

あらせ衛星観測データに基づくプラズマポーズ外縁の高密度領域で発生するコーラス放射とプラズマ密度変動との対応に関する研究

竹中 達 [1]; 加藤 雄人 [2]; 熊本 篤志 [3]; 土屋 史紀 [4]; 笠原 禎也 [5]; 尾崎 光紀 [6]; 八木谷 聡 [5]; 松田 昇也 [7]; 松岡 彩子 [8]; Wang S.-Y.[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] 金沢大; [6] 金沢大・理工・電情; [7] 名大 ISEE; [8] JAXA 宇宙研; [9] 台湾・中央研究院; [10] ASIAA; [11] 台湾・成大・宇宙プラズマ

Arase observation of the enhancement of whistler-mode chorus emissions in a dense plasma region in the vicinity of plasmopause

Toru Takenaka[1]; Yuto Katoh[2]; Atsushi Kumamoto[3]; Fuminori Tsuchiya[4]; Yoshiya Kasahara[5]; Mitsunori Ozaki[6]; Satoshi Yagitani[5]; Shoya Matsuda[7]; Ayako Matsuoka[8]; S.-Y. 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] Kanazawa Univ.; [6] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [7] ISEE, Nagoya Univ.; [8] ISAS/JAXA; [9] ASIAA, Taiwan; [10] ASIAA; [11] ISAPS, NCKU, Taiwan

Whistler-mode chorus emissions play significant roles in the pitch angle scattering of energetic electrons in the kinetic energy range from keV to MeV in the inner magnetosphere. Resonant electrons whose pitch angle becomes smaller than loss cone through the pitch angle scattering precipitate into the high latitude atmosphere, contributing the enhancement of diffuse/pulsating aurora. Previous studies suggested that the periodicity of pulsating aurora is closely related to the repetition period of chorus emissions, but the mechanism controlling the repetition period of chorus emissions has not been fully understood.

In the present study, we discuss the enhancement of chorus emissions in a dense plasma region 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. By referring the history of the upper-hybrid resonance (UHR) frequency identified in the spectra measured by High Frequency Analyzer (HFA) of PWE, we found that Arase measured the enhancement soon after the crossing of the plasmopause around 02:03 UT. 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 1.6 kHz. 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. These spectral characteristics are similar to those of typical lower-band and upper-band chorus emissions with a gap at half the gyrofrequency in the chorus source region.

The identified event of the chorus enhancement is interesting because (1) the background plasma density was significantly larger than those of chorus events typically observed in the outside of the plasmopause and (2) modulation of the plasma density was measured simultaneously with the variation of the spectral properties of chorus emissions. The number density of the background plasma estimated from the UHR frequency varies from 57 to 100 cm^{-3} during a few minutes. Here, we used 3.2 kHz as the local electron cyclotron frequency f_{ce} by assuming that a gap at 1.6 kHz of chorus emissions corresponds to $0.5 f_{ce}$. The ratio between f_{ce} and the plasma frequency f_{pe} , f_{pe}/f_{ce} , varies from 21 to 28 , whereas a typical f_{pe}/f_{ce} in the chorus generation region is less than 10 in the outside of the plasmopause. Based on the obtained f_{pe}/f_{ce} , we estimate the resonance energy for whistler-mode waves of frequency of $0.5 f_{ce}$ to 138 and 80 eV for the plasma density of 57 and 100 cm^{-3} , respectively. 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.

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を何が引き起こしているかは未解明である。

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 の磁場成分に着目すると、 1.3 - 2.3 kHz の周波数帯域にスペクトルの増大がみられ、また、約 1.6 kHz で波動強度が極小となる様相が示されている。これは典型的なコーラス放射のスペクトルにみられる特徴である Upper-band chorus と Lower-band chorus に対応しているものと考えられる。次に、HFA により

観測された波動電場成分のスペクトルから解析した広域混成共鳴（UHR）周波数に基づいて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ていること、また、コーラス放射の発生が同定された領域でのプラズマ密度は $100/\text{cc}$ 近くまで達することが明らかとなった。なお、電子サイクロトロン周波数 f_{ce} は、コーラス放射の強度の減衰がみられた周波数 1.6 kHz が $0.5 f_{ce}$ に対応すると仮定して見積もった値を用いた。さらに、コーラス放射が発生している領域では、UHR 周波数の変動、すなわちプラズマ密度の変動が生じていることが示された。プラズマ密度の変動は数分の時間スケールで生じており、その範囲は 57 cm^{-3} から 100 cm^{-3} であることが見積もられた。ここで f_{ce} とプラズマ周波数 f_{pe} との比 f_{pe}/f_{ce} を見積もると、プラズマ密度変動に対応する f_{pe}/f_{ce} は 21.2 から 28.1 となる。この値は、典型的にコーラス放射が観測される領域での値が 10 以下に対して非常に大きな値となっている。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、 $0.5 f_{ce}$ 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 57 cm^{-3} の場合は 138 eV 、 100 cm^{-3} の場合は 80 eV となり、LEP-e の観測範囲となる。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との対応について詳細に解析した結果を報告する。