

# 論文審査の結果の要旨

氏名 太田 芳文

本論文は全7章からなる。第1章は序章であり、研究の背景と本研究の位置づけが述べられている。第2章にはデータ解析手法の概要が記述され、第3章では本研究で用いた衛星搭載型観測装置の特性に関する再評価の手法と結果がまとめられている。第4章では、データ解析手法の詳細とその誤差評価が行われ、実際の観測データの解析結果が第5章に示されている。第6章では、解析精度と本研究の位置づけについて議論が行われ、今後の課題が示されている。第7章はまとめである。

地球温暖化問題が懸念され、その原因物質である二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の観測態勢の強化が叫ばれている昨今、特にCO<sub>2</sub>の発生源と吸収源を明らかにするために必要な全球規模での観測が求められている。その最も期待されている手法が人工衛星による宇宙からの観測である。本研究の目的は、大気中微量気体成分の観測を目的に打ち上げられた衛星搭載センサー、特に熱赤外センサーのデータからCO<sub>2</sub>濃度を算出する手法を確立することにある。

以下、具体的な手法の概要やデータ解析結果、そしてそれらの意義について記す。

熱赤外センサーのデータ解析により、大気中のCO<sub>2</sub>濃度を求める場合、独立した手法で得られた気温情報が必要となる。近年、酸素の吸収バンドに感度のあるマイクロ波センサーデータから気温を求め、熱赤外センサーデータからCO<sub>2</sub>を求める試みがなされている。しかし、後述のIMGセンサーや今後打ち上げられるセンサーの多くはマイクロ波センサーの同時搭載がなされていない。本研究では、そのようなセンサーのデータ解析一般に適用できる方法として、気象解析データを利用するという新しい方法を試みている。

解析に用いたデータは、1996年に打ち上げられたADEOS衛星搭載の熱赤外センサーIMGのデータである。これは、近年打ち上げが続く一連の大気観測用高波長分解能センサーの最初のものであり、そのデータは大気環境の長期変動を知る上でも重要な位置づけにある。しかし、衛星本体の不具合のため観測を中止せざるを得なくなり、データ解析に不可欠なセンサー固有の装置関数の特性が十分決定されないまま、プロジェクトが中止された。本研究においては、ゾンデ観測された気温などを基準値として、高い精度でこの装置関数の決定を行い、CO<sub>2</sub>の濃度解析に適用した。このことは、今後、同データの一般利用に道を開くものであり、その意義は大きい。

熱赤外放射データからCO<sub>2</sub>を解析する場合の誤差要因としては、H<sub>2</sub>O、O<sub>3</sub>、地表面温度、気温、装置関数の推定誤差が挙げられる。このうち、前者3つの推定誤差は、情報エント

ロピー理論に基づく波長選択により、ほぼゼロにすることができることを示した。一方、残り2つ、つまり、気温と装置関数の推定誤差が本手法での主な誤差要因であり、これらは波長選択で低減はできるものの無視できるほどには除けない。しかし、その誤差を等価な放射輝度の測定誤差に置き換えられることを示し、最大事後確率推定法の中での的確に値を評価することで、最終的な解析誤差を正確に評価できることを示した。その結果、IMG程度の性能の観測データの場合、6個程度の観測データの平均により、CO<sub>2</sub>の発生源、吸収源の推定を行う研究から求められている1%の精度の達成が可能であることを示した。このことは、熱赤外センサーデータが、同種の研究にどの程度貢献できるかを定量的に示したものとして評価される。

本研究で採用した気体濃度反転解析手法の基本は、ベイズ統計に基づく最大事後確率推定法であるが、非線形性の除去や、放射伝達計算の厳密化など、同手法における最高レベルの性能を有する解析システムを構築した。このような解析システムを用いてIMGセンサーで実際に観測されたデータを解析して得られたCO<sub>2</sub>濃度について、外部機関が提供する航空機観測の結果を用いて検証した。その結果、航空機観測で得られている半球間にまたがる濃度の南北勾配や、地域的な変動がほぼ同様に再現されているばかりではなく、その絶対値の差も数ppmv以下であり、条件によっては平均操作が無くても、単独の観測データで1%の解析精度が実現していることを示すものである。

このような検証結果を踏まえ、IMGの集中観測が行われた1996年4月の1ヶ月間のデータを用いて、CO<sub>2</sub>濃度の全球分布が作成された。これは、マイクロ波での気温観測が行えない陸域を含む、熱帯から中緯度にかけての広域の濃度分布として、世界で初めての解析結果である。この濃度分布に示された結果は、南北両半球にまたがる濃度勾配や、陸域、海域での濃度コントラスト、そして、先進国付近での高濃度など、これまでのCO<sub>2</sub>に関する一般的な知見と整合するものであり、CO<sub>2</sub>全球分布としての妥当性は明らかである。さらに、これまであまり報告されていないロシアや東南アジアなどで特徴的な高濃度域も検出されており、衛星観測の有効性を示すものとして、今後の検証が期待されている。

以上のように、本研究は衛星搭載の熱赤外センサーデータの解析により大気中CO<sub>2</sub>を解析する手法として一般的に利用できる手法を確立すると同時に、その有効性を示したものとして、意義は高く評価できる。

なお、本論文第3章、第4章に示されたデータ解析手法、および、それを用いての解析結果である第5章の一部は、今須良一氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、および、実施を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できるものと認める。