

宇宙圏電磁環境モニターセンサーノード用ループアンテナの高性能化の検討

坂本 洋平 [1]; 八木谷 聡 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]
[1] 金大・自然科学・電子情報; [2] 金沢大・自然研; [3] 京大・RISH

Development of Compact Loop Antenna Sensors Onboard Space Electromagnetic Environment Monitoring System

Yohei Sakamoto[1]; Satoshi Yagitani[2]; Hirotsugu Kojima[3]
[1] Electrical and Computer Engineering, Kanazawa Univ.; [2] Kanazawa Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.

We have been developing a new system for monitoring the electromagnetic environment in space, named as Monitor system for Space Electromagnetic Environment (MSEE). This system consists of a lot of scattered sensor nodes which form a sensor network. With this system we are planning to monitor electromagnetic environment around artificial structures such as spacecraft and space stations, as well as natural plasma waves in space plasmas.

Each sensor node carries electric and magnetic vector sensors to measure the six components of AC electromagnetic field. Here we need no high-quality sensors and receivers which achieve high accuracy and high time resolution. Instead, each sensor node can be small-sized, light-weight and cheap, where the sensors, preamplifiers, receivers, and a wireless communication module are equipped together in a compact body.

As an AC magnetic field sensor to be installed on such a sensor node, we have been developing a small-sized and light-weight loop antenna system. Three loop antennas are mounted orthogonally to one another around the chassis of the sensor node. By using 15 cm square loop antennas around the 10 cm cubic-shaped chassis of a sensor node, we evaluated the performance as a magnetic sensor. With 10 turns of loop winding, at first we designed a small, light and power-saving preamplifier circuit, whose PCB size was 10 cm square. By adopting a low-supply-voltages (+/-4.5 V) and low-noise operational amplifiers, the magnetic sensitivities obtained were: 10 pT/sqrt(Hz) at 1 kHz, 1 pT/sqrt(Hz) at 10 kHz and 100 fT/sqrt(Hz) at 100 kHz, respectively. The power consumption was 114 mW for the whole preamplifier circuit.

We have furthermore improved the performance of the preamplifier circuit. With a single power supply of 3.3V, the power consumption and the PCB size of the preamplifier have been reduced to less than 50 mW and 4.5 cm times 6.5 cm, respectively. The magnetic sensitivities obtained have been improved: 1 pT/sqrt(Hz) at 1 kHz, 100 fT/sqrt(Hz) at 10 kHz and 10 fT/sqrt(Hz) at 100 kHz, respectively, with which natural plasma waves could be observed. We will present the new BBM model and discuss the possibility of measuring the magnetic environment in space plasmas.

我々はこれまでの衛星搭載プラズマ波動観測技術を拡張・発展させ、宇宙圏電磁環境モニターシステムを開発している。このシステムは無線通信機能を有する多数の小型電磁界センサーノードで構成され、各ノード間で連携してネットワークを構築することで、宇宙空間における電磁界空間分布を詳細に測定することを可能とするものである。人工衛星などの飛翔体が周辺の宇宙プラズマに引き起こす電磁的な相互作用を詳細に計測することは、宇宙空間における人類の生存活動と宇宙プラズマとの相互作用を理解するために極めて重要である。プラズマ波動が電磁環境の変化に対して敏感に反応することから、飛翔体周辺でのプラズマ波動の擾乱を多点モニターすることで、その電磁環境情報を把握することができる。また、最近の検討で、このモニターシステムは自然の微弱なプラズマ波動もある程度観測できる目処がたっている。

各々の電磁環境モニター装置（センサーノード）には電磁波動の電界3成分、及び磁界3成分を測定するための電界センサーと磁界センサーが搭載される。ここでは、従来の科学衛星に搭載されてきたような高い精度・感度・時間分解能を有するセンサーや受信機は必要ないと考えられ、センサー及びプリアンプと受信機、無線通信機の機能を小型に集約した、安価な装置の開発を目指している。

我々は、この宇宙圏電磁環境モニターに搭載する磁界センサーとして、小型軽量のループアンテナの開発を行っている。交流磁界直交3成分を測定するために、モニター装置の筐体を中央に配置し、それを取り囲むように3組のループアンテナを各々直交させて配置する。前回の発表では、装置筐体を一辺10cmの立方体、その周囲に15cm四方の正方形ループアンテナを配置し、磁界測定性能の検討を行った。また、ループアンテナの巻数を10回巻、磁界測定帯域を数kHz~数百kHzとして、なるべく簡易な構成でプリアンプ回路の設計を行った。その結果、10cm*10cmの基板サイズで、低ノイズオペアンプを+/-4.5Vの両電源で駆動したところ、1kHzで10pT/ Hz、10kHzで1pT/ Hz、100kHzで100fT/ Hz程度の感度を実現できた。また、その際の消費電力は電源回路を含め、全体で114mWであった。

今回、更なる高性能化を図るためにプリアンプ回路の小型化、及び低消費電力化を行った。方針としては回路構成をより簡易なものに見直すことで、数cm*数cm程度の基板に配置できるように検討を行った。プリアンプ回路を3.3Vの単電源で駆動することを想定し、磁界プリアンプ全体（3軸分）で消費電力を50mW以下に抑え、基板を4.5cm*6.5cm程度のサイズにできる目処がたつた。また、感度に関しても前回より1桁程度の改善（1kHzで1pT/ Hz、10kHzで100fT/ Hz、100kHzで10fT/ Hz程度）ができる見通しがたち、自然プラズマ波動観測に対する有効性もある程度得られた。

現在BBMモデルの試作・評価中であり、発表では、前回からの改善点を紹介し、実際に宇宙プラズマ中で人工飛翔体周辺に生じる磁界環境、及び自然プラズマ波動を測定するための性能などをより細かく議論する予定である。