

多波長天文画像データ検索・閲覧サービス「MAISON」の開発

渡辺 大***, 青木 賢太郎***, 三浦 昭**, 宇野 伸一郎**#,
宇宙科学研究所・宇宙科学企画情報解析センター,
国立天文台・天文学データ解析計算センター

(2000年10月16日受理)

Multi-wavelength Astronomical Image Service ON-line

Masaru WATANABE**, Kentaro AOKI***, Akira MIURA**, Shin-ichiro UNO**#,
Institute of Space and Astronautical Science/Center for Planning and
Information Systems, National Astronomical Observatory of
Japan/Astronomical Data Analysis Center

Abstract

We have developed an astronomical-image browser system which operates on the World Wide Web. The system, called 'Multi-wavelength Astronomical Image Service ON-line' or 'MAISON', works as a 'broker' between a user and multiple, separate, independent astronomical image servers on the Web. Through the MAISON server the user can quickly make a visual inspection into multiple images overlaid each other on the client browser. A dominant feature of the MAISON as compared with other similar multi-wavelength image servers such as SkyView and Aladin is that MAISON deals with a pointing observation image server as well as a survey image server. The first version of the MAISON has been opened on the Web at <http://maison.isas.ac.jp>. The version is implemented with the image servers of an X-ray astronomical satellite ASCA and with some survey image servers including the Digitized Sky Survey in optical, the IRAS Sky Survey Atlas in far-infrared, and the Greenbank Sky Map and the FIRST survey in radio. In this paper we present details of the structure of the MAISON system, services it provides, some problems to be settled, and the prospect of the future development.

1. 開発の背景及び目的

天文データには画像や数値表などの形態があり、世界の多くの天文データセンターがこれらを収集して天文研究者に広く公開している。ここ数年の間のWorld Wide Web (WWW) 上のソフトウェア技術の急速な発達と普及によって、こうした天文データの公開はWWW上で行われるものがそのほとんどを占めるようになってきている (例えば、http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp_center.html)。

日本の天文データセンターにおいてもこの例に違わず、国立天文台/天文学データ解析計算センター (Astronomical Data Analysis Center; 以下「ADAC」) と宇宙科学研究所/宇宙科学企画情報解析センター (Center for Planning and Information Systems; 以下「PLAINセンター」) とが、多くの

天文データを計算機上のファイルとして保有し、WWW上で検索及び閲覧が行えるインタフェースを独自に開発して広く世界の天文コミュニティーに提供してきている¹⁾。観測画像データのアーカイブシステムの開発は観測装置の開発と関連して行なわれることが多いため、結果的に、ADACでは主に可視光・近赤外線の観測画像データのアーカイブシステムが、またPLAINセンターではX線画像データのアーカイブシステムが、それぞれの機関での主要な分担当域となっている。

これらの日本のデータも含め、世界の天文アーカイブデータの中には、同じ天体や同じ天球領域を撮像したデータが当然数多く含まれている。一つの天体を様々な電磁波長域から多角的に研究する場合、それらの画像を空間的に重ね合わせて視覚的に比較するという手法は、研究の取り掛かりとして基本的な作業である。また研究のアイデアを見つける手段の一つとしても、この方法は有力である。

しかしながら画素レベルでの画像の重ね合わせ

* 科学技術振興事業団

** 宇宙科学研究所

*** 国立天文台

現所属: 日本福祉大学

作業は、視野のずれや回転、また画素スケールの違いなどにより、実際にはかなり煩雑な作業である。この作業を行なうためには、天文分野で標準的な画像ファイル形式であるFITS形式の画像ファイルのヘッダ情報と画素値情報の読み込み、画素データの変換処理計算、そしてFITSファイルへの書き出し、という工程を経る必要があり、相応のFITSデータ処理知識と計算機ソフトウェア環境が要求される。これらに不慣れな研究者にとっては、画像データの入手から実際の重ね合わせを行なうまでに、本来の天文学研究以外の部分で不要な時間を割かなければならないことになりかねない。また、画像の扱いに慣れた研究者にとっても、それが単なる早見程度の目的である場合には、このような処理をすべて自力で行なわなければならないことは煩雑であることに変わりはない。

この問題は、ADACとPLAINセンターの天文データベース関連スタッフが開催している「宇宙研—国立天文台合同天文データベース連絡会」の中で採り上げられ議論された。そしてその解決策として考案され共同開発されたものが、本稿で紹介する「多波長天文画像データ検索・閲覧サービス (Multi-wavelength Astronomical Imaging Service ON-line; 以下 MAISON (メゾン))」である。これは同連絡会の最初の開発成果である。

MAISONは次のようなWWWサービスである。すなわち、アーカイブデータの重ね合わせ処理を、ユーザがデータを取得するWWW上でオンラインに同時に行なってしまう、WWWブラウザ上での早見という形でその重ね合わせ画像をユーザに提供する。このサービスにより、WWWブラウザを使うことができるすべての天文研究者は、単にアーカイブ画像を指定するだけでそれらの重ね合わせ画像を簡単に早見閲覧できるようになる。

幸運なことに天文データは、上述のFITS形式の普及により、観測波長に依らず共通のデータ形式を持っており、またその形式に則って画像の天球座標情報を自己記述する仕組みが定められている。このことは、天文学分野ではこうしたオンライン的な画像処理を行なうための基盤が、本来極めて良く整備されていることを意味している。MAISONサーバの仕組みは、この基盤を最大限に活用するものである。

天文データのオンライン的な重ね合わせ機能を備えたサーバとしては、アメリカ・NASA/GSFC (Goddard Space Flight Center) が提供しているSkyView[®]や、フランス・CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) が提供しているALADIN[®]が既に稼動しているものとして著名である。SkyViewは、全天の任意の領域を波長横断的に様々な波長域で描画し、それらの重ね合わせ表

示をすることをその主たる機能とするサーバである。またALADINは、全天の任意の領域での画像データとカタログデータの重ね合わせ表示をその主たる機能とするサーバである。いずれも、オンライン処理でのデータ重ね合わせを行なうサーバの開発に先鞭をつけたものとして高く評価される。ただこれらのサーバは、いわゆるファインディングチャート的な利用目的を主として開発されたものであり、そのため用いられている画像データはサーベイ画像に限られている、という点に留意しなければならない。サーベイデータは、広い領域を均質に観測することを主目的として得られたデータである。このため、空間分解能の高さやデータ値の定量性、データの深さなどの点では一般に、すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡などのような、特定の視野に対して詳細な観測を行なったポインティング観測データに劣るものである。特に空間分解能の高さや観測データの深さという点に着目すると、天文学研究の対象としてより多くの点で興味深いものは、サーベイ画像の重ね合わせよりもポインティング観測画像の重ね合わせである。MAISONサーバは、まさにこのポインティング観測の画像重ね合わせサーバであり、この点でSkyViewやALADINと異なる独自の特長を持つサーバである。

MAISONシステムはその第一版が既に公開されている (<http://maison.isas.ac.jp>)。

本論文の内容は以下の通りである。第2章においてMAISONの仕組みを概観し、第3章で詳述する。第4章でMAISONの工夫点を抜き出してまとめる。第5章ではMAISON第一版開発で残された課題及び機能強化について議論する。第6章ではMAISON第二版に向けての今後の開発の方向性について述べる。

2. MAISONシステムの構成 — 概要

2.1 処理の流れ

MAISONサーバ計算機、クライアント計算機 (ユーザがWWWブラウザを起動している計算機)、そしてリモートデータサーバ計算機 (天文アーカイブ画像を公開し配信している計算機)、の三者の関係を図1に示す。この図から分かるように、MAISONサーバの役割は、クライアントとリモートデータサーバとの間の通信の仲介役である。すなわちMAISONサーバが対外的に行なうことは、

- クライアント (ユーザ) から検索要求やデータ配信要求を受け取り、それらをしかるべきリモートデータサーバに向かって代理発行すること、
- リモートデータサーバから返されてきた情報を

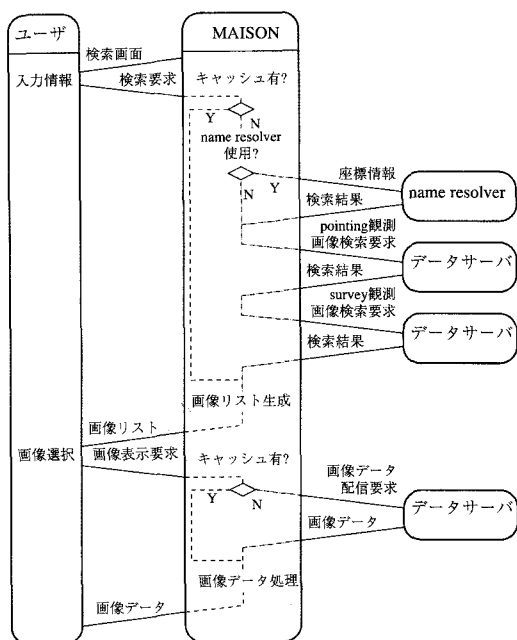


図1. MAISONサーバ計算機，クライアント（ユーザ）計算機，リモートデータサーバ計算機の関係と通信の流れ。

クライアントに返すこと、

の2つである。このそれぞれの処理過程にMAISONサーバ上で独自の内部的な処理作業が行なわれる。

クライアントから直接リモートデータサーバに接続する形態に比べて、MAISONサーバを通じて接続する形態には、以下の二つの利点がある。すなわち、(1) クライアントはMAISONサーバに対する一度の手続き（接続手続き・検索要求発行・データ配信要求発行）を行なうだけで、複数のリモートデータサーバに対して同様の手続きを行なったことになる、(2) MAISONサーバ上で画像データの複雑な中間加工をすることができる。これらの内部処理的な利点を含めて記述すれば、MAISONサーバの行なう処理の概要は次のように書き換えられる：

- クライアント（ユーザ）から検索要求やデータ配信要求を受け取り、それらを各リモートデータサーバが受け付けられる書式に整形した後、代理発行すること、
- リモートデータサーバから返されてきた情報や画像データに対して、必要な情報の抽出や画像データの加工を施し、その後に、MAISONシステム独自のデータ表示機能を用いてWWW上でのデータ閲覧に適した表示方法でクライアントに返すこと、

これらの更に詳しい説明は3章で行なわれるが、細分した項目だけを列記すると以下のようになる。

- [1] ユーザ入力情報（検索要求）の解釈（3.1章）
- [2] リモートデータサーバへの検索要求の発行及び検索結果の取得（3.2章）
- [3] 検索結果の処理による画像リストの作成及びクライアントへの画像リストの表示（3.3章）
- [4] ユーザ入力情報（画像表示要求）の解釈（3.4章）
- [5] リモートデータサーバへの画像データ配信要求の発行及び画像データの取得（3.5章）
- [6] 画像データの処理（3.6章）
- [7] 画像データの表示（3.7章）

2.2 ハードウェア及びソフトウェア環境

MAISONサーバ計算機として実際に用いられている製品は、Sun社製Ultra5（CPU:UltraSPARC-IIi 270MHz、メモリ容量:128MB、ハードディスク容量:4GB）である。PLAINセンター内に設置されている。上の論述からも分かるように、MAISONサーバ自体はデータアーカイブを恒久的に保持するものではないため、MAISONサーバ計算機自体は大容量ストレージシステムを特に必要としない。

MAISONの開発に用いられている言語は、画像処理はC言語、画像表示の一部にJava言語、それ以外のすべて部分はPerl言語となっている。

これらのシステムのプログラミングでは、処理間の独立性を高める目的で、積極的にプログラムのモジュール化が図られている。例えば各リモートデータサーバに対する検索要求や画像取得処理などを独立したプログラムにすること（4.1章、4.2章）により、新しいリモートデータサーバが追加された時に既存のプログラムの修正が必要最小限の作業で済むようになっている。また、このモジュール化により、PLAINセンターが開発・管理・運用を行なっている宇宙科学衛星データベースシステム「DARTS」⁶⁾ 用に開発されたモジュールの多くをMAISONで再活用することができ、開発の効率が高められている。

2.3 対応リモートデータサーバとその要件

MAISONが現在対応しているリモートデータサーバは、ADACとPLAINセンターが公開しているサーバ各1システムずつである。前者はサーベイ観測データであるDigitized Sky Survey (DSS) I&II, IRAS Sky Survey Atlas, Greenbank Sky Mapの3つの画像データを配信しているサーバ⁵⁾であり、後者は前述のDARTSの中のX線天文衛星ASCAの観測

データ（「Revolution 2」と呼ばれる整約処理を経たデータ）を配信しているサーバである。

MAISONサーバがリモートデータサーバと通信を行うためには、各リモートデータサーバに対する通信のためのインタフェースソフトウェアをあらかじめMAISONサーバ側に作成しておく必要がある。具体的には、このソフトウェアは、各リモートデータサーバの接続仕様に特化させた検索要求変換モジュール（3.2章）とHTML変換テーブル（4.1章）より構成される。MAISONサーバ側にこうした準備作業が必要となる一方で、リモートデータサーバ側には、MAISONサーバに対する何らの特別な設定も要求されない。つまりMAISONサーバは、データサーバが配信するデータをそのままの形で受け取って使用するのみである。この意味でMAISONサーバは、リモートデータサーバに対して完全に受動的な立場をとる、と言える。

この制限から、MAISONサーバが対応することができるリモートデータサーバは以下の3つの条件を満たすものに限定される；（1）TCP/IPによって

データ発信していること、（2）FITS形式の画像（FITS画像）、もしくはFITS画像に容易に変換することができる形式の画像（例えばIRAF形式やSTSDAS形式など）、のどちらかで画像を提供していること、（3）画像内のすべての画素の天球座標を求めるために十分なWorld Coordinates System¹⁰⁾のレコードが記述されていること。これらの3条件が課せられるが、しかしこれらの条件はいずれも広範に採用もしくは遵守されているものであるため、今後MAISONサーバの対応リモートデータサーバを拡張して行く上で実質上支障になるものではない。逆に言えば、リモートデータサーバに対してこれらの（至極穏当な）条件しか課せられないということは、ほぼすべての不特定多数のリモートデータサーバを無制限にMAISONサーバに対応させることができる、ということを意味している。この拡張性の良さはMAISONシステムの大きな特長の一つである。

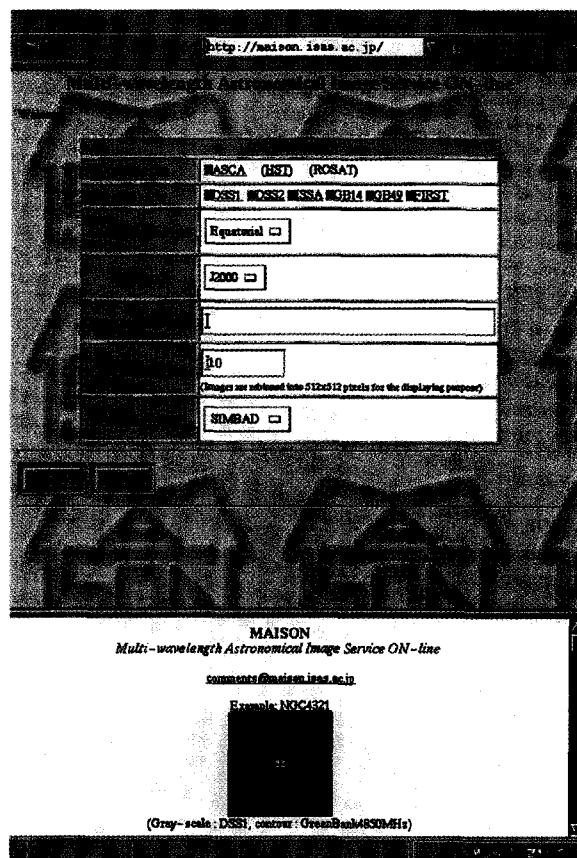


図2. MAISONのWWWサイトのトップページ (<http://maison.isas.ac.jp/>). 検索に用いるフレーム（上半分側）とドキュメントを記述したフレーム（下半分側）が同時に表示される。

3. MAISONシステムの構成 — 詳細

3.1 ユーザ入力情報（検索要求）の解釈

MAISONのWWWサイトのトップページ (<http://maison.isas.ac.jp>) の外観を図2に示す。WWWサーバ計算機はMAISONサーバ計算機自体となっている。トップページはCommon Gateway Interface (CGI) スクリプトを使って動的に作成される。このスクリプトは、主にDARTS用に開発されたPerlモジュールが基になっている。

このページのHTMLフォームでは、画像検索を行なうための4つの条件を入力することが要求される。すなわち、[1] 画像検索を行なうアーカイブソース、[2] 天球位置情報（赤道座標もしくは天体名で指定）、[3] 天球上での検索領域の大きさもしくは画像視野の大きさ（3.2章）、[4] SIMBADネームレゾルバ（後述）の使用の有無、である。これらの入力情報はフォームのsubmitによりMAISONサーバに渡される。

これらのユーザ入力情報を受け取ったMAISONサーバではまず、[1] [2] [3] の入力値をMAISONサーバ自体のキャッシュ（画像リストデータベース（4.2章））内で検索する。もしこのキャッシュ内に同一の検索条件のデータが存在する場合は、これらのキャッシュ情報を用いて3.3章の処理に移る。存在しない場合については以下のようになる。

まず [4] の入力値を参照して [2] の入力値の解釈を行なう。PLAINセンターにはCDSが開発し運用している天体総合データベースSIMBAD¹⁾ のネームレゾルバクライアントプログラムがあり、MAISONサーバはそれを起動する。もし [4] で「SIMBADネームレゾルバ使用有」が指定されている、かつネームレゾルバの回答が正当に取得できた場合、[2] の値はその回答値である赤道座標値に置き換えられる。また、もし [4] で「SIMBADネームレゾルバ使用無」が指定された場合、もしくは「使用有」が指定されたがネームレゾルバの回答が正当に取得できなかった場合、[2] の入力値がそのままこれ以降の処理に用いられる。続いて、もしポインティング観測（ASCA）とサーベイ観測（DSS, IRAS, Greenbank）が共に指定されている場合は、指定アーカイブソースをこの2つに分類する。この分類は、データサーバへの検索要求を、ポインティング観測とサーベイ観測とで別々に順序立てて行う（3.2章）ために必要な処理である。

[3] の入力値は、ポインティング観測とサーベイ観測とで解釈が異なる。前者では観測視野の中心は必ずしも天体の中心座標に一致したものではないため、この値は「検索領域の大きさ」と解釈

される。後者に対しては「画像視野の大きさ」と解釈される。

3.2 リモートデータサーバへの検索要求の発行及び検索結果の取得

3.1で解釈された入力情報を基に、リモートデータサーバへ検索要求の発行を行い、その検索結果をHTML文として取得する。

この検索要求発行では、[1] でポインティング観測とサーベイ観測とが両方指定されている場合、ポインティング観測サーバとの全通信の完了を待って、しかる後にサーベイ観測サーバとの通信が行なわれる。このように通信が2段階になっている理由は以下の通りである。ポインティング観測の検索結果画像は、その視野中心の天球座標は一般には必ずしも [2] の値に一致したものではなく、[3] の値の程度だけ散らばったものになる。すなわち、個々のポインティング観測画像については、その真の視野中心と視野の大きさを再調査し、しかる後にそれらの値に合わせたサーベイ観測画像の検索要求を行わなければならない、ということである。検索にこのような冗長が含まれる点は、MAISONにおける新機能である「ポインティング観測画像の重ね合わせ」を実現する上においては一般に回避できない点である（6章）。

(1) ポインティング観測データサーバとの通信

検索要求の発行に必要なCGIの環境変数QUERY_STRINGの値は、解釈されたフォーム入力情報を基に、各リモートデータサーバに適合した検索要求文字列として作成される。その際、各リモートデータサーバ毎にあらかじめ用意された検索要求変換モジュールが用いられる。この文字列をソケットによりリモートデータサーバのHTTPポートに送信することで、リモートデータサーバ側で検索スクリプトを起動させ、その検索結果をHTML文としてMAISONサーバで受信する。（この段階でリモートデータサーバから返される内容は、まだ画像データそのものではなく、画像検索結果を表示するための通常のHTMLテキストであることに留意。）

(2) サーベイ観測データサーバとの通信

ポインティング観測データサーバとの通信がすべて完了した後に、サーベイ観測の各リモートデータサーバに対して検索要求が発行される。発行手続きはポインティング観測データサーバとの通信と同様である。サーベイ観測の検索要求の内容は、ポインティング観測が指定されているかどうかで変わってくる。指定されている場合には3.2章冒頭で述べたように、ポインティング観測の検索結果の各々の画像についてそれに対応する視野のサーベイ画像が検索要求される。また、指定され

The screenshot shows the MAISON web interface. At the top, the URL <http://maison.iss.u-tokyo.ac.jp/> is displayed. Below it, the text "MAISON Multi-wavelength Astronomical Image Service ON-line" is visible. A search result table is shown with the following data:

object	R.A.	Dec.	start time (UT)	Description
M87 - CENTER	187.6318	12.4293	930507 18:58	GIS SIS A0[M] A1[M] D1[M] D2[M] D3[M] D4[M] D5[M] D6[M] D7[M] D8[M] D9[M] D10[M] D11[M] D12[M] D13[M] D14[M] D15[M] D16[M] D17[M] D18[M] D19[M] D20[M] D21[M] D22[M] D23[M] D24[M] D25[M] D26[M] D27[M] D28[M] D29[M] D30[M] D31[M] D32[M] D33[M] D34[M] D35[M] D36[M] D37[M] D38[M] D39[M] D40[M] D41[M] D42[M] D43[M] D44[M] D45[M] D46[M] D47[M] D48[M] D49[M] D50[M] D51[M] D52[M] D53[M] D54[M] D55[M] D56[M] D57[M] D58[M] D59[M] D60[M] D61[M] D62[M] D63[M] D64[M] D65[M] D66[M] D67[M] D68[M] D69[M] D70[M] D71[M] D72[M] D73[M] D74[M] D75[M] D76[M] D77[M] D78[M] D79[M] D80[M] D81[M] D82[M] D83[M] D84[M] D85[M] D86[M] D87[M] D88[M] D89[M] D90[M] D91[M] D92[M] D93[M] D94[M] D95[M] D96[M] D97[M] D98[M] D99[M] D100[M]

Below the table, there is a section titled "MAISON Multi-wavelength Astronomical Image Service ON-line" with a link to <http://maison.iss.u-tokyo.ac.jp/>. A sample image of NGC4321 is shown with the caption "(Grey-scale: DSS1, contour: Green/Red/Blue/White)".

図3. 検索結果画像リストの表示を行なうページの例. リストは各ポインティング観測毎に分割されて表示される.

ていない場合には、解釈されたフォーム入力情報で指定された赤道座標を中心として、指定された視野の大きさに対応する画像が検索要求される。

(3) 検索結果HTML文の解釈

(1) 及び (2) の手続きで受信されたHTML文は、各アーカイブソースに対応したHTML変換モジュール (4.1章) による処理を経て、その文中から必要項目が抽出され、それらは「画像リストデータベース」(4.2章) に登録される。これらのHTML文はこの後一旦MAISONサーバ内の作業領域に溜め置かれる。クライアント側へは転送されない。検索にヒットした観測数などの検索結果の概要については、画像リストデータベースへの登録が完了次第クライアントのブラウザに表示される。

3.3 取得検索結果の処理による画像リストの作成及びクライアントへの画像リストの表示

指定されたすべてのリモートデータサーバからの検索結果のHTML文が揃ったところで、それぞれのHTML文に対応した「画像リストデータベース」が1つの表に統合され、クライアントに送信す

るための画像リスト (HTML文) が作成される。

この画像リストがクライアントのブラウザに表示された外観を図3に示す。画像リストは、ポインティング観測の観測同定番号 (例えばASCAの例では「sequenceID」) が同一の項目もしくは座標情報が同一の項目が一つの表になるように区分されて作成される。画像リスト中には、当該ポインティング観測の主な付随情報 (例えばASCAの例では各画像の属性 (SIS, GISの別) など) や、各観測で得られた画像の一覧などが表示される。各画像名には、ヘッダ情報の閲覧および画像ファイルのダウンロードができるように、ハイパーリンクが付与される。各表の末尾にはHTMLフォームが作成され、ユーザには [5] 等輝度線表示 (3.7章) を行なう画像のMAISON同定ID, [6] グレースケール表示 (3.7章) を行なう画像MAISON同定ID, [7] それぞれの表示画像の平滑化処理 (3.6章) の有無、を指定することが要求される。

3.4 ユーザ入力情報 (画像表示要求) の解釈

上記 [5] [6] [7] の指定によりクライアントから送られる要求は、そのHTMLフォームの構成に

依存しない中間言語（4.3章）に変換される．これはMAISONサーバの工夫の一つである．中間言語は更に解釈されて，そこから画像名が抽出される．各画像名は，MAISONサーバ内でキャッシュされている画像リストデータベース（4.2章）の内容と照合され，もしそこに同一の画像名が見つかった場合は，MAISONサーバがローカルにキャッシュしている画像が用いられることになる．もし見つからなかった場合は，当該リモートデータサーバに接続して画像の配信を受ける（3.5章）．この配信を受ける際には，画像名から画像取得用URLが作成される．このURLは，各リモートデータサーバごとに用意された画像取得モジュールに渡される．

3.5 リモートデータサーバへの画像データ配信要求の発行及び画像データの取得

キャッシュに画像がなかった場合は，与えられたURLをもとに，各リモートデータサーバごとに用意された画像取得モジュールを用いて，画像ファイルの配信を受ける．画像取得モジュールは，ソケットライブラリを用いて作成されており，HTTP通信部，HTML変換部（変換テーブル），FTP通信部等で構成される．まず画像リスト中に与えられたURLをもとにリモートデータサーバとHTTP通信を行ない，結果をHTML変換して画像ファイルの実際のURLを取得する．一度のHTTP通信で目的の画像ファイルのURLを記述したHTML文を取得できない場合は，HTTP通信は複数回行なわれる．次に，得られたURLの画像ファイルを，HTTPもしくはFTPにて取得する．取得された画像ファイルには，検索要求時に割り当てられたIDをもとに，一意なファイル名が与えられ，その画像ファイルは作業領域にキャッシュされる．

3.6 画像データ処理

画像取得モジュールからの画像ファイルが揃った時点で，画像演算部に処理が移される．

得られた画像ファイルは，クライアントブラウザに表示される前に，二つの加工処理を経る．画素レベルでの天球座標位置合わせ処理，そして画素数不変のままでの画素値の平滑化処理，である．それぞれについて以下に説明する．

(1) 画素レベルでの天球座標位置合わせ処理

表1

ASCA/GIS	14.7"／画素（＝視野62.9'／256画素）
ASCA/SIS	6.4"／画素（＝視野33.9'／320画素）
DSS I	1.7"／画素
II	1.0"／画素
IRAS	90"／画素（＝視野12.5°／500画素）
GreenBank 1400MHz	180"／画素（＝視野17°／512画素）
4850MHz	40"／画素（＝視野11.4'／1024画素）

現在MAISONが対応しているリモートデータサーバが提供する画像の画素スケール，視野，及び画素数を表1に示す．この表から分かるように，各画像データの画素スケールの違いから，同じ視野の画像でもその画素数は各データソースで大きく異なる．また，同一視野の画像を取得しているのではあるが，視野の回転の有無や，リモートデータサーバ毎の視野切り出しの精度の違いなどから，これらの画像は単純にその四隅を一致させて重ねただけでは意味のある重ね合わせにはならない．

これらの事柄を考慮して，重ね合わせが指定された2画像に対して，画素の再サンプリングを行なうことにより，画素レベルで位置合わせを行なう．この処理は以下のように行なわれる．始めに，任意の一方の画像をその視野を不変のまま，512×512画素への再サンプリングを行なう．この画素数は，現在対応しているリモートデータサーバから得られる画像の空間分解能を大きく損なうことなく，かつMAISONサーバが用いているFITS画像表示プログラム（3.7章）の実用的な表示限界画素数以内に収まる，という2つの条件から決められたものである．この再サンプリングに際しては，ヘッダ内のWCSレコードの値もそれに対応して修正される．続いて，この画像の各画素に対して天球座標値を求めていき，もう一方の画像上でのその天球座標値に対応する画素座標値を求めていく．この画素座標値は一般に整数値とはならないものであるから，その周囲の画素の値からの内挿によりその画素座標位置における画素値を決定する．

以上の処理を行なうことにより，指定された2画像は，ピクセルレベルで完全に同一の視野を持つ512×512画素の画像に変換される．この変換処理は，FITS画像データの入出力ライブラリであるFITSIOライブラリ¹²⁾を用いてFORTRAN言語及びC言語で作成されている．

(2) 画素値の平滑化処理

MAISONでは2つの画像を重ねて表示するために，一方をグレースケール表示，他方を等輝度線表示で表示する（3.7章）．等輝度線表示を画像内の小さい構造やノイズに影響されにくくする目的で，画素値を平滑化した後に等輝度線を表示する手法は一般によく用いられるものである．MAISONにおいても，等輝度線表示に対して平滑化を行うかどうかを選択できるようになっている．平滑化の処理には，FITSIOライブラリを用いてNASA/GSFCで開発されたFITS画像処理スクリプトパッケージFTOOLSのスクリプトを用いている．平滑化にあたっては，その平滑化に用いるウィンドウの形及び大きさがパラメータとして挙げられるが，MAISONでは当該画素を中心としてFWHM（半値全幅）が11画素となるGaussian，の一種類の

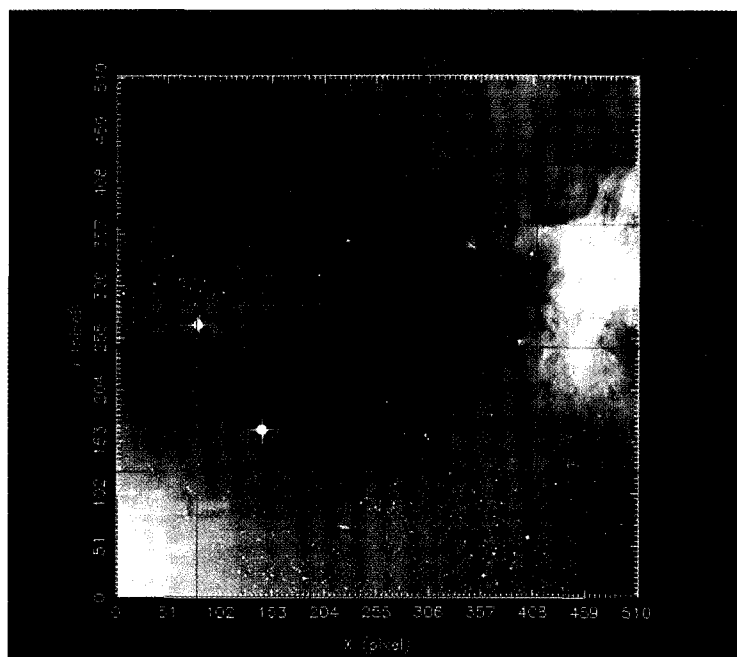


図4. 2枚の画像の重ね合わせ表示を行なうページの例. 写っている領域は ρ -Oph暗黒星雲である. グレースケール画像がDSS I (可視光 R バンド), 等輝度線画像がASCA/GIS (X線) の観測データである. この例では, X線で明るい3領域で, いずれも可視光の対応候補天体が確認できる.

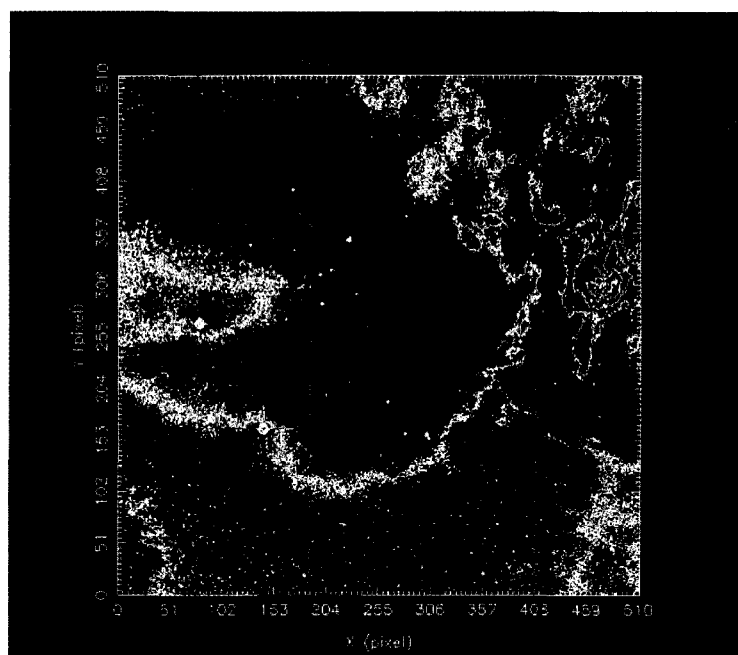


図5. 1枚の画像の等輝度線表示を行なうページの例. 図4と同じ領域でのDSS I (可視光 R バンド) のデータである. 図4で対応候補に挙げられる天体がいずれも確認できる.



図6. 1枚の画像のグレースケール表示を行なうページの例. 図4のグレースケールと同じデータである. 図4で対応候補に挙げられる天体がいずれも確認できる.

みをウィンドウ関数として現在採用している. (5章)

3.7 画像データの表示

画像表示はHTML文のIMAGEタグを用いたGIF画像によるものと, Javaアプレットとして開発されたFITS画像表示プログラムを用いたものの2種類がある. [5] [6] が共に指定された2枚の画像の重ね合わせ表示 (図4) あるいは [5] のみが指定された1枚の画像の等輝度線表示 (図5) には前者が用いられ, [6] のみが指定された1枚の画像の単独のグレースケール表示 (図6) には後者が用いられる.

FITS画像表示プログラムは, ADACが中心となって開発されたMOKA3⁴⁾の開発に伴って作成された「早見画像ビューワ」を元に, MAISON用に調整を加えたものである. クライアント側でローカルな処理を行えるというJavaアプレットの特長を利用して, 画像マウスのドラッグによる画像の階調変化とメニューからの選択による画像表示の拡大・縮小を行うことができるようになっている. 等輝度線表示と重ね合わせ表示では, FITS画像をGIF画像に変換している. この等輝度線表示及びGIF変換プログラムはC言語で書かれ, FITS画像データの読み込みにはCFITSIOライブラリ¹³⁾, 等輝

度線の表示及びGIF画像の作成にはPGPLOTライブラリ (<http://astro.caltech.edu/~tjp/pgplot/>) が用いられている. またGIF画像の表示では, 画像の周囲に赤道座標の目盛りを記し, 画像上に経緯線を表示している. この天球座標の計算は同じCプログラム内でWCSToolsサブルーチン¹⁴⁾を用いて行われている.

4. MAISONシステムの工夫点

4.1 HTML変換モジュール

MAISONシステムでは, 異なる複数のリモートデータサーバからのHTML出力を取り扱い, クライアントに対してはそれらを統一的に表示する, という作業が求められる. 従って, 形式の全く異なるHTML文から必要な項目を抽出する, あるいはHTML文を整形して統合する, などのHTML文の変換処理を効率良く行う仕組みを開発することが必要である. また, リモートデータサーバのHTML文が変更された場合に容易にこれに対処できるように, それらの変換処理スクリプトは管理し易いものであることが望まれる.

HTML変換モジュールは, こうした煩雑な処理をすべて統一的に行うために独自に作成したモジュールであり, DARTS用に作成されたものがその基礎になっている.

HTML変換モジュールの動作である「HTML文から必要な項目を抽出する」ということと「HTML文を整形して作成する」という二つの動作は、一見異なる処理に見えるが、HTML文中のタグの出現に応じて対応した処理を行う、という基本動作は共通である。従って、HTML文からの項目抽出及びクライアントへのHTML文の表示には同じ機構を採用することができる。こうして、HTML文の各タグに対する解釈及び変換の動作を定義することにより、HTML文の入出力に関するすべての処理をこの一つのHTML変換モジュールで取扱う。これらの定義は、各処理ごとに別の変換テーブルを読み込むことでなされるようになっており、このことがこのモジュールの汎用性を高める工夫となっている。

HTML変換モジュールは、別途作成したHTML変換テーブル（タグと属性値の定義リストや、タグの出現時の動作を定めたリスト）との組合せで動作する。基本動作として、与えられたHTMLテキスト中の開始タグ（<タグ名 属性>）及び終了タグ（</タグ名>）を順番に抽出して、以下の三種類の動作のいずれかを行なう。

- そのタグの出現時の動作を定めたリストが用意されている場合、その動作内容に従ってテキストの書換えや予め定められた処理の実行を行なう。HTML文から画像リストデータベース（4.2章）を作成する場合は、主としてこの機能を利用する。

例：<H2>: 画像リストの表題の開始

</H2>: 画像リストの表題の終わり。

これが現れたら、<H2>...</H2>の内容を表題として定義する。

<TABLE>: 表題が定義されている場合、その表題（例えば ASCA）に対応した画像リストの開始とみなす。

<TR>: 画像リストの各エントリの区切り

: 画像リストの区切りの中で現れた場合、対応する画像ファイルを得るためのURLと解釈して保存する。

- それ以外で、そのタグがタグ・属性値の定義リスト中に与えられている場合、同定義リストに記された属性値のみ残して、他の属性値を削除したタグを生成する。

- それ以外のタグは、削除する。

「HTML文からの項目の抽出」の場合、リモー

トデータサーバからの応答は、必要な情報がHTMLのタグで区切られている場合がほとんどである。従って、リモートデータサーバからの検索結果HTMLを解釈する際には、応答の中で必要な情報と関連する（前後の）タグの出現パターンとの対応づけを行なうことにより、キーとなるタグを元に状態遷移を繰り返して必要な情報を自動的に情報を抽出するようになっている。

また「HTML文の整形」の場合、作成されたHTML文はクライアントのブラウザに表示される（3.3章）訳であるが、ブラウザに依存するHTML文タグの解釈の違いにより、一種類のHTML文を用意しただけでは、ブラウザによって表示に相違ができてしまい、必ずしも我々開発者側で意図した表示とはならない。しかしながらブラウザごとにHTML文生成プログラムを用意すると処理が複雑になるため、作成するHTML文は基本的に一種類とすることが望ましい。

この問題を解決するために、HTML変換モジュールでは、ブラウザに応じたタグの変換規則（少なくとも、MAISONサーバ側が意図した通りの情報をクライアント側でも閲覧できるようになるもの）をあらかじめ取り込んでおき、クライアントブラウザから与えられるagent名を参照することにより、一旦作成されたHTML文中のタグをそれに応じた一定の規則でブラウザの種類毎に変換するような工夫を行っている。ブラウザ間の非互換性は、HTML文中のタグの解釈の相違にあるため、この変換によりブラウザ間の相違を吸収できる。変換規則は、Mozilla (Netscape, IE) のバージョン0 (Mosaic相当) からバージョン4 (Communicator相当) 程度に分類して作成している。これらのいずれにも該当しない場合はバージョン0 (Mosaic相当) とみなしている。

4.2 画像リストデータベース

MAISONシステムにおいてはネットワークを通じたデータの受信が本質的である。従って、ネットワークを通じたデータ送信に無視できない遅延が発生した場合は、それに伴うパフォーマンスの劣化は避けることが出来ず、MAISONにおける弱点の一つとなり得る。

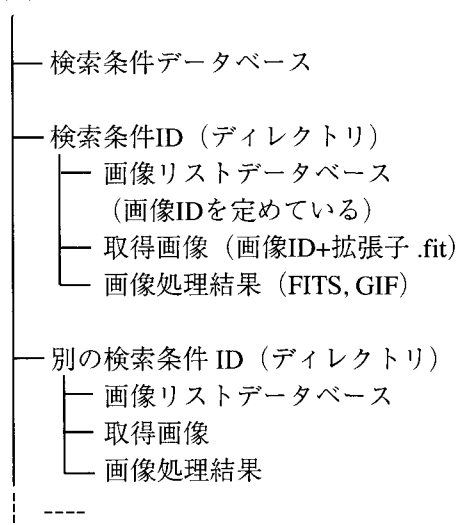
この問題を軽減するために、我々はMAISONサーバ上に「画像リストデータベース」というものを作成し、画像データのリストと画像データ自体をキャッシュとして一日間MAISONサーバ上にローカルに保持する、という工夫を施している。このデータベースは、クライアントからの検索要求の発行の後に、リモートデータサーバとの通信の前に参照され、もしその検索条件と同一の検索条件がデータベースに保持されていれば、データサー

バとの通信を行わず、MAISONサーバでローカルにその検索に対する結果をクライアントに返す。(クライアントからの画像リスト要求の全項目が、文字列として見た場合に全て一致しているものを「同一」とみなす。従って、例えば1.23と1.230は同一とはみなしていない) この処理により、データのネットワーク転送の遅延による問題を軽減し、処理プロセスをある程度高速に実行することが可能となっている。このデータベースは一日に一回、cronによって自動でチェックされ、検索や画像処理要求などによるデータベース参照が24時間以上行われていない検索条件については、対応したデータベース項目及び画像ファイルが全て消去される。キャッシュ後に24時間以内に再検索を受けたデータについては、キャッシュ上での保持期間が更に一日間延長される。

「画像リストデータベース」はUNIXにおけるdbmファイルで、perlで作成・管理されている。リモートデータサーバから送られてきたHTML文から、4.1章で述べたHTML変換モジュールとHTML変換テーブルによって、必要な項目(後述)のみが抜き出されて作成される。リモートデータサーバの仕様によっては、我々が必要とするデータベース登録項目がすべて記述されたHTML文が一度の通信で得られるとは限らないので、そのような場合には必要な通信を複数回行なう場合もある。

データベース及び実際の画像ファイルを保存している作業領域(キャッシュ領域)の構成は、以下のようになっている。

作業領域ディレクトリ



各項目の説明は以下のようになる。

- 検索条件データベース: 検索条件と検索条件IDの対応関係を保存する。

- 検索条件ID: 秒単位の時刻情報をもとに、各検索要求に対して生成され、作業領域中のディレクトリ名として用いられる。異なる検索条件に対しては、異なるディレクトリ名として与えられるが、検索条件データベースに登録されている過去の検索条件と同じ検索条件に対しては、対応するキャッシュが有効である限りは、同一の文字列が与えられる。(以前の内容がキャッシュとして利用される)

- 画像リストデータベース: 対応する検索条件IDのディレクトリ下に作成される。画像リスト自体は、検索対象と座標情報の対をファイル名にして、個別のファイルとして保存されている。(ポインティング観測の結果次第で、対応するサーベイ観測の座標情報が異なるため) その他に画像リスト管理用のデータベースが保存される。(画像IDと観測対象の対応表、画像IDとフォームで表示される画像の名称の対応表、など)

- FITS画像: リモートデータサーバから取得した画像ファイルを保存する。圧縮ファイルとして取得したデータは、元データに復元して保存する。各画像には、画像リストデータベースで割り当てられた画像IDがファイル名としてつけられる。

- 画像処理結果: スムージングや重ね合わせ等、クライアントからの要求に応じて作成された画像を保存する。ファイル名は画像IDと処理内容の組み合わせで表現される。

画像リストデータベースは、リモートデータサーバによらず統一された形式で登録される。登録される情報は、以下の通りである。

- 表 題: リモートデータサーバから返された画像リストの表題が格納される。
- 画像ID : 検索の結果リストアップされた各画像に対して、時刻情報とプロセスIDからなる一意なIDが割り当てられる。
- URL : 上記の各画像IDに対応する画像ファイルを取得するためのURLが格納される。
- 付随情報: 上記の各画像IDに付随するその他の情報が格納される。リモートデータサーバから得られた画像リストがユーザから識別し易くなるように、情報は適宜取捨選択され加工される。

4.3 中間言語の採用

ユーザが画像表示の方法を指定するインタフェースには様々な形態が考えられ、それに伴いHTMLフォームの構成等も随時改良が加えられていく可能性がある。HTMLの場合、サーバに送られる問い合わせはフォームの構成変更が直接影響

することになる。これに対して、画像処理側の機構（3.5章）もまた改良が加えられていく可能性がある。その際に、フォームで使われている問い合わせをそのまま画像処理側で解釈していたのでは、インタフェースが変更される度に画像処理側も解釈の機構に変更を加える必要が生じる。すなわち、インタフェース作成者と画像処理部の作成者との間での調整が常に必要となり、開発効率の面で好ましくない。

このような問題を解消するために、インタフェース側から画像処理側に渡す中間的な言語の文法を予め定めておく工夫を行った。こうすることにより、画像処理側は規定の中間言語のみを解釈できるようにしておけば良く、インタフェースの構成に左右されなくなる。インタフェースを作成する側も、正しく中間言語に変換する所まで関知しておけば良く、画像処理側のことは考えずにHTMLフォームの構成を変更することができる。

中間言語を介する分、厳密には実行時の処理量は増えるが、MAISON全体の処理時間に比較すれば無視できるものである。利点として、モジュール間の独立性が高まり、開発効率向上の寄与も大きい。

5. MAISONの課題

現行のMAISONは実際に稼動するサービスとして現在公開されている。しかし我々開発者の立場からは、現行のMAISONはその種のサービスシステムの開発第一版としての「テスト版」という側面がむしろ重要である。

実際、具体的な開発作業を通じて、この種のサービスシステムをより良いものとするために、開発当初は思い至らなかった様々な開発課題があることが分かってきた。その中には、現行のMAISONでは完全には解決されていない課題も少なからず残されている。以下にそれら課題をまとめ、今後の取り組みを列挙する。

(1) 画像リストの判り易い表示方法

対象となるデータソースが増えてくると、それらの検索結果のリスト表示は、単に羅列しただけではかなり込み入った、一見して見づらいものとなる。この課題には対処を行ってきているが、まだ改良の余地が残されていると考えている。例えばブラウザ上での表示を、JavaScriptを用いたり、あるいはJava言語のアプレット機能を用いたりすることで、リスト情報の表示をクライアント側でローカルに操作できるようにすることができる。これによりこの問題は大きく緩和されと考えている。

(2) 画像表示における表示プロパティ操作機能の

追加

最終的な画像表示では、重ね合わせ表示においてもその表示のプロパティをユーザが簡便かつ迅速に変更できるような仕組みを提供することができれば、MAISONの活用性が大きく進展することが期待される。現状では、重ね合わせ画像表示はHTMLのIMAGEタグを使ったGIF画像表示であるため、このような操作機能の追加や操作性の向上の要求には応じられない。この問題に対処するためには、画像表示部はすべてJava言語のアプレット機能を用いて開発することが求められる。

また、これら2つ以外の一般的な問題点として、開発当初のソフトウェア開発能力が未熟であったことから、処理によってはアルゴリズムや開発ソフトウェア環境が最適なものになっていない、ということと、スケーリングの大きさの指定など、ユーザに選択枝を与えることが可能なパラメータで、まだそうっていないものがある、ということが挙げられる。

MAISONの開発過程で以上のような課題に直面したが、いずれも現行のMAISONにおいて対応することは、非効率的であったり、また技術的に不可能であったりするものである。この点を考慮し、また現行のMAISONが開発段階の区切りのいいところであることを受けて、これらすべての課題を解決するために、根本的に新しいMAISONサーバ第二版の開発に取り掛かる計画である。この計画について次章で述べる。

6. MAISONの今後の開発の方向性

5章で述べた課題を解決するために、2000年度から新たなMAISONサーバ第二版の開発に取り組み始めている。5章にあげた二点の問題点は、この第二版ではいずれもJava言語のアプレット機能を用いることで解決が図られる。

画像リストの表示では、クライアントブラウザ上で列の表示/非表示を切り替えることや、行のソートなどの操作を可能とすることで、見易さが向上する。また、検索結果のポインティング観測画像リストをより視覚的に把握する目的で、画像の視野の天球位置を描画した天球図をアプレット機能を用いて表示する。ユーザはこの天球図上でサーベイ画像の領域を指定できる。このようにサーベイ画像の視野領域をユーザに効率的に選択させることにより、検索の冗長性（3.7章）を緩和することができる。この天球図では、背景の画像としてDSS広視野画像¹⁹⁾を採用し、より視覚的に理解し易い画像リスト表示を目指す。

重ね合わせ画像表示部では、アプレット機能を用いた高機能表示システムを開発中である。この

システムは、Java言語のアプリケーションとして開発されたFITS画像表示システムNAOimage^{16,17)}に改造を加えることで開発が進められている。この画像表示部からは、MAISONサーバを経由して画像取得要求やカタログデータ取得要求が発行されることになる。カタログデータサーバとしては、ADACがミラーサイトとなっているVizieRサーバ¹⁸⁾を利用する。カタログ天体は、その位置や（銀河などの広がった天体については）形状などを画像の上に図示し、必要に応じてその他の観測量を表示する機能を付加する。

新たなリモートデータサーバも逐次追加していく予定である。現在の候補としては、ADACにミラーデータサーバがあるハッブル宇宙望遠鏡データ⁷⁾、PLAINセンターにミラーデータサーバが設置されているROSATポインティング観測データとサーベイ観測データ、STScIがデータサーバとなっている電波のサーベイデータFIRST¹⁹⁾などが挙げられる。

また、リモートデータサーバに接続して検索を行い、必要な情報の配信を受けるための方法として、CDSが中心となって提唱している「ASU (Astronomical Server URL)」という天文データのHTTPによる交換のためのURL記述書式の採用があるので、これを活用してリモートデータサーバとの通信をより簡便なものとする努力も払うべきである。更に、ASUを一般化して、登録してあるリモートデータサーバへのアクセスに関してはクライアント側はQUERY_STRINGの書式の変更を気にする必要がなく、常にデータサーバ側でそれを管理できるという「GLU (Générateur de Liens Uniformes)」というツールの採用も検討している。このGLUメンバーに加わることで、この中のリモートデータサーバからのデータ配信については、QUERY_STRINGの変更を全く気にする必要がなくなり、MAISONのシステム管理の労力が大幅に削減できると考えている。

謝辞

本開発は、国立天文台・天文学データ解析計算センターの現スタッフメンバー、並びに宇宙科学研究所・宇宙科学企画情報解析センターの現スタッフメンバー及び前スタッフメンバー（星野 真弘氏、根来 均氏）の協力の下で進められました。また、国立天文台・天文学データ解析センター・天文データセンター実務会メンバーの皆様からは有益な助言や御協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) T.Horaguchi, S.Ichikawa, M.Yoshida, S.Yoshida, and M.Hamabe: An Archival System for Observational Data Obtained at the Okayama and Kiso Observatories, *Publ.Natl.Astron.Obs.Japan*, **4**, 1–8 (1994).
- 2) T.Takata, S.Ichikawa, T.Horaguchi, S.Yoshida, M.Yoshida, T.Ito, E.Nishihara, and M.Hamabe: An Archival System for Observational Data Obtained at the Okayama and Kiso Observatories. II, *Publ.Natl.Astron. Obs.Japan*, **4**, 9–21 (1995).
- 3) 西原英治, 洞口敏博, 伊藤孝志, 高田唯史, 青木賢太郎, 吉田道利, 吉田重臣, 市川伸一, 濱部 勝: データアーカイブシステムMOKA2の開発, 国立天文台報, **3**, 23–33 (1997).
- 4) T.Horaguchi, E.Nishihara, M.Yoshida, K.Aoki, T.Ito, M.Watanabe, S.Ichikawa, T.Takata, S.Yoshida, and M.Hamabe: An Astronomical Data Archive System with a Java-Based User Interface, *Publ.Astron.Soc.Japan*, **51**, 693–701 (1999).
- 5) 渡辺 大, 青木賢太郎: 天文学データ解析計算センターにおけるCD-ROM画像データのネットワーク上での公開システムの開発, 国立天文台報, **4**, 87–99(1999).
- 6) A.Miura, H.Negoro, S.Uno, I.Shinohara, S.Matsui, K.Matsuzaki, M.Watanabe, A.Yamashita, H.Takahashi, H.Matsui, M.Hoshino, and F.Nagase: ISAS Data Archive and Transmission System (DARTS), in *Astronomical Data Analysis Software and Systems IX*, in press.
- 7) 安田直樹, 青木賢太郎, 渡辺 大, 多賀正敏, 西原英治, 大槻かおり, 市川伸一: 日本版HSTデータアーカイブシステムの開発, 国立天文台報, **4**, 209–220 (2000).
- 8) T.McGlynn, K.Scollick, and N.White: SkyView: The Multi-wavelength Sky on the Internet, in *Proceedings of the IAU Symposium No.179*, eds. B.J.McLean, D.A.Golombek, J.J.E.Hayes, and H.E.Payne (Dordrecht, Kluwer), pp.465–466 (1998).
- 9) F.Bonnarel, P.Fernique, O.Bienayme, D.Egret, F.Genova, M.Louys, F.Ochsenbein, M.Wenger, and J.G.Bartlett: The ALADIN Interactive Sky Atlas. A Reference Tool for Identification of Astronomical Sources, *Astron. Astrophys.Suppl.*, **143**, 33–40 (2000).
- 10) NASA/GSFC Astrophysics Data Facility: A User's Guide for the Flexible Image Transport System (1996).
- 11) M.Wenger, F.Ochsenbein, D.Egret, P.Fuibois,

- F.Bonnarel, S.Borde, F.Genova, G.Jasniewicz, S.Laloe, S.Lesteven, and R.Monier: The SIMBAD Astronomical Database. The CDS Reference Database for Astronomical Objects, *Astron. Astrophys.Suppl.*, **143**, 9–22 (2000).
- 12) W.Pence: New Developments in the FITSIO and Fv Software Packages, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems VII*, ASP Conf. Ser. vol. 145, eds. R.Albrecht, R.N.Hook, and H.A.Bushouse (San Francisco, ASP), pp.97–98 (1998).
- 13) W.Pence: CFITSIO,v2.0:A New Full-Featured Data Interface, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII*, ASP Conf. Ser. vol. 172, eds. M.Mehring, R.L.Plante, and D.A.Roberts (San Francisco, ASP), pp.487–489 (1999).
- 14) D.J.Mink: WCSTools: An Image Astrometry Toolkit, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems VIII*, ASP Conf. Ser. vol. 172, eds. M.Mehring, R.L.Plante, and D.A.Roberts (San Francisco, ASP), pp.498–501 (1999).
- 15) 多賀正敏 他, 国立天文台報 (本号).
- 16) H.Baba, N.Yasuda, S.Ichikawa, W.Aoki, M.Tag, T.Horaguchi, and M.Hamabe: Development of a Java-based Quicklook Image Browser for Echelle Spectrograph, in *Astronomical Data Analysis Software and Systems IX*, in press.
- 17) 馬場 肇 他, 国立天文台報 (本号).
- 18) F.Ochsenbein, P.Bauer, and J.Marcout: The VizieR Database of Astronomical Catalogues, *Astron. Astrophys.Suppl.*, **143**, 23–32 (2000).
- 19) R.Becker, R.L.White, and D.J.Helfand: The FIRST Survey: Faint Images of the Radio Sky at Twenty-cm, *Astrophys.J.*, **450**, 559–577 (1995).