

木星探査機搭載用広帯域電波デジタル受信機の基礎開発研究

Development of Wideband Digital Radio Wave Receiver onboard Spacecraft to Jupiter

越田 友則 [1]; 熊本 篤志 [2]; 小野 高幸 [3]; 飯島 雅英 [4]; 三澤 浩昭 [5]; 土屋 史紀 [6]

Tomonori Koshida[1]; Atsushi Kumamoto[2]; Takayuki Ono[3]; Masahide Iizima[4]; Hiroaki Misawa[5]; Fuminori Tsuchiya[6]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理・地物; [5] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [6] 東北大・理・惑星プラズマ大気

[1] Geophys, Tohoku Univ; [2] Tohoku Univ.; [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [5] PPARC, Tohoku Univ.; [6] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

http://stpp1.geophys.tohoku.ac.jp/onolabHPver6.1/top/top_top.html

本研究は木星探査機に搭載可能な広帯域電波デジタル受信機の開発を目的として行われている。このデジタル受信機では Voyager 以来となる木星磁気圏でのデカメートル帯の木星電波 in-situ 観測を目指しており、この観測が実現すれば木星電波源の精密な測定を行い、Galileo 衛星群が木星電波に与える影響、太陽風が木星電波に与える影響等の謎が解明されることが期待される。また木星電離圏 in-situ 観測では初となるプラズマ波動観測、電磁波動観測も目指している。これにより UHR 波や Whistler 波の in-situ 観測によるプラズマ密度の観測、ESCH 波動の観測による HOT プラズマの分布並びにダイナミクスの解明を目指している。

本研究で開発されている受信機の特徴は、飛翔体に搭載されるプラズマ波動並びに電波受信機として、近年のデジタル素子の飛躍的な発達により可能となったデジタル信号処理用の半導体素子を用いていることである。同様な構成の飛翔体搭載用受信機としては低周波帯用に開発されており、SELENE 衛星搭載用として実用化されているが、高周波帯ではこれまで存在していない。受信機開発に向けての要求性能として搭載用として小型、軽量な方式であることと共に、数 10kHz~40MHz のダイナミックスペクトルが連続的に観測可能であること、位相まで管理された複数の受信機を用いることで電波到来方向が決定可能であること等があげられる。本開発研究は宇宙航空研究開発機構の推進する搭載機器基礎開発の一環としても進められているが、3年計画での開発が進められており、本研究では 0~24MHz までの評価モデルを用いた開発を中心にまとめる。

本受信機はアナログプリアンプ、アナログローパスフィルタ (LPF)、A/D コンバーター (ADC)、デジタルダウンコンバータ (DDC)、CPU または FPGA による制御部から構成される。本受信機の最大の特徴は電波を信号の周波数変換部に DDC を使用していることである。この DDC を用いる方式を採用することで、本受信機は周波数分解能が任意に設定できる特徴を持つ。従来のヘテロダイン方式の受信機では周波数選択特性向上のために水晶フィルタ等が用いられており、このため周波数の選択特性は自由に変えることが不可能であった。このため従来観測する周波数帯域に応じて必要な分解能を持つ受信機を個別に搭載しなければならなかったのに対して、DDC は観測周波数帯域に対応してプログラムで周波数分解能を変化させることができるため、1つの受信機で周波数分解能の異なる様々な周波数帯域がカバーできることになる。またデジタル処理によりダウンコンバートされた波形はチャンネル間の位相、振幅の差は厳密に維持されるため精密な電波到来方向の検出に応用することが可能である。

初期実験は高速 ADC 素子である AD9245 並びに高速 DDC 素子である ISL5416 の評価ボードを用いて行われた。受信機の評価は標準信号発生器より正弦波を印加して得られる周波数特性や、東北大物理 A 棟屋上のアンテナで受信される電波の試験観測スペクトルをスペクトルアナライザで観測したデータと対比して 0~24MHz に渡る帯域のスペクトルを試作受信機が十分な精度で計測できることを確かめた。

ADC・DDC を組み合わせた評価試験において、5MHz、20MHz の信号では 80dB 以上のダイナミックレンジを持つことが分かった。また、5MHz と 20MHz の入出力特性はほぼ一致しており、変換効率の周波数依存性もほとんど見られなかった。木星デカメータ電波の周波数帯域及び変動レンジは通常それぞれ 10~40MHz、40dB 程度 [Zarka 2004] となることから、今回検討を行なった ADC-DDC 部についても単体としては 20MHz 以下の帯域において十分な性能を持っているものと結論される。

2005 年度は、市販の評価ボードを組み合わせて構成した試作受信機を用いて、0~24MHz までの入出力特性の計測並びに試験観測を行った。2006 年度以降は最終評価モデルの開発を進める予定である。性能に加え、電力・重量の評価も行なえるようプリアンプ・デジタル信号処理部・制御部を実装した基板を製作し、40MHz までの受信性能の評価、4ch の同時処理・周波数掃引を行なうための制御ファームウェアの開発、出力データの表示を行なうためのソフトウェアの開発を実施する。