

利用TRMM/TMI衛星資料進行颱風降雨之研究

蔡明達¹

陳萬金¹

李慶忠²

劉振榮³

劉崇治⁴

國防大學中正理工學院應用物理系¹

國防大學中正理工學院基礎課程系²

國立中央大學太空及遙測中心³

空軍航空技術學院軍事氣象系⁴

摘要

台灣位於颱風路徑之衝要，歷年每逢夏秋二季皆會受其侵襲而造成生命財產的損失，影響國民生計與國家經濟建設甚鉅。若能於颱風侵台前，即能運用微波輻射資料反演海上颱風所夾帶雨量，提供防災作業單位使用參考，則必能降低豪大雨所造成的災害與生命財產損失。

本文研究係利用熱帶觀測降雨衛星(TRMM, Tropical Rainfall Measuring Mission)之微波輻射資料(TMI, TRMM Microwave Imager)及降水雷達資料(PR, Precipitation radar)。利用Chen and Li (2002)所發展的微波降雨推估模式反演颱風在海上的降雨量，並以PR的降水資料及地面降雨觀測資料檢驗之，以瞭解颱風的降水特性，進而提供日後颱風降雨模式反演之參考。

一、前言

利用衛星遙測技術進行全球降水監測工作，已是現今研究海上降雨不可缺少的工具。TRMM氣象衛星自1997年11月發射即以研究熱帶降雨為主要任務，而微波影像TMI及降水雷達PR為其研究降雨之主要工具，其解析度、掃描方式及掃描的寬度(Swath)也有所不同，如圖一所示。

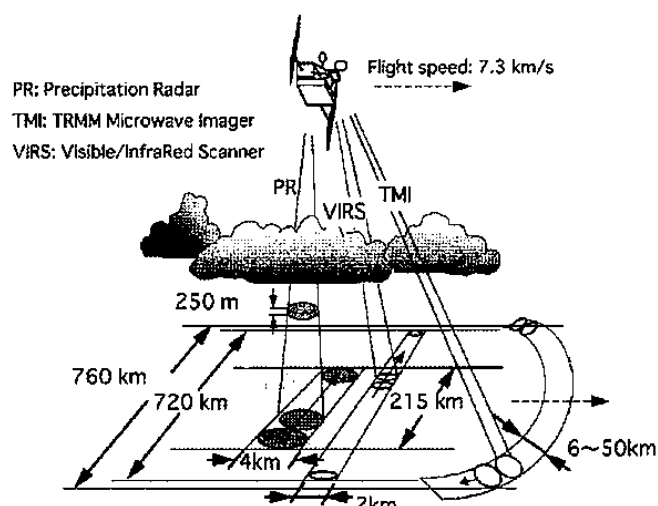
目前在台灣地區陸上降雨觀測網絡日當綿密，足以建立提供豪大雨的預報技術及降雨即時觀測資料的能量。但對於海上降雨系統的掌握上，因海上缺乏氣象觀測站及雷達測站，致使氣象資料獲得不易，若利用數值模式來做豪大雨預報其困難度也很高Tibbets and Krishnamurti (2000)。因此，利用氣象衛星之輻射傳遞原理所發展的遙測技術來觀測大氣的變化，仍是現階段提供海上全面而且即時降雨觀測的唯一工具。

過去利用衛星微波頻道進行海上降水的估算，往往需要海面上降雨資料作為降雨反演的真值及事後估算結果驗證的依據。然而由於海面上氣象觀測站設置不易，故常以小島的降雨量作為地面真值，但小島的降雨資料有限且衛星的微波裝置易受小島本身地形效應影響造成誤差。除此之外，島上雨量筒累積的降雨資料為一個點的降雨資料，而衛星所反演為一面的的降雨資料(TMI的視場(FOV)約為10Km)，在不均勻的降雨系統中，點的資料並不能代表個面的資料。

TRMM衛星上的PR降水雷達是第一個設置在衛星上的氣象雷達，具有較高的水平解析度，約為5Km，可對降雨系統的內部進行剖面的觀測，其垂直解析度為250m(共計80層)。結合PR的資料進行海上降雨的估算，可以提供另外一

組異於微波影像TMI的降雨資料，以補充海面資料的不足。此外，PR的降雨資料為一個立體性的資料，這和微波所得的資料較為一致。最後其高解析度的降水雷達資料可提供TMI海上降雨估算的改正參考。

故本文將利用TMI微波影像資料在海面上定量降水估算的結果及PR雷達降水資料的標準產品(2A25)，並以地表實際的降雨觀測值為真值，探討二者在海上定量降雨估算的差異性及相關性。冀能提升未來衛星遙測在海上定量降雨估算的準確性Hirohiko, Toshio, Riko, and Misako(2002)。



圖一·TRMM衛星上各類型感應器其解析度及掃描方式之比較

二、資料來源及處理

本文所使用的衛星資料為美國TRMM衛星計畫辦公室提供的標準產品，其中包含：TMI微波影像資料(1B11)、PR雷達降水資料(2A25)。地面資料為台灣週邊海或小島的資料，其中包含四個台灣島嶼及三十個日本島嶼的逐時降雨資料。實驗區為台灣附近海域，其範圍在東經110-130度及北緯15-30度之間。研究時間及個案，則以2002年侵台颱風為個案如表一，表中“可用的資料”即為同時具有TMI微波影像資料及PR雷達降水資料，可供日後比較之用。

表一 2002年侵台的颱風資料(筆)

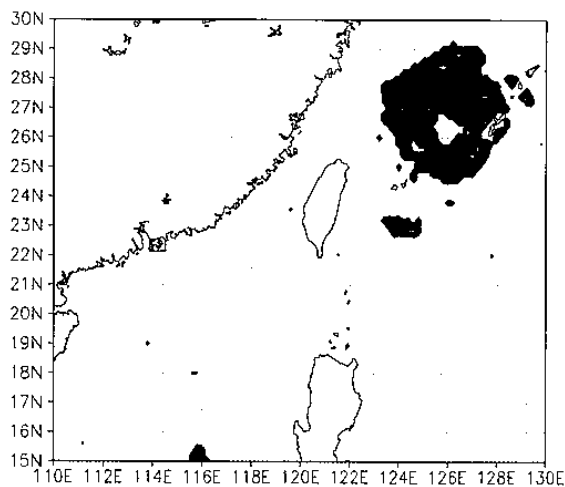
項次	颱風名稱	日期	可用的資料
1	雷馬遜 (RAMMASUN)	7/2-7/4	2
2	納克莉 (NAKRI)	7/9-7/10	3
3	辛樂克 (SINLAKU)	9/4-9/8	3

(一) TMI降雨估算資料

以TMI衛星資料進行降雨的估算，係利用微波頻道亮度溫度與海面降雨強度資料之間放射率的差異性，建立兩者的迴歸關係式，以多頻道之微波輻射資料來反演海面降雨強度。

TMI微波影像資料-1B11，其內容為包含了九個頻道的亮度溫度(10.65VH, 19.35VH, 21V, 37VH, and 85.5VH GHz)。並採用Chen and Li (2002)，所發展的微波降雨推估模式求得颱風在海上降雨的資料，此一模式在2001年侵台颱風所得的成果，在降雨區判定整體成功辨識率(含降雨區及無雨的判定)介於94%~93%之間已有良好的成果。

將1B11的亮度溫度資料經由Chen and Li (2002)降雨推估模式的計算即可估算出海上降雨量的值，並可將其成果繪製成圖，如圖二所示。



圖二 辛樂克颱風在2002/9/5 06:07 UTC 之TMI資料經模式所推估的海上降雨分佈圖

(二) PR的地面降雨資料

在TRMM衛星上的降水雷達(precipitation radar, PR)是第一個以太空載具從太空進行降雨量測的雷達。其優點有：1、可在陸地或海上進行降雨的估算不受背景的影響。2、雷達測量可提供垂直剖面的資料進行多樣的科學研究。3、雷達觀測資料可用來修補微波資料不足的地方及其精度。PR是直接利用雷達回波值(dbZ)以求得降雨率(RR, Rain Rate)，其關係為 $RR=A \cdot dbZ^b$ 。

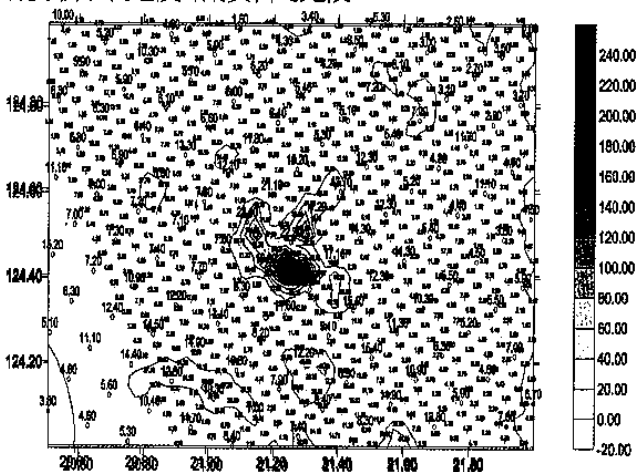
本文所使用的PR降水雷達資料為美國TRMM衛星計畫辦公室提供的標準產品-2A25，其內容為大氣中每個視場80層每一層的降雨率。將PR資料解壓縮、解碼並擷取最接近地表的那一層作為地面降雨量的值。

(三) 地面觀測站降雨資料的蒐集

有關地面觀測站降雨資料的蒐集，因海上鮮少有直接觀測到的降雨量。研究中假設小島上所量測的降雨量能夠代表其周邊海面的降雨。因此針對研究區範圍內的小島資料進行蒐集，所使用的資料為2002年七、八、九月颱風時期台灣週邊海或綠島、蘭嶼、東吉島、彭佳嶼等四個島嶼逐時的降雨觀測資料及日本AMeDAS的島嶼資料籍十有石垣島等30個小島的降雨資料。經歷三個颱風，在這些島嶼中符合同時具有TMI及PR降雨資料的只有16筆，可見海面上島嶼資料蒐集不易。

三、資料分析與比較

TRMM衛星載具上的TMI及PR裝置其對地表掃描的方式、順序及解析度皆有所不同，如圖一所示。TMI的掃描方式為一弧形，而PR則為一直線；解析度方面TMI約為10Km而PR約為5Km；所以二者所得到的地面降雨資料的點位座標也會不同。如圖三所示，圖中藍點為TMI所估算出的地面降雨量，而黑點為PR-2A25產品中近地表層的降雨資料，二者之間並無一定的規則可作為資料的轉換。因此，需進行客觀分析以利之後降雨資料的比較。

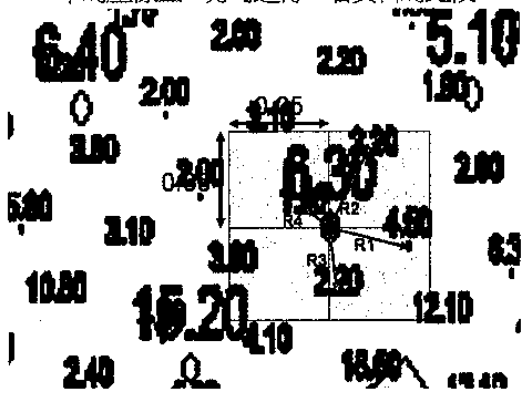


圖三 TMI及PR地面降雨點位座標的分佈差異

(一) 客觀分析

由於TMI及PR地面降雨資料的點位座標並非在同一基準上，故需經由客觀分析 曾忠一(1987)，求得二者資料的一致性，以與降雨資料的比較分析。本文客觀分析的作法如下，如圖四所示：

- 1、以TMI資料的點位座標為基準(b)，找尋其座標經緯度 $\pm 0.05^\circ$ 附近內PR的點位資料。
- 2、針對篩選出PR資料，以TMI座標為基準(b)，並以距離(R)平方倒數為權重(Weighting)進行內插。
- 3、最後，即可求得以TMI點位座標為基準的PR地面降雨資料。
- 4、將PR各點的地面降雨資料，內插致以TMI座標為基準的座標上，方可進行二者資料的比較

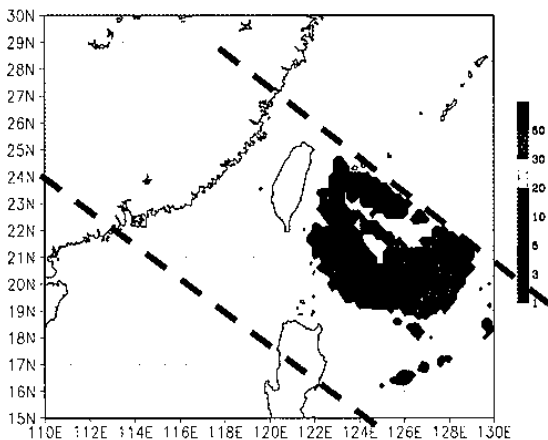


圖四 藍點代表TMI資料；黑點代表PR資料

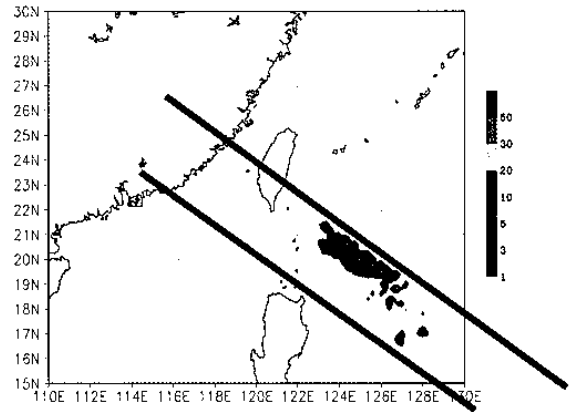
(二) TMI與PR降雨資料比較

經過客觀分析後，即可針對TMI與PR的地面降雨資料進行比較，以7/2雷馬遜颱風為例，繪製成圖如圖五、六所示，而二者之間的差異性其結果如下：

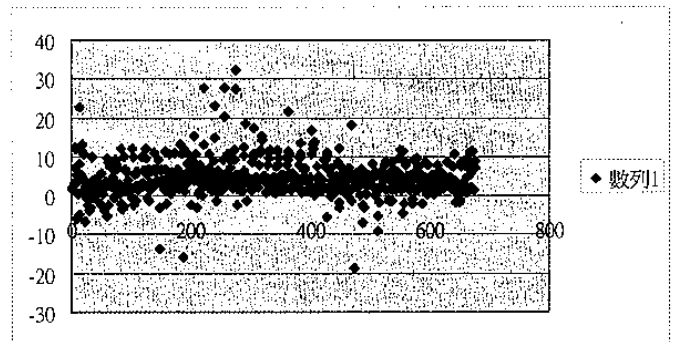
- 1、在一般降雨的狀況之下，TMI的降雨資料有高估的情形，如圖七至十四所示。
- 2、在強降雨的部份，TMI的降雨資料若大於20mm/h，則PR所得到的地面降雨資料反而高於TMI的降雨量。



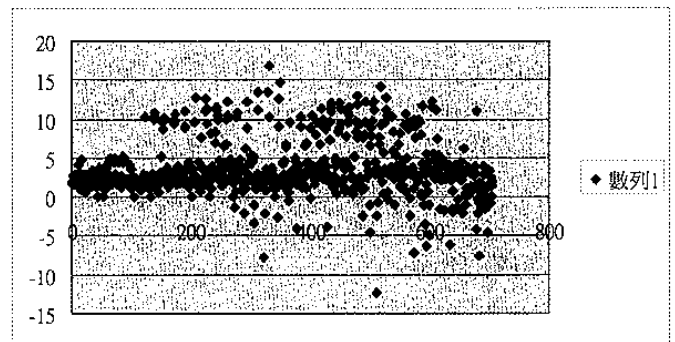
圖五 02/7/2 22:05 UTC雷馬遜TMI估算海上降雨分佈圖



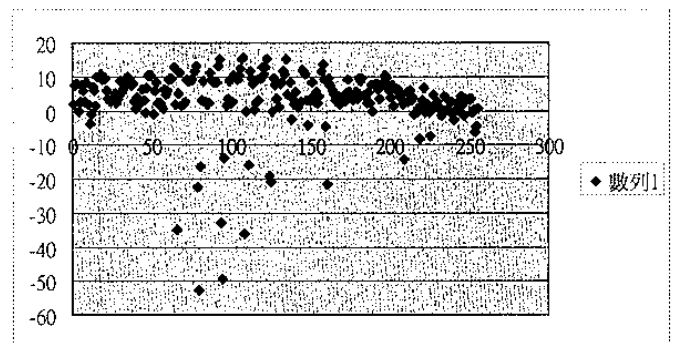
圖六 02/7/2 22:05 UTC雷馬遜PR近地表之降雨分佈圖



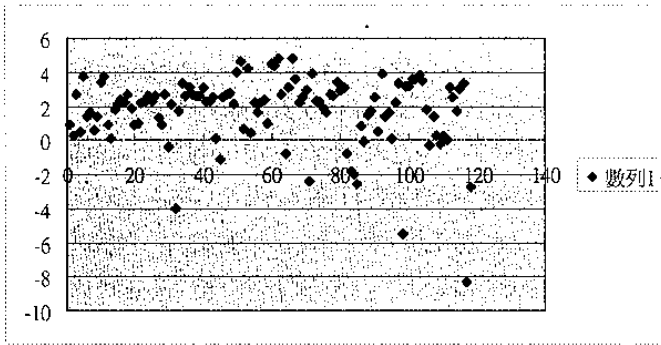
圖七 02/7/2 13:54雷馬遜TMI_RR及PR_RR的差值分佈



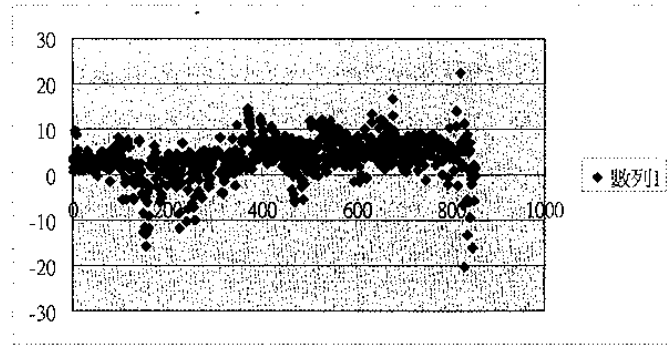
圖八 02/7/2 22:05雷馬遜TMI_RR及PR_RR的差值分佈



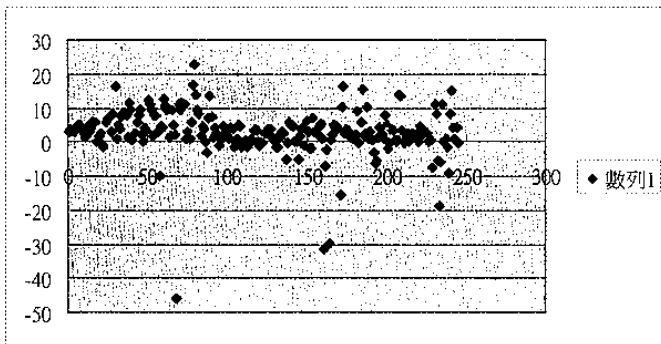
圖九 02/7/10 11:25納克莉TMI_RR及PR_RR的差值分佈



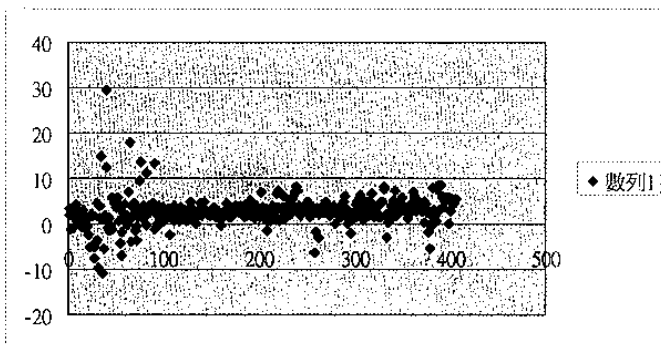
圖十 02/7/11 10:29納克莉TMI_RR及PR_RR的差值分佈



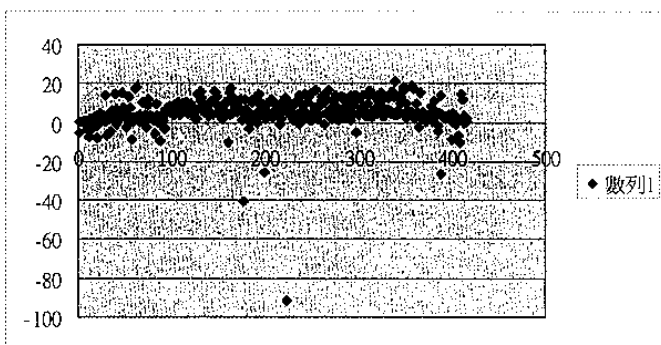
圖十四 02/9/6 11:43辛樂克TMI_RR及PR_RR的差值分佈



圖十一 02/7/11 17:01納克莉TMI_RR及PR_RR的差值分佈



圖十二 02/9/4 07:03辛樂克TMI_RR及PR_RR的差值分佈



圖十三 02/9/5 06:07辛樂克TMI_RR及PR_RR的差值分佈

(三)地面降雨量

地面降雨量與TRMM資料的比較，係針對地面站位置十公里範圍內的衛星估算的降雨量進行比對。表二為地面降雨資料與PR近地表降雨資料之比較，發現PR的降雨量大部份都大於地面觀測站的值，平均值的差值為：-3.3mm/h。

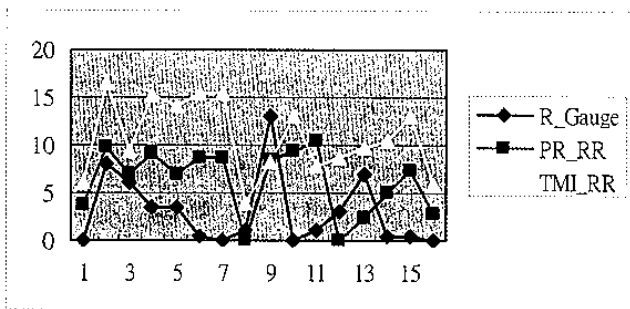
表二 地面降雨資料與PR近地表降雨資料之比較

地面觀測降雨量與PR近地表雨量之比較(單位：mm/h)					
項次	地面站	時間UTC	地面雨量	PR雨量	差值
1	伊是名	0703-1437	0.0	3.6	-3.6
2	奧	0703-1437	8.0	9.7	-1.7
3	久米島	0703-1437	6.0	6.9	-0.9
4	胡屋	0703-1437	3.5	9.2	-5.7
5	渡嘉敷	0703-1437	3.5	6.9	-3.4
6	那霸	0703-1437	0.5	8.8	-8.3
7	糸數	0703-1437	0.0	8.8	-8.8
8	西表島	0703-1437	1.0	0.0	1.0
9	與論島	0904-0703	13.0	8.4	4.6
10	伊是名	0905-0607	0.0	9.3	-9.3
11	奧	0905-0607	1.0	10.5	-9.5
12	久米島	0905-0607	3.0	0.0	3.0
13	渡嘉敷	0905-0607	7.0	2.5	4.5
14	那霸	0905-0607	0.5	4.9	-4.4
15	糸數	0905-0607	0.5	7.3	-6.8
16	久米島	0906-1143	0.0	2.87	-2.9
PR和地面資料平均值的差值為：-3.3					

表三為地面降雨資料與TMI估算降雨量資料之比較，發現TMI估算降雨量資料大部份都大於小島觀測站的值，平均值的差值為：-7.9mm/h。綜觀三者之間的比較，由圖十五中可發現PR和TMI之間的降雨趨勢較為一致。

表三 地面降雨資料與TMI估算降雨量資料之比較

地面觀測降雨量與TMI估算降雨量之比較(單位：mm/h)					
項次	地面站	時間UTC	地面雨量	TMI雨量	差值
2	奧	0703-1437	8.0	16.5	-8.5
3	久米島	0703-1437	6.0	9.45	-3.45
4	胡屋	0703-1437	3.5	15.3	-11.8
5	渡嘉敷	0703-1437	3.5	14.2	-10.7
8	西表島	0703-1437	1.0	3.9	-2.9
9	與論島	0904-0703	13.0	8.3	4.7
1 1	奧	0905-0607	1.0	7.8	-6.8
1 2	久米島	0905-0607	3.0	8.6	-5.6
1 3	渡嘉敷	0905-0607	7.0	9.8	-2.8
1 4	那霸	0905-0607	0.5	10.4	-9.9
PR和地面資料平均值的差值為：-7.9					



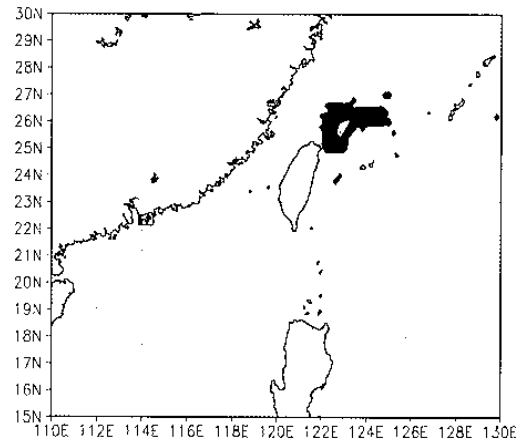
圖十五 地面測站、PR及TMI降雨量之比較

四、結論

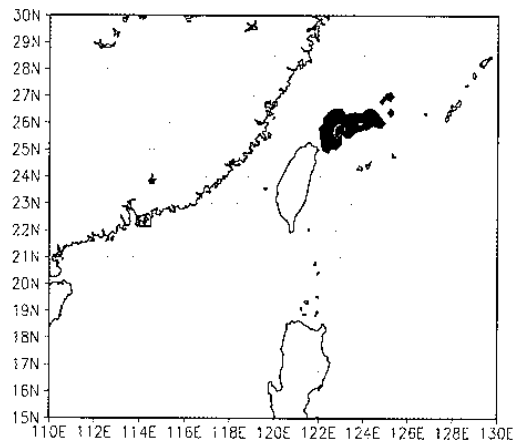
目前利用微波影像進行海上降雨模式的研究及技術的發展已經非常進步。然而由於在海上由於缺乏氣象觀測站及雷

達測站，使得對於在海上颱風降雨資料獲得不易。有鑑於此，本文針對TMI及PR的降雨資料進行比較，並加入地面的觀測資料作為真值以了解PR的降雨量和地面降雨量的差異。

在TMI與PR二者間降雨量的比較，就整體而言TMI的降雨量有明顯的高估，這個結果與Serra and McPhaden (2003)所作的結果一致。但在2002/7/10的納克颱風的個案中，如圖十六、十七所示，在颱風中心的TMI的降雨量約為20~30mm/h之間，PR中則有高估的情況產生，颱風中心的降雨量高達50mm/h以上。這種情形可能是所使用的模式已達飽和，所造成的差異。



圖十六 TMI所估算的降雨量



圖十七 由PR所得的近地面降雨量

其次，有關PR降雨量和地面觀測站的比較，發現地面的觀測值明顯偏低，其平均的差值達3.3mm/h；這可能和PR近地面降雨資料的擷取有關，畢竟PR所使用的降雨量資料平均在750公尺以上的降雨資料，與地面上的降雨資料有所不同。這有可能在雨區上空的雨滴在往下掉過程中，因蒸發效應而使降雨量減少。以TMI微波頻道所估算出海上降雨量與地面觀測量的差異甚大，肇因於所採用的反演模式乃用於梅雨鋒面的降雨模式。因此，必須建立以颱風系統為主的降雨模式，方能有效估算颱風定量降雨。在表三中灰色部份地面測站點仍

處於降雨系統的邊緣，故其“點”的降雨資料並不能代表衛星視場“面”的資料。

參考文獻

1. 曾忠一，氣象與遙測資料的客觀分析，中央研究院物理研究所，93-121頁，1987。
2. Chen Wann-Jin and C. C. Li, 2002, march: An infrared rainfall algorithm for the MCSs prevailing over the South China Sea during the Mei-Yu season, TAO, 13, No.1, 65-90.
3. Hirohiko M., Toshio I., Riko O., and Misako K, 2002., “Comparison of Rainfall Products Derived from TRMM Microwave Image and Precipitation Radar”, Journal of Applied Meteorology, 41, 849-862.
4. Tibbetts, R. T. and Krishnamurti, T. N., “An intercomparison of hurricane forecasts using SSM/I and TRMM rain rate algorithm(s)”, Meteorol. Atmos. Phys., 74, 37-49, 2000.
5. Serra Yolanda L. and Michael J. McPhaden, 2003, “Multiple Time- and Space-Scale Comparisons of ATLAS Buoy Rain Gauge Measurement with TRMM Satellite Precipitation Measurement”, Journal of Applied Meteorology, 42, 1045-1059.