

# 應用 NOAA 衛星 AMSU 資料反演台灣南部海域定量降雨

## —2003 年 6 月個案研究

陳永強<sup>1</sup> 陳萬金<sup>1</sup> 李慶忠<sup>2</sup> 蔡明達<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國防大學中正理工學院應用物理系

<sup>2</sup> 國防大學中正理工學院基礎課程系

### 摘 要

台灣地區工業與民生的儲存用水主要來源在於每年五、六月的梅雨及颱風季的豐沛降水，影響所及，可為嚴重的水患，亦可能為缺水之苦的旱象，因此若能對台灣鄰近海域的降雨系統進行先期的估算，進而有效運用於水庫儲存之管制，以提升水資源管理的具體作為，則將對防災與抗旱有實質的助益。九十二年六月間台灣南部鄰近海域，除有梅雨鋒面帶來充沛降雨的中尺度對流系統外，尚有兩個颱風經過，本文即是針對這些個案進行定量降雨估算。海上 MCSs 的降雨估算採用胡(2002)利用 AMSU 微波資料及地面雨量資料所建立的定量降雨迴歸式，此外使用台灣地區的雷達觀測網逐行降雨區的型態比對。進行步驟首先將颱風以其微波亮度溫度區分其降雨機制，復以海上 MCSs 的迴歸係數反演估算雨量，然後再與雷達觀測回波比較做為驗證。

可降雨量，以提供水資源管理正確資訊為目標，企能對防災、抗旱有實質的效益。

### 一、前言

台灣地區水資源的有效管理，是對於四大天然災害之水象為防範的根本，而所謂的「有效管理」，則需要對接近台灣地區的天氣系統以定時、定點、及定量的降雨量估算，獲得較正確的雨量潛勢估計，提供管理與決策部門（單位）參考及應用，作為水庫儲水量之管制等具體措施；為台灣地區帶來較豐沛的降雨系統，主要為五、六月的梅雨鋒面 MCSs 與颱風及其所引發的西南氣流，而這些天氣系統的雨量影響工業與民生的儲存用水，量過多可能導致水患及相關的災害、如土石流等，量的不足則是威脅工業運作、農稻播種等，而就水資源管理言，無法預期天氣系統可造就多少的雨量，而是要掌握所有接近台灣並且足以帶來雨量潛勢的正確資訊，藉以對水資源有效的管制（理）。

隨著科技文明氣象預報技術與工具不斷開發與精進，定量估算天氣系統所挾帶的雨量亦逐漸發展，衛星資料由可見光、紅外線雲圖的全尺度守視天氣作業，發展應用微波頻道對大氣垂直溫溼度及相關水象等參數的反演，特別是對鄰近台灣地區的海上定量降雨估算都有相當大的助益；本文在胡（2002）反演海上定量降水研究的基礎上，對2003年6月間台灣南部海域的降雨個案研究，並對該月份生成的颱風進行定量降水估算，以了解同一時期不同天氣系統的反演結果，據以尋求更精進的定量推估

### 二、資料來源

本研究所使用之資料主要為 NOAA 衛星的 AMSU 與 AVHRR 資料，該資料由美國衛星資料庫所提供 (<http://www.saa.noaa.gov/cocoon/saa/products/search>)，並經歐洲衛星氣象組織所提供的 ATOVS and AVHRR Processing Package (AAPP) V3.4 程式集處理為各頻道亮度溫度資料。

另使用中央氣象局資訊服務網站 (<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>) 公佈的衛星雲圖與雷達回波圖。

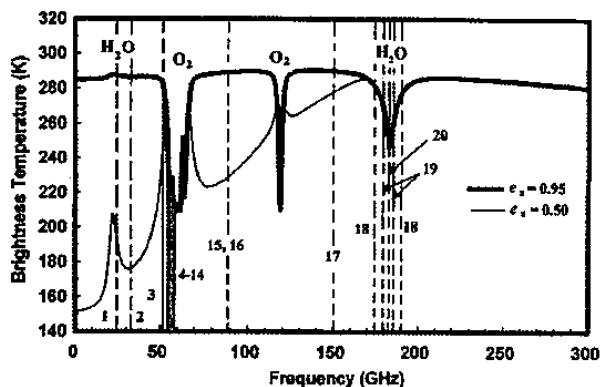
TRMM 衛星 PR 資料為 ([http://lake.nascom.nasa.gov/data/dataset/TRMM/01\\_Data\\_Products/01\\_Orbital/08\\_Pr\\_Prof\\_2A\\_25/index.html](http://lake.nascom.nasa.gov/data/dataset/TRMM/01_Data_Products/01_Orbital/08_Pr_Prof_2A_25/index.html)) 所提供 2A25 全球降雨反演資料，並逕以 (<http://tsdis.gsfc.nasa.gov/>) 所提供的 TSDIS Orbit Viewer 軟體獲取 13.8 GHz 微波反演的降雨量。

### 三、基礎理論的應用

(一) 應用 AMSU 微波頻道資料估算海上定量降水的物理機制

AMSU 微波頻道資料原設計係為大氣溫

、溼度垂直剖面的反演，而為了改進近地面層的探測，亦包括23.8、31.4及89GHz窗區頻道（分別為第一、二及十五頻道）(Grody et al., 2001)。本研究即以該窗區頻道在海面上具有較低的放射率(≈0.50)作為「冷背景」（如圖一），將雨滴粒子所增強的低頻(23.8與31.4GHz)亮溫，經由閾值的過濾及迴歸反演所得的關係式(胡, 2002)獲得大氣垂直氣柱的累積降雨量，以此做為地面降水定量的估算值；對於強降水，一方面受限低頻的放射機制，將導致降雨量達飽和，而無法正確反演降水量，另亦受對流發展所生成的冰晶，對輻射能量散射影響，而以89GHz的高頻資料，以其散射機制，將亮溫分布衰減部份，由迴歸關係式獲得該亮溫與降水量的關係，此亦即，定量降水的估算係考慮降雨強度來區分降雨型態，復以適當的微波資料進行反演估算(Kidder and Thomas, 1995)。



圖一 AMSU微波頻道在晴空、標準大氣下的模擬亮溫；粗線為陸地（放射率=0.95）、細線為海面（放射率=0.50）(Grody et al., 2001)。

## (二) 檢驗地面是否降雨

### 1. 發射機制：

AMSU低頻的微波資料(23.8、31.4GHz)對降雨層變化靈敏反應的特性，在降雨情況下，其第一、二頻道亮度溫度與降雨強度之間呈線性正關係(Grody, et al., 2001)，相對映於海上降雨區域，就是亮度溫度增加的區域，由輻射傳遞方程所推導得雲滴液態水含量 (cloud liquid water, CLW)計算式，以(CLW > 0.3)判定為降水(Grody, et al., 2000)：

$$CLW = \text{Cos } Z * [A + B * \ln(285 - Tb_{23}) + C * \ln(285 - Tb_{31})]$$

其中：

$$A = 8.24 - (2.622 - 1.846 * \text{Cos } Z) * \text{Cos } Z$$

$$B = 0.754$$

$$C = -2.265$$

Tb<sub>23</sub>、Tb<sub>31</sub>分別為第一、二頻道亮溫值。

Z 為衛星之天頂角。

### 2. 散射機制：

對流雲的發展，在高層產生冰晶粒子散射低層雨滴所向上傳遞之輻射能量，在衛星探測器獲得能量將減弱，該微波頻道的亮度溫度亦相對的較低；以散射係數大於 9 (SIW > 9)判定地面有降水發生(Grody, et al., 2000)，其計算式：

$$SIW = -113.2 + (2.41 - 0.0049 * Tb_{23}) * Tb_{23} + 0.454 * Tb_{31} - Tb_{89}$$

其中Tb<sub>23</sub>、Tb<sub>31</sub>及Tb<sub>89</sub>分別為第一、二及十五頻道亮溫值。

### (三) 閾值區分降雨機制（型態）

微波頻道亮溫與地面降水存在著相當的關係，當掃描區的低頻亮度溫度相較於無雨統計值高時，歸類為降雨區域，並以高頻的亮度溫度低於無雨統計值的觀測區列為散射機制型的降雨，反之則歸類為發射機制型降雨(Chen and Li, 2002)。本研究使用的降雨閾值為AMSU微波第一、二、及十五頻道的亮度溫度，分別為208.37K、179.60K、及254.56K(胡, 2002)。

### (四) 台灣鄰近海域MCSs反演降雨的迴歸式

本文引用胡(2002)以1999~2001年五、六月日本宮古島附近區域內的反演降雨資料，使用線性迴歸統計方法得到微波頻道亮度溫度與降雨強度(Tb-RR)的關係式(胡, 2002)：

#### 1. 單一頻道放射機制型降雨

##### (1) 第一頻道(23.8GHz)

$$RR = 0.231 * Tb_{23} - 51.348$$

##### (1) 第二頻道(31.4GHz)

$$RR = 0.147 * Tb_{31} - 29.482$$

#### 2. 多頻道放射機制型降雨（第一、二頻道）

$$RR = -38.69 + 0.18 * Tb_{23} - 0.01 * Tb_{31}$$

#### 3. 散射機制型降雨（第十五頻道 (89GHz)）

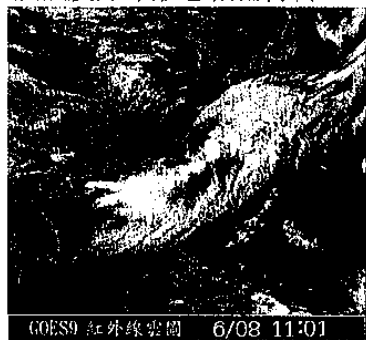
$$RR = -1.03 * Tb_{89} + 266.06$$

## 四、分析結果

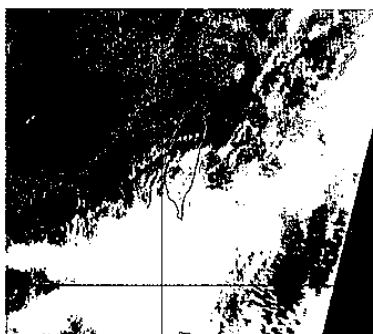
### (一) MCSs降雨

2003年6月8日的梅雨鋒面系統，在台灣南部海域發展強烈的中尺度對流系統，由8日1100L的從紅外線雲圖（圖二）可發現其鋒面伴隨著強烈的對流系統，而由高解析度的AVHRR雲圖（圖三）則看出，對流發展強烈的區域在西南部海域。此係微波頻道正可發揮其對海面反演降水的能力，其所反演的雨量分布如圖四所示，若與相近時間的雷達回波圖（圖五）相較，除在（19-21°N/120-123

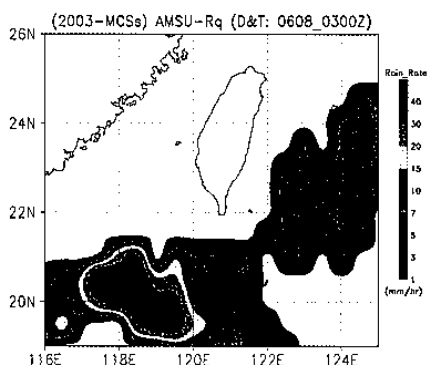
°E) 範圍內有明顯差異外，西南方海面上的系統，AMSU的降雨估量達53(mm/hr)，與雷達回波強度分布形態相當符合。



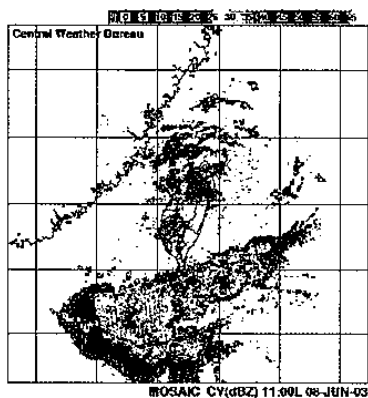
圖二 2003.06.08.1100L GOES9紅外線雲圖，圖中顯示MCSs發生在台灣南部及海域，其結構相當完整。



圖三 2003.06.08.1100L AVHRR紅外線雲圖，圖中顯示雲系的主結構在台灣南方海面。



圖四 與圖三同觀測時間，但為AMSU微波頻道資料所反演的海上降雨分布圖。

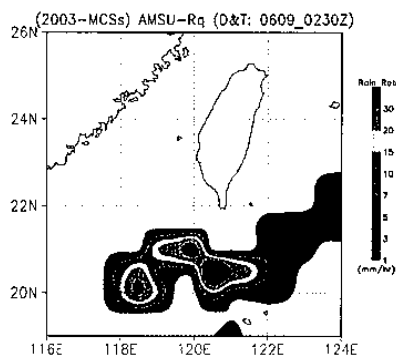


圖五 同圖三，但為雷達回波圖。

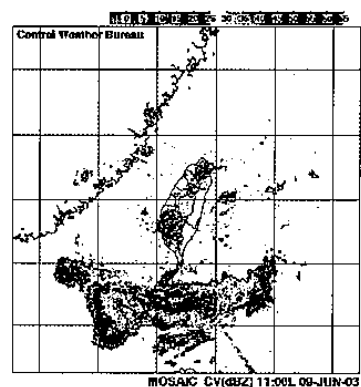
6月9日1030L的對流系統雖範圍較小，強度仍不弱，從圖六可發現，系統的發展主要在海面上，AMSU反演結果(圖七)與雷達回波(圖八)相符，雨量最高達53(mm/hr)。



圖六 2003.06.09.1030L AVHRR紅外線雲圖。



圖七 與圖六同觀測時間，但為AMSU微波頻道資料所反演的海上降雨分布圖。



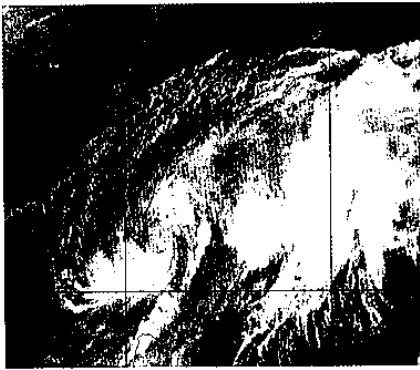
圖八 同圖六，但為雷達回波圖。

## (二) 南卡(NANGKA)颱風

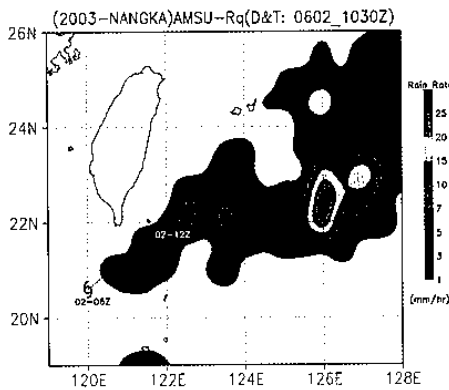
輕型颱風南卡最接近台灣的時間為6月2日，出現在台灣東南海面，其結構並不完整(圖九與十)，所以在6月3日即減弱為熱帶低壓。由AMSU反演的雨量分布(圖十一)與雷達回波(圖十二)的比較，顯示形態相當，在台灣東南海域、颱風中心附近範圍，AMSU反演的雨量最高為9(mm/hr)，若審視AVHRR雲圖(圖十)，似乎是雷達回波資料對雨量的高估，另外，東方外海(126°E)的對流雲系AMSU反演的最高雨量為27(mm/hr)。



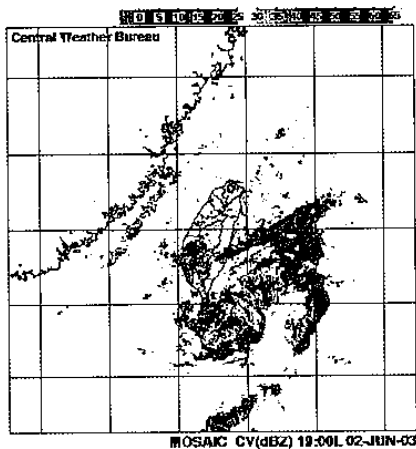
圖九 2003.06.02.1925L GOES9紅外線雲圖，颱風環流在台灣東南方海面，結構並不完整。



圖十 2003.06.02.1830L AVHRR紅外線雲圖。



圖十一 與圖十同觀測時間，但為AMSU微波頻道資料所反演的海上降雨分布圖，圖中並標示颱風位置的前後時間。

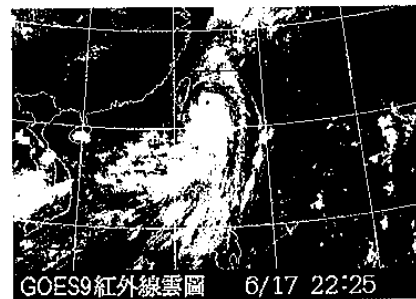


圖十二 2003.06.02.1900L東南部海域雷達回波圖。

### (三) 蘇迪勒(SOUDELOR)颱風

蘇迪勒自6月17日起增強為中度颱風，並在接近台灣東部外海後，逕向北方行進。6月17日2225L其位置在台灣東南部海面，颱風眼及狹帶的雲系結構相當明顯（圖十三與十四），AMSU反演的降雨分布（圖十五）範圍很大，也具有颱風結構的特徵，而與圖十六雷達回波比較，颱風中心東北方向、台灣東部外海雷達並無回波，不過AMSU反演的結果與紅外線雲圖是相呼應的；颱風中心西南方、台灣東南部海域雷達的回波，AMSU則未獲得較正確的反演值，應是受到解析度的限制。

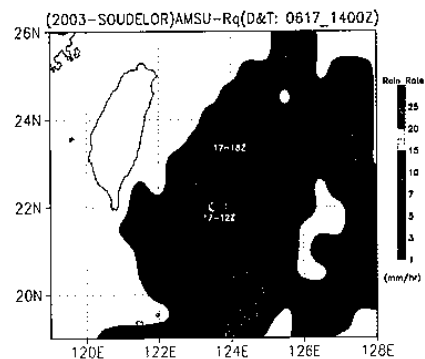
AMSU反演值，在颱風行進方向的右邊，最大值為10(mm/hr)，呈現雙側不對稱的情況。



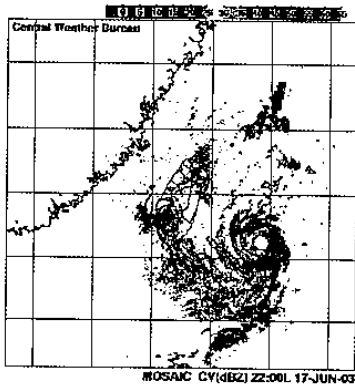
圖十三 2003.06.17.2225L GOES9紅外線雲圖，台灣東南海面上颱風結構明顯。



圖十四 2003.06.17.2200L AVHRR紅外線雲圖。

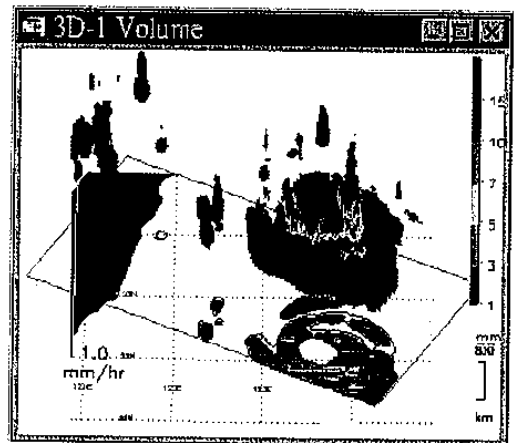


圖十五 與圖十四同觀測時間，但為AMSU微波頻道資料所反演的海上降雨分布圖，圖中並標示颱風位置的前後時間。

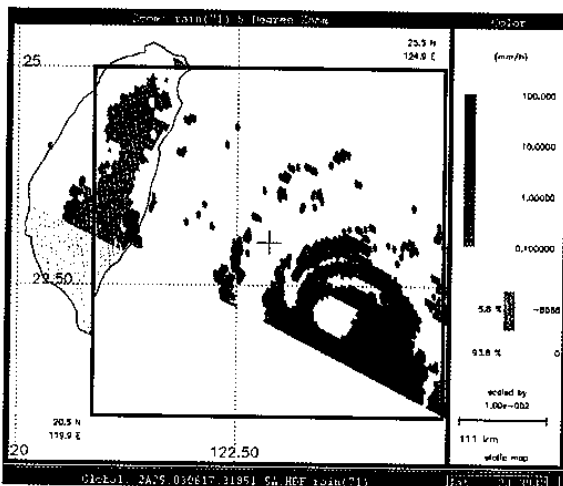


圖十六 2003.06.17.2200L東南方海域雷達回波圖，明顯的颱風眼及所挾帶環流。

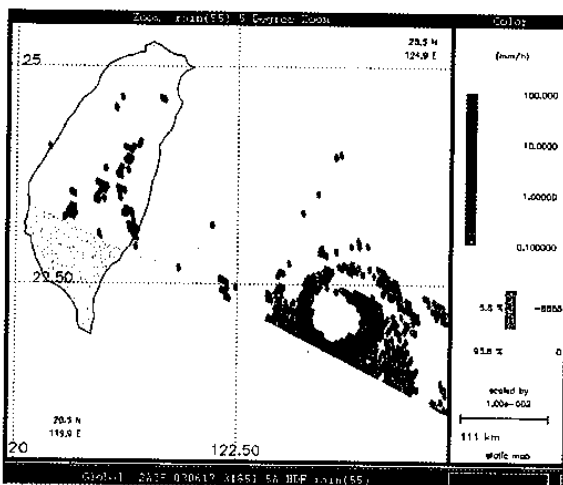
參考TRMM衛星的PR反演全球降水資料，圖十七為近二公里的反演降雨分布，圖十八則約為六公里（500hPa）高度，該資料較前述AMSU及地面雷達觀測回波資料約差二小時，相較下：地面雷達回波的分布與PR較一致；AMSU對颱風中心右側較高的降雨量一致，但是未反演出PR在近中心南側的偏高值，與其解析度不無關係。



圖十九 TRMM衛星PR資料反演2003.06.17. 2035L降雨量達1.0(mm/hr)以上的垂直結構。



圖十七 TRMM衛星PR資料反演2003.06.17. 2035L降雨分布，高度約為2公里。



圖十八 同圖十七，但高度約為6公里。

## 五、討論

- (一) 定量降雨估算是水資源管理重要關鍵，不惟對單獨天氣系統的雨量估計，尤如颱風除降水特性外，其行進方向與速度都對降水有相互性的關係，因此，對於應用微波資料於「TRaP (Tropical Rainfall Potential)」(Sheldon, 2002)，將是未來技術發展的目標。
- (二) 應用微波頻道資料估算定量降雨系建立於亮溫與地面測站資料的關係，在缺乏地面真值驗證微波反演成果的情況，借重於地面雷達回波資料與反演結果比較，就天氣守視言，其相互符合而可信賴的結果，對雷達觀測將是觸角的延伸，而衛星資料在局部區域所獲得較佳的驗證與修正，更可提高其對雨量估計的準確度。
- (三) 颱風的微波資料定量降雨估算應會受其結構的改變而影響正確性，如近中心風速的增加導致海水混濁度與破壞海面平靜度等，其所造成海洋面輻射放射率不明的影響程度，對於颱風專屬迴歸關係式的建立顯見其必要性；而結合MCSs與颱風的個別迴歸關係式，對於台灣鄰近海域的主要降雨系統，將可充分應用AMSU微波頻道亮溫資料估算定點的降雨值，實攸關於對臨近台灣地區降水量的獲取。
- (四) 結合TRMM衛星PR資料的應用，對劇烈的對流系統、熱帶低壓或颱風的守視及預報作業，將提供更多可用的資訊；不過目前網站所提供的資料尚不足以即時化，僅能先行研究彼此之間的相關性與可用性評估。

## 六、結論與展望

- (一) AMSU微波頻道資料應用於MCSs定量降雨的迴歸式在台灣鄰近海域可獲得良好的成效，在本文以地面雷達回波觀測資料驗證結果，降雨型態及強度分布均能掌握。
- (二) 建立颱風專屬的AMSU迴歸關係式，以應用於台灣海域的定量降雨，進而對天氣系統進入台灣陸地後可獲得降雨量的掌握，本實驗室已列為首要工作，並逐漸蒐整相關個案。
- (三) 結合陸地的雷達觀測網、AMSU微波資料及PR資料，對定量降雨正確性的估算及時間、空間解析度的伸展，將可預期獲得更好的成果。

## 參考文獻

- [1] 胡仁基, 2002: “AMSU微波頻道反演海上定量降水之研究”, 國防大學中正理工學院應用物理研究所碩士論文。
- [2] Chen, W. J. and C. C. Li, 2002: “Rain Retrievals using Tropical Rainfall Measuring Mission and Geostationary Meteorological Satellite 5 data obtained during the SCSMEX”, *Infer. J. of Remo. Sens.*, 23, 2425-2448.
- [3] Grody, N., J. Zhao, R. Ferraro, F. Weng, and R. Boers, 2001: “Determination of precipitable water and cloud liquid water over oceans from the NOAA 15 advanced microwave sounding unit”, *J. Geophys. Res.*, 106, 2943–2953.
- [4] Iguchi, Toshio, Toshiaki Kozu, Robert Meneghini, Jun Awaka, and Ken'ichi Okamoto, 2000: “Rain-Profiling Algorithm for the TRMM Precipitation Radar”, *Journal of Applied Meteorology*, 39, 12, 2038–2052.
- [5] Grody, N.C., F., Weng and R., Ferraro, 2000: “Application of AMSU for Obtaining Hydrological Parameters,” *Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Earth's Surface and Atmosphere*, edited by P. Pampaloni and S. Paloscia, VSP, Zeist, Netherlands, 339–351.
- [6] Kidder, Stanley Q. and Thomas H. Vonder Haar, 1995: *Satellite Meteorology: An Introduction*, Chapter 9, A Publication of Academic Press, Inc., San Diego, 307-361.
- [7] Sheldon Kusselson, NOAA/NESDIS/Satellite Services Division, Camp Springs, Maryland: Experimental Satellite Derived Tropical Rainfall Potential (TRaP) (last updated 24-Sep-2002), [http://www.comet.ucar.edu/class/POES2002/trap/ref\\_links.htm](http://www.comet.ucar.edu/class/POES2002/trap/ref_links.htm)