



Interplanetary Dust Bands

Ishiguro, Masateru

(Degree)

博士 (理学)

(Date of Degree)

2000-03-31

(Date of Publication)

2014-11-12

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲2091

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3173030>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1002091>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・（本籍）	いし ぐろ まさ てる 石 黒 正 晃	（兵庫県）
博士の専攻分野の名称	博 士（理 学）	
学位記番号	博い第138号	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位授与の日付	平成12年3月31日	
学位論文題目	Interplanetary Dust Bands （惑星間ダストバンド）	
審 査 委 員	主査 教授 向 井 正 教授 中 川 義 次 教授 松 田 卓 也	教授 乙 藤 洋一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文において、著者は、惑星間塵雲（黄道雲）の起源や力学的進化を明らかにするために、惑星間塵による太陽散乱光である黄道光の測光観測を行ない、観測方法とデータ解析についてまとめた。更に、観測結果を解釈するため、光散乱のモデル計算を行なうことにより、惑星間塵の空間分布から、塵の起源や軌道進化についての考察を行なった。

本論文は以下の章により構成された。

1. General Introduction
 2. Grobal Structure of Zodiacal Cloud
 2. 1. North-South Asymmetry of the Zodiacal Light obtained at Haleakala
(Proc.of the 29th ISAS Lunar and Planetary Symp., 29, 64, 1996)
 2. 2. North-South Asymmetry of the Zodiacal Light obtained at Kiso Observatory
(Proc.of the 30th ISAS Lunar and Planetary Symp., 30, 142, 1997)
 2. 3. The Isophote Maps of the Gegenschein Obtained by CCD Observations
(Earth Planets Space, 50, 477-480, 1998)
 3. First Detection of Visible Zodiacal Dust Bands from the Ground-based Observations (ApJ, 511, 432-435, 1999)
 4. Comparative Studies of Visible and IRAS interplanetary Dust Bands (PASJ, 51, 363, 1999)
 5. Fade-out of Eos dust bands below the helioecliptic longitudes of 60°
 6. General Conculusions
- （付録）
1. The morphology and brightness of the zodiacal light and gegenschein (MNRAS, 288, 1022, 1997)
 2. Maximum Visible Polarization of 4179 Toutatis in the Apparition 1996 (PASJ, 49, L31, 1997)

1. 章では、惑星間塵の太陽散乱光である黄道光と、その熱放射である黄道放射の過去の観測についてまとめた。その中から、私が行なってきた可視黄道光の測光観測の重要性について述べた。

2. 章では、95年9月ハワイ・ハレアカラ (3055m), 96年9月乗鞍 (2876m), 97年3月木曾 (1130m) で行なった黄道光の観測と、観測結果についてまとめた。2.1, 2.2では、異なった季節(9月と3月)に観測した黄道光の黄緯方向の明るさ分布、黄道光の最も明るいところの黄道面からのずれを調べた。2.3では、異なった季節(9月と3月)に観測した対日照(黄道光の後方散乱によって強められた部分)の形状や、最も明るいところの反太陽点からのずれについて調べた。その結果、黄道光として見えている惑星間塵の空間分布は、ほぼ太陽系の不変面に対して南北対称に分布しているものと考えられる。

3. 章では、98年11月ハワイ・ハレポハク (2800m) で行なった観測データをもとに、地上観測で初めて検出したダストバンドについてまとめた。可視散乱光によるダストバンドの検出は世界で初めてである。特に、観測方法・データ解析について詳しく述べた。赤外線観測衛星によってすでに検出されている Themis/Koronis バンド・Eos バンドに加え、黄緯 $\beta = \pm 5^\circ$ 付近にもバンド構造を検出した。ダストバンドまでの見かけの距離を見積もったところ、赤外線で観測されているダストバンドまでの距離よりわずかに近いこともわかった。

4. 章では、3章で検出した可視ダストバンドの特徴を調べるために、赤外線観測衛星 IRAS による黄道放射の観測結果と比較した。一年のうち、同じ時期(11月2日)に観測した可視・赤外のデータを、同じ手順でデータ解析をすることによって、(I)可視光で見えているダストバンドは赤外線で見えているものより空間的にぼんやりと広がっている (II)ダストバンドは可視から近赤外領域にかけてほぼ白色もしくはやや赤いスペクトルをしている (III)対日照領域で検出したダストバンドは、太陽離角 90° 付近で見ついている Themis/Koronis バンドの延長部分である、ということがわかった。

5. 章では、98年12月15日にハワイ・マウナケア山頂で観測した、広い太陽離角 ($50^\circ \leq \epsilon \leq 120^\circ$) の黄道光の観測データをもとに、データ解析・モデル計算について報告した。観測の結果、ダストバンドは太陽離角が小さいところ ($\epsilon \leq 60^\circ$ 以下) で見えなくなることがわかった。このことから、ダストバンドを構成しているダスト粒子は、ダスト同士衝突しながらポインティング・ロバートソン効果によって太陽に落ち込んでいるものと考えられる。更に、エンケ彗星軌道に分布している塵雲の検出に成功した。可視光で見つかった塵雲は、過去の赤外線で見つかった塵雲よりもかなり太いことがわかった。

6. 章では、2章から5章までの観測結果についてまとめた。

(付録 要約)

付録論文1. では、1995年9月ハワイ・ハレアカラ (3055m) で得られた黄道光・対日照の観測データをもとにまとめた。明け方の黄道光 ($\epsilon \leq 80^\circ$) のもっとも明るいところは、黄道面や太陽系の不変面よりも南側にずれていることがわかった。また、黄道光は南北非対称であることもわかった。更に、対日照のもっとも明るいところは、黄道面より $2.5^\circ \pm 0.5^\circ$ 南側にずれていた。対日照の明るさは、周囲の黄道光よりも $40 \pm 5 S_{100}$ 明るいことがわかった。

付録論文2. では、位相角 α (太陽-小惑星-観測者のなす角) の大きなところでの地球近傍小惑星トータチスの可視偏光観測と、観測結果について報告した。用いた測定器は、国立天文台堂平観測所の91cm鏡に取りつけた多色偏光測光装置である。その結果、偏光位相曲線は $\alpha = 107^\circ \pm 10^\circ$ で偏光度の最大値 $7.0 \pm 0.2\%$ をとることがわかった。過去の光散乱実験と比較すると、トータチスの表面は、

粒径80 μm 以下の月表面のレゴリスと似た偏光特性をもった粒子に覆われているものと思われる。

論文審査の結果の要旨

惑星間空間には、大きさが数ミクロン以上の固体微粒子（惑星間塵）が存在している。始原物質として、太陽系の形成時に存在していた塵は、その後の惑星系誕生の際に、個々の惑星や小天体に取り込まれた。また、取り込まれなかった塵も、45億年の間に、ポインティング・ロバートソン効果によって、太陽に落ち込んでいる。このことは、現在惑星間空間に存在している塵は、その後、どこから供給されていることを示唆する。本論文では、惑星間塵雲（黄道雲）の起源や力学的進化を明らかにする目的で行われた、惑星間塵による太陽散乱光（黄道光）の観測的研究の成果がまとめられている。

1章では、黄道光と、惑星間塵の熱放射である黄道放射について、過去の観測結果が整理されている。従来の可視黄道光観測から得られていた惑星間塵雲の滑らかな一様空間分布という概念は、赤外線衛星による塵の局所的な空間集積の発見によって覆われた。小惑星同士衝突生成物である小惑星の族の軌道に付随したダストバンドや、短周期彗星の軌道に沿ったダスト・トレイルの発見は、惑星間塵雲が、その供給源の痕跡を残した不均質空間分布をしていることを示した。これらの成果はすべて、赤外線衛星による観測によって得られていた。

しかしながら、衛星観測には多くの制約がある。衛星に搭載された測定器は、その観測可能な視野が限られるために、太陽に近い領域や、遠い領域は測定できない。また、衛星の寿命から、長期に渡るモニタリング観測も行えない。更に、衛星による観測は、大きな予算と人手が必要で、簡単に新しい観測計画を実施できない。こうした衛星観測の欠点に対して、地上観測では、任意の時期に任意の太陽離角について、手軽な装置で観測が行える。だが、地上からの黄道光観測は、古い歴史を持ちながら、停滞していた。その原因は、大気夜光や、大気散乱光が強く、微光拡散天体である黄道光のようなかすかな明るさを、精度良く測定することが困難なことにあった。

冷却 CCD カメラの導入と、大気の薄い高地での観測が、地上における黄道光観測を再生させた。その成功には、装置の測定精度に対する実験室での機器のキャリブレーションや、夜光を除くための特殊フィルターの使用、データ解析技術の改良が不可欠であった。本申請者の努力によって、神戸大学に構築された微光拡散天体の観測・解析システムが、新たな黄道光観測の可能性を開いたと言っても過言ではない。

2章では、95年9月ハワイ・ハレアカラ(3055m)、96年9月乗鞍(2876m)、97年3月木曾(1130m)で行なった黄道光の観測と、観測結果についてまとめられている。ここでは、異なった季節(9月と3月)に観測した黄道光の黄緯方向の明るさ分布から、黄道光の最も明るい部分の黄道面からのずれが調べられた。また、異なった季節(9月と3月)に観測した対日照(後方散乱によって強められた反太陽点付近の黄道光)の形状や、最も明るいところの反太陽点からのずれについても調べられた。その結果、黄道光として見えている惑星間塵の空間分布は、ほぼ太陽系の不変面に対して南北対称に分布していることを明らかにした。

3章では、98年11月にハワイ・ハレポハク(2800m)で行なった観測データをもとに、地上観測では、世界で初めて検出に成功したダストバンドについてまとめられている。ここでは、観測方法・データ解析等、観測システムの内容が詳しく述べてある。赤外線観測衛星によって、すでに検出されていた小惑星の族 Themis/Koronis に付随するダストバンドや、Eos バンドに加え、黄緯 $\beta = \pm 5^\circ$ 付近

にも、新たなバンド構造が存在することを明らかにした。可視波長で見つけたダストバンドまでの見かけの距離を見積もったところ、赤外線で観測されているダストバンドまでの距離よりわずかに近いこともわかった。

4章では、3章で検出した可視ダストバンドの特徴を調べるために、赤外線観測衛星 IRAS による黄道放射の観測結果と比較した。一年のうち、同じ時期（11月2日）に観測した可視・赤外のデータに対して、同様のデータ解析を適用したところ、（Ⅰ）可視光で見えているダストバンドは赤外線で見えているものより、空間的により幅広く分布していること、（Ⅱ）ダストバンドは、可視から近赤外領域にかけてほぼ太陽のスペクトルと同じか、やや赤いスペクトルをしていること、（Ⅲ）対日照領域で検出したダストバンドは、太陽離角 90° 付近で見ついているダストバンドの延長部分である、ということが立証された。赤外線衛星の観測視野外での、ダストバンドの振る舞いが判ったことは、ダストバンドの大規模構造を明らかにする上で重要な貢献であった。

5章では、98年12月15日にハワイ・マウナケア山頂で観測した、広い太陽離角（ $50^\circ < \epsilon < 120^\circ$ ）での黄道光の測光データをもとに、データ解析・モデル計算の結果を報告している。この観測の結果として、Eosダストバンドが、太陽離角が小さいところ（ 60° 以下）で見えなくなることがわかった。この観測事実を説明するために、ダストバンドの構造をモデル化した塵雲による光散乱計算を行った。その結果に基づいて、ダストバンドを構成しているダストが、ダスト同士の衝突で、軌道面傾斜角分布を拡散しながら、ポインティング・ロバートソン効果によって太陽に落ち込んでいるというシナリオを提案している。更に、この期の観測において、エンケ彗星軌道上に分布している塵雲（ダスト・トレイル）の検出にも成功した。可視光で見つかったダスト・トレイルは、過去に赤外線で見ついているダスト・トレイルよりも、かなり太いことがわかった。

6章では、2章から5章までの観測結果についてまとめを行っている。

本研究は、惑星間塵雲の起源と、塵の力学進化を観測的に研究する過程で発見した惑星間ダストバンドの詳細と、モデル計算に基づく惑星間塵雲の空間構造について、重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者・石黒正晃は、博士（理学）の学位を得る資格があると認める。