

## 第五章 渦旋植入法實驗結果與統計分析

### 5.1 渦旋植入後路徑系集預報分析

由於 NCEP GFS 預報場解析度仍偏低，模擬出的颱風強度偏弱，不符合實際強度，實驗中選擇辛樂克及薔蜜颱風前 6 個時間點，共計 12 組實驗，進行渦旋植入測試，以補足模擬颱風偏弱的情形，並檢視其實驗結果。為避免與前章未植入渦旋前各降水物理參數法組合命名混淆，於本章各降水物理參數法組合命名之後加註 b 以區別之。

表 5.1 為辛樂克及薔蜜颱風渦旋植入前、後颱風中心海平面氣壓表，可與 JTWC 最佳颱風路徑所公布之中心氣壓值比對。在本實驗中，均選擇渦旋中心之海平面氣壓較接近實際者為植入對象。

圖 5.1(a)~(f)及圖 5.2(a)~(f)別為辛樂克颱風渦旋植入前、後海平面氣壓分布；圖 5.3(a)~(f)及圖 5.4(a)~(f)則為薔蜜颱風渦旋植入前、後海平面氣壓分布。由上述圖中所示，渦旋植入前，初始資料分析之颱風強度偏弱，渦旋植入後均可有效加強原始颱風之強度。

圖 5.5(a)~(f)為辛樂克颱風渦旋植入後不同降水物理過程參數法之系集預報結果，時間為 2008 年 9 月 9 日 0000 UTC~9 月 11 日 1200 UTC，每 12 小時預報一次；圖 5.6(a)~(f)為薔蜜颱風渦旋植入後不同降水物理過程參數法之系集預報結果，時間為 2008 年 9 月 24 日 1200 UTC~9 月 27 日 0000 UTC，亦為每 12 小時預報一次。由上述系集預報結果與同時段未植入渦旋之系集預報結果比較，可有下列之發現：第一、根據不同降水物理過程參數法之路徑系集預報可以發現，經過渦旋植入後仍可有效提供路徑分布，對於颱風路徑預報其行進方向及範圍有所助益。第二、路徑分布範圍較未植入者減小，對於颱風未來行進方向將更為確定。第三、由於植入之颱風強度較強，因此提供了較長的預報時間，亦產生在預報前期(約前 24 小時之預報)較一致的路徑分布。

## 5.2 綜合統計分析

為討論渦旋植入前、後對於實驗結果之影響，本節將利用統計方法檢視渦旋植入後之實驗結果，並與未植入渦旋之實驗進行比較分析。

### 5.2.1 最佳參數法組合

在實驗中，根據各降水物理參數法之平均路徑誤差結果，統計 12 個渦旋植入實驗個案中第 24、48 及 72 小時之平均路徑誤差，可以得到表 5.2。表格中，最小平均誤差者以綠色示之、次者以黃色示之、再次者以紅色示之。

由表中可以發現，渦旋植入法實驗在第 24、48 及 72 小時的表現皆以 run33b 最小，其平均路徑誤差分別約為 77.2 公里、119.2 公里及 134.9 公里。因此選擇 Grell-Devenyi 積雲參數法及 WSM3 微物理參數法之組合時，可為渦旋植入法後最佳參數法組合。此發現與未植入渦旋前之最佳參數法組合 run13 是不一致的，其原因可能為渦旋植入後，模式中渦旋被增強，且 Grell-Devenyi 積雲參數法為深對流參數法，可能使渦旋更接近實際颱風之結構，所以在渦旋植入後可為最佳參數法組合。

### 5.2.2 最佳系集預報組合

為找出渦旋植入後最佳參數法組合，吾人統計最小平均誤差出現最多次者為最佳組合。表 5.3 為辛樂克及薔蜜颱風渦旋植入後合計在第 24、48、72 及 96 小時出現最小誤差次數及相對百分比表，最高次數者以綠色示之、次者以黃色示之、再次者以紅色示之。

統計結果顯示，在 run12b、run13b、run32b 及 run33b 組合名列前三名的次數較多，表現較佳，因此選用此四組不同降水物理過程組合作為渦旋植入後新的最佳系集預報組合，稱之為 new04b。

圖 5.7(a)~(f)及圖 5.8(a)~(f)分別為辛樂克颱風及薔蜜颱風在渦旋植入後各全

球預報模式、JUNE 及 new04b 之路徑預報結果。為求後續統計之一致性，圖中最大預報時數為 72 小時，唯部分時段全球預報模式少於 72 小時預報或未提供該時段之預報。根據預報結果，大致可見 new04b 亦可提供如全球預報模式之預報結果。

圖 5.9 為辛樂克及薔蜜颱風渦旋植入後綜合統計各全球預報模式、JUNE、ensm04 及 new04b 平均路徑誤差直方圖，為求齊次(homogeneous)比較，統計選取時間均選取有渦旋植入法實驗之時間。根據統計結果顯示，new04b 之預報能力與世界各主要全球預報模式相當。另外，由於統計個案數較少的關係，JUNE 的預報能力在第 72 小時略低於 ensm04 及 new04b；而 new04b 與 ensm04 之預報結果相當。

總結上述，根據統計結果發現：第一、new04b 可為渦旋植入後最佳系集預報之組合；第二、new04b 具有與全球預報模式相當之預報能力；第三、渦旋植入後所獲得之最佳系集預報組合 new04b 並無明顯改善原最佳系集預報組合 ensm04。

### 5.2.3 T-test 統計檢定

為檢定渦旋植入後，new04b 之平均路徑誤差表現與各全球預報模式平均路徑誤差表現之異同，再次透過 T-test 統計檢定的方式來檢視其結果。所有統計選取之時間為渦旋植入法實驗時間，檢定中亦假設為常態分布，當 T-test 計算之 P 值(機率值)小於 0.1 時，即可視為兩組平均路徑誤差有統計上的差異(相當於 90%的統計信心度)。

圖 5.10 為 JMA 與 new04b 的比較結果，T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.473、0.080 及 0.231，可見在第 24 小時之平均路徑誤差表現無顯著差異；第 48 小時有明顯差異，且 JMA 優於 new04b；第 72 小時雖未通過檢定，但 new04b 略優於 JMA。

圖 5.11 為 UK 與 new04b 的比較結果，T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.227、0.096 及 0.022，可見第 24 小時平均路徑誤差表現差異小，但略優於 UK；而第 48 及 72 小時具有顯著差異，且 new04b 之預報結果優於 UK。

圖 5.12 為 NCEP 與 new04b 的比較結果，T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.406、0.431 及 0.105，可見第 24 及 48 小時在平均路徑誤差表現無顯著差異；第 72 小時則具有顯著差異，且 new04b 之預報結果優於 NCEP。

圖 5.13 為 EC 與 new04b 的比較結果，T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.291、0.463 及 0.496，均未通過統計檢定標準，可見 EC 與 new04b 在平均路徑誤差表現上差異不大。

圖 5.14 為 JUNE 與 new04b 的比較結果，T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.102、0.025 及 0.331，可見第 24 及 48 小時在平均路徑誤差表現上具有顯著差異，且 JUNE 較 new04b 佳；第 72 小時雖未通過檢定，但 new04b 略優於 JUNE。

為比較未進行渦旋植入與進行渦旋植入之平均路徑誤差表現之異同，研究中將齊次後之 ensm04 與 new04b 比較，檢視其優劣，可得到圖 5.15，T-test 檢定在第 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.179、0.228 及 0.400，皆未通過檢定，且在第 24、48 及 72 小時平均路徑誤差結果相當接近，顯示渦旋植入後所選擇新的最佳系集預報組合並無有效增進未植入渦旋前之最佳系集預報組合。

圖 5.16 則是比較齊次後 run13 及 run33b 之預報結果，檢視渦旋植入前、後最佳降水物理過程組合在平均路徑誤差表現上之異同。T-test 檢定在 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.414、0.272 及 0.332，均未通過檢定，但在整體平均路徑誤差上，run33b 略優於 run13。此結果顯示透過渦旋植入的分法，可以有機會獲得決定性(deterministic)的路徑預報，並有待未來更多研究個案檢驗。

圖 5.17 為齊次比較未進行渦旋植入與進行渦旋植入之平均路徑誤差之異同，平均路徑誤差之計算為計算每個個案之 16 個成員路徑誤差平均，然後再平均所

有個案之平均路徑誤差。T-test 檢定在第 24、48 及 72 小時 P 值分別為 0.469、0.456 及 0.128，結果顯示在第 24 及 48 小時未通過統計檢定，平均路徑誤差表現上無顯著差異；但第 72 小時則相當接近檢定值 0.1，具有明顯差異，且渦旋植入後平均路徑誤差之結果優於未植入渦旋前。由此可知，渦旋植入後對於預報後期可有所增進。

#### 5.2.4 平均路徑誤差之標準差檢視

為檢視渦旋植入後是否有效縮小系集預報路徑之分布，研究中計算有、無渦旋植入之平均路徑誤差標準差來分別檢視第 24、48 及 72 小時平均路徑誤差的變化情形，其結果如圖 5.18 所示。可以看見，植入渦旋後的平均路徑誤差之標準差值在第 24、48 及 72 小時均小於未植入渦旋的平均路徑誤差之標準差值，即表示渦旋植入後，對於系集預報路徑之分布具有縮小的作用。

### 5.3 小結

本章延續第四章之實驗，以渦旋植入法的方式加強原初始場颱風之強度，並檢示其不同降水物理過程之颱風路徑系集預報之結果。

根據實驗結果可知，渦旋植入後亦可有效提供系集預報路徑之分布，且分布的範圍也有縮小，對於颱風未來可能侵襲之範圍更易於掌握；而渦旋植入後提供更強的颱風，相對增加颱風存在於模擬中之時間，延長颱風路徑的可預報性；又因為初始強度一致，故在預報前期有較一致的路徑分布。

統計結果指出，當積雲參數法選擇 Grell-Devenyi 及微物理參數法選擇 WSM3 時，可作為渦旋植入法後最佳參數法組合，即 run33b；而選用 run12b、run13b、run32b 及 run33b 等組合作為新的系集預報組合 new04b 時也可提供如全球預報模式之預報結果，但無法有效增進未植入渦旋前 ensm04 之系集預報結果。

而透過檢定結果發現，new04b 可具有與全球預報模式相當之預報能力，再

次驗證統計結果；渦旋植入後之最佳參數法組合 run33b 之平均路徑誤差略優於未渦旋植入前之最佳參數法組合 run13，可以有機會獲得決定性的路徑預報；而整體而言，渦旋植入後對於預報後期可有效改善。

