

あらせ衛星を用いた高周波 EMIC の統計解析

#式守 隆人¹⁾, 篠原 育²⁾, 浅村 和史²⁾, 三好 由純³⁾, 横田 勝一郎⁴⁾, 笠原 慧⁵⁾, 桂華 邦裕⁵⁾, 堀 智昭⁶⁾, 松岡 彩子⁷⁾, 寺本 万里子⁸⁾, 山本 和弘⁹⁾, 新堀 淳樹³⁾, 熊本 篤志¹⁰⁾, 土屋 史紀¹⁰⁾, Jun ChaeWoo¹¹⁾

(¹⁾ 東大, (²) 宇宙航空研究開発機構, (³) 名古屋大学, (⁴) 大阪大学大学院, (⁵) 東京大学, (⁶) 名古屋大学・宇宙地球環境研究所, (⁷) 京都大学, (⁸) 九州工業大学, (⁹) 名古屋大学宇宙地球環境研究所, (¹⁰) 東北大学, (¹¹) Nagoya University

Statistical Study of High-Frequency EMIC Waves with the Arase Satellite

#Takahito Shikimori¹⁾, Iku SHINOHARA²⁾, Kazushi ASAMURA²⁾, Yoshizumi MIYOSHI³⁾, Shoichiro YOKOTA⁴⁾, Satoshi KASAHARA⁵⁾, Kunihiro KEIKA⁵⁾, Tomoaki HORI⁶⁾, Ayako MATSUOKA⁷⁾, Mariko TERAMOTO⁸⁾, Kazuhiro YAMAMOTO⁹⁾, Atsuki SHINBORI³⁾, Atsushi KUMAMOTO¹⁰⁾, Fuminori TSUCHIYA¹⁰⁾, Chaewoo JUN¹¹⁾

(¹) The University of Tokyo, (²) Japan Aerospace Exploration Agency, (³) Nagoya University, (⁴) Osaka University, (⁵) The University of Tokyo, (⁶) Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (⁷) Kyoto University, (⁸) Kyushu Institute of Technology, (⁹) Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (¹⁰) Tohoku University, (¹¹) Nagoya University

HFEMIC waves are electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves with high frequency and a narrow bandwidth ($\Delta f \lesssim 0.1f_{cp}$, $f < f_{cp}$). Previous case and statistical studies (Teng et al., 2019; Asamura et al., 2021; Min & Ma, 2024) have suggested that HFEMIC waves are likely driven by low-energy ($\lesssim 100$ eV) protons with temperature anisotropy ($T_{\perp} > T_{\parallel}$). In particular, Asamura et al. (2021) analyzed simultaneous observations of HFEMIC waves and increases of low-energy proton fluxes from the Arase satellite. Using wave – particle interaction analysis, they showed that protons lost energy through the interaction, and this energy was used to excite the waves.

Low-energy protons with temperature anisotropy ($T_{\perp} > T_{\parallel}$) have been reported to be widely present in the inner magnetosphere (Wu et al., 2022), and they are considered the free energy source of HFEMIC waves. However, a statistical study using Van Allen Probes data (Teng et al., 2019) reported that HFEMIC waves occurred mainly in the morning and noon sectors, and no HFEMIC waves were reported on the nightside.

In this study, we extracted HFEMIC wave events from Arase satellite data and carried out a statistical analysis again, in order to confirm whether the excitation process of HFEMIC waves reported by Asamura et al. (2021) is general. Wave normal angles and polarization properties were considered in the event selection. As a result, HFEMIC waves were also found in the nightside region, where they had not been identified by the Van Allen Probes.

In this presentation, based on these findings, we discuss possible factors related to the occurrence of HFEMIC waves in the nightside region, such as the temperature anisotropy of low-energy protons, background electron density, the f_{pe}/f_{cp} ratio, and geomagnetic activity. We also compare our results with the statistical study of EMIC waves using Arase satellite data (Jun et al., 2023), to further improve our understanding of HFEMIC waves.

HFEMIC 波は、高周波で狭帯域 ($\Delta f \lesssim 0.1f_{cp}$, $f < f_{cp}$) の電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波である。事例研究および統計研究 (Teng et al., 2019; Asamura et al., 2021; Min & Ma, 2024) により、HFEMIC 波は温度異方性 ($T_{\perp} > T_{\parallel}$) のある低エネルギー ($\lesssim 100$ eV) プロトンによって駆動される可能性が高いことが示されている。特に (Asamura et al., 2021) では、あらせ衛星によって取得された HFEMIC 波と低エネルギープロトンフラックス増加の同時観測データを解析し、波動・粒子相互作用解析手法を用いて、HFEMIC 波と相互作用するプロトンが実際にエネルギーを失い、そのエネルギーが波の励起に使われていることを明らかにした。

低エネルギーの温度異方性 ($T_{\perp} > T_{\parallel}$) のあるプロトンは内側磁気圏に広く存在することが報告されており (Wu et al., 2022)、HFEMIC 波の自由エネルギー源であると考えられている。しかし、Van Allen Probes の観測データを用いた (Teng et al., 2019) の統計研究では、HFEMIC 波の出現が MLT については主に朝側から昼側に限られており、夜側では報告されていない。

このような背景のもと、本研究では、最終的には HFEMIC の励起プロセスが Asamura et al. (2021) で示されたようなものが一般的であるかどうかを確認するために、あらせ衛星データを用いて HFEMIC 波イベントを新たに抽出し、再度統計研究を試みた。抽出には磁場に対する伝搬

方向や偏波特性を考慮した。解析の結果、Van Allen Probes では確認されなかった夜側領域においても HFEMIC 波の存在が明らかとなった。

本発表では、この発見を踏まえ、夜側領域に HFEMIC 波の出現に関係する要因として、励起源としての低エネルギープロトンの温度異方性、背景電子密度、 f_{pe}/f_{cp} 比、地磁気活動度の影響について議論する。また、あらせ衛星を用いた EMIC 波の統計研究 (Jun et al., 2023) とも比較を行い、HFEMIC 波に関する理解をさらに深める。