

# 中央氣象局第二代颱風路徑預報模式之介紹與評估

陳得松 葉天降 黃康寧 彭順台\* 張偉正#

中央氣象局  
美國海軍研究所學院\* 美國海軍研究院#

## 摘 要

中央氣象局第二代颱風路徑預報系統已於 1994 年 6 月初步建置完成，基本上為一原始方程區域模式，含有積雲，輻射及邊界層等物理參數化。在颱風範圍特殊處理方面包含 1. 植入虛擬渦旋 2. 植入  $\beta$ -gyre 3. DeMaria 駛流修正法，其中植入虛擬渦旋上，捨棄第一代颱風路徑系統所用之 Spin-up 渦旋，改採 Rankine 渦旋代替，以避免預報初期路徑扭結 (kink) 現象。而在積分過程中，仍須以人工加熱法維持渦旋結構。

對 1994 年颱風季節 22 個颱風做測試，24、48 小時預報統計誤差各為 201、380 公里，雖不全令人滿意，但尚可接受，未來則將針對系統缺失繼續研究改進。

## 一、前言

台灣地處颱風活動旺盛區域，每年平均有 3~4 個颱風侵襲本島，造成之生命財產損失巨大，不斷提高颱風路徑預報準確度為本局重要工作之一。中央氣象局發展颱風路徑預報系統具有 2 個目的：一為提供未來 2 天颱風動向當做預報作業的指引，二為奠定日後研究颱風預報的基礎。第二代颱風路徑預報系統 (TFSII) 已於民國 83 年建置完成，並對今年颱風季節做作業性測試，本文將介紹其架構、預報能力以及目前所面臨之問題和將來發展方向。

## 二、系統架構

### (一) 範圍與網格安排

本系統涵蓋西太平洋及南海，南北約由  $5^{\circ}N$  至  $60^{\circ}N$ ，東西約由  $80^{\circ}E \sim 190^{\circ}E$ ，範圍較第一代颱風路徑預報系統 (TFSI) 大，如圖一。水平格點間距 60 公里 (第一代 TFS 為 70 公里)，垂直方向採用  $\sigma$  坐標共分 20 層，(第一代 TFS 為 9 層)。

### (二) 輸入資料

初始場及邊界條件由全球預報系統提供，另有觀測資料供做客觀分析之用。

### (三) 客觀分析

目前採用 Barnes 逐次修正法，但正在進行最佳內差法 (O.L.) 之測試。

### (四) 資料初始化

使用非線性正模初始化。

### (五) 預報模式

1. 時間積分使用跳蛙式差分法及 split-explicit scheme。
2. 積雲參數化目前使用修正後的 Kuo 參數法，但

正在測試 Betts-Miller 參數法。

3. 邊界層參數化使用 TKE- $\epsilon$  參數法。

4. 輻射參數化目前採 simplify 輻射參數法，而 Hashibadan 法則在測試中。

## 三、初始場特殊處理及人工加熱法

### (一) 初始場特殊處理

#### 1. 虛擬渦旋植入技術

由於在廣闊的洋面上缺乏傳統觀測站，故各種氣象變數場在經過客觀分析度後，仍不能正確地呈現颱風之結構及位置。如欲提高颱風路徑預報精確度，則在模式初始場中植入虛擬渦旋是必須之步驟。

在第一代颱風模式中，我們植入之虛擬渦旋來自 Spin-up，此種方法所得渦旋在應用於預報時，常在預報初期有路徑扭結之現象發生，進而造成颱風速度偏慢及方向不正確結果，故在第二代颱風模式中我們嘗試改變植入虛擬渦旋之技術，在風場方面採用 Rankine 渦旋，再利用梯度風平衡求得質量場，並根據颱風之大小、強度設立如 (表一) 七種分類。

#### 2. $\beta$ -gyre 之加入法

虛擬  $\beta$ -gyre 之加入，主要為模擬因南北緯度變化而引起的不對稱二次環流。此種二次環流之形成原因如下：對一颱風渦旋而言，其北邊有相對較大行星渦度，南邊有相對較小行星渦度，當對稱性環流平流行星渦度時，在颱風渦旋西邊將有正渦度次中心，東邊則有負渦度次中心產生，因而產生了一個波數為一的次環流；而又因對稱渦旋和不稱對環流之非線性平流，使得此種二次環流旋轉其方向為氣旋運動之方向，也是  $\beta$ -drift 運輸向量的方向 (Fiorino & Elsbery, 1989、Chen & Williams,

1987)。由於目前植入模式中之虛擬渦旋並不包含此種不對稱環流，而模式約在積分 12 小時後始能產生  $\beta$ -gyre，並約須 48 小時積分才能達平衡，若我們未妥善處理此一問題，勢必影響模式對颱風路徑預報能力，故我們在颱風初始場中考慮了  $\beta$ -gyre 之加入。

### 3. DeMaria (1987) 初始流場修正法

颱風路徑預報中之統計模式 CLIPER 法，將颱風過去運動特性視為一項預報因子，對 12 小時之路徑預報的準確度，幾乎仍無任何動力模式足以比擬，有鑑於此，DeMaria 設計了初始流場修正法，將颱風過去運動特性放入模式中。

根據 DeMaria 之初始流場修正法，我們將此一觀念放入原始方程颱風路徑預報模式中，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. 修正錯誤資料導致客觀分析不佳之情形。

#### (二) 人工加熱法

第二代颱風模式之水平網格解析度為六十公里，較第一代颱風模式之七十公里稍做好些，而垂直層數第二代颱風模式有二十層（第一代只有九層），在垂直解析度上之增加可改進模式對邊界層參數化之處理，但在此種情況下，模式本身之物理過程仍不足以維持所植入虛擬渦旋之結構，故必須配合予人工加熱技術。

目前所採用之人工加熱法為加強加熱率法，主要根據 Chang(1993) 之方式：

$$Q(r, \sigma) = Q_0 \cos \frac{\pi r}{2R} \sin[\pi(\sigma - 0.1)]$$

其中  $Q_0$  為最大加熱率， $r$  為某格點至颱風中心距離， $R$  為最大加熱半徑。此方程式之垂直及水平分布如圖二，主要參考由一維雲模式所產生之平均颱風探空資料 (Anthes, 1977) 及由 Alder 及 Rodges(1977) 所觀測之颱風降雨率。當颱風附近某網格點由模式產生之加熱率較上述方程式所計算為弱時，即以之代換，目前我們亦對加熱率做分類如表二。

## 四、預報能力

第二代颱風路徑預報系統 (TFSII) 至 1994 年 6 月開始作業至 10 月中旬共對 22 個颱風做預報，其中有 Tim, Caitlin, Doug, Fred, Gladys, Seth 等 6 個颱風侵襲台灣，造成極大的生命財產損失。此系統作業以來，在預報誤差統計方面，我們發現預報速度有偏慢系統性誤差，此外虛擬渦旋之分類亦呈現不敷使用現象，故在 8 月中旬，我們加強虛擬  $\beta$ -gyre 之強度，原本所植入  $\beta$ -gyre 中心風速為颱風過去 6 小時移速之一半，而改以全速代替，如此對改進預報速度偏慢誤差有很大助益，此外亦重新細分虛擬渦旋種類，由原來 4 類增為 7 類，表三是兩版之預報能力比較，可知 24、48 小時誤差各改善了 15% 及 10%。

圖三是 TFSII 對 22 個颱風之預報路徑，可見此系統確能掌握颱風移動趨勢，如 Russ 颱風，TFSII 在 6 月 4 日 00 UTC ~ 6 月 5 日 00 UTC 皆能反應颱風未來有回轉趨勢，這對預報人員應有極大幫助。表四是對各颱風預報所之誤差資料，24、48 小時各為 201 公里

及 380 公里。

## 五、面臨的問題及改進方向

在第一代 TFS 中所得經驗：所植入虛擬渦旋與實際颱風結構越接近，則預報路徑越可信。第二代 TFS 經過 22 個颱風測試預報後，我們發現虛擬渦旋強弱與預報速度有直接關係，而虛擬渦旋大小則影響模式對颱風之預報方向。虛擬渦旋之分類已由原有 4 類增至 7 類，但在實際應用上常有不適用個案出現，故如何更詳細分類以滿足實際作業需要，將是未來工作重點。

由衛星資料顯示，颱風附近溼度場常呈不對稱狀態，如颱風 Ellie，而我們在處理颱風溼度場時，所植入對稱分布溼度場並不符合實際情形，有可能造成預報路徑偏北誤差，未來將對此現象做探討。

目前模式本身物理過程仍不足以維持所植入虛擬渦旋結構，若不加以人工熱化處理，則颱風將隨預報時間增加而漸消散，但目前所採人工加熱法，常會維持颱風於一定強度而無法反應實際颱風將加強或減弱，如此對路徑預報是一項負面素，故我們嘗試研究如何將颱風未來強度，經由人的經驗加入人工熱化處理程序中，以適當反應颱風消長趨勢，相信可改善預報表現。

此外隨著超級電腦 (Cray 8i) 記憶體容量即將擴充，我們準備提高第二代 TFS 目前 60 公里之水平解析度，唯有更精細網格分佈才可能掌握颱風結構，並進而研究颱風與台灣地形之交互作用。

#### 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 80 163 ~ 168。
- 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。
- Peng, M. S., B.-F. Jeng, and C.-P. Chang, 1993a: Forecast of typhoon motion in the vicinity of Taiwan during 1989-1990 using a dynamical model. *Wea. and Forecasting*, 8, 309-325.
- Peng, M. S., D.-S. Chen, S. W. Chang, C.-P. Chang, and B.-F. Jeng, 1993b: Forecast of typhoon tracks near Taiwan by a numerical model incorporating past typhoon motion and different spin-up vortices. *Preprints, 20th Conf, Hurr, Trop, Meteor., Amer. Meteor. Soc., Boston, MA 02108, 367-369.*

Typhoon Classification : choose proper AX, VMAX, rmax and rad for different typhoons

including 7 types :

(1)strong, large typhoon :

PMIN < = 960 MB, and IRADIUS > = 300 KM ----- AX=0.2, VMAX=55  
rad=25, rmax=1500km

(2)strong typhoon :

PMIN < = 960 MB, and 200 KM < IRADIUS < 300 KM  
----- AX=0.3, VMAX=55  
rad=22, rmax=1000km

(3)strong, small typhoon :

PMIN < = 960 MB, and IRADIUS < = 200 KM ----- AX=0.7, VMAX=55  
rad=18, rmax=1000km

(4)large typhoon :

960 MB < PMIN < = 985 MB, and IRADIUS > = 300 KM  
----- AX=0.5, VMAX=45, rad=25, rmax=1500km

(5)typhoon :

960 MB < PMIN < = 985 MB, and IRADIUS < 300 KM  
----- AX=0.5, VMAX=45, rad=20, rmax=1000km

(6)small typhoon :

985 MB < PMIN < = 995 MB ----- AX=0.7, VMAX=35, rad=18  
rmax=1000km

(7)tropical depression (TD) :

PMIN > 995 MB ----- AX=1. , VMAX=25, rad=16  
rmax=1000km

表一：植入虛擬渦旋分類表

類別	颱風中心地面氣壓 Ps	加熱率
第一類	PS > 995 hpa	100 °C /day
第二類	995 ≥ PS > 985 hpa	200 °C /day
第三類	985 ≥ PS > 960 hpa	300 °C /day
第四類	960 ≥ PS	400 °C /day

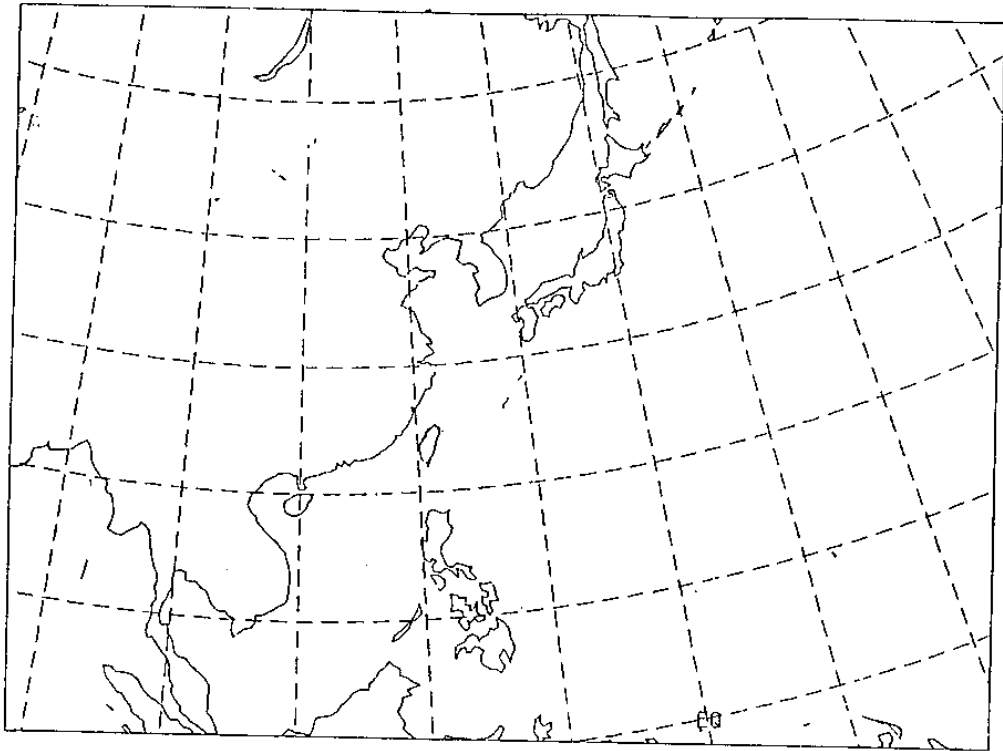
表二：人工加熱法之分類

	24h	48h
改進前誤差	222km	388km
改進後誤差	180km	352km
個案數	33	29

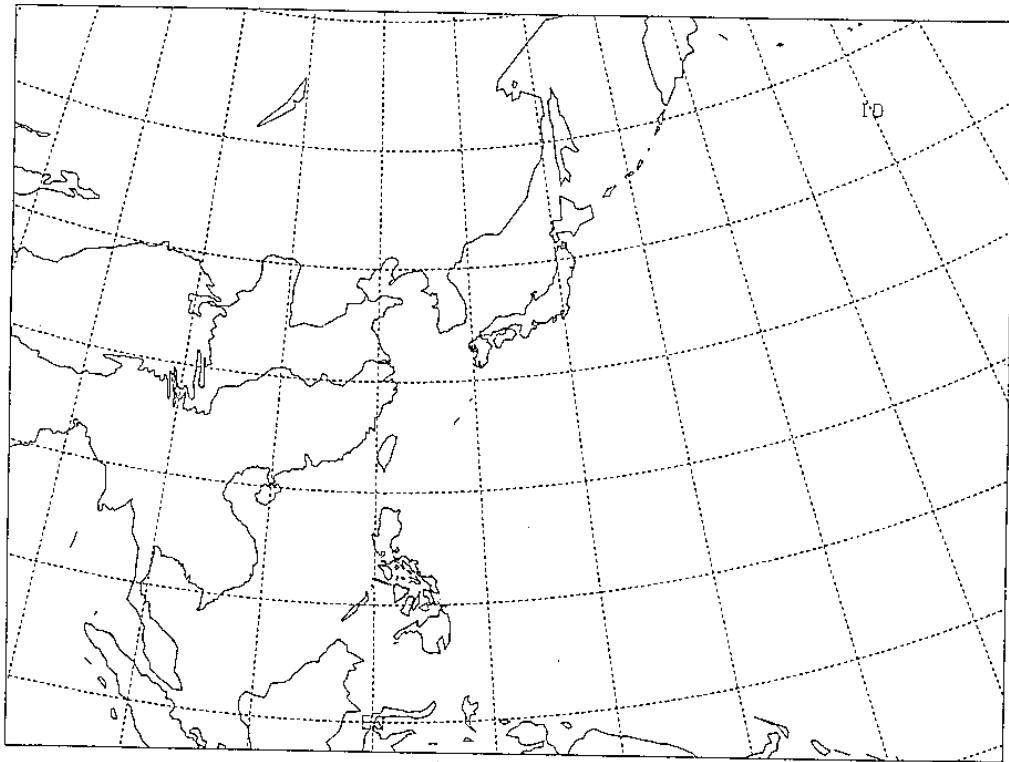
表三：改進前後之 TFSII 誤差比較

	24h	48h
誤差	201km	380km
個案數	152	127

表四：TEFSII 對 1994 年 22 個颱風預報誤差



a. 第一代颱風模式範圍



b. 第二代颱風模式範圍

圖一：第一代與第二代颱風路徑預報模式範圍比較

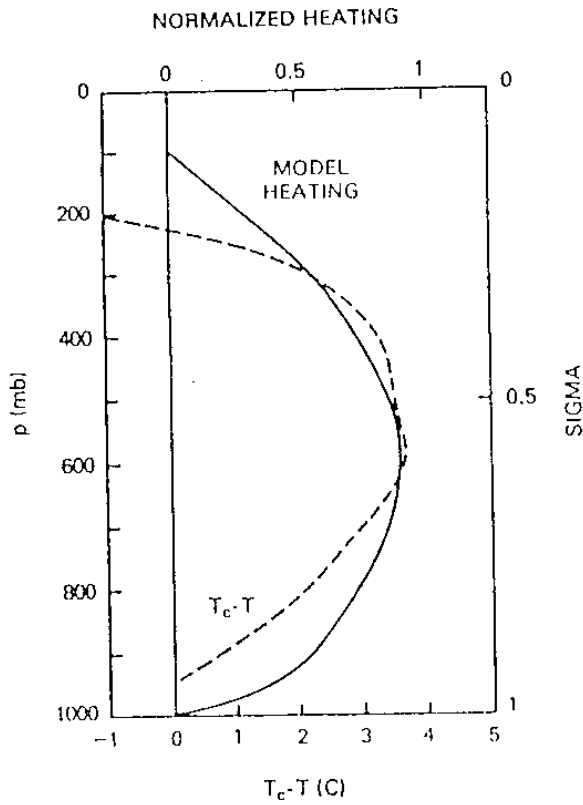


FIG. 4. The vertical distribution of heating used in the model plotted on an arbitrary scale (solid), as compared with  $(T_c - T)$  for mean hurricane sounding produced by a one-dimensional cloud model (Anthes, 1977, Fig. 4a).

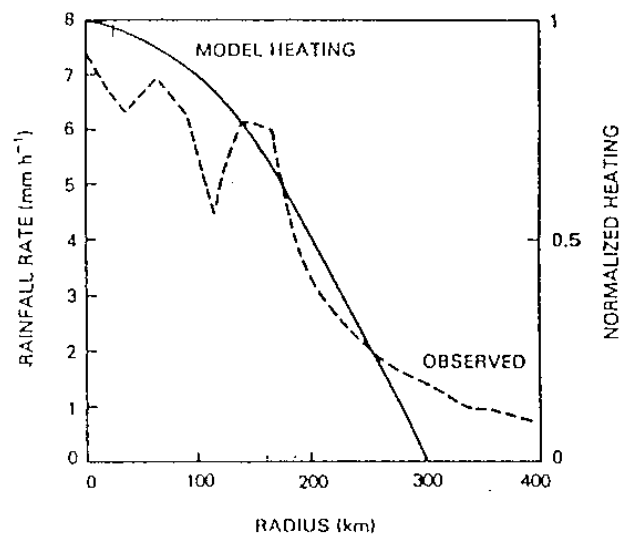
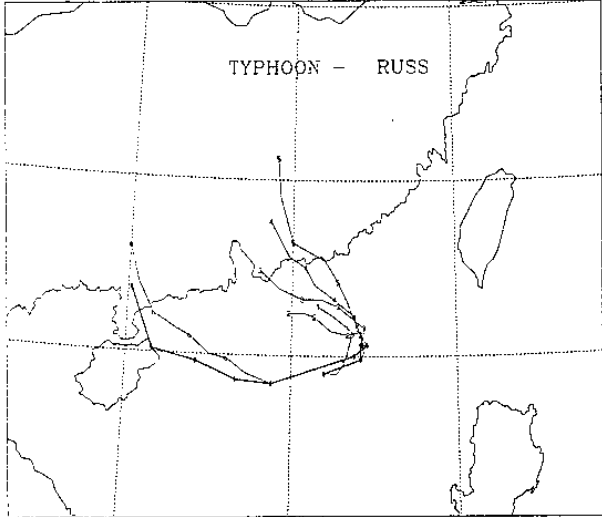


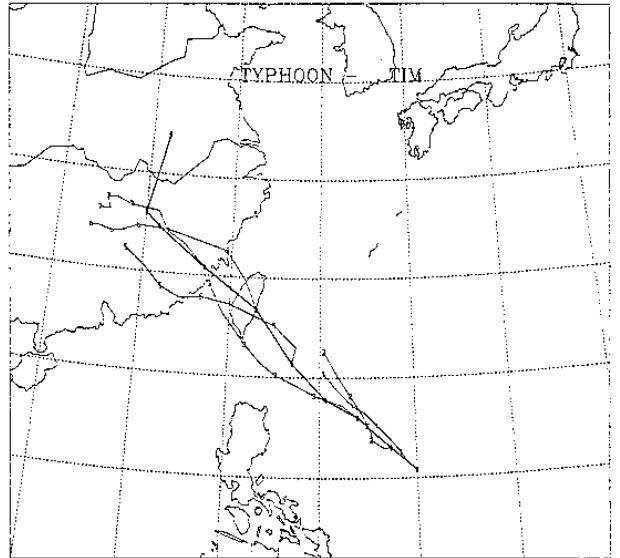
FIG. 5. The horizontal distribution of heating used in the model plotted on an arbitrary scale (solid), as compared with the observed radial distribution of rainfall rate in a typhoon (Adler and Rodgers, 1977, Fig. 5).

圖二：Chang (1983) 人工加熱方程之垂直及水平分佈

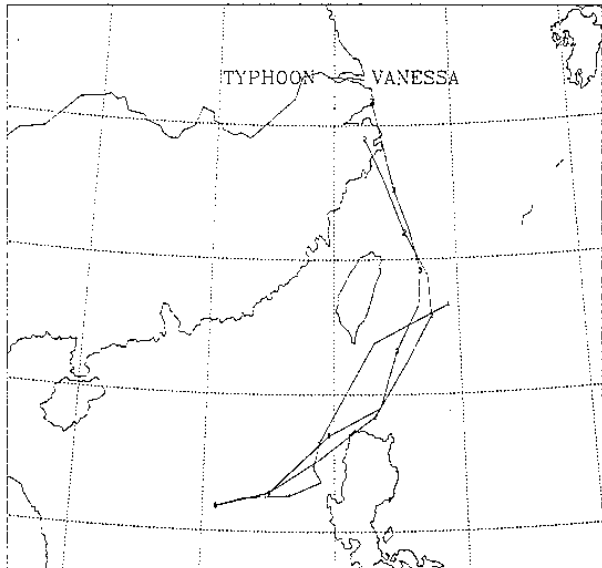
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/06/04/00Z-94/06/06/12Z)



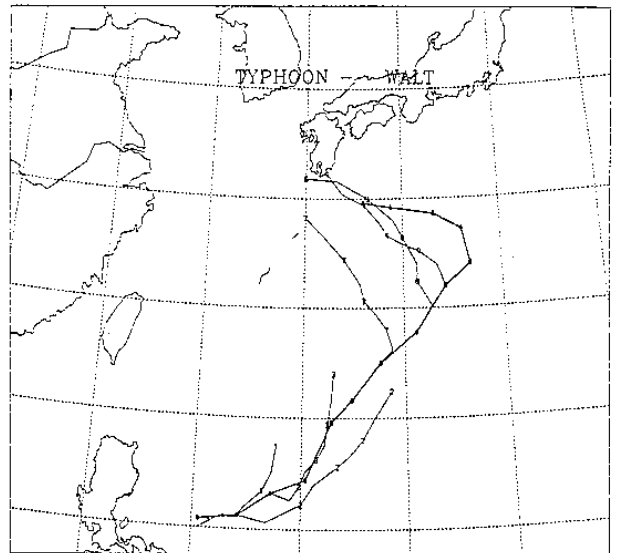
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/08/00Z-94/07/11/00Z)



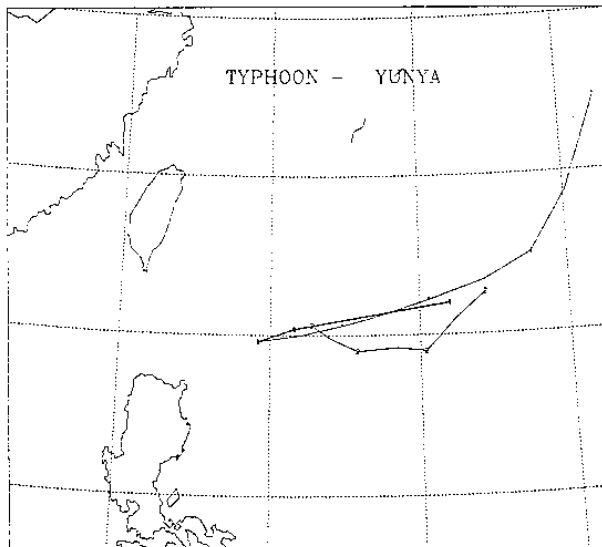
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/10/00Z-94/07/11/00Z)



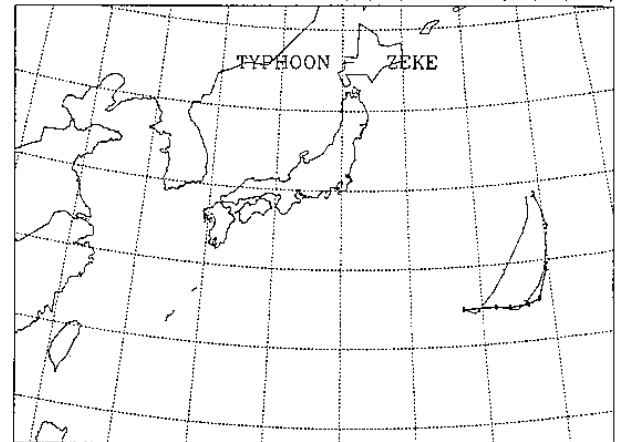
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/16/12Z-94/07/31/00Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/20/00Z-94/07/20/12Z)

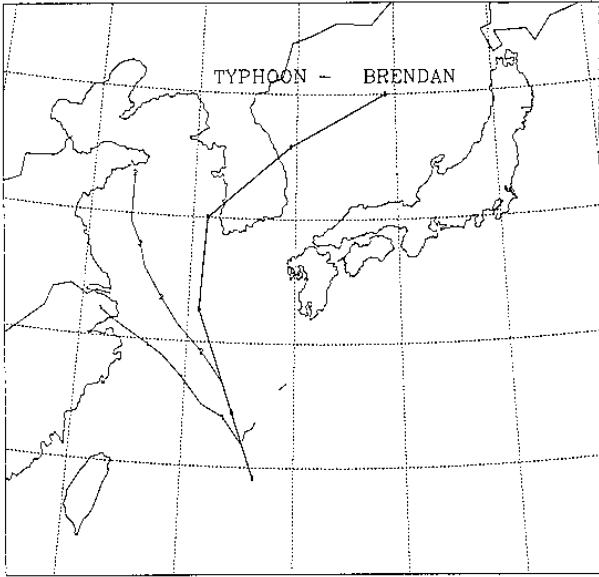


CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/20/00Z-94/07/20/12Z)

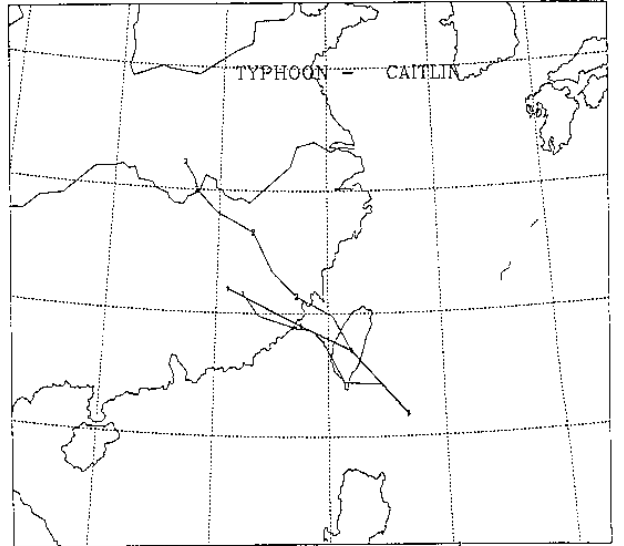


圖三-1：第二代颱風路徑預報模式之預報路徑

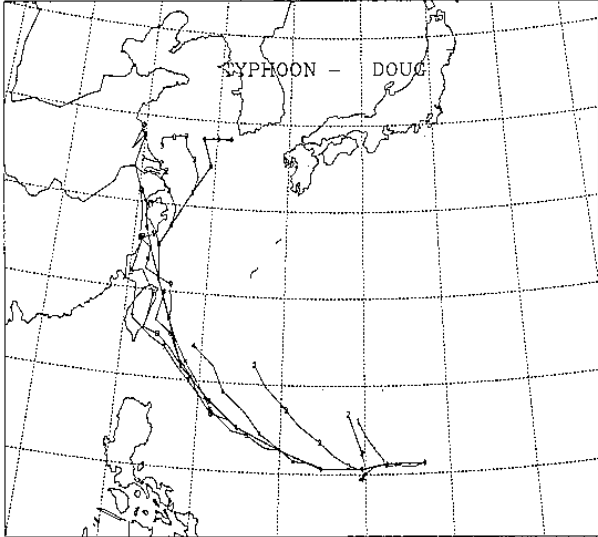
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/07/30/12Z-94/07/31/00Z)



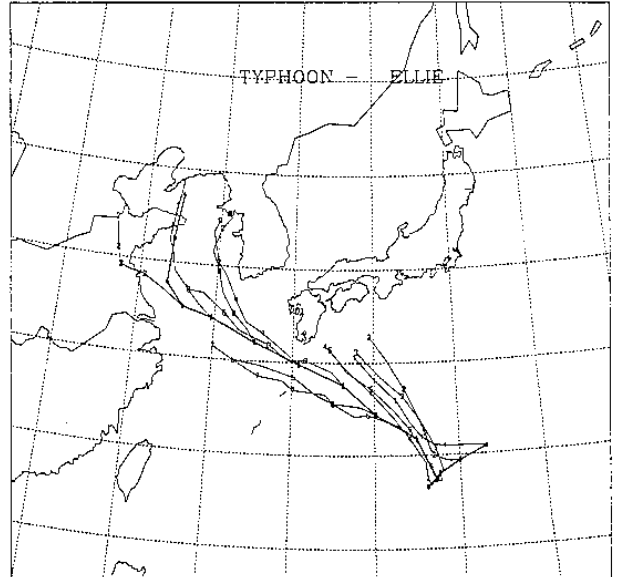
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/03/00Z-94/08/03/12Z)



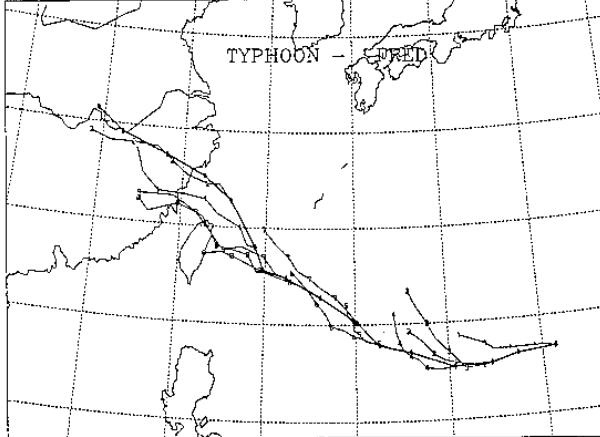
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/03/12Z-94/08/09/12Z)



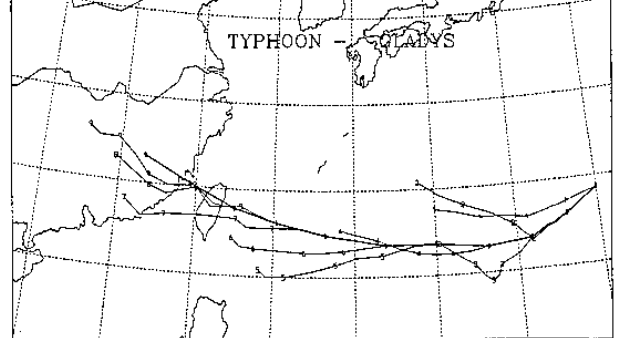
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/09/00Z-94/08/14/12Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/15/12Z-94/08/21/00Z)



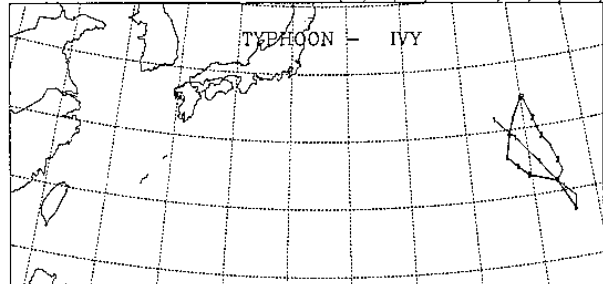
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/28/00Z-94/09/01/00Z)



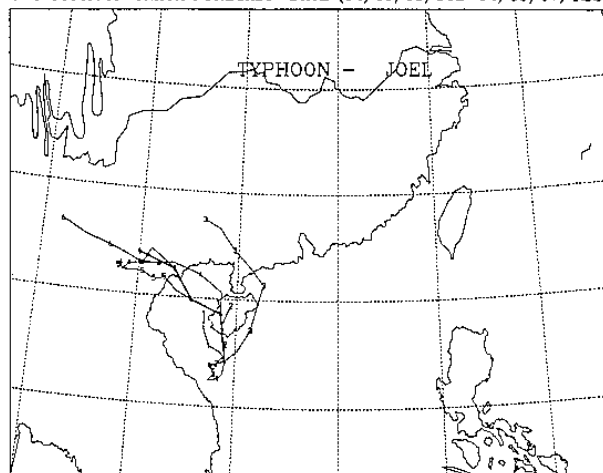
圖三-2：第二代颱風路徑預報模式之預報路徑



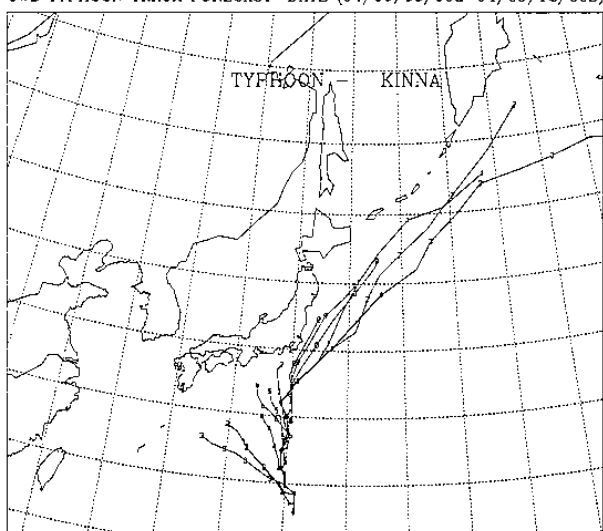
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/08/29/00Z-94/08/29/12Z)



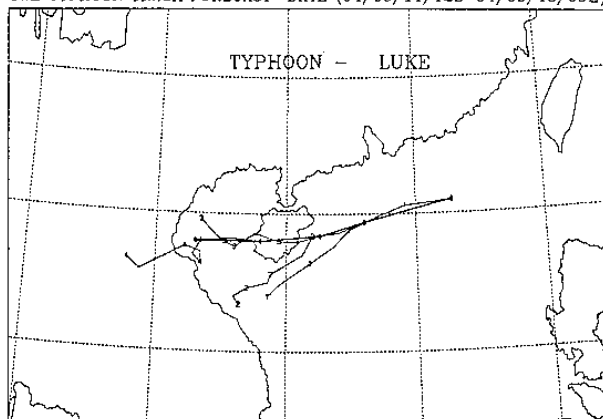
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/05/00Z-94/09/07/12Z)



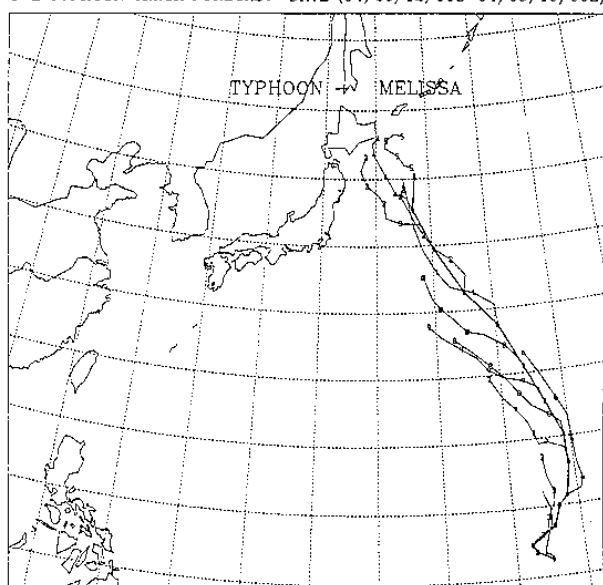
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/06/00Z-94/09/12/00Z)



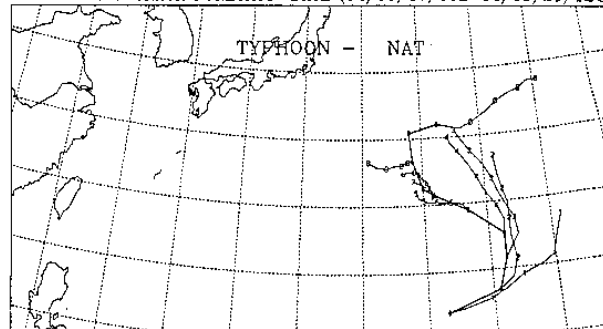
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/11/12Z-94/09/13/00Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/12/00Z-94/09/19/00Z)

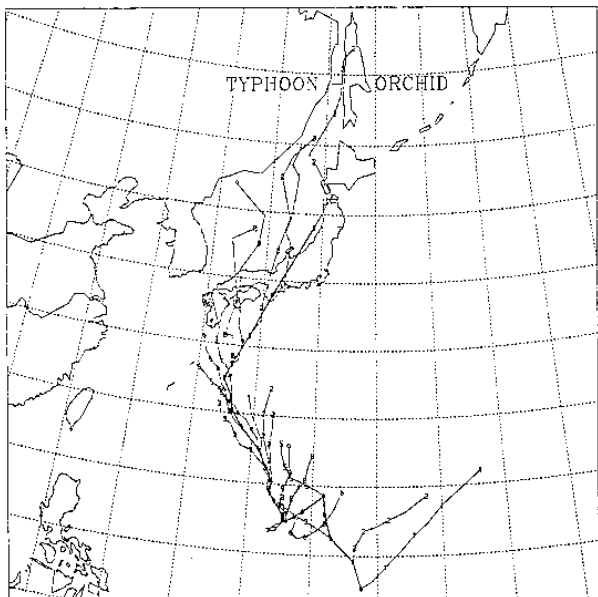


CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/17/00Z-94/09/21/12Z)

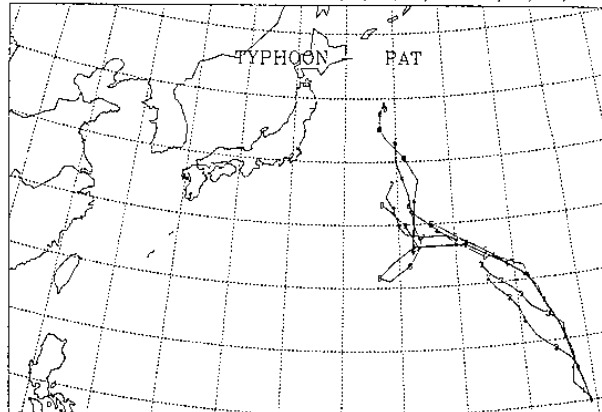


圖三-3：第二代颱風路徑預報模式之預報路徑

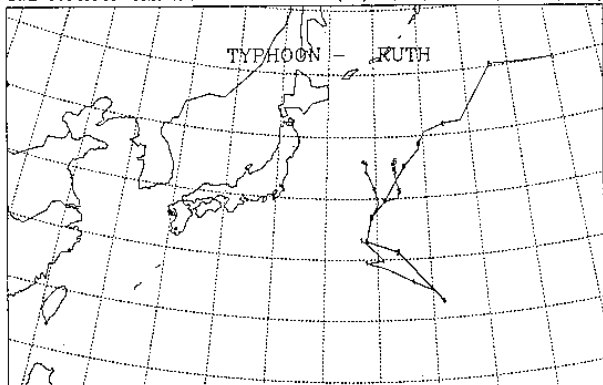
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/19/12Z-94/09/30/00Z)



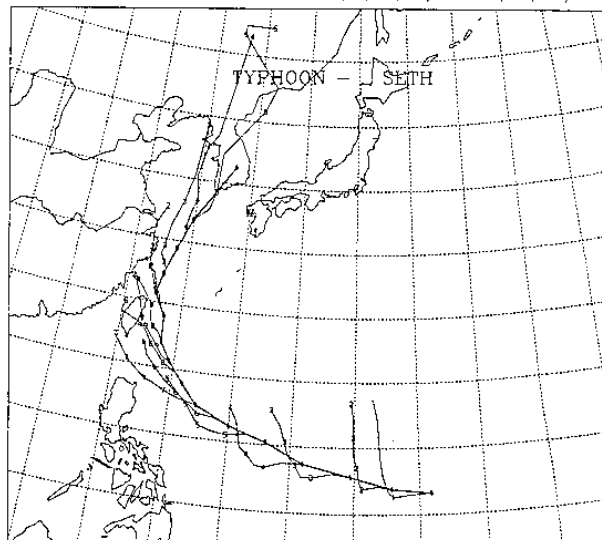
CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/22/00Z-94/09/26/12Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/09/25/12Z-94/09/28/00Z)



CWB TYPHOON TRACK FORECAST DATE (94/10/04/12Z-94/10/11/12Z)



圖三-4：第二代颱風路徑預報模式之預報路徑