

FASTEX 實驗鋒面及氣旋系統之雷達觀測

劉清煌 陳書筠

中國文化大學大氣科學系

摘要

FASTEX 觀測實驗主要是要瞭解冬季風暴登上歐陸前的各項科學知識，以改進數值模式的預報，而中尺度採樣區的主要任務是要驗證模式的預報。本個案模式預報區內南邊之低壓將有快速的發展，這與觀測有出入。觀測結果顯示微弱高壓脊的建立與前一波低壓的迅速移走，而使得上下層耦合失去聯繫，使得系統的移動及發展受阻，這可能是模式沒有掌握到的地方。

一. 前言

每年冬天，位於大西洋或太平洋東邊的地區，經常受到來自海洋強烈風暴的威脅，由於海面觀測資料的缺乏，其強度與路徑相當難以掌握，因此也成為預報上的盲點。“鋒面及大西洋風暴路徑實驗計畫”（FASTEX：Fronts and Atlantic Storm Track Experiment）(Joly 等, 1997) 實行於 1997 年一月至二月的冬季間，主要的基地位於愛爾蘭（Shannon, Ireland），而實驗的區域為整個北大西洋，但主要的驗證區域是位於北大西洋的東部。這是一個大型的國際觀測計畫，來自美、法、英、愛爾蘭及其他國家上百位的科學家參與這個實驗。實驗的主要目的是要對發生在大西洋東邊的這些風暴在科學上進一步的了解，且用以診斷及預報風暴之移動、成長過程及其所伴隨之雲雨帶。透過各國家及中心的數值模式的預報結果，利用密集觀測資料如衛星、船舶、buoy 及多架研究飛機（包括 NOAA P-3、Gulfstream-IV、NCAR Electra、Lear 36、UK C-130 及兩架美軍 C-130）的觀測來校驗數值預報的準確性。這是首度集合這麼多的研究學者及觀測儀器於一堂，也是首度對氣旋及鋒面系統有如此高解析度的觀測，如 Bosart

等 (1997)。本研究是針對 IOP (Intensive Observation Period) 10 個案氣旋系統作初步的分析。

二. 資料分析

本研究所選用的資料主要為，NCAR Electra 及 NOAA P-3 的雷達及飛行資料，加上英國 C-130 的飛行及探空資料。NCAR Eldora (Electra Doppler Radar) 雷達是一個波長為三公分的都卜勒雷達，有兩個天線垂直於機腹，一個往前傾約 20° (Fore radar)，另一個往後傾約 20° (Aft radar)，經過合成以後可以得到接近瞬時間的風場。雷達特性請參考 Wakimoto 等 (1996)。另外，NOAA P-3 飛機上有兩個主要的雷達，一個是 5 公分的機腹雷達 (Lower fuselage radar)，這是一個搜索雷達，做近水平式掃描，最大距離可達約二百多公里左右。另外一個雷達是波長為 3 公分的都卜勒雷達，但只有一個天線，透過 Fore 及 Aft 的掃描策略也可得到二維的風場。關於 P-3 的架構請參閱 Jorgensen 等 (1983)。另外一組分析資料取自於 UK C-130 的 dropsonde，其飛行高度一般約在 400 毫巴左右。除雷達及 dropsonde 資料，各飛機的飛行資料也是主要來源之一，另外再加上地面觀測及衛星雲圖。

擾動氣旋主要起源於美國東岸，低壓出海後氣旋急速加強，經常在大西洋西邊產生爆發性氣旋而向東移(Liu 等, 1997),氣旋成長後有時會分裂，有時會激發出新的氣旋，這些波動即為侵襲歐洲風暴的前身。圖一為 1997 年二月四日 1200 UTC 於愛爾蘭附近之地面分析圖，一道鋒面系統橫跨於整個北大西洋向東延伸到英國南部及北歐地區。其中一低壓系統及冷暖鋒正好位在中尺度採樣區(淺灰色半圓形區域)的南部地方，而前一波低壓位於英國東及東南面，NCAR Electra 及 NOAA P-3 兩架飛機在取樣區南部(緯度五十度附近)做平行路徑的採樣飛行，其主要的任務是收集資料以驗證數值預報的結果。1200 UTC 的可見光衛星雲圖(圖二)顯示有一逗點狀(commas cloud)雲帶伴隨著此低壓系統及鋒面帶。兩架飛機(白色路徑為 NCAR Electra，黑色點線為 NOAA P-3)飛行於系統的東北方取樣，雲圖顯示此區有較厚的雲層，高空天氣圖(沒有附圖)在 700 毫巴有一微弱低壓槽伴隨著這個地面低壓系統，而 500 及 300 毫巴並沒有明顯低壓槽線存在，顯示這低壓只是低層的一個淺擾動，這種系統可以透過上下層間的耦合作用而發展(Bosart, 1981; Liu 等, 1997)。再由綜觀天氣圖(圖一)等壓線的走勢來看，位於暖鋒附近，鋒面穿過一個微弱的高壓脊，因而減弱了該區的對流強度。這種情況可由飛機雷達觀測得到驗證。NOAA P-3 所配備的飛腹雷達是搜索天氣系統最佳利器。圖三刻畫出這個低壓系統所伴隨的雲雨帶，回波場顯示有一較強的雨帶伴隨冷鋒，其強度約在 40 dBZ 左右，除此之外，其他地區的回波均不強。再由紅外線及水汽頻道衛星雲圖來看(沒有附圖)，在暖鋒地區並沒有較強的對流雲及豐富的水汽，而使得低壓的成長趨緩。

三. 結果與討論

本個案由資料分析及數值模均顯示有低層低壓的存在，而低壓上空的東北方存在一些上一波低壓系統的正位渦(沒有附圖)，模式所提供的預報是預期這個低壓波將與此高層

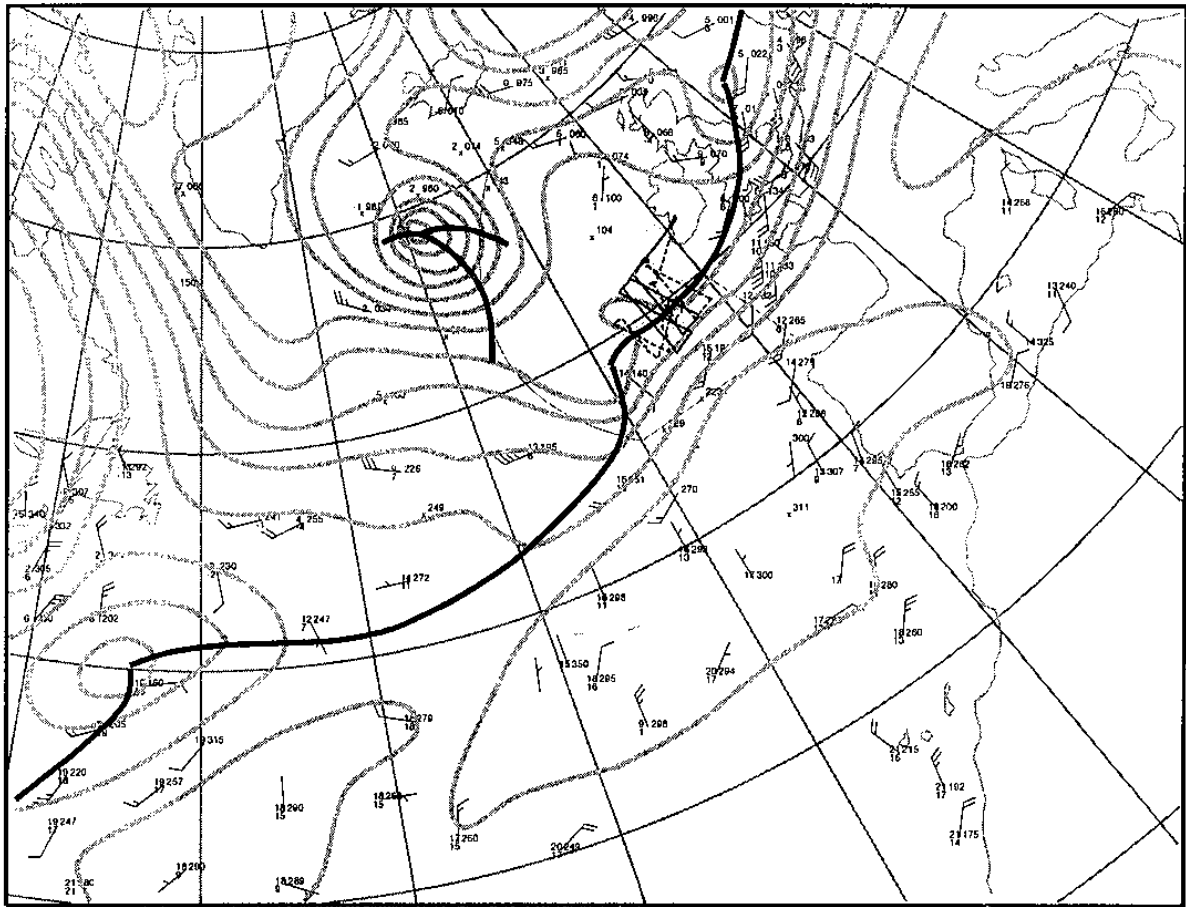
位渦結合而導致系統的發展。由觀測結果顯示數值模式的預報較實際情況快，初步的推測可能是伴隨前一波的上層的正位渦迅速移走而與低層失去耦合，另外在低層有一微弱高壓脊的建立，使得系統的移動及發展受阻，這是模式沒有掌握到的地方，其緣由將從未來的研究中所進一步探討。

四. 參考文獻

- Bosart, B., C.-H. Liu, and R. M. Wakimoto, 1997: "Eldora observations of warm and cold fronts during FASTEX", 28th conference on radar meteorology, Amer. Meteor. Soc., Austin, TX, 7-12 September 1997, 451-452.
- Bosart, L. E., 1981: "The Presidents' Day snowstorm of 18-19 February 1979: A subsynoptic-scale event", Mon. Wea. Rev., 109, 1542-1566.
- Joly, A., D. Jorgensen, M. Shapiro, A. Thorpe, P. Bessemoulin, K. Browning, J. Cammas, J. Chalon, S. Clough, K. Emanuel, L. Eymard, R. Gall, P. Hildebrand, R. Langland, Y. Lemaitre, P. Lynch, J. Moore, P. Persson, C. Snyer, and R. Wakimoro, 1997: "The fronts and Atlantic Storm-Track Experiment (FASTEX): Scientific Objectives and Experimental Design", Bull. Amer. Meteor. Soc., 68, 1917-1940.
- Jorgensen, D. P., P. H. Hildebrand, and C. L. Frush, 1983: "Feasibility test of an airborne pulse-Doppler meteorological radar", J. Climate Appl. Meteor., 22, 744-757.
- Liu, C.-H., R. M. Wakimoto, and F. Roux, 1997: "Observations of mesoscale circulations within extratropical cyclones over the North Atlantic Ocean during ERICA", Mon. Wea. Rev., 125, 341-364.
- Wakimoto, R. M., W. Lee, H. Bluestein, C.-H. Liu, P. Hildebrand, 1996: "ELDORA observations during VORTEX 95", Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 1465-1481.

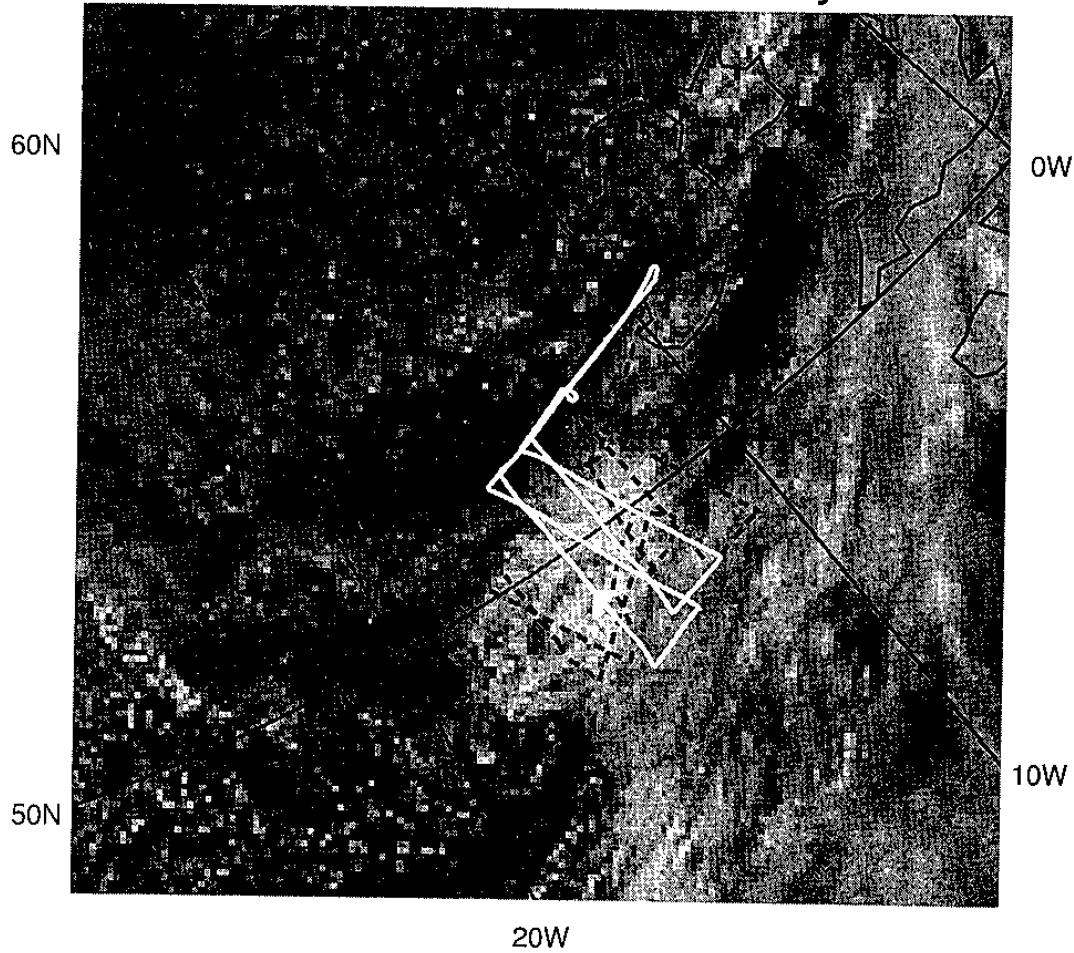
致謝

本研究由國科會 NSC-87-2111-M-034-003 所資助，資料來源為 FASTEX 資料中心，而所需之電腦設備由文化大學大氣科學系提供。



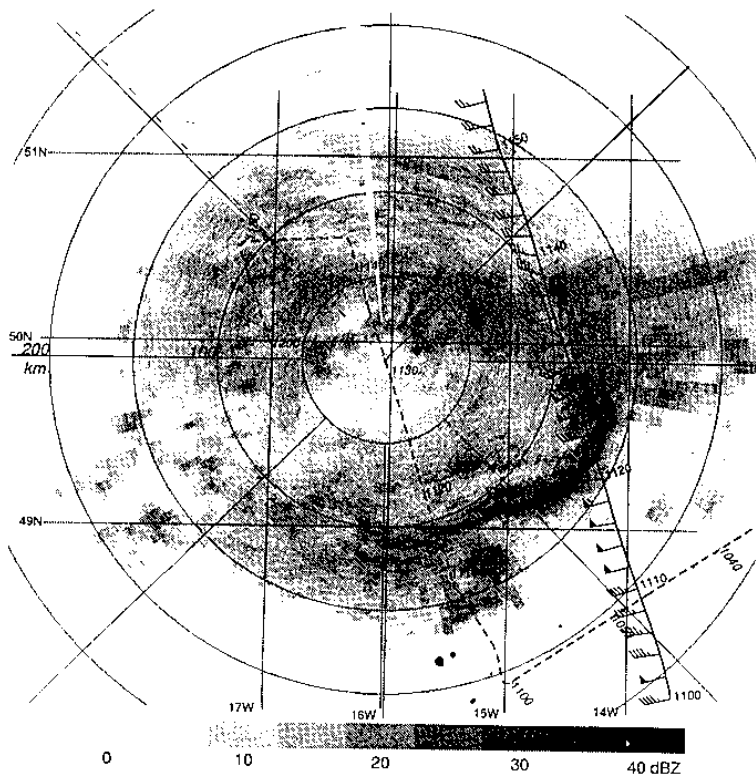
圖一：1997年二月四日1200 UTC之地面分析圖。灰色粗實線為等壓線，間距為4毫巴，黑色粗實線為鋒面所在的位置。淡灰色半圓形區域為中尺度採樣區，區內之細實線及細虛線各為NCAR Electra及NOAA P-3之飛行路徑。測站則填有溫度、露點、氣壓值及風速風向，全風標為 5ms^{-1} ，半風標為 2.5ms^{-1} 。

Visible 1200 UTC 4 February 1997



圖二：1997年二月四日 1200 UTC 於中尺度取樣區附近之可見光雲圖，解析度為 2.5km × 2.5km。白色實線及黑色實線各為 NCAR Electra 及 NOAA P-3 之飛行路徑。

**NOAA P-3 Lower Fuselage
1130:02 UTC 4 February 1997**



圖三：1997年二月四日 1130:20 UTC 之 NOAA P-3 機腹雷達資料。圓形環為 50km 間距，經緯線及飛行路徑疊加在圖上，飛機路徑標有時間 (hhmm)，實線為 NCAR Electra，虛線為 NOAA P-3。