

## 應用 NOAA 衛星資料反演台灣鄰近海域颱風定量降雨之研究

李慶忠 陳永強 陳萬金 蔡明達 鳳錦暉  
國防大學中正理工學院應用物理系

### 一、中英文摘要

台灣地區水資源的主要來源之一是每年颱風季節所帶來的降水，另一方面，颱風所夾帶的豐沛雨量卻也是近年來造成重大災損的禍因，颱風降雨的發展來自海面提供足夠的水汽，但卻限於海洋測站不足，故對海上颱風降雨量較難以掌握。另一方面，氣象衛星由於具備大範圍觀測的優勢，所以可以監視颱風的行徑與發展，本研究即以 NOAA 衛星 AMSU-A 微波頻道資料的可穿透雲層特性，利用其微波頻道資料建立與海上島嶼測站降雨量的關係，以近五年鄰近台灣地區的颱風個案，使用統計法建立亮度溫度與降雨率迴歸關係式 (Tb-RR)，並藉以反演颱風降雨量、分析海上雨量分佈圖，冀能瞭解海上颱風降雨分佈型態與颱風移動行徑變化對降雨分佈的差異性，作為掌握颱風臨近陸地前的降雨分佈研究。

**關鍵詞：**水資源、微波頻道、颱風、AMSU

### Abstract

In Taiwan area, the principal source of water was a heavy rainfall during the Typhoon season. On the other hand, the heavy rainfall may bring disaster. The development of precipitation can be supplied with water vapor from the ocean during Typhoon. The lack of observation data about Typhoon over the ocean limit us to know well how the distribution of the rainfall. Fortunately, we can see the Typhoon structure, track, and development by the meteorology satellite.

As the microwave channel data has a great ability of penetrating the clouds, using the AMSU on board NOAA-15+ data can analyze and monitor the precipitation during

the Typhoon occurred or developing. In this study, we first create the relationship between the brightness temperatures of AMSU channels and the surface rainfall rate by regression method to retrieve the intensity of quantitative rainfalls during the Typhoon season at the regions near Taiwan area. Then mapping rain-map over the ocean, compare and analyze the difference among Typhoon moving track and its distribute of rainfall. We expect to learn well about the rainfall distribution of landing Typhoon.

**Keywords:** Source of Water, Microwave, Typhoon, AMSU.

### 二、前言

海上降雨的天氣系統主要借重於氣象衛星的觀測，長期以來可見光 (VIS) 與紅外線 (IR) 雲圖資料提供我們對颱風的守視及預警作業，然而夜間並無可見光雲圖的觀測資料，紅外線雲圖則會受到高層卷雲的影響，用來估算降水量的成果並不甚理想，而發展近 30 餘年之微波頻道降雨技術及應用，利用其對雲層的可穿透等特性，在定量降雨方面適足以提供更高可信度的估算值。

本研究重點在獲得鄰近台灣地區海面颱風生成與發展期間，島嶼測站降雨強度與衛星微波頻道亮度溫度之間的迴歸關係，藉以反演海上降雨量之估算及瞭解颱風降雨分佈情形，作為海上颱風分析或臨近登陸颱風所具降雨潛勢之研究；係應用裝載於 NOAA 系列氣象衛星 (15+) 之 AMSU-A 的亮度溫度搭配 AVHRR 的 IR 雲圖資料，以通過台灣鄰近海域之島嶼測站可獲得颱風降雨的實測值來建立 (Tb-RR) 迴歸關係式，作為海上颱風降雨強度之分析。

AMSU 以其水汽(23.8 GHz)與低頻窗區(31.8 GHz)頻道微波資料對海上液態水含量的靈敏反應(Grody et al., 2001), 加上高頻水汽(89 GHz)頻道對高空冰晶所產生顯著反應的散射效應用於反演強降雨(Spencer et al., 1989), 並藉由 AVHRR 高解析度 IR 雲圖的監督式分類(Richards, 1999), 建立海上颱風定量降雨之微波多頻輻射估算系統。

### 三、研究方法

微波定量降雨反演技術有二個物理機制相互搭配使用, 其一為「放射法」, 係以海洋面低放射率的冷輻射背景條件下將大氣冰凍層下因液態水的吸收、再放射增加輻射計的能量, 依其亮溫的增加與液態水含量呈線性關係, 估算降雨量, 另則為「散射法」, 係以強降水伴有強對流, 高層具有大量冰晶的前提下, 降雨量與亮溫的關係為負向線性相關(Spencer et al., 1989)。放射法通常以低頻微波資料為處理, 當降水達飽和即不適用; 散射法則兼具海面與陸地均適用的特點, 當使用高頻微波資料時, 隨降雨強度的增強, 冰晶散射作用亦越強, 而低頻資料仍以液態水為主要考量(參考圖一)。

在海洋面上定量降雨估算前, 乃先以定性判別是否降雨, 再區分降雨形態以選用適當頻道進行反演估算; 就定性判別, 本研究以 Grody et al. (2000) 所提出 Rain Flag (RF) 法, 以海洋上液態水含量(Cloud Liquid Water)大於 0.3 或散射指數(Scattering Index)大於 9 為區分降雨閾值; 對於降雨形態的區分則以 Chen and Li (2000) 所提出的 TC 法, 將研究區域內測站降雨量為 0 的相對應微波資料分析, 據以獲得降雨閾值, 作為不同降雨類型之區分, 以使用適當頻道反演降雨量。

微波視場(FOV)的降雨分佈與測站所測得降雨量關係密切, 以可用性及其未來對迴歸方程的實用性考量, 利用監督式分類, 檢視涵蓋測站的 FOV 雲量分佈, 其使用同載於 NOAA 系列衛星之 AVHRR IR

雲圖, 以消彌時間差異因素, 復由衛星通過時間及 FOV 位置尋求相對應海面測站(島嶼)的降水量觀測值, 最後使用統計迴歸方法建立衛星亮度溫度與測站降雨真值之迴歸關係式; 以 AMSU-A 多頻道的亮度溫度與海上降雨強度建立的線性迴歸式, 係以 FOV 代表平均降雨強度的定量降雨分佈為假設條件。

衛星亮溫與海面測站降雨強度的線性迴歸擬合結果, 所得關係式:

1. 以放射法多頻道反演降雨

$$RR = -23.706 + 0.097 * Tb_{23} + 0.005 * Tb_{31}$$

2. 以散射法多頻道反演降雨

$$RR = -4.624 - 0.317 * Tb_{23} + 0.276 * Tb_{31} + 0.079 * Tb_{89}$$

放射法之迴歸所得的判定係數( $R^2$ )為 0.71; 而散射法之迴歸所得的判定係數( $R^2$ )為 0.74。

### 四、結果與討論

- (一) 強烈颱風碧利斯(BILIS): 2000 年 8 月 22 日 12Z 中心位置在(22.5° N /121.9° E)即台灣東南方海面上, 以 GMS-5 IR 雲圖所見颱風雲系涵蓋全台(如圖二), AMSU-A 微波低、高頻亮溫圖(分別如圖三、四)明顯可見颱風環流與型態, 圖五為其反演雨量分佈圖, 呈現雙眼牆的形態; 定量驗證如表一, 對強降水部份(如綠島之 28.5mm/hr)出現低估的情形。
- (二) 輕度颱風寶發(BOPHA): 2000 年 9 月 10 日 00Z 中心位置在(22.4° N /122.8° E)即台灣東南方洋面上, 移動路徑為罕見的高緯向低緯行進, 圖六為其 AVHRR IR 雲圖與 AMSU-A 反演雨量值的結合, 其颱風雲帶較集中於行進路徑前緣, 降雨分佈則在雲帶近颱風中心偏左處, 蘭嶼(21.5 mm/hr)、綠島(20.9 mm/hr)雨量反演值高估了實測值, 圖七為反演雨量分佈圖。
- (三) 中度颱風納莉(NARI): 2001 年 9 月 16 日 06Z 中心位置在(25.4° N

/122.6° E)即台灣東北方海面、逐漸接近陸地，圖八為其 AVHRR IR 雲圖與 AMSU-A 反演雨量值的結合，其颱風雲系結構、颱風眼顯然可見，行徑雖與寶發(BOPHA, 2000)颱風同為高緯移向低緯度，由圖九反演雨量分佈圖發現，雨量較集中於行進方向右前緣，降雨分佈情形明顯與地型相關。

五、結論與建議

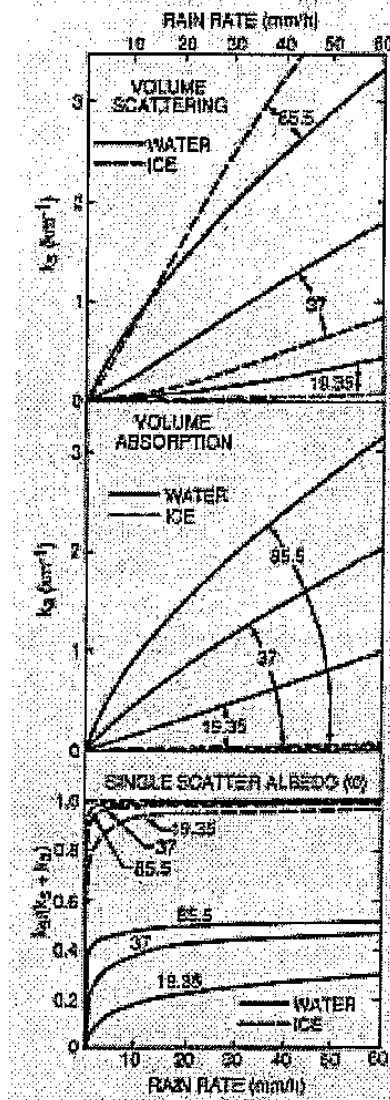
衛星微波頻道以其可穿透雲層的特性，對於海上降雨系統進行定量估算，本研究以近年台灣鄰近海域所生成颱風為主要探討對象，惟僅建立衛星亮溫與島嶼測站降雨量的關係，受颱風本身強大風速所影響的亮溫，尚值得探討與結合，以為提供更高可信度的估算反演值，與海上降雨分佈圖。

而研究過程以 IR 雲圖作為衛星微波視場的分類，確實提高反演資料的可用度，若能再結合地球同步衛星，以微波頻道所反演資料與同步衛星的高時間解析度的結合，作為全天候降雨的守視，對於自然災害的防範與水資源管理作為，將是更大的助益。

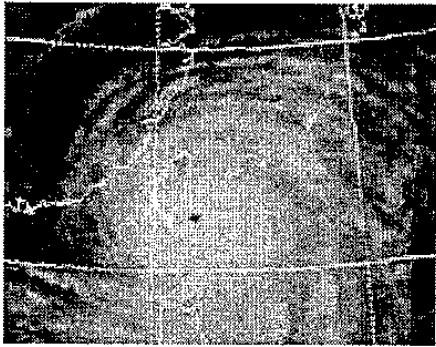
六、參考文獻

1. 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, PP. 339-351.
2. 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. Atmo. Ocean. Tech., Vol. 6, pp. 254-73.
3. Richards, John A. and Xiuping Jia, 1999: Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer, New York, p.363.

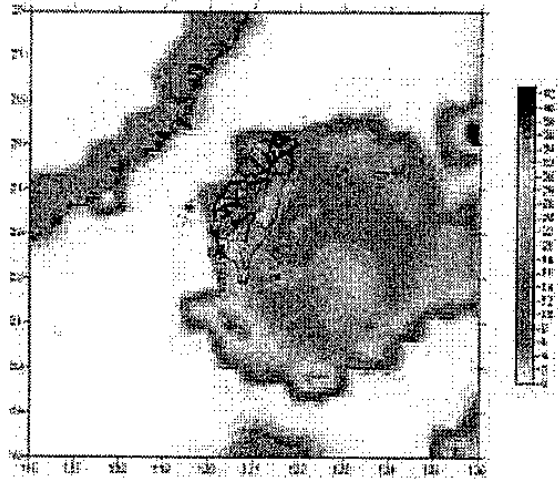
4. Grody, N., J. Zhao, R. Ferraro, F. Weng, and R. Boers, 2001: Determination of precipitable water and cloud liquid water over oceans from the NOAA 15 advanced microwave sounding unit J. Geophys. Res., 106, pp.2943-953.
5. Chen, W. J. and C.-C. Li, 2000. Oceanic Rain Rate Retrievals Using TRMM Microwave Imager Multi-Channel Brightness Temperatures During the 1998 SCSMEX, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences, Vol. 11, pp. 765-788.



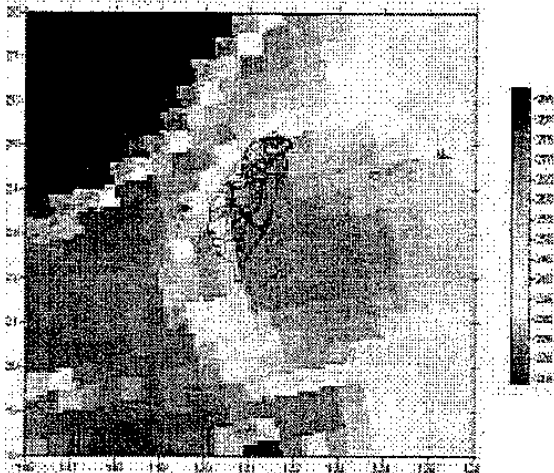
圖一：利用微波資料反演降水，考慮不同頻道其散射係數（上圖）、吸收係數（中圖）及散射反照率（下圖）與降雨強度之關係。（Spencer et al., 1989）  
【圖中數值指示各微波頻率(GHz)】



圖二：2000年8月22日1132UTC碧利斯(BILIS)颱風GMS-5 IR雲圖。



圖五：2000年8月22日1118UTC碧利斯(BILIS)颱風雨量反演圖。【雨量單位：mm/hr】

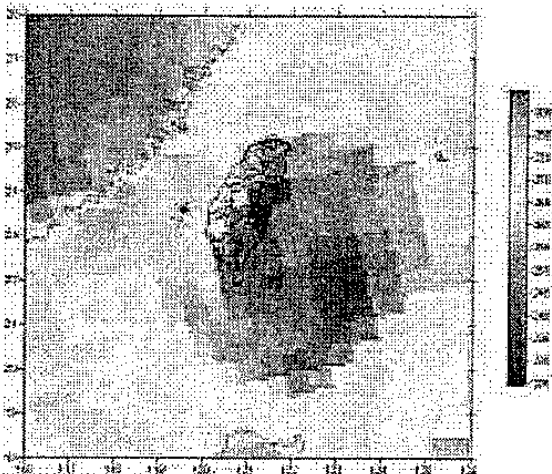


圖三：2000年8月22日1118UTC碧利斯(BILIS)颱風微波23.8 GHz亮溫圖。【亮溫單位：K】

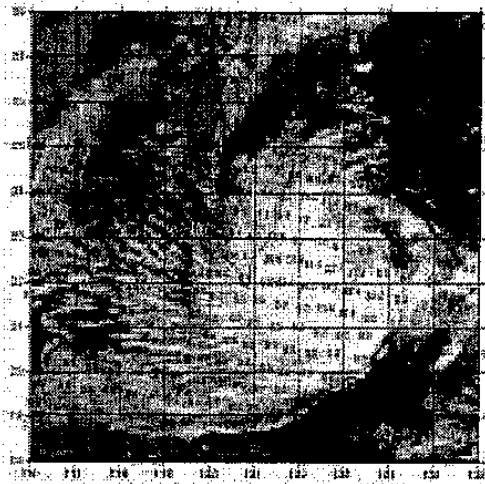
表一：碧利斯(BILIS)颱風雨量反演對照

測站(經緯度)	反演值	實測值	差值
ISHIGAKIJIMA (24.33/124.16)	16.4	8.0	+8.4
KABIRA (24.46/124.14)		12.0	+4.4
IRIOMOTEJIM (24.39/123.75)	17.0	17.0	0.0
蘭 嶼 (22.04/121.55)	24.8	23.0	+1.8
綠 島 (22.65/121.48)	16.3	28.5	-12.2

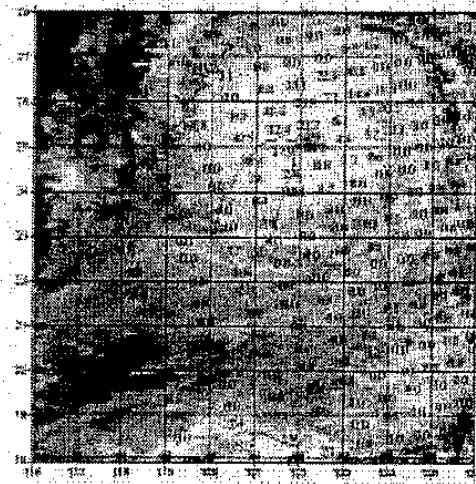
註：雨量反演值、實測值及差值單位為(mm/hr)。



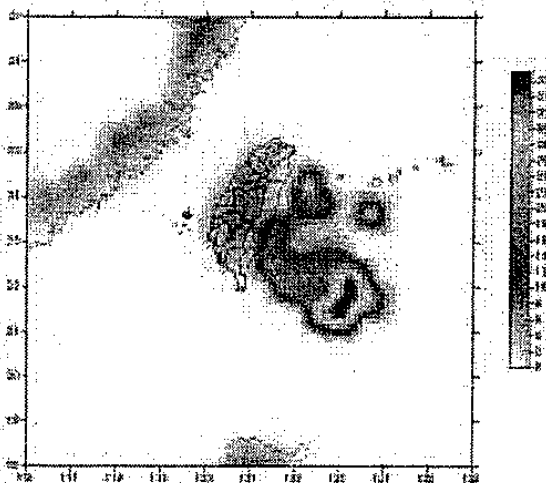
圖四：2000年8月22日1118UTC碧利斯(BILIS)颱風微波89 GHz亮溫圖。【亮溫單位：K】



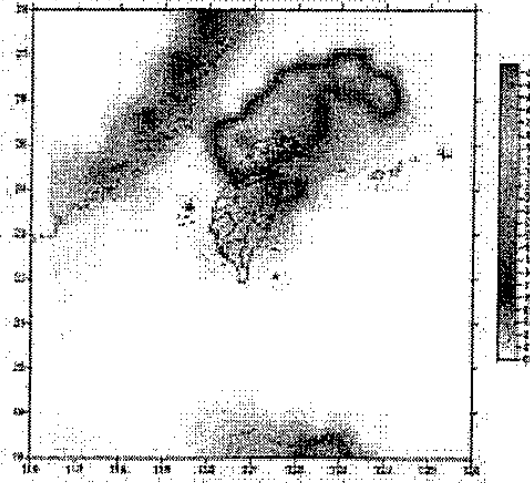
圖六：2000年9月9日2337UTC寶發(BOPHA)颱風 AVHRR IR 雲圖與 AMSU-A 雨量反演值合成圖。【雨量單位：mm/hr】



圖八：2001年9月16日1030UTC納莉(NARI)颱風 AVHRR IR 雲圖與 AMSU-A 雨量反演值合成圖。【雨量單位：mm/hr】



圖七：2000年9月9日2337UTC寶發(BOPHA)颱風雨量反演圖。【雨量單位：mm/hr】



圖九：2001年9月16日1030UTC納莉(NARI)颱風雨量反演圖。【雨量單位：mm/hr】