

## フローティング電源プリアンプを用いた宇宙プラズマ電界観測システムの開発

#田中 恵太<sup>1)</sup>, 栗田 怜<sup>2)</sup>, 小嶋 浩嗣<sup>2)</sup>

<sup>(1)</sup> 京都大学大学院工学研究科, <sup>(2)</sup> 京都大学生存圏研究所

## Development of an electric field measurement system in space plasmas using a preamplifier based on a floating power supply

#Keita TANAKA<sup>1)</sup>, Satoshi KURITA<sup>2)</sup>, Hirotugu KOJIMA<sup>2)</sup>

<sup>(1)</sup> Graduate School of Engineering, Kyoto University, <sup>(2)</sup> RISH, Kyoto University

In the observation of electric fields in space plasma, electric field detectors must cover a wide frequency range, from DC to 10 MHz, with high sensitivity. Because plasma is a dispersive medium, the impedance of electric field sensors is a function of frequency, and impedance matching between the sensor and preamplifier is impossible. An extremely high input impedance is required for the preamplifier to improve observation sensitivity. Additionally, electric field sensors exhibit complex features in measuring DC electric fields, influenced by the electrostatic potentials of the sensors and spacecraft charging.

The Japanese conventional design for preamplifiers features two independent units, each dedicated to DC or AC measurement, respectively. However, this structure leads to an impedance drop due to the interaction of the input impedances of two amplifiers, which declines sensitivity, especially in DC measurements.

On the other hand, European and U.S. missions have used floating power supply preamplifiers that automatically follow the DC voltage of the sensor by supplying power to the preamplifier at a potential independent from the satellite with an isolated DC/DC converter, and by using the output potential of the preamplifier as the potential reference of the converter. The input impedance in this method is theoretically infinite.

In this study, we propose a floating power supply preamplifier utilizing a bootstrapping power supply consisting of transistors, rather than isolated DC/DC converters, which are commonly used in conventional floating power preamplifiers. This is intended to operate in the same way as a European or U.S. floating power supply preamplifier, generating a constant current from the satellite's internal high-voltage power supply to create a floating potential independent of the satellite's potential, and using the preamplifier's output as the reference for the floating potential. This device does not need a DC/DC converter in the floating power supply, thereby eliminating the effect of switching noise on the observation results, which was a problem with the European and American types. Moreover, since the floating power supply system uses only one preamplifier, it can prevent sensitivity degradation in DC measurements, which was a problem with conventional Japanese satellites.

Through performance evaluations, we have confirmed that this design has a good DC response and linearity within  $\pm 98.5$  V, a flat frequency response up to approximately 3 MHz, and a low noise level comparable to that of the Arase satellite in operation.

In this presentation, we will show the outline and details of the new preamplifier under development, as well as the results of the performance evaluation of the test circuit.

宇宙プラズマ中における電界計測では、直流電場から広帯域の交流電場までを高感度に計測する必要がある。ここで、プラズマは分散性媒質であるため計測装置の電界センサーのインピーダンスが周波数の関数となり、センサーとプリアンプの間のインピーダンス整合をとることが難しい。このため、計測感度向上には、プリアンプの入力インピーダンスを極めて高くすることが求められる。また、特に直流電場の計測では、衛星やセンサーそのものの帯電が影響する複雑な系となり、正確な計測を行うには、センサーの電位制御などが重要となる。

過去の日本の観測衛星では、直流計測と交流計測のダイナミックレンジの違いから、交流計測用と直流計測用のプリアンプを並列してセンサーに接続する形式となっていた。しかし、この構造は、2台のプリアンプの入力インピーダンスの干渉から、特に直流計測側で、入力インピーダンスの低下を起し、計測感度の低下を招いていた。また、プリアンプが2台であるため、重量・サイズ・電力において多くのリソースが必要となっていた。

一方で、欧米の観測衛星では、絶縁型 DC/DC コンバータを用いたフローティング電源プリアンプが利用されてきた。これは、絶縁型 DC/DC コンバータにより、衛星から独立した電位で電力供給をプリアンプに行い、かつ、その電位基準をプリアンプの出力とすることで、電界センサーの直流電位に電力供給電位が自動追従するという方式である。この方式では、プリアンプを1つとできるため、インピーダンス低下を起さず、更に、これを衛星からブームを用いて離れた位置に置くことで、更に高感度の計測が期待できる。

本研究では、一般にフローティング具電源で用いられている絶縁型 DC/DC コンバータではなくトランジスタを用いたブートストラップ手法を利用したフローティング電源プリアンプを提案し、性能評価を行った。この方式では、衛星内部の高圧電源から定電流を作り、この電流を用いて衛星電位と独立な定電圧を発生させ、この定電圧の電位基準をプリアンプの出力電位とする。さらに、この電位をもとに高圧電源よりプリアンプへの電力供給を行うことで、欧米型のフローティング電源プリアンプと同様の動作を意図している。この工夫により、フローティング電源における DC/DC コンバータが不要となるため、欧米型の問題点であったスイッチングノイズによる観測結果への影響を無くすることができる。また、フローティング電源方式でありプリアンプは1つであることから、従来の日本の衛星の問題点であった直流計測にお

ける感度低下も防ぐことが可能である。性能評価では、 $\pm 98.5\text{ V}$ の間での直流応答と良好な線形性、およそ  $3\text{ MHz}$  までの帯域でのフラットな周波数特性、現在運用中の「あらせ」衛星と同程度のノイズレベルであることが確認できている。

本発表では、開発中の新型プリアンプについて、その概要と詳細、試験回路の性能評価の結果について報告する。