

# 原始方程颱風路徑預報模式1991年之 預報評估及檢討

陳得松 彭順台\* 張偉正# 張智正\* 鄭寶鳳

中央氣象局

美國海軍研究所學院\*

美國海軍研究院#

## 摘 要

在1990年時，我們做了一些有關原始方程颱風路徑預報模式初始場改進之研究，主要分兩部分：(1)引進DeMaria之大範圍流場修正法。(2)引進不對稱二次環流—— $\beta$ -gyres。結果成功地減少了30%之預報誤差。而1991年中，我們以此版本之颱風路徑預報模式，共對18個颱風正式作業，24、48小時預報誤差各為187公里及316公里，相較1990年之225、385公里改良許多。本文將介紹幾個氣象局曾發警報之颱風預報情形，並試圖研究如何改進一些模式之缺點。

## 一、前言

台灣地區位於西北太平洋及南海颱風行徑之要衝，長期平均每年約有5個颱風侵襲，而颱風所造成之生命財產損失，更為各項天然災害之首，所以如何提高颱風路徑預報準確度，以減低災情，一直是我們努力的目標。

中央氣象局之原始方程颱風路徑預報模式自1990年正式納入作業，此模式為一區域模式，其詳細架構請參考鄭等(1990)，而初步表現則請見鄭等(1991)。在1990年時，我們從事一些有關颱風模式初始場改進之研究；主要包含兩種技術：(a)DeMaria(1987)之大範圍流場修正法；(b)不對稱二次環流—— $\beta$ -gyres之引進，

以經如此改良之模式對1990年32個個案做測試，結果成功地減少約30%之預報誤差(見陳等，1991)，表現令人滿意！而在1991年颱風季節時，我們以加入上述兩種技術之新版颱風模式對18個颱風做路徑預報，整體表現較1989、1990年原颱風模式有所改進，本文將對1991年之預報情形做一介紹，此外也將嘗試研究如何解決颱風模式的系統性誤差，以期在1992年之颱風季節，能提供較準確之颱風路徑預報。

## 二、模式初始場改進法簡介及測試結果

我們在原始方程颱風路徑預報模式初始場之改進，主要分兩方面：

(一)虛擬 $\beta$ -gyres之加入

虛擬  $\beta$ -gyres 之加入，主要爲了模擬因南北緯度變化而引起的不對稱二次環流，圖 1 是我們所使用虛擬  $\beta$ -gyres 之一例：其中心風速、風向與颱風過去 6 小時平均移速、移向相近。

#### (二) DeMaria (1987) 初始流場修正法

在原始方程颱風路徑預報模式中引進此法，除了可以保留颱風過去運動之部分特性外，尚有二種作用：

1. 調整大範圍環流和駛流之關係。
2. 修正如有錯誤資料而導致客觀分析不佳之情形。

在 DeMaria 之模式中應用此法，前 12 hr 預報誤差減少 30%，其餘時間則減少 10%。

將上述兩種做法一併應用於原始方程颱風路徑預報模式，測試以 1990 年一些原颱風模式預報不佳之個案爲主，共計 9 個颱風 32 個個案，原模式之 24 hr 及 48 hr 平均誤差各爲 241、474 公里，經過初始場修正之新模式，24 hr 及 48 hr 預報誤差則降爲 160、351 公里。

有鑑於此，我們仍決定將這些做法引入中央氣象局颱風作業模式，下一節即爲應用結果之評估及檢討。

### 三、1991 年原始方程颱風路徑預報模式(TFS)之表現

1991 年原始方程颱風路徑預報模式共對 18 個颱風做路徑預報，其中有 7 個颱風本局曾對台灣地區發佈警報，圖 2、3、4、5、7、10 爲各個颱風之預報情形，圖中粗黑線爲颱風實際路徑，而較細線上標 1、2、3、4……則爲每隔 12 小時之預報路徑，以下將就幾個被發了警報之颱風加以討論。

第一個颱風是 AMY (圖 2) (91071612 - 91071900)，她以西北西方向穿過巴士海峽而登陸大陸，對此種行徑之颱風預報，TFS 常有偏北誤差，另外一個 TFS 常見之問題爲預報初期六小時有路徑亂扭之現象(如圖 2 中之第 2、3、5、6 次預報在前 6 小時均向西南)。

第二個颱風爲 BRENDAN (圖 3)(91072112 - 91072300)，他也以西北偏西方向行經菲律賓而登陸大陸，TFS 則仍有偏北預報之問題。

接著是颱風 ELLIE (如圖 4) (91081400 ~ 91081800)，此颱風極弱，方向爲西南西，曾登陸台灣東北角，TFS 在前 4 次預報顯示 ELLIE 將受大陸槽線出海引導轉向，但在 91081600 後之預報則成功地修正而非常接近真實路徑，對此個案而言，日本區域模式則一直認爲 ELLIE 將轉向北邊。

第四個發警報者爲颱風 MIREILLE (91092012 ~ 91092612)，此颱風以順時針方向行走，TFS 在前 3 次預報偏北，但往後之預報由圖 5 可見，預報路徑和真正路徑相差並不遠。

在 1991 年中路徑最奇特者非颱風 NAT 莫屬，他發生於台灣與菲律賓中間，時間持續兩周，從 91091600 至 91100112 才登陸大陸，其間路徑原本向西後轉向東而又向西再者向南，最後才向北登陸大陸，在強度方面，也由颱風減弱爲熱帶低壓再增加爲颱風數次，圖 6 爲本局所定之最佳路徑 (best track)，由於颱風 NAT 曾減弱爲 T.D.，而 TFS 並不對 T.D. 做預報，故吾人將此颱風分爲兩個階段，如圖 7a、7b，在第一階段中，(91091800 ~ 91092400) 最值得一提的是 91091912 Z 之預報，如圖 8 所示，圖中粗黑線爲颱風 NAT 之真實路徑，1-1 線爲 TFS 之 48 小時預報、2-2 爲 ECMWF 48 小時

預報、3-3 則是 JMA 區域模式 36 小時預報結果，在當時 JMA 及 ECMWF 皆預測颱風將往東移走，而 TFS 卻可顯現出 NAT 將會轉向西；在第二階段中（91092912 ~ 91100100），TFS 也有不錯之表現，如 91093012 z（圖 9）可見，ECMWF（2-2）預測路徑向西北西，JMA 區域模式（3-3）預測向東北，而 TFS（1-1）仍是最接近真正颱風路徑者。

第六個被發警報之颱風為 RUTH（91102300 ~ 91102912 z），此颱風一開始以西北西方向往巴士海峽前進，但到了菲律賓東北方時，路徑轉為順時針方向（如圖 10），對此颱風而言，TFS 之預報能力也屬可信，如圖 11、12 所示，ECMWF（2-2）及 JMA 區域模式（3-3）皆預測 RUTH 將轉北，但事實上，TFS 之預測路徑是最能掌握颱風之移動趨勢者。

綜合 TFS 對 1991 年 18 個颱風所做預報，計算其誤差，24 小時為 187 公里、48 小時為 316 公里，相對於 1990 年之 225 公里、385 公里，誤差減少了許多，我們認為其主要原因應該是初始場引進  $\beta$ -gyres 及 DeMaria 大範圍風場修正法所獲致的。

#### 四、模式之缺失及可能改進方向

中央氣象局原始方程颱風預報模式從 1990 年正式作業至今已有了兩年，雖說在預報誤差方面之表現差強人意，但仍有很多缺失尚待努力改進，其中最為人詬病者為預報初期（約 6 hr），預報路徑常有扭結之現象，如 AMY 颱風（圖 2）之第 2、3、5、6 次預報及 RUTH 颱風期間（圖 10）幾乎每次預報都有預報初期路徑亂扭之缺失，造成此種不合理情形之原因，似乎是由於所植入之虛擬颱風渦旋結構與環境流場間並未達到適當之平衡關

係，目前虛擬渦旋資料庫中，存有強、弱大、弱小三種不同結構之渦旋，而這些虛擬渦旋乃經由模式 spin-up 之過程產生，所謂 spin-up：給定不同的海溫及風場結構，配合初始各層固定的溫度、高度及濕度場，透過原始方程颱風模式，在柯氏參數固定且沒有地形之海上預報 4 天。而在檢討 spin-up 的一些變數後，我們發現垂直溫度分佈在 700 mb 以下太過穩定了，於是嘗試更換垂直溫度分佈如圖 13。有鑑於此，故重新 spin-up 建立另一組虛擬渦旋資料庫，經使用此組新的資料庫於一些個案中，發現因虛擬渦旋與環境流場不平衡而引起之路徑扭結現象似乎得到解決！如圖 14 為以新虛擬渦旋所得預報結果，與圖 10 中第 2 次預報比較，預報初期路徑改善許多。

#### 五、結論

颱風每年造成台灣地區嚴重生命財產損失，如何提高颱風路徑預報之準確度，一直是中央氣象局努力之目標，原始方程颱風路徑預報模式在初始場方面經過修正後，1991 年對 18 個颱風之路徑預報誤差，24、48 小時各為 187、316 公里，相較

1990 年之 225、385 公里進步許多，但此颱風模式仍有很多缺失尚待努力解決，而最引人爭議者即為預報初期路徑扭結之現象，關於此點缺失，我們嘗試更換垂直溫度分佈以求 spin-up 得到與環境場較平衡之虛擬渦旋，很幸運地，在一些個案試驗中，似乎已解決了此問題，希望對 1992 年颱風路徑預報有所助益。

#### 六、參考文獻

蔡清彥、謝信良、陳熙揚、鄭寶鳳、程家平、盛修慧，1988：颱風路徑相當正壓預報方法之校驗。中央氣象局科技中心技術報告彙

編，第 2 - 2 卷，319-340。

蔡清彥、陳得松，1990：相當正壓颱風路徑預報  
模式之改速研究，氣象學報，第 36 卷第一  
期。

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  
。

Carr, L. E., 1989: Barotropic Vortex adjustment  
to asymmetric forcing with  
application to tropical cyclone  
motion. Doctoral dissertation,  
Naval Postgraduate School,  
Monterey, 143pp.

Chan, J. C., and R. T. Williams, 1987:  
Analytical and numerical studies  
of the beta-effect in tropical  
cyclone motion Part I: Zero  
mean flow. J. Atmos. Sci., 44,  
1257-1265.

DeMaria, M., 1987: Tropical cyclone  
track prediction with a barot  
barotropic spectral model.  
Mon Wea. Rev. 115, 2345-2357.

Fiorino M., and R. L. Elsberry, 1989:  
Some aspects of vortex structure  
related to tropical cyclone  
motion. J. Atmos. Sci., 46,  
975-990.

Holland G. J., 1983: Tropical cyclone  
motion: Environmental interaction  
plus a beta effect. J. Atmos.  
Sci., 40, 328-342.

Peng M. S. and R. T. Williams, 1990:  
Dynamics of vortex asymmetries and  
their influence on vortex motion  
on a  $\sigma$ -plane. J. Atmos. Sci., 47,  
1987-2003.

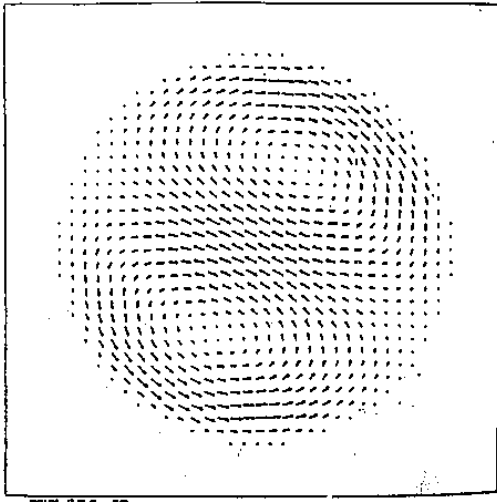


圖 1：虛擬不對稱二次環流之一例

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/08/14/00Z-91/08/16/00Z)

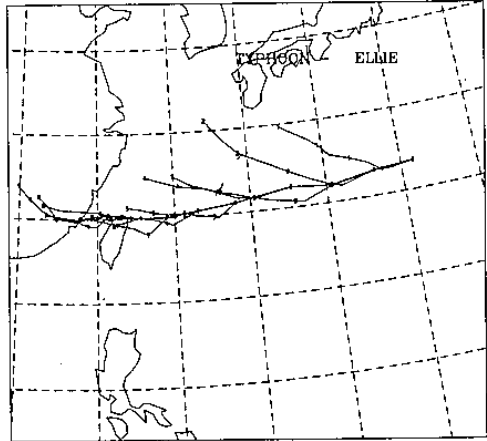


圖 4 颱風 ELLIE 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/07/16/12Z-91/07/19/00Z)

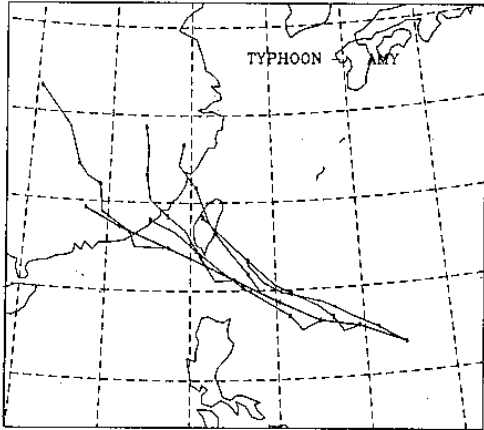


圖 2 颱風 AMY 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/09/20/12Z-91/09/26/12Z)

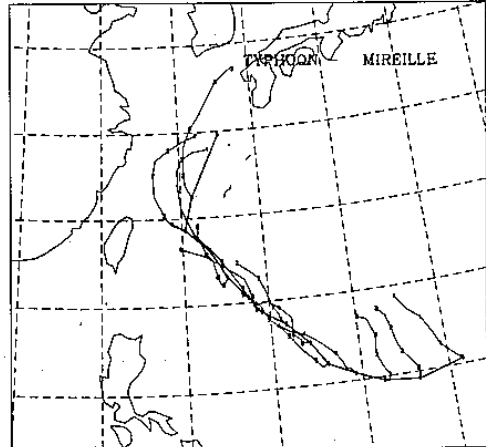


圖 5 颱風 MIREILLE 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/07/21/12Z-91/07/23/00Z)

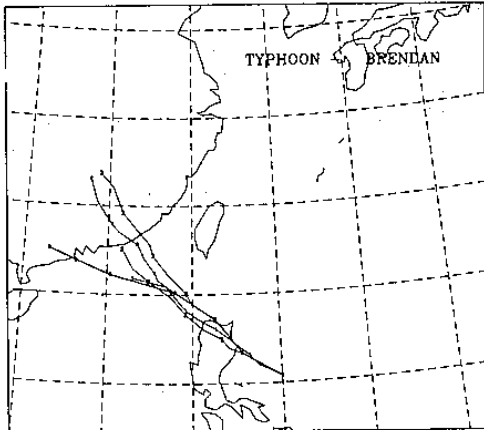


圖 3 颱風 BRENDAN 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑

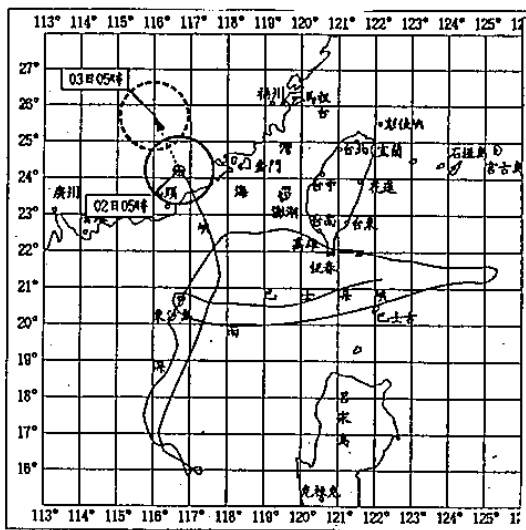


圖 6 颱風 NAT 本局所定之最佳路徑 (best track)

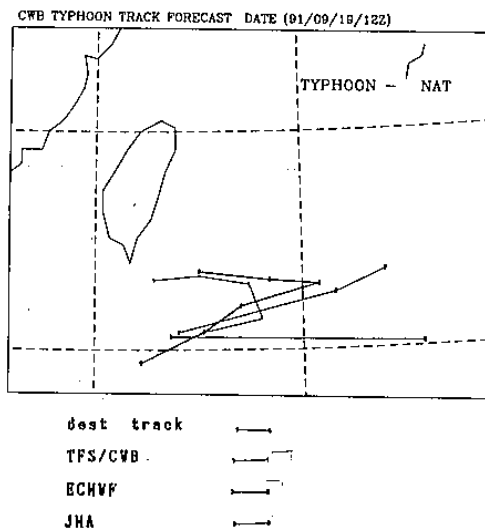


圖 8 颱風 NAT 各種預報路徑 ( 91091912 )

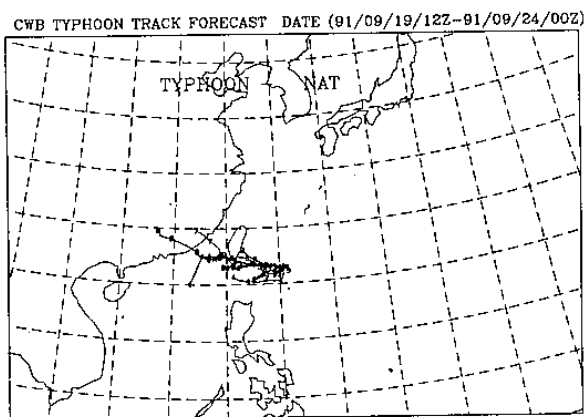


圖 7 (a) 颱風 NAT 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑 ( 第一階段 )

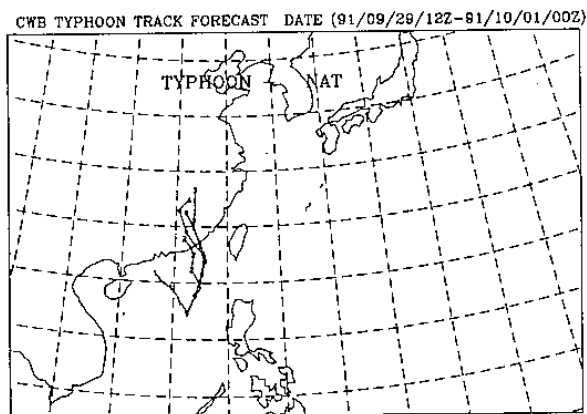


圖 7 (b) 颱風 NAT 之實際路徑及每 12 hr 預報路徑 ( 第二階段 )

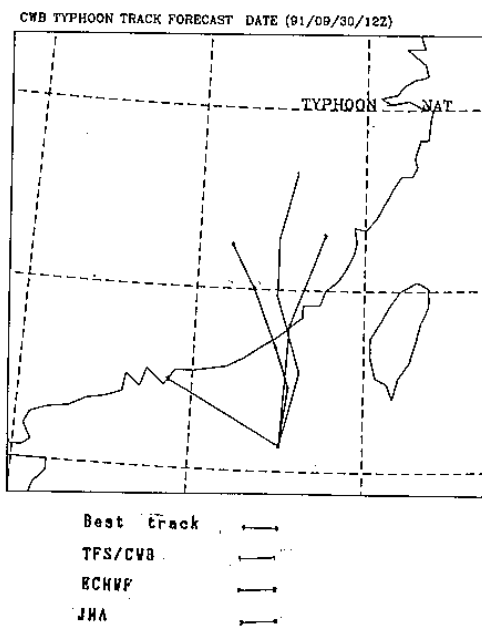


圖 9 颱風 NAT 各種預報路徑 ( 91093012 )

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/10/23/00Z-91/10/26/12Z)

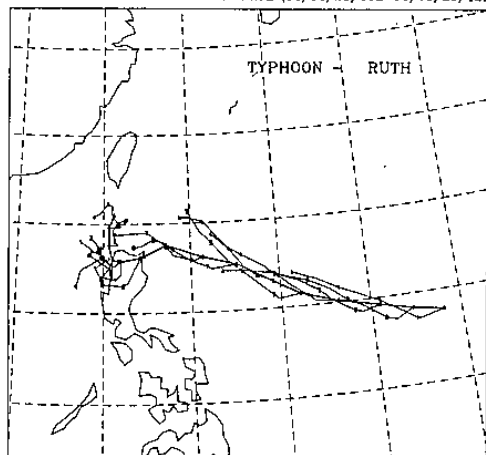
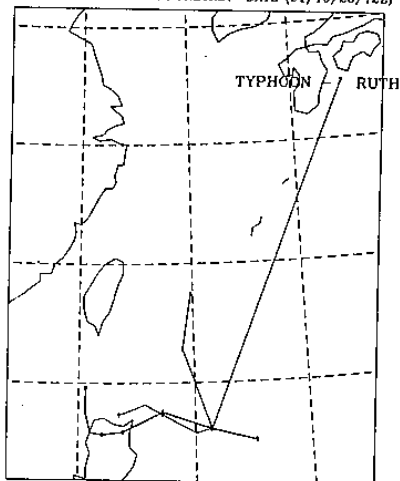


圖10 颱風RUTH之實際路徑及每12hr預報路徑

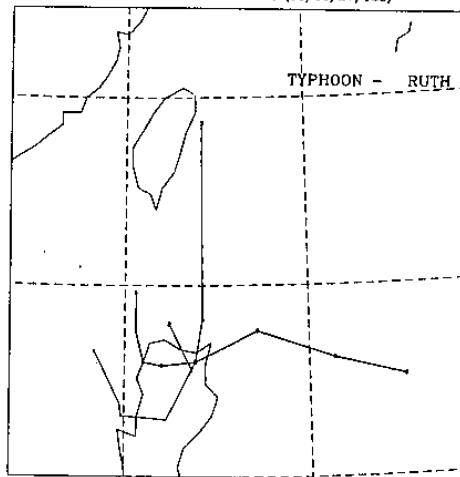
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/10/26/12Z)



Best track ———  
 TFS/CWB ———  
 ECHWF ———  
 JMA ———

圖11 颱風RUTH各種預報路徑(91102612)

CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (91/10/27/12Z)



Best track ———  
 TFS/CWB ———  
 ECHWF ———  
 JMA ———

圖12 颱風RUTH各種預報路徑(91102712)

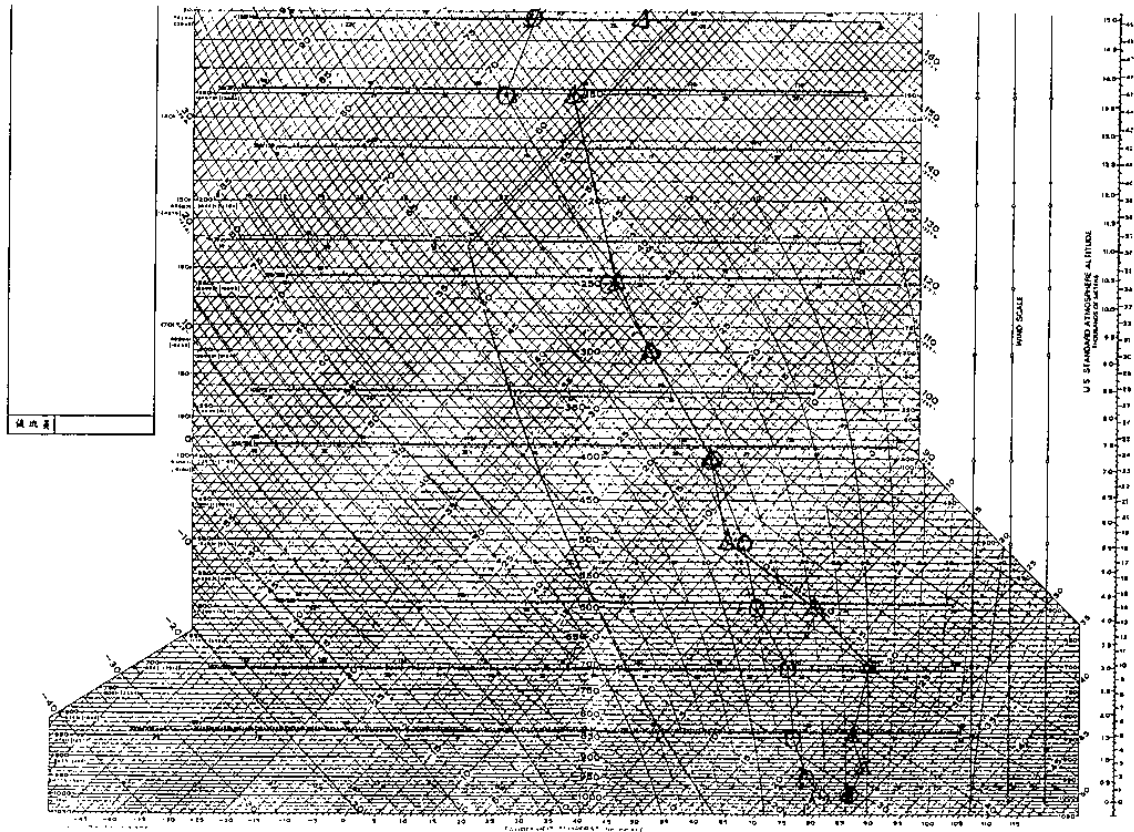


圖13 spin-up 虛擬渦旋時之垂直溫度分佈

舊：△-△-△      新：○-○-○

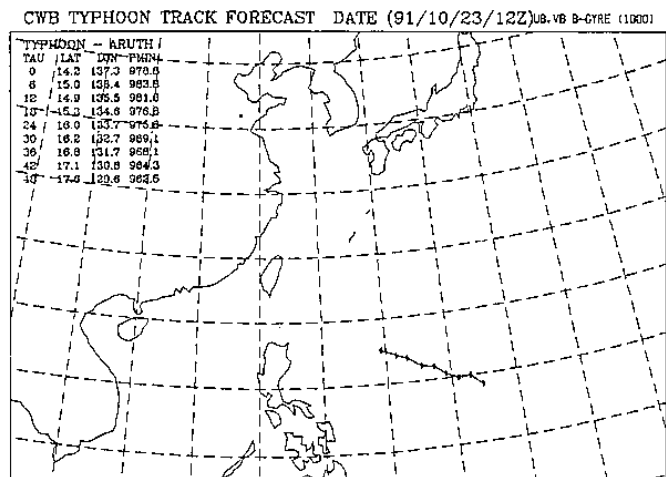


圖14 新虛擬渦旋預報結果

——颱風RU TH ( 91102312 )