

東京大学大学院新領域創成科学研究科

複雑理工学専攻

2022 年 3 月修了

修士論文 要旨

電波掩蔽データ解析による火星大気の微細構造の研究
(Study of martian atmospheric fine structures by analyzing
radio occultation data)

指導教員 今村 剛 教授

氏名：櫻井 龍太郎

学生証番号：47-206086

キーワード：火星、電波掩蔽、大気

要旨

火星は地球の1つ外側を回る外惑星であり、大気の約95%が二酸化炭素で占められている。また、平均地表気圧は約600 Paであり、地球の平均地表気圧である約1013 hPaと比較すると約0.006倍となり、非常に薄い大気に覆われている。火星の気象は、ハドレー循環や東西風ジェットといった大規模スケールの現象については観測も豊富であり、数値モデルの研究も進んでいる。一方で、水平スケールが1~1000 kmであるメソスケールの気象についてはあまり理解が進んでいない。中でも、惑星スケールと比較するとはるかに小さい微細スケールの大気重力波、対流、地表付近の逆転層といった現象については特に理解が進んでいない。しかし、これらの現象はその流体力学過程がエネルギーと運動量の輸送に重要な役割を果たすことが知られているため重要である。そこで本論文では、このような微細スケールの気象を解明していくために、大気の鉛直構造を調べる様々な手法の中から、高度方向に高い分解能を持った電波掩蔽観測という手法に着目した。

電波掩蔽観測は、地上局から見て探査機が惑星の背後へ入出する際に、探査機から送信された電波が惑星大気中を通過することを利用して大気の鉛直構造を求める観測手法である。電波が惑星大気中で屈折することによって地上で受信する電波の周波数が変化（ドップラーシフト）するため、これを利用して屈折率の鉛直分布を取得し、そこから温度や気圧の鉛直分布を導出することができる。

本論文では、火星探査機 Mars Global Surveyor の電波掩蔽観測によって得られた電波掩蔽データに、従来の解析手法である幾何光学法に加えて、電波ホログラフィ法の一つである Full Spectrum Inversion (FSI) [Jensen et al., 2003] という新しい手法を適用した。FSI は、金星大気に対して応用された先行研究 Imamura et al. [2018] から、幾何光学法に比べて高い鉛直分解能の実現を期待できることが知られている。本論文では、この手法を初めて火星大気の電波掩蔽データに適用し、火星大気中の鉛直構造をこれまでよりも高い鉛直分解能で解析した。

FSI を適用することで得られた温度分布から、その鉛直波数スペクトルを求めることで FSI での実質的な鉛直分解能を推定した。本論文における FSI で推定された実質的な分解能は波長にして約 160 m であり、従来の幾何光学法の鉛直分解能である 500 m~1 km に比べて高い鉛直分解能を達成することができた。また、本論文における FSI と幾何光学法による解析では、NASA から公開されている公式プロダクトではほとんど確認できていなかった微細な振動構造や温度低下構造を捉えることができた。

加えて、FSI で得られた結果を地域や季節等で比較することにより、大気重力波の一種である山岳波の生成の条件として、地形以外にも季節に応じた緯度方向の温度勾配に起因する東西風の強さが重要であることを示唆した。さらに、NASA の公式プロダクトでは確認できていなかった極冠近傍での急激な温度低下構造の存在も示唆した。