

# 使用紅外線頻道與水氣頻道差改善同步衛星降雨量估算

魏曉萍<sup>1</sup> 趙俊傑<sup>2</sup> 葉克家<sup>3</sup> 劉振榮<sup>4</sup>

國家災害防救科技中心<sup>1</sup> 國立中央大學太空暨遙測中心<sup>2,4</sup> 國立交通大學土木工程學系<sup>3</sup>

## 摘要

中央氣象局及美國國家海洋與大氣總署(NOAA)利用同步衛星雲圖估算降雨已經有許多年的經驗，由於紅外線雲圖易受到卷雲的影響，將有高估降雨量的情形，因此單使用紅外線雲圖估算降雨必須非常小心。近年來衛星技術較成熟，普遍利用軌道氣象衛星的微波頻道估算降雨，可以得到不錯之結果，然而由於軌道氣象衛星的時間解析度較差，不及同步氣象衛星雲圖可以得到相當及時之氣象資訊，因此應用軌道氣象衛星的微波頻道監測颱風降雨時，有時間解析度方面之侷限性。近年，Olander and Velden (2009) 應用衛星遙測原理，利用紅外線頻道與水氣頻道差值以區分強對流區，得到不錯之效果，本文參考此方法，應用於降雨量估算之改善，將紅外線雲圖區分為對流與非對流區，並與雷達觀測資料作比對，以驗證此方法之可信度。之後，將此兩種不同之區域給不同之降雨估算式，以估算颱風降雨量，並與氣象局地面自動雨量觀測站相比較，可以增進單用紅外線降雨估算。

關鍵字：外線頻道、水氣頻道、降雨量、衛星遙測

## 一、前言

自1960年第一顆氣象衛星TIROS-I正式操作以來，氣象學家利用衛星頻道技術來推估降雨量。由於使用需求不斷的改變，衛星估計降水技術也不斷發展與突破，例如早期應用氣象衛星資料推估降雨量之研究，多使用可見光或紅外線雲圖，Barrett and Martin,(1981);D'Souza and Barrett (1988) 利用可見光及紅外線頻道發展出雲指標 (clouds indexing approach)、閾值方法(thresholding approach)和雲生命週期(life-history approach)三種方法來推估降雨量，但可見光頻道只能白天使用，且可見光與紅外線頻道只能提供雲頂特性，並非真實之降雨資訊，觀測到特性往往與雨量相關性較低，紅外線雲圖易受到卷雲的影響，將有高估降雨量的情形，因此單使用紅外線雲圖估算降雨必須非常小心，近年來衛星技術較熟，普遍利用軌道氣象衛星的微波頻道估算降雨，可以得到不錯之結果，Chui et al. (1990)、Hollinger (1989, 1991)、Adler et al. (1991)、Ferraro et al. (1997)、Kidder et al., (2005)等，使用微波頻道發展出降雨運算式。然而由於軌道氣象衛星的時間解析度較差，不及同步氣象衛星雲圖可以得到相當及時之氣象資訊，因此應用軌道氣象衛星的微波頻道監測颱風降雨時，有時間解析度方面之侷限性。鑑於不同頻道(可見光、紅外線與微波)有不同特性及優點，近幾年發展結合不同頻道資料，提高降雨估計精確度，Xu et al. (1999) 使用紅外線頻道及微波資料，定義紅外線在某一亮度溫度值為有雨/無雨的閾值，並以時間相接近的微波資料推估出降雨量來推求紅外線亮度溫度閾值，此方法推估無雨區域正確率為60%。Olander and Velden (2009)使用紅外線

與水氣頻道應用衛星遙測原理，利用紅外線頻道與水氣頻道差值以區分強對流區，得到不錯之效果，圖1為颱風斷面位置之紅外線與水氣頻道之分布圖，其中黃色線位置為颱風斷面範圍，藍色線為紅外線(IRW)之分布圖，紅色線為水氣頻道(WV)之分布圖。由圖1可觀察出，遠離TC中心水氣頻道值小於紅外線值，而在內部眼牆範圍水氣頻道值大於紅外線值，除了颱風眼中心。本文參考此方法，應用於降雨量估算之改善，將紅外線雲圖區分為對流與非對流區，並與雷達觀測資料作比對，以驗證此方法之可信度。之後，將此兩種不同之區域給不同之降雨估算式，以估算颱風降雨量，並與氣象局地面自動雨量觀測站相比較，可以增進單用紅外線降雨估算。

這技術關於水汽(WV)與紅外線(IRW)頻道之差值，該方法適用於同時有搭載水氣與紅外線頻道之地球同步衛星，可降低某些因素所引起的誤差，例如時間差或空間位置所引起之誤差，紅外線頻道為利用物體輻射強度，也就是雲頂的不同溫度得知雲層發展的高度;水氣頻道則是利用水氣對6.7微米的輻射吸收為最顯著的原理，分析大氣中與高層水氣分布狀況，在對流層晴空條件下時，水氣頻道亮溫值通常會比紅外線頻道低。熱帶氣旋內眼牆周圍的對流旺盛會使雲抬升至對流層頂使得雲頂亮溫值低於水氣頻道，因此可利用紅外線及水氣亮溫差(IR-WV<0)，來得知熱帶氣旋內對流區域範圍及其強弱。

## 二、研究資料收集與整理

本研究所使用紅外線資料為 MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) 衛星位於東經 140° 上空，分別為一個可見光頻道 VIS 頻道 (VIS: 0.55~0.75  $\mu\text{m}$ )、2個紅外線頻道 (IR1: 11.5~12.5  $\mu\text{m}$ , IR2: 6.5~7.0  $\mu\text{m}$ ) 及1個水氣頻道 (WV: 6.50~7.00  $\mu\text{m}$ )，另增加了短波紅外線窗區頻道 (Near IR: 3.5~4.0  $\mu\text{m}$ )。MTSAT 衛星可見光頻道空間解析度都均 1 公里，而紅外線頻道之空間解析度為 4 公里，MTSAT-1R 在台灣地區平時約一小時或 30 分鐘可以有一筆觀測資料。

由於本研究著重於颱風時期降雨量研究，因此進行資料下載時需先挑選颱風時期衛星資料，經由網站下載所得的原始資料，必須先經過解壓縮及資料轉換處理。由於網站下載所到衛星資料為較大區域資訊，但研究著重於台灣地區加上全球資訊量較為龐大，故先進行區域切割（北緯 20~26 度和東經 120~124 度）。

### 三、案例分析

本研究先依據莫拉克 (MORAKOT, 2009) 與凡那比 (2010) 颱風探討紅外線與水氣頻道對降雨量的關係。莫拉克颱風為 2009 年 8 月 4 日凌晨 02 時於恆春鵝鑾鼻東方 1500 公里海面生成，颱風中心於 7 日 23 時 50 分在花蓮市附近登陸。中央氣象局於 10 日 05 時解除海上陸上颱風警報。莫拉克颱風影響台灣期間，颱風總累積雨量的集中在嘉義與高屏山區。莫拉克期間觀測最高降雨量記錄是位於阿里山奮起湖站（氣象局站）總累積雨量高達 3060mm；高屏山區的御油山（高雄縣桃源鄉）總累積雨量亦高達 2823mm，尾寮山（屏東縣三地門鄉）總累積雨量也高達 2910mm。且莫拉克颱風造成全台死亡人數 620 人，失蹤 80 人。農林漁牧經濟損失高達 165 億元。圖 2(a) 至 (d) 為莫拉克颱風期間 2009 年 8 月 6 日凌晨零時的紅外線、水氣頻道、兩頻道差及雷達分佈圖。

圖 2(a) 紅外線雲圖及圖 3(b) 水氣頻道雲圖可以看出中南部、東部及其外海雲系之亮度溫度相當低，最低溫度低於 200K，而且兩種低於 200K 的雲圖的雲型很相似。從圖 3(c) 雷達回波圖亦可以看出降雨相當大，而從紅外線雲圖亮度溫度減去水氣頻道亮度溫度圖中可以看出相對於一大片的降雨區，相差值小於零度的區域亦相當大，小於 -2 度的區域則相對的少，呈現零星分布之狀態，這是因為對流區域中的強對流區域會比較少，而且普遍分布在整片的低亮度溫度區域中，而且從圖中可以將其分布再分為 2 區，第 1 區在臺灣中部外海之台灣東部外海地區，橫跨臺灣中南部及山區，從雷達圖之分布可以看出是颱風眼牆內環所造成。另 1 區分布在巴士海峽至臺灣東南部外海，橫跨台灣恆春及台東南部地區，此區域為颱風螺旋雨帶所造成。從兩個區域的分布比

較，第 2 區的區域比第 1 區大，尤其第 2 區台灣東南部外海之區域比其他地區大，可見得當地的對流比其他地區旺盛。但是從雷達圖上看起來，台灣東南部外海的回波值並沒有很高，可能是因為地形阻擋，雷達無法完整的掃描此強度流區。而整體而言，整個強對流區籠罩臺灣地區，而且持續的時間比較久，才會累積相當大的降雨，引發中南部各地的淹水及局部地區土石流。

從圖 3 氣象局 2009 年 8 月 9 日 0-2 時累積雨量圖，亦可分為兩個降雨較大之區域，一個是中部的山區，雨量最大值達 130 毫米，此區域亦是頻道差值最大之區域，另一個降雨較大區為台東縣南方，雨量最大值達 70 毫米，此區域亦是頻道差值最大之區域，而對於紅外線及水氣頻道雲圖則無法分辨，因此頻道差值可以用來幫助分辨降雨大值之區域，以增加降雨反演之準確率。

凡那比 (FANAPI, 2010) 於 9 月 19 日早上 8 時 40 分於花蓮縣豐濱鄉登陸，約 18 時 0 分自台南縣將軍鄉出海。高雄市降雨以楠梓區累計降雨量 618mm 最多，已逼近 200 年降雨頻率（連續 6 小時降雨逼近 600 mm。高雄縣岡山測站測得日雨量 867.5mm。前鎮區高雄氣象站 19 日單日降雨量為 426.5mm，瑪家鄉瑪家測站 19 日雨量 1079.5mm。中央災害應變中心統計凡那比並造成 2 人死亡，111 人受傷，收容 6172 人，1.6 萬人撤離；全台農、漁業損失逾 34 億 4300 萬元，圖 4(a) 至 (d) 為凡那比颱風 (2010/09/19/16:00) 紅外線、水氣頻道、兩頻道差及雷達分佈圖。

圖 4(a) 紅外線雲圖及圖 4(b) 水氣頻道雲圖可以看出中部、南部山區及海峽南部雲系之亮度溫度相當低，最低溫度低於 200K，而且兩種低於 200K 的雲圖的雲型很相似。從圖 4(c) 雷達回波圖亦可以看出降雨相當大，而從紅外線雲圖亮度溫度減去水氣頻道亮度溫度圖中可以看出相對於一大片的降雨區，相差值小於零度的區域亦相當大，小於 -2 度的區域則相對的少，呈現零星分布之狀態，這是因為對流區域中的強對流區域會比較少，而且普遍分布在整片的低亮度溫度區域中，而且從圖中可以將其分布再分為 2 區，第 1 區在臺灣中南部地區，並跨過南部山區至台東縣南部，從雷達圖之分布可以看出是颱風眼牆內環所造成。另 1 區分布在臺灣東部外海，此區域為颱風螺旋雨帶所造成。從兩個區域的分布比較，第 1 區的區域比第 2 區大，尤其第 1 區臺灣中南部區域比其他地區大，可見得當地的對流比其他地區旺盛。從雷達圖上看起來，台灣中南部的回波值亦相當高。而整體而言，整個強對流區籠罩臺灣地區，而且持續的時間比較久，才會累積相當大的降雨，引發南部各地的淹水。

從圖 5 氣象局 2010 年 9 月 20 日 0-2 時累積雨量圖，亦可分為兩個降雨較大之區域，一個是臺灣南部，雨量最大值達 70 毫米，此區域亦是頻道差值最大之

區域，另一個降雨較大區為台東縣南方，雨量最大值達70毫米，此區域亦是頻道差值最大之區域

#### 四、結論與建議

由於地球暖化驅勢明顯，極端降雨事件越來越多，因此對於極端降雨事件觀測的需求增加，受限於尺度因素，大尺度觀測無法成功地捕捉極端降雨事件位置。本研究採用紅外線頻道與水氣頻道差值以區分強對流區未來可融合微波資料以準確捕捉極端降雨區域，據此了解地球暖化造成極端降雨的情形。

由結果得知利用紅外線頻道與水氣頻道差值以區分強對流區，可得到不錯之效果。但受限於案例未來可增加案例，可更進一步釐清該方法之準確性。之後，可將強對流區與非強對流區兩種不同之區域給不同之降雨估算式，以估算颱風降雨量，並與氣象局地面自動雨量觀測站相比較，可以增進單用紅外線降雨估算。

#### 五、參考文獻

- Adler, R. F., Yeh, H-Y. M., Prasad, N., Tao, W. K., and Simpaon, J.,1991, "Microwave simulations of a tropical rainfall system with a three-dimension Cloud Model", *Journal Applied Meteorology*, 30,924-953.
- Barrett, E.C. and Martin, D.W. 1981.The Use of Satellite Data in Rainfall Monitoring. Academic Press, 340 pp.
- Chiu, L. S., North, G. R., Short, D. A., and McConnell, A., 1990,"Rain estimation from satellites : effect of finite field of view", *Journal of Geophysical Research*, 95, 2177-2185.
- D'Souza, G. and Barrett, E.C., A Comparative Study of Candidate Techniques for U.S. Heavy Rainfall Monitoring Operations Using Meteorological Satellite Data. 1988. Final Report to U.S. Department of Commerce: Cooperative Agreement No. NA86AA-H-RA001, Amendment No. 3, University of Bristol. pp. 39,
- Ferraro, R. R.,1997, "SSM/I derived global rainfall estimates for climatologically applications", *Journal Geophysical Research*, 102, 16715-16735.
- Hollinger, J. P., 1989,"DMSP special sensor microwave/imager calibration/ validation", Final Report, I, 55.
- Hollinger, J. P., 1991, "DMSP special sensor microwave/imager calibration/ validation", Final Report, II, 55.
- Kidder, S. Q. and co-authors, 2005, "The tropical rainfall potential (TRaP) Technique. Part I: Description and examples", *Weather and Forecasting*, 20, 456-464.
- Olander, T. L., and C. S. Velden, 2009, Tropical cyclone convection and intensity analysis using differenced infrared and water vapor imagery. *Wea. Forecasting*, 24, 1558-1572.
- Xu, L., Gao, X., Sorooshian, S., Arkin, P. A., and Imam, B., 1999, "A microwave infrared threshold technique to improve the Goes precipitation index", *Journal of Applied Meteorology*, 38,576-594.

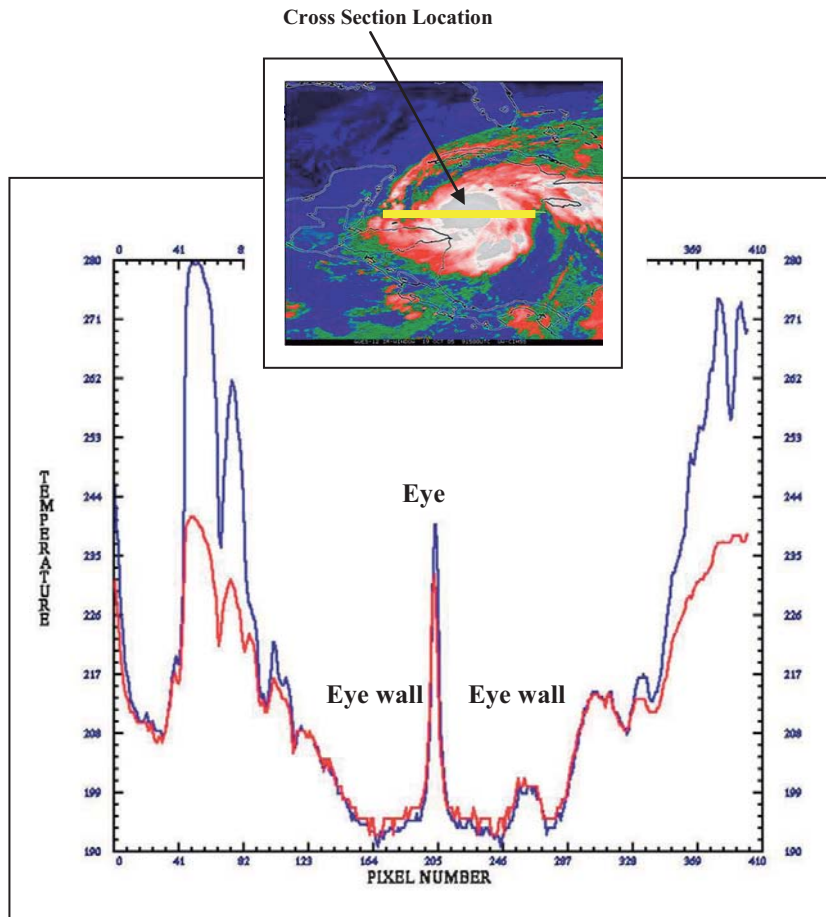


圖1 颱風斷面位置(黃色線)紅外線與水氣頻道之分布圖(Olander and Velden (2009))

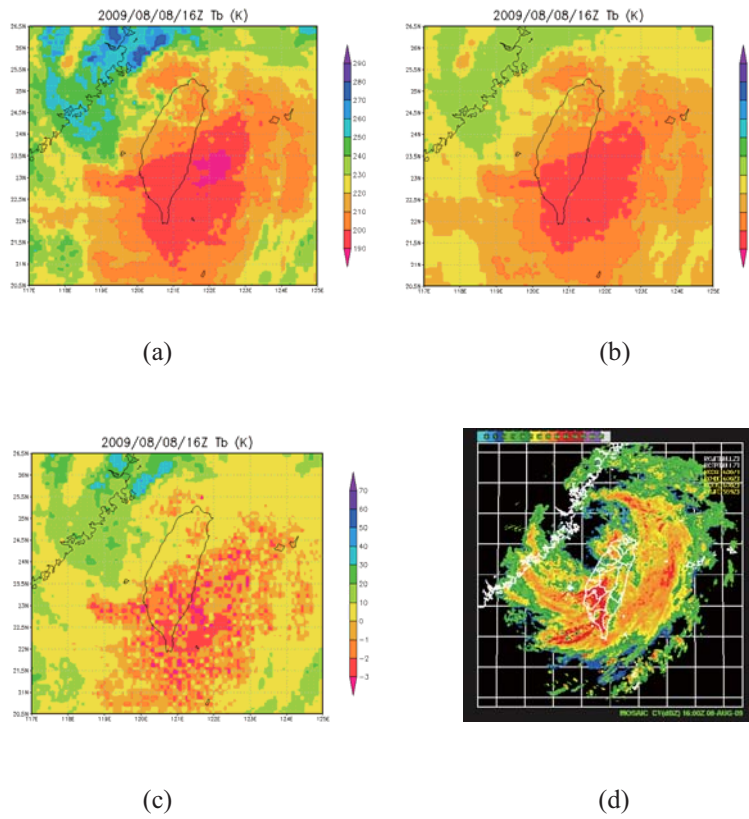


圖2 (a)(b)(c)(d)為莫拉克颱風(2009/08/08/16:00)之紅外線、水氣頻道、兩頻道差及雷達分佈圖

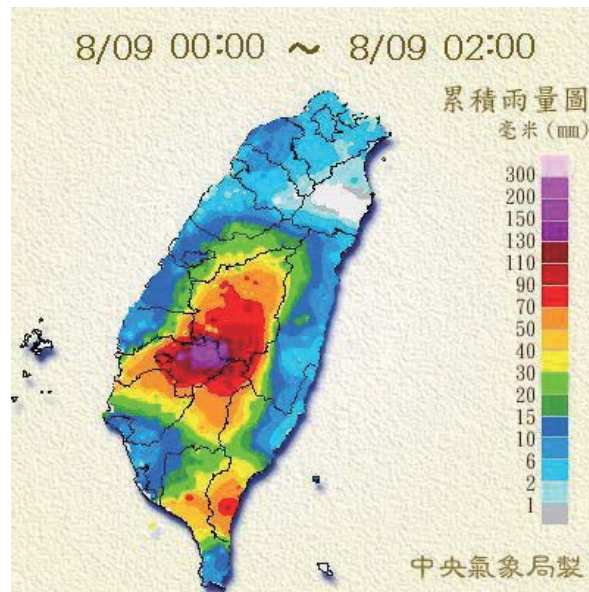


圖3 2009年8月9日0-2時中央氣象局自動雨量站累積雨量圖

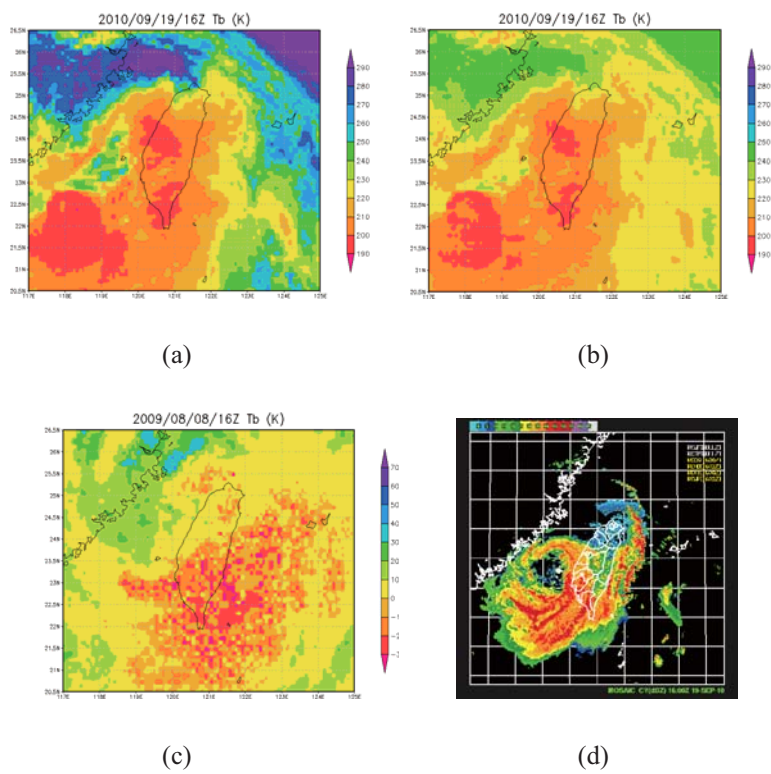


圖4 (a)(b)(c)(d)為凡那比颱風(2010/09/19/ 16:00)之紅外線、水氣頻道、兩頻道差及雷達分佈圖

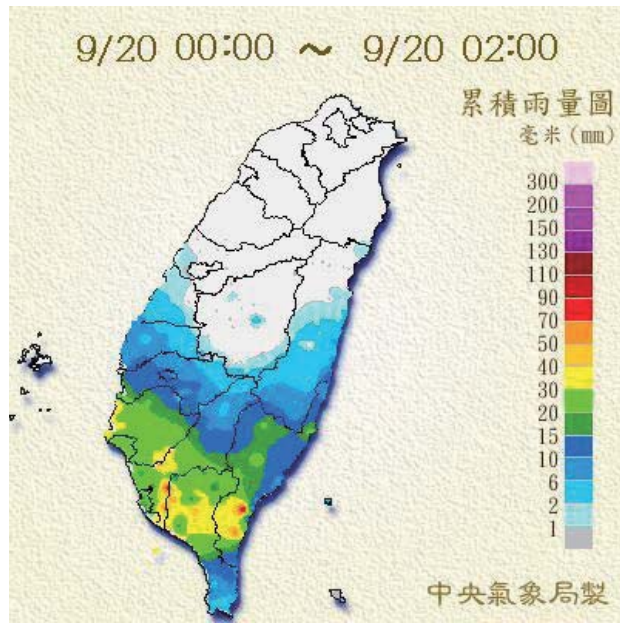


圖5 2010年9月20日0-2時中央氣象局自動雨量站累積雨量圖