

VO 概論

国立天文台 天文データセンター
白崎 裕治

内容

- ◎ 天文データベースの現状
 - 直面しつつある問題点とその解決策
- ◎ バーチャル天文台 (VO)
 - 天文データ共有の仕組み
 - VO サービス・デスクトップアプリの紹介
- ◎ VO を利用した研究成果の紹介

天文データの爆発的増加

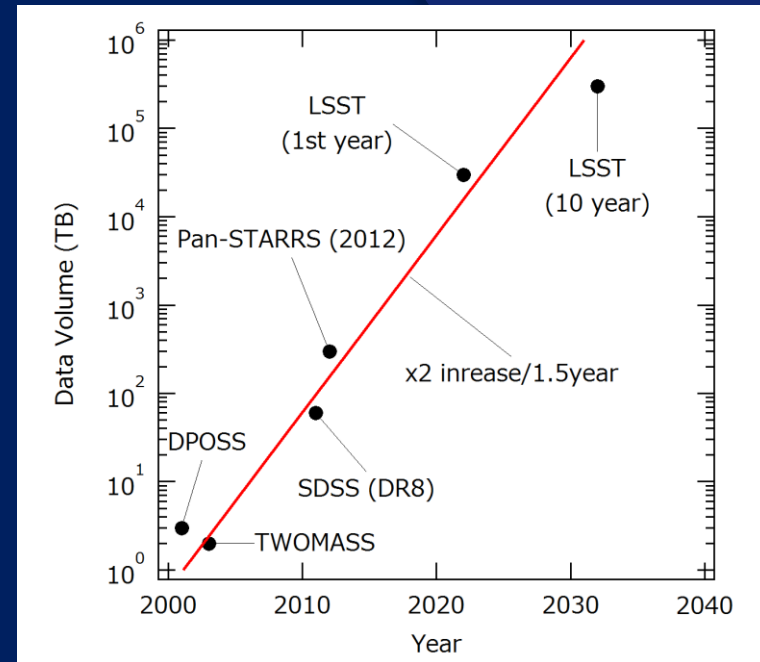
急増する天文データ

◎ 天文データは 1年半毎に倍増

- CPU の計算性能は18カ月で2倍
- I/O 性能の向上率は 10%/年
- 並列 I/O ・ 計算技術は必須
- データ移動を極力避ける解析システム

◎ 望遠鏡 ・ 観測装置の大型化、高機能化

- 高品質なデータ、取得のコストの増大 → 科学成果の最大化
- 取得したデータを速やかに解析できる環境の構築
- 研究者間で共有できる仕組みづくり



すばる望遠鏡

- ◎ 世界最大級の光赤外線望遠鏡
- ◎ アメリカ・ハワイ島 マウナ・ケア山山頂（標高4,205m）
- ◎ 口径 8.2 m
- ◎ 共同利用装置
- ◎ 国立天文台が運用
- ◎ 年間 3 TB の観測データを取得し公開
- ◎ HSC 稼働後は 30TB/年 へと急増の予定



ALMA 望遠鏡

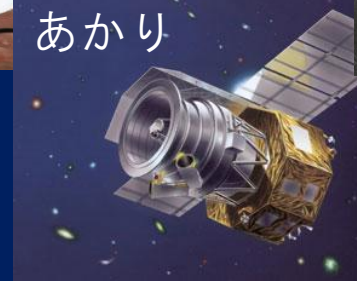
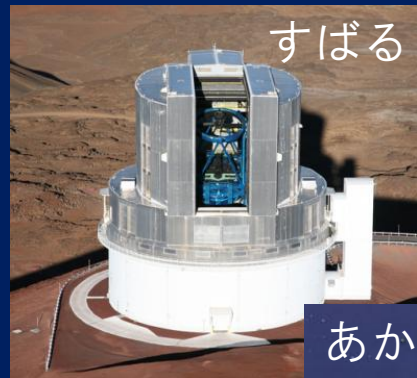
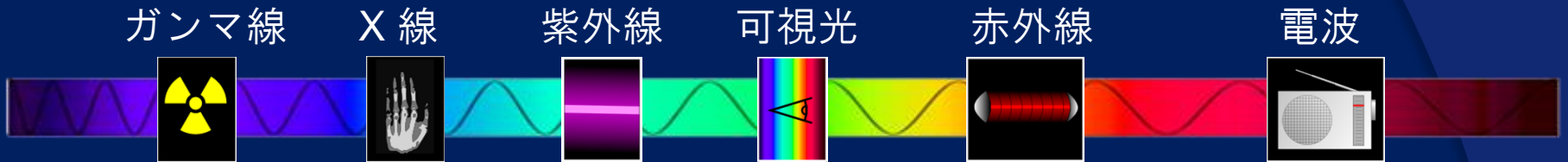
- ◎ 南米チリで観測を開始した電波望遠鏡
- ◎ 日・米・欧・台湾による国際プロジェクト
- ◎ 年間 200 TB のデータを生成

一つの観測
データセット
が 1TB を超
えることも

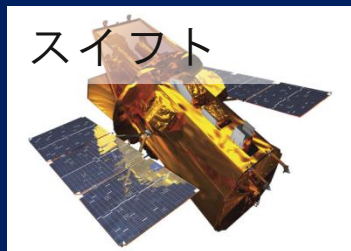
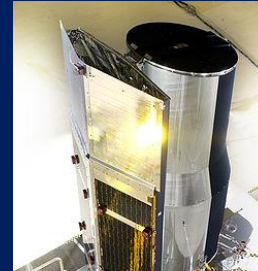
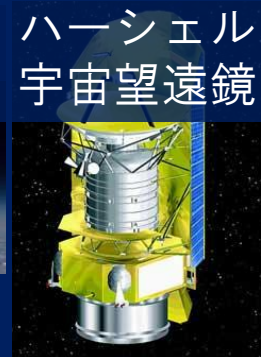
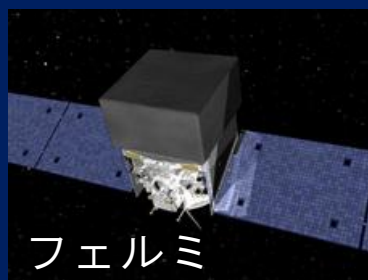
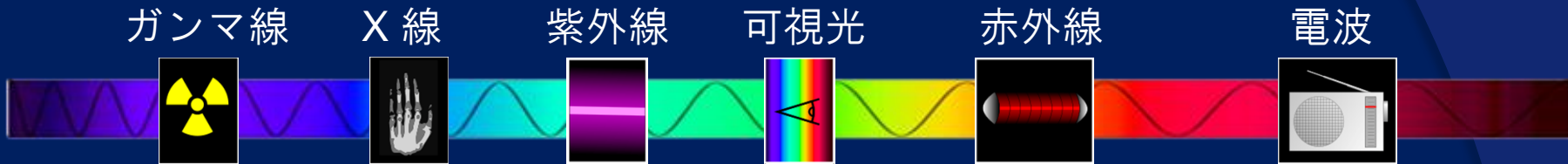


「Credit: ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)」

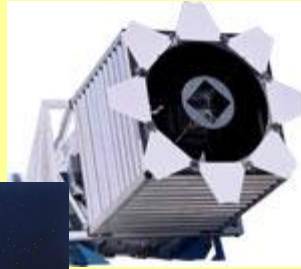
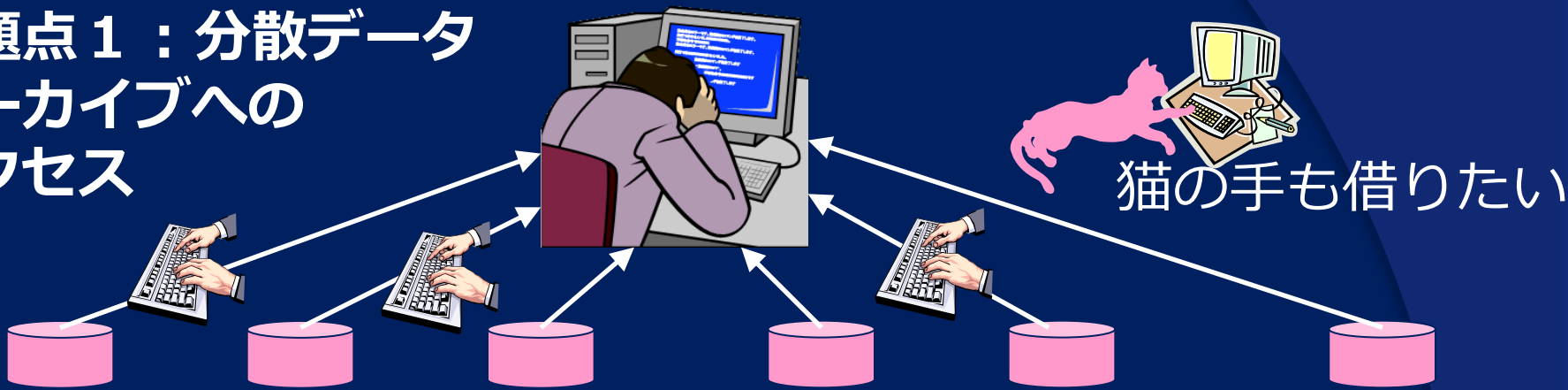
稼働中の主要な望遠鏡 (国内)



稼働中の主要な望遠鏡 (海外)

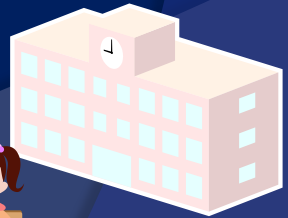


問題点1：分散データ アーカイブへの アクセス



データベースアクセスインターフェースの共通化

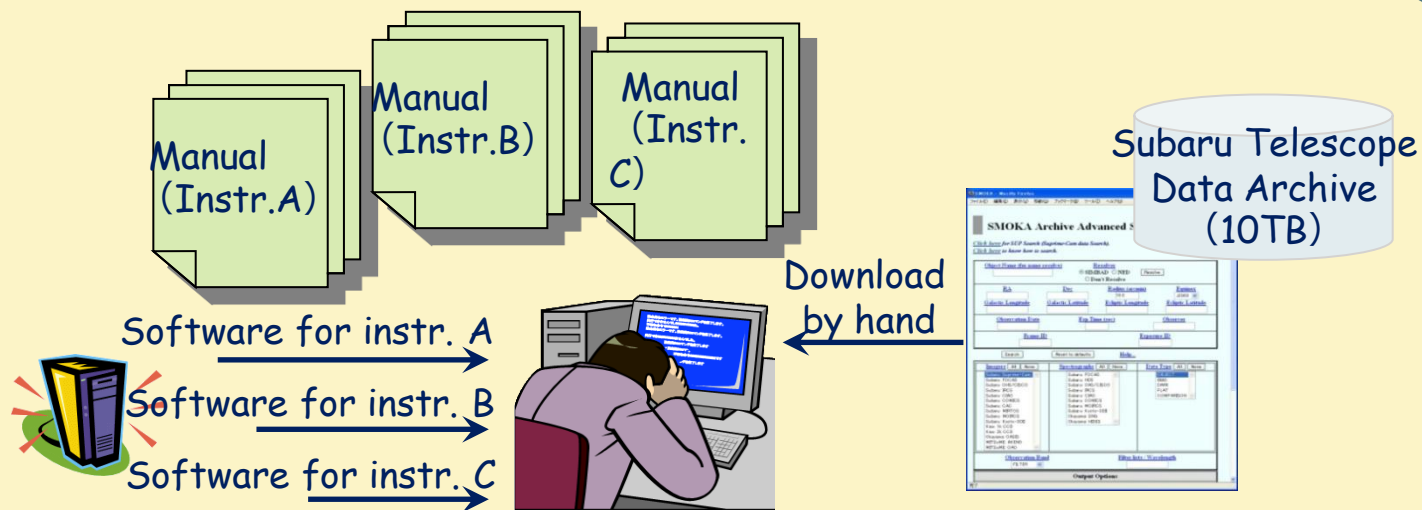
データ
取得を
自動化



教育用教材としても利用可

問題点2：巨大観測データの処理

- ◎ データアーカイブからのダウンロード困難
- ◎ 大容量ディスク＋並列計算システムが必要
- ◎ 生データのリダクションは装置毎に異なりラーニングコストが高い



解決策: データと計算資源の集約化

◎ 解析機能付きデータアーカイブ

- データ移動のコスト最小化。
- 並列計算機システムを独自に持つ必要がない。
- リダクションソフトの管理を一元化。過去バージョンのソフトによる再リダクションをサポート。
- 請求の多い処理済みデータはアーカイブに蓄積。同じリダクションを繰り返さない。



バーチャル天文台

バーチャル天文台とは？

天文データベースの公開方式の**国際標準**を定義することにより、より高度なネットワーク経由での**データ共有**を可能にし、効率的な研究の支援をするシステム

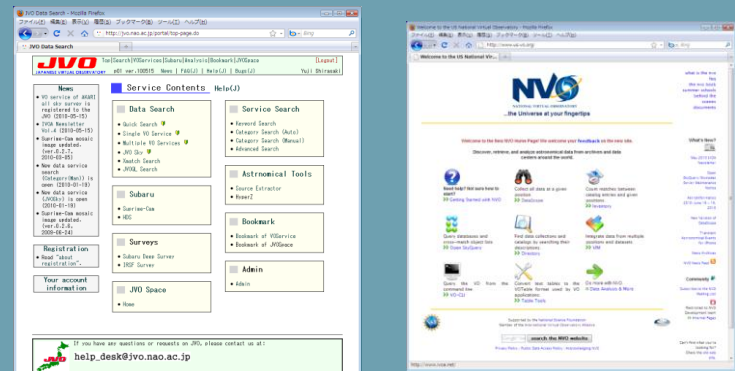
データサービス



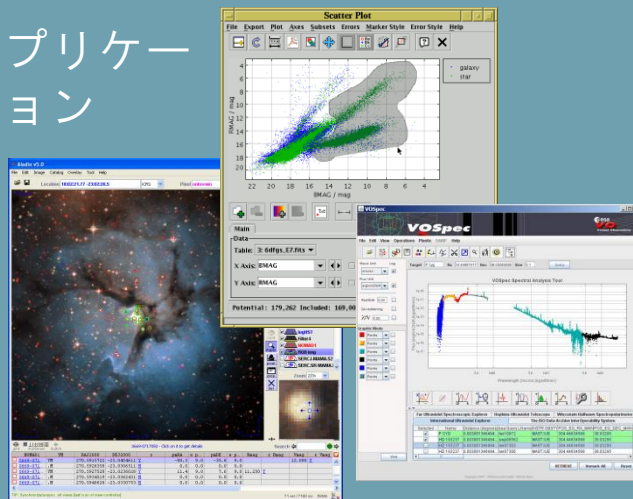
解析サービス



Web ポータル



アプリケーション



International Virtual Observatory Alliance

- 2002年に結成
- 世界各国 21 VO プロジェクトが参加
- 天文データの共有をより効率的に行うための標準仕様策定団体
- VO標準に対応したアプリケーションの開発なども

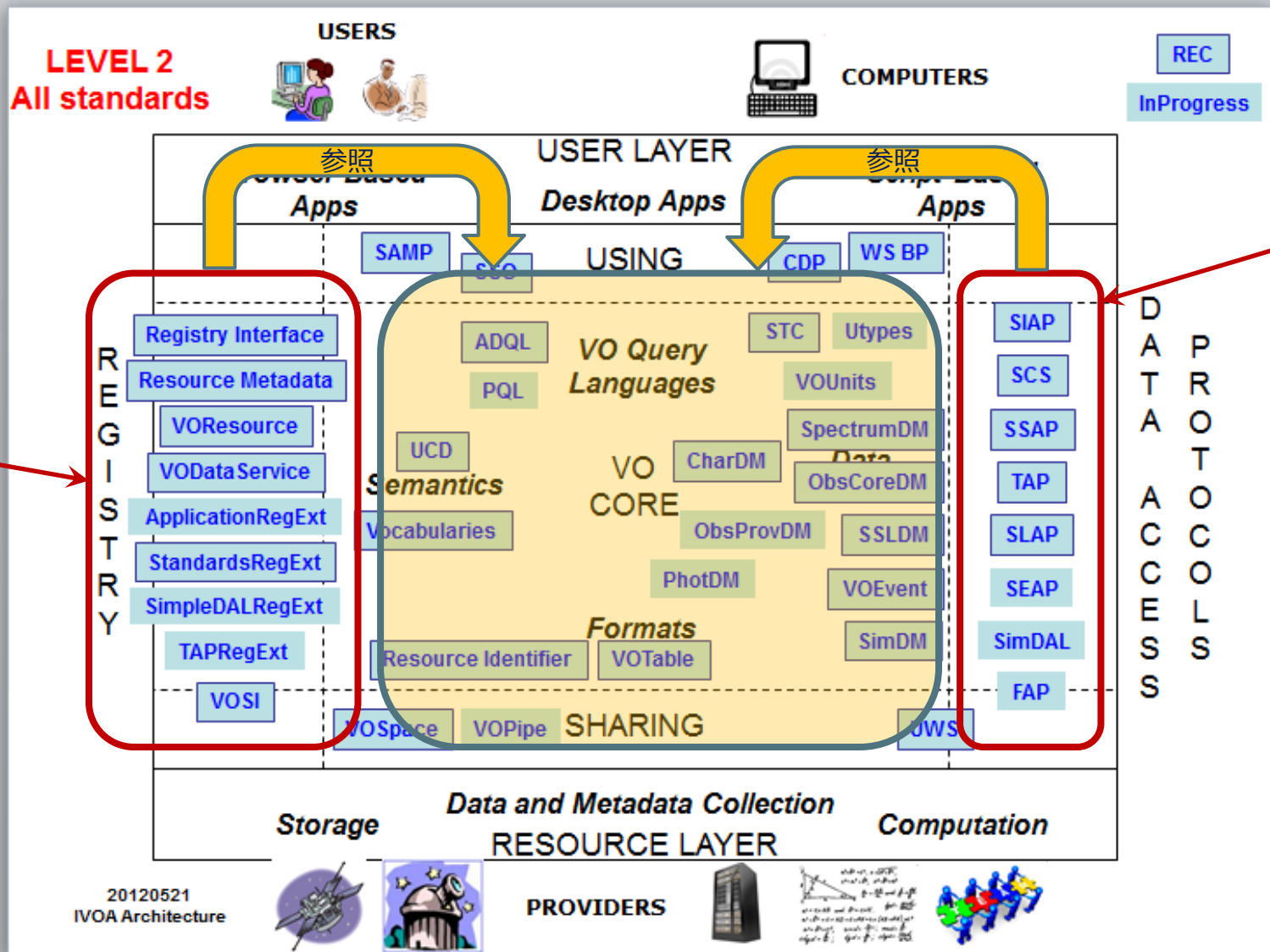
<http://www.ivoa.net/>



VO architecture

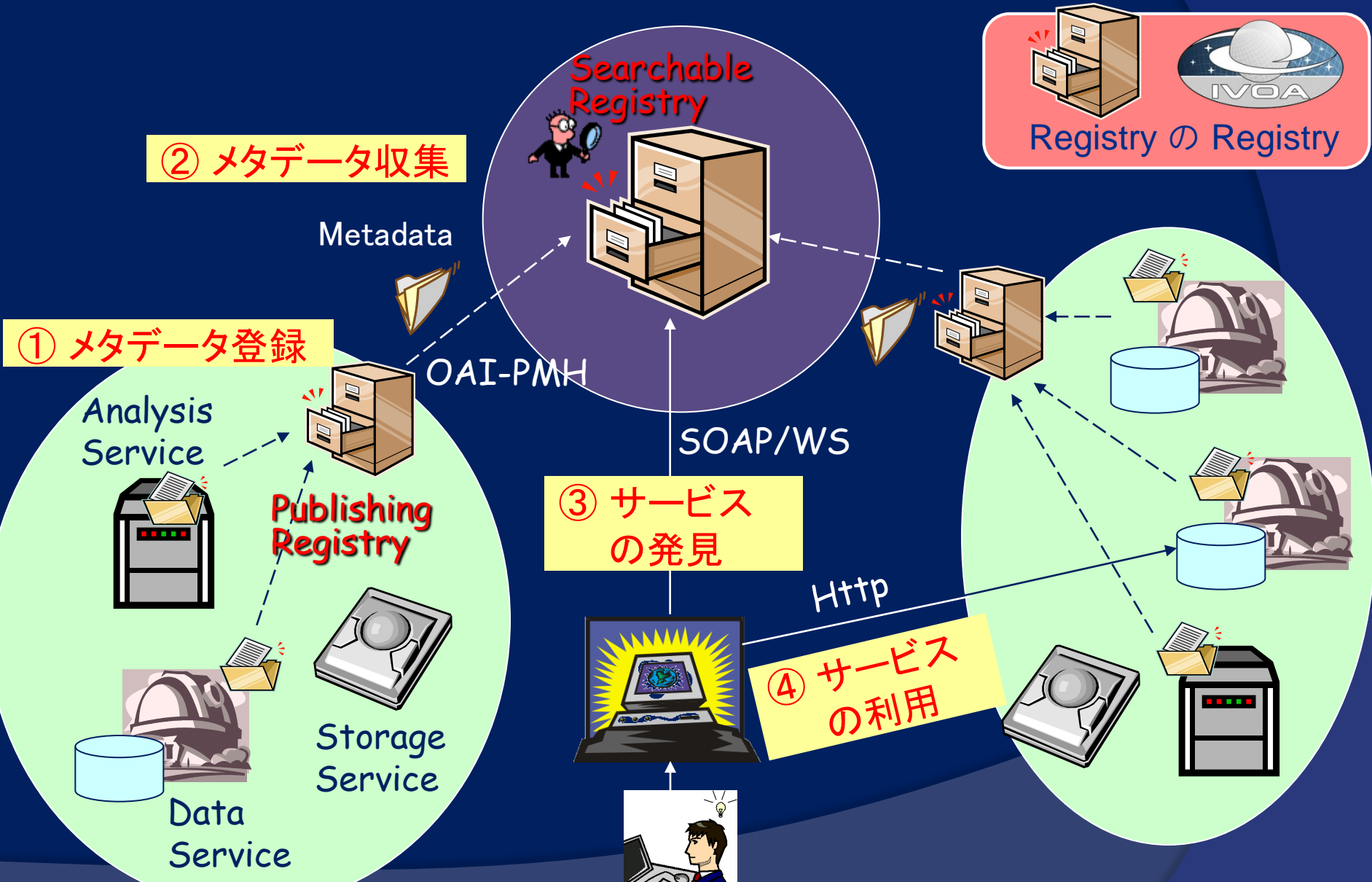
VO サービスメタデータに関する規約

VO サービスの実装に関する規約

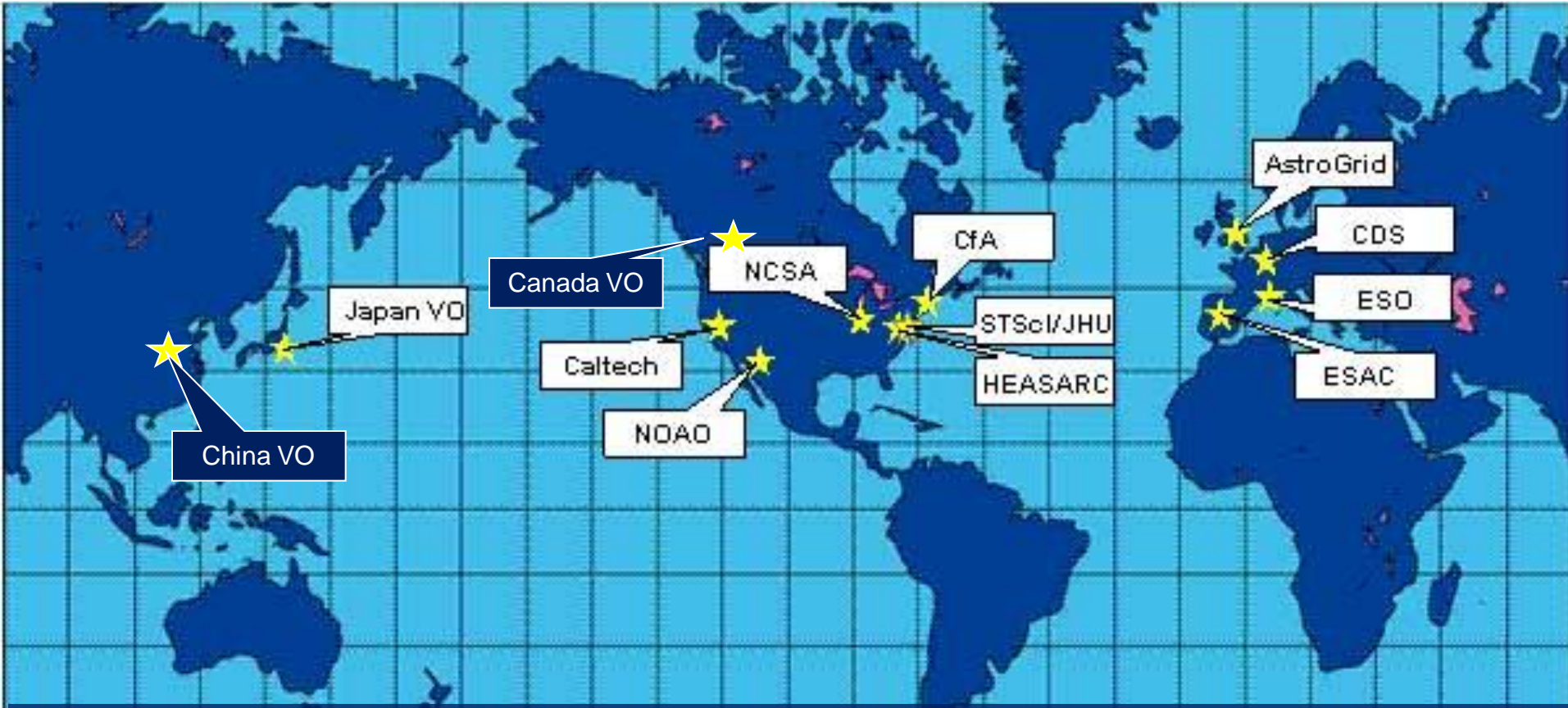


20120521
IVOA Architecture

データサービスの公開と利用の仕組み



バーチャル天文台サイト










世界中の10,000を超えるデータセットにアクセス可能。

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

バーチャル天文台サービス・アプリ

ポータルサービス

- **JVO portal** 
- Datascope 
- Open SkyQuery 
- VOSED 
- VOSA 
- SkyView 
- WCSFixer 
- ...

デスクトップアプリ

- **Vissage** 
- Aladin 
- TOPCAT 
- Specview 
- VOSpec 
- VOPlot 
- VOStat 
- VOConvert 
- Montage 
- SPLAT 
- VODesktop 
- ...

コマンドラインツール

- **JC client** 
- STILTS 
- ...

<http://wiki.ivoa.net/twiki/bin/view/IVOA/IvoaApplications>
<http://www.euro-vo.org/?q=science/software>

Datascope

<http://www.usvao.org/science-tools-services/vao-tools-services-data-discovery-tool/>

全VOサービスに対し、指定された領域のデータ検索を並列実行

Firefox

Data Discovery

Search All Virtual Observatory Collections: **M33** Radius: 1 Arcmin Search

User Guide | Discovery Tool v1.3 (4816)... Examples: [M101](#), [14 03 12.6 +54 20 56.7](#), [more...](#)

Start Page | M33 r=1m

31 Total Rows 99.9% of resources searched Cancel Export Table As... MESSIER 033 (RA: 01:33:50.890, Dec: +30:39:36.79), radius: 0.01667°

289 new rows received Refresh Table

Filters

Clear Filters Edit Facets... Help...

Filter All Record Fields

Categories

- Catalog (12 of 12)
- Images (12 of 12)
- Spectra (3 of 3)

Waveband

- EUV (5 of 5)
- Gamma-ray (7 of 7)
- Infrared (9 of 9)
- Millimeter (5 of 5)
- Optical (13 of 13)
- Radio (5 of 5)
- UV (10 of 10)
- X-ray (10 of 10)

Publisher

- Canadian Astronomy Data Centre (1 of 1)
- CDS (1 of 1)
- Chandra X-ray Observatory (1 of 1)
- ESO (1 of 1)
- German Astrophysical Virtual Observatory (2 of 2)
- Institut d'Astrophysique de (1 of 1)

	Short Name	Title	Waveband
1	ST-ECF/HLA/SIA	ST-ECF Hubble Legacy Archive Images	
2	CADC/CFHT	CADC/CFHT Image Search	Infrared,Optic
3	ADS	Astrophysics Data System	Radio,Millimeb
4	Simbad	The SIMBAD astronomical database	Radio,Millimet
5	ROSAT SIA	SIA Service for ROSAT Archive	X-ray
6	HLA	Hubble Legacy Archive	Optical,Infrar
7	ST-ECF/HST/SIA	ST-ECF Hubble Space Telescope Images	
8	HST Previews	Hubble Space Telescope Preview Images	Optical
9	nomad	The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset	
10	twomass-psc	The 2MASS All-Sky Catalog	
11	NOMAD	NOMAD Catalogue	Infrared,Optic
12	GSC23	Guide Star Catalog 2.3	Optical
13	NED(sources)	The NASA/IPAC Extragalactic Database	Radio,Millimeb
14	RASS Photons	ROSAT All Sky Survey PhotonEvent List Cone Search	
15	hdap_siap [1]	HDAP -- Heidelberg Digitized Astronomical Plates	Optical
16	NED(images)	The NASA/IPAC Extragalactic Database Image Data Atlas	Radio,Millimeb
17	Chandra	Chandra X-Ray Observatory Data Archive	X-ray
18	XCATDBDR3-SIA	Epic Image SIAP of the SSC Interface for the 2XMMI DR3 Catalogue	
19	DSS ESO	Digitized Sky Survey	
20	MAST Scrapbook	MAST Image Scrapbook	Optical,UV,Inf
21	DFBS	Digitized First Byurakan Survey	Optical
22	NED/SED	The NASA/IPAC Extragalactic Database SED Data Discovery Service	Radio,Millimeb
23	GALEX	Galaxy Evolution Explorer	UV

AstroView

[RA] 01:34:33.052 [DEC] +30:55:45.591

Aladin ~~ALADIN~~

<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>

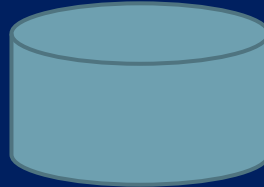
- フランス ストラスブルグ天文データセンター (CDS)
- 画像データ、カタログデータを取得し表示。



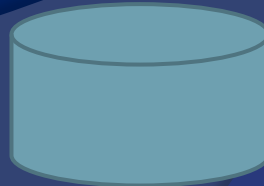
ローカルファイル



Aladin 画像・カタログサーバー



VO サービス



Topcat

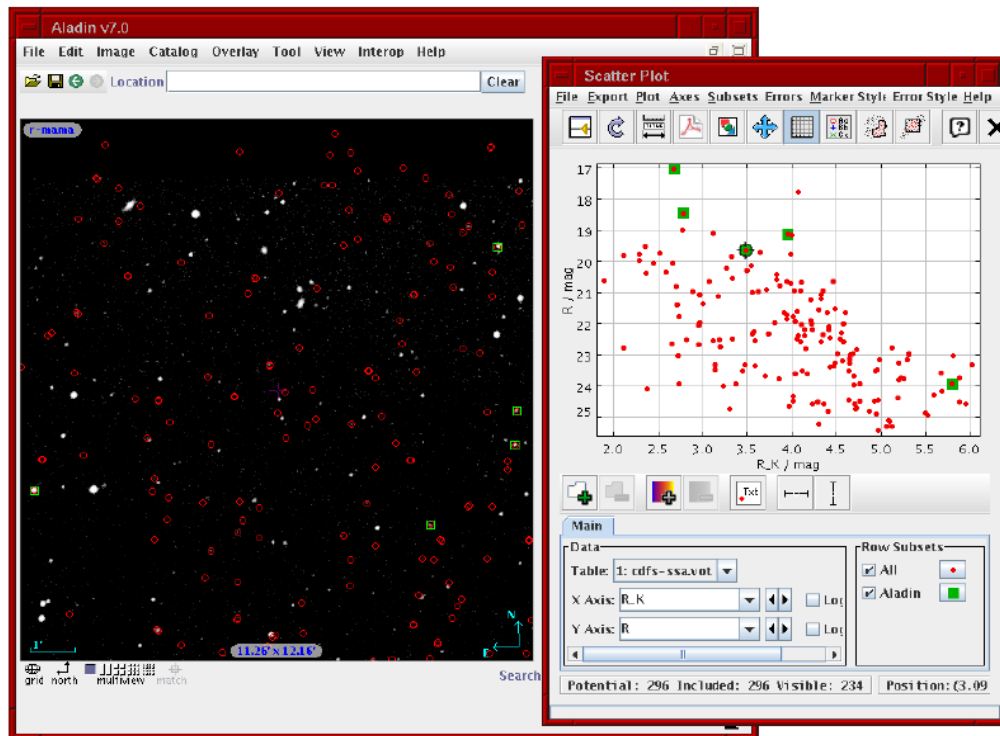


<http://www.starlink.ac.uk/topcat/>

- イギリス Starlink プロジェクト (現在は Joint Astronomy Center が開発を支援)
- 様々な種類のプロット
- データはローカルファイルからロードする他、VOサービスからも取得可能。
- 複数カタログのクロスマッチ機能など。

The image displays a collage of various Topcat software windows and plots. The windows include: 'Density Map' showing a 2D color-coded distribution of points; 'Scatter Plot' showing a scatter plot of EMAG vs. BMAG; 'Spherical Plot' showing a 3D visualization of data points on a sphere; 'Cone Search' showing search parameters and results; 'Match Tables' showing a table of matched objects; 'Line Plot' showing a line graph of EMAG vs. epoch/year; 'Histogram' showing a histogram of SDSS_PETMAG_u; 'Table columns' showing a list of columns for a table; 'Table rows' showing a list of rows for a table; 'Axis Configuration' showing axis settings; 'Plot Style Edit' showing plot style settings; 'About TOPCAT' showing software version and contact information; 'Set Activation Action' showing action settings; 'TOPCAT Help' showing help text; 'TOPCAT(3): Table columns' showing table column definitions; 'TOPCAT(1): Row Subsets' showing row subset definitions; 'Marker' showing marker settings; 'Spherical Plot' showing a 3D plot with a color scale; 'Input Coordinates' showing coordinate input fields.

SAMP によるアプリケーション間連携



- Simple Application Messaging Protocol
- アプリケーション間の通信規約
- ハブを介してデータのやり取りやアクションの実行



http://www.eso.org/sci/php/meetings/adass2011/Slides/PDF/All/ADASS_XXI_O26_Taylor.pdf



Hub

JVO portal の開発

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

- ◎ Web ベースの天文データ検索・解析システム
- ◎ 開発体制 (設計・開発の実務者)
国立天文台 (3名)、富士通 (数名)

開発ターゲット 二つの柱

1. 汎用的な機能が簡単に利用できるシステム
よく利用される機能を幅広く網羅 (c.f. 海外では機能特化)
大多数の利用者むけ
2. バーチャル天文台ならではの研究ができるシステム
少数のパワーユーザ向けに高度な機能を提供
最先端の研究を可能にする

両者の均衡を考えながら、バランスのとれた開発を進める。

JVO ポータル (GUI) の機能

データサービス検索

データ検索

1. 高速検索

JVO 内部のデータベース
主要なカタログを登録

2. サービスを一つ指定して検索

サービスを検索し選択
テーブル選択
検索条件指定

3. 複数サービスへの同時検索

領域指定検索のみサポート

4. JVOSky サービス

Google Sky IF を利用したデータ検索

1. キーワード検索
2. カテゴリ検索
3. 詳細検索

The screenshot shows the JVO Data Search interface in a Firefox browser. The page title is "JVO Data Search" and the URL is "http://jvo.spa.ias.ac.cn/". The main content area is titled "Service Contents" and "Help(J)". It features several search and service categories:

- Data Search**:
 - Quick Search
 - Single VVO Service
 - Multiple VVO Services
 - JVO Sky
 - JVOQL Search
- Subaru**:
 - Suprime-Cam
 - HDS
 - MOIRCS
- ALMA**:
 - ALMA SV Data
 - ALMA Archive
- Surveys**:
 - Subaru Deep Survey
 - IRSF Survey
- Service Search**:
 - Keyword Search
 - Category Search (Auto)
 - Category Search (Manual)
 - Advanced Search
- JVO Space**:
 - Home
 - Work
- Astro Tools**:
 - Source Explorer
 - HyperZ
- Registration**:
 - Read "about registration".

すばるデータ検索・解析

1. Suprime-Cam, MOIRCS

処理済み画像データ
モザイク画像作成

2. HDS

処理済みスペクトルデータ

JVO Sky

JVOSky 2

Coordinate or ObjectName : Go zoom level = 8 (ra, dec)=(194.381, 28.334)=(12h57m31.46s, 28d20m03.7s)

Search Clear OK

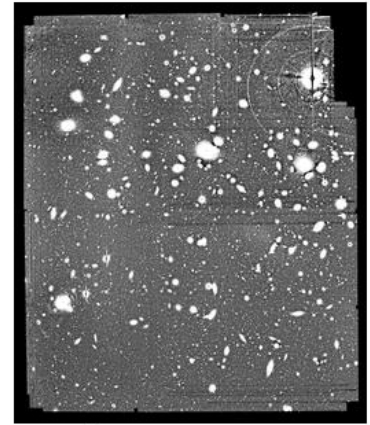
Triangular regions represent regions where data are found by our V/Crawler.
Numbers in the triangles (appear at zoom >= 4) represent the number of data in the region.

visible 地図

category : Suprime-Cam
id : 3074267
title : J130065.8+275851.1 (W-J-B)
target : Coma_Center,Comacore
type : image
center : 195.05693224165023 27.900691620082185
band center : 674533030500000
band name : emopt.B
band unit : Hz
Access URL : Download
HTML page : More Info

Chandra
HST
MPG/ESO
Subaru
Suzaku
UIT
UKIRT
VISTA
VLT
XMM-Newton

Quick look combined image



Mosaic frame: SUPM09C283C60294500

Download 271.52 MB

Firefox

DARTS / ASTRO

DARTS Astrophysics

MAXI SUZAKU HALCA ASCA GINGA TENMA JUDO

BACK

SUZAKU MASTER / Search Result

The number of display 1 / The number of hits 1

Output ALL hit records : select an output format >> CSV VOTABLE

Download data : select checkboxes below and THEN push >> WGET SCRIPT

CHECK ALL CLEAR ALL

NO	SELECT	FTP	NAME	RA	DEC	LII	BII	ROLL_ANGLE	TIME	ST
1	<input checked="" type="checkbox"/>	ftp	COMA CLUSTER OFFSET	194.6939	27.9466	60.0611	88.1792	318.0815	2006-05-30 02:23:29	2C 2C

Google Map と同様の GUI で視覚的にデータを見つける
複数の装置で観測された領域が一目でわかる

JVO Command (jc) サービス

- ✓ コマンドラインから portal に検索・解析ジョブを投入
- ✓ JVOspace (portal 上の Storage) へのアクセス
- ✓ スクリプトから何度も実行することができ便利

Syntax of jc (jvo command):

```
jc <command> [<option>] [<argument>]...
```

Examples:

```
jc search -i <jvoql_file>
```

```
jc registry -k <keyword>
```

```
jc copy2l <source> <destination>
```

```
jc run <program_name> <arguments>
```

Other commands:

```
ls rsync passwd resume suspent abort ps
```

```
union join select
```

VO を利用した天文学研究

VOを利用した査読論文

◎ <http://www.euro-vo.org/?q=science/scientific-papers>

◎ 110本の論文でVOを利用したことが明記

- 2013年 31
- 2012年 16
- 2011年 17
- 2010年 9
- 2009年 13
- 2008年 9
- 2007年 6
- 2006年 7
- 2005年 1
- 2004年 1

VOを利用した研究が
徐々に始まっている。

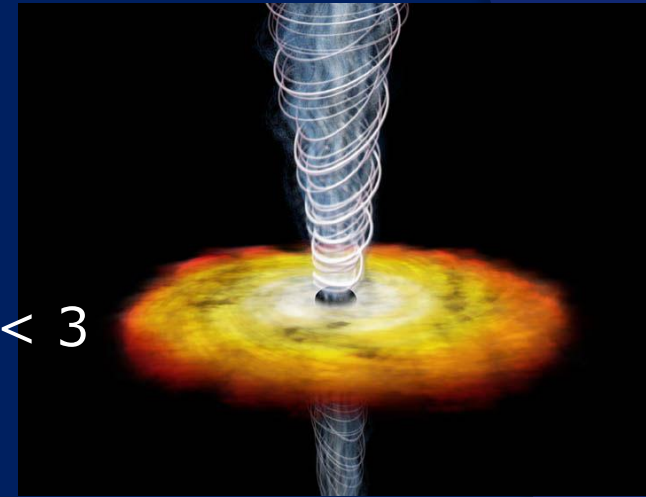
研究例1: “RADIO-LOUD NARROW-LINE TYPE 1 QUASARS”

S. Komossa et al, 2006, AJ, 132, 531

- クエーサーのうち特殊なタイプの種族を多波長カタログのクロスマッチにより候補選択

- Narrow-line Seyfert 1 (NLS1):**

- 比較的小さなブラックホール質量
- 最大光度で放射
- $\text{FWHM}_{\text{H}\beta} < 2000 \text{ km/s}$ and $[\text{OIII}]/\text{H}_{\text{tot}} < 3$
- 超大質量ブラックホールの発達初期段階?
- 電波であかるいものを選択



- 方法と結果**

- VO のクロスマッチサービスを利用し、QSO カタログ、電波カタログ (7)、可視光カタログ(3)、のクロスマッチ
- 11個の Radio-loud NLS1が見つけれ(それまでは~4)、多数のフォローアップ観測論文が報告された (citation 83)。

研究例2: “Fossil Groups in the Sloan Digital Sky Survey”

W. A.Santos et al, 2007, ApJ, 134, 1551

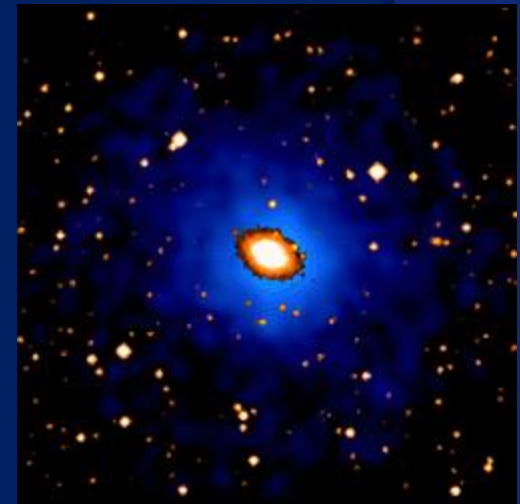
✓ Fossil galaxy group (化石銀河群):

- 明るい巨大楕円銀河が中心に一つだけ孤立した状態の系。
- 銀河群並みの質量・X線輝度。
- 銀河の衝突・合体による最終形態か？

✓ 方法

- OpenSkyQuery を利用
- 可視とX線のカatalogをクロスマッチ
- 広がった X線放射をともなう楕円銀河
- $0.5 h^{-1}_{70}$ Mpc 内の付随銀河が中心銀河より 2 等級以上暗い

✓ 34 の候補天体 (これ以前は15天体) (citation 42)



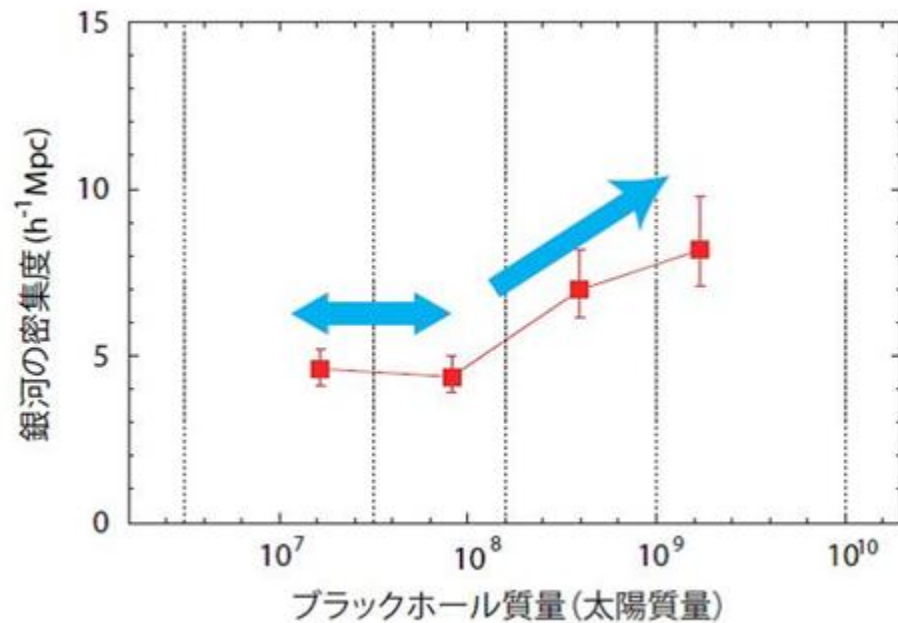
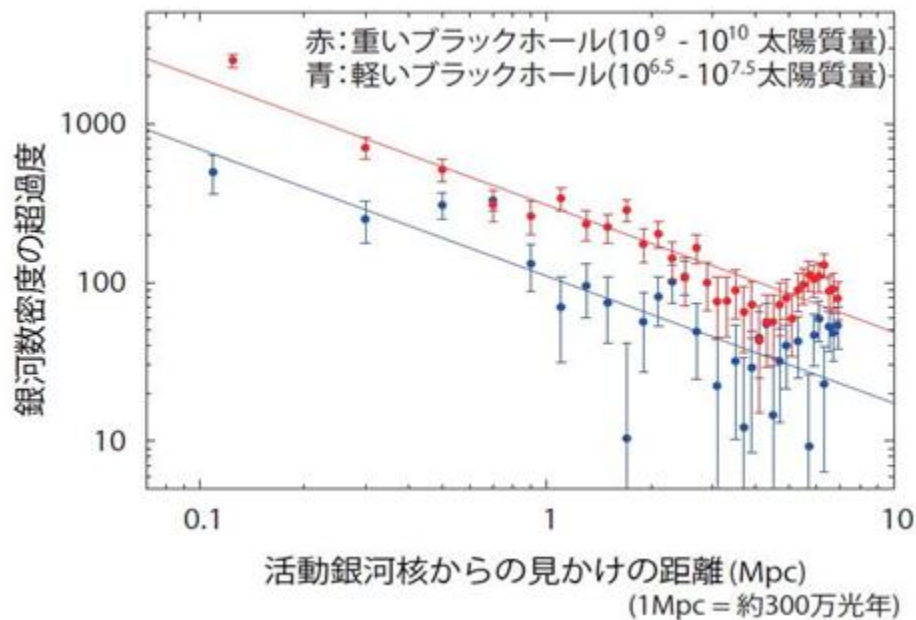
JVO による研究成果

“A Cross-correlation Analysis of AGN and Galaxies using Virtual Observatory: Dependence on Virial Mass of Super-Massive Black Hole”

Y.Komiya et al. 2013, ApJ 775, article id. 43

- ✓ AGN (Active Galactic Nucleus) の周りの銀河数密度を多数のサンプルにもとづき測定。
- ✓ ブラックホール質量の大きな AGN ほど、周辺銀河密度が高いことを観測的に確認した。
- ✓ AGN の起源に銀河同士の衝突・合体が大きく影響していることを示唆する結果。

解析結果



AGN 周辺銀河の密度超過の
ブラックホール質量依存性を世界初検出！

まとめ

◎ 天文データ利用の問題点

- 利用価値の高いデータアーカイブが多数
 - VO が多数のサイトへのアクセスを容易に
- 観測データサイズが大きくダウンロード困難
 - 解析処理のリモート実行

◎ VO の進捗状況

- 標準仕様の策定はほぼ完了
- データサービスの VO 化
 - 着々と進展
- 処理済みデータの配信
 - 主要なサーベイデータについてはそのカタログが VO 配信済
 - すばる望遠鏡のデータは一部について配信を開始
 - 大多数の望遠鏡については、まだまだこれから