

# 單都卜勒氣象雷達分析楊希颱風結構

李金萬

民用航空局飛航服務總臺台北氣象中心

## 摘要

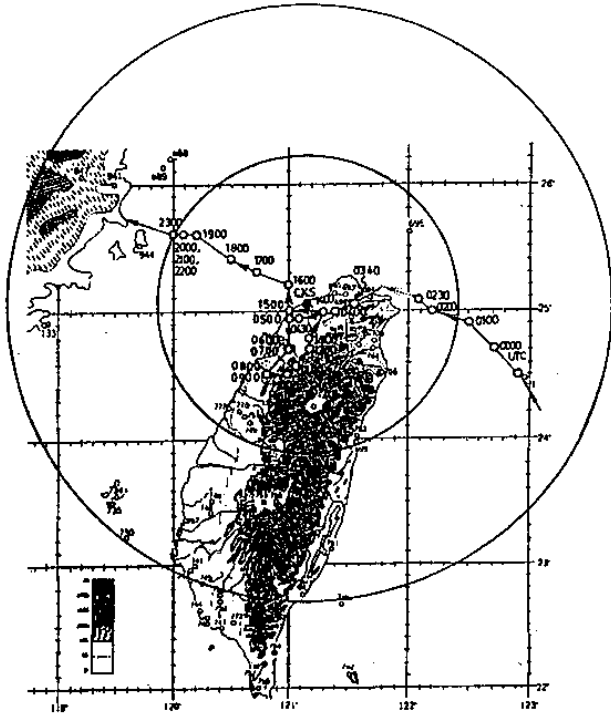
楊希颱風於 1990 年 8 月 19 日 0300UTC 左右登陸台灣北部地方後，路徑由西北方向轉變為西南行，並且在台灣西北部桃竹苗台地丘陵區域打轉一圈後於桃園附近出海復西北行，直撲大陸東南沿岸。本研究採用中正國際機場都卜勒氣象雷達觀測資料，分析該颱風登陸台灣以後路徑，徑向風場及回波場變化特徵，以及地形對颱風結構之影響。結果顯示，颱風登陸期間（約 12 小時）之路徑，綜觀尺度並未扮演重要的支配角色，似為地形影響的結果。最大徑向風速受地形影響非常顯著，不但風速明顯減弱（登陸後風速不及登陸前之半），而且在靠山脈側被分裂為兩個或以上之中心。颱風登陸初期，眼牆回波仍然相當完整而成環狀，但是登陸後期，則眼牆已破裂成片斷而且強度減弱（平均兩階段差約 5dBz）；剖面分析顯示，最大回波中心高度變化由距地面兩公里到六公里，靠近山脈側之高度皆有被地形抬升之現象，而且颱風中心亦隨高度傾斜，其傾斜之方向，十分吻合颱風短時間之未來移向。VAR 技巧分析顯示，颱風登陸期間，低層均有輻合現象，最大風速出現於 0.5 公里到 1.5 公里之間。

## 一、前言

1990 年 8 月 18 - 20 日楊希颱風侵襲台灣期間，中正國際機場都卜勒氣象雷達曾對它作了密集觀測，顯示颱風登陸後，路徑、強度及風場變化多端，預報掌握十分困難。當楊希颱風自西北太平洋面移近台灣時，路徑穩定維持著約西北西方向直逼台灣北端，但是於 19 日 0300UTC 時間登陸台灣北部陸地後，移向轉為西南方向，並在台灣西北部陸地打轉一圈後出海，繼續西北西移行，導致預報出現瑕疵。本文將利用 1990 年 8 月 19 日 0235UTC - 20 日 0005 UTC（因雷達故障缺 19 日 0305UTC 及 0335UTC 兩次資料）每 30 分鐘都卜勒氣象雷達觀測資料，分析颱風登陸台灣北部地區後之路徑，回波強度，徑向風速場，及輻散場等變化特徵，進一步了解颱風結構之變化，俾利未來預報作業之參考。

## 二、雷達特性及掃瞄策略

中正都卜勒氣象雷達係為一個 C 波段雷達，同時可作非都卜勒（或傳統式功能）及都卜勒兩種掃瞄。主要特性包括可測得最大徑向風速為  $\pm 48$  公尺/秒，最大都卜勒掃瞄範圍為 120 公里半徑，都卜勒操作空間解析度為 1 公里，以及天線轉速為 2 或 4 轉/分。掃瞄策略考慮兼作都卜勒及非都卜勒掃瞄，以便同時獲得徑向風場與完整回波系統監測之觀測；即先作非都卜勒觀測，天線轉速採用 7.5 轉/分，完成 13 個仰角掃瞄操作後，緊接著作都卜勒掃瞄，天線轉速降為 2.4 轉/分，而仰角則增加為 20 個掃瞄之密集觀測，因此約需 10 分鐘以上之掃瞄時間，才能完成該兩種觀測，然後連續每 30 分鐘重復同樣觀測，可以獲得十分詳細的回波資料。有關詳細的雷達特性及掃瞄策略請參考表一。



圖一、台灣地形及中正國際機場都卜勒氣象雷達觀測楊西颱風之路徑。黑實點表示機場位置，大圓圈表示非都卜勒觀測範圍，小圓圈表示都卜勒觀測範圍，箭頭表示颱風之路徑。

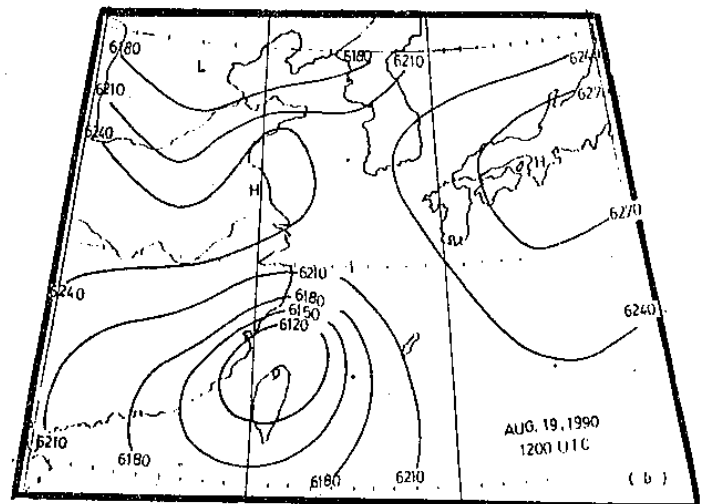
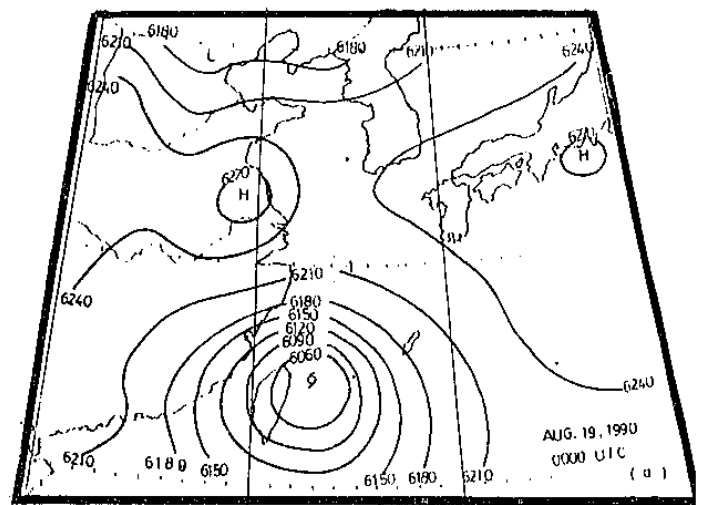
### 三、雷達觀測結果

根據學者專家過去研究結果顯示（如王時鼎等，1975；曲克恭，1977；及林雨我等，1988等），台灣地形對侵台颱風環流結構與降水分佈之影響，扮演著非常重要的角色，而且不同的颱風路徑與強度，影響的結果亦異。因此本研究利用都卜勒雷達資料分析登陸後之颱風路徑，環流結構以及回波強度等受地形影響的結果。

#### (一)、颱風路徑分析

圖一除了顯示台灣地形外，也標示了颱風之都卜勒雷達觀測路徑變化情形。楊希颱風於1990年8

月19日 0300UTC登陸於台灣北部之基隆附近後，約轉向90度並沿著地形河谷區域向西南移行，進入大台北盆地及越過林口台地，到達桃園、新竹及苗栗後，呈逆時針方向打轉移行，最後又北上回到桃園境內於 1500UTC左右出海，並且恢復西北西方向移行，直撲大陸東南沿岸，共計在台灣北部陸地約盤旋了12小時。綜觀尺度700、500及300hPa合成圖分析顯示，楊希颱風登陸前太平洋高壓脊呈現西北西--西北走向，颱風登陸後該高壓脊之強度與走向均未明顯改變（圖二），然而颱風路徑卻於登陸後轉為西南移行，在陸地轉一圈出海後才又恢復西北西方向，顯然綜觀尺度駛流場未能主宰颱風登陸後（約12小時）之移行方向。



圖二、綜觀尺度700，500及300 hPa合成圖，分別為 1990年8月19日 (a) 0000UTC，(b) 1200UTC，實線表示等高線，單位為GPM。

表一、雷達特性與掃瞄策略。

	Non-doppler operation	Doppler operation
Frequency	5.61 GHz	
Pulse repetition frequency	250 Hz	900/1200 Hz
Pulse width	2 $\mu$ s	0.5 $\mu$ s
Peak power	> 250 kw	
Random loss	< 0.5 dB	
Antenna azimuth rotation rate	2,4,8 (8 normal)	2,4 rpm (2 normal)
Antenna gain	43 dB	
Antenna lobe width	0.9°	
Antenna side lobes	<-27 dB	
Antenna polarization	horizontal	
Antenna elevation	-1° to 90°	
Receiver	logarithmic	linear
Noise figure	5 dB	
Dynamic range	>85 dB	
Minimum discernible signal	-109 dBm at 6 rpm	-114 dBm
Range resolution	2 km	1 km
Range coverage	480 km	240 km
Unambiguous velocity	---	$\pm$ 48 m/s

Scan Strategies for Typhoon Yancy

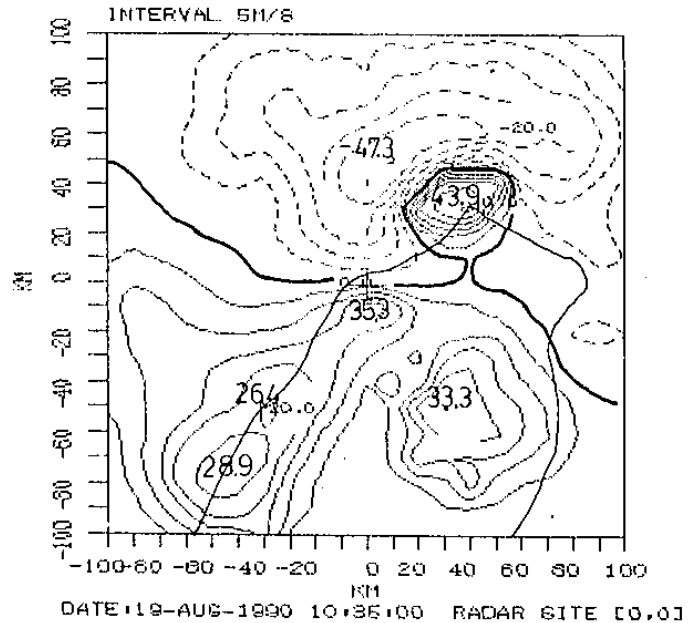
Scanning mode	Nor-doppler	Doppler
Angle of elevation (degrees)	0.5,1.5,2.5,3.5,5.0 6.5,8.0,9.5,11.0,12.5 14.0,15.5,17.0	0.5,1.0,1.5,2.0,3.0 4.0,5.0,6.0,7.0,8.0 9.0,10.0,11.0,12.0 13.0,14.0,15.0,16.5 18.0,19.5
Rotation rate	7.5 rpm	2.4 rpm
Scan in need of time	1.8 minutes	8.4 minutes
Scan interval	30 minutes	30 minutes

## (二)、颱風環流結構分析

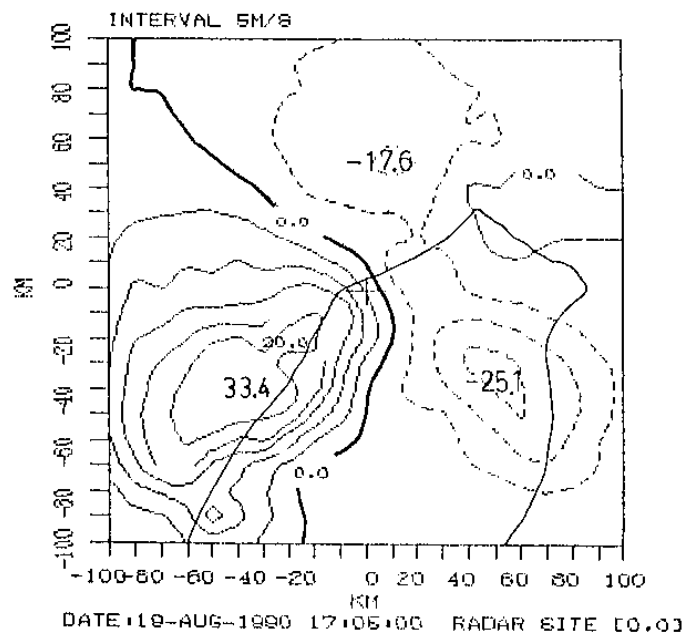
中央山脈地勢高聳並縱貫台灣南北，因此對颱風環流之影響十分顯著，當颱風自西太平洋西北行接近台灣北部陸地時，其移行之左方靠近陸地側之環流，被地形破壞得相當嚴重，如圖三所示，當颱風仍然位於台灣東北部海上時，最大徑向風速發生於颱風移行之右前方海上（由於速度摺回影響，圖上顯示為 +43.9公尺/秒，實際最大徑向風速應修正為 -52.1公尺/秒）；左方則因受地形影響，最大徑向風速區分裂為三個（+35.3公尺/秒，+33.3公尺/秒，及+28.9公尺/秒）。相同地，當颱風中心位於台灣西部時，則環流之東側被地形破壞減弱而分裂為兩個中心，如圖四所示，於 0905 UTC時，西側最大徑向風速為 +33.4公尺/秒，東側分別為 -25.1公尺/秒及 -17.6公尺/秒。颱風中心出海後，陸地地形之影響已少，颱風環流逐漸重整，其徑向風速亦變得比較對稱，然而最大徑向風速則減弱約僅不及登陸前之半（由 -52.1公尺/秒 --> -20.3公尺/秒）。進一步利用 VAD 技巧分析雷達周圍 30 公里內實際風場，顯示颱風登陸前，中正機場附近 5 公里以下之風向為北至北北東，風速為 30-40 公尺/秒，1 公里高度以下有弱的輻合，以上為弱的輻散。颱風中心登陸台灣北部以後，風向則順時針方向旋轉為偏東風，2 公里以上風速顯著減弱，於 1.3 公里高度出現 38 公尺/秒之最強風速；而且輻散值於 0.5 公里以上已轉趨近為零（圖六及七）。另外在颱風登陸後期，VAD 風速分析顯示僅為 20-25 公尺/秒（圖未示），此與前述徑向風速分析結果十分吻合。

## (三)、颱風回波強度分析

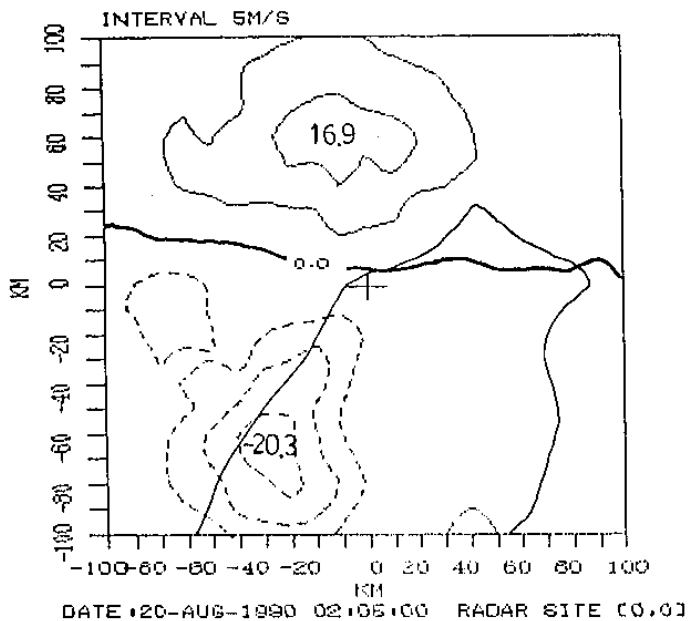
圖八-十顯示雷達回波強度分析。颱風剛登陸時（19日0345UTC，圖八），颱風中心外圍眼牆回波仍然保持有組織之環狀結構，最大回波強度出現在颱風中心東南方山脈之向風坡，值為 52.4dBz；約一小時之後（0505UTC），環狀眼牆結構已斷裂成片斷，陸地部份之回波減弱為低於 40dBz，最大回波強度值 48.4dBz 則位於海上（圖九）。1205 UTC 時，眼牆結構更為支離破碎，範圍亦顯著縮小強度減弱，僅有零星回波強度超過 35dBz，最大值降為 44.4dBz（圖十）。平均言之，颱風登陸後之回波強度比登陸前約減弱 5dBz 以上。綜觀天氣觀測資料之颱風中心最低氣壓及最大風速變化情形如表



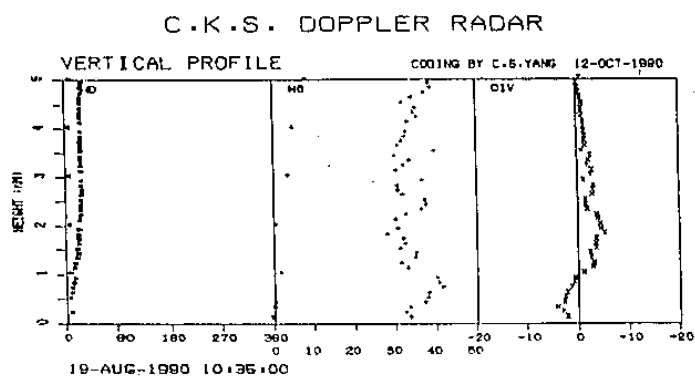
圖三、1990年8月19日0235UTC (1035L) 雷達觀測之徑向風速分佈。正區表示風吹離雷達（細實線），負區表示風吹向雷達（虛線）。雷達天線位於 [0,0]，風速單位為公尺/秒，粗實線表示 0 值徑向風速。負區中小範圍之正值區表示速度摺回現象。



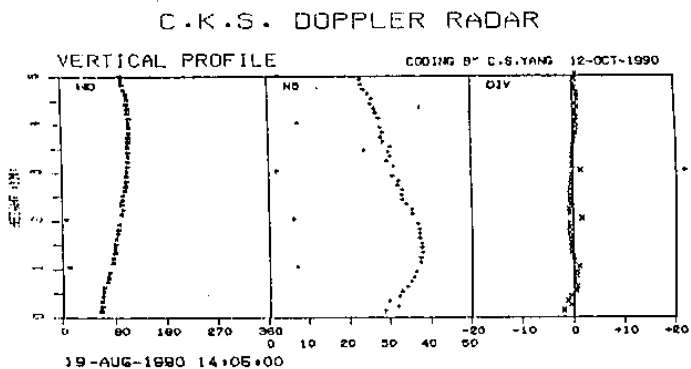
圖四、同圖三，但為0905UTC (1705L)。



圖五、同圖三，但為1805UTC (20日 0205L)。

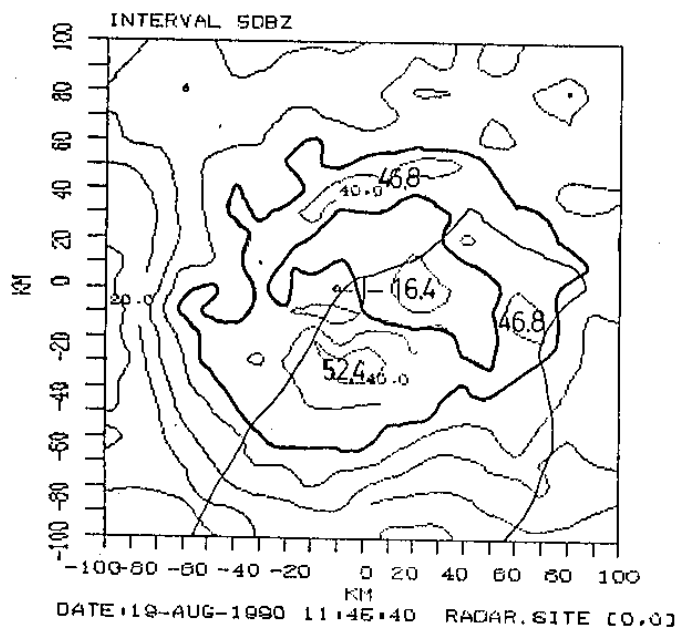


圖六、1990年8月19日0235UTC (1035L) 中正機場附近之VAD風場剖面分析。\*，表示風向；+，表示風速；x，表示輻散；單位分別為度，公尺/秒，及 $10^{**}5 / \text{sec}^{\circ}$ 。

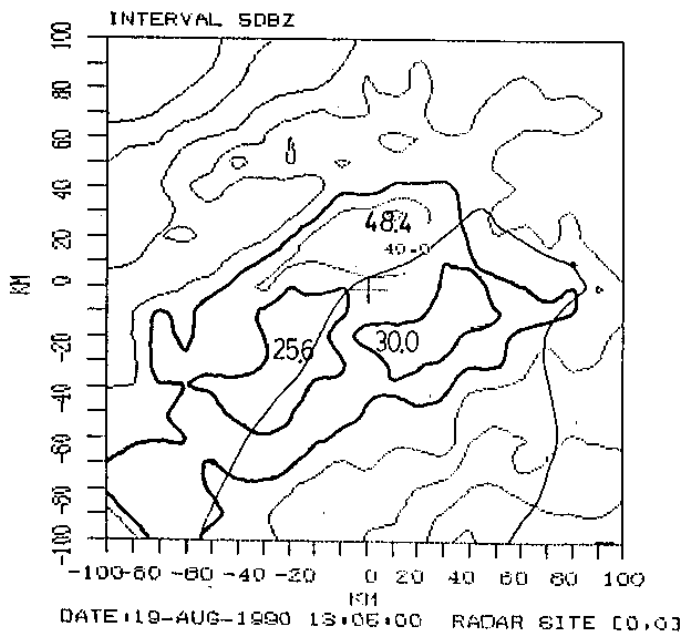


圖七、同圖六，但為0605UTC (1405L)。

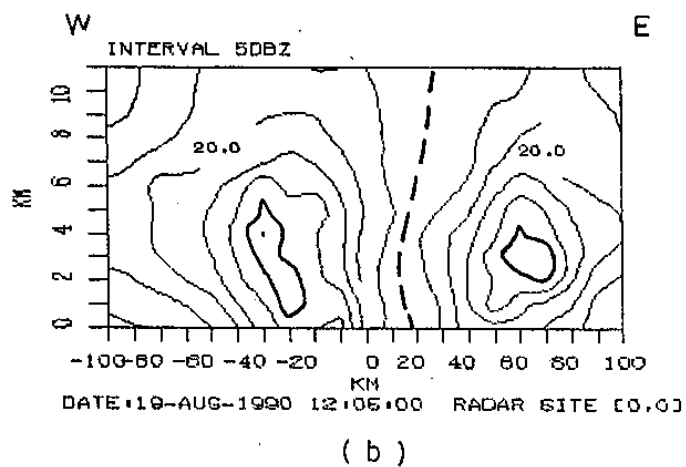
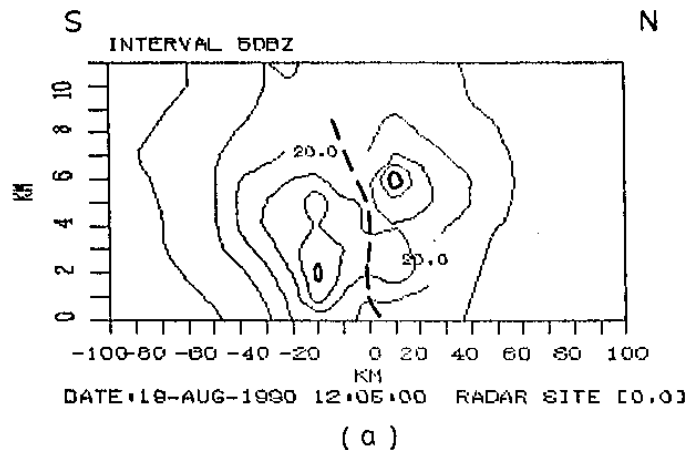
二所示，19日 0300UTC，楊希颱風最低氣壓為950 hPa，最大風速為85浬/時，陣風105浬/時，為該颱風強度達到最大的時刻，與雷達觀測結果完全符合。另外利用選擇穿越颱風中心之南北向與東西向垂直剖面分析（東西向係指垂直於中央山脈或雪山脈，南北向則平行於山脈之方向，而非真正的東西或南北方向），以顯示回波垂直結構之變化情形。圖十一及十二分別表示 19日 0405UTC與1505UTC時間之剖面分析情形，於山坡向風面，最強回波中心被地形抬升至較高高度，而背風面處則高度較低，平均高度變化約為距離地面2至6公里；颱風中心之垂直發展亦受地形影響而發生傾斜現象，此種隨高度傾斜的方向，並與颱風未來短期之移向相一致。圖十一顯示，颱風登陸初期（0405UTC）南北向最大回波中心出現於北側向風坡，高度被抬升至約6公里處，南側中心則位於約2公里高度；東西向剖面之回波中心高度並無差異，同位於3--4公里高度，此時颱風中心（虛線）隨高度向南傾斜（實際應為向約 200度傾斜），符合颱風該時出現偏南之分量。相同地，圖十二為 1505UTC之分析結果，此時颱風中心位於台灣西北部陸地，因此南北向剖面之南側為迎風面，其最大回波強度中心被抬升至5-6公里高度，而北側之背風區其回波強度中心高度僅約 3公里；東西剖面之高度差也十分明顯，東側山區回波強度中心約位於 5公里以上高度，西側海面之回波強度中心高度則僅 3公里；同樣地，颱風中心亦隨著高度向西北西（實際為接近西北西--西北）傾斜，亦與該時刻颱風轉為西北西移行相配合。



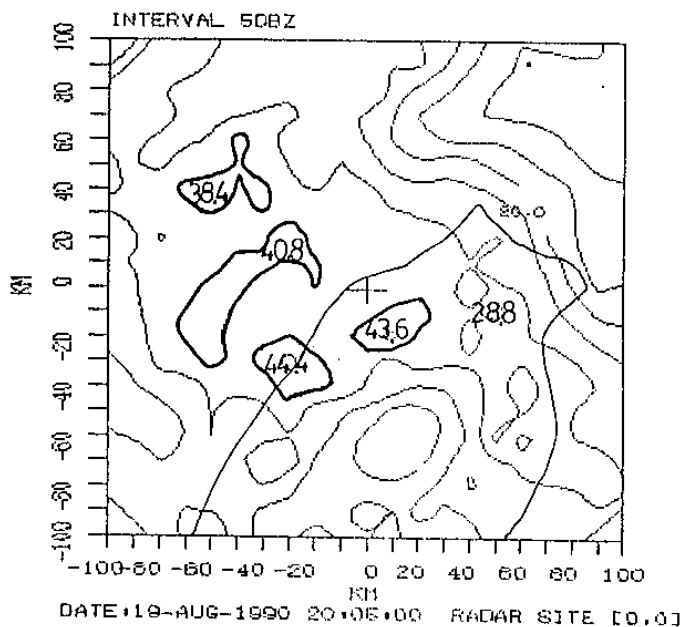
圖八、1990年8月19日0345UTC (1145L) 最大回波強度分佈。雷達天線位於 [0, 0]，回波強度單位為dBz，粗實線表示35dBz值線。



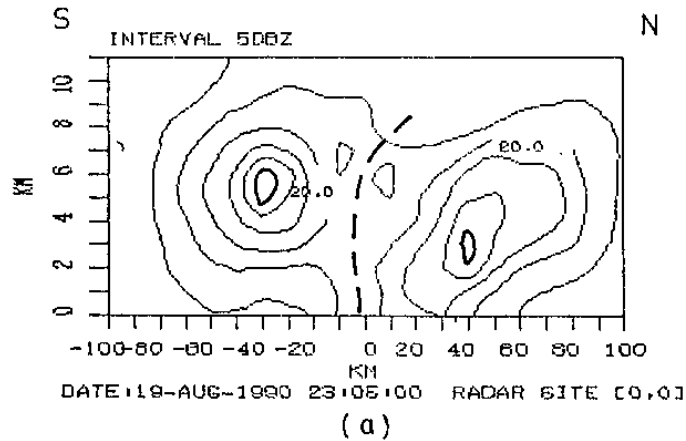
圖九、同圖八，但為0505UTC (1305L)。

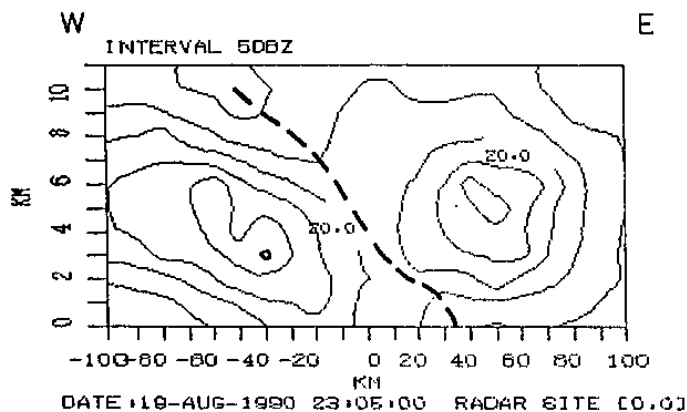


圖十一、1990年8月19日0405UTC (1205L) 穿越颱風中心之回波強度剖面分析。東西向表示290--110度方向，南北向表示020--200度方向。a) 南北向，(b) 東西向，回波強度單位為dBz，粗實線表示35dBz值線。粗斷線表示颱風中心位置，雷達天線位於[0,0]。



圖十、同圖八，但為1205UTC (2005L)。





(b)

圖十二、同圖十一，但為1505UTC (2305L)。

表二、綜觀天氣系統觀測楊西颱風之最低氣壓 (hPa) 及最大風速 (公尺/秒)。

Time	Minimum pressure	Maximum surface wind speed	Hourly pressure change
181200 UTC			
181500 UTC	970 HPA	70/86 m/s	
181800 UTC	965 HPA	75/90 m/s	-1.67 HPA/hr
182100 UTC	960 HPA	80/100 m/s	-1.67 HPA/hr
190000 UTC	955 HPA	85/105 m/s	-1.67 HPA/hr
190300 UTC	950 HPA	85/105 m/s	-1.67 HPA/hr
190600 UTC	980 HPA	75/90 m/s	+3.33 HPA/hr
190900 UTC	980 HPA	70/86 m/s	0
191200 UTC	985 HPA	70/86 m/s	+1.67 HPA/hr
191500 UTC	970 HPA	85/80 m/s	+1.67 HPA/hr
191800 UTC	975 HPA	85/80 m/s	+1.67 HPA/hr
200000 UTC	980 HPA	46/66 m/s	+2.5 HPA/hr

#### 四、討論與結論

本文僅為利用單都卜勒氣象雷達資料，針對楊希颱風登陸台灣以後之路徑，環流結構及回波強度之初步分析，獲得颱風因地形影響之各項結果部份特徵，將進一步配合其它資料分析及更完整定量計算，以得出更詳細及更確切的結果。基於上述之分析，在此作簡單討論與結論如下：

(一)、帶氣旋之運動相當敏感於大尺度環流之變化，因此大尺度環流特別是上游遠處區域之環流變化，較其它因素對預報颱風位置的精確度更具重要性，而雷達觀測並不能獲知大尺度環流的情形 (Ray, 1990)；根據曾與蔡 (1980) 之研究亦顯示，本區之規則的或具較大轉向的颱風運動，係受到綜觀尺度之700, 500及300hPa合成圖副熱帶高壓環流之導引。在本個案中，當颱風登陸台灣北部後，其路徑顯著有大角度變化，然而太平洋副熱帶高壓環流及脊線並未見明顯變化，因此颱風登陸台灣北部後之路徑，似為台灣地形影響的結果；此時都卜勒雷達觀測到颱風中心隨高度傾斜的方向十分吻合颱風登陸後之路徑方向，亦似可作為颱風受地形影響時短期預報之參考。

(二)、颱風登陸後期時之最大風速減弱至不及登陸前期之半數值，顯示颱風登陸後風場受地形破壞相當嚴重，約可減弱國內颱風強度分級方式之一級。另外，徑向風速場分析發現在靠近山脈地形之側，最大徑向風速分裂為兩個或兩個以上之中心，致使最大正、負徑向風速中心距離颱風中心的距離不相等，乃是輻合場或輻散場變化之影響 (Ray, 1990)。

(三)、風場剖面分析顯示，強風中心高度於地形向風坡將被抬升至約6公里，而在背風坡或平地地區則仍然維持2--3公里高度。

#### 誌謝：

作者感謝中央氣象局科技中心林民生主任之幫忙，使得本文在最後仍有機會在此次研討會中發表。

#### 參考文獻：

1. 王時鼎、林則銘與俞家忠，1975：颱風侵襲時台灣海島對風場分析與預報之影響。大氣科學，2，23--35。
2. 曲克恭，1977：中央山脈對颱風影響之分析研究。氣象預報與分析，72，1--21。
3. 李金萬、楊健生與林國平，1988：利用單一都卜勒氣象雷達觀測亞力士颱風之初步分析研究。氣象學報，34，3，216--226。

4. 林雨我與徐晉淮，1988：侵襲台灣颱風之降水分佈研究。氣象學報，34，3，196--215。
5. 曾振發與蔡清彥，1980：北太平洋西部颱風路徑之綜觀天氣研究。國立台灣大學大氣科學系研究報告，TYFN--01號，32頁。
6. Brand ' S . and J . W . Blelloch ' 1974：Changes in the characteristics of typhoons crossing the island of Taiwan. Mon. Wea. Rev. ' 102 ' 708-713。
7. Ray ' P. S. ' 1990：Operational doppler radar in the tropical. Conference on weather radar and flight safety ' CAA ' R. O. C. ' M. O. C. ' 15--19。

## A Study of "YANCY" Typhoon (1990) by Using Single Doppler Radar

Chin - Wan Lee

Taipei Meteorological Center  
Air Navigation and Weather Services , CAA

### ABSTRACT

Typhoon "YANCY" landed on Taiwan northern coast by 0300 UTC 19th August 1990 then moved southwestward and made loop motion over northern part of Taiwan area instead of previously westnorthwestward motion. Twelve hours latter, it moved off-shore of northern Taiwan and restored westnorthwestward motion again continuously approaching and landing on mainland China by 0600 UTC 20th, August 1990. This study uses airport doppler weather radar observational data to analyze the path of typhoon on land stage, characteristics of radial wind field and echo reflectivity, and topographic effect to the typhoon's structure. Results indicate that topographic effect may be a main factor to the typhoon track during typhoon landing stage (about 12 hours) but the steering flow of synoptic scale did not act an important role in this stage. The maximum wind speed in radial wind field may decrease and split into two or more than two centers on mountain range side in response to topographic effect. Typhoon strength and eye wall are damaged seriously by terrain, in the early landing stage, the eye wall shows almost a whole ring band and in the rear landing stage, the eye wall breaks into segments and decreases its strength. Vertical profile analyses show that maximum reflectivity center locates from 2-6 km above ground level and the tilting of typhoon's center coincide with typhoon track over land period. VAD technique analysis shows that low level convergence always exists and maximum wind speed occurs between 0.5-1.5 km height during the typhoon landing stage.