

利用SSM/I資料估計臺灣鄰近地區降水量的初步研究

王光華 劉振榮

國立中央大學大氣物理研究所

摘要

雖然統計法常常隨著不同的地區和季節往往有相當的差異性在，但是在可接受的誤仍然有快速便利的優點。在測試過許多已發表的各種統計法後，我們選擇了三個比較適用於臺灣地區的合理方法來進行進一步的比較。由於海洋上的資料在資料驗證上有相當的困難，所以我們選擇了陸地的資料作為比較的標的。我們發現以85.5GHz, 22GHz及19GHz為主的散射指數法頗佳，再略作修改後的結果最好。在利用SSM/I估計降雨量時以PCT法來識別降雨區域的效果也很好。

一、前言

降雨在臺灣地區及熱帶地區是一項非常重要的氣象因子。微波遙測的優點是可以穿透雲層，所表示的是雲層內的訊息。統計法比較快而方便，物理法的反演直接由衛星的觀測值來轉換推導。微波的亮度溫度變化直接反應出雨雲的整體液態水含量。利用微波估計降水的研究已經有十多年了(Petty & Katsaros, 1992, 1990., Alishouse et al., 1990, Weng, 1994)。

利用微波估計全球海上的長期降水量成效還不錯。全球性降水量估計的誤差在5%以內(Weng et al. 1994)。使用非線性全球模式是最佳的統計方法(Alishouse et al. 1990)。由於空間解析度的不一致會導致觀測值和計算值之間的誤差。(Kummerow, 1994)。若要降低雨量估計的誤差需要運用一個以上的微波雨量估算技術。本研究針對夏季臺灣地區使用SSM/I資料估計降水量，並且比較不同的統計方法中何者最適合臺灣地區使用，且可以做為明年的AMSU資料使用。

二、資料特性

SSM/I(Special Sensor Microwave/Image)資料有7個極化頻道。19GHz的輻射量主要受到結冰層下方降雨的放射所影響(Spencer, 1986)。對於19GHz和22GHz，陸地相對的是比較暖和，而海面則比較冷。37GHz的亮度溫度所顯示的是雨滴的放射和海上結冰層上方的散射。在臺灣的附近地區美國學者Petty(1992)曾經使用雷達及NIMBUS-7衛星的SMMR資料做降雨觀測研究，結果衛星估計值和同位置的雷達觀測值有很好的對應關係。85.5GHz受到散射相當大的影響，特別是冰晶。此散射的影響有如蓋子將其下方的降雨遮蔽(Prabhakara, 1992)。所以85.5GHz反應了結冰層附近及以上的情形並不能反應出底層的狀況。

利用FASCO3P模擬低頻(19.35GHz, 22.235GHz)的亮度溫度，可以知道亮度溫度隨著雨量的增加而變暖一直到20MM/HR，而後因為散射的緣故而漸冷。37GHz則在雨量10MM/HR以前也是隨雨量的增加而增暖，而後隨著雨量的增加亮度溫度反轉為降低。如圖1。85GHz的亮度溫度則因為散射的影響而隨雨

量的增加而降低。圖一顯示了SSM/I四個波段對於降雨量變化的關係。地面放射率並不影響85GHz的亮度溫度，但是對於低頻率的微波頻道影響就比較大。對於19.2GHz而言如果降雨率達75mm/hr以上時，地面的放射率大小就不影響了。也就是說降雨會遮蔽暖和的地面。如圖2顯示了地面放射率和亮度溫度在不同降雨量下的關係。如果沒有下雨則微波可以穿透雲層反應出地面放射率。但是這只有低頻才可以，對於高頻就下太容易了。

SSM/I資料是購自美國的Remote Sensing System公司。這些資料已經做過輻射校正及幾何定位修正。85.5GHz的解析度是12.5Km其他的低頻頻道約為25Km。我們選取1994-Aug-7經過臺灣東北海域的颱風道格(Doug)，1994-Aug-20的颱風佛雷特(Fred)，及引進的西南氣流引發連續數日的降雨，1994-Aug-31通過臺灣北部的颱風葛萊迪(Glady)做為比較的資料。並且分別以十分鐘及一小時降雨量和SSM/I資料降雨估計做比較。時間分別為08-07_2204Z, 08-09_2139Z, 08-13_2226Z, 08-14_2213Z, 08-29_0947Z。這幾筆資料都是有暴雨的觀測記錄。為了資料驗證的需要我們選取陸地的資料來比較。所有的資料都轉為0.12經緯度間隔的網格點資料。約為12Km解析度，降雨量則取該面積的平均。地面降雨量的變化隨時間空間有相當大的變化所以我們使用PDF(Probability Distribution Function)(Short, D.A. et al., 1990)方法來表示。

三、機率分佈函數(PDF)

為了比較衛星的降雨資料和地面的觀測資料而必須將地面雨量觀測的資料予以網格化。但是如果做客觀分析則大雨會被平滑掉。由於雨量在時間及空間的變率很大，很難找到合理的關係，所以我們不考慮雨量的直接比較而改採雨量的增加率來比較。我們取該期間的所有衛星及地面的降雨量，由小而大排列，做成PDF。則衛星和地面降雨的關係就可以找到。由這個方法來分析如果再者呈線性45度角排列就表示為完全相關。PDF的步驟如下：

- 1) 做成資料的直方圖
- 2) 將所有的資料數目總和分成20份
- 3) 由零到最大降雨率，每隔5%的降雨數中取其平均降雨率為該區段的降雨率

4) X軸是降雨率, Y軸是機率, 將此二變數合起來就可以比較衛星雨量估計值和地面雨量計。

四、衛星雨量估計法

到目前為止已有多位學者提出許多統計方法來估計微波降水。如 Ramesh K.Kakar (1984), Prabhkara(1992), Willheit and Chang (1979), Alihouse, etal (1990), Roy.W.Spencer (1986)等。我們將這些方法在臺灣地區使用後選取了有比較合理結果的三個方法做進一步的比較。略述如下

4.1 多頻道法(Hollinger)

由美國海軍研究實驗室提出使用7個SSM/I頻道來估計降雨量。陸地和海上用不同的方法, 在海岸地區因為無法區分為陸地或海岸會產生較大的誤差而不處理。在本研究中發現在臺灣地區即使是陸地採用海上的方法估求雨量效果也不錯。我們又以19.2GHz和22.235GHz的地面微波輻射儀對地面的草地和樹木觀測發現地面放射率並不受植物下方土壤含水量的影響(如果植被很密)如表一所示。而地面放射率是地面溫度的函數。所以如此使用也是合理的。

4.2 T^* 法

Prabhkara(1992)發展出來的經驗模式, 也是用於海上。方法的主要精神是37GHz的亮度溫度和降雨有直接的關係。以水汽含量為已求得 T^* 指數, 再配合37GHz的亮度溫度求得降雨量。

4.3 散射指數法

Weng. et al., (1994)提出的方法, 以85.5GHz的亮度溫度為指標顯示出散射的狀況, 再配合19GHz及22GHz的亮度溫度來求取降雨量, 為適合臺灣地區的量估計, 我們對於其係數稍加修改。

4.4 PCT(Polarization Corrected Temperature)法

Spencer(1989)提出85GHz的PCT值可以標示出降雨的區域。在臺灣地區255K是PCT值的閾值。也就是當極化關係差的PCT值小於255K就表示該地區有降雨。PCT定義為

$$PCT = 1.818T_{BV} - 0.818T_{BH}$$

五、結果

為了減少降雨的時間差所造成的誤差, 以十分鐘的降雨量乘六作為一小時的降雨量, 藉以比較SSM/I的降雨估計。衛星估計的降雨在三個方法中都是低於實際的觀測值。這個主要是由於地形的變化以及降雨本身的不均勻性所造成的。

在圖三所顯示的是本研究所選的一個例子的色調強化各頻道衛星影像, 時間是1994-08-31。使用前述的四種方法所得的結果如圖四所示。我們可以在圖(d)中清楚的看到PCT85的影像。颱風的高層中心可以清楚的看到在臺灣附近。在圖(d)的下方是彩色的色標, 表示不同的亮度溫度。紅包區域就是下雨的區域。在圖三的其他低頻影像我們可以發現色彩

的差距不如高頻的影像大, 不容易識別出雲帶的分佈。只有37GHz和85GHz的影像可以反應出雲系的結構。在圖四中我們也可以發現Hollinger的方法和散射法的降雨分佈和85GHz的影像很接近。T-star法的降雨分佈則比較類似37GHz的影像。至於最大降雨量則Hollinger的降雨比SI法大。T-star法則遠小於前二者。使用這三個雨量估計法所求得的结果與比較如圖五所示45度線是參考線, 表示是最佳關係線。其斜率為1。五個個案的比較結果如表2所示, 顯示了觀測和計算值的斜率。散射法所得的降雨量隨著降雨的加大而增加。綜觀而論散射法是本研究中最佳的方法。Hollinger的多頻法的截距太大, 表示值很不穩定。T-star法只有在1994-08-29的個案中比較好, 在五個個案中我們選用十分鐘和六十分鐘兩種降雨觀測方式來比較都顯示散射法比較好。其中有兩個的斜率達0.98及0.99。取十分鐘的降雨再乘六以表示六十分鐘降雨, 在實際的天氣中可能有非連續性的降雨, 且降雨強度也不一致, 所以比較結果和六十分鐘的比較結果不同。

(1) 十分鐘的地面降雨率

相關性最大的是31-Aug-1994_2151Z, 這是由Hollinger的方法所做的, 斜率為0.77截距14mm/hr, 其次是用散射法的斜率0.70, 其截距較小為1.7mm/hr。颱風Gladys在三小時後登陸臺灣, 在當時也有相當大的降雨發生。其他四個時間也有類似的情形, 祇是相關性不那麼高。對於非均勻性的降雨, 將十分鐘的降雨延展到六十分鐘會造成雨量的高估, 而散射法有比較一致的傾向。

(2) 一小時地面降雨率

Hollinger及散射法使用同樣的頻道估計降雨但是Hollinger的方法在所有的個案中都高估13mm/hr以上, 這個方法在估算低降雨量時顯然不很理想。散射法在31-Aug-1994_2151Z的颱風Gladys中相關性最好。在我們修改部份係數後散射法整體來說都是比較好的。使用散射法在07-Aug-1994中為高估, 在31-Aug-1994中為低估。前者的颱風並未登陸臺灣僅通過臺灣東北部海域, 而後者則覆蓋了全臺灣地區雨量比較連續。因此散射法更是適合臺灣地區強對流及中尺度或大尺度的系統。特別是大雨時, 結果也都比T-star法好。因為雨雲會遮蔽低層的降雨而t-star法由22GHz的水汽頻道及37GHz作為降雨的指標, 但是水汽頻道不能反應出陸地上的水汽, 而且在臺灣全島的22GHz幾乎是均勻的所以在臺灣本島不能有效的反應實際的降雨量。但是T-star法在小的降雨率時卻有比較好的效果。例如在29-Aug-1994_0947Z的個案, 顯示出在非強對流系統時有比較好的估計值。當天的天氣是颱風尚遠, 因為地區性的不穩定天氣所產生的降雨。

來自地面的微波輻射是有極化性的, 當雨量增大時在衛星上觀測到的微波輻射的極化性會減低。所以使用PCT可以有效的區分出降雨的地區。如圖七所示。在陸地上降雨地區的PCT值小於278K, 比原作者(Spencer, 1989)所提出的閾值高一些。而在海上的閾值則變化比較大。PCT值以85GHz的結果比較好。

六、結論

在本研究中我們認為散射法是在臺灣地區比較好的雨量估計方法, 各個頻道都可以反應出降雨的特

性。地面的降雨觀測資料是隨時間和空間變化，尋找更合理的地面降雨資料的統計方法以配合衛星的特性是有必要的。PCT值非常適合用於識別降雨區的介定。微波的穿透雲層的特性是發展微波降雨量估計的新利器，但是統計法和物理反演法各有其利弊，仍然須要進一步的改進雨量估計的方法。T-star法若是針對臺灣地區的特性而予以改進仍然有可能有較好的結果。

七、參考文獻

- Alishouse, John C., Shelia A. Snyder, Jennifer Vongsathorn, and Ralph R. Ferraro, 1990, Determination of ocean total perceptible water, IEEE Trans. Geos. Remo. Sens., Vol.28, No.5
- Chang, A.T.C., and T.T. Wilheit, 1979, Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor, liquid water, and wind speed at the ocean surface by passive microwave techniques from the Nimbus 5 satellite, Radio Science, Vol 14, Num. 5, p793-802
- Jameson, A.R., 1991, A comparison of microwave technique for estimating rainfall, J.App. Meteo., Vol.30
- Kakar, Ramesh K., etc, 1984, A stastical Correlation Method for the Retrieval of Atmospheric Moisture Profiles by Microwave Radiometry, Journal of climate and Applied Meteorology, Vol.23, July
- Kumerow, Christian, 1994, A passive microwave technique for estimating rainfall vertical structure information from space, Part I: algorithm description, J. App. Meteo., Vol.33
- Petty, Grant W., Kristina B. Katsaros, 1990, Precipitation observed over the South China Sea by the Numbers-7 scanning multichannel microwave radiometer during winter MONEX, J.App.Meteo., Vol 29
- Petty, Grant W., and Kristina B. Katsaros, 1992, Numbus-7 SMMR precipitation observations calibrated against surface radar during TAMEX, J. Appl. Met., Vol.31
- Prabhakara, C., G. Dalu, G.L. Libertu, J.J. Nucciarone, R. Suhasini, 1992, Rainfall estimation over oceans from SMMR and SSM/I microwave data, J. Appl. Meteo., Vol.31
- Short, D.A., T. Kozu, and K. Nakamura, 1990 : Rainrate and raindrop size distribution observations in Darwin Australia. URSI Commission F Open Symposium on Regional Factors in Predicting Radiowave Attenuation Due to Rain Rio de Janeiro, Dec.3-7.
- Spencer, Roy W., 1986, A satellite passive 37-GHz scattering based method for measuring oceanic rain rates, J.Clim. Appl. Meteo., Vol.25, No.6
- Spencer, Roy W., 1989, Precipitation retrieval over land and ocean with the SSM/I: Identification and characteristics of the scattering signal, J. Atmos. & Ocean tech., Vol.6
- Weng, Fuzhong, Ralph R. Ferraro, and Norman C. Grody, 1994, Global precipitation estimations using Defense Meteorological satellite program F10 and F11 special sensor microwave imagery data, J. Geo. Res., Vol.99, D7, p14493-14502

A preliminary study of applying SSM/I data in rainfall estimation around Taiwan area

Kuang-Hwa Wang

Graduate student, Department of atmosphere physics

Gin-Rong Liu

Professor, Center of Space and Remote Sensing
National Central University, Chun-Li, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

Even Statistic method is always different case by case, but under acceptable accuracy it is a quick and easy method to estimate rainfall rate. Many algorithms of SSM/I were preprocessed and three reasonable algorithms were chose to make comparison. For there are non ground true over ocean, rainfall rate observation over land was selected as ground true. Base on channel 85.5Ghz and 22 Ghz 19Ghz, modified Scattering Index method is the best one in five summer typhoon cases at Taiwan area. During little rainfall rate it is difficult to estimate rainfall rate for microwave radiometer. But for heavy rainfall rate microwave sensor many algorithms has good estimated result. Microwave Polarization Corrected Temperature(PCT) difference can be used as raining area index. PCT over land is higher than over ocean.

Key words: SSM/I, Rainfall rate, regression method

表 1. 由地面微波輻射儀在中央大學遙測中心前量得的地面放射率。時間是 10-MAY-1995,[+] 表示增加的土壤含水量

地面形態	土壤含水量 (g/kg)	19.15 GHz		22.235 GHz		氣溫 (C)
		地面溫度(k)	放射率	地面溫度(k)	放射率	
短草	132.5	291.63	0.97	294.57	0.98	27.6
短草	+48.6	289.92	0.96	290.91	0.97	25.3
短草	+51.4	289.24	0.97	291.71	0.98	25.3
長草	132.5	294.35	0.99	294.57	0.99	25.2
長草	+49.7	290.61	0.98	291.44	0.98	23.7

表 2. 衛星估計的降雨量和地面觀測值的比較。表內表示的是斜率和截距。1 表示相關最佳。在 1/ 前方表示斜率後面的值表示截距。最好的個案以 # 標示。

Date	J.Hollinger method		Scatcing Method		T-star method	
	regres. slope/offset	10min*6	1 hour	10min*6	1 hour	10min*6
1994-08-07_2204Z	0.37/14.1	0.77/14.4	#0.27/3.5	#0.59/1.6	0.17/0.89	0.33/0.1
1994-08-09_2139Z	0.55/13.1	0.95/17.5	#0.46/0.1	#0.75/0.9	0.30/7.0	0.66/1.0
1994-08-14_2213Z	0.27/17.8	1.03/16.7	#0.47/5.3	#0.98/1.8	0.39/0.63	0.73/0.2
1994-08-29_0947Z	0.15/18.3	1.43/16.3	#0.18/6.6	1.51/0.3	0.12/3.5	#0.91/2.1
1994-08-31_2151Z	0.77/14.0	1.16/13.9	#0.70/1.5	#0.99/1.7	0.22/0.7	0.31/0.2

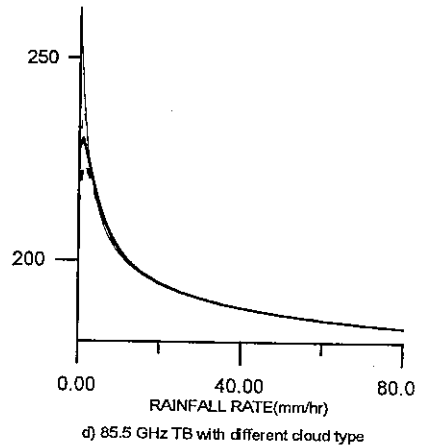
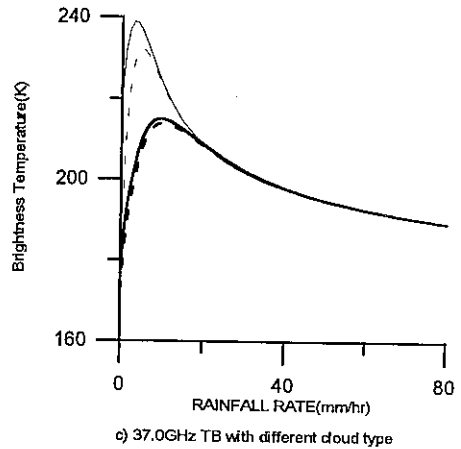
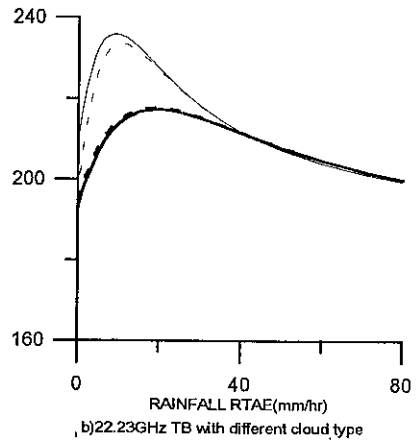
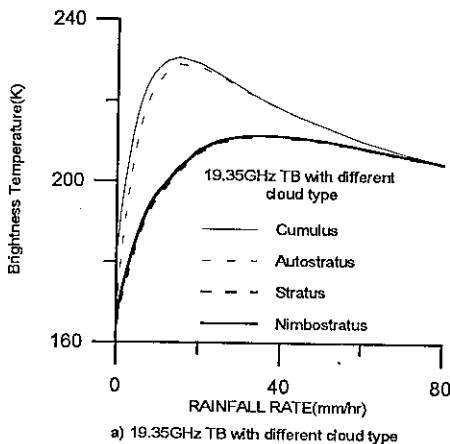


圖1. 在不同的雲層下，降雨量和SSM/I微波頻道的亮度溫度關係。細的實線表示積雲，細的虛線表示高層雲，厚的底線表示層雲，厚的實線表示雨層雲。

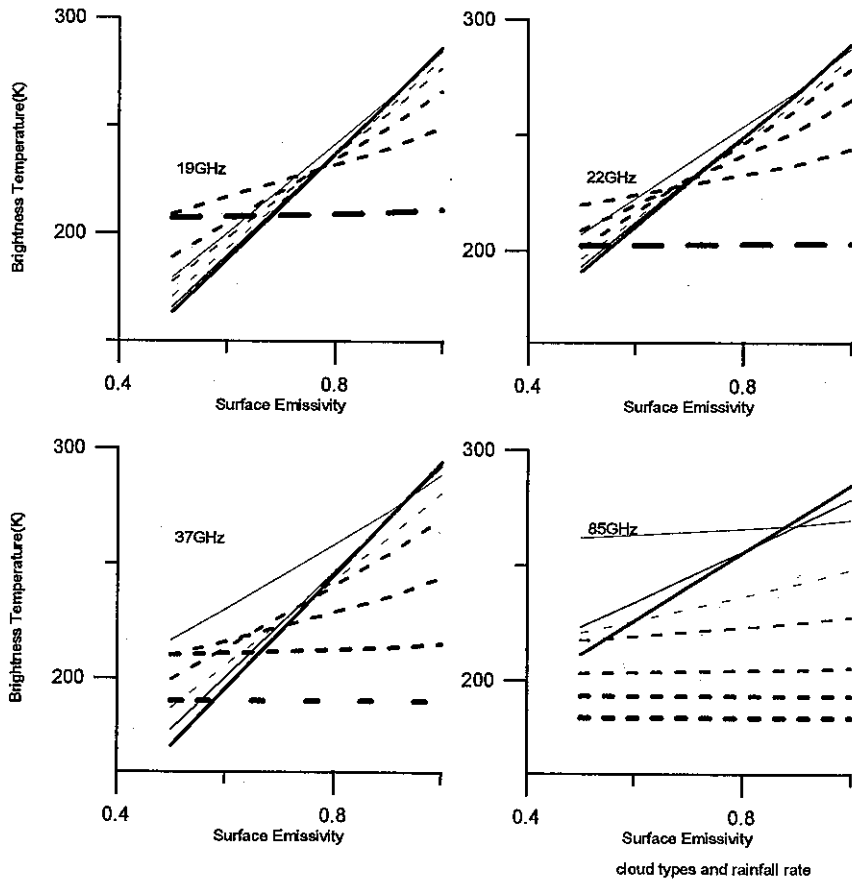


圖2. 地面的放射率和SSM/I頻道亮度溫度在不雲層和降雨量下的關係。

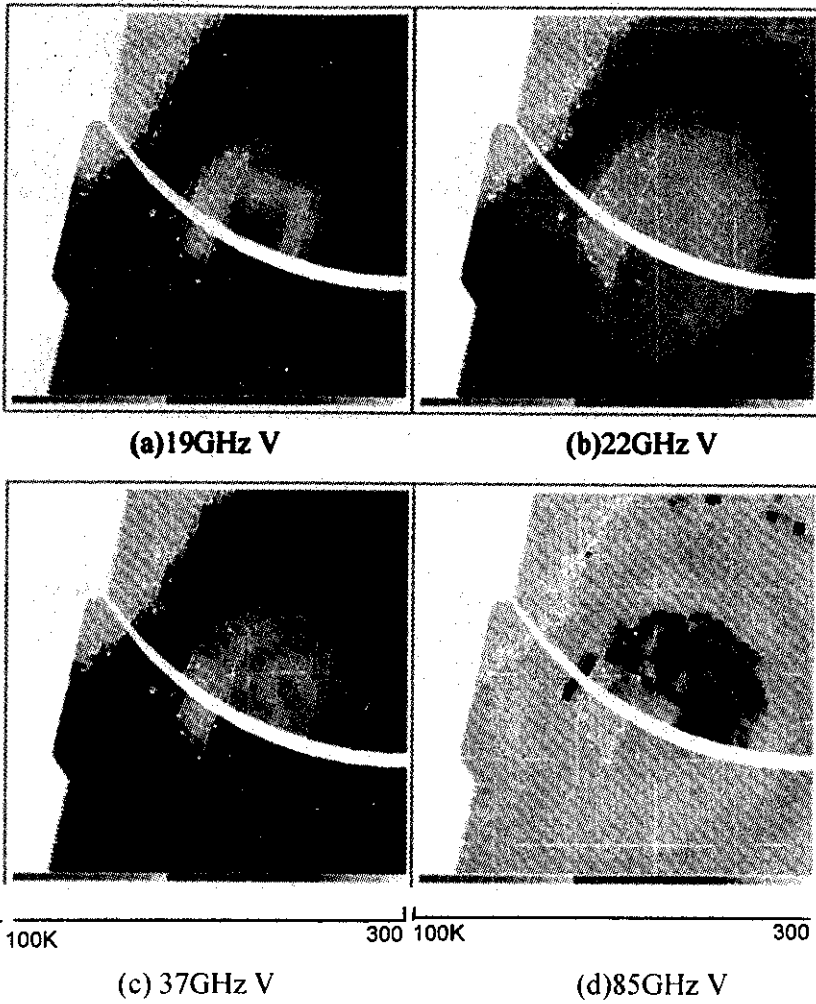


圖3. 1994-08-31_2151Z SSM/I 影像 a)19Ghz,b)22Ghz, c)37Ghz d)85Ghz.在(a)和(b)幾乎沒有降雨的差異性，但是高頻的影像就有明顯的差異性，下方的色帶表示不同的亮度溫度值。

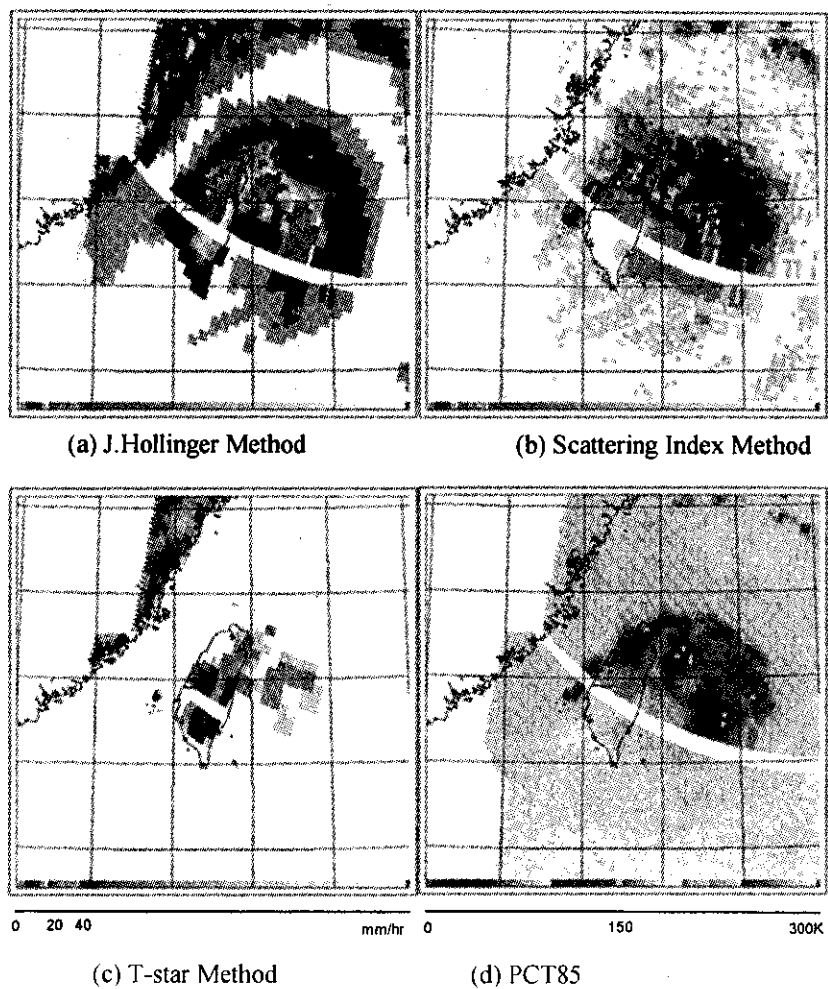


圖4. 在1994-08-31 2151Z 個案中使用三個不同的降雨量估算方法和PCT85方法結果的影像圖，圖中可以清楚的看到颱風的中心(b)及雨量分佈和降雨範圍(d)。

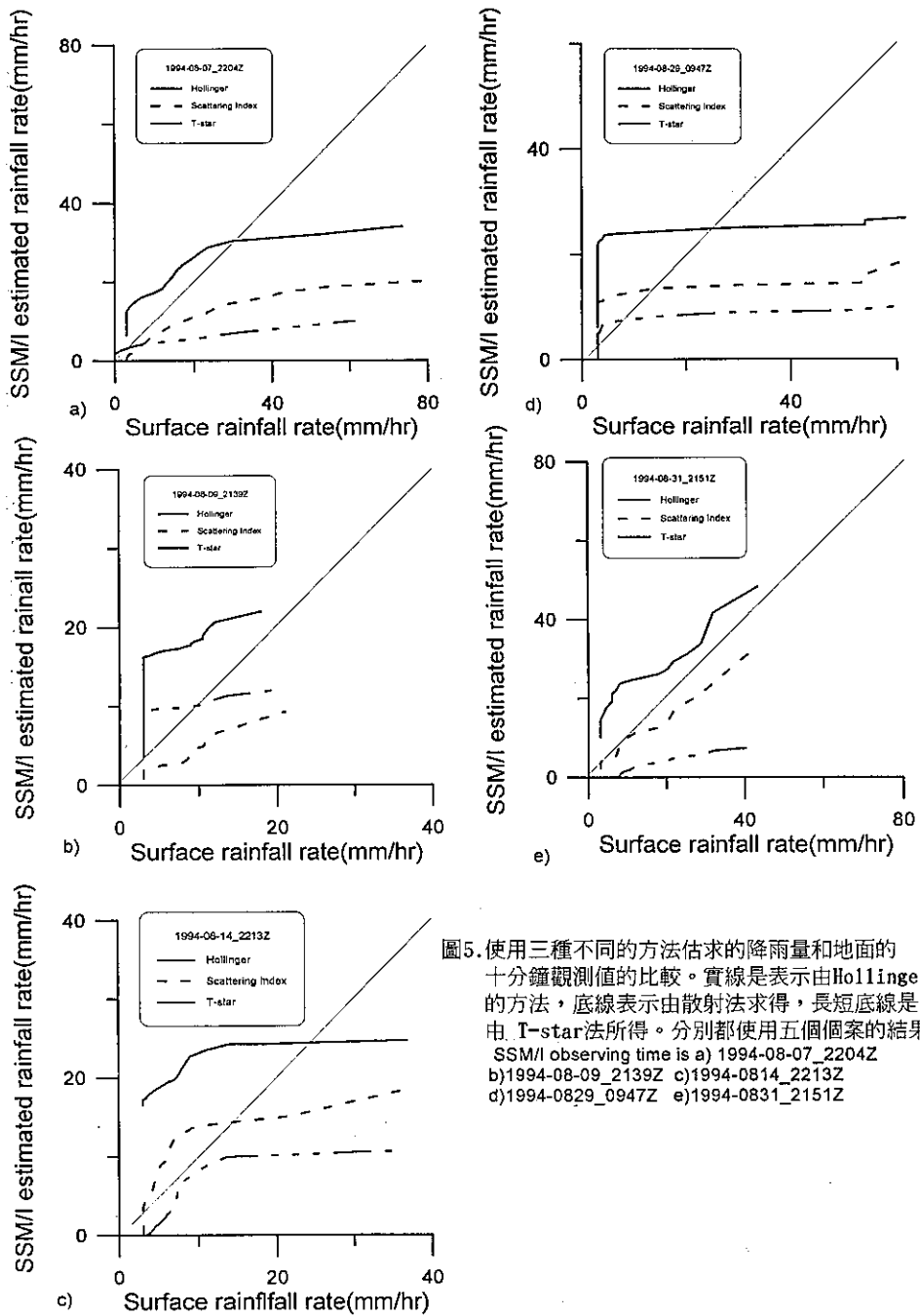


圖5. 使用三種不同的方法估求的降雨量和地面的十分鐘觀測值的比較。實線是表示由Hollinger的方法，底線表示由散射法求得，長短底線是由 T-star法所得。分別都使用五個個案的結果 SSM/I observing time is a) 1994-08-07_2204Z b) 1994-08-09_2139Z c) 1994-08-14_2213Z d) 1994-08-29_0947Z e) 1994-08-31_2151Z

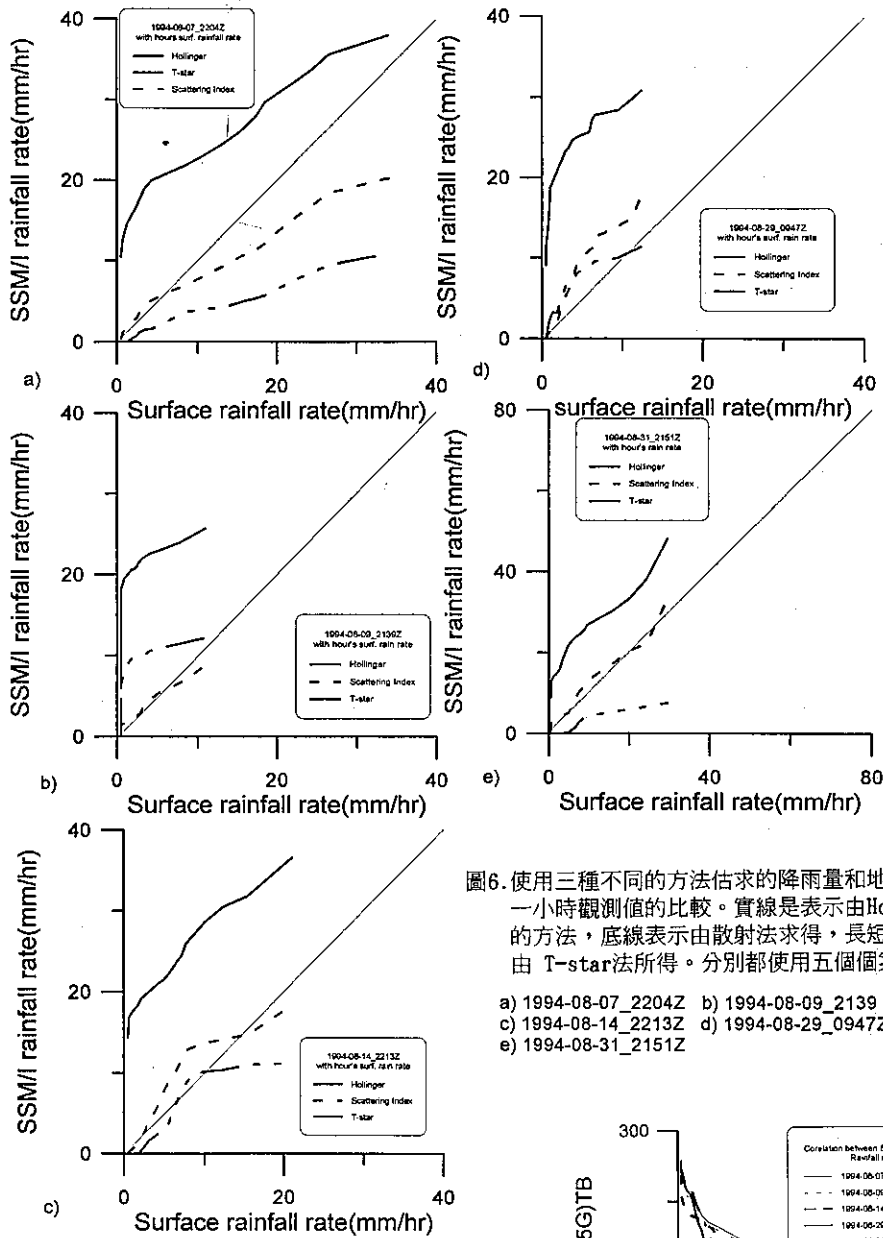


圖6. 使用三種不同的方法估求的降雨量和地面的一小時觀測值的比較。實線是表示由Hollinger的方法，底線表示由散射法求得，長短底線是由 T-star法所得。分別都使用五個個案的結果

- a) 1994-08-07_2204Z
- b) 1994-08-09_2139
- c) 1994-08-14_2213Z
- d) 1994-08-29_0947Z
- e) 1994-08-31_2151Z

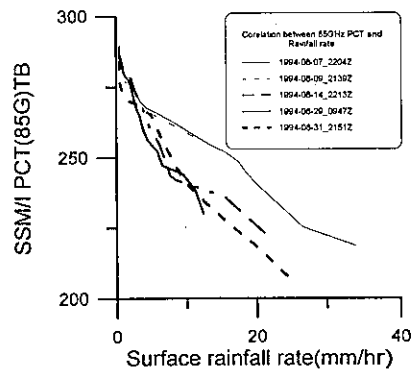


圖7. PCT85在五個個案中和降雨量的關係。由圖中可以明顯的知道閾值是225K。