

# DARTS/AKARI 全天マップ画像検索機能の開発

吉野彰<sup>\*1</sup>, 稲田久里子<sup>\*1</sup>, 松崎恵一<sup>\*1</sup>, 山内千里<sup>\*2</sup>

## Development of Search Function for All-Sky Map Image Data on DARTS/AKARI

Akira Yoshino<sup>\*1</sup>, Kuriko Inada<sup>\*1</sup>, Keiichi Matsuzaki<sup>\*1</sup>, Chisato Yamauchi<sup>\*2</sup>

### Abstract

DARTS (<http://darts.jaxa.jp/>) is a scientific data archive system which provides data of scientific satellites launched by JAXA, and is developed and maintained by Center for Science-satellite Operation and Data Archive (C-SODA) in ISAS/JAXA. We have developed a web interface with search function to provide 2 dimensional image data (all-sky map) obtained from all sky survey observation of infrared astronomy satellite “AKARI”.

The all-sky map is composed of many image files which are arranged like as tiles to cover whole celestial sphere and each image occupies a region about several square degrees. This search function is intended to return all image files in the region designated by a user, if they are overlapped with the region. To realize such a search, we adopt a method that each image is divided into a large number of small rectangular areas and then the center of each area is represented by an orthogonal coordinate system to register in the database. This method has the advantages that other external libraries to divide the celestial area such as HEALPix are not needed, and that both celestial poles is not treated as a singular point, and that high-speed search for arbitrary coordinate system can be obtained. To reduce the costs of development and maintenance, we apply the mechanism of AKARI catalogue search to this search function using PHP and PostgreSQL.

**Keywords:** Archive, Image, Infrared Astronomy, AKARI, DARTS

### 概要

DARTS (<http://darts.jaxa.jp/>) は, JAXA の様々な科学衛星のデータを研究用に公開するデータアーカイブシステムであり, 宇宙科学研究所科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA) が

---

<sup>\*1</sup> 宇宙科学研究所 (ISAS) 科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA)

<sup>\*1</sup> みさと天文台, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所 (ISAS)

<sup>\*1</sup> Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA) Institute of Space and Astronautical Science(ISAS) Center for Science-satellite Operation and Data Archive(C-SODA)

<sup>\*1</sup> Misato Observatory, Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA) Institute of Space and Astronautical Science(ISAS)

運用している。我々は、赤外線天文衛星「あかり」の全天サーベイ観測によって得られた2次元画像（全天マップ）を公開するための検索機能付きウェブインターフェースを開発している。

全天マップは、多数の画像ファイルがタイル状に並んで全天球面をカバーするように構成されており、それぞれの画像は数度平方程度の天域を占めている。本検索機能において、ユーザーに指定された領域を一部でも含む画像ファイルは全て検索結果として返されるものとする。そのような検索を実現するため、各画像内を多数の小さな矩形領域に分割して各領域の中心点を直交座標系で表し、その座標値をデータベースに登録するという方法が採用される。この方法は、HEALPixのような外部の天球分割ライブラリが不要で、天の両極が特異点にならず、かつ任意の座標系を用いた高速検索が可能という利点を持つ。開発と維持管理のコストを低減させるため、我々はあかりカタログ検索の仕組みを本検索機能に応用し、またPHPとPostgreSQLを用いることによって本機能を実装する。

## 1. はじめに

科学衛星運用・データ利用センター (C-SODA: Center for Science-satellite Operation and Data Archive) (<http://c-soda.isas.jaxa.jp/>) は、日本の科学衛星の運用から観測データの保存と公開までを業務とする、宇宙航空研究開発機構 (JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency)/宇宙科学研究所 (ISAS: Institute of Space and Astronautical Science) に属する一組織である。DARTS (Data ARchives and Transmission System) (<http://darts.jaxa.jp/>) は、そのC-SODAによって開発・運用されている、観測データを保存しインターネットを通じて公開するデータアーカイブシステムである。

赤外線天文衛星「あかり」は、“ASTRO-F”とも呼ばれ、ISAS/JAXAの“ASTRO-Fプロジェクトチーム”によって開発から観測運用まで行われた日本の科学衛星である (Murakami 2007)。「あかり」には遠赤外線観測装置 FIS (Far-Infrared Surveyor) (Kawada et al. 2007) と近・中間赤外線観測装置 IRC (InfraRed Camera) (Onaka et al. 2007) が搭載され、全天サーベイ観測を行った。

“あかり全天サーベイマップ画像データ (AKARI All-Sky Survey Map Image Data)” は、その「あかり」の全天サーベイ観測で得たスキャンデータに様々な画像処理を施して得られた赤外線全天イメージである (Ishihara et al. 2009, Doi et al. 2009)。本論文では以後それを総称として単に“全天マップ”と呼ぶ。全天マップは後述のように多数のファイルで構成されており、そのうちの1つまたは複数のファイルのことを、以後マップ画像と呼ぶ。また、FISによる観測データを処理して作られた全天マップはFIS全天マップと呼び、IRCによるそれはIRC全天マップと呼ぶことにする。図1はそのIRC全天マップのうち  $9\mu\text{m}$  についての全体図を表す。

我々は、あかりプロジェクトチームからその全天マップを引き取り、DARTS上で検索機能付きで公開することを予定している。この機能を“AKARI-DAS (AKARI all-sky survey map image Data Archive Server)”と呼ぶことにする。これは、先に公開された“あかり全天点源天体カタログ Ver.1” (<http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Observation/PSC/Public/>) 用の検索機能“AKARI-CAS (AKARI Catalog Archive Server)” (Yamauchi et al. 2011) と対になる名称である。

カタログ検索CASと画像データ検索DASの命名は、可視光全天サーベイSDSS (Sloan Digital Sky Survey) のデータリリース7のアーカイブ (<http://www.sdss.org/dr7/>) (Abazajian et al. 2009) を参考に行っている。SDSSのCASでは膨大な観測データが細かく分類されてデータベース

のテーブルに収蔵されている。そのテーブル、ビュー（1つまたは複数のテーブルを用いて、いくつかのカラムを抜き出して作成される、二次的なテーブル）、そして内部計算用の関数の定義は外部に公開されており、ユーザーはそれらを組み合わせて SQL 文を作成し入力することで、検索条件を自由に与えて検索結果を得ることができる。これは、データベース内部で計算を完結させることができ、Web ページ側ではその計算結果を表示するだけにすることで高速検索（処理時間の短縮）が可能になり、かつどのような計算によって検索結果が得られたかが明確になる、優れた方法である。我々はその SDSS の CAS の基本概念を踏襲して AKARI-CAS を開発した。AKARI-CAS のユーザー I/F（インターフェース）を図 2 に示す。

我々は AKARI-DAS を開発するに当たり、検索範囲に一部でも含まれるマップ画像をすべて返す検索の仕組みと、ユーザーが簡単に操作できる検索 I/F を、AKARI-CAS の資産を生かして低開発コストで実現させ、かつ今後長期間に渡って維持させることを目標に設定した。本論文はそれらの目標に関わる課題とその解決法を提示することを目的とする。

本論文は以下の章で構成される。次の第 2 章では全天マップの概要を述べる。第 3 章ではユーザー I/F に対する要求とその解決法を検討する。第 4 章では開発と維持管理のコストに対する要求とその解決法を検討する。第 5 章では内部処理に対する要求とその解決法を検討する。第 6 章では今後の開発予定を述べる。第 7 章では本開発のまとめを述べる。

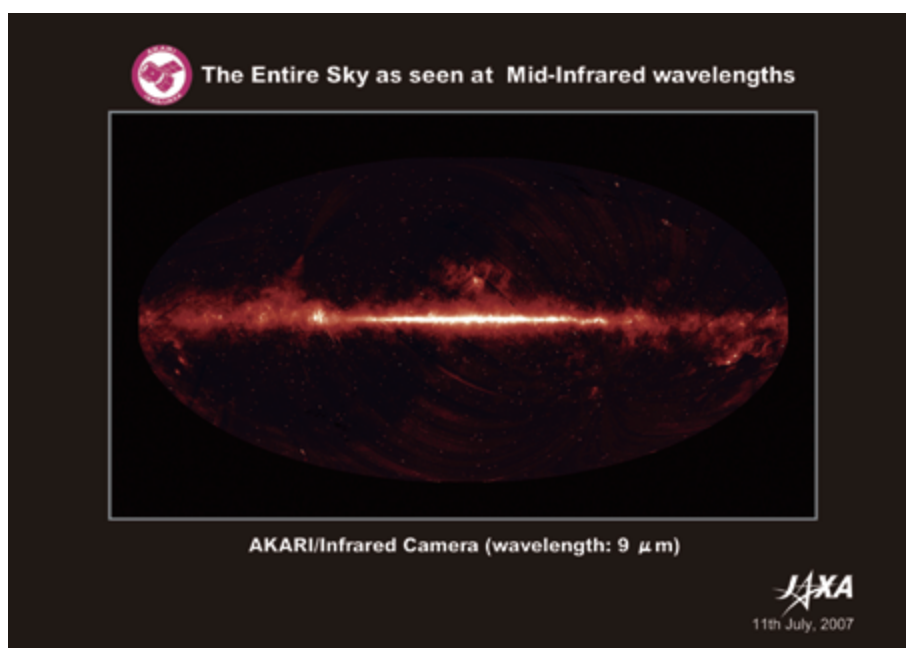


図 1: IRC 9 $\mu$ m 全天マップ (<http://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Outreach/results/>)。これは広報用に作成された画像であり、本論文の対象とする FITS 形式のファイルではない。

## 2. 全天マップの概要

全天サーベイの観測生データはあかり衛星の軌道によって帯状にスキャンされた撮像データである。同じ天域は複数回数スキャンされている。それらを重ね合わせ、様々な処理により検出器ノイ

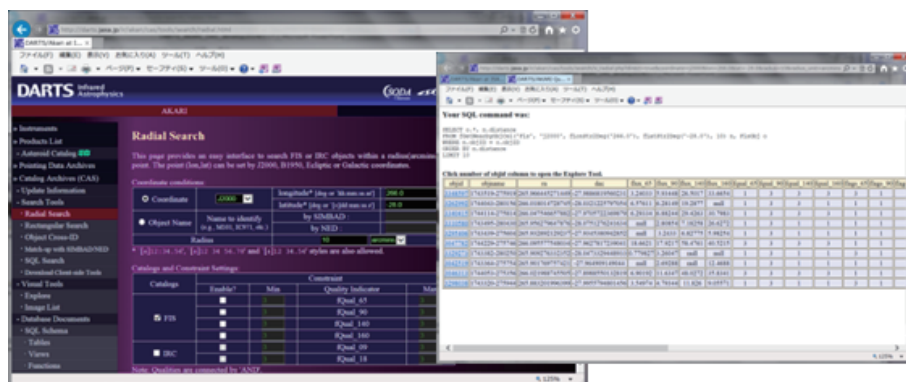


図 2: AKARI-CAS の Web I/F (<http://darts.jaxa.jp/ir/akari/cas.html>)。左側が検索条件入力ページ（5 種類あるうちのひとつ），右側が検索結果表示ページである。

ズや観測天体以外からのシグナルが出来る限り取り除かれ，全天を多数の正方形領域で分割するように再編された高次処理済みの画像データが，本論文で扱われる全天マップである。マップ画像のフォーマットは天文学分野で一般的に用いられる FITS 形式 (Wells, Greisen and Harten 1981) である。

本論文執筆時点ではまだ全天マップは外部に公開されていない。FIS 全天マップと IRC 全天マップは，それぞれ 2014 年度末と 2015 年度末までに処理と検証を終えて外部へ公開される予定である。IRC については S9W, L18W の 2 バンド，FIS については N60, WIDE-S, WIDE-L, N160 の 4 バンドの各々に対しマップが作られている。

本論文で扱われる全天マップは，ASTRO-F プロジェクトチーム（当時）が 2012 年 12 月にチーム内向けに限定公開した FIS 全天マップ（計 4 バンド）である。

分割された各画像は  $288[\text{pixel}] \times 288[\text{pixel}]$  で  $1.2[\text{deg}] \times 1.2[\text{deg}]$  をカバーし，約 40000 枚という多数のファイルが  $1.0[\text{deg}]$  間隔でタイル状に並んで全天をカバーしている。天球面上で隣接する画像同士には黄道座標系の東西南北それぞれに  $0.1[\text{deg}]$  ずつ重なりがある。各画像の天球上の位置は 2000 年分点の黄道座標系で示されている。

また，全天マップ本体 (intensity map) の他に，処理の途中で生成される 3 種類の画像データも，品質評価用に公開され，あかりプロジェクトチーム作成のリリースノート (Doi et al. in preparation) によってそれぞれ以下のように定義されている。

- ・ intensity map ; sky-brightness image [ $\text{MJy sr}^{-1}$ ].
- ・ sigma map ; standard deviation of the image data at each position.
- ・ Nscan map ; spatial scan numbers [times].
- ・ Nsamp map ; detector signal sample numbers at each position, weighted by Gaussian PSF.

上記のファイルは現在 DARTS の磁気ディスクの非公開領域に保管されており，チーム内公開版は今後も外部には公開されない。

外部公開版の全天マップについては，今後まず DARTS の磁気ディスクの非公開領域に一時保管されたのち，決められた外部公開日に，外部から読み取り可能な領域へディレクトリごと移動されることで，それらのダウンロードが可能になる予定である。

### 3. ユーザー I/F に対する要求分析と解決法の検討

最も単純なユーザー I/F は、それらのファイルの入ったディレクトリにアクセスでき、ファイルのダウンロードが可能であるような静的 Web ページ (HTML ファイル) である。またそのディレクトリの上に、全天マップの説明書 (リリースノート; PDF ファイル) と、各ファイル名と対応する中心位置 (赤道座標) を一覧にしたリスト (テキストファイル) を置き、それらもダウンロード可とする。それにより、非常に長期 (数十年以上) に渡って最低限必要な情報が保存され、かつファイル名や中心位置による簡単な検索も文字列一致によって可能である。DARTS は Web を通じて長期的に科学データを配布する、主に研究用のデータアーカイブと位置づけられているため、そのような静的ページとリリースノートとファイルリストも、ユーザーに提供することを予定している。

一方、ユーザーが Web ブラウザで複数の条件で対象を絞り込んで、該当するファイルだけダウンロードできる仕組み (検索 I/F) があれば、ユーザーは選別の手間を短縮できて便利であり、サーバにとってもダウンロードにかかる負荷が軽くて済む。そのようなサービスが出来る限り維持されることで、研究の基礎資料として全天マップの長期に渡る利用を促進し、多くの研究成果を生み出すことにもなると期待される。

ユーザーが Web ページで何か検索条件を入力すると該当する検索結果が出力されるという I/F は、各マップ画像に対応する ID (識別番号) の中から、ある条件に該当する ID だけを抜き出すという仕組みで実現できる。この章では、そのユーザー I/F に対する要求を分析し、その実装法を検討し、設計を行う。またそれに基づいて試作されたものの仕様を述べる。

#### 3.1. 想定ユーザーと基本設計

我々は、Web と赤外線天文学についての一定の知識を持つ研究者を主要ユーザーに設定し、そのようなユーザー向けに最適化したシンプルなデザインで実装することとする。ここで、純粋に研究目的で利用するユーザーからは、ビジュアル的に凝ったユーザー I/F は必ずしも必要とされず、それよりもシンプルで実用的なもの、すなわち入力項目が少なく、出力結果も一目で分かり、短時間でファイルを取得できることが優先されると考えられる。

天文学研究用の検索 I/F では、Web ページ上で天球面上の位置や範囲などの検索条件を入力すると、検索結果が画面に表示され、目的の画像をダウンロードできるというフローが広く採用されている。我々は AKARI-DAS の基本設計についてもそのフローを採用する。それにより、AKARI-DAS のフローは図 3 のようになる。ユーザーは「検索条件入力ページ」で必要な値を手入力し、GET メソッドで「検索結果出力ページ」にその入力値が送信され、検索結果が表示されたら、ユーザーはその中から必要なファイルをダウンロードする。

#### 3.2. 検索条件と出力形式の指定方法の設計

想定ユーザーにとって理解しやすく、少ない操作で、過不足のない検索条件を与えられることが要求される。

検索条件を入力するページにおいて、ユーザーに最低限入力してもらわなければならない検索条件は天球面上の位置である。その位置は座標または天体名によって特定されることができる。想定ユーザーは、座標の知識を持ち、またその天体名は別途資料 (天体カタログ) を参照することで得られることを知っているものとする。従って、位置を特定するために、座標値か天体名を入力するような入力欄



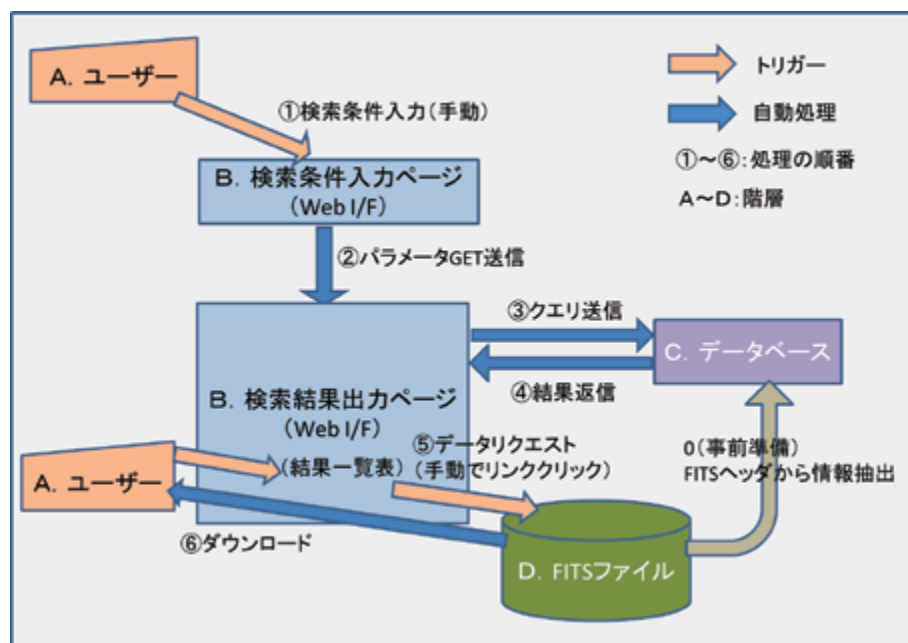


図 3: 処理の流れの概略図。

が必要である。そして天体名そのものは位置情報を持っていないため、天体名が入力されたときはそれに対応する座標値が参照されるような内部の仕組みが必要である。

また天文学で用いられる座標系は複数存在し、一般的に赤道座標系、黄道座標系、銀河座標系のうちのどれかで表される。大部分の天体カタログでは赤道座標系が用いられるが、ある種の天体や研究分野では黄道座標系か銀河座標系も用いられる。現在では 2000 年分点の座標値が広く使われているが、古いカタログには 1950 年分点の値が載っているため、赤道座標系については両方使えるほうが便利である。従って、上記の 4 種類 (赤道座標系 2000 年分点, 赤道座標系 1950 年分点, 黄道座標系 2000 年分点, 銀河座標系 2000 年分点) のどれを用いても検索ができることが要求される。

また検索範囲 (天球面上のある領域) の指定方法については、ユーザーにとって入力項目が少なく済み、検索結果が分かりやすいものであるように、単純な形状を採用するほうが良い。一般に、点源か点源に近い領域を表すには、その点源を中心とする一定の半径を持った円形が良い。また広く拡散した天体を含む領域を表すには、その拡散範囲を指定しやすいように図 4 のようにある球面座標系の四隅の点で張られる矩形が良い。従って検索範囲の形状として、円形と矩形の 2 つがあれば必要十分であると考えた。円形検索の時は、円の中心の座標値または天体名と、円の半径の値を入力することで検索範囲が決まる。矩形検索の時は、対角の 2 つの隅の座標値を入力することで検索範囲が決まる。

ユーザーは通常、検索結果を Web ブラウザで表示し、その画面でファイルをダウンロードすると想定される。そのための出力形式 (フォーマット) は HTML である。検索結果のリスト自体を保存するために、カンマ区切りのテキスト形式 (CSV) での結果出力が可能であると便利である。また VO (Virtual Observatory) との連携利用を試みるためには VO Table 形式で結果が出力されていると応用範囲が広がり便利である。そこで、ユーザーが HTML, CSV, VO Table の 3 通りの中から出力形式を選択できるようにする。

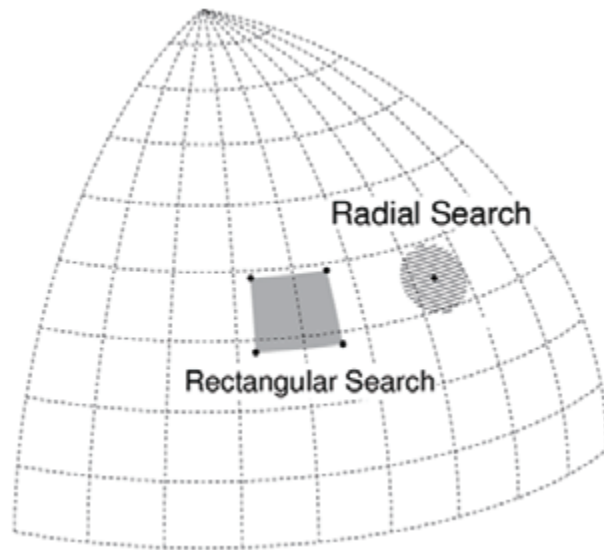


図 4: 天球面（の一部）と円検索（Radial Search）と矩形検索（Rectangular Search）それぞれの範囲。

### 3.3. 検索結果表示とファイル取得方法の設計

検索結果を表示するページにおいて、まずユーザーから最低限求められる情報は、条件に該当するマップ画像の一覧と、そのファイルをダウンロードできる仕組み（例えばファイルの URL へのリンク）である。その最低限の機能を備えた上で、そのファイルの閲覧からダウンロードまでの効率を向上させることが要求される。

FITS 形式のマップ画像を閲覧するには専用のソフトウェアが必要であるため、ユーザーがそのマップにどのようなものが写っているか確認するには、ダウンロードして自分のパソコンでそのファイルを開かなければならない。そのような手間を省けるように、ダウンロードの前におおまかにその画像を確認できると便利である。具体的には、各マップ画像に対応する早見画像（PNG 形式）をあらかじめ用意し、Web ブラウザの別画面で表示できるようにする。

また、少ない操作で一度に多数のファイルを取得できれば便利である。具体的には、結果一覧に表示された全てのマップ画像、またはその中からユーザーが自身の判断で選んだ複数のマップ画像を、一括でダウンロードできるようにする。

### 3.4. 実装されたユーザー I/F の仕様

上記の設計によって実装されたユーザー I/F の試作版の仕様を述べる。

#### 3.4.1. 検索条件入力ページ

このページでは、ユーザーが以下のような検索条件を入力し、また出力形式を選択する。その後「SEARCH」ボタンを押すと次の検索結果出力ページへそれらの情報が送信され、結果が出力される。「RESET」ボタンを押すと与えられた条件が消去され、初期状態に戻る。図 5 は Web ブラウ

ザ上で表示されたこのページの試作版である。入力すべき項目はその種別により点線の枠で囲まれている。また値を入力する項目には入れるべき値の単位と範囲が示されており、入力ミスによるエラーを減らしている。

- 検索対象の選択

IRC の 2 バンド、FIS の 4 バンドの中から検索の対象とするものを、ユーザーがチェックボックスにより選択する。初期状態では全てにチェックが入っていて検索対象になっている。

- 検索エリアの選択

選択ボタンにより、1.「Radial Search by Object（天体名と円の半径の指定による円検索）」か、2.「Radial Search by Coordinate（中心座標と円の半径の指定による円検索）」か、3.「Rectangular Search（矩形の両端の座標指定による矩形検索）」の 3 つの検索方法から 1 つを選択できるようにする。初期状態では 1.「Radial Search by Object」が選択されている。

以下で座標系の選択が必要な場合、選択肢（プルダウンメニュー）により、ユーザーは 4 種類の座標系（赤道座標系 2000 年分点、赤道座標系 1950 年分点、黄道座標系 2000 年分点、銀河座標系 2000 年分点）の中からどれか 1 つを選択する。初期状態では赤道座標系 2000 年分点を選択されている。

- 1.「天体名と半径の指定による円検索」

ユーザーは、天体名と、円の半径の値を、それぞれ入力欄に入力する。その天体に対応する赤道座標値（2000 年分点）が円の中心となる。天体名からその赤道座標への変換は、外部サーバのネームリゾルバ（天体名検索エンジン）を利用することで得られる。そのようなネームリゾルバとして、SIMBAD (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) と NED (<http://ned.ipac.caltech.edu/>) がある。選択ボタンにより、SIMBAD か NED のどちらかを選択できる。また、半径の単位は度 (degree) である。初期状態では天体名に “M42”，ネームリゾルバに “SIMBAD”，半径に “1” が入っている。

- 2.「座標系選択と中心座標と半径の指定による円検索」

ユーザーは選択肢から座標系を選び、その座標系での中心座標の値（経度、緯度）と、円の半径の値を、それぞれ入力欄に入力する。初期状態では座標値は入っていないが、半径に “1”(degree) が入っている。

- 3.「座標系選択と矩形の両端の座標指定による矩形検索」

ユーザーは選択肢から座標系を選び、その座標系による矩形の座標値（経度、緯度）を入力する。実際には、四隅のうち対角の 2 か所の位置が与えられれば矩形を張ることができるので、入力すべき座標値は経度の最小値と最大値、そして緯度の最小値と最大値の合計 4 つである。初期状態では値は入っていない。

- 検索結果出力形式の選択

選択ボタンにより、検索結果出力形式として、HTML、CSV、VO Table の 3 通りの中から 1 つを選択する。それらのうち HTML 出力が選択される場合が最も多いと思われるので、レスポンスの悪化を防ぐために、HTML 選択時の最大出力数は、FIS と IRC それぞれに対し 1000 に設定してある。初期状態ではフォーマットが HTML に、また出力上限数が 100 に選択されている。出力上限数は 10、50、100、500、1000 から選択可能である。フォーマットに CSV または VO Table が選択された場合には出力数の上限はない。



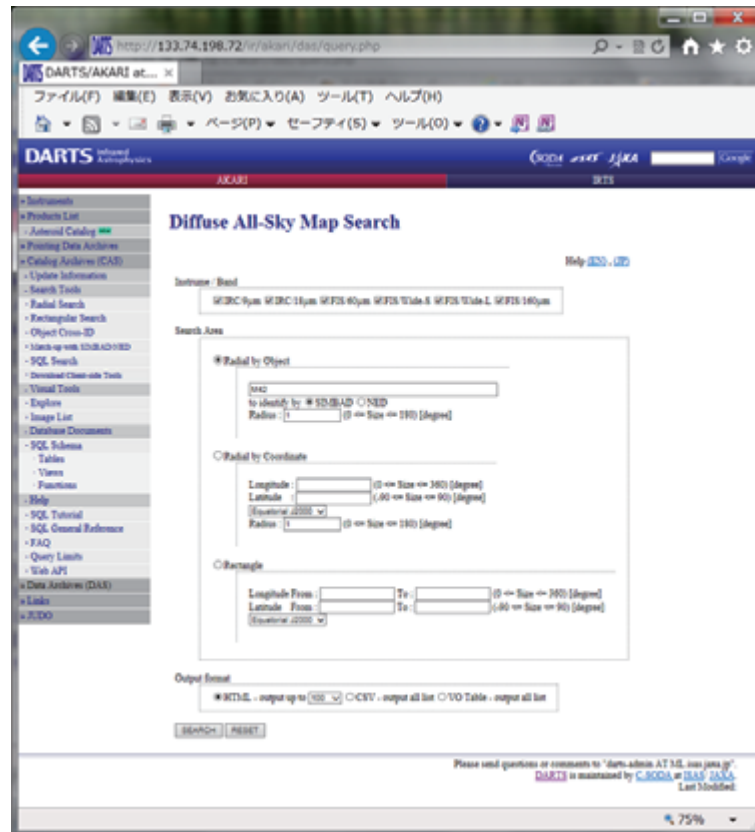


図 5: 検索条件入力ページ (試作版)。

### 3.4.2. 検索結果出力ページ

このページでは、検索条件に該当するマップ画像の一覧が表示される。また、ユーザーは、その一覧の中から取得したいファイルを選択しダウンロードできる。図 6 は Web ブラウザ上で表示されたこのページの試作版である。フォーマットに CSV または VO Table が選択された場合には該当するマップ画像とその参照座標の一覧のみが出力される。

- 入力された検索条件の再表示

ユーザーが入力した値や選択肢が、検索条件入力ページに戻らなくても確認できるようにするために、ここで再び表示される。また、選択されたネームリゾルバによる、天体名から赤道座標系 2000 年分点の座標値への変換結果が表示される。

- ヒットした件数とそのうちの表示件数

DISPLAY : 32 / HITS : 32 というように、表示件数/検索条件に合致した件数が表示される。

- ダウンロード対象の選択

第 2 章で述べたように、全天マップには天体の表面輝度を表すマップ画像本体 (intensity map) の他に、3 種類の品質評価ファイル (sigma map, Nscan map, Nsamp map) がある。選択ボタン

により、それら品質評価ファイルもダウンロードするかどうかをユーザーが選択できる。初期状態では品質評価ファイルは選択されていない（intensity mapのみダウンロード対象とする）。

さらに、「WGET SCRIPT」ボタンを押すことによって、選択された種別の、(チェックボックスによって) 選択されたマップ画像に対し、wget コマンドを用いて一括ダウンロードするためのスクリプトが生成され、ユーザーがそのスクリプトをダウンロードできる。

- 該当するマップ画像一覧表

指定された座標系で、そのマップ画像の参照点（ほぼ画像中心）の経度と緯度それぞれの昇順で、該当するマップ画像の一覧が表示される。また、円検索の場合は、「DISTANCE」カラムで、検索中心からそのマップ画像の参照点までの距離が角度（degree）で表示される。ユーザーはその一覧表で、「SELECT」のチェックボックスにチェックを入れるか外すことで、上記の一括ダウンロードの対象とするかどうかの選択ができる。初期状態では全てのファイルにチェックが入っている。また、全チェックボックスに一括でチェックを入れるか外すこともできる。ユーザーは Web ブラウザ上でこれらの操作を何度でもやり直すことができる。

- 早見画像と FITS ファイルへのリンク

一覧表の中で、各マップ画像について、FITS 形式のファイルへのリンク（DL；ダウンロード）と、PNG 形式の早見画像（QL；Quick Look）へのリンクが生成される。早見画像は、各 FITS ファイルから画像変換によって事前に作成され保存されているものである。“QL”をクリックすると、Web ブラウザの別ウィンドウにその早見画像が表示され、ユーザーはそれに対応する FITS ファイルをダウンロードするかどうかの参考にすることができる。“DL”をクリックすると、FITS ファイルがユーザーのパソコンへダウンロードされる。

これらの工夫によって、ユーザーが少ない操作で必要なファイルだけを選んで取得できるようにした。

## 4. 開発と維持管理のコストに対する要求と解決法の検討

この章では、開発と維持管理のコストに対する要求を分析し、その解決法を検討する。またその結果選択されたソフトウェアを述べる。

### 4.1. 要求分析

本システムの開発にかかるコストは低いほうが良い。また DARTS に組み込まれるために、本システムの完成後は長期的に低コストで安定運用可能なことが要求される。そこで、ある仕組みを実装するために複数の方法がある場合は、より単純で明解な方法を選ぶこととする。

### 4.2. コーディングの基本方針

一般にソフトウェアではバグや基盤ソフトのバージョンアップに伴う不具合がしばしば発生する。もし開発の基幹部分を外注したりブラックボックス部分が多いと、そのような不具合が発生した際

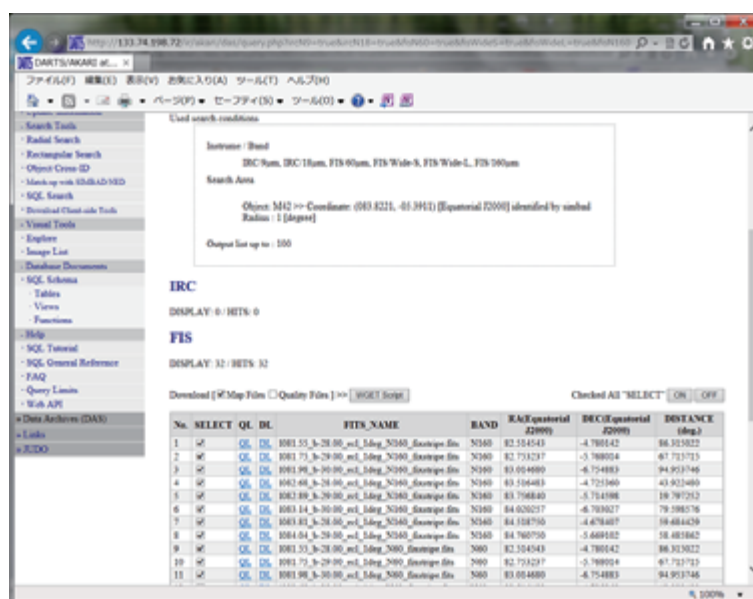


図 6: 検索結果出力ページ (試作版). 注意: デバッグ中のため, この図に見える「DISTANCE」の値は正しくない.

に、多大な別コストをかけて修復するか、そのコストをかけられず運用停止のやむなきに至るであろうことが予想される。そこで、低コストでの長期運用の要求に応えるため、設計書からコーディングまで一貫して内製開発とし、ソースコードに必要な十分なコメントを挿入することで、可読性を高くする。すなわち開発者本人以外の人でもそのソースの理解を容易にすることで解決を図る。

しかし一方で、全てのソースコードを内製とするのは開発コストが高くなる。そこで、天文学研究用に実績があり、安定動作することが確認されていれば、既存の内部または外部のツールを利用することで開発コストを下げることにする。例えば 3.4.1 章で述べられたように、我々はネームリゾルブ機能については外部サーバの SIMBAD と NED を利用する。これらは長年の実績を持つ信頼できるサーバである。どちらも、その URL をユーザー I/F (Web ページ) のソースに組み込み、ユーザーに入力された天体名をその URL の中に代入すれば座標値を得られるため、実装が簡単である。

AKARI-DASの基本システムはDB層とWeb層に大別される(図3参照)。カタログ検索AKARI-CASではFITSファイルへのアクセスとダウンロードはないが、それ以外はAKARI-DASと共通である。従って、以下に述べるように、そのDB層の基本構成とWeb層の主要ロジックをあかりカタログ検索機能AKARI-CASを見本にしてコーディングすることができる。完成後は、カタログ検索とマップ画像検索の両者を同様に管理できるため、結果的にあかりデータアーカイブ全体の維持コストも下げることができる。

### 4.3. ソフトウェアの選択

- データベース (DB) ソフトウェアの選択

AKARI-CAS では DB ソフトウェアとして PostgreSQL (フリーソフトウェア) が採用された. PostgreSQL は他の DB ソフトウェアに比べて対応している数学関数の種類が多く, それらを組み

合わせて開発者が（DB 内計算用の）内部組み込み関数（ストアド関数；stored function）を作成しやすい利点がある．そこで，AKARI-DAS の DB にも，AKARI-CAS と同様に PostgreSQL を採用する．AKARI-CAS の DB には単位変換や座標変換，また角距離計算を行うためのストアド関数が豊富に用意されており，それらは AKARI-DAS に流用可能である．そして，後述する直交座標値 ( $X, Y, Z$ ) の算出と，それによる検索の SQL 文についても，AKARI-CAS で使われているものの多くが流用可能である．

#### ● Web ページ動作環境の選択

Web ページの動的な部分はサーバが動かすものとし，クライアント側の環境にできる限り依存させないものとする．すでに述べたように，検索条件入力ページに入力された検索条件のそれぞれの値は，GET メソッドにて検索結果ページへ送信され，それらの値が SQL 文に代入され，DB 接続と検索結果表示が実行される（図 3）．この方法はいわゆる HTML の「枯れた技術」で，今後も長期に渡り安定動作することが期待できる．ソフトウェアを呼び出し実行する部分は，AKARI-CAS と同様に PHP（フリーソフトウェア）を採用することにする．PHP はコンパイル不要で動作し，C 言語に近い書式で記述でき，可読性の高さに定評のある優れたスクリプト言語である．また PHP には PostgreSQL に接続するためのモジュールが標準で備わっている．我々はそれを用いることで，比較的単純なコーディングで検索 I/F を構築可能である．

これらの検討により，我々は表 1 の通りのソフトウェアを選択した．AKARI-DAS の動的部分は，DARTS のサーバ（OS：Linux x86 64bit）上でこれらだけを用いて構築できた．また，現在の主要なパソコンの OS と Web ブラウザのいずれに対しても問題なく動作し，要求を満たすことができた．今後これらのソフトウェアがバージョンアップされると，AKARI-DAS の動作に不具合が発生するリスクは存在する．しかしこれらのソフトウェアは現在非常に広く使われているため，同様の事例に対する修復方法の情報の入手は容易であり，かつ内製コードのため内部にて柔軟に修復が可能であると考えられる．

表 1: 使用ソフトウェア一覧

ソフトウェア名	バージョン	内容・用途
PHP	5.3	動作用スクリプト言語
PostgreSQL	8.4	データベース
Apache	2.2	Web サーバ

## 5. 内部処理に対する要求と解決法の検討

この章では，内部処理に対する要求を分析し，その解決法を検討する．またその結果採用される方法の詳細を述べる．

### 5.1. 要求分析

一般に，赤外線で観測される天体は比較的低温の恒星，惑星，ガス，ダストなどである．そのガスやダストは定まった形状を持たず，複数のマップ画像にまたがるように広く拡散していることも

ある．従って，そのような広がった天体を領域内に包含するマップ画像群を，取りこぼさずに取得することが，天文学研究にとって重要であると推測される．図7は一部天域のマップ画像と検索円を模式的に表したものである．もし検索範囲に全部収まるマップ画像だけを検索結果として返すとすると，広く拡散した天体の辺縁部が写っているマップ画像が振るい落とされてしまう恐れがある．またそのような仕様では，図7のような場合には該当なしになってしまう．

そこで，あるマップ画像の領域が検索範囲に一部でも重なっていればそのマップ画像は検索結果として返されることが要求される．すなわち，図7のような場合，検索円とそれぞれ一部が重なる4枚（ID=2, 3, 5, 6）のマップ画像を返すような検索を実現する．このように広めにする検索結果から，ユーザーが自身の判断で画像を取捨選択するようにすれば，天文学研究上の要求を満たすには十分であると我々は考えた．以下に，そのような検索を実現するために必要な内部処理（事前準備を含む）について検討する．

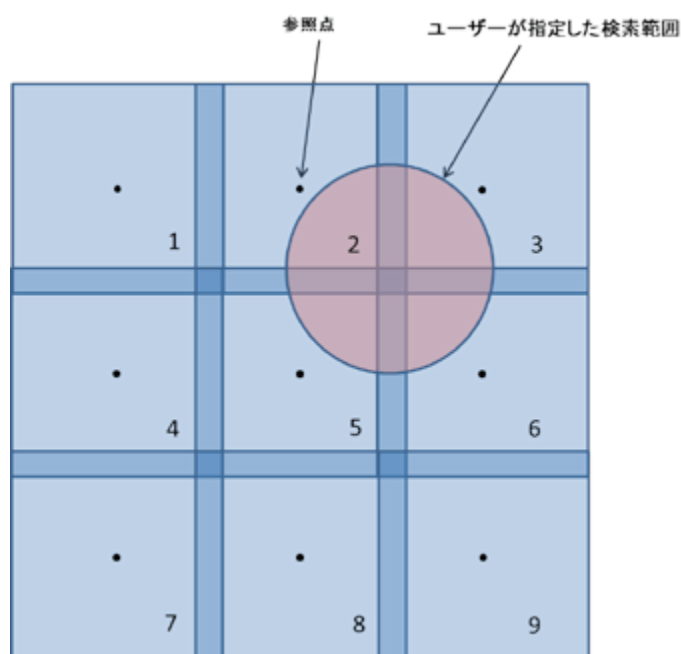


図 7: 全天マップの一部と検索円の模式図．青で示された，タイル状に並ぶ小さな正方形のそれぞれが1つのマップ画像を表し，黒い点は各マップ画像の参照点（ここでは画像の中心とする）を表し，紫で示された円が検索範囲の円である．各マップには黄道座標系の東西南北方向それぞれに0.1度ずつ重なりがあり，その部分は濃い青で示されている．図中の番号（1 から 9）は画像 ID とする．

## 5.2. 位置情報の取得

一般に，FITS ファイルのヘッダには，天球上のどこを撮像したものであるかが分かるように，以下の位置情報（WCS : World Coordinates System）が書き込まれている．1. 座標系の名前（例えば赤道座標系）．2. 元期（例えば 2000.0 年分点）．3. 参照点と呼ばれるある1点の，画像上の座標（ピクセル座標  $(X_p, Y_p)$ ）．4. その参照点の天球上の座標（例えば赤道座標系であれば（赤



経、赤緯))。5. 天球面をその画像 (2次元平面) に投影する方法 (例えば画像中心を接点とするタンジェント投影)。

参照点のピクセル座標と天球座標はそれぞれ (CRPIX1, CRPIX2), (CRVAL1, CRVAL2) という記号 (FITS キーワード) の値としてヘッダに入っている。参照点は一般的にその画像の中心付近か原点である。そこで、各マップ画像のヘッダから、そのファイルを示す ID とその参照点の座標値を読み出すことが、画像検索を実現するための第一歩となる。

しかし 1 画像の位置情報が 1 点のみである場合、画像の一部が検索条件の範囲内に重なっていたとしても、当該画像の参照点が範囲外にあるために検索にかからないことがある (図 7 参照)。そのため、1 画像につき 1 点の位置情報を紐付けておくだけでは要求を満たすことはできない。そこで、1 画像内を何らかの方法で細分化して多数の位置情報を得ておくことで、できる限り検索にかかる (検索範囲と画像の位置情報が重なる) ように改善することを考える。

具体的には、天球側を分割するか画像側を分割するかのどちらかの方法が考えられる。以下にそれぞれのメリットとデメリットを検討する。

### 5.2.1. 天球分割法

全天を一定の形状を持つ部分面に細かく分割し、各部分面に何らかの方式で ID を振る。分割の細かさを決めれば、各部分面の中心点に対応する天球上の座標が決まる。従って、それら部分面領域が、ある画像が張る天球面上の領域と重なるかどうか分かる。このようにして、天球座標と天球の部分面中心点 ID と画像 ID の三者を対応させ、検索することができる。これは天球分割法と呼ばれ、1 画像の内部が多登録されることで、1 画像 1 点登録に比べれば精度の良い検索が可能になる。

部分面の形状と ID の付け方には様々なやり方が考えられるが、図 8 のような分割法による画像検索を実現する、HEALPix というソフトウェアが NASA から公開されている (<http://healpix.jpl.nasa.gov/>) (Górski et al. 2005)。HEALPix はすでに多くの天文データアーカイブで導入実績があり、無料で利用できる点が開発コストに対するメリットとなる。

ただし、HEALPix の API 仕様はたびたび変更されている (本論文執筆現在でバージョン 3.11)。また現在の HEALPix は “Software for pixelization, hierarchical indexation, synthesis, analysis, and visualization of data on the sphere.” と記述されているように、天球面上のデータに対し様々な解析や描画が行える複雑で多機能なソフトウェアへと発展している。しかし本システムの開発にはそのような多機能は必要なく、導入後の維持管理に対しては複雑さはデメリットになる。もちろん、HEALPix の基本アルゴリズムは複雑ではないのでシステム全体の単純化のために自分で実装することもできるが、天球上の緯度による場合分け演算が必要であり、後述する格子点法のような単純明快さはない。

### 5.2.2. 格子点法

図 9 のように、各マップ画像の内部を、X, Y 方向に沿って等面積の部分面に細かく分割し、各部分面の中心点に何らかの方式で ID を振る。その中心点をここでは (格子状に並ぶので) 格子点と呼ぶ。分割の細かさを決めれば、画像内での各格子点の位置が決まり、従って各格子点に対応する天球上の座標が決まる。このようにして、格子点 ID とその座標値と元画像 ID の三者を対応させ、検索することができる。この方法を格子点法と呼ぶことにする。天球分割法と同様、1 画像の内部が多登録されることで、1 画像 1 点登録に比べれば精度の良い検索が可能になる。

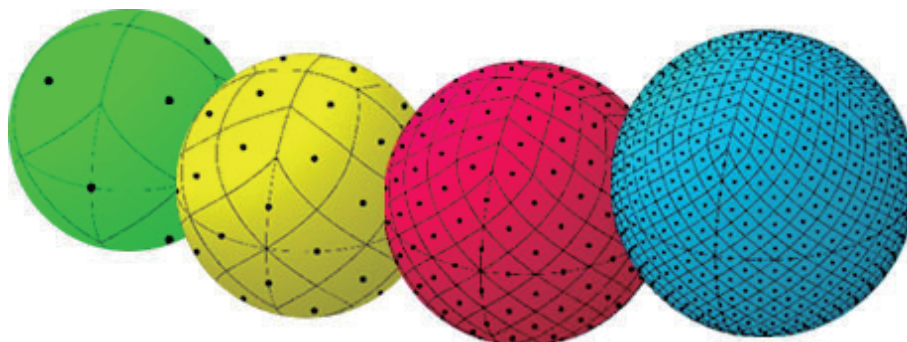


図 8: HEALPix による天球分割の模式図 (<http://healpix.jpl.nasa.gov/>)。右に行くほど細かく分割している。

格子点法の画像検索を実現するソフトウェアは特に公開されていない。従って格子点法を採用する場合、ソフトウェアのコーディングから始めなければならないのが開発コストに対するデメリットとなる。

しかし、マップ画像の FITS ヘッダの WCS を読み込んで、格子点の座標値を求めるのは、既存の FITS エディタソフト（例えば CFITSIO (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/fitsio/fitsio.html>) (Pence 1999) や SFITSIO (<http://www.ir.isas.jaxa.jp/~cyamauch/sli/index.ni.html>)）を用いて簡単にできる。特に SFITSIO では、日本語のマニュアルがあり、X, Y 方向それぞれの分割数を入力することで FITS 画像を分割できるサンプルコードが用意されているため、それを用いることで格子点法のソフトウェアの開発コストを低く抑えることができる。

また、あらかじめ格子点 ID とその座標値と元画像 ID を並べた一覧表を作成しておけば、その一覧表は言わば全天に一定間隔で天体が並んでいるような点源天体カタログと同じである。従って、既存のカタログ検索 AKARI-CAS の仕組みをそのまま流用して画像検索を実現できる。これは AKARI-CAS の資源を持つ我々にとって大きなメリットである。また、格子点 ID を元画像 ID に紐付けして与えるようにすれば、HEALPix の非常に抽象的な ID に比べて具体的に分かりやすく、その作成や今後の管理が容易である。

### 5.2.3. 仕様検討

ここでは性能として、誤差（精度）と処理速度について比較する。

まず誤差について検討する。天球分割法と格子点法の違いは、根本的には天球面側を分割するか、それとも画像側を分割するかというだけである。いずれにしても面を点、すなわち離散的な位置情報で代用している。そして 1 画像内部の多くの点の位置情報を登録することで位置情報の隙間を小さくし、検索範囲と一部でも重なっている画像であればできる限り検索にかかるようにしようという発想は同じである。当然、天球分割法か格子点法のどちらを用いても、分割が細かいほど誤差は小さくなる。誤差の最大値は、それら各部分面の中心点の間の距離となる。どちらの方法でも、何らかの手段で範囲を追加して、検索の際にその中心点間距離をカバーすれば検索の取りこぼしを防ぐことはできる。ここではこの追加範囲をマージンと呼ぶ。ただし中心点間距離は方向によって異なるため、そのマージンがその中心点間距離よりも長いと余分な画像も検索にかかることになる一方、短いと取得したい画像に範囲が届かない。すなわち円や矩形のような単純な形状の範囲で誤

差をゼロにすることは原理的にできず、どちらの方法でも、マージンをどのように与えても、その中心点間距離に比べて精度が大きく改善するわけではない。

本開発では 5.1 章の要求に従い、取りこぼしを防ぐことを優先する。我々は後述するように格子点法を採用し、検討の結果必要十分な精度として 10 分角（約 0.17 度）間隔、すなわち 1 度平方当たり 36 個の格子点を登録することとする。そして図 9 のように残った隙間の最大幅（格子点の対角距離の半分；約 0.12 度）だけマージンを広げる内部処理を追加することで取りこぼしを防ぐ。

天球上の角度で表された隣接格子点間隔は、実際には平面への投影法や歪曲により、厳密には一つの画像の内部でも場所によってわずかに異なるが、簡単化のため、そのマージンを隣接するそれぞれの格子点間に対して決めず、定数値（最大値）に設定する。従って、もしそのマージン値よりも小さな距離に隣接マップ画像の格子点が存在すれば、その隣接画像にわずかに届かないような検索範囲がユーザーによって指定された場合、マージンのためにその隣接画像も検索にかかることになる。もっとも、実際には第 2 章で述べたように、本検索の対象の FIS 全天マップについて言えば、あるマップ画像はその東西南北に隣接するマップ画像とそれぞれ 0.1 度ずつ重なりを持っている。従って上記の検索条件の場合に、その隣接画像も検索にかかるのは検索結果として正しく、これ以上の精度は必要ない。このような仕様で実装されていることはユーザー向けのヘルプページに明記したうえで、その隣接画像の検索結果への混入を許容することとする。

次に処理速度について検討する。天球分割法か格子点法のどちらでも、分割を細かくすればするほどデータ数が増大し、検索速度は遅くなる。HEALPix のような外部ソフトウェアを使う場合は、DB へ問い合わせる前に、そのソフトウェアで、ある範囲に含まれる天球座標から対応する部分面 ID を割り出すという準備計算（オーバーヘッド）が必要になる。一方、格子点法の場合、格子点座標の一覧表がテーブルに登録され、インデックスが作成されていれば、準備計算なしですぐに SQL ステートメントで検索が可能である。従って、原理的には、双方の手法においてインデックス検索が同じ速度であるという条件下においては、HEALPix を用いるよりも準備計算のオーバーヘッドがない分高速である。1 平方度当たり 36 点で分割すると、全天 4 万平方度に対し必要な格子点は 144 万点であり、マップ画像同士に重なりがあるため実際には約 150 万点を DB のテーブルに登録することになる。現在の環境において、DB はこの程度のレコード数に対しては非常に高速である（5.5 章参照）。ただし実際の処理速度は、サーバやクライアントやネットの環境に大きく依存するため、外部ソフトウェアによる天球分割法と内製の格子点法のどちらでも実用上問題ない。

以上の検討で、天球分割法と格子点法のどちらでも性能（パフォーマンス）としての目立った優劣は特に存在しないことが分かった。従って本開発では長期的な維持管理に要するコストで判断し、格子点法を採用することとした。

### 5.3. 直交座標系の使用

取りこぼしのない検索を実現するうえでもう一つ問題となるのは、赤道座標のような天球座標（極座標）系における北極・南極の存在である。北極・南極は、経度の値が存在しない特異点である。また、極域をまたぐような範囲（言わば緯度 90 度（または -90 度）を超える向こう側まで含む範囲）を検索結果で返したい場合、やや複雑な場合分けと SQL 文の工夫をしなければならない。このように、極域のデータを検索の対象とするためには何らかの特別な対応が必要となる。

その解決のため、我々はその格子点を表す座標として、天球座標（例えば赤道座標系）に加えて、直交座標系  $(X, Y, Z)$  を与えることにする。ここで直交座標  $(X, Y, Z)$  とは、天球の半径を 1 とし、天球の中心からある天球上の位置を指す単位ベクトルの 3 成分のことである。赤道座標  $(RA, DEC)$  [degree] から  $(X, Y, Z)$  への変換式は以下の通りである。

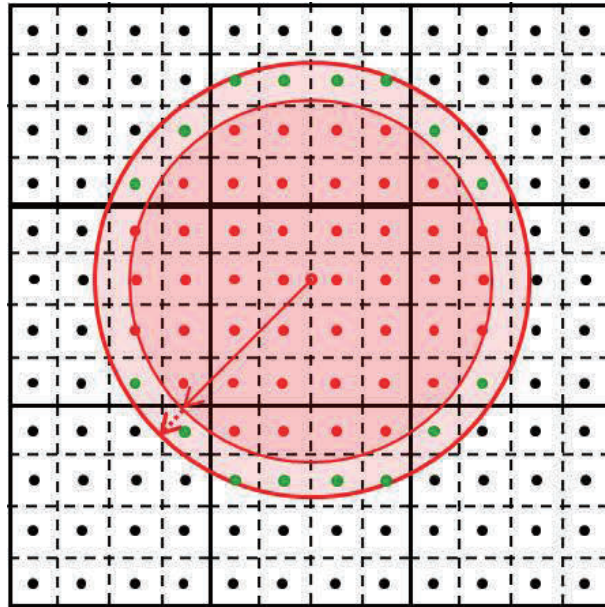


図 9: 格子点検索法の模式図. 単純化のため, 1 枚のマップ画像が  $4 \times 4$  分割され, 9 枚のマップ画像が隙間なく並んでいると仮定した模式図である. ある検索中心と半径が与えられた時に張られる検索円が濃いピンクで, その円に追加されるマージンが薄いピンクで表される. そのマージンにより検索範囲に含まれるようになった格子点が緑色で表されている. 与えられた検索円と一部でも重なる画像 (この図では 9 枚全て) は, それらに付随する格子点のいずれかがその拡張された検索円内部に含まれるため, 検索にかかることになる.

$$X = \cos(DEC) \sin(RA)$$

$$Y = \cos(DEC) \cos(RA)$$

$$Z = \sin(DEC)$$

この定義を用いて, 各格子点の  $(X, Y, Z)$  を事前に算出し, DB に登録しておく. 直交座標系では, 天球上の位置は, それぞれが  $-1$  から  $1$  までの無次元量である  $(X, Y, Z)$  で表すことができ, 従って天球上のどの位置でも, 天の両極でも, 区別なく検索の対象となる. また直交座標系で表されていれば, 極座標系での経度  $360$  度以下から経度  $0$  度以上までをまたぐ範囲に対しても,  $360$  度を足したり引いたりというような内部処理が不要であるというメリットもある.

このようにして, 画像 ID に紐付けされた格子点 ID を, 直交座標系で表されたその位置に関連付けて DB に登録すれば, HEALPix の複雑なアルゴリズムによって抽象的な部分面中心点 ID と天球座標と画像 ID を関連付ける方法に比べると, はるかに単純で, 簡単に検算でき, ID 同士の関係も直感的に理解できる. そのため内部処理がブラックボックス化しないで済む.

この方法による DB のテーブルは, ある格子点に対し, 「格子点 ID, 画像 ID, 赤道座標系 2000 年分点  $(RA, DEC)$ , 赤道座標系 1950 年分点  $(RA, DEC)$ , 黄道座標系 2000 年分点  $(LON, LAT)$ , 銀河座標系 2000 年分点  $(l, b)$ , 直交座標系  $(X, Y, Z)$ , ピクセル座標  $(Xp, Yp)$ , マージン値」を登録したものとなる.

これらのうち赤道座標系 2000 年分点, 赤道座標系 1950 年分点, 黄道座標系 2000 年分点, 銀河座標系 2000 年分点の値は, WCSTools (<http://tdc-www.harvard.edu/wcstools/>) (Mink 1999) を用いることによって, FITS ヘッダから得られた座標系の値から事前に計算して求めておく. そ



れらに直交座標系を加えた5種類の座標系を、上記のように全て事前登録しておくことで、検索のたびに座標変換の計算をする必要がなく、ユーザーがストレスを感じないくらいに処理時間の短い検索が可能である。

また、DB 内部では直交座標系 ( $X, Y, Z$ ) を用いて検索しているが、あくまで内部の計算にのみ使われ、ユーザー I/F に直交座標系が露わになることはない。それにより、ユーザーは馴染みのある4種類の座標系（赤道座標系 2000 年分点、赤道座標系 1950 年分点、黄道座標系 2000 年分点、銀河座標系 2000 年分点）を使って容易に検索することができる。

我々は、以上の検討の結果、「直交座標系で表された格子点法」を用いることで、取りこぼしのない検索の要求に対し解決を図ると同時に、開発コストの低減も可能にした。

## 5.4. 矩形検索の実現方法

矩形検索の時は、(ユーザー指定の座標系の) 経度、緯度それぞれの最小値と最大値がユーザーに指定される。それら経度、緯度それぞれの値の範囲に含まれる格子点 ID を返すことによって、矩形検索は簡単に実現できる。なお、マップ画像の取りこぼしを防ぐために、矩形検索の際にもマージンが検索範囲に追加されている。また、指定された経度、緯度の値から、天球の反対側を回る矩形を張ることもできるが、本システムでは常に小さいほうの矩形を範囲として用いることとする。

## 5.5. 円検索の実現方法

円検索の時は、円の中心座標と半径  $R$  (天球上の角度) がユーザーに指定される。その円の内部に含まれる格子点を選び出す単純な方法は、円の中心点から全ての格子点までの角距離  $\theta$  をそれぞれ計算し、その角距離が半径  $R$  よりも小さいような格子点を選び出すというものになる。しかし、全天で約 150 万点の格子点全てに対し角距離計算をするのは大変処理時間がかかる。そこで、直交座標系で格子点を表しているメリットを生かし、以下のように検索を2段階に分けることで高速化を図る。これは AKARI-CAS ですでに実績があり (Yamauchi et al. 2011)、本開発でも採用するものである。

・1段階目：天球面上の検索円の中心と半径  $R$  (内部処理でマージンが追加される) を用いて、図 10 のような 1 辺  $2R$  の立方体を張り、その立方体に含まれる格子点を切り取る。つまり、 $X, Y, Z$  それぞれの最小値 (検索円の中心  $-R$ ) から最大値 (検索円の中心  $+R$ ) までの間に入る格子点を選び出す。これで大部分の格子点は候補から外される。

・2段階目：続いて、その選び出された各格子点と円の中心との角距離  $\theta$  を余弦定理によって求める。求められた  $\theta$  のうち  $\theta \leq R$  を満たす格子点の ID を返す。これにより円の外に残っている不要な格子点が除外される。その計算は DB に登録されたストアド関数によって行われる。

この方法を用いることにより高速の円検索が実現できる。本開発で用いられた DB サーバ環境 (CPU : 2.2GHz 8 コア, メモリ : 32GB) で、この方法によって約 150 万点の格子点に対し半径 1 度の円検索を実行するのに要する時間は、約 0.1 秒である。これは一般的にユーザーにとってほとんどストレスを感じない、非常に速い速度であると考えられる。なお、矩形検索実行時の所要時間は一般にさらに短い。ただしこの数値はコマンドラインで DB に問い合わせから結果が返るまでの時間であり、Web I/F を通じての検索条件入力値や検索結果出力値の受け渡しや、ユーザーのマシンの Web ブラウザ上でそれらを表示するための時間は別途かかる。



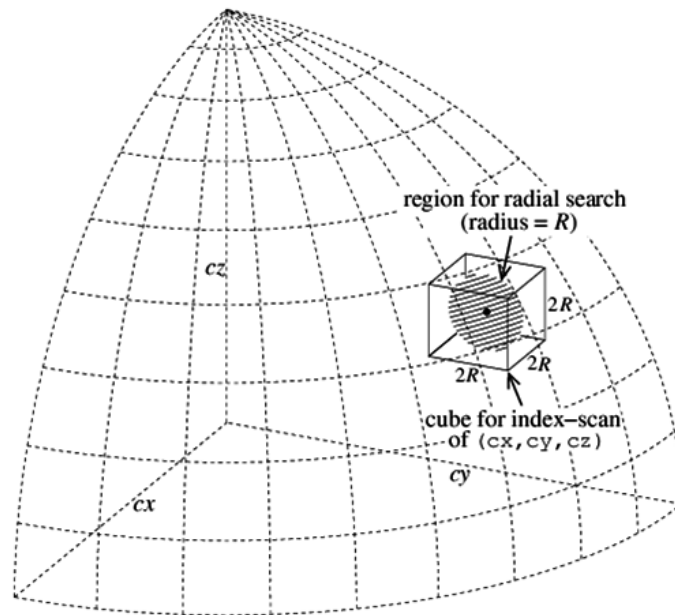


図 10: 円検索時の 2 段階検索の模式図. この図では直交座標系  $(X, Y, Z)$  が  $(cx, cy, cz)$  と表記されている.

## 6. 今後の開発予定

本開発により, 全天マップ検索システムの試作版が完成した. 今後, 外部への公開に向けて, 以下の開発を予定している.

### 6.1. 公開版全天マップ用への改装

本論文で紹介した AKARI-DAS は, 非公開版 FIS 全天マップを用いて作られた試作版であり, 外部には公開されていない. 公開版の FIS と IRC それぞれの全天マップの中身は, 本論文の第 2 章に述べられたものから変更されることが予告されている. ただし, 検索機能の開発をする上で, FIS と IRC の違い, また FIS の公開版と非公開版の違いは, 各ファイルがカバーする天球上の面積が異なるだけであり, DB 登録の手続きや検索の実装方法は変わらない. すなわち, 本論文で述べる要求分析とその解決法は, 複数の FITS 形式のファイルで全天をカバーするようなマップ画像群を対象とする検索であれば一般的に有効であると考えられる.

### 6.2. AKARI-CAS から AKARI-DAS へのリンク作成

上述の通り, AKARI-DAS は天球上の位置を基準にマップ画像を検索するシステムである. しかし研究目的によっては, 位置ではなく, 天体の光度やスペクトル型や形態などの基準による検索が可能であると便利である. 例えば, あかり点源天体カタログや, NGC (New General Catalog) のような外部カタログから, ある明るさ以上の天体を選び出し, それらが写っている (と思われる) マップ画像を全天から拾い出すというような検索である.

そこで、そのような複雑な条件の検索は AKARI-CAS で対応させ、その検索結果から AKARI-DAS へ飛ぶ（リンク）ことで、該当のマップ画像を配布することができる。具体的には、AKARI-CAS の検索結果一覧から該当天体の各 ID にリンクを設け、そのリンクからその天体の位置情報が AKARI-DAS の検索結果表示ページに送信されれば、そのような検索が可能になる。その処理を多数の天体に対して一括で行う方法については現在検討中である。

### 6.3. AKARI-CAS/Explore ページ（カラー早見画像表示機能）の開発

図 11 のように、AKARI-CAS の機能の一部として、Explore ページというビジュアルツールが既に存在する。そのページでは、可視光から赤外光までの様々な全天サーベイのカラー早見画像が外部サーバから取得され、並べて表示されるようになっている。しかし現時点では未完成で、あかりの全天マップはこのページに表示されていない。それが外部公開された後には、このページにその早見画像も表示されるようにする。

そのために我々が現在検討している処理は、ある天体の中心座標とある範囲が与えられると、全天マップの複数の FITS ファイルを合成して、その中心と範囲による新たな 1 つの FITS ファイルが作成され、さらに複数バンドのそれらが合成されて疑似カラーの JPEG 形式の早見画像が作成される、というものである。その早見画像の埋め込みにより Explore ページにその縮小画像を表示できる。また中間で生成される新たな FITS ファイルもダウンロード可能とする。本論文執筆時点で、我々はそのような内部処理と Explore ページの開発に着手しており、試作版が出来つつある。



図 11: AKARI-CAS/Explore ページ (<http://darts.jaxa.jp/ir/akari/cas/tools/explore/obj.php>). 現状ではまだあかり全天マップ（上段の右と中にそれぞれ FIS, IRC の全天マップが入る予定）が表示されていない。

## 7. まとめ

本論文では、あかり全天マップ用の検索機能を開発するにあたり、仕様への要求、課題、解決法、そして非公開版データ用の試作版を提示した。まず、想定ユーザーを天文学研究者とすることによる要求と、コスト面の要求を検討し、解決法を探った。シンプルさを優先した検索 I/F によって、ユーザーが少ない操作で効率良く目的のマップ画像を取得することを可能にした。その検索の事前準備として、各マップ画像の内部を 10 分角間隔で分割し、それらの中心点（格子点）の座標値を 5 種類（赤道座標系（2000 年分点）、赤道座標系（1950 年分点）、黄道座標系、銀河座標系、直交座標系）全てデータベースに登録した。また格子点の間隔による取りこぼしを防ぐためにわずかに検索範囲を広げる内部処理を与えた。その結果、極域データを含め取りこぼしのない検索を高速で実行することが可能になった。そして我々は、これらの開発を、既存の AKARI-CAS の仕組みを流用することで低コストで進めることができた。本機能は PHP と PostgreSQL の組み合わせを基本とする最小限のソフトウェアによって実装することができた。またその可読性の高いソースコードによって、今後出来る限り長期間低コストで本機能を維持できるようにした。これらの解決法により、我々は要求を満たすものを構築することができた。今後、外部公開用に作り直すと共に、AKARI-CAS と連携しての高機能検索やビジュアル化処理を開発する予定である。それらの機能は、あかり全天マップが長期に渡り利用され、多くの研究成果を生み出すことに貢献するであろう。

## 参考文献

- Abazajian, K. N., et al. 2009, ApJS, 182, 543
- Doi, Y., et al. 2009, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 418, 387
- Doi, Y., et al., in preparation.
- Górski, K. M., et al. 2005, ApJ, 622, 759
- Ishihara, D., et al. 2009, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 418, 9
- Kawada, M. et al. 2007, PASJ 59, 389
- Mink, D. J. 1999, ADASS VIII, A.S.P. Conference Series, 172, 498
- Murakami, H., et al. 2007, PASJ, 59, 369
- Onaka, T., et al. 2007, PASJ, 59, 401
- Pence, W. 1999, ADASS VIII, A.S.P. Conference Series, 172, 487
- Wells, D. C., Greisen, E. W., and Harten, R. H., 1981, AAS, 44, 363
- Yamauchi, C., et al. 2011, PASP, 123, 852