

(Ⅱ-51) 地表面の分光反射特性に基づく 衛星によるアルベド推定手法の検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○阿左美 敏和
長岡技術科学大学 正会員 小池 俊雄
長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎

1. はじめに

アルベド算定には可視～近赤外を対象とした観測が必要である。しかしながら、既存の衛星では、その観測波長帯が部分的であるため、衛星による広域アルベド算定が極めて困難である。そこで本研究では、地上観測地表面分光反射特性に基づき、その部分的な波長帯データを用いても地表面アルベドを精度よく推定できる手法を提案し¹⁾、この手法に航空機 MSS データを適用して琵琶湖東部地区の面的アルベド分布を算定する。そして、この手法を用いた衛星による広域アルベド算定の可能性を示す。

2. 実測データ

2.1 地上観測データの概要

本研究で対象とした実測データは、'93年11月と'94年10月の琵琶湖東部地区の地表面(水田、草地、裸地、道路、他)におけるスペクトルメーターによる可視～近赤外領域(354nm～1085nm, 1.4342nm 間隔)の分光反射率(地表面・白板分光放射輝度を計測)と、それと同時に観測したアルベドメーターによる実測アルベド(上・下向き短波放射を計測)である。なお、両年とも同じ観測機器を使用した。

2.2 航空機観測データの概要

'93年については、上記の地上観測付近一帯の航空機 MSS データを用いた。MSS の地上分解能は約 7.25m である。表-1 にその観測波長帯を示す。

3. アルベド推定手法

3.1 アルベド算定に有効な波長域

太陽の全放射エネルギーの約 7 割が可視～近赤外にあることなどを考慮すると、地表面アルベド算定に有効な対象波長は可視～近赤外領域のみで十分と考えられる¹⁾。よって、アルベド推定モデルの対象を Landsat TM と航空機 MSS とすれば、TM ではバンド 1～4、MSS ではバンド 3, 5～10, 14 が対象波長となる。TM の地上分解能は 30m(バンド 6 のみ 120m)であり、観測波長帯は表-2 に示す

通りである。

3.2 重み付けをしたアルベド推定モデル

上記の理由から各バンドでの反射率を式(1)により求める²⁾。ここで、式(1)の分子は TM, MSS で得られるバンド k での輝度値データに対応し TM, MSS データの適用が可能になっている。

$$\alpha_k = \frac{\int_{\lambda_m}^{\lambda_n} B_r(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_m}^{\lambda_n} B_i(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

α_k : 地表面分光反射特性に基づくバンド k における反射率

$B_i(\lambda)$: 地表面に入射する太陽光の分光放射輝度
(実測白板分光放射輝度)

$B_r(\lambda)$: 地表面が反射する太陽光の分光放射輝度
(実測地表面分光放射輝度)

λ_m, λ_n : バンド k の波長帯 (nm)

地表面に入射する太陽光の分光放射輝度が波長に依らずフラットなものであれば、式(1)で求めた可視～近赤外域の各バンドにおける反射率 α_k を単純平均することにより地表面アルベドは求められるはずである。しかしながら、太陽光の分光放射輝度は波長によりその値の大きさがかなり変化する。一方、地表面アルベドは、地表面に入射する太陽光の分光放射輝度特性の影響を大きく受ける。そこで、式(1)で求めた各バンドにおける反射率を地表面に入射する太陽光の分光放射輝度特性で重み付けをすることにより、地表面アルベドの算定が可能となる。式(2)が地表面に入射する太陽光の分光放射輝度特性に基づく重み付けをしたアルベド推定モデルである¹⁾。

$$\alpha_e = \sum_k W_k \alpha_k \quad (2)$$

α_e : 推定アルベド

W_k : 地表面に入射する太陽光の分光放射輝度特性に基づいたバンド k における反射率 (α_k) に対する重み
但し、 W_k は式(3)により求める。なお、式(3)中

の記号は式 (1) と同意である。

$$W_k = w_k / \sum w_k, \quad w_k = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} B_i(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

図-1(TM)、図-2(MSS) は'94 年の全実測データを用いた場合の実測アルベドと式 (2) による推定アルベドの適合性を示している。なお、図-2 には、3.3 で示す理由によりバンド 8 は含まれていない。両図において良好な適合性が認められ、本研究による地表面アルベド推定手法の有用性が示された。

3.3 MSS データのアルベド推定手法への適用

分光反射率を実測した地表面と対応する MSS データの関係を、異なる性質を示す 4 つの地表面で各バンドについて調べ (図-3)、図中の回帰式: 地上観測値 = $6.09 \times (\text{MSS 値})$ ($R^2 = 0.938$) の関係を得た。ここでの地上観測値は、MSS と同期した白板分光放射輝度値と対象物の分光反射率との積とし、地上・MSS 値ともに対象とする地表面の空間平均値を用いている。なお、バンド 8 は、gain 等の異常が考えられるため回帰式には含まれていない。

以上により得られた回帰式を用いて、MSS 値を

表-1:MSS(航空機)の観測波長帯

バンド	波長帯 (μm)
3	0.46~0.49
5	0.53~0.57
6	0.57~0.60
7	0.60~0.65
8	0.65~0.70
9	0.69~0.72
10	0.73~0.76
14	1.00~1.10
15	1.52~1.72
16	2.06~2.45
17	8.00~12.00

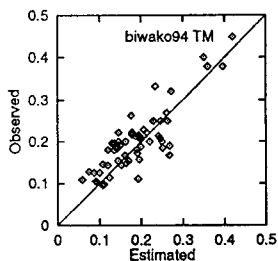


図-1:実測アルベドと推定アルベドの適合性 (TM 波長帯)

表-2:TM(Landsat)の観測波長帯

バンド	波長帯 (μm)
1	0.45~0.52
2	0.52~0.60
3	0.63~0.69
4	0.75~0.90
5	1.55~1.75
6	10.4~12.5
7	20.8~23.5

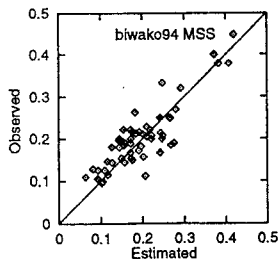


図-2:実測アルベドと推定アルベドの適合性 (MSS 波長帯)

地上観測値に変換し、式 (2) を適用して航空機 MSS 観測コースの面的アルベド分布図を作成した。その一例を図-4 に示す。

4. まとめ

本研究により、アルベド算定に有効な可視～近赤外域データの一部である衛星等の部分的データを用いても地表面アルベドを精度良く広域に算定可能な手法が示された。また、この手法に航空機 MSS データを適用し琵琶湖東部地区の面的アルベド分布が得られた。さらに、この手法に衛星波長帯、および衛星データを適用する事により、より広域なアルベド分布の算定可能性が示された。

謝辞

本航空機観測は、琵琶湖プロジェクト (代表:砂田憲吾) の一環として地球環境観測委員会水文過程サイエンスチーム航空機検証実験 (主査:池淵周一) のもとで行われた。また、地上観測データ取得に際し長岡技術科学大学の石平博、田殿武雄両氏に多大な御協力を頂いた。ここに記し深謝する。

参考文献

- 1) 阿左美・小池・龍澤:地表面の分光反射特性に基づくアルベド推定手法の検討, 土木学会新潟会研究調査発表会論文集, pp97-100, 1994
- 2) 筒井・小池・小籠:積雪表面の分光反射特性に関する実験的考察, 土木学会第 21 回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp10-11, 1993

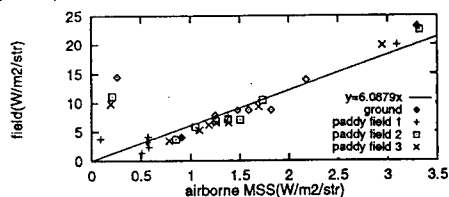


図-3:地上観測データと MSS データの関係



図-4:地表面アルベドの分布