

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(A) (一般)
研究期間：2015～2018
課題番号：15H02136
研究課題名(和文)超小型衛星利用を可能にするアナログ・デジタル混載型ワンチッププラズマ波動観測器

研究課題名(英文)One-chip plasma wave receivers for micro-satellites based on analog-digital mixed chips

研究代表者
小嶋 浩嗣(Kojima, Hirotsugu)
京都大学・生存圏研究所・教授

研究者番号：10215254
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,500,000円

研究成果の概要(和文)：宇宙空間は、プラズマという稀薄な気体で満たされ、そこでは様々な電波現象(プラズマ波動)が発生している。このプラズマ波動は宇宙環境の変化を敏感に表しており、衛星に搭載したプラズマ波動観測器で観測を行うと、その場所での環境変化の仕組みを理解することができる。しかし、プラズマ波動観測器は、サイズや重さが大きく、急速に進歩している超小型衛星には搭載できなかった。本研究では、プラズマ波動観測器に必要な電子回路(アナログ回路、デジタル回路)を数mm角のチップ内に実現することに成功した。これにより、将来、プラズマ波動観測器全体が1cm角のチップ内に実現できる可能性を示し、超小型衛星への搭載の道を拓いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実現可能性を示した、ワンチップですべてのプラズマ波動観測器の機能を実現できるデバイスは、超小型衛星という非常に重量やサイズの要請が厳しいシステムに対して搭載できる可能性が一挙に広がる。超小型衛星に搭載できることで、宇宙空間に複数衛星を同時に打ち上げ、広い空間の同時多点観測が実現する。これまでの衛星観測は、一機によるものが多く、一点観測であったが、超小型衛星の利用が広がることで、宇宙空間の環境変化を複数点で同時モニターができるようになる。このように場所依存性を認識しながら宇宙環境変化を把握できることは、人間が宇宙空間を利用する上で有用な知見をもたらしてくれる。

研究成果の概要(英文)：Interplanetary space is filled with space plasmas. Plasma waves well-reflect variations of space electromagnetic environments. Understanding space electromagnetic environments is crucial in the view point of expanding human activities in space. Plasma waves are observed by plasma wave receivers on board scientific satellites. Their requirements about resources such as mass and size do not meet microsattellites that have rapidly been progressing these days. To use microsattellites for observing plasma waves, plasma wave receivers should be miniaturized. In the present study, we succeeded in miniaturizing plasma wave receivers using the application specific integrated circuits or ASIC technology. The size of the chip developed in this study is 5mm times 5mm. This miniaturization will enable us to observe space electromagnetic environments using microsattellites in the not too distant future.

研究分野：宇宙科学

キーワード：プラズマ波動 ASIC アナログ・デジタル混載 宇宙プラズマ 宇宙電磁環境 超小型衛星 多点同時観測 無衝突プラズマ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人類が今後ますます利用度をあげていく宇宙空間の環境は、宇宙プラズマによって支配されている電磁環境である。その宇宙プラズマは無衝突状態にあり、プラズマ粒子の kinetic なエネルギーは、プラズマ波動を介して交換される。従って、プラズマ波動の様相は宇宙空間環境変化を敏感に反映しており、宇宙空間環境探査を目的とした科学衛星にはすべて、「プラズマ波動観測器」が搭載されている。

宇宙基本計画にうたわれているように、超小型衛星の利用は今後ますます重要になる。宇宙環境を探查する科学衛星においても同様であるが、国内外を通して超小型衛星によるプラズマ波動観測が行われた例はない。その大きな理由のひとつは、その観測装置やセンサーが超小型衛星に搭載できるほど小型・軽量にならないからである。しかし、今後の宇宙ミッションにおいて超小型衛星が利用できるように観測器を小型化することは、宇宙観測の機会を増やし、宇宙環境に関する高い品質の知見を得る意味で非常に重要である。我々は平成 26 年度までに、プラズマ波動観測器のアナログ回路部を、アナログ ASIC によりチップ化することに成功し、その小型化に向けた基礎開発がスタートした。その結果、従来まで A4 サイズ程度必要であったアナログ回路の一部を、数 mm 角のチップに実現することに世界で初めて成功した。そしてその小型プラズマ波動観測器アナログチップを利用し小型のセンサプローブの開発にも着手した。小型センサプローブというのは、チップ化されたプラズマ波動観測器に加え、軽量センサー、電源、通信装置、CPU を数 cm 角の本体にインストールした一つのプラズマ波動観測小型システムである。アナログ回路はここまで小型化できることを示したが、実際のプラズマ波動観測器では観測信号をデジタル化し、FFT でスペクトルを計算したり、波形を圧縮して地上に伝送したりというデジタル処理部も必ず存在する。近年のチップ化技術は、アナログとデジタル部を同一チップ内に実現する「アナログ・デジタル混載」が可能となっており、その技術をプラズマ波動観測器に応用すれば、現象のピックアップからデータの無線伝送を行う前段階のデジタル処理部までをすべて一つのチップ内に実現でき「アナログ・デジタル混載ワンチッププラズマ波動観測器」が実現できる。これはプラズマ波動観測器のサイズ・重量という意味で、一大革命であり、従来よりも一桁以上小型軽量の観測器が実現できる。

2. 研究の目的

超小型衛星に搭載可能となるプラズマ波動観測器の小型化を、チップ化技術を利用して実現することが本研究の目的である。特に、すでに開発が進められているアナログ部に加え、デジタル部もチップ化して、アナログとデジタルを共存させることのできるチップ(アナログ・デジタル混載チップ)の開発に対する基礎技術を確認する。アナログ部だけでなく、デジタル部までチップ化できる技術が確立できれば、将来ミッション用小型プラズマ波動観測器の実現に大きく近づくことになる。本研究は、以上のように、小型化技術を通して、超小型衛星の利用を可能にし、より高度なプラズマ波動観測、つまり、宇宙の電磁環境計測を行う超小型プラズマ波動観測システムの実現に向けた開発を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

プラズマ波動観測器は、受信部とセンサー部に大きく分かれる。そのいずれの電子回路を小型化を図るところに大きな意義がある。電子回路部の小型化には、ASIC(Application specific integrated circuit)の技術を用いる。これによりプラズマ波動観測器専用の回路を組み込んだチップの製作が可能となり、汎用ディスクリート部品で製作する機器に比べてそのサイズも重量も一桁以上小型にすることができる。本研究では、この ASIC 化という方法をもちいて、プラズマ波動観測装置の小型化ならびに、専用チップであるからこそ実現できる新しいタイプのプラズマ波動観測器の開発を目指した。そして、そのチップは、従来から開発をすすめていたアナログ部に加え、デジタル部を加えた、アナログ・デジタル混載チップとすることにより、究極的には、すべてのプラズマ波動観測器がひとつのチップに入ってしまう、という最終ゴールを目指した研究となった。

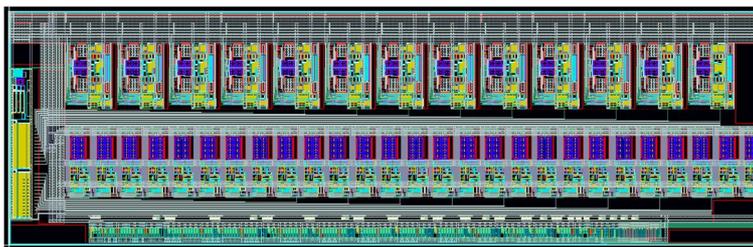


図 1: 導入した A/D コンバーターのレイアウト. 14bit で 30MHz のサンプリングまで可能である。

4. 研究成果

本研究の成果を項目毎に下記にまとめる。

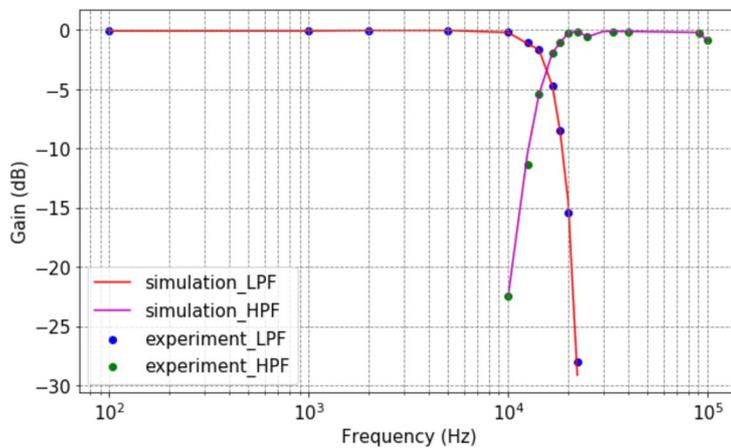


図 2: 設計したデジタルフィルタ(HPF および LPF)の特性. 実線がシミュレーション, 開発したチップの実測値である.

する役割をもつもので、サイエンスデータの取得を行うプラズマ波動観測器には、必須のものである。スイッチトキャパシタフィルタは、キャパシタへの充放電をスイッチングして実現するアクティブフィルタである。複数あるスイッチの切り替えタイミングをシミュレーションにより特定し、最適化することにより、波形歪みの効果を大幅に改善することができた。

A/D コンバーターの導入

アナログ部とデジタル部をチップ内で接続するためには、A/D コンバーターをチップ内に実現する必要があった。A/D コンバーターは汎用のデザインが利用できるため、汎用 A/D コンバーターの設計を本チップにマッチングさせる形で導入を行った(図 1)。A/D コンバーターは、14bits、30MHz サンプリング、パラレル出力とした。これにより、アナログ・デジタル混載チップ開発への基盤を準備することができた。

波形圧縮部に利用するデジタルフィルタの開発

波形捕捉型プラズマ波動観測器は、非線形波動も正確に捉えることができる性能をもつが、一方で、その観測データ生成量はどうしても大きくなってしまふ。そのため、オンボードデジタル部で、「波形データ圧縮」を行う必要がある。従来の科学衛星に搭載されているプラズマ波動観測器では、この波形データ圧縮を、CPU とソフトウェアで行っていたため、処理スピードが十分とれず観測全体のボトルネックになっていた。そこで、本研究では、この波形圧縮をアナログ・デジタル混載チップ内で実現すべく、そのコアコンポーネントであるデジタルフィルタをチップ内に実現することに成功した。従来の我々の科学衛星において波形圧縮は、「サブバンド分割法」を利用している。これは、波形を異なる帯域のスペクトルに分解して、その帯域別にビットの割り当てを工夫してデータを圧縮するものであるが、デジタルフィルタの組み合わせで実現される。本研究では、初めてサブバンド分割法のための各フィルタをチップ内に設計・実現し、試作したチップの動作確認を行って、所望の特性が得られていることを確認した(図 2)。実現したフィルタのチップ内サイズは、9bit のもので1つあたり 900 μm x 900 μm 程度であった。これにより許容できるチップサイズが用意できれば、容易にサブバンド分割法

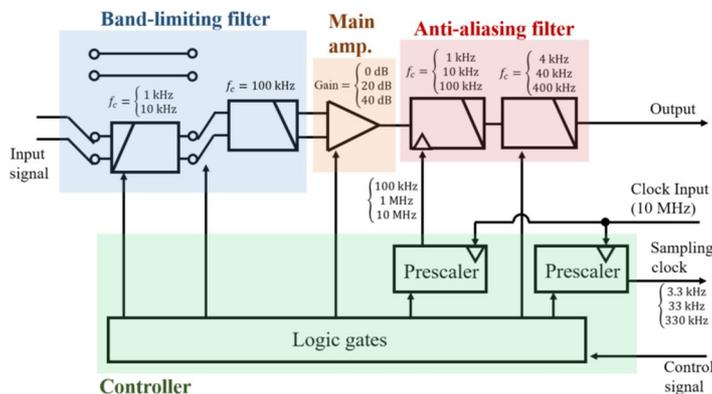


図 3: ASIC の特徴を活かした新しいタイプのスペクトル受信器のブロック図.

(1) プラズマ波動観測器用アナログ・デジタル混載チップの開発

スイッチトキャパシタフィルタの波形歪みの改善

プラズマ波動観測器で一番の主流となっている「波形捕捉型」受信器のアナログ部は、これまでの我々の研究によりチップ化が進められていた。しかし、そのコア部であるスイッチトキャパシタフィルタにおいて波形の歪みが、入力波形が大きくなると顕著になっていた。スイッチトキャパシタフィルタは、波形をサンプリングする際にエリアシングの発生を抑制

を組み込んだプラズマ波動観測器チップが実現できることを示した。

FFT 処理アルゴリズムのチップ内導入

波形捕捉型プラズマ波動観測器の利点の一つは、FFT 処理を施すことによって周波数スペクトルが得られるため、スペクトル受信器としての役割ももたせることができることである。この FFT 処理も従来の我々の衛星では CPU とソフトウェアによって実現されていた。

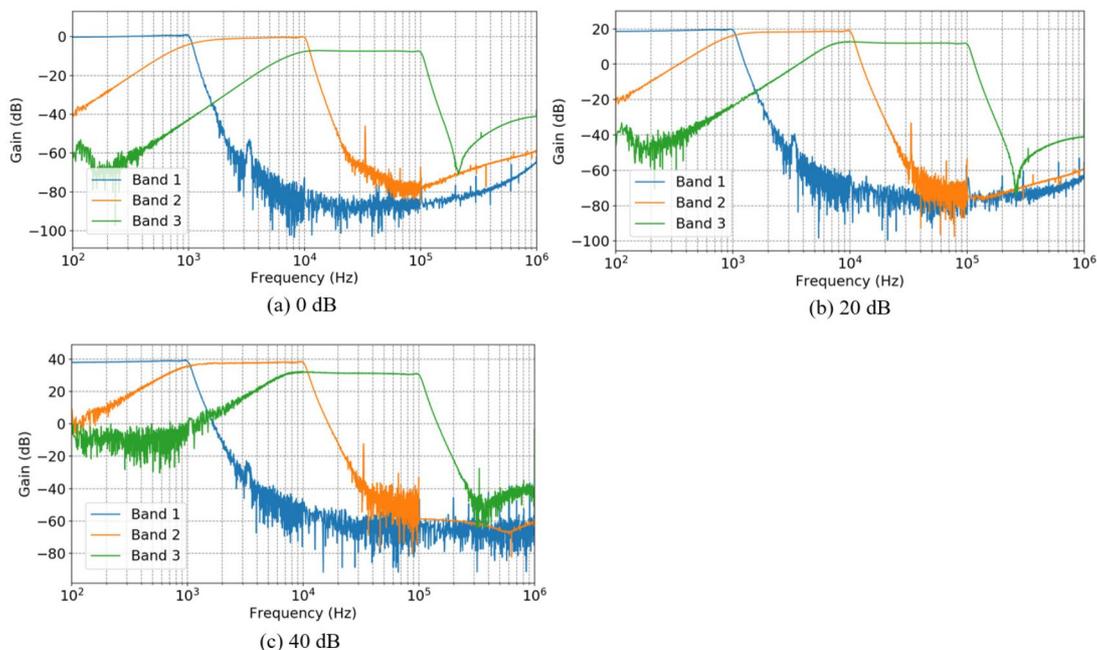


図 4: 新型スペクトル受信器チップアナログ部の周波数レスポンスの実測値。周波数バンドは3つとなり、メインアンプのゲインは、0dB/20dB/40dBの切替可能となっている。

本研究では、ここで用いる FFT のアルゴリズムをハードウェア化して、チップ内に実現した。設計した FFT 処理を実際のチップとして製作し、動作することを確認している。チップサイズの関係で、A/D コンバータのフルビットをとることはできなかったが、ビット数が増えても処理内容に変更はないので、このまま利用できる FFT 処理部が組み込まれたことになる。将来的に、ワンチップの波形捕捉型プラズマ波動観測器から、圧縮された波形、および、FFT されたスペクトルデータの両者が得ることが可能であることを示した。これらは、プラズマ波動を多点で観測するための小型センサブローブにも組み込みが可能であり、十分な CPU の能力が期待できない小型センサブローブにもかかわらず、デジタル処理されたデータを高速で得ることができる。

(2) 新型スペクトル受信器の開発

詳細なデータが得られる波形捕捉型受信器に対して、スペクトル受信器は長時間連続のオーバービュー的な観測データが得られる受信器である。それは、波形に対してスペクトルのデータ量が大幅に小さいからである。以前のスペクトル受信器は、フィルターバンク、周波数コンバージョンなど、スペクトルを得るための工夫がなされた大規模なアナログ受信器であった。しかし、その回路規模の大きさ故の必要リソースの大きさから、また、デジタル技術の進歩から、スペクトル受信器は、波形捕捉型の受信器で得られる波形を、機上で FFT 処理したデータで置き換えられるようになった。これによって大幅に必要リソースが減少することとなった。一方で波形を機上で FFT 処理するタイプの受信器には、欠点がある。その一つが、波形である以上、広い帯域の信号を同時に扱うため、どこかの周波数帯に強い波動が存在していると、そちらでゲインを決めざるを得ず、他の周波数の弱い波動がノイズレベル以下になってしまう、というものである。また、サンプリング周波数に従って発生するデータ量も波形の段階では多いので、それを機上 FFT 処理するには、様々な面で負荷が重かった。そこで、本研究では、回路規模が大きくてもリソース消費が極端に増大しない ASIC の強みを活かして、新しいタイプのスペクトル受信器を考案し開発に成功した。

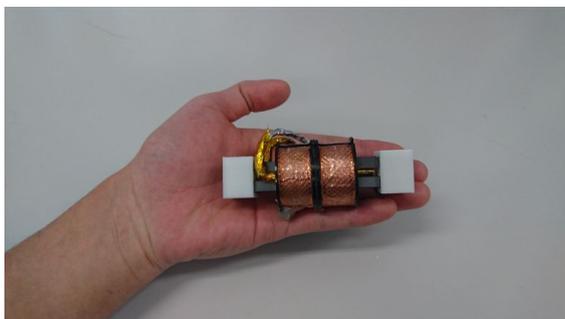


図 5: ASIC プリアンプ内蔵型サーチコイル (試作モデル)

図 3 は、今回 ASIC で開発に成功した新しいタイプのスペクトル受信器のブロック図である。この受信器の最大の特徴は、初段にある Band-limiting filter のカットオフ周波数、Main amp のゲイン、Anti-aliasing filter のカットオフ周波数、サンプリング周波数を同時に、ダイナミックに logic gates を通して変更できる点である。これにより、複数の周波数帯域を切り替えて、受信器のゲインを切り替えることができ、また、観測周波数にあわせてサンプリング周波数も変更できるため、上記に述べた、波形捕捉型受信器の波形データに直接 FFT をかけるタイプがもつ欠点を改善できる。本研究では、FFT 部はチップサイズの

関係で、FPGA により実現しているが、それ以外の部分は、すべて、A/D コンバーターも含めてひとつのチップ内に実現して動作・性能の確認まで行った(図 4)。このチップでは、FFT をかけなければ通常の波形捕捉型受信器にもなるため共存できる形となる。一方、ハードウェアで FFT 計算するため(今回は FPGA で、最終的には同一チップ内)で、周波数、時間分解能の高い受信器となった。例えば、一番周波数が低い 10Hz-1kHz バンドでも、周波数分解能が 13Hz、10Hz から 100kHz までの全スペクトルを 112msec 時間分解能で観測できる観測器となった(現状の CPU をベースとしたスペクトル受信器の時間分解能は、1sec 程度)。

(3) プリアンプ内蔵型サーチコイルセンサーの開発

プラズマ波動観測器のセンサーであるサーチコイルは、交流磁界を観測するセンサーで、高透磁率のコアにコイルを巻き付けたセンサー部と、そこから誘導電流をピックアップするプリアンプ部とからなる。本研究では、このサーチコイルのプリアンプ部を ASIC 化することに成功した。サーチコイルプリアンプを 5mm 角のベアチップに 3 軸分をインプリメントすることができ、その性能も確認された。そして、このプリアンプ ASIC(パッケージ化すると 1cm x 1cm のサイズ)をサーチコイルのコア内部に配置したまったく新しい、プリアンプ内蔵型のサーチコイルセンサーを実現した。様々なパラメータと要素技術実験を踏まえて、プリアンプをコア内に配置することによって、サーチコイルそのものの特性も改善される他、プリアンプがコアに囲まれるため、耐放射線レベルについても向上することが確認された。

図 5 は、試作された ASIC プリアンプ内蔵型のサーチコイル(1 軸分)で、図 6 は、図 5 で示した試作の測定特性である。測定曲線は磁界の検出限界をあらわし、楕円で表しているのが、磁気圏で観測されるプラズマ波動の典型的な周波数と強度の分布を示している。サーチコイルは、通常 10Hz 以上程度の周波数帯で使用される。このことを踏まえて図 6 をみると、試作モデルの段階ですでに、典型的なプラズマ波動の磁場成分を観測できることがわかる。

まとめ

本研究では、特定目的のために専用チップを開発する技術 ASIC 技術をもちいて、プラズマ波動観測器を超小型化に取り組んだ。プラズマ波動観測器の電子回路部は、低ノイズアンプや各種フィルタの存在のため、どうしても大きなリソースが要求されるシステムとなっていた。このため超小型衛星に搭載してプラズマ波動観測を行うことは、非常に困難であった。その壁を本研究の成果は、打ち破ることができるものとなっている。アナログ部もデジタル部も同じチップ上に実現できる見通しが本研究でたったため、10mm x 10mm 程度のベアチップを用意すれば、それなりの機能をもつ超小型のプラズマ波動観測器が実現できる。これは衛星に搭載する観測器としては画期的なもので、今後他の観測器においても同様の ASIC を用いた超小型化が実現されていくと考える。本研究の成果が将来の宇宙電磁環境探査に大きな貢献ができることと期待している。

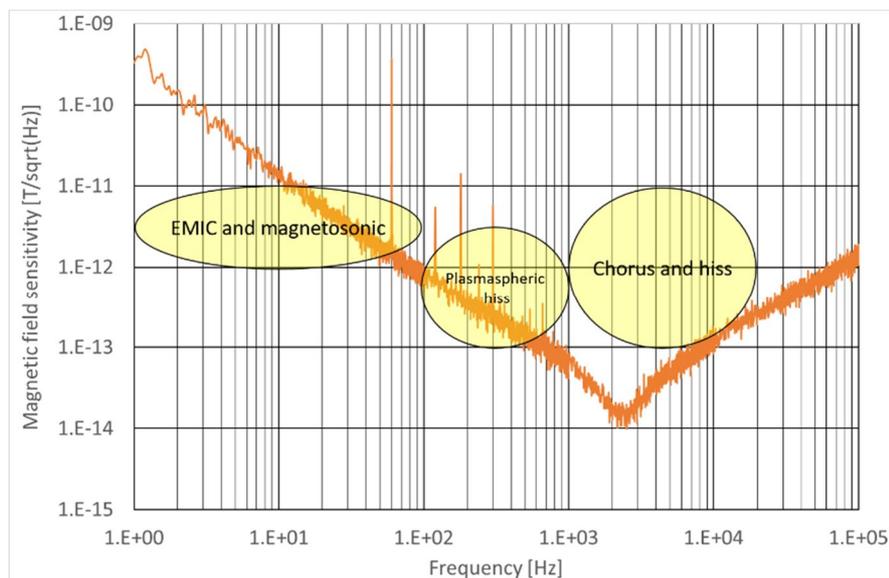


図 6 : ASIC プリアンプ内蔵型サーチコイルの磁界検出感度.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 徳永祐也, 尾崎光紀, 八木谷聡, 糺宏樹, 小嶋浩嗣, 米徳大輔	4. 巻 J1-2-B
2. 論文標題 宇宙環境に対する放射線耐性改善を図ったASICプリアンプ内蔵型サーチコイル磁力計の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 685, 695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2019JBP3004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zushi, T., H. Kojima, Y. Kasahara, and T. Hamano	4. 巻 30
2. 論文標題 Development of a miniaturized spectrum-type plasma wave receiver comprising an application-specific integrated circuit analog front end and a field-programmable gate array	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Meas. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6501/ab0821	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Zushi, T., H. Kojima, and H. Yamakawa	4. 巻 6
2. 論文標題 One-chip analog circuits for a new type of plasma wave receiver on board space missions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geosci. Instrum. Method. Data Syst.	6. 最初と最後の頁 159, 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/gi-6-159-2017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ozaki, M., S. Yagitani, H. Kojima, K. Takahashi, H. Koji, T. Zushi, Y. Tokunaga	4. 巻 68
2. 論文標題 Development of an ASIC preamplifier for electromagnetic sensor probes for monitoring space electromagnetic environments	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Earth Planets Space	6. 最初と最後の頁 1,13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-016-0470-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zushi, T., H. Kojima, K. Onishi, M. Ozaki, S. Yagitani, S. Shimizu, and H. Yamakawa	4. 巻 67
2. 論文標題 Small sensor probe for measuring plasma waves in space	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Earth Planets Space	6. 最初と最後の頁 1, 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-015-0298-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計35件(うち招待講演 3件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Junpei Miki, Hirotsugu Kojima, Yuto Katoh, Shoya Matsuda, Yoshiya Kasahara, Mitsuru Hikishima, Satoshi Kurita, Masahiro Kitahara, Satoshi Kasahara, Yoshizumi Miyoshi, Atsushi Kumamoto, Ayako Matsuoka, Shoichiro Yokota, Tomoaki Hori, Kunihiro Keika
2. 発表標題 Junpei Miki, Hirotsugu Kojima, Yuto Katoh, Shoya Matsuda, Yoshiya Kasahara, Mitsuru Hikishima, Satoshi Kurita, Masahiro Kitahara, Satoshi Kasahara, Yoshizumi Miyoshi, Atsushi Kumamoto, Ayako Matsuoka, Shoichiro Yokota, Tomoaki Hori, Kunihiro Keika
3. 学会等名 American Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Airi Shinjo, Hirotsugu Kojima, Satoko Nakamura, Yoshiya Kasahara, Yoichi Kazama, Hideyuki Usui, Yoshizumi Miyoshi, Yasumasa Kasaba, Shoya Matsuda, Wang S.-Y., Tam Sunny W. Y., Atsushi Kumamoto, Ayako Matsuoka
2. 発表標題 Electron cyclotron harmonic waves observed by the Arase satellite: identification of their wavelengths and phase speeds
3. 学会等名 American Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Tokunaga, Mitsunori Ozaki, Keigo Ishisaka, Hirotsugu Kojima, Satoshi Yagitani, Takahiro Zushi
2. 発表標題 Basic study on miniaturization of electric field instrument for plasma wave observations by ASIC technology
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Motoyuki Kikukawa, Takahiro Zushi, Hirotsugu Kojima, Yoshifumi Saito
2. 発表標題 Development of the chip implemented as high-speed current detection circuits for particle sensors
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Reiko Nomura, Kazushi Asamura, Ayako Matsuoka, Hirokazu Ikeda, Hirotsugu Kojima, Mariko Teramoto, Masafumi Hirahara, Yoshizumi Miyoshi, Keisuke Hosokawa
2. 発表標題 Development of ASIC-based fluxgate magnetometer (AFG) and its flight proof on RockSat-XN sounding rocket
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊川 素如, 小嶋 浩嗣, 斎藤 義文, 浅村 和史, 粒子センサ用高速粒子検出回路の集積化に関する研究
2. 発表標題 粒子センサ用高速粒子検出回路の集積化に関する研究
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kojima. H.
2. 発表標題 History and foresight of plasma wave observation systems in Japanese space missions
3. 学会等名 URSI-Japan Radio Science Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Shunsuke Kamata, Hirotugu Kojima, Takahiro Zushi, Yoshiya Kasahara, Tsubasa Takahashi, Takuya Hamano, Satoshi Yagitani, Mitsunori Ozaki, Yuya Tokunaga, Hiroshi Yamakawa
2. 発表標題	Small Plasma Waveform Capture Receiver on the analog-digital mixed chip
3. 学会等名	幕張メッセ国際会議場
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Takahiro Zushi, Hirotugu Kojima, Yoshiya Kasahara, Takuya Hamano, Tsubasa Takahashi, Mitsunori Ozaki, Satoshi Yagitani, Yuya Tokunaga, Shunsuke Kamata, Hiroshi Yamakawa
2. 発表標題	Development of the one-chip new type plasma wave spectrum receiver using the mixed-signal integrated circuit
3. 学会等名	幕張メッセ国際会議場
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Yuya Tokunaga, Takumi Dejima, Tsubasa Takahashi, Mitsunori Ozaki, Satoshi Yagitani, Yoshiya Kasahara, Takahiro Zushi, Hirotugu Kojima
2. 発表標題	Development of a miniaturized 3-axis search coil magnetometer and a wave receiver powered by a noise reduction technique for micro-satellite experiments
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Reiko Nomura, Ayako Matsuoka, Kazuhiro Ikeda, Hirotugu Kojima
2. 発表標題	Development of the magnetometer with on-board ASIC circuit for SS-520-3 sounding rocket
3. 学会等名	JPGU-AGU Joint Meeting (国際学会)
4. 発表年	2017年

1. 発表者名 Kojima. H., M. Ozaki, Y. Kasahara, S. Yagitani, T. Zushi, Y. Tokunaga, and T. Takahashi
2. 発表標題 Miniaturized plasma wave receiver system targeting the use of in micro- and nano-satellites
3. 学会等名 3rd COSPAR symposium: Small satellites for space research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zushi, T., H. Kojima, Y. Kasahara, T. Takahashi, M. Ozaki, S. Yagitani, Y. Tokunaga
2. 発表標題 One-chip plasma wave observation system
3. 学会等名 Japan Geoscience Union (JPGU) - American Geophysical Union (AGU) Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鎌田 俊介, 頭師 孝拓, 小嶋 浩嗣, 笠原 禎也, 高橋 翼, 濱野 拓也, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 徳永 祐也
2. 発表標題 アナログ・デジタル混載チップによる小型プラズマ波動波形捕捉受信器
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋 翼, 小川 勇太, 笠原 禎也, 小嶋 浩嗣, 頭師 孝拓, 太田 守, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 石坂 圭吾
2. 発表標題 SS-520-3/LFAS 搭載用デジタル処理部の FPGAモジュールの開発と評価
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 頭師 孝拓, 小嶋 浩嗣, 笠原 禎也, 濱野 拓也, 高橋 翼, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 徳永 祐也, 鎌田 俊介, 山川 宏
2. 発表標題 アナログ・デジタル混載ASICによるワンチップ新型プラズマ波動スペクトル受信器の開発
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kojima, H.
2. 発表標題 Plasma wave instrument onboard satellites: design and miniaturization towards future small satellite missions
3. 学会等名 18th International Congress on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野村 麗子, 松岡 彩子, 池田 博一, 小嶋 浩嗣
2. 発表標題 太陽風粒子の熱構造発展の解明に向けた超小型磁場観測器の開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 徳永 祐也, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 小嶋 浩嗣
2. 発表標題 ASICプリアンプ内蔵型サーチコイルの基礎検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 笠原 禎也, 高橋 翼, 太田 守, 小嶋 浩嗣, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 石坂 圭吾
2. 発表標題 SS520-3ロケット実験波動観測器 (LFAS) 搭載デジタル信号処理モジュール
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 頭師 孝拓, 小嶋 浩嗣, 大西 啓介, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 山川 宏
2. 発表標題 新型プラズマ波動スペクトル受信機的设计開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大西 啓介, 小嶋 浩嗣, 池田 博一, 齋藤 義文, 頭師 孝拓, 山川 宏
2. 発表標題 波動粒子相互作用直接観測システムにおける粒子検出回路の小型化
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 頭師 孝拓, 小嶋 浩嗣, 笠原 禎也, 高橋 翼, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 徳永 祐也
2. 発表標題 アナログ・デジタル混載ワンチップ小型プラズマ波動受信器
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野村 麗子, 松岡 彩子, 池田 博一, 小嶋 浩嗣
2. 発表標題 将来惑星探査に向けた超小型軽量磁場観測器の開発研究
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高橋 翼, 笠原 禎也, 小嶋 浩嗣, 頭師 孝拓, 太田 守, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 石坂 圭吾, 後藤 由貴
2. 発表標題 SS-520-3/LFAS 搭載用デジタル処理部の FPGA モジュールの設計
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 徳永 祐也, 頭師 孝拓, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 小嶋 浩嗣, 山田 航平
2. 発表標題 SS-520-3 号機北欧ロケット実験に向けた波形捕捉受信機 (WFC) の開発
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Onishi, K., T. Zushi, H. Kojima, and Y. Saito
2. 発表標題 Development of a Chip for the Interface Between Plasma Wave Instruments and Plasma Particle Instruments
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Zushi, T., H. Kojima, K. Onishi, M. Ozaki, S. Yagitani, and S. Shimizu
2. 発表標題 Development of the Small Sensor Probe for Multiple-Point Observation of Plasma Wave
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 梶宏樹, 尾崎光紀, 八木谷聡, 小嶋浩嗣, 頭師孝拓
2. 発表標題 プラズマ波動観測用チョッパーASICプリアンプによるフリッカ雑音の低減
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 小嶋 浩嗣, 尾崎 光紀, 八木谷 聡, 笠原 禎也
2. 発表標題 Miniaturization of a plasma wave receiver system towards future space missions based on micro-/nano-satellites
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 梶宏樹, 尾崎光紀, 八木谷聡, 小嶋浩嗣, 頭師孝拓, 吉田朗
2. 発表標題 ASICを用いた小型プラズマ波動波形受信機のダイナミックレンジの改善
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 大西啓介, 頭師孝拓, 小嶋浩嗣, 齋藤義文
2. 発表標題 プラズマ波動観測装置-プラズマ粒子観測装置間インターフェース用チップの開発
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 尾崎光紀, 八木谷聡, 小嶋浩嗣, 梶宏樹, 頭師孝拓
2. 発表標題 小型衛星観測に向けたASIC技術によるサーチコイル磁力計の開発状況
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 頭師孝拓, 小嶋浩嗣, 大西啓介, 尾崎光紀, 八木谷聡, 清水聡
2. 発表標題 プラズマ波動の多点同時計測を実現する小型プローブ
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 小嶋浩嗣, 尾崎光紀, 八木谷聡, 頭師孝拓, 大西啓介, 笠原禎也, 齋藤義文
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	八木谷 聡 (Yagitani Satoshi) (30251937)	金沢大学・電子情報学系・教授 (13301)	
研究分担者	齋藤 義文 (Saito Yoshifumi) (30260011)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授 (82645)	
研究分担者	笠原 禎也 (Kasahara Yoshiya) (50243051)	金沢大学・総合メディア基盤センター・教授 (13301)	