

TAMEX 預報之初步校驗

王時鼎、俞家忠、陳泰然、林民生

摘要

1987年5~6月中美合作之「台灣地區中尺度實驗」(TAMEX)，為1949年我政府遷台以來氣象上空前所未有之盛舉。其預報中心係由中央氣象局、民航局、及軍中氣象機構暨中美學術機構之氣象專家聯合編組而成，故其預報成果亦代表當前天氣預報技術之最佳能力。對其預報產品之成果校驗，有其特別意義。此項預報校驗並列為TAMEX後續研究主要項目之一。本文係屬初步校驗之結果。此項校驗目標有二，一為TAMEX期間，過境鋒面預報之校驗，一為中尺度對流系統(MCS)之預報校驗。本文研究內容綱要包括：(1)TAMEX期間十次鋒面系統之運動分析；(2)十次鋒面預報之初步校驗；(3)TAMEX期間MCS分析；(4)TAMEX期間MCS預報初步校驗；(5)MCS預報與梅雨鋒面預報泛論；(6)結論。

一、前言

為了改進天氣預報，對其校驗為不可或缺的工作。TAMEX期間我們幾乎集中了中美預報人員，作出是否需作IOP(密集觀測期)觀測的預報。現TAMEX實驗第一階段工作經已完成，後續研究即將展開，故對此項預報之校驗，有其特別的意義。本項初步校驗工作包括兩項校驗，其一為影響台灣之梅雨鋒預報之校驗，另一為IOP期間所作中尺度對流系統(MCS)預報之校驗。有關鋒面者，此處僅作其48小時至24小時預測位置之校驗。MCS(中小尺度對流系統)之校驗係就其預報MCS面積與實際者比較，以Threat score(陳，1988)方式表出。以下則為該兩項初步校驗之討論。

二、1987年5—6月TAMEX期間10次梅雨鋒面系統運動分析

本項鋒面系統之分析，除作進一步研究者之參考外，主要係供鋒面預報校驗之需。因TAMEX預報校驗要求為鋒面至台灣前應有48小時預報校驗及過境後之24小時預報校驗，故幾乎包括自梅雨

鋒生成至消失之全部時間。為校驗方便計，故自梅雨鋒之生成迄至消散之全部過程均在分析統計之列。必須特別說明者，鋒面之分析並非單純，此處之分析係同時根據中央氣象局預報中心及日本氣象廳之地面分析圖，並已就其可能加以訂正。該項鋒面運動圖，見圖1 a~j，圖中資料包括：

- (a)一天2次(00Z, 12Z)經修正之鋒面位置圖。自發生之日起，迄至經過台灣之後止。
- (b)與鋒面相連之低壓中心路徑，以斷線表示。低壓中心並註出其強度，以中心mb值表出。
- (c)相對於台灣方向之鋒面運動速度，以附有箭頭之細點線表出。
- (d)華西區如有母低壓(parent low)時，以粗點線表出其範圍，其中心強度值亦以其中心氣壓值(mb)表出。

製作本圖之目的有二：

- (a)TAMEX中美投資達1億3千多萬元，其最主要目的即在蒐集與梅雨鋒面有關中尺度系統，特以豪雨系統資料。故梅雨鋒面可謂中尺度系統之預報焦點。對梅雨鋒面之資料分析，首所必需。
- (b)供本文TAMEX鋒面校驗之需。

表1 1987年5~6月TAMEX期間10次過境梅雨鋒面資料

編號	IOP數	鋒面活動日期	抵台前生命期	與MCS有無及位置鋒前，鋒際	母低壓之有無及源地	過境時鋒之朝向	過境時大陸有中尺度低壓南移	北與西部雨量最多5測站平均值(mm)
F1		5月1日~4日	1天18h		四川	東~西		34.2(3日)
F2		4~8日	1天18h		雲南	東~西		48.6(5日)
F3	1	12~15日	2天12h	√	川南	東~西		1.6(14日)
F4	2	16~18日	2天12h	√	雲南	東~西		93.2(17日)
F5	3	20~24日	3天12h	√	貴州	東北~西南		33.0(23日)
F6	4	31~6月3日	2天12h	√	四川	東~西	√	17.0(27日)
F7	6	1~3日	1天6h	0	無	東北~西南		30.2(2日)
F8	8	5~10日	3天	√	四川	東~西	√	82.8(8日)
F9	9,10	11~17日	3天12h	√	四川	東~西	√	2.5(15日)
F10	13	22~28日	2天	√	四川	東~西		108.8(25日)

此處茲將10次鋒面有關資料輯如表1(並參見王、吳1988),由圖及表可得:

- (a)在10次鋒面中,有9次均先有母低壓(parent low)之形成,此可作為台灣梅雨預報之指針。10次梅雨鋒面自形成至移至台灣最短為1天6小時,最長為3天12小時,平均為2天半。在預報上有充分的時間準備。
- (b)在該10次鋒面中,幾均呈穩定之中尺度波型,僅F7(IOP-6)一次,呈明顯加深,且連續各日均呈單一波之型式。
- (c)在鋒面過台時之朝向言,僅有二次鋒面呈東北至西南朝向,一次為上例之F7,另一次為F5。過台時鋒面均遭受最大程度之破壞。故過台後鋒面均轉為不顯。其餘8次,主要均為東西朝向。
- (d)由此處分析梅雨鋒面之綜觀特徵,為鋒面可延長達50~60個緯度之長度,僅F7例外,該次鋒面特性上經論及。
- (e)本次10次鋒面自F3開始則作有密集觀測,在該8次鋒面中,僅有1次無MCS發展。其餘7次中,MCS在鋒前及在鋒際者次數為相若(見表1)。
- (f)在該10次鋒面中,最著降雨出現於F4(IOP 2),F8(IOP 8)及F10(IOP 13)。表1中有列出該10次自台北至高雄各測站,降雨最

多5測站之平均降雨量,藉供參考。

(g)綜合上述10次鋒面之型式,計可分為兩型。其一為呈中尺度波動之多波型。其特徵為在華西區域必先有「母低壓」之出現,在700mb層上類多伴有橫槽型之風切線,計出現凡9次。另一為呈大尺度不穩定波動型。700mb層伴有明顯之高空槽,而非風切線且屬直槽型。該兩型式並作出其模式圖,如圖2a、b。

三、TAMEX期間預測鋒面位置之校驗

(一)TAMEX期間對鋒面預測之概述

民國76年(1987)5月1日起至6月29日1700L止,TAMEX預報中心工作人員,按預訂的工作計畫,展開天氣預報與守視工作,提供實驗期間所需的一切氣象支援。綜觀TAMEX期間,由於中央氣象局預報中心全力支援所有圖表及傑出人力,民航氣象中心及空軍氣象中心派遣最優秀預報人員參加預報工作,國立台灣大學大氣科學系蔡清彥主任及林和、李清勝、吳明進副教授及國立中央大學大氣物理系洪秀雄教授等熱心參與天氣預報及天氣簡報工作,使得預報支援工作能圓滿達成。我們的預報工作熱忱,已獲得肯定。今(民國77)年二月在美國國家大氣研究中心舉行的中美Workshop會議中,John Cunning先生曾對我們

的預報工作大表讚揚，為未來中美進一步合作，奠定了優良基礎。梅雨期的預報工作，以鋒面為最重要。在為期兩個月的預報作業中，共有 10 次鋒面通過或影響台灣，在這些鋒面中，除 5 月 23 日，6 月 2 日及 24 日晚通過台灣的鋒面於 10 時簡報時不準而隨後修正外，一般的鋒面到達時間都與預測情況相符或大致相符。現為進一步瞭解對鋒面預測的準確性，乃根據每日 10 時所作每日一次的鋒面位置（下午 4 時簡報時有顯著修正時，仍以 10 時預測鋒面為準）加以校驗。在每日天氣預報中，視情況不同而預測 48，36，24 及 12 小時鋒面位置。一般而論，所作之鋒面預測，以預測 24 小時者為最多，預測 36 小時者為次多，而以預測 48 小時者為最少。

(二) 鋒面校驗範圍及校驗方法

1 鋒面校驗範圍：基於未來運用上之考量，鋒面校驗以北緯 20~30 度及東經 110~130 度所涵蓋之面積為範圍。詳如圖 3 a 所示。凡預測鋒面落入此範圍者，均須加以校驗。

2 校驗方法：根據每日 10 時發布之不同時效的鋒面位置，及其相對應時間的鋒面位置，填入校驗圖中。預測 12 小時鋒面以 12Z 之實際鋒面為校驗依據，預測 24 小時鋒面以 00Z 實際鋒面為準，預測 36 小時鋒面以翌日 12Z 實際鋒面為準，預測 48 小時鋒面以 00Z 為校驗依據。校驗以 2 ½ 個緯度及 2 ½ 個經度為校驗點，在此網格上讀取預測鋒面及實際鋒面位置，讀取位置時以 ½ 個經、緯度為準，採四捨五入方法讀取。計算誤差時，分經線向誤差及法線向誤差，以哩為單位。茲以 76 年 5 月 16 日 1000 L (02Z) 所發布預測 12，24 及 36 小時鋒面位置及實際鋒面為例，顯示其沿經線方向及法線方向誤差之求法，詳如圖 3 b 所示。將所有預測鋒面與實際鋒面誤差求出後，利用簡單統計方法，求出其平均誤差。

(三) 校驗結果

民 76 (1987) 年 5~6 月 TAMEX 預報中心所預測的 12，24，36 及 48 小時鋒面位置，其沿經線上及沿法線上之誤差，經統計求出各套鋒面之誤差及平均誤差，依次詳如表 2 a~d 所示。由統

計表中可知，十套鋒面中，於 24 小時預測中（表 2 b）已將其中兩套各區分為兩段來處理，自 6 月 5~10 日，6 月 11~12 日及 6 月 13~16 日，6 月 17~19 日。其原因是，當第八套鋒面於 6 月 9 日移至巴士海峽後，繼續向東南移，但 6 月 11 日後冷鋒末段仍在台灣東南方海上，且有南北擺動之趨勢，與預測有較大之誤差。同時，此鋒面對台灣東南部各島嶼有略為影響外，對其他地區影響已消失，故將其分開處理。第九套鋒面，於 6 月 15，16 日通過台灣於 17 日移至巴士海峽後，因 18 日南海北部熱帶低壓向西北西進行並形成輕度颱風名為魯絲，台灣地區盛行南風，導致原位於巴士海峽之鋒面北退至台灣北方海上，19 日鋒面繼續北退，並在鋒面尾端形成低壓，故亦將其分開處理。校驗結果，經分析可獲得下列要點：

1 一般而言，每套鋒面系統之誤差，其沿經線方向之誤差，略較沿法線方向之誤差為大。以 24 小時預測而言，各沿經線上之誤差介於 0~20 哩間，九點平均誤差為 8 哩。

2 各套鋒面系統平均誤差，以 5 月 19~23 日預測者為最大，以 5 月 31 日~6 月 3 日預測者為次大。以預測 24 小時鋒面而言，在沿東經 120 度及前後三網格點之經線誤差（對台灣地區天氣最有影響之鋒面部分），5 月 19~23 日之平均誤差依次為 120，220 及 170 哩（相當於每小時 5 哩，9 哩及 7 哩），5 月 31 日~6 月 3 日之平均誤差依次為 60，150 及 195 哩（相當於每小時 3 哩，6 哩及 8 哩），預測誤差相當大。這種顯著的預測鋒面誤差之形成，主要係對鋒後控制高壓之強度變化及動態難以把握所致，後面將以實例加以分析，以增加了解。

3 以平均誤差而言，在沿 117.5，120 及 122.5 度三個經度上之誤差以預測 48 小時者為最少，預測 36 小時者為次少，預測 24 小時及 12 小時者略大。這是一個相當有趣的問題。預測 48 小時鋒面次數較少，且預測時鋒面所在緯度較高，移動速度較規則所致。

4 以預測 24 小時鋒面位置之平均誤差而言，一般而論，在我國大陸地區者較準確，愈向東方，

表2a: TAMEX預報中心預測12小時鋒面位置校驗結果(沿經線上及垂直於實際鋒面法線上之誤差絕對值,以哩為單位)
 說明:各欄中a,b,c項之意義 a項—統計次數 b項—沿經度線上誤差絕對值(哩) c項—垂直鋒面方向誤差之絕對值(哩)

鋒面編號	I O P 序	日期	110° E			112.5° E			115° E			117.5° E			120° E			122.5° E			125° E			127.5° E			130° E		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
F ₁		5/3							1	150	120	1	120	90	1	60	60	1	0	0	1	60	60	1	90	60	1	90	90
F ₄	2	5/16~5/18	1	180	150	3	150	130	3	140	130	3	180	120	3	140	130	3	130	120	3	100	70	2	75	60	2	150	120
F ₅	3b	5/21~5/22	1	60	60	2	75	75	2	120	120	2	135	120	2	90	75	2	90	45	2	90	45	1	90	90	1	90	90
F ₆	4	5/27				1	0	0	1	30	30	1	0	0	1	0	0	1	30	30	1	60	60	1	60	60	1	30	30
F ₇	6	6/1				1	150	150	1	180	120	1	210	90	1	30	30												
F ₈	8	6/7	1	90	90	1	30	30	1	0	0	1	60	60	1	150	120	1	0	0	1	0	0	1	30	30			
平均			3	110	100	8	98	90	9	113	160	9	133	93	9	93	83	8	75	68	8	75	53	6	70	60	5	102	47

沿經度線上誤差之絕對值平均 = 94.0 (哩) 垂直鋒面方向誤差之絕對值平均 = 86.3 (哩)

表2b: TAMEX預報中心預測24小時鋒面位置校驗結果,說明見表2a。

鋒面編號	I O P 序	日期	110° E			112.5° E			115° E			117.5° E			120° E			122.5° E			125° E			127.5° E			130° E		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
F ₁		5/1~5/4	1	120	60	2	90	90	2	75	75	2	60	90	2	45	60	2	135	135	2	165	165	4	143	150	4	133	133
F ₂		5/5~5/11	1	150	120	2	105	75	3	90	90	3	60	60	3	142	60	3	90	70	3	110	90	3	80	90	3	120	110
F ₃	1	5/12~5/14	1	0	0	1	0	0	3	60	60	3	50	50	3	80	80	3	60	105	2	45	45	2	60	60	2	120	90
F ₄	2	5/15~5/18	1	120	120	3	50	50	3	90	50	3	90	50	3	140	60	2	45	30	3	210	170	3	250	180	2	135	120
F ₅	3b	5/19~5/23	2	90	90	3	90	90	3	150	140	3	120	140	3	220	190	3	170	270	4	170	170	4	140	120	4	112	82
F ₆	4	5/24~5/30	4	150	135	5	115	110	5	100	100	6	100	85	6	125	110	5	60	66	4	105	82	4	110	90	4	90	82
F ₇	6	5/31~6/3	1	60	60	1	30	30	1	0	0	1	60	120	1	150	150	2	195	120	1	30	30	1	0	0	1	30	30
F ₈	8	6/5~6/10	3	120	90	3	80	105	4	60	68	5	72	54	5	84	64	4	96	52	4	75	52	3	30	30	3	40	30
F ₉	9	6/11~6/12													1	150	180	1	180	120	2	165	135	2	120	68	2	90	90
F ₉	9	6/13~6/16	3	80	50	3	30	30	3	30	30	3	20	20	4	36	30	4	75	45	4	75	60	4	90	75	4	103	75
		6/17~6/19							1	60	60	1	90	90	1	120	120	2	315	330	3	219	280	3	230	220	3	130	160
F ₁₀	13	6/20~6/29	3	30	45	4	52	52	6	55	55	5	48	60	5	30	30	7	66	72	7	72	72	7	94	94	7	82	82
平均			20	96	82	27	72	72	34	75	71	35	71	69	37	101	81	38	104	103	39	124	111	40	118	105	39	100	92

沿經度線上誤差之絕對值平均 = 97.2 (哩) 垂直鋒面方向誤差之絕對值平均 = 88.8 (哩)

表 2c : TAMEX 預報中心預測 36 小時鋒面位置校驗結果 (說明見表 2a)

鋒面 編號	I O P 序	日期	110° E			112.5° E			115° E			117.5° E			120° E			122.5° E			125° E			127.5° E			130° E		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
F ₁		5/1~5/4	1	60	60	1	60	60	2	30	30	2	45	45	2	45	60	2	45	60	3	140	130	3	140	130	3	160	150
F ₂		5/5~5/11	1			1			1	60	60	2	60	60	2			1			1	30	30	1	60	60	2	150	150
F ₃	1	5/12~5/14																						1	90	60	1	60	30
F ₄	2	5/15~5/18	1	90	20	3	90	80	3	70	50	3	40	40	3	40	50	3	30	40	2	45	30	3	70	50	3	110	60
F ₅	3	5/19~5/23	2	45	30	2	75	75	2	195	195	2	255	180	2	225	150	1	21	120	1	210	180	1	270	210	1	240	240
F ₆	4	5/24~5/30	1	300	240	2	135	120	2	120	120	2	105	105	2	120	105	4	120	112	4	150	112	3	130	130	3	190	140
F ₇	6	5/31~6/3	1	60	90	1	90	90	1	60	30	1						1	60	120	1	180	120	1	270	90			
F ₈	8	6/5~6/10	1	60	60	1	60	60	2	60	45	3	40	50	4	82	82	4	98	75	4	98	68	4	98	75	3	80	70
F ₉	9	6/13~6/16	2	60	60	2	45	60	2	30	30	2	15	15	4	30	38	4	52	52	4	60	68	4	68	68	4	68	68
F ₁₀	13	6/20~6/29							1	30	30	1	30	30	1	60	60	1	120	120	1	120	120	1	120	120	1	210	210
平 均			10	78	69	13	100	69	16	77	79	18	68	62	20	70	66	21	70	74	21	113	90	22	113	93	21	129	110

沿經度線上誤差之絕對值平均 = 92.4 (哩)

垂直鋒面方向誤差之絕對值平均 = 80.7 (哩)

表 2d : TMAEX 預報中心預測 48 小時鋒面位置校驗結果 (說明見表 2a)

鋒面 編號	I O P 序	日期	110° E			112.5° E			115° E			117.5° E			120° E			122.5° E			125° E			127.5° E			130° E		
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
F ₁		5/2																						1	150	120	1	90	90
F ₃	1	5/15	1	30	30	1	30	30	1	30	30	1	60	30	1	60	30	1			1	90	90	1	210	120	1	240	180
F ₆	4	5/26																1	120	120	1	150	120	1	150	120	1	150	120
平 均			1	30	30	1	30	30	1	30	30	1	60	30	1	60	30	2	60	80	2	120	105	3	170	120	3	160	130

沿經度線上誤差之絕對值平均 = 104.0 (哩)

垂直鋒面方向誤差之絕對值平均 = 82.0 (哩)

誤差愈大。其原因是大陸地區天氣報告較多，鋒面分析較準確，而海上資料較少，分析不易準確所致。同時，當鋒面南下通過台灣後，進入巴士海峽部分消失後，殘留於台灣東南方海洋上部分，常有南北擺動現象，此亦導致預測鋒面誤差較大之部分理由。好在這些鋒面對台灣地區天氣已無顯著影響。

四、預測鋒面誤差較大之實例分析

由前述校驗結果顯示，5月19~23日及5月31日~6月3日所預測之兩套鋒面系統相當不準確，現以後者為例加以分析。在梅雨期之鋒面預測中，以850mb及地圖為最重要，故以此兩圖為對象加以說明。

在地面圖上，5月31日00Z在 32°N 及 108°E 形成低壓環流，向東移動，至6月1日00Z已移至 32°N 及 116°E ，中心氣壓加深至998mb，鋒面結構良好，且冷鋒後有1012mb之高壓位於 34°N 及 103°E ，推動此鋒面向東南方移動。但隨後此高壓強度減弱，而太平洋高壓西伸，導致此伴隨鋒面系統之低壓動態改向偏東北進行，致使鋒面通過台灣時間後延且僅受尾端影響。此種低壓及鋒面之強度與動態之顯著改變，由850mb圖上之系統更可清楚看出。圖3c為850mb圖上5月31日00Z至6月2日12Z鋒後控制高壓中心位置與強度情形，以及6月1~3日之低壓及鋒面之動態。由圖可明顯看出，於6月1日00Z至12Z間，此位於 34°N 及 104°E 附近之鋒後控制高壓強度大為減弱，12小時內填塞了80gpm，乃導致了此預期影響台灣地區天氣之低壓中心顯著偏向東北行，使得鋒面移抵台灣之時間落後，而鋒面強度亦大為減弱。此種鋒後控制高壓動態及強度變化難以把握，實為預測鋒面不準確之主因。今後必須加強對此方面之研究，始可改進此項梅雨鋒面預報之準確性。

四、鋒面預報泛論

以上已就TAMEX預報之鋒面運動作一初步校驗，在此處茲討論一些進一步之意見（主要為預報實驗研究小組研擬）。

此處認為完整的鋒面預報應包括：

(1) 鋒面運動：

- (a) 12小時，24小時，36小時鋒面位置預測。
- (b) 鋒面加速或減速的評述。
- (c) 移台後可能遭遇的地形影響。

(2) 鋒面強度與結構：就梅雨鋒面而言，似可將下述因子考慮在內：

- (a) 鋒前氣流方向與強度。有無低層噴流(LLJ)。
- (b) 鋒面坡度及結構，含500mb以下槽線分布或風切線分布。
- (c) 鋒後氣流(東風)之厚度，強度，及其上西風氣流之方向與強度。
- (d) 鋒面前後溫度、氣壓變化率。

此處建議，應建立一些對梅雨鋒強度辨認條件：

- (a) 鋒前LLJ之定義。風速及風變於何值以上時稱之。
- (b) 冷鋒坡度大小之定義，臨界值。
- (c) 鋒面(東風層)厚度與強度之劃分，例如：定義強、中、弱等。
- (d) 鋒上氣流(西風氣流)強度與鋒面強度之關連。
- (e) 鋒面逆溫強度與鋒面強度大小之關連。
- (f) 鋒面過境前後之溫度變化，露點變化，風變化，氣壓變化(不妨以1小時變化率表出)，以定義鋒面強度大小。

(3) 鋒面降雨量及降雨機制：着重在台灣之時。

- (a) 有無與鋒面相連之飈線。
- (b) 有無鋒前之MCS及其發展stage。
- (c) 鋒未抵台灣前之存在雨區分析及其有無上述兩種造雨系統。特以有無大範圍雷雨。
- (d) 台灣各地區有無可能出現豪、大雨。若有，其可能出現時間與地區(定義：豪雨日雨量 ≥ 130 公厘，大雨日雨量 ≥ 50 公厘，兩者均需至少其中有1小時雨量 ≥ 15 公厘)。

就本次TAMEX期間預報而言，已作出鋒面位置預報與MCS預報。

五、TAMEX期間台灣有關地區之中小尺度對流系統(MCS)分析

(一) 本文MCS定義與統計之標準

有關TAMEX期間MCS分析計準備四圖及一表。圖4a~c為此處所作MCS定義。圖4a為

表3 TAMEX 期間各 IOP 期內計共 17 次 MCS 資料索引

編號	IOP 序	發生時間 (GMT)	持續時間 (hr)	活動區域	最大強度等級 (合持續次數)	最大範圍等級 (合持續次數)	特徵
1.	1	五月 13:00	15	2	4(2)	3(1)	(1) MCS 與鋒面相連，整個雲系呈線狀雲帶。 (2) 13日 09Z 分裂—MCS 向東移，過馬祖後迅速減弱。
2.	2	16:00	12↑	2→3	4(1)	3(2)	經過台灣北方沿海而分裂減弱，對台天氣無顯著影響。
☆3.	2	16:00	18	3→2→1 →2→3	4(3)	3(6)	東移經台灣中部、北部而減弱，嘉義以北地區 17 日晨間有大雨。
☆4.	2	16:15	18↑	3→2→3 (分裂： 1→2)	4(7)	3(6)	(1) 範圍甚大(為所有編號 MCS 中最大者)，在大陸東南方海上活動。 (2) 17 00Z 分裂—中心東移，影響台灣中、北部，有大雨。此後主中心向西南移。 (3) MCS 2, 3, 4 均出現於同一鋒面。
5.	3	21:09	12	2	4(3)	3(3)	MCS 5, 6 相互作用，均向東移，MCS 5 減弱而 MCS 6 增強。
☆6.	3	21:09	33	3→2→1	4(11)	3(8)	於 22 日 03Z 分裂—中心，影響中部沿海有大雨。主要中心經台灣南端而消失。
7.	3	21:21	18↑	3→2→ 3→2	4(9)	3(5)	(1) 在 MCS 6 與另一 MCS 間生成，與 MCS 6 有相互作用。MCS 7 增強而 MCS 6 減弱。 (2) 22 日 15Z 與 MCS 6 分離和其西北方之 MCS 合併增強而遠離台灣。
8.	4	27:12	3↑	2	4(1)	2(1)	東移出海而減弱。
9.	8	六月 07:09	12↑	1→2→1	4(4)	2(4)	在台灣東南生成，沒有顯著發展，花蓮有大雨。
10.	8	07:12	24↑	2→3	4(5)	3(3)	(1) 東移經台灣北方沿海，在東方海上發展。 (2) 與 MCS 1 路徑相似，對台影響不大。
11.	8	07:21	15↑	2→1→2	4(6)	3(2)	經台灣南方海面，中南部及新竹均有大雨。
12.	9	15:12	30↑	1→2→1 →2	4(5)	3(3)	在台灣東方生成並滯留。
13.	10	15:21	9	1→	4(1)	2(1)	在台灣南方生成，而後西移。
14.	10	16:03	15	2	4(6)	3(1)	東移經台灣南方沿海，在東南方消失。
☆15.	10	16:12	30↑	1→2	4(11)	3(1)	在台灣東部生成北移，屬熱帶擾動，東部有大雨，於 17 日 00Z 分裂—中心東移。
16.	10	17:00	15↑	3→2	4(5)	3(2)	在巴士海峽中生成，滯留。
☆17.	13	24:15	18	1→2	4(6)	2(6)	自台灣北部沿西海岸南移，北部與西部地區有大雨

附註：1 MCS 之強度與範圍分級見圖 6 之說明。

2 活動區域之分區見圖 5。第 1 區為台灣本島區。計有 9 個 MCS 侵襲台灣，其中有 7 次有大雨。

3 ☆表最重要之 MCS。

MCS 紅外線 (IR) 雲圖所用之灰度強化曲線。縱標為灰度，由黑至白計分255個等級，橫標為雲頂溫度右起，自31°C至-81.2°C。斷線為溫度之線性分布，實線為強化曲線。圖4b為經灰度強化後MCS之IR雲圖之例。圖4c為根據圖4a各等級溫度設定值及圖4b雲頂溫度分布圖所作出。內圍白色區以粗實線表示，表雲頂溫度已經在-62.8°C以下。中尺度對流複合體(MCC)對流雲頂溫度在-32°C及-52°C以下之面積有一定限定，同時有雲區長短軸比例之一定規定。惟MCS為中小尺度對流系統之總稱，未有一定限制。另外，圖5為此處各密集觀測期(IOP)中用作MCS統計之設定範圍。計凡在1、2區中之MCS均列入分析，第三區為配合MCS分析所用天氣圖分析範圍。

(二) 各MCS運動與強度特徵分析

圖6a~h為根據圖4a~c之MCS分析法，及根據圖5中區域1及2之範圍所作出之各IOP期中MCS運動及強度變化統計。統計標準為凡MCS必須存在3小時以上，及其等級可分析出最高級——第4級之溫度值(參見圖4c)者。根據上述標準計可得出17次MCS。圖中各符號之說明見圖說。另外表3為該17次MCS之統計表。有關該各MCS與各IOP間之隸屬，出現時間，活動區域，最大強度等級與持續時數，出現最大範圍等級時之持續時數，及活動特徵等均已作說明。由圖6a~h及表3可得：

(a)在該17次MCS中，計有9次影響台灣陸上(見表3)。其中以編號3, 4, 6, 9, 11, 15及17等7次，對台灣雨量影響最著，特以IOP 13中總編號17之MCS，當其經過台灣中部時，曾釀成水災(詳見後述)。

(b)在該17次MCS中，分裂移入台灣者有2次，即：編號4, 6。其中編號4曾使台中以北地區出現豪大雨。

(c)藉圖可見自大陸東移之MCS，一般當自大陸移入海峽中時，多見減弱。此或與此一期間，海溫較陸溫為低有關。

(d)該17次MCS中，以編號6發展為最著，持續時

間亦最長達30小時。雖移入台灣，但台灣區降雨則並不甚著。

(e)該17次MCS中，東移者有14次；西移者有1次，即編號13；北移者1次，編號15，為一熱帶系統，強烈影響東部天氣(參見王，吳1988)；南移者1次，編號17，自台灣北部南移，與鋒面運動有關，中部曾因之發生水災。

(三) 藉紅外線強化雲圖對各MCS之分析

圖7為進一步根據圖4c方法所作MCS分析。3小時一次，時間同圖6。本圖中同時附加00Z及12Z時間之地面與850鋒面位置。藉圖可得：

(a)與鋒面有關之MCS，略可分為四類。一類出現於鋒際，一類出現於鋒面之前。一類與地形有關。最後一類為與熱帶擾動相連。

(b)出現於鋒際之MCS，計有MCS編號1(IOP 1)，8(IOP 4)；10(IOP 8)，該MCS在台灣東方海面增強擴展並與編號11之MCS相連，為東方MCS發展型；編號12(IOP 9)及編號17(IOP 13)。(各參見圖7)。

(c)出現於鋒面之前之MCS，計有MCS編號2, 3, 4(IOP 2)，5, 6, 7(IOP 3)，11(IOP 8)。各見圖7中有關編號之圖。

(d)與地形有關者，為MCS編號9(IOP 8)。該系統即在台灣東方海岸區發展，遠在鋒面趨近之前。

(e)與熱帶系統有關者，為MCS編號13, 14, 15, 16(均見IOP 10)，參見圖7，此處並附6月16日12Z該雲系統存在期間之地面圖如圖8，藉供參考。

六、TAMEX期間MCS預報初步校驗

(一) 採用方法

此處為MCS預報之初步校驗，係應用Threar Score (TS)方法(Wash, 1984)。其公式如下：

$$TS = \frac{C}{F + O - C}$$

此處，C為MCS正確預報面積或格點數，

F為MCS預報者，

O為MCS實測者。

其值為在 0 與 1 之間。

(二)校驗步驟

(a)選擇此處所作出之 17 次 MCS 作為校驗之基礎用圖。

(b)就該 17 次 MCS 發生期間中，選出各次預報面積最佳者，作為 TS 法計算之基礎（參見圖 9）。

(c)面積求法有兩種，如為標準型式，如橢圓形，則以求橢圓之方法求之，否則分為小方格方法求之。

(d)將求出之面積代入上述公式，以求出 TS。

(三)校驗結果

此項校驗結果見表 4。表中橫軸內列出所採用樣本之時間，縱軸中分別列出 TS 方法之要項及 MCS 與 IOP 之編號。由表可得：

- (a)在 17 次 MCS 中，僅 1 次（第 9 次）未報到。
- (b)在 17 次中預報最佳者為 MCS 編號 6, 7, TS 值為 36.5%。
- (c)平均 TS 值為 21.5%。在國內首次預報 MCS 之 TS 值，有此成績，已甚滿意。

七、MCS 預報泛論

本次 TAMEX 期間，決定 MCS 預報有利環境輔助用圖，計有三種，各見圖 10 a~c。圖 10 a 為軍方所準備者。基本上係參考 Miller (1975) 之用圖。所用參數包括：(a)地面鋒面，(b) 850 mb 鋒面，(c) 700 mb 風切線或槽線，(d) 850 mb 及 700 mb 之 LLJ 軸，(e) 850 mb 層 $T - T_e \leq 4^\circ\text{C}$ 線，及 (f) 850 mb 層暖平流區。而 MCS 之潛在危險地區，則位於粗線區內。圖 10 b 為氣象局準備者。所用參數包括：(a)地面鋒面，(b) K 指數 ≥ 30 線，(c) 850 mb 層之 LLJ 軸，(d) 850 mb $\Delta H \leq -10 \text{ gPM}$ 線，(e) 850 mb $T_e \geq 12^\circ\text{C}$ 線。而 MCS 可能區域如斜線區所示。另外圖 10 c 為本局科技中心組成之 TAMEX EFG（預報實驗小組）小組所作之 MCS 潛在危險區域圖（係獨立做出頗為簡單，當時曾在參與美籍專家前報告）。僅列出動力條件而略去熱力條件。蓋 5~6 月梅雨季時，熱力條件基本上係均已滿足，而僅列三項：(a) 地面鋒面位置，(b) 700 mb 層槽線及切變線，(c) 850 mb LLJ 軸線與 20 kts 線之範圍。該範圍亦

即為危險區域。另外丘、林 (1986) 曾歸納華南及台灣地區四種有利 MCS 發展之合成圖如圖 11 a~d。主要更簡化為三項參數，即：(a) 700 mb 槽線或風切線，(b) 暖平流區及 (c) LLJ 軸線。

以上四圖之所用最多參數計有：

- (a) 850 mb LLJ 軸——四圖均有。
- (b) 700 mb 槽線——空軍，王、丘。
- (c) 地面鋒面——空軍，本局，王。

大體言，此三項均不失為有利於 MCS 發展之最重要環境條件。此處隨舉 1987 年 5 月 22 日 00Z (IOP 3) MCS 發展與作者（見圖 10 c）所設計 MCS 有利環境條件合成圖之例如圖 12。進一步之討論，此處略去。

八、結論與建議

- (1) TAMEX 期間梅雨鋒面綜觀特徵，其始華西先有熱低或母低壓 (parent low) 形成，而後在長江區生成中尺度型梅雨波動，平均言，其鋒面約 2.5 天抵達台灣。
- (2) TAMEX 期間之十次梅雨鋒面約可分為兩型。其一為呈中尺度穩定波動型，700 mb 層類多相連有風切線，華西先出現有「母低壓」。屬本類者十二次中計凡九次。另一為呈大尺度不穩定波動型，700 mb 有明顯西風直槽。計出現一次。該兩類梅雨季波動並作出其模式圖如圖 2。
- (3) 本次 TAMEX 期間，10 次鋒面系統之 12, 24, 36, 48 小時預報位置，均與實際者比較，作出誤差統計。其結果各見表 2 a, b, c 及 d。一般言，結果均甚佳，僅 F 5, F 7 兩次例外，並已加探討。
- (4) 在 TAMEX 各 IOP 期間，預報中心作出有紅外線強化衛星雲圖，可供辨認且發生於本區者（見圖 5），計有 17 次。其條件為曾出現有最高等級之雲層，且 MCS 雲系出現達 3 小時及以上者。
- (5) 在各 IOP 期間，發生在本區之 MCS，就其天氣圖之不同，約可分為四類。一、MCS 出現於鋒際略以 line echo 型佔勢。計有 4 次，即編號 1, 8, 10, 12 及 17。二、MCS 出現於鋒前

，略呈 cellular 型或混合型。計有 7 次，即編號 2, 3, 4, 5, 6, 7 及 11。三、似由地形影響產生。計出現 1 次，為編號 9。四、與熱帶擾動相聯者，有 4 次。各為編號 13, 14, 15, 16。必須特別說明此為初步之分析。

(6)就本次各 IOP 期間，可發現極大部分主要之 MCS 均未影響台灣，或在移出大陸入海後減弱；或在海上發展，移至台灣陸上後減弱；或在台灣東方陸上發展。對台灣造成顯著降水之 MCS，主要僅為編號 16 與 17（參見圖 6 與圖 7）。

(7)TAMEX 期間所預報之 MCS 經藉 Threat Score 加以計分。（其值最佳為 1，最小為 0），其平均值為 21.5%。此為初次嘗試，有此結果，已可謂相當滿意。

(8)綜此次預報 MCS 方法，就其環境條件方面預報言已可謂相當成功。計四種方法加以引述，均屬可行。

致 謝：

本研究承本局吳局長宗堯大力支援及台大大氣科

學系李清勝副教授，本局科技中心李永安副研究員，預報中心謝信良主任等參與初期討論及提供卓見，並蒙婁淑榮、譚文同、鍾孝林、陳建霖諸先生協助分析與製圖，謹此一併致謝。

參考文獻：

Miller, R. C., 1972: Notes on anyalsis and severe-storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. Technical Report 200 [Rev].

王時鼎，吳宗堯，1988：TAMEX 期間台灣地區重要綜觀及中尺度系統初步分析。中央氣象局天氣預報與分析研討會。

丘台光，林再我，1986：利用衛星、雷達資料作台灣地區豪雨預報之初步研究。氣象科技研究中心技術報告彙編（局內研究部分），第 1-1 卷，89-111。

陳泰然，1988：台灣梅雨天氣預報之研究與實作理念。中央氣象局天氣預報與分析研討會。

Preliminary Evaluation of TAMEX Forecasts

Shih-Ting Wang

Chia-Chung Yu

George Tai-Jen Chen

Jack Ming-Sen Lin

ABSTRACT

This study is separated into two parts. The first part deals with ten Mei-Yu frontal systems and their preliminary forecast evaluation, and second part discusses MCSs occurred in each IOP during TAMEX and their evaluation.

From this study we found:

- (1) There are essentially two types of Mei-Yu systems, one being steady mesoscale wave type, and the other unsteady cyclone wave type.
- (2) The forecasted positions of all frontal systems during TAMEX are assessed, and the results are in agreement with observation quite well except two cases.
- (3) Based on enhanced IR satellite images, there are 17 MCSs being identified in TAMEX Area during whole IOPs. Nine MCSs invaded Taiwan and seven of them caused heavy rainfalls in the area.
- (4) The preliminary evaluations of MCS's forecasts are made by using Threat Score technique. The results show certain forecast skill in existing techniques.
- (5) Further comments are given on the Mei-Yu front and MCS forecasts. and suggestions are also made for further improvements.

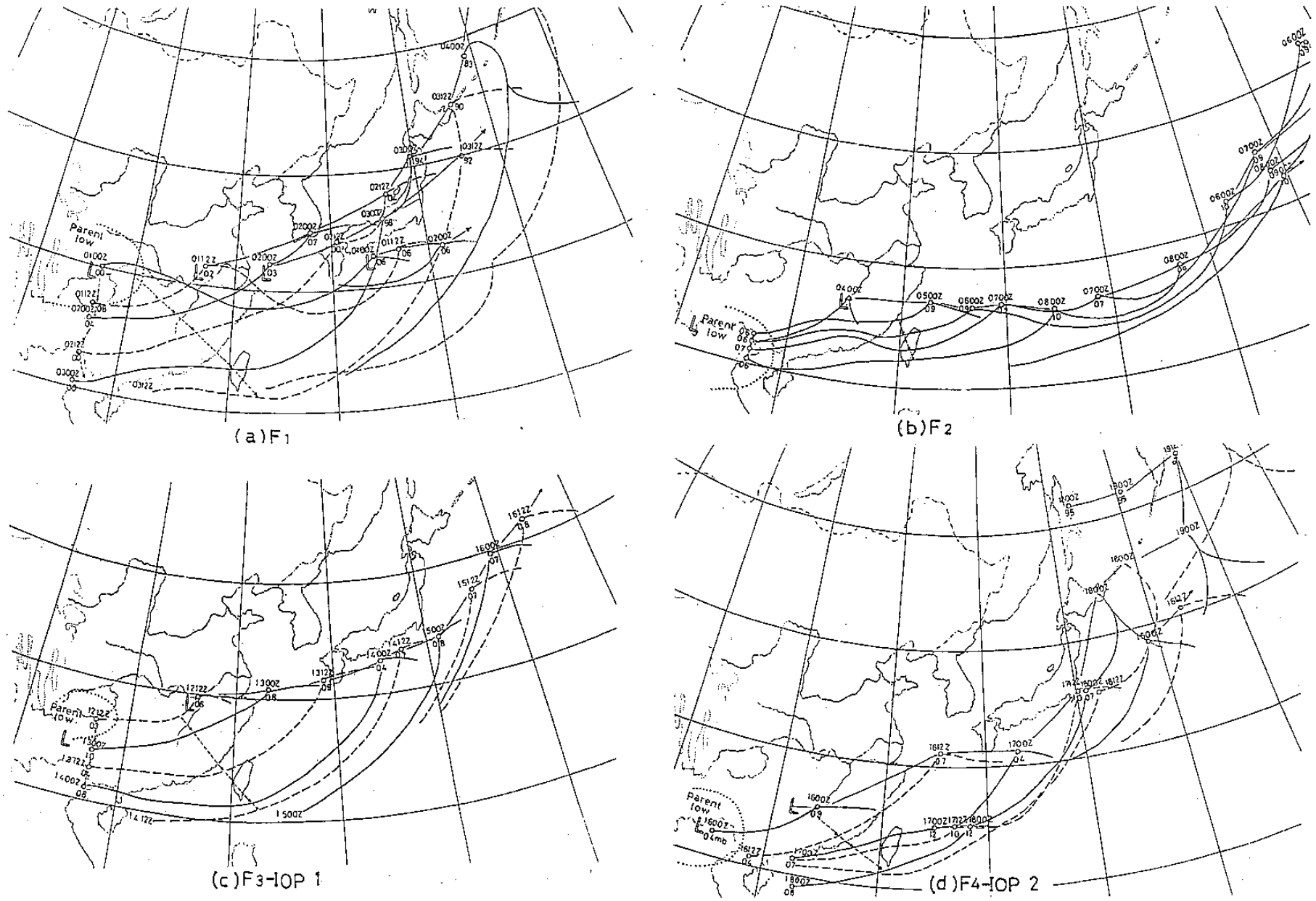
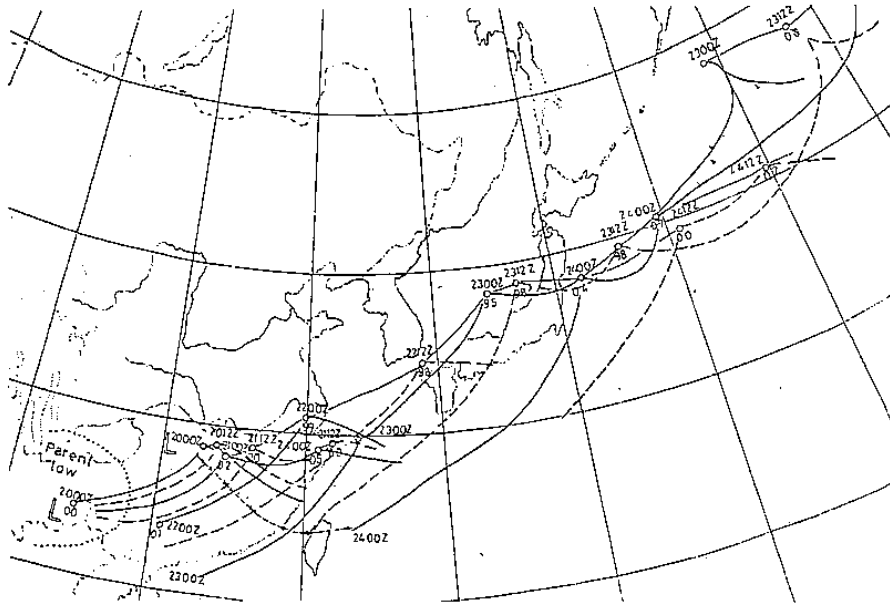
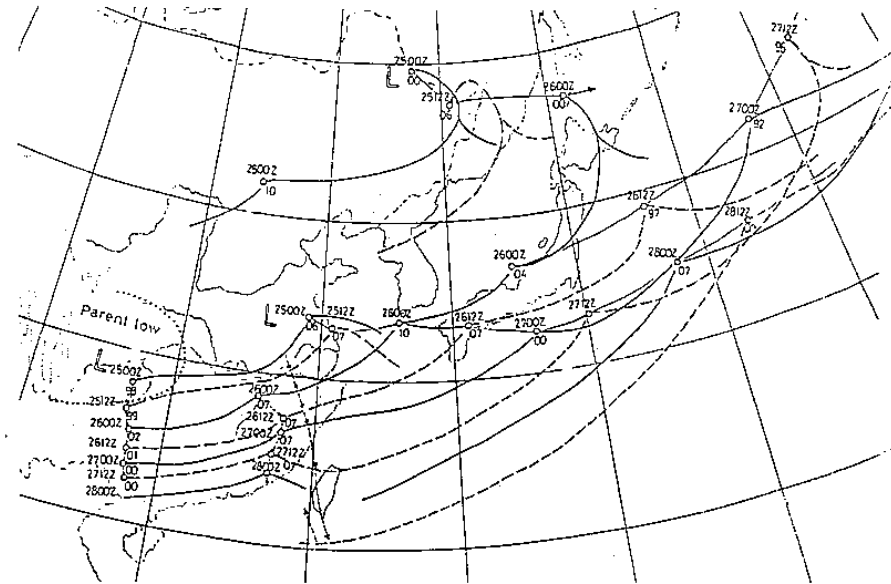


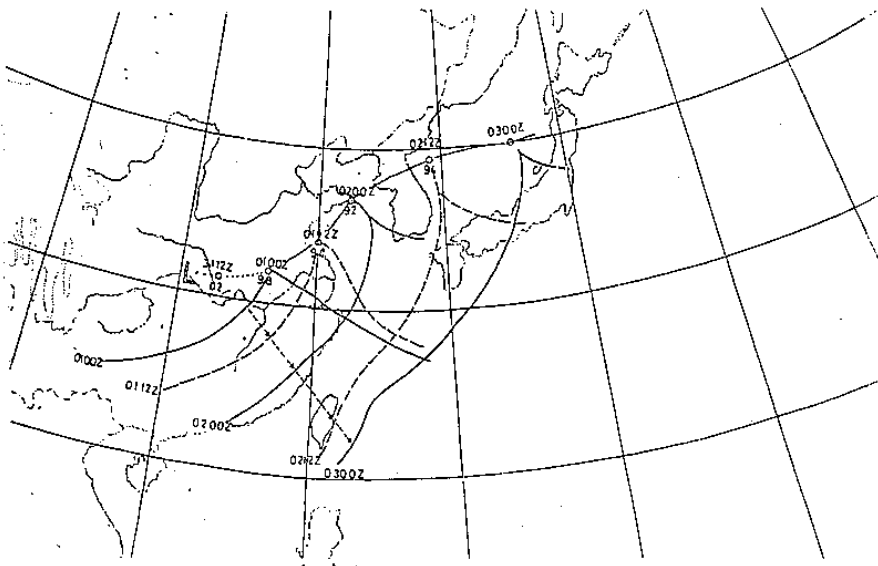
圖1 TAMEX期間10次梅雨鋒面運動圖。圖中含12小時鋒面位置(00Z者為實線,12Z者為斷線),低壓路徑(附箭頭之細實線),中心氣壓值(mb數),在臺灣方向之鋒面運動(以附有箭頭之細斷線表示),及其母低壓(以粗點線表示)。



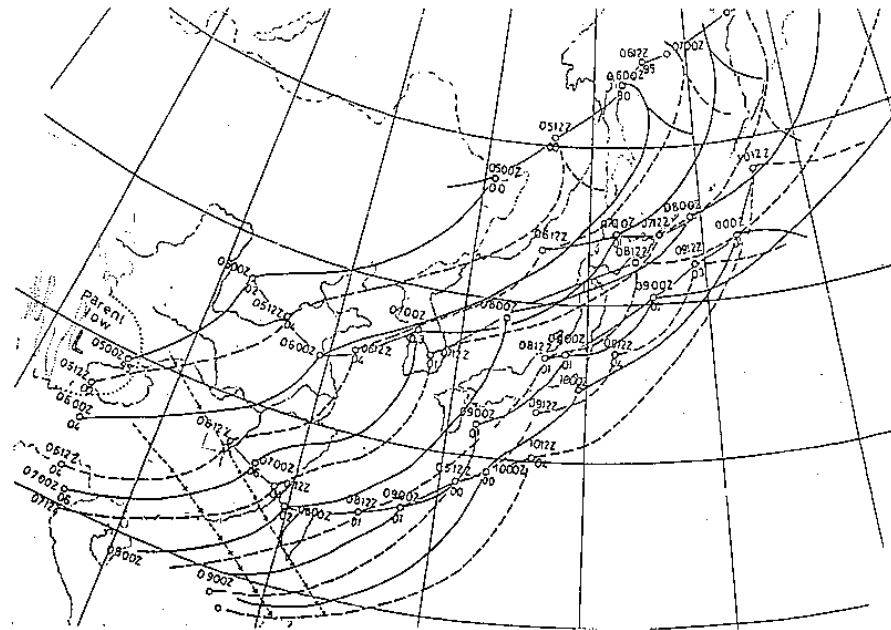
(e) F5-IOP 3b



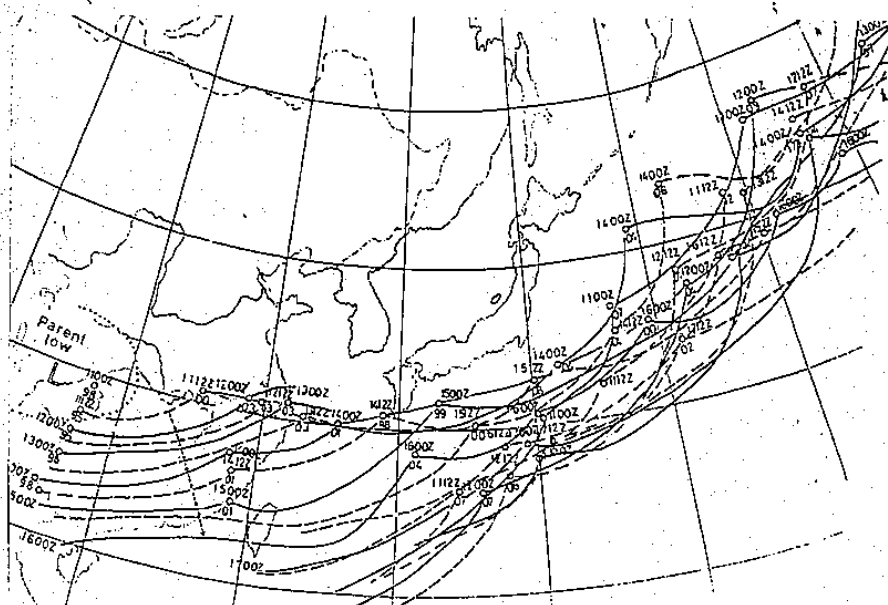
(f) F6-IOP 4



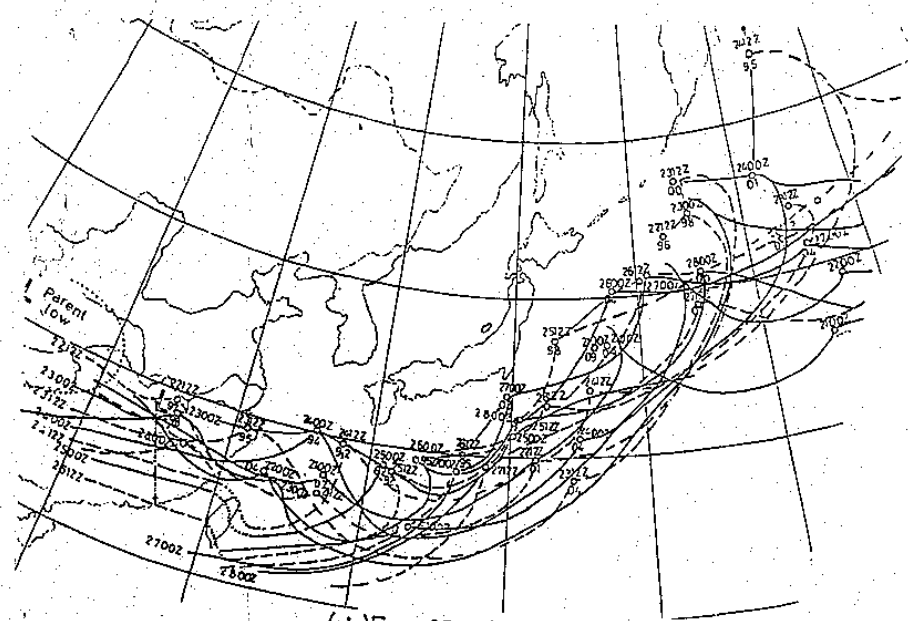
(g) F7-IOP 6



(h) F8-IOP 8

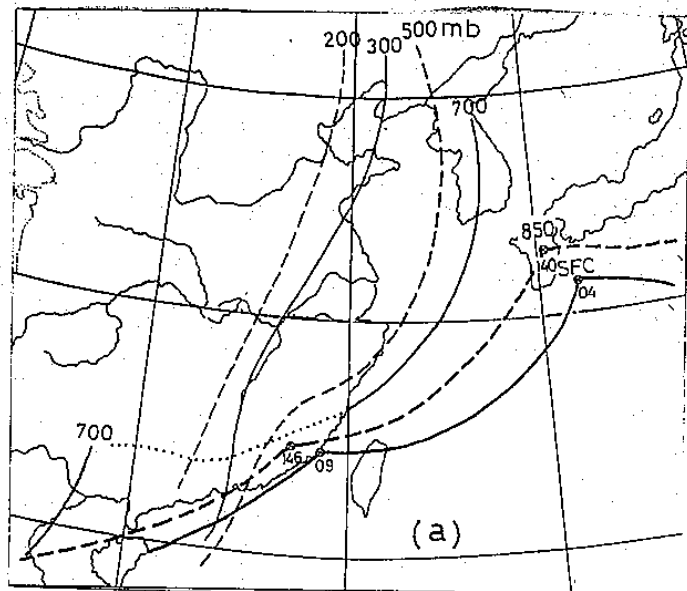


(i) F₉ - IOP 9

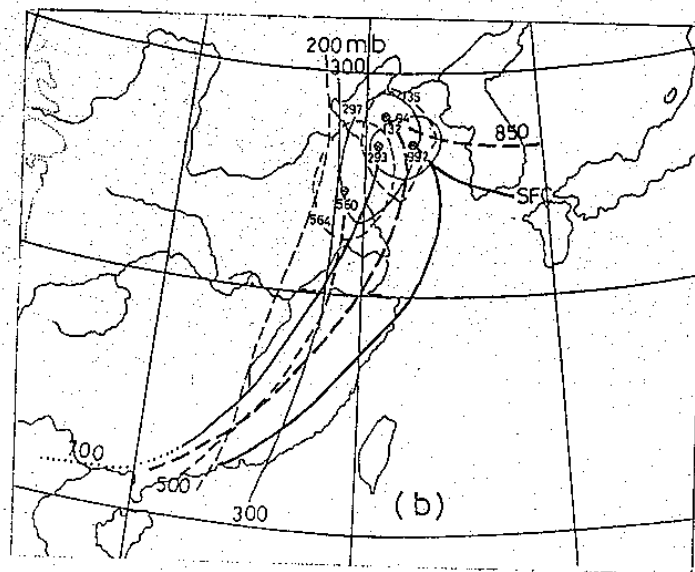


(j) F₁₀ - IOP 13

續圖 1

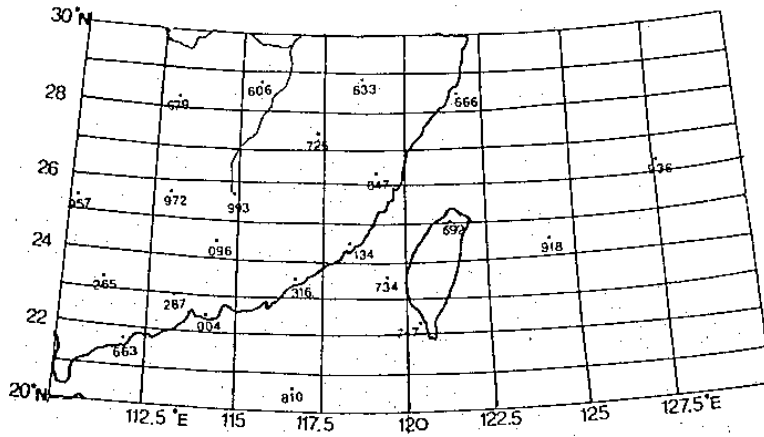


(a)

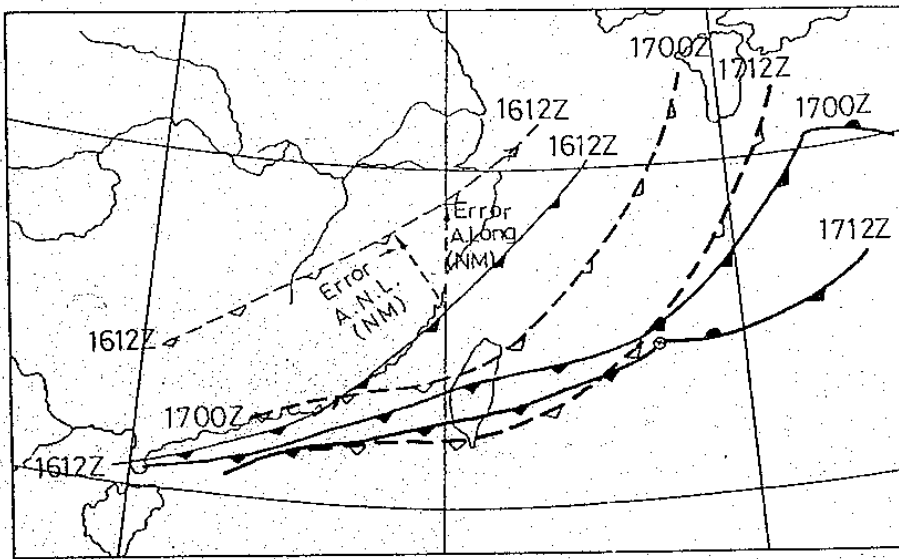


(b)

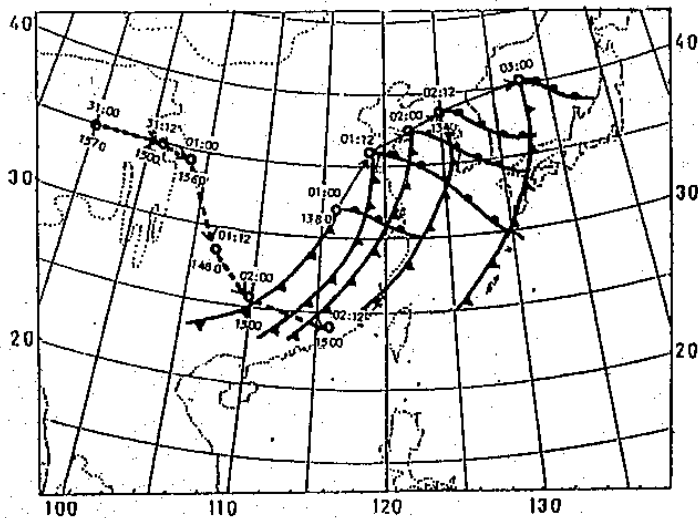
圖 2 TAMEX 期間梅雨波動垂直結構模式圖。(a)中尺度穩定型波動 (F₄ - 5月17日 00Z 之例) (b) 較大尺度之不穩定型波動 (F₇ - 6月20日 00Z 之例)。



圖(a) 預測鋒面校驗網格及範圍。



(b) 依據 1987 年 5 月 16 日預測 12、24 及 36 小時鋒面及實際鋒面校驗實例。



(c) 1987 年 5 月 31 日~ 6 月 3 日 850mb 鋒後控制高壓中心及低壓中心與鋒面系統動態圖。

圖 3 TAMEX 期間供校驗用之梅雨鋒面預測圖與實測圖示例。

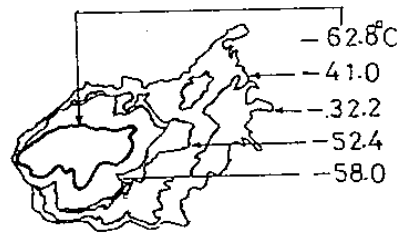
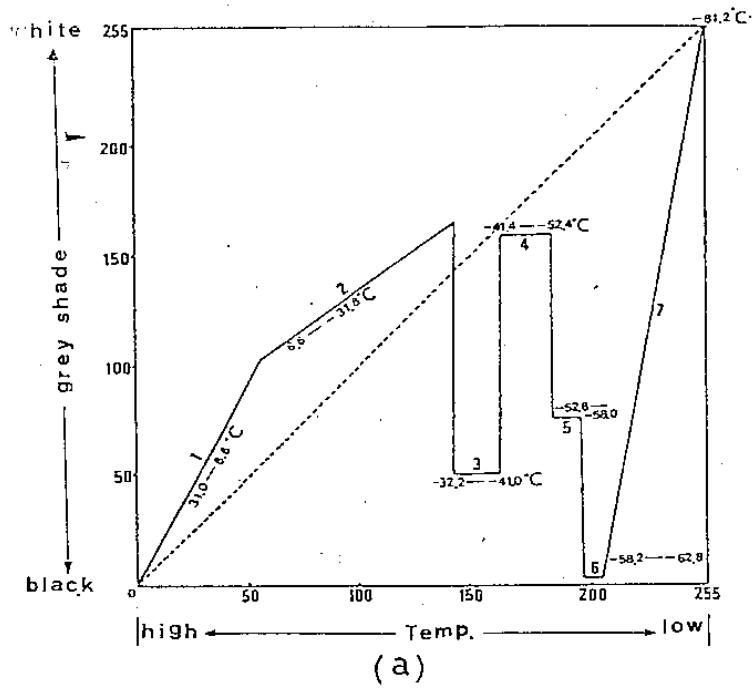


圖4 藉以分析MCS之 IR 衛星資料。(a)MCS分析所用之修正MB曲線，(b)利用MB曲線所作之強化紅外線 (IR) 雲圖，(c)雲圖強化曲線所示雲頂分布值 (°C)。

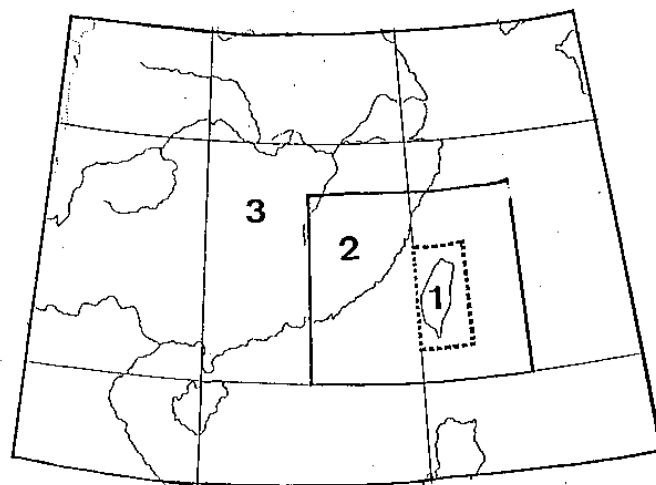


圖5 藉以統計MCS之區域分布圖。第一區，表台灣區，第二區為TAMEX預報區，第三區為供作與天氣圖關係分析之區域範圍。第一、二兩區亦為供作MCS發生統計之範圍。

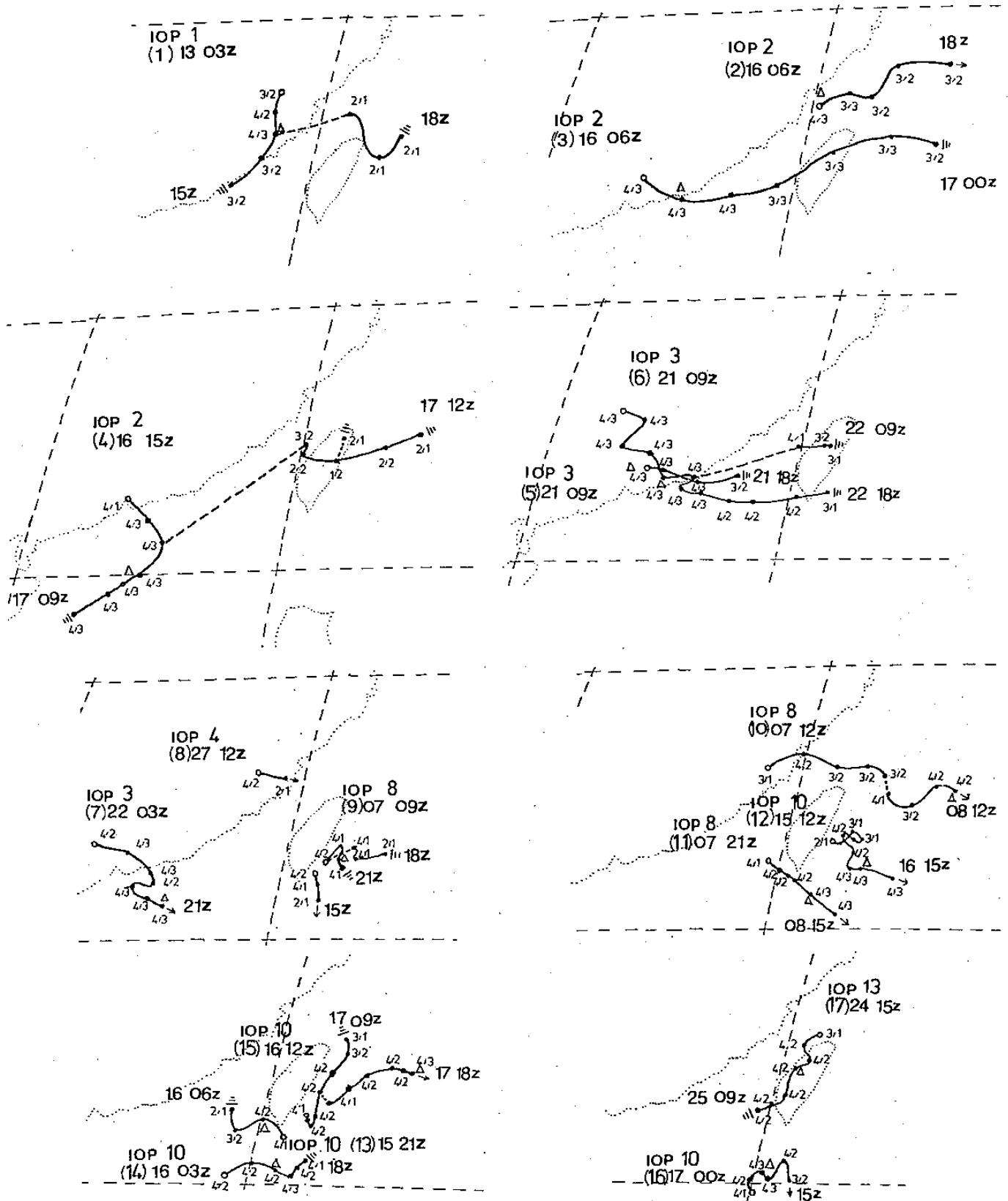


圖 6 1987 年 TAMEX 期間各 IOP 期中，所出現於第 1、2 區內（參見圖 5）之 MCS 運動統計。說明：持續時間必須 3 小時以上，雲頂溫度必須達到第 4 級（參見圖 4 C）。其起訖日期及時間均經註出如圖（其中圖 a~e 為 5 月者），其強度出現最大時間以“△”註出。強度各以其雲頂最低溫度等級（見圖 4 C）及 -41°C 之雲區範圍大小表示，分列各點之左、右，該各點間隔為 3 小時。最後一點如仍附有箭頭，表其後之圖缺。MCS 範圍分級法：以雲頂溫度低於 -41°C 線為準。等級 1 — 長軸之緯度數 $< 2.5^{\circ}$ ；等級 2 — (a) 長軸之緯度數為 $2.5^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，或 (b) 長軸 $5^{\circ} \sim 7.5^{\circ}$ ，但短軸 $< 2.5^{\circ}$ ；等級 3 — (a) 長軸 $> 7.5^{\circ}$ ，或 (b) 長軸 $5^{\circ} \sim 7.5^{\circ}$ ，短軸 $> 2.5^{\circ}$ 。

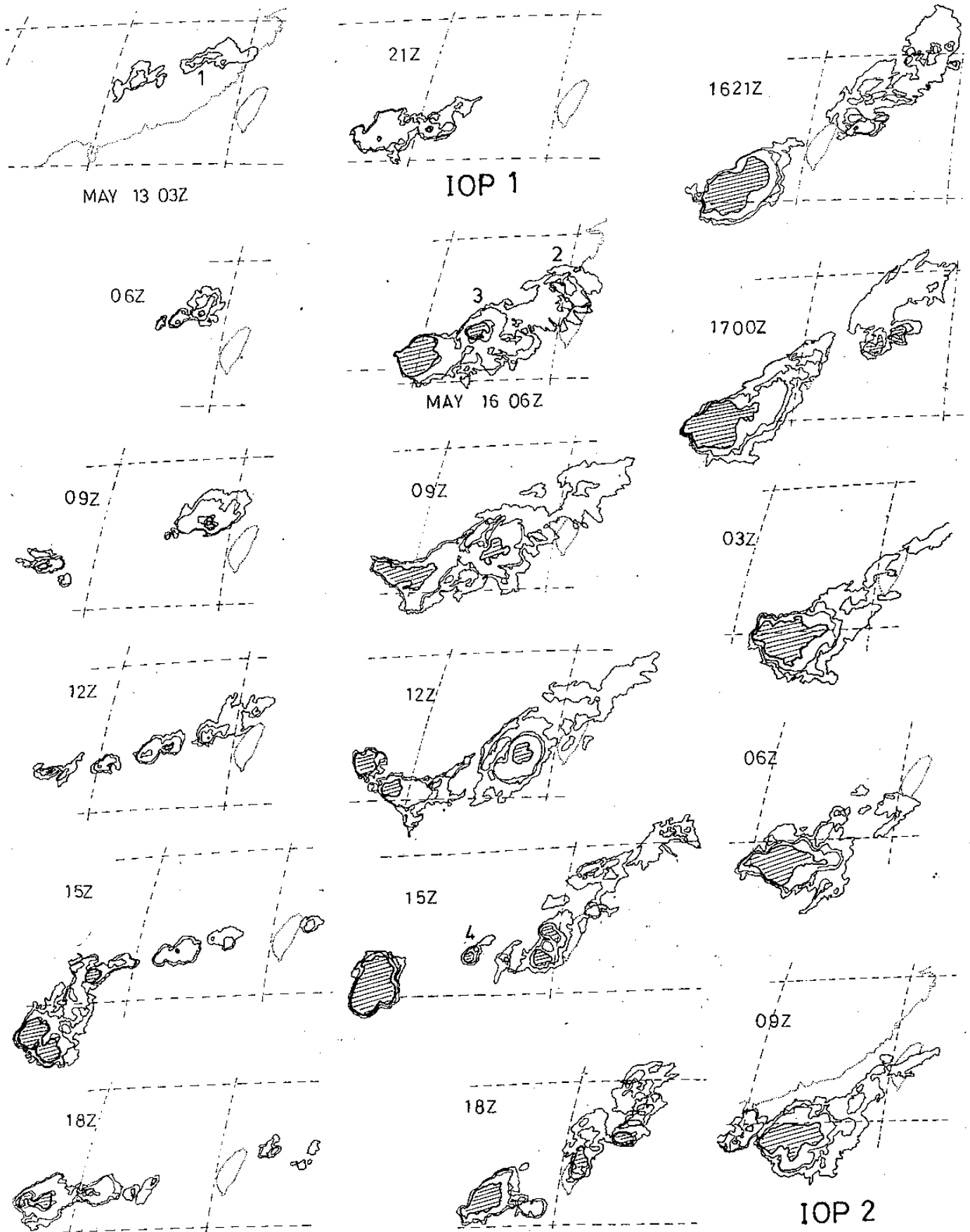
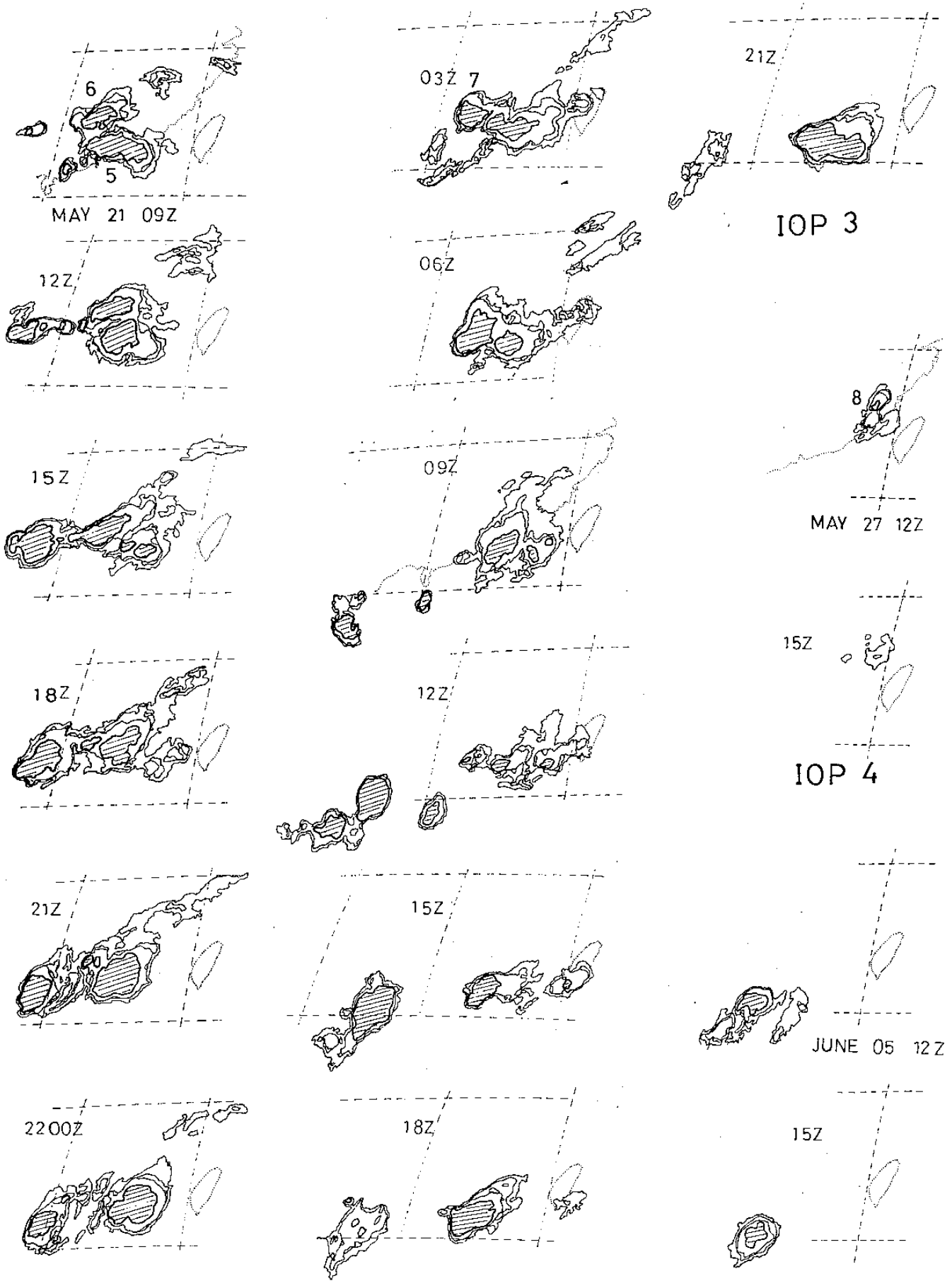
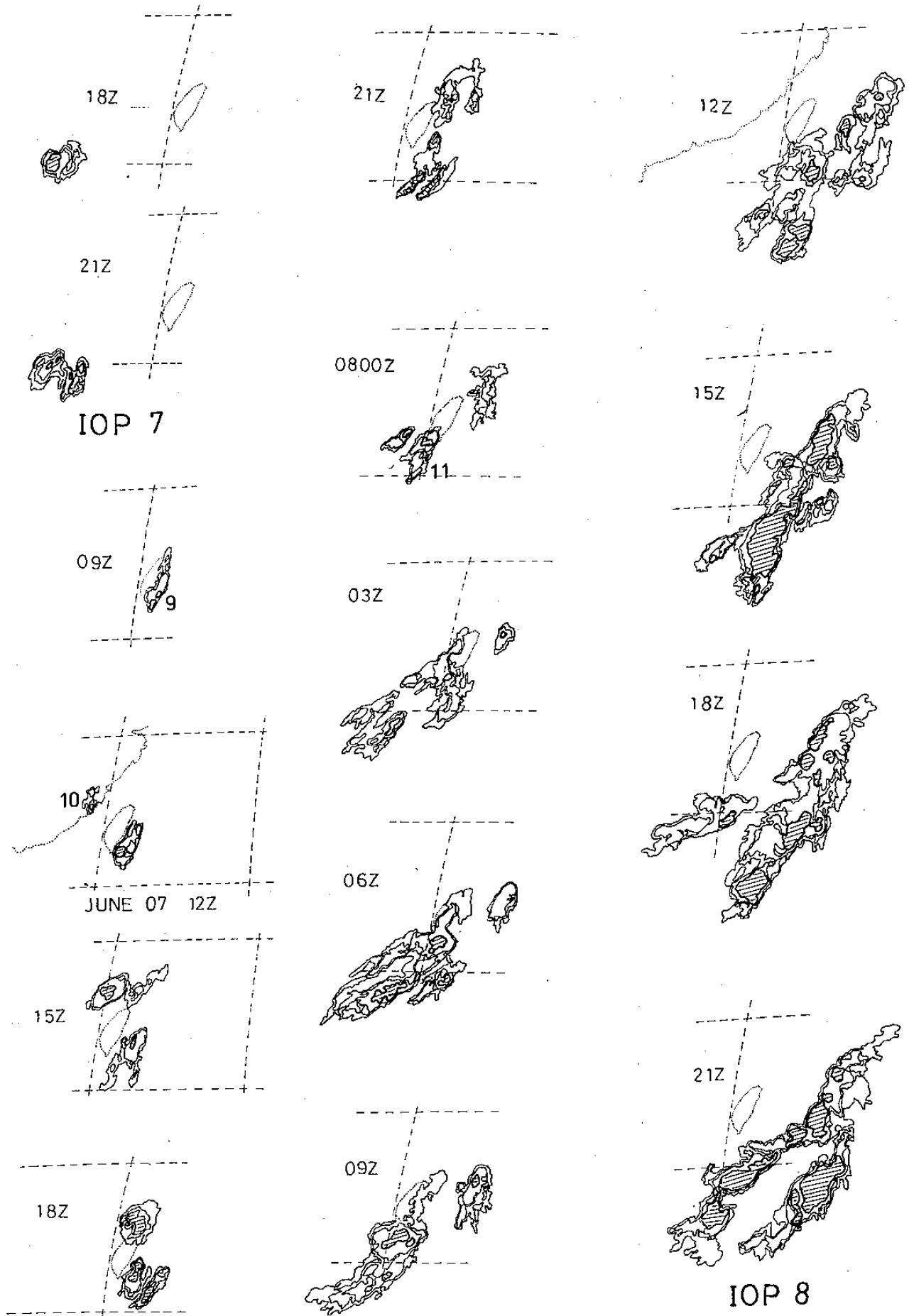


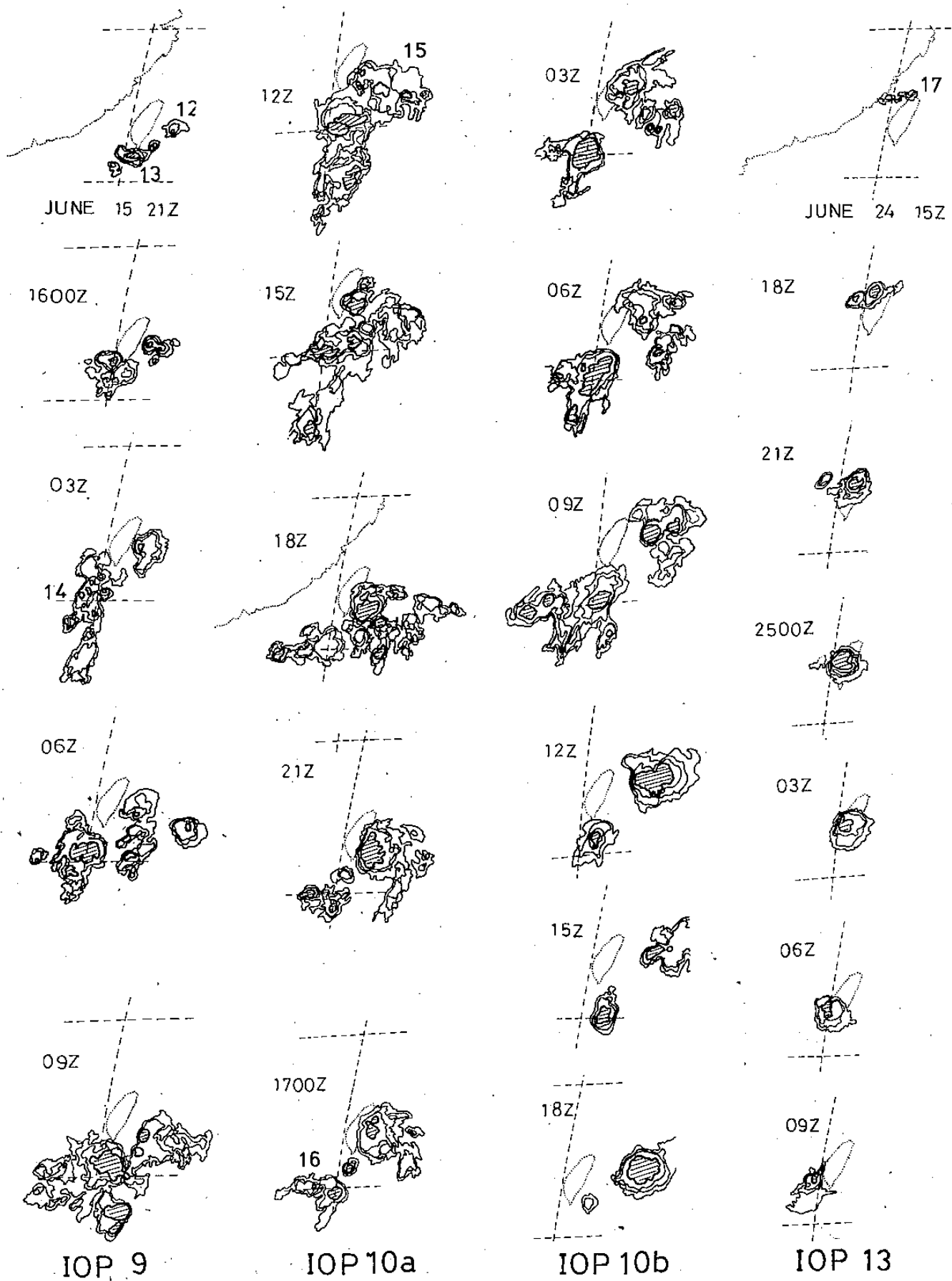
圖7 TAMEX 期間各 IOP 期中 17 次 MCS 動態分析，係以圖 4 C 雲頂溫度等值線方法表出（參考圖 4a~c）。



續圖 7



續圖 7



續圖 7

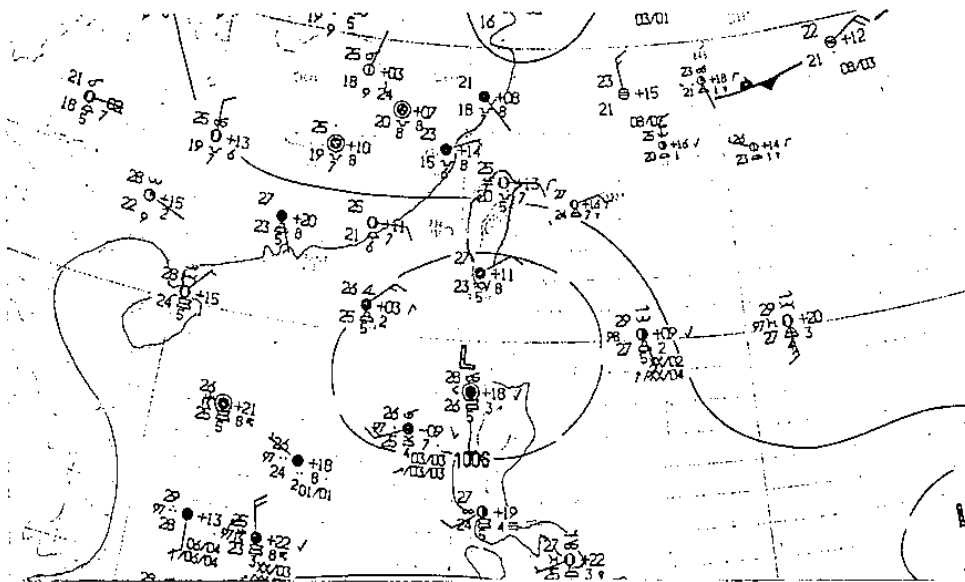


圖8 1987年6月16日12Z地面圖示MCS編號13, 15及16等與熱帶擾動相連之對流系統存在期間地面圖環境條件。

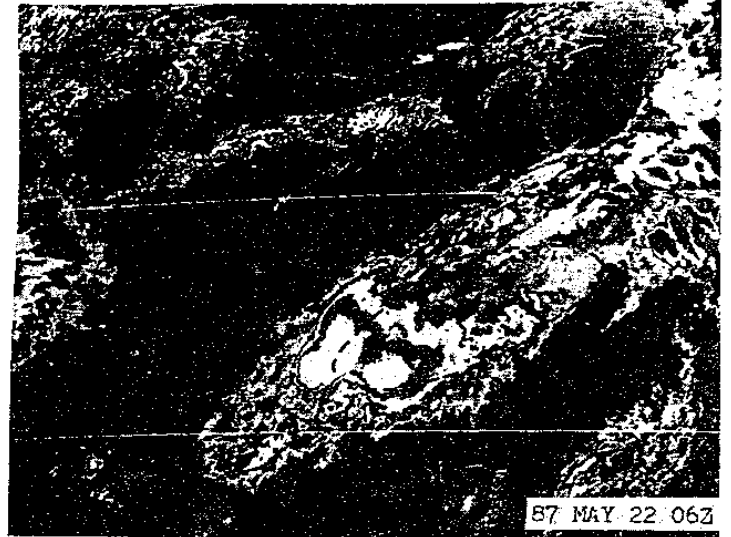


圖9 利用Threat Score技術校驗 IOP 3期中MCS編號6, 7(見圖7)之例。斷線區為MCS之預報面積。

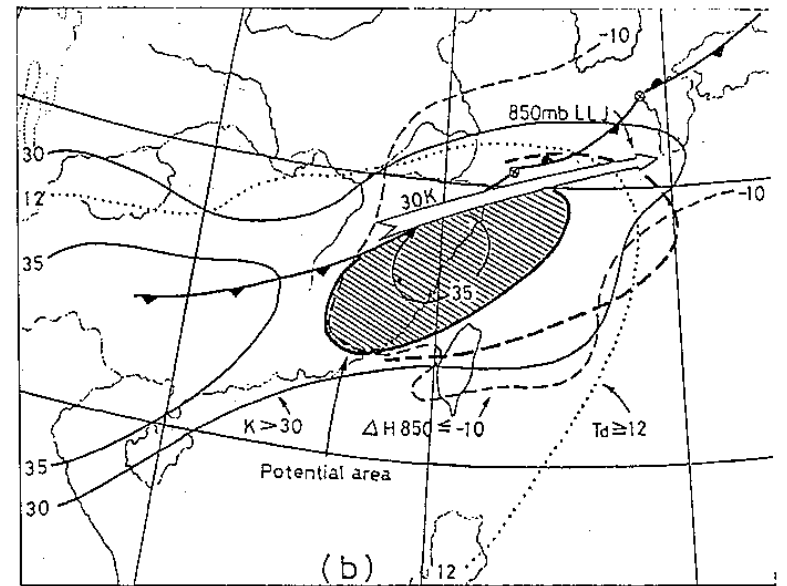
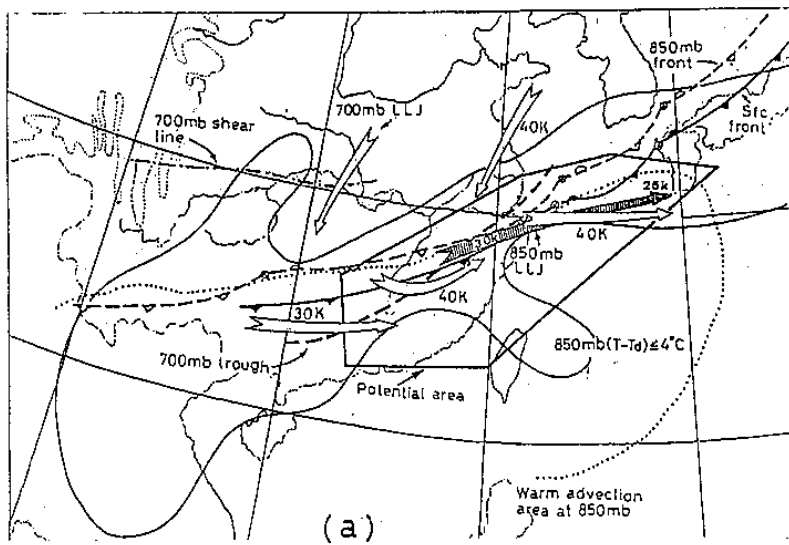


圖10 中小尺度對流系統(MCS)有利環境條件預測所需之合成輔助圖。

(a)空軍氣象中心所用者, (b)中央氣象局預報中心所用者, (c)王時鼎為TAMEX之EFG(實驗預報組)所設計者。

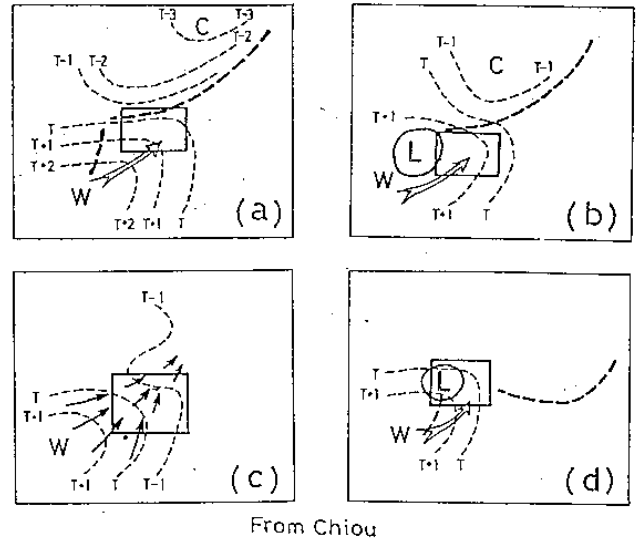
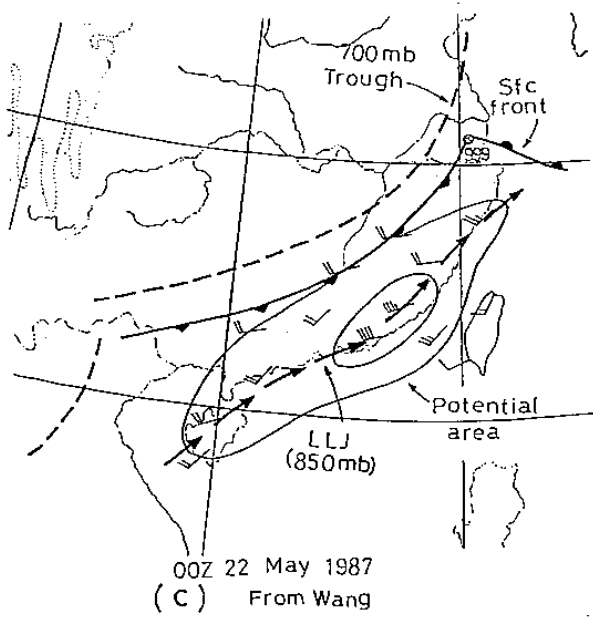


圖 11a ~ d

中小尺度對流系統 (MCS) 有利環境條件預測所需之合成輔助圖，係依據丘台光、林雨我 (1986)。

續圖 10

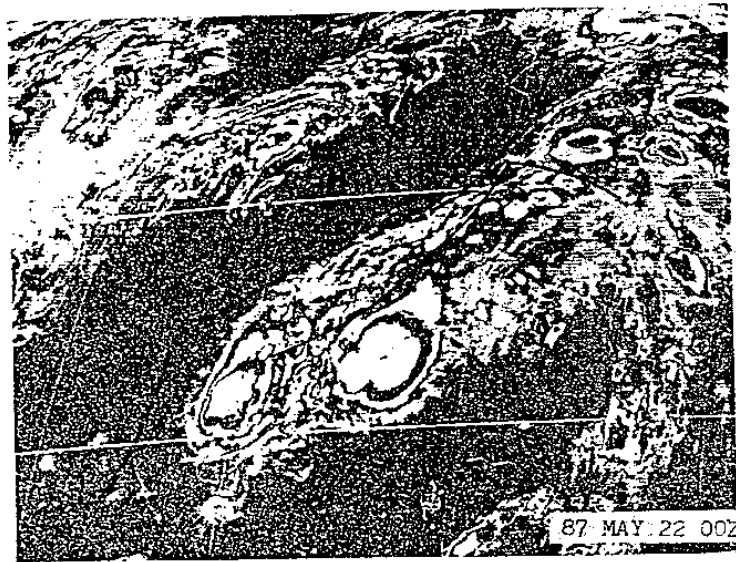


圖 12 1987 年 5 月 22 日 00Z (IOP 3) MCS 之強化衛星雲圖與作者所設計 MCS 有利環境條件合成圖兩者關係比較 (參見圖 10C)。