

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

颱風侵台期間移行速度之研究與預報

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-97-2M-01

執行期間：97 年 1 月 11 日至 97 年 12 月 31 日

計畫主持人：郭鴻基

執行單位：臺灣大學大氣科學系

中華民國 九十七 年 十二 月

97 年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：颱風侵台期間移行速度之研究與預報

審議編號：	x	部會署原計畫編號：	MOTC-CWB-97-2M-01
主管機關：	交通部中央氣象局	執行單位：	國立臺灣大學大氣科學系
計畫主持人：	郭鴻基	聯絡人：	郭鴻基
電話號碼：	(02)3366-3910	傳真號碼：	(02)2367-1291
期程：	97 年 1 月 11 日至 97 年 12 月 31 日		
經費：(全程)	1726 仟元	經費(年度)	1726 仟元

執行情形：

1. 執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	0
全程	0	0	0

2. 經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	1726 仟元	1726 仟元	100 %
全程	0	0	0

3. 主要執行成果：

- (一) 重新分析颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位，總共統計 1977 至 2007 年 57 個侵台颱風。分析颱風登陸前路徑偏折現象及統計特性。並探討其中動力因素及影響偏折之因素。我們發現颱風在靠近台灣時路徑常會出現氣旋式曲率，在登陸前出現沿行進方向路徑左偏的現象，對於空間尺度數十公里、時間尺度約為 0~6 小時的路徑預報，以及在防災上對於颱風登陸時中央山脈迎風面的雨量預報都有很重要的影響。
- (二) 以淺水模式進行數值實驗，探討觀測分析所得之颱風登陸前路徑偏折動力機制，及各種可能影響路徑偏折的動力因素。從觀測與實驗中我們發現颱風左偏的程度與颱風強度並沒有明顯關係，主要控制因子為颱風移速與台灣地形南北不對稱之分布，在緯度 23.5° 以北偏折的颱風個案，偏折角度主要受颱風移速影響，偏折角度與移速呈現反比。在緯度 23.5° 以南偏折之颱風個案，由於台灣 23° 以南之地形大小高度皆較 23° 以北小，所以除了移速外尚須考慮地形的大小造成的偏折效應，以颱風被平流過山之時間尺度(d/U)來包含地形大小與移速之效應，發現偏折角度與 d/U 大致上呈現一正比的關係。從模式中我們還發現渦旋大小也是影響偏折角的一個重要因素，大渦旋造成之路徑偏折較小。在實際觀測中各式各樣大小的颱風，可能就是造成我們統計之偏折角度變異度的重要來源。

- (三) 統計 1977 至 2007 年 57 個侵台颱風移速變化特徵，分析在台灣不同區域登陸颱風之登陸前與在陸期間移速之統計特徵。在緯度 23.5° 以北登陸之颱風移行速度特徵顯示移速最大值多出現在登陸前 3 小時內，緯度 23.5° 以南登陸之颱風移速最大值多出現在颱風在陸期間。
- (四) 個案分析，本年度初步探討一些在統計特徵中屬於極端的颱風個案，如 1978 年 ROSE 其在陸期間移速大於 100km/hr ，如一些路徑發生打轉情形之繞行颱風個案，2005 年 HAITANG、2005 年 TALIM 及 2007 年 KROSA 均屬此類。
- (五) 颱風侵台期間累積雨量的分析結果顯示，累積雨量對於颱風在陸停留時間有較大的正相關性，對於在陸移動距離、颱風強度之相關性較小。颱風累積雨量主要仍是以颱風在陸停留時間為主要影響原因，因此颱風在陸移行較快、停留時間較短的颱風其累積雨量較小、反之在陸移行較慢、停留時間較長的颱風其累積雨量易出現較高的極端值。

4. 計畫變更說明：

無

5. 落後原因：

無

6. 主管機關之因應對策（檢討與建議）：

摘要

本階段承接去年所蒐集之資料，並重新訂定颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位，計算颱風移速與移向等資料；接著利用颱風登陸台灣本島之位置對各颱風個案作分類，分析各分類颱風之移速特徵；另外亦對颱風登陸台灣本島前路徑發生偏折之行為作資料蒐集與分析。最後並針對颱風在陸期間移行速度超過 100km/hr、登陸前發生繞行路徑之個案作討論，以及分析颱風侵台期間之累積雨量。

分析顯示：

- 颱風平均移速最大值出現在在陸期間比例最高，颱風登陸前均有加速的情形，颱風通過台灣前後主要呈現登陸後加速、離陸後減速的狀況。不同登陸區域的颱風移速分析顯示，在東北部登陸的颱風其最大平均移速有較大的機會發生在登陸前 3 小時，在陸平均移速為 3 組中最小的。東南部與西部登陸的颱風之最大平均移速則較容易發生在颱風在陸期間。另外，西邊登陸的個案在陸期間平均移速值均較同緯度分區的東海岸登陸颱風在陸期間平均移速值大，差值約大於 5 km/hr。
- 在颱風登陸前一時段至颱風在陸期間，颱風登陸點前後的移向變化均為向左偏為主。以 2 階多項式客觀判斷 48 個統計結果顯示左偏個案有 30，無明顯偏折個案(偏折角度 $\leq 5^\circ$ 或右偏)有 18 個個案，偏折發生在台灣外海約 50~100km，在緯度 23.5° 以北大偏折角個案數較多，緯度 23.5° 以南較少。緯度 23.5° 以北偏折個案與偏折前移速相關係數達到 0.66，緯度 23.5° 以南大偏折角個案多發生在緯度 23° ，移向偏北，與渦旋平流過山的時間尺度 d/U 有較好的關係。偏折角度與颱風最大風速則沒有明顯關係存在。本研究中也以淺水模式、台灣地形資料，單純探討有背景風場之渦旋與地形之交互作用。從實驗中我們發現與觀測有類似的統計特徵，颱風登陸前路徑左偏的主要控制因子為颱風移速與台灣南北不

對稱分布之地形，在緯度 23.5° 以北偏折的颱風個案，偏折角度主要受颱風移速影響，偏折角度與移速呈現反比。在緯度 23.5° 以南偏折之颱風個案，由於台灣 23 度以南之地形大小高度皆較 23 度以北小，所以除了移速外尚須考慮地形的大小造成的偏折效應，以颱風被平流過山之時間尺度(d/U)來包含地形大小與移速之效應，發現偏折角度與 d/U 大致上呈現一正比的關係。從模式中我們還發現渦旋大小也是影響偏折角的一個重要因素，大渦旋造成之路徑偏折較小。

- 個案分析部分，本研究挑選了在陸期間快速移動的個案 197804 ROSE 做初步分析，197804 ROSE 由於發展時間短、環流較弱，造成原颱風中心在 062412 UTC 登陸之後，於 062414 UTC 被位於台灣海峽北部海面上的副低壓中心取代，原颱風中心亦在 062414 UTC 之後消散，而得到颱風在陸停留時間 2 小時、登陸點與離陸點相距 259.89km，在陸期間平均移行速度 130.0km/hr 的結果。
- 繞行個案分析部分，自 1897 年至 2003 年共發生 17 個颱風繞行個案，且並非中度颱風以上才會發生繞行，但熱帶低壓及輕颱是否因本身結構不甚完整而使颱風中心定位不易、出現漂移繞行情形有待進一步確定。另外，1897 年至 2003 年於北緯 23 度至 25 度登陸的所有 106 個颱風中，共有 14 個發生繞行路徑，約佔 13.21%。
- 颱風侵台期間累積雨量的分析結果顯示，累積雨量對於颱風在陸停留時間有較大的正相關性，對於在陸移動距離、颱風強度之相關性較小。颱風累積雨量主要仍是以颱風在陸停留時間為主要影響原因，因此颱風在陸移行較快、停留時間較短的颱風其累積雨量較小、反之在陸移行較慢、停留時間較長的颱風其累積雨量易出現較高的極端值。

颱風侵台期間移行速度之研究與預報

期末報告

1、前言

為了分析颱風接近、通過、離開台灣本島之速度與方向等變化之移行特徵，本階段承接去年研究所蒐集之資料，針對颱風不同時間間隔平均速度、登陸台灣本島的位置、颱風登陸前發生偏折與否作一系列的統計研究，擬藉由先前颱風個案統整各項颱風移行特徵，以供往後進行模式模擬之用。

本階段完成的項目包括 1.)、蒐集並整理 1977 至 2007 年颱風登陸台灣本島之個案，2007 年增加 4 個個案，同時亦整理 JTWC、JMA 資料之颱風登陸時風速、暴風半徑、中心氣壓值等相關資料，2.)重新分析颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位，並計算颱風移速與移向等資料，3.)利用颱風登陸台灣本島之位置對各颱風個案作分類，並分析各分類颱風之移速、移向等特徵，4.)對颱風登陸台灣本島前路徑發生偏折之行為作資料蒐集與分析，5.)部分特殊個案討論與累積雨量分析。

有關重新分析颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位等相關分析於第二章說明，利用颱風登陸位置分類並分析移行特徵於第三章說明，颱風登陸前路徑發生偏折行為之資料蒐集與分析於第四章說明，部分特殊個案與颱風登陸期間累積雨量之討論於第五章說明，第六章則作一結論並說明本研究未來進行方向。

2、重新分析颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位

由於颱風在登陸陸地後，結構受到地形破壞，往往使得颱風中心難以清楚辨認，造成颱風中心定位上的誤差，因此本部分將颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位作再次分析：以整點時間、最接近台灣本島陸地之海上颱風中心定位資料及其時間為登陸點及登陸時間，離陸點與離陸時間依同樣方式判定，並以此為基準，推得颱風登陸前 24 小時及颱風離陸後 12 小時之颱風中心定位與時間。

2-1、資料選取與建檔

本研究目前蒐集之颱風個案為 1977 年至 2007 年颱風中心曾登陸台灣本島之颱風，共計有 61 個颱風個案資料，但其中 197709 AMY、199801 NICHOLE、200105 TRAMI、200707 WUTIP 共 4 個颱風個案，因颱風強度較弱、能提供計算與參考之資料有限，故予以剔除。總計建檔並加以統計分析的颱風個案共為 57 個。

31 年間之颱風資料中，1977 年至 1996 年之颱風個案資料以王顧問之百年侵台颱風路徑圖集(謝 1998)之路徑資料為主要參考依據，1997 年至 2007 年之颱風個案資料則以中央氣象局雷達與衛星資料整合之客觀分析資料為主要參考依據。往後之各項研究與分析部分，若未另外加註說明資料來源，則表示使用資料為上述資料組合。

表 2.1 為重新判定颱風登陸、離陸時間及相關之資料表，其中颱風登陸位置部分，「E_N>23.5」表示北緯 23.5 度以北之東海岸登陸、「E_N<23.5」表示北緯 23.5 度以南之東海岸登陸、「W」表西海岸登陸；而在過山種類部分，「A」表示王顧問資料之「直接過山」個案，「B」表示王顧問資料之「分裂過山」個案，「C」為 1997 年之後的氣象局客觀資料個案。

另外，本部分亦整理 1977 年至 2007 年登陸台灣本島颱風之中央氣象局颱

風警報單、美軍聯合警報中心(JTWC)最佳路徑、日本氣象廳(JMA)最佳路徑等資料，分析登陸、離陸時間與其颱風中心定位，並計算颱風登陸前 24 小時至登陸、颱風離陸至離陸後 12 小時之每 12 小時及每 6 小時移速資料，以及颱風登陸至離陸間的颱風移速資料，以供比較參考之用。

2-2、移速、移向之計算方式

在移行速度的計算方式上，仍採用原先利用選定之分析時間定位資料來計算兩定位點之間的移速與移向的方法，不考慮該時間間隔內之路徑變化。移速的計算方式如下式所示：

$$\bar{V}_d = \frac{Dist}{nhrs}$$

其中 nhrs 為兩選定分析時間之時間間隔，單位為小時；Dist 為兩定位點之間的直線距離，單位為公里。移向的計算方式以正北方為 0 度(360 度)、東北方為 45 度、正東方為 90 度、東南方為 135 度、正南方為 180 度、西南方為 225 度、正西方為 270 度、西北方為 315 度；若移向以 8 個方位代碼來表示時，方位判定範圍為該方位度數值之正負 22.5 度。

2-3、不同時間解析度之颱風移速、移向計算

為了進一步研究颱風登陸、離陸的移速、移向等移行特徵，本部分使用不同時間解析度的資料來計算颱風平均移速與移向，並作統計分析與相互比較，以期得到颱風移動的特性。首先先重新計算颱風登陸前 24 小時至登陸、颱風離陸至離陸後 12 小時之每 12 小時平均移速、移向，並增加計算每 6 小時與每 3 小時平均移速、移向。本部分接下來僅討論有關颱風移速的變化，移向的部分將在第 4 章討論。

圖 2.1 為不同時間解析度在不同條件下的平均移速資料變化，圖中數字為「平均移速/時間區段內最大移速值出現次數」。在時間解析度為 12 小時時(藍

色線段)，最大速度值出現在各時間區段的次數分別為：7 次、10 次、35 次、5 次，分別約佔 12.28%、17.54%、61.40%、8.77%。以上數據顯示在時間解析度為 12 小時時，颱風於在陸期間出現最大移速的機率相當高。在 12 小時平均移速資料方面，颱風登陸前有漸漸加速、離陸後有減速的趨勢，在陸地上的平均移速甚至為其他時間移速 1.5 倍以上。另外，颱風登陸前 24 至 12 小時的平均移速為 18.4km/hr，登陸前 12 小時至登陸的平均移速為 21.1km/hr，兩者相差將近 3km/hr，在陸期間全部個案平均移速為 31.8km/hr，顯示在颱風登陸前的 12 小時及在陸地期間有明顯的加速現象。

在時間解析度為 6 小時時(圖 2.1 綠色線段)，最大速度值出現在各時間區段的次數分別為：3 次、4 次、4 次、15 次、25 次、3 次、3 次，分別約佔 5.26%、7.02%、7.02%、26.32%、43.86%、5.26%、5.26%，6 小時平均移速最大值發生在颱風在陸期間的機率較 12 小時解析度計算所得機率降低約 17.54%。對照圖 2.1 的 12 小時與 6 小時平均移速最大值出現次數，登陸前 6 小時平均移速出現最大值的機率大幅增加，同樣在平均移速的部分，颱風登陸前 12 至 6 小時的平均移速為 20.0km/hr，與較先前時間之平均移速相差不大，但登陸前 6 小時的平均移速增為 23.4km/hr，顯示颱風在此時間內有較為明顯的加速情形。另外，觀察颱風離陸至離陸後 12 小時之 12 小時與 6 小時平均移速，6 小時平均移速的值均比 12 小時平均移速大。由於平均移速計算時採用兩點之間的直線距離除以時間來計算，若兩較短時間的平均移速大於該時段之平均移速，這三段直線距離會圍出一個三角形，因為三角形的任兩邊總合會大於第三邊，因此表示兩較短時段之兩段直線距離相加大於該時段所得到之直線距離，顯示颱風結構在登陸之後受到地形破壞，出現路徑擺盪的情形。

在時間解析度為 3 小時時(圖 2.1 紅色線段)，最大速度值出現在各時間區段的次數分別為：1 次、1 次、2 次、1 次、2 次、3 次、3 次、9 次、20 次、5 次、2 次、4 次、4 次，分別約佔 1.75%、1.75%、3.51%、1.75%、3.51%、5.26%、5.26%、15.79%、35.09%、8.77%、3.51%、7.02%、7.02%，平均移速最大值出

現在颱風在陸期間的機率小於 6 小時解析度計算所得的機率，相差將近 9%。對照圖 2.1 之 6 小時與 3 小時平均移速最大值分布情形，如前所述，颱風在登陸前的 6 小時有明顯的加速情形，若時間解析度變為 3 小時，可發現颱風登陸前 3 小時加速較登陸前 6 至 3 小時明顯。在平均移速值方面，登陸前 6 至 3 小時的平均移速值為 21.8km/hr，較先前時間的 3 小時平均移速大，但相差幅度小；登陸前 3 小時至登陸的平均移速值為 25.7km/hr，較前 3 小時的平均移速值大將近 4km/hr，顯示颱風在此一時間區段有明顯的加速情形。對照颱風離陸後之每 6 小時與每 3 小時平均移速值，每 3 小時平均移速值均較相應時間區段的 6 小時平均移速值大，顯示颱風結構在登陸之後受到地形破壞，路徑出現如同對照 12 小時與 6 小時平均移速時看到的擺盪情形，並表示在颱風離陸後的 6 小時內即已出現颱風路徑擺盪的情況。

2-4、依颱風在陸期間之平均移速分析颱風移速

圖 2.2 為全部 57 個颱風個案之每 3 小時颱風平均移速及正負一個標準差，在陸期間的平均移速扣除 197804 ROSE，其在陸期間移速為 130km/hr。圖上可看出個案間之在陸期間移速變異度較其他時間大，因此本部份將對颱風在陸期間之平均移速作分類與分析，探討不同在陸期間平均速度之颱風在登陸前、離陸後的速度變化。本部份依颱風之在陸期間平均速度(v)作分類，以去除 197804 ROSE 之在陸平均移速約 30 km/hr 加減約 0.5 個標準差值來加以分類，由此方法之分類的平均速度門檻值分別為 38km/hr 及 21km/hr，並以此分為三類：在陸期間平均移速大於 38km/hr ($v > 38$) 的快速移動個案、平均移速大於 21km/hr 且小於等於 38km/hr ($21 < v \leq 38$) 的一般移速個案、及平均速度小於等於 21km/hr ($v \leq 21$) 的慢速移動個案。

圖 2.3 為不同組別的在陸期間平均速度(v)之颱風在登陸前、離陸後之不同時間解析度的速度變化圖，圖中之數字為平均移速。在全部分析的 57 個個案當中，在陸期間平均移速大於 38km/hr 的個案(圖 2.3a)共有 15 個，佔全部分析個

案的 26.32%。這些在陸期間快速移動的個案包含王顧問百年侵台颱風路徑圖集中的“分裂過山”個案類別，即颱風接近台灣本島時，因受到中央山脈阻擋而在另一地生成一副低壓中心，且由新生成之副低壓中心取代原颱風中心的個案。若副低壓中心於颱風登陸前即已生成，颱風登陸後不久即取代原颱風中心並離陸或副低壓中心原本就在海上，此時計算之颱風在陸移動速度便會較快速。觀察圖 2.3a 中 3 種不同時間解析度下的平均移速值變化，此種颱風所有時間之颱風平均移速值幾乎皆大於全部個案的平均移速值(對照圖 2.1)，最大平均速度值出現在陸地上，達到 59.3km/hr，若去除 197804 ROSE 個案則變為 54.3km/hr。颱風在登陸前有漸漸加速、剛離陸時有減速的現象，開始有明顯的加速狀況出現在颱風登陸前 6 小時，約為 6km/hr，登陸前 3 小時之加速更為明顯；而在颱風(或副中心取代)離陸後的平均移速值在剛離陸的 3 小時有減速的情形發生，隨後即加速離開，颱風擺盪的現象不明顯。

在陸期間平均移速大於 21km/hr、小於等於 38km/hr 的個案(圖 2.3b)共有 22 個，佔全部分析個案的 38.60%，為三組分類中個案數最多者。對照圖 2.1 全部颱風個案與圖 2.3b 中 3 種不同時間解析度下的所有時間平均移速值，此種颱風所有時間之颱風平均移速值皆大於全部個案的平均移速值，最大平均移速值亦出現在陸地上，為 29.4km/hr。此種個案同樣具有登陸前漸漸加速、離陸後略為減速並出現擺盪的情形，在颱風登陸前的 12 小時開始有加速的情形發生，加速較為明顯的時間出現在颱風登陸前的 6 至 3 小時，幅度達 4km/hr；颱風離陸後速度變化不大，然比較不同時間解析度之平均速度值可發現擺盪現象。

在陸期間平均移速值小於等於 21km/hr 的個案(圖 2.3c)總共有 20 個，佔全部分析個案的 35.09%。對照圖 2.3c 與圖 2.1 可發現此種颱風個案在所有時間的平均移速值均小於全部個案的平均移速值，為移動緩慢的個案類型，在陸期間的移速只有 13.9km/hr，為所有時間區段內移速最慢者，若去除 200116 NARI 個案，則變為 14.3km/hr，再去除 200119 LEKIMA 也僅變為 14.7km/hr。此種颱風最大平均移速出現在颱風登陸前一時段，在 12 小時、6 小時、3 小時時間解

析度下的颱風登陸前一時段平均移速分別為 18.2km/hr、20.8km/hr、22.6km/hr。從圖 2.3c 中 3 種不同時間解析度下的平均移速值可發現，此種颱風在登陸前有漸漸加速的現象，且開始出現明顯加速的時間為登陸前的 12 小時開始，登陸前 6 至 3 小時的加速度達 2.2km/hr，但登陸後速度大幅下降，下降幅度在 3 個不同時間解析度下分別為 4.3km/hr、6.9km/hr、8.7km/hr，此與其他種類之颱風個案有明顯不同；另外，此種颱風在離陸之後有移動漸漸加速的現象，也與其他種類的個案不同。

由上述結果可得知在快速移動速度與一般移動速度的個案中，最大平均移動速度出現在在陸期間，且幾乎所有時間的平均速度值均比全部個案之平均值大；慢速移動個案則相反，在陸期間平均移速為所有時間內最小值，且所有時間的平均移速均比全部個案之平均值小，唯颱風離陸後有加速情形與其他兩組不同。不論哪一組在陸平均移速之分類，在颱風登陸前均有出現加速的情形發生。

另外，全部 57 個個案在陸平均移速約為 31.8km/hr，移除 197804 ROSE 個案後之 56 個颱風個案在陸平均移速為 30.1km/hr，相差將近 2km/hr。在全部 15 個快速移動的個案中，在陸平均移速值為 59.3km/hr，去除 197804 ROSE 個案後變為 54.3km/hr，相差約 5km/hr，由此可見此 197804 ROSE 個案的極端性。此一在陸平均移速大於 100km/hr 之個案將在第 5 章個案分析時提出討論。

2-5、依颱風在陸停留時間分析颱風移速

圖 2.4 為依照颱風在陸停留時間(t)來分析之不同時間解析度平均移速，以 3 小時與 8 小時將全部分析颱風個案分為 3 組：在陸停留時間 3 小時以下($t \leq 3$)、在陸停留時間超過 3 小時但在 8 小時以下($3 < t \leq 8$)、在陸停留時間超過 8 小時($t > 8$)。

颱風在陸停留時間 3 小時以下的個案總共有 16 個，佔全部分析個案的 28.07%。觀察圖 2.4a 中不同時間解析度的平均移速值可發現，在颱風登陸前的

平均移速變化有漸漸加速的現象，在登陸前 3 小時有明顯加速情形發生，加速的幅度高達 23km/hr。由於在陸地停留時間較短的 1 小時、2 小時分裂過山種類的個案亦包含在此分類區中，故颱風在陸期間平均移速較快，為 47.8km/hr，較全部個案之在陸期間平均移速值 31.8km/hr 大約 16km/hr，去除在陸期間平均移速大於 100km/hr 的 197804 ROSE 個案後在陸期間平均移速變為 42.3km/hr，仍較全部個案快了 10km/hr 以上。颱風離陸後的平均移速變化可發現擺盪現象，但並無加速的情形。

颱風在陸停留的時間超過 3 小時但在 8 小時以下的個案總共有 30 個，佔全部分析個案的 52.63%。從圖 2.4b 之平均移速值變化可得到颱風登陸前有慢慢加速的情形，自登陸前 12 小時開始出現明顯的加速狀況，在登陸前的 6 至 3 小時加速的情形較其他時間明顯，加速幅度達 4.7km/hr。颱風移速最大值出現在在陸期間，為 30.2km/hr，與去除在陸期間平均移速值大於 100km/hr 個案的其餘全部個案平均移速 30.1km/hr 相差不大。颱風離陸後可觀察到擺盪的現象，尤其是時間解析度 12 小時與 6 小時對應最為明顯，平均速度值的變化顯示有略微加速的情形發生。

颱風在陸停留時間超過 8 小時的個案總共有 11 個，佔全部分析個案的 19.30%。在圖 2.4c 中可看出此種種類的颱風個案在所有時間的平均移速值均小於全部個案所有時間的平均移速值，顯示此種種類的颱風移動速度較為緩慢。在颱風登陸前的平均移速值變化仍可觀察到颱風有漸漸加速的情形，約略自登陸前 9 小時開始加速，登陸前 6 小時起加速現象較為明顯，登陸前 6 至 3 小時及登陸前 3 小時加速的幅度為 1.2km/hr、1.4km/hr。颱風在陸期間的平均移速值為 12.9km/hr，幾乎小於所有其他時間的平均移速值，顯示此種颱風個案於台灣本島上的移行速度緩慢，易造成較長時間的災害，颱風離陸後的平均移速值變化可看出颱風離陸後約略有加速的情形發生，颱風路徑發生擺盪的情形較不明顯。

2-6、颱風登陸點前後、離陸點前後之平均移速變化與在陸平均移速、在陸停留時間之關係

本部分主要討論在不同的時間解析度下，登陸點前後、離陸點前後的平均移速比較結果(兩相連時段作比較，以前一時段為基準，判斷加速或減速)，以及其與在陸期間平均移速、在陸停留時間之間的關係。由於需要計算登陸點前後、離陸點前後的平均移速變化，因此剔除沒有颱風登陸的前一時段平均移速資料或颱風離陸的後一時段平均移速資料的個案。

經過剔除缺資料的個案之後，12 小時時間解析度的分析個案總數為 48 個，6 小時時間解析度的分析各案總數為 53 個，3 小時時間解析度的分析個案為 56 個。交叉統計個案發生次數的統計結果為表 2.2，其中表 2.2(a)為時間解析度為 12 小時的統計結果，表 2.2(b)為時間解析度 6 小時的統計結果，3 小時時間解析度的統計結果為表 2.2(c)。

統計結果顯示，

- 1) 不論是何種時間解析度的分析結果，颱風登陸點前後、離陸點前後的移速變化主要還是呈現登陸後加速、離陸後減速的情形。
- 2) 若颱風在陸期間的平均移速值大於 38km/hr，則幾乎為登陸後加速、離陸後減速的個案，僅時間解析度 3 小時有例外。
- 3) 若為登陸後減速的個案，不論離陸後加速或減速，其在陸期間平均移速幾乎都不超過 38km/hr。
- 4) 登陸後加速的個案主要分布在登陸後加速離陸後減速的分類，但登陸後減速的個案則有隨著時間間隔縮小而從偏向登陸後減速、離陸後加速變為平均分布於登陸後減速離陸後加速、登陸後減速離陸後減速的個案的趨勢。
- 5) 登陸後加速離陸後加速的個案之在陸停留時間均在 8 小時以下。

3、不同登陸區域之颱風移速、移向特徵分析

先前已討論過在陸期間平均移速的特徵，本章節將再以個案登陸點所處緯度來進一步分析平均移速的特徵。去年度曾依颱風登陸地點以北緯 23 度、北緯 24 度、北緯 25 度將颱風個案分成 4 類，並分別探討各分類之颱風移速特徵(詳見 96 年成果報告書，在此不再多加說明)，但該分類方式並未區分西行颱風和東行颱風，且選用的分析資料在 1997 年至 2007 年的部分已改用客觀分析資料，因而有需要做重新分類並分析的動作。

在統計的颱風個案中，西行颱風通常來自西北太平洋，而東行颱風通常來自南海，兩者行進間所經過的地理環境不同。在登陸區域部分，台灣東岸多是山脈分布，西岸則是平原分布，東西岸地形差異較大，不同的地形種類對於颱風的影響也不盡相同。因此在本部分加入東岸登陸、西岸登陸兩大類別對颱風登陸區域作重新分類，以得到更為詳盡之不同登陸區域對颱風移速、移向的影響研究。北側以東經 121.5 度線、南側以東經 120.75 度線將台灣本島之海岸線分為東西兩側，東半側再以北緯 23.5 度線區分為東北側與東南側，總共三個登陸分區。

3-1、不同登陸區域之颱風移速變化

本部分探討 3 個不同的登陸分區之颱風個案在移行速度上的變化情形。圖 3.1 為 3 種不同登陸位置之 3 小時時間解析度平均移行速度與其標準差，圖 3.2 則為 3 種不同登陸位置之不同時間解析度下平均移速變化，分別 3 小時(紅色線段)、6 小時(綠色線段)及 12 小時(藍色線段)的平均移速變化，圖中的數值表示平均移速值。此兩組圖在計算在陸期間平均移速時，均去除了在陸期間平均移速大於 100km/hr 的 197804 ROSE 個案，其登陸分區為北緯 23.5 度以南之東海岸登陸的颱風個案組別。

圖 3.1a 與圖 3.2a 為北緯 23.5 度以北之東海岸登陸的颱風個案平均移速變化，

此登陸區共計有 25 個個案，約佔全部個案的 43.86%。此種個案在登陸前 12 小時開始有慢慢加速的情形發生，登陸前 6 小時開始有明顯的加速情形，加速的幅度達到約 5km/hr。最大平均移速發生在登陸前 3 小時，平均移速達到 27.2km/hr，之後速度減慢，在陸期間平均移速降至 23.6km/hr，在離陸後有略微的加速現象且有擺盪的情形發生。

北緯 23.5 度以南之東海岸登陸的颱風個案平均速度變化繪製於圖 3.1b 與圖 3.2b，此種個案共計有 24 個，約佔全部個案的 42.11%。此種個案在登陸前 6 小時開始有明顯的加速情形發生，尤其是登陸前 3 小時加速更為明顯，加速的幅度達 11km/hr。最大平均移速發生在颱風在陸期間，平均移速達到 34.4km/hr，若沒去除 197804 ROSE 個案的在陸期間平均移速為 38.4km/hr，離陸後颱風無明顯的加速現象發生，但可觀察到路徑出現擺盪的情形。

最後是圖 3.1c 與圖 3.2c 的西海岸登陸個案平均移速變化，此種個案共計有 8 個，約佔全部個案的 14.04%。此種個案在登陸前 18 小時開始就有慢慢加速的情形，至登陸前 6 小時開始有較為明顯的加速現象發生，尤其是登陸前 3 小時加速幅度約達到 10km/hr。最大平均移速值發生在颱風在陸期間，平均移速達到 38.1km/hr，為 3 個組別中在陸移動速度最快者(不估計 197804 ROSE 個案)，之後移速減慢，在離陸後 3 小時開始有明顯的加速現象，此一現象也與其他兩組不同。

由以上討論可知，在東北部登陸的颱風其最大平均移速有較大的機會發生在登陸前 3 小時，在陸平均移速為 3 組中最小的。東南部與西部登陸的颱風之最大平均移速則較容易發生在颱風在陸期間。另外，西邊登陸的個案在陸平均移速較大，離陸後 3 小時開始也有明顯的加速現象發生。

3-2、不同登陸區域之颱風在陸停留時間與移行距離之關係

本部份以去除在陸期間移行速度大於 100km/hr 之 1 個個案的在陸平均移速 30km/hr 為準，並加減 0.5 個標準差來做平均移速的分類：在陸期間平均移速值

大於 38km/hr 以上者之颱風視為快速移動的個案，小於 21km/hr 以下者則視為慢速移動的個案。

圖 3.3 為 1977 年至 2007 年間 57 個颱風個案之在陸期間停留時間與移行距離的關係圖，圖中各點與原點之連線斜率即可代表在陸期間平均移速。實心圓表示於北緯 23.5 度以南登陸之颱風個案，空心圓則表示於 23.5 度以北登陸之個案，有十字者為個案中分析為副中心取代原中心之個案。其中快速移動個案以紅色點表示、慢速移動個案以綠色點表示，其它介於兩者間之一般移速以黑色點表示。圖中顯示在台灣南部登陸之颱風個案普遍有較快的在陸期間平均移速，其中大多為東南登陸之個案，西南登陸個案數較少，而且移行距離多在 150km 以上。東南邊登陸且移行距離在 50km 以下之個案表示為經過台灣最南角之個案，大多在陸平均移速為小於 38km/hr、大於 21km/hr 之個案。而在北邊登陸之颱風個案普遍在陸期間平均移速較慢，多為東北邊登陸之個案。

圖 3.4 為 3 個不同登陸分區之颱風在陸期間移速圓餅圖統計，圖上並標示出登陸點位置。從登陸點的位置來看，在陸移行速度大於 38km/hr 之快速個案總共有 15 個，且大部分登陸點在北緯 23~23.5 度之間，其中在東邊登陸且路徑在王顧問之百年侵台颱風路徑圖集(謝 1998)分類中屬於不連續路徑之個案有 6 個，表示此種個案在經過台灣時有副中心產生，另外有 4 個是在西邊登陸之個案。在陸移行速度小於 21km/hr 之慢速個案總共有 20 個，且登陸點以北緯 23.5 度及台灣東北角為大宗，其中僅有 1 個為西部登陸之慢速個案。

綜合圖 3.3、圖 3.4 可發現颱風在陸期間平均移速與颱風登陸位置有密切關係，且西邊登陸與東邊登陸有不同特徵的在陸平均移速。整體而言，不論是東海岸或是西海岸登陸的颱風，均有越南方的分區其在陸期間平均移速越快的趨勢。另外，西海岸登陸颱風的在陸期間平均移速值均較同緯度分區的東海岸登陸颱風在陸期間平均移速值大，差值約大於 5 km/hr。

4、颱風接近陸地時之偏折研究

去年度曾以颱風登陸前 24 小時至 12 小時之直線移速作線性外延，以探討颱風在接近台灣本島之地形前發生的偏折行為，本部分將以不同時間解析度以及另一種方式判斷颱風是否發生偏折之行為。

4-1、不同時間解析度之颱風偏折情況

本部分將第 2 章所整理之颱風登陸前時間解析度為 12 小時、6 小時、3 小時之登陸前兩個時間間隔與在陸期間之移向資料加以比對，並使用第 3 章的颱風登陸區域分類，藉以分析在不同登陸區域、不同時間解析度下，颱風發生偏折之狀況。

4-1-1、登陸前兩個時間間隔內之颱風偏折情形

本部分主要探討颱風登陸前兩個時間區段間的移行方向變化，並配合不同的時間解析度取用不同時段的資料來加以分析比較。由於需要計算颱風登陸之前兩個時間區段內的移向變化，因此需剔除兩個時間區段內有資料缺值的個案，經過整理後在時間解析度為 12 小時的部分剔除了 198104 IKE、198403 ALEX、199003 MARIAN、199219 TED 共計 4 個個案。總計分析的個案數在時間解析度 12 小時、6 小時、3 小時分別為 53 個、57 個、57 個。

兩個時間區段之間的移向角度差值計算方面，角度差值為正值時表示颱風登陸前兩個時間區段間的移行方向呈現順時針方向變化，視為向右偏折個案；若角度差值為負值則代表颱風登陸前兩個時間區段間的移行方向呈現逆時針方向變化，視為向左偏折個案。另外，若角度差之絕對值大於 5 度視為發生偏折之個案，小於 5 度則視為未發生偏折之個案。表 4.1 為整理統計之颱風登陸前兩個時間區段在不同時間解析度下發生偏折的次數統計，以及發生偏折行為之角度差絕對值的最大值、最小值、平均。

從表 4.1a 可看出，在時間解析度為 12 小時時，颱風移向變化主要以發生向右偏折($>5^\circ$)的狀況為主，共發生 25 次，佔全部分析個案的 46.30%，平均偏折角度為 25.71 度。表 4.1b 中當時間解析度為 6 小時時，颱風移向變化仍以發生向右偏折($>5^\circ$)的狀況為主，共發生 23 次，佔全部分析個案的 40.35%，所佔比例較 12 小時時下降，而平均偏折角 23.12 度，亦有偏折角度減小的趨勢。但在時間解析度為 3 小時時(表 4.1c)，颱風移向變化則變為發生向左偏折($<-5^\circ$)的狀況為主，共發生 24 次，佔全部分析個案的 42.11%，平均偏折角度為 -24.25 度。

另外，共計有 31 個颱風在此 3 個時間解析度分析區段內發生角度差值正值、負值變化的情形，即颱風路徑時而向左偏、時而向右偏的情況。此一結果顯示颱風登陸前的行進方向容易出現擺盪的情況，在做颱風偏折行為的統計時須特別注意時間解析度的問題。

從本節不同時間解析度分析颱風路徑登陸台灣前的偏折情形，以較大時間解析度來分析，可發現路徑多偏向颱風移動方向的右手邊，以較小時間解析度來分析，路徑則是多偏向颱風移動方向的左手邊，此結果顯示在颱風靠近台灣的過程中，在較遠的距離時(登陸前較長的時間)呈現右偏的機率較大，而在靠近台灣時(登陸前較短時間)則呈現左偏的機會較大，整體來說颱風在接近台灣地形時路徑呈現氣旋式路徑，與過去研究結果類似(Yeh and Elsberry, 1993a; Bender et al., 1987)。

4-1-2、登陸前一時間區段至颱風在陸期間之颱風偏折情形

本部分計算不同登陸分區之登陸前一時間區段、在陸期間之間的移向角度差，偏折發生與否之判定同前一章節所述。表 4.2 為整理統計之颱風登陸點前後時間區段在不同時間解析度下發生偏折的次數統計，以及發生偏折行為之角度差絕對值的最大值、最小值、平均。

從表 4.2 可看出，不論在何種時間解析度下，颱風登陸點前後的移向變化以發生向左偏折為主，在時間解析度為 12 小時、6 小時、3 小時下發生偏折的

次數分別為 32 次、34 次、33 次，佔全部個案的 56.14%、59.65%、57.89%，平均偏折角度分別為-19.07 度、-22.39 度、-20.26 度。所有分析個案中，198108 MAURY、199610 HERB、200208 NAKRI、200609 BOPHA、200715 KROSA 共計 5 個颱風發生不同時間解析度下時而向左偏、時而向右偏的變化情形。

另外，在颱風登陸分區的統計上來說，東半部登陸的颱風在北邊之個案出現左偏的機率較高，但發生之右偏個案的偏折角度均大於右偏個案平均值；往南邊移動則發生左偏與右偏的個案比例相當接近，當時間解析度縮小時向左偏折的比例有增加的情形，且向左偏折的平均角度大於向右偏折的平均角度。西半部登陸的颱風在北邊出現向右偏折的趨勢較為明顯，往南則變為向左偏折的趨勢較為明顯，但南邊發生之右偏個案偏折角度均大於左偏個案偏折角度。

本節颱風在陸地上偏折的情形顯示，在東半部登陸之北邊個案多左偏，南邊個案開始有右偏情形，與 Kuo et al.(2001)闡述之渦旋順時針繞島情形相似。而在很靠近地形時路徑左偏現象也在 Kuo et al.(2001)、陳(2004)數值實驗中出現類似結果。

4-2、利用 2 階多項式曲線判斷颱風偏折情形

4-1 統計結果顯示在颱風接近台灣地形時常會出現氣旋式路徑，本節主要在判斷東南往西北行進之颱風個案，出現氣旋式路徑時在登陸前發生的沿著行進方向向左偏折的情形，在此利用 2 階多項式曲線來判定颱風是否有發生此左偏之行為。從前述第 3 章所作之颱風登陸分區可得到自東海岸登陸的西行颱風共計有 49 個，但其中 200004 KAI-TAK 主要為由南向北走向的侵台路徑，因此在本部份不列入分析範圍，故本部份分析的颱風個案東海岸登陸個案除去 200004 KAI-TAK 個案共計 48 個颱風個案。

在第 2 章時定義了颱風的登陸點位置，確定登陸位置後選取颱風登陸台灣本島前約 200 公里以內的颱風移行各小時路徑資料來判斷颱風是否發生偏折，並以 2 階多項式曲線對颱風路徑作近似，由於颱風路徑依個案不同而有不同之

變異程度，有時會出現較大變異之個案，因此拿來作近似的定位點數均視各個個案而定，取用最符合的路徑近似曲線。2 階多項式曲線的方程式如下所示：

$$y=px^2+qx+c$$

其中 p 、 q 、 c 為常數，本部份分析的個案中，大多為東南往西北走向的颱風，颱風定位點的經度代入 y ，緯度代入 x 即可求出二階曲線方程式，當處理到幾個路徑較偏北個案，則用緯度代入 x ，經度代入 y 來求得。

若 2 階多項式曲線的開口向颱風進入陸地方向之左側，則判定為路徑偏左之個案，反之若 2 階多項式曲線的開口向颱風進入陸地方向之右側，則判定為路徑偏右之個案，除判斷颱風之偏向外，並選取適當颱風中心定位點作為偏折點，此偏折點大約為 2 階多項式曲線斜率發生明顯改變之處，並以偏折點前後不同斜率做兩條切線，兩切線之間交角定義為偏折角度。圖 4.1 為以 200108 TORAJI 為例之 2 階多項式曲線示意圖，圖中粗黑線為颱風路徑、粗灰線為颱風登陸前 200 公里內之每小時颱風路徑、粗虛線為 2 階多項式曲線、細虛線為偏折點前後之切線。

4-2-1、以 2 階多項式判定的颱風偏折情形分布

經 2 階多項式近似的判定結果，偏折點發生的位置大部分在近台灣海岸約 50 至 100 公里的位置上。當前述定義之偏折角(θ)大於 5 度時視為發生偏折之案例，在本部份分析的 48 個颱風個案中，發生左偏的個案共有 30 個，佔全部分析個案的 62.5%；發生右偏的個案有 5 個，佔全部分析個案的 10.42%；無明顯偏折情形的個案共有 13 個，佔全部分析個案的 27.08%。發生左偏的 30 個個案及偏折點經緯度、發生偏折時間及其與登陸時間之間隔皆列於表 4.3。

從表 4.3 的距離登陸時間項目可明顯發現，30 個西行颱風發生左偏的行為個案中除 199216 POLLY、200505 HAITANG、200715 KROSA 其颱風路徑明顯發生繞行的個案之外，其餘颱風發生偏折的時間點大多在登陸前的 2 至 3 個小時，此種偏折點發生在登陸前 2 至 3 小時的個案共計有 17 個，佔所有左偏個案

的 56.67%；若是偏折點發生在登陸前 3 小時內的個案則有 23 個，佔所有左偏個案的 76.67%。

4-2-2、颱風偏折點發生緯度位置之分布

本部分研究颱風發生偏折的位置及偏折的角度是否有明顯的南北差異，圖 4.2 為以北緯 23.5 度對偏折點發生緯度分類的偏折角分布情形與個案統計，未發生偏折個案與向右偏折的個案併入圓餅圖灰色區塊，並以該個案登陸前 3 小時的緯度位置加以作南北分類，其餘區塊均為發生向左偏折個案之分布。圖右側上方之圓餅圖為偏折點緯度大於北緯 23.5 度的偏折角統計，圖右側下方之圓餅圖為偏折點緯度小於北緯 23.5 度之偏折角統計。圖中各點為向左偏折個案之偏折點發生位置，並以不同顏色作為偏折角度的分類：藍色點為偏折角度在 6 度至 19 度之間發生偏折的位置，黃色點為偏折角度在 20 度至 29 度之間發生偏折的位置，紅色點為偏折角度在 30 度以上發生偏折的位置。

從兩個圓餅圖中可得到，偏折點發生位置於北緯 23.5 度以北及以南的個案數皆為 15 個，偏折點發生於北緯 23.5 度以北的個案，其主要發生偏折的角度在 20 度以上者佔此類個案的 2/3，無明顯偏折或向右偏折的個案比例相當低，只有 2 個個案分布；偏折點發生於北緯 23.5 度以南的個案，其主要偏折的角度在 19 度以內，佔此類個案的 60%，且無明顯偏折或向右偏折的個案比例超過全部南邊個案的 1/2。此結果顯示，在北緯 23.5 度以北發生路徑向左偏折的機率很高，且個案發生較大角度偏折角的機率較高，而在南邊的個案發生向左偏折的機率較小，且發生之偏折角度較小。

圖 4.3 為偏折點發生位置緯度與颱風移向之關係圖，此處颱風移向取颱風登陸前 24 至 12 小時移向。圖中實心圓表示西行颱風，空心圓表示北行颱風，此兩種行進方向以 315 度來畫分。角度大於 5 度的區域表示為颱風發生向左偏折之個案，未發生偏折與向右偏折的個案取其颱風登陸前 3 小時的緯度位置加以作南北分類，並繪製於角度小於 5 的區域。由圖中可以看出在北緯 23.5 度以

北發生偏折的個案中，西行颱風有 7 個、北行颱風有 8 個，並沒有明顯趨勢，但所有分析之北行颱風均有發生偏折情形，且發生偏折的位置均在北緯 24 度以北。偏折位置發生在北緯 23.5 度以南的個案中，西行颱風有 5 個、北行颱風有 10 個，顯示北行颱風發生偏折之機率較高；另外，發生偏折之西行颱風偏折點位置集中在北緯 22.5 度至 23 度之間，北行颱風之偏折點則發生在北緯 22.5 度至 23.5 度。由上述結果顯示，發生偏折的位置在北緯 23.5 度以北的北行颱風，以及北緯 23.5 度以南的西行、北行颱風均有分布於某一區域的特性。

4-2-3、颱風發生偏折與其他颱風移行特徵相關之分析

本部分欲統計颱風發生偏折與其他颱風移行特徵之間的關係，希望藉此找出在何種狀況下颱風容易發生偏折的情形。首先討論颱風發生偏折是否與颱風移速有關，圖 4.4 為偏折角度與偏折發生前 9 至 12 小時之平均移速散布圖，在此以偏折前 9 至 12 小時之平均移速做為未發生偏折時之颱風受到的駛流速度，實心圓為西行個案、空心圓為北行個案，此處颱風移向取颱風登陸前 24 至 12 小時移向，並以 315 度作畫分。圖 4.4a 為偏折點在緯度 23.5 度以北之個案，由圖中可看出偏折角度與偏折前移速大致呈現負相關的情形，相關係數 R 值達到約 0.66，顯示該時間區段移行速度較慢的颱風發生偏折的機率較高。圖 4.4b 為偏折點在緯度 23.5 度以南之個案，其偏折角度與偏折前移速相關性較圖 4.4a 低，相關係數 R 值僅 0.29，顯示偏折點發生在北緯 23.5 度以南的個案該時間區段移行速度與是否發生偏折並無明顯相關。

接著討論颱風發生偏折是否與颱風強度有關，圖 4.5 為發生偏折角度與偏折發生前的颱風中心最大風速散布圖，圖中颱風強度以 JTWC 中心最大風速資料內插至偏折點前 9 小時的時間點(約為登陸前 12 小時)，藉以估計颱風在偏折發生前的強度。由圖中各點之分布可發現發生偏折角度與偏折前的颱風強度無明顯的相關性，其相關係數 R 值約為 0.256。其結果顯示偏折程度與偏折發生前颱風中心最大風速無明顯關係。

最後是偏折角度、颱風強度與偏折點發生緯度的關係，圖 4.6 為發生偏折角度與颱風中心最大風速、偏折點發生緯度之關係圖，圖中颱風強度以 JTWC 中心最大風速資料內插至偏折點前 9 小時的時間點(約為登陸前 12 小時)，估計颱風在偏折發生前的強度，並以 saffir_simpson hurricane scale 來對颱風強度作分類。從圖中可看出所有個案是否發生偏折與颱風強度並無明顯的相關性，發生偏折的緯度也與颱風強度無明顯相關性。

偏折點發生在北緯 23.5 度以南的個案其偏折角在單純考慮與移速、颱風強度的關係下都沒有得到很好的關係，參考 Kuo et al.(2001)曾提到在有背景風場存在時，考慮颱風被地形影響發生的路徑偏折，可能還需要考慮到颱風平流穿過地形的時間尺度與颱風受地形影響偏折的時間尺度，當颱風被平流穿過地形的時間尺度比較大時，我們認為颱風就有足夠的時間被地形影響而發生偏折行為，因此接下來我們考慮偏折角與颱風被平流穿過台灣地形的時間尺度(d/U)的關係，圖 4.7 以 200708 SEPAT 為例子，估計颱風被平流過山之時間尺度(d/U)。選取偏折點(空心圓點)與偏折點前六小時定位點(星號)連成直線，此直線穿過台灣地形 1500 等高線的距離 d_{1500} 當做顯著地形的寬度指標。颱風所受背景風場平流的 U 則選偏折前-12 到-9 小時的平均移速 $U_{-12\sim-9}$ 。表 4.4 為分析偏折點在緯度 23.5 度以南 15 個個案的偏折前 12 到前 9 小時平均移速及穿越 1500m 等高線地形寬度表，其中 198708 ALEX、199006 OFELIA、200407 MINDULLE 三個颱風無法明確定義出此寬度指標，不列入計算中。圖 4.8 為去除上述三颱風個案後畫出偏折點在緯度 23.5 度以南 13 個個案之偏折角與颱風被平流過山之時間尺度(d/U)關係圖，相關係數達到 0.48，圖中並顯示出颱風被平流過山的時間尺度越大，偏折角度越大的趨勢。

4-3、利用數值模式探討影響偏折角度變異度之因素

本研究中將以區域淺水模式來模擬颱風路徑在登陸前受地形影響發生之變化，在一垂直偶合良好的颱風裡，可視為駛流導引一正壓渦旋，淺水模式也能

模擬出因地形產生之輻散輻合現象，因此我們認為以淺水模式來模擬有一定的合理性。

使用之淺水模式在無外力且背景風場 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 固定不變的情形下模式的預報方程可寫成如下：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial u(\zeta + f)}{\partial x} - \frac{\partial v(\zeta + f)}{\partial y} - \bar{u} \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \bar{v} \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad (4.1a)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{\partial v(\zeta + f)}{\partial x} - \frac{\partial u(\zeta + f)}{\partial y} - \nabla^2 \left(\frac{u^2 + v^2}{2} + \Phi' \right) - \bar{u} \frac{\partial D}{\partial x} - \bar{v} \frac{\partial D}{\partial y} \quad (4.1b)$$

$$\frac{\partial \Phi'}{\partial t} = -\frac{\partial u \Phi'}{\partial x} - \frac{\partial v \Phi'}{\partial y} - \bar{\Phi} D - \bar{u} \frac{\partial \Phi'}{\partial x} - \bar{v} \frac{\partial \Phi'}{\partial y} \quad (4.1c)$$

其中 ζ 、 D 、 Φ' 定義如下：

$$\zeta = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \quad (4.2a)$$

$$D = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \quad (4.2b)$$

$$\Phi' = \Phi - \bar{\Phi} \quad (4.2c)$$

在 4.1、4.2 式中， u 是東西向速度， v 是南北方向速度， ζ 是渦度場， D 是輻散場， Φ' 為重力位高度距平。本研究使用之 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 不受地形影響改變背景流場，單純只作用在預報方程的平流項中，因此研究中單純探討渦旋受地形影響的路徑變化。

實驗設計使用 f-平面(北緯 20°)之雙周期性邊界，空間解析度為 2km，網格點數為 512x512，空間微分方法使用 Fourier pseudo-spectral method，時間積分方法為跳蛙法(leapfrog method)，時間解析度為 2 秒，使用之台灣地形資料解析度為 2 公里。

圖 4.9 為實驗示意圖，圖中 x 為渦旋初始位置，放在地形東側六個不同的緯度，使用兩種方向的背景風場，向西及向西北，總共實驗使用 3m/s (11 km/hr)、5m/s (18 km/hr)、7m/s (25 km/hr) 三種大小的背景風場。初始渦旋結構為 Rankine vortex，實驗測試了兩種渦旋強度最大風速分別為 35m/s 與 50m/s，兩種渦旋最大風速半徑 50km 與 100km。

探討西行及西北行渦旋單純受到台灣地形影響時產生之路徑偏折程度，如圖 4.10，圖中實驗初始渦旋最大風速為 50m/s，最大風速半徑為 50km，背景風場包含 3、5、7m/s，西向及西北向共 36 個實驗。藍色點為偏折角度在 6 度至 19 度之間發生偏折的位置，黃色點為偏折角度在 20 度至 29 度之間發生偏折的位置，紅色點為偏折角度在 30 度以上發生偏折的位置。實驗結果顯示出與圖 4.2 觀測結果有同樣特徵，偏折點在 23.5° 以北之個案出現大偏折角之比例較大，大於 20° 之個案比例達到 75%。偏折點在 23.5° 以南之個案偏折角在 6° 到 19° 之個案比例增加，大偏折角度多出現在緯度 23 度左右。

圖 4.11 為探討偏折角度與偏折點發生緯度之實驗模擬結果關係圖，與圖 4.3 觀測結果比較。在 23.5 度以北偏折之實驗與觀測同樣平均來說有較大偏折角度，從不同背景風場之實驗可發現背景風速越大，偏折角越小。在 23.5 度以南偏折之實驗，偏折角度隨緯度增加，背景風場移向為西北向的實驗造成較大的偏折角度。從實驗中可發現最大風速改變之實驗對偏折角度沒有明顯影響，但改變最大風速半徑實驗卻對偏折角度的大小有敏感之影響，渦旋最大半徑增加為 100km 之實驗大多沒有明顯偏折。

圖 4.12 為實驗模擬之偏折角度與背景風場散布圖，圖 4.13 為實驗中偏折點在緯度 23.5 度以南之實驗，其偏折角度與渦旋平流過山之時間尺度關係圖。此兩張圖探討實驗結果中影響不同偏折角度的變異度因子，圖 4.12a 顯示，偏折點在緯度 23.5 度以北之個案偏折角大小主要受背景風場大小影響，偏折角度與背景風場大小成反比關係。圖 4.12b 及圖 4.13 則顯示偏折點在緯度 23.5 度以南之實驗除了背景風場移速以外還需要考慮渦旋平流過山的時間尺度，偏折角度與渦旋平流過山之時間尺度間相關係數 R 達到 0.58。偏折角度與渦旋平流過山之時間尺度成正比。實驗中發現渦旋最大風速與偏折角度無明顯關係，而渦旋最大風速半徑為一重要的影響偏折角度的因素，實驗顯示當渦旋變大時，偏折角度會減少，甚至沒有出現明顯偏折。

4-4、颱風近陸地時控制路徑偏折程度因子之討論

本章中使用觀測資料與模式模擬探討颱風近陸地時發生之路徑偏折，根據 Kuo et al.(2001)探討之地形 β 效應，颱風近陸地時環流過山空氣柱被拉伸，在渦旋行進路徑的左手邊形成正的位渦平流是影響颱風左偏的重要原因，從觀測及實驗中我們發現颱風左偏的程度與颱風強度並沒有明顯關係，主要控制因子為颱風移速與台灣地形南北不對稱之分布，在緯度 23.5 度以北偏折的颱風個案，因為感受到的地形大小差不多，偏折角度主要受颱風移速影響，偏折角度與移速呈現反比。在緯度 23.5 度以南偏折之颱風個案，由於台灣 23 度以南之地形大小高度皆較 23 度以北小，所以除了移速外尚須考慮地形的大小造成的偏折效應，分析不同移向颱風所對應之不同地形大小，以颱風被平流過山之時間尺度 (d/U) 來包含地形大小與移速之效應，發現偏折角度與 d/U 大致上呈現一正比的關係。從模式中我們還發現渦旋大小也是影響偏折角的一個重要因素，大渦旋造成之路徑偏折較小。在實際觀測中各式各樣大小的颱風，可能就是造成我們統計之偏折角度變異度的重要來源。

5、個案分析

由前面各章節所述，在本研究所蒐集之 57 個颱風個案中，有少數個案具有特殊的移行速度或移動方向變化。例如在第 2 章所述，總共在 14 個“分裂過山”行為的颱風中有 12 個個案是出現原中心消散，副中心取代原中心的情形，其中又有 1 個在陸期間平均移行速度大於 100km/hr 的個案，是造成我們統計中出現很大變異度的特殊個案。此外近年來多次觀測到、在第 4 章提及在颱風登陸前 10 小時左右出現路徑偏折的颱風繞行個案，以上都將在本章節中作一初步的分析。另外，由於近年來颱風侵台時往往帶來充沛的雨量造成土石流等災害，因此本章節最後一部分將分析颱風強度、在陸期間移行速度、在陸停留時間與累積雨量之間的關係。

5-1、在陸期間平均移速大於 100km/hr 之個案分析

在前述 2-4 節時曾提過於在陸期間平均移速大於 100km/hr 的個案總共有 1 個，為 197804 ROSE，其在陸期間平均移速約為 130.0km/hr，且在第 3 章依照登陸區域分類時分為北緯 23.5 度以南之東部海岸線登陸者。圖 5.1 為王顧問百年侵台颱風路徑圖集中的 197804 ROSE 颱風路徑圖，除可看出其屬於“分裂過山”個案類別外，亦可看出原颱風中心在登陸後於 062414 UTC 被位於台灣海峽北部的副低壓中心取代，原颱風中心亦在 062414 UTC 之後消散。

按照 1978 年對於 ROSE 之颱風報告(羅 1978)指出，ROSE 生成於太平洋副熱帶高壓的西南邊緣，靠近陸地，在 6 月 23 日中午時於呂宋島東北方至巴士海峽東部曾發展為中心氣壓 993 毫巴、近中心最大風速 20m/s 的輕度颱風，並受低層導引於 24 日上午由西北轉北北西偏北沿太平洋副熱帶高壓邊緣行進，慢慢接近台灣本島並受台灣地形影響，致使環流受到破壞，尚無充分發展即在成功附近登陸，且在登陸後颱風中心隨即消失。在 ROSE 侵襲台灣地區其間，最低氣壓值出現在台灣東南沿海的蘭嶼地區，時間為 06240835 UTC，氣壓值為 994.6

毫巴，而在颱風登陸地點附近的成功其最低氣壓值出現時間為登陸時間的 06241207 UTC，氣壓值為 998.9 毫巴，由此可見 ROSE 接近台灣地形時威力急速減弱，致使颱風中心登陸後不久即消散。

圖 5.2 為 ROSE 登陸前 3 小時之地面氣壓等壓線圖，由圖中即可看出在 ROSE 登陸之前，其颱風中心氣壓值約為 993 毫巴，於新竹、台中各有一副低壓存在，兩個副低壓中心氣壓值均約為 1000 毫巴。而在圖 5.3 之 ROSE 登陸時的地面氣壓等壓線圖中，颱風中心氣壓值已變為 998 毫巴，原先在台中附近的副低壓已經消失，新竹附近之副低壓已移至新竹外海，副低壓中心氣壓值約為 1000 毫巴。登陸之後的 ROSE 急速減弱，並於 062414 UTC 被新竹外海之副低壓取代，原颱風中心隨即消失，在圖 5.4 之 ROSE 原颱風中心被取代後 1 小時的地面氣壓等壓線圖中，已看不到原先的颱風中心，而颱風中心已被原先新竹外海的副低壓中心取代，其中心氣壓值為 999 毫巴。

由第 2 章所作的颱風登陸、離陸點的定義——「以整點時間、最接近台灣本島陸地之海上颱風中心定位資料及其時間為登(離)陸點及登(離)陸時間」，並參考圖 5.1 王顧問百年侵台颱風路徑圖集的 ROSE 路徑圖，對於 ROSE 之登陸點選取 062412 UTC，由於原颱風中心並未出海即被取代，因此離陸點選取已取代原颱風中心並位在海上的 062414 UTC 新竹外海低壓中心位置，此一結果造成颱風在陸停留時間僅為 2 小時、登陸點與離陸點相距 259.89km，並得到在陸期間平均移行速度 130.0km/hr 的結果。

5-2、颱風登陸前出現繞行路徑之個案分析

在去年之成果報告書中曾對近年來颱風路徑發生繞行情形的 3 個颱風——200505 HAITANG、200513 TALIM、200715 KROSA 作一初步分析，得到在此 3 個颱風之 7 級風暴風半徑接觸台灣本島陸地時的颱風強度均為強烈颱風外，其暴風半徑均屬於半徑超過 250 km 的「大颱風類型」，且 10 級風半徑均有 100 km 以上。對照 200519 LONGWANG，颱風強度雖同樣為強烈颱風，但 7 級風

兩 10 級風暴風半徑分別僅有 200 km 及 80 km，並無明顯的繞行情況出現，移速之變化也不大。另外在本研究第 3 章所作「以颱風登陸位置對颱風分類」，亦發現此 3 個颱風個案均為北緯 23.5 度以北之東海岸區域登陸之颱風。究竟颱風發生繞行情形是否與颱風強度、暴風半徑有關，且繞行個案之發生是否有其區域特徵均值得進一步研究。

本部分將以王時鼎顧問之百年侵台颱風路徑圖集之資料為基準，統計自 1897 年至 2003 年以來颱風發生繞行情形之個案數，以及這些個案的颱風強度、發生繞行位置、登陸區域等資料作一統計研究，以期得到繞行個案之特徵，另外亦統計北緯 23 度至 25 度之間登陸颱風發生繞行路徑之比例。

表 5.1 為王顧問之百年侵台颱風路徑圖集中自 1897 年至 2003 年具繞行特徵之個案整理，其中強度部分取颱風登陸點附近之颱風強度，若登陸點附近有颱風強度變化即以「-」加以連接表強度變化前後情形；方向則為颱風登陸前距離台灣本島大約 20 經度位置開始至登陸點的大略行進方向，與登陸本島後至離陸前颱風大略行進方向，並以「-」加以連接；過山之「直」表示為直接過山個案、「分」表示為分裂過山個案；轉圈部分的「x」表示沒有發生繞行情形、「L」表示繞行之大部分時間發生於陸地上、「O」表示繞行之大部分時間發生於海面上。

由表 5.1 可發現自 1897 年開始至 2003 年為止，總共發生 17 個颱風繞行的個案，其中 196015 ELAINE(當時仍為熱帶低壓)個案在王顧問的百年侵台颱風路徑圖集中並無繞行情形，但在所附之 JTWC 路徑圖中在登陸前之海面上有繞行情形發生，故將之加入繞行發生個案中，除該個案外，其餘明確繪出個案繞行發生在陸地上者有 10 個，發生於海面上者有 6 個(若加上 196015 ELAINE 則為 7 個)，顯示繞行路徑不一定發生於登陸前，也有可能發生在登陸後。在颱風強度的部分，17 個個案中有 8 個為中颱以上的個案，9 個為熱帶低壓或輕颱的個案，顯示出現路徑繞行情形並非中颱以上的個案才會發生，但熱帶低壓及輕颱是否是因為本身結構不甚完整而使颱風中心定位不易、出現漂移繞行情形

有待進一步確定。在颱風行進方向部分，共有 9 個個案在登陸前大略的行進方向為西北方，5 個為北方、3 個為西方，偏西北方向行進的比例較高。繞行個案登陸區域除了 2 個緯度位於北緯 25 度以北、1 個位於北緯 23 度以南之外，其餘 14 個皆在北緯 23 至 25 度之間登陸，且主要分布在北緯 23 至 23.5 度(8 個個案)及北緯 24 至 24.5 度(5 個)，僅 199013 YANCY 繞行發生在過山之後的個案其登陸點在偏北的北緯 25 度。此外，發生繞行個案的過山行為部分，共有 10 個個案發生分裂過山的情形，7 個為直接過山的類別。值得一提的是，這 17 個繞行個案中，有 9 個繞行轉圈路徑的部分屬於「約略判定」的部分，亦有 3 個個案在台東、花蓮一帶有低壓生成，其與颱風發生繞行行為是否有關連，需要再進一步確認。

另外，本部分亦統計了 1897 年至 2003 年當中於北緯 23 度至 25 度登陸的所有颱風，並計算發生路徑繞行情形的機率。總計這 107 年當中共有 106 個自北緯 23 度至 25 度之間登陸的颱風，在此不一一列出。颱風於登陸時間點附近的強度部分，有 70 個為中颱以上的個案、36 個為輕颱或熱帶低壓。在颱風過山行為部分，共計 41 個分裂過山的個案、65 個直接過山的個案。在颱風登陸之前大略的行進方向部分，共計有 69 個為西北方、19 個為北方、16 個為西方、2 個為西南方，顯示西北方向行進的比例較高。

總計這 106 個個案當中，共有 14 個發生繞行路徑，約佔 13.21%，其中中颱以上颱風發生繞行個案的比例為 11.43%，熱帶低壓或輕颱發生繞行個案的比例則為 25%。颱風登陸前大略行進方向為西北方的繞行個案佔全部西北方向行進的個案的 13.04%，行進方向為北方者則佔 26.32%，行進方向為西方者則為 18.75%。登陸區域方面，登陸於北緯 24 度至 24.5 度之間的颱風發生繞行個案的比例為 11.90%，登陸於北緯 23 度至 23.5 度之間的颱風發生繞行個案的比例為 21.05%。若以颱風過山行為來分析的話，發生繞行路徑且為分裂過山的颱風個案發生比例為 24.39%，發生繞行路徑且為直接過山的颱風個案發生比例則為 10.77%。

以上為 1897 年至 2003 年之王顧問百年侵台颱風路徑圖集所統計出來的資料，由於目前路徑圖集中的路徑圖分析較為完整的年代更新僅至 2003 年，因此發生於 2005 年之後的 3 個颱風路徑發生繞行行為的個案並未統計在內，登陸於北緯 23 度至 25 度之間的颱風個案數亦隨之更新至 2003 年為止。若加入近年來對於颱風觀測的各項相關資料，對於研究繞行個案發生之原因應更有幫助，此一部分留待資料備妥後繼續研究。

5-3、颱風登陸期間累積雨量與颱風各項資料之分析

本部分所使用的颱風強度以美軍聯合警報中心(JTWC)最佳路徑資料中的「近中心最大風速」為代表，選取的時間為各颱風個案判定之登陸時間(判別方式請參考第 2 章)的前 12 小時，由於 JTWC 之資料為每 6 小時一筆，因此選取的時間即颱風真正登陸前 12 至 17 小時，視為颱風未受到陸地影響時的颱風強度。颱風在陸期間的時間區間判別則如同先前之部分，1977 年至 1996 年取用王時鼎顧問之百年侵台颱風路徑圖集(謝 1998)資料，1997 年至 2007 年則取用中央氣象局雷達與衛星資料整合之客觀分析資料加以判別。

在累積雨量的部分，為了確保在統計颱風個案共計 31 年間沒有資料中斷的問題，因此選用中央氣象局局屬測站之雨量資料，但由於台北測站、新竹測站、台南測站均有搬遷，蘇澳測站為統計年間才成立之測站，因此該 4 個局屬測站之資料均予以剔除，總計使用 21 個局屬測站之雨量觀測資料，如圖 5.5 所示，分別為：淡水測站、鞍部測站、竹子湖測站、基隆測站、彭佳嶼測站、花蓮測站、宜蘭測站、東吉島測站、澎湖測站、高雄測站、嘉義測站、台中測站、阿里山測站、大武測站、玉山測站、恆春測站、成功測站、蘭嶼測站、日月潭測站、台東測站、梧棲測站。累積雨量的計算自颱風登陸開始、颱風離陸為止，全部共 21 個局屬測站的總計值。

圖 5.6 為颱風在陸停留時間、在陸移動距離與累積雨量之間的關係圖，圖中資料點的顏色以雨量區分，累積雨量分色圖標示於圖的右上方。圖中偏冷色

系的較少雨量資料點主要分布於在陸停留時間 8 小時以下，偏暖色系的較多雨量資料點則多分布於在陸停留時間 8 小時以上，此兩者之間與在陸移動距離並無明顯的關係。

圖 5.7 為代表颱風強度的近颱風中心最大風速與累積雨量的關係圖，圖中的紅色點表示累積雨量小於 2000 mm、近中心最大風速小於 90 kt 的資料，綠色點表示累積雨量小於 2000 mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 的資料，藍色點則表示累積雨量大於等於 2000 mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 的資料，之後所有圖亦以此為分類一句，將所有颱風個案分為 3 種。從圖中可看出颱風強度與累積雨量並沒有太大的相關性，其相關係數 R 值為 0.3521。但從分色點可明顯看出近中心最大風速小於 90 kt 的紅色點颱風個案，並沒有累積雨量超過 2000 mm 的個案發生。

圖 5.8 為颱風在陸停留時間與累積雨量的關係圖，圖 5.8a 為全部個案的資料點分布，圖 5.8b 則為去掉 200116 NARI 資料點的其他 56 個個案資料點分布。從圖中可看出颱風在陸停留時間與累積雨量呈現正相關性，其相關係數 R 值為 0.8938，顯示在陸地停留時間越久的颱風個案，其累積雨量較高，較易造成災害。另外，從資料點的分布可看出近中心最大風速大於等於 90 kt、累積雨量大於等於 2000 mm 的藍色資料點，其分布屬於離趨勢線較遠的個案，顯示其極端性。

圖 5.9 為颱風在陸移動距離與累積雨量之關係圖，從圖中可看出 3 個分類所屬顏色的資料點各自呈現平均分布於代表颱風在陸移行距離遠近的水平方向，顯示颱風在陸期間的移行距離與累積雨量的相關性很小，其趨勢線顯示的相關係數 R 值為 0.3294。

最後是颱風在陸移動速度與累積雨量之間的關係圖，繪製於圖 5.10，其中圖 5.10a 標示了所有個案的資料點，圖 5.10b 則去除了 197804 ROSE、200116 NARI 兩個資料點。從圖中可看出颱風在陸移動速度與累積雨量之間呈現乘冪關係，相關係數 R 值為 0.6751。從圖中亦可看出近中心最大風速大於等於 90 kt、

累積雨量大於等於2000 mm 的藍色資料點，分布於移行速度 20 km/hr 以下的區域。

由以上討論可知，颱風累積雨量對於颱風在陸停留時間有較大的正相關性，達到 0.8938，對於在陸移動距離相關性較小，僅 0.3294；累積雨量與颱風強度的關係，其相關性僅 0.3521。因此颱風累積雨量主要仍是以颱風在陸停留時間為主要影響原因，因此颱風在陸移行較快、停留時間較短的颱風其累積雨量較小、反之在陸移行較慢、停留時間較長的颱風其累積雨量易出現較高的極端值。

6、結論與未來進行方向

本研究已蒐集 1977 年至 2007 年共計 31 年的颱風登陸台灣本島之個案，並重新訂定颱風登陸、離陸時間與颱風中心定位，計算颱風移速與移向等資料；接著利用颱風登陸台灣本島之位置對各颱風個案作分類，分析各分類颱風之移速特徵；另外對颱風登陸台灣本島前路徑發生偏折之行為作資料蒐集與分析，最後並針對部分特殊個案作討論、分析颱風侵台期間之累積雨量。

分析顯示，一般而言颱風平均移速最大值出現在在陸期間比例最高，颱風登陸前均有加速的情形，颱風通過台灣前後主要呈現登陸後加速、離陸後減速的狀況。在陸期間快速移動與一般速度移動的個案，平均移速最大值為在陸期間移速，慢速移動個案則相反，在陸期間平均移速為所有時間內最小值，離陸後有加速情形。颱風在陸停留時間 8 小時以下的個案，最大平均移速出現於在陸期間，颱風在陸停留的時間超過 3 小時的個案離陸後有加速的情形。另外，颱風在陸停留時間超過 8 小時的個案，颱風在陸期間的平均移速值幾乎小於所有其他時間的平均移速值。

不同登陸區域的颱風移速分析部分，在東北部登陸的颱風其最大平均移速有較大的機會發生在登陸前 3 小時，在陸平均移速為 3 組中最小的。東南部與西部登陸的颱風之最大平均移速則較容易發生在颱風在陸期間。另外，西邊登陸的個案在陸平均移速較大，離陸後 3 小時開始也有明顯的加速現象發生。整體而言，不論是東海岸或是西海岸登陸的颱風，均有越南方的分區其在陸期間平均移速越快的趨勢。另外，西海岸登陸颱風的在陸期間平均移速值均較同緯度分區的東海岸登陸颱風在陸期間平均移速值大，差值約大於 5 km/hr。

分析颱風登陸台灣前的偏折情形，結果顯示在颱風登陸前一時段至颱風在陸期間，颱風登陸點前後的移向變化均為向左偏為主。以 2 階多項式客觀判斷 48 個統計結果顯示左偏個案有 30，無明顯偏折個案(偏折角度 $\leq 5^\circ$ 或右偏)有 18 個個案，偏折發生在台灣外海約 50~100km，在緯度 23.5° 以北大偏折角個案數

較多，緯度 23.5° 以南較少。緯度 23.5° 以北偏折個案與偏折前移速相關係數達到 0.66，緯度 23.5° 以南大偏折角個案多發生在緯度 23° ，移向偏北，與渦旋平流過山的時間尺度 d/U 有較好的關係。偏折角度與颱風最大風速則沒有明顯關係存在。本研究中也以淺水模式、台灣地形資料，單純探討有背景風場之渦旋與地形之交互作用。從實驗中我們發現與觀測有類似的統計特徵，颱風登陸前路徑左偏的主要控制因子為颱風移速與台灣南北不對稱分布之地形，在緯度 23.5° 以北偏折的颱風個案，偏折角度主要受颱風移速影響，偏折角度與移速呈現反比。在緯度 23.5° 以南偏折之颱風個案，由於台灣 23° 度以南之地形大小高度皆較 23° 度以北小，所以除了移速外尚須考慮地形的大小造成的偏折效應，以颱風被平流過山之時間尺度(d/U)來包含地形大小與移速之效應，發現偏折角度與 d/U 大致上呈現一正比的關係。從模式中我們還發現渦旋大小也是影響偏折角的一個重要因素，大渦旋造成之路徑偏折較小。

在陸期間快速移動個案部分，197804 ROSE 颱風由於發展時間短、環流較弱，造成原颱風中心在 062412 UTC 登陸之後，於 062414 UTC 被位於台灣海峽北部海面上的副低壓中心取代，原颱風中心亦在 062414 UTC 之後消散，而得到颱風在陸停留時間 2 小時、登陸點與離陸點相距 259.89km，在陸期間平均移行速度 130.0km/hr 的結果。

繞行個案部分，自 1897 年至 2003 年共發生 17 個颱風繞行個案，且並非中度颱風以上才會發生繞行，但熱帶低壓及輕颱是否因本身結構不甚完整而使颱風中心定位不易、出現漂移繞行情形有待進一步確定。另外，1897 年至 2003 年於北緯 23° 至 25° 登陸的所有 106 個颱風中，共有 14 個發生繞行路徑，約佔 13.21%。

颱風侵台期間累積雨量的分析結果顯示，累積雨量對於颱風在陸停留時間有較大的正相關性，對於在陸移動距離、颱風強度之相關性較小。颱風累積雨量主要仍是以颱風在陸停留時間為主要影響原因，因此颱風在陸移行較快、停留時間較短的颱風其累積雨量較小、反之在陸移行較慢、停留時間較長的颱風

其累積雨量易出現較高的極端值。

本研究未來進行方向將根據前兩年的研究結果所建立之動力概念模式與上年度數值模式的研究方法，例如根據第四章所做之路徑偏折與動力上重要因子的迴歸關係，提供給預報員預報時參考的指標。未來也將更深入的探討颱風遇到台灣地形時，登陸前及在陸期間發生的移行速率的變化，並選出幾個具代表性之颱風個案來進行探討，以增進颱風侵台期間移行速度變化的預報作業提供預報作業人員參考使用。

參考文獻

- 陳怡良，2004: 台灣地形 β 效應對颱風路徑的影響—東南駛流個案探討。國立台灣大學大氣科學研究所博士論文。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1998: 百年侵台颱風路徑圖集及其應用。中央氣象局專題研究報告 CWB86-1M-01。
- 羅字振，1978: 民國六十七年颱風調查報告—第一號侵台颱風(7804 號)羅絲。中央氣象局 1978 年颱風調查報告。
- 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.
- Kuo, H. C., R. T. Williams, J. H. Chen, and Y. L. Chen, 2001: Topographic effects on barotropic vortex motion: No mean flow. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 1310-1327.
- Yeh, T.-C., and R. L. Elsberry, 1993a: Interaction of typhoons with the Taiwan orography. Part I: Upstream track deflections. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3193-3212.

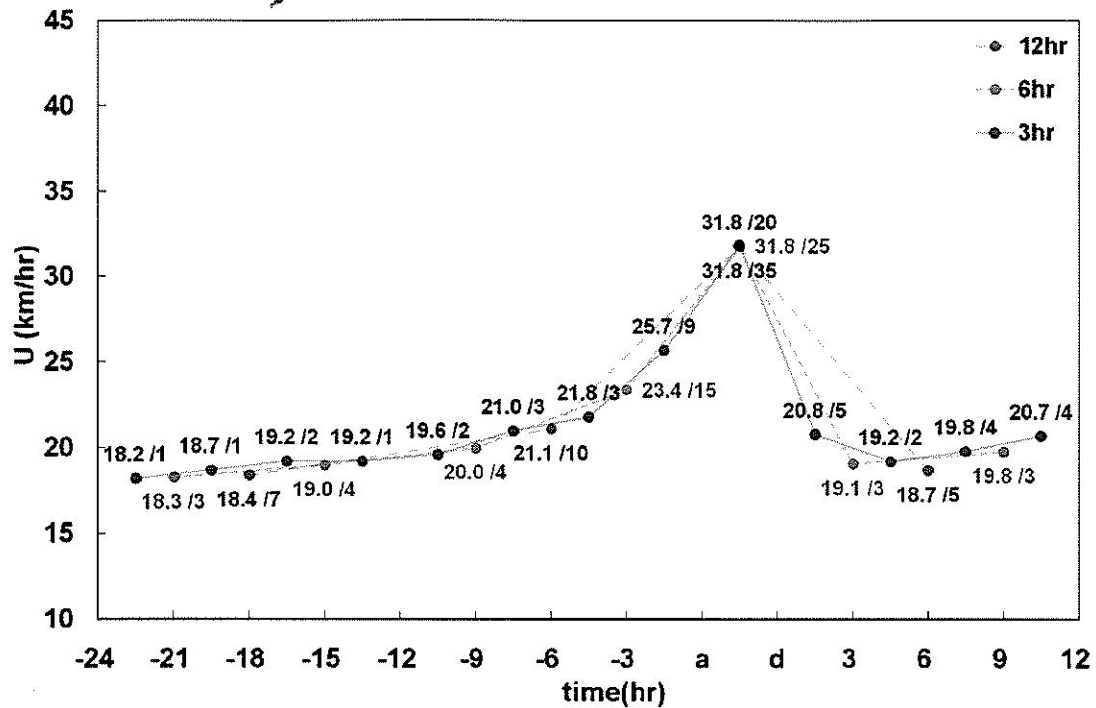


圖 2.1 不同時間解析度在不同條件下的平均移速資料變化，分別為 12 小時(藍色線段)、6 小時(綠色線段)、3 小時(紅色線段)。橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。圖中數字為「平均移速/時間區段內最大移速值出現次數」

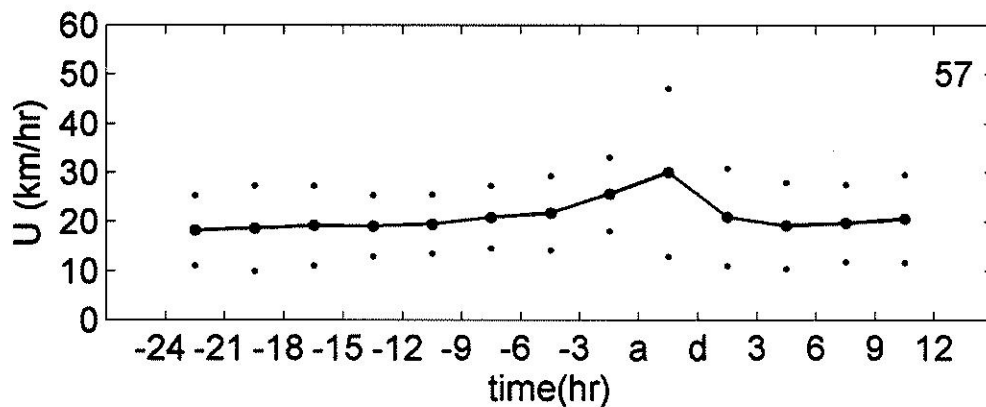
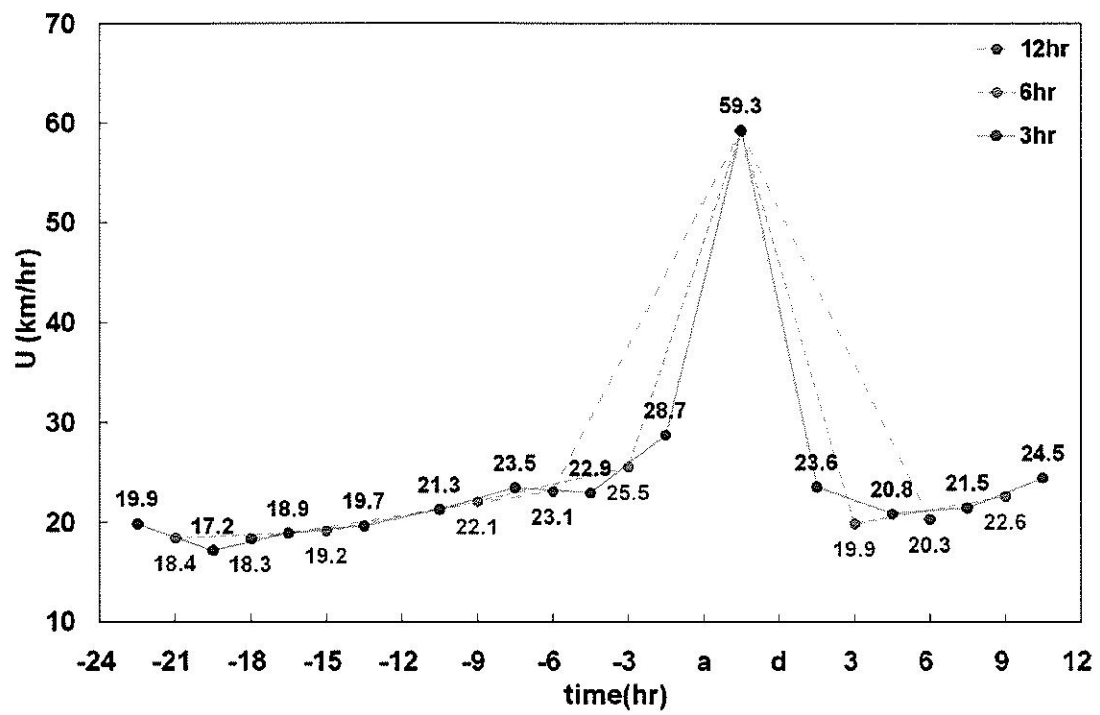
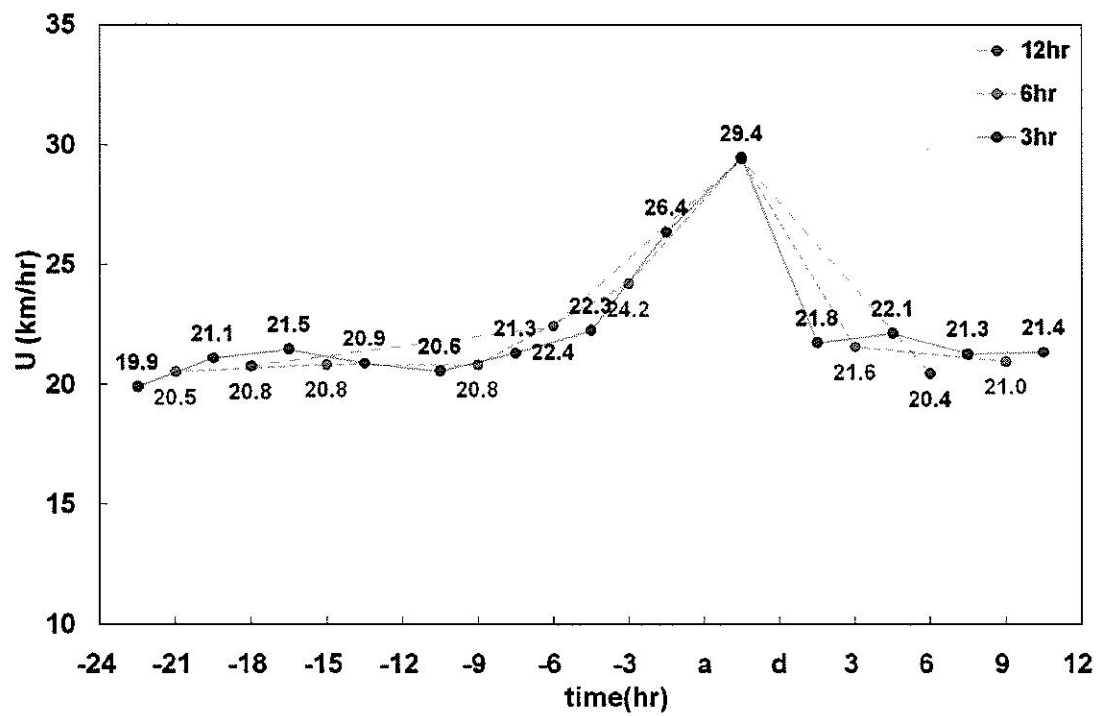


圖 2.2 全部 57 個颱風個案之 3hr 平均移行速度與正負一個標準差。橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。在陸期間移速平均移除颱風 197804 ROSE 此一在陸期間移速達到約 130km/hr 之不連續路徑個案。

(a)



(b)



(c)

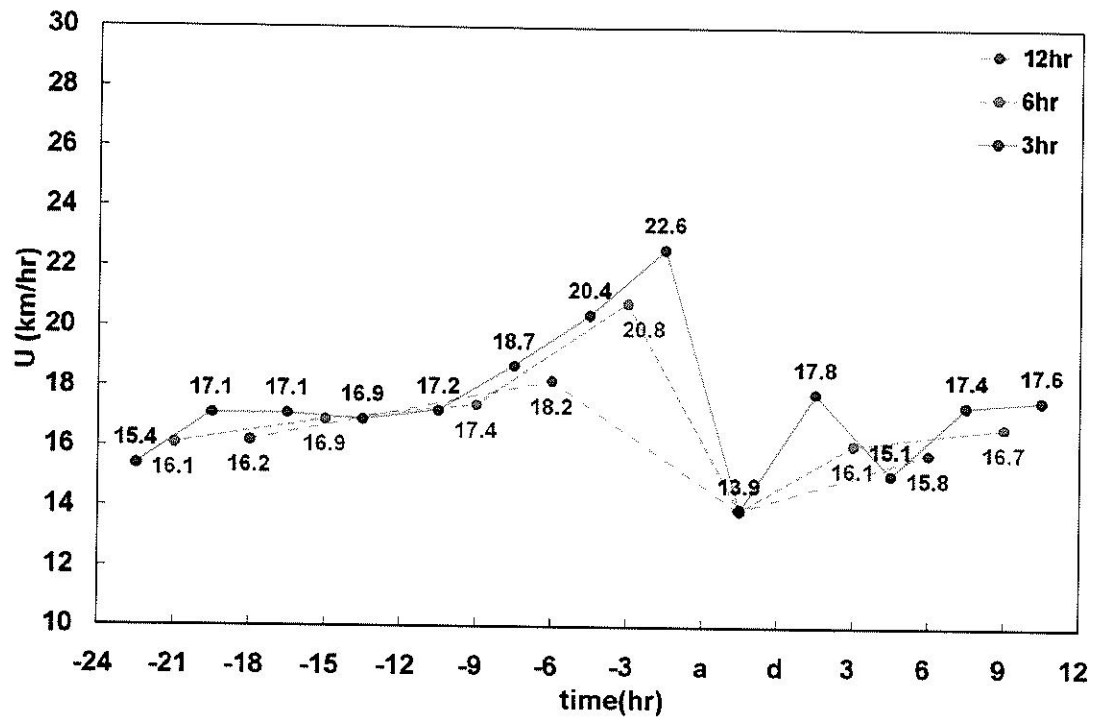


圖 2.3 不同在陸期間平均移速之登陸前、離陸後移速變化圖

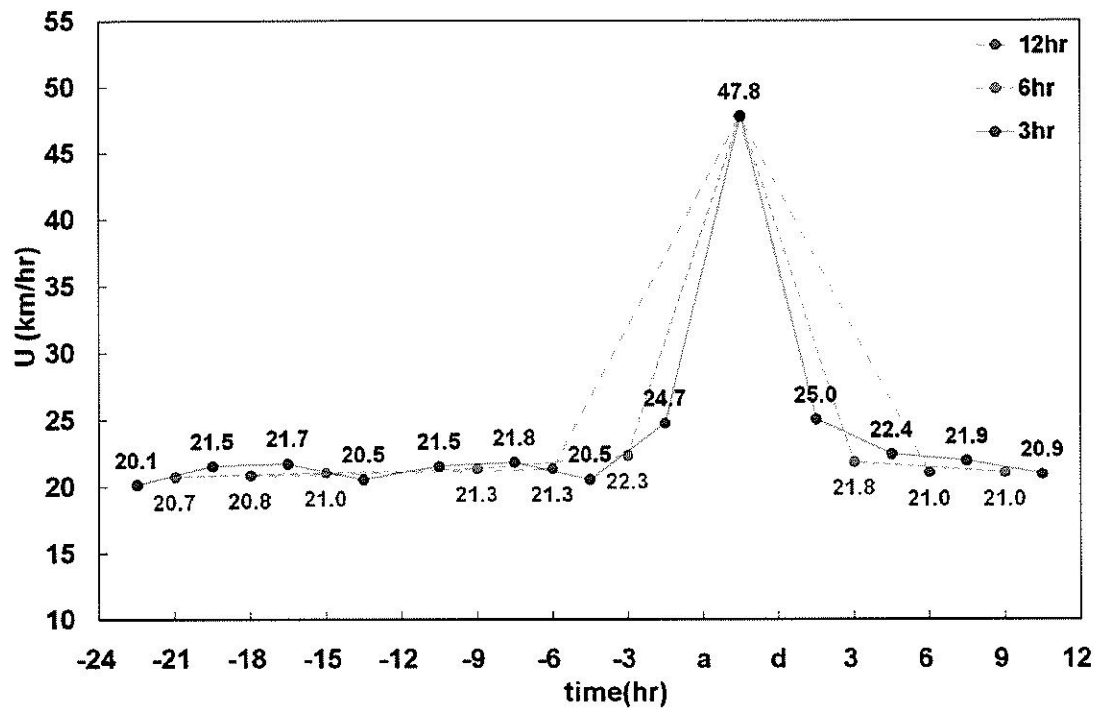
(a) 在陸期間平均移速(v)大於 38km/hr，

(b) 在陸期間平均移速(v)大於 21km/hr、小於等於 38km/hr，

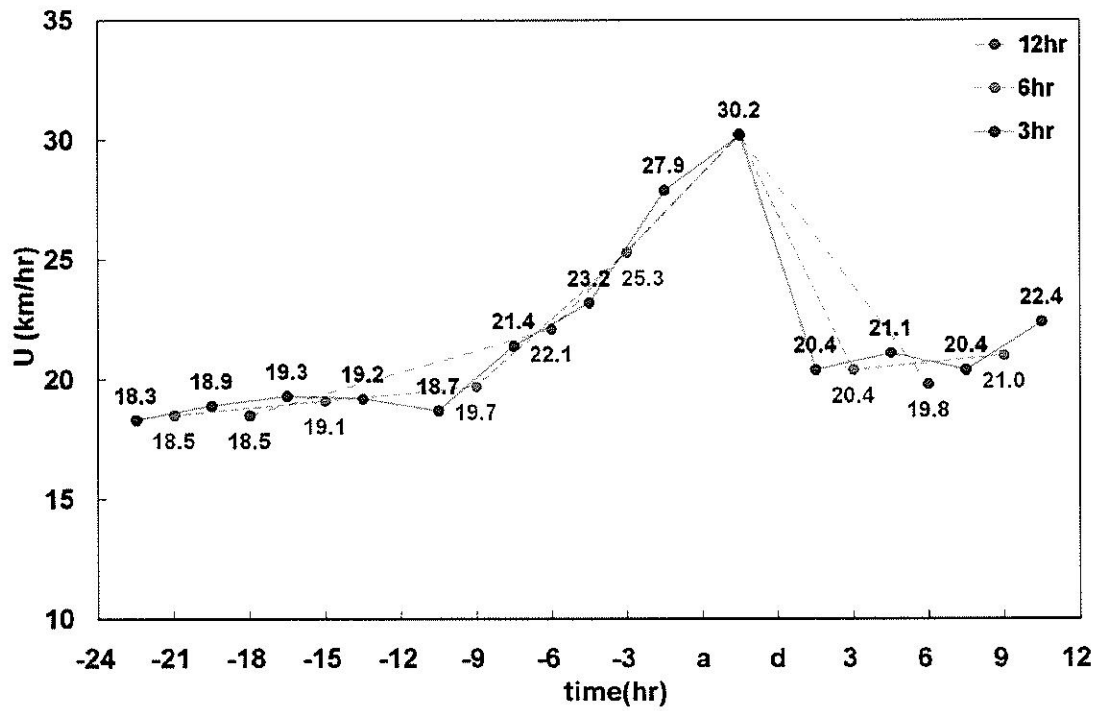
(c) 在陸期間平均移速(v)小於等於 21km/hr，

圖中線段分別為 12 小時(藍色線段)、6 小時(綠色線段)、3 小時(紅色線段)。橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。圖中數字為「平均移速」。

(a)



(b)



(c)

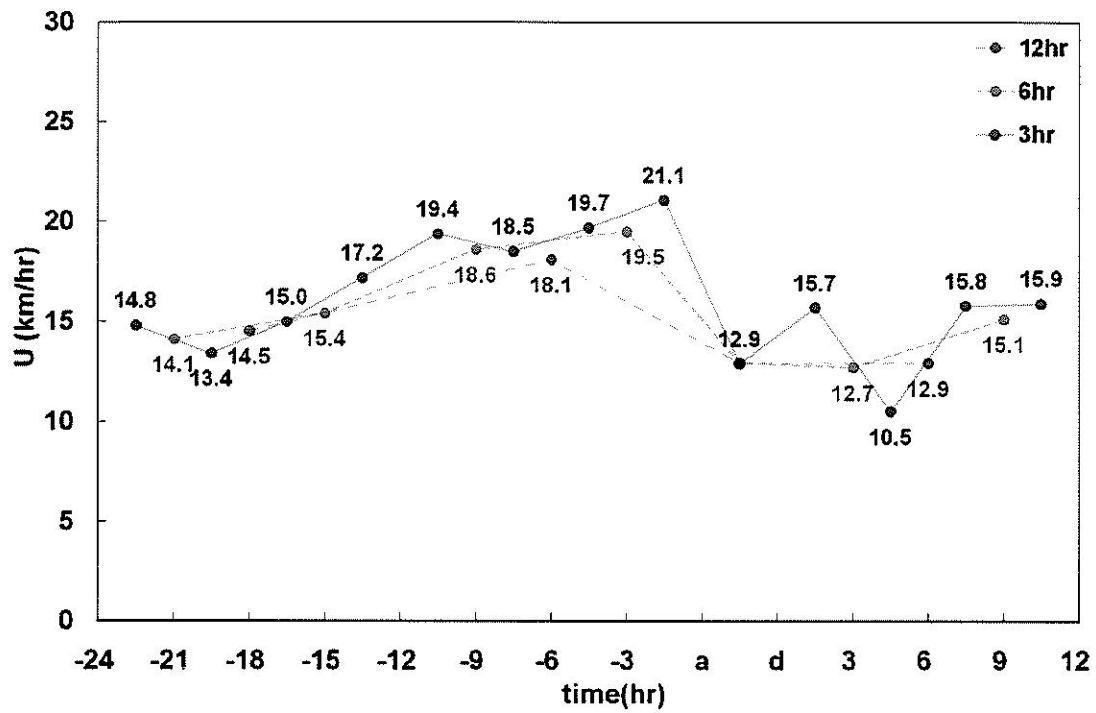


圖 2.4 不同在陸停留時間之登陸前、離陸後移速變化圖

(a) 在陸停留時間(t)小於等於 3hr，

(b) 在陸停留時間(t)大於 3hr、小於等於 8hr，

(c) 在陸停留時間(t)大於 8hr，

圖中線段分別為 12 小時(藍色線段)、6 小時(綠色線段)、3 小時(紅色線段)。橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。圖中數字為「平均移速」。

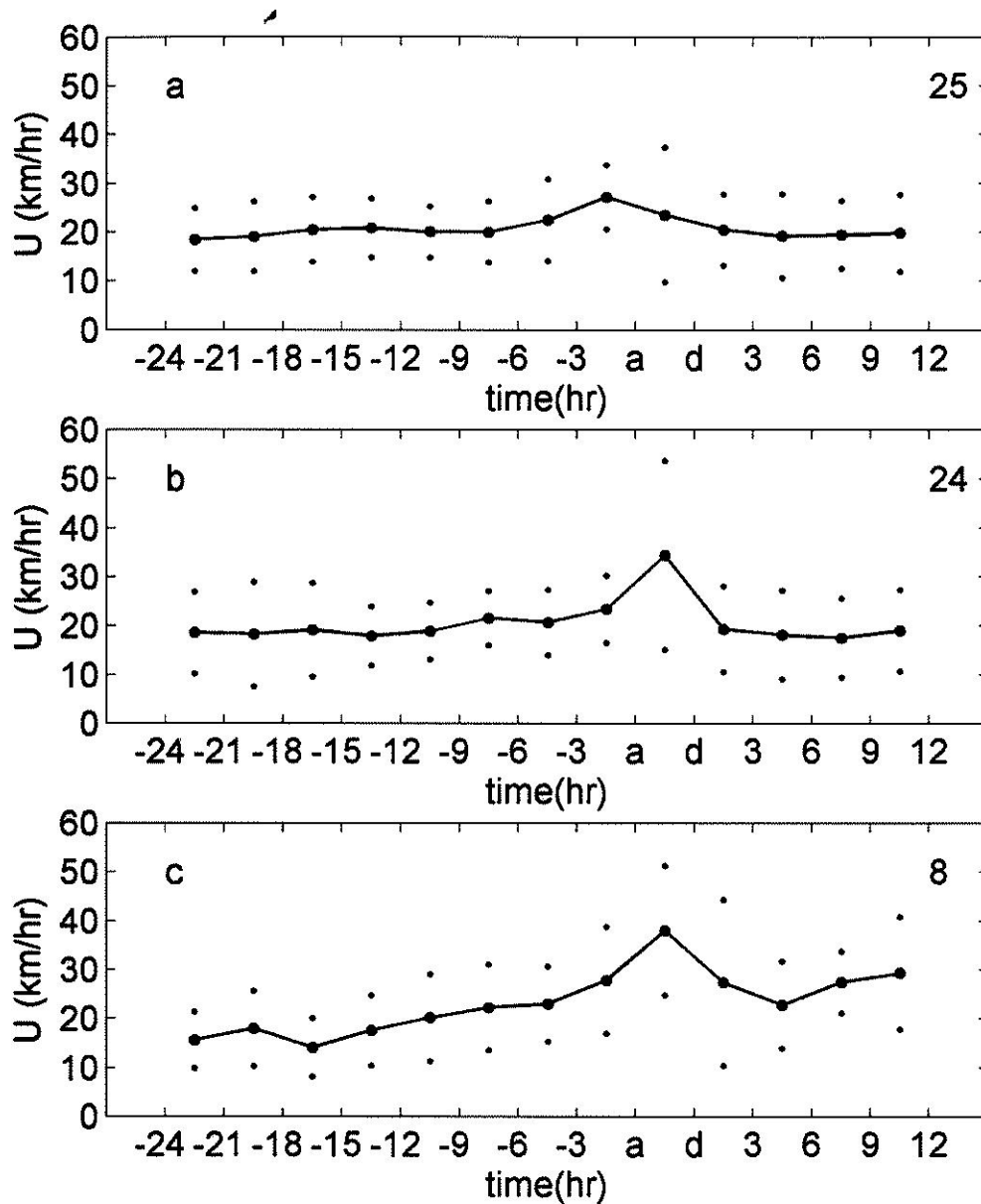
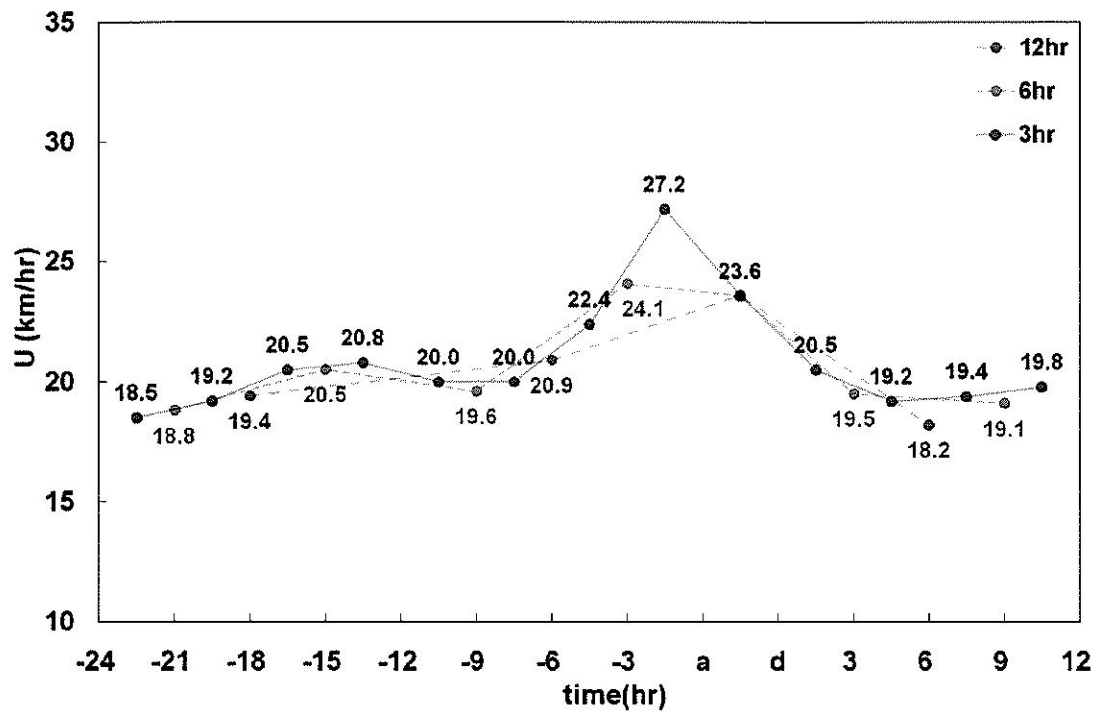
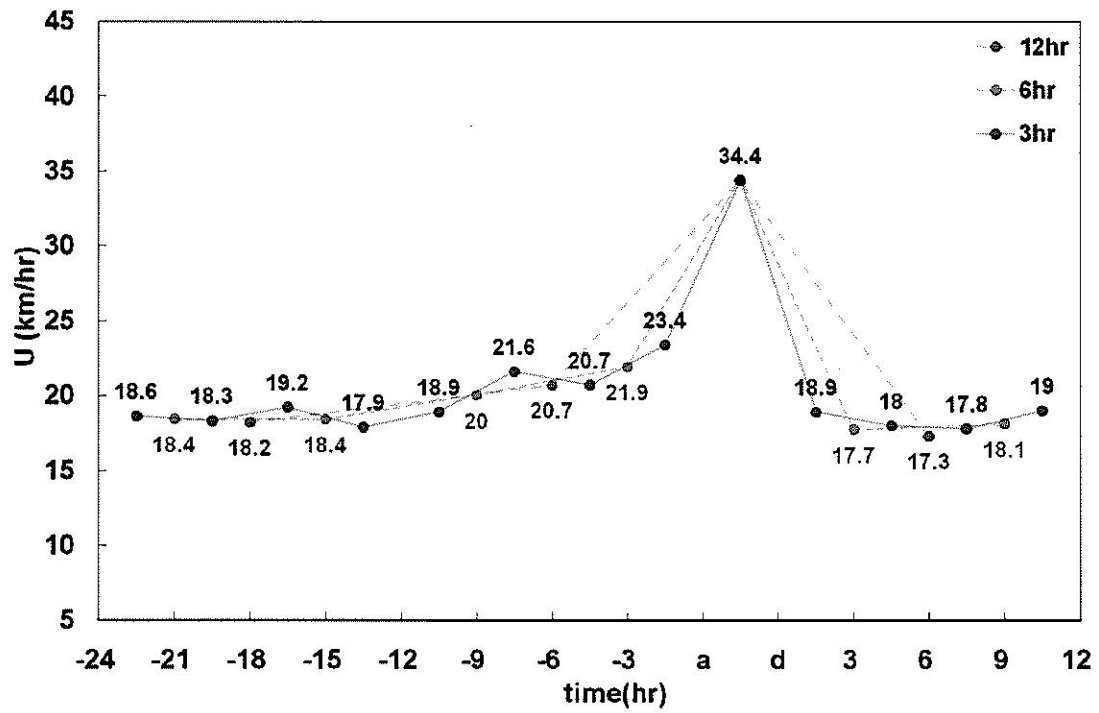


圖 3.1 不同登陸位置之 3 小時平均移行速度與其標準差：
 (a)北緯 23.5 度以北之東海岸登陸個案，共計 25 個，
 (b)北緯 23.5 度以南之東海岸登陸個案，共計 24 個，
 (c)西海岸登陸個案，共計 8 個。
 橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，
 a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。

(a)



(b)



(c)

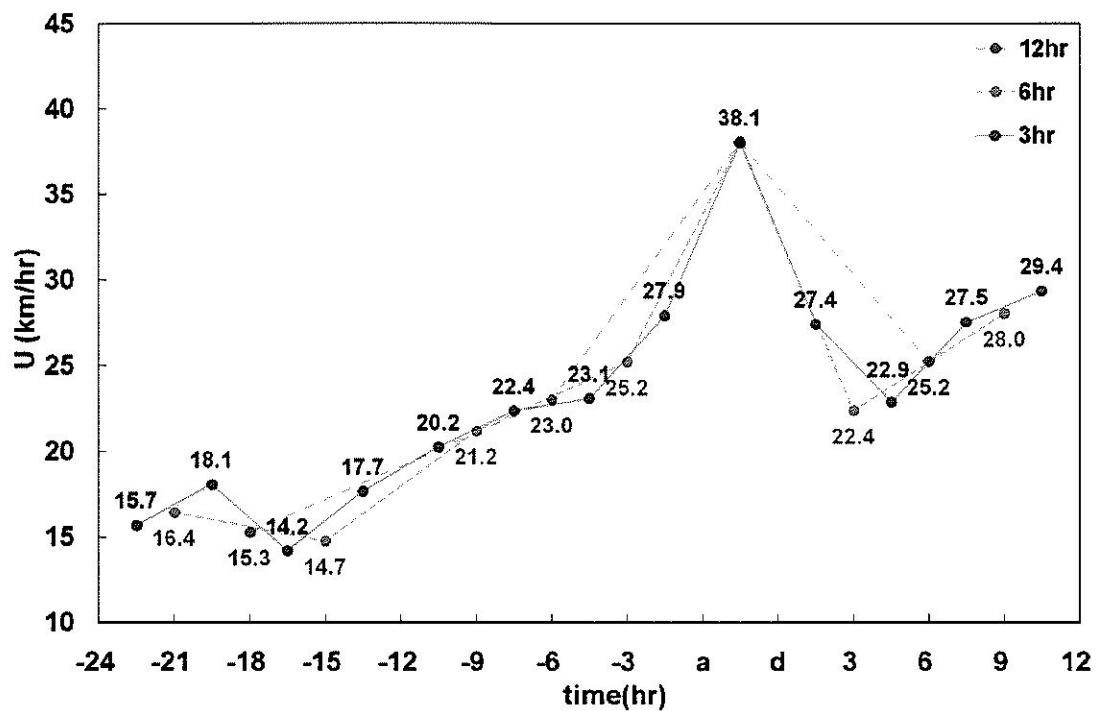


圖 3.2 不同登陸位置之不同時間解析度平均移行速度變化：

(a)北緯 23.5 度以北之東海岸登陸個案，共計 25 個，

(b)北緯 23.5 度以南之東海岸登陸個案，共計 24 個，

(c)西海岸登陸個案，共計 8 個。

圖中線段分別為 12 小時(藍色線段)、6 小時(綠色線段)、3 小時(紅色線段)。橫軸時間從登陸前 24 小時到離陸後 12 小時，a 和 d 分別表示登陸點與離陸點。圖中數字為「平均移速」。

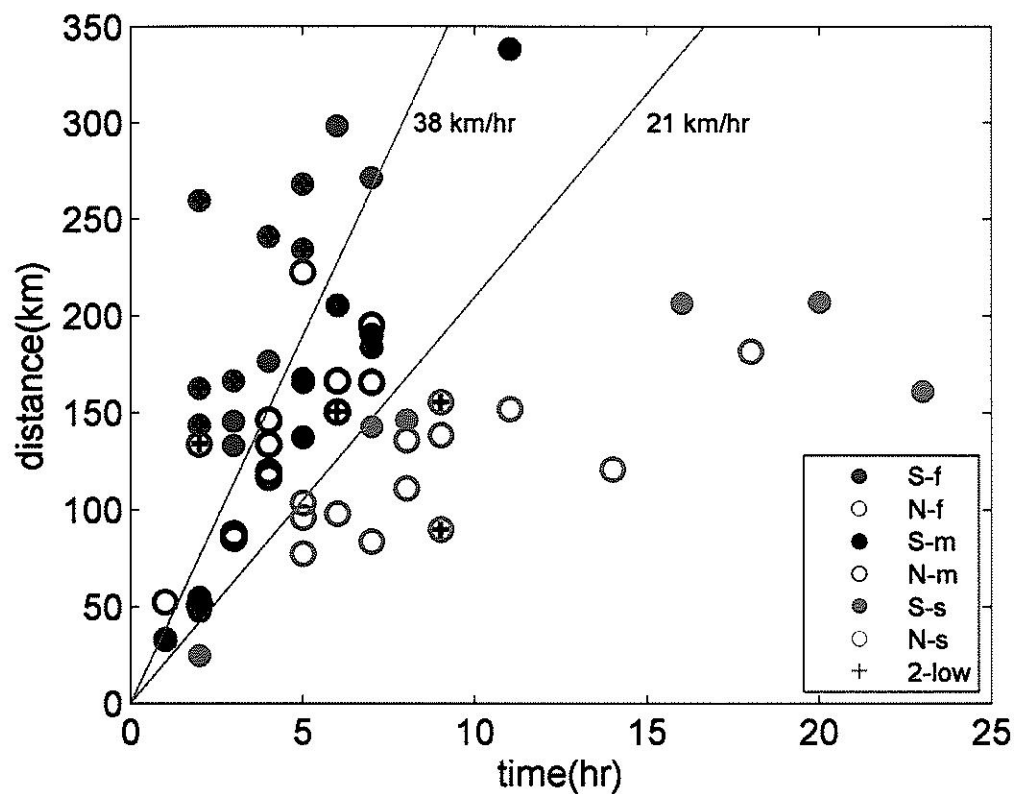


圖 3.3 颱風在陸期間停留時間與移行距離關係圖，
 紅色點為在陸期間移速大於 38km/hr 者，
 黑色點為在陸期間移速大於 21km/hr、小於 38km/hr 者，
 綠色點為在陸期間移速小於 21km/hr 者。
 空心圓表示在緯度 23.5 度以北登陸、
 實心圓為在緯度 23.5 度以南登陸個案。
 圖中十字為個案中分析為副中心取代原中心之個案。

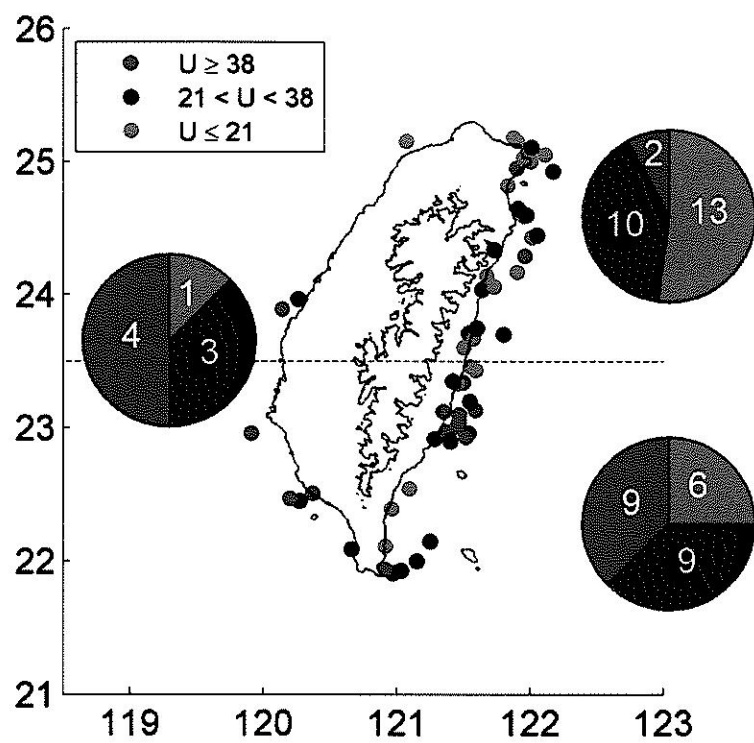


圖 3.4 颱風在陸期間移速圓餅圖統計，圖上並標示出登陸點位置。

紅色點為在陸期間移速大於 38km/hr 者，

黑色點為在陸期間移速大於 21km/hr、小於 38km/hr 者，

綠色點為在陸期間移速小於 21km/hr 者。

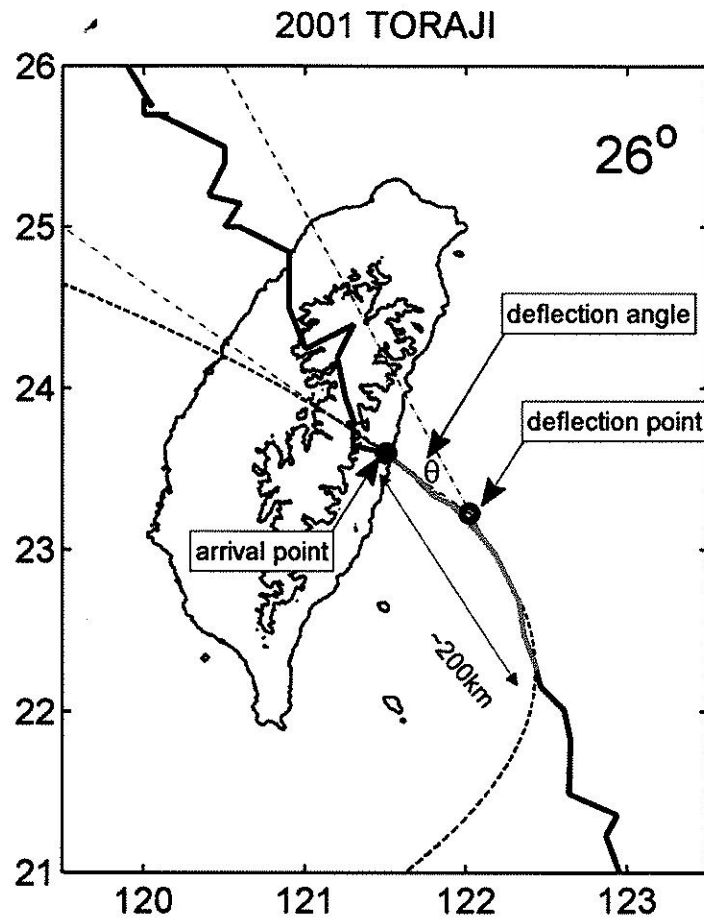


圖 4.1 以 200108 TORAJI 為例之 2 階多項式曲線示意圖，
 圖中粗黑線為颱風路徑、
 粗灰線為颱風登陸前 200 公里內之每小時颱風路徑、
 粗虛線為 2 階多項式曲線、
 細虛線為偏折點前後之切線。

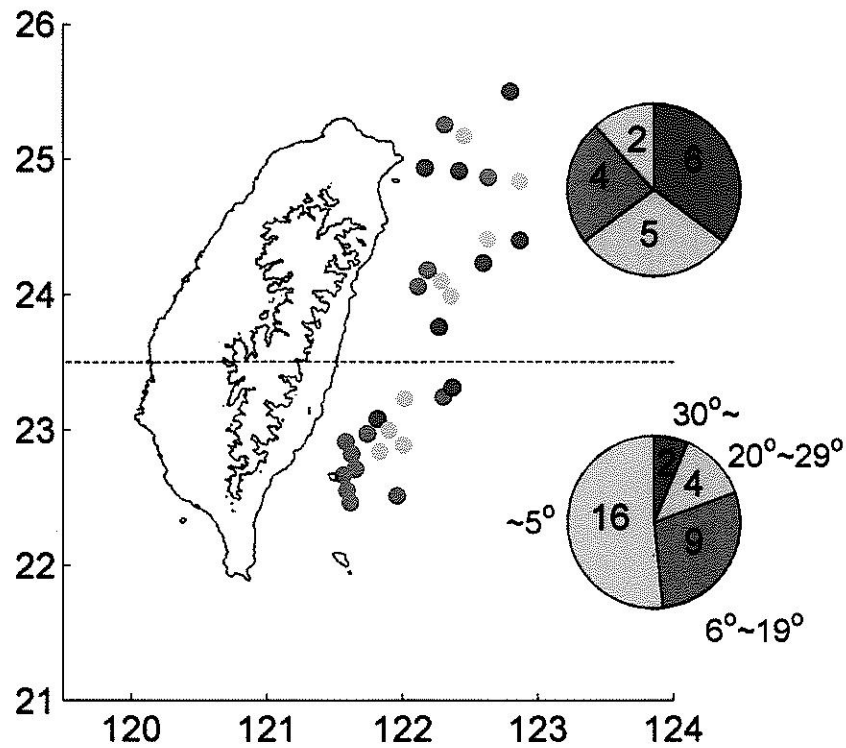


圖 4.2 以北緯 23.5 度對偏折點發生緯度分類的偏折角分布情形與個案統計，未發生偏折個案與向右偏折的個案併入圓餅圖灰色區塊。圖中各點為向左偏折個案之偏折點發生位置，藍色點為偏折角度在 6 度至 19 度之間發生偏折的位置，黃色點為偏折角度在 20 度至 29 度之間發生偏折的位置，紅色點為偏折角度在 30 度以上發生偏折的位置。

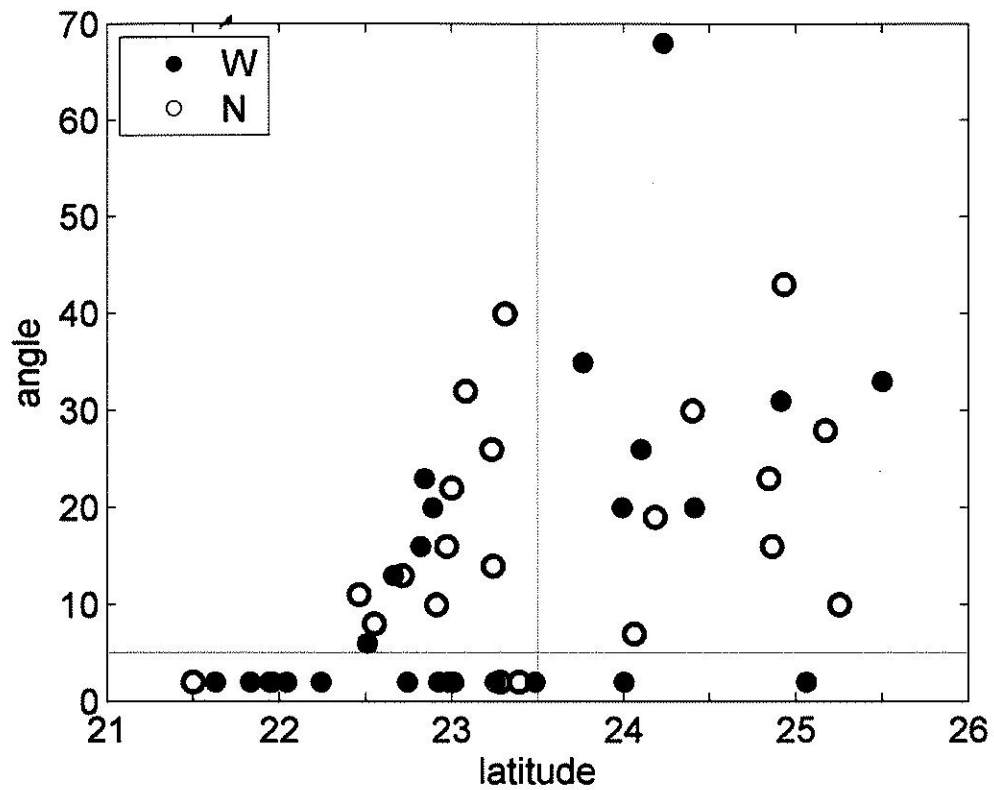


圖 4.3 偏折點發生緯度位置與颱風移向之關係圖，此處颱風移向取颱風登陸前 24 至 12 小時移向。圖中實心圓表示西行颱風，空心圓表示北行颱風，此兩種以 315 度來畫分。角度大於 5 的區域表示為發生左偏之個案，未發生偏折與向右偏折的個案取其颱風登陸前 3 小時的緯度位置加以分類，繪製於角度小於 5 的區域。

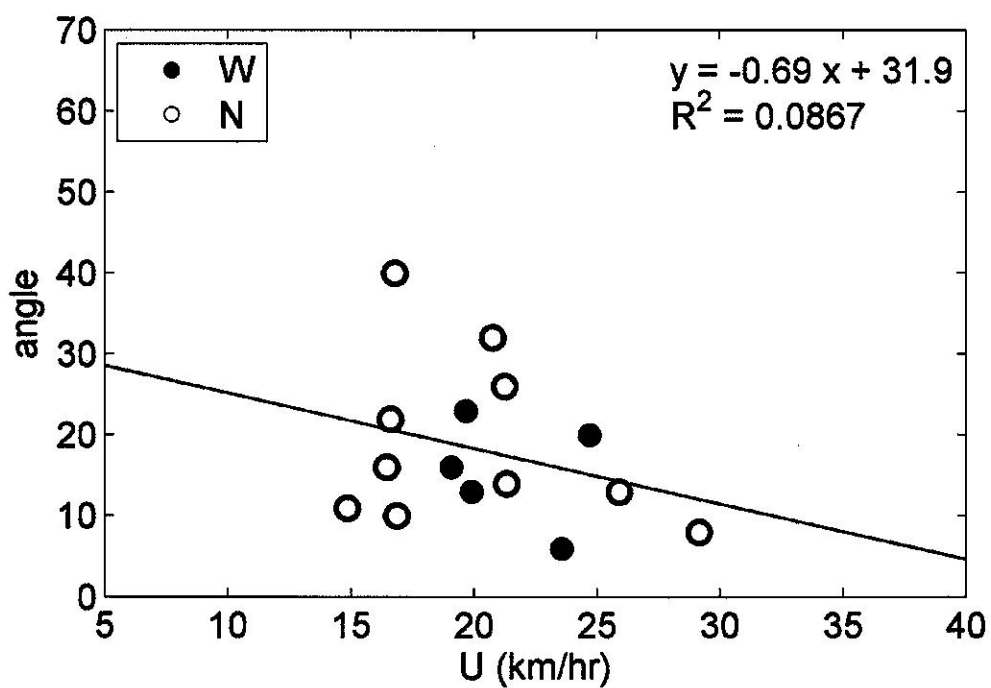
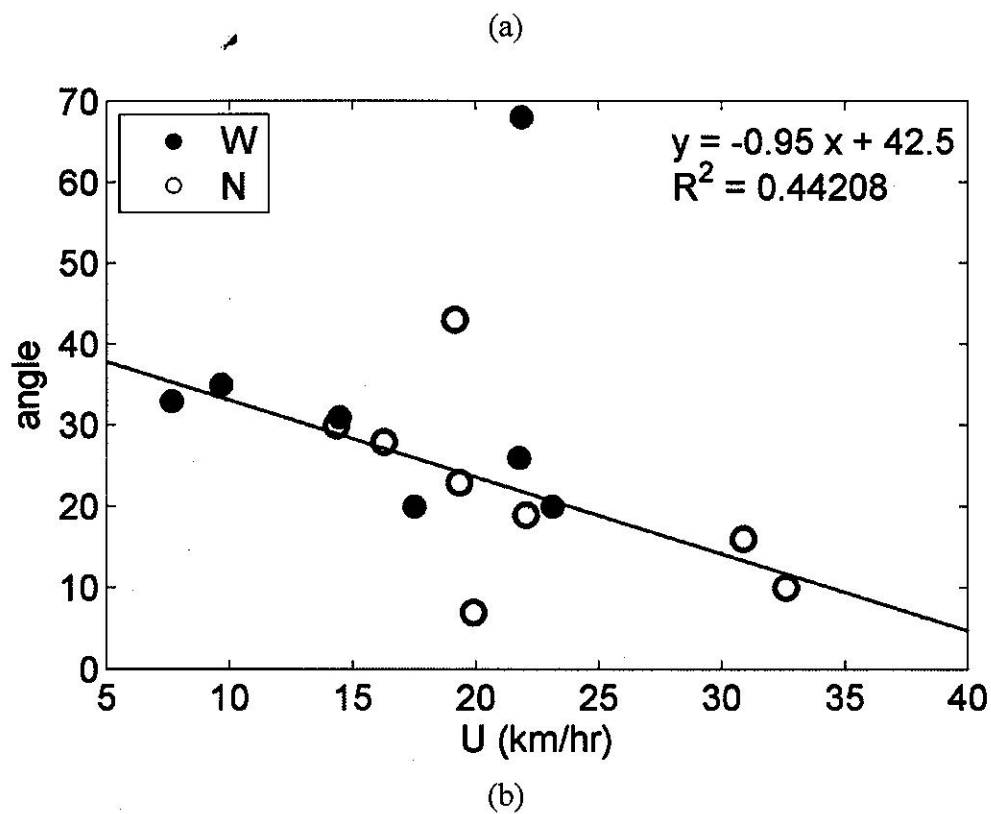


圖 4.4 偏折角度與偏折前 9~12 小時之平均移速散布圖，以偏折前 9~12 小時之平均移速做為未發生偏折時之颱風受到的駛流速度。

(a)為偏折點在緯度 23.5 度以北之個案，

(b)為偏折點在緯度 23.5 度以南之個案。

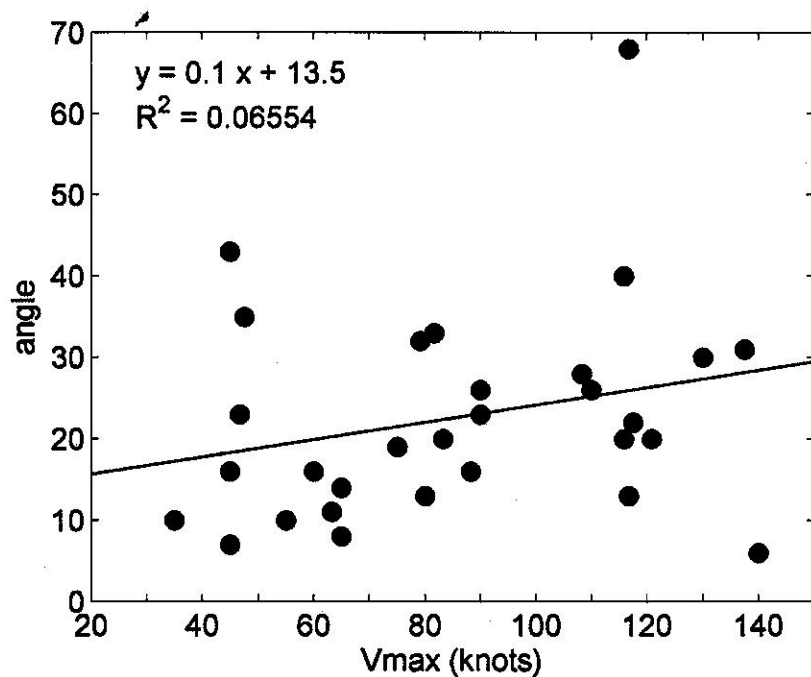


圖 4.5 發生偏折角度與偏折發生前的颱風中心最大風速散布圖，圖中颱風強度以 JTWC 中心最大風速資料內插至偏折點前 9 小時的時間點(約為登陸前 12 小時)，估計颱風在偏折發生前的強度。

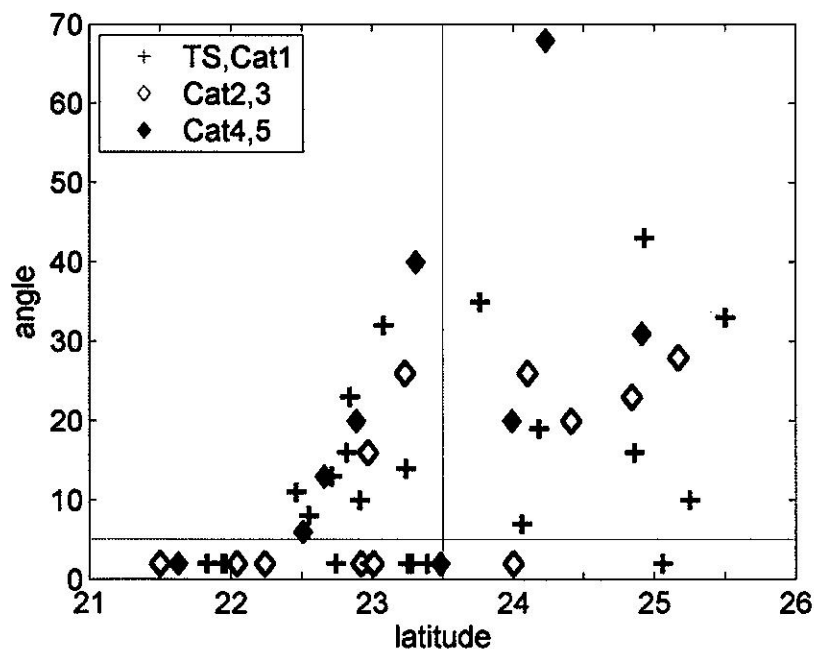


圖 4.6 發生偏折角度與颱風中心最大風速之關係圖，圖中颱風強度以 JTWC 中心最大風速資料內插至偏折點前 9 小時的時間點(約為登陸前 12 小時)，估計颱風在偏折發生前的強度，並以 Saffir_simpson hurricane scale 分類。

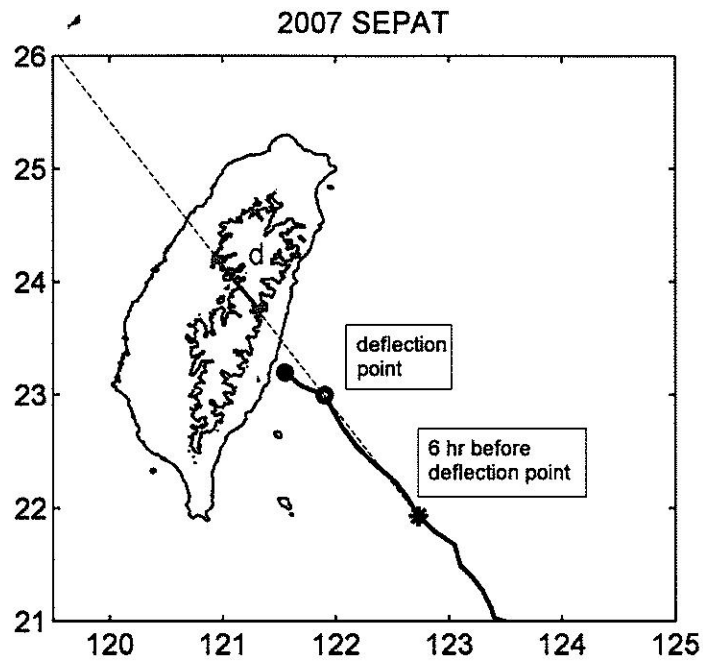


圖 4.7 以 200708 SEPAT 為例子，估計颱風被平流過山之時間尺度(d/U)。選取偏折點(空心圓點)與偏折點前六小時定位點(星號)連成直線，此直線穿過台灣地形 1500 等高線的距離 d_{1500} 當做顯著地形的寬度指標。颱風所受背景風場平流的 U 則選偏折前-12 到-9 小時的平均移速 $U_{-12\sim-9}$ 。

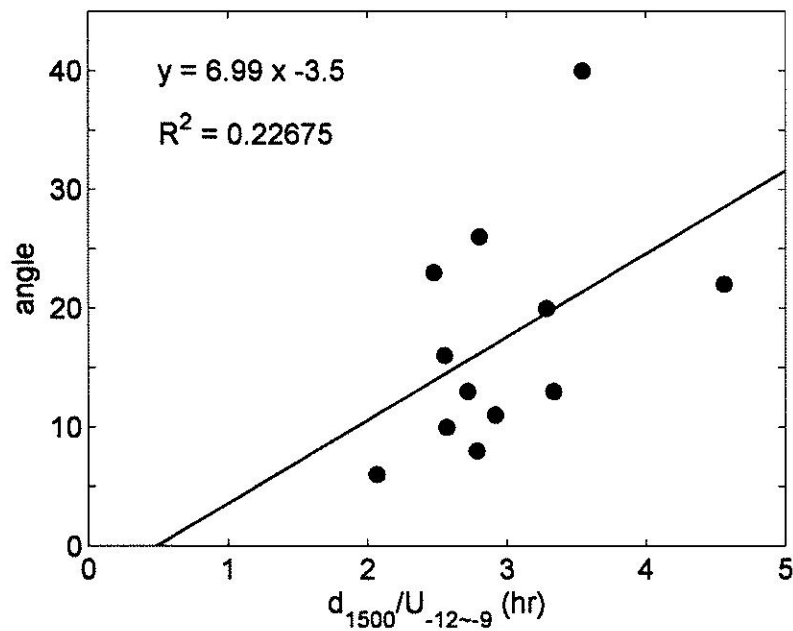


圖 4.8 偏折點在緯度 23.5 度以南個案之偏折角度與颱風被平流過山之時間尺度關係圖，相關係數達到 0.48，顯示時間尺度越大，偏折角度越大。

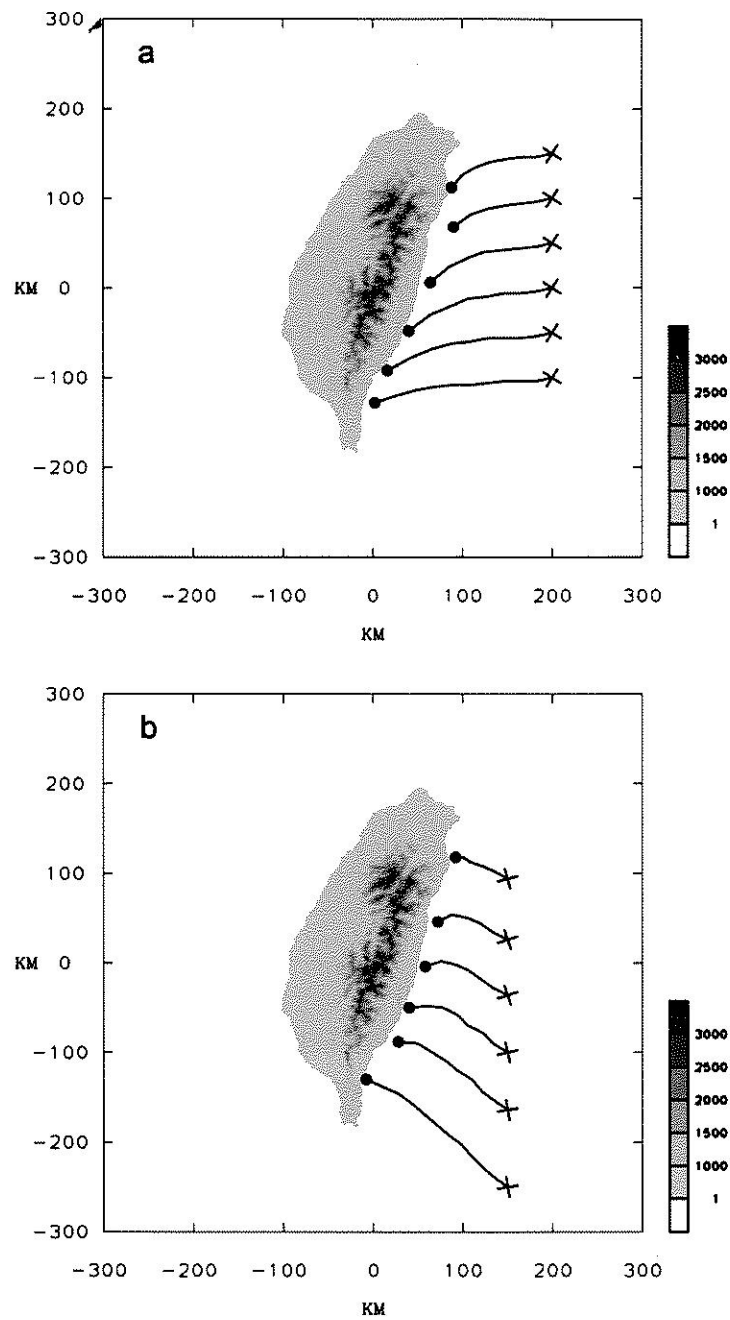


圖 4.9 實驗示意圖，(a)為初始渦旋放在台灣地形之東邊不同緯度，初始位置以 x 表示，實驗中登陸點以實心圓表示，背景風場為由東向西。(b)同(a)，背景風場為由東南向西北。

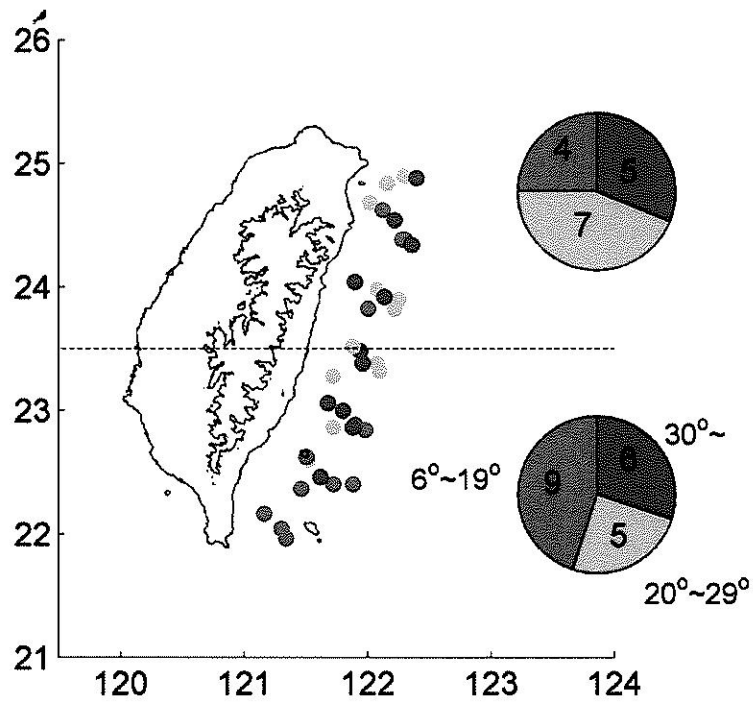


圖 4.10 同圖 4.2，為實驗模擬結果。藍色點為偏折角度在 6 度至 19 度之間發生偏折的位置，黃色點為偏折角度在 20 度至 29 度之間發生偏折的位置，紅色點為偏折角度在 30 度以上發生偏折的位置。圖中所畫實驗初始渦旋最大風速為 50m/s，最大風速半徑為 50km，背景風場包含 3、5、7m/s，西向及西北向共 36 個實驗。

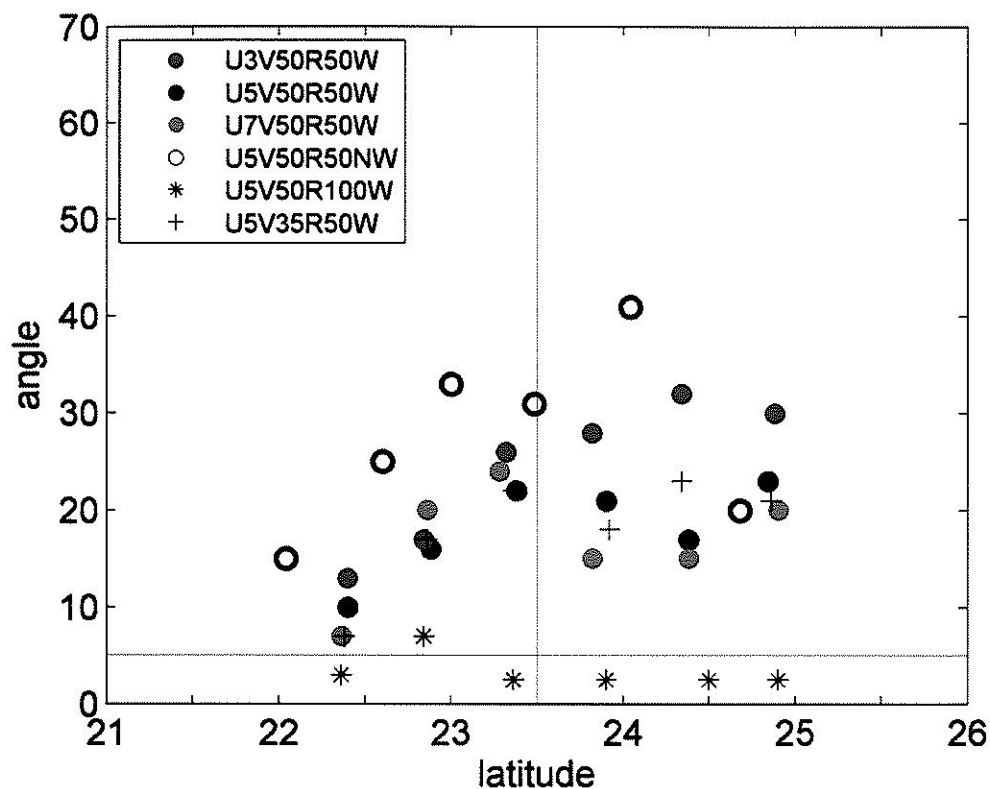


圖 4.11 同圖 4.3，為實驗模擬結果。黑色實心圓為向西之 5m/s 背景風場、初始渦旋最大風速半徑 50km、最大風速 50m/s。綠色實心圓為只改變背景風場大小為 7m/s 之實驗。紅色實心圓為只改變背景風場為 3m/s 之實驗。黑色空心圓為只改變背景風場方向為向西北。十字符號為只改變初始渦旋最大風速為 35m/s 之實驗。星號為只改變初始渦旋最大風速半徑為 100km 之實驗。

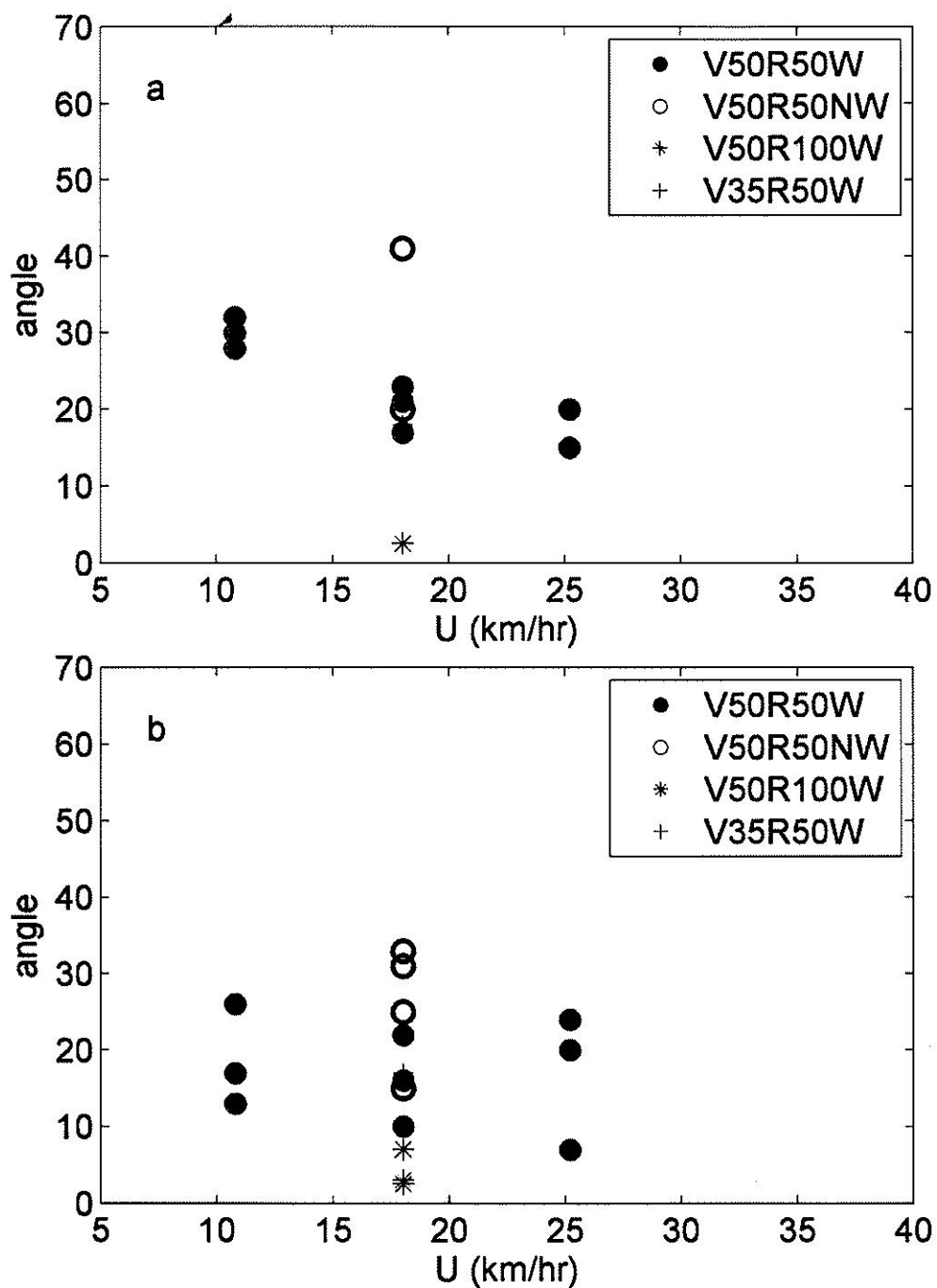


圖 4.12 同圖 4.4，為實驗模擬結果。偏折角度與背景風場散布圖，黑色實心圓為向西之 5m/s 背景風場、初始渦旋最大風速半徑 50km、最大風速 50m/s。黑色空心圓為只改變背景風場方向為向西北。十字符號為只改變初始渦旋最大風速為 35m/s 之實驗。星號為只改變初始渦旋最大風速半徑為 100km 之實驗。圖(a)為偏折點在緯度 23.5 度以北之個案，圖(b)為偏折點在緯度 23.5 度以南之個案。

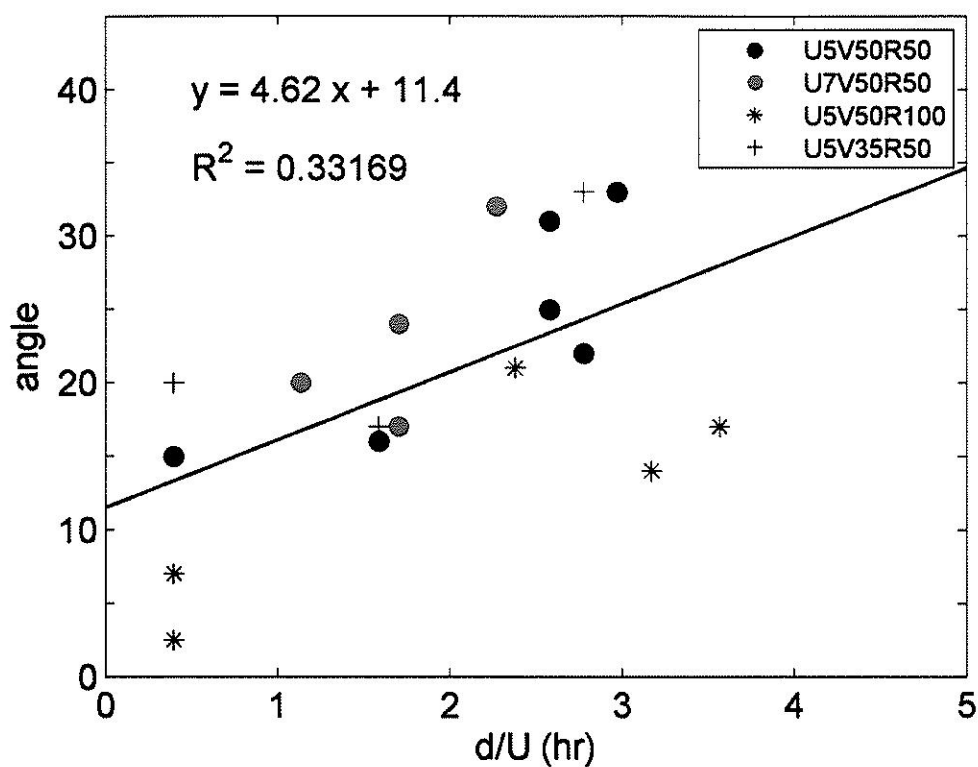


圖 4.13 同圖 4.8，為實驗模擬結果。黑色實心圓為包含向西及向西北之 5m/s 背景風場、初始渦旋最大風速半徑 50km、最大風速 50m/s。綠色實心圓為只改變背景風場大小為 7m/s 之實驗。十字符號為只改變初始渦旋最大風速為 35m/s 之實驗。星號為只改變初始渦旋最大風速半徑為 100km 之實驗。實驗中偏折點在緯度 23.5 度以南之實驗，其偏折角度與渦旋平流過山之時間尺度之間相關係數 R 達到 0.58。

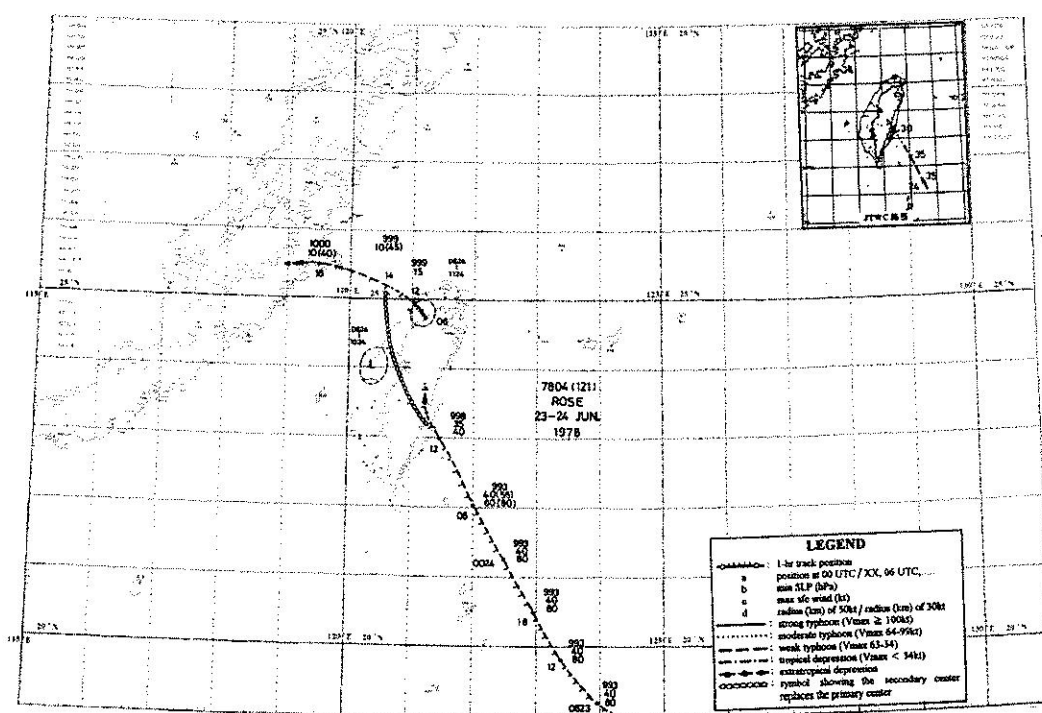


圖 5.1 王顧問之百年侵台颱風路徑圖集中的 197804 ROSE 路徑圖
圖中顯示 ROSE 原颱風中心被取代的時間為 062414 UTC

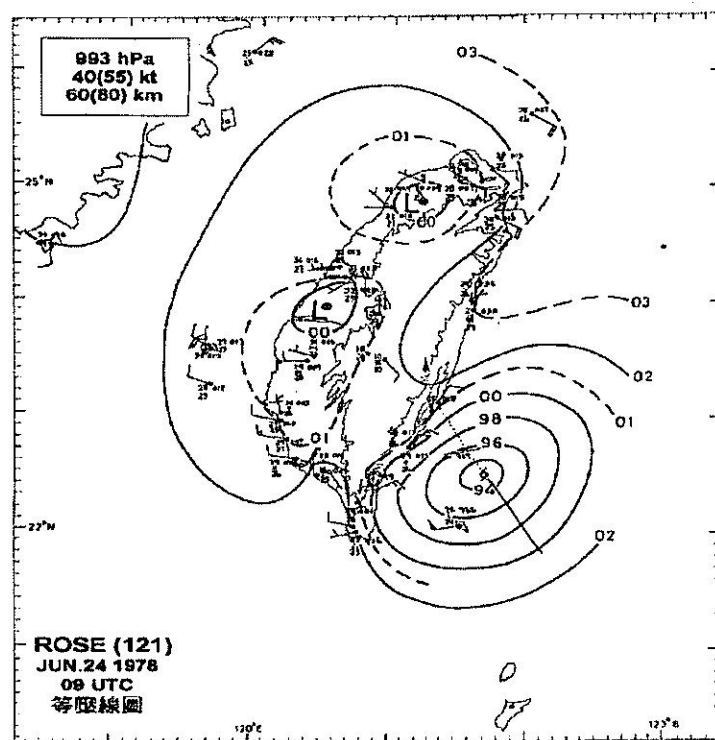


圖 5.2 197804 ROSE 登陸(062412 UTC)前 3 小時之地面氣壓等壓線圖

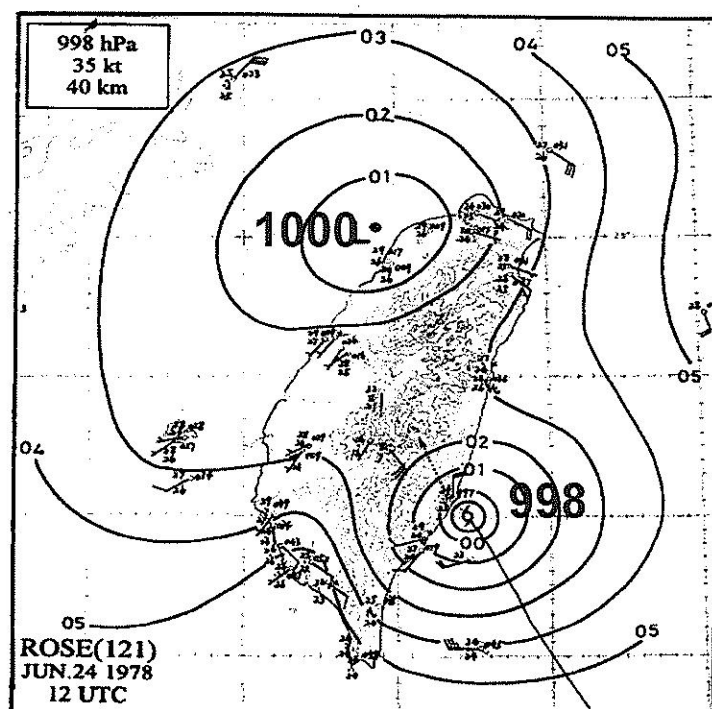


圖 5.3 197804 ROSE 登陸(062412 UTC)時之地面氣壓等壓線圖

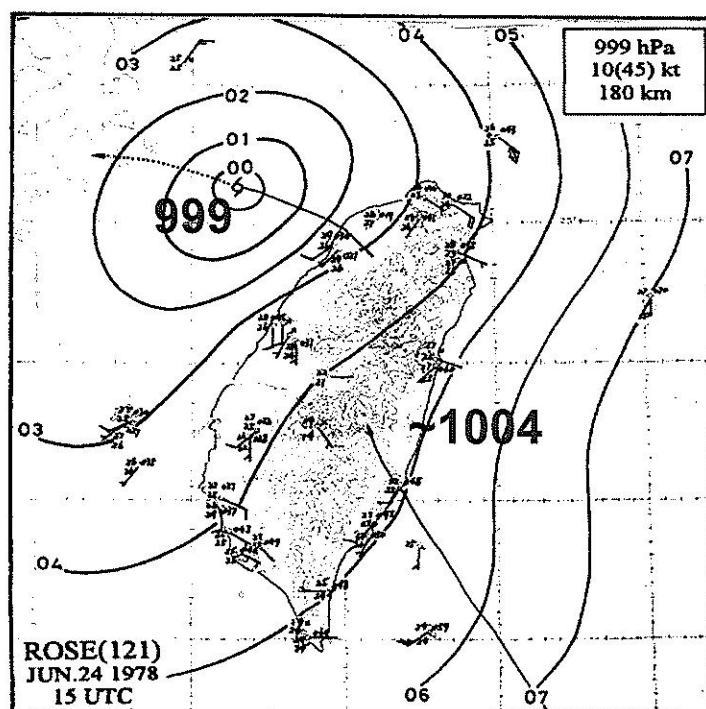


圖 5.4 197804 ROSE 原颱風中心被取代(062414 UTC)後 1 小時之地面氣壓等壓線圖

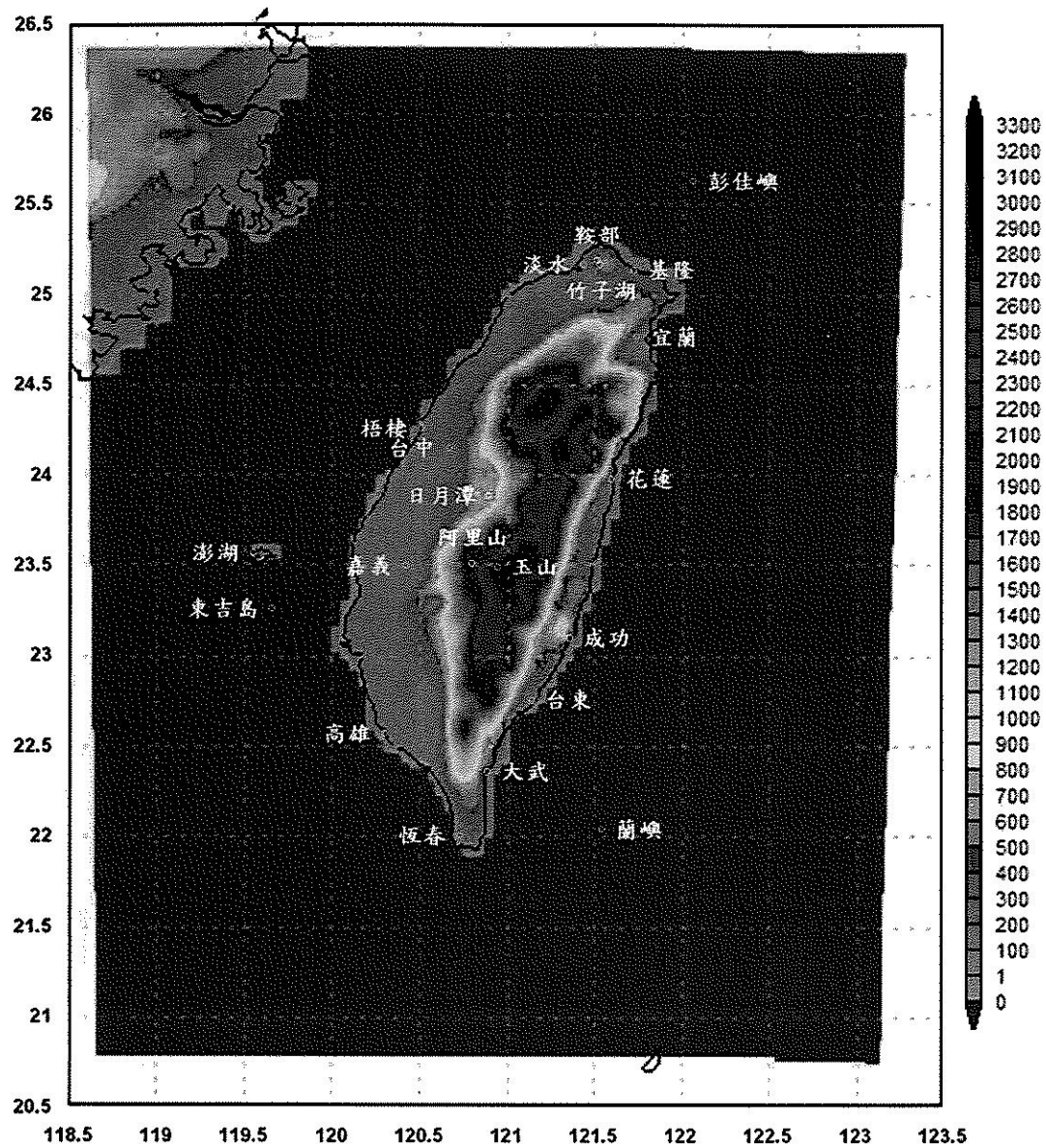


圖 5.5 累積雨量取用之 21 個中央氣象局局屬測站分布圖

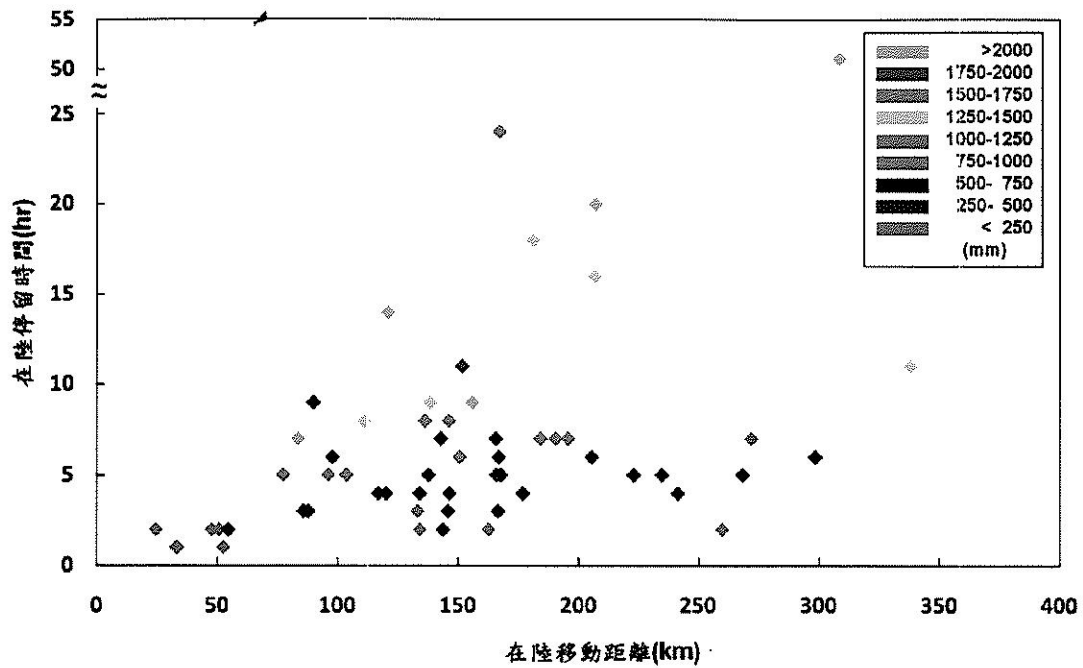


圖 5.6 颱風在陸停留時間、在陸移動距離與累積雨量之關係圖

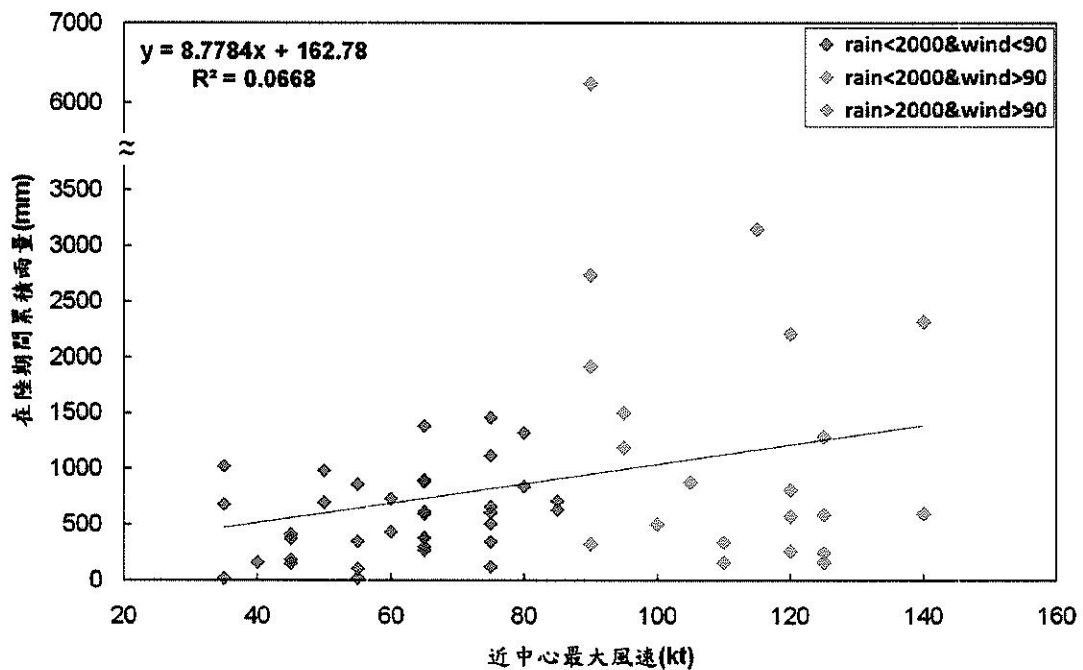


圖 5.7 颱風中心最大風速與累積雨量關係圖

紅色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速小於 90 kt 之資料、
綠色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之資料、
藍色點表累積雨量大於等於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之
資料。

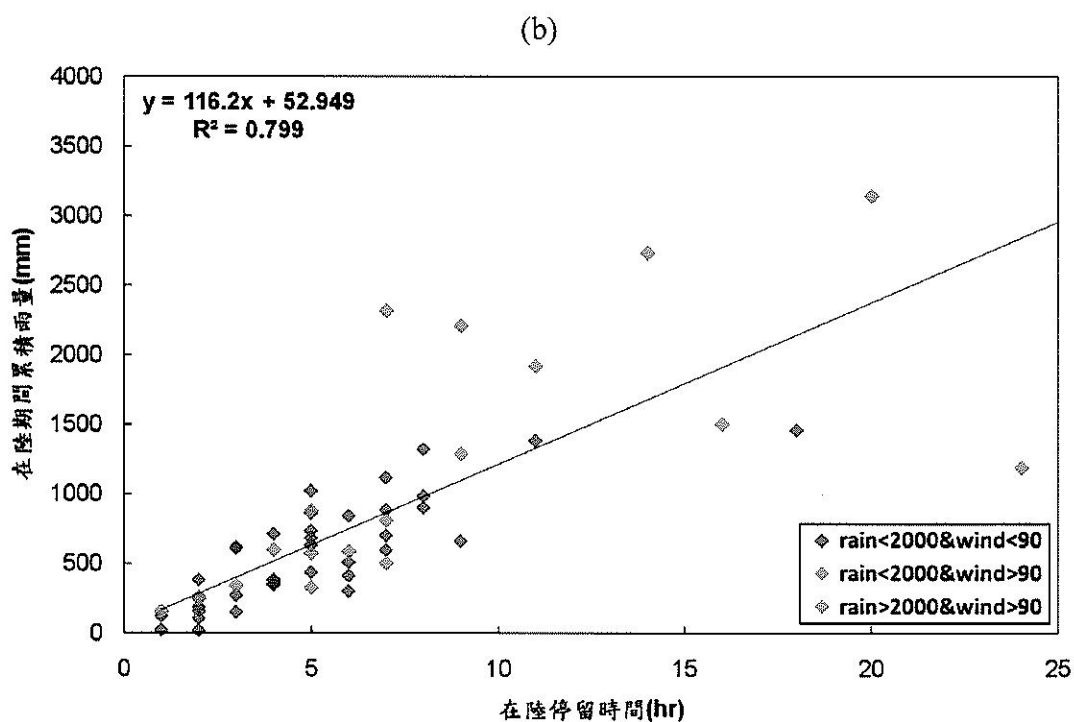
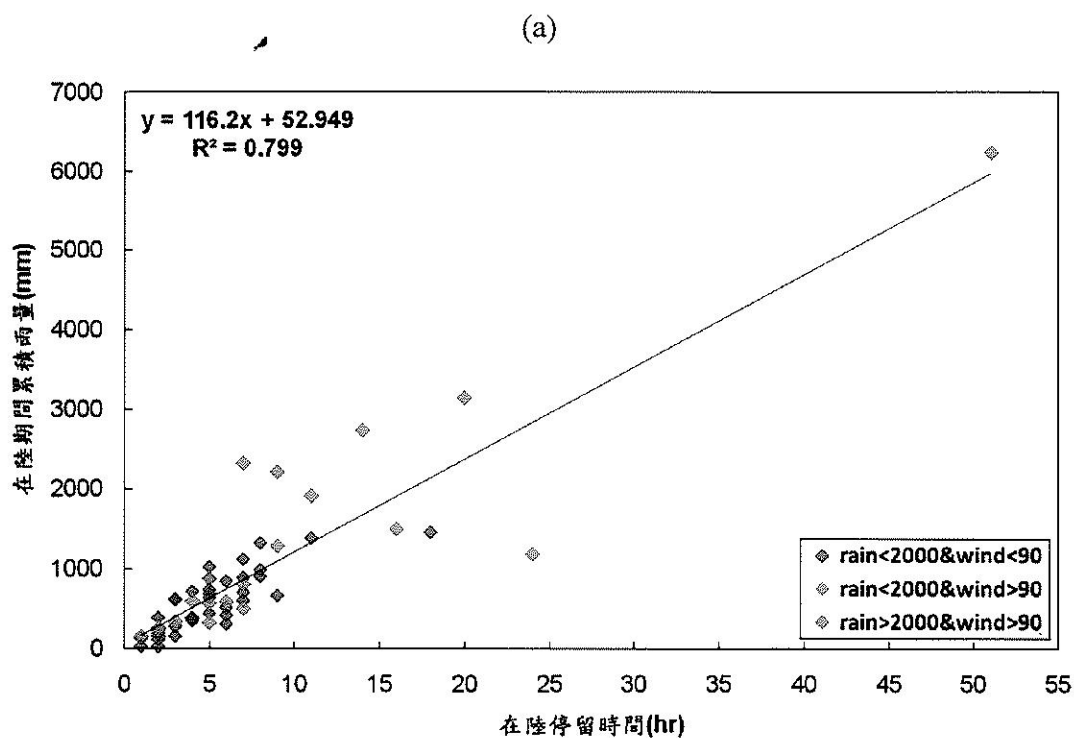


圖 5.8 颱風在陸停留時間與累積雨量關係圖

(a)為全部資料點

(b)為局部放大圖

紅色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速小於 90 kt 之資料、
綠色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之資料、
藍色點表累積雨量大於等於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之資料。

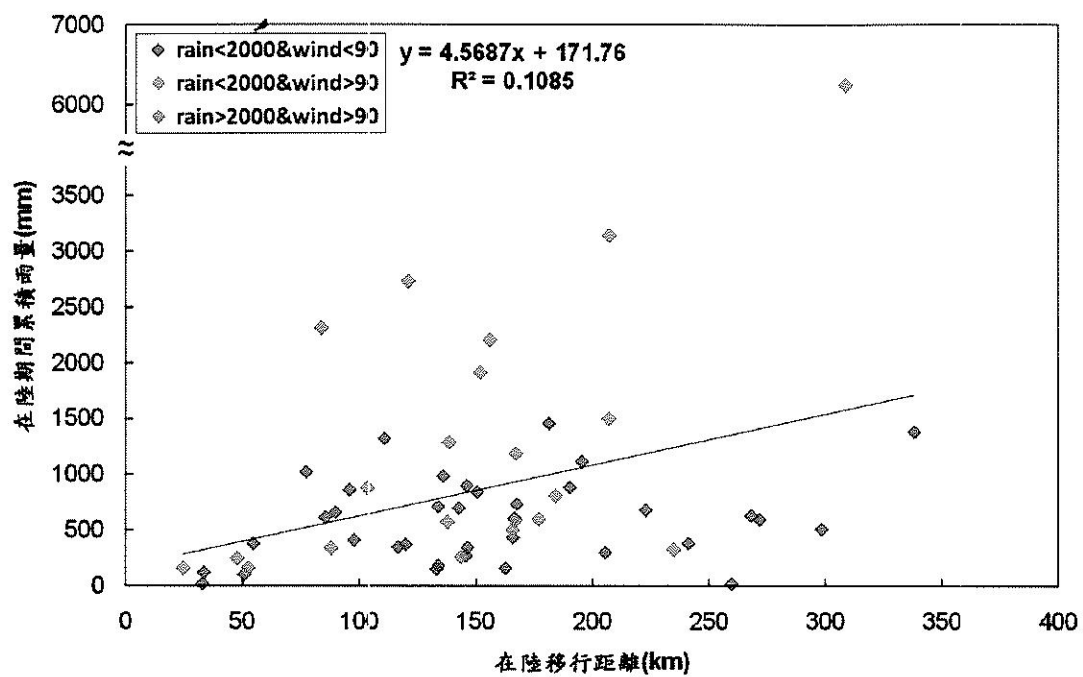


圖 5.9 颱風在陸移動距離與累積雨量關係圖

紅色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速小於 90 kt 之資料、
 綠色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之資料、
 藍色點表累積雨量大於等於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之
 資料。

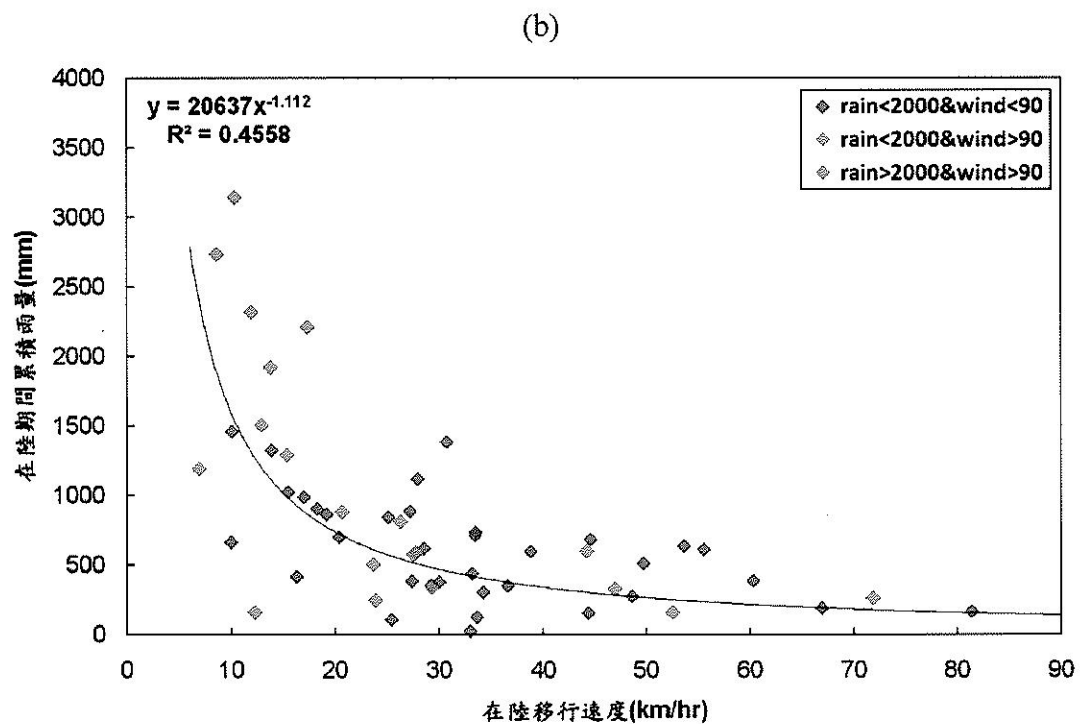
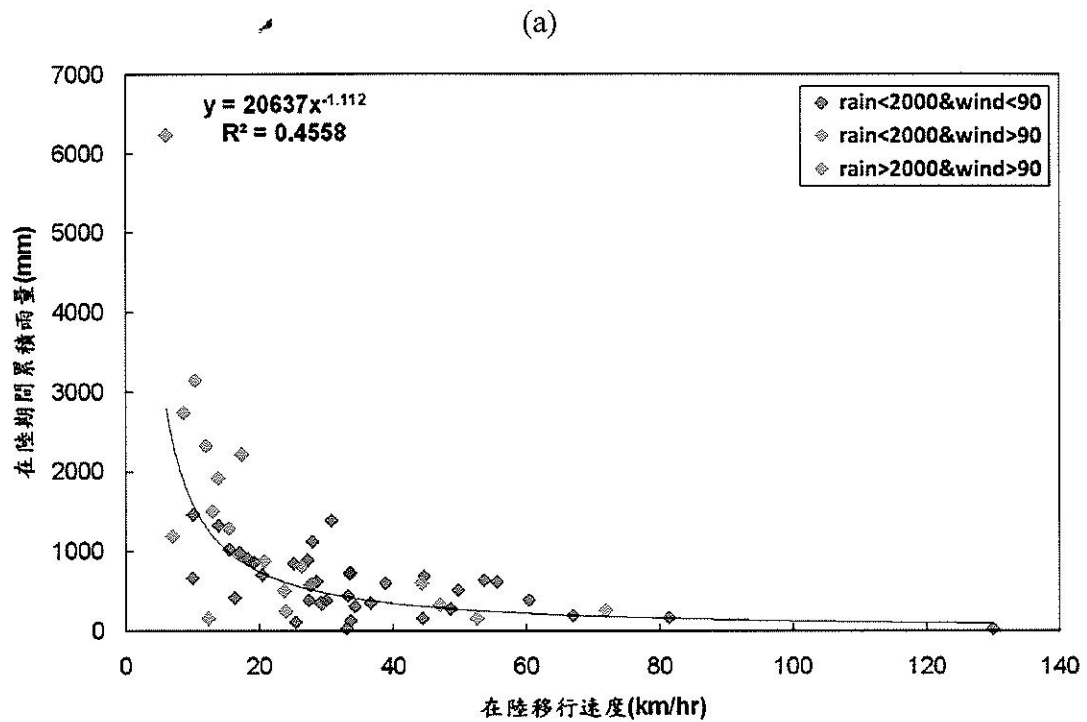


圖 5.10 颱風在陸移動速度與累積雨量關係圖

(a)為全部資料點

(b)為局部放大圖

紅色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速小於 90 kt 之資料、
綠色點表累積雨量小於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之資料、
藍色點表累積雨量大於等於 2000mm、近中心最大風速大於等於 90 kt 之
資料。

表 2.1 重新分析之颱風登陸、離陸時間及相關資料。

其中颱風登陸位置部分，「E_N>23.5」表示北緯 23.5 度以北之東海岸登陸、「E_N<23.5」表示北緯 23.5 度以南之東海岸登陸、「W」表西海岸登陸；

在過山種類部分，「A」表示王顧問資料之「直接過山」個案，「B」表示王顧問資料之「分裂過山」個案，「C」為 1997 年之後的氣象局客觀資料個案。

編號	颱風名稱	登陸時間	離陸時間	停留時間	登陸區域	過山種類	登陸移向
		月/日/時 (UTC)	月/日/時 (UTC)				
197706	THELMA	07/25/01	07/25/06	5	W	B	N
197707	VERA	07/31/09	07/31/14	5	E_N>23.5	A	W
197804	ROSE	06/24/12	06/24/14	2	E_N<23.5	B	N
197812	DELLA	08/13/01	08/13/03	2	E_N>23.5	B	NW
198015	NORRIS	08/27/15	08/27/23	8	E_N>23.5	A	W
198019	PERCY	09/18/00	09/18/02	2	E_N<23.5	A	W
198104	IKE	06/13/01	06/13/12	11	W	A	NE
198105	JUNE	06/20/08	06/20/17	9	E_N>23.5	B	N
198108	MAURY	07/19/11	07/19/16	5	E_N>23.5	A	W
198210	ANDY	07/28/21	07/29/02	5	E_N<23.5	A	W
198213	DOT	08/14/18	08/14/23	5	E_N<23.5	A	NW
198402	WYNNE	06/23/17	06/23/18	1	E_N<23.5	A	W
198403	ALEX	07/03/05	07/03/09	4	E_N<23.5	B	N
198408	FREDA	08/07/03	08/07/09	6	E_N>23.5	A	W
198605	NANCY	06/23/19	06/23/23	4	E_N>23.5	A	N
198613	WAYNE	08/21/23	08/22/06	7	W	A	NE
198615	ABBY	09/19/00	09/19/16	16	E_N<23.5	B	N
198706	VERNON	07/21/04	07/21/08	4	E_N>23.5	A	N
198708	ALEX	07/26/21	07/27/00	3	E_N>23.5	A	N
198802	SUSAN	06/01/23	06/02/00	1	W	A	NE
198922	SARAH	09/11/14	09/12/10	20	E_N<23.5	B	N
199003	MARIAN	05/19/00	05/19/06	6	W	A	NE
199006	OFELIA	06/23/05	06/23/11	6	E_N>23.5	B	NW
199013	YANCY	08/19/02	08/19/16	14	E_N>23.5	A	W
199017	DOT	09/07/13	09/07/16	3	E_N<23.5	B	W
199111	ELLIE	08/17/17	08/17/19	2	E_N>23.5	A	NW
199122	NAT	09/22/22	09/23/00	2	E_N<23.5	A	W

續表 2.1

編號	颱風名稱	登陸時間	離陸時間	停留時間	登陸區域	過山種類	登陸移向
		月/日/時 (UTC)	月/日/時 (UTC)				
199215	OMAR	09/04/11	09/04/19	8	E_N<23.5	A	W
199216	POLLY	08/30/05	08/30/13	8	E_N>23.5	A	NW
199219	TED	09/22/04	09/22/10	6	E_N<23.5	B	N
199408	TIM	07/10/12	07/10/14	2	E_N<23.5	B	NW
199416	CAITLIN	08/03/09	08/03/11	2	E_N<23.5	B	W
199420	GLADYS	09/01/02	09/01/06	4	E_N>23.5	A	NW
199503	DEANNA	06/08/09	06/08/14	5	W	A	NE
199609	GLORIA	07/26/06	07/26/11	5	E_N<23.5	B	N
199610	HERB	07/31/14	07/31/21	7	E_N>23.5	A	W
199717	AMBER	08/28/19	08/29/02	7	E_N>23.5	C	NW
199802	OTTO	08/04/04	08/04/11	7	E_N<23.5	C	NW
200004	KAI-TAK	07/09/01	07/09/08	7	E_N<23.5	C	N
200010	BILIS	08/22/14	08/22/18	4	E_N<23.5	C	NW
200108	TORAJI	07/29/16	07/30/03	11	E_N>23.5	C	NW
200116	NARI	09/16/13	09/18/16	51	E_N>23.5	C	SW
200119	LEKIMA	09/26/09	09/27/09	24	E_N<23.5	C	NW
200208	NAKRI	07/10/01	07/10/06	5	W	C	E
200309	MORAKOT	08/03/14	08/03/21	7	E_N<23.5	C	NW
200407	MINDULLE	07/01/09	07/02/03	18	E_N>23.5	C	N
200424	NOCK-TEN	10/25/02	10/25/05	3	E_N>23.5	C	N
200427	NANMADOL	12/03/23	12/04/02	3	W	C	NE
200505	HAITANG	07/18/06	07/18/15	9	E_N>23.5	C	W
200513	TALIM	08/31/16	09/01/01	9	E_N>23.5	C	W
200519	LONGWANG	10/01/21	10/02/03	6	E_N>23.5	C	W
200604	BILIS	07/13/14	07/13/18	4	E_N>23.5	C	W
200605	KAEMI	07/24/16	07/24/21	5	E_N<23.5	C	W
200609	BOPHA	08/08/20	08/08/23	3	E_N<23.5	C	W
200706	PABUK	08/07/16	08/07/18	2	E_N<23.5	C	W
200708	SEPAT	08/17/21	08/18/04	7	E_N<23.5	C	NW
200715	KROSA	10/06/15	10/06/16	1	E_N>23.5	C	NW

表 2.2 不同時間解析度之登陸點前後、離陸點前後之平均移速變化以及
與在陸期間平均移速(v)、在陸停留時間(t)之關係

(a) 12 小時平均移速、(b) 6 小時平均移速、(c) 3 小時平均移速

(a)	加速,加速	加速,減速	減速,加速	減速,減速
全部個案	2	32	10	4
$v > 38$	0	11	0	0
$21 < v \leq 38$	1	18	0	0
$v \leq 21$	1	3	10	4
$t \leq 3$	1	10	0	1
$3 < t \leq 8$	1	20	4	1
$t > 8$	0	2	6	2
1977~1986	0	9	5	1
1987~1996	2	13	3	1
1997~2006	0	7	2	2

(b)	加速,加速	加速,減速	減速,加速	減速,減速
全部個案	7	25	14	7
$v > 38$	0	12	0	0
$21 < v \leq 38$	5	11	1	4
$v \leq 21$	2	2	13	3
$t \leq 3$	3	8	0	2
$3 < t \leq 8$	4	15	6	4
$t > 8$	0	2	8	1
1977~1986	2	8	5	1
1987~1996	2	9	5	3
1997~2006	2	6	4	3

(c)	加速,加速	加速,減速	減速,加速	減速,減速
全部個案	6	24	14	12
$v > 38$	1	13	0	1
$21 < v \leq 38$	4	11	1	5
$v \leq 21$	1	0	13	6
$t \leq 3$	4	9	0	3
$3 < t \leq 8$	2	14	7	6
$t > 8$	0	1	7	3
1977~1986	2	9	4	2
1987~1996	1	8	5	5
1997~2006	2	5	5	5

表 4.1 颱風登陸前兩個時間區段內不同時間解析度發生偏折之個案統計

時間解析度	分析總 個案數	左偏 個案數	最大/最小值	平均	右偏 個案數	最大/最小值	平均
12 小時	53	15	-62.47/-6.25	-22.65	25	110.79/5.03	25.71
6 小時	57	18	-178.72/-5.86	-29.26	23	120.21/5.02	23.12
3 小時	57	24	-123.78/-5.13	-24.25	13	32.12/5.21	17.23

表 4.2 颱風登陸點前後不同時間解析度之發生偏折個案統計

時間解析度	分析總 個案數	左偏 個案數	最大/最小值	平均	右偏 個案數	最大/最小值	平均
12 小時	57	32	-43.21/-5.52	-19.07	16	55.58/6.04	20.11
6 小時	57	34	-96.12/-5.46	-22.39	17	79.41/5.19	18.59
3 小時	57	33	-70.56/-5.19	-20.26	14	92.34/5.53	22.22

表 4.3 利用 2 階多項式判斷颱風偏折之向左偏折個案表

年	編號	颱風名稱	偏折點經度	偏折點緯度	發生偏折時間 月/日/時	距登陸時間
1977	7	VERA	122.46	25.17	07/31/07	-2
1978	4	ROSE	121.58	22.91	06/24/11	-1
1978	12	DELLA	122.11	24.06	08/13/00	-1
1980	15	NORRIS	122.63	24.41	08/27/13	-2
1981	5	JUNE	122.18	24.18	06/20/07	-1
1981	8	MAURY	122.31	25.25	07/19/09	-2
1982	10	ANDY	121.56	22.66	07/28/19	-2
1984	3	ALEX	121.59	22.55	07/03/03	-2
1984	8	FREDA	122.63	24.86	08/07/01	-2
1987	8	ALEX	122.30	23.24	07/26/15	-6
1989	22	SARAH	122.37	23.31	09/11/10	-4
1990	6	OFELIA	121.74	22.97	06/23/02	-3
1990	13	YANCY	122.87	24.84	08/19/00	-2
1992	16	POLLY	122.27	23.76	08/29/12	-17
1992	19	TED	121.61	22.46	09/22/01	-3
1994	8	TIM	122.01	22.89	07/10/12	-2
1994	16	CAITLIN	121.83	22.84	08/03/07	-2
1996	10	HERB	122.42	24.91	07/31/12	-2
1998	2	OTTO	121.65	22.71	08/04/03	-1
2000	10	BILIS	121.96	22.51	08/22/12	-2
2001	8	TORAJI	122.02	23.23	07/29/13	-3
2001	16	NARI	122.80	25.50	09/16/04	-9
2004	7	MINDULLE	121.82	23.08	07/01/04	-5
2004	24	NOCK-TEN	122.29	24.10	10/25/00	-2
2005	5	HAITANG	122.60	24.23	07/17/20	-10
2005	13	TALIM	122.36	23.99	08/31/14	-2
2006	4	BILIS	122.17	24.93	07/13/14	0
2006	5	KAEMI	121.62	22.82	07/24/15	-1
2007	8	SEPAT	121.90	23.00	08/17/19	-2
2007	15	KROSA	122.87	24.40	10/06/03	-12

表 4.4 偏折點在緯度 23.5 度以南個案偏折前 12 到前 9 小時平均移速及穿越 1500m 等高線地形寬度表。

年	編號	颱風名稱	偏折點緯度	偏折角度	偏折前 12 到前 9 小時平均移速	穿越 1500m 等高線 地形寬度(km)
					(km/hr)	
1978	4	ROSE	22.91	10	16.84	43.2
1982	10	ANDY	22.66	13	19.88	54.1
1984	3	ALEX	22.55	8	29.14	81.1
1987	8	ALEX	23.24	14	21.32	-
1989	22	SARAH	23.31	40	16.78	59.5
1990	6	OFELIA	22.97	16	16.45	-
1992	19	TED	22.46	11	14.84	43.2
1994	8	TIM	22.89	20	24.69	81.1
1994	16	CAITLIN	22.84	23	19.66	48.6
1998	2	OTTO	22.71	13	25.91	86.5
2000	10	BILIS	22.51	6	23.57	48.6
2001	8	TORAJI	23.23	26	21.23	59.5
2004	7	MINDULLE	23.08	32	20.75	-
2006	5	KAEMI	22.82	16	19.06	48.6
2007	8	SEPAT	23.00	22	16.59	75.7

表 5.1 王顧問之百年侵台颱風路徑圖集中自 1897 年至 2003 年

具繞行特徵之個案整理

其中強度為颱風登陸點附近之颱風強度，

方向為颱風登陸前大略行進方向與登陸本島之大略行進方向，

過山之「直」表直接過山、「分」表分裂過山，

轉圈之「x」表沒有發生繞行、「L」表繞行發生於陸地上、「O」

表繞行發生於海面上

年	月	編號	強度	方向	登陸區域	過山	轉圈	備註
1903	8	B21	中颱	NW-NW	23.5	直	L	轉圈部分路徑為約略判定
1911	9	B52	強颱	W-W	>25	直	L	轉圈部分路徑為約略判定
1913	7	B58	輕颱	W-NW	24.5	直	L	轉圈部分路徑為約略判定 台東、花蓮有低壓生成
1918	10	B83	輕颱	N-E	>25	直	L	轉圈部分路徑為約略判定 台東、花蓮有低壓生成
1921	9	B95	中颱	NW-N	23	分	L	轉圈部分路徑為約略判定
1928	9	B127	中颱	NW-NW	23-23.5	分	L	轉圈部分路徑為約略判定
1930	7	B134	輕颱	N-N	24	分	O	
1931	9	B138	輕颱	N-W	<23	分	L	轉圈部分路徑為約略判定 台東、花蓮有低壓生成
1945	9	B176	中颱-輕颱	NW-N	23-23.5	分	O	轉圈部分路徑為約略判定
1949	9	TS097	輕颱	N-W	23-23.5	分	L	
1960	7-8	8	強颱-中颱	NW-NW	24.5	直	O	
1960	8	15	熱低	N-SW	23.5	分	x	特殊路徑,JTWC 呈打轉
1965	8	19	輕颱	W-W	24.5	分	O	
1989	9	22	強颱-中颱	NW-N	23.5	分	O	特殊路徑,JTWC 呈打轉
1990	8	13	中颱	NW-W	25	直	L	過山後打轉
1992	8	16	輕颱	NW-NW	24-24.5	直	O	轉圈部分路徑為約略判定
2001	7	5	輕颱	NW-N	23-23.5	分	L	