

論文審査の結果の要旨

氏名 久世暁彦

本研究は、人工衛星で測定できる紫外から可視域の多波長太陽放射輝度を利用して、雲、エアロゾル、オゾン等の地球物理パラメーターを同時推定するアルゴリズムを開発した。さらにそのような観測の可能性を実証するために、分光器の開発とそれを用いた基礎データの収集を行った。従来、紫外波長域を用いたオゾン量の推定、近紫外から可視域を用いたエアロゾルの推定、酸素の A バンド帯 (0.76 ミクロン帯) を用いた雲頂高度の推定などが単独に開発され、TOMS や GOME と呼ばれた人工衛星搭載センサーのデータに適用されてきた。しかし、これらの既存の方法では、当該の 1 つの物理量の導出を行い、他の効果の補正が十分で無いこと、使用されたセンサーの感度と波長が限られていたために、例えば大陸上の大気汚染の激しい地域や小さなスケールの雲が存在する場所ではオゾン量やエアロゾルパラメーターの推定に大きな誤差が生じるなどの問題があった。

しかし、昨今の衛星分光観測技術やコンピューター技術の進歩に伴い、新しいアルゴリズムの開発の可能性が生まれてきた。本研究ではこのような動機のもとに、紫外から可視波長域にかけての多波長を同時に利用して、衛星受信放射輝度に顕著な影響を及ぼすオゾン、雲、エアロゾル等に関する地球物理的パラメーターをひとつのセンサーによって同時に推定するシステムを提案した。まず、数値計算によって、個々の大気組成が衛星受信放射輝度にどのような影響を与えるかを詳細に調べた。その結果、雲に関しては、視野内雲量と雲頂高度の 2 つの雲パラメーターを酸素の A バンド吸収帯の複数波長から推定することが可能であることを示した。また、比較的高い空間分解能を持つセンサーの場合は、雲量を放射輝度の空間分散から求めた上で、上層雲などの薄い雲とその下に存在するエアロゾル層の高度および反射率を同時推定できることを示した。一方、オゾンの紫外吸収帯の 7 つの波長ペアを利用して、オゾン全量および、その対流圏成分を精度良く推定するアルゴリズムを提案している。さらに紫外から近紫外の窓領域における放射輝度からエアロゾルのタイプ (土壌性エアロゾル、炭素性エアロゾル、その他) と光学的厚さを推定できることが示されている。特にこの方法では、可視から近赤外域を用いた従来法では得るこ

とが難しい陸域における推定が可能になるメリットがある。これらのパラメータの導出は他のパラメータによる影響を相互に補正しながら行うことができる。そのような精度の高い補正の結果、NO₂ や SO₂ などの微量成分量も求めることができる。最終的に、以上述べた各アルゴリズムを組み合わせたシステム全体として、各物理量の推定精度の誤差解析をおこない、オゾン全量で3ドブソンユニット、対流圏成分に関しては高度分解能5 km で10ドブソンユニット程度の精度で導出可能であることを示した。

本研究のもうひとつの成果は、開発したアルゴリズムを適用できる衛星搭載型分光器の設計・試作・性能評価を行った点である。全波長域で均一の装置関数を有する Fastie-Ebert 型ポリクロメータを採用し、高分光分解能化と低熱歪み構造による軌道上での波長安定化を実現することが可能であることを示した。さらに入射光学系に2つの円柱鏡を採用し、波長毎に増幅レベルと素子サイズを最適化した大型受光面積を有する世界初の紫外域 C-MOS アレイ素子をカスタム設計することによって、高い感度を実現することができた。開発した分光計を用いて天頂散乱光から都市域の汚染 NO₂ 気柱量の日変化を観測し、本装置の特徴である高波長安定性と高 SNR を実証した。

以上述べた新しい紫外・可視分光計による大気組成の同時リモートセンシングシステムは世界初の試みであり、本研究の貢献は大きい。従って、博士論文として十分なレベルに達しているので、博士（理学）の学位を授与できると結論する。