

# 莫拉克颱風路徑與降雨作業預報校驗

葉天降<sup>1</sup> 郭鴻基<sup>2</sup> 呂國臣<sup>1</sup> 王世堅<sup>1</sup> 陳怡良<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中央氣象局

<sup>2</sup>臺灣大學大氣科學系

(中華民國九十九年五月二十五日收稿；中華民國九十九年六月二十九日定稿)

## 摘 要

98年8月莫拉克颱風侵臺期間降雨劇烈且持續，在臺灣中南部與臺東造成歷年來最嚴重之氣象災害，本文針對中央氣象局對此颱風之路徑與降雨量預報進行校驗。結果顯示中央氣象局對莫拉克颱風24小時颱風路徑預報平均誤差值為87公里，較過去預報誤差平均值為小，也較日本氣象廳、美國聯合颱風警報中心對該颱風相同時間所發布預報之誤差為小。對莫拉克颱風48小時與72小時路徑預報之平均誤差，中央氣象局分別為192公里與276公里，誤差則略較日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心所發布預報之誤差為大。在警報發布初期，中央氣象局則對颱風移速有較明顯之高估，以致對莫拉克颱風影響臺灣整體時間之估計上低估。

在雨量預報上，中央氣象局對莫拉克颱風之總雨量預報基本上能掌握降雨較大區域之定性分布，第一份發布的預報單之雨量估計值以臺灣北部與實際較為相符，而中南部與臺東之總雨量預報偏少，尤以臺東預報誤差最大。臺東雨量預報誤差主要因為其處於颱風環流過山之背風面，依據過去之統計為少雨區。由校驗也顯示，中央氣象局根據新增資訊更新總雨量預報，而此些預報對降雨尚有相當長之預警時間：如屏東山區降雨量預報達上限之預警時間大部分在18小時左右，最少有11小時；高雄山區預警時間大部分在23小時左右，最少亦有8小時；嘉義山區在前期之預警時間在20小時以上，而後則為7、8小時。

改進颱風作業預報之方向，建議可由改善48小時與72小時之路徑預報著手，並持續進行颱風降雨預報技術之研發，而為減少颱風災害，國內民眾與防救災單位必須體認颱風路徑與雨量預報之不確定性，尤其是較長期間之預報。因此需避免僅重視第一次警報發布時之資訊，而須隨時注意作業單位更新後之資訊，充分掌握預報預警時間，採取防範措施，以降低災害損失。

關鍵字：颱風、颱風路徑預報、颱風雨量預報、預報校驗

---

\*通訊作者：葉天降，10048 臺北市公園路 64 號中央氣象局，yeh@cwb.gov.tw，TEL: (02)23491115

## 一、前言

98年第8號颱風莫拉克(Morakot)係於8月4日2時(台灣地方時,於後同)在菲律賓東北方海面形成,生命期7天,形成後不久,以偏北轉西北方向移動,於8月5日5時起轉為偏西朝臺灣東部沿海靠近,5日20時強度增為中度颱風,7日23時50分左右在花蓮市附近登陸臺灣,於8日14時左右由桃園附近出海進入臺灣海峽,而後持續向北北西緩慢移動,莫拉克颱風路徑如圖1。9日18時30分左右颱風中心由馬祖北方進入大陸福建,於8月11日2時減弱為熱帶性低氣壓。

在此期間,中央氣象局預測此颱風將有向臺灣接近之趨勢,遂於8月5日說明此颱風未來幾天將可能影響臺灣陸地及海面,並呼籲社會大眾隨時注意此颱風之最新動向。而當颱風中心於8

月5日20時左右通過東經131度時,中央氣象局隨即針對臺灣北部海面、臺灣東北部海面及臺灣東南部海面發布海上颱風警報,提醒航行及作業船隻戒備,並指出此颱風未來仍有增強的趨勢。在8月6日5時30分因預測颱風之7級風暴風範圍可能侵襲臺灣,中央氣象局乃針對花蓮以北及苗栗以北地區發布陸上颱風警報,海上警戒區域不變,並同時發布豪雨特報,提醒民眾8月6日臺灣北部及東北部地區將有局部性豪雨或大豪雨發生,中南部地區亦有局部性大雨或豪雨發生的機會。

由於莫拉克颱風暴風圈繼續向臺灣東部海面接近,8月6日11時30分陸上警戒區域擴大為嘉義以北及臺東以北地區,8月6日14時30分臺灣各地均列入陸上警戒區域,豪雨特報亦持續發布,中央氣象局並特別強調7日起各地風雨將

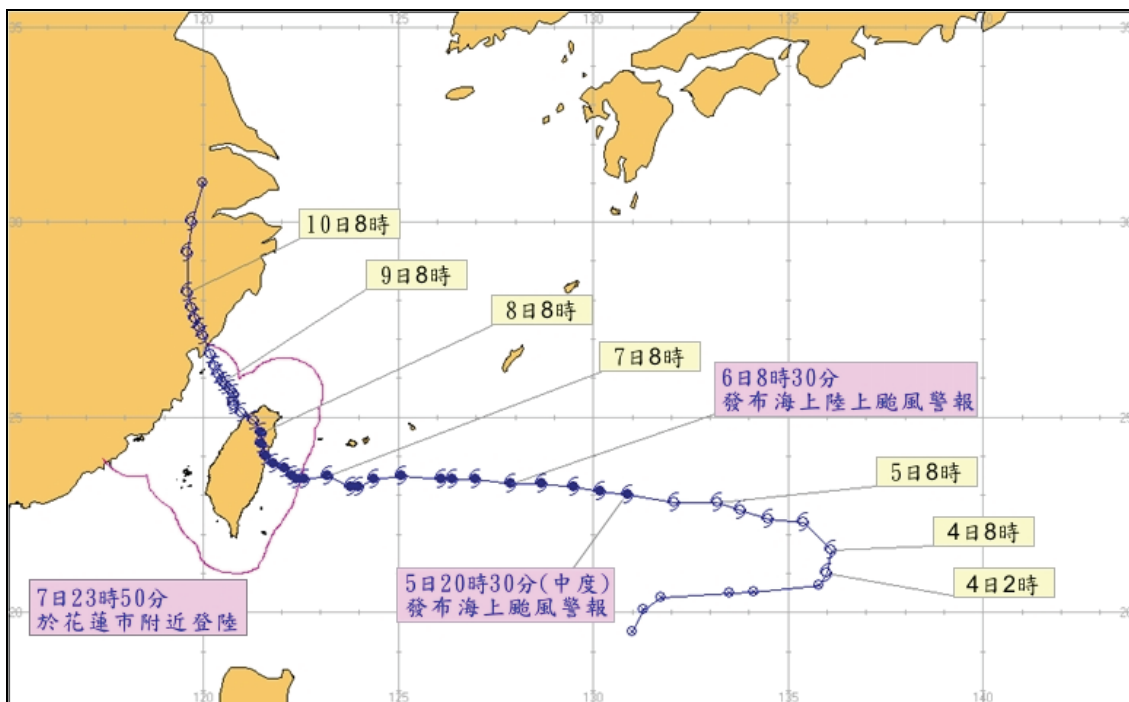


圖1 中央氣象局訂定之莫拉克颱風路徑與中央氣象局發布警報時之颱風中心位置。

明顯增強，山區並有發生超大豪雨的機率，提醒民眾避免進入山區及河川活動，山坡地應嚴防坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區應防淹水。由於適逢大潮，因此 8 月 6 日 20 時 30 分發布之警報中中央氣象局亦提醒沿海低窪地區民眾應防淹水及海水倒灌。

當莫拉克颱風暴風圈於 8 月 7 日 2 時開始接觸到臺灣東部陸地時，桃竹苗地區已有局部大豪雨乃至超大豪雨現象，中南部局部地區也出現豪雨。在莫拉克颱風接近陸地期間，由於導引氣流不明顯加上受到地形影響，移行速度逐漸減慢，8 月 7 日 14 時起中南部山區雨量急遽增加，此時臺灣北部、東北部、東部及中南部地區分別出現 10 至 13 級強陣風。莫拉克颱風中心於 7 日 23 時 50 分左右登陸，其強度受到地形破壞開始有減弱的現象，但由於颱風外圍風雨並沒有明顯減弱，雨量持續快速增加。中央氣象局遂於 8 日 2 時警報單中呼籲苗栗以南地區有局部性豪雨或大豪雨，尤其山區有超大豪雨發生，其他地區有大雨或豪雨發生，東南部山區亦有局部性大豪雨發生的機率。至 8 日 2 時止屏東山區上德文累積雨量已達 1133 毫米。莫拉克颱風中心於 8 日 14 時左右在桃園附近出海，進入臺灣海峽北部，中南部雨勢未減。

莫拉克颱風於臺灣海峽北部向北北西緩慢移動時，強度持續減弱，9 日 14 時暴風圈由 250 公里縮小為 200 公里。颱風中心於 9 日 18 時 30 分左右進入大陸，此時臺灣本島雖已脫離其暴風圈，但各地降雨仍持續中。10 日 5 時馬祖也脫離其暴風圈，中央氣象局於 10 日 5 時 30 分同時解除海上陸上颱風警報，惟仍持續發布豪雨特報，以提醒民眾仍應防範豪雨災害。

莫拉克颱風侵臺期間降雨劇烈且持續，特別是在臺灣中南部山區，嘉義、高雄、屏東都有大範圍日雨量大於 1,000 毫米之區域，中心值超過 1,200 毫米，其中屏東於尾寮山更達 1,402 毫米、高雄於溪南亦達 1,301.5 毫米、嘉義於馬頭山則為 1,213.5 毫米。由 8 月 7 日至 10 日累積雨量則有大範圍超過 2,500 毫米，降雨中心在嘉義阿里山，多達 2965.0 毫米、屏東尾寮山為 2872.0 毫米、高雄御油山亦達 2789.5 毫米，這些區域在莫拉克颱風侵襲時之降雨量分別達到該地年雨量平均值之 75.8%、73.9%與 68.3%。由於降雨劇烈且持續，超出許多地區所能承受程度，引至坍方、土石流、淹水等災情，其中人員失蹤與死亡接近 700 人，是歷年來最嚴重之氣象災害。由於災情慘重，究竟對莫拉克颱風氣象預報之能力如何？有否疏失？成為當時輿論與新聞之焦點。本文第二節就中央氣象局之颱風路徑與風雨預報作業作扼要之介紹，第三節對中央氣象局之颱風路徑與降雨預報作較完整之校驗與討論，最後為結論與建議。

## 二、颱風路徑與雨量預報作業

中央氣象局由民國 70 年代初期開始推動數值天氣預報作業，於 78 年完成自動化資料蒐集、檢定、填繪圖系統與包含全球、區域與颱風路徑數值預報模式。歷經 20 幾年之不斷改進，於 98 年時，已擁有相當完整之數值預報作業系統，其全球預報模式之水平解析度已經由約 250 公里縮小到 55 公里，區域模式最小之解析度縮小至 5 公里。配合即時資料整合與預報系統(WINS)之建立與接收或經擷取國外之數值天氣預報結果，使得中央氣象局在進行天氣預報作業時，能相當有效率之參考目前之天氣狀況、過去天氣系統之演變、以及各主要國家之數值天氣預報結果，從而

進行未來天氣之預報。

針對颱風之預報，其作業包含颱風現況研判、颱風路徑預報及臺灣各地區颱風侵襲期間風雨預報 3 大部分。其中現況研判包含中心位置、強度與暴風半徑等之決定。國際間颱風預報每 6 小時進行一次，當颱風警報發布後，中央氣象局每 3 小時進行一次。對現況之研判，如颱風尚在海面時，主要之參考資料來至衛星觀測，部分時候輔有飛機觀測，然而觀測資料仍十分不足，如對莫拉克颱風當其仍在外海時並無飛機觀測，接近臺灣後雖有追風計畫(Wu et al. 2005)進行飛機觀測，惟其觀測侷限於颱風周圍，使得對颱風中心之位置、氣壓、近中心最大風速、暴風半徑等都有相當程度之不確定性，因此如何增進颱風之觀測成為國際間現階段颱風預報作業改進之重點項目(Rogers 2009)。而當颱風逐漸接近臺灣後，逐步可以透由臺灣雷達與地面之觀測，較詳細的分析颱風之強度與風雨結構。

在颱風路徑預報方面，國際間主要都依據數值天氣預報模式之結果來研判颱風未來之行徑，由於可參考之資料眾多加上作業時間有限，因此建立更有效率之工作環境也是國際間現階段颱風預報作業改進之重點項目之一(Rogers 2009)。中央氣象局也有相同認知與作業流程，數值天氣預報模式之結果為颱風路徑預報最主要之依據，此外更建置了 TAFIS 系統(Typhoon Analysis and Forecast Integration System)以有效整合眾多之主、客觀颱風路徑預報資料。在作業時，中央氣象局由收集所得各主要國家全球預報模式較粗解析度之格點預報資料，由客觀之颱風中心決定方法，得到這些模式對颱風之路徑預報結果，再透由 TAFIS 系統，預報人員應用系集預報(ensemble forecast)之概念，決定颱風未來 5 天之中心位置。

臺灣地區颱風降雨一直是此區颱風預報與研究最主要之項目之一，其中氣候類比方法曾被詳細討論與引進於作業應用(王等 1986；吳與謝 1990；葉等 1999；Yeh 2002)。在建立更完整之雨量站後，Li et al. (2006)也用相近之概念發展颱風降雨統計預報方法。目前氣候類比方法仍是臺灣地區臺灣降雨預報作業最主要之依據，依此方法，預報人員輔以颱風之強度、移動速度、衛星估計降雨範圍等資料進行人為主觀之修正後發布各地颱風降雨量預報。

### 三、路徑與雨量預報校驗

對颱風路徑之預報，中央氣象局自 83 至 97 年的 25 年間對 24 小時颱風路徑預報逐年平均誤差值由 1994 年約 200 公里，逐步改善至近年約 100 公里，詳細情形如圖 2。表 1 列示近幾年颱風 24 小時路徑預報誤差與相同各案數日本氣象廳、美國聯合颱風警報中心之預報誤差值相近，而對莫拉克颱風 24 小時颱風路徑預報平均誤差值為 87 公里則較過去 5 年預報誤差平均值為小，也較同時間日本氣象廳、美國聯合颱風警報中心對該颱風之預報誤差為小。表 1 與本文其它之討論，各預報誤差是以中央氣象局所定之颱風路徑為校驗，各預報路徑則是作業時中央氣象局即時發布或經由全球通訊網(Global Telecommunication System; GTS)接收所得各作業單位所發布之資訊。

中央氣象局對莫拉克颱風 48 小時與 72 小時路徑預報之平均誤差分別為 192 公里與 276 公里，誤差值則略較日本氣象廳之預報誤差(182 公里與 269 公里)與美國聯合颱風警報中心之預報誤差(190 公里與 232 公里)為大。其中 48 小時預報誤差較日本氣象廳之預報誤差多 10 公

中央氣象局24小時颱風路徑預報逐年平均誤差

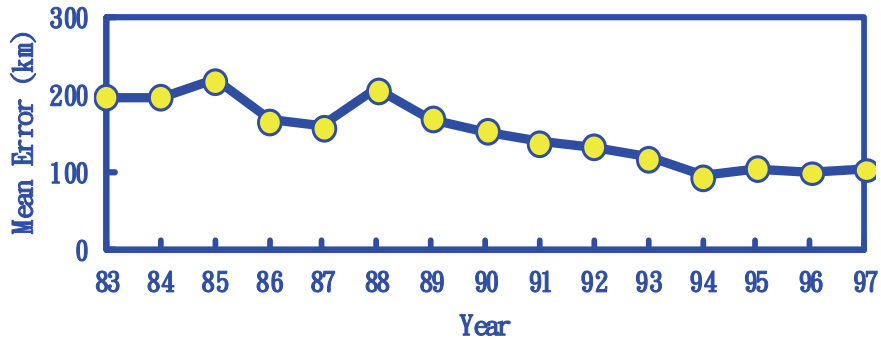


圖 2 中央氣象局 83 至 97 年 24 小時颱風路徑預報誤差逐年變化。

表 1 中央氣象局、日本氣象廳(JMA)、美國聯合颱風警報中心(JTWC)於 93 至 97 年逐年 24 小時颱風路徑預報平均誤差值及莫拉克颱風路徑預報平均誤差 (單位公里)。

	93 年	94 年	95 年	96 年	97 年	莫拉克
中央氣象局	120	95	101	99	103	87
日本 JMA	125	104	105	111	112	93
美國 JTWC	130	104	104	100	103	91

里，而 72 小時預報誤差較美國聯合颱風警報中心之預報誤差多 44 公里。

圖 3 分別為中央氣象局、日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心在各預報時點對莫拉克颱風 72 小時之預報路徑，由圖顯示，在颱風形成初期當中心仍在東經 130 度以東時，預報路徑有較明顯偏北，而後之預報路徑皆顯示莫拉克颱風中心將登陸臺灣東北部，預報與實際路徑南北偏移情形並不明顯。在莫拉克颱風登陸之後，莫拉克颱風中心轉向北北西移動，在轉向的階段，中央氣象局 48 與 72 小時之預報路徑仍以向西或向西北移動，而有較大之預報誤差。圖 4 則供進一步比較中央氣象局發布莫拉克陸上颱風警報時(6 日 8 時)之預報路徑與實際之移動路徑情形，由圖顯示中央氣象局對前 24 小時之路徑預報誤差小，預

報之中心位置略偏北。之後莫拉克颱風明顯減速向西轉西北緩慢移動，而預報則是以相近之速度與方向移動，在移動速度上有較明顯之誤差，以致於 48 小時之預報位置接近於 72 小時之實際位置。換言之，此路徑預報對莫拉克颱風影響臺灣整體時間之估計上低估了 24 小時。

比較日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心在此時對莫拉克颱風之預報，圖 5 顯示日本氣象廳於 6 日 8 時之 48 小時預報誤差最小，其中心的位置在臺灣北部近海，距離誤差值為 83 公里。美國聯合颱風警報中心所作之預報其速度亦有高估的現象，中心的位置約在氣象局與日本氣象廳兩預測位置之中間，距離誤差值為 120 公里。若再詳細檢視由 5 日 8 時起之預報(圖 5 上)則見此時氣象局之預報誤差最小，48 小時預報誤差為 144

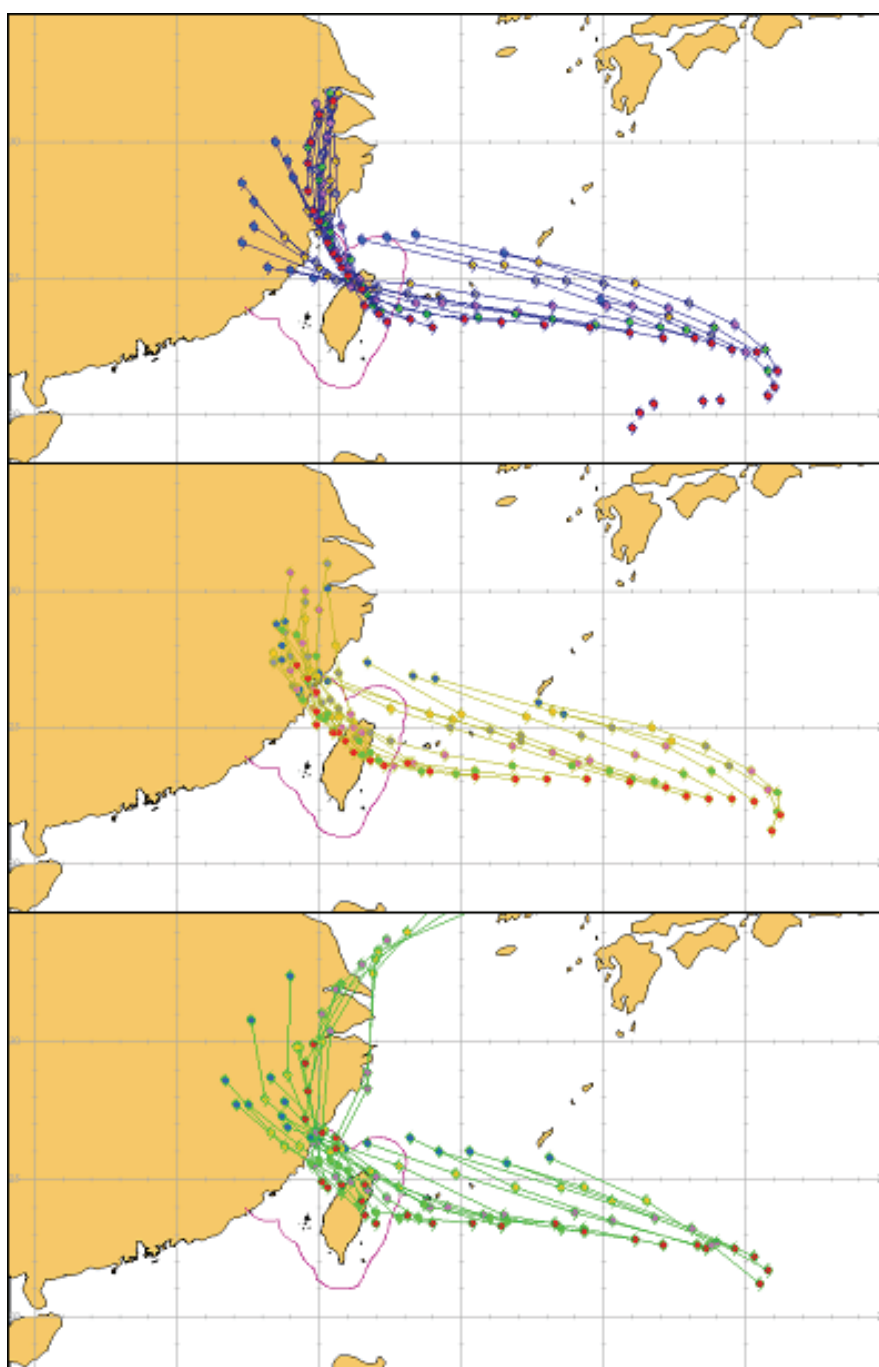


圖 3 由上而下分別為中央氣象局、日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心在每 6 小時之各預報點上對莫拉克颱風 72 小時之預報路徑。

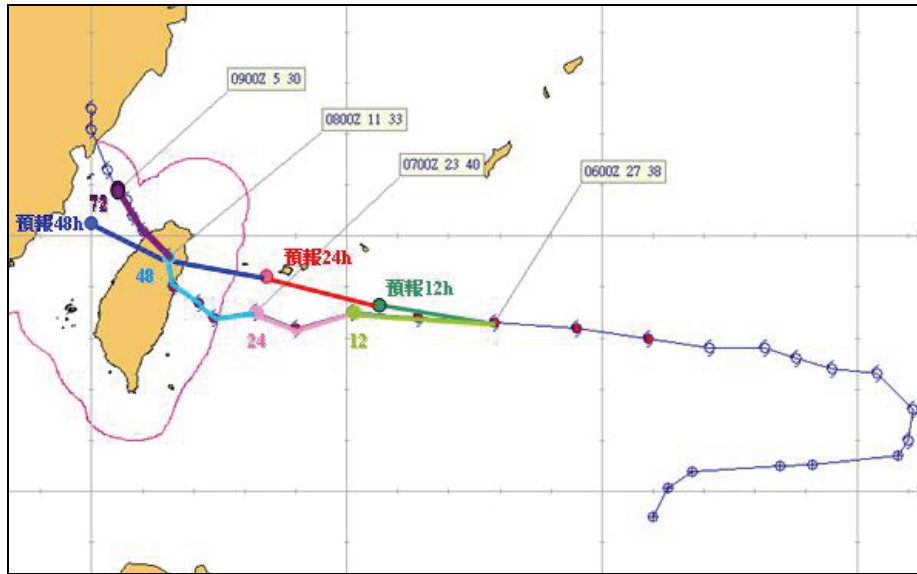


圖 4 莫拉克颱風路徑和中央氣象局對初次發布陸上颱風警報時（98 年 8 月 6 日 8 時）之路徑預測比較圖。

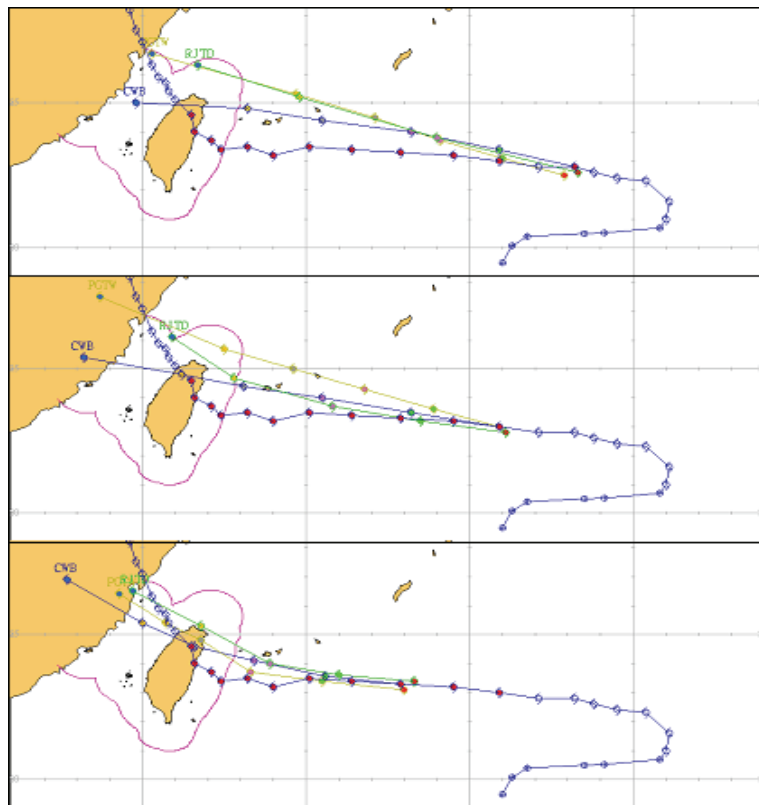


圖 5 莫拉克颱風路徑和中央氣象局、日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心在 98 年 8 月 5 日 8 時(上圖)、5 日 20 時(中圖)與 6 日 8 時之 72 小時路徑預測圖。其中，日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心之預測路徑分別以其電碼代號 RJTD 與 PGTW 表示。

公里，日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心之預報皆更偏北，48 小時預報誤差分別為 249 與 251 公里。從 5 日 8 時起至 6 日 8 時共 5 次（每 6 小時一次）之氣象局、日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心之 48 預報平均誤差值分別為 158、203 與 167 公里，以氣象局誤差最小，惟自 5 日 20 時起日本氣象廳對莫拉克颱風移速有較準確之預報（圖 5 中），但其預報路徑偏北，颱風中心沒有登陸。而莫拉克颱風在臺灣西側時有較氣象局、日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心之預測路徑南偏，此移動路徑向左偏移的現象是否是受到臺灣地形之影響則待進一步研究。

在莫拉克颱風警報期間（8 月 6 至 10 日）最大降雨中心位於臺灣嘉義山區及高屏山區，阿里山總雨量約 2800 毫米，屏東尾寮山總雨量約 2600 毫米，臺南山區及臺東山區亦有超過 1500 毫米之累積降雨量，桃竹苗山區約 1000 毫米，臺灣東北部山區約 800 毫米。期間莫拉克颱風伴隨之雨量不只創下單一測站單日、二日的降雨量最高紀錄，更有尾寮山、溪南、馬頭山、御油山等 16 個雨量站單日降雨量超過 1000 毫米。而在小關山、馬頭山、阿里山、尾寮山等地 8 月 7 日至 10 日之累積降雨量皆大於該些地區年平均降雨值 70% 以上，其中小關山、馬頭山及阿里山之四日累積雨量都較其年平均雨量的四分之三為多。

中央氣象局颱風風雨預報在風力預報方面是每 3 小時對各縣市平地區域（共 23 區）預報未來 24 至 36 小時內各時段（6 小時）平均風及最大陣風之蒲福風級數範圍；雨量預報則預報颱風侵襲期間各縣市平地及山區（共計 37 區）之最大總累積雨量及 24 小時累積雨量範圍。對颱風風雨預報，過去中央氣象局並未有系統的統計其預報誤差。此次莫拉克颱風最為受重視的是其降雨量，

於後進一步討論中央氣象局對莫拉克颱風之總雨量預報情形。

中央氣象局對莫拉克颱風之總雨量預報第一報之雨量估計值以臺灣北部與實際較為相符，圖 6 顯示在不同預報時點各地區當時實際出現最大總雨量與中央氣象局之總雨量預報值，由圖可見，6 日 10 時，當颱風中心位於臺灣東方約 660 公里海面上時，當時各地尚未降雨，中央氣象局預報宜蘭、新竹、嘉義、臺南、高雄、屏東、臺東等地山區分別為 900、1000、800、800、800、800、300 毫米，至 9 日 23 時這些地區之實際最大總雨量分別為 822、1013、2900、1919、2392、2569、1605 毫米，因此係以北部、東北部地區總雨量預報之誤差較少，嘉義、臺南、高雄、屏東、臺東等山區之總雨量預報則明顯偏少，其中尤以臺東山區預報誤差相差最多。

隨著颱風逐漸接近臺灣，中央氣象局亦根據新增資訊更新總雨量預報，如於 7 日下午 4 時當最大總雨量累積為 670 毫米（於屏東山區）時，中央氣象局即更新嘉義、臺南、高雄、屏東山區總雨量預報值為 1400 毫米，於 8 日下午 4 時當嘉義、臺南、高雄、屏東山區總雨量分別為 1246、998、1325、1797 毫米時，中央氣象局再將該些地區總雨量預報值分別更新為 1800、1600、1800、2500 毫米。

圖 7 進一步顯示屏東尾寮山之實際雨量歷線和中央氣象局對其總雨量預測之範圍。由圖可見氣象局最初（8 月 6 日 10 時）對此地區颱風降雨量之預測為 500 至 800 毫米，隨後逐步於 7 日 5 時、17 時、8 日 2 時、10 時、17 時、與 9 日 5 時將降雨量之上限更新為 1100、1400、1600、2000、2500 與 2700 毫米，而實際降雨量接近 800、



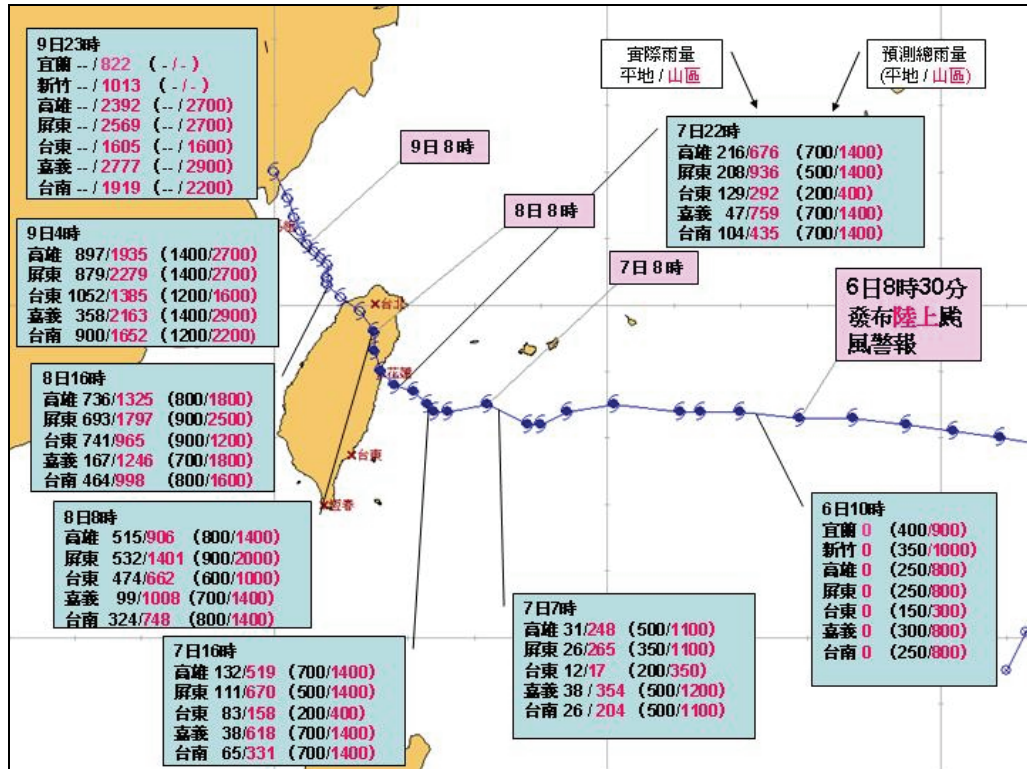


圖 6 莫拉克颱風警報期間嘉義、臺南、高雄、屏東和臺東等地於平地/山區實際出現最大總雨量值與中央氣象局預測總雨量值（於括弧內值，單位為 mm）。

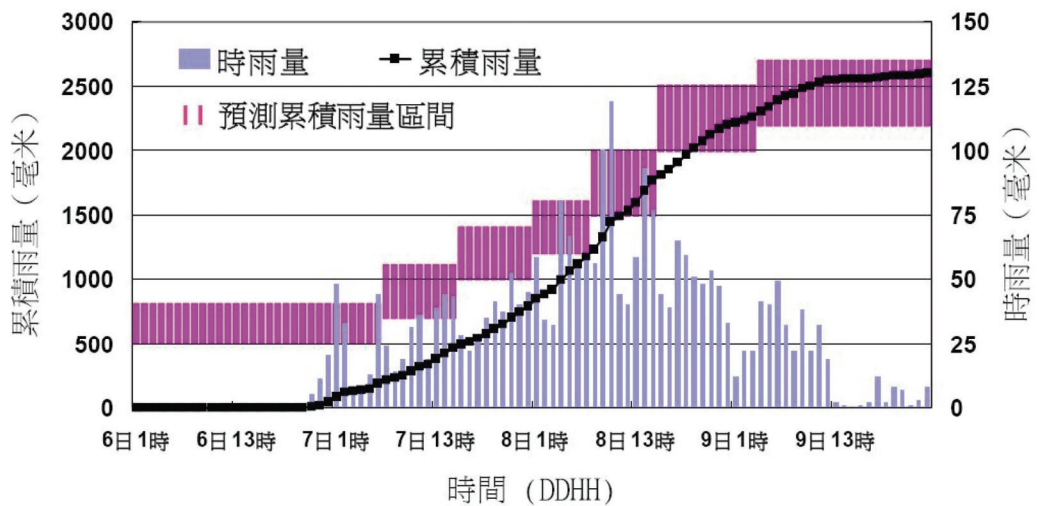


圖 7 98 年 8 月 6 日至 9 日屏東縣尾寮山降雨時雨量、累積雨量及中央氣象局對此區之總雨量預測之範圍（各區塊）。

1100、1400、1600、2000 與 2500 毫米預報上限之時間分別為 8 日 4 時、9 時、13 時、16 時、23 時、9 日 15 時，此預測發布至降雨實際發生之時間差可視為可供防災預防作業之預警時間。

圖 8 進一步顯示屏東、高雄、嘉義與臺東山區之氣象局颱風降雨量達之預警時間，由圖可見屏東山區降雨量預報達上限之預警時間大部分在 18 小時左右，最少亦有 11 小時；高雄山區預警時間大部分在 23 小時左右，最少亦有 8 小時；嘉義山區在前期之預警時間在 20 小時以上，而後則為 7、8 小時；臺東山區之預警時間較少約為 10 小時，前期約為 5 小時。而臺東地區雨量預報誤差較大、預警時間較少之原因，主要是臺東地區位於莫拉克颱風來襲時颱風環流或西南氣流於中央山脈之背風面，預報人員依過去之案例，研判山後之背風區應為下降氣流、降雨較少，甚至有焚風發生，惟在莫拉克颱風侵襲時，降雨系統能越過臺灣南段山脈，在臺東太麻里等地降下超過 1500 毫米之超大豪雨，因此誤差較大，初期之預警時間較少，而後之預警時間增加到 9 小時以上。

#### 四、結論與建議

98 年 8 月莫拉克颱風侵臺期間降雨劇烈且持續，特別是在臺灣中南部山區，嘉義、高雄、屏東都有大範圍日雨量大於 1,000 毫米之區域，而總累積雨量則有大範圍超過 2,500 毫米，這些區域在莫拉克颱風侵襲時之降雨量並佔氣候年雨量平均值之三分之二以上，局部地區更達氣候年雨量平均值之四分之三以上，因而造成歷年來最嚴重之氣象災害。本文針對中央氣象局對此颱風之路徑與降雨量預報作校驗。結果顯示；

1. 中央氣象局近年對 24 小時颱風路徑預報有相

當明顯之改進，路徑預報誤差約 100 公里，與日本氣象廳、美國聯合颱風警報中心之預報誤差值相近，而對莫拉克颱風 24 小時颱風路徑預報平均誤差值為 87 公里則較過去預報誤差平均值為小，也較日本氣象廳、美國聯合颱風警報中心對該颱風之預報誤差為小。

2. 對莫拉克颱風 48 小時與 72 小時路徑預報之平均誤差分別為 192 公里與 276 公里，誤差略較日本氣象廳與美國聯合颱風警報中心之預報誤差為大。在警報發布初期（6 日 8 時）對颱風移行速度上有較明顯之誤差，以致於 48 小時之預報位置接近於 72 小時之實際位置。換言之，此路徑預報對莫拉克颱風影響臺灣整體時間之估計上低估了 24 小時。美國聯合颱風警報中心此時之預報也有移速高估之情形，惟誤差較小，日本氣象廳此時對莫拉克颱風移速之估計較佳，惟其預測路徑北偏，預測中心未登陸臺灣。

3. 中央氣象局對莫拉克颱風之總雨量預報第一次發布時之雨量估計值以臺灣北部與實際較為相符，對臺灣西部山區雨量預報上限初估雖亦高達 800 毫米，但因莫拉克颱風帶來破紀錄之劇烈與持續降雨，使嘉義、高雄與屏東之實際最大總雨量皆超過 2,000 毫米，因而總雨量預報明顯偏少。臺東山區總雨量預報上限為 300 毫米，實際最大總雨量超過 1,600 毫米，預報誤差最大。

4. 隨著颱風逐漸接近臺灣，中央氣象局根據新增資訊更新總雨量預報，由校驗顯示，中央氣象局所發布之雨量預報在臺東初期時低估、預警時間較短約為 5 小時；屏東山區降雨量預報達上線之預警時間大部分在 18 小時左右，最少有

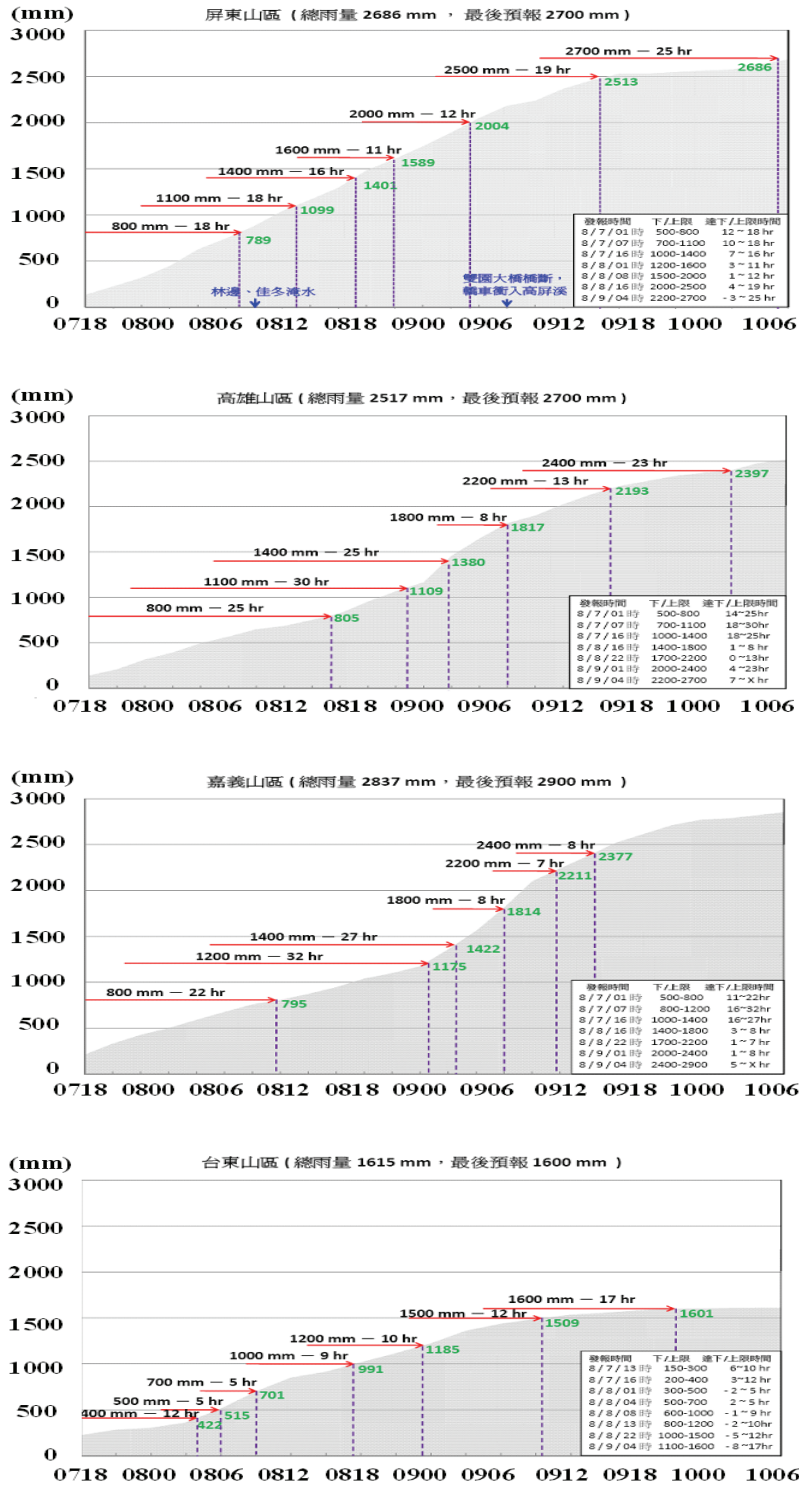


圖 8 98 年 8 月 7 日至 10 日屏東、高雄、嘉義與臺東 (由上而下) 山區實際雨量歷線與氣象局對此區總雨量各預測值與預警時間 (見文, 各標示值)。圖上之時間為世界標準時(UTC)。

11 小時；高雄山區預警時間大部分在 23 小時左右，最少亦有 8 小時；嘉義山區在前期之預警時間在 20 小時以上，而後則為 7、8 小時。

由於觀測資料不足等因素，目前國際間對颱風路徑預報仍存有相當程度之誤差，中央氣象局過去著重於 24 小時之預報，使其平均誤差降至約為 100 公里，與國際間其他作業中心之預報誤差相近，但對 48 小時以上之路徑預報則略較先進之作業中心預報誤差為大，今後值得進一步進行 48 小時與 72 小時之路徑預報改進。

颱風降雨量之預報方面，國際間並沒有成熟而先進之預報技術，中央氣象局主要依據氣候類比方法進行颱風降雨預報。校驗顯示，對莫拉克颱風雨量預報大致能掌握主要降雨區域，然而仍然低估，今後應加強非典型颱風降雨之研判與預報。另外，在莫拉克颱風作業預報期間，中央氣象局數值天氣預報模式亦顯示（圖未附）在臺灣中南部山區有較氣候平均高出許多之降雨量，惟數值預報模式之雨量預報，尚未成熟作為定量預報應用，值得進一步探討數值天氣預報模式雨量預報之誤差以及其適用性。

中央氣象局之颱風路徑與雨量預報已具有相當程度之技術，然而雨量預報仍是現階段天氣預報作業最為困難的項目，需持續的進行預報技術發展，而在預報準確度未有突破性進展之前，勢必無法大幅度之改善，國內民眾與防救災單位必須體認颱風路徑與雨量預報之不確定性，尤其是較長期間之預報。因此需避免僅重視第一次警報發布時之資訊，而須隨時注意氣象局更新後之資訊。由前述之校驗可見，即使是莫拉克颱風所致特異之降雨，氣象局之預報仍有充分之預警時間，民眾或防災單位若能掌握此預警時間採取防

範措施，應能降低災害損失。

## 誌謝

本文蒙中央氣象局陳得松先生、黃嘉美小姐、呂玉璇小姐與氣象預報中心同仁在資料之提供與協助部分圖表之製作，以及 2 審查委員在文辭上之修正，謹表謝忱。

## 參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然與謝信良，1986：臺灣颱風降雨特性及其預報研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 74-51，152 頁。
- 吳宗堯與謝信良，1990：現有颱風預報成果作業化之研究(三)。國家科學委員會防災科技研究報告 79-37，137 頁。
- 葉天降、吳石吉與謝信良，1999：簡單統計方法於臺灣地區颱風降水預測之研究(一)預測方法與臺北颱風降水之預測校驗。大氣科學，27，395-412。
- Li, C.-S., L.-R. Huang, H.-S. Shen, and S.-T. Wang, 2006: A climatology model for forecasting typhoon rainfall in Taiwan. *Natural Hazards*, 37(1-2), 87-105.
- Rogers, R., 2009: Research needs and opportunities for improved forecasting of U.S. landfalling tropical cyclones. Extended abstract, WMO 2<sup>nd</sup> International Workshop on Tropical Cyclone Landfall Processes, Shanghai, China, 19-23 October 2009, 64-71.
- Wu, C.-C., P.-H. Lin, S. D. Aberson, T.-C. Yeh, W.-P. Huang, J.-S., Hong, G.-C. Lu, K.-C. Hsu, I-I

- Lin, K.-H. Chou, P.-L. Lin, and C.-H. Liu, 2005: Dropsonde Observation for Typhoon Surveillance near the Taiwan Region (DOTSTAR): An overview. *Bulletin of Amer. Meteor. Soc.*, 86, 787-790.
- Yeh, T.-C., 2002: Typhoon rainfall over Taiwan area : The empirical orthogonal function modes and their application on the rainfall forecasting. *TAO*, 13, 449-468.

## **Verification on the Typhoon Morakot Track and Rainfall Forecast Issued by the Central Weather Bureau**

**Tien-Chiang Yeh<sup>1</sup> Hung-Chi Kuo<sup>2</sup> Kuo-Chen Lu<sup>1</sup>  
Shih-Chien Wang<sup>1</sup> Yi-Liang Chen<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> **Central Weather Bureau, Taiwan, R.O.C.**

<sup>2</sup> **Department of Atmospheric Science, National Taiwan University, Taiwan, R.O.C.**

(manuscript received 25 May 2010 ; in final form 29 June 2010)

### **ABSTRACT**

Typhoon Morakot (2009) made a record breaking torrential rainfall and caused massive damage over Taiwan area. In this study, verification on the operational forecast of the track and rainfall of Morakot issued by the Central Weather Bureau (CWB) was performed and discussed. Results show that the averaged distance error of the CWB 24-hour track forecasts of Typhoon Morakot is 87 km which is smaller than the mean track forecast error of the CWB in the last few years, and is also smaller than the averaged forecast errors of Japan Meteorology Agency of Japan (JMA) and Joint Typhoon Warning Center of USA (JTWC) in homogenous comparisons. For the 48-hour and 72-hour forecast errors, the CWB errors are 192 km and 276 km, respectively, and are larger than those of JMA and JTWC. The overestimate of the moving speed of Typhoon Morakot nearby Taiwan results in the underestimate of the influence of the typhoon on the island.

About the Morakot rainfall forecast, CWB predicted 800 to 1,000 mm of rainfall over western Taiwan at their first warning issued at 10:30 local time on 6 August. The official rainfall forecast was able to predict the general distribution of the typhoon rainfall pattern over Taiwan. Major areas with torrential rainfall were accurately predicted by CWB. However, the amount of the total rainfall was much underestimated. Particularly, over the southeastern Taiwan where lee side dry area was expected as the cyclonic flow over the

Central Mountain Range from the west, but the rainfall system was able to maintain the intensity when it moved over the mountain and resulted the largest rainfall forecast error. Furthermore, the successive rainfall forecasts delineated that the CWB was able to update and issue more accurately rainfall forecast as more observations available. In most of the time, the forecasts were provided more than 10 hours prior to the rainfall occurring.

Typhoon rainfall forecast is still a big challenge in typhoon operational forecast. With steep mountains modifying the typhoon motion and rainfall distribution, to accurately forecast the typhoon rainfall over Taiwan is even more difficult. Timely use of the update information provided by CWB in disaster mitigation operation may be able to reduce the damage and loss. To improve the typhoon track forecast, particularly in the 48-hour and 72-hour, is also desired to upgrade CWB typhoon rainfall forecast.

**Key Words: Typhoon, Typhoon track prediction, Typhoon rainfall prediction, forecast, Verification.**