

すばる望遠鏡公開データアーカイブシステムの開発 2

山本直孝^{*1}, 野田祥代, 多賀正敏^{*2}, 小澤友彦^{*3}, 洞口俊博^{*4},
奥村真一郎^{*5}, 古荘玲子, 馬場 肇^{*6}, 八木雅文,
安田直樹, 高田唯史, 市川伸一

(2003 年 3 月 31 日受理)

Development of Public Science Archive System of Subaru Telescope 2

Naotaka YAMAMOTO^{*1}, Sachiyo NODA, Masatoshi TAGA^{*2}, Tomohiko OZAWA^{*3},
Toshihiro HORAGUCHI^{*4}, Shin-ichiro OKUMURA^{*5}, Reiko FURUSHO,
Hajime BABA^{*6}, Masafumi YAGI, Naoki YASUDA,
Tadafumi TAKATA, and Shin-ichi ICHIKAWA

Abstract

We report various improvement in a public science archive system, SMOKA (Subaru-Mitaka-Okayama-Kiso Archive system). We have developed a new interface to search observational data of minor bodies (MB) in the solar system. In addition, the other improvement

- (1) to search frames by specifying wavelength directly,
- (2) to find out calibration data set automatically,
- (3) to browse data on weather, humidity, and temperature, which provide information of image quality,
- (4) to provide quick-look images of OHS/CISCO and IRCS, and
- (5) to include the data from OAO HIDES (HIGH Dispersion Echelle Spectrograph), are also summarized.

1. はじめに

天文学の研究において、観測は極めて大きな役割を担っている。観測データは、ある天域の観測時刻における唯一無二の記録であり、これらを散逸しないよう保存し研究や教育目的の再利用に供することがデータアーカイブの最も重要な使命である。この理念のもと、我々はすばる望遠鏡、岡山天体物理観測所 188 cm 望遠鏡、および東京大学木曽観測所 105 cm シュミット望遠鏡の観測データアーカイブシステム SMOKA (Subaru-Mitaka-Okayama-Kiso Archive system^{†1)}) を開発し¹⁾ (以下論文 1) 運用を行っている。SMOKA では、これら 3 望遠鏡のデータ検

索を行うための共通インターフェースを提供しており、これによって利用者は天文観測データをオンラインで取得することが可能となっている。

現在 SMOKA で公開しているのは、すばる望遠鏡に関しては第一期観測装置として運用されている 7 つの観測装置 (Suprime-Cam²⁾, FOCAS³⁾, HDS⁴⁾, OHS/CISCO^{5, 6)}, COMICS⁷⁾, CIAO⁸⁾, IRCS⁹⁾), および 2 つのファーストライト期試験観測装置 (CAC, MIRTOS¹⁰⁾) によって取得された観測データである。すばる望遠鏡で取得されたデータは、まずハワイ観測所 (ヒロオフィス) のデータアーカイブシステム STARS^{11,12)} に格納され、直ちにそのミラーセットである三鷹キャンパスの MASTARS に転送される。そのうち公開開始 (原則として観測後 18 か月) となった分が MASTARS から転送され SMOKA に登録される。岡山天体物理観測所 188 cm 望遠鏡に関しては、従来の SNG¹³⁾, OASIS¹⁴⁾ に加え、今回 HIDES¹⁵⁾ により取得された観測データの公開開始 (観測後 2 年) 分が、木曽観測所 105 cm シュミット望遠鏡に関しては、1 kCCD¹⁶⁾ と 2 kCCD¹⁷⁾ によ

^{*1}産業技術総合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

^{*2}早稲田大学 (Waseda University)

^{*3}みさと天文台 (Misato Observatory)

^{*4}国立科学博物館 (National Science Museum)

^{*5}宇宙開発事業団 (National Space Development Agency of Japan)

^{*6}宇宙科学研究所 (The Institute of Space and Astronautical Science)

^{†1)} <http://smoka.nao.ac.jp/>

り取得された観測データのうち公開開始（観測後 1 年）となった分が、それぞれ SMOKA を介して公開されている。この 2 観測所の観測データは、磁気テープまたは CD-R によって三鷹に搬送されている。

論文 1 でも述べたように、天文学の研究や教育目的での利用をさらに有用なものとするために、SMOKA では様々な取り組むべき開発課題が残されていた。最も重要な課題は、検索機能のさらなる強化である。なかでも移動天体（太陽系天体）検索機能は利用者からも強い要望のあった機能である。黄道、銀河座標による検索、観測波長による検索、較正フレーム検索も優先度の高い課題であり、開発が進められてきた。また天候や温度、湿度などの観測データは、解析結果の信頼性を評価する上で重要な材料となる。利用者がこうした環境データを容易に参照できる表示機能の実現も目指してきた。検索をより効率良く行うための、早見画像機能の充実や赤外データの早見画像の作成も行ってきた。さらに、先に述べたアーカイブの意義からも、より多くの観測装置による観測データを SMOKA に組み入れることが望まれる。エシエル格子を用いた高分散分光器 HIDES の観測データは膨大な情報を有しているため、この組み込みは重要な課題であった。

本論文では、以上の開発課題を解決すべく SMOKA に追加補強された機能について報告する。2 章では、今回実装が行われた移動天体検索機能について述べる。3 章ではアドバンスド検索に追加された機能について、4 章で環境情報の表示、およびフレーム数一覧表示について述べる。より充実した早見機能については 5 章で述べ、6 章で観測装置 (HIDES) の SMOKA への新規追加について述べる。7 章では、多様な機能を実現するために改良されたデータベーステーブル構造について述べ、SMOKA の利用状況および運用の実態、問題点については 8 章で概説する。9 章でさらなる機能拡充と性能向上に向けての課題を論じ、10 章でまとめを行う。

2. 移動天体検索

データアーカイブシステムでは、過去に遡って天体の物理量を調査することが可能である。この章では、今回新たに開発した移動天体検索機能について述べる。移動天体の過去における観測データ、特に位置情報が得られれば、それらの軌道要素の精度が飛躍的に向上し、より長期間にわたる正確な位置推算が可能となる。本機能は 2003 年 1 月より SMOKA に実装され使用可能となっている。

移動天体に関する過去における情報の意義は、天

体の種類により異なる。例えば、近年サーベイ観測により多数の小惑星が発見されるようになってきたが、太陽系内に散在するこうした天体の分布を知るためには、軌道要素が精度良く決定されなければならない。しかしながら、特に光度が低い小質量天体についてはフォロー観測が不足しており、精度向上は過去の観測データの貢献に寄るところが大きい。また太陽系外縁部天体（海王星以遠に存在する移動天体）の公転周期は数百年と非常に長く、これらの軌道精度改善には年単位の位置観測情報が必要である。SMOKA でアーカイブしている観測データには、50 分角視野の 2kCCD（木曾 105 cm シュミット望遠鏡）、34 × 27 分角視野の Suprime-Cam（すばる望遠鏡）といった広視野検出器によるものがある。移動天体は、本来の位置と位置推算結果との誤差が大きい恐れがあるが、この面でも SMOKA は、移動天体の検索に適していると言えよう。一般に、データアーカイブ検索システムでは位置変化しない天体が検索対象である。例えば、HST アーカイブ^{†2)} や VLT アーカイブ^{†3)} には移動天体検索機能はない。

2.1 軌道要素データベース

移動天体を検索する際に軌道要素の入力は不可欠である。しかしながら利用者が軌道要素すべてを入力するのは能率的でなく、誤入力为了避免のためにも望ましくない。そこで我々は、既知の軌道要素を予めデータベースに登録しておくことにより天体名から軌道要素を検索する仕組みを構築した。この軌道要素テーブル (ORBITS) には天体名、確定番号、仮符号が登録されており、そのいずれからでも軌道要素を検索することができる。軌道要素の登録には、MPC (Minor Planet Center^{†4)}) から提供されている MPC Orbit Database (MPCORB^{†5)}) の全軌道要素ファイル MPCORB.DAT を用いている。

移動天体の軌道要素は、同一の天体であっても追観測による軌道要素の改良や元期の違いにより値が変化する。そのため ORBITS テーブルでは、同一の天体でも軌道要素が異なる場合にはそれぞれの値を登録している。2.3 節でも述べるが、同一天体で異なる軌道要素が登録されている場合は、検索の際に利用者を選択を求めるようにしている。

2.2 軌道計算

移動天体の検索では、あるフレームが取得された

^{†2)} <http://archive.stsci.edu/cgi-bin/hst>

^{†3)} <http://archive.eso.org/>

^{†4)} <http://cfa-www.harvard.edu/iau/mpc.html>

^{†5)} <ftp://cfa-ftp.harvard.edu/pub/MPCORB/>

図 1. 移動天体検索のトップ画面 .

移動天体の軌道要素入力画面 . 最上段の Object Name フォームを用い天体名や確定番号 , 仮符号から移動天体の軌道要素を検索できる .

観測時刻での , 目的の移動天体の観測位置を算出する必要がある . しかしながら , この機能は SMOKA で用いているリレーショナルデータベース管理システムの標準的機能ではないため , 我々は Java Servlet から外部プロセスとして軌道計算プログラムを実行し , その結果とデータベースとの比較によりフレーム検索を実現した . これは SMOKA 独自の機能である .

現在 , 位置推算是太陽との 2 体問題で行っている . ケプラー方程式を解く部分および座標変換部は C 言語で実装した . また地心位置に変換するための地球の位置計算には SOFA^{†6)} で提供されているライブラリを用いている . このライブラリは FORTRAN 言語インタフェースであるため , C 言語へのラッパーも同時に作成した . 軌道計算プログラムは入力した時刻 (ユリウス日表記) での移動天体の位置推算を行う . このプログラムは C 言語で書かれており , Java 言語に書き直さずそのまま利用するために , Java Servlet の検索部分から外部プロセスとして起動させている .

2.3 ユーザインターフェース

図 1 は移動天体検索画面である . 小惑星 ‘2002

GD23’ を検索する場合を例に SMOKA 検索画面の流れを概説する . まず図 1 の “Object Name” に ‘2002 GD23’ を入力し [Resolve] ボタンを押す . これにより軌道要素テーブル ORBITS が参照され , 天体名から軌道要素が求められる . 入力された天体の軌道要素が複数ある場合には , 図 2 で示すような選択画面で利用者に選択を促す . この図では元期の異なる 2 種類の登録データが表示されている . 利用者が [Select] ボタンを押すと , 選択した軌道要素が入力された検索画面 (図 3) に戻る . ORBITS で参照された軌道要素が一意的な場合には , 選択画面 (図 2) は表示されない . 一方 , まだデータベースに登録されていない天体の検索や , より新しい軌道要素を指定して検索したい場合には , 図 1 の検索画面で軌道要素を直接入力すればよい .

検索対象とするフレームの条件は , 図 3 の下段で指定する . 図 3 では検索対象の装置として Suprime-Cam が選択されているが , 前述のとおり木曽観測所の 2kCCD も選択可能である . その他の検索条件としては観測日時 (“Observation Date”) と積分時間 (“Exp Time”) の指定が可能である . 指定がない場合は全フレームが検索対象となる . “Radius” は ,

^{†6)}<http://www.iau-sofa.rl.ac.uk/>



図 2. 軌道要素選択画面．

天体名から検索された軌道要素の候補から選択を行う画面．各欄に軌道要素が表示される．左の [Select] ボタンから軌道要素の選択を行う．

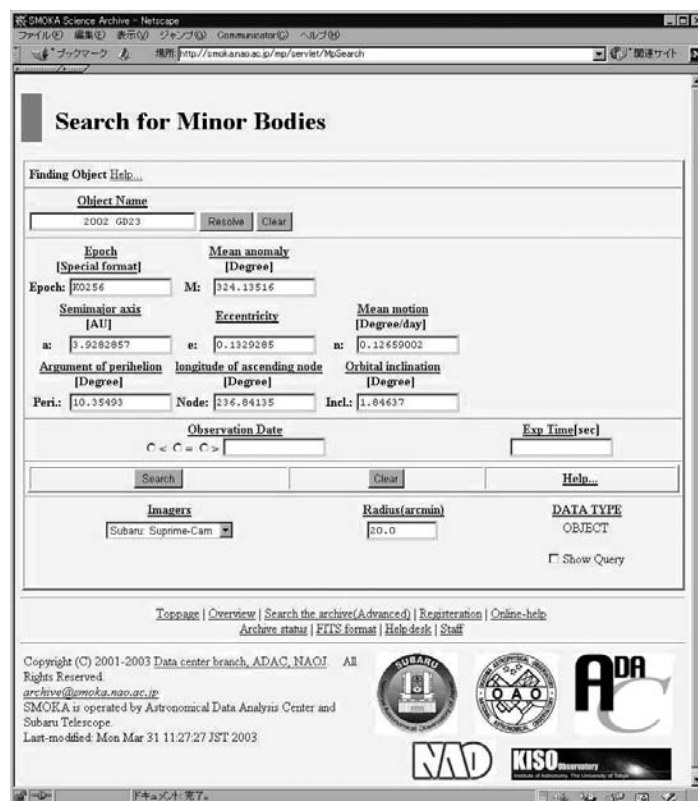


図 3. 移動天体検索画面．

軌道要素選択により各項目に必要な要素が入力された状態．[Search] ボタンにて観測データの検索を行う．

移動天体の位置推算の結果とフレーム上での位置比較の結果、一致したとみなす半径である．検索結果画面を図 4 に示す．

検索システム側では、フレーム検索処理が要求されると、まず検索対象となっている全フレームの

ユリウス日、および 2000 年分点の赤経・赤緯の秒角表示 (rasec, decsec) をメモリに保持する．次に軌道計算プログラムが起動され、ユリウス日から天体の地心直交赤道座標系での (x, y, z) を算出する．次に位置比較を行う．先ほどデータベースから抽

SMOKA Science Archive - Netscape

http://smoka.aoi.ac.jp/mp/servlet/MpSearch

SMOKA Science Archive

Results

90 frame(s) is(are) found.

To retrieve data, mark checkboxes at the first column of rows which correspond to the frames which you'd like to retrieve. Then push "Datarequest" button located before/after the table.

Mark all Unmark all Datarequest

FRAME							2002 GD23	
#	FRAME ID	EXP ID	DATE OBS	UT STR	RA2000	Dec2000	RA2000	Dec2000
☐	SUPA00000577	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000578	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000579	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000580	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000581	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000582	SUPE00000577	1999-01-11	06:49:10.704	03:06:16.204	+17:19:17.62	03:05:56.7	+17:19:40.2
☐	SUPA00000583	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000584	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000585	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000586	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000587	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000588	SUPE00000583	1999-01-11	07:05:07.457	03:06:16.252	+17:19:17.72	03:05:56.6	+17:19:39.9
☐	SUPA00000589	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000590	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000591	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000592	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000593	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000594	SUPE00000589	1999-01-11	07:33:07.848	03:06:16.344	+17:19:27.78	03:05:56.6	+17:19:39.5
☐	SUPA00000595	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000596	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000597	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000598	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000599	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000600	SUPE00000595	1999-01-11	08:10:01.272	03:06:15.200	+17:19:27.00	03:05:56.5	+17:19:38.9
☐	SUPA00000601	SUPE00000601	1999-01-11	08:39:54.495	03:06:15.200	+17:19:17.00	03:05:56.5	+17:19:38.4

ドキュメント完了 (6.687 秒)

図 4. 移動天体検索結果画面。

小惑星 2002GD23 を検索した結果、検索されたフレーム数と簡単な説明文の後に検索結果フレーム一覧および天体の位置が表示される。

出した (rsec, decsec) を直交座標系に変換し、位置推算プログラムの結果である (x, y, z) との内積計算により成す角を求める。成す角が検索条件で指定された “Radius” よりも小さければ、天体はそのフレーム内に存在するものとする。最後に、検索結果画面にフレーム情報と位置推算による移動天体の位置を表示する (図 4)。

全体の構成は利用者の使い易さを図り、アドバンス検索に似た構成とした。シンプル検索およびアドバンス検索と同様、必要なフレームにチェックを入れ [Datarequest] ボタンを押すとデータの請求ができる。データ請求以降は従来の SMOKA システムと同様である。

2.4 今後の課題

より効率の良い移動天体検索を行うために、以下の 3 つの課題が残っている。

(1) 比較精度の向上

位置推算を 2 体問題に近似していることにより、その誤差が数分角に及ぶ場合がある。特に太陽系

天体の場合には、位置推算の結果で検索したフレーム内に実際には目的の天体が含まれていないことも起りうる。精度を向上させる簡単な方法としては、データ取得日時に最も近い元期の軌道を自動選択し軌道計算を行う方法が考えられる。さらに本質的には、惑星などの影響を考慮した多体計算により位置精度を向上させる必要があるが、この計算には時間を要するという問題もある。その場合、利用者が 2 体問題と多体計算のどちらを利用するか適宜切り替えられるような選択機能が必要であり、現在その実装方法を検討中である。

(2) 検索の高速化

2.3 節の検索例では、検索結果が表示されるまでに 10 秒弱の時間がかかる。今後のアーカイブデータの増加に伴って、所用時間はさらに長くなると予想されるが、一般に、Web ブラウザでの応答時間が数秒以上になると利用者は遅いと感じると言われている。移動天体検索での所要時間の多くは、主に位置推算、次いで Servlet 内部で行っているデータベースからの読み込みや位置推算結果とフレーム

図 5. アドバンスド検索画面。

天体名，天球座標（赤経・赤緯／銀経・銀緯／黄経・黄緯），観測日時，観測者名，フレーム ID，観測装置，データ種別，出力項目などの条件を設定して検索できる。

との位置比較部分で消費されている．位置推算部分では，入力される MJD 毎の並列化による時間短縮が可能である．また，Suprime-Cam の観測データテーブル (SUP) には直行座標値 (X_{2000} , Y_{2000} , Z_{2000}) が入力されているが，2kCCD のテーブル (KCD) にはない．そのため位置比較の際の赤経・赤緯から直交座標系への変換が Servlet 内部で行われており，検索時間が浪費されている．そこで，変換結果を事前にデータベーステーブルに保持させておくことにより，検索速度の高速化を図る方法を考えている．

(3) 軌道要素テーブル (ORBITS) の登録自動化 MPCORB では Daily update が提供されており，ORBITS テーブルを最新に保つためには毎日の更新処理が不可欠である．現在は MPCORB からファイルのダウンロード，およびデータベースへの登録は手動で行っており，今後は登録更新作業の自動化が必須である．ただし，同一天体で軌道が変化した場合や，元期による値変化の場合には新しい軌道要素を追加する必要があり，また軌道要素が改良された場合には登録データを更新する必要があるなど，

場合に応じた対処が求められる．現在，それらの処理を一括で実行するツールを作成中である．

3. 新たな検索機能の開発

今回，黄道，銀河座標系による検索，観測波長による検索，校正フレーム検索の 3 つの検索機能を開発，実装した．以下，それぞれについて解説する．

3.1 黄道，銀河座標系による検索

SMOKA のアドバンスド検索画面（図 5）では，天体名，天体位置，観測日，露出時間など，さまざまな条件を指定しての検索が可能となっている．天体位置に関しては，これまで赤経・赤緯による指定が可能であったが，新たに黄経・黄緯および銀経・銀緯による検索機能を開発，追加した．

検索したいフレームの座標位置が 1 点（およびその周辺）であれば，与えられた黄道や銀河座標の位置をそのつど赤道座標の位置に変換して検索することも可能である．しかし，黄道から何度以内のデータを検索したい，あるいは銀河面を除いた天球のある範囲を検索したいといった場合には，黄道，銀河

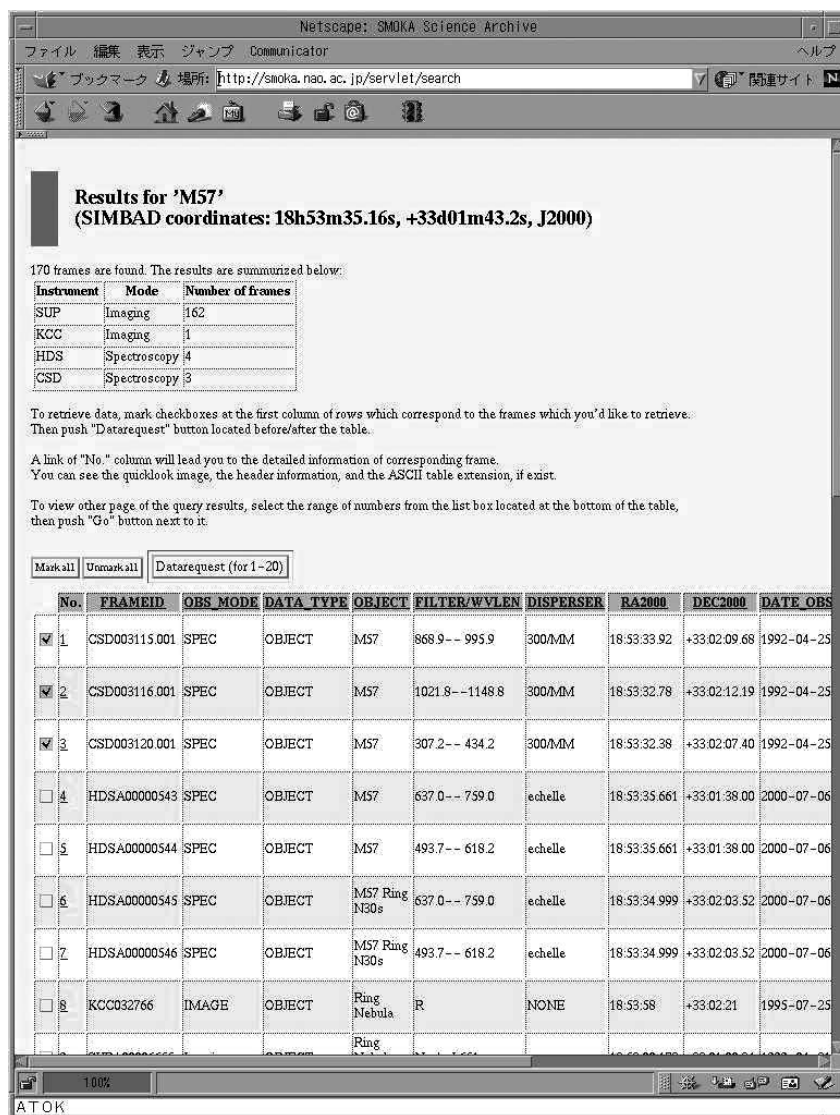


図 6. 検索結果画面。

M57 を検索した結果。検索結果の概要（観測装置ごと、撮像 / 分光モードごとのそれぞれの枚数）が表示され、簡単な説明文の後に検索結果フレーム一覧が表示される。

座標値がないと検索対象となるすべてのフレームについて座標変換を行う必要が生じ、そのたびに膨大な演算が必要になるだけでなく、利用者にも無用な待ち時間を与えることになる。そこで、我々は検索用テーブルに黄道、銀河座標値をあらかじめ計算して登録しておくことにより、さまざまな座標系による任意の範囲検索を高速で行うことを可能にした。

すばる望遠鏡の観測装置の場合、黄道座標系、銀河座標系での観測座標値が STARS のデータベーステーブルに記載されており、それらを SMOKA データベースに複写して用いている。岡山天体物理観測所、東京大学木曽観測所の観測装置については、赤経・赤緯から計算しデータベースへの登録を行っている。

3.2 観測波長による検索

SMOKA のアドバンスド検索画面で、既に利用可能な観測波長に関する検索機能としては、フィルター名による検索機能がある（“Observation Band” 欄の “FILTER” オプション）。この機能によって、少なくとも撮像観測については、目的の波長域の情報をもつフレームを検索することができる。しかしながら、観測装置のフィルターには一般にそれぞれ独自の名称がつけられており、それらの特性を理解した上で検索を行うことは必ずしも容易ではない。そこで、観測波長そのものを指定して検索する機能（“WAVELEN”, “WAVERNG” オプション）を開発した。“WAVELEN” は、「指定した波長（域）を含む波長域を観測したフレーム」の検索を行い、“WAVERNG” は、「指定した波長域に観測の中心波

Data Request Form

Enter your account name which you registered at [SMOKA account registration form](#).
 Select media type by which you'd like to send the data.
 "FTP" means you will access our ftp server and transfer the data via network.
 Select your purpose why you request the following data.
 If everything is good, push "OK" button at the bottom of the page.

Your Account:

Bytes of requested frames: 820,800

Media type:

Purpose:

Number of requested frames: 3

Requested FrameID:
 CSD003115.001 1992-04-25
 CSD003116.001 1992-04-25
 CSD003120.001 1992-04-25

Are you ok?

Toppage | Overview | Search the archive (Advanced) | MF Search | Registration
 Online-help | Archive status | Helpdesk | Staff | Links

Copyright (C) 2001-2003 Data center branch, ADAC, NAOJ.
 All Rights Reserved.
archive@smoka.nao.ac.jp
 SMOKA is operated by Astronomical Data Analysis Center and
 Subaru Telescope.
 Last-modified: Fri Jan 10 16:48:06 JST 2003

SUBARU, OAO, ADR, KISO, NAO

図 7. 較正フレーム検索前のデータ請求画面。

請求画像総量 (MB), 請求画像枚数 (天体), 請求したフレーム ID が表示される。[Search for Calibration Frame] ボタンから, 較正用フレームを検索できる。

長が含まれるフレーム」の検索を行うオプションである。

この波長検索機能は, データベースに登録されている各フレームの観測波長域最小波長値 (“WAV_MIN”) と最大波長値 (“WAV_MAX”) を利用している。“WAV_MIN” と “WAV_MAX” は, ずばる望遠鏡の分光観測装置の場合, 同名のキーワードで FITS ヘッダ中に与えられている。岡山天体物理観測所の分光観測装置 SNG と HIDES では FITS ヘッダ中に, 前者は中心波長と波長範囲が, 後者は分光器の設定パラメータが与えられているので, それらから算出している。その他の撮像装置については, 各装置のフレームそれぞれについて検出器の感度波長域と, 使用したフィルターの透過波長域の組み合わせから “WAV_MIN”, “WAV_MAX” を求

めてデータベースに登録している。

3.3 較正フレーム検索

今回 SMOKA では, 利用者が検索結果画面 (図 6) でチェックしデータを請求したフレーム (図 7) に対して, それらの較正処理に必要なフレームも自動で検索し請求リストに追加できる機能の提供を始めた (図 8)。表 1 に観測装置ごとの各較正フレームの検索条件を示す。表の条件をもとに, オブジェクトフレームから標準星フレームが, それらをあわせたフレームから比較スペクトルフレームが, という具合に表の左から右へと結果を順次併合しながらフラット, ダーク, バイアスフレームを検索し, 請求リストに追加していく仕組みになっている。これまでの SMOKA システムでは, オブジェクトフ

Data Request Form

Enter your account name which you registered at [SMOKA account registration form](#).
 Select media type by which you'd like to send the data.
 "FTP" means you will access our ftp server and transfer the data via network.
 Select your purpose why you request the following data.
 If everything is good, push "OK" button at the bottom of the page.

Your Account:

Bytes of requested frames: 3,830,400

Media type:

Purpose:

Number of requested frames: 3

Number of calibration frames: 11

Requested FrameID: CSD003115.001 1992-04-25
 CSD003116.001 1992-04-25
 CSD003120.001 1992-04-25

Calibration FrameID: CSD003105.001 ZERO
 CSD003107.001 ZERO
 CSD003110.001 ZERO
 CSD003112.001 ZERO
 CSD003112.006 ZERO
 CSD003112.011 ZERO
 CSD003114.001 COMP
 CSD003117.001 COMP
 CSD003118.001 ZERO
 CSD003119.001 COMP
 CSD003121.001 ZERO

Are you ok?

Toppage | Overview | Search the archive (Advanced) | MB Search | Registration
 Online-help | Archive status | Helpdesk | Staff | Links

Copyright (C) 2001-2003 Data center branch, ADAC, NAOI.
 All Rights Reserved.
archive@smoka.nao.ac.jp
 SMOKA is operated by Astronomical Data Analysis Center and
 Subaru Telescope.
 Last-modified: Fri Jan 10 16:49:06 JST 2003

Logos: SUBARU, AAO, NAO, KISO observatory

図 8. 較正フレーム検索後のデータ請求画面。
 ユーザアカウント、配布メディア指定、目的の項目を入力した後、[Ok]
 ボタンを押すと、データ請求が完了する。

フレームを検索した後、条件を指定しながら必要な較正フレームを再検索し個別に請求する必要があったが、この機能によって、飛躍的に効率良く必要なフレームを取得することが可能となった。

4. 環境データ参照機能の開発

観測時の湿度や風速等の気象データは、解析結果の質や信頼性を判断する上で重要な情報である。またフラットフィールドやダークなどの較正用フレームの取得状況も、データ解析の方針を決める上で欠かすことができない。このようにアーカイブされた観測データから科学的な結果を導くには、気象データや較正用フレームの取得状況など、オブジェクトフレームだけでなく周辺環境を示す環境データが必要である。そこで、こうした環境データを容易かつ迅速に参照できる機能を開発した。

開発した環境データの参照機能は3種である。まず「フレーム数表示機能」(図9)は、観測装置毎の天体画像数と較正用フレーム数の情報を示し、そのアーカイブ状況によって目的の観測データの検索効率を向上させる機能である。より詳細な情報として、観測された天体名のリストや較正用データタイプも同時に示した。

次に「プロポーザルカレンダー表示機能」(図10)である。すばる望遠鏡において同一プロポーザルIDの観測フレームは、その多くが数日にわたる観測期間中に取得されたものである。この間は基本的に観測装置のつけ替えがなく、観測データはある程度均質性を保っていると推定される。そこでプロポーザルIDをカレンダー様式で表示することにより、利用者がカレンダーからデータ取得時の観測状況を知る手段とした。また、この表示に月齢の情

表 1. 較正フレーム検索条件

標準星 (std), 比較スペクトル (comp), フラット (flat), ダーク (dark), バイアス (bias) フレームを求めるために用いている検索条件を, 観測装置毎に示す.

	std	comp	flat	dark	bias
SUP	—	—	MJD $\pm$ 3.5 同じ DET_ID 同じ FILTER01	—	—
FCS	—	MJD $\pm$ 3.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ OBS_MOD 同じ FILTER01 同じ FILTER02 同じ FILTER03 同じ SLIT 同じ DISPERSR	MJD $\pm$ 3.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ OBS_MOD 同じ FILTER01 同じ FILTER02 同じ FILTER03 (同じ SLIT) (同じ DISPERSR)	MJD $\pm$ 3.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2	MJD $\pm$ 3. 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2
OHS	MJD $\pm$ 0.5 同じ OBS_MOD 同じ FILTER01 同じ FILTER02	—	(分光モードの場合) —	—	—
IRC	未	未	未	未	—
CIA	未	—	未	未	—
COM	未	未	未	未	—
HDS	未	MJD $\pm$ 0.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ SLT_LEN 同じ H_EROTAN 同じ H_COLLIM 同じ H_CROSSD 同じ H_CROTAN	MJD $\pm$ 0.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ SLT_LEN 同じ H_EROTAN 同じ H_COLLIM 同じ H_CROSSD 同じ H_CROTAN	MJD $\pm$ 0.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2	MJD $\pm$ 0.5 同じ DET_ID 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2
CAC	MJD $\pm$ 0.125 同じ FILTER02 ALTITUDE $\pm$ 20	—	MJD $\pm$ 0.5 同じ FILTER02	MJD $\pm$ 0.5	MJD $\pm$ 0.0417
MIR	—	—	未	未	未
KCC	—	—	MJD $\pm$ 0.5 同じ FILTER	MJD $\pm$ 0.5	MJD $\pm$ 0.5
KCD	—	—	MJD $\pm$ 0.5 同じ FILTER	MJD $\pm$ 0.5	MJD $\pm$ 0.5
OAS	—	—	MJD $\pm$ 0.5 同じ FILTER	MJD $\pm$ 0.5	—
CSD	— — —	MJD $\pm$ 0.5 同じ WAVELEN 同じ WAVELEN 同じ WAVEENG 同じ WAVEENG	MJD $\pm$ 0.5	MJD $\pm$ 0.5	MJD $\pm$ 0.5
HID	—	MJD $\pm$ 0.5 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ GAIN 同じ FILTER01 同じ SLT_WID 同じ Z_CROSSD 同じ Z_CD_ANG	MJD $\pm$ 0.5 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ GAIN 同じ FILTER01 同じ SLT_WID 同じ Z_CROSSD 同じ Z_CD_ANG	MJD $\pm$ 0.5 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ GAIN	MJD $\pm$ 0.5 同じ BIN_FCT1 同じ BIN_FCT2 同じ GAIN

‘—’ は該当ファイルなしまたは不要

‘未’ はヘッダ情報が未整備で必要な情報が得られないもの, または標準的な解析手法が確立されていないもの.

SMOKA アーカイブ
このアーカイブに含まれるフレーム数

アーカイブ状況 [English](#)
Mon Jun 02 09:05:01 JST 2003

観測装置	天体	校正
すばる望遠鏡		
CAC(imaging)	4329	1566
CIAO(imaging)	8529	4836
CO MICS(imaging)	7484	0
CO MICS(spectroscopy)	7474	0
FOCAS(imaging)	1401	1761
FOCAS(imaging-Polarimetry)	0	0
FOCAS(spectroscopy)	2659	1458
FOCAS(spectro-Polarimetry)	0	0
HDS(spectroscopy)	1966	3739
IRCS(imaging)	11009	9260
IRCS(spectroscopy)	6953	8090
MIRIOS(imaging)	7152	267
OHS/CISCO(imaging)	68315	5134
OHS/CISCO(spectroscopy)	4378	1158
Suprime-Cam(imaging)	55378	15011
岡山県(天体物理観測所)		
SNG(spectroscopy)	8441	24407
OASIS(imaging)	6843	2981
HIDES(spectroscopy)	955	1650
本管観測所		
1kCCD(imaging)	30783	31564
2kCCD(imaging)	6746	5923

Suprime-Cam(imaging) 天体
(Database column: OBJECT2)
588通り

#	天体
0415	blank field
0416	blank field
1416p52f1	
1416p52f2	
1416p52f3	
1520.1	
1611+343	
1651p35f1	
1651p35f2	
1651p35f7	
1730+33	
1749+096	
1997QK1	
2000GN171	
2330p00f1	
2330p00f2	
2MASSW-00+18	

図 9. フレーム数表示機能。

左欄に装置および観測モードごとの観測フレーム数が、天体フレームと校正用フレームに分けて表示される。フレーム数を示す数値は右欄へのリンクとなっており、右欄には天体名または校正データタイプ名ごとの枚数が表示される。

SMOKA Status - ProposalID Information - Netscape
http://smokanao.ac.jp/pidcal/index.html

2000 1 ProposalID Information(MORE) Date:2000-1-1
ProposalID:88013, FrameID:CAC00001287-GAC00001281 (5 frames)

2000/01	Suprime-Cam	FOCAS	HDS	IRCS	CO MICS	MIRIOS	CO MICS	IRCS	FOCAS	Weather
1										MOVIE
2										MOVIE
3										MOVIE
4										MOVIE
5										MOVIE
6										MOVIE
7										MOVIE
8										MOVIE
9										MOVIE
10										MOVIE
11										MOVIE
12										MOVIE
13										MOVIE
14										MOVIE
15										MOVIE
16										MOVIE
17										MOVIE
18										MOVIE
19										MOVIE
20										MOVIE
21										MOVIE
22										MOVIE
23										MOVIE
24										MOVIE
25										MOVIE
26										MOVIE
27										MOVIE
28										MOVIE
29										MOVIE
30										MOVIE
31										MOVIE

図 10. プロポーザルカレンダー表示機能。

左上のメニューから年月を指定すると各日 (UT)、各観測装置ごとに観測プロポーザル ID が表示される。欄内のプロポーザル ID にマウスカーソルを重ねると、その日その観測プロポーザルで取得されたデータの情報が右上に示され、クリックするとそれらのデータに対する検索を行うことができる。また背景の明暗でその日の月齢が表わされており、満月に近いほど明るく、新月に近いほど暗くなるように表示される。

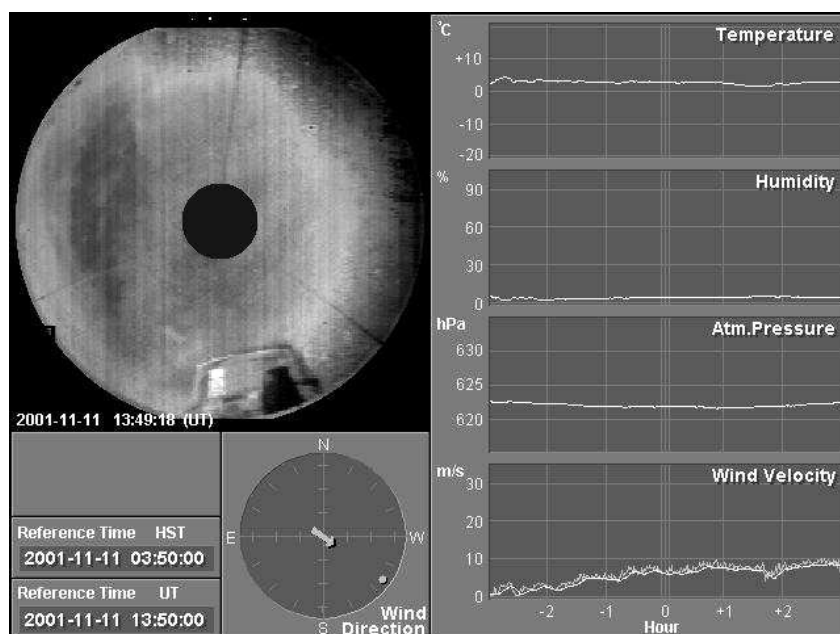


図 11. 気象データ .

左上の画像は、スカイモニター画像。左下の矢印はスカイモニター画像と方位を同じにした風向を、その大きさは風速を示す。右のグラフはスカイモニター画像の時刻を中心とした気温、湿度、気圧、風速の時間変化である。前後 3 時間の変化を示している。

報を示し、観測期間中の月明かりの影響を一目で判断できるようにした。

最後に「気象モニター表示機能」(図 11)は、目的の観測データが取得された際の湿度や風速といった気象データを示し、観測データの信頼性を判断する材料とする機能である。この機能では、気温、湿度、気圧、風速、風向の情報ならびに観測時の全天カメラによる映像を示す。また天候の時間変化をグラフを用いて示すこととした。以下で各参照機能の詳細について論ずる。

4.1 フレーム数表示機能

この機能で表示されるフレーム数は、既に SMOKA のデータベースに登録され、公開が開始されている数である(図 9)。フレーム数は、装置、観測モード毎に天体フレーム数と校正用フレーム数が別々に表示される。各フレーム数を示す数値は、天体フレームの場合は天体名のリストを、校正用フレームの場合はデータタイプ名のリストを、それぞれ右枠に示すリンクとなっている。

フレーム数は SMOKA の検索用テーブルを参照してカウントされる。このデータベース検索ならびに HTML 生成は、Java で開発されたプログラムにより毎週自動的に更新される。

4.2 プロポーザルカレンダー表示機能

SMOKA にアーカイブされた観測データにおいて、すばる望遠鏡の観測装置により取得されたものだけが FITS ヘッダ中にプロポーザル情報を含む。従ってプロポーザルカレンダー表示機能では、すばる望遠鏡の観測装置が表示対象である。FITS ヘッダ中のプロポーザル ID は、MASTARS のデータベースを経て SMOKA のデータベースに登録され、Java 言語のプログラムにより検索、最後に結果表示のための HTML ファイルが作成される。この HTML ファイルの作成もフレーム数表示機能と同じく、毎週更新される。

表示画面(図 10)の左上のメニューから年月を選択すると、すばる望遠鏡の観測プロポーザルに関する情報が日(UT)毎に示される。各プロポーザル ID にマウスカーソルを重ねると、その日その観測プロポーザルで取得されたデータの情報が右上に表示され、さらにプロポーザル ID から直接そのデータを検索することも可能となっている。

4.3 気象モニター表示機能

気象モニター表示機能は、現在のところすばる望遠鏡のあるマウナケア山頂のみを対象としている。表示される内容は、気温、湿度、気圧、風速の 6 時間分の変化を示したグラフである(図 11)。左上は、すばる望遠鏡制御棟に設置された中間赤外域での

全天カメラによる画像である．これは 6 時間の中央時刻にもっとも近い時刻に撮影された画像が表示される．ただし，中央時刻より前後 5 分以内に撮影された画像が存在しない場合には画像は表示されない．この画像は上が北，左が西を指している．また画像下にある矢印は風向を表わし，矢印の大きさは風速に比例するように設定した．

この機能における大きな特徴は，以上の図を時間変化にあわせてアニメーション表示できることである．プロポーザルカレンダー表示からのリンクでは，該当する 1 日分の変化をアニメーションとして示すようにしてある．またこの気象モニターの先頭ページでは，目的の日時における図 1 枚を表示するものと，その日 1 日の変化をアニメーションで表示する 2 通りが選択可能となっている．

木曽観測所および岡山天体物理観測所でも気象モニター，全天カメラが稼働しており，すばる望遠鏡と同様に表示機能の実現が望まれる．しかし，それらの観測データの三鷹への移送方法が確立していないという問題があり，現在のところ目処が立っていない．

5. 早見機能の拡充

早見機能は，縮小画像をはじめとする観測データの内容を Web ブラウザ上に表示し，検索結果リストから目的の観測フレームを選別するための情報を利用者に提示するものである．HST のデータアーカイブをはじめ世界の主なデータアーカイブでは，元の観測フレームを単純に縮小したプレビュー画像を表示する機能しかないが，それだけではデータの選別を的確かつ迅速に行うには不十分である．

例えば，すばる望遠鏡高分散分光器 HDS の画像は，クロスディスペルザーによって分割された多数のスペクトルが並んだものであり，それを Web ブラウザ上で見ただけではどのようなスペクトルなのか，またそのデータの質がどの程度のもののかなど，選別に必要な情報を得ることは難しい．このような場合には，少なくとも画像から抽出したスペクトルトレースを表示することが必要である．また較正フレームの場合は，画像そのものに加えて統計情報も重要である．このように，利用者が観測データを適切に評価するためには，さまざまな情報を提示しておく必要がある．

5.1 早見画像表示サーバー (QLIS: Quick-Look Image Server) の改良

我々は，早見画像 QLI に含まれるべき情報について検討を行い，すばる望遠鏡の Suprime-Cam,

FOCAS, HDS について以下のような情報を持つ QLI^{18, 19)}を作成した．

- ・縮小画像．
- ・画像全体のピクセル値の平均，分散，メジアンなどの統計値．
- ・分光フレームの場合には，スペクトルトレース．
- ・撮像フレームの場合には，二次元画像の複数の行 / 列からとったプロファイル．
- ・較正フレームの場合には，データを 64×64 ピクセルの小領域に分割した小領域における統計値（統計値は三次元の画像として格納した）．

QLI は FITS 形式であり，縮小画像をその主画像部に，その他の情報をヘッダや拡張部に格納している．早見画像表示サーバー (QLIS) は，利用者の要求に応じて QLI から必要な情報を抽出し，Web ブラウザ上に表示する．さらに，QLIS は後述する FITS ブラウザ NAOimage²⁰⁾をアプレットとして動作させることによって，Web ブラウザ上での早見画像の表示を動的に変更することを可能にしている．例えば，画像の表示領域や表示階調を変更したり，スペクトルトレースの一部を拡大表示したりするなど，アプレットならではの豊富な機能によって画像の詳細を確認することが可能である．

SMOKA の早見画像サーバー QGIS は，STARS 用に開発したものを改良して実装している．開発当初，早見画像は Suprime-Cam, FOCAS, HDS について作成することを想定していたため，早見画像のフォーマットもこれら 3 装置共通のものに限って考えていた．しかし 5.3 節で述べる通り，赤外觀測装置の早見画像も作成されるようになり，また FOCAS においては多天体分光モードにおけるスリット情報が FITS の拡張部に含まれておらず，共通フォーマットで早見画像を作成できないなどの問題が見られるようになってきた．そこで，早見画像に含められている情報を判断して表示内容を決断するようにし，今後の早見画像の追加にも柔軟に対応できるように今回改良を加えた．

5.2 NAOimage の改良

NAOimage²⁰⁾は，国立天文台 / 天文学データ解析計算センター / 天文データセンターで運用されているいくつかのサービスのために開発された，汎用の FITS ブラウザである．NAOimage は，天文観測データの標準的な画像ブラウザである SAOimage などと同様に色調の変更，階調の変更，拡大縮小，表示範囲の変更などが可能である．NAOimage の特色は，画像表示部を含めて全て Java で記述されており，アプリケーションとしてもアプレットとし

でも利用可能な設計になっていることである。そのため、上記のような豊富な機能を Web ブラウザ上でそのまま利用することが可能である。世界的に見てもこのようなブラウザは例がなく、SMOKAをはじめ Web ブラウザ上で画像を標示するシステムに重要な機能を提供している。

NAOimage は天文データセンターのさまざまなシステムに組み込まれているが、その際それぞれのシステムに合わせた機能拡張が行われている。SMOKAにおいては QLI のデータ構造²⁾に対応して FITS Extension に納められているスペクトルトレースの標示も可能にした。現在も天文データセンターの各システムに要求される機能の拡充を継続しており、必要に応じて SMOKA にも反映していく予定である。

5.3 赤外装置への対応

近赤外の観測装置については、既に作成されている OASIS に加え、今回 OHS/CISCO, IRCS の早見画像を作成した。ただし OASIS については SMOKA で公開されている観測データは撮像データのみなので、早見画像についても撮像データのみの提供となっている。

赤外画像、特に撮像では背景光のレベルが高く、また可視に比べて検出器の感度一様性が良くないため、早見画像として機能させるためには最低限フラットフィールドニングの処理が必要となる。ここでは、フラットフィールドニングを IRAF²¹⁾のタスクを組み合わせて以下のように行っている。

赤外撮像データの早見画像作成処理に関しては、通常の解析時のようにドームフラットとスカイフラットを厳密に使い分けることはせず、大量の観測データを迅速に処理するためにスカイフレームを用いた簡易フラットフィールドニングを施している。ただし、スカイフレームは時間的に変動することを考慮し、ある程度区切られた時間内に取得したデータからメジアンをとり、セルフスカイ画像を作成して使用している。また、場合によっては各バンドごとにデータを分類して処理を行うなど、各装置の特性に合わせた処理スクリプトを組んで自動処理を行っている。その後 2×2 ビニングと 8-bit 化を行い、画像サイズの縮小を図っている。赤外分光データの早見画像作成処理については、フラットフィールドニングの処理を省略し、 2×2 ビニング(もしくはトリミング)と 8-bit 化処理のみを施している。

赤外観測データでは、可視の観測データとは異なり一枚の生データを閲覧するだけでは有用な情報がほとんど得られない場合が多い。上記のような

赤外観測データの早見画像は、天文学の研究で通常用いられる解析手順を踏んで作成されたものではないが、利用者はこの早見画像により、アーカイブから必要な観測データを選択する際に最低限の画像情報を得ることが可能である。

しかしながら天体からの光が微弱であると、簡易フラットフィールドニングを施してもなお十分な画像情報が得られない場合がある。特に中間赤外域においてはこの傾向が顕著である。これに対応するため、複数枚のデータを足し合わせた早見画像を作成することも現在検討している。

6. 新規観測装置の組み入れ

SMOKA ではより多くの観測装置の観測データを組み込むことを目標としている。これまで SMOKA では、岡山天体物理観測所の 188 cm 望遠鏡で観測されたデータのうち SNG と OASIS の撮像データが公開対象となっていたが、これらに加え、今回 HIDES (High Dispersion Echeloe Spectrograph)¹⁵⁾の観測データを新たに組み込んだ。HIDES は岡山 188 cm 望遠鏡クーデ焦点に設置され、エシェル格子により広波長範囲をカバーする高分散分光器である。新規観測装置の組み込みにおいて、すばる望遠鏡以外の観測データは STARS/MASTARS を経由しないため、すばる望遠鏡の観測データとは異なる登録作業手順が必要となる。

新規観測装置の組み込みが可能であるかどうかは、その観測データにアーカイブに必要な情報が不足なく、かつ正しく記載されているか否かによる。HIDES の FITS ヘッド整備状況を調査したところ、SMOKA に必要なおおよその情報が観測データに含まれていることがわかった。ただし、2000 年 10 月以前の観測データにはヘッド情報に不備が多く、組み入れには不向きであると判断し、ヘッドがある程度整備された 2000 年 10 月以降の観測データを SMOKA での公開対象とした。

HIDES の観測データにおける最大の問題は、FITS ヘッド項目に波長情報が含まれていない点である。そこで中心波長および波長範囲を FITS ヘッド項目の ZCDANG (クロスディスパーザーの設定角度)、ZCROSSD (BLUE または RED) の値から計算式を用いて算出することとした。その他 SMOKA によるデータアーカイブのために必要ないくつかの必要情報 (MJD, 銀経・銀緯, 黄経・黄緯など) も含まれていなかったが、それらは全てデータベース登録時に算出することとした。

岡山天体物理観測所の観測データは、観測から 2 年後に公開対象となる。公開となった観測データ

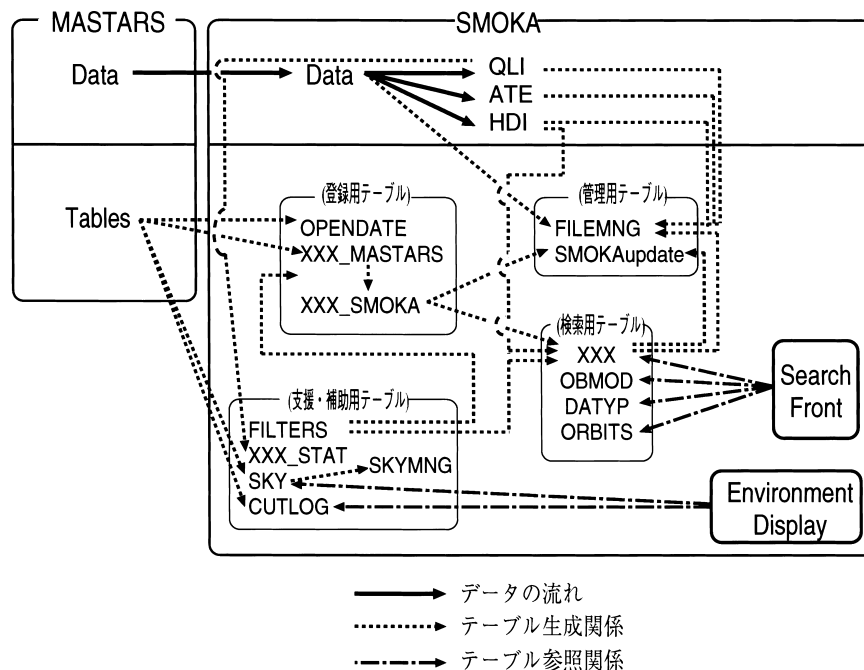


図 12. データベーステーブルの相互関係図。

SMOKA で用いられているテーブルの相互の関係を示す。データの流れ、テーブル相互の生成関係、SMOKA からの参照関係をそれぞれ別類の矢印で示している。図中の各テーブルの詳細については、7 章を参照のこと。データ、テーブルともに公開条件を満たすものが MASTARS から SMOKA へコピーされ、SMOKA で必要な項目を追加、作成した後、SMOKA から参照可能となる。なお、すばる望遠鏡以外の観測所による観測データとテーブルの相互関係は 7 章で述べた通りこの限りではない。

は、岡山天体物理観測所から磁気テープで三鷹に搬送されデータベースへ登録される。今回の HIDES 組み込みでは、ユーザインターフェース部と検索部に HIDES の項目を増やすなどの簡単な修正を加えただけで、既存の SMOKA のシステムにはほとんど改造を施すことなく観測データを追加することができた。

2003 年 3 月現在、SMOKA では HIDES の 2001 年 3 月までの観測データを公開している。2002 年 12 月の時点で HIDES の総フレーム数は 2 万を超えているが、そのうち 2,000 フレーム余りは FITS ヘッダの Z_CROSSD および Z_CD_ANG の値が異常であるため、現在のところ SMOKA への登録を行っていない。これらの観測データについては観測野帳から波長情報を得ることが可能であり、手作業でのデータベース登録が課題となっている。また、早見画像 (QLI) の作成も早期に行うべき課題として現在検討中である。

7. データベーステーブルの構成と役割

SMOKA では論文 1 で述べたように、登録ユーザ・データベースと観測データ・データベースが

用いられている。これらはリレーショナルデータベース管理システムである Sybase Adaptive Server Enterprise 12.0 の下に構築されている。

観測データ・データベースの下には様々なデータベーステーブルが作られている。その概要は論文 1 でも簡単に述べたが、SMOKA の発展に伴ってテーブルの種類も増えているため、ここで改めてテーブルの構成と役割について述べることにする。

現在運用で用いられているテーブルには、大別して登録用、検索用、管理用、支援・補助用の 4 種類がある。以下にそれぞれのテーブル名と役割を述べるが、その中で XXX は SMOKA で取り扱っている観測装置の略号 (3 文字) を示す。XXX は現時点で CAC, CIA, COM, FCS, HDS, IRC, MIR, OHS, SUP, CSD, OAS, HID, KCC, KCD の 14 種類である。データの流れを含めたテーブル構成図を図 12 に示す。

7.1 登録用テーブル

登録用テーブルは MASTARS データベースから情報を受け取り、SMOKA 検索用のテーブルを構築する過程で用いられるものである。従ってすば

る望遠鏡以外の岡山天体物理観測所および木曽観測所の観測装置 (CSD, OAS, HID, KCC, KCD) に対応するものは存在しない。

XXX_MASTARS: MASTARS データベースの観測装置テーブルの完全複写であり、公開期日に達したフレームのみを含んでいる。複写の際に MASTARS のデータベース管理システムである Oracle から SMOKA のデータベース管理システムである Sybase への変換を行っている。

XXX_SMOKA: XXX_MASTARS テーブルから SMOKA の検索に必要な項目だけを抽出するとともに、SMOKA のアドバンスド検索のための項目を追加し、さらにインデックスを付与して検索の高速化を図ったものである。

OPENDATE: MASTARS データベースの観測装置テーブルの一部項目（公開期日や観測時刻など）を抽出して複写したものである。観測後 1 日程度で登録され、公開期日の管理（XXX_MASTARS テーブルへの登録作業日の決定）や観測時刻や分点などの属性情報の確認に用いられる。

7.2 検索用テーブル

XXX: 各フレームの属性情報をおさめ、SMOKA の主検索に用いられる。すばる望遠鏡の観測装置の場合は、開発の歴史的経緯によりビュー（実表をもとに定義された仮想的な表）となっており、その実表は XXX_SMOKA テーブルである。

OBSMOD: 観測装置毎の固有の OBS-MOD（各フレームの FITS ヘッダに記述されるキーワードの 1 つで、その装置のどの観測モードで観測されたかを示す）が、SMOKA で用いる標準観測モード（撮像 / 偏光撮像 / 分光 / 偏光分光 / その他）のどれに対応するかを記述したテーブルである。複数の観測モードをもつ観測装置のフレームを検索する際に使用される。

DATYP: 観測装置毎の固有の DATA-TYP（各フレームの FITS ヘッダに記述されるキー

ワードの 1 つで、どのような種類のデータであるかを示す）が、SMOKA での標準データ種別（バイアス / ダーク / フラット / 比較スペクトル / 天体 / その他）のどれに対応するかを記述したテーブルである。データ種別による検索を行うために用いられる。

ORBITS: 太陽系内小天体の軌道要素をおさめたテーブルで、移動天体検索において天体名を軌道要素に変換する際に用いられる。

7.3 管理用テーブル

FILEMNG: 観測データ本体、HDI ファイル（フレームからヘッダ部を抽出したヘッダ情報ファイル）、QLI ファイル（フレームから生成される早見画像ファイル）、ATE ファイル（フレームのアスキーテーブルエクステンション部を抽出したファイル）の存在の有無、ファイルパス名、ファイル容量などが記述されたテーブルで、これらの情報の管理に用いられる。

SMOKAupdate: XXX_MASTARS から XXX_SMOKA への項目抽出時に内容が修正されたテーブル項目を記録するテーブルで、後日なされた修正も記録している（すばる望遠鏡の観測装置のみ）。

7.4 支援・補助用テーブル

FILTERS: 観測装置毎のフィルター名とその透過波長を記述したテーブルで、XXX（または XXX_SMOKA）にフレーム情報を登録する際、WAV_MIN、WAV_MAX の算出に用いられる（3.2 節参照）。

CUTLOG: すばる望遠鏡の望遠鏡制御側より出力されるステータスログから環境情報を抽出したテーブルである。環境表示に用いられる。

SKY: すばる望遠鏡スカイモニター画像の属性情報がおさめられている。

SKYMNG: すばる望遠鏡スカイモニター画像ファイルのパス名、ファイル容量などの管理情報がおさめられたテーブルである。

XXX_STAT: QLI 作成時に算出されたフレームの各種統計量をおさめたテーブルであ

SMOKA Data Request

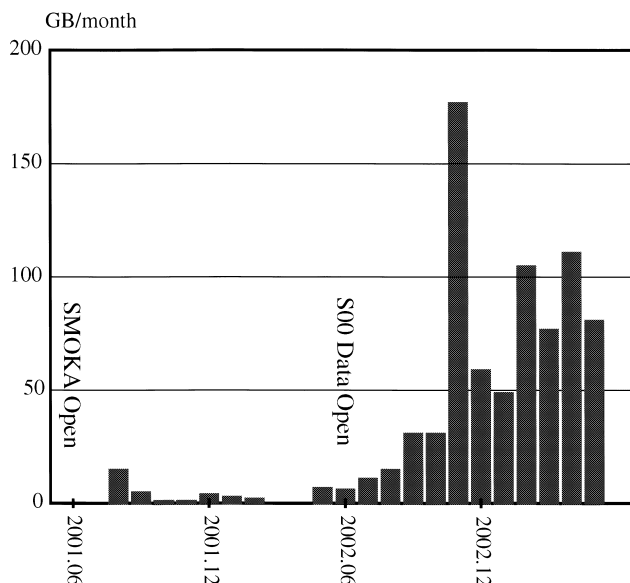


図 13. データ請求量の推移．
共同利用観測のデータ公開が始まった 2002 年 6 月から請求量が飛躍的に増加している．

り，観測装置状態表示などに用いられる．

このように SMOKA は多くのデータベーステーブルを用いて運用されており，これらを駆使することによって SMOKA の様々な特徴的機能が実現されている．しかし，開発に伴う歴史的経緯（試験的に作成したテーブルがそのままになっている場合など）や，当初予期しなかった事態（STARS/MASTARS のデータベーステーブルの構造改変や内容の誤りの発見など）のために，必ずしも検索や管理の効率の面で最適の構成・構造になっているわけではない．テーブルの整理やテーブルカラムの再検討など，より効率の良いデータベーステーブルの構成・構造を目指して検討を続けていく必要がある．

8. 利用状況と運用の実態

8.1 利用状況

SMOKA の運用（公開）は 2001 年 6 月に開始された．SMOKA では利用者のデータ本体の取得を登録制にしている（検索と早見画像の閲覧を行う限りは登録の必要はない）．そのための利用者登録は年度毎更新としている．2003 年 3 月 31 日（平成 14 年度末）現在で登録利用者数は 117 名である．

データ本体の請求量（GB）を月別に示したのが図 13 である．請求されるデータの大部分はすばる望遠鏡のものであり，すばる望遠鏡の共同利用観測のデータの公開が始まった 2002 年 6 月から請求量が飛躍的に増えていることがわかる．データ請求量が

当初の予想よりも多くなっているために，磁気テープライブラリ（SONY 社 PetaSite）からの読み出し速度が問題になる場合が生じており，読み出し順序の最適化や，読み出し並列度の向上といった対策が必要になってきている．

8.2 運用の実態

SMOKA の運用は，新規データ入力（MASTARS からの転送，QLI 作成を含む），各種テーブルへの情報入力，データの確認，利用者登録，データ発送（磁気テープを選択された場合），利用者からの問い合わせへの対応，利用者ドキュメントの整備，運用マニュアルの改訂，3 観測所担当者との連絡，など多岐にわたる．しかしながら，中心となって実務を行っているのは，国立天文台天文学データ解析計算センターに所属する運用要員（本論文著者のうちの 3 名）である．システムの不具合への対応は，開発グループ（本論文の著者）全員がそれぞれの開発分担任に応じて対応している．この運用体制は万全にはほど遠く，SMOKA の利用がさらに増えた際には大きな問題となろう．

8.3 運用上の課題

SMOKA の運用を通して様々な問題に直面してきている．その中でも最大のものは，観測データの属性情報（位置，時刻，波長，観測装置パラメータなど）の欠落や誤りである．論文 1 で述べたように，SMOKA の開発ではすばる望遠鏡観測データ

の FITS ヘッダについての規約を早期にまとめたこと²²⁾が功を奏し、属性情報の欠落等がそれ以前²³⁾と比べて画期的に少なくなっている。また、STARS による観測データの集中管理が採られたこと^{11, 12)}も、属性情報の充実に効果が絶大である。しかし、望遠鏡や観測装置などの観測システムの障害は皆無ではなく、属性情報の FITS ヘッダ記載の欠落や誤りといった、観測自体への影響が少ない障害は長期間気づかれない場合も多く、数百～数万フレームに渡って属性情報の欠落や誤りが続くといった事態も生じている。位置や時刻といった検索の本質に関わる重要な情報の欠落・誤りの場合には、その観測データを SMOKA に組み入れない判断を下すか、望遠鏡や観測装置の段階まで戻って情報を補填修正する作業 (STARS/MASTARS の運用要員と協力して行う) が必要になり、運用の自動化を進めていく際の大きな障壁となっている。また、STARS と MASTARS のデータベースはローカルな管理情報を除いて同一の内容であるはずであるが、実際には大規模な不整合が存在していたことがあった。SMOKA は基本的には MASTARS の持つ属性情報を取り込んでいるものの、STARS の持つ属性情報も参照しているため、この不整合による悪影響を受けたのである。この問題は現在では STARS/MASTARS 間の照合が定期的に行われるようになり解決している。

もう一つの大きな問題は、岡山天体物理観測所や木曾観測所の観測データの入力に関するものである。これらの場合には STARS/MASTARS という観測データ集中管理 (属性情報の管理も含む) の機構が介在しないため、欠落や誤りの補填修正を含めた属性情報のデータベース入力作業の大部分が SMOKA 運用要員に委ねられており、相当の時間と労力が必要となっている。その結果、観測データが公開時期に達してから SMOKA で取得できるまで、かなりの期間を要することになっている。この問題の解消は今後の重要な課題である。

9. 今後の課題

SMOKA では利便性や使い勝手をさらに向上することを常に念頭に置いている。我々はより多くの天文学的成果が得られることを目指し SMOKA に様々な機能を追加してきたが、公開開始以来、利用者からの要望全てに応えられているわけではない。現在挙がっている主な課題として、整約済みデータの提供、観測データのカatalog化、検索機能の強化、画像早見機能の充実、jMAISON²⁴⁾への早見画像の提供、といったものがある。以下でこれらの展

望について論ずる。

9.1 整約済みデータの提供

本論文で述べてきた通り、較正用のフレームをまとめて取得できるようになったことは特筆すべきである。しかしながら、現在のところ整約作業は利用者が行わなければならない、装置固有の問題や、各データ取得の状況、整約法などを十分に把握している利用者でないと SMOKA のアーカイブデータを有効に活用することは難しい。利用者が観測装置固有の問題などを熟知していなくても、アーカイブデータから天文学的成果を導き出せるようにするために、整約済みデータの提供が強く望まれている。

そこで整約済みデータとして、我々はフラットフィールド (バイアス差引を含む) と、フラックス較正、位置較正を済ませたものを考えている。第一段階として、SMOKA の中で最も需要の高い Suprime-Cam の観測データについて検討を進めている。フラットフィールドに関しては、各 CCD チップ毎の特性の違いや安定性の持続期間などが検討課題である。またフラックス較正、位置較正に関しては、共に大規模な位置標準星カatalog、具体的には USNO-A2.0²⁵⁾を用いることを検討している。カatalog中の星数が多いため、Suprime-Cam の 1 フレーム中に位置較正を行うのに十分な数の星が写っているものと期待できるが、観測条件 (気象条件や積分時間、波長域) によってはそれが満たされない場合がある。またフラットフィールドが適正に行われていない場合には、星の検出がうまくできないという問題もある。さらに、位置標準星カatalogにおける星の測光精度は高くないため、フラックス較正の精度には限界があることにも注意が必要である。

整約済みデータの提供方法に関しては、以下の 3 つの方法が考えられる。

- 1) 利用者には生データを提供し、同時に整約のために必要なスーパーフラットフレーム等の較正用データと、必要な処理プログラムを配布する。この方法は SMOKA が保持するデータ量がさほど増大しないという利点があるが、利用者自らが処理を行う必要がある。
- 2) SMOKA が整約済みデータ全てを保存し、利用者に直接提供する。しかし、整約済みデータを全て保持するためには、生データのデータ量の倍 (生データは 16 bit 整数だが、整約済みデータは 32 bit 実数になる) の記憶スペースをさらに用意しなければならない。利用者にとっては、既に用意されている較正

済みデータを読み出すだけであるので、容易かつ迅速に入手できるという利点がある。

- 3) 両者の中間案として、スーパーフラットフレーム等の較正用データをあらかじめ用意しておき、利用者からのデータ請求に応じて整約処理を行って提供する (on-the-fly 方式)。この方法は大量の記憶スペースを用意する必要がなく、また、利用者が容易に較正済みデータを入手できるのが利点である。問題点は、サーバー側の処理負荷が大きく、利用者が較正済みデータを入手するまでに少々の時間を要する点である。

現在、処理手順の確立と較正済みデータの提供方法の検討を進めており、後者に関しては、上記 2) の方法を採用する方向で方針が固まりつつある。

一方、前章で論じたような観測データの FITS ヘッダの内容に不備 (欠落や誤り) がある観測データに対して、STARS/MASTARS および SMOKA では、観測データ本体に修正を加えることは極力避ける方針をとっている。修正は新たな誤りを生み出す危険性があり、観測で生産された唯一無二の貴重なデータには手を触れないという哲学である。現在 SMOKA では、そのような場合にはメモ機能によって、フレーム毎に例えば 'JST incorrect' などと不備の内容を利用者に示しているが、利用者はメモを見た上で各自で適切な対応をとらねばならない。現在、on-the-fly 方式で不備を修正した後のデータを利用者に提供する仕組み (On the Fly Header Corrector) の検討を行っている。

9.2 観測データのカタログ化

9.1 節で述べた整約済みデータから恒星や銀河を検出し、その特性量を抽出してカタログ化し、SMOKA で画像データと共に公開することができれば、より多くの研究成果がもたらされるであろう。我々は全ての整約済みデータのカタログ化を目指しているが、限界等級などのカタログとしての品質や、特性量の精度をどう算出し表現するか、といった課題がある。

9.3 検索機能のさらなる強化

2 章で述べた移動天体検索、3 章で述べた波長による検索など、天体の「位置」以外の条件による検索が可能となっている。検索機能が格段に増強されたことによって、利用者それぞれの目的に合った検索方法の選択の幅がさらに広がった。しかしながら、天文学研究および教育目的の利用においてさらに有効に活用されるためには、以下のような機能

の実現が課題として残っている。

(1) 重複領域検索

特定の場所や天体を検索するのではなく、複数回撮られている不特定の領域を検索する方法が求められている。例えば、3 色以上の観測が行われている領域、一定時間以上間隔を空けて同一領域が観測されたフレーム群などが検索対象である。前者は天体の色指数を求めたい場合などに有用であり、後者は太陽系内の移動天体、固有運動による移動天体、変光星のように光度が時間変化する天体を研究する際に有用である。この機能の実現には、各フレームの位置情報をどのような構造で記録するか (例えば Hierarchical Triangulated Mesh (HTM) 法²⁶⁾) が課題となる。

(2) 天体カタログと連携した検索

現在 SMOKA では、SIMBAD および NED を用いることにより天体名での検索を可能にしているが、例えば、楕円銀河が写ってるフレームを検索するなど、既存の多種多様なカタログを介した検索も検討している。また、9.2 節で述べた SMOKA で作成されるカタログとの連携も構築したいと考えている。それによって、既存カタログに記載されていない天体に対しても、「大きさが何秒角以上で、色指数がどの範囲にある銀河状天体が写っているフレーム」といった検索が可能となる。実現には多種多様な検索条件をどう入力するか、というユーザーインターフェースの設計が課題である。

(3) グラフィカル検索

利用者がより簡単に利用でき、作業効率の向上が期待される検索方法として、論文 1 の図 1 に示したような観測データの天球上分布図から、マウスなどで検索範囲を指定するグラフィカル検索機能を検討している。この実現のためには、検索範囲として指定する領域の表現方法と、絞り込み検索を可能にするための記憶方法が課題である。

(4) シーイングサイズによる検索条件の指定

現在のアドバンスド検索では、観測データの質を検索条件に含む機能はない。そこで、9.2 節で検討しているカタログ化の際にシーイングサイズの測定も行い、その値をデータベーステーブルに登録して検索条件に加えることを検討している。これにより、現在の QLI に加えて、シーイングの情報もふまえて観測データの質を判断することが可能になり、利用者が必要なフレームを探す手間を軽減できると期待される。この機能の実現に向けては、能率的なシーイングサイズ測定アルゴリズムの確立が必要である。

9.4 画像早見機能のさらなる充実

画像早見機能は、早見画像生成機能 (QP)(論文1)と早見画像表示サーバー (QLIS) によって実現されている。5章で述べたように Q LIS は当初 STARS 用に開発されたものであり、機能も限定されていた(観測装置が限られていた)。SMOKA では Q LIS に独自の改良を加え、スペクトルデータに対する表示機能を追加した。Suprime-Cam は、10 個の CCD で構成されるモザイクカメラであり、Q LIS はモザイク処理された 10 フレーム分の Q LI を表示する機能を有しているが、現在は最初に検索結果のフレーム 1 枚に対する早見画像 (Q LI) が表示されるようになっている。利用者からは、モザイク処理された 10 フレーム分の Q LI を表示するよう強く求められており、Q LIS の改造が必要となっている。

また、現在 Suprime-Cam のモザイク処理済み Q LI は、視野周辺部の CCD チップに対応するフレームで周辺減光があり、また CCD チップ間のバイアスレベルの差と感度差も補正していないために見えにくくなっている。モザイク処理済み Q LI が有効に活用されるためには、フラットフィールド処理等を施した後の Q LI が望まれる。我々は、9.1 節で述べた較正済みデータ作成と同時に Q LI の再作成を検討している。

赤外線の数データに関しては、簡易フラット処理を施すだけでなく、画像の重ね合わせにより、さらに高品質な Q LI の作成を検討中である。

9.5 jMAISON への早見画像の提供

SMOKA では、名前の通りすばる望遠鏡、岡山 188 cm 望遠鏡、木曾 105 cm シュミット望遠鏡による観測データをアーカイブの対象としている。もちろん今後もこの 3 者に限定する理由はないが、世界中の全ての観測データを集積するのは現実的に不可能である。そこで、リモート天文データサーバーと利用者の間を仲介する多波長天文画像データ検索・閲覧システム jMAISON²⁴⁾に早見画像を提供し、他波長帯の観測データとの重ね合わせの実現を目指している。そのためには jMAISON に適合した早見画像の外部インターフェースを開発するとともに、前節で述べたフラットフィールド処理済み、かつ位置較正済み (Suprime-Cam ではさらにモザイク処理済み) の Q LI の作成が必要である。

その他の課題についても既に各章の中で論じてきた。SMOKA によって多くの天文学的成果が生み出されるようにするためには、まだまだ多くの課題が残されていると言えよう。

SMOKA では利用者からの意見や要望を集め、それをシステムの改良や開発にできるだけとり入れるよう努力している。意見や要望は電子メールで随時受け付けているほか、すばる望遠鏡ユーザーズミーティングや、種々の研究会の席上でも収集に努めている。例えば、黄経・黄緯による検索機能は、2001 年 10 月に開催された第 46 回天文情報処理研究会の席上での要望に応じて実現させたものである。これらの課題については本章で論じてきたが、SMOKA が今後優先して実現していくべき重要な課題であることは言うまでもない。

10. まとめ

我々は、すばる望遠鏡、岡山天体物理観測所 188 cm 望遠鏡、および東京大学木曾観測所 105 cm シュミット望遠鏡によって取得された観測データの公開データアーカイブシステム SMOKA を開発し、現在運用を行っている。SMOKA では人類の財産ともいえる唯一無二の天文観測データを、より効率的に天文学的成果に結び付けるために様々な改良増強を行った。

SMOKA の特性を活かした移動天体検索機能の実現は、最も重要な開発課題であったが、今回その実装が完了した。これにより、現在 SMOKA ではシンプル検索、アドバンスド検索と併せて 3 種類の検索ユーザインターフェースが提供されている。黄道、銀河座標による検索、観測波長による検索、および較正フレームの検索も実現された。特に観測波長による検索が可能になったことで、利用者は実際のフィルター名称を知らなくても、目的の波長域情報を有するフレームの検索を容易に行うことができるようになった。較正フレームの自動検索機能により、観測データの解析に必要な較正データを飛躍的に効率良く取得することができている。また、環境データ参照機能が追加され、観測データの質を評価するための有力な情報を迅速に利用者に提供できるようにもなった。画像早見機能においては、機能の増強や赤外観測装置への対応を行った。また新規観測データとして岡山の HIDES の観測データが組み込まれた。

SMOKA は多くの利用者に活用されている。しかし、SMOKA が天文学を推進するためのより有力な手段(道具)となっていくためには、まだ解決すべき課題が数多く残されている。なかでも整列済みデータの提供と早見画像のさらなる増強は、今後優先して実現していくべき重要な課題である。

謝 辞

本研究は、天文情報処理研究会^{†7)} のワーキンググループ活動の一環として行われた。開発作業にあたっては、天文学データ解析計算センター DB/DA プロジェクトの計算機資源を活用した。国立天文台の西村史朗氏、天文学データ解析計算センターの大越克也氏の助力に感謝する。また、各観測装置の詳細な情報を提供して下さった観測装置開発グループ担当者の方々（岩室史英、友野大悟、岡本美子、柳澤顕史、小宮山裕、青木和光、小杉城治、大山陽一、小笠原隆亮、寺田 宏、村川幸史、青木 勉の各氏）、また HIDES の組み入れに際して御尽力頂いた岡山天体物理観測所の泉浦秀行、増田盛治、吉田道利の各氏に感謝する。有用な各種フリーソフトウェアを提供している開発者にも感謝したい。

本アーカイブ運用には、CDS によって運用されている SIMBAD データベースおよび JPL によって運用されている NED データベースを利用している。軌道要素データベースを作成するにあたっては、MPC から提供されている MPCORB を利用している。本研究は、国立天文台天文学データ解析計算センタープロジェクト経費、および、平成 14 年度科学研究費補助金（基盤研究 (A) (2) 14204018、代表者吉田道利）の援助を得て行われた。

参考文献

- 1) 馬場 肇, 安田直樹, 市川伸一, 八木雅文, 岩本信之, 高田唯史, 洞口俊博, 多賀正敏, 渡邊 大, 奥村真一郎, 小澤友彦, 山本直孝, 濱部 勝: すばる望遠鏡公開データアーカイブシステムの開発, 国立天文台報, **6**, pp. 23–36 (2002).
- 2) S. Miyazaki, Y. Komiyama, M. Sekiguchi, S. Okamura, M. Doi, H. Furusawa, M. Hamabe, K. Imi, M. Kimura, F. Nakata, N. Okada, M. Ouchi, K. Shimasaku, M. Yagi, and N. Yasuda: Subaru Prime Focus Camera—Suprime-Cam, *PASJ*, **54**, pp. 833–953 (2002).
- 3) N. Kashikawa, K. Aoki, R. Asai, N. Ebizuka, M. Inata, M. Iye, K. S. Kawabata, G. Kosugi, Y. Ohyama, K. Okita, T. Ozawa, Y. Saito, T. Sasaki, K. Sekiguchi, Y. Shimizu, H. Taguchi, T. Takata, Y. Yadoumaru, and M. Yoshida: FOCAS: The Faint Object Camera and Spectrograph for

the Subaru Telescope, *PASJ*, **54**, pp. 819–832 (2002).

- 4) K. Noguchi, W. Aoki, S. Kawanomoto, H. Ando, S. Honda, H. Izumiura, E. Kambe, K. Okita, K. Sadakane, B. Sato, A. Tajitsu, H. T. Takada-Hidai, W. Tanaka, E. Watanabe, and M. Yoshida: High Dispersion Spectrograph (HDS) for the Subaru Telescope, *PASJ*, **54**, pp. 855–864 (2002).
- 5) F. Iwamuro, K. Motohara, T. Maihara, R. Hata, and T. Harashima: OHS: OH-airglow Suppressor for the Subaru Telescope, *PASJ*, **53**, pp. 355–360 (2001).
- 6) K. Motohara, F. Iwamuro, T. Maihara, S. Oya, H. Tsukamoto, M. Imanishi, H. Terada, M. Goto, J. Iwai, H. Tanabe, R. Hata, T. Taguchi, and T. Harashima: CISCO: Cooled Infrared Spectrograph and Camera for OHS on the Subaru Telescope, *PASJ*, **54**, pp. 315–325 (2002).
- 7) H. Kataza, Y. Okamoto, S. Takubo, T. Onaka, S. Sako, K. Nakamura, T. Miyata, and T. Yamashita: COMICS: The Cooled Mid-Infrared Camera and Spectrometer for the Subaru Telescope, *Optical and IR Telescope Instrumentation and Detectors*, ed. M. Iye and A. F. Moorwood, Proc. SPIE, **4008**, pp. 1144–1152 (2000).
- 8) M. Tamura, H. Suto, Y. Itoh, N. Ebizuka, Y. Doi, K. Murakawa, S. S. Hayashi, Y. Oasa, H. Takami, and N. Kaifu: Corona-graph imager with adaptive optics (CIAO): description and first results, *Optical and IR Telescope Instrumentation and Detectors*, ed. M. Iye and A. F. Moorwood, Proc. SPIE, **4008**, pp. 1153–1161 (2000).
- 9) N. Kobayashi, A. T. Tokunaga, H. Terada, M. Goto, M. Weber, R. Potter, P. M. Onaka, G. K. Ching, T. T. Young, K. Fletcher, D. Neil, L. Robertson, D. Cook, M. Imanishi, and D. W. Masatoshi: IRCS: Infrared Camera and Spectrograph for the Subaru Telescope, *Optical and IR Telescope Instrumentation and Detectors*, ed. M. Iye and A. F. Moorwood, Proc. SPIE, **2008**, pp. 1056–1066 (2000).
- 10) D. Tomono and T. Nishimura: Mid-infrared test observation system (MIRTOS)

^{†7)}<http://jaipa.nao.ac.jp/>

- for SUBARU Infrared Astronomical Instrumentation, ed. A. M. Fowler, Proc. SPIE **3354**, pp. 1150–1157 (1998).
- 11) T. Takata, R. Ogasawara, K. Kawarai, and T. Yamamoto: Data archive and Database System of the SUBARU Telescope, Proc. SPIE, **3349**, pp. 247–254 (1998).
 - 12) T. Takata, R. Ogasawara, G. Kosugi, Y. Mizumoto, S. Ichikawa, N. Yasuda, M. Taga, M. Yagi, T. Horaguchi, H. Baba, M. Watanabe, T. Ozawa, M. Hamabe, T. Yamamoto, and K. Kawarai: STARS (Subaru Telescope archive system) for the Effective Return from Subaru Telescope, Proc. SPIE, **4010**, pp. 181–189 (2000).
 - 13) G. Kosugi, H. Ohtani, T. Sasaki, H. Koyano, Y. Shimizu, Yasuhiro, M. Yoshida, M. Sasaki, K. Aoki, and A. Baba: Spectro-nebula graph: A Tridimensional Spectroscopic System Based on a Local Area Network of Personal Computers, *PASP*, **107**, pp. 474 (1995).
 - 14) S. Okumura, E. Nishihara, E. Watanabe, A. Mori, H. Kataza, and T. Yamashita: OA-SIS: A Multi-Purpose Near-Infrared Camera and Spectrograph, *PASJ*, **52**, pp. 931–942 (2000).
 - 15) H. Izumiura: HIDES: a High Dispersion Echelle Spectrograph, *Observational Astrophysics in Asia and its Future*, 4th East Asian Meeting on Astronomy (4th EAMA)—held 3–10 Feb., 1999 in Kunming, China., ed. P. S. Chen., Yunnan Observatory, Chinese Academy of Sciences, p. 77 (1999)
 - 16) S. Yoshida, T. Aoki, T. Soyano, K. Tarusawa, M. Sekiguchi, M. Doi, N. Kashikawa, S. Okamura, K. Shimasaku, M. Yagi, and N. Yasuda: CCD Cameras for the Kiso 105 cm Schmidt Telescope, *Future Utilisation of Schmidt Telescope*, ed. R. Cannon and B. Hidayat, Proc. of IAU Coll., **148**, 33 (1994).
 - 17) N. Itoh, T. Soyano, K. Tarusawa, T. Aoki, S. Yoshida, T. Hasegawa, Y. Yadomaru, Y. Nakada, and S. Miyazaki: A very Wide-Field CCD Camera for Kiso Schmidt Telescope, *Publ. Natl. Astron. Obs. Japan*, **6**, pp. 41–48 (2001).
 - 18) M. Taga, M. Hamabe, N. Yasuda, T. Horaguchi, T. Takata, W. Aoki, T. Ozawa, M. Watanabe, H. Baba, and S. Ichikawa: An Image Evaluation System for Subaru Telescope Data Archive, *Publ. Natl. Astron. Obs. Japan*, **6**, pp. 49–57 (2001).
 - 19) M. Hamabe, M. Taga, W. Aoki, N. Yasuda, T. Takata, S.-I. Ichikawa, H. Baba, T. Ozawa, M. Watanabe, T. Horaguchi: New Image Quick-Look System for Subaru Telescope Data Archive, ADASS IX, *ASP Conference Proceedings Series*, **216**, pp. 482 (2000).
 - 20) 馬場 肇, 安田直樹, 洞口俊博, 多賀正敏, 青木和光, 市川伸一, 浜部 勝: すばる望遠鏡高分散分光器用簡易画像評価システムの開発, 国立天文台報, **4**, pp. 203–208 (2000).
 - 21) D. Tody: The IRAF Data Reduction and Analysis System, in *Instrumentation in Astronomy VI* ed. D.L. Crawford, Proc. SPIE, **627**, 733–756 (1986).
 - 22) 天文情報処理研究会監修, 日本 FITS 委員会協力: FITS の手引き 第4.1 版, 国立天文台天文学データ解析計算センター発行 (2001).
 - 23) 市川伸一: 観測データアーカイブ MOKA と SMOKA, 天文月報, **95**, pp. 266–271 (2002).
 - 24) 渡邊 大, 青木賢太郎, 三浦 昭, 安田直樹: 多波長天文画像データ検索・閲覧サービス「jMAISON」の開発, 国立天文台報, **6**, pp. 1–9 (2002).
 - 25) D. Monet, A. Bird, B. Canzian, C. Dahn, H. Guetter, H. Harris, A. Henden, S. Levine, C. Luginbuhl, A.K.B. Monet, A. Rhodes, B. Riepe, S. Sell, R. Stone, F. Vrba, and R. Walker: *The USNO-A V2.0 Catalogue*, VizieR On-line Data Catalog, U.S. Naval Observatory Flagstaff Station (USNOFS) and, Universities Space Research Association (USRA) stationed at USNOFS. (1998)
 - 26) P. Z. Kunszt, A. S. Szalay, I. Csabai, and A. R. Thakar: The Indexing of the SDSS Science Archive, Astronomical Data Analysis Software and Systems IX, *ASP Conference Proceedings*, **216**, ed. M. Nadine, V. Christian, and C. Dennis, Astronomical Society of the Pacific, ISBN 1-58381-047-1, pp. 141 (2000).