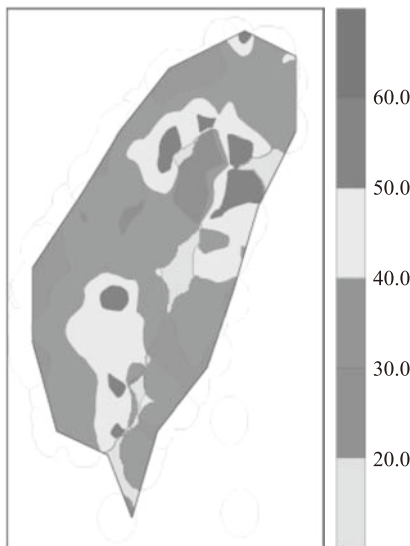


圖3. 290個觀測站颱風極端時雨量門檻值分布圖，單位(毫米/小時)。

Fig. 3. The distribution of threshold values of extreme hourly rainfall of typhoons of 290 observation stations. (unit: mm/hr).

圖4是290個觀測站之測站高度與颱風極端時雨量門檻值分布圖(地形高度，以每500公尺為間隔)分析發現，颱風極端時雨量門檻值多分布在20-60毫米/小時，而地形高度在2,500-3,000公尺間時，颱風極端時雨量門檻值多分布在35-45毫米/小時間，地形高度在3,000-4,000公尺間時，颱風極端時雨量門檻值多分布在

20-35毫米/小時間，門檻值雨量強度似並無隨地形高度增加而增強的現象。

圖5(a)至(c)分別為5-6月、7-8月及9-10月，極端時降雨發生的地點與颱風地面中心相對位置圖。由圖顯示，極端時降雨發生的地點約90%左右是在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內(表1)。因絕大部分颱風7級暴風半徑是在100-300公里左右，這表示極端時降雨絕大部分係在颱風7級暴風半徑內發生。表1也顯示，颱風極端時降雨發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內且發生於地形大於(含)200公尺頻率之百分比，除了7-8月略高於50%外，其他兩個期間均低於50%。颱風極端時雨量發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑外且發生於地形大於(含)200公尺頻率之百分比，除了9-10月(頻率百分比僅5.4%)在64.1%外，其他兩個期間均低於50%。這表示全臺颱風極端時雨量的發生並未明顯的偏向於山區，地形的舉升作用與颱風極端時雨量的發生可能較無明顯而直接的關聯。

颱風極端時降雨發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內且發生於日間(8-20LST)頻率之百分比，除了5-6月為64.0%外，其他兩個期間均低於50%。颱風極端時降雨發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑外且發生於日間頻率之百分比三個期間均高於50%，其中5-6月達66.7%。由此發現5-6月颱風極端時雨量發生在日間較高，但其他2個期間由於發生時間在日間頻率之百分比在40-60間，並未明顯偏高，而且7-8月與9-10月颱風

極端時雨量約90%發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內，但發生於日間頻率之百分比均低於50%。

圖6(a)至(c)分別為5-6月、7-8月及9-10月，各地極端時降雨的發生的次數分布圖。5-10月各地極端時降雨次數總和大

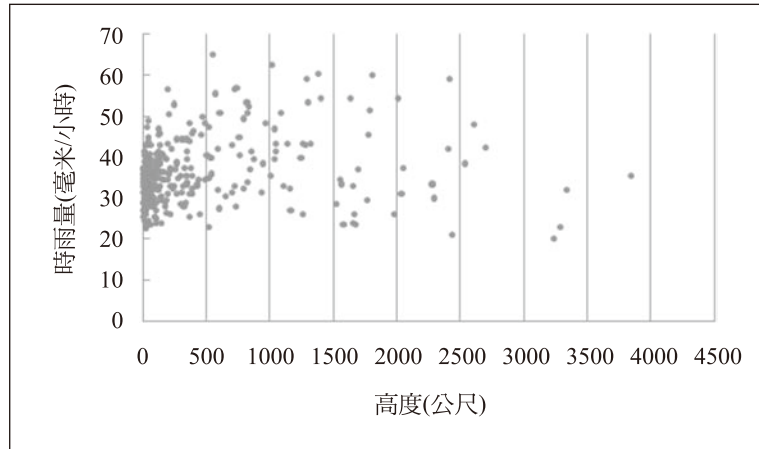


圖4. 中央氣象局290個雨量觀測站之測站高度與颱風極端時雨量之門檻值分布圖。

Fig. 4. The distribution of the heights and threshold values of extreme hourly rainfall of typhoons of 290 rain gauge stations of Central Weather Bureau.

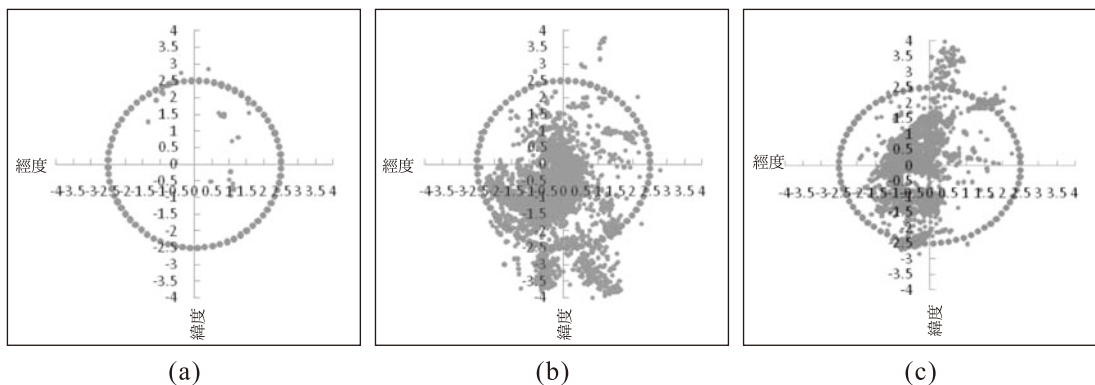


圖5. (a)5-6月(b)7-8月(c)9-10月極端時降雨發生的地點與颱風地面中心相對位置圖，圓形為距颱風地面中心2.5經緯度半徑之區域。

Fig. 5. The locations opposite to the surface centers of typhoons when the extreme hourly rainfall occurred in (a) May and Jun. (b) Jul. and Aug. (c) Sep. and Oct. The circles with 2.5 degrees of longitudes and latitude stand for the distance between the surface center of typhoon and the locations where extreme hourly rainfall occurred.

表1、颱風極端時降雨統計分析表。

Table 1. The statistical analysis table of extreme hourly rainfall of typhoons.

颱風極端時雨量發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內			
	5-6月	7-8月	9-10月
頻率百分比	89.3%	89.7%	94.6%
發生於地形大於(含)200公尺頻率之百分比	28.0%	50.2%	46.7%
發生於日間(8-20LST)頻率之百分比	64.0%	41.5%	47.6%
颱風極端時雨量發生在距颱風地面中2.5經緯度半徑外			
	5-6月	7-8月	9-10月
頻率百分比	10.7.%	10.3%	5.4%
發生於地形大於(含)200公尺頻率之百分比	33.3%	18.8%	64.1%

多為20。圖6(a)顯示，5-6月期間各地極端時降雨發生個案少，僅在宜蘭、蘇澳地區，次數為1-2次。圖6(b)顯示，7-8月期間極端時降雨發生較明顯的地區從中部日月潭山區向南延伸至高屏山區並包括嘉義、高雄及屏東地區，發生次數在15次以上，屏東及部分高雄山區更達20次。圖6(c)顯示，9-10月期間極端時降雨發生較明顯的地區大都分布在新竹、花蓮以北，其中臺北、基隆、宜蘭及蘇澳山區更達15次以上。由於7-8月在氣候上盛行西南季風而9-10月則是東北季風開始的時間，從7-8月及9-10月極端時降雨發生次數分布的區域特徵顯示，7-8月極端時降雨的發生與颱風環流和西南季風共伴或交互作用可能有關聯，而9-10月極端時降雨的發生與颱風環流和東北季風共伴或交互作用可能有相關。

圖7(a)至(c)分別為5-6月、7-8月及9-10月，極端時降雨發生地在颱風地面中心2.5經緯度半徑之外時，與颱風地面中心之位置圖。從圖中分析發現，在5-6月、7-8月及9-10月3個期間於颱風地面中心2.5經緯度外(或稱外圍)發生極端時降雨時，颱風地面中心主要位於東經121.0-122.0度與北緯26.0-27.0度間、東經120.5-121.5度與北緯21.0-22.5度及東經119.0-121.0度與北緯24.5-27.0度3個不同區域。圖8(a)至(d)分別為當颱風中心在上述3個不同區域細分為東經121.0-122.0度與北緯26.0-27.0度、東經120.5-121.5度與北緯21.0-22.5度、東經119.0-121.0度與北緯24.5-26.0度及在東經119.0-121.0度與北緯26.0-27.0度等4個區域內時，臺灣各地於颱風外圍發生極端時降雨的發生次數分布圖。從圖8(a)可見當颱風中心在東經

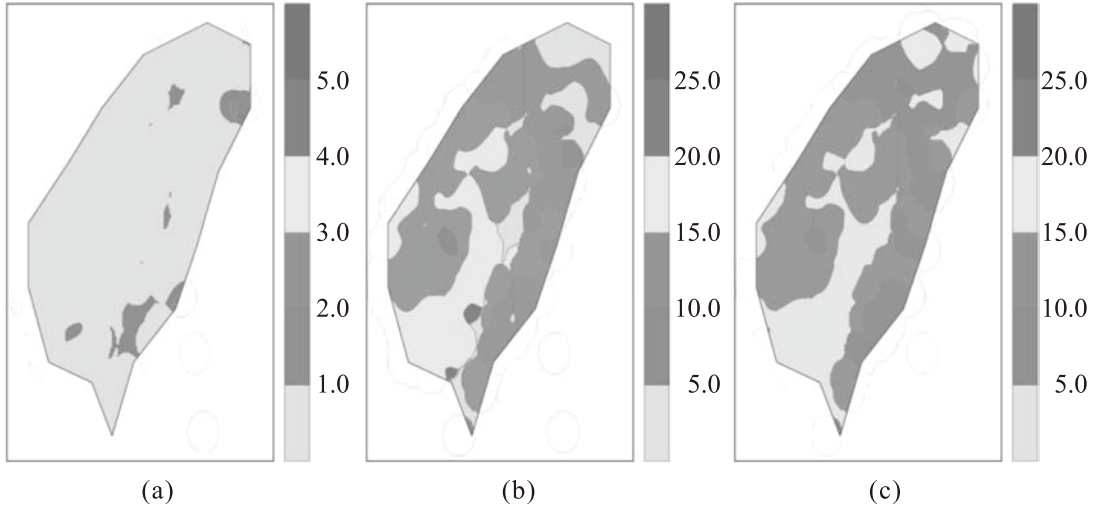


圖6. (a) 5-6月(b) 7-8月(c) 9-10月，各地發生極端時降雨之次數分布圖。

Fig. 6. The distribution of occurrence frequency of extreme hourly rainfall over Taiwan in(a) May and Jun. (b) Jul. and Aug. (c) Sep. and Oct.

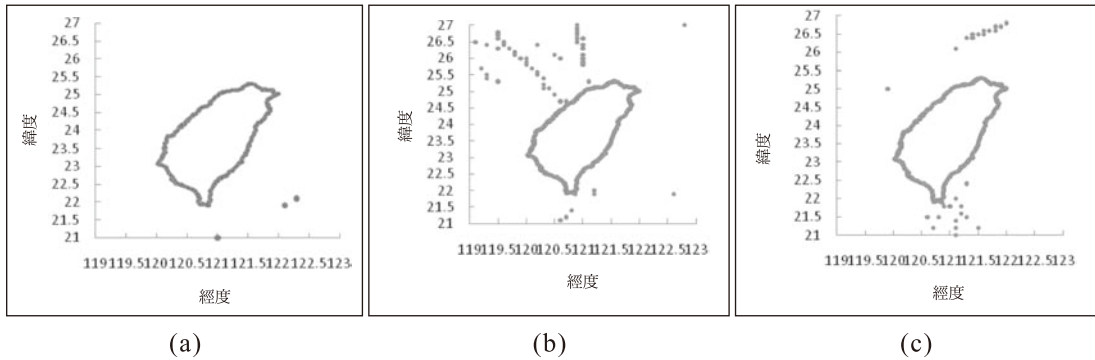


圖7. (a) 5-6月(b) 7-8月(c) 9-10月極端時降雨發生地在颱風地面中心2.5經緯度半徑外時，颱風地面中心位置圖。

Fig. 7. The locations of surface centers of typhoons when the occurrence locations of extreme hourly rainfall were out of the region with 2.5 degrees of radius of longitude and latitude opposite to the surface centers of typhoons in (a) May and Jun. (b) Jul. and Aug. (c) Sep. and Oct.

121.0-122.0度與北緯26.0-27.0度時也曾在距颱風中心2.5度外之南投一帶山區發生極端時降雨。圖8(b)顯示，當颱風中心在東經120.5-121.5度與北緯21.0-22.5度時，

外圍發生極端時降雨的地區分布在北部、東北部及東部山區，其中以基隆沿海一帶和花蓮山區頻率較高。從圖8(c)可看出，當颱風中心在東經119.0-121.0度與北緯

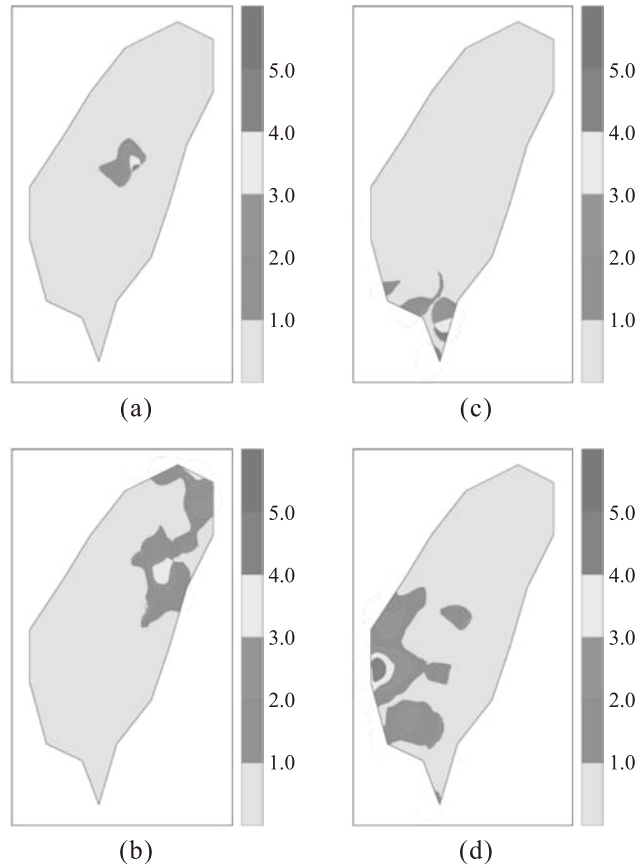


圖8. 極端時降雨發生地在颱風地面中心2.5度經緯外，且颱風地面中心位於(a)121.0-122.0E，26.0-27.0N、(b)120.5-121.5E，21.0-22.5N、(c) 119.0-121.0E，24.5-26.0N與(d) 119.0-121.0E，26.0-27.0N之發生個案數。

Fig. 8. The cases of extreme hourly rainfall occurred out of the region with 2.5 degrees of longitude and latitude and the surface centers of typhoons were in (a)121.0-122.0E，26.0-27.0N(b)120.5-121.5E，21.0-22.5N(c) 119.0-121.0E，24.5-26.0N and (d) 119.0-121.0E，26.0-27.0N.

24.5-26.0度時，外圍發生極端時降雨的地區分布在高雄、屏東、恆春、大武及臺東一帶，其中以恆春、大武一帶頻率較高。而圖8(d)當颱風中心在東經119.0-121.0度與北緯26.0-27.0度時，外圍發生極端時降雨的地區分布在雲林以南至高雄一帶，其中以臺南附近頻率較高。

圖9(a)至(c)分別為7-8月各地發生極端時降雨後，未來第一、二及三小時發生極端時降雨之機率分布圖。機率計算方法是分別將各測站發生極端時降雨後，未來第一、二及三小時，發生極端時降雨個案總數除以觀測個案總數後乘以100。圖9(a)示，各地發生極端時降雨後未來第

1小時持續發生極端時降機率較高的地區(機率大於40%)分布於西部苗栗山區以南至嘉南山區，苗栗平地至雲林平地及高雄平地；東部蘇澳山區以南臺東山區，花蓮平地、花蓮至成功間平地，臺東及大武平

地。圖9(b)顯示，各地發生極端時降雨後未來第二小時發生極端時降機率較高的地區僅剩西部苗栗山區及臺中局部山區；東部蘇澳局部山區及臺東部份山區。圖9(c)顯示，各地發生極端時降雨後未來第三小

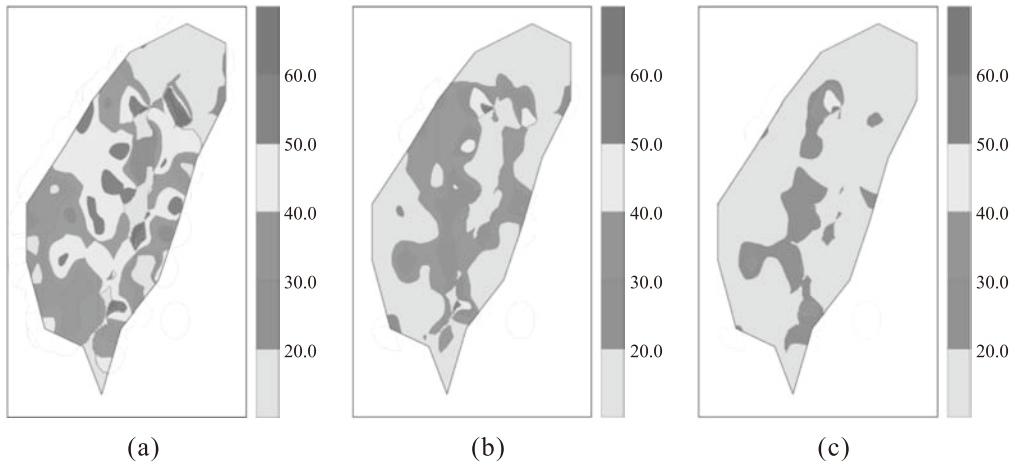


圖9. 7-8月各地發生極端時降水後未來第(a)1小時(b)2小時(c)3小時發生極端時降水之機率分布圖。(單位：百分比)

Fig. 9. The occurrence probability of extreme hourly rainfall in the next (a)1-hr(b)2-hr(c)3-hr after extreme hourly rainfall occurred in Jul. and Aug. (unit: percentage).

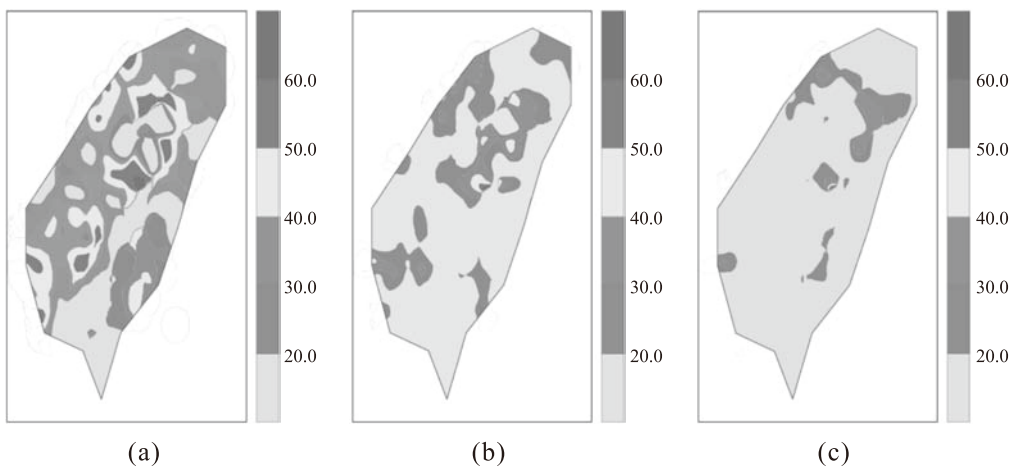


圖10. 同圖9，但為9-10月。

Fig. 10. Same as Fig. 9., but in Sep. and Oct.

時發生極端時降機率較高的地區僅剩西部苗栗山區。圖10(a)至(c)分別為9-10月各地發生極端時降雨後，未來第一、二及三小時發生極端時降雨之機率分布圖。圖10(a)顯示，各地發生極端時降雨後未來第一小時持續發生極端時降機率較高的地區分布於西部新竹、日月潭及嘉南山區，新竹平地以南至臺中、梧棲一帶，臺南平地至高雄平地；東部蘇澳至花蓮山區，成功局部山區及臺東地區。圖10(b)顯示，各地發生極端時降雨後未來第二小時發生極端時降機率較高的地區僅剩西部日月潭局部山區及東部蘇澳局部山區。圖10(c)顯示，各地發生極端時降雨後未來第三小時發生極端時降機率較高的地區僅剩日月潭局部山區。綜合以上分析發現，7-10月各地發生極端時降雨後持續於未來第一小時發生極端時降雨的機會偏高，但隨著時間增加發生極端時降雨的機會明顯減低。由於，5-6月極端時降雨的頻率遠低於7-10月，本文未作發生極端時降雨後未來持續發生極端時降的機率分布分析。

四、討論及結論

從圖5(a)至(c)、表1及圖6(a)至(c)綜合分析顯示，極端時降雨約90%左右發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內，而2.5經緯度半徑的範圍又與一般颱風7級暴風半徑在100-300公里左右相當。在颱風極端時降雨與日夜之關係上從表1分析顯示，上述極端時降雨僅5-6月發生於日間頻率之百分比高於50，其他7-8月與9-10月2個期間發生於日間之機會均低於

50%。

由第2類條件不穩定(Conditional Instability of the Second Kind；簡稱CISK)理論可知，近地面處由於摩擦作用的影響，產生輻合作用，導致水汽輻合，於上升運動中心附近產生潛熱釋放，使中心附近中高層溫度升高，導致中心氣壓下降，使向內氣壓梯度增大而增強低層氣旋式環流，進而增強低層水汽輻合，再次加強上升運動，如此循環使颱風中心氣壓不斷降低，使颱風增強。所以，颱風發展的能量來源是由於水氣凝結時所釋放的潛熱。日間陽光照射在海洋上，海面溫度升高時，海水蒸發旺盛，大量蒸發的水汽進入空中，透過第2類條件不穩定使颱風增強。由於，極端時降雨約90%左右發生在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內，相當於7級強風半徑內。由第2類條件不穩定及極端時降雨發生地與颱風地面中心的相對位置推論，水氣與低層氣旋式的強風可能是導致極端時降雨的重要因素。

7-8月間強烈的太陽加熱在海面上，產生充足的水氣進入空中，再加上旺盛的西南季風從低緯度帶來暖濕的水氣，水氣條件相當充足。這些水氣藉由颱風7級暴風半徑內強勁的氣旋式輻合，帶往颱風地面中心產生劇烈的對流，造成短時間內之劇烈降水。9-10月間，因東北季風已逐漸建立，東北季風從臺灣北部海面帶下來的涼濕水氣，與颱風氣旋式環流，從南邊帶上來的暖濕水氣，容易在臺灣北部、東北部相遇，而產生劇烈的對流，造成短時間內之劇烈降水。圖6中，在7-8月颱風極

端時降雨發生頻率較高的地區從中部日月潭山區向南延伸至高屏山區並包括嘉義、高雄及屏東地區，西南部占大部分；9-10月期間颱風極端時降雨發生頻率較高的地區大都分布在新竹、花蓮以北，北部及東北部佔大部分。由於，這種分布特徵和夏季的西南季風與冬季之東北季風所造成降水頻率的分布類似(王1970; Lin et al. 2001)。因此，造成颱風極端時降雨的因素，除了颱風環流外，季風環流可能也是重要因素之一。在7-8月間西南季風的作用下，水氣條件足夠，而9-10月間東北季風與颱風環流交互作用情況下，產生對流的條件良好。所以，日間太陽加熱洋面與否便不是水氣來源的唯一因素。另外，由於海水比熱大，所以吸熱與散熱慢。在7-10月間海溫的日夜變化應較不明顯，故水氣條件的日夜差異應不大。因此，7-10月間颱風極端時降雨並未明顯的發生在日間。但是，在5-6月間，由於西南季風剛開始，較7-8月間弱，由西南季風從低緯度帶來暖濕的水氣應相對弱於7-8月間。因此，5-6月間，日間太陽加熱在海面上，可提供更充沛的水氣。這可能是5-6月颱風極端時降雨發生於日間頻率之百分比高於50的原因。

再則，5-6月梅雨期間，大氣環境仍處於斜壓狀況，梅雨鋒面後之冷乾空氣，對水氣提供而言是一項不利的因素，這可能導致颱風個案相對少於7-10月；再加上水氣充沛的條件(7-8月間西南季風的作用下)和水氣配置(9-10月間東北季風與颱風環流交互作用情況)不如7-10月，這些因

素，造成極端時降雨發生的頻率遠低於7-10月。

另外，7-10月間發生於日間及地形高於(含)200公尺以上的頻率未明顯偏高。圖4分析亦顯示，臺灣各地颱風極端時降雨的門檻值雨量強度似並無明顯隨地形高度增加而增強的現象。因此，全臺整體而言，地形舉升可能非導致颱風極端時降雨的主要原因。

由以上分析可知，充足的水氣條件、颱風內部強烈的氣旋式環流和季風環流與颱風環流間的交互作用等因素，可能是導致短時間內極端降水的重要原因。

綜結而言，本文分析1998-2008年間，颱風地面中心在東經118-126度、北緯19-28度範圍內，臺灣本島各地於颱風影響下產生颱風極端時降雨之特徵發現：

- (一) 颱風極端時降雨發生的地點約90%是在距颱風地面中心2.5經緯度半徑內，其中5-6月可能因海面上的水氣充沛的條件和配置，及大氣環境仍處於斜壓狀況等因素，導致颱風個案相對少於7-10月等因素，造成極端時降雨發生的頻率遠低於7-10月。
- (二) 7-8月期間颱風極端時降雨發生頻率較高的地區從臺中日月潭山區向南延伸至高屏山區並包括嘉義、高雄及屏東地區。這種分布特徵可能與夏季西南季風有關。
- (三) 9-10月期間颱風極端時降雨發生頻率較高的地區大都分布在新竹、花蓮以北，北部及東北部占大部分。這種分布特徵可能與冬季東北季風有關。

- (四) 部分颱風極端時降雨發生的主要原因可能是季節性熱力條件和季風加強了大氣環境的不穩定度，透過颱風近中心強烈氣旋式輻合的動力驅動，產生強大的水氣輻合所造成。
- (五) 7-10月各地發生極端時降雨後持續於未來1小時發生極端時降雨的機會偏高，但隨著時間增加，發生極端時降雨的機會明顯減低。

五、致謝

本文是在國科會補助專題研究計畫 NSC 98-2625-M-052-008 資助與中央氣象局支持下完成。

六、參考文獻

- 王時鼎，1970：臺灣區域冬半年連續三至六天惡劣天氣型研究。氣象學報，16，18-31。
- 陳佳正、與盧孟明，2007：臺灣極端降雨氣候事件判定方法，大氣科學，35，105-118。
- 葉天降，2008：侵臺颱風伴隨風雨預報技術之發展-子計畫：建置WRF模式於颱風預報作業應用之研究(I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。NSC96-2625-Z-052-003。
- 盧孟明，陳佳正，林昀靜，2007：1951-2005年臺灣極端降雨事件發生頻率之變化，大氣科學，35，87-104。
- Lin, Y.-L., S. Chiao, T.-N. Wang, M.-L., Kaplan, R. P. Weglarz, 2001: Some common ingredients for heavy orographic rainfall. *Weather and Forecasting*, **16**, 633-660.
- Manton, M.J., P.M. Della-Marta, M.R. Haylock, K.J. Hennessy, N. Nicholls, L.E. Chambers, D.A. Collins, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isobe, T.S. Kestin, P. Lefale, C.H. Leyu, T. Lwin, L. Maitrepierre, N. Ouprasitwong, C.M. Page, J. Pahalad, N. Plummer, M.J. Salinger, R. Suppiah, V.L. Tran, B. Trewin, I. Tibig, and D. Yee, 2001: Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific: 1961-1998. *Int.J.Climatol.* **21**, 269-284.
- Zhai, P., X. Zhang, H. Wan, and X. Pan, 2005: Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. *J. Climate*, **18**, 1096-1108.

An Analysis on the Characteristics of Extreme Hourly Rainfall of Typhoon over Taiwan

Huei-Min Wang and Tien-Chiang Yeh
Central Weather Bureau, Taiwan, ROC

ABSTRACT

In this paper, the data of hourly rainfall amount of 265 automatic raingauge stations and 25 surface weather stations of the Central Weather Bureau and the best tracks of typhoons in every 6 hours of Joint Typhoon Warning Center during the period of 1998 through 2008 were used as the analysis data. All the hourly rainfall data at all stations would be selected at the same time when the hourly rainfall value exceeded or equaled to 15 mm at one of the 290 observation stations of Central Weather Bureau, when the surface centers of typhoon were in the domain of 118-126 degrees of longitude and 19-28 degrees of latitude. After ranking all the selected cases and then taking the first value above 99th percentile of each station to be the threshold value of extreme hourly rainfall for every station, the occurrence locations of extreme hourly rainfall relative to surface centers of typhoons and the characteristics of its distribution of occurrence frequency over Taiwan can be analyzed.

There were 1996 cases satisfying the conditions of time and locations of typhoon centers mentioned above. According to the previous definition of threshold value of extreme hourly rainfall, it was the 20th highest value of hourly rainfall case after ranking the 1996 cases from high to low. The results revealed that 90% occurrence locations of extreme hourly rainfall were in the region with radius of 2.5 degrees from typhoon centers, and the occurrence frequency of extreme hourly rainfall in May and June was much lower than in July through October. In July and August, the regions with higher occurrence frequency of extreme hourly rainfall extended southward from the central mountain area around SunMoon lake to the mountain areas in Kaohsiung and Pingtung including Chiayi, Kaohsiung, and Pingtung. The characteristics of distribution might be associated with the summer southwesterly monsoon. In September and October, most of the regions with higher occurrence frequency of extreme hourly rainfall were in the northern regions in Hsinchu and Hualien. The characteristics of distribution might be associated with the winter northeasterly monsoon. In addition, the occurrence probability of extreme hourly rainfall in the next hour after extreme hourly rainfall occurred was high during the period of July through October. But it decreased obviously as time increased.

Key words: typhoon, threshold, extreme hourly rainfall