

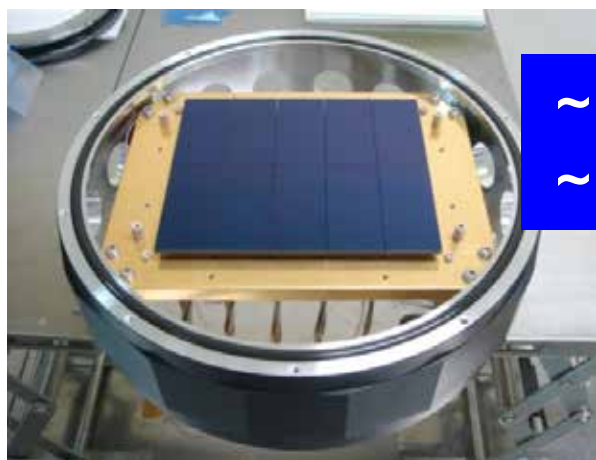
# HSC-SSPのデータ解析概要

古澤 久徳

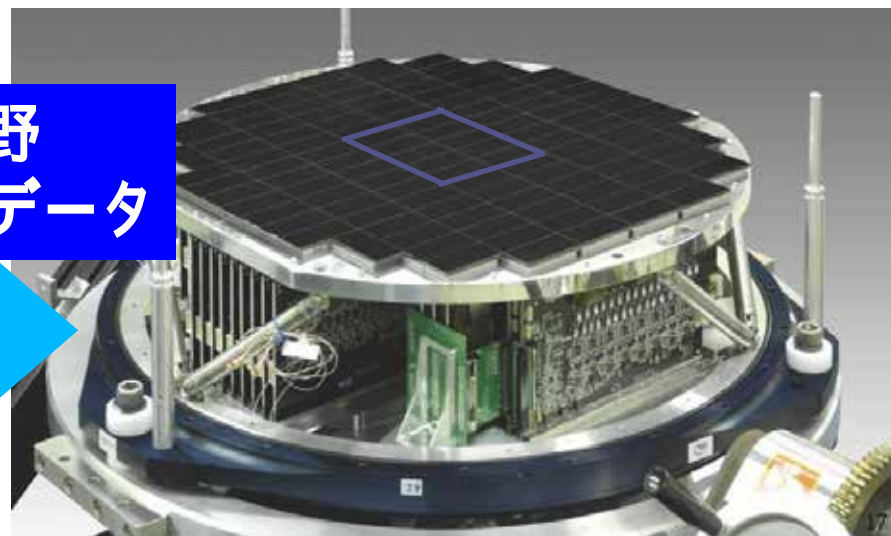
2016.4.11 HSC DB講習会

# HSCのデータ

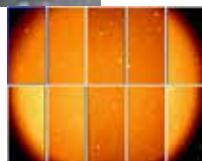
- すばる主焦点可視撮像カメラ
  - 宇宙論(ウィークレンズ)を中心とする戦略的観測
  - 2012/8 FL、2014/3 共同利用・SSP開始



~ 7倍の視野  
~ 104倍のデータ



Suprime-Cam



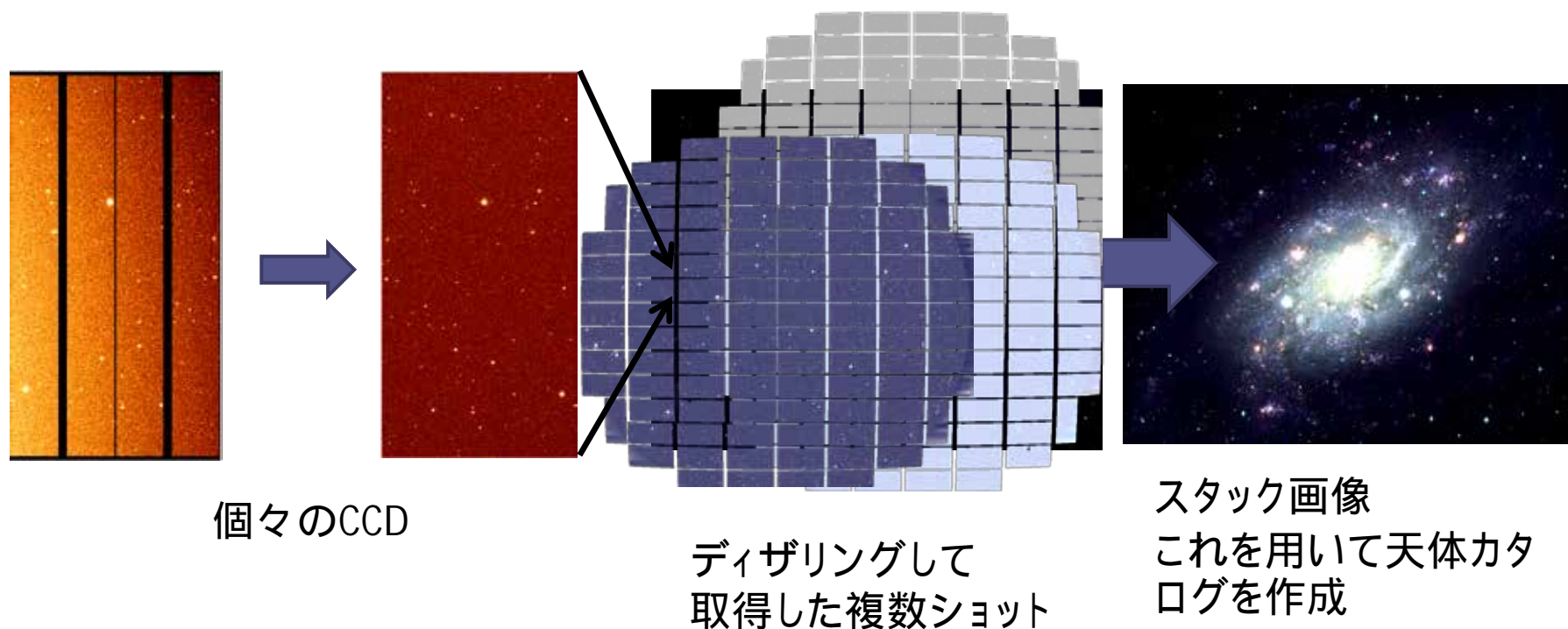
視野:  $34' \times 27'$  (10 x 2k4k CCDs)  
データ量: 185MB/shot (~ 30GB/夜)  
サーベイ領域: 1 ~ 10 平方度

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>

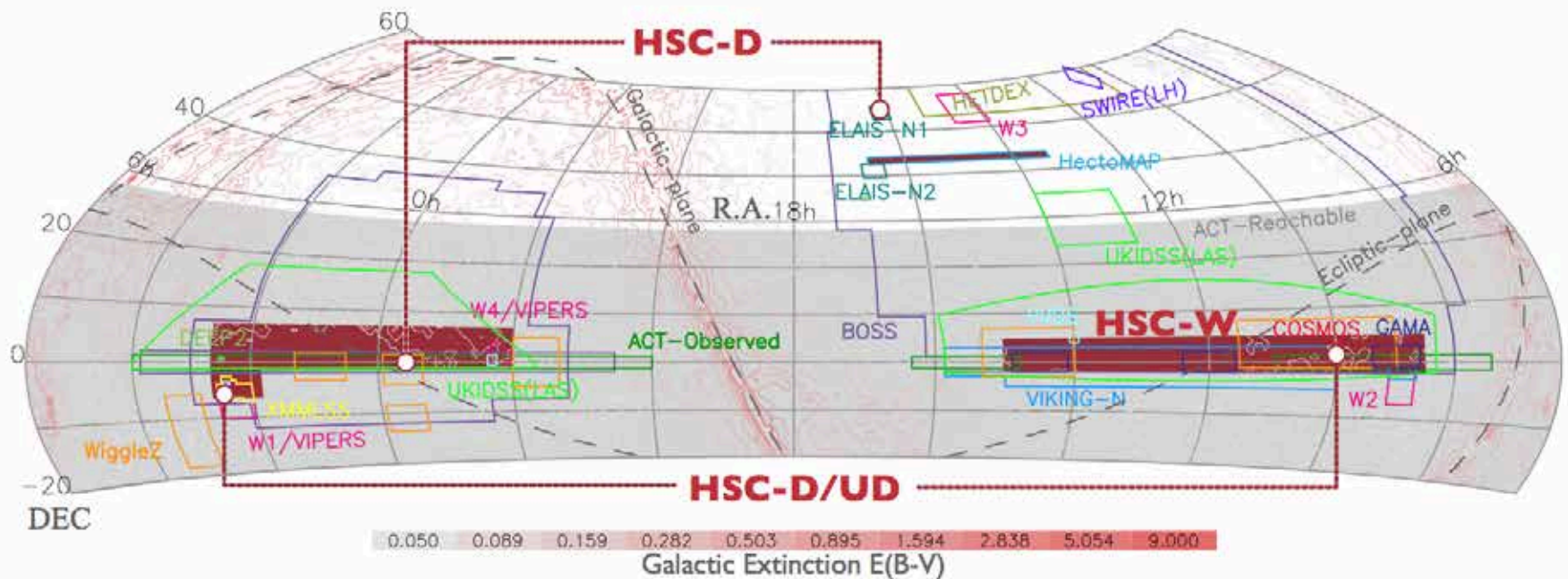
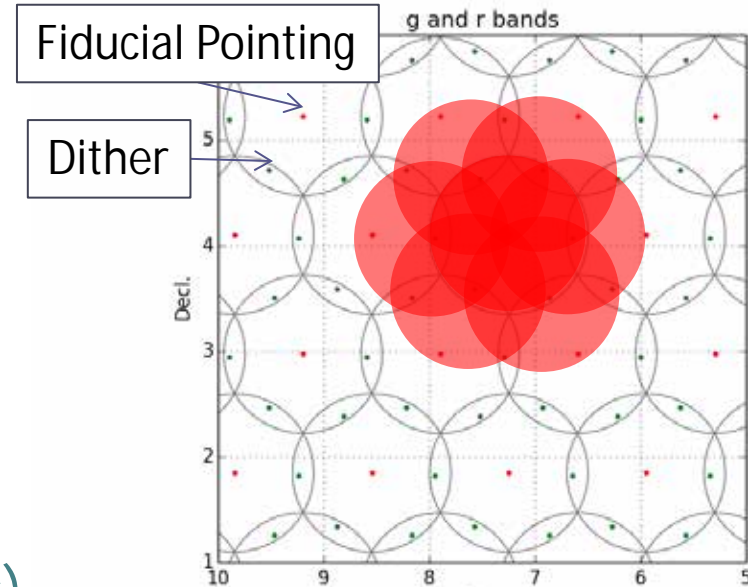


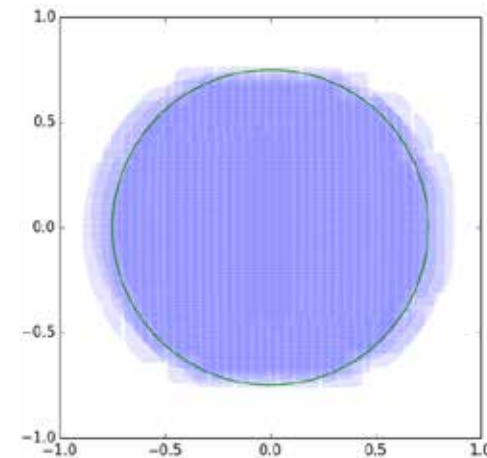
Figure 11: The location of the HSC-Wide, Deep (D) and Ultradeep (UD) fields on the sky in equatorial coordinates. A variety of external data sets and the Galactic dust extinction are also shown. The shaded region is the region accessible from the CMB polarization experiment, ACTPol, in Chile.

# 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)



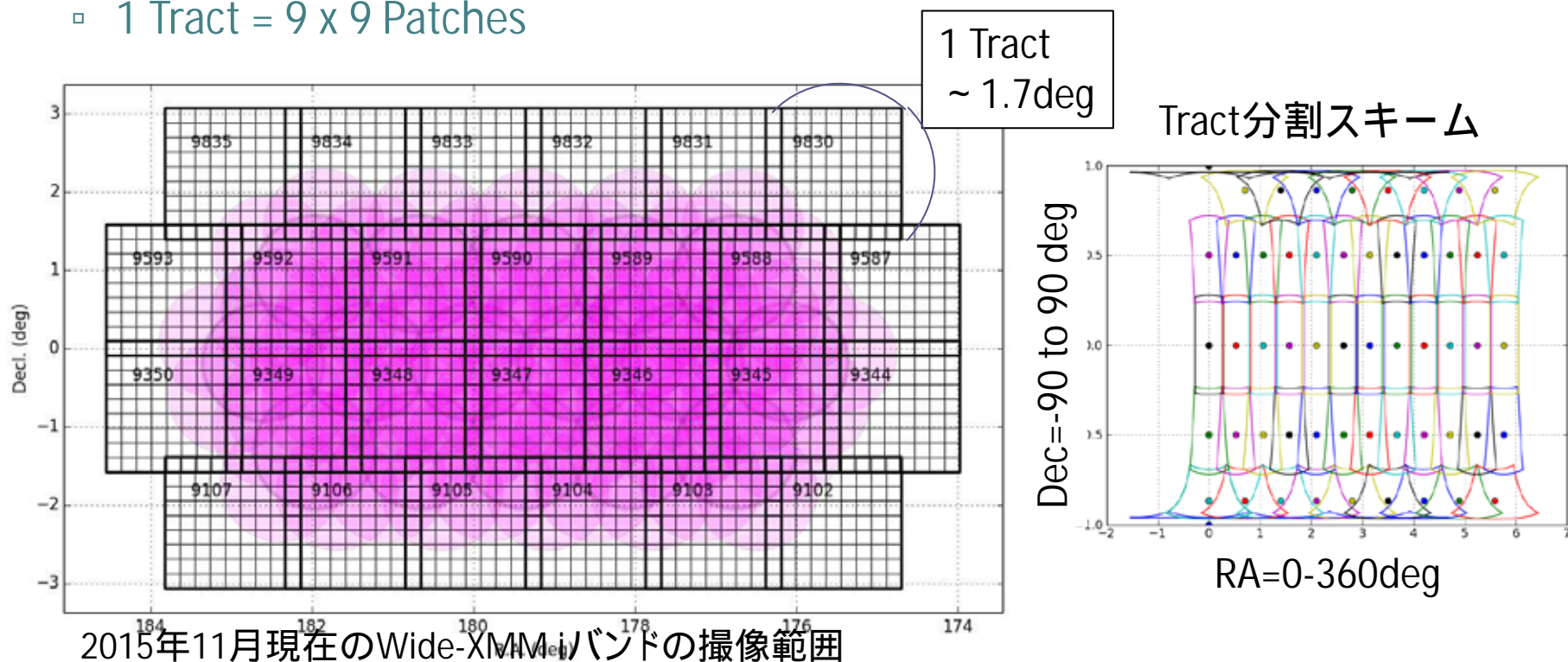
Wide Layerのポインティング戦略



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

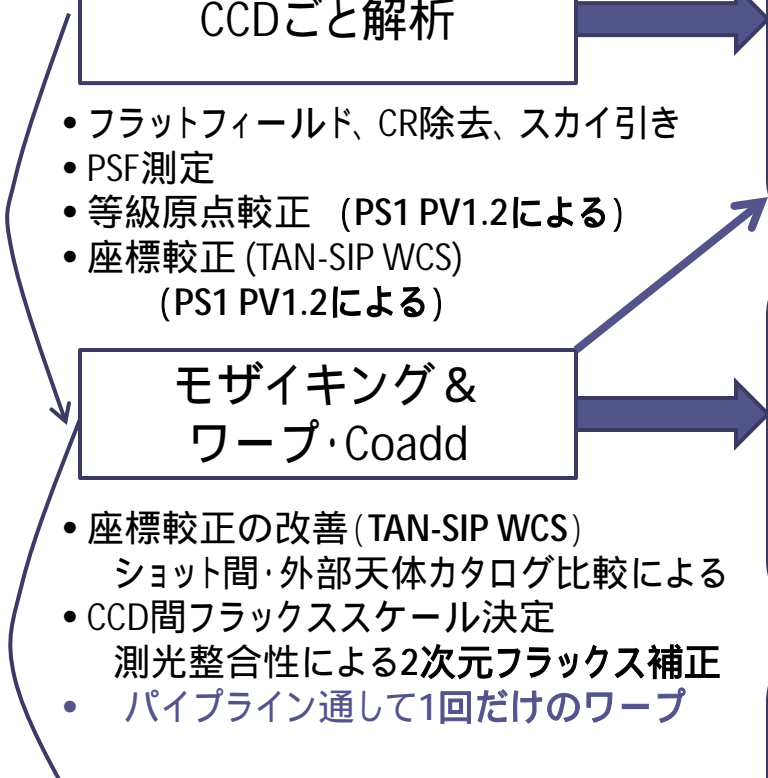
シングルバンド  
CCDカタログ  
SRC,  
CALSRC

ワープ画像  
per visit  
warp  
(Visit, Patch)

Coadd画像  
メモリ上  
(Filter, Patch)

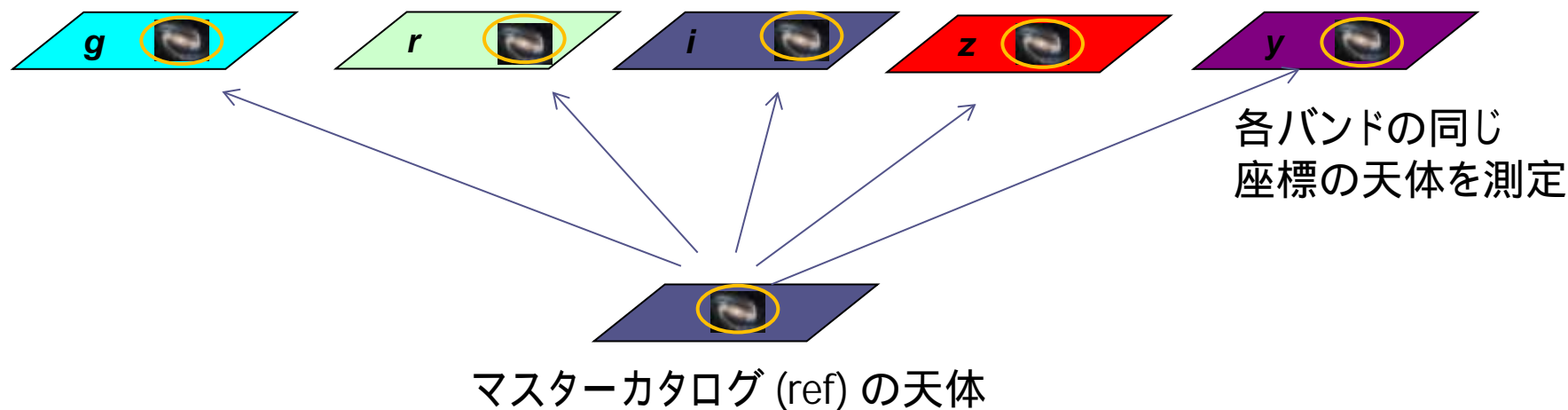
Coadd画像  
スカイ引き後  
calexp  
(Filter, Patch)

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)



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

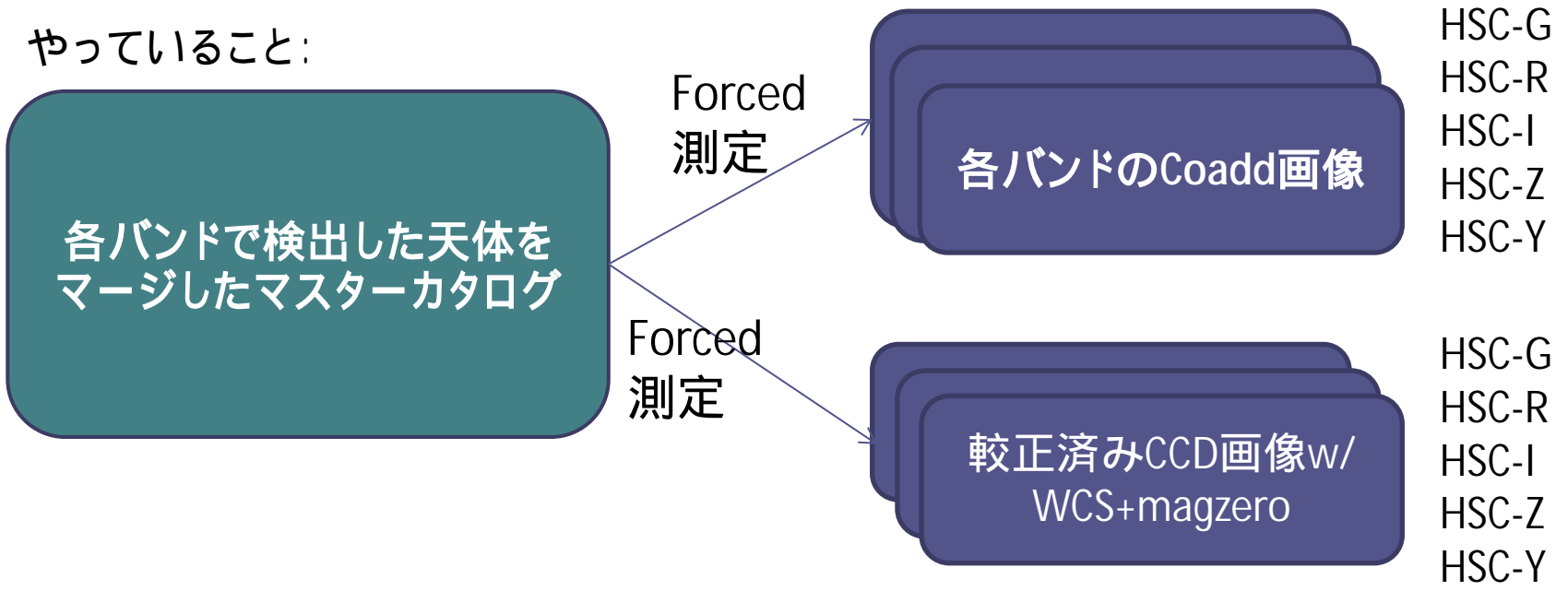
$g_i = \text{Image} - \text{sky}$  : 将来的にはx2乗画像での検出を用いる計画も

# マルチバンドカタログ生成

## Procedure



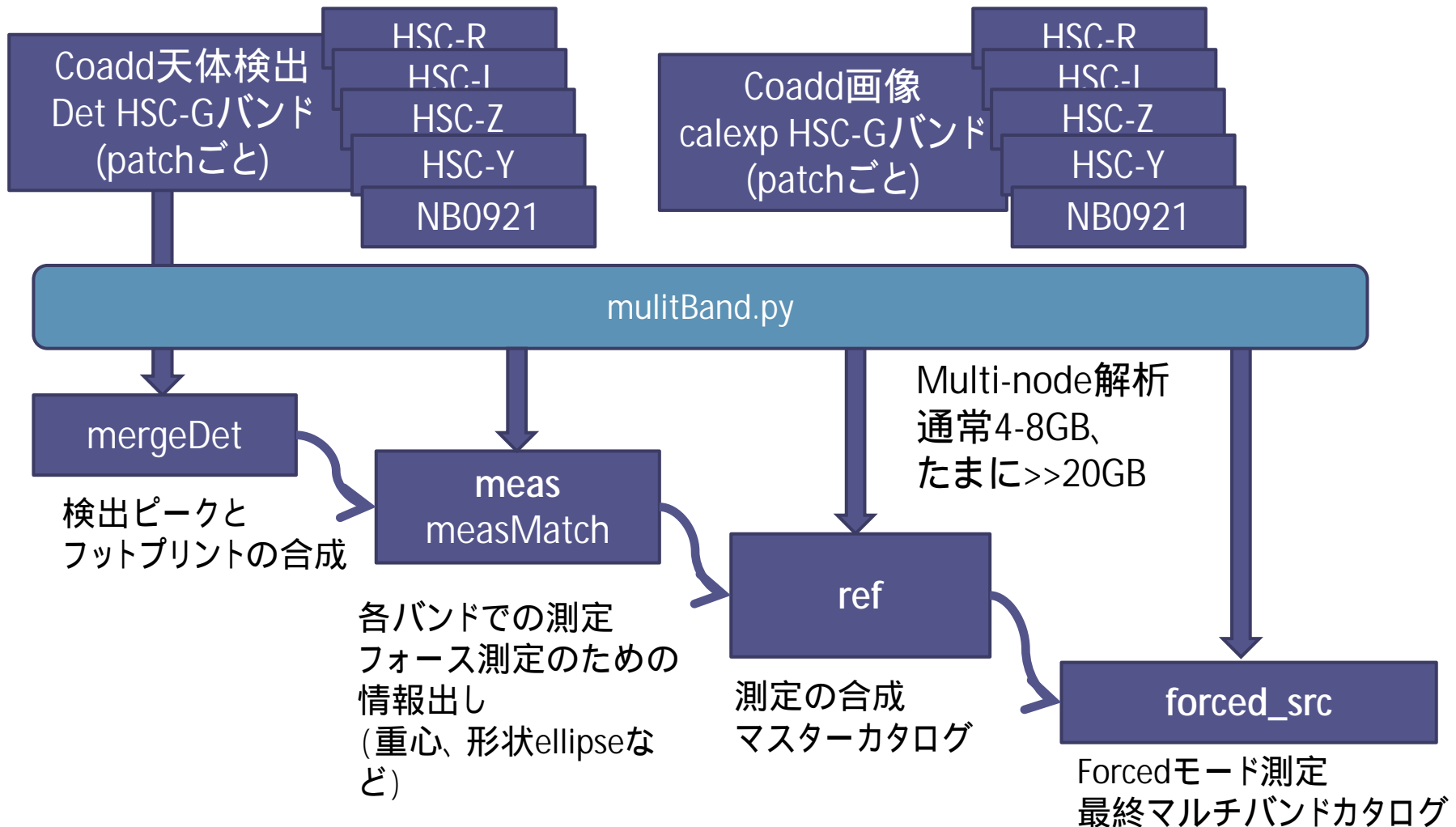
## やっていること:



# マルチバンドカタログ生成

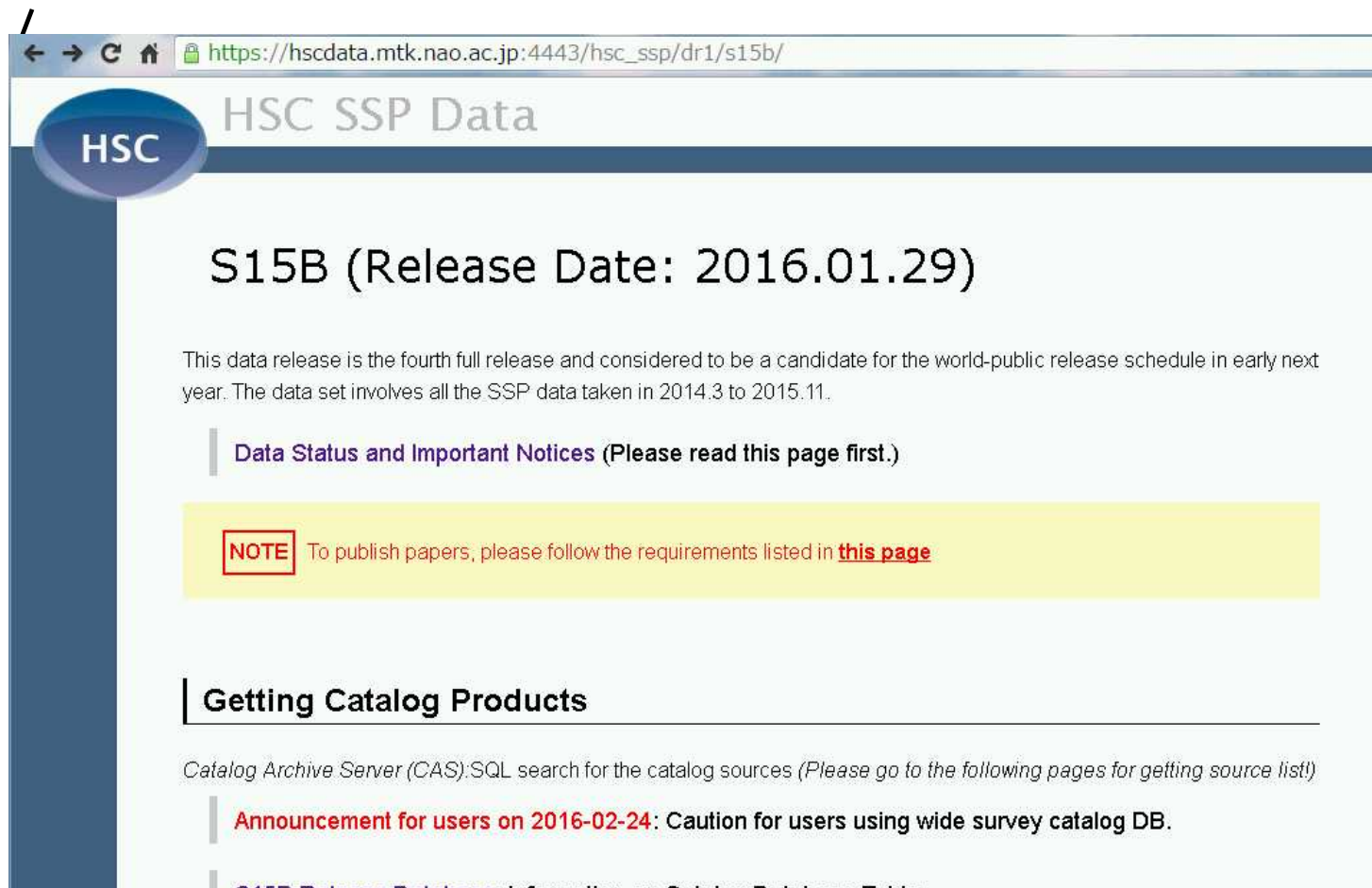
Coaddのパッチごと

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/](https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc_ssp/dr1/s15b/)

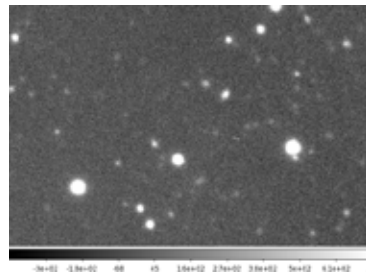


The screenshot shows a web browser window with the URL [https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc\\_ssp/dr1/s15b/](https://hscdata.mtk.nao.ac.jp:4443/hsc_ssp/dr1/s15b/). The page title is "HSC SSP Data" and the main heading is "S15B (Release Date: 2016.01.29)". Below the heading, there is a paragraph of 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 box contains the text "Data Status and Important Notices (Please read this page first.)". A yellow box contains a "NOTE" in a red box: "NOTE To publish papers, please follow the requirements listed in [this page](#)". Below this, there is a section titled "Getting Catalog Products" with a horizontal line underneath. At the bottom, there is a link: "Catalog Archive Server (CAS): SQL search for the catalog sources (Please go to the following pages for getting source list!)" and another blue box with the text "Announcement for users on 2016-02-24: Caution for users using wide survey catalog DB."

# 較正済みCCD・Coadd画像

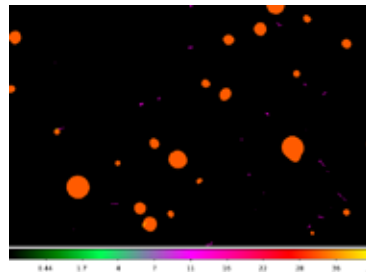
- 天体画像、マスク、分散画像を持つFITSファイル
- PSF、スカイ引き情報も再現出来る形で保持

HDU0: ヘッダのみ  
HDU1: 科学画像



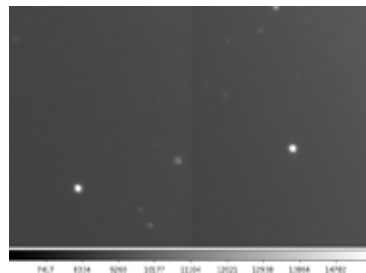
等級原点、較正済みWCS

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



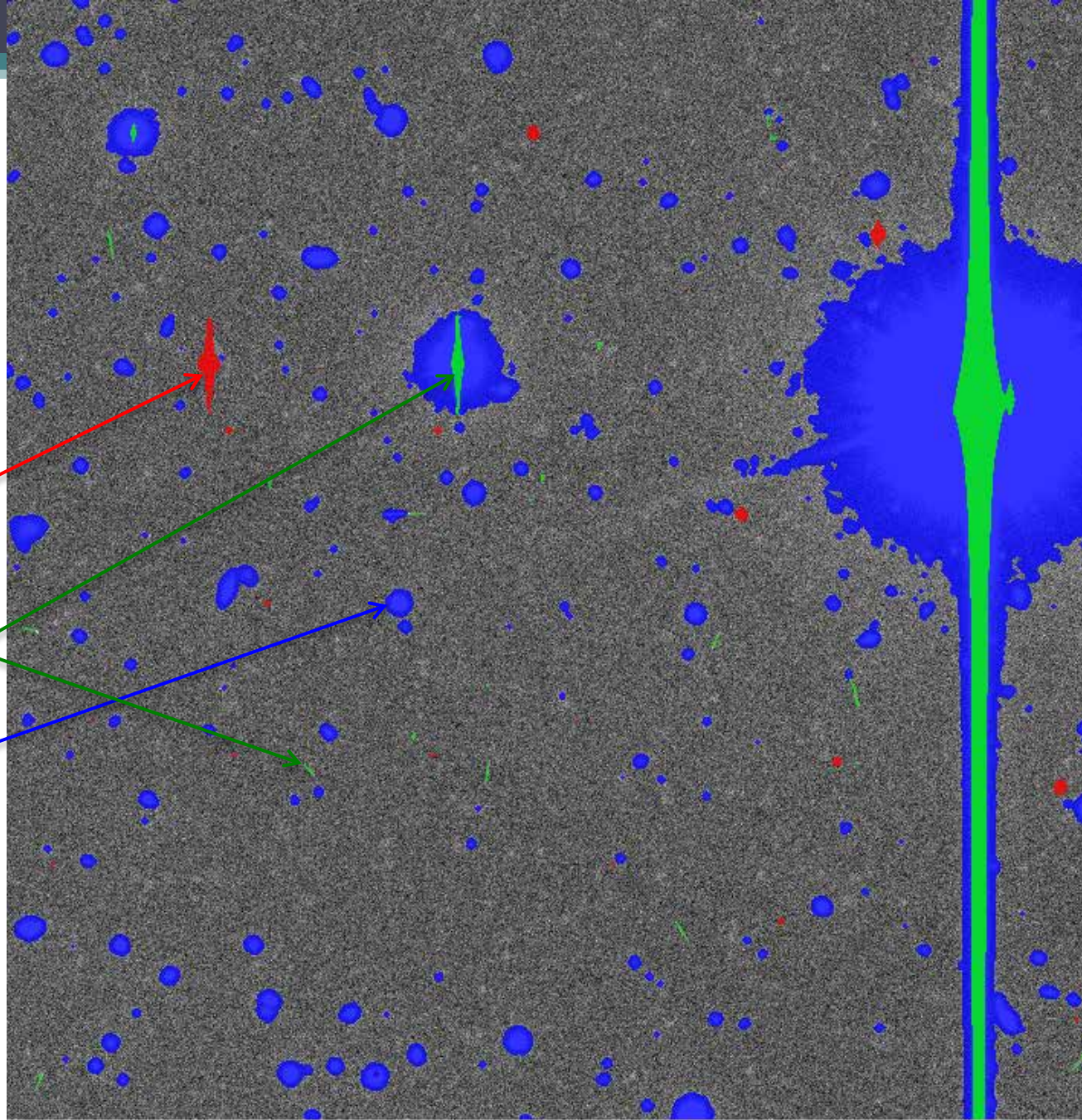
(数字は一定ではないから注意)

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/](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
    - 2<sup>nd</sup> momentとして利用
  - `shape_hsm_moments[]` – 2<sup>nd</sup> 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

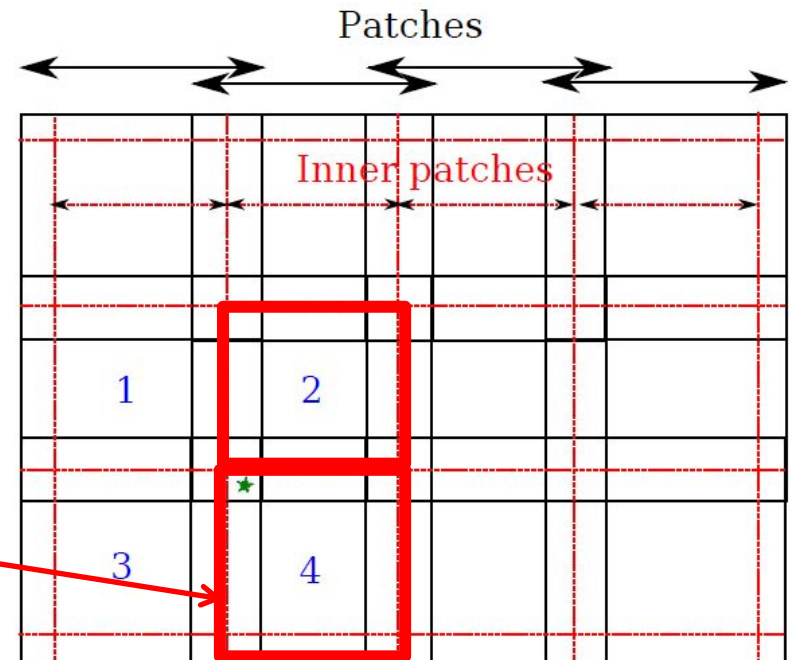
- Tract間、Patch間の重なり → 同一天体の重複測定
  - Tract間 ~ 1分角、Patch間 ~ 100px
- Primary天体
  - 主要な測定を示す → マルチTract・Patchから重複なく天体リストを作れる
- より中央に近い位置に重心がある天体がInnerでありPrimary天体

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`