

A Study on the Fluctuation of the Terrestrial Ionosphere for the Radio Occultation Measurements of Planetary Ionospheres

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

8 6 1 9 8 野口 克行 (宇宙科学研究所)

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。まず、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。

[電波掩蔽観測とは？]

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無変調電波は惑星電離圏を通過する。この電波は惑星電離圏を走査しながら地球に届く。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、惑星電離圏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、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 波を用いれば、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 6.4 m パラポラアンテナを用いる。

[地球電離圏の影響]

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. 惑星大気の球対称構造仮定、などである。惑星間空間プラズマの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。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量観測は盛んに行われている。本研究では、GPS による電子コラム量観測を利用して、電波掩蔽観測に適した時期の解明と、探査機方向の電離圏変化の推定を行った。

[火星夜側電離圏・月電離圏による位相変動シミュレーション]

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、ピーク密度は約 $5 \times 10^3 [\text{cm}^{-3}]$ である。これは地球電離圏の変動値と同じ程度である。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。

[地球電離圏の変動の解析]

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 (Figure 1)。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・月電離圏による変動量の比を SN 比とし、ある SN 比以上で観測できる場合の割合を計算した。その結果、月ごとにローカルタイム依存性に違いが見られた。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。

[探査機方向の地球電離圏変動の推定]

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擾乱の状態を推定できることがわかった (Figure 2)。地球電離圏擾乱による電波掩蔽観測への影響を判断する材料にできることがわかった。

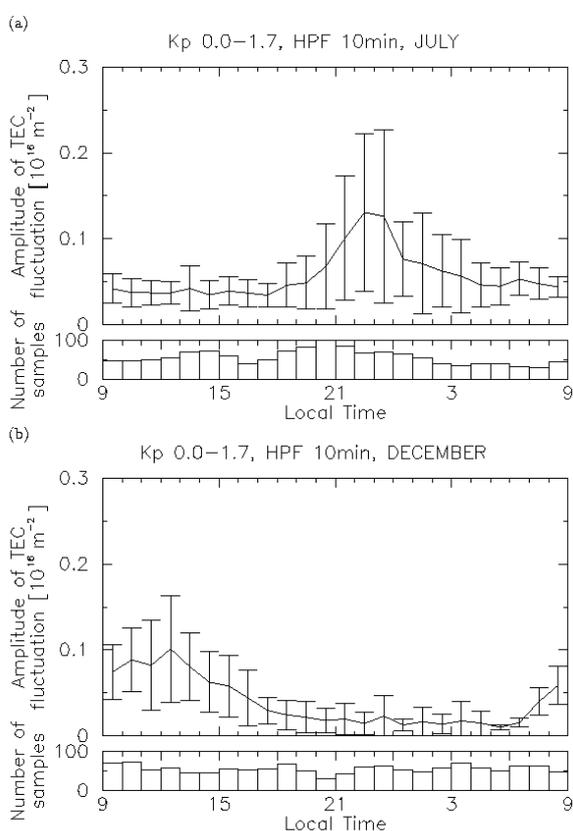


Figure 1: Dependence of the fluctuation activity of the terrestrial ionosphere on local time in (a) July 1999 and (b) December 1999. Standard deviation of the samples is indicated by error bars.

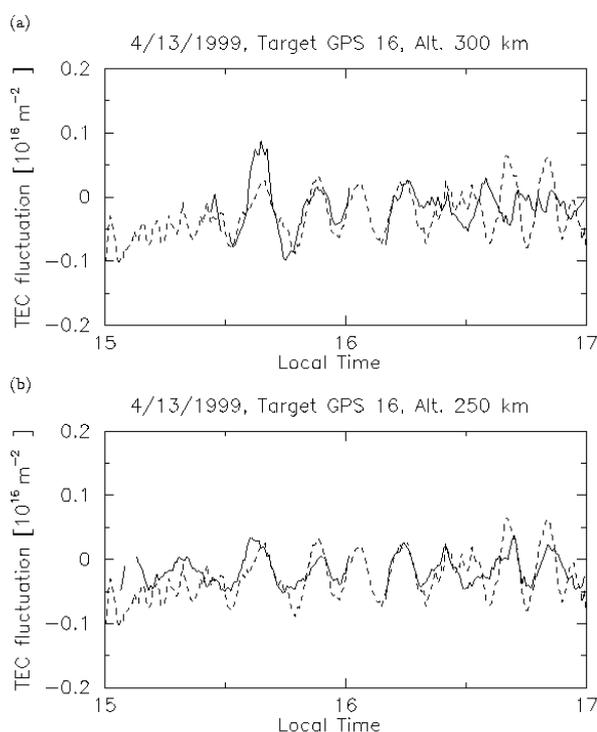


Figure 2: A feasibility test to estimate the TEC fluctuation along the ray path of a target satellite by using the TEC data observed by another GPS satellite. Dashed curve is the "true TEC" observed by the target GPS satellite No.16, while solid curve is the "estimated TEC" which are the averages of the TEC values by the satellite No.14 at surrounding points. The TEC fluctuation is assumed to be localized on the 300 km surface. Loss of samples near 2200 LT is due to the error of observations.

