

Sloan Digital Sky Survey を使ったデータベース天文学 SDSS の公開サービスを使って、特異銀河の伴銀河カタログを作る

山内 千里 (宇宙科学情報解析研究系
/C-SODA 科学データ利用促進グループ)

SDSS とは

スローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS; <http://www.sdss.org/>) は、全天の約 4 分の 1 を可視光 (5 バンド) でデジタル撮影し、さらに分光観測も行ない、これらをカタログ化するサーベイプロジェクトです。米国アリゾナ州にあるアパッチ・ポイント天文台の口径 2.5m 広視野望遠鏡をフル稼働させ、現在も観測が続いています。2007 年の 6 月に、データ・リリース 6 (DR6) が公開され、画像データによる 2 億 8700 万の天体カタログ、分光データによる 127 万個のスペクトルカタログが、誰でも利用できるようになっています。

SDSS のデータ・アーカイブと公開サービス

言うまでもなく、SDSS のデータ量は天文分野では過去最大規模のものです。例えば DR6 の場合、画像データは 10TB、カタログ (SQL データベース) が 4TB にもなります。最近では 1TB のハードディスクが個人でも手軽に購入できるとはいえ、SDSS のデータを使いたい人全員に SDSS の全データを配布するという事は、コピーにかかるコストを考えると現実的ではありません。

したがって、SDSS のデータを効率良く多くの人に活用してもらうためには、ネットワークを用いた公開サービスやクライアント用のツールの整備が重要になってきます。SDSS の公開サービスは、データ・アーカイブ・サーバ (DAS; <http://das.sdss.org/>) とカタログ・アーカイブ・サーバ (CAS; <http://cas.sdss.org/>) との 2 種類に分けられます。DAS は整約済みの画像データや分光データなどをダウンロードできるだけの簡単なサービスです。CAS は、画像や分光データから得られた天体カタログが入力されたデータベース管理システム (DBMS)、画像の JPEG ファイル、スペクトルの GIF ファイルを持ち、これらをうまく連携させて、利用者の需要にあわせた様々なツールを備えた公開サービスです。SDSS を用いた天文学的研究は、ほとんどが CAS を利用しています。

SDSS の場合、データが均質で品質がこれまでになく高いという事がよく強調されますが、公開サービスの主役である CAS がたいへん秀逸であり、JAXA の「あかり」全天サーベイデータのような大規模データの公開サービスを開発する場合には、絶対に参考にすべきだと考えます。

本稿では、筆者が現在行っている銀河の研究を通して、SDSS の CAS の一部が、どのように役立っているかを紹介しようと思います。

筆者の特異銀河についての研究

筆者の研究対象は「E+A 銀河」という風変わりな銀河です。星形成がなく、形状が楕円型 (Elliptical) で若い星 (A 型星) が多く、そのように呼ばれています。一般に楕円型銀河は古い星で構成され、渦巻き型銀河は若い星を多く持つのが普通で、楕円型なのに若い星が多いというのはかなりおかしな事です。実際、近傍の宇宙では E+A 銀河は全銀河に対して 0.1% くらいしか存在しません。

宇宙には、楕円型と渦巻き型の 2 種類の銀河があり、渦巻き型は楕円型へ進化すると考えられています。その過程を明らかにする事は、天文学において重大なテーマです。しかしながら、進化の決定的な証拠となり得る中間的な銀河はこれまでほとんど見つからなかったのです。はい、ピンと来たでしょうか？そうです、E+A 銀河が実はその中間的な銀河ではないか、と筆者らの研究グループは考えています。筆者らは、この E+A 銀河を詳細に調べる事で、この重大なテーマに挑もうとしています。

さて、E+A 銀河は、近くの銀河との相互作用で作られるという考えがあります。それが正しいのかどうかを研究していく計画ですが、E+A 銀河のすぐそばに相互作用を起こせる銀河がいるのかをまず調べなければなりません。本稿で紹介する研究は、すぐそばの銀河 (伴銀河) のカタログを構築するというものです。

SDSS の CAS を使って、E+A 銀河の伴銀河を見つける

図 1 が、SDSS の CAS から取得した E+A 銀河とその伴銀河の JPEG 画像の例です。このような E+A 銀河のすぐそばにいる伴銀河を CAS を使って見つけていきます。

まず、E+A 銀河の伴銀河の前に、E+A 本体はどうやって見つけたのかという話になると思います。これは、共同研究者の後藤氏が、DAS から全分光データをダウンロードして、独自の優れた方法で選択しており、それほど CAS のお世話にはなっていないので、省略します。

さて、CAS を使って伴銀河を見つけるわけですが、これには SDSS の CAS からダウンロードできる `sqlcl.py` というクライアントツールを使います。オブジェクト指向言語 Python で書かれた非常にシンプルなツールで、UNIX 系のコマンドシェル上で動作し、テキストファイルに書かれた SQL 文を CAS の DBMS に送信、その結果を CAS から受けとって表示してくれるものです。660 個ある E+A 銀河 1 つ 1 つについて、`sqlcl.py` を使って CAS の DBMS に問い合わせるようなスクリプトを書くわけです。ここでたい

[裏へ続く]

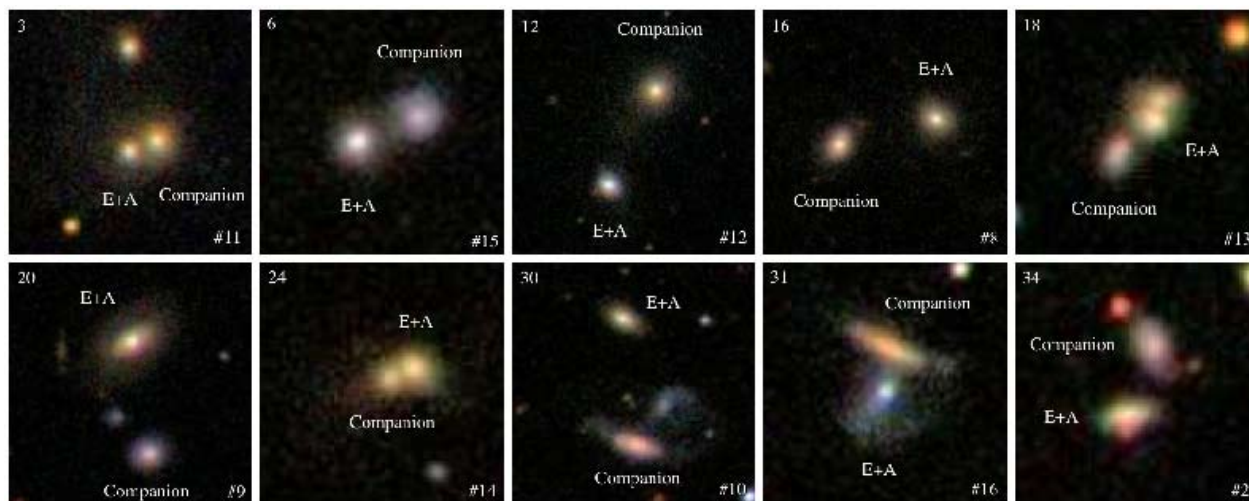


図1 キットピーク天文台の2.1m望遠鏡で観測したE+A銀河とその伴銀河

へん便利なのが、CASのDBMSには、ある天体の付近にいる天体を瞬時に検索してくれるfGetNearbyObjEQ()というSQL関数が用意されている事で、SQL文では当然これを利用します。このスクリプトを動かすと、真の伴銀河と伴銀河候補のリストができます。個数はそれぞれ、14個、100個弱でした。真の伴銀河は、分光済みで赤方偏移がわかっているもの、伴銀河候補は分光データがなく、画像上で単に見かけ上近い位置にいただけ、赤方偏移が不明なものです。

SDSSのCASを使って、追観測のための視野写真を用意する

このようにして、真の伴銀河と伴銀河候補をCASを使って選びましたが、伴銀河候補については、何らかの方法で赤方偏移を測定して、本当にE+A銀河の近距離に存在するかどうか調べなければなりません。筆者らのグループは、アメリカのキットピーク天文台の2.1m望遠鏡の観測時間を得たので、同望遠鏡を使って分光観測を行なう事になりました。観測は、2005年の9月、2006年の6月、2007年の5月のそれぞれ1週間でした。

ここでも、SDSSのCASが活躍します。このような追観測では、ターゲット天体が望遠鏡の視野に入っているかどうかを確認するための比較用の視野写真が必要です。CASでは、図1のようなJPEG画像を取得するためのWeb APIが<http://casjobs.sdss.org/ImgCutoutDR6/getjpeg.aspx?ra=18.8&dec=-0.86&...>という形で公開されており、getjpeg.aspx?の後に様々なパラメータを与える事で、任意の座標の任意のスケールの1枚のJPEG画像を取得する事ができます。追観測での視野写真は、いくつかのスケールの画像が必要です。観測の候補は100個弱あり、Webブラウザで1つ1つダウンロードするのは手間です。したがって、すべての視野写真はスクリプトで取得しました。CASのように、APIの仕様が公開されていれば、このような場合などにたいへん便利

です。これも研究者向けのサービスのお手本の1つと言えるでしょう。

さて結果は？

キットピーク天文台での観測は、曇ったり豪雨にあったり装置が故障したりいろんな事がありましたが、9晩ほど観測でき、17個の新しい伴銀河を見つける事ができました。CASで得た14個、過去の研究等で分光観測された3天体、観測の17個、それぞれあわせて34個のE+A銀河研究史上初の伴銀河カタログができました。

実は、この伴銀河カタログを使って「E+A銀河には通常の銀河と比べて伴銀河が多いのか？」という重要な問題を統計的に解いたという研究が主題だったりするのですが、その統計処理でもCASが大活躍する事になります。詳しくは論文をご覧くださいという事にして、ここでは省略します。

まとめ

本記事で紹介した研究事例から、研究者向けの優れたサービスとは

- ・ある程度利用の見込まれる機能が予め準備されている
- ・サービスのAPIが公開されている
- ・ユーザ側のコマンドラインでバッチ実行可能
- ・プロトコルは独自ではなく標準のものが使われている

このような条件を満たしていると理想的であると言えるでしょう。

宇宙研のDARTSもSDSSに負けないサービスを提供できればと思います。

参考文献

Yamauchi, Yagi and Goto, 2008, astro-ph/0809.0890 (MNRAS accepted)
上記論文のReferencesにある論文

宇宙情報システム講義第2部

これからの衛星データ処理システムはこうなる（第6回 衛星監視制御プロトコル）

山田 隆弘（宇宙情報・エネルギー工学研究系）

今までに衛星の機能モデルとその中心概念である機能オブジェクトの話をしてきました。次の話題である衛星監視制御プロトコルに移る前に、これらの概念の復習をしておきたいと思います。

そもそもの課題は、この連載の第1部（163号）で説明した衛星情報ベース（Spacecraft Information Base, SIB）をさらに高機能化し、このデータベースに衛星の機能情報を取り込むことでした。そこで、既存の衛星を実例として、機能情報を取り込むためのデータベースの設計に取りかかったのですが、これがうまくいきません。なぜならば、今までは機能設計の仕方が搭載機器毎にあまりにもバラバラだったからです。

このままの状態ではデータベースの設計を行っても実用的なものではないし、搭載機器の機能設計がバラバラのままでも良くないということが分かりましたので、「衛星の機能設計はこのように行って下さい」という決まりを作ることにしました。この決まりが衛星の機能モデルです。

衛星の機能モデルにおける中心的な概念は機能オブジェクトです。衛星の搭載機器はいろいろな機能を有していますが、関連のあるひとまとまりの機能をまとめて抽象化したものが機能オブジェクトです。機能オブジェクトはいくつかのことを実行します。機能オブジェクトが実行する動作をオペレーションと呼びます。また、機能オブジェクトは内部の様子をいくつかのパラメータによって表します。機能オブジェクトの様子を表すパラメータをアトリビュートと呼びます。機能オブジェクトは、さらにアラートという機能を持つことができます。これは、機能オブジェクトが何かが起こったこと（例えば異常を検出したこと）を外部に対して通知するためのメカニズムです。

現在開発中の衛星情報ベース2（SIB2）には、オペレーション、アトリビュート、アラートというような個々の機能オブジェクトの有する要素の定義を格納します。その一例が以下に示す表です。

これはXという搭載機器を機能オブジェクトとして表現したときのその機能オブジェクトの要素の定義です。この機能オブジェクトは5つのオペレーションを有します。そのうちのX_SetCheckModeというオペレーションはパラメータを有していて、このオペレーションを実行するときはA, B, OFFのうちのどれかを指定します。この機能オブジェクトは4つのアトリビュートを有します。SIB2にはアトリビュートのデータ型（あるいは、アトリ

ビュートの取り得る値の集合）も格納します。例えば、X_CheckModeというアトリビュートは、A, B, OFFのいずれかをその値として取ります。この機能オブジェクトのアラートはX_ErrorDetectのみで、このアラートにはX_ErrorStatusというアトリビュートの値がパラメータとして付加されます。

搭載機器Xに対するSIB2の内容（部分）

オペレーション	X_Power_On	
	X_Power_Off	
	X_Run	
	X_Stop	
	X_SetCheckMode	A, B, OFF
アトリビュート	X_OnOff	OFF, ON
	X_RunStop	RUN, STOP
	X_CheckMode	A, B, OFF
	X_ErrorStatus	Normal, U_Error, V_Error, ...
アラート	X_ErrorDetect	X_ErrorStatus

さて、ここまでの前回までの復習で、これからが新しい話題です。

搭載機器は衛星に搭載されていますので、機能オブジェクトにオペレーションを実行させるためには、搭載機器にコマンドを送ります。また、機能オブジェクトのアトリビュートの値を確認するためには、搭載機器から送られてくるテレメトリを使用します。アラートもテレメトリを用いて外部に通知されます。

用語がちょっとややこしいのですが、オペレーションやアトリビュートやアラートは、機能オブジェクトを特徴づけるための概念です。それに対し、コマンドとテレメトリは、搭載機器と地上（あるいは衛星内のデータ処理系）との間で交わされるメッセージの名前なのです。

この連載の第1部で説明したように、搭載機器はコマンドをパケットというデータの固まりとして受信します。テレメトリもパケットという単位で発生します。ところが、今までの衛星の設計では、パケットの中身は搭載機器毎にバラバラに決めていたのです。そこで、機能オブジェクトの概念を使って、パケットの中身の構成方法を統一することを考えました。そのためのメカニズムが今回のテーマの衛星監視制御プロトコルなのです。

衛星監視制御プロトコルでは、コマンドパケットとテレメトリパケットの構成方法を定めています。そして、

〔裏へ続く〕

その構成方法の定め方に今回復習した機能オブジェクトの性質をふんだんに利用しているのです。

コマンドパケットには二つの種類があります。一つは、オペレーションを起動するためのもので、ACTION コマンドと呼ばれます。もう一つはアトリビュートの値の組を読み出す（すなわち、そのアトリビュートの値の組を含んだテレメトリパケットを送りなさいと指示する）ためのもので GET コマンドと呼ばれます。

ACTION コマンドパケットには、該当機能オブジェクトの ID、該当オペレーションの ID、オペレーションにパラメータがある場合はそのパラメータの値等を挿入します。ACTION コマンドパケットパケットのフォーマットを以下に示します。

パケットヘッダ	機能オブジェクトID	オペレーションID	パラメータ値
---------	------------	-----------	--------

GET コマンドでは、読み出すべきアトリビュートの組を指定する ID をパケットに挿入します。

テレメトリパケットには 3 種類あります。一つ目は、アトリビュートの値の組を送るためのもの（VALUE テレメトリ）、二つ目はアラートを送るためのもの（NOTIFICATION テレメトリ）、三つ目はコマンドパケットを受信したことを伝えるためのもの（ACK テレメトリ）です。

一つ目のアトリビュートの値の組を送るための VALUE テレメトリは、使い方としてはさらに三つの種類に分かれます。一つ目は搭載機器が自動的に定期的に発生するもの、二つ目はアトリビュートの値に変化があったときに搭載機器が自動的に発生するもの、三つ目は先ほどコマンドパケットのところで説明した GET コマンドを受け取ったときに搭載機器が発生するものです。この後の方の二つの種類は、衛星から地上に送るデータ量を減らしたいときに使用されます。

VALUE テレメトリパケットのフォーマットは、一つのパケットに入れるべきアトリビュートの組を定義さえすれば、機能オブジェクトの定義からほぼ自動的に決まります。NOTIFICATION テレメトリパケットのフォーマットも機能オブジェクトの定義から自動的に決まります。

このように、衛星監視制御プロトコルは、機能オブジェクトを監視し制御するという観点からコマンドとテレメトリのパケットフォーマットを統一するためのものであり、機能オブジェクトを定義してしまえば、パケットのフォーマットが自動的に決まるところが味噌なのです。このようにすれば、どのような衛星のどのような搭載機器に対してもパケットのフォーマットを統一することができるのです。すばらしいですね。

今回は、汎用衛星試験運用ソフトウェア (GSTOS) について説明します。

科学衛星データ処理システム：新システム稼働開始

篠原 育 (C-SODA 科学データ利用促進グループ)

科学衛星運用支援・データ処理システムのリース契約の終了に伴い、本年 3 月の入札、4 月～8 月の期間をかけた新システムへの移行作業を経て、9 月より新システムが稼働を開始しました。今回より、科学衛星運用支援システム、科学衛星データ処理システムの 2 システムに分けた調達を行い、科学衛星運用支援システムは富士通、科学衛星データ処理システムは新日鉄ソリューションズが担当することになっています。

科学衛星データ処理システムは、約 350TB の容量を持つ高性能なネットワークファイルサーバを中核とし、SIRIUS、EDISON、DANS、DARTS、解析サーバといった各データベースを構成するサーバ群、相模原固有のネットワークサービスを提供する為のネットワーク機器から構成されます。

システムの新機能・サービス内容の詳細については、今後、PLAIN ニュース上でも追々紹介させていただきます。新システム・サービスはユーザの皆様にとってできる限り使い勝手のよいものを目指しておりますので、ご要望・ご意見、等ございましたら随時 C-SODA までお寄せ下さい。

平成 20 年度 スーパーコンピュータ共同利用追加公募のお知らせ

篠原 育 (C-SODA 科学データ利用促進グループ)

情報・計算工学センターでは全国大学共同利用研究の一貫として、宇宙科学研究本部が行っている飛翔体（科学衛星・ロケット・大気球）プロジェクト等と密接に関連する宇宙科学の研究課題について、本センターで運営する スーパーコンピュータ・システムを利用する共同研究の公募を行います。平成 20 年度後期（10 月 7 日～の利用可能）の追加公募です。

詳細な応募要項・応募書類を <https://www.jss.jaxa.jp/shinsei3.html> 上で公開します。

なお、応募〆切は、9 月 30 日（火）（必着）です。

編集発行：宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 科学衛星運用・データ利用センター

〒229-8510 相模原市由野台 3-1-1 Tel.042-759-8351 住所変更等 e-mail : news@plain.isas.jaxa.jp

本ニュースはインターネットでもご覧になれます .<http://www.isas.jaxa.jp/docs/PLAINnews>

●編集後記:天気が悪い日が続きますが、すっきりとした秋晴れを早く見たいです。モンゴルで折った肋骨も癒えてきました。

(K.E.)