

ISSN 0255-5778

氣象學報

Meteorological Bulletin

氣象學報

第五十五卷

第一期

Meteorological Bulletin Vol. 55 No. 1

交通部中央氣象局 主編



交通部中央氣象局

CENTRAL WEATHER BUREAU

季刊
第55卷第1期
民國109年10月
Vol. 55 No.1 October 2020

氣象學報

季刊

第 55 卷 第 1 期

目次

研究論文

- 2016 年臺灣地區地震活動探討----- 蒲新杰、邱俊達 (1)
何美儀
- 氣象局氣候預報系統在 2012-2016 年預報能力評估----- 李清勝、胡志文 (23)
- 臺灣颱風預報技術提升整合研究 2019 年研究成果----- 葉天降、李清勝 (37)
張保亮、洪景山
蕭玲鳳、馮欽賜
陳得松

報 告

- 民國 106 年颱風調查報告—第 9 號尼莎(NESAT)颱風(1709)----- 陳維良 (63)
- 民國 107 年颱風調查報告—第 8 號(201808)瑪莉亞(Maria)颱風--- 張心華 (93)

出版機關：交通部中央氣象局

10048 臺北市中正區公園路 64 號

發行人：鄭明典

聯絡電話：(02)2349-1091

編審小組：

主 編	林 熿 閔					
委 員	呂 佩 玲 呂 國 臣					
	李 育 棋 林 品 芳					
	林 淑 卿 林 熿 閔					
	洪 景 山 秦 新 龍					
	陳 建 河 陳 國 昌					
	陳 嘉 榮 張 惠 玲					
	滕 春 慈					
幹 事	黃 麗 玫					

(按姓氏筆劃排列)

2016 年臺灣地區地震活動探討

蒲新杰、邱俊達、何美儀

中央氣象局地震測報中心

摘要

中央氣象局地震觀測網於2016年一共偵測到48,914起發生在臺灣地區的地震，此報告將以這些地震資料為基礎，針對2016年規模大於6的臺灣島內或近海的地震序列進行研究；同時，也會探討臺灣地區地震在空間上的變化。在地震案例的部分，第一起的強震是發生在2月6日，位於高雄美濃的規模6.6地震(20160206地震)。這起地震不但造成嚴重災情，其發震機制也引起不少討論。從其餘震的空間分布特性來看，美濃地震可能不止一個主要的破裂滑動區(Asperity)。而造成此地震活動的構造，可能位在下部地殼的構造，且與已知的活動斷層構造無直接相關性。第二個強震是5月12日，發生在宜蘭近海，規模6.1的地震(20160512地震)。從主震的震源機制與震後的餘震活動特徵來看，地震的成因可能為沖繩海槽的擴張。此外，造成 20160512地震發生的構造，相對於龜山島地區下的構造擴張活動性低。第三個是10月6日發生在臺東綠島附近的規模6.2地震(20161006地震)。此地震與2015年2月14日規模6.3的綠島地震，不管是發震位置與震源機制十分相似，推測這兩個綠島地震可能是源自於相同的構造。而造成此一地震的構造，可能是縱谷斷層南段的深部活動。在分析臺灣地區地震活動的空間特性上，我們使用了地震 b 與 Z 值進行討論。結果發現2016年 b 值的高區集中於中央山脈的北段、南投與玉山地區。而在前述的三強震發生區附近， b 值則是偏低。而 Z 值的分布，則是前述強震發生的地區有較高的數值。而較低的 Z 值則是集中在新竹-臺中與花蓮-臺東地區。這些地區過去有強震發生的紀錄，目前雖是低地震活動，但仍應關注未來顯著地震發生的可能。

關鍵字：20160206美濃地震、20160512 宜蘭地震、20161006 綠島地震、 b 值、 Z 值

一、前言

根據中央氣象局臺灣地區有感地震活動報告，2016年共發布678個有感地震報告。其中，規模最大的地震發生在5月31日，地點在臺灣東北海域地區、深度256.9公里，規模達ML6.9。由於此地震震央距離臺灣本島約100公里，因此並未在臺灣地區產生災情。相對於20160531的臺灣東北海域地震，2月6日在高雄美濃發生的20160206地震在臺灣本島產生的震度就明顯大多了(

圖1)，臺南市新化地區甚至記錄到最大震度達7級(400 gal以上)。在此地震引發的強烈振動下，臺南市永康區維冠金龍大樓因而倒塌並造成115人死。除了這個造成災損的強震外，尚有另外兩個震源接近臺灣本島的強震，分別在宜蘭近海與綠島附近。幸運的是，這兩個強震並未造成災情。整體而言，2016年的強震(規模大於6)活動，與2015年類似，較往年的平均值高(表1)。

表1 2007年至2016年間的地震活動統計表

Table1 Seismicity Statistics of Taiwan Area from 2007 to 2016

Year Mag	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Average
7 ≤ M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
6 ≤ M < 7	2	0	4	2	0	3	4	1	4	4	2.4
5 ≤ M < 6	16	19	21	32	15	21	19	22	26	27	21.8
4 ≤ M < 5	149	166	184	133	147	150	152	138	208	172	159.9
3 ≤ M < 4	1,568	1,513	1,583	1,253	1,347	1,102	1,183	1,068	1,386	1376	1,337.9
2 ≤ M < 3	8,065	8,461	9,220	8,814	8,505	7,109	8,458	7,478	9,670	8734	8,451.4
1 ≤ M < 2	6,446	7,870	9,029	12,496	11,333	18,769	27,590	21,309	26,095	28716	16,965.3
M < 1	175	376	318	543	448	4,219	8,104	6,747	7,448	9885	3,826.3
Total	16,421	18,405	20,359	23,273	21,795	31,373	45,510	36,763	44,837	48914	30,765

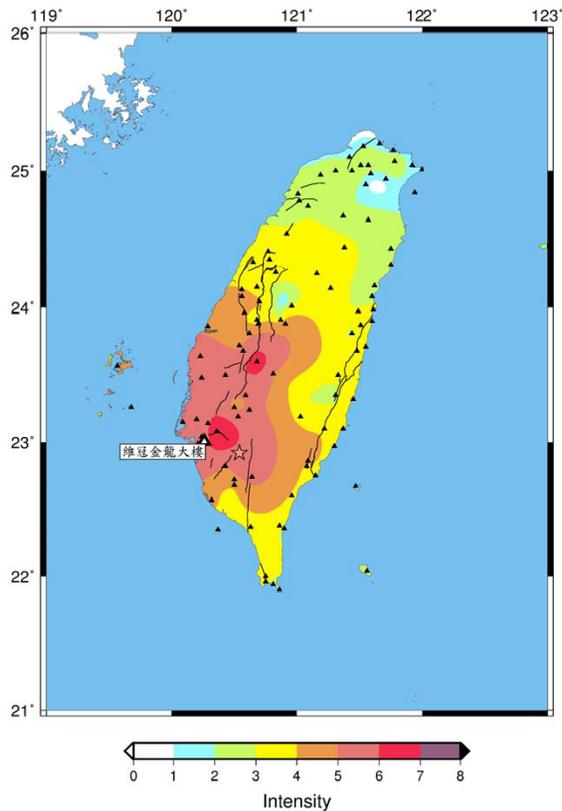


圖 1. 0206 美濃地震所造成的地表振動等震度圖。星號表示 0206 美濃地震的震央位置。三角形表示臺灣地區的地震站位置。黑色實線表示活動斷層的位置 (Lin et al. 2000)。

Fig.1. Intensity map of the 02/06/2016 Meinong earthquake. The star denotes the epicenter, while the black triangles represent the locations of seismic network in Taiwan region. The black lines indicate active faults (Lin et al. 2000).

臺灣地區的地震，除了前述有感地震外，由於板塊作用的影響(Tsai et al.,1977；Tsai, 1986；Angelier, 1986)，還有許多無感地震(圖2)。若要全面完整的了解臺灣地區的地震活動，就不能只針對有感地震進行討論。因為有感地震，主要針對可能致災或引起關注的地震進行發布。在臺灣地區，這些有感 and 無感地震資料，主要靠中

央氣象局即時地震觀測網(Central Weather Bureau Seismic Network)進行監測。監測範圍從東經119至123度，北緯21至26度間。在這個地震觀測網長期連續的紀錄中，臺灣地區的微小地震到大地震皆可被監測。利用這個地震網的地震目錄，臺灣地區的地震活動和其可能發生機制便可較完整的被討論。

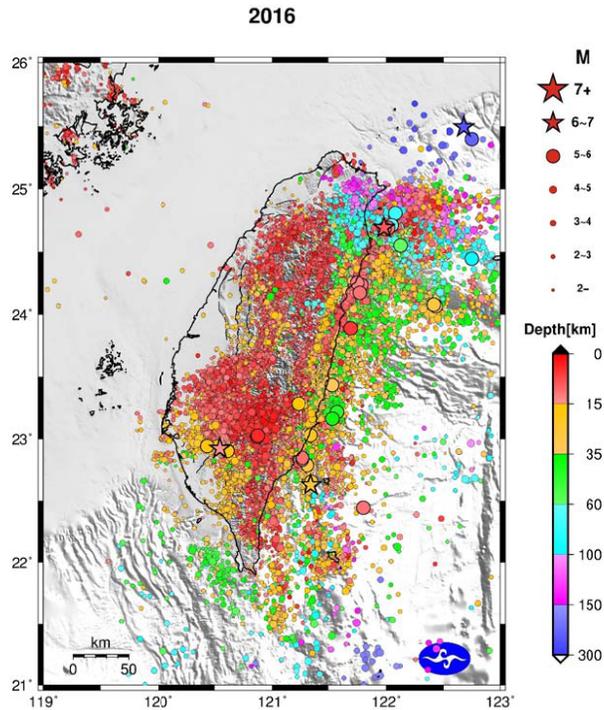


圖 2. 2016 年地震活動的空間分布。

Fig. 2. The spatial distribution of seismic events occurred in 2016. The epicenters are denoted by circles that scaled by magnitude. Different colors represent different depth ranges.

這篇報告，主要是利用地震測報中心的地震觀測網地震目錄資料，進行 2016 年的地震活動回顧討論。這個地震目錄記錄了臺灣地區，規模 1.6 以上的完整地震資料，與大量規模更小的地震。以這些地震資料為基礎，我們分析討論 2016 年島內的規模大於 6 且位在臺灣島內或近海的地震事件。除此之外，也整理分析地震活動特性在空間上的變化。最後將 2016 年的地震與過去的地震活動進行比較，以突顯地震活動的增減地區，做為未來評估地震活動

可能趨勢的參考。

二、2016 年地震活動

2016 年，中央氣象局的地震觀測網 (CWBSN) 的地震目錄中，一共收錄 48,914 個地震事件 (圖 2)。這些地震，皆是中央氣象局同仁，以人工方式處理獲得的。處理方式主要分成 3 部分，一是從連續的地動資料中，摘取出疑似的地震訊號；再逐站挑選 P 與 S 波到時；最後，選用適當的速度模型進行地震定位。以

這些資料為基礎，我們可以得出臺灣地區東經119度至123度，北緯21度至26度間，深度0至40公里)的b值與地震觀測資料的整體最小完整規模。其中，最小完整規模的計算方式是根據 Gutenberg與 Richter的研究，地震規模與個數的對數值符合一線性關係 (Gutenberg-Richter

Law ; Gutenberg and Richter 1954)。再計算規模5以下的地震，至某個規模下限間，資料的線性關係最佳。此時的規模下限，便稱為最小完整規模(MC)。而線性關係的斜率，即為 b值。以2016年的資料來算，Mc為1.6，b值為0.86圖3；Wiemer and Wyss 2000)。

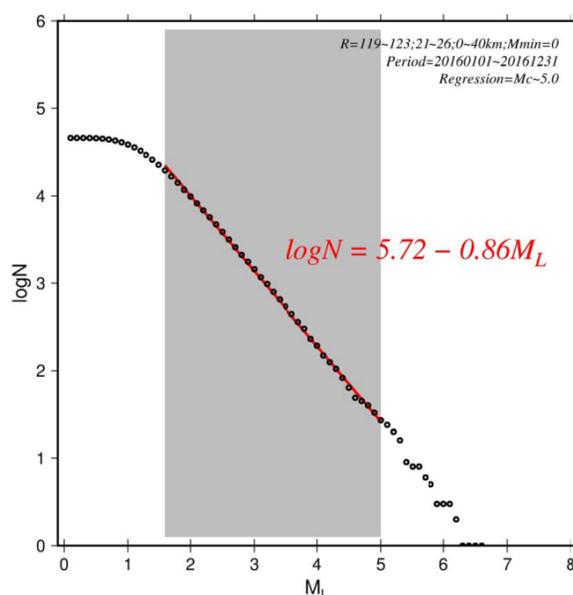


圖 3.2016 年地震個數與地震規模的關係圖。上圖為累積個數(N)的對數與規模的關係，下圖為各規模區間的個數與規模的關係。此圖的最小完整規模為1.6。實線是規模介於最小完整規模(Mc)~5.0之間(灰色區域)的最佳資料回歸線。地震的取樣空間是119° E~123° E，21° N~26° N，深度淺於40公里。

Fig. 3. The relation between the seismic number and magnitude in 2016 around the Taiwan area. The top panel is the plot of cumulated number of seismic event with respect to local magnitude. The red line indicate best fitting with $M_c=1.6$. The bottom panel shows the distribution of local magnitude. In this case, the M_c is 1.6. The solid line is the best regression of data in the gray area (1.6(M_c) ~ 5.0). The calculated samples are the earthquake within the range of 119° E~123° E, 21° N~26° N, and shallower than 40 km.

以 CWBSN 的地震目錄為基礎，比較今年與過去的地震監測數量差異。首先，統計1994年以來的地震監測數量，結果發現2016年的地震數量已略高於2015年(圖4)，同時，也是例年地震目錄中，地震數量第二高的，僅次於1999年921集集地震發生的年份。2016年地震數量之所以為近年(1999以後)最高，主因為2016年2月於臺灣南部的美濃地區發生了一個強震，同時其引起了數量龐大的餘震。接著，整理近十年來，臺灣地區地震活動統計(表1)，從這個統計表中可看出，2012年的地震活動數

目有很明顯的提升，而2013年又比2012年增加許多。再與長期地震活動平均值比較，可發現自2012年起，規模2以上地震活動，多半與長期平均值相近。但規模2以下的地震活動，卻有十分明顯的增加。這種小地震監測能力的提升，應與2012年起地震測報中心將地震儀升級至24位元及地震網採聯網觀測致測站數大幅增加有關。事實上，2016年時，CWBSN的地震站數已達233地震站。這個地震站數目，比2011年的71個增加2倍有餘(圖5)。

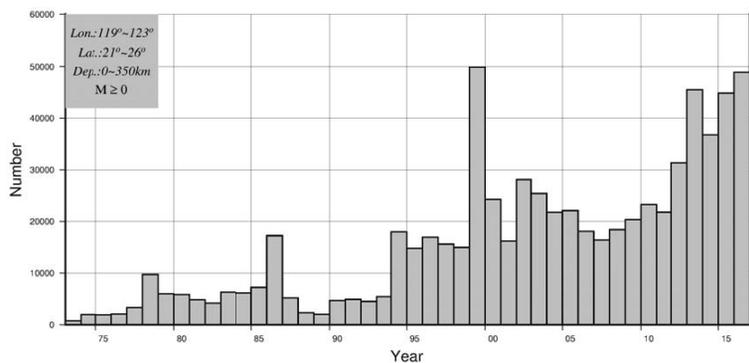


圖 4. CWBSN 地震目錄的 1973 至 2016 年間的年地震個數統計圖。

Fig. 4. Annual cumulated number of seismic events from 1973 to 2016, which were detected by the Central Weather Bureau Seismic Network, Taiwan.

為了探討地震監測能力提升的地區，我們進一步計算臺灣島內地震的最小完整規模分布(Mc；圖5)。在計算Mc時，地震資料是取樣條件為震源深度淺於40公里，地震規模大於零的地震事件。空間中的計算格點是每0.1度計算一次Mc，計算時以格點為圓心，取半徑15公里內的地震事件進行Mc的計算。所使用的方法為

nonparametric maximum curvature method (Wyss et al., 1999; Wiemer and Wyss 2000)。結果發現，在臺灣島內，深度小於40公里的地區內，其最小完整規模皆在2.0以上，某些地區的數值甚至可以低於1.5，如臺灣中部地區。這顯示，目前的地震監測能力已遠優於2011年以前(圖 5)。

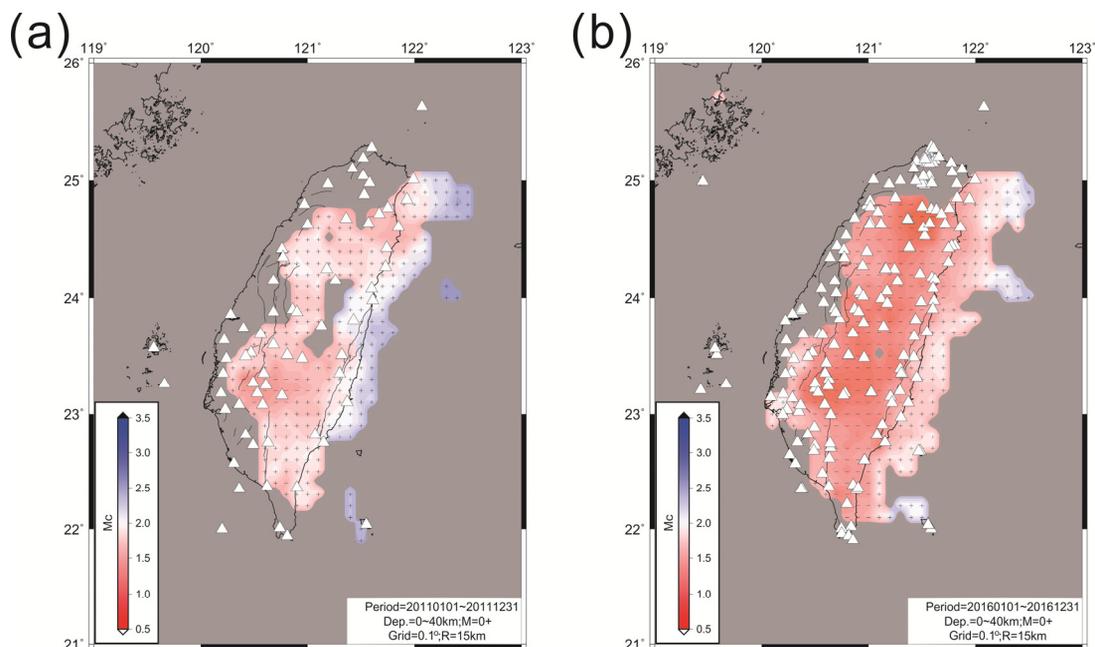


圖 5.最小完整規模的分布圖。(a)為 2011 年的結果，(b)為 2016 年的結果。三角形表示地震站的位置。”+”表示 MC 高於 1.5，”-“表示 MC 小於 1.5。

Fig. 5. Maps of completeness of magnitude (Mc). (a) The distribution of Mc in 2011. (b) The distribution of Mc in 2016. The white solid triangles indicate the locations of seismic stations used in this study. ”+” and ”-“ show MC larger and lower than 1.5, respectively.

除了一般的地震定位之外，解算震源機制也可以幫助我們更深入的了解地震活動的模式。因此，中央氣象局地震測報中心利用地震波形的資料，解算震源機制的初動解和地震矩張量(Centroid Moment Tensor, CMT)解，以利解釋可能造成地震的滑動面位態與滑動方式。上述兩種震源機制，其解算方式有所差異。初動解是由地震波的上下動資料決定出地震的破裂面與其輔助面。而CMT則是運用波形擬合的方式，解算震源的破裂面與其輔助面。初動解的震源機制，一般可針對一些被地震

網包覆較佳的地震進行，此時不論地震大小，何種速度模型，皆可進行震源機制的分析(Honda, 1957)。而CMT的震源機制，運用了低頻的地震訊號，模擬複雜的震源特性(Dziewonski et al., 1981; Sipkin, 1982; Kawakatsu, 1995)。此方法對地震的位置要求相對低，地震不一定要全然位於地震網內才可獲得解析。惟此方法，受限於運算條件(如運算時效)的限制，使用的速度模型的建立相對簡單的一維速度模型(甘志文等, 2015)，此速度構造是Wu et al.(2007)所提出的三維速度模型經過平均後所得到

的一維速度模型。因此，在解算時，目前僅針對能產生相對低頻(0.01~0.08 Hz；甘志文等，2015)的地震事件，進行解算。在2016年間，一共解出了306和199個震源機制的初動與地震矩張量解(圖6)。這個數字，比2014與2015年的數量多(蒲等，2016 & 2017)，但與2012與2013年相似(蒲等，2015a & b)，主要原因與2012、2013與2016年，在臺灣島內有規模較顯著的強震(規模大於 6)活動發生，2012年為霧台地震，2013年為2起南投強震與花蓮地震，2016年則有美濃地震。比較CMT與初動解的震源機制空間分布，可以明顯發現初動解的震源機制可讓我們獲得了不少位在中央山脈西緣的震源特性，這些地震的規模，在整體數

據中相對小。主要是由於這些地區的地震，可以被大量的島內地震站記錄，同時觀測數據對這些地震的包覆性佳，因此即便地震規模相對小，亦可獲得其震源機制。相反的，CMT在解算時，使用的是低頻的地震訊號，此時規模相對小的地震可能無法產生其所欲解算的頻帶地震訊號，因此解算出的地震數量相對少。整體來看，在中央山脈南段到臺灣的西南部，深度 30 公里以內的地震，有不少的正斷層，是臺灣地區正斷層發生數量相對高的地區。在中央山脈的中至北段，則是有不少走向滑移的震源機制。至於臺灣東部地區，地震數量最多，機制大致是以走向滑移與逆斷層的模式為主。

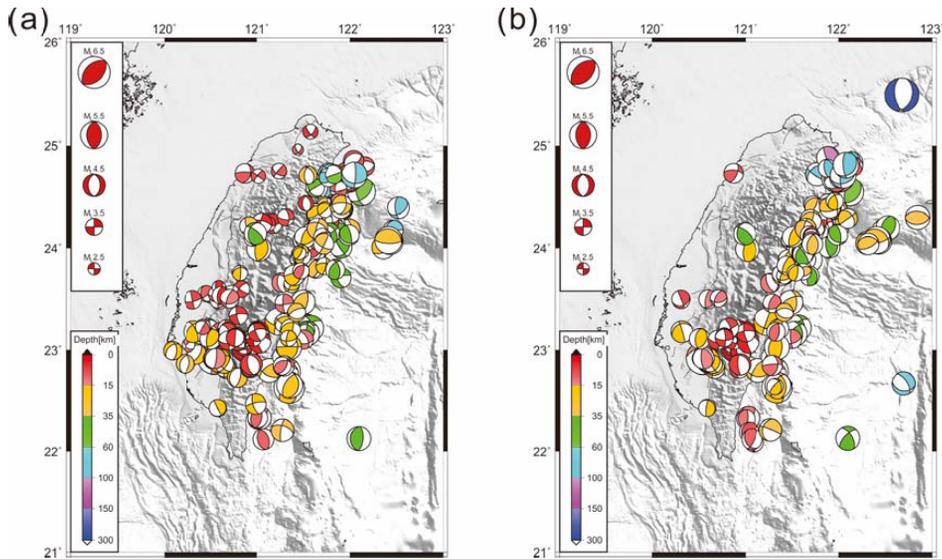


圖6. 2016年中央氣象局震源機制。(a)為利用P波初動所求出的震源機制解，(b)為利用地震矩張量所求得之機制解。顏色代表地震的震源深度範圍。

Fig. 6. The 2016 focal mechanisms provided by the Central Weather Bureau. (a) The first motion solutions and their distribution. (b) The CMT and their distribution. Color represents the depth range of hypocenter.

三、地震個案

(一) 2016年2月6日美濃地震

臺北時間2016年2月6日3時57分，在高雄市美濃區發生規模6.6的災害地震(圖7)。震源深度14.6公里，震源機制以走向滑移型為主。這個地震在臺灣南部人口聚集的地區產生強烈地動，因此，造成相當嚴重災損與相當嚴重的傷亡，其中包含臺南永康維冠金龍大樓倒塌(圖 1)。

關於20160206美濃地震發震機制，本文將依據震源機制的型態與餘震資料進行討論。首先，美濃地震發生的位置，周邊雖然有數個已知的活動斷層，包含左鎮斷層、旗山斷層、與潮州斷層(圖7)。但震源位置卻正好位在這些斷層交界的無已知斷層地區。因此，目前無法直接將美濃地震與這些斷層相連接。事實上，美濃地震後近三日的餘震活動，主要呈東西走向(圖7)。這組地震分布的位態，與震源機制中的東西走向，朝北傾的破裂面相似。這暗示造成美濃地震的構造面可能是呈此位態。而其餘震的分布，多數位在深度 10-30 公里間，這表示造成美濃地震的構造可能是位在下部地殼。而下部地殼的構造，與近地表的活動斷層，可能是不連續的。也因此，可以說明為什麼美濃地震與現有已知的活動斷層無法直接連結。

美濃地震後的地震活動特性，可以歸納如下。首先，美濃地震發生後，主震震源附近(A 區)的餘震活動雖然不少(圖7)，但多數的餘震活動與規模較大的餘震，卻

集中在主震東邊的臺南地區(B 區)。在這兩個地震活動區間，餘震活動相對少。其次，在美濃地震發生後的兩三天內，餘震活動集中在主震附近與主震東側地區。但在美濃地震發生的約三天後，主震北面也開始產生許多的地震活動(C區)。最後，在2月12日以後，臺東利稻地區也開始有許多的地震活動(D區)。這些特性，不但指出地震發生有隨時間變化，同時也指出美濃地震後，群聚發生的地震區域不止一處。事實上，已有研究指出美濃地震的主要破裂區不止一個，除了主震區(A區)外，在主震的東側(B區)亦有另一個主要破裂滑動區(Lee et al., 2016)。而在美濃地震發生約三日後，在主震的北側亦有地震群聚發生(C區)。這些地震的震源深度，相對於美濃地震的發生初期的地震震源深度(約15~25公里)略淺，深度多半在10公里左右。配合近期的研究(Huang et al., 2016)，此現象意指複雜錯動(至少兩個斷層面)的美濃地震，其餘震，先以深部斷層面的活動為主，其後數日，淺層的斷層面才開始再有活動。而到了二月中旬後，甚至利稻地區(D區)也發生顯著的地震活動(圖7藍色地震群集)。關於利稻地區的地震群與前述的三個位在美濃主震附近的地震群距離較遠，空間上呈顯明顯的不連續，因此推測可能與美濃地震的破裂構造無關，但其發生極有可能是受到美濃地震所觸發產生的。

接下來，針對美濃地震震源區地震活動的時間序列討論。在美濃地震發生前，此地區的背景(1994~2015)地震並不多(圖

8)。除了2010年3月4日的甲仙地震後，曾經有引發較顯著的地震活動外，就只有在2004年5月8日規模4.9

與2008年12月23日規模5.3的有感地震前後有頻繁發生的地震。而在地震群聚

發生的地震序列發生時間上，大部分群聚發生的持續時間都僅維持約 1~2 個月。就餘震的持續時間來看，美濃地震的餘震活動相對長，可以持續至 2016年年底亦未停歇。

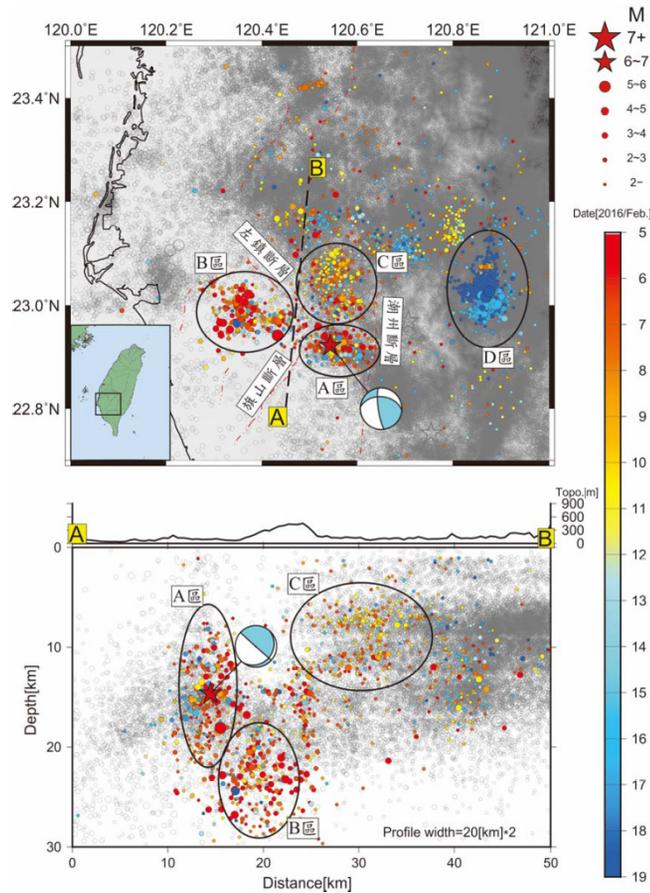


圖7. 上圖為美濃地區地震分布圖(星號與圓形表示背景地震(1994~2016年間)，著顏色的星號與圓形表示2016年2月5-18日的地震活動)。下圖為沿AB剖線的地震分布。色帶表示地震的發震時間。海灘球為20160206地震的初動解之震源機制。

Fig. 7. The top panel shows the seismicity in Meinong area, southern Taiwan. Gray stars and circles are events occurred from 1994 to 2016. Other color stars and circles are events occurred between February 5-18, 2016. The bottom figure shows the seismic cross section along AB profile. The color indicates the origin date of earthquakes occurred between February 5-18, 2016. Beach ball represents the focal mechanism of the 20160206 earthquake solved by the first motions.

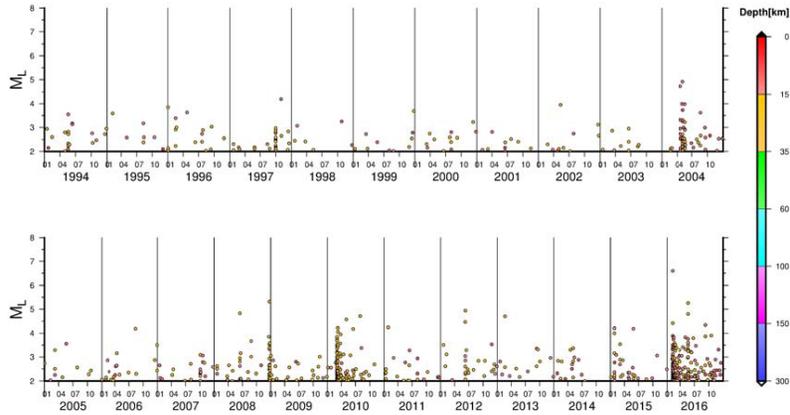


圖8. 20160206震源區附近的地震活動時間與規模分布圖（1994-2016）。地震樣本以20160206地震為中心，選取震源距10公里內的地震事件。

Fig. 8. Temporal variations of magnitude in the source region of event 20160206 from 1994-2016. The events with hypocentral distance less than 10 km from the locus of 20160206.

(二) 20160512 宜蘭地震

臺北時間2016年5月12日11點17分，在宜蘭東部海域發生規模 6.1 的顯著有感地震(圖9)。震源深度8.9公里，初動解的震源機制顯示此地震為南北拉張的正斷層型式為主。主震後跟隨了一序列的餘震活動，這些餘震分布呈近東西走向，震源的深度分布主要在 15 公里以內。

為了探討這個地震的成因，我們採用了主震的震源機制與餘震分布進行討論(圖9)。主震的震源機制為正斷層，拉張應力在南北方向，震源深度淺於10公里。事實上，此地區的地震，可以分成兩個部分，首先是深部(深度深於約30公里)地震活動，其發生的機制為菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊時，兩板塊間相對運動產生的地震(Tsai et al., 1977)。另一部分是淺部(深度淺於約15公里)的地震活動，其產生的機制

與沖繩海槽的擴張有關(e.g. Sibuet et al., 1998)。而此擴張的拉力方向，約為南北向，此特性與 20160512 地震的拉力方向相似。而餘震的分布，呈近東西分布。此與沖繩海槽在臺灣東部海域的走向接近。基於20160512震源的深度、震源機制特性、與餘震分布，我們推測 20160512 地震的成因與沖繩海槽的擴張有關。而 20160512 地震的震源區附近，地震活動相對不多。事實上，此地區的地震活動，主要集中在北部的龜山島附近(圖9)。此意味造成 20160512 地震發生的構造，其活動性可能相對於龜山島附近的構造擴張活動性低。從過去(1994-2016)的地震紀錄中也可發現，此地區的地震活動的確不頻繁(圖10)，上一次有頻繁的地震活動發生是在 2012 年的 4-6 月間。

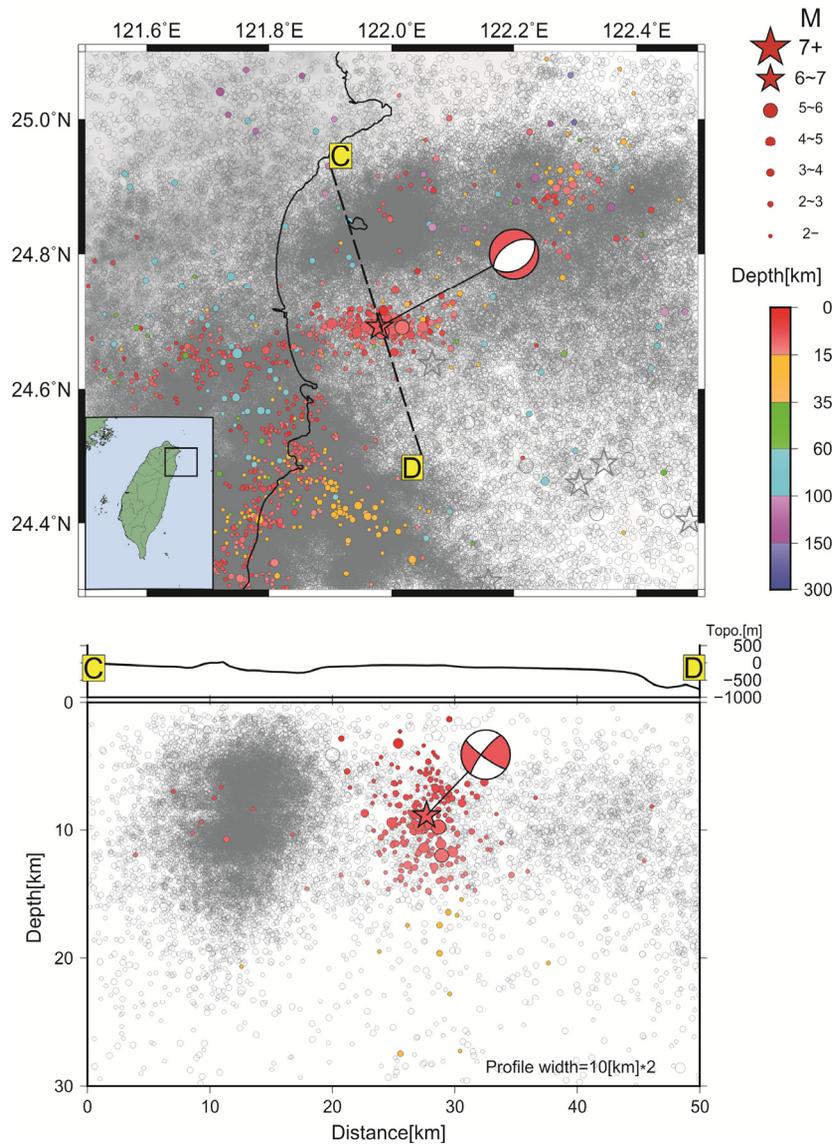


圖9. 上圖為宜蘭地區地震分布圖(灰色星號與圓形表示背景地震(1994~2016年間)，其他顏色的星號與圓形表示2016年的地震活動)及20160512地震位置與震源機制。下圖為沿CD剖線的地震分布，在剖面分布中，灰色圓形表是背景地震，著顏色的地震表示2016年所發生的地震。海灘球為20160512地震的初動解之震源機制。

Fig. 9. The top panel shows the seismicity in the offshore of eastern Taiwan. Gray stars and circles are events occurred from 1994 to 2016. Other color stars and circles are events occurred in 2016. The bottom figure shows the seismic cross section along CD profile. The color indicates the range of hypocenters in 2016. Beachball represents the focal mechanism of the 20160512 earthquake solved by the first

motions.

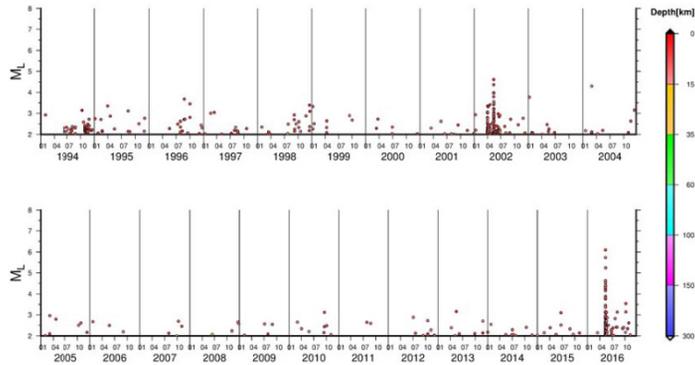


圖10. 20160512震源區附近的地震活動時間與規模分布圖(1994-2016)。地震樣本以20160512地震為中心，選取震源距10公里內的地震事件。

Fig. 10. Temporal variations of magnitude in the source region of event 20160512 from 1994-2016. The events with hypocentral distance less than 10 km from the locus of 20160512.

(三) 20161006 綠島地震

臺北時間 2016 年10月6日23點52分，在臺灣東部海域的綠島地區發生規模6.2的顯著有感地震(圖11)。震源深度23.7公里，震源機制以逆斷層帶走向滑移的型式為主。此顯著有感地震發生後，在當地亦有偵測到一定數量的餘震活動。而就在20161006地震前，2015 年2月14日，當地也發生一個規模6.3的地震(圖11，蒲等，2017)。關於這個地震的發震機制，研判可能與縱谷斷層的活動有關。關於綠島地區的地震研究，過去並不多，主要是這個地區的地震並不多。但如果是將研究區域略往北移，當地的地震活動相對多，且多呈線形分布。將地震帶向地表延伸，則與縱谷斷層(池上斷層)的位置相近，例如2003年的成功地震相關研究(e.g. Kuochen et al., 2007)。事實上，有不少研究認為這個縱谷斷層可能

向南延伸到臺灣東南部海域(e.g. Brown et al., 2015; Shyu et al., 2007)。而20161006地震與2015年2月14日的這兩個強震，其震源機制相似與位置相近，顯示這兩個地震可能是源於一個相同的構造。配合過去的研究，此地區最可能扮演這個破裂構造的，就屬縱谷斷層。因此，20161006 地震與2015年2月14日的這兩個強震，可能都是縱谷斷層南段(臺灣東南海域)的活動，而這些活動都僅限於深部(深度在約20公里以下)。

回顧 20161006 地震震源區附近的背景(1994-2016)地震活動(圖12)，可發現此地區有不少規模 4-5 的地震，而5以上的地震，在2015年前，就2003年曾經有發生過一次。但在2015年以後，卻已經有了4起規模大於5的地震，其中甚至有兩個規模大於6的地震。這暗示縱谷斷層南段(臺灣東

南海域)的構造活動性，已較之前活躍。

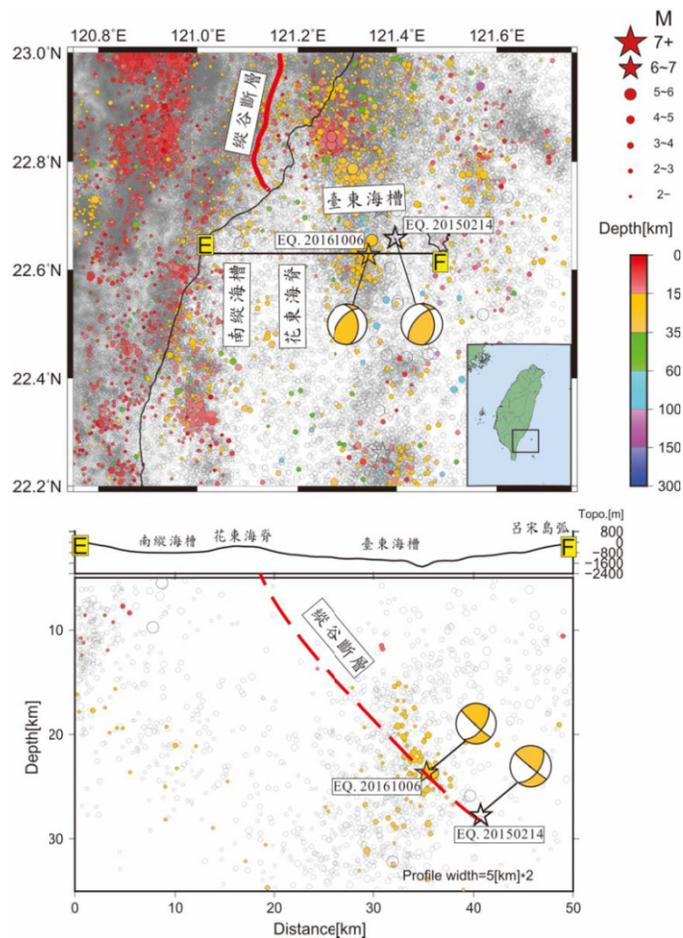


圖11. 上圖為綠島地區的地震分布圖(灰色星號與圓形表示背景地震(1994~2015年間)，其他顏色的星號與圓形表示2016年的地震活動)及20161006地震位置與震源機制。下圖為沿EF剖線的地震分布，在剖面分布中，灰色圓形表是背景地震，著顏色的地震表示2016年所發生的地震。矩形內為線性地震分布。海灘球為20161006地震的初動解之震源機制。

Fig. 11. The top panel shows the seismicity in Ludao area, the offshore of the southeast Taiwan. Gray stars and circles are events occurred from 1994 to 2015. Other color stars and circles are events occurred in 2016. The bottom figure shows the seismic cross section along EF profile. The color indicates the range of hypocenters in 2016. Events in the black rectangle from a linear distribution. Beach ball represents the focal mechanism of the 20161006 earthquake solved by the first motions.

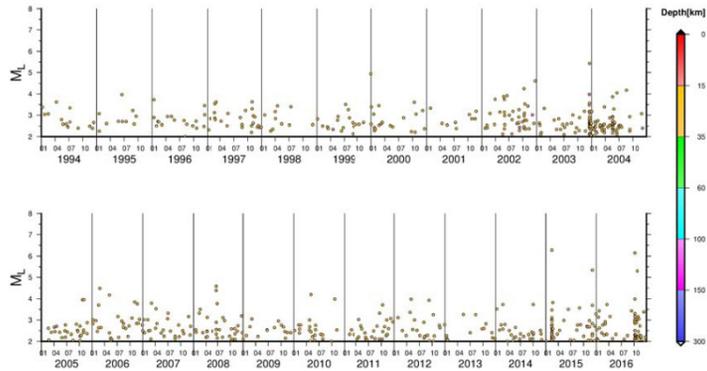


圖12.20161006震源區附近的地震活動時間與規模分布圖（1994-2016）。地震樣本以20161006地震為中心，選取震源距10公里內的地震事件。

Fig. 12. Temporal variations of magnitude in the source region of event 20161006 from 1994-2016. The events with hypocentral distance less than 10 km from the locus of 20161006.

四、臺灣地區地震b值與Z值的空間分析

(一) b 值

根據 Gutenberg 與 Richter 的研究，地震規模與個數的對數值符合一線性關係(Gutenberg-Richter Law；Gutenberg and Richter 1954)：

$$\log N = a - bM$$

上式的線性關係中， M 為地震規模， N 為累積之地震個數， a 值為 $\log N$ 的截距，用來表示該區域內地震活動頻率程度； b 值為 M_c 以上的G-R Law之斜率，表示該區域內大地震與小地震個數之比。

透過2016年的地震目錄，可獲得臺灣地區b值的空間分布(圖13)。在求解過程中，首先將研究區域進行水平格點化(經、緯度皆0.1度)，而深度方向則以0

至40公里內的地震為目標。計算b值時，每個格點以其水平半徑15公里內的地震為樣本。選擇15公里的目的是使得每個格點在計算b值時，可以有部分的資料重疊，使b值的變化相對平穩。

2016年的b值分布，其區分大致如下。首先，b值偏高(高於平均0.9)的地區集中在宜蘭南澳至桃園新竹山區，再向南延伸至南投與玉山地區。而b值偏低(低於平均0.9)的地區，則是在臺灣南部地區與花蓮至臺東地區。這些地區，正好也是2016年規模大於5以上地震發生的位置。而中、大型地震後，局部地區呈現低b值特性的現象，在過去幾年的地震回顧報告中已有歸納(蒲等，2015 a、b & 2017)。事實上，關於強震前後的 b值研究，目前已有許多的文獻發表。其中，有些是針對臺灣地區的強震前b值變化(Chan et al., 2012; Wang, 2016)。而在地震後的b值變化，則相對少。根據過去的研

究指出，震後b值的下降，目前推測的可能因素，大致可以分成幾個方面，一是理論上，b值變化與震後的剪應力變化或是構造的破碎程度有關(Enescu and Ito, 2002)。二是實務上，我們分成兩部份進行討論，一是小規模餘震的活動監測，在發生時間上通常是密集的，因此在識別與定位時，容易互相影響，所以造成餘震的觀測不完整，因此在計算b值時，

規模較小之地震發生機率因技術問題無法完全監測，導致b值下降。其次是規模較大之餘震在主震後頻繁發生，而此類地震於背景的復發期(recurrence time)可能較長，甚至大於一年，因此在計算強震發生後之b值時，規模較大地震發生機率短期提高，導致b值下降。至於本文中所觀測的現象其真正成因，目前尚無法很明確的說明。

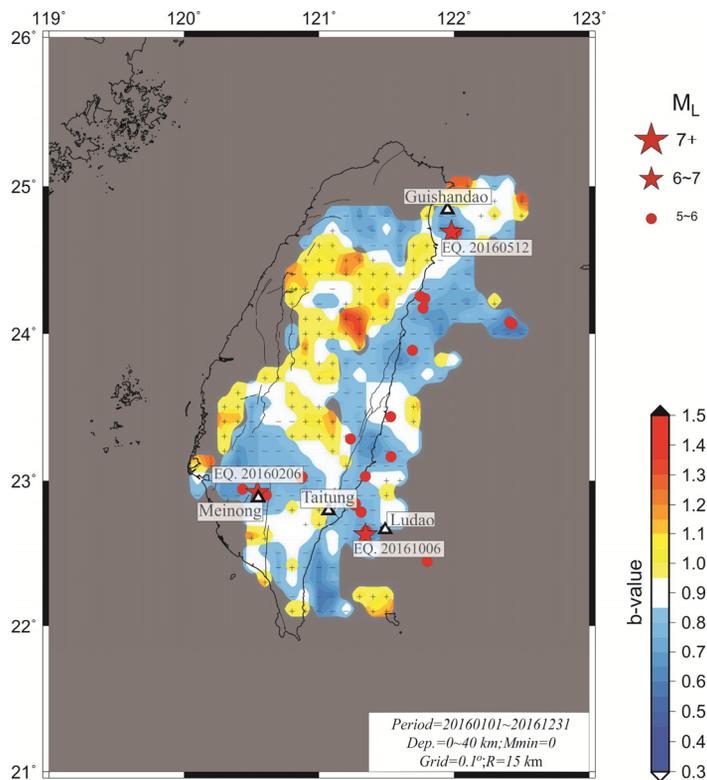


圖 13. 2016 年 b 值與地震 (ML 5) 分布圖。黑色實線表示活動斷層的位置。星型和圓形符號表示震源深度淺於 40 公里且規模 5 的地震事件。"+"表示 b 值高於 0.9，"- "表示 b 值小於 0.9。黑色實線表示活動斷層的位置。

Fig. 13. The distribution of seismic b-values and earthquakes (ML 5) in 2016. Blacklines show the active faults. The stars and circles indicate the epicenters of seismic events with focal depth shallower than 40 kilometers and magnitude 5. "+" and "- " show seismic b-value larger and lower than 0.9, which is through average b-value in the Taiwan area, respectively. Black lines show the surface outcrops of the active faults.

(二) Z 值

藉由Z map 的方法(Wiemer and Wyss, 1994)，我們分析2016年的地震活動性與過去的背景活動性的差別。首先，將地震目錄中有關連性的地震(仿Wu andChiao在2006 的餘震序列定義條件)先行去除，目的是想取得單純的背景地震活動。如此一來，便有機會突顯前震、餘震、群震或異常地震活動增減的特性。接著進行Z 值計算：

$$Z(t) = \frac{(R_{cal} - R_{all})}{\sqrt{\frac{\alpha_{all}^2}{n_{all}} + \frac{\alpha_{cal}^2}{n_{cal}}}}$$

其中R為地震發生率，在此用60天的平均個數來計算地震發生率；下標 all為背景值的時間範圍；下標cal為欲分析的目標時間(2016年)； α 為R的標準差；n為地震發生率的樣本數；t表示以天為單位的時間。

在計算Z值時，所使用的格點設計與地震樣本的選取等方法，皆與b值的計算相同。水平格點化是經緯度皆0.1度，深度方

向以0至40公里內的地震為目標。每個格點再以其水平半徑15公里內的地震，進行Z值的計算。

從計算的結果(圖14)，我們可以探討臺灣島內地震主要增加和減少的地方。在地震活動有區域性較顯著增加的地方($Z > 1$)，多半與近期的顯著地震活動有關，即20160206美濃地震震源區附近、20160512地震的宜蘭近海地區、與20161006綠島地震的臺灣東南海域。除此之外，尚有花蓮地區，此地區在2016年雖然沒有強震(規模大於6)發生，但卻有不少規模大於5的地震發生於此。而Z值偏低的地区，則有臺灣中部的南投地區、花蓮至臺東的中段沿海地區、與臺灣南部沿海地區。Z值偏低代表地震活動相對背景活動少，此為一般常見的地震前兆指標(e.g. Wyss and Habermann, 1988)。配合b值的負異常區(e.g. Imoto, 1991)，推測花蓮至臺東地區，未來具有顯著地震發生的可能。實務上，這些地區在過去，亦不乏強震發生的紀錄，因此確有值得關注之必要。

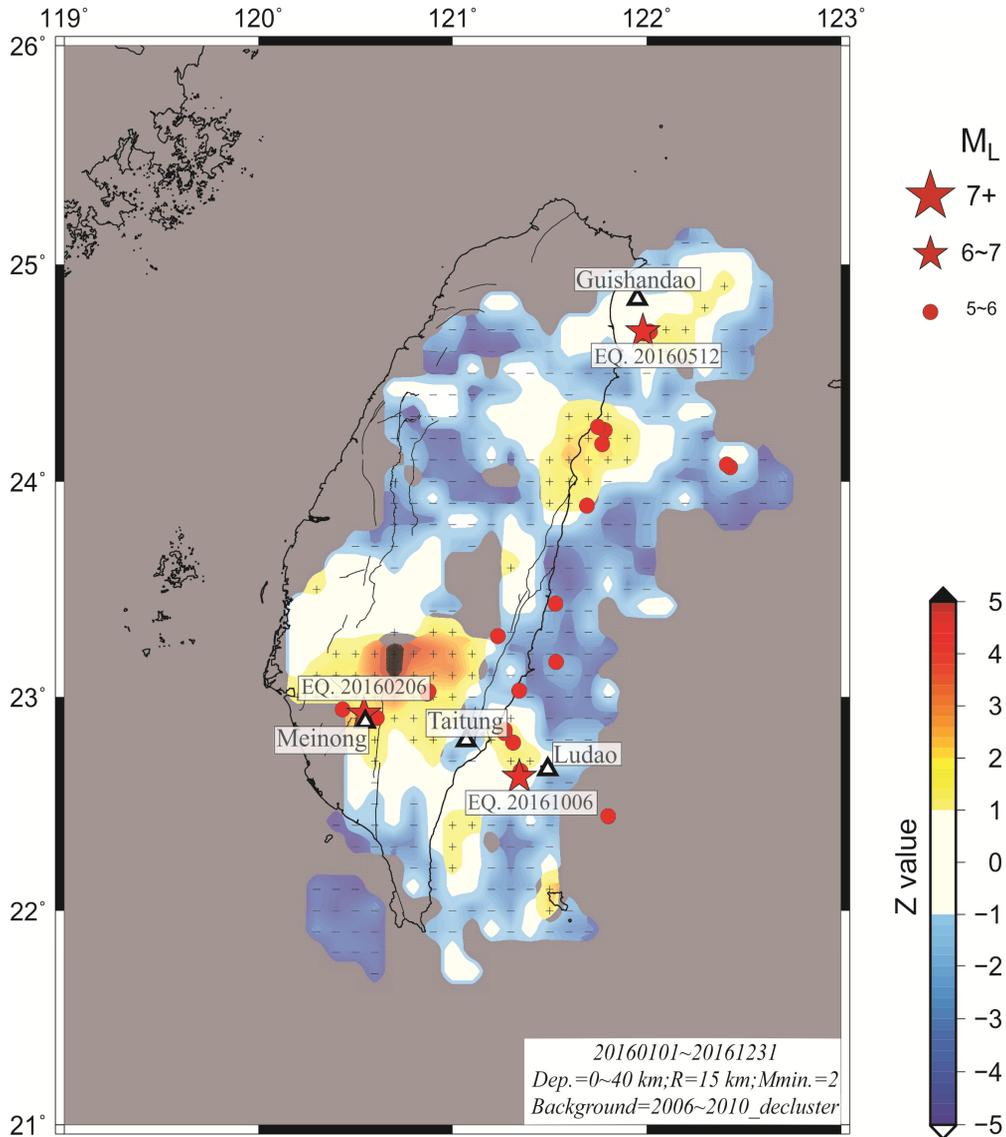


圖 14. 2016年之Z值分布圖。+表示地震活動度增加，-表示地震活動趨於安靜。黑色實線表示活動斷層的位置。星型和圓形符號表示震源深度淺於40公里且規模5的地震事件。

Fig. 14. The distribution of seismicity Z-values in 2016. “+” and “-” show seismicity increasing and decreasing, respectively. Black lines show the surface outcrops of the active faults. The stars and circles indicate the epicenters of seismic events with focal depth shallower than 40 kilometers and magnitude 5.

五、結論

以2016年CWBSN 的監測資料來看，我們整理出下列幾個結論：

- (一) 2016 年監測到的地震數量達 48,914 起。
- (二) 20160206 美濃地震後的餘震分布廣，顯示震源破裂複雜且可能有多個主要破裂滑動區。其破裂構造於下部地殼中，可能與地表已知的活動斷層無直接相關。
- (三) 20160512 地震成因可能為沖繩海槽的擴張，近年的資料顯示此構造的活動性在當地屬相對較低。
- (四) 20161006 地震成因可能與縱谷斷層南段的深部活動有關。
- (五) 2016 年底 b 值地區皆與近期的規模較大($ML \geq 6$)的地震活動有關。
- (六) 2016 年 Z 值增加的地區，主要與 2016 年的規模大於 5 的地震活動有關。
- (七) 2016 年 Z 值與 b 值的低區，主要在臺灣東部的花蓮至臺東地區。

參考文獻

甘志文、蒲新杰、李巧盈、許忻志、蕭乃祺，2015，中央氣象局自動化震源機制解算，氣象學報，52(2)，69-86。

蒲新杰、甘志文、邱俊達、何美儀、郭鎧紋、呂佩玲，2015a，2012年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報，52(2)，19-42。

蒲新杰、甘志文、邱俊達、何美儀、郭鎧紋、呂佩玲，2015b，2013年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報，52(2)，43-68。

蒲新杰、甘志文、邱俊達、張建興、郭鎧紋、呂佩玲，2016，2014年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報。53(1)，1-22。

蒲新杰、甘志文、邱俊達、何美儀、郭鎧紋、呂佩玲，2017，2015年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報。In press。

Angelier, J., 1986: Preface to the special issue on “Geodynamics of the Eurasian- Philippine Sea Plate Boundary”, *Tectonophysics*, **125**, IX-X.

Brown, D., Y. M. Wu, K. F. Feng, W. A. Chao, and H. H. Huang, 2015: Imaging highpressure rock exhumation in eastern Taiwan, *Geology*, **43**, 651-654, doi:10.1130/G36810.1.

Chan, C. H., Y. M. Wu, T. L. Lin, and C. C. Chen, 2012: Spatial and temporalevolution of b -values before large earthquakes in Taiwan. *Tectonophysics*, **532**,215-222, doi:10.1016/j.tecto.2012.02.004.

Dziewonski, A. M., T. A. Chou, and J. H. Woodhouse, 1981: Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global

- and regional seismicity. *J. Geophys. Res.*, **86**, 2825-2852.
- Enescu, B., and K. Ito, 2002: Spatial analysis of the frequency-magnitude distribution and decay rate of aftershock activity of the 2000 Western Tottori earthquake. *Earth Planets Space*, **54**, 847-859.
- Gutenberg, B., and C. F. Richter, 1954: Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, Second Ed. *Princeton University Press, NJ*, **310**.
- Huang, M.H., H. Tung, E.J. Fielding, H.H. Huang, C. Liang, C. Huang, and J.C. Hu, 2016: Multiple fault slip triggered above the 2016 MW 6.4 MeiNong earthquake in Taiwan, *Geophys. Res. Lett.*, **43**, 7459-7467, doi: 10.1002/2016/GL069351.
- Honda, H., 1957: The mechanism of the earthquakes, *Sci. R, ep., Tohoku Univ., ser. 5, Geophys.*, **9**, Suppl.
- Imoto, M., 1991: Changes in the magnitude-frequency b-value prior to large ($M \geq 6.0$) earthquakes in Japan. *Tectonophysics*, **193**, 311-325.
- Kawakatsu, H., 1995: Automated near-real-time CMT inversion. *Geophys. Res. Lett.*, **22**, 2569-2572.
- Kuo Chen, H., Y. M. Wu, Y. G. Chen, and R. Y. Chen, 2007: 2003 Mw6.8 Chengkung earthquake and its related seismogenic structures. *Journal of Asian Earth Sciences*, **31**, 332-339.
- Lee, S. J., T. Y. Yeh, and Y. Y. Lin, 2016: Anomalously large ground motion in the 2016 ML 6.6 Meinong, Taiwan, earthquake: A synergy effect of source rupture and site amplification, *Seismol. Res. Lett.*, **87**, 1319-1326, doi: 10.1785/0220160082
- Lin, C. W., H. C. Chang, S. T. Lu, T. S. Shih, and W. J. Huang, 2000: An Introduction to the Active Faults of Taiwan: Explanatory Text for the Active Fault Map of Taiwan, Scale 1:500,000. Second Ed. Spec. Publ. Central. Geol. Surv. Taiwan, **13**, 122 pp.
- Sibueta, J-C., D. Deffontaines, S-K.Hsu, N. Thureau, J-P L. Formal, C-S. Liu, and ACTparty, 1998: Okinawa trough backarc basin: Early tectonic and magmatic evolution. *J. Geophys. Res.*, **103**, 30245-30267.
- Shyu, J. B. H., K. Sieh, J-P. Avouac, W. S. Chen, and Y. G. Chen, 2006: Millennial slip rate of the Longitudinal Valley fault from river terraces: Implications for convergence across the active suture of eastern Taiwan. *J. Geophys. Res.*, **111**, B08403, doi:10.1029/2005JB003971.
- Sipkin, S. A., 1982: Estimation of

- earthquake source parameters by the inversion of waveform data: synthetic waveforms. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 30, 242-259.
- Tsai, Y. B., 1986: Seismotectonics of Taiwan, *Tectonophysics*, 125, 17-37.
- Tsai, Y. B., T. L. Teng, J. M. Chiu, and H. K. Liu, 1977: Tectonic implications of theseismicity in the Taiwan region. *Mem. Geol. Soc. China*, 2, 13-41.
- Wang, J. H., 2016: Mechanisms causing abnormal b-values prior to mainshocks. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 106, 1663-1671, doi:10.1785/0120150335.
- Wiemer, S., and M. Wyss, 1994: Seismic quiescence before the Landers (M=7.5) and Big Bear (M=6.5) 1992 earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 900-916.
- Wiemer, S., and M. Wyss, 2000: Minimum magnitude of completeness in earthquake catalog: examples from Alaska, the western United States, and Japan. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 90, 850-869.
- Wu, Y. M., and L. Y. Chiao, 2006: Seismic quiescence before the 1999 Chi-Chi, Taiwan, MW 7.6 earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 96, 321-327.
- Wu, Y. M., C. H. Chang, L. Zhao, J. B. H. Shyu, Y. G. Chen, K. Sieh, and J. P. Avouac, 2007: Seismic tomography of Taiwan: improved constraints from a dense network of strong-motion stations, *J. Geophys. Res.*, 112, B08312, doi:10.1029/2007JB004983.
- Wyss, M., A. Hasegawa, S. Wiemer, and N. Umino, 1999: Quantitative mapping of precursory seismic quiescence before the 1989, M 7.1 off-Sanriku earthquake, Japan. *Ann. Di Geofis.*, 42, 851-869.
- Wyss, M., and R. E. Habermann, 1988: Precursory seismic quiescence. *Pure Appl. Geophys.*, 126, 319-332.

2016 Seismic Activity in the Taiwan area

Hsin-Chieh Pu, Chun-Ta Chiu, Mei-Yi Ho Seismological
Center, Central Weather Bureau, Taiwan

ABSTRACT

In 2016, there were 48,914 local and regional earthquakes located beneath the Taiwan area by the Central Weather Bureau. On basis of these observation, this report would investigate not only the three strong earthquake ($ML \geq 6$) sequences, but also spatial variation of seismic activity in 2016 in Taiwan. In terms of strong earthquake, the earliest event with ML 6.6 was occurred in the Meinong, southern Taiwan on February 6, 2016 (named EQ. 20160206). This earthquake induced not only a serious disaster but also lots of discussions about the rupturing mechanism. Depending on the spatial characteristic of the aftershocks, the Meinong earthquake might be composed of multiple asperities. This earthquake was the rupture of the fault, which located at the lower crustal and might not be associated with the active faults recognized on surface. The second strong earthquake with ML 6.1 was occurred in the Ilan offshore area on May 12, 2016 (named EQ. 20160512). According to the activity of aftershocks and focal mechanism of main shock, we suggest that this earthquake were the result of the back-arc spreading. However, the activity of the slip structure generated the EQ. 20160512 is lower than the surrounding spreading structure beneath the Guishandao. The third strong earthquake with ML 6.2 was occurred in nearby the Ludao on October 6, 2016 (named EQ. 20161006). The source location and focal mechanism were similar between EQ. 20161006 and the ML 6.3 strong earthquake on February 14, 2015. For this reason, we suggest that both strong earthquakes nearby the Ludao were generated by the same structure. This structure might be the activity of the southern portion of the Longitudinal Valley fault. In terms of the spatial characteristics of seismic activity in 2016, we calculated and discussed the variation of seismic b -value and Z -value. Here, we found that the high b -value were solved at the northern part of the Central Range, county of Nantou, and Yushan region. The source area of above mentioned strong earthquakes was the low b -value. High Z values were also found at the source area of previous strong events. Conversely, low Z values were concentrated at the Hsinchu-Taichung and Hualien-Taitung areas. Within these areas, historical strong events were recorded and low seismic activity were detected recently. Therefore, these areas should be paid attention for the following felt earthquake.

Key words: 20160206 Meinong earthquake, 20160512 Ilan earthquake, 20161006 Ludao earthquake, b -value, z value

氣象局氣候預報系統在 2012-2016 年預報能力評估

李清騰、胡志文

中央氣象局氣象科技研究中心

摘要

本文根據客觀的評量方法來評估氣象局第二代二步法(TCWB2T2)與第一代一步法(TCWB1T1)短期氣候預報系統之預報能力。分析方法主要是利用距平相關係數、三分類類別技術得分(Gerrity Skill Score; GSS)的分析方法來評估模式的預報能力，分析結果中發現溫度的距平相關係數值在赤道中太平洋有高達 0.97 的相關係數值，顯示模式可掌握住溫度隨時間的變化趨勢，但無法突顯出模式的預報能力。由於目前氣象局作業化預報是採用三分類類別的機率預報產品，所以本文使用了三分類類別的技術得分(GSS)來代表模式的預報能力。研究結果顯示氣象局兩組氣候模式，無論是溫度或雨量的 GSS 空間分佈特徵均和北美多模式系集成員(NMME)中各氣候模式相似，都呈現出在赤道太平洋區域有最高的預報技術，顯示出氣象局氣候模式具有一定的預報能力，但若採用多模式系集平均則會提高雨量的預報技術。

關鍵詞：預報技術、氣候模擬、全球氣候預報系統

一、前言

中央氣象局第二代兩步法全球氣候預報系統(TCWB2T2) 從 2016 年開始進行作業性月與季預報，二步法的預報架構是先用統計或動力方法預測全球海表面溫度(SST)，再將預測的 SST 作為大氣模式下墊面條件驅動全球動力氣候模式預測大氣未來狀態(胡等 2008)。短期氣候預報系統中所使用的大氣模式為中央氣象局全球數值天氣預報模式(CWB Global Atmosphere Model)與

德國馬普研究院(Max-Planck-Institute for Meteorology)的 ECHAM5 模式兩組大氣模式，解析度分別為 T119L40(水平方向約為 110 公里,垂直方向 40 層)與 T42L19(水平方向約為 300 公里,垂直方向 19 層)；海溫預報方面除了有氣象局全球海溫最佳化預報系統(OPGv2-SST; 童雅卿, 2012)產品之外，也使用美國環境預測中心(NCEP)氣候預報系統(CFSv2)的全球海溫預測資料(CFSv2-SST; Saha et al., 2010)。2 組大氣模式與 2 組海溫預測資料交錯搭配出 4 種組

合，每一種組合每個月產出 30 組 280 天的預測結果，此 30 組系集成員是採用當月 15 號之前的 30 天預報結果，所以每個月有 120 組長達 280 天的預測結果作為加工產出月與季預測產品的原料，樣本數量越多越能製作有統計意義的產品。此外氣象局也發展了第一代一步法全球氣候預報系統(TCWB1T1)，此一步法採用美國地球流體實驗室(Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; GFDL)所發展的第三代模組化海洋模式(Modular Ocean Model version 3; MOM3)的海氣耦合模式系統(童雅卿, 2016)，此模式解析度與預報流程均和 TCWB2T2 相同(吳等 2015; 林等 2015)。本文分析了 2012 年至 2016 年中央氣象局二步法與一步法短期氣候預報之預報能力之外，同時也加入了北美多模式系集成員(North American Multi-Model Ensemble; NMME, Kirtman et al., 2014)來一併分析，藉此了解氣象局模式的預報能力以及誤差範圍。

二、觀測資料與模式資料

大尺度環流場所使用的觀測資料為 ERA interim reanalysis (Berrisford, 2011)資料，資料格點數為 480x241，空間解析度為 0.75 度。全球雨量觀測場資料則是使用 Global Precipitation Climatology Project (GPCP, Adler et al., 2003)，資料格點數都為 144x72 格點數，空間解析度為 2.5 度。

TCWB2T2 預報系統是採用中央氣象局(CWB)全球氣候模式與 ECHAM5 模式搭

配 2 組不同的海溫邊界條件(OPGv2-SST 與 NCEP-CFSv2-SST)組成的 4 組預報結果，全部共 120 個系集成員。模式輸出產品中將全部預報產品組合成平均值，又稱多模式系集平均(MME)，是最基本的評量產品。此外，TCWB1T1 預報系統則是採用 TCWB2T2 的相同大氣模式，採用 MOM3 的架構來與大氣模式做海氣耦合，系集成員有 30 個。另外，NMME 的氣候模式總共有六種，包括 CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFDL-CM2p5-FLORB01、NCEP-CFSv2，每個氣候模式中有各自的系集成員數目，所以在進行多模式平均(Multi-Model Ensemble)之前，先將各個氣候模式做系集數目平均，而後再進行多模式平均(MME)，並且將 TCWB2T2、TCWB1T1 模式也一併加入計算，簡稱 NMMET。由於各個觀測場資料、各模式預報資料解析度都不相同，所以此研究將全部資料內插成全球經緯向共 360x180 格點數(空間解析度為 1 度)的網格資料。

三、全球溫度與雨量預報技術

圖1顯示TCWB2T2、TCWB1T1、NMME、NMMET在2012年1月至2016年12月預報第一個月(lead0)的溫度與觀測場(ERA-interim)之距平相關係數空間分佈圖，圖中百分比數字代表在全球範圍內有多少百分比的網格點數有通過95%的統計檢定，L代表陸地上網格點數通過統計檢定的百分比數，O代表海洋網格點數通過統計檢定

的百分比數。此距平相關係數主要是計算兩筆時間序列資料在時間上變化的相關性程度，進一步了解模式是否可正確預報溫度隨時間上的變化。在溫度預報結果中，明顯四組模式都呈現出相似的空間分佈特徵，高相關區域集中在中太平洋、北太平洋、南大西洋、西印度洋，另外西太平洋的相關係數值偏低，推測西太平洋相關係數值偏低有可能是此區域溫度變異量不大，模式預報能力偏低，此距平相關係數空間分佈特徵和歷史預報(hindcast)期間的相關係數空間分佈相似(李等2017)，顯示出模式無論是在歷史預報期間或是實際預報期間都呈現出相似的預報能力。從全球網格點數之相關係數值達統計顯著性的百分比數來看，TCWB2T2、TCWB1T1、NMME、NMMET的百分比分別為75.1%、71.8%、78.1%、79.7%，4組模式百分比數差異不大，不過以NMMET有較高的預報技術，海洋上的百分比數明顯比陸地上的百分比數高，代表模式在陸地區域上溫度預報能力需加以改進。

從TCWB2T2的距平相關分析中得到赤道東太平洋地區有高相關值，最高的相關係數值高達0.97 (159°W,0.5°N的網格點)，進

一步分析觀測場與TCWB2T2的距平時間序列圖(圖2)，圖中看到兩者時間序列變化一致，但TCWB2T2預報溫度過高，而且在部份時間的溫度變化與觀測場不同，例如2014年4月到7月，觀測場溫度為向下趨勢，但模式預報為向上趨勢，所以此高數值的距平相關係數值只能代表模式可正確掌握住溫度隨時間的變化趨勢，但無法代表模式的預報能力，所以需要採用另一種計算方法來評估模式的預報能力。由於目前氣象局作業化的模式預報產品中，主要是以三分類的類別機率預報結果來呈現，所以評估模式預報能力也應採用三分類技術得分。故本文另外計算了Gerrity Skill Score (GSS; Gerrity, 1992)的三分類預報技術得分來評估模式的預報能力，同時也針對全球區域內有多少網格點數的GSS值大於0.1的百分比數來代表模式預報技術。從過去分析上得到(李 2017)，若取GSS大於0會得到全球幾乎都有預報技術，百分比高達90%，連中國大陸地區都有預報技術，但與距平相關係數分佈圖相比(圖1)，此中國大陸地區無預報技術，所以將GSS提高至0.1，來避免過度信賴GSS的預報能力。

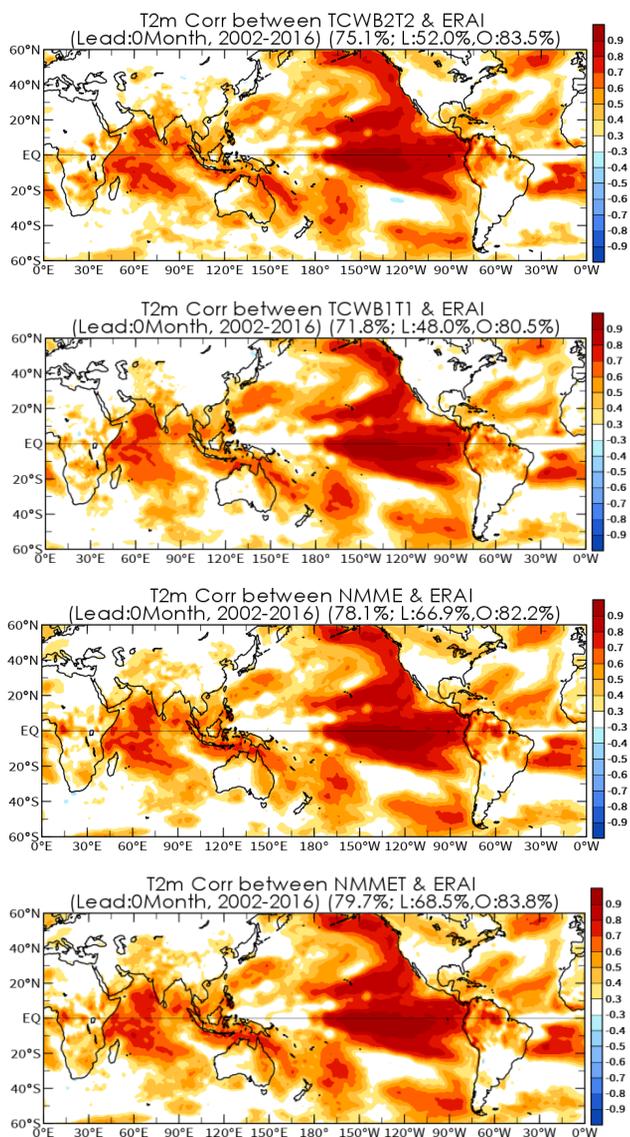


圖1. TCWB2T2、TCWB1T1、NMME與NMMET(由上至下)在2012年1月至2016年12月間預報第一個月(lead0)的溫度與觀測場(ERAinterim)之距平相關係數空間分佈圖，圖中百分比數字代表在全球範圍內有多少百分比的網格點數有通過95%的統計檢定，L代表陸地上網格點數的百分比，O代表海洋網格點數的百分比數，X軸代表經度，Y軸代表緯度，圖中只顯示相關係數值有達95%的統計檢定。

Fig 1. The 2012Jan-2016Dec correlation map is between observation T2m and model forecast with lead one month. The TCWB2T2、TCWB1T1、NMME and NMMET(top to bottom) were used. The value is how much percent of grid points over whole domain with 95% significant correlation coefficient.

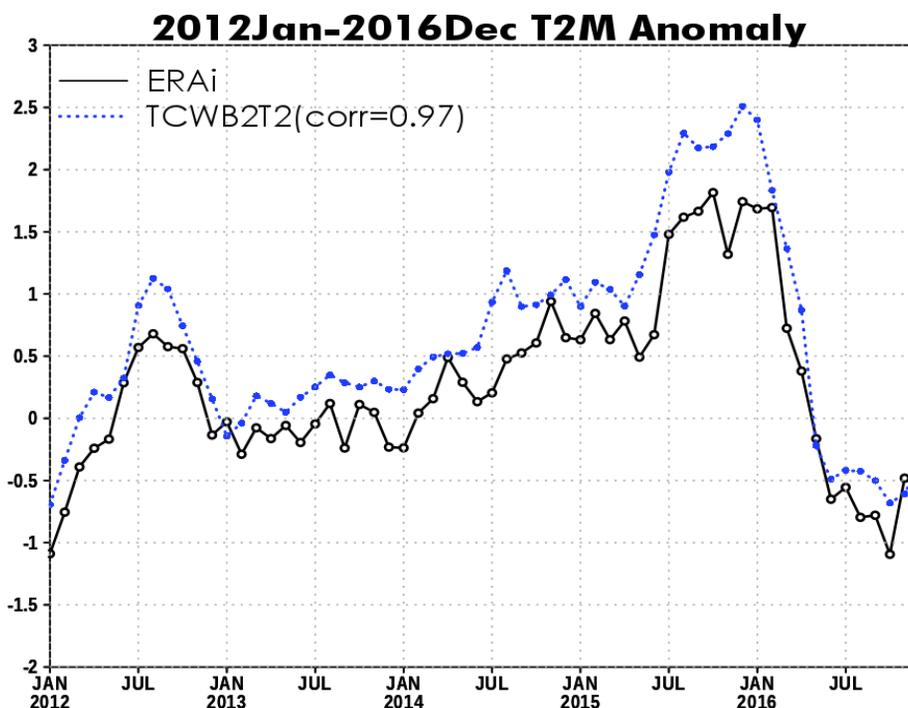


圖2. 觀測場(ERAinterim)與TCWB2T2在網格點(159°W, 0.5°N)上的2012年1月至2016年12月間預報第一個月(lead0)溫度之距平時時間序列圖，圖中實黑線為觀測場資料，藍點線TCWB2T2，左上角數值為兩者時間序列之相關係數值，X軸為月份，Y軸為相關係數值。

Fig 2. The grid point (159°W, 0.5°N) T2m time series of observation (ERA interim) and TCWB2T2 forecast with lead one month. The period is 2012 Jan to 2016 Dec and black-solid line is observation and blue dot line is TCWB2T2. The value of map is correlation coefficient between observation and TCWB2T2.

圖 3 顯示 TCWB2T2、TCWB1T1、NMME、NMMET 在 2012 年 1 月至 2016 年 12 月預報第一個月(lead0)的溫度與 ERA-interim 之 GSS 空間分佈圖，圖中百分比數字代表在全球範圍內有多少百分比具有預報技術得分。可以明顯看到，4 組模式都呈現出相似的空間分佈特徵，高 GSS 得分值集中在赤道中、東太平洋、南、北太平洋、南印度洋區域，得分較低則是在赤道西太平洋

與赤道印度洋區域。從全球 GSS 具有預報技術的百分比數來看，TCWB2T2、TCWB1T1、NMME、NMMET 的百分比分別為 73.2%、65.8%、66.3%、68.8%，4 組模式百分比數差異不大，不過氣象局的 TCWB2T2 有最高數值，同樣也可看到海洋上的百分比數明顯高於陸地區域。

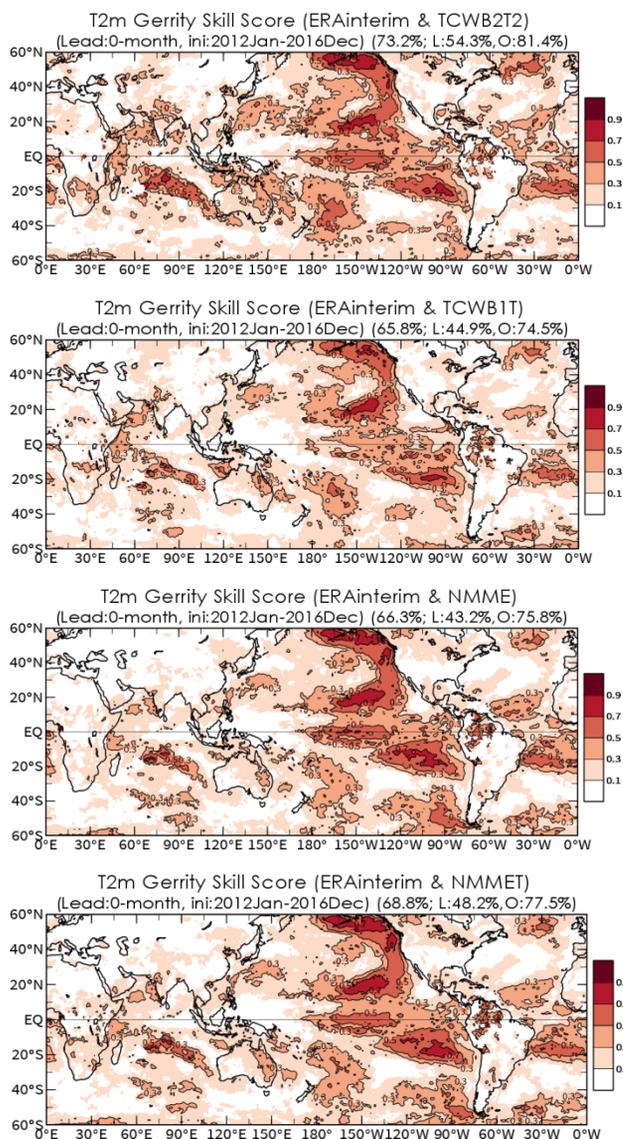


圖3. TCWB2T2、TCWB1T1、NMME與NMMET(由上至下)在2012年1月至2016年12月間預報第一個月(lead0)的溫度與觀測場(ERAinterim)之GSS三分數技術得分空間分佈圖，圖中百分比數字代表在全球範圍內有多少百分比的網格點數的GSS值大於0.1，L代表陸地上網格點數的百分比，O代表海洋網格點數的百分比數，X軸代表經度，Y軸代表緯度。

Fig 3. The 2012Jan-2016Dec Gerrity Skill Score (GSS) spatial map is between observation T2m and model forecast with lead one month. The TCWB2T2、TCWB1T1、NMME and NMMET(top to bottom) were used. The value is how much percent of grid points over whole domain with GSS value greater than 0.1.

圖 4 顯示 TCWB2T2、TCWB1T1、NMME、NMMET 在 2012 年 1 月至 2016 年 12 月預報第一個月(lead0)的雨量與 GPCP 之 GSS 空間分佈圖。4 組不同模式也都呈現出高 GSS 得分值只在赤道中太平洋區域，其它區域 GSS 得分值明顯偏低，顯示出雨量的預報能力明顯不足溫度。若以全球 GSS 具有預報技術的百分比數來看，4 組模式差異不大，百分比數都在 40-50%之間，其中又以 NMMET 有最高的 GSS 技術得分百分比數值。

由於 NMME 主要是由 6 個氣候模式所組成，分別為 CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFDL-CM2p5-FLORB01、NCEP-CFSv2，所以本文進一步分析氣象局氣候模式 TCWB2T2、TCWB1T1 與此 6 家模式的預報能力。圖 5 顯示全球網格點數具有 GSS 預報技術得分的百分比數與領先月份(Lead Month)之分散圖，圖中 X 軸代表領先月份，Y 軸則是 GSS 的百分比數，明顯看到，無論是溫度或雨量表現，GSS 技術得分隨領先月份的增加而得分有減少。溫度表現方面，以 TCWB2T2 有最高值，但雨量則是以 NMMET 表現最好，各組模式之間的百分比數差異並不大，由此可以得到氣象局 2 組氣候模式具有一定程度的預報能力。

四、全球五大區域預報能力

將全球區域分成五大區域來探討模式對於這些區域的溫度、雨量預報能力，五大區域分別為非洲(AF;0-50°E, 30°S-30°N)、印度洋(IO;50°E-110°E, 30°S-30°N)、西太平洋(WP;110°E-180, 30°S-30°N)、東太平洋(EP;180-80°W, 30°S-30°N)以及大西洋(AO;80°W-0, 30°S-30°N)。

圖6顯示各氣候模式在2012年1月至2016年12月預報第一個月溫度在各區域內(AF、IO、WP、EP、AO)的距平空間形態相關係數之時間序列圖。此空間型態相關係數主要是計算兩筆空間上的資料彼此之間的相關性程度，可了解模式預報溫度在空間變化上的掌握程度，進一步可分析在不同年份(時間)，模式是否對空間變化上的掌握程度是否一致，此方法是時間序列相關係數所無法得知。圖中可看到在五大區域內，以EP區域的表現最好，整體平均相關係數值有到0.5，並且各氣候模式形態相關係數變化較為一致，但模式在2013年至2014年之間的相關係數值明顯比其它年份偏低。其它區域的表現則不如EP區域，其中又以AO區域各氣候模式的表現有較大差異。

從各氣候模式在2012年1月至2016年12月預報第一個月雨量在各區域內(AF、IO、WP、EP、AO)的距平空間形態相關係數之時間序列圖來看(圖7)。同樣也是以EP區域的表現最好，若以相關係數值達0.5來看，只有在2015年至2016年平均有達0.5。其它區域的表現都不如EP區域，相關係數值都在正負0.4之間。推測2015年至2016年有較高的預報分數，主要是這兩年的東太平洋

海溫偏暖，屬於聖嬰現象，氣候模式由於 2013年與2014年東太平洋海溫屬於正常年，海溫有較強訊號，所以預報分數較高，但 模式的預報分數則偏小。

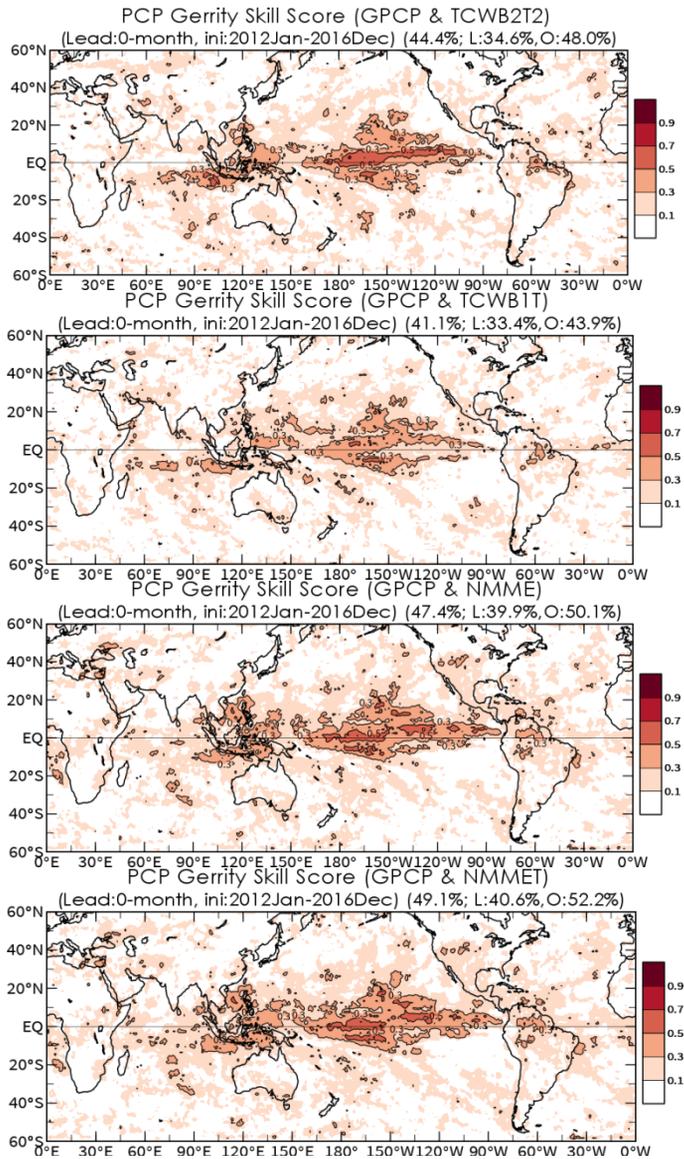


圖4. 同圖3，但為TCWB2T2、TCWB1T1、NMME與NMMET(由上至下)在2012年1月至2016年12月間預報第一個月(lead0)的雨量與觀測場(GPCP)之GSS三分數技術得分空間分佈圖。

Fig 4. Same as Fig3, but it's GSS spatial map of precipitation.

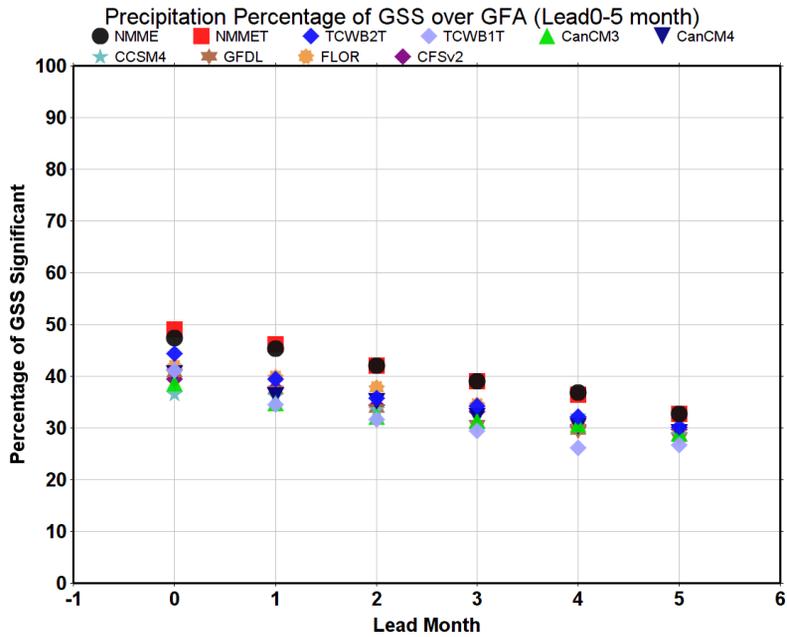
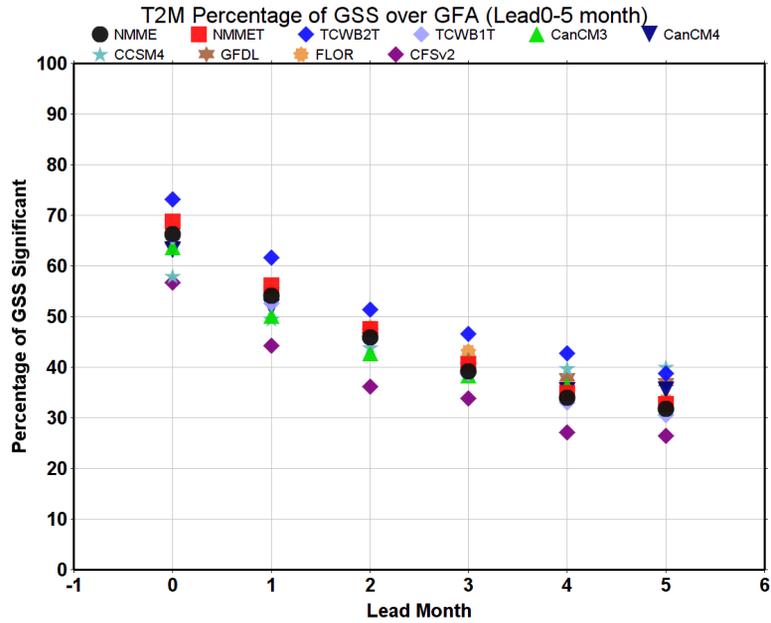


圖 5. 各氣候模式在全球區域 GSS 具有預報技術的百分比數與領先月份(Lead Month)之溫度(上圖)、雨量(下圖)分散圖。圖中 X 軸代表領先月份，Y 軸代表百分比數值。

Fig 5. The T2m (top) and precipitation (bottom) scatter plot of percentage with GSS value greater than 0.1 over whole domain. The X axis is lead month and Y axis is percentage.

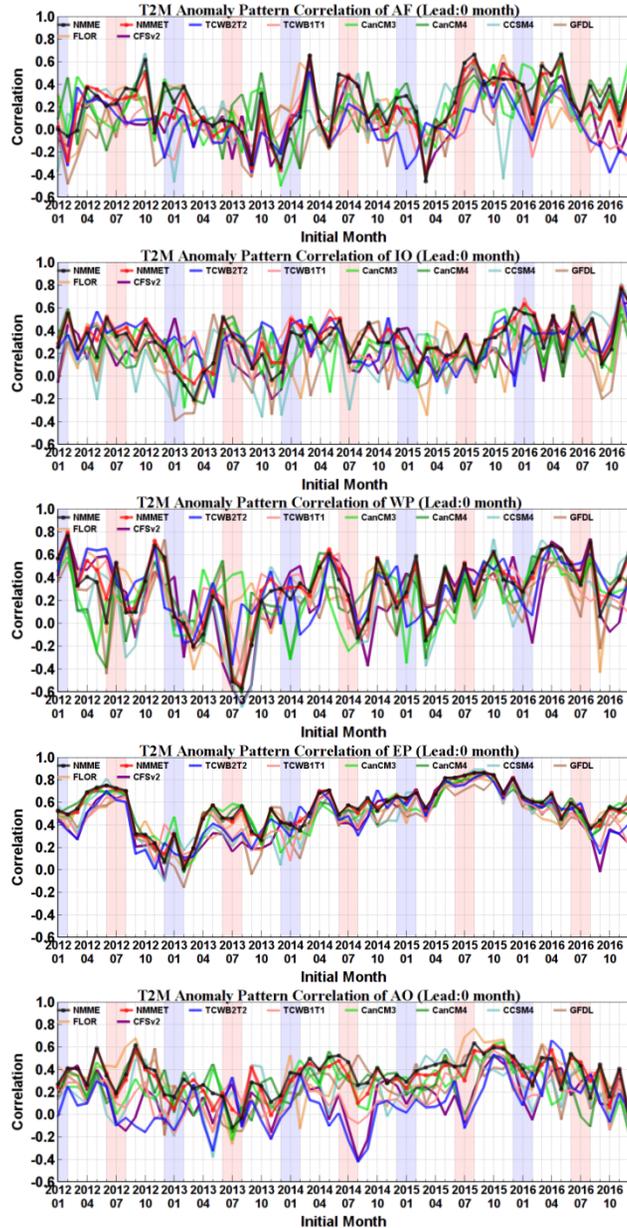


圖 6. AF、IO、WP、EP、AO(由上之下)各區域距平空間形態相關係數之溫度時間序列圖。圖中模式有 NMME、NMMET、TCWB2T2、TCWB1T1、CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFDL-CM2p5-FLORB01 與 NCEP-CFSv2，X 軸為月份，Y 軸為相關係數值。

Fig 6. The time series of T2m pattern correlation over AF、IO、WP、EP、AO (top to bottom) regions. The models are NMME、NMMET、TCWB2T2、TCWB1T1、CMC1-CanCM3、CMC2-CanCM4、COLA-RSMAS-CCSM4、GFDL-CM2p1-aer04、GFDL-CM2p5-FLORB01 and NCEP-CFSv2. The X axis is initial month and Y axis is correlation coefficient.

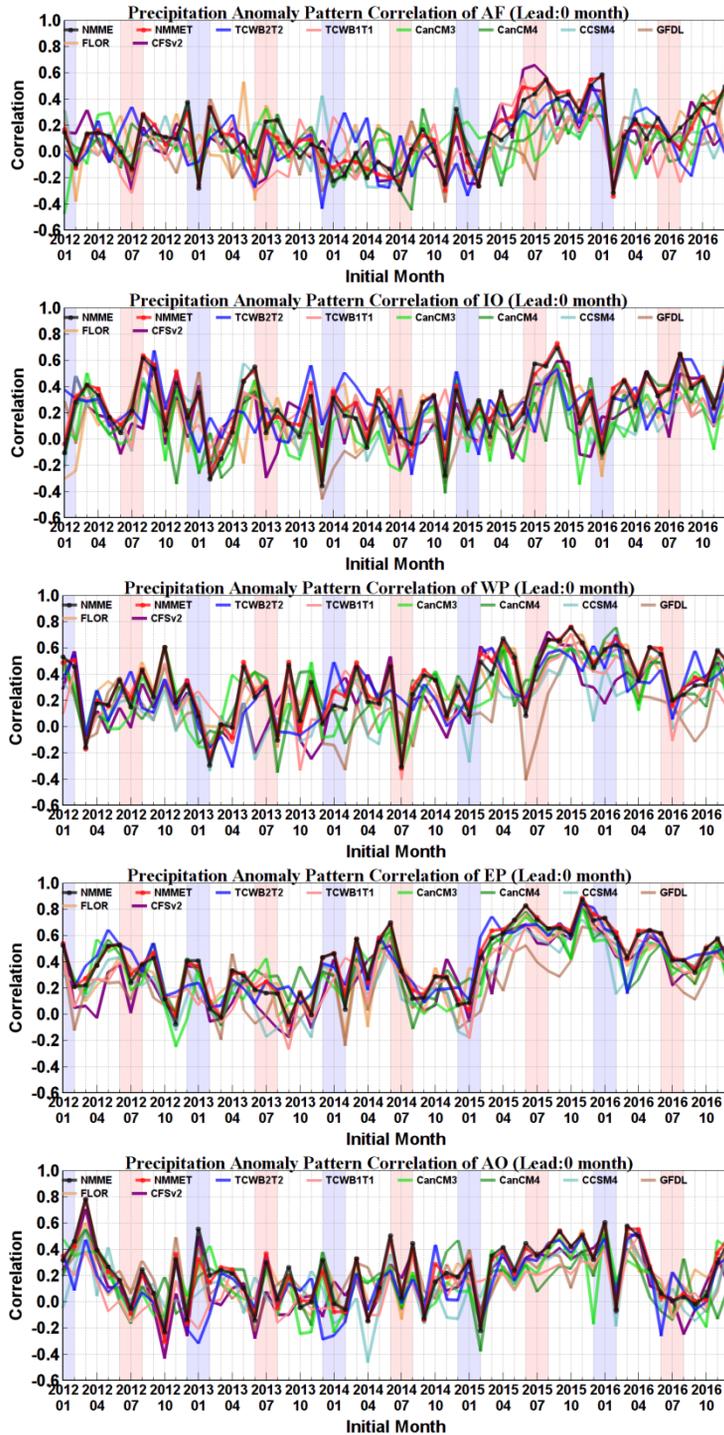


圖 7. 同圖 6，但為 AF、IO、WP、EP、AO 各區域距平空間形態相關係數之雨量時間序列圖。
 Fig 7. Same as Fig6, but it's time series of precipitation pattern correlation.

五、結論

本研究評估氣象局第二代二步法(TCWB2T2)、第一代一步法(TCWB1T1)短期氣候預報系統與北美多模式(NMME)之2012年1月至2016年12月預報結果之溫度、雨量技術得分。分析方法中發現利用距平相關係數分析來評估模式的預報能力，會有過度信任模式的預報結果，所以除了計算距平相關係數之外，也需要計算三分類的類別技術得分(GSS)，然後再針對區域內有多少網格點數具有預報技術得分的百分比數來代表真正模式的預報能力。分析結果得到，溫度明顯比雨量有較高的預報技術，高技術得分集中在赤道中、東太平洋區域，其中又以多模式系集平均(NMMET)有較高的預報能力，但TCWB2T2在溫度的百分比數明顯高於其它模式。分析GSS百分比數隨領先月份的增加則會有GSS值減少的趨勢，仍然是以NMMET表現最好，但氣象局的2組氣候模式表現在也不錯，在某些月份有較高的技術得分，這也顯示出氣象局的氣候模式具有一定的預報水準。從形態相關係數分析中發現，在東太平洋區域內的溫度有最高相關係數值，但並非每年的相關係數值都有達0.5以上，未來將分析模式在年際變化上的預報能力。

六、參考文獻

李清騰，盧孟明，胡志文，2017：氣象局第二代氣候預報系統之季節預報能力評估。天氣分析與預報研討會論文集編，A3-2。

林欣怡、吳子榆、劉邦彥、陳建河、呂承萱、莊漢明、林沛練，2015：TCWB 1-tier 模式之ENSO訊號結果分析。天氣分析與預報研討會論文集編，A3-95。

吳子榆、林欣怡、劉邦彥、陳建河、呂承萱、莊漢明、林沛練，2015：TCWB CFS 1-tier 模式之東亞夏季季風結果分析。天氣分析與預報研討會論文集編，A3-96。

胡志文，蕭志惠，童雅卿，任俊儒，鄭凱傑，黃文豪，施宇晴，施景峰，莊穎叡，賈愛玫，2008：中央氣象局動力統計氣候預報系統簡介。天氣分析與預報研討會論文集編，253-258。

童雅卿，2012：第二代全球海溫預報系統之發展與測試，天氣分析與預報研討會論文集編，A3,76-81。

童雅卿，2016：一步法海氣耦合氣候預報系統長期積分之診斷與評估，天氣分析與預報研討會論文集編，A3-10。

Adler, R. F., and Coauthors, 2003: The Version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *J. Hydrometeor.*, 4, 1147–1167.

Berrisford, P., Dee, D., Poli, P., Brugge, R., Fielding, K., Fuentes, M., Kållberg, P., Kobayashi, S., Uppala, S., Simmons, A., Oct. 2011: The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1, ECMWF, Shinfield Park, Reading.

Gerrity, J.P., 1992: A Note on Gandin and Murphy's Equitable Skill Score., *Monthly Weather Review*, 120, 2709-2712.

Kirtman, B. P., Min, D., Infanti, J. M., Kinter, J. L., Paolino, D. A., Zhang, Q., ... Wood, E. F. (2014): The North American multimodel ensemble: Phase-1 seasonal-to-interannual prediction; phase-2 toward developing intraseasonal prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(4), 585-601.
DOI: 10.1175/BAMS-D-12-00050.1

Saha, Suranjana, and Coauthors, 2010: The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 91, 1015-1057. doi: 10.1175/2010BAMS3001.1

Evaluation the Forecast Skill of CWB Climate Forecast System in the 2012-2016

Ching-TengLee and Jyh-Wen Hwu

Research and Development Center, Central Weather Bureau, Taiwan

Abstract

This paper evaluates the forecast skill of the second version two-tier (TCWB2T2) and first-generation one-tier model (TCWB1T1) in the CWB climate forecast system based on WMO standard procedure. The anomaly correlation coefficient and the three-category skill score (Gerrity Skill Score; GSS) are used as analysis metrics to evaluate the predictability of the model. The results show that the anomaly correlation coefficient of temperature forecast has a maximum value of 0.97 over central equatorial Pacific in both forecast systems. However, this highest coefficient only indicates that the model can capture temperature tendency with time, not a forecast skill. Since the three-category probabilistic forecast are provided in the CWB's operational forecast product, here we use the GSS skill score to be a reference index to present the model forecast skill. The GSS of these two climate models in CWB show the highest skill score in the equatorial Pacific region, and the skill patterns are consistent with the other climate models in the NMME, which indicates that the CWB climate models have forecast skill compared to the NMME models. The use of the multi-model ensemble mean (NMME plus CWB models) can slightly improve the temperature and precipitation forecast.

Keywords : skill score, climate simulation, global climate forecast system

臺灣颱風預報技術提升整合研究 2019 年研究成果

葉天降¹ 李清勝² 張保亮¹
洪景山¹ 蕭玲鳳¹ 馮欽賜¹ 陳得松¹

¹中央氣象局

²國立臺灣大學

摘要

颱風是造成臺灣地區最嚴重災害損失之天氣系統，提升颱風預報作業能力以減低災害損失被列為現階段防災研究之重點研究課題，「臺灣颱風預報技術提升整合研究」則為此研究課題下之一整合型研究，以提升颱風之雷達、衛星觀測及診斷分析、改善數值天氣預報模式、強化系集預報之應用、發展雨量預報技術、以及建立觀念模式加強颱風風雨預報力為整體目標，全期 3 年，由 105 年 8 月至 108 年 7 月期間執行。

研究經由「防災降雨雷達與鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究」、「0-6 小時颱風定量降水預報：變分及系集雷達資料同化方法之發展與研究」、「應用非傳統觀測資料強化數值模式對台灣地區颱風豪雨預報之研究」、「強化資料同化與改進數值模式及引用物件校驗技術以提升颱風預報」、「伴隨特殊特徵之侵台颱風的研究」等 5 部分之進行。

研究所發展之雷達觀測資料反折錯的風速修正法、雷達資料同化至 WRF 模式、改善後之 TWRF 模式、建置 TWRF 應用 FV3GFS 為初始與邊界條件、結合三維變分與 LETKF 系集預報之 Hybrid WRF 3DEnVAR 資料同化方法等皆已經為中央氣象局颱風預報作業應用。研究也得到臺灣地區遠距颱風降雨主要之型態，了解到其發生之機制主要與環境流場及臺灣地形有關，而颱風結構本身似僅影響對流出現之區域，這些可供實際作業預報參考。

關鍵詞：颱風、路徑預報、風雨預報、系集預報、數值天氣預報模式、雷達資料處理、資料同化、定量降雨、遠距降水

一、前言

臺灣地區常受颱風侵襲，平均每年由於颱風所造成的災害損失，遠超過新臺幣100億元。近二十年來，因颱風所導致的災情似有增加之情況，颱風除伴隨之強風外，侵臺颱風所導致之災害，主要肇因於其所伴隨之豪雨。2009年莫拉克颱風、2015年蘇迪勒颱風、2016年莫蘭蒂颱風都造成很嚴重災害。2017年尼莎颱風與相隔12小時緊接著登陸的海棠颱風於7月29日至8月2日接連影響臺灣地區，中南部山區降下破千毫米雨量，屏東縣佳冬鄉三小時累積雨量高達415毫米，驚人的短延時強降雨造成嚴重的淹水災情、土石崩落、道路中斷。颱風強風除造成巨浪影響航行安全，引發暴潮危及海岸地區，亦會在陸地上造成農作物傾倒、落果等損失，並將懸掛物吹落、路樹吹倒，使行人、行車不易控制等，民眾在強風環境下活動容易造成交通事故、受砸擊等意外。

颱風雖會造成許多災害，然而因為水庫儲存容量少，用水需求大，颱風降水往往亦是臺灣地區最重要的水資源，颱風未帶來足夠降水時，將造成缺水乾旱，因此如何在颱風來襲時有效提供準確的颱風預報，是非常重要的工作，改進預報技術與提高預警能力，是當前臺灣地區颱風防災課題中的重要工作。而臺灣地形複雜，故侵臺颱風路徑和結構常受地形影響而有相當大變化，由於地形的舉升等作用，使臺灣颱風之路徑變化與降水現象和颱風在其

他地區(如美國)之路徑變化與降水現象有很大不同。因此，瞭解地形造成颱風路徑和結構改變的物理機制，為改進臺灣颱風豪雨預報與提升防颱能力不可或缺的課題，複雜的地形也在資料同化、數值預報模式上需要特殊之處理。在氣象監測作業上，近年如新一代氣象衛星之布署、都卜勒雷達觀測網之建立，使觀測進展迅速，特別是臺灣地區都卜勒雷達觀測網密集，這些資料也待研究以透過資料除錯、同化處理等，使資料能做為環流反演分析與數值預報作業應用。

科技部自然處為防災之需求，訂「颱風強度、暴風半徑、颱風暴潮、颱風登陸前後共伴環流引發豪雨等預報技術之研究與改進」為105年度起至108年7月研究課題之重點方向之一，研究內容包含1、針對特殊路徑侵臺颱風之研究，2、臺灣地形影響颱風強度及暴風半徑之研究，3、颱風暴風半徑變化和全臺強風出現機率之預報研究以協助評估可能受災範圍，4、侵臺颱風引發港口及岸邊暴潮之研究，5、颱風登陸前後颱風環流與其他天氣系統共伴環流引發豪雨之預報技術研究，6、其他。本研究即是依據上述規劃，整合國內學術與作業單位人力，由觀測分析技術發展、數值預報模式改進與資料同化應用以及颱風遠距降水與颱風降雨概念模式發展等方面進行整合研究。

二、研究進行與主要成果

整合研究包含進行「防災降雨雷達與

鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究」、進行「0-6小時颱風定量降水預報：變分及系集雷達資料同化方法之發展與研究」、進行「颱風模式應用非傳統觀測資料之研究」、進行「強化資料同化與改進數值模式及引用物件校驗技術以提升颱風預報」及進行「伴隨特殊特徵之侵台颱風的研究」等5部分。於後列舉各項研究成果。

(一) 防災降雨雷達與鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究

中央氣象局在臺灣北、中、南陸續建置防災降雨雷達，此外鄰近日本及菲律賓等之雷達資料，都值得盡速應用於中央氣象局作業中。本研究主要收集菲律賓雷達與日本雷達之歷史颱風個案觀測資料、發展去除地形雜波和海面雜波之回波資料品質管理技術，以及針對颱風發展都卜勒速度場反折錯處理技術，將新建防災降雨雷達及鄰近國家雷達資料整合至中央氣象局監測作業中。另並發展颱風雙都卜勒風場反演整合技術，同時也利用雷達發展地面風力估計技術及針對颱風環流分析之環流中心自動定位分析、風力徑向與垂直剖面等分析之作業應用技術，藉以提升對於侵臺颱風的風雨監測及預報能力。

已完成鄰近國家包括菲律賓及日本雷達相關資料的收集，並發展去除地形雜波和海面雜波之回波資料品質處理與作業化

整合。另外亦完成馬勒卡颱風(2016)及諾盧颱風(2017)颱風雙都卜勒雷達分析(張2018)，並利用 GBVTD (Ground-based Velocity Track Display) 與 GBVTD-simplex 方法，以理想渦旋配合之風速結構為參考風速，發展 Vortex Based Doppler Velocity De-aliasing algorithm (VDVD) 方法(Chang et al. 2019)，並顯示此方法對颱風高風速導致的都卜勒速度折錯問題，提供更好的解決方案。如圖1利奇馬颱風之原始觀測風場在颱風中心附近有折錯，經VDVD方法處理後消除了折錯，即可供下游應用。目前VDVD方法已於中央氣象局作業應用。

為探討所同化的資料類型與同化策略對颱風初始結構產生的影響，本研究嘗試導入雷達三維合成回波、雷達都卜勒速度場以及雙都卜勒三維合成風場等不同的資料，並搭配冷啟動與循環更新的策略，比較各組實驗在模式初始場與預報上的差異(張2019)。研究以外層網格採水平解析度為10公里，內層網格水平解析度為2公里，垂直解析度設定為52層WRF模式進行2017年尼莎颱風測試，預報起始時間為7月29日0600 UTC，此時颱風約位於花蓮外海150公里處。雙都卜勒合成風場在3公里僅可覆蓋颱風西側的範圍，5公里高度開始方可覆蓋至颱風東側眼牆的部分。3與5公里高度的回波均呈現南側較強、北側較弱的不對稱性；風場在5公里高度則呈現北側風速略強於南側的微弱波數1不對稱結構。

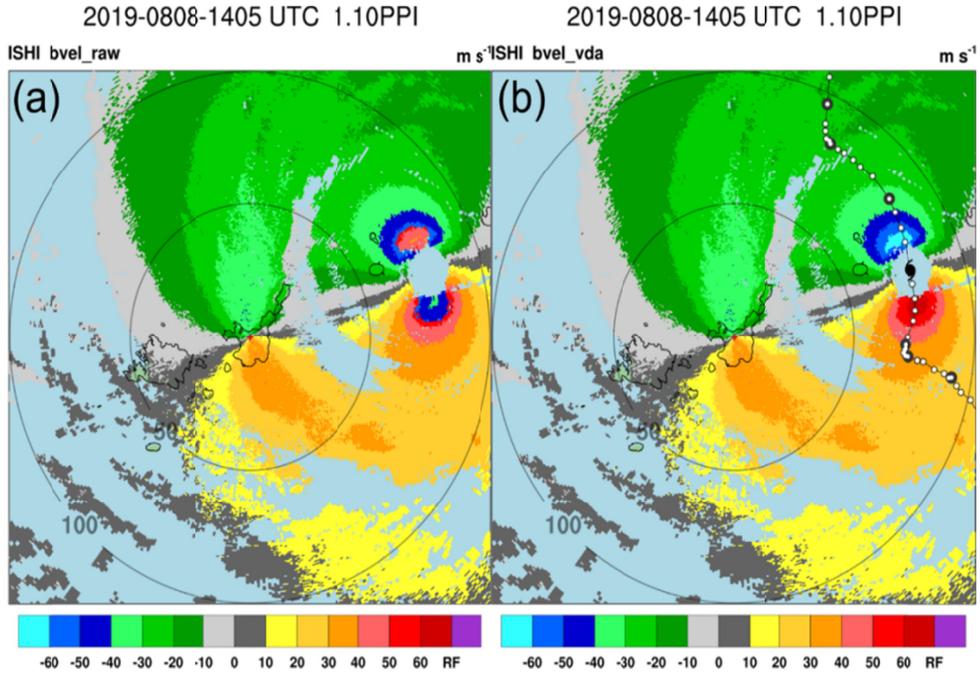


圖 1. 日本石垣島雷達於 2019 年 8 月 8 日 1405 UTC，所觀測之利奇馬颱風 1.1 度仰角(a)原始都卜勒雷達速度場，(b)使用 VDVD 方法計算之都卜勒雷達速度場。

Figure 1. (a) The original Doppler velocity field at 1.1-degree elevation of Typhoon Lekima observed by the Ishigaki Island radar, Japan, at 1405 UTC, August 8, 2019. (b) The dealiased Doppler velocity field using the VDVD method.

資料同化系統引用WRF 3DVAR，在冷啟動的測試中，透由未同化任何觀測資料的控制組(NODA)、僅同化三維合成回波資料(MREF+NO)、同化三維合成回波與都卜勒速度場(MREF+VR)、同化三維合成回波與雙都卜勒合成風場(MREF+UV)、以及同化上述所有資料等5方案以比較應用不同雷達資料之優劣。分析顯示在沒有同化任何資料的狀況下(圖2a)，模式初始場已具有颱風的氣旋式結構，在3公里高度呈現東南側風速強、西北側風速較弱的波數1不對稱性，而5公里高度的風場則呈現南北較強、

東西較弱的波數2結構。颱風中心具有隨高度向東傾斜的特性。而因初始場不具有水象粒子，無法適當反映空間中液態水的分布狀況亦無回波量值，遭遇平衡調整的過程(spun up)，使模式的前3至6小時可信度較低。藉由同化回波可將大氣中可能的水象粒子分布導入模式初始場之中，使其更接近真實狀況，以減少模式達到平衡的所需時間。然而僅同化回波(MREF)雖可改善模式中水象粒子分布的合理性，因無合理的動量場配合(圖2b)，所同化的水象粒子隨著模式開始預報而快速消散，造成導入資料

所能產生的影響時間大幅下降。

同化回波與雷達都卜勒速度場時(圖2c)，可增加初始風場在颱風北側3公里高度的風速，降低原本背景場中颱風風場的高波數1不對稱性，亦可提升颱風風場在5公里高度的東西兩側風速，進而使原本背景場的波數2不對稱轉為北側稍強、南側稍弱的波數1結構。同化回波與雙都卜勒合成風場(圖2d)與同化雷達都卜勒速度場實驗在3公里高度有相似的結果，均可增加颱風在西北側風速，但增加的幅度較小；但在5公里高度(圖未示)則有類似背景場的波數2結構，但強風軸軸線為西北-東南走向。值得一提的是，同化風場資料不但可使颱風的強風速區風速增加，亦可使颱風最大風半徑內縮，顯示颱風結構可更精確地被描述，並呈現更多中尺度的特徵，也使原本颱風中心隨高度向東傾斜的情形，藉由同化風場加以修正。

在預報5小時後(7月29日1100 UTC)，尼莎颱風中心即將登陸宜蘭地區，各實驗在5小時預報的颱風中心位置相當類似，並與觀測資料一致，且均有掌握眼牆回波的不對稱性，但並未反映眼牆外側雨帶的強回波特徵；因此，各模式雖反映合理的眼牆強風範圍與量值，對於眼牆東南側雨帶處的風速則掌握不佳，相較於雙都卜勒合成風場約低估10至20 kts。對於眼牆結構而言，未同化任何觀測資料的強風區位在颱風東北象限(圖2e)，但並未延伸至東南象限，而同化三維合成回波與都卜勒速度場(圖未示)、同化三維合成回波與雙都卜勒合成

風場(圖2f)兩者皆可反映颱風東側眼牆風速較強的特徵且量值與雙都卜勒合成風場一致。測試也顯示，同化雷達反演風場資料與同化都卜勒速度場在初始場與預報上有明顯不同，特別是在環流強度與最大風速半徑上。加入雙都卜勒合成風場，與只加入都卜勒速度場所得到的分析場，在颱風近中心的東北方至東南方、以及西南方向上，其風速值有明顯差異，最大差異接近15 m/s，在預報5小時後，其最大差異進步擴大且集中在颱風近中心附近，值可超過15 m/s。

上述結果顯示同化雷達徑向風或反演風均有助於使模式對颱風風場結構有更佳的解析，為進一步了解引用更多觀測資料，透過循環更新(update cycle)方法，提前進行多次逐時預報並以此為背景場之同化分析，以評估能否使模式對颱風風場結構能有更佳的解析，因此進一步自0000 UTC起至0600 UTC以逐時循環更新的方式，進行同化雷達徑向風與雙都卜勒合成風場的實驗，由預報定量校驗的結果(圖3)顯示，循環同化之效益主要來自逐步建立觀測資料與模式背景場間的平衡關係，以避免單次同化造成的不平衡。此狀況在同化後分析場較接近觀測資料(亦即調整幅度較大)的實驗中較為顯著，在循環同化雙都風(圖3紅線)的實驗中，6小時預報內多數可維持較低的均方根誤差；然而，因同化徑向風所產生的分析增量較小，可能是造成循環同化帶來的效益較不明顯的原因。

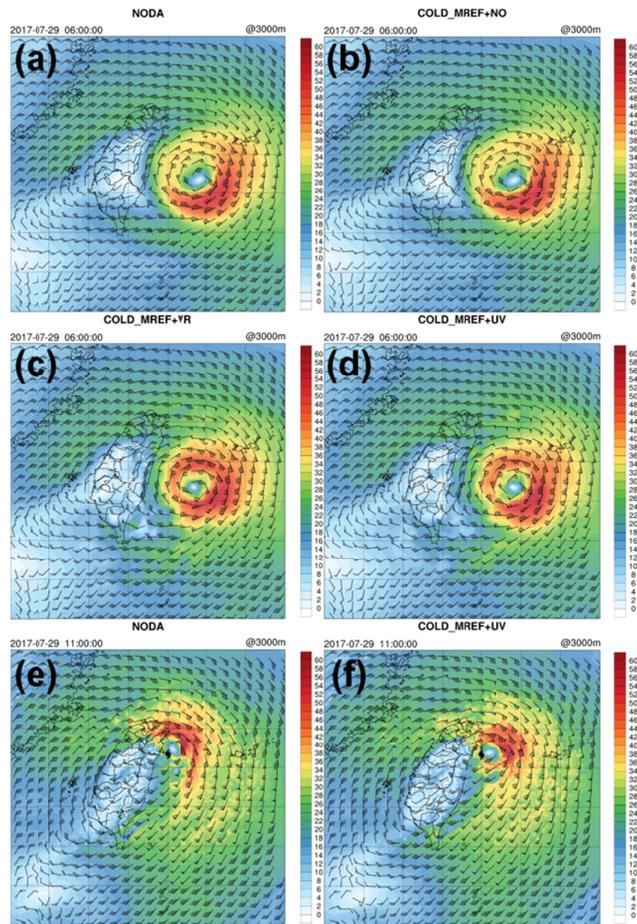


圖 2. 同化實驗於 2017 年 7 月 29 日 0600 UTC 在 3 公里高度之分析風場(風速單位 kts，值見顏色尺標) (a) 未同化任何觀測資料 (NODA)、(b) 僅同化三維合成回波資料 (MREF+NO)、(c) 同化三維合成回波與都卜勒速度場(MREF+VR)、(d) 同化三維合成回波與雙都卜勒合成風場(MREF+UV)；及(e)未同化任何觀測資料 (NODA)與(f)同化三維合成回波與雙都卜勒合成風場(MREF+UV) 5 小時預報(2017 年 7 月 29 日 1100 UTC) 在 5 公里高度之風場(風速)，黑色颱風符號表示中央氣象局之颱風中心定位。

Figure 2. The 3 kilometers wind field (wind speed) of the data assimilation experiment at 0600 UTC on July 29, 2017. Assimilated with (a) No observation data (NODA), (b) radar reflectivity field only (MREF + NO), (c) radar reflectivity and Doppler velocity fields (MREF + VR), and (d) radar reflectivity and dual Doppler retrieved wind fields (MREF+UV). The 5-hour forecast (for 1100 UTC on July 29, 2017) of the wind field (wind speed) at 5 kilometers initiated with (e) no observation data (NODA), and (f) reflectivity and dual Doppler retrieved wind fields (MREF+UV) were assimilated. The typhoon symbol indicates the Typhoon center location observed by the CWB at 1100

UTC on July 29, 2017.

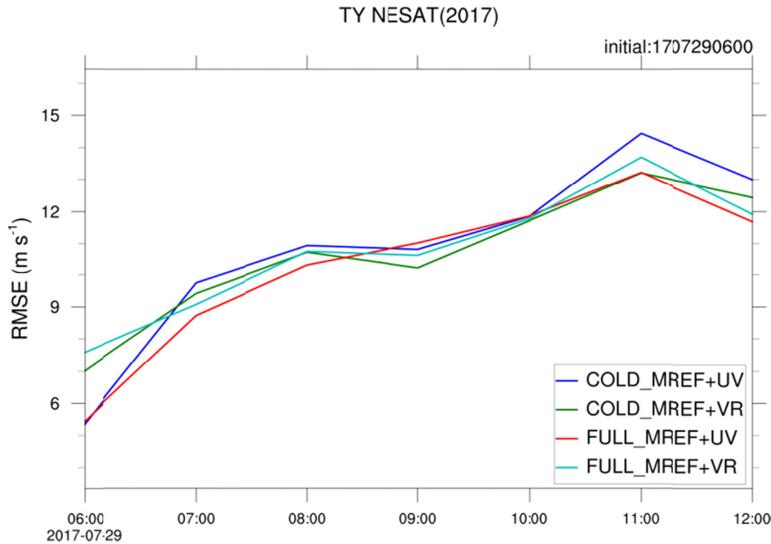


圖 3. 有(FULL)無(COLD)循環更新同化雙都風實驗於尼莎颱風 2017 年 7 月 29 日 0600 UTC 起至 1100UTC 之 5 小時預報風場與雙都卜勒合成風場均方根誤差。分別包含同化三維合成回波與都卜勒速度場(MREF+VR)及同化三維合成回波與雙都卜勒合成風場(MREF+UV) 兩方案。

Figure 3. The root mean square error from 0600 UTC to 1100 UTC of the 5-hour wind forecast from Typhoon Nesat on July 29, 2017. The forecasts include full (FULL) or no (COLD) update cycle. Two approaches include assimilation of radar reflectivity and Doppler velocity fields (MREF+VR), and assimilation of radar reflectivity and dual Doppler wind fields (MREF+UV) 2 schemes.

在模式預報 5 小時後，颱風均位於宜蘭東方外海處，以循環更新同化雙都風實驗的颱風中心與實際狀況較為接近，單次同化的兩組實驗颱風移動稍慢，而循環更新同化雷達徑向風實驗的颱風移動則偏快。因此，3 公里高度的風場結果顯示颱風內核區域以循環更新同化雙都風實驗與實際觀測較為符合，表示在颱風的移動與颱風強度均有良好掌握；而在 5 公里高度上之風場則仍與實際觀測有較大差異，表示

模式並未掌握到颱風靠近地形時，眼牆風場受地形影響後隨高度變化的特性。詳細更多討論參見張(2019)。

綜合上述的結果，使用雙都風場進行雷達資料同化並搭配循環更新的策略，可改善颱風內核區域風場的預報表現，其餘實驗之間則無顯著差異。由於雙都風場雖然較準確但涵蓋範圍較小，雷達徑向風涵蓋範圍大但可提供的資訊有限，本研究未來將透過更多的測試來擬定同時同化兩種

資料的策略，以達到雷達速度場同化的最大效益。

(二) 0-6小時颱風定量降水預報：變分及系集雷達資料同化方法之研發

臺灣地區的天氣災害與颱風或豪雨事件有密不可分的關係，要提高短延時、強降水天氣事件數值天氣預報能力，除了需要高解析度、先進的數值預報系統之外，結合雷達觀測、地基GPS觀測與地面觀測等高解析度、高更新頻率的觀測系統，佐以先進的資料同化技術是提升可預報度的重要關鍵。本研究也發展具有同化雲參數或雷達觀測之變分、系集資料同化與系集-變分混合資料同化技術。

在雷達觀測資料的前處理程序，包括資料品質檢定、資料補遺與資料稀化處理（data thinning）後，研究以中央氣象局WRF模式(水平解析度為2公里，垂直解析度設定為52層)三維變分WRF 3DVAR的基礎上使用風場(u, v)和水象控制變數並以逐時循環更新進行雷達資料同化，由颱風和梅雨個案分析皆顯示，此方法對0-6小時模式定量降水預報相較於未同化雷達資料者明顯改善，詳見蔡等(2019)。另並發展以 LETKF (Local Ensemble Transform Kalman Filter)為基礎之系集資料同化系統，並優化與調校LETKF組態，其LETKF系集雷達資料同化系統係由32個系集成員組成，以逐時之更新頻率進行循環(full cycle)。優化部分係就膨脹係數(inflation)、局地化半徑(localization)與觀測對不同分

析變數的影響等進行調校。結果顯示經此優化LETKF可以在0-6小時定量降水提供比前述三維變分同化更佳之預報，此方法並已在中央氣象局正式上線作業應用。

研究並在WRF 3DVAR的基礎上，結合LETKF同化系統提供之系集預報，進行Hybrid 3DEnVAR資料同化實驗，以探討Hybrid資料同化的特性。個案選自2017年6月2日 00 UTC至6月4日00 UTC，共49個(每小時1個)個案，進行循環更新實驗。該個案為一顯著的梅雨鋒面，在臺灣造成劇烈降水，同化包括中央氣象局五分山、花蓮、七股和墾丁4座S波段都卜勒雷達，以及空軍清泉崗、馬公及綠島3座C波段雷達等共7座雷達站之回波和徑向風觀測。

由於徑向風風場的觀測其量級在0-10 m/s之間，但回波推導後之水象變數，其觀測橫跨數個量級，因此在進行極小化時，無法均衡取得合理的結果。為此，將風場和水象粒子的同化分開，先同化風場，透過系集流場相關背景誤差協方差(background error covariances, BEC) 權重設定為85%，只修正U、V、T、Qv、P、Psf和Mu等變數，接著再同化水象粒子，此時則分別修正Qr、Qs和Qg。由於氣象變數和水象變數在分析的過程互不影響，分析完之後再將氣象變數和水象變數整合成一組新的分析場，資料同化策略概念如圖4a。

針對6月2日05 UTC、6月2日18 UTC和6月3日02 UTC等3個個案，就三維變分和Hybrid 3DEnVAR的結果和觀測進行比較，結果(圖4b)顯示Hybrid同化對降水的結構和強度均能有較好的表現。對49個個案的

定量降水預報校驗(圖4c)，顯示若風場和水象粒子流場相關BEC均占85%的Hybrid 3DEnVAR實驗設計，在所有的降水門檻均取得較3DVAR最佳的定量降水預報能力。若水象粒子分析使用三維變分，風場使用Hybrid 3DEnVAR，在降水極值的預報得分比兩者皆占85% Hybrid 3DEnVAR稍高，顯示在Hybrid 3DEnVAR的水象粒子觀測誤差扮演重要的角色，未來當進一步調整

觀測誤差，以取得更好的預報能力。測試風場的流場相關背景誤差協方差BEC完全來自系集預報(100%)，結果顯示此時定量降水預報能力顯著提升，意味著流場相關背景誤差協方差BEC對風場分析扮演重要的角色，而較佳的風場分析則可以有效地增進定量降水的預報能力。詳細更多討論參見洪(2019)。

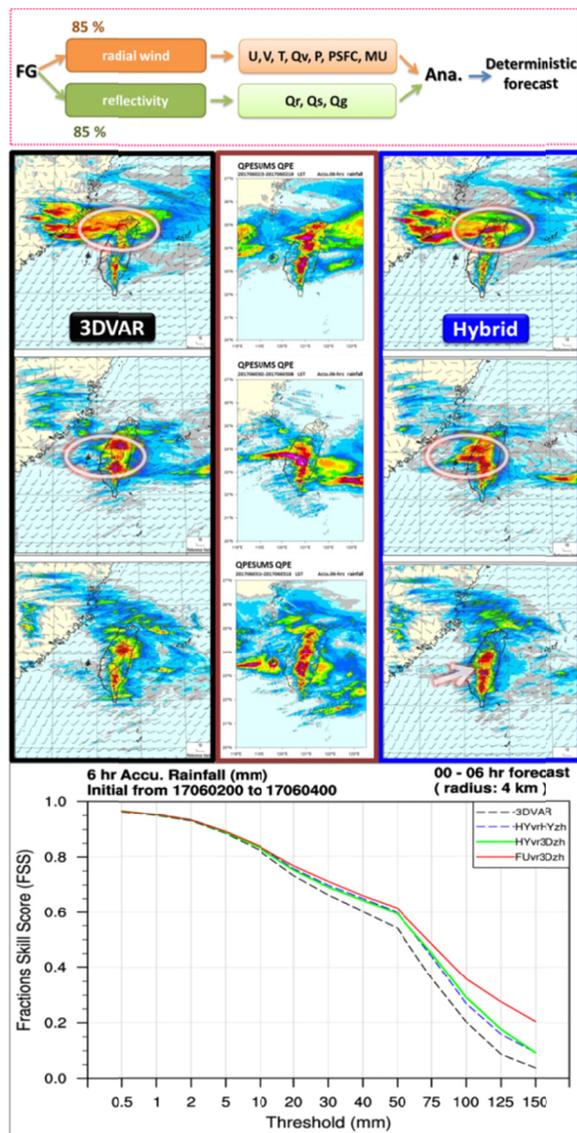


圖 4. (a)本研究之資料同化策略概念圖。(b) 針對初始場為 2017 年 6 月 2 日 05 UTC(上)、6 月 2 日 18 UTC(中)和 6 月 3 日 02 UTC(下)等 3 個個案，就三維變分(左)和 Hybrid 3DEnVAR(右)的 0-6 小時降水模擬預報結果和觀測(中)進行比較；(c) 49 個(每小時 1 個)個案的定量降水預報校驗，圖中 3DVAR 是純粹的三維變分資料同化，HYvrHYzh 是以風場和水象粒子流場相關 BEC 均占 85%的 Hybrid 3DEnVAR，HYvr3Dzh 則是水象粒子分析使用三維變分，風場則使用 Hybrid 3DEnVAR，FUvrHYzh 和 HYvrHYzh 一樣，但風場的流場相關 BEC 完全來自系集預報(占 100%)。

Figure 4. (a) Conceptual diagram of the data assimilation strategy. (b) The rainfall observation (middle), and the 0-6 hour precipitation forecasts with three-dimensional variation assimilation (left) and Hybrid 3DEnVAR (right) for model initiated at 05 UTC (top), 18UTC on June 2 (middle), and 02 UTC on June 3 (bottom), 2017, respectively. (c) Verification of quantitative precipitation forecast in 49 cases (one per hour). Assimilation schemes include three-dimensional variation (3DVAR), both wind and moisture fields applied Hybrid 3DEnVAR and both BECs equal 85% (HYvrHYzh), wind field applied Hybrid 3DEnVAR but moisture fields applied 3DVAR (HYvr3Dzh), and scheme HUvrHYzh which similar to scheme HYvrHYzh excepts 100% was applied for the BEC of the wind field.

(三) 颱風模式應用非傳統觀測資料之研究

針對福爾摩沙衛星資料與雷達資料納入中央氣象局颱風預報模式 TWRP 以及 HWRF 作業模式之資料同化系統，研究已完成颱風中心所建雙偏極化雷達 (TPRR) 觀測之蘇迪勒颱風 (2015) 個案資料蒐集、完成 TPRR 雷達資料同化前處理程序、建置中央氣象局作業使用之 TWRP 三維變分資料同化系統、並進行同化雷達資料對臺灣地區颱風豪雨預報之影響分析評估 (林等, 2015; 劉等 2015)。研究並改進 TWRP 模式之福爾摩沙衛星資料同化技術，同時建置 HWRF 模式三維變分資料同化系統，

以 2017 年尼莎颱風個案測試與比較 TWRP 與 HWRF 模式之福衛觀測資料同化對颱風路徑與降雨預報之影響。發現 HWRF 同化掩星觀測資料可些微提升颱風路徑預報，惟因目前掩星資料稀少，這些資料並無顯著提升 HWRF 颱風路徑、雨量以及結構預報之能力。進一步針對 HWRF 與 TWRP 模式對尼莎颱風個案分析比較，發現 TWRP 模式對於尼莎與熱帶低壓 (之後生成為海棠颱風) 之強度預報較 HWRF 模式預報為佳。在使用福衛觀測資料之局地波譜寬 (LSW) 改進資料同化技術方面，發現雖然福三掩星觀測數量不多，使用掩星偏折角之局地波譜寬 (LSW) 作為掩星觀測資料資料控管 (QC) 之依據卻有較佳之結果，顯示

LSWQC技術能有效提升颱風路徑預報之能力(Chen et al. 2015; Liu et al. 2018)。未來福爾摩沙衛星七號觀測資料增加後，預期能再強化TWRP、HWRF颱風預報之能力。

對TPRR雷達在2014年鳳凰颱風與2015年蘇迪勒颱風兩個案48次預報進行降雨預報評估，分析有無雷達資料同化中央氣象局五分山、花蓮、七股、墾丁4座作業雷達資料對水平解析度15/3公里TWRP(範圍減小)模式之降雨預報影響。結果(圖5)顯示在80、100、130、150與200毫米降雨門檻值大致上皆顯示同化這些雷達觀測資料能有所改進。其中，TS (Threat Score) 得分於150/200毫米門檻可由0.15/0.11提升至0.27/0.28，顯示同化雷達觀測資料效果顯著。BS (Bias) 得分於150/200毫米門檻，未同化雷達觀測資料時嚴重低估 (0.5/0.39)，而同化雷達資料後此現象明顯改善 (0.82/0.79)。此外，對於強降雨的掌握能力，透過POD (Probability of Detection) 得分顯示同化雷達資料能增進強降雨的預報能力，於150/200毫米門檻之POD得分由0.2/0.14提升至0.39/0.39。同化雷達資料不僅能提升強降雨的預報能力，亦能降低強降雨(門檻值150/200毫米)之誤報率，惟同化雷達資料在鳳凰颱風個案中，對於門檻值100毫米以下之降雨預報有較高誤報率，因此個案小雨較多，顯示雷

達資料同化對小雨仍有誤報之情形，未來可進一步探討此原因。

為針對臺灣西南部高雄與屏東地區雨量站之模式第0至7小時降雨校驗，除中央氣象局4座作業雷達外，加入TPRR偏極化降雨雷達，TS得分於各門檻均有改進，特別是大於130毫米門檻之大雨。進一步針對平地與山區(>500公尺)之雨量站進行校驗則顯示山區之雨量TS得分明顯高於平地，且大致上加入TPRR能改進雨量預報。其中，因鳳凰颱風與蘇迪勒颱風主要降雨在西南部山區，在超過130毫米門檻之大雨改進較為顯著。然而，因平地雨量站數較多，平地之雨量預報提升幅度較山地大。

針對蘇迪勒颱風2015年8月8日0400UTC颱風已穿越中央山脈至臺灣西部個案，TPRR雷達之3公里雷達回波觀測資料較多，約1600個。進一步同化至模式中之雷達回波資料數約為1200個，TPRR雷達涵蓋範圍內之雷達回波明顯增強，同化後之模式分析場亦可見TPRR雷達資料有較強之颱風環流，不僅能較好分析颱風螺旋雨帶，且颱風中心附近於臺灣東部與西北部之無回波區域亦有較好的掌握能力。而由分析可降水量差異可見，TPRR雷達附近有顯著的可降水量增強，透過颱風逆時針環流有效分析颱風環流與地形之影響，因此得到較好的颱風結構。詳細更多討論參見蕭(2020)。

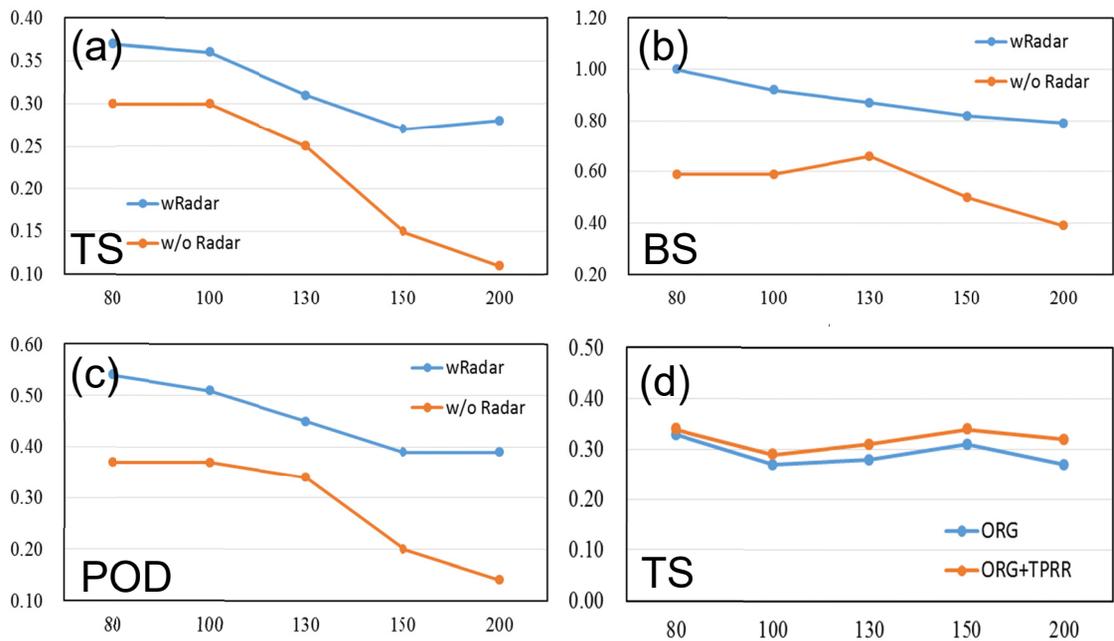


圖 5. 鳳凰與蘇迪勒颱風有(wRadar)無(w/o Radar)雷達資料同化實驗，預報 7 小時累積降雨於不同門檻值(橫軸)之(a) threat score (TS)，(b) bias (BS)，(c) probability of detection(POD) 得分，及(d)有(ORG+TPRR)無(ORG)加入 TPRR 雷達資料對臺灣西南部地區累積降雨之 TS (threat score) 得分。

Figure 5. The (a) threat scores (TS), (b)biases (BS), (c) probability of detection (POD) scores of the 7 hours accumulated rainfall forecasts of with (wRadar) and without (w/o Radar) radar data assimilation for Typhoon Fongwong and Typhoon Soudelor. (d) The threat scores of the 7-hour accumulated rainfall forecasts in southwestern Taiwan with (ORG + TPRR) and without (ORG) TPRR radar data be included in the data assimilation.

(四) 進行強化數值區域預報系統以 提升臺灣颱風降雨與風力預報 研究

在分析中央氣象局颱風模式TWRP路徑預測誤差方面，2016年TWRP2.0作業模式之模式架構仍是WRF V3.3.1，但將水平解析度由三層45km、15km、5km提升至兩

層15km、3km，垂直由45層提升至52層，2017年TWRP2.1則更動積分步長。由2016、2017兩年颱風預報作業誤差顯示，TWRP2.0、TWRP2.1雖仍有與先前TWRP1.5 (45/15km)類似的系統性誤差，但誤差較TWRP1.5為小，尤其在第3至5天預報有明顯改進。2018年TWRP2.2將模式架構升級至WRF V3.8.1，主要更動為Surface

Layer參數法調整，並改變資料同化策略、以及調整渦旋移置技術與處理側邊界條件時relaxation zone的網格點數，將啟動渦旋移置(relocation)的風速門檻值由18m/s調高為21m/s，避免在初始中心不易定位之弱颱風，因渦旋移置而破壞其初始場。另15公里網格模式同化資料策略也從WRF 3DVAR改成Hybrid WRF 3DnVAR（鄭等，2018）。以2017年西北太平洋7個颱風共81個案之TWRf2.1、TWRf2.2粗網格組(15公里)平均路徑預報誤差做相同個案比較詳如圖6a，可見TWRf2.1升級為TWRf2.2使誤差大多數變小，惟差異不是非常明顯；對測試側邊界blending處理時relaxation zone不同的網格點數(5、15、30點)，則顯示採用30點略佳。總結上述結果，改善TWRf颱風路徑預報誤差主要來自於升級模式版本(WRF V3.3.1更新至WRF V3.8.1)、調整Surface Layer參數法及採用Hybrid資料同化策略。

有關海洋混合層模式(OML)影響，研究以2017年天鴿(HATO)颱風設計了三組實驗，分別為TWRf2.1(WRF V3.3.1)、TWRf2.2(WRF V3.8.1)及TWRf2.2_oml，進行測試。TWRf2.2_oml主要修正了TWRf2.2海洋混合層模式(OML)之使用程序，研究發現在DFI (Digital Filter Initialization)過程中若使用OML，將造成TWRf2.2模式預報時錯誤運用海洋氣候資料。結果(圖6b)顯示3組實驗針對天鴿颱風的高解析(3公里)網格模式皆可掌握颱風強度中心氣壓趨勢，但是TWRf2.1的颱風強

度預報過強。另外2組版本升級為WRF V3.8.1的實驗(TWRf2.2、TWRf2.2_oml)的颱風強度預報則較接近官方發布之颱風中心氣壓值(OBS)，不過兩者差異不大。顯示模式版本由TWRf2.1(WRF V3.3.1)更新為TWRf2.2(WRF V3.8.1)及調整Surface Layer參數法可以顯著地改善原本模式颱風強度預報過強的偏差，在預報時有無加入OML在颱風強度上略有差異，惟差異情形不是很明顯。

比較2018年當年度15km解析作業之全部個案平均預報路徑誤差，升級、調整後的TWRf2.2在24/48/72/96/120小時預報誤差為64/111/175/268/355 km，較TWRf2.0於2016年誤差74/125/211/297/421km與TWRf2.1於2017年誤差65/120/202/317/413km為小(3年間個案數與個案皆不同)。在TWRf的15km/3km相同個案比較部分，2016年至2018年皆是3km解析在3天內表現較15km解析之誤差小或相當，但3km解析在超過3天預報之誤差有增幅較15km解析明顯加大的情形，此應是受3km預報範圍及側邊界處理方式影響所致。比較TWRf2.2與WRF-M04(WRF-M04與TWRf2.2主要差異是處理初始場的blending方法，即濾波波長不同)，對2018年颱風個案，TWRf2.2整體誤差較WRF-M04稍小。這些結果顯示更新WRF版本、初始場的處理方式，較可掌握大尺度環境與颱風結構，進而提升颱風路徑預報準確度。

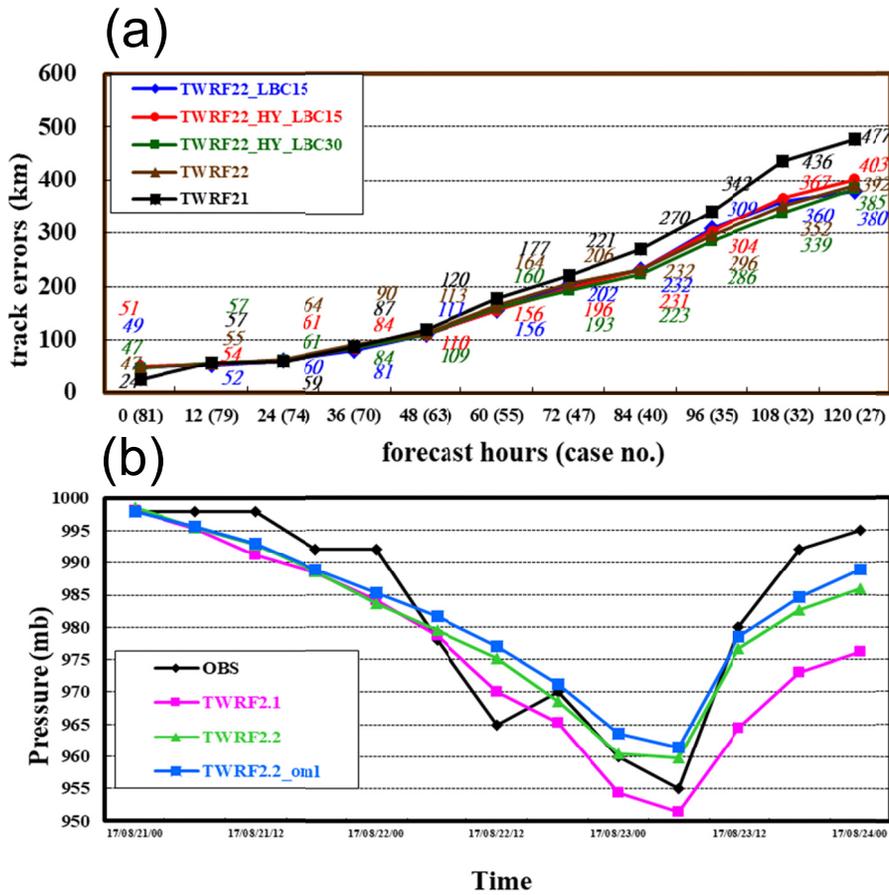


圖 6. (a)TWRF2.1 及 TWRF2.2 模式搭配 3DVAR(圖中 TWRF22_LBC15)或 Hybrid 資料同化 5·15·30 點側邊界網格(圖中 TWRF22、TWRF22_HY_LBC、TWRF22_HY_LBC30)對 2017 年西北太平洋 7 個颱風共 81 個案之 15 公里網格模式平均路徑預報誤差;(b) 2017 年 8 月天鴿颱風 TWRF2.1 及 2 組 TWRF2.2(見文)之細(3 公里)網格模式 72 小時颱風強度預報與觀測(OBS)之時序變化(橫軸)。

Figure 6. The average track prediction errors of the 15-km grid TWRF2.1 and TWRF2.2 models for 81 cases of seven Northwest Pacific typhoons in 2017. Different data assimilation schemes of 3DVAR (TWRF22_LBC15) and Hybrid WRF 3DnVAR were tested. Different range of the large scale field blending of 5, 15, or 30 grid points (TWRF22, TWRF22_HY_LBC, TWRF22_HY_LBC30) were also examined. (b) The observed (OBS) and the 72 hours center surface pressure forecast for Typhoon Hato (2007) from models TWRF2.1, TWRF2.2 and TWRF2.2_oml (see text).

對2019年1至10月下旬21個颱風進行TWRP (15km解析TWRP2.2, 3km模式範圍不足涵蓋校驗範圍)模式24/48/72/96/120小時預報誤差分析,對這些颱風ECMWF模式平均誤差65/122/173/237/245km, TWRP 誤差 64/118/189/285/431km 及 WRF-M04 誤差 72/125/194/292/445km。3天內的誤差, TWRP 64/118/189km 與 WRF-M04_15km 72/125/194km相當,稍小於中央氣象局預報誤差 77/135/208km,和ECMWF相近。但4與5天的誤差, TWRP 285/431km 及 WRF-M04 292/445km 有誤差增幅明顯增長的趨勢。2019年1月至10月下旬中央氣象局對4個颱風發布警報,對此4颱風,3天內的預報誤差, TWRP 63/115/171km、WRF-M04 73/103/176km稍小於中央氣象局預報 77/135/208km、ECMWF 60/117/210及NCEP 78/138/215km, TWRP於警報發布期間提供予預報人員相當有價值的參考資訊。但3天後的預報TWRP誤差 285/431km 及 WRF-M04 誤差 292/445km 也仍有誤差增幅明顯增長的趨勢。

TWRP的同化策略為部分循環(partial cycling),作法為從預報點前12小時起,使用美國國家環境預報中心(NCEP)全球模式(GFS)的分析場作為初始場,然後再連續進行2次6小時的循環更新,再啟動進行120小時預報;另外模式所需的側邊界條件也是NCEP GFS預報場。為了因應中央氣象局作業使用之NCEP GFS全球模式將切換成 Finite Volume Cubed-Sphere Dynamical Core GFS (FV3GFS)全球模式,本研究也進

行TWRP介接FV3GFS相關前置作業更新與測試。研究修改了相關部分並針對所蒐集8個颱風累計163個案進行準平行測試,由15km網格模式之24/48/72/96/120小時颱風平均路徑預報誤差顯示(如圖7)使用原本GFS資料的誤差為62/110/179/318/486公里,使用FV3GFS的誤差為68/115/191/291/398公里,已成功建置連結FV3GFS進行TWRP模式颱風作業預報,在72小時內的預報誤差是以介接GFS稍小,96至120小時預報誤差則是以介接FV3GFS明顯較小,目前介接FV3GFS相關研究成果已經為中央氣象局於2019年颱風季作業應用。

在建置與嘗試使用MODE (Method for Object-based Diagnostic Evaluation, Davis et al. 2006)評估方法方面,係分析中央氣象局WRF模式預報,了解模式對於臺灣地區不同天氣系統的預報能力,期望能提供不同天氣型態的系統性誤差特性,進而改進模式。已完成運用MODE之技術並以2012年5月20日至6月20日梅雨季一個月之5公里解析度WRF模式定量降水預報分析其誤差特性,結果顯示模式白天(08至20 LST)有較多零星降水,且於臺灣東部宜蘭、花蓮及臺東地區有降水高估現象,臺灣中、南部山區降水預報位置偏東。整體模擬降水位置在0至24小時預報皆有偏東情況,並隨著預報時間有由南往北方的位置偏移趨勢。若以2017年梅雨期6月1日20 LST時至6月2日20 LST時模式初始時間的12至24小時預報,使用MODE比較5公里與3公里解析度WRF模式定量降水預報情形。顯示對

12小時累積降水大於90毫米的3個梅雨個案，極端降水發生時，5公里模式之中部降水明顯低估且北、中、南部三區強度普遍不足；而3公里模式於北部有高估、南部有低估現象，降水強度同樣不足，整體而言3公里模式較5公里為佳。針對3公里解析度WRF模式預報，研究並以2017年5月20日至6月20日的08、20 LST時模式初始時間之一個月梅雨個案，診斷模式於0-6、6-12、12-18、18-24小時預報的每6小時累積降水預報誤差，結果(圖8)顯示WRF模式之0至6小時預報的降水物件個數(圖8a)皆比觀測多，且

面積(圖8b)偏小，即模式於白天仍有較多零星降水，而6至24小時預報的降水物件個數與面積皆與觀測相近，且預報與觀測面積分布的中位數值亦相當接近，對於梅雨降水之模擬情況掌握良好。對2017年7月1日14至20 LST時之午後對流個案，由WRF模式之18至24小時預報結果逐一小時的0.5、1.0、2.0毫米累積降雨門檻值進行分析，顯示模式的午後對流發展時間較早，且模式降水有往東北逐漸移動及消散的情形，這些誤差特性值得提供模式發展者參考，尋求改善，詳細參見葉等(2020)。

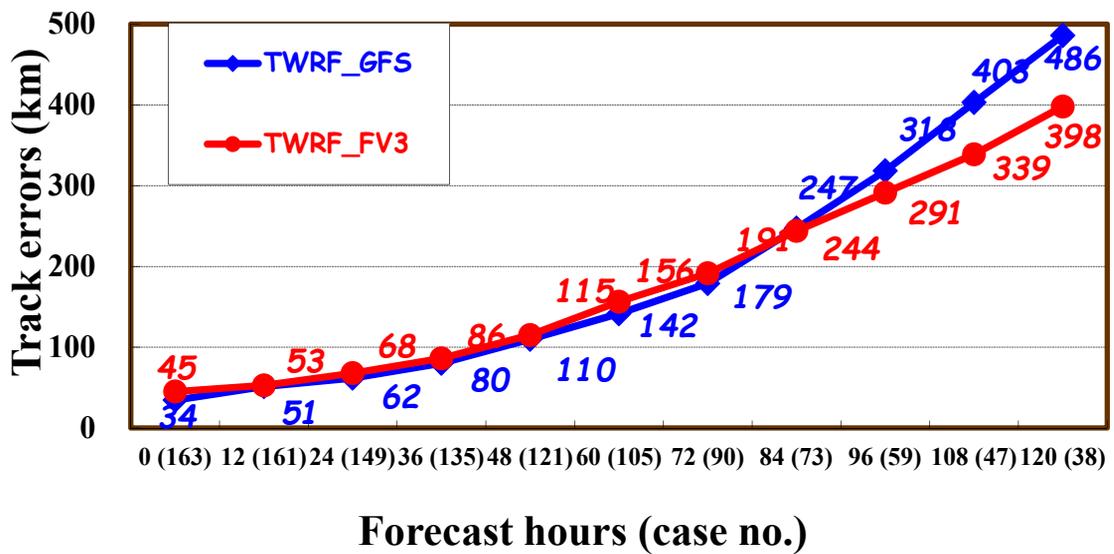


圖 7. TWRP (15 公里網格)模式介接 NCEPGFS (TWRP_GFS)與 FV3GFS (TWRP_FV3)之 5 天平均颱風路徑預報誤差。

Figure 7. The 5-day average typhoon track prediction errors of the TWRP (15-km grids) with NCEPGFS (TWRP_GFS) and FV3GFS (TWRP_FV3) as the lateral boundary conditions, respectively.

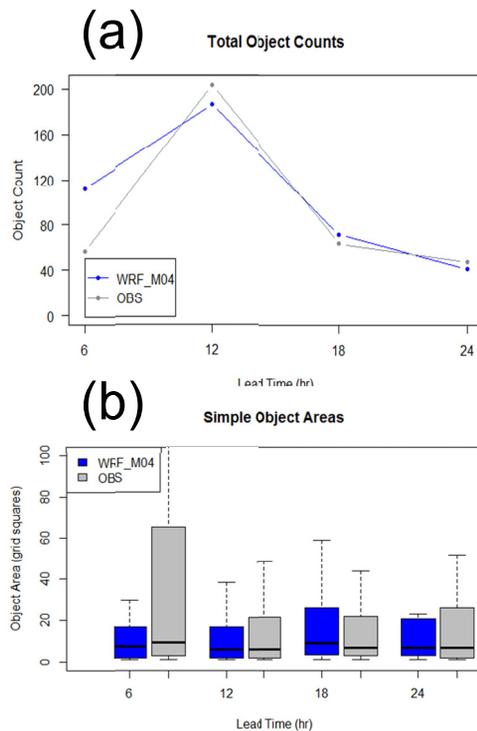


圖 8. 2017 年 5 月 20 日至 6 月 20 日期間，3 公里解析度 WRF 模式預報對初始時間為 08 LST 時，QPESUMS 觀測與模式預報 6 小時累積雨量 MODE 輸出(a)物件個數與(b)面積(分布盒鬚圖)比較。橫軸為預報時間；模式、觀測值分別以藍色、灰色表示。

Figure 8. MODE analyzed (see text) (a) number of objects, and (b) area and distribution box of the 6-hour accumulated rainfall of the observation (in grays) and forecasts (in blues) of the 3-km WRF model, for the period from May 20 to June 20, 2017. Forecasts were initiated at 08 LST.

(五) 伴隨特殊特徵之侵台颱風的研究

颱風在臺灣地區之降雨氣候值往往可以提供相當不錯之趨勢預估，然而對於一些伴隨特殊對流系統之颱風，氣候值並無法提供有效的降雨預估；為此，此研究針對影響臺灣且具特殊特徵之颱風，進行診

斷分析與數值模擬，探討導致該特殊特徵的過程和機制，並發展預報指引或概念模式。本研究(李2018)先針對2013年康芮颱風侵臺期間之強降雨現象與其後之桔梗颱風形成過程進行分析，結果顯示(參見李2018)康芮侵臺期間出現高低層環流分離情形，低層環流於臺灣東方近海持續北移，中高層環流則向西北越過中央山脈移至

臺灣海峽。受康芮低層外圍環流影響，西南部地區於低層形成強輻合區；康芮北方潮濕之空氣塊亦受康芮低層環流影響，以氣旋式方向旋入西南部地區，有利對流系統於此形成。利用WRF模式進行數值模擬顯示，對於康芮颱風侵臺期間之西南部強降雨，地形扮演改變颱風外圍環流的角色，使對流系統形成位置出現變化。若將地形移除，則原受氣流繞山而形成於臺灣中部沿海之氣旋環流無法形成，故輻合區南偏而使對流形成位置南偏。針對桔梗颱風初始渦旋於臺灣海峽上形成之過程與機制，由片段位渦反演分析顯示(參見李2018)，桔梗颱風形成前、中層渦旋對低層氣旋式環流有顯著貢獻。以WRF模式進行敏感度實驗結果顯示，中層渦旋減弱後，低壓擾動有顯著減弱之系統性趨勢；若將中層渦旋完全移除，則無法模擬出桔梗颱風之形成，因此中層渦旋在桔梗颱風形成過程中扮演重要角色。

有關遠距颱風降雨部分(李2019)，研究篩選過去於臺灣造成遠距強降雨之颱風個案，分析得到易於臺灣出現強降雨的遠距颱風，常位於5個距離臺灣400公里以上之區域(圖9)，分別是臺灣西南方與南方海域(南海、呂宋島附近，圖中A與B區)、臺灣東方琉球海域(C區)、日本南方海域(D區)及臺灣北方海域(東海，E區)。颱風於圖中A區時，強降雨主要在基隆北海岸、宜蘭及花蓮地區；於B區時，強降雨在東半部地區；於C區時，強降雨區於臺灣北部；於D區時，強降雨於嘉義以南山區；於E區時，

強降雨則出現在中南部山區。針對遠距颱風通過日本南方海域時，臺灣所發生之強降雨事件，研究以2014年8月哈隆颱風的遠距降雨事件作為主要研究對象。針對5個路徑類似哈隆的颱風之分析結果顯示(圖10)，伴隨西南部強降雨的颱風在通過日本南方海域期間，南海一般有較強西南風並伴隨較大的南來水氣通量。南海地區並無氣旋系統發展、且其之較低緯地區(菲律賓周邊)為高壓系統；較強之西南風北偏，而較接近臺灣，並與日本南方海域的颱風南側強風區相連。此外若華南有明顯的低壓發展，更可加強西南風風速。

上述這些歸納可作為概念模型，供定性預報參考(劉2017)，本研究進一步利用WRF之模擬分析結果顯示，2014年8月哈隆颱風通過日本南方海域期間，臺灣南部外海的西南風逐漸增強，並分別與近地面之離岸風、受地形阻擋而產生的繞流輻合產生上升運動，導致平行海岸線的對流發生。移除颱風之敏感度實驗則顯示，受大範圍低壓帶影響，西南風仍供應大量水氣而有利對流發展，但對流發展的位置因流場改變而有所不同。此外改變地形高度的實驗結果顯示，地形高度越高，福祿數(Froude number)越低，盛行風受地形阻擋而偏折的效應越大，使得西南部沿海輻合帶更明顯並導致較強的對流和較多的降雨。綜合以上模擬分析結果顯示，帶來大量水氣的西南風因地形阻擋而在沿海形成線狀對流產生強降雨，而颱風則是讓輻合區發生於西南部沿岸，導致對流、強降雨都集中在此區域。

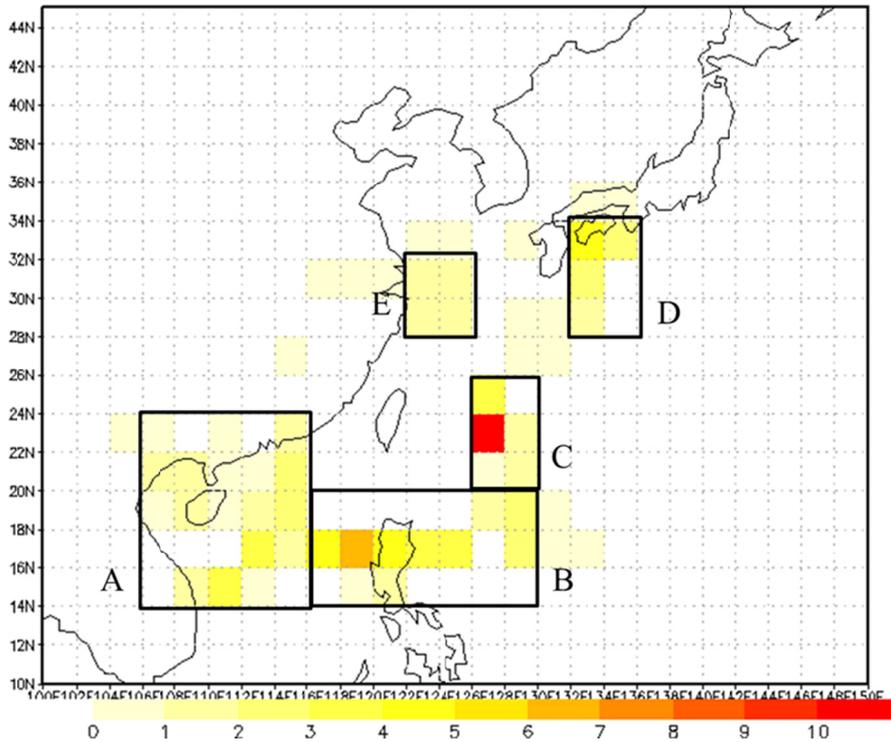


圖 9. 2000 年至 2014 年共 15 年間，每年 6 月至 11 月，遠距颱風導致臺灣出現強降雨時之颱風中心位置分布。

Figure 9. Five major areas (A to E) of the typhoon center location of the remote typhoon heavy rainfall in Taiwan area obtained from the 15 years observation from 2000 to 2014.

針對遠距颱風西行通過南海或呂宋島附近時、臺灣發生的強降雨事件，研究以 2016 年 10 月艾利颱風通過南海時，臺灣東南部的強降雨事件作為主要研究對象。結果顯示(郭 2018)，強降雨期間位於南海的大低壓帶明顯，即為一大範圍的氣流輻合帶；環境溫暖潮濕，相當位溫高，具有對流不穩定，有利對流之生成。此大低壓帶與太平洋高壓的合流位於臺灣東部及東南外海，導致強降雨區風速大、水氣通量輻合效應明顯，而生成強烈對流。移除颱風的

實驗結果顯示，由於此綜觀環境無太大變化，臺灣東部的強降雨事件依然發生。歸納得此強降雨事件應為綜觀環境主導，颱風似僅扮演改變對流位置的角色；臺灣地形則使氣流舉升，並形成地形繞流，使水氣通量輻合更為明顯，而增加降雨量。

針對遠距颱風西行通過東海時、臺灣發生之強降雨事件，研究選取 2012 年 8 月海葵颱風登陸江蘇時，臺灣西南部沿海的強降雨事件作為主要研究對象；同時並分析四個與海葵颱風路徑及位置相似的臺灣遠

距颱風降雨個案。結果顯示，此類颱風通過東海、登陸江蘇一帶時，臺灣西南部均有出現強降雨現象，不同個案間僅降雨位置、強度有所不同。此外西南風風速較強的蘭寧颱風(2004)，其所伴隨之降雨較集中於山區；其餘個案之降雨則以沿海、內陸為主。初步模擬結果顯示，海葵颱風(2012)在此遠距颱風降雨中，似扮演較重要角色，移除海葵顯著改變模式的初始流場，使得模擬之降雨變化較大。未來將持續針對此個案，進行WRF之模擬及敏感度實驗，並透過不同颱風移除方法和改變臺灣地形高度，探討颱風及臺灣地形對於此類強降雨事件的影響程度。

整體而言，本研究已整理出易於臺灣地區造成遠距降雨的颱風所在區域，並針對不同區域之颱風遠距強降雨個案進行分析與模擬。結果也顯示，不論是颱風通過日本南方海域的臺灣西南部降雨、或颱風通過南海的臺灣東南部強降雨，臺灣地形均扮演重要角色，使綜觀流場轉向並進一步產生輻合，有利對流生成。除西行通過東海時、臺灣西南部發生強降雨之海葵颱風外，遠距颱風在生成對流過程所扮演的角色似較為次要；移除颱風的敏感度實驗均顯示，颱風的存在僅調整了綜觀流場，而改變降雨的位置，降雨量變化相對不顯著。因此對共伴效應以外的遠距颱風降雨，綜觀環境似為主導角色，不過強降雨發生的區域仍受到綜觀流場與颱風環流的影響，這結果與Cote (2007)對美國的遠距颱風降雨事件PRE (Predecessor Rain Events)

明顯不同，主要差異為颱風伴隨之水汽通量，在PRE事件中扮演極重要角色(在移除颱風之敏感度實驗中、降雨量顯著減少)；推測在臺灣四面環海的情形下，水汽含量的改變明顯不如PRE，故颱風的重要性相對較低。詳細更多討論參見李(2019)。

三、結語

本臺灣颱風預報技術提升整合研究以提升颱風之雷達觀測應用、強化資料同化技術、改善數值天氣預報模式、發展颱風雨量預報技術、以及建立觀念模式加強颱風預報能力為整體目標，在105年8月至108年12月期間，經由「防災降雨雷達與鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究」、「0-6小時颱風定量降水預報：變分及系集雷達資料同化方法之發展與研究」、「應用非傳統觀測資料強化數值模式對台灣地區颱風豪雨預報之研究」、「強化資料同化與改進數值模式及引用物件校驗技術以提升颱風預報」、「伴隨特殊特徵之侵台颱風的研究」等5部分子計畫之推動，工作皆順利進行，並有多項成果。

研究所發展之雷達觀測資料反折錯的風速修正法、雷達資料同化至WRF模式、改善後之TWRP模式、建置TWRP應用FV3GFS為初始與邊界條件等皆已經為中央氣象局颱風預報作業應用。在建立與評估Hybrid 3DEnVar方面，顯示Hybrid 3DEnVar可以獲得比三維變分和LETKF更好的預報能力，有效增進短延時、強降水天氣系統的定量降水預報能力，此結合三

維變分與LETKF系集預報之 Hybrid WRF 3DEnVAR資料同化方法亦已經為中央氣象局作業應用。此外，研究也得到臺灣地區遠距颱風降雨發生時颱風之主要中心位置分布，以及環流分布特徵，可供定性預報參考；而此遠距颱風降雨發生之機制主要與環境流場及臺灣地形有關，而颱風結構本身似僅影響對流出現之區域。

研究結果也顯示，因應雷達回波和徑向風之特性與數量分布，以及能有效達成變分極小化之計算，回波和徑向風建議分兩次同化。同時顯示，WRF 3DVAR同化雷達反演風場資料與僅同化雷達徑向風場資料，在環流強度與最大風速半徑的同化及預報結果有明顯不同。在同化風場資料後，除可使颱風的強風速區風速增強、最大風速半徑亦有明顯縮小的現象外，亦呈現出較明顯的中尺度環流結構特徵。分析結果也顯示，使用雙都反演風場搭配循環更新的同化策略，可改善颱風內核區域環流強度的預報，但雙都反演風場涵蓋範圍較小，未來可嘗試結合涵蓋範圍大的雷達徑向風場資料的同化策略，以達到雷達都卜勒速度資料同化的最大效益。

對新建置之颱風中心雙偏極化雷達資料進行侵台颱風降雨的影響分析顯示，2014年鳳凰颱風與2015年蘇迪勒颱風2個案，同化此雷達資料不僅能提升降雨的預報能力（特別是強降雨），亦能降低強降雨之誤報率。進一步針對偏極化降雨雷達研究進行敏感度實驗，結果顯示同化研究雷達之極短期雨量預報（0~7小時）於各門

檻均有改進，特別是大於130毫米門檻之大雨。

綜合而言，本臺灣颱風預報技術提升整合研究達成多項成果，然而研究結果亦顯示，目前數值預報模式預報仍有相當程度之誤差，雷達等資料之分析與應用上也還有待改善，另外，在颱風路徑特殊變化與風雨極端分布，也未完全理解，這些仍待後續持續推動相關研究。

誌謝

本文謝謝兩位審查委員，用心審閱和提供建議，相關研究在科技部研究計畫MOST 107-2625-M-052-001、107-2625-M-052-002、107-2625-M-052-003、107-2625-M-052-004及107-2625-M-002-008經費資助下完成，研究之進行獲中央氣象局電腦系統資源及資料之提供，並經中央氣象局方偉庭先生、江琇瑛女士、黃康寧女士、鄭浚騰先生、陳白榆女士分別在雷達資料處理分析、雷達資料同化之設計與實驗、颱風路徑預報誤差分析、個案模擬、MODE誤差分析等方面之協助。

參考文獻

- 李清勝，2018：臺灣颱風預報技術提升整合研究--子計畫:伴隨特殊特徵之侵臺颱風的研究(II)，科技部專題研究報告，臺北，臺灣，科技部 MOST 106-2625-M-002-019，103頁。
- 李清勝，2019：臺灣颱風預報技術提升整合研究--子計畫:伴隨特殊特徵之侵臺

- 颱風的研究(III), 科技部專題研究報告, 臺北, 臺灣, 科技部 MOST 107-2625-M-002-008, 144頁。
- 林忠義、劉嘉騏、林勤芳、蔡直謙、何瑞益、鳳雷、蕭玲鳳、廖宇慶、李清勝, 2015: 快速更新雷達資料同化系統建置與評估之研究。104年天氣分析與預報研討會, 台灣台北。
- 洪景山, 2019: 0-6 小時颱風定量降水預報: 變分及系集雷達資料同化方法之研發(III), 科技部專題研究報告, 臺北, 臺灣, 科技部 MOST 107-2625-M-052-002, 31頁。
- 郭渝靖, 2018。艾利颱風(2016)期間臺灣東部強降雨之研究。臺灣大學大氣科學所碩士論文, 87頁。
- 張保亮, 2018: 防災降雨雷達與鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究(II), 科技部專題研究報告, 臺北, 臺灣, 科技部 MOST 106-2625-M-052-002, 96頁)。
- 張保亮, 2019: 防災降雨雷達與鄰近國家雷達在颱風風場反演之作業化應用研究(III), 科技部專題研究報告, 臺北, 臺灣, 科技部 MOST 107-2625-M-052-001, 52頁。
- 葉天降、蕭玲鳳、陳得松、馮欽賜, 2020: 臺灣颱風預報技術提升整合研究-總計畫暨子計畫: 強化資料同化與改進數值模式及引用物件校驗技術以提升颱風預報(III)。科技部專題研究報告, 臺北, 臺灣, 科技部 MOST 107-2625-M-052-003, 46頁。
- 蔡雅婷、洪景山、陳依涵、方偉庭、邵彥銘、江琇瑛、馮欽賜, 2019: WRF三維變分雷達資料同化個案研究。大氣科學, 47, 94-119。
- 蕭玲鳳, 2020: 臺灣颱風預報技術提升整合研究—子計畫: 應用非傳統觀測資料強化數值模式對台灣地區颱風豪雨預報之研究(III)。科技部專題研究報告(2020, 115頁)。臺北, 臺灣, 科技部 MOST 107-2625-M-052-004, 115頁。
- 鄭浚騰、陳得松、蕭玲鳳、黃康寧、謝佳宏、葉天降, 2018: 中央氣象局TWRP颱風數值預報系統對西北太平洋颱風預測能力之評估與改進研究。107年天氣分析與預報研討會論文摘要彙編, A3-14。
- 劉宇其, 2017: 哈隆颱風(2014)通過琉球海域期間臺灣西南部沿海豪雨事件之研究。臺灣大學大氣科學所碩士論文, 116頁。
- 劉嘉騏、林忠義、蔡直謙、蕭玲鳳、鳳雷、李清勝, 2015: 應用TAPEX實驗於快速更新雷達資料同化系統之研究。104年天氣分析與預報研討會, 台灣台北。
- Chang, P.-L., W.-T. Fang, P.-F. Lin, and M.-J. Yang, 2019: A vortex-based Doppler velocity dealiasing algorithm

- for tropical cyclones. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 36, 1521-1545.
- Chen, Y.-C., M.-E. Hsieh, L.-F. Hsiao, Y.-H. Kuo, M.-J. Yang, C.-Y. Huang, and C.-S. Lee, 2015: Systematic evaluation of the impacts of GPSRO data on the prediction of typhoons over the northwestern Pacific in 2008-2010. *Atmos. Meas. Tech.*, 8, 2531-2542, doi:10.5194/amt-8-2531-2015.
- Cote, M. R., 2007: Predecessor rain events in advance of tropical cyclones. M.S. Thesis, Department of Atmospheric and Environmental Sciences, University at Albany, State University of New York at Albany, 200 pp.
- Davis, C., B. Brown, and R. Bullock, 2006: Object-based verification of precipitation forecasts. Part I: Methodology and application to mesoscale rain areas. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1772-1784.
- Liu, H., Y.-H. Kuo, S. Sokolovskiy, X. Zou, Z. Zeng, L.-F. Hsiao, B. C. Ruston, 2018: A quality control procedure based on bending angle measurement uncertainty for radio occultation data assimilation in the tropical lower troposphere. *J. Atmos. Oceanic Technol.* 35, 2117-2131.

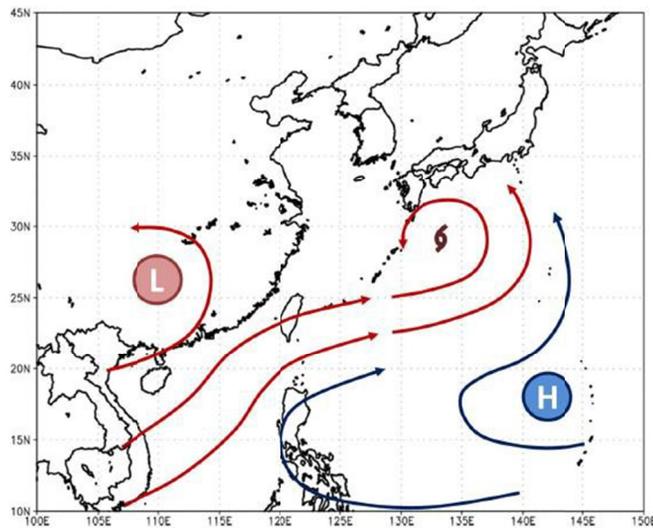


圖 10. 以 5 個類似 2014 年 8 月哈隆颱風路徑與遠距強降雨之個案，整理所得臺灣南部夏季颱風遠距離強降雨 850hPa 流場示意圖(劉 2017)。

Figure 10. A conceptual diagram of the 850hPa flow field of 5 cases with the remote typhoon heavy rainfall in southern Taiwan.

Achievement of the Integrated Study on the Improvement of the Taiwan Typhoon Forecast Technique in Year 2019

Tien-Chiang Yeh¹ Cheng-Shang Lee² Pao-Liang Chang¹
Jing-Shan Hong¹ Ling-Feng Hsiao¹ Chin-Tzu Fong¹ Der-Song Chen¹

¹Central Weather Bureau

²National Taiwan University

ABSTRACT

Typhoon is the weather system that causes the most severe disaster losses in Taiwan. Improving the ability of typhoon forecasting operations to reduce disaster losses is listed as a key research topic at this stage of disaster prevention research. This integrated study on the improvement of the Taiwan typhoon forecast technique sets the overall goal of improving the radar, satellite observation and diagnostic analysis of typhoons, improving numerical weather forecasting models, strengthening the application of ensemble forecasting, developing rainfall forecasting techniques, and establishing conceptual models to strengthen typhoon forecasting capabilities in Taiwan Area.

Studies were conducted through five topics: 1. Operational application research of disaster prevention rainfall radar and neighboring country radar in typhoon wind field inversion. 2. 0-6 hour typhoon quantitative precipitation forecast: Development of variation and ensemble radar data assimilation methods. 3. Enhance research on typhoon heavy rain forecast in Taiwan by using unconventional observation data. 4. Enhance data assimilation and improve numerical model and apply object verification technology to improve typhoon forecast. And 5. Research on typhoon invasion Taiwan with special characteristics.

Results developed by this research include the wind speed correction method of radar observation data, the radar data assimilation for the WRF model, the improvement of the TWRf model, the establishment of TWRf operational environment to apply FV3GFS as the initial and boundary conditions, and the hybrid WRF 3DENVAR data assimilation method of

combining three-dimensional variation and LETKF all have been applied to the typhoon forecast operation of the Central Weather Bureau. The study also obtained the main patterns of remote typhoon rainfall in Taiwan. It is understood that the mechanism of its occurrence is mainly related to the environmental flow field and the terrain of Taiwan. The typhoon structure itself seems to affect only the area where convection occurs. These can be used for reference of practical operational forecast.

Keywords: typhoon, typhoon track forecast, wind and rain forecast, ensemble forecast, numerical weather prediction model, radar data processing, data assimilation, quantitative rainfall, remote precipitation.

民國 106 年颱風調查報告一 第 9 號尼莎(NESAT)颱風(1709)

陳維良

中央氣象局氣象預報中心

摘 要

尼莎颱風為民國 106 年北太平洋西部海域發展之第 9 個颱風，也是該年中央氣象局(以下簡稱氣象局)所發布警報之第 1 個颱風。

氣象局於 28 日 0030UTC(0830TST)對尼莎(NESAT)颱風發布第 1 報海上颱風警報，28 日 0630UTC (1430TST)起發布陸上颱風警報；29 日 0900UTC 尼莎颱風中心位於宜蘭東南方海面，同時民國 106 年編號第 10 號輕度颱風海棠(HAITANG)中心位於鵝鑾鼻西南方之海面上，氣象局研判海棠颱風將威脅臺灣南部及東南部陸地，即於 29 日 0930UTC 發布第 10 號輕度颱風海棠(HAITANG)第 1 報海上陸上颱風警報。氣象局於 30 日 0330UTC 解除尼莎颱風警報，並發布第 10 號海棠(HAITANG)颱風海上陸上颱風警報第 8 報。統計氣象局針對尼莎颱風共發布海上颱風警報 2 報，海上陸上颱風警報 16 報，警報期間歷時 57 小時(含解除颱風警報)。

尼莎颱風於 7 月 26 日 0600UTC 在菲律賓馬尼拉東北東方海面上發展生成，生成初期受其西方大低壓區駛流導引，短暫向西北移動後轉向偏北移行；27 日 0600UTC 起由颱風東北側副熱帶高壓駛流導引，逐漸轉向西北並加速移行，強度持續增強並於 28 日 1200UTC 增強為中度颱風，颱風中心於 29 日 0900UTC 移至宜蘭東南方海面上，並達其生命期最大強度，近中心最大平均風速為 40 m/s，而後轉向西北西，於 29 日 1110UTC 左右颱風中心由宜蘭蘇澳登陸，29 日 1430UTC 左右自苗栗竹南附近出海，並於 29 日 2220UTC 由馬祖西南方進入福建。登陸福建後受地形影響，颱風強度減弱為輕度颱風並持續減弱，約 13 小時後於 30 日 1200UTC 減弱為熱帶性低氣壓，生命期共計 4 天 6 小時，生命期內最大強度為中度颱風。

尼莎(NESAT)及海棠(HAITANG)颱風先後影響臺灣期間(7 月 28 日至 30 日 14 時)造成屏東縣佳冬累積雨量達 607 毫米，宜蘭縣太平山累積雨量

亦達 478 毫米。此外，尼莎颱風登陸宜蘭蘇澳前後，氣象局附屬之蘇澳、宜蘭氣象站所測得最大瞬間陣風為 16 級，基隆、臺北 14 級，彭佳嶼 13 級，花蓮、新屋亦測得 12 級。新竹氣象站於 7 月 28 日 15 時 01 分(地方時)測得接近焚風現象，氣溫上升達 35.7°C，同時間之相對濕度為 52%，風向為東風(80°)，風速為 2.5m/s。

氣象局對尼莎颱風之官方路徑 24 小時預報位置平均距離誤差為 88 公里，48 小時、72 小時及 96 小時預報位置平均誤差分別為 170 公里、331 公里及 756 公里。

關鍵詞：尼莎颱風，海棠颱風。

一、前言

尼莎(NESAT)颱風編號 1709 號於民國 106 年 7 月 26 日 0600UTC 在菲律賓馬尼拉東北東方 790 公里(鵝鑾鼻東南方 1030 公里)之海面上發展生成，其路徑先短暫向西北隨後轉偏北移動，於 27 日 06UTC 前後再轉向西北，朝臺灣東部近海接近，29 日 0900UTC 移至宜蘭東南方約 120 公里之海面後再轉向西北西，並於 29 日 1110UTC 前後由宜蘭蘇澳登陸，並持續向西北西方向移動；29 日 1430UTC 左右自苗栗竹南附近出海，持續向西北西移動，並於 29 日 2220UTC 由馬祖西南方進入福建。登陸福建後受地形影響，颱風強度減弱為輕度颱風並持續逐漸減弱，約 13 小時後於 30 日 1200UTC 減弱為熱帶性低氣壓，生命期共計 4 天 6 小時，生命期內最大強度為中度颱風。此颱風中心通過臺灣陸地與鄰近海面期間，為臺灣帶來強風豪雨，海空交通部分班次取消及延誤，局部省道災情封閉，淹水 326 處，並造成人員 1 失蹤 131 傷、

部分縣市停電、停水、市話中斷及基地台受損，另農林漁牧業及民間設施損失。

尼莎颱風影響臺灣期間，於 7 月 28 日至 30 日 14 時間造成屏東縣佳冬累積雨量達 607 毫米，宜蘭縣太平山累積雨量亦達 478 毫米。此外，颱風登陸宜蘭蘇澳前後，氣象局附屬之蘇澳、宜蘭氣象站所測得最大瞬間陣風為 16 級，基隆、臺北 14 級，彭佳嶼 13 級，花蓮、新屋亦測得 12 級。

本報告討論尼莎颱風的發生經過、處理過程、強度與路徑變化，以及颱風侵臺期間氣象局所屬各氣象站之氣象要素變化，並校驗各種主、客觀颱風路徑預報方法的誤差。

二、颱風的發生經過及處理過程

尼莎颱風是民國 106 年北太平洋西部海域發展之第 9 個颱風，也是該年氣象局所發布警報之第 1 個颱風。尼莎颱風生命期內每 6 小時颱風中心位置(含警報期間每 3 小時)、近中心最大風速、暴風半徑等資料如表 1，颱風最佳路徑如圖 1 所示。

尼莎颱風於 7 月 27 日 0600UTC 前後開始由其東北側之副熱帶高壓駛流導引，逐漸轉向西北並加速移行。28 日 0030UTC(0830TST)氣象局研判尼莎颱風強度有逐漸增強且暴風半徑有擴大的趨勢，並對巴士海峽、臺灣東南部(含綠島、蘭嶼海面)及臺灣東北部海面將構成威脅，遂針對前述海面發布海上颱風警報，並提醒受尼莎颱風外圍環流影響，恆春半島及臺灣東半部及西南部沿海地區將有長浪發生，並有較強陣風，呼籲前往海邊活動請注意安全。

28 日 0630UTC (1430TST)氣象局研判颱風暴風範圍可能侵襲臺灣東部及東南部陸地，隨即針對花蓮、臺東(含綠島、蘭嶼)發布陸上颱風警報，並將臺灣海峽南部納入海上颱風警戒範圍；同日 0930UTC (1730TST)海上警戒範圍納入臺灣海峽北

部，陸上警戒區域並加入高雄、屏東(含恆春半島)、臺南、嘉義及南投地區；1230UTC (2030TST)再將臺灣北部海面納入海上颱風警戒範圍，陸上警戒區域並加入宜蘭、彰化、雲林、臺中地區，並研判 29 日受颱風影響，花蓮地區將有局部豪雨或大豪雨，宜蘭、臺東及南投有大雨或豪雨發生的機率，針對上述地區發布豪雨特報，並說明其他地區亦有局部大雨發生的機率；28 日 1530UTC (2030TST)之陸上警戒區域持續擴大至臺灣本島及澎湖地區，豪雨特報之區域亦擴大為屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨，宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林、花蓮山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。

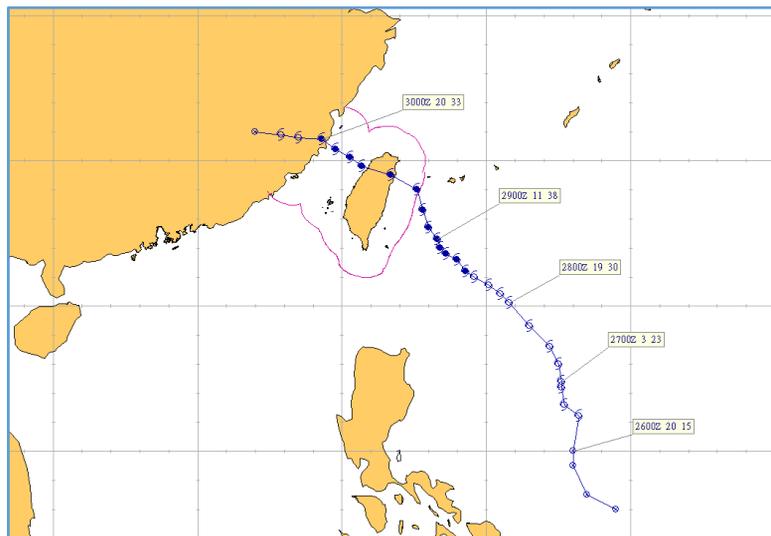


圖 1. 2017 年第 9 號尼莎颱風之路徑。〔指標表示日期及時間 UTC、移速及最大風速，臺灣外圍之實線表示距臺灣陸地 100 公里之距離〕

Fig. 1. The best track of Typhoon NESAT(1709).

表 1. 2017 年第 9 號尼莎颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表。

Table 1. The best-track positions, intensity and movement of Typhoon NESAT(1709).

時間(UTC)	緯度 (° N)	經度 (° E)	中心 氣壓 (hPa)	移動 方向 (degree)	移動 速度 (Km/Hr)	最大風速		暴風半徑	
						持續 風 (m/s)	最大 陣風 (m/s)	7 級風 (km)	10 級風 (km)
2017072506	13.0	129.5	1002			15	23	熱帶性低氣壓	
2017072512	13.5	128.5	1002	297	20	15	23	熱帶性低氣壓	
2017072518	14.5	128.0	1002	334	20	15	23	熱帶性低氣壓	
2017072600	15.0	128.0	1002	297	20	15	23	熱帶性低氣壓	
2017072606	16.2	128.2	998	9	22	18	25	80	
2017072612	16.6	127.7	995	310	11	20	28	80	
2017072618	17.2	127.6	995	351	11	20	28	100	
2017072700	17.4	127.6	990	360	3	23	30	120	
2017072706	18.0	127.5	985	351	11	25	33	120	
2017072712	18.6	127.2	985	335	12	25	32	120	
2017072718	19.3	126.5	985	317	18	25	32	100	
2017072800	20.1	125.8	980	321	19	30	38	150	50
2017072803	20.4	125.5	980	317	15	30	38	150	50
2017072806	20.7	125.1	980	309	17	30	38	150	50
2017072809	21.0	124.6	980	303	20	30	38	150	50
2017072812	21.2	124.3	970	306	12	33	43	180	60
2017072815	21.6	124.0	970	325	18	33	43	180	60
2017072818	21.8	123.6	965	298	15	35	45	180	60
2017072821	22.0	123.4	960	317	10	38	48	180	60
2017072900	22.3	123.3	960	343	11	38	48	180	60
2017072903	22.7	123.0	960	325	18	38	48	180	60
2017072906	23.3	122.8	960	343	23	38	48	180	60
2017072909	24.0	122.6	955	345	27	40	50	180	60
2017072912	24.5	121.7	955	301	35	40	50	180	60
2017072915	24.8	120.7	955	288	35	40	50	180	60
2017072918	25.1	120.3	960	310	17	38	48	180	60
2017072921	25.4	119.8	965	304	20	35	45	180	60
2017073000	25.7	119.3	970	307	20	33	43	150	50
2017073003	25.8	118.5	980	275	27	28	35	150	
2017073006	25.9	117.9	990	280	20	20	28	120	
2017073012	26.0	117.0	992	277	15	15	23	熱帶性低氣壓	

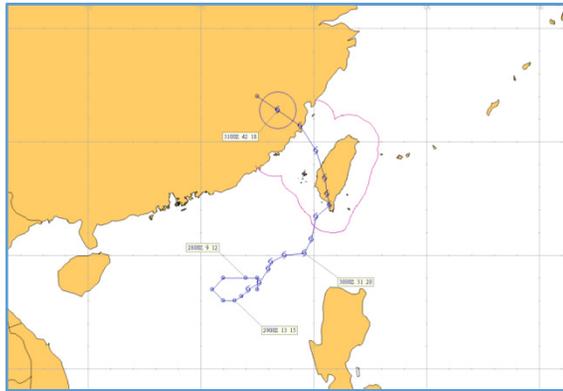


圖 2. 2017 年第 10 號海棠颱風之路徑。〔指標表示日期及時間 UTC、移速及最大風速，臺灣外圍之實線表示距臺灣陸地 100 公里之距離〕

Fig. 2. The best track of typhoon HAITANG(1710).

此後 24 小時尼莎颱風大約維持以 16 公里/小時之平均移速向西北逐漸接近臺灣東方近海，尼莎颱風之暴風圈於 29 日 0300UTC (1100TST) 前後開始進入臺灣東半部陸地；0330UTC(1130TST)氣象局將馬祖列入陸上警戒區域，0630UTC(1430TST)亦將金門列入陸上警戒區域。

29 日 0900UTC(1700TST) 尼莎颱風中心移至宜蘭東南方約 120 公里之海面上，轉以偏西北西方向移動，此時尼莎颱風亦達其生命期內之最大強度，近中心最大平均風速為 40m/s；同一時間編號第 10 號輕度颱風海棠(HAITANG)中心位於鵝鑾鼻西南方約 540 公里之海面上，氣象局研判海棠颱風將以每小時 27 轉 35 公里的速度向東北轉北北東移動並威脅臺灣南部及東南部陸地，遂同時發布第 10 號海棠颱風(HAITANG)第 1 報海上陸上颱風警報。海棠颱風最佳路徑如圖 2 所示。

隨後尼莎颱風中心於 29 日 1110UTC(1910TST)左右由宜蘭蘇澳登陸，登陸後持續向西北西移動，於 29 日 1430UTC (2230TST)左右由苗栗竹南附近出海，並於 29 日 2220UTC(30 日 0620TST)由馬祖西南方進入福建。

30 日 0000UTC(0800TST)尼莎颱風暴風半徑略為縮小，同日 0300UTC(1100TST)尼莎颱風中心位於馬祖西北西方(福建)陸地上減弱為輕度颱風，並持續向西北西移行，氣象局研判尼莎颱風對臺灣陸地及鄰近海面之威脅已解除，即於 30 日 0330UTC(1130TST)解除尼莎颱風警報，並持續發布第 10 號海棠(HAITANG)颱風海上陸上颱風警報第 8 報。

統計中央氣象局針對尼莎颱風共發布海上颱風警報 2 報，海上陸上颱風警報 16 報，警報期間共歷時 57 小時(含解除颱風警報)，詳細颱風警報發布與依據實際降雨情勢更新之豪雨特報過程如表 2 所示。

表 2. 尼莎颱風影響期間警報發布與處理摘要。

Table 2. Warnings issued by CWB for Typhoon NESAT(1709).

日期	時間	報次	警報類別	警戒區域及注意事項
7月28日	8:30	1	海上颱風警報	海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面(含蘭嶼、綠島)海面及臺灣東北部海面。 * 颱風外圍環流影響，恆春半島、臺灣東半部及西南部沿海地區有長浪發生，並將有較強陣風，前往海邊活動請注意安全。
7月28日	11:30	2	海上颱風警報	海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面(含蘭嶼、綠島)海面及臺灣東北部海面。 * 颱風外圍環流影響，臺灣東半部、北部、西南部及恆春半島沿海地區將有較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。
7月28日	14:30	3	海上陸上颱風警報	陸上警戒區域：花蓮及臺東(含蘭嶼、綠島)地區。 海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面(含蘭嶼、綠島)海面、臺灣東北部海面及臺灣海峽南部。 * 颱風外圍環流影響，臺灣東半部、北部、西南部及恆春半島沿海地區將有較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。
7月28日	17:30	4	海上陸上颱風警報	陸上警戒區域：花蓮及臺東(含蘭嶼、綠島)、高雄、屏東(含恆春半島)、臺南、嘉義及南投地區。 海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面(含蘭嶼、綠島)海面、臺灣東北部海面及臺灣海峽。 * 颱風外圍環流影響，臺灣各地沿海將有較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。
7月28日	20:30	5	海上陸上颱風警報	陸上警戒區域：宜蘭、花蓮、臺東(含蘭嶼、綠島)、臺中、南投、彰化、雲林、嘉義、臺南、高雄及屏東(含恆春半島)地區。 海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面(含蘭嶼、綠島海面)、臺灣東北部海面及臺灣海峽。 * 豪雨特報：第9號颱風影響，明(29)日花蓮地區有局部豪雨或大豪雨，宜蘭、臺東及南投地區有局部大雨或豪雨，其他地區有局部大雨發生的機率，請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。 * 颱風外圍環流影響，臺灣各地(含蘭嶼、綠島)沿海風浪將逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。
7月28日	23:30	6	海上陸上颱風警報	陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖。 海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。 * 豪雨特報：第9號颱風影響，明(29)日宜蘭、花蓮、臺東、嘉義以南至屏東地區、南投山區、臺中山區、苗栗山區及新北山區有局部豪雨或大豪雨，其他地區及澎湖有局部大雨發生的機率，請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。 * 颱風外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖沿海風浪將逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。
7月29日	2:30	7	海上陸上颱風警報	陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖地區。 海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。 * 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29)日宜蘭、花蓮、臺東、嘉義以南至屏東地區、南投山區、臺中山區、苗栗山區及新北山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖有局部大雨或豪雨發生的機率，請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。 * 颱風外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖沿海風浪將逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。

7月 29日	5:30	8	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖。</p> <p>海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。</p> <p>* 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29)日宜蘭、花蓮、臺東、高屏山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、屏東平地及臺南、嘉義、南投山區有局部豪雨或大豪雨；南投、嘉義、臺南、高雄平地、彰化、雲林地區及臺中以北山區有局部大雨或豪雨；其他地區及澎湖有局部大雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖沿海風浪將逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。</p>
7月 29日	8:30	9	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖。</p> <p>海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。</p> <p>* 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29)日宜蘭、花蓮、臺東、高屏山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、屏東平地及臺南、嘉義、南投山區有局部豪雨或大豪雨；南投、嘉義、臺南、高雄平地、彰化、雲林地區及臺中以北山區有局部大雨或豪雨；其他地區及澎湖有局部大雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖沿海風浪將逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，前往海邊活動請注意安全。</p>
7月 29日	11:30	10	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。</p> <p>* 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29日)下午起至明(30)日花蓮、臺東、高雄及屏東山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄、屏東地區及臺中、南投、雲林山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、馬祖沿海風浪逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p>
7月 29日	14:30	11	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣東北部海面、臺灣北部海面及臺灣海峽。</p> <p>* 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29日)下午起至明(30)日花蓮、臺東、高雄及屏東山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄、屏東地區及臺中、南投、雲林山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p>
7月 29日	17:30	12	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第9號颱風影響，今(29日)晚起至明(30)日屏東地區、花蓮及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺</p>

				<p>東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪逐漸增強，伴隨較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 1 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 29 日	20 : 30	13	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 9 號颱風影響，今(29 日)晚起至明(30 日)屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林、花蓮山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪明顯偏大，伴隨強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 2 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 29 日	23 : 30	14	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 9 號颱風影響，明(30 日)屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林、花蓮山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪明顯偏大，伴隨強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 3 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 30 日	2 : 30	15	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 9 號颱風影響，今(30 日)屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林、花蓮山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪明顯偏大，伴隨強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 4 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 30 日	5 : 30	16	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 9 號颱風影響，今(30 日)屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；宜蘭、花蓮、臺東、嘉義、臺南、高雄地區及臺中、南投、雲林山區有局部豪雨或大豪雨；其他地區及澎湖、金門、馬祖有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、</p>

				<p>落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪明顯偏大，伴隨強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 5 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 30 日	8 : 30	17	海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：臺灣本島各地及澎湖、金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 9 號颱風影響，今(30)日屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；高雄地區及嘉義、臺南、雲林、南投、臺東山區有局部豪雨或大豪雨；苗栗、臺中、彰化、雲林、南投、嘉義、臺南、宜蘭、花蓮、臺東、澎湖、金門、馬祖地區及臺北、新北、桃園、新竹山區有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪明顯偏大，伴隨強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風海棠第 10 號第 6 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 30 日	11 : 30	18	輕度颱風海棠第 10 號第 7 報海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：花蓮、臺東、南投、嘉義、臺南、高雄、屏東及金門、馬祖。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽及東沙島海面。</p> <p>* 豪雨特報：第 10 號颱風及西南氣流影響，今(30 日)下午至明(31)日屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；嘉義、臺南、高雄地區及雲林、南投、臺東山區有局部豪雨或大豪雨；苗栗、臺中、彰化、雲林、南投、宜蘭、花蓮、臺東、澎湖、金門、馬祖地區及臺北、新北、桃園、新竹山區有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風及其外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪仍大，伴隨較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風尼莎第 9 號第 18 報海上陸上颱風警報]</p>
7 月 30 日	14 : 30	19	輕度颱風海棠第 10 號第 8 報海上陸上颱風警報	<p>陸上警戒區域：花蓮、臺東、南投、嘉義、臺南、高雄、屏東。</p> <p>海上警戒區域：臺灣附近各海面、巴士海峽。</p> <p>* 豪雨特報：第 10 號颱風及西南氣流影響，今(30 日)下午至明(31)日屏東地區及高雄山區有局部大豪雨或超大豪雨；嘉義、臺南、高雄地區及雲林、南投、臺東山區有局部豪雨或大豪雨；苗栗、臺中、彰化、雲林、南投、宜蘭、花蓮、臺東、澎湖、金門地區有局部大雨或豪雨發生的機率。請注意坍方、落石、土石流及山洪爆發，沿海低窪地區請慎防淹水，民眾應避免進入山區及河川活動。</p> <p>* 颱風及其外圍環流影響，臺灣本島各地(含蘭嶼、綠島)及澎湖、金門、馬祖沿海風浪仍大，伴隨較強陣風，並有長浪發生，請避免前往海邊活動。</p> <p>[發布輕度颱風尼莎第 9 號第 19 報解除颱風警報]</p>
7 月 30 日	17 : 30		持續發布輕度颱風海棠第 10 號第 9 報海上陸上颱風警報	

至			
7月 31日	08:30		發布輕度颱風海棠 第10號第14報 解除颱風警報

三、颱風強度及路徑探討

原位於菲律賓馬尼拉東北東方約 790 公里(鵝鑾鼻東南方約 1030 公里)海面之熱帶性低氣壓於 7 月 26 日 0600UTC(1400TST)發展形成輕度颱風，編號第 1709 號(國際命名：NESAT，中文譯名：尼莎)，中心氣壓 998 百帕；生成後先受其西方大低壓區駛流導引，短暫向西北移動後轉向偏北移行，颱風強度緩慢增強。

尼莎颱風於 27 日 0600UTC(1400TST)前後開始由其東北側之副熱帶高壓駛流導引，逐漸轉向西北並加速移行，並於此後 18 小時內移速逐漸加快為 19 公里/小時，且強度持續增強於 28 日 0600UTC(1400TST)增強至輕度颱風上限，近中心最大平均風速為 30m/s；此後持續以平均約 16 公里/小時之速度向西北移動，並於 28 日 1200UTC(2000TST)增強為中度颱風，近中心最大平均風速為 33m/s。

29 日 0000UTC(0800TST)前後，尼莎颱風中心移行至花蓮東南方約 250 公里之海面上，颱風西側環流因臺灣地形影響而風速略為減弱，呈現東半側風速大於西半側之不對稱性結構，致使颱風移向之偏北分量增大，轉以偏北北西方向移動。隨後於 29 日 0900UTC(1700TST) 颱風近中心最大平均風速增強為 40m/s，達其生命期中之最大強度，此時尼莎颱風中心約位於宜

蘭東南方約 120 公里之海面上，再次因臺灣地形影響，颱風環流呈現北半側風速大於南半側之不對稱性結構，導致颱風移向之偏西分量增大，尼莎颱風轉以偏西北西方向移動，其後尼莎颱風中心於 29 日 1110UTC(1910TST)左右以此強度登陸宜蘭蘇澳。

登陸後颱風強度雖受地形影響，但其環流仍相當完整，強度變化亦有限。最大平均風速仍維持 40m/s，持續以西北西方向移行，並於 29 日 1430UTC(2230TST)左右由苗栗竹南附近出海。29 日 1800UTC(30 日 0200TST)颱風中心約位於新竹西北西方約 80 公里之海面上，颱風環流受臺灣海峽兩側地形之影響，開始呈現逐漸減弱趨勢。

29 日 2100UTC(30 日 0500TST)颱風中心強度減弱為近中心最大平均風速 35m/s，並於 2220UTC(30 日 0620TST)由馬祖西南方進入福建。登陸福建後受地形影響，颱風強度持續減弱，30 日 0300UTC(1100TST)尼莎颱風中心位於馬祖西北西方約 140 公里處，強度減弱為輕度颱風，並持續向西北西移動。9 小時後於 30 日 1200UTC 尼莎颱風於福建陸地減弱為熱帶性低氣壓，生命期共計 4 天 6 小時，生命期內最大強度為中度颱風。

圖 3 為 2017 年 7 月 25 日至 7 月 31 日西北太平洋平均海水表面溫度分布圖，顯示尼莎颱風生命期所通過之海水表面溫度

均高於 28°C(如圖 3),屬於有利於颱風發展的環境。檢視颱風路徑上之大氣環境,可歸納出發展初期處於大範圍低壓區東側,颱風環流結構相對較鬆散,其強度發展亦較緩慢;後續沿低壓區駛流向北移至副熱帶高壓南側邊緣時,緊鄰高壓之氣壓梯度增大,颱風強度增強相對明顯與快速。圖 4

為 2017 年 7 月 26 日至 30 日間逐日 0000UTC 之 500hPa 高空觀測及分析圖疊加可見光衛星雲圖。圖 5 為 7 月 28 日 12UTC 至 30 日 18UTC 間尼莎與海棠颱風行經臺灣鄰近海面及陸地期間逐 6 小時雷達可觀測範圍合成回波圖與同時間部分地面觀測填圖。

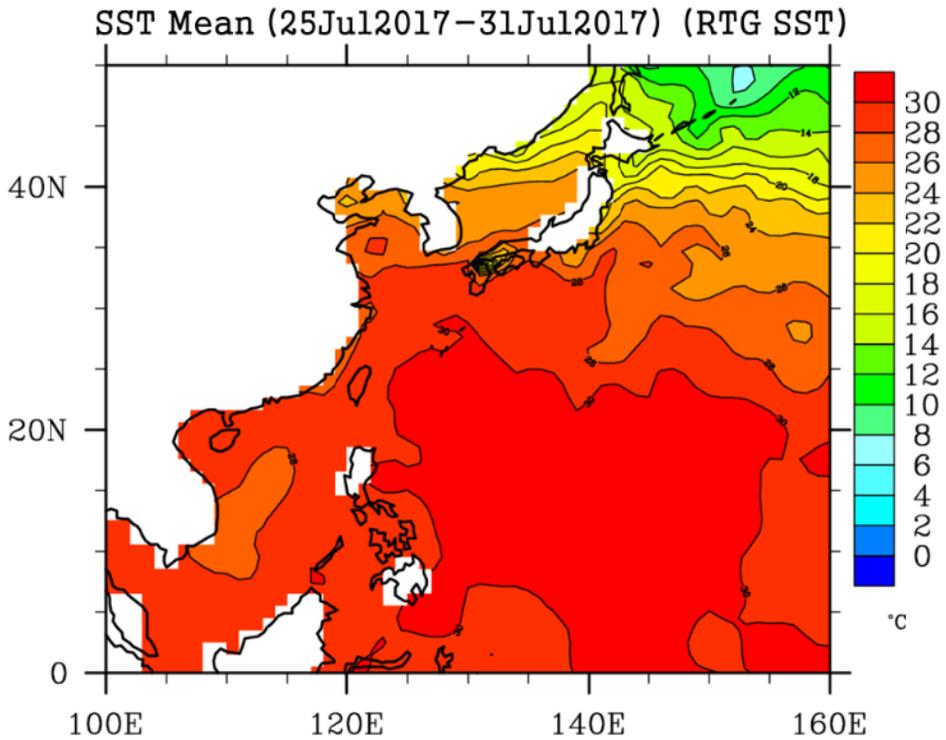


圖 3. 2017 年 7 月 25 日至 31 日 7 天平均海水溫度圖。

Fig. 3. The seven-day (25 to 31 Jul. 2017) mean sea surface temperature.

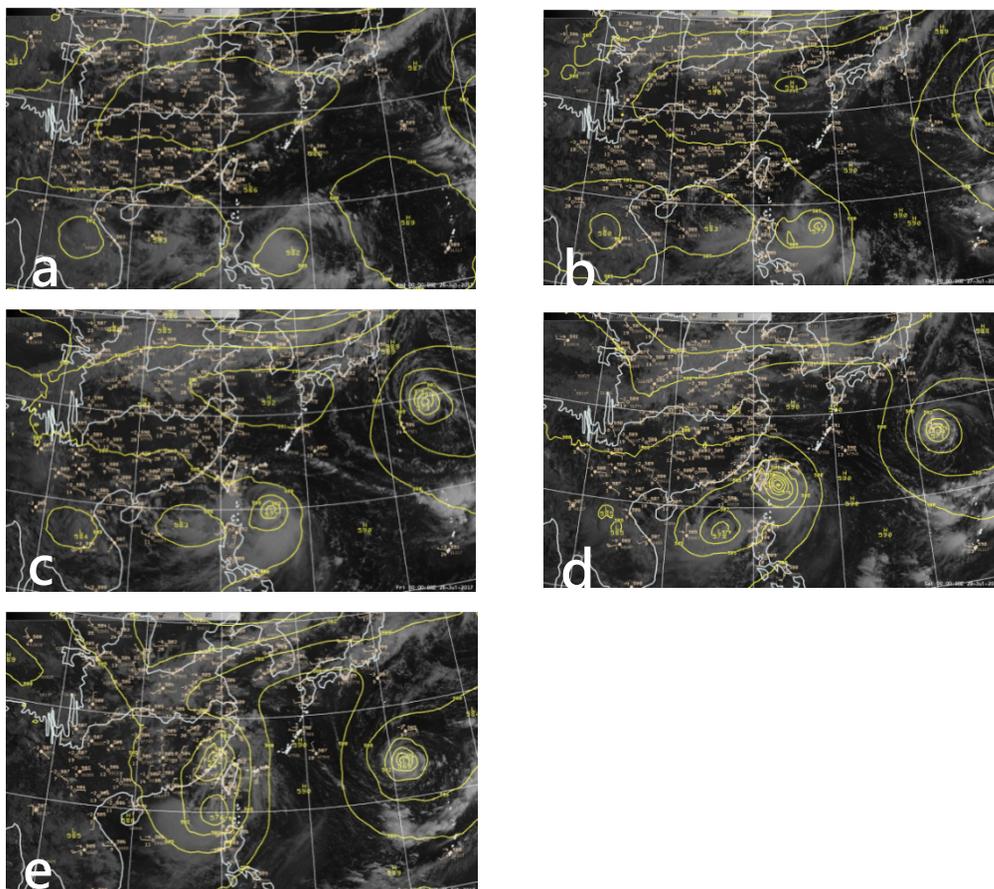


圖4. 2017年7月 (a) 26日0000 UTC, (b) 27日0000 UTC, (c) 28日0000 UTC, (d) 29日0000 UTC, (e) 30日0000 UTC之 500hPa 高空觀測及分析圖疊加可見光衛星雲圖。

Fig. 4. The 500 hPa geopotential height with observation and satellite visible imagery at (a) 0000 UTC 26, (b) 0000 UTC 27, (c) 0000 UTC 28, (d) 0000 UTC 29, (e) 0000 UTC 30 July 2017.

四、尼莎颱風影響期間各地氣象狀況

以下就尼莎颱風影響臺灣期間之雨量分布、風力及氣壓等氣象狀況作扼要分析(皆以地方時討論)如下：

(一) 降雨分析

降雨分析以 107 年 7 月 28 日至 30 日之總雨量和逐日雨量，分析尼莎(NESAT)颱風侵臺期間的降雨特徵，雨量資料包含氣象局

附屬氣象站以及自動雨量站之觀測值。表 4 及圖 6a、6b、6c 分別表示尼莎颱風侵臺期間 7 月 28 日、29 日及 30 日之單日雨量分布圖；圖 6d 為 7 月 28 日 0 時至 30 日 24 時合計 3 天之累積雨量分布圖。

1. 總雨量

由於尼莎及海棠颱風於 3 天內先後影響臺灣，其中 28 日、29 日尼莎颱風中心登陸並通過陸地，颱風環流相對於地形迎風之區域，包含臺灣東北部地區及西南部山區均出現顯

著降雨量，30 日尼莎颱風之降雨尚未緩和，隨即海棠颱風環流造成臺灣中南部及東南部地區降雨量持續累積，總降雨量以合併 2 颱風之降雨量進行討論。

統計 7 月 28 日 0 時至 30 日 24 時先後 2 颱風影響期間之總降雨量，氣象局附屬氣象站以恆春站降雨量達 364.5 毫米為最大(主要為 30 日海棠颱風影響之日雨量計 326 毫米)，其次為阿里山站有 288 毫米(主要為 28 日、29 日尼莎颱風影響之 2 日雨量計 213.5 毫米)與大武站 278.3 毫米(主要為 29 日、30 日尼莎颱風影響之 2 日雨量計 277.5 毫米)，另蘇澳站亦測得 185 毫米之雨量(主要為 28 日、29 日尼莎颱風影響之 2 日雨量計 136.5 毫米)。同期間自動雨量站雨量測得主要降雨中心為屏東縣大漢山測得 920 毫米(主要集中於 29 日、30 日共計 919 毫米)，高雄市南天池 523.5 毫米次之(主要集中於 29 日、30 日共計 523.5 毫米)，另宜蘭縣太平山亦測得 503 毫米之雨量(主要集中於 28 日、29 日共計 473 毫米)。

2. 日雨量

7 月 28 日尼莎颱風環流緩慢向西北逐漸接近臺灣東方近海時，初期出現之降雨屬局部性(圖 6a)，大多集中於臺灣北部、東北部及恆春半島，中南部亦有零星降雨。

29 日受颱風環流影響(圖 6b)臺灣各地降雨量明顯增加，日雨量以屏東縣佳冬 606.0 毫米為最多，宜蘭縣太平山 467 毫米次之，另最大日雨量超過 200 毫米之縣市如下：苗栗縣觀霧 249 毫米、臺中市稍來 240 毫米、南投縣望鄉 222 毫米、新竹縣西丘斯山 214 毫米、嘉義縣阿里山 214 毫米、花蓮縣合歡山 211 毫米、高雄市溪南(特)205 毫米。

尼莎颱風中心於 30 日 0 時至 6 時 20 分之間逐漸通過臺灣海峽北部，颱風環流持續影響臺灣陸地及鄰近海面；隨後海棠颱風自巴士海峽以時速約 28 公里速度快速接近臺灣南部陸地，並於同日 16 時 40 分左右於屏東楓港附近登陸，登陸後向北移行並於 31 日 0 時至 1 時之間自中彰一帶出海，同日因 2 個颱風接續影響，日降雨量仍相當顯著。30 日縣市日雨量超過 350 毫米之縣市為屏東縣西大武山 507 毫米，日雨量超過 200 毫米之縣市則有高雄市南天池 349 毫米，臺東縣金針山 335 毫米。

綜合上述資料研判，7 月 28 日至 30 日間各地降雨量之分布特性，較大雨量應屬尼莎及海棠颱風環流相對於臺灣地形迎風面舉升與背風側繞流局部輻合機制之結果。

(二) 風力及氣壓分析

1. 風力

尼莎颱風自 7 月 28 日白天起逐漸移近臺灣東方近海，28 日 2258 TST 尼莎颱風中心約位於花蓮東南方 360~390 公里之海面上，蘭嶼即測得 11 級(32.5m/s)瞬間最大陣風，風向為西風(100°)；之後尼莎颱風逐漸北上接近花蓮與宜蘭，同日 1838TST 花蓮測得 12 級(35.2m/s，風向 220°)，成功於 2015TST 測得 12 級(27.2m/s，風向 200°)，新屋 2038TST 因臺灣海峽地形影響亦測得 12 級(35.8m/s，風向 40°) 瞬間最大陣風。尼莎颱風中心於 29 日 1910TST 左右由宜蘭蘇澳登陸，登陸後宜蘭於 29 日 1947TST 測得 16 級(51.0m/s，風向 60°)瞬間最大陣風，蘇澳接近同時間於 1948TST 亦測得 16 級(52.8m/s，風向 120°)之瞬間最大陣風；尼莎登陸後持續維持向西北西方向移動。

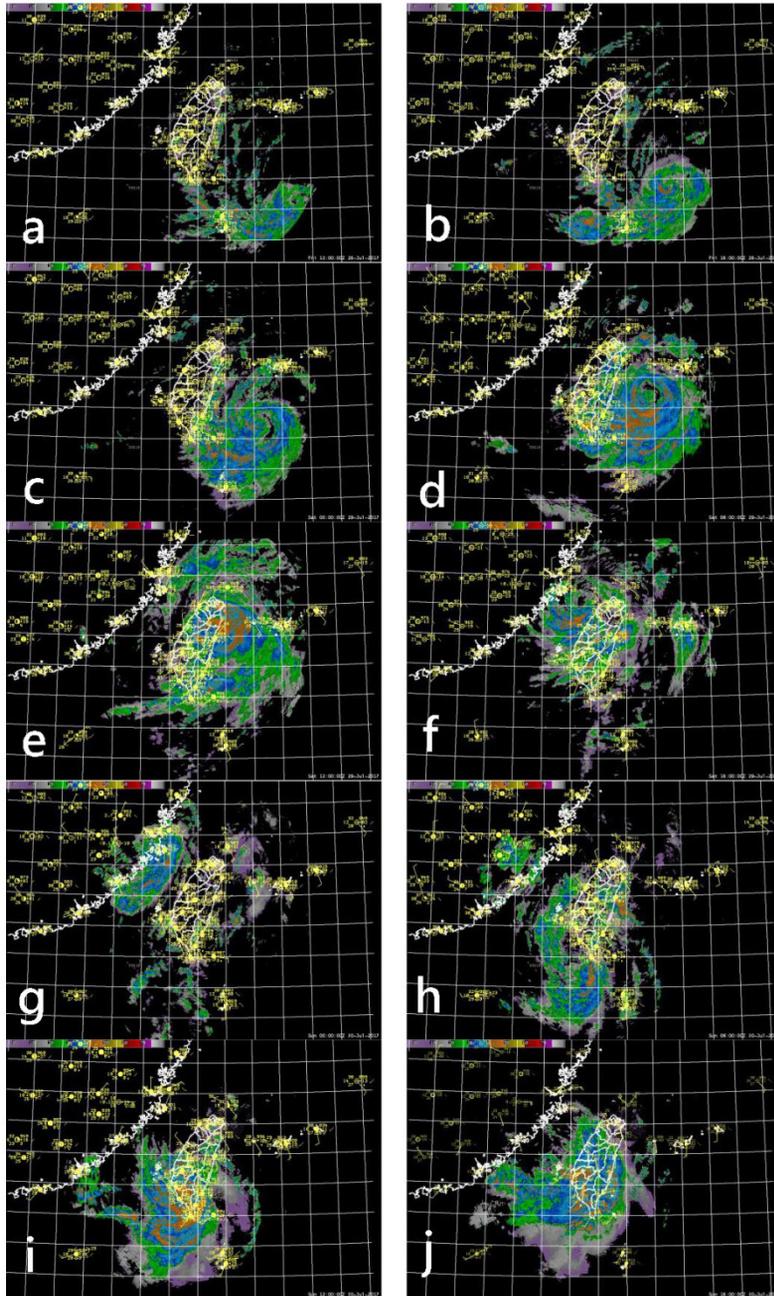


圖5. 2017年7月(a)28日1200UTC，(b)28日1800UTC，(c)29日0000UTC，(d)29日0600UTC，(e)29日1200UTC，(f)29日1800UTC，(g)30日0000UTC，(h)30日0600UTC，(i)30日1200UTC，(j)30日1800UTC地面觀測及雷達回波合成圖。

Fig. 5. The surface observation and radar reflection mosaic imagery at (a)1200UTC 28, (b)1800UTC 28, (c)0000UTC 29, (d)0600 UTC 29, (e)1200UTC 29, (f)1800UTC 29, (g)0000UTC 30, (h)0600 UTC 30,(i)1200UTC 30,(j)1800UTC 30 July 2017.

隨後 29 日 2205TST 臺北測得 14 級(41.9m/s，風向 60°)，同日 2217TST 基隆亦測得 14 級(41.5m/s，風向 140°)，另彭佳嶼於 30 日 0051TST 測得 13 級(39.6m/s，風向 120°)之瞬間最大陣風。

尼莎颱風暴風範圍於 30 日清晨逐漸接近馬祖，同日 0152TST 測得 11 級(29.5m/s，風

向為 10°)之瞬間最大陣風，之後颱風中心於 0620TST 由馬祖西南方進入福建。其餘氣象站於尼莎颱風陸上警報期間(106 年 7 月 28 日 0830TST 至 30 日 1430TST)所觀測到之瞬間最大陣風均小於或等於 9 級(24.4m/s)，陸上警報期間氣象局所屬各氣象站氣象要素統計表如表 3。

表 3. 2017 年第 9 號(尼莎)颱風侵臺期間氣象要素統計表 (時間標示為地方時，起迄時間:2017/07/28 08:30 ~ 2017/07/30 14:30)

Table 3. The meteorological elements summary of CWB stations during Typhoon NESAT passage.

測站站碼	測站站名	最低氣壓(海平面氣壓)		最高氣溫		最低溫度		最大瞬間風			最大平均風速			最大降水量			
		數值 (hPa)	時間 (LST)	數值 (°C)	時間 (LST)	數值 (°C)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	一小時	起始時間 (LST)	十分鐘 (mm)	起始時間 (LST)
466910	鞍部	1242.8	2017/07/29 22:06	28.4	2017/07/30 08:58	7.0	2017/07/30 10:56	38.9	120	2017/07/29 21:53	15.4	190	2017/07/29 22:10	27.5	2017/07/29 19:28	7.0	2017/07/29 19:33
466920	臺北	979.3	2017/07/29 21:27	34.4	2017/07/30 10:09	5.1	2017/07/30 10:02	41.9	60	2017/07/29 22:05	14.3	50	2017/07/29 21:01	9.5	2017/07/29 19:17	3.8	2017/07/28 22:09
466990	竹子湖	984.4	2017/07/29 21:59	29.7	2017/07/30 11:20	6.6	2017/07/30 10:20	21.1	180	2017/07/29 21:45	6.8	220	2017/07/29 19:28	26.5	2017/07/29 19:11	8.0	2017/07/29 10:22
466940	基隆	984.7	2017/07/29 23:47	32.6	2017/07/30 09:39	5.5	2017/07/30 09:43	41.5	140	2017/07/29 22:17	18.5	140	2017/07/29 22:39	20.0	2017/07/29 19:20	4.5	2017/07/29 19:27
466950	彭佳嶼	993.3	2017/07/30 01:09	30.9	2017/07/29 10:44	7.3	2017/07/29 12:25	39.6	120	2017/07/30 00:51	29.1	120	2017/07/29 23:32	19.0	2017/07/29 14:53	6.5	2017/07/29 14:59
466990	花蓮	976.4	2017/07/29 19:05	33.1	2017/07/28 15:00	6.2	2017/07/29 07:45	35.2	220	2017/07/29 18:38	20.9	220	2017/07/29 18:45	25.0	2017/07/29 22:31	7.0	2017/07/29 23:04
467050	新屋	974.5	2017/07/29 21:55	34.5	2017/07/30 10:54	5.7	2017/07/29 12:54	35.8	40	2017/07/29 20:38	20.7	30	2017/07/29 20:35	2.0	2017/07/29 15:07	0.5	2017/07/29 15:07
467060	蘇澳	960.2	2017/07/29 19:23	32.9	2017/07/28 14:46	6.1	2017/07/30 11:09	52.8	120	2017/07/29 19:57	26.4	160	2017/07/29 19:57	48.9	2017/07/29 19:45	14.1	2017/07/29 19:45
467080	宜蘭	967.2	2017/07/29 19:26	33.2	2017/07/28 14:55	5.6	2017/07/30 08:27	51.0	60	2017/07/29 19:47	29.7	50	2017/07/29 19:43	21.0	2017/07/29 13:39	13.0	2017/07/29 13:46
467110	金門	992.5	2017/07/30 04:50	35.9	2017/07/29 13:18	4.9	2017/07/29 12:12	17.2	50	2017/07/29 18:49	9.4	270	2017/07/30 04:47	7.5	2017/07/30 05:33	3.0	2017/07/30 05:44
467300	東吉島	992.7	2017/07/30 14:21	31.7	2017/07/28 14:48	7.7	2017/07/29 18:30	22.3	360	2017/07/29 18:16	15.6	360	2017/07/29 18:22	14.8	2017/07/29 14:05	10.0	2017/07/29 14:37
467350	澎湖	999.9	2017/07/30 14:00	33.2	2017/07/28 14:55	6.8	2017/07/28 15:13	17.3	360	2017/07/29 18:51	8.4	360	2017/07/29 19:30	2.3	2017/07/29 14:00	1.2	2017/07/29 13:50
467410	臺南	991.2	2017/07/30 14:30	33.3	2017/07/28 14:47	5.6	2017/07/28 16:44	17.7	140	2017/07/30 09:27	9.4	140	2017/07/30 09:27	8.5	2017/07/30 02:01	4.5	2017/07/30 02:03
467440	高雄	988.7	2017/07/30 14:26	35.3	2017/07/30 11:08	5.7	2017/07/30 11:02	12.8	150	2017/07/30 06:52	6.8	150	2017/07/30 07:00	4.5	2017/07/29 19:15	2.0	2017/07/29 19:34
467480	嘉義	991.9	2017/07/29 18:52	33.9	2017/07/28 15:53	6.3	2017/07/28 18:17	10.3	20	2017/07/30 14:20	5.8	10	2017/07/30 14:26	13.0	2017/07/29 16:25	10.0	2017/07/29 17:12
467490	臺中	989.4	2017/07/29 21:05	33.0	2017/07/28 15:07	6.0	2017/07/28 17:29	16.5	240	2017/07/30 00:11	6.2	210	2017/07/29 23:43	18.5	2017/07/30 01:22	10.0	2017/07/29 16:55
467530	阿里山	3012.9	2017/07/29 18:48	22.0	2017/07/30 10:54	6.9	2017/07/30 09:54	15.9	230	2017/07/29 23:31	5.3	180	2017/07/30 07:08	68.5	2017/07/29 23:36	18.0	2017/07/29 23:24
467540	大武	998.8	2017/07/29 19:02	33.1	2017/07/28 14:30	6.2	2017/07/28 15:20	13.9	100	2017/07/30 13:45	8.3	110	2017/07/30 14:09	32.0	2017/07/30 11:40	14.0	2017/07/30 11:25
467550	玉山	3013.3	2017/07/29 20:02	12.6	2017/07/28 14:30	7.9	2017/07/28 14:30	28.4	250	2017/07/30 05:00	19.4	240	2017/07/30 05:00	33.5	2017/07/29 22:57	11.5	2017/07/29 23:46
467571	新竹(竹北)	973.7	2017/07/29 21:44	35.7	2017/07/28 15:01	5.2	2017/07/28 15:01	24.4	350	2017/07/29 20:16	9.5	360	2017/07/29 20:57	9.5	2017/07/29 22:33	2.5	2017/07/29 22:41
467590	恆春	988.0	2017/07/30 14:27	33.4	2017/07/28 14:35	6.4	2017/07/28 14:34	22.0	90	2017/07/30 13:38	8.9	140	2017/07/30 13:38	6.0	2017/07/29 02:10	4.4	2017/07/29 02:20
467610	成功	986.8	2017/07/29 19:09	32.0	2017/07/28 14:32	5.5	2017/07/29 06:17	27.2	200	2017/07/29 20:15	12.3	210	2017/07/29 23:48	7.7	2017/07/30 12:15	5.0	2017/07/30 12:36
467620	蘭嶼	994.3	2017/07/29 14:10	26.2	2017/07/30 09:16	7.9	2017/07/30 12:16	32.5	100	2017/07/28 22:58	21.0	220	2017/07/29 20:50	32.0	2017/07/29 08:45	12.0	2017/07/29 09:11
467650	日月潭	1327.0	2017/07/29 20:43	30.1	2017/07/30 11:33	6.5	2017/07/30 11:38	25.6	280	2017/07/29 20:19	12.6	290	2017/07/29 20:24	21.0	2017/07/29 14:36	10.5	2017/07/29 18:00
467660	臺東	991.1	2017/07/29 17:48	33.3	2017/07/28 14:55	6.2	2017/07/28 14:49	20.2	210	2017/07/29 19:46	8.2	190	2017/07/29 20:51	7.5	2017/07/30 13:10	6.0	2017/07/30 13:40
467770	梧棲	989.2	2017/07/29 22:38	34.4	2017/07/28 16:53	5.3	2017/07/28 16:53	21.2	210	2017/07/30 01:28	14.1	240	2017/07/29 23:39	27.0	2017/07/30 01:04	9.0	2017/07/30 01:24
467990	馬祖	989.5	2017/07/30 04:44	30.5	2017/07/29 13:34	7.7	2017/07/28 16:54	29.5	10	2017/07/30 01:52	14.9	80	2017/07/30 04:17	9.5	2017/07/30 01:48	3.5	2017/07/30 02:05

註：鞍部站、阿里山站、玉山站、日月潭站屬高山站，其最低氣壓欄位以重力位高度代表。T：表雨跡。

2. 氣壓

圖 7 為 2017 年 7 月 29 日 0 時至 30 日 23 時(地方時)尼莎(NESAT)颱風影響期間，臺灣東半部氣象局屬平地(基隆、宜蘭、蘇澳、花蓮、成功、臺東、大武、恆春)氣象站測站氣

壓逐時分布圖。圖中明顯氣壓下降趨勢發生於 29 日 19 時尼莎颱風登陸前後，其中 29 日 1923TST 蘇澳站測得最低海平面氣壓為 960.2 hPa，次低海平面氣壓為同日 1926TST 宜蘭測得 967.2 hPa(詳見表 3)；另圖中 30 日

1600TST 前後恆春站及大武站於海棠颱風接近屏東東港附近時亦測得明顯測站氣壓下降之趨勢。

圖 8 為 2017 年 7 月 29 日 0 時至 30 日 23 時(地方時)尼莎(NESAT)颱風影響期間，臺灣西半部氣象局屬平地及離島(淡水、臺北、新屋、新竹、臺中、梧棲、嘉義、臺南、高雄、澎湖、東吉島、板橋、金門、馬祖)氣象站測站氣壓逐時分布圖。圖中臺中以北各氣象站於尼莎颱風通過臺灣本島陸地時，測站氣壓均出現明顯下降之趨勢，29 日 2200TST 前後

分別測得最低測站氣壓，其中新竹 29 日 2144TST 測得最低海平面氣壓為 973.7hPa，次低海平面氣壓為新屋站同日 2155TST 測得 974.5hPa(詳見表 3)；另尼莎颱風中心 29 日 2220UTC 由馬祖西南方進入福建之後，馬祖、金門亦測得明顯測站氣壓下降趨勢，並於 30 日 0500TST 前後測站氣壓達相對低點；另臺中以南各氣象站與澎湖、東吉島、金門、馬祖於海棠颱風影響期間(30 日 1600TST~1800TST 之間)測得測站氣壓明顯下降達最低之現象(如圖 8)。

表 4. 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風警報期間中央氣象局附屬氣象站日累積雨量及總雨量(2017 年 7 月 28 日~30 日)統計表。

Table 4. The daily and accumulated rainfalls of CWB stations during Typhoon NESAT(1709) passage.

測站	雨量	逐日累積雨量(單位：毫米)			合計
		7 月 28 日	7 月 29 日	7 月 30 日	
彭佳嶼		1.5	33.5	2.5	37.5
基隆		0.1	57	4	61.1
宜蘭		6.5	80.3	1.6	88.4
蘇澳		9	127.5	49	185.5
鞍部		5.5	95.5	1.5	102.5
竹子湖		6	93.8	1.1	100.9
淡水		0.5	49	1	50.5
臺北		5.4	38.2	T	43.6
新屋		0	4.4	1.4	5.8
新竹		0	15.7	5	20.7
臺中		0	51.5	44.5	96
梧棲		0	35	43	78
日月潭		0	108	8.5	116.5
阿里山		0	213.5	74.5	288
玉山		0	127.5	107.5	235
嘉義		T	22	80	102
臺南		T	4	81	85
七股		X	X	X	X
永康		T	4.5	72	76.5
高雄		0	10.5	121.5	132
花蓮		0	71	56.5	127.5
成功		T	30.9	60.1	91

臺東	0	20.5	83.5	104
大武	0.5	31.5	246.3	278.3
恆春	8	30.5	326	364.5
蘭嶼	26.3	116.7	4.9	147.9
澎湖	0	1	80.4	81.4
東吉島	0	15.8	10.8	26.6
板橋	1	33.5	0.5	35
金門	0	0	18	18
馬祖	0	11.6	40.5	52.1

T 表示雨跡；X 表示無觀測

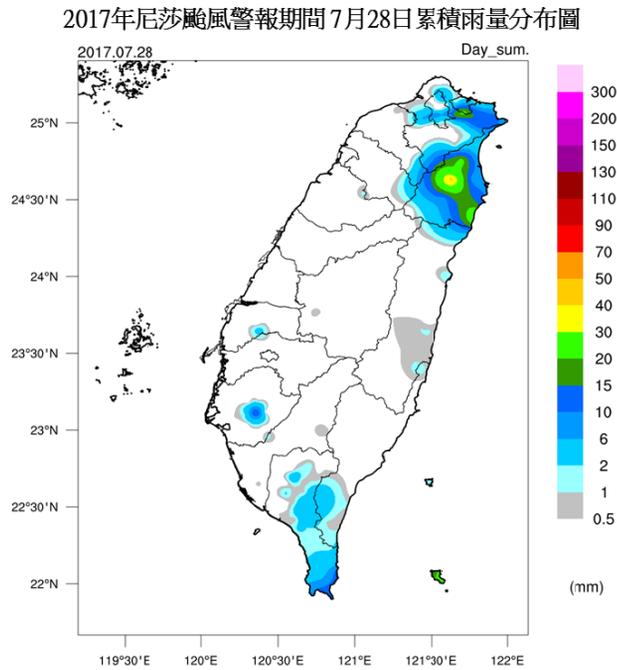


圖 6a. 2017 年第 9 號(尼莎)颱風警報期間 7 月 28 日 0 時至 24 時臺灣地區累積雨量分布圖。

Fig. 6a. The accumulated rainfall in Taiwan area during Typhoon NESAT passage from 2716UTC to 2816UTC July 2017.

2017年尼莎颱風警報期間7月29日累積雨量分布圖

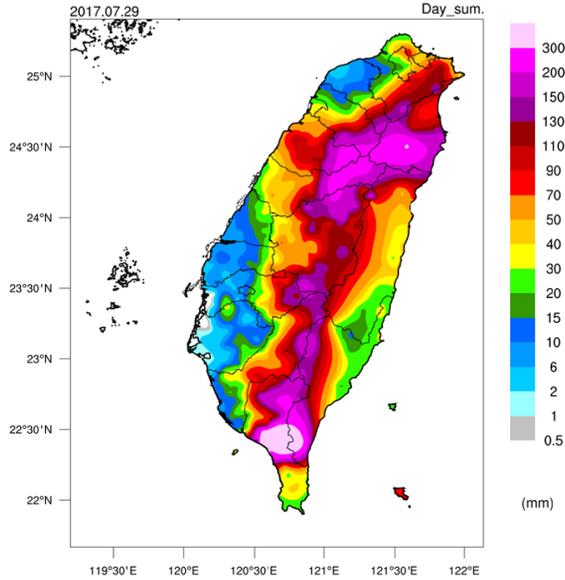


圖 6b. 2017 年第 9 號(尼莎)颱風警報期間 7 月 29 日 0 時至 24 時臺灣地區累積雨量分布圖。

Fig. 6b. The accumulated rainfall in Taiwan area during Typhoon NESAT passage from 2816UTC to 2916UTC July 2017.

2017年尼莎颱風警報期間7月30日累積雨量分布圖

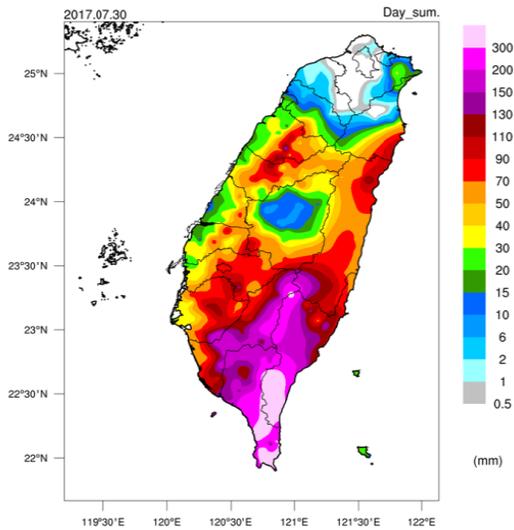


圖 6c. 2017 年第 9 號(尼莎)颱風警報期間 7 月 30 日 0 時至 24 時臺灣地區累積雨量分布圖。

Fig. 6c. The accumulated rainfall in Taiwan area during Typhoon NESAT passage from 2916UTC to 3016UTC July 2017.

2017年尼莎颱風警報期間7月28日~30日累積雨量分布圖

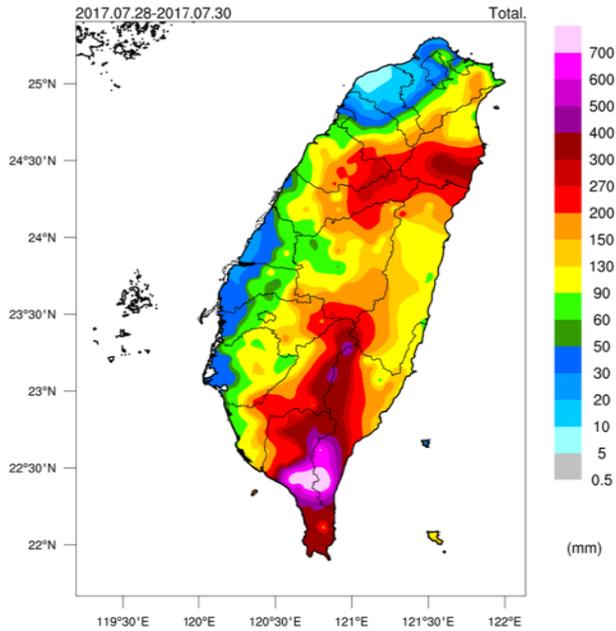


圖 6d. 2017 年第 9 號(尼莎)颱風警報期間 7 月 28 日 0 時至 30 日 24 時臺灣地區累積雨量分布圖。

Fig. 6d.The accumulated rainfall in Taiwan area during Typhoon NESAT passage from 2716UTC to 3016UTC July 2017.

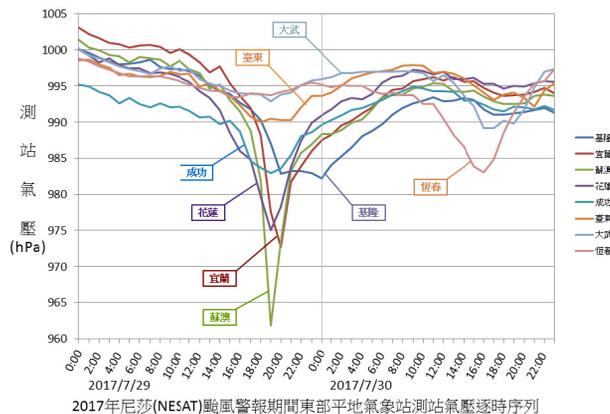


圖 7. 2017 年 7 月 29 日 0 時至 30 日 23 時(地方時)尼莎(NESAT)颱風影響期間臺灣東半部中央氣象局附屬平地氣象站測站氣壓逐時分布圖。

Fig.7. The hourly air pressure of east Taiwan CWB station located on the ground during 29 00:00 and 30 23:00 (TST) July 2017.

(三) 焚風分析

表 3 顯示尼莎颱風警報期間(7 月 28 日 08 TST 至 30 日 15 TST)氣象局附屬測站中，除新竹氣象站於 7 月 28 日 15 時 01 分(地方時)觀測到 35.7°C 之最高溫，同時間之相對濕度為 52%，風向為東風(80°)，風速為 2.5m/s，以風向研判為颱風外圍環流背風沉降效應所致；另於 29 日 11 時亦測得另一背風沉降現象造成之較高氣溫 34.3°C，同時間相對濕度為 57%，風向為東北風(50°)，風速為 3.7m/s。其餘氣象站則無明顯焚風現象，圖 9 為 2017 年 7 月 27 日至 30 日(地方時)尼莎颱風影響期間新竹氣象站風向、氣溫、相對濕度及時雨量逐時分布圖。

五、各種颱風路徑預報法校驗

表 5 為氣象局對尼莎(NESAT)颱風路徑預測(含警報期間每 3 小時預測)詳細內容及誤差，表 6a、6b、6c、6d、6e 分別為各預報單位對 2017 年第 9 號尼莎颱風每 6 小時發布之 24 小時、48 小時、72 小時及 96 小時預測誤差比較表；由於尼莎颱風之

生命期為 102 小時，本文僅統計 96 小時(含)內之誤差比較。

氣象局(CWB)官方路徑 24 小時預報位置平均距離誤差為 88 公里(見表 6a)，相同預報時間之齊次誤差比較為優於韓國(RKSL)誤差 107 公里、北京(BABJ)93 公里，與日本(RJTD)88 公里誤差相同，略遜於美軍(PGTW)78 公里之誤差。此外，氣象局官方 48 小時、72 小時及 96 小時預報位置平均誤差分別為 170 公里、331 公里及 756 公里(如表 5)；與其他作業單位相同預報時間之齊次誤差比較，48 小時、72 小時、96 小時預報位置平均距離誤差均以美軍(PGTW)最小。

客觀預報參考資料中，JUNE 為採用歐洲(EC)、美國(NCEP)、日本(JG)及氣象局(TWRF)等 4 個動力數值模式之系集平均預報結果，與氣象局相同預報時間齊次比較 24 小時、48 小時、72 小時及 96 小時之預報位置平均距離誤差分別為 97 公里、204 公里、384 公里及 696 公里(詳見表 6a、表 6b、表 6c、表 6d)。

表 5. 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風氣象局預測詳細內容及誤差。

Table 5. Statistics for CWB on Typhoon NESAT(1709).

DTG	NO.	TRACK			WIND (m/s)	POSITION ERRORS(KM)						
		LAT (° N)	LONG (° E)			12	24	36	48	72	96	120
2017072506	1	13.0	129.5	15								
2017072512	2	13.5	128.5	15								
2017072518	3	14.5	128.0	15								
2017072600	4	15.0	128.0	15								
2017072606	5	16.2	128.2	18	69	98	128	218	365	756		
2017072612	6	16.6	127.7	20	56	49	136	251	484			
2017072618	7	17.2	127.6	20	48	11	24	33	234			
2017072700	8	17.4	127.6	23	24	64	69	49	232			

2017072706	9	18.0	127.5	25	11	61	76	123	340			
2017072712	10	18.6	127.2	25	0	33	33	200				
2017072718	11	19.3	126.5	25	21	0	93	191				
2017072800	12	20.1	125.8	30	11	41	137	195				
2017072803	13	20.4	125.5	30	11	56	147	212				
2017072806	14	20.7	125.1	30	11	91	158	224				
2017072809	15	21.0	124.6	30	21	143	161					
2017072812	16	21.2	124.3	33	43	139	185					
2017072815	17	21.6	124.0	33	65	113	161					
2017072818	18	21.8	123.6	35	85	123	171					
2017072821	19	22.0	123.4	38	82	115						
2017072900	20	22.3	123.3	38	94	150						
2017072903	21	22.7	123.0	38	105	134						
2017072906	22	23.3	122.8	38	82	156						
2017072909	23	24.0	122.6	40	112							
2017072912	24	24.5	121.7	40	77							
2017072915	25	24.8	120.7	40	40							
2017072918	26	25.1	120.3	38	77							
2017072921	27	25.4	119.8	35								
2017073000	28	25.7	119.3	33								
2017073003	29	25.8	118.5	28								
2017073006	30	25.9	117.9	20								
2017073012	31	26.0	117.0	15								
AVERAGE					52	88	120	170	331	756		
# CASES					22	18	14	10	5	1	0	

表 6a. 各預報單位對 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風 24 小時預測誤差之比較表。

Table 6a. The comparison of 24-hour mean forecast position errors(km) for Typhoon NESAT(1709).

以下各英文代號之意義為：

- CWB—中央氣象局官方預報。 RJTD—日本之主觀預報。
 PGTW—美軍聯合颱風警報中心之主觀預報。 BABJ—北京之主觀預報。
 RKSL—南韓之主觀預報。
 JUNE—EC、NCEP、JG、TWRP 等四個數值預報模式 ENSEMBLE。

	CWB	PGTW	RJTD	BABJ	RKSL	JUNE						
CWB	18	88										
	88	0										
PGTW	13	78	13	71								
	71	-7	71	0								
RJTD	18	88	13	71	22	78						
	88	0	76	5	78	0						
BABJ	18	88	13	71	22	78	22	82				
	93	5	79	8	82	4	82	0				
RKSL	13	78	13	71	13	76	13	79	13	107		
	107	29	107	36	107	31	107	28	107	0		
JUNE	13	78	13	71	13	76	13	79	13	107	13	97
	97	19	97	26	97	21	97	18	97	-10	97	0

A	B
C	D

- A 表示 X 與 Y 預報時間相同的次數
 B 表示 X 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)
 C 表示 Y 軸上預報方法之 24 小時平均誤差(KM)
 D 表示 Y 軸之預報方法比 X 軸之預報方法好的程度(KM)

表 6b. 各預報單位對 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風 48 小時預測誤差之比較表。

Table 6b. The comparison of 48-hour mean forecast position errors(km) for Typhoon NESAT(1709).

以下各英文代號意義同表 6a：

	CWB		PGTW		RJTD		BABJ		RKSL		JUNE	
CWB	10	170										
	170	0										
PGTW	9	165	9	150								
	150	-15	150	0								
RJTD	9	165	9	150	9	161						
	161	-4	161	11	161	0						
BABJ	10	170	9	150	9	161	17	171				
	178	8	175	25	175	14	171	0				
RKSL	9	165	9	150	9	161	9	175	9	190		
	190	25	190	40	190	29	190	15	190	0		
JUNE	9	165	9	150	9	161	9	175	9	190	9	204
	204	39	204	54	204	43	204	29	204	14	204	0

A	B
C	D

A,B,C,D 表示意義同表 6a

表 6c 各預報單位對 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風 72 小時預測誤差之比較表。

Table 6c. The comparison of 72-hour mean forecast position errors(km) for Typhoon NESAT(1709).

以下各英文代號意義同表 6a：

	CWB		PGTW		RJTD		BABJ		RKSL		JUNE	
CWB	5	331										
	331	0										
PGTW	5	331	5	269								
	296	-62	269	0								
RJTD	5	331	5	269	5	364						
	364	33	364	95	364	0						
BABJ	5	331	5	269	5	364	9	322				
	324	-7	324	55	324	-40	322	0				
RKSL	5	331	5	269	5	364	5	324	5	479		
	479	148	479	210	479	115	479	155	479	0		
JUNE	5	331	5	269	5	364	5	324	5	479	5	384
	384	53	384	115	384	20	384	60	384	-95	384	0

A	B
C	D

A,B,C,D 表示意義同表 6a

表 6d 各預報單位對 2017 年第 9 號尼莎(NESAT)颱風 96 小時預測誤差之比較表。

Table 6d. The comparison of 96-hour mean forecast position errors(km) for Typhoon NESAT(1709).

以下各英文代號意義同表 6a：

	CWB	PGTW	RJTD	BABJ	RKSL	JUNE
CWB	1 756					
	756 0					
PGTW	1 756	1 592				
	592 -164	592 0				
RJTD	1 756	1 592	1 1030			
	1030 274	1030 438	1030 0			
BABJ	1 756	1 592	1 1030	1 631		
	631 -125	631 39	631 -399	631 0		
RKSL	1 756	1 592	1 1030	1 631	1 823	
	823 67	823 231	823 -207	823 192	823 0	
JUNE	1 756	1 592	1 1030	1 631	1 823	1 696
	696 -60	696 104	696 -334	696 65	696 -127	696 0

A	B
C	D

A,B,C,D 表示意義同表 6a

六、災情報告

日 19 時 0 分尼莎暨海棠颱風災害應變處置
報告第 5 報（結報）統計如下：

根據中央災害應變中心 106 年 7 月 31

(一)、人命傷亡：0死1失蹤131傷。（如表；資料來源：內政部消防署）

縣市別	死亡 (人)	失蹤 (人)	受傷 (人)	備註
合計	0	1	131	
宜蘭縣	0	0	52	1. 遭物品砸傷1人。 2. 遭風吹倒受傷1人。 3. 頭城鎮國道五號北上33.4K路段大貨車翻覆，1人受傷送醫。 4. 其他49人受傷待查。
臺北市	0	0	54	1. 風大跌倒受傷23人。 2. 玻璃割傷8人。 3. 門夾傷4人。 4. 物品掉落、鐵皮、樹木砸傷11人。 5. 外出遭鐵條砸傷1人(重傷，加護病房救治)。 6. 騎車摔傷6人。 7. 電擊受傷1人。
新北市	0	0	3	1. 路樹倒塌砸傷2人。 2. 輕軌圍籬壓傷1人(淡水中山路派出所所長賴崇逸後腦勺撕裂傷，送淡水馬偕醫院，無大礙)。

桃園市	0	0	10	1. 物品割傷1人。 2. 門夾傷1人。 3. 修屋頂摔落腰背鈍傷1人(重傷，留觀)。 4. 騎車摔倒、電線纏繞等交通事故7人。
臺中市	0	0	11	1. 摔傷4人。 2. 交通意外3傷。 3. 物品掉落砸傷4人。
新竹縣	0	0	1	機車騎士勾到電線摔傷1人。
屏東縣	0	1	0	30日21時16分屏東縣南州鄉國道3號附近1民眾(男性，76歲)失蹤。屏東縣應變中心現已動員消防人員12人(含潛水人員3人)、義消12人及5車會同當地派出所，沿產業道路附近及野溪搜尋中。

(二)、維生管線災情(資料來源：經濟部、國家通訊傳播委員會)

1. 電力：停電670,651戶、修復667,833戶、待修復2,818戶。
2. 自來水：停水45,877戶、修復45,877戶、待修復0戶。
3. 天然氣：停氣0戶、修復0戶、待修復0戶。
4. 市話：中斷2,301戶、修復2301戶、待修復0戶。
5. 基地臺：受損3,095座、修復2,858座、待修復237座。

(三)、交通狀況(資料來源：交通部)

1. 國道：國道3號林邊交流道(430K)南下出口匝道封閉。
2. 高鐵：全線正常營運。
3. 省道：預警性封閉0處、災情封閉4處。
4. 臺鐵：全線正常營運(含支線)，阿里山森林鐵路31日停駛。

5. 空運：國內航線取消48班次、延誤35班次；國際航線取消5班次、延誤3班次。

6. 海運：31日預計停航16航線、121班次。

(四)、淹水災情狀況(資料來源：經濟部)水利設施受損0處、搶修完成0處、搶修中0處。淹水326處、已退304處、處理中22處。

(五)、農業損失

農林漁牧業產物及民間設施估計損失共計新臺幣23,845萬元。

(六)、學校災損

各級受災學校共計356校，災損金額初估為新臺幣3,507萬元。

七、結論

綜合以上對尼莎颱風之分析探討，可歸納下列數點結論：

- (一) 尼莎颱風為民國 106 年西北太平洋海域生成之第 9 個颱風，亦為該年氣象

局發布警報之第 1 個颱風。28 日 0030UTC 氣象局針對巴士海峽、臺灣東南部(含綠島、蘭嶼海面)及臺灣東北部海面發布海上颱風警報；28 日 0630UTC 對花蓮、臺東(含綠島、蘭嶼)發布陸上颱風警報，並將臺灣海峽南部納入海上颱風警戒範圍；此後至 28 日 1530UTC 間，臺灣各地、澎湖及鄰近海面陸續納入海上陸上颱風警報之警戒區域；29 日 0330UTC 將馬祖列入陸上警戒區域，0630UTC 亦將金門列入陸上警戒區域。29 日 0900UTC 尼莎颱風中心位於宜蘭東南方海面上，氣象局持續對尼莎颱風發布海上陸上颱風警報第 12 報，同一時間編號第 10 號輕度颱風海棠(HAITANG)中心位於鵝鑾鼻西南方之海面上，預測向東北轉北北東移動，可能威脅臺灣南部及東南部陸地，即發布第 10 號海棠颱風第 1 報海上陸上颱風警報。30 日 0300UTC 尼莎颱風中心移至馬祖西北西方(福建)之陸地上並減弱為輕度颱風，對臺灣陸地及鄰近海面之威脅解除，即於 30 日 0330UTC 解除尼莎颱風警報，並持續發布第 10 號海棠颱風海上陸上颱風警報第 8 報。統計氣象局針對尼莎颱風共發布海上颱風警報 2 報，海上陸上颱風警報 16 報，警報期間共歷時 57 小時(含解除颱風警報)。

(二) 尼莎颱風於民國 106 年 7 月 26 日 0600UTC 在菲律賓馬尼拉東北方

790 公里(鵝鑾鼻東南方 1030 公里)之海面上發展生成，生成初期路徑由其所處大低壓區駛流導引向西北轉偏北移動，27 日 0600UTC 前後開始轉由其東北側之副熱帶高壓駛流導引，逐漸轉向西北加速移行，且強度持續增強並於 28 日 1200UTC 增強為中度颱風。隨後尼莎颱風逐漸朝臺灣東部近海接近，並於 29 日 0900UTC 達其生命期內之最大強度，近中心最大平均風速為 40 m/s，隨後以此強度於 29 日 1110UTC 左右颱風中心由宜蘭蘇澳登陸，並持續向西北西移動；29 日 1430UTC 左右自苗栗竹南附近出海，持續向西北西移動，29 日 2220UTC 由馬祖西南方進入福建。登陸福建後受地形影響，颱風強度於 30 日 0300UTC 減弱為輕度颱風並持續減弱，30 日 1200UTC 減弱為熱帶性低氣壓，生命期共計 4 天 6 小時。

(三) 尼莎颱風影響臺灣期間，於 7 月 28 日至 30 日 14 時之間屏東縣佳冬累積雨量達 607 毫米，宜蘭縣太平山累積雨量亦達 478 毫米。此外，颱風登陸宜蘭蘇澳前後，氣象局附屬之蘇澳、宜蘭氣象站所測得最大瞬間陣風為 16 級，基隆、臺北 14 級，彭佳嶼 13 級，花蓮、新屋亦測得 12 級。新竹氣象站於 7 月 28 日 15 時 01 分(地方時)測得氣溫上升、相對溼度下降之接近焚風現象。

(四) 氣象局 24、48、72 及 96 小時路徑預報位置平均距離誤差分別為 88 公里、170 公里、331 公里及 756 公里，其他各作業單位相同預報時間之齊次誤差均以美軍(PGTW)為最小。客觀預報之 JUNE(歐洲、美國、日本及氣象局 TWRP 等 4 模式之系集平均)，與氣象局相同預報時間之 24、48、72 及 96 小時預報位置平均距離誤差分別為 97 公里、204 公里、384 公里及 696 公里。

(五) 尼莎颱風中心通過臺灣陸地前後期間，為臺灣各地帶來強風豪雨，造成海空交通部分班次取消及延誤，省道封閉 4 處，局部淹水 326 處，另人員 1 失蹤 131 傷、停電 670,651 戶、停水 45,877 戶、市話中斷 2,301 戶、基地台受損 3,095 座，農林漁牧業及民間設施損失達新臺幣 23,845 萬元，學校災損金額估計約新臺幣 3,507 萬元。

Report on Typhoon 1709 (NESAT) of 2017

Wei-Liang Chen

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau, R.O.C.

ABSTRACT

Typhoon NESAT is the 9th tropical cyclone formed on the western North Pacific in 2015. It was the first tropical cyclone for which the Central Weather Bureau (hereinafter referred to as the CWB) issued tropical storm/typhoon warnings that year.

NESAT strengthened into a tropical storm when it located to eastnortheast of Manila, Philippines, at 0600UTC July 26th. At the beginning , NESAT was steered by large low-pressure area west of the typhoon, then moved to the northwest temporarily and turned to the north afterward. After 0600UTC July 27th, NESAT was steered by the subtropical ridge northeast of the typhoon, then turned to the northwest gradually and speed up., NESAT kept strengthening and became a typhoon on 1200UTC July 28th. When the center of the Typhoon NESAT moved to the southeast side of Yilan at 0900UTC July 29th, NESAT approached its maximum intensity during its lifetime, The maximum average wind speed near the center was 40m/s, and then NESAT turned to Westnorthwestward and made landfall at the coastline of Suao, Yilan at 1110UTC July 29th. Around 1430UTC at the same day, NESAT left Taiwan from the vicinity of Zhunan, Miaoli. And it made landfall to Fujian near Mazu at 2220UTC. After landing to Fujian, the typhoon weakened to a tropical storm and continued to weaken. 13 hours later, it was weakened to a tropical depression at 1200 UTC on the July 30th. The total lifespan of NESAT was 4 days and 6 hours. The maximum intensity during its lifetime was typhoon.

At 0030UTC July 28 , the CWB issued the first offshore typhoon warning of the Typhoon NESAT. At 0630UTC in the same day, land typhoon warnings was issued. 0900UTC July 29th, NESAT is located to southeast of Yilan, at the same time, the Tropical Storm HAITANG (1710) was located on the southwest of the Eluanbi. The CWB pridicted the Tropical Storm HAITANG would threaten the southern and southeastern Taiwan, and issued the first land typhoon warning of Tropical Storm HAITANG at 0930UTC July 29. At the 0330UTC July 30th,

CWB released the typhoon warning of NESAT, but continued to issue the No.8 land warning of Tropical Storm HAITANG. According to statistics, the CWB issued 2 reports of offshore typhoon warning and 16 reports of land typhoon warning for NESAT. The warning period lasted for 57 hours (including the report of release typhoon warning).

Typhoon NESAT and Tropical Storm HAITANG affected Taiwan successively (July 28 to 30, 14:00), the accumulated rainfall of Jiadong, Pingtung reached 607 mm, and the accumulated rainfall of Taiping Mountain, Yilan reached 478 mm. In addition, around the Typhoon NESAT landed in Suao, Yilan, the maximum gusts measured by the Suao and Yilan meteorological stations affiliated to the CWB were above 51m/s, Keelung · Taipei were above 41.5m/s and PengJiayu was above 37.0m/s, Hualien and Xinwu also measured the gusts above 32.7m/s. The Hsinchu weather station detected the Similarly Chinook wind at 15:01 TST on July 28th. The temperature rises to 35.7 ° C, while the relative humidity is 52%, the wind direction is from the east(80°), and the wind speed is 2.5 m / s.

Verification results of storm track show that the 24hr, 48hr, 72hr and 96hr errors of CWB's official forecast were 88 km, 170 km, 331 km and 756 km respectively.

Keywords: Typhoon NESAT, Tropical Storm HAITANG

民國 107 年颱風調查報告一 第 8 號(201808)瑪莉亞(Maria)颱風

張心華

中央氣象局氣象預報中心

摘 要

瑪莉亞(Maria)颱風是民國 107 年在西北太平洋海域的第 8 個颱風，也是該年中央氣象局發布警報的第 1 個颱風。7 月 4 日 20 時(LST)在關島附近海面形成，於 6 日 14 時(LST)增強至強烈颱風且往西北方向前進，9 日之後逐漸進入海水熱焓量較低的環境，強度發展受限並有減弱趨勢。瑪莉亞颱風影響臺灣期間，強度維持在中度颱風上限，11 日颱風登陸中國大陸福建省且減弱為輕度颱風，12 日 2 時再減弱為熱帶性低氣壓。

瑪莉亞颱風為臺灣中部以北地區、宜蘭地區及連江縣帶來較顯著的風雨，由於颱風中心經由臺灣北部海面、連江縣馬祖一帶，氣象局於 11 日 5 時(LST)首次發布颱風強風告警服務；統計 7 月 9 日 0 時(LST)至 7 月 12 日 0 時(LST)氣象局氣象站及自動站之累積雨量，臺北市竹子湖氣象站觀測到累積雨量最大值 307.6 毫米，彭佳嶼氣象站測得 16 級之最大陣風。此外氣象局於 7 月 10 日對瑪莉亞颱風啟動飛機投落送觀測。

從颱風路徑預測校驗顯示，氣象局對於瑪莉亞颱風之 24/48/72 小時路徑預報平均誤差分別為 48/118/169 公里。

關鍵詞：瑪莉亞颱風、投落送、颱風強風告警

一、前言

瑪莉亞(Maria)颱風，編號 201808 號，係於民國 107 年 7 月 4 日 20 時(LST)在關島東南方海面形成，12 日 2 時(LST)於中國大陸江西省減弱為熱帶性低氣壓，其生命期維持共 7 天 6 小時，最強時期發

展至強烈颱風強度。

瑪莉亞颱風中心由臺灣北部海面通過，暴風圈掠過中部以北、宜蘭地區、連江縣，登陸中國大陸福建省，統計中央氣象局(以下簡稱氣象局)及自動站風雨資料顯示，在瑪莉亞颱風及其外圍環流影響下，基隆市彭佳嶼出現 16 級陣風，新北市鼻頭角、連江縣東引亦分別觀測到 14 級、

13 級陣風，並造成臺北山區累積雨量超過 300 毫米，新竹、臺中、苗栗及新北地區也觀測到 200 至 300 毫米左右的累積雨量。

本報告將以討論瑪莉亞颱風的發生、經過、強度變化及颱風影響期間氣象局各氣象站之氣象要素變化為重點，並校驗各種主、客觀颱風預報方法的誤差及表現。

二、颱風的發生經過及處理過程

瑪莉亞(Maria)颱風是民國 107 年在西北太平洋海域的第 8 號颱風，也是氣象局於當年發布警報的 1 個颱風。7 月 4 日 20 時（地方時，以下皆以地方時討論）瑪莉亞颱風在關島附近海面形成(北緯 12.5 度，東經 145.5 度)，圖 1 是瑪莉亞颱風 7 月 4 日 20 時至 12 日 2 時的最佳路徑圖，各項資料詳見表 1。

瑪莉亞颱風形成後，大致沿著太平洋高壓南緣向西北移動，並於 6 日 14 時增強至強烈颱風，中心氣壓 925hPa，七級風暴風半徑達 280 公里，9 日之後逐漸接近日本琉球附近海域，朝臺灣東北部海面前進，雖然強度發展受限並有減弱趨勢，但仍維持在中度颱風上限。氣象局研判瑪莉亞颱風將對臺灣近海構成威脅，遂於 7 月 9 日 14 時 30 分先針對臺灣北部海面、東北部海面及臺灣東南部海面(含綠島、蘭嶼)發布海上颱風警報，隨著颱風中心逐漸接近，20 時 30 分新增臺灣海峽北部為警戒區域。瑪莉亞颱風維持時速 30 公里左右，持續朝西北西方向前進，研判對臺灣陸地構成威脅，氣象局於同日 23 時 30 分發布海上陸上颱

風警報，陸上警戒區域包括新北、基隆、臺北及宜蘭地區，10 日 8 時 30 分陸上警戒區域已涵蓋彰化以北、南投、宜蘭、花蓮及馬祖地區。

氣象局於 7 月 10 日啟動颱風飛機投落送觀測，清晨 5 時由臺中清泉崗起飛，進行約 6 小時觀測，經檢視投落送觀測風速所推估之颱風七級風暴風半徑，與氣象局預報差異不大(圖 2)，其資料也供數值天氣模式透過超級電腦演算，以改善颱風路徑與結構預報。10 日 13 時瑪莉亞颱風中心逐漸進入宜蘭東方海面，17 時暴風圈接觸臺灣本島陸地，20 時 30 分暴風圈進入臺灣北部、東北部陸地，並持續朝西北西方向移動，影響中部以北、宜蘭、花蓮等地區。颱風警報期間，為使各縣市首長能有效掌握颱風資訊，氣象局於 10 日上午 9 時首次辦理縣市首長視訊會議，11 日清晨颱風中心經過臺灣北部海面，在颱風中心附近強風即將影響馬祖地區前，於 5 時 8 分首次發布颱風強風告警，警示區域為連江縣南竿鄉、連江縣北竿鄉、連江縣莒光鄉、連江縣東引鄉。透過防災告警系統將相關強風訊息傳送至告警區域之民眾手機，提醒即將出現 12 級平均風或 14 級陣風以上風力。

瑪莉亞颱風接近臺灣的過程中，由於環境不利於颱風發展，颱風已有減弱趨勢，11 日 9 時左右中心登有關瑪莉亞颱風之警報發布情形如表 2 所示。颱風警報發布期間，氣象局氣象衛星中心提供逐時定位資料(表 3)，提供颱風小組定位之參考。陸

中國大陸福建省強度再度減弱，11 日 14 時 30 分連江縣脫離暴風圈，氣象局解除海上陸上颱風警報。

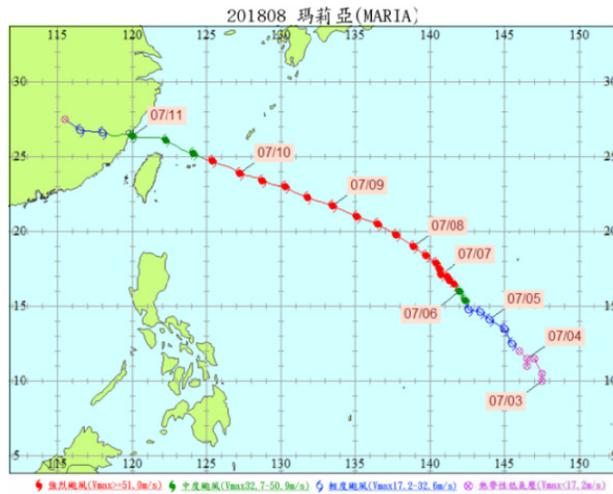


圖 1. 瑪莉亞(Maria)颱風的最佳路徑圖，圖中時間標示為國際標準時(UTC)。

Fig 1. The best track of typhoon Maria.

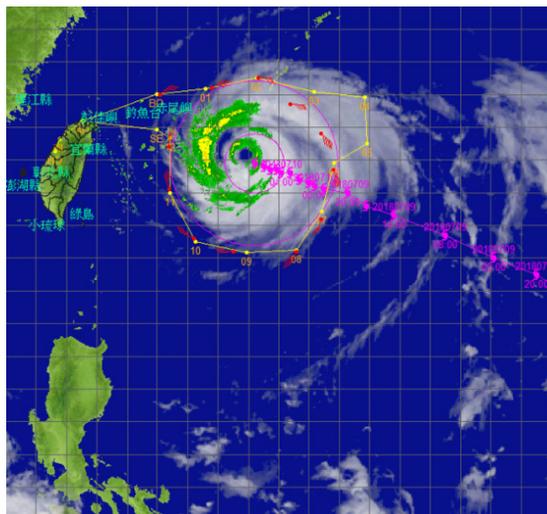


圖 2. 10 日上午對瑪莉亞颱風進行飛機投落送觀測之飛行路徑及在 925hPa 所測得之風速。

Fig 2. The DOTSTAR observation of Typhoon Maria at 925hPa on 10th July.

表 1. 2018 年第 8 號瑪莉亞颱風最佳路徑、強度及動向資料表。

Table 1. The besttrack positions, intensity and movement of Typhoon Maria.

時間 (UTC)	緯度	經度	中心氣壓 (hPa)	移動方向 degree	移動速度 Km/hr	最大風速		暴風半徑	
						持續風m/s	陣風m/s	30kts km	50kts km
2018-07-03 00Z	10	147.5	1000	-	-	15	23	-	-
2018-07-03 06Z	10.5	147.5	1002	0	9	15	23	-	-
2018-07-03 12Z	11.5	147	1002	334	21	15	23	-	-
2018-07-03 18Z	11	146.5	1002	224	13	15	23	-	-
2018-07-04 00Z	11.5	146.5	1002	0	9	15	23	-	-
2018-07-04 06Z	12	146	1002	316	13	15	23	-	-
2018-07-04 12Z	12.5	145.5	998	316	13	18	25	100	-
2018-07-04 18Z	13.5	145	995	334	21	23	30	120	-
2018-07-05 00Z	14.1	144.1	995	302	21	23	30	120	-
2018-07-05 06Z	14.6	143.4	988	311	14	28	35	150	50
2018-07-05 12Z	14.8	142.7	980	285	15	30	38	150	50
2018-07-05 18Z	15.4	142.4	965	342	12	35	45	150	50
2018-07-06 00Z	16	142	940	327	13	45	55	200	70
2018-07-06 06Z	16.5	141.6	925	323	12	51	63	200	70
2018-07-06 12Z	16.7	141.3	925	305	6	51	63	200	70
2018-07-06 18Z	16.9	141	925	327	7	51	63	200	70
2018-07-07 00Z	17.1	140.8	925	285	7	51	63	200	70
2018-07-07 06Z	17.5	140.6	925	347	8	51	63	200	70
2018-07-07 12Z	17.9	140.4	925	335	8	51	63	200	70
2018-07-07 18Z	18.4	139.7	925	307	15	51	63	200	70
2018-07-08 00Z	19	138.9	920	308	18	53	65	250	100
2018-07-08 06Z	19.8	137.7	915	305	26	55	65	280	100
2018-07-08 12Z	20.5	136.5	915	302	25	55	65	280	100
2018-07-08 18Z	21	135.1	915	291	26	55	68	280	100
2018-07-09 00Z	21.7	133.5	915	295	31	55	68	280	100
2018-07-09 06Z	22.4	131.9	915	291	31	55	68	280	100
2018-07-09 09Z	22.6	131.3	915	290	33	55	68	280	100
2018-07-09 12Z	22.9	130.3	915	306	25	55	68	280	100
2018-07-09 15Z	23.1	129.5	920	278	28	53	65	280	100
2018-07-09 16Z	23.2	129.2	920	290	33	53	65	280	100
2018-07-09 17Z	23.3	129	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-09 18Z	23.4	128.8	920	290	33	53	65	280	100
2018-07-09 19Z	23.6	128.4	920	306	38	53	65	280	100
2018-07-09 20Z	23.6	128.1	920	270	31	53	65	280	100
2018-07-09 21Z	23.7	127.9	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-09 22Z	23.7	127.7	920	270	20	53	65	280	100
2018-07-09 23Z	23.8	127.5	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-10 00Z	23.9	127.2	920	290	33	53	65	280	100

2018-07-09 00Z	21.7	133.5	915	295	31	55	68	280	100
2018-07-09 06Z	22.4	131.9	915	291	31	55	68	280	100
2018-07-09 09Z	22.6	131.3	915	290	33	55	68	280	100
2018-07-09 12Z	22.9	130.3	915	306	25	55	68	280	100
2018-07-09 15Z	23.1	129.5	920	278	28	53	65	280	100
2018-07-09 16Z	23.2	129.2	920	290	33	53	65	280	100
2018-07-09 17Z	23.3	129	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-09 18Z	23.4	128.8	920	290	33	53	65	280	100
2018-07-09 19Z	23.6	128.4	920	306	38	53	65	280	100
2018-07-09 20Z	23.6	128.1	920	270	31	53	65	280	100
2018-07-09 21Z	23.7	127.9	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-09 22Z	23.7	127.7	920	270	20	53	65	280	100
2018-07-09 23Z	23.8	127.5	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-10 00Z	23.9	127.2	920	290	33	53	65	280	100
2018-07-10 01Z	24.1	126.9	920	306	38	53	65	280	100
2018-07-10 02Z	24.3	126.6	920	306	38	53	65	280	100
2018-07-10 03Z	24.4	126.3	920	290	32	53	65	280	100
2018-07-10 04Z	24.5	126	920	285	42	53	65	280	100
2018-07-10 05Z	24.5	125.8	920	290	32	53	65	280	100
2018-07-10 06Z	24.6	125.6	920	299	23	53	65	280	100
2018-07-10 07Z	24.8	125.3	920	270	10	53	65	280	100
2018-07-10 08Z	24.9	125.1	920	290	32	53	65	280	100
2018-07-10 09Z	25	124.8	930	299	23	48	58	280	100
2018-07-10 10Z	25.1	124.5	930	299	23	48	58	280	100
2018-07-10 11Z	25.1	124.3	930	290	32	48	58	280	100
2018-07-10 12Z	25.2	124.1	930	299	23	48	58	280	100
2018-07-10 13Z	25.3	123.8	930	290	32	48	58	280	100
2018-07-10 14Z	25.4	123.5	930	299	23	48	58	280	100
2018-07-10 15Z	25.6	123.2	930	290	32	48	58	280	100
2018-07-10 16Z	25.7	123	930	307	37	48	58	280	100
2018-07-10 17Z	25.9	122.7	930	299	46	48	58	280	100
2018-07-10 18Z	26.2	122.2	930	299	46	48	58	280	100
2018-07-10 19Z	26.3	121.8	930	299	46	48	58	280	100
2018-07-10 20Z	26.3	121.4	930	270	40	48	58	280	100
2018-07-10 21Z	26.3	121	930	270	30	48	58	280	100
2018-07-10 22Z	26.3	120.8	930	270	30	48	58	280	100
2018-07-10 23Z	26.3	120.5	930	270	40	48	58	280	100
2018-07-11 00Z	26.4	120.3	940	286	41	45	55	220	80
2018-07-11 01Z	26.4	119.9	940	290	32	45	55	220	80
2018-07-11 02Z	26.3	119.5	940	270	40	45	55	220	80
2018-07-11 03Z	26.3	119.1	965	250	32	35	45	200	80
2018-07-11 04Z	26.3	118.9	965	270	40	35	45	200	80
2018-07-11 05Z	26.6	118.7	965	299	46	35	45	200	80
2018-07-11 06Z	26.5	118.4	975	270	20	30	38	120	50
2018-07-11 12Z	27.1	117	990	279	25	23	30	100	-
2018-07-11 18Z	27.5	115.5	998	308	21	15	23	-	-

表 2. 2018 年第 8 號瑪莉亞颱風警報發布經過一覽表（時間為地方時：LST）。

Table 2. Warnings issued by CWB for Typhoon Maria(2018).

警報 種類	報 數	發布時間			警戒區域		備註
		日	時	分	海上	陸上	
海上	1	9	14	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)		中度
海上	2	9	17	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)		中度
海上	3	9	20	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部		中度
海陸	4	9	23	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭地區	中度
海陸	5	10	2	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、南投、花蓮地區	中度
海陸	6	10	5	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮地區	中度
海陸	7	10	8	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	8	10	11	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	9	10	14	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	10	10	17	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	11	10	20	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	12	10	23	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	13	11	2	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	14	11	5	30	臺灣北部海面、臺灣東北部海面及東南部海面(含綠島、蘭嶼)、及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、宜蘭、桃園、新竹、苗栗、臺中、彰化、南投、花蓮、馬祖地區	中度
海陸	15	11	8	30	臺灣北部海面及臺灣海峽北部	新北、基隆、臺北、桃園、新竹、苗栗、馬祖地區	中度
海陸	16	11	11	30	臺灣北部海面及臺灣海峽北部	馬祖地區	中度
解除	17	11	14	30			輕度

表 3. 氣象局氣象衛星中心對第 8 號瑪莉亞颱風之中心定位資料表。

Table 3. Typhoon fixes for Typhoon Maria by the Satellite Center of CWB.

時間(UTC)	中心位置		強度估計		定位	時間(UTC)	中心位置		強度估計		定位
年/月/日時	緯度	經度	T	CI	準確度	年/月/日時	緯度	經度	T	CI	準確度
2018/7/4 12:00	12.5	145.5	2.5	2.5	5	2018/7/9 13:00	23	130	5	6	1
2018/7/4 18:00	13.5	145	3	3	5	2018/7/9 14:00	23	129.7	5	6	1
2018/7/4 21:00	14	144.7	3	3	5	2018/7/9 15:00	23.1	129.5	5	6	1
2018/7/5 00:00	14.1	144	3	3	3	2018/7/9 16:00	23.2	129.2	5	6	1
2018/7/5 03:00	14.3	143.7	3.5	3.5	3	2018/7/9 17:00	23.3	128	5	6	1
2018/7/5 06:00	14.6	143.5	3.5	3.5	5	2018/7/9 18:00	23.4	128.7	5	6	1
2018/7/5 09:00	14.7	142.8	4	4	5	2018/7/9 19:00	23.6	128.4	5	6	1
2018/7/5 12:00	14.8	142.6	4	4	5	2018/7/9 21:00	23.7	127.9	5	6	1
2018/7/5 15:00	15.1	142.6	4.5	4.5	3	2018/7/9 22:00	23.7	127.6	5	6	1
2018/7/5 18:00	15.4	142.4	5	5	3	2018/7/10 00:00	23.9	127.2	5	5.5	1
2018/7/5 20:50	15.7	142.2	6	6	3	2018/7/10 01:00	24.1	126.9	5	5.5	1
2018/7/5 22:59	15.7	142.2	6	6	3	2018/7/10 02:00	24.3	126.6	5	5.5	1
2018/7/6 00:00	16	142	6	6	1	2018/7/10 03:00	24.4	126.4	4.5	5.5	1
2018/7/6 03:00	16.2	141.7	7	7	1	2018/7/10 04:00	24.4	126	4.5	5.5	1
2018/7/6 06:00	16.6	141.6	7	7	1	2018/7/10 05:00	24.5	125.7	4.5	5.5	1
2018/7/6 09:00	16.5	141.4	7	7	1	2018/7/10 06:00	24.6	125.4	5	5.5	1
2018/7/6 12:00	16.6	141.3	7	7	1	2018/7/10 07:00	24.8	125.3	5	5.5	1
2018/7/6 15:00	16.8	141.2	6.5	7	3	2018/7/10 08:00	24.8	125.1	5	5.5	1
2018/7/6 18:00	16.9	141	6	6.5	3	2018/7/10 09:00	24.9	124.8	5	5	1
2018/7/6 21:00	16.9	140.8	6	6.5	3	2018/7/10 10:00	25.1	124.5	5	5	1
2018/7/7 00:00	17.2	140.8	5.5	6.5	3	2018/7/10 11:00	25.1	124.3	5	5	1
2018/7/7 03:00	17.4	140.8	5.5	6.5	3	2018/7/10 12:00	25.2	124.1	4.5	5	1
2018/7/7 06:00	17.6	140.7	6	6	3	2018/7/10 13:00	25.3	123.8	4.5	5	1
2018/7/7 09:00	17.7	140.6	6	6	3	2018/7/10 14:00	25.4	123.5	4.5	5	1
2018/7/7 12:00	17.9	140.4	6	6	3	2018/7/10 15:00	25.6	123.2	4.5	5	1
2018/7/7 15:00	18.1	140.2	6	6	3	2018/7/10 16:00	25.7	123	4.5	5	1
2018/7/7 18:00	18.4	139.7	6	6	3	2018/7/10 17:00	26	122.6	4.5	5	1
2018/7/7 21:00	18.7	139.3	6	6	1	2018/7/10 18:00	26.2	122.2	4	4.5	1
2018/7/8 00:00	19	138.9	6.5	6.5	1	2018/7/10 19:00	26.3	121.8	4	4.5	1
2018/7/8 03:00	19.4	138.4	6.5	6.5	1	2018/7/10 20:00	26.3	121.4	4	4.5	1
2018/7/8 06:00	19.8	137.7	7	7	1	2018/7/10 21:00	26.3	121	4	4.5	1
2018/7/8 09:00	20.1	137.2	7	7	1	2018/7/10 22:00	26.3	120.7	4	4.5	1
2018/7/8 12:00	20.5	136.5	7	7	1	2018/7/10 23:00	26.3	120.4	4	4.5	1
2018/7/8 15:00	20.8	135.7	7	7	1	2018/7/11 00:00	26.3	120	4.5	4.5	1
2018/7/8 18:00	21.1	135	7	7	1	2018/7/11 01:00	26.4	119.7	4.5	4.5	1
2018/7/8 21:00	21.4	134.4	7	7	1	2018/7/11 02:00	26.4	119.2	4.5	4.5	3
2018/7/9 00:00	21.7	133.5	7	7	1	2018/7/11 03:00	26.4	118.9	4	4.5	5
2018/7/9 03:00	22	132.7	6.5	7	1	2018/7/11 04:00	26.4	118.7	4	4	5
2018/7/9 06:00	22.3	131.9	6	7	1	2018/7/11 05:00	26.4	118.5	4	4	5
2018/7/9 07:00	22.4	131.7	6	7	1	2018/7/11 06:00	26.3	118.3	4	4	5
2018/7/9 08:00	22.5	131.5	6	7	1	2018/7/11 09:00	26.6	117.2	3	3.5	5
2018/7/9 09:00	22.6	131.3	6	7	1	2018/7/11 12:00	26.8	116.7	3	3	5
2018/7/9 10:00	22.7	130	5.5	6.5	1	2018/7/11 15:00	27.2	116	2.5	3	3
2018/7/9 10:01	22.7	131	5.5	6.5	1	2018/7/11 18:00	27.5	115.4	2	2	3
2018/7/9 11:00	22.8	130.7	5.5	6.5	1						
2018/7/9 12:00	22.9	130.3	5	6	1						

三、颱風強度及路徑探討

瑪莉亞颱風於 7 月 4 日形成後，由於其位於海域之海水熱焓量 (Ocean Heat Content, OHC, 可表示儲存在海水中的熱量) 仍高 (圖 3)，有利提供颱風發展所需能量，再加上環境垂直風切小 (圖 4)，颱風強度持續增強，於 6 日達到強烈颱風強度，衛星雲圖 (圖 5) 亦顯示颱風中心已出現颱風眼，中心沉降區更為明顯；7 日颱風眼牆重新整合後，8 日颱風近中心最大風速增強至 55m/s，中心氣壓降至 915hPa，颱風維持在此強度至 9 日晚間，為瑪莉亞颱風生命週期中強度最強的時期 (圖 6)；10 日颱風移動至琉球附近海面，因海水熱焓量較低，颱風強度發展遂逐漸受到抑制，

於 10 日 17 時減弱為中度颱風，影響臺灣期間，颱風強度始終維持在接近中度颱風上限，登陸中國大陸後強度迅速減弱，並於 12 日 2 時減弱為熱帶性低氣壓。

瑪莉亞颱風在關島附近形成之後，初期導引氣流並不明顯，8 日太平洋高壓逐漸往琉球海域西伸，瑪莉亞颱風位於高壓南緣，在導引氣流影響之下朝西北西方向加速移動，平均移速增加到 20km/hr 以上，9 日太平洋高壓延伸至中國大陸華中地區，颱風持續朝西北西方向移動，10 日移行至琉球附近海面，暴風圈接近並影響臺灣，11 日登陸中國大陸福建省，於 12 日減弱為熱帶性低氣壓。

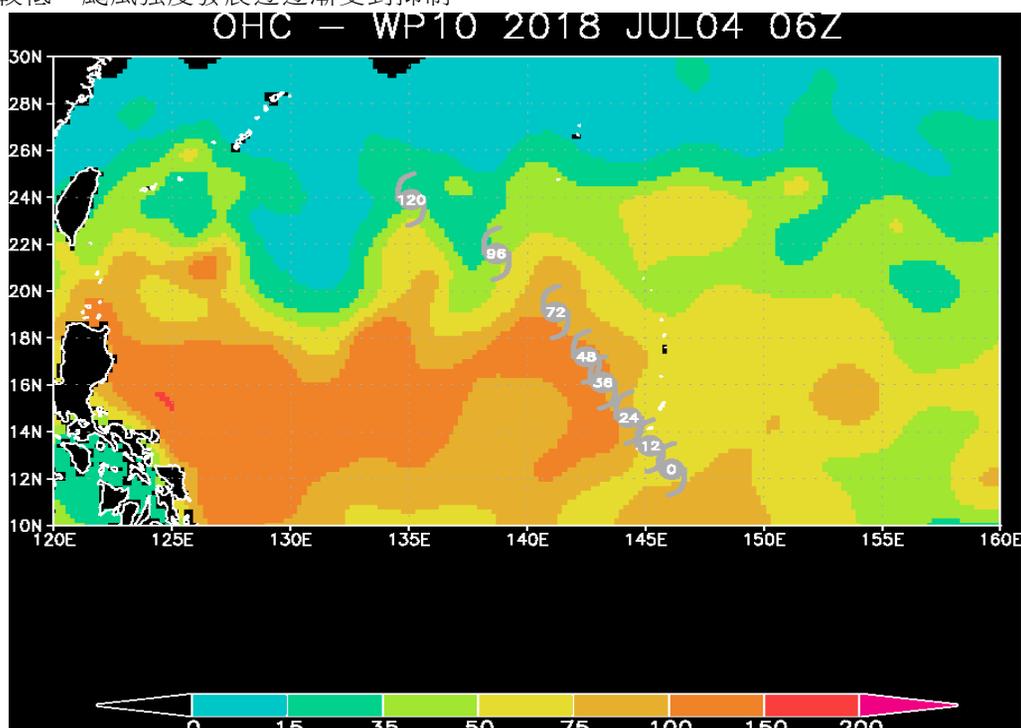


圖 3. 7 月 4 日 06UTC 海水熱焓量分布圖(資料取自 CIRA 網頁)。

Fig3. Ocean Heat Content (OHC) chart on 4 July(data from CIRA).

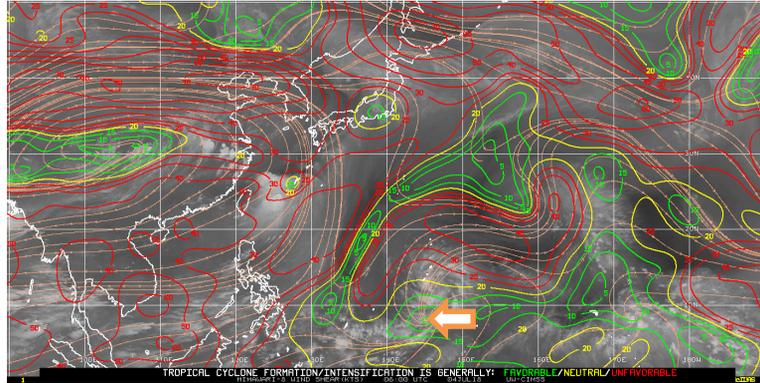
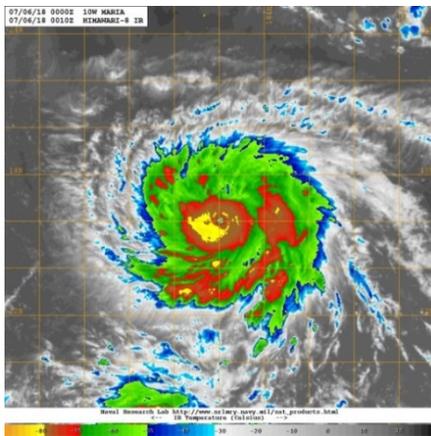
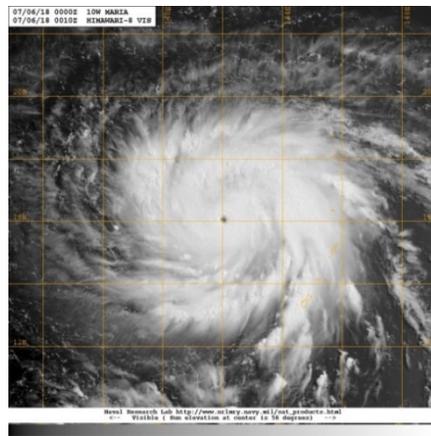


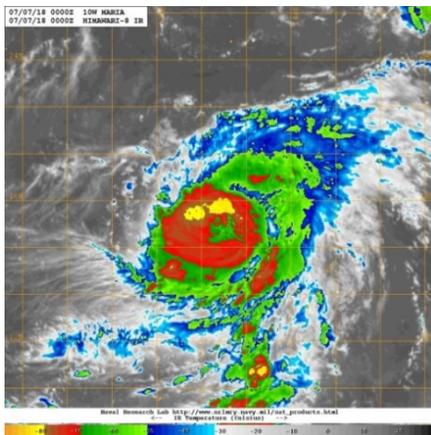
圖 4. 7 月 4 日 06UTC 之風切(資料取自 CIMSS 網頁), 熱帶系統位於橙色箭頭所指的位置。
 Fig.4. Himawari wind shear(kts, data from CIMSS) on 4 July. The orange arrow is the location of the tropical depression.



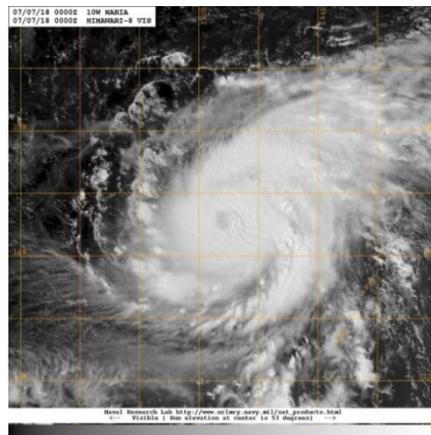
(a) 070600UTC 紅外線雲圖



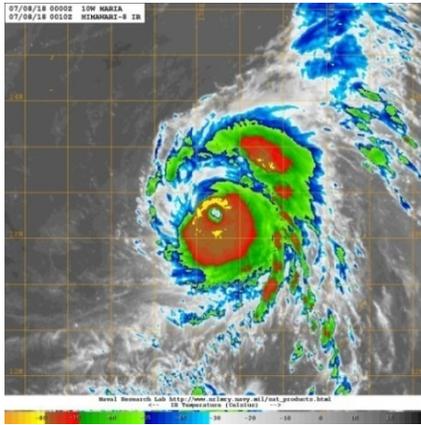
(b) 070600UTC 可見光雲圖



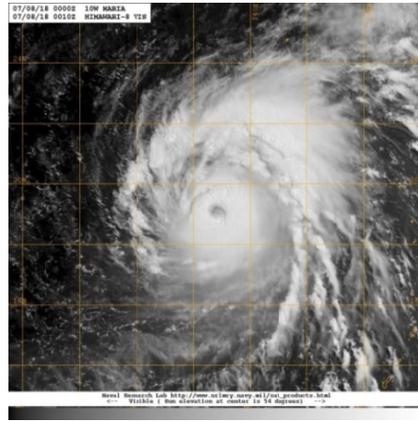
(c) 070700UTC 紅外線雲圖



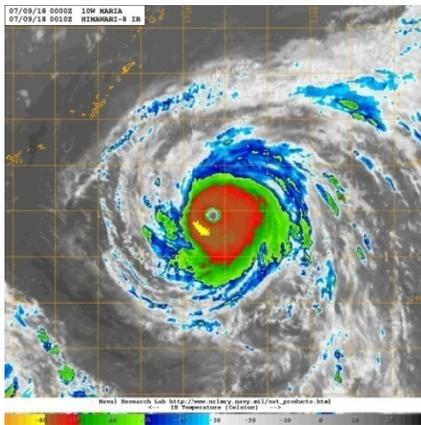
(d) 070700UTC 可見光雲圖



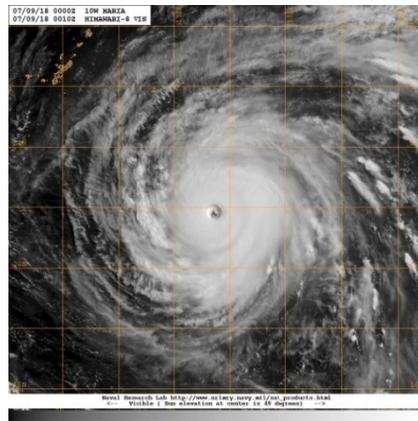
(e) 070800UTC 紅外線雲圖



(f) 070800UTC 可見光雲圖



(g) 070900UTC 紅外線雲圖



(h) 070900UTC 可見光雲圖

圖 5. 2018 年 7 月 6 日 00UTC 至 9 日 00UTC 之紅外線衛星雲圖及可見光雲圖。

Fig.5. The satellite daily images from 00 UTC 6 July (a, b) to 00 UTC 9 July (g, h). The data are from Himawari IR (a, c, e, g) and VIS (b, d, f, h) respectively.

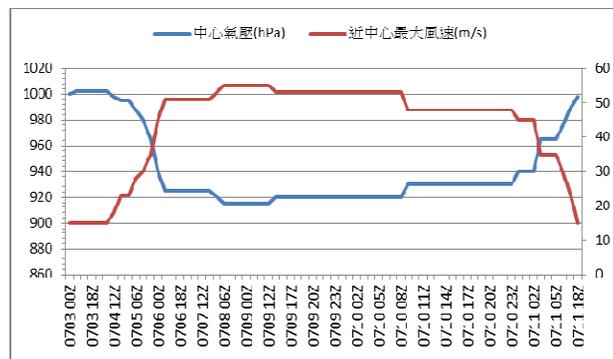


圖 6. 第 8 號瑪莉亞颱風之中心氣壓及中心附近最大風速時序變化圖。

Fig.6. The time series of the minimum pressure and maximum wind speed of Typhoon Maria.

四、瑪莉亞颱風影響期間各地氣象狀況

表 4 為瑪莉亞颱風警報期間氣象局所屬各氣象站氣象要素統計表；其中 10 日及 11 日為降雨最為顯著的時段，圖 7 為此兩日臺灣地區降雨累積雨量圖（包含氣象站及自動站資料）。瑪莉亞颱風造成之降雨，主要集中在迎風面的中部以北山區及東北部山區，統計 7 月 9 日 0 時至 7 月 12 日 0 時（皆以地方時討論）氣象局雨量站及氣象站之累積雨量，最大觀測雨量為臺北市竹子湖 307.6 毫米；風力方面，各縣市氣象站測得最大陣風風速為彭佳嶼 16 級；除了風雨之外，瑪莉亞颱風在接近臺灣時，其外圍沉降作用也使得局部地區出現高溫現象，9 日北臺灣即受到影響出現 37 度左右的高溫，10 日下午花東局部地區也出現焚風現象，自動觀測站天祥觀測到 40 度左右的高溫。

以下就此次颱風影響期間各地雨量

分布及風力狀況作扼要分析如下：

（一）降雨分析

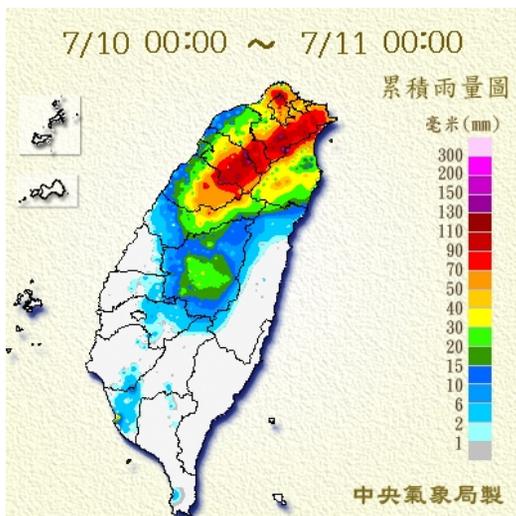
瑪莉亞颱風帶來的顯著降雨主要發生在 10 日及 11 日，表 5、表 6 為氣象局所屬各氣象站及自動站 7 月 10 日至 11 日之日雨量及累積雨量統計，9 日颱風位於東經 130 度以東，臺灣位在颱風外圍沉降區並無顯著降雨，10 日瑪莉亞颱風行經至琉球附近海面，外圍雲系順著氣流由北而南移進陸地，北臺灣開始有局部性陣雨，而由於此時風向為偏北風至西北風，在地形抬升作用之下，迎風面的大臺北山區、雪山山脈西側降雨最為顯著（圖 7a）；隨著颱風接近，除了北臺灣累積雨量持續增加，10 日晚間開始至 11 日中部地區也逐漸受到颱風環流影響，山區出現超過 100 毫米的日累積雨量（圖 7b、圖 7c）。

表 4. 第 8 號瑪莉亞颱風警報期間氣象要素統計表（時間為地方時）。

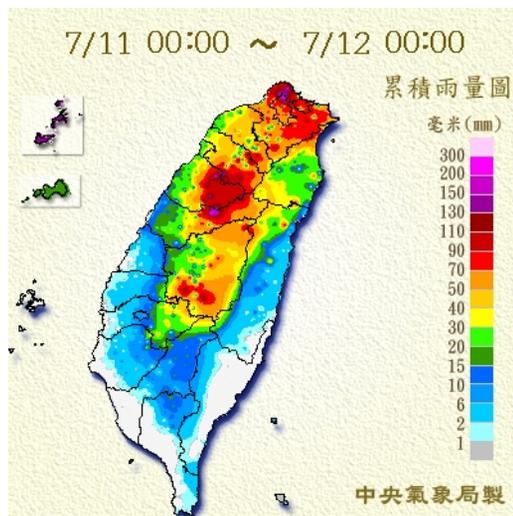
Table 4. The meteorological elements summary of CWB stations during Typhoon Maria warning period

測站編號	測站名稱	測站最低氣壓 (hPa) ^註	測站最大平均風速 (m/s)	警報期間總雨量(mm)	最大日雨量(mm)	最大連續 24小時雨量(mm)	最大連續 12小時雨量(mm)	最大連續 6小時雨量(mm)	最大連續 3小時雨量(mm)	最大1小時雨量(mm)	測站最大陣風風速 (m/s)
467550	玉山	636.2	13.9	71.5	62.5	71.5	71.5	59.5	42	20.5	17.9
		2018/7/11 02:25	2018/7/11 09:59	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018/7/10 08:30	2018-07-10 20:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 00:30	2018/7/11 02:00	2018/7/10 19:41
467530	阿里山	755.6	4.5	68.5	64	68.5	68.5	53	36.5	15.5	11.4
		2018/7/11 02:55	2018/7/10 22:01	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 09:30:00	2018-07-10 21:30:00	2018/7/11 01:30	2018/7/11 01:30	2018/7/11 02:00	2018/7/11 01:51
467650	日月潭	889	5.3	63	38.5	63	63	54.5	32	17.5	12.3
		2018/7/11 02:34	2018/7/11 04:02	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 08:30:00	2018/7/10 20:30	2018/7/10 22:30	2018/7/11 01:30	2018/7/11 04:00	2018/7/11 03:57
466910	鞍部	896.2	17.9	248.5	162	244	213	145.5	100.5	39.5	35.1
		2018/7/11 02:59	2018/7/11 00:20	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018/7/10 09:30	2018/7/10 20:30	2018/7/10 23:30	2018/7/11 02:30	2018/7/11 03:00	2018/7/11 02:31
466930	竹子湖	920.6	5.9	307.6	167.9	306.3	276.8	192	102	38.5	20.6
		2018/7/11 03:01	2018/7/11 06:17	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018/7/10 09:30	2018/7/10 19:30	2018/7/10 22:30	2018/7/10 22:30	2018/7/11 03:00	2018/7/11 00:53
466950	彭佳嶼	957.4	35.4	187	163.5	187	175	141	115.5	49	52
		2018/7/11 01:35	2018/7/11 04:01	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 10:30:00	2018/7/10 21:30	07-11 02:30:00	2018/7/11 03:30	2018/7/11 06:00	2018/7/11 04:01
467620	網鱗	959.4	20.7	0	0.8	0	0	0	0	0	31.2
		2018/7/11 01:39	2018/7/10 23:28	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/11 00:39
467990	馬祖	962.4	20.6	91.5	91.5	91.5	91.5	81.5	55.5	26	36.2
		2018/7/11 07:58	2018/7/10 09:29	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 14:30:00	07-11 02:30:00	2018/7/11 06:30	2018/7/11 08:30	2018/7/11 09:00	2018/7/11 06:17
466940	基隆	982.6	11.8	94	71.5	92.8	87	66	46	24.5	22.8
		2018/7/11 02:39	2018/7/10 00:09	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 12:30:00	2018/7/10 19:30	2018/7/11 00:30	2018/7/11 03:30	2018/7/11 04:00	2018/7/11 03:54
466920	臺北	984.8	8.9	106.2	71.6	106	94.9	64.5	36.4	18.2	20.9
		2018/7/11 02:46	2018/7/10 23:53	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 11:30:00	2018/7/10 18:30	2018/7/10 23:30	2018/7/11 01:30	2018/7/11 04:00	2018/7/10 23:39
466900	淡水	985.5	7.9	89	79.5	86	75.5	56.5	34	13	23
		2018/7/11 03:01	2018/7/11 02:54	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 08:30:00	2018-07-10 20:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 00:30	2018/7/11 03:00	2018/7/11 02:47
467610	成功	987.1	6	0	0	0	0	0	0	0	13.1
		2018/7/11 01:52	2018/7/10 10:15	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 17:22
467490	臺中	987.4	5	41.5	33.5	41.5	41.5	33.5	26	18	11.5
		2018/7/11 04:17	2018/7/10 17:05	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 07:30:00	2018/7/11 01:30	2018/7/11 01:30	2018/7/11 04:30	2018/7/11 06:00	2018/7/10 23:55
467060	蘇澳	987.6	9.6	64.5	34	64.5	48	32.5	19	9.5	21.6
		2018/7/11 01:32	2018/7/11 11:57	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 13:30:00	2018-07-10 17:30:00	2018/7/10 19:30	2018/7/10 19:30	2018/7/10 21:00	2018/7/10 16:23
466880	板橋	988.2	9.1	97.5	86	97.5	92	71.5	39	19	18.2
		2018/7/11 02:56	2018/7/11 03:17	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 11:30:00	2018/7/10 19:30	2018/7/11 00:30	2018/7/11 01:30	2018/7/11 04:00	2018/7/11 02:29
467050	新屋	988.2	15.4	21	16	21	18	14	9	4.5	24.4
		2018/7/11 04:41	2018/7/11 05:04	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 10:30:00	2018/7/10 21:30	2018/7/11 03:30	07-11 03:30:00	2018/7/11 06:00	2018/7/11 04:50
467080	宜蘭	988.6	8.6	63.7	34.3	63.5	58	43.8	24.8	14.2	16.5
		2018/7/11 00:49	2018/7/10 23:33	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 12:30:00	2018/7/10 18:30	2018/7/10 22:30	2018/7/10 23:30	2018/7/10 23:59	2018/7/10 23:27
467571	新竹	989.8	5.3	50	36	50	41.5	30.5	23	11.5	13.3
		2018/7/11 05:05	2018/7/10 21:12	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 09:30:00	2018-07-10 20:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 03:30	2018/7/11 05:00	2018/7/11 02:45
466990	花蓮	990	11.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	1	16.1
		2018/7/11 01:38	2018/7/11 15:22	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 06:30:00	2018-07-10 18:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 00:30	2018/7/11 01:00	2018/7/11 15:37
467660	臺東	990.2	6.5	0	0	0	0	0	0	0	13.6
		2018/7/11 01:54	2018/7/11 13:55	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/11 13:55
467540	大武	992.2	7	0	1.5	0	0	0	0	0	11.8
		2018/7/11 01:41	2018/7/11 03:41	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/11 08:56
467110	金門	993.1	9.2	0	0	0	0	0	0	0	16.1
		2018/7/11 09:24	2018/7/11 18:19	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/11 11:00
467770	梧棲	993.6	13.6	5	5	5	4.5	3.5	2.5	21.3	
		2018/7/11 04:14	2018/7/11 00:56	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 07:30:00	2018-07-10 19:30:00	07-11 00:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 02:00	2018/7/10 16:36
467300	東吉島	994.2	13.5	0	0	0	0	0	0	0	16.9
		2018/7/11 04:25	2018/7/11 09:17	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/11 08:20
467480	嘉義	995.1	6.5	6.2	6	6.2	6.2	6	5	11.2	
		2018/7/11 05:13	2018/7/11 16:11	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/11 00:00	2018-07-10 03:30:00	2018-07-10 15:30:00	2018-07-10 21:30:00	2018/7/11 00:30	2018/7/11 03:00	2018/7/11 16:04
467590	恆春	996.1	7.1	0	6	0	0	0	0	0	14
		2018/7/11 04:13	2018/7/11 01:45	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018/7/9 00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 23:37
467410	臺南	996.3	7.8	0	0	0	0	0	0	0	13.5
		2018/7/11 05:03	2018/7/11 13:34	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 17:57
467350	澎湖	997.1	6.8	0	0	0	0	0	0	0	13.8
		2018/7/11 05:38	2018/7/10 16:54	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 17:43
467420	永康	997.3	7.6	0	0	0	0	0	0	0	12.6
		2018/7/11 05:04	2018-07-10 15:53:00	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 16:00
467440	高雄	998.5	6.5	0	0	0	0	0	0	0	11.5
		2018/7/11 05:16	2018/7/10 21:58	2018-07-09 14:30:00~07-11 14:30:00	2018-07-09 00:00:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 14:30:00	2018-07-09 15:00:00	2018/7/10 21:58

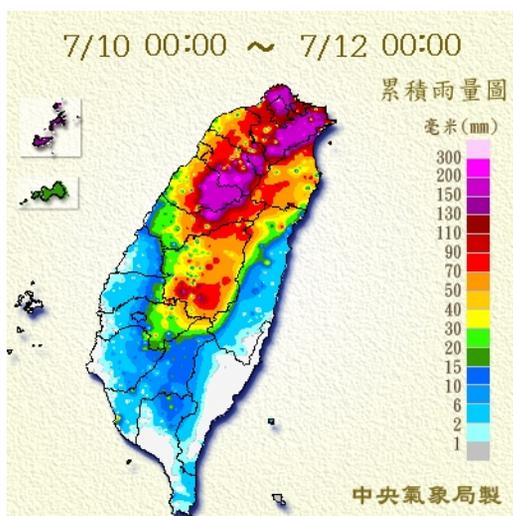
註：鞍部站、阿里山站、玉山站、日月潭站屬高山站，其餘低氣壓觀測站以重力位高度代表。T：表測跡。
颱風警報發布時刻：20180709 14:30，解除時刻：20180711 14:30。



(a) 7月10日



(b) 7月11日



(c) 7月10至11日

圖 7. 2018 年第 8 號瑪莉亞颱風影響期間臺灣地區累積雨量圖(a)7 月 10 日(b)7 月 11 日(c)7 月 10 日至 11 日。

Fig. 7. The accumulated rainfall in Taiwan during Typhoon Maria's passage on (a)10 Jul.(b)11 Jul.(c)10 and 11 Jul. 2018.

表 5. 第 8 號瑪莉亞颱風於 7 月 10 日至 11 日之各氣象站日雨量及累積雨量。

Table 5. The daily and accumulated rainfall of CWB stations from 10th to 11th July 2018.

站名	逐日雨量 (毫米)		累積雨量
	10日	11日	
彭佳嶼	23.5	163.5	187
基隆	22.5	71.5	94
宜蘭	29.4	34.3	63.7
蘇澳	31	34	65
鞍部	87	162	249
竹子湖	139.7	167.9	307.6
淡水	23	79.5	102.5
臺北	34.8	71.6	106.4
新屋	5	16	21
新竹	14	36	50
臺中	8	33.5	41.5
梧棲	T	5	5
日月潭	24.5	38.5	63
阿里山	4.5	64	68.5
玉山	9	62.5	71.5
嘉義	0.2	6	6.2
臺南	0	0	0
高雄	0	0	0
花蓮	0	2.5	2.5
成功	0	0	0
臺東	0	0	0
大武	0	1.5	1.5
恆春	0	0	0
蘭嶼	0	0.8	0.8
澎湖	0	0	0
東吉島	0	0	0
板橋	21	86	107
金門	0	0	0
馬祖	0	91.5	91.5
* T代表微量			

表 6. 第 8 號瑪莉亞颱風於 7 月 10 日至 11 日累積雨量排序前 15 名之氣象局自動雨量站及其日雨量。

Table 6. The daily and accumulated rainfall of automatic rain gauge stations ranking top 15 from 10th to 11th July 2018.

自動雨量站			日雨量 (毫米)		累積雨量
縣市	站名	代碼	10日	11日	
新竹縣	白蘭	C1D41	138.5	167.5	306
臺中市	稍來	C1F89	74.5	207.5	282
臺中市	雪嶺	C1F94	64	212.5	276.5
苗栗縣	鳳美	C1E48	106	165.5	271.5
新竹縣	雪霸	C0D55	133.5	138	271.5
新竹縣	鳥嘴山	C1D40	147	111.5	258.5
臺北市	平等	C0AH4	91	145.5	236.5
臺中市	雪山圈谷	C0F0A	88.5	142.5	231
苗栗縣	泰安	C1E72	85	145	230
新北市	福山	C0A56	114.5	101	215.5
新北市	福山植物	C0AH9	155	60	215
臺北市	大屯山	C0AC4	105	109.5	214.5
新竹縣	太閣南	C1D42	100.5	109.5	210
新北市	坪林	C0A53	114	94	208
新北市	泰平	C0A55	110	94	207.5

* T代表微量

以氣象局氣象站及自動站觀測資料計，較大雨量集中在大臺北地區、宜蘭山區及中部以北山區，統計自 7 月 9 日 0 時至 7 月 12 日 0 時累積雨量，臺北市竹子湖 307.5 毫米、新竹縣白蘭 306 毫米、臺中市稍來 282 毫米、臺中市雪嶺 212.5 毫米、苗栗縣鳳美 271.5 毫米、新竹縣雪霸 271.5 毫米、新竹縣鳥嘴山 258.5 毫米。

(一) 風力分析

瑪莉亞颱風雖然曾一度增強至強烈颱

風，颱風近中心最大風速到達 55m/s，但經過琉球海域時，因海溫較低而不適合颱風發展，因此稍微減弱至中度颱風，並維持此強度(近中心最大風速 45m/s 至 48m/s)通過臺灣北部海面進入福建一帶；雖然颱風並沒有登陸臺灣本島，但在通過臺灣北部海面時颱風中心相當接近彭佳嶼及連江縣的部分島嶼，彭佳嶼於 11 日清晨 4 時左右觀測到最大陣風 16 級，其他地區也陸續出現較強陣風：新北市鼻頭角 14 級、連江縣

東引 13 級、臺東縣蘭嶼 11 級，臺北市大直 10 級。

五、各種颱風路徑預報法校驗

瑪莉亞颱風之氣象局官方路徑預報 (CWB) 24 小時預報位置平均誤差為 48 公里 (見表 7)，較最近 5 年 (2014~2018 年) 24 小時預報位置平均誤差 81 公里為佳。此外，48 小時、72 小時分別為 118 公里 (表 8)、169 公里 (表 9)，誤差亦優於近 5 年氣象局平均預報誤差 (48 小時為 138 公里、72 小時為 209 公里)。

客觀預報資料部分，採用臺灣 (TWRP)、日本 (JMAGFS)、美國 (NCEPGFS) 及歐洲 (EC) 4 個數值模式平均預報結果之 JUNE 的表現也優於近 5 年氣象局平均預報誤差，其 24/48/72 小時之預報位置平均誤差分別為 49/101/188 公里。至於其他國際作業單位對瑪莉亞颱風的預報，以中國國家氣象中心預報 (BABJ) 表現最佳，美國聯合颱風警報中心預報 (PGTW) 次之，日本氣象廳 (RJTD) 預報誤差則相對較大。

六、災情報告

根據經濟部、國家通訊傳播委員會統計，瑪莉亞颱風影響期間，造成 5 萬多戶停電及部分基地台受到損壞；交通部資料統計，省道有 2 處封閉，國際及國內航班共有 478 班延誤或取消，海運方面也有 16 航線停航；另根據內政部消防署人員傷亡統計，臺北市有 5 人受到輕傷。

七、結論

由上述分析可歸納下列幾點結論：

- (一) 瑪莉亞颱風在為期 7 天 6 小時 (7 月 4 日至 12 日) 的生命期間，發展至強烈颱風強度，近中心最大風速最強時達 55m/s，7 級風暴風半徑最大為 280 公里。
- (二) 瑪莉亞颱風形成初期大致沿著太平洋高壓西南緣的駛流朝西北方向移動，由於環境有利於颱風持續增強，6 日 14 時 (LST) 發展為強烈颱風。9 日後進入海水熱焓量較低之區域，颱風強度發展受限，10 日 17 時 (LST) 減弱為中度颱風。11 日颱風登陸中國大陸福建並於 14 時 (LST) 減弱為輕度颱風，12 日 2 時 (LST) 再減弱為熱帶性低氣壓。
- (三) 瑪莉亞颱風影響臺灣期間，受颱風外圍及其本身環流影響，再加上迎風面地形抬升作用，大臺北地區、宜蘭山區及中部以北山區降雨較為顯著。臺北、新竹山區累積雨量超過 300 毫米，北臺灣其他山區、臺中山區也有超過 200 毫米左右的降雨。彭佳嶼氣象站測得 16 級陣風，新北市鼻頭角 14 級陣風，連江縣東引 13 級陣風。
- (四) 氣象局對於瑪莉亞颱風之 24/48/72 小時路徑預報平均誤差分別為 48/101/188 公里。

表 9. 第 8 號瑪莉亞颱風各預報機構(CWB:本局、BABJ:中央氣象台(中國)、PGTW:聯合颱風警報中心(美國軍方)、RJTD:日本氣象廳、JUNE:客觀模式綜合預報)之 72 小時預報位置誤差比較表。

Table 9. The comparison of 72-hour forecast position errors (km) for Typhoon Maria.

	CWB		BABJ		PGTW		RJTD		JUNE	
	12	169								
CWB	169	0								
	12	169	12	155						
PGTW	155	-14	155	0						
	12	169	12	155	12	158				
RJTD	158	-11	158	3	158	0				
	12	169	12	155	12	158	12	170		
BABJ	170	1	170	15	170	12	170	0		
	12	169	12	155	12	158	12	170	12	188
JUNE	188	19	188	33	188	30	188	18	188	0

Report on Typhoon 201808 (Maria) of 2018

Hsin-Hua Chang,

Weather Forecast Center Central Weather Bureau

ABSTRACT

Maria, the 8th typhoon formed over the western North Pacific in 2018, was the first one that issued warning by CWB in 2018. Typhoon Maria originated in the sea near Guam at 12UTC, 4th July, and moved north-westward along the southern edge of the subtropical high. After 9th July, Maria weakened when it moved to a low OHC area, which was an unfavorable factor for the typhoon development, and invaded Taiwan with the moderate intensity. On 11th July, Maria made landfall on Mainland China; therefore it weakened rapidly and turned into a tropical depression at 18UTC, 11th July 2018.

During the period of Maria's attack, strong winds and heavy rain are brought to North and central of Taiwan, Ilan county and Mazu. At 5 a.m. 11th July, the CWB issued the Destructive Wind of Typhoon Real Time Message, which covered Mazu area, for the first time. The maximum accumulated rainfall amount was 307.6mm at Zhuzihu, the peak gust was 52m/s at Pengchiayu.

The 24/48/72 hour mean errors of the track forecast by the Central Weather Bureau are 48/118/169km, respectively.

氣象學報季刊

第 55 卷第 1 期

出版機關:交通部中央氣象局

地址:10048 臺北市中正區公園路 64 號

聯絡電話:(02)2349-1091

網址:<http://www.cwb.gov.tw/V7/service/publication.htm>

發行人:鄭明典

出版年月:中華民國 109 年 10 月

創刊年月:中華民國 44 年 3 月

刊期頻率:季刊

版次冊數:初版 180 冊

定價:新臺幣 200 元

印刷者:財團法人伊甸社會福利基金會附設數位資料處理庇護工場

電話:(02)2230-8002

展售地點:五南文化廣場,40042 臺中市區中山路 6 號

電話:(04)2226-0330

國家書店及網路書店,10485 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓

電話:(02)2518-0207 <http://www.govbooks.com.tw>

GPN:2004400001

ISSN:0255-5778

著作財產權屬交通部中央氣象局,著作人格權屬著作人。

本書保留所有權利

欲利用本書全部或部分內容者,須徵求著作財產權人交通部中央氣象局同意或書面授權

©All rights reserved. Any forms of using or quotation, part or all should be Authorized by copyright holder Central Weather Bureau. Please contact with Central Weather Bureau.[Tel:(02)2349-1091]

Meteorological Bulletin

(Quarterly)



CONTENTS

Articles

2016 Seismic Activity in the Taiwan area	Hsin-Chieh Pu Chun-Ta Chiu Mei-Yi Ho Seismological	(1)
Evaluation the Forecast Skill of CWB Climate Forecast System in the 2012-2016	Ching-Teng Lee Jyh-Wen Hwu	(23)
Achievement of the Integrated Study on the Improvement of the Taiwan Typhoon Forecast Technique in Year 2019	Tien-Chiang Yeh Cheng-Shang Lee Pao-Liang Chang Jing-Shan Hong Ling-Feng Hsiao Chin-Tzu Fong Der-Song Chen	(37)

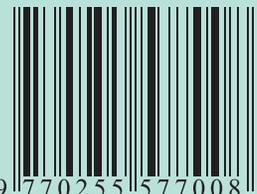
Report

Report on Typhoon 1709 (NESAT) of 2017	Wei-Liang Chen	(63)
Report on Typhoon 201808 (Maria) of 2018	Hsin-Hua Chang,	(93)



CENTRAL WEATHER BUREAU
64 Gongyuan Road, Taipei 10048
Taiwan, ROC

ISSN 0255-5778



9 770255 577008

GPN : 2004400001
 定價：新臺幣200元