

あらせ衛星で観測されたコーラス波が駆動する静電波の周波数スペクトル構造の解析

#吉田 永遠¹⁾, 栗田 怜²⁾, 小嶋 浩嗣³⁾, 笠原 禎也⁴⁾, 松田 昇也⁵⁾, 松岡 彩子⁶⁾, 三好 由純⁷⁾, 堀 智昭⁸⁾, 寺本 万里子⁹⁾, 山本 和弘¹⁰⁾, 篠原 育¹¹⁾

(¹⁾京大・工・電気, (²⁾京都大学 生存研, (³⁾京大, (⁴⁾金沢大, (⁵⁾金沢大学, (⁶⁾京都大学, (⁷⁾名大 ISEE, (⁸⁾名大 ISEE, (⁹⁾九工大, (¹⁰⁾名大 ISEE, (¹¹⁾宇宙機構/宇宙研

Analysis of frequency spectral structure of electrostatic waves driven by chorus waves observed by the Arase satellite

#Towa Yoshida¹⁾, Satoshi Kurita²⁾, Hirotsugu Kojima³⁾, Yoshiya Kasahara⁴⁾, Shoya Matsuda⁵⁾, Ayako Matsuoka⁶⁾, Yoshizumi Miyoshi⁷⁾, Tomoaki Hori⁸⁾, Mariko Teramoto⁹⁾, Kazuhiro Yamamoto¹⁰⁾, Iku Shinohara¹¹⁾

(¹⁾Faculty of Engineering, Kyoto University, (²⁾Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, (³⁾Kyoto university, (⁴⁾Emerging Media Initiative, Kanazawa University, (⁵⁾Kanazawa University, (⁶⁾Graduate School of Science, Kyoto University, (⁷⁾Institute for Space-Earth Environment Research, Nagoya University, (⁸⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, (⁹⁾Kyushu Institute of Technology, (¹⁰⁾Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, (¹¹⁾Japan Aerospace Exploration Agency/Institute of Space and Astronautical Science

Whistler-mode chorus waves are electromagnetic waves that are excited in the Earth's magnetosphere. Chorus waves are observed in the frequency range of 0.1 to 0.8 times the electron cyclotron frequency. Chorus waves resonate with electrons in various energy bands and accelerate electrons. Reinleitner et al. (1983) reported that the acceleration of these electrons excites electrostatic waves which oscillate parallel to the magnetic field lines. Chorus waves which propagate obliquely to the magnetic field lines have an electric field component parallel to the field lines. The beam-mode electrostatic waves are excited by Landau resonance between the electric field of the chorus wave and electrons. Li et al. (2017) also reported that a beam with a velocity matching the phase velocity of the chorus wave exists in observed electron distribution functions. However, in these previous studies, the wave instruments covered only up to ~10 kHz and did not accurately the high frequency components of electrostatic waves. In addition, only few cases have been analyzed by past studies.

In order to further examine the electrostatic waves associated with chorus waves, we perform a statistical analysis on them on the basis of plasma wave data obtained by the Arase satellite, which can measure waves up to 20 kHz. We analyzed bandwidths of the electrostatic waves associated with chorus waves observed by the Waveform Capture (WFC) of the Plasma Wave Experiment (PWE) instrument onboard the Arase satellite. The occurrence distribution for the bandwidths has a peak at about 1 kHz and spread from 2 kHz to about 10 kHz. The bandwidths of electrostatic waves associated with each band of chorus waves are different. Especially in lower-band-chorus (LBC), many electrostatic waves have bandwidths wider than 2 kHz. This result suggests that resonance with electrons by LBC is important in this phenomenon.

To understand the distribution of the bandwidth, we also analyzed the electric field and magnetic field waveforms observed by WFC. The result shows that many periodic bursts of electrostatic waves were observed in association with the electric field in parallel direction of chorus waves. On the other hand, in narrow bandwidth of about 1 kHz, the periodic structure was rarely observed. From these observations, the excitation of electrostatic waves associated with LBC is different from the excitation of electrostatic waves associated with other chorus wave frequency bands.

ホイッスラーモードコーラス波は、地球磁気圏内で励起される電磁波であり、電子サイクロトロン周波数の0.1倍から0.8倍程度の周波数帯で観測される。コーラス波は様々なエネルギー帯の電子と共鳴し、これらの電子の加速を生じる。Reinleitner et al. (1983)においては、これらの電子の加速により磁力線平行方向に振動する静電波が励起することが報告されている。磁力線に対して斜めに伝搬するコーラス波では、磁力線平行方向に電界の成分をもつ。このコーラス波の電界とランダウ共鳴した電子が加速され、ビームモードの静電波が励起される。これより、励起される静電波は、コーラス波の磁力線平行方向の電界成分によって変調された波形となっている。Li et al. (2017)においては、位相空間密度にコーラス波の位相速度と一致する速度のビームが存在していることも報告されている。しかし、これらの先行研究においては、観測器の上限周波数が10 kHz程度となっており、高い周波数成分をもつ静電波が正確に捉えられていない。加えて、議論されている事例が数例となっているため、この現象の包括的な理解には至っていない。よって、私たちは波形観測器の上限周波数が20 kHzであるあらせ衛星の観測データを用いて統計解析を行った。

あらせ衛星に搭載されたプラズマ波動観測器(PWE)の1つである波形観測器(WFC)によって観測されたデータを用いて、コーラス波に関連した静電波の周波数帯域幅に関する解析を行った。これらの静電波の帯域幅に関する頻度分布は、約1 kHzをピークとし、2 kHzから10 kHz程度まで広がった分布となっていた。また、各帯域のコーラス波に関連した静電波の帯域幅の分布は、コーラス波の周波数帯域によって大きく異なっていた。特にLower-Band-Chorus(LBC)においては、帯域幅が2 kHz以上の静電波が多く観測されていた。このことより、LBCによる電子との共鳴が、本現象において重要となっていると考えられる。

これらの静電波の帯域幅の分布を理解するために、WFCで観測された電界・磁界波形についても詳細に解析した。そ

の結果、帯域幅が広い静電波では、コーラス波の磁力線平行方向の電界成分に対応して静電波の周期的なバーストが多く観測された。一方、1 kHz 程度の狭い帯域幅をもつ静電波においては、そのような周期的な構造はほとんど確認されなかった。このことより、LBC に伴う電波と、それ以外のコーラス波の周波数帯に関連した静電波では発生メカニズムが異なることが考えられる。