

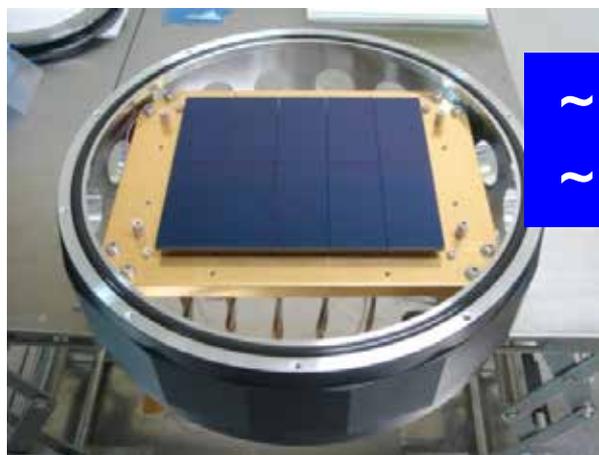
HSC-SSPのデータ解析概要

古澤 久徳

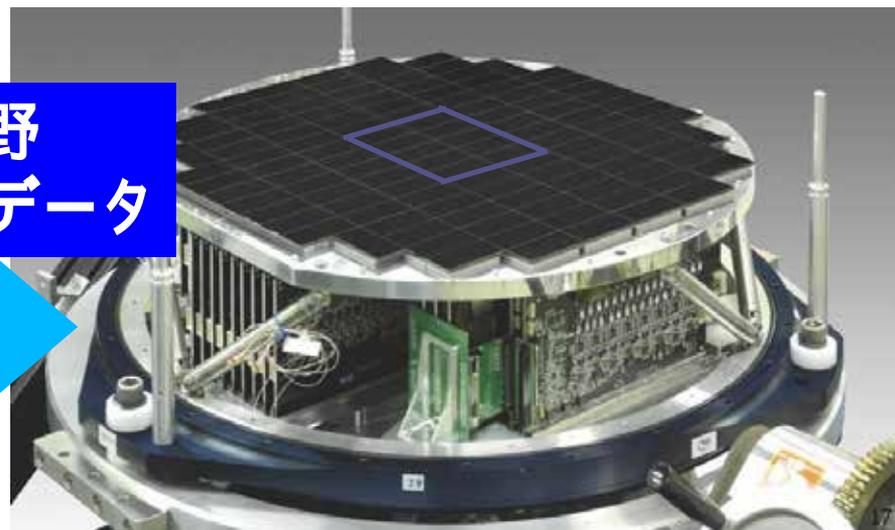
2016.4.11 HSC DB講習会

HSCのデータ

- すばる主焦点可視撮像カメラ
 - 宇宙論(ウィークレンズ)を中心とする戦略的観測
 - 2012/8 FL、2014/3 共同利用・SSP開始



~ 7倍の視野
~ 104倍のデータ



Suprime-Cam



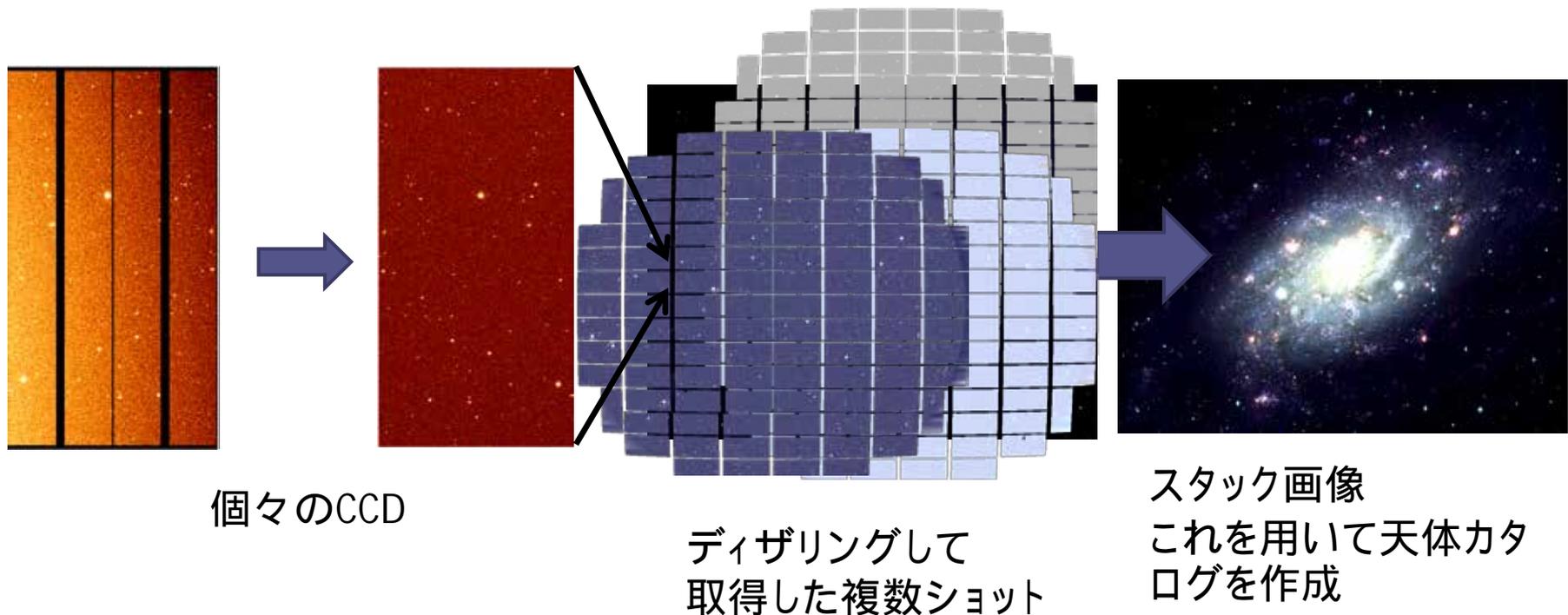
視野: $34' \times 27'$ (10 x 2k4k CCDs)
データ量: 185MB/shot (~ 30GB/夜)
サーベイ領域: 1 ~ 10 平方度

HSC

視野: 直径1.5度 (104 x 2k4k CCDs)
2GB/shot (~ 300GB/夜)
サーベイ領域 ~ 1400 平方度

一般的な撮像データ解析手順

1. 各CCDのバイアス除去・感度差補正 (一次処理)
2. 一次処理済みCCDデータをモザイクして足し合わせる
3. 位置情報、カウントを物理量に直す (較正)
4. マルチバンドカタログ作成



開発チームとソフトウェア構成

- 開発チーム
 - 国立天文台、K-IPMU、プリンストン大
- ソフトウェア構成
 - LSST stack (Python, C++)
 - データ操作のクラスライブラリ、基本的な解析タスク (c.f., IRAF)
 - Python, C++ (SWIG)
 - 解析アルゴリズムとパイプラインの構築
 - HSC固有の解析手続きを Add-on
 - MPI, Torque (OpenPBS)
 - 分散処理

HSC-SSPサーベイレイヤーFieldマップ

- <http://www.naoj.org/Projects/HSC/surveyplan.html>

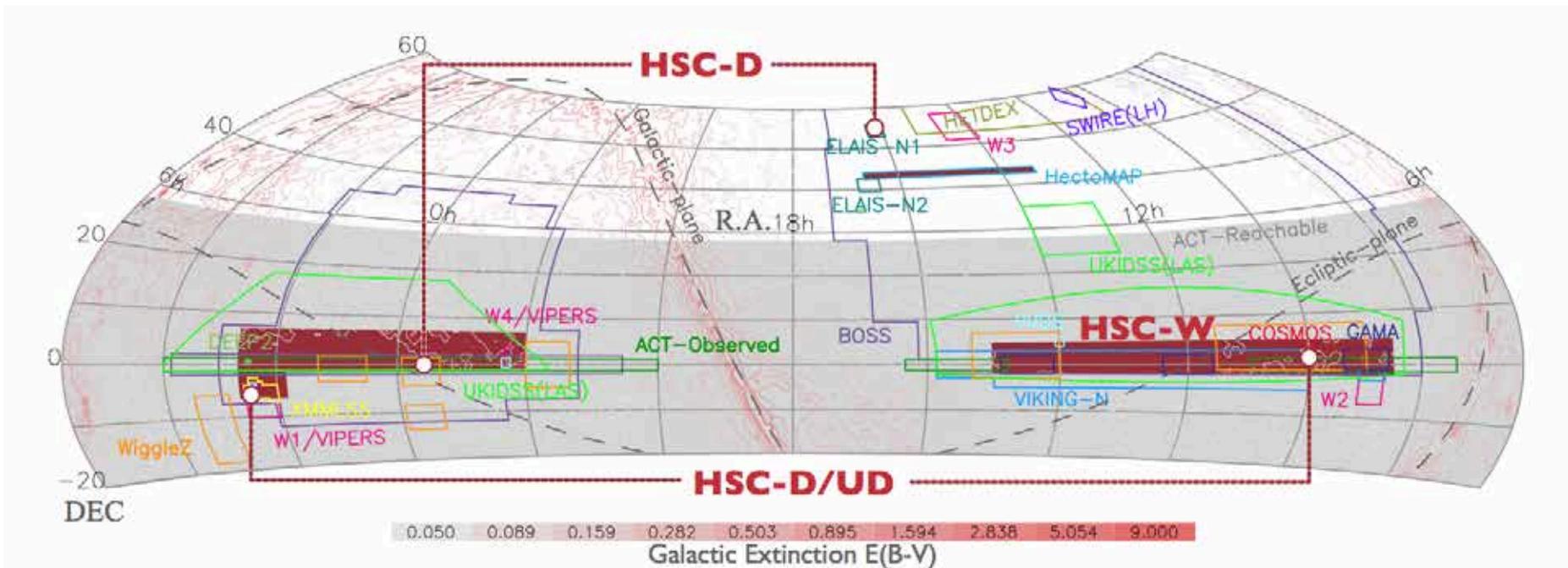
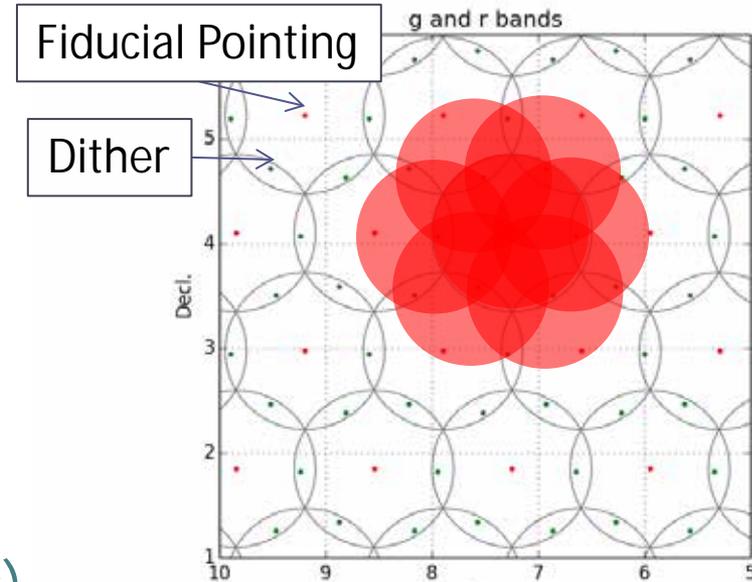


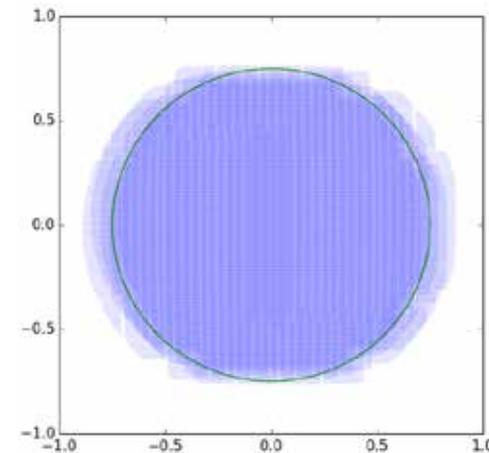
Figure 11: The location of the HSC-Wide, Deep (D) and Ultradeep (UD) fields on the sky in equatorial coordinates. A variety of external data sets and the Galactic dust extinction are also shown. The shaded region is the region accessible from the CMB polarization experiment, ACTPol, in Chile.

HSC-SSPサーベイレイヤーと観測

- Wide (1400 sq.deg)
 - Equator付近を中心
 - g,r,i,z,y (10-20min)
- Deep (27 sq.deg)
 - 4 Fields (x 4-5 FOVs)
 - g,r,i,z,y (1.4-3.5hrs)
 - NB387,816,921 (1.4-4.2hrs)
- UltraDeep (3.5 sq.deg)
 - 2 Fields (x 1FOV)
 - g,r,i,z,y (7-19hrs)
 - NB816,921,1010 (10.5-17.5hrs)



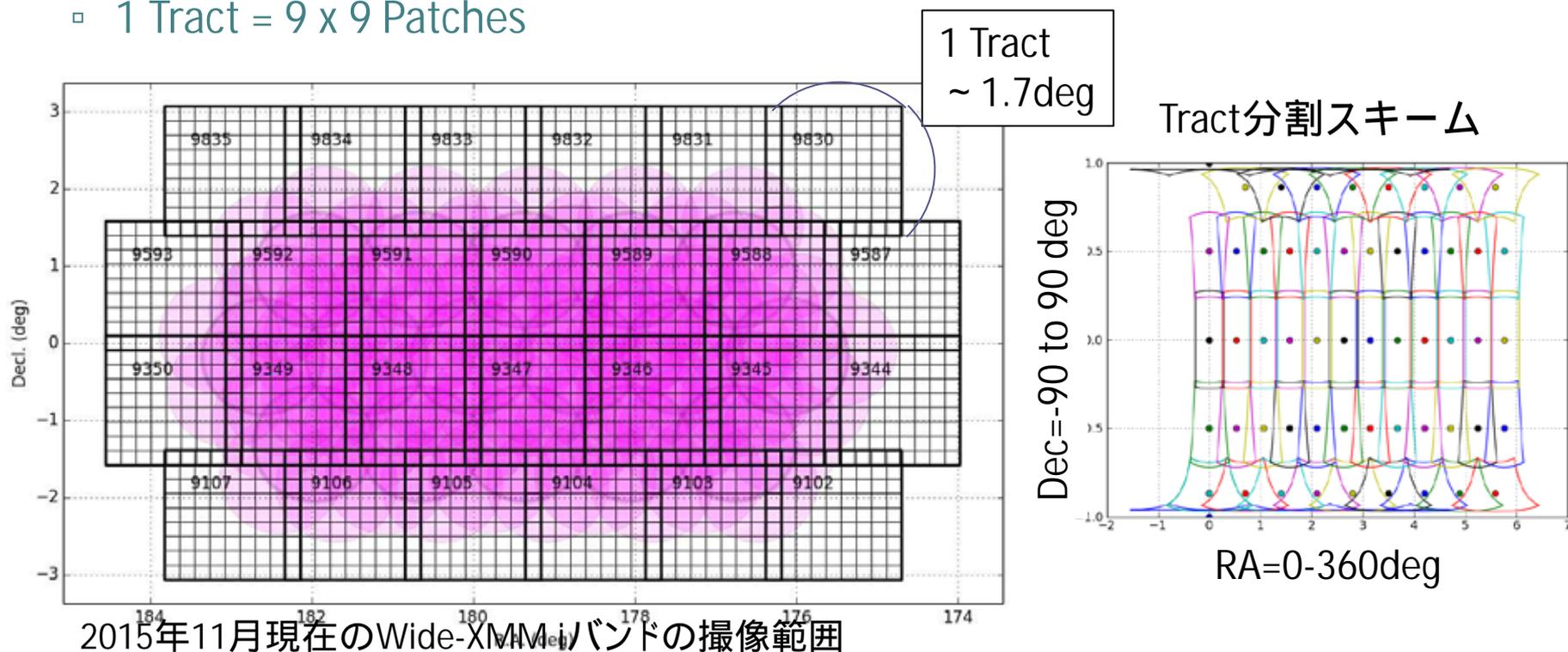
Wide Layerのポインティング戦略



Deep/UD Layerのポインティング戦略

解析上のフィールド分割方法

- Tract
 - モザイク・Coaddを行う単位 (1.7度程度)
 - Tract内は共通の投影軸でTAN-WCSを共有
- Patch
 - Coadd画像、Coaddカタログを作る単位 (4200x4200px, 隣接との重なり100px)
 - 解析ソフトウェアの都合で Tract の中を分割
 - 1 Tract = 9 x 9 Patches



HSCデータ処理 Jargon

- ccd: CCD素子1個ずつのデータの番号
 - STARSで言うところのFRAME
 - ヘッダに入っているDET-IDと同じ値
- visit: 1積分(ショット)に対応するUnique ID
 - HSCA12345600 – HSCA12345757 (112 Frames)
à visit=123456
- mosaic ,warp, coadd
 - mosaic: 各CCDの天球座標、fluxscaleを決める
 - warp: 画像変換を行う
 - coadd: 画像の重ね合わせ = スタック・registrationと同義

シングルバンド解析と出力

Procedure

プロダクトファイル (FITS)

■ 画像出力
 ■ カタログ出力

出力単位
(Visit, CCD)

CCDごと解析

- フラットフィールド、CR除去、スカイ引き
- PSF測定
- 等級原点較正 (PS1 PV1.2による)
- 座標較正 (TAN-SIP WCS)
(PS1 PV1.2による)

モザイクング & ワープ・Coadd

- 座標較正の改善 (TAN-SIP WCS)
ショット間・外部天体カタログ比較による
- CCD間フラックススケール決定
測光整合性による2次元フラックス補正
- パイプライン通して1回だけのワープ

Coaddカタログ生成

校正済み画像w/
WCS+magzero
CORR,
CALEXP

シングルバンド
CCDカタログ
SRC,
CALSRC

ワープ画像
per visit
warp
(Visit, Patch)

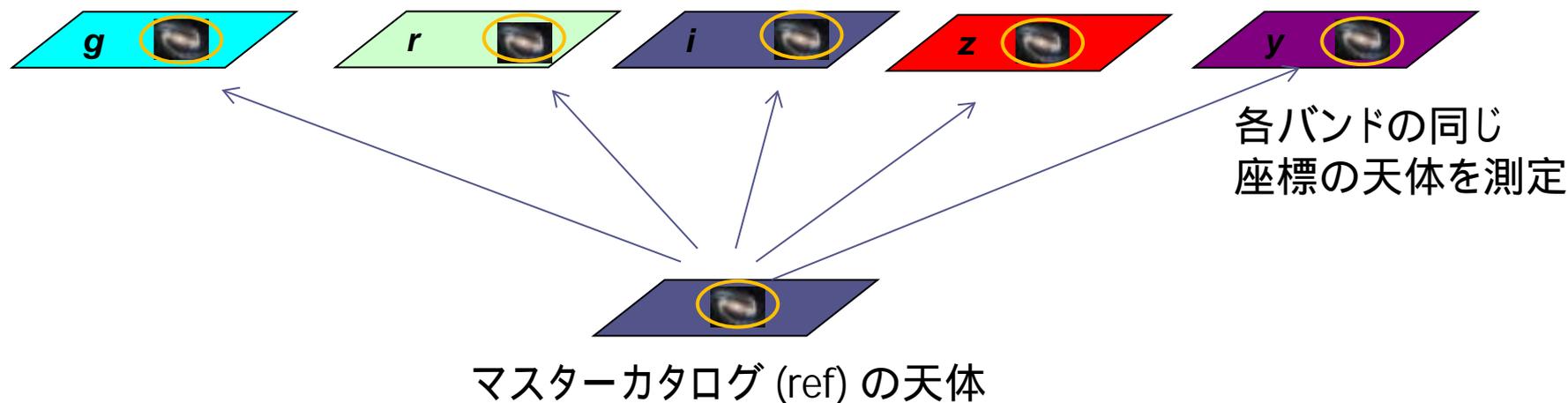
Coadd画像
メモリ上
(Filter, Patch)

Coadd画像
スカイ引き後
calexp
(Filter, Patch)

シングルバンド
Coaddカタログ
src

Forced測定モードによる マルチバンドカタログ生成

- まず、Coaddのいずれかのバンドで検出される全天体を含むマスターカタログを生成
- それぞれの天体について各バンドの画像を測定する (Forced mode測定)



$$y = \mathring{\mathbf{a}} \sum_{i=1}^{N_{\text{band}}} g_i^2$$

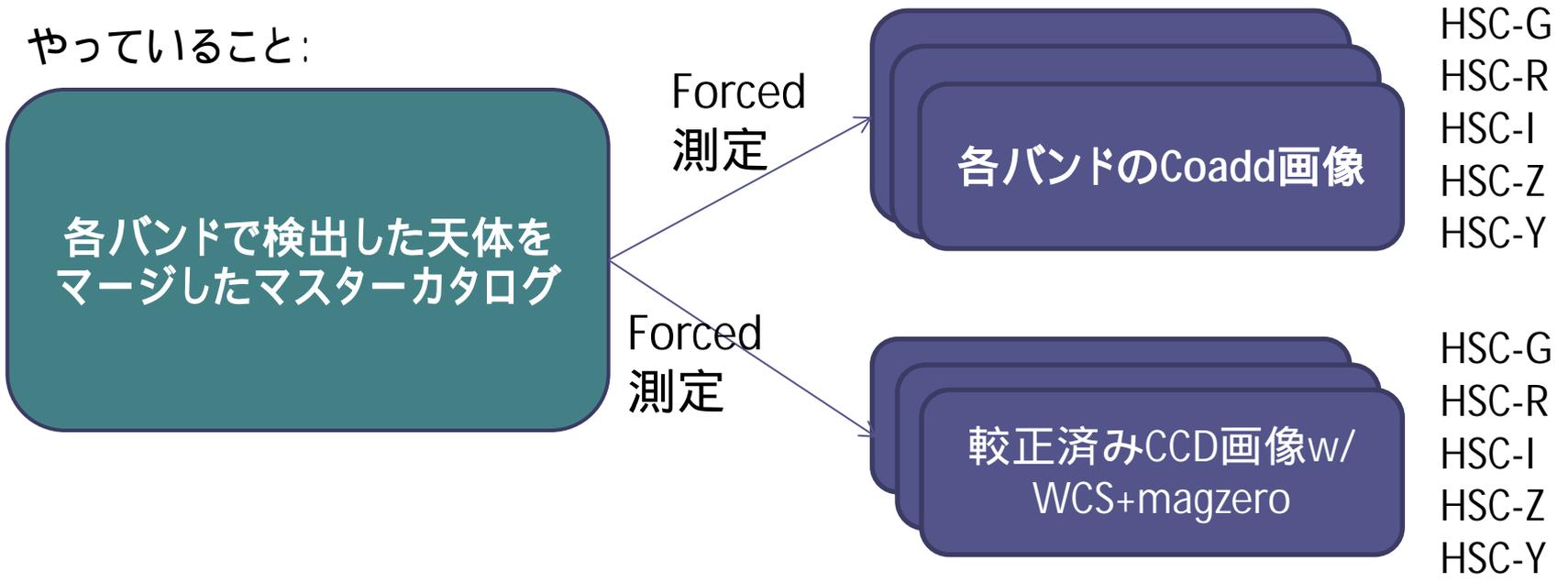
$g_i = \text{Image} - \text{sky}$: 将来的にはx2乗画像での検出を用いる計画も

マルチバンドカタログ生成

Procedure



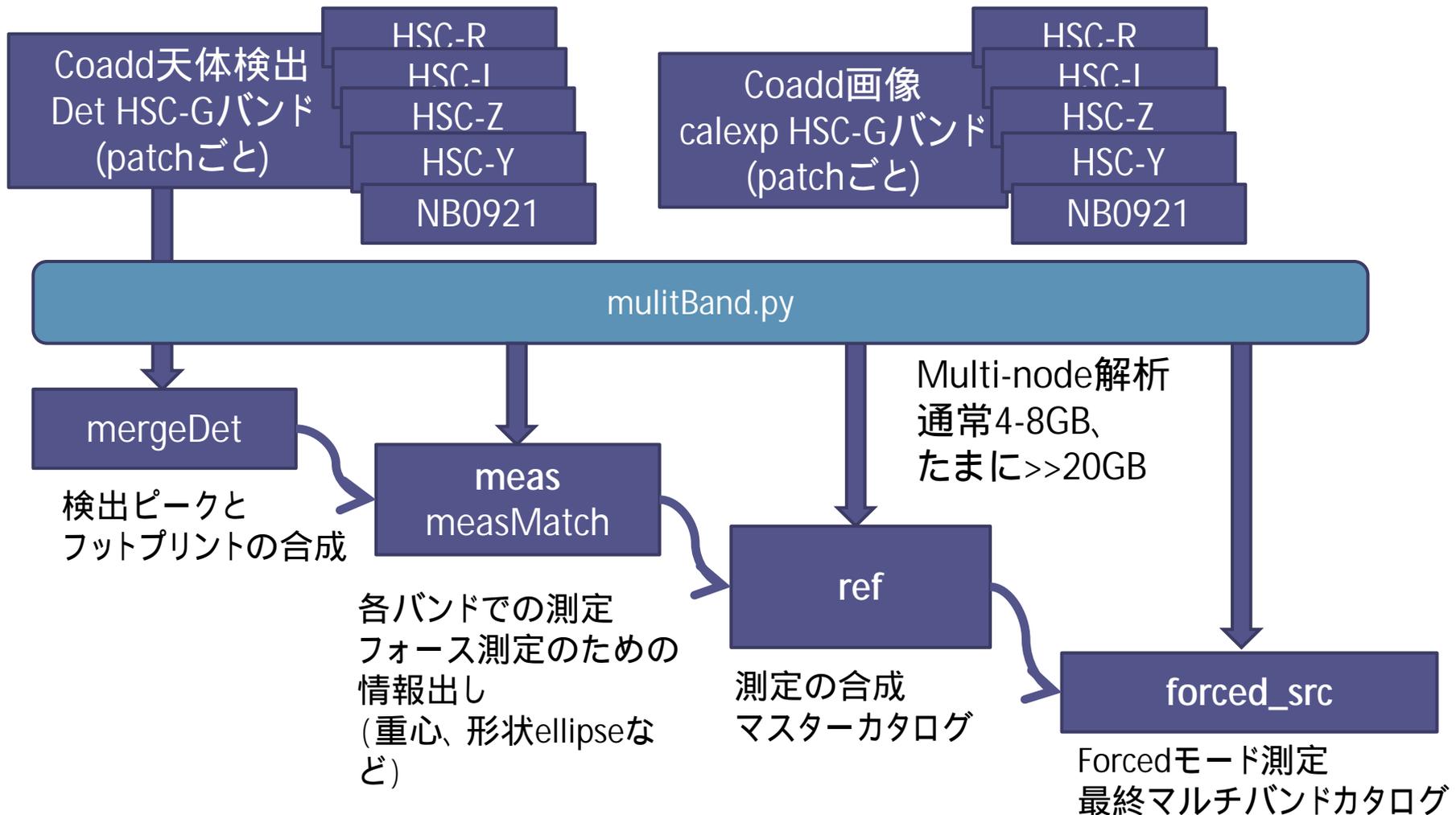
やっていること:



マルチバンドカタログ生成

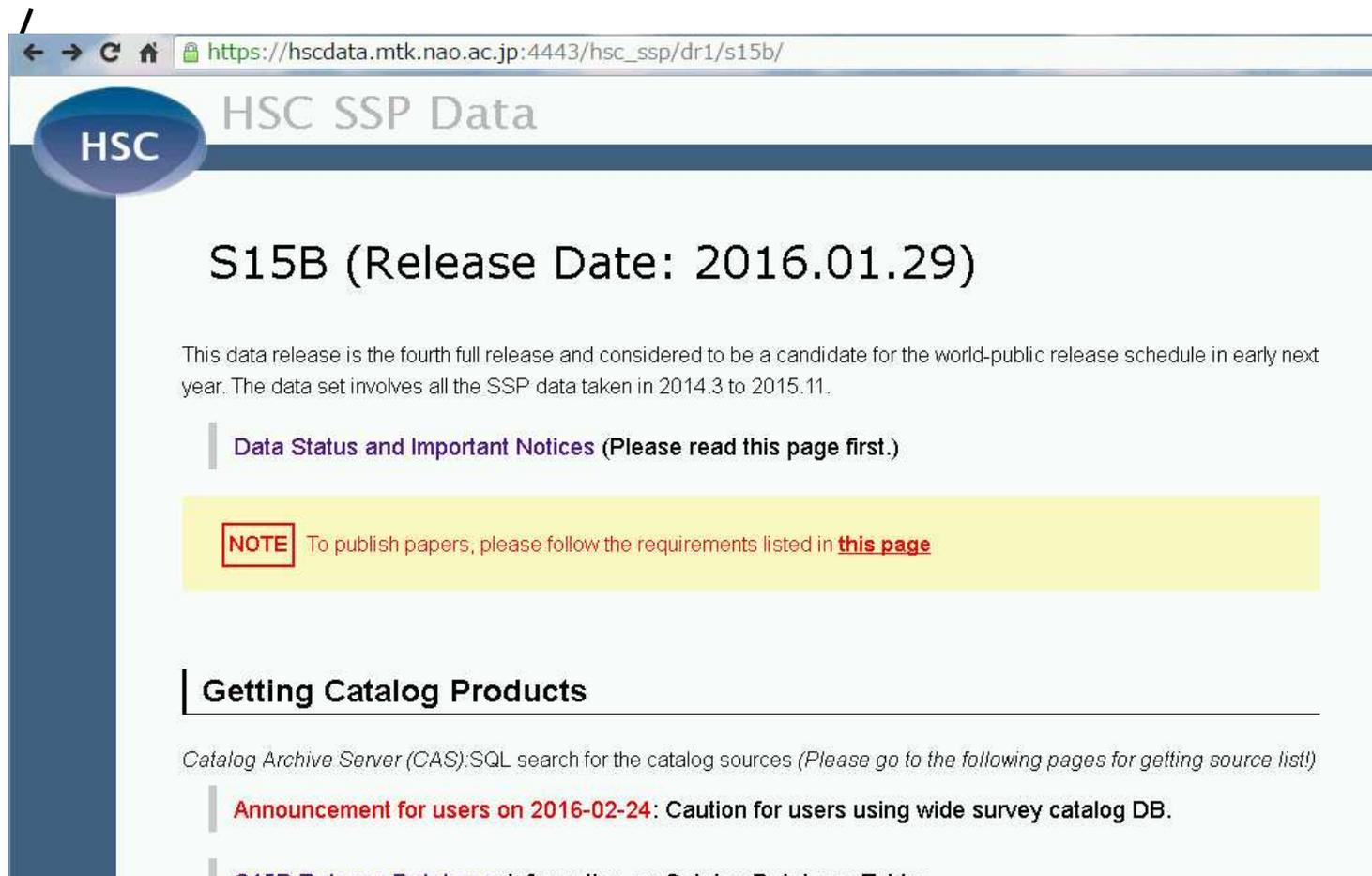
Coaddのパッチごと

Multiバンドのstack.pyの結果がメインの入力
実際はCORRも見に行っている



解析結果データ配布サイト

- STARSアカウント + SSPプログラムIDで認証を申請
- https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc_ssp/dr1/s15b/

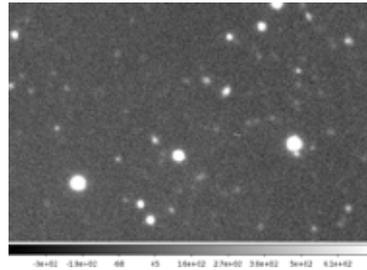


The screenshot shows a web browser window with the URL https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc_ssp/dr1/s15b/. The page title is "HSC SSP Data" and the main heading is "S15B (Release Date: 2016.01.29)". Below the heading, there is a paragraph of text: "This data release is the fourth full release and considered to be a candidate for the world-public release schedule in early next year. The data set involves all the SSP data taken in 2014.3 to 2015.11." A blue button labeled "Data Status and Important Notices (Please read this page first.)" is visible. Below this, a yellow box contains a "NOTE" in a red box: "NOTE To publish papers, please follow the requirements listed in [this page](#)". Further down, there is a section titled "Getting Catalog Products" with a horizontal line underneath. Below this section, there is a line of text: "Catalog Archive Server (CAS): SQL search for the catalog sources (Please go to the following pages for getting source list!)" and another blue button: "Announcement for users on 2016-02-24: Caution for users using wide survey catalog DB."

較正済みCCD・Coadd画像

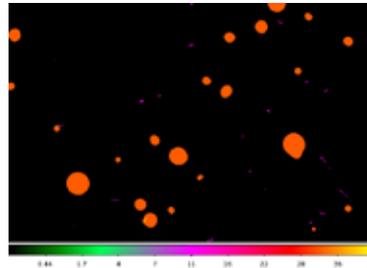
- 天体画像、マスク、分散画像を持つFITSファイル
- PSF、スカイ引き情報も再現出来る形で保持

HDU0: ヘッダのみ
HDU1: 科学画像



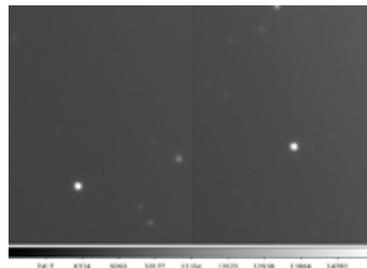
等級原点、較正済みWCS

HDU2: マスク画像



Plane 0 -> BAD	16bit integer
Plane 1 -> SAT	
Plane 2 -> INTRP	
Plane 3 -> CR	
Plane 4 -> EDGE	
Plane 5 -> DETECTED	
Plane 6 -> DETECTED_NEGATIVE	
Plane 7 -> CROSSTALK	

HDU3: 分散画像



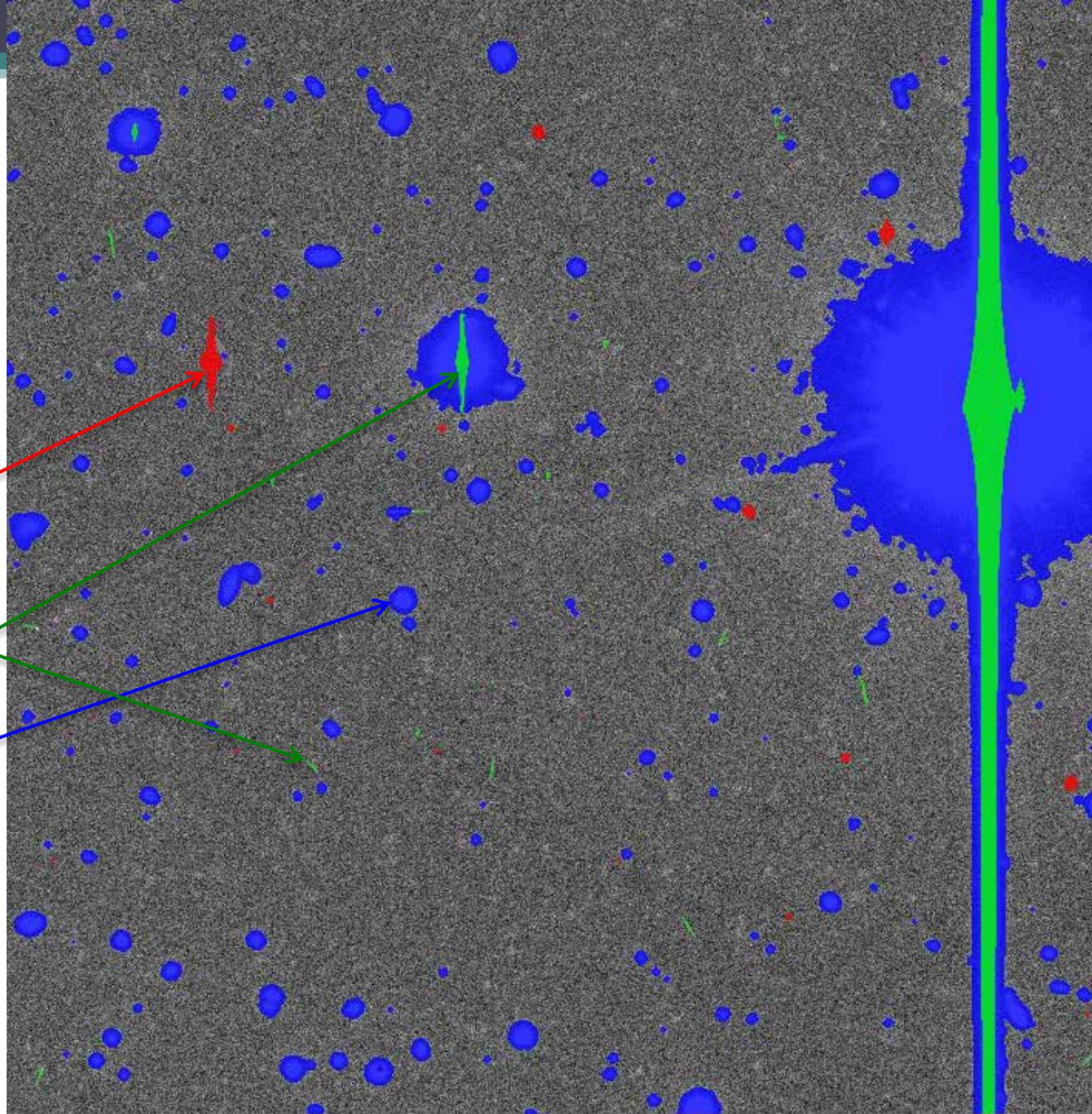
(数字は一定ではないから注意)

ADU count / Gain

Crosstalk

Saturate
CR

Detected



-454 -287 -117 50 220 387 555 725 892

カタログにリストされる天体パラメータ

スキーマブラウザで確認できる：

https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/schema_browser2/

- ID・座標
- 形状
- Flux・等級
- Flags

天体パラメータ： ID、座標

- id -- 天体・各バンド・Tract・PatchごとにuniqueなID
- tract, patch, filter01
- ra2000, dec2000 (β refのcentroid_{record, sdss})
- 重心
 - centroid_sdss_{x, y}, err
 - ピーク周り 3x3 pixの中の多項式フィット
 - shape_sdss_centroid_{x, y}, err
 - 楕円領域内の重心

天体パラメータ: 形状・サイズ関係

- モーメント
 - `shape_sdss[]` – SDSS adaptive moment
 - 2nd momentとして利用
 - `shape_hsm_moments[]` – 2nd moment by HSM algorithms
- Kron半径
 - `kron_radius` – $\sqrt{a \cdot b}$
- Galaxy Component-Model Fit (CModel)
 - `cmodel_{dev, exp}_ellipse[]`, `cmodel_fracdev`
 - ¼乗則とexp lawの2要素のプロファイルフィット結果

天体パラメータ： フラックス・等級測定

- 固定円アパーチャフラックス・等級
 - 各バンド測定カタログ(単位はテーブルによる)
 - flux_sinc, flux_naive
 - r=12px ($\sim\phi 2''$) aperture
 - flux_aperture{01,...,09}
 - $\phi 1, 1.5, 2, 3, 4, 5.7, 8.4, \dots, 23.6''$
 - マルチバンドカタログテーブル(サマリテーブル)
 - {g,r,i,z,y,nb0921,nb0816}flux_aperture{01,...,09} (cgs単位)
 - {g,r,i,z,y,nb0921,nb0816}mag_aperture{01,...,09} (等級)
- PSFフラックス・等級(以下はマルチバンドテーブルを割愛)
 - flux_psf
- CModelフラックス・等級
 - cmodel_flux, cmodel_{dev, exp}_flux
- Kronフラックス・等級
 - flux_kron

フラッグ: 検出状態 1

- detect_is_primary
 - 同じ天体に対して複数の測定がある場合に、主とみなすべき測定
- detect_is_tract_inner
- detect_is_patch_inner
 - 隣接するTract・Patch画像の重なり領域にある天体について、よりTract・Patchの中心に近い方に位置しているか
- デブレンド (measlist, forcelist)
 - Parent
 - 自分が分割された後の子の場合、分割前の天体IDが入る。層でない場合はゼロが入る
 - deblend_nchild
 - 自分自身が複合天体である場合、分割された子供がいくつかあるか。自分自身がこれ以上分割できない天体の場合はゼロが入る。普通はこれがゼロである天体に注目すればよい

Patch-Inner, Tract-Inner, Primary

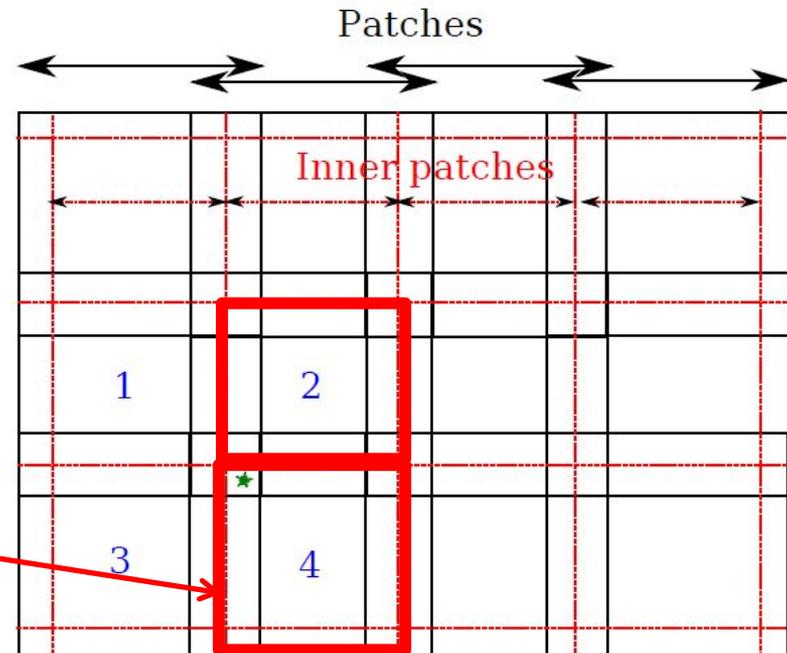
- Tract間、Patch間の重なり → 同一天体の重複測定
 - Tract間 ~ 1分角、Patch間 ~ 100px
- Primary天体
 - 主要な測定を示す → マルチTract・Patchから重複なく天体リストを作れる
- より中央に近い位置に重心がある天体がInnerでありPrimary天体

Patch-Inner:

4100 x 4100 px の内部領域

Patch-Outer:

その外側



フラッグ: 検出状態 2

- flags_pixel_bad (*)
 - 事前定義されたdefect領域にある
- flags_edge
 - Coaddの視野外にある・Coaddできるショットが存在しない
- flags_offimage
 - 画像(FITSピクセル)の外部にある
- flags_cr_{center, any} (*)
 - Cosmic Rayが検知された
- flags_interpolated_{center, any} (**)
 - カウントがピクセル間でInterpolateされた
- flags_pixel_saturated_{center, any} (**)
 - 生データでOverflowしている(そのようなショットが卓越している)
- flags_suspect_{center, any} (**)
 - カウント線形性が怪しまれる(生データで50000ADUを超えている)
- flags_bright_object_{center, any} (**)
 - 明るい星(NOMADカタログ)の近傍にある

(*) coaddでクリップされる (**) 通常はcenterのみの指定で十分

optional

フラッグ:測定状態 (Trueで異常あり)

- 重心
 - centroid_sdss_flags
 - shape_sdss_centroid_flags
- 形状
 - shape_sdss_flags
- フラックス
 - flux_kron_flags
 - flux_psf_flags
 - cmodel_flux_flags

フラッグ：天体の特性・付加情報

- PSFと比べて有意に広がったプロファイルを持つか
 - `classification_extendedness`
 - PSFと比べてCmodel(*fac)が明るければ広がっている=0
- 銀河系吸収
 - `a_{g,r,i,z,y,nb0921,nb0816}` # mag

フラッグ：multiBand処理の状態（上級）

- そのバンドでピーク検出されたかどうか
 - `merge_peak_{g,r,i,z,y,...}`
- そのバンドのfootprintが合成されたかどうか
 - `merge_footprint_{g,r,i,z,y,...}`
- そのバンドの測定がマスターカタログ（forced測定の初期値）に採用されたかどうか
 - `merge_measurement_{g,r,i,z,y,...}`
- S15B: マスターカタログ作成時の優先順位
 - `i à r à z à y à g à n921 à n816`