

# 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

李金萬 楊健生 林國平

飛航服務總台氣象中心  
中正氣象台

## 摘要

利用都卜勒氣象雷達資料分析颱風登陸台灣期間，前、後階段，定位颱風中心，分析結構變化，以及副低壓發展。高聳的中央山脈對登陸颱風影響至鉅，可以破壞結構，造成傾斜，以及產生副低壓；而 500 mb 環流未受地形影響，並且導引地面颱風之移行。

## 一、前言

亞力士颱風於民國 76 年 7 月 23 日 1400 L 在西太平洋形成並往西移行，至 25 日 1400 L，颱風中心移到菲律賓東方海面約 200 公里，並增強為中度颱風，方向亦轉為北北西，開始對本區構成威脅。結果於 27 日 0517 L 左右於宜蘭頭城附近登陸，掠過台灣北部地區並由淡水河附近出海，繼續往台灣海峽北部移行。當該颱風侵襲台灣東北部及北部期間，完全落入中正機場都卜勒氣象雷達的掃瞄範圍，提供本區第一個完整的都卜勒氣象雷達颱風觀測資料，彌足珍貴。

都卜勒氣象雷達是目前最新的氣象雷達科技產品，在其研究發展的數十年中，證實該雷達具有偵測回波速度與可有效抑制部份非降水回波，提高回波強度偵測的精確度。因此在美國（如 NEXRAD，next generation radar）或瑞典（如 PRO-MIS 90，program for an operational meteorological information system in the 90's）皆著眼於都卜勒氣象雷達的發展與應用，並且將在短期內進入全面作業階段。都卜勒雷達預期可以成為未來氣象雷達之主導，自毋庸置疑了。

中正機場都卜勒氣象雷達，除具備傳統雷達功能外，更具有偵測徑向風速能力；本文即利用該單一都卜勒氣象雷達資料，對亞力士颱風於登陸前、

後及出海階段其回波強度結構與徑向風速變化，例如颱風中心附近最大徑向風速區、平行雷達波東方向八級風（34KT）徑向風速半徑範圍、颱風環流、颱風中心定位、垂直結構以及副低壓等，作初步分析，俾能進一步了解颱風登陸與越過中央山脈時之路徑、結構及強度變化情形。

## 二、雷達資料蒐集與分析方法

中正機場都卜勒氣象雷達屬 C 波段（C-Band）雷達，可作非都卜勒及都卜勒二種掃瞄方式，解析度分別為 2 與 1 公里。雷達資料處理器於非都卜勒作業狀態下處理半徑 240 公里內資料，在都卜勒作業狀態下處理半徑 120 公里內資料。於彩色顯示系統上可顯示出 12 層定高度平面位置圖（CAPPI），顯示型態可分水平與任意垂直向之回波強度、風、降水、亂流、最大回波、回波頂高度及最大回波高度等，皆以顏色標尺表示其強度值。雷達詳細性能如表一，偵測亞力士颱風所採用之天線掃瞄仰角及轉換定高面平面顯示（12 層 CAPPI）之高度列於表二（或稱掃瞄策略）。

亞力士颱風外圍環流於 7 月 26 日 1600 L 進入非都卜勒作業掃瞄範圍，雷達即開始每隔 15 分鐘作非都卜勒與都卜勒兩種掃瞄方式（兩種掃瞄間隔為 2 分鐘），並錄存資料；直至亞力士颱風主環流離開台灣地區止共蒐集 320 小時，146 次空域（

volumn) 掃瞄記錄，其中於 7 月 27 日 0700 L 至 0900 L，由於雷達機械故障停機，漏失了 2 小時的回波資料。

中正機場都卜勒氣象雷達天線架設於機場內，因此對其東方或東南方回波作觀測時，為避免地形影響，作業上一般採用 3.5 公里的 CAPP1 資料較為完整和可靠。本文希望利用回波強度配合徑向風速對颱風回波結構、颱風中心環流及副低壓等分析，並作地表回波的消除。因此研究資料均採用都卜勒作業狀態者。

表一 雷達性能表

Operation	Non-doppler	Doppler
Frequency		5.61 GHz
PRF	250 Hz	900/1200 Hz
Pulse width	2 us	0.5 us
Peak power	260 KW	262 KW
Radome loss		<0.5 dB
Antenna rotation rate	2.5, 7 rpm	2 rpm
Antenna gain		43 dB
Antenna lobe width		0.85 deg
Antenna side lobes	-22 dB Hor. plane; -28 dB Ver. plane	
Antenna polarization		horizontal
Antenna elevation		-1 to 90 deg
Receiver	logarithmic	linear
Noise figure		5 dB
Dynamic range		>85 dB
Minimum discernible signal	-112 dBm	-114 dBm
Range coverage	480 Km	120 Km
Range resolution	2 Km	1Km
Unambiguous velocity	---	± 48 m/s
Ground clutter suppression	---	>34 dB
Accuracy of velocity	---	<0.3 m/s at S/N=10 dB <0.6 m/s at S/N=0 dB
Wind spread		6 classes

表二 亞力士颱風中正機場都卜勒雷達作業掃瞄策略

掃瞄狀態	非 都 卜 勒					都 卜 勒				
仰角步驟	0.5	1.0	1.5	2.5	3.5	4.5	6.0	7.5	10.0	15.0
轉換定高面	0.5Km	1.5Km	2.5Km	3.5Km	4.5Km	5.5Km				
高度(CAPP1)	6.5Km	7.5Km	8.5Km	9.5Km	10.5Km	11.5Km				
雷達轉速		7.5rpm				2.4 rpm				
掃瞄須時		2分鐘				5分鐘				
轉換須時		2分鐘				5分鐘				

### 三、回波場分析

#### (一) 颱風定位與路徑

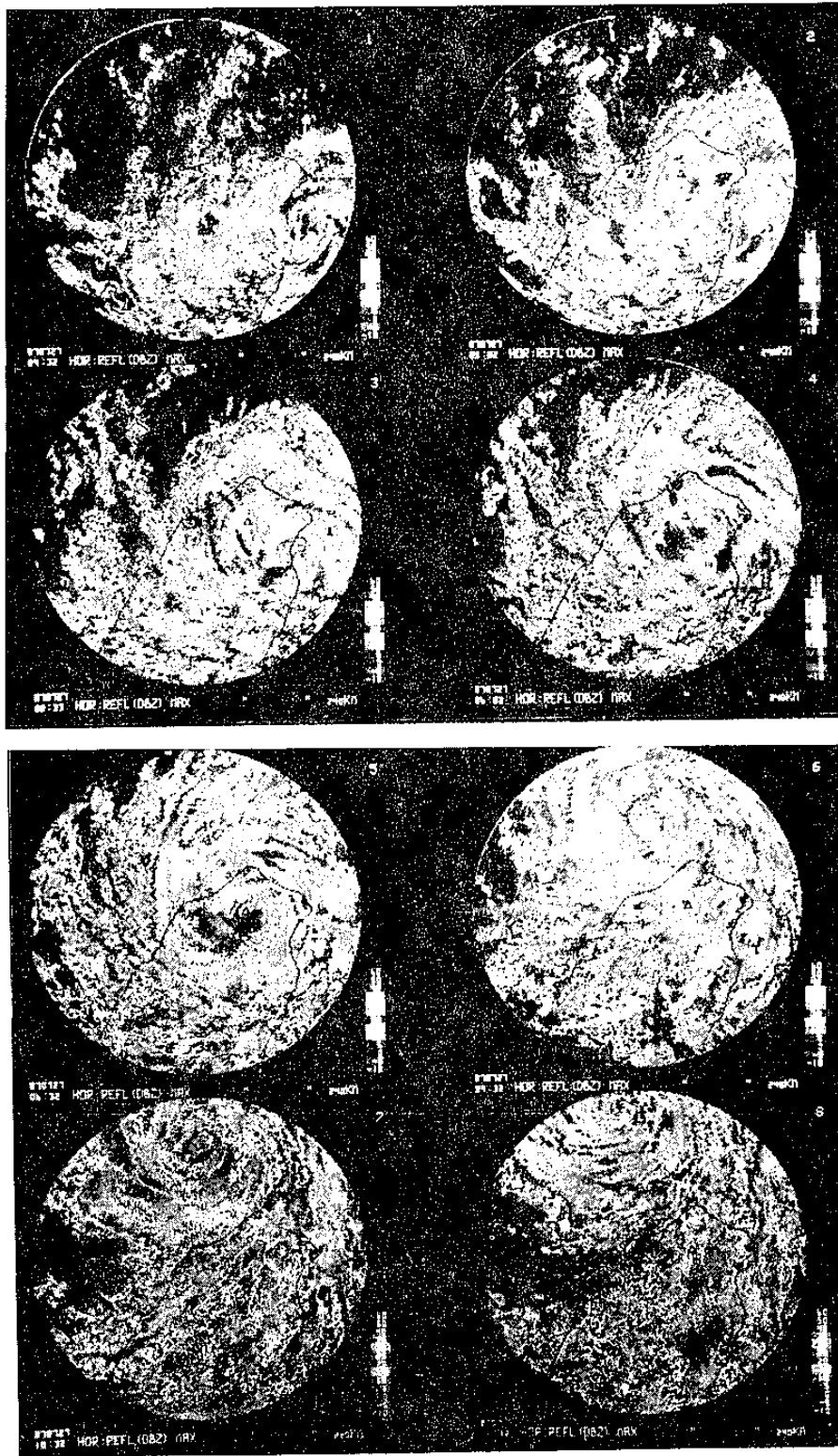
亞力士颱風侵襲台灣北部地區階段，強度達中度颱風風力，其環流完整並有明顯颱風眼時，容易定出中心位置（見圖一）落於綠色弱回波區域內之

氣旋式渦流中心；中心登陸北部地區後，受地形破壞作用以及垂直結構發生傾斜現象，雷達回波圖顯示颱風中心位置較難辨認〔見圖一(4)，一(5)〕時，另配合同時間雷達風場分佈圖（見圖二）之零值等風速線（Zero isodop）和最大正、負等風速線徑向核心位置（詳見後述風場分析），即能精確定出颱風中心位置。

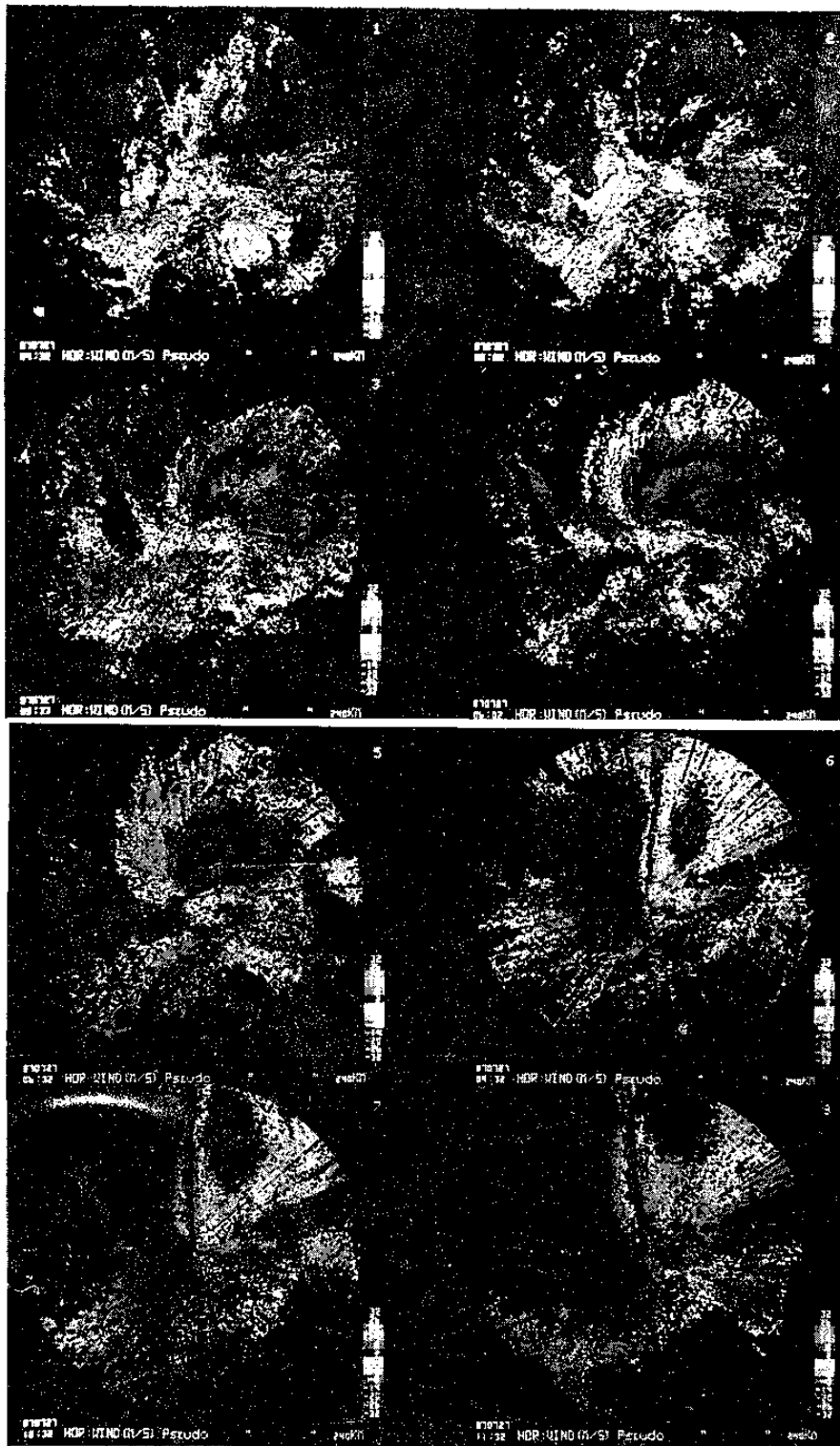
圖三表示用上述方法定位所得颱風路徑圖，其中大、小兩圓圈分別代表非都卜勒掃瞄及都卜勒掃瞄範圍。亞力士颱風自 7 月 27 日早上 4 點鐘以後，中心已進入都卜勒掃瞄範圍，至當天中午 11 點 32 分鐘離開該掃瞄區域，本文即選取此段期間作都卜勒雷達回波之分析。詳細定位、路徑以及地面最大風速與 34 KT 暴風半徑等如表三所示，顯然颱風中心登陸後地面最大風速立即減弱（270533 L），移動方向與 34 KT 暴風半徑則在中心越過中央山脈以後（270632 L）有明顯的改變（暴風半徑減小，移向偏西），當颱風中心離開陸地重移入海後暴風半徑復增大，移向亦復續北偏；至於移動速度之變化則較為複雜，概言之，海面上移速穩定，陸地上變化多，除越過中央山脈時加速外，餘皆較海面上為慢。

#### (二) 回波結構分佈

圖一和圖二回波分析亦可見亞力士颱風未登陸前其眼清晰並且略呈橢圓狀，長軸約 35 公里，短軸約 18 公里；登陸時受地形破壞而呈不規則或新月形，其後繼續被破壞而縮小其範圍，待復出海後颱風眼重新擴大轉呈圓形。垂直向分析顯示 270400 L 時颱風眼由地面至 3.5 公里呈垂直結構，而 5.5 公里高度（約 500 MB）回波顯示環流中心偏移西北方約 13 公里（圖四），此種現象維持至 270602 L 以後約移至台北盆地上空後恢復垂直發展狀態（圖四、五）。當颱風眼垂直向呈傾斜時，5.5 公里高度環流中心一直為地面中心移向的指標，似乎是該颱風的主要駛流層（Steering level）。回波強度顯示，亞力士颱風環流中心附近最強回波值介於 40 dBz 至 45 dBz 之間，出現於 5.5 公里以下高度（圖六），由圖六(4)垂直剖面分佈顯示 5.5 公里處為明顯的亮帶（Bright band，即 0°C 線高度



圖一、1987年 7月27日都卜勒作業狀態水平最大回波強度圖，單位為DBZ，(1) 0432L, (2) 0502L, (3) 0533L, (4) 0602L, (5) 0632L, (6) 0932L, (7) 1032L, (8) 1132L。



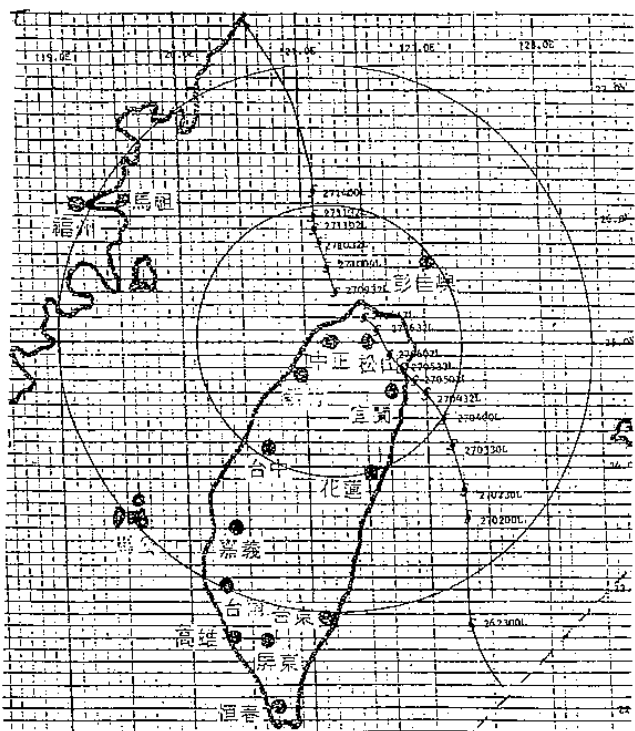
圖二、1987年 7月27日都卜勒作業狀態 500公尺(Pseudo)高度水平風場分佈，單位為米/秒，(1) 0432L, (2) 0502L, (3) 0533L, (4) 0602L, (5) 0632L, (6) 0932L, (7) 1032L, (8) 1132L。

), 當颱風中心位於海面時此最強對流回波約位於颱風移向之前方, 而颱風環流受地形影響後, 移向與對流發展即不一致, 並轉為向長軸方向移動〔圖六(1)〕, 此時颱風環流內對流性回波範圍縮小並減弱, 層狀回波則增加〔見圖六(2)〕, 台北南南西方部分地區性對流發展乃受地形抬升影響的結果(配合風場分析可證明)。

#### 四、風場分析

##### (一) 颱風環流

颱風環流係屬於渦旋風場, 由都卜勒氣象雷達觀測理想颱風風場結構為形成二個正、負等風速線(Isodop)之半圓形狀, 二者間並以與雷達徑向平行的零值等風速線分隔, 颱風中心即位於此分隔線上如圖七表示模擬標準都卜勒氣象雷達觀測之渦旋風場(Brown & Wood, 1982)分佈, 比較圖二所觀測到亞力士颱風500公尺高度風場分佈, 顯示以藍色為主之冷色系(表示吹向雷達徑向風速)之負的等風速線區與紅色為主之暖色系(表示吹離雷達徑向風速)之正的等風速線區的二個半圓, 中間以白色之零值等風速線隔離(表示垂直雷達波束之風向)。雖然雷達徑向風速無法充分代表實際風速, 但若風向與雷達波束方向平行則雷達所測得最大徑向風速即為實際最大風速; 颱風具有旋轉式移動之渦旋風場特性氣流, 因此所顯示之最大徑向風速可避免對實際最大風速造成過於低估之情況另外中正機場都卜勒氣象雷達最大可測風速為 $\pm 48\text{m/s}^*$ , 而亞力士颱風於登陸前後在都卜勒掃描範圍內中心最大風速測得皆未超過 $45\text{m/s}$ , 且多集中於颱風移行路徑之右前方象限內之半圓型徑向風區, 因此雷達所觀測之風場資料十分正確, 最大徑向風速亦十分接近實際最大風速。( \* 中正機場都卜勒氣象雷達最大可測風速可由 $V_{\max} = \pm PRF \times \lambda / 4$ 得出, 其中PRF為Pulse repetition frequency,  $\lambda$ 為波長。因該雷達具有兩種PRF, 故最大可測風速增加至 $\pm 48\text{m/s}$ 。)圖二表示亞力士颱風登陸台灣北部及前後短時間內, 時間序列之500公尺高度水平徑向風速分佈, 顯然颱風中心於登陸前與登陸後, 正負半圓形等風速線非常不對稱, 在颱風移向右方半圓形涵蓋範圍大於左方〔圖二(3) - 圖二(5)〕。中心附近500公尺高度最大風速於登陸後減弱了25-35KT, 平行雷達波束方向34KT徑向風速範圍亦縮小約10-15公里(表三)。當颱風中心離開陸地重移入台灣海峽北部時, 風場分佈轉為較均勻, 其正、負徑向強風區也恢復相當對稱的狀態, 中心附近500公尺高度最大風速增強

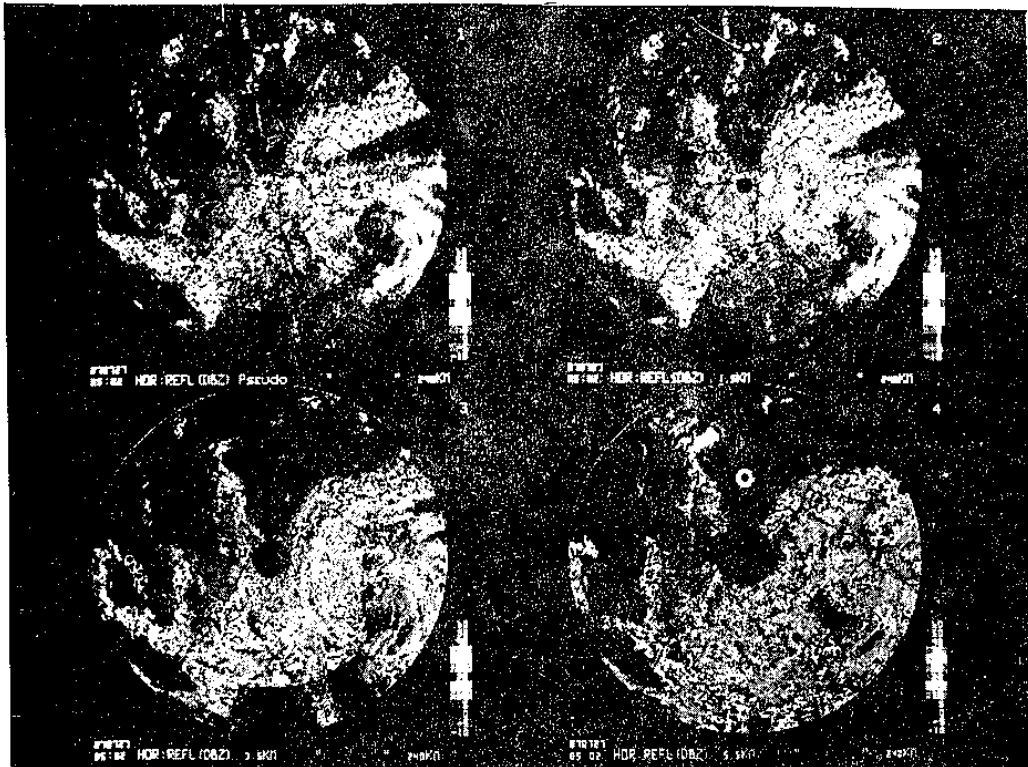


圖三 都卜勒氣象雷達定位亞力士颱風路徑圖, ●表示颱風中心位置; 內、外圓圈表示都卜勒與非都卜勒掃描之範圍。

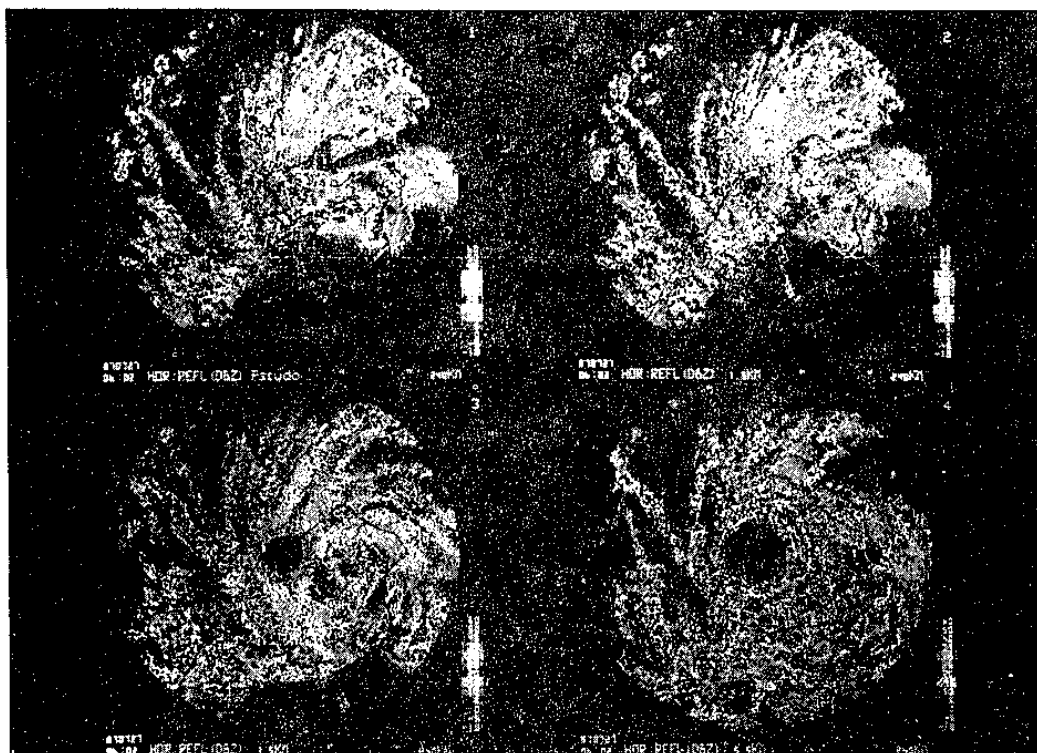
表三 亞力士颱風中正國際機場都卜勒氣象雷達定位表

日期	時間	中	置	地面最大	34KT暴風	移動方向	移動速度
日	時:L	緯度	經度	風速(KT)	半徑(KM)	(度數)	(哩/時)
27	0432	24.6	122.0	92	45-50	320	18
27	0502	24.7	121.9	88	45-50	320	16
27	0533	24.8	121.8	71	45-50	330	11
27	0602	24.9	121.7	71	45-50	340	18
27	0632	25.1	121.6	67	35-40	310	24
27	0647	25.2	121.5	65	35-40	310	15
27	0932	25.4	121.3	70	45-50		
27	1004	25.6	121.2	76	50-55	350	15
27	1032	25.8	121.2	78	50-55	350	16
27	1102	25.9	121.1	76	55-60	350	16
27	1132	26.0	121.1	76	55-60	350	14

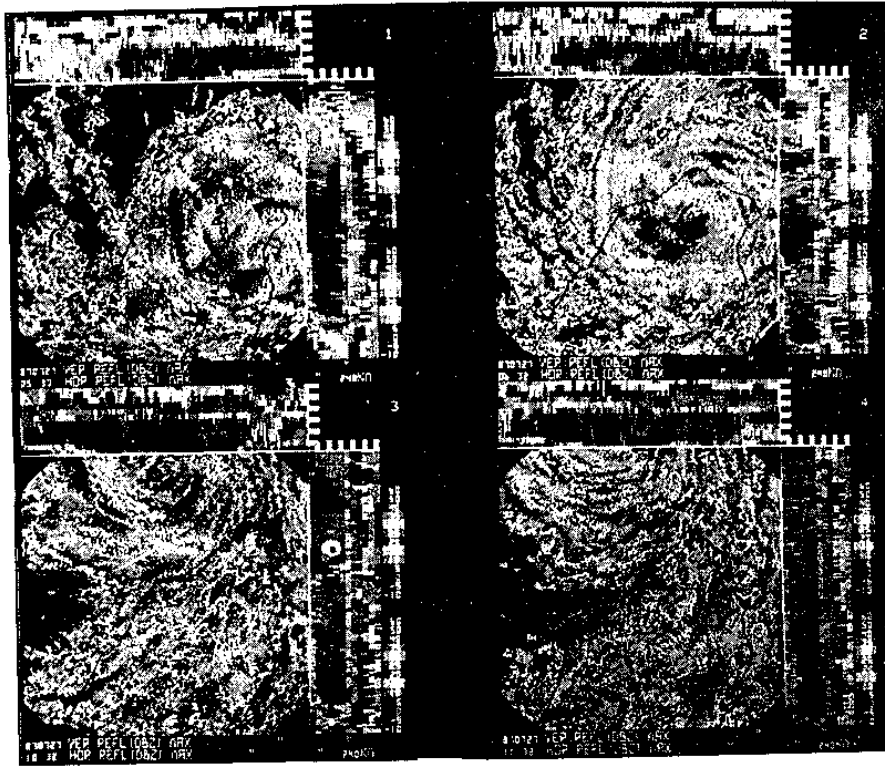
【註】本表值列都卜勒掃描範圍內之資料



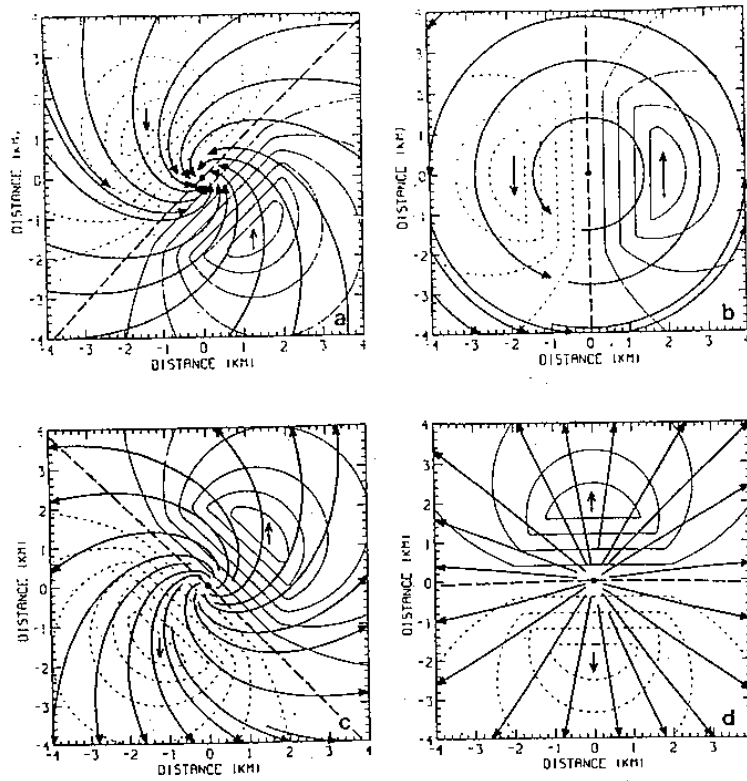
圖四、1987年 7月27日0502L都卜勒作業狀態各高度之水平回波強度分佈，單位為 DBZ，(1) 500公尺 (Pseudo)，(2) 1.5公里，(3) 3.5公里，(4) 5.5公里。



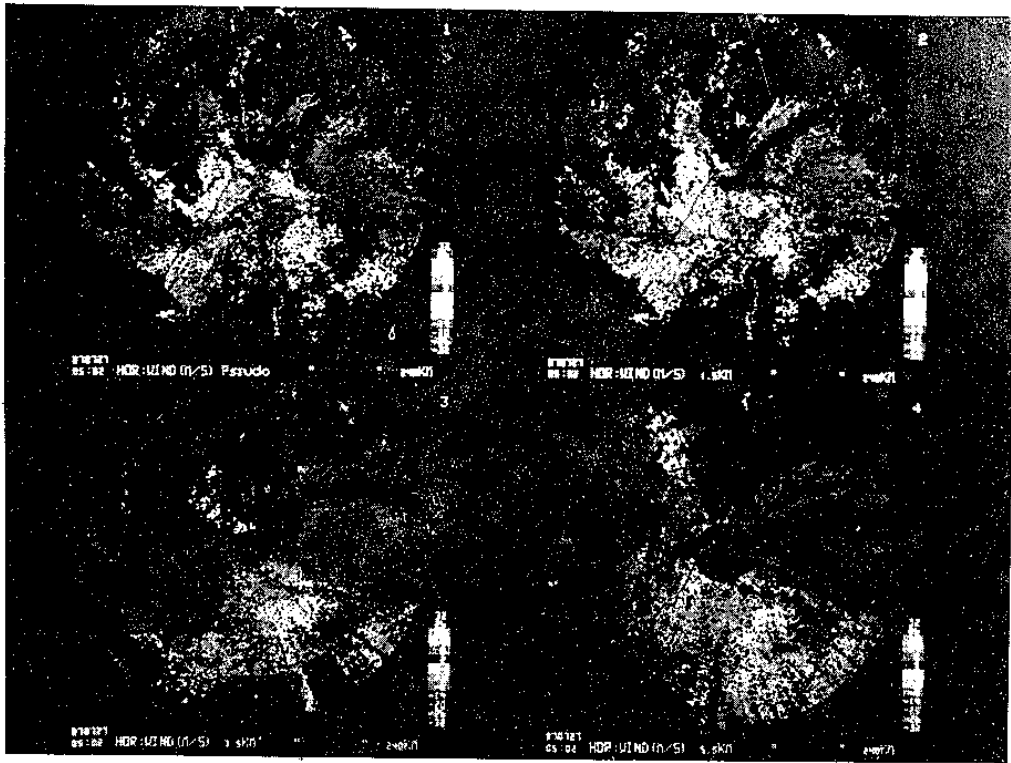
圖五、1987年 7月27日0602L都卜勒作業狀態各高度之水平回波強度分佈，單位為 DBZ，(1) 500公尺 (Pseudo)，(2) 1.5公里，(3) 3.5公里，(4) 5.5公里。



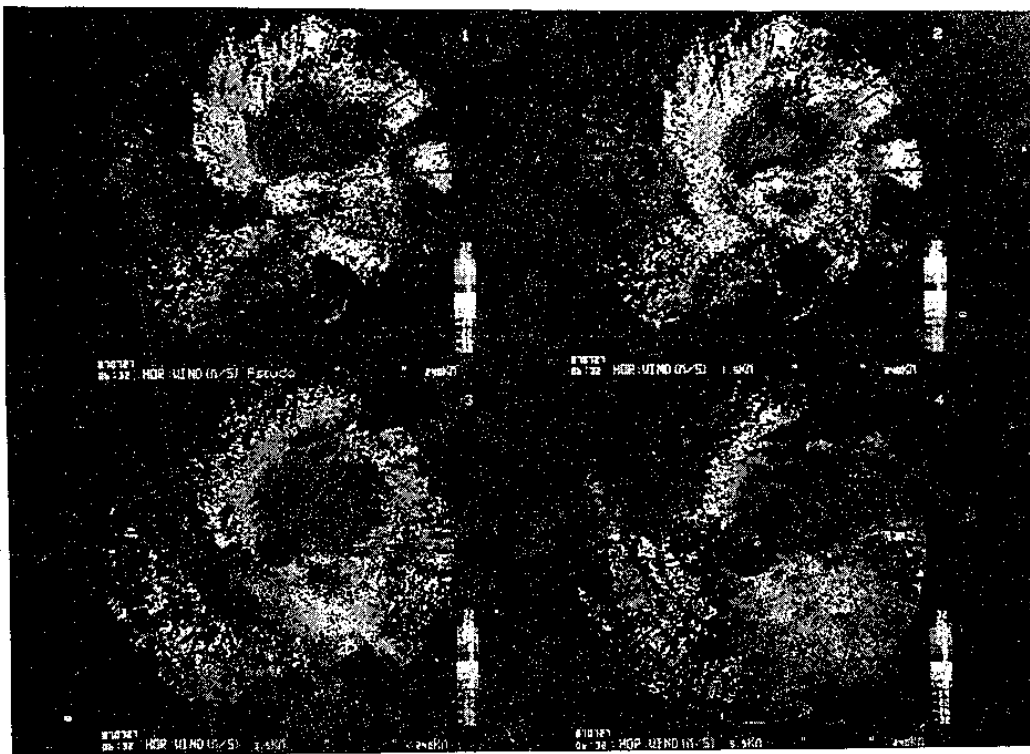
圖六、1987年 7月27日都卜勒作業狀態水平最大回波強度及東西、南北向垂直剖面回波強度分佈，單位為DBZ，(1) 0533L，(2) 0632L，(3) 1032L，(4) 1132L。



圖七、模擬渦旋徑向風速分佈圖。



圖八、1987年 7月27日0502L水平徑向風場分佈，單位公尺 / 秒，(1) 500公尺 (2) 1.5公里，(3) 3.5公里，(4) 5.5公里。



圖九、1987年 7月27日0632L水平徑向風場分佈，單位公尺 / 秒，(1) 500公尺 (2) 1.5公里，(3) 3.5公里，(4) 5.5公里。



10-15 KT，以及 34 KT 徑向風速範圍亦增大了 15--20 公里之量。

垂直向各高度徑向風場分佈（圖八、圖九）顯示，上述之變化於 1.5 公里和 3.5 公里高度，有類似情形，而 5.5 公里及以上受陸地影響之變化已不顯著。

#### (二)副低壓

當亞力士颱風由台灣東南部海面上向西北移行到台灣東部近海時，於 27 日 0132 L 在台灣西北部近岸處發展出氣旋形風場（圖八、圖九），其水平範圍約僅數十公里，垂直發展平均約達 3.5 公里（最高可達 5.5 公里，但甚弱），最強風速值皆出現於 1.5 公里（850 mb）以下，顯著水平輻合氣流亦皆發生於 3.5 公里（700 mb）以下。此副低壓於亞力士颱風由西北方向轉為偏北方向移行出海後，即減弱消失而併入西南氣流中，共計約生存了 6 小時。事實上於 26 日 2200 L，颱風中心位於恆春東方外海向西逐漸移近台灣時，即於西北部陸上出現氣旋式環流，至當日 2332 L 時，亞力士轉為西北移行時，副低壓減弱消失。不論前者或後者副低壓之生命期內，其中心位置幾乎為滯留狀態，沒有顯著位移亦未取代越山的颱風。

### 五、結論

本文主要目的在討論如何利用單一都卜勒氣象雷達於亞力士颱風侵台期間登陸階段前後作業的即時觀測（Real time observation）與分析方法之初步研究，希望再進一步詳細分析數據資料，求得動力結構，印證已經被發現之結果或進一步了解更詳細的變化，提供侵台颱風短時預報（Nowcasting）作業的參考。由連續的都卜勒雷達觀測資料初步分析，可綜合下述幾點：

(一)亞力士颱風登陸時受高聳的中央山脈影響至鉅，例如颱風眼迅速縮小至幾乎不可辨認，垂直結構出現傾斜，地表中心與 500 mb 中心相距約 13 公里，最大徑向風速顯著減弱且正、負區不對稱，颱風中心越山爬坡移速減慢，降坡時移速增快，以及徑向風速之 34 KT 半徑受陸地影響顯著減小等。

(二)配合雷達回波強度與徑向風速觀測，可以相

當正確地定出颱風中心位置，誤差 0.1 緯度內。

(三)500 mb 氣流場未顯著受地形影響，似為導引颱風越山之主要駛流層（Steering level）。

(四)登陸前及出海後（即颱風中心位於海面上），颱風移向對流發展旺盛處；登陸後則移向長軸方向。

(五)雷達觀測積狀雲及層狀雲比例改變，與颱風強度變化有密切關係，當層狀雲比例增加時，颱風強度減弱。

(六)副低壓發生於背風區之新竹縣，其發展高度平均達 3.5 公里，最大水平輻合則在 1.5 公里以下，未能取代越山之颱風，且颱風出海後併入西南氣流中消失。

(七)颱風最大徑向風速皆發生於移行路徑之右前方，登陸前後差異為 30%~35%，34KT 徑向風速半徑範圍差異則為 20%~25%。

### 六、參考文獻

- 陳台琦、曾憲瓊，1987：都卜勒雷達對台灣地區降水系統內部風場研究，第一部份：風場型辨認之模擬，國科會專題研究報告 NSC75-0202-M-008-23
- Aoyagi J., 1983: Wind Measurements by a Doppler Radar. 21st conference on radar meteorology, Amer. Meteor. Soci., 536-541.
- Batton J. L., 1973: Radar observation of the Atmosphere. University of Chicago press Chicago and London, 88-97.
- Brown. R, and T. Wood, 1982: Single Doppler Velocity Signatures as Indicators of Storm Severity. Proceedings of the NEXRAD Doppler Radar Symposium/Workshop. 164-183.
- Dahlstrom, B., 1988: SMHI PROMIS Annual Report. Swedish Meteor. and Hydro. Inst. Nr. 7, 25pp.
- Doviak J. R., and D. S. Zrnic, 1984: Doppler

Radar and Weather Observations, Academic  
press, INC. 317-319.

Mark D. F., Jr.; 1981: Evolution of the Struc-  
ture of Precipitating Convection in Hur-  
ricane ALLEN. 20th confereuce on radar  
meteorology, Amer. Meteor. Soci., 720-  
725.

Snythe R. G., 1980: The retrieval of mesoscale

horizontal winds using a single doppler radar.  
19th confereuce on radar meteorology, Amer.  
Meteor. Soci., 250-255.

Tatehira R., and H. Itakura, 1966: Radar Obser-  
vation of Typhoon LUCY by Mt. Fuji Radar.  
12th conference on Radar Meteorology.  
Amer. Meteor. Soci., 432-435.

## **A Preliminary Study of a Single Doppler Radar Data to**

### **Interpret Typhoon Alex Structure**

**Chin-Wan Lee      Chien-Sheng Yang      Kuo-Pin Lin**

**Air Navigation and Weather Services, Taipei Meteorological Center  
C.K.S. Weather Station**

#### **ABSTRACT**

This study was a preliminary analysis of a single Doppler radar data to interpret the characteri-  
stics of typhoon Alex when it landed over northern Taiwan on July, 27, 1987. The Central Mountain  
Range acted a main role on horizontal destroying, vertical tilling, and inducing a low pressure circula-  
tion below 500mb level. Flow pattern on 500mb might be the steering level which led the movement of  
typhoon Alex ignoring the apperance of mountain range.