

# すばる大規模サーベイ観測 のデータ運用

2020.9.14 光赤天連シンポジウム

古澤 久徳@国立天文台（天文データセンター・ハワイ観測所）

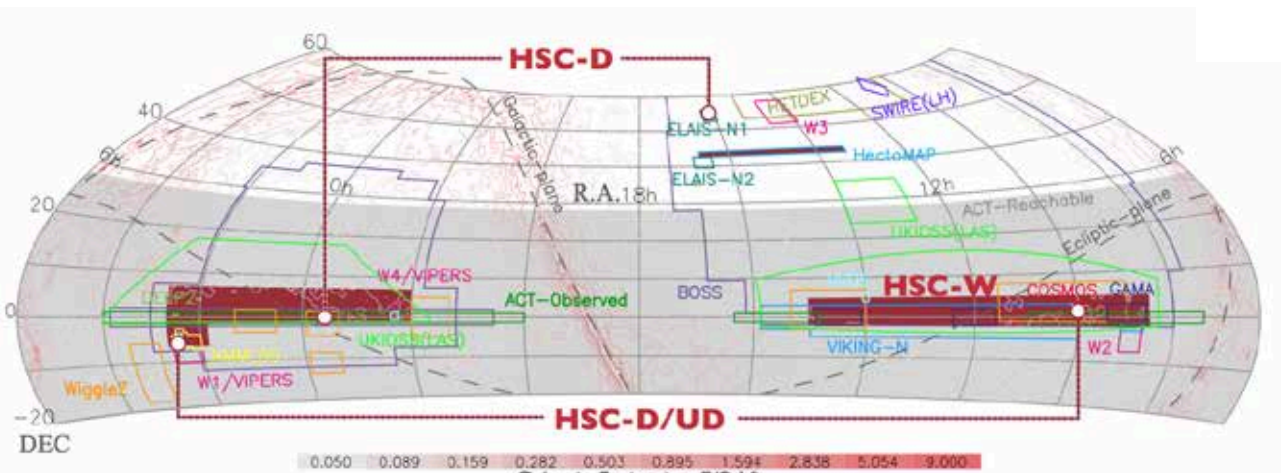
# このトーク

- u すばる大規模サーベイの一例である  
HSCの戦略枠観測のご紹介
- u そのデータ運用を振り返りながら、  
次につなげるデータ解析・運用の提案を考える

# HSCすばる戦略枠プログラム(SSP)

- u マルチバンド撮像サーベイ (grizy + 4 narrowbands)
- u 期間: 300+30 夜 (2014.3-present; 5年+α ~S20B)
- u 領域: 1400 sq. degree fields around equator
- u Data volume: File:1PB file, DB:20TB (coadd)/200TB(ccd)
- u プロジェクトの将来連携: PFS, Euclid, Roman, ...
- u 国際共同研究: 日本 (NAOJ, K-IPMU, 諸大学, etc), Princeton, 台湾
- u 国立天文台: データ解析 and データアーカイブ (生データ・処理済み) 構築運用
  - u NAOJ+K-IPMU+Princetonの共同開発

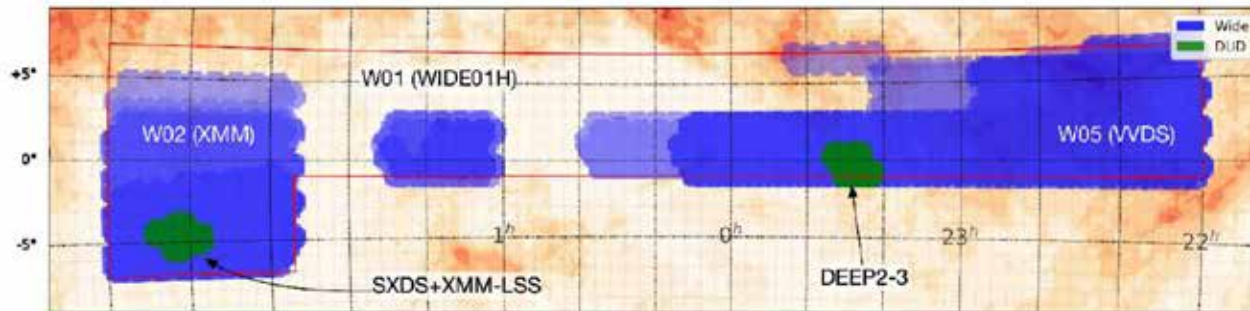
<https://hsc-release.mtk.nao.ac.jp/>  
日本の研究者はCoIとして参加できる



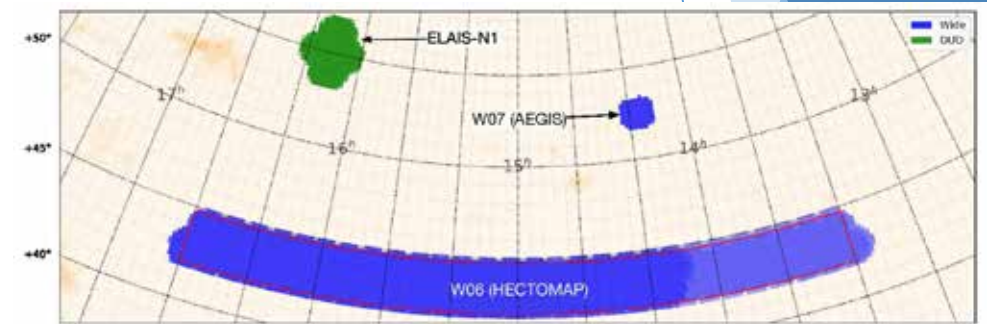
# HSC-SSPの紹介：データリリース

- 共同研究者向けDR：S20A (2020.8.3)
  - 2014.3-2020.1 全バンド達成領域 = 488平方度
- 全世界向けDR: PDR2 (2019.5.30)
  - 2014.3-2018.1 全バンド達成領域 = 300平方度

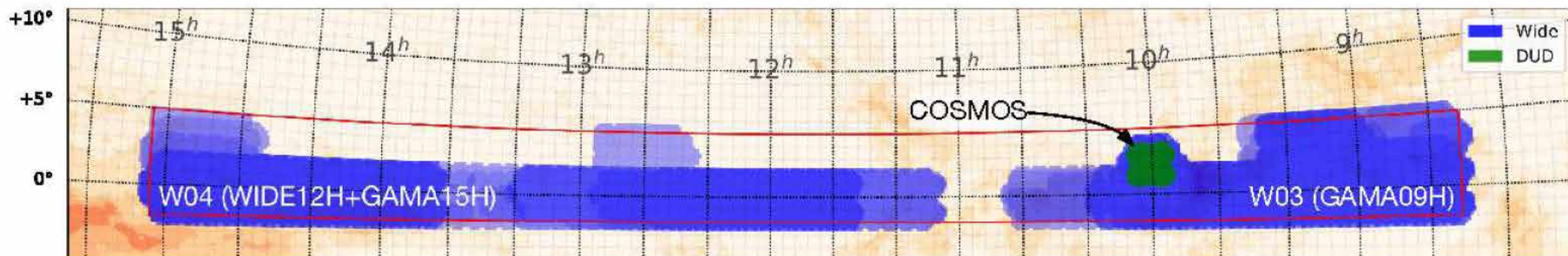
## 秋のフィールド



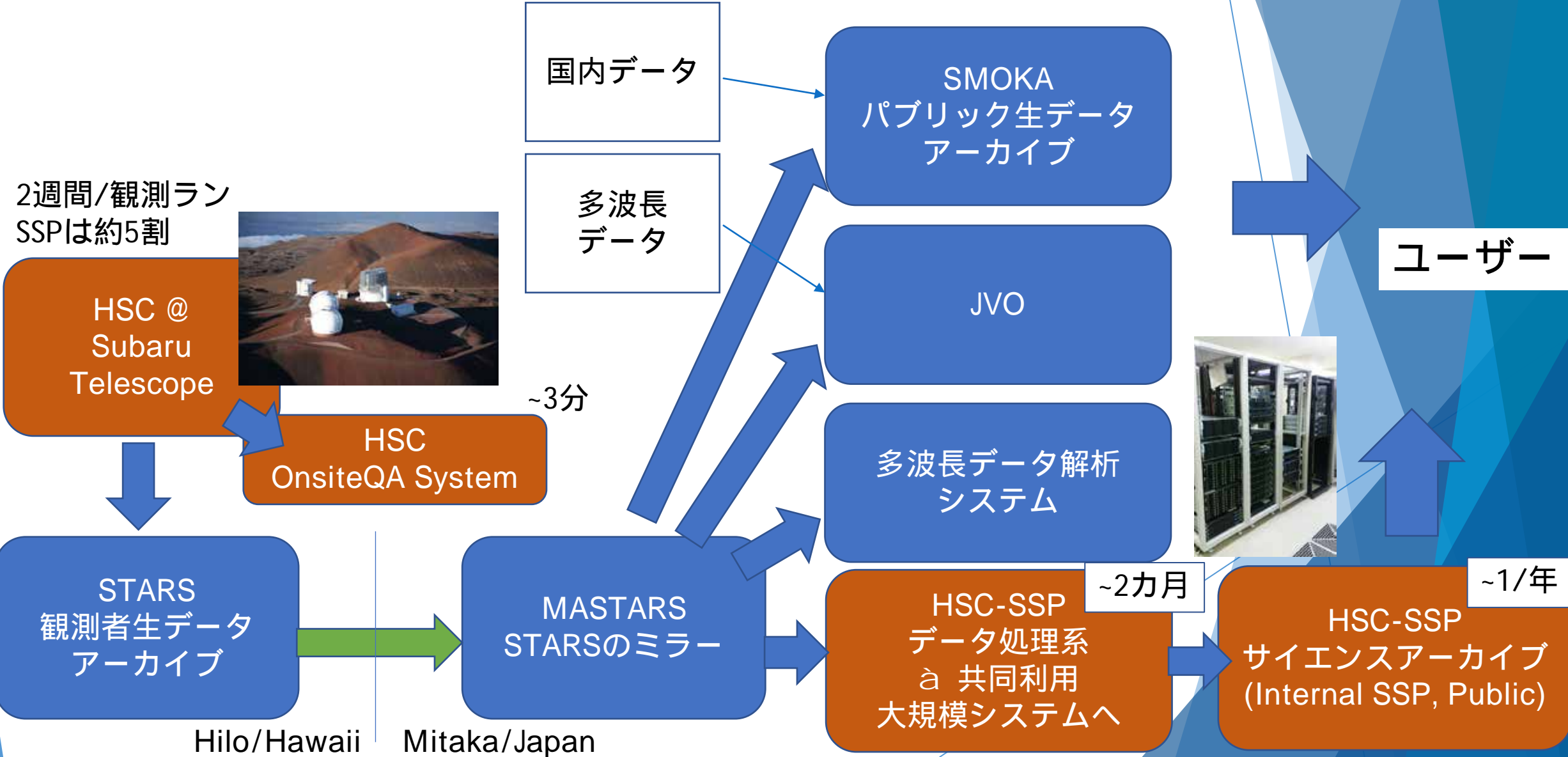
## 春の高赤緯フィールド



## 春のフィールド

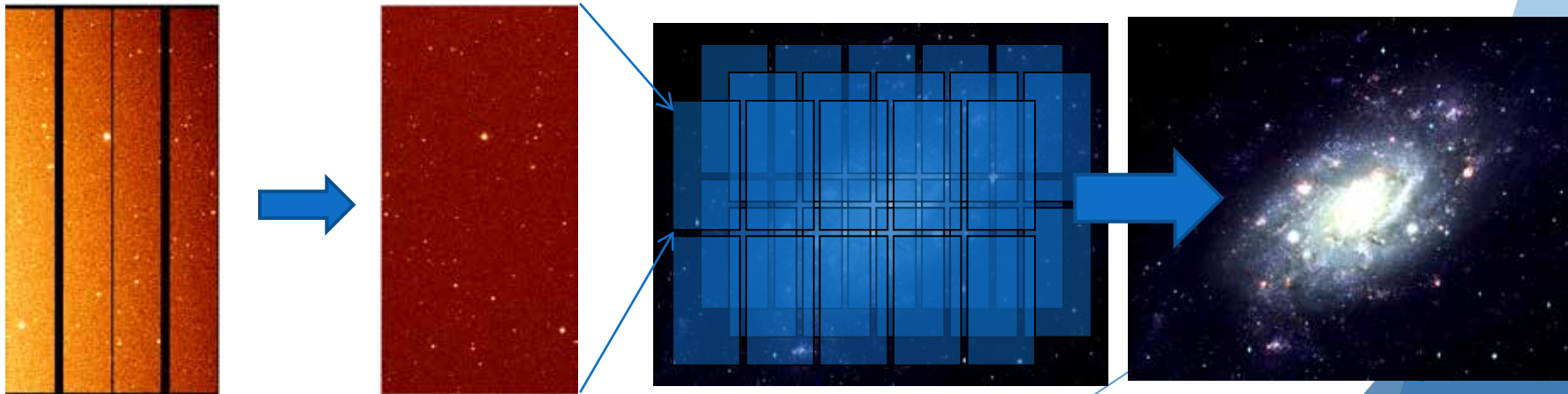
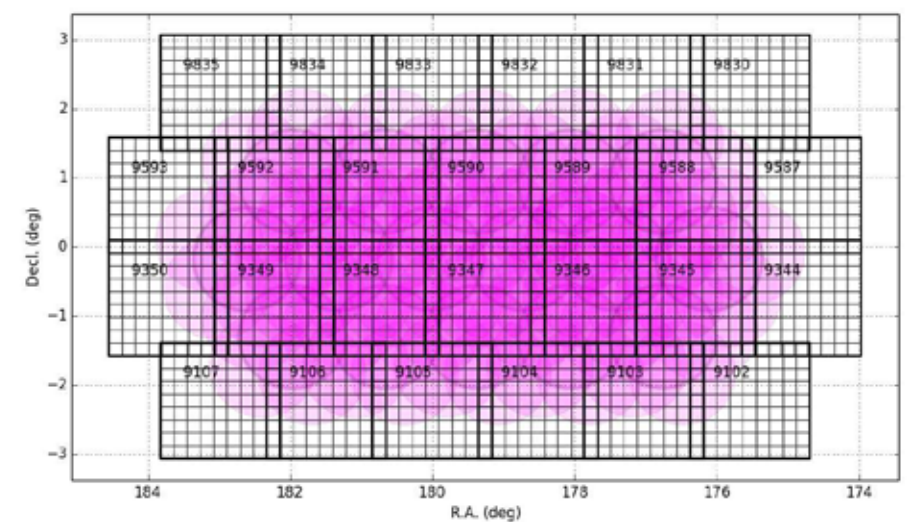


# HSC戦略枠観測プロジェクト(SSP)とその周辺のデータフロー



# HSC-SSPの紹介：解析パイプライン開発

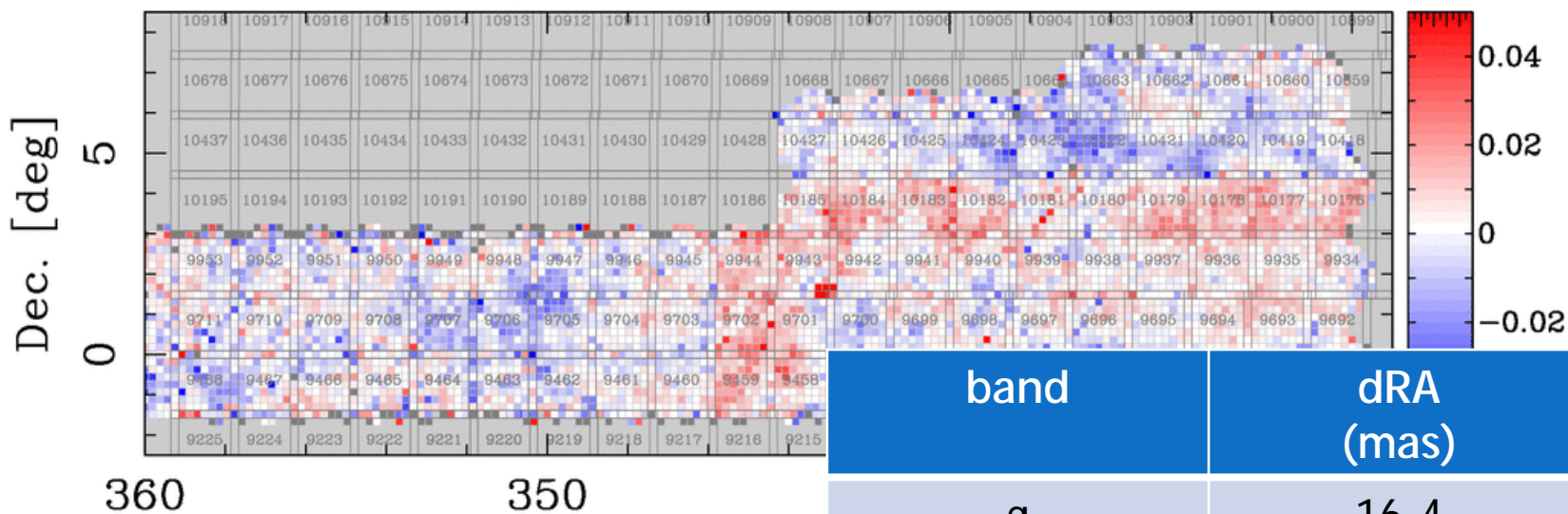
- u hscPipe: LSST用のエフォートを元にHSC-SSP用にNAOJ・IPMU・プリンストン大で開発
  - u GPL-3.0で公開状態
  - u Pythonでパイプライン動作を記述、C++で高速処理
  - u 画像1次処理・校正・多色測光までを含むパイプライン
  - u PanSTARRS DR1 (+Gaia-DR1)で座標・等級校正 à 外部カタログ必須
  - u 事前定義の天域ごとに処理（トラクト~1.7平方度）
  - u 混んだ領域は苦手だが，一般共同利用観測データにも使える
- u 状況
  - u 常に発展中 à DRに使った最新バージョンをヘルプデスクでサポート
  - u LSSTのロードマップに開発ペースが影響を受ける



# HSC-SSPの紹介：プロダクト品質

- 外部カタログとの比較：Astrometry ~ 20-30 mas, Photometry ~ 0.02-0.03 mag (worse in y)
- 色補正も込みでエラーを抑え込み、全体を内部整合性で0.01 magに近づけるのが課題

W05: W-VVDS g-r-i  
 global offset = -0.012



PDR2 Wide BB Tract=9481

band	dRA (mas)	dDec (mas)	PsfMag vs PS1 (mmag)
g	16.4	11.0	0.020
r	16.5	10.7	0.019
i	32.4	25.2	0.018
z	29.7	23.2	0.022
y	33.9	26.4	0.052

# データ解析：チャレンジングな開発要素と状況

PDR2としては〇～ ファイナルDRへ向けた自戒的な評価をすると...

## u 装置の特徴

- u 広視野（104個のCCD，大データサイズ）
- u 強い光学けられ
- u 強いディストーション
- u 視野内のレスポンス・スループットの違い

## u PSFのモデリングと形状測定への利用

## u 画像重ね合わせ（モザイク較正）

## u 均質な天体検出

## u 高精度な天体測定

- u スカイ引き
- u デブレンド
- u 測定アルゴリズム

## u 座標較正

## u 測光較正

○ WLチームの貢献

○ 多ショット，使い勝手...

暗い・広がった天体

○ 引き残り

○ 遅い

暗い・広がった天体

○ Gaia2への対応

○ 色依存誤差



# HSC-SSPの紹介：科学アーカイブサービス

- u SQLによるカタログ検索サービス (CAS) + スキーマブラウザ
- u 画像検索・切り出しサービス (DAS, Image Cutout)
- u インタラクティブ画像表示アプリ (hscMap)
- u HSCで得た経験を基に、PFSの開発へも参画 (+ K-IPMU、プリンストン、JHU)

hscMap interactive viewer

Query to CAS

Color control

Source info

Overlay catalog sources

The screenshot shows the hscMap interface with a central star field. On the left, a 'SQL' panel contains a query. Above the field, a 'Catalog List' panel shows a table with columns for Name, #, Color, and Marker. On the right, a 'DSP Color' panel allows for color adjustments. At the bottom left, a 'Source info' panel displays object details like object\_id, ra, dec, and magnitudes. A blue callout box labeled 'Query to CAS' points to the SQL panel, 'Color control' points to the DSP Color panel, 'Source info' points to the source information panel, and 'Overlay catalog sources' points to the star field.

Cutout & load images

Plot profile

The screenshot shows the hscMap interface with a central star field. A 'Cutout & load images' panel is visible, showing a selected image cutout. Below it, a 'Plot profile' panel displays a graph of intensity versus position. A blue callout box labeled 'Cutout & load images' points to the image cutout panel, and another labeled 'Plot profile' points to the profile graph panel.

Catalog Search SQL Form & Result

SQL editor

Result

The screenshot shows a web interface for catalog search. At the top, there is a 'Catalog Search SQL Form' with a text area for entering SQL queries. Below the form, there is a 'Result' section displaying a table of search results. A blue callout box labeled 'SQL editor' points to the text area, and another labeled 'Result' points to the table of results.

ra	dec	mag_kron	mag_err	mag_kron_err	mag_kron_err	l	b
1746.457108891041	34.525420110712	11.0886711887251	0.1158561149712	0.28639	0.28639	174.645710889104	3.4525420110712
1746.457108891041	34.525420110712	11.0886711887251	0.1158561149712	0.28639	0.28639	174.645710889104	3.4525420110712
1746.457108891041	34.525420110712	11.0886711887251	0.1158561149712	0.28639	0.28639	174.645710889104	3.4525420110712
1746.457108891041	34.525420110712	11.0886711887251	0.1158561149712	0.28639	0.28639	174.645710889104	3.4525420110712
1746.457108891041	34.525420110712	11.0886711887251	0.1158561149712	0.28639	0.28639	174.645710889104	3.4525420110712

# サイエンスアーカイブサービス

## u カタログ検索

u SQLによる検索

u 2000カラム以上 x 7億行  
à 時系列情報200億行へ

## u 画像検索・ファイル提供

u 現在~500TB à 最終1PB/DR

u アーカイブだけで3PB à  
将来6PBくらい必要

u 生データは10分の1以下

## u インタラクティブビューワ

The screenshot shows the 'Query Interface' for the Science Archive Service. It includes a SQL query window with a warning about a 'LIMIT 10' and a schema browser window showing the 'mosaic\_measlist\_deepcoadd' table structure. Below these, there are options for query execution (include SQL in CSV, syntax check, etc.) and a table of results with columns for Object ID, Coordinates, and Magnitude stuff.

**Query Interface**

```
name: catalog-job 2016-05-31
-- with i band Kron magnitudes smaller than 25.5, and
-- the range RA J2000 between 34.0 and 36.0 degrees
-- and -4.5 degrees.
-- WARNING:
-- --> Remove 'LIMIT 10' for your query
-- --> Edit the schema name 's15b_udeep' for your
10 SELECT id, ra2000, decl2000,
11        imag_kron, imag_kron_err,
12        ymag_kron, ymag_kron_err,
13        imag_kron - ymag_kron AS i_y
14 FROM s15b_udeep.photoobj_mosaic_deepcoadd_merged
15 WHERE ra2000 BETWEEN 34.0 AND 36.0
16 AND decl2000 BETWEEN - 5.0 AND - 4.5
17 AND imag_kron < 25.5
18 LIMIT 10
19 ;
```

**Schema browser**

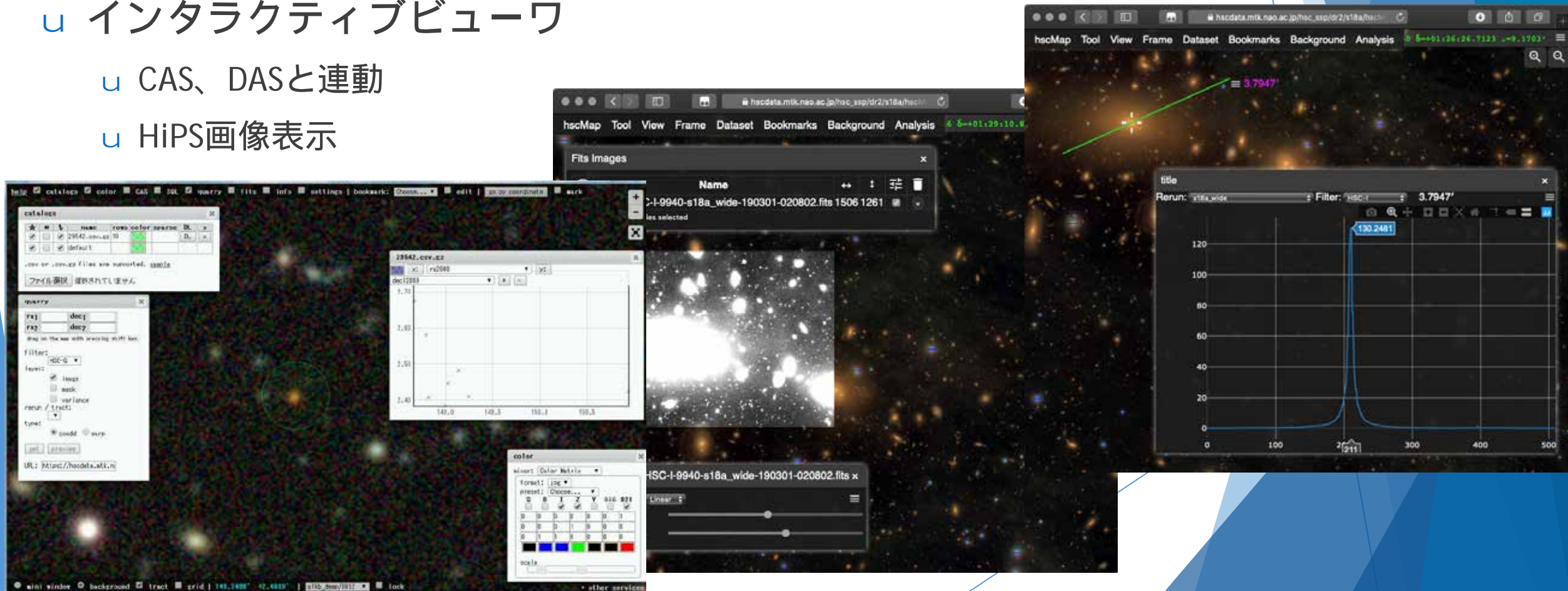
pos	name	type	constraint	description	format	unit
1	skytile_id	text		Skytile ID of frame used for detection	SKYTLId	
2	tract	integer		Tract ID		
3	rerun	text		RERUN ID		
4	mos_rerun	text				
5	patch	text		Patch ID		
6	patch_num	integer		Patch ID in number		
7	pointing	integer		Day number from a certain date		
8	filter01	text	primary	Filter Name in FITS Header		
9	id	bigint	primary	unique ID		
10	parent	bigint		unique ID of parent source		
11	ra2000	double precision		RA (J2000) of the object		degree
12	decl2000	double precision		DEC (J2000) of the object		degree
13	hpx_idx	bigint		HEALPix index for the object coordinate (order ?)		
14	cx	double precision		unit vector for ratdecl		0
15	cy	double precision		unit vector for ratdecl		0

**Table of objects detected in the coadd image data (merged catalog)**

Object ID	Coordinates	Magnitude stuff
37484571888986404	35.057607259963 -4.93732873437365	25.116035214154 0.114107063765164 499.99
37484571888981864	35.0078396962661 -4.99930759079772	24.7384120063082 0.157894468090058 499.99
37484571888981830	35.0170633972484 -4.99999974304848	25.2428014386863 0.049877325305955 24.7206126105315 0.119918698842417 0.522188828164801
37484571888981836	34.8821309197278 -4.99930786149459	22.8655471968143 0.0224779610952464 21.8832518610747 0.0314281419314266 0.9822953357396
37484571888981841	34.9514394247036 -4.99962360937544	23.8826282949199 0.0659761864315893 499.99
37484571888981843	35.044904992429 -4.99958864819437	23.1103459522296 0.0156655050275436 22.3297109090374 0.0298954794412492 0.780635043192202
37484571888981845	34.9356921325154 -4.99962119090221	23.9156879556918 0.115395611427154 499.99
37484571888981848	34.9951690997466 -4.9994484942167	21.050207878937 0.00343046884949933 20.6541957046687 0.00829000469868113 0.3960121722683
37484571888981848	34.9989217892049 -4.99874914731603	21.5619537823084 0.00536309869913547 21.1934332122157 0.0154515778470028 0.368520570092699
37484571888981857	35.0394867196995 -4.99918406677822	22.6818275291014 0.00858778977071193 22.6152854004241 0.0240567480420015 0.0865771286773023

# サイエンスアーカイブサービス

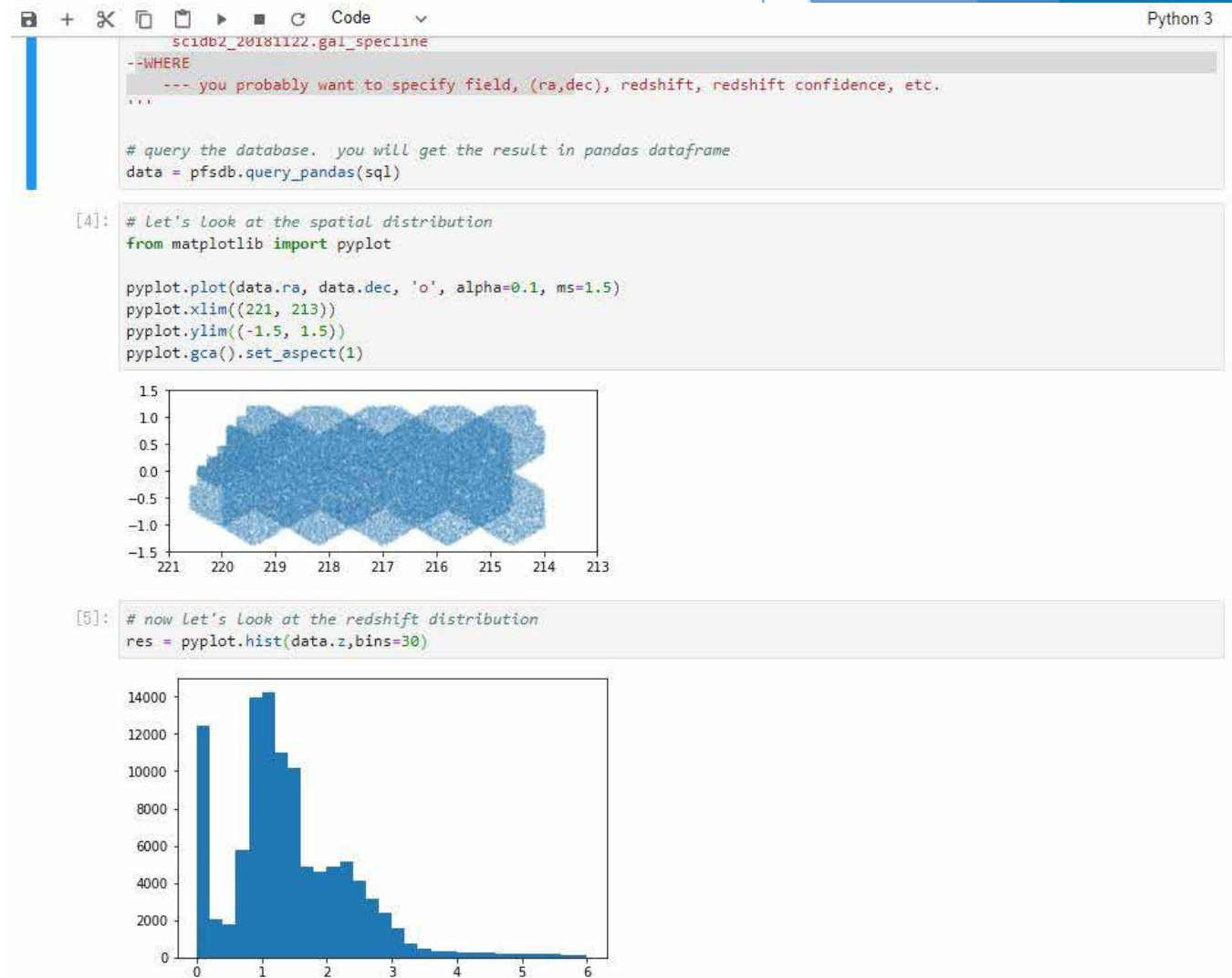
- u カタログ検索
- u 画像検索・ファイル提供
- u インタラクティブビューワ
  - u CAS、DASと連動
  - u HiPS画像表示



# PFS・LSSTに向けた潮流

## ～ 科学アーカイブ + 解析環境

- u データセットの大規模化
  - à データのより近くで処理を  
が将来計画のトレンド
- u ユーザのデータ解析作業のための  
仮想化環境の開発
  - u Jupyter、Container(Docker)、  
Kubernetes
- u + 分散DB環境
  - u Spark、Citus、Mongo、SciDB?
- u は当面の標準スタイル . . .  
今後は？



# 感謝

- u ハワイ観測所・ADCのHSC + PFSチーム
- u すばる関係者
- u K-IPMU、プリンストン、台湾、SSP共同研究者諸氏

# 大規模サーベイのデータ作成を成功させるためには

- u HSC-SSPの振り返りから、理想の取り組み方を考える、未来志向の話

# 信頼・競争力のあるデータ・

## 最終的に日本発のレガシープロダクトを作りたい

### u データ取得・解析・アーカイブ公開をプロジェクト当初から意識

- u データ量が大きく個人で扱うのは難しい

- u データ解析のための開発・データ公開を計画に盛り込んだ  
ほぼ初めてのすばる大型観測計画

### u 重視したこと

1. 必要なサイエンスができるデータ解析の機能開発
2. 再現可能な解析の実施 (Traceability, Evidence)
3. 長期かつ限られた観測期間で均質なデータを取得 (QA・進捗管理)
4. 誰でも後から「解析できる」ようにデータを管理する
5. 「装置から解析へ」& 「解析から装置へ」フィードバック  
à できたこともあるが、それぞれ課題がある。次に生かしたい

# 1 . 必要な解析の機能の確保

- u 考えたアプローチ
  - u 共同研究者の要望を聞いて、プロトタイプしていく
- u 取ろうとしたアクション
  - u 共同研究者グループに要求精度などをアンケート
  - u メーリングリストを共同研究者に開いて議論
  - u LSSTのフレームワーク・エフォートを用いて迅速に実装
- u できたこと
  - u 9回のデータリリース + 科学的成果に足るレベルにはなった
- u 足りていないこと
  - u すばるコミュニティの要求に応えきれてはいない ( 暗い・広がった天体測定 )
  - u LSSTのロードマップに影響される  
日本チームだけで十分な機能開発できるほど習熟できていない。  
データリリース作業以外に余力がない。



## 2. 解析の再現性確保

- u 考えたアプローチ
  - u パイプラインのバージョンや解析設定の履歴保存
- u 取ろうとしたアクション
  - u **パイプライン自身**が起動時にバージョン・解析設定を保存
    - 意図しない設定の解析が走らない**インターロック**
- u できたこと
  - u 枠組みは作れた。リリース作業の8割方では履歴管理ができています
- u 足りていないこと
  - u 解析のfailureに弱い。途中でソフトのバージョンが変わると面倒
  - u 実行することを優先し、手作業で設定を上書いてしまったり...
  - u **より上位の実行環境レベルで履歴管理する仕組みも必要**

### 3. 均質なデータ取得

- u 考えたアプローチ

- u 人によらない客観的な品質評価を自動で全データに対して行う
- u それを観測プランに反映する

- u 取ろうとしたアクション

- u オンサイト品質評価システムの導入

- u できたこと

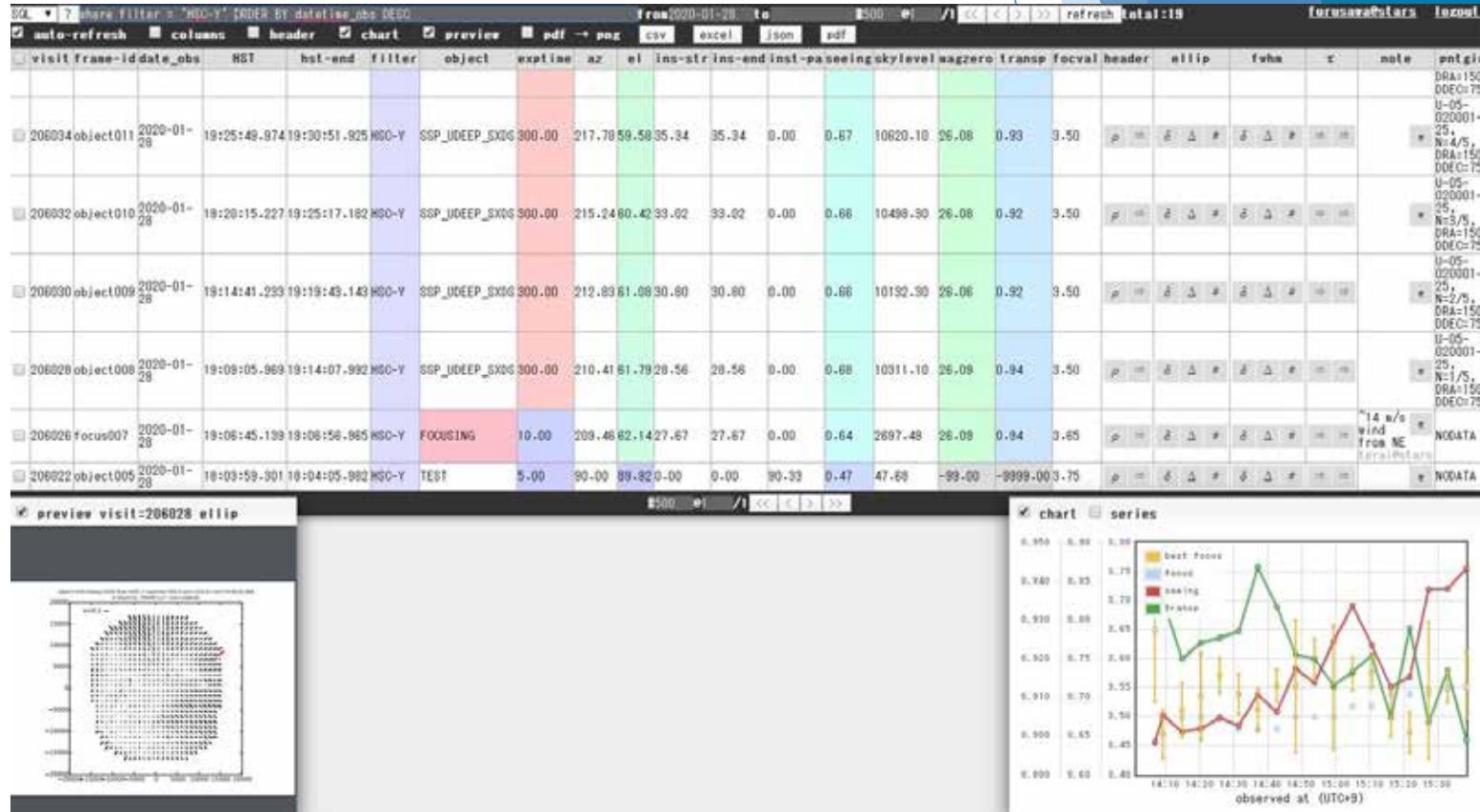
- u ある程度のデータの品質評価をHSC管理のデータベースに記録できた
- u 観測プランに使えた！

- u 足りていないこと

- u その情報のデータアーカイブへの伝達と活用
- u 観測者からのタグ付けなどの入力
- u ソフトウェアの更新・改善・安定化

# オンラインQAとデータのタグ付け

- u オンラインQAシステム
  - u シーイング・スカイレベル・透過率を測定
  - u DB記録
  - u QLのインターフェース
    - è 観測プランへ反映
    - è データ解析時に利用
  - u キュー観測でも利用
  - u パブリックアーカイブへの情報付加が目標



## 4. 後から「解析できる」ようにデータ管理

### u 考えたアプローチ

- u 「観測時情報」と「品質情報」をデータに付与

### u 取ろうとしたアクション

- u 観測時情報、品質情報に対応するヘッダキーワード・観測コマンドの導入
- u オンサイト品質評価システムの導入

### u できたこと

- u 試験データであることをヘッダ・アーカイブに含める仕組みができた
- u ある程度の品質情報を記録できた

### u 足りていないこと

- u 観測取得時の情報記録の運用実装が不十分．後からの修正などが必要。
- u データのグルーピング手段が実装できていない
- u データの整合性確認の手続きが確立できていない à 高田さん講演以降で議論

# 4-1 . 観測時の情報付加 ~ データ取得目的

- u データを使ってよいのかどうか
- u データがどのような目的で取られたか（観測者しか分からない！）  
計画したうちのどのショットに対応するか

## 観測コマンドへの実装例

```
GetBias $DEF_IMAGE PROGMAME="SSP" PURPOSE="TEST"
GetBias $DEF_IMAGE PROGMAME="SSP" PURPOSE="BIAS"
GetBias $DEF_IMAGE PROGMAME="SSP" PURPOSE="BIAS"

GetDomeFlat $DEF_IMAGE EXPTIME=15 Filter="HSC-g" PURPOSE="TEST"
GetDomeFlat $DEF_IMAGE EXPTIME=15 Filter="HSC-g" PURPOSE="DOMEFLAT"
GetDomeFlat $DEF_IMAGE EXPTIME=15 Filter="HSC-g" PURPOSE="DOMEFLAT"
```

← 試験・解析に使わないで！

← 本番・解析に使ってよい

通常ターゲット

測光較正用のショット

どのショットか  
を表すID

```
GetObject $W_020045 EXPTIME=30 PROGMAME="SSP-Wide" PURPOSE="CALIB_PHOTM" POINTINGID="W-04-020045-01-00000"
GetObject $W_020043 EXPTIME=200 PROGMAME="SSP-Wide" PURPOSE="OBJECT" POINTINGID="W-05-020043-01-00000"
```

à これは少しできたが、**観測者による良否タギングなどの構想が未完**

**十分なコマンド整備・自動化ができていない**

データのグルーピングの情報を合わせて本当の威力が出る（次スライド）

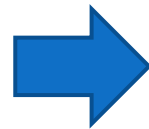
## 4-2 . 観測時の情報付加 ~ データのグルーピング

- u どのデータをまとめて解析すればよいのか
- u どの校正データを使えばよいのか
- à ヘッダキーワード「T\_DATASET」の導入はしたが  
観測コマンドやオンサイトQAの実装に至っておらず機能していない  
(関連する観測所機能が多い：ほぼマンパワーリミット)

2010年当時のデザイン文書

すばるデータのヘッダ

```
FRAMEID = 'HSCA07031416'  
EXP-ID  = 'HSCA07031400'  
DATASET = 'NODATA'  
OBS-MOD = 'IMAG_N_VGW'  
OBS-ALOC= 'Observation'
```



### DATASET

- o データセットに含まれるショットの情報を保持する
- o 基本情報
  - DATASET
  - EXP-IDS
    - o 含まれるEXP-IDをカンマで連結したもの
  - DS\_FLAT このDATASETにリンクされたフラットのデータセット
  - DS\_PHOT
  - DS\_ASTMT

DATASETコンセプトの実装を...

# HSCオンサイトQAシステム設計当初のデータベースリレーション図

FRAME
FRAMEID
<b>EXP-ID</b>
DET-ID
ANAPATH
BIAS1,2,3,4
SKYLEVEL
NOBJ
SEEING
ELL, ELL_PA
MAGZERO1,2,3,4
MAGZEROCORR1,2,3,4
TRANP1,2,3,4
FLATNESS_RMS,
FLATNESS_PP
...
FLAG_AUTO, USR
FLAG_TAG

EXPOSURE
<b>EXP-ID</b>
DATE-OBS
MJD
<b>SKYTILE-ID</b>
OBJECT
FILTER
EXPTIME
RA, DEC
AZ, EL
AIRMASS
INR
...
BIAS_MED, RMS
FLATRMS_MED_RMS
NOBJ_MED, RMS
SEEING_MED, RMS
MAGZERO_FOV
MOON_PHASE, ANG
...
DATATYP, PURPOSE
<b>DATASET-ID</b>
HST-ANA
ANAPATH
FLAG_AUTO, USR
FLAG_TAG

SKYTILE
<b>SKYTILE-ID</b>
OBJECT
RA, DEC
FILTER
EXP-IDS
EST_DEPTH
Etc...

(EXPOSUREの更新と同期して更新される)

(SKYTILE-IDが未定義の場合は予約された値範囲からOBJECTと1対1対応の値が入る)

(EST\_\*は、達成度判断計算時に更新される)

進捗管理

データの目的

(ログ管理ツールから観測者がリンク付けを行うことで更新)

DATASET
<b>DATASET-ID</b>
DATATYP, PURPOSE
EXP-IDS
DS-FLAT
DS-PHOT
DS-ASTMT

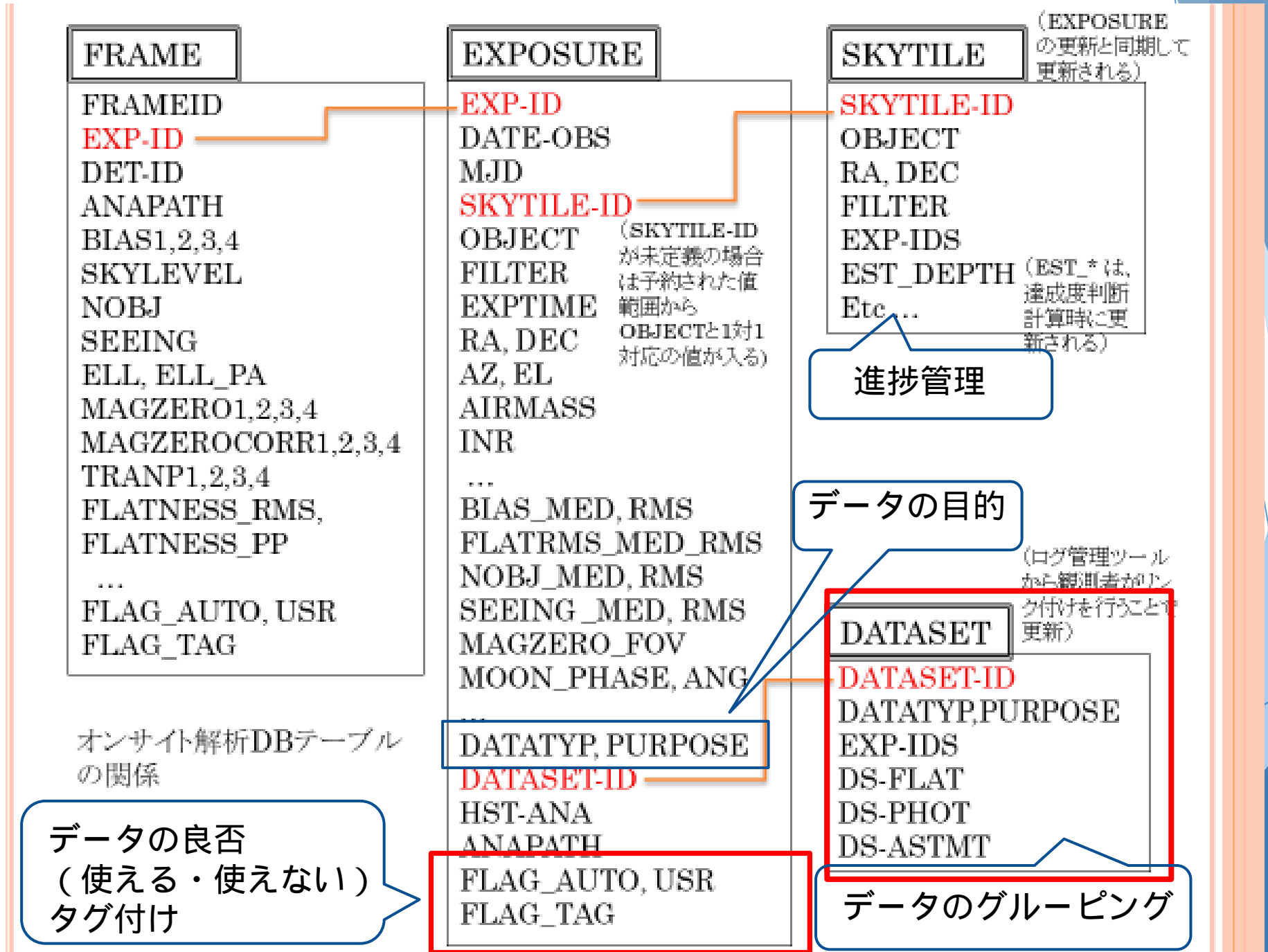
データのグルーピング

オンサイト解析DBテーブルの関係

データの良否  
(使える・使えない)  
タグ付け

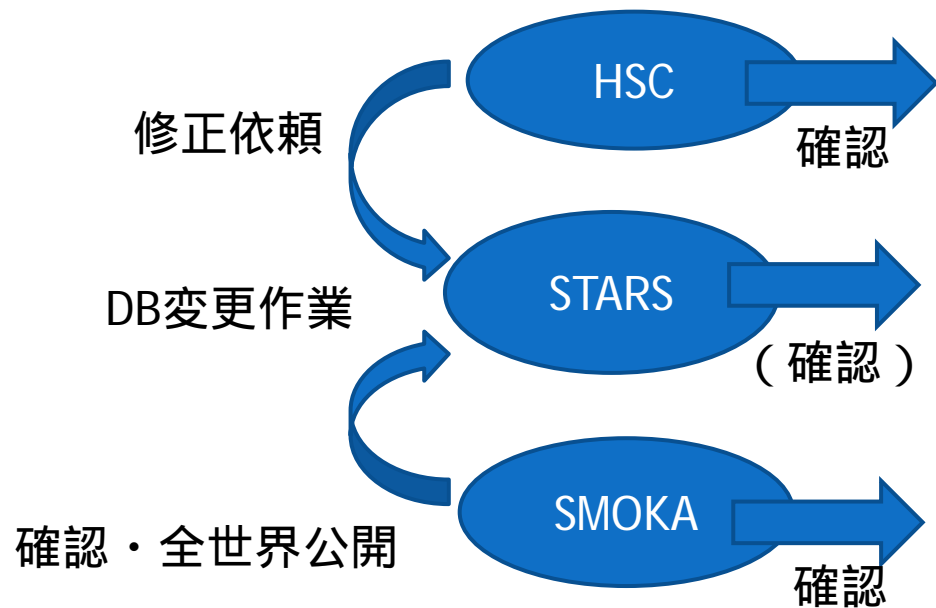
DATATYP, PURPOSE

FLAG\_AUTO, USR  
FLAG\_TAG



# データの健全性・整合性の確保

- u 地上装置の観測 à 時々ヘッダの基本情報など壊れる  
後付けで修正・追加したい情報がある
- u 生データアーカイブのメタ情報修正
  - u 登録後の修正の必要性
  - u 装置・アーカイブ協力した  
チェック機構が必要 à 整備中 . .



docs.google.com/spreadsheets/d/1Bh2OCbEahPTuO64-qKadseBqA-WOWH1vYB8BxwFguOc/edit#gid=57825545

HSC20181219105459\_DB20181220100246\_DONE

ファイル 編集 表示 挿入 表示形式 データ ツール アドオン ヘルプ 変更内容...

100% ¥ % .0 .00 123 Arial 11 B I U A

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	START_FRAME	END_FRAME	KEYWORD	CURRENT	UPDATED	DATATYPE	COMMENT	181220100
2	HSCA15297400	HSCA15297557	T_SEEING	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
3	HSCA15297400	HSCA15297557	T_TRANSP	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
4	HSCA15297400	HSCA15297557	T_MAGZER	0	-99	float	update for QA keyword	OK
5	HSCA15297400	HSCA15297557	T_PSFELL	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
6	HSCA15297400	HSCA15297557	T_PSFPA	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
7	HSCA15297400	HSCA15297557	T_WCSRMS	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
8	HSCA15297400	HSCA15297557	T_ZPRMS	0	-99	float	update for QA keyword	OK
9	HSCA15297400	HSCA15297557	T_N_WCS	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
10	HSCA15297400	HSCA15297557	T_N_ZP	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
11	HSCA15297400	HSCA15297557	T_OSLVL	0	1266.9	float	update for QA keyword	OK
12	HSCA15297400	HSCA15297557	T_FLTNSS	0	7.195	float	update for QA keyword	OK
13	HSCA15297600	HSCA15297757	T_SEEING	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
14	HSCA15297600	HSCA15297757	T_TRANSP	0	-9999	float	update for QA keyword	OK
15	HSCA15297600	HSCA15297757	T_MAGZER	0	-99	float	update for QA keyword	OK

editor\_FITS-20181219-HSC.csv FITS-20181219-1



## 5. 「装置から解析へ」 & 「解析から装置へ」

### u 考えたアプローチ

- u 装置の特性情報を正しくパイプラインへ
- u 解析結果の品質評価情報を装置・望遠鏡の改善へ

### u 取ろうとしたアクション

- u 装置運用チーム・解析チームの連動
- u 装置目線でのデータ品質確認

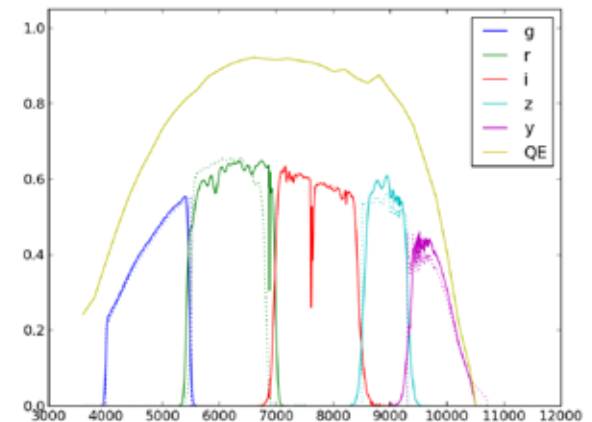
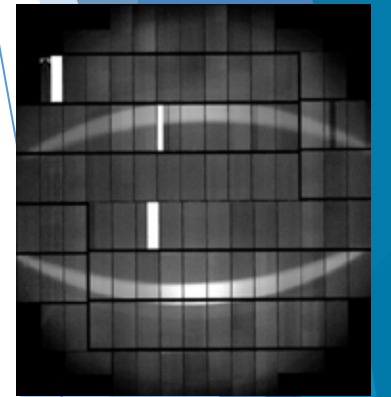
### u できたこと

- u 初期エンジニアリングの結果をパイプラインの初期パラメータに反映
- u 装置の迷光・フィルター・ドームフラットの改善

### u 足りていないこと・目標

- u 解析結果の品質評価や装置特性の確認が後手に回りがち
- u 装置特性モニタの結果の解析への反映

- u 線形性・ゲイン・バイアス等特性，ゴースト除去，  
欠損画素やCCD配置定数の更新，バンドパス変化の追跡による測光改善．



# HSCのケースから次の大規模国際サーベイに生かす提案（1）

1)

- u 必要な解析機能は早期で確保したい
  - u 拙速でも良い．プロジェクトが進むと体制的にも難しくなるかも
  - u 理想はコアとなるアプリとフレームワーク両方をつかみたい
- u ソフトの形が決まる設計開発前半こそ人員を投入したい
  - u 良いプロジェクトマネジメント（工数管理）と良いリーダーシップ（天文指向）両方が必要
  - u 安定運用期に向けた人員育成の意味でも重要

2)

- u 不要な人手の介在や人海戦術を避ける解析環境の検討を
  - u ソフト（履歴管理できる仕組み）
  - u プラットフォーム（十分なリソース確保）

# HSCのケースから次の大規模国際サーベイに生かす提案（2）

3,4)

- u データ解析・利活用方法を考えて装置のデータ取得系からアーカイブの設計開発を行いたい
- u その実装までを早期にもっていくこと
  - u 出来る限りコミッショニング中に完了させる（後からの変更はたいへん）
  - u 設計・運用の協力は絶対．でもデータの価値は必ず上がる

5)

- u 装置性能と解析手法をベストに持っていける体制の維持を
  - u データ価値の向上・科学成果促進のために必須
  - u 装置を持つチームの責任であり最大のメリット（成果・育成）
  - u 国際協力の約束だけに追われないように
  - u ソフト開発に主体的に入ることは重要

# まとめ

- u HSC-SSPのデータ解析・運用の概要と経験を振り返った
- u 大規模サーベイ（特に国際共同開発）のデータの科学的価値を最大にするための提案を考えた
- u 骨子
  - u 必要な解析機能は早期で確保したい
  - u ソフトの形が決まる前半にこそ人材投入と良いリーダーシップを
  - u 解析に不要な人手の介在を減らす努力を
  - u データ解析・利活用方法を装置・サーベイ設計に
  - u 装置性能と解析方法を改善する体制の継続を