

## 應用桃芝颱風強度檢討救災

沈哇<sup>1</sup> 呂貴寶<sup>2</sup> 黃清順<sup>2</sup>  
空軍氣象聯隊<sup>1</sup> 空軍氣象中心<sup>2</sup>

## 摘要

桃芝颱風於 2001 年 7 月 27 日由熱帶雲簇發展成颱風強度，後續以西北西方向朝台灣地區移動，於花蓮秀姑巒溪登陸本省，並於新竹附近出海，颱風在本省陸地滯留時間長達 11 小時左右，豐沛雨量，使台灣地區造成很大的災情。

本文利用傳統資料、衛星、雷達及美國 NASA 之 QuikSCAT 海面風場資料，以探討桃芝颱風之環流強度及到達台灣地區時颱風中心對流之變化。由測站實際所得風速顯示 QuikSCAT 風速較傳統以 Dvorak 所推估颱風之風速更為準確，可以做為日後判斷颱風強度之參考。此外筆者針對防颱措施提出具體檢討建議，冀望有助於將颱風災害損失減至最低。

## 一、前言

颱風是台灣地區最主要的天然災害，對於人民生命財產的安全有重大影響，每年夏季（7~9 月）為颱風侵襲台灣地區最頻繁之時刻，然本省正處於颱風轉向和不轉向的轉捩點附近，故路徑預報的困難度相對較其他地區為高，因此颱風的研究一直是氣象界極為重要的課題。

若要提升颱風預報品質，適時提出警告，以減低災損，據以改進的方法如下：加強颱風動力之了解，以及數值預報模式之改進等（周等，1994；喬等，1996）。而颱風所產生的廣大洋面，測站資料十分缺乏，須以衛星觀測資料補足，Sandlin and Spangler（1989）曾表示，對熱帶氣旋的中心定位而言，當傳統的可見光雲圖受限於密雲和夜晚無法判定時，利用 SSM/I 的 85GHz 頻道有很強的精確性。Hollinger（1989）曾將微波輻射傳送方程以及各大氣參數做統計回歸，以求取海面風速運算式，應用於颱風的海面風速反演。再者 Linwood（1999）表示應用最新的 QuikSCAT（Quik Scatterometer）衛星將可提供颱風風速及其外圍環流之氣象資料，以利於預報作業。

2001 年 7 月 29 日至 7 月 30 日期間，桃芝颱風侵襲本省，各地最大陣風以在台

東的 62KTs 為最，清泉崗的 52KTs 次之。登陸期間產生豐沛降雨，使本省花蓮、南投等地災情慘重，其死傷災損亦為歷年少見，相當值得進一步探討。

## 二、資料運用

分析運用資料計有綜觀天氣圖、地面測站資料、日本 GMS-05 衛星紅外線與可見光雲圖、QuikSCAT 海面風場觀測資料、雷達整合資料及自動雨量資料等氣象環流場；參考本軍、美軍關島颱風中心及中央氣象局颱風路徑資料相互比對。

## 三、颱風生命期與路徑

桃芝颱風（TORAJI）於民國九十年七月二十七日 08 時在菲律賓東方海面形成，為 2001 年於西北太平洋地區形成的第 11 個颱風，圖 1 為桃芝颱風移動路徑，由熱帶雲簇形成颱風後以西北西轉北北西的方向移動，朝台灣東部陸地接近，於 7 月 30 日 0 時左右登陸花蓮秀姑巒溪口，並於當日 10 時左右由新竹附近離開本省進入台灣海峽北部，約在 31 日 4 時左右由馬祖附近進入大陸地區，隨後減為熱帶性低氣壓。

綜觀桃芝颱風之強度變化，約可以將其分為三個階段，從 7 月 25 日 00 時至 7

月 27 日 08 時止，是為生成及發展期，在此階段由熱帶雲簇逐漸組織發展；自 7 月 27 日 08 時至 7 月 30 日 00 時是為颱風的成熟期，其強度由輕度增強至中度颱風，最大風速增強至 80KTs 左右，陣風則達 100KTs。7 月 30 日 00 時至 7 月 31 日 04 時為颱風消弱期，由於颱風受到台灣及大陸地形破壞其結構並切斷水氣的供應，最後終至減弱為熱帶低壓。

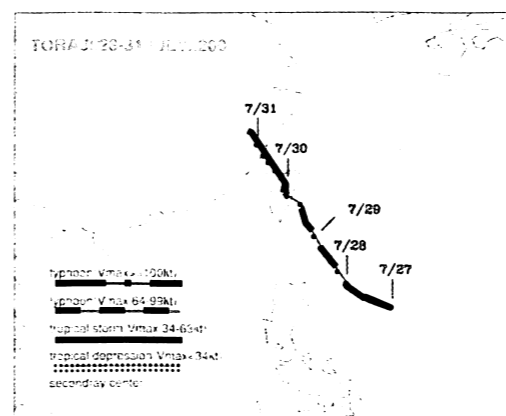


圖 1. 桃芝颱風路徑圖

## 四、綜觀天氣

## (一) 地面天氣圖概況

圖 2A 為 7 月 27 日 20 時大陸移動性高壓中心位於綏遠省向東移動，氣旋波位於山東向西南延伸至貴州省，向東北移動，位於日本東南方洋面的康瑞

（KONGREY）颱風往西北移動，太平洋高壓脊伸展至東經 127 度，位於菲律賓東方洋面的熱帶低壓雲簇已發展成為小型輕度颱風桃芝，緩慢向西移動。28 日 20 時（如圖 2B）至 29 日 20 時（如圖 2C），於蒙古地區在形成大陸移動性高壓，向東移動，鋒面系統亦逐漸東移，太平洋高壓勢力有逐漸向西伸展至東經 125 度。因此桃芝颱風即在太平洋高壓勢力的導引，緩慢地由西北轉北北西移動，入侵本省後，再登陸大陸福建省減弱為普通低壓。

## (二) 500Hpa 天氣圖概況

圖 3A 為 7 月 27 日 20 時之 500Hpa 高空圖，副熱帶高壓受日本東南洋面的康

瑞（KONGREY）颱風影響，分裂為二，位於本省東側的副熱帶高壓勢力在東經 138 度，另一副熱帶高壓位於本省北面。7 月 28 日 20 時（如圖 3B），位於本省東側的副熱帶高壓西伸，其勢力達東經 125 度。7 月 29 日 20 時（如圖 3C），位於本省東側的副熱帶高壓再向西伸並與位於本省北部的副熱帶高壓合併，其勢力延伸至大陸湖南省。7 月 27 日至 7 月 28 日 500Hpa 高空圖上，槽線勢力皆位於北緯 35 度以北，對桃芝颱風的導引效果不大。

## (三) 300Hpa 及 200Hpa 天氣圖概況

圖 4A 為 7 月 27 日 20 時之 300Hpa 高空圖，位於東經 135 度以西皆為南亞高壓所籠罩，28 至 29 日（如圖 4B、4C）其勢力更向東伸展，另外值得一提的即位於北緯 25 度至 30 度，東經 130 度左右有一冷心環流結構，並於 28 日形成冷心低壓，向東北移動，在 29 日與位於韓國南方的高空槽合併，此冷心低壓因與桃芝颱風位置相距甚遠，對颱風並無產生導引作用，綜合地面至 200Hpa 高空圖，就桃芝颱風移動而言，SFC 至 500Hpa 之太平洋高壓勢力消長和颱風路徑有密切之關係。

## 五、衛星雲圖與 QuikSCAT 資料分析

在廣大的海洋上，一般海面上的傳統測站資料極為稀少，因此時間解析度高，觀測範圍廣大的衛星雲圖，可瞭解颱風的移向及強度變化，以下我們將擇桃芝颱風期間之部分 GMS-05 衛星雲圖及 QuikSCAT 衛星資料加以討論。

## (一) 日本 GMS-05 衛星雲圖

圖 5A 為 7 月 29 日 11 時之可見光雲圖，桃芝颱風之結構十分完整有眼心之存在且相當對稱，應用同時間紅外線雲圖（如圖 5B）依 Dvorak（1973, 1975）之強度估算 T 值（T number）約 4.5 至 5.5 之間，此一階段亦是桃芝颱風最強的時期。此階段本軍、關島美軍氣象中心（JTWC）及氣象局，亦將其為，中心氣壓強度定 960mb，最大風速定為 80KTs，最大陣風定為 100KTs 的中度颱風。由 7 月 29 日 17 時之紅外線雲圖（如圖 5C）

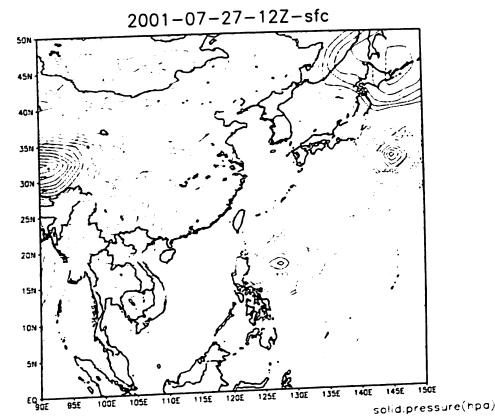


圖 2a. 2001年07月27日 20L 地面圖

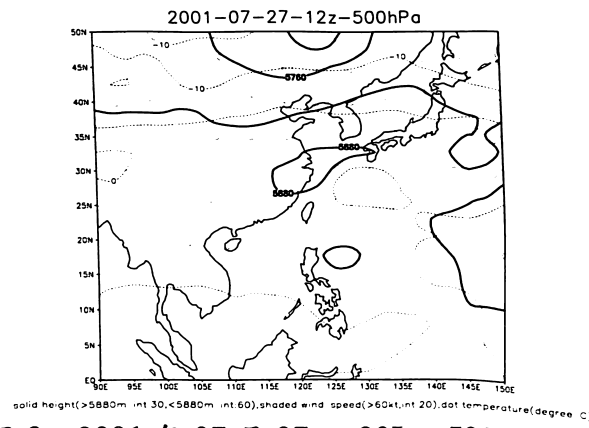


圖 3a. 2001年07月27日 20L 500hPa 高空圖

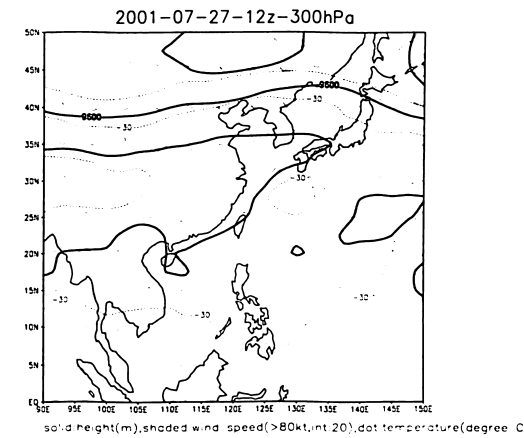


圖 4a. 2001年07月27日 20L 300hPa 高空圖

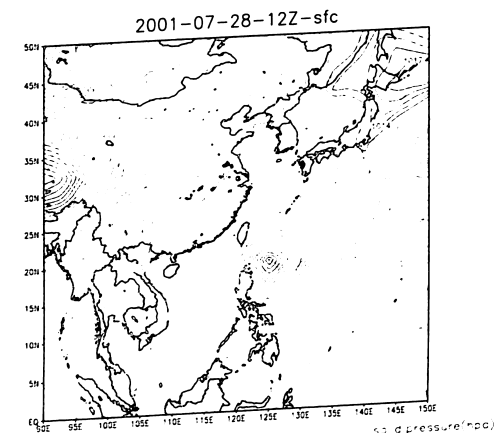


圖 2b. 2001年07月28日 20L 地面圖

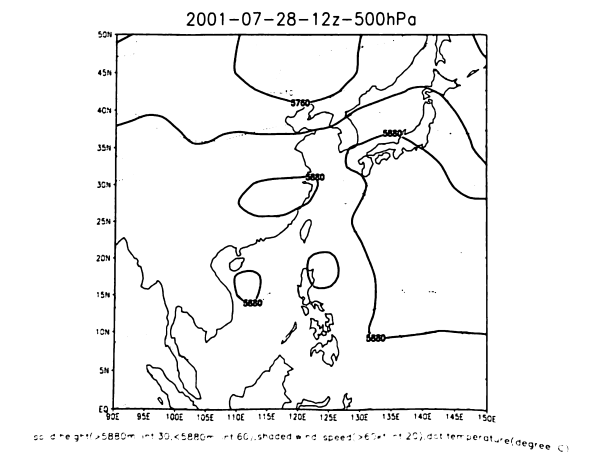


圖 3b. 2001年07月28日 20L 500hPa 高空圖

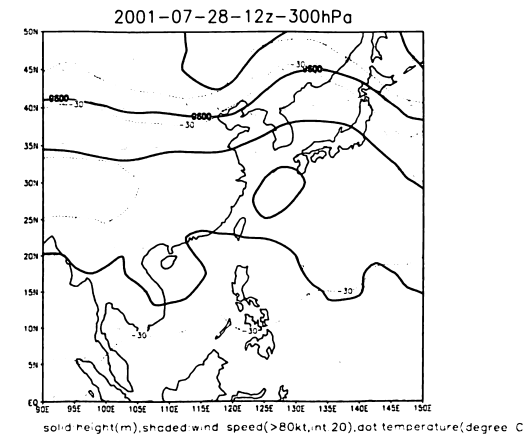


圖 4b. 2001年07月28日 20L 300hPa 高空圖

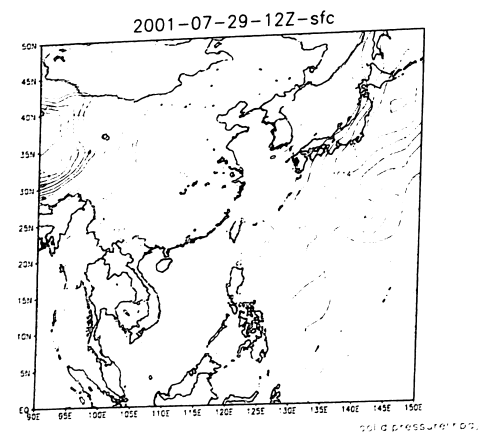


圖 2c. 2001年07月29日 20L 地面圖

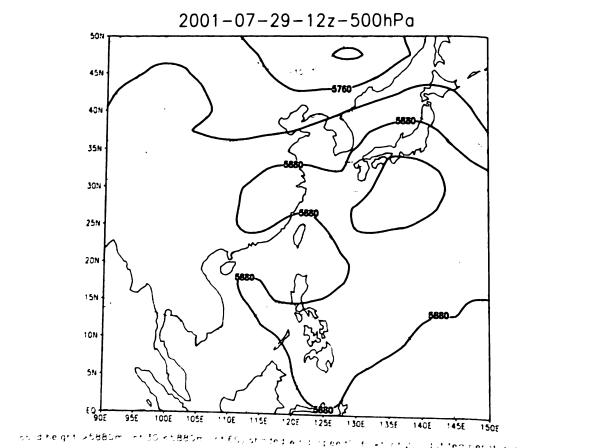


圖 3c. 2001年07月29日 20L 500hPa 高空圖

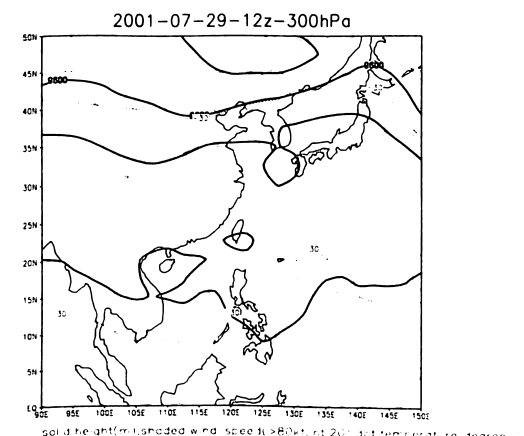


圖 4c. 2001年07月29日 20L 300hPa 高空圖

顯示，桃芝颱風在接近台灣，其外圍環流受台灣地形影響，颱風眼心逐漸不明顯，表示颱風強度有減弱。由7月30日17時紅外線雲圖（如圖5D）顯示，桃芝颱風已離開本省，在台灣海峽上有明顯環流結構的再組織。

(二) QuikSCAT 資料分析

QuikSCAT 衛星為繞極衛星，衛星同一天會經過頭頂附近2次。其單一路徑含蓋的寬度為1800Km，使得在一天之內能夠含蓋90%地表面積，解析度為25x25Km，接近400,00筆的資料統計，風速誤差為2m/s，風向誤差為20度，其所測風場為距離海面10m的資料，藉以提供作業及科學使用。

圖6為7月29日07時43分QuikSCAT風場圖，桃芝颱風位於菲律賓東方海面上，由QuikSCAT顯示海面風場可以看出颱風外圍環流結構完整。圖7是7月29日23時12分為最接近颱風登陸花蓮的QuikSCAT衛星資料，此時台灣東部地區籠罩在颱風強大的風場之下，風場與地形幾乎垂直，勢必有很強的輻合，再加地形的抬升作用，使得東岸降下大雨。由QuikSCAT所推估之最大風速僅為

60KTs，較本軍或氣象局所估計的風速80KTs及最大陣風100KTs略小許多，表1為本軍測站實際風力雨量統計資料，本次桃芝颱風最大陣風62KTs發生在7月30日0142分的台東地區，其餘測站的最大陣風皆小於此，故QuikSCAT所測得風場資料較傳統的Dvorak推估颱風強度，更具參考價值。

從衛星資料分析中我們可以了解，由於GMS-05衛星雲圖之時間解析度高，應用於掌握颱風運動方向，在作業上十分有參考價值，但在風速強弱採用Dvorak的T number值估算颱風的中心最低氣壓和中心附近最大風速，以此來代表颱風的強度，這個方法較不客觀且容易產生很大的誤差，因為若有時颱風實際上很強，可是所表現出來的雲形結構較不明顯時，用T number方式就會低估，此外，若有時颱風實際上很弱，可是所表現出來的雲形結

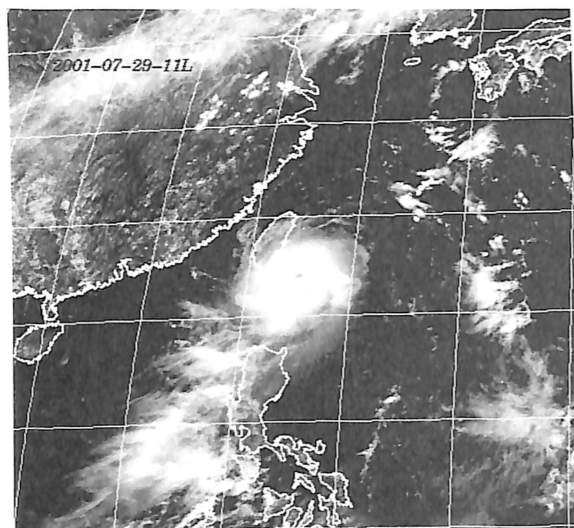


圖 5a. 7/29 11L GMS-05 可見光雲圖

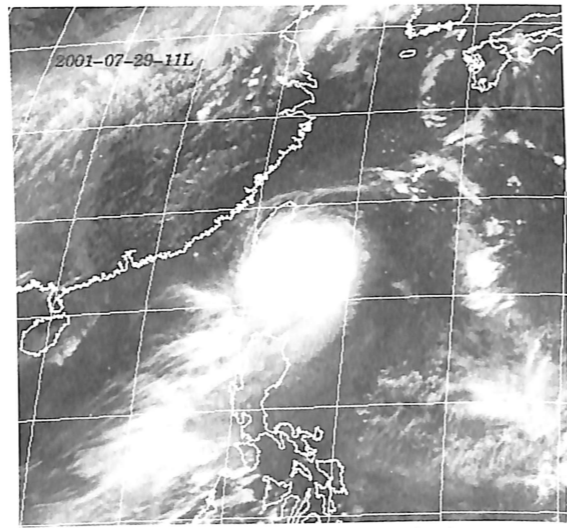


圖 5b. 7/29 11L GMS-05 紅外線雲圖

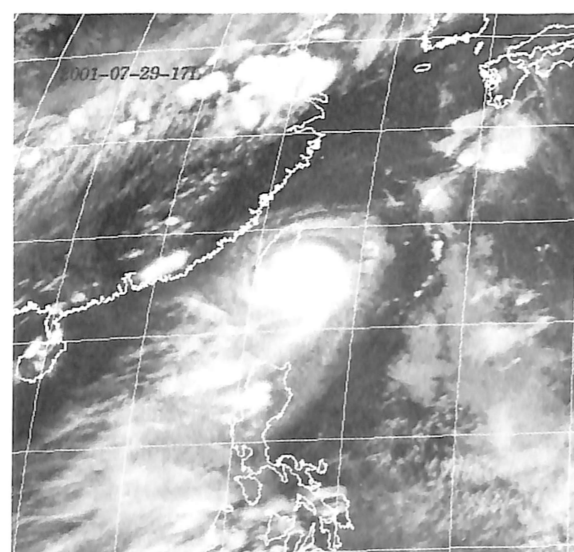


圖 5c. 7/29 17L GMS-05 紅外線雲圖

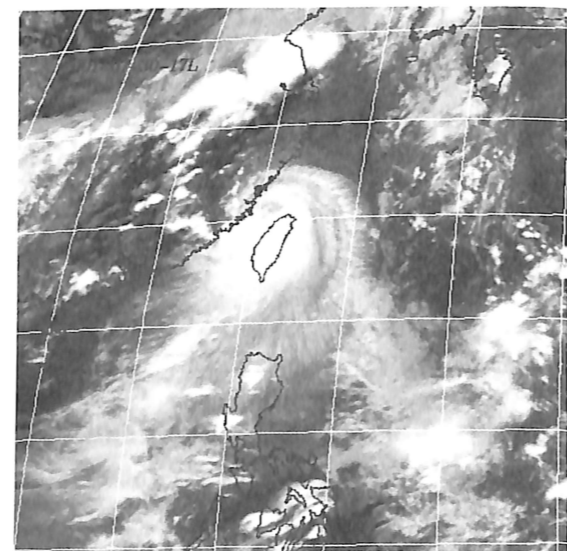


圖 5d. 7/30 17L GMS-05 紅外線雲圖

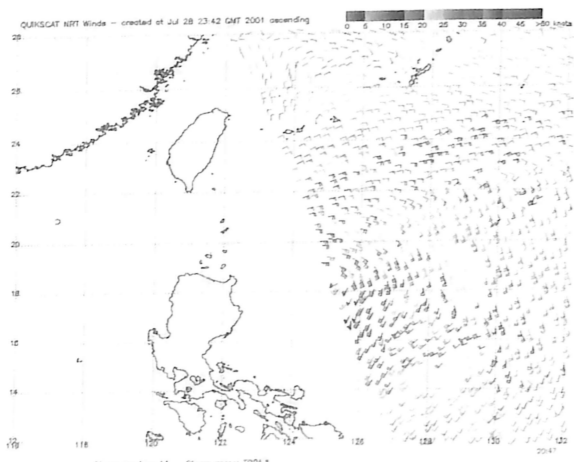


圖 6. 7/29 0743L QuikSCAT 風場圖

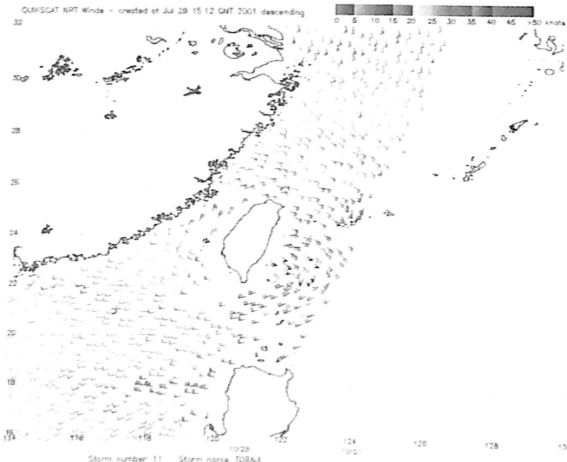


圖 7. 7/29 2312L QuikSCAT 風場圖

構卻很緊密時，用 T number 方式就會產生高估，此次，桃芝颱風即是一個很好的例子。現今西太平洋上 JTWC 已無飛機進行颱風強度偵測，故參考 QuikSCAT 的風場資料是一個不錯的選擇。

桃芝颱風實際風力雨量統計表

資料時間：90年7月28日11時至7月30日20時

地區	累積雨量 (mm)	恆常風及最大陣風 (KTS)	最大陣風出現時間 (L)
松山	31.25	09021G38	7/30 0700
桃園	60.6	09020G36	7/30 0018
新竹	418.7	21036G50	7/30 1400
清泉崗	524.7	22034G54	7/30 1243
台中	190.4	19020G31	7/30 1600
嘉義	288.7	29025G40	7/30 0610
台南	3.9	26018G30	7/30 0215
岡山	5.7	23023G33	7/30 0230
屏東	21.2	27014G26	7/30 0355
屏東	18.6	27016G28	7/30 0157
高雄	3.75	25019G35	7/30 0341
恆春	20.5	28017G35	7/30 0021
花蓮	226.7	03027G47	7/29 2145
佳山	226.1	35030G42	7/29 2215
台東	36.2	21035G62	7/30 0115
綠島	26.0	24023G59	7/30 0142
馬公	4.8	24022G36	7/30 1225
金門	0	23019G29	7/30 1700

空軍氣象聯隊氣象中心製表 90年7月30日20時發布

表 1. 桃芝颱風實際風力雨量統計表

### 六、雷達資料與降雨分析

由雷達回波資料明顯發現，桃芝颱風中心於7月30日00時(如圖8A)在花蓮秀姑巒溪登陸，並於7月30日10時(如圖8B)在新竹附近形成副低壓逐漸離開本省，侵台時間長達11小時之久。雷達回波顯示台灣中部以北地區全部籠罩在濃密的

回波區內，颱風中心北側的風場方向與地形幾乎垂直，由於水汽之輻合與地形的抬升作用，在本省東部及中部山區降下大雨。圖9B為7月30日全日累積降雨量，最大降雨區位於中部山區達728mm，與雷達資料分析結果吻合。綜合而言，當颱風接近本省地區時，雷達觀測提供比衛星觀測更佳的空間與時間解度。

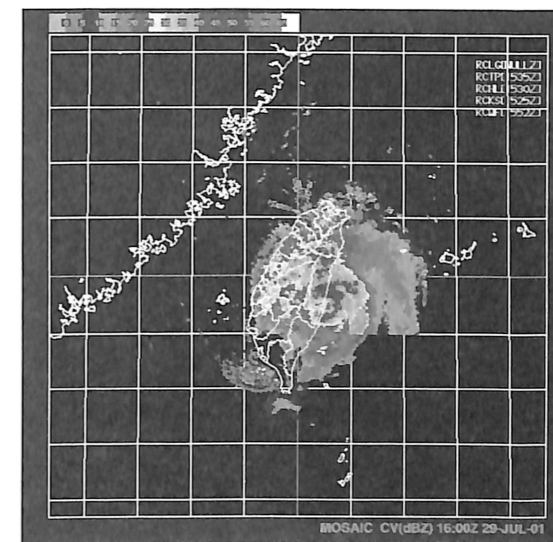


圖 8a. 7/30 00L 雷達整合圖

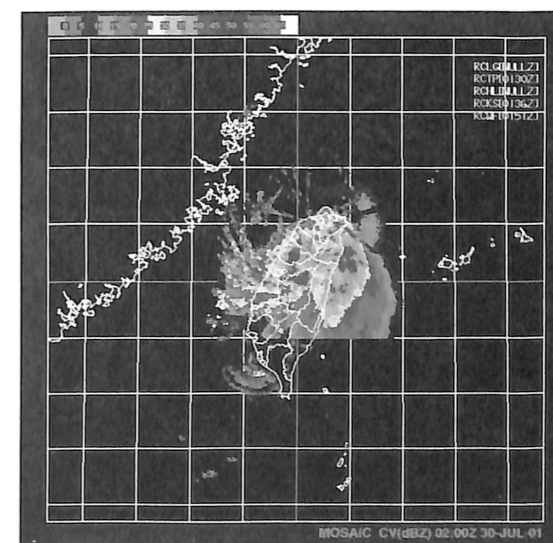


圖 8b. 7/30 10L 雷達整合圖

2001 07 29(OOL-23L) ACCUMULATIVE RAIN.

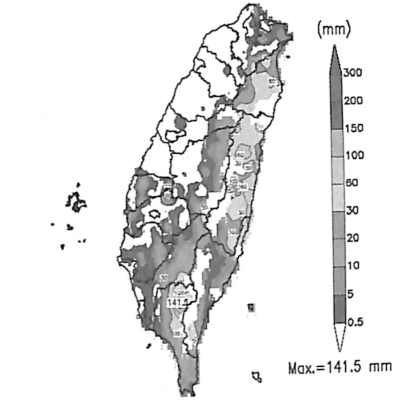


圖 9a. 7/29 日全日累積雨量圖

2001 07 30(OOL-23L) ACCUMULATIVE RAIN.

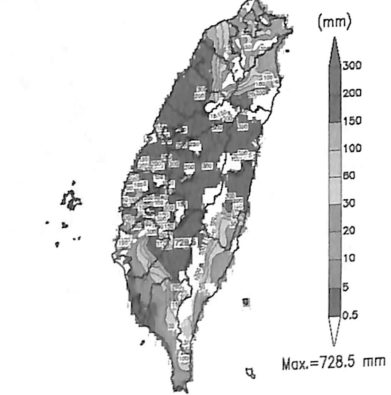


圖 9b. 7/30 日全日累積雨量圖

### 七、救災作為探討與建議

桃芝颱風過境，造成相當嚴重的災情，許多受災地區又呈濁流滔滔、滿目瘡痍的景象。土石流活埋居民、海水倒灌造成潰堤、沿岸低窪地區儼成澤國、多處山區坍方、公路受阻、鐵路脫軌、橋梁搖搖欲墜、水電及電訊中斷、軍警及義消人員駕著橡皮艇到處馳救……舉凡在颱風侵襲下所會遇到的各種情況，這次都已出現。花東及南投、嘉義等地災情尤其慘重，死亡人數近百，另外一百多人可能還埋在土石堆裡。古人云：「以銅為鏡，可以正衣冠；以人為鏡，可以明禮義；以古為鏡，可以知興替。」以此次桃芝颱風救災作為中，我們有極深刻的審思與建議：

#### (一) 國家救災組織宜修訂

目前當颱風侵襲警報發布後，國家各級單均依規定成立防颱中心，執行防颱作業，但在作業上確有失去方向感之憾。我們強烈建議組織或任務編組單位應就任務導向而設。再防颱工作任務方面實可以分為兩個層次，一為執行，另為督導指揮階層。一般而言，防颱工作包含疏清排水系統，抽水設備檢查整補修，沙包儲備，備員水電設施查察，門窗裝備防風固定，居民或兵力事前疏散等工作，都屬於執行層面，屬於基層單位、部隊之能力範圍。此類單位則依前例成立「防颱指揮中心」。反觀高司性質單位，此類單位都屬高階層督導單位宜置重點於基層防颱作為落實督導，救災兵力指揮調度及緊急救援物資調派等工作。固之，國家府院、部、署級單位均應成立「颱風防(救)災指揮管制中心」。軍方國防部，各軍總司令部及司令部宜比照成立。在任務上基層重在事先防災，高司單位則重在災害發生時救災之各項作為。

#### (二) 成立時機

- 1、民間防救災指揮管制中心則依據中央氣象局颱風警報發布時間成立。
- 2、軍方國防部及海軍總司令部颱風防救災指揮管制中心，因應海上兵力疏散必要，建議海軍氣象中心發布海上侵襲警報發布時機或依中央氣象局發布海上警報時機辦理。其餘各級「防颱指揮中心」則依據空軍氣象中心發布 W24 時機成立。

#### (三) 解除時機

- 1、民間基層單位，依據氣象局颱風解除警報發布時機解除「防颱指揮中心」。惟高司單位則應視颱風造成重大災難，緊急應變救災需要，持續作業不解除「颱風防(救)災指揮管制中心」，視災難已獲控制時機解除。
- 2、軍方單位，基層「防颱指揮中心」依據空軍氣象中心發布解除緊報後，即可解除。惟駐地有重大災難發生，應於戰情室成立「重大災難救災指揮中心」接替任務，「防颱指揮中心」應予解除。

- 3、軍方「颱風防(救)災指揮管制中心」則應視颱風造成重大災難及緊急救災應變需要持續作業，暫不解除，視災難已獲控制方可解除。若無重大災難發生，可依空軍氣象中心解除緊報發布時機解除任務。

#### (四) 救災改進程序建議

- 1、應於颱風侵襲後，立即蒐集情資，必要時，由海鷗或空警部隊先由空中偵查災損情形，供指管中心掌握。
- 2、救災演練需要使主官、主管了解救災時效演練時效，演練時要做多層次的備變措施，第一次不行，另一次行動可馬上執行，掌握珍貴的救援時間。
- 3、各山區情傳系統要加強，當災難發生不能期望電信局線路會暢通，建議消防隊要有無線電通信裝備，保證災情得迅速傳報至指管中心。
- 4、行政院級「颱風防(救)災指揮管制中心」則應有固定預算準備金，必要時要找國防部下達動員令，徵召民間救援能力，包含人力及物資以利救災搶救時效掌握。
- 5、注重水土保持工作，水利局有編預算採購防洪預警系統，應與氣象局合作發布洪迅警告，並監視水土保持破壞行為，函送法辦，以保證國民安全。

#### 八、結論

本文利用各種氣象資料對桃芝颱風加以檢討與分析，結果如下：

- (一) 由綜觀天氣分析顯示 SFC 至 500hpa 之太平洋高壓勢力消長和桃芝颱風路徑有密切之關係。
- (二) 現行颱風作業採用 Dvorak 的 T number 值估算颱風的中心最低氣壓和中心附近最大風速，以此來代表颱風的強度。有時會因雲圖所表現出來的雲形結構與實際不符，用 T number 方式估算就會產生誤差，此次，桃芝颱風既是一個很好的例子。
- (三) 由 QuikSCAT 所推估之最大風速僅為 60KTs，較以 T number 方式所

估計的風速 80KTs 及最大陣風 100KTs 略小許多，由測站資料顯示本次桃芝颱風最大陣風 62KTs 發生在 7 月 30 日 0142 分的台東地區，其餘測站的最大陣風皆小於此，故 QuikSCAT 所推估風場資料較傳統的 Dvorak 推估颱風強度，更具參考價值。現今西太平洋上 JTWC 已無飛機進行颱風強度偵測，故參考 QuikSCAT 的風場資料是一個不錯的選擇。

- (四) 雷達回波顯示台灣中部以北地區全部籠罩在濃密的回波區內，颱風中心北側的風場方向與地形幾乎垂直，由於水汽輻合與地形的抬升，在本省東部及中部山區降下大雨。
- (五) 此次桃芝颱風過境，入侵本省長達 11 小時，在本省產生大量降水，其中最大降水區集中在東部及中部山區，尤其位於中部山區 7 月 30 日全日累積降雨量達 728mm，造成重大傷亡。

#### 參考文獻

1. 周仲島、張保亮與李文兆，1994：都卜勒雷達在颱風環流中尺度結構分析的應用。大氣科學，22，163-187。
2. 喬森、黃清勇、郭英華，1996：黛特 Dot 颱風的 MM5 數值模擬。大氣科學，24-2，123-144。
3. Sandlin, G. D., and D. J. Spangler, 1989: SSM/I imagery, center-fixes, and wind fields for tropical cyclones. Naval Research Laboratory Report, 18pp.
4. Hollinger, J. P. 1989: DMSP special Sensor Microwave/Imager Calibration Validation. Final Report, Vol. I, 51pp.
5. Linwood Jones W., et al, 1999: NASCAT High-Resolution Surface Wind Measurements in Typhoon Violet, NSCAT: Scientific Applications, P11, 247-11,260.
6. Dvorak, V. F., 1973: A technique for the analysis and forecasting of tropical

cyclone intensity from satellite pictures,  
NOAA tech, Memor. NESS 45, pp.19.  
7. Dvorak, V. F., 1975:Tropical cyclone

intensity analysis and forecasting from  
satellite imagery, Mon. Wea. Rev, 103.  
No.5, 420-430.

## **The Analysis of Typhoon Toraji in Taiwan**

Shen His, Kuei-Puo Lu and Hung, Chin-Shun

### **Abstract**

On July 27<sup>th</sup>, 2001, Typhoon Tau-Chi was formed by the strongly tropical cyclone, and moved toward Taiwan in the direction of west-north-west. Later on, it hovered over Taiwan for eleven hours. This huge typhoon brought large amount of rainfall that had caused uncountable damages everywhere around the island. Therefore, the purpose in this study was to examine the strength of circulation and the change of conversion about Typhoon Toraji by using various kinds of the equipments, such as the observation in the traditional meteorological station, satellite, Radar, Quick SCAT of NASA, and etc.. The conclusion presented that, in the period of typhoon Toraji, the wind-speeded data of from the station were more accurate than the prediction of Dvorak method. This finding could be the important reference of the weather prediction in meteorology. In addition, the study provided concrete suggestions toward the prevention of typhoons, too.