

台灣區域有關颱風之中小尺度暴雨之初步研究

王時鼎 王忠山

中央氣象局

(中華民國七十二年三月三日收件，三月十日訂正)

摘要

本文係以1981年有關颱風之四次中小尺度對流系統暴雨作為分析對象。發現：例一之高雄區暴雨係源於颱風侵襲前山脈背風面尾流區(wake zone)內之擾動；例二之台北區暴雨係源於Maury 輕度颱風中心之直接侵襲；例三之嘉義區暴雨似與因颱風環流後部西南氣流湧入與山風輻合造成風變線有關；而例四台東區一帶之暴雨則由於中心在巴士海峽過境颱風，迎風面氣流爬山效應之結果。此四例降雨可得下述之共同特徵：(1)均伴隨有猛烈雷暴雨。其中例一與例三雷雨區範圍最大，約達100公里之長度，時間延續數小時，屬有組織「雷雨群」之性質；(2)在修正MB色調強化紅外線衛星雲圖中，可見均為有組織之中尺度對流系統，並伴有上衝至平流層內之對流雲；(3)暴雨區一般地面風速均在15 kts以下。另外，修正MB雲圖並作與降雨量強度大小之相關研究，發現其關係均甚密切。但各個例之此項關係，則不甚相同。此外，雷達回波圖曾用例三嘉義區暴雨之研究，發現其與雨量區域分佈及與修正MB雲圖間之關係均甚一致。

一、前言

台灣區域有關颱風環流內之中小尺度暴雨為一相當特殊且為極端重要的問題。但此項問題，過去似乎並未引起應有之注意。在最近兩年中(1981, 1982)，由於局部區域颱風暴雨所造成之嚴重水災，才使此項問題之嚴重性顯露無異。最著者，例如：1981年7月19日台北水災之暴雨，同年9月3日嘉義水災之暴雨，及1982年8月12日五股、泰山水災之暴雨。其發生地區多變，暴雨時間亦甚短暫，而造成有關颱風降雨之最大預報問題。台灣區域有關中尺度系統及其降雨，近年來已引起相當注意。例如：陳、劉(1981)，許(1982)有關台灣北部冬季異常降雨研究；謝、胡(1982)，陳、紀、謝(1982)有關春季中尺度系統及降雨研究；以及陳(1979)，陳、紀(1980)，丘、廖、洪(1982)，有關梅雨型中尺度系統及其降雨研究等。但迄今專以有關颱風內中小尺度對流系統暴雨作為研究對象者，似均尚未有見。本文

則期望就台灣區域，1981年有關颱風之中小尺度對流系統暴雨之四次個例，藉傳統觀測資料以及衛星與雷達資料等對之作一初步之研究分析。

二、採用個例及資料

(一)此處所取個例均為1981年者，計：

(1)例一：莫瑞(Maury)颱風外緣影響時，高雄一帶之暴雨。時間為1981年7月19日晨間8時(L)前後。

(2)例二：莫瑞颱風中心過境時，台灣北部一帶之暴雨。時間為1981年7月19日下午17至20時(L)。

(3)例三：艾妮絲(Agnes)颱風移去時，嘉義區一帶之暴雨。時間為1981年9月3日晨間3~4時(L)。

(4)例四：葛萊拉(Clara)颱風自呂宋島北方近海西移時，台東區一帶之暴雨。時間為1981年9月20日晚間17時(09Z)前後。

(二)分析所延用之資料，包括：

(1)上述各個例之降雨等有關資料各見表1(含例一及例二),表2(例三)及表3(例四)

(2)各該個例台灣區域之天氣詳圖。依次各見圖1、4、7、10。

表1 1981年7月19日Maury 颱風過境時台灣各地區逐時雨量圖(圖中並繪降雨中心,左下角者為例一,右上角者為例二)。單位為公厘。

時間地點	(L) 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
宜蘭	1.3	1.5	4.0	1.0	14.8	3.2	3.9	6.5	17.3	45.0	7.3	8.9	4.5	5.0	0.9	0.7	1.2	1.0	0.4	1.4
基隆	0.2	0.5	4.5	2.7	5.3	13.0	6.7	10.6	11.0	1.2	4.5	4.2	6.0	5.0	66.5	15.8	0.2	T	1.5	0.8
鞍部	0.3	0.6	11.8	5.2	18.8	18.7	12.7	15.3	22.6	20.0	10.4	19.0	53.3	17.0	73.7	82.8	5.8	4.2	3.0	1.9
竹子湖	1.0	0.5	4.8	1.6	18.2	18.3	12.3	10.0	21.8	9.3	12.2	35.0	53.4	13.5	69.8	112.0	10.0	5.2	4.8	2.2
台北	8.5	4.0	6.5	6.5	13.5	20.5	11.5	3.0	18.5	4.5	8.5	7.0	65.0	10.0	39.0	15.5	11.5	6.0	7.0	3.0
新竹	2.4	1.8	0.9	5.2	2.9	22.0	10.3	15.7	11.9	26.3	46.9	36.5	45.2	20.2	63.5	47.7	5.7	5.8	1.0	0.5
台中	2.3	0.4	0.1	0.6	1.7	1.5	1.8	1.0	2.5	2.5	0.4	6.1	32.3	25.7	20.5	36.0	43.2	12.5	19.0	4.5
梧棲	2.0	0.2	-	0.6	0.5	0.4	3.5	3.6	7.3	5.0	1.0	22.0	19.5	9.4	7.4	29.2	25.4	6.8	6.2	1.9
日月潭	0.8	0.6	0.2	12	18	07	06	06	01	01	05	08	25	13.7	170	128	222	327	215	120
阿里山	1.8	-	-	-	-	1.5	-	2.7	0.6	0.7	-	0.7	2.2	4.1	5.0	7.5	4.0	13.0	12.5	4.7
玉山	0.9	0.5	0.1	0.3	0.6	0.3	5	0	0	0.2	0.1	0.6	1.4	2.0	1.7	3.5	2.0	3.2	10.0	7.0
嘉義	2.2	0.8	-	T	T	-	-	0.6	1.1	1.5	0.4	3.0	1.2	2.5	0.8	5.9	26.4	11.2	6.4	4.8
台南	2.0	24.5	62.5	18.0	4.5	0.4	-	-	0.6	T	-	-	0.2	0.5	T	3.0	13.5	7.0	40.5	6.5
高雄	4.0	5.5	49.5	64.5	55.5	3.5	4.0	1.0	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	1.5	T	5.5
屏東	-	9.7	10.1	26.8	31.6	4.1	4.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
恒春	-	-	-	-	-	-	-	T	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表2 1981年9月20日Clara颱風在巴士海峽移過時東部各測站氣象要素之變化(08 L為氣流沿山,17 L及20 L為氣流爬山)

時間地點	要素(L)	風(米/秒)			雨量(公厘)			東西向氣壓差(mb) 正值表東側高			衛星雲圖
		08	17	20	08	17	20	08	17	20	
新台港 東武 蘭嶼	NNE	5.2	6.6	3.8	0.2	2.0	13.5	+1.6	+3.9	+4.5	1 08L者 參見圖10a 2 17L者 參見圖10b 3 20L者 參見圖10c
	NNW	3.2	7.2	6.0	1.0	32.5	27.5	(與台南比較)			
	NNE	6.6	8.2	11.8	3.9	7.8	2.3	+2.6 +4.5 +4.6 (與高雄比較)			
	NNE	17.3	17.0	23.8	5.8	0.2					

表3 1981年9月3日嘉義區「9.3水災」雨量資料，單位為公厘

測站	時日	2	3	4	5	6
	梧棲	3	19.4	0.6	1.2	3.6
台中	3	3.7	6.3	8.4	18.9	15.5
阿里山	3	3.7	1.7	0.6	—	2.0
嘉義	3	2.3	140.0	125.0	32.3	27.6
台南	3	0.3	0.9	15.5	2.5	10.5
高雄	3	0.5	0.5	0.5	14.0	15.0

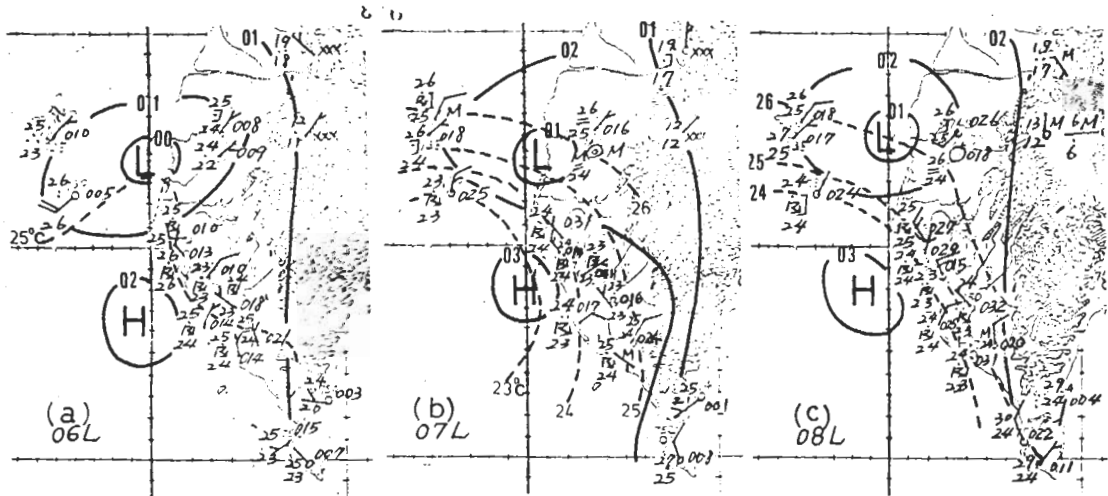


圖1 1981年7月19日06-08L高雄區雷暴雨期間之天氣詳圖
(斷線表等溫線 °C，注意雷雨區範圍，自台南迄至東港)。

(3)上述四例暴雨期間及前後之修正MB色調強化(modified MB enhanced)GMS紅外線雲圖。依序各見圖2、5、8、11。

(4)上述前三例暴雨期間各有關測站氣象因素，包括雨量(R)，風速(V)、風向(以箭頭表示)及氣壓(P)之逐時變化圖，依次各見圖3、6、9。其中例三者並附溫度(T)。例四之圖略。

另外，圖12為藉以製作修正MB色調強化紅外線圖(modified MB enhanced IR)之修正MB曲線圖及其功用。此處特作簡單說明。本修正MB曲線係專為強烈對流系統(雷雨胞系)而作。係將雲頂溫度(代表雲之發展高度)高低分為9個

等級(灰度)，其對應之溫度各見圖12下方附表所示。本圖將雷雨雲分為兩部份，其一為雷雨雲本身(第3至5級，溫度為-43°C至-67.5°C)，一為雲上突入平流層之上衝部份(Overshooting tops)(第6至9級，溫度為-67.5°C至-79.7°C)。此處自行設計之修正MB曲線與MB曲線不同點為，修正者已將雲頂溫度高過-29°C者均濾去(即為圖中背景之黑色部份)。如此可將強烈對流雲胞系更見突出，以便於分析。我們如假定對流性陣雨係與雲頂發展高度成比例，則本項雲圖尚可作降雨定量分析及預報上之應用。以上各修正MB enhanced IR圖均為本局製作。

以上為藉以分析之上述四次個例之各種相同之基本資料。另外因各例個別情形所作分析用圖，則見各節所述。

三、結果分析

(一)例一：高雄區暴雨

藉表 1 可見，高雄區暴雨係發生於台南、高雄、屏東一帶。高雄雨量最多為 7 月 19 日上午 8 時 (00 Z)，為 64.5 公厘。暴雨持續 3 小時，其總雨量為 169.5 公厘。為該區雨量最多者。其大範圍形勢為該時有一輕度颱風 Maury 自東向西趨近台灣，其中心距暴雨區之高雄約 600 公里。該區係在中央山脈西側，為颱風氣流之背風面，盛行氣流一般均小，並來自北向，故基本上係屬尾流區 (wake zone)。由圖 1 a-c 天氣詳圖分析可見，雨區範圍包括台南迄至佳冬，且均屬雷雨。故基本上為雷雨群。雷雨區天氣報告相當密集，經詳細分析可見有一中尺度低壓 (meso low) 中心在馬公與嘉義之間之海上。自 06—09 L 時間近似滯留。但在該時間之前，顯見隨 maury 颱風之趨近，該在尾流區中 meso low 亦自海峽向東移近台灣。強烈對流雲及雷雨係出現於該 meso low 之南側向岸風之處。深有興趣的，在雷雨期間一中尺度高壓 (meso high) 在高雄外海，近似滯留。高壓區一帶溫度均低 (見細斷線)。該高壓似與雷雨中下降之冷氣流有關。由圖 2 修正 MB 色調強化紅外線雲圖之分析可見，於 1981 年 7 月 19 日 08 L，近台灣西南海岸計有二上衝 (overshooting) 中心。其最大強度中心則在高雄區。色調強化等級為 7 級 (見圖 12 之說明)，屬雲頂上衝雲之第二級。此亦為該時台灣區發展最高之雲，故該時高雄雨量最大達 64.5 公厘。台南等級為 4 級，實際雨量為 18.0 公厘。另比較圖 1 c 該時天氣詳圖，可見雷雨區域 (台南迄至東港) 與用以示強烈對流雲區之修正 MB 雲圖 4 級以上區域 (即黑色區外之灰色區)，幾完全一致。而藉修正 MB 雲圖，顯見對流雲系統為一極有組織之中尺度系統。

另外，藉圖 3 高雄逐時氣象要素變化圖所作之分析可見，雨量增大時風亦略見增大，隨後又見減

小。迨颱風漸過近時，風力方見顯著增加。風向亦有不連續變化。此均可示該降雨係受上述尾流區內中小尺度低壓之影響。

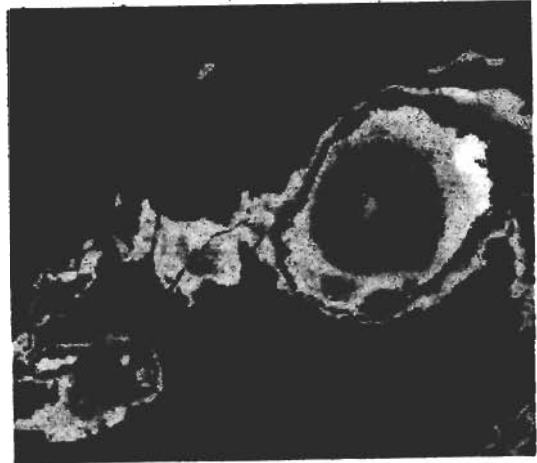


圖 2 1981 年 7 月 19 日 00 Z 高雄暴雨時之修正 MB 型色調強化紅外線影像圖 (MB enhanced IR)。

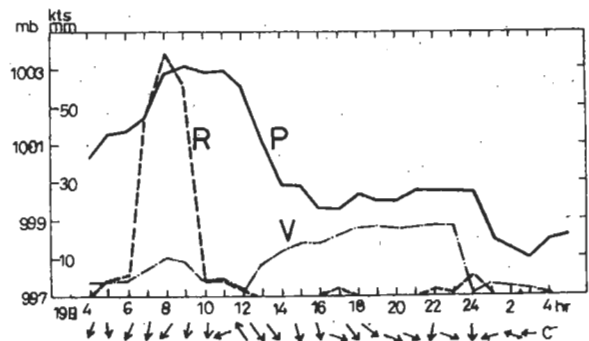


圖 3 1981 年 7 月 19 日高雄逐時氣壓 (P)，風 (V)，雨量 (R) 變化圖——注意高雄 08 L 之暴雨。

(二)例二：台北區暴雨 (7·19 水災)

由表 1 可見北部 Maury 接境時之 7·19 暴雨時間甚短。7 月 19 日下午 17 時 (L) 一次，最大為台北 65.0 公厘。在該次北市因電纜進水，很多電話線路不通，包括氣象線路。第二次在 20 時 (

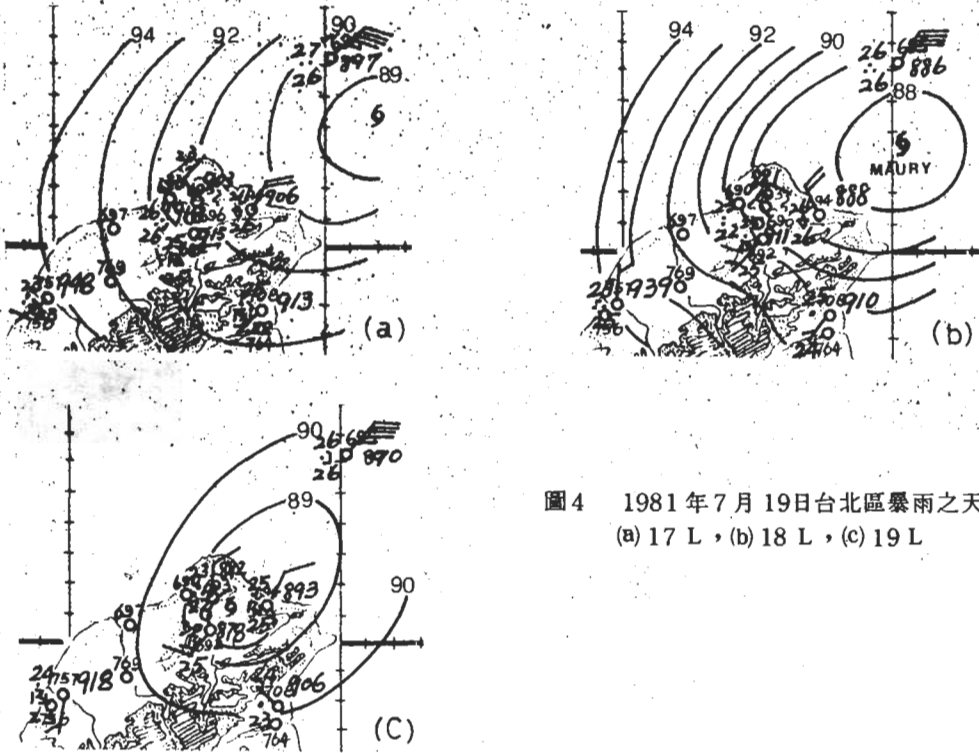


圖4 1981年7月19日台北區暴雨之天氣詳圖
(a) 17 L, (b) 18 L, (c) 19 L

L)，最大在陽明山竹子湖為 112 公厘。以上均為氣象局測站，由圖 13 日雨量分佈，雨量最大在新店附近達 700 公厘以上，該二次降雨範圍均頗大，擴至台中。但雷雨則限台北盆地及台中。圖 4 a-c 為台北區暴雨期間之天氣圖分析。係以 1 mb 為間隔，時間間隔為 1 小時。藉圖可見，在暴雨期間，係一輕度颱風中心向西南移，逕進入台北平原。由於沿中心 30 公里半徑內風速均不大，故其氣流幅合恰足以產生盆地之猛烈對流。故基隆台北均有暴雨，特以 19 至 20 時 (L) 雨量最大 (表 1)。圖 5 為藉修正 MB 色調強化紅外線雲圖分析。

藉圖可見，各時間各圖色調變化均頗與各地降雨大小變化相合。並屬於中尺度系統型之暴雨。例如 06 Z (14 L) 宜蘭降雨最大為 45.0 公厘，MB 圖亦然，在該處達 8 級強度，在台灣為最大區。09 Z (17 L) 降雨最大在陽明山區及台北，在 53—65 公厘之間，MB 圖達 9 級強度。12 Z (20 L)，MB 圖 9 級強度區擴大至台中。台中曾出現雷雨。該時台中以北雨量普遍增大，特以竹子湖達 112.0 公厘 (見表 1)。

另外，圖 6 為台北逐時氣象要素變化圖。藉圖可見，當雷暴雨出現時，氣壓迅速下降，並達最低，故顯為輕度颱風 maury 中心之移至 (參見圖 4)。在圖 6 內之全部時間中，風力均未過 15 kts，且風向均多變，雨量亦極不規則。凡此均足表示屬中小尺度型系統之降雨。

(三)例三：嘉義區暴雨 (9.3 水災)

嘉義區暴雨較高雄者更見集中，此可參見表 2 各地之逐時降雨分佈。特以降雨率，於 9 月 3 日 03 L 達 140 公厘，04 L 達 125.0 公厘。因雨勢過急兼之前數日雨量已多，故造成慘重水災。當時之大範圍形勢為，Agnes 颱風雖已進入東海，但台灣仍在其氣旋式環流控制下，並顯見有引入南海赤道氣流，溫濕均高，空氣極不穩定 (參見劉 1982)。圖 7 a-c 為嘉義暴雨期間及以後之詳細天氣圖。時間各為 02 L、05 L 及 08 L。藉圖可見，在該期間自嘉義以南至屏東均有雷雨，故顯見為雷雨群。且更有一風切線略呈南北向，其北段則在嘉義附近 (圖中斷點線)。則由於風切線區域造成輻合，而有雷雨群之產生，因係在午夜之後無熱力作用可言

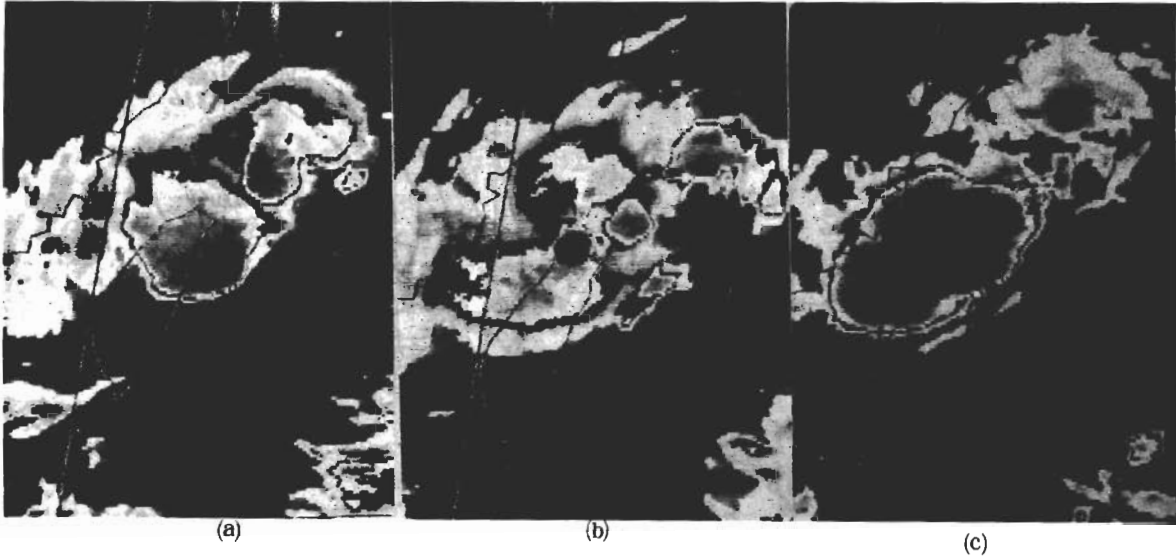


圖5 a-c 1981年7月19日(a)14 L(06 Z), (b)17 L(09 Z), (c)20 L(12 Z), 亦即台灣北部雷暴雨期間修正MB enhanced IR圖

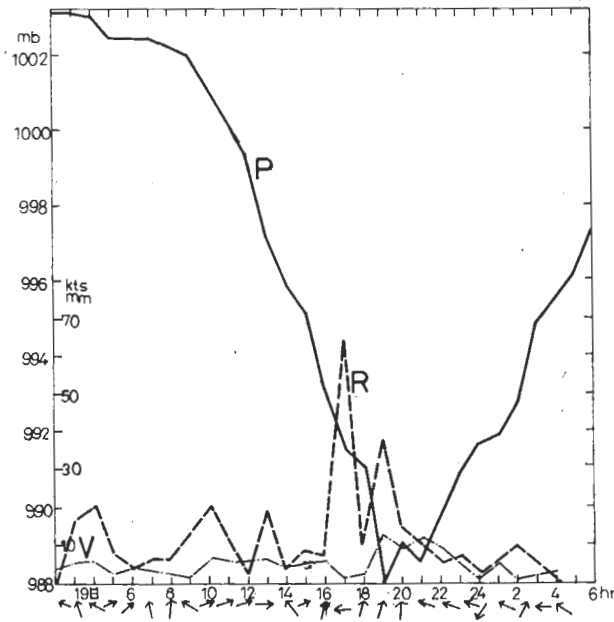


圖6 1981年7月19日Maury 颱風過境時台北逐時氣壓(P), 風(V), 雨量(R)變化圖

也。注意該風切線係逆盛行風方向向西緩慢移動(參見雷雨區及台灣區高空風分佈, 附圖略去, 與圖8之MB衛星雲圖)故更加強耦合。此處懷疑該風切線之造成, 係由於中央山脈之山風影響(注意風切線之東平地測站溫度均較低, 約差 2°C), 否則很難解釋該風切線係逆盛行風方向向西移動。圖8

a-c 為修正MB色調強化紅外線雲圖。藉圖可見, 嘉義地區於1981年9月3日晨間, 因雷陣雨所造成暴雨, 修正MB雲圖幾極為生動地反映出來, 係為一標準且極有組織的中尺度對流雲系系統。於2日24 L胞系甚小, 隨後漸見增大並向西移(參見圖7 a-c詳圖分析及圖17 a-d高雄雷達PPI圖分析

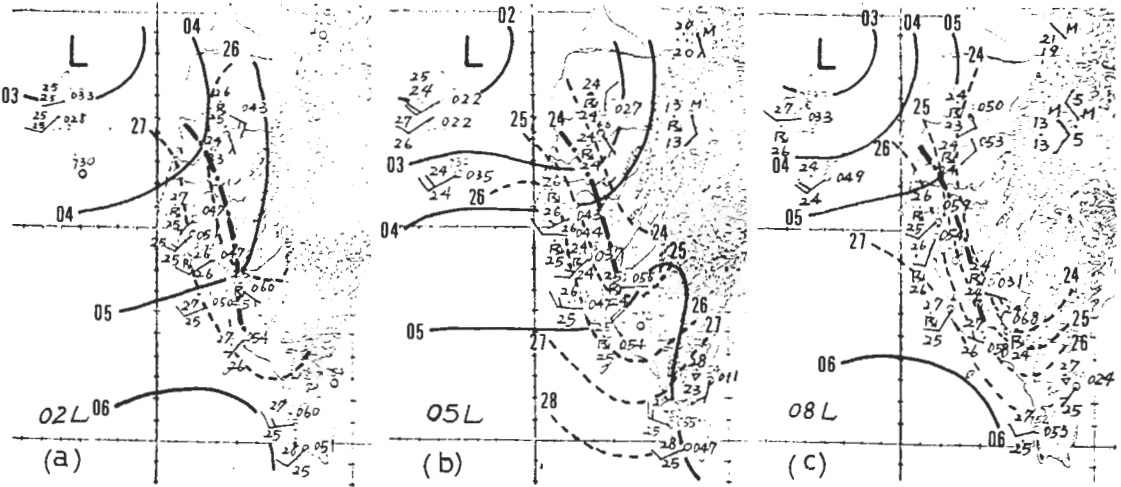


圖7 1981年9月3日凌晨嘉義區雷暴雨期間之天氣詳圖，圖中斷粘線為風變線（山風面），細斷線為等溫線，注意雷雨區之範圍，係北自嘉義南至東港。

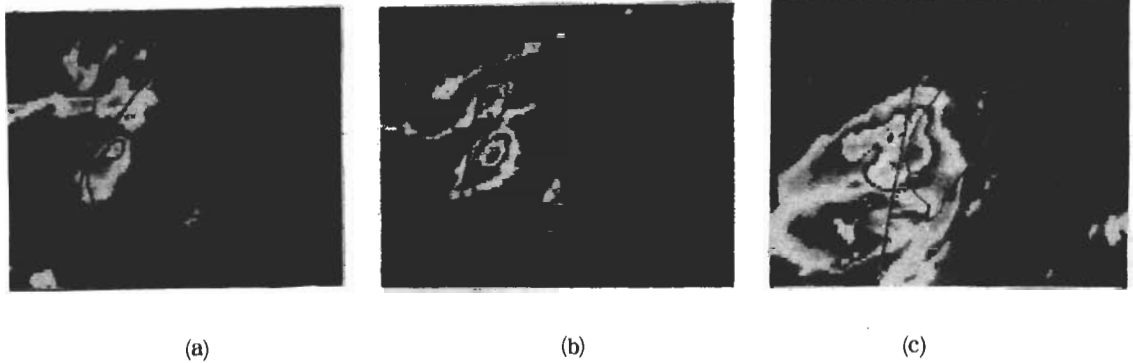


圖8 a-c 1981年9月2日(a)24L (16Z)，(b)9月3日02L (9月2日18Z)及(c)9月3日08L (00Z)，嘉義區雷暴雨時間及前後修正MB enhanced IR圖

），其中心強度為7級，與高雄者相若。惜於3至4時（L）暴雨階段，無雲圖可供比較。另外，圖9為嘉義逐時氣象要素變化圖。藉圖可見，就氣壓（P）言，一日兩高兩低，未反映有其他變化。開始雷暴雨時，見有風速之增加，風向亦有明顯改變。最明顯之變化為溫度，嘉義雷雨之時及過後，溫度降低達 2°C ，其他靠海邊之測站如台南、岡山、屏東，亦屬雷雨，但溫度均無若何變化（圖7 a-c）。故此處初步推論，嘉義之暴雨，似為山風與盛行風造成局部幅合，致加劇對流有關。

四例四：台東豪雨

本例發生於1981年9月20日，其降雨及其他氣象資料均見表3。特徵為當氣流順沿山脈時，東部一帶雨量均少。迄至該日17L，氣流轉為有向山脈之分量時，其雨量即迅速增加，並出現雷雨。此在圖11所示MB衛星雲圖中及圖10詳圖中，均可明顯見出。該時之大範圍形勢為一強烈颱風Clara在非島北方近海西行。圖10為天氣詳圖分析。此處計利用三時間之圖，各為該日08L（00Z）（圖10 a），該時氣流係沿山而行（參看圖中蘭嶼風向並參見圖11 a修正MB衛星雲圖），東部各測站雨量均小（表3）。自17L（圖10 b）至

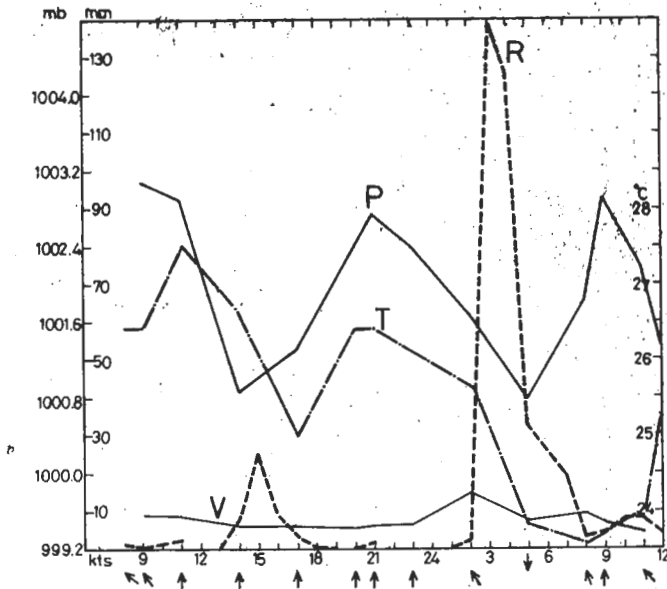


圖 9 a 1981 年 9 月 3 日 (9.3 水災) 嘉義逐時氣壓 (P) , 風 (V) 及雨量 (R) 變化圖

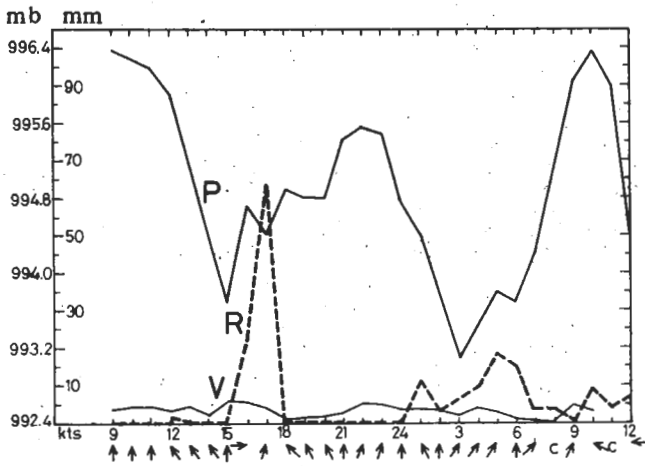


圖 9 b 1981 年 9 月 3 日台中逐時氣壓 (P) , 風 (V) , 及雨量 (R) 變化圖

20 L (圖 10 c), 其氣流已顯有爬山效應存在 (見蘭嶼風向之轉變及表 3 中山脈東西兩側之氣壓差)。在圖 10 b 詳圖中, 台東與新港天氣上均出現有雷雨。該雷雨顯然係由於氣流爬山垂直運動增強所導致。另外, 圖 11 a-c 為相對於圖 10 a-c 時間之修正 MB 色調強化紅外線雲圖。藉圖顯見, 7 級強對流區 (黑色區, 該區溫度在 -53.5°C 以下, 詳見圖 12) 於 20 日 08 L 係在蘭嶼與台東之間之海上。而 20 日 17 L 及 20 L, 對流雲更顯著增強並增大。強烈對流雲中之 9 級上衝雲頂 (over-

shooting tops) 略即在台東、大武及新港一帶 (見圖中之黑色部份, 為屬 9 級雲)。此處認為該項 Overshooting tops 雲之造成, 則由於流場改變, 氣流由繞山轉為爬山後之結果。而在 17 L (圖 11b), 20 L (圖 11 c), 該三地均有雷雨之報告。

(四)修正 MB 色調強化紅外線雲圖對中尺度暴雨分析及預報之定量應用

在圖 12 中, 討論有關修正 MB 色調強化紅外線雲圖 (modified MB enhanced IR cloud

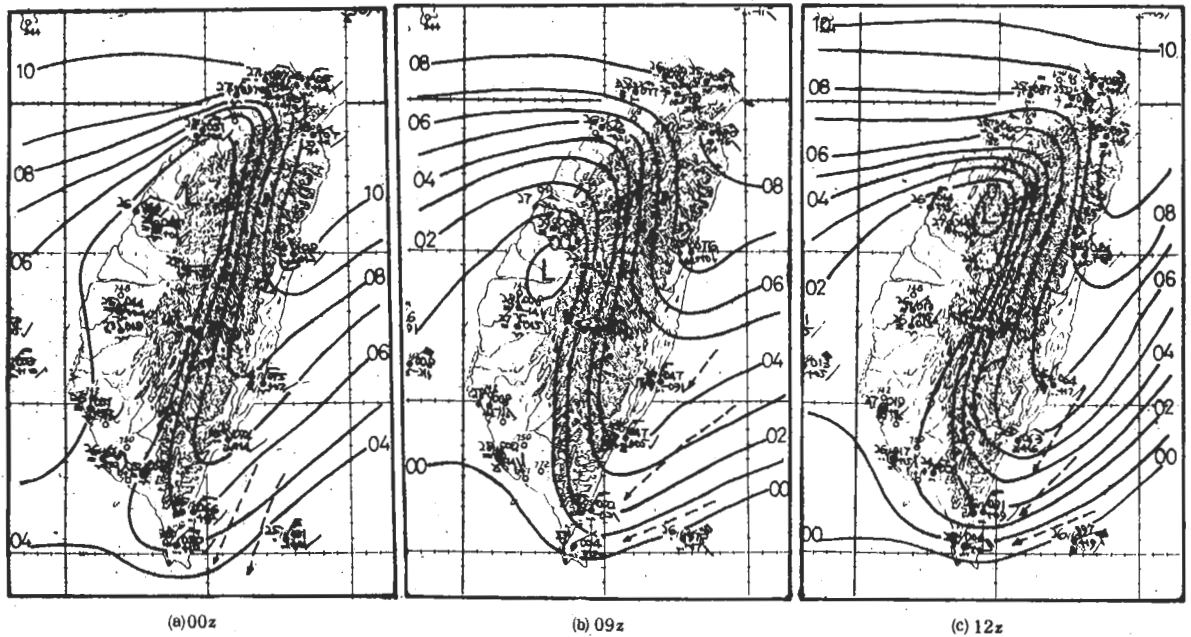
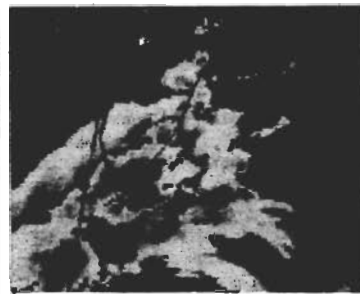


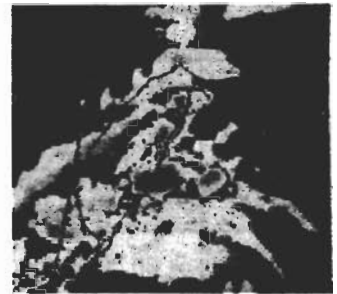
圖 10 1981年9月20日台東區雷暴雨期間之天氣詳圖
(clara 颱風在巴士海峽向西移動時)



(a)



(b)



(c)

圖 11 與圖 10 a-c 相同時間 (台東區雷暴雨) 之修正MB enhanced IR 衛星雲圖
(a) 00 Z , (b) 09 Z , (c) 12 Z 。

picture) 之製法及其應用時, 已言及該圖乃係根據對流雲雲頂溫度高低 (雲頂高低) 分為 9 級。一般言, 等級 3 以上時, 則可有雷雨。同時該圖之各種等級並可與雨量之區域分佈共同配合研究, 以決定雨量大小與 MB 雲圖之等級 (灰度) 間之相互關係。此處茲就上述例一高雄區及例三嘉義區之暴雨與 MB 雲圖間關係作一相關研究。圖 14 a , 即為 1981 年 7 月 19 日 08 L 高雄暴雨區之等時雨量線

圖。圖 14b 為相同時間 MB 雲圖所顯示對流強度等級圖, 係依據圖 2 作出。比較兩者之型式及強度分佈, 可謂極相一致。另外, 圖 15 a 為 1981 年 9 月 2 日 02 L 嘉義暴雨前一小時雨區之等時雨量線分佈 (係根據曲、劉 1982 年文之圖重繪), 與圖 15b 根據圖 8 b 修正 MB 雲圖所示對流雲等級範圍繪出者相比較。一般言, 甚見相似, 僅在曾文水庫之降雨中心, MB 圖中未有反映。此或因在山區, 地形

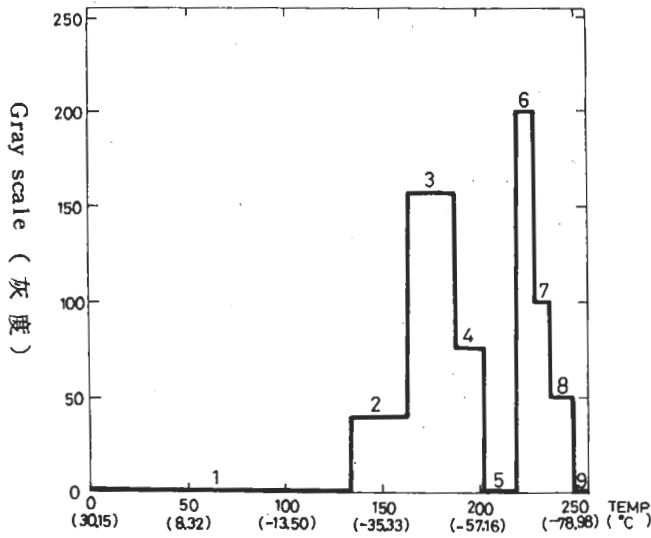


圖 12 經修正MB色調強化用之曲線圖與對應溫度值及其功用

SEGMENT	Temp Interval (°C)	X ₁	Y ₁	Comments	Remarks
1	濾除	0	0		
		135	0		
2	-29.07 ~ -43.03°C	136	40		
		163	40		
3	-43.03 ~ -53.51°C	164	158	雷雨雲	灰白色
		189	158		
4	-53.51 ~ -60.49°C	190	77	thunderstorm	淺灰
		202	77		
5	-60.49 ~ -67.48°C	203	0	enhancement	黑色
		219	0		
6	-67.48 ~ -70.97°C	220	200		白色
		228	200		
7	-70.97 ~ -74.46°C	229	100	overshooting tops enhancement	淺灰
		237	100		
8	-74.46 ~ -77.95°C	238	50		深灰
		248	50		
9	-77.95 ~ -79.7°C	249	0		黑色
		255	0		

影響之故。因該時高雄所攝PPI 回波圖(圖 17)亦顯示有兩強回波中心，與雨量分佈圖完全相符。另外，圖 16 為雨量大小與MB 雲圖等級之相

關圖。其中曲線 A 為高雄暴雨之相關曲線，曲線 B 為同日台北區暴雨相關曲線。比較該兩曲線，發現其型式與雨量大小關係均為不同。此想與降雨之天

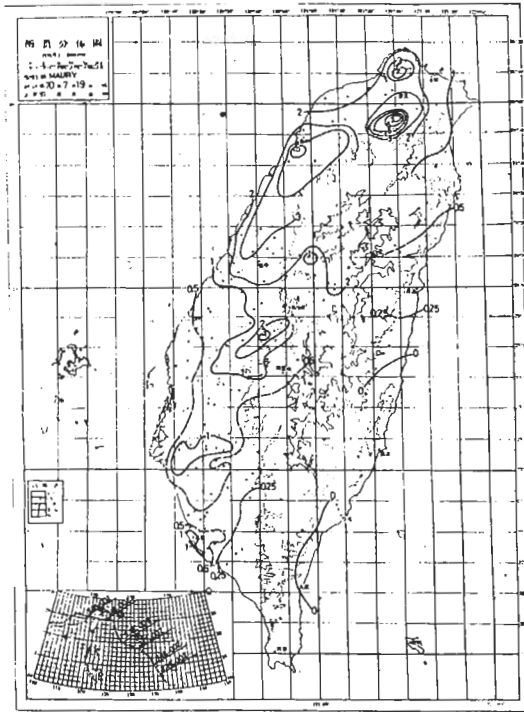


圖 13 1981年7月19日Maury颱風過境時台灣雨量分佈圖。

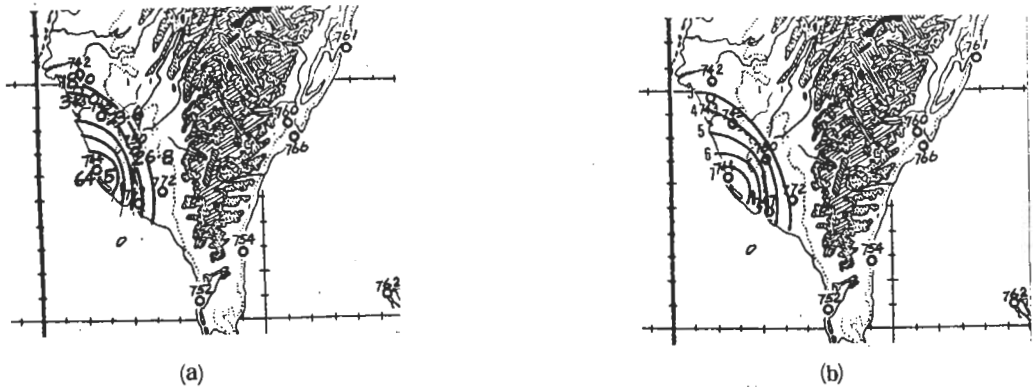


圖 14 1981年7月19日08L高雄區暴雨時期之(a)時雨量分佈，
(b)根據修正MB圖(圖2)所示對流雲等級分佈

氣圖型式不同，至少有關。高雄者為區域性局部環流降雨，台北者為輕度颱風中心之降雨。此項事實說明，該MB雲圖與雨量間之定量關係，並非單純(參看Oliver 1979)。但至少同一系統情形下，兩者之關係必較一致，此可供防洪及水災區域分佈預報，或雨量站不足之處雨量值估計之有力參考。

(四)高雄雷達PPI回波圖對9.3嘉義暴雨之指示

圖 17 a-d 各為9月3日凌晨1時(圖a)、2時(圖b)、4時(圖c)及5時(圖d)之高雄雷達PPI回波圖。藉圖(a)可見於1時嘉義區已有48 db之6級回波，2時雲高由4萬呎增至4萬3千呎，db值未變，至4時，回波分裂為二。偏南者db值增至54，雲頂達5萬6千呎，偏北者(嘉義附近)強度未變，惟雲高增至5萬8千呎。此

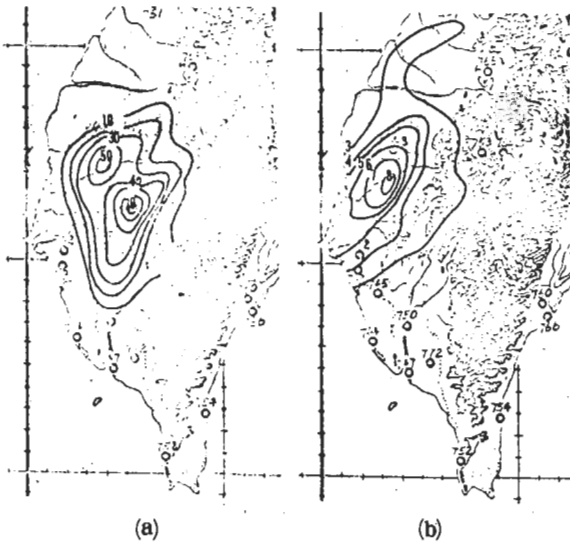


圖 15 1981年9月3日02 L嘉義區暴雨時
(a)時雨量分佈，本圖係根據曲、劉(1982)之雨量圖改製。
(b)根據修正MB雲圖(圖11b)所作對流雲高度等級分佈。

恰在嘉義雨量最大之2小時內(參見表2)，故顯見雷達同上述修正MB圖均可得到同樣指示。衛星與雷達回波並均指示，此為有組織之中尺度對流系統並向西移。

四、討論及結論

(一)以上四次台灣各地有關颱風之暴雨，由修正MB紅外線雲圖及台灣各地雨量分佈，均可認定係屬中小尺度對流系統暴雨。深值注意的，該項暴雨基本上均屬在局部產生而非外地移入者，亦即在台灣即使在颱風情形下，仍可出現有類此性質之局部對流性暴雨，或可說在颱風某些有利形勢下造成此項暴雨。在上述四例中，雖形成原因各殊，但有一點係堪認定，即：水平環流不能太強。此在此處四例之天氣詳圖中均證實此項事實。甚或此項性質之暴雨竟生成於颱風中心，如颱風強度為充份之弱。檢查該四例之地面天氣圖，暴雨區一帶之風均未逾15 kts。而高空風因資料甚缺，但就嘉義暴雨言，東港7小時之前之高空風在930 mb最大亦僅為29 kts，並向上減小。台東區暴雨風亦不大(圖均略)。此或可供此項有關颱風內中小尺度系統

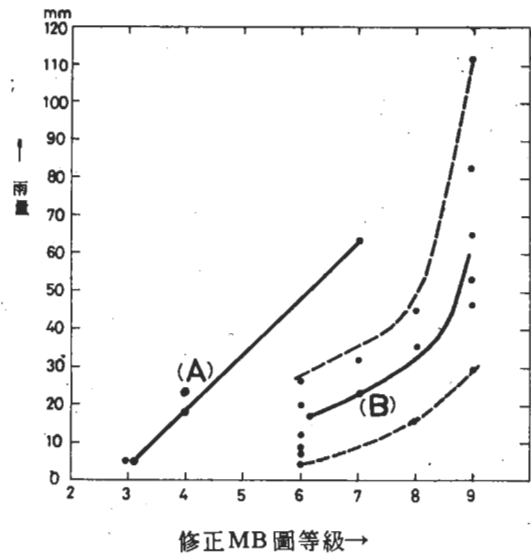


圖 16 1981年7月19日08 L高雄暴雨時，修正MB曲線等級與雨量值關係圖(見曲線A)，以及同日台北14 L, 17 L, 20 L時，台灣北部暴雨修正MB曲線等級與雨量值關係圖(見曲線B)。

暴雨預報之參考。

(二)以上四次暴雨之例，均屬猛烈之雷雨，且均屬有組織之雷雨群，在頗大範圍內有多個雷雨胞。但衛星MB雲圖中，仍呈現為一整體有組織之中小尺度對流系統，此為上述四例雷暴之共同特徵。更有興趣的為，在颱風環境適當情勢下，有可能出現雷雨群，而如以上四例所述。而且在台灣區域，在颱風大範圍環境外，類此雷雨群似甚少出現，故歷年來台灣暴雨(暴洪)似泰半均與颱風有關。

(三)檢查上述四例中小尺度系統暴雨，可發現在颱風任一象限均可出現，甚至颱風中心(台北區暴雨)。但台灣各區之暴雨似又有其特定型式。例如：台灣西南部之類此暴雨或源於颱風來襲之前尾流區(wake zone)內之擾動(例一)，或颱風北進後，西南部在其環流邊緣並大量引入南海濕溫均高之赤道氣流時(例三)。而東部則類多颱風在巴士海峽或以南西移之時，因此時才有適於對流胞系發展之氣流爬山現象(例四)。另外，或輕度颱風中心所過之處，因適當地形而造成局部明顯之氣流輻合(例二)。

四如單純由颱風環流所造成之降雨與此處之例

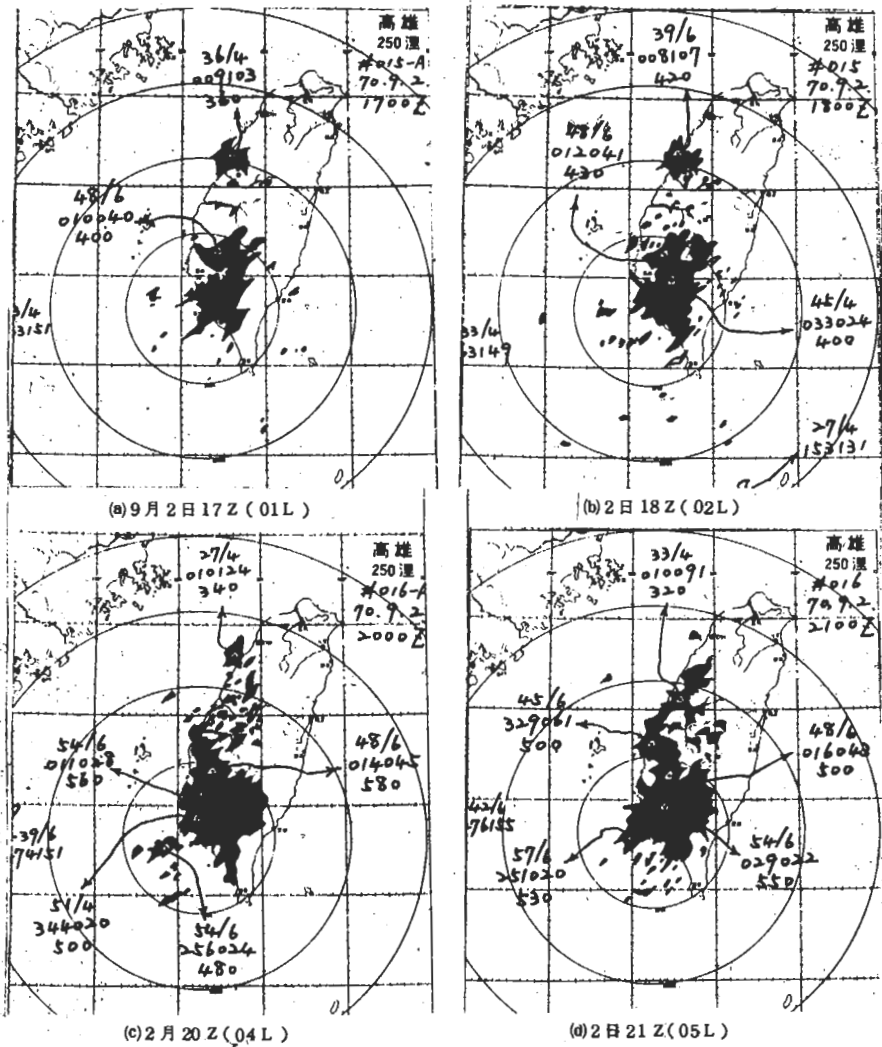


圖 17 1981 年 9 月 3 日嘉義暴雨期間高雄雷達所攝 PPI 回波圖。圖中數字第一行表回波強度 (db) 及理論降水強度等級，第二行表回波對測站之方位與距離 (哩)，第三行表回波高度 (百呎)。

中小尺度系統所造成之雷暴雨相較，後者之重要性似均大過前者。筆者等曾就 Fulks 氏之公式 (Fulks, 1935) 藉實際已出現之降雨再反推其所需之垂直運動。發現類如「例三」嘉義暴雨 140 公厘之時雨量，其所需之垂直氣流速度為遠大於大颱風者多倍 (王、趙、沈, 1982)。此多少可說明台灣區域甚多「小颱風大降雨」事實之大部原因。

(a) 藉 1981 年間台灣區域四次有關颱風局部性暴雨之研究，發現均為中小尺度對流系統所造成。其成因各為：(a) 例一：高雄區暴雨屬颱風尾流區 (

wake zone) 內局部擾動所產生，(b) 例二：台北區暴雨為輕度颱風中心之侵襲，暴雨僅限台北盆地，(c) 例三：嘉義區暴雨源於颱風後部引入西南氣流中所出現之局部風切線。(d) 例四：台東區暴雨則係源於自巴士海峽西移颱風氣流之爬山。

(a) 此處四例暴雨在修正 MB 色調強化紅外線雲圖上均顯示有進入平流層內之上衝氣流。故雨量甚大。且如例一高雄區暴雨，例三嘉義區暴雨，暴雨中心雖在上述兩地，但附近頗大地區均伴生有雷雨，屬有組織之重雨群之性質。例二、例四雷雨發生

區域亦甚大。故均非一般孤立 (isolated) 雷雨。

(七)修正MB雲圖之灰度等級與暴雨量關係，經作統計研究。就各個例言，其相關均甚密切。但各個例之間，則有出入，此或與不同之天氣圖形勢有關。又MB雲圖之等級與雷雨之有無關係也極密切。此處之例，於4級以上則可出現雷雨。但各例間亦各有不同。出入最大為例二之台北區雷暴雨，其MB圖等級為9級。不同之原因見上述。

(八)本文曾就雷達PPI回波圖與修正MB雲圖作配合研究，發現在山地區之降雨量，雷達比修正MB雲圖有更佳之指示。此項事實可能指出，平地與山地區之暴雨，修正MB雲圖之應用應分別處理。

致 謝

本研究在進行期間，蒙本局衛星站沈秀蓉小姐協助製作修正MB紅外線衛星雲圖及圖表繪製，高雄雷達站王少華先生製作雷達PPI回波圖，以及趙友夔、彭振平、黃榮宗、許輝德諸先生協助資料之統計分析，陳泰然教授提供卓見，均所銘感，謹此誌謝。又本文係為「台灣颱風降水特性之研究」四子題中之一，係在本局研究經費支援下完成。

謹以本文紀念劉師衍淮博士。

參 考 文 獻

1. 王時鼎、趙友夔、沈秀蓉，1982：台灣颱風降水特性之研究。中範圍天氣系統研討會論文集編，175-208。
2. 曲克恭、劉廣英，1982：台灣地區豪雨及暴雨分佈之研究。氣象預報與分析，72，30-55。
3. 丘台光、廖學鎰、洪理強，1981：豪雨個案研究。中範圍天氣系統研討會論文集編，233-247。
4. 許廣南，1982：初冬中尺度氣壓系統及其對台灣北部天氣之影響。中範圍天氣系統研討會論文集編，273-304。
5. 陳泰然、紀水上，1980：台灣梅雨季之中幅度降水與中幅度低壓研究。大氣科學，7，39-48。
6. 陳泰然、紀水上、謝維權，1982：初春華南中尺度對流複合系統之個案研究。中範圍天氣系統研討會論文集編，593-612。
7. 劉昭民，1982：九三豪雨之因素探討。中範圍天氣系統研討會論文集編，225-232。
8. 謝信良、胡亞棟，1982：華南地區中幅度降水現象之初步探討。大氣科學，9，83-94。
9. Chen, G. T. J. 1979: Mesoscale Analyses for a Mei-yu Case over Taiwan. Papers in meteorological Research, 2, 63-74。
10. Chen, G. T. J. 1981: On the Winter Abnormal Heavy Rainfall (AHR) over Northern Taiwan. Papers in meteorological Research, 4, 1-12。
11. Fulks, J. R. 1935: Rate of Precipitation from Adiabatically Ascending Air, M.W. R., 63, 291-294。
12. Oliver, V. J. and R. A. Scofield., 1979: Estimation of Rainfall from Satellite Imagery. AWS/TN-79/003。

**A Preliminary Study on the Meso-scale Heavy Rainfall
Associated with Typhoon Circulation over Taiwan**

Shih-ting Wang and Chung-shan Wang

Central Weather Bureau

ABSTRACT

Four cases of local heavy rainfall associated with typhoon circulation in 1981 are studied using the modified MB enhanced IR satellite pictures, radar echoes and conventional data. Main findings include the following: (1) All 4 cases of heavy rains were accompanied by severe thunderstorm activities with pronounced overshooting extending into the stratosphere; (2) Surface winds were less than 15 kts during heavy rainfall; and (3) Detailed synoptic patterns were different, but all of the heavy rainfall cases were of organized meso-scale convective systems. In addition, the modified MB enhanced IR satellite pictures and the precipitation observations were found positively correlated.