

梅雨季節飈線個案之雷達觀測與分析

王少華

陳炎宏

中央氣象局高雄氣象雷達站

摘 要

在梅雨鋒面之中尺度對流系統(M.C.S)中，從雷達螢光幕中來實際探測分析研討飈線之形狀、成因、行進方向、速度等，所造成之地面強風，好讓氣象同仁對飈線加深認識，做為強風預報之應用。

一、前言

1988年梅雨鋒面中台灣地區最顯著的，就是五月廿二日台灣南部的地面強風。根據民國七十七年五月二十四日中國時報報導：一龍捲風聲勢驚人，吹倒市招鐵架砸傷婦人腹部，連根拔起大樹，十年來罕見，屏東縣佳冬鄉六根村佳和路一帶，廿二日晚上九時十分許突遭龍捲風侵襲，造成一人受傷，商店招牌、鐵架柵等受損，大樹連根拔起。據佳冬鄉民賴順香說：廿二日晚上九時十分許，突然在他的屋前發生龍捲風，以他家前為中心即時強勁的風吹起，高約三丈，方圓二公里均有感覺，約三分鐘就不見蹤影。

在龍捲風短短三分鐘的侵襲下賴順香家裡損失最大，茶葉店的招牌吹到廿公尺以外，屋前一棵樹木連根拔起。鐵架遮陽柵的鐵柱及水泥塊也由地下被捲起離地面約三、四台寸，二樓玻璃多塊破碎，在走廊下的一輛舊機車也被吹倒斷成二截，其妻陳庚妹（五十七歲），當時也在屋前鐵架柵下，被飛起的異物擊中手肘、腹部成傷，經送醫治療。他說：此一龍捲風是數十年來所僅見。

另外，佳和路五十七號起四棟房屋前的鐵架遮陽柵上的鐵皮浪板均被吹得變形，鐵架也被吹彎。招牌吹損，分駐所後面的一棵椰子樹也被吹倒。

龍捲風的發生顯然是由飈線所帶來的。

今就梅雨鋒面中之飈線、及其所產生之地面強風，加以分析以利預報參考應用。

二、資料分析與討論

(A)地面圖與高空圖分析

民國77年5月22日8時(00UTC)及20時(12UTC)地面天氣圖(如圖1.2)顯示：低氣壓995毫巴，在北緯31度，東經129度，即在日本九州西方海面向東北東移動，時速30公里。鋒面由此中心向西南延伸，經台灣北部海面及廣東省至廣西省。高氣壓1012毫巴，在北緯30度，東經112度，即在湖北省向東移動，時速25公里。同時氣象雷達資料顯示，目前在台灣海峽有強烈降水回波，正向台灣地區移近。

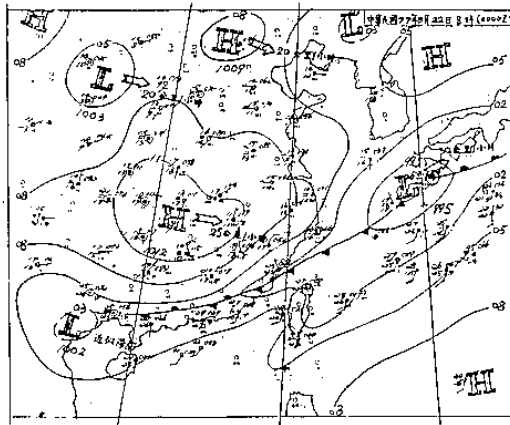


圖 1 77年 5 月 22 日 8 時 (00UTC) 地面天氣圖

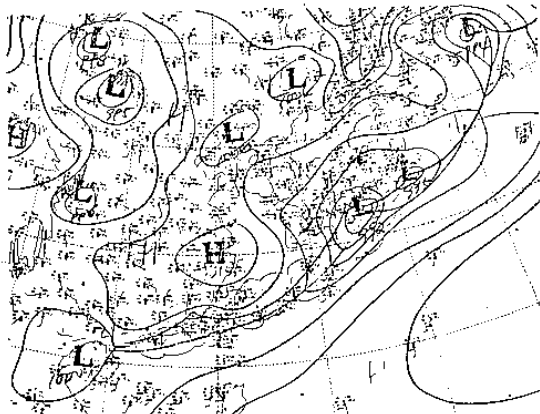


圖 2 77年 5 月 22 日 20 時 (12UTC) 地面天氣圖

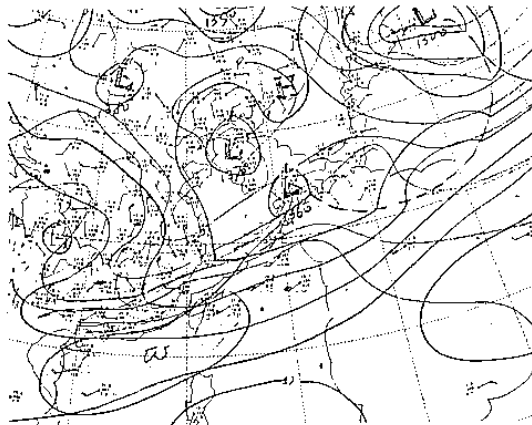


圖 3 77年 5 月 22 日 8 時 (00UTC) 850mb 高空圖

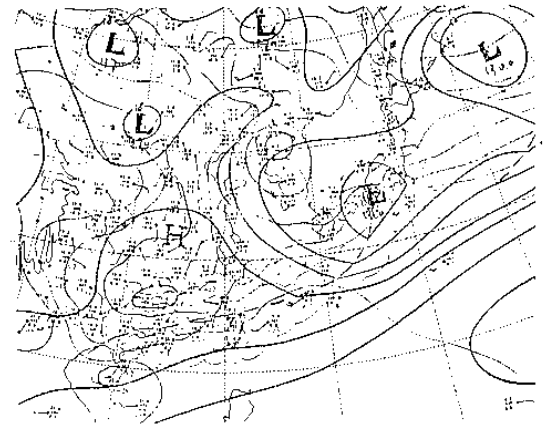


圖 4 77年 5 月 22 日 20 時 (12UTC) 850mb 高空圖

850m 低層噴射氣流之 (如圖 3 、 4) 30 ~ 45 K T S 最大風速線，位於廣西廣東經台灣北部至台灣東北方沿海，呈現東北東至西南西向軸線，形成強烈之輻合，而氣流來自南海有豐沛之降水，台灣地區處於暖區，西南氣流方向，具有明顯的暖平流，有利對流的發展。

由 700mb 高空圖 (如圖 5 、 6) 顯示：噴射氣流軸中心位於北緯 24 度處，即在華南上空，廈門風速為 30KTS，內陸為 45 K T S，而台灣區為 40 K T S，台灣東北方沿海為 45 ~ 50 K T S，顯示有強烈之輻合現象。

在中國大陸 (北緯 30 ~ 40 度一帶) 之最大風速 30 ~ 40 K T S，較 850mb 者大一倍，有相當之經向風切。由 850mb 之暖平流及 700mb 之冷平流將造成台灣西南部地區空氣更不穩定。

由北半球 500mb 高空圖 (如圖 7)。可看出深槽接近台灣，有上升運動及垂直風變，使波動易變不穩定。

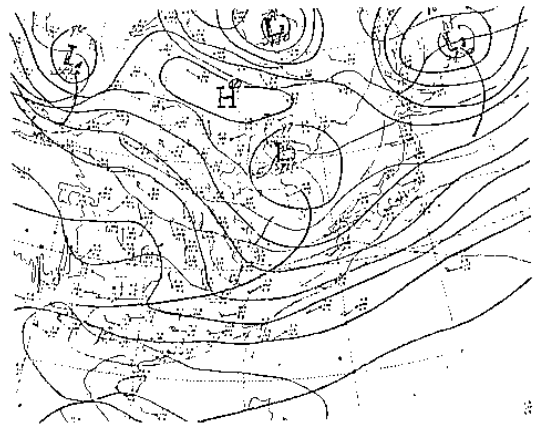


圖 5 77年 5 月 22 日 8 時 (00UTC) 700mb 高空圖

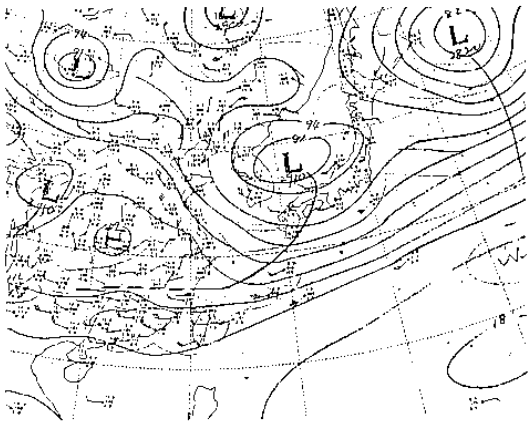


圖 6 77年5月22日20時(12UTC)700mb 高空圖

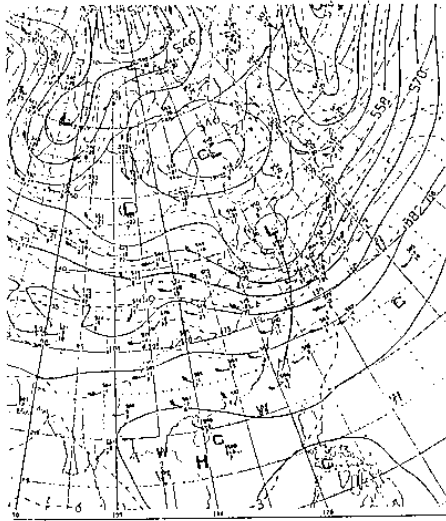


圖 7 77年5月22日20時(12UTC)北半球500mb高空圖
(B)輔助圖分析

由表 1，可看出颱風線由於移動速度快，降雨量很少，而所帶來的強烈風變如高雄氣象站自記記錄(圖 8、9、10)。由圖中可看出在77年5月22日20時30分高雄發生風變，風向由南南西風(S S W)轉為西風(W)。瞬間風速高達 14.0m/s 屬於七級風(如圖 8)。

由氣壓自記記錄，亦可看出當颱風線移至高雄附近，氣壓明顯上升，最大上升 4~5 mb，顯示颱風線後方存在一明顯中尺度高壓。

而氣溫、濕度方面則顯示：5月22日20時高雄氣溫為 29.5℃，至20時30分下降為 28.3℃。濕度20時為89%，20時30分昇為91% (如圖 10)。

降雨量 時間	地名		
	台 南	高 雄	恒 春
1	—	—	—
2	—	—	—
3	1.4	—	—
4	—	6.3	—
5	—	—	—
6	—	—	—
7	—	3.7	—
8	—	—	—
9	—	—	—
10	0.2	1.0	1.5
11	0.4	—	—
12	T	—	—
13	—	—	—
14	—	—	—
15	—	—	—
16	1.8	0.1	—
17	—	0.4	—
18	0.2	—	2.6
19	3.1	—	—
20	0.3	—	—
21	2.2	—	—
22	T	—	6.5
23	—	0.1	—
24	—	0.2	—
合 計	9.6	11.8	10.6

表 1 77年5月22日台灣南部地區降雨量統計表

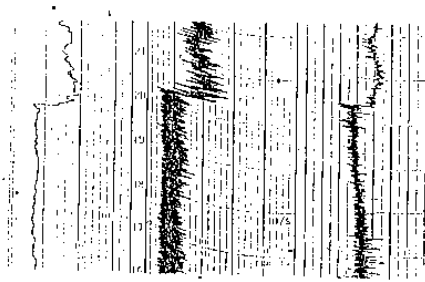


圖 8 77年5月22日高雄氣象站風向風速自記記錄

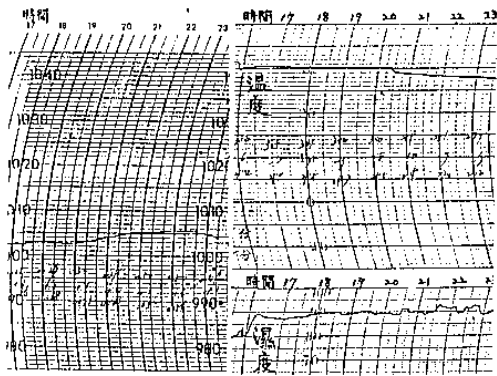


圖9 77年5月22日高雄氣象站氣壓自記記錄

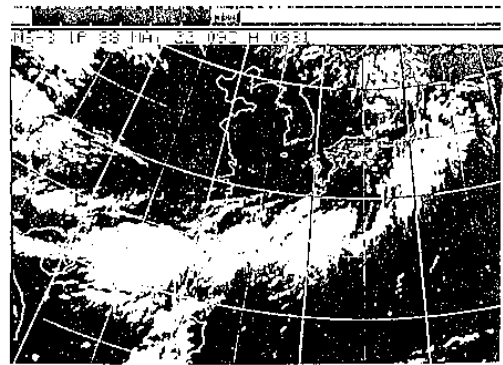


圖10 77年5月22日高雄氣象站溫濕度儀自記記錄

又由東港探空資料(如圖11)分析,在颶線來臨前大氣存在明顯不穩定度(K指數=41,總指數=44)且中下層大氣近乎飽和,極有利於颶線的發展,此可由後面章節的雷達回波分析來印證。

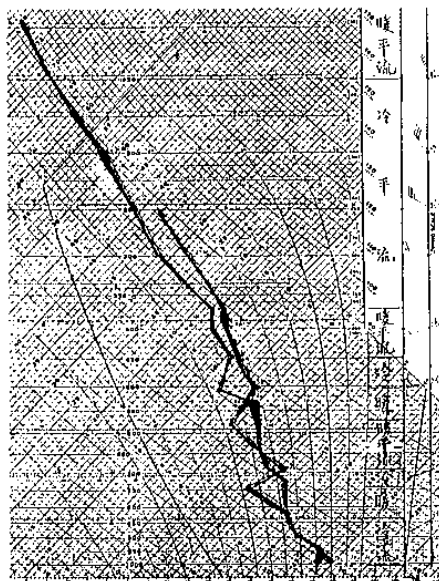


圖11 77年5月22日20時(12UTC)東港探空斜溫圖(C)雲系分析

由氣象衛星雲圖分析(如圖12、13、14)顯示,整條梅雨鋒面帶從日本東南方海面向西南延伸經台灣至海南島,台灣地區均被雲層所覆蓋,在鋒面帶上有一些明顯MCS存在,颶線有豐沛降水及雷雨發生。

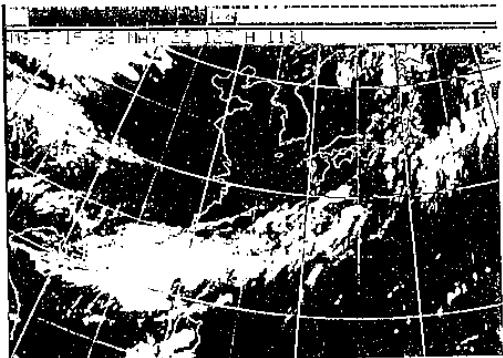


圖12 77年5月22日09UTC氣象衛星雲圖

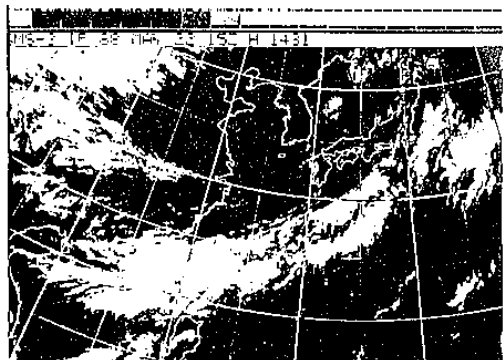


圖13 77年5月22日12UTC氣象衛星雲圖

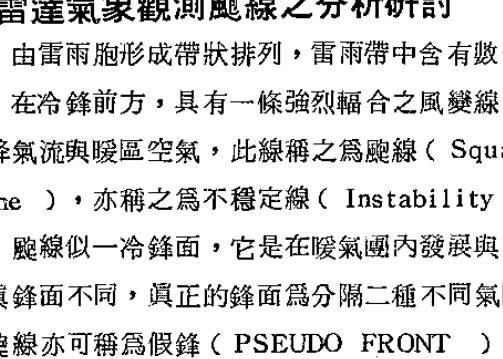
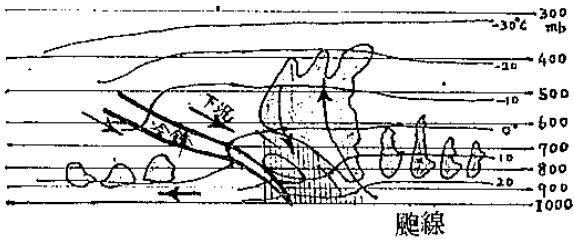


圖14 77年5月22日15UTC氣象衛星雲圖

三、雷達氣象觀測颶線之分析研討

由雷雨胞形成帶狀排列,雷雨帶中含有數個雷雨羣,在冷鋒前方,具有一條強烈輻合之風變線,引起下降氣流與暖區空氣,此線稱之為颶線(Squall Line),亦稱之為不穩定線(Instability Line)

颶線似一冷鋒面,它是在暖氣團內發展與移動,與真鋒面不同,真正的鋒面為分隔二種不同氣團之面,颶線亦可稱為假鋒(PSEUDO FRONT),由下降氣流中之降雨所冷却之空氣所生成的。(如圖15)



有雷雨之強大冷鋒之剖面
下降氣流沿鋒面下滑

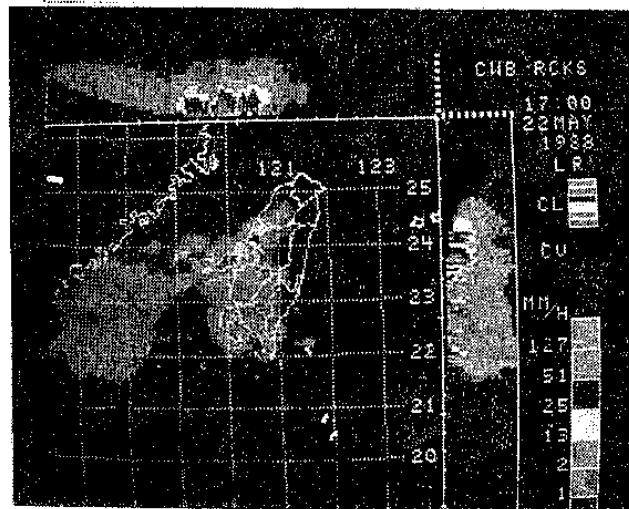
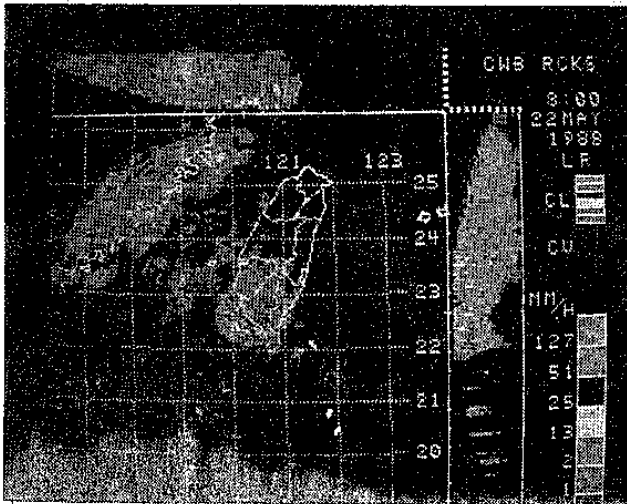
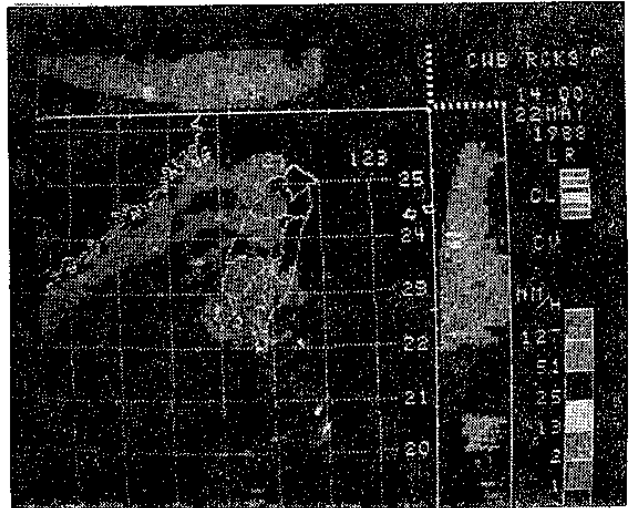
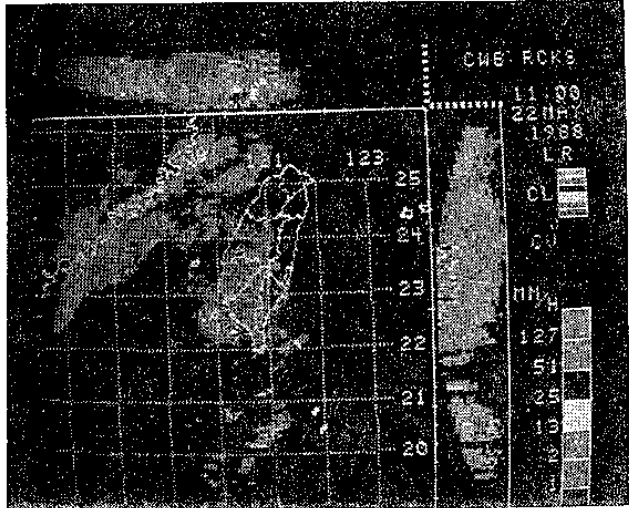
圖 15 飆線之剖面圖

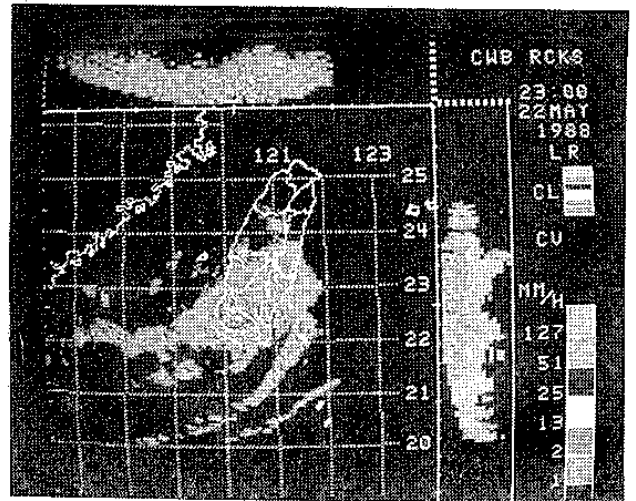
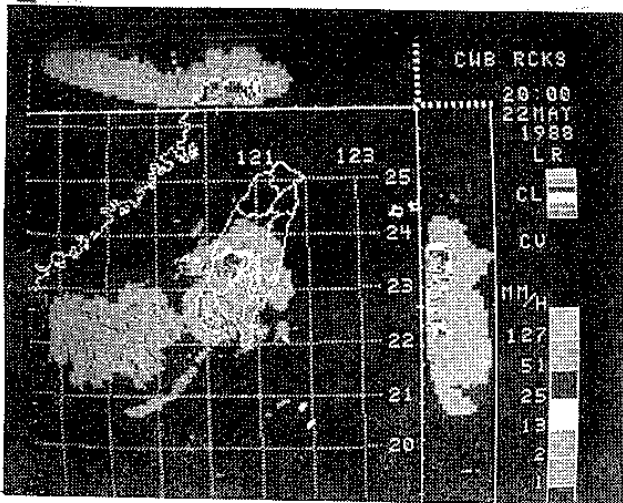
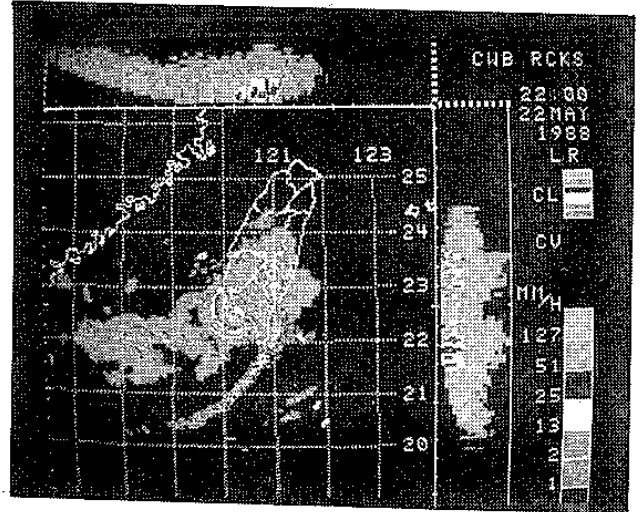
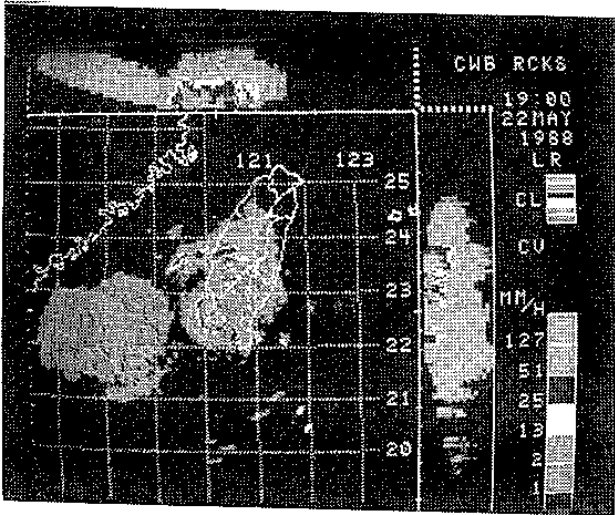
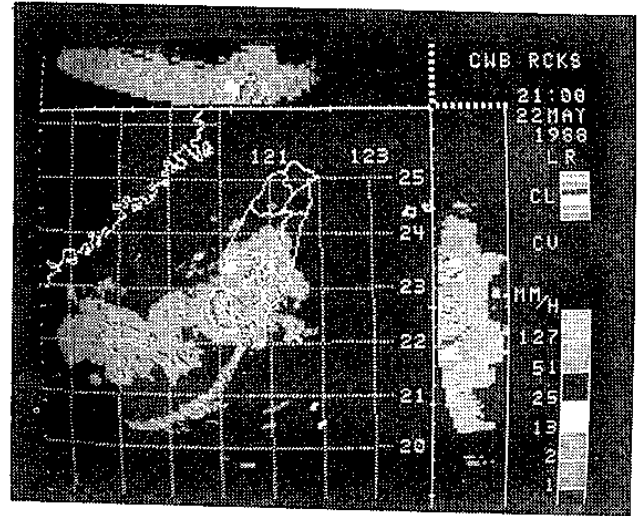
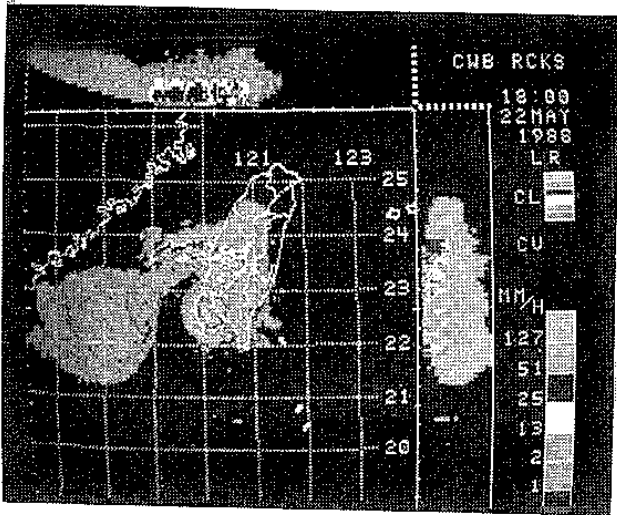
- (1) 顯著的飆線生成於暖區內，溫暖潮濕空氣內之低空輻合。
- (2) 飆線生成於對流性不穩定氣團內，有低空暖平流，高空中性平流及輕微冷平流。
- (3) 顯著的飆線常伴有強烈雷雨，強烈陣風、大雨、雹、有時亦有龍捲風發生。

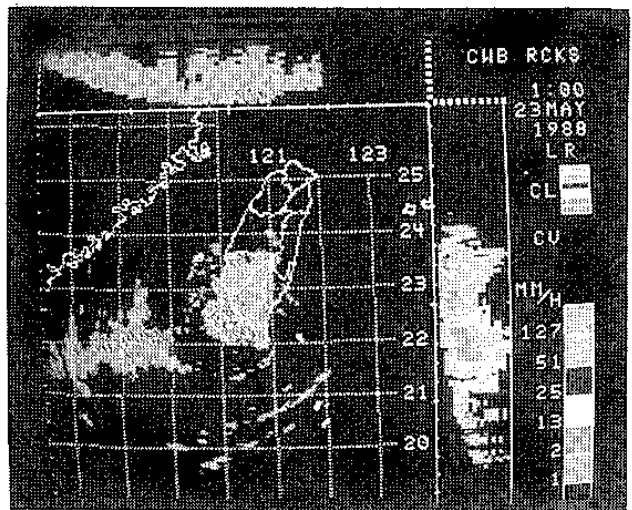
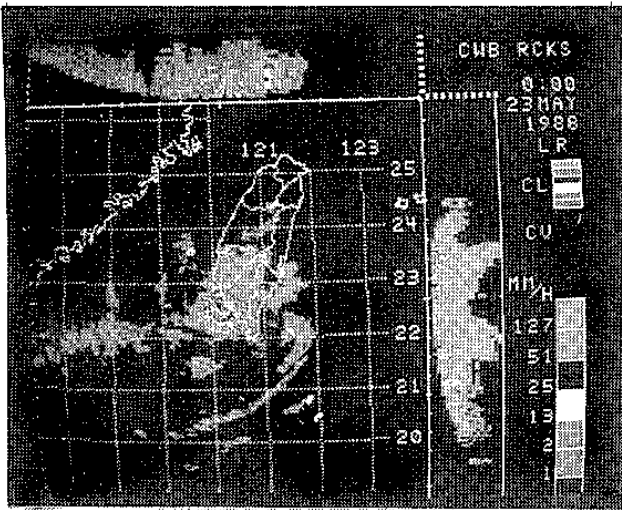
我們利用氣象雷達探測飆線是非常有效果的，因為在天氣圖分析上可能會對於飆線忽略其存在，或是發現得太遲，但是在雷達 P P I 電幕中，強烈飆線是最有趣，較特別的天氣現象中之一種。

茲將雷達氣象觀測之照片列出

(自 1988 年 5 月 22 日 8 時至 5 月 23 日 1 時共 12 張)







1988.5.22. (8時、11時、14時、17時、18時、19時、20時、21時、22時、23時) 23日(0時、1時)

高雄氣象雷達站探測鋒面及颱風線資料照片

如22日18時之照片資料，先由直徑250公里以上之大型對流性回波(大型回波)之東南方，也就是該大型回波進行移動之右邊，開始生成新的對流小細胞(cell)，再由細胞群組成形成帶狀回波(颱風線)，逐漸向110度方向、時速25KTS快速移動，於22日20時30分颱風線接近高雄時即產生風變，由南南西轉為西風，風力達14.0m/s屬於七級風(如圖8)。至22日21時颱風線接近屏東縣佳冬時，即發生劇烈風變造成災害，該颱風線係屬於帶型颱風線回波的移動，共持續了七、八

小時之久(如雷達照片)。

雷達照片上之海面回波(sea clutter)其範圍達80公里左右，回波強度55db左右為第六層次回波，是海面反射所產生的，容易與降水回波發生困擾，但是在觀測時把天線仰角抬高+3.0度左右時，電幕上之海面回波及碎屑回波(Chalf Angel)即可消失，而有利於降水回波的顯示。

并附雷達觀測資料表一張，以資利用參考。(如表2)。

表2 中華民國77年5月高雄氣象雷達站雷達氣象觀測資料表

日期	觀測時間	回波最大強度	回波特性	回波變化趨勢(ae)		回波頂高度(He)	移動方向	移動速度	最強回波(特性點)								備註
				強度	面積				方位	距離	強度	高度	方位	距離	強度	高度	
YY	UTC	I e	e t			(百位公尺)	(360°)	(KTS)	360°	(公里)	(db)	(百公尺)	360°	(公里)	(db)	(百公尺)	
22	0000	4	4	不變	變大	97	90	18	323	339	24	—	335	267	21	—	受梅雨鋒面影響北部中部有大雷陣雨各地均有陣雨或豪雨請注意防範。
									332	129	21	75	071	93	21	92	
									104	68	27	97	157	313	21	—	
22	0300	4	4	不變	不變	112	110	23	318	225	30	112	354	250	30	—	。自9:30起每30分鐘傳送一次畫面。
									284	275	27	—	8	105	30	81	
									76	85	27	89	165	170	30	103	
									168	255	30	—					
22	0600	6	4	增強	不變	129	100	25	15	150	33	112	355	190	30	93	
									305	210	33	129	285	290	30	—	
									141	210	27	117	149	275	24	—	
									163	265	24	—					
22	0900	6	4	不變	不變	186	110	25	331	125	42	186	320	170	36	128	
									354	150	36	121	8	185	36	174	

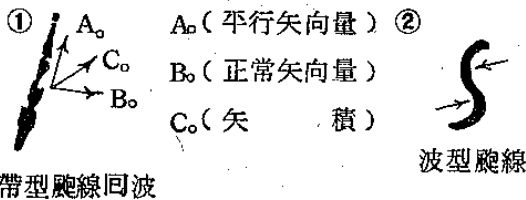
22	1200	6	4	不變	不變	150	100	25	1	98	36	150	214	180	30	105
									338	98	39	150	349	97	39	150
22	1500	4	4	減弱	不變	110	110	22	112	130	27	110	156	140	30	83
									162	245	27	98	260	284	27	—
22	1800	4	4	不變	不變	85	100	20	242	234	24	84	251	183	27	85
									259	160	30	84				
22	2100	4	4	不變	變大	97	不明	不明	235	180	27	85	258	70	39	81
									270	120	36	97	288	62	36	78

飆線陣風(Squally Wind)的產生是由於孤立氣團之雷雨、鋒面之雷雨及飆線之雷雨的過境所產生的，在發展成熟的雷雨中下降冷氣流所造成的。

強烈的地面風陣在雷達 P P I 電幕中可作決定，推測飆線陣風之存在準則如下：

(1)強烈地面陣風是隨著尖銳之不連續面或飆線來襲而來的。

其在雷達 P P I 電幕上所看到的形態如次：



※整體之移動須採用 C_0 為正確



(2)強烈地面陣風及其他惡劣天氣，通常出現於兩條不同方向移動之飆線交接地區。

(3)強大移動迅速的回波，常常產生每小時 40~50 哩的風陣，通常強烈而快速移動的飆線（回波強度愈強，高度愈高，形狀愈狹窄的）將會產生最強烈的地面風陣。

(4)初成熟階段的雷雨胞，及新近發展的強烈回波，將是最危險的。

(5)長條的回波繞一點迅速轉向時，會產生破壞性的強

風，這由於最大雷雨的強風陣，再加上雷雨胞在長條回波末端迅速移動所致。若是長條回波轉向緩慢時，風力就可能沒有那樣強大。

(6)冷鋒前之飆線及暖氣團雷雨，通常都附帶有強烈的風陣。

(7)鈎型及 V 型之回波亦常帶來最強烈的陣風或龍捲風再以雷達之數據化資料，作飆線內部結構分析：

雷達掃描範圍（如圖 16）其網格範圍 201×216 點，點與點間距離 4 公里（解析度 4 公里）。雷達站在 (0.0) 網格位置上，亦即是有 (*) 標示之位置，等值綫 10dBZ。為方便起見，僅切取較小範圍 (51×71) 作分析，並對不同等值綫回波給予不同強度之陰影。

5 月 22 日 10UTC 柱形向量 (CV Column Vector) 數據回波圖 (如圖 17)。在高雄西南方有一個 MCS 系統，回波強度 10~20dBZ，其前緣有一條不明顯綫狀回波 (如圖 17 中 A)。一小時後 (如圖 18)，綫狀回波移速加快，而躍進在 MCS 系統之前，似乎結構暫且破壞。接近雷達站附近之強盛海面回波裡，在雷達站西側隱有一段綫狀回波 (如圖中 B)。12UTC 回波圖之飆線已超越 MCS 系統之前 50~60 公里，此飆線中有數個正在發展的對流胞。(如圖 19)。至 20 時 30 分飆線通過高雄時產生風變。

從 13UTC 資料中 (如圖 20)，飆綫已離開高雄，並有 30dBZ 以上之綫狀回波。在圖 20 中之 C 處希特別注意，有明顯之鈎狀回波 (Hook echo)。此鈎狀回波即將靠近海岸綫，但尚未登陸。(如圖 20 之飆

線與海面回波已分開，不會有誤）。據屏東佳冬鄉民賴順香表示：龍捲風於當天晚上 9 時 10 分許發生。由高雄雷達站的回波圖顯示，此龍捲風應該是由圖 20 中之發現鈎狀回波所產生的。

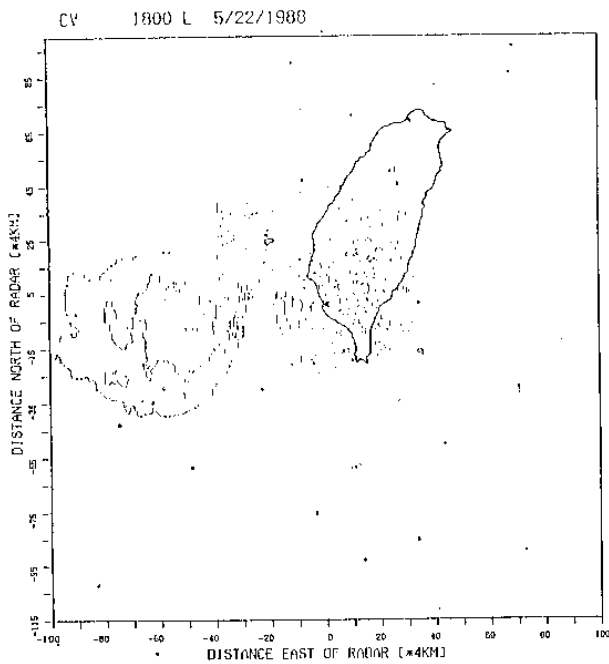


圖 16

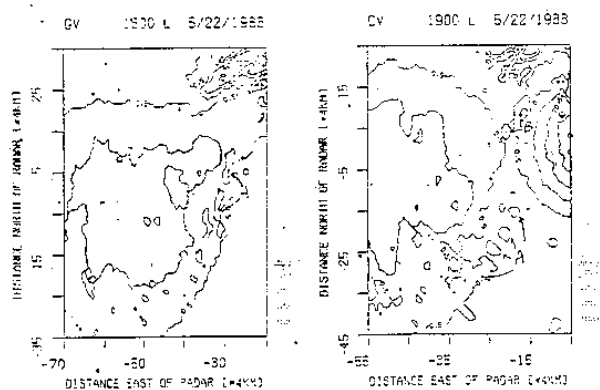


圖 17

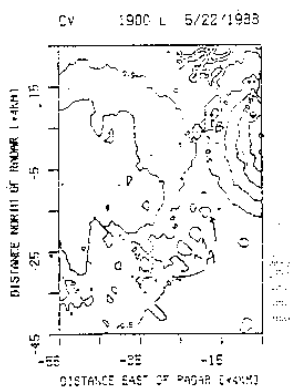


圖 18

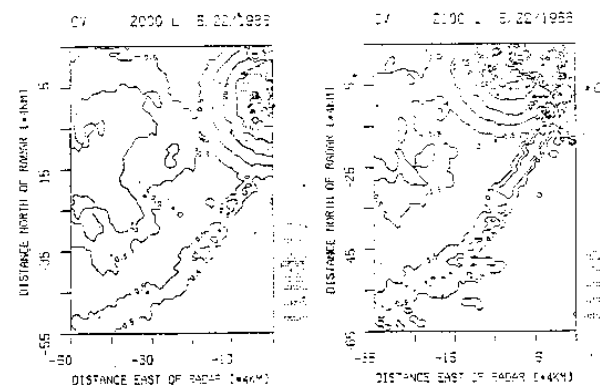


圖 19

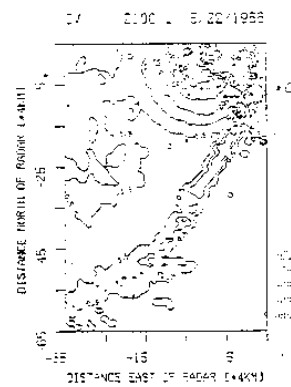


圖 20

四、結論

- (1) 1988 年的梅雨季節中，最顯著的個案即是 5 月 22 日的梅雨鋒面，在 5 月 21 日氣象局成功地預報了第二天本省中部的大雨，但是在台灣南端受到一個自海上中尺度對流系統 (MCS) 之外流邊界產生的飆線侵襲而產生了嚴重的風害，這種飆線的生成是無法以傳統的天氣資料來分析的，而雷達可提供十分良好的觀測。並且如果預報人員由螢幕上之線狀回波的形狀，成因及行進速度來判斷出是一飆線，則可有 2~3 小時之領先時間 (leading time) 即時做出強風之預報，而維護民衆的生命財產。
- (2) 由雷達數據資料分析顯示，此龍捲風發生前之鈎狀回波已被高雄雷達所掌握。可惜發生位置與海面回波相靠近，觀測員很難特別加以注意守視。由圖 20 之鈎狀回波顯示高雄雷達仍能掌握到小尺度之龍捲風發生。但是唯一可惜的是未能及時錄製垂直的 CAPPI 資料，無法對此龍捲風做更進一步的分析。

誌 謝

謝謝氣象局預報中心、資料處理科、氣象衛星中心、高雄氣象站等提供天氣圖及各種資料、並感謝中央大學陳台琦副教授、氣象科技中心丘台光博士及許皓淳先生等的指導及修改意見。

A study of squall line in 1988 Mei-Yu season from a forecaster's view

WANG SHAO HWA Chen Yen HUNG

KAOHSIUNG RADAR STATION
CENTRAL WEATHER BUREAU

Abstract

An out flow boundary squall line was closely observed from Kao-hsiung radar station on May 22, 1988. This squall line emerged from the outskirts of an open sea MCS. While the 24 hr forecasting came by forecasted the thunder storm and heavy rain at early time of that day, the strong gust associated with the squall line will be only possible to be foreseen in a few hours advance the recognition of the strong squall line and its movement from the high time resolution radar scope.

The synoptic condition, surface report, danger report, together with the radar pictures in one hour interval were illustrated to show the evolution of this squall line and its strong danger to the public.

Analysis of radar data reveals that Kaohsiung Radar Station has controlled hook echo before such tornadoes happened. As location of occurrence is close to sea return, it is hard for observer to pay attention to watch. Hook echo as shown on figure 20 indicates that Kaohsiung Radar Station can still control occurrence of small-scale tornadoes but fail to record and produce vertical CAPPI data in time. Thus, it is impossible to further analyze such tornadoes.