

天文分野におけるメタデータについて

国立天文台 天文データセンター
白崎 裕治

天文データの種類

天文観測におけるデータは観測の種類（測定対象、波長）によって以下のように分類される。

- ◎ 撮像型データ：明るさの2次元空間分布
- ◎ スペクトルデータ：1次元波長強度分布
- ◎ フォトンリストデータ：光子毎のデータ
- ◎ 3次元キューブ：スペクトルデータの空間マッピングデータ
- ◎ カタログデータ：上記のデータに対する測定量のテーブル

これらのデータを共通のフォーマットで保存するための標準規格 → **FITS**

FITS (Flexible Image Transport System)

- ◎ 天文データとそのメタデータを保存・交換するための標準フォーマット
 - 研究者間でデータや解析ソフトを共有
- ◎ 1979年 International Image Processing Workshop において提案。国際標準フォーマットとして認定。
- ◎ 国際天文連合の「天文学データを扱う第5委員会」において管理

FITS の構造

- ◎ 最も単純な場合：1つのヘッダと1つのデータ配列を持つファイル
- ◎ ヘッダレコード
 - データレコード部の説明(メタデータ)
 - データの種類、座標、時刻、観測波長、バイト数、レコード数
 - キーワード = 値 / 注釈
- ◎ データレコード
 - バイナリまたはアスキーデータ配列

ヘッダレコード

データレコード

FITSヘッダーの例

```
FITS ファイルのサンプル - Mozilla Firefox
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)

1 2 3 4 5 6 7
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
-----
SIMPLE = T / FITS STANDARD
BIRPIX = 16 / FOTS BITS/PIXEL
NAXIS = 2 / NUMBER OF AXES
NAXIS1 = 512 /
NAXIS2 = 512 /
BSCALE = 1.0000000000E0 / REAL = TAPE*BSCALE + BZERO
BZERO = 0.0000000000E0 /
OBJECT = m51 B 600s /
ORIGIN = KPNO-IRAF /
DATE = '02-09-90' /
IRAFNAME = 'pix' / NAME OF IRAF IMAGE FILE
IRAF-MAX = 1.993600E4 / DATA MAX
IRAF-MIN = -1.000000E0 / DATA MIN
IRAF-B/P = 16 / DATA BITS/PIXEL
IRAF-TYPE = 'INTEGER' /
IRAF-MAX = 1.229817E4 / DATA MAX
IRAF-MIN = -6.053954E0 / DATA MIN
IRAF-B/P = 16 / DATA BITS/PIXEL
IRAF-TYPE = 'FLOATING' /
CCDPICNO = 53 / ORIGINAL CCD PICTURE NUMBER
ITIME = 600 / REQUESTED INTEGRATION TIME (SECS)
TTIME = 600 / TOTAL ELAPSED TIME (SECS)
OTIME = 600 / ACTUAL INTEGRATION TIME (SECS)
DATA-TYP = 'OBJECT (0)' / OBJECT, DARK, BIAS, ETC.
DATE-OBS = '05/04/87' / DATE DD/MM/YY
RA = '13:29:24' / RIGHT ASCENSION
DEC = '47:15:34' / DECLINATION
EPOCH = 0.00 / EPOCH OF RA AND DEC
ZD = '22:14:00' / ZENITH DISTANCE
UT = '09:27:27' / UNIVERSAL TIME
ST = '14:53:42' / SIDERIAL TIME
CAM-ID = 1 / CAMERA HEAD ID
CAM-TEMP = -106.22 / CAMERA TEMPERATURE, DEG C
DEW-TEMP = -180.95 / DEWAR TEMPERATURE, DEG C
F1POS = 2 / FILTER BOLT I POSITION
F2POS = 0 / FILTER BOLT II POSITION
TVFILT = 0 / TV FILTER
CMP-LAMP = 0 / COMPARISON LAMP
TILT-POS = 0 / TILT POSITION
BIAS-PIX = 0 /
BI-FLAG = 0 / BIAS SUBTRACT FLAG
BP-FLAG = 0 / BAD PIXEL FLAG
```

データビット長、データ配列
の次元、配列数

観測ターゲット名

観測日時、座標

```
FITS ファイルのサンプル - Mozilla Firefox
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)

BP-FLAG = 0 / BAD PIXEL FLAG
CR-FLAG = 0 / BAD PIXEL FLAG
DK-FLAG = 0 / DARK SUBTRACT FLAG
FR-FLAG = 0 / FRINGE FLAG
FR-SCALE = 0.00 / FRINGE SCALING PARAMETER
TRIM = 'Apr 22 14:11 Trim image section is [3:510,3:510]
BT-FLAG = 'Apr 22 14:11 Overscan correction strip is [515:544,3:510]
FF-FLAG = 'Apr 22 14:11 Flat field image id Flat1.imh with scale=183.9447
CCDPROC = 'Apr 22 14:11 CCD processing done'
AIRMASS = 1.08015632629395 / AIRMASS
HISTORY New copy of one035.imh
HISTORY New copy of one035
HISTORY New copy of m51
HISTORY New copy of m513
HISTORY New copy of m51
END
```

Standard FITS Keyword (53+WCS)

(blank) CROTAn EQUINOX NAXISn TBCOLn TUNITn AUTHOR
CRPIXn EXTEND OBJECT TDIMn TZEROn BITPIX CRVALn
EXTLEVEL OBSERVER TDISPn XTENSION BLANK CTYPEn
EXTNAME ORIGIN TELESCOP BLOCKED DATAMAX EXTVER PCOUNT
TFIELDS BSCALE DATAMIN GCOUNT PSCALn TFORMn BUNIT
DATE GROUPS PTYPEn THEAP BZERO DATE-OBS HISTORY
PZEROn TNULLn CDELTn END INSTRUME REFERENC TSCALn
COMMENT EPOCH NAXIS SIMPLE TTYPEn

その他 WCS Keywords

データフォーマットのパラメータ

天球座標への変換パラメータ

観測天体名、観測日時、観測者、装置名

観測条件に関するキーワードが未定義！

すばるデータ FITS Keyword (737)

- ◎ 基本 Keyword 222
- ◎ 装置別 Keyword 515
 - CIAO 49
 - COMICS 139
 - FOCAS 31
 - HDS 74
 - CISCO/OHS 5
 - SuprimeCam 23
 - IRCS 128
 - AO 29
 - MOIRCS 37

環境データ用 Keyword も定義
しかし、あまり利用されていない。
定量化が難しい。

FITS 規約の効用と課題

◎ FITS 規約の効用

- 様々な装置によるデータを共通のソフトで利用可能
- 様々なアプリケーションソフトが利用可能 

◎ データ共有における課題

- ヘッダーキーワードの標準化が不十分
 - 環境データやデータの質をあらわす指標
 - 独自キーワードの氾濫
- データ検索・取得のメカニズムはない
 - データの配布先はどこなのか？
 - データ検索方法の不統一（データセンタ独自の I/F）

→ データ共有の利便性向上のための国際標準規格

国際バーチャル天文台連合の発足

FITS を扱えるソフトウェア

- ◎ FITS ブラウザ
 - Makali'i (日本)、fv, ds9 (米国)、JSky (欧州)
- ◎ 一般の画像処理ソフトウェア
 - netPBM, ImageMagick, gimp
- ◎ 天文学研究用解析ソフトウェア
 - IRAF (NOAO), AIPS (NRAO), MIDAS (ESO)
- ◎ *FITS* ソフトウェアの開発者向けのツール
 - FTOOLS, FITSIO (HEASARC), funtools (SAO)
 - WCSLIB (ANTF), WCSTools (SAO)
 - eclipse (ESO), nom.tam (HEASARC)
 - IDL Astronomy Users Library (NASA/GSFC)

International Virtual Observatory Alliance (2002 ~)

- ◎ 世界 16 の国と地域機関
- ◎ e-mail ベースの議論 + 年 2 回の会議
- ◎ データの共有や解析に関する国際標準の策定や関連する技術情報の交換

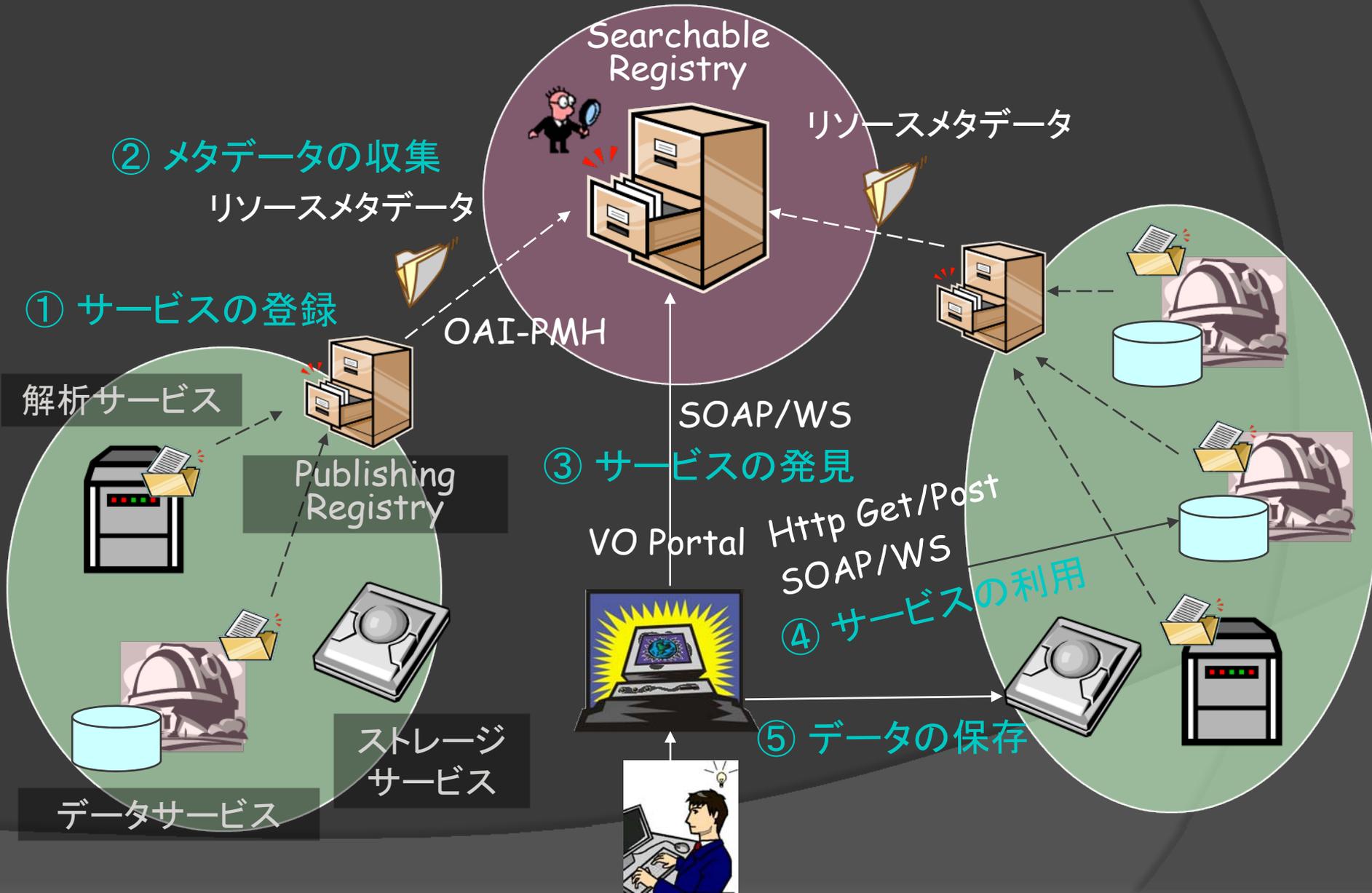
<http://www.ivoa.net/>



バーチャル天文台における標準化

- ◎ データの公開と発見方法の標準化
 - Publishing Registry によるメタデータの公開
 - Searchable Registry によるメタデータの検索
- ◎ データの検索と取得の標準化
 - データ種別に応じた検索プロトコル
 - TAP (テーブル), SIAP (画像), SSAP (スペクトル)...
 - 検索結果フォーマット VOTable
- ◎ データを表す語彙の標準化
 - UCD (Unified Content Descriptor)
 - `pos.eq.ra phot.flux.density`
 - 様々なデータモデルの定義:
 - STC, Spectrum Data Model, Characterisation Data Model

メタデータの交換方法



データサービスメタデータの例

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

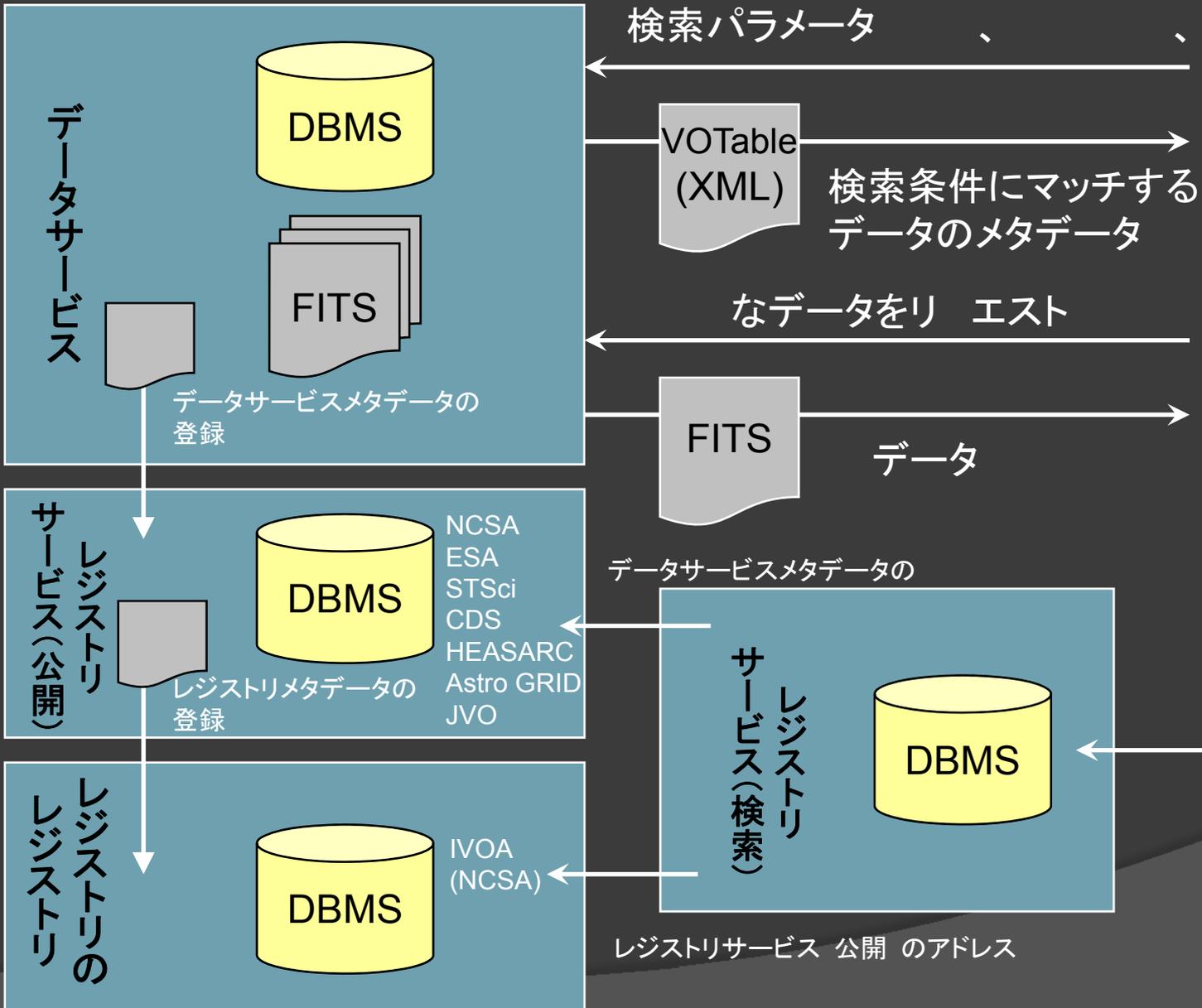
- <ns1:Resource created="2004-10-22" updated="2005-08-01">
  <ns1:title>The MAST Image Scrapbook</ns1:title>
  <ns1:shortName xsi:type="xsd:string">MAST-Scrapbook</ns1:shortName>
  <ns1:identifier xsi:type="xsd:anyURI">ivo://irsa.ipac/MAST-Scrapbook</ns1:identifier>
- <ns1:curation>
  <ns1:publisher ivo-id="ivo://irsa.ipac/IRSA">NASA/IPAC Infrared Science Archive</ns1:p
- <ns1:contact>
  <ns1:name>Anastasia Alexov</ns1:name>
  <ns1:email>aalexov@ipac.caltech.edu</ns1:email>
  </ns1:contact>
</ns1:curation>
- <ns1:content>
- <ns1:description>
  The MAST Spectral/Image Scrapbook is designed to allow users to take a quick look at sa
  IRSA and MAST.
</ns1:description>
<ns1:referenceURL>http://irsa.ipac.caltech.edu/data/Scrapbook</ns1:referenceURL>
<ns1:type>Archive</ns1:type>
<ns1:contentLevel>Research</ns1:contentLevel>
</ns1:content>
- <ns1:interface qtype="GET" xsi:type="ns2:ParamHTTP">
- <ns1:accessURL use="base">
  http://irsa.ipac.caltech.edu/cgi-bin/Atlas/nph-atlas?mission=Scrapbook&hdr_location=%5C
</ns1:accessURL>
<ns2:resultType>application/xml+votable</ns2:resultType>
</ns1:interface>
<ns3:facility>The Multi-Mission Archive at Space Telescope</ns3:facility>
</ns1:Resource>
```

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

- <ns4:coverage>
- <ns4:spatial>
  <ns4:region xsi:type="ns4:AllSky"/>
</ns4:spatial>
- <ns4:spectral>
  <ns4:waveband>Infrared</ns4:waveband>
  <ns4:waveband>Optical</ns4:waveband>
  <ns4:waveband>UV</ns4:waveband>
  <ns4:waveband>EUV</ns4:waveband>
</ns4:spectral>
</ns4:coverage>
- <ns5:capability>
  <ns5:imageServiceType>Atlas</ns5:imageServiceType>
- <ns5:maxQueryRegionSize>
  <ns5:long>12.5</ns5:long>
  <ns5:lat>12.5</ns5:lat>
</ns5:maxQueryRegionSize>
- <ns5:maxImageExtent>
  <ns5:long>1.0</ns5:long>
  <ns5:lat>1.0</ns5:lat>
</ns5:maxImageExtent>
- <ns5:maxImageSize>
  <ns5:long>2048</ns5:long>
  <ns5:lat>2048</ns5:lat>
</ns5:maxImageSize>
  <ns5:maxFileSize>83886080</ns5:maxFileSize>
  <ns5:maxRecords>3000</ns5:maxRecords>
</ns5:capability>
</ns1:Resource>
```

完了

バーチャル天文台におけるデータの流れ



検索の例

```
Mozilla Firefox
ファイル(F) 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 file:///C:/DOC...mp/votable.xml

-<VOTABLE version="1.0">
-<RESOURCE type="results">
  <DESCRIPTION>CDA Simple Image Access Prototype Service</DESCRIP
  <INFO name="QUERY_STATUS" value="OK" />
  <PARAM arraysize="*" datatype="char" name="CoordRefFrame" ucd=
  <PARAM arraysize="3" datatype="char" name="CoordProjection" ucd=
  <PARAM arraysize="*" datatype="char" name="Bandpass" ucd="VOX:
  <PARAM arraysize="*" datatype="char" name="BandpassUnit" ucd="V
  <PARAM datatype="double" name="BandpassLoLimit" ucd="VOX:Bandp
  <PARAM datatype="double" name="BandpassHiLimit" ucd="VOX:Bandpe
  <PARAM arraysize="*" datatype="char" name="PixFlags" ucd="VOX:Ir
  <PARAM arraysize="*" datatype="char" name="Institute" value="CXG
-<TABLE name="Image List">
  <DESCRIPTION>Images available from CDA</DESCRIPTION>
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Object" ucd="VOX:Im
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="DATE-OBS(TT" ucd=
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="RA" ucd="POS_EQ_R
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Dec" ucd="POS_EQ_I
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="ImageNaxes" ucd="VO
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="ImageNaxis" ucd="VO
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="ImageScale" ucd="VO
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Format" ucd="VOX:Ir
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="URL" ucd="VOX:Imag
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="ObsId" />
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Instrument" ucd="INS
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Exposure" unit="ks" /
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Offset" unit="deg" />
  <FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Score" />
-<DATA>
-<TABLEDATA>
  -<TR>
    <TD>Crab Nebula</TD>
    <TD>Tue Jan 27 01:11:43 EST 2004</TD>
```

```
Mozilla Firefox
ファイル(F) 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 file:///C:/DOC...mp/votable.xml

<FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Offset" unit="deg" />
<FIELD arraysize="*" datatype="char" name="Score" />
-<DATA>
-<TABLEDATA>
  -<TR>
    <TD>Crab Nebula</TD>
    <TD>Tue Jan 27 01:11:43 EST 2004</TD>
    <TD>83.63333333333333</TD>
    <TD>22.014444444444443</TD>
    <TD>2</TD>
    <TD>1024 1024</TD>
    <TD>0.001093333</TD>
    <TD>image/fits</TD>
  -<TD>
    http://cda.harvard.edu/siap/getImage?obsid=4607&dataset=flight&detector=acis&level=2&fi
  </TD>
    <TD>4607</TD>
    <TD>ACIS-S</TD>
    <TD>37.74</TD>
    <TD>1.2229372178432197E-4</TD>
    <TD>30.192</TD>
  </TR>
  -<TR>
    <TD>Crab Nebula</TD>
    <TD>Tue Jan 27 01:11:43 EST 2004</TD>
    <TD>83.63333333333333</TD>
    <TD>22.014444444444443</TD>
    <TD>2</TD>
    <TD>1024 1024</TD>
    <TD>0.001093333</TD>
    <TD>image/jpeg</TD>
  -<TD>
    http://cda.harvard.edu/siap/getImage?obsid=4607&dataset=flight&detector=acis&level=2&fi
  </TD>
    <TD>4607</TD>
    <TD>ACIS-S</TD>
    <TD>37.74</TD>
    <TD>1.2229372178432197E-4</TD>
    <TD>30.192</TD>
  </TR>
-<TR>
```

ストルデータ検索例

```
Mozilla Firefox
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)
Data Search on a Single Data Ser... JVO VOTable Viewer file:///C:/Doc...votable(2).xml
- <VOTABLE>
- <RESOURCE type="results">
  <DESCRIPTION> ISO Spectrum Access Service </DESCRIPTION>
  - <TABLE>
    <FIELD ID="ObsId" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="OBS_ID" />
    <FIELD ID="Reference" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="DATA_LINK" />
    <FIELD ID="Target_Name" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Image_Title" />
    <FIELD ID="Start_Time" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:OBS_START_TIME" />
    <FIELD ID="End_Time" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:OBS_END_TIME" />
    <FIELD ID="RA" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="POS_EQ_RA_MAIN" />
    <FIELD ID="DEC" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="POS_EQ_DEC_MAIN" />
    <FIELD ID="AXES" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Spectrum_axes" />
    <FIELD ID="UNITS" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Spectrum_units" />
    <FIELD ID="DIMEQ" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Spectrum_dimeq" />
    <FIELD ID="SCALEQ" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Spectrum_scaleq" />
    <FIELD ID="FORMAT" arraysize="*" datatype="char" name="" ucd="VOX:Spectrum_Format" />
  - <DATA>
    - <TABLEDATA>
      - <TR>
        <TD>82602219</TD>
        - <TD>
          http://ida.esac.esa.int:8080/aio/jsp/product.jsp?obsno=82602219&protocol=HTTP&name=ssph&level=Custom
        </TD>
        <TD>ISO SWS01 Spectrum Target: Crab 1A</TD>
        <TD>1998-02-18 21:15:24.685</TD>
        <TD>1998-02-18 22:12:58.685</TD>
        <TD>83.6402175</TD>
        <TD>22.01457</TD>
        <TD>WAVE FLUX</TD>
        <TD>um Jy</TD>
        <TD>L MT-2</TD>
        <TD>1.E-6 1.E-26</TD>
        <TD>spectrum/fits</TD>
      </TR>
      - <TR>
        <TD>69501241</TD>
        - <TD>
          http://ida.esac.esa.int:8080/aio/jsp/product.jsp?obsno=69501241&protocol=HTTP&name=lsph&level=Custom
        </TD>
        <TD>ISO LWS01 Spectrum Target: Crab Neb. #1</TD>
        <TD>1997-10-11 01:18:54.685</TD>
        <TD>1997-10-11 01:37:38.685</TD>
        <TD>83.642775</TD>
        <TD>22.01733</TD>
        <TD>WAVE FLUX</TD>
```

バーチャル天文台 ス 装か と

◎ うまくいっている面

- レジストリによるメタデータの自動配信機能は大変うまくいっている。→ **利用できるサービスが自動的に増えていく。**
- 初期の標準仕様は機能が限られているものの、複数のデータサービスへ同時に検索実行が可能になり、**必要なデータへアクセスしやすくなった。**

◎ 問題点・不足する機能

- 初期の標準仕様は機能が限られているため、**必要なデータのみを検索することが困難。**
- 標準仕様がどんどん大きくなることで、**サービスの実装が大変**になってくる。→ ツールキット必要
- **大量のデータ**を取得することは難しい。→ 物理的な困難
- **環境データ、データクオリティー**に関する取り決めが必要
→ 観測所との連携が重要

まと 標準化 に しての

- メタデータ データ配 方法の 標準規約の
定 データ の 変 効
- しかしなが、か とすると ()
の利 ()が し、なかなか ま ない。
- 規約 その り、 なデータ ター
利用される とがま
- し が て、規約 にして に てしまい、
デフ トスタ ダードを すのが て とりば い。
FITS その 例 ある。