

應用衛星反演資料分析 2002 年西太平洋地區颱風降水特性

劉振榮¹、黃清順²
中央大學太遙中心¹
中央大學大氣物理系²

摘要

颱風的侵襲，一向對於台灣地區常造成嚴重的災害，所以颱風對我們的影響是不容忽視的。因為颱風是誕生於熱帶海洋上的劇烈天氣，由於海面上傳統觀測（如船舶、浮標、島嶼測站…等）的資料非常稀少，所以如何運用衛星來監測海洋上的颱風並估算其強度以便在颱風登陸前作更準確的預報，是目前很重要的課題之一。在本研究中，主要是利用 SSM/I 微波資料針對 2002 年的颱風個案，反演其降雨量以探討西太平洋颱風雨帶之分布與特性，並分析颱風強度與颱風降雨特性之相關。

研究結果顯示：(1)分析 2002 年 5 月~12 月共計 18 個颱風結果可以發現，颱風中心雨帶增強或氣旋雨帶內縮，均有助於潛熱釋放的增加，使颱風強度具有增強的趨勢。中心雨帶在颱風半徑 222km 內環區對熱帶氣旋強度的影響最明顯。(2)在颱風降雨反演式的分析顯示 Chiu(1990)及 Ferriday(1994)的反演式對強降雨的反應較顯著，而 Olson(1990)的反演式則較不靈敏，不過三者反演降雨的型態基本上均很相似。(3)由颱風強度及颱風中心各環降雨(R1~R8)迴歸分析顯示，在 Chiu(1990)的反演結果方面以颱風中心環狀雨帶 R1, R2, R3, R4 與颱風最大風速的相關性較佳。在 Olson(1990) 的反演結果方面則以颱風中心環狀雨帶 R1, R2, R3, R8 與颱風最大風速的相關性較佳。在 Ferriday(1994) 的反演結果方面則以颱風中心環狀雨帶 R1, R2, R3, R8 與颱風最大風速的相關性較佳。(4)由 2002 年颱風期間降雨與最大風速資料庫，所得颱風最大風速迴歸式預測 2002 年 3 個熱帶氣旋強度，及 2003 年的 4 個熱帶氣旋強度，皆可明顯估算出氣旋強度的正確變化。

關鍵詞：颱風、SSM/I、降雨

1. 前言與目的：

過去二十年統計平均每年侵台之颱風約有 3.7 個，對台灣地區均造成很大的災害。由於台灣地區四面環海，災害性的天氣系統主要的生命期多半是處在廣大的洋面上，而這些地方都是最缺乏完整傳統觀測資料的區域。因此即使是科技如此發達的今天，對於

天然災害，如颱風，的生成與發展以及一些細部結構方面的了解與預警仍然力有未逮。因此不受時空限制的衛星觀測資料在應用上便更顯得重要。

在颱風降雨估算的研究，Rodgers 等人(1993)曾將 SSM/I 資料應用於颱風潛熱釋放的估計以及相對降雨的反演上，並由此探討颱風增強與減弱和潛熱釋放的相關性，以及

不同移速的颱風在不同方位角上的相對降雨特性。研究結果發現颱風內部核心(距颱風中心110km的範圍)的最大潛熱釋放將會導致這個颱風於24-72小時後達到最大的強度。在方位角相對降雨分布特性上，發現移動較慢(≤ 14.4 km/h)的颱風其中心區域(距颱風中心55km)的最大降雨量偏前方，而移動較快(≥ 27 km/h)的颱風其中心區域最大降雨量是偏後方。Rodgers et al. (1994, 1998)則指出當對流環向中心移進內核區(111公里)，亦即螺旋雨帶向颶風中心收縮時，近中心的降雨量和潛熱釋放量會增加，而熱帶氣旋則會隨之增強。Edward et al. (2000)則整合SSM/I及TRMM衛星資料觀測Paka颱風，分析1997年12月9-21日期間Paka颱風的潛熱結構變化，研究結果顯示觀測到三次的對流爆發及一次對流雨帶環流，而對流胞及雨帶環流不斷朝颱風內部移動與壓縮，皆使颱風強度迅速增強。

Glass and Felde (1992)則運用SSM/I的85GHz頻道微波資料分析距颱風中心0.2~0.5經緯度內，亮度溫度在220~230K的區域在全區所佔的比例，而結果顯示與增強中的颱風有超過0.9的相關性，與減弱中的颱風有0.7的相關性。Cecil et al. (1999)則用SSM/I的85GHz頻道微波資料所合成的極化校正溫度(PCT)，分析其與颱風強度變化的關係。由輻射傳遞模式顯示85GHz頻道對降雨雲中的冰晶敏感度佳，可散射向上輻射能，因而減少降雨的區亮度溫度。因此若85GHz頻道亮度溫度低，則意味著有較強的上升氣流、較多的冰晶，相對的具有較強的潛熱釋放與降雨量。其研究結果亦顯示冰晶**散射與颱風強度變化有時間延遲現象，且85GHz冰晶散射與颱風未來強度的相關性最佳，相關性次之的為目前颱風強度，在其次則為颱風強度變化。其平均PCT與颱風24hr強度變化相關性在東北太平洋為-0.8，在大**

西洋為-0.73，在西北太平洋則為-0.62。在未來會迅速增強的颱風個案中，研究顯示可由平均PCT之大幅變化掌握其增強的幅度。

Randall et al. (2000)由MSU衛星資料反演1979年至1995年期間熱帶氣旋降雨的變化，以確認氣候上降雨及熱帶氣旋強度之關係。在近17年有877個熱帶氣旋個案之統計結果顯示降雨與氣旋強度有線性關係。在氣旋中心降雨與外圍雨帶之比例成U形分佈，其原因為中心降雨與外圍螺旋雨帶之動力機制不同。一般中心降雨反演在500-600mm/day以下時氣旋強度變化不大，降雨在500-600mm/day以上時今與氣旋強度成線性變化，而外圍降雨一般則與強度皆成線性變化。在降雨的年際變化分析顯示，受聖嬰影響太平洋海溫較高，因此颱風降雨會較大。颱風的生命週期與降雨強度的時序變化分佈相似，其高值區位於第6天及第17-18天。

Tibbetts et al. (2000)則運用佛羅里達大學全球波譜模式(FSUGSM)，用四種不同降雨估算法進行評估，估算法分別為Cal/Val、NESDIS、GPROF 4.0和TMI-2A12 (TRMM)，以改善模式之降雨分布及颱風預報。不同降雨估算法在與地面測站驗證比較後顯示，在Cal/Val降雨估算法有低估的趨勢，而NESDIS及GPROF 4.0降雨估算法與地面測站降雨分布較為一致，尤其NESDIS降雨估算法在雨量大小與實際測站檢驗結果較接近。此利於模式估算潛熱釋放及積雲參數化，因此**預報上效果最佳，故降雨分布的正確與否，攸關模式預報颱風路徑之良窳。由上述相關論文顯示颱風的降雨變化對颱風之增強與減弱，以及未來颱風的路徑均有極大的相關，因此在本研究中，主要是利用DMSP衛星上的SSM/I微波資料來分析2002年颱風降雨強度**

變化，並以此分析颱風強度的變化與發展，此外亦統計分析不同的降雨反演方法的優劣，據此分析颱風各環雨帶與颱風強度的相關性。最後，則以統計迴歸分析各環雨帶估算颱風強度的模式，並將估算結果與JTWC觀測結果比較。期望利用SSM/I微波資料反演的降雨能較完整地描述颱風強度的變化趨勢，準確預估颱風的強度發展。

2. 資料來源與方法：

本研究所使用的衛星資料包括美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)網站上所提供的SSM/I微波輻射計觀測資料，以及JTWC所公布的颱風最佳路徑與強度變化。

本研究方法是利用SSM/I衛星資料和不同降雨反演方法來估算2002年颱風個案的降雨，並據以分析颱風強度與颱風各環降雨的變化關係。分析範圍為北緯10~40度，東經100~160度，而為了避免SSM/I微波資料受到陸地所造成的影響，所以只針對颱風還未登陸的資料進行分析與探討，期望藉由SSM/I所反演的降雨變化能較完整的分析颱風發展過程及變化趨勢。

本研究所應用的颱風降雨估算法共計有三種，分別為Chiu(1990)、Olson(1990)、Ferriday(1994)所建立的反演估算法。在Chiu(1990)的降雨反演部分，其式子如下：

$$R = 5.261 \log \left[\frac{102}{(274 - T_{19H})} \right] \quad \text{且} \quad T_{19H} < 274K \quad (1)$$

其中R為反演的降雨量(mm/h)， T_{19H} 為SSM/I 19GHz水平極化的亮度溫度。即是以19GHz(H)單一頻率來反演颱風降雨量，19GHz頻率的亮度溫度值對於水汽和液態水均有不錯的正相關靈敏度，因此可應用於反演降雨量。

在Olson等人(1990)的降雨反演部分，

其方法如下：

首先利用37GHz水平及垂直極化 T_{37V} 及 T_{37H} 的亮度溫度降雨指數，以判別降雨區域，指數計算式如下：

$$rr_index = -11.7939 - 0.02727 * T_{37V} + 0.09920 * T_{37H} \quad (2a)$$

若降雨指數小於0，則視為無降雨區域。若降雨旗標大於0，則視為有降雨區域，此時則以(2b)式反演降雨：

$$R = \exp(3.06231 - 0.0056036 * T_{85V} + 0.0029478 * T_{85H} - 0.0018119 * T_{37V} - 0.0075 * T_{22V} + 0.009755 * T_{19V}) - 8. \quad (2b)$$

其中R為反演的降雨量(mm/h)， T_{22V} 為22GHz頻道的垂直極化亮度溫度值，此方法即是以多頻道來反演颱風降雨量。

在Ferriday等人(1994)的降雨反演部分，其式子如下：

$$R = (T_{19H} + T_{19V} + T_{37H} - T_{22V} - T_{37V} - T_{85H} + 170.2) / 18.3 \quad (3)$$

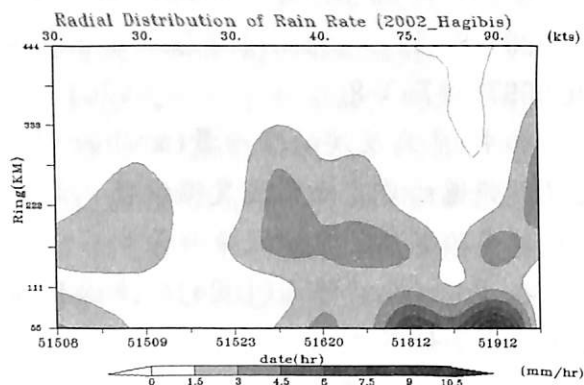
其中R為反演的降雨量(mm/h)，此方法亦是以多頻道來反演颱風降雨量。

在此主要分析颱風降雨分布的方法是(1)以颱風中心為圓心，求取距中心444公里範圍內整個降雨量的平均值，來看其時序變化並與JTWC所公佈颱風最佳路徑的中心最大風速作比較，分析颱風強度變化與降雨之間的關係。(2)以3種不同方法反演降雨量，估算颱風中心至444公里範圍內的降雨量，由颱風中心向外，以每環55公里的範圍共分成8環，再分析各環內的平均降雨量與颱風強度變化的相關性。(3)利用衛星微波觀測資料反演降水分布並進行颱風強度估算。

3. 結果與討論：

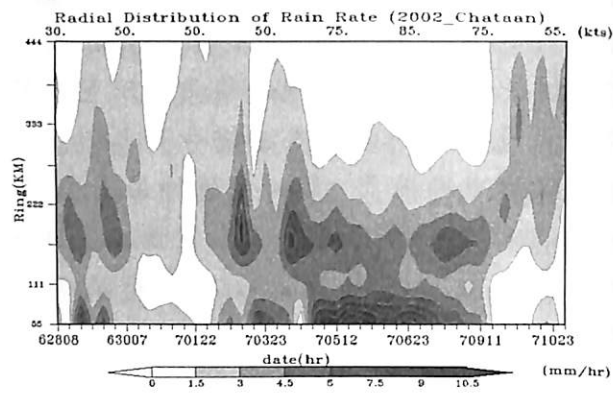
在2002年哈吉貝颱風(Hagibis)的降雨時序分布個案(圖一)中，發現颱風中心降雨(0-111公里)的變化會影響整個颱風強度的

改變，也就是說當颱風降雨開始增加(減少)，會造成最大風速值跟著增強(減弱)。此外於5月16日10Z至5月18日12Z位於外圍(222公里)的雨帶隨時序變化有逐漸向颱風中心移動的現象，同時亦造成該段時間內颱風最大風速由30Kts上升至75Kts，故顯見颱風中心雨帶的增加或颱風螺旋雨帶的內縮，均有助於潛熱釋放的增加並使颱風強度增強。



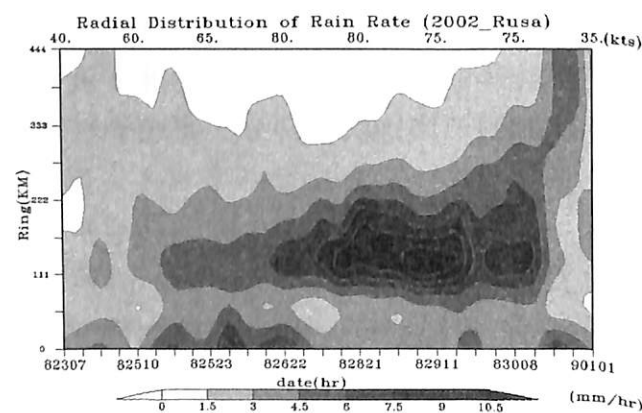
圖一 2002年哈吉貝颱風(Hagibis)的降雨時序分布，並與JTWC所公佈的最大風速值作比較。

在2002年查特安颱風(Chataan)的降雨時序分布個案(圖二)中，則發現颱風中心降雨在初期時強度並不顯著，直到7月05日08Z至7月09日00Z颱風中心降雨才明顯增強達8mm/hr，因此在這段時間內颱風最大風速先由50Kts上升至75Kts，並於7月08日09Z達颱風生命期的最強風速95Kts。其次在7月04日10Z至7月05日10Z位於外圍(166公里)的雨帶隨時序變化有逐漸向颱風中心移動的傾向，對流胞及雨帶環流朝颱風內部移動與壓縮，颱風近中心的降雨量和潛熱釋放量增加，同時亦造成該段時間內颱風最大風速明顯增強，此結果與Edward et al. (2000)分析1997年Paka颱風的降雨結構變化相同。同時在分析2002年颱風個案中的哈隆(Halong)、雷馬遜(Rammasum)、娜克莉(Nakri)、卡莫里(Kammuri)及巴達(Phanfone)等(圖略)亦均有相似的降雨結構變化。

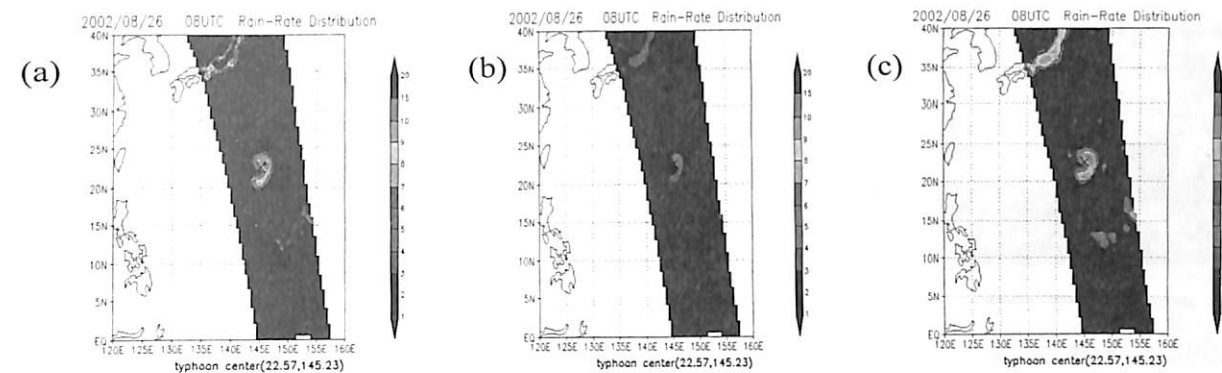


圖二 2002年查特安颱風(Chataan)的降雨時序分布，並與JTWC所公佈的最大風速值作比較。

在2002年露莎颱風(Rusa)的降雨時序分布個案(圖三)中，我們發現颱風螺旋雨帶(111~166公里)於8月26日08Z到達最大，其雨量達9.45mm/hr，而最大風速稍後在8月26日12Z到達最強，強度為80Kts，而後在颱風中心降雨(0~111公里)即明顯減少，但颱風強度僅有小幅下降到75Kts，不過觀測此期間位於颱風中心165公里區域的降雨則有顯著的增強，不過與個案二不同的地方，在於該段時間內此颱風雨帶並無中心向內縮的趨勢。此一結果則與2002年的風神颱風(Fengshen)(圖略)個案相似。



圖三 2002年露莎颱風(Rusa)的降雨時序分布，並與JTWC所公佈的最大風速值作比較。



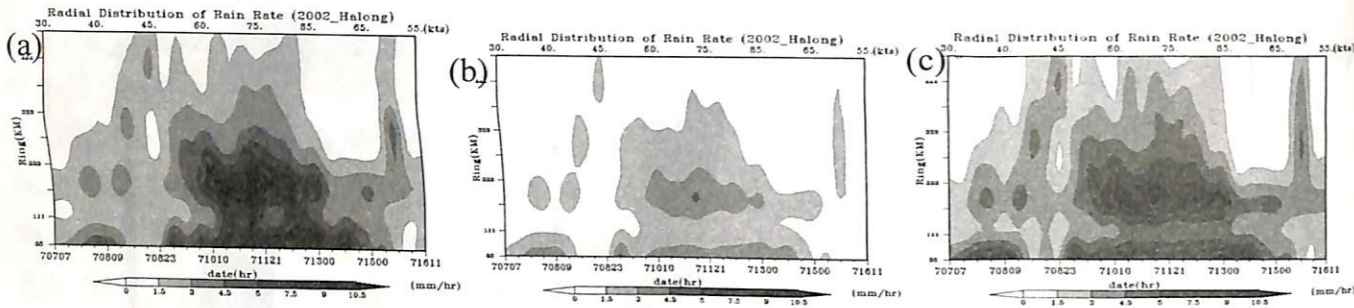
圖四 2002年8月26日08Z露莎颱風(Rusa)的降雨分布(a)Chiu(1990)的降雨反演(b)Olson(1990)的降雨反演(c)Ferriday(1994)的降雨反演。

有鑑於颱風中心各環降雨隨時間序列分布與颱風最大風速間有明顯的相關性，因此本研究即利用前述三種不同的降雨反演式分析其降雨分布，即分別為Chiu(1990)、Olson(1990)及Ferriday(1994)，圖4即為以此三種降雨反演式反演，露莎颱風(Rusa)在2002年8月26日08Z的降雨分布，由圖中可看出Chiu(1990)及Ferriday(1994)兩者的降雨反演結果分布較相似，且明顯降雨區域較Olson(1990)的降雨反演結果分布為大，其次，Chiu(1990)及Ferriday(1994)方法對強降雨的反應比較顯著，而Olson(1990)的反演式則較不靈敏。在2002年7月發生的哈隆颱風的降雨時序分布如圖5所示，圖中顯示此三種反演式所得到降雨的型態都很相似，不過在降雨強度的反應上，則顯示Chiu(1990)及Ferriday(1994)對強降雨反應較顯著，而Olson(1990)反演式則較不靈敏。

表1 以Chiu(1990)降雨反演值以迴歸分析颱風各環雨帶(R1~R8)之相關性

[Chiu(1990)]	Regression eq.	相關性
R1,R2, R3,R4, R5,R6, R7,R8	$Yws=29.6893+1.3316*rx1+3.1679*rx2+2.4964*rx3-0.3855*rx4+2.4153*rx5-0.0776*rx6-0.1813*rx7-2.8644*rx8$	r=0.67
R1	$Yws=38.3200+3.3957*rx1$	r=0.50
R2	$Yws=32.2486+8.9446*rx2$	r=0.62
R3	$Yws=33.2398+5.0609*rx3$	r=0.57
R4	$Yws=39.2522+4.7550*rx4$	r=0.40
R5	$Yws=45.5359+3.5267*rx5$	r=0.22
R6	$Yws=51.9141+0.8962*rx6$	r=0.05
R7	$Yws=56.1255-1.7538*rx7$	r=0.08
R8	$Yws=58.6429-4.0887*rx8$	r=0.18

在颱風強度及颱風中心各環降雨(R1~R8)的迴歸分析方面，若以Chiu(1990)的降雨反演值迴歸分析，其結果顯示如表1所示，顯示近颱風中心的環狀雨帶R1,R2,R3,R4與颱風最大風速的相關性較佳，其相關值分別為0.5、0.62、0.57及0.4，其餘在颱風外圍的環狀雨帶R5~R8則相關性明顯偏低，顯示颱風強度明顯受近颱風中心環狀雨帶(R1~R4)變化的影響，而以颱風中心各環降雨R1~R8與颱風強度的多重迴歸分析，其所得相關值為0.67。在以Olson(1990)的降雨反演迴歸分析方面，則以颱風內環狀雨帶R1,R2,R3,R8與颱風最大風速間相關性較佳，其相關性值分別為0.36、0.50、0.43及0.36，而以颱風內各環降雨R1~R8多重迴歸分析，其所得相關值為0.66。在以Ferriday(1994)的降雨反演迴歸分析方面，則以颱風內環狀雨帶R1,R2,R3,R8與颱風最大風速間相關性較佳，其相關值分別為0.40、0.55、0.49及0.37，而以颱風內各環降雨R1~R8多重迴歸分析，其所得相關值為0.68。前述由Chiu(1990)、Olson(1990)及Ferriday(1994)不同的降雨反演結果針對颱風強度與颱風內各環降雨(R1~R8)的迴歸分析，三者皆顯示近颱風中心環狀雨帶R1、R2及R3對颱風最大風速之相關性較佳，而惟一不同則在另一個迴歸參數，在Olson(1990)



圖五 2002年8月哈隆颱風(Halong)的降雨時序分布(a)Chiu(1990)的降雨反演(b)Olson(1990)的降雨反演(c)Ferriday(1994)的降雨反演

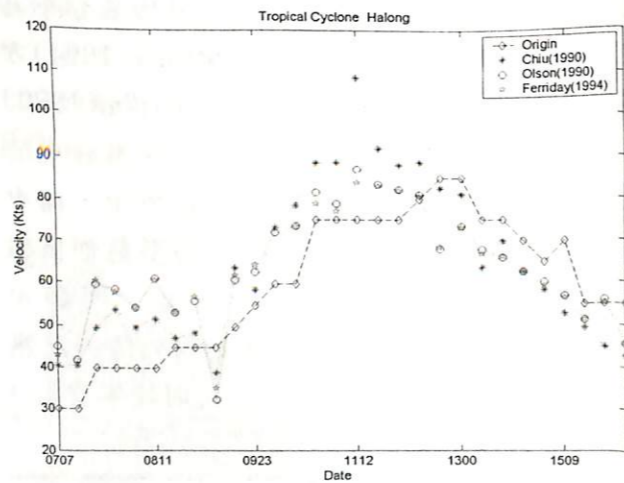
及Ferriday(1994)的反演結果與颱風最大風速之迴歸分析中另一個參數為在颱風環狀雨帶之R8(444公里)，而在Chiu(1990)的反演結果與颱風最大風速的迴歸分析中則為颱風環狀雨帶之R4(222公里)。

表二 分別運用 Chiu(1990)、Olson(1990)及 Ferriday(1994)3種降雨反演值以多重迴歸分析颱風各環雨帶(R1~R8)相關性

Regression eq.:R1,R2, R3,R4, R5,R6, R7,R8	相關性
$Y_{ws}=29.6893+1.3316*x_1+3.1679*x_2$ $+2.4964*x_3-0.3855*x_4$ $+2.4153*x_5-0.0776*x_6$ $-0.1813*x_7-2.8644*x_8$	r=0.67
$Y_{ws}=42.0776-0.5346*x_1+10.6413*x_2$ $+6.2216*x_3-5.4814*x_4$ $+15.4040*x_5-13.5046*x_6$ $+16.9613*x_7-25.9231*x_8$	r=0.68
$Y_{ws}=38.9617-0.1878*x_1+4.3143*x_2$ $+2.5943*x_3-2.0028*x_4$ $+5.6314*x_5-4.7662*x_6$ $+5.8042*x_7-9.1883*x_8$	r=0.66

而應用上述三種不同降雨反演方法，並收集2002年颱風期間SSM/I衛星資料建立各環降雨與颱風最大風速之資料庫，而據此建立颱風最大風速估算之多重迴歸式(表2)，由Chiu(1990)、Olson(1990)及Ferriday(1994)降雨反演結果所建立的多重迴歸式其相關性分別為0.67、0.66及0.68。研究中則運用此些迴歸式預估2002年7月份的哈隆颱風的最大風速並與JTWC的報告做比較，其結果如圖6所示，在颱風初期，即7月07日09Z至7月08日20Z期間，對颱風強度預估三者均有略微偏高的現象，而在7月11日

12Z期間以Chiu(1990)的多重迴歸式所估算的最大風速有較明顯偏大於JTWC的最大風速。不過整體而言，此三種多重迴歸式所預估的最大風速皆可反映出颱風強度的變化趨勢。若以同樣的方法預估2002年另2個個案，分別為露莎颱風(Rusa)和雷馬遜(Rammasum)颱風，以及2003年統計獨立的4個個案，分別為愛陶颱風(Etau)、梅米颱風(Maemi)、柯普颱風(Koppu)及盧碧颱風(Lupit)，則所預估的颱風最大風速皆可反映出實際颱風強度變化的趨勢。



圖六 2002年7月份哈隆颱風(Halong)的預估最大風速並與JTWC所公佈的最大風速值作比較

4. 結論與展望:

在本研究中，主要是利用SSM/I微波資料針對2002年的颱風個案，反演其降雨量以探討西太平洋颱風雨帶之分布與特性，並

分析颱風強度與颱風降雨特性之相關。同時收集2002年颱風期間SSM/I衛星資料並建立反演資料庫。

在颱風降雨時序方面的研究，研究中分析2002年5月~12月共計18個颱風，結果發現颱風中心雨帶的增強或颱風螺旋雨帶的內縮，均有助於潛熱增加而使颱風強度增強。颱風雨帶以在內環的R1~R3(0~166km)對熱帶氣旋強度的影響最為明顯。

在颱風降雨反演結果分析顯示Chiu(1990)及Ferriday(1994)的方法對強降雨的反應較顯著，而Olson(1990)的反演式則較不靈敏，不過三者反演降雨的型態上都很相似。

由颱風強度及颱風內各環降雨(R1~R8)的迴歸分析顯示，在應用Chiu(1990)的反演結果方面以近颱風中心的環狀雨帶R1, R2, R3, R4與颱風最大風速之相關性較佳，其相關性值分別為0.5、0.62、0.57及0.4，而若以颱風內各環降雨R1~R8做多重迴歸分析，則其所得相關值為0.67。在應用Olson(1990)的反演結果方面則以颱風內環狀雨帶R1, R2, R3, R8與颱風最大風速之相關性較佳，其相關值分別為0.36、0.50、0.43及0.36，而若以颱風內各環降雨R1~R8做多重迴歸分析，則其所得相關值為0.66。在應用Ferriday(1994)的反演結果方面則以颱風內環狀雨帶R1, R2, R3, R8與颱風最大風速之相關性較佳，其相關值分別為0.40、0.55、0.49及0.37，而若以颱風內各環降雨R1~R8做多重迴歸分析，則其所得相關值為0.68。

應用2002年5月~12月所有颱風形成期間之反演與觀測資料建立颱風各環降雨及最大風速資料庫，以颱風各環降雨反演值預估2002年的3個熱帶氣旋強度變化，以及預估2003年統計獨立的4個熱帶氣旋強度變化，結果顯示皆可反映出氣旋強度變化的趨勢。

而在應用SSM/I微波資料所反演颱風內各環降雨估算颱風最大風速方面，目前所得的相關性約在0.66~0.68左右。在未來研究方面，除了收集應用更多個案的颱風資料，以期提升本研究中分析方法代表性與準確性外，影響颱風強度變化的相關因子的獲取，以及不同分析的研究比較，均為本研究未來期望投入的研究內容。

參考文獻:

Cecil, D. J., and E. J. Zipser, 1999: Relationships between tropical cyclone intensity and satellite-based indicators of inner core convection: 85-GHz ice-scattering signature and lightning. *Mon. Wea. Rev.*, **127**, 103-123. Chiu, L. S., 1990: Rain estimation from satellites: Effect of finite field of view. *J. Geophys. Res.*, **95**, No. D3, 2177-2185.

Edward, R., William, O., Jeff, H., Joanne, S., Harold, P. 2000: Environmental Forcing of Supertyphoon Paka's (1997) Latent Heat Structure. **39**, 1983-2006.

Ferriday, J. G. and S. K. Avery, 1994: Passive micro-wave remote sensing of rainfall with SSM/I: Algorithm development and implementation. *J. Appl. Meteor.*, **33**, 1587-1596.

Glass, M., and G. W. Felde, 1992: Intensity estimation of tropical cyclones using SSM/I brightness temperatures. Preprints, *Sixth Conf. on Satellite Meteorology and Oceanography*, Atlanta, GA, Amer. Meteor. Soc., J8-J10.

Olson, W., LaFontaine FJ, Smith WL, Achtor T. H., 1992: Recommended algorithms for the retrieval of rainfall rates in the tropics using the SSM/I (DMSP-8). Manuscript. University of Wisconsin, Madison, 10 pp.

R. T. Tibbetts and T. N. Krishnamurti, 2000: An intercomparison of hurricane forecasts using SSM/I and TRMM rain algorithm (s). *Meteorol. Atmos. Phys.* **74**, 37-49.

Randall S. Cerveny and Lynn E. Newman, 2000: Climatological Relationships between Tropical Cyclones and Rainfall. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 3329-3336.

Rodgers, E. B., S. W. Chang and H. F. Pierce, 1993: A satellite observational and numerical study of precipitation characteristics in western north Atlantic tropical cyclones. *J. Appl. Meteor.*, **33**, 129-139.

Rodgers, E. B., S. W. Chang, and H. F. Pierce, 1994: A satellite-observational and

numerical study of precipitation characteristics in Western North Atlantic tropical cyclones. *J. Appl. Meteor.*, **33**, 129-139.

Rodgers E. B., W. S. Olson, V. M. Karyampudi, and H. F. Pierce, 1998: Satellite-derived latent heating distribution and environmental influences in Hurricane Opal (1995). *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 1229-1247.

Study of Rainfall Characteristics of Typhoon at 2002 in North-Western Pacific Ocean Using Satellite Data

Gin-Ron Liu and Ching-Chun Huang

National Central university, Taiwan

Abstract

This study tried to use SSM/I satellite data to monitor formed typhoons in 2002 and thus analyze and understand the rainfall characteristics in Western Pacific Ocean. Besides, the relationship between typhoon's intensity and its rainfall rate distribution was established. The results indicated that four conclusions could be remarked. First, after analyzing eighteen typhoons observed from May to December of 2002, the results revealed that either the increase of rainfall rate distribution within typhoons' center areas or the rainband, propagated inward will increase the of latent heat release and then intensify the typhoon. The obvious evidence was found that the rainfall of typhoon inner areas, R1~R4 (0~222km), were highly related to the typhoon intensity. Second, in analyzing the rainfall rate estimated by Chiu and Ferriday's algorithms shown there were relatively good for heavy rainfall in compared with those estimated by Olson's approach (1990). Nevertheless, the rainfall patterns showed the similarity among these three estimations of typhoon's rainfall algorithm. Third, if Chiu's method (1990) was applied, the results revealed the typhoon's intensity showed a good relationship with the rainfall within typhoon's inner areas which were indicated by R1, R2, R3 and R4. Besides, if Olson's approach (1990) was applied, it showed a good relationship between the typhoon maximum wind speed and the rainfall of areas indicated by R1, R2, R3 and R8. Furthermore, by using the approach of Ferriday (1994), the result showed the better relationship between the typhoon maximum wind speed and the rainfall of areas indicated by R1, R2, R3, and R8. Fourth, the change of typhoon's intensity was capable of being detected by the typhoon maximum wind speed estimates where the algorithm was established by regression analysis based on 2002 typhoon data. The cases used to verify the estimations in this study were 3 typhoons in 2002 and 4 typhoons in 2003.

Keywords: typhoon, SSM/I, rainfall rate distribution