

台灣及鄰近地區中尺度對流系統特徵及預報

丘台光

苟潔予 汪琮 劉慧琳

中央氣象局衛星中心

摘 要

不管利用衛星作 0-12 小時 MCS 影響區域預報或 0-3 小時與 0-6 小時降水估計預報，有關對豪(大)雨的發生地區及降水量大小均與 MCS 的生成、發展及移動之特徵有關，本文乃試圖進行最近三年(1995-1997)在台灣及鄰近地區內 MCS 的活動作有系統的調查分析，希望對 MCS 的生命史及生成發展及移動的特徵能有更深入的了解，對改進 MCS 的預報將有很大的幫助。對 MCS 生命史的定義為當 MCS 雲系雲頂溫度出現 -52°C 範圍時為初生期，MCS 最冷雲頂溫度達到最大範圍為成熟期，一直到 MCS 雲系雲頂溫度 -52°C 範圍消失時間定為消散期。

研究結果顯示，五、六月份台灣附近 MCS 的生成發展過程大致分成四類，第一類是於 04-05L (地方時)生成，第二類是於 08-09L 生成，第三類是於 13L-14L 生成，第四類是於 19L-20L 生成，平均持續時間六小時左右，其中第一、二及四類與鋒面南下及與其交互作用激發所產生有關，第三類似乎明顯與午後加熱所產生有關，五月與六月 MCS 雖生成時間類似，但成熟與減弱的時間則略有不同，並且五月份第三及第四類出現機會比較大而六月份則第一及第三類出現機會較大。又 MCSs 的移動路徑亦發現大部份 MCS 沿著 300hpa 的風向移動，小部份與 500hpa 或 200 + 850hpa 合成風的風向移動。

一、前言

豪雨的預報，是一個非常困難的題目，要能定量預報，更是不容易，因為它牽涉到大尺度、中尺度到小尺度以及彼此相互間的關係，而導致豪雨之中尺度對流系統(Mesoscale Convective System 簡稱 MCS)的預報又是區域性豪雨預報最重要的一環。有關 MCS 極短期預報方面研究，Doswell (1982) 利用主觀方法及仔細在分析現有可用資料，獲得一部分成功個例，Scofield (1988) 以及 Juying and Scofield (1989) 提出利用衛星資料配合傳統資料的分析相當位溫 (θ_e)、 θ_e 梯度、厚度線

(850-300mb) 以及不穩定度爆發因子，決定 MCS 未來 0-12 小時發展及移動位置，其中特別指出往後移動的 MCS 與豪雨的產生有很密切的關係，國內 1992 年 POST-TAMEX 預報實驗，曾引進或發展利用衛星及雷達資料估計 0-1h、0-3h 定量降水預報方法(紀和李，1992；Chen，1992)，但對 MCS/ 豪大雨 0-6h、0-12h 定量降水預報方面的研究很少，數值預報作業模式可獲得定量降水預報的結果，但誤差很大，尤其是豪(大)雨方面。

1997年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗結果顯示有關6-12小時定量降水方面，分成0-12中尺度對流系統影響區域預報及由衛星估計0-6小時定量降水預報，由衛星雲系特徵與MCS發展移動之天氣類型，配合當時環境條件估計MCS影響區域，可即時或極短期對豪(大)雨發出警報，圖1為1997年五、六月利用衛星估計MCS影響地區與實際發生豪(大)雨之日數統計分析，由圖中可看出此方法預報準確率大於60%，其中南部地區更高達80%左右。由於所估計MCS所影響的區域中有些雨量並沒有達到大雨標準，此類情況亦會影響到校驗預報準確率偏低的因素。若祇要發生下雨情形就算正確，那麼此方法估計MCS影響地區所伴隨降水的準確率會更高。由衛星估計0-6小時定量降水預報，主要是利用持續法及外推法，根據過去一小時降水的估計量加以持續推估0-3小時降水量大小，再由0-3小時降水量大小外延至0-6小時。表1為衛星六小時降水估計結果，由表中可看出9次估計結果，除其中一次所估計的降水並未移入陸地無法校驗外，其他8次平均誤差45%左右，其中有2次估計更低於30%左右。由於此方法牽涉對中尺度對流系統發展與演化過程，又MCS本身移動快慢亦影響到累積降水量及校驗的區域，故對於移動及變化較快的MCS不易估計準確及校驗，而對於移動較慢及變化較緩的，則預報的結果較接近實際值，可見此方法技術上如果能對MCS的發展及移動生命史的更加了解，且有更多的個案加以測試改進，將可提高預報準確度應用到作業上。

0-3小時定量降水預報校驗分成衛星及雷達，利用衛星資料估計0-3小時降水量，表4-7為衛星三小時降水估計預報結果，由表中可看出67次估計校驗結果，除其中之2次特別異常偏差外，其中誤差小於30%占34%左右，誤差小於50%占54%左右，若分成大雨(大於40mm/3小時)與小雨分別校驗，則實際發生大雨所發生的誤差平均約占

±40%左右，其中低估比高估多一倍次數左右。該方法對於MCS正在發展移動緩慢所估計誤差較小，而當系統減弱或雨量較小時則誤差較大，另外地形之作用亦使得降水量改變，故未來除對MCS在台灣地區發展、移動及生命期有必要深入的了解外，對地形的影響亦應加以考慮，方能使準確率更提高。

由以分析不管利用衛星作0-12小時MCS影響區域預報或0-3小時與0-6小時降水估計預報，有關對豪(大)雨的發生地區及降水量大小均與MCS的生成、發展及移動之特徵有關，本節乃試圖進行最近三年在台灣實驗區內MCS的活動作有系統的調查分析，希望對MCS的生命史及生成發展的特徵能有更深入的了解，對改進MCS的預報及定量降水預報方面將有很大的幫助。

二、資料和研究方法

本文乃蒐集1995-1997年5-6月台灣及鄰近地區所發生的MCS色調強化雲圖資料，對MCS生命史及生成、發展及移動之特徵作有系統的調查分析，分析範圍為整個實驗區(21-26°N, 118-123°E)，並定義當MCS雲系雲頂溫度出現-52°C範圍時為初生期，MCS最冷雲頂溫度達到最大範圍為成熟期，一直到MCS雲系雲頂溫度-52°C範圍消失時間定為消散期。另就MCS發生前及發生時綜觀及中尺度環境天氣條件及其相關低層噴流、 θ_e 脊線與平流量、1000-300hpa可降水量及相對穩定度大小與其伴隨之天氣類型，類似Scotfield(1988)與Juying and Scotfield(1989)所研發MCS之0-12小時發展及預報之概念，及配合丘(1997)豪(大)雨天氣類型分類，作有系統的測試及分類，以建立台灣及鄰近地區MCS生成、發展及移動之特徵，以期發展一套0-3h、0-6h及0-12h豪(大)雨定量降水預報方法，提供預報作業參考。

三、結果及討論

(一) 1997 年 MCSs 分析結果

圖 2 為 1997 年五、六月台灣地區附近 MCS 的移動路徑分布圖，由圖中可看出五月份 MCS 的移動大致分成二類，在台灣西北方的 MCS 大都往東北東移，在台灣西或西南方之 MCS 大都往東南東移，僅少部份在台灣南端之 MCS 往東北移動。六月份則有明顯不同，尤其在台灣西北邊的 MCS 往東南東移，而在台灣西南邊的 MCS 主要往東北東移。又由生成、發展、成熟至消散時間統計分析(表 3)，五月份台灣附近 MCS 的發展過程大致分成二類(如圖 3)，一是於午後 05Z(13L)生成，11Z-12Z(19L-20L)達到最強，14Z(22L)減弱，持續時間約 9 小時左右，此類主要反應午後 MCS 的發展過程，另一類 MCS 則於清晨 00Z(08L)形成於早上 03Z(11L)發展最強，而於下午 08Z-09Z(16L-17L)左右減弱，持續時間約 8 小時，此類主要可能由於鋒面之南下激發所產生的，又由六月份 MCS 生命階段統計分析(圖 4)，則可看出與五月份類似，唯午後發展 MCS 的初生期在 06Z(14L)，發展期於 08Z，消散期則在 12Z 附近並且生命期為 6 小時左右比五月份 9 小時要短，且另一類在 20Z(04L)形成，於翌日清晨至早上最強(00Z 或 03Z)而至中午後(05Z)減弱。又由上述 MCSs 的移動路徑與 500hpa，300hpa、200+850hpa 以及 300-850hpa 風場分析亦發現大部份 MCS 沿著 300hpa 的風向移動，小部份與 500hpa 或 200+850hpa 合成風的風向移動。

(二) 1995-1997 年 MCSs 分析結果

類似 1997 年的分析方法，同樣作 1995-1996 年的個案，最後整合三年 MCS 生命史及移動特徵，並特別針對台灣附近 MCSs 生成時間不同分別加以統計分析結果如表 4。由表中可看出台灣附近

MCSs 的生成、發展及減弱情形，在梅雨期中可大致分成四類：五月份台灣附近 MCS 的發展過程第一類是於 04-05L 生成，07-08L 達到最強，08-10L 減弱，持續時間約 4-6 小時左右，第二類是於 08L 生成，10L 達到最強，15L 減弱，持續時間約 7 小時左右，第三類是於 13L-14L 生成，14L-16L-19L 達到最強，17L-20L-23L 減弱，持續時間約 4-10 小時左右，第四類是於 19L-20L 生成，22L-23L 達到最強，23L-03L 減弱，持續時間約 4-7 小時左右，與圖 3 比較 1997 年個案大部份屬於第二、三類。六月份台灣附近 MCS 的發展過程第一類是於 04-05L 生成，09L 達到最強，11L 減弱，持續時間約 6-7 小時左右，第二類是於 08L-09L 生成，11L 達到最強，14L 減弱，持續時間約 7-8 小時左右，第三類是於 13L-14L 生成，16L-17L 達到最強，19L-22L 減弱，持續時間約 5-9 小時左右，第四類是於 20L 生成，23L 達到最強，02L 減弱，持續時間約 6 小時左右，與圖 4 比較 1997 年個案大部份屬於第一、三類。由以上分析可清楚發現，五月與六月 MCS 生成、成熟與減弱時間發展時間雖生成時間類似，但成熟與減弱的時間則有不同。又由 1996-1997 年兩年資料統計 MCSs 的移動路徑與 500hpa，300hpa、200+850hpa 以及 300-850hpa 風場分析，結果如表 5，由表中亦可看出類似 1997 年的結果，即大部份 MCS (38%) 沿著 300hpa 的風向移動，一部份(31%)與 500hpa 或 200+850hpa 合成風的風向移動，小部份(9%)與 300-850hpa 風切，另有五分之一個案與前述風場並不一致，尚需進一步加以探討。

四、總結

1995-1997 年台灣及鄰近地區 MCSs 生成、成熟、減弱及移動的統計分析結果，可得下列幾點結論：

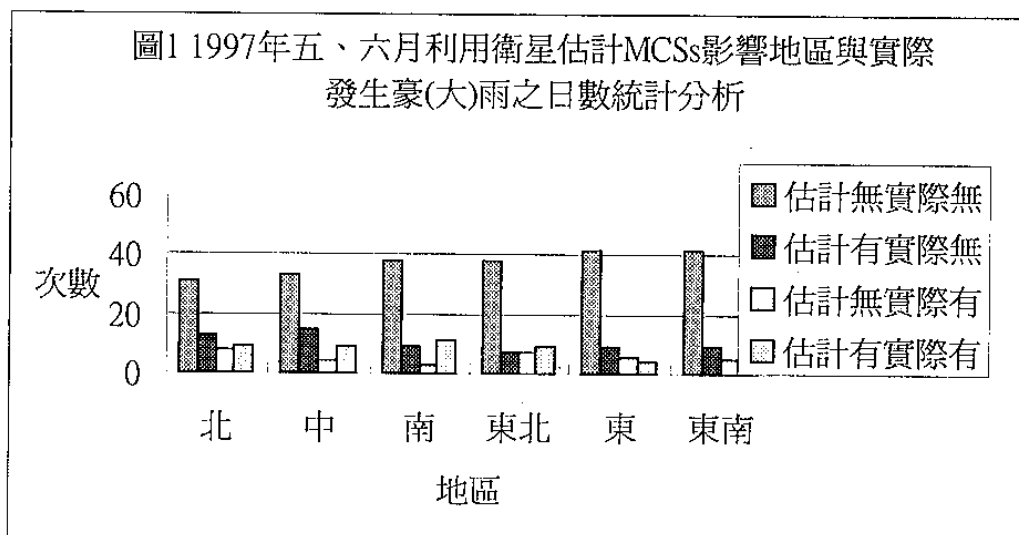
1. 梅雨期中台灣附近 MCSs 的生成、成熟及減弱情形，可大致分成四類：五月份台灣附近 MCS 的發展過程第一類是於 04-05L 生成，07-08L 達到最強，08-10L 減弱，持續時間約 4-6 小時左右，第二類是於 08L 生成，10L 達到最強，15L 減弱，持續時間約 7 小時左右，第三類是於 13L-14L 生成，14L-16L-19L 達到最強，17L-20L-23L 減弱，持續時間約 4-10 小時左右，第四類是於 19L-20L 生成，22L-23L 達到最強，23L-03L 減弱，持續時間約 4-7 小時左右。六月份台灣附近 MCS 的發展過程第一類是於 04-05L 生成，09L 達到最強，11L 減弱，持續時間約 6-7 小時左右，第二類是於 08L-09L 生成，11L 達到最強，14L 減弱，持續時間約 7-8 小時左右，第三類是於 13L-14L 生成，16L-17L 達到最強，19L-22L 減弱，持續時間約 5-9 小時左右，第四類是於 20L 生成，23L 達到最強，02L 減弱，持續時間約 6 小時左右。由以上分析可清楚發現，五月與六月 MCS 生成、成熟與減弱時間發展時間雖生成時間類似，但成熟與減弱的時間則有不同，並且五月份第三及第四類出現機會比較大而六月份則第一及第三類出現機會較大。

2. 大部份 MCS (38%) 沿著 300hpa 的風向移動，一部份 (31%) 與 500hpa 或 200 + 850hpa 合成風的風向移

動，小部份 (9%) 與 300 - 850hpa 風切，另有五分之一個案與前述風場並不一致，尚需進一步加以探討。

參考文獻

- Chen, T. C., 1992: Radar operational manual for TAMEX forecasting experiment, p18.
- Doswell, C. A., III 1986 : 'Short-range forecasting'. Pp. 678-719 in Mesoscale Meteorology and Forecasting, Ed. P. S. Ray. American Meteor. Soc.
- Juying, X. and R. A. Scofield, 1989 : Satellite-derived rainfall estimates and propagation characteristics associated with meso-scale convective systems (MCSs). NOAA Technical memorandum NESDIS 25, 49 pp.
- Scofield, R. A., 1988: Using the VAS Data Utilization Center (VDUC) for the analysis and forecasting of heavy rainfall producing MCSs. Proc. of the 3rd Conf. On Satellite Meteorology and Oceanography, February 1-5, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 215-221.
- 紀水上、李清勝，1992: 氣象衛星資料在 'POST-TAMEX 預報實驗' 之應用，56 頁。
- 丘台光，1997: 梅雨季豪(大)雨降水預報方法之研究，廖學縉教授紀念文集，B049-B052 頁。



時間	估計值	實際值	誤差值	誤差率(誤差值/實際值)	備註
5/17/01z - 5/17/06z	113	102	11	0.11	
5/17/04z* - 5/17/09z	28	58	-30	-0.52	
5/17/07z - 5/17/12z	52	36	16	0.44	
5/19/01z - 5/19/06z	21	54	-33	-0.61	
5/19/04z - 5/19/09z	8	5	3	0.60	
5/19/10z - 5/19/15z	22	0	22	22.00	未移入
5/22/13z - 5/23/18z	51	32	19	0.59	
5/22/14z - 5/23/19z	45	35	10	0.29	
5/22/16z - 5/23/21z	21	41	-20	-0.49	

表 2: 1997 年五、六月豪(大)雨觀測預報實驗衛星三小時降水估計校驗

時間(Z)	估計值	實際值	誤差值	誤差率	時間(Z)	估計值	實際值	誤差值	誤差率
5/17/01-5/17/03	67	93	-26	-0.28	6/3/13-6/3/15	44	5	39	
5/17/02-5/17/04	67	75	-8	-0.11	6/3/14-6/3/16	90	3	87	
5/17/03-5/17/05	90	67	23	0.34	6/3/15-6/3/17	22	9	13	
5/17/04-5/17/06	15	18	-3	-0.17	6/3/19-6/3/21	36	45	-9	
5/17/05-5/17/07	15	15	0	0.00	6/3/20-6/3/22	71	57	14	
5/17/06-5/17/08	64	47	17	0.36	6/4/12-6/4/14	12	38	-26	
5/17/07-5/17/09	42	36	6	0.17	6/4/20-6/4/22	51	63	-12	
5/17/08-5/17/10	22	10	12	1.20	6/4/21-6/4/23	67	90	-23	
5/17/09-5/17/11	22	6	16	2.67	6/4/22-6/4/24	30	108	-78	
5/19/01-5/19/03	24	24	0	0.00	6/4/23-6/5/01	36	102	-66	
5/19/02-5/19/04	22	35	-13	-0.37	6/4/24-6/5/02	90	100	-10	
5/19/14-5/19/16	36	21	15	0.71	6/10/05-6/10/07	68	103	-35	
5/19/15-5/19/17	18	22	-4	-0.18	6/10/06-6/10/08	102	95	7	
5/23/05-5/23/07	22	45	-23	-0.51	6/10/07-6/10/09	48	97	-49	
5/23/06-5/19/08	36	32	4	0.13	6/10/08-6/10/10	22	96	-74	
6/2/03-6/2/05	36	27	9	0.33	6/10/09-6/10/11	18	75	-57	
6/2/05-6/2/07	22	22	0	0.00	6/10/19-6/10/21	101	117	-16	
6/2/06-6/2/08	36	25	11	0.44	6/10/20-6/10/22	30	104	-74	
6/2/07-6/2/09	51	62	-11	-0.18	6/10/21-6/10/23	18	29	-11	
6/2/08-6/2/10	95	43	52	1.21	6/10/22-6/10/24	67	164	-97	
6/3/11-6/3/13	22	13	9	0.69	6/10/23-6/11/01	120	103	17	
6/3/12-6/3/14	44	8	36	4.50	6/10/24-6/11/02	48	52	-4	

6/11/05- 6/11/07	80	28	52	1.86
6/11/05- 6/11/07	36	19	17	0.89
6/11/06- 6/11/08	44	20	24	1.20
6/12/01- 6/12/03	22	14	8	0.57
6/12/02- 6/12/04	9	24	-15	-0.63
6/12/03- 6/12/05	36	26	10	0.38
6/12/04- 6/12/06	36	28	8	0.29
6/12/05- 6/12/07	82	35	47	1.34
6/12/06- 6/12/08	82	52	30	0.58
6/12/07- 6/12/09	82	57	25	0.44
6/12/08- 6/12/10	82	58	24	0.41
6/12/09- 6/12/11	60	51	9	0.18
6/12/10- 6/12/12	82	27	55	2.04
6/12/11- 6/12/13	90	20	70	3.50
6/12/12- 6/12/14	24	24	0	0.00
6/12/13- 6/12/15	36	8	28	3.50
6/12/14- 6/12/16	101	10	91	9.10
6/12/14- 6/12/16	22	34	-12	-0.35
6/12/15- 6/12/17	88	6	82	13.67
6/12/15- 6/12/17	68	30	38	1.27
6/12/16- 6/12/18	36	19	17	0.89
6/12/17- 6/12/19	15	12	3	0.25
6/12/18- 6/12/20	22	5	17	3.40

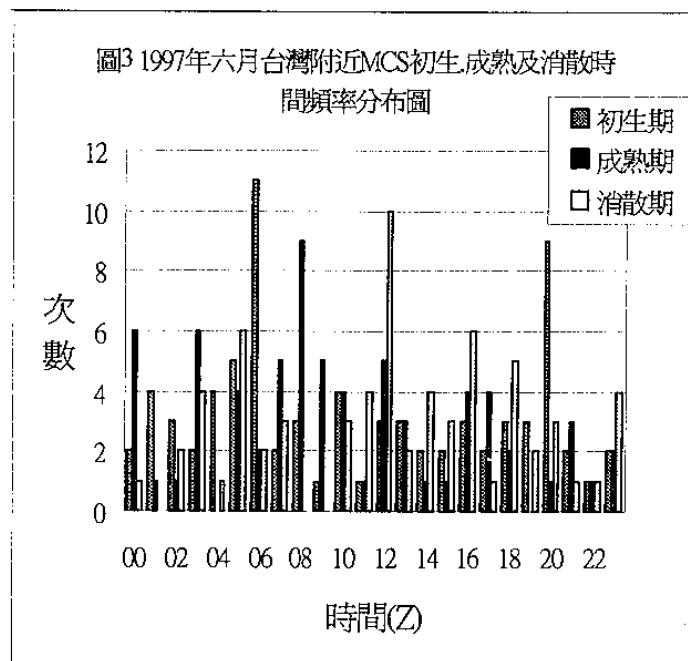


表3 1995-1997年MCS生成、成熟及減弱期之各類型時間

階段	發生時	第一類	第二類	第三類	第四類
		初生期	五月 04-05L 六月 04-05L	08L 08-09L	13-14L 13-14L
成熟期	五月 六月	07-08L 09L	10L 11L	14-16-19L 16-17L	22-23L 23L
消散期	五月 六月	08-10L 11L	15L 14L	17-20-23L 19-22L	23-03L 02L
生命史(時)	五月 六月	04-06L 06-07L	07L 05-06L	03-10L 05-09L	03-08L 06L

