

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19204048

研究課題名(和文) 宇宙圏電磁環境モニター装置に関する研究

研究課題名(英文) Study on the monitor system of space electromagnetic environments

研究代表者 小嶋 浩嗣 (KOJIMA HIROTSUGU)

京都大学・生存圏研究所・准教授

研究者番号：10215254

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・超高層物理学

キーワード：プラズマ波動、宇宙電磁環境、無衝突プラズマ、アナログ ASIC、人工擾乱

1. 研究計画の概要

本研究では、宇宙空間での人間活動により発生する「人工的な電磁擾乱」、即ち、「宇宙プラズマ-人間活動相互作用」を計測するための「宇宙圏電磁環境モニターシステム」において、それを構成する重要なコンポーネントであるセンサー装置「宇宙圏電磁環境モニター装置」を開発・研究することを目的とする。また、その開発にあたって、実際予測されるプラズマ現象に関する考察を行い、自然宇宙プラズマ現象と人間活動との関係について評価し、それを、宇宙圏電磁環境モニター装置の設計へと反映させる。「宇宙圏電磁環境モニターシステム」とは、宇宙構造物などの周辺に多数のセンサー装置を配置し、それぞれで電磁環境の測定を行い、時々刻々変化するその情報を、宇宙ステーションなどの中央基地に集約するシステムである。これは、宇宙空間において初めて設定されるセンサーネットワークシステムであり、本研究で扱うモニター装置とは、システムの中核をなすセンサーノードである。モニター対象となるのは無衝突プラズマ中でエネルギーの伝達を担うプラズマ波動である。従って、電界、磁界に関するセンサーも含め、従来から開発を行っているプラズマ波動観測装置を基盤とした非常に小型化したモニター装置の構築が重要となる。本研究では、最新の設計を発展させた小型電界・磁界センサーの開発を行うことに加え、アナログ ASIC 技術を用いたプラズマ波動計測部の極端な小型化を図る。また、小型センサーノードに収まるシステムの設計・開発も同時に行い、宇宙圏電磁環境を捉えることのできる1つの完結したセンサーノードの機能を実現するための開発・研

究を行う。そしてこの成果を宇宙だけでなく地上における利用の方向性についても考慮していく。

2. 研究の進捗状況

本研究の研究手法としては、アナログ ASIC の開発・試作を用いてプラズマ波動観測器の極端な小型化を図るところがコアとなる。アナログ ASIC 技術は、デジタルのそれと異なり、その開発には非常に時間がかかり、特性もばらつくため、その設計・開発・試作には、多くの研究期間を要するが、本研究では、ここまでの3年間で非常に大きな飛躍をみており、宇宙計測用の本格的なアナログ ASIC 開発に向けて大きな進歩をもたらした。また、小型センサーにおいても従来の常識にとられない設計をほどこし、小型ながらも科学ミッションにも利用できる性能を発揮できている。以下に、ここまでの研究進捗状況について項目毎にまとめる。

- (1) プラズマ波動観測器を超小型にするための各種アナログ ASIC の設計・開発・試作を行い、これまでのところ、必要となる次のコンポーネント毎の開発に成功している。①初段低ノイズ差動アンプ、②帯域制限用第一 gm-C LPF、③ ゲイン切り替え型メインアンプ、④ アンチエリアシング用スイッチトキャパシタフィルタ、⑤ 中心周波数切り替え型 BPF。
- (2) アナログ ASIC 内に実現する gm-C フィルタは温度ドリフトが大きいいため、その補償回路をチップ内部に実現することに成功した。
- (3) アナログ ASIC において、上記コンポーネントをシステムとして組み込んだ波形

捕捉型のプラズマ波動観測器チップの第一試作に成功した。

- (4) 小型の電界センサー、磁界センサーを本センサーノード用にプリアンプも含めた小型化に成功し、その感度も微弱な自然発生プラズマ波動まで計測できることを実証した。
- (5) センサーノード内に実現する CPU とその処理・制御系などを含めた設計を行い、アナログ ASIC 部との I/F も確立したブレッドボードを試作し、小型センサーノード内に実現するための見込みをつけることができた。
- (6) 宇宙電磁環境をシミュレーションできる計算コードを確立し、それを利用して電界センサー感度評価を行うことに成功した。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している

本研究は、以下の点で計画以上に進展しているといえる。

- (1) 当初はアナログ ASIC の開発の難しさから、実現の可能性が確認できるレベルまでの研究を想定していたが、現時点で、実際の宇宙計測に耐えうるレベルのアナログ ASIC によるプラズマ波動観測器が実現できるところに達している。
- (2) ここで開発した電界・磁界小型センサーは、小型化故に、かなり感度が犠牲になる可能性があった。しかし、本概要のところにも記載しているように、本研究は宇宙空間における人工擾乱の計測を目的としているため、励起される波動強度が強い人工擾乱に対しては、問題ないと考えていた。センサーの開発に関しては、従来からの常識にとらわれない形で設計を行った結果、人工擾乱どころか、非常に強度の弱い自然波動現象まで捉えることができる性能が出るようになった。従って、本課題で研究を行っているシステムは、人工擾乱だけではなく、自然現象をターゲットとした観測にまで応用できることがわかった。

以上のことより、研究開始当初より、本格的なシステムへと発展できる基盤を本研究では築きつつある。

4. 今後の研究の推進方策

- (a) アナログ ASIC 内に実現できたプラズマ波動観測器のアナログ部についての特性の安定化を図る。特に温度ドリフトを補償する回路についての実証を行う。

(b) より本格的な小型プラズマ波動観測器を目指し、広帯域化、高ゲイン化に挑戦すると同時に、本センサーノードだけではなく多くの科学ミッションにも耐えられる性能を目指す。

(c) 小型センサーノードのシステムについてその組み込み技術を、これまでの BBM 開発を踏まえて考案する。

(d) 培ったアナログ ASIC 技術を用いて、アナログ ASIC でなければ実現できない新しいコンセプトの小型プラズマ波動観測器について検討を行い、本センサーノードへの組み込みを検討する。小型デジタル部との組み合わせで実現する新型プラズマ波動観測器の feasibility はすでに確認しており、来年度以降、本基盤 A の発展としての位置づけで、新規の研究課題として展開していく予定である。また、このような小型センサーを地上での活用(例えば、火口内部温度分布計測)についても研究を進展させていく予定である。

5. 代表的な研究成果

(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 6 件)

① Kojima, H., H. Fukuhara, Y. Mizuochi, S. Yagitani, H. Ikeda, Y. Miyake, H. Usui, H. Iwai, Y. Takizawa, Y. Ueda and H. Yamakawa, Miniaturization of plasma wave receivers onboard scientific satellites and its application to the sensor network system for monitoring the electromagnetic environments in space, Accepted for publication in *Advances in Geosciences*, 2010(査読あり).

② 小嶋浩嗣, 宇宙空間におけるプラズマ観測, 輻射科学研究科資料集, RS07-18, 2008(査読なし).

③ Y. Mizuochi, Miniaturization of plasma wave receiver for small scientific satellite missions, 2008 (supervised by H. Kojima), Proceedings of International astronomical congress, 2008(査読なし).

[学会発表] (計 18 件)

① Kojima, H., Y. Mizuochi, H. Fukuhara, H. Ikeda, S. Yagitani, Y. Miyake, H. Usui and Y. Ueda, Miniaturization of plasma wave receivers onboard scientific satellites for space future missions, AOGS2009, Singapore, 2009年8月12日[招待講演].

② 小嶋浩嗣, 宇宙電磁環境をモニターするセンサーネットワーク, 日本学術会議 URSI-C 委員会第 20 期第 7 回公開研究会, 木曾福島保健センター, 2008年8月29日[招待講演].