

あらせ衛星で観測された静電波を伴うホイッスラーモード波の特性

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

⁽¹⁾ 京都大学, ⁽²⁾ 京都大学生存圏研究所, ⁽³⁾ 金沢大学, ⁽⁴⁾ 京都大学理学研究科, ⁽⁵⁾ 名古屋大学宇宙地球環境研究所, ⁽⁶⁾ 九州工業大学, ⁽⁷⁾ 宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所

Characteristics of whistler-mode waves that generate electrostatic emissions observed by the Arase satellite

#Towa Yoshida¹⁾, Satoshi KURITA²⁾, Hirotsugu KOJIMA²⁾, Yoshiya KASAHARA³⁾, Shoya MATSUDA³⁾, Ayako MATSUOKA⁴⁾, Yoshizumi MIYOSHI⁵⁾, Tomoaki HORI⁵⁾, Mariko TERAMOTO⁶⁾, Kazuhiro YAMAMOTO⁵⁾, Iku SHINOHARA⁷⁾

⁽¹⁾ Kyoto University, ⁽²⁾ Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, ⁽³⁾ Kanazawa University, ⁽⁴⁾ Graduate School of Science, Kyoto University, ⁽⁵⁾ Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ⁽⁶⁾ Kyushu Institute of Technology, ⁽⁷⁾ Japan Aerospace Exploration Agency/Institute of Space and Astronautical Science

Whistler-mode electromagnetic waves are observed in the Earth's magnetosphere. These waves are excited near the magnetic equator and propagate toward higher latitudes. Whistler-mode waves are typically observed in the frequency range 0.1-0.8f_{ce}, where f_{ce} is the equatorial electron cyclotron frequency. Whistler-mode waves are observed in two frequency bands with power gaps near 0.5 f_{ce}. Whistler-mode waves are associated with various nonlinear phenomena and the important role of acceleration processes in the magnetosphere. The STEREO satellite observed an oblique whistler-mode wave with distorted electric field. This distortion is from the plasma density fluctuations which driven by the electrostatic field of the whistler-mode wave [Kellogg et al., 2010]. In ISEE satellite, the beam mode electrostatic bursts modulated by chorus waves have been observed [Reinleitner et al., 1982], and this modulation is caused by the Landau resonance of electrons and the chorus wave [Reinleitner et al., 1983]. Van Allen Probes observed Langmuir waves modulated by chorus waves [Li et al., 2017]. However, in these previous studies, only a few cases have been analyzed.

To further examine the electrostatic emissions associated with chorus waves, we perform a statistical analysis based on plasma wave data obtained by the Arase satellite, which observes from equator to middle latitudes. As a result, in addition to the chorus-modulated electrostatic waves reported in previous studies, we found a new type of electrostatic waves modulated by longer periods. Furthermore, we found that differences in modulation are dependent on the parallel electric potential of the whistler-mode waves. The mechanism of chorus-related electrostatic waves is investigated through both observations and simulations [Xin An et al., 2019; Ma et al., 2024]. The electrostatic waves we found have not been examined by simulations. In this study, we will perform simulations to investigate the modulation characteristics of electrostatic waves. In this presentation, we will mainly report the analysis results on the Arase observations and also introduce plans for numerical simulations.

地球の内部磁気圏では、ホイッスラーモードの電磁波が多く観測されている。これらの波動は、地球の磁気赤道付近で励起され、高緯度方向へ伝搬する。周波数は発生領域の電子サイクロトロン周波数の 0.1~0.8 倍の範囲にあり、特に 0.5 倍付近で強度のギャップが現れることが多い。このホイッスラーモード波は、さまざまな非線形現象と関連しており、磁気圏における高エネルギー電子の形成に寄与している。STEREO 衛星においては、歪んだ電界成分をもつホイッスラーモード波が観測されており、この歪みはホイッスラーモード波の静電成分によって電子が捕捉されているためだと考えられている [Kellogg et al., 2010]。また、ISEE 衛星では、ホイッスラーモードコーラス波によって変調された静電バーストが観測されている [Reinleitner et al., 1982]。この静電バーストは磁力線平行方向に振動しており、コーラス波の位相速度と等しい速度をもつ電子がランダウ共鳴することによって生じていると考えられる [Reinleitner et al., 1983]。また、Van Allen Probes による観測においても、同様にコーラス波によって変調された静電波が観測されており、振動方向および周波数からラングミュア波であると考えられている [Li et al., 2017]。しかし、これらの先行研究は数例の事例解析にとどまり、現象の包括的な理解には至っていない。

そこで本研究では、磁気赤道付近から中緯度域まで広く周回し、本現象を多く観測しているあらせ衛星のデータを解析した。その結果、先行研究で報告されていたコーラス波に変調された静電波に加えて、より長周期で変調される静電波を新たに発見した。さらに、統計解析により、静電波の変調の違いはホイッスラーモード波の磁力線平行方向のポテンシャルに依存していることを明らかにした。ホイッスラーモード波に変調された静電波については、観測結果に加えてシミュレーションによって、物理メカニズムが検討されている [Xin An et al., 2019; Ma et al., 2024]。一方、あらせ衛星で観測されたより長周期で変調された静電波については、シミュレーションを用いた検証はこれまで行われていない。今後は、数値シミュレーションを実施し、これらの静電波の変調特性やホイッスラーモード波による励起過程についてさらに検討を進める予定である。本発表では、まずあらせ衛星の観測データに基づく解析結果を中心に報告し、併せてシミュレーションによる検証についても紹介する。