

惑星電離圏電波掩蔽観測のための地球電離圏擾乱に関する研究

A study on the fluctuation of the terrestrial ionosphere for the radio occultation measurements of planetary ionospheres

野口 克行[1], 今村 剛[1], 小山 孝一郎[1], 齊藤 昭則[2]
Katsuyuki Noguchi[1], Takeshi Imamura[2], Koh-ichiro Oyama[1], Akinori Saito[3]

[1] 宇宙研, [2] 京都大・理・地球物理

[1] ISAS, [2] The Institute of Space and Astronautical Science, [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

<http://www.ted.isas.ac.jp/~nogu/>

電波掩蔽観測では惑星電離圏の電子密度の高度分布が得られる。地球電離圏擾乱の影響を考慮して、火星探査機「のぞみ」による火星夜側電離圏検出と月探査機「セレーネ」による月電離圏検出の可能性について検討する。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て地球に届く電波は惑星電離圏を通過する。惑星電離圏の電子密度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位相も変動する。この変動から惑星電離圏の電子密度の高度分布を得る。火星の夜側電離圏の電子密度は大変小さい。月電離圏の観測は一例のみで、しかも理論的に説明できないような高い電子密度が報告されているので追試が望まれる。

我々は1998年7月に打ち上げられた火星探査機「のぞみ」及び2003年に打ち上げ予定の月探査機「セレーネ」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。本発表では電波掩蔽観測の概要、及び観測に影響する誤差の要因、特に地球電離圏の変動について述べる。地球電離圏の変動と比較することにより希薄な火星夜側電離圏及び月電離圏検出の可能性について議論する。次に、探査機方向の地球電離圏の変動を推定する方法について述べる。

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て地球に届く無変調電波は惑星電離圏を通過する。この電波の光路は探査機の移動に伴って惑星電離圏を走査する。惑星電離圏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位相も変動する。この変動を地上受信局で観測する。位相変動からは、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、中性大気密度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。プラズマの屈折率は周波数依存性があるが、中性大気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波を用いれば、プラズマと中性大気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. 地球電離圏のプラズマ密度の変動、2. 惑星間空間のプラズマ密度の変動、3. 探査機搭載の発振器の周波数安定性、4. 受信設備の精度、5. 惑星大気球対称構造仮定、などである。惑星間空間のプラズマ密度変動のタイムスケールは、電波掩蔽観測のタイムスケールに比べて大きいことが過去の観測でわかっている。ここでは、特に地球電離圏の変動に着目する。地球電離圏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圏の影響を受けるので、GPS衛星と受信局間の光路上の地球電離圏電子コラム量が得られる。すでにGPSを利用した電離圏の電子コラム観測は盛んに行われている。

過去の観測で得られている電子密度高度分布を元に、予想される火星夜側電離圏及び月電離圏による位相変動量を計算した。火星の夜側電離圏の電子密度は大変小さく、ピーク密度は高度150kmで約5000[cm⁻³]である。月電離圏の観測例は一件あるのみで、しかも理論的に説明できないような高い電子密度(高度10kmで約1000[cm⁻³])が報告されているので、追試が望まれる。火星夜側電離圏の計算ではヴァイキングによる観測結果を、月電離圏の計算ではロシアのルナ22による観測結果を用いた。

GPSによる地球電離圏の観測から、臼田局付近の電離圏変動のローカルタイム依存性を月ごとに解析した。この解析結果を元に、地球電離圏の変動量に対する火星夜側電離圏・月電離圏による光路上電子コラムの変動量の比をSN比とし、あるSN比以上で観測できる確率を計算した。その結果、ローカルタイム依存性に月別に違いが見られた。地球電離圏が落ち着いている時ならば、観測は可能であることがわかった。

GPSによる地球電離圏変動の観測を利用して、探査機方向の地球電離圏変動の推定を行った。その結果、定性的には地球電離圏の光路上電子コラムの変動を推定できることがわかった。本研究で提案された推定方法により地球電離圏擾乱による電波掩蔽観測への影響を判断できる。