

サブミリ波サウンダを用いた火星周回軌道上からの火星風速高度分布観測に関する基礎検討

Feasibility study of Mars' wind observation from a satellite orbit using a sub millimeter wave sounder

小林 智範^{1*}

KOBAYASHI, Tomonori^{1*}

¹ 大阪府立大学大学院 工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, OPU

火星大気の循環を考える際の重要なパラメータの一つとして、火星の風速場(大気循環)があげられる。そのため、火星気象を理解するうえで火星風速を観測することは必要不可欠である。火星周回衛星軌道上からサブミリ波サウンダを用いて火星大気分子が放射する電波のドップラーシフトを観測することにより、中、高層における火星風速を高い空間・鉛直分解能で推定することができる。本研究では火星観測の空間・時間分解能について検討を行った。

1. 研究背景

火星の風速場は火星におけるダストや水蒸気の輸送・分布と密接に関わりあっており、火星の風速を精度よく観測することは、火星大気モデルの改善、ひいては火星惑星環境の理解に必要不可欠である。

火星の風速を測る手法として、

1. 気温分布を測り地衝風近似から風速を出す [e.g., McCleese et al., 2010]

2. ダストや雲、大気微量成分をトレーサーとして、それらの追跡軌跡から風速を出す [e.g., Choi and Dundas, 2011]

3. 大気スペクトルのドップラーシフトを測定し、視線方向の風速を出す [e.g., Moreno et al. 2007].

等の方法が考えられる。

しかし1, 2の手法では風速を間接的にしか測ることができず、観測結果が必ずしも実際の風速を表しているとは限らない。またこれらの手法では観測が難しい場所として、地衝風近似が崩れる緯度帯やトレーサーの分布量が乏しい領域があげられる。3の手法では視線方向の速度しか測ることができないという欠点はあるが、全火星的な風速を直接観測できるのはこの手法だけである。

ドップラーシフトを用いた観測において、可視光、近赤外線に比べ波長の長いサブミリ波を用いて受動観測することにより、1. 太陽光源を必要とせず昼夜問わず観測が可能である、2. 火星大気中ダストによる干渉を受けにくい、3. ミリ波と比較して速度分解能の高い観測が実現できる等のアドバンテージが得られる。これらの利点により、火星全球規模での昼夜を問わない風速観測が可能となる。

周回軌道からのサブミリ波サウンダによる風速観測の稼働実績として、国際宇宙ステーション日本実験棟搭載のSMILES(超伝導サブミリ波リム放射サウンダ; Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder)を用いて実際に地球成層圏・中間圏風速の観測に成功している。

2. 風速の観測方法

火星大気の観測には火星大気の微量成分であるCO(一酸化炭素)を用いる。COを用いるのは、火星地表面から高高度にわたって比較的一様な存在量で分布していること、サブミリ波領域に吸収線を持つことが理由である。

サブミリ波サウンダで受信される電波強度には、観測視線方向に存在する各位置のCOの存在量や気温に加え、COの視線方向速度といった物理量の情報が含まれている。観測される放射スペクトルを放射伝達方程式と呼ばれる方程式を用いて反転解析することによりこれらの物理量を推定(リトリーバル)することができる。

風速の観測精度を向上させるにはいくつかの方法があるが、今回はいくつかの接線高度、同位体を観測することにより、観測精度を向上させる手法について検討を行った。

ある一つの接線高度について観測するだけでは、観測した高度付近の風速しか精度良く観測することはできないが、様々な接線高度についての観測を行うことにより、低高度から高高度までの風速を感度良く測ることが可能となる。また観測気体であるCOにはいくつかの同位体が存在するが、光学的厚さの違いによって同位体ごとに高感度が得られる火星高度領域は異なっている。そのため複数のCO同位体吸収線を同時に観測することにより、広い高度領域にわたって高感度の観測が可能となる。

3. 時間・空間分解能

観測雑音を抑えるために長い時間観測しようとするほど、観測結果は時間的、空間的に平均化されてしまい空間・時間分解能が悪くなってしまふ。このような関係があるため、得たい風速のスケールに応じて観測時間を調整する必要がある。

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



PCG33-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月25日 15:30-17:00

長楕円の衛星軌道を仮定した場合、近火点付近では観測地点までの距離の短さによって鉛直分解能よいが、遠火点付近では逆に鉛直分解能が悪くなってしまふ。ただしケプラーの第二法則より遠火点付近の方が観測できる時間が長くなるため、1周期あたりの観測可能時間は遠火点付近の方が長くなる。本研究ではいくつかの衛星軌道を想定し、それぞれの衛星軌道上で得られる風速感度の検討も行った。

キーワード: サブミリ波, 火星, 風速, ドップラー効果, 放射伝達

Keywords: submillimeter wave, doppler shift, mars, wind