

應用 AMSR-E/EOS 資料於台灣地區短期降水預報之 可行性研究

王光華

氣象衛星中心/中央氣象局

摘 要

美國在進入下一代 POS 衛星前發射了 TERRA 及 AQUA 等衛星來測試儀器的使用狀況。其中在降雨觀測上以 AQUA 衛星所搭載的 Advanced Microwave Scanning Radiometer for Earth Observation System(簡稱 AMSR-E)最為矚目。因為這個儀器的性能是目前運作中的衛星中最好、最新的微波輻射儀。在今年成功的完成資料處理系統後，遂即以 NASA 所提供的方法計算降雨率、降雨形態等，並且應用在今年 612 水災的西南氣流，颱風及午後雷雨等天氣系統。由於降雨的時間空間的複雜性，在一對一的比較上和過去的降雨估計比較看不出明顯的改善，且地面已經有自動的地面雨量站網及雷達觀測，無需使用衛星資料於陸地的雨量估計，但是在天氣系統來臨前 12-18 小時的最大降雨量估計上則有明顯的成效，極有益於短期天氣預報上的最大時降雨率估計作業。配合同步氣象衛星的資料更能有效分別降雨雲的分佈。

一、前言

以水文循環為主軸的衛星-AQUA 中最重要的儀器莫過於降水的觀測了。降雨和其中的潛熱釋放驅動大氣環流及海流、世界的洪水等。降雨的觀測儀器 AMSR-E 和過去的 TRMM 衛星上的 TMI 很類似的功能，卻也具有和 SSM/I 一樣可以涵蓋全球性的觀測資料。頻率的選擇與 TMI 相近，AMSR-E 也提供了 6.9GHz 的微波觀測，雖然解析度很差，目的是為在高緯度地區的降雨估計可以沿用 TMI 的雨量估計方法，因為在零度以下地區的降雨信號非常微弱不像在低緯度區有強盛的對流系統。海上的降雨估計因為具有極高的液態水微波輻射，可以使用發射性(emission)的微波輻射估計方法計算，也就是可以使用物理法合計降雨。可惜海上沒有足夠的地面觀測。

陸地上因為地面的發射率高而複雜，無法使用發射性的微波輻射估計方法，必須使用散射的估計方法。降雨會造成衛星觀測到的地面發射量增加或減少。可是固態或液態降雨仍不易判別，容易造成偏差。還好地面觀測比較完整，因此可以進行統計上的修正。上述兩種方法仍然以物理法為比較合理的方法，陸地上採用物理法來估計是未來努力的方向，畢竟衛星觀測上發現的改變所反應的是真實的情況，遠比不明情況的調整修正係數好。

軌道氣象衛星最主要的使命是提昇或改良數值預報的準確度，因此在時間解析度上不如同步衛星好，但是在垂直解析度及大氣三度空間的觀測上比同步衛星觀測精細許多。在尚未能提供資料運用於數值預報前，在短期天氣觀測上也有相當的使用價值。

本研究中直接採用 NASA 的 Level-2 程式計算時降雨率、降雨雲的對流雲特性。配合地面觀測及比較其他資料作為初步的瞭解與探討。

二、儀器特性與資料

AMSR-E 是由日本的宇宙開發局(NASDA)所開發的儀器，擁有過去在 ADEOS-II 上的微波輻射儀 AMSR 的特色。這是多頻的衝激輻射儀，主要目的是要獲取水汽含量、降雨量、海面風、海洋參數如海面水溫及土壤含水量等。近即時的資料處理提供天氣數值模擬來改進天氣預報。配合早晨的 ADEOS-II 上的 AMSR 及下午 AQUA 上的 AMSR-E 可以即時掌握大氣水相的變化。ADEOS-II 資料無法立即取得，只有 AQUA 可以直接由衛星的廣播取得資料，所以目前只有一個衛星資料可以作業使用。

AMSR-E 有 6 個頻率，均有雙偏極化特性的全能量微波輻射儀。頻率是 6.925, 10.65, 18.7, 23.8 及 89.0GHz。保持入射角 55 度的圓錐形掃瞄，觀測雨量在 40mm/hr 以內的地面降雨。多頻道特性是採用多頻段集波天線，使用 1.6M 天線僅次於 AMSR 的 2M 天

線。每次掃描都做儀器輻射校正。

以 2005-08-31_1707 影像為例分別顯示 Fig. 1 的 MTSAT 同時影像及 Fig2-6 的 AMSR-E 影像。MTSAT 真實色彩影像是夜間影像所以 R,G,B 由 IR2,IR1,IR4 組成。

衛星微波遙測儀器是被動式(Passive) 儀器觀測，事實上使用 6.6GHz 在陸地上已經有明顯的電波干擾(Radio-frequency Interference) 問題發生。幾乎無法使用，在大城市尤其明顯。

表 1 AMSR-E 儀器特性(Kawanishi,2003)

中心頻率 (GHz)	6.925	10.65	18.7	23.8	36.5	
頻寬 (MHz)	350	100	200	400	1000	3000
精確度 (K)	0.3	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1
平均解析度 (km)	56	38	21	24	12	5.4
IFOV (km x km)	74 x 43	51 x 30	27 x 16	31 x 18	14 x 8	6 x 4
SAMPLING RATE (km x km)	10 x 10	10 x 10	10 x 10	10 x 10	10 x 10	5 x 5
INTEGRATION TIME (MSEC)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	1.3
MAIN BEAM EFFICIENCY (%)	95.3	95.0	96.3	96.4	95.3	96.0
BEAMWIDTH (degrees)	2.2	1.4	0.8	0.9	0.4	0.18

全能量 (total-power) 輻射儀代替過去的 Dicke-type 輻射儀，即不使用切換式輸入，全能量輻射儀有簡單的架構，不需要做天線增益補償，使得儀器有更好的感應能力，這是一項新的技術，但是必須每次掃描都要做頻率校正。

掃描方式

AMSR-E 連續以距離直下點 47.5°(赤道區約 55°) 做逆時鐘方向掃描。因此面對衛星行進方向，呈由右至左的掃描，掃描幅度約 1450Km。89GHz 有 A、B 兩組儀器，掃描方式頗為複雜。目前僅有 89.0 的 B 組資料正常。不同頻道及不同空間解析度的幾何關係如圖 7 所示。AMSR-E 的圓錐形掃描方式除去了掃描角不同的問題，即臨邊效應的問題，使得每個觀測點的輻射量及空間解析度都相同，但是在衛星定位及輻射校正上就非常的複雜而必須更精密的技術了。

為進行 AMSR-E 資料的應用技術，本研究中收集了 2005 年 612 南部水災時的 6/13,6/14, 今年的 5 號(海

棠)、9 號(瑪莎)、10 號(珊瑚)颱風及午後雷雨等案例為討論的案例。

三、方法

雨量估計的方法及理論可以參考 Tomas Wilheit 的論文(Wilheit etc, 2003)。由文中顯示在降雨率較小的情形下必須依賴低頻的觀測，否則誤差比較大。10.7GHz, 18.7GHz 及 89.0GHz 亮度溫度 and 雨量有一對一的直接關係，而 37GHz 的 TB 與雨量則有二次式關係，18.7GHz 在 mm/hr 以上降雨時達到飽和，無法顯示降雨強度的關係。37GHz 在降雨率小於 5mm/hr 時受結冰高度影響最大，18.7GHz 在降雨 10mm/hr 以下受結冰高度影響，89.0GHz 則在降雨 1mm/hr 以下受影響，10.7GHz 一直受結冰高度影響，在降雨強度大於 5mm/hr 時影響加大。四個頻道的資料配合運用可以顯示降雨量的狀態。

資料處理上是接收 EOS 資料後，將 AMSR-E 衛星資料由 level-0 處理到 level-2 的 HDF 格式後，產生同樣地理座標的衛星影像及降雨、雲態等資料，衛星資料則是自 2005 年 4 月才能由衛星中心自行接收處理，自六月底起才得以計算時降雨量，因此在有限資料。另外收集衛星通過時的台灣地區自動雨量站及氣象站觀測降雨資料做為比較。地面雨量站資料取面積平均以和衛星資料比較，取衛星位置 0.05 度以內的地面觀測平均值為地面降雨量。地面雨量實測資料取氣象局資料處理科的氣候資料庫中的時雨量。

四、比較與討論

由 AMSR-E 估計得到的雨量估計值最大為 50mm/hr，分別由各個不同案例來分析其結果。因為時間及空間的特性不同，無論取任何案例其雨量的觀測與計算值關係並不佳。

但是由天氣系統仍然在海上時估算所得的最大降雨率，在雲系移入台灣時約 12-18 小時內的最大降雨率比較則有相當高的符合比例。這表示當天氣系統尚未移入台灣陸地時由 AMSR-E 估計的雨量在未來 12-18 小時內有估計的最大降雨率出現。地面觀測是取全省測站在衛星通過的時間起當天內(衛星觀測後 12 小時內)的最大的時降雨量。於以目前收集的資料比較如表 1 所示。在降雨時間上有 0-14 小時的延遲，但是最大時雨量的值頗接近地面實測值。

Case1:6 月 16 日 0519Z 是 612 南部水災的第三天，在 AMSR-E 資料中顯示雨雲已經接觸到台南路地，而後方更大的降雨雲(最大降雨率 41mm/hr)接近中，在 4 小時後永康降下的最大時雨量為 42.5mm/hr。

誤差 1.5mm/hr。在 46741 的 09Z 也有 37.5mm/hr 雨量

Case 2: 7 月 17 日 0437Z 颱風海棠在台灣東部向西直撲台灣本島，AMSR-E 估計最大雨量為 33.2mm/hr 而 14 小時後出現 7/17 日最大雨量是台北站的 35mm/hr 及宜蘭在 12Z 的 34mm/hr。誤差在 2mm/hr。

Case 3: 7 月 18 日 0519Z 海棠颱風移到台灣本島上空，AMSR-E 估計最大雨量為 46.5mm/hr，2 小時後 07Z 在花蓮的時降雨量為 44mm/hr，4 小時後 09Z 為當天最大的 71mm/hr，竹子湖在 06Z 為 41.5mm/hr 及 09Z 為 46.5mm/hr。觀測後 2 小時雨量雲中水落在地面。

Case 4: 7 月 20 日 0507Z 海棠中心已進入大陸後方有西南氣流進入南台灣。AMSR-E 估計最大降雨為極大值的 50mm/hr。高雄在 09Z 時雨量為 74mm/hr。12Z 在 46780 時雨量為 50.5mm/hr。

Case 5: 8 月 5 日 0507Z 颱風在台灣北部海上，暴風圈涵蓋台灣北部陸地，AMSR-E 估計最大雨量為 45mm/hr，位置並不在台灣陸地，無法以最大值比較。

Case 6: 8 月 5 日 1715Z，颱風已遠離，留下西南氣流。AMSR-E 最大降雨估計為 45mm/hr，雖然 21Z 於新竹時降雨量為 42mm/hr，但是 AMSR-E 估計最大值並未在該處，且僅此測站有此高時雨量，待進一步查證。

Case 7: 8 月 21 日 0505Z 西南氣流引進的午後雷雨旺盛，估計最大時雨量為 26.7mm/hr。17Z 的大尖山 25mm/hr，17Z 的南港有 30mm/hr 的時雨量。

同一時間地點的時雨量估計結果並不佳，其原因有三點，1)地面雨量觀測是點的資料，而衛星觀測是面的資料，因此在比較上有空間的不一致性，雷達是可以考慮的驗證標的，但是雷達觀測是由下向上，衛星由上向下觀測，也有垂直分佈的偏差。2)衛星觀測的降雨有可能仍然在雲中而未落到地面，因此有時間性的延遲。同一時間觀測結果在時間上有偏差。3)陸地上衛星微波觀測會受到地面發射率的影響，使估計偏差變大，海上沒有地面發射率影響的問題，但是地面觀測值非常難取得，因此不易進行比較。這也是衛星遙測共同的問題。

由上述資料分析可以清楚明白 AMSR-E 的最大時雨量估計在天氣系統來之前的海上估計值確實可以做為系統來臨時最大時雨量參考值，且相當具參考性。惟最大雨量的發生地點及時間，因為 EOS 衛星資料時間解析度差，因此有必要結合同步衛星追蹤其移動速度與方向，則在短期預報中必可以改進目前的降

雨估計準確度。

五、結論

AMSR-E 衛星資料在國內屬於比較新的資料，各項測試與改進正在進行中，在上述資料比對中並未特別挑選好的案例，而是自 2005 年 4 月起衛星中心才得以解讀 AMSR-E 的資料，6 月下旬才取得 AMSR-E 估計時雨量的技術，由最大時雨量的比較分析中顯示 AMSR-E 在時雨量估計技術上足以作為短期雨量估計的有效參考資料，未來仍然有許多改善的空間。明顯的在防災作業中，AMSR-E 資料可以提供有價值的降雨資訊。對於短期天氣預報有立即的顯示效果。AMSR-E 除了在雨量及水文觀測有極大的應用價值，在雲下水溫，地面土壤含水量等都有相當的經濟價值，對於洪水預報模式的初始值及颱風發展的強度分析、颱風在氣候的影響等都值得更多的學者專家投入。

六、參考文獻

1. Toneo Kawanishi, Toshihiro Sezai, Yasuyuki Ito, Keiji Imaoka, Toshiaki Takeshima, Yoshio Ishido, Akira Shibata, Masaharu Miura, Hiroyuki Inahata, Roy W. Spencer, 2003, The Advanced Microwave Scanning Radiometer for the Earth Observing System (AMSR-E), NASA's Contribution to the EOS for Global Energy and Water Cycle Studies, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 41, No.2, p184-194

2. Tomas Wilheit, Christian D. Kummerow, Ralph Ferraro, 2003, Rainfall Algorithms for AMSR-E, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 41, No.2, p204-214

表 1. 各天氣系統 AMSR-E 及地面觀測最大雨量值的比較

日期	時間	最大雨量 (mm/hr)	天氣系統	地面站位置	時間/時差	最大雨量 (mm/hr)	
2005/06/16	0519	41	西南氣流	46692永康	09/4	42.5	雨雲在台南西南方
2005/07/17	0437	33.2	颱風	46692台北	18/14	35.0	颱風在台灣東側
				46706宜蘭	12/8	34	
2005/7/18	0519	46.5	颱風	46699花蓮	07/2 09/4	44 71	颱風在本島上空
				46693	06/2 09/4	41.5 46.5	
2005/7/20	0507	50	颱風	46744	09/4	74	颱風西南氣流
				46780	12/7	50.5	
2005/08/05	0507	50	颱風	46753阿里山	06/1	21	颱風在北部海上
2005/08/05	1715	45	颱風	46675	21/4	42	西南氣流
2005/08/21	0505	26.7	雷雨	大尖山	17/12	25	
				南港	17/12	30	

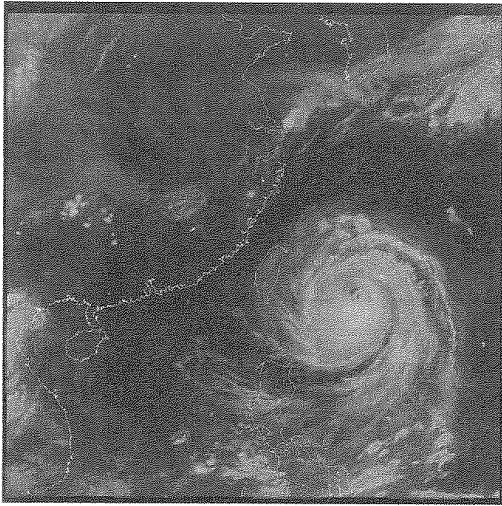


Fig.1.2005-08-30_1708Z MTSAT True Color Image

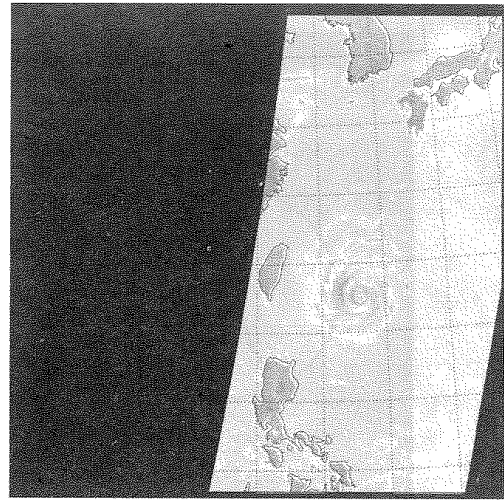


Fig.4 2005-08-30_1707 AMSR-E Band9 Image

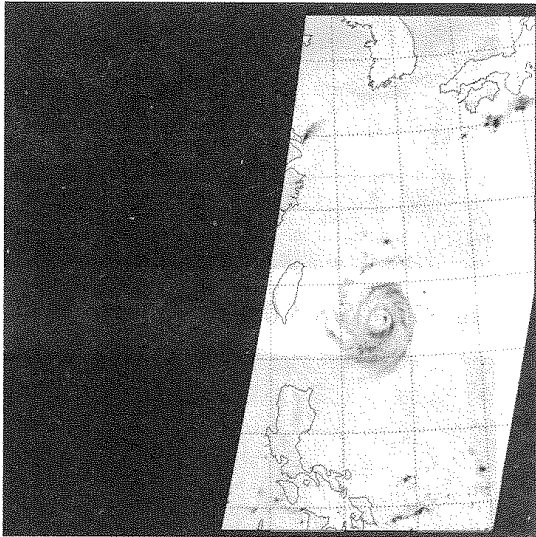


Fig 2. 2005-8-30_1707 AMSR-E Band15 Image

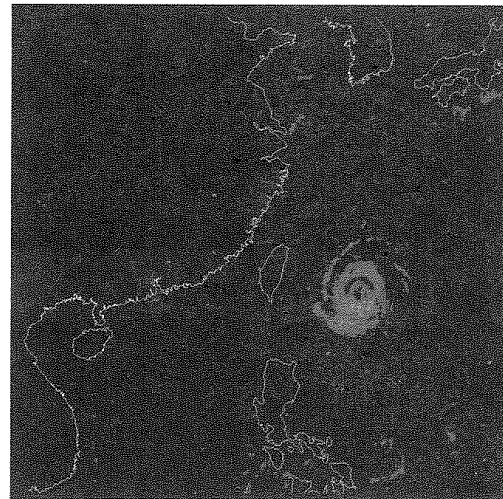


Fig 5. 2005-08-30_1707 AMSR-E Rainfall Rate Image

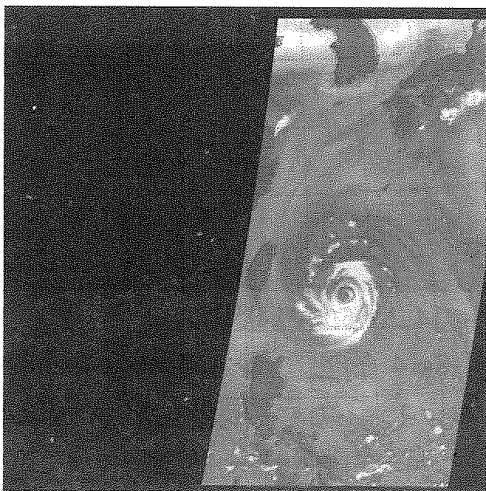


Fig 3. 2005-08-30_1707 AMSR-E Band16 Image

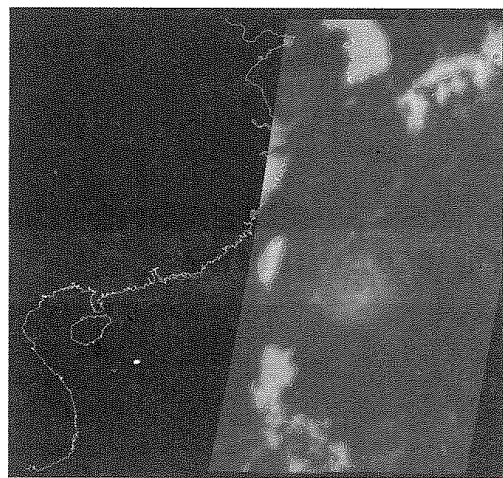


Fig.6 2005-08-30)1707 AMSR-E True Color image of Low Band

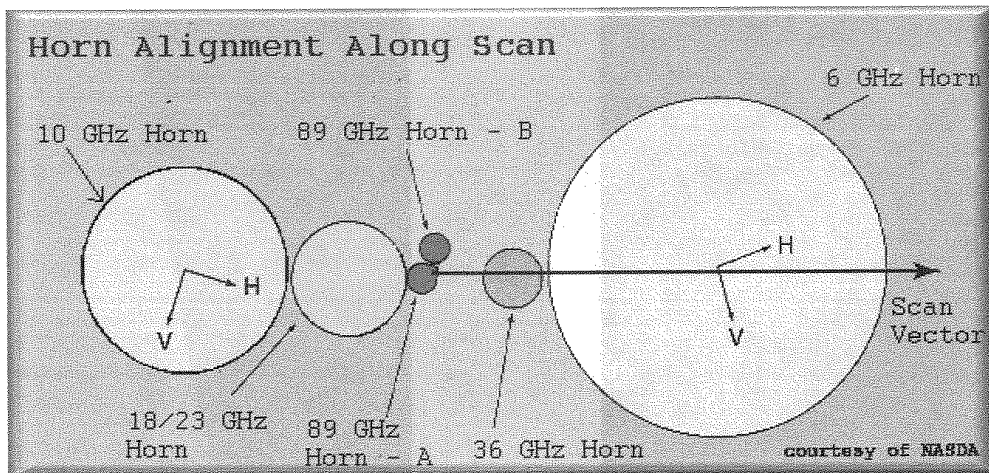


圖 7. AMSR-E Horn Alignment 各頻道的相對關係

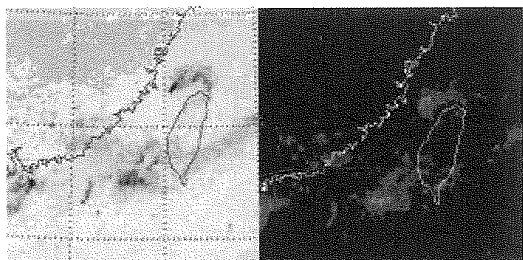


Fig.8 2005/6/16 0519Z

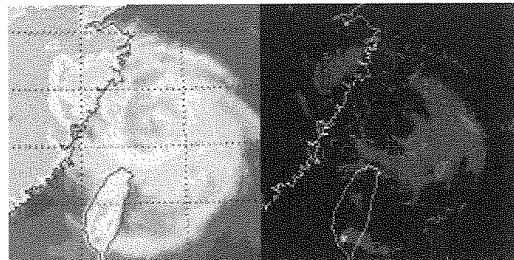


Fig 12 2005/8/5 0507

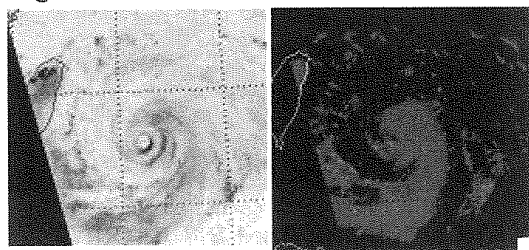


Fig. 9 2005/7/17/0437Z

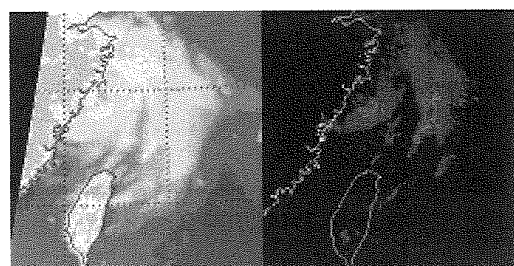


Fig 13 2005/08/05 1715Z

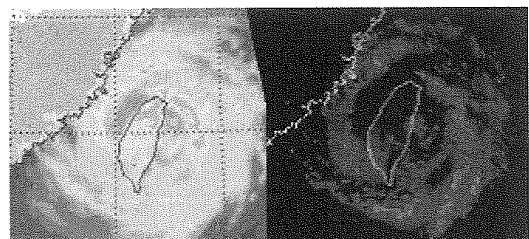


Fig 10 2005/7/18 0519Z

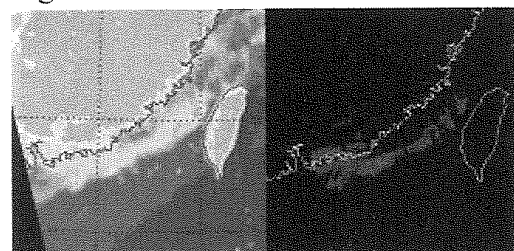


Fig 14 2005/8/21 0505Z

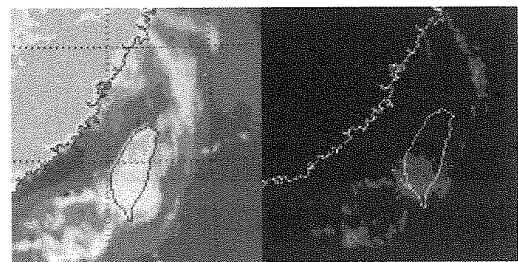


Fig 11 2005/7/20 0507Z

圖 8-14 的圖左是 AMSR-E Band10 影像。右圖是估計 AMSR-E 的時雨量分佈圖