

台灣北部及近海地區線狀對流之氣候特徵

陳泰然¹

周鴻祺²

林宗嵩³

楊進賢⁴

1. 台灣大學大氣科學研究所；2. 民航局中正氣象台；3. 文化大學大氣科學系；4. 民航局氣象中心

摘要

本文利用民航局中正機場雷達回波資料，分析1988-1993年2-7月台灣北部及鄰近地區中尺度對流系統之氣候特徵。除分析個案特徵外，亦分析所有線狀對流系統及不同走向系統在不同生命階段之空間分佈。此外，探討中尺度對流系統發生頻率之年際變化、季節分佈與日夜變化，並依線狀對流形成型態、層狀降水區型態與綜觀型態，進行不同類別之分析及頻率分佈，最後分析線狀對流生命期。

一、前言

為探討台灣北部及近海地區春末夏初線狀對流(line convection)之氣候特徵，利用民航局中正機場都卜勒雷達於1988-1993年2-7月所觀測之雷達回波資料，以非都卜勒狀態觀測之最大強度回波圖(觀測半徑240公里)選取中尺度對流系統，並去除午後熱雷雨與颱風及其外圍雲雨帶個案，其中因1988年2月9日至5月6日雷達資料傳輸發生問題，故本研究並未包括該年2月1日至5月6日資料。中正機場雷達回波等值層相對應之回波值為 level 1： ≤ 20 dBz，level 2：21-25 dBz，level 3：26-30 dBz，level 4：31-35 dBz，level 5：36-40 dBz，level 6：41-50 dBz，level 7：51-60 dBz。中尺度對流系統之降水回波，一般由對流區和層狀區所組成。本文採用 Houze et al. (1990)之定義，對流區為水平尺度20-25公里且回波極值在10公里水平距離內至少具有2個等值層，等值層形狀之變化空間尺度 ≤ 10 公里且時間尺度 ≤ 1 小時，即回波中心型態具有迅速不規則變動之特徵。此外，依 Churchill and Houze (1984)之經驗，回波值 ≥ 40 dBz (即 \geq level 6)者亦視為對流區。層狀區則為水平尺度超過40公里之任何非對流性降水回波區，其特徵為強度具水平均勻性，降水結構較不強烈(< 40 dBz)且變動緩慢，不包括微弱之孤立陣雨回波與消散之層狀回波碎片。本文中尺度對流系統之選取標準，為降水回波值 ≥ 20 dBz之顯著回波區之(a)水平尺度 ≥ 150 公里且(b)持續時間 ≥ 3 小時。此種中尺度對

流系統，若對流區呈現長：寬比至少為3：1之線狀型態，且持續時間 ≥ 3 小時，則定義為線狀對流，否則為非線狀對流。中尺度對流系統之生命期，則包含系統出現回波開始至回波消失為止的時段。對於線狀對流生命期而言，若對流區已形成線狀結構且長度 ≥ 150 公里，則定義為其形成期(formation stage)，對流區已達最大強度且呈現恆定狀態則為成熟期(mature stage)，對流區出現線狀結構之最後時間則為消散期(decaying stage)。本文除探討線狀與非線狀對流之年際、季節與日夜頻率分佈外，並依不同類別線狀對流，分析其空間分佈、年際與季節頻率分佈以及生命期。

二、資料與分析

依 Bluestein and Jain(1985)之回波形成型態分類標準，將線狀對流區分為 Broken line, Back building, Forward building, Broken areal, Embedded areal 五種。Broken line(破線型)線狀對流之形成，開始時為許多孤立對流胞呈線狀排列且各胞幾同時出現，隨後各胞發展擴大且舊胞之間有新胞形成，終至演變成密實線狀對流。Back building(後側型)線狀對流之形成，為在對流胞移動方向之上游有週期性之新胞形成，隨後新胞範圍擴大移向舊胞並與之結合而成。例如圖1，為鋒前後側型線狀對流形成期，系統於海峽中部亦呈南北走向。Forward building(前側型)線狀對流之新胞形成位置與後側型者相反，位於下游，形成過程則同。Broken areal(破面型)線狀對流，是由一區域內無組織的中度與強烈對流胞發展而成的密實線狀對流系統。Embedded

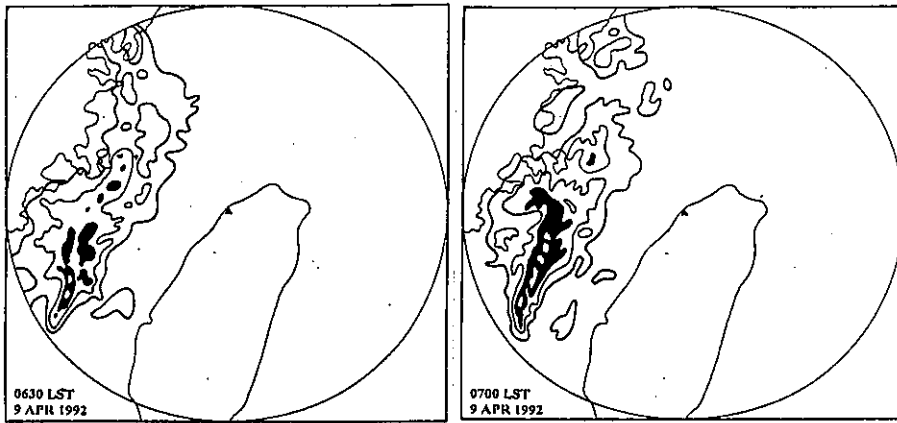


圖1 1992年4月9日(a)0630 LST與(b)0700 LST雷達回波圖。回波等值線最外圍為20 dBz，由外向內依次為30、40、50與60 dBz。黑色區域外圍為50-40 dBz內圍為 ≥ 60 dBz。黑色區內之空白區為50-60 dBz。此為鋒前(鋒面仍在華南)後側型(back building)線狀對流形成期之典型個案。

areal(鞍面型)線狀對流，則指於大範圍較弱層狀降水區內發展出之線狀對流系統。

1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)中正機場都卜勒雷達非都卜勒狀態觀測半徑(240公里)內之中尺度對流系統，總計471個，每個個案之層狀降水特徵、次回波區有無、對流線走向、20 dBz回波範圍最大長度、最大回波強度、系統移速、 > 40 dBz與20 dBz回波面積比、生命期以及板橋探空站相對於系統之位置等基本資料均經分析，其中非線狀對流323個，線狀對流148個。

三、結果

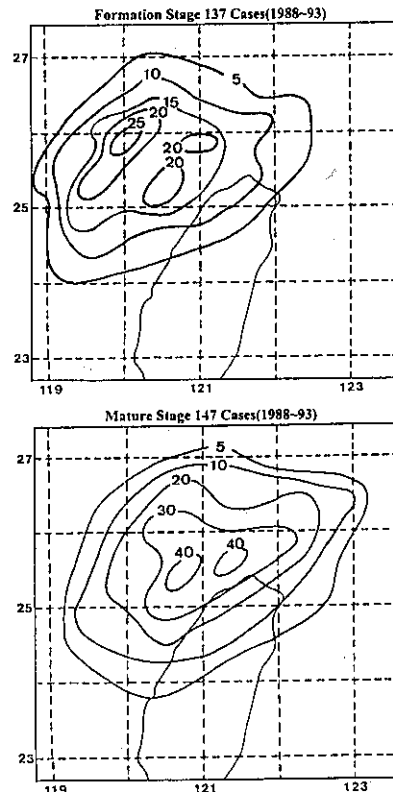
(一) 個案特徵

分析系統開始出現回波之時間，不論線狀或非線狀對流，均無明顯的日夜變化，且頻率亦無顯著高低峰存在，夜間(2100 LST-0800 LST)與白天(0900-2000 LST)出現頻率約各占50%。此與新竹地區夜間豪雨頻率偏高之特徵大異其趣(陳 1985)，顯示新竹地區局部環流在導致豪雨之重要性。各月非線狀對流平均移速，由2月 13.0 ms^{-1} 增加為3月 13.6 ms^{-1} ，4月達最大值為 14.3 ms^{-1} ，5月減小為 12.2 ms^{-1} ，6月再減小為 10.4 ms^{-1} ，7月最小為 7.9 ms^{-1} 。線狀對流平均移速，除7月外，其他各月均較非線狀對流者為慢，由2月 11.0 ms^{-1} 增加為3月 12.4 ms^{-1} ，4月亦達最大值為 12.9 ms^{-1} ，5月減小為 9.4 ms^{-1} ，6月最小為 5.9 ms^{-1} ，7月為 8.3 ms^{-1} 。

(二) 空間分佈

圖2為1988-93年2-7月台灣北部及近海地區所有

線狀對流個案不同生命階段之空間分佈。顯然，線狀系統主要發生於台灣海峽北部及台灣西北部沿海一帶，有2個最大頻率主軸皆呈東北-西南走向。兩個最大頻率主軸向東南移動，於成熟期合而為一，位於台灣西北部沿海，隨後向東南移入台灣北部地區及東北部沿海而進入消散期。不同生命階段皆為東北-西南走向之最大主軸及其隨時間向東南移動之分佈，實乃線狀對流大部份為東北-西南走向且向東南移動之反映。



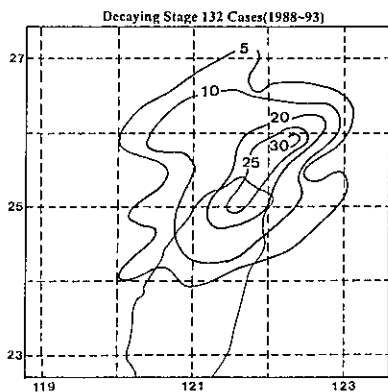
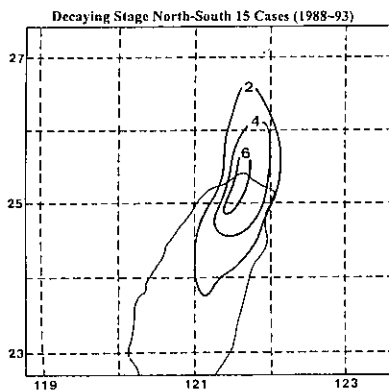
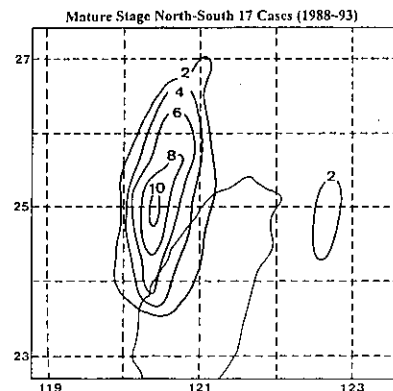
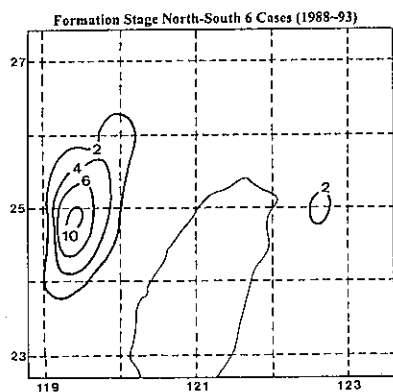
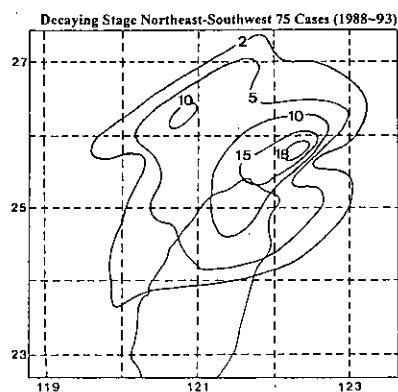
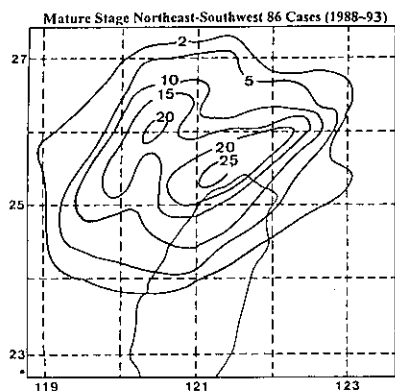
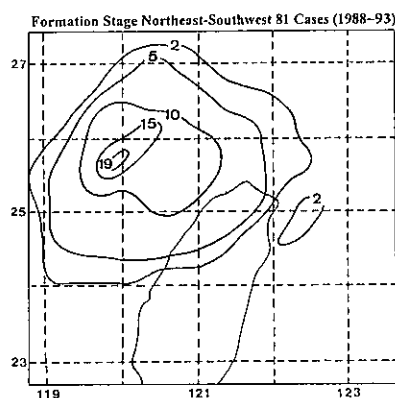


圖2 1988-93年2-7月北部及鄰近地區線狀對流各生命階段之頻率分佈。

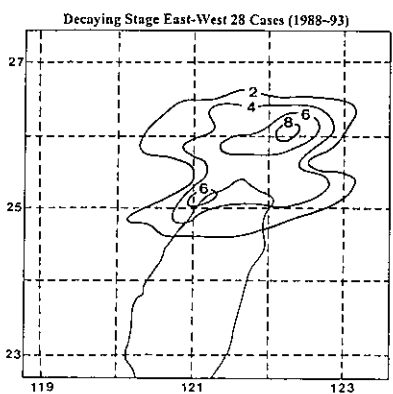
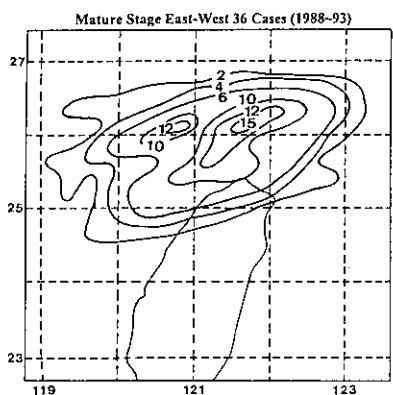
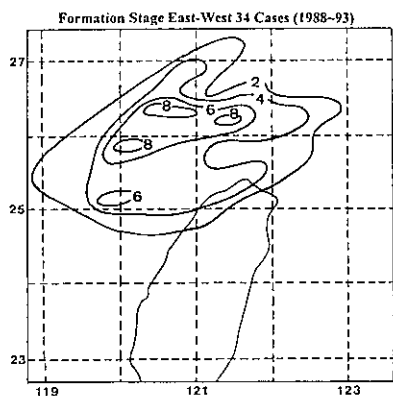
不同主軸走向線狀對流在各生命階段頻率分佈，如圖3所示。顯然，各不同走向系統之最大頻率主軸走向，皆反映個案之走向性質。南北走向線狀對流主要在台灣海峽中北部形成，而東北-西南與東西走向線狀對流則主要在台灣西北部外海形成。南北走向系統向東移動，主軸於成熟期移至中部及西北部沿海，於北部地區消散。東北-西南與東西走向者頻率分佈相似，最大主軸於成熟期出現在台灣北部及西北部外海，主要於台灣北部及東北部外海消散。



(a)



(b)



(c)

圖3 1988-93年2-7月(a)南北，(b)東北-西南與(c)東西走向線狀對流各生命階段之頻率分佈。

(三) 年際變化與季節分佈

線狀與非線狀對流發生頻率之年際變化與季節分佈，如表一與表二所示。1988-1993年期間不論線狀或

非線狀對流之發生頻率均有顯著年際變化，各年前者均較後者為少，前者最多發生在1993年為33個，最少在1988年為16個(可能因該年缺2-4月故較少)，1991年亦僅22個，相差超過50%；後者最多為1989年69個，最少為1988年24個，1991年44個，相差亦超過50%。季節頻率分佈顯示，有明顯季節變化，線狀對流由2月15個增加為3月25個，4月再增加為33個，5月最多為34個，6月減少為32個，7月最少為9個。非線狀對流由2月21個增加為3月43個，4月與5月達最多，均為93個，6月減少為61個，7月最少為12個。顯然，不論線狀或非線狀對流，均在5月梅雨季出現最高頻率。

(四) 日夜變化

各年與各月中尺度對流系統形成期出現頻率之日夜分佈(表未示)顯示，不論線狀與非線狀對流，均無顯著日夜差異，夜間(2100 LST-0800 LST)與白天(0900-2000 LST)出現頻率均約各占50%，與前述開始出現回波之時間頻率分佈相似。線狀對流形成期出現時間之頻率似有清晨(3-5 LST)最大值，非線狀對流似有深夜(0000-0200 LST)與午後(1600 LST)最大值傾向。

(五) 線狀對流形成型態

不同形成型態線狀對流發生頻率之年際變化與季節分佈，如表三與表四所示，顯示各型發生頻率均有顯著年際變化。各型頻率以後側型最多為49個(33%)，其次為破線型46個(31%)，前側型與破面型最少僅6-7個(4%)。此與 Oklahoma 區域發生者有些不同，該區以破線型與後側型最多，嵌面型最少(Bluestein and Jain 1985)。各型頻率亦有顯著季節變化，破線型與後側型主要發生在4-6月，約站70%，嵌面型則未發生於6-7月。

(六) 線狀對流層狀降水區型態

線狀對流系統所伴隨不同型態層狀降水區發生頻率之年際變化與季節分佈，如表五與表六所示。無層

表一 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀與非線狀中尺度對流系統發生頻率之逐年分佈。

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	總計
線狀	16	24	23	22	30	33	148
非線狀	24	69	68	44	52	66	323
共計	40	93	91	66	82	99	471

表二 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀(L)與非線狀(NL)中尺度對流系統發生頻率之各月分佈。

	2月			3月			4月			5月			6月			7月		
	L	NL	小計	L	NL	小計	L	NL	小計	L	NL	小計	L	NL	小計	L	NL	小計
1988										7	12	19	6	10	16	3	2	5
1989	2	5	7	3	10	13	7	19	26	9	24	33	3	8	11	0	3	3
1990	6	5	11	0	7	7	11	37	48	2	11	13	4	7	11	0	1	1
1991	1	4	5	10	6	16	5	10	16	0	6	6	6	16	22	0	1	1
1992	2	4	6	10	8	18	4	12	16	6	16	22	3	7	10	5	5	10
1993	4	3	7	2	12	14	6	15	20	10	24	34	10	13	23	1	0	1
共計	15	21	36	25	43	68	33	93	126	34	93	127	32	61	94	9	12	21

表三 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)各種線狀對流形成型態之逐年頻率分佈。

形成型態	1988	1989	1990	1991	1992	1993	總計
Broken Line	9	5	5	7	11	9	46
Back Building	3	2	10	8	9	17	49
Forward Building	2	2	0	0	3	2	6
Broken Areal	0	1	2	3	1	0	7
Embedded Areal	1	4	4	2	3	3	17
不明(移入者)或其他	1	10	2	2	6	2	23
小計	16	24	23	22	30	33	148

狀降水區者約占36%，有層狀降水區者以出現在後側者(後側型)最多，約占30%，其次為出現在對流主軸方向者(主軸型)約占23%，最少為出現在對流前後兩側者

表五 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀對流不同層狀降水區型態之逐年頻率分佈。型態1為層狀降水區在線狀對流後側(西側)，0為在前後兩側，-1為在對流主軸方向，N為無層狀降水區。

型態	1988	1989	1990	1991	1992	1993	共計
1	3	10	3	5	12	11	44
0	0	3	2	2	6	4	17
-1	4	4	8	5	3	10	34
N	9	7	10	10	9	8	53
小計	16	24	23	22	30	33	148

(兩側型)約占11%。無層狀降水區之線狀對流出現頻率，似無明顯年際變化，有層狀降水區之各型線狀對流，則年際變化顯著。季節分佈顯示，無層狀降水區

表四 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)各種線狀對流形成型態之各月頻率分佈。

形成型態	2月	3月	4月	5月	6月	7月	總計
Broken Line	5	5	7	8	16	5	46
Back Building	4	8	11	14	10	2	49
Forward Building	0	0	2	1	2	1	6
Broken Areal	0	2	3	1	1	0	7
Embedded Areal	4	5	3	5	0	0	17
不明(移入者)或其他	2	5	7	5	3	1	23
小計	15	25	33	34	32	9	148

表六 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀對流不同層狀降水區型態之逐月頻率分佈。餘同表五。

型態	2月	3月	4月	5月	6月	7月	共計
1	4	8	9	11	7	5	44
0	4	5	5	1	2	0	17
-1	2	3	8	10	8	3	34
N	5	9	11	12	15	1	53
小計	15	25	33	34	32	9	148

者最多出現在6月，後側型與主軸型最多在5月，兩側型最多在3-4月。

(七) 線狀對流之綜觀分類

表七為伴隨不同綜觀型態之線狀對流頻率分佈，其中伴隨鋒面者最多，約占75%，其次為伴隨東北季風者為14%，伴隨高壓迴流者9%，伴隨西南季風者僅2%。伴隨鋒面者，線狀對流發生於鋒後者最多約占

表七 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀對流不同綜觀型態之頻率分佈。形成期(對流區已成線狀結構且長度 ≥ 150 公里)發生於離地面鋒面300公里範圍內者，再區分為鋒面上(距鋒面50公里內)、鋒面前與鋒面後。對流主軸與鋒面交角 $\leq 20^\circ$ 視為平行， $\geq 60^\circ$ 視為垂直，之間者視為相交。

綜觀型態	鋒面前	鋒面上	鋒面後	共計	高壓迴流	東北季風	西南季風
平行	13	21	26	60	13	20	3
相交	16	11	11	38			
垂直	5	3	2	10			
小計	34	35	39	108			

36%，發生於鋒面上與鋒前者相近，各約占32%。線狀對流主軸與鋒面之交角，以兩者平行者最多，約占56%，相交角度在20-60°間者次之，約占35%，垂直者最少僅占9%。

(八) 線狀對流生命期

不同生命期長短之線狀對流出現頻率與平均生命期之年際變化與季節分佈，如表八與表九所示。平均生命期年際變化不大，約在7.3-7.8小時之間，平均為

表八 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀對流不同生命期(系統出現回波開始至回波消失為止；LT)之逐年頻率分佈。線狀對流在觀測區外形成移入或未消散時已移出者，生命期加2小時歸類，因此類個案比例不高，平均時未予考慮。

	LT≤5小時	5<LT≤10小時	10<LT≤15小時	LT>15小時	平均(小時)
1988	1	13	2		7.34
1989		18	4		7.81
1990	7	9	4	1	7.61
1991	6	12	4		7.64
1992	4	21	3	1	7.53
1993	7	20	6		7.38
小計	25	93	23	2	7.55

表九 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)線狀對流不同生命期之逐月頻率分佈。餘同表八。

	LT≤5小時	5<LT≤10小時	10<LT≤15小時	LT>15小時	平均(小時)
2月	3	10	2		7.67
3月	6	17	1		6.56
4月	12	14	2	1	6.56
5月		26	8		8.27
6月	3	19	9	1	8.59
7月	1	7	1		7.33
小計	25	93	23	2	7.55

7.6小時；季節變化稍大，5-6月梅雨季最長，約為8.3-8.6小時，3-4月最短，約為6.6小時。各年各月均以生

命期5-10小時者出現頻率最高，統計約占65%，多於15小時者最少僅占1%。表十為各不同形成型態線狀對

表十 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)不同形成型態線狀對流之不同生命期(LT)頻率分佈，餘同表八。

形成型態	LT≤5小時	5<LT<10小時	10<LT<15小時	LT≥15小時	平均(小時)
Broken Line	12	28	5	1	7.27
Back Building	9	32	6	1	7.44
Forward Building	0	5	1	0	8.17
Broken Areal	1	3	3	0	10.07
Embedded Areal	2	9	5	0	8.50
小計	24	77	20	2	7.55

流生命期長短之頻率分佈與平均生命期。生命期以破面型最長，為10小時，破線型最短，為7.3小時，各型均以5-10小時出現頻率最高。

表十一與表十二分別為各月與各不同形成型態線狀對流，形成期至成熟期經歷之時間與成熟期至消散

期之時間。平均而言，兩段時間相近，約各為2.1小時。形成期至成熟期以2月與7月最長，為2.5小時，3月最短為1.6小時；成熟期至消散期以6月最長，為2.5小時，4月最短為1.7小時。形成期至消散期平均約為4.2小時，以6月最長，為4.8小時，3-4月最短，為3.5小

表十一 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)各月線狀對流形成期至成熟期之時間(F/M)與成熟期至消散期之時間(M/D)。對流區已成線狀結構且長度 ≥ 150 公里定為形成期，對流最強且呈近似恆定狀態定為成熟期，對流區出現線狀結構之最後時刻定為消散期。括號內為個案數，部份個案無F/M或M/D觀測。

	2月	3月	4月	5月	6月	7月	平均
F/M 小時	2.5 (13)	1.6 (22)	1.83 (31)	2.36 (33)	2.33 (29)	2.50 (9)	2.13 (137)
M/D 小時	1.85 (13)	1.93 (22)	1.72 (30)	2.22 (30)	2.50 (29)	1.93 (7)	2.07 (131)

表十二 1988-1993年2-7月(1988年2-4月缺)不同形成型態線狀對流形成期至成熟期之時間(F/M)與成熟期至消散期之時間(M/D)，餘同表十一。

形成型態	Broken Line	Back Building	Forward Building	Broken Areal	Embedded Areal	平均
F/M 小時	2.18 (46)	2.02 (46)	1.70 (5)	3.17 (6)	2.13 (15)	2.14 (118)
M/D 小時	1.97 (41)	2.05 (43)	2.38 (4)	2.90 (5)	2.07 (11)	2.07 (104)

時。不同形成型態線狀對流，形成期至成熟期以破面型最長，為3.2小時，前側型最短，為1.7小時；成熟期至消散期亦以破面型最長，為2.9小時，破線型最短，為2小時。形成期至消散期平均為4.2小時，以破面型最長，為6.1小時，後側型與前側型最短，約為4.1小時。

四、總結

本文主要目的，在於利用民航局中正機場雷達回波，分析1988-1993年2-7月台灣北部及鄰近海域中尺度對流系統之氣候特徵，結果可歸納為以下數點：

1. 台灣北部及近海地區之線狀對流，平均而言，主要發生在台灣海峽北部及台灣西北部沿海一帶，於台灣西北部沿海進入成熟期，並於北部地區及東北部沿海進入消散期。不同走向之線狀對流，幾皆於移入西北部沿海或外海時達到成熟階段，並於北部地區或東北部外海消散。線狀對流發生頻率，於2-4月間隨季節增多，於5-6月達最多，7月銳減。
2. 不論線狀或非線狀對流系統，開始出現回波之時間以及形成期之時間，均無明顯的日夜變化，且頻率日夜分佈並無顯著高低峰存在。
3. 線狀對流與非線狀對流系統平均移速，有顯著季節變化，均以4月最快，且後者較前者為快。發生頻率亦有顯著季節變化，均以5月最

多，且後者較前者為多。

4. 線狀對流形成型態，以後側型最多，破線型次之，前側型與破面型最少。有層狀降水區之線狀對流，則以後側型最多，主軸型次之，兩側型最少。
5. 鋒面雲帶之線狀對流，發生於地面鋒後者最多，發生於鋒上與鋒前者相近。線狀對流主軸與鋒面交角，以平行者最多，交角在 $20-60^\circ$ 者次之，垂直者最少。
6. 線狀對流平均生命期為7.6小時，於5-6月梅雨季較長，於3-4月較短。不同形成型態之生命期，以破面型最長(10小時)，破線型最短(7.3小時)。形成期至成熟期與成熟期至消散期之平均時間相近，各約2.1小時。形成期至消散期平均為4.2小時，以破面型最長(6.1小時)，後側型與前側型最短(4.1小時)。

致謝

本文完成非常感謝莫冬立先生、吳連育先生與徐孟秋小姐，在資料收集、處理、分析、電腦繪圖以及完稿等各階段的幫忙與協助。本研究在國科會專案計畫 NSC85-2111-M-002-011-AP6 支援下完成。

參考文獻

陳泰然，1985：「劇烈區域性豪雨觀測與分析實驗計畫」之可行性研究。國科會防災科技研究報告73-42號，32頁。

Bluestein, H. B., and M. H. Jain, 1985 : Formation of mesoscale lines of precipitation : Severe squall lines in Oklahoma during the spring. *J. Atmos. Sci.*, 42, 1711-1732.

Churchill, D. D., And R. A. Houze, Jr., 1984 : Development and structure of winter monsoon cloud clusters on 10 December 1978. *J. Atmos. Sci.*, 41, 933-960.

Houze, R. A. Jr., B. F. Smull, and P. Dodge, 1990 : Mesoscale organization of springtime rainstorms in Oklahoma. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 613-654.

Climatological Characteristics of the Line Convection Systems over Northern Taiwan and the Adjacent Oceans

George T. J. Chen¹

H. C. Chou²

T. S. Lin³

J. S. Yang⁴

1. Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University ; 2. CKS Airport Weather Station, CAA ; 3. Department of Atmospheric Sciences, Chinese Cultural University ; 4. Meteorological Center, CAA

Abstract

The main purpose of this paper is to investigate the climatological characteristics of mesoscale convective systems (MCSs) over northern Taiwan and the adjacent oceans in February-July 1988-1993 using the radar echo data as observed by CKS Airport radar. In addition to the general features of each individual cases, analyses have been carried out to reveal the spatial distribution of various types of line convection at different life stages. Also, frequency distribution is analyzed to reveal the annual, seasonal, and diurnal variations. The general characteristics are studied for various types of line convection, including different types of formation, stratiform region, and synoptic condition. Finally, the life span of various types are analyzed.