

木星大気の緯度別濃度分布の解析 II

山田 梨紗 (高3) 【南山高等学校】

【要旨】

木星の縞模様は大気成分の分布の差異と考え、緯度別の分光データを解析した。結果、NH₃は緯度に応じて変化を示した一方、CH₄は変動が小さく、一部でのみ高緯度での吸収帯深度上昇が見られた。よって木星の大気構造は緯度ごとに異なることが示唆されたが、物質によってその異なり方に違いがあると分かった。

【背景・目的】

もし天2023 HAS計画班では、木星大気の縞模様を物質の緯度分布の偏りによるものと考え、15°NのNH₃減少と、極でのCH₄・NH₃増加を示した



図1. 木星とオーロラ 出典 NASA

しかし、散乱や雲高の影響が十分考慮されていなかった！
→手法を変え再解析を行った

【観測手法】

仙台市天文台

日時：2023年12月24日 19:30~
機材：ひとみ望遠鏡可視光域中分散分光器
積分時間：20 s
分光範囲：4500~8000 Å、低分散モード(R~1766)
観測天体：木星、スペクトル標準星 (HR718)

美星天文台

日時：2023年12月24日 19:30~
機材：101cm望遠鏡低分散分光器
積分時間：10 s
分光範囲：中心波長5925 Å、波長幅4400 Å、
低分散モード(R~1500)
観測天体：木星、スペクトル標準星 (HR4963)

スリット位置は右図2参照

別条件で取得した2種類の分光データは、それぞれ独立なデータとして解析

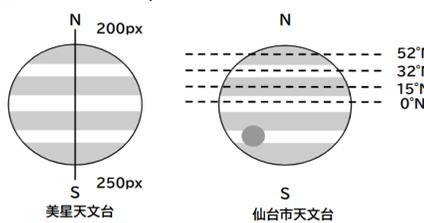


図2. スリット当て位置のイメージ図

【データ処理】

生データに1次処理を行い、観測機器や環境光の影響を取り除いた2次処理によって波長校正を行い、波長を同定して目的の吸収帯を定めた

解析に使用した吸収帯

6193 Å CH₄吸収帯
6497 Å NH₃吸収帯

→ 前回データと比較可能
地球、太陽大気の影響を避ける

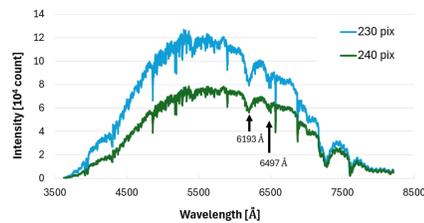


図3. スペクトルデータと解析した吸収帯の位置 (美星天文台 230 pix, 240 pix)

吸収帯深度は右の図4 網掛け部分のように定めた



図4. 吸収帯深度の計算に用いた領域 網掛け部分の面積を吸収帯深度とした

各データを比較するため、吸収帯深度の規格化を行った

連続光のデータから部分的に近似直線を引き、各区間の中心のエネルギー強度を求めた

各区間についてその比を求め、平均した値で規格化した

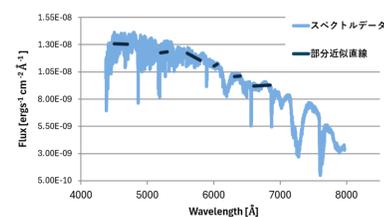


図5. スペクトルデータとその部分近似直線 (仙台市天文台 0°N)

【結果】

NH₃

- 仙台市天文台 (図6)
北緯15°付近で減少
中～高緯度ではほぼ横ばい
- 美星天文台 (図7)
高緯度で顕著な上昇

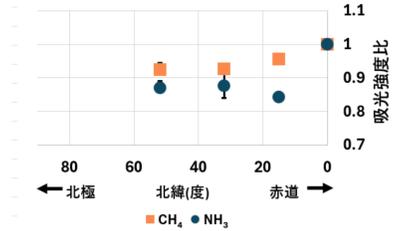


図6. 仙台市天文台のデータ

CH₄

- 仙台市天文台
極域に向かってわずかに減少
- 美星天文台
ほとんど変化なし

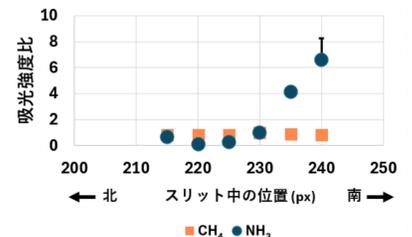


図7. 美星天文台のデータ

NH₃の15° Nでの減少は見られたが、CH₄の極域での増加は見られなかった
→ 前回研究とは一部異なる結果
天文台間で異なる結果を示している

【考察・今後の展望】

NH₃

低緯度で吸収帯深度が浅かった

- 前回研究
先行研究[1]で天底輝度温度から逆算したNH₃濃度
先行研究[2]の中間赤外線観測結果

と一致している

NH₃分布に関して、大気構造の緯度変化を示唆する結果となった

◆ 先行研究との比較

- 本研究で見ているのは表層から約2~3 bar程度のNH₃雲[3][5][6]
- 左下図8は約1 bar深度、10°~20°NにおけるNH₃濃度減少を示す[1]
- 右下図9は本研究より35 kmほど深い位置でNH₃の偏在を示す[2]

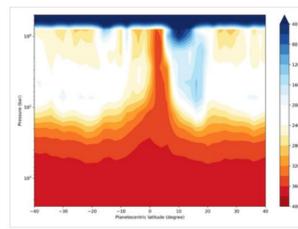


図8. 先行研究[1] NH₃の3次元濃度分布 約5 bar ~ 約1.1×10² bar 深度範囲

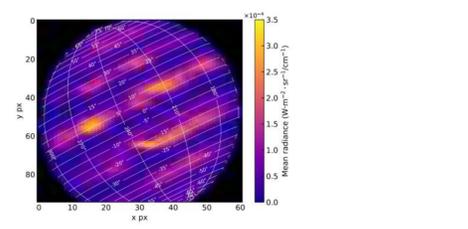


図9. 先行研究[2] 中間赤外線による観測

CH₄

NH₃に比べて変化の度合いが小さかった

- 前回研究と異なる結果
雲頂圧、光学的厚さ、散乱特性のような複数要因による影響や、CH₄の割合変化が相対的に小さいことが考えられる

先行研究[4]より極域にはCH₄に富んだヘイズが観測されていることから、サチュレーションや、極域のデータが観測結果に含まれていなかった可能性がある。また、高緯度でのNH₃吸収帯深度など、データ間で異なる結果が出るものがあり、これは、データ取得の際緯度帯に幅が生じてしまったことや、今の補正手法では十分に位置による影響を取り除けていないことによる可能性が考えられる

今後は、精度の高い観測やデータ処理の方法、圧力や散乱を反映した木星大気モデルの制作により、より正確な大気構造の理解に繋げていきたい

【謝辞】

本研究に際し、東北大学理学部板由房先生、美星天文台伊藤亮介様、もし天2023の皆様、2024年度星の学校の皆様には多大なるご助力を賜りました。この発表にかかわってくださった皆様にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1]Cheng Li, et al. "The distribution of ammonia on Jupiter from a preliminary inversion of Juno microwave radiometer data". Geophysical Research Letters. 2017, vol. 44, no.11
- [2]Doriann, Blain, et al. "Mapping of Jupiter's tropospheric NH₃ abundance using ground-based IRTF/TEXES observations at 5 μm". Icarus. 2018, vol. 314, p106-120
- [3]Irwin, Patric. G. J. et al. "Clouds and Ammonia in the Atmospheres of Jupiter and Saturn Determined From a Band-Depth Analysis of VLT/MUSE Observations". Journal of Geophysical Research: Planets. 2025, vol. 130, no. 1
- [4]北大びりか望遠鏡による木星極域ヘイズの観測
https://sgpeps.org/meeting/archive/148/html/program/pdf/R005/R005-06.pdf, (2025年12月3日閲覧)
- [5]Sato, Makiko.; Hansen, James. E. "Jupiter's Atmospheric Composition and Cloud Structure Deduced from Absorption Bands in Reflected Sunlight". Journal of the Atmospheric Sciences. 1979, vol. 36, no. 7, p1133-1167
- [6]在田一則, 竹下徹, 見延庄士郎, 渡部重十編著,「地球惑星科学入門 第2版」, 北海道大学出版会, 2016