

## 論文の内容の要旨

論文題目：Precise Estimation of Surface Broadband Emissivity of  
Arid Region Using Thermal Infrared Remote Sensing  
(熱赤外リモートセンシングによる乾燥地域の  
地表面広帯域放射率の高精度推定に関する研究)

氏名：小川 健太

指導教員：六川 修一 教授

所属：東京大学大学院 工学系研究科 地球システム工学専攻

### I. 緒言

放射率は、地表面温度と共に地表面が大気や宇宙に放射するエネルギー量を決定する気候モデルや気象モデルにとって重要なパラメータである。特に乾燥地域において、地表面に露出する岩石や土壌の放射率の範囲が大きい (Figure 1) ので、放射率の影響が大きい。

近年になり、米国航空宇宙局の Earth Observing System 計画の Terra 衛星に搭載された、Advanced Spaceborne Thermal Emission and reflection Radiometer (ASTER)及び MODerate resolution Imaging Spectrometer (MODIS) といった熱赤外域を複数チャンネルで観測可能なセンサが利用可能になってきた。これらのセンサによる観測により、地表面の放射率を定期的に観測することが可能となった。しかし、これら熱赤外リモートセンシングによる観測は、センサがもつ比較的狭い帯域のチャンネルに対してのみ可能である。一方で、気候モデルや気象モデルが放射伝達計算の際には、放射が生じる帯域全体の広帯域放射率が必要となる。センサのチャンネルと気候モデルや気象モデルが用いる帯域の関係を Figure 2 に示す。本論文は、ASTER や MODIS の二つのセンサを用いて熱赤外の広帯域放射率を推定することを目的とした。

### II. 手法及び結果

著者は、ASTER及びMODISデータから広帯域放射率を推定する手法を開発した。この手法は、ASTER及びMODISのチャンネル放射率  $\epsilon_{ch}$  を説明変数とする、線形回帰式により、広帯域放射率 (例えば、 $\epsilon_{8-13.5}$ ) を推定するものである。回帰式は以下のとおりである。

$$\epsilon_{8-13.5} = \sum_{ch=10}^{14} a_{ch} \epsilon_{ch} + c$$

ここで、 $a_{ch}$  は、センサチャンネルごとの回帰係数、 $c$  は定数である。回帰係数は、スペクトラルライブラリと呼ばれる、さまざまな物質の実験室における分光測定結果を集めたデータベースを用いて決定した。そして著者は、この回帰式を ASTER/MODIS から推定された放射率データに適

用し、全球の乾燥地域の放射率分布図を作成した。その結果をFigure 3 及びFigure 4 示す。その結果、広帯域放射率 (8-13.5  $\mu\text{m}$ ) は、およそ 0.86 から 0.96 の範囲にあった。特に北アフリカ及びアラビア半島内では、大きな放射率の変動が見られた。この推定結果を、北アフリカ及びオーストラリアで取得されたASTER 及びMODISそれぞれから推定された広帯域放射率を比較することにより検証した。両者の差分の平方二乗平均は、0.014 であり、平均値の偏差は、0.004 であった。

現状の気候モデルでは、裸地の放射率は 0.96 程度と仮定される場合が多い。実際の値がサハラ砂漠の平均値に近い 0.90 であった場合の 0.06 の誤差は、その地点の地表面平衡温度の計算値において、0.4 -1.0 程度の差に相当する。放射率分布図を活用した場合の、放射率の誤差が  $\pm 0.014$  程度と考えると、誤差 0.06 の場合と比較し、地表面温度の計算値の誤差を大幅に低減させることができる。

### III. 結論及び今後の展開

以上の結果から以下の結論が得られる。

砂漠域における地表面広帯域放射率の範囲は、0.86-0.96 であり、サハラ砂漠及びアラビア半島周辺でその変動が大きい。

ASTER/MODIS より作成した放射率分布図の利用により、サハラ砂漠における放射率の不確定性に起因する放射量の誤差を従来より大幅に低減することができる。

また、地表面分布図を用いた気候モデルや気象モデルの精度向上についての検証が、現在進められている。

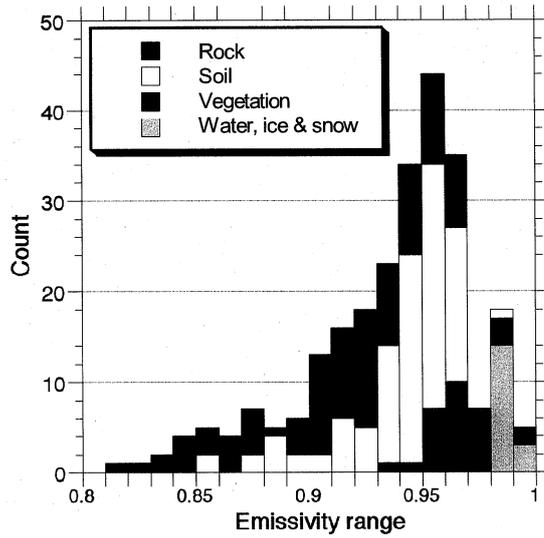


Figure 1 スペクトラルライブラリに含まれる物質の広帯域放射率。岩石や土壌の放射率の範囲が広いことが示されている。植生や水は比較的狭い範囲に分布する。

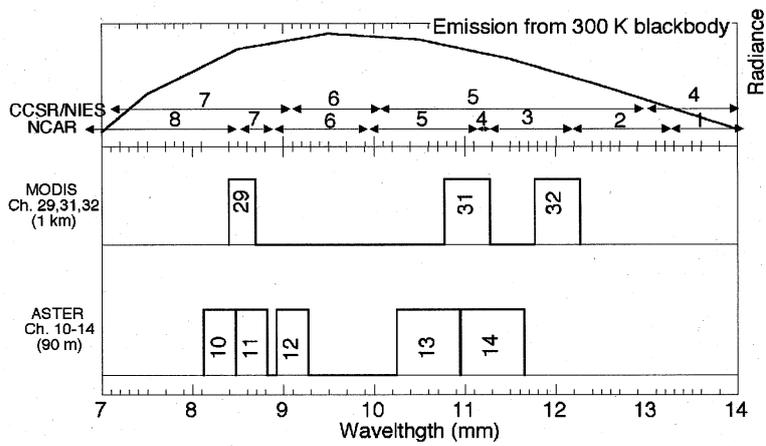


Figure 2 ASTER/MODIS のチャンネル配置と二つの気候モデル (CCSR/NIES 及び NCAR CAM) の帯域の比較。

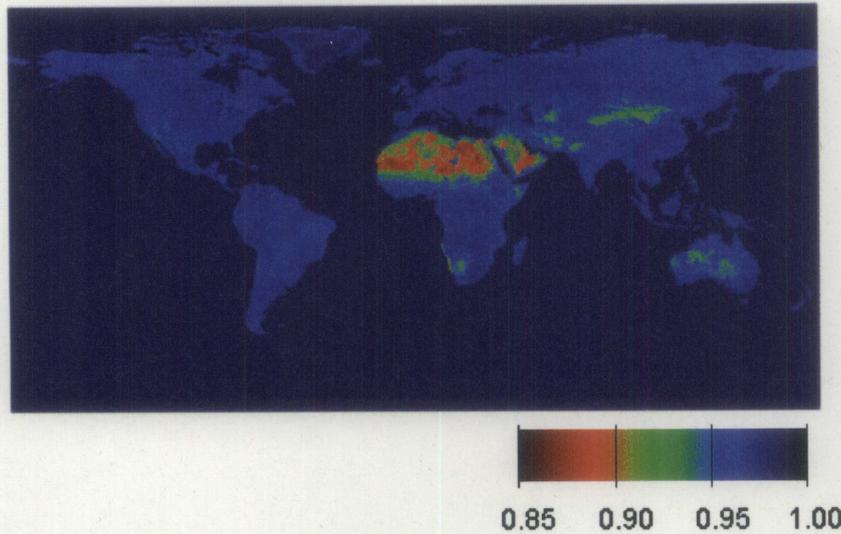


Figure 3 全球の放射率分布図。0.90 以下の低い放射率が見られる場所は、サハラ砂漠とアラビア半島に集中している。0.92 0.93 程度の放射率は、中国内陸部にも見られ、日本の気候と関連について検討が必要である。

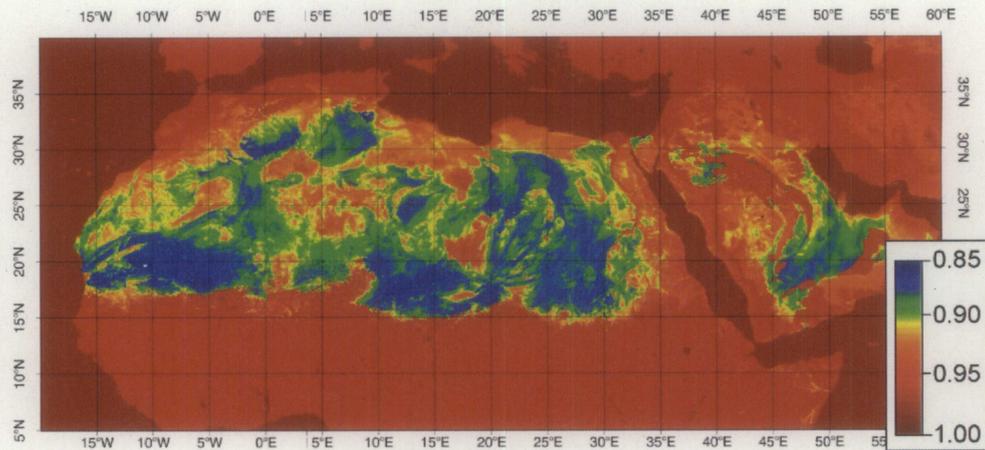


Figure 4 アフリカ及びアラビア半島における広帯域放射率分布図。サハラ砂漠の中では、移動砂丘分布域に相当する部分は、放射率が低い場所に対応しており、安山岩や玄武岩質の火山が分布する領域は、放射率が高い場所に対応している。