

SS-520-3/LFAS 搭載用デジタル処理部の FPGA モジュールの設計

高橋 翼 [1]; 笠原 禎也 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]; 頭師 孝拓 [2]; 太田 守 [1]; 尾崎 光紀 [3]; 八木谷 聡 [1]; 石坂 圭吾 [4]; 後藤 由貴 [1]

[1] 金沢大; [2] 京大・生存圏; [3] 金沢大・理工・電情; [4] 富山県大・工

Design of FPGA modules for digital processing part in the SS-520/LFAS

Tsubasa Takahashi[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Hirotsugu Kojima[2]; Takahiro Zushi[2]; Mamoru Ota[1]; Mitsunori Ozaki[3]; Satoshi Yagitani[1]; Keigo Ishisaka[4]; Yoshitaka Goto[1]

[1] Kanazawa Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] Electrical and Computer Eng., Kanazawa Univ.; [4] Toyama Pref. Univ.

The rocket SS-520-3 experiment will be performed in the next fiscal year. LFAS (Low Frequency Analyzer System), TSA (Thermal Ion Spectrum Analyzer) and IMS (Ion Mass Spectrometer) will be mounted on the SS-520-3 rocket. Energy exchange process between plasma waves and plasma particles via wave particle interaction is planned to be evaluated directly and quantitatively by SWPIA (Software-type Wave Particle Interaction Analyzer). We are responsible for the development of the digital data processing module for LFAS mounted in the SS-520-3 rocket.

LFAS contains two pairs of dipole antenna, and two receivers named EFD (Electric Field Detector) and WFC (Waveform Capture). The EFD measures electric wave field in the frequency range from DC to 400 Hz and the data will be sent by analogue telemetry, while WFC covers electric field measurements in the VLF range below 10 kHz and generate digital data which consist of one channel of spectrum and two channels of waveform.

Two FPGAs will be installed in the LFAS. One FPGA is supplied to the WFC digital part and another one is used for a common digital part of LFAS. WFC digital part performs data compression of waveforms and generation of spectrum data. Two channels of waveform data will be sampled at 30 kHz and digitized into 16 bits/sample, and fed into the first FPGA. In addition, as a counter to secure the synchronousness between waveforms and particles, SWPIA counter is generated in the FPGA. In the waveform compression module, subband compression is carried out every 1,024 points. In the spectrum generation module one set of 512 points of FFT followed by two combinations of 1/8 decimation and 512 points of FFT are performed in parallel, and the logarithm amplitude is finally calculated. It observes spectrums of three frequency bands, that is, 1 kHz - 10 kHz, 100 Hz - 1 kHz and below 100 Hz. Both the compressed waveform and spectrum data are transmitted to another FPGA which is responsible for a common digital part of LFAS. It performs telemetry transmission processing afterwards.

We have already developed a baseline of waveform compression as well as spectrum processing, and inspected that these modules work fast enough to process these data within real-time. We also confirmed that the total amount of generation data is within telemetry transmission capacity. As a next step, it is necessary to decide the details of the I/F with the peripheral circuits including the data entry part from ADC and the data output part after the processing.

In the presentation, we report further detailed signal processing section and the I/F with peripheral circuits, observation sequence.

2000年12月4日に観測ロケット SS520-2号機を用いて、極域カスプ領域における重イオンの加速・加熱の解明を目的としたロケット実験が行われた。SS-520-2号機にはイオンの加速・加熱機構に大きく寄与していると考えられているプラズマ波動を観測するためにプラズマ受信機 (Plasma Wave Analyzer : PWA) が搭載され、PWAにはDSPを用いて日本初のオンボードリアルタイム波形圧縮処理機能が実装された。同様の観測目標を達成するための後継実験として、来年度にSS-520-3号機による北欧ロケット実験が予定されている。SS-520-3号機には低周波波動解析システム (Low Frequency Analyzer System : LFAS), 熱的イオン分析器 (Thermal Ion Spectrum Analyzer : TSA) や低エネルギーイオン質量分析器 (Ion Mass Spectrometer : IMS) などが搭載される。また、「ソフトウェア型波動粒子相互作用解析装置 (Software-type Wave Particle Interaction Analyzer : WPIA)」により取得したデータから波動粒子相互作用によるプラズマ粒子とプラズマ波動間のエネルギー交換過程を直接かつ定量的に評価する予定である。本研究ではこのSS-520-3観測ロケット搭載のLFASのデジタル処理部の開発を行う。

LFASは2組のダイポールアンテナと電場観測器 (Electric Field Detector : EFD), 波形捕捉受信器 (Waveform Capture : WFC) と呼ばれる2種類の受信器を搭載している。EFDではDCから400 Hzの電界を計測しそれをアナログテレメトリで送信する。また、WFCでは電場2成分 (CH1, CH2) の10 kHz以下の低周波信号を計測し、地上へは1チャンネルのスペクトルデータと圧縮処理を施した2チャンネルの波形データを伝送する。

WFCデジタル部の詳細について述べる。それには単体のFPGAが供給される。これは、前回のSS-520-2号機では波形圧縮などの信号処理をDSP上でソフトウェア処理をしていたものをFPGAに変更することで高速化・小型化を図るのが目的である。このFPGA上で波形データの圧縮処理とスペクトル観測を行う。ここで、WFCデジタル部にはサンプリング周波数30 kHzでADCから量子化ビット数16 bitの2chの波形データが入力される。また、波形と粒子の同期性を確保するためのカウンタとして、SWPIAカウンタをFPGA内部で生成する。波形処理部では、信号を複数の周波数帯域に分割し、分割された各帯域での信号強度の違いを利用し、ビット長を削減する圧縮手法であるサブバンド圧縮を1,024点ごとに行う。スペクトル処理部では、1/8デシメーションと512点FFTを行い、最終的に対数振幅を算出して1 kHz - 10 kHz, 100 Hz - 1 kHz, 100 Hz以下の3つの帯域を観測する。その後、処理を施したデータは後段のテレメトリ送信処理を行うFPGAに送信される。

現状では、波形の圧縮処理及び、スペクトルの生成処理ともにリアルタイムで処理が行えることが検証済みであり、テレメトリ伝送容量内にデータを収めることにも成功した。FPGA 内部の信号処理モジュールは基本動作の確認を終えているが、ADC からのデータ入力部や処理後のデータ出力など、周辺回路との I/F については今後詳細を詰める必要がある。発表の際にはさらなる詳細な信号処理部と、周辺回路との I/F、観測シーケンスについて説明する。