

運用Himawari8衛星資料估算大氣水汽含量

胥立南
氣象衛星中心
中央氣象局

摘 要

由於 Himawari 8 衛星有 16 個頻道，其中，頻道 13、頻道 14 與頻道 15 是屬於大氣窗區 10~13 μm ，在此窗區水汽、臭氧與二氧化碳對日射或電磁波的吸收最少，並對水汽穿透度不同，故可產生不同迴歸方程式推估海溫、地表溫度與大氣水汽含量等，本研究也採用 Chesters et al.(1987)、武永利等(2013)之演算式估算水汽含量，一般估算大氣水汽含量須排除雲、水，也就是在晴空底下反演大氣水汽含量，且與 RSS(Remote Sensing Systems) SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager)所反演的水汽比較。

關鍵字: Himawari 8、SSM/I

一、前言

通常大氣中水汽含量在對流層近地面與海面較豐富，隨著高度逐漸減少，故當低對流層氣流產生幅合且舉升，空氣塊飽和，水汽凝結成水滴，在高空形成雲，當降落至地面則為雨滴；當大氣環境水汽含量較多時，則較易下雨；反之則不易下雨。臺灣地處亞熱帶及西太平洋地區，春、夏、秋、冬皆有不同的天氣型態造成降雨，如春雨是冬天殘餘留滯的鋒面系統所造成，夏季則為熱帶低壓、颱風與西南氣流，經常會有豪大雨出現，秋天則為微弱東北季風與秋颱造成降雨，至冬季則為東北季風，在北部因迎風面氣流被舉升，故易降雨，南部背風面氣流下沉往往是好天氣。

二、資料來源與處理

運用氣象局氣象衛星中心接收的 Himawari8 之 channel 3、channel 13、channel 14 與 channel 15，紅外線星下點的解析度是 2km，可見光星下點解析度是 500m；估算範圍緯度為 21.48 至 26.72N，經度為 117.78 至 123.52E，另取一較大範圍，緯度為 0.243S 至 50.4868N，經度為 99.6345 至 150.365E。也從 ftp.ssmi.com 下載 Windsat 與 DMSP(Defence Meteorological Satellite Program)_F18 資料以利與 Himawari8 資料做比對。

三、計算方法

水汽(滴)是吸收日射最強的介質，且到處都是吸收帶，主要吸收帶處於可見與紅外光的紅光部分，因水對紅外線有極大的影響。可由兩個位於大氣窗區的相鄰頻道受大氣中水汽影響而衰減(attenuation)的程度不同，故可藉此差異來估算大氣中之水汽，如以下之公式 (Chesters et al., 1987; 唐仁茂等,2010; 武永利等,2013)：

$$w = \frac{1}{0.095} \left[(\cos \theta \cdot \ln \frac{T_1 - T_a}{T_2 - T_a}) - 0.025 \right]$$

-----(1)

其中 $\cos\theta$ 為太陽天頂角， T_1 、 T_2 分別為 Himawari 8 第 13 及 15 紅外線頻道亮溫($^{\circ}\text{K}$)， $T_a = T_2 - 2.2$ 為地表溫度($^{\circ}\text{K}$)，水汽單位為 g/cm^2 。

$$w = 214.82555 * \text{vis}3 + 6.97216 * (\text{ch}14 - \text{ch}15) - 6.94939 \text{ -----(2)}$$

$$w = 214.82555 * \text{vis}3 + 6.97216 * (\text{ch}13 - \text{ch}15) - 6.94939 \text{ -----(3)}$$

其中： $\text{vis}3$ 為頻道3可見光反射率，13、14與15頻道為分裂窗區亮溫值，水汽單位為 mm 。

四、濾雲方法

方法(一)：

Daytime濾雲條件:

1. $(ch7-ch14) \geq 0^{\circ}C$ and $(ch7-ch15) \leq 10^{\circ}C$ and $(ch14-ch15) < 5^{\circ}C$ ->無雲；反之有雲
2. $(ch13 < -3.5^{\circ}C$ or $ch3 > 0.05)$ ->有雲
(Hye-Jin Woo et al. 2018)
3. $(ch13 \leq 20^{\circ}C$ and $(ch13-ch14) > (0.0032*(ch13)^2 + 0.0996*ch13 + 1.6071)$ -> thin cirrus
(Hye-Jin Woo et al. 2018)
4. $(ch13 > 20^{\circ}C$ and $(ch13-ch14) > 6^{\circ}C)$ -> thin cirrus
(Hye-Jin Woo et al. 2018)

Nighttime濾雲條件:

1. $((ch7-ch14) \geq 0^{\circ}C$ and $(ch7-ch14) \leq 5^{\circ}C$ and $(ch14-ch15) > -0.6^{\circ}C)$ ->無雲；反之有雲
2. $(ch7-ch14) < \exp(-9.375 + 0.0342*ch13)$ ->有雲
(Hye-Jin Woo et al. 2018)
3. $(ch13 < -3.5^{\circ}C)$ ->有雲
(Hye-Jin Woo et al. 2018)

方法(二)：

另以緯度為基底之迴歸濾雲判別式：

Daytime and Nighttime:

$Ch13 < -0.01*latitude^2 + 20.5^{\circ}c$ -> 有雲

latitude:地理緯度

(Shuichi Tanahashi et al., 1999)

五、結論與討論

大氣水汽含量通常是選擇晴天或濾雲後來估算，故如圖 1(a)為 2020 年 7 月 9 日 01 時(LST)之亮溫值，經由方法(一)濾雲，圖 1(b)是以公式 3，頻道 13 與 15 之紅外線估算，圖 1c 是以公式 2 頻道 14 與 15 之紅外線估算 1 小時大氣水汽，僅有右下角與恆春半島有些水汽。圖 2a(頻道 14、15)、圖 2b(頻道 13、15)分別以

公式 2 及公式 3 估算 1 天平均大氣水汽含量，另圖 2c 為 Windsat 1 天平均大氣水汽含量，其水汽分佈似乎與圖 2a、圖 2b 趨勢約略一致。

若以緯度為基底之迴歸方程當濾雲判別式方法(二)，圖 3a 與圖 3b 為 1 小時大氣中水汽含量，結果在臺灣東南方及右下角有些水汽，比圖 1a 與圖 1b 方法(一)稍多。另圖 4a 與 4b 為 1 天平均水汽含量分佈也較圖 2a 與 2b 為多。其中，圖 5a 與圖 5b 均使用公式 1，且分別用濾雲方法二及方法一估計水汽含量，兩者水汽分佈趨勢與圖 2c 約略一致，不過，圖 5a 右上角之水汽較圖 5b 稍高，但圖 5b 水汽似乎較圖 5a 分佈稍廣。

如將濾雲兩種方法一起使用，圖 6a 與 6b 顯示估計之水汽會更少，但圖 6a 水汽分佈較圖 6b 多。當完全不濾雲，儘量找晴空的情況，從圖 7 顯示水汽分佈以海面最多，其次是地面，山區最少；似乎與大氣中水汽分佈約略相同。另取西太平洋較大區域，並無濾雲且較晴空之狀態，如圖 8a 為 Himawari 8 與圖 8b 之 DMSP(Defence Meteorological Satellite Program)_f18 所估算水汽，顯示整個西太平洋低緯度水汽較中高緯度為豐，再把圖 8a 分成白天圖 8c 與晚上圖 8d 均顯示臺灣山區水汽均比地面少，海面水汽是較多。

是故，臺灣在夏季吹西南季風時，常會給中南部帶豐沛的水汽，導致大量降雨，若臺灣南方有熱帶性低壓生成，更易導引西南氣流北上，造成嚴重的水患，因此，衛星資料在水汽的估計、監測與佐證往是不可或缺的。

參考文獻

- D. Chesters, W. D. Robinson, and L. W. Uccellini, "Optimized retrievals of precipitable water from the VAS 'split windows'", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, vol. 26, pp. 1059–1066, 1987
- Hye-Jin Woo, Kyung-Ae Park, 2018: "Surface Temperature Retrieval from the First Korean Geostationary Satellite COMS Data: Validation and Error Assessment", *Remote Sens.* 2014, 35, 4452–4466.
- Shuichi Tanahashi, Hiroshi Kawamura, 1999: "Improved Estimates of Wide-Ranging Sea Surface Temperature from GMS S-VISSR Data", *Journal of Oceanography*, Vol. 56, pp. 345 to 358, 2000
- 武永利, 相棟, 2013: "FY2 号气象衛星估算地面太阳辐射研究", *自然資源學報*, Vol. 28 No. 12

唐仁茂,陈英英,叶建元,2010:”探空、地面及卫星资料反演水汽含量的比较,气象科学”, 30(3): 373-377

1a

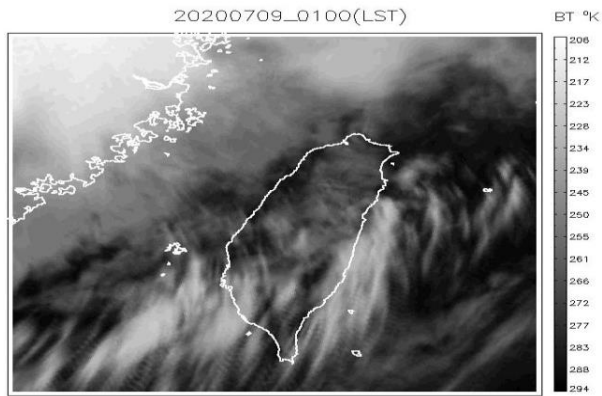
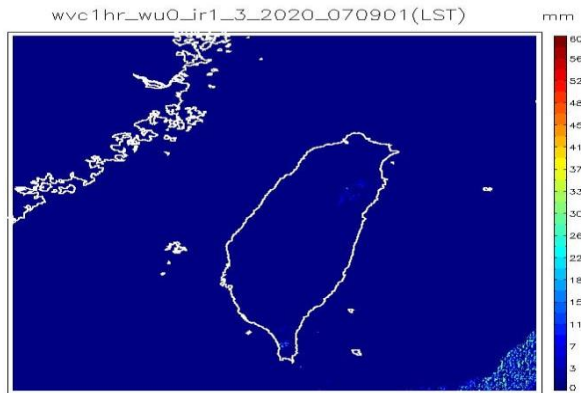


圖 1a 2020 年 7 月 9 日 01 時(LST)之亮溫值(°K)

1b



1c

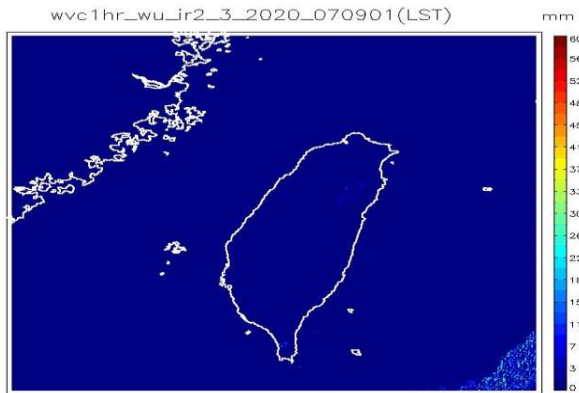
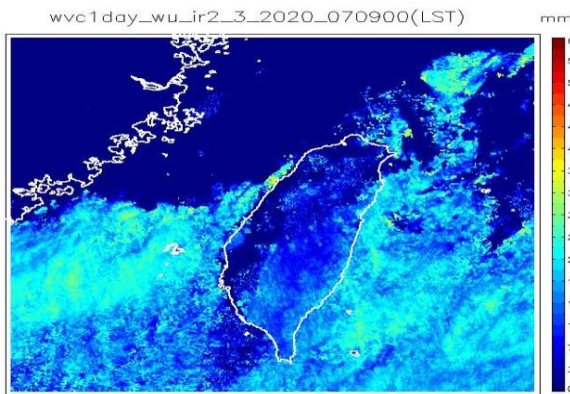


圖 1b、圖 1c 分別是頻道 13_15(ir1_3)、頻道 14_15(ir2_3)為 1 小時所估算大氣水汽含量(mm)

2a



2b

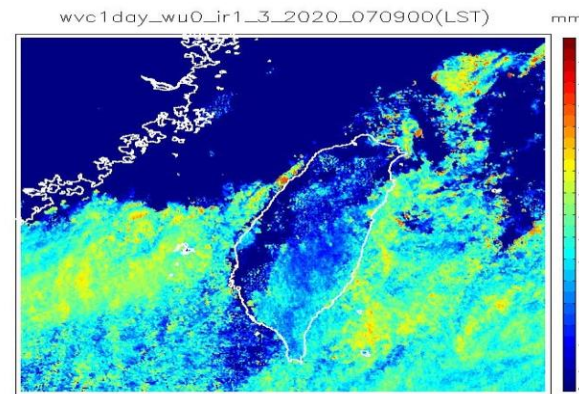


圖 2a(頻道 14_15)、圖 2b(頻道 13_15)分別利用公式 2 及公式 3 估算 1 天平均大氣水汽含量(mm)

2C

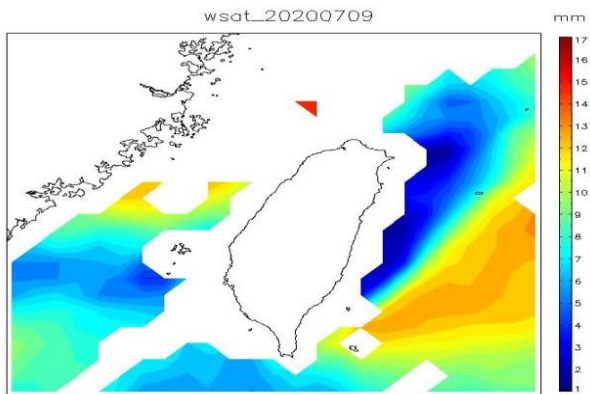
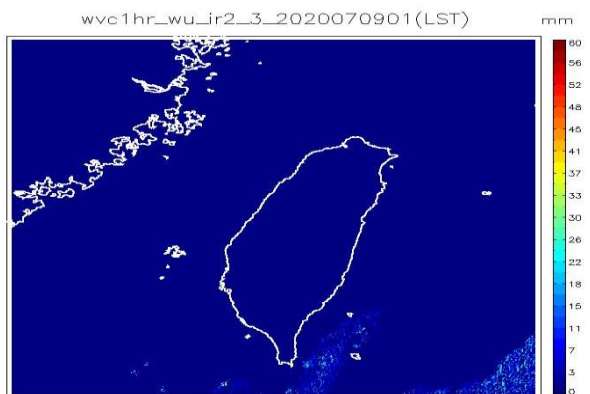


圖 2c 為 20200709 Windsat 之 1 天平均之水汽含量(mm)

3a



3b

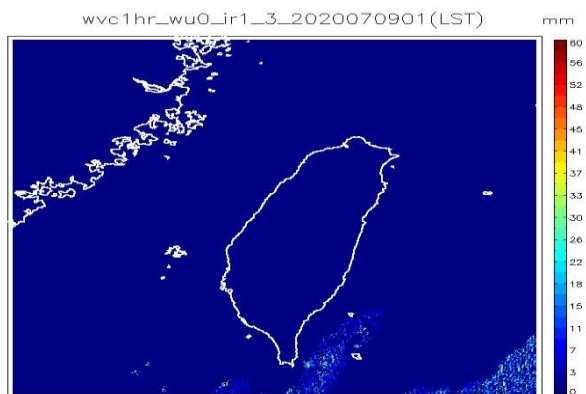
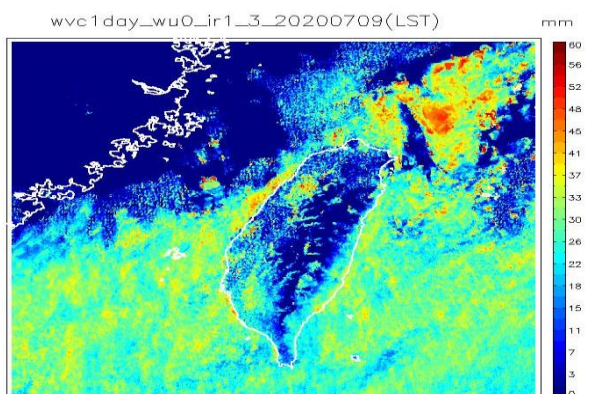


圖 3a、圖 3b 以緯度為基底之迴歸方程當濾雲判別式(方法二)估算 1 小時大氣中水汽含量(mm)

4a



4b

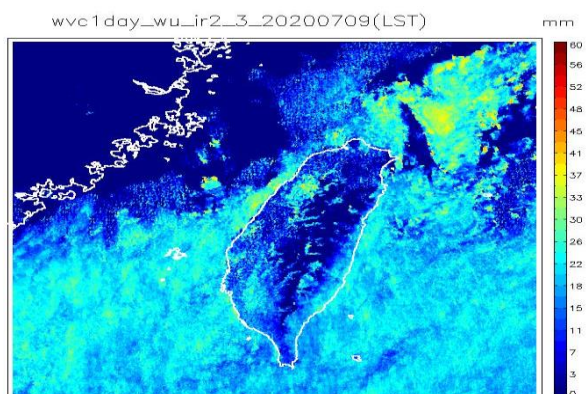
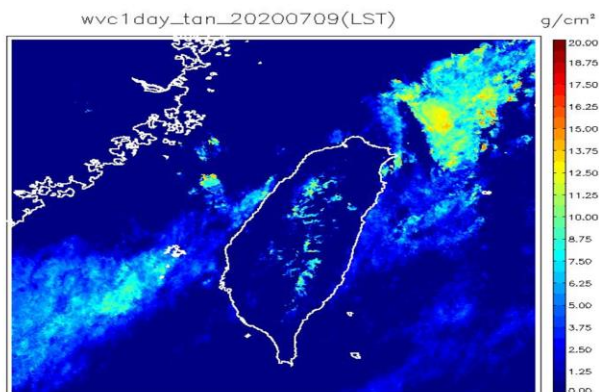


圖 4a(頻道 13_15)、圖 4b(頻道 14_15)估算 1 天平均大氣水汽含量(mm)

5a



5b

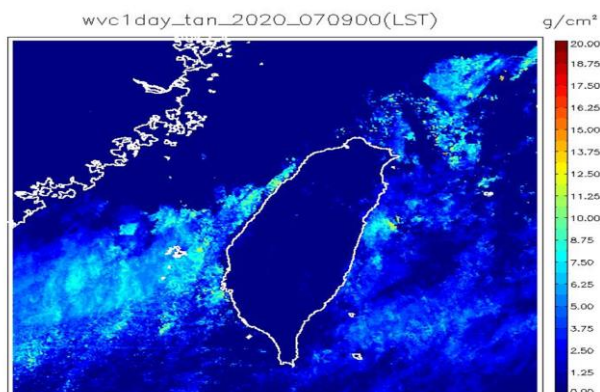
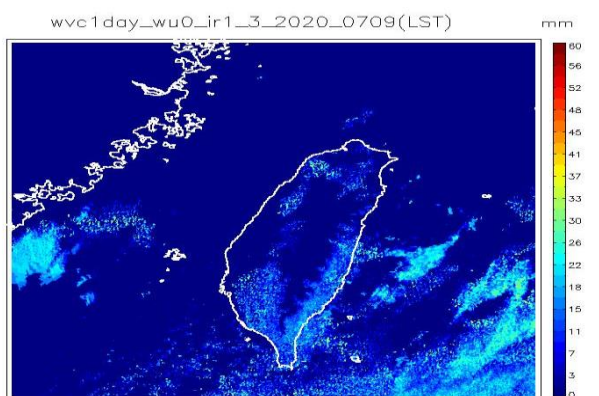


圖 5(a)、圖 5(b)均使用公式 1，且分別用濾雲方法二及方法一估計水汽含量(g/cm²)

6a



6b

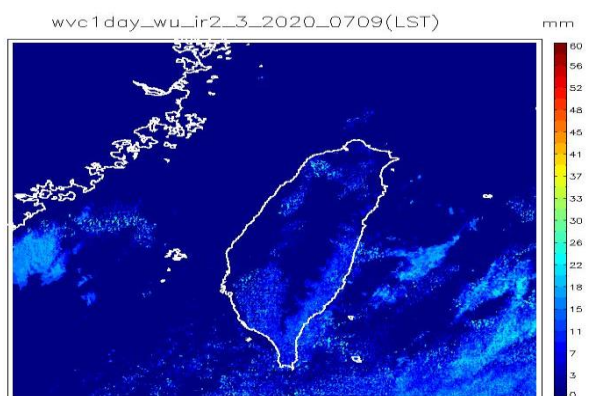


圖 6(a)、6(b) 將兩種濾雲方法一起使用所顯示之水汽估計(mm)

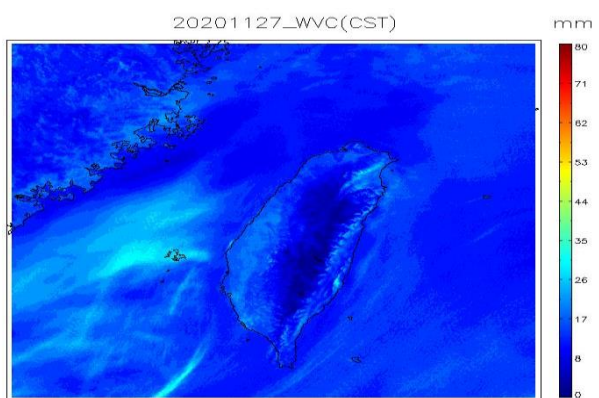
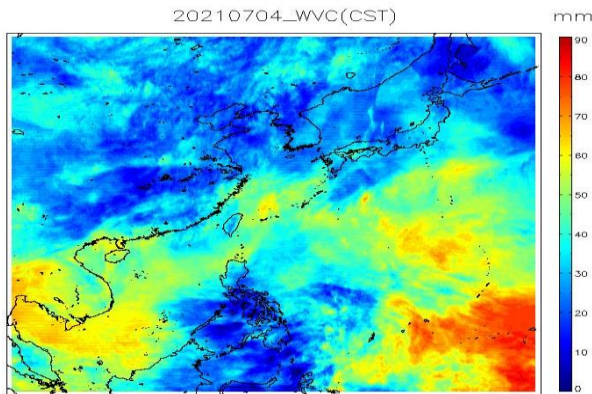


圖 7 為 2020 年 11 月 27 於較晴空無濾雲狀態下一天平均所估計的水汽含量(mm)

8a



8b

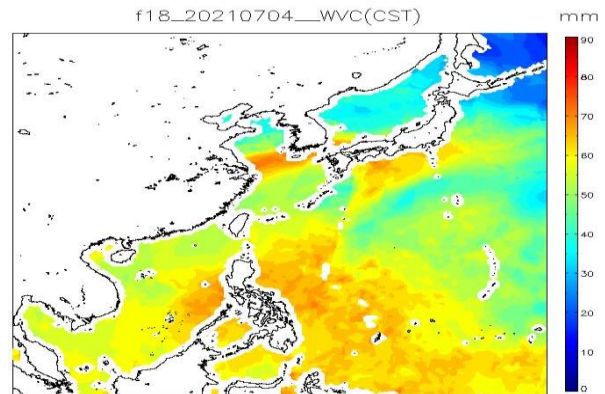
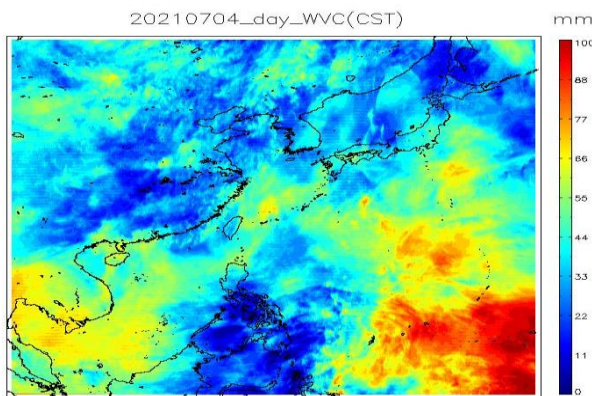


圖 8(a) Himawari 8 於較晴空無濾雲狀態下及圖 8(b)DMSP(Defence Meteorological Satellite Program)_f18 為較大區域 1 天平均大氣水汽含量(mm)

8c



8d

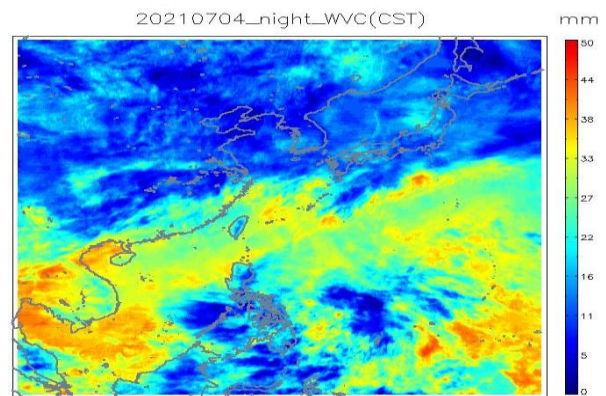


圖 8(c)、圖 8(d) 是 2021 年 7 月 4 日在較晴空無濾雲狀態下，分別為白天和晚上之平均大氣水汽含量(mm)

Using Himawari 8 satellite data estimate atmospheric water vapor content

Shee L.-N.

Meteorological Satellite Center, Central Weather Bureau

Abstract

Because Himawari 8 satellite has 16 channels, channel 13, channel 14 and channel 15 belong to the atmospheric window area $10\sim 13\mu\text{m}$, in this window area water vapor, ozone and carbon dioxide absorb the least solar radiation or electromagnetic waves, and penetrate water vapor. Therefore, different regression equations can be generated to estimate sea temperature, surface temperature and atmospheric water vapor content. This study also uses the calculation formula of Chesters et al.(1987)、Wu Yongli et al.(2013) to estimate water vapor content. Generally, atmospheric water vapor is estimated must exclude clouds and water, that is, the atmospheric water vapor content is retrieved under a clear sky and compared with the water vapor retrieved by RSS(Remote Sensing Systems) SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager)。

Key words: Himawari 8、SSM/I

