

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

**多雷達資料合成技術開發
- 0 至 1 小時定量降水預報**

服務機關：交通部中央氣象局

出國人職稱：薦任技士

姓名：黃葳芃

出國地區：美國

出國期間：93 年 6 月 10 日至 8 月 28 日

報告日期：93 年 9 月

H8/
C09303338

行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號：C09303338

出國報告名稱：多雷達資料合成技術開發 - 0至1小時定量降水預報

頁數42 含附件：是☐否☒

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

交通部中央氣象局/趙如倩/2349-1012

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

黃葳芃/交通部中央氣象局/氣象衛星中心/薦任技士/2349-1303

出國類別：☐1考察☐2進修☐3研究☒4實習☐5其他

出國期間：民國九十三年六月十日至民國九十三年八月二十八日 出國地區：美國

報告日期：民國93年9月9日

分類號/目：H8/氣象

關鍵詞：即短時預報、QPF、LAPS

內容摘要：（二百至三百字）

中央氣象局目前正積極投入「極短時劇烈天氣預報系統」之開發工作，其目的在於提高對災變天氣的分析能力並對外界提供及時的預警。而美國國家劇烈風暴實驗室(NSSL)所發展的0-1小時定量降水(QPF)預報系統可應用到當颱風接近台灣地區期間的降水預報。本次實習之主要目的即在於瞭解此預報系統之運作流程及目前各個測試個案的表現結果，希望藉由初步結果來檢視其處理細節及參數設定，吸取相關經驗作為日後應用的基礎。

由結果可發現此定量降水預報系統針對颱風所伴隨之主要雷達回波皆可預測到，已具有相當預報能力。但是其中仍有許多細節值得繼續探討，例如輸入雷達資料的平滑處理、加入LAPS風場的結果檢視以及更多颱風個案探討等問題，值得未來繼續研究。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

多雷達資料合成技術開發 - 0 至 1 小時定量降水預報

摘 要

中央氣象局目前正積極投入「極短時劇烈天氣預報系統」之開發工作，其目的在於提高對災變天氣的分析能力並對外界提供及時的預警。而美國國家劇烈風暴實驗室（NSSL）所發展的 0-1 小時定量降水(QPF)預報系統可應用到當颱風接近台灣地區期間的降水預報。本次實習之主要目的即在於瞭解此預報系統之運作流程及目前各個測試個案的表現結果，希望藉由初步結果來檢視其處理細節及參數設定，吸取相關經驗作為日後應用的基礎。

由結果可發現此定量降水預報系統針對颱風所伴隨之主要雷達回波皆可預測到，已具有相當預報能力。但是其中仍有許多細節值得繼續探討，例如輸入雷達資料的平滑處理、加入 LAPS 風場的結果檢視以及更多颱風個案探討等問題，值得未來繼續研究。

關鍵詞：即短時預報、QPF、LAPS

多雷達資料合成技術開發- 0 至一小時定量降水預報

目次	頁數
摘要	i
一、目的	1
二、過程	1
(一) 0-1 小時定量降水預報系統簡介	1
1. 輸入場之準備工作	2
2. 第一部分: SegMotion	2
3. 第二部分: Advecton	3
4. 參數設定說明	4
5. 結果校驗統計方法	5
(二)、初步結果	6
1. 美國奧克拉荷馬州風暴個案	6
2. 伊莎貝爾颶風個案	8
3. 納莉颱風個案	8
4. 敏督利颱風個案	10
三、心得	14
四、建議	15
五、參考文獻	16

六、圖說及表說	17
七、附錄	19
(一)附錄一: SegMotion 的參數設定說明	19
(二)附錄二: Advector 的參數設定說明	22
(三)附錄三: 新增 NIDS 格式產品操作程序	25
八、附圖	27

多雷達資料合成技術開發 - 0 至 1 小時定量降水預報

一、目的

近年來美國國家劇烈風暴實驗室 (National Severe Storm Laboratory, NSSL) 根據雷達合成資料開始發展 0 至 1 小時降水預報系統。此系統雖為天氣預報的用途，但由於資料處理過程中牽涉到雷達回波影像的處理，因此整個架構除了氣象相關原理外還結合了複雜的影像處理過程。目前本系統的主要部分已建構完成，正邁入個案測試的階段，已測試的個案包括美國奧克拉荷馬州風暴個案、伊莎貝爾 (Isabel) 颶風、納莉 (Nari) 颱風及敏督利 (Mindulle) 颱風。

中央氣象局目前正積極投入「極短時劇烈天氣預報系統」之開發工作，目的在於提高對災變天氣的分析能力並對外界提供及時的預警。而美國國家劇烈風暴實驗室所發展的此預報系統即可應用到當颱風接近台灣地區期間的 0 至 1 小時降水預報。因此本次出國實習之主要目的即在於赴美國國家劇烈風暴實驗室瞭解此預報系統之各主要部分，包括：(1) 將雷達影像分類出不同尺度對流胞的影像處理原理；(2) 根據現有雷達影像求出風場分布以進行預報的流程，以及進一步瞭解目前測試個案的表現結果。希望藉由初步的測試結果來檢視系統的處理細節及參數設定，以吸取相關經驗作為日後應用至台灣地區的基礎。

二、過程

(一) 0-1 小時定量降水預報系統簡介

Zipser (1983) 定義即短時天氣預報 (nowcasting) 是使用密集的觀測資料針對現在的天氣狀況進行描述並且在有效的時間範圍內進行外插。其中有效的時間範圍是指在這段期間內以觀測及外插方法來進行天氣預報是有效用的。至於一般動力模式預報則是適用於到更長時間及更大區域的天氣預報。因此即短時預報系統應包含兩部分：(1) 現在天氣狀況特徵的描述；(2) 將現在天氣特徵進行時間及空間的外延。

美國劇烈風暴實驗室所發展的 0-1 小時定量降水預報系統之主要概念即是利用過去實際上短時間內的雷達回波資料估計出風場，再利

用平移之觀念將風場疊加至實際回波場(或降水場)以得到預報之回波場(或降水場)，基本的流程如圖一所示。關於各步驟的詳細說明，茲分述如下。

1. 輸入場之準備工作

本系統的必要輸入場為雷達合成回波資料(composite reflectivity, CREF)，此資料主要是來自各個不同位置之雷達系統之觀測，經由資料合成及座標轉換而得。以台灣地區為例，三維雷達合成資料主要是來自五分山雷達、花蓮雷達、七股雷達及墾丁雷達站所觀測之球座標 volume scan 資料，再經由合成及座標轉換至 Cartesian 座標而來(圖二)。此 CREF 在本系統將用以估計過去回波發生區域之風場，並作為預報未來回波分布之初始場。

另一輸入場為 QPE-SUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensors)的降雨量或降雨率分布，其為降雨量或降雨率預報的初始場，再將上述利用 CREF 所得之估計風場疊加上此初始場即可得預報之降雨量或降雨率。

為增加估計風場的正確性，LAPS (Local Analysis and Prediction System)風場亦必須輸入此系統並利用資料同化方法將其與估計風場相結合，目前是以 850 hPa 風場進行測試。此外，前述之估計風場只有在有可追蹤回波存在時才可得出，針對無回波存在的區域其風場即是由 LAPS 風場而來，如此才可得完整之二維分布風場。

2. 第一部分: SegMotion

SegMotion 一字是由 segmentation (分類)及 motion (運動)兩字而來，此部分的分析程序亦主要可分為雷達回波之分類及運動估計兩個部分，接下將分別說明之。

2.1 雷達回波分類

一開始 CREF 輸入場必須針對每個像素(pixel)之回波值進行分類，此部分可分為三個步驟：(1)使用 K-Means clustering 技術 (Lakshmanan 2001; Lakshmanan et al, 2002)將初始回波場進行多重分

類及產生巢狀分割結果。(2)區域成長(region growing)，將同類的結果連結產生一組區域。(3)區域合併(region merge)，將計算每個鄰近區域間之距離，當其距離小於給定之閾值(threshold)，兩區域將被合併。概念圖如三所示，此顯示一對流系統包含三個尺度的對流胞，而使本方法之目的即希望能將此三部分明確地分類出來。而應用至實際之紅外線雲圖的結果則如圖四所示。

針對不同之預報時段由於考慮到不同尺度對流胞消長的生命期，因此將分為三個尺度，分別為由小到大之 scale 0、scale 1 及 scale 2，其分別對應到 30 分鐘以內的預報、30 到 90 分鐘的預報以及大於 90 分鐘的預報。因此必須分別針對三個尺度進行 SegMotion 處理，實際應用至個案的結果將於第三章介紹。

2.2 運動估計

分類完成後即可針對三個尺度分別進行運動估計，首先需先將前後兩個時間已完成分類的回波場進行比對，比對的方法是先選定現存的回波為目標，以區塊為單位，然後於前張回波圖中附近的區域尋找出最為配合的區塊。採用的方法是計算絕對誤差，而絕對誤差最小的區塊即為目標之初始場。其中考慮差值的大小為權重，再藉以找出此區塊的中心(centroid)。如此由兩最為相似的區塊中心即可求出移動速度，並且假設同一區塊中的像素其移動速度皆一致。

於運動估計之同時亦可計算其於過去這段時間強度變化的趨勢，此即由比對兩區塊的回波值大小變化所得，而此趨勢可應用至未來預報，使用者可選擇要不要考慮此強度變化趨勢至預報。

針對估計所得之風場分布，最後需針對每個像素的風場進行平滑，所採用的方法是 Kalman filter (Kalman, 1960)，完成後的結果即是風場估計果。

3. 第二部分: Advector

此部分主要在於決定預報場，將根據三個部分而來，分別是上節所得之估計風速場、強度變化趨勢及現在的回波分布場。程序即為將所得之估計風場投影至現在之回波分布場，經由速度平移後即可得新

的回波分布場(示意圖如圖五所示)。至於沒有估計風場的空缺處將由鄰近有估計風場的資料內插出來。

為增加估計風場的正確性，美國劇烈風暴實驗室修正了過去的方法，將 LAPS 風場輸入此系統並利用資料同化方法將其與估計風場相結合(目前是以 850 hPa 風場進行測試)。此外，針對無回波存在的區域其風場即是由 LAPS 風場而來，與原方法已有所不同。

4. 參數設定說明

於執行此系統時，為適用於不同情況，有許多參數可以改變，本節將根據主要常使用的參數進行說明，而其他未介紹的參數說明詳見附錄一(SegMotion 參數設定說明)及附錄二(Advecter 參數設定說明)。

4.1 SegMotion 部分

以此為例：

```
w2segmotionll -i  
xmllb:/home/langston/case_data/tw_010916_nari/cref_smooth/code_index.lb
```

```
-o /home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/segMotion  
-T cref_smooth -t "10" -F 5 -g -I -E 5 -O 10 -S -verbose
```

- T: 以何種場做速度估計， eg: -T cref_smooth，為使用 composite reflectivity 做速度估計。
- t: 多久時間的預報，eg: -t 10，為 10 分鐘預報。
- g: growth factor on or off，是否要將過去回波強度演變趨勢考慮至預報，預設值為開啟。
- E: 每隔幾分鐘估計速度一次，eg: -E 5，每 5 分鐘估計一次。
- O: 以相隔多久時間的雷達回波估計速度，eg: -O 10，以相隔 10 分鐘的雷達回波估計速度。

4.2 Advecter 部分

以此為例：

```
w2advectordll -i
xmllb:/home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/segMotion/c
ode_index.lb
-o /home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/advectord
-T cref_smooth -A cref_smooth -t "10 20 30 40 50 60 120 180" -g -I -S
--verbose
```

- S: splatting on or off，此設定是在做空間內插，即可將無估計風速之空缺處，以空間內插方法填滿，預設值為關閉。
- s 不同時間長度的預報是根據不同空間尺度之速度估計結果，目前預設的使用規則是(1)預報 30 分鐘以下是使用 scale 0 的結果；(2)預報 30-90 分鐘是使用 scale 1 的結果；(3)大於 90 分鐘的預報是使用 scale 2 的結果。如不採用預設值可用此參數強制給定。

5. 結果校驗統計方法

在此計算四種統計指標以探討預報之 CREF 結果之優劣，其中三種指標定義如下：

CSI (Critical Success Index)= $100 \cdot H / (H + M + A)$

POD (Probability Of Detection)= $100 \cdot H / (H + M)$

FAR (False Alarm Ratio)= $100 \cdot A / (H + A)$

其中 H 表 hit，即估計及觀測值皆大於或等於給定的閾值 (threshold)；M 表 miss，即觀測大於或等於閾值，但是估計卻小於閾值；A 表 false alarm，即估計大於等於閾值，但是觀測卻小於閾值。

因此 POD 表示觀測中被預報到的百分比，也就是報對的機率；FAR 表示預報到但是觀測沒有發生的百分比，也就是報錯的機率；CSI 則是折衷的計算，其為報對及報錯的綜合表現指標。而此處的閾值是設定為 20dBz。hit、miss 及 false alarm 意義如表一所示。

另一統計指標則為 MAE (Mean Absolute Error)，此與閾值無關，而為回波值的直接計算，因此單位為 dBz。

(二) 初步結果

本系統已開始進行個案測試，目前已有初步結果可探討，本章將依不同個案分別探討之。

1. 奧克拉荷馬州風暴個案

此個案的發生時間是 2004 年 5 月 8 日 2000 UTC 至 5 月 9 日 0700 UTC，探討的主旨在於參數的測試，包括 growth factor (是否考慮強度變化趨勢)、splatting (是否使用內插方法填補無估計風場處)、smoothing (輸入之回波場是否進行平滑)及用以估計風速之雷達回波時間間隔。結果是以統計圖表呈現。

1.1 growth factor 測試(-g): 是否考慮強度變化趨勢

圖六為針對 growth factor 測試之 CSI 值的結果，其中左圖為 Ctrl 實驗的結果，其沒有考慮 growth factor；右圖則為有考慮 growth factor 的結果。下方的表格為預報 10 分鐘到 60 分鐘的 CSI 統計值。就統計上來說，一般 CSI 值大於 0.5 之結果即為相當不錯的預報表現，因此可見無論有無考慮 growth factor，10 分鐘的預報皆相當準確。而由兩實驗的 CSI 的值比較可發現，兩組 CSI 值差異並不大且整段時間中無明顯何組的 CSI 值較大，因此可發現 growth factor 的影響並不明顯。而由 FAR 值的結果可發現，考慮了 growth factor 其報錯的機率反而稍大(圖未示)。

MAE 則為計算實際及預報的回波值差值的結果，此結果除了反映出預報位置的準確性外亦可反映出強度預報之優劣。由圖七之結果可見，考慮 growth factor 的結果稍微有較好不過並不明顯。而 POD 的結果則呈現相反的情況，其顯示考慮了 growth factor 的結果較 ctrl 實驗稍微好些(圖未示)。

綜上所述，考慮 growth factor 的預報結果在奧克拉荷馬州風暴個案中並未較未考慮 growth factor 的結果較好。此可能是因為小尺度的對流其實消長非常迅速，現在以及前五分鐘的兩張雷達回波也未必能反映出所有個案中未來的強度變化。

1.2 splatting 測試 (-S): 是否使用內插方法填補無估計風場處

此項功能的目的是在沒有估計風場的空缺處利用內插產生出整個平面的風場資料。由 CSI 的結果顯示，有沒有進行 splatting 的 CSI 值在 10 到 60 分鐘的預報結果幾乎一樣，看不出其影響(圖未示)。而 FAR 的結果則見圖八，其中 Ctrl 實驗為有進行 splatting 的結果，比較兩者結果可發現進行 splatting 的結果稍微好一些，只是差值並不大。

由圖九可見，MAE 的結果顯示有進行 splatting 的結果明顯較沒有 splatting 的結果為佳，從 20 分鐘到 60 分鐘的預報結果皆顯示如此的訊息。至於 POD 的結果則顯示，進行 splatting 的預報結果較為好些(圖未示)。

綜上所述，加入 splatting 較未加入 splatting 的預報結果為佳。此顯示加入 splatting 後對預報結果並無負面影響。

1.3 smoothing (-k): 輸入之回波場是否進行平滑

由 CSI 的結果可見，是否針對輸入之 CREF 場進行平滑其影響並不明顯(圖未示)。圖十則為 FAR 的結果，其中 Ctrl 是有進行平滑的實驗，結果顯示 CREF 有進行平滑在預報的前 40 分鐘表現皆較佳。

由 MAE 的結果可見(圖十一)，針對 CREF 進行平滑後在整個預報期間的結果皆較好，有非常明顯的結論。至於 POD 的結果則顯示，有進行平滑的結果稍微較好，但不是太明顯(圖未示)。

綜上所述，將輸入的 CREF 場先進行平滑的預報結果明顯較未做平滑的結果為佳。可能是因為使用未經平滑的 CREF 場得到的預報較為凌亂，經平滑處理後可凸顯特徵。由此可見加入平滑處理對預報結果無負面影響。

1.4 估計風速之雷達回波時間間隔測試 (-O)

用以估計風速的雷達回波時間間隔理論上是愈密集愈好，因為時間間隔愈小愈易找出相對應的回波特徵，亦容易估計出風場。但是要處理的資料愈多，計算機的負荷會愈大，所以選擇適當之間隔時間是需要探討的。

在本測試中 Ctrl 實驗的雷達回波時間間隔是 5 分鐘，另取間隔

30 分鐘進行測試。由 CSI 及 FAR 的結果顯示，較短時間間隔的預報結果較好，只有預報 50 分鐘的結果不是如此表現(圖未示)。

MAE 的結果顯示(圖十二)，整個預報期間(預報 10 分鐘至 60 分鐘)時間間隔較短的實驗皆較時間間隔較長的結果為佳，有非常明顯的差異。而 POD 的結果則顯示，時間間隔較短的預報結果稍微較好(圖十三)。

綜上所述，使用長間隔之雷達回波所得出的預報則較短時間為差，此結果相當顯著。此即說明對流系統的消長其實非常快速，使用愈密集的雷達回波愈能求出較正確的風場。因此在計算機資源允許的情況下，愈密集的雷達資料可得出愈佳的預報結果。

2. 伊莎貝爾颶風個案

由 CSI 的結果可見(圖十四)，10 分鐘至 60 分鐘的預報結果其 CSI 都在 0.6 以上，此顯示將本方法應用至此颶風個案結果相當好。FAR 的結果也顯示(圖十五)，報錯的機率也很低，10 分鐘-60 分鐘的預報結果都在 0.3 之下。而 MAE 的值不只可反映出預報位置的準確度，亦考慮到預報強度的準確與否，由結果可見(圖十六)，所有的誤差值皆在 6 dBz 以下，較之前奧克拉荷馬州風暴個案的誤差少一半。而 POD 值也顯示類似的結果(圖十七)，10 分鐘到 60 分鐘的預報結果都在 0.6 以上，結果甚佳。

綜上所述，針對大西洋的颶風 Isabel 個案從單一實驗就可發現其已具有一定的預報技術水準，此結果可作為未來應用至颶風降雨預報的初步指標。

3. 納莉颱風個案

納莉颱風發生於 2001 年 9 月，其於 6 日於台灣東北方海面形成颱風後移動方向不定，持續在台灣東北方海面打轉。至 15 日後其逐漸往西南方移動朝台灣地區靠近，於 16 日從東北角登陸。在此選取的測試時間為登陸前最靠近台灣地區之時段：9 月 16 日 0800 UTC 至 1600 UTC，以探討其預報之結果。

3.1 雷達回波分類結果

圖十八為原本經平滑後的 CREF 場經 K-means cluster 方法處理所得之分類結果，其中圖十八(a)、(b)及(c)分別為 scale 0、scale 1 及 scale 2 三個由小到大尺度的結果。由結果可見，本方法可將部分觀測到的回波特徵分類出來，且可有效地分為三個尺度。但是如仔細比對實際回波分布(圖十八 a)可發現，縱使最小尺度的 scale 0 亦未將部分螺旋狀雲帶明顯的分類出來，而且 scale 0 的分類似乎亦不夠細，如此的結果顯示使用的方法必須再修正。

導致如此結果的原因可能為輸入之 CREF 場經平滑作用後已將許多小尺度特徵濾掉，亦即平滑強度太強，導致 K-means cluster 分類方法無法區分出一些重要特徵。為證實此想法，在此進行一測試即是輸入之 CREF 場不經平滑處理，其分類結果如圖十九所示。結果可發現，在將初始 CREF 的平滑作用取消後，可明顯看出 scale 0 及 scale 1 已可將颱風中些許細微的對流結構區分出來，特別是一些明顯的螺旋狀雲帶。此結果即顯示利用 K-Means-Cluster 針對雷達回波進行分類有相當好的初步成果。

3.2 統計結果

3.2.1 估計風速之雷達回波時間間隔測試 (-O)

圖二十為使用不同雷達回波時間間隔來進行風速估計的 CSI 結果，其中採用三種時間間隔測試：分別是 5 分鐘、10 分鐘及 60 分鐘。由 CSI 的結果可見，在 10 分鐘至 60 分鐘的預報間，有一半的 CSI 顯示使用間隔愈短的雷達回波進行預報的結果愈佳，且其中間隔 5 分鐘與間隔 10 分鐘相差很小。而由 FAR 值的結果顯示(圖二十一)，三實驗的差異甚小，但仍可見使用間隔較短的雷達回波進行預報的結果略佳。

MAE 的結果則顯示時間間隔較長者反而結果較好，此可能與個案選擇有關(圖未示)。而由 POD 的結果可見，間隔 5 分鐘與 10 分鐘的結果差別並不明顯，而使用間隔 60 分鐘的大部分結果反而較間隔 5 分鐘及 10 分鐘為好(圖未示)，此原因有待進一步研究。

綜上所述，大部分的結果顯示，使用時間間隔較短之雷達回波進行運動估計所得之預報結果似乎略較間隔長者為佳，此可能是因為間隔愈近之雷達回波愈能找到類似且可追蹤之特徵，因此可得較佳的結果。

3.2.2 運動估計之時間間隔測試 (-E)

運動估計多久進行一次為一需要權衡的問題，理論上運動估計時間間隔愈短，預報所使用的資料會愈新，也就愈能反映出現在時間的情形。然而時間間隔太密又會使得計算機的負荷增加，將會影響計算速度，因此本測試即在探討不同時間間隔進行運動估計對預報的影響，所選取的時間分別為 5 分鐘及 30 分鐘。

圖二十二為兩不同時間間隔的 CSI 值結果。結果顯示，運動估計之時間間隔愈密，預報結果愈好。而 FAR(圖未示)、MAE(圖二十三)及 POD(圖未示)也顯示同樣的訊息。由此可見，進行愈密集的運動估計可非常明顯地改進預報，此原因為較稀疏的估計會使得某些預報使用到之前的運動估計，無法反映出最近的實際情況。因此在資源許可的情況下，選取夠密集的時間間隔將有助於預報之準確性。

至於將納莉的結果與伊莎貝爾的結果相比較可發現，兩者的預報結果相當好，皆具有預報水準，且納莉之結果亦較伊莎貝爾更佳，此顯示將此方法應用到台灣地區附近的颱風具有相當大的潛力。

4. 敏督利颱風個案

敏督利颱風於 2004 年 6 月 23 日在關島西北方海面形成，之後以偏西方向移動。至 30 日移動路徑戲劇性地轉變改往北方移動，朝台灣東部靠近，並於 7 月 1 日於花蓮登陸。其於 7 月 2 日至 4 日北上期間引發強烈西南氣流造成台灣地區明顯的降雨。在此選擇 7 月 1 日最為靠近台灣地區時為測試時間。

4.1 雷達回波預報結果

圖二十四為 7 月 1 日 1900 UTC、2100 UTC 及 2300 UTC 的實際達回波圖，回波分布可見此期間主要影響台灣地區的回波大致可分為三部分討論：

- a. 分佈於東北部及東部沿海的回波，幾乎在同樣區域消長，近似滯留。
- b. 由西南方外海延伸至台灣西南部區域的回波，有明顯往東移的趨勢，移開後海面上又生成新的回波移進。
- c. 分佈於巴士海峽成東北西南走向且強度較強的條狀回波。

4.1.1 雷達回波之初始場與預報場之比對

預報之雷達回波主要是由前一時間的雷達回波經估計風場平移而來(並未考慮 growth factor)，因此在測試階段比對初始場及預報場可用以探討處理過程是否有需要在修改的地方。

在此以 7 月 1 日 2000 UTC 之觀測與 2100 UTC 的預報(圖二十五)為例，結果顯示前述三個主要較強回波區域皆有掌握到，但整體而言預報場似乎太過平滑(smooth)，使得強回波區域無論範圍及強度皆有低估現象發生，特別是預報場的東北沿岸之回波減弱許多。

再以 7 月 1 日 2300 UTC 之觀測與 7 月 2 日 0000 UTC 的預報(圖二十六)為例，結果顯示，主要較強回波區域仍有掌握到。但是由於平滑的關係，東北部及東半部沿海的回波範圍變窄，巴士海峽上之強回波區域最大值也變弱。綜上所述，預報場中無論回波分佈之區域及最大回波值皆因平滑作用而使得區域變小且強度變弱，因此平滑作用強度的調整為關鍵問題。關於此部分目前是以 median filter 方法進行平滑處理，在此系統中可以更進一步調整平滑作用之強度及使用不同方法進行平滑，未來值得繼續探討。

4.1.2 雷達回波之預報場與實際回波之比對

為探討預報結果是否正確，在此將比對預報之雷達回波圖與同時間實際之雷達回波圖。以 7 月 1 日 2200 UTC 為例(圖二十七)，主要三個強回波區域都有預報出，但對於位於東北部沿岸的回波的預報東移較快，即離沿岸較遠。另外位於東部外海的回波由於過去一小時增強，範圍變大，因此預報範圍偏小。至於位於台東及屏東一帶的回波

則是於過去一小時間東移且減弱，因此預報過強。而後緣位於台南外海的回波則因過去增強，因此預報偏弱。

再以 7 月 1 日 2300 UTC 為例(圖二十八)，同樣地主要三個強回波區域都有預報到。而位於東部外海的回波在過去一小時減弱，因此預報過強，範圍較大。此外位於西南部之回波在過去一小時有組織發展的情形，範圍變大，所以預報之範圍過小。

綜上所述，一小時的預報結果大致可掌握主要回波發生的區域。但是對於東北部及東部沿岸以及東部外海的回波預報之東移速度皆過快，實際上前者近似滯留，後者移速較慢。針對此部分風場的改進，目前美國劇烈風暴實驗室正在進行將 LAPS 850 hPa 風場當作背景風場再與雷達估計風場進行同化，希望藉此可增進風場之正確性。

此外，當回波於過去一小時期間強度明顯變化，且前一小時之回波圖無此趨勢時，即無法預報出實際強度，為此方法之限制之一。

4.2 統計結果

4.2.1 估計風速之雷達回波時間間隔測試 (-O)

在此選擇差異不大的 5 分鐘及 10 分鐘進行測試，由 CSI(圖未示)、FAR(圖未示)及 MAE(圖二十九)的結果皆顯示兩者結果的差異並不大，而 POD 的結果則顯示 5 分鐘間隔之雷達回波所得的預報較 10 分鐘間隔的結果為佳，特別是反映在大於四十分鐘的預報(圖三十)。

由此可見，雷達回波間隔較短，預報結果會略佳，但兩者差異並不會太大。此可能是因為對流系統的消長其實非常快速，使用愈接近現在時間的雷達回波欲能反映出現在及未來的情況。因此在計算機資源允許的情況下，愈密集的雷達資料可得出愈佳的預報結果。

4.2.2 growth factor 測試 (-g): 是否考慮強度變化趨勢

原本 Ctrl 實驗是未考慮 growth factor 的實驗，而測試實驗則是將 growth factor 考慮進去。由 CSI 結果顯示，考慮 growth factor 後預報結果並未較好，反而略差(圖未示)。由 FAR 的結果可見(圖三十一)，考慮 growth factor 並未使報錯的比率降低，反而明顯地增加了報錯的比率。同樣地 MAE(圖三十二)及 POD(圖未示)的結果皆顯示考慮

growth factor 的預報結果較差。原因可能為對流系統的強度消長太為快速，所以前十分鐘的趨勢並不能代表未來的趨勢，或者是使用的方法還有改進的空間，值得未來繼續研究。

4.2.3 smoothing (-k): 輸入之回波場是否進行平滑

原本之 Ctrl 實驗針對輸入之 CREF 場有進行平滑，測試實驗是取消平滑作用。結果在 CSI 值的表現方面顯示(圖三十三)，有無針對初始 CREF 進行 smooth 對預報的影響不明顯。而 FAR(圖未示)及 MAE(圖未示)也顯示出同樣訊息。而由 POD 的結果顯示(圖三十四)，似乎不使用 smooth 的結果略好一些(其中部分資料有缺)。

由此可見，對初始回波是否進行平滑的測試結果則顯示，有無使用平滑後的預報結果差別不大。

三、心得

台灣地處亞熱帶季風氣候區，每年都會遭受颱風、豪雨、乾旱及寒潮等的侵襲而發生氣象災害。據中央氣象局統計，台灣地區近二十年來因氣象災害所造成的直接財物損失，平均每年高達新台幣一百七十億元以上，而間接的損失更是難以估計，對國計民生影響非常大。其中又以颱風災害為最，民國八十九年象神颱風造成台灣北部淹水；民國九十年潭美颱風造成高雄淹水，桃芝颱風在台灣花蓮及中部山區帶來的豪雨造成土石流與洪水，以及納莉颱風造成的淹水重創台北縣市及台灣西部平原。根據世界氣象組織之評估指出，由準確的預報加上適當之防災避難措施，可以減少 10%至 30%的氣象災害損失。因此為提供即時氣象和短時氣象變化之資訊與定量降水估計和預報，目前中央氣象局正逐步建置一整合性「極短時劇烈天氣預報系統」以提昇對台灣地區劇烈及災害性天氣的預報能力。

本次實習發現由美國國家劇烈風暴實驗室根據雷達資料所發展之 0-1 小時定量降水預報系統已具有相當預報能力，因此其預報結果可作為本局「極短時劇烈天氣預報系統」之重要參考之一，主要結論如下：

- 由 K-means cluster 的分類的結果可見，scale 0、scale 1 及 scale 2 三個尺度可由小到大區分出不同尺度之對流系統，而且經修正後結果已可掌握到螺旋狀對流的結構，可見此分類方法之初步結果尚佳。
- 預報回波場與初始場相比分佈平滑許多，這是因為所採用之平滑作用所致，此可能使得回波分佈之範圍變小且強度變弱，將導致預報降雨不同。因此平滑處理需繼續測試，應試著減弱平滑強度或是取消平滑處理過程。
- 於敏督利颱風個案可發現，對於東北部沿海近似滯留的回波以及東方外海之回波預報場皆顯示預報東移偏快，可見風場部分尚有改進的空間，目前已開始加入 LAPS 850 hPa 的風場當作背景場再同化雷達估計風場，希望可以求出更合理之風場分佈。
- 敏督利颱風個案中對於分布於南部山區的回波預報不佳，是因為此區域之對流消長過於迅速，過去之強度趨勢無法代表未來強度變化所致。對流迅速消長的情況在台灣地區十分普遍，因此將為本定量降雨

預報系統的限制。

至於參數測試的結果摘要如下：

- 針對初始 CREF 進行 smooth (-k)對預報並無負面影響，有時尚有正面影響。但其強度可能影響 K-means cluster 的分類結果，以後需繼續測試。
- 在計算資源的速度及儲存空間的許可下，進行風速估計時，雷達回波選擇間隔愈短愈好(-O)；運動估計的計算間隔亦是愈密集愈好(-E)。
- 在無估計速度之資料空缺處內插資料(splatting) (-S)，對預報並無負面影響。
- 預報時考慮過去回波強度變化趨勢(growth factor)的結果整體來說有好有壞，可能是因為對流胞消長過於快速所以大部分過去之現象不能代表未來趨勢，或著是處理方法尚有值得繼續改進的地方，值得未來繼續思考。

四、建議

基於氣象防災、防洪及水資源利用之需求，以及滿足民眾安排更細微精確的日常生活與交通旅遊時所需，極短時天氣預報系統之建置及對相關技術之瞭解，為中央氣象局迫切欲完成的工作之一。本局繼之前與美國國家劇烈風暴實驗室合作，順利引進應用都卜勒雷達資料以偵測及分析劇烈天氣系統之技術之後，目前持續與該實驗室合作發展 0-1 小時降水預報系統，目前已有具相當預報技術的測試結果。由過去合作之經驗及成果可發現，此類與國外相關單位合作的研究計畫可結合國內外氣象專才之能力，在未來需持續進行才能有效率地完成本局「極短時劇烈天氣預報系統」之建置。

五、參考文獻

- Kalman, R., 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems. *Trans. ASME- J. Basic Engr.*, 35-45.
- Lakshmanan, V., 2001. A hierarchical, multiscale texture segmentation algorithm for real-world scenes. Ph.D. thesis, U. Oklahoma, Norman, OK.
- Lakshmanan, V. DeBrunner , and V., R. Rabin, 2002. Nested partitions using texture segmentation. *Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, IEEE*, Santa Fe, New Mexico.
- Lakshmanan, V., R. Rabin, and V. DeBrunner. Multiscale storm identification and forecast. *J. Atmos. Research*
- Lakshmanan, V. DeBrunner , and V., R. Rabin. An unsupervised, agglomerative, spatially aware texture segmentation technique. *IEEE Trans. Image Processing*
- Zipser, E. J., 1983. Nowcasting and very short-range forecasting. In *The National STORM Program: Scientific and Technological Bases and Major Objectives*, Univ. Corp. for Atmos. Res., Boulder, CO, 6-1 to 6-30.

六、圖說及表說

圖一 0-1 小時 QPF 流程圖。

圖二 雷達資料合成簡圖。

圖三 回波分類概念圖。

圖四 本系統之分類方法應用至紅外線雲圖之結果。

圖五 Advector 示意圖。

表一 hit、miss 及 false alarm 之意義。在此閾值設為 20 dBz。

圖六 Okalahoma 個案針對 growth factor 參數測試之 CSI 值統計結果。

圖七 Okalahoma 個案針對 growth factor 參數測試之 MAE 值統計結果。

圖八 Okalahoma 個案針對 splatting 參數測試之 FAR 值統計結果。

圖九 Okalahoma 個案針對 splatting 參數測試之 MAE 值統計結果。

圖十 Okalahoma 個案針對 smoothing 參數測試之 FAR 值統計結果。

圖十一 Okalahoma 個案針對 smoothing 參數測試之 MAE 值統計結果。

圖十二 Okalahoma 個案針對不同間隔之雷達回波測試之 MAE 值統計結果。

圖十三 Okalahoma 個案針對不同間隔之雷達回波測試之 POD 值統計結果。

圖十四 Isabel 颶風個案之 CSI 值統計結果。

圖十五 Isabel 颶風個案之 FAR 值統計結果。

圖十六 Isabel 颶風個案之 MAE 值統計結果。

圖十七 Isabel 颶風個案之 POD 值統計結果。

圖十八 2001 年 9 月 16 日 1100 UTC(a)雷達回波圖；(b) scale 0 之分類結果；(c) scale 1 之分類結果；(c) scale 2 之分類結果 (經平滑)。

圖十九 2001 年 9 月 16 日 1100 UTC (a) scale 0 之分類結果；(b) scale 1 之分類結果；(c) scale 2 之分類結果(未經平滑)。

圖二十 納莉颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 CSI 值統計結果。

圖二十一 納莉颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 FAR 值統計結果。

圖二十二 納莉颱風個案針對不同運動估計時間間隔測試之 CSI 值統計結果。

圖二十三 納莉颱風個案針對不同運動估計時間間隔測試之 MAE 值統計結果。

圖二十四 2004 年 7 月 1 日 (a)1900 UTC; (b)2100 UTC; (c)2300 UTC, 之雷達回波圖。

圖二十五 (a) 2004 年 7 月 1 日 2000 UTC 實際雷達回波圖; (b) 2001 年 7 月 1 日 2100 UTC 預報之雷達回波圖。

圖二十六 (a) 2004 年 7 月 1 日 2300 UTC 實際雷達回波圖; (b) 2001 年 7 月 2 日 0000 UTC 預報之雷達回波圖。

圖二十七 2004 年 7 月 1 日 2200 UTC (a) 預報之雷達回波圖; (b) 實際雷達回波圖。

圖二十八 2004 年 7 月 1 日 2300 UTC (a) 預報之雷達回波圖; (b) 實際雷達回波圖。

圖二十九 敏督利颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 MAE 值統計結果。

圖三十 敏督利颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 POD 值統計結果。

圖三十一 敏督利颱風個案針對 growth factor 參數測試之 FA 值統計結果。

圖三十二 敏督利颱風個案針對 growth factor 參數測試之 MAE 值統計結果。

圖三十三 敏督利颱風個案針對 smoothing 參數測試之 CSI 值統計結果(部分資料有缺)。

圖三十四 敏督利颱風個案針對 smoothing 參數測試之 POD 值統計結果(部分資料有缺)。

附錄一

SegMotion 的參數設定說明

Command-line Arguments for SegMotion

The following are command-line arguments for the WDSS-II algorithm w2segmotionll. Descriptions are taken directly from WDSS-II documentation. Text in red are additional (and hopefully helpful) comments.

WDSS-II (c) 2001-2004, University of Oklahoma. All rights reserved.

w2segmotionll -i inputURL -o outputDirectory [-l lbName] [-T trackedProductName]
[-r] [--verbose] [-R] [-C grid-resolution ratio] [-k kernelname] [-A
advectionedProductList] [-t advectionTimeList] [-F time between forecasts][-a] [-c] [-d
"min max"] [-g] [-G max-growth] [-D max-decay] [-I] [-E every-so-many-minutes=-1]
[-O over-how-long-to-estimate=-1] [-S turnoff splatting] [-v] [-h] [-f cluster field(s)]
[-w ModelWindFieldName]

e.g: w2segmotionll -i xml:/home/wdssii/data/demo/KFWS/code_index.xml -T
"Reflectivity:00.50" -t "30 60" --verbose -d "20 60" -o /tmp/netcdf

Option	Description
-i	Specifies input directory.
-o	Specifies output directory.
-r	Specifies that the algorithm should run in real-time. The default is to run on an archived case.
-T	Sets the type of input (default is to contour everything possible.)
-l	Argument specifies the notification LB. By default, this is outputDir/code_index.lb
-R	Argument indicates that RadialSets should be handled directly. The default converts the RadailSet to a CartesianGrid before smoothing
-C	Parameter changes the grid resolution of CartesianGrids created from RadialSets from that of 0.1xgate width. For example, if the RadialSet's gate width is 1km, then if the ratio is 3, the CartesianGrid's resolution is 0.33km. If the input ratio is 0.33 then the grid resolution will be 3km
-k	Option changes the smoothing filter from a median filter. For a

	complete list of kernels, see w2smooth. <i>Run segmotion without any prior smoothing by setting this option to "none". Default is to smooth.</i>
-A	By specifying a list of products with -A, you can have those products forecast by the time intervals specified with the -t option.
-t	Option specifies time intervals over which to forecast.
-a	Turns on acceleration correction to the velocity estimates. This makes the forecasts slightly more accurate (higher CSI) but is more memory intensive
-c	Uses a constant U-V field to advect the entire field (instead of using a different motion estimate at every point).
-d	Option changes the active data range from 20 50 (min max). e.g: -d "10 55" might work better for VIL.
-g	Option turns *off* growth factor for the forecast products (assumes steady state rather than linear growth). Default is to turn on the growth factor.
-G	Provides the maximum rate of increase in any forecast, currently 0.2 meaning no more than a 20% increase.
-D	Provides the maximum rate of decay in any forecast, currently 0.5 meaning no more than a 50% drop.
-I	Option turns on the writing of inputs.
-E	Option makes the motion estimates come not more than every E minutes. If 0 or negative (the default), then motion estimates are produced every frame
-O	Changes the time interval over which motion is computed. If O = 30, then frames at least 30 minutes apart are used in the motion estimation. If O is zero or negative, then motion estimates are based on adjacent frames.
-F	Changes the time between forecasts. By default, every input is advected every time a motion estimate is made, but if F is set to 15, forecasts are created only once every 15 minutes. <i>Currently, there is a small bug with this option. Setting -F to 5 actually results in forecasts 10 minutes apart. The value for option -F has 5 minutes added to it.</i>
-v	States that smaller values are more interesting, such as for infrared temperature.
-h	Turns on histogram equalization before clustering. This tends to improve segmentation of images with a non-linear dynamic range
-S	Turns on splatting during advection. <i>Splatting can be thought of as</i>

	<i>spatially interpolating the advected values to avoid holes in the output field.</i>
-f	Option adds extra gridded fields whose properties will be noted for each cell. e.g: -f "VIL SHI POSH" etc.
-w	Option can be used to provide a background windfield estimate usually from a model e.g: -w WindField:ISBL_20km150_analysis

Example from Nari case:

```
w2segmotionll -i
xmlb:/home/langston/case_data/tw_010916_nari/cref_smooth/code_index.lb
-o /home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/segMotion
-T cref_smooth -t "10" -F 5 -g -I -E 5 -O 10 -S --verbose
```

Description:

The product, cref_smooth, is used to make motion estimates (-T cref_smooth). Frames 10 minutes apart are used to make motion estimates (-O10). Motion estimates are made every 5 minutes (-E 5). The growth factor is turned off (-g). Splatting during advection is turned on (-S). A 10 minute forecast will be made for cref_smooth (-t "10").

附錄二

Advector 的參數設定說明

Command-line Arguments for Advector

The following are command-line arguments for the WDSS-II algorithm w2advectorll. Descriptions are taken directly from WDSS-II documentation. Text in red are additional (and hopefully helpful) comments.

WDSS-II (c) 2001-2004, University of Oklahoma. All rights reserved.

w2advectorll -i inputURL(s) -o outputDirectory [-l lbName] -T trackedProductName [-r] [--verbose] [-C grid-resolution ratio] [-k kernelname] [-A advectedProductList] [-t advectionTimeList] [-G max-growth] [-D max-decay] [-I] [-v]

e.g: w2advectorll -i xml:/home/wdssii/data/demo/KFWS/code_index.xml -T "Reflectivity:00.50" -A "VIL:Vol MESH:Vol" -t "30 60" --verbose -d "20 60" -o /tmp/netcdf

Option	Description
-i	Specifies input directory.
-o	Specifies output directory.
-r	Specifies that the algorithm should run in real-time. The default is to run on an archived case. It requires as inputs, the tracked product, the MotionEast, MotionNorth, GrowthRate fields from any of the input URLs.
-T	Option sets the tracking product name.
-l	Argument specifies the notification LB. By default, this is outputDir/code_index.lb
-R	Argument indicates that RadialSets should be handled directly. The default converts the RadailSet to a CartesianGrid before smoothing
-C	Parameter changes the grid resolution of CartesianGrids created from RadialSets from that of 0.1xgate width. For example, if the RadialSet's gate width is 1km, then if the ratio is 3, the CartesianGrid's resolution is 0.33km. If the input ratio is 0.33 then the grid resolution will be 3km
-k	Option changes the smoothing filter from a median filter. For a

	complete list of kernels, see w2smooth. <i>Run advector without any prior smoothing by setting this option to "none".</i>
-A	By specifying a list of products with -A, you can have those products forecast by the time intervals specified with the -t option.
-t	Option specifies time intervals over which to forecast.
-a	Turns on acceleration correction to the velocity estimates. This makes the forecasts slightly more accurate (higher CSI) but is more memory intensive
-c	Uses a constant U-V field to advect the entire field (instead of using a different motion estimate at every point).
-d	Option changes the active data range from 20 50 (min max). e.g: -d "10 55" might work better for VIL.
-g	Option turns *off* growth factor for the forecast products (assumes steady state rather than linear growth).
-G	Provides the maximum rate of increase in any forecast, currently 0.2 meaning no more than a 20% increase.
-D	Provides the maximum rate of decay in any forecast, currently 0.5 meaning no more than a 50% drop.
-I	Option turns on the writing of inputs.
-v	States that smaller values are more interesting, such as for infrared temperature.
-h	Turns on histogram equalization before clustering. This tends to improve segmentation of images with a non-linear dynamic range
-S	Turns on splatting during advection. <i>Splatting can be thought of as spatially interpolating the advected values to avoid holes in the output field.</i>
-s	Option changes the preferred scale (<i>of motion</i>) used for advection. For example -s 1 will use scale 1 regardless of the time period required. The default is to use scale 0 for under 30 minutes, scale 1 for 30-90 minutes, scale 2 for higher time periods. <i>Using this option forces all forecasts to use the user defined scale no matter the forecast length.</i>

Example from Nari case:

```
w2advectorll -i
xmllb:/home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/segMotion/code_index.lb
-o /home/langston/case_data/tw_010916_nari/F10_O10/advector
-T cref_smooth -A cref_smooth -t "10 20 30 40 50 60 120 180" -g -I -S --verbose
```

Description:

The algorithm will use motion estimates based on cref_smooth data (-T cref_smooth) to advect the cref_smooth field (-A cref_smooth). The growth factor is turned off (-g). Splatting during advection is turned on (-S). Forecasts for the cref_smooth field will be made for 10, 20, 30, 40, 50, 60 120, and 180 minutes (-t "10 20 30 40 50 60 120 180").

附錄三

新增 NIDS 格式產品操作程序

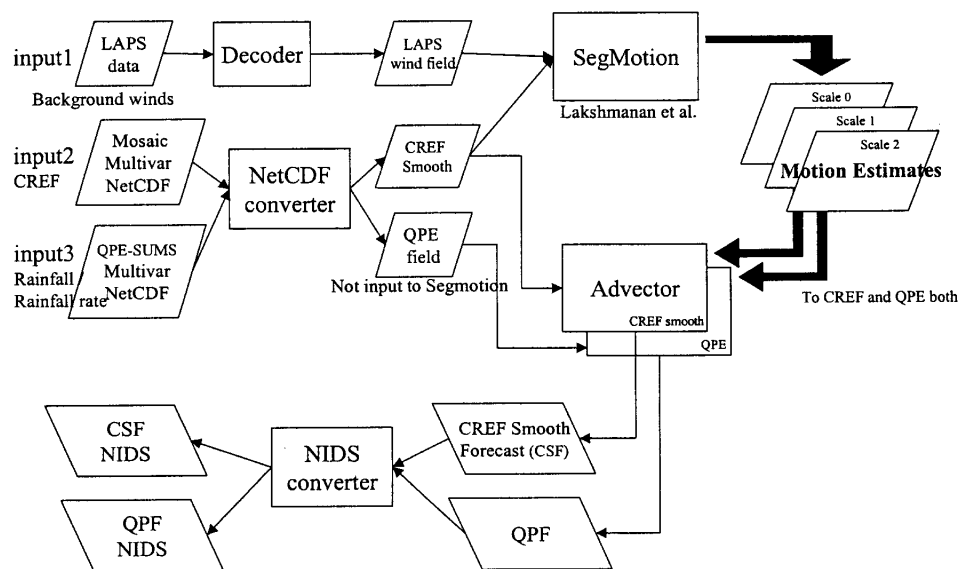
目的：於 QPESUMS 系統中欲增加顯示之心產品時，需修改的相關檔案是屬於 Mac(Macintosh)檔案，僅能於 Mac 系統中修改，目前尚未發展至其他系統，所以需以以下步驟執行。

準備工作：先準備好欲新增的資料，將其轉換為 NIDS 格式，其中需於檔頭(header)給定合適之產品編號及產品名稱。並將此資料傳送至放置資料的伺服器。

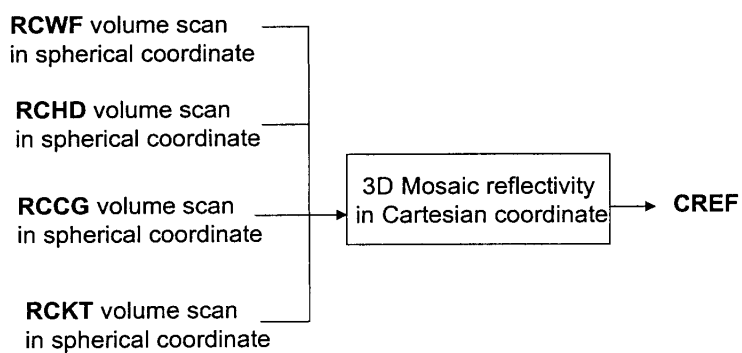
1. 將最新版本之 OCS 路徑下的 Mosaic Products 傳至 Mac 電腦。
2. 找到於 Mac 電腦桌面上之 Saphos 硬碟，其中 nids 路徑下有應用程式 SwapForks（註 1）。
3. 將最新版本之 Mosaic Products 拖曳至 SwapForks，此時該檔案時間將會更新為現在時間。
4. 雙擊 Mosaic Products 檔案，此時應會以 ResEdit 的標準模式(Classic Mode)開啟。
5. 雙擊其中之 PROD (如未發現 PROD，請重複步驟 3 與 4)。
6. 使用 Apple-D 鍵從現有產品中挑選出與欲新增產品類似的產品進行複製。
7. 修改新產品的內容，包括產品名稱(Product Name)、產品說明(Product Abbr)、產品單位(Product Unit)及產品號碼(Product Number)，其中產品說明於顯示時會出現於螢幕上。此外 PDEP 下的內容亦需修改，包括：產品說明(PDEP Abbr)、產品名稱(PDEP Name)及產品單位(PDep Unit)。
8. 利用 Apple-I 更改新產品的 ID，使其與 NIDS 格式檔頭(header)中的產品編號相吻合。
9. 存檔。
10. 將更改好之 Mosaic Products 拖曳至 SwapForks，此時該檔案時間將更新為現在時間。

11.將此 Mosaic Products 更新至每台使用者的電腦，即可使用。

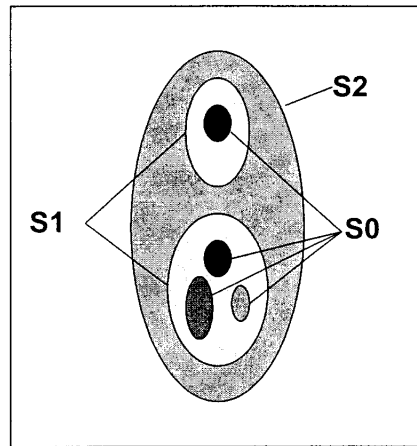
註 1: 於 Mac 系統中需使用 SwapFork 的原因是因為藉此工具可以將檔案轉換成可以編輯的格式，有關 Mac 檔案與一般 PC 檔案的差異可於網站：www.asy.com/files.htm 得到相關訊息。



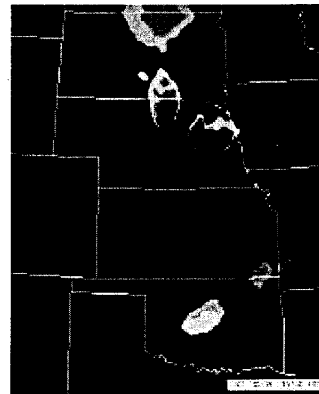
圖一 0-1 小時 QPF 流程圖。



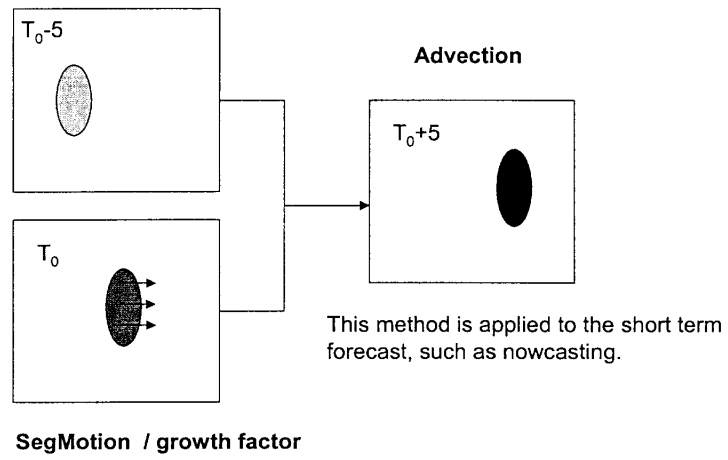
圖二 雷達資料合成簡圖。



圖三 回波分類概念圖。



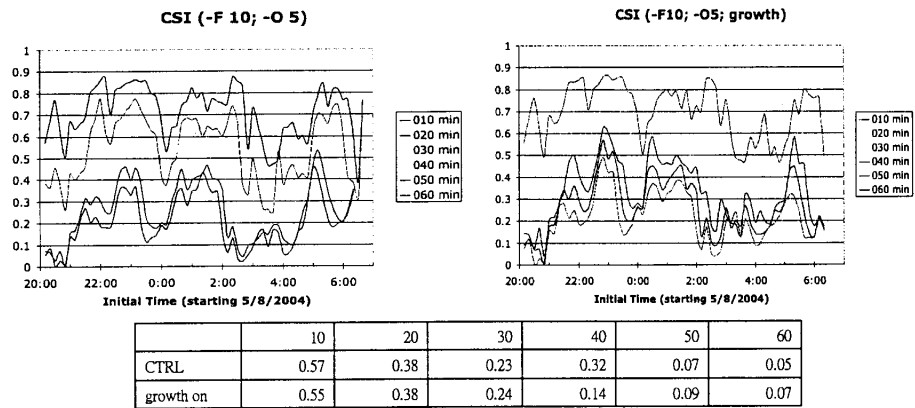
圖四 本系統之分類方法應用至紅外線雲圖之結果。



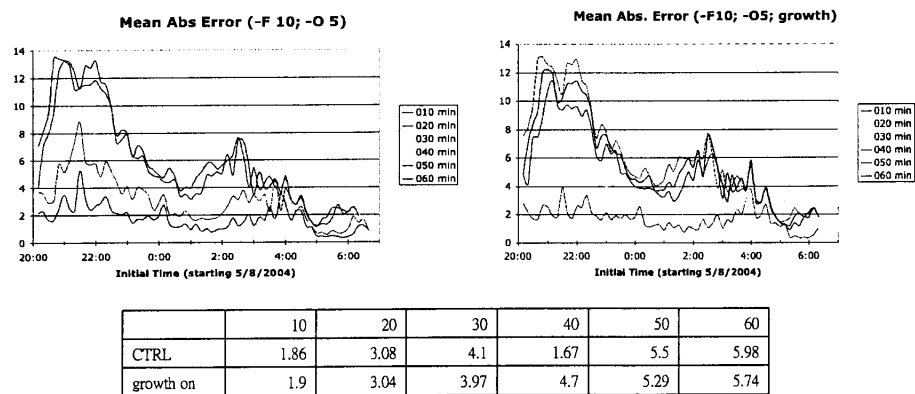
圖五 Advective 示意圖。

	Measured dBz > 20	Measured dBz < 20
Forecast dBz > 20	hit	False alarm
Forecast dBz < 20	miss	null

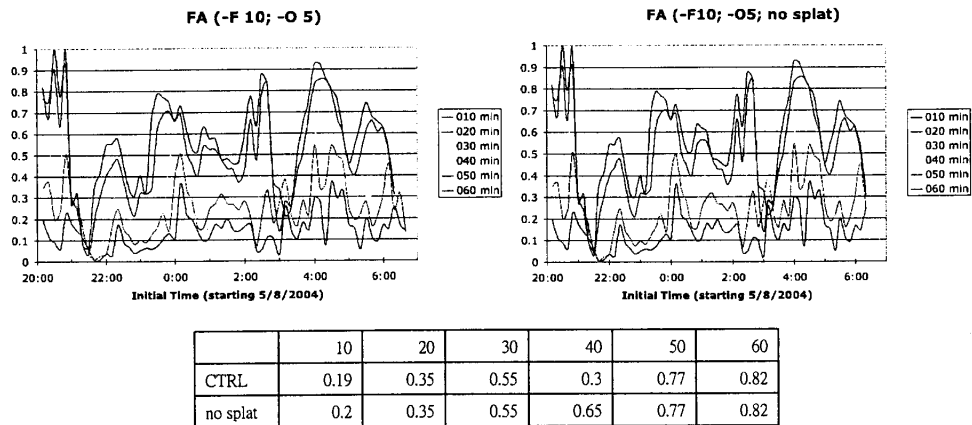
表一 hit、miss 及 false alarm 之意義。在此閾值設為 20 dBz。



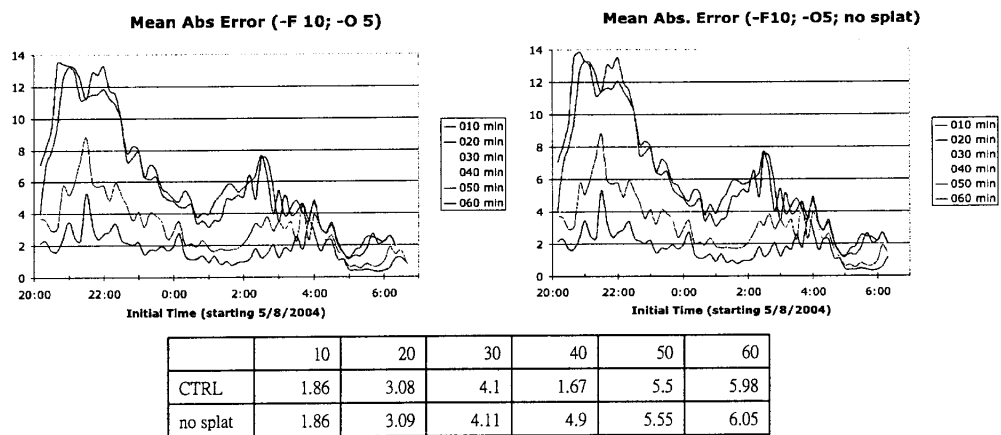
圖六 Okalahoma 個案針對 growth factor 參數測試之 CSI 值統計結果。



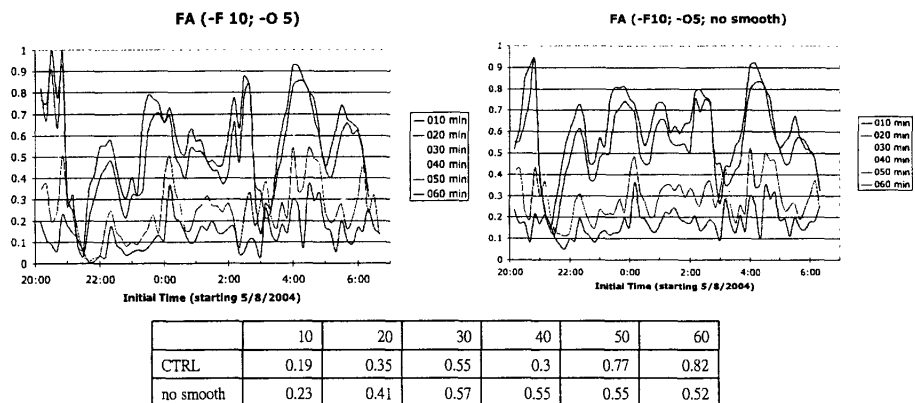
圖七 Okalahoma 個案針對 growth factor 參數測試之 MAE 值統計結果。



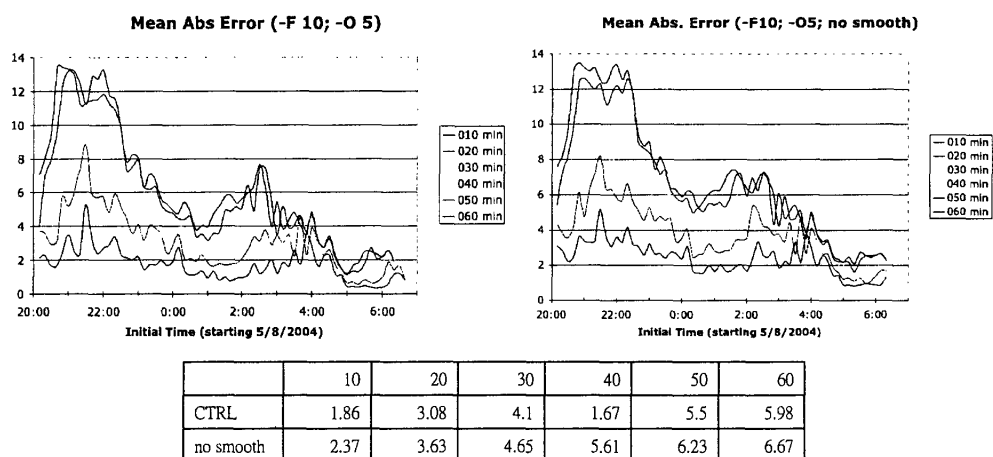
圖八 Oklahoma 個案針對 splatting 參數測試之 FAR 值統計結果。



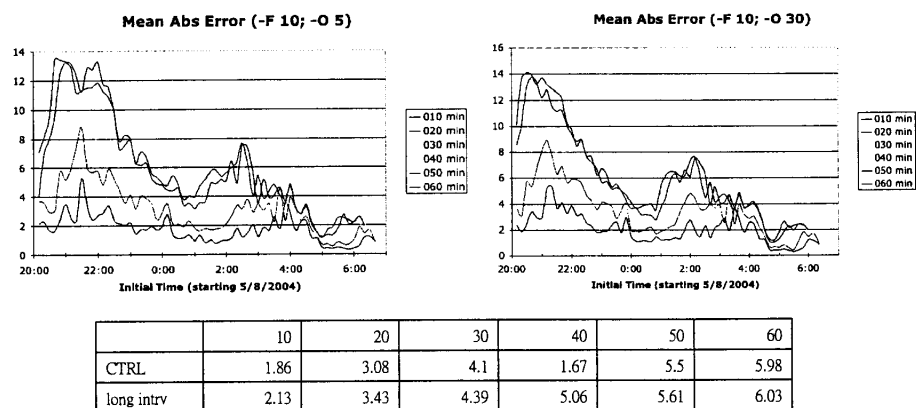
圖九 Oklahoma 個案針對 splatting 參數測試之 MAE 值統計結果。



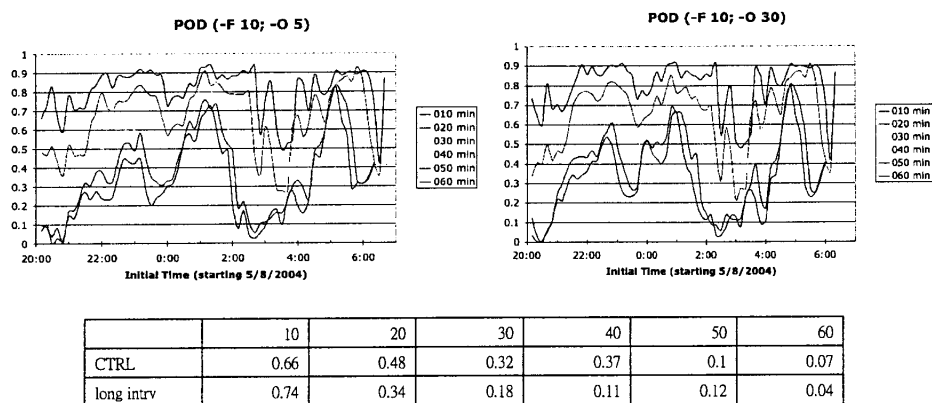
圖十 Okalahoma 個案針對 smoothing 參數測試之 FAR 值統計結果。



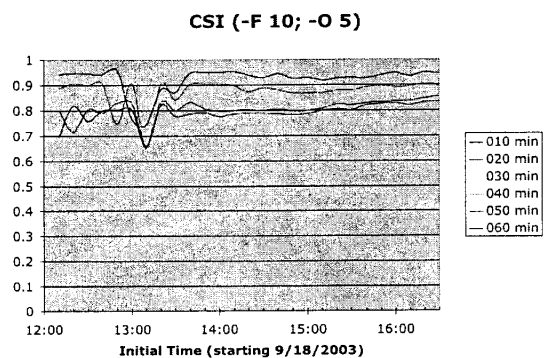
圖十一 Okalahoma 個案針對 smoothing 參數測試之 MAE 值統計結果。



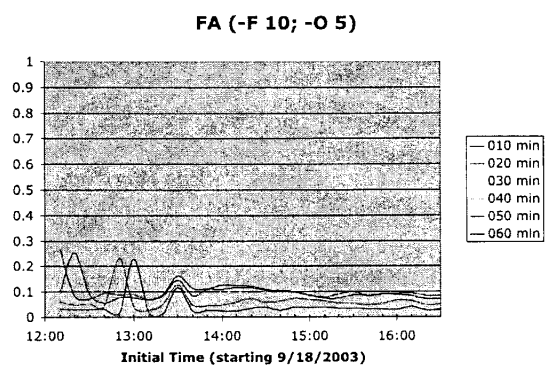
圖十二 Okalahoma 個案針對不同間隔之雷達回波測試之 MAE 值統計結果。



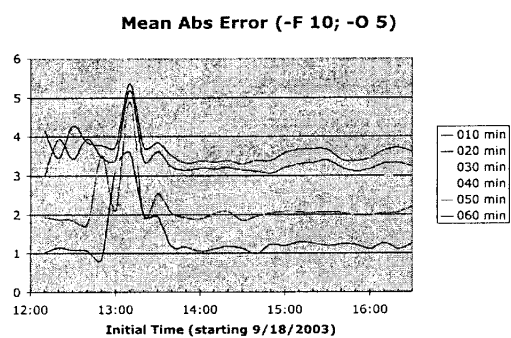
圖十三 Okalahoma 個案針對不同間隔之雷達回波測試之 POD 值統計結果。



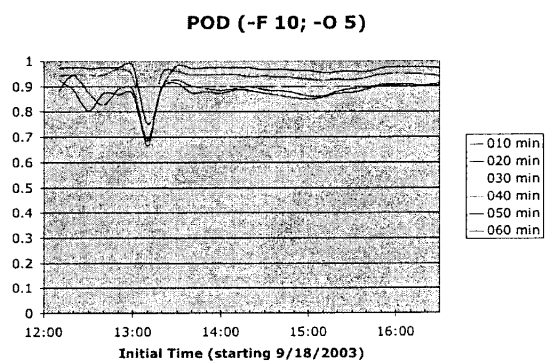
圖十四 Isabel 颶風個案之 CSI 值統計結果。



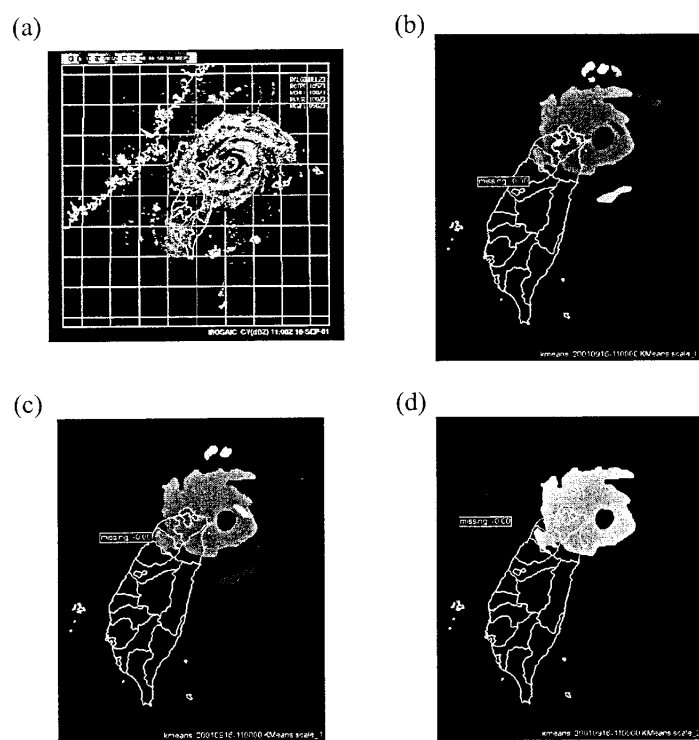
圖十五 Isabel 颶風個案之 FAR 值統計結果。



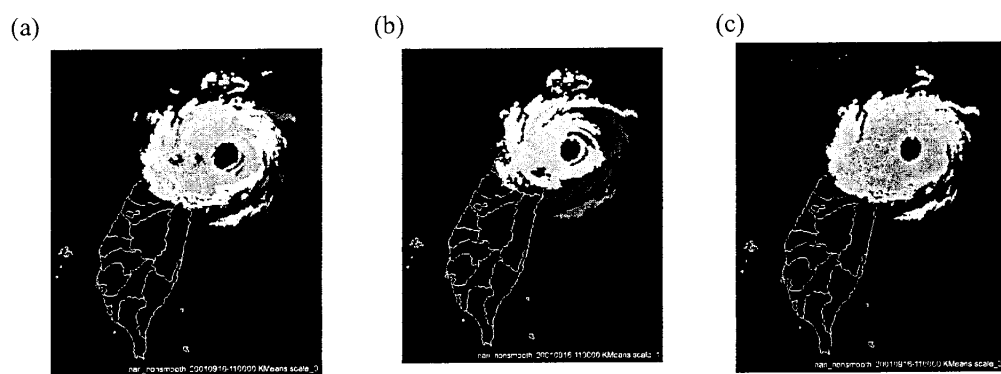
圖十六 Isabel 颶風個案之 MAE 值統計結果。



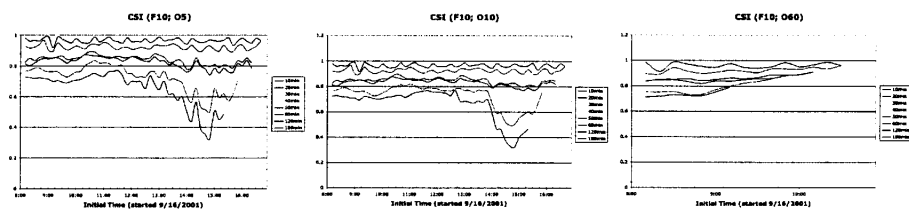
圖十七 Isabel 颶風個案之 POD 值統計結果。



圖十八 2001 年 9 月 16 日 1100 UTC(a)雷達回波圖；(b) scale 0 之分類結果；
(c) scale 1 之分類結果；(d) scale 2 之分類結果 (經平滑)。

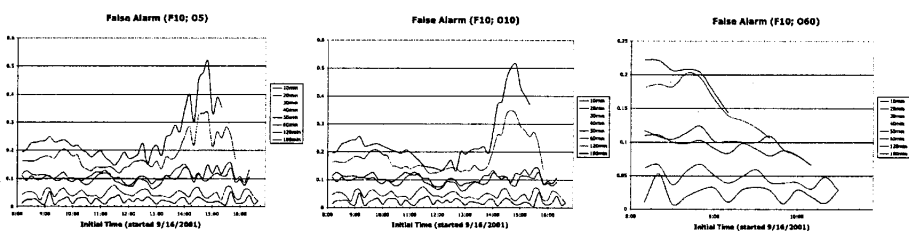


圖十九 2001 年 9 月 16 日 1100 UTC (a) scale 0 之分類結果；(b) scale 1 之分類結果；
(c) scale 2 之分類結果(未經平滑)。



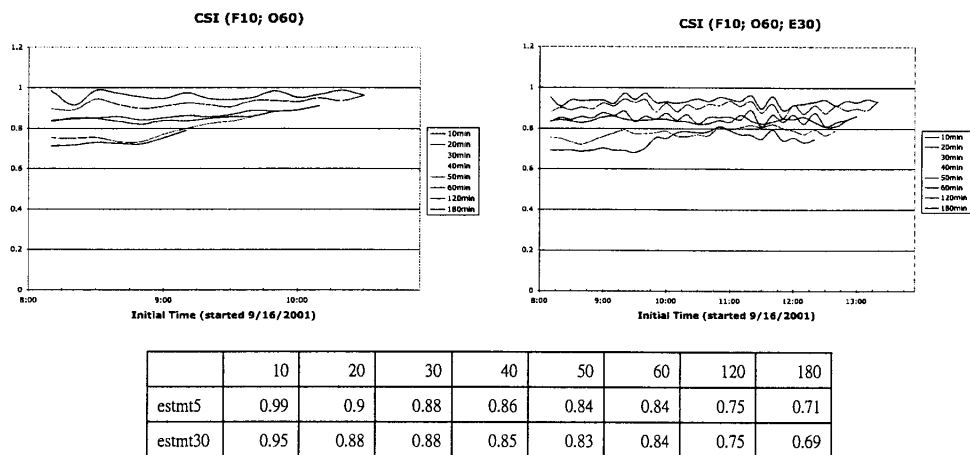
	10	20	30	40	50	60	120	180
intrv5	0.98	0.93	0.89	0.84	0.83	0.81	0.77	0.73
intrv10	0.98	0.92	0.88	0.84	0.82	0.81	0.76	0.72
intrv60	0.99	0.9	0.88	0.86	0.84	0.84	0.75	0.71

圖二十 納莉颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 CSI 值統計結果。

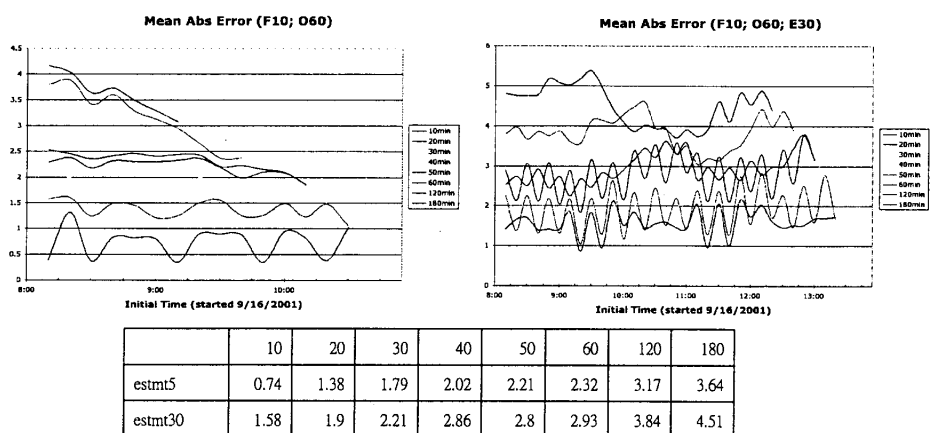


	10	20	30	40	50	60	120	180
intrv5	0.01	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.16	0.2
intrv10	0.01	0.05	0.07	1	0.11	0.11	0.16	0.2
intrv60	0.01	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.18	0.22

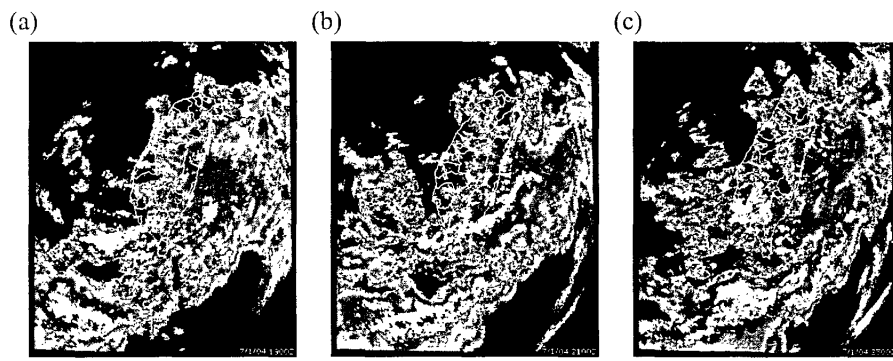
圖二十一 納莉颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 FAR 值統計結果。



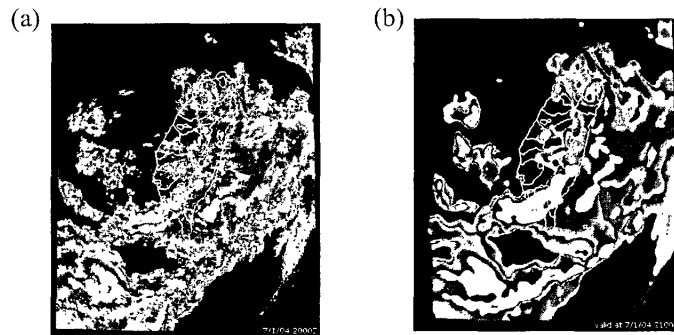
圖二十二 納莉颱風個案針對不同運動估計時間間隔測試之 CSI 值統計結果。



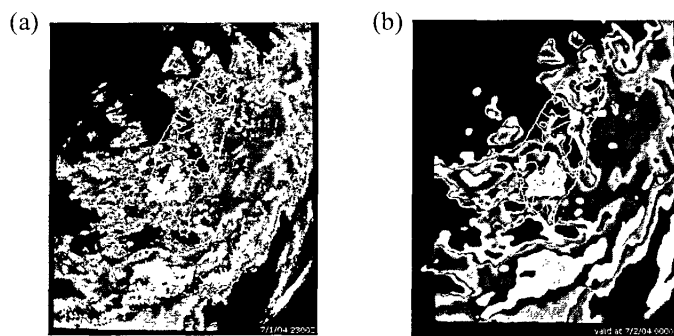
圖二十三 納莉颱風個案針對不同運動估計時間間隔測試之 MAE 值統計結果。



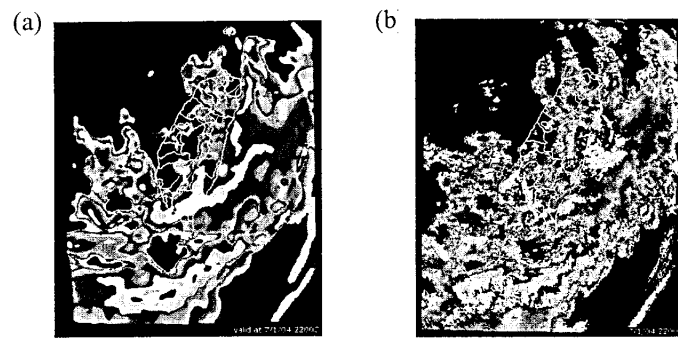
圖二十四 2004 年 7 月 1 日 (a)1900 UTC；(b)2100 UTC；(c)2300 UTC，之雷達回波圖。



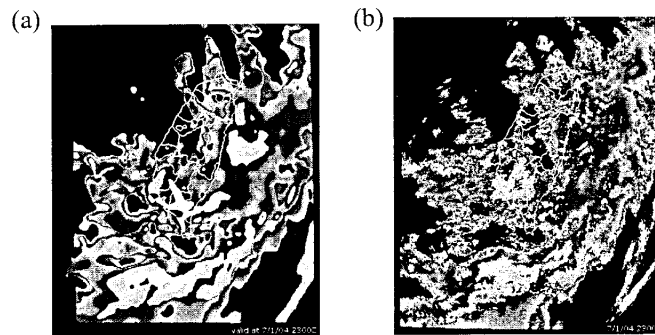
圖二十五 (a) 2004 年 7 月 1 日 2000 UTC 實際雷達回波圖；(b) 2001 年 7 月 1 日 2100 UTC 預報之雷達回波圖。



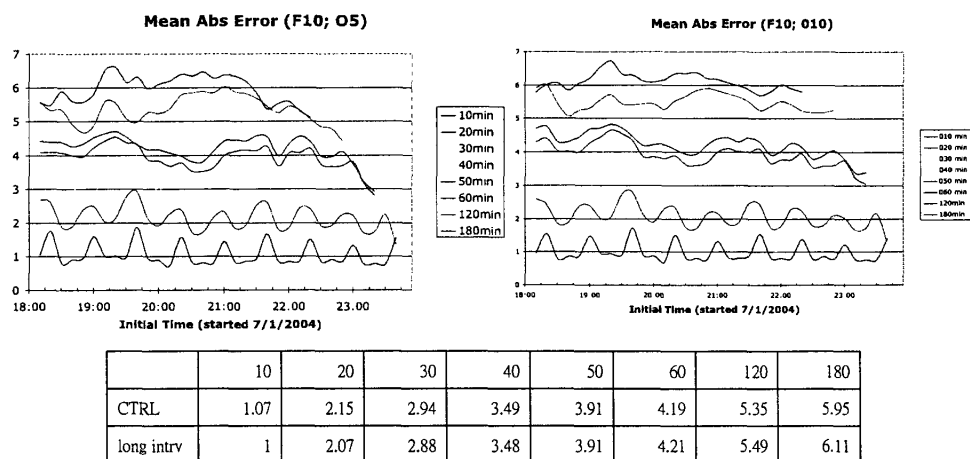
圖二十六 (a) 2004 年 7 月 1 日 2300 UTC 實際雷達回波圖；(b) 2001 年 7 月 2 日 0000 UTC 預報之雷達回波圖。



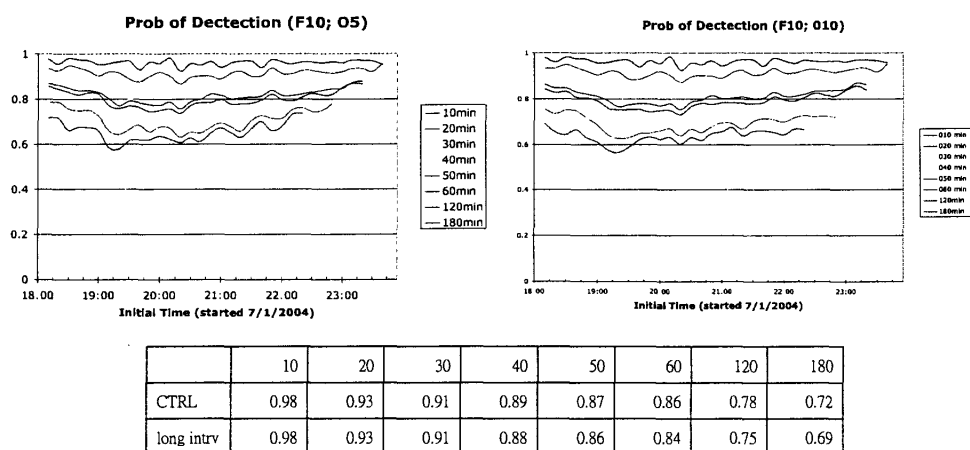
圖二十七 2004 年 7 月 1 日 2200 UTC (a) 預報之雷達回波圖；(b) 實際雷達回波圖。



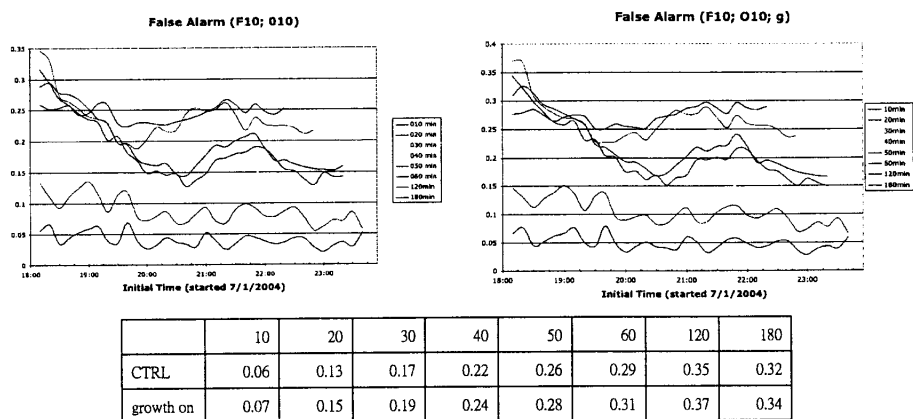
圖二十八 2004 年 7 月 1 日 2300 UTC (a) 預報之雷達回波圖；(b) 實際雷達回波圖。



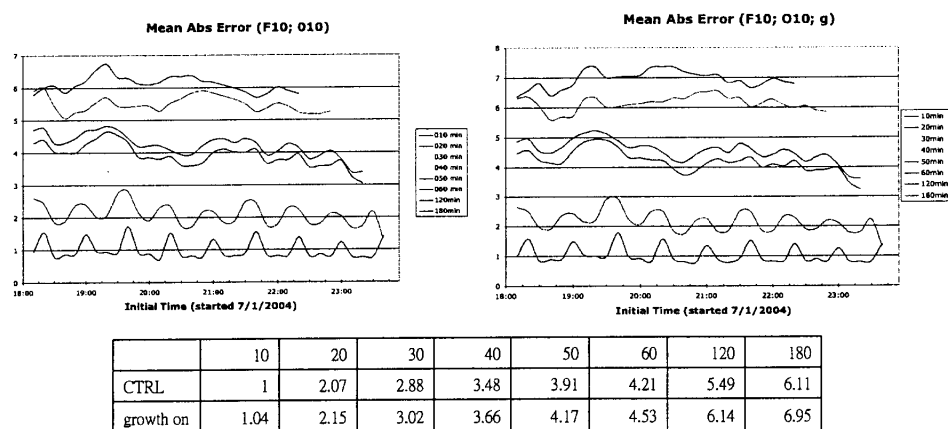
圖二十九 敏督利颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 MAE 值統計結果。



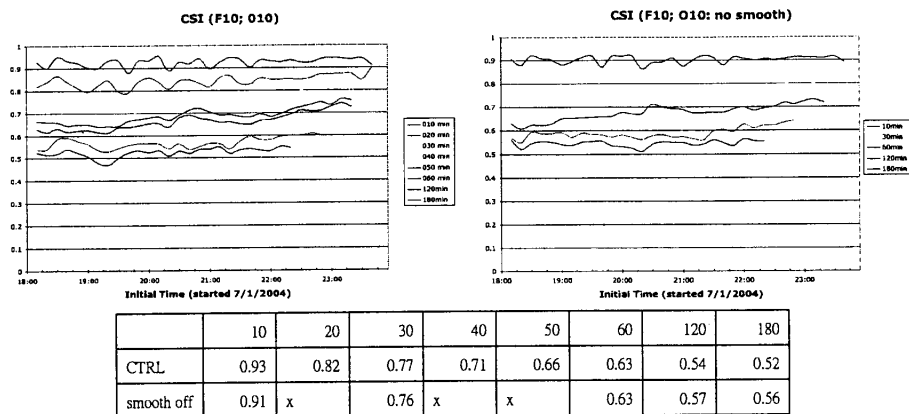
圖三十 敏督利颱風個案針對不同間隔之雷達回波測試之 POD 值統計結果。



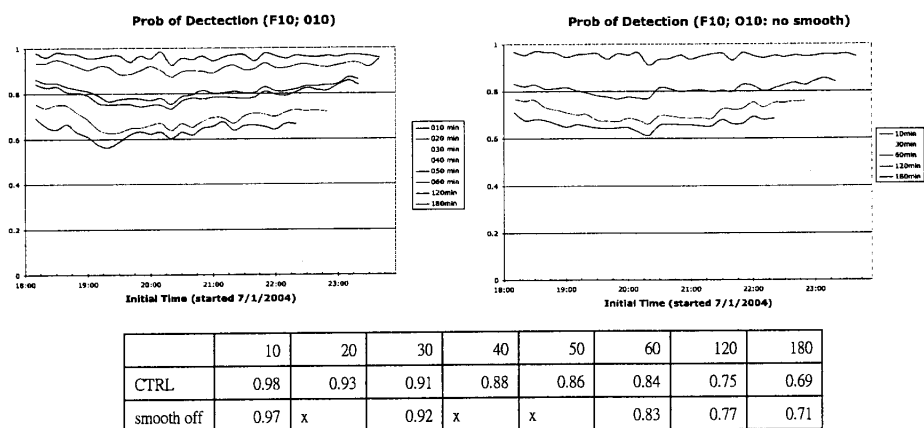
圖三十一 敏督利颱風個案針對 growth factor 參數測試之 FA 值統計結果。



圖三十二 敏督利颱風個案針對 growth factor 參數測試之 MAE 值統計結果。



圖三十三 敏督利颱風個案針對 smoothing 參數測試之 CSI 值統計結果(部分資料有缺)。



圖三十四 敏督利颱風個案針對 smoothing 參數測試之 POD 值統計結果(部分資料有缺)。