

# 木星・土星の近赤外分光観測によるメタン吸収帯の検出

## 【埼玉県立浦和西高等学校地学部 2年 永野涼子・1年 守屋佑真】

### 1. 本年度の研究

今まで、本校地学部では太陽及び恒星におけるスペクトルについての研究を行ってきた。そこで、今回それらの研究を基に、太陽の光を反射している木星・土星について分光観測を行い、その大気の性質について研究した。

### 2. 本年度の観測

- 観測日時及び観測天体  
2019年 8月 8日 19時半頃～20時半頃 木星・土星・月  
2020年 1月 9日 12時半頃 太陽  
1月10日 19時頃～19時半頃 月
- \*地球大気によるレイリー散乱の影響を考慮して、観測天体は同高度に達した時に撮像した。

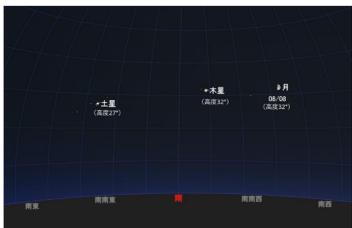


図1：8月8日の木星・土星・月の位置

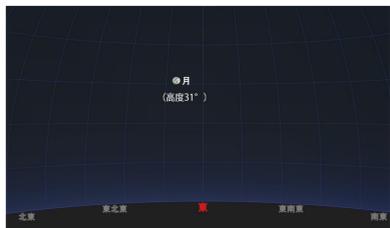


図2：1月10日の月の位置  
(参照：ステラナビゲーター10.0g)

- 観測機材  
望遠鏡：SharpStar60ED(D=60mm,f=330mm)  
R1フィルター  
分光器：昭和機械製作所 VEGA  
冷却CCDカメラ：ATIK Titan mono  
ND8+ND1000フィルター(太陽観測時)  
撮像波長範囲 (600～900nm) (図3)

分光器仕様	
理論分解能	R=1200
分光方式	グリズム
1次直進波長	570nm
スリット幅	10μm

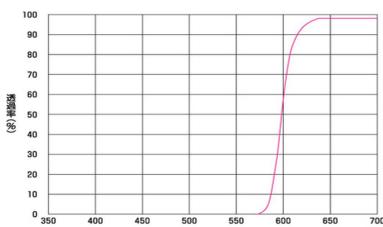


図3：R1フィルターの特性

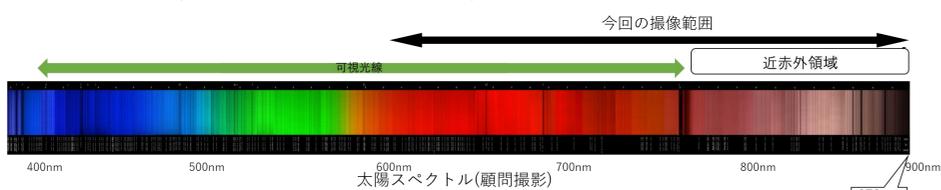
(出典：<https://www.kenko-tokina.co.jp/imaging/filter/blackandwhite/49616152379.html>)



観測の様子↑

### 3. スペクトルについて

- スペクトルとは  
電磁波(光)をプリズムや回折格子といった分光器を通すことで、波長ごとの光の強度に分解することができる。これを分光スペクトルという。太陽スペクトルを見てみると、たくさんの暗線があるのが分かる。これが吸収線(フラウンホーファー線)である。



#### ・吸収線ができる原理

光源と観測者間の特定の原子・分子が光源から特定の光を吸収して(図4①)、そのエネルギーで電子がその外側の軌道に移動し、不安定な状態になる(励起状態)(図4②)。不安定な状態になった電子は外側の軌道から内側の軌道へ戻ることで再び安定した状態を取り戻そうとする。その時に、電子は余剰のエネルギーを等方的に放出する。そうなることで、その波長の光だけ弱くなるため、観測者には暗く見える。(図4③)。

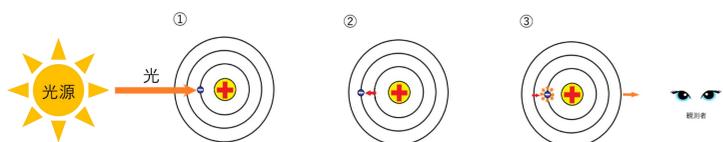


図4：吸収線の仕組み

つまり、吸収線が現れるのは、気体の原子・分子が光源と観測者の間に存在しているからである。これを利用して、何の元素が光源と観測者の間にあるのかを突き止めることができる。

### 4. 月と太陽の吸収線について

月には大気がないため、太陽のスペクトルをそのまま反映していると考えた。月と太陽のそれぞれについて標準化したスペクトル\*の差異を調べるため、月のスペクトルを同じ高度の太陽のスペクトルで割算し、その比を求めた。図5から分かるように、太陽のスペクトルと月のスペクトルの間にはほぼ差異がない。



図5：月÷太陽

ここで、グラフが右下がりになっているのは、太陽のスペクトルを撮像する際に使用した減光フィルターの影響であると考えられる。(減光フィルターは近赤外線の透過率がやや高い)  
\*標準化したスペクトル…最大値が1になるようにしたもの。

### 5. 木星・土星大気の組成

組成が似ている(図6)ため、吸収帯の位置も、両者は似たようなものになると予想した。

物質名	木星	土星
水素(H)	81%	93%
ヘリウム(He)	17%	5%
メタン(CH <sub>4</sub> )	0.1%	0.2%
水蒸気(H <sub>2</sub> O)	0.1%	0.1%
アンモニア(NH <sub>3</sub> )	0.02%	0.01%
エタン(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.0002%	0.0005%
ホスフィン(PH <sub>3</sub> )	0.0001%	0.0001%
硫化水素(H <sub>2</sub> S)	0.0001%	-

図6：木星・土星の大気の組成

メタン(CH<sub>4</sub>)は、727nm・889nm付近に、アンモニア(NH<sub>3</sub>)は650nm付近に吸収帯が存在することが知られている。特に、889nm付近の強いメタン吸収帯は、メタンバンドと呼ばれている。

### 6. 波長付けについて

太陽スペクトルにおける主な吸収線の位置を基に、撮像したスペクトルのピクセル位置と波長の関係を求め、波長付けを行った。波長は、二次関数に近似させて決めた。(図7)

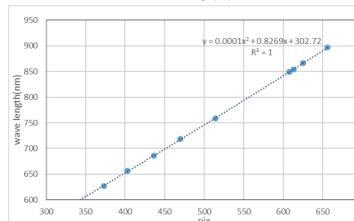
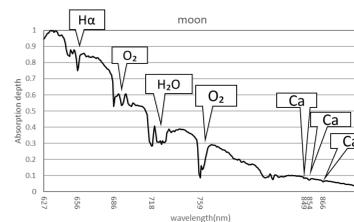


図7

### 7. 解析方法

観測で得た画像をデータ処理ソフトMakali'iを用いてダーク処理・加算平均し、表計算ソフトExcelで木星・土星のデータを月(太陽の反射光)のデータで割算することで、木星・土星による反射光の月光(=太陽光)に対する比率から、各惑星のスペクトル特性を求めた。(図8)

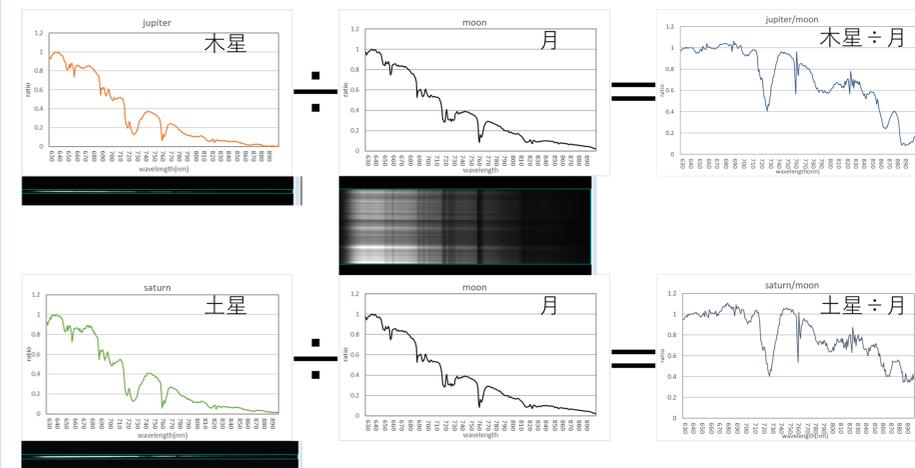


図8

### 8. 解析結果

木星・土星ともに、727nm・889nm付近にメタンの吸収が、650nm付近にはアンモニアの吸収帯が検出された。(図9・図10) また、790nm・860nm付近にも吸収が見られるが、何の吸収帯かは不明である。木星・土星ともに、長波長にいくにしたがって輝度が下がる傾向があることが分かる。

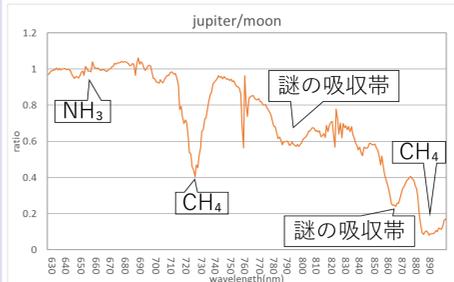


図9：木星÷月

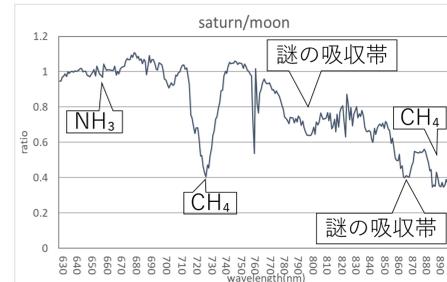


図10：土星÷月

### 9. まとめ・今後の課題

- 今回の観測で、二種類のメタン(CH<sub>4</sub>)吸収帯、ひとつのアンモニア(NH<sub>3</sub>)吸収帯が見られた。また、組成の似ている木星・土星は、吸収の様子が非常に似たものになった。
- 地球大気によるレイリー散乱の影響は観測時の天体の高度によって異なる可能性があるため、木星・土星・月をほぼ同じ高度で観測したが、より近い高度のデータを得ることで、研究をより正確にする。
- 7. の二つのグラフで見られた謎の吸収帯が、何による吸収であるかを明らかにする。
- 4. のグラフ、7. の二つのグラフでは、どちらも長波長にいくにしたがって輝度が下がる傾向があるが、何によるものなのかを明らかにする。
- 木星・土星についてスリットスキャンを行い、メタンバンドの二次元画像を作り、木星・土星大気の特徴を探る。

### 10. 参考文献・資料

- 平成24年 第85冊 理科年表 / 平成31年 第92冊 理科年表
- スペクトル撮像観測による木星及び土星大気の研究  
北海道大学大学院理学院 濱本 昂(<https://www.ep.sci.hokudai.jp>)