

平成22年6月17日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20740289

研究課題名（和文） 月惑星大気の電波掩蔽観測の高精度化

研究課題名（英文） Improvements of radio occultations of lunar and planetary atmospheres

研究代表者

今村 剛 (IMAMURA TAKESHI)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部・准教授

研究者番号：40311170

研究成果の概要（和文）：月探査「かぐや」での電波掩蔽による月電離層の観測のために、電波経路上にある地球電離層の影響を補正する方法について研究を進めた。「かぐや」の2機の子衛星を用いて、一方が月で掩蔽されているときにもう一方を地球電離層モニター用として、2機それぞれと地上局との間の電波伝搬によって計測される積分電子密度の差をとって月電離層の寄与を取り出した。また、子衛星のうち1機だけを用いた観測は400回近くもあり、これを統計処理することで地球電離層の影響を打ち消すことも試みた。

研究成果の概要（英文）：Radio occultation observations of the electron density near the lunar surface were conducted during the SELENE (Kaguya) mission using the Vstar and Rstar sub-satellites. The most serious error source in the measurement is the fluctuation of the terrestrial ionosphere which also exists along the ray path. To cope with this difficulty, about 400 observations were conducted using Vstar to enable statistical analysis of the weak signal of the lunar ionosphere. Another method is to utilize Vstar and Rstar with the second one being used to measure the terrestrial ionosphere contribution.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
20年度	800,000	240,000	1040,000
21年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1400,000	420,000	1820,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：地球惑星電離圏・惑星大気・月・電波掩蔽

1. 研究開始当初の背景

電波掩蔽とは、探査機が惑星の背後に隠れ

ようとする時に、探査機から送信されて惑星大気を通過したのち地球へ届く電波を調べ

て、大気構造を探る手法である。この手法の難点は、希薄な惑星電離圏・大気圏を観測する際には同じ電波経路上に存在する地球電離圏・大気圏の影響が結果に及ぶことである。今後の日本の月・惑星探査でも電波掩蔽が計画されているが、その計測精度は地球電離圏・大気圏の変動で制限されている。

電波掩蔽で探るべき対象として月の電離層があるが、これは存在するとしても非常に希薄である。過去の電波掩蔽観測から存在が示唆されているものの、観測データが地球電離層の影響を大きく受けていたために、未だ決定的とは言えない状況である。

2. 研究の目的

月探査「かぐや」における月電離層の掩蔽観測において、地球電離層の影響を除去する観測方法を試みる。この観測によって、謎に包まれた月電離層の存在形態を明らかにする。このことにより将来にわたって月や惑星の電離圏・大気圏を高い精度で電波掩蔽により観測する方法を確立する。

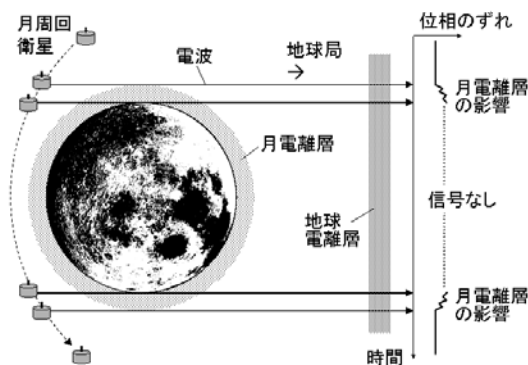


図1 月周回衛星による電波掩蔽観測の概念図

3. 研究の方法

当初は、GPS/TECの緯度経度格子点へのマッピングデータを用いて地球電離層成分を除去する方針であったが、電波掩蔽による計測値とGPS/TECの格子点値は希薄な月電離層成分を取り出せるほどには良く対応しないことがわかった。そこで方針を変更し、以下の2通りの方法を試みた。

(1)衛星2機を用いる方法

「かぐや」の2機の子衛星Vstar, Rstarを用いて、一方が月で掩蔽されているときにもう一方を地球電離層モニター用として、2機それぞれと地上局との間の電波伝搬によって計測される積分電子密度の差をとって月電離層の寄与を取り出すという方法を試みた。これは世界で

も前例のない方法である。

(2)衛星1機を用いる方法

「かぐや」子衛星のうち1機だけを用いた観測は400回近くあり、地球電離層の影響を陽に取り除くことは難しいものの、統計的なアプローチが可能である。まず個々の観測において、電波経路が月面から十分離れているときの積分電子密度の変化傾向から地球電離層成分を推定して除去した。これらの結果を太陽天頂角について整理した。

4. 研究成果

(1)衛星2機を用いる方法

2機を用いる方法では、従来の1機による観測ではS帯、X帯という大きく離れた2つの周波数を使うことにより高い精度で積分電子密度を計測できたのに対し、今回の2機による観測では衛星の設計により周波数の近接した2つのS帯を使うことを余儀なくされたため計測のS/N比が悪い。これまでに20回ほどの観測を実施したところでは、ほとんどの観測結果において計測誤差を超える大きさの月電離層は確認できないが、月面の日照側の2例において月面付近の高度30km以下に電子密度の増分が見られた。今後は解析手法に改良を加え、この結果の真偽を検討していく。

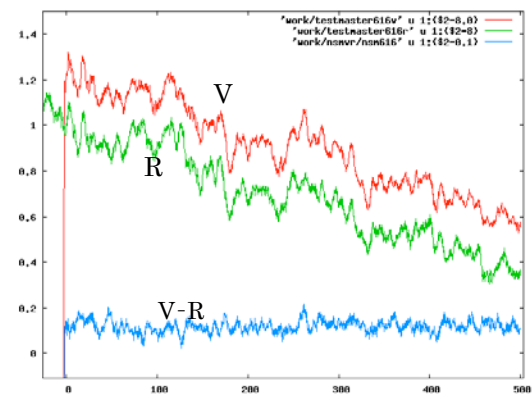


図2 電波掩蔽で計測された積分電子密度の時系列の一例（縦軸：積分電子密度[TECU]、横軸：掩蔽開始からの時間[sec]）。図中のV、RはそれぞれVstar、Rstarの電波上の電子密度を表す。またV-Rは両者で計測された電子密度の差分を表す。適当なオフセットを加えてある。

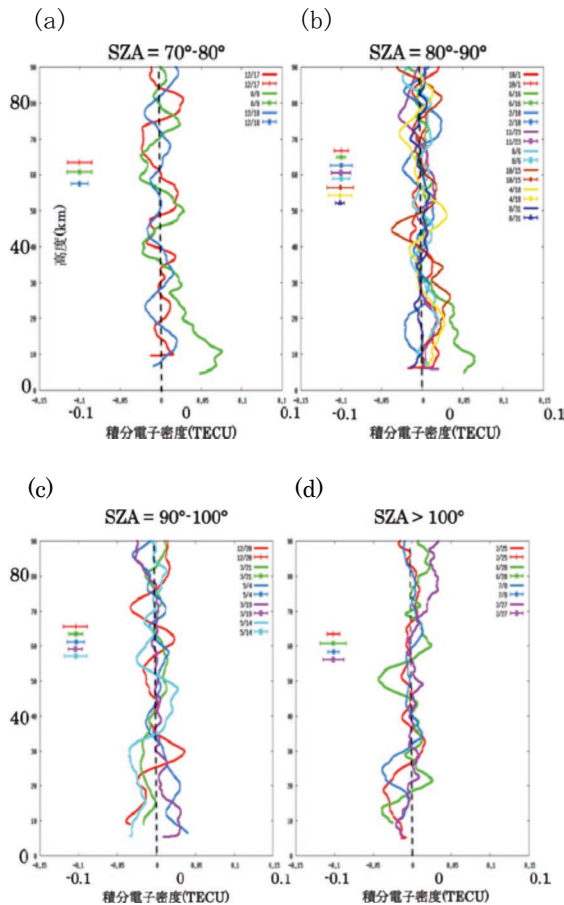


図3 観測結果を太陽天頂角 (SZA) について分類した。日照側である(a)、(b)では月面近傍で電子密度の増分が見られるものがある。誤差棒は高度30 kmから90 kmにおけるデータのばらつきから評価したものである。

(2)衛星1機を用いる方法

太陽天頂角 60 度以下、つまり太陽直下点付近に数百 cm^{-3} の電子密度の領域が存在することをうかがわせる結果が得られた。夜側には有意な電子密度増加は見られない。この結果を説明するためには、静電場で浮遊したダストから光電子放出など、これまで考えられてこなかったメカニズムを考慮する必要があるであろう。

旧ソ連の観測結果よりも密度は低く、また昼夜境界付近では電子密度上昇がほとんど見られないなど、旧ソ連の結果と異なる特徴もある。これは我々の観測が太陽活動極小期になされたためであるかもしれない。

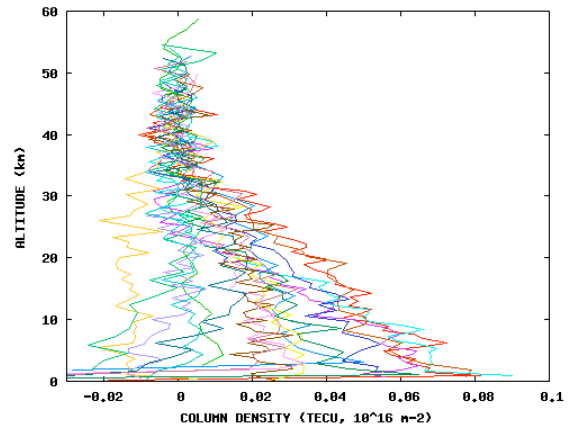


図4 電波経路上の積分電子密度の月面からの距離への依存性を、太陽天頂角 60 度以下の結果について重ねてプロットしたもの。負偏差もあるのは、地球電離層の影響が全体に重畳しているためである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① Imamura et al., Studying the Lunar Ionosphere with SELENE Radio Science Experiment, *Space Science Reviews*, 受理、査読有り、2010

② 今村 剛ほか、月電離層の電波掩蔽観測、測地学会誌 55、査読有り、2009年、307-314

③ T. Imamura et al., Possibility of studying the lunar ionosphere with SELENE radio science experiment, *Earth, Planets and Space* 60, 査読有り、2008, 387-390

[学会発表] (計4件)

① 今村剛ほか、かぐや電波科学による月電離層の研究、地球電磁気・地球惑星圏学会 第126回総会・講演会、2009年9月28日、金沢大学角間キャンパス自然科学本館

② T. Imamura et al., Observing the Lunar Ionosphere with SELENE Radio Science, Asia Oceania Geosciences Society, 6th Annual General meeting, 2009.8.12, Suntec, Singapore

③ Imamura et al., Studying the Lunar Ionosphere with SELENE Radio Science Experiment, 27th International Symposium on Space Technology and Science, 2009, Jul. 10, Epochal Tsukuba, Tsukuba

④K. I. Oyama, T. Imamura, et al., Initial results of the lunar ionosphere observation with SELENE Radio Science, 38th COSPAR Scientific Assembly, 18-25 July 2008, Bremen, Germany

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

[その他]

ホームページ等 : なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今村 剛 (IMAMURA TAKESHI)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙

科学研究本部・准教授

研究者番号 : 4 0 3 1 1 1 7 0

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :