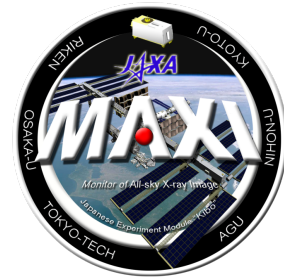




全天X線監視装置「MAXI」の データアーカイブ開発 (2)



中川 友進¹、海老沢 研¹、中平 聡志¹、上野 史郎¹、
富田 洋¹、木村 公¹、杉崎 睦²、芹野 素子²、三原 建弘²、根來 均³

1) 宇宙航空研究開発機構、2) 理化学研究所、3) 日本大学

2014年度・宇宙科学情報解析シンポジウム
2015年2月13日

■ 全天X線監視装置「MAXI」

特徴

- 国際宇宙ステーション（ISS）の「きぼう」日本実験棟の曝露部に搭載
- ISSが地球を周回することにより、全天のX線を監視
- これまでのX線監視装置の中で最高感度

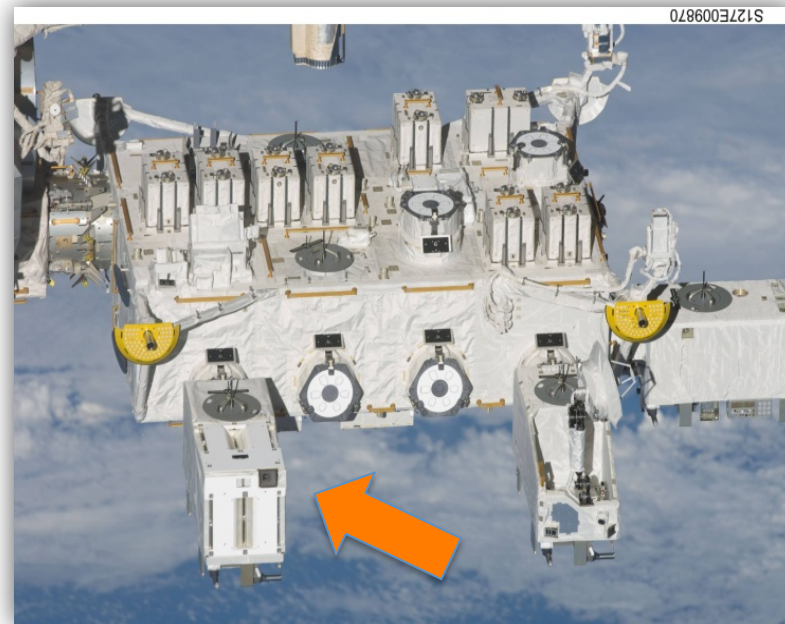
科学的目的

- X線突発天体の発見と即時通報
- 全天のX線天体の継続的な監視
- ブラックホールなどのX線天体の性質の解明

マスタープラン

- 2009年7月：打ち上げ
- 2009年8月：観測開始
- 2009年10月～2012年10月：定常運用
- 2012年11月～2015年3月：後期運用（**現在**）
- 2015年4月～2018年3月：運用延長を申請中

ISSに搭載されたMAXI



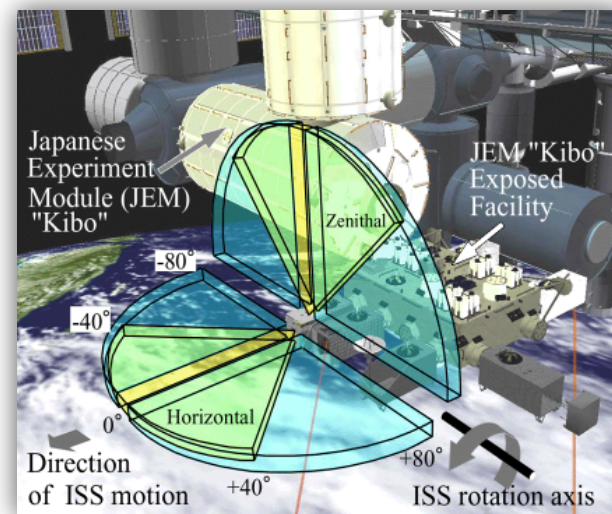
Gas Slit Camera (GSC)

- 一次元位置検出型ガス比例計数管（12台）
- 視野：160度×1.5度（2方向）
- エネルギー帯域：2~30 keV
- エネルギー分解能：18% at 5.9 keV
- 位置決定精度：0.1度

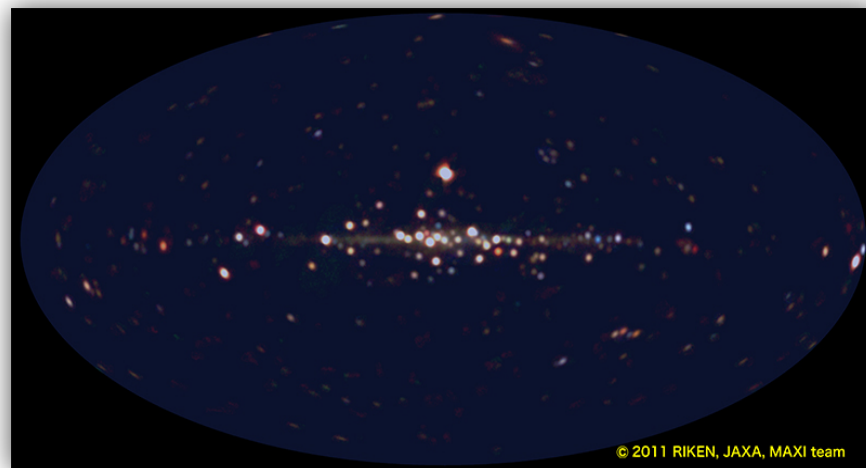
Solid State Camera (SSC)

- X線CCD（32個）
- 視野：90度×1.5度（2方向）
- エネルギー帯域：0.5~12 keV
- エネルギー分解能：<150 eV at 5.9 keV
- 位置決定精度：0.1度

GSCの視野



MAXIによる全天X線画像



● 利用促進と科学的成果の最大化

- 大量の観測データがあるため、MAXIチームでは十分な解析を行えない。
- 解析していない観測データがある。
- 天体現象を見落としている可能性がある。
- 科学的成果の再検証を可能にする。

全世界の科学者が容易に利用できるデータ解析システムとデータの恒久的な保管が重要

データアーカイブ～要求事項～

データの保管・公開

- 高エネルギー宇宙物理学で標準的に使用されているFITS形式で保管
- C-SODA/JAXAのDARTSに保管・公開
- コピーをGSFC/NASAのHEASARCに保管・公開

データプロセッシング

- 最新の較正を適用
- エンドユーザーによる再較正は不要
- 新しい較正を適用した場合は、新しいバージョンとして公開

データ解析ソフトウェア

- HEASARCで保守されているHEASoftとCALDBを使用

データサービス

- DARTSとHEASARCにおいて、ユーザーが天体座標や観測期間を指定し、ftp/httpプロトコルを用いてデータをダウンロードできるサービスを提供
- より高度なユーザーインターフェースをDARTSのJUDOやUDONで提供予定
(ポスター：海老沢ほか「全天画像表示システムJUDOの高速化とMAXI時系列データの実装」を参照)

■ データアーカイブ～キーポイント～

PostgreSQLのデータベース（MAXIDB）のアーカイブ化

MAXIDBはPostgreSQLのバージョン依存があり、ハードウェア・ソフトウェアは日々アップデートされるので、恒久的にMAXIDBを維持するのは困難

- PostgreSQLのテーブルをそのままFITS化してアーカイブ化
- FITSは仕様が決まっており、FITSを読み書きするソフトウェアはHEASARCでメンテナンスされるので、半恒久的にデータを利用可能

データプロセス・科学解析のソフトウェアの整備

観測方法が特殊であり、MAXIチームのコアメンバーのみの使用を前提に作成されたソフトウェアであるため、データプロセスや科学解析が容易では無い

- データプロセスに使用する、ソフトウェアの仕様や実行手順を整理・改善
- エンドユーザーが扱いやすいように、データ解析の手順を再設計し、簡単に科学プロダクトを生成できるPerlスクリプト「mxproduct」を開発
- 誰でも分かるマニュアルの整備

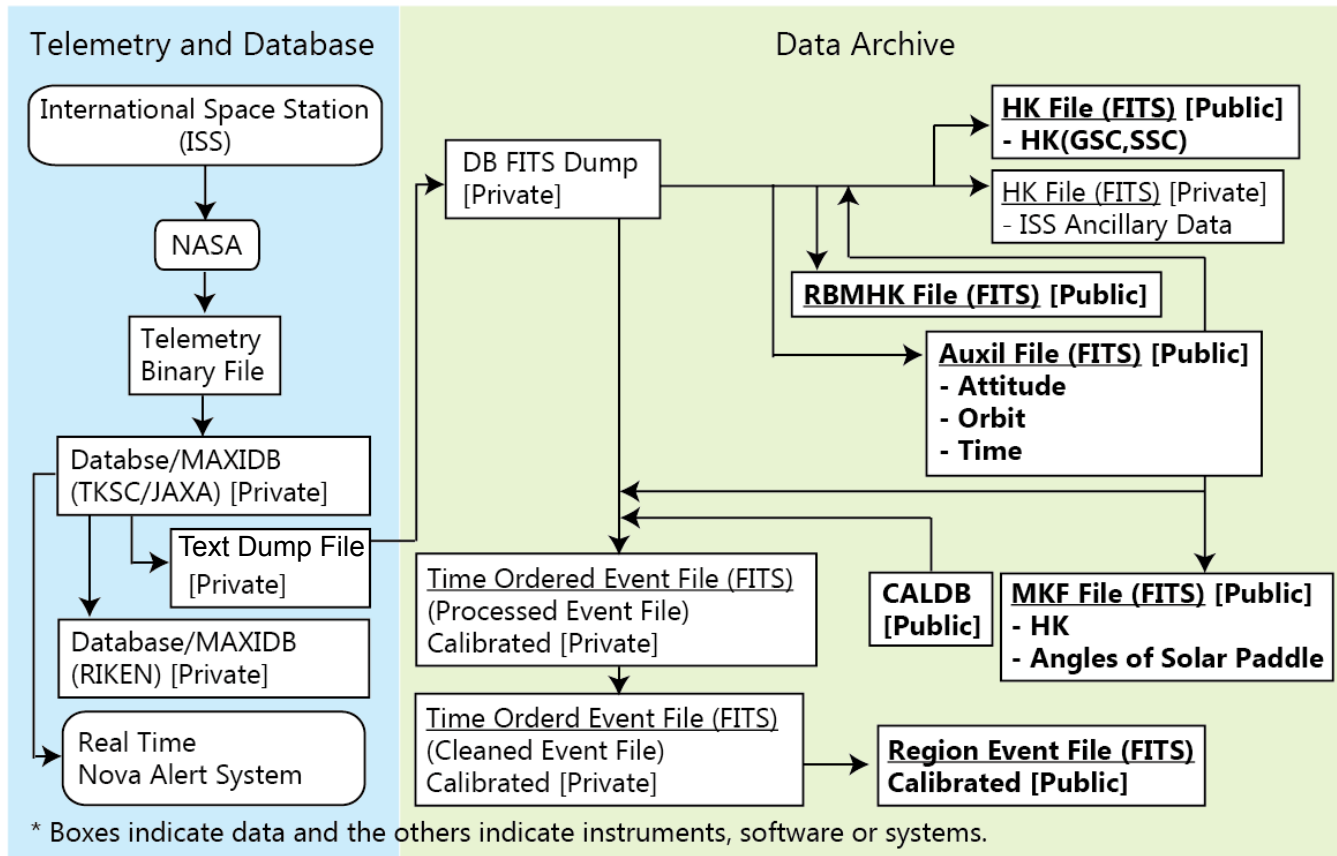
データアーカイブのシステム設計の文書化

- 様々な形態（Wiki、メール、口伝など）の情報を整理し、「アーカイブ基本設計書」として文書化し、後世の研究者やエンジニアが見た時に、MAXIのデータアーカイブの設計を把握できるように整備

データアーカイブ～データフロー～

- PostgreSQLを用いたMAXIデータベース「MAXIDB」のテキストダンプをFITS化した「DB FITSダンプ」を用いてデータアーカイブを構築
- パイプラインスクリプトによりデータを1日毎に自動的にプロセス・公開
- 全天を768個の領域に分けてイベントファイルを提供

データフローチャート



データアーカイブ～エンドユーザーの解析～

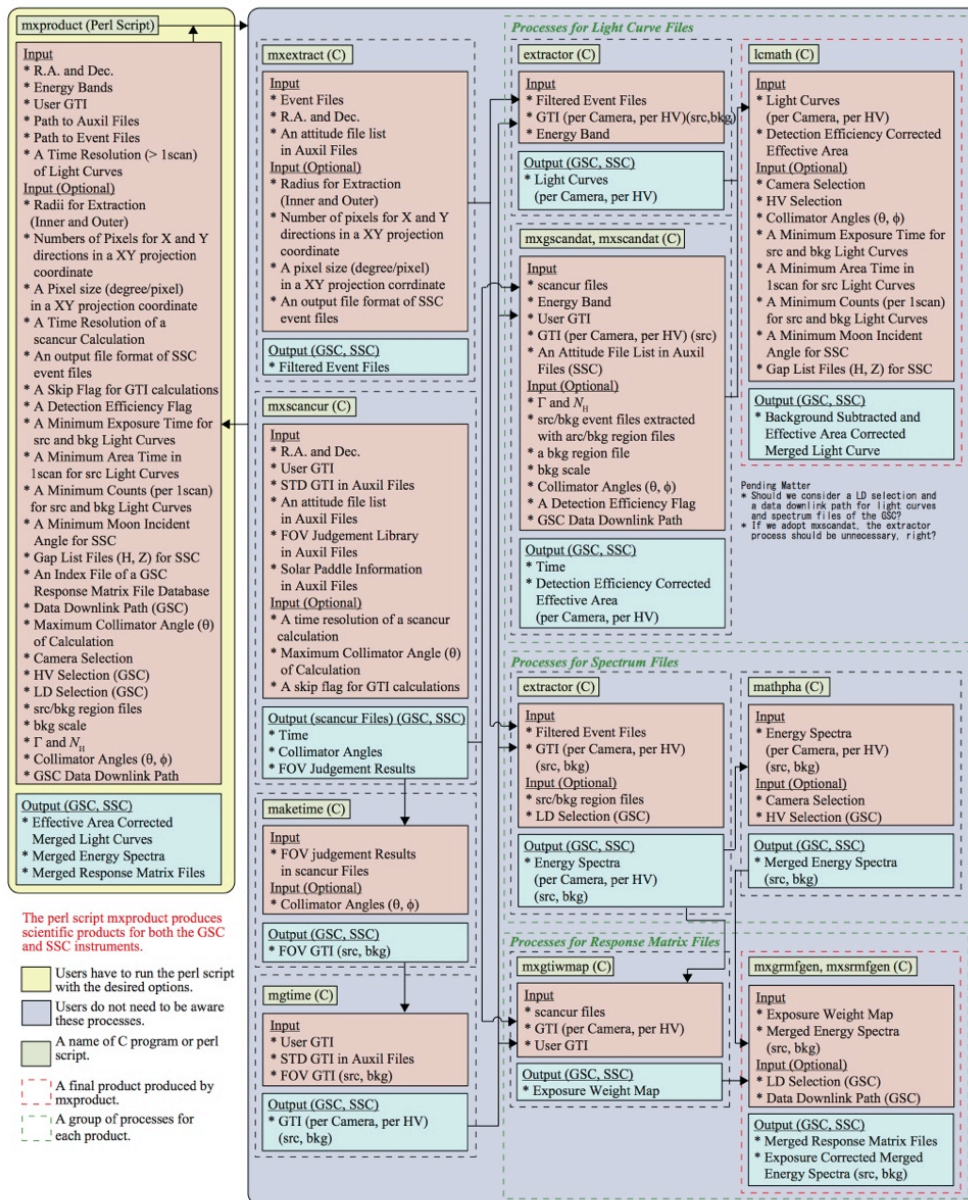
科学プロダクトの生成の簡易化

- MAXIの観測方法が特殊なため、データ解析は簡単ではない
- エンドユーザーが簡単に科学プロダクトを生成できる、Perlスクリプト「mxproduct」を開発

ユーザーが行う「3ステップ」

- 1) ソフトウェアとデータを用意
- 2) mxproductに天体座標、観測期間を与えて実行（オプションにより高度な解析に対応）
- 3) 生成されたイメージ、エネルギースペクトル・検出器応答関数、光度曲線を用いて科学解析

mxproductのフロー



MAXIアーカイブ開発からの教訓

教訓（1）

- 後期運用（2012年11月～）になってから本格的に開始したため、ソフトウェアの様々な部分で作り直しが生じている。

アーカイブの開発はミッションの早い段階で検討・設計するのが大事

教訓（2）

- MAXIDBからFITS化したデータについて、どの機関の、どのサーバーの、どこにあるデータが正規か明確に決まっておらず、頻繁に変更がある。

一つの機関で一元管理するか、システム構造を文書化・更新することが大事

教訓（3）

- 「誰かの頭の中」にだけある知識が多くあり、情報収集に時間を費やした。

共有できる形で文書化を徹底することが大事（例えばWikiなど）

教訓（4）

- 様々なソフトウェアパッケージがあるが、必ずしも相互に足並みを揃えて開発されていない。知らないうちに関数名が変更されていたり、メインバージョンが分岐して開発されていた。

- 同様な機能のソフトウェアが2つ作成されていた。

ソフトウェア開発の管理・情報共有が大事（例えばRedmineなど）

現状と今後の展望

進捗状況

- パイプラインプロセスのフロー、およびディレクトリ構造やファイル名を含むデータアーカイブの構造を決定
- DB FITSダンプ、イベントファイルなどを生成するソフトウェアを整備中
- パイプラインプロセスを自動的に行うスクリプトを開発中
- エンドユーザーが簡単に解析できるように手順を整理、ソフトウェアの改善
- 決定事項を「アーカイブ基本設計書」として文書化

今後の計画

- 2015年3月より試験公開を開始することが目標
- 公開後に新しく観測されたデータは自動的に処理・公開
- 較正に有意な改善が生じたら、バージョン2としてデータアーカイブを公開
- 誰にでも分かり易い「解析マニュアル」の整備

期待される成果

MAXIのデータの利用の促進、および科学的成果の最大化

- X線天体の長期変動などの査読論文の増加
- 他派長の研究者による利用