

颱風路徑預報系統中植入雙颱風的研究

鄭寶鳳 陳得松

中央氣象局資訊中心

郭鴻基

台灣大學大氣科學研究所

摘 要

NAT 颱風從1991年9月15日到10月2日盤旋在台灣及菲律賓附近的海域。這段期間他的路徑共經歷四次劇烈的大轉向。這些轉向可能與北方的大陸高壓東移及先後經過他東方的LUKE及MI REILLE颱風的環流有關。中央氣象局的颱風路徑預報系統(TFS)曾經對NAT在21日1200UTC的轉向成功地預先提出警訊。

環境氣流是影響熱帶氣旋運動的主要因素。相距不遠的兩個熱帶氣旋受大尺度環境氣流及彼此環流的相互作用所造成的運動路徑是預報作業的一大挑戰。9月25日NAT颱風附近的大尺度環境氣流很微弱。而NAT颱風與MI REILLE颱風相距不遠。我們用一個正壓波譜模式成功地模擬到兩颱風在9月25日以後相互影響的運動。這模擬在沒有背景環流的情形下完成。這顯示在一個像TFS這樣的路徑預報模式中，考慮兩個不同的颱風是很重要的。本研究報告我們在這方面的初步結果。

一·前言

中央氣象局的颱風路徑預報系統 (Typhoon Track Forecast System, 簡稱 TFS) 由1990年開始正式作業, 對侵襲西北太平洋區的颱風運動, 提供客觀的預報指引。兩年來共對26個颱風進行預報。其中對1990年的11個颱風的平均預報誤差, 24小時為225公里, 48小時為385公里; 對1991年的18個颱風平均預報誤差, 24小時及48小時分別為187公里及316公里。關於這個系統的詳細介紹及表現, 可以參考陳等(1992, 1991), Chen et al. (1991), 彭等(1991)及鄭等(1991)的文章。TFS可以處理同時出現在模式範圍內的多個颱風的運動。在前兩年的作業, 我們於TFS的初始場中, 對同時出現的不同颱風, 植入相同的虛擬渦旋結構來做預報, 結果往往不能兼顧兩個強度懸殊的颱風。1992年我們改進TFS, 對不同強度的颱風個別植入適當的渦旋結構, 以期提高TFS的預報能力

。另外在台大一個研究用的正壓波譜模式中, 我們依照9月25日0000UTC NAT 颱風與MI REILLE颱風的相對強度與方位, 擺進兩個渦旋進行72小時的積分, 得到極為近似這兩個颱風的實際軌跡。這個例子對我們在TFS的初始場中改進植入渦旋結構的工作有很大的鼓勵。本文將以TFS對NAT 颱風的路徑預報來探討這個預報系統的特性。

二·個案現象分析

NAT 是1991年西北太平洋區生命期最長的熱帶氣旋。9月15日出現直到10月2日登陸而消失, NAT共在台灣及菲律賓附近盤旋17天。他的怪異路徑也是少見的, 由圖一氣象局發佈的警報路徑圖可見他共經歷四次大轉向, 分別發生在9月17日, 9月21日, 9月24日及9月27日, 這些路徑的轉向可能受先後經過他東邊的LUKE及MI REILLE颱風影響。

9月15日1200UTC NAT 與LUKE的環流形成的低

壓區和由印度向東伸展的低壓槽連在一起（見圖二），NAT 與 LUKE向西前進而且愈來愈靠近。16日1200UTC以前，NAT 的位置在 LUKE的西偏北方，強度比 LUKE的強度稍弱，可能受LUKE颱風環流影響而略向西偏南前進。9月17日NAT 與LUKE颱風的距離小於1500公里（見圖三），另外，MIREILLE颱風在LUKE東方20個經度以外形成，前兩個颱風附近沒有其它顯著氣流導引，兩者環流相互影響使得LUKE颱風由原先向西北前進的路徑轉為向北偏東，NAT 颱風的運動也呈180°轉向，由西進變為向東（見圖四）。19日0000UTC之後三個颱風個別的距離都超過1500公里（見圖五），相互影響不顯著，NAT 颱風周圍仍無其它明顯的環境氣流，故持續向東偏北方前進。9月20日0000UTC大陸高壓東南前緣的大梯度區逼近NAT 颱風（圖六），提供給NAT 颱風向西的動量，加上由東南方逐漸靠近的中度颱風MIREILLE的環流，阻擋了NAT 向東運動的趨勢，36小時後改為向西方走。到了9月24日1200UTC以後，MIREILLE 移到 NAT 的東邊（圖七），NAT 受MIREILLE的環流影響向西南方移動且強度減弱。圖四的路徑也顯示MIREILLE 在26日0000UTC以後由向西北前進的路徑轉為向東北。隨後兩個颱風漸漸遠離。27日0000UTC NAT周圍沒有明顯的導引氣流（圖八），NAT 轉向北方慢慢移動，在10月2日由汕頭附近登陸而減弱消失。

在三個颱風警報發佈期間，TFS 的預報路徑各如圖九，圖十，及圖十一所示。由圖九可見在LUKE颱風往西運動期間（9月16日1200UTC到9月17日1200UTC），TFS 的48小時預報皆可掌握到他隨後要轉向北方及東北方的趨勢。TFS 對颱風MIREILLE的預報路徑（圖十）顯示其慣有的系統性誤差：在135°E以東，TFS 對向西運動的颱風路徑有預報偏北的誤差（9月20日1200UTC到9月21日1200UTC），隨後的預報都很接近實際向西北方的運動趨勢，25日0000UTC之後TFS也掌握到路徑向北轉東北的趨勢。圖十一顯示當NAT在巴士海峽往

東前進的初期（18日0000UTC到19日0000UTC）TFS的預報結果並不好，18日預報的運動路徑比實際路徑的初期約向北偏60°，然後後半段與實際19日0000UTC以後NAT 偏向東北前進的運動路徑很接近。TFS 19日0000UTC的預報路徑幾乎與實際路徑背道而馳。隨後幾個時間（19日1200UTC到22日1200UTC）的預報，TFS 都掌握到NAT 在21日1200UTC由向東的運動轉為向西前進的趨勢。至於在NAT 通過恒春後，路徑轉向西南的階段，TFS 的預報路徑一直是往西或西偏北前進。

分析這些資料，我們立定一個假設：由於NAT 生存期間，他周圍只有大陸高壓提供微弱的背景氣流，而沒有較明顯的駛流導引，所以NAT 的怪異路徑主要是他與先後經過其東邊的LUKE及MIREILLE之間相互影響所造成的。

三. 測試結果討論

我們選擇三個時間來測試TFS 對雙颱風效應的預報情形。由於部分資料毀損，9月17日0000UTC及9月20日0000UTC的試驗是直接拿全球預報系統（Global Forecast System，簡稱GFS）的分析場來植入虛擬渦旋進行積分，預報積分過程中，側邊界是固定不變的。試驗3月25日0000UTC的做法與颱風季節TFS 的例行作業方式相同。在植入虛擬渦旋之前，以GFS 的分析場當初始猜測值，再執行TFS 自己尺度的客觀分析，加入一些觀測資料所提供的較小尺度的氣象訊息；而且積分過程中測邊界值的變化趨勢是由GFS 的預報場所提供。這三個試驗的渦旋植入程序與1991年的作業方式相似，包括了伴隨渦旋的Beta-gyres 及颱風過去6小時的運動持續效應（陳等，1991）；並且在預報積分中執行熱化處理以保持渦旋的溫度梯度。另外，我們也試驗TFS 在沒有環境氣流的情況下，對類似9月25日0000UTC NAT 與MIREILLE 的兩個渦旋的預報結果，這試驗不包括熱化處理。

試驗一：9月17日0000UTC

如圖三所示，當時太平洋高壓脊呈東西走向位於 35°N 以北，且伸入華北地區，脊線以南是廣大的微弱東風帶。隨後太平洋高壓脊快速退到海上，而在高壓脊西北方的華北低壓往東移動並加深，低壓冷鋒前的西南氣流在18日1200UTC之後移近向北運動的LUKE颱風（見圖五）。17日0000UTC時 NAT 與LUKE的距離小於1500公里，隨後兩天LUKE往西轉北再轉向東共繞了半圈，NAT 則是向西緩慢運動，24小時內折回往東走（見圖四）。

17日0000UTC當時NAT 與 LUKE的中心氣壓值分別是998 MB及990 MB，屬於輕度颱風。因此我們在試驗中植入相同的弱渦旋。圖十二是單獨植入 NAT 或LUKE及同時植入兩個渦旋所得的預報路徑。單獨植入 NAT的預報結果顯示他前12小時略往西南運動，隨後轉向東北通過台灣南端。這比NAT 實際折回向東運動的路徑偏北約 45° 。加入LUKE的預報顯示 NAT 向西南繞的圈子擴大，使他後來向東北移動的路徑離實際路徑更遠而切過台灣西北部。至於 TFS 對LUKE的預報，植入兩個渦旋的結果使LUKE快速折向北方，並於24小時後連續轉東北及東方，比起只植入LUKE的預報路徑在前12小時向西走太遠，36小時之後繼續往東北而未轉東的路徑改善許多。

這個試驗顯示同時植入兩個渦旋改進了TFS 對LUKE 的預報路徑，卻使對NAT 的預報誤差增大。在17日0000UTC同屬輕度颱風的 NAT 與LUKE強度略有差異：中心氣壓差了 8 MB (998 MB, 990 MB)，七級暴風半徑各為 100 公里及 200 公里。試驗中植入相同的渦旋或許影響對 NAT 的預報，另外 TFS 一向對弱颱風的預報能力較差也是可能原因。

試驗二：9月20日0000UTC

在 NAT 颱風警報期間，TFS 對19日1200UTC到21日0000UTC的預報結果顯示 NAT 即將轉向的路徑（見圖十一），是一次很大的振奮。圖十三是19日1200UTC TFS、日本區域模式及歐洲全球模式對 NAT的預報路徑。當時 NAT 往西北西方向移動

了 36小時之後，在21日了半天一直滯留不動，21日1200UTC之後折向西運動。日本模式預報他到36小時一直往東北東方前進到 126°E 以東，歐洲模式也預報他一直向東走。TFS 的預報路徑顯示 NAT往東偏北走了12小時，然後向北並在20日1200UTC折向西，這在時間上比實際提早24小時折回往西走，預先顯出路徑突變的警訊。

圖六顯示大陸高壓東南緣的大梯度區在20日0000 UTC已靠近輕度颱風 NAT，而中度颱風 MIREILLE則位於 NAT 東南方約 2000 公里處，當時兩個颱風的中心氣壓分別是 995 MB及 955 MB，七級暴風半徑各為100公里及 200公里。我們在這個試驗中分別採用弱及中度渦旋植入到 GFS 提供的分析場中來近似 NAT 及MIREILLE的結構。圖十四是 TFS 的48小時預報結果。若只植入 NAT，該渦旋在前24小時向東緩慢移動一個經度後，折回向西運動，這與圖四所示NAT在21日1200UTC 調頭由北邊轉向西的現象極為近似。加入MIREILLE後 TFS 預報的 NAT仍是在24小時後折回向西，但卻是由南折回。TFS 對 MIREILLE 的預報路徑在單獨植入MIREILLE 或同時植入兩者的試驗中都是向西偏北走。兩者只差在24小時到30小時之間，植入兩個渦旋的預報路徑有明顯的北跳；這時候正好也是預報NAT回轉的關鍵，兩渦旋相距16個經度又3個緯度，而 TFS已反應出兩者環流的相互影響（NAT 往南回轉向西，MIREILLE路徑北跳）。實際上，颱風 MIREILLE在這段期間先向西運動12小時後轉西偏南，而試驗中兩個預報結果皆呈現西偏北的路徑，可能是所加的Beta-gyres 提供了太大的貢獻。

試驗三：9月25日0000UTC

9月25日0000UTC 地面天氣圖顯示高壓中心位於朝鮮半島北方，NAT 與 MIREILLE 呈現西—東排列相距十一個經度。當時 NAT中心氣壓 995 MB，七級暴風半徑80公里，而強度颱風 MIREILLE中心氣壓 925 MB，七級暴風半徑 300公里。試驗中我們對兩者分別植入弱、強渦旋。圖十五的預報結果

顯示：NAT一直往西運動，並不受 MIREILLE 環流影響而偏南。植入兩個渦旋的預報顯示 MIREILLE 的路徑較快速轉向北，並在42小時以後轉向東北。而單獨植入 MIREILLE 的預報路徑有太大的向西偏差，且沒有掌握到實際路徑在 26日1200UTC 之後轉向東北運動的趨勢。

試驗四：沒有背景環流的雙渦旋軌跡預報

我們曾在台大一個正壓波譜模式中，依照 9月25日 0000UTC NAT與 MIREILLE 的相對方位及強度，放入兩個渦旋來模擬雙颱風運動軌跡。當時兩個颱風的最大風速分別為 18 m/s與 53 m/s，在模式中我們放入強度比為 2：5 的兩個渦旋並使成西—東並列。積分 72小時得到如圖十六所示的軌跡，D線：西邊的弱渦旋往南偏西運動，36小時後勾向東；東邊的強渦旋則向西北運動。另外，若只放入東邊的渦旋，可得到如 S線的運動軌跡。東邊渦旋的 D線與 S線向西北運動的軌跡主要是 Beta 效果的作用。而 D線比 S線偏北的結果顯然受西邊渦旋的環流所影響。

試驗三單獨植入 NAT（未附圖）及同時植入兩個渦旋，TFS 對 NAT 的預報路徑都是一直往西運動。比較試驗三與正壓模式的預報差異，我們又仿照正壓波譜模式的作法，在 TFS 中只放入強、弱兩個渦旋。不使用 GFS 提供的背景環流及觀測資料的客觀分析，使初始環境場是靜止的（風速為零），且各層水平均勻（各氣壓層的溫度、溼度為定值）。如此 TFS在一個原始方程預報模式的情況下，積分72小時得到如圖十七的預報軌跡。單放西邊的弱渦旋或東邊的強渦旋，得到72小時往北（北偏西）的運動軌跡。同時加入弱、強渦旋在 9月25日 0000UTC NAT 與 MIREILLE 的位置，得到弱渦旋的運動受強渦旋影響呈氣旋式往南方繞轉，在東方的強渦旋所受影響不明顯。

四. 結論

針對熱帶氣旋 NAT的三次轉向，本研究試驗在初始場中植入雙渦旋對預報路徑的效應。試驗一及試驗三中，植入雙渦旋分別改進了TFS對 LUKE(9月17日)及MIREILLE(9月25日)的預報路徑，然而對當時另一個弱颱風 NAT的預報路徑卻沒有貢獻。試驗二及試驗四中，植入雙渦旋加強了 TFS對靠近的兩個渦旋環流相互作用的效應，但也在試驗二中使得TFS對9月20日的預報路徑與兩個颱風的實際路徑偏差增大。

TFS 中植入雙渦旋的處理技術還屬初步發展階段。目前只準備三個渦旋結構用來近似強、中、弱三種颱風。對於適合實際颱風各種環流大小、垂直發展結構等的植入渦旋還待進一步研究與發展。本研究中植入雙渦旋而未改進預報路徑的可能因素，除了上述的植入技術有待加強之外，海洋上缺乏觀測資料使得未能提供一個詳細的背景環流場，永遠是研究與預報颱風的最大障礙。另外 TFS現階段對颱風環流中不對稱部分的處理(例如加入 Beta-gyres)及預報過程中維持渦旋的溫度梯度等做法也都還在繼續改進中。

參考文獻

- 陳得松、彭順台、張智北、鄭寶鳳，1991：原始方程颱風路徑預報模式初始場之改進。天氣分析與預報研討會論文集編(80) 349—356。
- 陳得松、彭順台、張智北、張偉正、鄭寶鳳，1992：中央氣象局原始方程颱風路徑預報模式 1991年預報結果評估及檢討。天氣分析與預報研討會論文集編(81)。
- 鄭寶鳳、彭順台、張智北、陳得松，1991：中央氣象局原始方程颱風路徑預報系統的評估。天氣分析與預報研討會論文集編(80) 163—168。

彭順台、張智北、鄭寶鳳，1991：邊界條件、模式
範圍及植入渦旋結構等對颱風路徑預報的影響
。天氣分析與預報研討會論文集編（80）131
-139。

Chen, D.-S., B.-F. Jeng, M.S. Peng, C.-P.
Chang, and S.W. Chang, 1991: Forecasts
of typhoon tracks in the vicinity of
Taiwan in 1991 using a dynamic model.
International Conference on Mesoscale
Meteorology and TAMEX, Taipei, 359-363
。

A Study of Bogusing two Typhoons in typhoon Track Forecast System

Bao-Fong Jeng Der-Song Chen

Central Weather Bureau

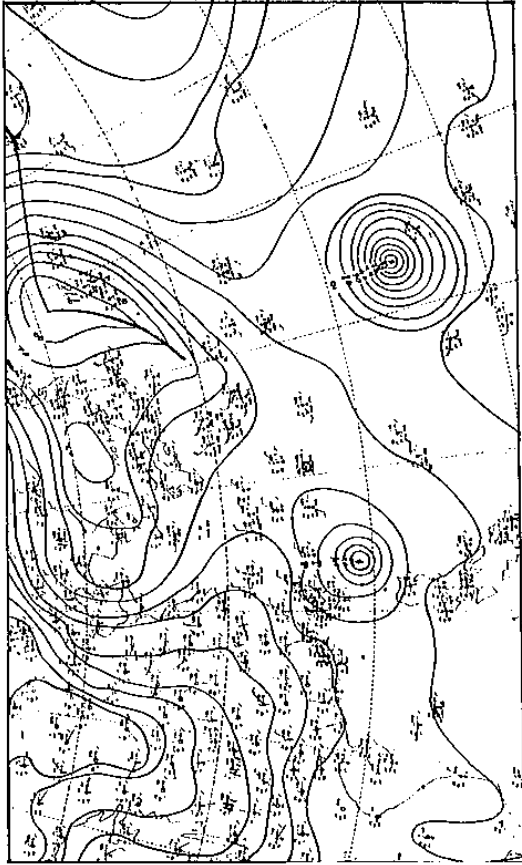
Hung-Chi Kuo

National Taiwan University

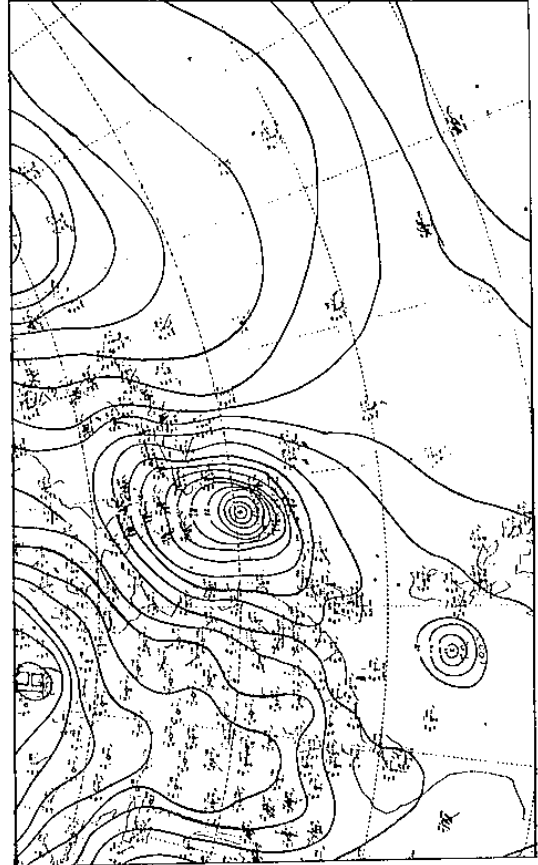
ABSTRACT

Typhoon NAT has a track around the oceanic region nearby Taiwan and Philippine from September 15 to October 2 1991. During this period, NAT make four dramatic turns. These dramatic turns were possibly influenced by the high pressure in the northern mainland China, Typhoons LUKE and MIREILLE in the east of NAT respectively.

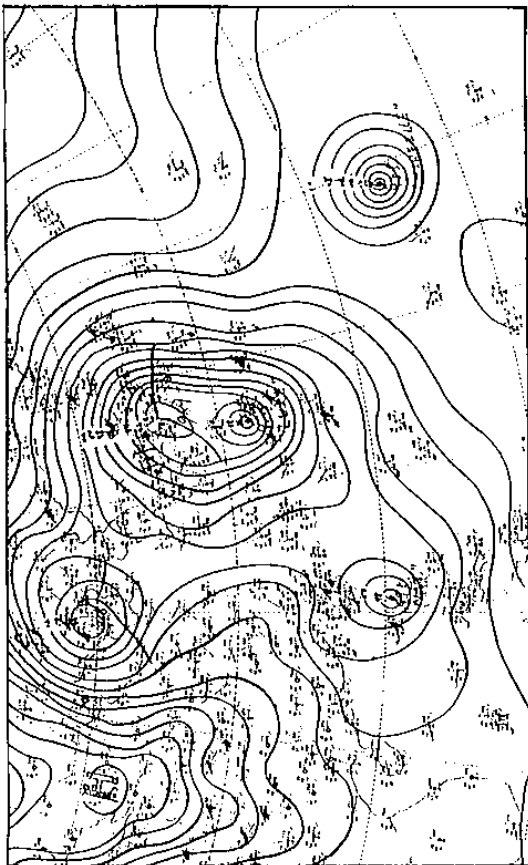
Since the track of a typhoon is determined primarily by the background steering flow, the coexistence of two different typhoons pose the possibility of interactions. Around September 25, the large scale steering is very weak and difficult to determine. We used a barotropic model successfully reproduced the tracks of NAT and MIREILLE after September 25. The simulation is done without the background large scale steering flow. This indicates the importance of considering two different typhoons (in terms of size and intensity) in a track model like TFS. This paper reports our preliminary results in this direction.



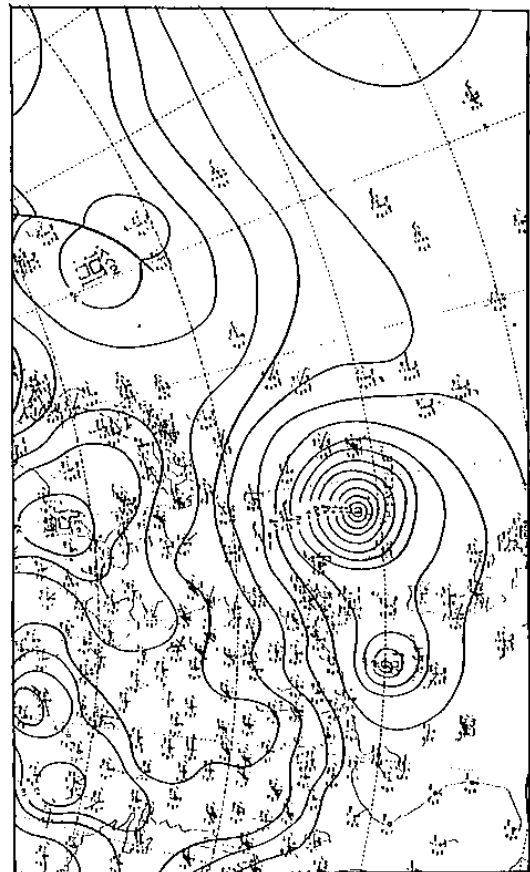
圖六：1991年9月20日0000UTC地面天氣圖



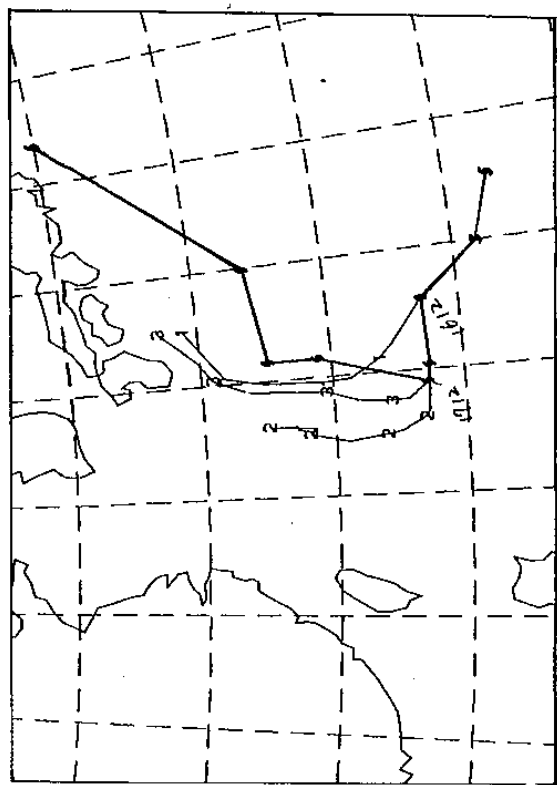
圖八：1991年9月27日0000UTC地面天氣圖



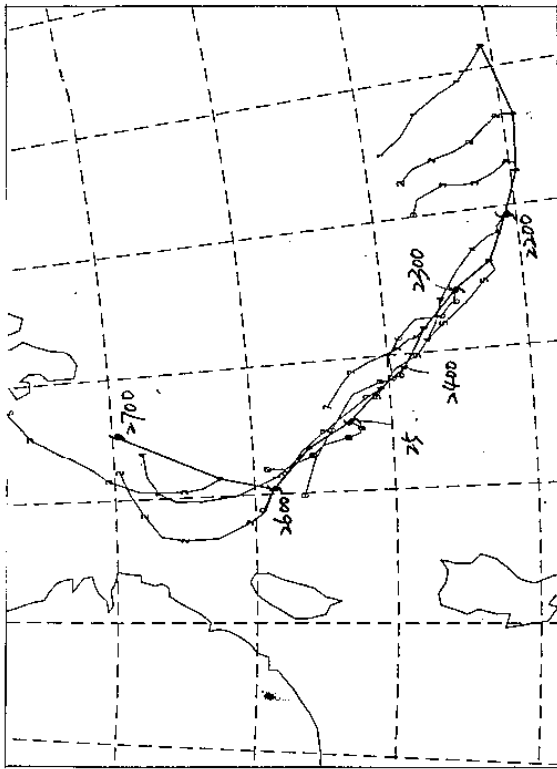
圖五：1991年9月19日0000UTC地面天氣圖



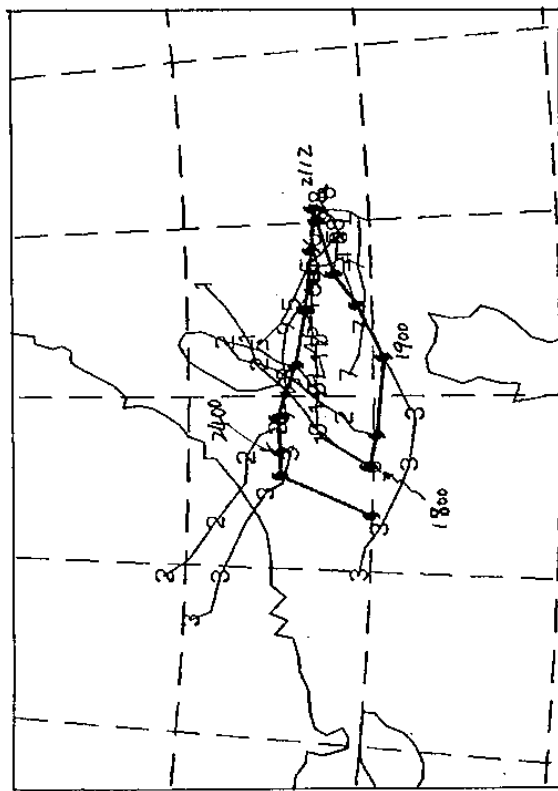
圖七：1991年9月25日0000UTC地面天氣圖



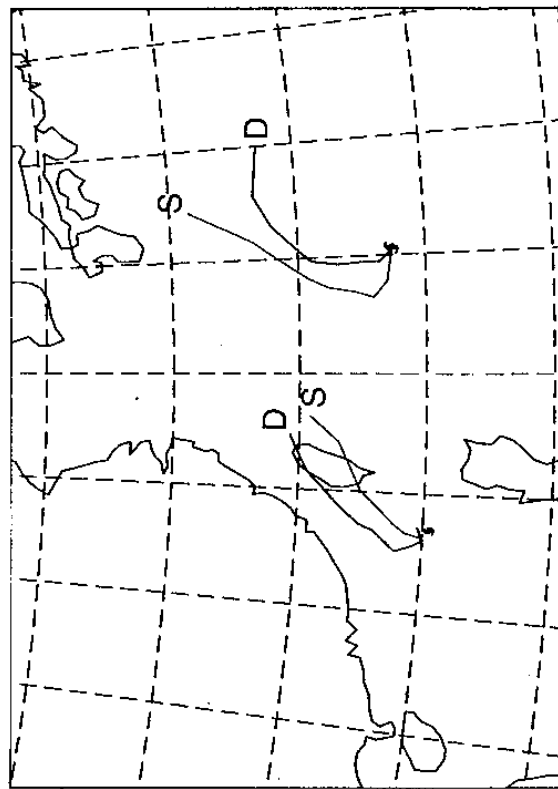
圖九：TFS 對LUKE颱風的預報路徑



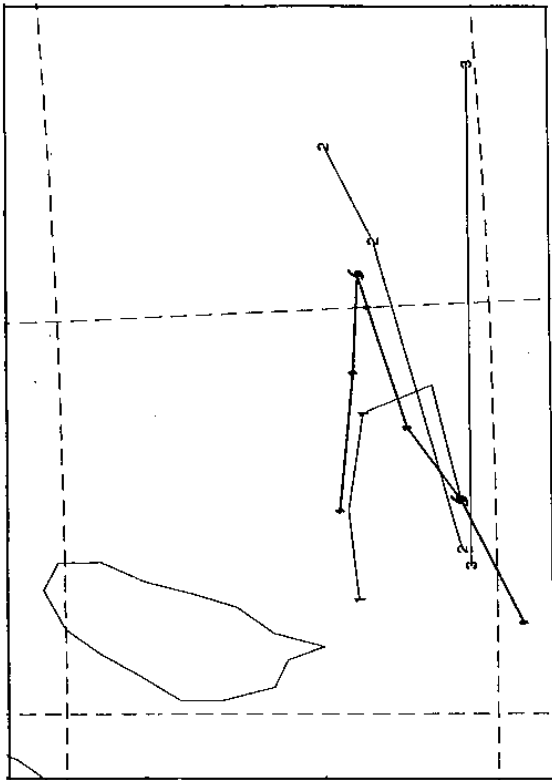
圖十：TFS 對MIREILLE颱風的預報路徑



圖十一：TFS 對NAT 颱風的預報路徑

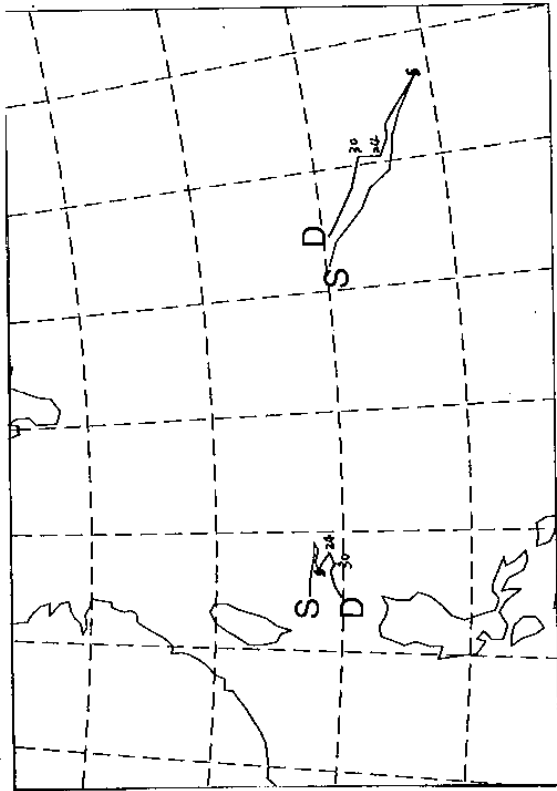


圖十二：試驗一，9月17日0000UTC TFS 48小時的預報路徑
D表示植入兩個渦旋的預報路徑，S表示植入單一渦旋的預報路徑



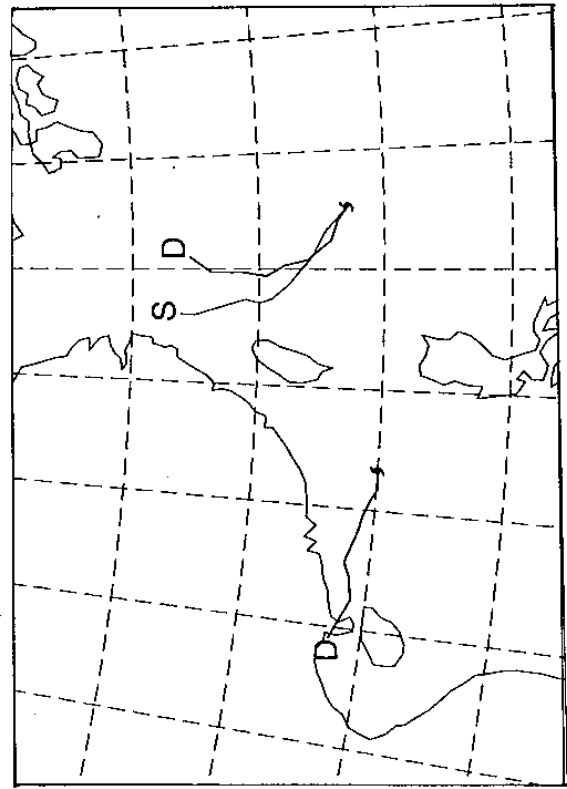
圖十三：TFS(1)、日本區域模式(2)與歐洲全球模式(3)對19日1200UTC

NAT 颱風的預報路徑，粗線是依氣象局所定每12小時位置所劃



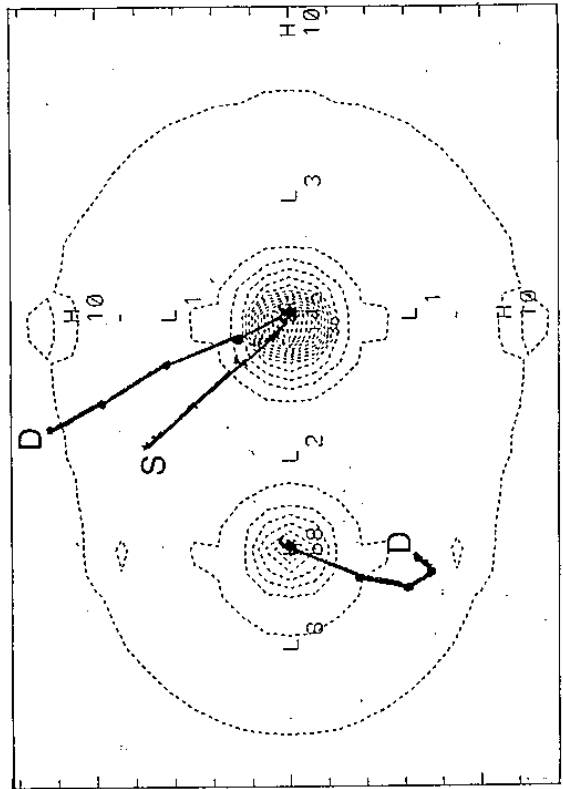
圖十四：試驗二，9月20日0000UTC TFS 48小時的預報路徑

D表示植入兩個渦旋的預報路徑，S表示植入單一渦旋的預報路徑



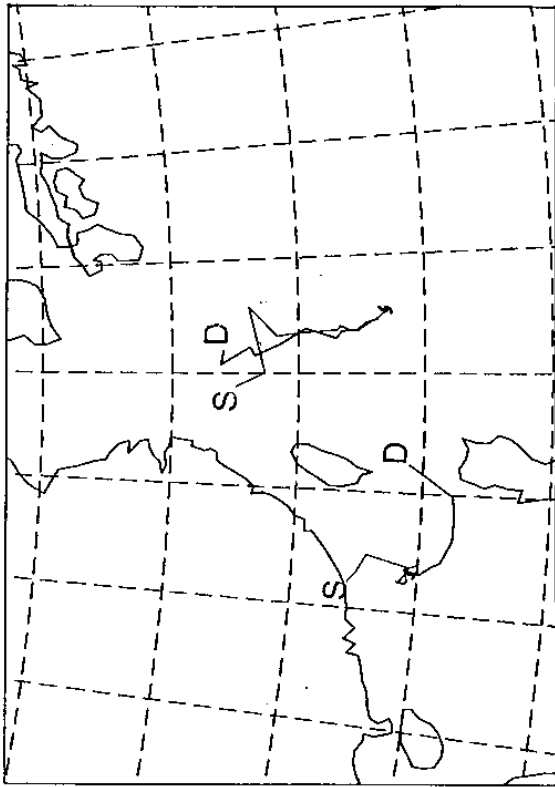
圖十五：試驗三，9月25日0000UTC TFS 48小時的預報路

D表示植入兩個渦旋的預報路徑，S表示植入單一渦旋的預報路徑



圖十六：正壓波譜模式對兩個渦旋所做72小時的軌跡

D表示植入兩個渦旋的預報路徑，S表示植入單一渦旋的預報路徑



圖十七：試驗四，TS 對兩個渦旋所做72小時的軌跡

D表示植入兩個渦旋的預報路徑

S表示植入單一渦旋的預報路徑

