

地球観測データ統合化に向けたセンサー間関係式の角度依存性に関する研究

情報科学科 土屋 慧

指導教員：吉岡 博貴

1 はじめに

科学技術の発展により、近年ではこれまでより高性能のセンサーを搭載した地球観測衛星が各国から打ち上げられている。これら複数のセンサーで得られたデータを統合利用できれば、観測頻度が高まるなどの利点が考えられる。ところが、統合されたデータには観測角度の差に起因する系統誤差が存在するため、モニタリング精度の低下を引き起こすことが知られている。この課題に対する解決策として、地表面反射率の角度依存性を表す双方向反射率分布関数 (BRDF) のモデル開発や、観測データのセンサー間相互校正に関する研究が行われてきた [1, 2]。しかしこれまでのところ、正規化植生指数 (NDVI) のセンサー間関係式における角度依存性は解明されていない。そこで本研究ではセンサー間関係式における係数の角度依存性の解明を試みる。角度依存性を明らかにできれば、観測角度の差に起因する系統誤差に左右されないセンサー間の相互校正も可能になると考えられる。

2 VI 間関係式の導出

2.1 反射率間関係式

植生層を透過した太陽光は、土壌面と植生層の間で反射を繰り返した後、再び植生層を透過して放出される。この過程を解析的にモデル化したものが反射率間関係式である。本研究では、土壌面の反射回数を 1 回まで考慮し、異なる 2 つの波長 (red と NIR) の間の関係式として導出された次式を用いた。

$$\rho_N(\theta_o, \phi, \theta_s) = a\gamma(\theta_o, \theta_s)\rho_R(\theta_o, \phi, \theta_s) + D(\theta_o, \phi, \theta_s), \quad (1)$$

ここで、 γ と D は次のように定義される。

$$\gamma(\theta_o, \theta_s) = \frac{T_{vN}^2(\theta_o, \theta_s)}{T_{vR}^2(\theta_o, \theta_s)}, \quad (2)$$

$$D(\theta_o, \phi, \theta_s) = \rho_{vN}(\theta_o, \phi, \theta_s) + bT_{vN}^2(\theta_o, \theta_s) - a\gamma(\theta_o, \theta_s)\rho_{vR}(\theta_o, \phi, \theta_s). \quad (3)$$

また θ_o , ϕ , θ_s は衛星の天頂角、衛星と太陽の方位角、太陽の天頂角である。 a と b はソイルラインの傾きと切片であり、添え字の R と N は red と NIR の波長を表している。 T_v^2 は植生層の双方向透過率を表し、次の様に定義される。

$$T_{v\lambda}^2(\theta_o, \theta_s) = \sqrt{T_{v\lambda\downarrow}(\theta_o)T_{v\lambda\uparrow}(\theta_s)} \quad (4)$$

γ と D は 2.2 で述べる VI 間関係式の導出に用いられる係数である。そのため、これらの係数は VI 間関係式の角度依存性の解明において重要な役割を持つと考えられる。

2.2 VI 間関係式

前述のアイソライン方程式を用いて NDVI (v_a と v_b) 間の関係を導出する試みが進められている [3]。その結果、 v_a と v_b の関係は次式となることが示された。

$$v_a = \frac{h'_1(\theta_o, \phi, \theta_s)v_b - h'_2(\theta_o, \phi, \theta_s)}{h'_3(\theta_o, \phi, \theta_s)v_b - 1}. \quad (5)$$

ここで、 h'_1 , h'_2 , h'_3 は γ と D を含む角度依存関数を表す。

3 数値実験

これまでの研究で red と NIR の反射率は角度に大きく依存し、その 2 つから求められる NDVI もまた、角度に依存することが知られている。本研究による数値実験の結果から、 h'_1 , h'_2 並びに h'_3 は red, NIR, NDVI の角度依存性の傾向とは異なり、衛

星の天頂角が 30° 以下であるときに、方位角が 90° 以下ならば角度依存性が極めて小さいことが明らかになった [4, 5]。一方、相互校正では、 h'_i の角度依存性が v_b の角度依存性に対し、どの程度の大きさであるのかが重要となる。その点を明らかにするために、次式で定義されるそれぞれの変化率を比較した (図 1)。

$$\delta h'_i(\theta_o, \phi, \theta_s) = \frac{h'_i(\theta_o, \phi, \theta_s) - h'_i(0, \phi, \theta_s)}{(\max(h'_i(\theta_o, \phi, \theta_s)) + \min(h'_i(\theta_o, \phi, \theta_s)))/2}. \quad (6)$$

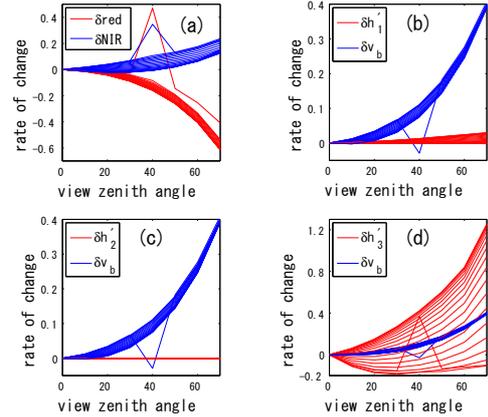


図 1 各係数の変化率。(a) は δred と δNIR の比較。(b), (c), (d) はそれぞれ $\delta h'_1$, $\delta h'_2$, $\delta h'_3$ と δv_b の比較。

図 1 から h'_3 の変化率だけが v_b の変化率より大きいことが確認できる。そこで h'_3 の角度依存性の大きさと v_a と v_b との差を比較した結果、 h'_3 の角度依存性による影響は大きく、角度を変数とする関数として表す必要があることが示された。一方で、 h'_1 と h'_2 は角度に関係なく一定となることから、これらの結果は h'_3 だけを関数とすればよいことを示唆している。また、式 (5) は、 $h'_3 v_b$ が 1 より非常に小さいことから次式で近似できる。

$$v_a \approx -h'_1 h'_3 v_b^2 - (h'_1 - h'_2 h'_3) v_b + h'_2. \quad (7)$$

数値実験の結果から、式 (7) 中の各次数における係数の角度依存性を考慮する必要はなく、係数の因子である h'_3 の角度依存性だけを考慮すればよいことも本研究により明らかとなった。

4 結論と今後の課題

センサー間関係式における係数の角度依存性解明を試みた。その結果、係数ごとに角度依存性を考慮する必要はなく、 h'_3 だけを角度による関数として考慮すればよいことが明らかとなった。しかし、 h'_1 と h'_2 が角度に依存しない原因を突き止めることはできていない。 h'_3 が角度に依存する原因も含め、それぞれの係数の角度依存性を理論的に解明することが今後の課題である。

参考文献

- [1] J. D. Shepherd and J. R. Dymond, Remote Sens. Environ., vol. 74, no. 3, pp. 397-408, 2000.
- [2] T. Miura, J. P. Turner, and A. R. Huete, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 51, no. 3, pp. 1349-1359, 2013.
- [3] H. Yoshioka, T. Miura, and K. Obata, Remote Sens., vol. 4, no. 3, pp. 583-597, 2012.
- [4] S. Tsuchiya, K. Taniguchi, K. Obata, M. Matsuoka, and H. Yoshioka, IEEE Int'l Geosci. and Remote Sens. Symp., pp. 2114-2117, 2013.
- [5] S. Tsuchiya, K. Taniguchi, K. Obata, M. Matsuoka, and H. Yoshioka, Int'l Symp. on Remote Sens., 4pages, 2013.