

審査の結果の要旨

氏名 小川 健太

熱赤外域の地表面放射率は、地表面の熱収支や気候 / 気象モデルにとって重要なパラメータである。本論文では、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)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に焦点を当てている。著者は、ASTER 及び MODIS データから熱赤外広帯域放射率を作成する為に、広帯域放射率を推定する回帰式を開発し、その有用性を詳細に検証するとともにその手法を用いて全球の放射率分布図を作成した。

著者が作成した全球放射率マップから全球レベルでの乾燥域の放射率特性を分析している。その結果、広帯域放射率 (8-13.5 μm) の範囲は、およそ 0.86 から 0.96 の間に広く分布することを示した。この値の比較・検証は、米国ニューメキシコ州での現地実験及び北アフリカ及びオーストラリアで取得された ASTER 及び MODIS データの相互比較により行われている。ASTER 及び MODIS それぞれから推定された広帯域放射率の差違の平方二乗平均は、0.014 程度であり、気候モデルの入力データとしては十分な精度であることを示した。

第一章「Introduction」では、研究の背景・目的・概要・構成について述べられている。放射率は、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ため、気候モデルや気象モデルに重要なパラメータであることが説明されている。特に乾燥地域では、放射率の値の分布範囲が大きいので重要である。スペクトルライブラリに含まれる各物質のスペクトルから計算した広帯域放射率の値は、水域、植生域では、0.95~0.99 までの狭い範囲に分布するが、岩石、土壌では、0.86~0.96 の広い範囲に分布することを示している。近年になり、ASTER や MODIS といった熱赤外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おり、これらのセンサによる観測により、地表面の温度及び放射率を定期的に観測することが可能となったことを説明している。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ことを指摘している。それを解決する手段として、回帰式を用いたアプローチを説明している。また、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、例として東大気候センター・環境研究所 (CCSR/NIES) と米国大気研究センター (NCAR) における帯域の設定、の関係も詳細に説明されている。

第二章「Estimation of Window Emissivity Using ASTER data in a Part of Sahara Desert」では、ASTER データを使用したサハラ砂漠の広帯域放射率の推定手法、結果、考

察について述べている。センサが観測するチャンネルの放射率を気候モデルや気候モデルが必要とする広帯域放射率に変換する方法を開発し、さらにそのモデルを用いて、チュニジア、アルジェリア、リビアに跨る研究対象地域の放射率分布図を作成し、その結果を記載している。

第三章「Estimating of surface broadband emissivity of Arid Region using MODIS and ASTER in North Africa」では、ASTER 及び MODIS のチャンネル放射率を説明変数とし、広帯域放射率を線形回帰式により推定する方法について、第二章と同様に述べている。この回帰式を用いて算出した北アフリカ及びアラビア半島の広帯域放射率分布図を作り、同地域内のサハラ砂漠内の放射率値が、土壌や岩石の種類により、0.86 から 0.97 の間で広く分布していることを示している。

第四章「Estimating broadband and RTM-band emissivity for arid region using MODIS and ASTER and the temporal variation」では、MODIS データを使用することにより、全球の広帯域放射率分布図を作成する手法及び結果について述べている。このような全球の熱赤外放射率の分布図については、現在ほとんど研究例がなく、非常に新規性の高い研究成果である。また、2年間にわたる広帯域放射率の変化を分析し、その変化が土壌水分の変動と関連することを見出している。この放射率と土壌水分の変動の関連は、以前より複数の研究者により、実験室での測定結果から予測されていたが、このような広域観測において関連が見出されたのは新しい発見であると言える。

第五章「Discussion」では、第二章から第四章の結果を踏まえ、その意義、応用について述べている。本研究で可能となった地域的、全球それぞれのスケールにおいて、広帯域地表面放射率の推定手法を気象モデル等で応用する上で、長期的（数十年以上）での土地被覆変化への対応方法について議論している。従来の土地被覆分布を元に、被覆の種別ごとの放射率を計算すると Barren（裸地）における変動が非常に大きいことを指摘している。さらに裸地を珪質土壌とそれ以外の土壌に分類した場合、放射率の変動が大幅に減少することも示している。

第六章「Conclusion」では、以上の研究の概要が纏められている。

以上を要約すれば、本研究は、これまで大きな不確実性が存在した地表面放射率を、熱赤外リモートセンシングにより高精度に推定する方法を開発し、これにより全球放射率を求めたものである。この研究成果は、気象モデル、水文モデルによるシミュレーション精度の向上に多大な寄与をすることが可能であり、地表面の熱収支過程のより高度な理解を推進することにより実社会に大きく貢献できるものと期待される。

よって本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。