

論文審査の結果の要旨

氏名 木村 俊義

本論文は、衛星が受信する分光放射輝度情報と地球大気構造の関係を詳細に調べることによって、地球大気系の放射エネルギー収支に果たす雲と水蒸気の役割を理解する研究をおこなった。従来このような研究は2つの方向においておこなわれてきた。ひとつは、できるだけ正確な大気上端での波長積分放射エネルギーフラックス収支を測ろうとするもので、ERBE 型放射収支計システムによる観測とデータ解析がなされている。もうひとつの手法は、NOAA 衛星に搭載された HIRS 分光放射計などで分光放射輝度を測定することによって、その逆問題から大気構造を推定するものである。この手法は晴天大気に適用されて、温度や水蒸気量の鉛直プロファイルが得られており、多くの気候研究に使われている。

しかし、ERBE 型の放射計観測では波長積分観測をおこなうために、例えば、雲頂温度の変化のみが起こる場合は、その変化が波長積分放射収支の観測値にあらわれにくい。一方 HIRS 型の分光放射観測では、逆問題を簡単にするために主に晴天状態の解析のみがおこなわれてきた。本研究ではこのふたつの手法の利点を合わせ持ち、かつ、両者の欠点を補うことができるような、衛星データの利用手法を提案している。このような方向の研究は過去に無いものであり、その独創性が高く評価される。

本研究の前半では、まず、雲が存在する大気構造の変化が引き起こす、大気上端での分光放射輝度の変化を詳細に調べた。それによると、もっとも信頼できるとされている ECMWF 客観解析データと ISCCP (国際衛星雲気候プロジェクト) データによって構成された大気モデルをもとに理論計算される、大気上端での ERBE 波長積分放射輝度および HIRS 分光放射輝度は、それぞれの衛星観測値と整合していないことが明らかになった。すなわち、晴天時の南半球高緯度領域と曇天時の上層大気には、衛星観測輝度を説明するためには低温バイアスがあることが明らかになった。その原因としてこれらの領域で、水蒸気と雲量あるいは雲の光学的厚さが過大であることが推測された。

論文の後半では、この不整合の原因を追及するために、全天大気状態の HIRS 分光放射輝度から逆問題によって雲量、雲頂温度などの雲パラメーターや水蒸気量を推定することを考えた。まず、理論計算によって雲が存在するような全天大気状態でも分光放射輝度には、大気構造、特に雲パラメーターと水蒸気量を推定するための情報が含まれていることを確認した。しかし、その依存性は非常に複雑でこれまで十分研究されてこなかったが、ここでは新たに開発したニューラルネットワーク手法によって、全天状態の HIRS 分光放射輝度から雲パラメーターと水蒸気量を推定することに成功した。その結果、前半で利用した大気モデルにおいて、南半球高緯度および上層大気で水蒸気量を減少させ、かつ上層雲の光学的厚さを小さくすることによって、HIRS 分光放射輝度をより整合的に説明できる

大気モデルを構成することができた。大気上端での分光放射収支に基づく、このような気候モデルの診断法は新しいものであり、今後の気候研究のひとつの方向を示すと考えられる。

以上の研究をもとに本研究では、スペクトル構造をある程度維持しつつ、かつ波長積分による放射収支研究の利点を活かすように全赤外波長領域を4区分した、区分フラックスの概念を導入した。さらに HIRS 分光放射輝度から区分フラックスを推定するニューラルネットワークを開発し、それを11年分の HIRS データに適用することによって、熱帯海洋域の放射収支と大気構造に関する事例解析をおこなった。その結果、ENSO 変動にともなって上層水蒸気量と上層雲量が顕著に変化するが、その結果起こる放射収支変動は、そのうち上層雲量変動に伴う赤外窓領域の遮蔽効果による温室効果が全体の約50%を占めていることが明らかになった。このような評価は、これまで定性的に言われてきた知見を地球大気系の放射エネルギーフラックス収支の観点から定量的に記述したものである。

結論として、本研究は細部において十分な結果の検証がおこなわれていないなどの未成熟な部分も存在するが、論文が提案する手法と解析結果は、気候研究の新しい指針を示すものと考えられその寄与は非常に高い。従って、博士論文として十分なレベルに達しており、博士（理学）の学位を授与できると結論する。