

DARTS/AKARI 全天マップ画像 検索機能の開発

JAXA/ISAS C-SODA (科学衛星運用・データ利用センター)
○吉野彰、稲田久里子、松崎恵一、山内千里

平成26年2月14日
平成25年度宇宙科学情報解析シンポジウム

本講演の内容

あかり全天マップ画像群から、指定の領域に含まれるものを検索する際の、要求と解決法

についてお話しします

あかり全天マップ画像紹介

- **全天マップ画像** (全天写真星図; 右図)

- 高次処理済 (機器由来の赤外光を極力除去)

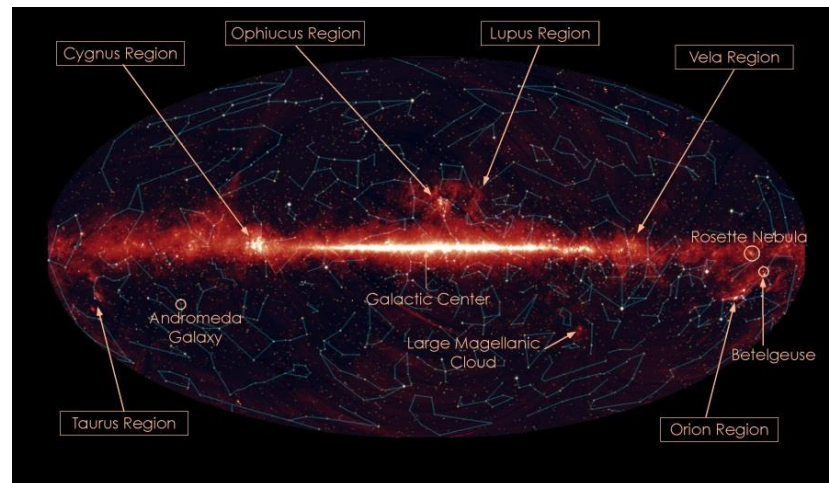
- ⇒ 外部ユーザーがすぐ研究に利用可能

- 現在作成中、2014年度末公開予定

- **その検索機能**

- DARTS/AKARI-DAS (Diffuse Map Data Archive Server)

- ⇒ **本講演の主題**



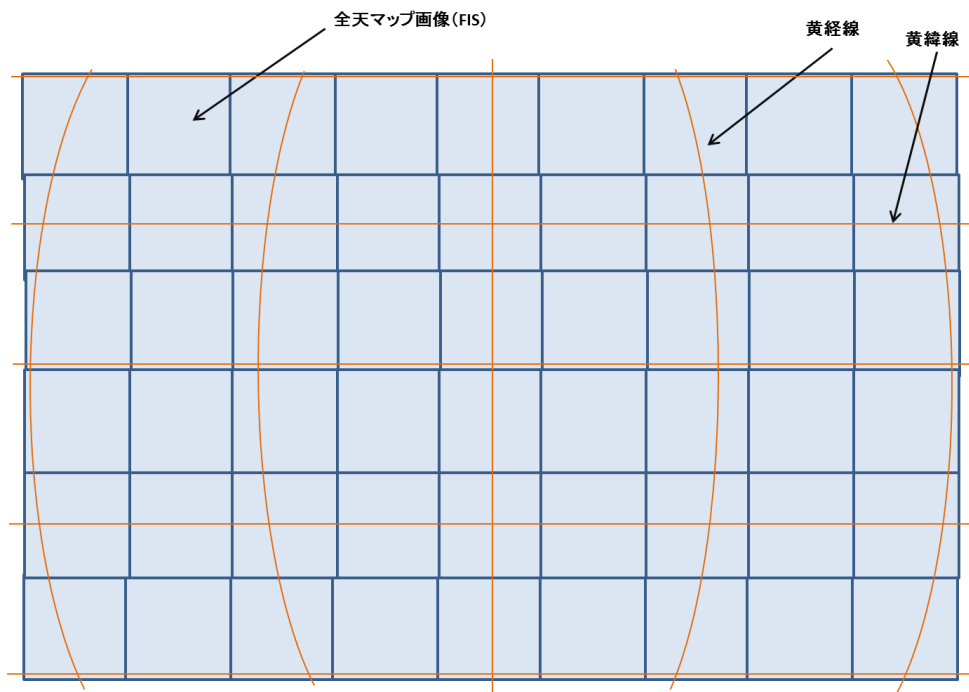
http://www.ir.isas.jaxa.jp/ASTRO-F/Outreach/results/results_e.html

IRC 9micron All Sky Map (FITSデータは未公開)

全天マップ画像群の概要

- FITS形式ファイル
- ヘッダに観測記録・処理履歴あり
- 1つの画像(正方形)は数度平方程度をカバー
- 多数の画像ファイルがタイル状に並ぶ
- 全天をカバー
- わずかに重なりあり(上下左右0.1度)

- IRC: 9 μ m, 18 μ m (2バンド)
- FIS: 60 μ m, Wide-S, Wide-L, 160 μ m (4バンド)
の各々に対しマップあり



模式図(一部天域)

本開発の3つの要求

①: 取りこぼしのない検索の実現

- 右図の4枚を返すような検索を実現する

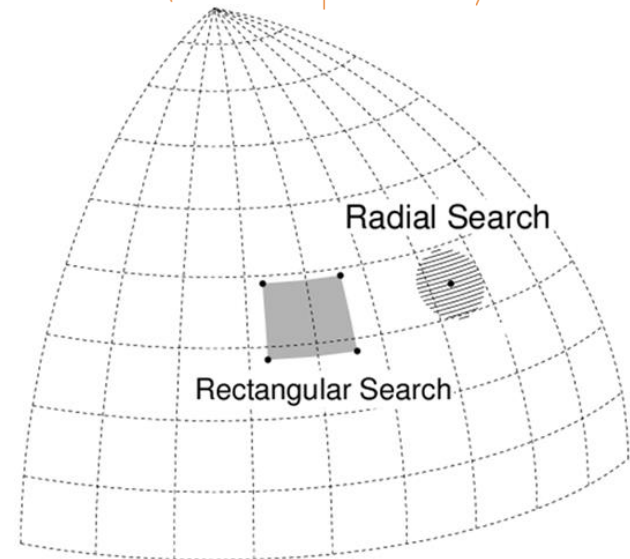
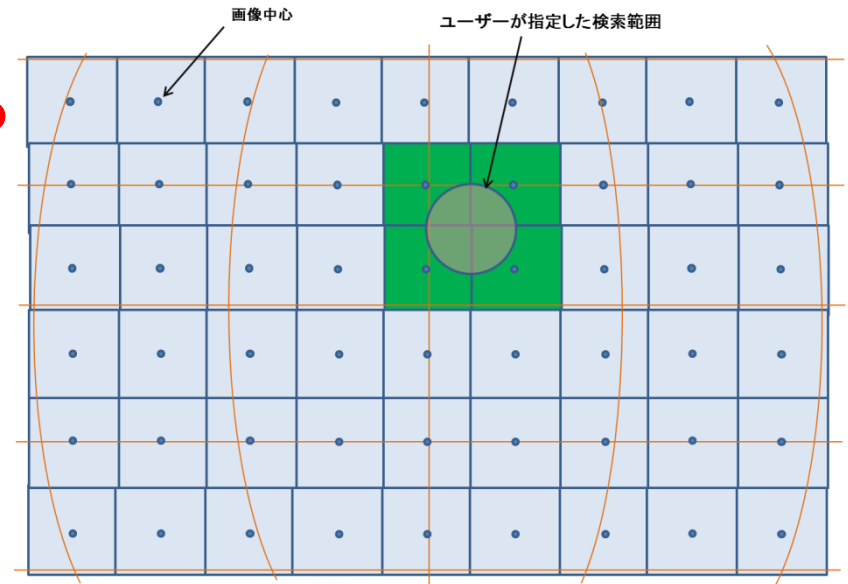
②: 開発・維持コストの節約

- 出来る限り単純化し、また既存の検索方法を流用できるならしたい

⇒ AKARI-CASの仕組みを流用

③: 簡単に使えるユーザーI/Fの実装

- 想定ユーザー: 天文学研究者
- 検索方法1: Radial(円)検索
← 中心(座標または天体名)と半径を指定
- 検索方法2: Rectangular(矩形)検索
← 四隅の座標を指定 (⇒ 右図)



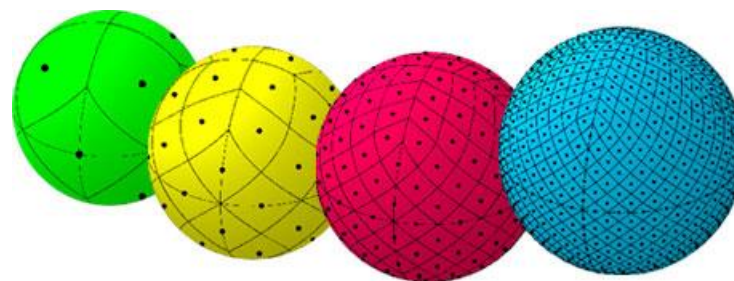
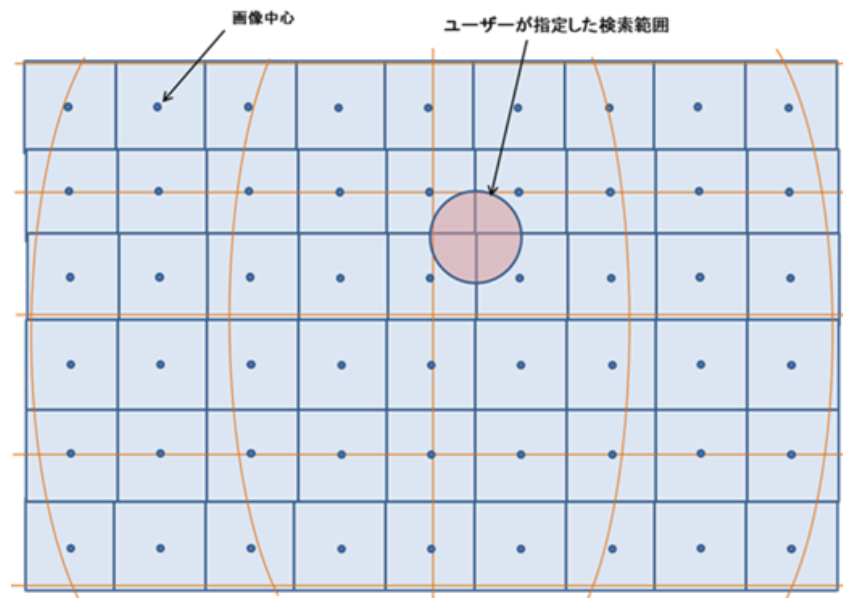
要求①(取りこぼしのない検索)にまつわる課題: 面積体をどうやって検索するか

各画像の位置情報はFITSヘッダ参照点
(1点)のみ

- 1画像1点登録では、検索に引っかからないことがある
- 右図: 運悪く**1つも引っかからない例**

解決法:

- ユーザーに**広めに範囲を取ってください**と**お願いする**⇒**あまり格好良くない**
- **隙間をなくす**方法を考える
 - 方法1: 天球を等面積に細かく分割し、**各部分面に番号を振って**、画像と対応させる (HEALPix法: 右図)
 - 方法2: 各画像の面内に(参照点以外に)多数の位置情報を設けて、**引っかかりを増やす**
⇒**本開発で採用**



HEALPix 分割法

<http://healpix.jpl.nasa.gov/>

要求①(取りこぼしのない検索)の解決: 格子点を採用

FITS画像の位置情報が1点だけなのが問題の発端
釘1本しかない板への輪投げ⇒外れが多い

そこで!

本開発での解決法(山内千里考案):

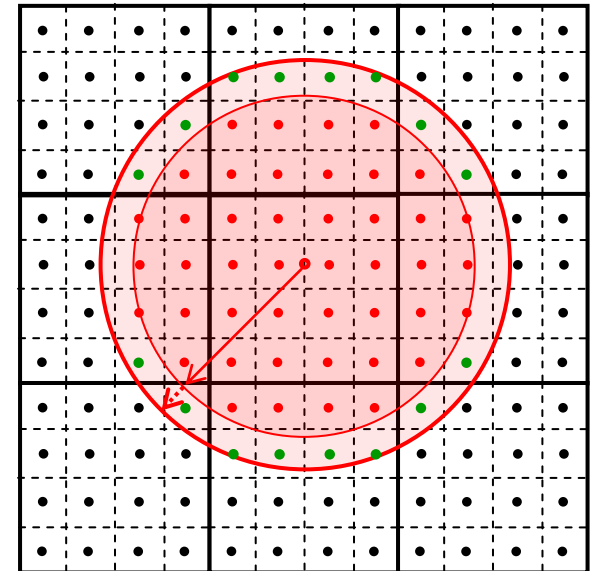
- 画像内を細かく区切った等間隔の点(格子点)の位置情報(座標)を求めておく

画像のタテヨコを基準に領域を分割:右の模式図
では1画像を16分割

⇒位置情報の隙間を非常に小さくする:実際には10分角間隔(1度平方につき36点)

- 残ったわずかな隙間は、輪をその分だけ大きくすることで対応(右図の大円)

釘がびっしり刺さった板への輪投げ⇒必ず当たる!
⇒抜け落ち・余分のない検索を実現できる



格子点検索の模式図

格子点採用による様々なメリット

1. 面積体の検索が格子点の座標検索に置換された
⇒カタログ検索と同等
⇒既存のカタログ検索「AKARI-CAS」と同一手法で、検索システムを構築可能
⇒開発・維持コストの節約に貢献（要求②の解決につながる）
2. 複雑な数学計算が不要：高校数学のレベルで簡単に検算が可能
3. 検索実行時に、天域分割法(例:HEALPix)では無くせない「“検索条件→天域IDリスト算出”のためのオーバヘッド」がゼロ
4. 外部ライブラリが不要
⇒仕様変更・バージョンアップにふりまわされないで済む
5. 工夫次第で検索の高速化が可能

要求①(取りこぼしのない検索)の解決その2: 直交座標系を利用

直交座標 (X,Y,Z) とは:

天球の半径を1とする単位ベクトルの3成分のこと

(RA, DEC) [degree]

⇒ (X,Y,Z) [-1から1の無次元量]

変換公式は以下の通り:

$$X = \cos(\text{DEC}) \sin(\text{RA})$$

$$Y = \cos(\text{DEC}) \cos(\text{RA})$$

$$Z = \sin(\text{DEC})$$

各格子点の (X,Y,Z) を **事前に算出** しておき、**データベース (DB) に入れておく**

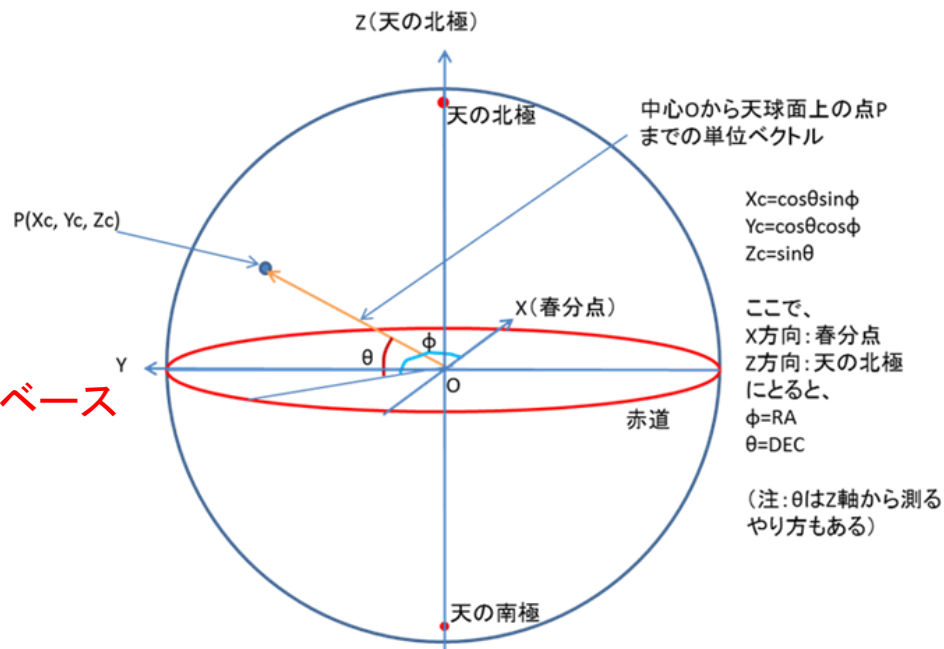
直交座標系利用のメリット:

- **天の両極が特異点にならないで済む**

(極座標のままでは、緯度±90度のとき経度は全部アリになってしまう: 該当画像をDB登録し検索に引っかけるには特別対応が必要)

- **経度360度=0度またぎも問題にならないで済む**

⇒ 天球のどこを占めるデータでも特に区別なく検索できる



要求②(開発維持コスト節約)の解決: AKARI-CASの仕組みを流用

- **AKARI-CASとは:**
あかり**点源天体カタログ**(PSC/BSC)用の**検索機能**(2011年 完成)

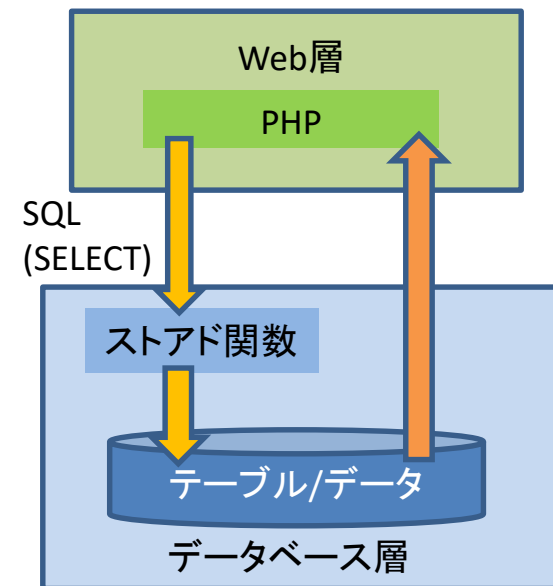
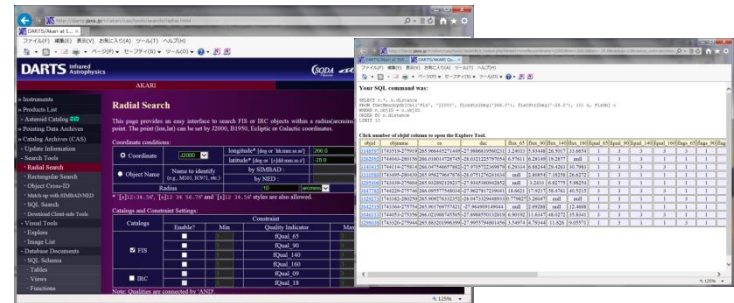
- 設計の根本: DB内で行えることはDBが負担する
- DBに**単位/座標変換/角距離計算用の関数**(stored function)を豊富に用意
⇒計算がDB内で完結するため高速化できる
- **直交座標値(X,Y,Z)の算出と、それによる検索方法が確立されている**

コスト節約のポイント:

- **格子点検索は、びっしり敷き詰められた天体カタログの検索と同じ**
- Web層とDB層それぞれを、AKARI-CASで確立した方法を**手本**にして構築でき、両者を同様に管理できる
⇒画像だからと言って特別扱いしなくてよい!
(違うのはわずかに範囲に余白をつけただけ)

AKARI-CAS : PSC/BSC 検索

<http://darts.jaxa.jp/ir/akari/cas.html>



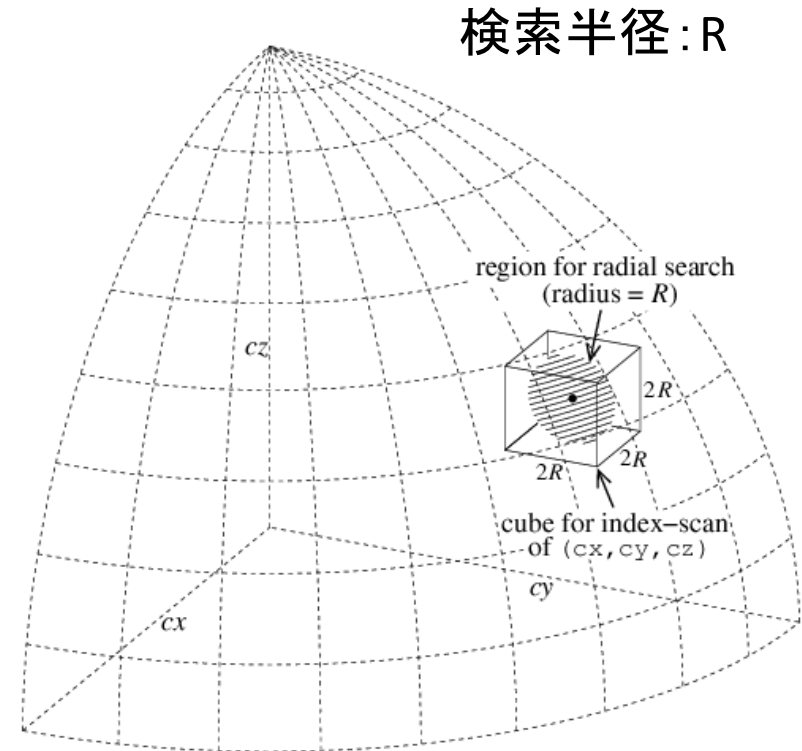
AKARI-CASレイヤー概略図

円検索時の高速化の工夫

検索を2段階に分けることで高速になる:
(AKARI-CASですでに実績あり、本開発でも採用)

- **1段階目**: 1辺 $2R$ の立方体で格子点をざっくり切り取る (between文)
- 内部計算: 立方体中に存在する格子点と検索中心との角距離 θ を計算 (余弦定理)
- **2段階目**: $\theta \leq R$ を満たす格子点IDを返す
- 格子点IDに対応する画像IDをユーザーに返す \Rightarrow Web ページに表示

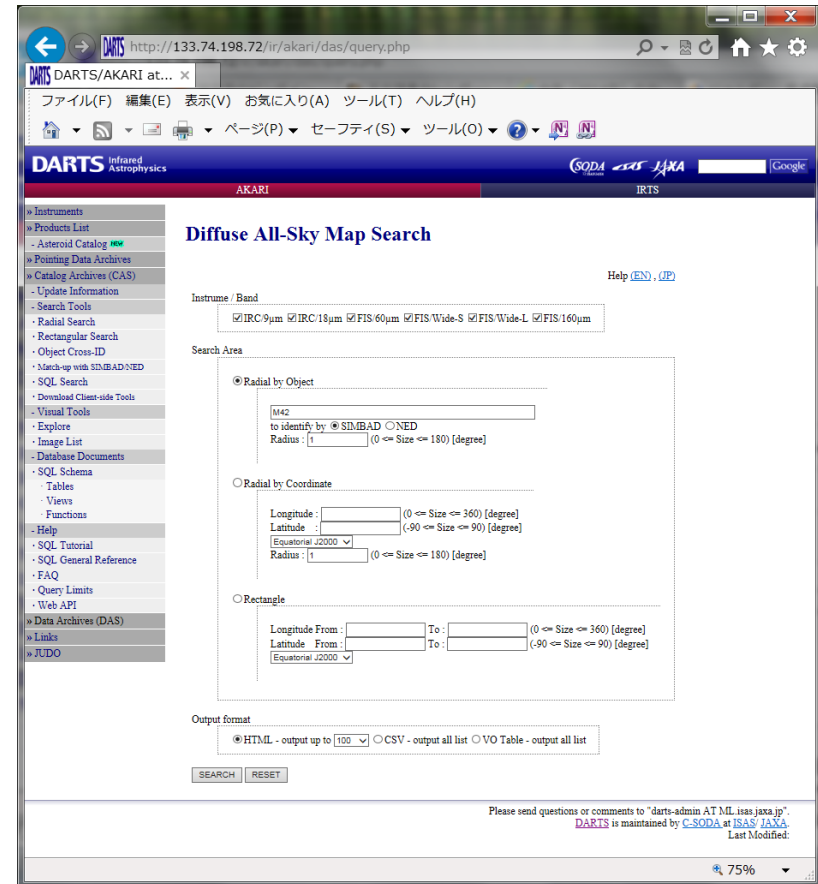
\Rightarrow **テーブルの全ての行に対し角距離計算するよりも速い** (Yamauchi et al. 2011)



要求③(簡単操作 I/F)の解決: シンプルな条件入力画面

研究者ユーザになじみやすいシンプルな
Webインターフェースを実装し、**簡単操作を
実現した**

- Radial Search (円検索)
 - 中心点と半径を入力
 - 中心点:座標値または天体名入力
 - 天体名入力時
⇒NED/SIMBADで座標値に変換
- Rectangular Search (矩形検索)
 - 四隅の座標(経度・緯度)を入力
- 座標系:赤道座標(J2000, B1950)、黄道座標、銀河座標から選択可
- 出力形式:html, csv, VOTable から選択可



※画面は開発中のものです。予告なく変更することがあります。

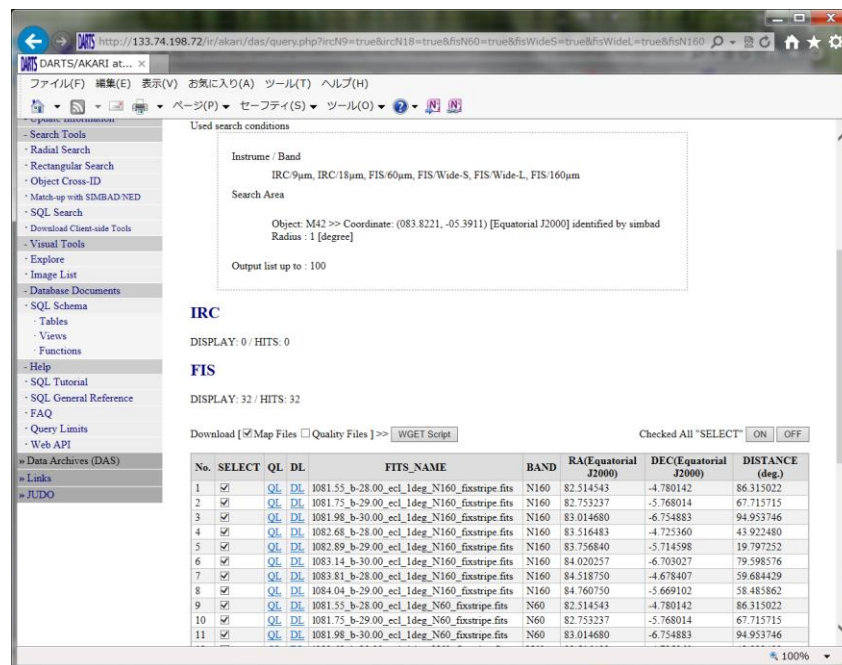
課題③(簡単操作I/F)の解決その2: シンプルな結果出力画面

- 検索結果では、ごくシンプルな情報だけ見せる
- 指定座標系の経度緯度(FITSヘッダの参照座標)順に表示
- 早見画像とFITSデータへのリンク生成
- wgetスクリプトで一括取得も可

2014年2月現在、非公開版のデータで実装試験中

数値評価はこれから

今後、内部レビューを経て外部公開へ(期日未定)



Used search conditions

Instrument / Band
IRC:9μm, IRC:18μm, FIS:60μm, FIS:Wide-S, FIS:Wide-L, FIS:160μm

Search Area
Object: M42 >> Coordinate: (083.8221, -05.3911) [Equatorial J2000] identified by simbad
Radius: 1 [degree]

Output list up to: 100

IRC
DISPLAY: 0 / HITS: 0

FIS
DISPLAY: 32 / HITS: 32

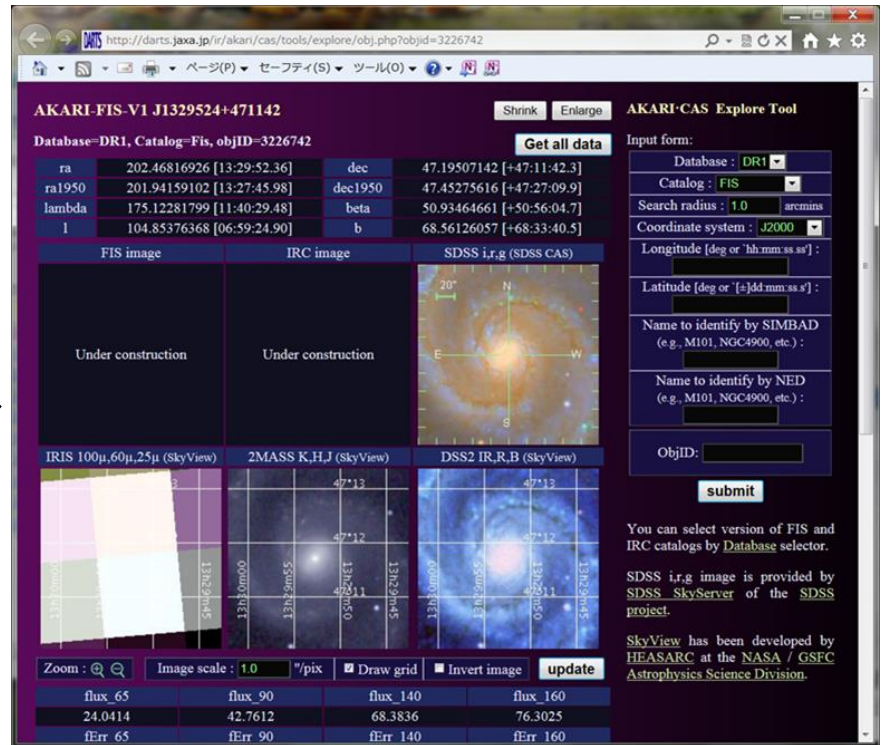
Download [Map Files Quality Files] >> Checked All "SELECT" ON OFF

No.	SELECT	QL	DL	FITS_NAME	BAND	RA(Equatorial J2000)	DEC(Equatorial J2000)	DISTANCE (deg.)
1	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.55_b-28.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	82.514543	-4.780142	86.315022
2	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.75_b-29.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	82.753237	-5.768014	67.715715
3	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.98_b-30.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	83.014680	-6.754883	94.953746
4	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1082.68_b-28.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	83.516483	-4.725260	43.923480
5	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1082.89_b-29.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	83.756840	-5.714598	19.797252
6	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1083.14_b-30.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	84.020257	-6.703027	79.598576
7	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1083.81_b-28.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	84.518750	-4.678407	59.684429
8	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1084.04_b-29.00_ec1_1deg_N160_fixstripe.fits	N160	84.760750	-5.669102	58.485862
9	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.55_b-28.00_ec1_1deg_N60_fixstripe.fits	N60	82.514543	-4.780142	86.315022
10	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.75_b-29.00_ec1_1deg_N60_fixstripe.fits	N60	82.753237	-5.768014	67.715715
11	<input checked="" type="checkbox"/>	QL	DL	1081.98_b-30.00_ec1_1deg_N60_fixstripe.fits	N60	83.014680	-6.754883	94.953746

※画面は開発中のものです。予告なく変更することがあります。

今後の開発予定

- 公開版データ用に作り直し
 - 現状では非公開データ(諸事情によりFISのみ先行入手)で試験
 - 公開版データ入手後、入れ替えて試験をやり直す
- AKARI-CASとリンク: 複雑な条件の検索も可能に
 - 例: あかりPSCやNGCカタログから、ある明るさ以上の天体について、マップ画像を全天から取得
- 視覚化: アーカイブを通じて、データに興味をそそられる美しいI/F多波長の早見画像閲覧の実現
←AKARI-CAS/Exploreページ(右図)の拡充



Explore ページ (AKARI FIS/IRC がブランク)

まとめ

- 全天マップの各画像に対し、内部を細かく区切った格子点座標値を事前に計算しテーブルに登録するという、非常にシンプルな方法を採用し、試作した。
- 現在試験中であるが、要求を満たすものができた。
- 今後本番データで試験を重ね、公開したい。