

あけぼの衛星の観測データを用いた内部磁気圏 EMIC 波動の統計解析 Statistical analysis of EMIC waves in the inner magnetosphere from the Akebono observations

加藤 佑一^{1*}, 三好吉純¹, 坂口歌織², 笠原禎也³, 北村成寿¹

Yuichi Kato^{1*}, Miyoshi, Yoshizumi¹, Sakaguchi, Kaori², Kasahara, Yoshiya³, Kitamura, Naritoshi¹

¹ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ² 情報通信研究機構, ³ 金沢大学総合メディア基盤センター

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Information Media Center, Kanazawa University

Electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves are often observed in the inner magnetosphere and EMIC waves are important to cause the pitch angle scattering of ring current ions as well as relativistic electrons of the radiation belts. Although the spatial distributions of EMIC waves have been investigated by several spacecraft such as CRRES and THEMIS, there have been little studies on the latitudinal distributions. In this study, we use the Akebono satellite data that has observed inner magnetosphere since 1989. We assumed that EMIC waves are the plane wave. Therefore, we have done the polarization analysis using the Means method using both electric and magnetic field data taken from the ELF instrument. We identify EMIC waves by visual inspection, considering characteristics of the wave dispersion relation. As a result of statistical study, EMIC waves are often found for $L < 3$, especially, in the dusk-side, while the EMIC waves are found in the post-noon side. Moreover, EMIC waves are found within the magnetic latitude range $|\text{MLAT}| < 30$ degrees for $L < 7$, while the EMIC waves are hardly found within the magnetic latitude range $|\text{MLAT}| > 60$ degrees. In this presentation, we report the spatial distributions of EMIC waves considering the different polarizations as functions of MLT, L and the MLAT and will compare with statistical analyses from CRRES and THEMIS.

Keywords: EMIC waves, Inner magnetosphere, Akebono

昼側外部磁気圏におけるコーラスエミッションの統計解析 Statistical analysis of chorus emissions in the dayside outer magnetosphere

幅岸 俊宏^{1*}, 山田 奈槻¹, 八木谷 聡¹, 大村 善治², 小嶋 浩嗣²

Toshihiro Habagishi^{1*}, Natsuki Yamada¹, Satoshi Yagitani¹, Yoshiharu Omura², Hirotsugu Kojima²

¹ 金沢大学, ² 京都大学生存圏研究所

¹Kanazawa University, ²RISH, Kyoto University

Geotail 衛星により昼側外部磁気圏 (L 値が 9~10) で観測された周波数スペクトルデータを用いて, コーラスエミッションの統計解析を行なっている. コーラスの非線形成長理論 [1] によると, ライジングトーンの発生・伝搬において, 発生領域で周波数が磁気赤道のサイクロトロン周波数の 0.1~0.7 倍で一続きで発生したスペクトルが, 磁力線に沿って伝搬するにつれて, その場の 1/2 サイクロトロン周波数の周波数成分が減衰し, アッパーバンドとローワーバンドのデュアルバンドに分かれると理論的に報告されている [2]. このとき, ローワーバンドコーラスの上端カットオフ周波数がライジングトーンコーラスの発生領域での 1/2 サイクロトロン周波数, アッパーバンドコーラスの下端の周波数が観測点での 1/2 サイクロトロン周波数となることが考えられる. 実際, 我々は Geotail 衛星搭載の波形捕捉受信器 (WFC: Wave Form Capture) と周波数掃引受信器 (SFA: Frequency Sweep Analyzer) により観測されたデュアルバンドコーラス (それぞれ 1 例) においてローワーバンドの上端カットオフが発生領域での 1/2 サイクロトロン周波数, アッパーバンドの下端カットオフが観測点での 1/2 サイクロトロン周波数とほぼ一致することを示し, ローワーバンドとアッパーバンドが一連の現象である可能性を示した [3].

Geotail 衛星で観測されるライジングトーンコーラスはほとんどがローワーバンドのみであるが, ときおり, ローワーバンドとアッパーバンドのデュアルバンドコーラスエミッションが観測されている. 本研究では, ライジングトーンのスペクトルが発生領域での 1/2 サイクロトロン周波数を超えて成長し, 伝搬することによってデュアルバンドコーラスになるための条件を SFA データを用いて統計的に解析した. Geotail 衛星によりコーラスが観測される領域 (昼側外部磁気圏) では太陽活動の影響を受けやすく, 磁気圏構造の歪みが異なる. このため, 地磁気指数を用いて磁気圏構造の変化を考慮して, デュアルバンドコーラスの観測位置とその最大波動強度に着目してデュアルバンドとなるための条件を解析した. その結果, 磁気圏擾乱が大きくなるほどデュアルバンドコーラスの観測位置は朝方に偏っていき, Dst 指数が -40 より小さくなった時, 観測位置は朝方のみになることがわかった. また, 観測緯度が高くなると波動強度が大きくなる傾向が得られた. しかし, これらの結果のみではデュアルバンドとなるための条件を決定づけるには不十分であるため, コーラスの周波数や太陽活動も考慮した解析を行う必要がある. 発表ではそれらの解析結果についても説明する予定である.

[1] Omura Y., Y. Katoh and D. Summers (2008), Theory and simulation of the generation of whistler-mode chorus, *J. Geophys. Res.*, 113, A04223, doi:10.1029/2007JA012622.

[2] Omura Y., M. Hikishima, Y. Katoh, D. Summers, and S. Yagitani (2009), Nonlinear mechanisms of lower-band and upper-band VLF chorus emissions in the magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 114, A07217, doi:10.1029/2009JA014206.

[3] S. Yagitani, T. Habagishi, S. Mori, Y. Omura, and H. Kojima, Generation and propagation characteristics of dual-band chorus emissions observed by Geotail, American Geophysical Union Fall Meeting 2012, December 2012, San Francisco, USA.

キーワード: コーラスエミッション, Geotail 衛星, 統計解析, アッパーバンドコーラス, ローワーバンドコーラス, 1/2 ジャイロ周波数

Keywords: Chorus emission, Geotail spacecraft, Statistical analysis, Upper-band chorus, Lower-band chorus, half-gyrofrequency

ERG 衛星搭載波動粒子相互作用解析装置 Wave-Particle Interaction Analyzer onboard ERG satellite

小嶋 浩嗣^{1*}, 加藤 雄人², 疋島 充², 平原 聖文³, 高島 健⁴, 浅村 和史⁴, 笠原 慧⁴, 三好 由純³, 大村 善治¹
Hirotsugu Kojima^{1*}, Yuto Katoh², Mitsuru Hikishima², Masafumi Hirahara³, Takeshi Takashima⁴, Kazushi Asamura⁴, Satoshi Kasahara⁴, Yoshizumi Miyoshi³, Yoshiharu Omura¹

¹ 京都大学生存圏研究所, ² 東北大学, ³ 名古屋大学, ⁴ 宇宙航空研究開発機構

¹RISH, Kyoto university, ²Tohoku university, ³Nagoya university, ⁴JAXA

One of the key targets in the ERG mission is to investigate wave-particle interactions in the terrestrial radiation belt. The study of wave-particle interactions has been conducted by examining the correlation of wave spectra/waveforms and plasma energy spectra/velocity distributions which are observed by plasma wave receivers and particle detectors, independently. The disadvantage of this method is the difference of the time resolutions of plasma wave data and plasma data. Furthermore, the quantitative data analysis is difficult in this method. In order to overcome these disadvantages, we proposed the new method for the direct measurement of wave-particle interactions. It is addressed by Wave-Particle Interaction Analyzer (WPIA). The WPIA makes use of each pulse which shows the detection of particles in plasma detectors. The WPIA calculates E.V at each timing of particle detection by multiplying instantaneous electric field wave vector. Since E.V is equivalent to time differential of plasma kinetic energy, the quantitative energy flow among waves and plasmas can be obtained using the WPIA. The current status of developing the WPIA is under considering the appropriate algorithm using computer simulations. The computer simulation reproduces the generation process of the chorus emission and the acceleration of electrons by the chorus emission. The algorithm based on the computer simulation will be examined using the breadboard of the MDP designed for the ERG emission.

In the present paper, we introduce the principle of the WPIA and show the current status of its development towards the ERG satellite.

キーワード: 波動粒子相互作用, プラズマ波動, ERG 衛星, コーラス

Keywords: Wave-particle interaction, plasma wave, ERG satellite, Chorus

放射線帯での相対論的電子増加時における Pc5 波動の経度方向位相構造 Longitudinal phase structures of Pc5 observed during the Relativistic Electron Enhancement (REE) at the outer radiation

北村 健太郎^{1*}, 才田 聡子², 田中 良昌³, 門倉 昭³, 山岸 久雄³
Kentarou Kitamura^{1*}, Satoko Saita², Yoshimasa Tanaka³, Akira Kadokura³, Hisao Yamagishi³

¹ 徳山工業高等専門学校, ² 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 新領域融合研究センター, ³ 国立極地研究所
¹Tokuyama College of Technology, ²Transdisciplinary Research Integration Center, Research Organization of Information and Systems, ³National Institute of Polar Research

In this study, we analyzed the magnetic data observed at the high-latitude magnetic stations in both the northern and the southern hemispheres, TJOR (Mag. Lat = 66.51), TRO (66.53), H057 (-66.42), and Skallen (-66.42) to compare with the >2MeV electron flux observed by GOES 10 satellite. Each pair of stations is located at the same latitude and within 1.7 and 30 degrees in longitude, respectively. The pairs of the stations are quite suitable to estimate the azimuthal wave number.

For selected 24 Relativistic Electron Flux Enhancement (REE) events, the superposed epoch analysis is conducted for the horizontal component of the magnetic field data. The power spectrum density (PSD) of the Pc5 pulsations increases corresponding to the increase of the solarwind velocity, also the H/D ratio of the Pc5 power shows obvious change after 0.5 days from enhancement of the PSD, which corresponds to the apparent start time of REE events. This indicates that the toroidal oscillation of Pc5 becomes predominant in the inner magnetosphere at the start time of the REE. Second, although the phase difference between two stations largely fluctuates before the start of REE, it shows certain values with small variances during the REE events. The azimuthal wave numbers (m) of the H and D components estimated from the pair stations in the southern hemisphere are 1.62 ± 10.99 and -2.25 ± 2.86 , respectively. In the northern hemisphere, the estimated m number of H and D components are 0.29 ± 0.62 and 0.20 ± 0.81 . Although the error of the m number in the northern hemisphere is much larger than that in the southern hemisphere, the basic characteristics of the variations of the phase structure well correspond to that in the northern hemisphere. The present results suggests that the relativistic electrons in the inner magnetosphere are accelerated by the drift resonance with the toroidal Pc5 pulsations.

キーワード: Pc5 脈動, 相対論的電子, 放射線帯

Keywords: Pc5 pulsation, Relativistic Electron, Radiation belt

PICシミュレーションによるコーラス放射の波動粒子相互作用におけるWPIA計測手法の評価

Evaluation of WPIA by PIC simulations for direct measurement of wave-particle interactions of whistler-mode chorus

疋島 充^{1*}, 加藤 雄人¹, 小嶋 浩嗣², 大村 善治², 三好 由純³, 小野 高幸¹

Mitsuru Hikishima^{1*}, Yuto Katoh¹, Hirotsugu Kojima², Yoshiharu Omura², Yoshizumi Miyoshi³, Takayuki Ono¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻, ² 京都大学生存圏研究所, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, ²Research institute for sustainable humanosphere, Kyoto University, ³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University

The "Wave Particle Interaction Analyzer (WPIA)" is a new instrumentation measuring interactions between plasma waves and electrons directly and quantitatively in space plasmas, which will be installed as a software function in the ERG satellite (Exploration of energization and Radiation in Geospace). In the WPIA, we use the wave vector and velocity vector of each electron respectively measured by wave and particle instruments on board spacecraft. One of the methods of the WPIA is to evaluate the energy exchange between waves and particles by calculating an inner product $\mathbf{E} \cdot \mathbf{v}$, where \mathbf{E} and \mathbf{v} are the wave electric field and the velocity vector of an electron, respectively. We evaluate the feasibility by applying the WPIA to the simulation results of whistler-mode chorus generation. We also discuss the implementation plan and the data processing flow of the WPIA to be realized in the ERG satellite.

あけぼの衛星のPWS観測によるプラズマ圏構造の長期変化観測 Long-term variation of plasmasphere observed from the Akebono PWS data

長谷川 周平^{1*}, 三好 由純¹, 北村 成寿¹, 熊本 篤志²

Shuhei Hasegawa^{1*}, Yoshizumi Miyoshi¹, Naritoshi Kitamura¹, Atsushi Kumamoto²

¹名古屋大学 太陽地球環境研究所, ²東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ²Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

プラズマ圏は電離圏起源の冷たいプラズマが宇宙空間に湧き上がって形成される領域であり、地磁気活動に応じてその領域が変化することが知られている。プラズマ圏の密度分布は多くの衛星で観測されているものの、1太陽活動周期以上にわたる連続観測は例がなく、太陽活動に応じてどのような変化をしているかはよくわかっていない。本研究では、20年間のあけぼの衛星のPWS観測によるプラズマ圏電子密度データから、プラズマ圏電子密度構造の地磁気擾乱や、太陽活動依存性を調べた。それぞれの年の密度データを観測時のKp指数を用いて擾乱時と静穏時の2つの期間にわけ、それぞれについてL値と磁気地方時、高度と磁気緯度の分布を導出した。統計解析の結果、地磁気活動が高くなるとプラズマポーズが収縮する様子が確認された。また、同じ地磁気活動の状態において、太陽活動極大期と極小期を比較したところ、内部磁気圏においては、太陽活動極小期のほうがプラズマ密度が高い傾向が見られた。

キーワード: プラズマ圏, プラズマポーズ, 電子密度, あけぼの衛星

Keywords: plasmasphere, plasmopause, electron density, akebono satellite

Nonlinear evolution of electrostatic solitary waves in the Earth's boundary layers: two-fluid warm plasma simulations

Nonlinear evolution of electrostatic solitary waves in the Earth's boundary layers: two-fluid warm plasma simulations

Amar Kakad^{1*}, Yoshiharu Omura¹

Amar Kakad^{1*}, Yoshiharu Omura¹

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan

¹Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan

A two-fluid warm plasma model of electrostatic solitary waves propagating parallel to the magnetic field in magnetospheric boundary layer plasma is presented. The model uses the approach of stationary-profile traveling coordinate transformation; as a result it provides only time-stationary solutions that represent the electrostatic solitary waves in stationary frame. These solutions do not provide information on the evolutionary characteristics of solitary structures. Such models failed to provide information about the sources responsible for the generation of electrostatic solitary waves. To address these issues, we carry out one-dimensional fluid simulation of electrostatic solitary waves propagating parallel to the magnetic field in electron-ion plasmas. The role of various perturbations in the generation of electrostatic solitary structures is investigated in detail. Enlightened by our simulation results, we speculate that the solitary structures observed in magnetospheric boundary layer plasma may have similar generation mechanism.

キーワード: Electrostatic solitary waves, plasma waves, Fluid simulation

Keywords: Electrostatic solitary waves, plasma waves, Fluid simulation