

はやぶさ 2 の次なる目標「小惑星 2001 CC₂₁」組成が判明

～はやぶさ 2 拡張ミッションへの貢献に期待～

ポイント

- ・小惑星 2001 CC₂₁ の偏光観測に成功。
- ・小惑星 2001 CC₂₁ が S 型小惑星（小惑星イトカワと同型）であることを初めて解明。
- ・はやぶさ 2 拡張ミッションへの寄与、太陽系科学の進展に期待。

概要

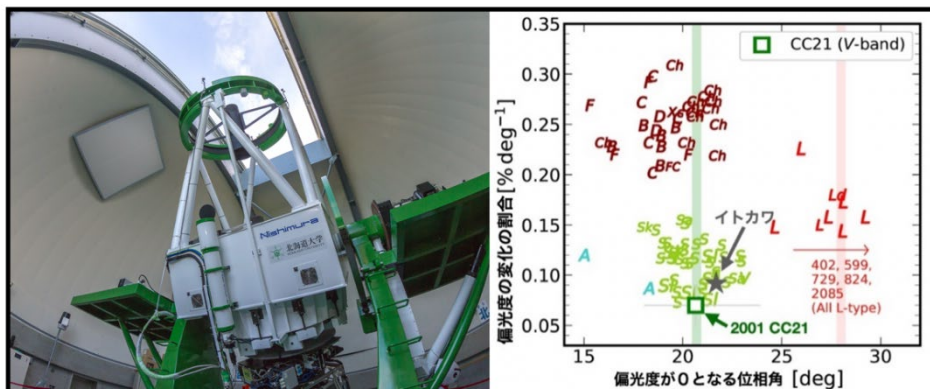
北海道大学大学院理学研究院の高木聖子講師らの国際研究グループは、北海道名寄市に設置した北海道大学 1.6 メートルピリカ望遠鏡をはじめ、広島大学 1.5 メートルかなた望遠鏡、スペイン・カナリア諸島 2.56 メートル北欧光学望遠鏡を用いて、2023 年 1 月から 3 月にかけて小惑星 2001 CC₂₁ (以下、2001 CC₂₁) の偏光観測を実施しました。この小惑星は、2020 年 12 月に地球に帰還した小惑星探査機「はやぶさ 2」が「はやぶさ 2 拡張ミッション」として次に訪問する天体です。

小惑星表面の組成や反射率を調査するにあたり、偏光観測はとても有効な手法です。本研究グループは、ピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)などを用いて、2001 CC₂₁ の偏光観測を実施し、その偏光特性が S 型小惑星*1 と一致することを明らかにしました。また、幾何アルベド*2 は 0.23、推定される大きさは約 500 メートルであることも分かりました。

2005 年に「はやぶさ(初号機)」が探査した小惑星イトカワもまた S 型に分類されています。イトカワは 535×294×209 メートルの細長い形状をした小惑星です。すなわち本研究により、はやぶさ 2 が次に探査する 2001 CC₂₁ は、組成も大きさもイトカワに似た天体であることが判明しました。

本研究成果は、はやぶさ 2 拡張ミッションの科学研究の準備において重要な方向性を示すものです。イトカワ表面で観測されたがれきの集まり構造や宇宙風化*3 度の多様性は、イトカワ特有の現象なのでしょうか、それとも太陽系小天体で普遍的に起きている現象なのでしょうか？2026 年に実施されるはやぶさ 2 拡張ミッションによる 2001 CC₂₁ の調査がその答えを運んでくれると期待されます。

なお、本研究成果は 2023 年 6 月 12 日(月)に、Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters 誌にオンライン掲載されました。



(左) 北海道大学 1.6 メートルピリカ望遠鏡

(右) 小惑星のタイプと偏光特性の比較。小惑星 2001 CC₂₁ は、小惑星イトカワと同じ S 型小惑星の偏光特性を持つことが分かる。

【背景】

人類史上初の小惑星サンプルリターンを成功させた「はやぶさ(初号機)」に続き、「はやぶさ 2」が 2020 年 12 月に小惑星リュウグウのサンプル(カプセル)を地球に届けてから 2 年半が経過しました。今後ははやぶさ 2 は、2026 年 7 月に 2001 CC₂₁ 近傍をフライバイし、小惑星 1998 KY26 に向かいます。この延長された探査計画は「はやぶさ 2 拡張ミッション」または「はやぶさ 2#(シャープ)」とよばれ、目下のところ次に訪問する 2001 CC₂₁ の調査がはやぶさ 2 拡張ミッションの次なる目標となっています。反射スペクトルの波長依存性から、2001 CC₂₁ は L 型小惑星*⁴である可能性が示唆されていたものの、その大きさや反射率などの特性はあまり分かっていませんでした。しかし今年 3 月下旬、2001 CC₂₁ が地球から約 1900 万キロメートル(0.13 天文単位)の距離まで接近したことで、地上望遠鏡による観測でその特性を調査するチャンスが訪れました(図 1)。

【研究手法】

研究グループは、北海道大学のピリカ望遠鏡をはじめ、広島大学 1.5メートルかなた望遠鏡、スペイン・カナリア諸島 2.56メートル北欧光学望遠鏡と連携して 2001 CC₂₁ の偏光観測を実施しました(図 2)。

小惑星表面の組成や反射率を調査するにあたり、偏光観測はとても有効な手法です。光は、進行方向に垂直な面内で電場や磁場が様々な方向に振動しながら進む電磁波の一種です。太陽光は、様々な振動方向を持つ光の集合ですが、物質表面で反射した光は、特定方向の振動が強く、別方向の振動が弱くなるという”偏光”が生じます。この強弱の程度(偏光度)は、物質の種類や形状、大きさなどを反映するため、偏光度を測定することにより天体表面の情報を得ることができます。特に、位相角(太陽-天体(小惑星)-観測者のなす角度)の日々の変化によって、偏光度がどのように変化するかが重要です。

【研究成果】

ピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)などを用いて、2001 CC₂₁ の偏光観測を実施した結果、2001 CC₂₁ の偏光度の位相角依存性は、従来示唆されていた L 型ではなく、S 型小惑星と一致することが分かりました(図 3)。また、幾何アルベドは 0.23、推定される大きさは約 500 メートルであることも分かりました。はやぶさ(初号機)が 2005 年に探査した小惑星イトカワもまた S 型に分類されています。イトカワは 535×294×209 メートル(有効直径:約 330 メートル)の細長い形状をした小惑星です。つまり、はやぶさ 2 拡張ミッションで調査する 2001 CC₂₁ は、組成も大きさもイトカワに似た天体であることが判明しました。さらに、アメリカ合衆国・ハワイ 3 メートル NASA 赤外線望遠鏡を用いて実施した分光観測の結果も、2001 CC₂₁ が S 型小惑星であることを示唆するものでした。

【今後への期待】

イトカワに近い大きさや組成の小惑星を探査機を使って調査する意義は何でしょうか? 宇宙機を使った「その場観測」は、これまでに 16 個の小惑星(冥王星とカイパーベルト天体を除く)で実施されました。これらの小惑星は、直径 950 キロメートルの非常に大きなものから 160 メートルの小さなもの、S 型や C 型、V 型といった様々な組成を持つものなど、大きさや組成は多岐にわたります。大きさや組成が異なると、小惑星表面で起きている現象(例えば地滑りや宇宙風化)も異なります。

一方、同じような大きさや組成を持つ 2 つの小惑星イトカワと 2001 CC₂₁ を比較することにより、小惑星表面で起きている現象の普遍性を調査することが可能になると期待されます。イトカワの表面には、がれきが集まったラブルパイル構造が見られ、宇宙風化を受けた暗い領域と、内部が露出した明るい領

域が存在することが知られています。これはイトカワ特有の現象なのでしょうか？それとも、小さな小惑星において普遍的な現象なのでしょうか？その答えは、2026年に実施されるはやぶさ2拡張ミッションによる2001 CC₂₁のフライバイによって解き明かされると期待されます。

論文情報

論文名 Spectral Type and geometric albedo of (98943) 2001 CC₂₁, the Hayabusa2# mission target (はやぶさ2#探査天体(98943) 2001 CC₂₁の分光タイプと幾何アルベド)

著者名 Jooyeon Geem¹, Masateru Ishiguro¹, Mikael Granvik², Hiroyuki Naito³, Hiroshi Akitaya⁴, Tomohiko Sekiguchi⁵, Sunao Hasegawa⁶, Daisuke Kuroda⁷, Tatsuharu Oono⁸, Yoonsoo P. Bach¹, Sunho Jin¹, Ryo Imazawa⁹, Koji S. Kawabata¹⁰, Seiko Takagi¹¹, Makoto Yoshikawa⁶, Anlaug A. Djupvik¹², Julie Thiim Gadeberg¹², Tapio Pursimo¹², Oliver Durfeldt Pedros¹², Jeppe Sinkbaek Thomsen¹², Zuri Gray¹² (1ソウル大学物理天文学部、2ヘルシンキ大学物理学部、3なよろ市立天文台、4千葉工業大学惑星探査研究センター、5北海道教育大学旭川校、6宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、7日本スペースガード協会美星スペースガードセンター、8北海道大学大学院理学院、9広島大学大学院先進理工学研究科、10広島大学宇宙科学センター、11北海道大学大学院理学研究院、12北欧光学望遠鏡)

雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters (天文学の専門誌)

DOI 10.1093/mnrasl/slad073

公表日 2023年6月12日(月)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院理学研究院 講師 高木聖子(たかぎせいこ)

TEL 011-706-3566 FAX 011-706-2760 メール seiko@ep.sci.hokudai.ac.jp

なよろ市立天文台 台長 村上恭彦(むらかみやすひこ)

メール yasuhiko@nayoro-star.jp

なよろ市立天文台 係長 内藤博之(ないとうひろゆき)

メール naito@nayoro-star.jp

配信元

北海道大学社会共創部広報課(〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

なよろ市立天文台(〒096-0066 名寄市字日進157番地1)

TEL 01654-2-3956 FAX 01654-2-0267 メール kitasubaru@nayoro-star.jp

【参考図】

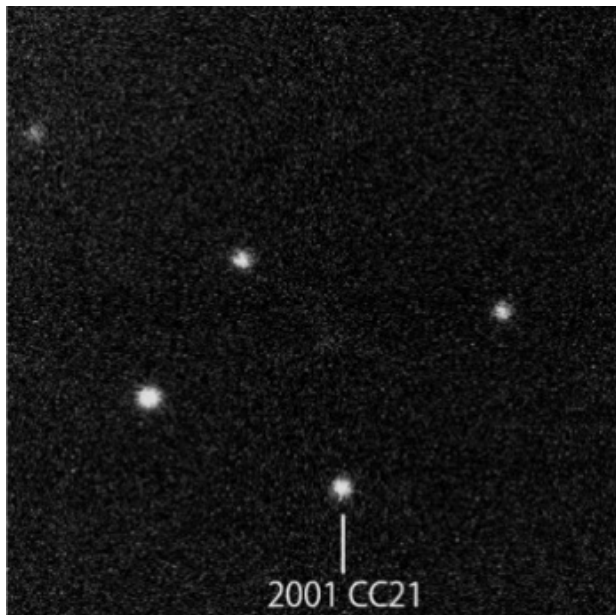


図 1. ペリカ望遠鏡で撮影された小惑星 2001 CC₂₁ (2023 年 1 月 15 日撮影)

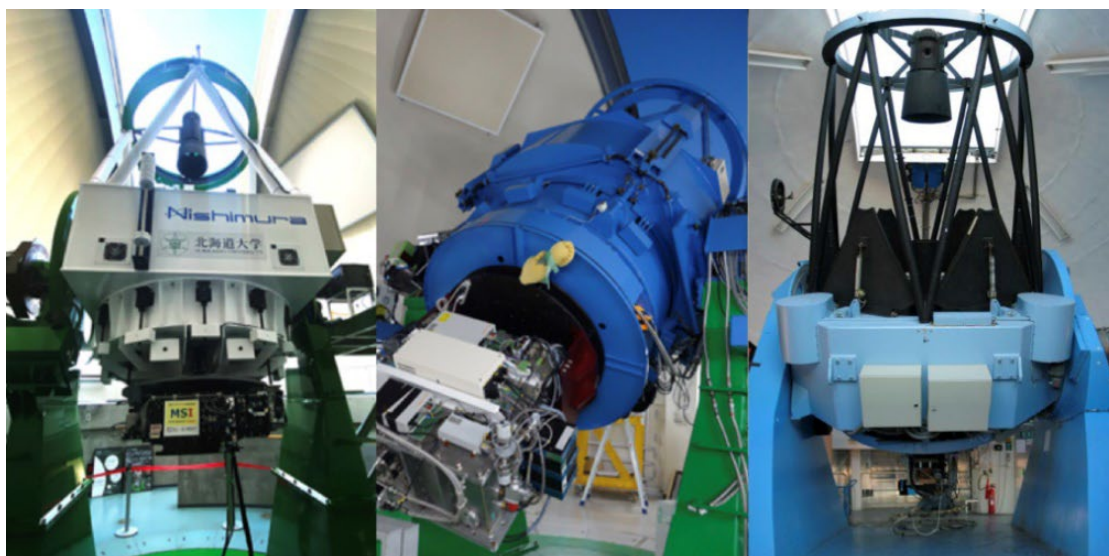


図 2. 本偏光観測で使用した望遠鏡（左から北海道大学 1.6 メートルペリカ望遠鏡、広島大学 1.5 メートルかなた望遠鏡、スペイン・カナリア諸島 2.56 メートル北欧光学望遠鏡）。画像クレジットは、左から北海道大学、広島大学、Magnus Gålfalk 氏。

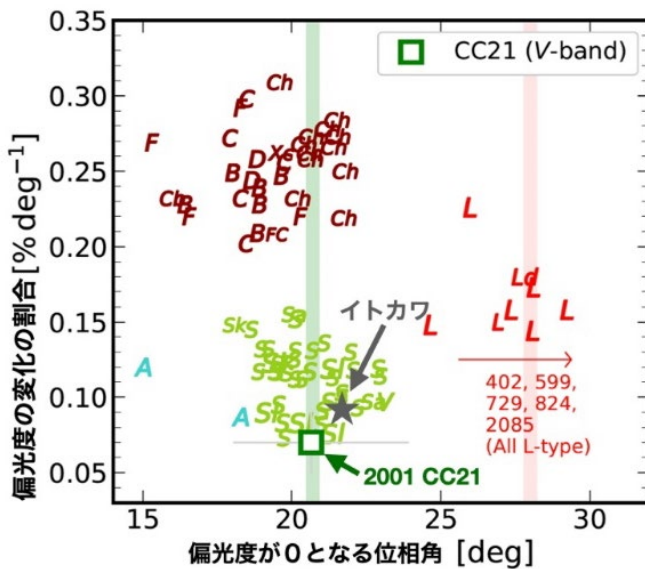


図 3. 小惑星のタイプと偏光特性の比較 (本レター論文の【図 2】を改変、イトカワのデータは Cellino et al. 2005, Icarus, 179, 297 より引用)。

【用語解説】

- *1 S 型小惑星 … 岩石質の物質を主成分とする小惑星 (S は石質を意味する英語の Stony またはケイ素質を意味する Silicaceous に由来)。
- *2 幾何アルベド … 位相角が 0 度 (例えば月の場合、満月は位相角が 0 度に近い状態) の時における、実際に観測される光と理想的に拡散反射された光の明るさの比。
- *3 宇宙風化 … 大気を持たない天体表面と惑星間空間環境との相互作用。S 型小惑星の場合、宇宙風化の進行とともに可視、近赤外波長域の反射スペクトルが赤化したり、幾何アルベドが低下したりすることが知られている。
- *4 L 型小惑星 … 組成がまだ明らかではない比較的珍しい小惑星。炭素質隕石の含有鉱物との関連性を示唆する研究報告もある。