

X線CCDを用いた惑星探査用蛍光X線分光計測装置の開発 ~ MUSES-C 搭載用NIXシステムの機上ソフトウェア開発 ~

Development of X-ray CCD based XRS onboard spacecraft : Software development for on-board computer on MUSES-C

山本 幸生[1], 白井 慶[2], 岡田 達明[3], 松田 智規[1], 加藤 学[1]

Yukio Yamamoto[1], Kei Shirai[2], Tatsuki Okada[3], Tomoki Matsuda[1], Manabu Kato[1]

[1] 宇宙研, [2] 名大・理・地球惑星, [3] 宇宙研・惑星

[1] ISAS, [2] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ, [3] Div. Planet Sci., ISAS

小惑星探査機 MUSES-C や月周回衛星 SELENE に搭載される蛍光X線分光計(XRS)は、その制御をオンボードコンピュータ(OBC)を用いて行う。MUSES-CではXRSは近赤外分光計(NIRS)と同じOBCを用いており、これら2つを併せてNIXと呼ぶ。NIXへの命令はデータハンドリングユニット(DHU)を用いてコマンドパケットを送信することで実現される。また取得したデータや、搭載機器の健康状態などは、NIXからDHUへのテレメトリパケットとして送信される。本発表ではNIXの概要、コマンド・テレメトリの詳細について、実際に搭載されるソフトウェアの開発状況を中心に報告する。

小惑星探査機 MUSES-C、月周回衛星 SELENE に搭載される蛍光X線分光計(XRS)は、その制御をオンボードコンピュータを用いて行う予定である。実際に MUSES-C で用いるソフトウェアの開発を元に、どのような機構で XRS を制御し、観測データの取得が行われていくのかを説明する。

オンボードコンピュータ(OBC)は主にCPU(SH-3)、EEPROM、DRAMで構成されている。機上ソフトウェアはEEPROMに書き込まれ、DRAMはソフトウェアのワーキングエリアや観測データなどの格納先として使用される。

MUSES-C ミッションにおいては、XRSは近赤外分光計(NIRS)と併せてNIXと呼ばれ、OBCを共有して用いる。NIXへの命令はデータハンドリングユニット(DHU)を通してコマンドパケットとして送信される。また観測データや観測装置の健康状態などは、テレメトリパケットとしてDHUへ送信される。

MUSES-CのコマンドパケットやテレメトリパケットはCCSDS勧告に基づいたパケットを用いており、その構成はプライマリヘッダ、セカンダリヘッダ、データからなり、その内容はコマンドパケットとテレメトリパケットでは異なっている。

コマンドパケットは大別して2種類ある。「XRSアナログ電源ON」のような、パラメータを必要としないDCコマンドと、「XRSの動作モード変更」のようなパラメータを必要とするSMコマンドである。

テレメトリパケットの種類としては、HKパケット、ダンプパケット、レポートパケット、ステータスパケット、ミッションパケットの5種類がある。HKパケットは観測機器の健康状態を見張るためのパケットであり、送信頻度が高い反面、非常に限られたデータのみを送信することが可能である。これに入りきらないものはステータスパケットとして送信することが可能である。観測機器が取得したデータなどはミッションパケットとして送信する。こうして作成されたパケットを送信するタイミングには制限がかかっており、ソフトウェアでこれらの送信タイミングを制御している。

以上のことから分かるように、機上ソフトウェアの開発では各装置の操作のほかにD、DHUとのインターフェイスを考慮したパケットの送受信処理や、OBCの制御処理を必要とする。

これらの処理は主にC言語を用いて開発を行っている。その理由としてはCPUがRISC系であること、EEPROMの容量が128KBとサイズが大きいことである。RISC系CPUはパイプライン処理等によってアセンブラ言語レベルでのプログラミングが困難である。またC言語は一般的にアセンブラ言語よりもサイズが大きくなるが、128KBはC言語で書いても上記の処理を行うには十分なサイズである。

メインルーチンでは主にコマンドパケットの解釈、搭載機器の操作を行っている。送られてきたコマンドパケットはコマンドバッファ領域に保存されるので、それを解析し観測機器のモード変更を行う処理が記述されている。また実際の観測データの取得処理もここに記述される。

メインルーチンのほかに、OBCにはいくつかの割り込みが発生する。100msec間隔で定期的発生するスロットタイミングパルス(STP)と呼ばれる割り込みや、コマンドパケットが送られてきた場合に発生するコマンド割り込みなどである。STP割り込みを用いることにより、メインルーチンとは別の、時間間隔を厳守すべきような処理を記述することが可能となる。例えばテレメトリパケットの送出タイミングなどがそれである。コマンドによる割り込みでは、送られてきたコマンドパケットをコマンドバッファ領域へ複製する処理が記述されている。

MUSES-Cに搭載されるXRSはこのようにしてソフトウェア制御を行い、これらのソフトウェアは現在開発中である。今後、MUSES-Cの運用を模擬した動作試験を行っていく予定である。