

應用衛星資料在颱風生成與發展之初步分析

黃清順¹ 馬屏龍² 劉振榮³

空軍氣象聯隊¹

空軍航空技術學院²

國立中央大學太空及遙測研究中心³

摘要

本研究利用 SSM/I 微波資料估算颱風的降雨強度及其生成發展的海氣參數背景作研究探討，輔助分析兩個颱風個案，期望能運用衛星資料對颱風生成發展作較完整的描述。研究結果顯示：(1)颱風中心 444 公里內不同降雨率所佔的百分比和中心最大風速有不錯的關係，即颱風強度越強則某些降雨率所佔的百分比會越大。(2)由分析颱風降雨量的時空間分佈研究顯示在颱風中心降雨量增加時，颱風強度亦會隨後跟著增強，兩者間有時間延遲的現象。(3)海氣參數與颱風強度的時序變化之間有正的相關性，由兩者可看出颱風強度增強與減弱的變化趨勢。

關鍵語：颱風、海氣參數、衛星遙測

(2003年08月08日收稿；2003年08月14日定稿)

一、前言

由過去二十年統計平均每年侵台之颱風約有 3.7 個，對台灣地區造成很大災害，不僅造成淹水、坍方…等現象，亦影響人民生命安全及財產保障，所以颱風對我們的影響是不容忽視的。不過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的資料非常稀少，再加上西太平洋地區現在已沒有飛機實際觀測的資料，所以如何對海洋上的颱風強度作估算，以便在颱風登陸前作更準確的預報，以及要對颱風結構、強度及走向有進一步地了解時，則必須仰賴衛星來監測海洋上的熱帶氣旋變化。

在颱風降雨強度參數研究方面，Rodgers and Pierce(1995)曾表示，在1987~1992年的西太平洋熱帶氣旋中，隨著與颱風中心之間的距離增加，PIP值（降雨率大於5 mm/hr所佔的比例）就會明顯地減少，這是因為颱風的螺旋雨帶大都集中在眼牆附近，所以距離颱風中心愈遠，颱風的雨量就會愈小，因此降雨率大於5 mm/hr所佔的比例也會愈小。此外Edward et al, (2000) 分析1997年12月9-21日期間Paka颱風的潛熱結構及綜觀環境變化，整合SSM/I及TRMM衛星資料觀測Paka颱風的潛熱結構分佈變化，有觀測到三次的對流爆發及一次對流雨帶環流，當對流胞及雨帶環流不斷朝颱風內部移動與壓縮，會

使颱風強度迅速增強。

另外，熱帶氣旋的維持與增強重要的機制在於質量與動能的傳送及經由氣旋中心對流上升所獲得潛熱釋放。Spencer(1988)利用衛星85GHz觀測降雨帶中冰晶分佈，藉以瞭解上升氣流情況。由輻射傳遞模式顯示85GHz頻道對降雨大小的冰晶敏感度佳，可散射向上輻射能，因而減少降雨區亮度溫度。所以85GHz頻道亮度溫度低，意味有較強的上升氣流、較多冰晶和潛熱釋放與降雨的增加。因此Glass and Felde(1992)運用SSM/I衛星的85GHz頻道微波資料分析距颱風中心0.2~0.5經緯度裡，亮度溫度在220~230K所佔比例，發現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。由Cecil et al.(1999)分析85GHz之PCT(極化校正溫度)結果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相關性最佳，其次為目前颱風強度，接著則為颱風強度變化，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)。在未來迅速增強的颱風個案中，似乎可由平均PCT的大幅變化掌握其變化狀況。

研究結果也顯示，海氣交互作用發生變化時，會造成空氣不穩定，而產生對流。劉(2001)博士論文中，也利用SSM/I資料估算海面的潛熱通量(LHF)，發現潛熱通量的增加，會引發對流系統生成，進而造成豪雨的產生。而劉和劉(2000)利用EC/TOGA與SSM/I所反演各個海氣參數的資料來分析台灣及南海地區的梅雨特性，發現海氣之間的交互作用與MCS的發展

是有關係的，即海面與空氣之間能量的正向傳遞，有利MCS的發展。而Monaldo et al.(1997)運用NOAA衛星的AVHRR影像資料可以很清楚看出在颶風通過後海溫冷卻的現象，研究亦同時指出，在北半球颶風行經路徑的右方是屬於風速最大的區域；也就說因為颶風在其行進方向的右前方具有較大的風速，導致有較多的湧升流，並與表面海水混合，以致於造成右側海溫較低的現象，並且海面冷卻效應的大小與颶風強度和它移動的速度是有關係的。當颶風的移動速度較快時，其所造成最大的冷卻現象會發生在颶風路徑的右側；反之，若移速較慢時，其最大的冷卻現象會發生於接近颶風路徑的位置上。

在本研究中，主要是利用DMSP衛星上SSM/I資料來分析2001年桃芝(Toraji)和納莉(Nari)颱風降雨強度之變化、雨帶分布及其海氣間能量通量之變化是否與颱風強度變化有關，希望利用衛星資料能較完整的描述颱風強度發展的特性。

二、資料及方法

本研究所使用的衛星資料來自美國國家海洋大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration; NOAA)所提供的SSM/I微波輻射計觀測資料。

本研究方法是使用SSM/I衛星資料來反演2001年桃芝和納莉颱風個案的各種參數，如降雨強度變化、降雨參數以及颱風生成發展的海氣間各參數的變化情況作探討。分析範圍為北緯10~40度，東經110~140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台灣的資料進行分析與探討，

期望藉由SSM/I所反演的各種參數變化能較完整的分析兩個颱風發展過程及變化趨勢。

本研究颱風降雨的方法是採用Chiu(1990)降雨反演式，其式子如下：

$$R = 5.261 \log \left[\frac{102}{(274 - T_{b19GHz(H)})} \right]$$

$$, T_{b19GHz(H)} < 274K \quad (1)$$

其中 R 為反演的降雨量(mm/h)， $T_{b19GHz(H)}$ 為19GHz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水量。而使用Chiu(1990)降雨反演式的理由是在蔡(1996)、黃(2000)研究中指出將Chiu(1990)的反演式用來估算颱風的降雨量方面有不錯的表現，其分布結果也較符合Rodgers and Pierce(1995)在西北太平洋降颱風(1987-1992)降雨的統計平均。

關於海氣參數中的潛熱通量(latent heat flux; LHF)和可感熱通量(sensible heat flux; SHF)的估算，劉和劉(2000)和Liu et al.(2002)則使用總體參數法求得，可寫為

$$SHF = -\rho c_p c_h (T_s - T_a) u \quad (2)$$

$$LHF = -\rho c_l (q_s - q_a) u \quad (3)$$

其中， Ch 和 Ce 表示總體係數，下標 s 表示為海平面的量場值，下標 a 表示近海面10公尺參考層之量場值， u 則為近海面10公尺參考層之風速， T 表示溫度， q 為溼度， ρ 表示空氣的密度， l 表示蒸發潛熱， Cp 為定壓比熱。

在此主要分析颱風的方法是(1)以颱風中心為圓心，求取距中心444公里範圍內整個圓面積不同降雨率所佔百分比及反演距中心444公里範圍內降雨分布的時序變化，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它們之間的關係。(2)以颱風移動路徑上海氣參數的時序變化，分析颱風強度變化與它們之間的關係。

三、結果與討論

在桃芝颱風不同降雨率所佔百分比隨時間序列變化與JTWC的最大風速比較如圖1a與1b，在圖中7月26日11:28Z到7月27日22:06Z期間，颱風降雨所佔比例開始增加，此時颱風中心最大風速則處於持續增加的狀態。接著，在27日22:06Z到28日09:19Z就開始緩慢減少，這可能是因為桃芝颱風在這段期間已經開始接近菲律賓群島，造成整個對流雲帶因為陸地的影響而受到破壞，使得降雨量也會因為對流雲帶的破壞而跟著減少。而在28日09:19Z後颱風遠離菲律賓島，所以近中心的對流雲帶較不受到陸地影響，使得颱風降雨所佔比率又開始增加，此時最大風速(圖1b)則是維持在相對高值(約45m/s)。接下來，在7月28日21:52Z之後，桃芝颱風已經漸漸往台灣東部逼近，大約在7月29日12:00Z登陸台灣，其降雨量漸漸受到陸地影響而開始下降，而中心最大風速則還是處於增加狀態，推測可能桃芝颱風在剛登陸後，颱風強度尚未受地形影響而迅速減弱。

在納莉颱風不同降雨率所佔百分比隨時間序列變化與JTWC的最大風速比較如圖2a與2b，由桃芝颱風的不同降雨率所佔

百分比與風速變化得知，當颱風的降雨所佔百分比愈大(愈小)，則風速變化量也愈大(愈小)。而由圖2a、2b也可看出不同降雨率所佔百分比隨時間序列變化可反映出颱風強度的大小變化。

針對桃芝颱風及納莉颱風不同降雨率所佔百分比隨時間序列變化，分析颱風在降雨為15mm/hr以上及20mm/hr以上所佔百分比變化均偏小，在颱風形成的初期由於發展尚未成熟，其強降雨所佔的比例不大的情況下，故與JTWC最大風速的相關性變化並不大。而在2mm/hr以上所佔百分比變化中，因降雨量較小易受颱風主體螺旋雨帶以外的對流胞影響，使其產生較多雜訊干擾，而與最大風速的相關性變化亦不大。結果顯示在桃芝颱風中，降雨在6mm/hr以上、8mm/h以上及10mm/hr以上所佔百分比隨時間序列變化與風速相關性較佳。而在納莉颱風分析中，則降雨在4mm/hr以上及6mm/hr以上所佔百分比隨時間序列變化與風速相關性較佳，預期未來可運用其6mm/hr降雨分布大小變化，作為預估颱風強度變化的參考依據。

在Rodgers et. al.(1995)研究西北大西洋的Dan颶風降雨量隨時間變化之空間分佈與強度變化關係(圖3)，發現當颶風的螺旋雨帶向颶風中心收縮時，則近中心的降雨量會增加，颶風強度也會跟著增強。圖4a、圖4b分別為西北太平洋上的桃芝颱風與納莉颱風降雨量隨時間變化的空間分佈，輔以JTWC所公佈的颱風強度變化，顯示在颱風中心降雨量的增加，颱風強度亦會隨後跟著增強，兩者間有時間延遲的現象。但與西北大西洋颶風不同的是在這兩個西北太平洋的颱風分析中並未發現有

螺旋雨帶向颶風中心收縮的現象，未來值得再深入分析研究。

而在海氣參數分析部分，所要探討的位置分別以(27.13°N, 125.63°E)、(25.22°N, 125.63°E)為中心，選2x 2的經緯度區域範圍進行實驗設計，選這樣的範圍主要是納莉颱風會行經此區域(如圖5)，並且颱風在此期間(9月11日09:32Z至9月13日12:13Z)強度先由強轉弱，而後颱風強度再由弱轉強(9月13日21:35Z至9月16日00:21Z)，因此藉由分析這兩個區域範圍的時序變化，找出各海氣參數在颱風通過之前是否有特別之處。在海氣參數計算部分，皆採用劉和劉(2000)的計算方法，同時不考慮受強降雨影響的資料，以減少海氣參數因強降雨產生的誤差。

由納莉颱風於9月11日09:32Z至9月13日12:13Z期間，在(27.13°N, 125.63°E)區域的海面溫度時序變化，由圖6a上大致可以看到海溫變化約在299K至302K之間震盪。在海氣溫度差(dt)之時序圖，由圖上可看到海氣溫度的差異隨時間略有逐漸減少的趨勢，顯示環境對熱能向上的傳遞有漸漸減少的現象。在圖6b可見近海面的濕度約從15.5 g/kg上升至19.0 g/kg左右。但在海氣濕度差異(dq)之時序圖，由圖上可看到海氣濕度的差異隨時間略有逐漸減少，顯示海氣間具正向的水氣傳送潛力，即水氣較可藉由對流或蒸發作用，向空中傳遞。圖6c為近海面風速(Ws)的時序變化，由圖中可看到近海面風速隨時間亦略有逐漸減少。圖6d為潛熱通量(LHF)的時序變化，此參數取決於海氣溼度差值的多寡與風速的大小，由圖中可看到潛熱通量隨時間亦略有逐漸減少。同時圖6d亦顯示

可感熱通量(SHF)的時序變化，此參數則與海氣溫度差值及風速大小有關，由圖中可看到可感熱通量隨時間也是略有逐漸減少，綜合以上的海氣參數分析顯示在9月11日09:32Z至9月13日12:13Z期間向上傳遞的能量有逐漸減少的現象，而此時颱風中心最大風速亦有隨時間變小的趨勢。而比較圖7d之潛熱通量及可感熱通量在9月14日00:48Z至9月15日11:51Z期間發現均有逐漸增加的趨勢，而颱風中心最大風速亦有隨時間變大的趨勢。所以，而颱風強度和海氣參數變化之間似乎有一定的正相關，即海氣間潛熱(LHF)和可感熱(SHF)通量的交互作用若較劇烈，則有利於颱風強度的增加。

四、結論與展望

在本研究中，由降雨方面的研究顯示颱風中心444公里內不同降雨率所佔的百分比和中心最大風速有不錯的關係，即颱風強度越強則不同降雨率所佔的百分比越大。在桃芝颱風個案中，降雨在6mm/hr以上、8mm/hr及10mm/hr所佔百分比隨時間序列的變化與風速相關性較佳。而在納莉颱風個案中，則降雨在4mm/hr以上及6mm/hr所佔百分比隨時間序列的變化與風速相關性較佳。

在分析颱風降雨量隨時間變化之空間分佈與強度變化關係，研究顯示在颱風中心降雨量的增加，颱風強度亦會隨後跟著增強，兩者間有時間延遲的現象。但與西北大西洋颶風不同的是研究中的兩個西北太平洋颶風並未發現有螺旋雨帶向颶風中心收縮之現象。

在颱風強度和海氣參數變化之間也具

有一定的正相關，即海氣間潛熱(LHF)和可感熱(SHF)通量的交互作用若較劇烈，則有利於颱風強度的增加。而海氣間能量通量的交互作用不但與海氣間溫溼度差異大小有關，也和近海面風速值的大小有關。不過在反演的過程中也必須考慮到的問題就是當颱風內部強降水的範圍愈大，則會間接影響我們所求得海氣參數值的大小。

在未來將增加更多個案分析環境場對颱風的影響，以期能對其生成發展有較全盤性的了解，進而發展出判斷颱風生成發展與否的客觀參考指標。

參考文獻

- 劉崇治與劉振榮，2000：應用衛星資料在梅雨季海上中尺度對流系統生成前兆之初步探討。大氣科學，第二十八期，第四號，317-341頁。
- 劉崇治，2001：衛星資料反演海氣參數及其在梅雨期海上中尺度對流系統生成發展之應用。國立中央大學大氣物理研究所博士論文，162頁。
- 蔡文元，1996：SSM/I資料於颱風強度估算和降雨特性分析上之應用。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文，69頁。
- 黃曉薇，2000：應用SSM/I衛星資料於西太平洋颱風特性之分析。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文，95頁。
- Alliss, R. J., S. Raman, and S. W. Change, 1992: Special Sensor Microwave/ Image (SSM/I) observation of hurricane Hugo (1989). Mon. Wea. Rev., 120, 2723-2737.
- 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**, 1023-123.

Chiu, L. S., 1990 : Rain estimation from satellite: Effect of finite field of view. *J. Geophys. Res.*, **120**, 2723-2737.

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.

Edward, R., William, O., Jeff, H., Joanne, S., Harold, P.2000: Environmental Forcing of Supertyphoon Paka's (1997) Latent Heat Structure. *J. Appl. Meteor.*, **39**,1983-20006.

Liu, G.R., C. C. Liu and T. H. Kuo, 2001: A Contrast and Comparison of Near-Sea Surface Air Temperature /Humidity from GMS and SSM/ I Data with an Improved Algorithm. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, Vol. 39, No.10, pp2148-2157.

Liu, G.R., C. C. Liu and T. H. Kuo, 2002: A Satellite-derived Objective Potential Index for MCS Development during the Mei-Yu Period. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Vol. 80,N0. 3, pp. 503-517.

Monaldo, F. M., T. D. Sikora, S. M. Babin and R. E. Sterner, 1997 : Picture of The Month. Satellite imagery of sea surface temperature cooling in the

wake of hurricane Edouard (1996). *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 2716-2721.

Rodgers, E. B., and H. F. Pierce, 1995 : A satellite observational study of precipitation characteristics in Western North Pacific tropical cyclones. *J. Appl. Meteor.*, **34**, 2587-2599.

Spencer, R. W., H. M. Goodman, and R. E. Hood. 1989: Precipitation retrieval over land and ocean with the SSM/I: Identification and characteristics of the scattering signal. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **6**, 254-273.

距颱風中心111公里範圍內的潛熱釋放量的時序變化，並與JTWC所公佈的最大風速值作比較（引自項2000碩士論文）。

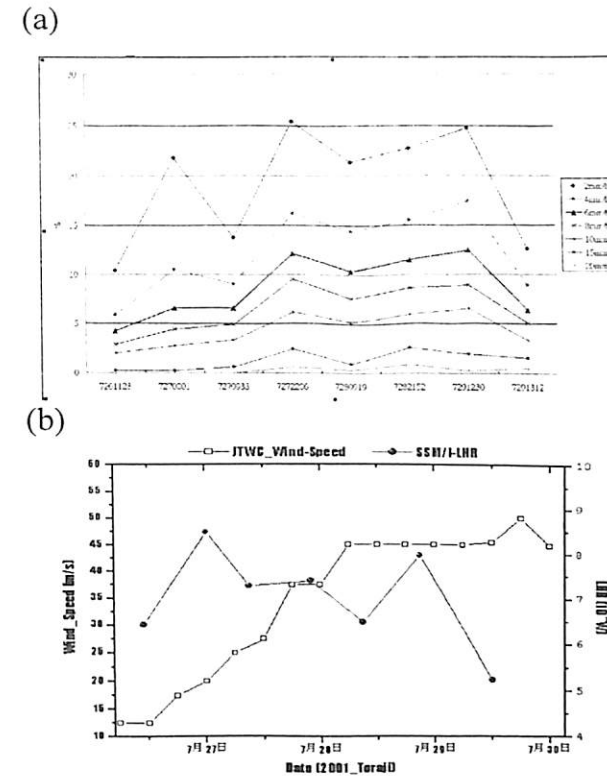


圖1 桃芝颱風 (a)距颱風中心444公里範圍內降雨所佔百分比的時序變化。(b) 距颱風中心111公里範圍內的潛熱釋放量的時序變化，並與JTWC所公佈的最大風速值作比較（引自項2000碩士論文）。

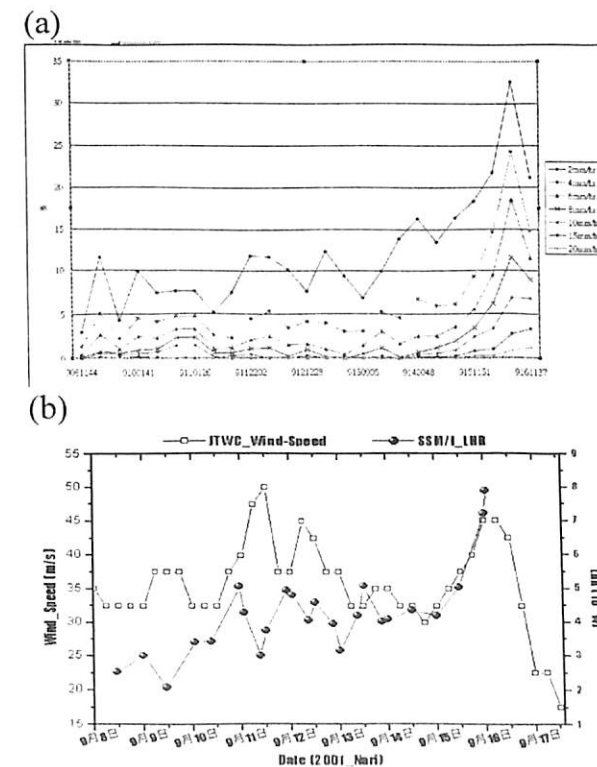


圖2 納莉颱風(a)距颱風中心111公里範圍內降雨所佔百分比的時序變化。(b)

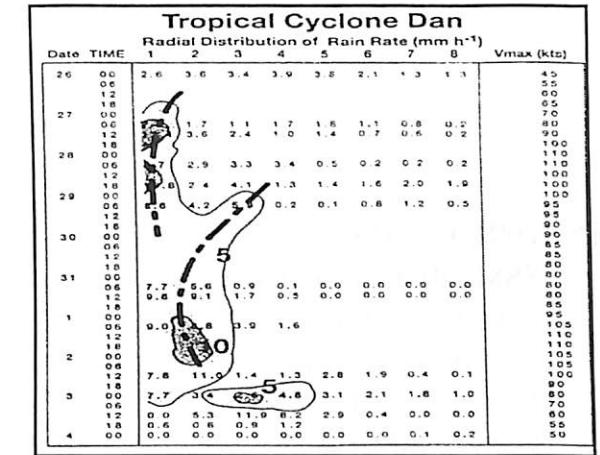


圖3 西北大西洋的Dan颱風降雨量隨時間變化之空間分佈與強度變化關係（引自Rodgers et al., 1995）

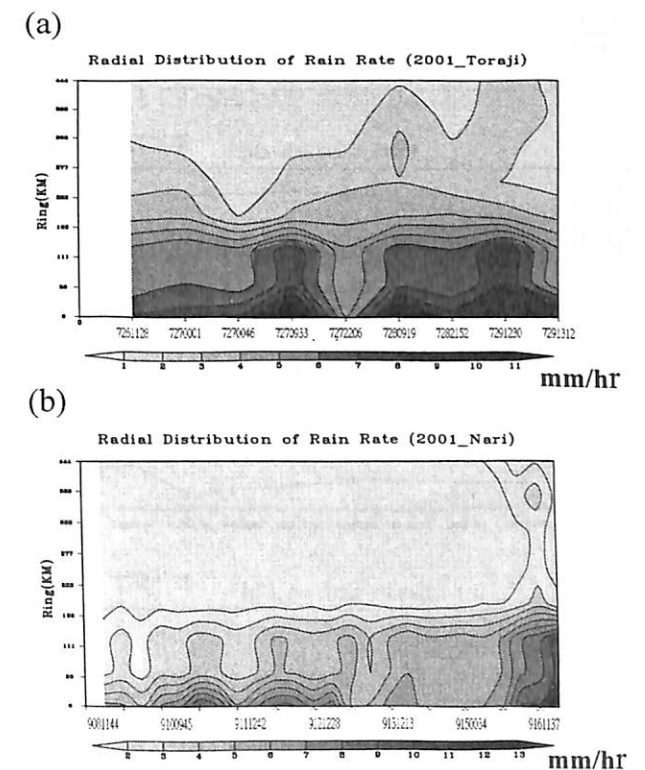


圖4 西北太平洋降雨量隨時間變化之空間分佈。(a) 桃芝(Toraji)颱風降雨量隨時間變化之空間分佈。(b) 納莉(Nari)颱風降雨量隨時間變化之空間分佈。

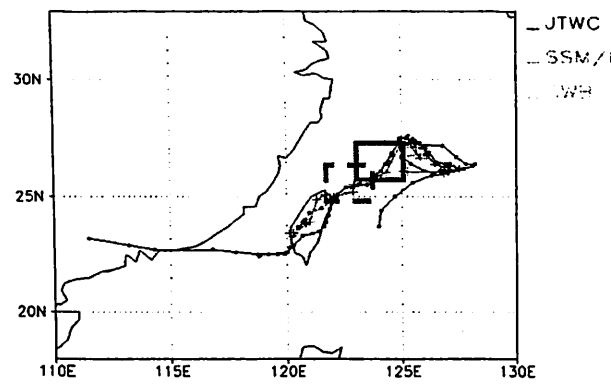


圖5 2001年納莉颱風路徑估算圖。利用SSM/I衛星資料得到納莉颱風的中心位置與JTWC、中央氣象局(CWB)所公佈的最佳路徑分布比較圖。其中，黑色為JTWC颱風中心位置，紅色為SSM/I颱風中心位置，綠色為中央氣象局的颱風中心位置。

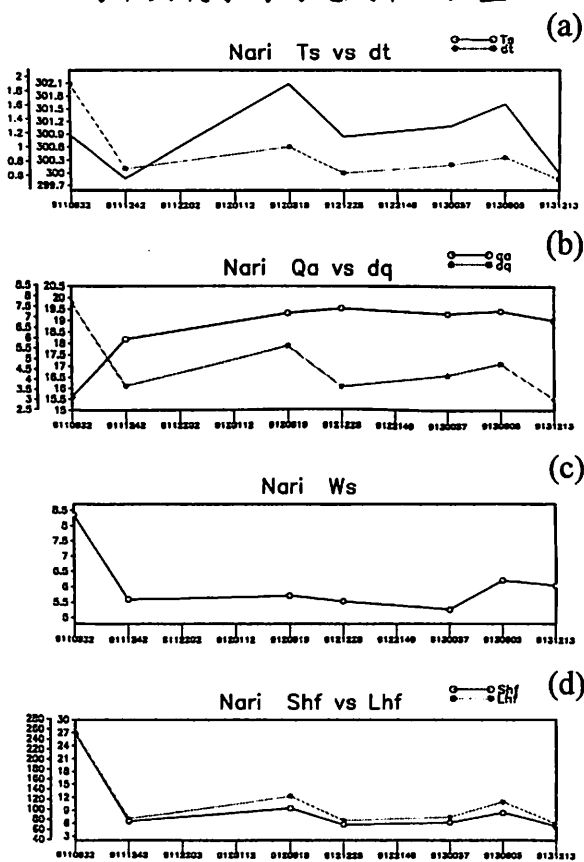


圖6 納莉颱風於9/11日0932Z至9/13日1213Z各海氣參數的時序變化。(a)海面溫度(T_s)及海氣間溫度差異(dt)的時序變化，單位：K。(b)近海面空氣溼度(Q_a)及海氣間溼度差異(Q_s-Q_a)的時序變化，單位：

g/kg。(c)近海面風速(W_s)的時序變化，單位：m/s。(d)海氣間潛熱通量(LHF)及海氣間可感熱通量(SHF)的時序變化，單位： w/m^2 。

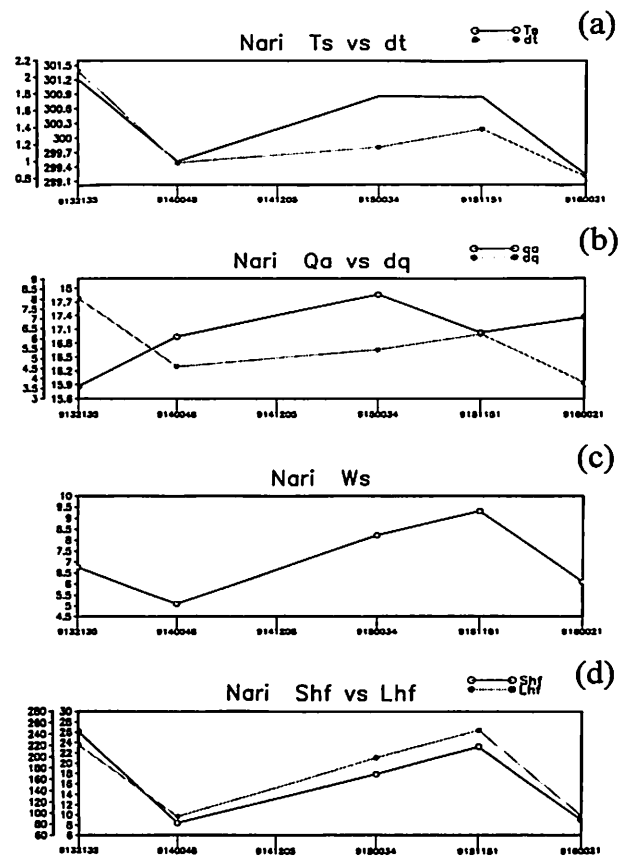


圖7 納莉颱風於9/11日0932Z至9/13日1213Z各海氣參數的時序變化。(a)海面溫度(T_s)及海氣間溫度差異(dt)的時序變化，單位：K。(b)近海面空氣溼度(Q_a)及海氣間溼度差異(Q_s-Q_a)的時序變化，單位：g/kg。(c)近海面風速(W_s)的時序變化，單位：m/s。(d)海氣間潛熱通量(LHF)及海氣間可感熱通量(SHF)的時序變化，單位： w/m^2 。

Applying Satellite Data to Analyze the genesis and development of Western Pacific Typhoon

Ching-Shun Huang¹, Ping-Lung Ma², Gin-Rong Liu³

Weather Wing, Caf ROC¹

Air Force Aeronautical and Technical School²

Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University³

ABSTRACT

This study was aimed to investigate the relevant strength of typhoon rainfall rates over oceans by using SSM/I microwave data. The findings indicated three conclusions: firstly, the inner rainfall rates of typhoons (close to the center with 444 km radius) had a positive relationship with the maximum wind speeds. Secondly, through the observation to the variety of typhoon rain amount, the result revealed that when the central rainfalls increased, the wind intensity became greater. The time lag between rainfall rates and wind strength occurred occasionally. Thirdly, while time changed, the increase of ocean-atmosphere parameters and the wind strength within typhoon areas had positive connections, which suggested that the variety of typhoon strength was capable to estimate through the distribution of ocean-atmosphere parameters and typhoon strength.

Keyword: typhoon, ocean-atmosphere parameters, satellite remote sensing