

R006-36

Zoom meeting B : 11/2 PM1 (13:45-15:30)

14:15~14:30

ARTEMIS 衛星観測を用いた月周辺におけるホイッスラーモード波動のスペクトル形状についての解析

#沢口 航¹⁾, 原田 裕己¹⁾, 栗田 怜²⁾

(¹⁾京大・理・地球物理, (²⁾京都大学 生存研

Spectral properties of whistler-mode waves in the vicinity of the Moon: ARTEMIS observations

#Wataru Sawaguchi¹⁾, Yuki Harada¹⁾, Satoshi Kurita²⁾

(¹⁾Dept. of Geophys., Kyoto Univ., (²⁾RISH, Kyoto Univ.

Whistler-mode waves are naturally occurring electro-magnetic waves with frequency ranges below f_{ce} , where f_{ce} is the electron cyclotron frequency. One of the characteristics of the waves in the terrestrial inner magnetosphere is that there is often a power minimum at $0.5 f_{ce}$, as exemplified by the well-known “banded chorus”. Formation mechanisms of the gap remain a subject of discussion. Teng et al. (2019) showed the spatial distribution of the spectral properties of whistler-mode waves in the terrestrial inner magnetosphere. However, that in the vicinity of airless, unmagnetized bodies like the Moon has not been reported.

Although the Moon does not have a dense atmosphere nor a global intrinsic magnetic field, it is known that plasmas of the solar wind and the Earth’s magnetotail interact with the lunar surface and the lunar crustal magnetic field, resulting in various plasma phenomena around the Moon. Whistler-mode waves can be excited by cyclotron resonance between waves traveling toward the Moon and upcoming electrons magnetically reflected from the lunar surface. In the process, a free energy source is provided by effective temperature anisotropy in the electron velocity distribution function caused by absorption of parallel electrons at the lunar surface and magnetic reflection of perpendicular electrons. It should be noted that these lunar whistler-mode waves can have as large amplitudes as those occur in the terrestrial inner magnetosphere and can form complicated spectral shapes that resemble chorus emissions.

Our goal is to understand the formation mechanism of the $0.5 f_{ce}$ gap by analyzing the spectral properties of whistler-mode waves in the vicinity of the Moon, where the conditions for the wave generation are substantially different from those in the terrestrial inner magnetosphere. Since the Moon orbits the Earth and can be in the solar wind, magnetosheath and magnetotail of the Earth, the background magnetic field and the electron distribution function vary greatly in time around the Moon. Thus, by studying the lunar whistler-mode waves, we will be able to investigate how the difference of the plasma environment has effects on the spectral properties.

We carried out statistical analysis based on Teng et al. (2019) using the magnetic field and plasma data observed by the ARTEMIS. First, We automatically identified whistler-mode wave events. Then, according to the wave power below/above $0.5 f_{ce}$ and the existence of $0.5 f_{ce}$ gap, we automatically categorized the events into four groups; lower-band only, upper-band only, banded, and no-gap whistler-mode waves. As a result, the occurrence rate of four types of spectral properties are significantly different from that in the terrestrial inner magnetosphere. In particular, banded events were very rare in the ARTEMIS data. We will also discuss effects of the lunar magnetic anomalies and the location of the Moon on the spectral properties.

ホイッスラーモード波動は電子サイクロトロン周波数 (f_{ce}) 以下の周波数を持つ、自然発生の電磁波動である。地球内部磁気圏におけるホイッスラーモード波動の特徴として、特にホイッスラーモード・コーラス放射に関連して、しばしば $0.5 f_{ce}$ 付近で強度が極小となるギャップ構造をもつことが知られている。このギャップ構造の生成機構については現在も議論が続いている。また、地球内部磁気圏におけるホイッスラーモード波動の、ギャップ構造を含むスペクトル形状の空間分布については Teng et al. (2019) によって既に報告されているが、月のような非磁化かつ大気の希薄な天体の周辺でのスペクトル形状の分布は明らかになっていない。

月は全球的な固有磁場や濃密な大気を持たないが、太陽風や地球磁気圏尾部のプラズマが月面や地殻磁場と相互作用を起こし、様々なプラズマ現象を引き起こすことが知られており、ホイッスラーモード波動についても、月に向かう波動と月面で磁氣的に反射され上昇する電子とのサイクロトロン共鳴により月近くで励起されることが知られている。このホイッスラーモード波動励起においては、月面での平行電子の吸収と垂直電子の磁氣的な反射による速度分布関数の実効的な温度異方性が自由エネルギー源となっている。このような月周辺のホイッスラーモード波動の振幅は地球磁気圏で見られるものと同程度に大きく、コーラス放射のような複雑な周波数構造の形成も報告されている。

本研究では地球内部磁気圏とは条件が大きく異なる月周辺におけるホイッスラーモード波動のスペクトル形状を調べることにより、 $0.5 f_{ce}$ ギャップなどの周波数構造の生成機構の解明を目指す。月の場合は地球内部磁気圏と異なり、月の位置が太陽風中・マグネトシース・マグネトテールと変化するため、背景磁場の形状や電子の分布関数が時間とともに大きく変化する。これにより、プラズマ環境の違いがスペクトル形状に与える影響も明らかになると期待される。

本研究では ARTEMIS 衛星の磁場と粒子の観測データを用いて地球内部磁気圏における Teng et al. (2019) の手法

を参考に統計解析を行った。ホイッスラーモード波動の自動検出を行い、さらに、 $0.5f_{ce}$ の上下でのスペクトル強度と $0.5 f_{ce}$ 付近での強度極小の有無によって「Lower-band only」、「Upper-band only」、「Banded」、「No-gap」の4種類に自動的に分類した。4種のスペクトル形状の発生頻度は地球内部磁気圏のものとは大きく異なり、特に $0.5 f_{ce}$ ギャップをもつ Banded の発生数はごく僅かであった。本発表では、月面の磁気異常や、月の位置による効果についても議論する予定である。