

メタンバンド画像で明かす木星表層部

地学部:山本 琥太郎、角田 篤哉、櫻井 遙、山口 湊人、吉田 十彩、滝村 史緒、高梨 真結(高2)、
中尾 祐斗、永井 美宇、近藤 あかり、松井 蓮、河野 水都(高1)
【埼玉県立浦和西高等学校】

1. 研究動機

本校地学部では継続的に木星の緯度毎のスペクトルの比較に取り組んでおり、ここ数年の経緯は次のとおりである。

2021年度は二次スペクトルの除去にR1フィルターの使用が有効と確認、2022年度はスリットビューワの導入により画像精度が向上、2022～2023年度にかけての観測で木星の縞模様を反映したスペクトル画像を安定的に得る技術を確認。さらに、昨年度は木星のスペクトル画像とスリットスキャン画像を作成、メタンバンドフィルターによる木星像の画像作成方法を確立した。本年度は、課題に残った画像の精度について、機材の変更等を通して条件を整え、改めてメタンバンド画像について比較および検討を行うとともに、より安定した撮影技術の確立を目指すこととした。

2. 観測について

(1)観測期間 2026年1月9日から2026年1月27日

(2)観測場所 本校屋上

(3)主な観測機材

①スペクトル画像およびスリットスキャン画像用

FC100DZ鏡筒(タカハシ)、R1フィルター(Kenko、透過域は640nm以上)^[1]、2倍パローレンズ(カサイトレーディング)、スリットビューワおよび分光器VEGA(昭和機械製作所)、冷却CCDカメラ(Atik Titan)^[2]、波長校正用Ne光源(ナリカ)

②メタンバンド画像用

FL102S鏡筒(Vixen)、LV5mmアイピース(Vixen)、2倍パローレンズ(Vixen)、メタンバンドパスフィルター[889nm・半値幅8nm](Baader Planetarium)、SKYRIS(CELESTRON)



図1 ①の観測機材



図2 ②の観測機材

(4)使用ソフト

撮 像 Artemis Capture、iCap2.5

画像処理 Makali'i、Stella Image9、RegiStax6

解 析 Makali'i、Microsoft Excel

3. 撮像対象とした波長域

撮像においては昨年の研究の継続としてより高精度な画像の取得が目的であるので、昨年と同様に727nmのメタンの吸収帯の画像は冷却CCDカメラのスペクトル画像として撮像し、889nmの吸収帯の画像(以下、889nmメタンバンド画像)は889nmメタンバンドパスフィルターを装着したSKYRISを用いて得ることとした。

昨年度よりこのように撮像方法を決定した理由は以下のとおりである。

まず、スリットスキャンによって727nm付近および889nm付近のふたつのメタンの吸収帯の画像が得られるかについて確認した。

後述する4の(1)の方法で波長付けしたところ、長波長側の画像の末端が852nmとなり、冷却CCDカメラの画角内には889nmのメタンの吸収帯は無いことが判明した。よって、冷却CCDカメラのスペクトル画像の波長範囲は、二次スペクトルの除去を目的としたR1フィルターの透過特性^[1](図4)から、短波長側については約640nm以上、長波長側については852nm以下(図5)となり、889nmメタンバンド画像については、889nmメタンバンドパスフィルターを装着したSKYRISを用いて得ることとした。

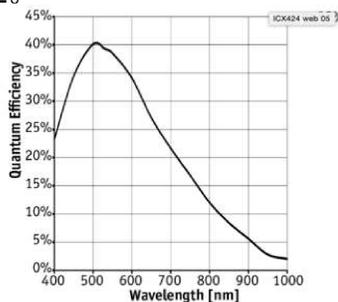


図3 Titan(CCDカメラ)のセンサー感度^[2]

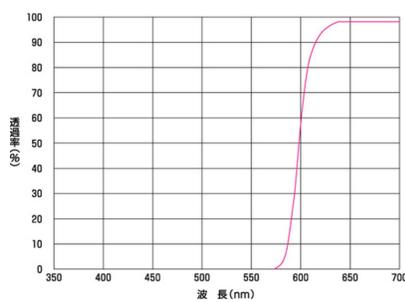


図4 R1フィルターの透過特性^[1]

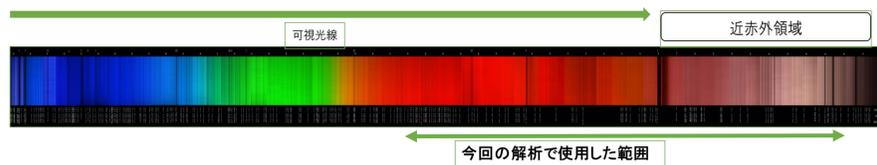


図5 太陽スペクトル

4. 波長付け及び画像処理

(1)波長付け

波長付け用に木星のスペクトル画像をArtemis Captureを用いて38枚撮像し、撮像した画像をMakali'iでダーク処理と加算平均を行った。その後カウント値(輝度値)を取り出し、理科年表^[3]よりH α 線(656nm)、O $_2$ (686nm,759nm)、H $_2$ O(718nm)を参考にして波長を割り振り、二次関数で求めた。この関数をNe光源を重ねた木星の画像に割り振り、Ne輝線(692nm,703nm)のピクセル値として割り振られた692nmと703nmのピクセル位置が画像上のピクセル値と一致することを確認し、ピクセル値を波長に変換した。

(2)スリットスキャン画像

撮像にあたり、鏡筒をスリットの向きが赤経線と平行になるように調整した。赤道儀の駆動を対恒星時99%とし、スリットを木星が横切る約6分間について、木星のスペクトルをArtemis Captureを用いて、露光時間1秒で計528枚撮像した。撮像した画像から撮像範囲内の可視光のピークにあたる628nmの木星全面画像(628nm画像:図6a)、メタンの吸収帯のひとつである727nmの木星全面画像(727nmメタンバンド画像:図7a)を作成した。

(3)可視光画像

SKYRISでiCap2.5により木星全面像を動画(59秒)として撮像したものについてRegiStax6のスタック機能により1枚の静止画像を作成し、Stella Image9でダーク処理を行った(可視光画像:図8a)。

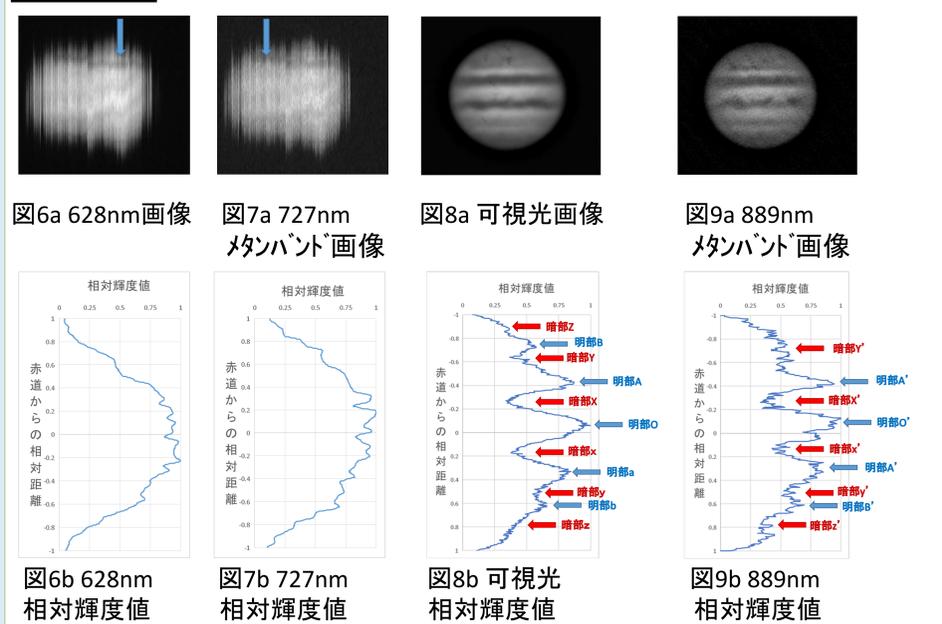
(4)889nmメタンバンド画像

889nmメタンバンドパスフィルターを装着したSKYRISでiCap2.5により木星全面像を動画(59秒)として撮像したものについて、(3)と同様の処理を行った(889nmメタンバンド画像:図9a)。

(5)グラフ化

各画像から画像の中心を通る南北方向について輝度値を取り出し、それぞれの最大値で除算したものを相対輝度値としてグラフ化した(図6b～9b)。

5. 結果



※画像・グラフとも上が北、グラフ上下方向中心は赤道を示す。
※図6a,7aの青色の矢印で示した暗線は望遠鏡の汚れによる影。

6. 考察

可視光画像の明暗では、木星表層部の雲の高さは評価できず、メタンバンド画像の明暗を比較することで雲の高さを調べることができると知られている^[4]。

図6,7,8,9を比べると、赤道からの相対位置の関係より、暗部XとX'とX''は628nm画像および727nm画像の2つの暗部と同一の暗部であると考えられる。

図8,9に注目すると、可視光画像(図8a,b)では明部A,O,aが非常に明るく、その部分の相対輝度値は突出している。また、明部を挟むように6つの暗部がある。889nmメタンバンド画像(図9a,b)でも明部A',O',a'が非常に明るく、その部分の相対輝度値は突出している。一方で、明部を挟むように5つの暗部があり、明部Bに当たる明部が存在しない。この図9a,bの特徴より、明部A'～B'のそれぞれの位置で雲が高く、暗部Y'～z'のそれぞれの位置で雲が低いとわかる。また、明部Bに当たる明部が存在しないことは図8a,bとの相違点であり、メタンバンドと可視光との差が出たと予想できる。ただし、緯度によって太陽光線のあたる角度が異なるため、それについて補正を行うべきであると昨年度の研究で考察したが、今回も依然として解決できていない。その上、両極部分もわずかに明るい、そこでは太陽光線が非常に低角度で当たっているため、高緯度では赤道から中緯度と同様の解釈はできないと考えられる。

残念ながら、今回はスリットスキャン画像を十分な画質で得ることができなかったため、分光観測によるより詳しい考察ができなかった。従って、より高解像なスリットスキャン画像を得るために、現用の処理手法やシーイングによる誤差を改善する必要がある。

7. 今後の課題

(1)スリットスキャン画像の撮像とメタンバンドフィルター画像の撮像とで機材を変えざるを得なかった等、所有する機材による制約がいくつかあった。機材に関する検討課題は次のとおりである。

- 基本的には同一光学系で撮像できること
- より高解像度なスリットスキャン画像を得られるようにし、スリットスキャンによる画像とメタンバンドパスフィルターによる画像の比較を可能とすること

(2)スリットスキャン画像の問題点

- 上下方向の位置の補正については手作業で行う部分があった。依然として大きな誤差の要因の一つであるため、手作業での補正を極力排除できるよう努力したい。
- 今回はシーイングによって画像に大きなブレが生じてしまっていた。今後は好条件で撮像した画像を使用できるように撮影の試行回数を増やしていきたい。

8. 参考文献等

- [1]R1 プロフェッショナル ケンコー・トキナー
<https://www.kenko-tokina.co.jp/imaging/filter/blackandwhite/4961607152379.html>
- [2]Spectral for Sony ICX424 – Vital Vision Technology Pte Ltd
<https://vitalvisiontechnology.com/machine-vision-components/firewire-cameras/guppy-pro-f-032b/spectral-for-sony-icx424/>
- [3]理科年表 国立天文台編 丸善出版(2023)
- [4]天体観測の教科書 惑星観測編 安達 誠 編 誠文堂新光社(2009)

9. 謝辞

川口市立高等学校の坂江隆志先生にはスリットスキャン画像の作成ならびに貴重なご助言をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。