

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 29 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24360159

研究課題名(和文) 衛星間通信を活用した編隊飛行衛星群による宇宙電磁環境の高度連携多点計測法

研究課題名(英文) Study on co-operational measurements of plasma wave using inter-satellite communication onboard formation flying satellites

研究代表者

笠原 禎也 (Kasahara, Yoshiya)

金沢大学・総合メディア基盤センター・教授

研究者番号：50243051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：編隊飛行(フォーメーションフライト)する小型衛星群に搭載する高度連携多点電磁環境計測器に関する基礎研究を行なった。主な成果は以下のとおりである。

開発した高度連携観測シミュレータに、時間変動する磁気圏プラズマモデルを与え、個々の衛星が領域判定誤りを起こした場合にも良好に連携観測できる最適観測モード決定アルゴリズムを提案した。また電磁波測定器の小型・高速化のため、波形圧縮などの機上信号処理をFPGA化した。さらに波動の伝搬方向推定結果の妥当性の定量的評価法や波動の伝搬特性を利用したプラズマ中のイオン組成比の推定法など、宇宙プラズマ環境の推定に必要な基礎技術を開発した。

研究成果の概要(英文)：We studied several techniques for intelligent plasma wave receiver to measure space plasma environment around the Earth using formation-flying satellites.

First we made a feasibility study to propose a co-operational measurements using inter-satellite communication system. We proposed algorithms for selection of optimum observation mode adjusting dynamic change of Earth's magnetosphere. We also developed signal processing modules on FPGA such as sub-band compression of waveforms to achieve real-time data processing in a miniaturized receiver. Finally we demonstrated new techniques for direction finding of plasma waves and estimation of ion constituents in the Earth's plasmasphere.

研究分野：電波情報工学

キーワード：信号処理 計測システム 地球惑星磁気圏 プラズマ波動 電波科学 宇宙科学 自律制御ソフトウェア 電磁波受信器

## 1. 研究開始当初の背景

太陽系惑星間空間や惑星周辺は希薄な電離気体(プラズマ)で満たされている。特に地球周辺プラズマは、電離層擾乱による通信障害やGPSの測位誤差、太陽フレアや磁気嵐を引金にした人工衛星の故障・誤作動など、人類の生活に様々な影響を与える。宇宙プラズマ物理の研究において、科学衛星は観測器によって「その場(in situ)」を直接計測する唯一の手段であるが、移動する飛翔体での1点観測ゆえに空間構造の時間・空間変化を切分けることが困難で、空間全体の巨視的変動の把握が難しい。さらに宇宙プラズマ中では、多数の要因が融合して異なる時間・空間スケールの現象が同時発生的に起こり、その因果関係の解明が極めて難しい。

このような背景から、国際的にも「複数衛星による同時観測」の重要性が強調されており、欧米ではCLUSTER(4機編隊)や、米国のTHEMIS(5機編隊)が運用中で、新たにMMSと呼ばれる4機編隊飛行計画が進行中であった。一方、我が国では親衛星1機と子衛星4機の計5機からなる編隊飛行観測計画「SCOPE」ミッションが2020年頃打上げを目指して検討が進んでいた。SCOPE計画は、親・子衛星間で衛星間通信を行い、衛星間距離の測距と時刻同期を行うことで、非常に精細な同時多点観測を目指す我が国独自のユニークな観測計画であった。

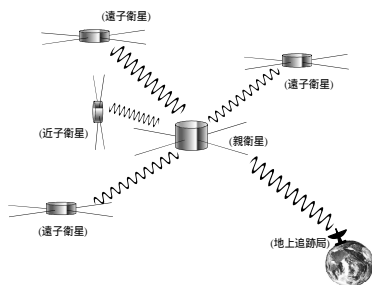


図1: SCOPE計画イメージ図  
衛星間通信による親・子衛星連携観測

## 2. 研究の目的

本研究課題では、人類の活動に影響を及ぼす地球近傍宇宙環境を高機能計測するシステムとして、衛星間通信を行いながら編隊飛行(フォーメーションフライト)する小型衛星群に搭載する高度連携多点電磁環境計測器に関する基礎研究を行なう。具体的には、以下の目標を設定し研究を遂行した。

### (1) 高度連携観測を実現する観測機器制御法の開発

我々が目指す多点同時計測法の特徴は、「単に衛星を複数配置する」のではなく「複数衛星が相互に情報交換し連携して同時観測を行なう」点にある。すなわち衛星群が相互に通信・連携して随時最適な観測パラメータを機上で自律的に判断し、有意なデータの

みを地上伝送することで、厳しいデータ伝送容量の制約下で最大限の科学成果をめざす。本研究課題では、種々の編隊飛行条件下において、連携観測を行う観測器の制御手法を研究・開発し、提案法の効果を評価・立証する。

### (2) 小型衛星に搭載可能な電波受信器の小型化・高性能化

科学衛星による電磁波計測は、波動の特性を詳細解析できる波形観測が世界の潮流となっている。しかし、時間平均可能なスペクトルデータに比べ、生波形データはデータ伝送容量の制約上、間欠的に取得したごく一部しか地上伝送できない。

一方、編隊飛行衛星は、従来の衛星に比べて小型化が要求される。そのため衛星に搭載する電磁波受信器も小型化・高性能化が不可避である。そこで、従来の衛星搭載用CPUでは実時間処理が不可能だった信号処理の一部をプログラマブル論理素子(FPGA)で実現することで、デジタル信号処理性能の大幅な小型・高速化を目指す。

### (3) 波動の偏波・伝搬方向推定法の改良

プラズマ中を伝搬する電磁波の偏波特性や伝搬方向は、伝搬媒質であるプラズマ環境をグローバルに把握するために必須の観測パラメータである。これらのパラメータを精密に求め、さらにプラズマパラメータを導出する手段の検討・改良を行う。

### (4) 波動データからのプラズマ環境推定手法の改良

編隊衛星飛行群を用いて磁気圏内を伝搬するプラズマ波動を多点同時観測できれば、3次元トモグラフィーの原理を用いて高時間・空間分解能な宇宙プラズマ構造の解明が期待できる。それに先立ち、本研究では既存の科学衛星が軌道上で連続観測したプラズマ波の波形や位相特性から、地球や月近傍で観測される波動の発生・伝搬特性を求め、波動から得られるプラズマ環境を明らかにすることで、電磁波計測をもちいた宇宙プラズマ環境計測の有効性を実証する。

## 3. 研究の方法

前項で述べた4つの目標を達成するために、以下の手順で研究を実施した。

### (1) 高度連携観測シミュレータの改良と計算機実験による連携手法の評価・検討

我々は平成20~23年度に実施した科学研究費補助金・基盤(B)(課題番号:20360183)において、個々の衛星システムを模擬する複数台のPCと、宇宙空間の衛星間通信環境を模擬する1台の宇宙空間模擬PCをLANで相互接続した連携観測シミュレータを開発済である(図2)。同シミュレータでは、衛星システム模擬PC同士が、宇宙空間模擬PCを介して相互通信を行うことで、中継を行う

宇宙空間模擬 PC 上で衛星間の伝送遅延や伝送容量の時間変化・誤り率などを模擬し、種々の連携動作実験を行える。

本研究課題では、連携シミュレータに時

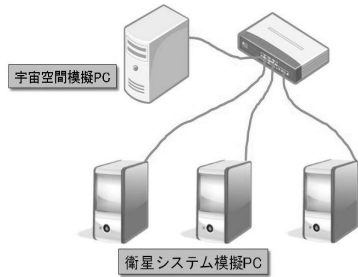


図 2：高度連携観測シミュレータ構成図

間・空間的にダイナミックに変化する磁気圏モデルを組み込み、編隊衛星飛行群の軌道要素を変化させたとき、各衛星がどのような判断基準に依って、自身の観測パラメータを自律的に制御するのが最適かを、計算機実験で明らかにする。

#### (2) 波動受信器のデジタル部の FPGA 化

波動受信器の超軽量・小型化と、信号処理能力の大幅な向上を同時に実現するために、従来は衛星搭載用 CPU で行っていた信号処理の一部を FPGA が担うデジタル信号処理装置を開発する。

同目的のために、電磁界 6 成分の信号を入力できる端子と、FPGA やメモリ等を搭載した専用の FPGA 評価ボードを製作する。さらに、同評価ボードを用いて、波形圧縮や波の伝搬方向解析に必要なスペクトルマトリクス生成などの機能を FPGA 上で開発し、その演算速度や数値精度などを評価する。

#### (3) 波動の伝搬偏波・伝搬方向推定法の改良と推定精度の評価

波動分布関数法は、スペクトルマトリクスを用いて、複数の波動が同時到来する場合でも、個々の波動の偏波や到来方向等の伝搬特性を推定できる求解法である。同手法はいわゆる不適切逆問題であるため、その求解には様々な方法が提案されているが、受信器のノイズレベルや求解時のモデルに依存して、解にばらつきが生じることが知られている。本研究課題では、求解アルゴリズムの改良を行うと共に、衛星上で生成するスペクトルマトリクスの最適な演算法の考案と測定精度の評価を行う。

#### (4) 波動観測データによるプラズマパラメータ推定手法の改良・評価

1989 年から観測を続ける磁気圏観測衛星あけぼのでは、雷起源ホイスラをはじめ、電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波など、様々な伝搬性波動が観測される。これら自然波動の伝搬パラメータから観測点のみならず伝搬通路のプラズマパラメータを推定する方法を開発する。さらに、複数の観測点

で取得した伝搬パラメータを用いることで、グローバルなプラズマの空間構造を推定する手法を検討・開発し、実観測データを用いて、その有効性を実証する。

#### 4. 研究成果

当該研究課題において得られた研究成果は以下のとおりである。

##### (1) 高度連携観測アルゴリズムの計算機実験

我々が開発した高度連携観測シミュレータに、地球磁場に太陽風プラズマが吹き付けたときに生じる磁気圏プラズマモデルを与え (図 3)、SCOPE 計画で提案されている編隊飛行衛星群が飛翔するケースについて計算機実験を行った。与えた磁気圏モデルは、夜側の磁気圏尾部が時間的に変動 (Flapping) することを想定し、また個々の衛星が領域判定の誤りを起こす場合も考慮し、最適観測モードの決定アルゴリズムの考察と定量的な評価を行った。

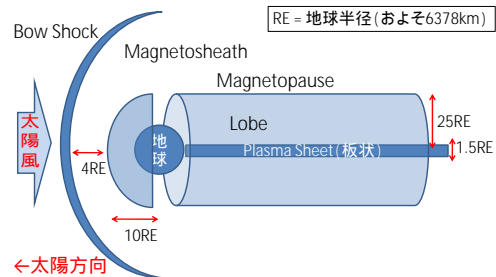


図 3：時間変動する磁気圏モデルを用いた連携観測動作の計算機実験

シミュレータを用いた定量評価では、

- ・衛星群の初期運用フェーズ
- ・衛星群の定常運用フェーズ

の 2 つの場合にわけてアルゴリズム検討と考察を行った。前者では、個々の衛星による観測データに対し、忘却係数を持つ重み付多数決論理を用いることで最適観測モードを決定する方法が有効であることを示した。一方、後者では先験情報を用いた判定アルゴリズムを追加することで、誤判定を抑制し、より適切な観測モードを選択できることを定量的に示した。

##### (2) 電波受信器の小型化・高性能化

小型衛星に搭載する際に必須となる電磁波受信器の小型化・高性能化を行うため、従来の衛星搭載用 CPU では実時間処理が不可

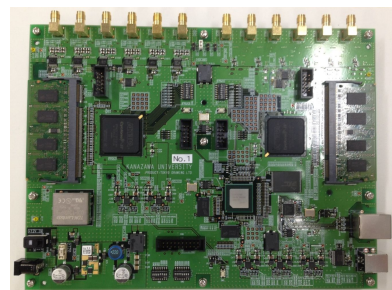


図 4：製作した専用 FPGA ボード

能だった信号処理の一部を FPGA 化するための検討を行った。

まず、電磁界 6 成分の疑似波形データの出力と、FPGA によるリアルタイム信号処理を開発・評価するための専用ボードを設計・製作した(図 4)。さらに任意の信号処理モジュールを FPGA にロードし、容易に動作確認できる汎用モジュールを開発・実装した。

次に、従来は CPU で行っていた機上データ処理の FPGA モジュール化に着手した。その結果、VLF 帯の電磁界波形 6 成分をリアルタイム処理できる波形サブバンド圧縮モジュールの開発に成功した。さらに、リアルタイム FFT とスペクトルマトリクス生成モジュールを実装し、前述の波形圧縮処理と並列して、FPGA 上で動作可能であることを実証した。以上の成果を踏まえ、現在、我々は宇宙科学研究所が 2017 年度に計画する北欧ロケット実験 (SS520-3 号機) に、開発した波形圧縮とスペクトル生成機能を提供することを検討中である。

### (3) 波動分布関数法の求解手法の検討

波動分布関数法は、スペクトルマトリクスを用いて、複数の波動が同時到来する場合でも、個々の波動の到来方向を推定できる解法である。我々は科学研究費補助金・挑戦的萌芽(課題番号:24654157)において、ノイズに頑健で到来波源の広がりや波源数が推定可能な改良型の求解法を考案済みであるが、実機で利用するには、機上で生成するスペクトルマトリクスが十分な測定精度を持っているかを評価する必要があった。この問題に対し、推定解の確率分布から統計量を計算し、それを解の妥当性の客観的な判断指標に用いる方法を考案した。同手法は 2016 年度に打上げ予定の内部磁気圏探査衛星 ERG において評価・検証を行う予定である。

### (4) 波動の特性を利用したプラズマ環境推定法の評価・検討

内部磁気圏中の EMIC 波の空間分布や伝搬特性を利用することで、種々のイオンの空間分布や組成比を推定する方法を提案した。磁気圏プラズマ中のイオンは、水素イオン、ヘリウムイオン、酸素イオンの 3 種で大半を占めるが、あけぼの衛星が磁気赤道付近で観測した EMIC 波の周波数特性から、地球プラズマ圏内には質量対電荷 ( $M/Q$ ) 比が 2 のイオン、すなわち 粒子もしくは重水素が数%のオーダーで含まれる場合があることを示唆した。さらに雷起源ホイッスラーモード波が、EMIC モードに変換する観測例が、あけぼの、Van Allen Probes 衛星などで多数みられることを示し、これらの特徴周波数からプラズマ圏内のイオン組成比の空間分布を導ける可能性を統計的に示した。

また、内部磁気圏を飛翔する 2 基の編隊衛星である Van Allen Probes の波動観測データを用いて、同時多点観測データから地球プラ

ズマ圏の時間空間変動を独立して推定する方法を検討したほか、雷起源電波の伝搬特性とそこから得られる VLF 波の電離層・プラズマ圏内の伝搬特性とその季節・ローカルタイム依存性、月ミニ磁気圏やウェイク構造の推定など、プラズマ中の波動の伝搬特性から太陽・地球系プラズマ環境の推定における電磁波計測データの有効性を示した。

以上、(1)~(4)にカテゴライズした検討の結果、近い将来に実現が見込まれる衛星の小型化と複数機による編隊飛行と同時多点観測ミッションに、小型化した電磁界波動計測装置を搭載し、宇宙プラズマ環境の推定に貢献する基礎技術を開発するという本研究課題の目的は十分に達成することができたと考えられる。本研究課題提案時は、2020 年頃のミッション実現を想定していた SCOPE 計画は、その後の予算不足の影響で、まだ実現に至っていないが、本研究課題で獲得した知見は、2016 年度打上げ予定の内部磁気圏探査衛星 ERG や 2017 年度打上げ予定の北欧ロケット(SS520-3 号機)に搭載される波動受信器ならびに観測データ解析システムの開発に応用されており、今後の宇宙プラズマ物理の解明に大きく貢献することが期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 16 件)

S. Matsuda, Y. Kasahara, C. A. Kletzing, Variation in Crossover Frequency of E MIC Waves in Plasmasphere Estimated from Ion Cyclotron Whistler Waves Observed by Van Allen Probe A, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2015GL066893, 43(1), 28-34, 2016.1, (査読有).

K. Hashimoto, Y. Goto, Y. Kasahara, H. Matsumoto, R. R. Anderson, Auroral Kilometric Radiation : Polarization and Spectra Observed far from the Earth, *AGU Monograph* (eds Y. Zhang and L. J. Paxton), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ. doi:10.1002/9781118978719.ch17, 255-273, 2015.11, (査読有).

M. Ota, Y. Kasahara, Y. Goto, A New Method for Direction Finding Based on Markov Random Field Model, *Radio Sci.*, doi:10.1002/2014RS005635, 50(7), 598-613, 2015.7, (査読有).

S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto,  $M/Q = 2$  Ion Distribution in the Inner Magnetosphere Estimated from Ion Cyclotron Whistler Waves Observed by the Akebono Satellite, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1002/2014JA020972, 120(4), 2783-2795, 2015.4, (査読有).

笠原 禎也, 後藤 由貴, 大池 悠太, あけ

ぼの衛星アナログ広帯域受信器による観測データの自動較正法, 宇宙科学情報解析論文誌, 4, 41-49, 2015.3, (査読有).  
矢木 大介, 村田 健史, 笠原 禎也, 科学衛星で観測された波形データ処理を用いた NICT サイエンスクラウド上での並列分散処理の評価, 情報知識学会誌, 25 (1), 3-22, 2015.2, (査読有).  
Y. Oike, Y. Kasahara, Y. Goto, Spatial Distribution and Temporal Variations of Occurrence Frequency of Lightning whistlers Observed by VLF/WBA onboard Akebono, Radio Sci., doi:10.1002/2014RS005523, 49(9), 753-764, 2014.9, (査読有).  
S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, High-altitude M/Q = 2 Ion Cyclotron Whistlers in the Inner Magnetosphere Observed by the Akebono Satellite, Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/2014GL060459, 41(11), 3759-3765, 2014.6, (査読有).  
S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, Electromagnetic Ion Cyclotron Waves Suggesting Minor Ion Existence in the Inner Magnetosphere Observed by the Akebono Satellite, J. Geophys. Res., doi:10.1002/2013JA019370, 119(6), 4348-4357, 2014.6, (査読有).  
V. Agapitov, A. V. Artemyev, D. Mourinas, Y. Kasahara, V. Krasnoselskikh, Inner Belt and Slot Region Electron Lifetimes and Energization Rates Based on AKEBONO Statistics of Whistler Waves, J. Geophys. Res., doi:10.1002/2014JA019886, 2876-2893, 119(4), 2014.4, (査読有).  
K. Sakaguchi, Y. Kasahara, M. Shoji, Y. Omura, Y. Miyoshi, T. Nagatsuma, A. Kumamoto, A. Matsuoka, Akebono Observations of EMIC Waves in the Slot Region of the Radiation Belts, Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/2013GL058258, 5587-5591, 40(21), 2013.11, (査読有).  
M. N. Nishino, M. Fujimoto, Y. Saito, H. Tsunakawa, Y. Kasahara, M. Kawamura, M. Matsushima, F. Takahashi, H. Shibuya, H. Shimizu, Y. Goto, 他 5 名, Type-II Entry of Solar Wind Protons into the Lunar Wake: Effects of Magnetic Connection to the Night-side Surface, Planetary Space Sci., doi:10.1016/j.pss.2013.08.017, 106-114, 87, 2013.10, (査読有).  
Y. Miyoshi, R. Kataoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, T. Nagai, M. F. Thomsen, High-speed Solar Wind with Southward Interplanetary Magnetic Field Causes Relativistic Electron Flux Enhancement of the Outer Radiation Belt via Enhanced Condition of Whistler Waves, Geophys. Res. Lett., doi:10.1002/grl.50916, 4520-45

25, 40(17), 2013.9, (査読有).

Y. Miyoshi, T. Ono, T. Takashima, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, H. Kojima, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Nagatsuma, C. Z. Cheng, Y. Kazama, S. Kasahara, T. Mitani, H. Matsumoto, N. Higashio, A. Kumamoto, S. Yagitani, Y. Kasahara, 他 11 名, The Energization and Radiation in Geospace (ERG) Project, AGU Monograph, 199, 103-116, doi:10.1029/2012BK001304, 2012.8, (査読有).

松田 昇也, 笠原 禎也, 後藤 由貴, 位相情報に着目した衛星搭載向け波動観測ソフトウェアの検討, 電子情報通信学会論文誌, J95-B(11), 1584-1593, 2012.11, (査読有).

I. P. A. Bayupati, Y. Kasahara, Y. Goto, Study of Dispersion of Lightning Whistlers Observed by Akebono Satellite in the Earth's Plasmasphere, IEICE Trans. Communications, E95-B(11), 3472-3479, 2012.11, (査読有).

[学会発表](計 78 件, うち招待講演 10 件)

笠原 禎也, 笠羽 康正, 小嶋 浩嗣, 八木 谷 聡, 松田 昇也, 太田 守, 後藤 由貴, ERG/PWE チーム, ERG 波動観測がめざすプラズマ圏のサイエンス(招待講演), プラズマ圏の観測と予測モデルの構築ワークショップ, 大阪電気通信大学(大阪), 2015.12.22.

櫻井 勢一郎, 笠原 禎也, 後藤 由貴, プラズマ波動観測器搭載用スペクトルマトリクス演算 FPGA モジュールの開発, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 東京大学(東京), 2015.11.3.

Y. Kasahara, Y. Kasaba, H. Kojima, (他 15 名), Observation strategy of the plasma wave experiment (PWE) onboard ERG, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 東京大学(東京), 2015.10.31.

I Made Agus Dwi Suarjaya, Y. Kasahara, Y. Goto, Development of Automatic Detection of Omega Signals Captured by PFX Onboard Akebono, URSI-JRSM 2015 Meeting, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 2015.9.3.

M. Ota, Y. Kasahara, Y. Goto, Study on Improvement of Direction Finding Method for VLF Waves, URSI-JRSM 2015 Meeting, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 2015.9.3.

S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, Study on inner magnetospheric ion cyclotron whistler waves as a novel plasma diagnostics tool (招待講演), 12nd AOGS Meeting, Suntec Singapore Convention & Exhibition Centre, Singapore, 2015.8.5.

Y. Kasahara, H. Matsui, Y. Goto, Development and evaluation of data compression technique for plasma wave instruments, 12nd AOGS Meeting, Suntec Singapore Convention & Exhibition Centre, Singapore, 2015.8.4.

笠原 禎也, ソフトウェア電磁波受信器による宇宙プラズマ環境の計測(特別講演), 電気学会計測研究会, 金沢市文化ホール(石川), 2015.6.16.

小嶋 浩嗣, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 頭師 孝拓, 大西 啓介, 笠原 禎也, 斎藤 義文, 将来衛星計画に向けたプラズマ波動観測装置の超小型化とその展望, JPGU2015, 幕張メッセ(千葉), 2015.5.28.

笠原 禎也, 松井 大樹, 後藤 由貴, プラズマ波動観測装置のデジタル信号処理部の小型化・高速化の検討, JPGU2015, 幕張メッセ(千葉), 2015.5.28.

渡邊 涼太, 後藤 由貴, 笠原 禎也, GPSとQZSのTEC差によるプラズマ圏境界の推定法, 統計数理研究所共同研究集会「電離圏・磁気圏モデリングとデータ同化」, 統計数理研究所(東京), 2015.1.9.

松井 大樹, 笠原 禎也, 小嶋 浩嗣, 後藤 由貴, 衛星搭載波形観測機用デジタル信号処理FPGAモジュールの評価用ボードの開発, 地球電磁気・地球惑星圏学会, キッセイ文化ホール(長野), 2014.11.2.

Y. Kasahara, Y. Goto, S. Yamawaki, and H. Matsui, Evaluation of Data Compression Techniques Applicable for Plasma Wave Instruments, EPSC2014, Cascais(Portugal), 2014.9.9.

S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, Ion cyclotron whistlers related to heavy minor ions observed by the akebono satellite and their distribution in the inner magnetosphere, 31<sup>st</sup> URSI General Assembly, doi:10.1109/URSIGASS.2014.6929942, Beijing(China), 2014.8.22.

Y. Kasahara, A. Matsuoka, T. Nagai, A. Kumamoto, T. Abe, Global dynamics of the inner magnetosphere derived from long term observation by Akebono, JPGU 2014, パシフィコ横浜(神奈川県), 2014.4.28.

Y. Kasahara, Y. Goto, T. Imachi, K. Hashimoto, H. Kojima, Y. Kasaba, Onboard Data Processing for Plasma Wave Instruments Implemented into Japanese Spacecraft, EPSC2013(招待講演), London(United Kingdom.), 2013.9.11.

S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, Unique Cut-off Frequency of Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in Multiple Ion S

pecies Plasma, AP-RASC2013, Taipei(Taiwan), 2013.9.5.

S. Matsuda, Y. Kasahara, Y. Goto, Study on Characteristic Frequencies of ELF Emissions and Estimation of Ion Constituents in the Vicinity of Magnetic Equator, AGU Fall Meeting, San Francisco (U.S.A.), 2012.12.6.

Y. Kasahara, S. Matsuda, Y. Kasaba, H. Kojima, Y. Miyoshi, Y. Kato, K. Ishisaka, A. Kumamoto, Y. Goto, T. Imachi, and ERG/PWE Team, Onboard Data Analysis Strategy of ERG/PWE, プラズマ波動解析ワークショップ(招待講演), 名古屋大学(愛知), 2012.11.2.

福原 直毅, 笠原 禎也, 後藤 由貴, 小嶋 浩嗣, 編隊飛行衛星による磁気圏尾部の連携観測アルゴリズムの研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 札幌コンベンションセンター(北海道), 2012.10.20.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

笠原 禎也 (KASAHARA YOSHIYA)

金沢大学・総合メディア基盤センター・教授

研究者番号: 50143051

### (2)研究分担者

後藤 由貴 (GOTO YOSHITAKA)

金沢大学・電子情報学系・准教授

研究者番号: 30361976

### (3)連携研究者

小嶋 浩嗣 (KOJIMA HIROTSUGU)

京都大学・生存圏研究所・准教授

研究者番号: 10215234

(H24→H26: 研究分担者)