

MMO-PWIの機上ソフトウェア処理負荷の定量解析

山脇 聖 [1]; 笠原 禎也 [1]; 笠羽 康正 [2]; 小嶋 浩嗣 [3]; 井町 智彦 [1]; 松本 紘 [4]; 水星ミッション・プラズマ波動班 松本 紘 [5]

[1] 金沢大; [2] 東北大・理; [3] 京大・RISH; [4] 京大; [5] -

Estimation of the CPU load of the onboard software for the MMO-PWI

Satoshi Yamawaki[1]; Yoshiya Kasahara[1]; Yasumasa Kasaba[2]; Hirotsugu Kojima[3]; Tomohiko IMACHI[1]; Hiroshi Matsumoto[4]; Hiroshi Matumoto Mercury Mission Plasmas Wave Team[5]

[1] Kanazawa Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] RISH, Kyoto Univ.; [4] Kyoto Univ.; [5] -

MMO (Mercury Magnetospheric Orbiter) is one of the spacecraft of BepiColombo project to explore the Mercury's magnetosphere. PWI (Plasma Wave Investigation) onboard the MMO measures both electric and magnetic fields below 10 MHz and 1 MHz, respectively. PWI consists of two sets of electric sensors (MEFISTO and WPANT), two kinds of magnetic sensors (DB-SC and LF-SC), and three receiver components (EWO, SORBET and AM2P). The digital outputs of each receiver are stored in the onboard memories installed inside the MDP (Mission Data Processor), and the CPU inside the MDP performs necessary processes such as data compression, FFT calculation and delivering the processed data to the central data handling unit of the spacecraft. In the present paper, we introduce the current status of the software design for the PWI onboard the MMO.

EWO consists of three receivers, EFD, WFC and OFA. EFD is dedicated to observe DC or very low frequency electric field up to 30 Hz. WFC and OFA are a waveform capture and spectrum receiver up to 20 or 120 kHz, respectively. Spectral data of OFA will be transported in the nominal operations, and waveform data of WFC will be additionally transported after data compression in the high bit-rate mode. As the data telemetry budget is extremely limited compared with the raw data rate and the WFC/OFA account for the dominant part of the CPU load and data amount of the PWI, it is necessary to work out intelligent algorithms to manage the raw data from each subsystem and to reduce them retaining the maximum scientific output onboard the satellite.

Data compression concept is also important to achieve higher data compression ratio as well as to keep fine data quality for scientific objectives. Both lossless and lossy compression algorithms are taken into account. Several methods are examined to estimate the performance of their compression efficiency, data quality and CPU loads.

The design of the onboard software is still in a preliminary stage, and further optimization of the algorithm and comprehensive parameter survey will be needed from a scientific point of view.

MMO 衛星 (Mercury Magnetospheric Orbiter) は、日欧共同プロジェクト BepiColombo 計画で水星磁気圏観測を目的としている。MMO に搭載されるプラズマ波動観測器 PWI (Plasma Wave Investigation) は、電磁界の波形・スペクトル観測を目的とする。PWI は、センサーで取得した電磁界信号を早い段階で A/D 変換し、データ処理部 (MDP) 内の CPU を用いたソフトウェア処理によってミッションパケットを生成する。未知の観測対象から最大限の情報を得るために、機上ソフトウェア処理では有用データの選別と圧縮、更には観測条件に応じて自律的に最適な観測を行う機能が求められる。本稿では、MDP 内の PWI 観測データに関するオンボードソフトウェア処理法の検討状況の現況を報告する。

PWI は、電界 2 成分・磁界 3 成分を観測するセンサーと、~ 30 Hz の電界を測る EFD、~ 20 or 120 kHz までの電磁界波形とスペクトルを測る WFC/OFA、高域スペクトルを測る SORBET、アクティブ受信器である AM2P から構成される。電磁界センサーはスウェーデン、フランス、日本で分担し、SORBET、AM2P はフランスで、EFD/OFA/WFC ならびにソフトウェアは日本で設計がすすめられている。PWI のソフトウェア処理において、WFC/OFA の生成データ・処理負荷が最も大きいため、現在は主に WFC/OFA について検討をすすめている。

EWO (EFD/WFC/OFA) は、WPANT・MEFISTO と命名された 2 種類の電界センサー、DB-SC・LF-SC なる磁界観測用サーチコイルを用いて観測した電磁界波形を A/D 変換したデータをいったんデータ処理部 (MDP) 内のリングバッファメモリに蓄積し、テレメトリのデータレートに応じて FFT・平均・圧縮などの処理をし、地上に伝送する。OFA はスペクトルデータの常時観測を目的としており、受信器から高レートで流れてくる生波形データを連続的に MDP 内のメモリに取り込みつつ、短時間でスペクトルを生成する能力が必要となる。観測の上限周波数である 20 or 120 kHz までを擬似対数的な周波数分解能でスペクトルデータを生成する方法について、計算量・メモリ使用量などのリソース上の制約と、サイエンス上のアウトプットを十分得るために必要な時間・周波数分解能とのトレードオフを検討中である。一方、WFC は通常はリングバッファに蓄積されたデータから、サイエンス的に重要と判断されるデータをトリガリングアルゴリズムを駆使して抽出し、これらトリガリングイベント時のデータを、テレメトリが高ビットレート時にバースト的に生波形データとして地上伝送する。極一部のデータしかダウンリンクできないため、サイエンス的に意義のあるデータを選別するトリガリングロジックと、高圧縮率のデータ圧縮アルゴリズムの実装が課題である。

OFA のスペクトルデータ生成法の検討と並行して、限られたデータレートを有効に活かすべく、PWI 内部で生成されるデータの圧縮法を検討中である。データ圧縮においても特に伝送データ量 OFA、WFC が占める処理負荷が多く、前述の OFA スペクトル生成処理と圧縮処理のそれぞれに割り当てる、CPU ロード/メモリなどのリソース配分の最適化が必要である。OFA のスペクトルデータには可逆圧縮・2 次元非可逆圧縮双方について、また WFC の波形データには 1 次元非可逆圧縮の適用を検討しており、個々のミッションデータ生成に必要な CPU 負荷・データ圧縮率の見積もりと、サイエンス遂行上、必要なデータクオリティーとの関係性を評価し、最適アルゴリズム・パラメータについて比較検討を行っている。

本報告では、個々のプロセスの処理負荷を定量的に評価し、総合的にサイエンスアウトプットが最大になるソフトウェア仕様について議論する。