

MODIS 衛星資料在煙塵的偵測及強度分析

林唐煌 范振原 劉振榮
國立中央大學太空及遙測研究中心

摘 要

生質燃燒所產生的大量煙塵是大氣氣膠的來源之一，其範圍可達到數十至上百平方公里，而衛星有觀測範圍廣與資料一致性佳等優點，若能利用來偵測煙塵的分佈區域以及強度的分佈，對空氣污染的監測將會有很大幫助。本研究主要的目的為利用 MODIS 觀測資料來對生質燃燒所產生的煙塵進行定性與定量的分析。在定性方面，首先配合生質燃燒個案資料歸納出煙塵在 MODIS 觀測頻道的反射特性，再應用這些特性對生質燃燒個案進行偵測，而定量方面，則嘗試利用 DAI (Deep Blue aerosol index) 計算煙塵的強度分佈，來進一步探討 DAI 與 AOD 之關係，建立其間之轉換式。將所建立煙塵之輻射特性資料(lookup table)應用於煙塵個案之監測，對照 TMOS AI 分布，結果顯示主要的煙塵覆蓋區可由煙塵之輻射特性進行辨識，惟有些區域受雲影響，在資料處理過程中已將其濾除，故未偵測到煙塵，且在陸地上偵測結果較實際範圍小，海面上則是較實際範圍大。利用建立的 DAI 計算模式應用於個案資料，所得到之分佈，與美國 NASA 所提供 AOD 之分佈形態頗為吻合，且解析度較高、範圍較廣泛，尤其是高反射率地區。之後將持續研究找出 MODIS 第六頻道(1628~1652nm)和第八或第十頻道的相關性，以彌補 DAI 估算的不足。

關鍵詞：MODIS、DAI、生質燃燒

前 言

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)：中等解析度成像分光輻射計，掛載在 Terra、Aqua 衛星上，共有 36 個頻道，波段由 0.4-14.5 μm ，包括了可見光、近紅外及紅外光等波段，地面解析度為 250m(band 1-2)、500m(band 3-7)、1000m(band 8-36)，觀測週期約為 12 小時，因此具有解析度較佳、頻道較多及觀測範圍寬廣等優點，非常適用於環境變遷監測之應用。

國際上的研究，Hsu 等人(1996) 發現 TOMS 的 340nm 與 380nm 頻道間反射率的差值與氣膠含量有明顯的關係，並可以用來對生質燃燒產生之煙塵進行偵測。之後 Hsu 等人也描述到一個類似於 TOMS AI 的氣膠指數 DAI (Deep Blue aerosol index)。由於 MODIS 具有上述類似之觀測頻道，此法亦可應用 MODIS 的觀測資料。而本研究首先將收集生質燃燒個案的 MODIS 衛星資料，針對 MODIS 觀測頻道在煙霧與雲霧輻射特性及氣膠效應等方面進行探討，期能建立一套利用 MODIS 衛星資料在生質燃燒的即時監測系統之研究目的。

研究方法

一、煙塵偵測：

由於在可見光與近紅外波段之中，電磁波的傳送主要是受到大氣中空氣分子以及氣膠的散射效應之影響，因此大氣中的氣膠參數可以從遙測資料中反演出來。當偵測煙塵，波長越短，在影像中顯現的較不明顯，在波長較長時，煙塵可以明顯的辨別出來，但若波長更長，煙塵則又將不易由影像中發現。於是利用煙塵在某些波長之輻射特性，找出受

煙塵影響較大的頻道，對於煙塵偵測應用之發展將會有很大幫助，本文的研究方法即為利用此特性進行煙塵的偵測。

首先找出陸地及海面上煙塵對 MODIS 各頻道輻射強度之影響，在陸地和海面上選取有煙、無煙的區域，進行較大範圍的平均，以了解煙塵的濃密度，在海面上對於 MODIS 各頻道之影響，以及影響較大之頻道為何。第二步利用此結果，對各個有煙塵及無煙塵的區域進行測試，找出陸地和海面上在有煙塵時各頻道的規律，得到各頻道或是各頻道之間的閾值。最後綜合以上的閾值，得到一 lookup table(見表一、二)，用來判別在影像之中的煙塵區域。

二、DAI 估算：

參考 Hsu 等人(2004)所定義之 DAI (Deep Blue aerosol index) 進行分析，其 DAI 的計算式如下所示：

$$DAI = -100 \left\{ \log_{10} \left[\left(\frac{I_{412}}{I_{490}} \right)_{max} \right] - \log_{10} \left[\left(\frac{I_{412}}{I_{490}} \right)_{calc} \right] \right\} \quad (1)$$

其中 I_{412} 為 412nm 頻道之反射率， I_{490} 為 490nm 頻道之反射率，DAI 的計算式可以分成兩部份，第一部份是由衛星觀測所得到，受氣膠影響之 412nm 與 490nm 反射率之比值；第二部份則表示 412nm 與 490nm 兩頻道實際之反射率比值，兩部份主要差別則在於大氣效應，其中第二部份的比值，將是影響 DAI 計算結果的重要項目之一。

本研究估算其比值的方式，由影像資料計算，從 AERONET 網站上 Sun Photometer 觀測資料中，選擇氣膠光程最低之觀測資料，將雷氏散射視為大氣環境的背景項目之一，以獲得不受氣膠以及大氣分子散射影響之 412nm 與 490nm 頻道表面反射率，由此結果建立出不同地表的兩頻道比值。結果得出陸

地以及海面地區中，412nm 與 490nm 頻道反射率之關係，分別為 1.3622 與 1.244。然後配合 MODIS 觀測所得到之第八頻道(412nm)與第十頻道(490nm)反射率資料，再由(1)式計算 DAI。

資料來源

本研究使用之MODIS衛星資料，掛載於Terra、Aqua衛星上，其中Terra MODIS觀測台灣附近區域的時間，為台灣當地時間上午 10:30 左右，Aqua MODIS 的觀測時間則為時間下午 1:30 左右，資料來源取自於 NASA 的 MODIS 網站 (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime?calendar> ; Kaufman et al.,1997)。

另本文中是使用之Sun Photometer儀器，標準的配備為 305、317、440、670、870、937、940 以及 1020nm 等 8 種波長的濾鏡，可用來對太陽及天空的輻射強度進行觀測，觀測所得到的資料包括有太陽和天空的輻射強度、氣膠光程、水氣含量以及臭氧濃度等，這些資料可利用來進行衛星資料的大氣校正。其Sun Photometer觀測點的氣膠光程資料，均取自於AERONET全球觀測網所提供之測站資料 (http://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/index.html ; Holben et al.,1998)。

研究中比較的 MODIS-AOD 資料是經由美國太空總署所提供的演算程式計算後所得到的AOD(Aerosol Optical Depth)分佈，其解析度為 10km X 10km。而 TOMS AI 是利用其儀器上的 340nm 以及 380nm 兩頻道的資料進行運算而得到，每一天將會合成得到一張全球 AI 的分佈圖，其解析度約為 100km。

結論

將所建立煙塵之輻射特性資料(lookup table)應用於煙塵個案之監測(見圖一)，對照 TOMS AI 分布，結果顯示主要的煙塵覆蓋區可由煙塵之輻射特性進行辨識。惟有些區域受雲影響，在資料處理過程中已將其濾除，故未偵測到煙塵，且在陸地上偵測結果較實際範圍小，海面上則是較實際範圍大。未來將持續收集更多個案，以建立更具體且完整之 lookup table。此外也將考慮不同地區，建立適合的 lookup table，希望能提昇煙塵偵測模式之適用性及準確度。

利用建立的 DAI 計算模式應用於個案資料，所得之分佈，與美國 NASA 所提供 AOD 之分佈形態頗為吻合(圖二)，但範圍較其廣泛，尤其是高反射率地區，且解析度較高。之後將研究找出第六頻道(1628~1652nm)和第八或第十頻道的相關性，以補 DAI 估算的不足。

致謝

本研究在國科會研究計劃編號 NSC 95-2752-M008-005-PAE 及 NSC 95-2111-M008-038-AP5 的支助下完成。

參考文獻

Holben B. N., T. F. Eck, I. Slutsker, D. Tanre, J. P. Buis,

A. Setzer, E. Vermote, et al., 1998 : AERONET-a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sensing of Environment*, **66**, 1-16.

Hsu N. C., J. R. Herman, P. K. Bhartia, C. J. Seftor, O. Torres, A. M. Thompson, J. F. Gleason, T. F. Eck, and B. N. Holben, 1996 : Detection of biomass burning smoke from TOMS measurements. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 23, No. 7, 745-748.

Hsu N. C., S. C. Tsay, M. D. King, and J. R. Herman, 2004 : Aerosol properties over bright-reflectance source regions. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 42, No. 3, 557-568.

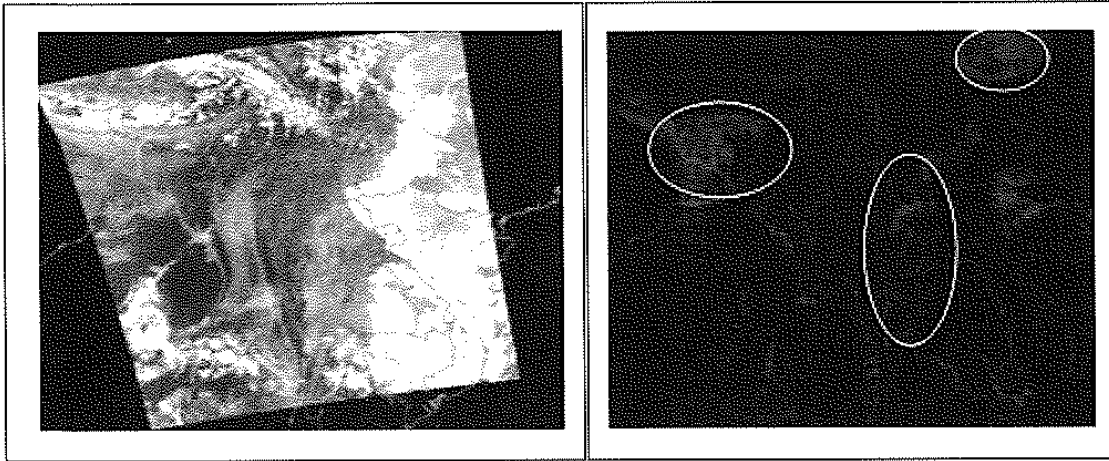
Kaufman Y. J., A. E. Wald, L. A. Remer, B. C. Gao, R. R. Li, and L. Flynn, 1997 : The MODIS 2.1- μm channel—correlation with visible reflectance for use in remote sensing of aerosol. *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 35, No. 5, 1286-1298.

表一、MODIS 觀測頻道在陸地地區煙塵辨識之條件。

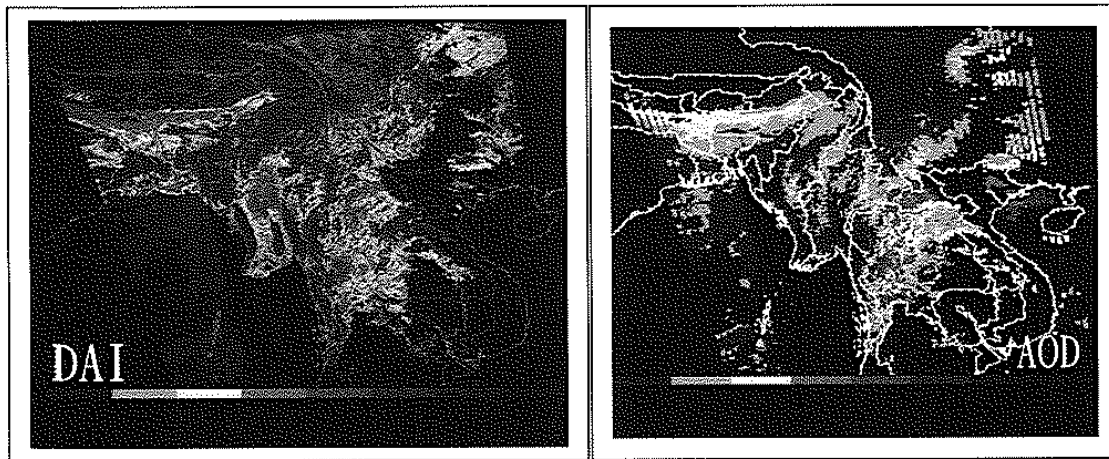
Land	
band2-band1>0.1	no smoke
band3<0.1	no smoke
band5-band4>0.1	no smoke
band8<0.15	no smoke
band8-band9>0.025	no smoke

表二、MODIS 觀測頻道在海面地區煙塵辨識之條件。

Sea	
band3<0.075	no smoke
band4-band5<0.03	no smoke
band5-band6<0.0025	no smoke
band6-band7<0.001	no smoke
band8<0.1	no smoke
band8-band7<0.11	no smoke
band8-band9>0.04	no smoke
band17-band18<0.0025	no smoke
band19-band18<0.0015	no smoke



圖一、左圖為 MODIS/Aqua 東南亞 2004 年 3 月 4 日 06:45UTC 可見光圖，右圖為同一時間之煙塵偵測分布圖。



圖二、同圖一時間，左圖為本研究中算出之 MODIS DAI 分布圖，右圖為 NASA 之 AOD 分布圖。