

# 1996 賀伯颱風之 MM5 數值模擬研究

張隆男<sup>1</sup>、林沛練<sup>1</sup>、曾騰平<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立中央大學大氣物理研究所

<sup>2</sup>空軍氣象聯隊第九天氣中心

## 摘要

本研究重點在以數值模式模擬颱風路徑與風雨分佈。颱風數值模擬的研究，首先就是模式初始場的建構問題，中尺度模式初始場一般取自全球模式輸出之分析場，但全球模式網格點間距較大以導致中尺度模式初始場中的颱風訊號微弱許多，因此初始場的修正是重要且必須先解決的問題。本研究嘗試以一初始場直接修正法來進行賀伯颱風的模擬，探討初始場修正對颱風路徑以及風雨分佈模擬的影響，並且選取最好的模擬結果來解析賀伯颱風結構與運動特徵。

本研究初始場直接修正的方針，主要從四個基本氣象要素(U、V、RH、T)來考量，假設颱風為一對稱之圓柱，直接針對四個氣象變數，個別進行初始場修正，然後再進行模擬試驗，所有模擬初始時間以 7 月 30 日 00Z 為始，模擬 72hr。模擬實驗有進行不同初始場修正測試模擬，以及賀伯颱風主題模擬，主題模擬試驗主要分為兩大部份，一為控制組(簡稱 CR，未修正者)；一為 T008(中心加溫率為 0.008)，藉由兩組模擬實驗結果及實際觀測結果比較，獲得賀伯颱風路徑、降雨分佈、時序分佈與環流風場配置的結構分析；在模擬結果中，模式的地形解析，對於颱風風雨分佈之模擬有相當的影響，當網格解析在 10km 以下時，模式對於總降雨量的區域平均值分佈就能夠有較佳的掌握。而關於降水累積極值方面，網格解析的能力亦有相當的影響性；時間序列上風雨變化的解析，在當颱風強度掌握有較大偏差時，在風雨細微結構的解析上，就會有很大的差異，長時間累積降雨量的驗證，則差異性較小；綜合以上，沒有初始場修正，則風雨分佈誤差較大，而網格解析度提高，可模擬出台灣複雜地形上較好的降水空間分佈特徵，也說明了地形對颱風降水及風場模擬結果的影響，所以颱風數值模擬，初始場的修正或建構、適當的模式網格解析度是非常重要的。

關鍵字：初始場修正、溫度場、降雨量

## 一.前言

颱風，這種劇烈天氣系統由外而內，我們可分析到颱風本身中尺度環流，以及順著大尺度環境流場牽引來移動，反應著兩種尺度環流間交互作用之影響，小尺度對流胞的潛熱釋放，反應在中小尺度間能量收支的關係上，關聯著颱風系統發展、維持、消弱，這說明了颱風是一個多重時空尺度複合作用相當強的大氣運動，因為影響因素中，時空尺度多重交互，故成因與機制至今仍無法十分確定，而觀測資料分析和模式數值模擬兩方面結合是研究這些問題的必要途徑。本文研究著重在模式數值模擬方面，其次藉由觀測分析來輔助研究及驗證比對。在颱風數值模擬方面，最先面臨的問題就是模式初始場的建構問題，因為模擬初始時間颱風多半位在洋面上，觀測資料較缺乏，因此如何確實引入觀測資料，仍是有諸多困難。中尺度模式的颱風模擬，初始場一般取自全球模式輸出之分析場，全球模式

所使用的低解析度網格系統，一般都會使中尺度模式初始場的颱風訊號較真實微弱許多，若要由模式模擬來研究颱風，初始場修正是必須處理的問題；整合歷年來各研究的結果，建構一颱風三維概念結構，並對初始場以權重函數進行直接修正，藉由修正過的初始場進行賀伯颱風的模擬。颱風數值模擬研究之目的，乃因颱風對台的影響是弊多於利，颱風災害中水災比風災嚴重且災後不易重建，而近年來最嚴重的颱風水災屬 1996 賀伯颱風的災情，如農業損失 199 億元，水利設施 29 億元，人員死亡及失蹤 73 人，輕重傷 463 人，房屋倒塌 1383 間等重大的傷亡與損失。因此，颱風豪大雨的研究是受到矚目的；Kuo and Wang(1997) 以 MM5 模擬賀伯颱風，以植入 vortex 方式模擬賀伯侵台時降水分佈及累積量的模擬，其研究結果，指出網格大小及其所關聯的可解析台灣地形高度，與累積降雨量大小有正比關係；吳與顏(1999) 以更細的巢狀網格來解析賀

伯降水及其他中小尺度之天氣現象，網格解析提高到 2.22km 網格間距，結果更強調出網格解析越細則模擬結果則越好的特性，並引用不同積雲參數化，進行模擬比較。其研究中指出中央山脈對於賀伯颱風持續性降水是一個關鍵性的因素。承續過去學者之研究，本研究嘗試以直接修正初始場方式來重建初始場的賀伯颱風結構，並模擬賀伯颱風侵台時的風雨分布，進而與謝等(1997)之觀測分析進行比較，期望能了解賀伯颱風豪大雨之機制；以及透過模擬結果，探討初始場修正與台灣地形的解析對颱風路徑以及風雨分佈模擬的影響。

## 二. 研究方法

本研究引用 PSU/NCAR 中尺度數值模式 MM5 進行數值模擬研究，本文選取為 MM5 模式 Version 2 版本(Dudhia, 1993; Grell et al., 1994)，可提供靜力(hydrostatic)與非靜力(nonhydrostatic)的三維模式，水平為巢狀網格，垂直為追隨地勢的 $\sigma$ 座標，本文選取非靜力條件來執行模式實驗；本研究包含初始場變數的測試模擬及賀伯颱風主題模擬，初始場修正的方針主要從四個基本氣象要素(U、V、RH、T)著手，考量該變數為可觀測的氣象要素為出發點，希望藉由模擬結果中歸納各要素對颱風的影響性，作為對觀測技術改進方向的參考；水氣場(Rh)修正主要以 Frank(1977a)所提出颱風平均穩定狀態時的 Rh 垂直剖面，約半徑 4 個經緯度以內，低層的溼度值都有 80% 以上，垂直上 400hPa 左右以下亦有高溼度場分佈，所以我們選取半徑約 400km、垂直以 400hPa 之下的圓柱體方式修正，故沒有做徑向分布函數，而將選取的範圍設定 Rh 值為 100%，以此修正之初始場進行模擬，編號為 Rh400；風場(U、V)修正則是與溫度修正概念圖(圖 1a、1b)雷同方式，但多加了中心弱風區，將觀測分析所得最大風速，選定加強之半徑，再決定最大風速所在之半徑大小，其次決定其 U、V 兩分量所加強的增強率，本研究選取為半徑約 400km、最強風速半徑約 50km、增強率為 2.5，垂直為 11 層的同心多環圓柱體風場修正，編號為 UV2.5；溫度(T)修正同概念圖(圖 1a、1b)方式，本研究選取半徑約 400km、垂直 11 層的同心多環圓柱體溫度場修正，溫度變數的模擬試驗上依增溫率不同分 T011(中心加溫率 0.011)、T01(中心加溫率 0.01)、T008(中心加溫率 0.008)等組進行模擬；各組模擬模式設定之總表，如表 1 所示。單一變數初始場直接修正的各組設定，如表 2 所示。總結初始場修正測試模擬，在本研究之修正概念下以溫度修正方式為最佳，因此賀伯颱風主題模擬包含兩大部份，控制組(簡稱 CR)與 T008(中心加溫率 0.008)模擬組，主題模擬則是以模擬所得

路徑較佳之一組進行三層巢狀網格的賀伯颱風個案模擬，模擬初始時間以 7 月 30 日 00Z 為始，模擬 72hr，至 8 月 2 日 00Z 為止；控制組為原 EC\_TOGA 資料不進行任何初始場修正，而僅引用氣象局地面、船舶、探空等資料作初始場修正及客觀分析，但因為觀測資料在洋面上仍缺乏，所以修正效果有限，以此初始場作 72hr 三層巢狀網格模擬(網格間距 45、15、5km)。初始場溫度直接修正，首先從颱風中心較暖的事實，及徑向向外溫度遞減的特性，將颱風視為一個同心多環狀圓柱體，各等壓面水平增溫函數設計為同心圓的方式；修正過程需決定的參數，分別為選定颱風中心及代表颱風尺寸的半徑選取、中心增溫率大小的決定；本文之初始場資料垂直共有 11 層，因此即對此 11 層進行概念圖的增溫修正；研究範圍為東經 108° E~142° E, 北緯 6° N~35° N, 物理參數化有 Betts-Miller 積雲參數化、Blackadar 邊界層參數化等。

## 三. 賀伯颱風(1996)之綜觀分析

賀伯颱風自七月二十四日 12Z 至八月二日 12Z，生命期約為九天，七月二十四日 12Z 生成於關島東北方，起初兩天，持續增強，7 月 25 日 12Z 增強為小型中度颱風，並持續以時速 12-15 哩速度向西移動，且暴風半徑逐漸擴大，並沿著太平洋副高南緣向西移動，7 月 26 日 0600Z 東經 139 度開始轉向西南西方向移動，7 月 27 日 12Z 增強為中型強烈颱風，移速減慢，以時速 8-10 哩向西移動，一直持續到 7 月 28 日 18Z 東經 130 度，8 級強風半徑有 300km，在 7 月 29 日之後，由於太平洋高壓勢力東退影響，所以中心移向由西轉向西北前進，7 月 30 日 00Z，穩定沿太平洋高壓邊緣以時速 8 哩向西北移動，同日 03Z 桃園、清泉崗、馬公等地陣風以達 25 哩/時以上，且有逐漸增強的趨勢，09Z 中心，移速有增快的情形，當朝著台灣東北部撲近時，路徑上則出現些微搖擺盪盪現象，7 月 31 日 00Z 中心因為受到高空高壓影響，轉向西北西，以時速 8 哩移動，中部以北陣風約達 40 哩/時，同日 06Z 中心位於宜蘭東南東 220km 海面上，持續向西北西移動，暴風半徑以涵蓋本省北部，中部以北最大陣風以達 60 哩/時，在登陸台灣東北部宜蘭附近之前 7 月 31 日 1244 Z，轉向西北西移動，其中由 Doppler 雷達觀測分析，地面風速有超過 60m/s 的強風，8 級強風半徑約 350km，賀伯在與台灣地形交互作用及駛流作用減弱的雙重影響下，移速緩慢的通過台灣北部，13-14Z 在宜蘭附近登陸，台北地區瞬間陣風達 80 哩/時為最強，中部以北均在最大陣風 60 哩/時以上，登陸後勢力減為中度，在 7 月 31 日 2000Z 由新竹附近出海，出海後進入台灣海峽仍保

持其西北西的路徑，8月1日移入中國大陸南部，8月1日 03Z 中心位於馬祖東南方附近以時速 8 哩向西北移動，於閩江口附近登陸大陸後逐漸減弱為熱帶低壓；此次颱風侵台期間，北部平均雨量為 246 公厘，以桃園、台北地區 300 公厘以上為最大，中部地區平均雨量為 632 公厘，東部則是 157 公厘左右，南部平均雨量 255 公厘(謝 1997；Tsay and Wu, 1997；邱與歐陽, 1997)。

#### 四. 賀伯颱風模擬結果分析

##### (一)各初始場修正測試模擬之結果比較

將初始場測試模擬之模擬結果進行熱力結構(溫度距平垂直剖面、相當位溫等)、路徑、中心最低氣壓等強度參數的比較。1. T008 模擬組溫度距平垂直剖面顯示出，經增強熱力結構，所得到模式調節後之結構，較 CR 結果為佳，其改進的成因可能在於熱力作用對於整個颱風環流在垂直運動上的貢獻，以及對於整個颱風能量總量值提升，所以在加強颱風時，不僅動力上增強、且對於原本的總能量上也增加。2. 從水氣場與位溫場結合的角度來比較，相當位溫場的垂直剖面(圖 2a、2b)中，颱風中心在中對流層 500hPa 的高度上有一個低值區，而對流層底層與頂層則是高位溫的分布，反應著上層屬於乾燥高溫，底層屬於溫暖潮濕，以及颱風中心兩側的相當位溫梯度較大的情形，此與 Liu et al.(1997)之結果相似；但在垂直結構中層部份的低溫區，則沒有模擬出來具體的低溫分佈情形，此點仍有待進一步研討。3. 6 組路徑預報以登陸台灣北部與否，可區分為二，T 與 Rh 的路徑模擬結果，在接近台灣時，都與謝等(1997；1998)所分析之路徑(圖 3a、3b)比較接近，CR 因為模擬的整個颱風強度比觀測弱很多，模擬的路徑也出現較大的誤差距離，約 1.5 個經緯度大小的偏差，而且無登陸而由北台灣沿海岸線成反時鐘路徑經過(圖 4a)；UV2.5 所得到的路徑(圖未示)仍屬於模擬自由過山型的颱風，不過，由於初始修正方式，整個颱風於侵台前，在動力上，上下層氣旋性旋轉較持續，但在模擬開始後 6hr，上層(500~200hPa)強風區的分佈偏颱風中心西側、風向也出現異常大的向西分量，導致路徑偏西走向，而 T008 模擬的強風分布則主要在颱風中心北側且風向無異常向西分量，因此路徑預報上較佳。Bender et al.(1987) 研究中提到在不同的緯向平均流的環境下，不同島型地形對颱風的影響；當颱風被植入在一平均 5m/s(約時速 10 哩)的東風駛流場中來模擬侵台路徑時，發先一個向北(氣旋式)的路徑產生；在一平均 10m/s(約時速 20 哩)的東風駛流情況下，這個路徑北向曲變性較弱，所以路徑與駛流受地形影響的關係有關聯性。在模擬結果較接近

觀測的組別中，在賀伯颱風登陸中國大陸之前，路徑模擬的誤差，約小於 1 個經緯度以內的範圍，相較於 CR 路徑預報的誤差，是改進了一些，但在登陸與否的模擬上，則是有相當大的改善；此外，在侵台期間有一共同的現象(T、Rh 初始場修正的模擬結果)，在時間的模擬上，與觀測分析有約 1~3hr 的時間差(較早)，登陸後的減弱程度與出海時的微弱增強，也與觀測較不相同。在初始場修正測試模擬中，各單一變數的修正函數設計上嚴謹不一，若以現階段的研究結果來比較，採用溫度場修正較能掌握颱風各方面訊號的初始修正場，故以此修正來進行賀伯颱風主題模擬的實驗。

##### (二)賀伯颱風侵台期間之模擬結果

本文研究的主題個案為 1996 賀伯颱風，初始化採用溫度初始場直接修正法，以 T008 為主題模擬組，三層巢狀網格(45、15、5km)，模擬時間 7 月 30 日 00Z 至 8 月 2 日 00Z，共模擬 72 小時，其中最內層的網格，因為計算元件與數值儲存元件資源的考量，所以模擬時間較上層兩個巢狀網格少 24hr，實驗設計如表 1 中 T008 模擬實驗組所示，在模擬過程中，以巢狀次網格 5km 的解析度及預報間距 1hr 的時間解析，來進行賀伯颱風侵台期間風雨分布之模擬，並利用 T008 與 CR 模擬結果的比較，來了解初始化的影響程度。

1. 侵台路徑分析: T008、CR 模擬之路徑作比較，登陸與未登陸的差異，明顯改善許多，然後在逐漸接近台灣沿海時，受到地形影響而出現了微弱的搖擺路徑，而在宜蘭東方海面上時，颱風系統向西移速的移速增快的現象也清楚可見，但一登陸後則移速又銳減，一出海時，則又有向西加速的情形(圖 4b)，此與謝等(1998) 研究中颱風路徑(圖 3b)分析相似，而從 T008 模擬賀伯颱風來看，屬於山脈北側西進彎曲型(謝等, 1997)；T008 與觀測分析的差異，則著重在路徑的時差，T008 的模擬結果是明顯有提早的情況，約相差 3hr，各分析過程中則特別進行時間上的調整。

2. 模擬之降水分布: 將降水模擬與謝等(1998)所作的降水觀測分析(圖 5)作比較，從民國 85 年 7 月 31 日至 8 月 2 日兩天總累積降雨量的分布來看。第一層網格(45km)，模擬到主要兩個豪雨中心的分布，中心的最大值分別為北部 647mm、中南部 651mm，粗網格解析使得整個豪雨中心梯度變化較平坦、分布則屬巨觀型解析，如此的結果並未達降水預報所需要之要求；其次第二層網格(15km)，反應出北台灣的降水分布，有東北-西南走向的分布，也是主要兩個豪雨中心，分別為北部 736mm，中南部最大中心在阿里山山脈附近，極值為 952mm，南部

模擬出的降水分布，有沿著中央山脈南端向南延伸，此降水預報，整個全台灣模擬的降水區所在應有提供參考性的價值；最小網格(5km)，整個中央山脈，偏東且兩個山峰的山高、位置及鄰近的山坡梯度有更確切的描述(圖 7)，第三層巢狀網格模擬過程中，無積雲參數化引用，由圖 6 所示，由北而南，北台灣豪雨中心，已經可以解析出兩個中心的分布，而東北-西南走向的降水分布情形，宜蘭內陸山區比前一個網格解析出有較明確的一個次中心，中部南緣山區降水梯度則有比較明顯顯示，南部屬中央山脈南支的山區，也有較清楚的降水梯度與較大降雨量極值，此網格模擬的全台豪雨中心極值分別為北區 892mm、中區 1040mm、南區 1088mm。

模擬結果與謝等(1998)總累積降雨觀測分析(圖 5)進行比對，在北部，大屯山區降水約低估 100mm 上下，宜蘭大雨中心所模擬的位置所在及區域平均總累積降雨量，較大屯山區在降水極值與觀測分析的差距大，北豪雨中心未能模擬出三個降水中心，極值約相差 150mm 左右，中部地區模式則預報到了立霧溪與大甲溪上游有一個極值，但該處觀測點可能因山區較缺乏，所有此中心仍有待檢驗，東部弱降水分布，模擬結果顯示在定量、定性上都預報的不錯，南部降水分布的掌握有較好的改進，不僅在降水量及分佈上，都有較清楚的配置。

3. 模擬之降水時序與風場分析：從逐時的降水分析來看，台灣時間 7 月 31 日 8:00p.m.~8 月 1 日 8:00a.m. (對應模式模擬時間 7 月 31 日 09-21Z)，時間間距 3hr，模擬降水的分布與觀測分析(氣象局地面自動雨量站)比對上，在 7 月 31 日晚上 8 點(模 09Z)，如圖 8a、9a 所示，台灣北緣觀測風場以北風為主，而模擬的風向則屬於東北風，到了北部內陸轉為西北風，因此模擬之降水量比觀測的高約 10mm/hr，西部沿海模擬風場為北風，而觀測則屬於西風偏北，在風場的比較上，我們釐清了模式在這個時刻並沒有模擬出南部內陸降水的原因，主要是西風分量的大小(圖 8a)，夜間 11 點(模 12Z)，如圖 8b、9b 所示，雖觀測仍屬於西風，西部沿海地區，因颱風移進台灣東北部，模式風的風向逐漸偏西，所以南部降水的分布開始增加，在比對過程中，8 月 1 日凌晨 2:00(模 15Z；如圖 8c、9c)、8 月 1 日 5:00a.m.(模 18Z)，南部降水量與颱風環流中的西風分量有明顯的關聯，當環流中有強西風分量存在時，遇到山脈而出現大量地形雨即為中南部山區豪雨的因素之一，而颱風環流中的對流性降水仍未能本模擬實驗中解析出來，此不足有待進一步改善。

## 五. 結論

總括初始場修正測試模擬及賀伯颱風主題模

擬，以溫度場修正之結果較佳，颱風強度(中心最低氣壓、最大風速值、溫度等壓面水平距平)都有增強的情況，路徑也比無初始場修正的模擬更加接近觀測所得，改進的成因在於熱力作用對於整個颱風環流不僅在垂直運動上的貢獻，以及對於整個颱風能量總量值也提升，所以在加強颱風時，不僅動力上增加、且對於原本總能量上也增加，所以可得到，較能掌握颱風各方面訊號的模擬初始場；主題個案為 1996 賀伯颱風，網格點大小及網格所解析的台灣地形，這兩個因子與累積降水量的大小、分佈有密切的關係；經過以上總合初始場修正模擬與主題模擬的結果，對於初始場直接修正法的效果，以我們目前直接修正法的設計來看，以溫度的修正函數為最佳，有達到增強颱風初始場的目的，本研究期望能對修正索引用之權重函數做更適當的選取以及對其他颱風作此初始場修正之模擬試驗。

## 參考文獻

- Bender, M. A., R. E. Tuleya, and Y. Kurihara, 1987: A numerical study of the effect of island terrain on tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 130-155.
- Grell, G. A., J. Dudhia, D. R. Stauffer, 1994: A description of the fifth generation Penn State/NCAR mesoscale model (MM5). NCAR Tech. Note, NCAR/TN398+STR.
- Kuo, Y.-H. and Wei Wang, 1997: Rainfall prediction of typhoon Herb with a mesoscale model. Workshop on Typhoon Research in Taiwan Area 1997.
- Liu, Yubao, Da-Lin Zhang, and M.K. Yau, 1997: A multiscale numerical simulation of Hurricane Andrew (1992). Part I: Explicit simulation and verification. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 3073-3093.
- Tsay, C.-Y., and C.-C. Wu, 1997: Typhoon Herb (1996) Workshop on Typhoon Research in Taiwan Area 1997.
- 邱炳樞、歐陽雅琪，1997：民國八十五年西北太平洋地區颱風總述。氣象預報與分析，第 151 期，51-59。
- 吳俊傑、顏自雄，1999：賀伯颱風(1996)之 MM5 數值模擬。海峽兩岸災變天氣學術研討會 1999。
- 吳俊傑、顏自雄，1999a：賀伯颱風(1996)之 MM5 數值模擬。第六屆全國大氣科學學術研討會論文彙編 1999。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1997：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究(第二階段)。中央氣象局，專題研究報告，323-356
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1998：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究(第二階段之三)。中央氣象局，專題研究報告，350

模擬組別	原始網絡格數 網絡大小 km 網絡分辨率	初始時間 預報時間 模擬時數	水氣輸物理參數化 積雲參數化 邊界層參數化	初始場資料垂直層數 積雲垂直層數
CR	3 (45)·(15)·5 70x90 118 180x180	07/30 00Z 3 hr 72、72、48 hr	simple ice BM Blackadar	11 (p) 17(o)
Rh 400	1 (45) 70x90	07/30 00Z 3 hr 72 hr	simple ice BM Blackadar	11 (p) 17(o)
UV 2.5	1 (45) 70x90	07/30 00Z 3 hr 72 hr	simple ice BM Blackadar	11 (p) 17(o)
T011	1 (45) 70x90	07/30 00Z 3 hr 72 hr	simple ice BM Blackadar	11 (p) 17(o)
T01	1 (45) 70x90	07/30 00Z 3 hr 72 hr	simple ice BM Blackadar	11 (p) 17(o)
T008	3 (45)·(15)·5 70x90 118 180x180	07/30 00Z 1 hr 72、72、48 hr	simple ice BM·BM·non Blackadar	11 (p) 17(o)

註解: BM = Betts-Miller 積雲參數化法  
Blackadar = Blackadar's PBL 參數化法  
(p)·(o) = (等壓面)·(邊界層垂直層數)  
(45)·(15) ( ) 表示 45·15km 的網絡有進行初始場的修正

表 1 模擬各組之模式設定全覽表。

模擬組別	單一變數修正特徵說明
CR	無
Rh400	修正半徑 400km 垂直層數 6 層(Sfc~400hPa) 區域內 Rh 值為 100%
UV2.5	修正半徑 400km, 最大增強率半徑 50km 垂直層數 11 層(Sfc~100hPa) 風速最大增強率 2.5
T011	修正半徑 400km 垂直層數 11 層(Sfc~100hPa) 中心增溫率 0.011
T01	修正半徑 400km 垂直層數 11 層(Sfc~100hPa) 中心增溫率 0.01
T008	修正半徑 400km 垂直層數 11 層(Sfc~100hPa) 中心增溫率 0.008

表 2 單一變數初始場修正, 各組修正設定之全覽表。

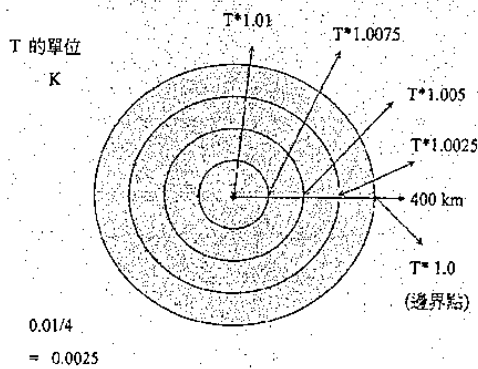


圖 1a 溫度場水平結構修正概念圖。

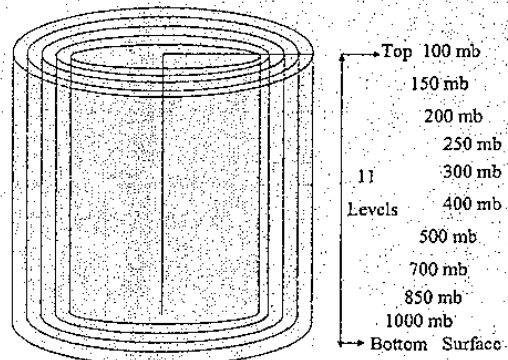


圖 1b 溫度場垂直結構修正概念圖。

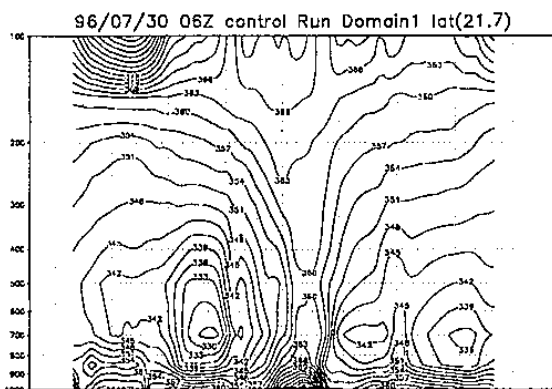


圖 2a 控制組橫切緯度 21.7°N, 模擬 6hr 相當位溫(K)垂直剖面。

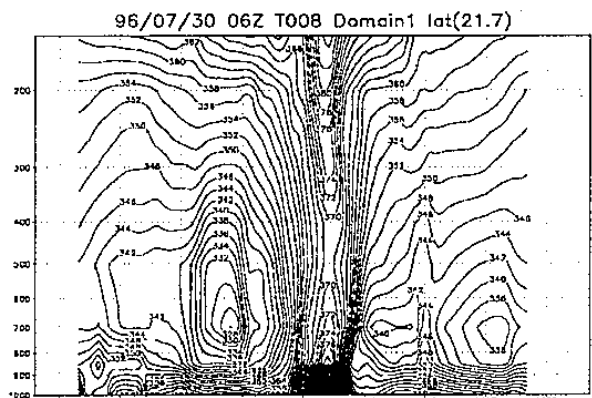


圖 2b T008 組橫切緯度 21.3°N, 模擬 6hr 相當位溫(K)垂直剖面

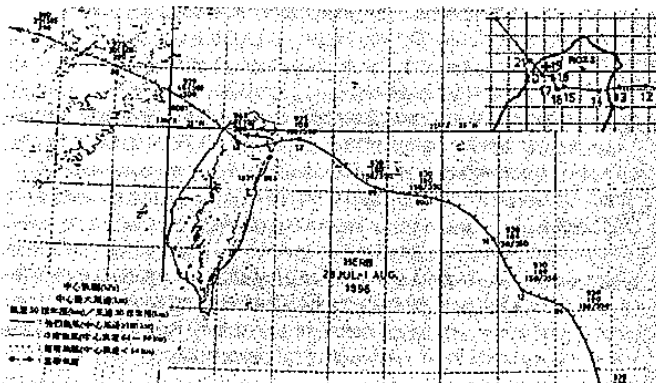


圖 3a 1996 年 7 月 30 日至 8 月 1 日賀伯颱風逐時路徑詳圖(說明參見圖中之圖示, 圖中並附民航局中正機場都卜勒雷達所測颱風位置圖。(摘自謝等, 1997)

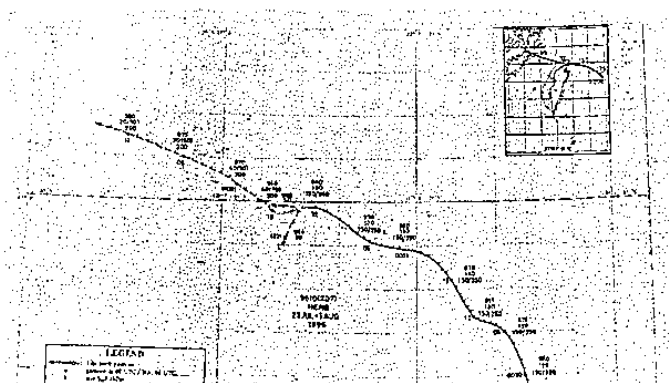


圖 3b 1996 年 7 月 29 日至 8 月 1 日賀伯颱風逐時路徑圖(說明參見圖中所示, 圖中並附 JTWC 所分析之颱風路徑圖。(摘自謝等, 1998)

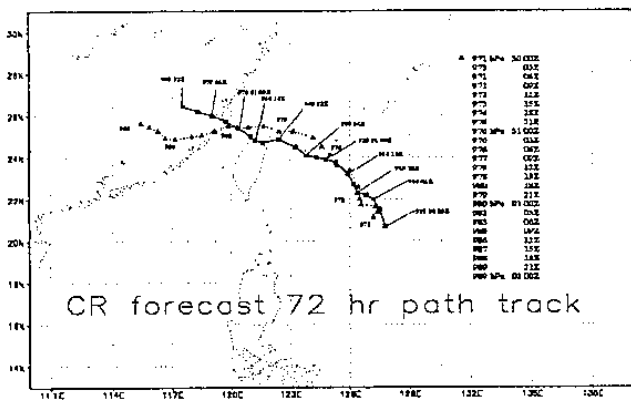


圖 4a CR 組模擬 72hr (7月 30 日 00Z 至 8 月 02 日 00Z) 颱風路徑

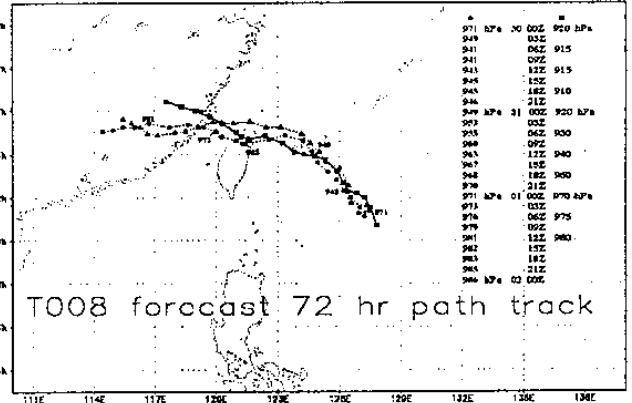


圖 4b T008 組模擬 72hr (7月 30 日 00Z 至 8 月 02 日 00Z) 颱風路徑

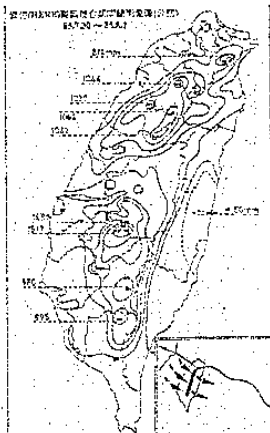


圖 5 1996 年 7 月 30 日至 8 月 1 日賀伯颱風侵台期間，台灣地區總累積降雨量 (mm) 分布圖。(摘自謝等, 1998)

96/07/31 00Z~ 08/01 13Z total precipitation

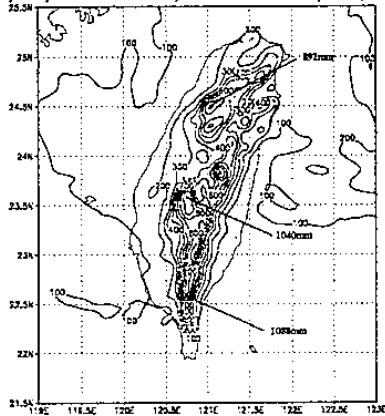


圖 6 1996 年 7 月 30 日 13Z~8 月 1 日 13Z 第三層網格 (5km) 模擬之總累積降雨量 (mm) 分布圖。

5km Taiwan Terrain Main Pattern

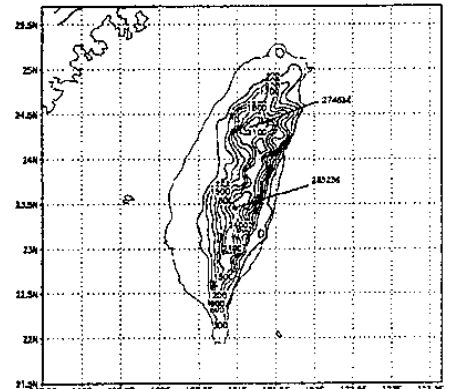


圖 7 5km 網格解析之台灣地形圖。

96/07/31 09Z

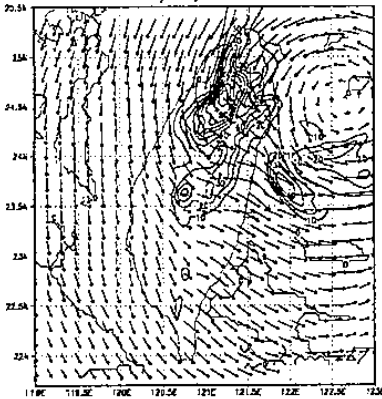


圖 8a 1996 年 7 月 31 日 09Z

96/07/31 12Z

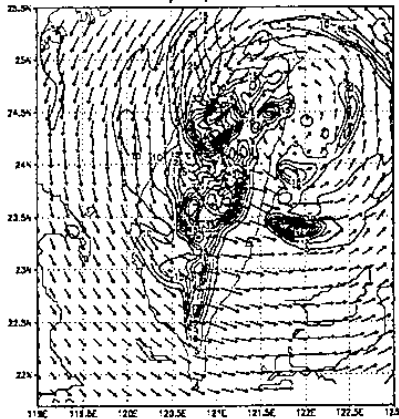


圖 8b 7 月 31 日 12Z

96/07/31 15Z

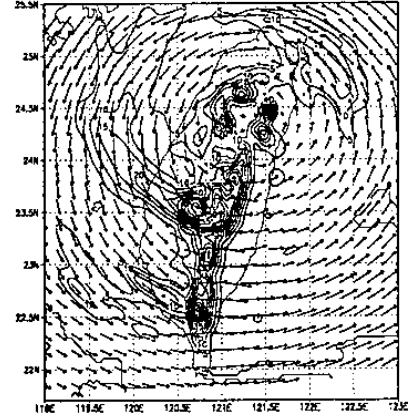


圖 8c 7 月 31 日 15Z

5km 網格模擬之風雨分布圖。(向量為 850hPa 風場，實線為降雨 mm/hr)

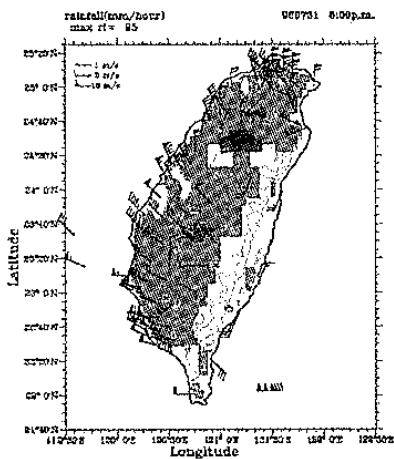


圖 9a 1996 年 7 月 31 日 8:00 p.m.

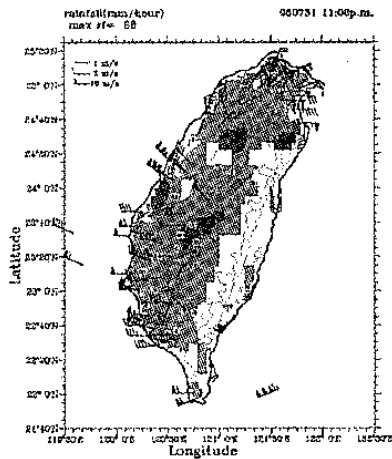


圖 9b 7 月 31 日 11:00 p.m.  
(台灣時間) 觀測之風雨分布

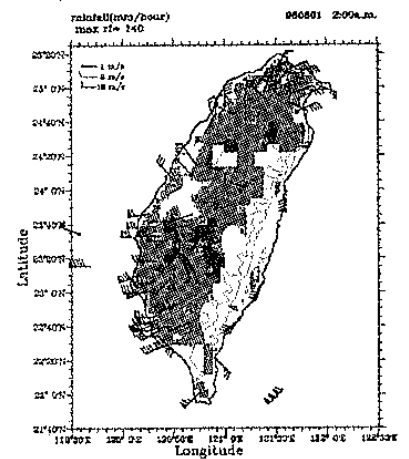


圖 9c 8 月 1 日 2:00 a.m.