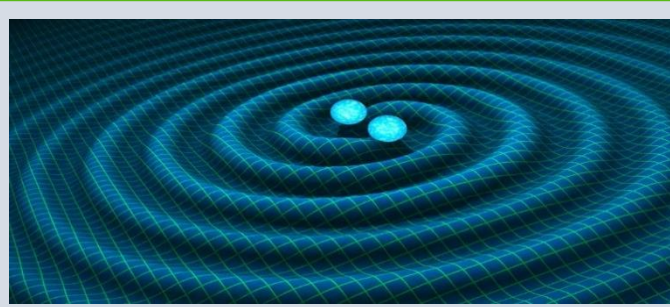


かなた望遠鏡による重力波天体追跡観測の自動解析システムの構築

長嶋大樹、川端弘治、Liu Wei、中岡竜也、川端美穂、森裕樹、河原直貴(広島大学)
内海洋輔(Stanford Univ)伊藤亮介(東工大)、吉田道利(国立天文台ハワイ観測所)

1.背景

重力波とは・・・
高密度高質量の物質が加速度運動するとき
に生じる波



重力波の放射源候補

ブラックホール×ブラックホール
ブラックホール×中性子星
中性子星×中性子星

電磁波発生機構候補

- ・kilonova
- ・sGRB
- ・II型超新星爆発

merger

今年8月17日、中性子星mergerをLIGO,VIRGOが初検出
→日本の重力波電磁波観測チーム(J-GEM)も追観測
(kilonova)に成功。
重力波天文学の幕開け→放射源の本格研究はこれから

位置精度が悪く、減衰も早いいため発生源が特定しにくい

電磁波望遠鏡による広い候補領域のサーベイ観測が必要

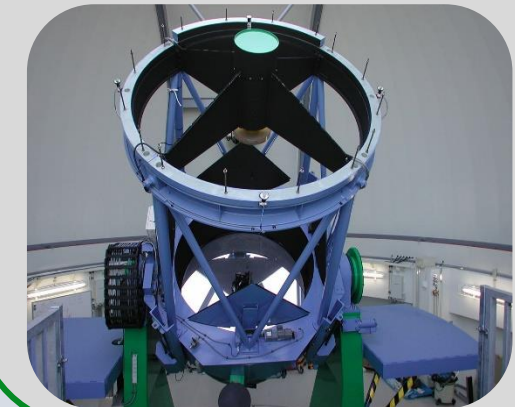
膨大な画像、多様なデータを素早く解析し重力波天体を同定する必要がある

広島大学の観測体制→2つの望遠鏡による追観測

かなた望遠鏡

東広島天文台にある1.5m望遠鏡
カセグレン、ナスミスに2つの観測装置を搭載

項目	HowPol	HONIR
視野	150'	10' × 10'
Pixel scale[1/pix]	0.294"	0.294"
可視バンド(CCD)	B,V,R,I,Z	B,V,R,I,Y
赤外バンド	×	(Virgo)J,H,Ks

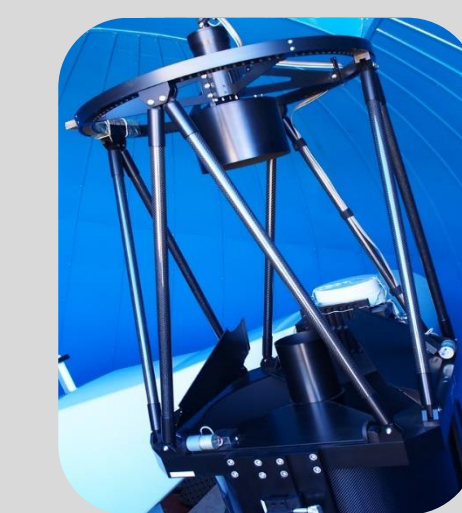


～特徴～
・速い駆動速度
(方位:5度,高度:2度/[秒])
・可視赤外2色同時撮像(HONIR)
・口径の大きさ

HinOTORI望遠鏡

今年10月に標高5100mのサイトに本設置が完了したチベット50cm望遠鏡・3色同時カメラ

項目	仕様
視野	24' × 24'
Pixel scale[1/pix]	0.68"
可視バンド	u',R,I



※2017年12月現在観測の準備段階
(リモート環境、望遠鏡のレビュー..)

～特徴～
・近紫外観測、高い解像度、高晴天率
・広視野
・3色同時撮像

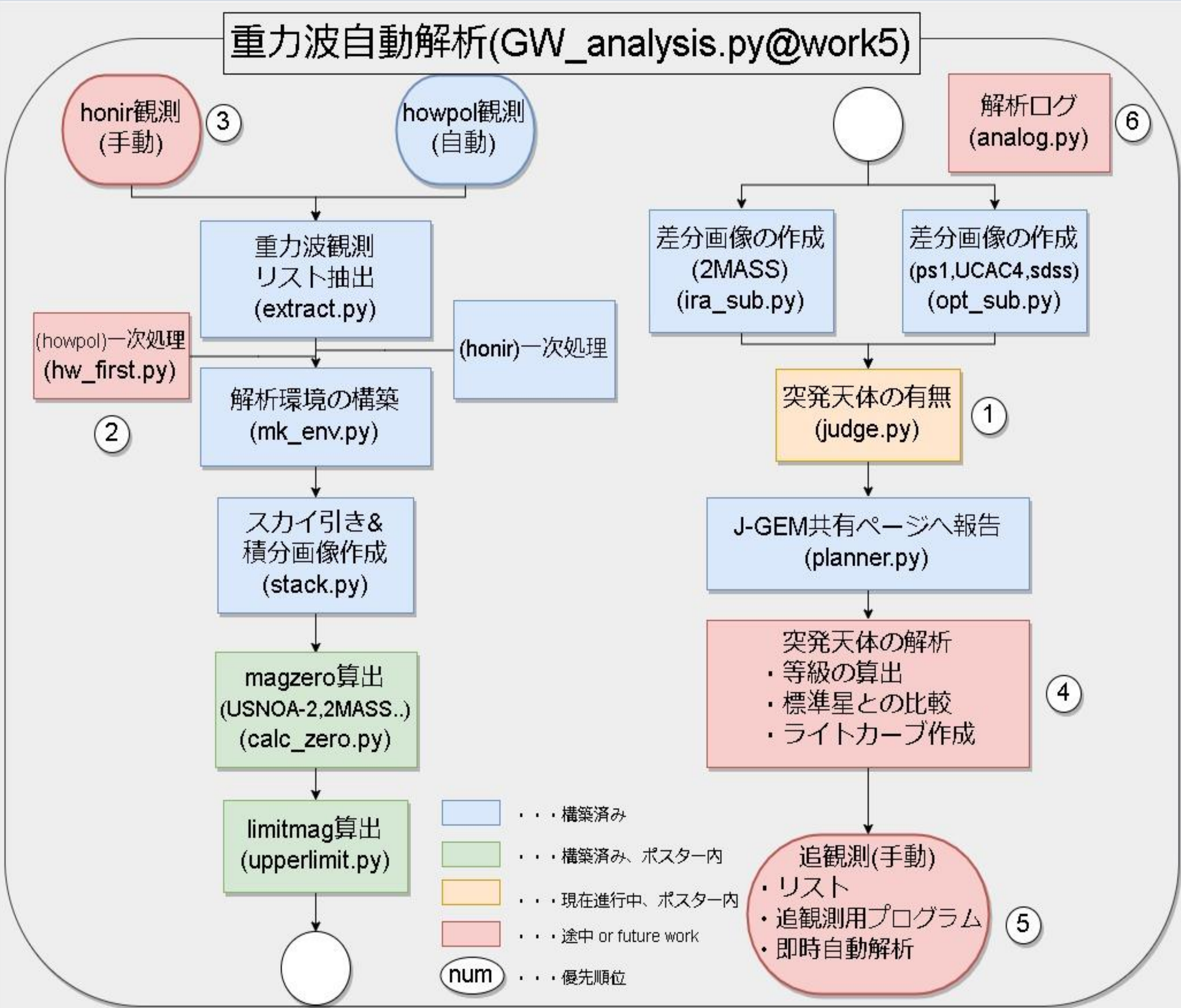
重力波アラートに応じて対応天体が存在する候補銀河(*)をサーベイし、新天体を即時検出するシステムの構築が急務
※銀河リストの自動生成、配信システムは導入済

2.目的

- ・重力波天体サーベイ画像解析の効率化
- ・重力波天体の自動検出
- ・翌日の観測体制の早期対応

2018年秋?~
のO3 runに
向けて体制を
整える

3.解析システムのフロー



観測～(解析)～追跡観測のパイプラインで40%程度しか構築できていない。

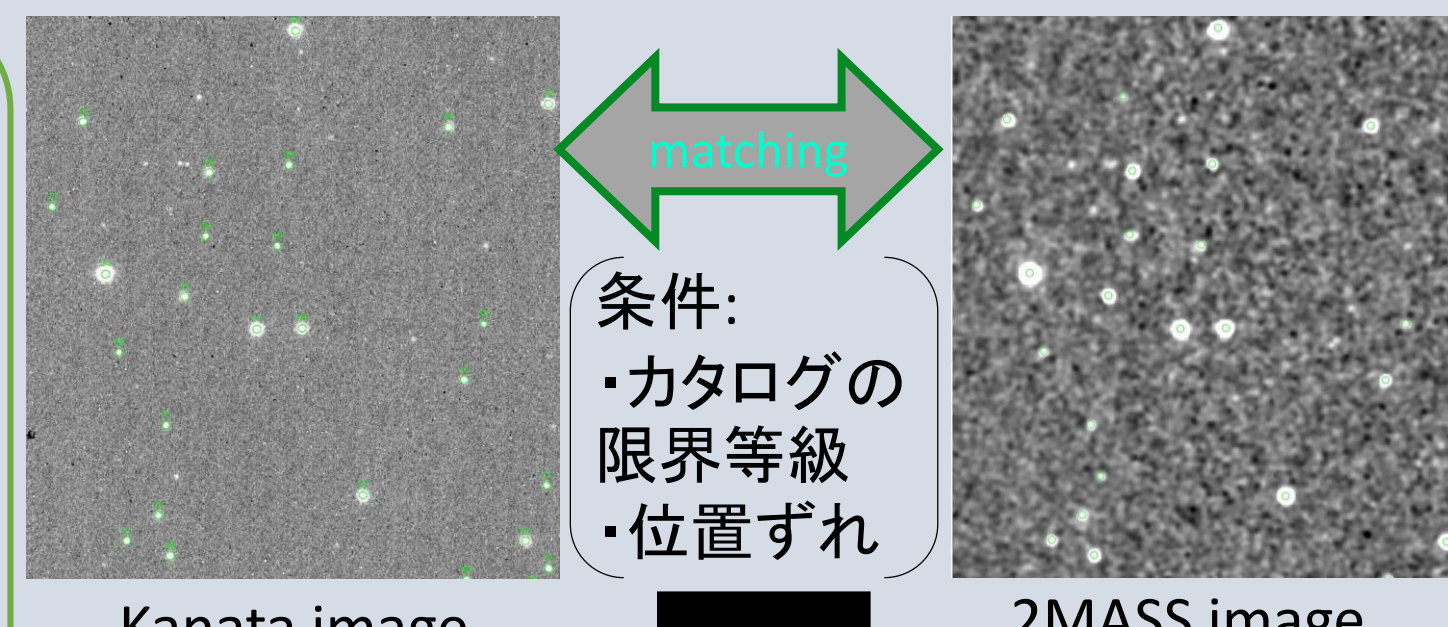
4.限界等級の算出

4-1.calibration・算出方法の流れ



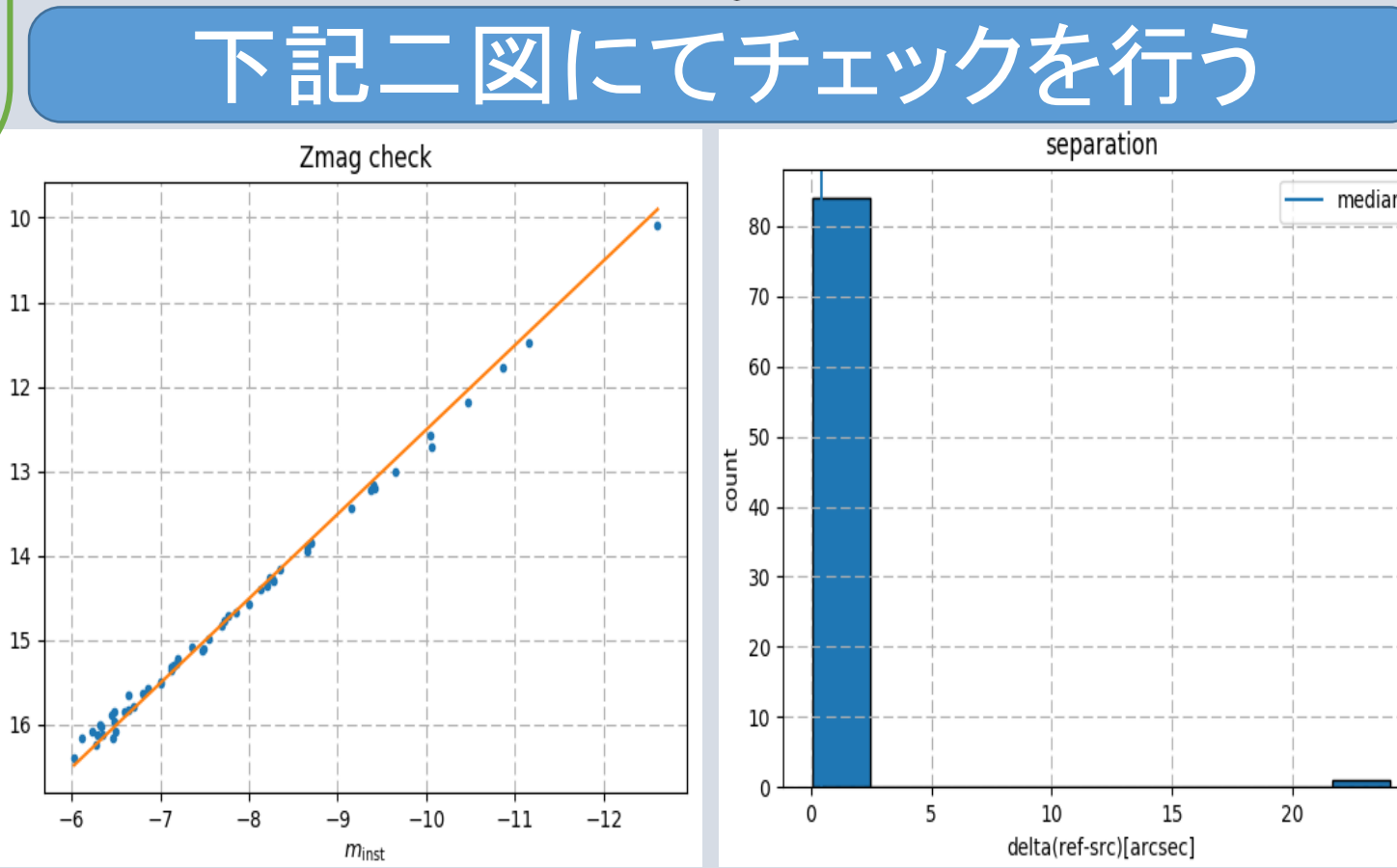
4-2.測光原点算出(フレームごとのカタログ等級との比較)

計算式:
 $Zmag = mag_{catalog} - mag_{instrument}$
 ($mag_{catalog}$:カタログ等級, $mag_{instrument}$:器械等級)
 $|Error| = \sqrt{\frac{\pi}{2} \frac{\sum (median(Zmag) - Zmag)^2}{n}}$
 ($Zmag$:上記式で得た配列, n :配列数)
 ※今後、星からのカウントによるショットノイズ等を考慮する必要がある



	各波長域	catalog
可視バンド	B,R,I	USNOB-1.0
	V,Z,Y	SDSS(g',r',z)
赤外バンド	J,H,Ks	2MASS

Zmag	Error
22.5	0.1

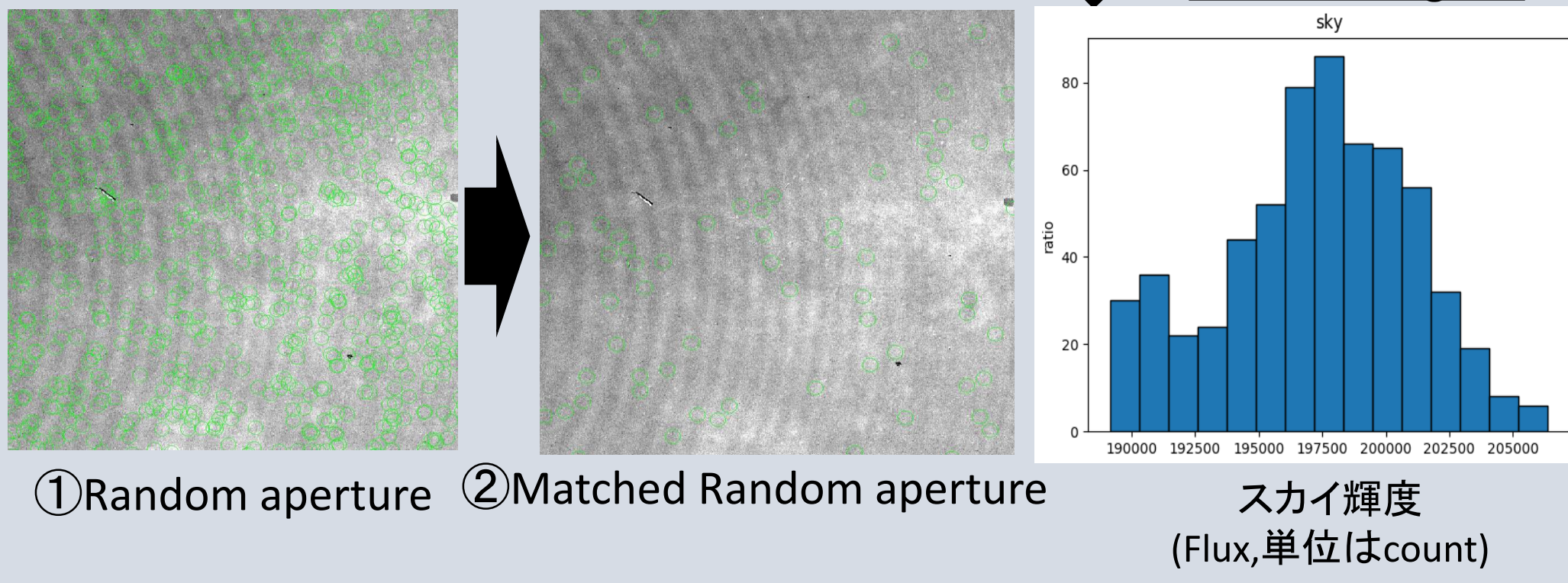


4-3.限界等級算出(基準はSN=5)

計算式:
 $Limit\ mag = -2.5 \log(5\sigma_{*sky}) + Zmag$
 (σ_{*sky} :直径2.8~3.0星のFWHMのr円領域のカウントの揺らぎ, $Zmag$:測光原点)

Jband Limit mag [550sec]	Error
22.5	0.1

(方法)星のFWHM(中間値)
↓
5000個分の星の面積分
randomにapertureをとる
↓
blendしている円を除く
↓
 σ_{*sky} を求め、limitmag算出



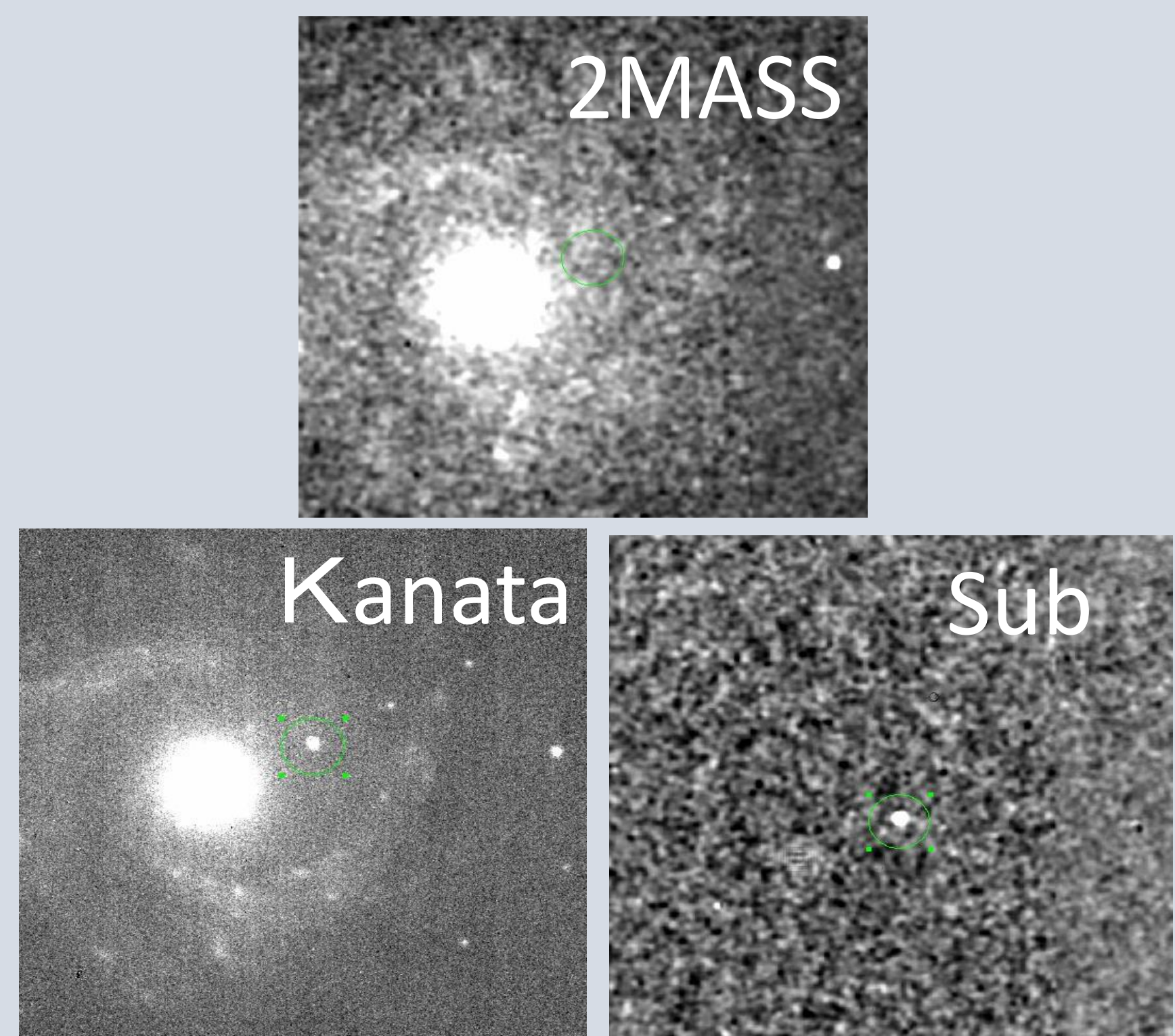
5.突発天体判定条件とその試行試験

5.1測光パッケージとその基礎パラメタ

- SExtractorパラメタ:
- ①FWHM_IMAGE[pix]:星のFWHM
 - ②FLUX_AUTO[count]:星のカウント
 - ③FLAGS:星周りの状況を表す2進数で表される指標
 - ④ELLIPTICITY:扁平率

5.2使用する画像、サンプル

object名	opt	ira
PSN2016bau	R	J
iPTF15eqv	R	J
JO50926	R	J
PSN2016b	I	H,J
PSN2016bkv	I	H
PSN2016cok	I	H
PSN2017cjb	I	H
PSN2017czd	I	H
PSNJ0059	I	H
PSNinIC1776	R	J,H
PSNinNGC7653	R	H



11天体24バンド画像
(緑:河原氏,オレンジ:森氏,青:中岡氏,reduction画像提供)

差分画像をdetect imageとして、かなた,catalog画像を測光する

5.3判定に使った条件(Kanata→かなた,catalog→カタログ,sub→差分)

FWHM: $FWHM_{Kanata} - 3\sigma < FWHM_{Kanata,*} < FWHM_{Kanata} + 3\sigma$
 $FWHM_{sub} - 3\sigma < FWHM_{sub,*} < FWHM_{sub} + 3\sigma$
 (星像のFWHMでの3σ rejection)
 FLUX比(catalog/Kanata):
 $FLUX_{*} < FLUX_{*} - 3\sigma, FLUX_{*} < FLUX_{*} + 3\sigma$
 (catalogとKanataのFLUX比での3σ rejection)
 ELLIPTICITY比: $0.8 < \frac{E_{sub,*}}{E_{Kanata,*}} < 1.2$
 (星像の楕円率が一定)
 FLAGS: $FLAGS_{sub,*} = 0, FLAGS_{Kanata,*} = 0$
 (周囲の影響がない(blendや画像端..など))
 以上の条件で上記24画像での天体の抽出を試した。

～抽出成功率～
24target中
3target
実行
～13%

6.結論と問題点

- ①各値を確認、外れた条件について多角的に考察し新たな条件・特徴を模索する。
- ②差分画像をうまく作れない場合があるため、その条件と手法について考察する。