

1. 研究動機

昨年度は木星と土星のスペクトル中のメタンの吸収帯の検出を赤外域の波長の観測によって行い、一定の成果を得た¹⁾。

次のステップとして、木星のスリットスキャンを予定しているが、そのためにはスリット位置にスリット高に近い大きさの木星の拡大像が必要となる。

今年度は、その技法の確立を目的とし、可視光域において木星の拡大像によるスペクトルの撮像を行った。それによって木星の縞模様に対応した複数のスペクトルの取得が可能となり、本研究ではその比較に取り組んだ。

2. 観測について

(1)観測日時及び観測天体:2020年11月17日,11月21日
18時~20時30分頃 木星・月

(2)観測場所:本校屋上

(3)観測機材(図1):望遠鏡FS-60Q(口径60mm,焦点距離600mm),TCA-4(アイピースLV20mm),分光器VEGA(スリット幅10μm 昭和機械製作所),コリメートレンズ(TAMRON 口径30.5mm 焦点距離25mm),冷却CCDカメラ(ATIK TITAN CCD Camera)



図1.観測機材

(4)使用ソフト

撮像:Artemis Capture 画像処理:Stella Image8

解析:Makali'i, Microsoft Excel

3. スペクトルについて

・スペクトルとは

電磁波(光)をプリズムや回析格子といった分光器を通すことで、波長毎の光の強度に分解することが出来る。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(図2)。これが吸収線(Fraunhofer線)である。

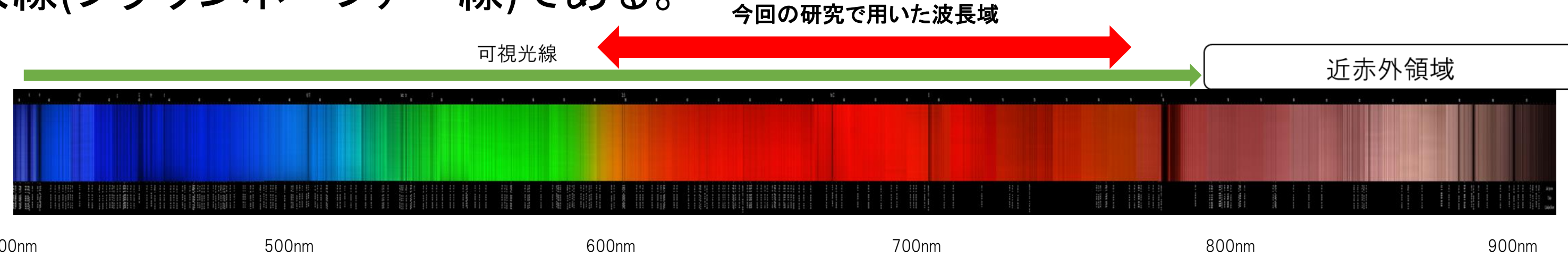


図2.太陽スペクトル

・吸収線ができる原理

光源と観測者の間の特定の原子・分子が光源から特定の光を吸収して(図3)、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)。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。

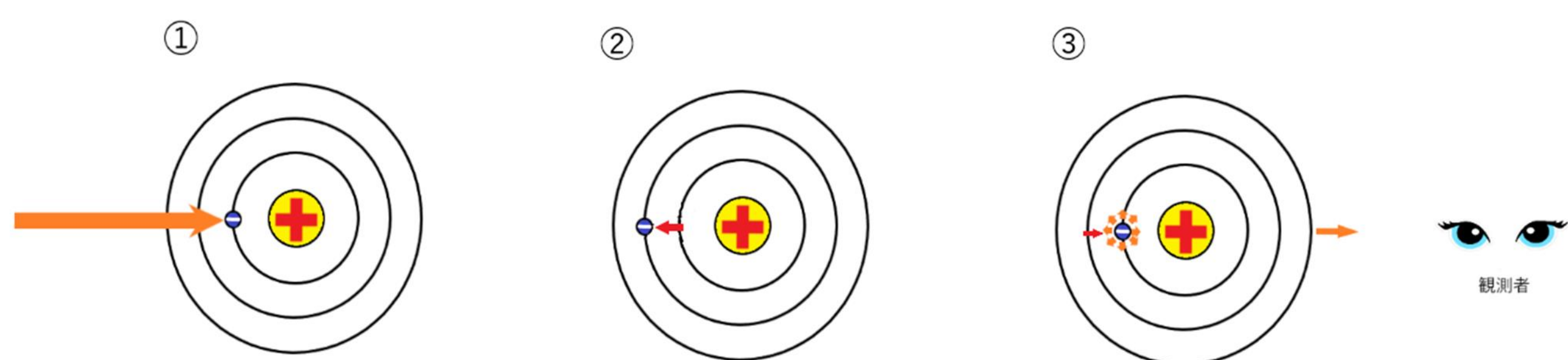


図3.吸収線の原理

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. 木星大気の組成

木星の大気には図4の通り水素81%、ヘリウム17%、それに次ぐのが0.1%のメタンである。昨年度の成果から、今回もメタンの吸収帯は検出できると予想している。

物質名	木星
水素(H)	81%
ヘリウム(He)	17%
メタン(CH ₄)	0.1%
水蒸気(H ₂ O)	0.1%
アンモニア(NH ₃)	0.02%
エタン(C ₂ H ₆)	0.0002%
ホスフィン(PH ₃)	0.0001%
硫化水素(H ₂ S)	0.0001%

図4.木星の大気の組成

5. 画像処理及び解析手順

今回の研究で用いた波長域

図5.木星のスペクトル画像

観測で撮像した画像をStella Image8にてダーク処理、スカイ処理を施した30枚の画像を加算平均して解析用のスペクトル画像(図5)を作成した。

図5の一部を拡大した画像(図6)に示したように、木星の緯度方向に、縞模様に対応していると考えられる明暗差があり、それらについては画像上部より明部①、暗部①、明部②、暗部②、明部③としたが、詳細な緯度値は不明である。Makali'iを用いてピクセル位置ごとの輝度値*1を数値化、そのデータを基にExcel上で次の手順で解析を行った。

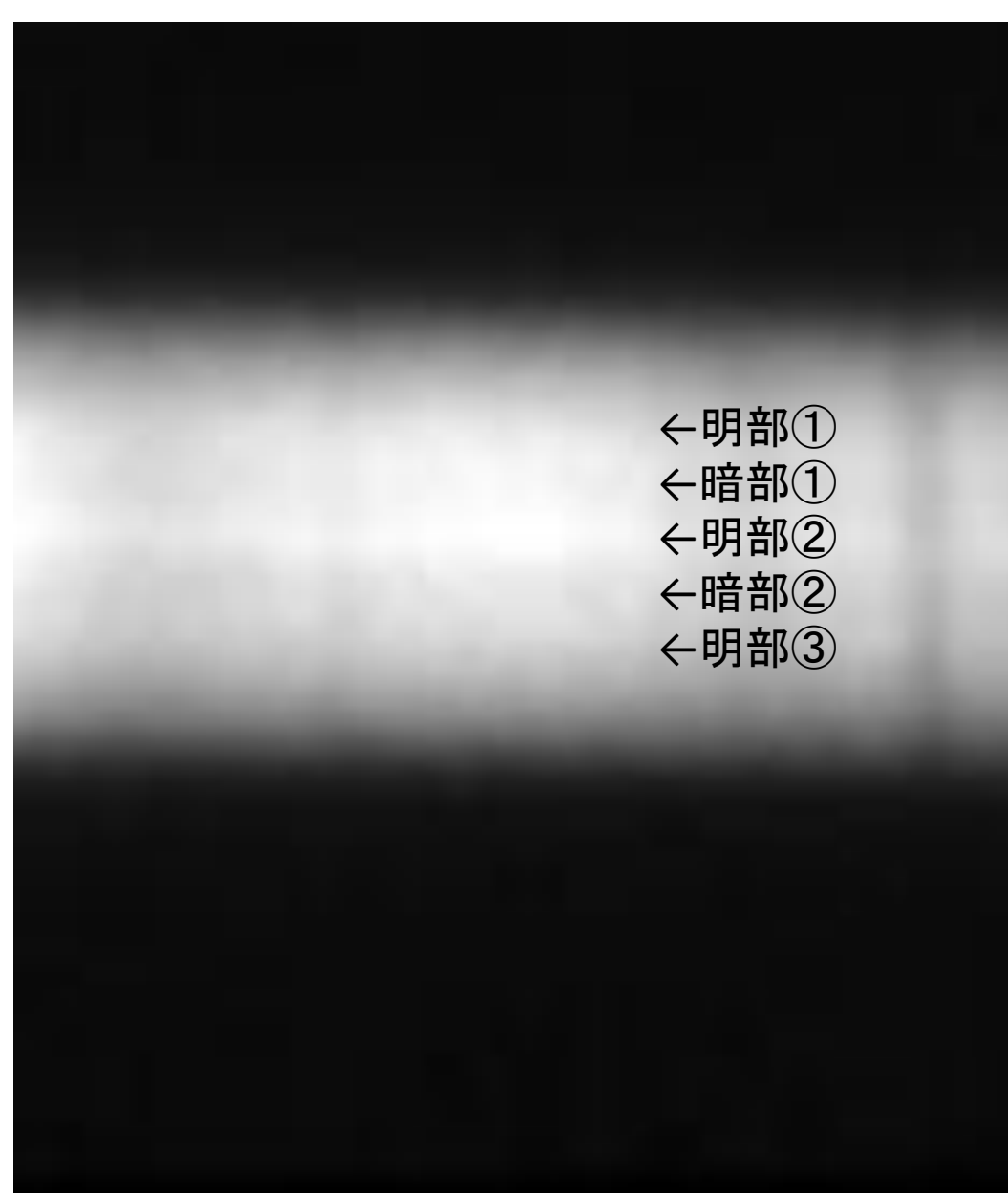


図6.図5の部分拡大画像

[1] 理科年表²⁾を参照し、Makali'iで得た月および木星5つの6データ各々について輝度値の小さな部分に対応する吸収線を割り当てることにより、ピクセル位置と波長の関係を示すグラフ(図7)から近似式(二次関数)を求め全体の波長付けを行う。

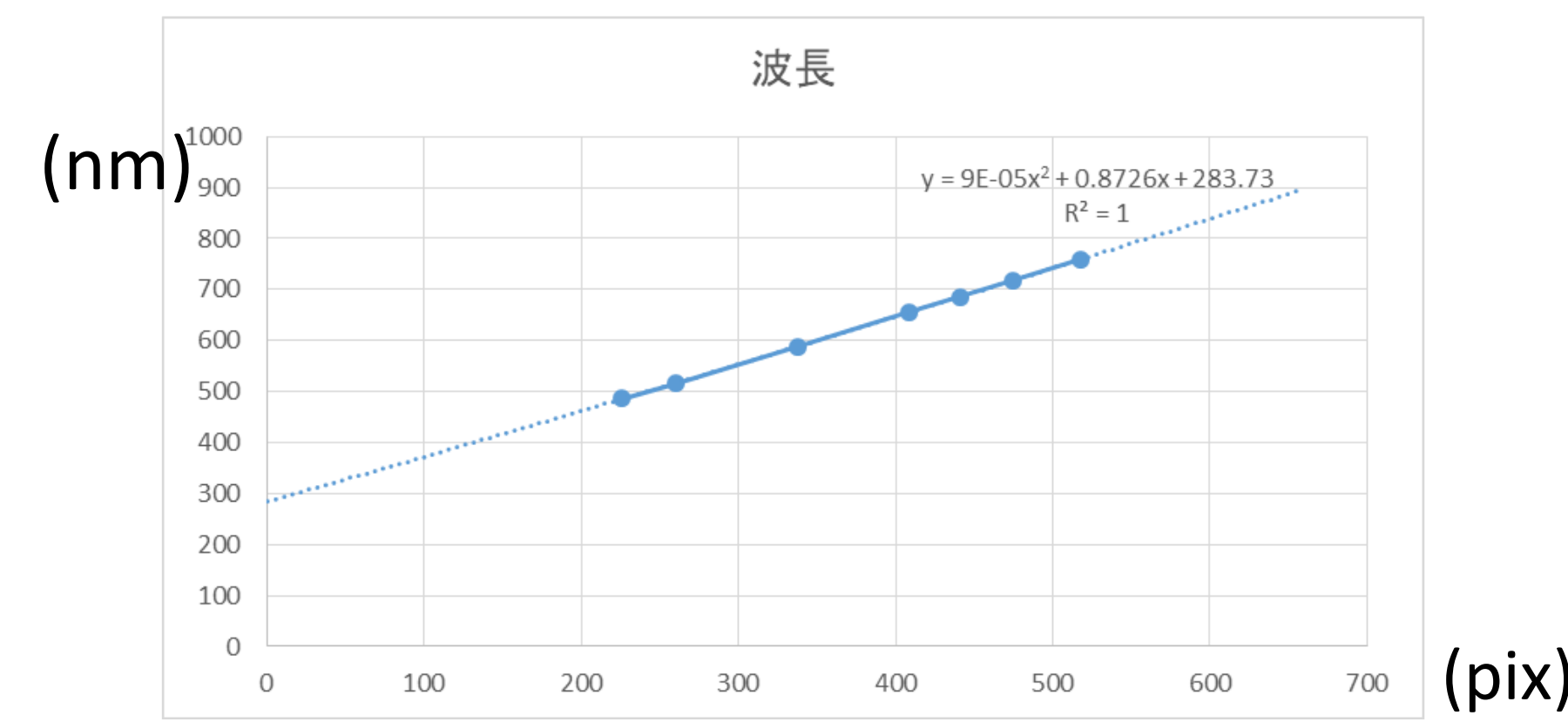


図7.近似するために使用したグラフ

[2]昨年度の研究から月には大気が存在しないため、月のスペクトルは木星表面に当たる太陽光と同等と考え、木星表面のみの吸収を検出するため木星の各グラフのデータを月のデータで割る(図8)。

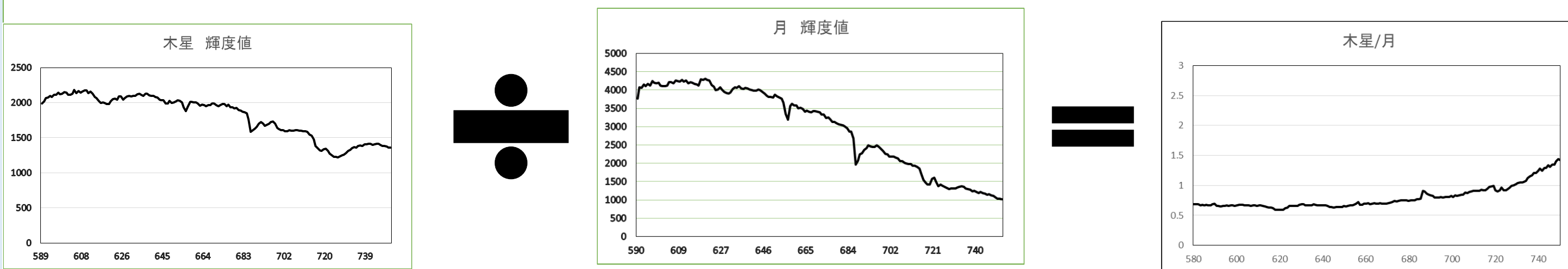


図8.解析手順の概念図(縦軸:輝度値、横軸:波長[nm])

[3][2]で得た各グラフを、木星に最も多く存在している水素の吸収線であるHα線の輝度値で割り、Hαに対する相対的な輝度値を求め、もともとの輝度値に由来しない緯度ごとの差を比較することとした(図9)。

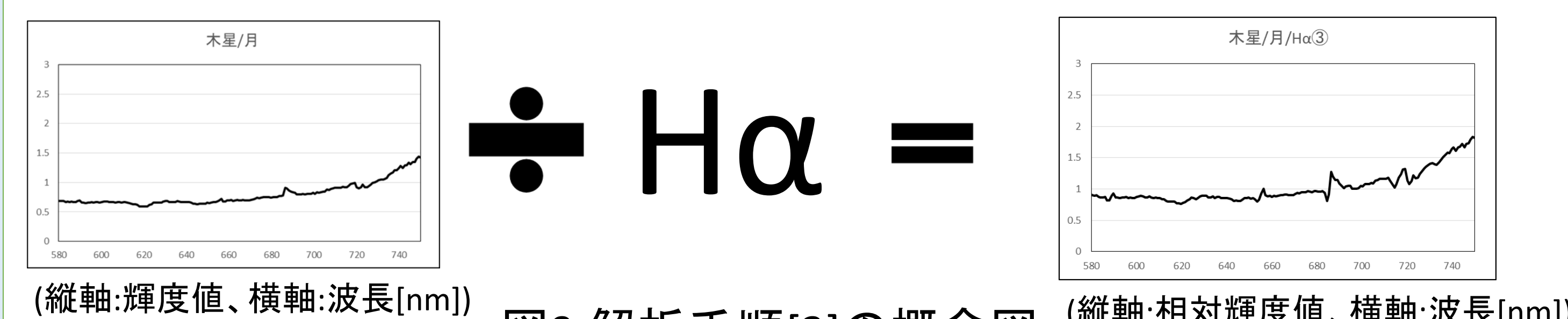
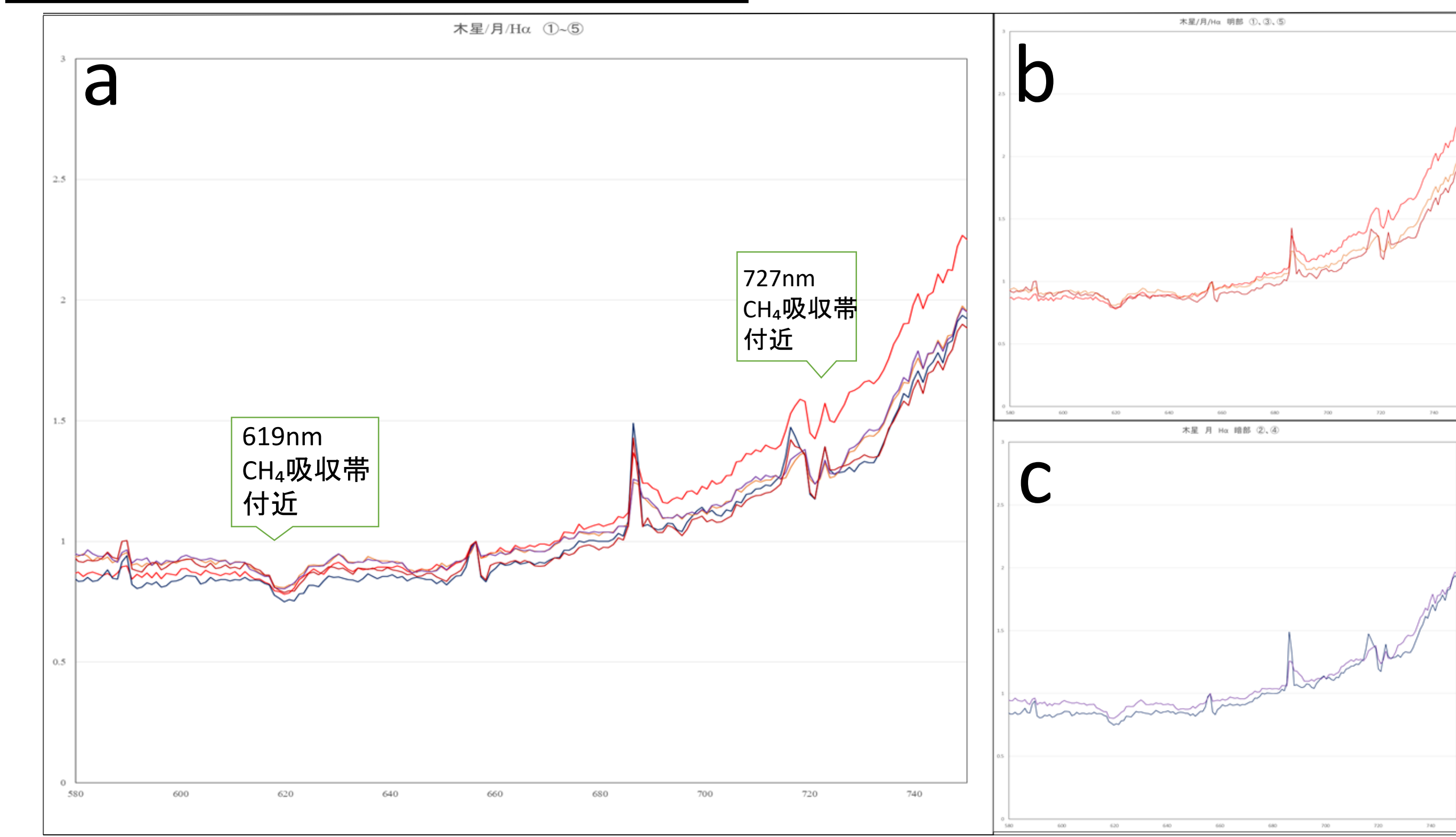


図9.解析手順[3]の概念図

6. 解析結果・考察



(縦軸:相対輝度値、横軸:波長[nm])

図10 a.すべてのスペクトル b.明部のみ c.暗部のみ

・どのグラフも同様の傾向を示し、長波長側ほど相対輝度値は大きくなるが、明部①の変化は他よりもその傾向が顕著である(図10)。相対輝度値でこれほどの差が生じる理由は現段階では不明だが、画像そのものに原因があることが疑われる。その要因としては次のようなことが考えられる。

(1) 分光器に対してスリットの向きが適切に調整できていない。そのためスペクトルに歪みが生じ、Makali'iでの数値化に影響が出ている。

(2) 撮像の際、スリットの高さ方向に対して、木星の赤道面を直交させるが、その精度が十分ではない。

・619nm付近および727nm付近のメタンの吸収帯はすべてのグラフで認められる。一方でアンモニア(650nm付近)の吸収帯は明確にはわからなかった。今回得られた画像からは、明部と暗部による、あるいは緯度によるこれらの吸収の程度について、明確な差は見られなかったが、グラフにおける吸収の深さなどの定量的な検討を視野に入れたい。

7. 今後の課題

緯度の異なる5つのスペクトルを取得できたことは成果であるが、6で触れたように、スリットと木星の縞模様が直交する向きに観測機器を調整する精度を高める必要がある。具体的には、スペクトル像の明暗部がスリット高方向にずれることなく追尾できるように調整する等である。

また、可視光域でのより正確な観測に加えて、今回行えなかった赤外域の観測、さらに可視光域および赤外域でのスリットスキャンに挑戦したい。

8. 参考文献

- 1)木星・土星の近赤外分光観測によるメタン吸収帯の検出 [永野 涼子(浦和西高校)、日本天文学会ジュニアセッション(2019)]
 - 2)理科年表 国立天文台編(2019)
 - 3)天体観測の教科書 惑星観測編 安達 誠【編】 誠文堂新光社 (2009)
- *1 本稿では、カウント値を輝度値とした。

9. 謝辞

自然科学研究機構 国立天文台の渡部潤一先生ならびにJAXA宇宙科学研究所の佐藤毅彦先生には、激励のお言葉と詳しいアドバイスを、また川口市立高等学校の坂江隆志先生には、観測方法についての技術的な指導をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。