

## プラズマポーズ近傍でのプラズマ密度変動とホイッスラーモード・コーラス放射との対応

# 竹中 達 [1]; 加藤 雄人 [2]; 熊本 篤志 [3]; 土屋 史紀 [4]; 木村 智樹 [5]; 笠原 禎也 [6]; 八木谷 聡 [6]; 尾崎 光紀 [6]; 松田 昇也 [7]; 松岡 彩子 [8]; Wang Shiang-Yu [9]; 風間 洋一 [10]; Tam Sunny W. Y. [11]

[1] 東北大・理・地物; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東北大・理・地球物理; [4] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [5] Tohoku University; [6] 金沢大; [7] ISAS/JAXA; [8] JAXA 宇宙研; [9] 中央研究院天文及天文物理研究所; [10] 中央研究院天文・宇宙物理学研究所; [11] 台湾・成大・宇宙プラズマ

### Study of the plasma density variation with the enhancement of chorus emissions in the vicinity of plasmopause

# Toru Takenaka [1]; Yuto Katoh [2]; Atsushi Kumamoto [3]; Fuminori Tsuchiya [4]; Tomoki Kimura [5]; Yoshiya Kasahara [6]; Satoshi Yagitani [6]; Mitsunori Ozaki [6]; Shoya Matsuda [7]; Ayako Matsuoka [8]; Shiang-Yu Wang [9]; Yoichi Kazama [10]; Sunny W. Y. Tam [11]

[1] Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [3] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [4] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [5] Tohoku University; [6] Kanazawa Univ.; [7] ISAS/JAXA; [8] ISAS/JAXA; [9] Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, Taiwan; [10] Institute of Astronomy and Astrophysics, Academia Sinica, Taiwan; [11] ISAPS, NCKU, Taiwan

Whistler-mode waves satisfy the cyclotron resonance condition with energetic electrons in the wide kinetic energy range from keV to MeV in the inner magnetosphere. Previous studies suggested that whistler-mode chorus emissions play significant roles in the pitch angle scattering of energetic electrons contributing the enhancement of diffuse/pulsating aurora. The periodicity of pulsating aurora is closely related to the repetition period of chorus emissions, but the mechanism controlling the repetition period has not been fully understood.

In the present study, we discuss the enhancement of chorus emissions observed in association with the plasma density variation around the plasmopause, based on the Arase satellite observation. The event was appeared in the spectra measured by Onboard Frequency Analyzer (OFA) of Plasma Wave Experiment (PWE) on board the Arase satellite from 02:05 to 02:45 UT in 5 May 2017. During the event, Arase moved from  $L = 5.4$  to  $5.8$ , MLT from 01:00 to 01:30, and the magnetic latitude from  $2.7$  to  $7.2$  degree, respectively. The enhancement of the spectra was identified from 02:05 UT in the frequency range from  $1.3$  kHz to  $2.3$  kHz with a distinct gap at  $1.85$  kHz, indicating upper and lower band whistler-mode chorus emissions. The frequency range of the waves decreased with increasing the radial distance of Arase from the Earth, closely associated with the decrease of the local background magnetic field intensity. The history of the upper-hybrid resonance (UHR) frequency identified in the spectra measured by High Frequency Analyzer (HFA) of PWE showed that Arase measured the enhancement soon after the crossing of the plasmopause around 02:03 UT. The number density of the background plasma estimated from the UHR frequency varies from  $24$  to  $77$  cm<sup>-3</sup> during a few minutes. We estimate the resonance energy for whistler-mode waves of frequency of  $0.5 f_{ce}$  to  $762$  and  $222$  eV for the plasma density of  $24$  and  $77$  cm<sup>-3</sup>, respectively, where  $f_{ce}$  is the electron cyclotron frequency.

In this study, we focus on the correspondence among the enhancement of chorus emissions, plasma density variation, and the flux variation of energetic electrons measured by LEP-e. We found that the amplitude of chorus emission enhanced in the high plasma density region in the first half of the event but the correspondence becomes opposite in the latter half of the event. The results of the propagation angle analysis of OFA data suggested that observed chorus emissions propagated from the geomagnetic equator, but the planarity fluctuates largely. The fluctuation of the planarity may suggest that the reflection and overlap of waves occur due to a steep change of the plasma density during their propagation. Furthermore, we found that the plasma density variation inversely correlated with the number of the counts of energetic electrons measured by LEP-e. These results suggest that the plasma density structure identified by this study was formed by the intrusion of energetic electrons in the vicinity of plasmopause. The interchange instability should be suggested as one of the candidates for the formation process of the density structure. We present results of the detailed analysis of wave and particle data measured by Arase during the event in order to understand the generation process of the observed chorus emissions.

地球内部磁気圏に存在する keV から MeV に至る高エネルギー電子のピッチ角散乱には、ホイッスラーモード・コーラス放射が重要な役割を果たすと考えられている。磁気赤道面付近で発生するコーラス放射とサイクロトロン型の共鳴条件を満たす高エネルギー電子はピッチ角散乱を受け、ロスコーン角よりも小さいピッチ角を持つに至った一部の高エネルギー電子は極域電離圏高度まで降り込むこととなり、脈動オーロラを含むディフューズオーロラの発光を引き起こすと考えられている。特に脈動オーロラの特徴である周期的な発光については、コーラス放射が周期的に発生することが脈動オーロラの周期性に深く関連していることが過去の研究により指摘されている。しかしながら、コーラス放射発生過程の周期性の要因については未解明の点が多く残されている。

本研究はあらせ衛星による観測結果に基づいて、プラズマポーズ外縁部で観測されたコーラス放射の発生過程と、発生時に同時に観測されたプラズマ密度の変動との関連に着目した解析を行った。解析には、あらせ衛星に搭載されたプ

ラズマ波動・電場観測器 (PWE: Plasma Wave Experiment) の High Frequency Analyzer (HFA) ならびに Onboard Frequency Analyzer (OFA)、磁場観測器 (MGF: Magnetic Field Experiment)、低エネルギー電子分析器 LEP-e のデータを用いる。対象とするイベントは、2017 年 5 月 5 日 UT2:05-2:45、磁気赤道面付近の磁気地方時 01:00 から 01:30、磁気緯度 2.7-7.2、 $L = 5.4 - 5.8$  の地点で観測されたものである。OFA の観測結果から 1.3-2.3kHz の周波数帯域にコーラス放射の発生が認められている。HFA により観測された波動電場成分のスペクトルから高域混成共鳴 (UHR) 周波数を読み取り、プラズマ密度を推定すると、対象とするイベントはあらせ衛星がプラズマポーズを横切ったタイミングで観測され、プラズマ密度が数分の時間スケールで変動しており、その範囲は  $24 \text{ cm}^{-3}$  から  $77 \text{ cm}^{-3}$  であることが示されている。観測されたコーラス放射と共鳴条件を満たす電子のエネルギーについて見積もると、 $0.5 f_{ce}$  ( $f_{ce}$  は電子サイクロトロン周波数) の周波数をもつホイッスラーモード波動との共鳴エネルギーは、プラズマ密度が  $24 \text{ cm}^{-3}$  の場合は 762eV、 $77 \text{ cm}^{-3}$  の場合は 222 eV となる。

本研究ではコーラス放射の発生タイミングとプラズマ密度ならびに LEP-e による観測結果との対応関係について着目して解析を行なった。その結果、イベントの前半ではプラズマ密度が高い領域でコーラス放射の強度増大が認められる一方で、イベントの後半では異なる対応関係が確認された。コーラス放射の伝播角解析の結果からは、磁気赤道方向から伝搬してきたことが示唆されるが、planarity が大きく変動しており、プラズマ密度の急峻な変化による波動の反射と重畳が生じている可能性が指摘される。さらに、今回着目したイベントでは、数百 eV から数 keV のエネルギー帯の電子のカウント数とプラズマ密度の変化が逆相関の関係にあることが示された。この結果は、本研究により同定されたプラズマ密度構造が、プラズマポーズに高エネルギー電子が侵入することによって形成されたものであることを示唆しており、形成過程としては交換型不安定が候補の一つとして挙げられる。本発表では、観測されたコーラス放射の発生過程とプラズマ密度変動、keV 帯エネルギー電子のカウント数との対応について詳細に解析した結果を報告する。