

CWB區域預測系統植入颱風風暴之研究

陳建河 彭順台* 張偉正**

中央氣象局 美國海軍研究學院* 美國海軍研究院**

摘要

廣大的海洋面上，由於缺乏觀測資料，在颱風形成時，區域預測系統的觀分析模組通常不能正確地分析颱風的環流。更進一步而言，如果颱風的封閉環流可以解析出來，但是由於質量場與風場的分析是分開處理，兩者之間並沒有互相影響的關係存在，因而導致高度場與風場對於颱風環流解析的位置不一致。

此種初始場的不一致性或誤差，在模式預報時也會影響對大尺度環流的預報。因此，有必要在客觀分析之前植入一些觀測資料於觀測資料檔案中。觀測資料的來源是取自區域模式本身沒有平均流的情況下所SPIN UP出來平衡渦旋其中心及周圍的網格點資料。利用此種植入方式使得區域預測系統在颱風的預報上，有極顯著的改進。

一、引言

中央氣象局（CWB）在完成第一期數值天氣預報計畫之後，已經擁有四個作業化的數值天氣預報模式。這四個數值預報模式分別是全球預測系統（簡稱GFS），區域預測系統（RFS），中尺度預測系統（MFS），颱風路徑預測系統（TFS），其中又以最後三個系統合併稱為有限區域預測系統（簡稱LAFS）。這是因為這三個系統均是在有限的區域範圍內做預報，而且這三個系統都具有相同的基本架構，只是針對不同的預報範圍而有不同目的的建置。GFS具有4-D資料同化（4-D data assimilation）及長期（5～7天）天氣預報和提供RFS邊界值的目的，有關GFS的描述可見Liou et al（1990）的文章。RFS可做2～3天的綜觀天氣預報及提供MFS所需要的邊界值。MFS是一個具有高解析度的模式，可以提供較短期且詳細的天氣系統預報，其所涵蓋的範圍僅包括台灣及其附近的區域。有關RFS及MFS的描述可見Jeng et al（1990）的文章，另外有關TFS的描述及其成效的第三篇文章則正在準備當中。

1990年的颱風季節是TFS正式作業的第一年，我們已經觀察到TFS對於轉向的颱風要比西進的颱風具有較差的預報。檢視綜觀天氣圖的型態，發現在颱風

轉向的期間，TFS通常對於中緯度的槽線有過弱的預報，而這槽線正是吸引颱風轉向的主因。然而在此同時，RFS卻對這些綜觀天氣系統有較佳的預報，主要的原因是RFS所涵蓋的範圍要比TFS來得大。另外一個觀察到的現象是，當觀測資料網所提供的觀測資料不足時，颱風本身的環流不能夠被RFS的客觀分析所解析到。如此經常會導致風場與質量場之間的不一致性（inconsistency），甚至於對同一種變數場，此種不一致性也會發生在不同的分析層上。我們發現此種颱風環流分析上的誤差甚至於會影響到RFS對於大尺度環流的預報準確度。基於這許多方面的考慮，我們乃植入（bogus）一些靠近颱風正確位置的虛擬資料於RFS的原始觀測資料檔中。這些被植入的資料是在一個沒有平均氣流場的情況下放入一個對稱風場而由模式積分得來，它們在風場與質量場之間已經是達到動力的平衡。另外在TFS中所使用的人工加熱（artificial heating）法在此並不考慮使用，因此被植入的颱風渦流強度在預報36小時之後便減弱很多，但仍然可以從風場來確定颱風環流的位置，以提供颱風路徑預報的客觀指引。

植入某些虛擬觀測資料於一般性目的的模式中是全世界共同的趨勢。日本氣象廳（JMA）有一個特殊

目的的颱風路徑預報模式（稱為TYM）（ueno,1989）同時也在一般性目的模式（即全球波譜模式）中加入植入觀測資料的處理過程來加強颱風環流以達提供颱風路徑預報的指引。對於ECMWF的一般性全球波譜式而言，當初始分析場的颱風位置準確時，對於路徑的預報也同樣顯示有很好的成效（Reed et al,1988）後來他們又加強分析場的處理過程及植入一些虛擬觀測資料以確保分析場具有正確的颱風位置及較強的颱風環流（Andersson, 1989）。另外一個為人所熟知的全球預測系統是英國氣象局，也是以植入一些觀測資料而得到較佳的颱風路徑預報（Hall, 1987）。

本共分四節，第一節為引言，第二節將敘述植入觀測資料所使用的方法。第三節則敘述使用此種方法於RFS中，其對於颱風路徑預報的初步結果。最後，進一步的考慮及改進將在第四節中敘述。

二、植入觀測資料的方法

TFS對於植入颱風渦旋的方法是先在一個沒有平均流的環境下，利用TFS預報模式本身的物理機制經過96小時的預報達到一種準平衡（quasi-balance）的狀態之後，旋轉出來（Spin-up）一個渦旋，再將此渦旋以權重函數（weighting function）的方式植入於初始場中。此種渦旋可以在 f -plane及 β -plane上旋轉出來。對於植入渦旋後的颱風路徑預報則各有其特點（Peng et al, 1990）。

至於RFS所採行的方法與TFS類似，在 f -plane上，同樣是沒有平均流的環境下，經過RFS預報模式的72小時預報之後旋轉出來一個平衡狀態的渦旋，然而不同於TFS的地方是取渦旋中心及其周圍共17個網格點的資料（圖-1）做為植入渦旋的虛擬觀測資料加入到客觀分析所需要的原始觀測資料檔中。在垂直上，對於質量場計有1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100mb等11層，而風場則計有925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100mb等10層。另外RFS的海平面氣壓場是由GFS所提供，而為了使上下層分析具有一致性，於是加入海平面氣壓場的客觀分析，所使用的方法是先以Barnes法分析之後再用FIB（Field Information Blending）法

加以修正。所以從渦旋的網格點上抓取資料當做觀測資料，除了高度場，溫度場，溼度場，風場之外，尚有海平面氣壓場。

三、植入觀測資料後，RFS對颱風路徑預報的初步結果

1990年11月發生於西太平洋的Page颱風，實際的移動路徑如圖-2所示，對28日12Z而言，颱風位於 $21^{\circ} N, 127^{\circ} E$ 。作業中的RFS其850mb的風場及高度場顯示二者的颱風中心位置相差有5個緯度之多（圖-3(a), (b)）並且海平面風場與氣壓場也顯示有同樣的情形（圖-3(c), (d)）。至於24小時的預報，850mb及海平面風場均顯示颱風往西南向移動（圖-4(a), (b)），然而海平面氣壓場則顯示颱風並不移動（圖-4(c)）。此種初始風場與質量場的不一致性造成颱風環流上的誤差，進而影響到大尺度環流與颱風環流預報上嚴重的錯誤。

造成此種初始颱風環流場的分析誤差，主要歸因於廣大的海洋面上沒有足夠的觀測資料來修正初始猜測場（initial guess field），所以導致分析誤差的累積。（圖-5(a), (b)）是以植入觀測資料於RFS中經過客觀分析後的分析場。圖中顯示所植入的觀測資料不僅可以修正颱風的位置誤差，也可以得到一個較強的颱風環流，圖-5(C)為海平面氣壓分析場。

經過預報模式的48小時預報，圖-8(a)~(e)為500mb每隔12小時的風場預報。圖中顯示Page颱風似乎受到北方槽綫東移時槽前西南氣流的導引而向東北方向移動，與實際的分析圖相比較，12小時的預報顯示槽綫東移至台灣，5760等高綫通過台灣中部（圖-8(b)）與實際分析（圖-9(a)）十分吻合。比較24小時的預報與實際分析圖，槽綫移過台灣東側，5760等高綫通過台灣中部，Page颱風受槽前的西南氣流導引向東北向移動，二者相同（圖8-(c), 圖-9(b)）。圖-10, 圖-11分別是850mb的風場及高度場的預報圖，可見Page颱風的環流在48小時的預報仍然清晰可見。從海平面氣壓的演變情形來看，初始場大陸冷高壓強度1066mb位於 $90^{\circ} E, 46^{\circ} N$ ，台灣附近的等壓綫走向為東北-西南向，1014等壓綫通過台灣海峽（圖

- 5 (c))。24小時預報 (圖-12(b)) 與實際分析圖 (圖- 9 (c))，均顯示冷高壓勢力漸向南伸展，1014綫二者均通過台灣北部，只是預報圖中Page颱風的等壓綫向東北拉伸而中心似乎不動。48小時的預報圖顯示有分裂高壓生成於華中地區 (圖-12(d))，然而實際分析圖卻無此分裂高壓生成 (圖- 9 (d))，但是二者的1014綫均南移至巴士海峽，顯示冷空氣之南下。

另外一個現象是在36小時的海平面氣壓預報場中，在原來颱風的位置上遺留有一個小環流會隨著時間積分而漸漸加深 (圖-12(c),(d))。此種錯誤的低壓生成在850mb並不存在，探討其發生的可能原因有二，(一)是RFS的客觀分析模組並沒有分析海平面風場及1000mb風場，因而我們在植入觀測資料時也忽略了海平面及1000mb的風場資料，然而質量場的分析則包含海平面氣壓及1000mb分析，所以此種地面與低層的風場與質量場的不一致是原因之一。(二)是Barnes分析法是風場與質量場各別分析，二者對於颱風中心位置的定位一定會有若干差距，如果再加上初始猜測場的颱風環流位置與實際相差太大，則所植入的觀測資料就無法完全修正此錯誤的初始場。例如10月4日12E Hattie颱風的位置在 $23.6^{\circ} \text{ N}, 130.0^{\circ} \text{ E}$ ，而初始場的颱風環流約在 $16.5^{\circ} \text{ N}, 133.0^{\circ} \text{ E}$ (圖- 6 (e))，經過植入觀測資料修正後的位置約在 $20.5^{\circ} \text{ N}, 131.0^{\circ} \text{ E}$ 左右 (圖7-7(a))，如此會造成預報上的一些誤差。從圖-13所顯示的Page颱風預報路徑與實際路徑比較，使用植入觀測資料的方法，RFS對於颱風的移動路徑的確能夠提供有效的指引，同時比較圖-4的結果更相信植入觀測資料於颱風所在的位置是有助於增加模式預報的準確度。

另外要提到的一點是並非所有的個案均像Page颱風一樣在48小時的預報仍然可以很清楚地找到颱風的位置或環流，例如從這兒再來談Marrian的個案，1990年5月16日12Z，實際的颱風位置在 $13.0^{\circ} \text{ N}, 113.0^{\circ} \text{ E}$ ，(圖- 6 (a),(b)) 分別為沒有植入觀測資料的850mb高度場及海平面氣壓場，圖中顯示並沒有Marrian颱風的環流存在，但是在其風場的分析圖上則略可分辨出颱風的環流，不過其位置則偏向西南

方圖- 6 (c),(d)。經過植入觀測資料的分析後，很明顯地Marrian颱風的環流清晰可見 (圖- 7 (a),(b))。在模式預報24小時之後已不見颱風的踪影 (圖略)。但如果我們採用類似TFS的人工加熱處理則可見颱風的環流，不過這不是本文的重點，因此不準備加以詳述。

圖-14~圖-16分別是Hattie(1990年10月4日00Z及10月5日12Z)，Yancy (1990年8月7日00Z)，ED(1990年9月13日12Z)等三個颱風的RFS 850mb風場的路徑預報與實際路徑的比較。大致上，RFS對於這些個案的移動路徑預報在方向上的掌握確實有其獨到之處，探究其原因主要是RFS對大尺度的環流場的預報，諸如槽脊綫及太平洋高壓的強弱與移動都掌握的不錯。提供TFS對這幾個個案的路徑預報以供參考 (圖-17)。對於RFS的此種成效，在颱風季節時將能夠提供預報人員對於颱風移動路徑一個有效的客觀指引。

四、進一步的考慮與未來的改進

由上一節的結果，我們發現有幾個問題存在，(1) RFS對於颱風起始位置與實際的位置仍有一些差距 (圖-13~圖-16)，從一些文獻上可以知道此種位置誤差會對預報有若干的影響 (Demaria, 1987)。(2) 地面與低層風場的分析與質量場不一致。(3) Barnes分析法對於質量場與風場的分析是個別處理的。(4) 初始猜測場的颱風環流與實際相差太大，以至植入觀測資料無法完全修正。這些問題都可能導致錯誤的低壓的再生，甚至於颱風的地面氣壓預報顯示颱風並不移動，在上述的Yancy, ED及Hattie颱風等個案均發生 (圖略)。因此在未來短期之內OI(Optimal Interpolation) (CWB二期計畫將採用的分析方法) 尚未完成的期間，如何增加初始場的正確性是我們要積極進行的，例如，增加地面及1000mb的風場分析及調整風場與高度場的分析，例如先修正初始猜測場之後再做植入觀測資料分析，可讓颱風的位置與實際更接近等。另外從衛星雲圖上判斷颱風的雲系而於預報模式的初始場中加入水汽的效應及根據颱風當時的強度與大小等參數計算出所需要植入的觀測資料等，都是我們目前正在從事的測試工作項目。

參考文獻

- Andersson, E., 1989: Use of bogus observation to improve the analysis and forecast of tropical cyclones. ECMWF Newsletter, No. 45-March 1989, Reading, England.
- DeMaria, M. 1987: Tropical Cyclone track prediction with a barotropic Spectrum model. MWR, CT, 1987, P2346-P2357.
- Hall, C.D., 1987: Verification of global model forecasts of tropical cyclones during 1986, Meteor. Mag, 116, 216-220.
- Jeng B.-F., H.-J. Chen, S.-C. Lin, T.-M. Lcou, M.s. Peng, S.W. Chang, W.-R. Hsu, and C.-P. Chang, 1990: The limited-area forecast systems at the Central Weather Bureau in Taiwan. Weather and Forecast, (accepted for publication).
- Liou, C.-S., T. Terng, W.S. Kao, T. Rosmond, C. Chen, J.H. Chen, and C.Y. Tsay, 1989: Global forecast at Central Weather Bureau. Papers in Meteor. Res, 12, No. 2, 205-228.
- Reed, R.J., Hollingsworth, A., Heckley, W.A., and Delsol, F., 1988: An evaluation of the performance of the ECMWF operational system in analysing and forecasting tropical easterly wave disturbances over Africa and the Tropical Atlantic. Mon. Wea. Rev., 116, 824-865.
- Ueno, M., 1989: Operational bogussing and numerical prediction of typhoon in JMA. JMA/NPD Technical Report No. 28. Japan Meteorological Agency, Japan.
- Peng, Melinda S., C.-P. Chang and B.-F. Jeng 1990: Forecasts of typhoon track in the vicinity of Taiwan during 1989-1990 using a dynamic model. Wea. Forecast. 5, (in press)

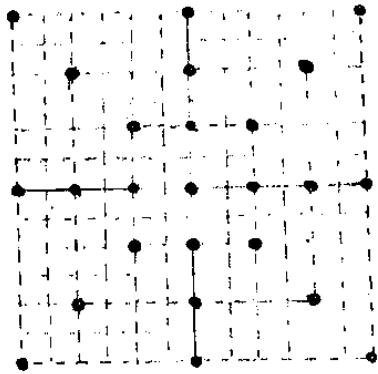


圖-1：植入渦旋觀測資料的網格點分佈

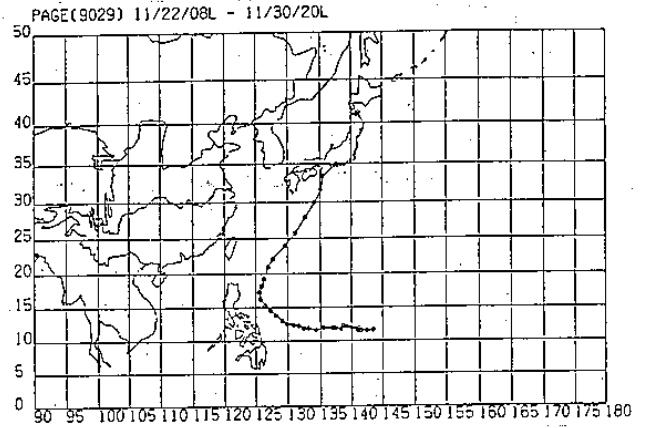


圖-2：1990年Page颱風實際移動路徑

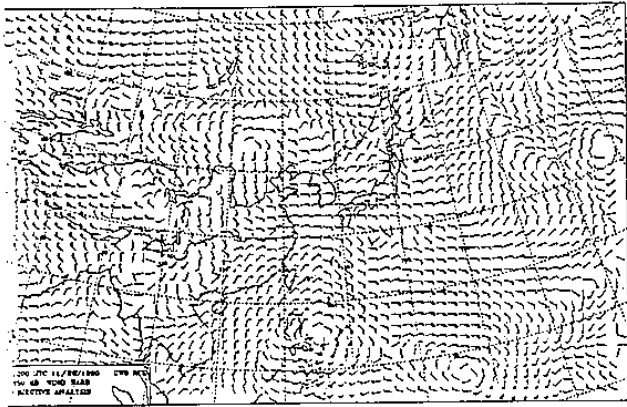


圖-3：Page颱風11月28日12Z (RFS作業版)
(a) 850mb風場

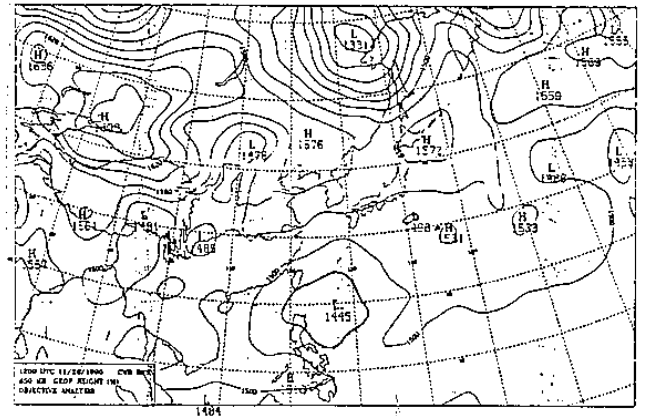


圖-3：(b) 850mb高度場

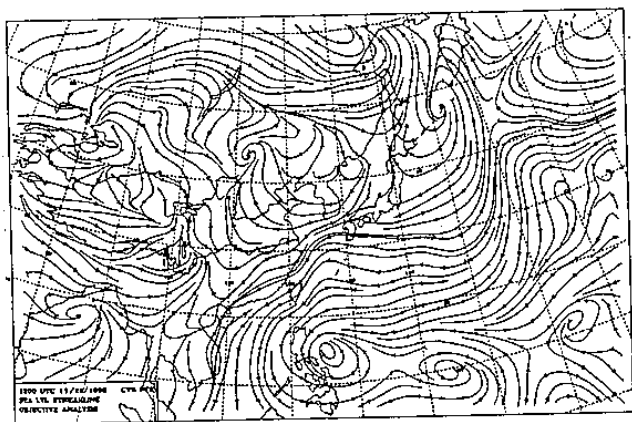


圖-3：(c) 海平面氣流場

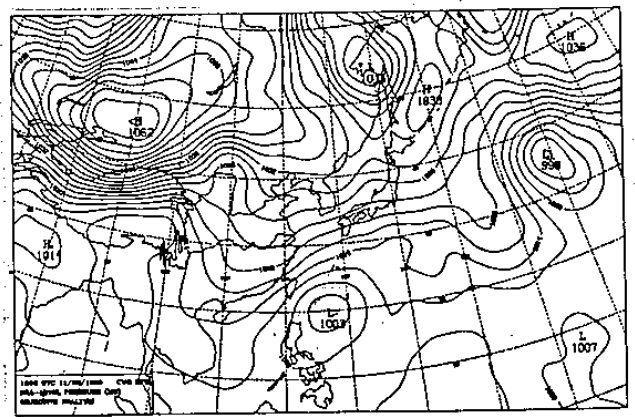


圖-3：(d) 海平面氣壓場

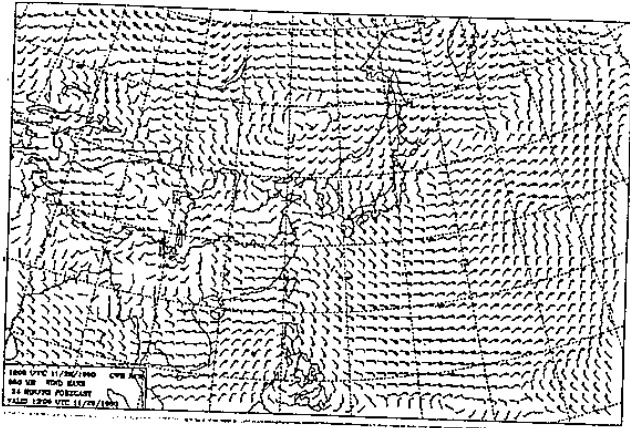


圖-4：Page颱風11月28日12Z（RFS作業版）之24小時預報 (a) 850mb風場

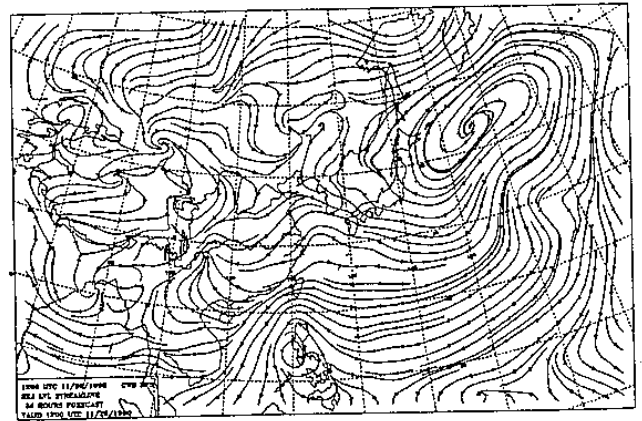


圖-4：(b) 海平面氣壓場

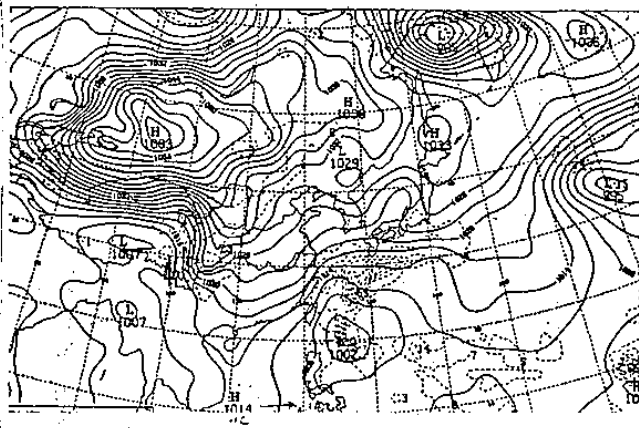


圖-4：(c) 海平面氣壓場

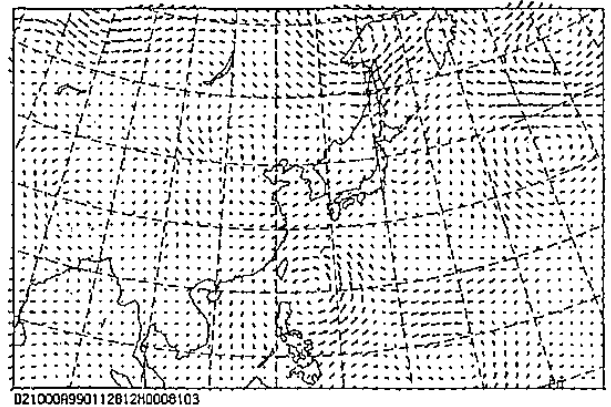


圖-5：Page颱風11月28日12Z，植入觀測資料之RFS分析 (a) 850mb風場

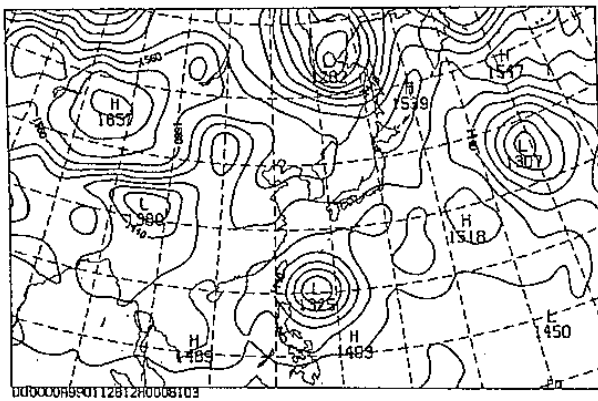


圖-5：(b) 850mb高度場

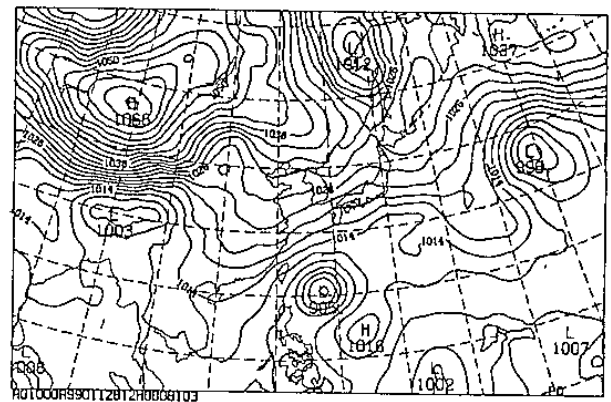


圖-5：(c) 海平面氣壓場

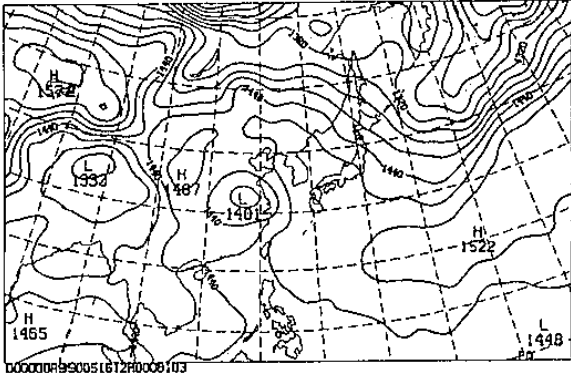


圖-6 : Marrian颱風 5月16日12Z未植入觀測資料之分析 (a) 850mb高度場

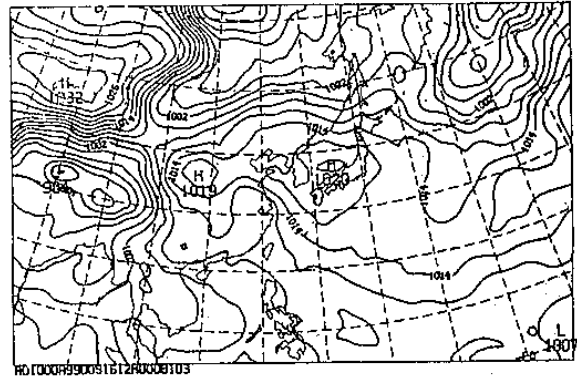


圖-6 : (b) 海平面氣壓場

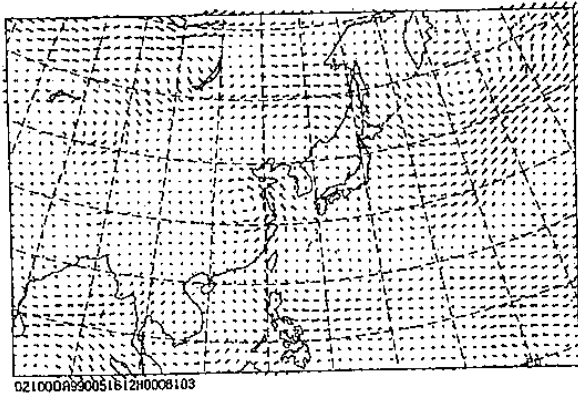


圖-6 : (c) 850mb風場

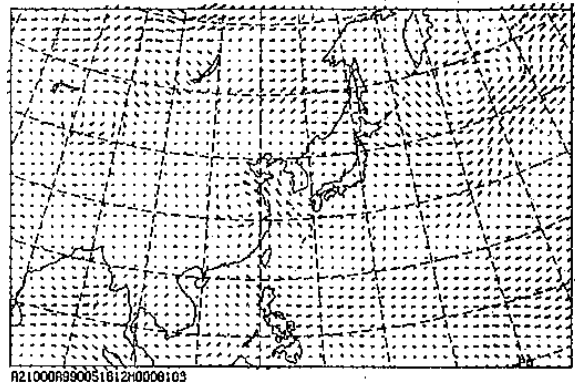


圖-6 : (d) 海平面風場

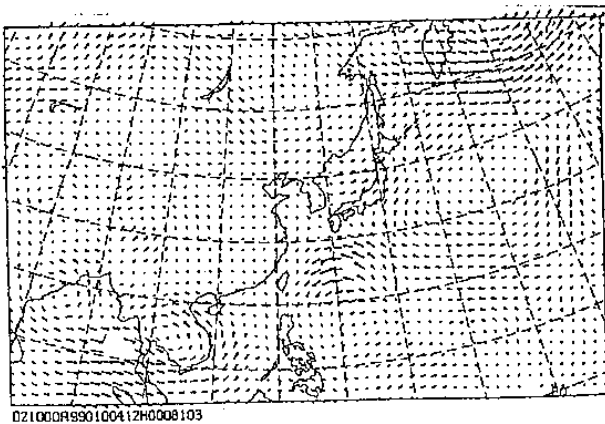


圖-6 (e) : Hattie颱風10月4日12Z, 850mb之初始猜測風場

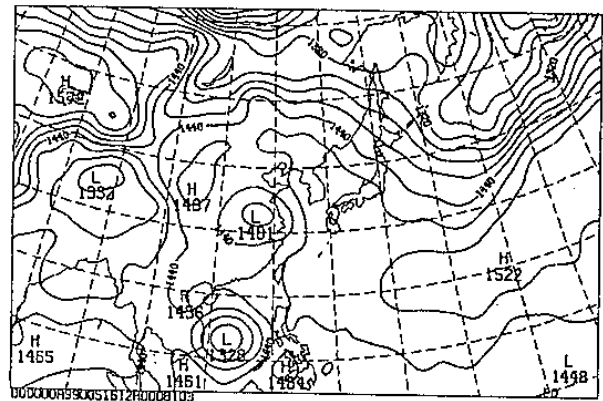


圖-7 : Marrian颱風 5月16日12Z, 植入觀測資料之分析 (a) 850mb高度場

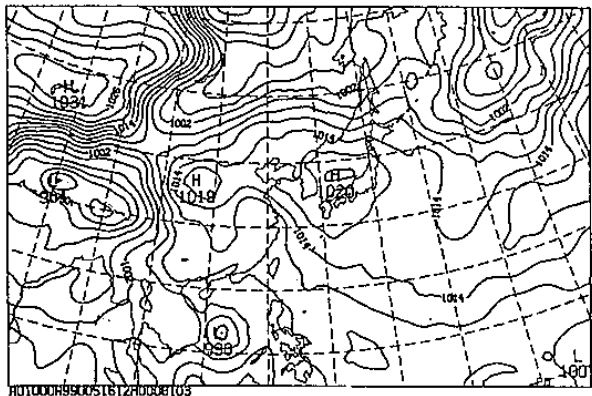


圖-7 : (b) 海平面氣壓場

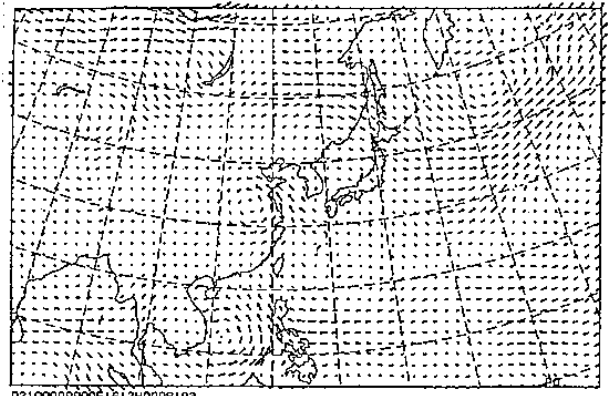


圖-7 : (c) 850mb風場

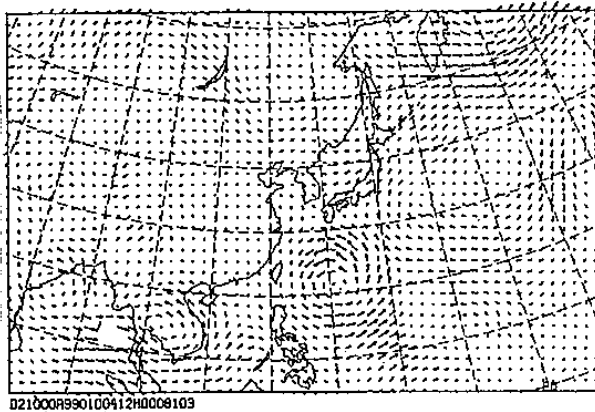


圖-7 (d) : Hattie颱風10月4日12Z, 植入觀測資料之
850mb風場分析

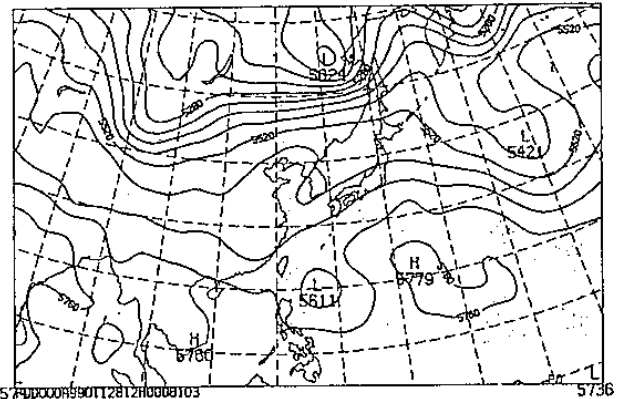


圖-8 : Page颱風11月28日12Z, 植入觀測資料之RFS
500mb高度場預報 (a) 初始分析場

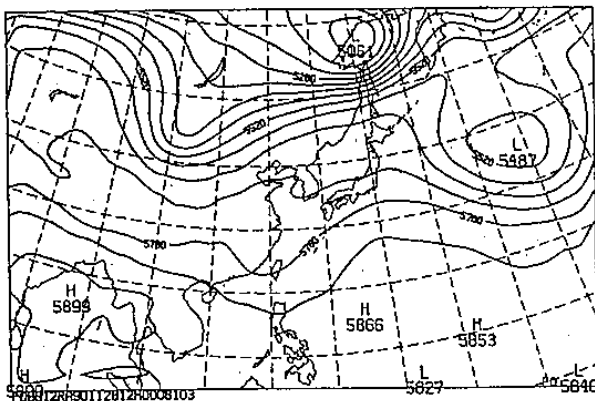


圖-8 : (b) 12小時預報

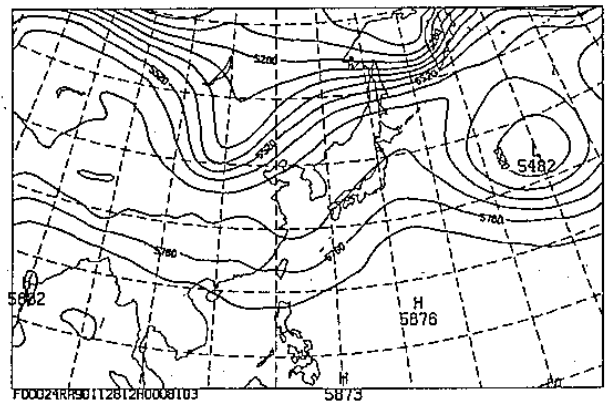


圖-8 : (c) 24小時預報

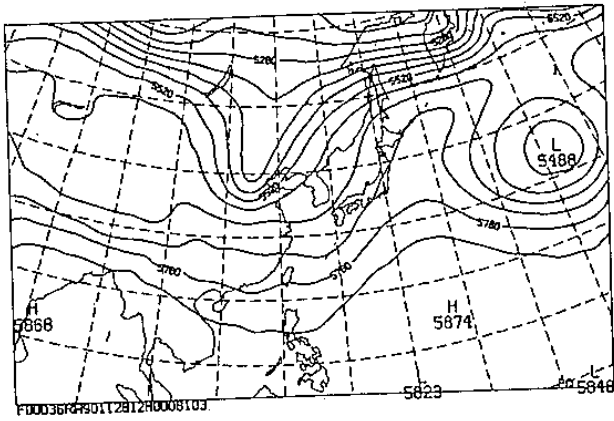


圖 - 8 : (d) 36小時預報

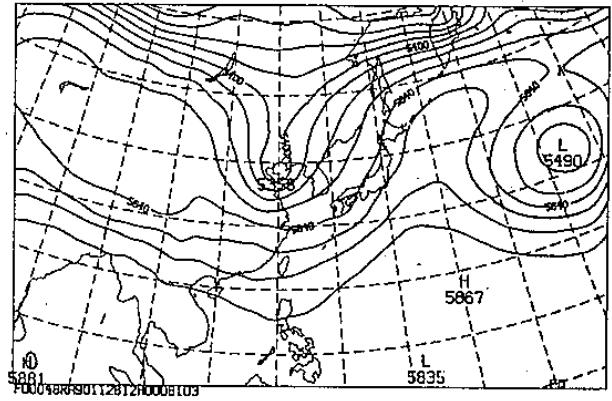


圖 - 8 : (e) 48小時預報

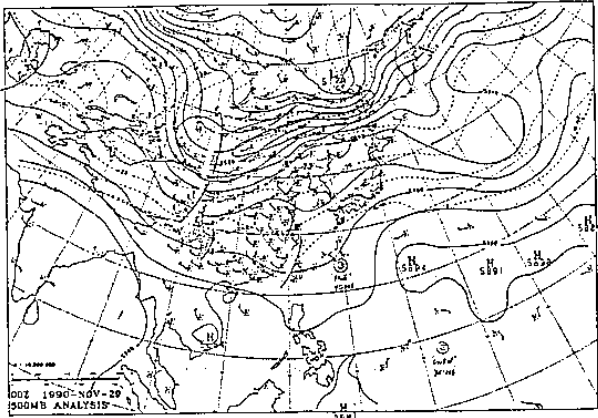


圖 - 9 (a) : 1990年11月29日00Z, 500mb實際分析圖

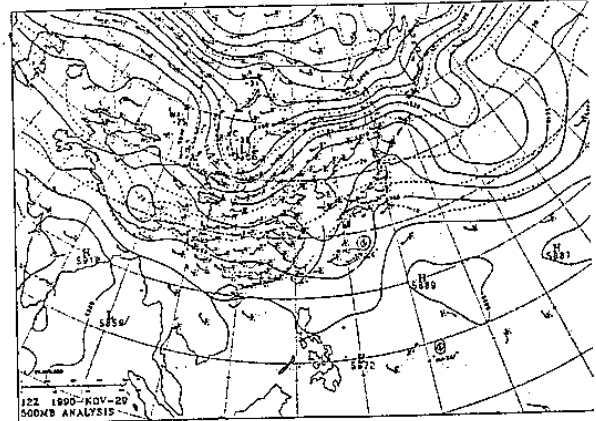


圖 - 9 (b) : 1990年11月29日12Z, 500mb實際分析圖

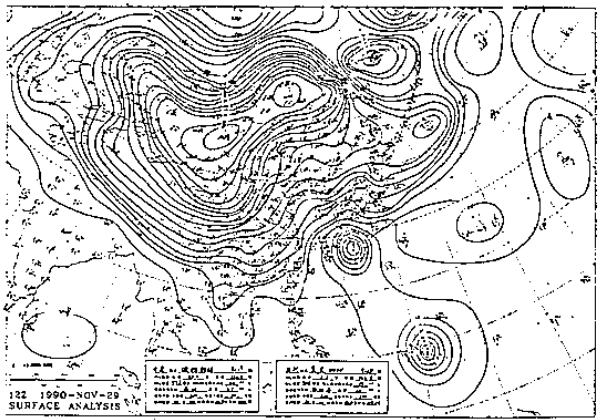


圖 - 9 (c) : 1990年11月29日12Z, 實際海平面氣壓分析

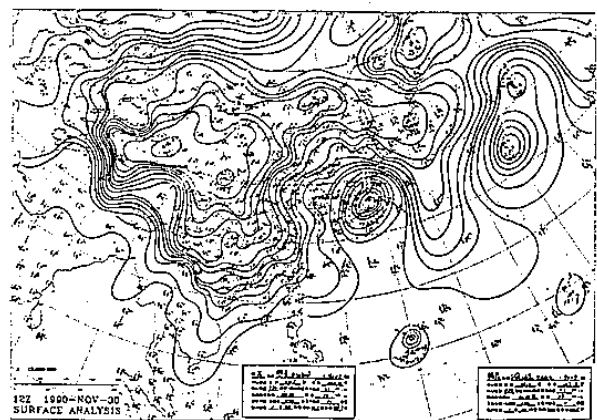


圖 - 9 (d) : 1990年11月30日12Z, 實際海平面氣壓分析

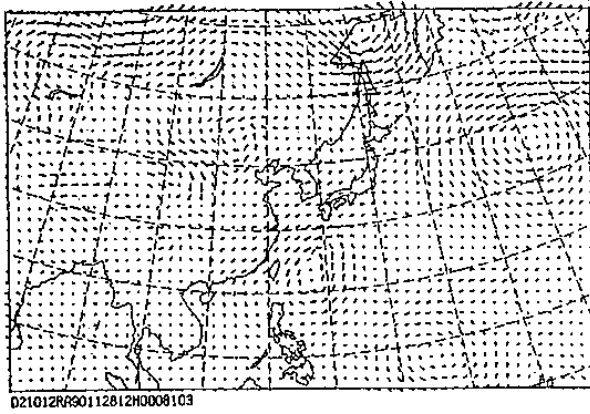


圖 - 10 : Page颱風11月28日12Z, 植入觀測資料RFS之
850mb風場預報 (a) 12小時預報

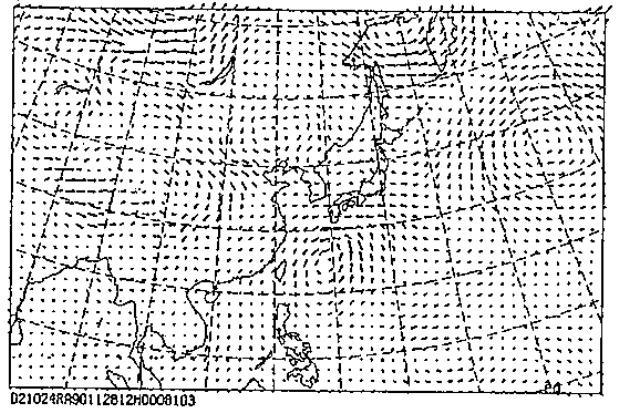


圖 - 10 : (b) 24小時預報

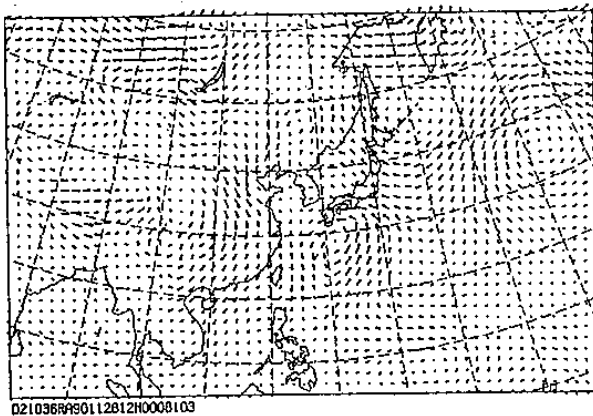


圖 - 10 : (c) 36小時預報

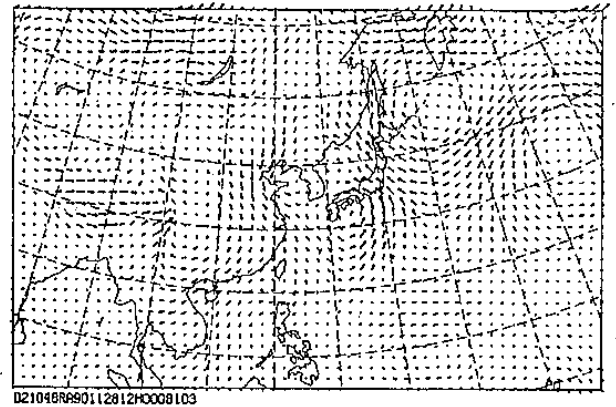


圖 - 10 : (d) 48小時預報

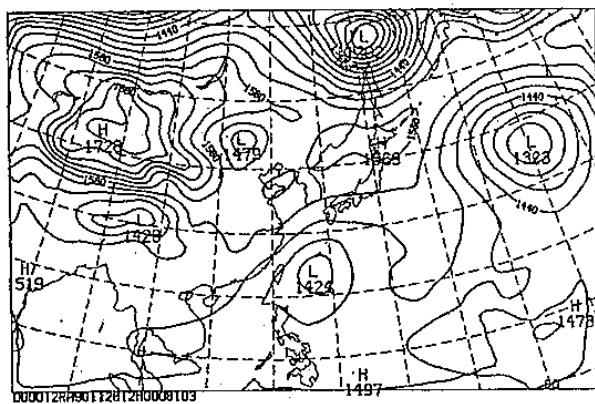


圖 - 11 : Page颱風11月28日12Z, 植入觀測資料RFS之
850mb高度場 (a) 12小時預報

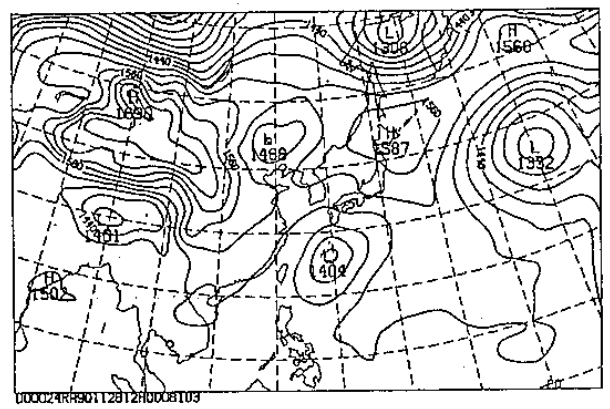


圖 - 11 : (b) 24小時預報

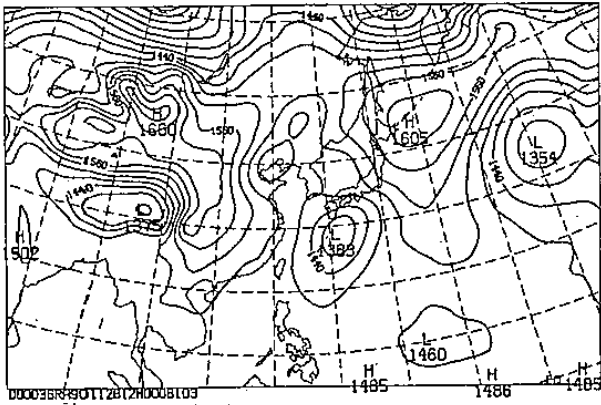


圖-11: (c) 36小時預報

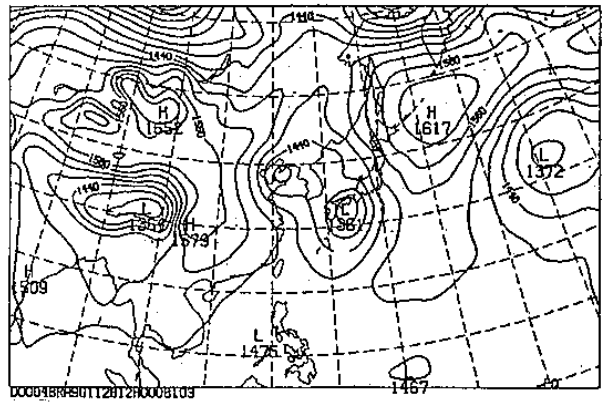


圖-11: (d) 48小時預報

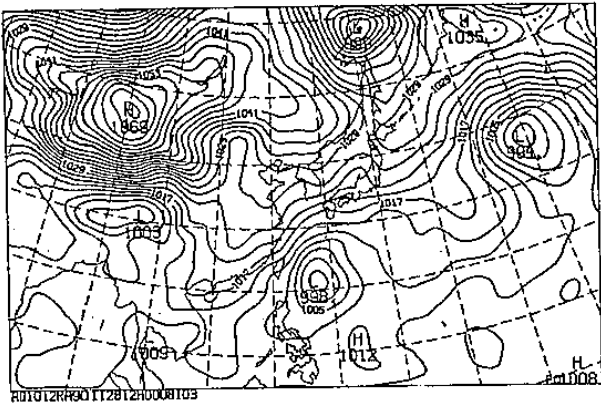


圖-12: Page颱風11月28日12Z, 植入觀測資料RFS之海平面氣壓 (a) 12小時預報

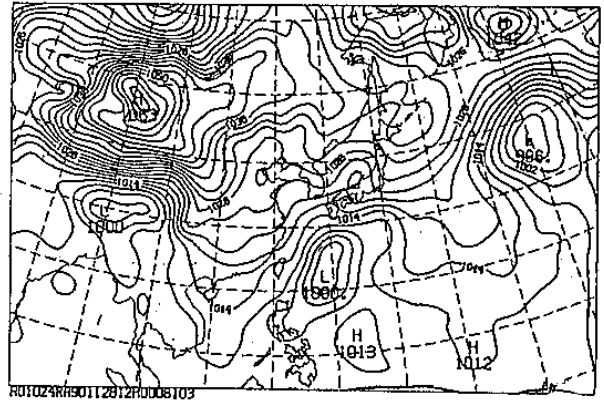


圖-12: (b) 24小時預報

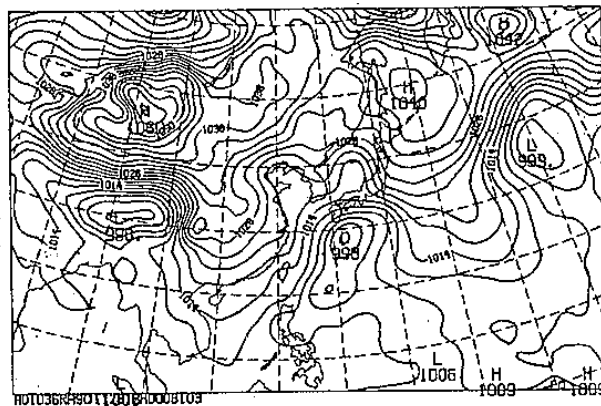


圖-12: (c) 36小時預報

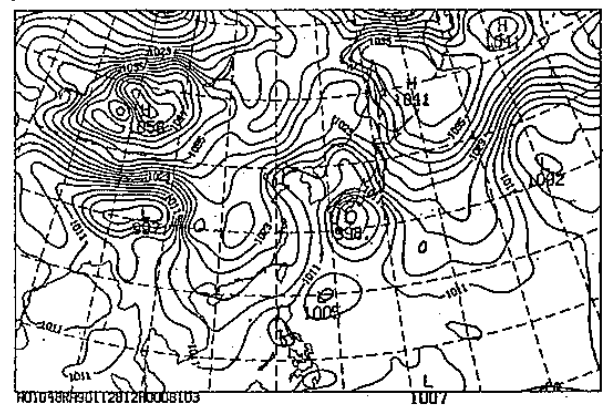


圖-12: (d) 48小時預報

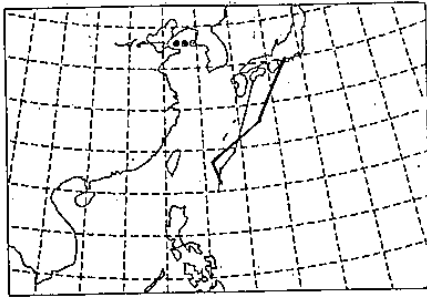


圖-13: Page颱風11月28日12Z, 植入觀測資料RFS 48小時預報路徑(細線)與11月28日12E~30日12Z之實際路徑(粗線)。

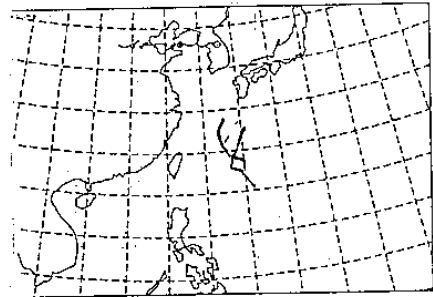


圖-14(a): Hattie颱風10月4日12Z, 植入觀測資料之RFS48小時預報路徑(細線)與10月4日12E~6日12Z之實際路徑(粗線)

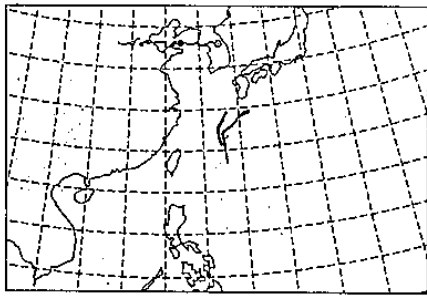


圖-14(b): Hattie颱風10月5日12Z, 植入觀測資料之RFS48小時預報路徑(細線)與10月5日12Z~6日12Z之實際路徑(粗線)

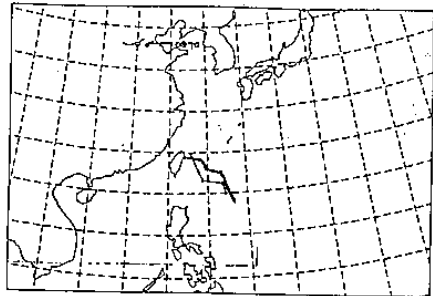


圖-15: Yancy颱風8月17日00Z, 植入觀測資料RFS48小時預報路徑(細線)與8月17日00Z~19日00Z之實際路徑(粗線)

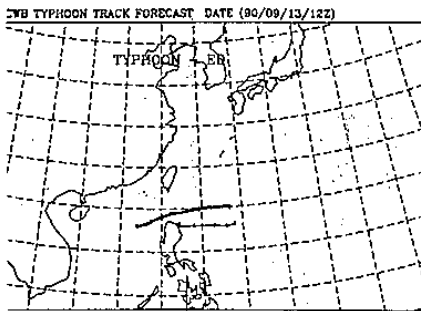


圖-16: ED颱風9月13日12Z, 植入觀測資料RFS48小時預報路徑(細線)與9月13日12Z~15日12Z之實際路徑預報(粗線)

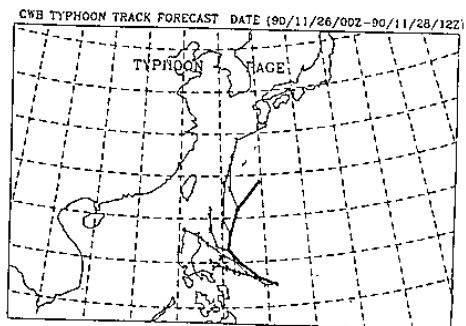


圖-17: TFS的颱風路徑預報(細線)與實際之路徑(粗線) (a) Page

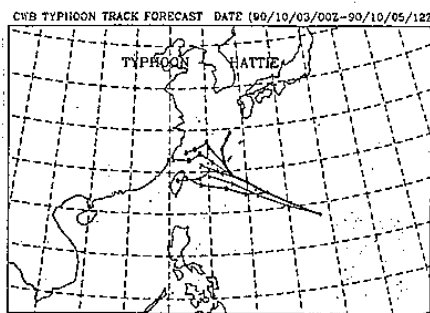


圖-17: (b) Hattie

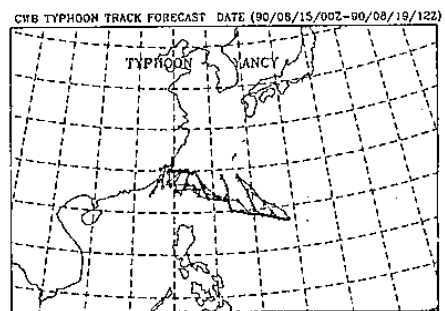


圖-17: (c) Yancy

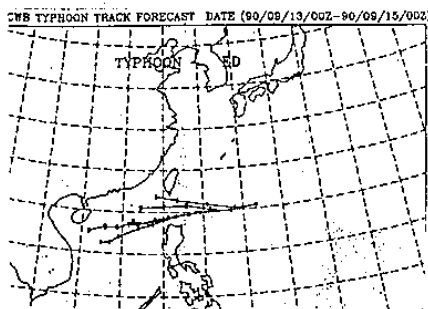


圖-17: (d) ED