反射率バンド比及び陸域エアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響について

金沢工業大学　川田 剛之、梅木拓也

研究概要

Kaufman et al. (1997) [1] は植生域や都市域の可視反射率と短波長赤外反射率との間に経験的ではあるが、一定の相関比が成立し、この反射率相関比を用いることにより、陸域のエアロゾルの光学的パラメータ推定可能となることを示した。 こでは彼らの方法を用いて、金沢市周辺地域を対象にして陸域反射率のバンド比とエアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響について調べた結果について以下の中間報告をする。

1. 金沢地方における秋季の可視バンドと赤外バンドの反射率比計算

本研究では、日本を撮影した秋季の MODIS 画像データ(撮影日: 2003 年 10 月 9 日、10 月 20 日、10 月 25 日、10 月 27 日、11 月 1 日)を用いて以下の手順で、金沢地方における秋季の可視バンドと赤外バンドの反射率比の計算を実施した。 MOSIS データセットの内、地上分解能 1km の可視域 2 バンド、即ち青色バンド 3 (中心波長: 0.47μm, バンド幅:±0.01μm)と赤色バンド 1 (中心波長: 0.65μm, バンド幅:±0.01μm)を選び、エアロゾルによる大気散乱効果を無視可能な短波長赤外域のバンド 7(中心波長:2.13μm, バンド幅は±0.025μm)を用いて解析した。

(1) まず、バンド 7 画像データに大気分子による散乱・吸収効果と水蒸気による吸収効果の補正 [2]を実施してバンド 7 における地表反射率画像データを計算した。大気分子の光学的パラメータ値は MODTRAN コード [3]の値を採用した。 (2) スペクトル空間において最尤法により画像を植生域、都市域、雲と雪、海域、その他の 5 つのカテゴリにクラス分類した。(3) 衛星同期のスカイラジオメータ(Prede 製、POM-01)による天空観測データから得られる大気エアロゾルの光学的厚さを利用して、バンド 3 (青)とバンド 1(赤)の MODIS 画像データに大気効果補正 [4]を実施して、これら 2 バンドにおける天空観測サイト周辺画素の地表反射率を計算した。 (4) 天空観測サイトの周辺画素の分類結果を参照して植生クラス、都市クラス、その他クラスのバンド 3 とバンド 7 (赤外)の反射率比 R3/R7 及びバンド 1 とバンド 7 の反射率比 R1/R7 を計算した。ここで、R1, R3, R7 はそれぞれバンド 1, 3, 7 の地表反射率である。本計算においては、エアロゾル粒子の複素屈折率は m=1.50-i0.005 を仮定した。考慮したサイズ分布モデルは Continental モデル、Maritime モデル、海岸型の Haze M、及び Junge モデルである。この内、Junge モデルとしては、6 個の異なるパラメータ値 v=2.0, v=3.0, v=3.5, v=4.0, v=5.0, v=6.0 について考慮した。

2. エアロゾルの光学的厚さの推定結果のエアロゾルモデルによる影響

前述の 9 種類のエアロゾルモデル毎に、MOSIS 画像データより求めた日本における植生クラス、都市クラス、その他クラスに対する可視と赤外の反射率比を計算し、この値と金沢地域を撮

影したMODIS画像データを用いて、天空観測を実施した周辺上空のエアロゾルの光学的厚さの推定値を同期天空観測データ値より求めたエアロゾルの光学的厚さとの比較を実施した。
考慮したエアロゾルモデルの内、良好な結果を得たのは、Continental モデルと Junge モデルの v=3.5 と v=4.0 の場合だけであった。Maritime モデル、Haze M モデル、Junge モデルの v<3.0 と v>5.0 に関しては、推定エアロゾルの光学的厚さは同期観測に基づくエアロゾルの光学的厚さとかなり異なっていた。この解析結果は秋季のエアロゾルのサイズは小粒径のものが卓越していることを示唆している。

エアロゾルの光学的厚さの推定結果が良好であったContinentalモデルとJungeモデルのv=3.5及びv=4.0から得られる植生クラスのバンド比は0.460<R3/R7<0.470と0.571<R1/R7<0.586の範囲にあることを得た。

参考文献

1. Kaufman, Y., et al.,. The MODIS 2.1mm Channel-Correction with Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol, IEEE Trans. GRS, vol.35, no.5, pp.1286-1298, 19972.
2. Kaufman, Y., and Gao, B.C., Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS, IEEE Trans. GRS, vol.30, no.5, pp.871-884, 1992.
3. Berk. A, Bernstein, L.S., and Roberton, D.C.,. MODTRAN: A Moderate Resolution Model for LOWTRAN7, GL-TR-89-0122, G.L.,USA, 1989.
4. Kawata, Y., Mouri, K., and Izumiya, T.,. New estimation algorithm of aerosol optical thickness from space remote sensing data and its validation, Adv. Space Res., vol.25, no.5, pp.1007-1013, 2000.

反射率バンド比及び陸域エアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響

金沢工大　川田剛之、梅木拓也

概要

1. 金沢での大気観測(2003年10月~2004年4月)
2. MODISデータ(2003年、秋の5シーン)の解析
3. 異なるエアロゾル・モデル毎に反射率バンド比とエアロゾルの光学的厚さを推定

(Maritime Model, Continental Model, Haze M, Junge Models)

金沢での大気観測結果

- 観測機器: POM-1
- 観測波長:7channels (0.315μm,0.4μm,0.5μm,0.67μm,0.87μm, 0.94μm,1.04μm)
- 観測場所:金沢工業大学 (N36.5°, E136.6°)
- 観測期間: 2003年10月～2004年4月

エアロゾルの光学的厚さ　τ(500)　　オングストローム指数　α

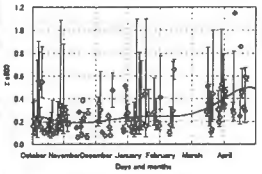


図2. 2003年10月～4月における τ(500)の月日変動

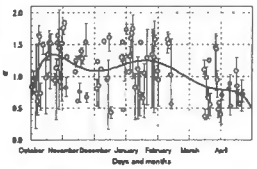


図3. 2003年10月～4月における αの月日変動

図2から、10月～2月(冬型)はエアロゾルの光学的厚さが薄く、春先(4月)にかけて徐々に厚くなってきている。
図3から、10月～2月(冬型)に小粒子が飛来し、4月には大粒子が飛来している。

使用したMODIS画像データ

5シーン
- 2003年10月 9日
- 2003年10月20日
- 2003年10月25日
- 2003年10月27日
- 2003年11月 1日
- 選定条件:

1)衛星が金沢上空をした際に、衛星同期地上観測を実地している。
2)目視で金沢上空に雲が存在していない。

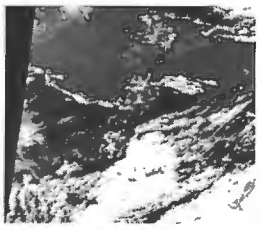


図5.2003年10月20日の日本全体

3. 赤外域(Band7)の地表面反射率

領域	陸域(Vegetation, Urban, other)
波長	Band7(2.1μm)
大気モデル	中緯度冬型(Mid-latitude winner)
地表モデル	Lambert面
吸収(水蒸気量)	画像上から大気水蒸気量を推定 Split Window法・Chester et al. (1983)
分子の光学的厚さ	MODTRAN4から計算

↓ 大気効果補正

R2.1(Band7)の地表面反射率

4.可視域(Band1, Band3)の地表面反射率を求める

1)地上観測のエアロゾルの光学的厚さτを用いる。
2)可視域の分子パラメータはMODTRAN4から算出する。
3)理論的輝度値のテーブル(LUT)作成

表1.地上観測から得たエアロゾルの光学的厚さτ

月日	Band1	Band3
10月 9日	0.093904	0.155271
10月20日	0.061509	0.100853
10月25日	0.103856	0.15364
10月27日	0.096375	0.161975
11月 1日	0.187161	0.320232

理論的輝度値のテーブル(LUT)作成

領域: 陸域 (Vegetation, Urban, other), 波長: Band1(0.65 μm)・Band3(0.47 μm)

大気モデル: 中緯度冬型(Mid-latitude winner), 地表モデル: Lambert面

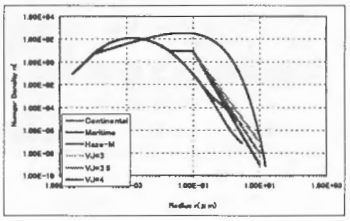
分子の光学的厚さ　MODTRAN4から計算, エアロゾルの光学的厚さ: 0～1.0の0.1刻み(11通)

複素屈折率・実部　m=1.5-0.005i

エアロゾルモデル: Maritime Model, Continental Model, Haze Model, Junge Model with v=2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0

地表面反射率: 0~1.0の
0.1刻み(11通り)
角度: 太陽天頂角 :33通
観測天頂角 :33通
方位角差 :37通

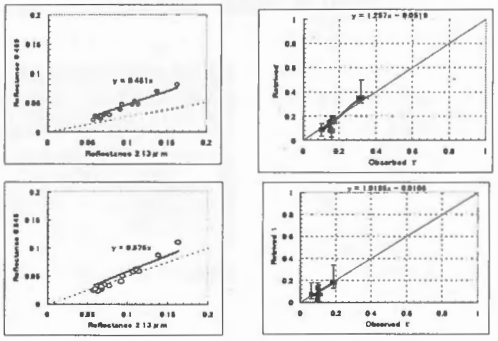
LUT ->大気補正--->
$R_{0.47}$ and $R_{0.65}$



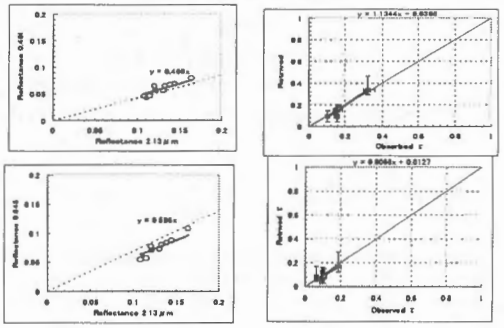
可視と赤外の反射率バンド比の算出と エアロゾルの光学的厚さの推定

- 考慮するエアロゾルモデル毎に以下の計算を実施する。
- Band1(0.65 μm)・Band3(0.47 μm)の地表面反射率とBand7(2.1 μm)の反射率から反射率の可視と赤外バンド比が算出可能。MODIS画像のスペクトル分類図から対応する3クラス(Vegetation,Urban,Other) の反射バンド比を計算する。
- 算出した反射率バンド比を用いてエアロゾルの光学的厚さを推定し、大気観測データで検証する。検証は (金沢工業大学) 周辺の5km × 5km(25ピクセル)を使用する。

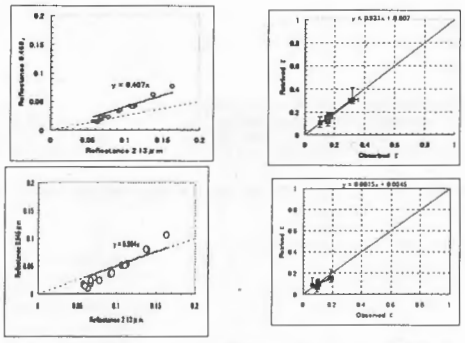
Continental Model



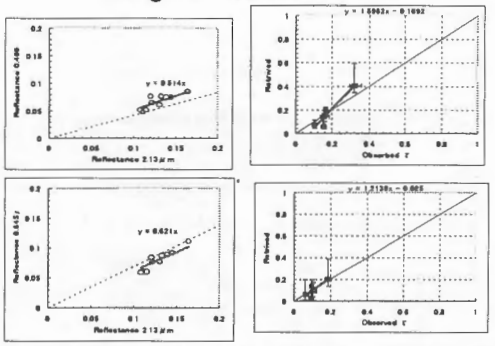
Junge Model with v=4.0



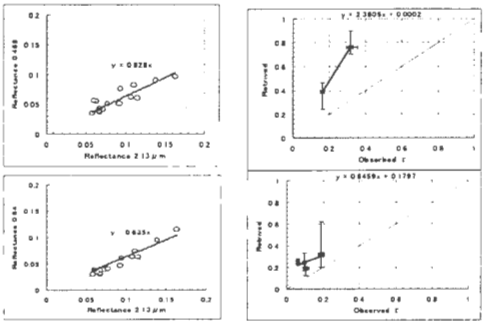
Junge Model with v=5.0



Junge Model with v=3.0

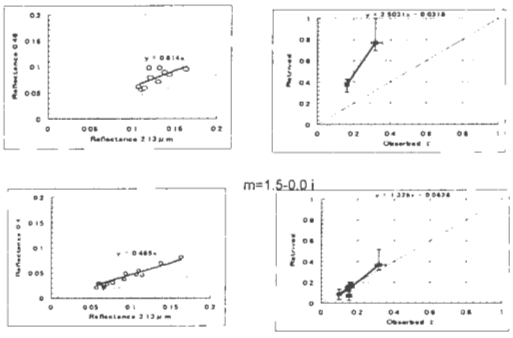


Maritime Model



Haze M Model

m=1.5-0.0 05 i



m=1.5-0.0 i

まとめ

- エアロゾルの光学的厚さの推定結果の妥当なモデルはJunge Model with 3.5<v<4.0とContinental Modelであった。
- 植生の反射率バンド比

  $0.460<R_{0.47}/R_{2.1}<0.470$

  $0.571<R_{0.65}/R_{2.1}<0.586$
- Maritime Model, Haze M Model やJunge Model with v<0.3 or v>4.0は秋季における妥当なエアロゾルモデルではないと思われる。