

氏 名 川 田 剛 之
かわ たけ ゆき
 学 位 の 種 類 理 学 博 士

学 位 記 番 号 論 理 博 第 580 号

学位授与の日付 昭 和 52 年 9 月 24 日

学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当

学 位 論 文 題 目 **Circular Polarization of Sunlight Reflected by
 Planetary Atmospheres**

(惑星大気によって反射された太陽光の円偏光)

論文調査委員 (主査) 教 授 小 暮 智 一 教 授 長谷川博一 教 授 加 藤 正 二

論 文 内 容 の 要 旨

1971年に Kemp, Swedlund らは木星表面からの太陽反射光に円偏光成分の存在を検出したが、その後、火星、金星、水星、土星などからも検出されている。これらの円偏光成分は次のような共通の特徴をもっている。第1に、惑星面の北半球と南半球とでは偏光の向きが逆である。第2に、同じ半球においても惑星が衝の位置を通過するときに偏光の向きが逆転する。第3に、円偏光の偏光率は惑星によって多少異なるがいずれも小さく、ストークスパラメーターにして $V/I \sim 10^{-3} - 10^{-5}$ の程度である。このような観測特性を惑星大気中における多重散乱過程に求めようとする試みはすでに1971年に Kemp, Hansen らによってなされているが、1976年に申請者は Hansen と共に 固体微粒子による 多重散乱として木星反射光の円偏光特性を解明することに成功した (参考論文5)。

主論文は参考論文5の結果をさらに発展させ、惑星大気中の固体微粒子および気体分子による散乱過程の考察を精密化するとともに、その結果を木星、土星および金星の円偏光に応用したもので、惑星大気における光散乱理論に大きく貢献するものである。

申請者はまず、惑星大気は球状の固体微粒子からなり、粒子の屈折率および有効サイズはパラメーターとして与えられるものとして、無偏光の平行入射光束に対する反射光のストークスパラメーターを理論的に計算し、contour diagram として表現した。そのさい、散乱過程としては単一散乱、多重散乱、および多重散乱が Rayleigh 散乱と混在する場合と3通りを考えている。

第一に、単一散乱についての contour diagram は直線偏光成分について、Rayleigh 散乱、Fresnel 散乱、異常屈折および第一次虹散乱がパラメーターの連続的变化によってそれぞれ再現され、これらが統一的に自然に理解されるという、注目すべき結果を与えている。第二に、円偏光成分は多重散乱によってはじめて発生し、円偏光成分の contour diagram は円偏光の観測特性を近似的に再現する。第三に、Mie 散乱に対する Rayleigh 散乱の影響を両者が均質に存在する場合と成層化して存在する場合について検討した結果、いずれも Rayleigh 散乱の寄与が大きくなると反射光の円偏光率に大きな影響が

あらわれる。以上の contour diagram に関する理論的計算の結果は惑星大気中における散乱過程の研究に大きく寄与するものである。

つづいて申請者は計算された contour diagram を木星、土星、および金星の表面反射光に応用を試みている。一般に理論的円偏光は散乱粒子の屈折率と粒子のサイズによって特有の位相角および波長との関係を示すから、これを観測と比較することにより、散乱粒子のパラメーターについて許容される範囲を求めることができる。木星、土星について申請者はこの許容範囲を推定したが、その範囲はかなり幅の広いものとならざるをえなかった。その理由の一つは観測された光の波長域が限られていて、波長依存性を十分に比較できなかったためである。また、土星の場合、理論的円偏光率が観測値より1桁小さい点について、申請者は散乱粒子の非球対称性、または土星の輪からの反射光の寄与を示唆している。金星については観測資料が一層不十分なので、申請者は円偏光の表面分布について理論的予測図を作製し、今後の観測に対する興味深い問題提起を行っている。

以上要約すると、本論文は惑星大気中の多重散乱による円偏光の理論的研究に主体があり、この面から、惑星大気の今後の観測的研究に多くの示唆を与えるものとなっている。

参考論文1、2は輻射輸達方程式の基礎概念の検討および解法に関するものであり、参考論文3、4は土星の輪の表面輝度の位相変化に関する理論的研究である。参考論文5はすでにのべたように木星円偏光の理論的研究で主論文の基礎となったものである。参考論文6は輻射輸達理論の応用として地表の衛星写真に関するリモートセンシングを扱ったものである。

論文審査の結果の要旨

惑星大気における光の散乱過程は惑星表面における太陽反射光から惑星大気の構造を探る上で基本的な物理過程の一つであり、従来は反射光強度および直線偏光の位相角依存性、とくに、惑星の衝の前後における強度変化などから種々の推論がなされてきた。1971年に発見された円偏光成分とその位相角との関係はこの問題に新しい観測資料を提供するものである。

円偏光成分の起源が惑星大気中の多重散乱によるものであらうという示唆はすでに1971年頃からなされているが、これに対して広般な理論的研究を行ったのは1976年の申請者および Hansen によるものが最初である（参考論文5）。

主論文において、申請者は1976年の仕事を発展させ、一般の惑星大気内での固体微粒子および気体分子による散乱過程を Contour Diagram 上に表現して詳細に検討し、その結果を木星、土星、および金星の円偏光に応用している。ここで Contour Diagram とは散乱粒子の屈折率をパラメーターとし、散乱の直線偏光または円偏光成分の、微粒子有効サイズおよび散乱位相角に対する依存性を等強度曲線の形で図に示したもので、パラメーター依存性を視覚的に示す図である。

申請者の研究によって得られた新しい知見を要約すると次の3点をあげることができる。

(1) 球状の固体微粒子からなる惑星大気中での散乱過程を Contour Diagram の形で表現する方法を提唱し、かつ、実際に広般な計算を実行して単一散乱、多重散乱の場合について Contour Diagram を作成し応用への途を開いた。

(2) 二粒子散乱の単純な散乱モデルについて散乱の位相マトリックスを厳密に計算し、単一散乱では直線偏光のみ生じて円偏光成分はあらわれず、2回以上の多重散乱によって、はじめて円偏光成分の生じることを解析的に示した。

(3) 惑星大気への応用。計算された Contour Diagram を惑星反射光中に検出された円偏光の観測特性と比較することにより惑星大気中の固体微粒子の屈折率、有効サイズ、および Rayleigh 散乱の効果などの推定を試みた。木星、土星については衝の前後における円偏光の変化から上記パラメーターに対する許容範囲を求めたが、その範囲はかなり広いものとならざるをえなかった。一つの理由は観測された光の波長域が限られていて、波長に対する依存性が十分利用できなかった点にある。金星については観測資料が少いので円偏光の表面分布についての理論的予測図を作製した。

以上のように、惑星大気に対する直接の応用では明白な結論がえられていないが、これは主に観測資料が不十分なためであって、将来、紫外から赤外に至る広域同時観測などによって申請者の理論的予測が実証されていくものと期待される。この意味において本論文は惑星大気中での散乱過程に関する基礎的な理論的研究であるに止まらず、今後の観測に対する興味深い問題提起をふくむものとして高く評価できる。

参考論文6篇はいずれも輻射輸達ならびに光の散乱過程に関する理論的研究であって、天体物理学および惑星大気物理学の分野において申請者が高い学識と研究能力をもっていることを示すものである。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。