

ALOS PRISM 衛星大氣輻射校正

李國光 劉振榮 林唐煌
國立中央大學太空及遙測研究中心

摘要

人類製造的空氣污染造成全球大氣暖化情況問題相當嚴重，此日益嚴重現象已引起科學家們重視。大氣穿透率是大氣混濁度的指標 (Ångström, 1929)，本文引用日本 ALOS 衛星搭載的 PRISM (JAXA, 2006) 立體對資料，計算衛星通過時的大氣穿透率。

依大氣輻射傳遞原理推得多視角影像大氣校正法計算穿透率。多視角影像大氣校正法計算的穿透率與 MODTRAN4 或 sun photometer 計算結果相比較，雖然高低反照率物種間計算結果差異頗大，但研究顯示高反照率物種若與 sun photometer 測站相近，則其穿透率與 sun photometer 計算值相近。因此，本研究方法適合高反照率物種穿透率的計算，低反照率物種則需進一步校正。

一、前言

科技的進步雖然帶給人類生活的便利，但相對的地球環境也因此遭受相當嚴重的破壞，每年有數以萬噸的污染物排放至地球大氣，結果造成地球暖化與冰山溶解，然而這些空氣中微小的懸浮粒子對我們身體影響更是不可忽略 (Pope et al., 1995)。因此，為了整個地球生態與人類健康，對於環境的監控已經是刻不容緩。然而，全球密集建置地面監測站是不可行的，尤其是人煙稀少的高山與海洋更是不可能。此時，衛星觀測資料就扮演環境災害監測重要腳色 (Kaufman et al., 1990)，以彌補地面觀測的不足。

二、研究方法

地球大氣無時無刻都在變化，如果衛星對於某一地點觀測時間間距相當短，在這種條件下，觀測當時大氣變化可忽略。此時，衛星觀測地面某點的輻射強度差異是出自於不同觀測入射角 (圖 1)，則輻射傳遞方程式可寫成 (1) 式。

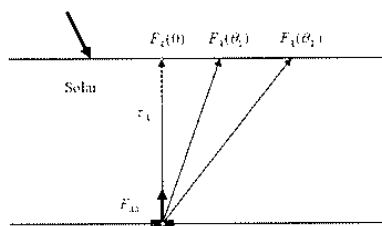


圖 1 衛星觀測示意圖

$$F_{\lambda}(\theta_1) = F_{\lambda 0} * \tau_{\lambda}^{m_1} + F_{\lambda D} \quad (1)$$

λ : wavelength

$F_{\lambda}(\theta_1)$: radiance at θ_1

$F_{\lambda 0}$: radiance reflected by the surface

τ : transmittance

$F_{\lambda D}$: path radiance

θ : incidence angle

(2) 及 (3) 式表示不同入射角的輻射強度，(4) 式

為穿透率的計算公式。

$$F_{\lambda}(\theta_1) = F_{\lambda 0} * \tau_{\lambda}^{m_1} + F_{\lambda D1} \quad (2)$$

$$F_{\lambda}(\theta_2) = F_{\lambda 0} * \tau_{\lambda}^{m_2} + F_{\lambda D2} \quad (3)$$

$$m_1 = \sec(\theta_1), \quad m_2 = \sec(\theta_2)$$

解穿透率 τ ，

$$\tau = \exp\left(\frac{1}{(m_1 - m_2)} \ln\left(\frac{F_{\lambda}(\theta_1) - F_{\lambda D1}}{F_{\lambda}(\theta_2) - F_{\lambda D2}}\right)\right) \quad (4)$$

三、研究資料

本研究使用 2006.10.18 02:39Z ALOS PRISM 新竹與桃園地區觀測資料。PRISM (波長 0.52~0.77 μm) 具有三個獨立光學系統分別向前 (Forward)、向下 (Nadir) 及向後 (Backward) 觀測，可拍攝同軌立體對影像，解析度為 2.5x2.5 公尺。因為衛星觀測角度與太陽方位角關係，向後觀測輻射強度往往大於向下輻射強度，形成不合理的穿透率計算結果，所以本研究只選用向前及向下觀測資料進行穿透率計算。另外，也利用當日 00z 板橋探空資料代入 MODTRAN4 程式計算穿透率。利用中央大學的 sun photometer 觀測資料計算 PRISM 頻段之 AOD (Aerosol Optical Depth) 值與大氣穿透率，以提供 MODTRAN4 計算時所需輸入的能見度 (50km)，此能見度值與 Liang et al. (2002) 在晴空條件下之假設結果相同。穿透率計算流程如圖 2。

公式 (4) 中漫射輻射強度 $F_{\lambda D1}$ (入射角 1.2°) 與 $F_{\lambda D2}$ (入射角 26.5°) 為未知，此兩項可由

MODTRAN4 計算的整體輻射強度求得 (圖 3)。將衛星觀測輻射強度視為 MODTRAN4 計算的整體輻射強度，經由整體輻射強度迴歸方程式可推得物種的反照率 (albedo)，由物種反照率經漫射輻射迴歸方程式求出漫射輻射強度，圖 3 及圖 4 為入射角 1.2° 及 26.5° 的輻射強度迴歸方程式。

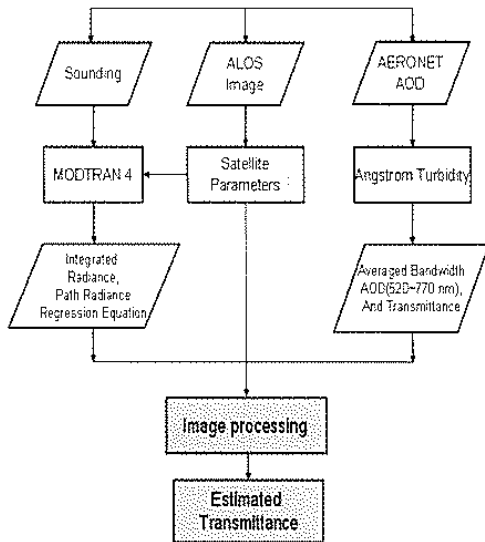


圖 2 大氣穿透率計算流程

四、結果分析

衛星影像中包含許許多多的物種，各個物種反照率都不盡相同，而且反照率會隨季節、太陽位置與衛星觀測角度不同而變化。因此，必須選擇多樣物種分別計算穿透率。本研究根據 Iqbal (1983) 公式，計算 sun photometer 觀測資料於入射角 1.2° 及 26.5° 的穿透率為 0.7476 與 0.725；MODTRAN4 計算入射角 1.2° 及 26.5° 穿透率為 0.8246 與 0.8067，兩者之間有些差距，但 sun photometer 為實際大氣觀測，計算結果應較 MODTRAN4 計算符合當時大氣狀況。

圖 5 為新竹地區計算結果，低反照率物種，如稻田、灌木 (樹林)、運動場等物種，其穿透率明顯偏低，約 0.3 以下；高反照率的屋頂雖有較佳的穿透率約 0.45~0.82，但其間差異仍大。未標明物種的點表示無法由衛星照片中辨別。圖中最上兩條橫線分別為 MODTRAN4 1.2° 及 26.5° 計算的穿透率，次兩條橫線則是 sun photometer 計算結果。

為了分析視窗大小對於穿透率計算的影響，研究中分別計算視窗 10×10 、 20×20 、 30×30 、 40×40 及 50×50 的穿透率 (圖 6)，圖中顯示，除屋頂因位沒有較大視窗條件 (20×20 以上) 外，其餘物種受視窗大小改變而改變穿透率的計算結果並不明顯。因此，只要選擇

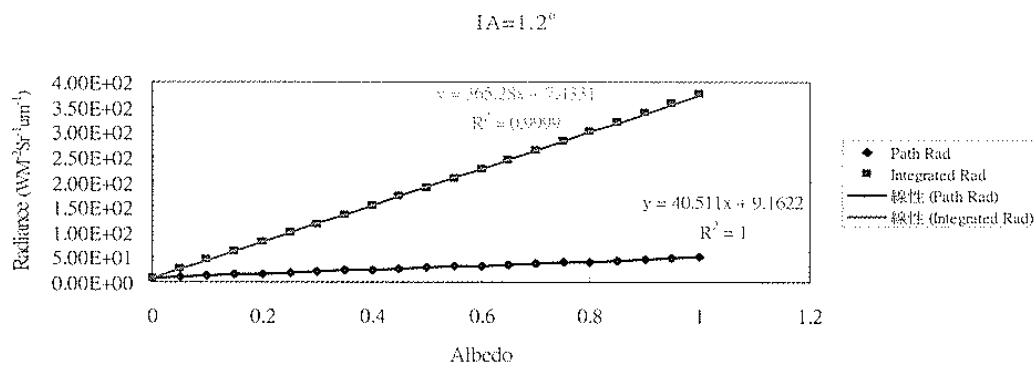


圖 3 入射角 1.2° 之整體輻射強度與漫射輻射強度迴歸方程式。

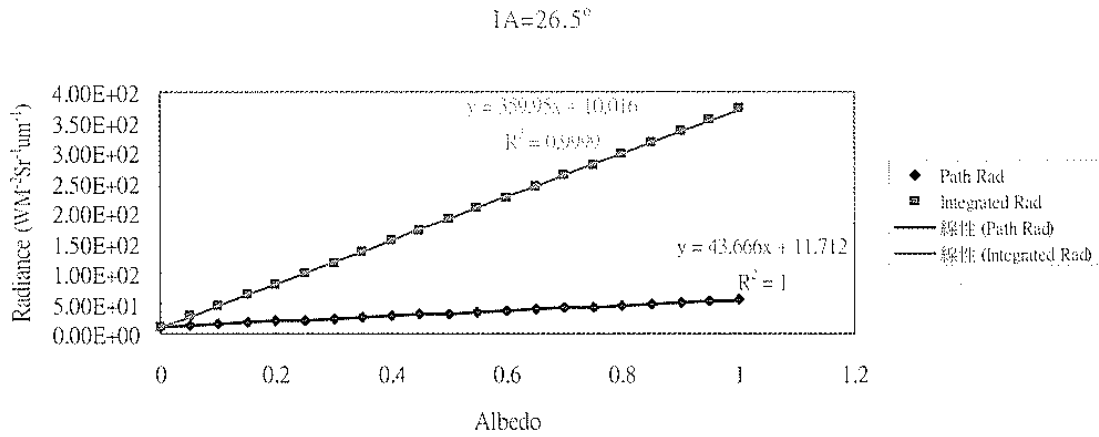


圖 4 入射角 26.5°之整體輻射強度與漫射輻射強度迴歸方程式。

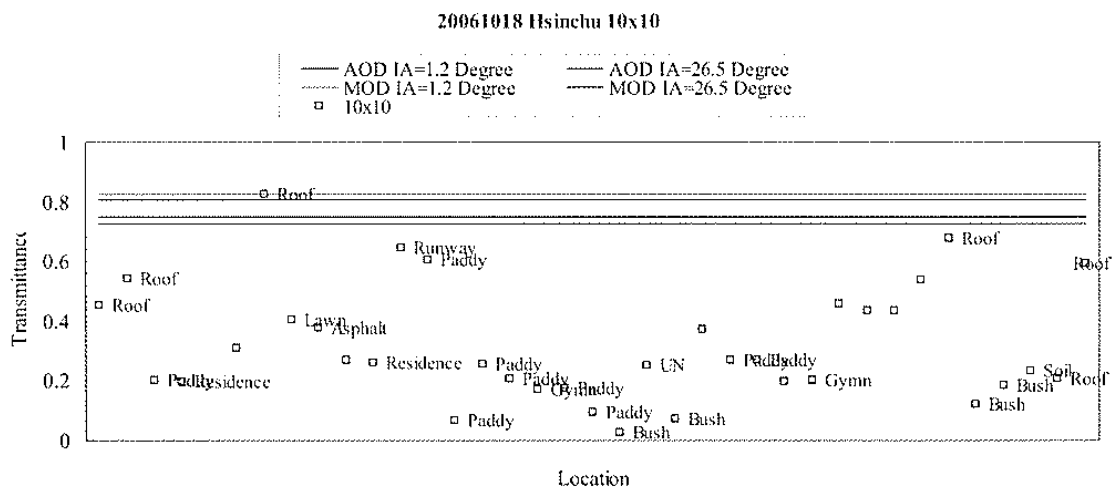


圖 5 新竹地區視窗 10x10 大氣穿透率。

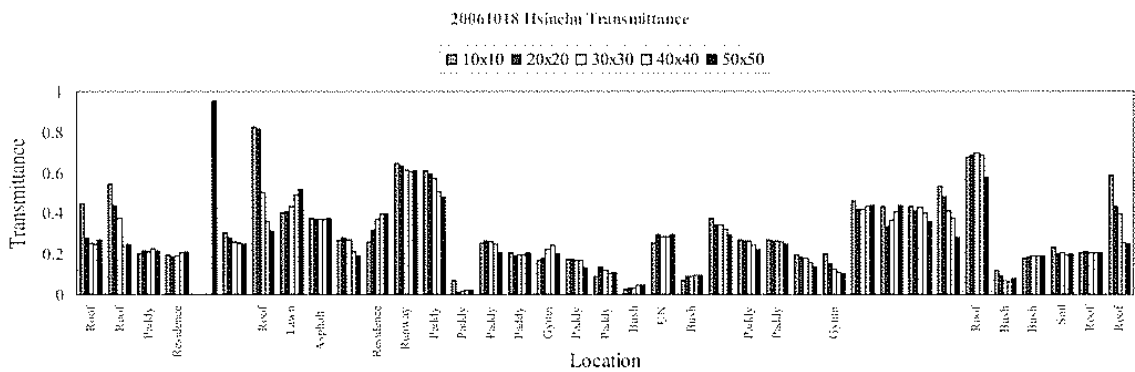


圖 6 新竹地區不同視窗大小大氣穿透率。

均勻分布物種，視窗大小對於穿透率的計算並無明顯影響。

圖 7 為桃園地區的計算結果，和新竹相似，低反照率物種的穿透率仍然低估，高反照率物種則趨近於 sun photometer 計算值。其中位於中央大學附近（距離 < 1km）的屋頂穿透率 0.6932 與另一離中央

大學較遠的屋頂穿透率 0.76135，兩者非常接近 sun photometer 計算值 0.7257~0.7476。由於穿透率受氣溶膠及雲等的影響，以致它的分布是屬局部性，因而造成衛星影像因區域不同而有清晰度差異。在這個個案中，因影像區域較接近 sun photometer 觀測站，高反照率的屋頂其穿透率非常接近計算值，較

新竹地區的結果佳。低反照率物種仍然嚴重低估，雖然如此，但仍可觀察出這類物種穿透率均勻分布在 0.1~0.3 間。因此，本研究所使用的多視角方法，在高反照率物種的計算應屬可行，而低反照率部份則必須校正。

同新竹地區的分析，圖 8 為桃園地區視窗大小

對穿透率的影響，圖中顯示視窗大小對於穿透率的計算亦無明顯的影響。因此，在分析時只要選擇分布均勻物種，穿透率隨視窗大小的變化就可忽略。為了縮短計算時間，本研究選取視窗 10x10 的像元計算穿透率。

20061018 Taoyuan 10x10

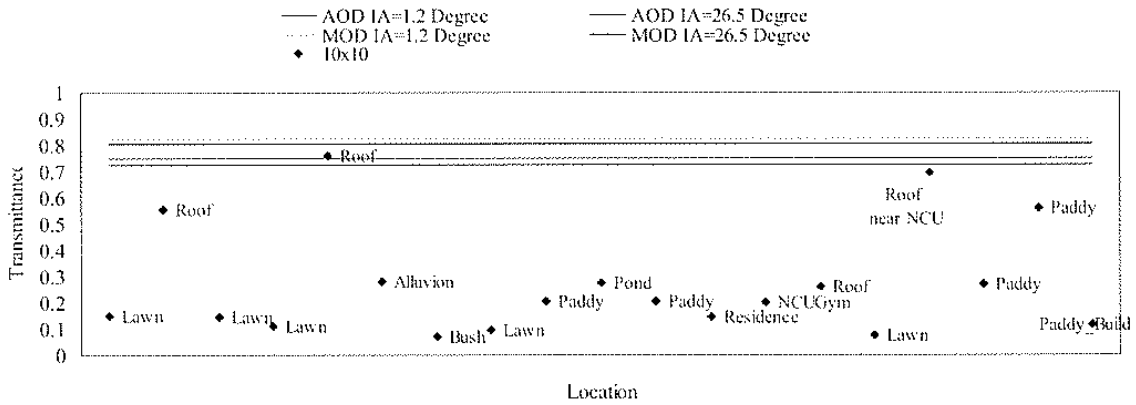


圖 7 桃園地區視窗 10x10 大氣穿透率。

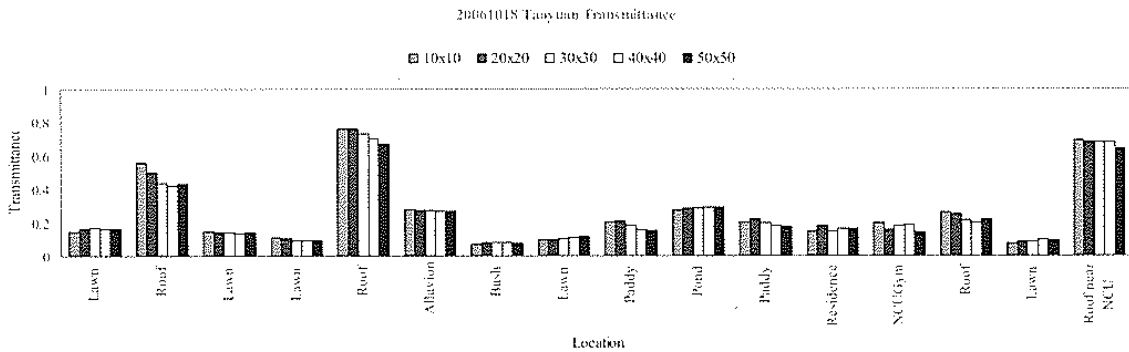


圖 8 桃園地區不同視窗大小大氣穿透率。

五、結 論

本文推導的多視角影像大氣校正法所計算的穿透率會因不同的物種、而有差異。較低反照率物種的穿透率會被低估；較高反照率物種則較趨近 sun photometer 計算值。影像視窗大小對於計算結果並無大的差異。氣溶膠的分布屬局部性，所以穿透率的分布也會因地區而有差異。因此，近中央大學觀測站附近的兩個屋頂穿透率與 sun photometer 計算值相近。分析得知，多視角方法所求的穿透率在高反照率物種的計算較佳，低反照率物種則明顯低估，必須進行進一步校正。雖然如此，只要在影像中選定高反照率物種，其穿透率即代表該區域的大氣穿透率。

致 謝

本研究經費由國科會計劃 (NSC 95-2752-M-008-005-PAE)與中央大學太空及遙測研究中心接收站計劃 (96-NSPO(B)-BP-FA07-01) 資助下完成，特此致謝。

參考文獻

- Ångström A.K., 1929 : On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air. Geography Annals, vol. 11, pp. 165-166.
- JAXA, 2006 : ALOS/PRISM Level 1 Product Format Description Revision J (ALOS-DPFT-E01), Earth

Observation Research Center, Japan, 88pp.
Iqbal, Muhammad, 1983: An Introduction to Solar Radiation, Chapter 6, Academic Press, Toronto, 107-123.
Kaufman, Y.J., Fraser, R.S., Ferrare, R.A., 1990. Satellite measurements of large-scale air pollution methods. *J. Geophys. Res.* 95 (D7), 9895-9909.
Liang, S., H. Fang and M. Chen, 2002 : Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface

imagery-Part 1: Methods, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 2490-2498.
Pope, A.C., Thun, M.J., Namboodir, M.M., Dockery, D.W., Evans, J.S., Spezer, F.E. et al., 1995. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am. J. Resp. Crit. Care Med.* 151, 669-674.

The Atmospheric Correction of ALOS PRISM

Kuo-Kuang Li Gin-Rong Liu Tang-Huang Lin
Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University

Abstract

Transmittance of the atmosphere indicates the turbidity of the sky. More and more researches show that the man made pollutants play a very important role in the severity of climate change. This paper proposed a multiple satellite view angles methodology to retrieve the atmospheric transmittance. Based on this methodology, different kinds of clusters had been estimated for atmospheric transmission. Results show that the higher albedo cluster transmittance could have better transmittance retrieval compared to the lower one. The low albedo cluster is under estimated : the high one, however, can meet the sun photometer's calculation well as long as the cluster is close to the observation station.