

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 外岡秀行

地表面温度 (Land Surface Temperature, LST) は大気-地表系の諸物理過程を支配するキーパラメータの1つであり, LSTを瞬時かつ広域に観測できる熱赤外リモートセンシングはその最も有効な観測技術である。近年, 地球規模の環境変動の問題が重要になっている中, 我々が地球システムをより深く理解するためにはLSTを1Kの精度で観測することが必要であると考えられている。しかし, これは従来の方法論の延長で考えるならば厳しい課題であると言わざるを得ない。それは, 高い精度と高い適用性を合わせ持つ実用的な陸域大気補正アルゴリズムが存在しなかったためであり, そうしたアルゴリズムを開発することが本論文の目的である。

序論及び基礎理論に続く第3章では, 論文全体で使用するシミュレーションモデルの構築を行っている。大気モデルに全球再解析モデルのプロダクトを採用するなど, 従来のモデルよりも現実性の向上が図られたものとなっている。

第4章では, 現在, 陸域に適用可能で最も実用的な手法である「全球解析データに基づく単バンドアルゴリズム」について, 多面的な精度検証を行っている。全球解析データは全球の3次元格子点における各種気象要素を6時間間隔で与えるため, 同データに基づく大気補正法は極めて適用性が高いという特長を有するが, その精度を検証した例はこれまでほとんど報告されていなかった。本章での検証により, 全球解析データの水蒸気プロファイル誤差が同手法における主たる誤差因子となり得ること, 水蒸気連続吸収帯では大気補正精度が悪く, こうした精度の波長依存性は地表スペクトル解析に大きな影響を及ぼすこと, 雲の少々の混入により大きな負の残差を生じること, など精度上の幾つかの重要な問題点が指摘されている。

第5章では, 放射率の不確定性を考慮した差分吸収型のアルゴリズムを開発している。差分吸収型のアルゴリズムは海域では極めて有効に機能し, 実用化されているが, 陸域では放射率の不確定性のために精度や適用性が著しく低下し, 実用化に至っていない。本章で最初に提案しているEMC (Extended Multichannel) 法は観測輝度温度の線形和から各チャンネルの地表輝度温度を推定する手法であり, 次に提案しているEMC/WVD (Water Vapor Dependent) 法はEMC法の各係数を概算水蒸気量の2次式で表現した手法である。これらは放射率の不確定性を含む種々の誤差因子に対して従来のマルチチャンネル法よりロバストであり, とりわけEMC/WVD法において顕著である。これらの手法は以降で提案する2つのアルゴリズムのコアとなっている。

第6章では, 灰色画素 (水氷や植生, 一部の土壌等) を利用した段階的な回帰分析により大気効果パラメータを推定するGray Pixel (GP) 法を提案している。この手法は, 観測画像を複数の小領域に区切った後, 各領域内の灰色画素を抽出してEMC法あるいはEMC/WVD法を適用し, 地表放射輝度と観測放射輝度の間の線形回帰により各領域ごとの透過率及び光路輝度を推定し, さらにこれらの推定値に基づいて天空輝度を回帰推定する。EMC法を使う場合には外部の大気データを必要としない自己推定型である長所を有し, またEMC/WVD法を使う場合は概算水蒸気量を必要とするが, EMC法を使う場合より精度が高い。しかし, 一方

で安定解を得るための適用条件が厳しいため、全球対応の定常処理システムへの実装には馴染まないことを述べている。

上述の結果を受けた第7章では、上記の各手法と数値予報における最適内挿法を組み合わせることにより、高い適用性と高い精度を合わせ持つ実用的な大気補正アルゴリズムとしてWater Vapor Scaling (WVS) 法を提案している。この手法は、まず観測画像から灰色画素を抽出し、それらにEMC/WVD法を適用して全球解析データの水蒸気プロファイルに与えるスケーリングファクター $\gamma$ を計算し、最適内挿法によって残る全画素の $\gamma$ を計算することにより、画素単位で全球解析データの誤差を低減するものである。シミュレーションや実データに基づく検証により、適用性は全球解析データに基づく単バンドアルゴリズムに匹敵し、精度はラジオゾンデデータに基づく単バンドアルゴリズムに匹敵する極めて実用的な手法であることが示されている。こうして第8章では、WVS法を最も実用的な陸域大気補正アルゴリズムであると位置付け、締め括っている。

本論文が提案しているWVS法は複数の手法の良い点を融合して独創的に発展させたものであり、その成果は今後の熱赤外リモートセンシングの発展、さらには地球システム学の発展にも寄与することが大いに期待される。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。