

水星探査衛星 MMO PWI 機上ソフトウェア処理における効率化の検討

寺尾 康宏 [1]; 笠原 禎也 [1]; 後藤 由貴 [1]; 笠羽 康正 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]; 井町 智彦 [1]; 水星ミッション・プラズマ波動班
松本 紘 [4]

[1] 金沢大; [2] 東北大・理; [3] 京大・RISH; [4] -

Investigation of efficient data processing method for the PWI software onboard MMO spacecraft

Yasuhiro Terao[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Yoshitaka Goto[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Hirotsugu Kojima[3]; Tomohiko IMACHI[1]; Hiroshi Matumoto Mercury Mission Plawas Wave Team[4]
[1] Kanazawa Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] -

BepiColombo is a collaborative project between Japan and Europe to explore the mercury. MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter) is one of the spacecraft of the project and it aims to investigate the mercury's magnetosphere. PWI (Plasma Wave Investigation) is one of the scientific instruments onboard the MMO and it measures both electric and magnetic wave fields.

PWI consists of two sets of electric sensors (MEFISTO and WPT), three orthogonal magnetic sensors (LF-SC and DB-SC), and three receiver components (EWO, SORBET and AM2P). EWO measures electric and magnetic waveforms and spectra from DC to 20 kHz (it measures electric wave field up to 120 kHz in the solar wind). SORBET covers the higher frequency range up to 10MHz and measures spectrum and thermal noise. AM2P is an active receiver and it measures antenna impedance and electron temperature.

In order to operate the PWI with an optimum observation mode, the PWI is controlled by a MDP (mission data processor) and the data outputs from the PWI are processed by onboard software on the DPU implemented in the MDP.

In the current design, onboard software for the PWI will be configured by the following three applications: (1) nominal data processing in bit-L and M mode, (2) special data processing such as calibration, and (3) burst data processing in bit-H mode. In the past presentation, we reported a base concept of software design. In this presentation, we make a progress report on the detailed design.

First, the data operation policy of the spacecraft in bit-L mode has changed from exclusive operation against bit-M mode to continuous operation. Secondly, the data processing for bit-M was also changed. The bit-M data will be continuously processed and stored on the spacecraft data recorder and selectively transmitted to the ground by the command. Following this modification, we revised nominal data processing flow of the PWI software, and we estimated precise computational loads and work areas for individual data processing.

EWO-OFA produces spectral data of electric and magnetic wave fields by the onboard software. Particularly for the very-low(VL)-mode, in which production of spectral data for magnetic wave field below 32Hz with a frequency resolution of 1Hz is required, it is necessary to spend much computational load and work area. In order to solve this problem, we propose a new signal processing method for the VL-mode, in which we introduce decimation filter applying noble identity and polyphase algorithm, in order to meet the restriction of the computational load and work in the MDP.

BepiColombo 計画は 2 機の科学衛星で構成される日欧協力の水星探査プロジェクトで、MMO(Mercury Magnetospheric Orbiter) は水星磁気圏の観測を主目的とする衛星である。MMO には、電磁界波動を観測する PWI(Plasma Wave Investigation) が搭載される。

PWI は、2 対の直交電界アンテナ (MEFISTO・WPT) と直交 3 軸サーチコイル (LF-SC・DB-SC) で構成される電磁界センサ、受信器として DC から 20kHz (ただし太陽風中の電界成分は 120kHz) までの電磁界波形・スペクトルを観測する EWO、さらに高域の 10MHz までのスペクトルと Thermal Noise を観測する SORBET、アクティブ受信器としてアンテナインピーダンスと電子温度計測を目的とする AM2P から構成される。

時々刻々と変化する多様な観測環境に合わせて柔軟に観測モードを切替えて運用するため、PWI は MDP と呼ばれるユニットに搭載された DPU 上のソフトウェアで制御・機上データ処理を行なう。DPU にはリアルタイム OS が装備され、PWI 関連のソフトウェアアプリケーションは、(1) 常時処理 (Bit-L、M モード)、(2) キャリブレーションなどの特殊処理、(3) 高分解能バーストデータ (Bit-H モード) の 3 種に分けて実装が計画されている。前回の発表 [1] では、ソフトウェアの概念設計を述べたが本発表ではその後の詳細設計について報告する。

まず、Bit-L、M モードに関する衛星運用方針が、従来は排他的運用だったものが、Bit-L をサマリ観測として常時使用し、Bit-M は一旦機上データレコードに蓄積後、選択的に地上伝送する方式に変更された。これに伴い PWI の常時処理ソフトも処理フローの見直しを行った。次に各処理プロセスにおける精密な計算負荷およびワークエリアの見積りに着手した。

EWO-OFA は、電場・磁場のスペクトルデータを生成するが、特に磁場では、(1) 上限周波数 20kHz の High(H)-mode、(2) 上限周波数 6kHz の Low(L)-mode、(3) 上限周波数 32kHz までの Very-low(VL)-mode が計画されている。特に VL-mode は、上限が 20kHz または 6kHz までの生波形データをソフトウェア処理によって、周波数分解能 1Hz のスペクトルデータにするため、計算負荷、ワークエリアの双方の制約から実現が大変困難なものである。従来は計算量を減らすために、

エリアジングの影響を受けることを覚悟で点数を間引いて FFT を行う方法が検討されていた。しかし、その後の検討で実現可能な処理手順を見出すことができた。

具体的には、波形データに対してデシメーションフィルタを通すことで上限周波数とサンプリング周波数を下げる。この過程で、ノーブル恒等変換とポリフェーズ分解を適用することで、計算量の大幅削減に成功した。定量評価においても MDP で実現可能な計算負荷とワークエリアで、高精度のデータが得られることを確認した。

本報告では、上述の VL-mode 処理をはじめ、PWI 機上ソフトウェア設計の現況と各処理に対する効率化の検討結果について報告する。

[1] 寺尾ほか、第 124 回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集, 2008.