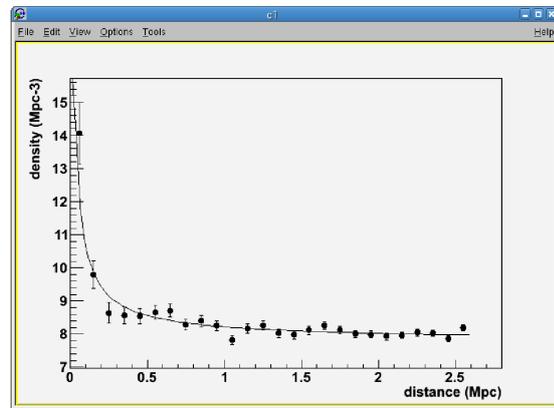
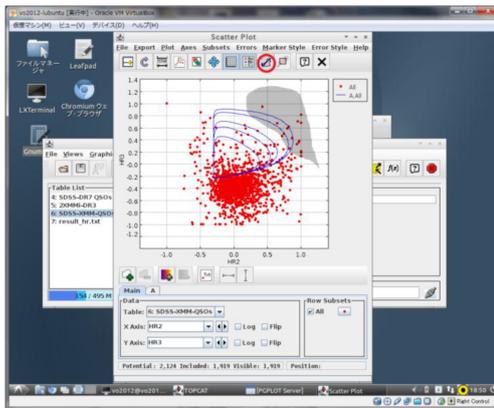
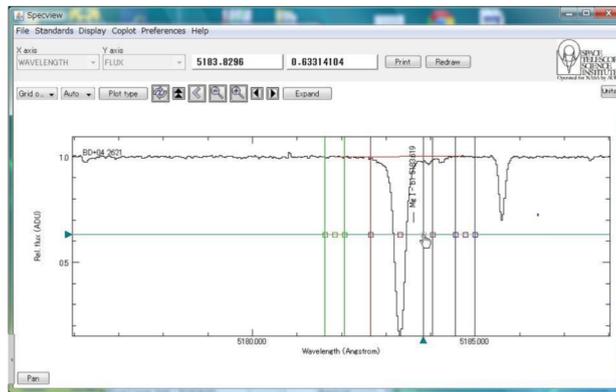


講習会資料集

# VO 講習会 2012



2012年03月26日～27日

於 国立天文台 三鷹キャンパス 中央棟講義室

編集：国立天文台 天文データセンター JVO グループ



VO 講習会参加者。撮影:大石雅寿。2012年3月26日

## 講習会プログラム

3月26日	10:00~10:30	VO 概論 (大石)
	10:00~12:00	JVOポータルの利用法 (白崎)
		昼休み
3月26日	13:30~15:30	VO ツール利用法 Aladin (江口) TOPCAT, Specview, VOSpec (小宮)
		休憩
	16:00~17:00	基礎実習
3月27日	10:00~12:00	応用実習課題の説明、応用実習
		昼休み
	13:00~17:00	応用実習

### 応用実習課題

1. Subaru HDS data からの成長曲線を用いた金属量の推定 (小宮)
2. 超大質量ブラックホールのデータ収集とその可視化・分析 (江口)
3. AGN と銀河のクラスタリング測定 (白崎)

# 目次

第1章 JVO ポータルの使いかた	1
1.1 はじめに	1
1.2 主な利用方法の紹介	2
1.2.1 JVO ポータルにログインする	2
1.2.2 キーワードでデータサービスを探す	4
1.2.3 カテゴリーでデータサービスを探す	5
1.2.4 データサービスを一つだけ選択し、検索を実行する	6
1.2.5 検索領域を指定して複数のデータサービスに対し一括検索を行う	8
1.2.6 デジタルユニバースに対し検索を行い、天体の SED プロットを作成する	9
1.2.7 観測名からすばる望遠鏡のデータ検索を行う	11
1.2.8 JVOSky ですばる望遠鏡のデータ検索を行う	13
1.2.9 過去の検索結果をみる	14
1.2.10 検索結果のテーブルを CSV 形式でダウンロードする	15
1.2.11 すばる望遠鏡データのリダクションを行う	16
1.3 画面毎の機能説明	17
1.3.1 トップページ	17
1.3.2 ユーザー登録ページ	20
1.3.3 デジタルユニバース検索ページ (Quick Search ページ)	22
1.3.4 検索ステータスページ	24
1.3.5 複数サービス一括検索 (Parallel Search) ページ	25
1.3.6 単一サービス検索 (Single Service Search) ページ	27
1.3.7 JVOQL 検索 (JVOQL Search) ページ	30
1.3.8 JVOSky ページ	34
1.3.9 データサービス検索 (Keyword Search) ページ	36
1.3.10 データサービス検索 (Manual Category) ページ	38
1.3.11 データサービス検索 (Auto Category) ページ	39
1.3.12 データサービス検索 (Advanced Search) ページ	40
1.3.13 すばるデータ検索 (Suprime-Cam) ページ	41
1.3.14 すばるデータ検索 (MOIRCS) ページ	47
1.3.15 すばるデータ検索 (HDS) ページ	48
1.3.16 サーベイデータ (Subaru Deep Survey) ページ	52
1.3.17 サーベイデータ (IRSF LMC/SMC) ページ	54
1.3.18 JVOspace Viewer ページ	55
1.3.19 Astronomical Tool ページ	59
1.3.20 VOTable Viewer	60
1.3.21 JVO Image Viewer	64

1.3.22	JVO Spectrum Viewer . . . . .	66
1.3.23	JVOPlot . . . . .	67
1.3.24	VO-India VOPlot . . . . .	69
1.3.25	SEDPlot . . . . .	71
<b>第 2 章</b>	<b>Aladin の使いかた</b>	<b>73</b>
2.1	Aladin の概要 . . . . .	73
2.1.1	ダウンロードとインストール . . . . .	73
2.1.2	起動と終了 . . . . .	74
2.2	まず、使ってみよう! . . . . .	75
2.3	画像やカタログデータの読み込みと表示 . . . . .	77
2.3.1	画像やカタログサーバの選択 . . . . .	77
2.3.2	画像サーバからの読み込みと表示 . . . . .	77
2.3.3	カタログサーバからの読み込みと表示 . . . . .	78
2.3.4	VO からの読み込みと表示 . . . . .	79
2.3.5	複数画像の表示 . . . . .	79
2.4	画像操作 . . . . .	81
2.4.1	RGB 画像の作成 . . . . .	81
2.4.2	等高線図の作成 . . . . .	81
2.4.3	画像表示色やコントラストの変更 . . . . .	82
2.4.4	画像の保存 . . . . .	83
2.5	カタログ操作 . . . . .	84
2.5.1	カタログ (測定) ウィンドウ部の切り離しと復帰 . . . . .	84
2.5.2	カタログに新たな列を追加する . . . . .	84
2.5.3	カタログデータの書き出し . . . . .	85
2.5.4	クロスマッチ . . . . .	85
2.6	SAMP による他ツールとの連携 . . . . .	86
2.6.1	スペクトルデータの SPLAT による表示 . . . . .	87
2.6.2	カタログデータの VOPlot を用いた表示や操作 . . . . .	87
2.7	その他の機能 . . . . .	88
2.7.1	SExtractor の利用 . . . . .	88
<b>第 3 章</b>	<b>Specview</b>	<b>91</b>
3.0.2	ダウンロードとインストール . . . . .	91
3.0.3	起動 . . . . .	92
3.0.4	凡例 . . . . .	92
3.1	データの検索/読み込み、保存 . . . . .	93
3.1.1	VO データの取得 . . . . .	93
3.1.2	データファイルの読み込み . . . . .	94
3.1.3	File list からの読み込み . . . . .	94
3.1.4	保存 . . . . .	94
3.1.5	印刷 . . . . .	94
3.2	スペクトルデータの表示 . . . . .	94

3.2.1	グラフの表示	94
3.2.2	拡大・縮小	95
3.2.3	表示範囲変更	96
3.2.4	グラフの移動	96
3.2.5	単位変換	96
3.2.6	メタデータの表示, 数値データ	96
3.2.7	視線速度/Redshift の補正	97
3.3	データの加工	97
3.4	標準星/理論データとの比較	98
3.4.1	スペクトルの比較	98
3.5	Line	99
3.5.1	Line data の表示	99
3.5.2	Line の測定	99
3.5.3	視線速度測定	101
3.5.4	記録・保存	101
3.6	Fitting	101
3.6.1	モデルの構成	102
3.6.2	成分間の関係の指定	104
3.6.3	周波数範囲指定	104
3.6.4	保存	104
<b>第 4 章</b>	<b>VOSpec</b>	<b>105</b>
4.0.5	凡例	105
4.1	スペクトルの検索・表示	105
4.1.1	観測データの検索	105
4.1.2	データの取得・表示	106
4.1.3	ローカルファイルの読み込み	109
4.1.4	保存	109
4.2	スペクトルの操作	110
4.2.1	normalization	111
4.3	fitting	112
4.3.1	fitting	112
4.3.2	モデルでの fitting	112
4.4	Line	113
4.4.1	Line の同定	114
4.5	SAMP	114
4.6	測光	116
<b>第 5 章</b>	<b>TOPCAT</b>	<b>117</b>
5.0.1	ダウンロードとインストール	117
5.0.2	凡例	118
5.1	表示	124
5.1.1	Load	125

5.1.2	データ表示・編集	125
5.1.3	メタデータ表示	126
5.1.4	統計	126
5.1.5	データのある領域の画像の表示	126
5.1.6	画像・スペクトルデータの表示	126
5.1.7	保存	127
5.2	カタログ操作	128
5.2.1	Subset 作成	128
5.2.2	カラム間の計算・カラムの追加	129
5.2.3	テーブルの連結	129
5.2.4	クロスマッチ	129
5.2.5	内部クロスマッチ	131
5.2.6	VO データとのクロスマッチ	131
5.3	グラフ作成	131
5.3.1	2次元 plot,3次元 plot	131
5.3.2	グラフからの subset 作成	133
5.3.3	天球 plot	134
5.3.4	ヒストグラム,2次元ヒストグラム	134
5.3.5	Stacked Line Plot	135
5.4	検索・データ取得	136
5.4.1	VO からのデータ取得	136
5.4.2	クロスマッチ検索	137
5.5	その他の機能	137
5.5.1	データ転送	137
5.5.2	座標変換	138
5.5.3	関数一覧	138
<b>第 6 章</b>	<b>Subaru HDS data を用いた金属量の推定</b>	<b>140</b>
6.0	準備	143
6.0.1	Specview のインストール	143
6.0.2	TOPCAT のインストール	143
6.0.3	データリストファイルのダウンロード	143
6.0.4	凡例	144
6.1	Quick Look	144
6.2	Specview でのデータの取得、表示	145
6.3	視線速度の測定	147
6.4	励起温度の見積もり	151
6.5	成長曲線の作成	156
6.6	組成比の推定	157
<b>第 7 章</b>	<b>超大質量ブラックホールのデータ収集とその可視化・分析</b>	<b>159</b>
7.1	科学的背景	159
7.2	TOPCAT の使い方	160

7.2.1	Linux での TOPCAT の起動方法	160
7.2.2	SDSS DR-7 Quasar カタログの取得と整理	161
7.2.3	2XMMi-DR3 カタログの取得	166
7.2.4	カタログマッチ	166
7.2.5	XMM AGN の Redshift 分布を調べる	167
7.2.6	作業内容の保存	168
7.3	隠された AGN 候補探査	169
7.3.1	隠された AGN のスペクトル・シミュレーション	170
7.3.2	TOPCAT を用いた隠された AGN 候補の切り出し	174
7.4	VO と外部データベースとの連携	180
7.4.1	NED の検索インターフェース	181
7.4.2	TOPCAT プラグインの作成	182
7.4.3	TOPCAT から NED にジャンプ!	184
<b>第 8 章</b>	<b>AGN と銀河のクラスタリング測定</b>	<b>189</b>
8.1	本課題の目的	189
8.2	研究の背景	189
8.3	AGN と銀河のクラスタリング測定方法	190
8.4	利用するデータとソフトウェア	191
8.4.1	利用するデータベース	191
8.4.2	利用するソフトウェア	191
8.4.3	jc クライアント	192
8.4.4	JVOQL 文法	195
8.4.5	ROOT	197
8.4.6	Unix シェルスクリプト	201
8.5	研究の手順	207
8.5.1	データを集める	207
8.5.2	AGN 毎に周辺天体の数密度分布を求める	211
8.5.3	全 AGN の周辺天体数密度分布を足しあわせる	219
8.5.4	相関距離を求める	220
付録 A	講義用スライド : ヴァーチャル天文台 (VO) とは	224
付録 B	講義用スライド : JVO Portal の使い方	239
付録 C	講義用スライド : HDS 1 次処理済みデータの概要	259
付録 D	講義用スライド : 超大質量 BH のデータ収集とその可視化・分析	270
付録 E	講義用スライド : AGN と銀河のクラスタリング解析	275

# 第1章 JVO ポータルの使いかた<sup>1</sup>

## 1.1 はじめに

このマニュアルを読みはじめる大部分の人達はバーチャル天文台 (Virtual Observatory, VO) を利用するの初めてであると思いますので、バーチャル天文台について簡単に説明しておきます。

バーチャル天文台プロジェクトは、世界中の望遠鏡がこれまで撮り貯めてきた膨大なデータを共通の枠組のなかで利用できるようにし、研究や教育などに役立てようとして始められたプロジェクトです。2002年に国際バーチャル天文台連合 (International Virtual Observatory Alliance, IVOA<sup>2</sup>) が結成され、毎年2回参加国間で持ち回りで会議を開催し、データ検索方式等の規約作りが進められています。IVOAには、現在20の国と地域<sup>3</sup>が参加しています。

各参加国のVOプロジェクトチームは、それぞれの国あるいは組織が所有するデータをVOを利用して配信するためのデータサービスの開発を行ったり、VOに対応したデスクトップアプリケーションを作成したり、またはVOデータサービスへのポータルサイトの開発を行ったりしています。日本のVOプロジェクトチーム (Japanese Virtual Observatory, JVO) はVOポータルの開発を中心に進めているほか、国内のデータ配信をVOで行いたいという研究プロジェクトに対する支援や、VOを使った研究方法の講習会等を開催し、VOを研究に役立てるための活動を行っています。

JVOで開発を行っているポータルサイトは <http://jvo.nao.ac.jp/portal> において公開しています。このJVOポータルは以下のようなサービスを提供しています。

- 世界中の天文データサービスを検索する機能
- VOサービスに対する検索実行機能とその可視化機能
- すばる望遠鏡処理済みデータの配信とオンデマンドでのデータリダクション機能
- 様々な天文関連ツールのオンライン利用機能
- 国内サーベイプロジェクトによるサーベイデータの配信とクイックルック機能

本章ではこうしたJVO Portal機能の使いかたについて紹介します。

---

<sup>1</sup>執筆:白崎裕治

<sup>2</sup><http://www.ivoa.net/>

<sup>3</sup>2012年7月現在。最新の参加国は <http://www.ivoa.net/pub/members/>

## 1.2 主な利用方法の紹介

まずは、ユースケース毎に必要な最小限の利用手順の例を紹介します。各ページの詳細な利用方法については、次節 (1.3 画面毎の機能説明) をご覧下さい。

### 1.2.1 JVO ポータルにログインする

JVO ポータルは利用者登録なしでゲストユーザとして利用することができますが、登録済みユーザとしてログインすることでゲストユーザでは利用できない機能が利用できます。利用者登録ができる方は、天文学研究を行う方のみに限らせていただいております (2012年3月)。ポータルサービスのアクセス URL, <http://jvo.nao.ac.jp/portal>, に Web ブラウザを使ってアクセスしてください。アクセス URL はブラウザにブックマークしておきましょう。Google や Yahoo 等の検索エンジンで JVO で検索をすることも、上記のページにたどり着けます。検索結果の一番最初のリンクが JVO のプロジェクトページへのリンクとなっているはずですので、そのページから左側の JVO ポータル と書かれているリンクをクリックすることでもポータルにアクセスできます。アクセスすると、図 1.1 左上のページが表示されます。右上隅に Login ボタンが表示されている場合は、ゲストユーザでログインしている状態になっています。Web ブラウザーを開いて最初にアクセスしたときはゲストユーザで自動ログインします。登録ユーザとしてログインするには、その Login ボタンをクリックして下さい。図の左下にあるような認証画面が表示されますので、ユーザー名とパスワードを入力してログインしてください。

ユーザー登録をまだしておらず、ユーザー登録を希望する場合は、一旦 Login ボタンをクリックし、認証画面の一番下に表示される [HERE](#) と書かれたリンクをクリックしてください。ユーザ情報の入力画面が表示されますので、そこで希望するアカウント名や、所属する研究機関、パスワード、メールアドレスを入力してユーザー登録手続きを行ってください。数日以内に管理者から登録が完了した旨の連絡がありますので、しばらくお待ち下さい。

ログインした状態からログアウトしたい場合は、右上の Logout ボタンをクリックしてください。Logout ボタンをクリックしなくても、一定時間操作が行われなかった場合は自動的にログアウト状態となり、ゲストユーザでの利用に戻ります。

ユーザ情報を変更する場合には、ログアウトした状態でもトップ画面で左下にある [Your account information](#) と書かれたリンクをクリックしてください。

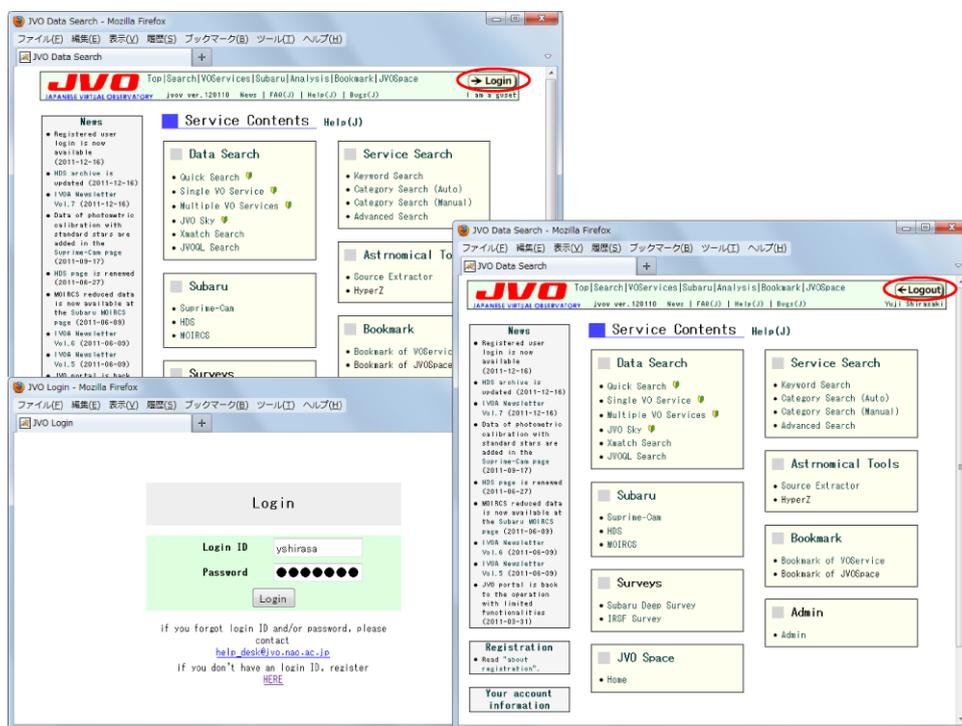


図 1.1: ログイン・ログアウト

## 1.2.2 キーワードでデータサービスを探す

データサービスをキーワード検索する方法について説明します (図 1.2)。全てのデータサービスには、そのサービスに関する様々な情報が記述されているメタデータ文書がサービス提供者により用意されています。JVO ではその内容をデータベース化することにより、指定したキーワードを含むメタデータ文書を検索することができます。この機能を使うことにより、多数のデータサービスの中から、自分が利用したいデータサービスを見つけることができます。

例として、SDSS DR6 を使って見つめられた銀河団カタログを提供しているサービスの検索例を紹介します。トップ画面で Keyword Search と書かれたリンクをクリックします (1)。検索キーワードの入力ボックスに `sdss DR6 cluster` と入力し (2)、Search ボタンをクリックします (3)。検索結果が表示されます。この例では、”Sloan Digital Sky Survey DR6 Galaxy Clusters Catalog” というタイトルデータサービス一件が見つかりました。“DR6” という単語を含めないで検索すると、もっと多数のデータサービスが見つかります。チェックボックス Detail をチェックすると (4)、サービスの説明文等の詳細情報が表示されます。More Info リンクをクリックすると (5)、さらに詳細な情報が表示されます。Search Page ボタンをクリックすると (6)、このサービスへの検索用ページへ遷移します。

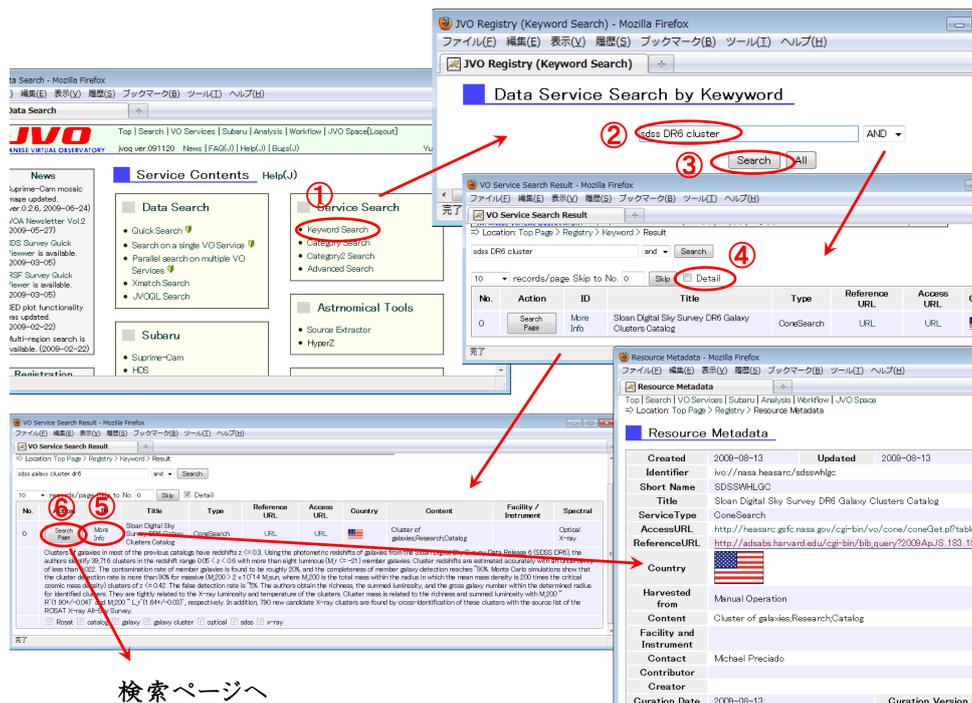


図 1.2: データサービス検索 : キーワード検索

### 1.2.3 カテゴリーでデータサービスを探す

データサービスをカテゴリーで検索する方法について説明します (図 1.3)。キーワード等の入力をすることなく、探したいサービスと関連するカテゴリーのリンクをクリックしただけで、目的のサービスを見つけられます。トップ画面で Category Search (Auto) と書かれたリンクをクリックすると (1)、自動カテゴリーによる検索画面に遷移します。このページでは、カテゴリー毎にあらかじめ指定された検索条件でサービスの検索を行います。無関係なデータサービスが混入していたり、含まれるべきサービスが含まれていなかったりしますのでご注意ください。Category Search (Manual) と書かれたリンクをクリックすると (2)、手動カテゴリーによる検索画面に遷移します。ここでのサービスの分類は、JVO の管理者がデータサービスの説明文を斜め読みして、適切なカテゴリーを選択するようにしています。管理者の主観や誤解による誤分類や、未分類のデータサービスもあるとをご了承下さい。手動カテゴリーの検索画面で White Dwarf と書かれたリンクをクリックすると、関連するサービスのリストが表示されます。

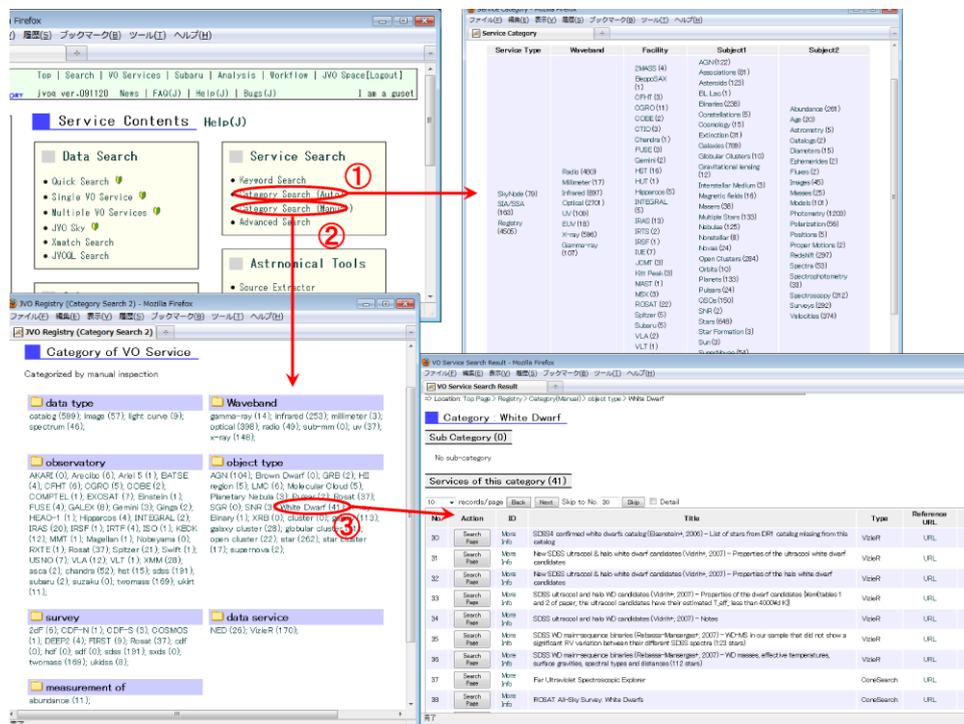


図 1.3: データサービス検索：カテゴリー検索

## 1.2.4 データサービスを一つだけ選択し、検索を実行する

データサービスを一つだけ選択し、そのサービスに対して検索を実行する方法について説明します。利用したいサービスが一つだけに決まっている場合は、ここで説明する方法で簡単に検索することができます。例として、SDSS DR6 のカタログより検出された銀河団のカタログサービスを利用する場合について説明します(図 1.4.1.5)。

トップページ(図 ??)の Search on a single VO Service と表示されているリンクをクリックします(1)。次に表示されるページ上の Keyword Search の入力フィールドに sdss DR6 cluster と入力し(2)、その横の Search ボタンをクリックします(3)。入力したキーワードに対応するデータサービスのリストが表示されます。図の例では一件のみ表示されています。タイトルが“Sloan Digital Sky Survey DR6 Galaxy Clusters Catalog” とあるデータサービスを Select ボタンをクリックして選択します(4)。次に検索対象のテーブルを選択します。図の例では、テーブルは一つのみです。チェックボックスをチェックして(5)、Select ボタンをクリックします(6)。検索する天球座標領域を指定します。図の例では、赤経 10 度、赤緯 0 度と指定しています(7)。領域サイズ(半径)はデフォルト値の 10 度としています。Execute Query ボタンをクリックして検索を実行します(8)。約 3 秒で検索が終了します。Result ボタンをクリックすると、検索結果が表示されます(図 1.5)。

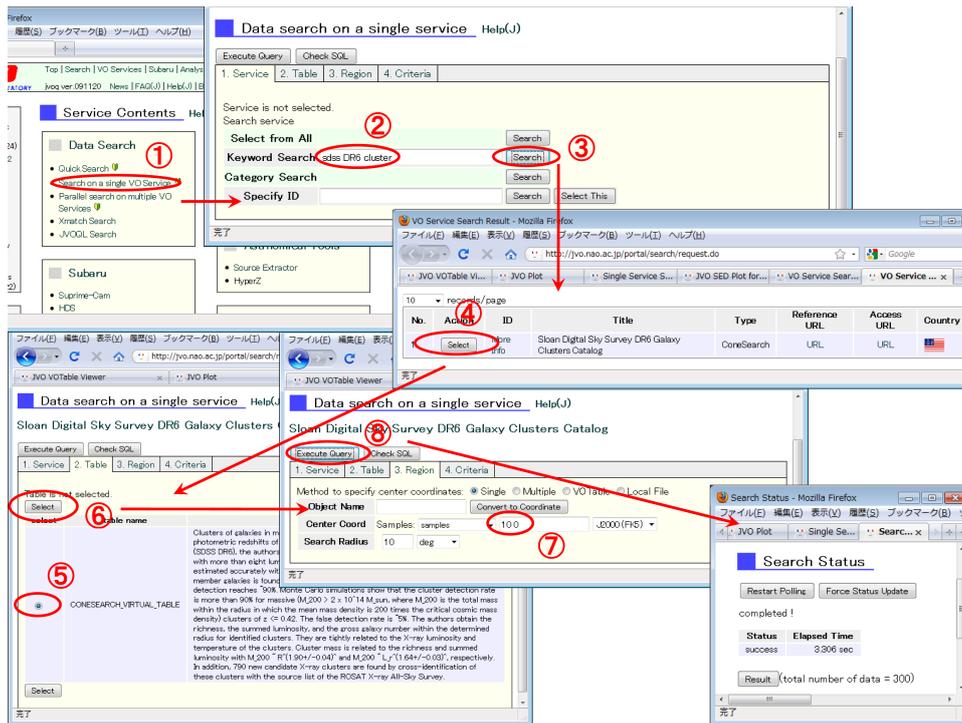


図 1.4: データ検索 : データサービス指定 (1/2)

JVO VOTable Viewer - Mozilla Firefox

ファイル(E) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)

JVO VOTable Viewer x JVO Plot x Single Service Search x JVO VOTable Viewer x

Save/Download Filter Metadata Graphic Add Column Appearance

Total 300 records page: 1

Alias Name	record	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
check download	record	UNIQUE_ID	NAME	XRAY_NAME	RA	DEC	REDSHIFT	RMAG_BCG	NUM_GALAXIES	SEARCH_OFFSET
	sort	sort	sort	sort	sort	sort	sort	sort	sort	sort
<input type="checkbox"/>	0	326	WHL J003924.4-001251		9.8517	-0.2142	0.2111	17.58	17	15.631
<input type="checkbox"/>	1	328	WHL J003932.6+001706		9.8858	0.285	0.4676	19.34	14	18.421
<input type="checkbox"/>	2	323	WHL J003912.3-001746		9.8012	-0.2961	0.2136	17.07	18	21.398
<input type="checkbox"/>	3	338	WHL J004126.8+000558		10.3617	0.0994	0.4563	19.24	21	22.505
<input type="checkbox"/>	4	339	WHL J004129.9-001912		10.3746	-0.32	0.4348	19.22	18	29.559
<input type="checkbox"/>	5	329	WHL J003936.0-002938		9.9	-0.4939	0.3381	18.55	16	30.235
<input type="checkbox"/>	6	321	WHL J003657.2-002657		9.7383	-0.4492	0.3367	17.68	13	31.19
<input type="checkbox"/>	7	317	WHL J003754.9-000647		9.4787	-0.1131	0.4894	19.58	22	32.002
<input type="checkbox"/>	8	345	WHL J004208.6-001049		10.5358	-0.1803	0.491	19.5	14	33.921
<input type="checkbox"/>	9	314	WHL J003740.4+000142		9.4183	0.0283	0.246	17.6	29	34.941
check download	record	UNIQUE_ID	NAME	XRAY_NAME	RA	DEC	REDSHIFT	RMAG_BCG	NUM_GALAXIES	SEARCH_OFFSET
<input type="checkbox"/>	10	311	WHL J003728.0+000542		9.3667	0.095	0.2376	17.21	23	38.425
<input type="checkbox"/>	11	343	WHL J004203.3-002643		10.5137	-0.4453	0.3951	19.33	19	40.791
<input type="checkbox"/>	12	327	WHL J003928.8-004025		9.87	-0.6736	0.3451	18.68	13	41.162
<input type="checkbox"/>	13	324	WHL J003916.6+004215		9.8192	0.7042	0.2942	17.36	21	43.621
<input type="checkbox"/>	14	346	WHL J004214.0+002904		10.5583	0.4844	0.4495	19.52	17	44.352

完了

図 1.5: データ検索 : データサービス指定 (2/2)

## 1.2.5 検索領域を指定して複数のデータサービスに対し一括検索を行う

ここでは、検索領域を指定して複数のデータサービスに対し一括検索を行う方法について説明します (図 1.6)。検索したい天体や座標域が決まってい、画像やスペクトルデータ、測光データ等を多波長に渡って検索する場合に便利です。

まず、トップページで **Parallel search on multiple VO** というリンクをクリックし (1)、複数データサービス一括検索用のページを表示します。例として、天体名 M82 を入力し (2)、Search ボタンをクリックします (3)。約 10 分で検索が終了します。例として、”2MASS Full Survey Image Service” の結果を表示させてみます (4)。このデータサービスからの検索結果は画像データへのリンクを含みます。最初のレコードのチェックボックスをチェックして (5)、Graphic タブをクリック (6)、Image ボタンをクリック (7) します。M82 の 2MASS イメージが表示されます。

The screenshot shows the JVO Data Search interface in Mozilla Firefox. The search process is detailed as follows:

- Step 1:** In the "Service Contents" section, the link "Parallel search on multiple VO" is circled in red.
- Step 2:** In the "Parallel search on multiple services" form, "M82" is entered in the "Coordinates or Object Name" field.
- Step 3:** The "Search" button is clicked.
- Step 4:** In the "Search Status" table, the "2MASS Full Survey Image Service" row is circled in red.
- Step 5:** The checkbox for the first result in the "JVO Data Viewer" table is checked.
- Step 6:** The "Graphic" tab is selected in the viewer.
- Step 7:** The "Image" button is clicked to view the result.

Service Name	Data Type	Table Name	# of result	result
Two Micron All Sky Survey	catalog	PhotoPrimary	3	Result
Sloan Digital Sky Survey	catalog	PhotoPrimary	1	Result
IRAC/VLA Sky Survey	catalog	PhotoPrimary	1	Result
Suzaku Superim-Cam Data Service (SkyNode)	image	image	2	Result
Suzaku Superim-Cam Data Service (SkyNode)	catalog	cod	13	Result
Two Micron All Sky Survey	catalog	psc	74	Result
Astrophysics Data System	catalog		199	Result
SkyView Virtual Observatory	image		98	Result
Infrared Space Observatory Single Spectrum Data Access	spectrum		3518	Result
Kunlun CO/NEW /NGVSR models	spectrum		27	Result
Galileo disk models	spectrum		2765	Result
Caltech Synthetic stellar library	spectrum		517	Result
Alterd COHD 2000	spectrum		272	Result
Alterd NextGen	spectrum		14	Result
2MASS Full Survey Image Service	image		9	Result
IRIS: The I.R. Newly Extracted Spectra	spectrum		9	Result
Sloan Digital Sky Survey DR5	image		1	Result

図 1.6: データ検索：複数サービス一括検索

## 1.2.6 デジタルユニバースに対し検索を行い、天体の SED プロットを作成する

JVO では、主要な測光データカタログについては独自のデータベースに登録し、高速に検索できるようにしています。現在このデータベースに登録されているカタログは、SDSS, USNO B1.0, GSC, 2MASS, ROSAT, UKIDSS DR2, Subaru Deep Survey (SDF, SXDS) 等です。このデータベースをデジタルユニバースと呼びます。合計 200 億件のデータが登録されています。ごく限られた領域での天体の位置分布や、様々な波長での測光データを取得したい場合に便利です。ここでは、このデジタルユニバースに対する検索方法について説明します (図 1.7, 1.8, 1.9)。

トップ画面で Quick Search リンクをクリックします (1)。リンク先のデジタルユニバース検索画面 (Quick Search ページ) で、例えば、Crab と入力し (2)、Submit ボタンをクリックします (3)。検索が終了したら、Result ボタンをクリックして結果を表示します (4)。テーブルの各カラムの内容を知りたい場合は、Metadata タブをクリックすると (5)、カラムの説明が表示されます。検索結果からプロットを作成したい場合は、Graphic タブをクリックし、JVOPlot ボタンをクリックします。

つぎに SDSS と 2MASS の測光データをつかって天体の SED プロットを作成する例を紹介しましょう (図 1.9)。Quick Search ページで Samples から 154.453033 -3.06408 (SDSS+2MASS) を選択し (1)、Submit ボタンをクリックします (2)。Result ボタンをクリックし (3) 結果を表示します。Graphic タブをクリックし (4)、SED Plot ボタンをクリックすると (5)、SED プロットが表示されます。

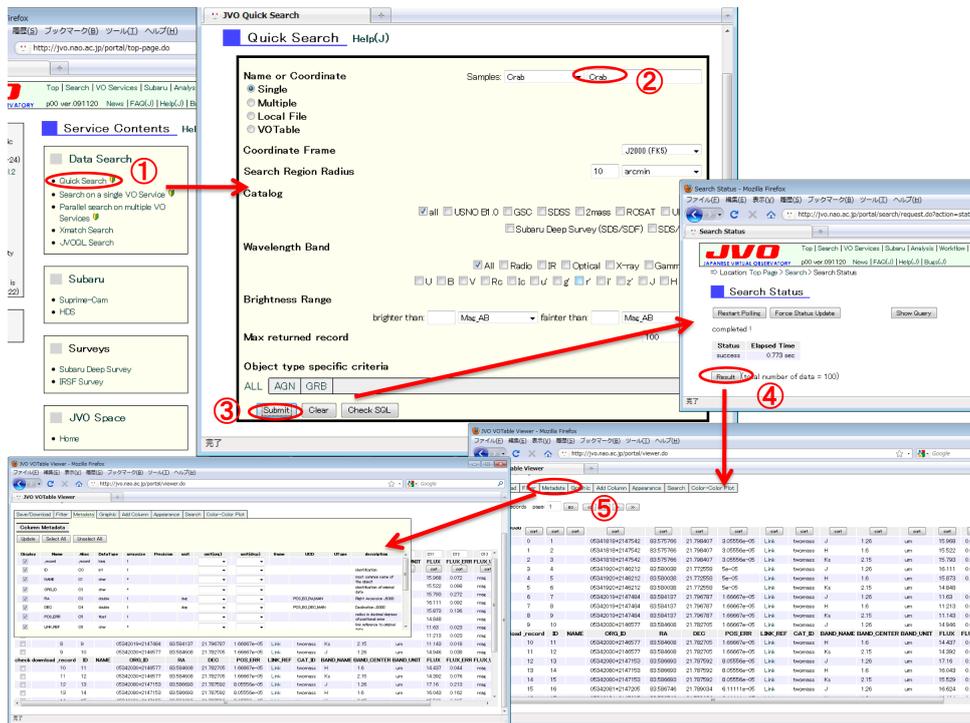


図 1.7: デジタルユニバースに対する検索

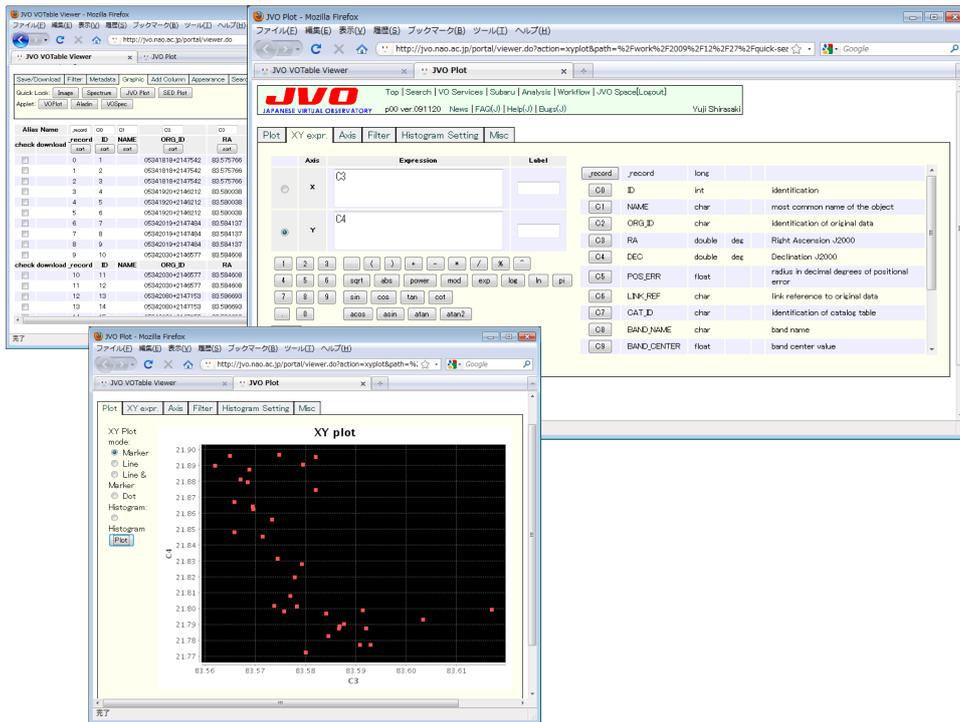


図 1.8: デジタルユニバースに対する検索結果をプロット

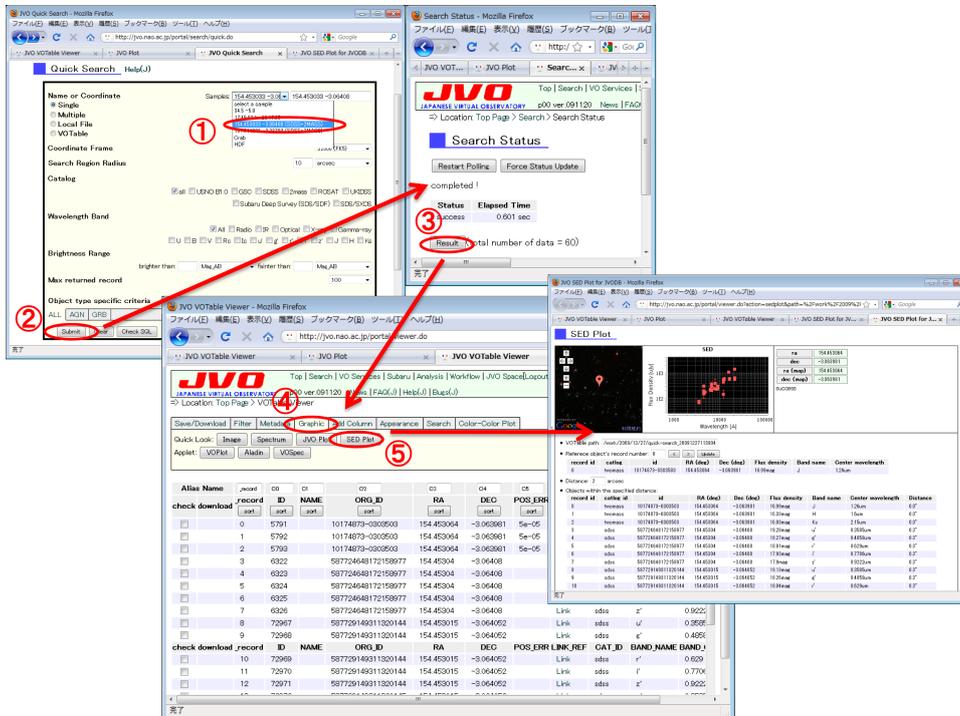


図 1.9: デジタルユニバースに対する検索結果から SED プロットを作成

## 1.2.7 観測名からすばる望遠鏡のデータ検索を行う

すばる望遠鏡データについては、VO サービス用の汎用検索インターフェイスを使った検索の他、専用の検索インターフェイスが用意されています。ここでは、JVO システム上でリダクションされた Suprime-Cam データを、観測名から検索する方法について説明します (図 1.10)。

トップ画面で Suprime-Cam と書かれたリンクをクリックします (1)。Suprime-Cam データが観測名 (OBJECT 名) 毎に分類されています。OBJECT 名は観測時に観測者によってつけられた名前です。FITS 生データの OBJECT キーワードの値です。例えば、CL1604 というオブジェクト名のフィルター W-J-V によるデータを取得したい場合は、まず C と書かれたリンクをクリックします (2)。“C” で始まるオブジェクト名をもつデータのうち最初の 20 件が表示されます。CL1604 の行、W-J-V の列の 36 と書かれた数値のリンクをクリックします。モザイク処理されたデータへのリンクが表示されます (図 1.10 の左下)。モザイク画像は半径約 0.2 度の領域毎に作成されるため、一つの観測が複数の領域に分割されて作成されます。例えば、一番上の行の Reduction ID リンク (4) をクリックします。選択したモザイクデータのサマリーページが表示されます (図 1.10 の右下)。

データのダウンロードを行うには、まず Download タブを開きます。クリックします (図 1.11 左 5)。画面の下の方にスクロールしていくと、モザイク画像が表示されており、その下に Download ボタンがあります (図 1.11 中央の下)。Download ボタンをクリックすると (6)、対応するデータのダウンロードが開始されます。ブラウザの設定によって、Download ボタンを押したあとの挙動は違ってきますが、図の例の場合はメッセージウインドウが表示されています。ファイルを保存するをチェックし、OK ボタンをクリックして (7) ダウンロードが開始されます。

The screenshot shows the JVO Data Search interface. The main window displays a table of objects with columns for Object Name, Date, Coords, Photo Cal., Reduction, Job Status, and Command Queue. A search filter 'C' is selected, and the table shows results for objects starting with 'C'. A red arrow points to the 'Suprime-Cam' link in the sidebar (1). Another red arrow points to the 'C' filter in the search bar (2). A third red arrow points to the '36' value in the 'W-J-V' column for object 'CL1604' (3). A fourth red arrow points to the '120218\_194235\_grid90\_2' link in the 'Mosaiced Datasets' table (4). A fifth red arrow points to the 'Download' tab in the 'Suprime-Cam Mosaic Info' window (5). The 'Download' window shows a summary of the selected mosaic, including Process ID, Title, Objects, Command, Start of Process, End of Process, Total frames, Combined frames, Status, and Version.

図 1.10: 観測名ですばる望遠鏡データを検索 : Suprime-Cam (1/2)

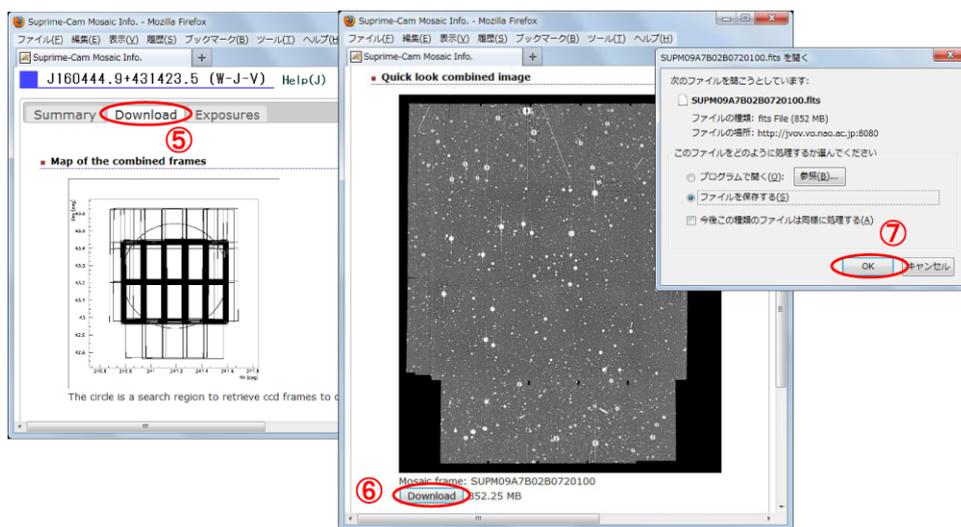


図 1.11: 観測名ですばる望遠鏡データを検索 : Suprime-Cam (2/2)

## 1.2.8 JVOSky ですばる望遠鏡のデータ検索を行う

Google Sky 上に様々な観測装置による観測領域を表示するシステム JVOSky を利用して、すばる望遠鏡のデータ検索を行う方法について説明します (図 1.12)。観測データを簡単な GUI で探することができます。

トップ画面で JVO Sky と書かれたリンクをクリックします (1)。Google Sky 上のデータがある領域にマーカーが表示されます (図の右上)。Google Sky 上でダブルクリックすると、そこを中心とする領域が拡大表示されます (図の下)。Google Sky 左脇にあるプラスボタン、マイナスボタンを利用して拡大・縮小表示が可能です。マーカーをクリックすると、そのデータの説明ウィンドウが表示されます。Link をクリックするとデータのダウンロードページへ遷移します。2012 年 3 月現在、登録済みのデータはすばる望遠鏡の Suprime-Cam/MOIRCS/HDS の各データとすばる衛星のデータのみです。

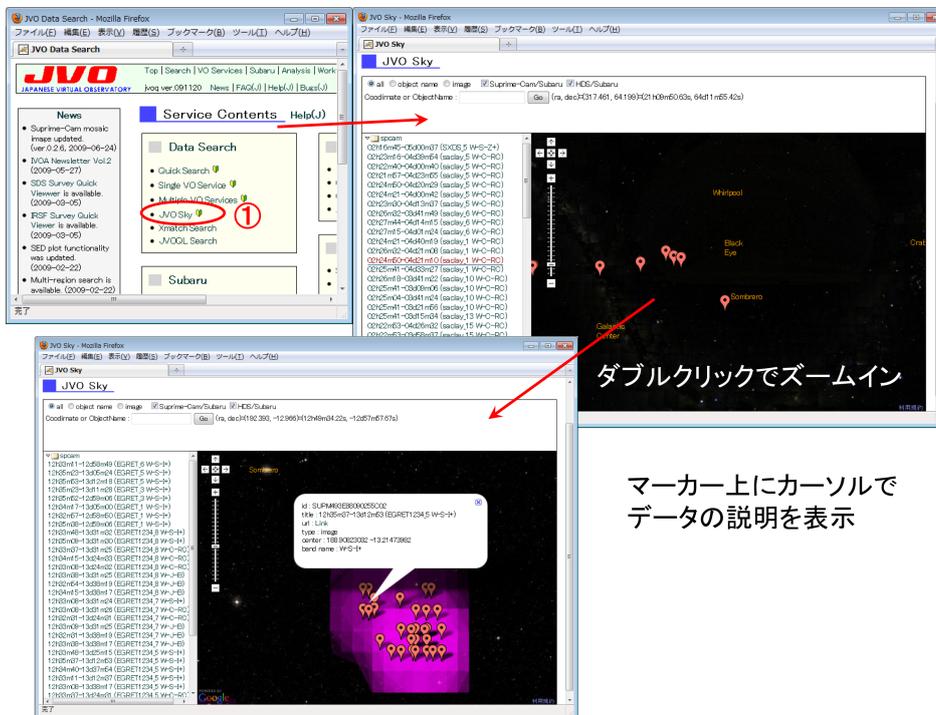


図 1.12: JVOSky : すばる望遠鏡データの検索

### 1.2.9 過去の検索結果をみる

過去に検索した結果を再び表示する方法について説明します (図 1.13)。登録済みアカウントを利用して検索を行った場合は、ログアウト後または、セッション断絶後も、再度ログインした際に JVOSpace (JVO portal 上のユーザ用データ保存領域) 上に保存されている検索結果を再び参照することができます。

トップ画面で JVO Space と書かれたリンクをクリックします (1)。JVOSpace Viewer の画面に遷移したら、work と書かれたリンクをクリックします (2)。検索結果は Work パーティションに、検索実行日毎のディレクトリに保存されていますので、検索日が 2010 年 1 月 6 日の場合、まず、2010 と書かれたリンクをクリックします (3)。それから、01、06 とディレクトリを移動します。図の例の場合、2010 年 1 月 8 日 14:30 に実行した quick search 結果のディレクトリへのリンクがあります。そのリンクをクリックします (4)。result\_votable0.xml と書かれたリンクをクリックすると (5)、検索結果の表示画面 (VOTable Viewer) へ遷移します。

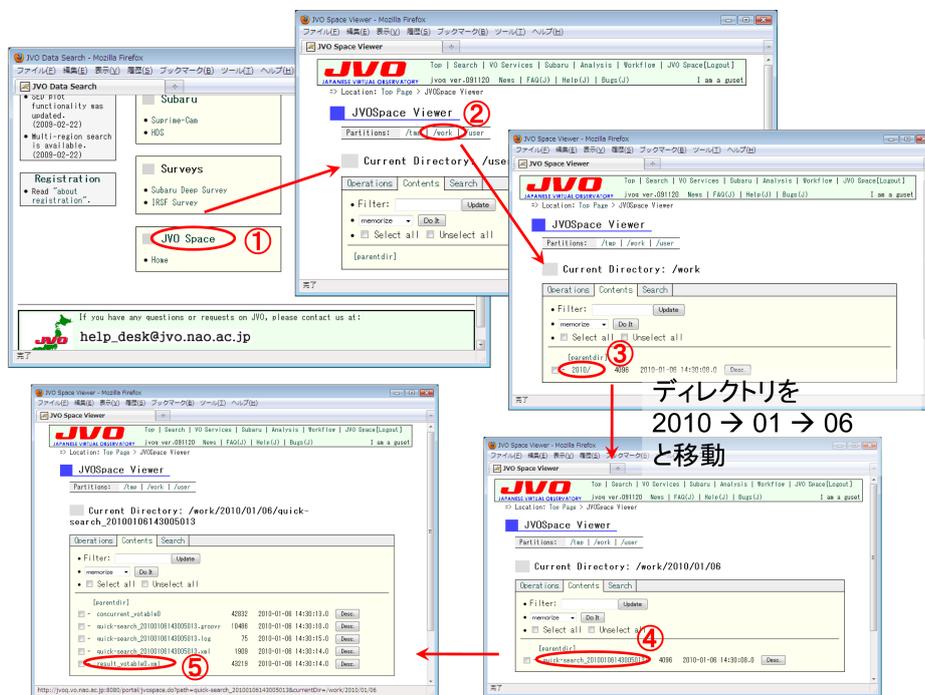


図 1.13: 過去の検索結果の再表示

### 1.2.10 検索結果のテーブルを CSV 形式でダウンロードする

VO におけるデータのやりとりは VOTable と呼ばれる XML 形式のフォーマットで行われます。従って、検索結果は VOTable フォーマットで portal 配下のファイルシステム (JVOSpace) に保存されています。VOTable Viewer は VOTable フォーマットを CSV 等の形式に変換してダウンロードしたり、JVOSpace 上にコピーしたりすることができます。

検索結果を CSV 形式でダウンロードする方法について説明します (図 1.14)。まず検索を実行し、検索結果を表示します。または、JVOSpace Viewer を使って、VOTable を VOTable Viewer で表示させます。VOTable Viewer 上で Save/Download タブをクリックします (1)。フォーマット選択リストから csv を選択し (2)、Download ボタンをクリックすると、表示中の検索結果がカンマ区切りでフォーマットされたテーブルとしてダウンロードできます。

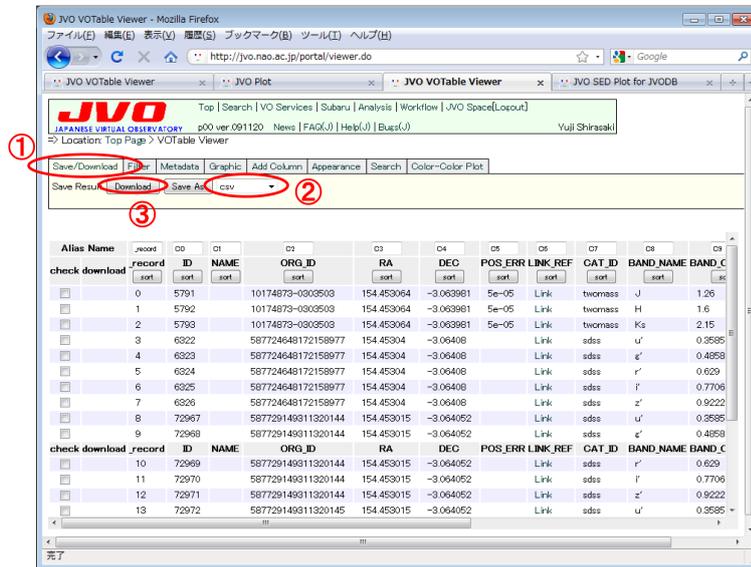


図 1.14: 検索結果のダウンロード

### 1.2.11 すばる望遠鏡データのリダクションを行う

すばる望遠鏡データをリダクションする方法について説明を行います (図 1.15)。JVO ポータルは、ユーザーの計算機に解析ソフトウェアをインストールしたり、生データをコピーしたりすることなく、すばる望遠鏡のデータをリダクションする機能を提供します。この機能を使うことにより、光赤外データの解析には不馴れな方でもすばる望遠鏡データを利用することができます。自動処理したデータも配信していますが、解析条件をカスタマイズして再解析したい場合に利用するとよいでしょう。データの質に高い精度を要求しないのであれば、ここで処理されたデータは十分利用可能でしょう。

トップページから **Suprime-Cam** と書かれたリンクをクリックして (1)、Suprime-Cam データのページへ移動し **Reduction** リンクをクリックして (2) **Reduction** タブを開きます (図の右上)。図では、例としてオブジェクト名が **A1689**、フィルター **W-J-V** による観測データをリダクションする手順を説明しています。OBJECT 名の入力欄に **A1689** と入力します (3)。フィルター **W-J-V** を選択します (4)。Register ボタンをクリックします (5)。Job Registration Confirmation ページで OK ボタンをクリックします (6)。Command List ページで **Execute** ボタンをクリックします (7)。以上でリダクションジョブが開始されました。実行状況は Suprime-Cam データページの **Job Status** タブで確認することができます。

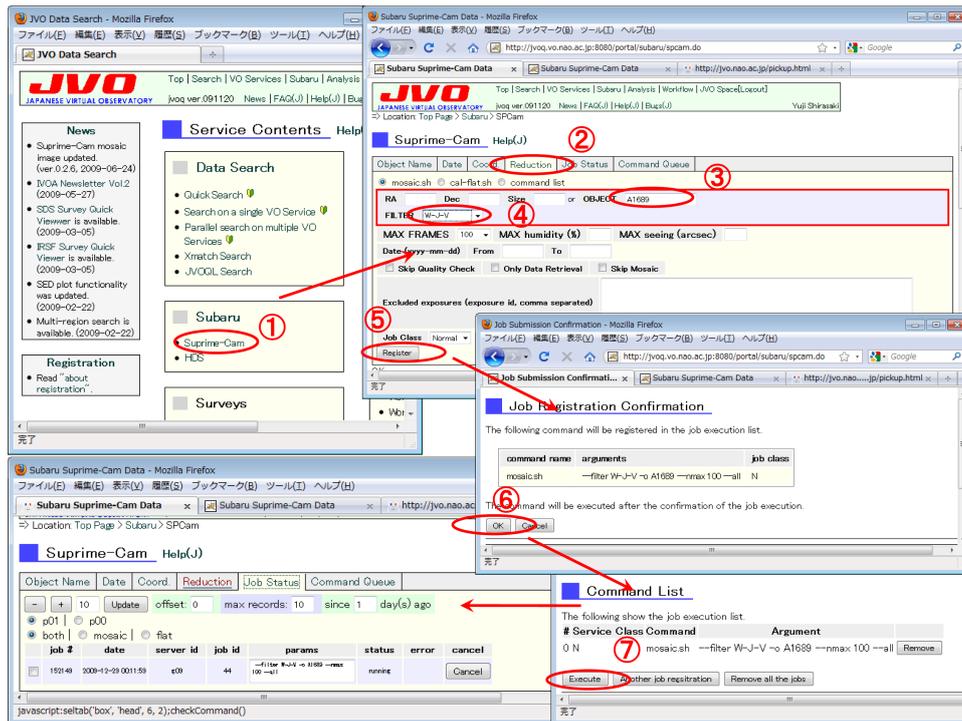


図 1.15: すばる望遠鏡データのリダクション : Suprime-Cam

## 1.3 画面毎の機能説明

このセクションでは、各画面毎に機能の詳細について紹介を行います。

### 1.3.1 トップページ

トップページ画面の説明を行います (図 1.16)。

#### (1) 機能別ページへのリンク

機能別ページへのリンク。一部のページを除き大部分のページで同じヘッダーが表示されますので、どのページからでもこのリンクから他の機能別ページへ移動可能です。

#### (2) ログアウト

登録ユーザアカウントでログインしている場合のみ表示されます。ログアウトする際にクリックしてください。ゲストユーザでログインしている場合はログインボタンが表示されます。

#### (3) ポータルの運用バージョン

このポータルサービスのバージョン番号 (日付) です。機能更新、バグ修正などが行われた最新の日付を示しています。

#### (4) オンライン情報ページへのリンク

ポータルサービスの更新情報 (News)、よくある質問 (FAQ)、利用マニュアル (Help)、不具合情報 (Bugs) といったページへのリンクです。(J) とあるのは日本語のみのページです。

#### (5) ユーザー名

ログインユーザーの氏名、または、ゲストアカウント名が表示されます。

#### (6) このページの使いかた

このページの使いかたへのリンクです。

#### (7) Data Search

各種データ検索用のページへのリンクです。デジタルユニバースで検索したい場合は Quick Search、同時に利用するサービスが一つでよい場合は Single VO Service、複数のサービスに同時に領域検索を実行したい場合は Multiple VO Services、JVOSky で簡単に観測データを検索したい場合は JVOSky、複数のサービスにまたがるテーブルジョイン検索を行いたい場合は Xmatch Search、JVO 用データベース検索言語 JVOQL を利用した検索を行わない場合 JVOQL Search を利用してください。Xmatch Search と JVOQL Search は上級者向けです。

#### (8) Subaru

すばる望遠鏡データ専用ページへのリンクです。

#### (9) Survey

サーベイ観測カタログ・画像データの配信ページへのリンクです。カタログデータや画像データ等をダウンロードできる他、画像のクイックルックや、天体の SED 表示などが行えます。現在 Subaru Deep Survey (SDS) と、南アフリカ望遠鏡 (IRSF) のマゼラン領域のサーベイデータが利用できます。

**(10) JVO Space**

JVO portal 上のユーザー用データ領域へのアクセスページへのリンクです。検索結果等が保存してあります。登録アカウントをお持ちのユーザの場合は、ログアウトした後も検索結果が一定期間保持されます。ゲストアカウントの場合はデータはログアウト時に全て消去されます。

**(11) Service Search**

データサービスの検索を行うページへのリンクです。利用したいサービスをキーワードで検索したい場合は Keyword Search、カテゴリーで分類された中から見つけたい場合は Category Search (Auto/Manual)、データサービスの種類やタイトル名で検索したい場合は Advanced Search を利用してください。

**(12) Astronomical Tools**

様々なオンラインアプリケーションが利用できます。2012年3月現在は天体検出ソフト、Source Extractor のみをご利用できます。

**(13) Bookmark**

Service Search で見つけたサービスをブックマークした場合に、その一覧がご覧になれます。

**(14) Admin**

管理者用ページへのリンクです。一般ユーザの方はご利用できません。

**(15) News**

JVO ポータルのアップ更新情報などが表示されます。

**(16) Registration**

ユーザ登録ページへのリンクです。

**(17) アカウント情報**

登録ユーザーアカウントでログインしている場合にのみ表示されます。ユーザー登録時に入力したユーザ情報を表示します。ユーザー情報の変更も行えます。

**(18) ヘルプデスク**

質問や要望などありましたら、このヘルプデスク宛にメールをお願いします。

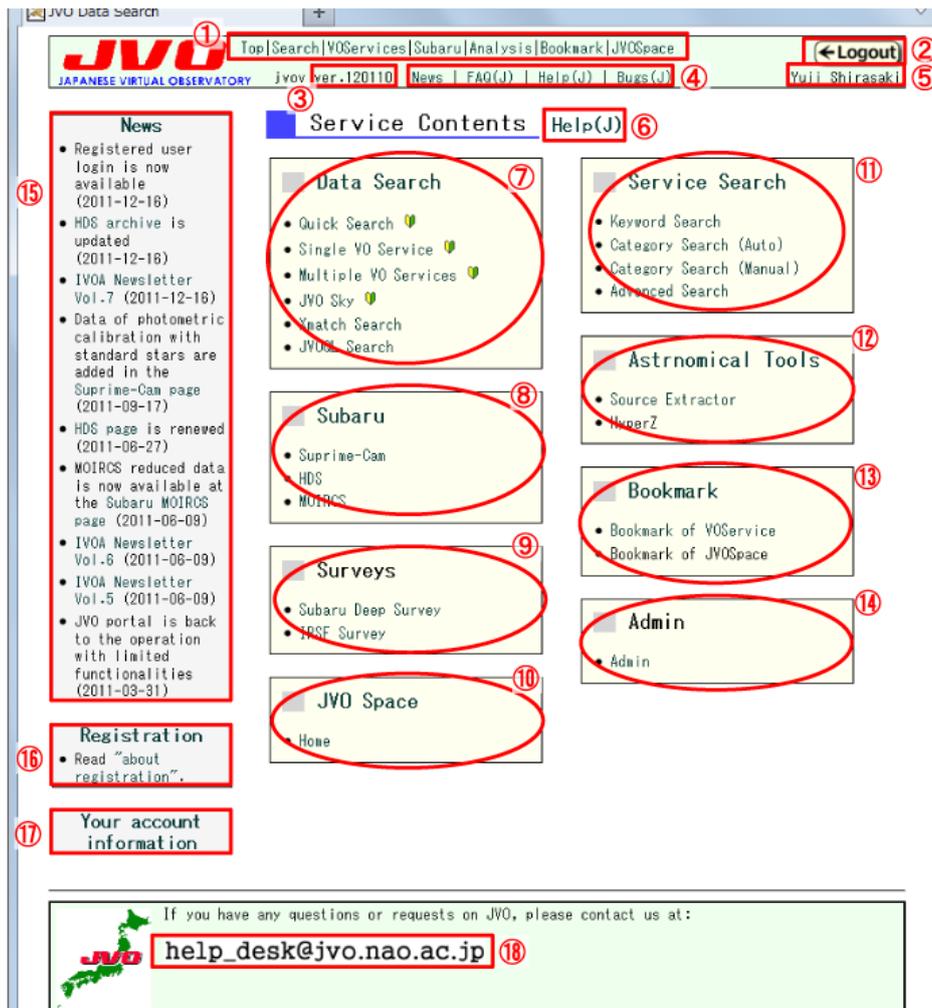


図 1.16: トップページ機能説明

### 1.3.2 ユーザー登録ページ

ユーザー登録画面の説明を行います (図 1.17)。入力には日本語は利用しないでください。

- (1) アカウント名の入力： 希望するアカウント名を入力してください。使える文字はアルファベット、数値、ハイフン “-”、アンダースコア “\_”、ピリオド “.” です。ただし、最初の一字目はアルファベットのみです。登録済みのアカウント名を指定した場合は、Register ボタンをクリックする際にその旨エラーメッセージが表示されます。別なアカウント名に変更して、再度登録を行ってください。
- (2) 氏名の入力： 名前 (アルファベット表記) を入力してください。名前を最初の記入し、スペースをいれて苗字を入力してください。
- (3) メールアドレス： メールアドレスを入力してください。ユーザー登録が完了した場合や、連絡事項がある場合の連絡先として利用されます。
- (4) 所属機関の国名： 所属している研究組織の国名を記入してください。ご自身の国籍ではありません。
- (5) 所属機関名： 所属機関名を記入して下さい。
- (6) 部局名： 所属機関における部局名を記入して下さい。
- (7) 職種： 所属機関における職種を「学生」、「研究職」、「その他」の内から選択してください。「その他」を選んだ場合は、その下の入力欄に職名を記入してください。
- (8) パスワード： パスワードを入力してください。ログイン時に利用します。
- (9) パスワード (確認)： 確認のためもう一度同じパスワードを入力してください。
- (10) 利用目的： 利用目的を「天文研究 (astronomical research)」、「その他」の内から選択してください。「その他」を選んだ場合は、その下の入力欄に目的を記入してください。2010年1月現在、天文研究以外によるユーザー登録は受け付けておりませんので、ご了承下さい。
- (11) 登録： 以上の項目について入力が終了したら、register ボタンをクリックしてください。登録完了後、お知らせメールを入力したアドレス宛に送ります。管理者が手動で登録しますので登録完了まで数日かかる場合がありますが、おおむね数時間以内に登録完了します。

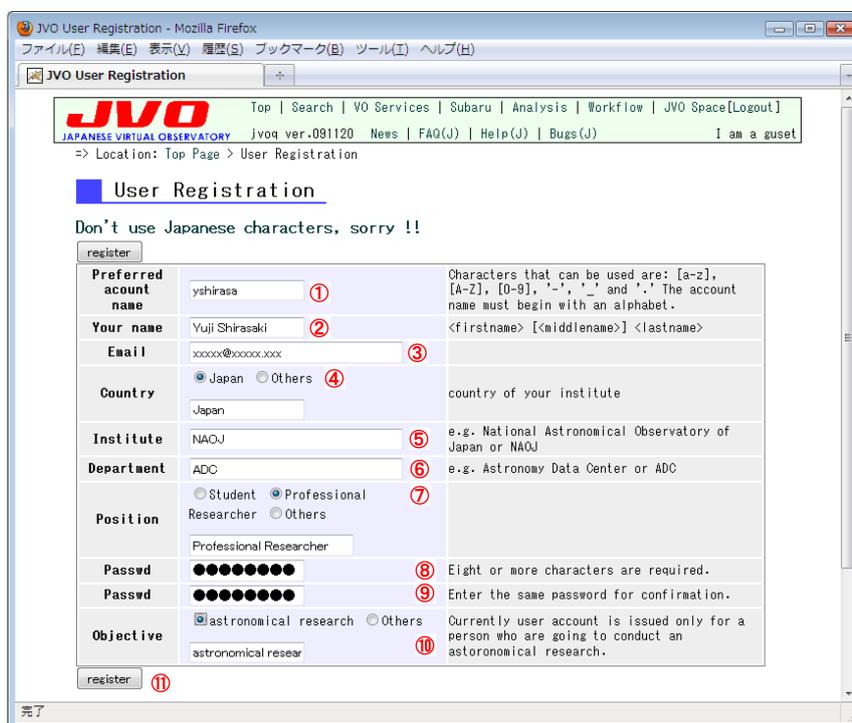


図 1.17: ユーザー登録ページの機能説明

### 1.3.3 デジタルユニバース検索ページ (Quick Search ページ)

ここでは、大規模統合天体カタログ(通称デジタルユニバース)用検索ページ(Quick Search ページ)の使い方について説明します(図 1.18)。Quick Search ページへは、トップページから Quick Search という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。<http://jvo.nao.ac.jp/portal/search/quick.do>。このページは JVO システム内部のデータベースにため込まれたデジタルユニバースへの検索実行インターフェイスです。デジタルユニバースは各種のカタログデータから、天体座標と測光データ、観測波長域といった最小限のデータのみをあつめたデータベースです。VO のインターフェイスで様々な VO サービスからデータを収集する機能や、手でカタログファイルを登録する機能があります。JVO システム内部にあり、指定された領域のデータを高速に検索するアルゴリズムを実装したデータベースです。そのため、このデジタルユニバースへの検索を Quick Search と通称しています。このデジタルユニバースに登録されているカタログは、2010 年 1 月現在、USNO B1.0, GSC, SDSS (DR6), 2MASS, ROSAT, UKIDSS (DR2), Subaru Deep Survey (SDF, SXDS) 等です。200 億レコードの測光データが登録されています。検索条件として座標領域を必ず指定する必要があり、検索領域は円形の領域で、半径 10 度まで指定できます。それ以上大きな半径は指定できません。

検索領域の指定方法は 4 通りあり、検索条件を入力する枠内左上の Name or Coordinate と書かれた部分の下側に、選択するためのラジオボタンがあります。

**Single** このページを表示した時点で選択されています。座標領域を一つだけ指定できます。中心座標は赤経・赤緯、銀経・銀緯、天体名のいずれかで指定できます。座標単位は「度」または sexagecimal (時分秒・度分秒) で入力できます。sexagecimal で入力する場合は 17:45:02.1-28:17:25 のように “:” を利用して下さい。緯度・経度はスペースで区切って下さい。座標系は Coordinate Frame と書かれた行にあるリストボックスより選択して下さい。

**Multiple** これを選択すると、図の (B) のように入力画面が変更されます。複数の座標を改行で区切って入力することができます。天体名も使用できます。

**Local File** 座標のリストが書かれたファイルをアップロードして、その座標範囲のデータを検索することができます。ファイルは Web ブラウザーを起動しているコンピュータに保存されている必要があります。座標指定フォーマットは Multiple の場合にテキストボックスに入力できるフォーマットと同じです。これを選択すると、図の (C) のように入力画面が変更されます。参照ボタンをクリックして、ファイルを選択してください。

**VO Table** JVOSpace 上の VO Table に記述されている座標値で検索することができます。自分で作成した VO Table を、JVOSpace 上にアップロードし、それを利用することもできます。これを選択すると、図の (D) のように入力画面が変更されます。テキストボックスに JVOSpace 上でのファイルパスを入力し、赤経・赤緯のデータに対応する VO Table のフィールド名を RA:, Dec: と書かれた横の入力欄に記述します。

その他の検索条件

**Coordinate Frame** Name or Coordinate の入力欄で、検索領域の中心座標を指定する緯度・経度の座標系を選択します。FK4, FK5, IRC, Galactic のいずれかを選択します。初期状態では FK5 が選択されています。

**Search Region Radius** 検索領域の半径を指定します。単位を deg, arcmin, arcsec のいずれかから選択します。初期状態では 10 arcsec となっています。

**Catalog** 検索対象としたいカタログを選択します。複数個指定可能です。初期状態では all (全カタログ) となっています。

**Wavelength Band** 波長域で条件をしばって検索する場合に指定します。初期状態では all (波長による選択はなし) となっています。

**Brightness Range** 明るさで条件をしばって検索する場合に指定します。初期状態では明るさに対する範囲指定はされていません。

**Max returned record** 検索結果数の上限値を変更します。初期状態では 100 件です。

**AGN** AGN タブを開いた状態 (E) で検索を実行すると、デジタルユニバースに登録されている AGN 統合カタログへの検索を行います。AGN タブ内では AGN に固有な検索条件が指定できます。

**GRB** GRB タブを開いた状態 (F) で検索を実行すると、デジタルユニバースに登録されている GRB 統合カタログへの検索を行います。GRB タブ内では GRB に固有な検索条件が指定できます。

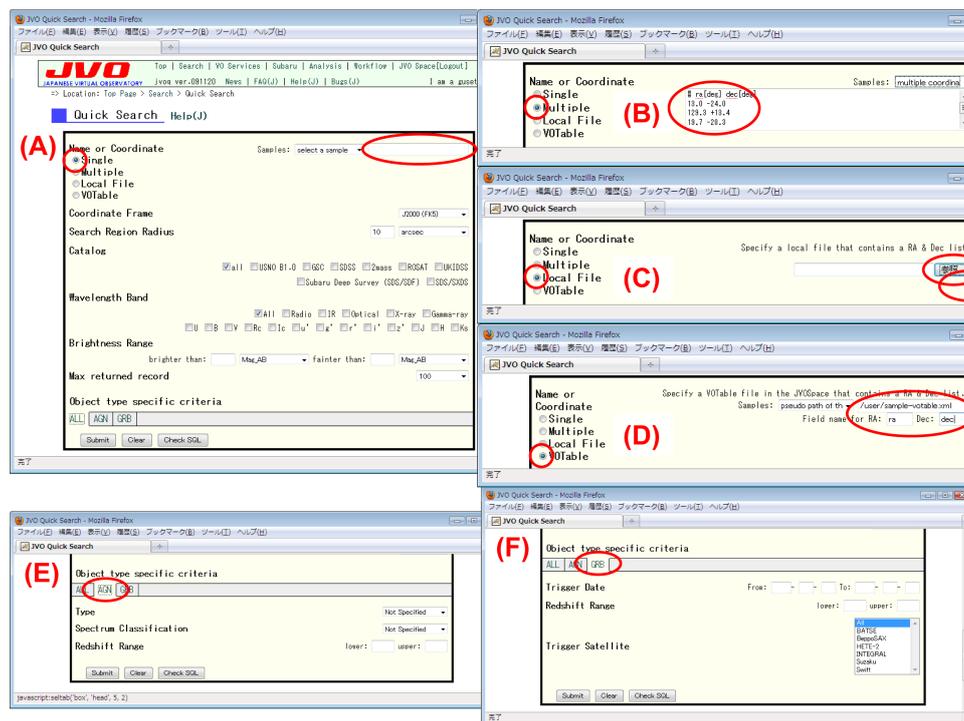


図 1.18: Quick Search ページの機能説明

### 1.3.4 検索ステータスページ

検索を実行すると、図 1.19 に示すようなステータスページへ遷移し、検索の実行状況が確認できます。複数サービス一括検索実行時のステータスページはこれとは多少こととなりますが、節 1.3.5 で紹介します。検索に要する時間は、検索条件やどのサービスを利用するかにより異なりますが、数秒で終了するものから数十分以上かかるものまでありますので、気長に待つ必要があるかも知れません。検索実行時には Status が `executing` と表示されます。検索が終了すると Status が `success` に変化します。検索時にエラーが発生した場合には Status は `failed` と表示され、エラーの原因がその下に表示されます。ステータスは定期的に自動ポーリングすることに更新されます。Stop Status Update ボタンをクリックすると、ポーリングは行われなくなり、ステータスは更新されなくなります。ポーリングが停止した状態から再開したい場合には、Restart Polling ボタンをクリックします。Show Query ボタンをクリックすると、実行中の JVOQL (SQL を拡張した JVO 独自の検索言語) が表示されます。検索が正常終了した場合、Result ボタンが表示されますので、クリックすると検索結果表示画面へ遷移します。検索実行中はこのウィンドウは開いた状態にしておくことをお勧めします。このウィンドウを閉じても検索は実行されつづけますが、このステータスページを再表示することができませんのでご注意ください。検索結果は JVOspace (節 1.3.18 を参照) の Work パーティションに検索日時で分類されて保存されています。検索が終了すると `result_votable0.xml` というファイルが作成されますので、直接そちらを参照することも可能です。ただし、複数サービス一括検索を実行した場合はデータサービスの identifier (データサービスに一意に付けられる識別子) を名前とするファイルに結果が保存されます。

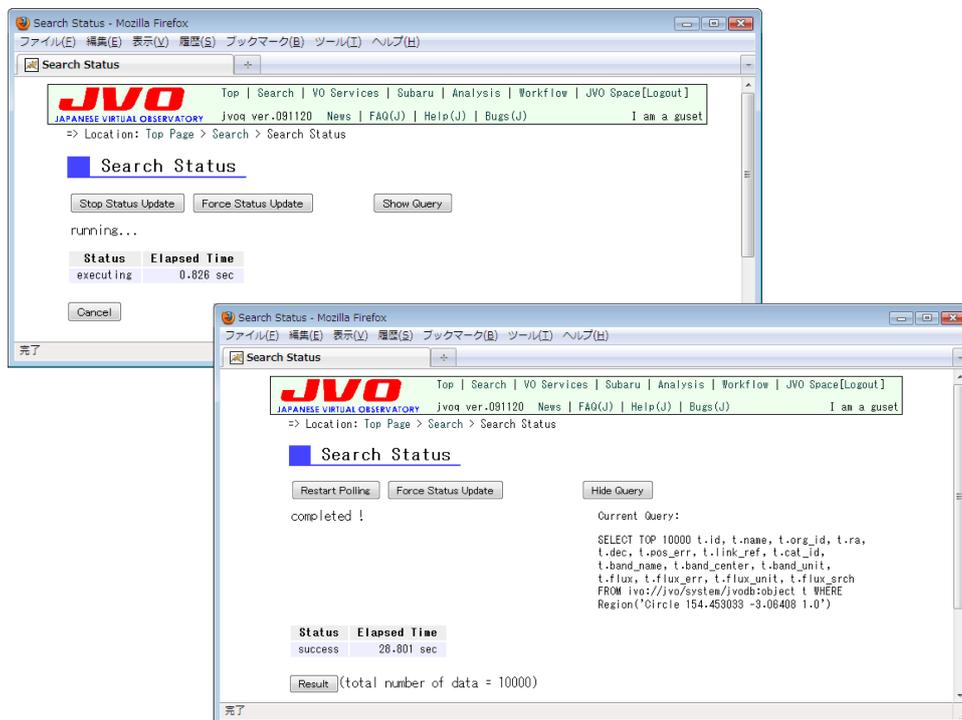


図 1.19: 検索ステータスページの機能説明

### 1.3.5 複数サービス一括検索 (Parallel Search) ページ

ここでは、複数サービス一括検索ページ (Parallel Search ページ) の使い方について説明します (図 1.20)。Parallel Search ページへは、トップページから **Parallel search ...** という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。<http://jvo.nao.ac.jp/portal/search/parallel.do>。このページは、天球の領域を指定した検索を複数の VO サービスに対して一括で実行するためのインターフェイスを提供します。検索対象とする座標が決まっています、どんなデータでもいいからまずは取ってきて見てみたい、という場合にお薦めです。並列に検索が実行されるので、Parallel Search と呼んでいます。Coordinate or Object Name と書かれた部分の下にあるテキストボックスに検索範囲の中心座標また天体名を入力します。座標の書式は Samples のリストにあるように、緯度・経度の値をスペースで区切り、Sexagecimal (時分秒・度分秒) で入力する場合には “:” を時分秒または度分秒の区切り文字としてください。座標系は FK4, FK5, IRC, Galactic の内から選べます。初期状態では FK5 が選択されています。検索領域の半径は単位を arcsec, arcmin, deg の内から選んで、対応する値を Radius: と書かれたところの右側のテキストボックスに入力してください。初期状態では、60 arcsec が指定されています。検索を実行するには Search ボタンをクリックしてください。検索実行中に表示される Search Status ページ (図 1.20 右下) には Parallel Search 独自の情報が表示されています。Progress 欄には、現在検索中のプロセス数 (searching の値)、検索済みサービス数 (finished の値)、検索待ちサービス数 (waiting の値) が表示されています。その下側には、結果が帰ってきたものから順番に結果リストが表示されます。検索結果がゼロであったものについては表示されません。結果リストには、データサービスのタイトル、検索結果として得られるデータの種類、検索対象のテーブル名、検索結果数、結果へのリンクが表示されます。結果を表示する場合は、別のウィンドウまたは、別のタブで開くようにすると結果リストを再び参照しやすいです。Firefox を利用している場合は、リンク文字の上にカーソルを置き、右クリックをして表示されるメニューから「リンクを新しいタブで開く」と書かれた項目を選択してください。直接リンクをクリックした場合は、同じ表示画面上に結果が表示されてしまいますが、その場合、検索結果リストを再表示するためには「戻る」ボタンで戻る必要があります。

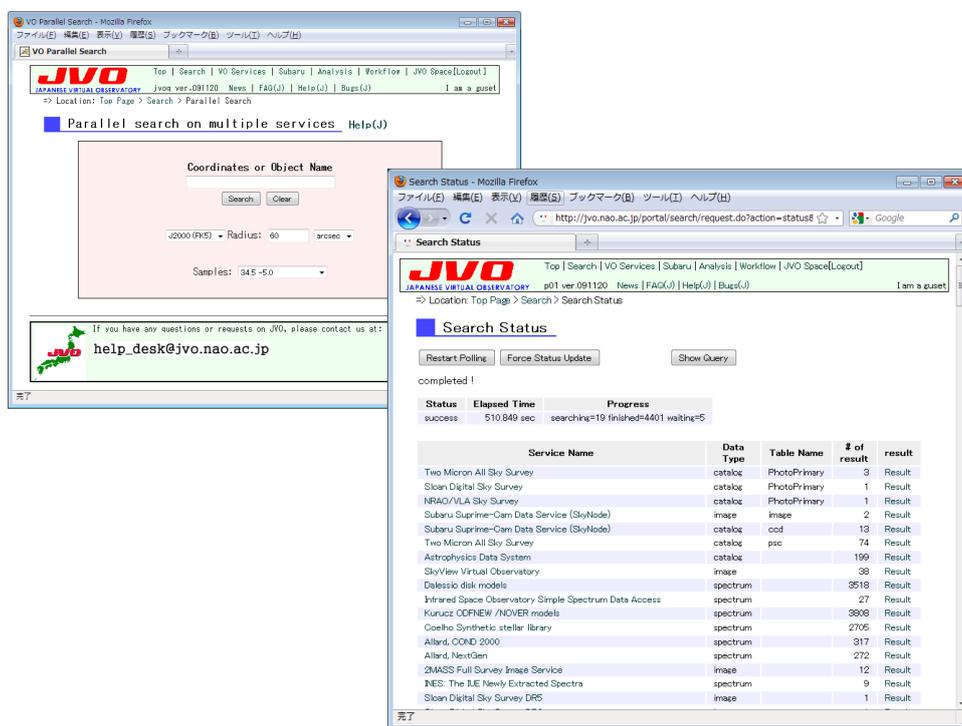


図 1.20: Parallel Search ページの機能説明

### 1.3.6 単一サービス検索 (Single Service Search) ページ

ここでは、単一サービス検索ページ (Single Service Search ページ) の使い方について説明します (図 1.21, 1.22)。Single Service Search ページへは、トップページから Single VO Service という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。http://jvo.nao.ac.jp/portal/search/single.do。このページでは、サービスを一つだけ選択し、そのサービスに対して検索を実行することができます。

最初にこのページへアクセスすると、図 1.21 の左上の画面にあるように、Service タブが選択された状態の画面が表示されます。Service タブ画面では、検索対象となるサービスを選択します。Select from All と書かれた行の Search ボタンをクリックすると、JVO の Registry (データサービスのメタデータが登録されているデータベース) に登録されている全サービスのリストが表示されます。サービスの数は 10,000 を越え、この中から必要なサービスを選択するのは困難ですので、通常はキーワードで絞りこんで、その中から選択します。Keyword Search 行のテキストボックスに、利用したいサービスに関連するキーワードを任意の数だけ指定し、その横の Search ボタンをクリックすると、指定したキーワード全てにマッチするデータサービスのリストが表示されます (図 1.21 の右上)。複数のキーワードはスペース区切りで指定します。そのリストから利用したいデータサービスを Select ボタンをクリックして選択してください。

サービスを選択すると、先程の Single Search Page が Table タブが選択された状態で再び表示されます (図 1.21 の左下)。サービスによっては複数のテーブルがあるので、ここでテーブルを一つ選択します。図の例では、SIA\_VIRTUAL\_TABLE という名前のテーブルが一つだけ表示されています。このテーブルの radio ボタンをチェックして、Select ボタンをクリックしてください。

今回は Region タブが開いた状態の画面に遷移します (図 1.21 の左下右下)。ここでは、検索する天球の座標域を指定します。座標指定しないと検索できないサービスと、座標指定しなくても検索可能なサービスが存在します。テーブル名が xxx\_VIRTUAL\_TABLE である場合座標指定が必須です。それ以外のテーブルの場合座標指定しなくても検索できる場合が多いですが、常に可能なわけではありません。

検索領域の中心座標の指定方法は 1.3.3 で説明した Quick Search の場合と同じです。Single をチェックした場合、座標域を一つだけ指定できます。その他の項目をチェックした場合は複数の座標域を指定して検索できます。Single の場合には、Center Coord と書かれた行のテキストボックスに座標または天体名を入力します。座標系は FK4, FK5, IRC, Galactic の四通りの中から一つ選択できます。座標を入力するテキストボックスの右側にあるリストから選んでください。緯度・経度は「度」を単位とする値、または、sexagecimal (時分秒・度分秒) 値を入力してください。sexagecimal で入力する場合は 17:45:02.1 -28:17:25 のように “:” を利用して下さい。緯度・経度の間はスペースで区切って下さい。

Object Name と書かれた行のテキストボックスに天体名を入力し、その横の Convert to Coordinate ボタンをクリックすると、対応する座標が Center Coord のテキストボックスに自動入力されます。存在しない天体名やデータベースに登録されていない天体の場合には入力されません。天体名から座標への変換は HEASARC のサービス <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/> を利用しています。

Multiple をチェックした場合は、複数座標を改行で区切って入力することができます。VO Table をチェックした場合は、JVOSpace 上にある VO Table のパス名と赤経・赤緯に対応するフィールド名を指定することで、VO Table に記述されている座標値を検索条件にすることができます。Local

File をチェックした場合、Web ブラウザーを起動している計算機上のファイルにかかれた座標リストを検索条件にすることができます。フォーマットは、Multiple の場合にテキストボックスに入力する場合と同じで、一行毎に座標値を一組ずつ記入してください。

Search Radius と書かれた行で検索範囲の半径を指定します。単位は arcmin, arcsec, deg のうちから一つ選んでください。

Criteria タブでは、座標以外の属性に対して検索条件を付加することが可能です。Limit and Offset の入力部分では、検索結果のうち実際に取得するレコード範囲を指定できます。From: でスキップする最初のレコード数、Max: で検索結果数の最大値、Max threads: で検索の並列度を指定できます。並列度は複数座標指定をした場合に有効となります。検索領域を一つしか受け付けないサービスに対して複数検索を実行する場合、領域毎に検索を実行し最終結果をマージします。この領域毎の検索の並列度を指定することになります。2010年1月現在、From, Max が有効なサービスは JVO の SkyNode のみです。

Parameter List では、この検索で取得できるデータのリストを表示しています。Parameter 列は データ名を表します。IO 列は、検索パラメータとして指定できる場合 “I”, 検索結果として取得可能な場合 “O”, 両方の場合 “IO” という値をとります。Data type 列は対応するデータの型を表します。Unit 列はデータ値の単位を表します。UCD 列は VO で標準化されているデータ名を表します。Description 列はデータの説明です。

Other Criteria で検索条件の追加が行えます。Parameter 列のリストから条件指定したいパラメータを選択し、Operator 列で比較演算子を選択し、Value 列でそのデータに対する制約値を入力します。Add Condition ボタンをクリックすると、条件をさらに追加することができます。ここで指定したすべての条件を満たすデータが検索されます。文字列型のパラメータに対する条件値を Value 欄に入力する場合はシングルクォーテーションでその文字列を囲ってください。

検索実行は Execute Query ボタンをクリックしてください。Check SQL ボタンをクリックすると、実行される JVOQL (データベース検索言語 SQL を拡張した JVO 独自の検索言語) が確認できます。

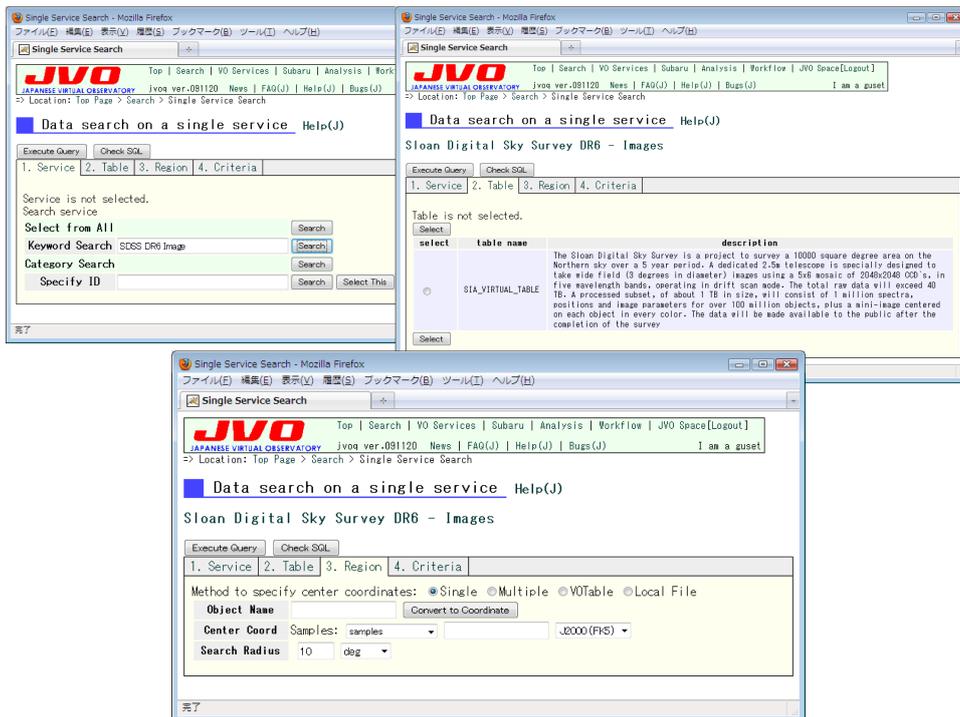


図 1.21: Single Service Search ページの機能説明 (1/2)

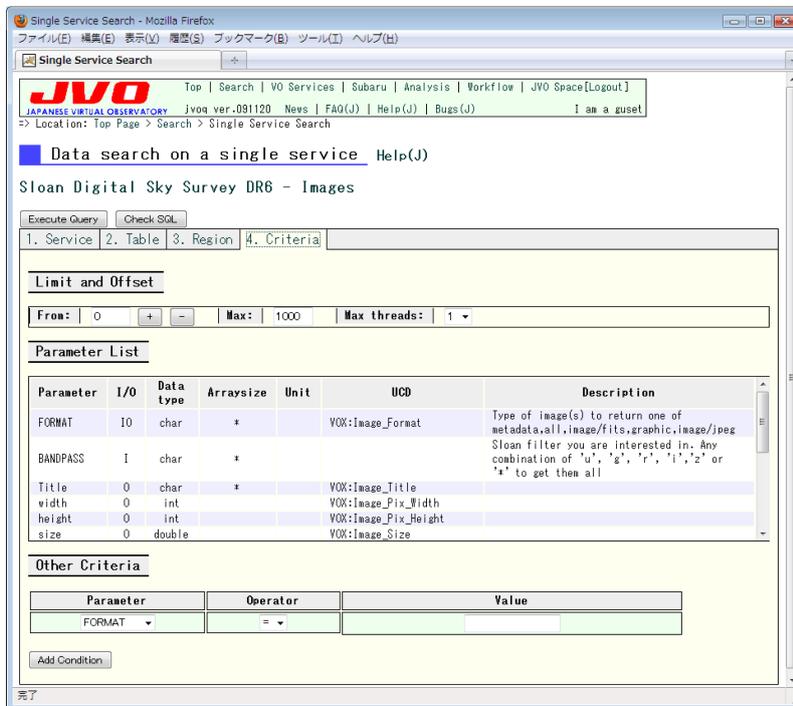


図 1.22: Single Service Search ページの機能説明 (2/2)

### 1.3.7 JVOQL 検索 (JVOQL Search) ページ

ここでは、JVOQL 検索ページ (JVOQL Search ページ) の使い方について説明します (図 1.23)。JVOQL Search ページへは、トップページから JVOQL Search という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。http://jvo.nao.ac.jp/portal/search/jvoql.do。このページでは、直接 JVOQL を使った高度な検索を実行することができます。Single Service Search ページでは指定ができない、AND 演算子と OR 演算子が混在する条件で検索したい場合や、Single Service Search ページ等で実行した JVOQL を、検索パラメータを手で編集して実行したりできます。

JVOQL は検索対象のテーブルから指定した条件にマッチする部分テーブルを選択または構成するための検索命令文で、データベースの検索言語 SQL のもつ機能のうち必要なものに制限し、かつ天文データベースでよく利用される機能を追加しています。たとえば、取得したいカラムを指定したり、ある条件を満たすレコードのみを取得するよう指定できます。また、複数のテーブルのレコードを指定した条件で結合して、一つのテーブルを作成するような指定等ができます。

JVOQL の構文は以下の通りです。

#### JVOQL 構文 (基本構文 1)

```
<JVOQL> ::= SELECT [ DISTINCT ] [ OFFSET <offset> ] [ TOP <top> ]
           <select_item> [ , <select_item> ]*
           [ FROM <table> [ , <table> ]* ]
           [ WHERE <condition> ]
```

構文定義式は以下のルールに従って記述されています。

- 記号 ::= は左辺の構文を右辺で定義するという意味です。
- 大文字で示した単語は JVOQL 予約語で、そのまま記述します。
- 大文字、小文字は区別しません。
- かぎ括弧 [] 内の単語は省略可能です。
- アスタリクス \* は複数回指定可能であることを示します。

上記の <> の構文は以下のように定義されます。

#### JVOQL 構文 (基本構文 2)

```
<offset> ::= <0 または正の整数値>
<top> ::= <0 または正の整数値>
<select_item> ::= <カラム名> | <カラム名による演算式> | "*"
<table> ::= [ <サービスの Identifier> : ] <テーブル名>
           [ [ AS ] <テーブルアリアス名> ]
<condition> ::= <評価値が boolean となる演算式>
<カラム名> ::= [ <テーブルアリアス名> "." ] カラム名
```

JVOQL の使い方を以下で説明します。

- DISTINCT を指定すると、選択するレコードのうち値が重複するレコードは削除された結果が得ることができます。

- OFFSET, TOP は検索結果のうち指定したレコード範囲のみを取得したい場合に利用します。OFFSET を指定した場合、検索結果の先頭から <offset> で指定された行数分をスキップします。TOP を指定した場合、<top> で指定された行数分だけ検索結果として返します。検索結果数がシステムの上限を越えてしまうような場合、たとえば最初の 1000 件を OFFSET 0 TOP 1000 として検索し、次の 1000 件を OFFSET 1000 TOP 1000 として検索するというように利用できます。
- <select\_item> では検索結果に含めたいカラム名、カラム名を使った数式、または全カラムを指定するアスタリスクを指定します。カラム名の値をそのまま取得したい場合は、カラム名をそのまま記述します。カラム値に対して演算をした結果を取得したい場合は、その演算式を記述します。カラム名はテーブルのエイリアス名で修飾(テーブル修飾子)できます。テーブル修飾子は、複数のテーブルを指定した場合に、同じ名前のカラムが複数のテーブルに存在する場合に一意性の確保が必要な場合は必須となります。
- テーブル名はサービスの Identifier とテーブル名をコロンでつなげて記述します。Identifier を省略した場合、指定したテーブルが所属するサービスが一意に決まらない場合はエラーになります。テーブル名にはエイリアス名を付けることができます。複数テーブルを指定した場合に、<select\_item> や <condition> で参照するカラムがどのテーブルに属するかを明確にするためのテーブル修飾子として利用します。

条件式は SQL で利用される以下の構文が利用可能です。

#### JVOQL 構文 (条件式)

```

<評価値が boolean となる演算式> ::= <比較式> | <BETWEEN 式> | <LIKE 式> |
                                     <IN 式> | <REGION 関数> | <領域比較式>

<比較式> ::= <カラム名による演算式> <比較演算子> <数値式>

<比較演算子> ::= "<" | ">" | "<=" | ">=" | "<>" | "!="

<BETWEEN 式> ::= <カラム名> BETWEEN <数値> AND <数値>
<LIKE 式> ::= <カラム名> LIKE <LIKE パターン>
<IN 式> ::= <カラム名> IN ( <値> [ , <値> ] * )

<REGION 関数> ::= REGION( <領域指定文> )
<領域指定文> ::= <円領域指定文> | <矩形領域指定文>
<円領域指定文> ::= "'" CIRCLE <coord1> <coord2> <radius> "'"
<矩形領域指定文> ::= "'" BOX <coord1> <coord2> <size1> <size2> "'"

<領域比較式> ::= <カラム名または領域型関数> <領域比較演算子> <カラム名または領域型関数>
<領域比較演算子> ::= WITHIN | "="

```

利用可能な JVOQL 拡張関数は以下の通りです。

JVOQL で利用可能な関数

```
<領域型関数> ::= <位置関数> | <円領域関数> | <矩形領域関数>
<位置関数> ::= POINT ( <coord1> , <coord2> )
<円領域関数> ::= CIRCLE ( ( <coord1> , <coord2> ) , <radius> )
<矩形領域関数> ::= BOX ( ( <coord1> , <coord2> ) , <size1> , <size2> )
```

例を紹介しながら、使い方を説明します。

次の例はチャンドラ X線衛星の画像データサービスに対して、カニ星雲 (座標赤経=83.633212度 赤緯=22.014460度) の領域、0.2度四方の画像を検索する JVOQL の例です。

JVOQL の例 1 :

```
SELECT *
FROM http://cxc.harvard.edu/cda:
WHERE region = BOX ( (83.633212, 22.014460), 0.2, 0.2)
```

次の例は、SDSS DR6 のカタログデータサービスから、赤経=20度 赤緯=0度を中心とする半径 0.01度の領域の天体について、その座標 (ra,dec) と z'バンドの明るさ (dered\_z) を取得するための JVOQL 例です。

JVOQL の例 2 :

```
SELECT ra, dec, dered_z
FROM ivo://jvo/icrr/sdss_dr6:photoobj
WHERE Region('Circle 20. 0. 0.01')
```

次の例は、QSO カタログの各 QSO の座標に対応する、すばる望遠鏡 Suprime-Cam の画像データを検索する JVOQL です。条件として、画像のフィルターは W-C-IC、QSO のみかけの明るさが 20 等以下が指定されています。

JVOQL の例 3 :

```
SELECT qso.*, img.*
FROM ivo://jvo/vizier/VII/235:qso_veron_2003 qso,
     ivo://jvo/subaru/spcam:spcam_mos_view AS img
WHERE POINT(qso.raj2000, qso.dej2000)
      WITHIN CIRCLE((189.206250, 62.216111), 0.1)
      AND img.format = 'image/fits' AND img.filter_id = 'W-C-IC'
      AND qso.v_mag < 20
      AND img.region = Circle((qso.raj2000, qso.dej2000), 0.02)
```

次の例は、SXDS サーベイデータサービスの sxds\_ukidss\_swire というテーブルから、最初の 100 件を検索する JVOQL です。

JVOQL の例 4 :

```
SELECT TOP 100 *
FROM ivo://jvo/sxds/v1.0:sxds_ukidss_swire
```

次の例は、SXDS サーベイデータの `sxdsr1` というテーブルにある Suprime-Cam により検出された天体と、XMM ニュートン X 線望遠鏡で検出された天体を座標でマッチし、対応する Suprime-Cam 画像を取得するための JVOQL です。

JVOQL の例 5 :

```
SELECT ir.object, ir.flux_iso_45, opt.number, opt.mag_auto_B,
       opt.mag_auto_V, opt.mag_auto_R, opt.mag_auto_I,
       opt.mag_auto_Z,
       img.object, img.filter_id, img.access_ref, img.format
FROM   ivo://jvo/sxds:sxdsr1 AS opt,
       ivo://jvo/swire:xmm_lss AS ir,
       ivo://jvo/subaru/spcam:spcam_mos_view AS img
WHERE  Region('Circle 34.2 -5.0 0.05') AND opt.mag_auto_R < 24
       AND distance((ir.ra, ir.dec), (opt.ra, opt.dec)) < 2 [arcsec]
       AND img.region = BOX((opt.ra, opt.dec), 0.02, 0.02)
       AND img.filter_id = 'W-C-RC'
```

JVOQL Search 画面の下のほうにあるタブメニューを利用することで、簡単な JVOQL は自動生成することができます。Single Service Search ページと同じ要領で、サービス選択 → テーブル選択 → 検索領域指定 → その他の条件指定を行い、Generate JVOQL ボタンをクリックすると、上のテキストボックスに JVOQL が自動生成されます。必要に応じて編集してから Submit ボタンをクリックして実行して下さい。

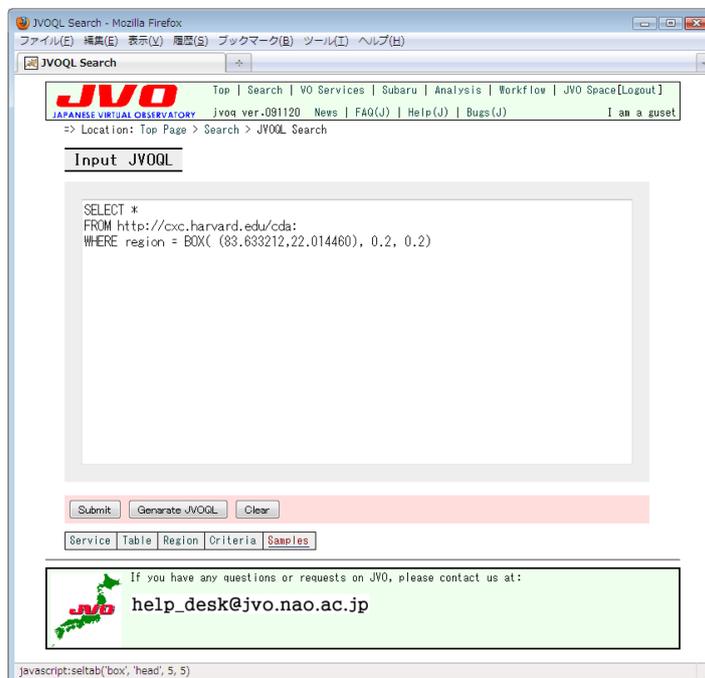


図 1.23: JVOQL Search ページの機能説明

### 1.3.8 JVOSky ページ

ここでは、JVOSky ページの使いかたについて説明します (図 1.23)。JVOSky は Google Sky の天球マップを利用して、様々な観測装置による観測領域を視覚的に確認しながら、必要なデータを取得することができます。2012 年 3 月現在、JVOSky で表示可能なデータはすばる望遠鏡 Suprime-Cam, MOIRCS, HDS, すざく衛星のデータのみとなっています。今後順次データの充実をはかっていきます。このページへは、トップページの Data Search セクションから JVOSky という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。http://jvo.nao.ac.jp/portal/jvosky.do。

初期状態では、図 1.23 の左上のような画面が表示されています。マップ上のマーカーは、観測データのある領域を示しています。表示している領域に観測データが 100 以上ある場合には、そのうちの 100 件のみ表示しています。マップを拡大していくことで、すべての観測データが見えるようになります。拡大するには、マップ上のマーカーや天体名の書かれている領域以外でダブルクリックしてください。ダブルクリックした場所を中心に拡大されます十分拡大すると観測エリアも表示されます (図の右)。左上にあるルーラーを利用して拡大・縮小することができます。

左枠の spcam という名前のフォルダーをクリックすると、マップ上に表示しているデータのリストが表示されます。リストにあるデータへのリンクをクリックするか、マップ上のマーカーをクリックすると、対応するデータの説明メニューが表示されます (図 1.23 右)。メニューには観測データダウンロードページへのリンクがありますので、データをダウンロードしたい場合は、Link とかかれた文字をクリックしてください。データのダウンロードページに移動します (図 1.23 左下)。

特定の観測装置のデータのみ表示したい場合は、マップの上部にあるチェックボックスにより表示したい装置を選択してください。Object Name を選択すると、天体名のみ表示され観測データは表示されません。初期状態ですべてが選択されており、天体名とデータの両方を表示します。

その下の Coordinate or ObjectName とあるテキストボックスに天体名または座標値を入力し、Go ボタンをクリックすると対応する座標を中心とする領域に移動します。ただし、天体名から座標への変換ができない場合にはエラーとなります。

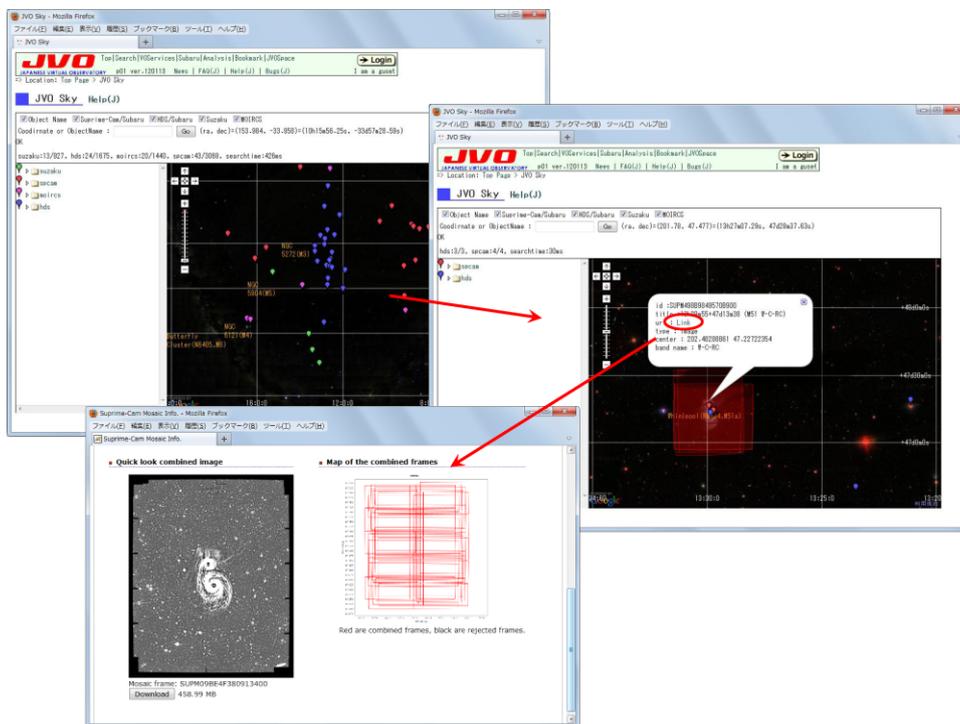


図 1.24: JVOQL Search ページの機能説明

### 1.3.9 データサービス検索 (Keyword Search) ページ

ここでは、データサービス検索 (Keyword Search) ページの使い方について説明します (図 1.25)。Keyword Search ページへは、トップページから Keyword Search という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。<http://jvo.nao.ac.jp/portal/registry.do?action=goKeyword>。このページでは、指定したキーワードにマッチするデータサービスを検索することができます。

キーワードをテキストボックスに入力して Search ボタンをクリックすると検索結果が表示されます。キーワードは複数指定でき、スペースで区切って入力してください。テキストボックス右側のセレクトリストで AND が選択されている場合は、指定したすべてのキーワードにマッチするデータサービスを検索します。OR が選択されている場合は、いずれか一つでもその指定したキーワードにマッチするデータサービスを検索します。検索は、データサービスのメタデータファイルに対して全文検索を実行します。メタデータファイルに指定したキーワードに一致する文字列があるかどうかで検索を実行します。All ボタンをクリックするとデータベースに登録されている全てのデータサービスを見ることができます。

検索結果 (図 1.25 の右上) は 1 ページにつき最大 10 件ずつ表示されます。次の 10 件を表示するには Next ボタンをクリックします。図の例では、検索結果が 6 件しかないため Next ボタンは表示されていませんが、records/page と Skip to の間にボタンが表示されます。10 件分戻の場合は Back ボタンをクリックします。Back ボタンも Next ボタンが表示される位置に表示されます。これ以上戻れない場合には Back ボタンは表示されません。

一ページあたりに表示される件数を変更するには、records/page と書かれたところの左側にあるリストから、変更したい件数を選択してください。例えば、最初の 99 件分をスキップして、100 件目から表示したい場合は、Skip to No. の右隣のテキストボックスに 100 と入力し、Skip ボタンをクリックしてください。

上の方にあるテキストボックスには、この検索結果を得るために入力したキーワードリストが入力されています。ここに入力されているキーワードを変更して、Search ボタンをクリックすると、再検索が実行されます。

Detail と書かれたところの左側にあるチェックボックスをチェックすると、詳細表示モードに変更されます (図 1.25 の左下)。データサービスの説明文や手動で付けられたカテゴリー名が表示されます。

More Info リンク (図 1.25 の右上) をクリックするとさらに詳細な情報が表示されます。ReferenceURL のリンク (図 1.25 の右上と右下) をクリックすれば、そのデータサービスを提供しているサイトのページが表示され、より詳しい情報が得られます。図 1.25 の右下のページに表示されている Identifier はそのサービスを一意に指定するための識別子です。JVOQL で直接検索文を書いて検索を実行する場合には、この Identifier をテーブル名の修飾子として使います。Service-Type は VizieR, ADS, SIAP/SSAP, TAP, ConeSearch, SkyService, DataCollection, Registry, Analysis の 9 種あります (2012 年 3 月現在)。それぞれの説明を表 1.1 に示します。

ServiceType	説明
VizieR	フランス、ストラスブルグ天文台が運用しているカタログデータサービス
ADS	論文検索サービス
SIAP/SSAP	画像・スペクトルサービス
TAP	テーブル検索サービス。AQL(VO用に機能拡張されたSQL言語)による検索が可能。
ConeSearch	座標検索サービス(天体カタログ、画像、スペクトルの検索)
SkyService	座標検索サービス
DataCollection	VO インターフェイスを持たない、データサービス
Registry	データサービス等のメタデータを検索できるデータベース
Analysis	解析サービス

表 1.1: リソース種別

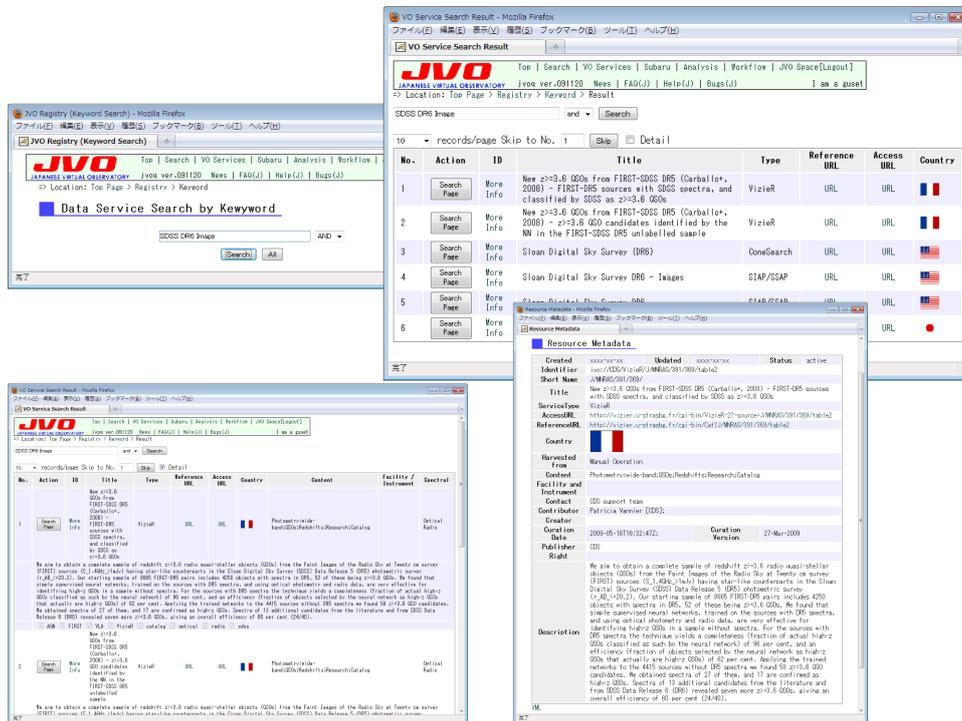


図 1.25: Keyword Search ページの機能説明

### 1.3.10 データサービス検索 (Manual Category) ページ

ここでは、データサービス検索ページ (Manual Category ページ) の使い方について説明します (図 1.26)。Manual Category ページへは、トップページから Category Search (Manual) という名前でリンクされています。直接次のアドレスへアクセスすることでも表示できます。http://jvo.nao.ac.jp/portal/registry.do?action=goCategory2。このページでは、手動でカテゴリ別に仕分けされたデータサービスのリストから、必要なデータサービスを見つけることができます。節 1.3.11 で説明する、自動検索によりカテゴリ分けされているページもありますが、ここではデータサービスの説明文を人間の目で読み分けしていますので、まったく関係ないカテゴリーにサービスが分類されてしまうというケースは比較的少なくなっています。

最初に Manual Category ページにアクセスすると、図 1.26 の左にあるようなページが表示されます。探したいデータサービスが分類されていると思われるカテゴリー名のリンクをクリックしてください。カテゴリー名の横の数字は、そのカテゴリーに属するデータサービスの数です。図 1.26 の右は、カテゴリー名 star をクリックした場合に表示されるページの例です。さらにサブカテゴリとして、Brown Dwarf, XRB 等があることが分かります。さらに絞りこまれたデータサービスリストを表示したい場合は、このサブカテゴリのリンクをクリックしてください。Service of this category と書かれたところの下部には、選択したカテゴリーに所属するデータサービスのリストが表示されています。初期状態では、一ページあたり 10 件表示されるようになっています。この図の例では、合計 262 件あることが Service of this category というタイトルの右側の数字でわかります。次の 10 件を表示したい場合は、Next ボタンをクリックしてください。Detail という表示の左側のチェックボックスをチェックすると、詳細リスト表示になります。Search Page ボタンをクリックすると、Single Service 検索ページへ遷移します。

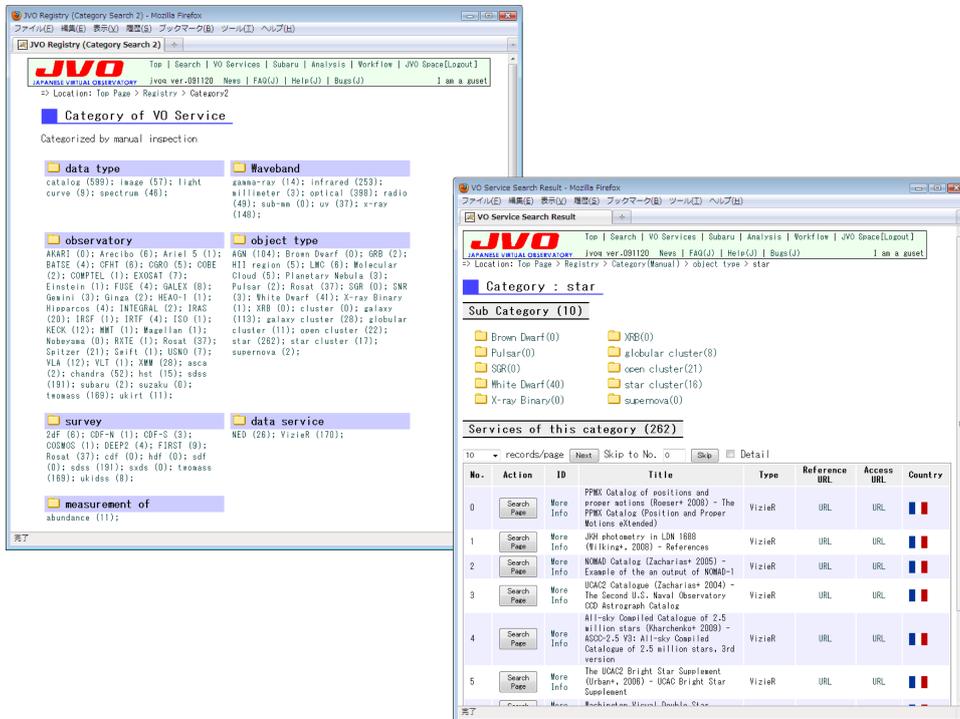


図 1.26: Manual Category ページの機能説明

### 1.3.11 データサービス検索 (Auto Category) ページ

ここでは、データサービス検索 (Auto Category) ページの説明をします。このページでは自動分類されたデータサービスをカテゴリ名で検索することができます。図 1.27 に検索ページ画面を示します。大項目として、Service Type, Waveband, Facility, Subject1, Subject2 の5つが用意され、それぞれの大項目毎に小項目が複数あります。小項目名のリンクをクリックすると、その項目に分類されているデータサービスのリストが表示されます (右下)。小項目名の横の数値は属するサービスの数です。分類はあらかじめ決められた検索条件式にもとづいて行われるため、カテゴリ分けに漏れや誤判断している部分があることをご了承ください。検索結果のデータサービスリスト表示については、節 1.3.10 で説明したのと同じです。

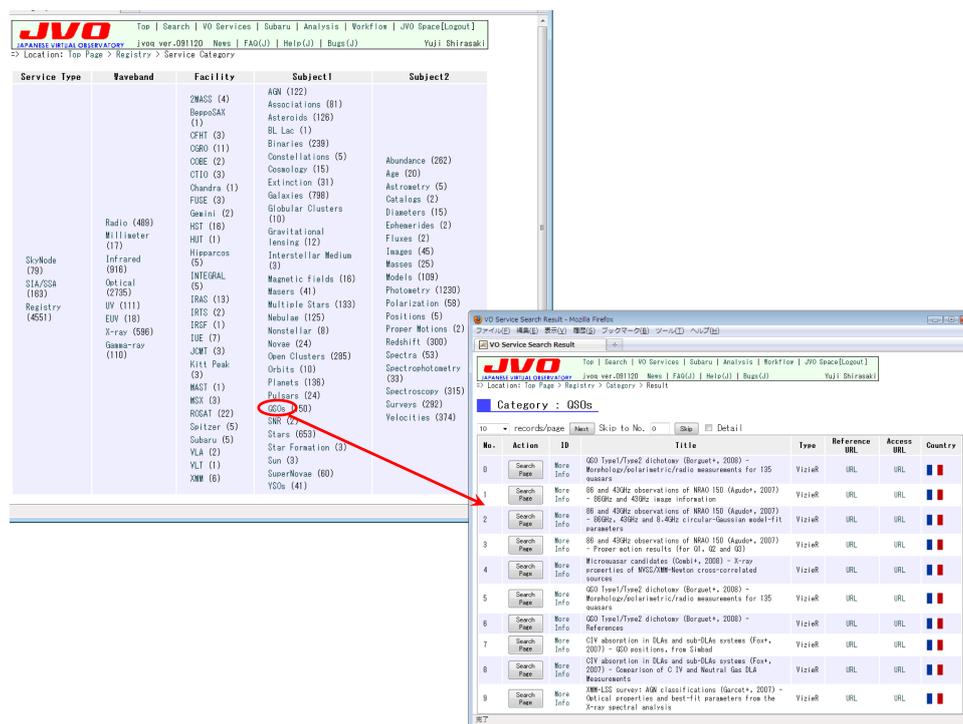


図 1.27: データサービス検索 (Auto Category) ページの説明

### 1.3.12 データサービス検索 (Advanced Search) ページ

ここでは、データサービス検索 (Advanced Search) ページの利用方法について説明します。このページでは、データサービスを検索する際に、データサービスのメタデータのどの属性値で検索するかを指定することが可能です。Keyword 検索の場合には、データサービスを記述するメタデータファイルのほぼすべての文字列を検索対象としますが、Advanced Search では、例えば、タイトルを表す文字列のみを検索対象とすることができ、より精度の高い検索が可能です。図 1.28 に検索画面を示します。検索対象として指定可能なメタデータ属性は、Resource Type, Wavelength, Identifier, Title, Subject, Content Level, Description の 7 項目です。Resource Type, Wavelength, Content Level は複数選択できます。複数の属性を同時に選択した場合は、指定した属性に対する条件すべてを満たすデータサービスが検索されます。Identifier はデータサービスに一意に付けられる識別子です。

Search ボタンをクリックして検索を実行します。検索結果の表示については、キーワード検索 (1.3.9) 等の場合と同じです。

The screenshot shows the JVO Registry (Advanced Search) page. The browser window title is "JVO Registry (Advanced Search) - Mozilla Firefox". The page header includes the JVO logo and navigation links: Top | Search | VO Services | Subaru | Analysis | Workflow | JVO Space[Logout]. The main content area contains search filters for Resource Type, Wavelength, Identifier, Title, Subject, Content Level, and Description. Each filter has a search button and a list of options. The Content Level dropdown menu is open, showing options: All, General, Elementary Education, Middle School Education, Secondary Education, Community College, University, Research, Amateur, and Informal Education. The page footer shows "完了" (Completed).

図 1.28: データサービス検索 (Advanced Search) ページの説明

### 1.3.13 すばるデータ検索 (Suprime-Cam) ページ

ここでは、すばる望遠鏡 Suprime-Cam データ専用検索・解析ページの説明を行います。このページからはリダクション済みの Suprime-Cam データのダウンロードができるほか、指定した条件で生データからのリダクションを実行することが可能です。このページを表示するには、トップページの Subaru セクションで Suprime-Cam と書かれたリンクをクリックします。または、直接 <http://jvo.nao.ac.jp/portal/subaru/spcam.do> へアクセスして下さい。

図 1.29 の左上に示したページが表示されます。初期状態では Object Name タブが開いた状態になっています。ここでは、データがオブジェクト名毎に分類されています。オブジェクト名は観測者が付けたデータセットの名前で、FITS 生データのヘッダーキーワード OBJECT の値に対応します。リンク文字になっている数字は観測の回数です。括弧内の数字はモザイク画像の数です。Suprime-Cam のモザイク画像は、バージョン 0.36 以降では、オブジェクト名毎に作成しているのではなく、天球を HTM 法<sup>4</sup>と呼ばれる方法で三角形の領域に分割したその外接円と交わるデータから作成しています。その外接円の半径はおよそ 0.2 度です。そのため、一つのオブジェクト名に対して同じバージョンのモザイク画像が複数作成されます。モザイク画像数が表示されていない場合はモザイク画像は用意されていません。

一ページに表示されるオブジェクト名リストの数は初期状態で 20 となっています。これを変更するには、Update ボタン左側にある選択リストから数値を選択して Update ボタンをクリックしてください。Alphabetic と書かれた行にあるリンクをクリックすると、クリックした文字ではじまるオブジェクト名をもつデータセットのリストが表示されます。Back, Next ボタンで、現在表示中の前または次の 20 件 (または選択中のページあたりの件数) が表示されます。

リンクとなっている数字をクリックすると、対応するオブジェクト名・フィルターのデータセット閲覧ページ (図 1.30) へ遷移します。データセットの一覧ページからはモザイクデータを取得するページへのリンク (Mosaic タブ: 図 1.30 左上)、生データ画像の一覧 (Raw Data タブ: 図 1.30 右上)、Exposure ページへのリンク (Exposure タブ: 図 1.30 左下)、このデータセットに適用可能な Flat データへのリンク (Flat タブ: 図 1.30 右下) が表示されます。

モザイクタブ中の Reduction ID 列にあるリンクをクリックすると、対応するモザイク処理結果の詳細情報ページへ遷移します (図 1.31)。Summary タブ (図 1.31 左上) には実行したモザイク処理に関する情報の一覧が表示されます。リンク More をクリックすると、さらに詳細な情報が表示されます (図 ??)。その詳細情報には、モザイクする際に利用された CCD チップ間の相対位置、相対ゲインといった情報が含まれている。また、ポイントソースに対する FWHM 測定の CCD チップ毎、露出毎の結果も含まれています。Download タブ (図 1.31 右) ではモザイクした CCD フレームの天球上での配置図上にモザイクする領域として指定した範囲を円で示した図、モザイク画像の図、モザイク画像の作成に利用された CCD フレーム (赤) とならなかった理由により利用されなかった CCD フレーム (黒) の配置図が表示されています。Download ボタンをクリックすると FITS フォーマットのモザイクデータがダウンロードできます。

図 1.29 の説明にもどって、検索メイン画面の Date タブをクリックし Search ボタンをクリックすると、図 1.29 の右上の図で示したページが表示されます。セレクトリストにより指定した年・月の、日別、フィルター別の観測データ数と、この期間のデータに適用可能なフラット補正用のデータページへリンク (F とかかれたリンク) が表示されています。適用可能なフラット補正用データがない場合は F とかかれたリンクは表示されません。観測データ数のリンクをクリックすると、ページの下の方にその日のオブジェクト名毎の観測数リストが表示されます (図 1.33)。そのリス

<sup>4</sup><http://www.skyserver.org/htm/>

ト中の数字をクリックすると対応するデータセットの詳細情報ページが表示されます。

検索メイン画面の Coord タブからは、データを座標で検索するページへのリンクと、JVOSky ページへのリンク、そしてモザイク画像の全メタデータリストへのリンクが表示されています (図 1.29 の左下)。オブジェクト名ではなく、座標で検索したい場合や天球マップ上からデータを選択したい場合はこのリンク先のページをご利用下さい。全メタデータリストを取得して、その中から自分で検索してデータを取得することもできます。

検索メイン画面の Photo Cal. タブ (図 1.29 の右下) からは標準星の観測データをリダクションし、SExtractor で標準星のフラックス測定を行った結果と、それから導き出された明るさのゼロ点を見ることができます (図 1.34)。

検索メイン画面の Reduction タブ (1.35 左上) では、モザイクングジョブを実行する機能が利用できます。オブジェクト名または座標域とフィルターを指定し、Register ボタンをクリックしてください。Date 行のテキストボックスにリダクションに利用するデータの観測日の範囲を指定することが可能です。また、除外したい観測 ID (Exposure ID) を指定することも可能です。Job Class は Normal を利用してください。Long を選択すると長時間計算サーバでジョブが実行され、Short を選択すると短時間計算サーバでジョブが実行される予定ですが、まだこの機能は実装されていません (2012 年 3 月現在)。

Register ボタンをクリックすると、指定した条件でリダクションを実行するコマンドをジョブリストに追加する確認画面が表示されるので (図 ??右上)、よければ OK ボタンをクリックして下さい。この段階ではまだコマンドの実行はされません。次のページで実行確認画面が表示されるので (図 ??右中央)、Execute ボタンをクリックして下さい。これでジョブが投入され、検索メイン画面に戻ります。ジョブの実行状況の確認は、検索メイン画面の Job Status タブで行えます (図 ??左下)。ここに投入したジョブのステータスが表示されます。

ジョブステータスページの情報を更新するには Update ボタンをクリックしてください。自動では更新されません。このステータスページに表示されるのは、初期状態では、一日前以降に実行されたジョブのみです。さらに過去に遡ってステータスを表示したい場合は、since [ ] day(s) ago と表示されているテキストボックスに遡りたい日数を指定して、Update ボタンをクリックして下さい。また、一度に表示される検索は初期状態で 10 件です。次の 10 件を表示したい場合は、+ ボタンをクリックして下さい。10 件分戻りたい場合は - ボタンをクリックして下さい。一度に表示される件数を変更したい場合は、max records: の右横のテキストボックスに表示したい件数を入力して Update ボタンをクリックして下さい。ジョブ実行中は、ステータスリストの右端に Cancel ボタンが表示されていますので、停止したい場合は Cancel ボタンをクリックして下さい。ジョブが終了すると、Cancel ボタンが Result ボタンに変更されます。Result ボタンをクリックすると、JVOSpace 上にコピーされた結果ディレクトリが表示されます。

ジョブのステータス情報は二つのデータベースに分かれて書き込まれるため、どちらのデータベースに問い合わせるかを指定する必要があります。図 ??左下の jvov (本来はここは p00) と p01 のチェックボックスで問い合わせ先データベースが切り替えられます。自分が投入したジョブが表示されない場合は、まずはこのチェックボックスを現在選択されている方とは別のチェックボックスをクリックしてみてください。

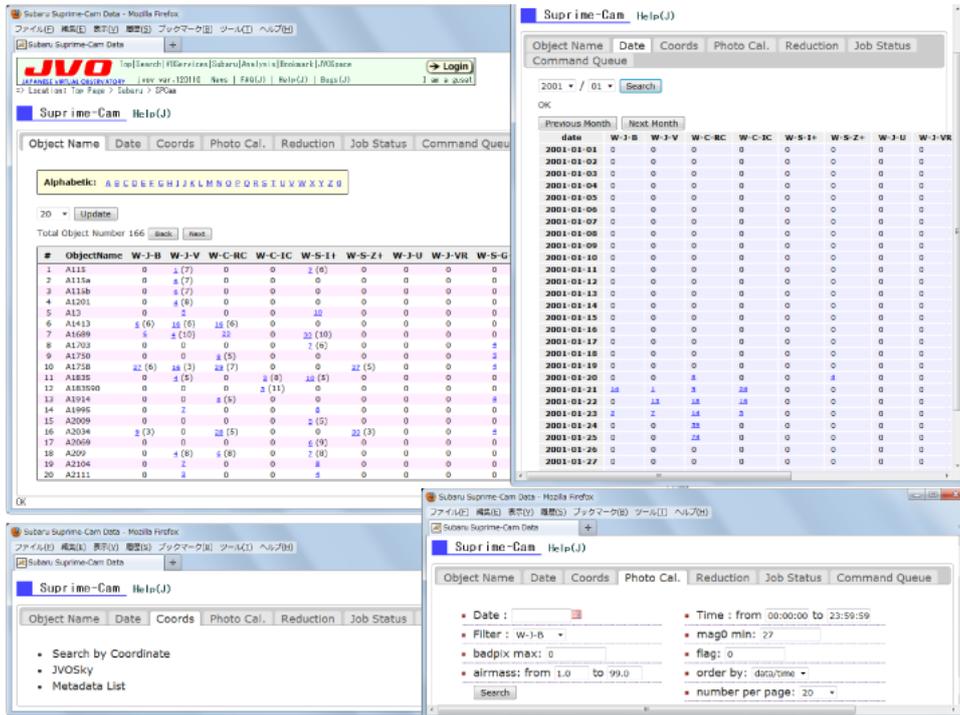


図 1.29: Suprime-Cam データ検索専用ページの説明

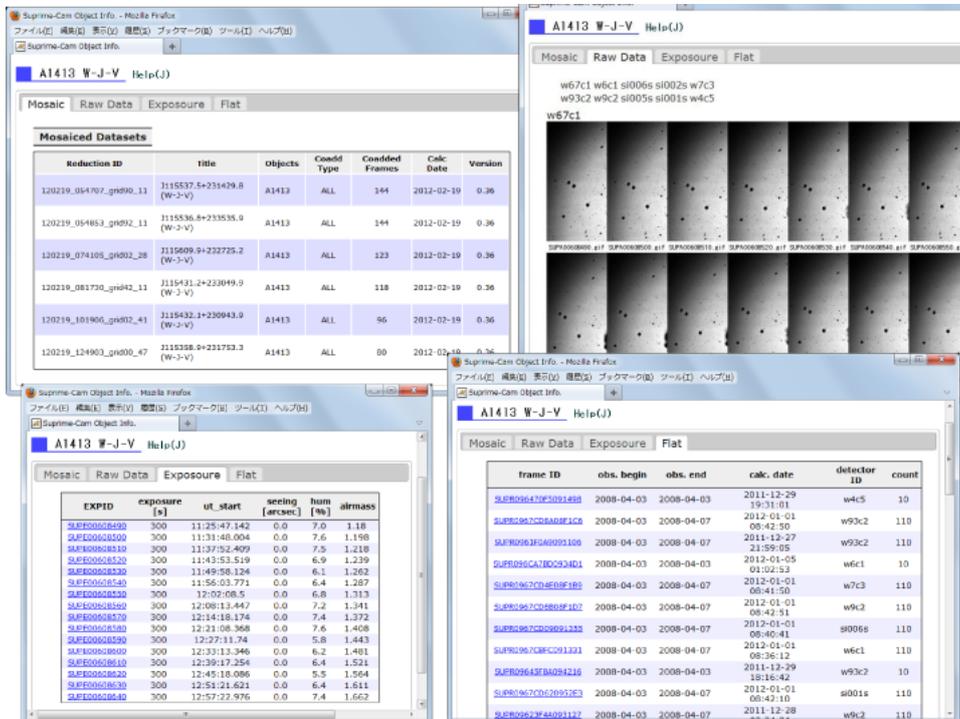


図 1.30: Suprime-Cam データセット詳細情報ページの説明

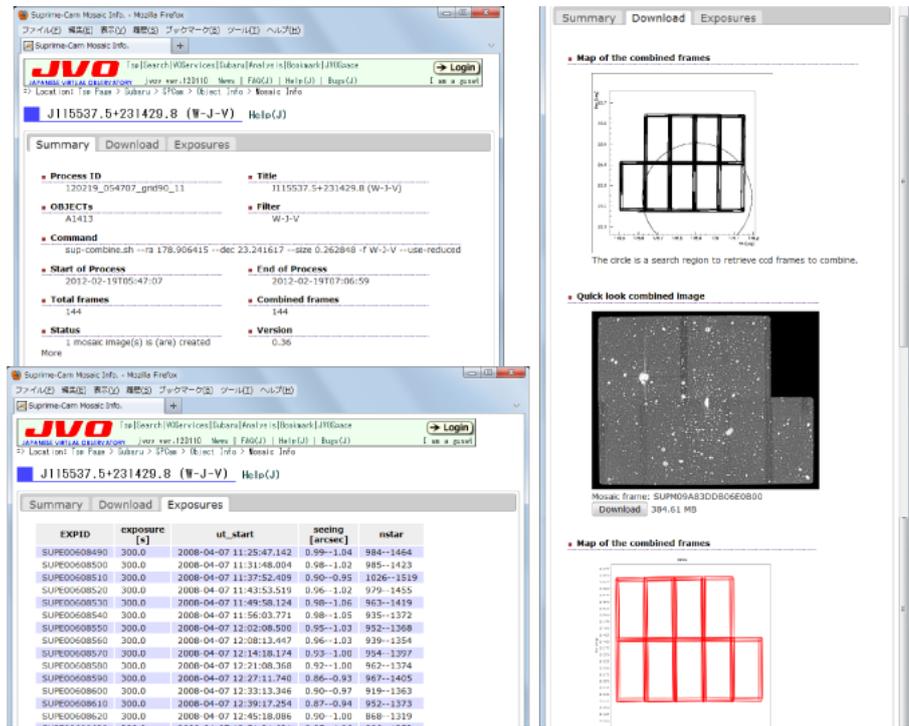


図 1.31: Suprime-Cam モザイクデータ詳細情報ページの説明

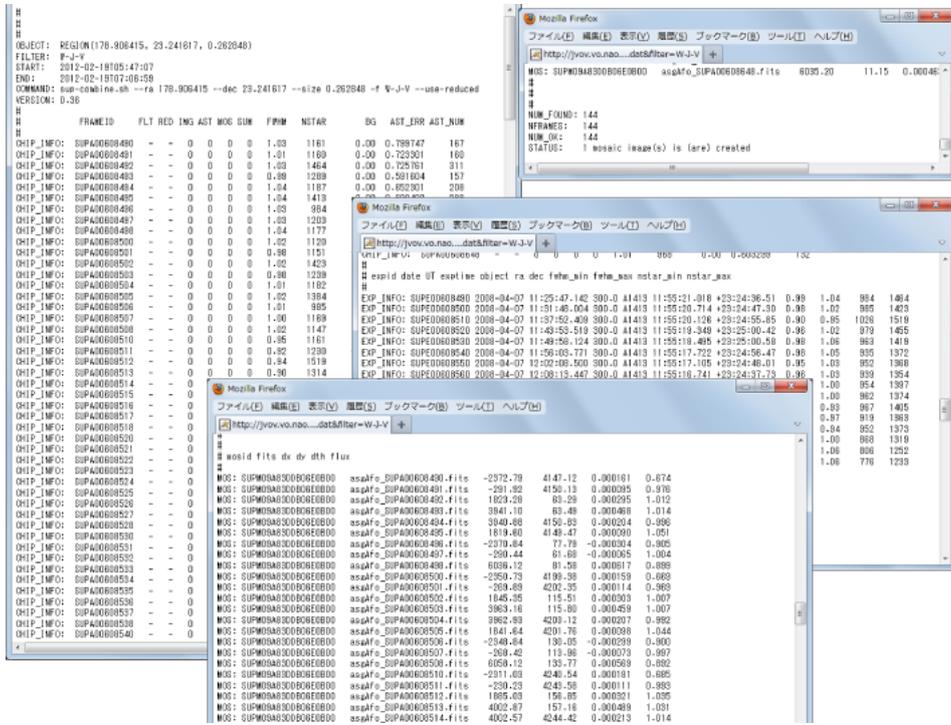


図 1.32: Suprime-Cam モザイクデータサマリファイルの説明

Subaru Suprime-Cam Data - Mozilla Firefox

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(H) プラクマーク(M) ツール(T) ヘルプ(H)

Subaru Suprime-Cam Data

Date	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-20	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-21	18	1	8	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-22	0	13	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-23	2	1	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-24	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-25	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001-01-31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Date: 2001-01-22

Total Object Number 4

#	ObjectName	W-3-B	W-3-V	W-C-RC	W-C-1C	W-S-1+	W-S-2+	W-3-U	W-3-VR	W-S-G+	W-S-R+	W-S-ZB	W-S-ZR
1	CL0451	0	0	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	CL5939	0	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SKYFLAT	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CH01312	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
5	SA131	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	SA137	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	SARS	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	SKYFLAT	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

図 1.33: Suprime-Cam 日付検索機能の説明

Subaru Suprime-Cam Data - Mozilla Firefox

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(H) プラクマーク(M) ツール(T) ヘルプ(H)

Subaru Suprime-Cam Data

Suprime-Cam Help(J)

Object Name Date Coords Photo Cal. Reduction Job Status Command Queue

Date:  Time: from 00:00:00 to 23:59:59

Filter: W-C-RC mag0 min: 27

badpix max: 0 flag: 0

airmass: from 1.0 to 99.0 order by: data/time

number per page: 20

total: 1995

next

#	proc_id	catalog	object	date	time (UT)	filter	airmass	mag0	badpix	flag	offset (arc)
0	proc info	hickson	1730+33	2001-04-21	15:01:38.683	W-C-RC	1.066	27.4909	0	0	0.49
1	proc info	hickson	1730+33	2001-04-21	15:06:41.052	W-C-RC	1.072	27.4717	0	0	0.5
2	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:19:46.611	W-C-RC	1.051	27.3676	0	0	1.95
3	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:19:46.611	W-C-RC	1.051	27.4227	0	0	0.21
4	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:19:46.611	W-C-RC	1.051	27.4355	0	0	1.5
5	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:28:24.392	W-C-RC	1.047	27.2355	0	0	1.89
6	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:28:24.392	W-C-RC	1.047	27.2909	0	0	0.16
7	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:28:24.392	W-C-RC	1.047	27.2953	0	0	1.41
8	proc info	landolt	P02918+029	2001-04-22	05:28:24.392	W-C-RC	1.047	27.2734	0	0	0.94

Subaru Suprime-Cam Photometric Processing Info - Mozilla Firefox

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(H) プラクマーク(M) ツール(T) ヘルプ(H)

Subaru Suprime-Cam Photometric ...

Process Info of photometric calibration

hickson / 1730+33 (110912\_032953\_grid94\_23313)

Summary Result Download

Process ID: 110912\_032953\_grid94\_23313

Command: sup-photo.sh -f W-C-RC --hickson --adc-upp 30000 --name 1730

Version: 0.12-09

Process start time: 2011-09-12 03:29:54

Process end time: 2011-09-12 03:29:54

Filter: W-C-RC

# of derived m0 / total: 6 / 10

# of samples with no flat, undetected, failed astro: 0, 2, 0

hickson / 1730+33 (110912\_032953\_grid94\_23313)

Summary Result Download

#	raw_id	date	time (UT)	filter	airmass	mag0	b
0	SUPA00051612	2001-04-21	15:01:28.683	W-C-RC	1.066	27.4909	0
1	SUPA00051622	2001-04-21	15:06:41.052	W-C-RC	1.072	27.4717	0
2	SUPA00052222	2001-04-22	15:06:42.96	W-C-RC	1.08	27.576	0
3	SUPA00052232	2001-04-22	15:11:27.179	W-C-RC	1.084	27.5624	0
4	SUPA00343652	2004-09-15	05:41:26.578	W-C-RC	1.092	27.3732	0
5	SUPA00343632	2004-09-15	05:42:43.745	W-C-RC	1.093	27.513	4
6	SUPA00343642	2004-09-15	05:45:48.356	W-C-RC	1.098	27.659	0
7	SUPA00343652	2004-09-15	05:46:58.862	W-C-RC	1.1	27.662	0

Graph

hickson / 1730+33 (110912\_032953\_grid94\_23313)

Summary Result Download

#	raw_id	date	time	fits (calibrated)	fits (raw)
0	SUPA00051612	2001-04-21	15:01:28.683	Download	Download
1	SUPA00051622	2001-04-21	15:06:41.052	Download	Download

図 1.34: Suprime-Cam 標準星データ解析結果ページの説明

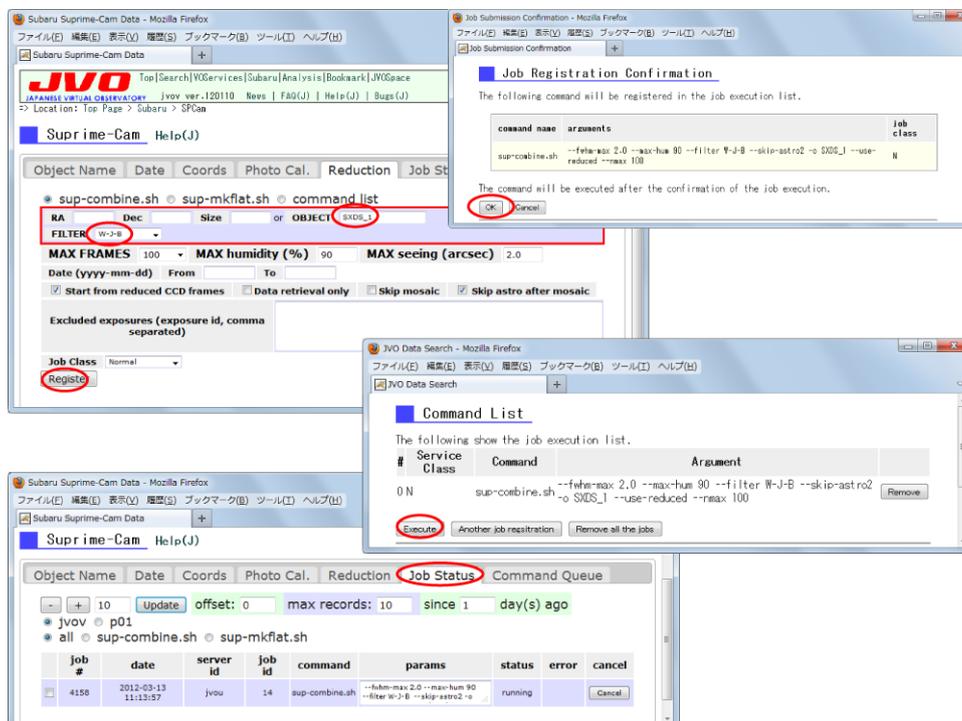


図 1.35: Suprime-Cam データリダクションページの説明

#### 1.3.14 すばるデータ検索 (MOIRCS) ページ

ここでは、すばる望遠鏡 MOIRCS データ専用検索ページの説明を行います。このページを表示するには、トップページの Subaru セクションで MOIRCS と書かれたリンクをクリックします。または、直接 <http://jvo.nao.ac.jp/portal/subaru/moircs.do> へアクセスして下さい。利用方法や画面構成は Suprime-Cam のページと同じですので、1.3.13 節を参照してください。

### 1.3.15 すばるデータ検索 (HDS) ページ

ここでは、すばる望遠鏡 HDS データ検索ページの説明を行います。このページを表示するには、トップページの Subaru セクションで HDS と書かれたリンクをクリックします。または、直接 <http://jvo.nao.ac.jp/portal/subaru/hds.do> へアクセスして下さい。図 1.36 に HDS データ検索メインページの画面構成を示しています。図の左上がオブジェクト名毎に並べられてデータセットの一覧で、Suprime-Cam の検索メインページとほぼ同じ構成になっています。左側の白とピンクのテーブル中でリンクとなっている数字は、同じオブジェクト名であるデータ数となっており、このリンクをクリックすると、その観測データセットの詳細ページが表示されます (図 1.37)。P と書かれたリンクは処理済みデータセットがあることを意味しており、クリックすると右側に処理済みデータセットの一覧が表示されます。処理済みデータセット一覧中の process ID のリンクをクリックすると、処理済みデータセットの詳細ページが表示されます (図 1.38)。

処理済みデータセット詳細ページでは Summary タブにそのデータセットのメタデータ情報が掲載されています。Proc タブでは、データ処理に利用されたフラット補正データを作成するために利用された生データの ID 一覧、波長校正用データの作成に利用された生データの一覧、アパーチャの位置情報が掲載されています。Download タブでは (図 1.39)、処理済みスペクトルデータの他、生データ、フラット補正用データ、波長校正用データがダウンロードできるようになっています。処理済みスペクトルデータは規格化されていない状態のデータと、規格化済みのデータの 2 種類が用意されています。また、データフォーマットも、二次次元画像タイプの FITS 形式でデータが格納されているデータ (これは IRAF 独自のフォーマットです) と、一次元画像タイプの FITS 形式でデータが格納されているデータ、テキスト形式で格納されているデータの 3 種類が用意されています。ここから取得できる FITS は一部の VO アプリケーションでは読めない場合があります。VO に対応した FITS フォーマットへの変換を今後予定しています。このダウンロードタブに掲載されているスペクトルデータのプロット図で斜線で示されている領域はデータの質がよくないと判断された領域です。

検索メインページの説明に戻って (図 1.36)、そのページの Date タブでは、日付毎のデータ数一覧を表示することができます (図 1.36 右上)。検索したい年・月を選択し、Search ボタンをクリックするとその月の日毎のデータ数とフラット補正用のデータ数の一覧が表示されます。データ数のリンクをクリックすると、その日のオブジェクト毎の観測データ数のリストが右側に表示されます。オブジェクト毎の観測データ数のリンクをクリックすると、そのオブジェクトに関するデータセットの詳細ページへ移動します。フラット補正用のデータ数のリンクをクリックすると、右側にそのリストが表示されます。データ ID のリンクをクリックすると、フラット補正用データの詳細情報ページが表示されます (図 1.41)。

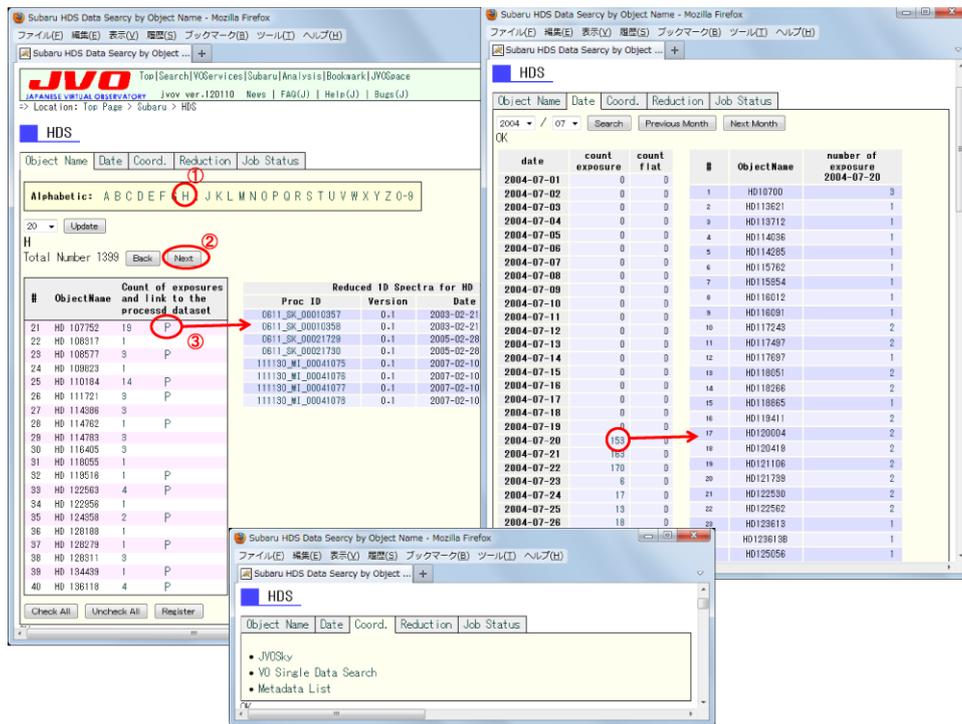


図 1.36: HDS データ検索メインページの説明

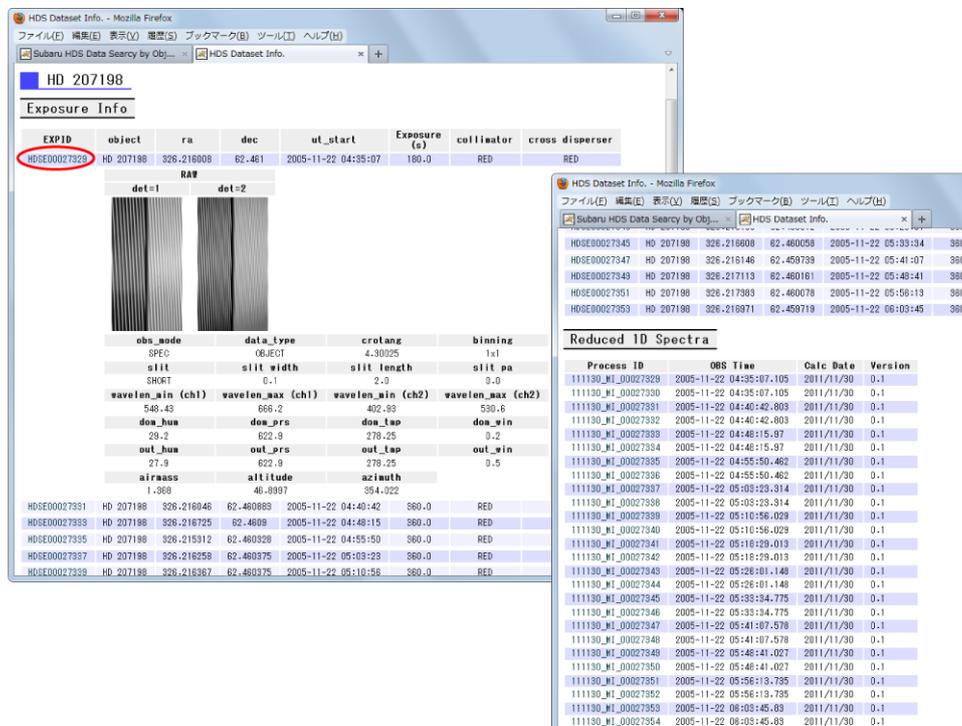


図 1.37: HDS データセット詳細ページの説明

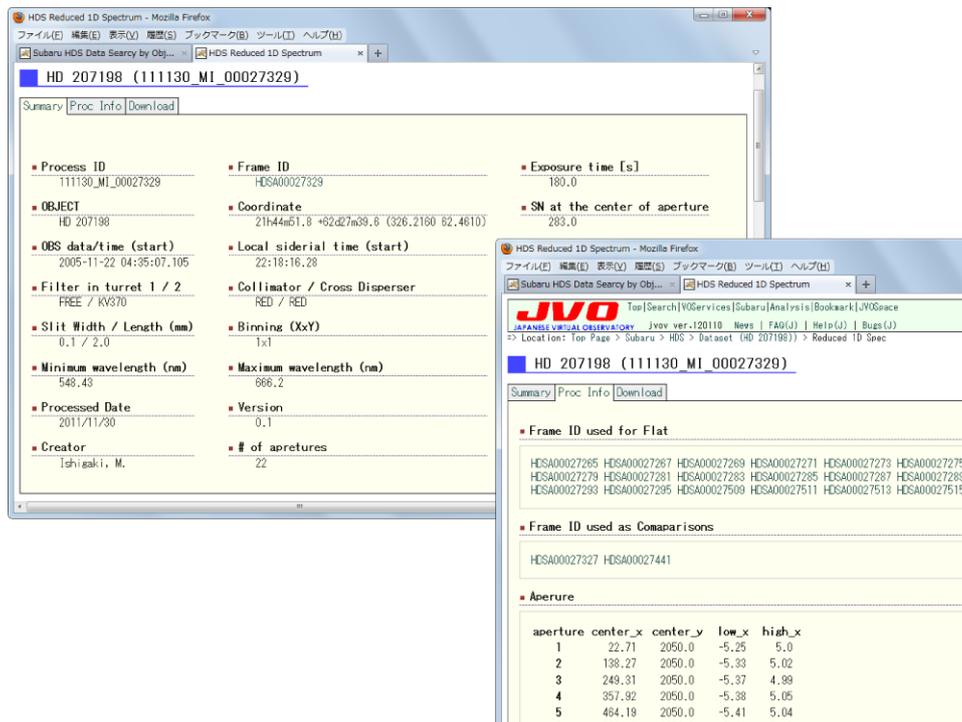


図 1.38: HDS 処理済みデータセット詳細ページの説明

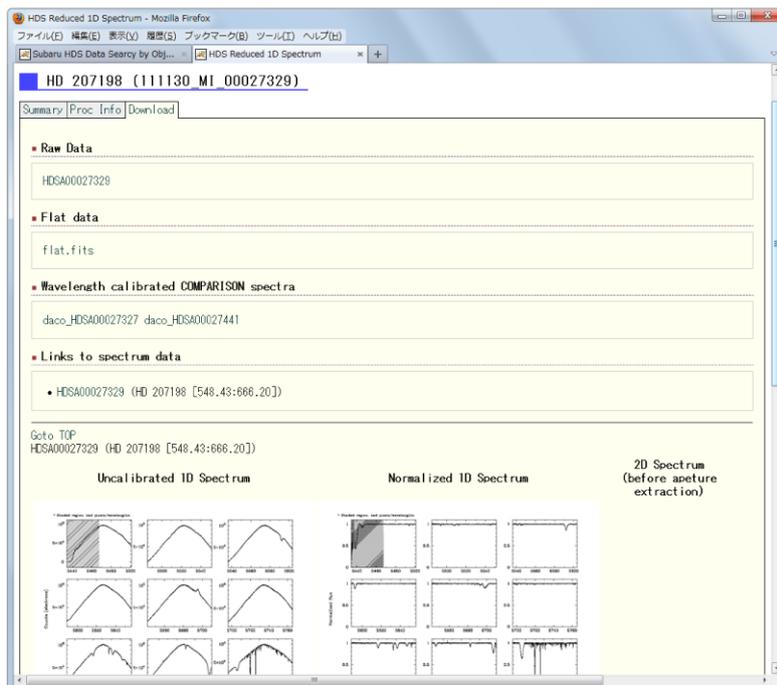


図 1.39: HDS 処理済みデータセットダウンロードタブの説明 1

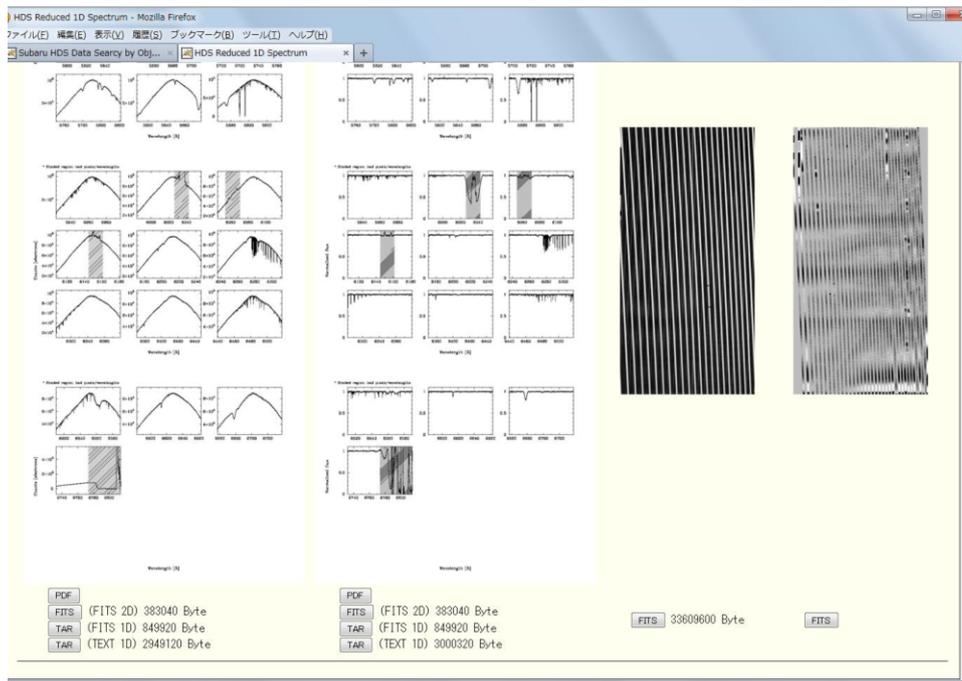


図 1.40: HDS 処理済みデータセットダウンロードタブの説明 2

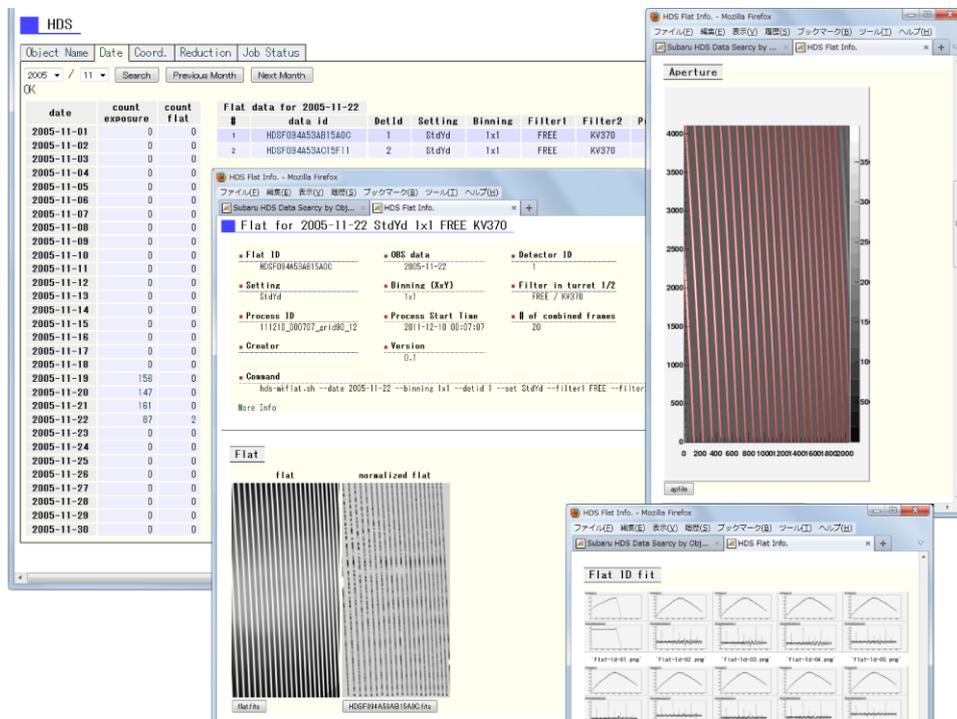


図 1.41: HDS フラット補正用データ詳細ページの説明

### 1.3.16 サーベイデータ (Subaru Deep Survey) ページ

ここでは、すばるディープサーベイデータの検索サービスページ (Subaru Deep Survey ページ) の説明をします。このページからは、すばるディープサーベイプロジェクトによって得られた画像データとカタログデータの検索、ならびにそれらデータのクイックルック機能を提供します。このページを表示するには、トップページで Surveys セクションの Subaru Deep Survey リンクをクリックします。または、直接 <http://jvo.nao.ac.jp/portal/sds.do> にアクセスしてください。

図 1.42 が Subaru Deep Survey ページの表示画面です。初期状態ではなにも表示されていません。左枠内 (b) 検索セクションの Search ボタンをクリックすると、Region と書かれた検索領域指定用のテキストボックスに入力されている領域のデータが表示されます。座標値は直接手入力により変更してもよいですし、左下にある Google Sky をマウスで移動して領域を指定することもできます。RA, Dec フィールドには領域の中心座標を赤経・赤緯で入力し、Radius フィールドには領域半径を指定します。

Google Sky に表示されている領域をズームインするには、+ ボタンをクリックするか、スライダーの目盛をマウスで上に移動させます。ズームアウトは、- ボタンをクリックするか、スライダーの目盛を下に移動させます。

すばるディープサーベイは二つの領域の観測を行いました。それぞれ、SDF, SXDS と呼びます。Survey と書かれた部分の下のラジオボタンでどちらかのフィールドを選択できます。

Catalog と書かれた部分の下にある選択リストでは、検索対象とする天体カタログテーブルを指定します。SDF フィールドを選択した場合には、テーブル名は sdf\_b ... 等となっています。テーブル sdf\_b は B バンドの画像で天体を検出し、他のバンドの画像に対しても同じ位置で測光を行った結果をまとめたカタログです。

select all attributes と書かれたチェックボックスをチェックしておく、右下に表示される Catalog Viewer ボタン、または、Download ボタンをクリックした際にカタログにあるすべてのデータが表示、またはダウンロードできます。チェックボックスを外した場合は、一部のデータのみが表示、またはダウンロードされます。

Image と書かれた部分の下の Filter 選択リストで選択されているバンドの画像データが Search ボタンをクリックした時に表示されます。選択していないバンドのデータも、検索実行後に下段中央 (f) 画像リストセクションに表示されますから、そこから選択して表示することができます。(f) の枠内に表示されるリンクをクリックすると対応する画像データがダウンロードできます。Color for ... と書かれたデータはダウンロードできませんが、チェックボックスをチェックして、Display Image ボタンをクリックすれば、中央の (c) 画像表示セクションに三色合成画像が表示されます。

(c) の領域は初期状態では領域数は 2 つですが、(a) の Zone で横方向と縦方向の分割数を指定することで分割数を変更することが可能で、それぞれに画像を一つずつ表示することができます。画像表示枠内をクリックすることで、そこが選択され縁が赤に変更されます。すでに選択されている枠内の画像をクリックすると、クリックした位置に一番近い距離にある天体上にマーカーが表示され、その天体の SED が (e) SED プロットセクションに、複数バンドの測光データが (g) 天体情報セクションに表示されます。(a) の Action と書かれたところの右側の選択リストで select が選択されている場合に画像をクリックすると、上記で説明したように天体の選択できますが、center が選択されている場合は、クリックした位置を中心とする画像に更新されます。

(g) の Sources とあるチェックボックスをチェックすると、選択された枠内にある画像上に、カタログにある天体の位置が赤丸で表示されます。

Download ボタンでカタログデータをダウンロードできます。データのフォーマットはその右隣にある選択リストから選びます。VOTable フォーマットの外、csv フォーマット、パイプ文字で区切られたフォーマット (psv)、各列の行幅をそろえたフォーマット (text) のうちのいずれかを選択できます。

ボタン < , > をクリックすると、現在表示中の天体の前、または次の天体の情報を表示することができます。その右横のテキストボックスに情報表示したい天体のレコード番号を指定してボタン go をクリックすると、指定した天体の情報が表示されます。データの表示順は Sort by 選択リストで指定でき、選択されたバンドでの明るさ順となります。

(d) 外部リンクセクションは、すばるディープサーベイプロジェクトのページへのリンクです。画像データやカタログデータを一括してダウンロードしたい場合はこのリンク先のページからダウンロードしてください。データを利用して論文を書いた場合の注意点についての説明もあります。

上段 (a) は画像コントロールセクションです。選択中の画像を拡大・縮小したり、階調の設定をしたりできます。画像表示ゾーン数の変更や、選択されている画像のタイトルも表示されています。ここで選択した条件で画像を更新したい場合は Update ボタンをクリックして下さい。

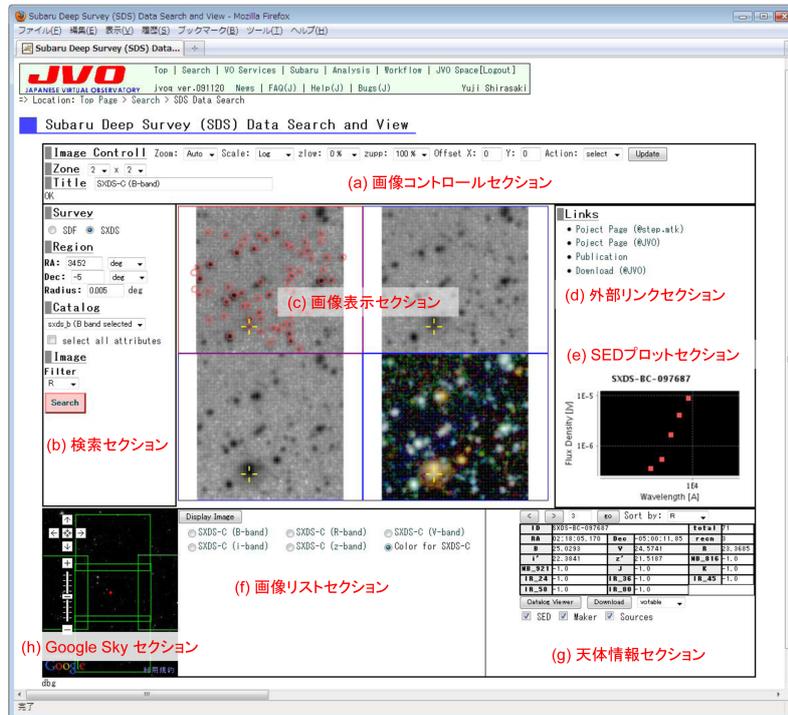


図 1.42: Subaru Deep Survey ページ説明

### 1.3.17 サーベイデータ (IRSF LMC/SMC) ページ

IRSF サーベイ (LMC/SMC) ページの利用方法は、Subaru Deep Survey ページとほぼ同じなので、そちらを参照してください。このページを表示するにはトップページで Surveys セクションの IRSF Survey リンクをクリックします。または、直接 <http://jvo.nao.ac.jp/portal/irsf.do> にアクセスしてください。

IRSF は名古屋大学が中心となって南アフリカに建設した赤外線望遠鏡です。ここで公開しているデータは、IRSF によって得られたデータのうちの LMC, SMC, BMC 領域のサーベイデータとなっています。

(a) 画像コントロールセクション

(b) 検索セクション

(c) 画像表示セクション

(d) 外部リンクセクション

(e) SEDプロットセクション

(f) 画像リストセクション

(g) 天体情報セクション

ID	RA	Dec	total
05200565-6900461	05:20:05.65	-69:00:46.1	1101
U	05200565	-6900461	71104
I	05200565	-6900461	2855
K	05200565	-6900461	2855
M45	05200565	-6900461	2855
M45	05200565	-6900461	2855
M740	05200565	-6900461	2855

図 1.43: IRSF Survey ページ説明

### 1.3.18 JVOSpace Viewer ページ

ここでは、JVOSpace Viewer の利用方法について説明します。JVOSpace は JVO ポータルサービスの利用者が自由に使える portal 上のデータ領域の事です。検索結果を保持したり、ファイルをアップロードしてそれをつかった検索や解析を実行したりすることができます。

JVOSpace Viewer にアクセスするにはトップページで JVOSpace と書かれたリンクをクリックしてください。JVOSpace は三つのパーティションがあります。/work パーティションは、検索結果など、JVO portal が実行した作業結果を保持する領域です。この領域のデータは一定時間経過すると消去される予定です。(2010 年 1 月時点では、消去はされない設定となっています。) /tmp パーティションは、JVO portal が一時的に利用するファイルが作成されます。ユーザが利用することもできます。このパーティションのファイルはログアウト時に消去される予定です。(2010 年 1 月時点では、消去はされない設定となっています。) /user パーティションはユーザが利用する領域です。ファイル消去までの期間は /work よりは十分長くする予定です。(2010 年 1 月時点では、消去はされない設定となっています。)

図 1.44 (a) は JVOSpace Viewer で /work パーティションを表示した場合の例です。ディレクトリ 2009 と 2010 があります。名前がスラッシュ “/” で終わっているのはディレクトリです。検索を実行すると、検索結果等は日付毎のディレクトリに保存されています。図の 2009, 2010 というディレクトリは、それぞれ 2009 年、2010 年に実行された検索結果等を保持しているディレクトリです。この下に「月」別のディレクトリがあり、そのまた下には「日」別のディレクトリがあります。「日」別のディレクトリの下に検索結果を含むディレクトリがあります(図 1.44 (b))。

図の例では、/work/2010/01/09/ というディレクトリの下に、quick-search\_20100109001413499 というディレクトリがあります。これは Quick Search の実行結果を含むディレクトリです。

検索結果は result\_votable0.xml というファイル名で保存されています。このファイル名のリンクをクリックすると VOTable Viewer が起動し、内容を見ることができます。VOTable Viewer については、1.3.20 で説明しています。ファイル名のリンクをクリックして VOTable Viewer が起動するためには、そのファイル属性が VOTable に設定されている必要があります。

ファイル属性の変更は Desc. ボタンをクリックし、その際に表示されるファイル属性変更ページ(図 1.44 (c))で行うことができます。Path はそのファイルの JVOSpace 上での絶対パス名です。Type はファイルの種別です。設定可能なファイルタイプを表 1.2 に示します。Flag (important) は重要ファイルであることを示すフラグです。重要ファイルフラグが on のファイルは削除不可とするなどの機能が追加される予定です。Description はファイルに対する説明文です。

タイプ名	説明
text	テキスト文字のみからなるファイル
graphic	jpeg や png などの画像フォーマットファイル
fits/spectrum	FITS 形式のスペクトルデータファイル
fits/image	FITS 形式の画像データファイル
votable	VOTable 形式のデータファイル
directory	ディレクトリ

表 1.2: JVOSpace ファイル種別

図 1.44 (b) の Contents タブ内の Filter と表示されている横のテキストボックスに、表示するファイルのフィルタリング条件を入力し、その横の Update ボタンをクリックすると、条件に

致する名前のディレクトリやファイルのみが表示されます。フィルタリング条件は、アスタリスク "\*" で任意の長さの文字列を、クエスチョンマーク "?" で任意の一文字を指定できます。Unix のシェルにおけるパス名展開機能と同じです。

フィルタリング条件入力ボックスの下にある選択リストと Do it ボタンを利用することにより、指定されたファイル・ディレクトリに対し操作をすることができます。ファイル・ディレクトリ名の左端のチェックボックスをチェックし、操作したいコマンド名を選択し、Do it ボタンをクリックしてください。より、以下に利用可能なコマンドとその説明を列挙します。

**memorize** : ファイル・ディレクトリのパス名を記憶します。ファイルやディレクトリをパス名で指定する必要がある場合に、リストから選択することが可能になります。

**unmemorize** : 記憶しているパス名を消去します。

**remove** : 削除します。

**copy** : コピーを作成します。

**move** : 名前を変更、または別のディレクトリへ移動します。

**csv2vot** : CSV 形式など、任意の区切り文字でフォーマットされたデータファイルを VOTable に変換することができます。

Search タブでは、JVOSpace 上のファイルを検索することができます (図 1.44 (d))。ファイル名の部分一致で検索 (Search by filename)、説明文に含まれる文字列で検索 (Search by description)、ファイルの作成日時で検索 (Search by created date)、ファイルの修正日時で検索 (Search by modified date) といった検索が可能です。

Operations タブ (図 1.44 (d)) では、新規ディレクトリの作成 (Create a new directory)、ファイルのアップロード (Upload a file)、ファイル・ディレクトリの削除 (Remove matched directories...), ディレクトリとその配下のファイル・ディレクトリをまとめてダウンロード (Download this directory ...) といった事を行うことが可能です。ファイル・ディレクトリの削除用のテキストボックスには削除したいファイル・ディレクトリ名を指定します。名前にはパターンマッチ記述子を指定することができ、アスタリスク "\*" は任意の 0 文字以上の文字列、クエスチョンマーク "?" は任意の 1 文字にマッチします。

CSV 形式のデータファイルをアップロードして、それを VOTable に変換する例を図 1.45,1.46 に示します。図 1.45 の (a) に示したようなファイルを作成します。ファイルの先頭に "#" で始まる行を追加し、そこに各データ列の名前を記述すると、VOTable 作成時に自動的にこの名前が使われます。データの区切り文字には、カンマ ",", スペース " ", パイプ文字 "|" が利用できます。

JVOSpace Viewer の Operation タブを開き (b)、作成したファイルを選択 (1) し、Do it ボタンをクリック (2) します。確認メッセージが表示されますので、OK ボタンをクリックし (3)、保存するファイル名を次のメッセージウィンドウで入力し OK ボタンをクリックします (4)。正しく Upload されると、(e) に示すように表示されます。

次に、JVOSpace Viewer の Contents タブを開き (図 1.46(a)), アップロードしたファイルのチェックマークをチェックしてから、Filter と書かれた行の下にあるコマンドリストから csv2vot を選択し、その右隣の Do it ボタンをクリックします。図 1.46(b) の画面が表示されます。テキストボックスに選択したファイルの最初の 10 行分のデータが表示されています。Delimiter と書かれた行で、データの区切り文字を選択します。そして、Next step ボタンをクリックします。

図 1.46(c) の画面が表示されます。赤で示した欄は必須の入力項目です。自動で入力されている項目もあります。Output file name に変換後のファイル名を入力します。File description にデータの説明を必要に応じて入力します。data in row にデータの最初の一行目の値が表示されています。Ignore Column をチェックすると、その列のデータは変換後の VOTable には含まれません。Set Field Data にはよく使われるデータ名のリストがあります。適切なものがある場合はここから選択することで、Name 欄にデータ名が入力されます。Name 欄はすべて入力してください。Datatype は自動選択されていますが、正しい項目が選択されているかを確認してください。その他、単位 (unit) 等を必要に応じて入力して下さい。

すべての項目を入力し終わったら、Create ボタンをクリックして下さい。図 1.46(d) に示したように text.xml というファイル名で text.txt の変換後のファイルが作成されています。ファイル名のリンクをクリックすると、図 1.46(e) のように VOTable Viewer によりデータの内容を表示することができます。

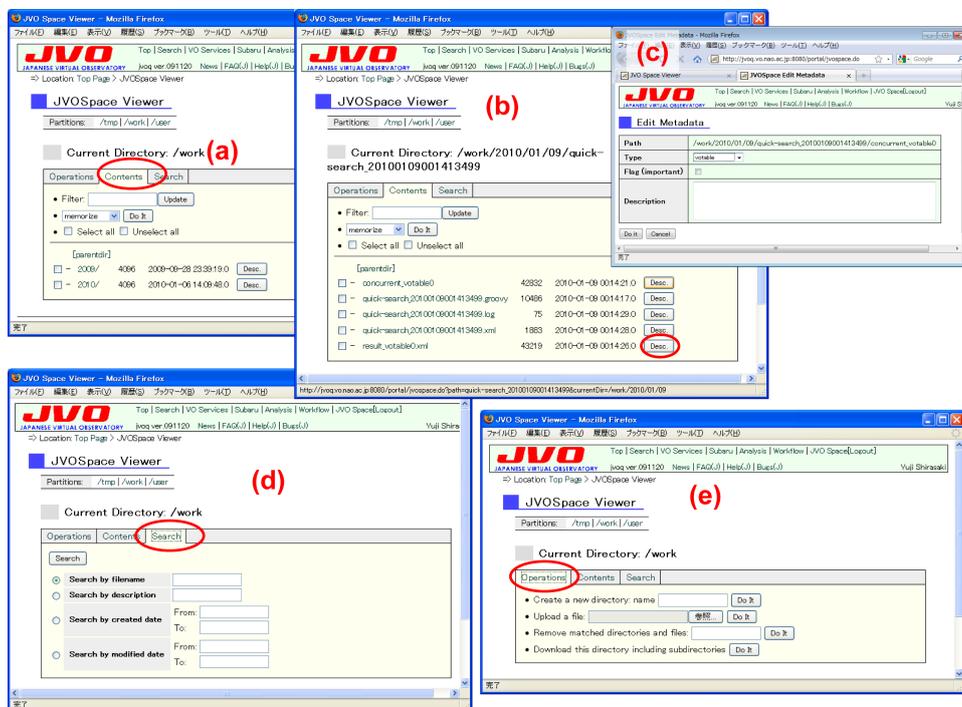


図 1.44: JVOspace Viewer の機能説明 1

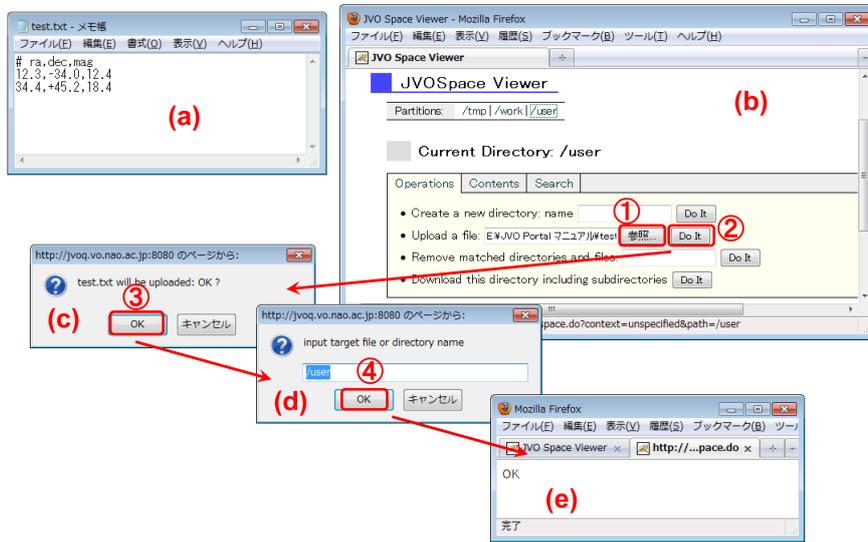


図 1.45: JVOspace Viewer の機能説明 2 : CSV ファイルアップロード

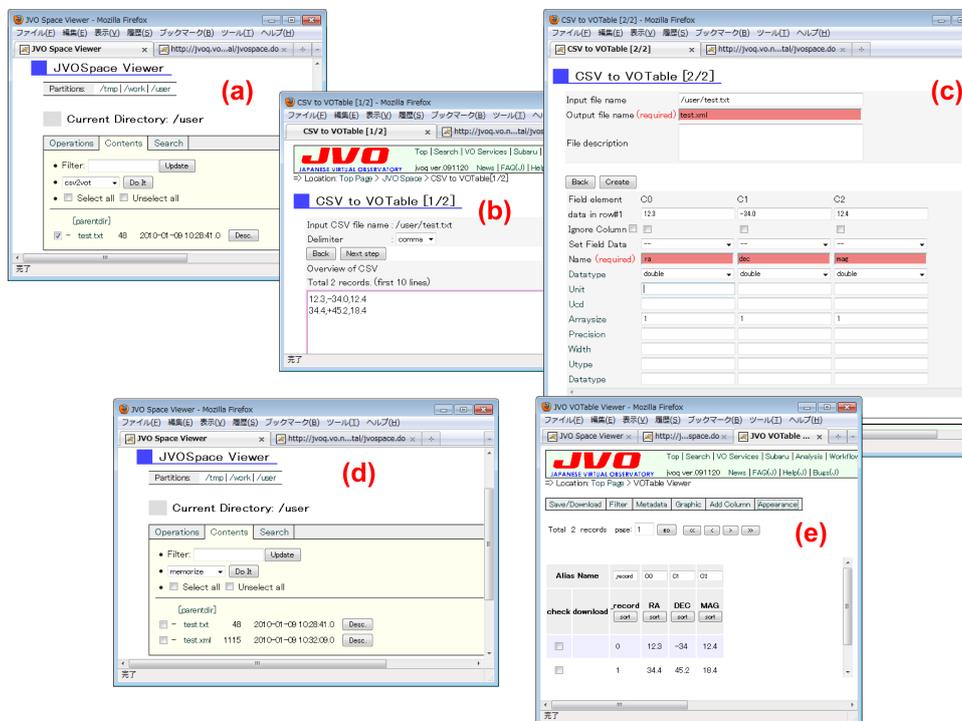


図 1.46: JVOspace Viewer の機能説明 3: CSV ファイルを VOTable へ変換

### 1.3.19 Astronomical Tool ページ

ここでは、JVO で利用可能な天文関連のオンラインツールの使い方を紹介します。

現在使えるオンラインツールは SExtractor による天体検出ツールのみです。図 1.47 に画面のサンプルを示します。このページを表示するには、トップ画面から Astronomical Tools セクションの Source Extractor リンクをクリックして下さい。図左上の画面が表示されます。

まず、天体検出をしたい画像を JVOspace 上にアップロードする必要があります。もしくは、その画像が http プロトコルにより取得可能な状態になっている必要があります。画像をアップロードしたい場合、Local file と書かれた行の「参照」ボタンをクリックして、Web ブラウザーを起動している計算機上の FITS 画像ファイルを選択してください。選択しおわったら、Upload ボタンをクリックし、保存先を入力してアップロードを完了してください。画像が http プロトコルにより取得可能な状態になっている場合は、その URL を入力してください。

JVOspace path or URL と書かれたテキストボックスにアップロードしたファイルのパス名、もしくはファイルの URL が正しく入力されていることを確認した後、Execute ボタンをクリックしてください。天体検出が終了すると Result ボタンが Status と書かれた行に表示されますので、それをクリックすると結果が表示されます。検出パラメータを独自に指定したい場合は、下にあるタブメニューから適切なパラメータを設定してから実行してください。

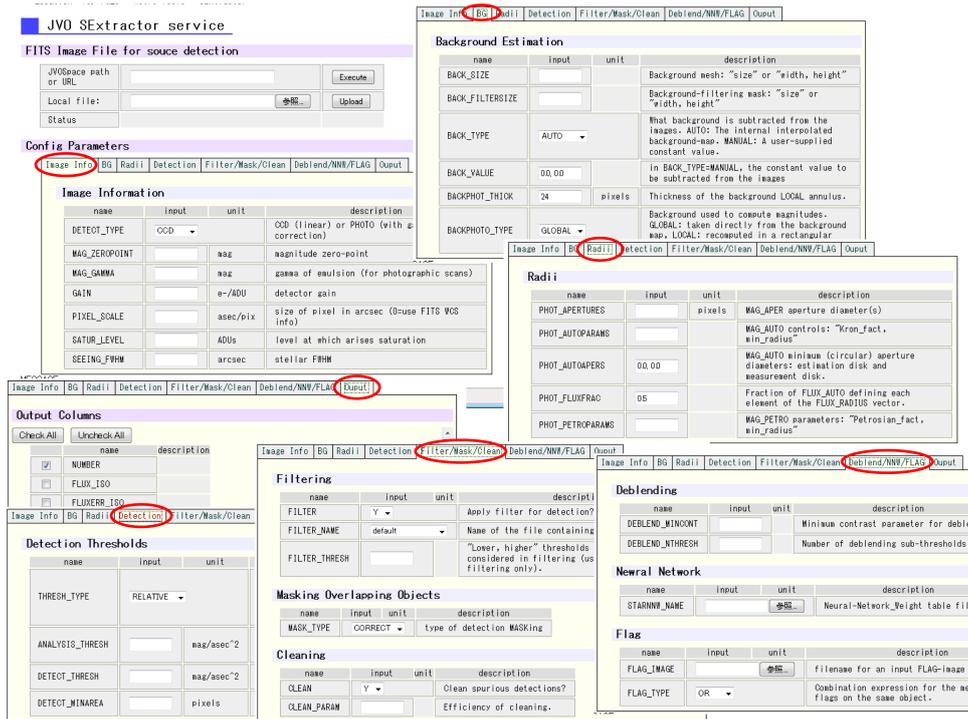


図 1.47: JVO SExtractor サービスページの説明

### 1.3.20 VOTable Viewer

ここでは、検索結果を表示するページ、VOTable Viewer の使いかたについて説明します。パーチャル天文台での検索結果フォーマットは VOTable と呼ばれています。VOTable はタグを使うことにより、データ本体の他、データについて説明データ (メタデータ) を記述します。VOTable Viewer を利用することにより、この VOTable を見やすい形式で表示するほか、指定した条件を満たすデータ列のみを表示する機能や、データをグラフ化する機能、画像データやスペクトルデータなどへのリンクがある場合その画像を表示する機能を提供します。

VOTable Viewer を起動するには、検索実行完了時に検索ステータスページに表示される Result ボタンをクリックしてください。過去の検索結果を VOTable Viewer で見たい場合は、JVOSpace Viewer を利用して VOTable へのリンクをクリックしてください。

VOTable Viewer により VOTable を表示した例を、図 1.48 に示します。Save/Download 等と書かれたリンクをクリックすると、機能毎に分類されたタブページが表示され、そこで VOTable に対し様々な操作を行うことができます。Alias Name と表示されている行は、VOTable Viewer が機械的につけた各列のエイリアス名です。後で説明する JVOPlot によりデータをプロットする場合、このエイリアス名でデータを指定します。エイリアス名の下のは各列のデータ名で、VOTable で指定されている名前です。Sort ボタンをクリックすると、対応するデータの値でソートします。クリック毎に、昇順 → 降順 → ... といったようにソート順が変化します。

download と書かれた列は、データへのリンクが VOTable に記述されている場合、そのデータへのリンクが表示されます。一番左端のチェックボックスは、チェックした行の画像データやスペクトルデータを表示したりする場合に利用します。

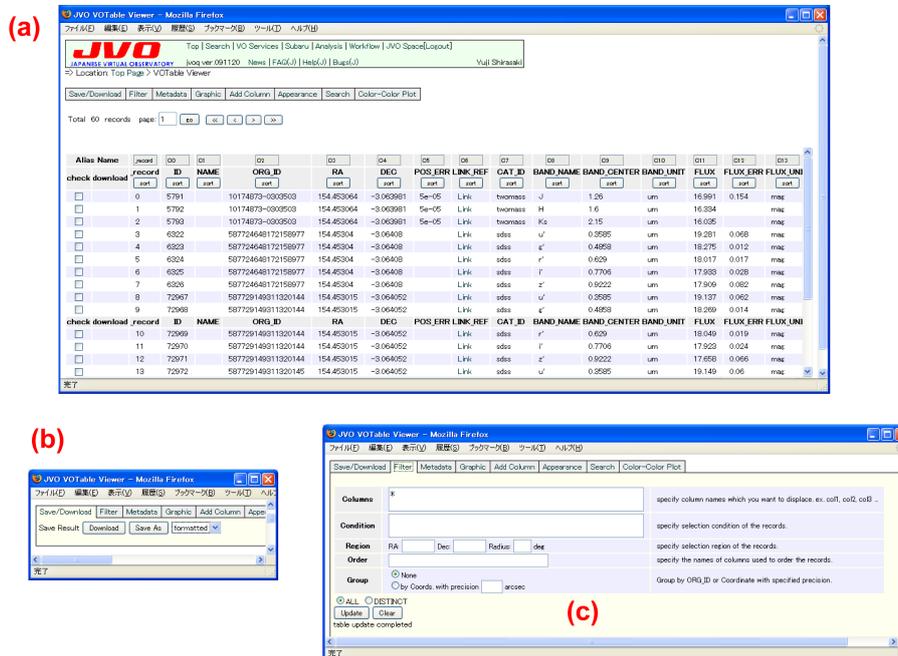


図 1.48: VOTable Viewer の機能説明 1

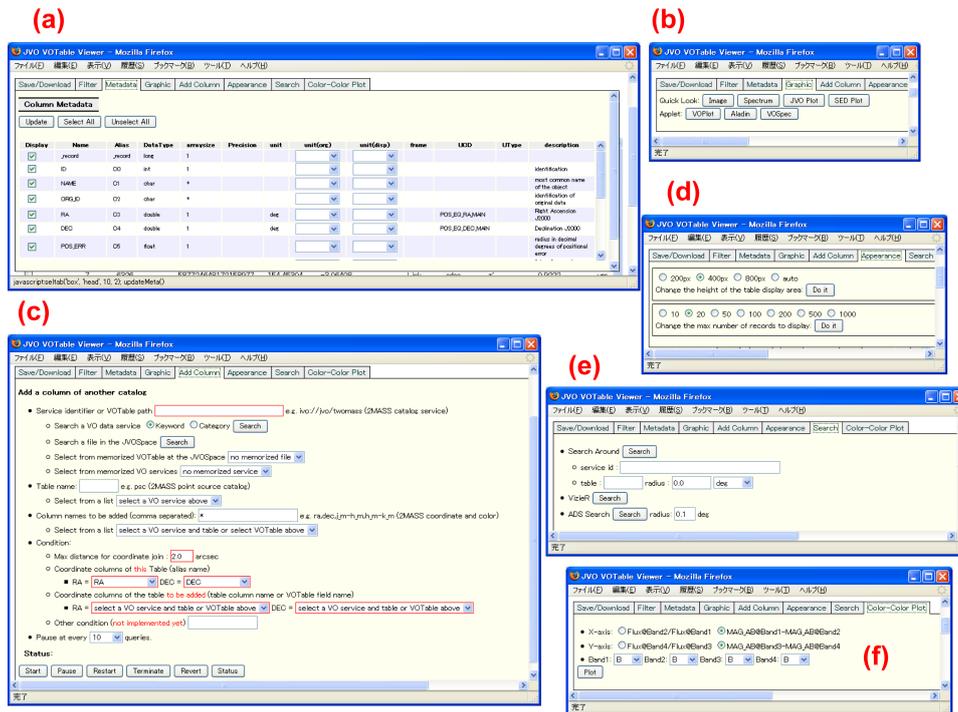


図 1.49: VOTable Viewer の機能説明 2

一つの画面に表示される行数は初期状態では、20 行となっています。データ行数が 20 以上ある場合はタブメニューの下にあるボタンを利用して、次の 20 行を表示したりできます。ボタン “<<” をクリックすると、最初の行から表示します。ボタン “<” をクリックすると、20 行分戻ります。ボタン “>” をクリックすると、20 行分進みます。ボタン “>>” をクリックすると、最後のデータを含む最終ページへ進みます。page: と書かれた部分の右側にあるテキストボックスにジャンプしたいページ番号を入力して、go ボタンをクリックすると、指定したページが表示されます。一ページに表示する行数を変更するには Appearance タブメニューを表示し、一度に表示したいレコード数に対応するラジオボタンをチェックして Do it ボタンをクリックします。

次に各タブメニューについて説明します。

Save/Download タブ (b) では、表示している VOTable を指定したフォーマットでダウンロードしたり、JVOSpace 上にセーブしたりできます。フォーマットはセレクションリストから選べ、formatted、votable、csv、pipe-sv のうちいずれかから選択できます。formatted は各行のデータ表示幅を揃えた形式によるフォーマットです。votable は VOTable フォーマットです。csv はデータをカンマで区切ったフォーマットです。pipe-sv はデータをパイプ文字 “|” で区切ったフォーマットです。Download ボタンをクリックすると、Web ブラウザを起動している計算機にダウンロードできます。Save As ボタンをクリックすると、JVOSpace 上にセーブすることができます。クリックした際に表示されるウィンドウで保存先を指定します。

Filter タブ (c) では、表示するデータを、指定した条件にマッチするものだけに制限することができます。Columns 欄には、表示する列のアリアス名をカンマ区切りで指定します。アスタリスク “\*” を指定すると、全ての列を表示します。Condition 欄には表示するデータの条件式を記述します。データはアリアス名で指定します。例えば、C0 > 1000 と入力した場合、C0 の値

が 1000 より大きな行のみ表示します。指定できる演算子は、 $>$ ,  $>=$ ,  $<$ ,  $<=$ ,  $=$ ,  $<>$ ,  $!=$ , **LIKE**, **AND**, **OR** 等です。データベース検索言語 SQL の WHERE 句で利用できる条件式が指定できます。データに座標データを含む場合、Region 欄で座標域を指定することができます。RA:, Dec: 欄には領域の中心座標の赤経・赤緯を「度」で記入し、半径を「度」で記入します。Order 欄にはソートするデータ列のアlias名を指定します。Group 欄では、座標が指定した精度で一致するデータをグルーピングする際に by Coords をチェックします。これは、Quick Search の結果に対してのみ有効です。ALL と DISTINCT と表示されているラジオボタンは、重複する行を除く場合 DISTINCT を選択し、すべてを表示する場合は ALL を選択します。以上の条件を入力した後、Update ボタンをクリックすると、指定した条件でデータの表示を行います。

Metadata タブ (図 1.49 (a)) では各データ列の説明が表示されます。Display がチェックされているデータが表示されます。Select All ボタンをクリックすると全てのデータがチェックされます。Unselect All ボタンをクリックすると全てのデータのチェックがはずされます。Name は VOTable に記述されているデータ名です。Alias は VOTable Viewer が自動的に付けたアAlias名です。DataType はデータの型名です。arraysize はデータの配列サイズです。アスタリスクは可変長サイズの配列であることを意味します。文字列は char 型データの配列とみなします。Precision はデータの有効数値の桁数です。unit はデータの単位です。unit(org) と unit(dis) は表示データの単位を変更する際に利用します。例えば、「度」を単位とする赤経の座標値を「時分秒」形式で表示するには、unit(org) で degree を選択し、unit(dis) で hhmmss を選択します。frame は座標データの座標系です。UCD は VO の標準的なデータ名です。UType は検索対象となるデータ種別毎に決められている標準データ名です。description はデータの説明です。Update ボタンをクリックすると、データ表示が更新されます。このときチェックボックスのチェックを外したデータは表示されなくなります。

Graphic タブ (図 1.49 (b)) は画像データやスペクトルデータの表示、データのプロットを行う際に利用します。VOTable に画像データまたはスペクトルデータへのリンクがある場合はデータ表示部の download 列にデータへのリンクが表示されます。このリンクをクリックすると、ブラウザを起動している計算機にデータをダウンロードしますが、データを portal 上にダウンロードさせ、表示だけさせたい場合には、データ行の左端のチェックボックスをチェックし、Graphi タブの Image ボタン (画像データの場合) Spectrum ボタン (スペクトルデータの場合) をクリックします。VOSpec ボタン、Aladin ボタンでもデータの表示は可能ですが、これらは Java アプレットにより表示するため、データ自体はブラウザを起動している計算機に転送されます。JVO Plot ボタンをクリックするとデータの XYプロット、ヒストグラム表示等が行えます。プロット画像自体は portal 側で作成されますので、利用している計算機に大量のデータを転送する必要なくプロット画像を表示することができます。VOPlot ボタンをクリックすると、Java アプレットが起動し、JVO Plot より多機能なプロットが可能です。ただし、データは利用している計算機に一旦送信されます。SED Plot ボタンにより SED プロットを作成するページへ遷移します。

Add Column タブ (図 1.49 (c)) は表示中のデータに対し、座標でマッチするデータを検索して追加する機能を提供します。Service identifier or VOTable path と書かれた行にあるテキストボックスに、検索対象となるデータサービスの identifier または JVOSpace 上の VOTable のパス名を入力します。直接入力する代わりに、その下の行にある Search a VO data service からサービスを検索することができ、検索結果のサービスリスト表示ページでサービスを選択すると、上記の入力欄に identifier が自動入力されます。Search a file in the JVOSpace からは JVOSpace 上の VOTable を JVOSpace Viewer を利用して選択することができます。選択された VOTable のパス名が上記の入力欄に自動入力されます。Select from memorized VOtable...

では、JVOSpace Viewer で「メモライズ」したファイルがある場合、そのリストが表示されますので、そこから選択することができます。Select from memorized VO Service では サービス検索画面の検索結果表示画面でサービスを「メモライズ」したサービスがある場合、そのリストが表示されます (2010 年 1 月現在 未完成) ので、そこから選択することができます。

検索対象にデータサービスを指定した場合はテーブル名も指定する必要があります。Table name: と書かれた部分の右側にあるテキストボックスに直接記入するか、その下のリストから選択してください。Column name to be added ... と書かれたところの右側にあるテキストボックスには追加するデータ名をカンマ区切りで記入します。アスタリスク "\*" を指定した場合は、全データを追加します。その下にカラム名のリストがありますので、そこから選択することもできます。Condition: では、座標一致の精度や、座標を表すデータ列名の指定を行います。Max distance ... で座標一致の精度を arcsec 単位で指定します。Coordinate columns of this table で、現在表示しているデータのうち、赤経・赤緯に相当するデータをリストから選択します。Coordinate columns of the table to be added... で検索対象となるテーブルまたは、VOTable のデータのうち、赤経・赤緯に相当するデータをリストから選択します。Other condition の行のテキストボックスはまだ利用できません。座標で一致したデータを検索するために、表示しているデータから座標データを抜き出し、一行ずつデータサービスに検索実行しますが、Pause at ... で指定された回数検索実行すると一旦停止します。これはデータサービスに対する負荷を軽減するために、このような制限がつけられています。

以上の条件を設定した後、Start ボタンをクリックしてデータの追加を開始します。一旦停止したい場合は Pause ボタンをクリックしてください。Restart ボタンで再開します。終了したい場合は、Terminate ボタンをクリックしてください。データを追加した状態から元に戻したい場合は、Revert ボタンをクリックして下さい。Status ボタンをクリックすると、status 表示が更新されますが、これは自動でも更新されます。

Appearance タブ (図 1.49 (d)) はデータ表示形式の変更を行う際に利用します。上段のラジオボタンでデータ表示部の高さサイズを指定できます。下段のラジオボタンで一ページに表示する行数を指定できます。Do it ボタンで更新します。

Search タブ (図 1.49 (e)) は Quick Search の実行結果に対してのみ有効です。データ表示部の左端のチェックボックスをチェックしたデータの座標値で他のデータサービスに対して検索を実行することができます。Search Around では、座標検索が可能な任意のデータサービスに対して指定したデータに対応する座標値で検索を実行します。VizieR では、VizieR に対して検索実行します。ADS Search では、ADS に対して検索実行します。

Color-Color plot タブ (図 1.49 (f)) は、Quick Search の実行結果に対してのみ有効です。カラープロットを作成することができます。この機能を利用する前に、Filter タブでデータのグルーピングをあらかじめ行っている必要があります。X-axis、Y-axis と書かれた行でプロットの軸を Flux 比で表示するか、等級差で表示するかを指定します。その下の Band1,2,3,4 でカラー計算するバンドの指定を行います。Band1 と Band2 は X 軸のカラー、Band3 と Band4 は Y 軸のカラーを計算する際に利用するバンドです。plot ボタンをクリックしてプロットを表示します。

### 1.3.21 JVO Image Viewer

ここでは、FITS 画像データを表示するページ、JVO Image Viewer の使いかたについて説明します (図 1.50)。JVO Image Viewer は、検索結果の表示を行う VOTable Viewer 上で、表示したい画像データのチェックボックスをチェックし (1),(2)、の Graphic タブ (3) から Image ボタンをクリック (4) することで起動します (図の右下)。表示できる画像は FITS 画像のみです。VOTable Viewer の FORMAT カラムで image/fits と書かれた行のデータが FITS 画像に対応します。

図の例は、JVOQL 検索画面でサンプル JVOQL (Chandra, Image (Crab)...) を実行した結果のうち、レコード番号 21 と 24 をチェックして JVO Image Viewer を起動した場合の例です。初期状態では選択されたうちの一つの画像のみが表示されています。図にあるように二つの画面に分けるには、画面上段にある Zone と表示のある部分の右側にあるリストから画面の横と縦の分割数を指定します。分割された画面のうち片方をクリックすると、クリックされた側の領域の枠が赤く表示され、選択されていることを示します。この状態で下の段にある画像タイトルリストのうち、表示したい画像のチェックボックスをチェックし (この場合どちらも同じ画像タイトルなので、区別が付きませんが)、Display Image ボタンをクリックすると、選択されている領域に画像データが表示されます。

選択されている画像の任意の位置をクリックすると、クリックした位置を中心として再表示されます。拡大・縮小するには、上段の Zoom とかかれたところの右側にある選択リストからズームレベルを選んだのち、同じ行の右端にある Update ボタンをクリックしてください。画像の階調は、リニアスケール (linear)、ログスケール (log)、等頻度スケール (hist) のうちから選択でき、階調レベルを決定する際の明るさの下限と上限は zlow, zupp とかかれたところの右側のリストから選択します。例えば、zlow を 10%、zupp を 90% に設定した場合、各ピクセルでの値が、小さい方から 10%、大きい方から 10% のピクセルを除いたデータで階調を計算します。Offset と書かれたとこの右側の二つの値は、画像中心の表示中心からのオフセット値です。

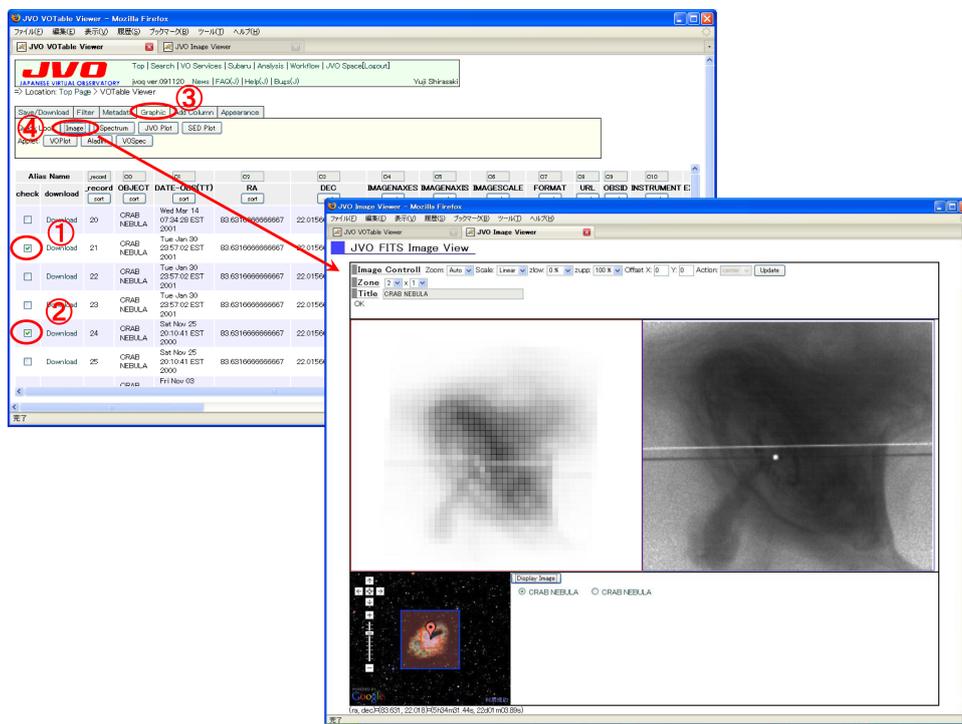


図 1.50: JVO Image Viewer の機能説明

### 1.3.22 JVO Spectrum Viewer

ここでは、FITS スペクトルデータを表示するページ、JVO Spectrum Viewer の使い方について説明します (図 1.51)。JVO Spectrum Viewer は、検索結果の表示を行う VOTable Viewer 上で表示したいスペクトルデータのチェックボックスをチェックし (1)、Graphic タブ (2) から Spectrum ボタンをクリック (3) することで起動します (図の右下)。表示できるデータは FITS スペクトルデータのみです。

図の例は、JVOQL 検索画面でサンプル JVOQL (SDSS, Spectrum ...) を実行した結果のうち、最初のレコードをチェックして JVO Spectrum Viewer を起動した場合の例です。Range タブで、表示する X 座標の範囲を指定し、Continuum タブでポリノミアルフィットをし、Line タブでライン検出をした後の表示例です。

Continuum タブでは、スペクトルのコンティニューム成分のフィットが行えます。現在はポリノミアルフィットの他、ブラックボディーフィットが行えます。リストからフィットしたい関数モデルを選択し、Fit ボタンをクリックしてください。関数モデル毎にフィッティングパラメータを指定することができます。ポリノミアル関数の場合、最大指数 Polynomial Order の設定、フィットの際に考慮するデータ点の最適値からの最大分散値 Max deviation、フィットする範囲 (xmin, xmax) といったパラメータを指定することができます。ブラックボディー関数の場合、温度の初期値 Init Temperature、フィッティングの際のイタレーション回数の最大値 Max Iteration、フィットの際に考慮するデータ点の最適値からの最大分散値 Max deviation、フィットする範囲 (xmin, xmax) といったパラメータを指定することができます。

Line タブでは、ライン検出を行います。スレッシュホールドを設定して Detect Line ボタンをクリックします。検出結果が、図に表示されるとともに、右枠のテキストボックスにも表示されます。

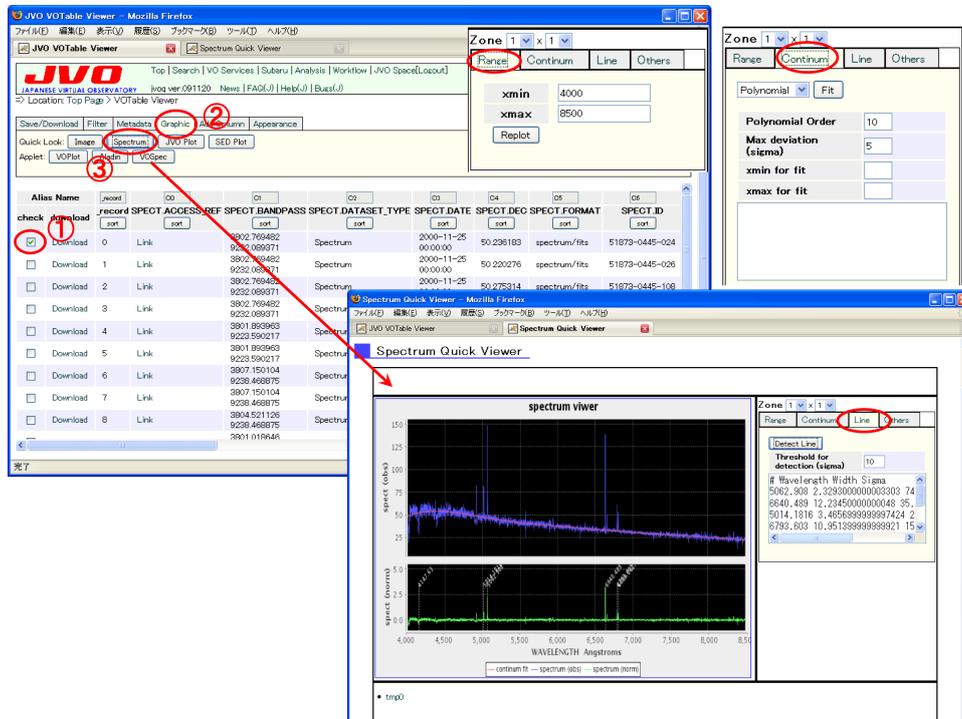


図 1.51: JVO Spectrum Viewer の機能説明

### 1.3.23 JVOPlot

ここでは、JVOPlot の利用方法について説明します。JVOPlot は検索結果表示画面である VOTable Viewer の Graphic タブで、JVOPlot ボタンをクリックすることで表示できます (図 1.52(b))。

2次元プロットしたい場合は、X 軸、Y 軸それぞれの値として指定したいカラムのエイリアス名 (文字 “C” とカラム番号の組み合わせでシステムが自動付与します) または、エイリアス名をつかった数式を、XY expr タブの X, Y と表示されているところのテキストボックスに入力します。エイリアス名とカラム名の対応表は、図 1.52(b) の画面右側にあります。エイリアス名のボタンをクリックすると、X または Y のテキストボックスのうち、チェックボックスがチェックされている方にそのエイリアス名が追加されます。

図の例は、JVOQL 検索画面で、サンプル JVOQL (HIPALCOS Catalog ...) を実行した結果から JVOPlot を起動した場合の例です。X に C1 (B-V, カラー), Y に  $C74 - 5 * \log(1000/C46) + 5$ ,  $(V - 5 * \log(1000/p1x) + 5$ ; 視差と見かけの等級から計算される絶対等級) を指定して、Plot タブの Plot ボタンをクリックすると (f) に示したようなプロットが表示されます。

Axis タブでは、プロット範囲の変更、軸を Log で表示するか Linear で表示するかの設定、軸方向の反転といった軸に関する設定ができます。Filter タブでは、プロットするデータに対するフィルター条件を指定できます。Condition とあるテキストボックスでは、カラムのエイリアス名をつかった条件式でフィルター条件を指定します。その下の Region 行では、プロットするデータを座標範囲で選択する場合に、中心座標と半径を入力します。ヒストグラムプロットをする場合は、Histogram Setting タブでヒストグラムのビン数、開始値、ビン幅を指定します。Plot タブでは、プロットモードの指定ができます。図の例にあるようなマーカープロットの他、ラインプロット、ライン&マーカープロット、点プロット、ヒストグラムプロットが選択できます。ヒストグラムプロットを選択した場合は、XY expr タブのテキストボックス X で指定した数式の結果でヒストグラムを作成します。

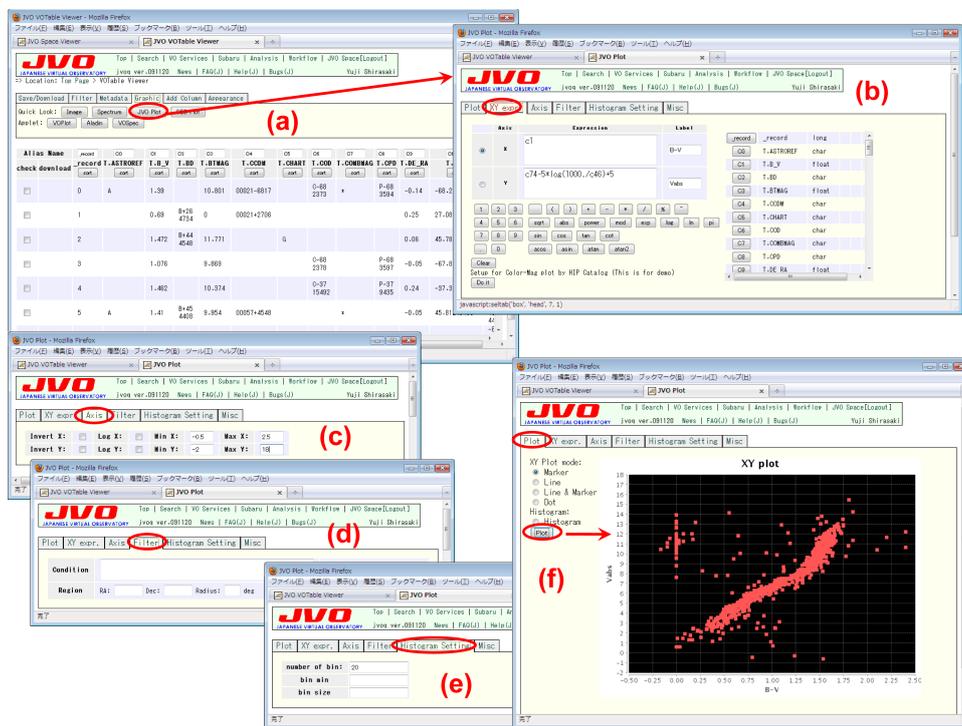


図 1.52: JVOPlot ページの説明

### 1.3.24 VO-India VOPlot

ここでは、VOPlot の使いかたについて簡単に説明します。VOPlot は VOIndia が開発した VOTable データをプロットするためのソフトウェアです。JVO の VOTable Viewer から applet として起動することができます。

VOTable Viewer の Graphic タブで VOPlot をクリックすることで、VOPlot アプレットが Web ブラウザ上に読み込まれ、表示している VOTable のデータのロードが開始され、プロットを行う準備ができます。Applet を利用するためには、Java プラグインを Web ブラウザーにインストールする必要があります。前節の JVOPlot の説明で利用したデータを使ってプロットした例を図 1.53 に示します。JVOPlot の説明で示したプロットを作成するには、まず、絶対等級のデータをもつカラムを作成しておく必要があります。

VOPlot の上側にあるメニューのうち、Functions メニューを開き、Create New Columns をクリックします。図の左中央にある画面が表示されるので、カラム名 ABS\_MAG, そのカラムに入力するデータの式 ( $49 - 5 * \log(1000 / 31) + 5$ ), 単位を入力します。式中でカラム名の代わりに \$ で始まる変数を利用しています。変数名とカラム名の対応は、その上に表示されている表で確認ができます。Add ボタンをクリックすると、指定した式で計算される値をもつカラム ABS\_MAG が作成されます。Close ボタンをクリックして、このウインドウを閉じます。

プロットするには右枠にある X, Y と表示されている部分の下の選択リストからプロットするデータをもつカラムを選択し、一番下にある Plot ボタンをクリックすると、図にあるようなプロットが表示されます。

プロットする範囲を変更するには、View メニューを開き、Plot Properties をクリックして下さい。X Range, Y Range を入力するウインドウが開きますので、プロットする範囲を指定してください。そして、Apply ボタンをクリックします。

詳しい利用方法は、VOIndia のサイト <http://vo.iucaa.ernet.in/~voi/downloads.htm> にある、VOPlot のマニュアルを参照してください。

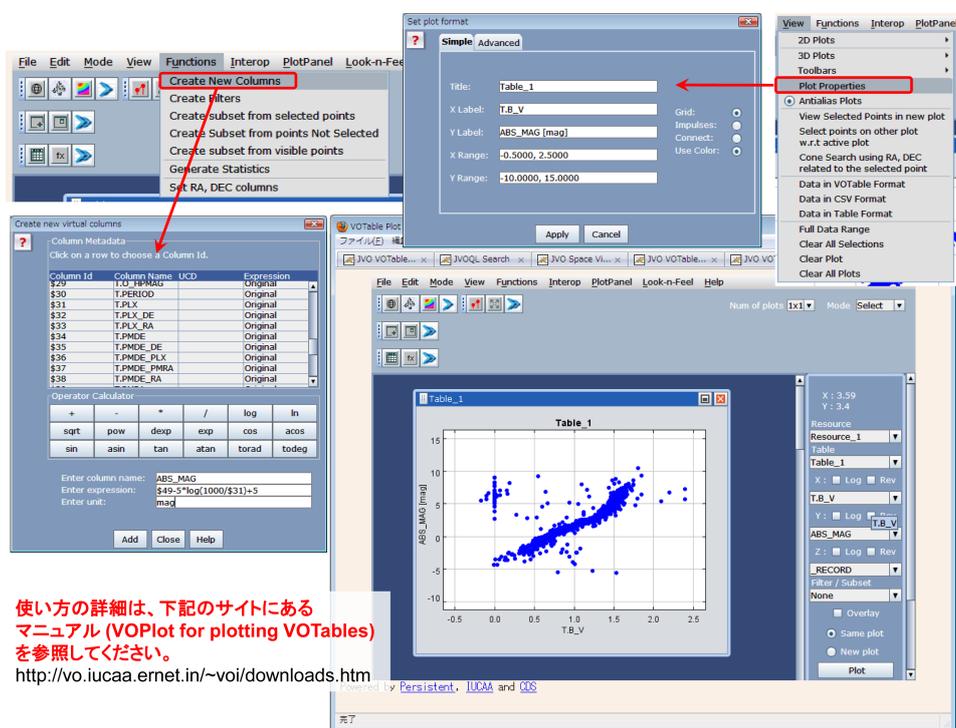


図 1.53: VOPlot ページの説明

### 1.3.25 SEDPlot

ここでは SEDPlot の利用方法について説明を行います。SEDPlot は複数バンドの測光データをプロットする場合に利用します。VO Table Viewer の Graphic タブにある SEDPlot ボタンをクリックすることで、SEDPlot 画面が表示されます。

SEDPlot は測光データの VO Table への格納のされかたに応じて 2 種類用意されています。Quick Search (デジタルユニバースに対する検索) の結果では、測光データは同じカラムにありますが、大部分のデータサービスでは、異なるバンドの測光データは別カラムに入力されていますので、Quick Search の検索結果から SEDPlot を作成する場合と、それ以外の検索結果から SEDPlot を作成する場合とで、異なる画面インタフェースとなります。

図 1.54 は Quick Search の結果に対して SEDPlot を起動した場合の画面です。図 1.55 は Quick Search 以外の結果に対して SEDPlot を起動した場合の画面です。

まず、図 1.54 の画面から説明します。上段の中央にあるプロットが SEDPlot の結果です。その左隣にあるのが、GoogleSky の画面で、現在プロットした天体の位置がマーカーで示されています。上段右側では、SEDPlot の軸の単位を変更できます。x axis では、波長の他、周波数、エネルギーが選択できます。y axis では、Jy 単位のほか、 $\text{erg/cm/s/\AA}$  や  $\text{erg/cm/s/eV}$  を単位とするフラックス密度が選択できます。x 軸、y 軸のプロット範囲の指定も行えます。下の段には現在プロットしているデータの表が表示されています。Distance: と表示されている行で、プロットする天体のグルーピン条件を参照天体からの距離で指定します。図の例では、元の VO Table でレコード番号 0 の天体を参照天体としたときにそれから距離 5 秒角にある天体で SED をプロットしています。参照天体の指定は、Reference object's record number と書かれたところの右側のテキストボックスに、レコード番号を入力しておこないます。

次に、図 1.55 の画面について説明します。一般的な検索結果の場合、どのカラムが測光データを表していて、それに対応する波長はいくらか、ということを手動で判断することは難しいため、手動により指定します。まず、column RA, column DEC とある行の選択リストから、赤経・赤緯に対応するカラムをそれぞれ選びます。これは、Google Map 上にプロットしている天体のマーカーを表示するために必要なだけで、SED Plot には影響しません。その下の欄で測光データのカラムを Flux Density と記された列に入力し、その単位を 2 列分右側にある Unit 列の選択リストから選びます。カラムは左隣にあるリストから選択できます。

バンド名を BandName Wavelength と書かれた列に記入します。バンド名はその左隣のリストから選択してください。適当なバンド名がない場合は直接波長またはエネルギー、周波数を入力し、単位を右隣のリストから選択してください。Add ボタンをクリックすることにより入力行が追加されます。各行の右端にある Remove ボタンをクリックすると、その行は削除されます。

Rec. number にプロットしたいデータのレコード番号を入力します。Update ボタンをクリックしてプロットが表示されます。右上の入力フォームを使って、軸の単位を変更したり、プロット範囲を指定したりできます。

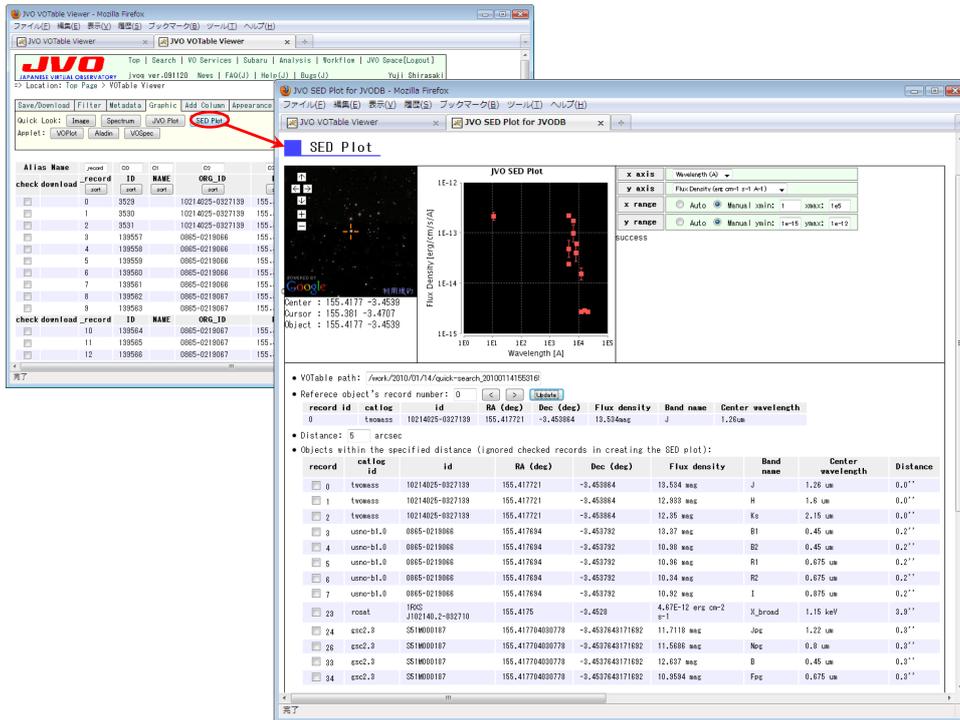


図 1.54: SEDPlot ページの説明 (1/2)

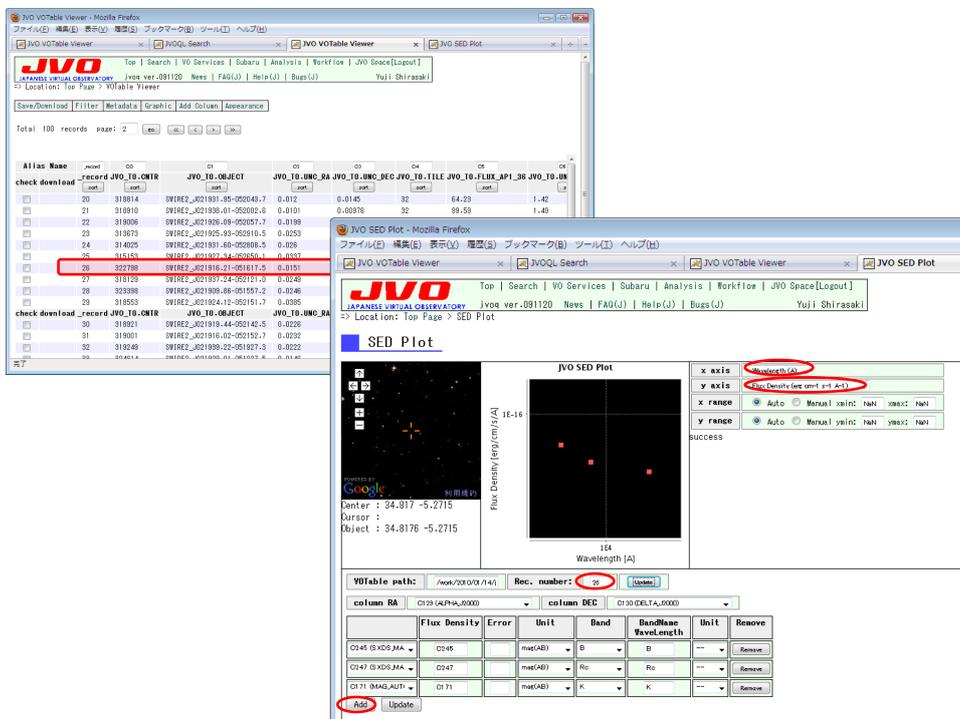


図 1.55: SEDPlot ページの説明 (2/2)

## 第2章 Aladin の使いかた<sup>1</sup>

### 2.1 Aladin の概要

Aladin は、天球面上の画像やカタログなどを表示する会話式ソフトウェアです。Aladin はフランス、ストラスブールデータセンター (CDS – Centre de Donnees astronomiques de Strasbourg) の Pierre Fernique, Thomas Boch, Francois Bonnarel により開発されていて、<http://aladin.u-strasbg.fr> から入手できます。Aladin は Java で実装されているため、Java Runtime Environment があれば、OS に依存せず使用できます。

Aladin では、天球の任意の位置のデジタル画像の表示、天体カタログ内容の重ねあわせや、関連するデータや情報へのインタラクティブなアクセスが可能です。スペクトルデータを表示する機能はありませんが、Aladin からスペクトルデータを呼び出してスペクトルデータのビューア (例: SPLAT や VOSpec) にデータを送ることができます。

Aladin のマニュアルが <http://aladin.u-strasbg.fr/java/AladinManual.pdf> にありますので、詳しくはこちらを参照してください。

また、Aladin の FAQ は、<http://aladin.u-strasbg.fr/java/FAQ.htx> にあり、Aladin を使用したサイエンスユースケース集が <http://aladin.u-strasbg.fr/tutorials/> あり、実践に即した解説になっていますので、実際に Aladin を動かしながら読むと良く理解できるでしょう。

#### 2.1.1 ダウンロードとインストール

Aladin は、Java Applet としてブラウザ内から呼び出して利用することもできますが、ネットワークの速度によってはダウンロードに時間がかかる場合があるため、スタンドアロン版を上記ウェブページの、*Download Aladin on your machine* から、適切なファイルをダウンロードしましょう。

各 OS でのダウンロード/インストール方法等は上記のページを見てください。例えば、Windows では、Aladin.exe をダウンロードして実行すれば、インストールされます。

インストールした Aladin は、メニューが英語で表示されています。メニューを日本語化するためには、以下の手順に従います。

---

<sup>1</sup>執筆:大石雅寿

1. <http://jvo.nao.ac.jp/vos2010/index.html> にある日本語用辞書ファイル (Aladin-Japanese-6.011-perso.string.utf) を .aladin というフォルダあるいはディレクトリにコピーする。 .aladin フォルダは、Vista であれば C: → ユーザー → (ユーザー名のフォルダ) の下にできています。WinXP であれば C: → Documents and Settings → (ユーザー名のフォルダ) の下になります。Mac (Unix 系) であれば \$HOME の下にあります。
2. Aladin を起動する (Windows であれば、Aladin.exe を、Mac であれば、アプリケーションにある Aladin アイコンを、それぞれダブルクリック)
3. Edit → User Preferences
4. Language で - default - になっている選択メニュー内から Japanese を選択し、そのパネルの下にある Apply を押す
5. Aladin をいったん終了する
6. Aladin を再起動する

これでメニューが日本語で表示されるようになります。現在、一部のメニューは英語のままですが、いずれ全て日本語化する予定です。更新された日本語辞書ファイルを上書きしてから Aladin を再起動すれば、メニューも更新されます。

### 2.1.2 起動と終了

Aladin を起動するには、Windows であれば、Aladin.exe を、Mac であれば、アプリケーションにある Aladin アイコンを、それぞれダブルクリックします。Linux (Unix 系) であれば、コマンドラインから Aladin と入力することになります。

Aladin を終了するには、Aladin のメインウィンドウ右上の×印をクリックするか、メニューでファイル → 終了 を選択します。

## 2.2 まず、使ってみよう！

Aladin を起動すると、図 2.1 にある初期画面が現れます。



図 2.1: 初期画面

Aladin がデータを読み込むと、ビュー、スタック、ズーム、測定、の 4 つの部分 ( 図 2.2 ) の役割に応じて画像やテキストデータが表示されます。

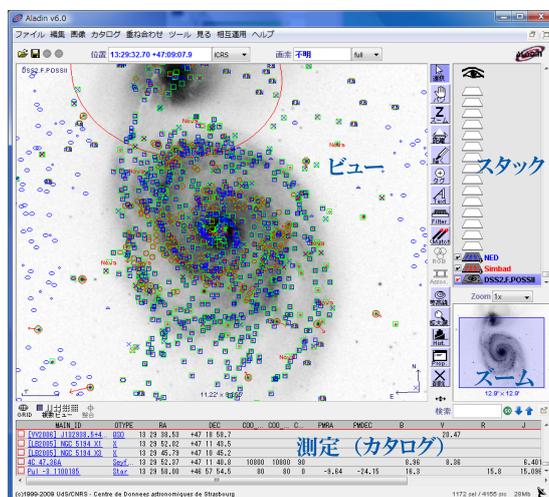


図 2.2: 画面の構成

Aladin でデータを読み込むためにはいくつかのやり方がありますが、まず、初期画面の上方にある“コマンド”欄に、好みの天体名か座標値を入力し、リターンキーを押してみましょう。図 2.3 の例では、かに星雲 (M1) を入力した場合の画面を示します。

Aladin では、このコマンド欄から天体を検索すると、デフォルトで DSS2 サーバからの画像、SIMBAD と NED から取得したカタログデータが表示されます。右側にあるスタック領域をみれば DSS、Simbad、NED と表示されていることから、このことを理解できるでしょう。

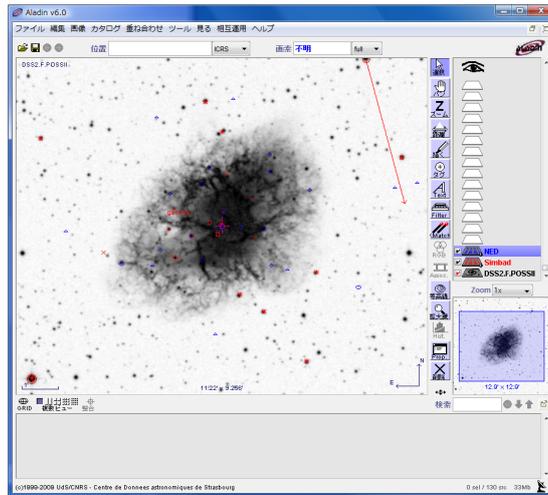


図 2.3: かに星雲へのアクセス例

さて、ここでスタックにある“Simbad”をダブルクリックすると、測定値画面に Simbad から取り込んだカタログ値が表として表示されます。そして、ビューに表示されているマーカー上にマウスを乗せると、マーカーが点滅すると同時に、対応するカタログデータの行の色が変わることが分かるでしょう。これとは逆に、カタログデータの任意の行上にマウスを乗せると、それに対応する天体の位置にあるマーカーが点滅します。

また、ズームウィンドウの上にある倍率を変化させれば、ビュー画面に表示されるサイズも変化することがすぐに分かるでしょう。

## 2.3 画像やカタログデータの読み込みと表示



図 2.4: Aladin 起動画面

Aladin を起動するには、Windows であれば、Aladin.exe を、Mac であれば、アプリケーションにある Aladin アイコンを、それぞれダブルクリックします。Linux (Unix 系) であれば、コマンドラインから Aladin と入力することになります。

Aladin の画面の使い方は、メインメニューバーにある“ヘルプ”以下にあるヘルプ情報を参照します。また、利用可能な機能ボタン（グレー表示ではないもの）の上にマウスを乗せて簡単な説明を見ることがもできます。



図 2.5: 画像やカタログの読み込み用初期画面

### 2.3.1 画像やカタログサーバの選択

メニューにあるファイル → 開く で、画像やカタログなどを、画像サーバ、カタログサーバ、そして世界の VO サーバから読み込める画面が起動します（図 2.5）。

### 2.3.2 画像サーバからの読み込みと表示

図 2.5 にある読み込み用初期画面の左側に並んでいるのが画像サーバです。その中の一つのタブをクリックすると画像サーバの選択ができます。例えば、Aladin images を選択し、かに星雲を画

像探すことをしてみます。図 2.6 のターゲット欄に、天体名として“M1”を入力して“SUBMIT”ボタンを押します。

その結果、Aladin は、見つかった画像の一覧を表示するので、そこで例えば POSS II F-DSS2 を選択して、再び“SUBMIT”ボタンを押します。こうやって選択された画像が Aladin のビューとスタックに表示されます(図 2.7)。



図 2.6: Aladin image サーバからかに星雲の画像を探す例

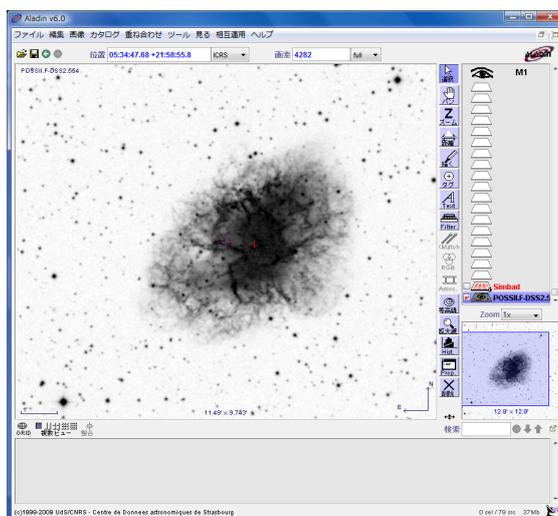


図 2.7: かに星雲 (M1) の画像例

### 2.3.3 カタログサーバからの読み込みと表示

図 2.5 にある読み込み用初期画面の右側に並んでいるのがカタログサーバです。その中の一つのタブをクリックするとカタログの選択ができます。例えば、All VizieR を選択し、水メーザカタログを探すことをしてみます。図 2.8 にあるように、フリーワードとして“H2O”を入力して“SUBMIT”ボタンを押します。

その結果、VizieR は、見つかったカタログの一覧を表示します(図 2.9)。



図 2.8: VizieR から水メーザーカタログを探す例

Name	Category	Density	Description
<input type="checkbox"/> J/ApJ/293/149	Radio	1	W49N H2O maser outflow: distance and kinematics (Winn, 1992)
<input type="checkbox"/> J/ApJ/429/253	Radio	1	W49N H2O masers (Owinn, 1994)
<input type="checkbox"/> J/ApJ/463/205	Radio	1	CS and NH <sub>3</sub> Survey of H <sub>2</sub> O Maser Emission (Anglada+ 1996)
<input type="checkbox"/> J/ApJ/195/877	Radio	1	H <sub>2</sub> O masers in W49 North and Saittarius BC (McCarthy, 2004)
<input type="checkbox"/> J/AA+A/291/261	Radio	1	H <sub>2</sub> O masers in HII regions (Cadella+, 1994)
<input type="checkbox"/> J/AA+A/268/727	Radio	1	Semiregular variables H <sub>2</sub> O maser (Szywczyk+, 1995)
<input type="checkbox"/> J/AA+A/388/845	Radio	1	Arcetri Catalog of H <sub>2</sub> O maser sources. Update. (Valdettarot, 2001)
<input type="checkbox"/> J/AA+A/381/867	Radio	1	H <sub>2</sub> O and SiO masers in the Galactic center (Sjouwman+, 2002)
<input type="checkbox"/> J/AA+S/89/598	Radio	1	IRAS Sources behind the Solar circle (Wouterloot+ 1993)
<input type="checkbox"/> J/AA+S/101/153	Radio	1	Galactic H <sub>2</sub> O masers (Pielgaj+ 1993)
<input type="checkbox"/> J/AA+S/109/541	Radio	1	This catalogue is obsolete by <J/AA/388/845>
<input type="checkbox"/> J/AA+S/118/181	Radio	1	Multitransition CS-study towards H <sub>2</sub> O masers (Juvola, 1986)
<input type="checkbox"/> J/AA+S/127/181	Radio	1	H <sub>2</sub> O maser sources new detections (Hart 1989)
<input type="checkbox"/> J/AA+S/137/43	Radio	1	OH/H <sub>2</sub> O masers database (Forstert+, 1999)

図 2.9: VizieR から見つかった水メーザーカタログ一覧

そして、カタログ一覧から、例えば、“J/A+A/291/261 H<sub>2</sub>O masers in HII regions (Cadella+, 1994)” を選択して “SUBMIT” ボタンを押すと、カタログデータが自動的に Aladin のビューとスタックに読み込まれて表示されます (図 2.10)。

### 2.3.4 VO からの読み込みと表示

図 2.5 にある読み込み用初期画面の上側にある “all VO” タブがヴァーチャル天文台 (VO) インターフェース経由でアクセス可能なサーバを見つけるためのツールです。タブを開いたら、ターゲットの天体名や探す範囲 (半径) を入力し “SUBMIT” ボタンを押します。その結果、図 2.11 が出現します。

こうやって、画像、カタログサーバが見つければ、後の操作は 2.3.2 画像サーバからの読み込みや 2.3.3 カatalogサーバからの読み込みと同じです。

### 2.3.5 複数画像の表示

ビューでは、複数の画像を表示することが可能です。ビューのウィンドウは、2, 4, 9, 16 分割が可能です。分割するためには、メインウィンドウの左下にある “複数ビュー” から希望の分割を選択します。例として、4 つに分割し、かに星雲の可視と J, H, K バンドの画像を表示したものを

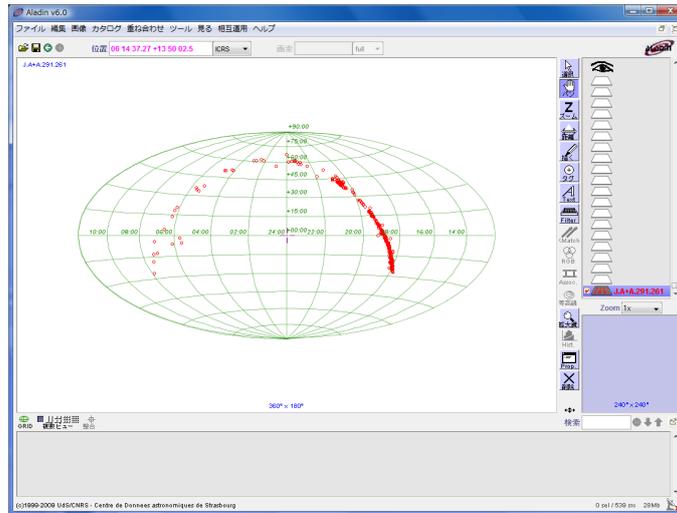


図 2.10: Cadella+ 1994, の水メーザーカタログポイント



図 2.11: VO インターフェースを備えたサーバからデータを探す例

図 2.12 に示します。スタック領域をみれば 4 つの画像に対応するファイルを読み込んでいることが分かります。

複数ビューを用いる場合、各画像のサイズが異なる場合があります。表示サイズを合致させる場合は、基準となる画像(参照画像)を含むビューをクリックし(そのビューが青枠で囲まれます)、メインウィンドウの左下にある“整合”ボタンを押すと、他のビューの表示領域が参照画像のものに一致されます。この状態で、メインウィンドウのすぐ右にあるツールボタンの中の“パン”をクリックして、任意のビュー上で画像をマウスでドラッグすると、整合した画像が同時に動きます。

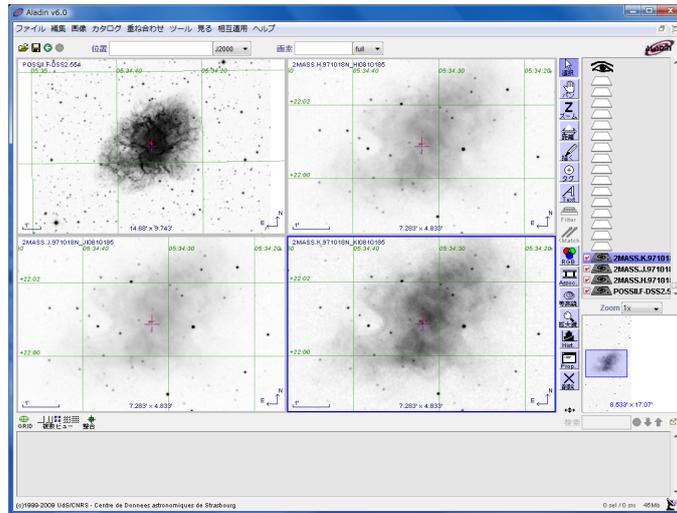


図 2.12: かに星雲の、可視(左上), Hバンド(右上), Jバンド(左下), Kバンド(右下)の画像

## 2.4 画像操作

本章では、Aladin が読み込んだ画像の操作について解説します。

### 2.4.1 RGB 画像の作成

3つの画像を重ね合わせるにより、RGB 画像を作成することができます。3つ以上の画像を読み込んだ後、メインウィンドウの右にあるツールボタンの中にある“RGB”ボタン(  )を押します。すると、図 2.13 にある設定画面が現れるので、どの画像をどの色(R, G, B)に対応させるかを指定し、設定画面の左下にある“作成”ボタンを押します。例として、SDSS サーバから読み込んだかに星雲の J, H, K バンドの画像から作成した RGB 画像を図 2.14 に示します。



図 2.13: RGB 画像を作成するための設定画面

### 2.4.2 等高線図の作成

読み込んだ画像から等高線図を作成することができます。対象の画像を読み込んだ後、メインウィンドウの右にあるツールボタンの中にある“等高線”ボタン(  )を押します。すると、図

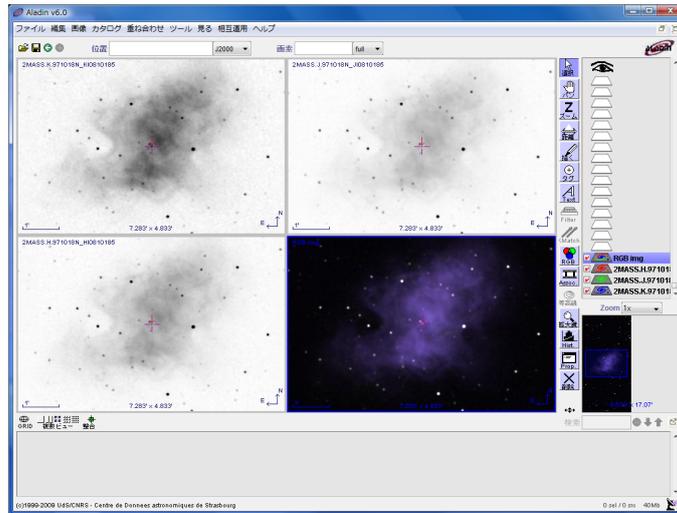


図 2.14: SDSS の J,K,H バンド 画像を重ねて作成した RGB 画像の例

2.15 にある設定画面が現れるので、等高線の本数、各等高線のレベルを白い三角 ( ) のスライダで指定する、など、パラメータを指定してから設定画面の左下のある“等高線を得る”ボタンを押します。例として、SDSS サーバから読み込んだかに星雲の J, H, K バンドの画像から作成した RGB 画像に重ね合わせた等高線図を図 2.16 に示します。



図 2.15: 等高線図を作成するための設定画面

### 2.4.3 画像表示色やコントラストの変更

画像を表示する時の色づけを様々な方法から選択したり、画像のコントラストを変更することができます。画像を読み込んだ後、メインウィンドウの右にあるツールボタンの中にある“Hist.”ボタン (  ) を押します。すると、図 2.17 にある設定画面が現れます。コントラストを変更するには、コントラストを決める伝達関数を log, Sqrt, Linear, Pow2 (二乗) から選択し、黒い三角 ( ) のスライダを動かして好みのコントラストに設定します。表示色の変更を行うには、カラーマップ

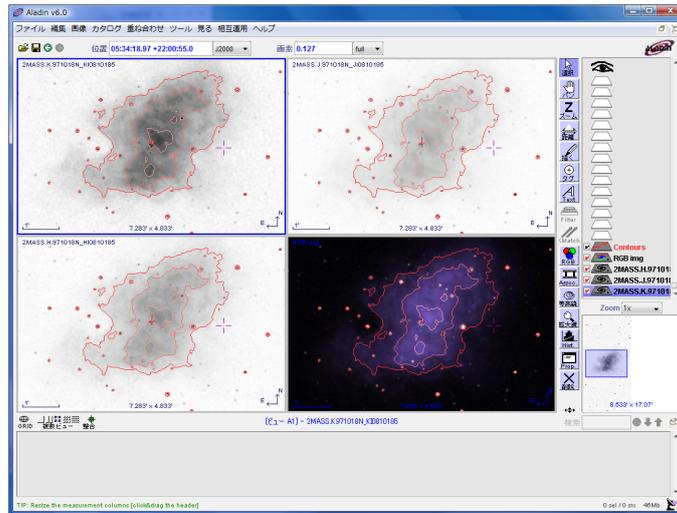


図 2.16: SDSS の J,K,H バンド画像と RGB 画像に重ね合わせた等高線図の例

にある方法 ( gray, BB, A, stern, rainbow, eosb, fire ) から選択します。例として, SDSS サーバから読み込んだかに星雲の可視画像をレインボウで表示した例を図 2.18 に示します。

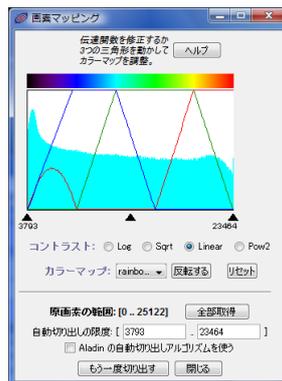


図 2.17: 画像の表示色やコントラストの設定画面

また, 画像のコントラストは, ビュー内でマウスを右クリックした状態で動かすことによっても変更することが可能です。

#### 2.4.4 画像の保存

Aladin が読み込んだり, 作成した画像やカタログをローカルに保存することが可能です。画像を保存するためには, メインウィンドウの“ファイル”をクリックすると出てくるメニュー( 図 2.19 )にある保存機能を利用します。画像は, BMP, JPEG, PNG, EPS, 及び, 他の天文用ソフトで利用するために FITS と VOTable フォーマットで保存することができます。

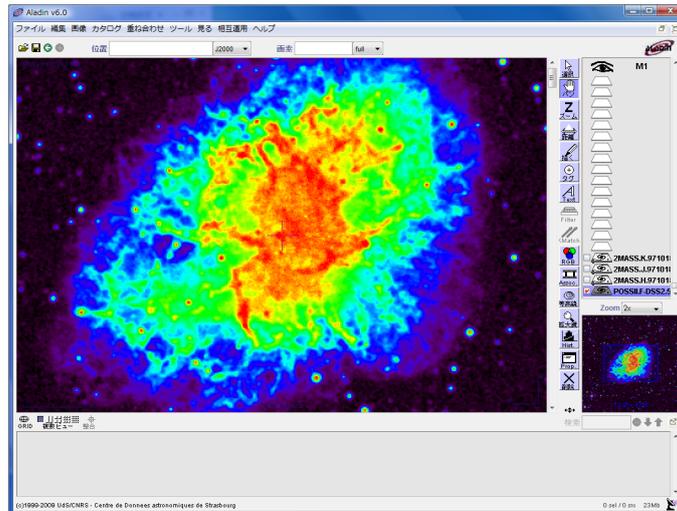


図 2.18: 表示方法をレインボウにして表示したかに星雲の画像

## 2.5 カタログ操作

本章では、Aladin が読み込んだカタログの操作について解説します。

### 2.5.1 カタログ (測定) ウィンドウ部の切り離しと復帰

Aladin のウィンドウを構成しているカタログデータ (測定データ) 表示部は、主ウィンドウから独立のウィンドウとして分離する、あるいは、分離したものを主ウィンドウに戻すことができます。カタログウィンドウを分離すると、そのウィンドウを拡大することができるので、以下に述べるカタログ操作を行う時に便利です。

この操作は、測定・カタログデータ表示部の右上にあるアイコン  をクリックすることによって行います。図 2.20 に主ウィンドウからカタログウィンドウを切り離した時の様子を示します。

### 2.5.2 カタログに新たな列を追加する

Aladin では、各サーバから取得したカタログ値を用いて計算するなどし、その結果を新しい列として追加することができます。この機能を利用すれば、例えば、カタログにまとめられている B バンド、V バンドの等級値の差、つまり、カラー (B-V) を求めて HR 図を作成する、といった作業が極めて容易に実行できます。

新しい列を追加するためには、カタログ・測定ウィンドウの最上部 (読み込んだカタログの列名などがグレーで表示されている) の一番左 (縦にボックスが並んでいる列の最上部) を右クリックします。すると、図 2.21 のメニューが現れるので、その中から “新しい列を追加” を選択します。

すると、新しい列として追加するためのメニュー (図 2.22) が現れるので、新しい列の名称、その内容の計算式などを入力し、一番したにある “新しい列を追加” をクリックすれば、カタログ・測定ウィンドウ内の一番右に新しい列が追加されます。

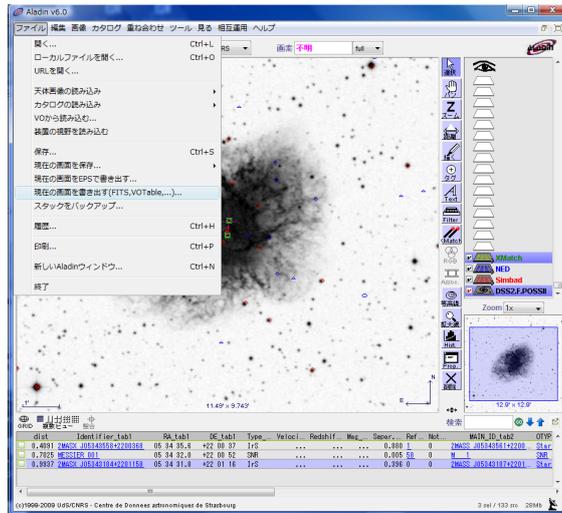


図 2.19: 画像を保存する機能の呼び出し

### 2.5.3 カタログデータの書き出し

Aladin では、カタログ・測定ウィンドウにある数値データをテキスト形式、CSV 形式などで書き出すことが可能です。この機能を利用すれば、自作のソフトなどに Aladin で得た結果を読み込ませるなどの独自の作業を継続することが可能です。

カタログ値などを外部に書き出すするためには、カタログ・測定ウィンドウの最上部（読み込んだカタログの列名などがグレーで表示されている）の一番左（縦にボックスが並んでいる列の最上部）を右クリックします。すると、図 2.21 のメニューが現れるので、その中から“コピー”を選択し、現れるメニュー（図 2.23）から書き出したい形式を選択します。“テキストエディタ用に全ての測定結果をコピー”や“エクセル用に全ての測定結果をコピー”を選択した場合、データはクリップボードに保存されています。

### 2.5.4 クロスマッチ

2つのカタログから、同一天体のデータを探し出して、その天体について両カタログのデータを含む新しいテーブルを作成するクロスマッチ処理を実行することができます。「同一」の判定基準は、不確定性も考慮した位置座標、ID（ID がついていれば）などを指定することもできます。

例として、Simbad と NED サーバから読み込んだかに星雲 (M1) 周辺のカタログデータ間のクロスマッチをする手順を以下に、またその結果を図 2.25 に示します。

- 2つのカタログを読み込む。(M1 周辺の Simbad カタログと、NED カタログ)
- メインウィンドウの右にあるツールボタンの中にある“XMatch”ボタン（二本のマッチ棒のアイコン  を押す（図 2.24）。
- 位置によるクロスマッチパネルで同一天体の条件を指定。(例では、座標で 4 秒以内)
- “クロスマッチを実行” ボタンを押すと、「同一」と判定された天体について、2つのカタログを結合 (JOIN) した新しいレコードが作成され、測定ウィンドウに表示される。

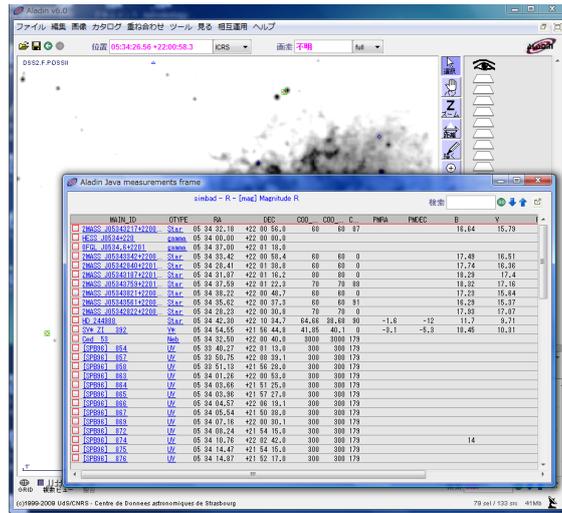


図 2.20: カタログ・測定ウィンドウを独立 ( 分離 ) させた状態



図 2.21: カタログ・測定ウィンドウの最上部を右クリックして出てくるメニュー

## 2.6 SAMP による他ツールとの連携

SAMP (Simple Application Messaging Protocol) は、IVOA で標準化された VO ツール間連携用のプロトコルです。Aladin も SAMP に対応しており、SAMP インターフェイスを持つ他のアプリケーションにデータを送ることができます。

SAMP アプリケーション間連携を行うためには、用いたい SAMP 対応アプリケーションを予め起動しておく必要があります。Aladin には、SPLAT と VOPlot を起動するためのメニューが備わっているので ( 図 2.26 )、このメニューから起動することもできます。

Aladin のメインウィンドウの右下にアンテナアイコン  がありますが、Aladin が SAMP を用いてアプリケーション連携を行える場合は、アンテナの右下に × 印がありません。連携ができない場合 ( Aladin が SAMP 用のハブを立ち上げていない ) 場合は、アンテナの右下に赤い × 印が現れています。

Aladin から SAMP 対応のアプリケーションにデータを送るためには、送りたいカタログデータに対応するスタック面を選択 ( カタログ名をクリックしておく ) 後、アンテナアイコンをクリックした時に現れるメニュー ( 図 2.27 ) で、“選択した画像面をブロードキャスト”を選択します。



図 2.22: 新しい列を追加するためのメニュー

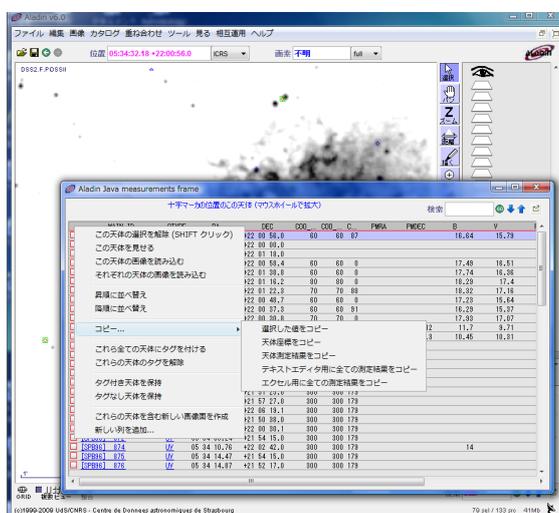


図 2.23: カタログデータを書き出すためのメニュー

### 2.6.1 スペクトルデータの SPLAT による表示

Aladin では、VO に接続されたサーバからスペクトルデータのサーチはできますが、その表示はできません。表示のためには、例えば、SAMP に対応したスペクトル表示ツールである SPLAT を利用します。SPLAT は、英国の Starkink プロジェクトで開発・保守されているスペクトル解析ツールで、詳しい情報は、<http://www.starlink.ac.uk/splat> にあります。

以下に、実際の使用例を示します(図 2.28)。これは、Aladin のメインメニューの“ツール”→“VO ツール”から SPLAT を起動した後、VO に接続されたスペクトルデータサーバからデータを読むために“SUBMIT”ボタンを押すと、自動的に SPLAT にデータが送られ、SPLAT が読み込んだデータ名をダブルクリックした画面になります。

### 2.6.2 カタログデータの VOPlot を用いた表示や操作

VOPlot は、インドの VO プロジェクトである VO-India が開発した Java で実装されたソフトウェアで、VOtable 形式のデータを読み込み、各種操作を行うためのツールです。VOPlot の詳細は、



図 2.24: クロスマッチ条件の設定画面

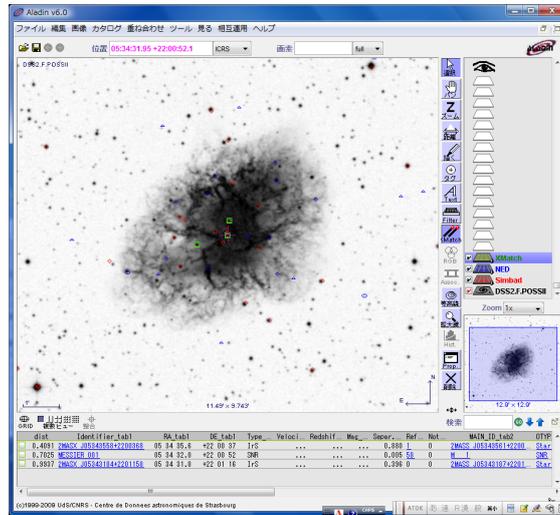


図 2.25: かに星雲周囲で Simbad と NED のカタログ間でクロスマッチ処理した結果

<http://vo.iucaa.ernet.in/~voi/voplot.htm>

にあります。また、日本語で書かれた簡単な解説が、

[http://jvo.nao.ac.jp/voss2006/JV02006SS\\_VOTOOLS\\_KAWANOMOTO.pdf](http://jvo.nao.ac.jp/voss2006/JV02006SS_VOTOOLS_KAWANOMOTO.pdf)

にありますので参照してください。

以下に、実際の使用例を示します(図 2.29)。これは、Aladin のメインメニューの“ツール”→“VO ツール”から VOPlot を起動した後、Aladin に読み込んだかに星雲周辺の Simbad カタログデータを選択し、SAMP 経由でブロードキャストした結果画面です。

Aladin のカタログ・測定ウィンドウでカタログデータを選択すると、VOPlot 側の対応するデータの表示色が変わることから、アプリケーション連携が行われていることが実感できるでしょう。

## 2.7 その他の機能

### 2.7.1 SExtractor の利用

SExtractor は、天文関係者間では有名な天体画像内の天体を検出するソフトウェアです。Aladin では、読み込んだ画像データをリモートサーバで稼働する SExtractor に送って天体検出を行い、そ

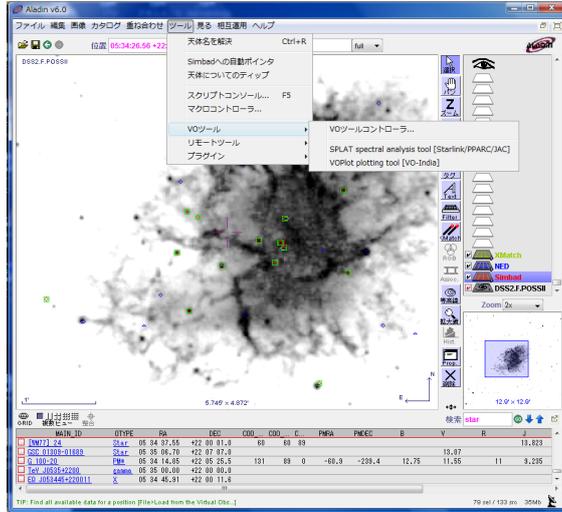


図 2.26: VO ツールを起動するためのメニュー

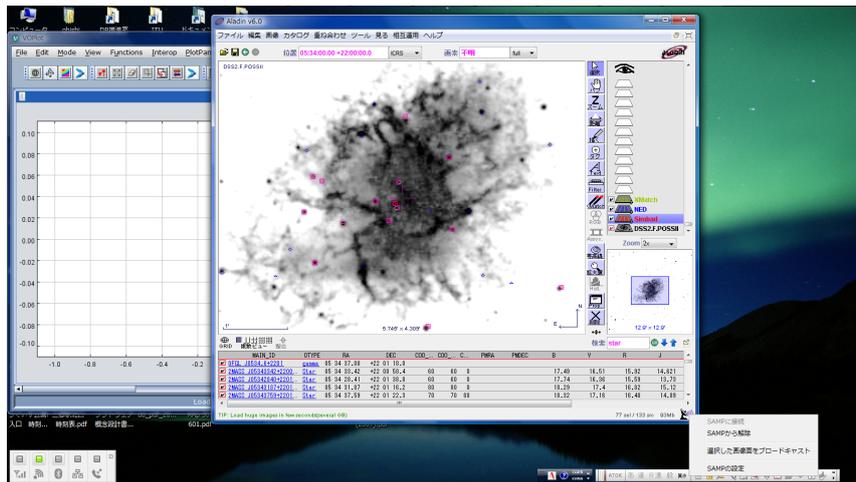


図 2.27: SAMP 連携のためのメニュー（右下に注目）

の結果を Aladin 側に表示することが可能です。使用法は簡単で、Aladin で画像を読み込んだ後に、“ツール”→“リモートツール”から SExtractor を選択するだけです。使用例を図 2.30 に示します。

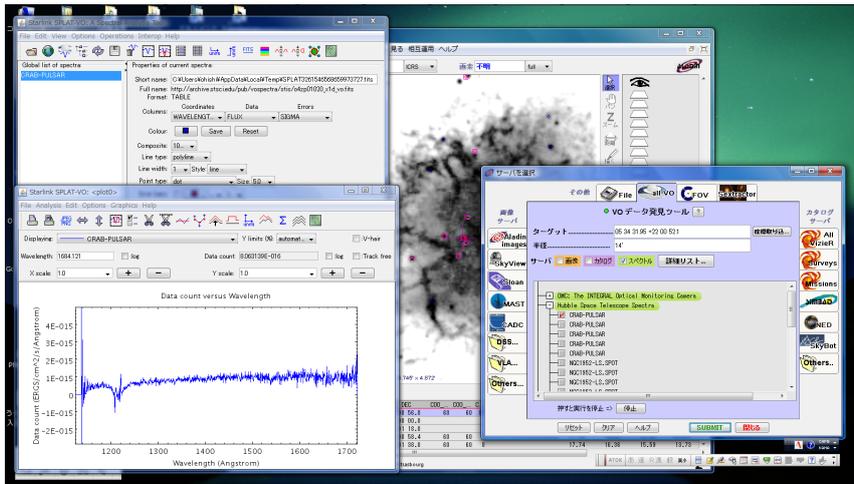


図 2.28: VO サーバからスペクトルデータを Aladin から呼び出し, SPLAT に表示した様子

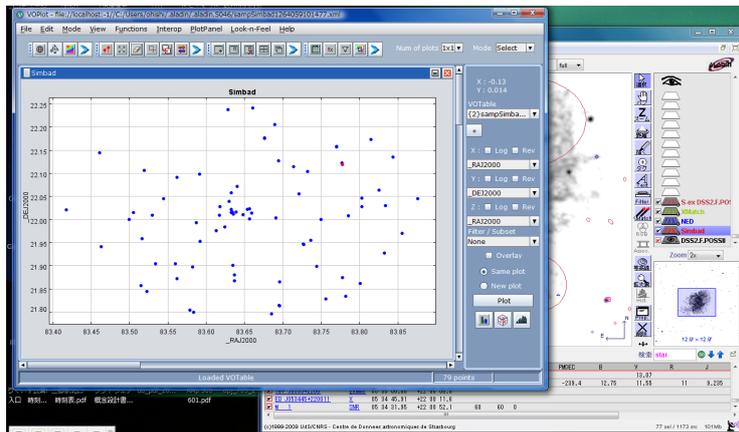


図 2.29: Aladin が読み込んだ Simbad カタログを, SAMP 経由で VOPlot に表示した様子

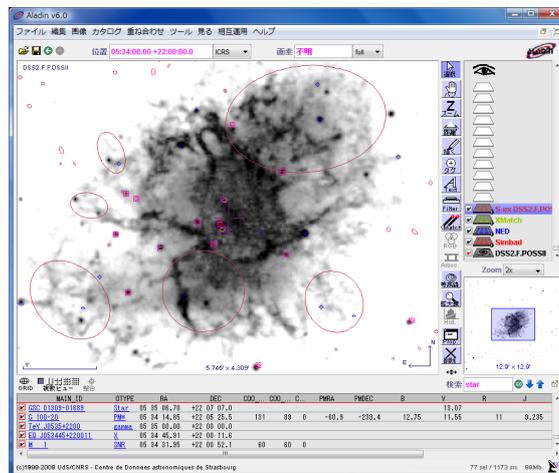


図 2.30: Aladin が読み込んだ天体画像からリモートの SExtractor を使って天体検出を行った結果

## 第3章 Specview <sup>1</sup>

### Specview とは

Specview は、STSCI(Space Telescope Science Institute) により開発されている、VO 上のスペクトルデータの表示、簡易解析ツールです。使い方の詳細は、Specview の Web page

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview)

にあるオンラインヘルプ、

<http://specview.stsci.edu/javahelp/Main.html>

に載っています。Specview のメニューバーにある Help ボタンからも、オンラインヘルプを見ることが出来ます。

スクリーンショットやチュートリアルもありますので、参考にしてください。

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview/examples](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview/examples)

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview/tutorial](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview/tutorial)

本テキストの記述は、Specview Version 2.15 に対応したものです。上記のオンラインヘルプの記述は、古いバージョンの Specview に対応している場合があります。

### 3.0.2 ダウンロードとインストール

Specview のダウンロードページ

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview/download](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview/download)

から、取得できます。インストーラ版 (version 2.15.1) は、安定版ではないようで、データのファイルが開けない場合がありますので、ZIP file か TAR file (version 2.15) を使用してください。

ダウンロードしたファイルを適当な場所に解凍します。吸収線のリスト (specview\_lines.jar)、スペクトルのライブラリ (specview\_standards.jar, specview\_kurucz.jar) 等もこのページに用意されていますので、必要に応じてダウンロードして、Specview をインストールしたのと同じディレクトリに入れてください。

Web ブラウザ上から web applet として使用することもできます。(起動にはかなり時間がかかります)

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview/applet\\_demo](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview/applet_demo)

version2.14.4 が起動するので、本テキストとは動作が異なる場合があります。対応ブラウザ、OS は、上記ページを確認してください。

---

<sup>1</sup>執筆:小宮悠

### 3.0.3 起動

ダウンロードし、解凍したファイルの中の、specview.jar ファイルをダブルクリックで起動します。



起動時に、「New version (2.15.1) of Specview is now available」とメッセージが出ますが、気にせず  とします。

起動しなかった場合、下記の方法を試してください。

- Windows

解凍したファイルの中にある、バッチファイル Specview.bat を編集します。「set spv=」に、解凍した Specview ファイルのあるディレクトリを、「set jhome=」に、JAVA の実行ファイルのあるディレクトリ (C:\Program Files\Java\jre<version>\ などの場合が多い) を指定します。バッチファイルをダブルクリックで起動。

- Mac/Unix

コマンドラインから、

```
${JAVA_HOME}/bin/java -jar <解凍したディレクトリ名>/specview.jar
```

として起動。\${JAVA\_HOME} は、Java 実行環境のあるディレクトリを指定してください。

コマンドラインから、オプションを指定して起動することもできます。書式は下記ようになります。オプションの内容は Specview の Help を参照してください。

```
java -jar specview.jar [-Ppreferencesfile] [-Xxunits] [-i] [...] ... [input_file_pathname | URL]
```

### 3.0.4 凡例

下記の文章で、 はボタン操作、TextBox:□ はテキストボックス、menu はメニューバーのボタン、tab はタブなどからの選択を表します。

## 3.1 データの検索/読み込み、保存

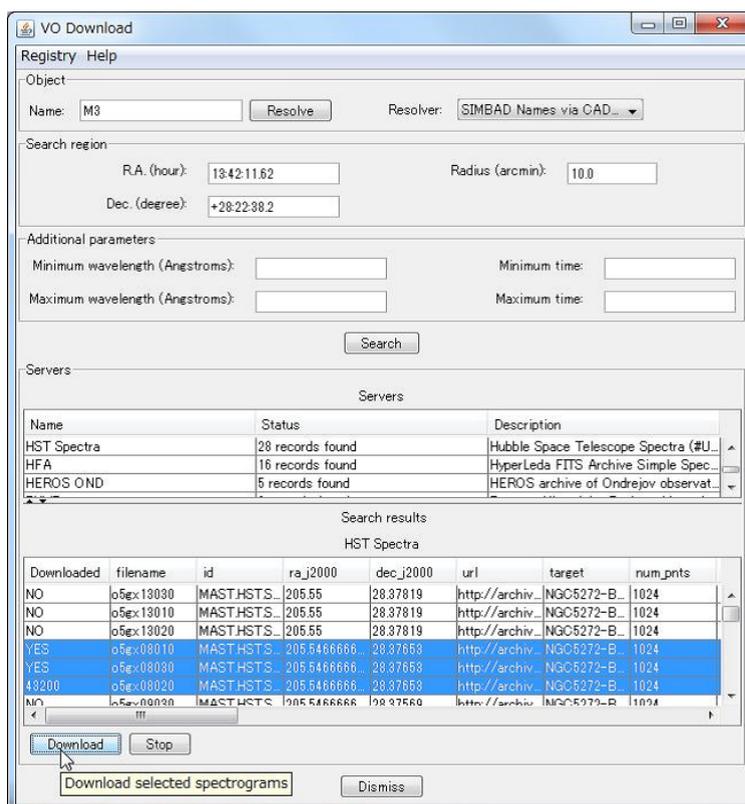
### 3.1.1 VOデータの取得

天体名または座標を指定し、VO上のデータを検索して、読み込むことができます。

File から、Read from VO を選択すると、Spectrograms in memory 画面と、VO Download 画面が開き、VO Download 画面で VO アクセスを行います。天体名を指定する場合は、Name:□ に天体名を入れ、Resolve を押すと(または Enter キーをたたくと)座標が取得されます。座標を指定する場合は、R.A. (hour):□, Dec. (degree):□ に直接座標を入力します(単位は時分秒・度分秒)。

Radius(arcmin):□ で検索半径を指定します。Additional parameters にあるボックスで、周波数の範囲、観測日時の範囲を指定することもできます。Search を押すと、レジストリに登録されている全ての VO サービスに対して検索が走ります。

ウィンドウ中段の Servers エリアに検索結果のテーブルが表示され、Status カラムに、各 VO サービスで何件のデータがヒットしたかが表示されます。このテーブル中の行をマウスで選択すると、下の Search results エリアに、そのサービスでの検索結果のファイルリストが表示されます。カラム名をクリックすると、そのカラムについてソートすることが出来ます。カラム名の境界線をドラッグすると、カラムの幅を変えられます。



このファイルリストから、データをマウスで選択してやり、Download を押すと、ダウンロードを開始します。複数のデータを選択し、一括でダウンロードすることも可能です。Ctrl キー押しながらクリックしていくと、複数のデータを選べます。Shift キーを押しながらだと、ある範囲のデータを指定できます。Downloaded のカラムに、ダウンロードの進行状況(取得したバイト数。完了したら「YES」)が表示されます。

ダウンロードされたデータは、Spectrograms in memory 画面に一覧表示されます。を押すと、各画面を閉じます（閉じるのに暫く時間がかかる場合があります）。取得したデータはメモリ上に在りますが、グラフとしてはすぐには表示されません。（表示方法は2章）

### 3.1.2 データファイルの読み込み

手元にあるデータを読み込む場合、File から、Read from file を選択すると、ファイルブラウザが開くので、ファイルを選択して  で、読み込みます。ファイル形式は、fits をはじめ、IUE NEWSIPS ファイル、テキストファイルなどを読むことができます。

### 3.1.3 File list からの読み込み

ファイル名のリストを作成し、複数のファイルを一度に読み込むことができます。リストは、1行に1件のデータファイルの full path を書いたテキストファイルで、拡張子を .txt としたものに限りません。リストに書くファイルは、ローカルのもので、URL を書いたものでも構いません。

File から、Read from file で、リストファイルを選択して読み込みます。この場合もグラフとしてはすぐには表示されません。

### 3.1.4 保存

スペクトルを保存するには、File から Save as \* で、スペクトルを fits, csv, text, VOTable 形式で保存することができます。File から Print to image file で画面の画像としての保存も可能です。

Line の測定結果 (3.5.2 章)、モデルフィットの結果 (3.6.4 章) なども保存することができます (方法は各章参照)。

### 3.1.5 印刷

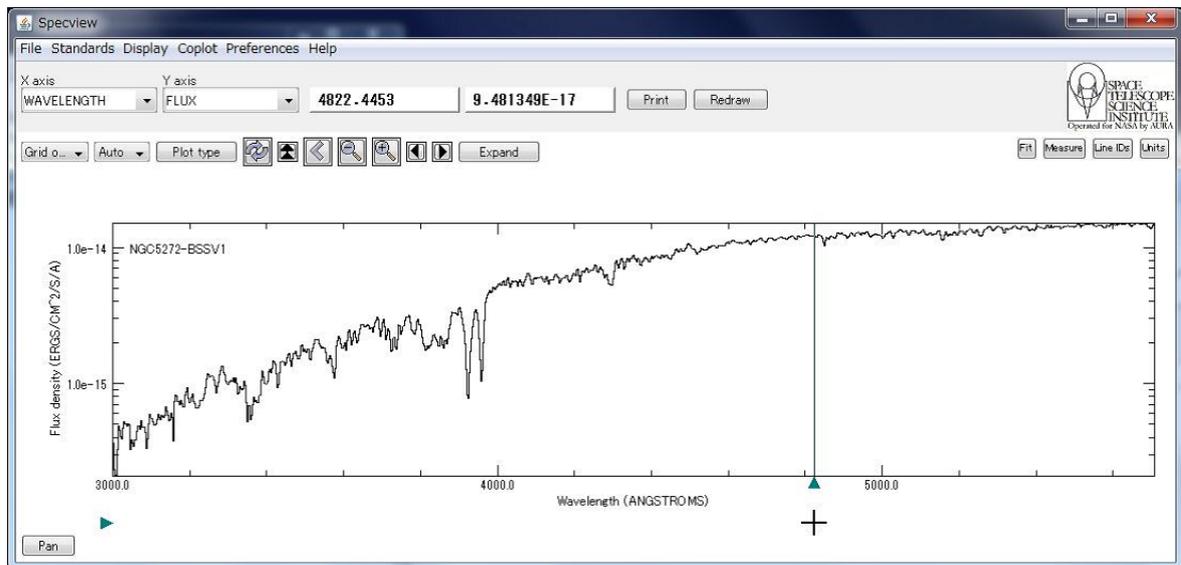
または File → Print main display で、画面を印刷できます。

## 3.2 スペクトルデータの表示

### 3.2.1 グラフの表示

方法 1

Display から、Display on primary window を選ぶと、メモリ上にあるファイルの一覧が現れます。見たいファイルを選択すると、メイン画面上にスペクトルが表示されます。Display on secondary window のほうから選択すると、新しい window を開いて、選んだスペクトルを表示します。



## 方法 2

Coplot から Coplot を選ぶと (または VO 検索を行うと) Spectrograms in memory 画面が開いて、メモリ上のファイルの一覧が現れます。ここから、見たいデータを選択して Plot/Coplot を押すと、グラフが表示されます。

この方法からは、複数のデータを同時に選択することが出来、その場合は 1 つのグラフ上で各データが異なる色で表示されます。この時、Spectrograms in memory のリスト中には Coplotted という名前で新しいデータが作られます。

また、複数のデータを選んで Tile を押すと、複数のグラフを並べて表示します。複数のデータを連結して一つのデータを作って表示することもできます (3.3 章参照)。

画面に表示されたグラフのデータ線上でマウスボタンをクリックすると、そのデータのファイル名を表示します。

上部のボックスには、カーソル位置の XY 座標が表示されます。

### 3.2.2 拡大・縮小

拡大・縮小は、下記の操作で出来ます。

- マウスで矩形領域を選択すると、その範囲を拡大。
- マウスのホイールを回す



また下記の操作で、X 軸方向のみ拡大できます。

- Shift キーを押しながらマウスのホイールを回転

- 

### 3.2.3 表示範囲変更

下記のような操作で、グラフの表示範囲の変更が出来ます。

-  表示範囲を左右に移動します。
- 座標で指定：
 

ポインタをグラフ画面の角付近に持っていくと、ポインタが手の形に変わります。ここで右クリックすると、角の座標を指定する画面が開きます。X @ this corner:  などに座標値を入力し、を押すと、グラフの表示範囲を変更できます。



スペクトル全体を表示する画面に戻します。



極端に外れたデータを除いた範囲の、スペクトル全体を表示します。Bad pixel の値を除いて見たい時などに使用します。



ひとつ前の画面に戻ります。

### 3.2.4 グラフの移動

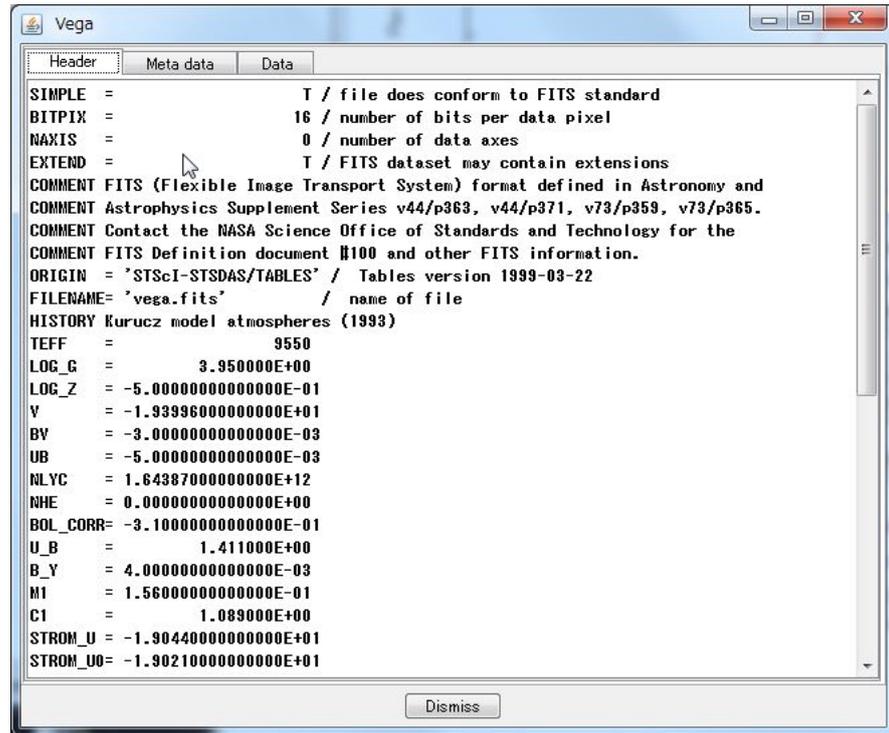
Shift キーを押しながら、グラフの線を drag & drop することで、スペクトルの値を動かして見ることが出来ます。ライブラリにある標準星データなどの場合は、Y 軸方向にシフトしてやることで、観測との比較が可能になります (4.1 章)。

### 3.2.5 単位変換

を押すと、使える単位の一覧が表示されます。ここから使いたい単位を選んで  すると、指定の単位でスペクトルが表示されます。

### 3.2.6 メタデータの表示, 数値データ

グラフのデータの線が表示されている辺りで右クリックすると、fits のヘッダーを表示する画面が現れます。ここで Metadata タブを選べば、メタデータが表示されます。また Data を選ぶと、スペクトルデータを数値で見ることが出来ます。



### 3.2.7 視線速度/Redshift の補正

グラフデータ付近を右クリックすると現れる Header を表示する画面で、Rad.vel./z タブを選ぶと、Or enter radial velocity / redshift:  に視線速度 (または赤方偏移) を入力してやる事が出来ます。(数値を入れた後「Enter」を押さないと入力されません。)

これを入力したうえで、メイン画面の X axis セレクトボックスで、Wavelength(Rest) を選ぶと、観測データの波長を静止系に換算したスペクトルが表示されます。

## 3.3 データの加工

Coplot で表示される Spectrograms in memory 画面で、加工したいスペクトルを選択して(複数選んでもよい)  を押すと、データ加工や、複数のスペクトルの結合のための、Processing pipeline 画面が起動します。タブから、下記の 5 つのステップの条件を指定していきます。

各ステップは、画面下部の Execute this query チェックボックスにチェックが入っている時のみ実行されます。デフォルトでは、Scale, offset, trim, Resample だけが実行されるようになっています。左下の Active steps: と書かれた横の数字で、実行される事になっているステップ番号が黒字で示されています。

- Scale, offset, trim

flux の定数倍 (Scale factor)、オフセット (Additive offset)、周波数範囲を指定して切り出し (Blue limit, Red limit) が出来ます。各セルをダブルクリックすると、セルの色が変わり値を変更できるようになります。数値を打ち込むこともできますし、メイン画面上で十字カーソルをクリックすると、その位置の値を入力することができます。

- Resample

分解能の異なるスペクトルを、Resamplingして、揃えます。Sampling interval of result:□で、サンプリング間隔 (Å/sample) が指定できます。デフォルトでは、選択されたファイルの分解能の小さいものにあわされています。

- Coadd

複数のデータを重ね合わせて、一つのデータにします。結合するデータは、同じスケールでresamplingされている必要があります。データに誤差が付いていれば、誤差の小ささで重みづけして足し合わせます (Use errors as weight チェックボックスで切り替え)。

- Rectify

スペクトルのベースラインを多項式で求めて、その成分を除いたスペクトルを作成します。この機能は、単一のデータ (または Coadd 後のデータ) に対してのみ有効です。baseline は、デフォルトでは、グラフの両端の領域を結んだ 1 次関数になっています。Auto-compute チェックボックスを外すと、baseline を変更できるようになります。その場合、画面に表示されているテーブル中の点を、画面下部の Polynomial order:□ で指定した次数の多項式でフィットします。点を追加するには、**Add range** を押してから、メイン画面のグラフ上で周波数範囲の上限・下限をクリックして指定すると、その範囲の flux を平均した値がテーブルに入力されます。**Add point** から、直接テーブルに値を入力することもできます。これらのテーブルの点を結んだ多項式が、baseline となります。

- Filter

フーリエ変換をしてローパス・フィルタ (Brault & White filter) を通して、ノイズ成分を除去します。この機能は、単一のデータ (または Coadd 後のデータ) に対してのみ有効です。また、Rectify 機能を通してから行うことが望ましいものです。

各ステップのパラメータを設定した後、**Execute** を押すと、プロセスが実行されます。メイン画面には、下に元のスペクトル、上に加工後のスペクトルが表示され、Spectrogram in memory 画面のリストに、加工された後のデータが「Processed」という名前で追加されます。

### 3.4 標準星/理論データとの比較

Standards から、テンプレート (理論モデル or 標準天体) のスペクトルのリストが表示されます。使いたいものを選ぶと、テンプレートが読み込まれ、グラフが表示されます。

specview\_standards.jar, specview\_kurucz.jar ファイルをダウンロードしておくと、全てのテンプレートが使えます (3.0.2 章参照)

#### 3.4.1 スペクトルの比較

観測データのグラフを表示しているメイン画面で、グラフデータの線をダブルクリックすると、読み込まれているデータのリストが表示されます。(テンプレートは事前に一度読み込んでおく必要があります。) リストから 1 つを選らんでやると、元のグラフに重ねて新たに選んだグラフが赤線が表示されます。テンプレートと観測の比較もできますし、観測データ同士の比較も出来ます。

読み込まれたテンプレートデータは、最初にダブルクリックした点の flux が同じになるように規格化されて出てきます。Shift キーを押しながら、マウスでテンプレートのグラフをドラッグすると、テンプレートの線を上下にシフトすることができます。

## 3.5 Line

### 3.5.1 Line data の表示

**Line IDs** を押すと、吸収線のリストが表示されます。表示されるのは Simple Line Access Protocol 形式で公開されているデータです。使える吸収線カタログの種類がタブで表示され、各カタログ中の吸収線データがテーブルで示されています。テーブルのカラム名をクリックすると、そのカラムでソートされます。

Stellar, Nebula などのリストは予めデータが入っていますが、その他の ILLSS 等のリストは、specview.lines.jar ファイルをダウンロードしておかないと、表示されません。その場合、画面に **Download** ボタンが表示されるので、これを押すとリストを取得できます。

表示したい line を、テーブルからマウスで選択します。Shift キーや Ctrl キーを使うことで複数の line を選ぶこともできます。全ての line を表示する場合は、**Select all** を使います。**Draw** を押すと、選んだ line がグラフ上に表示されます。黒枠のセレクトボックスから、表示の色を選べます。

**Add set** で、line list のセットをもう一つ作る事が出来ます。この機能を使って、各セットから line を選ぶことで、例えば「Fe の line は黒で表示して、Ca の line は赤で表示する」といったことができます。

この画面で **File** から Save as でファイル名を指定すると、選んだ line のリストをテキストファイルとして保存することが出来ます。

グラフ上で line 名が表示される位置は、drag & drop により上下に動かせます。line の名前の部分をクリックすると、表示名を変えることが出来ます。

Line IDs の画面は、line を表示させたら **Dismiss** がウインドウの閉じるボタンから閉じましょう。開きっぱなしだと、以下の測定 **Measure** やフィッティング **Fit** のボタンが使えなくなります。

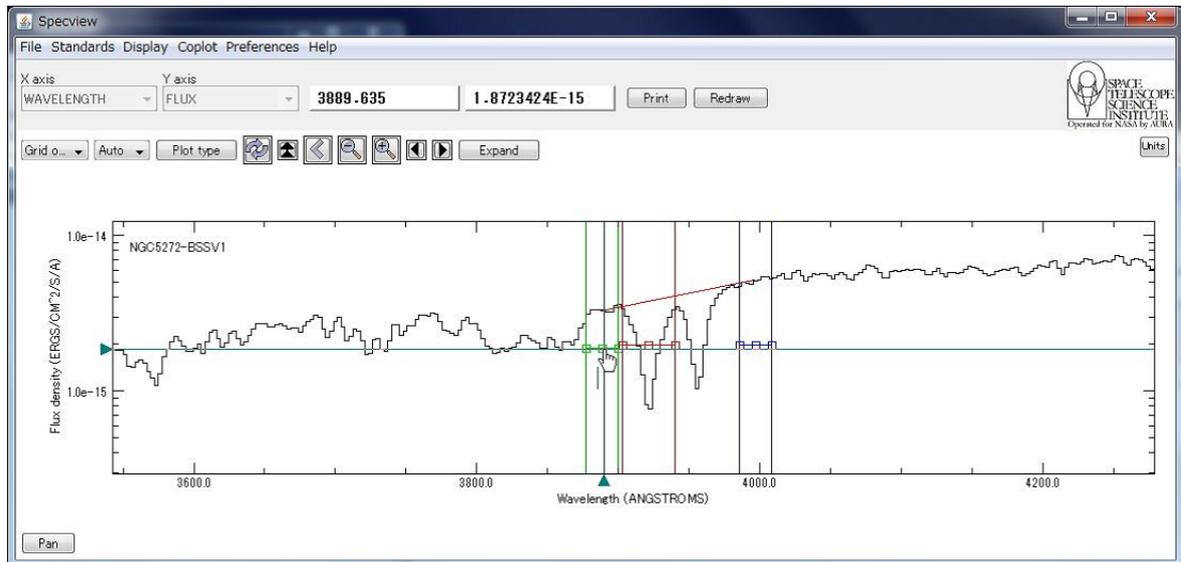
### 3.5.2 Line の測定

**Measure** を押すと、測定画面が起動し、グラフ上には赤・青・緑の線が表示されます。グラフ上の赤線で測定する (line のあるべき) 領域を、青・緑の線で連続波成分を指定するための領域を示しています。青の領域の平均 flux と緑の領域の平均 flux を直線で結んだものを、連続波成分とみなし、それが斜めの赤線で示されます。

画面の線上の赤・青・緑の小さな四角 ( ) をドラッグすることで、各領域の位置 (中央の )・幅 (線上の ) を動かして、測りたい line にある場所に持っていきます。中央の を動かすと左右の線も同時に動くようになっています。ですからマウスで位置を合わせる際は、まず赤の中央の位置を設定し、それから青・緑の中央、その後で幅を決めるとよいでしょう。 からずれた場所をド

ラッグしてしまうと、その範囲を拡大表示してしまうので注意しましょう。その場合は、 で前の画面に戻れます。

測定画面で、Setting タブを選び、Regions defined by wavelength limit にチェックを入れると、各領域の位置・幅を数値で指定することもできます。チェックを入れた際にエラーメッセージが出る場合がありますが、気にしないでよいです。



選んだ領域の line のフラックス、等価幅、周波数などが自動的に計算されて、測定画面の Measurements に表示されます。元のデータに誤差が与えられていた場合、測定値の誤差が Error カラムに与えられます。赤線で選ばれた幅内の、積分強度・等価幅が Net flux, Eq.width に示されています。Continuum 1, 2 には、それぞれ緑、青の領域の Flux の平均値、Error には標準偏差が示されています。

Processed: http://archive.stsci.edu/pub/vospectra...

Measurements			
Quantity	Value	Error	Units
Net flux	-6.44958E-14		erg/s/cm2
Eqwidth	16.64944		Angstrom
Flux weight_positi...	3922.40128		Angstrom
Extremum position	3922.26811		Angstrom
RV (flux w.)			km/s
RV (extremum)			km/s
RV (handle)			km/s
Total flux	7.94061E-14		erg/s/cm2
Avg. flux density	2.18091E-15		erg/s/cm2/Angstr...
Handle position	3920.72330		Angstrom
Handle value	1.99427E-15		erg/s/cm2/Angstr...
Lower limit	3902.52531		Angstrom
Upper limit	3939.67953		Angstrom
Number of bins	14.0		
Continuum 1	3.29407E-15	2.45364E-16	erg/s/cm2/Angstr...
Cont.1 lower limit	3876.74434		Angstrom
Cont.1 upper limit	3899.49232		Angstrom
Cont. 1 handle pos.	3888.11858		Angstrom
Cont. 1 handle val...	1.90210E-15		erg/s/cm2/Angstr...
Continuum 2	5.16370E-15	2.44303E-16	erg/s/cm2/Angstr...
Cont.2 lower limit	3985.17448		Angstrom
Cont.2 upper limit	4007.92196		Angstrom
Cont. 2 handle pos.	3996.54822		Angstrom
Cont. 2 handle val...	1.99427E-15		erg/s/cm2/Angstr...

Record Dismiss

### 3.5.3 視線速度測定

測定画面で、FeatureID タブを選び、測定している line の静止系での周波数を、RestWavelength:□ に記入します (入力後に Enter キーを押すこと)。

Measurements タブに戻ると、RV の場所に、視線速度が表示されています。

RV(flux w.) が、吸収強度で重みづけした周波数から出した視線速度、RV(extremum) はピーク周波数から、RV(handle) は、赤線の の位置の周波数から出した視線速度になります。

視線速度を補正したスペクトルは 3.2.7 章の方法で表示できます。

### 3.5.4 記録・保存

Record ボタンで、現在表示されている line 測定結果を記録することができます。記録された測定結果は、Output で、表として見ることができます。

測定画面から File → Save as で、この表を VOTable 形式で保存することができます。保存したファイルは再読み込みができますし、VOTable が読める他のツールで読み込むこともできます。

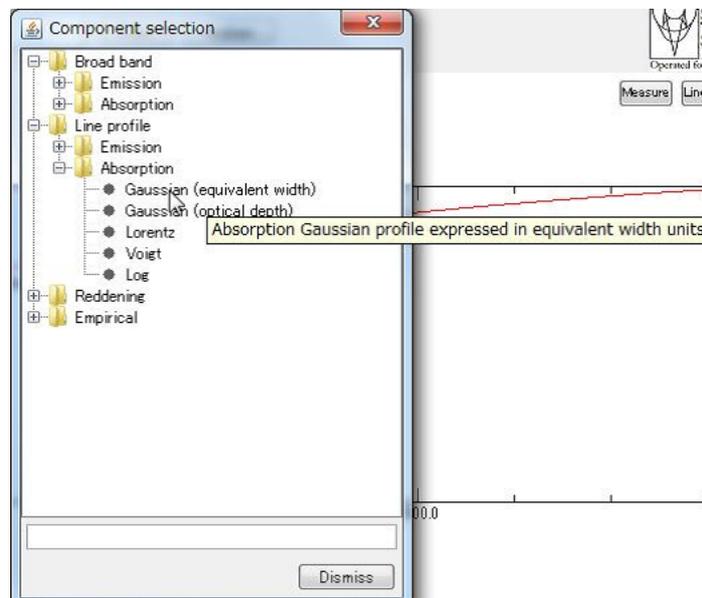
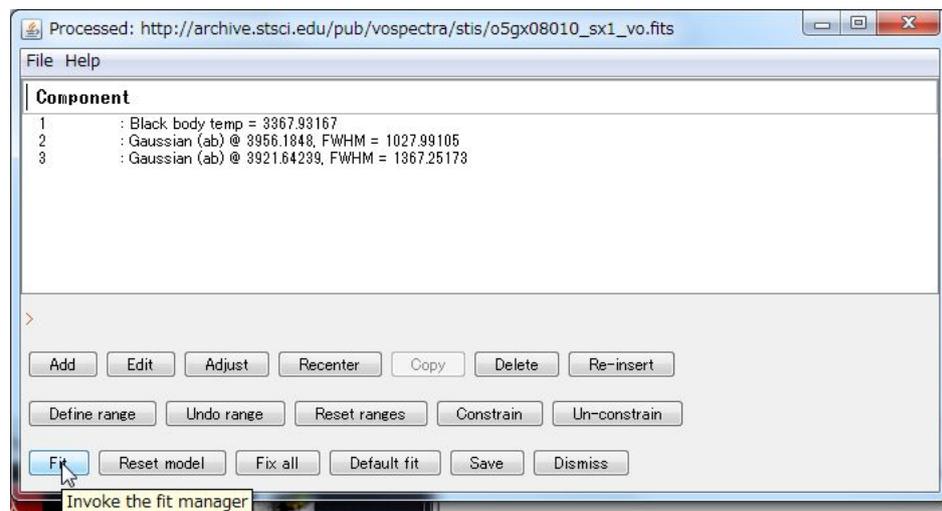
## 3.6 Fitting

Fit を押すと、fitting のためのモデルマネージャー画面が起動します。フィッティングは最小自乗法で行われます。

Specview はスペクトル成分のライブラリを持っており、これを組み合わせてモデルスペクトルを作る事が出来ます。ライブラリには、連続波成分 ( power law, broken power law, blackbody, etc. ), Line ( Gaussian, Lorentzian などの emission, absorption ), 星間吸収の成分があります。

### 3.6.1 モデルの構成

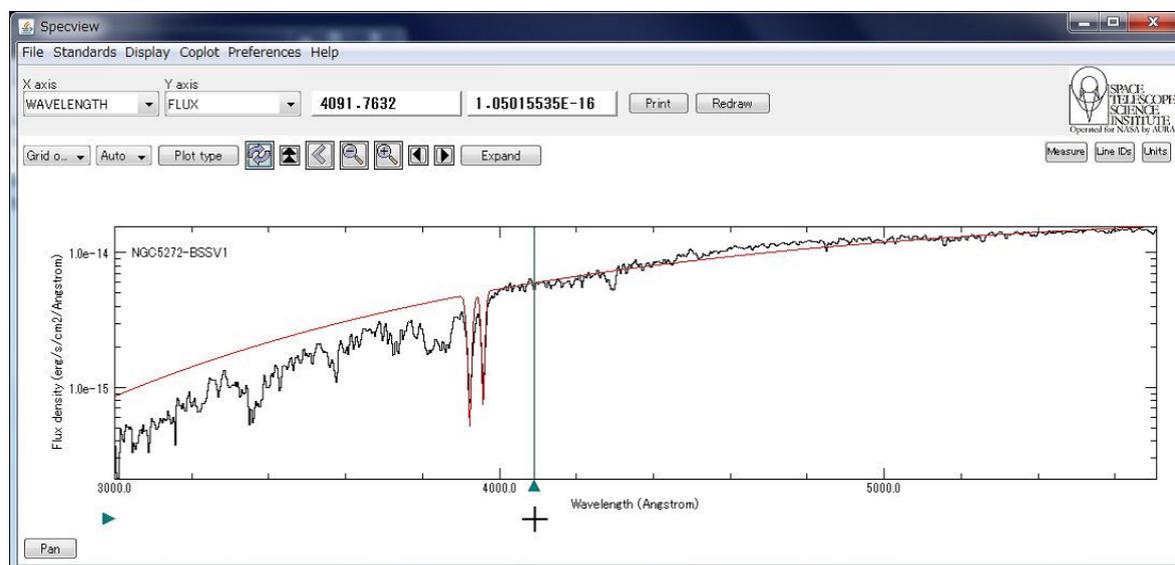
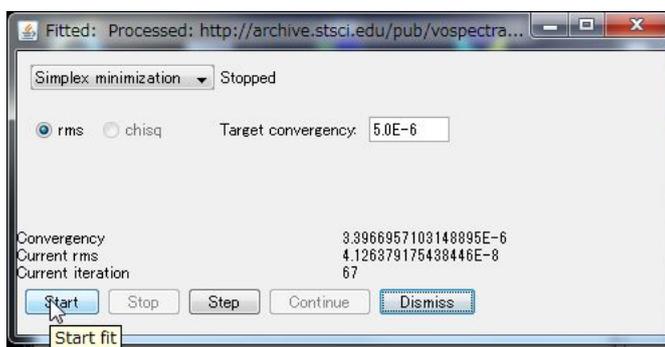
Component 以下に成分のリストを作っていきます。デフォルトでは、多項式となっています。  
 [Add] を押すと、Component selection 画面が開き、ライブラリにある成分の一覧が表示されます。欲しい成分をクリックすると、Component リストに追加されます。グラフ上では現在の Fitting spectrum が赤線で表示されます。[Delete], [Re-insert] で、成分の除去、再追加ができます。



## 成分パラメータの設定

連続波の強度、Line の周波数などパラメータは、デフォルトは現在表示されている画面の場所に合わせて自動的に決められますが、変更することもできます。画面上で、領域を選択し、Component リストに表示されている成分を選んで、**Adjust** とすると、その時表示されている領域の値に合わせてパラメータが変更されます。Line については、Component リストから選んで **Recenter** を押し、画面上で line のある場所をクリックしてやると、その周波数に移動します。

**Edit** を押すと、その成分の名前とパラメータリストが表示されます。ここでパラメータ値を編集して、Return キーか **Apply** を押すと変更が適用されます。Fit チェックボックスにチェックが入っている場合、後でそのパラメータを fitting できます。チェックを外せば固定値になります。例えば吸収線では、周波数は固定で幅、深さを fit する、といったことができます。



構成成分を入れ終わったら、**Fit** ボタンを押して、Fitting 画面を開き、**Start** を押すと、fitting が開始されます。

## Polynomial 成分についての注意

連続波成分として、Polynomial を指定することができます。Specview での “Polynomial” は、通常の「多項式」での fitting ではなく、ルジャンドル陪多項式によるものです。これを用いる場

合、3.6.3 章の方法で周波数領域を指定する必要があり、各範囲の平均値をルジャンドル陪多項式で fit します。n 次の fit をする場合には、最低 n+1 個の領域を指定しておく必要があります。

### 3.6.2 成分間の関係の指定

例えば同じ元素による 2 つの吸収線の場合など、2 つの成分のパラメータの比を固定したい場合があります。そのような場合に使うのが、**Constrain** です。Component にある一つの成分を選んでからこのボタンを押して、もう一つの成分を選ぶと、第 1 成分のパラメータは、第 2 成分との比で指定されるようになります。

**Edit** で値を指定するときは、2 成分間の比で指定することになります (青字で表示される)。Fit チェックボックスを外せば、fitting のときには比を fit させることになります。

関係を解除するときは **Un-constrain** を使います。

### 3.6.3 周波数範囲指定

Fitting する周波数範囲を指定することが出来ます。**Define range** を押して、表示されているグラフ上で周波数の下限と上限をマウスで指定すると、周波数範囲が指定されます。範囲は複数指定でき、重複している場合は Fitting の際は 2 重に計算されます。**Undo range** で直前に指定された範囲を、**Reset ranges** で全ての周波数範囲を消去します。範囲が指定されている場合、範囲の外にある line の成分は、fitting に使用されなくなります。使われない成分は、Component リスト中で薄い字で表示されるようになります。

### 3.6.4 保存

Fitting 画面の **Save** または **File** → Weite to file で、fit したパラメータを .cdb 形式で保存できます。保存したデータは **File** → Read from file でまた読み込むことができます。

**File** → Weite to text file だと、テキストファイルに出力され、こちらは再読み込みできません。

## 第4章 VOSpec <sup>1</sup>

### Introduction

VOSpec は、VO 上にあるスペクトルデータを扱うために ESA が開発したツールで、  
<http://www.sciops.esa.int/index.php?project=ESAV0&page=vospec>  
から入手できます。起動には java が動く環境が必要です。上記ページで、VOSpec applet をクリッ  
クするか、WebStart を実行れば、VOSpec が起動します。あるいは、  
<http://esavo.esac.esa.int/vospec>  
に接続すれば、上記の applet が起動します。WebStart のファイルをダウンロードして、一度起動  
しておけば、ローカルで起動することもできます。

マニュアルは

<http://esavo.esac.esa.int/VOSpecManual/>  
にあります。VOSpec を起動して、メニューから Help>How to を選択するとこのページが表示さ  
れます。

以下のサイトにある使用例も参考にしてください。

<http://www.sciops.esa.int/index.php?project=ESAV0&page=vorecipes>  
[http://www.sciops.esa.int/SD/ESAV0/images/VOSpec/VOSpecV5\\_ABAur\\_flash.htm](http://www.sciops.esa.int/SD/ESAV0/images/VOSpec/VOSpecV5_ABAur_flash.htm)

本テキストは、VOSpec version 6.0 に対応したものです。

### 4.0.5 凡例

下記の文章で、 はボタン操作、 はテキストボックス、menu はメニューバー  
のボタン、tab はタブなどからの選択を表します。

## 4.1 スペクトルの検索・表示

### 4.1.1 観測データの検索

Taget: に天体名を指定、もしくは Ra:Dec: に座標を指定して、Size: に検索半径を入力  
します。( Size の単位は度 ) 表記は、度や度分秒 (DD:MM:SS.SSS) でも時分秒 (DDh:MM:SS.SSS)  
でもかまいません。Size に 2 つの数値を入れると、RA,Dec それぞれの方向の範囲を指定するこ  
ともできます。

ボタンを押すと、Server Selector 画面が表示されます。観測データの検索対象は SSA(Simple  
Spectra Access) 形式の VO サービスです。全ての SSA サービスを対象に検索する場合は、下の  
select all SSA チェックボックスをチェックします。

<sup>1</sup>執筆:小宮悠

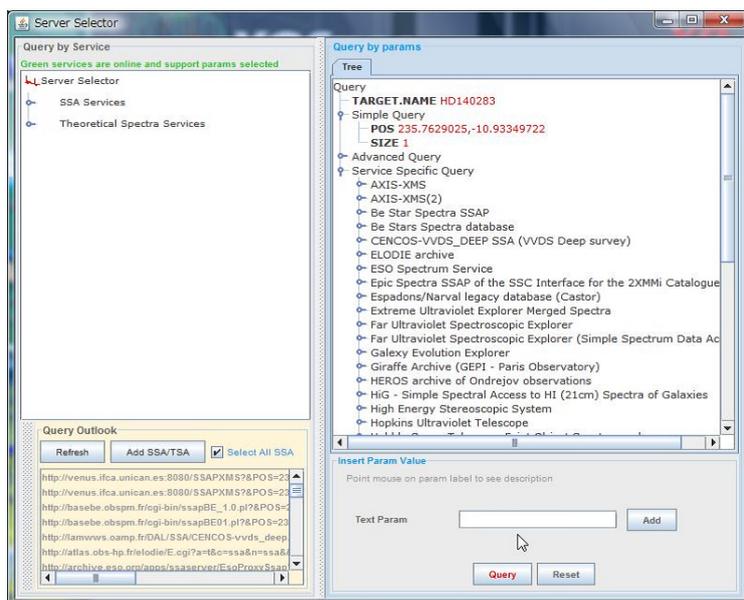


図 4.1: target:HD140283、全サービス検索する場合

検索したいサービスを指定する場合は、SSA Services 以下ツリーを開くと表示されるサービス一覧から、チェックボックスで指定します。緑の字で表示されているサービスが、現在検索可能なサービスです。

さらにパラメータを指定しての検索もできます。右に表示されたツリーからサービスを選択し、Insert Param Value エリアのテキストボックスに値を入力して、**Add** ボタンで指定されます。**Query** ボタンで検索を開始します。

## モデルスペクトルの取得

登録されているモデルスペクトルのデータも取得可能です。Server Selector 画面の Theoretical Spectra Services から、希望のモデルを選択し、観測データの場合と同様にしてデータを検索・取得できます。

### 4.1.2 データの取得・表示

メイン画面に、テーブル表示か、ツリー表示かで、データが存在したサービスのリストが表示されます。( ,  ボタンで表示方法を選択 ) Spectra list エリアの上の  ボタンで、データリストとグラフの表示サイズを変更できます。

表示したいサービスの先頭のチェックボックス(テーブル表示では To retrieve カラム)をチェックして、**RETRIEVE** ボタンを押すと、スペクトルデータのダウンロードを開始します。

画面左下 Graphc Mode エリアに、ダウンロードされたスペクトルが一覧表示されているので、チェックボックスで選択して **View** ボタンを押すと、チェックしたデータのみを表示します。色のボタンを押すと、その色に対応するデータのみをプロットして、Spectra list 中で当該データを

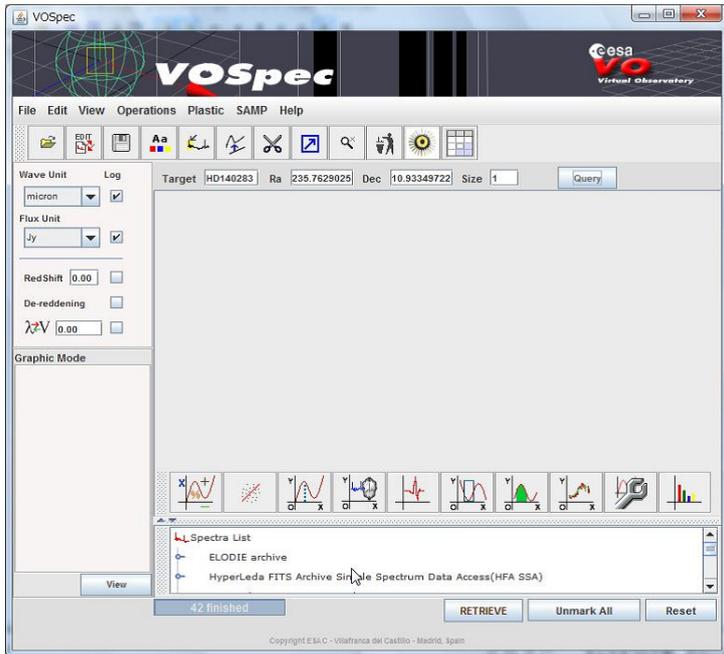


図 4.2: 検索中

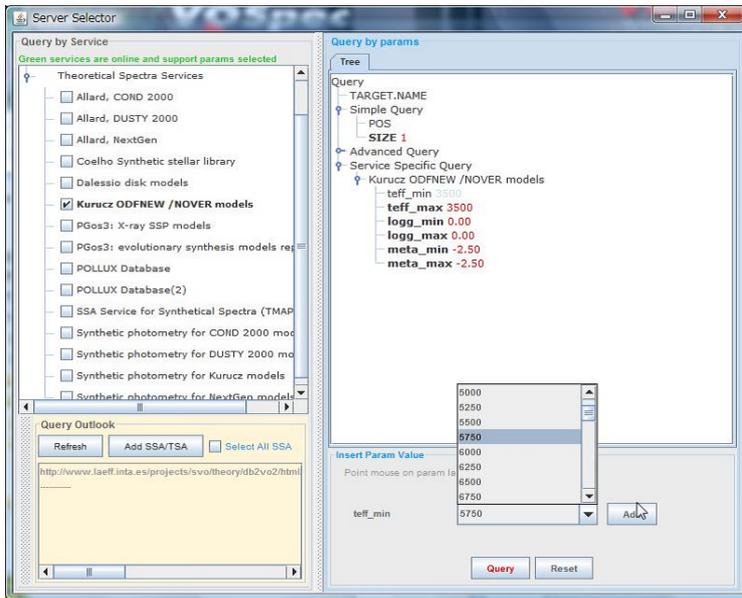


図 4.3: Kurucz ODFNEW/NOVAE models の理論値の取得

表示します。 デフォルトで Points と表示されている所から、表示形式 (Dot, Linew, ...) を選択できます。

グラフ画面上をドラッグして矩形領域を指定すると、その領域を拡大表示でき、 ボタンで元に戻ります。

 ボタンで、取得・表示した全データを白紙に戻します。

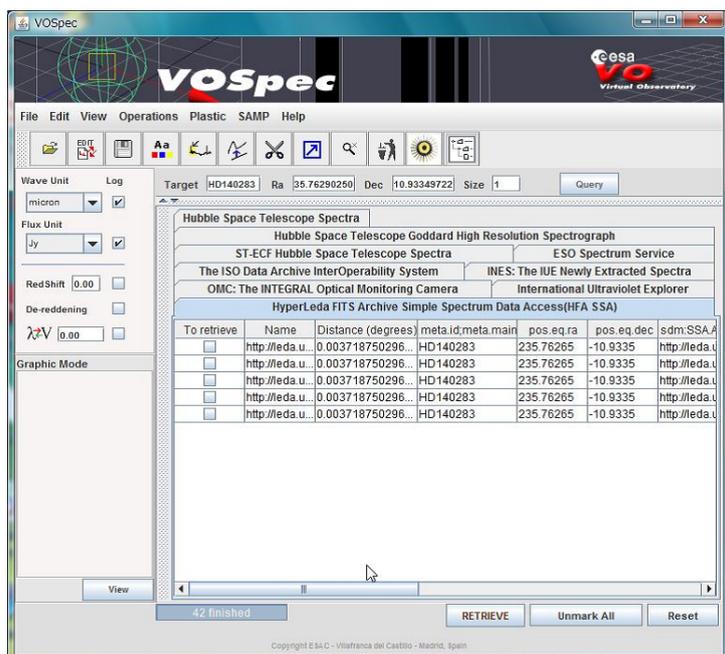


図 4.4: スペクトルリストから、取得するデータを選択

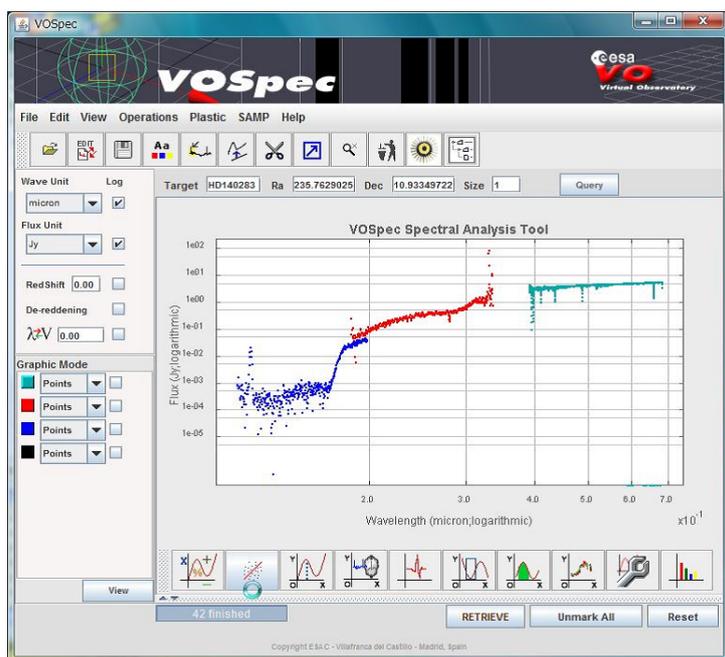


図 4.5: HyperLeda, INES のデータを取得し、拡大表示

#### 注意

新たな座標を入れて検索をやり直すと、前に検索したデータは消えてしまいます。複数の天体のスペクトルを同時に見ることはできません。

### 4.1.3 ローカルファイルの読み込み

 ボタンからファイルリストを表示して、ファイルを選択。Edit Spectra 画面が表示されるので、Spectral Coordinate に波長 (周波数) の、Flux Coordinate にフラックスの単位等を指定します。Accept で読み込みます。FITS、VOTable 形式のファイルを読み込むことができます。

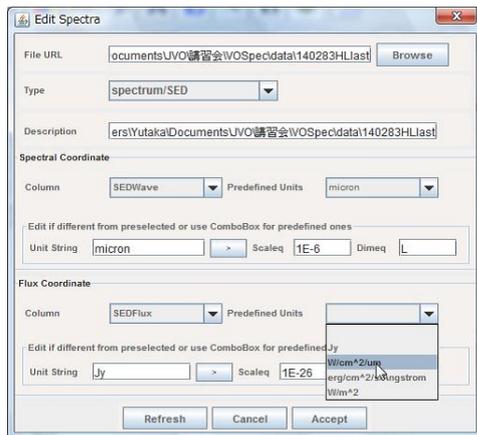


図 4.6: ローカルマシン上のデータの読み込み

### 4.1.4 保存

 ボタンから、グラフを画像として、またはスペクトルを VOTable 形式で保存できます。複数のスペクトルデータを表示していた場合も、1 個のスペクトルとして保存されます。

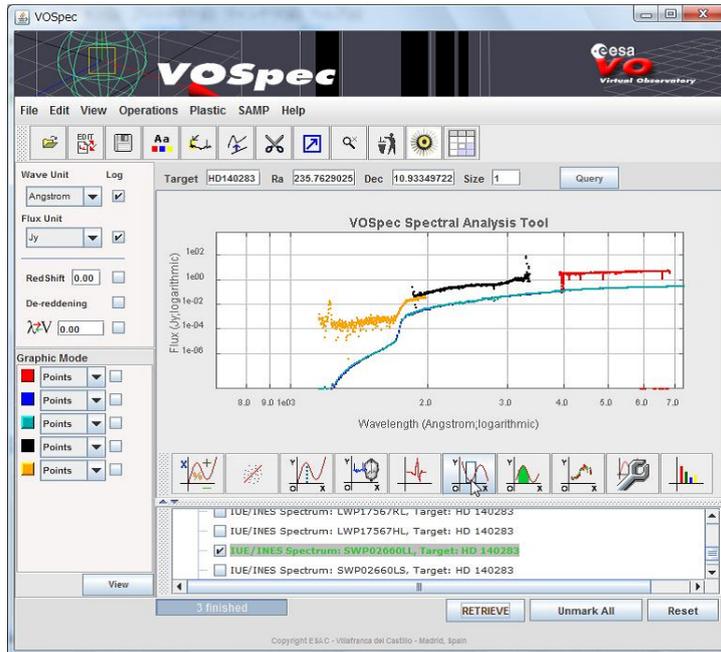


図 4.7: HD140283 の観測値 (黄, 黒, 赤) と、Kurucz モデルの値 (青.  $T = 5750$ ,  $\log g = 3.5$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.5$  のモデル)。

## 4.2 スペクトルの操作



ボタンで、

- 同じ波長域に複数のデータがある場合に平均値をとる
- Re-binning する
- 値がゼロ・負の点を除く

といった操作ができます。

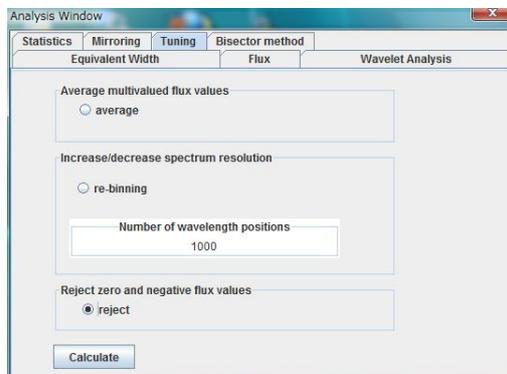


図 4.8: フラックスデータが 0 の点を除く



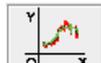
ボタンで、現在表示されている範囲のデータのみを切り出すことができます。操作後のスペクトルは、Spectra list に新たなスペクトルとして追加されます。



データの計算（フラックスの足し算、引き算 etc.）ができます。



表示されている範囲の積分強度を計算します。



ノイズを除去するため、データにフィルターをかけて、なめらかなスペクトルにすることができます。



ウェーブレット変換ができます。

#### 4.2.1 normalization

モデルデータを読み込んだ場合、モデルスペクトルの全体を観測値に合うように normalize して表示させることができます。 を押してから、グラフ上で観測値のデータの場所をクリックすると、モデルスペクトルを、その場所での観測値に合うように上下させて、normalize したグラフが表示されます。

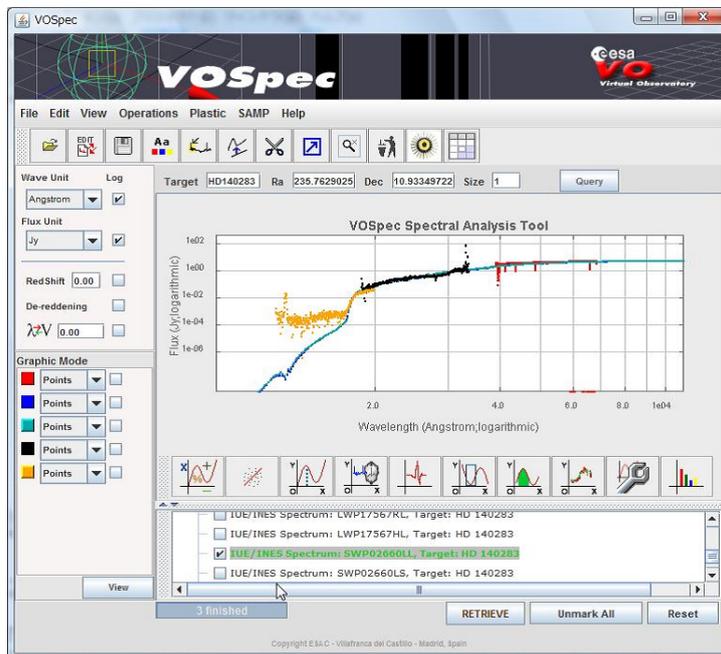


図 4.9: 図 4.1.4 のモデル値を、観測値にあわせて normalization したグラフ

## 4.3 fitting

 黒体放射、ガウシアン、多項式 などのフィットができます。また、モデルを用いた fitting も可能で、登録されているスペクトルモデルに対して、自動的に最適パラメータを探して fitting します。

### 4.3.1 fitting

 ボタンを押すと、Fitting Window が表示されます。関数形がタブで表示されるので、使うものを選びます。例えば、Blackbody でフィットする場合は、fitting の初期値となる温度を入力し、**Guess Temperature** ボタンを押すと、fitting を開始します。

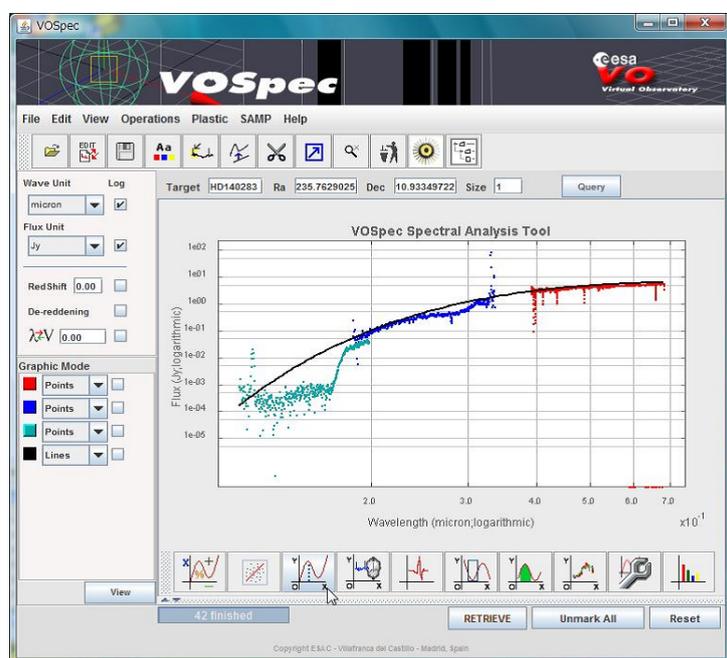


図 4.10: black body fit の結果。温度 6555.7K

**Generate** ボタンを押すと結果がグラフ上に表示されます。fitting 結果も Spectra list に追加されます。

### 4.3.2 モデルでの fitting

Fitting Window から、TSAPbestfit タブを選択し、使用するモデルを選択して、**initiate** ボタンをクリックします。パラメータの初期値を指定する画面が出ますので、値を入れます。(星の大気モデルの場合、 $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}]$  (有効温度、表面重力、金属量) など。)画面上、パラメータの minimum と maximum を指定するような表示が出てきますが、同じ値しか指定できません。**start** ボタンで fitting を開始します。fitting には時間がかかるので気長に待ちましょう。初期値で指定した以外で、よりフィットするモデルパラメータがあれば表示されていきます。

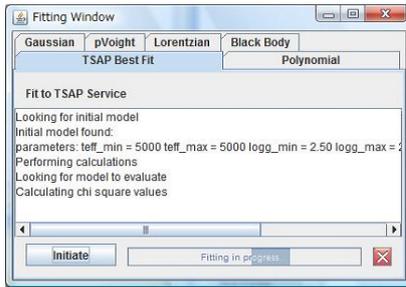


図 4.11: Kurucz ODFNEW/NOVAE models による HD140283 のスペクトルのモデルフィット。fitting 中の画面。

さきほどの HD140283 のデータの fitting 結果は図 4.12 のようになり、best fit パラメータは、 $T_{\text{eff}} = 5250$ ,  $\log g = 4.5$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.5$  となりました。(ちなみに、Lambert et al.(2002) によれば、 $T_{\text{eff}} = 5777$ ,  $\log g = 3.74$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.4$  だそうです。)

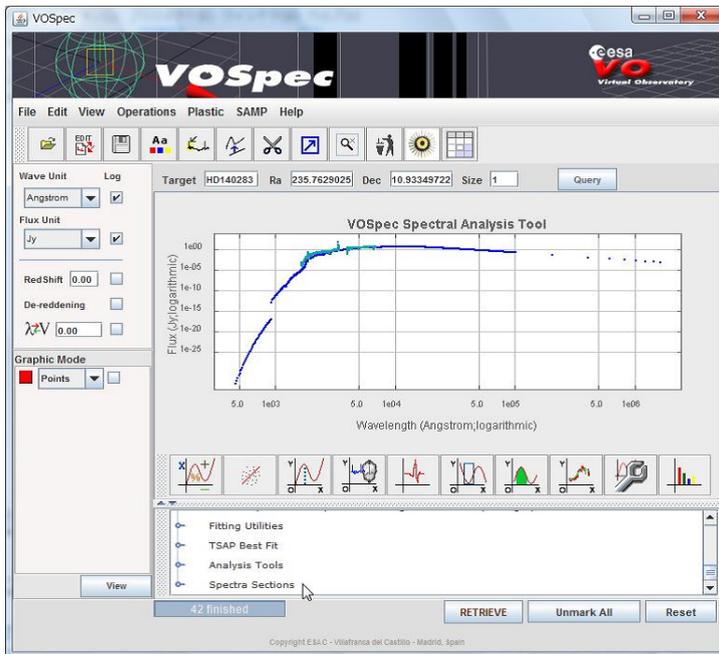
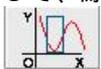


図 4.12: fitting した結果出てきた best fit model

## 4.4 Line

まず、line 部分を選択して、図 4.13 のように拡大表示しておきます。Graphic mode を、「Line」にして、線で表示させています。



または、Operations > Equivalent Width

で、AnalysisWindow が起動し、calculate ボタンを押すと、自動で等価幅を算出します。

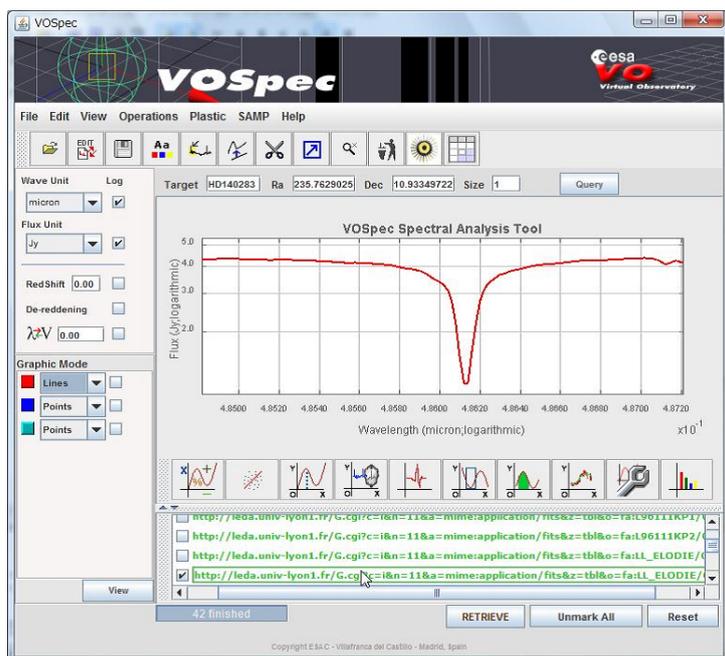
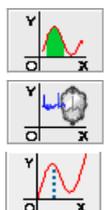


図 4.13: line 付近を拡大



line のフラックスを測定します。

line のミラーリングができます。

line の中央値を出します。

#### 4.4.1 Line の同定

 を押して、グラフ上でラインのある領域をドラッグすると、Slap Viewer 画面が起動します。SLAP services に、ライン情報を提供するサービスのリストが表示されるので、選択します (複数選択しても可)。Select ボタンを押すと検索を開始して、その波長域に在る line のリストが表示されます。

メイン画面に戻って、グラフ上にマウスポインタを当てると、ポインタの場所の周波数にあるラインを表示します。

## 4.5 SAMP

VOSpec は VO 間連携のプロトコル SAMP に対応しています。Aladin, TOPCAT など、スペクトルデータを検索して、その結果を VOSpec に表示させることができます。方法は、Aladin, TOPCAT のマニュアルをご覧ください。

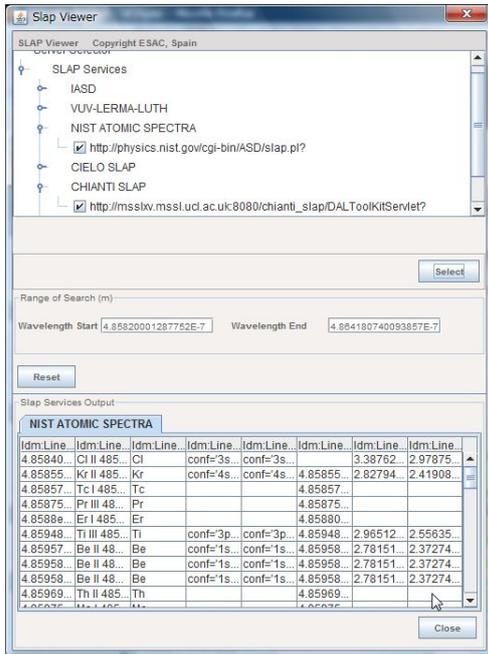


図 4.14: Line リストの表示

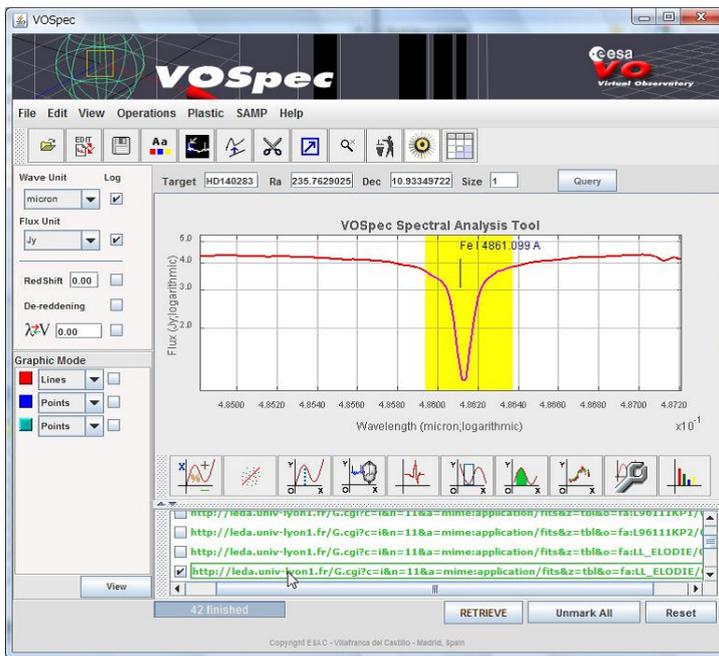


図 4.15: グラフ上での line の表示

また、VOSpec で取得したスペクトルデータを、SAMP から他のツールへ送ることができます。Send as Tables to で送り先を選ぶと、スペクトルのデータを 1 列目が波長、2 列目が Flux のテーブルにして、他のツールに送ります。

## 4.6 測光

スペクトルデータから、疑似測光データを合成する機能があります。スペクトルデータをもとに、測光観測をしたらどのようなデータが得られるかを推定します。



から画面を開いて、波長域の上限・下限を指定し、観測装置・フィルターをリストから選択します。 ボタンを押すと、フィルターの情報が取得され、リストが表示されます。リストから、使用するフィルターにチェックを入れ、 ボタンを押すと、測光データを合成します。

合成されたデータは、元の VOSpec の画面のスペクトルリストの最後に追加されます。

# 第5章 TOPCAT <sup>1</sup>

## Introduction

TOPCAT ( Tool for OPerations on Catalogues And Tables ) は、VO データの利用のために開発された、カタログ・テーブルデータを扱うためのツールです。TOPCAT のホームページ

<http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/>

から入手できます。Java 実行環境があれば、OS に依存せず使用できます。

充実したマニュアルが

<http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/sun253/index.html>

にありますので、詳しくはこちらを参照してください。マニュアルページの後半の、

A. TOPCAT Windows ( <http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/sun253/windows.html> )

以下は、TOPCAT の表示画面に即した解説になっていますので、実際に TOPCAT を動かしながら読むと良く理解できるでしょう。上記のホームページには、スクリーンショット集、FAQ もあります。

EuroVO のホームページにある VO の使用例

<http://www.euro-vo.org/pub/fc/workflows.html>

<http://www.euro-vo.org/pub/fc/recipes.html>

も参考になります。

本テキストは、TOPCAT Version3.9 に対応したものです。

### 5.0.1 ダウンロードとインストール

上記ホームページの、Obtaining TOPCAT (<http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/#install>) から、適切なファイルをダウンロードしましょう。

各 OS でのダウンロード/インストール方法等が上記のページにあります。Windows であれば、`topcat-full.jar` をダウンロードし、ダブルクリックで実行。Unix であれば、これに加えて起動スクリプトもダウンロードして、実行権限を与えてから、コマンドで `topcat` と打って起動します。Mac 用には `topcat-full.dmg` が用意されています。WebStart を用いることもできます。

大規模なデータを使用する場合は、コマンドプロンプトからメモリサイズを指定して起動します。例えばメモリサイズ 512MB で起動するなら、下記のように入力します。

```
java -Xmx512m -jar topcat-full.jar
```

---

<sup>1</sup>執筆:小宮悠

## 5.0.2 凡例

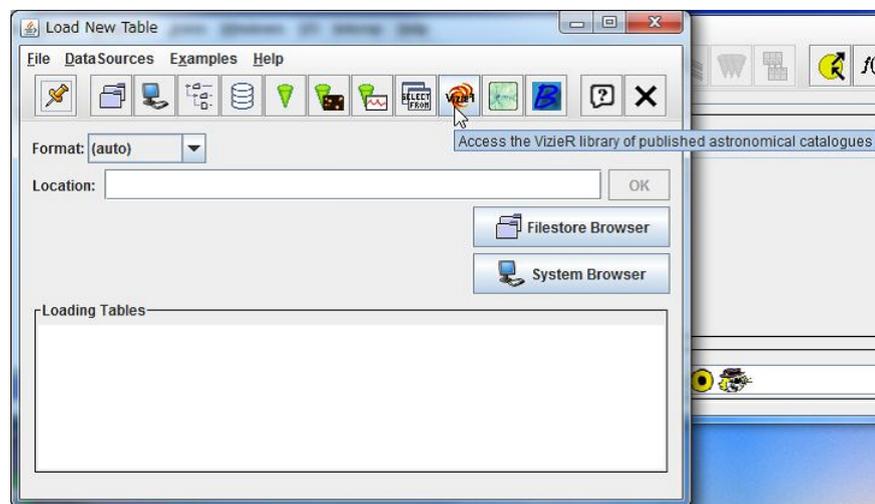
下記の文章で、**Button** はボタン操作、**TextBox:□** はテキストボックス、**menu** はメニューバーのボタン、**tab** はタブなどからの選択を表します。

### 使用例. 球状星団 M3 の星のデータカタログからの HR 図の作成

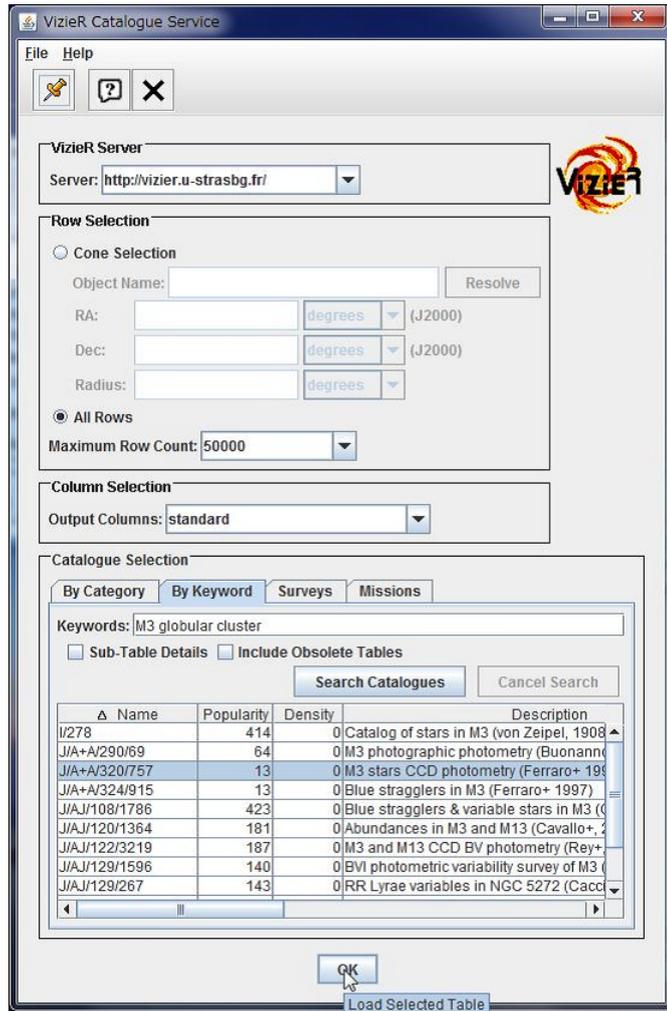
M3 の星のカタログから HR 図を作成し、理論モデルとの比較をしてみます。(文中の §5.4 などは、各機能についての解説がある章番号です。)

- VizieR からカタログデータを取得 (§5.4)

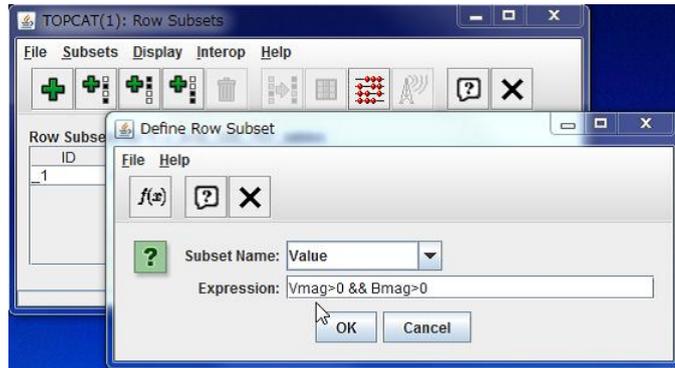
-  VizieR Catalog Service に接続



- Row Selection フィールドで All Rows を選択。Catalogue Selection フィールドで ByKeyword タブを選び、Keywords:□ に「M3」と入力して **Search Catalogues** からカタログを検索します。
- 得られたカタログリストから、「M3 stars CCD photometry (Ferraro+ 1997)」を選択し、**OK** ボタンを押すと (またはリスト中のセルをダブルクリックで) ダウンロードが始まります。

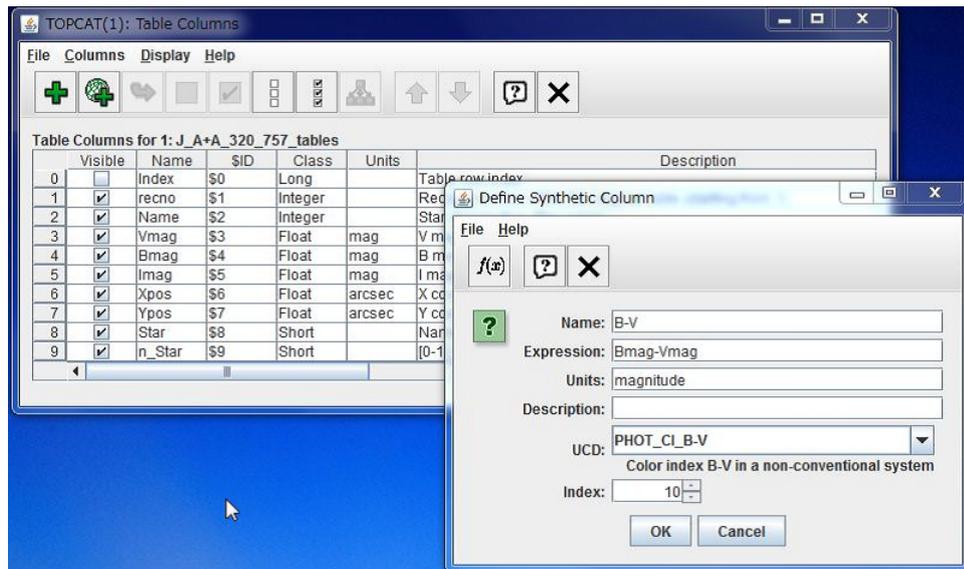


-  テーブルを表示します。データを見てみましょう。
- B,V バンドの観測データがある星のみを選択し、subset を作成。(§5.2.1)  
このカタログでは、測光データの無いセルには「0.0」と入っているので、そうした天体を除いたサンプルを作成します。
  -  Row Subsets 画面を表示し、 Define Row Subset 画面にいきます。
  - Subset Name:□ に適当な名前を入力、Expression:□ に「Vmag> 0 && Bmag> 0」と入力し、**OK**を押して subset を作成。
  - 画面中央の Row subset セレクトボックスから、作成した subset 名を選択。



- Bバンド、Vバンドの等級から、B-Vのコラムを作成します。(§5.2.2)

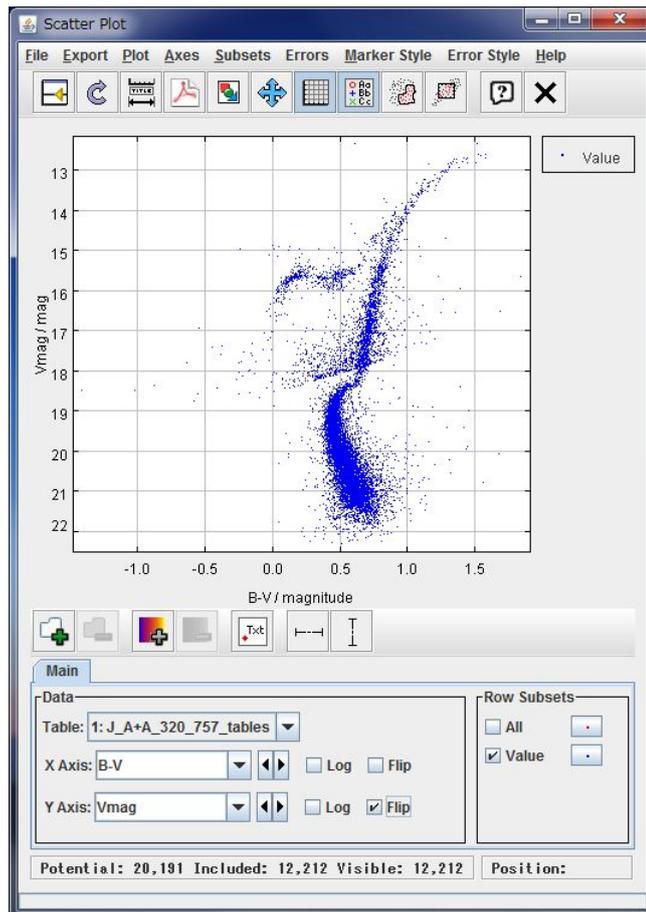
-  Table Columns 画面を開いて、コラムメタデータを表示します。
-  Define Synthetic Column 画面に行き、Name:□に B-V, Expression:□に「 Bmag-Vmag」又は「 \$4-\$3」と条件を記述。(Unit, Description, UCD は記述しなくてもコラムは作成できます。)OKで作成されます。



- HR 図をプロット。(§5.3.1)

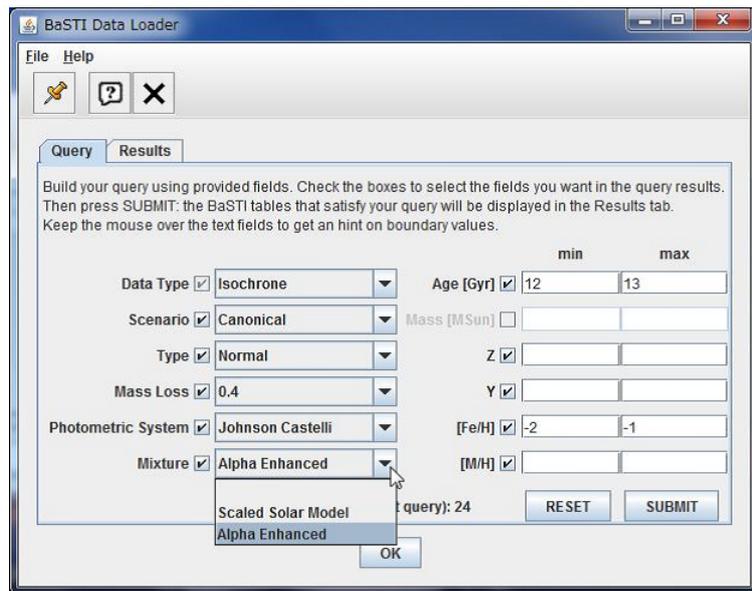


- Scatter Plot 画面を開きます。
- X Axis:に B-V, Y Axis:に Vmag を指定。Row Subets は、前に定義した subset のほ  
うにだけチェックを入れます。
- Y Axis:横の Flip にチェックを入れると、Y 軸が反転し HR 図になります。



- モデル計算による等時曲線<sup>2</sup>を取得。(§5.4.1)

-  Load New Table 画面から、 BaSTI Data Loader 画面を開きます。
- 例えば以下のようにパラメータを設定。  
Data Type: Isochrone, Scenario: Canonical, Type: Normal, Mass Loss: 0.4, Photometric System: Johnson Castelli, Mixture: Alpha Enhanced, Age: min=12, max=13, [Fe/H]: min=-2, max=-1



- [SUBMIT]で検索を始め、条件を満たすデータのリストが Results タブに表示されます。
- Age=12.5(Gyr), Z=.001 の行を選択し、OK ボタンでデータを取得。

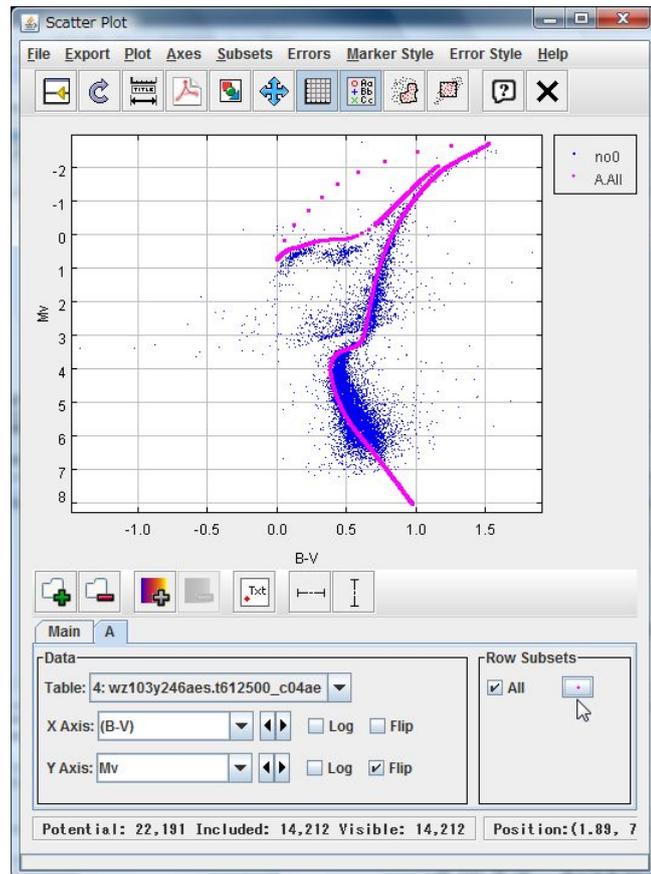
- 絶対等級のカラムを作成します。

- 球状星団 M3 までの距離は、10.4kpc です。  Define Synthetic Column 画面に行き、観測等級を絶対等級に換算したカラム (Name:  $M_v$ , Expression:  $V_{mag} - 5 * \log_{10}(10.4 * 100)$ ) を作成します。

- 理論モデルを HR 図に重ねて表示。図を GIF file に出力。(§5.3.1)

- 先に HR 図を作った画面で、Y 軸を絶対等級 ( $M_v$ ) に変更したグラフを作成します。
-  ボタンから、グラフを追加。Table: に読み込んだ理論モデルのテーブルを指定。X Axis: (B-V), Y Axis:  $M_v$  と指定。

<sup>2</sup>同じ年齢の星の集団が作る HR 図上の曲線



-  Axis Configuration で、タイトル、X 軸 Y 軸の範囲を指定できます。Apply で適用されます。
-  Export Plot As gif 画面を開き、適当なファイル名を入れて、Write gif を押すと、gif file でグラフの画像が出力されます。

## 機能一覧

### 5.1 表示

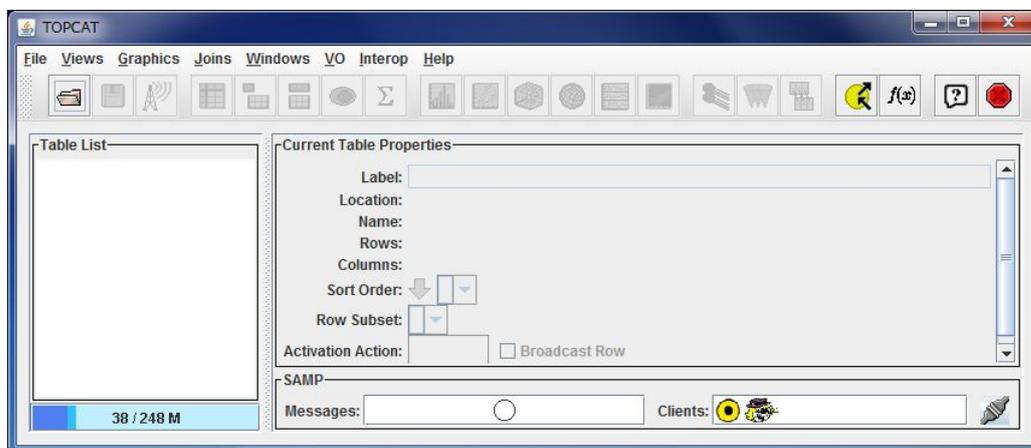


図 5.1: TOPCAT 起動画面

#### メイン画面上の表示

カタログを読み込むと、Table list にテーブル名が表示されます。画面左下に、メモリの使用量が表示されています。右下の SAMP エリアでは、他の VO ツールとの接続状況が表示されます (5.5.1)。

Current Table Properties エリアの中身は、下記の通りです。

Label: テーブルの表示名。自分で編集できます。

Location: テーブルの所在。

Name: テーブルメタデータにある本来のテーブル名。

Rows: 行数 (subset を作った場合、subset の行数が ( ) で示されます。§5.2.1 参照)。

Columns: 列数。

Sort Order: セレクトボックスで、どのコラムで sort するか指定できます。↑ / ↓ で昇順か降順かを指定します。

Row Subset: Subset を作った場合、どの subset を使うかを選びます。

Activate Action: ここの中身を指定すると、Table Browser でデータをクリックしたときに、特定の動作をさせることができます。( §5.1.5, §5.1.6 参照) Broadcast Row にチェックを入れた場合は、データをクリックしたときに他の VO ツールにデータを送ります。

機能によって新たなウィンドウが開きますが、各画面において  ボタンをクリックすると、または Help から Help for Window を選ぶと、その画面に関するヘルプが表示されます。多くの

画面では、画面がディスプレイからはみ出す場合などは、File から  Scrollable を選ぶと、スクロールバーが使えるようになります。

### 5.1.1 Load



ボタンで、図 2 の画面が起動します。

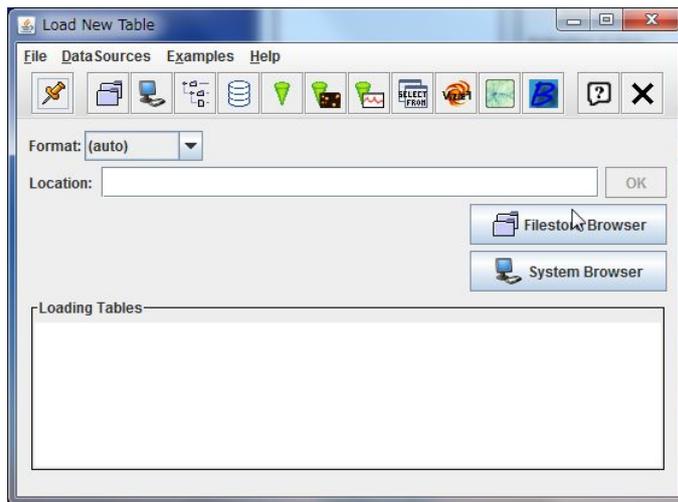


図 5.2: Load New Table

Location にファイル名を指定、もしくは  Filestore Browser ボタンか  System Browser ボタンからファイルを指定して、読み込みます。FITS, VOTable, ascii, csv 等の形式のファイルが利用できます。

 やその右のボタンは、VO データを検索する際に使用します (「5.4 . 検索・データ取得」参照)。ファイルを読み込み始めると、Loading Tables フィールドの中に、取得したデータ件数が表示されます。

### 5.1.2 データ表示・編集

メイン画面の Table List 中のテーブル名をダブルクリック、または  ボタンで Table Browser が開いてテーブルが表示されます。

テーブルのセルやカラム名を右クリックすると、メニューが表示され、削除・sort などの操作が可能です。文字列データのカラムでは、このメニューで  を選ぶと、文字列検索ができます。文字列検索では正規表現が使えます。

セルをダブルクリックで選択すれば、直接テーブル中の数値を編集できます。ドラッグ&ドロップで、列の入れ替えが可能です。

## Sort

sort の仕方には様々な方法があります。

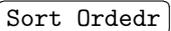
メイン画面の、 のセレクトボックスでカラム名を選ぶことで、そのカラムの値の順で、テーブルを sort できます。矢印ボタンは昇順と降順の切り替えです。

Table Columns 画面でカラムを選んだの   ボタンでも、sort することができます。

Table Browser のセルやカラム名を右クリックすると、メニューが表示され、  で sort が可能です。

### 5.1.3 メタデータ表示

 でテーブルメタデータを表示する、 で各カラムのメタデータを表示する Table Columns 画面を開きます。表示されたメタデータ・テーブルのセルをダブルクリックすると、メタデータを編集できるようになります。

Table Browser を開いた状態で Table Columns 画面の行をクリックすると、Table Browser でカラムの値の場所を表示します。Table Columns 画面でカラムを選んだの   ボタンで、sort することができます。左端の列のチェックボックスの操作により、Table Browser に表示させるか否かを選べます。

### 5.1.4 統計

 ボタンを押すと、データの平均、標準偏差、最大・最小値などを表示します。その他、様々な統計量を、Display から選択することで表示できます。この Row Statistics 画面で、 ボタン、または Export から Import as Table を選ぶと、表示された統計情報を新たにテーブルとして読みこむことができます。

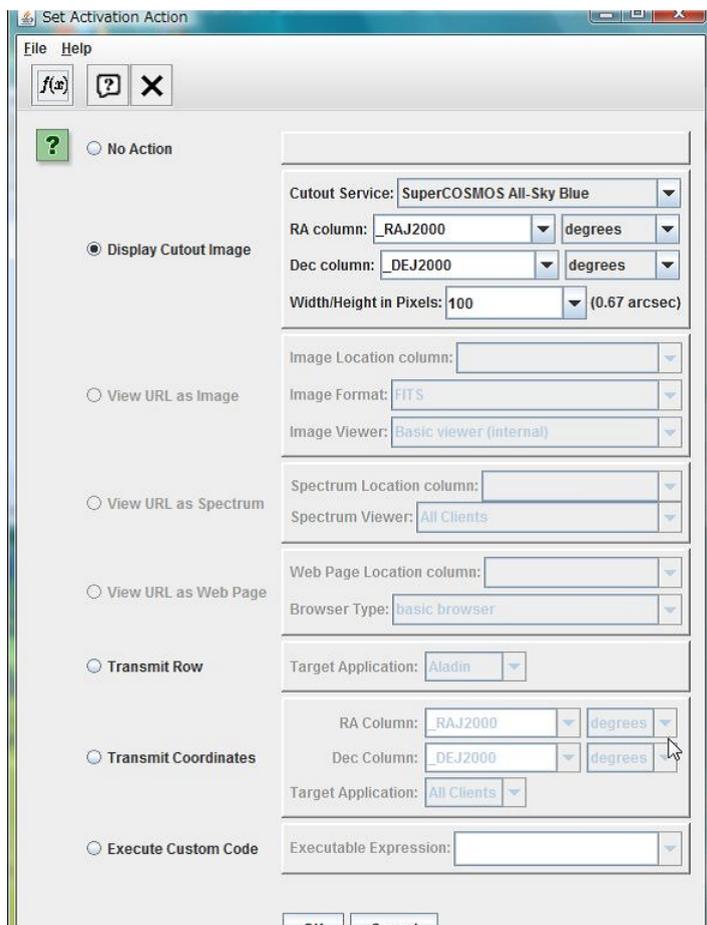
### 5.1.5 データのある領域の画像の表示

メイン画面の Activate Action: ボタン (デフォルトでは (no action) と表示) から、Set Activation Action 画面を起動します。データの周辺領域の画像を見る場合には、Display Cutout Image をチェックして、画像サービス・表示範囲などを指定して OK ボタンを押します。(メイン画面の Activate Action: のボタン表記が指定したものに変わります。)

Table Browser を開いて、表示したい天体のデータセルをクリックすると、その天体座標周辺の画像が表示されます。(表示されるまでにいくらか時間がかかります)

### 5.1.6 画像・スペクトルデータの表示

SIA,SSA の画像・スペクトルデータのカatalogなどを読んでいる場合、そのカatalog中の URL で指定された画像・スペクトルを見ることができます。(§5.4.1 も参照)



画像を見る場合、Set Activation Action 画面から、View URL as Image を指定します。テーブルを表示して、当該データの URL の部分をクリックすると、その URL にある画像が表示されます。他に画像を表示できる SAMP 対応ツールがあれば、Image Viewer で指定すれば、そちらに画像を送って見ることもできます。

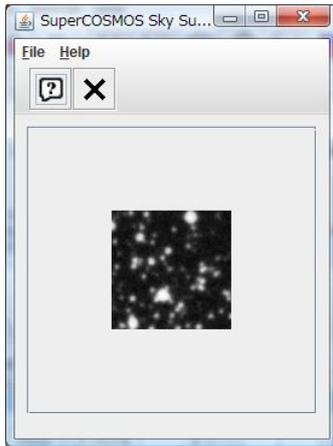
スペクトルを表示するには、別にスペクトルを表示できるツールが必要になります。VOSpec, SPLAT 等の、SAMP (もしくは PLASTIC) インターフェイスを持つスペクトル表示ツールを起動しておき、Spectrum Viewer で使うツールを指定します。(SAMP については §5.5.1 を参照) そして、画像の場合と同様に Set Activation Action 画面から、View URL as Spectrum

URL を持つカタログで、View URL as

### 5.1.7 保存



ボタンで、Save Table(s) or Session 画面が開きます。保存の対象を、CurrentTable (1 つのテーブルだけ保存)、MultipleTables (複数のテーブルを保存)、Session (セッション全体を保存) の 3 通りから選べます。MultipleTables だと、テーブルの中の現在表示している subset だけが保存されますが、Session だと、元の table および定義した subset 全て、ソート順、テーブル名 (自分で指定したもの) なども全て保存されます (subset については 5.2.1 参照)。



 **Filestore Browser** か  **System Browser** から保存先ディレクトリを選択し、Output Format セレクトボックスでファイル形式・ファイル名を指定して保存します。Format を指定した場合でも、ファイル名にも拡張子まで記入してください。テーブルを保存する場合は、FITS, VOTable, CSV, ascii, LaTeX, HTML 等のファイル形式が選択できます。Session (セッション全体を保存) の場合は、形式は fits-plus (推奨) か VOTable のみです。

## 5.2 カタログ操作

### 5.2.1 Subset 作成

カタログから、特定の条件を満たすデータのみを選んで、subset(部分集合)のカタログを作成することができます。subset の作成方法には、3通りの手法があります。

作成した subset を表示する場合は、Current Table Properties フィールドの、Row Subset のセレクトボックスから、表示する subset を選択します。

#### 条件指定

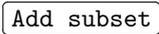
条件を式で指定して subset を作成することができます。メイン画面で、 ボタンを押すと、Row Subsets 画面が表示されます。ここで、 ボタンをクリックすると、条件指定画面が表示されます。

Subset Name:  に名前を、Expression:  に、条件式を指定して、subset を作成します。式には四則演算はもちろん、多くの関数を使用できます。 ボタンで、使用できる関数の一覧が表示されます。天文データを扱うための固有の関数 (Vega 等級と AB 等級の差、度と時分秒の変換、など) もあります。

 ボタンを使うと、データを n 行おきにサンプリングした subset を作成できます。

## 行指定

テーブルを表示した状態で直接、行を指定して subset を作成することができます。マウスでクリック or ドラッグで、行を指定できます。Ctrl キーを押しながらクリックすると、離れた複数の行を選択できます。

行を指定したら、 ボタンを押すと、subset 作成画面が表示されるので、名前を決めて、 ボタンを押せば作成されます。 ボタンからは、逆に指定した行のみを除外した subset を作成できます。

## グラフ上領域指定

グラフを作成して、グラフ上の特定の領域にあるデータのみを選択して、subset とすることができます。( → §5.3.2 「グラフからの subset 作成」参照 )

## 5.2.2 カラム間の計算・カラムの追加

カラム表示画面  において、 ボタンをクリックすると、Define Synthetic Column 画面が表示されます。ここで、Name:□ に新たなカラム名 Expression:□ に式を記述すると、式で指定した内容のデータを新たなカラムとして追加します。§5.2.1 の時と同じ関数が使えます。単位 ( Unit:□ )、カラムの説明 ( Description:□ )、UCD:□ の記述は任意です。Table browser から、セル上で右クリックで現れるリストから  を選んでも、同様にしてカラム作成が出来ます。

現在の座標系から座標変換したカラムを追加する場合には、 ボタンが使えます ( 5.5.2 座標変換 参照 )。

## 5.2.3 テーブルの連結

2つのテーブルを連結することができます。 ボタンを押すと、Concatenate Tables 画面が起動します。Base Table と Appended Table のセレクトボックスに、連結したい2つのテーブルを指定すると、カラムリストが Column Assignment エリアに表示されるので、ここで2つのテーブルにあるカラムの対応関係を指定します。 で実行されます。作られたテーブルの名前は、例えば concat(1+2) のような元のテーブルの番号を入れた名前になります。

連結後にできたテーブルのカラム名は、Base Table にあったものが引き継がれます。

## 5.2.4 クロスマッチ



or Joins → Pair Match

2つのカタログから、同一天体の組を探し出して、その天体について両カタログのデータを含む新しいテーブルを作成します。「同一」の判定基準は、Algorithm で指定できます。デフォルトでは

位置座標 (Sky) ですが、その他、天体名の一致 (Exact Value を使う)、指定したカラムのデータの数値での判定 (1d Cartesian)、座標に加えて追加の条件を指定 (Sky + X)、などとすることもできます。作られたテーブルの名前は、例えば match(1+2) のような元のテーブルの番号を入れた名前になります。

3つ以上のテーブルのクロスマッチをする場合は、Joins から、 Triple Match, Quadruple Match, Quintuple Match を選びます。

OutputRows フィールドでは、1天体に対し、クロスマッチの条件を満たす天体が複数あった場合や、無かった場合などの挙動を指定できます。

### 使用例 (図 5.3)

- RR Lyrae の金属量のカタログと、周期のカタログ (RR Lyrae Metallicities(Layden 1994) と、RR Lyrae in Northern Sky Variability Survey(Kinemuchi et al.2006)) を Vizier から取得。
-  クロスマッチ画面を起動。
- Match Criteria で同一天体の条件を指定。(Sky(座標) で 1.0 秒以内)
- クロスマッチするテーブルと、「同一」の判定で使うカラムを選択。(RAJ2000, DEJ2000)
- **Go** ボタンを押すと新しいカタログが作成される。

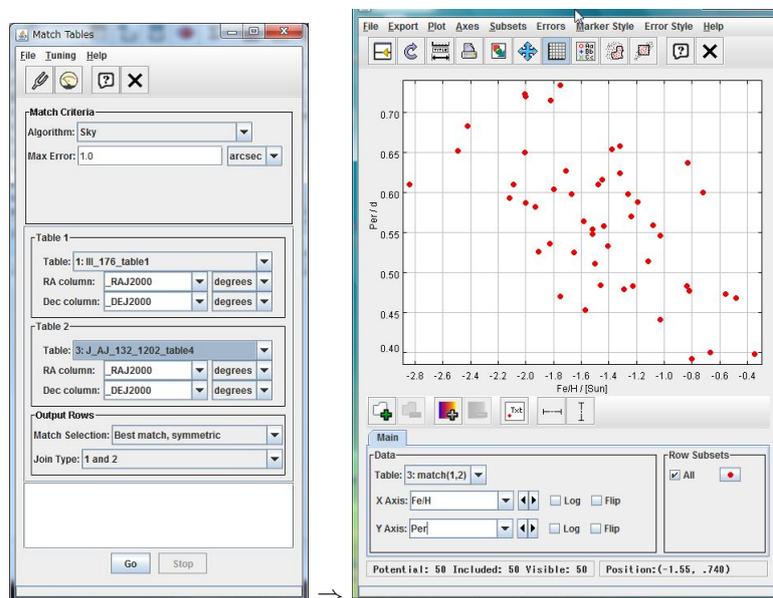


図 5.3: 左: Vizier から取得した、RR Lyrae Metallicities(Layden 1994) と、RR Lyrae in Northern Sky Variability Survey(Kinemuchi et al.2006) のカタログをクロスマッチ。右: 前者のカタログにある金属量 (Fe/H) と、後者のカタログにある周期 (Per) のデータの相関を、グラフでプロット

## 5.2.5 内部クロスマッチ

1つのテーブルの中で、同一天体のデータが複数行に存在した場合、これらのデータをグループ化したり、別行のデータを一行に集約したテーブルを作成することができます。[Joins](#) から、



Internal Match を選びます。作成するテーブルの形式は、以下の4通りから選択します。

**Mark Groups of Rows:** 同一天体と判定されたものがグループ化され、グループ番号が付いて、グループごとにデータを表示。

**Eliminate All Groups of Rows:** グループ化されたデータはすべて削除。1件しかないデータのみを残す。

**Eliminate All But First of Each Group:** グループ化した天体について、最初のデータのみを残す。

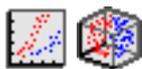
**New Table with Groups of Size:** 指定した数の同一天体のデータを、全て1行に表示。同一天体のデータ数が一定の場合のみ使用可。同一天体で異なる波長のデータが別行になっているのを、一行に集約する場合などに使える。

## 5.2.6 VOデータとのクロスマッチ

§5.4.2 クロスマッチ検索 参照

## 5.3 グラフ作成

### 5.3.1 2次元 plot, 3次元 plot



ボタンで、2次元 plot, 3次元 plot の画面が表示されます。X axis, Y axis のセレクトボックスで、X, Y 座標に使用するカラムを指定してください。

Subset が作られている場合、右下の Row Subsets フィールドに subset の一覧が表示されます。チェックボックスで特定の subset だけをプロットすることも出来ます。Row Subsets フィールドにあるマーカが描かれたボタンを押すと、マーカの色・形などを変更できる Plot Style Editor ウィンドウが開きます。



複数のグラフを重ねて描きたい場合は、ボタンを使用します。2つ目以降のグラフに使うテーブル・XY 軸等の指定ができるようになります。

その他、以下のような機能があります。



XY 座標のカラムの他に、指定したカラムの値を、色で表示します。同時に3種類までのデータを色で指定することができます。



指定したカラムの値を、数値・文字のラベルで表示します。

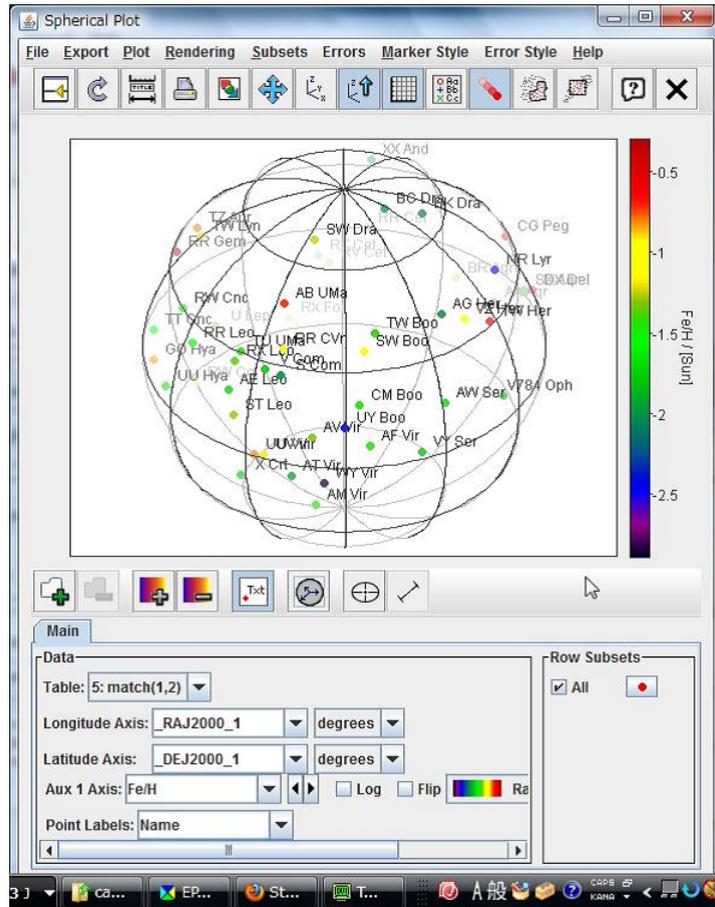


図 5.4: §5.2.4 の例のクロスマッチした RRLyrae のデータの、位置を極座標で plot し、金属量を色で、天体名をラベルで追加表示。

 Axis Configuration 画面が起動し、X 座標、Y 座標の範囲、グラフのタイトルなどを指定できます。

 再描画

 グラフを pdf,gif ファイルとして出力。Export から選択すれば、eps, jpeg などでの出力も可能です。

### グラフとテーブルの対応

グラフ上の点が、テーブルのどの行に対応するかを確認できます。

 Table Browser を開いた状態で、グラフ上の点をクリックすると、Table Browser の対応する行が色が変わって表示されます。逆に、Table Browse 側で行をクリックしてやると、対応す

るグラフ上の点が で囲って示されます。

#### 表示領域の変更

グラフの画面上でマウスをドラッグすると、矩形領域が選択され、その範囲を拡大表示します。  
 ボタンで、元のサイズに戻ります。表示領域は、 Axis Configuration 画面からも変更できます。

X Axis, Y Axis 横の、Log チェックボックスで、log と linear の切り替え、Flip チェックボックスにより、左右・上下の反転ができます。Axis から変更できます。

#### 表示スタイルの変更

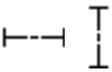
右下の Row Subsets フィールドの、マーカの描かれたボタンから、Plot Style Editor ウィンドウを開くと、マーカーの種類等を選択できます。MarkerStyle から指定できます。

#### 相関 (2次元 plot のみ)

Plot Style Editor ウィンドウを開いて、その最下段にある、Linear Correlation をチェックすると、データの分布を 1 次関数で fit した相関を出して、m:傾き、c:切片、r:相関係数 を表示します。

相関は、現在表示されている点だけを考慮して出されます ( グラフの一部を拡大表示している場合、その時に見えている点だけを用いて相関を出します ) 。

#### 誤差

 ボタン、もしくはツールバーの Error から誤差の形を指定すると、誤差のカラムを選択できるようになります。

### 5.3.2 グラフからの subset 作成

 ボタン：現在表示されている領域のデータからなる subset を作成します。2次元 plot 以外でも、全ての形式のグラフ上で使用可能です ( ヒストグラムでは、アイコンの図柄が  なる )。ボタンを押すと New Subset 画面が表示されるので、名前を指定して AddSubset ボタンをクリックすると、subset が作成されます。

 ボタン：マウスで領域選択して、その中に入っているデータからなる subset を作成します。2次元 plot、3次元 plot、極座標 plot、2次元ヒストグラムで使用可能。ボタンをクリックすると、ボタンにチェックが入ります。この状態で、グラフ上でドラッグすると、領域が選択されます。複数の領域を選択することも可能です。その後、もう一度ボタンをクリックすると、New Subset 画面が表示されるので、名前を指定して AddSubset ボタンをクリックすると、subset が作成されます。

### 5.3.3 天球 plot

 座標データを天球上に plot します。 ボタンから、Radial Axis セレクトボックスで距離のカラムを指定すれば、3 次元的に表示します。ドラッグで座標方向を回転できます。  
を押すと元の方向に戻ります。 で、z 軸の方向を縦に固定します。

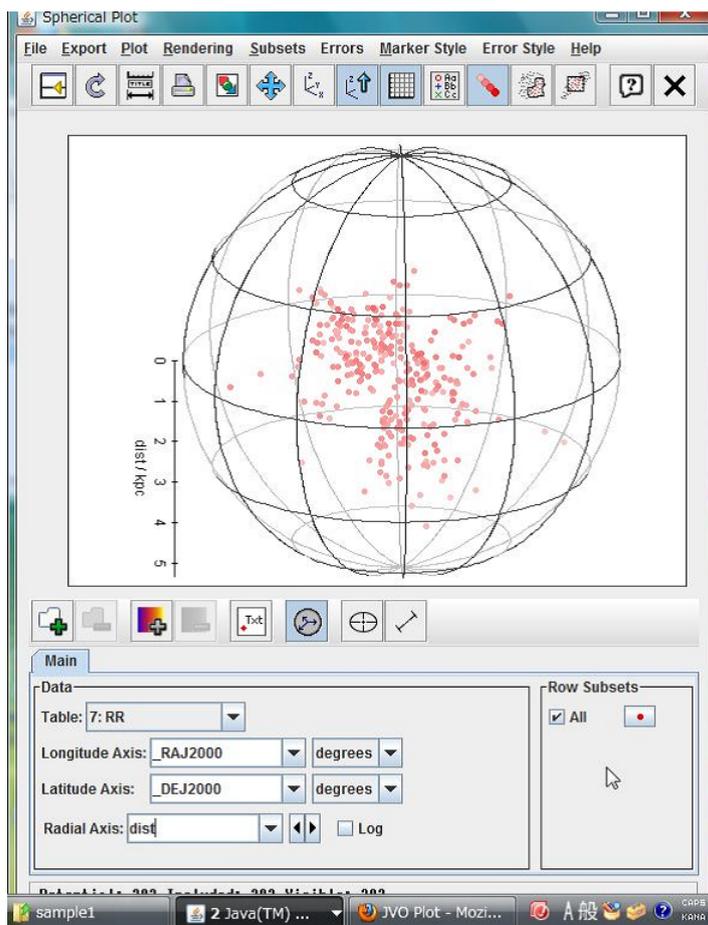


図 5.5: RR Lyrae Metallicities(Layden 1994) にある RR Lyrae の分布を、天球上 3 次元的に plot。

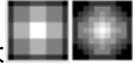
### 5.3.4 ヒストグラム,2次元ヒストグラム

,  ヒストグラム、密度分布図(2次元ヒストグラム)を作成します。  
通常は単にデータの個数のヒストグラムですが、 ボタンでカラムを指定してやると、そのカラムの値で重みづけをしたヒストグラムの作成が可能です。 で、累積頻度分布を作成します。



を押すと、全体を 1 に normalize したヒストグラムを作成します。

ビンのサイズは、ヒストグラムの場合は width:□ で、密度分布図 (2 次元ヒストグラム) の場合



は で変更できます。

Export から Import as Table とすると、ヒストグラムの数値をテーブルとして読み込むことができます。

### 5.3.5 Stacked Line Plot

同一の X 軸上で、Y 軸に数種類の異なるデータを用いて plot できます。複数のデータの時間変化をみる場合などに使用します。



ボタンで。Line Plot 画面が起動します。複数のデータを Plot するときは、ボタンで追加していきます。タブで、グラフを選択し、使用するカタログ、X 軸・Y 軸を指定していきます。

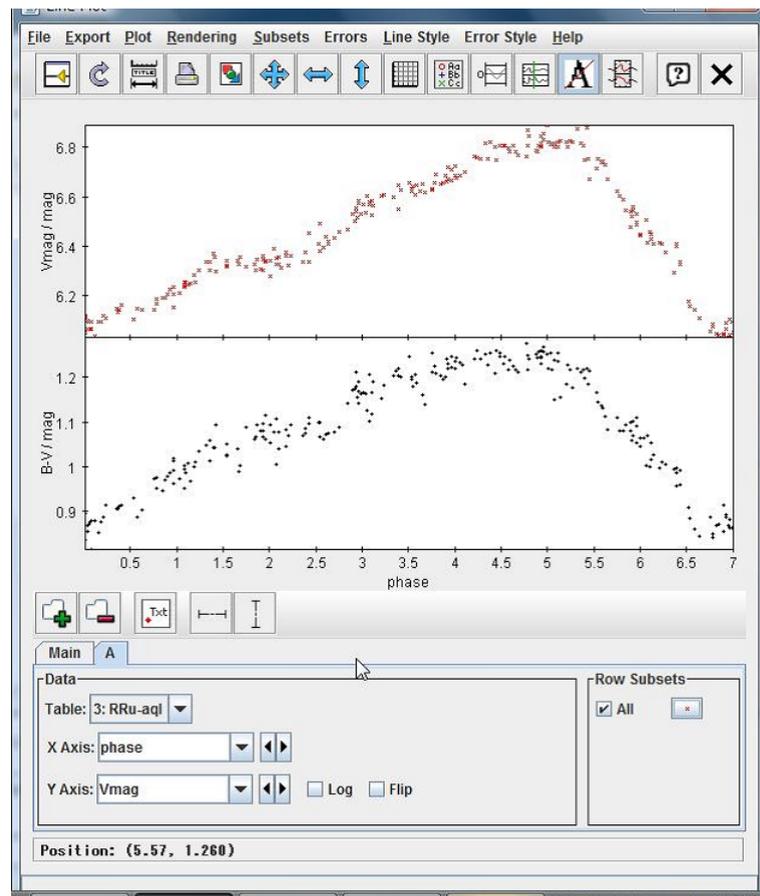


図 5.6: RRLyrae 型変光星 U aql の、変光 phase による光度 (上グラフ)・色 (下グラフ) の変化 (Berdnikov 1997)

## 5.4 検索・データ取得

### 5.4.1 VOからのデータ取得

 Load 画面から、もしくはメニューバーの **VO** ボタンから、サービスの種類を選択して検索します。

検索画面がディスプレイからはみ出す場合などは、**File** から  Scrollable を選ぶと、スクロールバーが使えるようになります。  ボタンで、検索終了後もその画面を閉じないようにできます。

#### Cone search

 cone search(座標・半径を指定しての検索) 形式のサービスにアクセスして、データを取得できます。キーワードを指定して検索し、その中から使用するサービスを選択します。使いたいサービスのアドレスを知っていれば、ConeSearchURL フィールドに直接入力も可。

必ず座標・検索半径を指定して検索します。天体名を指定して **Resolve** ボタンで、その天体の座標を取得できます。もちろん直接座標値を入力して、検索もできます。

#### SIA,SSA

 画像、スペクトルのデータを SIAP(Simple Image Access Protocol), SSAP(Simple Spectral Access Protocol) の形式で公開しているサービスにアクセスして、データを取得します。こちらの場合は、登録されているサービスの一覧が初めから表示されます。使用法は cone search と同様です。

検索結果は、画像・スペクトルのある場所の URL リストを含むカタログが取得されます。実際の画像・スペクトルを見るには、§5.1.6 の Activate Action 機能を使う方法と、SAMP を用いて他のツールにデータを送って表示させる方法 (§5.5.1 参照) があります。

#### VizieR

 論文カタログデータベースである VizieR に登録されているカタログを検索。Cone search と異なり、座標を指定しない全件取得も可能です。その場合は、Row Selection で、All Rows にチェックします。

画面下部で、取得するカタログを選択します。分類を選ぶか、keyword から検索できます。IRAS,Hipprcos などのメジャーなサーベイやミッションのカタログについては、Survey, Mission タブにリストがあります。

## TAP



TAP(Table Access Protocol) 形式のサービスに対して、ADQL(Astronomical Data Query Language) を用いて、様々な検索条件での検索が可能です。

## 理論モデル

VO では、理論モデルのデータを公開しているサブスもあり、このデータを取得することができます。



ボタンからは、GAVO(German Astrophysical Virtual Observatory) の提供するミレニアム・シミュレーション等のデータが取得できます。検索条件は SQL で指定します。



ボタンからは、BaSTI (Bag of Stellar Tracks and Isochrones) の、恒星進化計算のデータが取得できます。モデルパラメータを指定して  ボタンを押すと、条件に合うモデル計算データのリストが、Results に表示されるので、欲しいものを選択して  で、データを取得できます。(冒頭の「使用例」参照)

### 5.4.2 クロスマッチ検索

現在表示しているカタログと、VO サービス中のデータとのクロスマッチができます。手元のカタログにある全天体の天体座標を検索条件として、cone search 検索を、カタログの天体数だけ行います。



から、cone search 検索の場合と同様の操作を行います。検索座標指定の部分のみ、座標を入力する代わりに、カタログ名と RA,Dec カラムを指定します。指定した元カタログにある全天体の座標に対して、cone search 検索が走ります。検索中は、Multiple Conse Search 画面の下端に、元カタログ中の検索を終えた座標の件数と、ヒットした件数が示されます。

SIAP,SSAP の画像・スペクトルサービスを対象としてクロスマッチ検索を行う場合には、Joins



または VO から、  を選択して、同様の操作を行います。

## 5.5 その他の機能

### 5.5.1 データ転送

SAMP ( VO ツール間連携用のプロトコル ) のインターフェイスを持つ他のアプリケーション (Aladin, DS9 etc.) と、データを送受信することができます。対象となるアプリケーションが起動していると、自動的に検出して Clients エリアにアイコンが表示されます。 

データが送受信されている時は、その横の Messages: に ▷ マークで示されます。右下の  アイコンの絵が繋がっていれば、SAMP が接続できていることを意味します。



ボタンを押すと、現在選択されているテーブルを、Clients にある全てのアプリケーションに送ります。メニューバーの、Interop から Send table to で指定すれば、特定のアプリケーションにだけ送ります。



ボタンから、現在どのツールが SAMP で接続されているか、SAMP の設定、データ送信・受信履歴を見ることができます。

Set Activation Action 画面 (§1.5,1.6 参照) で、Transmit Row または Transmit Coordinate を指定したうえで、テーブルを表示してセルをクリックすると、選択された天体のデータ、または座標が、SAMP の接続先のツールに転送されます。

### 5.5.2 座標変換



コラム表示画面において、ボタンをクリックすると、座標変換画面が表示されます。変換前、変換後の座標系・単位・コラム名を指定してやれば、新たな座標系での位置を表すコラムが追加されます。

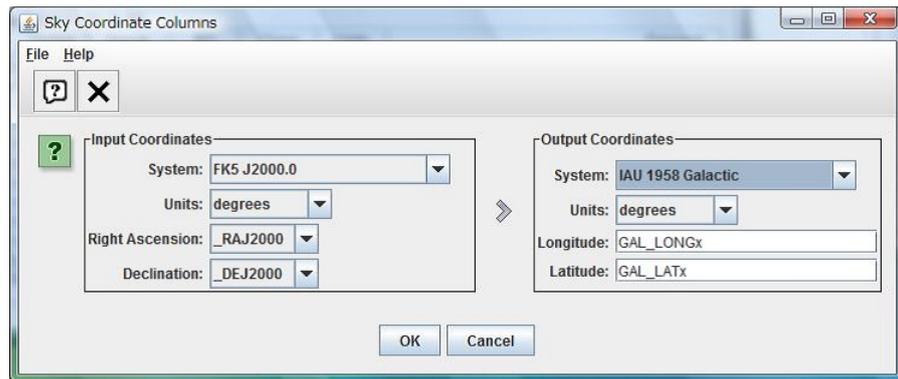


図 5.7: RA,DEC から銀河座標への変換

### 5.5.3 関数一覧



使用できる関数の一覧が表示されます。subset 作成画面、コラム追加画面でも同じアイコンがあるので、ここから使える関数を探ることができます。

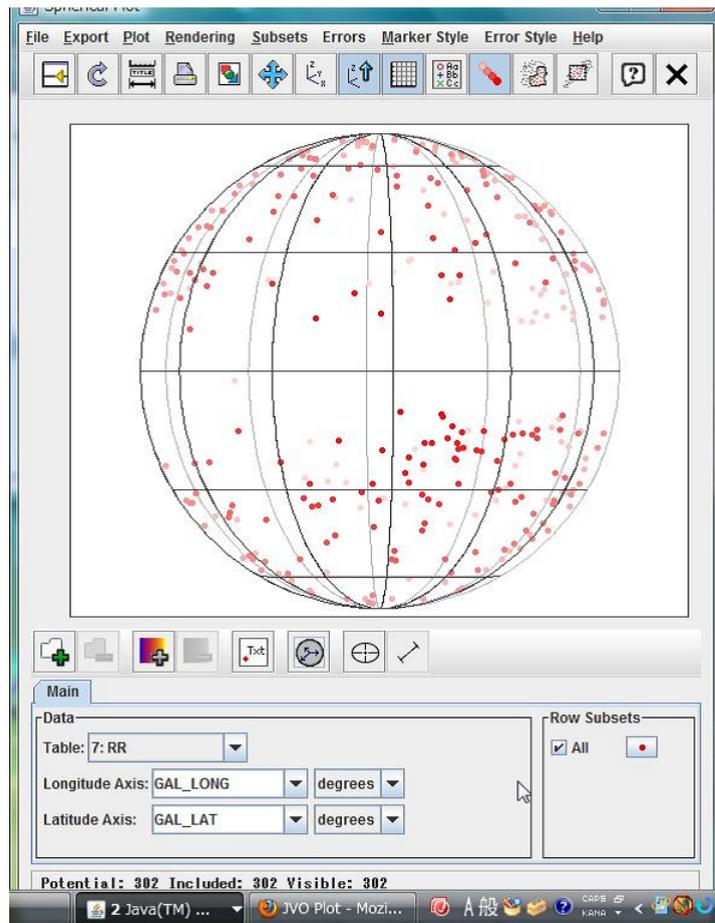


図 5.8: RR Lyrae Metallicities(Layden 1994) による RRLyrae の分布 (図 5.5) の、銀河座標での plot

# 第6章 Subaru HDS data からの、成長曲線を用いた金属量の推定<sup>1</sup>

## 概要

星の表面の元素組成は、スペクトル観測を行うことにより、各元素の作る吸収線の強さから推定することが出来る。現在では、恒星大気モデルを用いた詳しい解析が行われているが、大まかな組成は、以下のような方法で吸収線の等価幅から、成長曲線を描くことにより見積もることが出来る。(方法の詳細は、参考文献にある、野本 et al. 2009, Gray 1992 を参照。後者のテキストはより専門的である。)

ここでは、Subaru HDS の観測データを用いて、金属量の指標としてよく用いられる鉄の組成を推定する。スペクトルデータの扱いには、VO 用スペクトルツールである Specview を用いる。

## 恒星大気の吸収線

弱い吸収線については、ある周波数における吸収の深さは、線吸収係数  $l_\nu$  と連続吸収係数  $\kappa_\nu$  との比に比例する。(強い吸収線では、吸収線は飽和し比例関係にはならないので<sup>2</sup>、今回は弱い吸収線のデータのみを用いる。)つまり、 $F_c, F_\nu$  をそれぞれ連続波成分の flux と、吸収を受けた flux とすると、

$$\frac{F_c - F_\nu}{F_c} \propto \frac{l_\nu}{\kappa_\nu} \quad (6.1)$$

と書ける。吸収線の等価幅  $W$  は、

$$W \equiv \int \frac{F_c - F_\nu}{F_c} d\lambda \quad (6.2)$$

と定義される量である。線吸収係数  $l_\nu$  は遷移確率と吸収を起こす粒子数に比例するので、状態  $i$  から  $j$  への遷移による弱い吸収線の場合、等価幅は下記の式のように書ける。

$$W = const. \frac{1}{\kappa} \int_0^\infty l_\nu d\lambda = const. \lambda^2 f_{ij} \frac{N_i}{\kappa} \quad (6.3)$$

( $f_{ij}$ : 遷移確率、 $N_i$ : 状態  $i$  にある粒子の個数密度、 $\lambda$ : 波長。)

ここで  $N_i$  は、状態分布がボルツマン分布になっていれば下記のように書ける<sup>3</sup>。

$$N_i = N_H A \frac{N_r}{N_e} \frac{N_i}{N_r} = N_H A \frac{N_r}{N_e} \frac{g_i}{u(T)} \exp\left(-\frac{\chi}{kT}\right) \quad (6.4)$$

( $N_H$ : 水素の数密度、 $N_e$ : 元素  $e$  の数密度、 $N_r$ : 該当するイオン化状態にある元素の数密度、 $A \equiv N_e/N_H$ : 元素組成、 $g_i$ : 状態  $i$  の統計重率、 $u(T)$ : 分配関数)

<sup>1</sup>執筆:小宮悠、協力:青木和光、石垣美歩 (国立天文台 ハワイ観測所)

<sup>2</sup>飽和した場合の吸収線の振る舞いについては、末尾の参考文献にある教科書等を参照のこと。

<sup>3</sup>実際の恒星大気は、特に光学的に浅い部分では、必ずしもボルツマン分布にはなっていないが、ここではボルツマン分布を仮定する。

これを用いると、式 (3) を下記のようにあらわすことが出来る。

$$\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) = \log\left(\text{const.} \frac{N_r/N_e}{u(T)} N_H\right) + \log A + \log(gf\lambda) - \theta_X \chi - \log \kappa \quad (6.5)$$

$$(\theta_X \equiv \frac{\log e}{kT} = \frac{5040}{T(\text{K})} (\text{eV}))$$

イオン化状態  $N_r/N_e$  は、Saha の式を用いて出すべきものであるが、今回用いる鉄の場合などは、ほぼ全て 1 階電離の状態にあると考えて問題ない。右辺第 1 項と  $\kappa$  を一定と仮定してしまうと、この式は以下のように書ける。

$$\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) = \text{const.} + \log A + \log(gf\lambda) - \theta_X \chi \quad (6.6)$$

$\log gf$  と  $\chi$  は実験などで知られている各吸収線に固有の値なので、観測により等価幅を測定してやり、 $\theta_X$  (または励起温度  $T$ ) が分かれば、組成が (定数項を別として) 求められることになる。定数項を精確に求めるのは困難なので、実際には相対的な組成比の方が精度よく求まる。今回は、2 つの天体 (BD+04 2621 と HD107752) で吸収線等価幅を測定し、鉄の組成比を求める。

#### 励起温度の見積もり<sup>4</sup>

ある特定の元素のつくる多数の吸収線について、 $\chi$  と  $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$  の相関をとると、 $A$  の値は同じなので、式 (6.6) から傾き  $-\theta_X$  の直線にのるはずである。 $\theta_X$  の定義から、この測定により励起温度がわかる。

今回は、中性の鉄 (FeI) の line の等価幅を測ってこの相関をとり、傾きを測定して、励起温度を見積もる。(これらの星では鉄は多くが 1 階電離 (FeII) の状態にあるが、FeI の方が様々な励起ポテンシャルの line が多数あるため、励起温度を求めるには FeI を用いた方が測定しやすい。)

#### 組成比の見積もり

$\log(W/\lambda)$  と  $\log(gf\lambda) - \theta_X \chi$  の相関をとったものを、成長曲線と呼ぶ。式 (6.6) から、この曲線は弱い line に対しては傾き 1 の直線になるはずである。組成の違う 2 天体についてこの相関をみると、平行移動した 2 本の直線となり、そのズレが相対組成となる。

鉄は、今回用いる星ではほぼ 1 階電離の状態にあると考えられるので、FeII の line を用いる。式 (6.6) より、 $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda) - \theta_X \chi$  の値の差が、 $\log A$  の差となるので、2 天体それぞれについて複数の line で  $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda) - \theta_X \chi$  の値の平均を求め、その差を導出する。この差が元素組成  $A$  の比 ( $=[\text{Fe}/\text{H}]$  の差<sup>5</sup>) となる。

<sup>4</sup>実際には、恒星大気は温度勾配を持っているが、この方法ではそれを一つの値で代表させている。現代の研究では、温度構造も考慮した、恒星大気モデルを用いた解析が行われている。

<sup>5</sup>金属量の指標として、鉄の相対組成の太陽との比の対数をとった、 $[\text{Fe}/\text{H}] \equiv \log(A_{\text{Fe}}/A_{\text{Fe},\odot})$  という量がよく用いられる。

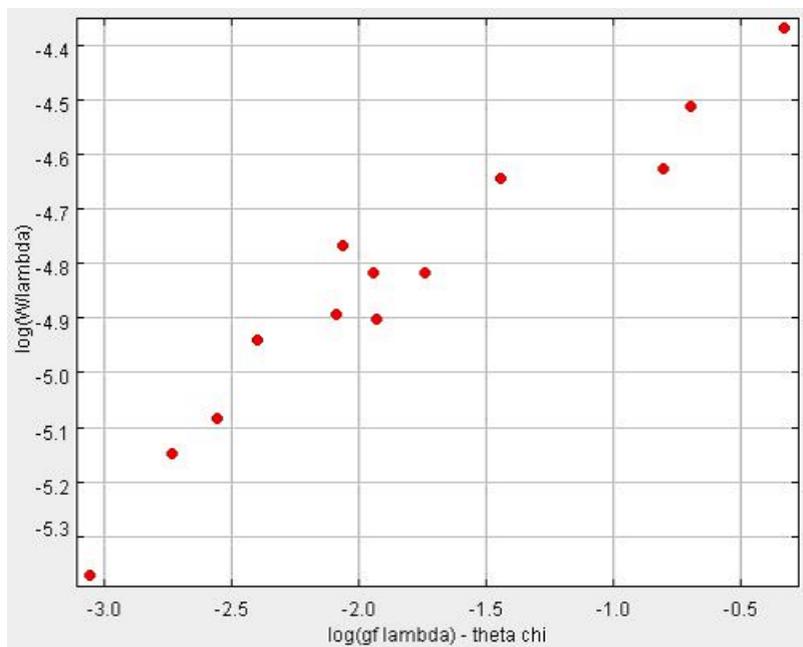


図 6.1: 観測的成長曲線の一例。今回の解析では、左下側のほぼ直線になっている部分のみを使う。この観測で  $\log(W/\lambda) \gtrsim -5$  では、吸収線は飽和し、直線からは大きくはずれている。

## 6.0 準備

### 6.0.1 Specview のインストール

Specview のダウンロードサイト

[http://www.stsci.edu/resources/software\\_hardware/specview/download](http://www.stsci.edu/resources/software_hardware/specview/download)

から取得できる。インストーラ版 (version 2.15.1) ではなく ZIP file か TAR file (version 2.15) を使用すること。(インストーラ版は、動作が異なり本テキストの実習を実行できない。安定版ではないようである。)

ダウンロードしたファイルを解凍して、中にある Specview.jar をダブルクリックすると起動する。起動時に、「New version (2.15.1) of Specview is now available」とメッセージが出るが、気にせず **Dismiss** してよい。

吸収線のリスト (specview.lines.jar) もダウンロードし、Specview があるのと同じディレクトリに入れる (これは、後で別の方法でダウンロードしてもよい)。

起動しなかった場合

・ Windows

解凍したファイルの中にある、バッチファイル Specview.bat を編集する。「set spv=」に、解凍した Specview のファイルのあるディレクトリを、「set jhome=」に、JAVA の実行ファイルのあるディレクトリ (C:\Program Files\Java\jre<version>\ の場合が多い) を指定する。バッチファイルをダブルクリックで起動する。

・ Mac/Unix

解凍したディレクトリ内に移動して、コマンドラインから下記のコマンドを打つ。

```
java -jar sprcview.jar
```

### 6.0.2 TOPCAT のインストール

TOPCAT のサイト <http://www.star.bristol.ac.uk/~mbt/topcat> より取得できる<sup>6</sup>。(詳しくは、このサイト、または本講習会の TOPCAT のテキストを参照)

### 6.0.3 データリストファイルのダウンロード

講習会ホームページ

<http://jvo.nao.ac.jp/vos2012/>

から以下のファイルを取得する。

- JVO で公開している HDS データのうち、今回使用する 2 天体のスペクトルファイルの URL リスト  
BD+04\_2621List.txt, HD107752List.txt
- 今回の例で使用する FeI, FeII の吸収線の、周波数、励起ポテンシャル ( $\chi$ )、 $\log gf$  の値のリスト  
Fe1Lines.csv, Fe2Lines.csv

---

<sup>6</sup>本テキストの記述は、TOPCAT Version3.9 に対応したものです。

## 6.0.4 凡例

下記の文章で、**Button** はボタン操作、**TextBox:□** はテキストボックス、**menu** はメニューバーのボタン、**tab** はタブなどからの選択を表す。

## 6.1 Quick Look

- Web ブラウザから JVO ポータルサイト <http://jvo.nao.ac.jp/portal/top-page.do> に接続
- Subaru の HDS を開く。天体名のアルファベット順にリストされているので、BD+04 2621 を探す。(B の#13)
- 天体名の横の「P」をクリックすると、データのリストが表示される。111130\_MI.00051512 を選び、メタデータを確認する。

The screenshot shows the JVO Subaru HDS Data Search interface. The browser address bar displays the URL <http://jvo.nao.ac.jp/portal/subaru/hds.do>. The page title is "Subaru HDS Data Search by Object". The "Alphabetic" filter is set to "B". A table lists objects with columns for "#", "ObjectName", "count of exposures and link to the processed dataset", and "P". The object "BD+04 2621" is highlighted in red. A second table, "Reduced 1D Spectra for BD+04 2621", shows "Proc ID", "Version", "Date of Obs.", and "Count". The entry "111130\_MI.00051512" is circled in red. Red arrows point from the "P" in the first table to the "Proc ID" in the second table.

図 6.2: JVO ポータルの HDS のページから、BD+04 2621 のデータを選択。

- **Download** タブから、Quick Look(QL) 画像を表示する画面に移動し、スペクトルの様子を確認。
- 今回使うのは、normalized 1D spectrum の画像である。スペクトル画像の下の **PDF** ボタンで、スペクトルの PDF ファイルを取得できる。QL 画像で網掛けになっている領域は、bad

data がある領域なので使用しない。

QL 画像のグラフに対応する 36 個の fits ファイルがアーカイブされており、そのファイル名が、URL リスト (BD+04\_2621List.txt) 中のファイル名である。URL リストの最初の、末尾が “.0001” のファイルは、QL 画像の 36 番目 (一番右下) の図に対応し、一番左上の絵に対応するのは最後の “.0036” である。

- 同様にして、もう一天体、HD107752 のデータ 111130\_ML.00041076 の、QL 画像も取得し、確認。

## 6.2 Specview でのデータの取得、表示

- Specview を起動。
- **FILE** から Read from file を選択。ダウンロードした URL リスト (BD+04\_2621List.txt) を選択して、開くとスペクトルを読み込む。(読み込み中は、Specview file read ウィンドウが開き、ファイル毎に Connect... ウィンドウが開閉する場合もある。)
- **Coplot** から Coplot を選ぶと、Spectrograms in memory 画面が開き、ダウンロードされた 36 個のファイル名が表示される。表示されたファイルリストから使用するファイルを選択する (図 6.3)。Bad data 等を避けるため、今回は、4490 – 5250Å の範囲のデータを使用する (ファイルリストの 2 個目から 22 個目にあたる)。2 個目をクリックした後、Shift キーを押しながら 22 個目をクリックすると、その間全てが選択される。
- **Process** から、Processing pipeline を起動。以下の手順で、これらのデータを繋げて 1 個のスペクトルを作る。

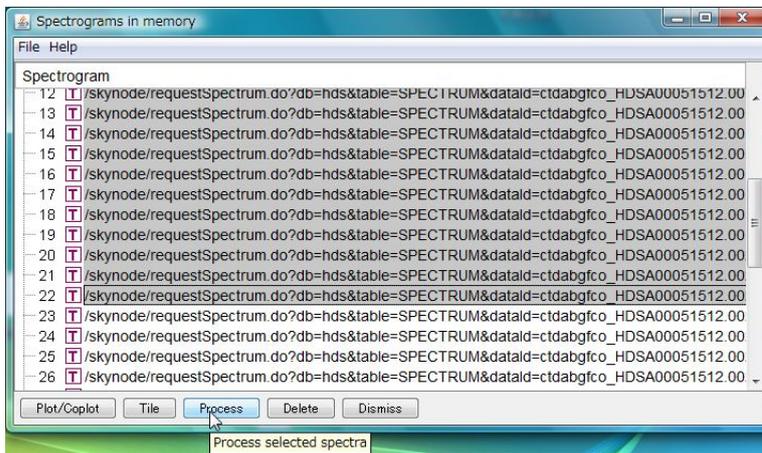


図 6.3: 読み込んだファイルリストから、使用するファイルを選択。2 個目から 22 個目までを選ぶ。

- **Coadd** タブに移動してから、Execute this step チェックボックスにチェックを入れる (図 6.4)。
- **Execute** とすると、選んだスペクトルを全て連結したデータが作成される。メイン画面では、スペクトルが上下 2 段で表示される。

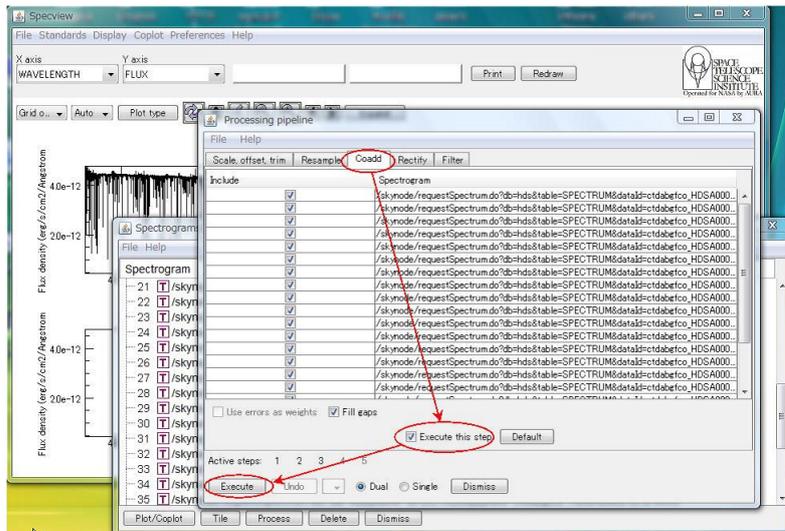


図 6.4: スペクトルの連結

- Spectrograms in memory 画面で、「Processed」(1 番下にある)を選び、「Plot/Coplot」でスペクトルを表示。メイン画面では連結された1つのスペクトルだけが表示されるようになる。
- 画面右上の「Unit」ボタンから、縦軸の単位を photons/s/cm2/Angstrom に(図 6.5)<sup>7</sup>。(複数のスペクトルが表示されている状態では、「Unit」ボタンは表示されない。前のステップを確認しよう。)

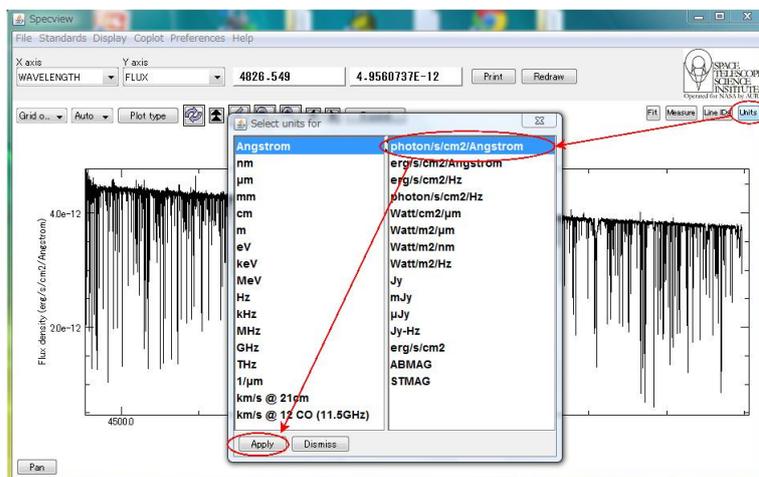


図 6.5: 単位の変更

<sup>7</sup>実際には、normalize したスペクトルなので縦軸には単位は無いが、Specview ではスペクトルを連結すると勝手に単位を photons/s/cm2/Angstrom として読み込む。

## 6.3 視線速度の測定

Mgの吸収線 (5183.619Å) の位置を測り、視線速度を求める。

- **LineIDs** から **Stellar** を選び、星の吸収線のリストを表示 ( 図 6.6 )、**Select all** で全ての吸収線を選び、**Draw** で、スペクトル画面上に吸収線の位置が表示される ( 図 6.7 上 )、**Dismiss** でウィンドウを閉じる (Mac の場合はウィンドウのボタンから閉じる)。

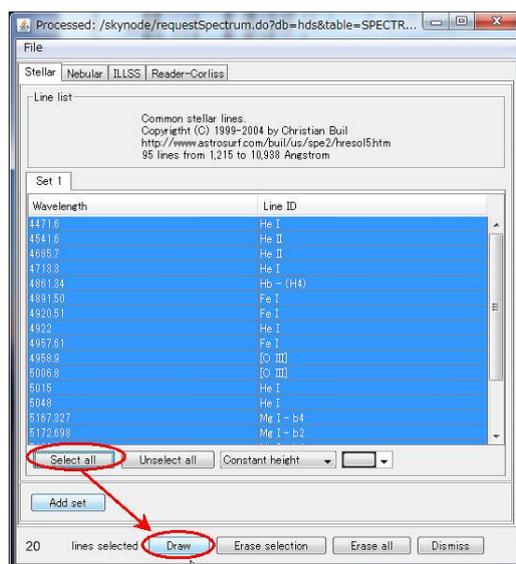


図 6.6: 吸収線リストの表示

- 吸収線のある 5150 – 5200Å あたりを拡大表示。この領域にある吸収線のうち最も強い 3 本が、Stellar line list にある MgI の line 3 つである。  
グラフ領域の角付近を右クリックすると、表示領域の角の位置の座標を数値で指定できる。左上角を X=5150, Y=1.7, 右上角を X=5200 と指定したのが、図 6.7 下。



で開いたウィンドウを閉じておかないと、**Measure** ボタンは表示されないので注意。)

- グラフに現れる赤の小四角 ( ) マークをマウスでドラッグして、測定領域 (赤線で示された幅) を、吸収線のある場所にあわせる ( 図 6.8 )

まず中心の マークを吸収線の中心付近に合わせてから、赤線上の マークを吸収線の端に合わせてるとよい。

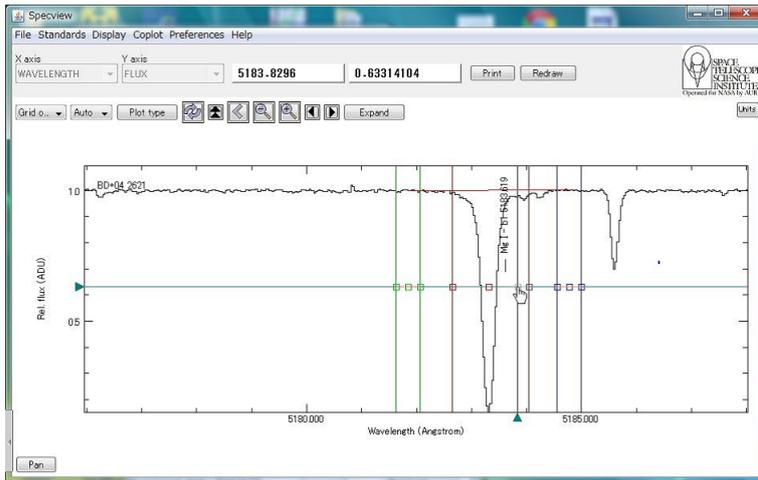


図 6.8: Line の測定。赤線で示された測定領域幅を、line の場所に合わせる。

- 青・緑線も同様に マークを動かして、こちらは吸収線の左右の吸収の無い場所にもっていく。青の領域の平均と、緑の領域の平均を結んだ直線が、連続波成分とみなされる。(赤青緑の線の位置を指定するもう一つの方法として、測定画面の Settings タブから、Regions defined by wavelength limit にチェックを入れて、数値で指定するやり方もある。使いやすい方法を用いればよい。)<sup>8</sup>
- FeatureID の、RestWavelength:□ に、この line の周波数 (5183.619Å) を入力 (数値を入れた後、Return キーを押すこと)
- Measurements タブに戻ると、RV(flux w.) の所に、視線速度 (flux weighted) が表示されるので、メモする。(BD+04 2621 では -17 ~ -18 km/s 程度、HD107752 では 198 km/s 程度になる)
- メイン画面グラフの、データ線が表示されているあたりを右クリックして、Header を表示した画面を開く。
- Rad.vel/z タブに移動し Or enter radial velocity / redshift:□ に、メモした視線速度を入力 (数値を入れた後、Return キーを押すこと)
- メイン画面左上の Xaxis で、WAVELENGTH(Rest) を選択すると、視線速度分シフトしたデータが表示される ( 図 6.11 )

<sup>8</sup>line の Gaussian fit を行って、吸収線の位置を出す fitting 機能もあり、複数の吸収線を用いた測定もできるが、今回は行わない。

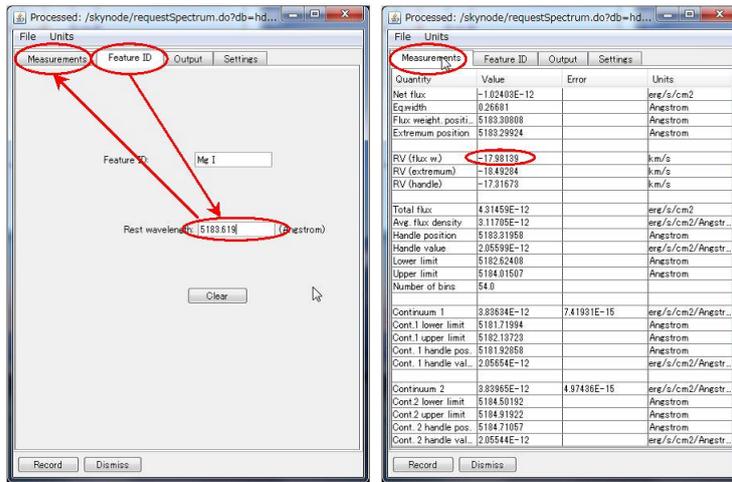


図 6.9: 静止系での周波数を入力すると、視線速度が計算される。

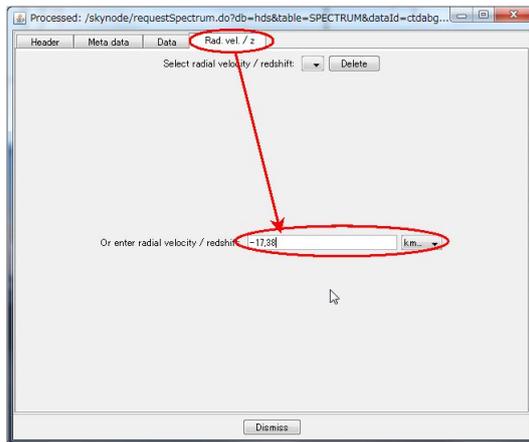


図 6.10: 測定した視線速度の値を入力。

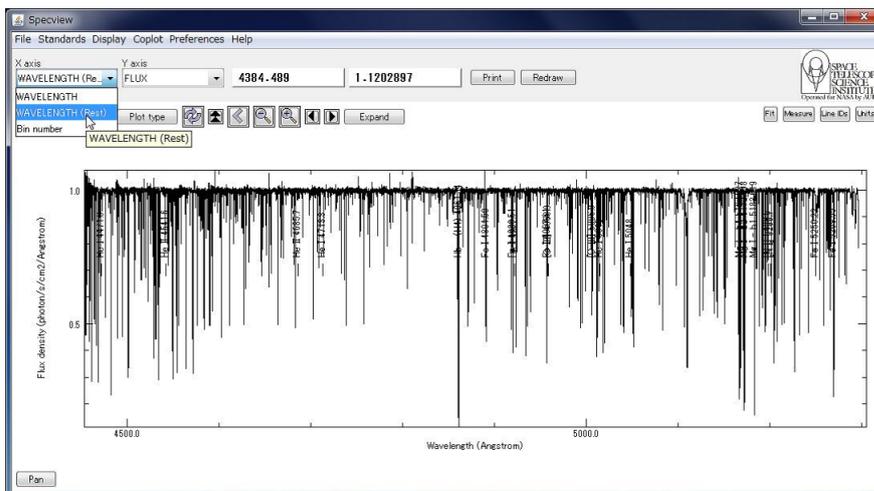


図 6.11: 静止系でのスペクトルに換算して表示。

## 6.4 励起温度の見積もり

- **LineIDs** から line list の画面を開き、今回は **ILLSS** を選ぶ。ILLSS(Identification List of Lines in Stellar Spectra) の吸収線リストがダウンロードしてあればリストが表示される。していなければ、**Download** ボタンが表示されるので、これを押してリストを取得する。
- カラム名をクリックするとソートされるので、Element でソートする。今回は周波数 5100 ~ 5250Å にある line を使うので、FeI の吸収線のうちこの周波数範囲のものを選択し、表示させる(図 6.12)。「FeI P」、「FeI ?」と表示されている line は用いない

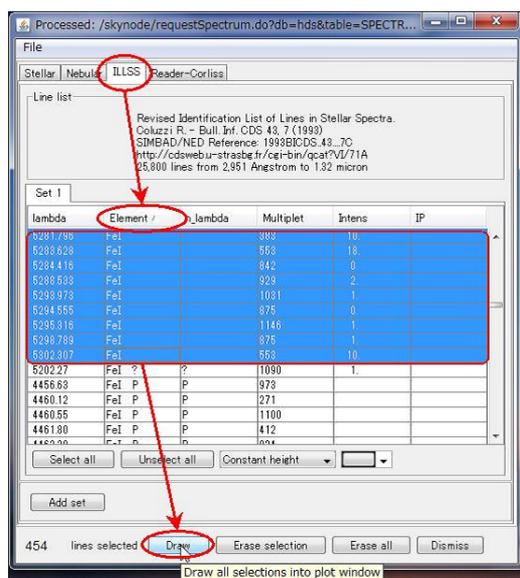


図 6.12: ILLSS の吸収線リストから、FeI のラインを選択

- 講習会サイトからダウンロードしたファイル FeILines.csv を開き、ここに載っている周波数の吸収線 6 本について、等価幅の値を測定していく。  
**Measure** で吸収線測定画面を開く。赤線を吸収線の場所に合わせ、青・緑線は吸収の無い部分を適当な幅で指定する。測定画面の **Measurements** にある Eq.width のセルに、自動的に等価幅の値が表示される。
- **Record** を押すと、表示されている測定値が記録される。記録されたデータは **Output** タブから見る事ができる。(図 6.13 左)
- リストにある 6 つの line 全てについてこれを繰り返す。6 個測定し終わったら、測定画面の **File**, **Save as** から、適当なファイル名(例えば「BD04\_2621FeI」など)を指定して保存する。(図 6.13 右)
- 保存したファイルを適当なエディタで開いて編集する。  
ファイル中に、<VOTABLE xmlns="http://www.ivoa.net/xml/VOTable/v1.1" version="1.1" ID="Processed: /skynode .... (略) ... HDSA00041076.0022;"> となっている箇所があるので、ID=" " のダブルクォーテーションの中身を消す。(ファイル

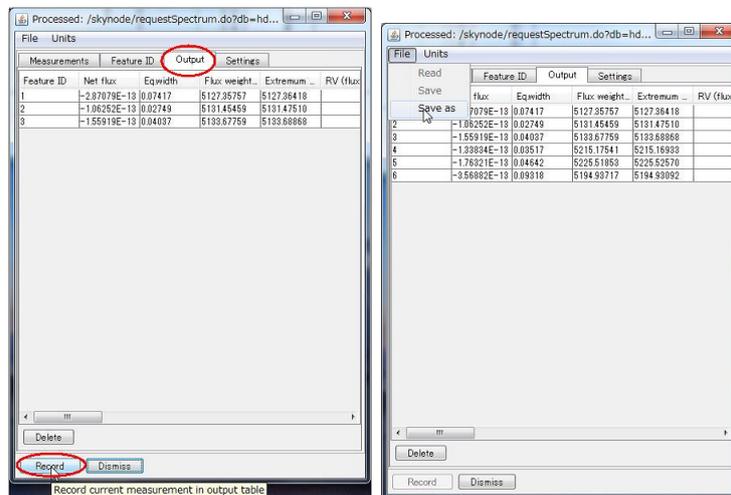
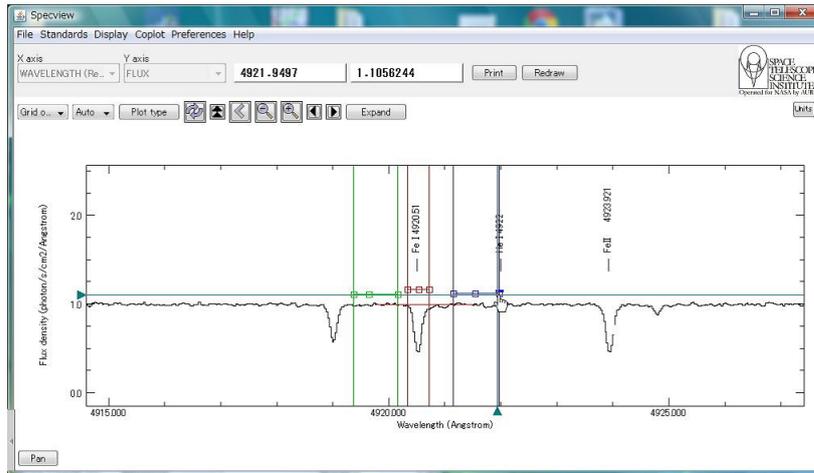


図 6.13: 左：測定した吸収線のリストを作成。右：作成したリストを VO Table として保存。

中に「&」記号があると、TOPCAT で読み込めないために行う。「&」記号だけを消すのでよい。)

- TOPCAT を起動し、 Load New Table を開く。Filestore Browser か System Browser から、FeI の吸収線リストファイル ( Fe1Lines.csv ) を選び、Table Format で CSV を選択して読み込む。
- 同様に、さっき Specview から作って編集をした等価幅のファイル (BD04\_2621FeI.vot) を読み込む。今度は Table Format には VOTable を選択する。(TOPCAT のテーブルリストには、BD04\_2621FeI.vot のテーブルが 2 個表示されるが、1 個目だけを使う)
-  2 つのテーブルをクロスマッチする (図 6.16)。今回は、周波数の違いが  $0.1\text{\AA}$  以内なら同じ line であるとみなす。図のように、パラメータは、Algorithm: 1-d Cartesian, Error:  0.1, Table1: には Fe1Lines.csv を選び、X column: lambda, Table2: には Specview で作っ

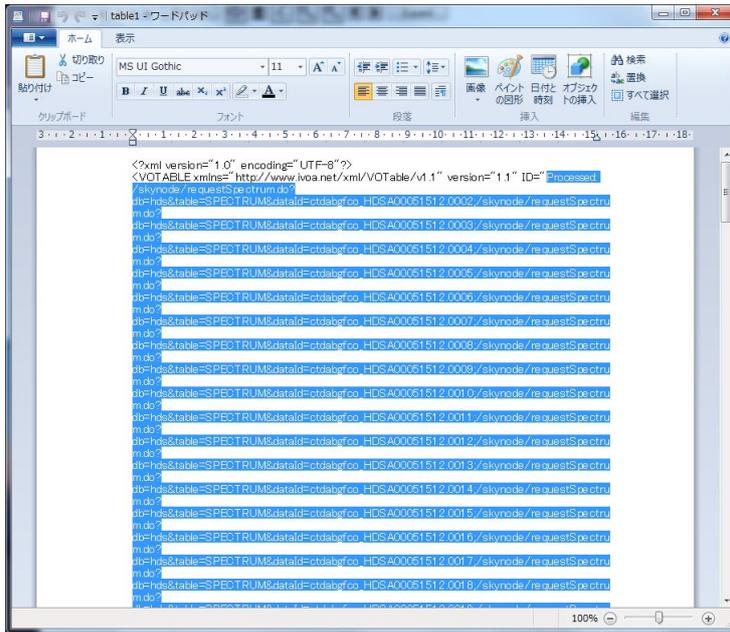


図 6.14: line の等価幅リストのファイルを編集。この図はワードパットを使用した場合。

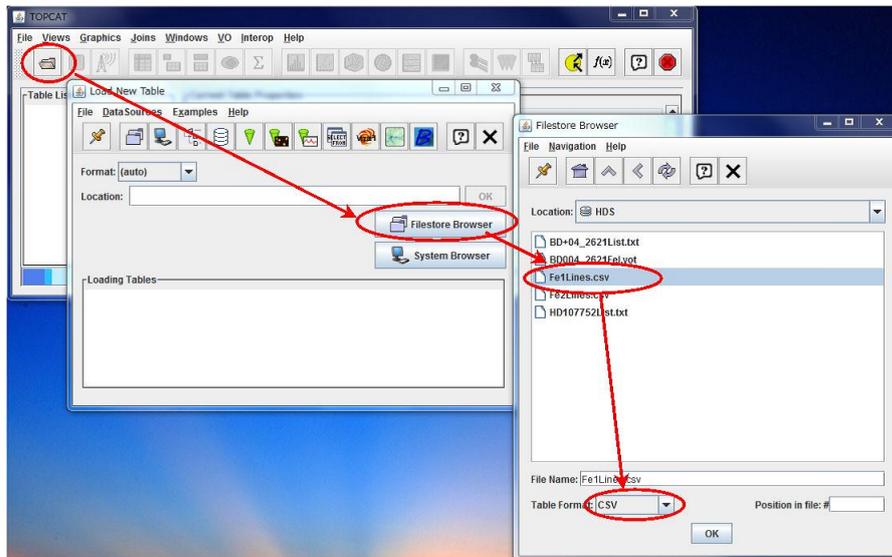


図 6.15: TOPCAT でファイルを読み込む

たファイルを選び、X column: Flux weight. position とする。6 件のデータがペアになり、新たに「match(1,2)」という名前のテーブルが作られる。

- クロスマッチしたテーブル match(1,2) を選び、コラム表示画面  において、コラム作成機能  から、 $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$  のコラムを作成する ( 図 6.17 ) Expression に書く式中では、コラム名 (lambda など) とコラム番号 (\$1 など) のどちらの表記も使える。Name,

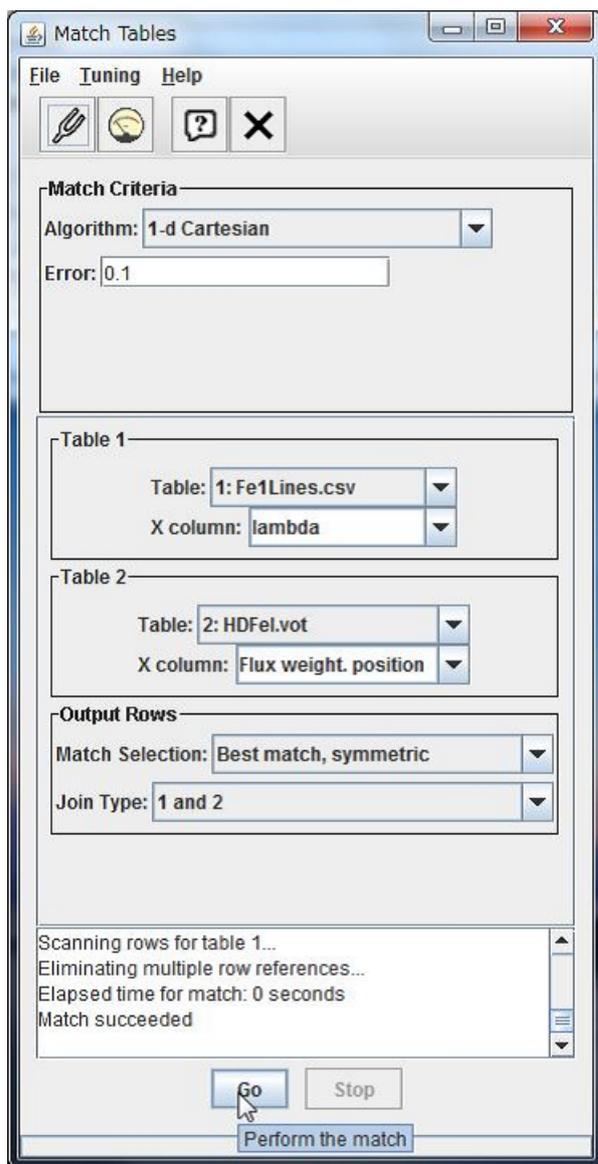


図 6.16: Fe1Lines.csv と、等価幅を測定したテーブルのクロスマッチ

Expression 以外の欄は空のままよい。<sup>9</sup>

- X 軸に  $\chi$ , Y 軸に  $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$  でグラフを作成 。(図 6.18)
- 右下の Row Subset フィールドの、グラフの点のマーカが表示されている所をクリックすると Plot Style Editor 画面が起動する。Line の所で Linear correlation をとってやると、直線での fitting を行い、"m=" に傾きが表示される。この m の値が、式 (5) における  $-\theta_X$  であり、 $T_X = 5040\text{K}/\theta_X$  が励起温度である。m の値をメモしておく。

<sup>9</sup>このテキストの log は全て常用対数。TOPCAT では  $\log_{10}(x)$  と記述する。

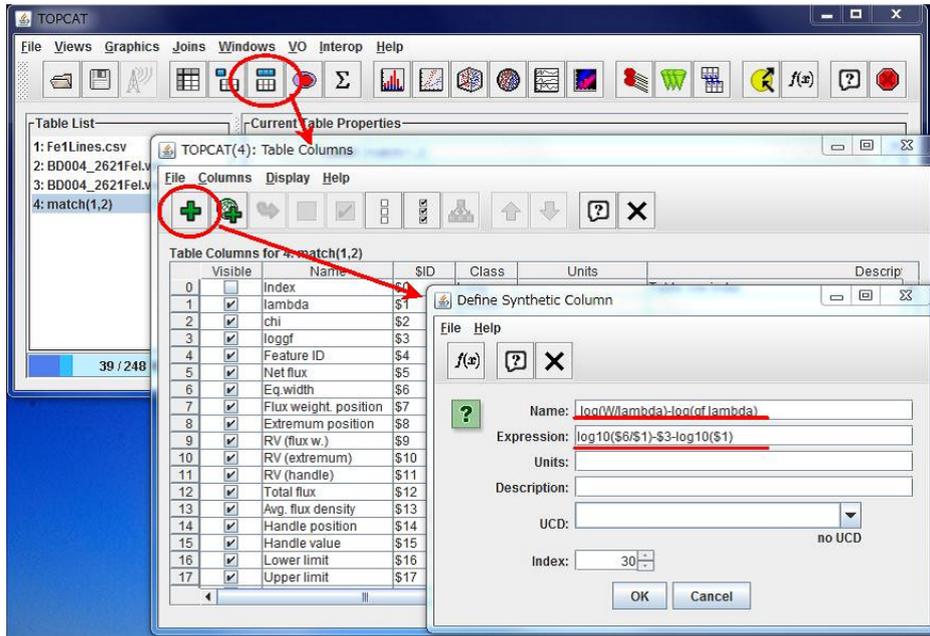


図 6.17:  $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$  のカラムの作成

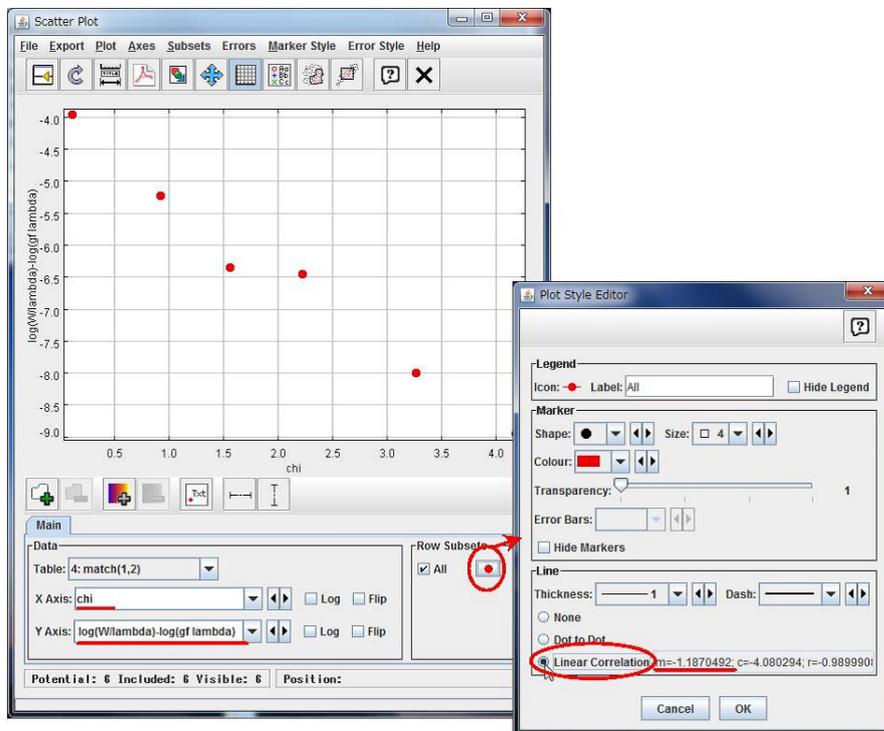


図 6.18: 励起温度の推定。  $\chi$  と  $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$  の相関を見る。

## 6.5 成長曲線の作成

- FeI でやったのと同様にして、今度は ILLSS のリストから FeII の line を選び、Fe2Lines.csv にある周波数の吸収線について、等価幅を測定していく。
- FeI の時と同様に、等価幅の値を保存したファイルを作り、「ID “Processed...”」の部分を編集。
- 励起温度を出した時と同様に、TOPCAT で、Fe2Lines.csv と、測定結果のファイルを読み込み、クロスマッチする。
- $\log(W/\lambda)$  と  $\log(gf\lambda) - \theta_X\chi$  のカラムを作成する。 $-\theta_X$  には、励起温度測定の所でグラフから測った  $m$  の値を使う。
- X 軸:  $\log(gf\lambda) - \theta_X\chi$ , Y 軸:  $\log(W/\lambda)$  のグラフを作成する。このグラフが成長曲線と呼ばれる。右上側の点を除き、データはほぼ直線上に乗るはずである。
- もう 1 天体、HD107752 についても同じ手順で、視線速度測定、励起温度の推定をし、成長曲線を描く。HD107752 で、吸収線が微弱で測れない場合などは、その line は測定しなくてもよい。  ボタンで、2 つ目のグラフを前のグラフに重ねて plot できる。

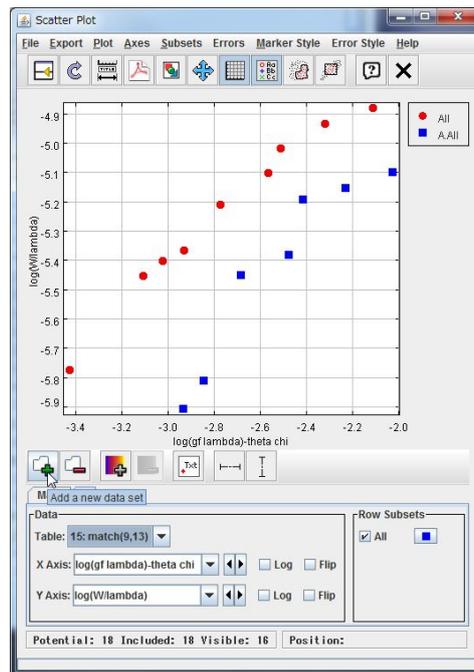


図 6.19: 2 天体の成長曲線。

## 6.6 組成比の推定

- 飽和の影響が見られる line を除いた、弱い line だけのデータセットを作成する。

 ボタンを押してから、直線に乗っている「弱い」吸収線に当たるデータを、グラフでラッグして囲って選択し、もう一度  ボタンを押すと、subset 作成画面が開く。今回の例では、Y 軸の値で -5 以下を選べばよいであろう。名前を付けて  で、部分集合を作成する。

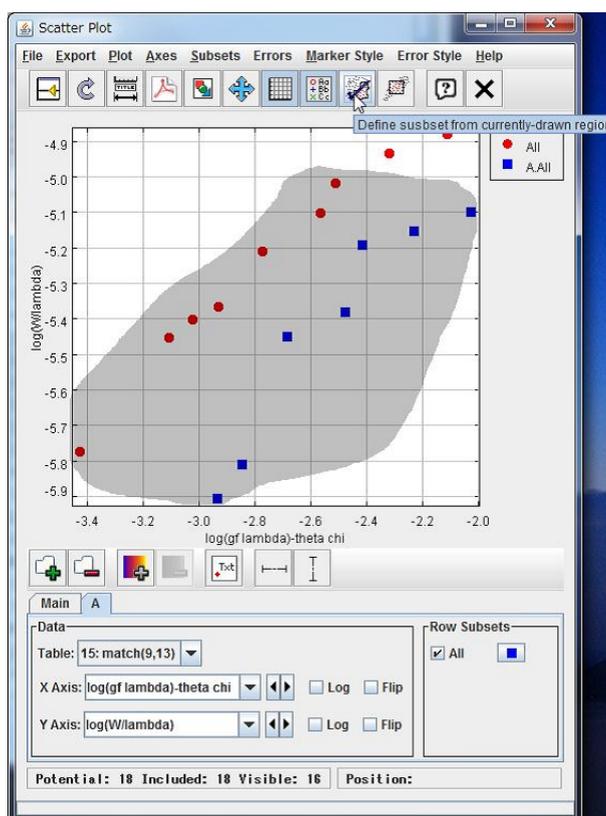


図 6.20: グラフ上で「弱い line」のみを選択。マウスでドラッグして、囲まれた領域がグレーで表示される。

- $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda) + \theta_X\chi$  のカラムを作成する。
- 統計機能  $\Sigma$  を用いて、弱い line の部分集合について、この値  $[\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda) + \theta_X\chi]$  の平均値を求める。  
2 天体についてのこの平均値の差が、金属量の比の対数 ( $[\text{Fe}/\text{H}]$  の差) となる。

TOPCAT(12): Row Statistics

File Export Statistics Display Help

Row Statistics for 12: match(9,10)

Name	Mean	SD	Minimum	Maximum	nGood
lambda	4826.16	311.785	4491.401	5284.092	
chi	2.89857	0.133248	2.81	3.22	
loggf	-3.02286	0.414374	-3.67	-2.27	
Eq.width	0.025463	0.012731	0.00834	0.04986	
log(W/lambda)	-5.33473	0.233862	-5.77723	-5.02113	
log(gf lambda)-...	-2.90539	0.296593	-3.42791	-2.51171	
log(W/lambda)-...	-2.42934	0.069266	-2.53857	-2.34897	

Subset for calculations: weak

図 6.21: テーブルの統計情報

ここで使った 2 天体の観測について詳細と、より高度な方法を用いた解析結果は、Ishigaki et al.(2010)にある。今回の結果と比較してみよう。

余裕があれば、これらの天体の他の元素の組成比や、他の天体の金属量も求めてみる。他の元素の吸収線についての  $\chi$ ,  $\log gf$  のデータは、過去の観測論文 (e.g. Aoki et al. 2002) で用いている line のデータを使うとよいであろう。より微弱な吸収線を含めた全ての line のリストは、例えば Hirata & Horaguchi(1994) などがあり、VizieR (<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>) 等から取得できる。(ILLSS の吸収線リストとは、同じ吸収線でも周波数が若干異なっている)

#### 参考文献

- D.F.Gray 1992 "The observational analysis of stellar photospheres"  
 野本憲一、佐藤勝彦、定金晃三 2009 "シリーズ現代の天文学7 恒星"  
 Aoki et al. 2002, PASJ, 54, 427  
 Hirata & Horaguchi 1994, Atomic Spectral Line List  
 Ishigaki, M., Chiba, M., & Aoki, W. 2010, PASJ, 62, 143  
 Ishigaki, M., Chiba, M., & Aoki, W. 2010, PASJ, 62, 1369

# 第7章 超大質量ブラックホールのデータ収集とその可視化・分析<sup>1</sup>

## 7.1 科学的背景

近年の観測により、宇宙に存在するすべての銀河の中心には超巨大質量ブラックホール (SMBH) が普遍的に存在することが知られている。SMBH の質量は  $M_{\text{BH}} = 10^{6-9} M_{\text{Sun}}$  ( $M_{\text{Sun}}$  は太陽の質量) と言われており、マイクロクエーサー (銀河系内のブラックホールと恒星の連星系) の  $M_{\text{BH}} \lesssim 10 M_{\text{BH}}$  との間には大きな違いがある。そのため、「SMBH がどのようにしてその質量を獲得したか?」という問いは今なお最大の謎のままである。

いっぽう、SMBH の質量と母銀河のバルジ質量との間には強い相関 (Magorrian Relation) があることが知られている (図 7.1) [3, 4]。これは SMBH 進化と銀河進化が密接に関係していることを示唆する。これを共進化と呼び、SMBH の宇宙論的進化の謎を解く鍵となる。

共進化を説明する理論はいくつか提唱されているが、いずれも仮説の域をでない。ここでは、そのうちのひとつ [1, 2] を紹介する。銀河が衝突合体するとスターバーストが起こると同時に、新しくできた SMBH の周りに大量のガスが落ち込む。その結果、ダストに埋もれた活動銀河核

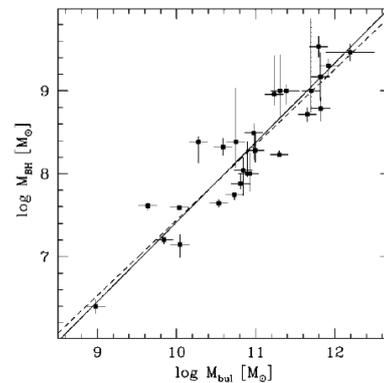


図 7.1: 近傍銀河のバルジ質量と中心の超巨大質量ブラックホール (SMBH) の質量との相関 [4]。

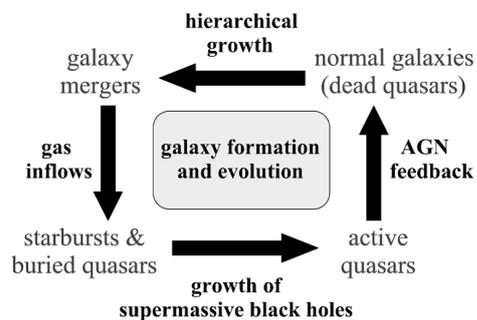
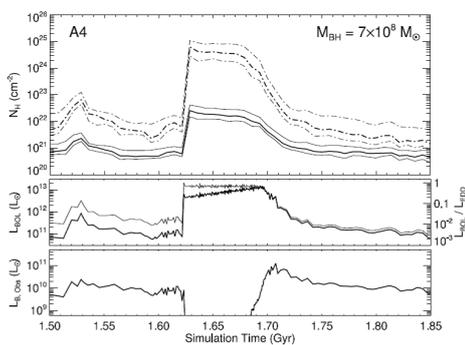


図 7.2: 合体後の水素柱密度 (左上)、絶対光度 (左中)、B バンドでの見かけの光度 (左下) [1] と銀河進化の模式図 [2]。

<sup>1</sup>執筆:江口智士

(AGN) が誕生する (図 7.2 左)。このとき水素柱密度 (水素の個数密度を視線方向に積分したもの) は  $N_{\text{H}} \sim 10^{25} \text{ cm}^{-2}$  に達する。するとダストによる強い減光のために、可視光ではこの系を観測できなくなる (図 7.2 下)。しばらく経つと AGN の輻射圧により周囲のガスが吹き飛ばされ、SMBH へのガス供給が止まり SMBH の成長も止まる (AGN Feedback)、すなわち AGN としての寿命を終える。宇宙進化の間にこのサイクルが何度も繰り返された結果、Magorrian Relation が生まれた (図 7.2 右) 以上が彼らの主張である。

このモデルを信じるならば、AGN はその初期段階において非常に濃いダストに覆われて観測が非常に困難な状態、すなわち「隠された」状態になる。言い換えると、隠された AGN は進化段階の非常に初期の段階であり、SMBH の成長および銀河進化の謎に直接迫ることのできる貴重なサンプルなのである。ただし、繰り返しになるが、隠された AGN は観測が非常に困難なため、同定には赤外線から硬 X 線までの幅広いスペクトル・データが必要になる。各波長のサーベイ・データに個別にアクセスして整理し、系統的に解析を行うのは非常に大変である。これに対し、VO は較正済み他波長データの巨大アーカイブでもある。そこで、VO を用いて隠された AGN の性質に迫るとというのが、本実習の目標である。

時間が限られているので、本実習では

- VO のデータから「隠された AGN」の候補を探し出す
- TOPCAT のプラグインを作成して、VO と外部のデータベースを連携できるようにする<sup>2</sup>

方法に絞って解説する。また、本実習は仮想マシン上の Lubuntu 11.10 で行うが、開発環境と環境変数の設定を適宜行えば、同じ作業を Windows 等の他の OS でも行うことができる。

## 7.2 TOPCAT の使い方

この実習では TOPCAT を駆使するので、再度使用法の解説を行う。

### 7.2.1 Linux での TOPCAT の起動方法

実習用の環境には、最新版の TOPCAT を `/usr/local/votools/topcat-full.jar` としてインストールしてある。ターミナル (LXTerminal) を起動して、

```
java -Xmx512m -jar /usr/local/votools/topcat-full.jar &
```

と入力すれば、最大使用メモリを 512 MB に設定して TOPCAT を起動できる。`-Xmx512m` を指定しない場合は、最大使用メモリは 256 MB になる。本実習では大きなカタログデータを読み込むので最低でも 512 MB、できれば 1024 MB (`-Xmx1024m`) を指定する。<sup>3</sup>

上記のコマンドを毎回手で入力するのは大変なので、実習環境では `$HOME/.bashrc` に

```
VOTOOLS=/usr/local/votools
alias topcat="java -Xmx512m -jar $VOTOOLS/topcat-full.jar"
```

<sup>2</sup>データベースは「大量の情報の中から条件に合う少数のものを抽出するタイプ ( $N:1$  の関係)」と「ある情報に関連する違う種類の情報にアクセスするタイプ ( $1:N$  の関係)」とに大別される。現状の VO は前者である。

<sup>3</sup>実習用の仮想マシンはメモリを 1024 MB (=1 GB) しか搭載していない。物理マシンが 3 GB 以上のメモリを搭載している場合は、仮想マシンを起動する前に仮想マシンの設定を変更して、仮想マシンのメモリ量を 2 GB 以上に設定して仮想マシンを起動する。

と設定してあり、ターミナル上で単に

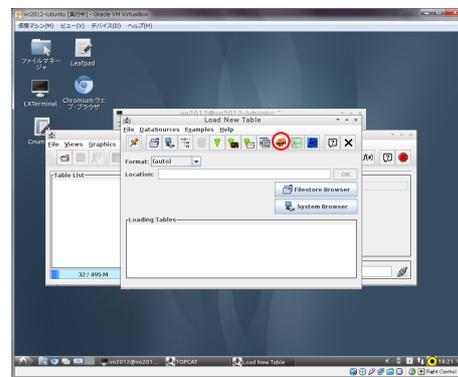
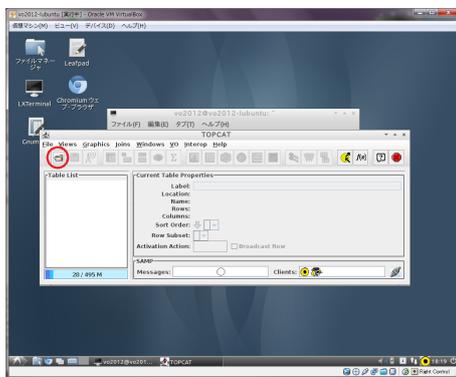
topcat &

と入力するだけで TOPCAT が起動する。

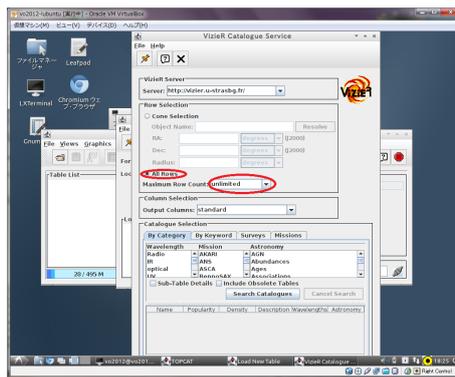
## 7.2.2 SDSS DR-7 Quasar カタログの取得と整理

最初に、Sloan Digital Sky Survey Data Release 7 (SDSS-DR7) の Quasar カタログを取得する。

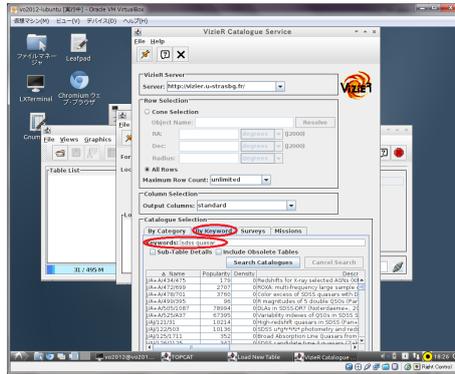
1.   の順にクリックする。



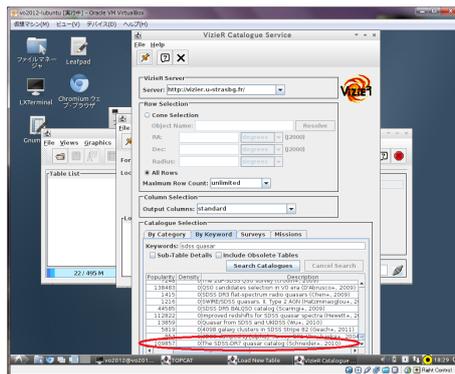
2. “Row Selection” で “All Rows” を選択し、“Maximum Row Count:” を “unlimited” にする。



3. “Catalogue Selection” で “By Keyword” タブをクリックし、“Keywords:” に sdss quasar と入力する。そして Enter キーを押すか、“Search Catalogues” ボタンをクリックする。

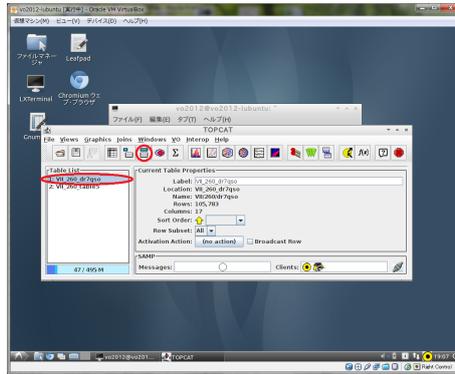


4. 検索結果の一番最後、“The SDSS-DR7 quasar catalog (Schneider+, 2010)” を選択し、ダイアログの OK ボタンをクリックする。するとダウンロードが開始される。

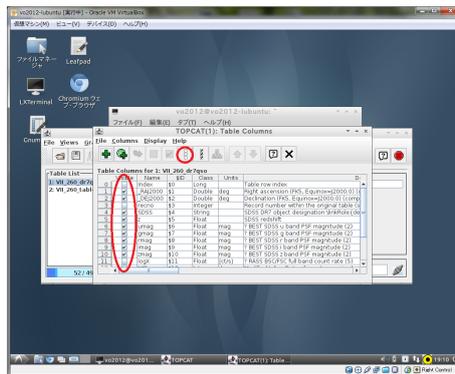


SDSS DR-7 Quasar カタログは、VII\_260\_dr7qso と VII\_260\_table5 という 2 つの項目が一部異なるテーブルから構成される。データを有効活用するために、共通項目のみを残してテーブルの結合を行う。また、後で *XMM-Newton* のカタログとクロスマッチを行うが、*XMM-Newton* の角度分解能は  $\approx 5''$  なので、離角が  $5''$  以内の天体の組はここで捨ててしまう。

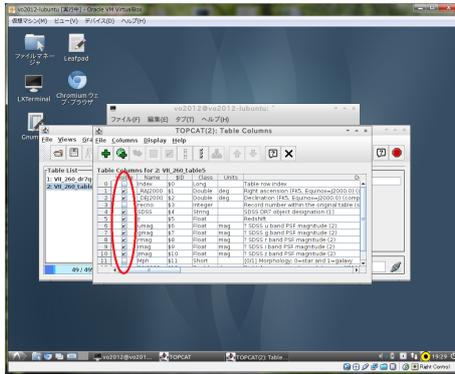
1. “Table List” の VII\_260\_dr7qso を選択し、 を押してカラムメタデータを表示させる。



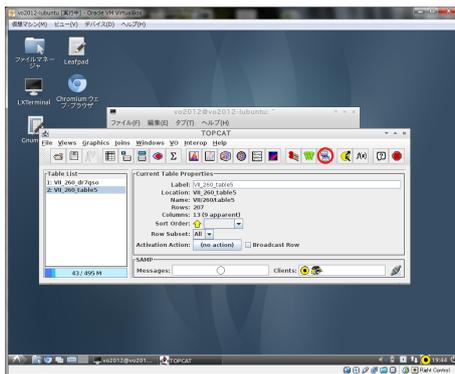
2.  をクリックして全てのカラムを不可視にし (Visible 列のチェックを外す)、\_RAJ2000、\_DEJ2000、SDSS、z、umag、gmag、rmag、imag、zmag のみ可視にする (Visible 列にチェックを入れる)。  を押してダイアログを閉じる。



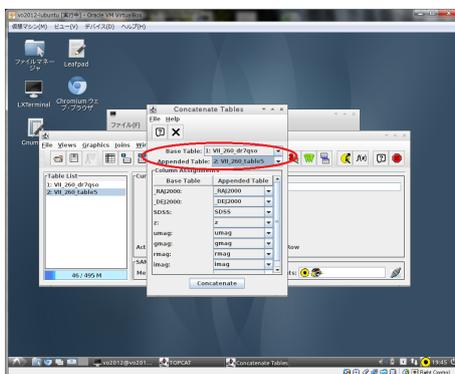
3. 同様にして、テーブル VII\_260\_table5 も \_RAJ2000、\_DEJ2000、SDSS、z、umag、gmag、rmag、imag、zmag のみ可視にする。



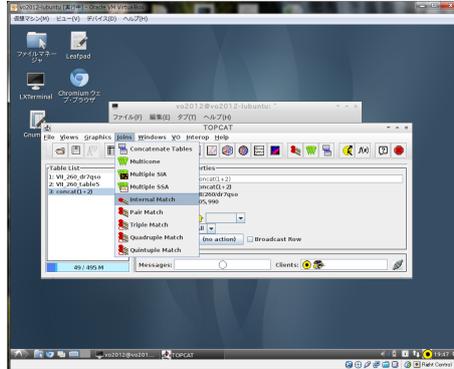
4.  をクリックする。



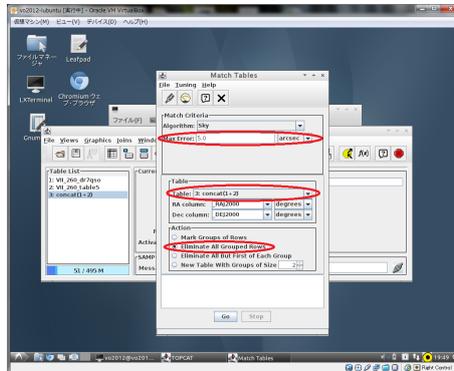
5. “Base Table:”として1: VII\_260\_dr7qso, “Appended Table:”として2: VII\_260\_table5  
を選択する。そして、カラムの対応関係を確認した後、Concatenate ボタンをクリックする。  
この操作により、新しいテーブル concat(1+2) が作成される。



6. Joins メニューから Internal Match を選択する。

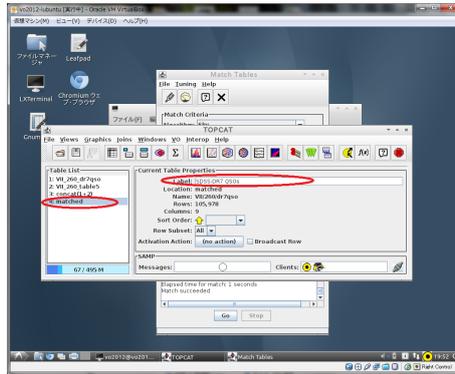


7. “Match Criteria” の “Max Error:” に 5.0(単位確認) を入力し、“Table” の “Table:” として 3: concat(1+2) を選択し、“Action” として “Eliminate All Grouped Rows” を選択し、Go ボタンをクリックする。この操作により、重複したデータと混んだ領域が削除された 4: matched という新しいテーブルが作成される。



8. “Table List” の 4: matched を選択し、“Current Table Properties” の “Label:” に SDSS-DR7 QSOs と入力して Enter キーを押す。<sup>4</sup> “Table List” の表示が 4: SDSS-DR7 QSOs と変更されたことを確認する。

<sup>4</sup>Enter キーを押さないと、ラベルの変更が反映されない。



以上で、SDSS DR7 Quasar カタログの取得は完了である。SDSS-DR7 QSOs 以外のテーブルは不要なので、削除して構わない。テーブルの削除は、そのテーブルを選択して File メニューの Discard Table(s) をクリックする。

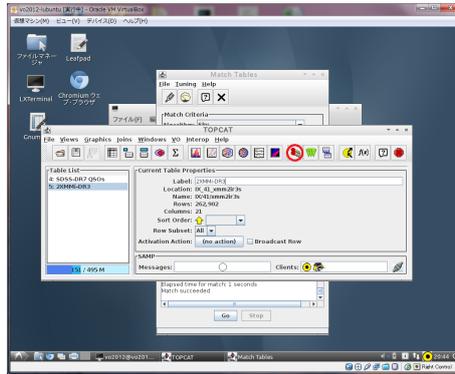
### 7.2.3 2XMMi-DR3 カタログの取得

続いて、XMM-Newton Serendipitous Source Catalogue Data Release 3 (2XMMi-DR3) を取得する。SDSS のときと同様にして、 →  とクリックし、“Keywords:” に xmm dr3 と入力して 2XMMi-DR3 を検索してデータを取得する。2XMMi-DR3 は 1 つしかテーブルはないので、SDSS のときのようなデータ加工は不要である。後でわかりやすいように、“Current Table Properties” の “Label:” に 2XMMi-DR3 と入力して Enter キーを押す。

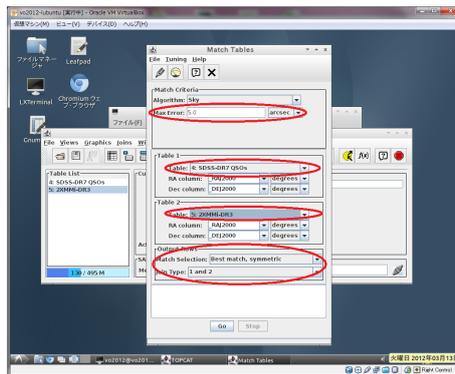
### 7.2.4 カタログマッチ

2XMMi-DR3 は単なる X 線源のカタログなので、X 線連星といった AGN 以外のソースが多数含まれている。そこで SDSS の Quasar カタログとクロスマッチして、AGN のみ取り出す。

1.  をクリックする。



2. “Match Criteria” の “Max Error:” に *XMM-Newton* の典型的な角度分解能である 5” を入力し、“Table 1” として SDSS-DR7 QSOs を、“Table 2” として 2XMMi-DR3 を選択する。“Output Rows” の “Match Selection:” として “Best match, symmetric”、“Join Type:” として “1 and 2” を選択する。

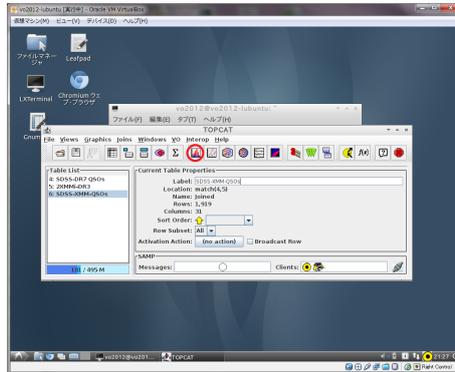


3. 条件を確認して Go ボタンをクリックする。
4. 新しく作成されたテーブルを選択し、“Current Table Properties” の “Label:” に SDSS-XMM-QSOs と入力し、Enter キーを押す。

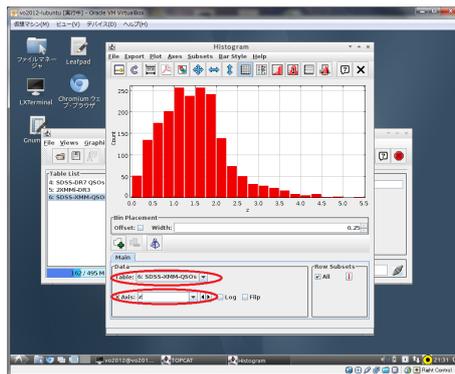
## 7.2.5 XMM AGN の Redshift 分布を調べる

XMM AGN の大まかな Redshift 分布を調べるため、ヒストグラムを作成する。

1. テーブル SDSS-XMM-QSOs を選択し、 をクリックする。



2. “Table:” に SDSS-XMM-QSOs が選択されていることを確認し、“X Axis:” として  $z$  を選択する。

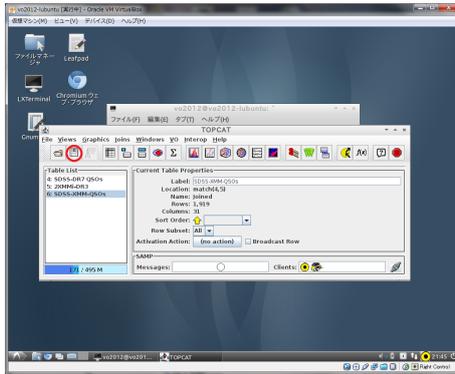


3.  $z \approx 1$  にピークがあることを確認する。

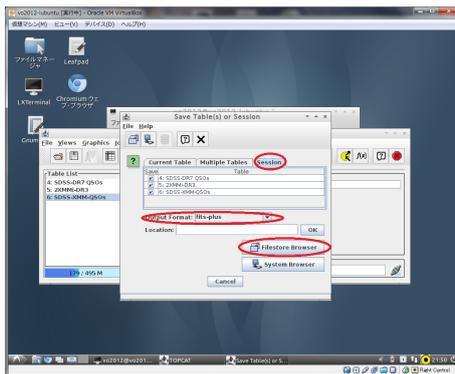
## 7.2.6 作業内容の保存

万が一 TOPCAT がクラッシュした場合に備えて、こまめに作業内容を保存することを強く推奨する。TOPCAT の保存機能では、あるテーブル 1 つを保存 (fits やテキスト等の形式が選択可能) することに加えて、ラベルも含めて全テーブルを保存することができる。

1.  をクリックする。



2. “Session” タブをクリックし、“Output Format:” が fits-plus になっていることを確認する。“Filestore Browser” ボタンをクリックする。



3. 適当なディレクトリとファイル名を指定し (必ず拡張子 .fits を忘れずに付けること)、OK ボタンをクリックする。ここでホームディレクトリに agn.table.fits と保存したと仮定して、以後解説を行う。

### 7.3 隠された AGN 候補探査

最初に述べたように、隠された AGN はトラスによる強い減光のために可視光の観測が難しい。そこで透過力の強い X 線に注目する。10 keV 以下の領域では、散乱断面積 (光子が物質と反応を起こす確率) は近似的に  $\sigma(E) \propto E^{-3}$  ( $E$  は光子のエネルギー) と書ける。つまり、同じ X 線であってもエネルギーの低い X 線よりもエネルギーの高い X 線の方が透過力が強い。ここで、適当に光子のエネルギーの閾値  $E_0$  を決めて

- $E \geq E_0$  の光子の個数:  $H$
- $E < E_0$  の光子の個数:  $S$

とすると、隠された AGN では定性的には  $H > S$  になると期待される。これをもう少し定量的に定義したのが Hardness Ratio (HR) と呼ばれる量であり<sup>5</sup>、

$$\text{HR} \equiv \frac{H - S}{H + S}$$

で定義される。

観測するエネルギー・バンドを 2 つに別けて、それぞれのバンドについて HR を計算する。例えば、 $(\text{HR}_1, \text{HR}_2)$  とする。スペクトルが高エネルギーまでずっとべき型である天体と、スペクトルの途中にカットオフがあるような天体では、前者の方が  $\text{HR}_2/\text{HR}_1$  の値が大きくなる。したがって、横軸に  $\text{HR}_1$ 、縦軸に  $\text{HR}_2$  をとったプロットを作成すると、スペクトルに応じてそれぞれの天体が占める位置が変わる。このプロットは可視光の 2 色図に対応し、大まかに天体をふるいに掛けるときにしばしば使われる手法である。

2XMMi-DR3 カタログでは、Hardness Ratio を計算するために次の 5 つのエネルギーバンドを定義している:

- band1 = 0.2–0.5 keV
- band2 = 0.5–1.0 keV
- band3 = 1.0–2.0 keV
- band4 = 2.0–4.5 keV
- band5 = 4.5–12.0 keV。

そして、

- $\text{HR}_1 = (\text{band1}, \text{band2})$
- $\text{HR}_2 = (\text{band2}, \text{band3})$
- $\text{HR}_3 = (\text{band3}, \text{band4})$
- $\text{HR}_4 = (\text{band4}, \text{band5})$

の値を記載している。

本実習では、これとシミュレーションとを組み合わせ、隠された AGN の候補天体を *XMM-Newton* の AGN カタログから探し出す。

### 7.3.1 隠された AGN のスペクトル・シミュレーション

中心核から放射されている X 線のスペクトルは、 $I(E) = AE^{-\Gamma} \exp(-E/E_{\text{cut}})$  で表せることが観測的に知られている。<sup>6</sup>ここで  $A$  は 1 keV での光子数の規格化定数、 $\Gamma$  は Photon Index、 $E_{\text{cut}}$

<sup>5</sup>HR は純粋な観測量であり、検出器の個体差も含まれている。したがって、違う検出器どうして HR の値を直接比較することはナンセンスである。

<sup>6</sup>X 線で単に「スペクトル」と言うと、縦軸に光子数を取ったものを指す場合が多い。

はカットオフ・エネルギーである。実際のスペクトルでは、トーラスによる吸収と Narrow Line Region 付近にある薄いガスによる Thomson 散乱の成分<sup>7</sup>が入るので、観測されるスペクトルは

$$F(E) = \exp\{-N_{\text{H}}\sigma(E)\} I(E) + f_{\text{scat}} I(E)$$

と書ける。ここで、 $N_{\text{H}}$  は水素柱密度を、 $f_{\text{scat}}$  はトーラスの透過成分に対する散乱成分の割合を表す。隠された AGN の定義は、 $f_{\text{scat}} < 3\%$  である [7]。実際に観測されるスペクトルはもっと複雑であるが、今回は候補探査が目的であるためそのような成分は無視する。同じ理由で、以下では中心核のスペクトルのカットオフ成分  $\exp(-E/E_{\text{cut}})$  も無視する。

では、実際に *XMM-Newton* で観測したときの AGN のスペクトルのシミュレーションを行う。まずターミナルで、

```
cd ~/hands-on/smbh/xspec_sim
ls
```

を実行する。これで表示された `epn_ff20_sdY9_v11.0.rmf` というファイルが *XMM-Newton* の EPIC 検出器のレスポンス・ファイルである。理論的なスペクトル・モデルにレスポンス・ファイルをかけ算すると、実際に観測で得られるスペクトルになる。

シミュレーションにはこのファイル以外に、Xspec と呼ばれる X 線スペクトルの解析ソフトウェアが必要である。本実習で使用している仮想マシンには、既に Xspec がインストールしてある。ただし、Xspec が内部に保持しているライブラリと OS の標準ライブラリが衝突してしまうため、そのままでは起動できないようにしてある。Xspec を起動するために、ターミナルで

```
heainit
```

を実行する。これで準備完了である。heainit と入力するのは、そのターミナルで Xspec を最初に起動するときだけで良い。あとはターミナルで、

```
xspec
```

と入力すると、

```
XSPEC version: 12.7.0
Build Date/Time: Tue Feb 14 23:58:33 2012
```

```
XSPEC12>
```

と表示されて Xspec が起動する。

次は、 $z = 1$  にある  $N_{\text{H}} = 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ 、 $\Gamma = 1.9$ 、 $f_{\text{scat}} = 10\%$  の AGN のスペクトル・モデルを作成する手順である。

```
model zphabs*zpowerlw+const*zpowerlw
100
1
```

<sup>7</sup>AGN に「吸収を受けていないべき成分」が存在することが観測的にわかっている。いっぽう X 線 CCD はエネルギー分解能が低いので、複数の輝線が均されてあたかも連続成分のように見えてしまう。そのため、「散乱成分」を本当に単純な Thomson 散乱と取り扱って良いのか、もっと丁寧に取り扱うべきでないかという議論が存在する。さらに、散乱成分はトーラスの不均一成分が見えているのではないか、という主張もある。しかしここでは単純な Thomson 散乱として取り扱う。

```

1.9
=2
1
0.1
=3
=2
=5

```

ここで=は、その後に記述した番号のパラメータとリンクさせるという意味である。結果として、

```

=====
Model zphabs<1>*zpowerlw<2> + constant<3>*zpowerlw<4> Source No.: 1 Active/Off
Model Model Component Parameter Unit Value
par comp
  1 1 zphabs nH 10^22 100.000 +/- 0.0
  2 1 zphabs Redshift 1.00000 frozen
  3 2 zpowerlw PhoIndex 1.90000 +/- 0.0
  4 2 zpowerlw Redshift 1.00000 = 2
  5 2 zpowerlw norm 1.00000 +/- 0.0
  6 3 constant factor 0.100000 +/- 0.0
  7 4 zpowerlw PhoIndex 1.90000 = 3
  8 4 zpowerlw Redshift 1.00000 = 2
  9 4 zpowerlw norm 1.00000 = 5

```

```
XSPEC12>
```

と表示されれば良い。もし途中で入力を間違った (Enter キーを押した後に間違いに気づいた) 場合は、Enter キーを連打して

```
XSPEC12>
```

の状態にしてしまい、再度 model と入力するところから始めて欲しい。<sup>8</sup>

最後に表示された結果と入力を見比べて欲しい。最初の 100 は  $N_H$  を  $10^{22} \text{ cm}^{-2}$  単位で入力したものである。次の 1 は Redshit = 1 の意味である。3 番目は  $\Gamma$  の指定、4 番目は Redshift、5 番目は 1 keV での規格化定数  $A$ 、6 番目は  $f_{\text{scat}}$  (%を比に変換)、7 番目は  $\Gamma$ 、8 番目は Redshift、9 番目は  $A$  の指定にそれぞれ対応する。

```
plot model
```

と入力すると、スペクトル・モデルが表示される。

続いて、このスペクトル・モデルに EPIC のレスポンス・ファイルを掛け合わせる。

```
fakeit none
```

```
epn_ff20_sdY9_v11.0.rmf
```

<sup>8</sup>newpar (パラメータ番号) (新しいパラメータ) または newpar (パラメータ番号) = (リンク先のパラメータ番号) とすれば修正可能である。

(何も入力せず Enter キーを押す)

y

(何も入力せず Enter キーを押す)

epl\_1d20\_sdY9\_v11.0.fak (または何も入力せず Enter キーのみ押す)

100000,1,1

すると、

```
1 spectrum in use
```

```
Chi-Squared =          3450.73 using 4096 PHA bins.  
Reduced chi-squared =          0.843288 for 4092 degrees of freedom  
Null hypothesis probability = 1.000000e+00
```

```
***Warning: Chi-square may not be valid due to bins with zero variance  
            in spectrum number(s): 1
```

```
Current data and model not fit yet.
```

と表示されて、シミュレーションが終了する。

```
ignore **0.2 12.0**
```

```
setplot energy
```

```
plot data
```

と入力すると、シミュレーションによる EPIC からの 0.2–12.0 keV の出力が表示される。さらに、

```
flux 0.5 1.0
```

と入力すると、

```
Model Flux 0.025784 photons (2.8749e-11 ergs)/cm^2/s range (0.50000 - 1.0000 keV)
```

のように、0.5–1.0 keV (観測系) の Photon Flux が計算できる。

この作業を様々なパラメータに対して繰り返せば、Hardness Ratio のプロット上で隠された AGN が占める領域がわかる。しかしこれは非常に単純で冗長な作業なので、[5, 6] のパラメータ空間でシミュレーションを行うスクリプトを用意した。ターミナルで

```
exit
```

と入力して Xspec を抜け、カレント・ディレクトリ (`~/hands-on/smbh/xspec_sim`) にある `sim_flux.sh` を実行する。ターミナルで

```
./sim_flux.sh
```

と入力してしばらく待つと、`result_flux.txt` と `result_hr.txt` という 2 つのファイルが作成される。そのうち後者が  $f_{\text{scat}}$ 、 $\log N_{\text{H}}$ 、HR1、HR2、HR3、HR4 をスペース区切りのテキスト・ファイルとして出力したものである。これをプロットすると、図 7.3 のようになる。シミュレーション結果を示す青色の包絡線は、外側から内側に向かって  $f_{\text{scat}} = 0.5, 1, 3, 5, 10\%$  を表す。

このファイルを TOPCAT に読み込ませ、隠された AGN 候補の切り出しに使用する。

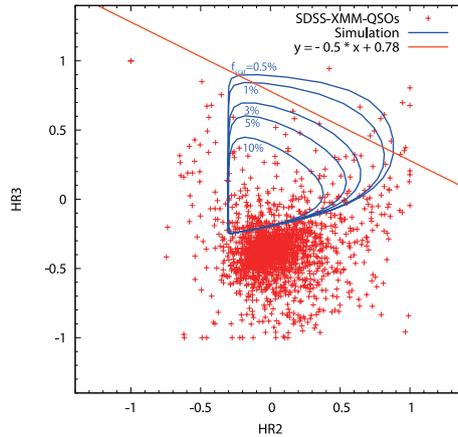


図 7.3: 2XMMi-DR3 の AGN カタログを HR2–HR3 平面にプロットしたものと、シミュレーションで求めた各  $f_{\text{scat}}$  の AGN を *XMM-Newton* で観測した場合の HR2–HR3 の分布を重ねた図。

### 7.3.2 TOPCAT を用いた隠された AGN 候補の切り出し

最初に `result_hr.txt` をホーム・ディレクトリにコピーする。

```
cp result_hr.txt ~/
```

そして、カレント・ディレクトリをホーム・ディレクトリにする。

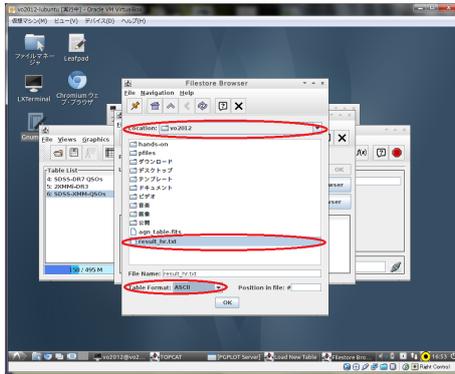
```
cd ~/
```

もし TOPCAT を終了している場合は、

```
topcat &
```

として TOPCAT を起動し、`agn_table.fits` を読み込ませておく。

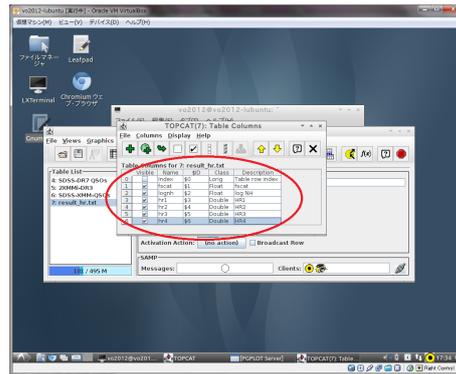
1.  をクリックする。
2. “Filestore Browser” ボタンをクリックする。
3. “Location:” としてホーム・ディレクトリ (`/home/vo2012`) を選択し、ファイル一覧にある `result_hr.txt` を選択する。“Table Format:” は ASCII にして OK ボタンをクリックする。



4. “Table List” から result.hr.txt を選択し、 をクリックする。

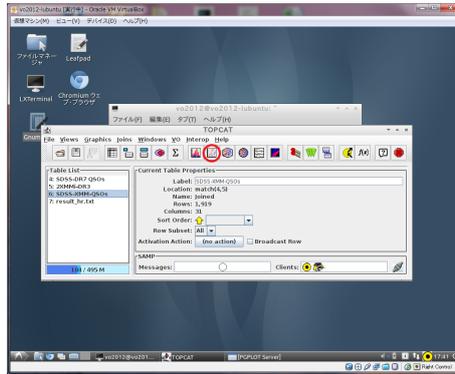
5. Name カラムと Description カラムを次の表のように入力する。

	Name	Description
1	fscat	fscat
2	lognh	log NH
3	hr1	HR1
4	hr2	HR2
5	hr3	HR3
6	hr4	HR4

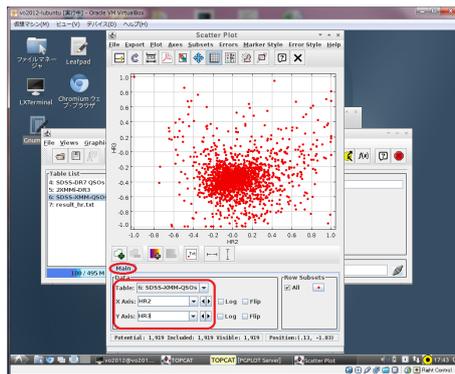


6.  をクリックしてダイアログを閉じる。

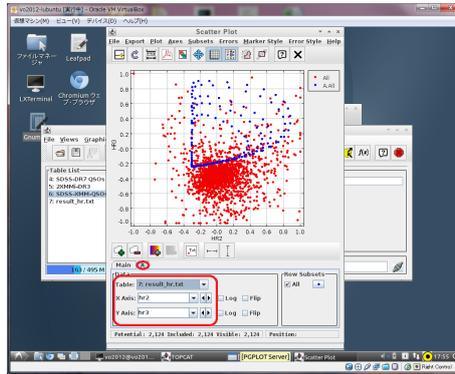
7. “Table List” から SDSS-XMM-QSOs を選択し、 をクリックする。



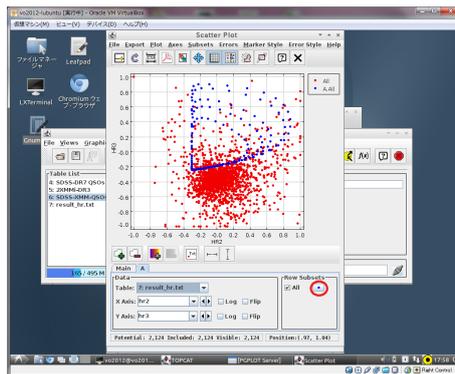
8. “Main” タブの中での “Data” について、“Table:” が SDSS-XMM-QSOs となっていることを確認し、“X Axis:” として HR2 を、“Y Axis:” として HR3 を選択する。



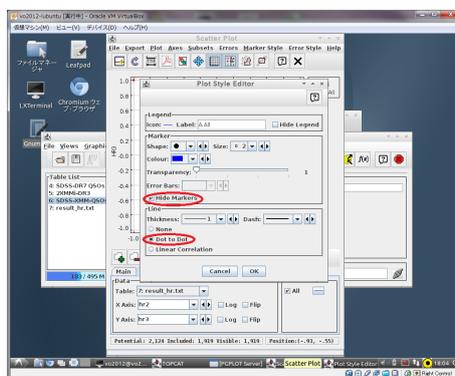
9. “Main” タブのすぐ上の  をクリックする。
10. “A” というタブが作成されるのでそれをクリックし、“Data” の中の “Table:” として result\_hr.txt を選択し、“X Axis:” を hr2 に、“Y Axis:” を hr3 にする。



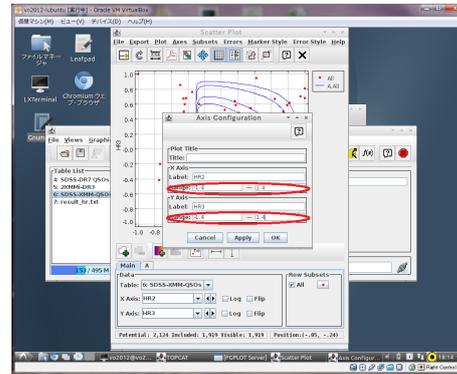
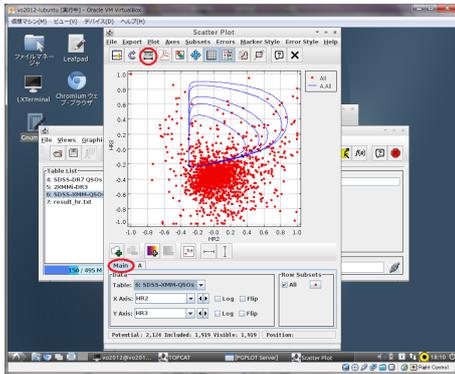
11. ダイアログ右側の“Row Subsets”内、“All”のチェック・ボックス右側にあるプロット・スタイル・ボタンをクリックする。



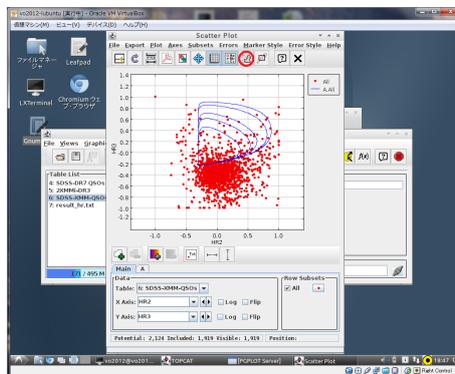
12. “Marker”の“Hide Markers”にチェックを入れ、“Line”から“Dot to Dot”を選択し、OKボタンをクリックする。



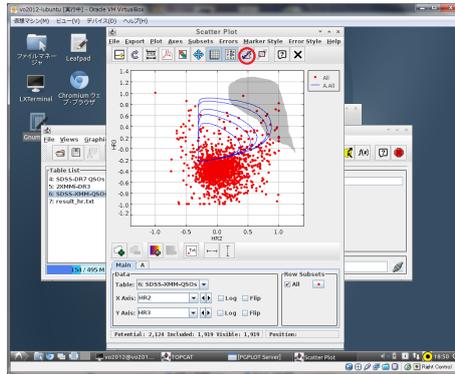
13. “Main” タブをクリックする。図を見やすくするために、 をクリックして、X と Y のスケールを変更する。今回の場合、両者とも [-1.4, 1.4] がおすすめである。入力したら OK ボタンをクリックする。



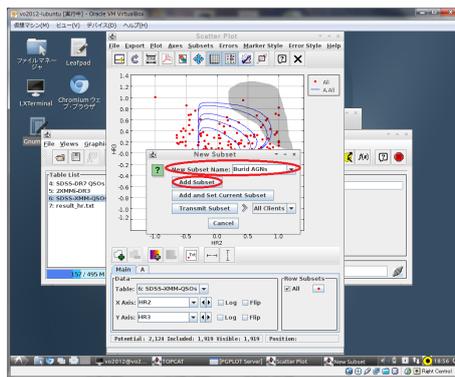
14. このプロットの中から、隠された AGN ( $f_{\text{scat}} < 3\%$ ) に対応する領域 (外側から数えて 3 番目の青い包絡線より外側) にいる天体を抜き出す。 をクリックする。



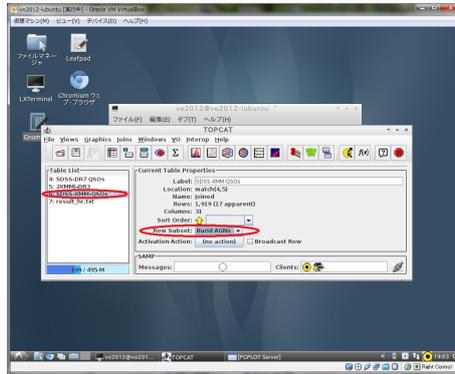
15. 外側から 2 番目と 3 番目の間を通る適当な領域をマウスで選択し、 をクリックする。



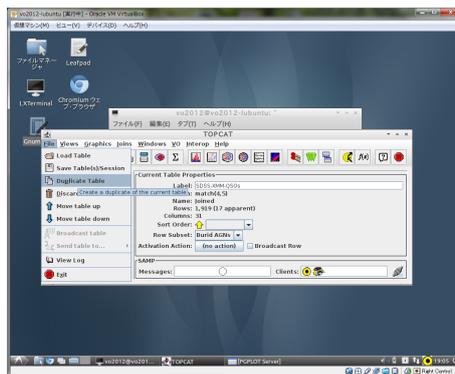
16. “New Subset Name:” に Buried AGNs と入力し、“Add Subset” ボタンをクリックする。



17. ✖ をクリックして、“Scatter Plot” のダイアログを閉じる。
18. “Table List” で SDSS-XMM-QSOs を選択し、“Current Table Properties” の “Row Subset:” を Buried AGNs にする。



19. “File” メニューから “Duplicate Table” を選択する。



20. コピーされたテーブルのラベルを Buried AGNs にする。

21.  → “Session” タブをクリックして、buried\_agn\_table.fits という名前でテーブル全体を保存する。

ここまでの作業で、隠された AGN の候補天体を探し出すことができた。最後は、TOPCAT と外部データベースとの連携について解説する。

## 7.4 VO と外部データベースとの連携

20 万個以上の X 線天体の中から隠された AGN 候補を見つけるという、従来の方法では最低でも数日はかかる作業が、VO を使うとたった数時間でできることを実演した。これが VO の威力である。データの絞り込みが簡単にできたので、この候補に関する情報も楽して得たくなるのが人情というものである。ところが、現実にはそれほど甘くない。なぜなら、関連情報というのは広がった構造を持つためテーブル化できないからである。

そこで、発想を変えてみる。ある天体の関連する情報へのリンクをひたすら集めた Web ページがあったとする。何らかの方法で TOPCAT から Web ブラウザを起動し、このページを開くことさえできれば、「リンクをクリックする」という手間はかかるけれども、関連情報を辿る道筋ができる。

起点としては、NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) が良さそうである。実際、撮像イメージやスペクトル、Spectral Energy Distribution (SED)、それらに関連する論文の Abstract を見ることができる。さらに都合の良いことに、名前だけでなく座標からでも天体を検索できるようになっている。テーブルに書かれている座標を NED に送って、検索結果の URL を受け取るような機能を TOPCAT に追加できないか そんな悩みを解決致します。( ^.^ );

作業に入る前に、TOPCAT を一旦終了する。また、ターミナルで

```
cd ~/hands-on/smbh/topcat
```

を実行する。

## 7.4.1 NED の検索インターフェース

自分で作成したプログラムから NED を利用するための方法が、<http://ned.ipac.caltech.edu/help/faq1.html#1e> に書かれている。実習で使用している仮想マシンでは、この URL をブックマークしてある。デスクトップにある“Chromium ウェブ・ブラウザ”のアイコンをダブル・クリックしてブラウザを起動し Ctrl + Shift + b を押すと、ブックマーク・ツールバーが表示される。その中の“NED Frequently Asked Questions”をクリックする。次に“I have a list of thousands of objects...”のリンクをクリックする。

この中の 3) のケースは、 $(\alpha, \delta) = (233^\circ.73798, 23^\circ.50319)$  を中心とする半径  $1'$  の円領域を検索する例である。[http://nedwww.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search\\_type=Near+Position+Search&in\\_csys=Equatorial&in\\_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=1.0&out\\_csys=Equatorial&out\\_equinox=J2000.0&of=ascii\\_tab](http://nedwww.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search_type=Near+Position+Search&in_csys=Equatorial&in_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=1.0&out_csys=Equatorial&out_equinox=J2000.0&of=ascii_tab) これを Ctrl + c でコピーして、アドレスバーにペースト (Ctrl + v) して欲しい。すると、

```
Results from query to NASA/IPAC Extragalactic Database (NED),
which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of
Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.
This work was (partially) supported by the US National Virtual Observatory
development project, which is funded by the National Science Foundation
under cooperative agreement AST0122449 with The Johns Hopkins University.
```

```
queryDateTime:2012-03-14T04:52:56PDT
```

```
Main Information Table for Searching NED within 1.000 arcmin of 233.737980, 23.503190
```

```
Equinox:J2000.0
```

```
CoordSystem:Equatorial
```

```
No. Object Name RA(deg) DEC(deg) Type Velocity Redshift Redshift Flag Magnitude and Filter Distance (arcmin) References Notes Photometry Points Positions Redshift Points
Diameter Points Associations
1 ARP 220 233.73798 23.50319 G 5434 0.018126 13.94 0.000 807 20 173 11 14 8 1
2 ARP 220:[SDC94] 01 233.73798 23.50319 VisS 22.3R 0.000 1 0 0 0 0 1
3 ARP 220:[CMD2007] SN 233.73804 23.50333 VisS 0.009 1 0 0 0 0 1
...
```

のような結果が返ってくる。

では次に、先ほどのアドレスバーへの入力の後 of=ascii\_tab の部分を of=ascii\_bar に変更して、Enter キーを押して押しして欲しい。つまり、[http://ned.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search\\_type=Near+Position+Search&in\\_csys=Equatorial&in\\_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=1.0&out\\_csys=Equatorial&out\\_equinox=J2000.0&of=ascii\\_bar](http://ned.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search_type=Near+Position+Search&in_csys=Equatorial&in_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=1.0&out_csys=Equatorial&out_equinox=J2000.0&of=ascii_bar) である。今度は

Results from query to NASA/IPAC Extragalactic Database (NED), which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration. This work was (partially) supported by the US National Virtual Observatory development project, which is funded by the National Science Foundation under cooperative agreement AST0122449 with The Johns Hopkins University.

queryDateTime:2012-03-14T05:10:43PDT

Main Information Table for Searching NED within 1.000 arcmin of 233.737980, 23.503190

Equinox:J2000.0

CoordSystem:Equatorial

```
No. |Object Name|RA(deg)|DEC(deg)|Type|Velocity|Redshift|Redshift Flag|Magnitude and Filter|Distance (arcmin)|References|Notes|Photometry Points|Positions|Redshift Points|Diameter Points|Assoc
1|ARP 220|233.73798 | 23.50319 |G| 5434| 0.018126 | |13.94| 0.000|807|20|173|11|14|8|1
2|ARP 220:[SDC94] 01|233.73798 | 23.50319 |VisS|||122.3R| 0.000|1|0|0|0|0|0|1
3|ARP 220:[CMD2007] SN|233.73804 | 23.50333 |VisS||| | 0.009|1|0|0|0|0|0|1
...
```

のような結果が返ってくるはずである。

この反応を踏まえてもう一度入力した URL を比べてみると、(パラメータ 1)=(値 1)&(パラメータ 2)=(値 2)&... という形で検索条件を与えれば良いということがわかる。重要なパラメータについて書き出すと、

- lon: 赤経、度単位の数字の後に文字 d を付加する
- lat: 赤緯、度単位の数字の後に文字 d を付加する
- radius: 円領域の半径、単位は分角
- of: 出力形式

という仕様になっている。あとは受け取った文字列を解析し、必要な形に整形すればよい。

最後に実験として、of=xml\_main としてデータを取得して欲しい。つまり、ned.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search\_type=Near+Position+Search&in\_csys=Equatorial&in\_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=1.0&out\_csys=Equatorial&out\_equinox=J2000.0&of=xml\_main である。すると、< >で囲まれた奇妙なものが表示されたと思う。これは実は、VO Table と呼ばれる VO の共通規格であり、汎用性が高い。これを解析して人間が取り扱いやすくするためのライブラリも用意されているので、こういったサービスに直接アクセスするソフトウェアを作成するとき、そのサービスが VO インターフェースに対応しているなら、VO Table を受け取るようにすると便利である。

## 7.4.2 TOPCAT プラグインの作成

TOPCAT の機能拡張は、「プリミティブ型の値を返す static なパブリック・メソッドを持つクラスを定義して、そのクラスを起動時に読み込ませる」ということで行う。シンプルな例は、

```
public class MyPlugin {
    public static double sqavg(double x, double y) {
        return Math.sqrt(x * y);
    }
}
```

とすれば、相乗平均  $\sqrt{xy}$  (ただし、 $x \geq 0, y \geq 0$ ) を計算する `sqravg` が TOPCAT から `sqravg($1, $2)` のようにして使用できるようになる。

これに倣って、(R.A., Dec.) と検索半径を与えると NED に検索を投げ、指定した中心座標に最も近い天体の名前を返す `getNEDName` と、その天体の情報がまとめられた Web ページの URL を返す `getNEDLinkURL` を作成する。本当は皆さんにこの場で作って頂こうと思ったのだが、非常に時間がかかりそうだったので、私が作ったコードのコンパイル方法と TOPCAT での使い方の解説にとどめる。中身に興味ある方は、[~/hands-on/smbh/topcat/NEDResolver.java](http://www.hands-on/smbh/topcat/NEDResolver.java) を参照のこと。

`NEDResolver.java` は、NED の検索結果を VO Table で受け取る。実際の VO Table の解析処理には、SAVOT (<http://cdsweb.u-strasbg.fr/cdsdevcorner/savot.html>) を使用している。そのため、コンパイル前に CLASSPATH 環境変数を設定する必要があるのだが、その処理を `init_topcat.sh` というスクリプトにまとめた。ターミナルで、

```
. init_topcat.sh
javac NEDResolver.java
```

このクラス (`NEDResolver`) は、デバッグ用にターミナル上で実行できるようにしてある。

```
java NEDResolver
```

を実行し、

```
http://nedwww.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search_type=Near+Position+S
earch&in_csys=Equatorial&in_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=
1.0&out_csys=Equatorial&out_equinox=J2000.0&of=xml_main&obj_sort=Distance+to+sea
rch+center
ARP 220
http://nedwww.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?search_type=Near+Position+S
earch&in_csys=Equatorial&in_equinox=J2000.0&lon=233.73798d&lat=23.50319d&radius=
1.0&out_csys=Equatorial&out_equinox=J2000.0&of=xml_main&obj_sort=Distance+to+sea
rch+center
http://ned.ipac.caltech.edu/cgi-bin/nph-objsearch?objname=ARP+220
```

と表示されれば正常に動作している。

あとは、この `NEDResolver` クラスを取り込んで TOPCAT を起動<sup>9</sup>すれば良いのだが、起動コマンドが

```
java -jar topcat-full.jar &
```

から

```
java -Djel.classes=NEDResolver uk.ac.starlink.topcat.Driver
```

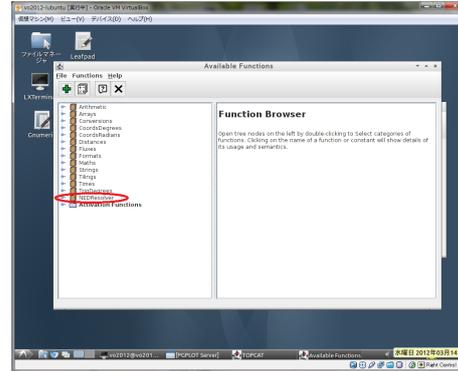
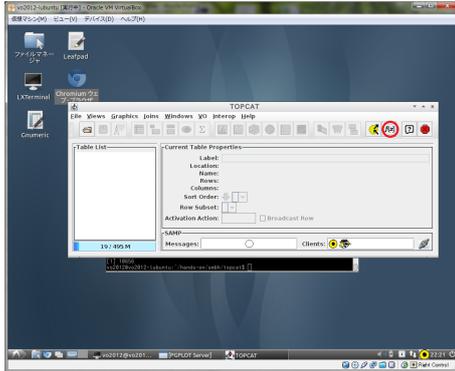
に変わる。これをいちいち入力するのは面倒なので、先ほどの `init_topcat.sh` の中でエイリアスの定義を行っており、

```
topcat &
```

とすることで `NEDResolver` が使える状態で TOPCAT が起動する。

きちんと `NEDResolver` が取り込まれたかどうかを確認するには、 をクリックして、`NEDResolver` が表示されているかを確認する。

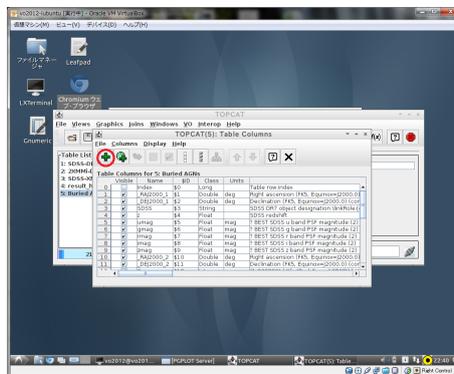
<sup>9</sup>起動オプションに `-Djel.classes=NEDResolver` を付けると、クラス `NEDResolver` が TOPCAT に取り込まれる。



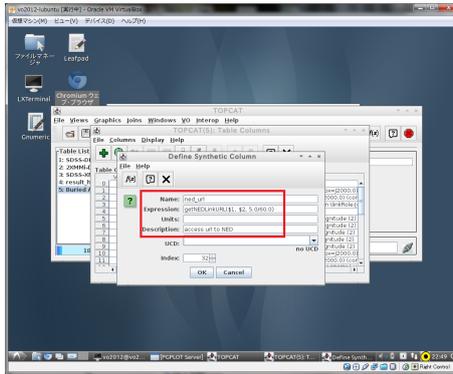
### 7.4.3 TOPCAT から NED にジャンプ!

NEDResolver 入りの TOPCAT が起動したら、隠された AGN の候補天体リストを保存した `buried_agn_table.fits` を読み込ませる。

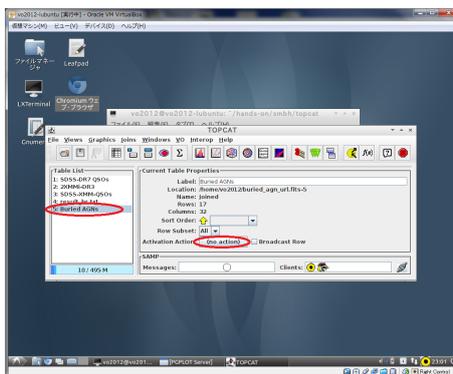
1. “Table List” から Buried AGNs を選択し、 をクリックする。
2.  をクリックする。



3. “Name:” に `ned_url`、“Expression:” に `getNEDLinkURL($1, $2, 5.0/60.0)`、“Description:” に `access url to NED` と入力する。ここで、`5.0/60.0` を `5/60` のように入力すると整数の割り算として処理されて正しく動かないので注意が必要である。入力したら OK ボタンをクリックする。以後、不用意にウィンドウを動かさないように注意する。



4. ✕ をクリックしてダイアログを閉じる。
5.  → “Session” をクリックし、テーブル全体を buried\_agm.url.fits として保存する。このとき、NED に対して検索を行うので時間がかかる。
6. 保存が完了したら、一旦 TOPCAT を終了する。これ以降は、普通にウィンドウを操作しても大丈夫である。
7. ターミナルで topcat & を実行する。
8.  から先ほど保存した buried\_agm.url.fits を読み込む。
9. “Table List” から Buried AGNs を選択し、“Current Table Properties” の “Activation Action:” 横のボタンをクリックする。



10. “View URL as Web Page” をクリックし、“Web Page Location column:” を ned\_url、“Browser Type:” を basic browser にし、OK ボタンをクリックする。

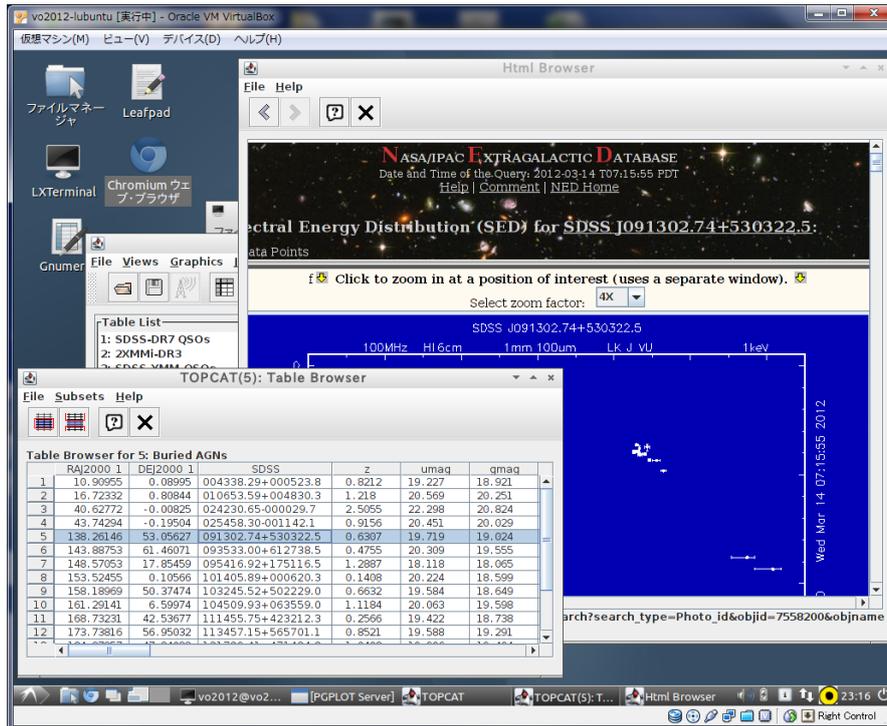
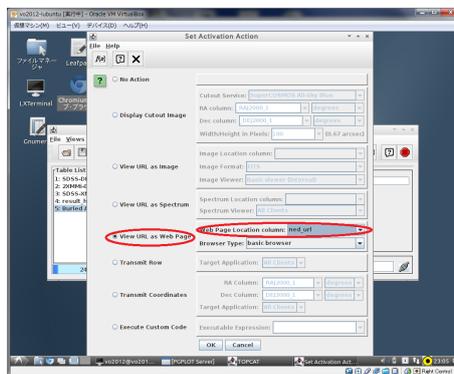


図 7.4: 全ての作業を完了し、TOPCAT から NED にアクセスできるようになった状態。カタログの各行をクリックすると、その天体に関する NED のページが自動的に表示される。



11.  をクリックしてテーブルの内容を表示する。

おめでとうございます! これで図 7.4 のように、TOPCAT で興味のある天体の行をクリックするとその天体に関する NED のページが自動的に表示されるようになりました。隠された AGN の観測は现阶段ではかなり限られているので、NED に行っても実は大した情報は得られません。ただし、VO で絞り込んだデータからどのように発展させれば良いか、という 1 つのユース・ケースを今回皆様にデモンストレーションできたと思います。この実習によって、皆様と VO との距離を

少しでも縮められたのであれば幸いです。本日は長い間、お疲れ様でした。今後とも VO 並びに JVO をよろしくお願い致します。

## 関連図書

- [1] “Black Holes in Galaxy Mergers: Evolution of Quasars.” Philip F. Hopkins et al., *the Astrophysical Journal*, 2005, 630, 705
- [2] “A Unified, Merger-driven Model of the Origin of Starbursts, Quasars, the Cosmic X-Ray Background, Supermassive Black Holes, and Galaxy Spheroids.” Philip F. Hopkins et al., *the Astrophysical Journal Supplement Series*, 2006, 163, 1
- [3] “The Demography of Massive Dark Objects in Galaxy Centers.” John Magorrian et al., *the Astronomical Journal*, 1998, 115, 2285
- [4] “The Relation between Black Hole Mass, Bulge Mass, and Near-Infrared Luminosity.” Alessandro Marconi & Leslie K. Hunt, *the Astrophysical Journal*, 2003, 589, L21
- [5] “A New Sample of Buried Active Galactic Nuclei Selected from the Second XMM-Newton Serendipitous Source Catalogue.” Kazuhisa Noguchi, Yuichi Terashima, Hisamitsu Awaki, *the Astrophysical Journal*, 2009, 705, 454
- [6] “Scattered X-rays in Obscured Active Galactic Nuclei and Their Implications for Geometrical Structure and Evolution.” Kazuhisa Noguchi et al., *the Astrophysical Journal*, 2010, 711, 144
- [7] “X-Ray Spectral Properties of the BAT AGN Sample.” Lisa M. Winter et al., *the Astrophysical Journal*, 2009, 690, 1322

## 第8章 AGNと銀河のクラスタリング測定<sup>1</sup>

### 8.1 本課題の目的

本課題では、VO から取得したデータを利用して、AGN と銀河のクラスタリング度の測定することを通じて、主としてプログラミングを行うことにより大量の VO データを扱う技法を取得することを目的とする。

VO を活用する利点としては大きく分けて2点ある。ひとつは、世界中の種々多様な大量のデータの中から、必要なデータを簡単に見つけ出すことができる点である。これは、VO ポータルサイトや、VO 対応のデスクトップアプリケーションを利用することにより実現でき、共通のユーザーインターフェイスで様々なデータアーカイブに検索を実行することができる

もうひとつの利点としては、データサービスに対して利用者独自のデータアクセス方式をプログラミングすることができることにある。この利用方式では、大量のデータを自動で取得し、それを自分の解析環境と連携することが可能となり、単に簡単にデータを探すといった段階から一歩すすんだ、データアーカイブの利用方法を提供する。

本課題では、後者の利点を最大限に活用できるよう、VO へのアクセスをコマンドラインから行う方法を学び、さらにシェルスクリプト言語やプロットツールも駆使して研究を行う方法についてマスターすることを目的としている。

そのために、研究課題として、AGN と銀河のクラスタリング度から AGN が属するダークマターハローの質量を推定するというテーマを設定し、この課題を VO も利用して実施する。この利用方式では、単純に VO アクセス方法だけをマスターするだけではなくシェルスクリプト等によるワークフローの記述方法や、解析結果の可視化で必要となるプロットの自動生成の方法についてもマスターする必要があるため、そうした方法についても学ぶ。

### 8.2 研究の背景

我々の銀河系を含め、大部分の銀河にはその中心に質量が  $10^6 M_{\odot}$  を超える大質量ブラックホールが存在することが明らかになってきている。また、そのブラックホール質量は銀河バルジの速度分散と強い相関があることが分かってきており、銀河の星形成と大質量ブラックホールの形成は密接にリンクしていると考えられる。そうした大質量ブラックホールの形成シナリオが、多くの研究者によって提案されている。有力な理論モデルの一つによると、まず、銀河同士の衝突・合体により星形成が活発に行われることで大質量星が多数誕生し、それらの重力崩壊により中質量ブラックホールが多数形成される。それら中質量ブラックホールが銀河中心部に落ち込み合体することで、大質量ブラックホールが形成されると考えられている。このように考えることにより、銀河バルジと大質量ブラックホールの共進化がうまく説明できる。したがって、銀河同士の衝突が起こりやすい銀河が密集した領域では、大質量ブラックホールが活発に成長していると考えられる。

---

<sup>1</sup>執筆:白崎裕治

銀河中心周辺のガスが大質量ブラックホールに落ち込む際には強力な放射をとめない、活動銀河中心核 (AGN) と呼ばれる天体として観測される。その放射強度は、太陽系程度の広さの領域から銀河全体に匹敵またはそれを凌駕するほどのエネルギーに達するものも存在する。特に放射強度の高い AGN はクエーサーとよばれ、その放射強度を説明するには銀河全体の質量に匹敵する量のガスが短時間の間にブラックホールに流入する必要がある、銀河同士の合体のような激しい相互作用がクエーサーの明るさの起源であると考えられている。

AGN が実際に銀河数密度の高いところに発生しているかは、AGN と銀河の相互相関関数を求めることにより知ることができる。求められた相互相関関数を通常の銀河の自己相関関数とくらべ、優位に大きな値を示すなら AGN は銀河の密集した環境に発生したと考えることができる。また、この相互相関関数をダークマターの自己相関関数と比較することにより、バイアスパラメータが求められると、AGN が含まれているダークマターハローの質量について推定することが可能であり、宇宙の大規模構造形成過程のどの段階でどれだけの大質量ブラックホールあるいは AGN/QSO が発生するのかについての知見が得られる。

### 8.3 AGN と銀河のクラスタリング測定方法

AGN と銀河の相互相関係数の測定方法について説明する [1, 2]。

銀河の空間分布を定量的に表すための指標として、銀河の 2 点相関関数と呼ばれる統計量がよく使われる。2 点相関関数の定義は以下の通りである。距離  $r$  だけ離れた任意の 2 点  $x_1, x_2$  を考え、それぞれの点を中心とする微小体積  $d^3x_1, d^3x_2$  内に銀河が含まれる確率を  $P(r)d^3x_1d^3x_2$  とする。銀河が一様に分布しているならば、 $P(r)$  は  $r$  によらず一定値となり、銀河の数密度分布  $\bar{n}^2$  に等しくなる。実際の宇宙では銀河は一様に分布しているのではなく、銀河団等のように局所的に密集している領域もあれば、ポイドのように銀河が少なくなっている領域もある。したがって、 $P(r)$  は  $\bar{n}^2$  からずれが生じる。そのずれの量を  $\xi(r)$  として、 $P(r) = \bar{n}^2(1 + \xi(r))$  で定義される  $\xi(r)$  が相関関数と呼ばれる統計量である。

$P(r)$  を求めるには、愚直に全ての  $x_1, x_2$  の組み合わせに対して両者に銀河が含まれているかを判断すればよいが、この方法だと計算の効率が極めて悪いため、通常は次のように求められる。銀河が存在する場所 (座標  $x$  とする) から  $r$  だけ離れた微小体積内に銀河がある確率  $P(r; x)$  を求め、この条件付確率から  $P(r) = \bar{n}P(r; x)$  によって  $P(r)$  を求める。 $P(r; x)$  は、特定の銀河に着目した時に求められる、そこから  $r \sim r + dr$  だけ離れた場所にある銀河のカウント数を、多数の銀河について求め平均化した値  $N(r)$  より、 $P(r; x) = \frac{1}{4\pi r^2 dr} N(r)$  のように求めることができる。したがって、相関関数は

$$\xi(r) = \frac{N(r)}{4\pi r^2 \bar{n} dr} - 1 = \frac{\rho(r)}{\rho_0} - 1 \quad (8.1)$$

と与えられる。ここで、 $\rho(r)$  は銀河から  $r$  の距離における銀河数密度、 $\rho_0$  は銀河数密度の平均値である。

以上は銀河同士の自己相関関数の求め方であるが、AGN と銀河の相互相関関数も同様にして、銀河の数密度を AGN からの距離の関数として求め、それをその赤方偏移における銀河数密度で割った値から 1 を引くことで求めることができる。今回のデータでは銀河までの距離は求められていないので、相関関数を視線方向に積分した量である射影相関関数  $\omega(r_p)$  が求められる統計量であり、次のように定義される。

$$\omega(r_p) = 2 \int_0^\infty \xi(r_p, \pi) d\pi = 2 \int_{r_p}^\infty r dr \xi(r) (r^2 - r_p^2)^{-0.5}, \quad (8.2)$$

これまでの観測から  $\xi(r)$  は  $r$  の冪関数で表されることが分かっており、 $\xi(r) = (r_0/r)^\gamma$  とすると、式 (8.2) は解析的に積分することができ、

$$\omega(r_p) = r_p \left( \frac{r_0}{r_p} \right)^\gamma \frac{\Gamma(1/2)\Gamma((\gamma-1)/2)}{\Gamma(\gamma/2)}, \quad (8.3)$$

となる。ここで、 $\Gamma$  はガンマ関数である。観測量から  $\omega(r_p)$  を求めるには、式 (8.1) を積分して得られる次の関係式を利用する。

$$\omega(r_p) = \frac{1}{\rho_0} \int_{-\infty}^{\infty} (\rho(r) - \rho_0) d\pi = \frac{n(r_p) - n_{\text{bg}}}{\rho_0}, \quad (8.4)$$

ここで  $\rho(r)$  と  $\rho_0$  の積分値はそれぞれ、AGN 近傍における銀河の射影数密度  $n(r_p)$  と AGN から十分離れた距離にある前景・背景銀河の数密度  $n_{\text{bg}}$  で置き換えた。

AGN と銀河の相互相関関数が求められると、それからホストダークマターハローの質量が推定できる (例えば [3, 4, 5, 6, 7, 8])。大まかな計算の流れは以下のとおりである。まず、バイアスパラメータ  $b$  を以下の式で求める。

$$b = \sqrt{\frac{\xi(r)}{\xi_{\text{DMH}}(r)}} \quad (8.5)$$

$\xi(r)$  は上記の方法で求めた AGN と銀河の相関関数、 $\xi_{\text{DMH}}(r)$  はダークマターハローの相関関数である。 $\xi_{\text{DMH}}(r)$  は数値シミュレーションによって求められる量であり、[9] 等の文献を参照するか、[10] 等のシミュレーションコードを利用する。バイアスパラメータとダークマターハローの質量との関係式が [11] によって得られており、

$$b = \frac{1}{\sqrt{a}\delta_{sc}(z)} \left[ \sqrt{a}(av^2) + \sqrt{ab}(av^2)^{1-c} - \frac{(av^2)^c}{(av^2)^c + b(1-c)(1-c/2)} \right] \quad (8.6)$$

ここで  $a = 0.707$ ,  $b = 0.5$ ,  $c = 0.6$ ,  $\nu = \delta_{sc}(z)/\sigma(M_{\text{DMH}}, z)$ ,  $\delta_{sc}(z)$  は臨界超過密度であり、EdS 宇宙モデルでは赤方偏移によらず一定値、 $\delta_{sc} = 1.69$  である。 $\sigma(M_{\text{DMH}}, z)$  の計算方法は [12] に詳しい。

## 8.4 利用するデータとソフトウェア

### 8.4.1 利用するデータベース

本課題では、Veron QSO & AGN カタログ第 13 版 [13] と UKIDSS DR7 カタログ<sup>2</sup>を利用する。データサービスの identifier はそれぞれ、ivo://jvo/agn, ivo://jvo/ukidss である。これらのカタログを提供するサービスは多数あるが、ADQL 検索が可能で複数天体一括検索機能がある JVO のサービスを利用する。

### 8.4.2 利用するソフトウェア

ROOT, jc クライアント<sup>3</sup>, 講習会用ソフトウェアパッケージを利用する。

<sup>2</sup><http://www.ukidss.org/>

<sup>3</sup>jc は jvo command の略である。これまで jc コマンドと呼んでいたが、コマンドという単語が重複しているので jc クライアントと呼ぶようにする

ROOT は次の URL からダウンロードしインストールすること。http://root.cern.ch/drupal/。講習会用に用意された VMWare イメージを利用する場合には、既にインストール済みであるので、自分でインストールを行う必要はない。

jc クライアントは http://jvo.nao.ac.jp/jc\_client から最新版が取得できる。インストール方法は配布パッケージに含まれる INSTALL ファイルに記述されている。展開すると jc\_client というディレクトリが作成されるので、そこに移動し install.sh を実行するだけである。

```
1 $ tar -xzf jc_client.<version>.tgz
2 $ cd jc_client
3 $ ./install.sh
```

ホームディレクトリ直下の jvo\_tools にインストールされる。jc クライアントの実行には Oracle java がインストールされている必要がある<sup>4</sup>。java がインストールされていない場合は、次の URL からダウンロードしインストールすること。http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html。インストール後は java の実行ファイルが格納されているディレクトリを環境変数 PATH に追加する必要がある。例えば、/usr/local/jdk にインストールした場合は export PATH=/usr/local/jdk/bin:\${PATH} を実行する。ログイン時に自動的に実行されるようにするには、この文をホームディレクトリ直下にある .bashrc に追加するとよい。講習会用 VMWare イメージには java は /usr/bin/jdk にインストール済みであり、実行ファイルがあるディレクトリもすでに \${PATH} に含まれているのでこの設定を行う必要はない。

講習用に用意した、C 言語 や perl、シェルスクリプトで書かれたプログラムを下記の URL よりダウンロードしインストールすること。http://jvo.nao.ac.jp/vos2012/clustering。このページから最新バージョンのパッケージを取得する。講習会では version 1.0 を利用する予定であるが、準備ができていない場合は、動作確認用の version 0.2、またはその上位バージョンで代用できる。インストール方法は配布パッケージに含まれる INSTALL ファイルに記載されている。以下のコマンド例のように、展開し、作成されたディレクトリ vo2012-<version> に移動し、コンパイルとインストールのコマンドを実行すると、~/jvo\_tools にインストールされる。

```
1 $ tar -xzf vo2012-<version>.ar.gz
2 $ cd vo2012-<version>
3 $ ./configure
4 $ make
5 $ make install
```

以上で jc クライアントならびに講習会で必要となるプログラムが ~/jvo\_tools にインストールされたはずである。インストールされてプログラムを利用できるようにするために環境設定を行うスクリプトを以下のように実行する必要がある。

```
1 $ . vo2012-<version>/jvorc.sh
```

これで必要な環境変数が設定される。

### 8.4.3 jc クライアント

jc クライアントを利用するには JVO ポータルのユーザアカウントを取得する必要がある。JVO ポータル http://jvo.nao.ac.jp/portal の左枠一番下の “Registration” と書かれた文字のリン

<sup>4</sup>OS に付属のオープンソース系の Java でも動くようである

ク先ページで必要事項を入力し、アカウント発行を行う。アカウントが取得できたら、jc クライアントが参照するパスワードファイルの作成を以下のように行う。

```
1 $ jc passwd
2 user: <ユーザ名>
3 password: <パスワード>
4 retype password: <パスワード>
5 access information has been updated.
```

パスワードファイルは `~/jvoccommand_passwd.txt` に作成される。パスワードファイル中のパスワードは暗号化されているが、JVO ポータルにパスワードを送信する際には暗号化されていない文字列が渡される。暗号化したい場合には JVO ポータルのアクセス先 URL として `https://jvo.nao.ac.jp/` を指定する必要があるが、講習会では `http://jvo.nao.ac.jp/` を利用し、暗号化なしの環境で行う。

jc クライアントはそのプログラム名に引き続いてオペレーション名を記述し、各オペレーション毎に定義されている引数を与えて実行する。サポートされているオペレーション名の一覧は `--help` オプションを指定して jc コマンドを実行することで表示される。

```
1 $ jc --help
2 usage: jc [GLOBAL_OPT] ... COMMAND [COMMAND_OPT] ... COMMAND_ARG ...
3 GLOBAL_OPT:
4     --help show this help
5     -v,--verbose increase verbosity
6 COMMAND:
7     abort abort executing tool
8     conf configure account
9     copy2l download files from VOSpace
10    copy2v upload files to VOSpace
11    delete alias of remove
12    dummy print informations for debug
13    get alias of copy2l
14    join join votable file
15    list list VOSpace nodes
16    ls alias of list
17    passwd alias of conf
18    ps search exec tool
19    put alias of copy2v
20    registry service search
21    remove remove VOSpace nodes -- ALPHA VERSION
22    resume resume executing tool
23    rm alias of remove
24    rsync2l search for updated files and download them
25    rsync2v search for updated files and upload them
26    run run command with toolName
27    search data search
28    select display file
29    suspend suspend executing tool
30    union union file
31    version show latest version of this tool
```

また、各オペレーションがとれる引数の一覧は、オペレーション名に引き続き `--help` オプションを指定したコマンド、`jc <operation> --help` を実行することにより表示される。

本課題では、`search` オペレーション と `select` オペレーションのみ利用する。`search` オペレーションがサポートする引数は以下のとおりである。

```

1  $ jc search -h
2  usage: jc [GLOBAL_OPT] ... search [OPTION] ...
3  OPTION:
4  -c,--center-coord <target | ra,dec> specify center coord by target |
5                                     ra,dec .if you want multiple
6                                     values, use -F option
7  -C print results as CSV
8  -f,--frame <coordinate> specify the coordinate system. you
9                                     can only use the following argument
10                                    as coordinate.[ FK4 | FK5 | IRC |
11                                    GALACTIC ] : default is FK5
12  -F,--coords-file <fileName> specify a file that contains
13                                    multiple center coordinates.
14                                    coordinates are specified by target
15                                    | ra,dec .one coordinate per one
16                                    line.
17  -h,--help show this help
18  -i,--in <inputFile> specify the input file which
19                                    contain JVOQL
20  -o,--out <fileName> specify the output file name
21  -p print only JVOQL without search
22  -r,--region <radius> specify the search radius. :
23                                    default is 10.0
24  -s,--service <identifier> specify the identifier
25  -u,--unit <unit> specify the search radius unit. you
26                                    can only use the following argument
27                                    as coordinate.[ deg | arcmin |
28                                    arcsec] you have to set search
29                                    radius less than 1.0 degree:
30                                    default is arcsec
31  -V print results as VOTable

```

本課題では、`-i` オプションと `-o` オプションのみ使用する。JVOQL を ファイルに記述して、そのファイル名を `-i` オプションで指定する。検索結果の保存先ファイル名を `-o` オプションで指定する。

```

1  $ jc search -i <jvoql_file> -o <outout_file>

```

検索結果は XML フォーマットで記述される VOTable で書き出される。

VOTable 中の検索結果を CSV 形式で取り出すのに `select` オペレーションを使用する。`select` オペレーションがサポートする引数は以下のとおりである。

```

1  $ jc select -h
2  usage: jc [GLOBAL_OPT] ... select [OPTION] ...
3  OPTION:
4  -c <arg> cut condition. if -f is votable, set votable column
5                                     names. default all column names.
6  -f <arg> file type (only votable)
7  -F <arg> field delimiter. default tab
8  -h display the way how to use this command
9  -o,--out <fileName> specify the output file name
10  -v set file system (default local file system. if set
11                                     -v, vospace file system

```

本課題では `-F`、`-o` オプションのみを利用する。`-F` オプションでカラムの区切り文字を指定して、`-o` オプションで出力先ファイル名を指定する。最後に VOTable ファイルを指定する。

```
1 $ jc select -F, -o <csv_file> <votable_file>
```

#### 8.4.4 JVOQL 文法

ここでは、JVO ポータルならびに jc クライアントで利用できる SQL の拡張仕様である JVOQL について、本課題で必要となる文法についてのみ解説する。

JVOQL の構文は以下の通りである。

##### JVOQL 構文 (基本構文 1)

```
<JVOQL> ::= SELECT [ DISTINCT ]
           <select_item> [ , <select_item> ]*
           [ FROM <table> [ , <table> ]* ]
           [ WHERE <condition> ]
```

構文定義式は以下のルールに従って記述されている。

- 記号 ::= は左辺の構文を右辺で定義するという意味である。
- 大文字で示した単語は JVOQL 予約語で、そのまま記述する。
- 大文字、小文字は区別しない。
- 角括弧 [] 内の単語は省略可能である。
- アスタリクス \* は複数回指定可能であることを示す。

上記の山括弧 <> で示される文の構文は以下のように定義される。

##### JVOQL 構文 (基本構文 2)

```
<select_item> ::= <カラム名> | "*"
<table> ::= <サービスの Identifier> : <テーブル名>
           [ [ AS ] <テーブルアリアス名> ]
<condition> ::= <評価値が boolean となる演算式>
<カラム名> ::= [ <テーブルアリアス名> "." ] カラム名
```

JVOQL の使い方を以下で説明する。

- 検索対象のテーブルまたはサービスの指定は、FROM 句中の<table> にテーブル識別子で記述する。テーブル識別子はサービスの Identifier とテーブル名をコロンでつなげて記述する。サービスによってはテーブル名が定義されていない場合があるが、その場合はサービスの Identifier の後にコロンを付けるだけでよい。
- テーブル識別子にはアリアス名を付けることができる。省略した場合は検索実行時に自動的に付与される。FROM 句において複数テーブルを指定した場合には、カラムの指定にテーブル修飾子が必要となるため、テーブルアリアス名の定義は必須となる。
- 取得したいカラムを限定して指定したい場合は、<select\_item> でカラム名またはデータ名をカンマ区切りで指定する。全カラムを指定したい場合アスタリクスで指定する。FROM 句において複数テーブルを指定した場合は、カラム名をテーブルのアリアス名で修飾(テーブル修飾子)する必要がある。

- DISTINCT を指定すると、選択するレコードのうち値が重複するレコードは削除された結果を得ることができる。

条件式は SQL で利用される以下の構文が利用可能である。

#### JVOQL 構文 (条件式)

```
<condition> ::= [ <REGION 関数> ] [ [ AND ] <比較式> ]*
<比較式> ::= <カラム名> <比較演算子> <数値>
<比較演算子> ::= "<" | ">" | "<=" | ">=" | "<>" | "!="
<REGION 関数> ::= REGION( <領域指定文> )
<領域指定文> ::= <円領域指定文>
<円領域指定文> ::= "'" CIRCLE <coord1> <coord2> <radius> "'"
```

JVOQL の記述例を以下に示す。

次の例は、Veron-Cetty et al. による Quasars and Active Galactic Nuclei Catalog (12th Ed.) に対し、座標赤経=30.0 度、赤緯=0 度を中心とする、半径 0.02 度の領域の QSO または AGN を検索する JVOQL である。

#### JVOQL の例 1 :

```
SELECT agn.*
FROM ivo://jvo/agn:veron_2010 agn,
WHERE agn.vmag < 20
      AND Region('Circle 30 0 1.0')
```

同様に UKIDSS DR7 カタログに対する検索は次のようになる。

#### JVOQL の例 2 :

```
SELECT ir.ra2000, ir.de2000
FROM ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 ir
WHERE Region('Circle 30 0 0.02')
```

この例は、UKIDSS DR7 カタログから例 1 と同じ領域を検索し、座標 ra2000, de2000 のみを取得する JVOQL である。

次の例は、同じ領域の AGN を検索し、その AGN のデータとその AGN から 0.02 度の範囲にある UKIDSS カタログのデータを取得する JVOQL である。

#### JVOQL の例 3 :

```
SELECT agn.*, ir.ra2000, ir.de2000
FROM ivo://jvo/agn:veron_2010 agn,
     ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 ir
WHERE Region('Circle 30 0 1.0')
      AND
      distance((ir.ra2000, ir.de2000), (agn.ra, agn.dec)) < 0.02
```

distance 関数は引数に天球上での位置を表す位置型の値を二つとり、それら二つの位置の角距離を度単位で返す。位置型の値は、二つの数値型のカラムまたは定数値を丸括弧内にカンマ区切りで

列挙することで定義できる。この例では、UKIDSS カタログのカラム ra2000, de2000 で定義される位置型の値と、AGN カタログの ra, dec で定義される位置型との値を distance 関数の引数にとっている。カラムが位置型として定義されている場合には直接そのカラムを引数としてとることができる。

最後に AGN を検索し、その AGN を含む Suprime-Cam のデータを検索する JVOQL の例を紹介する。

JVOQL の例 4 :

```
SELECT agn.*, img.*
FROM   ivo://jvo/agn:veron_2010 AS agn,
       ivo://jvo/subaru/spcam:image_cutout AS img
WHERE  agn.z >= 1.0 AND agn.z < 1.001
       AND img.region = Circle(agn.ra, agn.dec, 0.14)
```

img.region = Circle(qso.ra, qso.dec, 0.14) の条件式により、テーブル veron\_2010 から取得した座標を中心とした 0.14 度の半径の領域で Suprime-Cam の画像検索用テーブルに対し検索を実行する。

## 8.4.5 ROOT

ROOT の使いかたについて簡単にまとめる。

ROOT は CERN で開発されているデータ解析フレームワークである。ROOT の主要な機能は、グラフや関数の作図、ヒストグラムの作成と操作、データの任意関数によるフィットといったものがあげられる。また、大量のデータも処理可能であるという特徴がある。ROOT は C++ で開発されており、C++ のプログラム中で利用できるほか、C++ の文法に則ったマクロ機能がある。C++ の基本的な文法を覚えれば、マクロを作成してコマンドラインから簡単にプロットできるので、同じようなグラフを何度も描く場合に便利に使える。

次の URL からソースコードまたはバイナリをダウンロードできる: <http://root.cern.ch/drupal/content/downloading-root>。講習会用に配布される VMWare 上の Linux には既にインストール済みである。

コマンド root を実行すると、ROOT のインタラクティブ実行モードとなる。インタラクティブモードを終了するには .q を実行する。

```
1 $ root
2 *****
3 * *
4 * W E L C O M E to R O O T *
5 * *
6 * Version 5.28/00b 14 March 2011 *
7 * *
8 * You are welcome to visit our Web site *
9 * http://root.cern.ch *
10 * *
11 *****
12
13 ROOT 5.28/00b (tags/v5-28-00b@38397, Mar 14 2011, 15:15:50 on linuxx8664gcc)
14
15 CINT/ROOT C/C++ Interpreter version 5.18.00, July 2, 2010
```

```

16 Type ? for help. Commands must be C++ statements.
17 Enclose multiple statements between { }.
18 root [0]

```

-1 オプションをつけると余分な Window が開いたりせず、高速に起動できる。

ここでは、TNtuple と TGraph を利用したプロットを紹介する。TNtuple は ROOT で定義されている C++ クラスの一つであり、データをテーブル形式で取り扱うことができる。指定されたカラムの値、またはカラムの演算値を、指定された条件にマッチするレコードのみでプロットすることが簡単に行える。この機能を使うことで、例えば指定した等級より明るいもののみをプロットしたり、等級別に異なる色でプロットしたりすることができる。また、フィッティングを行ったり、ヒストグラムを作成するのにも利用できる。

一方の TGraph は配列に格納されたデータをプロットするのに利用され、誤差棒付きのプロットを作成したり、関数フィットする場合に利用する。

### TNtuple を利用したプロット

まずは、ファイルに書かれたデータを読み、それを TNtuple に格納しプロットする方法について説明する。つぎのようなデータを含むデータファイル input.dat があるとする。

```

1 $ cat input.dat
2 12.3 24.5 23.0
3 12.5 22.3 22.7
4 14.7 23.8 19.3
5 10.3 20.4 20.0

```

このデータを ROOT でプロットするには、root コマンドを実行し、ROOT のインタラクティブモードで以下のようにコマンドを一行ずつ実行する。

```

1 root [0] double x,y,z;
2 root [1] TNtuple *nt = new TNtuple("", "", "x:y:z");
3 root [2] ifstream data("input.dat");
4 root [3] while (data>>x>>y>>z) { nt->Fill(x, y, z);}
5 root [4] nt->Draw("y:x", "z>20");

```

まず一行目でファイルから読み込むデータを一旦格納する変数を定義している。二行目でプロットするデータを格納する TNtuple のインスタンスを作成している。インスタンスとはデータが格納される入れ物に相当する。一方クラスはこの入れ物にどのような値が入れられるかを定義するものである。C++ では、あるクラスのインスタンスを生成する際には new 演算子を用いて、<クラス名> \*<インスタンス名> = new <クラス名>(<引数リスト>); のように記述する。または <クラス名> <インスタンス名>(<引数リスト>) のようにしてもよい。通常は前者の方法でインスタンスを生成する。TNtuple クラスのインスタンス生成を行う際の引数リストには第一引数にこのインスタンスの名前、第二引数にタイトル、第三引数にコロンの区切りのデータ名リストを指定する。第一、第二引数は空文字でも不便はない。

三行目で入力ファイルをオープンし、四行目でファイルから一行ずつデータを変数 x,y,z に入力し、TNtuple インスタンスに Fill メソッドによってデータを追加している。三行目は ifstream インスタンスの生成を行い、同時にファイルをオープンする初期化の文であるが、new を使う方法では以下のようなのである。

```

1 root[0] ifstream *data = new ifstream("input.dat");

```

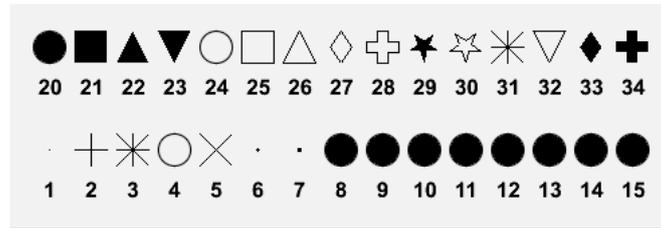


図 8.1: ROOT で利用できるマーカーの一覧



図 8.2: ROOT で利用できるカラーの一覧

しかし、この書き方は C++ ではあまり使われないようである。四行目のデータ読み込みは C++ を使ったことがない人には奇妙に思われる記述であるが、スペース区切りで単語を一つずつ読み込むための文法である。一行目から四行目まではこのパターンを丸覚えするか、どこかのファイルまたは Web ページに書いておき、カットアンドペーストで再利用することをお薦めする。その際にはもちろん、入力ファイルのデータ項目数によって定義して使う変数の数や変数名はその都度変えて利用する必要がある。

五行目は横軸に一列目の値、縦軸に二列目の値をとりプロットしている。Draw メソッドの第一引数で x 軸と y 軸にどのデータを利用するかを指定し、第二引数でプロットするデータの条件を指定している。この例の場合、プロットするデータは第三列目の値が 20 より大きい行のものに限定している。また第三引数を追加し、同じグラフ上にオーバープロットするかどうかなどのオプションを指定ができる。この例を実行しただけではプロットした点が小さすぎてほとんど見えないので、SetMarkerStyle メソッドによりプロットするマーカースタイルを に設変更する。デフォルトでは一ピクセルの点である。利用できるマーカースタイルの例を図 8.1 に示した。マーカーの色を変えなければ、SetMarkerColor メソッドを使う。利用できる色の例を図 8.2 に示した。以下のコマンドを試してみるとよい。

```

1 root [5] nt->SetMarkerStyle(20); # 黒丸
2 root [6] nt->SetMarkerColor(2); # 赤
3 root [7] nt->SetMarkerSize(2); # マーカーのサイズを指定
4 root [8] nt->Draw("y:x", "z>20"); # マーカーでプロット
5 root [9] nt->Draw("y:x", "z>20", "L"); # 線でプロット
6 root [10] nt->Draw("y:x", "", "PL"); # マーカーでプロットし線でつなげる
7 root [11] nt->Draw("y:x", "", "L"); # 線でプロット
8 root [12] nt->Draw("y:x", "", "P,SAME"); # 同じグラフに上書き

```

Draw メソッドのオプションのリストは以下にある。 <http://root.cern.ch/download/doc/ROOTUsersGuideHTML/ch03s08.html>

## TGraph を利用したプロット

次に TGraph クラスを利用したプロットの方法について説明する。TGraph でプロットするデータを一旦配列変数によみこみ、TGraph のインスタンスを生成する際にその配列引数で渡す。以下が実行例である。

```
1 root [0] double x[4], y[4], z[4];
2 root [1] ifstream data("input.dat");
3 root [2] int ind = 0;
4 root [3] while (data>>x[ind]>>y[ind]>>z[ind]) { ind++; }
5 root [4] data.close();
6 root [5] TGraph graph = new TGraph(4, x, y);
7 root [6] graph->Draw();
```

## 複数プロットの表示

複数のプロットを一つの画面上に描きたい場合は、TCanvas クラスのインスタンスを生成し、Divide メソッドで画面分割パターンを指定し、cd メソッドでプロットする場所を指定する。

```
1 TCanvas* c1 = new TCanvas("c1", "c1", 300, 600);
2 c1->Divide(1,2);
3 c1->cd(1);
4 <プロット 1>
5 c1->cd(2);
6 <プロット 2>
```

この例では、描画用のウィンドウを”300x600 ピクセル”のサイズで表示し、全体を横一列縦二行に分割する。そして、上段に<プロット 1>を、下段に<プロット 2>を描画する。横二列縦二行に分割したい場合は c1->Divide(2,2) である。

## プロットのファイルへの保存

プロットをファイルに保存したい場合は、Print メソッドを利用する。

```
1 c1->Print("plot.eps"); # eps で保存
2 c1->Print("plot.gif"); # gif で保存
3 c1->Print("plot.png", "png"); # png で保存
```

## マクロの利用方法

マクロの書き方は、無名マクロとして以下のように波括弧内にコマンドを記述する。

```
1 {
2   コマンドを記述
3 }
```

引数を渡したい場合はファイル名と一致する名前関数を記述する。たとえば、my\_macro.C というファイルに以下のようにマクロを書く。

```
1 void my_macro(double a, double b) {
2   コマンドを記述
3 }
```

マクロの実行方法は、ROOT のコマンドプロンプトで以下のように行う。

```
1 root [0] .x my_macro.C; # 引数がない場合または無名マクロの場合
2 root [0] .x my_macro.C(1.2, 1.0); # 引数が定義されたマクロの場合
```

OS のシェルコマンドから実行するには、つぎのようにする。

```
1 $ root -b -q "my_macro.C"
2 $ root -b -q "my_macro.C(1.2, 1.0)"
```

その他

root のユーザーガイドは以下にある。<http://root.cern.ch/drupal/content/users-guide>  
また、検索サイトでキーワード "root cern" で検索すると様々な使い方マニュアル (メモ) が公開されていることが分かる。

## 8.4.6 Unix シェルスクリプト

Unix シェルスクリプト (BASH) の基本文法について、本課題で必要となる文法に限り紹介する。シェルスクリプトについて詳しい人は読み飛ばして構わない。

宣言

BASH スクリプトを作成するには、ファイルの先頭に以下の行を記述する。

```
1 #!/bin/bash
```

変数

変数は宣言することなく利用することができるが、関数内では局所変数として宣言して利用すること推奨する。宣言をしないで定義される変数は大域変数としてあつかわれるので、呼出し元で同じ変数を利用している場合には、関数内で書き換えられてしまう場合がありえる。短い簡単なスクリプトの場合は変数名が同じにならないように注意をすることでそうした問題は防げるが、スクリプトが長くなり複雑化すると予期せぬところで、変数が書き換えられてしまうということがおきやすくなる。

大域変数への値の代入は

```
1 <変数名>=<値>
2 または
3 <変数名>="<値>"
```

のように記述する。=の前後にはスペースを入れないことに注意をする必要がある。ダブルクォーテーションで囲う場合、囲われた中身が代入される。値はリテラル文と変数を混在されることが可能であり、変数の値を参照するには変数名の前に \$ をつける。変数名を波括弧 {} で括ってその前に \$ をつけることもできる。そのように書くことで変数名の区切りがはっきりさせることができる。たとえば、echo \${a}a は echo \$aa とした場合、変数 aa を参照するように解釈されてしま

う。ここで、echo はそれに引き続く式を変数展開した結果を標準出力に表示するためのコマンドである。

a=test と a="test" は同じである。a=test; b=\${a} dayo を実行すると、b には “test dayo” という文字列が代入される。リテラルに空白文字などが含まれる場合にはダブルクォーテーションで囲う必要がある。シングルクォーテーション内で変数を参照してもその変数は値に展開されないことに注意する必要がある。

局所変数の定義は

```
1 local <変数名>
2   または
3 local <変数名>=<値>
```

である。

## 引数

シェルスクリプト実行時に指定した引数はシェルスクリプト内で参照することができる。第一引数は \$1 で参照でき、第二引数は \$2 である。第三引数以降も同様に \$3, \$4, ... で参照できる。指定された引数の数は \$# で参照できる。

```
1 a=$1 # 第一引数
2 b=$2 # 第二引数
3 n=$# # 引数の数
```

## 関数

BASH では関数が定義できる。CSH という Unix シェルがあるが、こちらでは関数が利用できないので、BASH の利用を推奨する。あるまとまった処理をひとつの関数とすることで、その処理が再利用しやすくなり、スクリプト自体も読み易くなる。

関数の定義は以下のとおりである。

```
1 function 関数名 {
2     処理
3     return 戻り値
4 }
```

関数に渡される引数は \$1, \$2, \$3, ... のように参照する。戻り値は整数値である必要がある。また、一般的なプログラミング言語で行われるように、呼出元で a=func のように戻り値を直接変数に代入することはできない。戻り値を参照するには、関数呼び出し直後に \$? を参照する必要がある。\$? はシェルスクリプトの実行文を一回実行するごとにその実行文の戻り値が設定されるので、関数呼び出し直後に参照しないと、べつの実行文の戻り値で書き換えられてしまうことに注意する。

## 条件分岐

bash での条件分岐は if 文, case 文がよく使われる。if 文は

```

1  if <条件式>; then
2      <実行文>
3  elif <条件式>; then
4      <実行文>
5  else
6      <実行文>
7  fi

```

のように記述する。もちろん `elif`, `else` は省略可能である。

条件式はコマンド実行文または角括弧 `[]` による条件判断文、そしてそれらの `&&`, `||` による論理結合が利用される。コマンド実行文を利用する例として、あるファイルが指定された文字列を含むかどうかを判断するには以下のように行う。

```

1  if cat test.dat | grep "abc" > /dev/null; then
2      echo "test.dat contains abc"
3  else
4      echo "test.dat doesn't contains abc"
5  fi

```

これは `grep` コマンドが指定した文字が見付からなかった場合に終了ステータス 1 を返すことを利用している。コマンド実行後の終了ステータスが 0 のときは、その条件式は `true` と判断されて `if` 文が実行される。終了ステータスが 0 以外の場合は `false` と判断されて `else` 文が実行される。

角括弧による条件式は様々ある。頻繁に使われるであろう条件式を列挙する。

```

1  if [ -e <file> ]; then # ファイル <file> が存在するか
2  if [ -s <file> ]; then # ファイル <file> が存在するし、サイズが 0 以上か
3  if [ "$a" == "1" ]; then # 変数 a が "1" と一致するか
4  if [ "$a" <> "1" ]; then # 変数 a が "1" と一致しないか

```

その他については、以下の URL を参照すること。

<http://www.gnu.org/software/bash/manual/bashref.html#Bash-Conditional-Expressions>

## ループ

変数値を変えながら、おなじような処理を繰り返し実行することはよくあることである。bash ではそうした繰り返し実行をサポートするための構文として、`for` 文と `while` 文が定義されている。for 文のよく使われる利用方法として、あるパターンにマッチするファイル名を変数に順次代入しつつ処理を繰り返す方法があげられる。以下はカレントディレクトリにある `hist-*.dat` パターンにマッチするファイル名を出力するループである。

```

1  #!/bin/bash
2  for fn in hist-*.dat; do
3      if [ ! -e "$fn" ]; then
4          continue
5      fi
6      echo $fn
7  done
8  exit 0

```

カレントディレクトリに `hist-1.dat`, `hist-2.dat` というファイルがある場合の実行結果は以下のとおりとなる。

```
1 $ sample.sh
2 hist1.dat
3 hist2.dat
```

if [ ! -e "\$fn" ]; then では、マッチするファイルがない場合、変数 fn にはファイル名展開が行われず、hist-\*.dat という文字列がそのまま代入されてしまうので、それをスキップするための条件判断を行っている。このループを利用することにより、特定のファイル群に対して同じ処理を繰り返し行うことが可能である。

そのほか、一般的なプログラム言語で行われるような、決められた回数だけ変数を一ずつ変更しながら繰り返し実行するには、以下のように行う。

```
1 #!/bin/bash
2 for i in $(seq 1 100); do
3     echo $i
4 done
```

seq は単調増加 (減少) する数値列を表示するコマンドである。詳細は man seq または seq --help を実行することでみるもことができる。

while 文は指定された条件式が false となるまで do と done で囲まれた部分を繰り返し実行する。よく使うケースとしてはファイルから一行ずつ読み込み、それらに対して繰り返し処理をおこなうということがあげられる。以下のサンプルは、ファイル input.dat から一行ずつデータを読み込みそれを標準出力に表示する例である。

```
1 #!/bin/bash
2 while read line; do
3     echo $line
4 done < input.dat
```

read は bash の組み込みコマンドであり、ファイルから一行ずつ読み取られた変数に代入する。

## 展開

コマンドの実行結果を参照する方法について説明する。これは、次節で説明される Unix コマンドの実行結果を参照することにより、算術演算の結果や、ファイルの行数のカウント、ファイルの先頭行、最終行、指定された行を取得し、変数に代入するといった使いかたがおこなえる。

```
1 a=10.0
2 b=0.5
3 c=$(echo $a $b | awk '{print $1*$2}')
```

この例では、awk コマンドで計算される  $10.0 \times 0.5$  の演算結果を変数 c に代入している。シェルスクリプトでは、実数演算を行うことができないので、awk コマンドを利用し演算を行う。bc という演算用コマンドもあるが、利用方法は注意を要する。例えば、

```
1 a=10.0
2 b=-0.5
3 c=$(echo "${a}-${b}" | bc)
```

のような演算をするとエラーになってしまう。このエラーを避けるには \${b} を括弧で括る必要がある。できるだけ awk を常に使う方が、記述は長めであるが、安全である。

変数の値を置換して参照することができる。この機能はファイル名か拡張子をのぞいた名前を使いたいとか、拡張子だけを参照したい場合、ディレクトリのパス名を取り除いてファイル名だけを参照したいという場合に利用される。

```
1 file=/home/watashi/tmp.dat
2 echo ${file%.dat}
3 echo ${file##*.}
4 echo ${file##*/}
```

これを実行すると、

```
1 /home/watashi/tmp
2 dat
3 tmp.dat
```

という結果が得られる。`${変数%パターン}` は変数値が指定されたパターンにマッチする文字列で終了する場合に、パターンと一致する最短の文字列をのぞいた値を返す。`${変数%%パターン}` では、パターンと一致する最長の文字列をのぞいた値を返す。`${変数#パターン}` は変数値が指定されたパターンにマッチする文字列で始まる場合に、パターンと一致する最短の文字列をのぞいた値を返す。`${変数##パターン}` では、パターンと一致する最長の文字列をのぞいた値を返す。

## Unix コマンド

`awk` 数値演算を行ったり、書式に従った出力をしたい場合、文字列置換をしたい場合など様々な使われかたがされる。

```
1 $ x=10
2 $ y=2
3 $ z=$(echo $x $y | awk '{printn $1/$2}')
4 $ echo $z
5 5
6 $ echo $z | awk '{printf("%.2f\n", $1)}'
7 5.00
8 $ echo $z | awk '{printf("%-8.2f\n", $1)}'
9 5.00
10 $ echo abc_defg | awk '{gsub("_", ",", $1); print $1}'
11 abc,defg
```

BASH では実数の演算が記述できないので、代わりに `awk` を利用するとよい。

本課題における利用例としては、例えば置換機能を利用して JVOQL の領域指定関数中の座標値を変数とするテンプレートを作成し、ファイルに書かれた座標値を読み込みながらその値で置換し、検索を行うということ可能である。

```
1 #!/bin/bash
2 #
3 # JVOQL Template
4 #
5 cat > templ.sql <<EOF
6 SELECT *
7 FROM ivo://jvo/ukidss/dr2:catalog_dr2 AS t
8 WHERE REGION('CIRCLE @ra@ @dec@ @rad@')
9 EOF
10 #
11 #
```

```

12 #
13 while read line; do
14     ra=$(echo $line | awk '{print $1}')
15     dec=$(echo $line | awk '{print $2}')
16     rad=0.2
17     cat templ.sql | \
18         awk '{gsub("@ra@", ra); \
19             gsub("@dec@", dec); \
20             gsub("@rad@", rad); print $0}' \
21             ra=$ra dec=$dec rad=$rad > ukidss.sql
22
23     echo $line
24     cat ukidss.sql
25 done < region.dat

```

検索する座標値の赤経・赤緯をスペース区切りで一行ずつ region.dat に列挙し、上記のスクリプトを実行すると、一行読む毎にファイル templ.sql に保存されているテンプレート JVOQL の @ra@, @dec@, @rad@ を数値で置き換えた JVOQL が ukidss.sql に保存される。

**sort** 入力ファイルの内容を行単位でソートし出力する。

```

1 $ cat <file> | sort # abc 順にソートする。
2 $ cat <file> | sort -n # 第一列目の数値でソートする。
3 $ cat <file> | sort -n -k +2 # 第二列目の数値でソートする。
4 $ cat <file> | sort -n -t, -k +2 # カンマ区切りで第二列目の数値でソートする。
5 $ cat <file> | sort -u # abc 順にソートし、重複をのぞく

```

本課題における利用例としては、AGN 周辺の天体分布からデータの欠損率分布を求め、その欠損率の最大値がある値を越える場合はそのサンプルは使わないということを行う場合に利用できる。そのためには、欠損率のリストを一行毎に出力し、その各行を欠損率で逆順ソートし、先頭一行目の値を取得することで、欠損率の最大を求めることができる。

```

1 #
2 # earea.dat は一列目に AGN からの射影距離、二列目に欠損率が
3 # 記述されているとする。射影距離が 3 以下における欠損率の最大値
4 # は以下のように求められる。
5 #
6 $ max=$(cat earea.dat | grep -v "#" | \
7     awk '{if($1<3.0) print $2}' | \
8     sort -nr | head -1)

```

上記の例により、変数 max に欠損率の最大値がセットされる。

**cut** 文字列から部分文字列を抜き出す場合に使う。

```

1 $ id=$(echo SUPA00211350 | cut -b 5-12)
2 $ echo $id
3 00211350

```

**head, tail, cat, sed** ファイルの先頭行を参照 (head), ファイルの最終行を参照 (tail), ファイルの内容全部を参照 (cat), ファイルの特定の行を参照 (sed), するのに利用される。

```

1 $ head -1 <file> # ファイル <file> の先頭一行目を出力
2 $ cat <file> | head -1 # 標準入力先頭一行目を出力

```

```

3 $ tail -1 <file> # ファイル <file> の最終行を出力
4 $ tail -f <file> # ファイル <file> が更新される毎に更新分を出力
5 $ cat <file> # ファイル <file> の内容を標準出力に出力
6 $ sed -n 10,12p <file> # ファイル <file> の 10行目から 12行目を出力

```

wc ファイルの行数をカウントするのに使う。

```

1 $ n=$(cat <file> | wc -l) $ ファイル <file> の行数を変数 n に代入する。

```

## 8.5 研究の手順

実際にデータを VO を利用して取得し、AGN と銀河の相関距離を求める手順について解説する。

まずは、データを集める方法について説明し、集めたデータから AGN 周辺の銀河数密度分布を求め、それを可視化する方法について説明する。全 AGN の銀河数密度分布を足しあわせることにより、AGN と銀河のクラスタリングの S/N を高め、相関関数にフィットすることにより相関距離を求める方法について解説する。

### 8.5.1 データを集める

まずは銀河データが存在する領域の AGN を検索し、それら AGN の情報 (座標、明るさ、赤方偏移等) を集める。集める方法は、(1) JVO portal の Single Service Search の機能と VOTable Viewer の ADD COLUMN 機能を利用する、(2) JVO portal の JVOQL Search の機能を利用する、(3) jc コマンドによる JVOQL Search の機能を利用する等いくつかあるが、ここでは最も効率的に検索が行える JVOQL を用いた検索、(2) と (3) の方法について紹介する。

#### JVOQL による検索 (portal)

JVO portal を利用した JVOQL によるデータ検索は、図 8.3 にあるように、トップページにある “JVOQL Search” と書かれたリンクをクリックして表示される JVOQL 検索画面より行える。リスト 8.1 の例にある JVOQL を入力し、“Submit” ボタンをクリックすることにより、Veron カタログの AGN とその周辺の UKIDSS カタログ天体の検索が行える。

```

1 SELECT agn.name, agn.z, agn.ra, agn.dec,
2         ir.ra2000, ir.de2000, ir.mag_k
3 FROM ivo://jvo/agn:veron_2010 agn,
4       ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 AS ir
5 WHERE agn.z >= 0.3 and agn.z < 0.31
6 AND
7       distance((ir.ra2000, ir.de2000), (agn.ra, agn.dec)) < 0.01

```

リスト 8.1: UKIDSS データが 0.01 度以内にある AGN を検索し、その AGN の名前、赤方偏移、座標と UKIDSS 天体の座標と K バンド等級を取得する JVOQL。AGN の赤方偏移は 0.3 以上 0.31 未満に制限している。

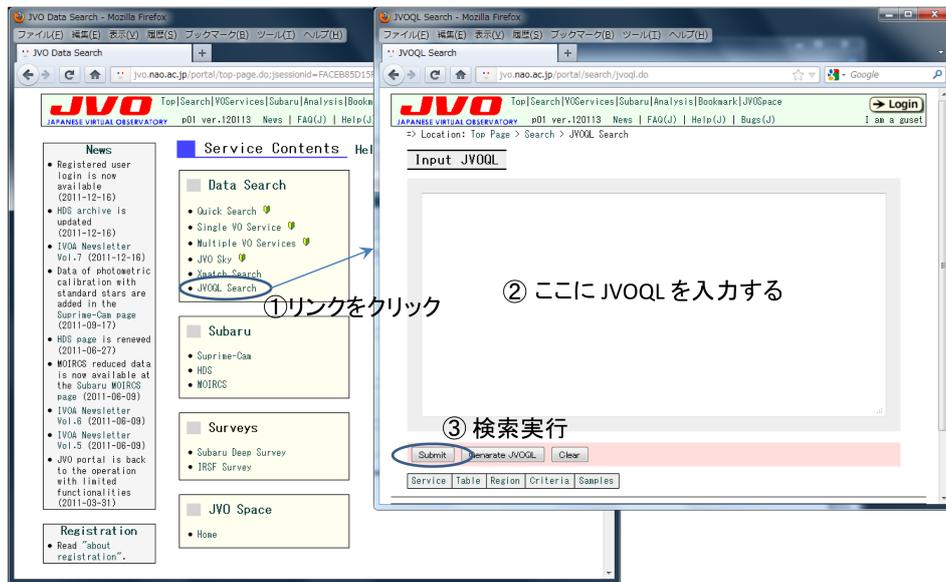


図 8.3: JVO portal 上での JVOQL 検索

この例では、赤方偏移 0.3 から 0.31 である Veron カタログの AGN のうち、0.01 度以内に UKIDSS カタログの天体があるものについて検索が行われる。約 30 秒で 1081 件のデータがヒットする。検索結果として取得するデータ項目として、SELECT 節において、Veron カタログ中の AGN 名称 (agn.name)、赤方偏移 (agn.z)、座標 (agn.ra, agn.dec)、UKIDSS カタログ中の対応する天体の座標 (ir.ra2000, ir.de2000) と K バンドの明るさ (ir.mag\_k) を指定している。distance 関数は第一引数と第二引数であたえられる座標間の距離を度を単位として計算する関数である。

データサービスが返すことができるデータ件数には多くの場合上限値が設けられているため、その上限を越えないように検索条件を指定する必要がある。この例では、赤方偏移の範囲を制限することで検索にヒットする件数を減らしている。上限を越えてしまったかどうかは、検索結果の INFO パラメータの値を見ることで知ることができる。INFO パラメータの値は VOTable Viewer で見ることができる (図 8.4)。

検索終了後、検索状況表示画面に表れる Result ボタンをクリックして、VOTable Viewer により結果を表示させる。INFO パラメータ等の値を確認するには、“Metadata” タブを開き、“INFO Metadata” と書かれた部分を見るとよい。JVO でホストしている VO サービスの場合は、RECORD\_MAX でサービスが返すレコード数の上限値を、RECORD\_NUM で実際にサービスが返したレコード数を示している。RECORD\_NUM が RECORD\_MAX と同じになっている場合は、検索結果のレコード数が上限に達してしまったことを意味するので、条件をきつくして検索を再実行する必要がある。

検索結果を自分の計算機に保存するには、VOTable Viewer の “Save/Download” タブを開いて csv フォーマットを選択し、“Download” ボタンをクリックする。

UKIDSS 天体のデータは取得せず、まずは UKIDSS 天体のデータがある AGN のデータをのみを取得することにより、一度に取得できる AGN の件数を増やすことが可能である。そのためには、下記のように SELECT 節に DISTINCT というキーワードを追加し、ukidss カタログのカラムを削除した JVOQL を利用する。

```
1 SELECT DISTINCT agn.name, agn.z, agn.ra, agn.dec
```

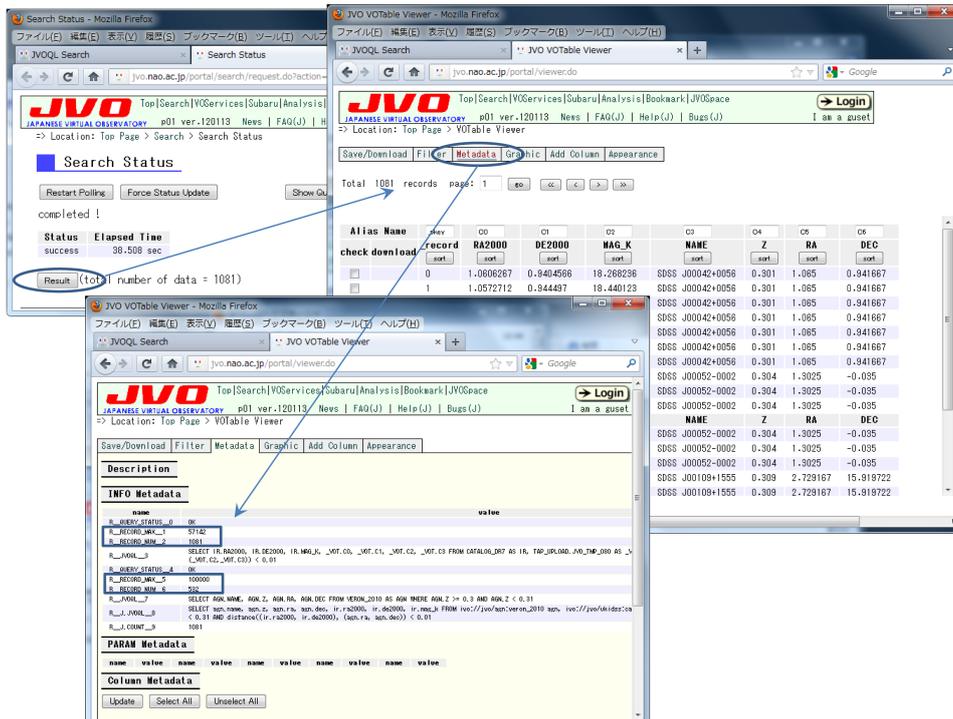


図 8.4: 検索結果の表示例

```

2 FROM ivo://jvo/agn:veron_2010 agn,
3     ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 AS ir
4 WHERE agn.z >= 0.3 and agn.z < 0.4
5 AND
6     distance((ir.ra2000, ir.de2000), (agn.ra, agn.dec)) < 0.01

```

リスト 8.2: UKIDSS データが 0.01 度以内にある AGN を検索する JVOQL。AGN の赤方偏移は 0.3 以上 0.4 未満。

実行時間は約 20 秒で 1480 件のデータがヒットする。

以上で、UKIDSS データがある領域の AGN の検索が行えた。

## JVOQL による検索 (jc コマンド)

ここでは、JVO portal を使ったインタラクティブな方法とは別にコマンドラインから検索を実行する方法について紹介する。ポータルを使う方法は簡便ではあるが、時間がかかる検索を何度も繰り返し行うのは非効率である。コマンドラインから行うことができると、スクリプトを書くことにより、多数の検索を自動化することが可能になる。まず、環境設定のためにドットコマンドにより `jvorc.sh` に記述されている設定コマンドを実行する。`jvorc.sh` は `vo2012` パッケージを展開して作成されたディレクトリ `vo2012-<version>` の下にある。

```

1 $ . vo2012-<version>/jvorc.sh

```

リスト 8.2 の JVOQL をファイル (`agn.sql`) に保存し、`jc` コマンドの `search` オペレーションでそのファイルを指定することで、コマンドラインから検索が可能である。

```
1 $ jc search -i agn.sql -o agn.xml
```

上記の例では、検索結果は agn.xml に VOTable フォーマットで保存される。この VOTable のデータを処理しやすいフォーマットに変換するには、jc コマンドの select オペレーションを利用する。

```
1 $ jc select -F, -o agn.csv agn.xml
```

オプション -F でカラムのセパレータを指定、-o で出力先ファイル名を指定している。両オプションを指定しない場合はタブ区切りで標準出力に表示される。上記のコマンドを実行した結果作成される agn.csv の中身は以下のようである。

```
1 # 0 NAME char(*) // Most common name of the object
2 # 1 Z double // redshift
3 # 2 RA double deg // Right Ascension J2000
4 # 3 DEC double deg // Declination J2000
5 SDSS J10207+0427,0.382,155.180833,4.466111
6 SDSS J01564+0007,0.361,29.12125,0.123611
7 2QZ J122655-0154,0.338,186.73125,-1.914722
8 SDSS J23594-0047,0.396,359.859583,-0.797222
9 SDSS J15223-0144,0.337,230.589583,-1.743056
10 2QZ J122724+0139,0.333,186.8525,1.658611
11 SDSS J12467+0747,0.389,191.695417,7.797778
12 2QZ J095748-0206,0.357,149.45,-2.102778
13 ...
```

以上で UKIDSS サーベイ領域内の AGN の座標と赤方偏移のデータを jc コマンドにより取得することができたので、次に個々の AGN について UKIDSS カタログからその周辺天体のデータを取得する

使用する JVOQL は以下のようになる。

```
1 SELECT ID, SOURCE_ID, RA2000, DE2000, MAG_K
2 FROM ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 AS t
3 WHERE REGION('CIRCLE 42.861667 1.252222 0.2')
4         AND (mergedClass = 1 OR mergedClass = -3)
5         AND MAG_K > 0 AND kppErrBits <= 255
6         AND SURVEY = 'las'
```

REGION 関数の引数には AGN を中心とした半径 0.2 度の円を表す文字列を記述する。0.2 度は赤方偏移 0.3 の距離では 4 Mpc (共動座標系) に相当する。mergedClass は天体の種別を表すフラグであり、1 は銀河と判定されたデータ、-3 は銀河かも知れないと判定されたデータである。このフラグが 1 か -3 のデータのみを取得する。kppErrBits が 255 より大きな場合はノイズデータの可能性が高いため、それ以下の値のデータのみ取得する。結果を保存し、それを処理しやすいように CSV 形式に変換する。

```
1 $ jc search -i search-ukidss.sql -o ukidss.xml
2 $ jc select -F, -o ukidss.csv ukidss.xml
```

課題 1. jc コマンドを用いて、赤方偏移が 0.3 から 0.4 までの AGN のうち、UKIDSS データが存在する AGN について、その座標と赤方偏移のデータを取得する。また、数個の AGN について、その周辺 0.2 度以内の UKIDSS データを取得する。

## 8.5.2 AGN 毎に周辺天体の数密度分布を求める

取得した UKIDSS データに欠損領域がないかを確認する。欠損領域は、観測領域の境界や明るい天体によりマスクされた領域に相当する。確認するには、検索範囲内にデータが一様に分布しているかを調べる必要がある。

ここでは、CERN で開発されているデータ解析フレームワークである ROOT を利用してプロットを行う方法について紹介する。ROOT の主要な機能は、グラフや関数の作図、ヒストグラムの作成と操作、データの任意関数によるフィットといったものがあげられる。C++ の基本的な文法を覚えれば、マクロを作成してコマンドラインから簡単にプロットできるので、同じようなグラフを何度も描く場合に便利に使える。C++ を知らなくても、良く使われる記述パターンを覚えることで簡単なプロットであれば容易に描くことができる。

以下の例にあるように、CSV 形式で保存した検索結果ファイルから座標データのみを抜き出してファイルに保存し、root を起動してコマンドを一行ずつ入力し実行する。

```
1 $ cat ukidss.csv | grep -v "#" | awk -F, '{print $3,$4}' > radec.dat
2 $ root -l
3 root [0] double x,y;
4 root [1] TNtuple *nt = new TNtuple("", "", "x:y");
5 root [2] ifstream data("radec.dat");
6 root [3] while (data>>x>>y) { nt->Fill(x, y);}
7 root [4] nt->Draw("y:x");
8 Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
9 root [5]
```

root コマンド実行時に “-bash: root: コマンドが見つかりません” と表示されて root が起動しない場合は、環境変数 PATH に root の実行コマンドが含まれているディレクトリが指定されているかを確認すること。echo \$PATH で設定を確認できる。講習会用に配布される VMWare 上では /usr/local/root/bin に root コマンドがインストールされており、jvorc.sh をドットコマンドで実行することでこのディレクトリが PATH に追加されるよう設定してある。PATH への設定は

```
1 export PATH=/usr/local/root/bin:${PATH}
```

のように行う。“/usr/local/root/bin/root.exe: error while loading shared libraries: libCore.so: cannot open shared object file: No such file or directory” というようなメッセージが表示される場合には環境変数 LD\_LIBRARY\_PATH に root のライブラリ用ディレクトリが指定されているかを確認すること。講習会用に配布される VMWare 上では /usr/local/root/lib/root に root のライブラリがインストールされており、.bashrc ファイル中でこのディレクトリを LD\_LIBRARY\_PATH に設定している。LD\_LIBRARY\_PATH への設定は

```
1 export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/root/lib/root:${LD_LIBRARY_PATH}
```

のように行う。

中心座標 (42.861667,1.252222) 半径 0.2 度の検索結果の場合、図 8.5 のようなプロットが作成される。

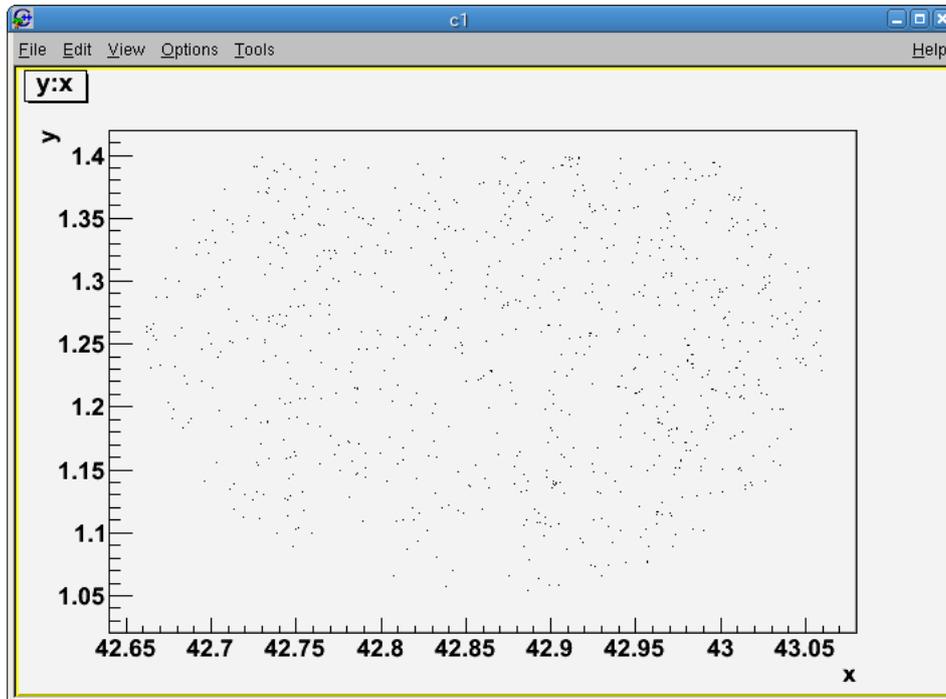


図 8.5: 銀河の分布。

見栄えを良くするためには、次の例のように設定コマンドをいくつか実行する必要がある。

```
1 /**
2  *
3  */
4 void plot_map(double ra, double dec, double rad)
5 {
6     //
7     // 描画範囲を計算
8     //
9     double xmin, xmax, ymin, ymax;
10    double dy, dx;
11    dx = rad / cos(dec/180.*3.141592654);
12    dy = rad;
13    xmin = ra - dx;
14    xmax = ra + dx;
15    ymin = dec - dy;
16    ymax = dec + dy;
17
18    //
19    // データ入力
20    //
```

```

21 double x, y;
22 TNtuple* nt = new TNtuple("object", "object", "x:y");
23 string buf;
24 ifstream data("radec.dat");
25 while (data && getline(data, buf)) {
26     if(buf.at(0) == '#') {
27         continue;
28     }
29     istrstream istr(buf.data());
30     istr>>x>>y;
31     nt->Fill(x, y);
32 }
33 data.close();
34
35 //
36 // グラフ描画の準備
37 //
38 gROOT->SetStyle("Plain"); // タイル表示を off
39 gStyle->SetOptTitle(kFALSE); // タイトル消す
40 gStyle->SetOptStat(kFALSE); // 統計情報消す
41 TCanvas* c1 = new TCanvas("c1", "c1", 400, 400);
42 gStyle->SetNdivisions(505, "X"); // X 軸の目盛設定
43 gStyle->SetNdivisions(505, "Y"); // Y 軸の目盛設定
44
45 //
46 // XY 表示範囲を指定するための空ヒストグラム
47 //
48 TH1F *waku = new TH1F("waku", "title", 2, xmin, xmax);
49 waku->SetMinimum(ymin);
50 waku->SetMaximum(ymax);
51 waku->Draw();
52 waku->GetXaxis()->SetTitle("RA"); // X 軸のタイトル
53 waku->GetYaxis()->SetTitle("Dec"); // Y 軸のタイトル
54
55 //
56 // 範囲 (円)
57 //
58 TEllipse *region = new TEllipse(ra, dec, dx, dy);
59 region->Draw("same");
60
61 //
62 // 天体プロット
63 //
64 nt->SetMarkerStyle(20); // マーカースタイル
65 nt->SetMarkerColor(2); // マーカーの色
66 nt->SetMarkerSize(0.4); // マーカーサイズ
67 nt->Draw("y:x", "", "same");
68
69 //
70 // プロットを eps ファイルに書き出す
71 //
72 c1->Print("map.eps");
73 }

```

この例にあるマクロはダウンロードした vo2012 パッケージの clustering/samples/plot\_map.C にあるので、これをコピーして、root のコマンドラインから

```
1 root [0] .x plot_map.C(42.861667, 1.252222, 0.2);
```

を実行すると、図 8.6 のようなプロットが作成される。引数に指定した値は、AGN の座標 (赤経、赤緯) と UKIDSS データの検索半径である。UKIDSS データが赤い点で、検索領域が円で示されている。この例の場合、検索領域上部に観測領域の境界があることが確認できる。

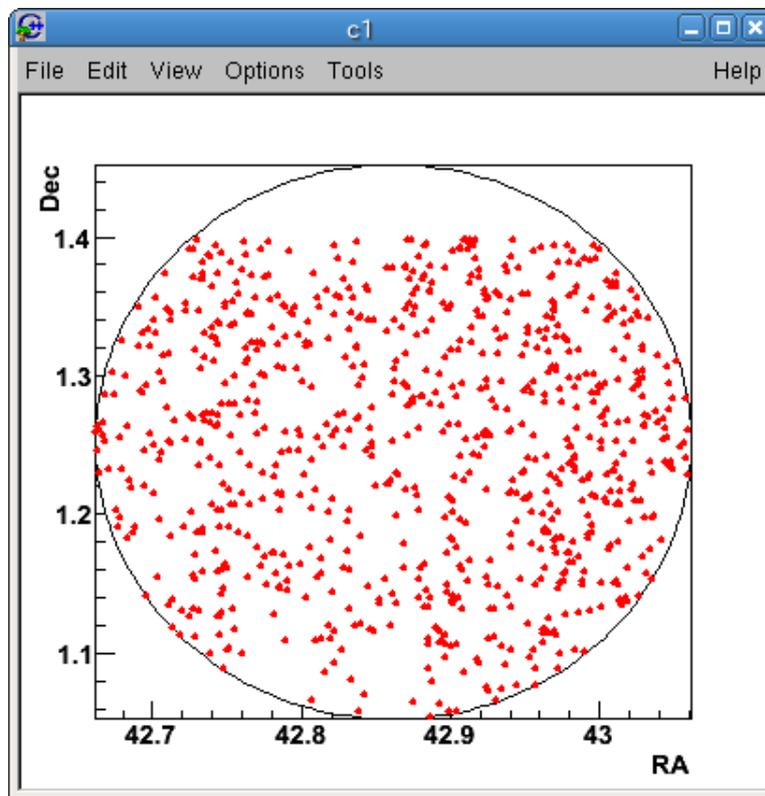


図 8.6: 銀河の分布。円はデータ検索範囲。

root のコマンドラインから抜けるには、.q を実行する。バッチモードで実行するには、以下のコマンドを実行する。

```
1 $ root -b -l -q "plot_map.C(42.861667,1.252222,0.20)"
```

プロット画像は map.eps というファイルに eps フォーマットで保存されており、それを表示するには display コマンドを使う。png 形式の画像に変換するには convert コマンドを利用する。png 形式の画像を表示する場合も display コマンドを利用できる。

```
1 $ display map.eps
2 $ convert map.eps map.png
3 $ display map.png
```

このようにプロットして目で見て欠損領域を確認することも可能であるが、なんらかの基準値に基づき数値的に判断することで、大量のデータを扱うことができるようになる。ここでは、vo2012 パッケージに含まれている agn-catalog-coverage というプログラムを利用する。agn-catalog-coverage は AGN を中心とした一定幅の円環領域毎に欠損領域の割合を計算する。以下のように、AGN の座標を -r <赤経>, -d <赤緯>, 円環幅 (arcsec) を --size, AGN 近傍のマスク領域 (arcsec) を --mask-rmax で指定し実行する。UKIDSS 天体の座標 (ra dec) をスペース区切りで一行毎に書き

出したファイルを標準入力から読み込む<sup>5</sup>。

```
1 $ agn-catalog-coverage -r 42.861667 -d 1.252222 --size 17.3 \  
2 --mask-rmax 4.0 < radec.dat > earea.dat
```

円環の幅は、AGN の距離で 0.1 Mpc の共動距離に対応する角距離とし、 $z = 0.3$  の場合 17.3 arcsec となる。角距離と共動距離の関係は、プログラム `cosmic-distance` を利用することで計算できる。

```
1 $ cosmic-distance -z 0.3 --length 0.1  
2 comoving distance: 1192.175023 [Mpc]  
3 luminosity distance : 1549.827530 [Mpc]  
4 lookback time : 3.399447e+09 [yr]  
5 distance modulus : 40.951417  
6 proper separation distance : 0.000000 [Mpc] (theta=0.000000 [arcsec])  
7 comoving separation distance : 0.000000 [Mpc] (theta=0.000000 [arcsec])  
8 separation angle : 17.301554 [arcsec] (length=0.100000 [Mpc])  
9 comoving volume: 5224894742.355787 [Mpc3] (z=0.300000, omega=1.000000e+00, dz  
=1.000000)
```

引数 `-z` に引き続いて赤方偏移を指定し、`--length` に引き続いて共動距離を指定して実行すると、上記の結果が得られる。`separation angle` と書かれた行が、引数で指定された共動距離に対応する角距離であり、0.1 Mpc に対応する角距離は 17.3 秒角であることが分かる。

欠損割合の計算は、天体を方位角順にソートし隣り合う天体の方位角の差が、その円環領域の平均値から  $3\sigma$  以上の場合にその方位角の部分は欠損領域として判定することによって行っている。`agn-catalog-coverage` の出力は以下ようになっており、2 列目が AGN からの角距離 (arcsec)、対応する円環領域の有効面積 (arcmin<sup>2</sup>)、欠損と判断された領域の割合である。

```
1 # number r_middle earea bad_fraction  
2 # ----- arcsec arcmin2 ----  
3 0 8.650000 2.472172e-01 0.000000 1  
4 1 25.950000 7.835394e-01 0.000000 0  
5 2 43.250000 1.305899e+00 0.000000 2  
6 3 60.550000 1.828259e+00 0.000000 4  
7 4 77.850000 2.350618e+00 0.000000 3  
8 5 95.150000 2.872978e+00 0.000000 3  
9 6 112.450000 3.395337e+00 0.000000 11  
10 ...  
11 31 544.950000 1.645433e+01 0.000000 30  
12 32 562.250000 1.697669e+01 0.000000 24  
13 33 579.550000 1.749905e+01 0.000000 19  
14 34 596.850000 1.802141e+01 0.000000 32  
15 35 614.150000 1.466350e+01 0.209249 38  
16 36 631.450000 1.906613e+01 0.000000 25  
17 37 648.750000 1.958848e+01 0.000000 31  
18 38 666.050000 1.565591e+01 0.221519 37  
19 39 683.350000 2.063320e+01 0.000000 22  
20 40 700.650000 1.613815e+01 0.237168 33  
21 41 717.950000 1.363584e+01 0.370980 25  
22 42 735.250000 2.220028e+01 0.000000 0
```

天体数 (5 列目) が 20 より少ない場合には欠損の有無の判断は行わず、欠損率 0 としている。欠損の判断は数密度で判断しているため、天体数が少ない場合は誤差が大きくなる。また、ボイドのような領域がある場合、そこは欠損領域と判断される場合がある。ボイドであるのか、明るい天体によりマスクされた領域なのかはカタログだけでは判断できず、画像データに戻って確認する必

<sup>5</sup>この入力ファイルにはコメント行などは書かないようにすること

要があるが、ここでは、カタログだけから判断する。誤差が大きくても、多数のサンプルで平均化するので、結果に大きな影響を与えることはない。この結果を調べて、相関関数を求める範囲内で欠損領域の割合が一定値以上を越える場合はそのデータは利用しないようにする。

課題 2. 課題 1 で取得した UKIDSS データをプロットし、欠損領域があるかを確認すること。また、agn-catalog-coverage を用いて欠損率を求めてみる。

次に、天体数密度分布を AGN からの射影距離の関数として求める。これは、上記の欠損領域を調べたときに定義したのと同じ円環領域を定義し、それぞれの円環領域における天体数密度を求める。数密度を求める際には、agn-catalog-coverage で求めた円環領域の有効面積で天体数を割り算して求める。同時に統計誤差についても求める。agn-catalog-density で以上の計算が行える。使いかたは次の例にあるように、-r, -d オプションで AGN の赤経, 赤緯を指定し、--dth で欠損率を求めるのに使った円環の幅と同じ値を指定、--earea で agn-catalog-coverage の出力結果を保存したファイル、-c で UKIDSS 天体の座標ファイル、--mask-rad で AGN 近傍のマスク領域サイズ (agn-catalog-coverage で指定した値と同じ値)、-z で AGN の赤方偏移をそれぞれ指定する。

```

1  $ agn-catalog-density -r 42.861667 -d 1.252222 --dth 17.30 \
2  --earea earea.dat -c radec.dat --mask-rad 4.0 -z 0.3 > hist.dat
3  $ less hist.dat
4  #
5  # r count count_cor area dens err
6  # [Mpc] [Mpc^2] [Mpc^-2] [Mpc^-2]
7  #
8  0.061555 1 1.000000 0.029731 33.634820 33.634820 0.000000
9  0.149987 1 0.977322 0.094231 10.371574 10.371574 0.000000
10 0.249978 5 4.886611 0.157051 31.114722 13.914927 0.000000
11 0.349969 4 4.000000 0.219872 18.192404 9.096202 0.000000
12 0.449960 5 5.000000 0.282693 17.687060 7.909894 0.000000
13 0.549951 6 6.000000 0.345513 17.365477 7.089426 0.000000
14 0.649942 14 14.000000 0.408334 34.285685 9.163235 0.000000
15 0.749933 11 11.000000 0.471154 23.346919 7.039361 0.000000
16 0.849924 16 16.000000 0.533975 29.963960 7.490990 0.000000
17 0.949915 12 12.000000 0.596795 20.107394 5.804505 0.000000
18 ...

```

この数密度分布を誤差棒付きでプロットするには以下のようなマクロを実行すればよい。

```

1 void plot_density()
2 {
3     //
4     //
5     //
6     int ind=0;
7     int num=0, count=0;
8     string buf;
9     double x[1000], y[1000], sig[1000], erx[1000];
10    double dummy;
11

```

```

12     ifstream data("hist.dat");
13
14     while (data && getline(data, buf)) {
15         if(buf.at(0) == '#') {
16             continue;
17         }
18         istrstream istr(buf.data());
19         istr>>x[ind]>>count>>dummy>>dummy>>y[ind]>>sig[ind];
20         erx[ind] = 0;
21         ind++;
22         if(count > 0) {
23             num = ind;
24         }
25         if(ind >= 1000) {
26             break;
27         }
28     }
29     data.close();
30     //
31     //
32     //
33     TGraphErrors graph = new TGraphErrors(num, x, y, erx, sig);
34
35     graph->SetLineColor(1);
36     graph->SetLineWidth(1);
37     graph->SetMarkerColor(1);
38     graph->SetMarkerSize(1.);
39     graph->SetMarkerStyle(20);
40
41     graph->SetTitle("");
42     graph->GetXaxis()->SetTitle("distance (Mpc)");
43     graph->GetYaxis()->SetTitle("density (Mpc-3)");
44
45     graph->Draw("AP");
46     graph->Print("density.eps");
47
48 }

```

このマクロは clustering/samples/plot\_density.C にある。実行結果は図 8.7 である。

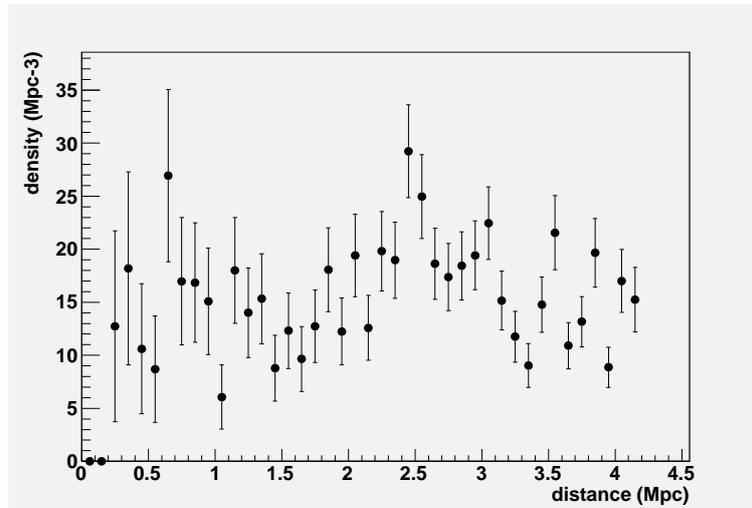


図 8.7: AGN からの射影距離に対する銀河数密度分布

課題 3. 次の作業を行うスクリプトを作成する。

1. 引数により AGN の座標と赤方偏移、作業ディレクトリ名をスクリプトに変数として与えられること。
2. スクリプト実行開始時に引数で与えられた作業ディレクトリを作成し、そこに移動しそこで検索などの作業が行われること。
3. AGN から半径 0.14 度の範囲の UKIDSS データを取得すること。取得した UKIDSS データのうち、赤経、赤緯、等級について抜き出し radecmag.dat というファイルにスペース区切りで天体毎に一行ずつ書き出すこと。
4. 取得した UKIDSS データから欠損率を求め、earea.dat というファイル名で保存すること。
5. UKIDSS データから数密度分布を AGN からの射影距離の関数として求め、hist.dat というファイル名で保存すること。
6. UKIDSS データの天球分布と数密度分布をグラフ化し、png 形式で保存すること。
7. AGN の座標、赤方偏移、観測バンド (今回は K) を summary.dat に出力する。フォーマットは 一行ごとに <KEYWORD>: <VALUE> 形式で記述すること。それぞれ、次のキーワードを使用すること: RA, DEC, REDSHIFT, BAND。  
課題 1 で検索された AGN のうち、100 個程度について、このスクリプトを実行し、数密度分布を求めるスクリプトを作成し実行する。

課題 3 のスクリプト作成が困難である場合は clusing/samples にある agn-dataset-sample.sh,

plot-dist-sample.C, agn-auto-sample.sh, を利用してもよい。agn-dataset-sample.sh の利用方法は

```
1 $ ./agn-dataset-sample.sh <ra> <dec> <redshift> <workdir>
```

である。agn-auto-sample.sh は引数なしで実行する。ただし、agn の検索で作成されたファイル agn.csv が実行ディレクトリ上に必要である。

### 8.5.3 全 AGN の周辺天体数密度分布を足しあわせる

以上のようにして個々の AGN について、その周辺の天体数密度分布を求めることができたので、全 AGN について数密度分布を足し合わせ平均化することで、AGN と銀河の相関関数を求める。足しあわせるに際して、天体分布が平均に比べて極端に偏りがあるデータ、例えば近傍の銀河や銀河団が含まれているデータや、星団があるサンプルは除外する必要がある。また、観測の深さが平均にくらべ極端に浅いような場合は S/N を向上させるために除外する方がよい。

AGN サンプル毎に観測の深さが異なる場合には、足しあわせる際には補正が必要である。観測が深い程、AGN と同じ距離にある銀河の検出可能な数が増え、AGN 周辺にクラスタリングしている銀河の検出数が増える。ノイズ成分となる、AGN からは距離が離れていて無相関な前景銀河、背景銀河数の分散 (N) はそれらの総数の平方根 ( $\sqrt{N_{bg}}$ ) で与えられる。したがって、AGN 周辺にクラスタリングしている銀河の S/N 比は向上する。すなわち、数密度分布における AGN 周辺での銀河の超過数は観測の深さに依存する量であり、観測深さが異なる数密度分布をそのまま足し合わせてしまえば、クラスタリングの強さを平均化することにはならない。

深さの違いを考慮してクラスタリングの強さについての平均値を求めるには、AGN と同じ距離における銀河の数密度分布から求められる、平均検出可能数密度  $\rho_0$  をもとめ、それに対する AGN 周辺での検出銀河の超過数比に対して平均値を求めることが必要である。この超過数比は観測の深さにはよらない量であり、相関関数はこの超過数比から 1 引いた値である。

$\rho_0$  は光度関数を有効限界等級まで積分することで求めることができる。詳細については文献 [1] を参照のこと。有効限界等級は今回の場合カタログデータのみから求める必要があり、文献 [1] では等級分布のピーク値以上の等級をもつデータについての積算分布を求め、全体の 60% となる等級を有効限界等級の指標としている。ここではその方法に基づいて有効限界等級を求める。

$\rho_0$  を求めるプログラム agn-cal-rho0 が用意されている。使い方は -z オプションで赤方偏移、-b オプションで観測波長域 (B,V,R,I,i,z,K のいずれか)、--m-min, -m オプションでそれぞれ積分範囲の下限と上限 (観測等級) を指定して実行する。

```
1 $ agn-cal-rho0 -z 1.8 -b R --m-min 20 -m 24
2 # distance modulus = 45.672126
3 # R band 6500
4 # wavelength at source: 2321.428571
5 # MO: -20.452772
6 # alpha: -1.250000
7 rho= 3.662206e-05
```

出力される  $\rho_0$  の単位は  $\text{Mpc}^{-3}$ 、仮定されて宇宙論パラメータは  $\Omega_M = 0.3$ ,  $\Omega_\Lambda = 0.7$ ,  $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  である。

課題 3 により求めた数密度分布を足しあわせる際に、 $B_{QG}$  や  $\rho_0$ ,  $\chi^2$ ,  $\sigma_{max}$  \*\*定義する\*\* を計算しその値でセレクションを行う。足し合わせを行うスクリプト agn-density-add.sh が用意さ

れている。agn-dataset-ukidss.sh で作成される結果ファイル、または課題 3 で作成された結果ファイルを利用する。本スクリプトは以下のように実行する。

```
1 $ agn-density-add.sh -l list.dat
```

list.dat には AGN 毎に作成されたディレクトリ名一行毎に書かれたファイルである。例えば、ディレクトリを agn\_001, agn\_002, agn\_003, ..., のような名前で作成した場合は、

```
1 $ ls -d agn_??? > list.dat
```

により作成できる。実行すると、hist\_add.dat というファイルに平均化された数密度分布が出力される。また、このファイルの最後の方の行には以下のような数値が記述されている。

```
1 # AVE_DEN_PK: 0.398565 0.00237241 168
2 # AVE_DEN_10: 0.417478 0.00248499 168
3 # AVE_DEN_60: 0.553724 0.00329598 168
4 # AVE_DEN_80: 0.636316 0.00378759 168
```

AVE\_DEN\_PK, AVE\_DEN\_10, AVE\_DEN\_60, AVE\_DEN\_80 とあるのは、それぞれ限界等級として、等級分布のピークとなる等級、ピーク以上のデータのうち等級が小さい方から 10%, 60%, 80% を含む等級をとった場合の平均銀河数密度である。AVE\_DEN\_60 という行の 0.00329598 という数値を、足しあわせれた AGN サンプルに対する平均銀河数密度  $\rho_0$  として利用する。この値は相関距離を求める際に利用する。

課題 4. 課題 3 で求められた数密度分布を agn-density-add.sh を用いて足し合わせ平均化する。

#### 8.5.4 相関距離を求める

次に足しあわせられた数密度分布をプロットし、フィッティングをして相関距離を求める。フィッティングを行う root のマクロは以下ようになる。

```
1 void fit_density(double rho0)
2 {
3     double x[1000], y[1000], sig[1000], erx[1000];
4     double dummy;
5     double xmax;
6     ifstream data("hist_add.dat");
7     int ind=0;
8     int num=0, count=0;
9     string buf;
10    //
11    //
12    //
13    while (data && getline(data, buf)) {
14        if(buf.at(0) == '#') {
15            continue;
```

```

16     }
17     istrstream istr(buf.data());
18     istr>>x[ind]>>count>>dummy>>dummy>>y[ind]>>sig[ind];
19     erx[ind] = 0;
20     ind++;
21     if(count > 0) {
22         num = ind;
23         xmax = x[ind];
24     }
25     if(ind >= 1000) {
26         break;
27     }
28 }
29 data.close();
30
31 //
32 //
33 //
34 TF1 *func = new TF1("func", func_cc, 0.01, 10, 3);
35 func->SetParLimits(0, 1, 120.0);
36 func->SetParLimits(1, 5.0, 1000.0);
37 func->FixParameter(0, 10);
38 func->FixParameter(2, rho0);
39 func->SetLineColor(1);
40 func->SetLineWidth(1);
41 func->SetParameters(10.0, 0.0, rho0);
42
43 //
44 //
45 //
46 graph = new TGraphErrors(num, x, y, erx, sig);
47 graph->Fit(func, "", "", 0.0, xmax);
48
49 graph->SetLineColor(1);
50 graph->SetLineWidth(1);
51 graph->SetMarkerColor(1);
52 graph->SetMarkerSize(1.);
53 graph->SetMarkerStyle(20);
54
55 graph->SetTitle("");
56 graph->GetXaxis()->SetTitle("distance (Mpc)");
57 graph->GetYaxis()->SetTitle("density (Mpc-3)");
58
59 graph->Draw("AP");
60 }
61
62
63 Double_t func_cc(Double_t *x, Double_t *par)
64 {
65     // 相関関数を定義
66 }

```

以下が実行結果である。フィットした結果のプロットは図 8.8 のようになる。

```

1 root [1] .x fit-density.C(0.00222001, 2.6);
2 num = 26
3 FCN=33.6957 FROM MIGRAD STATUS=CONVERGED 118 CALLS 119 TOTAL
4 EDM=1.75127e-10 STRATEGY= 1 ERROR MATRIX ACCURATE
5 EXT PARAMETER STEP FIRST

```

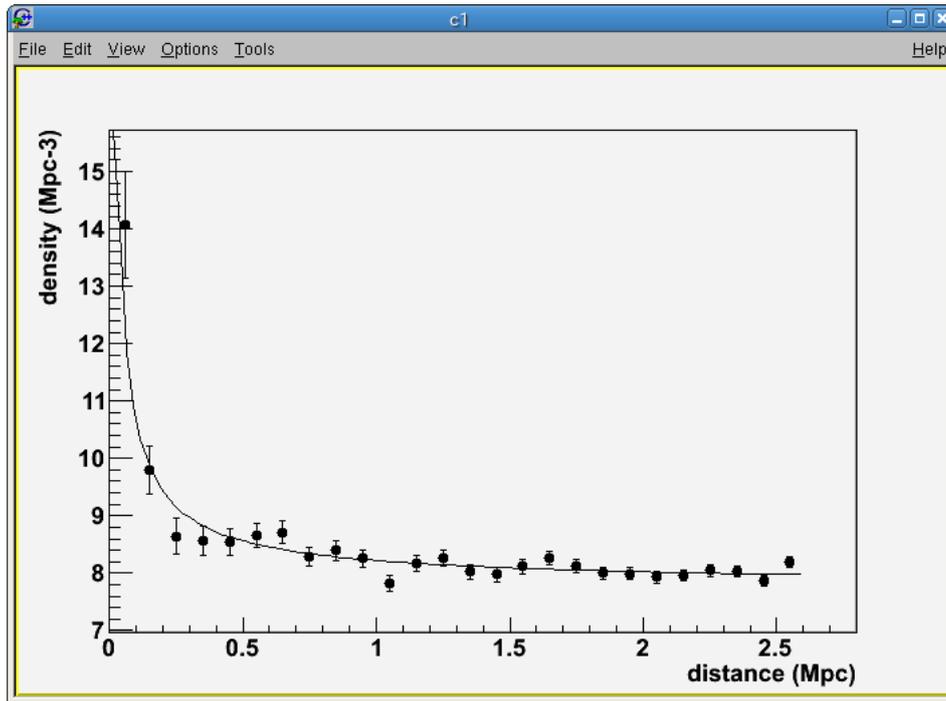


図 8.8: 銀河数密度分布とモデル関数によるフィッティング結果

NO.	NAME	VALUE	ERROR	SIZE	DERIVATIVE
6					
7	1 p0	9.41010e+00	5.83351e-01	3.01021e-05	1.24625e-03
8	2 p1	7.75979e+00	4.67590e-02	1.40621e-06	3.73505e-02
9	3 p2	2.22001e-03	fixed		

この結果より相関距離は  $9.41 \pm 0.58$  Mpc であることが分かる。ただし、この誤差は統計誤差のみであり、相関関数の導出に際して仮定された条件に関数系統誤差は別に評価する方法がある。詳細は [1] を参照すること。また、他の結果と比較する際は 距離の単位を  $h^{-1}\text{Mpc}$  に揃えて比較する必要がある。今回用意した計算プログラムでは、 $h=0.7$  を仮定しているため、求めた相関距離は 0.7 倍する必要がある。

課題 5. 課題 4 で求めた平均化された数密度分布をプロットする。また、相関関数フィッティングによって相関距離を求める。

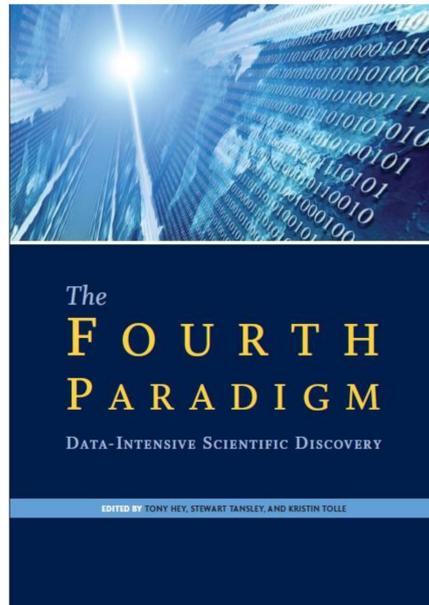
## 関連図書

- [1] Shirasaki, Y. et al., 2011, PASJ, **63**, 469S
- [2] シリーズ現代の天文学 第3巻, 宇宙論 II – 宇宙の進化 二間瀬敏史, 池内了, 千葉征司編, 日本評論社, 2007年
- [3] Croom, S. M. et al., 2005, MNRAS, 356, 415
- [4] Hickox, R., C. et al., 2009, Apj, 696, 891
- [5] Ross, N. P. et al., 2009, ApJ, 697, 1634
- [6] Krumpe, M., Miyaji, T., and Coil, A. L., 2010, ApJ, 713, 558
- [7] Hickox, R. C. et al. 2011, Apj, 731, 117
- [8] Mountrichas, G. and Georgakakis, A., 2011, arXiv:1110.5910
- [9] Jenkins A.R., et al. (for the Virgo consortium), 1998, ApJ, 499, 20
- [10] Smith, R. E. et al., 2003, MNRAS, 341, 1311
- [11] Sheth, R. K., Mo, H. J. and Tormen, G., 2001, MNRAS, 323, 1
- [12] van den Bosch F. C., 2002, MNRAS, 331, 98
- [13] Veron-Cetty M.-P. and Veron P., 2010, Astron. Astrophys., 518, A10

## 付録A 講義用スライド：ヴァーチャル天文台 (VO) とは

### Data Intensive Science

- **Data deluge**
  - Huge data size
  - Wide variety
  - Transient data
  - time-domain
- **New paradigm in scientific research by introducing data management and advanced data analysis**



## 他分野への波及効果

- ICSU (国際科学会議)  
Strategic Coord.  
Comm. on Info. &  
Data
- 地球物理, 農業, 環境,  
天文等のデータを世界規  
模で共有 (途上国に提  
供) するためのフレーム  
ワーク作り



2012年3月26日

JVO講習会 2012

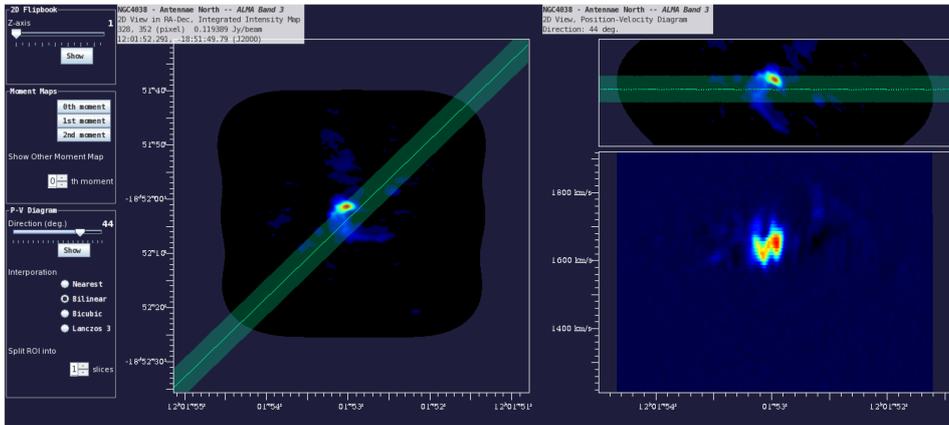
29

IAU GA  
Beijing  
August, 2012



- Scientific Impact of Past and On-Going Large-Scale Observations and Surveys to Astronomy
- Current Status and Challenges of Future Large-Scale Observations and Surveys (1) Near- and Mid-future projects, (2) Far-future projects
- Data Management and Data Access: Past, Present and Future
- Advanced Data Analysis in the Data Intensive Astronomy Era
- Synergy of Data Intensive Astronomy with other field
- Expectation on Scientific Insights in the Data Intensive Astronomy
- Education, Public outreach related with Data Intensive Astronomy

# ALMA FITS viewerの開発



3Dキューブデータを様々な方向に切り出す  
→ 単一波長イメージ、スペクトル、位置-速度図

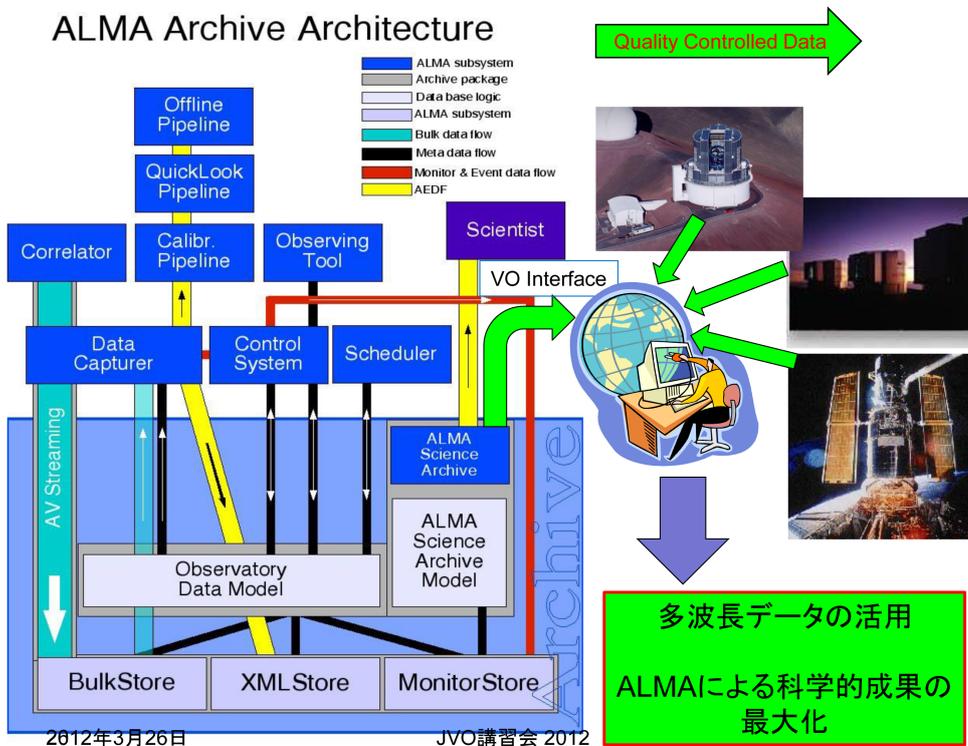
VOインターフェースを介する  
ことにより他波長データと連携

2012年3月26日

JVO講習会 2012

27

## ALMA Archive Architecture



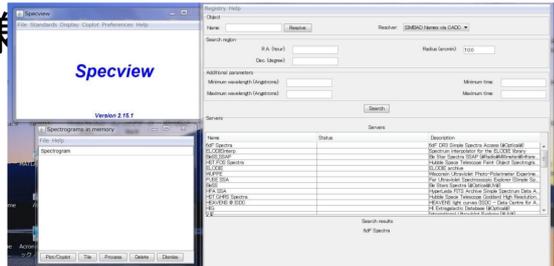
2012年3月26日

JVO講習会 2012

A. Wicenec 2004-05-31

# Specview

- 米国STScI製作のツール
- VOSpecとほぼ同様の機能
- 他のVOツールとの連携が可能

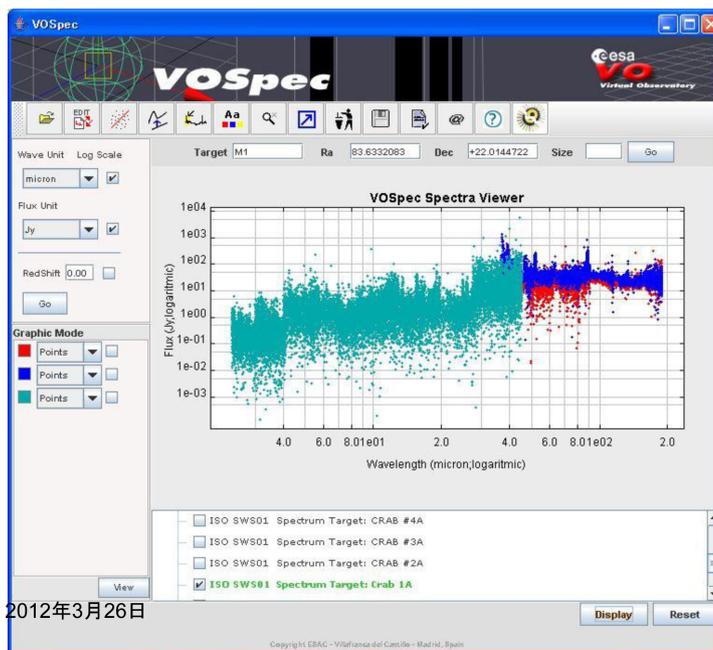


2012年3月26日

JVO講習会 2012

25

# VOSpec: SED生成機能

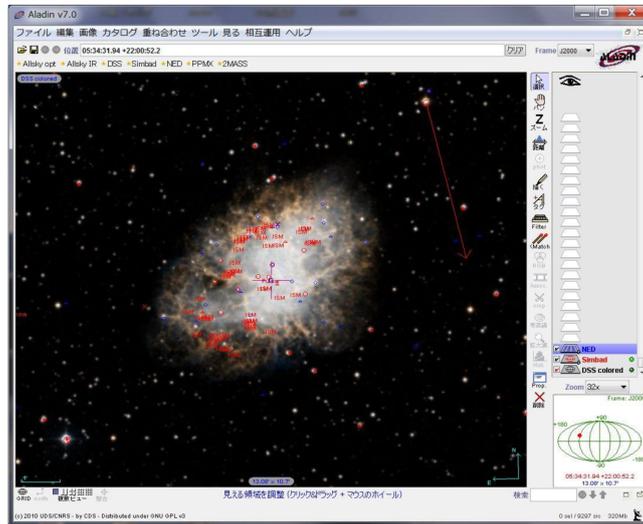


スペクトル線  
DBに SLAP  
経由でアクセス

2012年3月26日

24

# Aladin

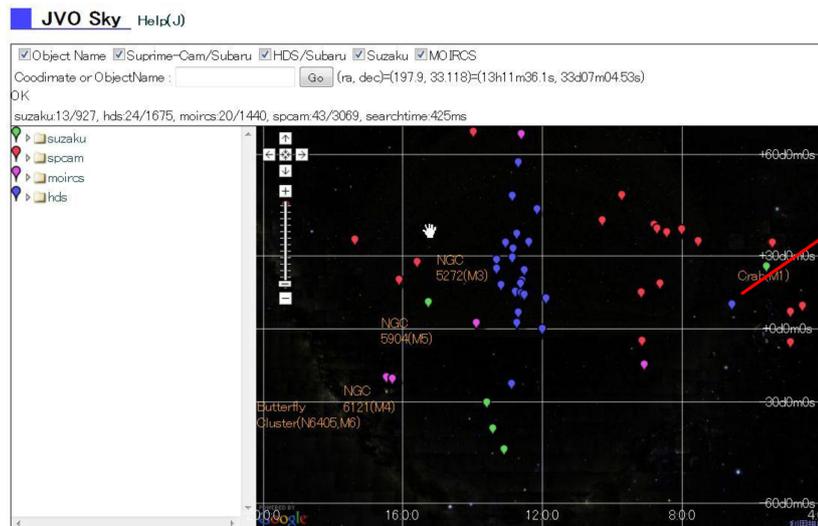


2012年3月26日

JVO講習会 2012

23

# JVOSkyからの利用

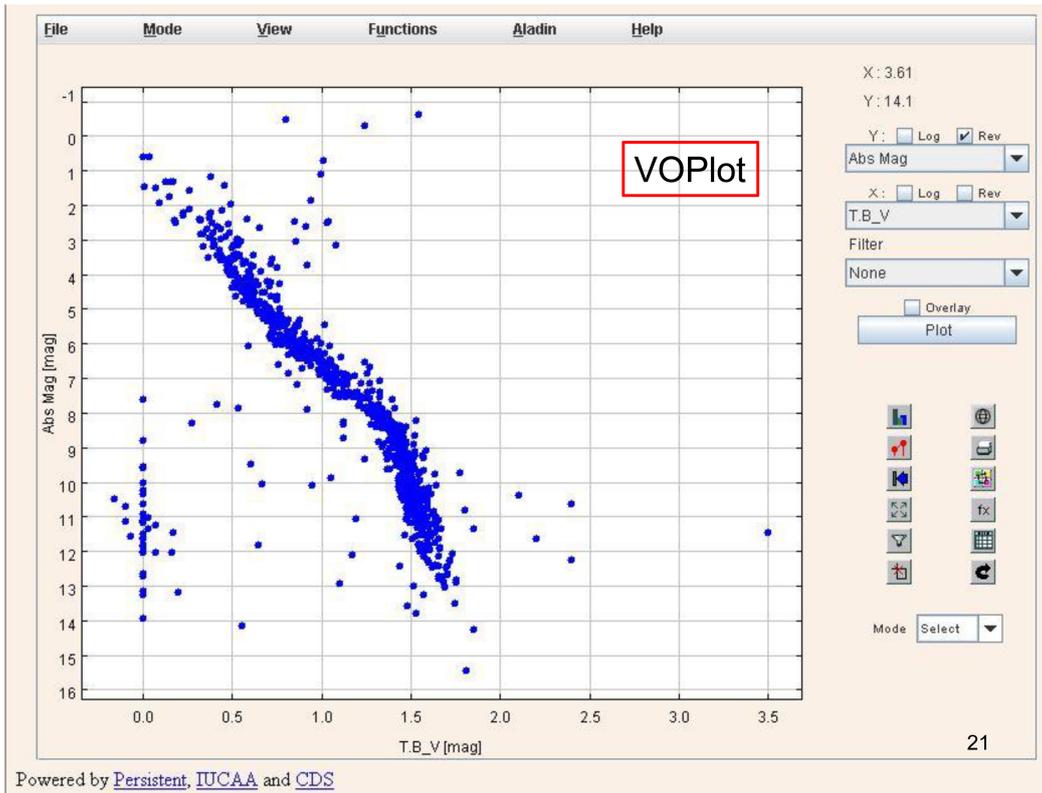


HDS検索  
画面へ  
ジャンプ

2012年3月26日

JVO講習会 2012

22



**JVO** JAPANESE VIRTUAL OBSERVATORY ver.20070904 Masatoshi Ohishi ohishijvo 2012年3月26日

Top | Search | VO Services | Subaru | Analysis | Workflow | JVO Space [Logout]

**About Acknowledgement**

**News**  
Version 0.2 is open since 2007-07-01

**Service Contents**

- Data Search**
  - Quick Search
  - Search on a single VO Service
  - Parallel search on multiple VO Services
  - Xmatch Search
  - JVOQL Search
- Subaru**
  - Suprime-Cam
- JVO Space**
  - Home
- Service Search**
  - Keyword Search
  - Category Search
  - Advanced Search
- Astronomical Tools**
  - Source Extractor
  - HyperZ
- Workflow**
  - Workflow Editor (Script)
  - Workflow Editor
  - Workflow Monitor
- Admin**
  - Admin

<http://jvo.nao.ac.jp/portal/>

# 様々なVOへのアクセス方法

- ポータル  
JVO, VAO
  - 各種ツールの呼び出しも可能
- 専用ワークベンチ  
AstroGrid
- VOツール  
(Image, Spectra, Catalog)
  - Aladin (I, C (S))
  - TOPCAT (C)
  - VOSpec (S)
  - SPLAT (S)
  - Specview (S)
  - VOPlot (VOTable)
  - VisIVO (theory)
  -

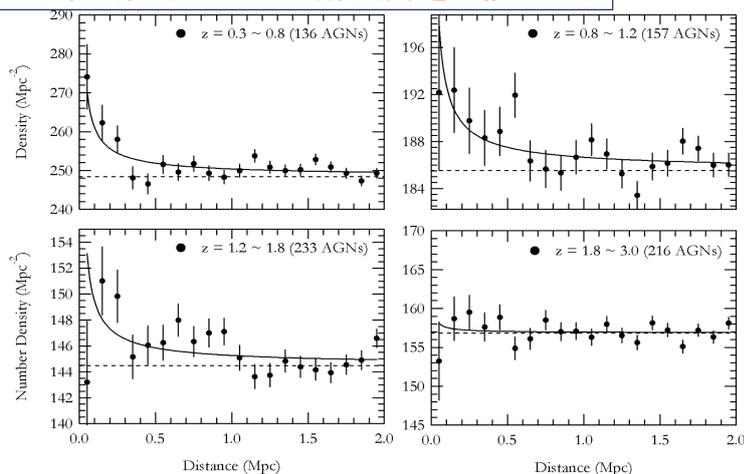
2012年3月26日

JVO講習会 2012

19

## 科学的成果： 活動銀河核(AGN)の成長と周囲銀河密度の関連 ~1000 AGNs -- SupCAM+UKIDSS

データ収集が数ヶ月→1日： 研究効率を大幅に加速



Clustering at > 99% confidence level

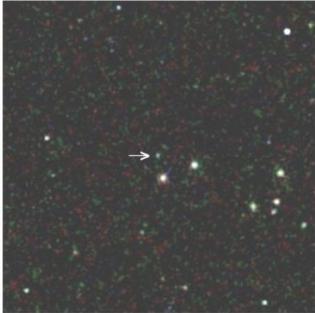
2012年3月26日

# 褐色矮星の発見: SDSS/2MASS

2MASSW J1217-03

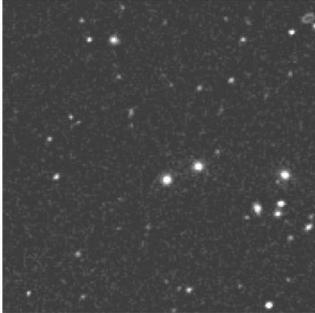
A methane (T-type) dwarf in the constellation Virgo

The near-infrared view



2MASS Composite JHK<sub>s</sub> Atlas Image

The optical view



Palomar Digitized Sky Survey

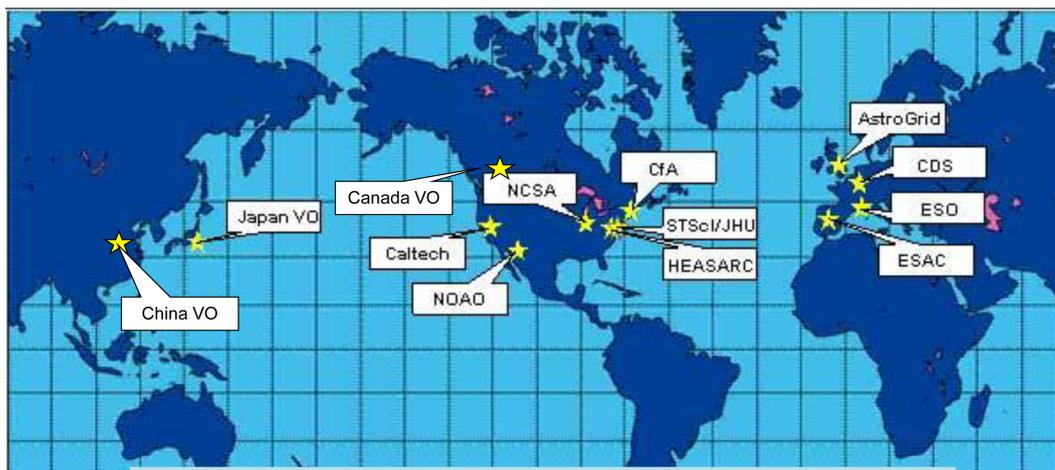


A.J. Burgasser (Caltech), J.D. Kirkpatrick (IPAC/Caltech), M.E. Brown (Caltech),  
I.N. Reid (U. Penn.), J.E. Gizis (U. Mass.), C.C. Dahn & D.G. Monet (USNO, Flagstaff),  
C.A. Beichman (JPL), J. Liebert (Arizona), R.M. Cutri (IPAC/Caltech), M.F. Skrutskie (U. Mass.)  
The 2MASS Project is a collaboration between the University of Massachusetts and IPAC

discoveries like this much easier if databases jointly queryable



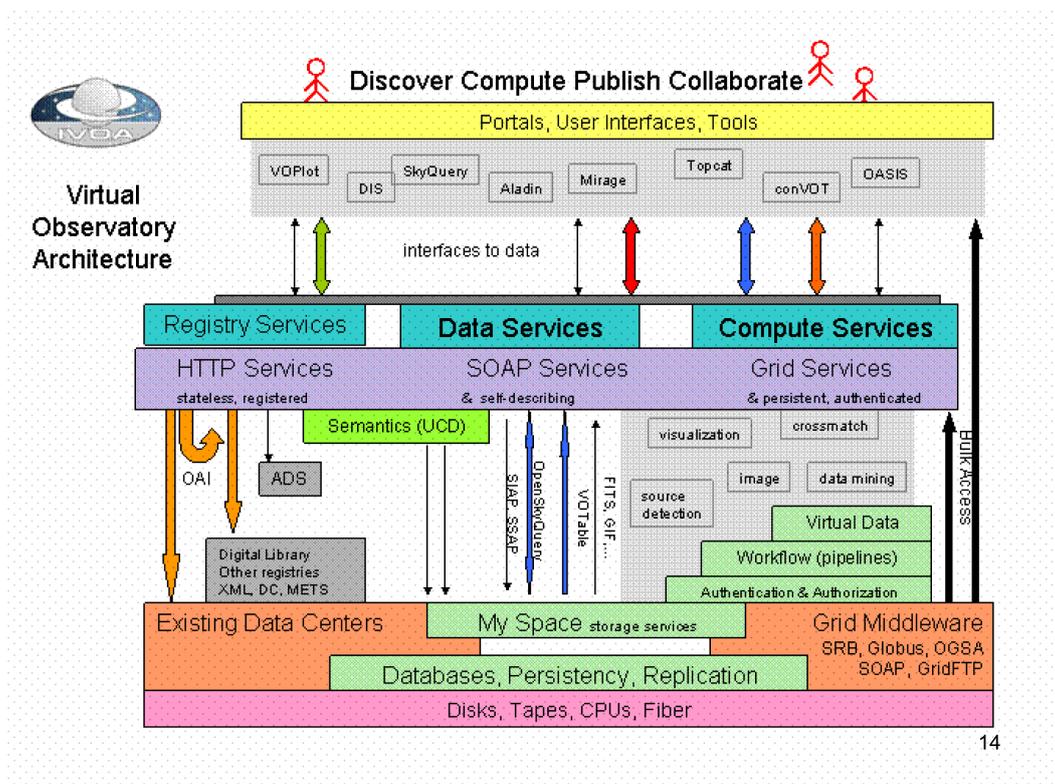
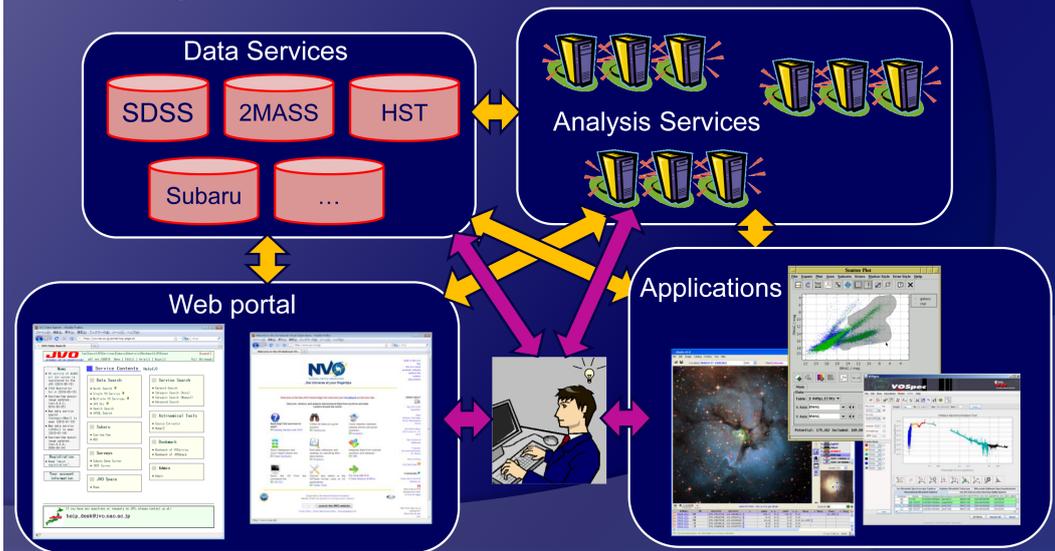
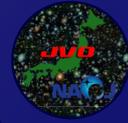
## Astronomical Virtual Observatories ~ Data Grid ~



over 10,000 resources are available;  
Images, spectra, and catalog data can be retrieved

# Virtual Observatory

- ✓ Infrastructure for **efficient** research environment
- ✓ **International standards** for data publication & access
- ✓ **Sharing** data worldwide, **Maximize** scientific return





## IVOAにおける標準化

- 連携DBへの検索言語 (VOQL)
- OAI-PMHを用いたメタデータへのアクセス法
- 画像, スペクトル等の取り出し法:  
SkyNode, SIAP, SSAP, STC, etc.
- DB内の属性名の統一化:  
UCD (Unified Contents Descriptions)
- 出力形式: VOTable (XML)  
FITSを包含
- 等

2012年3月26日

JVO講習会 2012

13

## 世界のVOプロジェクト

- VAO (USA), Euro-VO (EU), AstroGrid (UK), JVO (Japan)
- India, Italy, ESA, Canada, France, Germany, Canada, Spain, China
- Russia, Hungary, Brazil, Australia, Argentine, Ukraine

VOを連携する標準方式の策定グループ

→ International Virtual Observatory Alliance (IVOA)

2012年3月26日

JVO講習会 2012

12

## VOのアーキテクチャ

2012年3月26日

JVO講習会 2012

11

## Virtual Observatory (VO)

デジタル化された天文データを**観測**し、そのデータを解析・処理することにより天文学的知見を生み出す**抽象化された観測装置**

**いつでも、どこからでも、天候などに左右されずに観測することができる研究インフラ**

**大量データの統計処理を容易に実行することによって、天文研究の質的転換を目指す**

2012年3月26日

JVO講習会 2012

10

## 世界の天文データベース(つづき)

- 文献データベース – ADS
- CDS (Centre de Données Astronomiques de Strasbourg) – 天体カタログの頒布, SIMBADの運営  
1972年~

2012年3月26日

JVO講習会 2012

9

## 世界の天文データベース

- NASA National Space Science Data Center – COBE, IUEデータの公開
- NASA Goddard Space Flight Center – 高エネルギー天文衛星データの公開
- Infrared Processing and Analysis Center – IRASデータの公開
- Space Telescope Science Institute – HSTデータの公開

2012年3月26日

JVO講習会 2012

7

# 超大量データ時代の天文学

- 観測データ, シミュレーションデータのオンラインデータベースへのアクセス
  - 多波長天文学, 観測と理論の比較
  - 本当の意味での統計的データ処理
  - 大量データからの新知見の発見
- オンラインデータ解析, データマイニング, etc.

2012年3月26日

JVO講習会 2012

6

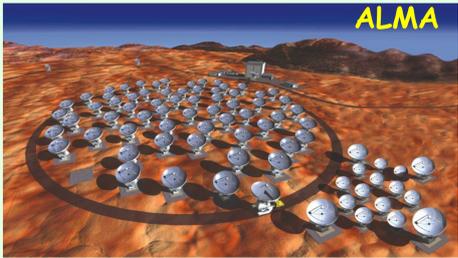
## Planned Future Astronomy Projects

- ALMA
- JWST
- LSST
- LOFAR
- SKA
- TMT
- Pan-STARRS
- E-ELT



LSST

30 PB/yr x 6 yr ~ 200 PB



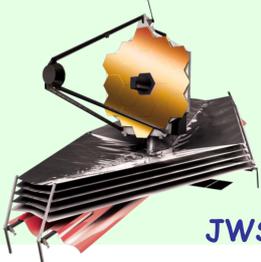
ALMA

~ 200 TB/yr

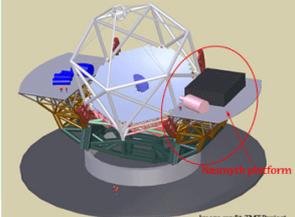


Pan-STARRS

~ a few TB/night , only object params stored



JWST

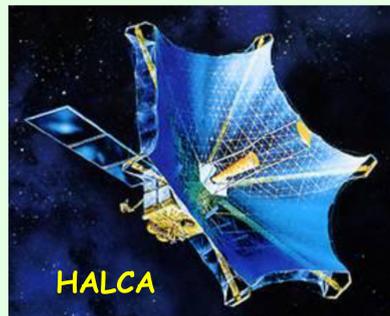


TMT

Image credit: TMT Project

# Data Resources in JAXA/ISAS

- **ASCA** X-ray astronomy satellite
- **YOHKO** solar physics satellite
- **Ginga** X-ray astronomy satellite
- **HALCA** VLBI satellite
- **Geotail** geomagnetosphere satellite
- **Akebono** aurora observation satellite
- **AKARI** Infrared satellite
- **SUZAKU** X-ray satellite
- **HINODE**



Subaru



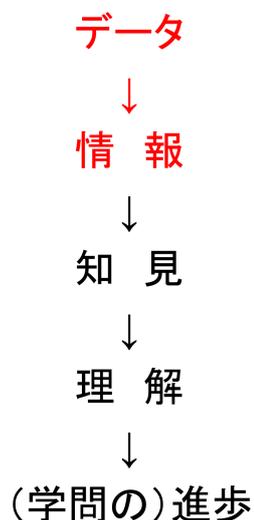
ALMA



JVO講習会 2012

## VO -- 観測的研究の流れを加速する 研究インフラストラクチャ

- 課題設定・計画立案
- 望遠鏡による観測
- データ処理
  - 校正, 選択, 結合, , ,
- データ解析
  - 物理量の導出
  - **考える**
  - 現象の理解
- 論文出版



2012年3月26日

JVO講習会 2012

## ヴァーチャル天文台(VO)とは

Masatoshi Ohishi / NAOJ & Sokendai  
大石雅寿 / 国立天文台 & 総合研究大学院大学

masatoshi.ohishi@nao.ac.jp



## 付 録 B 講義用スライド : JVO Portal の 使い方



## JVO Portal ではどんなことができる？

- 世界中の天文データサービスへの一つの窓口
  - どういったデータがあるのか探す
  - データを検索し取得する。
  - 取得したデータをクイックルックする
- 天文関連ツールのオンラインサービス(開発中)
  - 天体検出、Photo-Z、…
  - 各種単位変換（距離、明るさ…）等
- すばる望遠鏡のデータリダクション
  - 大量の生データをダウンロードする必要がありません。
  - ソフトウェアのインストールが必要ありません。
  - Suprime-Cam と MOIRCS で利用できます。

## 本日の講習内容

- 目的別に手順例だけざっと説明（90分で）
  - ログインの仕方
  - データサービスの検索（キーワード・カテゴリ）
  - データ検索+結果表示+データのダウンロード
  - JVOspace の利用方法
  - すばる望遠鏡(Suprime-Cam)データの取得
- 説明を聞きながらJVO ポータルにアクセスして  
いただいで結構です。
- 詳細な使い方は
  - 実習時に質問、または
  - オンラインマニュアルを参照してください。

# JVO ポータルアクセス方法

## JVO portal にアクセスする

- ポータルのアドレスを直接入力
  - <http://jvo.nao.ac.jp/portal>
- Google などの検索サービスで jvo を検索
  - JVOのプロジェクトページを表示
  - 左帯の“JVO ポータル”をクリック



# ユーザー登録

- ゲストユーザーでもほとんどの機能が利用できます。
- ユーザー登録を行うと次の機能が利用できます
  - 検索結果等を保存しておくためのディスク領域が確保され、次回ログイン時にも参照できます。
  - すばる望遠鏡データのリダクション機能や、SExtractor 等のオンライン解析サービスが利用できます。
  - jc client を利用したコマンドラインからの利用が可能になります。
- 実習課題「AGN-銀河のクラスタリング」を行う方はユーザー登録が必要となります。

# ユーザー登録・ログイン

The screenshot displays the JVO (Japanese Virtual Observatory) website interface. At the top, there is a navigation bar with links for Top, Search, VOServices, Subaru, Analysis, Bookmark, and JVOspace. A 'Login' button is visible in the top right corner. The main content area is divided into several sections:

- User Registration:** A form titled 'User Registration' with a warning 'Don't use Japanese characters, sorry !!'. It includes fields for Preferred account name, Your name, Email, Country (Japan/Others), Institute, Department, Position (Student/Professional Researcher/Others), Password, and Objective. A note states: 'Currently user account is issued only for a person who are going to conduct an astronomical research.'
- Service Contents:** A section listing various services such as Data Search, Service Search, Subaru, Surveys, and JVO Space.
- Service Search:** A section with options for Keyword Search, Category Search (Auto), Category Search (Manual), and Advanced Search.
- Login:** A section with a 'Login' button and input fields for 'Login ID' (containing 'yehirasa') and 'Password'. Below the fields, there is a note: 'if you forgot login ID and/or password, please contact help\_desk@jvo.nao.ac.jp if you don't have an login ID, register HERE'.

Two red callout boxes provide additional instructions:

- A box on the left side of the registration form says: 'ユーザー登録をしたい場合はここから登録を行います。' (To register, please register from here.)
- A box on the right side of the login section says: '登録済みの方はここからログインできます。' (Registered users can login from here.)

# トップページ

データ検索を行いたい場合はここ

データの取得したい場合はここ

サーベイデータ (IRSF, Subaru) のデータ取得・クイック検索はここ

データサービスを探したい場合はここ

天文関連オンラインツールはこちら

データサービスのブックマーク機能 (準備中)

過去の観測結果や、portal上に保存したユーザーデータを参照する場合はここ。

# VO サービスを検索する

## Chandra データアーカイブを探そう(1/3)

- Chandra X-ray Observatory の画像データアーカイブを探してみます。
- キーワードで検索する手順を説明します。
- トップページで **"Keyword Search"** リンクをクリックします。
- キーワード **"chandra data archive"** で検索します。

Service Search

- Keyword Search**
- Category Search (Auto)
- Category Search (Manual)
- Advanced Search

chandra data archive AND

Search All

## Chandra データサービスを探そう(2/3)

Chandra Data Archive and Search

10 records/page (total = 94) Back Next Skip to No. 61 Skip Detail

No.	Action	Bookmark	ID	Title	Type	Activity	Reference URL	Access URL	Country
61	Search Bookmark	-	More Info	CLASIS: Chandra Large-Area Synoptic X-Ray Survey of Lockman Hole-NW (LEDAS)	ConeSearch	inactive	URL	URL	
62	Search Bookmark	-	More Info	ODP: Chandra Orion Ultradeep Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch	active	URL	URL	
63	Search Bookmark	-	More Info	COXASSIST: Chandra XAssist Source List (LEDAS)	ConeSearch	active	URL	URL	
64	Search Bookmark	-	More Info	CYGIEWC0: Cygnus TeV Source Chandra X-Ray Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch	active	URL	URL	
65	Search Bookmark	-	More Info	ELAIS00: ELAIS N1 and N2 Fields Chandra X-Ray Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch				
66	Search Bookmark	-	More Info	0C47U0C00: 47 Tuc Globular Cluster Chandra X-Ray Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch				
67	Search Bookmark	-	More Info	GWS1R0C0: Groth-Westphal Strip Chandra X-Ray Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch				
68	Search Bookmark	-	More Info	IC240C0: IC 348 Chandra X-Ray Point Source Catalog (LEDAS)	ConeSearch				
69	Search Bookmark	-	More Info	Chandra ACIS Survey of Nearby Galaxies X-Ray Point Source Catalog	ConeSearch				
70	Search Bookmark	-	More Info	Chandra X-Ray Observatory Data Archive	SIA				

**Resource Metadata**

Created 2004-12-02T09:00:00 Updated 2011-09-15T03:12:05 Status active

Identifier ivoc://coc.harvard.edu/cda

Short Name Chandra

Title Chandra X-Ray Observatory Data Archive

ServiceType SIA

AccessURL http://cda.harvard.edu/sia/overview.html

ReferenceURL http://coc.harvard.edu/cda/

Country

Harvested from [EASTS] Searchable Registry

Content X-ray astronomy:Research:Archive

Facility and Instrument

Contact Arnold Rots (arots@head.cfa.harvard.edu)

Contributor

Creator Chandra X-ray Center

Duration Date Curation Version 087.4

Publisher Chandra X-ray Observatory

Right

Description The Chandra X-ray Observatory is the U.S. follow-on to the Einstein Observatory. Chandra was formerly known as AXAF, the Advanced X-ray Astrophysics Facility, but renamed by NASA in December, 1998. Originally three instruments and a high-resolution mirror carried in one spacecraft, the project was reworked in 1992 and 1993. The Chandra spacecraft carries a high resolution mirror, two imaging detectors, and two sets of transmission gratings. Important Chandra features are: an order of magnitude improvement in spatial resolution, good sensitivity from 0.1 to 10 keV, and the capability for high spectral resolution observations over most of this range.

70 番目のサービスが Chandra X-ray Center のデータサービスです。

## Chandra データサービスを探そう(3/3)

- カテゴリー検索でも見つけることができます。
- キーワードが思いつかない人むけです。
- トップページで “Category Search (Manual)” をクリックします。
- Data service カテゴリ中の “archive” をクリック
- サブカテゴリー “x-ray” をクリック。

The screenshot shows three panels illustrating the search path:

- Service Search:** A list of search options including "Category Search (Manual)", which is circled in red.
- data service:** A list of service categories including "archive (48)", which is circled in red.
- Category : archive:** A list of sub-categories including "x-ray(4)", which is circled in red.

Red arrows indicate the flow from "Category Search (Manual)" to "archive (48)" and then to "x-ray(4)".

注) 全てのサービスが正しくカテゴリー分けされているわけではありません。

データを検索する

## かに星雲の X 線画像を見てみよう (1/3)

- データサービス検索結果リストにある “Chandra X-ray Observatory Data Archive” の “Search Page” ボタンをクリックする。
- テーブル “VIRTUAL\_TABLE” を選択し、“Select” ボタンをクリックする。

Nb.	Action	Bookmark	ID	Title	Type	Activity	Reference URL	Access URL	Country
0	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Chandra X-Ray Observatory Data Archive	SIA	active	URL	URL	

Chandra X-Ray Observatory Data Archive

Execute Query | Check SQL

1. Service | 2. Table | 3. Region | 4. Criteria

Table is not selected.

[select](#)

select	table name	description
<input type="radio"/>	VIRTUAL_TABLE	The Chandra X-ray Observatory is the U.S. follow-on to the Einstein Observatory. Chandra was formerly known as AXAF, the Advanced X-ray Astrophysics Facility, but renamed by NASA in December, 1998. Originally three instruments and a high-resolution mirror carried in one spacecraft, the project was reworked in 1992 and 1993. The Chandra spacecraft carries a high resolution mirror, two imaging detectors, and two sets of transmission gratings. Important Chandra features are: an order of magnitude improvement in spatial resolution, good sensitivity from 0.1 to 10 keV, and the capability for high spectral resolution observations over most of this range.

[Select](#)

## かに星雲の X 線画像を見てみよう (2/3)

- Object Name 欄に “Crab” と入力し、“Convert to Coordinate” ボタンをクリックします。
- Center Coordinate に、かに星雲の座標が自動入力されます。
- Execute Query ボタンをクリックして検索を実行します。

Single Service Search - Mozilla Firefox

JVO JAPANESE VIRTUAL OBSERVATORY

Data search on a single service

Chandra X-Ray Observatory Data Archive

Execute Query | Check SQL

1. Service | 2. Table | 3. Region | 4. Criteria

Method to specify center coordinates: @Single @Multiple @VOTable @Local File

Object Name: Crab

Center Coord: 83.633212 22.014460

Search Radius: 10 deg

Search Status

Stop Status Update | Force Status Update

running...

Status	Elapsed Time
executing	0.73 sec

Cancel

Search Status

Restart Polling | Force Status Update

completed !

Status	Elapsed Time
success	5.257 sec

Result: Total number of data = 180

## かに星雲の X 線画像を見てみよう (3/3)

- レコード番号 0 のデータのチェックボックスをチェック
- Graphic タブをクリックし、Image ボタンをクリック

The screenshot shows a web interface with a table of records and a 'Graphic' tab. The 'Image' button is highlighted. A small window on the right shows the X-ray image of the Crab Nebula.

Alias Name	prev	GO	O1	O2	O3	O4	O5	
check	download	record	OBJECT	DATE-OBS (TT)	RA	DEC	IMAGENAXES	IMAGENAXIS
<input checked="" type="checkbox"/>	Download	0	CRAB NEBULA	Sat Nov 25 20:10:41 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
<input type="checkbox"/>	Download	1	CRAB NEBULA	Sat Nov 25 20:10:41 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
<input type="checkbox"/>	Download	2	CRAB NEBULA	Sat Nov 25 20:10:41 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
<input type="checkbox"/>	Download	3	CRAB NEBULA	Fri Nov 03 11:42:19 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
<input type="checkbox"/>	Download	4	CRAB NEBULA	Fri Nov 03 11:42:19 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
<input type="checkbox"/>	Download	5	CRAB NEBULA	Fri Nov 03 11:42:19 EST 2000	83.6318666666667	22.0156666666667	2	1024 1024
			CRAB	Mon Dec 18				1024

複数天体同時検索

## 複数天体を一度に検索する (1/2)

- 複数の天体を一度に検索することができます。
- “Hubble Space Telescope Press Release Image Archive” というデータサービスで “crab”, “M82”, “Cas A” の検索

**observatory**

AKARI (0), Areibo (6), Ariel 5 (1), BATSE (4), CFHT (6), CGRO (5), COBE (2), COMPTTEL (1), EXOSAT (7), Einstein (1), FUSE (4), GALEX (8), Gemini (3), Ginga (2), HEAO-1 (1), Hipparcos (5), INTEGRAL (2), IRAS (20), IRISF (1), IRTF (4), ISO (1), HST (12), MMT (1), Magellan (1), Nobeyama (0), RIKEN (1), Rosat (37), Spitzer (21), Swift (1), USNO (7), VLA (12), VLT (1), XMM (28), xcsa (2), chandra (52), hat (15), xcsa (191), subaru (2), suzaku (0), twmass (169), ukirt (11).

Services of this category (32)

No.	Action	Bookmark	ID	Title	Type	Activity	Reference URL	Access URL	Country
20	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	CADO/HSTOA SIA service	SIA	active	URL	URL	Canada
21	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Hubble Space Telescope Press Release Image Archive	SIA	active	URL	URL	USA
22	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS) Outpost Service	SIA	active	URL	URL	USA
23	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Space Telescope Imaging Spectrograph	ConeSearch	active	URL	URL	USA
24	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Faint Object Spectrograph					
25	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	COSMOS Multi-Wavelength Photometry Catalog (Capak, 2007)					
26	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	M101 Cepheids (Stetson, 1988)					
27	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Stellar population in Chamaeleon I (Luhman, 2007)					
28	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	UBV photometry in M15 (van der Marel, 2002)					
29	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	HST UVJ photometry of M15 II (Girard, 1994)					

**Hubble Space Telescope Press Release Image Archive**

Execute Query    Check SQL

1. Service    2. Tables    3. Region    4. Criteria

Method to specify center coordinates:  Single     Multiple     VO Table     Local File

Object Name:

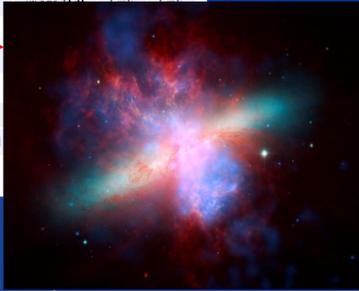
Center Coord:

Samples: select a sample

Search Radius: 10 arcmin

## 複数天体を一度に検索する (2/2)

- 画像データは tiff 形式。Tiff を表示できるアプリで開いてください。ブラウザでは表示できないようです。

Alias Name	key	DO
<input type="checkbox"/> Download 0	Peering into the Heart of the Crab Nebula	
<input type="checkbox"/> Download 1	Combined X-Ray and Optical Images of the Crab Nebula	
<input type="checkbox"/> Download 2	A Giant Hubble Mosaic of the Crab Nebula	
<input type="checkbox"/> Download 3	Crab Nebula: a Dead Star Creates Celestial Havoc	
<input type="checkbox"/> Download 4	Starburst Galaxy M82	
<input type="checkbox"/> Download 5	The Heart Starburst Galaxy M82	
<input type="checkbox"/> Download 6	Happy Sweet Sixteen, Hubble Telescope!	
<input type="checkbox"/> Download 7	Chandra/Hubble/Spitzer X-ray/Visible/Infrared Image of M82	
<input type="checkbox"/> Download 8	M81 and M82 from the Ground	
<input type="checkbox"/> Download 9	Cassiopeia A: Color	
<input type="checkbox"/> Download 10	Full Mosaic With Our	
<input type="checkbox"/> Download 11	Supernova Remnant	

## 複数サービス同時検索

### 銀河中心のデータを全サービスから取得 (1/2)

- 銀河中心のデータについて、すべてのVOサービスに対して検索実行してみましよう。
- 座標“0 0”を入力し、座標系“Galactic”を選択し、半径は60 arcminとして検索を実行

The screenshot displays the 'Data Search' interface. On the left, a menu titled 'Data Search' lists several options: 'Quick Search', 'Single VO Service', 'Multiple VO Services' (circled in red), 'JVO Sky', 'Xmatch Search', and 'JVOQL Search'. A red arrow points from the 'Multiple VO Services' option to the main search area. The main search area is titled 'Parallel search on multiple services Help(J)'. It contains a text input field for 'Coordinates or Object Name' with the value '0 0' (circled in red). Below this field are 'Search' and 'Clear' buttons. Further down, there is a dropdown menu for the coordinate system, currently set to 'Galactic' (circled in red), followed by a 'Radius:' label, a text input field with the value '60' (circled in red), and a dropdown menu for the radius unit, currently set to 'arcmin' (circled in red). At the bottom, there is a 'Samples:' label and a dropdown menu with the value '34.5 -5.0'.

## 銀河中心のデータを全サービスから取得 (2/2)

- 約30分で検索終了
- ~11000 件のサービスに問い合わせ、~1000 件のサービスから結果が得られました。
- Result リンクをクリックして結果を表示。
- 右ボタンクリックで、「リンクを新しいタブで開く」を選択すると、ステータス画面が消えないので便利

completed !

Status	Elapsed Time	Progress
success	1810.072 sec	searching=0 finished=11333 waiting=0 found=959 nodata=10334 failed=40

Service Name	Data Type	Table Name	# of result	result
The Washington Visual Double Star Catalog (Mason+ 2001-2012)	catalog		23	Result
XMM-Newton Observation Log (XMM-Newton Science Operation Center, 2011)	catalog		84	Result
YSOs in the central 400pc of the Galaxy (Yusef-Zadeh+, 2009)	catalog		310	Result
General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2007-2012)	catalog		502	Result
IRAM Observation Logs (IRAM 1991-2012)	catalog		36	Result
INTEGRAL Science Window Date	catalog		1267	Result
Swift XRT Instrument Log	catalog		7438	Result
Catalogue of Stellar Spectral Classifications (Skiff, 2012)	catalog		604	Result
Catalogue enriched with RGB stars (Tisserand, 2012)	catalog		1	Result
Large Quasar Astrometric Catalogue 2 (LQAC-2) (Souchay+, 2012)	catalog		2	Result
XTE Master Catalog	catalog		604	Result
Large Quasar Astrometric Catalogue (LQAC) (Souchay+, 2009)	catalog		1	Result
MAGIC Spectrum Service	catalog		2	Result
Swift BAT Instrument Log	catalog		5991	Result
Inner Galaxy HII regions (Dur+, 2011)	catalog		8	Result
Infrared fluxes of HII regions and PNe (Anderson+, 2012)	catalog		4	Result
X-ray point sources near the Galactic Center (Honer+, 2009)	catalog		4612	Result
The BoLOCAM Galactic Plane Survey. II (Rosolowsky+, 2010)	catalog		598	Result
X-ray Multi-Mirror (XMM) Optical Monitor images	image		108	Result
X-ray Multi-Mirror (XMM) Optical Monitor images	image		108	Result
The Fermi LAT sky as seen by INTEGRAL/IBIS (Lbertini+, 2009)	catalog		1	Result
Optically visible open clusters and Candidates (Das+ 2002-2012)	catalog		8	Result
Skiff Spectral Catalog	catalog		605	Result
HD identifications for Tycho-2 stars (Fabricius+, 2002)	catalog		153	Result
XMM-Newton Master Log&Public Archive	catalog		104	Result
Gravitational Wave Galaxy Catalogue (White+ 2011)	catalog		1	Result
Chandra Observations	catalog		210	Result
Swift Master Catalog	catalog		959	Result

検索結果をプロットしてみる

## 星の HR 図を作成する (1/4)

- Hipparcos カタログを使って星の HR 図を作成してみます。
- Category (Manual) ページを開き、カテゴリ “observatory” 中の Hipparcos をクリックします
- The Hipparcos Main Catalogue の Search Page ボタンをクリックします。

**observatory**  
 AKARI (0), Areclibo (6), Ariel 5 (1), BATSE (4), CFHT (6), CGRO (5), COBE (2), COMPTTEL (1), EXOSAT (7), Einstein (1), FUSE (4), GALAXY (9), Gemini (3), Ginga (2), HEAO-1 (1), Hipparcos (5), INTEGRAL (2), IRAS (20), IRSP (1), IRTF (4), ISO (1), KECK (12), MMT (1), Magellan (1), Nobeyama (0), RXTE (1), Rosat (37), Spitzer (21), Swift (1), USNO (7), VLA (12), VLT (1), XMM (28), asca (2), chandra (52), het (15), sdss (191), subaru (2), suzaku (0), twomass (169), ukirt (11).

No.	Action	Bookmark	ID	Title	Type	Activity	Reference URL	Access URL	Country
0	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Hipparcos Input Catalog	OneSearch	active	URL	URL	
1	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	NGC/AD Catalogue	OneSearch	active	URL	URL	
2	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	NGC/AD Catalog (Zacharias+ 2005)	OneSearch (VizieR)	active	URL	URL	
3	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Kinematics of red giant and RR Lyrae stars (Chiba+ 1998)	OneSearch	active	URL	URL	
4	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	Hipparcos, the New Reduction (van Leeuwen, 2007)	OneSearch (VizieR)	active	URL	URL	
5	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	All-sky Compiled Catalogue of 2.5 million stars (Barchenko+ 2009)	OneSearch (VizieR)	active	URL	URL	
6	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	AKARI/HIP and AKARI/2MASS samples (Ita+, 2010)	OneSearch (VizieR)	active	URL	URL	
7	<a href="#">Search</a> <a href="#">Bookmark</a>	-	More Info	The Hipparcos Main Catalogue	TAP	active	URL	URL	

## 星の HR 図を作成する (2/4)

- テーブル “hip\_main” を選択します。
- 検索条件 “PLX > 50” を指定します。

- PLX は星の年周視差です。
- 近傍の星を選択する条件です。

- 検索実行します。

The Hipparcos Main Catalogue

Execute Query Check SQL

1. Service 2. Table 3. Region 4. Criteria

Table is not selected.

Select	table name	description
<input type="radio"/>	hip_main	The Hipparcos Main Catalogue
<input type="radio"/>	tyc_main	The main part of Tycho Catalogue

Select

Execute Query Check SQL

1. Service 2. Table 3. Region 4. Criteria

Limit and Offset

From: 0 Max: 1000 Max threads: 1

Parameter List

Parameter	I/O	Data type	Arraysizes	Unit	UCD	Description
HIP	IO	int	1			
PROXY	IO	char	*			
RAHMS	IO	char	*			
DEDM5	IO	char	*			
VMAG	IO	float	1			
VARFLAG	IO	int	1			
R_VMAG	IO	char	*			
RA	IO	double	1			
DEC	IO	double	1			
actresponse	IO	char	*			

Other Criteria

Parameter	Operator	Value
PLX	>	50

Add Condition

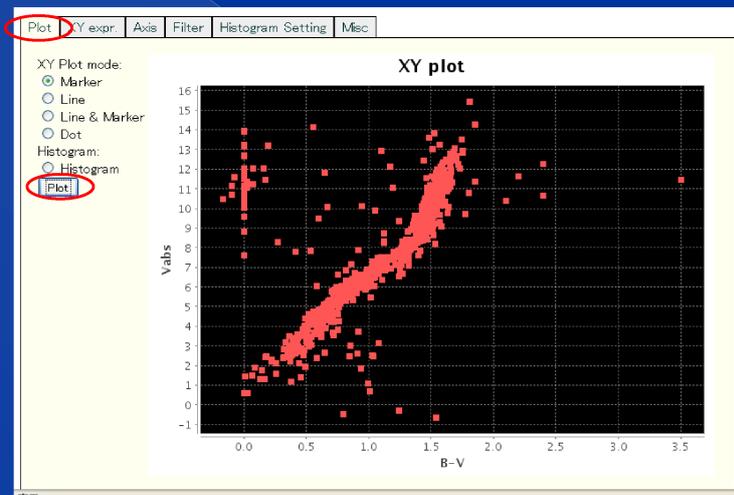
## 星の HR 図を作成する (3/4)

- 結果を表示し、Graphic タブの “JVO Plot” ボタンをクリックします。
- JVO Plot ページの XY expr. タブで X軸に “C35”, Y軸に “C4-5\*log(1000/C10)+5” と指定します。
- それぞれ、カラー (B-V) と 絶対等級 (年周視差と見かけの V バンド等級から計算) です。

Alias Name	record	T	ASTROREF	T.B.V	T.BD	T.BTI
check	download	cat	cat	cat	cat	cat
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	A	1.39	10.8	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1		0.69	B+26 4734	0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2		1.472	B+44 4548	11.7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3		1.076		9.86
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4		1.462		10.3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	A	1.41	B+45 4408	9.95
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6		1.55		0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7		0.752	B+28 4704	7.00
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8		0.88	B+59 3	2.72
					R-16	

## 星の HR 図を作成する (4/4)

- Plot タブを開き “Plot” ボタンをクリックすると、図のようなグラフが表示されます。



# ユーザ用ファイル保存領域 JVOSpace の使い方

## 検索結果を後で再び参照する (1/2)

- 検索結果はログアウト後も見ることができます。
- JVOSpace の Work パーティションに、日付別のディレクトリに保存されています。
- ゲストアカウトの場合は保存されません。

The screenshot displays the JVOSpace Viewer interface. At the top left, a box labeled 'JVOSpace' contains a 'Home' button circled in red. Below this, the 'JVOSpace Viewer' title is shown, followed by 'Partitions: /tmp /work /user', where '/work' is also circled in red. A red arrow points from the 'Home' button to the 'Current Directory: /work' section on the right. The 'Current Directory: /user' section shows a table of search results with columns for operations, contents, and search filters. The table lists two entries: one for '2009/' and another for '2010/'.

Operations	Contents	Search
<input type="checkbox"/> -	2009/	4096 2009-11-10 23:47:21.0 Desc.
<input type="checkbox"/> -	2010/	4096 2010-01-14 09:39:02.0 Desc.

## 検索結果を後で再び参照する (2/2)

- 検索実行した日付のディレクトリへ移動します。
  - 例えば、2010 → 01 → 23。
- single-search\_2010012313410135
  - 2010年1月23日13:41に実行した Single Service 検索の結果
- result\_votable0.xml が検索結果です。

Current Directory: /work/2010/01/23/single-search\_20100123134101355

Operations Contents Search

Filter:  Update

memorize Do It

Select all Unselect all

[parentdir]

- concurrent\_votable0 14539 2010-01-23 13:41 03:0 Desc
- concurrent\_votable1 27890 2010-01-23 13:41 05:0 Desc
- concurrent\_votable2 17420 2010-01-23 13:41 06:0 Desc
- **result\_votable0.xml** 55810 2010-01-23 13:41 06:0 Desc
- single-search\_20100123134101355.groovy 14523 2010-01-23 13:41 01:0 Desc
- single-search\_20100123134101355.log 75 2010-01-23 13:41 07:0 Desc
- single-search\_20100123134101355.xml 3899 2010-01-23 13:41 06:0 Desc

JVO JAPANESE VIRTUAL OBSERVATORY p01 ver.100122 News FAQ(日) Help(日) Bus(日) Yuji Shirasaki

Location: Top Page > VOTable Viewer

Save/Download Filter Metadata Graphic Add Column Appearance

Total 29 records page: 1

Alias Name	check	download	record	AREA_NUM	CONDITION	RA_CENTER	DEC_CENTER	SEARCH_REGION			
			sort	sort	sort	sort	sort	sort	sort		
	<input type="checkbox"/>	Download	0	1	Region(CIRCLE 83.633212 22.01446 10.0 ?)	83.633212	22.01446	10		Peering into the Heart of the Crab Nebula	83
	<input type="checkbox"/>	Download	1	1	Region(CIRCLE 83.633212 22.01446 10.0 ?)	83.633212	22.01446	10		DSS-1	97

すばる望遠鏡データの検索

## すばる望遠鏡のデータを取得 (Suprime-Cam)

- Suprime-Cam, MOIRCS, HDS については専用のページが用意されています。
  - 観測ターゲット名 (OBJECT 名) で選択する方法、
  - 天球マップから選ぶ方法などがあります。

- リンク文字となっている数値は観測数です。
- 括弧内の数値はモザイクデータ数です。

#	ObjectName	W-J-B	W-J-V	W-C-RC	W-C-IC	W-S-I+	W-S-Z+	W-J-U	W
1	CFH D2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	CFH D3	0	0	0	0	220	220	0	0
3	CFHQ3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	CFHQ31641	0	0	0	0	0	0	2	0
5	CL0016-E	5	8 (14)	5	0	3 (15)	5	0	0
6	CL0016-NE	5	8 (11)	3	0	3 (13)	5	0	0
7	CL0016-NW	0	8 (10)	0	0	3 (14)	0	0	0
8	CL0016-SE	0	2 (11)	0	0	3 (11)	0	0	0
9	CL0016-SW	0	3 (10)	0	0	3 (11)	0	0	0
10	CL0016-W	0	8 (15)	0	0	3 (15)	0	0	0
11	CL0024	3 (9)	0	11 (10)	0	0	8 (9)	0	0
12	CL1315+S1	3 (9)	0	1 (6)	0	0	0	0	0
13	CL1320+70	0	0	4 (9)	0	0	0	0	0
14	CL1324	0	0	12 (4)	0	0	23 (4)	0	0
15	CL1520-R	0	0	8 (6)	0	0	0	0	0
16	CL1604	0	25 (13)	0	2 (9)	0	25 (12)	0	0
17	CL1604_0	1 (11)	0	11 (11)	2 (9)	0	26 (11)	0	0
18	CL1604_1	1 (11)	0	1 (12)	4 (10)	0	3 (12)	0	0
19	CL1604_2	1 (8)	0	4 (9)	4 (5)	0	0	0	0
20	CL1604_3	1 (9)	0	3 (9)	3 (7)	0	0	0	0

## すばる望遠鏡のデータを取得 (Suprime-Cam)

- Object Info ページで Reduction ID リンクをクリックするとモザイク画像データのページへ遷移します。
- モザイク画像は半径 0.2~0.3 度程度の範囲のデータから作成しています。
- Download タブ中の "Download" ボタンをクリックしてデータをダウンロードできます。

## すばる望遠鏡のデータを取得 (HDS)

- リンク文字の数値は観測回数を表し、観測情報ページへ遷移します。
- リンク文字 "P" は処理済みデータがある場合に表示されます。
- クリックすると右側に処理済みデータ一覧が表示されます。
- ProcID をクリックすると処理済みデータ詳細情報ページへ

遷移します。

## すばる望遠鏡データ 座標検索

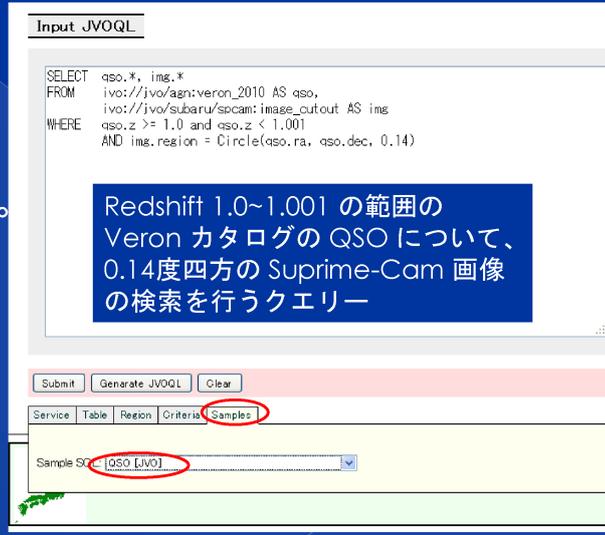
- JVOSky で座標または天体名でデータを探することができます。
- 通常の VO サービスと同じように検索することもできます。
- 情報ウィンドウからデータのダウンロードページへリンクされています。

ここから先は時間があまったら

高度な検索

## QSO の Suprime-Cam 画像を取得する (1/5)

- QSO カタログに登録されている QSO の Suprime-Cam 画像を取得してみましょう。
- JVOQL 検索画面を表示します。
- サンプルから QSO [JVO] を選択します。
- 検索を実行します。



## QSO の Suprime-Cam 画像を取得する (2/5)

- 検索結果を表示し、Save/Download タブで "csv" を選択して、"Download" ボタンをクリックします。

注) この例では、表示するデータを Metadata タブで一部のものに限っています。

record	QSO.Z	QSO.RA/J2000	QSO.DE/J2000	QSO NAME	QSO V. MAG	IMG BAND	IMG TYPE	IMG IMAGE_TITLE	IMG ACCESS_REF	IMG FORMAT
3	1.091	08 50 15	+37 42 14	SDSS J08502+3742	18.21	W-S-H	good	ABELL 708 (W-S-H)	Link	image/fts
7	1.05	09 46 31.0	+45 27 15	Q 0943+4641	20.1	W-J-B	good	A851 (W-J-B)	Link	image/fts
10	1.05	09 46 31.0	+45 27 15	Q 0943+4641	20.1	W-S-Z+	good	A851 cluster (W-S-Z+)	Link	image/fts
14	1.023	08 24 16.0	+34 34 39	SDSS J08242+3434	20.42	W-C-RC	good	A663 (W-C-RC)	Link	image/fts
17	1.023	08 24 16.0	+34 34 39	SDSS J08242+3434	20.42	W-J-V	good	A663 (W-J-V)	Link	image/fts
31	1.001	02 35 08.3	-00 25 44	SDSS J02351-0025	20.34	W-S-Z+	good	A370-wide (W-S-Z+)	Link	image/fts
32	1.09	02 36 15.1	-01 21 32	MAZILLA FIREFOX						
33	1.017	02 43 00.5	-00 30 29	SDSS J02430-0030	20.09	W-S-Z+	good	A370-wide (W-S-Z+)	Link	image/fts
34	1.06	02 39 56.6	-01 34 27	SDSS J02399-0134	20.9	W-S-Z+	good	A370-wide (W-S-Z+)	Link	image/fts
44	1.001	02 35 08.3	-00 25 44	SDSS J02351-0025	20.34	W-S-Z+	good	A370-wide (W-S-Z+)	Link	image/fts

## 付録C 講義用スライド：HDS 1次処理済みデータの概要

www.\*\*\*.net

### HDS一次処理済みデータの概要

M. Ishigaki, Y. Shirasaki, W. Aoki,  
M. Oishi & A. Tajitsu (NAOJ)

## Background

- ◆ HDSで取得された恒星の高分散分光データは、取得から1年半後にSMOKAやJVOを通して一般に公開されている
- ◆ その中には、さまざまな温度、明るさ、化学組成をもつ恒星について、質のよい高分散分光データが含まれており、注目する観点によっては、新しい研究の素材となることが期待される
- ◆ 生の画像からスペクトルを導出するためには、観測時の設定や光学系の微小な位置変化などによって最適化する必要がある、観測者以外が処理をするのは容易ではない



## Motivation

- ◆ さまざまな恒星スペクトルの概観
  - ◆ HDSで観測された天体について、どのようなスペクトル線が出ているのか一目で分かるようにする
- ◆ 新たな観測提案の素材
  - ◆ 観測提案を作成する際に、HDSでどの設定で観測すればどの程度の精度のスペクトルが得られるか、実際のデータで確かめられるようにする
- ◆ 自ら解析する際の参考として
  - ◆ 解析済みデータだけではなく、較正用データや、解析の途中段階のデータ等も公開し、ユーザー自身で解析する際に参照できるようにする



## Method

- ◆ アーカイブデータは、まず観測時に記録される観測ログをもとに、同じ日に同じ設定(現時点ではStandard settingのみを解析)で取得されたデータごとにグループ化される
- ◆ グループ内にフラット補正用フレーム(FLAT)および波長較正用フレーム(COMPARISON)があった場合のみ、そのグループに対して処理が行われる
- ◆ 一次処理過程では、IRAFの標準タスクおよびHDSクイックルック用タスクとPython スクリプトを組み合わせたコードにより、フラット処理、アパーチャ決め、波長較正などをグループ内のデータに対して半自動で行う

## HDS観測ログの例

No.	Frame-ID	Object Name	HST	Exp.	secZ	Filter	Slit	Cross	Bin.
1	HDSA00027255	BIAS		17:09 0s		0FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
2	HDSA00027257	BIAS		17:12 0s		0FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
3	HDSA00027259	BIAS		17:13 0s		0FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
4	HDSA00027261	BIAS		17:15 0s		0FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
5	HDSA00027263	BIAS		17:16 0s		0FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
6	HDSA00027265	FLAT		17:21 12s		1FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
7	HDSA00027267	FLAT		17:24 12s		1FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
8	HDSA00027269	FLAT		17:26 12s		1FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1

⇩

33	HDSA00027319	FLAT		18:06 8s		1.06FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
34	HDSA00027321	FLAT		18:07 8s		1.06FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
35	HDSA00027323	FLAT		18:09 8s		1.06FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
36	HDSA00027325	FLAT		18:10 8s		1.06FREE/ KV370 0.40/	4.00	StdYd	1x1
37	HDSA00027327	COMPARISON		18:12 20s		1.06FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
★	38	HDSA00027329	HD 207198	18:35 180s		1.37FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
	39	HDSA00027331	HD 207198	18:40 360s		1.37FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
	40	HDSA00027333	HD 207198	18:48 360s		1.38FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1
	41	HDSA00027335	HD 207198	18:55 360s		1.39FREE/ KV370 0.20/	4.00	StdYd	1x1

BIASフレームは現時点では解析に使われない

フラット赤側 CCD 用

フラット青側 CCD 用

波長較正用Th-Ar ランプスペクトル

一番最初に取得された天体のデータはスペクトルのCCD上での位置をトレースするテンプレートとして使われる

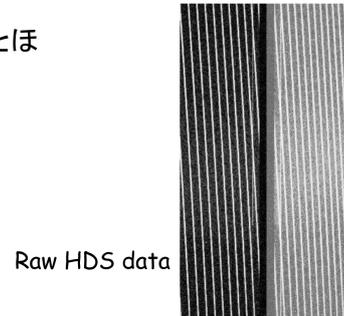
天体のデータ

## Overview of the reduction

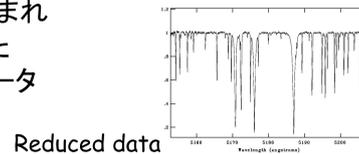
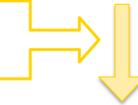
- ◆ 処理過程はHDSのクイック解析ツール("hdsqll")とほぼ同様に以下の工程で行われる。

- ◆ 1. Overscan correction
- ◆ 2. Cosmic ray removal
- ◆ 3. Making aperture trace template
- ◆ 4. Flat fielding
- ◆ 5. Line identification
- ◆ 6. Extraction of 1D spectra
- ◆ 7. Continuum normalization

- ◆ 各工程ではIRAFの標準タスクの他、hdsqllに含まれるIRAFタスクとPythonスクリプトを組み合わせたコードにより、同じ日に同じ設定で取得されたデータに対しては一律に処理が施される



Calibration frames  
(FLAT, COMPARISON)

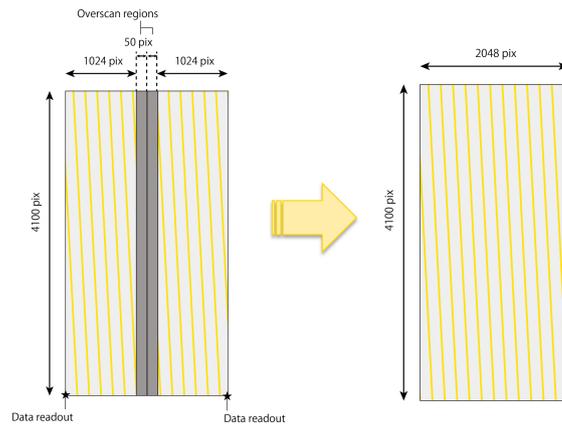


HDS一次処理済みデータ@JVO

## REDUCTION PROCEDURES

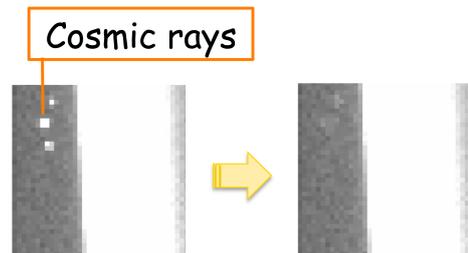
## (1) Overscan correction

- ◆ 生データから、バイアスレベルの差し引き、オーバースキャン領域の切り取り、記録単位の変換 (ADU → electron number) をhdsqllに含まれるIRAF タスク(overscan.cl)を用いて行う (HDS IRAF Reduction Manual (V1.1))



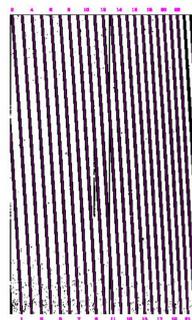
## (2) Cosmic ray removal

- ◆ 宇宙線の当たっていると思われるピクセルを同定し、周囲のピクセル値で補間する



### (3) Making aperture trace template

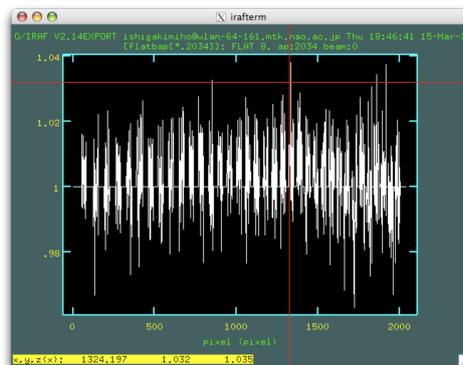
- ◆ スペクトル位置をトレースするためのテンプレートを、OBJECT frameのうちFrame IDのもっとも若い番号のフレームを使って作成。このフレームの天体が暗すぎてトレースに失敗する場合は、別に明るい星をとったフレームがあれば、そちらをテンプレートとして使用している。



CCD上にスペクトルの写っている位置をトレースする

### (4) Flat fielding

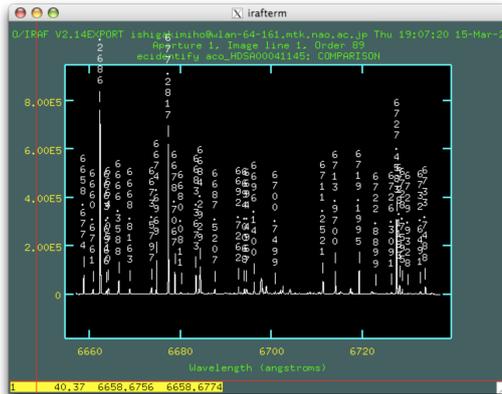
- ◆ 通常赤用、青用それぞれ5-10枚取得されているFLAT frameを合成し(median combine)、規格化したのち、OBJECT frameをそれで割る



規格化されたFLAT frameの断面図

## (5) Line identification

- ◆ COMPARE frame でTh-Ar ランプのスペクトル線を同定し、pixel-波長を対応させる関数を決める。スペクトル線の同定は現時点では手動で行っている。



波長同定された  
COMPARE  
frame

## (6) Extraction of 1D spectra

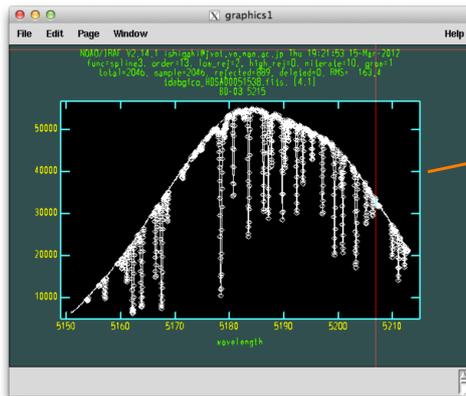
- ◆ Object frame から背景光を差し引きした後、(3)で作成したテンプレートを参照してスペクトルを抽出する。さらに(5)で波長を同定したCOMPARE frameを参照して波長較正を行う。

観測時間		
116 HDSA00027485	HD 41117	4:59
117 HDSA00027487	HD 41117	5:02
118 HDSA00027489	HD 41117	5:05
119 HDSA00027491	COMPARE	5:15
120 HDSA00027493	HD 35149	5:19
121 HDSA00027495	HD 35149	5:24
122 HDSA00027497	HD35148	5:29
123 HDSA00027499	HD32039	5:35
124 HDSA00027501	HD32040	5:41
125 HDSA00027503	HD36408	5:47
126 HDSA00027505	HD36408B	5:50
127 HDSA00027507	COMPARE	5:55

COMPARE frameが複数ある場合はそれらを内挿したpixel-波長関係(観測時間が近いほうに weight)が適応される

## (7) Continuum normalization

- ◆ 連続成分を関数(通常10-13次の多項式)でフィットし、1に規格化する



連続成分を関数でフィットしたところ

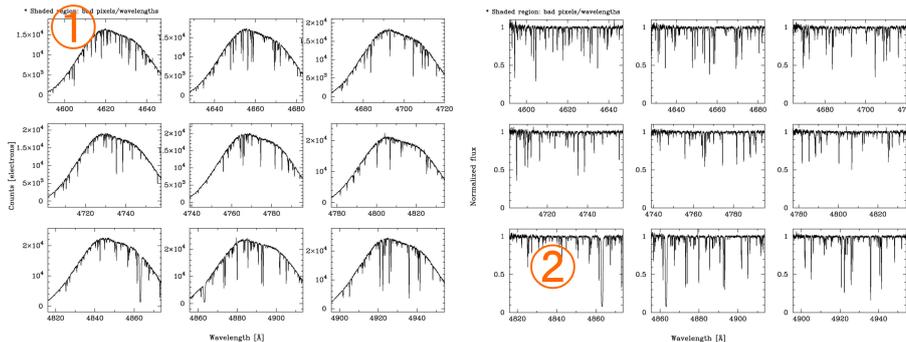
⇒ 完成・JVOでの公開

HDS一次処理済みデータ@JVO

## EXAMPLES OF REDUCED SPECTRA

## HD 23798 --- Metal-poor K-giant

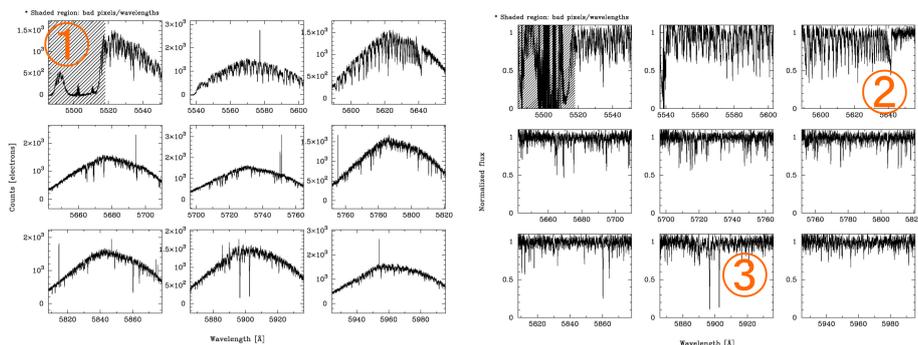
- ◆  $V=8.32$ , KOIII,  $[Fe/H] \sim -2.0$  (SIMBAD)
- ◆ Slit width: 0.23 mm ( $R \sim 70000$ ),  $S/N$  @ aperture center: 111



- ①  $S/N$ のよいデータについてはおおむねトレースが成功している
- ② H $\beta$ : バルマー線など、幅広いwingをもつ吸収線については、連続成分の規格化がうまくいっていない可能性があるので要注意

## HE 0507-1653 --- Carbon star

- ◆  $V=12.51$  (SIMBAD)
- ◆ Slit width: 0.40 mm ( $R \sim 40000$ ),  $S/N$  @ aperture center: 37



- ① 影付きはBad pixelやCCDの端にあるなど、トレースに失敗している可能性がある領域を示す
- ② 炭素分子のつくる吸収帯
- ③ NaI D線

## Current Status

- JVOポータルサイト(<http://jvo.nao.ac.jp/portal/>)では、2005年以前にHDSで観測された一次処理済みデータについては全面的に公開されている。今回新しく処理を完了したそれ以降のデータについてもすでに試験的に公開されていて、ダウンロード可能になっている

処理済みデータがある場合は'P'と記載

2005年以前に解析されたデータ

今回新たに解析されたデータ

Object Name		Date	Coord.	Reduction	Job Status
Alphabetic: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z 0-9					
20 Update					
H					
Total Number 1399 [back] [next]					
#	ObjectName	Count of Exposures			
21	HD 107752	19	P		
22	HD 108317	1			
23	HD 108977	3	P		
24	HD 109823	1			
25	HD 110184	14	P		
26	HD 111721	3	P		
27	HD 114386	3			
28	HD 114762	1	P		
29	HD 114783	3			
30	HD 116405	3			
31	HD 118055	1			
32	HD 119516	1	P		
33	HD 122563	4	P		
34	HD 122956	1			

Reduced ID Spectra for HD 107752				
Proc ID	Version	Date of Obs.	Count	
0611_SK_00010357	0.1	2003-02-21 10:06:18.781	22	
0611_SK_00010358	0.1	2003-02-21 10:06:18.781	37	
0611_SK_00021729	0.1	2005-02-28 15:59:40.892	22	
0611_SK_00021730	0.1	2005-02-28 15:59:40.892	38	
111130_ML_00041076	0.1	2007-02-10 16:07:19.777	3	
111130_ML_00041077	0.1	2007-02-10 16:10:13.233	3	
111130_ML_00041078	0.1	2007-02-10 16:10:13.233	3	

"Download"タブをクリックすると、ダウンロード可能な生データ、校正用データ、スペクトルのプロット等の一覧が表示される

HD 107752 (111130\_ML\_00041076)

Summary Proc Info Download

- Raw Data
  - HDSA00041076
- Flat data
  - flat.fits
- Wavelength calibrated COMPARISON spectra
  - daco\_HDSA00041052 daco\_HDSA00041082
- Links to spectrum data
  - HDSA00041076 (HD 107752 [402.55:530.15])

Goto TOP

Uncalibrated 1D Spectrum

Normalized 1D Spectrum

2D Spectrum (before aperture extraction)

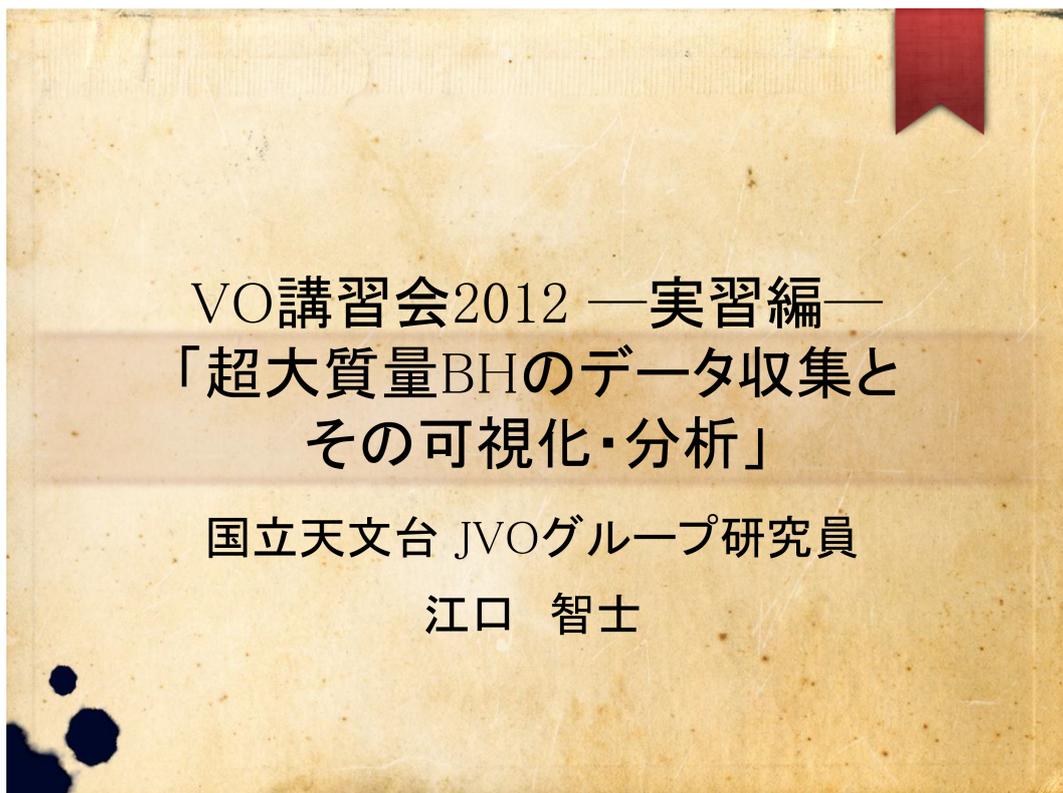
- スペクトルをプロットしたpdfファイルの他、生データ、校正用データのfits画像、テキストファイルなどの形式が用意されている

## References

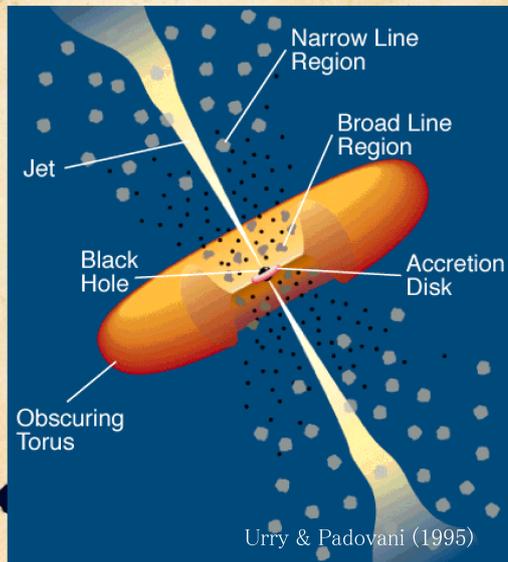
- ◆ hdsq (A software for a quick reduction of HDS data on IRAF), Tajitsu, A.:  
<http://www.naoj.org/Observing/Instruments/HDS/hdsq-e.html>
- ◆ Data reduction of echelle spectra with IRAF (Version 1.1), Aoki, W. 2008



付録D 講義用スライド：超大質量BHの  
データ収集とその可視化・分析



## AGNの構造



Active Galactic Nuclei  
(活動銀河中心核)

中心から

● 超巨大ブラックホール(SMBH) :  $10^{6-9}$

$M_{\text{Sun}}$

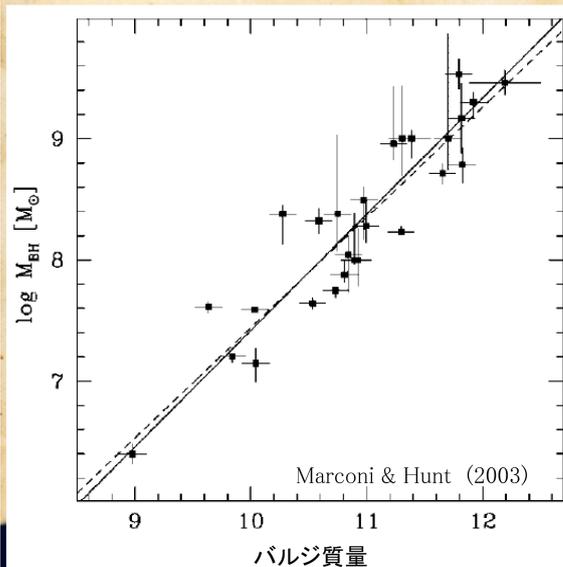
● 降着円盤

● ダスト・トーラス

● 散乱ガス

(→[OIII]領域)

## AGNと母銀河



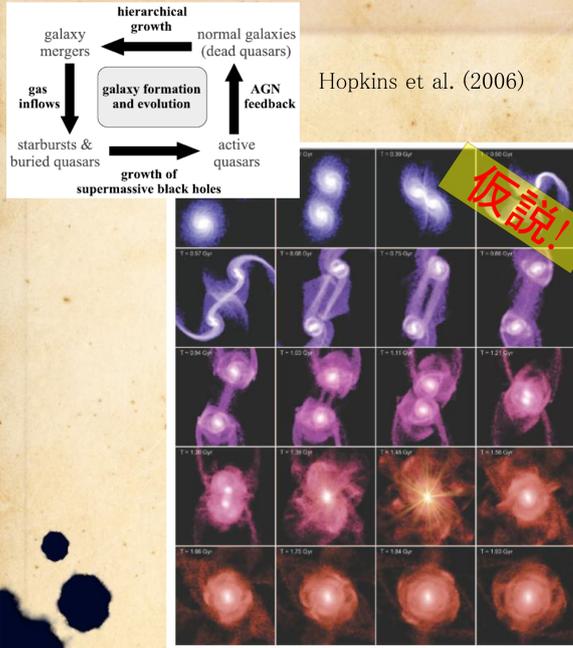
銀河のバルジ質量と中心の超巨大BHの質量

→非常に良い相関

“Magorrian Relation”

「銀河とSMBHは共進化」

# 共進化の理解

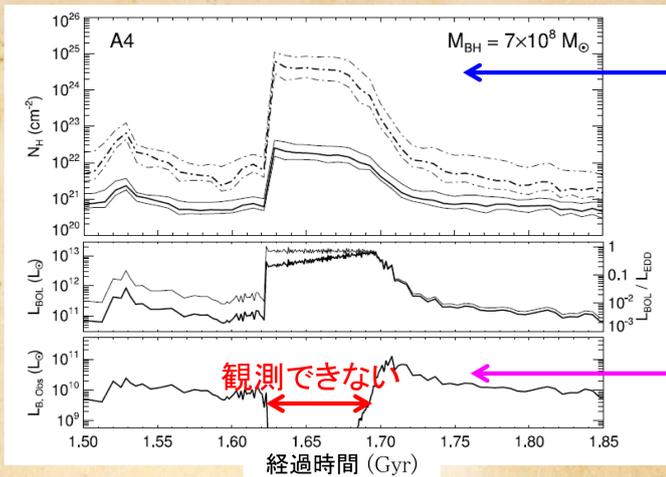


Hopkins et al. (2006)

## 銀河同士の衝突合体

- ガスが中心に集まる
- SMBHがAGNとして活動開始
- 輻射圧が強くなるとSMBHへの質量降着が停止
- AGNとしての活動も停止

# 共進化を説明する「ある理論」



水素柱密度( $N_H$ )  
≡ トーラスのガス密度

可視光(Bバンド)の  
光度

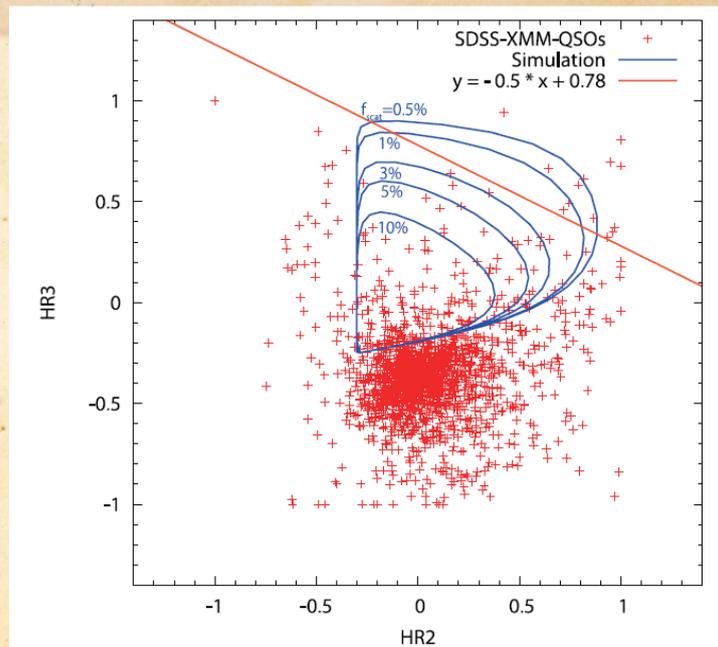
Hopkins et al. (2005)

- $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$  という硬X線 ( $> 10 \text{ keV}$ ) でないと見つからない「**隠されたAGN**」が存在

## 実習の内容

- ウォーミングアップ — 昨日の復習 —
  - ✓ TOPCATでデータ取得
  - ✓ テーブルの結合とクロスマッチ
- 「隠されたAGN」の候補探し
  - ✓ X線スペクトルのシミュレーション
  - ✓ Hardness Ratioによる選別
- TOPCATプラグインの作成
  - ✓ 隠されたAGNのSEDに辿り着こう!

## 隠されたAGNの候補



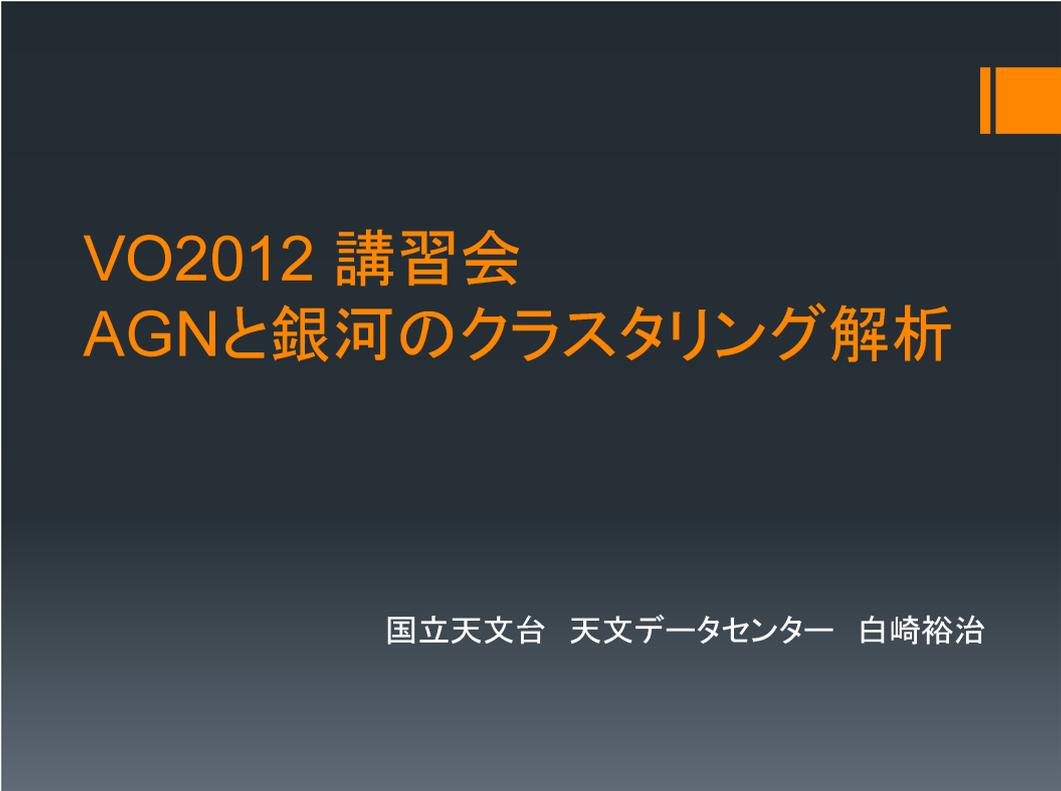
# TOPCATプラグインの完成図

The screenshot displays the TOPCAT software interface within a virtual machine. The main window shows a table of 'Buried AGNs' with the following data:

ID	RA	DEC	SDSS	z	umag	qmag
1	10.00955	0.8895	004338.29+000523.8	0.8212	19.227	18.021
2	16.72332	0.80834	010653.59+004830.3	1.218	20.569	20.251
3	40.02772	-0.50825	024230.05-000029.7	2.5055	22.298	20.824
4	43.74254	-0.19504	025458.30-001142.1	0.9156	20.451	20.020
5	138.26146	53.05627	091302.74+530322.5	0.6307	19.713	19.024
6	143.88753	61.46071	093533.00+612738.5	0.4755	20.309	19.555
7	158.57053	17.95459	095418.92+175116.5	1.2887	18.113	18.065
8	153.52455	0.10566	101405.89+000520.3	0.1488	20.224	18.596
9	158.18969	50.37474	103245.52+502229.0	0.6632	19.584	18.649
10	161.29141	6.58974	104509.93+063555.0	1.1184	20.063	19.598
11	158.73231	42.53677	111455.75+423212.3	0.2566	19.422	18.738
12	173.73816	56.95032	113457.15+565701.1	0.8521	19.588	19.291

The plot shows the Spectral Energy Distribution (SED) for SDSS J091302.74+530322.5, with a zoom factor of 4X. The plot displays flux density versus wavelength, with labels for 100MHz, 10.6um, 1mm, 100um, and 11ey. The plot also includes a legend for 'Photo' and 'AGN'.

付 録 E 講義用スライド : AGNと銀河のク  
ラスタリング解析



VO2012 講習会  
AGNと銀河のクラスタリング解析

国立天文台 天文データセンター 白崎裕治

## 本課題の目的

- VO を活用する利点
  - GUI により世界中の天文データベースから簡単に自分が必要なデータを探し出すことができる。
  - データアクセスを自動化することにより、大量の様々なデータを利用した研究が可能になる。
- 本課題では後者の研究を目指す
  - 必要となるプログラミング技術
  - プロット作成、フィッティング
  - 比較的上級者向きだが、初心者でも実施できるようサンプルプログラムを用意

## プログラミング向け VO ツール

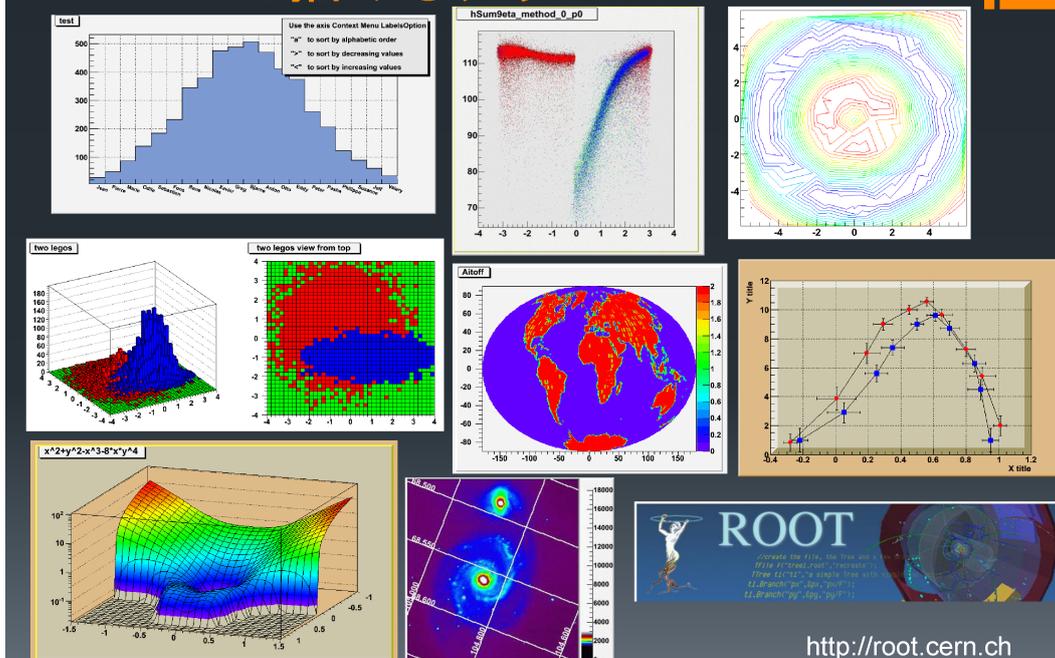
- [jc client](#)  
JVO portal の機能をコマンドラインから使うツール
- [STILTS](#)  
Command-line tools for table/VOTable manipulation
- [VO-CLI](#)  
Command-line Tools for the VO
- [AR Commandline](#)  
Python commandline VO tools
- [Astro Runtime](#)  
Middleware that makes it simple to call VO services from programs and science scripts
- [VORuby](#)  
RUBY language libraries for using VO Services

<http://www.ivoa.net/cgi-bin/twiki/bin/view/IVOA/IvoaApplications>

## 獲得目標

- JVO データ検索言語 (JVOQL) の使い方
  - パラメータを変えながら何度も検索するのに便利
- jc client によるデータ検索方法
  - JVO ポータルの検索機能をコマンドラインから利用
- シェルスクリプト (bash) の書き方
  - jc client による JVOQL 検索の自動化
- ROOT によるプロット、フィッティング
  - 大量のデータを扱ううえで、データの可視化は重要
  - ROOT はコマンドラインからプロット・フィッティングが可能。しかもフリーウェアである。
  - 使い方がちょっと覚えにくい

## ROOTで描けるグラフ



## 研究テーマ

- 超巨大ブラックホール ( $>10^6 M_{\odot}$ )
  - ほぼすべての銀河の中心に存在
  - どのようにして形成されるのかは未解決
  - 銀河の合体がブラックホール同士の合体を誘発？
- 活動銀河中心核 (AGN)
  - 銀河中心の超巨大ブラックホールへガス降着
  - 太陽系の領域から銀河全体を上回る放射
  - 大量のガスが短時間でブラックホールに落ち込む必要
  - 銀河の合体のような激しい相互作用
- AGN は銀河が密集した場所で発生？
  - AGN と銀河のクラスタリング解析



## AGN と銀河の相互相関関数

- 相関関数の定義
  - 距離  $r$  における銀河数密度の平均数密度に対する超過比
- 視線方向に積分した射影相関関数
  - 銀河の距離データはないので使わない
  - 銀河の自己相関関数はべき関数

$$\xi(r) = \frac{\rho(r)}{\rho_0} - 1$$

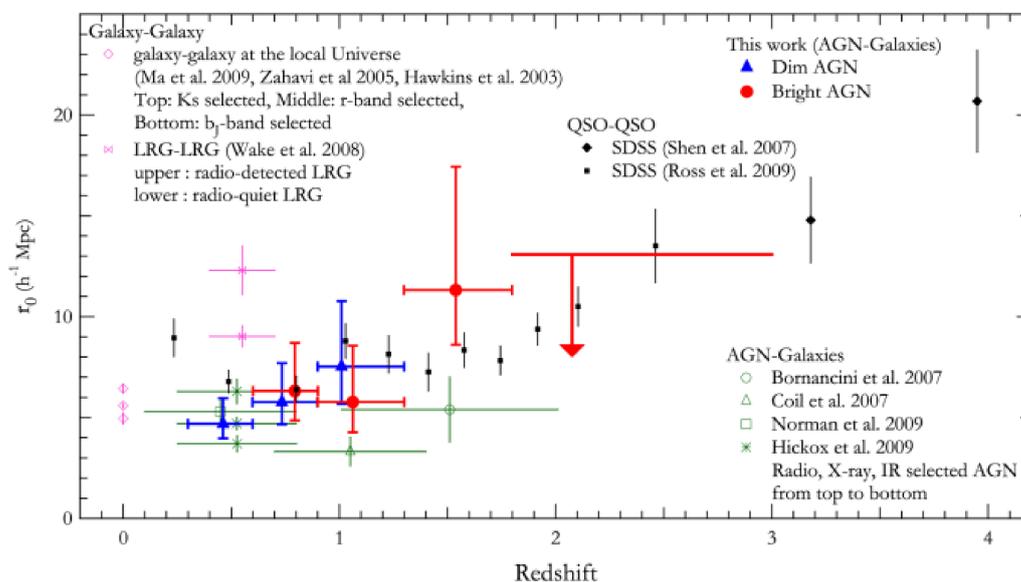
$$\xi(r) = (r_0/r)^\gamma$$

$$\omega(r_p) = 2 \int_0^\infty \xi(r_p, \pi) d\pi = 2 \int_{r_p}^\infty r dr \xi(r) (r^2 - r_p^2)^{-0.5} = r_p \left( \frac{r_0}{r_p} \right)^\gamma \frac{\Gamma(1/2)\Gamma((\gamma-1)/2)}{\Gamma(\gamma/2)},$$

$$\omega(r_p) = \frac{1}{\rho_0} \int_{-\infty}^\infty (\rho(r) - \rho_0) d\pi = \frac{n(r_p) - n_{bg}}{\rho_0}$$

Fitting で求める  $\rightarrow$   $n(r_p)$   
 LFから求める  $\rightarrow$   $\rho_0$

## 先行研究のまとめ



## 本課題で利用するデータ

- Veron-Cetty and Veron AGN/QSO catalog (Ed.13)
  - [ivo://jvo/agn](http://ivo.jvo/agn)
- UKIDSS DR7 カタログ (LAS サーベイ)
  - [ivo://jvo/ukidss](http://ivo.jvo/ukidss)
- JVO のデータサービスを利用する
  - テーブルアップロード機能があり、AGN カタログと UKIDSS のカタログとのクロスマッチ検索が可能
- Suprime-Cam の画像は時間の都合により利用しない
  - 利用方法は講習テキストに記述したので興味があったら自習してください。

## ソフトウェアのインストール

- jc client のインストール
  - [http://jvo.nao.ac.jp/jc\\_client](http://jvo.nao.ac.jp/jc_client) からダウンロード
  - 展開して、install.sh を実行。
  - ~/jvo\_tools/ にインストールされる
- VO2012 講習会用パッケージのインストール
  - <http://jvo.nao.ac.jp/vos2012/clustering> からダウンロード
  - 展開して、./configure; make; make install を実行
  - ~/jvo\_tools/ にインストールされる



## 環境設定とサンプルファイル

- VO2012 講習会用パッケージに環境設定ファイルがあります。
  - 以下のコマンドを実行してください。

```
$ export JVO_TOOLS=/home/vo2012/jvo_tools
$ . vo2012-0.2/jvorc.sh
```
  - ピリオドをお忘れなく。
  - \$ は入力する必要ありません。コマンド行のプロンプトを示しているだけです。
  - ~/jc\_client/bin が PATH に設定されるほか、ライブラリの検索パス設定などが行われます。
- サンプルファイルが以下のディレクトリにあります。
  - vo2012-0.2/clustering/samples
  - ROOT のマクロやシェルスクリプトのサンプルです。

## jc client の使い方

- JVO portal のユーザアカウントが必要です。
- 環境変数の設定を行ってください。
- まずパスワードファイルの作成を行います。

```
1 $ jc passwd
2 user: <ユーザ名>
3 password: <パスワード>
4 retype password: <パスワード>
5 access information has been updated.
```

- 以下のコマンドを実行してみます。

```
1 $ jc --help
2 usage: jc [GLOBAL_OPT] ... COMMAND [COMMAND_OPT] ... COMMAND_ARG ...
3 GLOBAL_OPT:
4     --help show this help
5     -v,--verbose increase verbosity
6 COMMAND:
7     abort abort executing tool
8     conf configure account
9     copy2l download files from VOSpace
10    copy2v upload files to VOSpace
11    delete alias of remove
12    dummy print informations for debug
13    get alias of copy2l
```

## 実習方法

- 実習テキストを読みながら各自で進めてください。
- わからないことがありましたらお気軽に質問してください。
- 課題 1 ~ 5 までを順番に実施してください。
- シェルスクリプトを書く課題がありますが、どうしてもできない場合は samples ディレクトリにあるスクリプトを使っても OK です。
- その場合はスクリプトを読んでみてください。

## 課題1

課題1. jc コマンドを用いて、赤方偏移が 0.3 から 0.4 までの AGN のうち、UKIDSS データが存在する AGN について、その座標と赤方偏移のデータを取得する。また、数個の AGN について、その周辺 0.2 度以内の UKIDSS データを取得する。

- 一度に多数のデータを取得することはできない（ことが多い）。
- 検索を分割して実行。まずは AGN のデータのみ取得。
- 下記の JVOQL をファイルに保存、jc client で検索実行

```
1 SELECT DISTINCT agn.name, agn.z, agn.ra, agn.dec
2 FROM ivo://jvo/agn:veron_2010 agn,
3      ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 AS ir
4 WHERE agn.z >= 0.3 and agn.z < 0.4
5 AND
6      distance((ir.ra2000, ir.de2000), (agn.ra, agn.dec)) < 0.01
```

座標の近さで二つのカタログを結合

```
1 $ jc search -i agn.sql -o agn.xml 検索実行 → VOTable
```

```
1 $ jc select -F, -o agn.csv agn.xml VOTable → CSV (カンマ区切りのテーブルデータ)
```

## 課題1 (続き)

- 個々の AGN についてその周辺の銀河カタログを取得。
- 下記の JVOQL をファイルに保存、jc client で検索実行

```
1 SELECT ID, SOURCE_ID, RA2000, DE2000, MAG_K
2 FROM ivo://jvo/ukidss:catalog_dr7 AS t
3 WHERE REGION('CIRCLE 42.861667 1.252222 0.2')
4 AND (mergedClass = 1 OR mergedClass = -3)
5 AND MAG_K > 0 AND kppErrBits <= 255
6 AND SURVEY = 'las'
```

AGN の座標を中心とする半径 0.2 度の範囲

- jc client で検索実行、VOTable → CSV 変換

```
1 $ jc search -i search-ukidss.sql -o ukidss.xml
2 $ jc select -F, -o ukidss.csv ukidss.xml
```

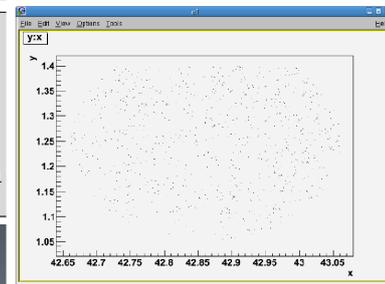
- 以上の検索を数個の AGN について実行してみる。

## 課題2

課題2. 課題1で取得した UKIDSS データをプロットし、欠損領域があるかを確認すること。また、agn-catalog-coverage を用いて欠損率を求めてみること。

- 取得した銀河データの空間分布をプロットして、欠損領域がないかを確認します。
- ROOT を利用します。以下のコマンドを実行してみます。

```
1 $ cat ukidss.csv | grep -v "#" | awk -F, '{print $3,$4}' > radec.dat
2 $ root -l
3 root [0] double x,y;
4 root [1] TTuple *nt = new TTuple("", "", "x:y");
5 root [2] ifstream data("radec.dat");
6 root [3] while (data>>x>>y) { nt->Fill(x, y);}
7 root [4] nt->Draw("y:x");
8 Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>: created default TCanvas with name c1
9 root [5]
```



## 課題2 (続き)

- サンプルディレクトリにある plot-map.C を実行するともう少し見栄えのよいプロットが作成できます。
- 欠損領域の割合と銀河の数密度を AGN からの距離毎に求めます。配布したプログラムを利用します。

AGN の座標

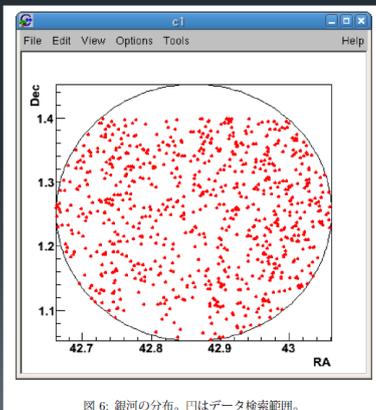


図 6: 銀河の分布。円はデータ検索範囲。

```
1 $ agn-catalog-coverage -r 42.861667 -d 1.252222 --size 17.3
2 --mask-rmax 4.0 < radec.dat > earea.dat
```

```
1 # number_r_middle earea bad_fraction
2 # ----- arcsec arcmin2 ----
3 0 8.650000 2.472172e-01 0.000000 1
4 1 25.950000 7.835394e-01 0.000000 0
5 2 43.250000 1.305899e+00 0.000000 2
6 3 60.550000 1.828259e+00 0.000000 4
7 4 77.850000 2.350618e+00 0.000000 3
8 5 95.150000 2.872978e+00 0.000000 3
9 6 112.450000 3.395337e+00 0.000000 11
10 ...
11 31 544.950000 1.645433e+01 0.000000 30
12 32 562.250000 1.697669e+01 0.000000 24
13 33 579.550000 1.749905e+01 0.000000 19
14 34 596.850000 1.802141e+01 0.000000 32
15 35 614.150000 1.854377e+01 0.209249 38
16 36 631.450000 1.906613e+01 0.000000 25
17 37 648.750000 1.958849e+01 0.000000 31
18 38 666.050000 2.011085e+01 0.221519 37
19 39 683.350000 2.063320e+01 0.000000 22
20 40 700.650000 2.115556e+01 0.237168 33
21 41 717.950000 2.167791e+01 0.370980 25
22 42 735.250000 2.220028e+01 0.000000 0
```

- AGN からの距離のビン幅 (arcsec)
- 0.1 Mpc に対応する角度
- 配布プログラム cosmic-distance を利用

## 課題3

課題3. 次の作業を行うスクリプトを作成する。

1. 引数により AGN の座標と赤方偏移、作業ディレクトリ名をスクリプトに変数として与えられること。
2. スクリプト実行開始時に引数で与えられた作業ディレクトリを作成し、そこに移動しそこで検索などの作業が行われること。
3. AGN から半径 0.14 度の範囲の UKIDSS データを取得すること。取得した UKIDSS データのうち、赤経、赤緯、等級について抜き出し radecmag.dat というファイルにスペース区切りで天体毎に一行ずつ書き出すこと。
4. 取得した UKIDSS データから欠損率を求め、earea.dat というファイル名で保存すること。
5. UKIDSS データから数密度分布を AGN からの射影距離の関数として求め、hist.dat というファイル名で保存すること。
6. UKIDSS データの天球分布と数密度分布をグラフ化し、png 形式で保存すること。
7. AGN の座標、赤方偏移、観測バンド (今回は K) を summary.dat に出力する。フォーマットは一行ごとに<KEYWORD>: <VALUE> 形式で記述すること。それぞれ、次のキーワードを使用すること: RA, DEC, REDSHIFT, BAND。  
課題1で検索された AGN のうち、100 個程度について、このスクリプトを実行し、数密度分布を求めるスクリプトを作成し実行する。

- 100個の AGN について銀河数密度分布を求めるために、上記の処理を行うスクリプトを作成し、実行します。

- 課題2で求めた欠損率で補正した銀河数密度分布を AGN からの距離の関数として求めます。

- 配布プログラム catalog-density を利用します。

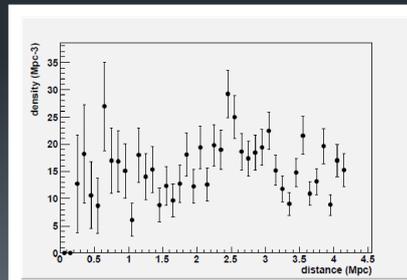


図7: AGN からの射影距離に対する銀河数密度分布

## 課題4

課題4. 課題3で求められた数密度分布を agn-density-add.sh を用いて足し合わせ平均化する。

- 課題3で作成された100個のディレクトリのリストをファイルに書き出します。

```
1 $ ls -d agn_??? > list.dat
```

- 配布スクリプト agn-density-add.sh にディレクトリリストを引数として与えて実行する。

```
1 $ agn-density-add.sh -l list.dat
```

- 足し合わされた結果が hist-add.dat というファイルに作成されます。

# 課題5

課題5. 課題4で求めた平均化された数密度分布をプロットする。また、相関関数フィッティングによって相関距離を求める。

- サンプルディレクトリにある fit-density.C を利用します。
- hist-add.dat に書かれている AVE\_DEN\_60 の値 (左から2番目) を第一引数に、第二引数にはフィットする範囲 (AGN からの距離の最大値)

```
1 root [1] .x fit-density.C(0.00329598, 2.6);
2 num = 26
3 FCN=33.6957 FROM MIGRAD STATUS=CONVERGED 118 CALLS 119 TOTAL
4 EDM=1.75127e-10 STRATEGY= 1 ERROR MATRIX ACCURATE
5 EXT PARAMETER STEP FIRST
6 NO. NAME VALUE ERROR SIZE DERIVATIVE
7 1 p0 9.41010e+00 5.83351e-01 3.01021e-05 1.24625e-03
8 2 p1 7.75979e+00 4.67800e-02 1.40621e-06 3.73505e-02
9 3 p2 3.29598e-03 fixed
```

```
1 # AVE_DEN_PK: 0.398565 0.00237241 168
2 # AVE_DEN_10: 0.417478 0.00248499 168
3 # AVE_DEN_60: 0.553724 0.00329598 168
4 # AVE_DEN_80: 0.636316 0.00378759 168
```

**相関距離 (Mpc)**

