

電波掩蔽観測における地球電離層の影響

Effect of the terrestrial ionosphere on the radio occultation measurement of Martian ionosphere

野口 克行 [1], 今村 剛 [1], 小山 孝一郎 [1]

Katsuyuki Noguchi [1], Takeshi Imamura [2], Koh-ichiro Oyama [1]

[1] 宇宙研

[1] ISAS, [2] The Institute of Space and Astronautical Science

<http://algol.ted.isas.ac.jp/~nogu/index.html>

我々は1998年夏に打ち上げられた火星探査機「のぞみ」にて電波掩蔽観測を予定しており、現在その準備を進めている。「のぞみ」には高安定発振器 (Ultra Stable Oscillator, USO) が搭載されている。探査機が地球から見て火星に隠される前後に、探査機から地球に向けて発信された電波は火星大気を通過する。この電波の位相及び振幅は火星大気の影響を受けてわずかに変動する。この変動から中性大気の気温と気圧及び電離圏の電子密度の高度分布が得られる。電波掩蔽観測は、下層大気から電離圏までを同時に観測でき、高度分解能が高い、という特色がある。本講演では、電波掩蔽観測における地球電離層の影響について述べる。

我々は1998年7月に打ち上げられた火星探査機「のぞみ」にて電波掩蔽観測を予定しており、現在その準備を進めている。本講演では「のぞみ」における電波掩蔽観測の概要、及び観測に影響する誤差の要因について述べる。

探査機が地球から見て惑星に隠される前後に、探査機から発信された電波は惑星大気を通過する。この電波は惑星大気を走査しながら地球に届く。惑星電離層や中性大気の屈折率の高度分布に応じて光路長が変化するので、探査機からの電波の周波数も変動する。この変動を実時間で観測する。周波数変動からは、球対称構造を仮定して逆問題を解くことにより、惑星大気の屈折率の高度分布を導き出せる。さらに、屈折率分布から、中性大気の数密度及び電離圏の電子密度の高度分布が得られる。中性大気の数密度分布からは、静水圧平衡を仮定することにより、気圧と気温の高度分布が得られる。電波の振幅変動も大気に関する重要な情報を含んでいる。電波掩蔽観測は、下層大気から電離圏までを同時に観測でき、高度分解能が高い、という特色がある。

過去の研究例として、Mariner4,6,7,9、Mars2,4,5,6、Viking1,2などによる観測がある。特に、Vikingでは、1．極冠上空及びダストストーム時における逆転層の存在、2．気圧の季節変化、3．電離圏電子温度とプラズマスケールハイトへの太陽活動度の影響、などが明らかにされた。

「のぞみ」には高安定発振器 (Ultra Stable Oscillator, USO) が搭載されている。USOを用いて、コヒーレントな2波がSバンド (2.3GHz) とXバンド (8.4GHz) で発信される。観測時には、通信用の変調を切り、無変調で発信する。プラズマの屈折率は周波数依存性があるが、中性大気の屈折率は周波数依存性が非常に少ない。よって、周波数の異なるコヒーレントな2波を用いることにより、プラズマと中性大気の屈折率を別々に求められる。受信には臼田宇宙空間観測所の64mパラボラアンテナを用いる。

本観測において発生する誤差の要因は、いくつかに分けられる。1．探査機搭載の発振器の周波数安定性、2．惑星大気の球対称構造仮定、3．惑星間空間のプラズマ密度の変動、4．地球電離層の変動、5．受信設備の精度、などである。ここでは、特に地球電離層の変動に着目する。

火星の夜側電離層の電子密度は大変小さく、ピーク密度は約 $5 \times 10^3 [\text{el}/\text{cm}^3]$ である。探査機から地球へ向けて発信された電波が通過する火星電離層の電子コラム量は、約 $10^{16} [\text{el}/\text{m}^2]$ となる。電離層の厚さを150[km]と仮定すれば、「のぞみ」の軌道運動に伴って光路が電離層を走査する時間は1分程度となる。よって、検出すべき電子コラム量変化は、約 $10^{16} [\text{el}/\text{m}^2/\text{分}]$ となる。これは、地球電離層の電子コラム量の変化と同じオーダーであることが観測によりわかっている。つまり、火星夜側電離層の構造検出のためには、地球電離層の擾乱による影響の補正が必要である。

地球電離層の変動を知る方法として、GPSを利用することを計画している。GPS衛星からの電波も地球電離層の影響を受ける。すでにGPSを利用した電離層の電子コラム量観測は盛んに行われている。GPS衛星からの電波の変動から「のぞみ」方向の電離層変化を推定することが考えられる。本講演では、GPSを使用することによりどのくらいまで地球電離層の影響を取り除けるかを検討する。