

氏名	ます だ かず ひこ 増 田 一 彦
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2526 号
学位授与の日付	平 成 3 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Dependence of Shortwave Radiation on Cirrus Cloud Parameters and the Derivation of Cirrus Information Using Satellite Observations (巻雲パラメータに対する短波長放射の感度と衛星による推定法) (主 査)
論文調査委員	教 授 深 尾 昌 一 郎 教 授 小 倉 久 直 教 授 加 藤 進

### 論 文 内 容 の 要 旨

巻雲の光学的厚さ、粒子の形状・大きさ・向き、熱力学的位相などのパラメータが地球による太陽放射の吸収・反射に与える影響を知ることは気候変動の解明などのために極めて重要であり、これらのパラメータを衛星からのリモートセンシングにより推定する方法を確立することが期待されている。本論文では、これまで単独粒子あるいは単純な雲層モデルで解析されていた放射特性を、衛星データ解析に適した大気・海洋モデルに組み入れて放射伝達の計算を行い、巻雲パラメータが短波長 ( $0.285\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ ) 太陽放射収支に与える影響を議論したもので7章からなっている。

第1章は序論であって、本研究の動機と目的について述べると共に、従来の研究について概説し、本論文の構成と概要について述べている。

第2章では巻雲パラメータに対する短波長太陽放射の感度の見積もりおよび衛星による推定法を目的とした大気・海洋モデルについて、モデル全体の概略、大気分子、大気中のエアロゾル、海中のハイドロゾル(懸濁物質・溶存物質)、雲、海面等の各モデルについて述べている。

第3章では巻雲を構成する雲粒子として本論文で採用した正六角柱の氷晶粒子の単散乱特性について述べている。氷晶粒子の向きとして(1)空間的にランダムな方向を向いている場合(3D型)と(2)粒子の長軸を水平に保ちつつ平面上でランダムな方向を向いている場合(2D型)との2種類を扱っている。波長としては次世代 NOAA 衛星の AVHRR 放射計の可視・近赤外域での波長帯に対応する  $0.63$ ,  $0.86$ ,  $1.61\mu\text{m}$  について考察している。基本的な単散乱特性として位相関数、消散断面積、単一散乱アルベド、非等方散乱因子について、球形の水から成る粒子との比較を行っている。また、2D型の場合には上記の単散乱特性が粒子に対する入射光の方向にも依存するのでその関係についても論じている。

第4章では第2章で述べた大気・海洋モデルを構成する要素のうち雲以外の各要素——エアロゾルの種類と量、水蒸気量、オゾン量、海面上での風速、ハイドロゾルの種類と量——の変動が大気上端および海面上での短波長太陽放射収支に与える影響を調べている。これらのうち特にエアロゾルの種類と量、水蒸気量とが重要であることを指摘している。

第5章では巻雲の光学的厚さ、氷晶粒子の形状・向き、熱力学的位相などのパラメータが大気上端および海面上での短波長太陽放射収支に与える影響を調べている。影響は光学的厚さによるものが最も大きい。雲粒子の熱力学的位相、或は氷晶粒子の場合には粒子の形状・向きにも影響され、光学的厚さが1程度の場合に約  $30\text{Wm}^{-2}$ 、10程度の場合に約  $100\text{Wm}^{-2}$  の影響を受ける場合のあることを明らかにしている。その結果、気候変動問題等の基礎データとしての太陽放射収支量の推定値を改善するには粒子の形状・向き、熱力学的位相等が重要なパラメータであることを示している。また短波長太陽放射収支量を衛星で観測される可視域放射輝度から推定する場合の誤差の評価を行っている。

第6章では次世代 NOAA-AVHRR 放射計の波長帯0.63, 0.86,  $1.61\mu\text{m}$  における大気上端での上向き放射輝度が巻雲パラメータにどのように依存するかを調べ、これらをもとに衛星で観測される放射輝度から雲パラメータを推定する方法を論じている。特に2D型氷晶雲では3D型氷晶雲および球形粒子に見られない光学現象(例えば subsun, subparhelic circle)が現れ、放射輝度値に現れる極値の解析により氷晶雲についての情報が得られることを示している。また1993年に次期 NOAA 衛星に搭載予定の  $1.61\mu\text{m}$  帯では氷と水とで吸収率が違うのでこの特性を利用して  $1.61\mu\text{m}$  帯を含む多波長の放射輝度情報より氷晶雲と水雲との識別が可能になることを明らかにしている。

第7章は結論であって、本論文の成果の概要をまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

人工衛星による大気上端や海面上での短波長 ( $0.285\sim 5.0\mu\text{m}$ ) 太陽放射収支のリモートセンシングには、巻雲の影響を定量的に把握することが必要である。本論文は、層状巻雲を含んだ大気・海洋モデルに基づく数値シミュレーションにより巻雲の光学的厚さ、粒子の形状・大きさ・向き、熱力学的位相等のパラメータが短波長太陽放射に与える影響を研究したもので、得られた主な成果は次の通りである。

(1) 大気分子、大気中のエアロゾル、海中のマイクロゾル(懸濁物質・溶存物質)、雲、海面状態等を含んだ大気・海洋モデルを構築し、巻雲の構成粒子として正六角柱の氷晶粒子を組み入れて、短波長太陽放射収支評価におけるモデルの有効性を示した。

(2) 同モデルに基づき大気上端や海面上での短波長太陽放射収支を定量的に評価し、巻雲の光学的厚さの影響が最も大きいことを示した。

(3) 短波長太陽放射収支は巻雲粒子の熱力学的位相、或は氷晶粒子の場合には粒子の形状・向きによっても変動しその変動幅は光学的厚さが1程度の場合には約  $30\text{Wm}^{-2}$ 、10程度の場合には約  $100\text{Wm}^{-2}$  となることが示された。その結果気候変動問題等の基礎データとしての太陽放射収支量推定値を改善するには粒子の形状・向きを予め与えておくことが重要であることを指摘した。

(4) 次世代 NOAA 衛星 AVHRR 放射計に搭載予定の波長0.63, 0.86,  $1.61\mu\text{m}$  における上向き放射輝度を計算し、これをもとに巻雲パラメータを推定する方法を示した。更に、 $1.61\mu\text{m}$  帯では氷と水とで吸収率が異なるのでこの特性を利用して氷晶雲と水雲との識別が可能になることを明らかにした。

以上要するにこの論文は、現実的な大気・海洋モデルに基づき巻雲による短波長太陽放射収支を評価し、次世代 NOAA 衛星による巻雲パラメータのリモートセンシングを可能とした研究をまとめたもので、学

術上實際上寄与するところが大きい。よって本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

平成3年9月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。