

臺灣東南部冷季淺對流線分析研究

曾德晉¹ 劉清煌²

¹空軍氣象中心

²中國文化大學大氣科學系(所)

摘要

每年秋末至隔年春初之時，臺灣東南部洋面上常存在數目、長度、強度不一的對流線，利用衛星雲圖發現，發生於東南部外海的對流線，生成可自宜蘭外海向南延伸到達恆春半島東側洋面長度達300公里，但無法進一步分辨別對流線內部結構，經由雷達不同方位垂直剖面分析，得知對流線內部由眾多對流胞排列組成，彼此間距約7至10公里，平均發展高度約3.5公里，生命期約3至4個小時，對於航行高度1000呎上下之飛行器有潛藏的飛安風險。

關鍵字：對流線、飛安風險

一、前言

冬季演變過程除了大陸高壓移動的天氣特性外，另外還有冷空氣由陸地向海洋潰流時，近海岸處常因強沉降逆溫，使對流層會順應著環境風場向下游快速發展，在海洋邊界層部份卻又受到洋流冷暖差異及水氣供應，做冷空氣在離開海岸幾百公里處，邊界層逐漸變厚，當高度超過舉昇凝結高度(Lifting Condensation Level, LCL)時，開始出現對流性的積雲，最後在邊界層頂形成對流卷。

針對臺灣東南部外海對流線研究，Yu and Lin(2008)作過統計並歸類，其中臺東成功地區外海最容易發現對流線，次高地點則位於臺東大武東北側洋面(圖1)。

二、研究方法

統計2008年10月01日至2009年02月28日共5個月151天，東部對流線發生次數。為利於統計及分類，使用交通部中央氣象局每日0000 UTC及1200 UTC之綜觀地面天氣圖概略分為高壓出海前(地面天氣圖中的高壓中心位於亞洲大陸上)、高壓出海後(高壓中心位於洋面上)，其中涉及鋒面影響，依照系統演變連續性再細分為鋒

面接近及鋒面通過，而鋒面通過屬高壓出海前，鋒面接近則屬高壓出海後，依時間序列，分別統計對流線發生時，日/夜及高壓出海前/後次數比，然後綜整進行討論。

三、統計分析

統計2008年10月01日至2009年02月28日共5個月151天，東部對流線發生次數。為利於統計及分類，使用交通部中央氣象局每日0000 UTC及1200 UTC之綜觀地面天氣圖概略分為高壓出海前、高壓出海後，其中涉及鋒面影響，依照系統演變連續性再細分為鋒面接近及鋒面通過，而鋒面通過屬高壓出海前，鋒面接近則屬高壓出海後，依時間序列，分別統計對流線發生時，日/夜及高壓出海前/後次數比(表1)，然後綜整進行討論。

從表1中發現2008年12月及2009年1月對流線發生次數是最高及次高的二個月份，這樣的現象和Yu and Lin(2008)在同為冷季時段的情況下，對流線最易發生在12月的結果相同，不同的是次高月份在Yu and Lin(2008)統計資料上顯示的是11月份，推測其差異性有可能來自於本文統計時間

過短無法代表長時間的全面性。在5個月的統計資料中顯示，12月及隔年1月對流線在高壓出海前發生次數遠比高壓出海後的發生次數多，隱含著高壓強度或是移動速度、方向足以影響對流線發生次數，這樣的想法與目前研究顯示對流線的生成與冷空氣潰流及暖洋面交互作用有關。

四、個案分析

個案1分析-2008年11月20日，高壓出海前。西伯利亞高壓於20日0000 UTC(圖2)分裂為兩個獨立高壓中心，分置於西伯利亞及安徽省，高壓勢力向南伸展至菲律賓群島，利用MTSAT衛星雲圖與綠島雷達回波整合圖分析個案內對流線之發展高度，主要目的是為了突顯衛星雲圖無法個別區分出對流線內部對流胞結構，並確認雷達回波中的對流線與雲圖上對流線的地理位置是否一致，進而訂定出對流線軸線方向(東北-西南)，利用整合圖中對流線最外側之對流胞設為測量點，計算對流胞之發展高度，如表2所示。從圖3可以發現綠島東側洋面存在眾多積狀雲，花蓮地區則類似有層狀雲系分佈，位於綠島東側海面上對流線，雲圖上是由眾多積狀雲排列組合而成，對流線軸線走向為北北東-南南西。

接著利用綠島雷達資料進行垂直剖面逐時分析對流線位移變化(圖4)，黑色虛線代表不同時間下之對流線所在位置，並計算出對流線平均移向及速度，進而區別系統移動對於分析目標是否造成影響。從雷達回波垂直剖面(圖5)包含5個獨立的對流胞，對流胞彼此間距約10公里，其垂直發展平均高度可達2公里，而且分析對流胞南側徑向速度大於北側之徑向速度場，此情況在接下來的5個時間點均相同；另外追蹤最強的對流胞變化，利用圖6中的紅色實線分析各不同時間點方位角垂直剖面，從中了解對流胞內部結構及對流胞在對流線發展過程中之角色。圖7位於離雷達中心約55公里處的對流胞，其右側即遠離雷達中心之徑向速度場呈現輻合現象，接近雷達中心之徑向速度場呈現輻散情況，分析高層輻合/散現象不明

顯，第二個時間，遠離雷達中心之徑向速度場呈現輻合情況、高層轉為輻散有助於對流胞增強發展，而接近雷達中心的另外一側則為輻散。至2330 UTC時，回波顯示對流胞向雷達中心靠近，但對流胞強度卻無明顯變化，但是在低層中，對流胞右側的輻合效應仍可分析出，高層仍有輻散現象，強度較上個時間點為強，表示對流胞在這個時間點上仍在發展，到了20日0000 UTC時，低層遠離雷達之徑向速度場強度減弱，同樣在高層的輻散場也是減弱情況，而後續對流胞強度再度增強，是因為對流胞低層右側輻合及高層右側輻散偶合所導致，但是在對流胞低層的左側卻有一逐漸增強的輻散區域，此情形至下個時間點仍是非常清楚，而對流胞右側的低層因輻合減弱，高層輻散增強，進而影響對流胞消散減弱。總體來說，對流胞發展跟低層徑向速度場輻合、高層速度場輻散有密切的關聯性。

個案2分析-2009年02月02日，高壓出海後，2日0000 UTC(圖8)，分裂高壓已東移至日本地區，其勢力仍可達菲律賓群島，彭佳嶼、宮古島及蘭嶼分別為南南東風、東南東風及東北東風。另外，利用從MTSAT衛星雲圖與綠島雷達回波整合圖知，臺灣東部海面上存在層狀雲系，在層狀雲系中有一條清晰位於臺灣東南部外海之對流線，其走向呈北北東-南南西(圖略)，計算對流胞之發展高度約3.5公里，如表3所示。

追蹤個案2綠島雷達逐時對流線位移變化(圖9)，發現位於雷達中心約25公里遠處的對流胞右側徑向速度場，低層呈現輻合、高層則為輻散情況(圖10)，如圖10所示，距離雷達20公里處的對流胞與其相近的對流胞間距約8-10公里，並且在該對流胞低層右側徑向速度大於左側徑向速度，這樣的情形在接下來是不顯著的，但是觀察高層輻散現象略較前一個時間點呈現增強變化，不過就雷達回波中的對流胞回波強度數值上仍是非常微弱，0130 UTC，同0030Z的情況，比對在20公里處的對流胞右側徑向速度場呈現輻合現象，均比先前二個時間點的徑向速度場略強，雖然高層的

遠離方向之徑向速度數值較0200 UTC時弱，不過在對流胞垂直發展上則是正回饋的情況。在下個時間點中，低層輻合高層輻散情況雖較前一個時間點減弱，但仍明顯，一直到了0230 UTC時，隨著低層輻合作用迅速減弱，而高層輻散作用並未增強，對流胞開始消散。個別分析圖11紅色實線表示的方位角垂直剖面。在對流胞方位角回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化(圖12)中，位於雷達中心約25公里遠處的對流胞右側徑向速度場，低層呈現輻合、高層則為輻散情況，接下來02日0100 UTC的時候，就雷達回波剖面可以辨別出距離雷達中心約19及22公里處分別有對流胞存在，在徑向速度場的垂直剖面中兩個對流胞的右側同時有低層輻合高層輻散現象，特別的是距離雷達約21公里處，徑向風場之垂直剖面圖約2~3公里高處有強的輻散場存在(02日0130 UTC)，導致在下個時間內，這兩個對流胞結合，不過因高低層的垂直偶合不一致，在接下來雷達回波剖面中，對流胞呈現減弱消散情況。

五、結論

綜合以上各項結論，位於臺灣東南部洋面之對流線可自花蓮外海向南延伸至恆春東側洋面海域，長度可達300公里，雲高發展可達3.5公里，對於軍方噴射機種飛行高度不會造成顯著影響，但是對於飛行高度低於3.5公里的螺旋機種，則將有穿雲動作，此外，對流線內部由眾多的對流胞所組成，垂直運動亦是相當明顯，雖不會有類似夏季午後雷雨胞內的強上升及下爆氣流，但垂直運動引起的降雨現象，則不可不多加注意。另外，前期階段時，對流線順環境風場南下位移不會對東南部各軍民用機場造成影響，但是到了中後期階段，對流線則開始由東向西移動，影響區域由海面向內陸靠近，對於起降或是飛行安全影響程度大為提高，但因對流胞生命期約3~4小時，如能明確告知未來對流線移動及影響時間，將有助於調整飛行高度及航線規劃，避免對流線造成的飛安事件發生。

六、未來展望

大範圍冷空氣潰流南下，引發一連串的雲系變化過程，目前國內外的研究結論非常完善，但是亞洲地區尚未針對在高壓中心位於亞洲大陸沿岸省份及位於洋面時的對流線進行分類並研究對流線生成及發展機制，未來將長時間分析各階段對流線在雲圖、地面風場、大氣垂直結構、雷達垂直剖面與海平面風場資料的共同性，並利用線性回歸將特徵數據化，提供更具代表性的統計結果俾利軍民用機場參考運用。

七、參考文獻

朱良斌，2003：台灣地區大氣環境與東部對流特性之研究。私立中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文，1-124。

呂玉璇，2003：台灣東南部地區局部環流與邊界層特性之研究。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文，1-113。

林哲佑，2007：台灣東南沿海對流線雷達觀測之氣候特徵分析。私立中國文化大學地學研究所大氣科學組碩士論文，1-78。

侯昭平，2005：不均勻地表情況下淺對流的大渦流模擬研究。國立臺灣大學理學院大氣科學研究所博士論文，1-158。

廖杞昌，2005：巢狀波譜式對寒潮爆發期間台灣附近局部環流之研究。國防大學中正理工學院國防科學研究所博士學位論文，1-135。

戴志輝，2010：冬季台灣近海對流邊界層發展之數值模擬。國立臺灣大學理學院大氣科學研究所博士論文，1-149。

Asia, T., 1972: Thermal instability of a shear flow turning direction with height. *J. Met. Soc. Japan*, **50**, 525-532.

Bennett, L. J., 2010: Observations of the Evolution of the Nocturnal and Convective Boundary Layers and the Structure of Open-Celled Convection on 14 June 2002. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2589-2607.

Yu, C. -K., and B. J. -D. Jou, 2005: Radar observations of diurnally forced, offshore convective lines along the southeastern coast of Taiwan. *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 1613-1636.

_____, and C. -Y. Lin, 2008: Statistical location and timing of the convective Lines off the mountainous coast of southeastern Taiwan from long-term radar observations. *Mon. Wea. Rev.*, **136**, 5077-5094.

_____, and Y. -H. Hsieh, 2009: Formation of the convective Lines off the mountainous coast of southeastern Taiwan: A case study of 3 January 2004. *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 3072-3091.

表 1 2008 年 10 月 01 日至 2009 年 02 月 28 日線狀對流出現次數總表。

2008 年 10 月	2008 年 11 月	2008 年 12 月
00Z 174	00Z 350	00Z 418
12Z 357	12Z 394	12Z 507
日/夜 0.487	日/夜 0.888	日/夜 0.824
出海前 274	出海前 376	出海前 636
出海後 257	出海後 368	出海後 289
2009 年 01 月	2009 年 02 月	
00Z 347	00Z 173	
12Z 456	12Z 255	
日/夜 0.760	日/夜 0.678	
出海前 572	出海前 223	
出海後 231	出海後 205	

表 2 2008 年 11 月 19~20 日淺對流線南、北側選點高度時序計算表。

11 月 19~20 日對流線南、北側選點高度時序計算表						
DATA	UTC TIME	ANGLE	RN	HN	RS	HS
1119	2300Z	1.7	116.08	3.44	69.93	2.07
1119	2330Z	1.7	117.48	3.48	88.11	2.61
1120	0000Z	1.7	116.08	3.44	111.88	3.31
1120	0030Z	1.7	94.40	2.80	114.68	3.40
1120	0100Z	1.7	109.09	3.23	116.08	3.44

表 3 2009 年 02 月 02 日淺對流線南、北側選點高度時序計算表。

02 月 02 日對流線南、北側選點高度時序計算表						
DATA	UTC TIME	ANGLE	RN	HN	RS	HS
0202	0030Z	1.7	113.69	3.37	116.43	3.45
0202	0100Z	1.7	117.80	3.49	116.43	3.45
0202	0130Z	1.7	120.54	3.57	119.17	3.53
0202	0200Z	1.7	113.69	3.37	116.43	3.45
0202	0230Z	1.7	117.80	3.49	104.10	3.08
0202	0300Z	1.7	117.80	3.49	112.32	3.33

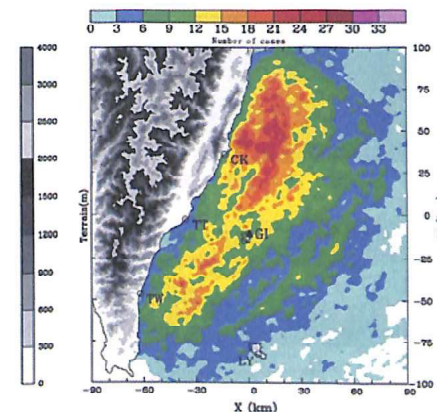


圖 1 統計 1998 至 2004 年發生在臺灣東南部外海對流線次數與地點，左側灰色階表示地形高度(公尺)，上方色階表示對流線發生次數，下方及右側分別表示東-西及南-北距離(公里)。(摘自 Yu and Lin, 2008)。

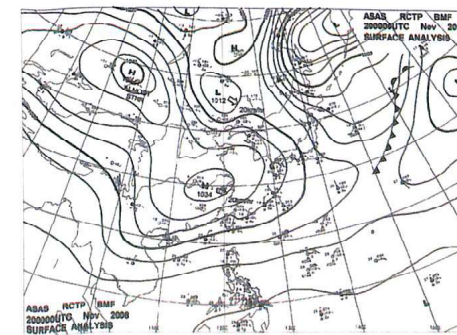


圖 2 個案一 2008 年 11 月 20 日，高壓出海前。

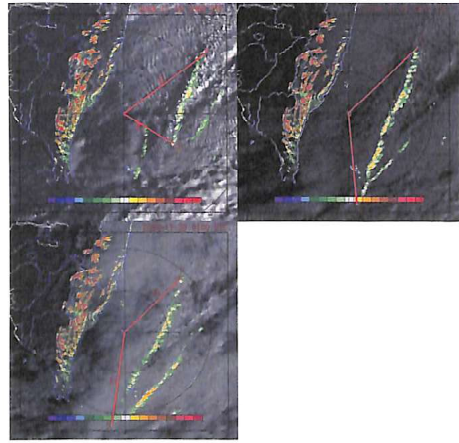


圖3 MTSAT 衛星雲圖與綠島雷達回波整合圖。

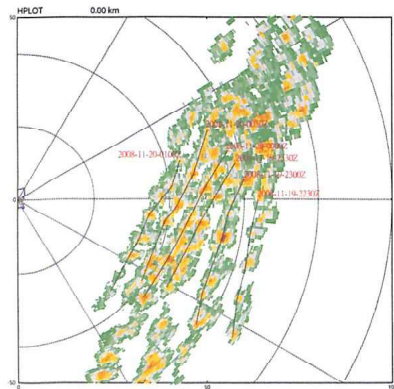


圖4 綠島雷達逐時對流線位移變化圖。

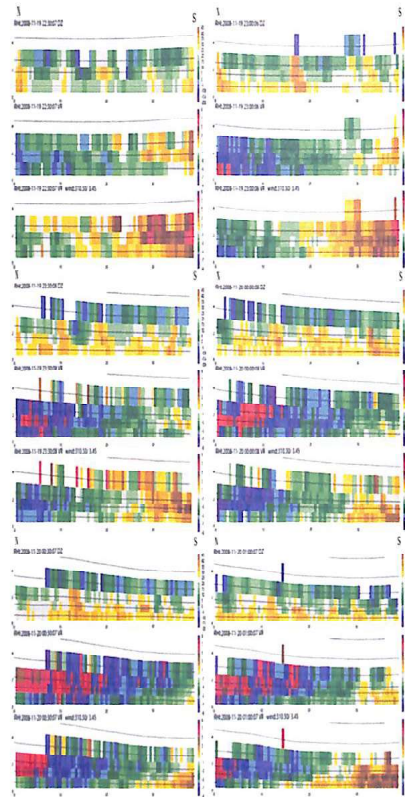


圖5 2008年11月20日6個時間點，對流胞南北方向回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖。

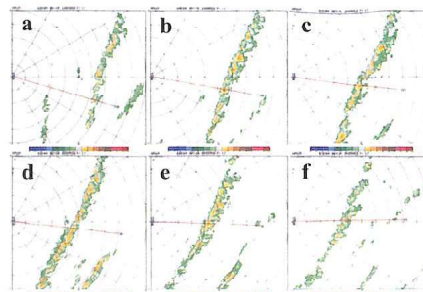


圖6 2008年11月20日6個時間點方位角(a)106°(b)100°(c)97°(d)96°(e)92°(f)89°，紅色實線表示選取的方位角下的垂直剖面。

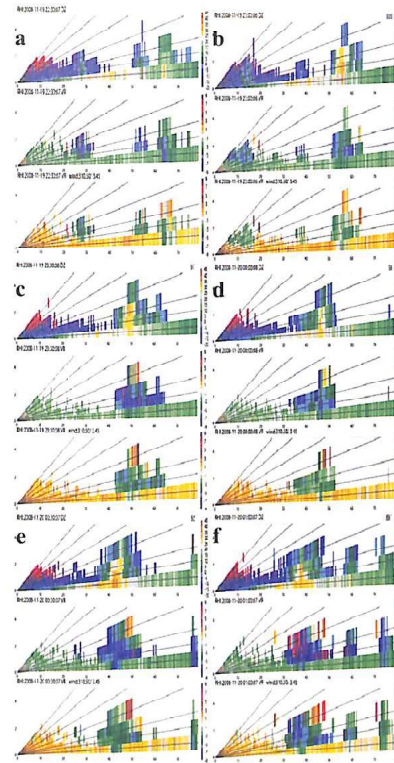


圖7 2008年11月20日6個時間點，對流胞方位角回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖(a)106°(b)100°(c)97°(d)96°(e)92°(f)89°。

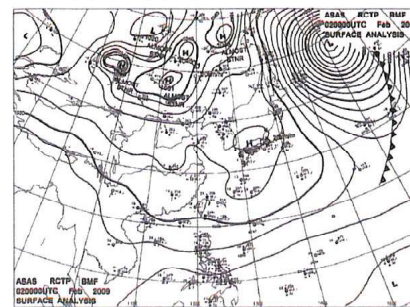


圖8 個案二 2009年02月02日，高壓出海後。

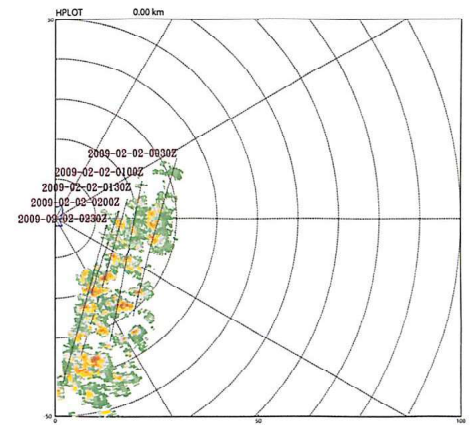


圖9 綠島雷達逐時對流線位移變化圖。

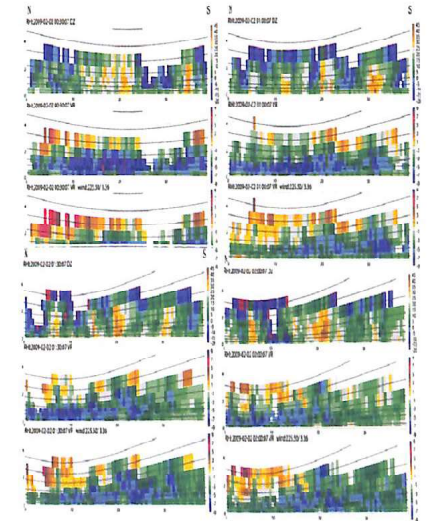


圖10 2009年02月02日6個時間點，對流胞南北方向回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖。

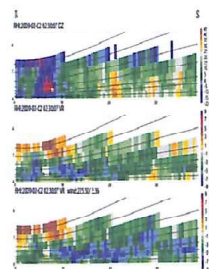


圖 10(續) 2009年02月02日6個時間點，對流胞南北方向回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖。

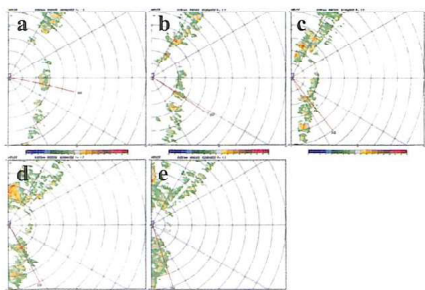


圖 11 2009年02月02日5個時間點方位角(a)103°(b)123°(c)142°(d)153°(e)162°，紅色實線表示選取的方位角下的垂直剖面。

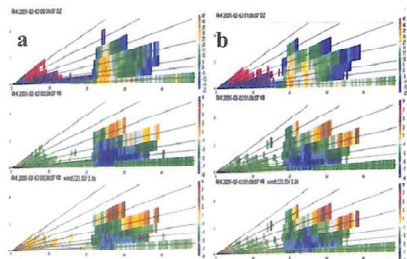


圖 12 2009年02月02日5個時間點，對流胞方位角回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖(a)103°(b)123°(c)142°(d)153°(e)162°。

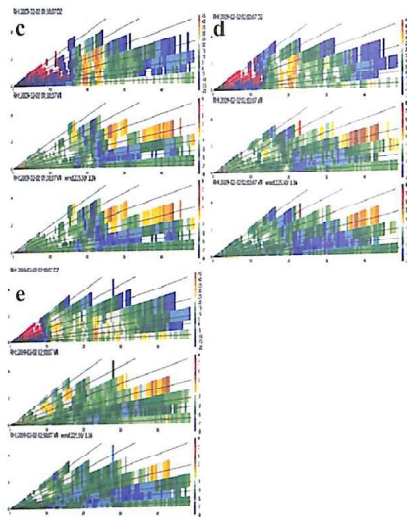


圖 12(續) 2009年02月02日5個時間點，對流胞方位角回波、徑向風場及扣除系統移速徑向風場變化圖(a)103°(b)123°(c)142°(d)153°(e)162°。

A study of cold season shallow convective lines over southeastern Taiwan

De-Jin Tzeng¹, Ching-Hwang Liu²

¹ Weather Operation Center, China Air Force

² Department of Atmospheric Sciences, Chinese Culture University

ABSTRACT

During the winter season, the convective lines associated with cold air outbreak usually can be seen along the southeast coast of Taiwan. Based on the satellite images, those lines may extend from Ilan to HengChun area. The length of the lines may easily over 300 km. In this study, the data collected by the CAF Green Island radar, CWB KenTing and HuaLain radar were used to study the fine scale structure embedded within the lines. Results have shown that the spacing the cells is around 7~10 km, the averaged depth is about 3.5 km, and life time is about 3~4 hrs. Special attention should be paid for those aircraft flying at 1000 ft level.

Key word: Streamlines