

CS 72

光子シミュレーションのための 地形散乱モデルについて

NTTデータ通信（株） 正員 宮崎早苗
NTTデータ通信（株） 前嶋 司

1. はじめに

衛星リモートセンシングは、地球環境保全問題などの解決に貢献する実用的な技術の1つであるが、このうち、光学センサから得られる画像を用いて地表面あるいは海洋について解析する場合、大気や地形による光の反射・散乱の影響のため撮像条件によって画像の性質が異なるという問題が存在する。著者らはこれまで、陸域観測の1つの例として植生識別を取りあげ、モンテカルロ法による光子シミュレーションを用いた大気や地形に影響されない植生識別法を提案し検討を行ってきたが [1] [2]、そこでは地形による光の反射・散乱現象に重要な影響を与える実験領域の地形に関するシミュレーション・モデルについて十分検証していなかったため、地形状態に関するロバスト性（：環境条件に左右されず安定して機能する）が保証できなかった。そこで本研究では、地形状態に関してロバストな手法とするため、実験領域に影響を及ぼす周辺領域の範囲を定め、これに基づきシミュレーションで用いる地形散乱モデルを作成しその評価を行なった。

2. 地形散乱モデル

(1) 前提条件

これまで本シミュレーションで用いたモデルを表-1に示す。

表-1 使用モデル [3]

大気モデル	Putsay モデルあるいは Lowtran 中緯度夏モデル
大気散乱モデル	Rayleigh 散乱および Heney の位相関数
地表面反射モデル	ランベルト反射あるいはミネラルト反射
地形散乱モデル	隣接画素間での相互反射のみ考慮したモデル

この地形散乱モデルは、周辺地形の影響を全く受けない平野部でのシミュレーションに用いられている大気-地形系モデルを参考に作成したもので、隣接画素間（地表面～地表面）での相互反射だけを考慮したものであった。

周辺地形が画像生成に及ぼす影響は、光子が大気上面～地表面に入射する過程、地表面～地表面で反射する過程および地表面～大気上面に反射する過程（途中、大気で散乱する場合も含む）で生じることから、地形散乱モデルではこの3つの過程を考慮する必要がある。ところで、画像の生成過程を考えた場合、以下のことが仮定できる。

〔仮定1〕同一画像では、大気が各画素の輝度値に及ぼす影響のばらつきは、地形に比べ著しく小さい。

〔仮定2〕植生での反射率は0.1程度であるので、2次反射の確率は非常に小さい。

これより、次のことが仮定できる。

〔仮定3〕大気上面～地表面に入射する過程で周辺地形の影響の有無が輝度値のばらつきに大きな影響を与える。

そこでまず、大気上面～地表面に入射する過程のモデル化を行ない地形散乱モデルを作成した。

(2) モデル化

地表面への到達誤差の確率は、画像のCCT値を1変化させるための検出光子数と大気上面からの入射光子数の比 th 以下でなければならない。本シミュレーションにおいては大気は一樣と仮定しているので、この時入射光に関して考慮しなければならない平均自由行程 L_{th} は、

$$L_{th} \leq -\frac{z_{max}}{\tau} \log(th) \dots\dots\dots (1)$$

(z_{max} : 大気の厚さ τ : 大気の光学的厚さ)

ゆえに入射光に関して考慮しなけ周辺領域の広さ L_g は、光子の入射天頂角を θ とすると、

$$L_g = L_{th} \sin \theta \dots\dots\dots (2)$$

しかしこの考え方に基づくモデル化では非常に広範囲な周辺地形について考慮する必要が生じ、計算量が膨大となる。

ところで、地表面の標高は高々 5000m であることを考えると、入射光方向の周辺領域の標高の最大値を Y_{max} 、実験領域の標高を Y とした場合、

$$L_g > (Y_{max} - Y) \tan \theta \dots\dots\dots (3)$$

であれば、入射光は周辺の地形の影響を受けず、これで十分周辺地形が及ぼす影響をモデル化できる。そこで、式 (3) に基づき地形散乱モデルを作成した。

3. 実験および考察

今回作成した地形散乱モデルの検証を行なうために実験を行なった。評価は、

[仮定4] 同一の植生領域であれば、反射特性の分布は正規分布に従う。

という仮定に基づいて行なうものとする。今回の実験は 表-2 に示す条件で同一植生（広葉樹）領域A、B、Cについて行なった。ここで使用する画像は幾何補正済である。

表-2 実験条件

データ種類	Landsat TM（地図投影法：UTM 法）バンド3
地形データ	国土地理院 2万5千分の1地形図
実験領域	path:107 row:035（UTM座標帯：第54帯、中央子午線東経141°） N 35° 48" ~ N 35° 50", E 139° 00" ~ E 139° 02"
撮影日および太陽の位置	1990年11月05日、仰角31° 方位角149°

図-1に実画像から作成した見かけの反射特性分布、図-2にモデル化後のシミュレーションで得られた反射特性分布を示す。ただし、ここではバジリアンスは考慮していない。実画像では、周辺地形の影響のため影領域が存在し、そのため反射特性分布に双峰性が生じているが（図-1）、モデル化後は、図-1の反射特性の小さい方の山の部分（実画像で影の領域の反射特性にあたる）が減少し単峰性の分布となっている（図-2）。すなわち、極端に入射光が少ない領域の反射特性が復元され、全体として正規分布に近い分布となっている。

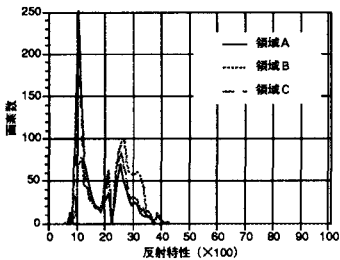


図-1 見かけの反射特性分布

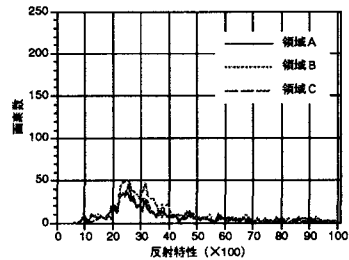


図-2 モデル化後の反射特性分布

4. おわりに

今回、地形散乱モデルを作成しこれを用いることによって、周辺地形の影響で輝度値が極端に小さい場合でも反射特性が復元され、全体として反射特性分布が正規分布に近づくことがわかった。しかし、反射特性は 0.05 ~ 1.0 まで分布しており、今後地表面間の反射などについてもさらに検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 宮崎、前嶋：衛星画像による植生識別のための大気・地形の影響の除去について、第47回年次学術講演会講演概要集第4部、土木学会、1992。
- 2) 宮崎、前嶋：植生による領域分割のための影領域除去法、第18回リモートセンシングシンポジウム資料、計測自動制御学会、1992。
- 3) 高木、下田など：画像工学ハンドブック、東京大学出版、1991。