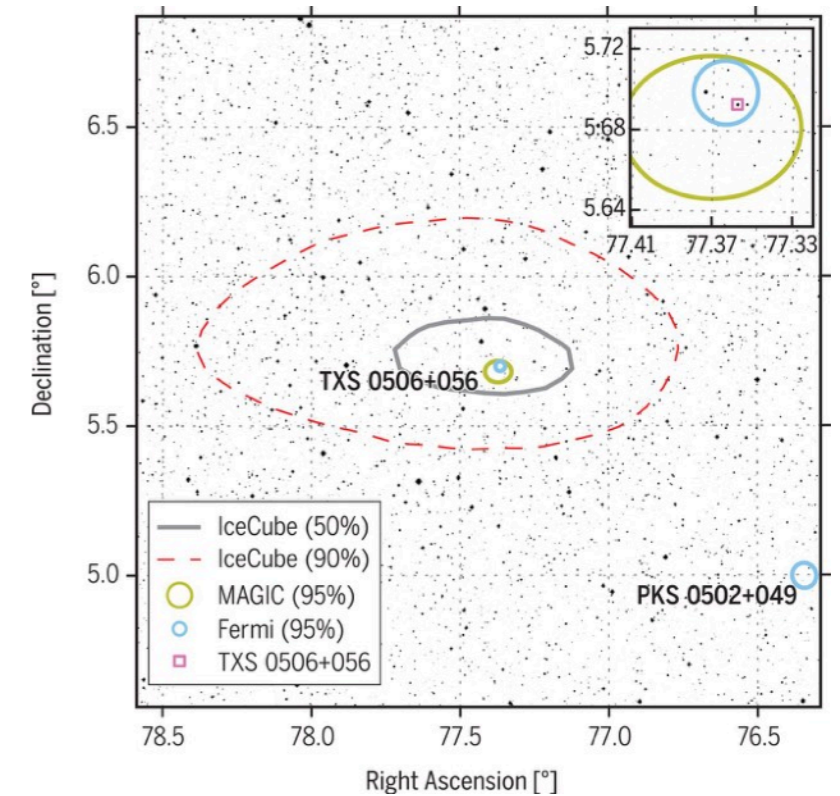
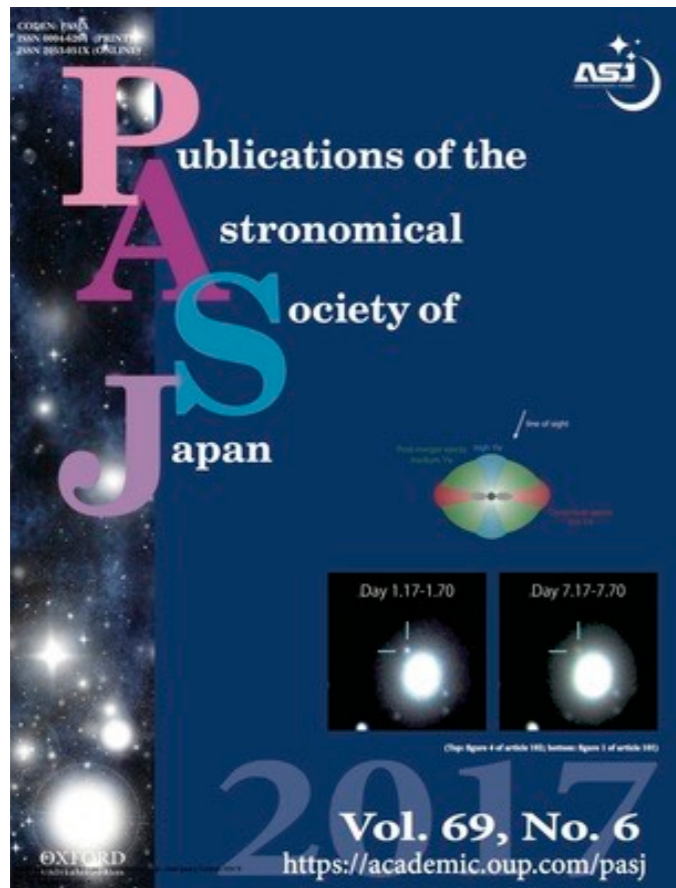


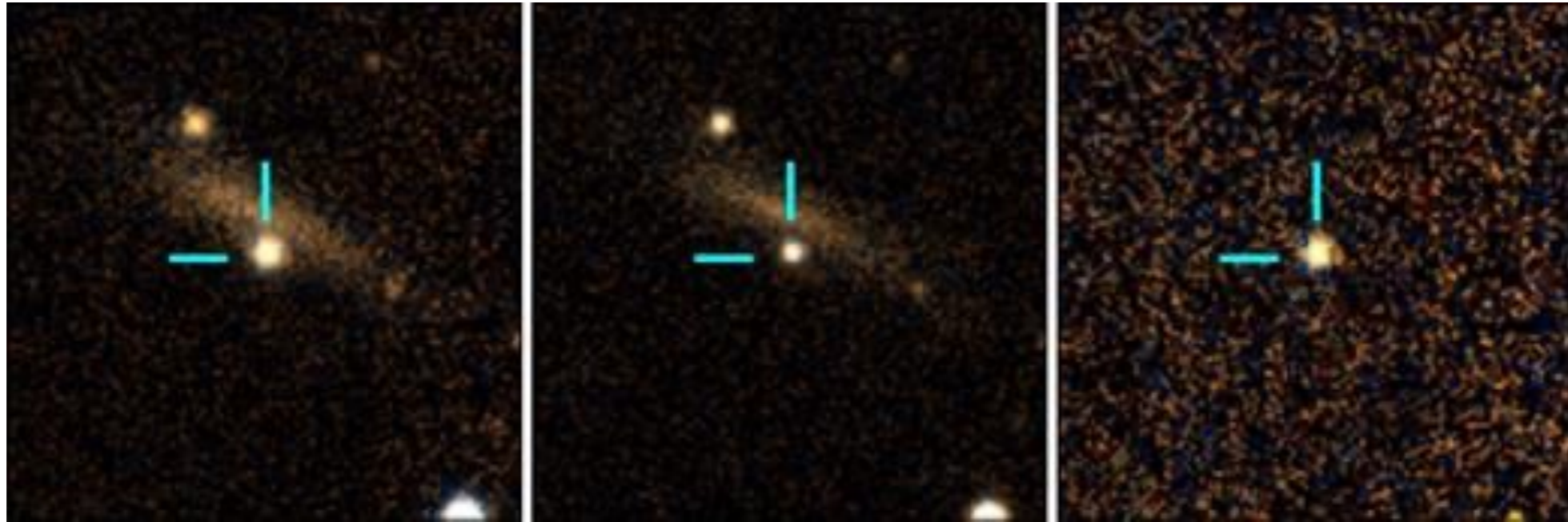
**可視光・近赤外観測で狙う
ニュートリノ・
重力波放射天体の同定**
J-GEM & IceCube OptIR followup groups

2017年の二つの出来事



- 重力波：GW170817
 - 中性子星合体からの重力波とそれに伴う電磁波放射の同時観測
- ニュートリノ：IceCube-170922A
 - ブレーザー TXS 0506+056 からのニュートリノ放射とそれに伴う電磁波放射の同時観測
- マルチメッセンジャー観測の興隆

可視近赤外観測からわかること



Utsumi et al. 2018

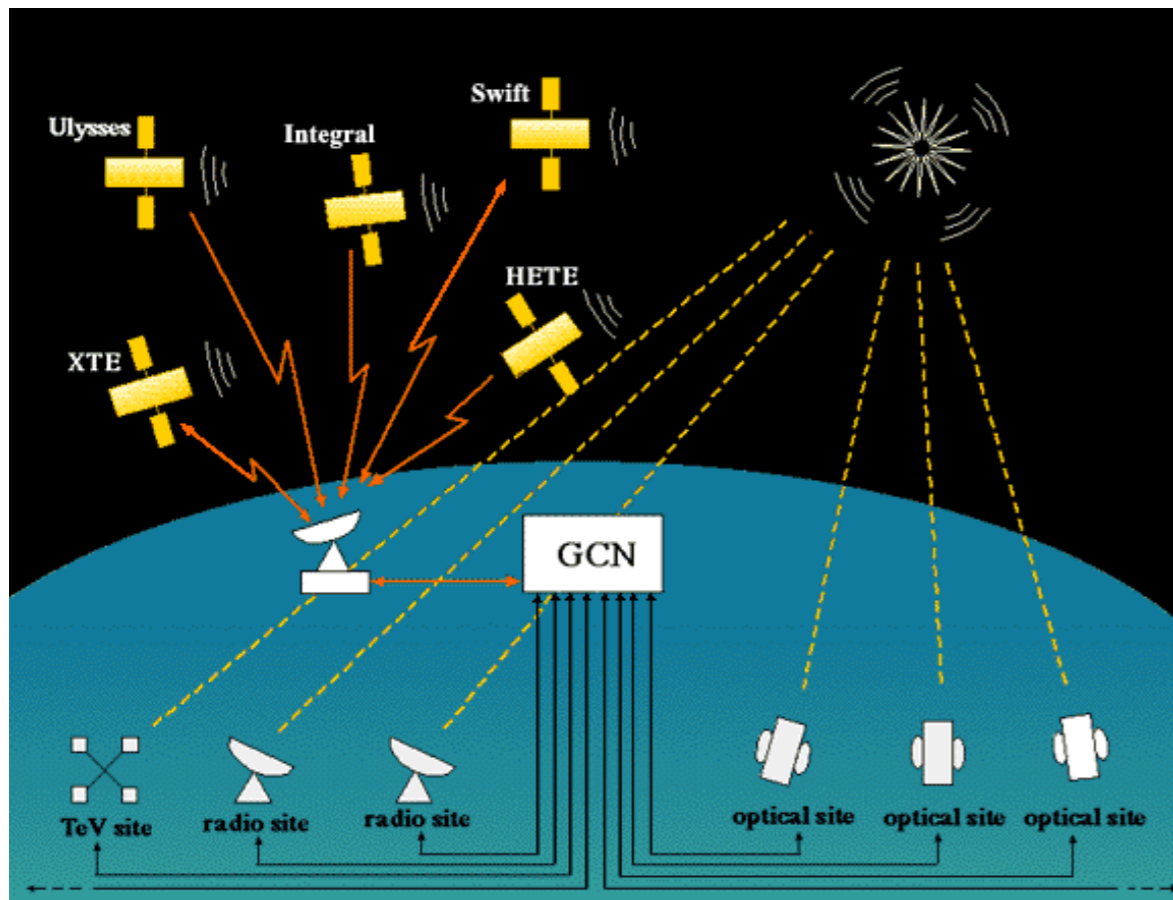
- 同定

- 差分解析による突発天体の検出, 秒角レベルでの位置測定

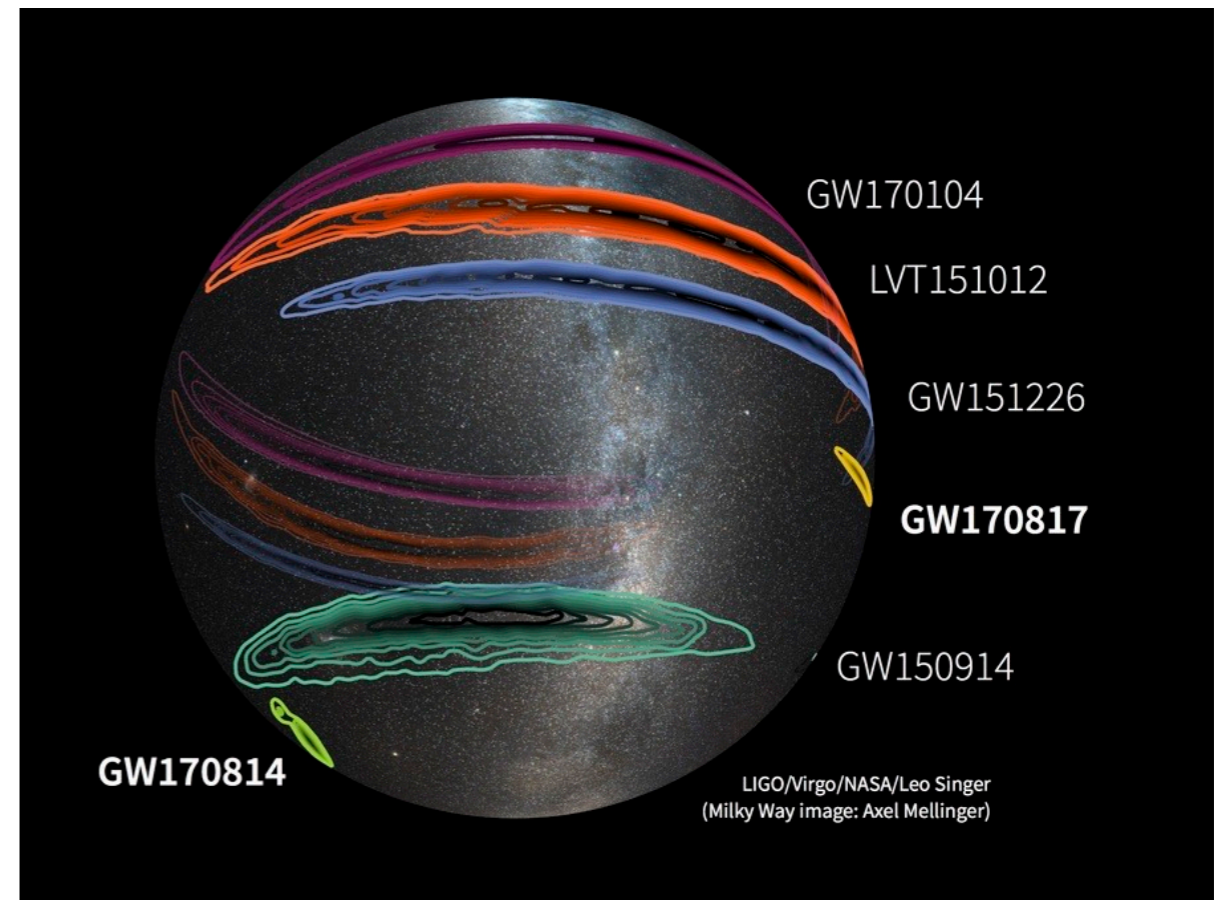
- 分析

- 突発天体の時間変化の記録
- 分光／偏光観測等
- 距離／エネルギーなどの物理量は2次情報

(1) 連携



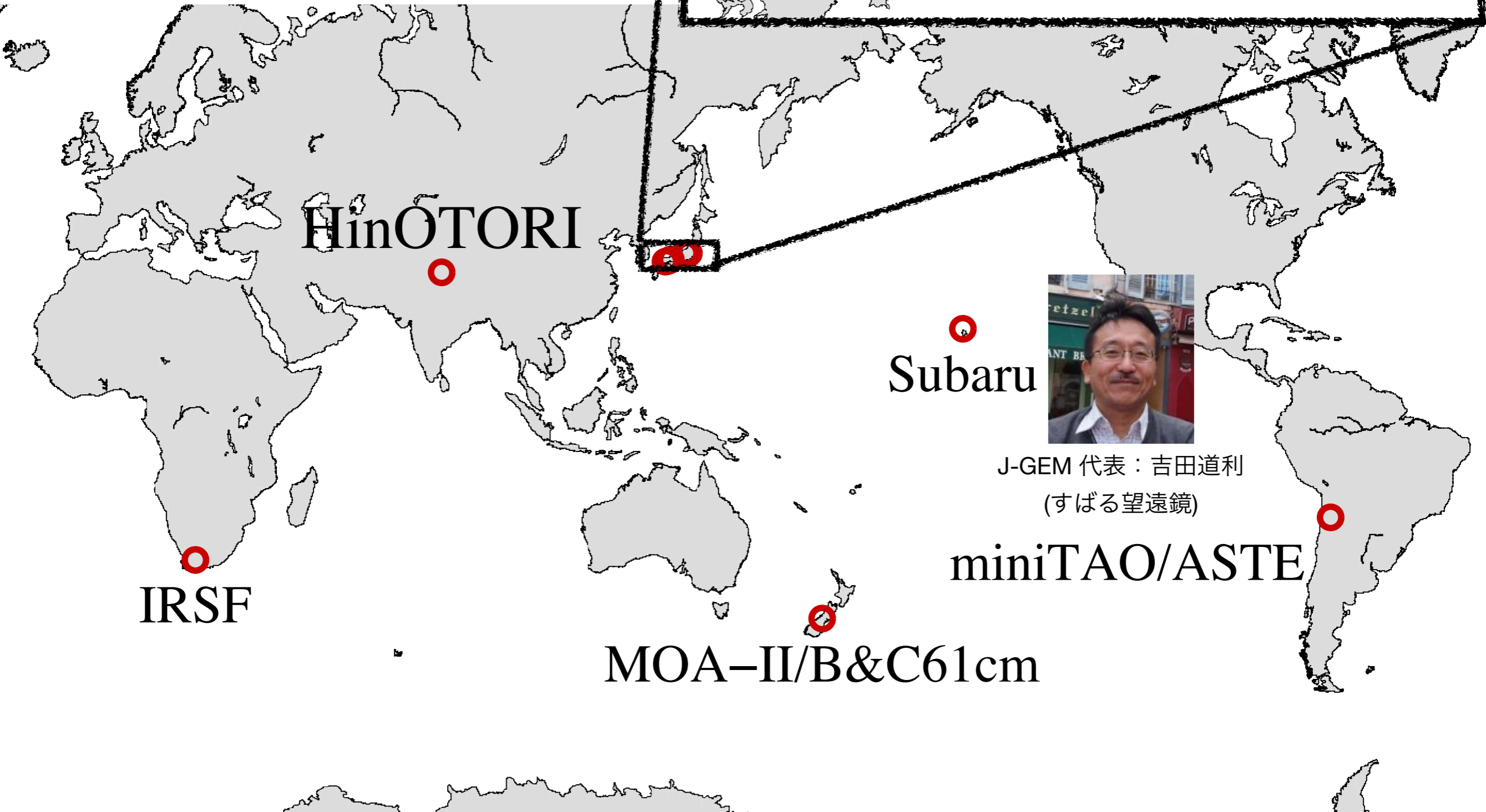
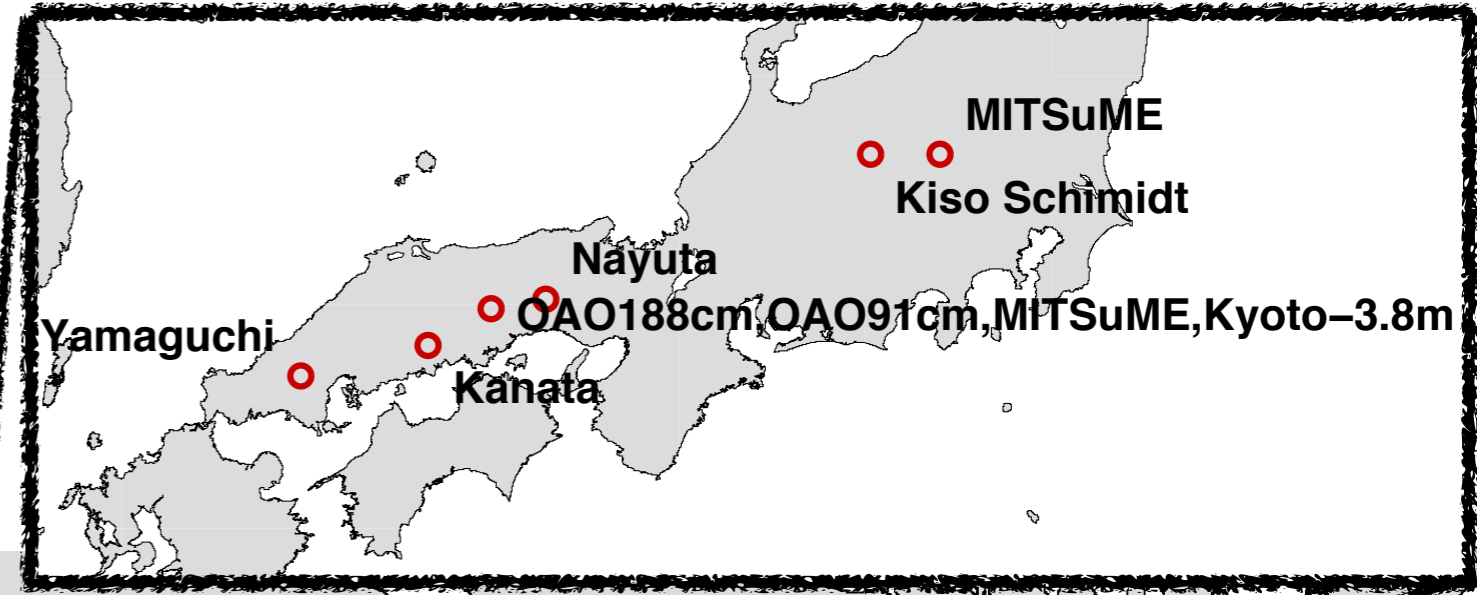
GCN/TAN



- **GCN/TAN** —the Gamma-Ray Burst Coordinates Network and the Transient Astronomy Network
 - 1993 年に GRB のために作られたインターネット上の通知システム
- **LIGO/Virgo** が2015年から MoU の下でアラートを公開
- **IceCube** は2016年からアラート情報を公開

J-GEMに参加する施設

可視近赤外の撮像分光および電波観測
設備を持つ研究機関でネットワークを
構築した (2014)



Subaru

J-GEM 代表：吉田道利
(すばる望遠鏡)

miniTAO/ASTE

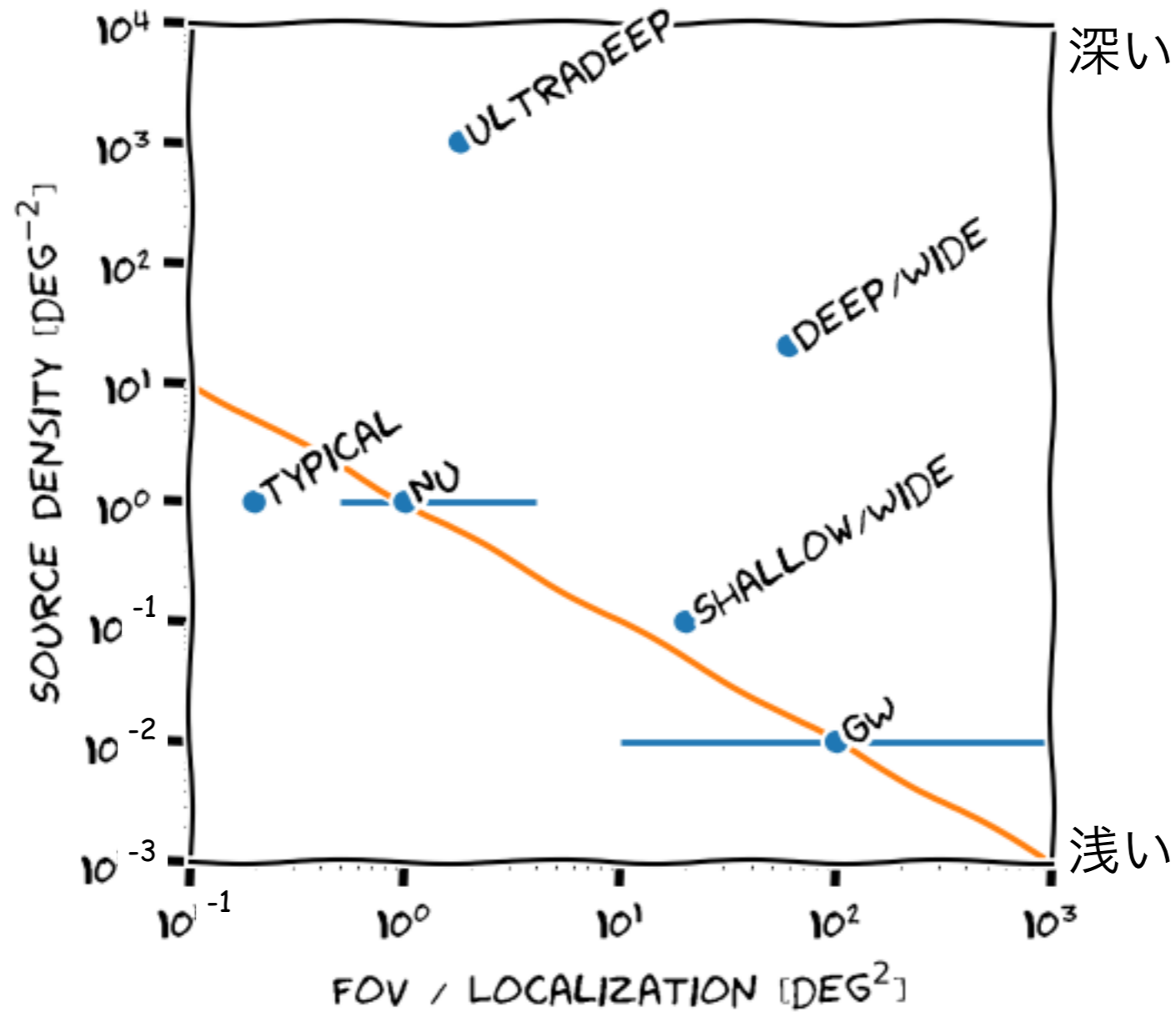
MOA-II/B&C61cm

IRSF

HinOTORI

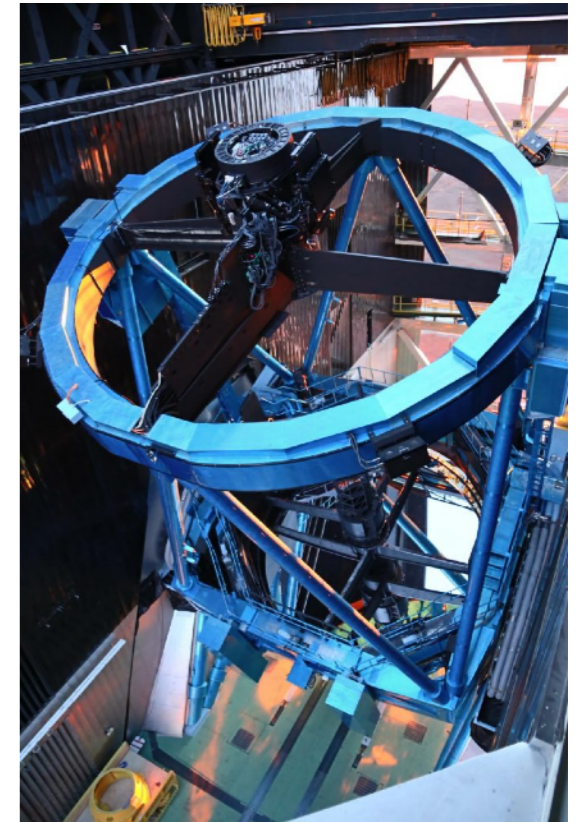
(2) アイデアが必要

多数の候補天体から探し出すことが課題



掃ききる or 仮定をおいて探索量を減らす

Subaru



Kanata



MITSuME



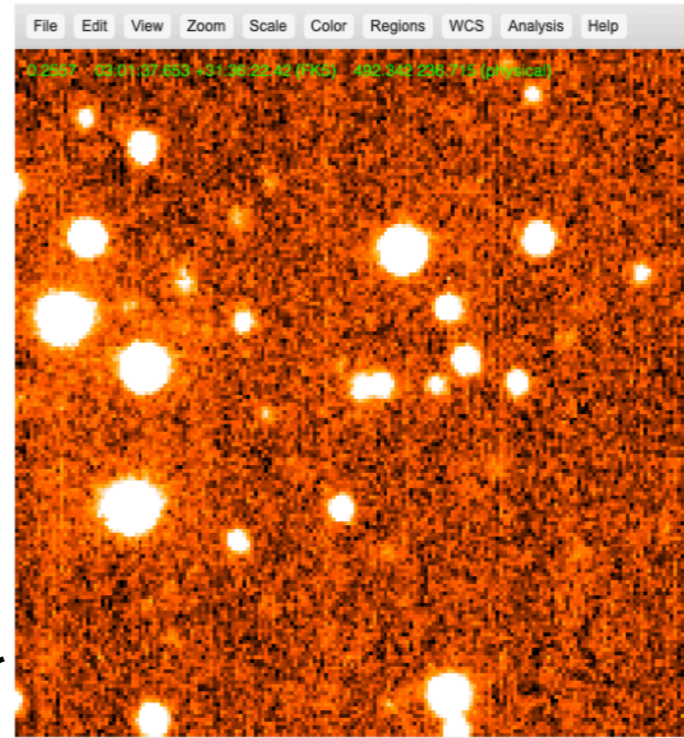
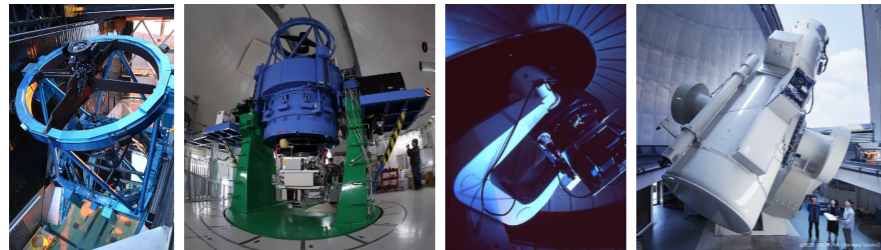
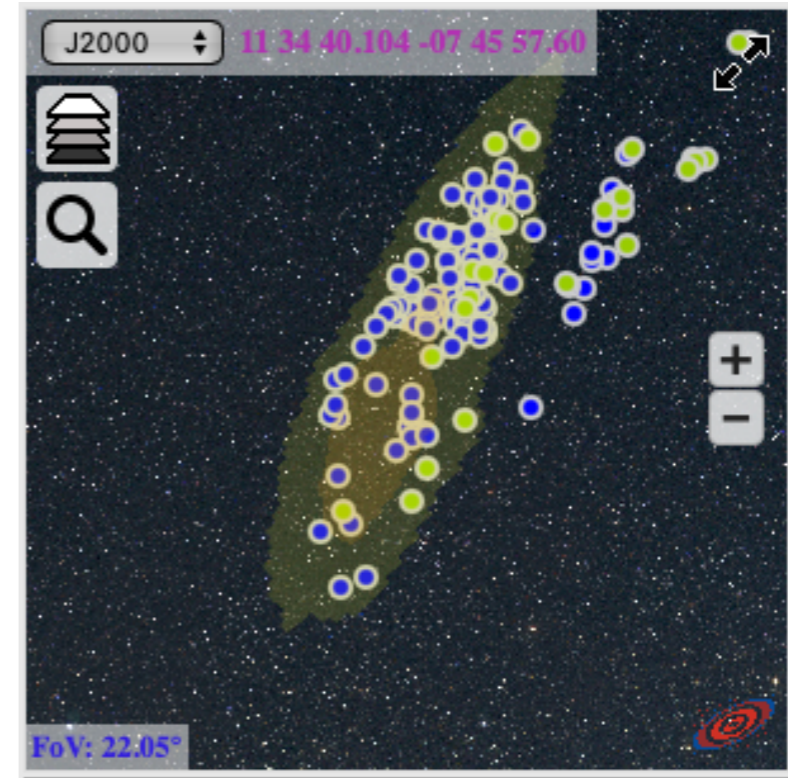
Kiso

Web ベースのシステム統合



candidate : G268556

galid	eventid	prob	inserted	ra	dec	state	observer	updated
GL020652+443419	G268556	1.4409e-11	2017-01-20 17:08:17.686205	31.7151	44.572	null	null	null
GL164223-555601	G268556	9.1958e-12	2017-01-20 17:08:17.686205	250.5942	-55.9336	null	null	null
GL012340+331522	G268556	7.8641e-12	2017-01-20 17:08:17.686205	20.9165	33.2562	null	null	null
GL003536+90727	G268556	7.7068e-12	2017-01-20 17:08:17.686205	8.9018	9.1242	null	null	null
GL012038+294156	G268556	7.5801e-12	2017-01-20 17:08:17.686205	20.1592	29.6988	null	null	null



<= Orange: Original fits
 <= Blue: Reference image
 Blink images: chose 'View-->'Blinking' command

Event ID S200213t-IceCube
 Link to planner [link](#)
 Galaxy GL030126+313509
 Obs. MJD 58892.562598
 Obs. UTC 2020-02-13 13:30:08
 Telescope MITSuME-Akeno
 Filter R
 Exposure [sec] 1080.0
 Upper Limit[mag] >18.90
 possible candidates [Load on JS9, download](#)
 results of photometry [Load on JS9, download](#)
 Has Transient NOTFOUND
 Has Reported? Yes
 Original fits [download](#)
 Ref fits [download](#)
 sub fits [download](#)
 photometry file [download](#)
 info text file [download](#)
 analysis log file [download](#)
 PS1 Image Access [link](#)
 Known Transient [link](#)
 DB [link](#)
 Minor planet DR [link](#)

log : G270580

galid	ra	dec	eventid	obsid	state	updated
NGC3009	147.546	44.2951	G270580	OAOWFC	Observed	2017-01-21 14:31:58.286081
NGC3009	147.546	44.2951	G270580	OAOWFC	Observed	2017-01-21 03:45:47.847613
NGC3009	147.546	44.2951	G270580	OAOWFC	Observed	2017-01-21 03:45:42.733051
PGC2234362	147.802	44.0094	G270580	Akeno-MITSuME	Observed	2017-01-21 03:36:05.072999
PGC2234362	147.802	44.0094	G270580	Akeno-MITSuME	Reserved	2017-01-21 03:01:55.409985
PGC028322	147.655	43.7594	G270580	Akeno-MITSuME	Observed	2017-01-21 03:01:50.840971

- 参加機関が協力して候補天体を観測／探せる体制を構築した

重力波の場合



- 位置決定精度が広大

- 1000平方度級も掃けることを実証した Yoshida et al. (2017)
- Subaru/HSC でも 60平方度を掃いた Utsumi et al. (2018)

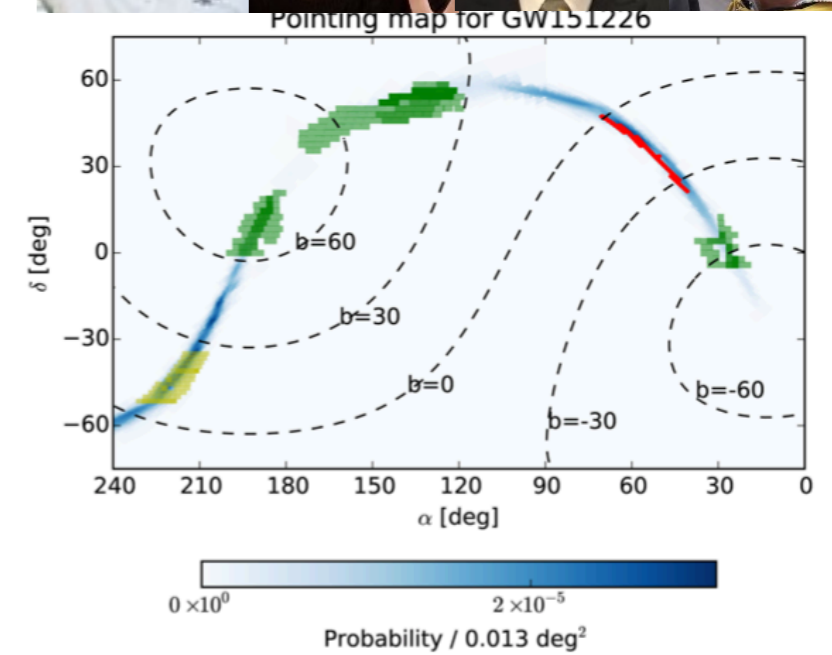
- 探索数を減らす

- 近傍銀河カタログ GLADE ベースの候補天体提案システムを構築した Sasada et al. (2021)

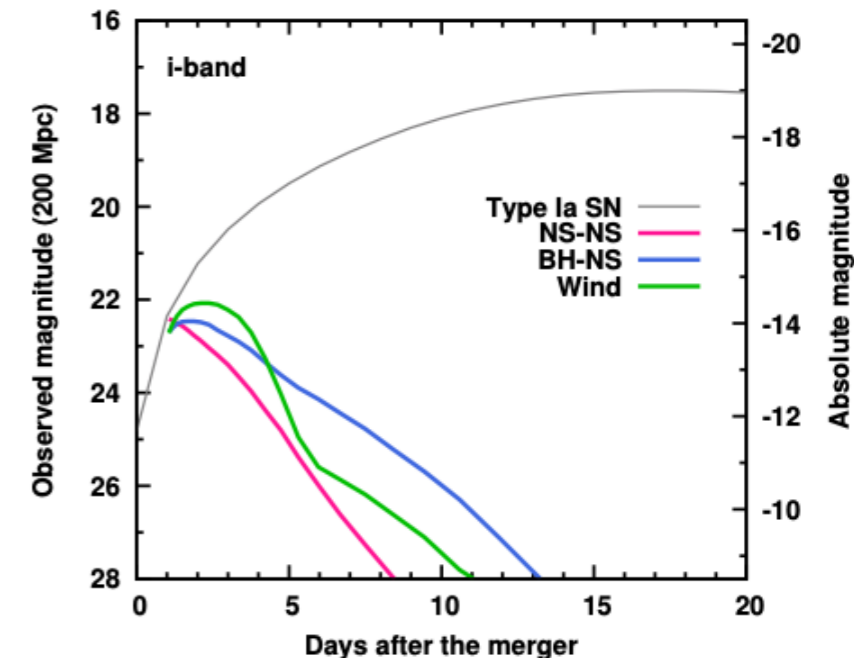
- 可視光の変動天体が多すぎる

- キロノバだと思えば急減光／赤い特徴からかなりの候補を絞れる Utsumi et al. (2018)

- 「無バイアス探査」 + 「ターゲット観測」の両輪



Yoshida et al. 2017

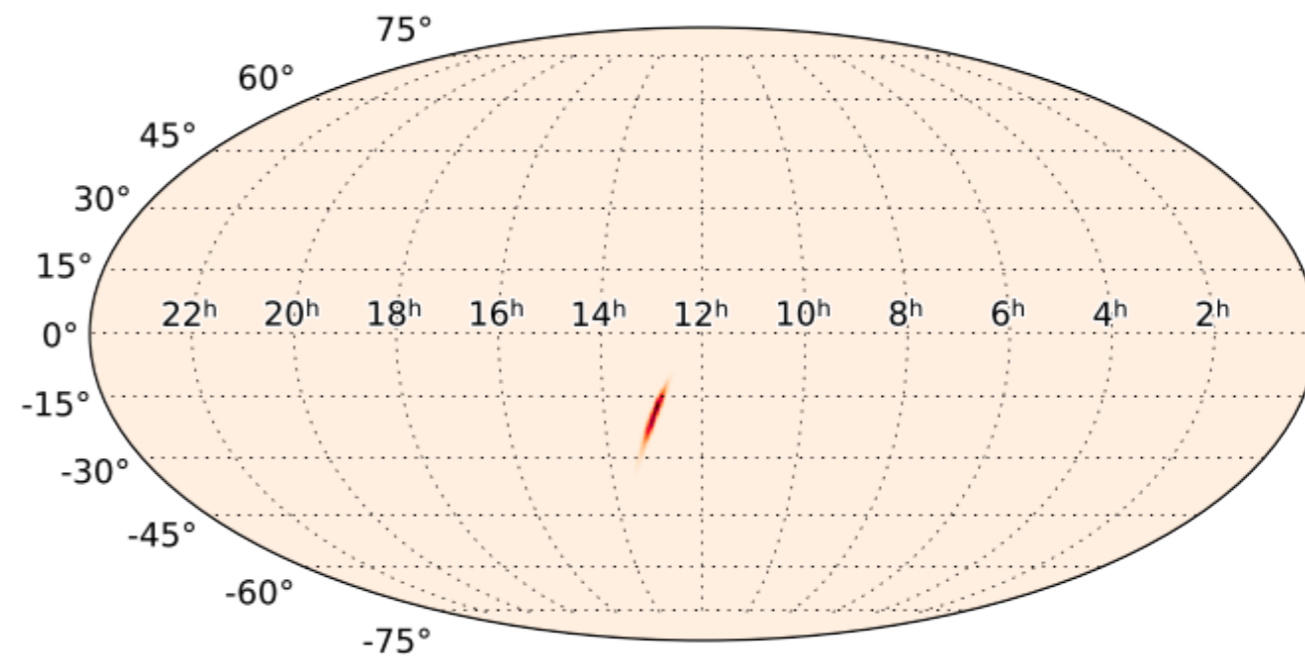
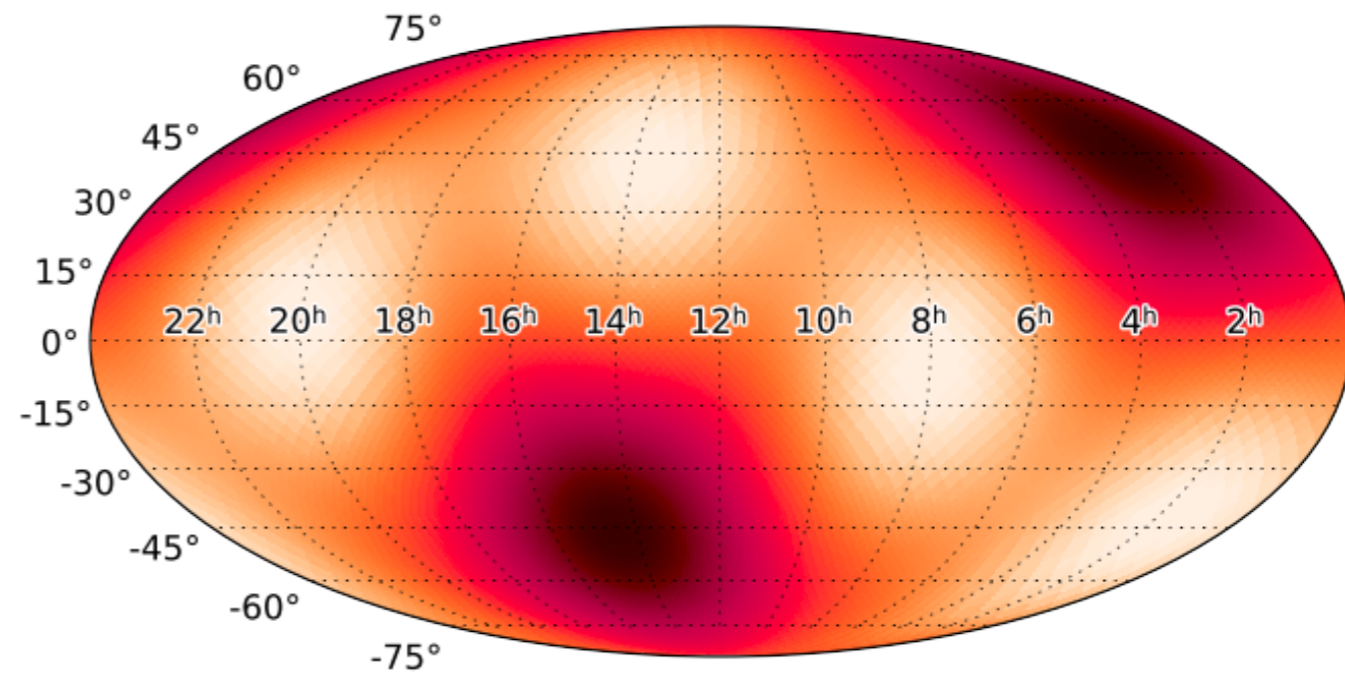


Tanaka et al. 2016

GW170817

- 8/17 日本時間夜 初報
- GRB170817 も同時に通知
- 銀河リストに基づき南アフリカの IRSF がいくつか銀河を観測→見つからず
- 数時間後に LHO, LLO, Virgo 三局による位置決定→ $\sim 30\text{deg}^2$
- たくさんのグループによる観測の報告がなされた (Andreoni+2017; Arcavi+2017; Coulter+2017;

Cowperthwaite+2017; Díaz+2017; Drout+2017; Evans+2017; Hu+2017; Kasliwal+2017; Lipunov+2017; Pian+2017; Pozanenko+2017; Shappee+2017; Smartt+2017; Tanvir+2017; Troja+2017; **Utsumi+2017**; Valenti+ 2017)



第一報：GW170817

TITLE: GCN CIRCULAR

NUMBER: 21529

SUBJECT: LIGO/Virgo G298048: Potential optical counterpart discovered by Swope telescope (abbr.)

report on behalf of the One-Meter Two-Hemisphere (1M2H) collaboration:

On 2017 Aug 18 UT in the process of observing several galaxies coincident with the highest-likelihood localization region for the LIGO/Virgo G298048 trigger (LVC GCNs 21509, 21513) with the 1-m Swope telescope at Las Campanas Observatory, we detect a source 5.3 $\hat{\text{A}}$ E and 8.8 $\hat{\text{A}}$ N of NGC 4993, an S0 galaxy in the NGC 4993 / ESO 508-G018 group at a distance of ~ 40 Mpc (Tully-Fisher distance to the group; Freedman et al., ApJ, 553, 47, 2001).

The object is:

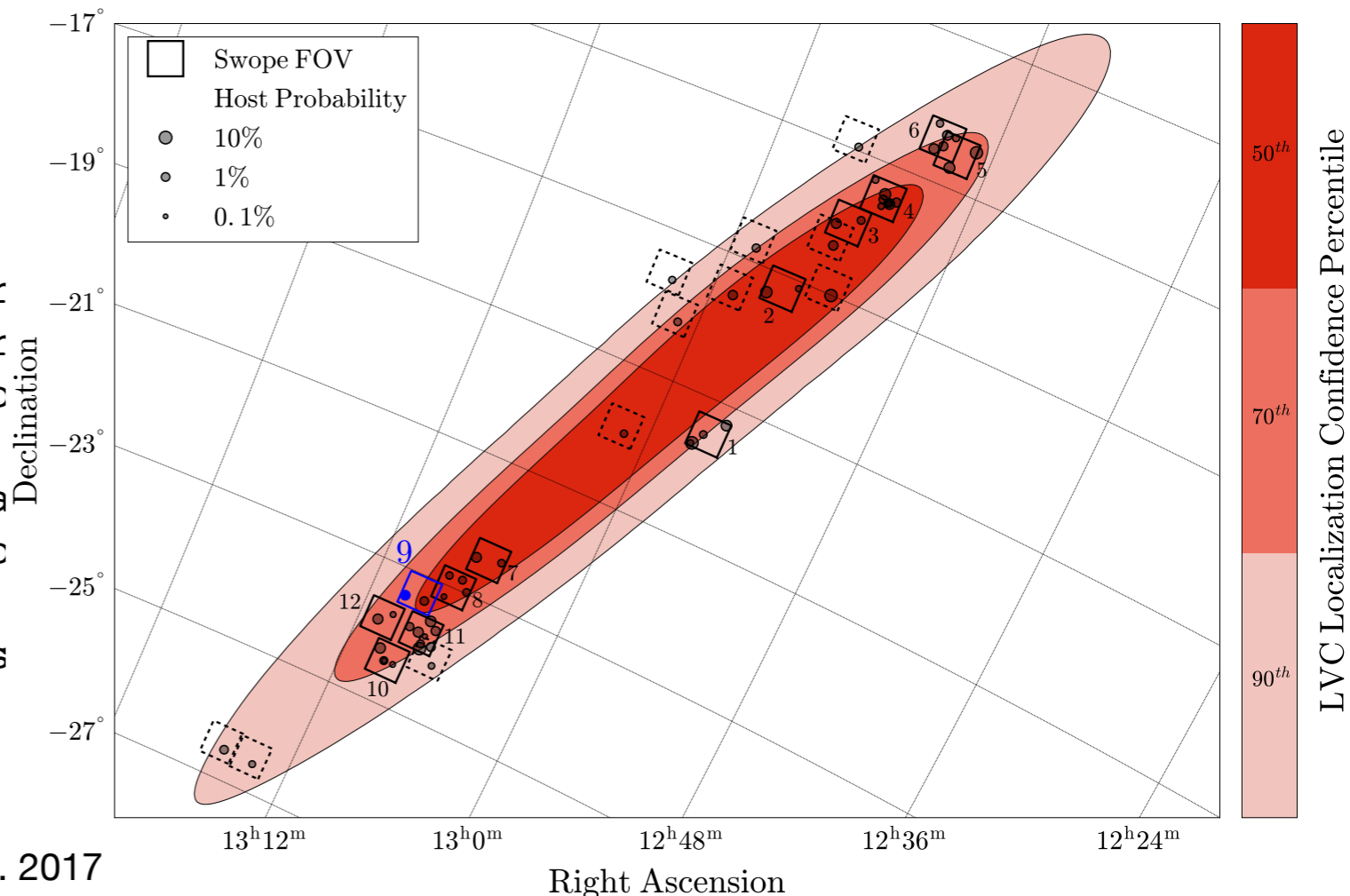
SSS17a 13:09:48.089 -23:22:53.35

and had a brightness of $i = 16.0$ mag.

We have checked the minor planet center have found no cross-matches. This sour emission associated with the LIGO/Virgo

Spectroscopic observations are under wa obtained and is being analyzed. Additic

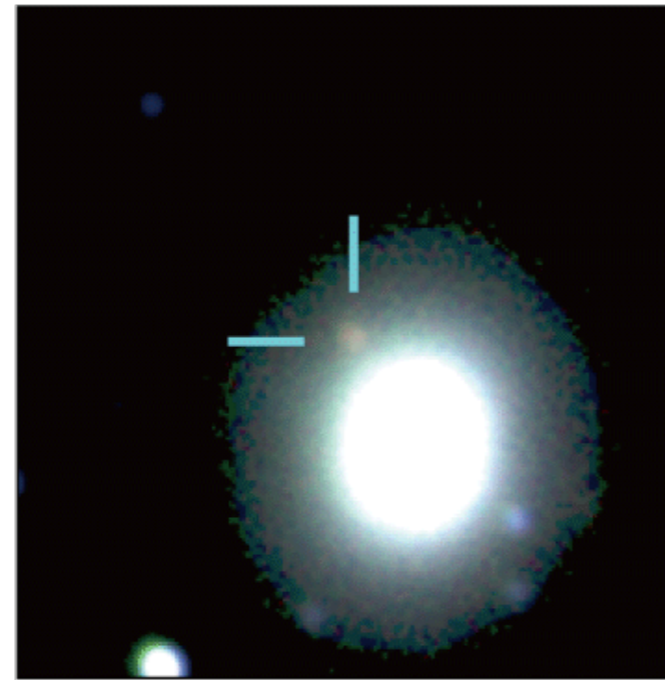
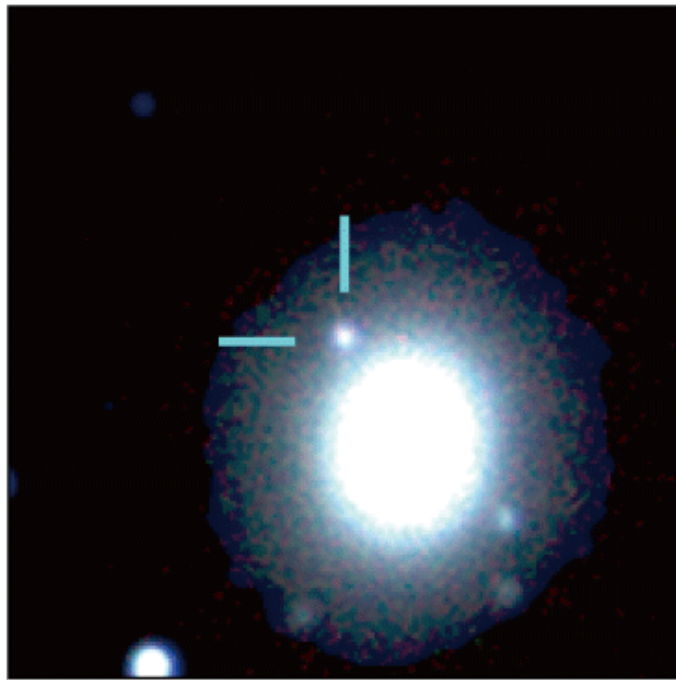
The contact person for this circular is



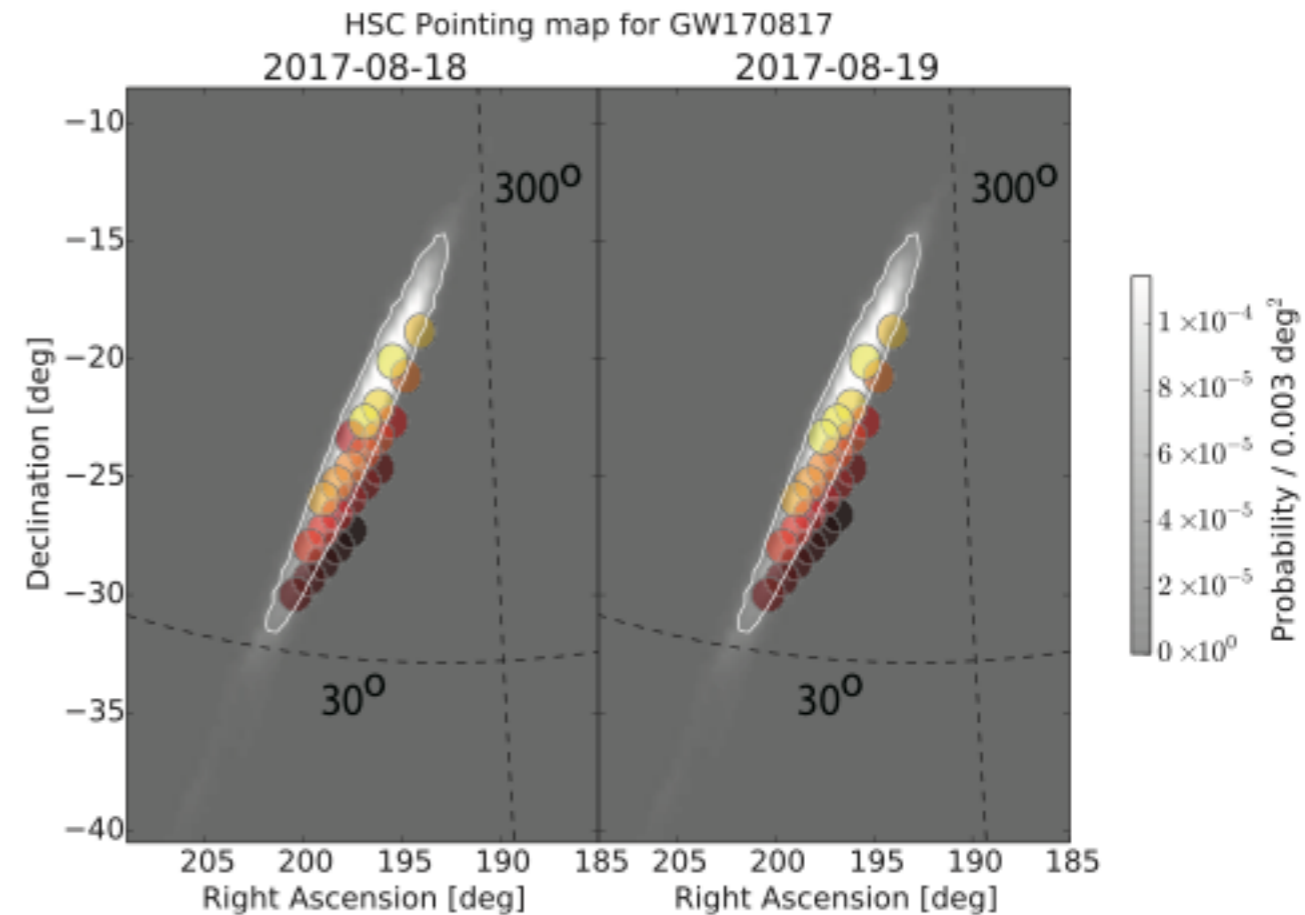
J-GEM による観測

2017.08.18-19

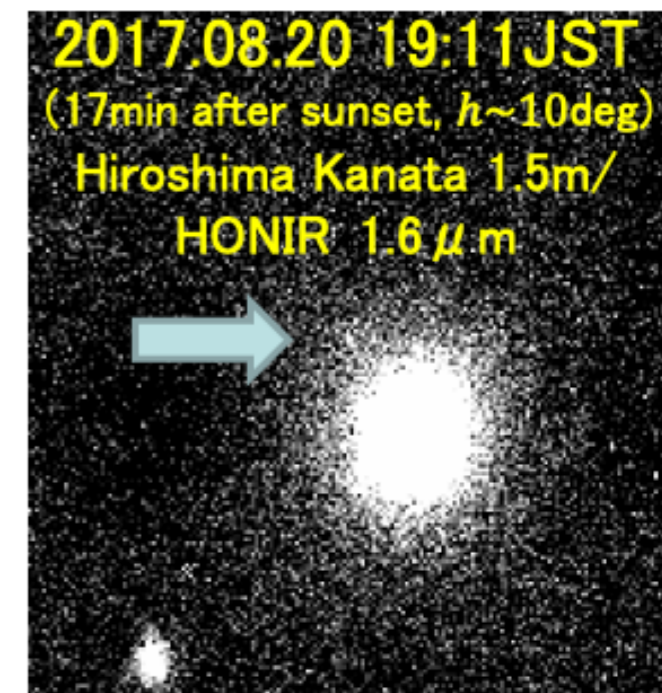
2017.08.24-25



HSC z & IRSF HKs



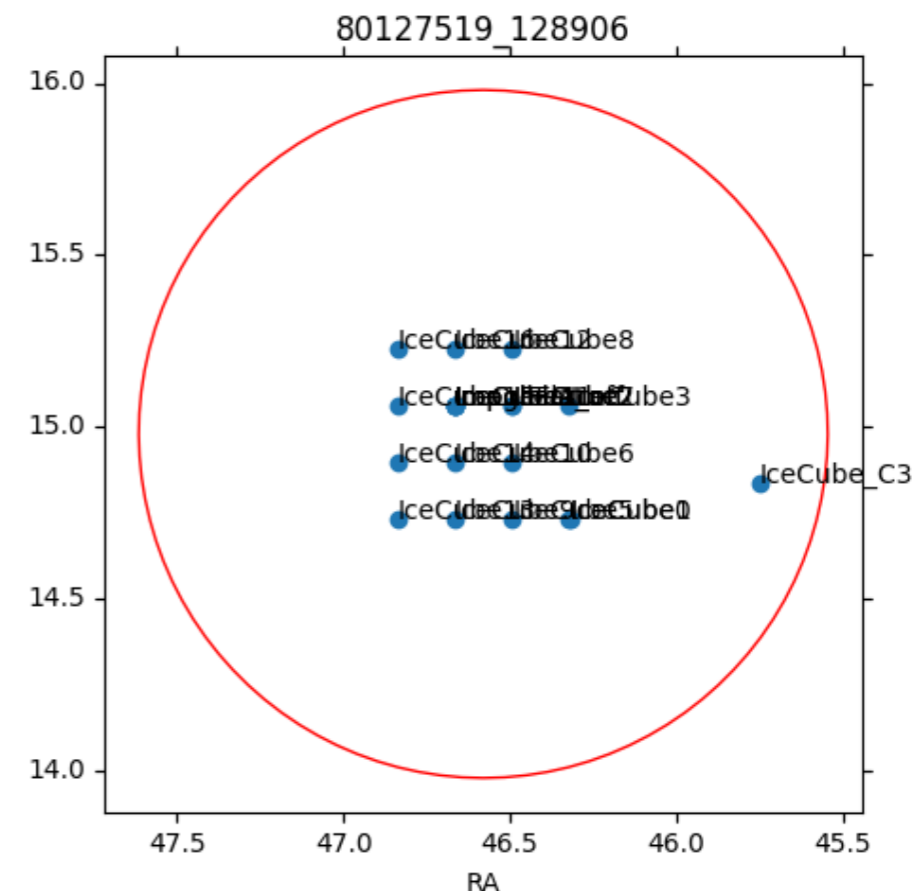
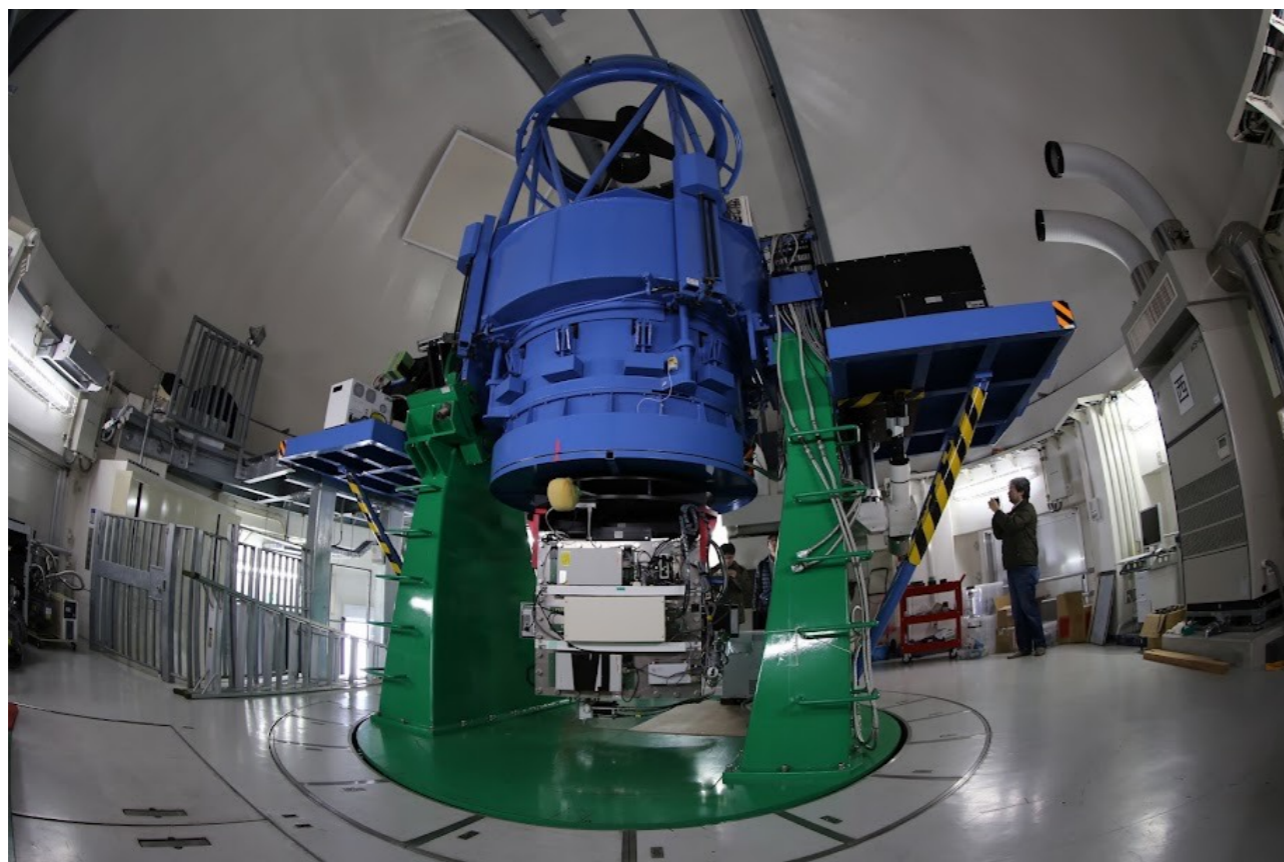
- IRSF, Subaru, MOA, B&C で追跡観測（国内望遠鏡も参戦）
- 銀河差し引き, PSF 測光を実施
- 可視から近赤外線にわたってライトカーブを取得
- 理論予想通り急速に赤くなっていることを確認
- この突発天体のほかにそれらしいものがないことを確認



IceCube followup の場合

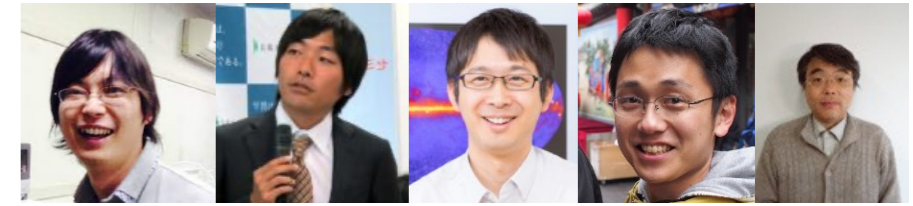


- J-GEM から派生 田中康之(exPI)→諸隈智貴(PI)
- 位置決定精度は重力波よりはかなり良い ~1度
- 候補天体が定まっていない (スターバースト銀河, AGN, Blazars, GRB, SN, etc...)
- 機動力の高い広島大学かなた望遠鏡を使って観測... キツイ...

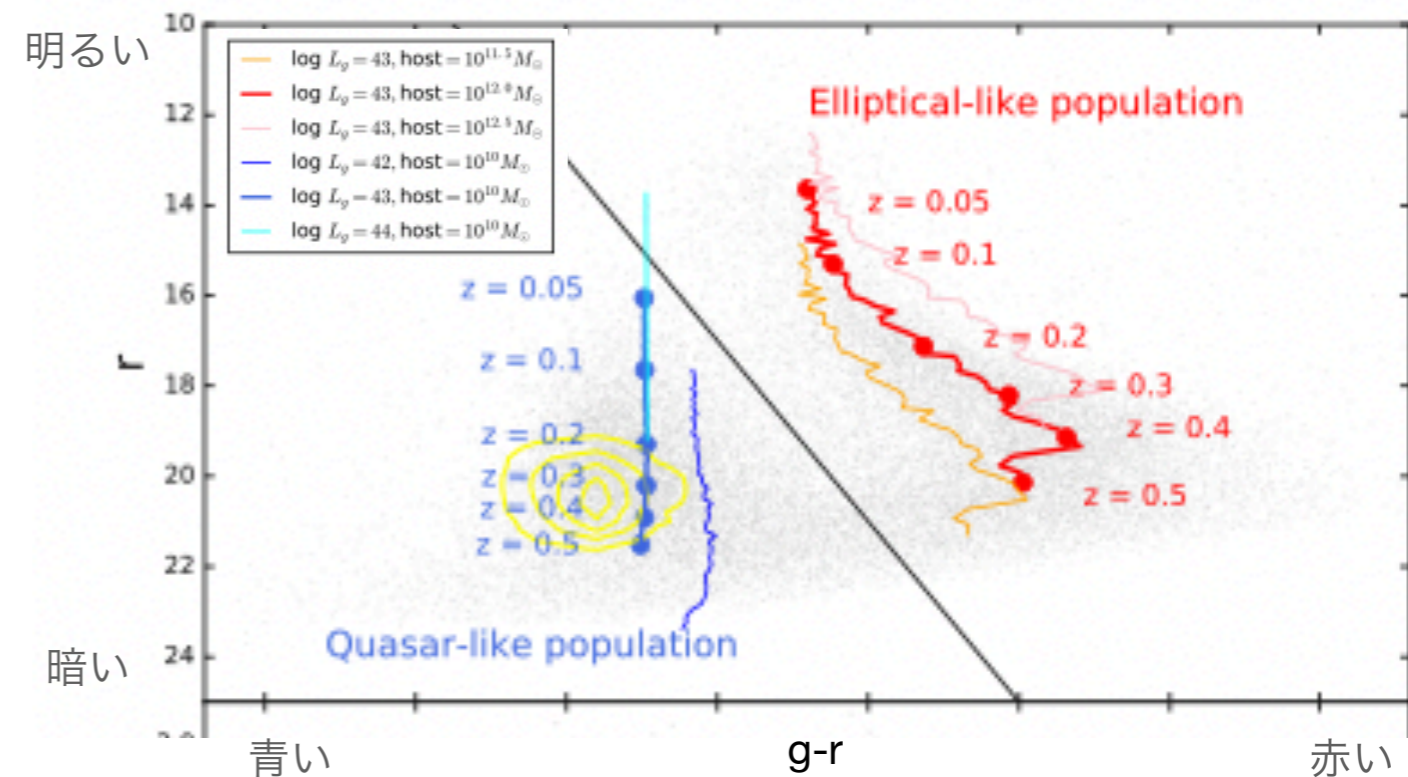
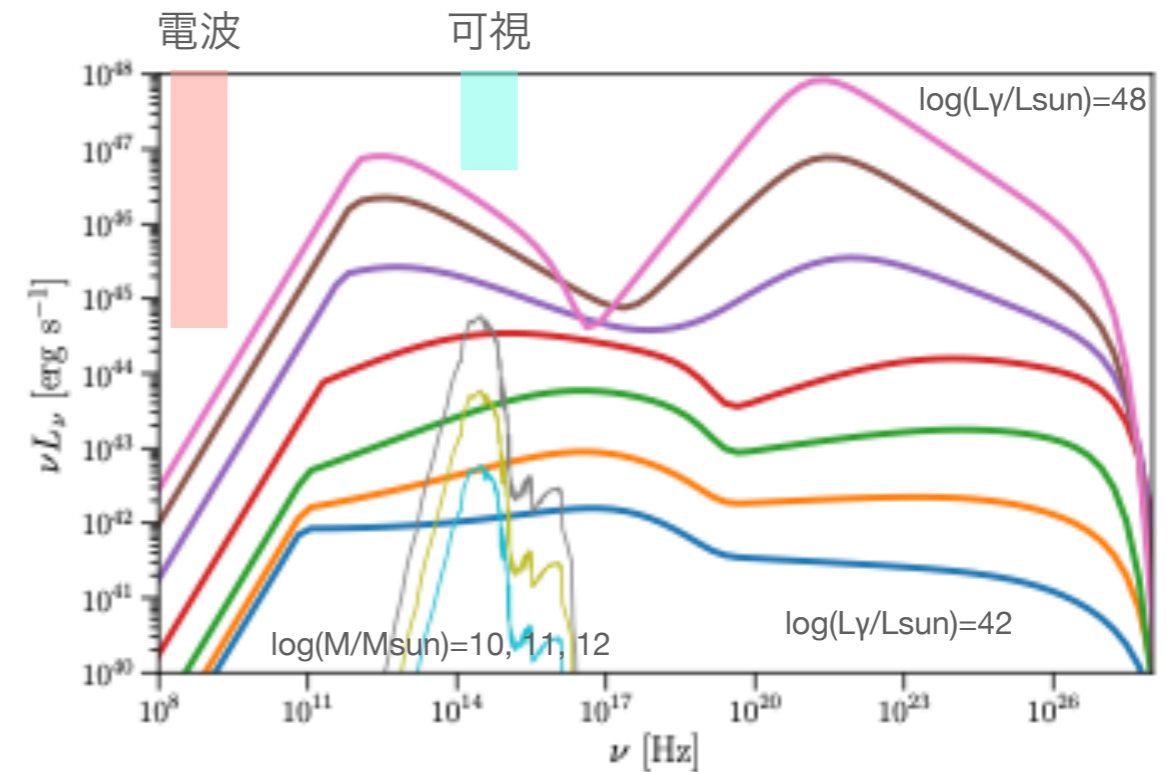


Mori et al. GCN Circ. 20267, 2016

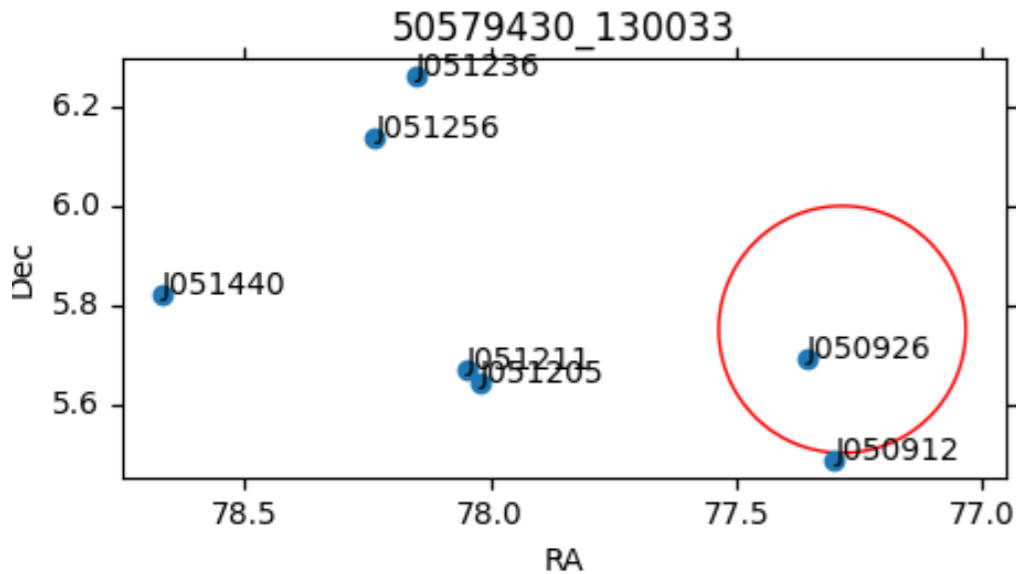
BROS catalog



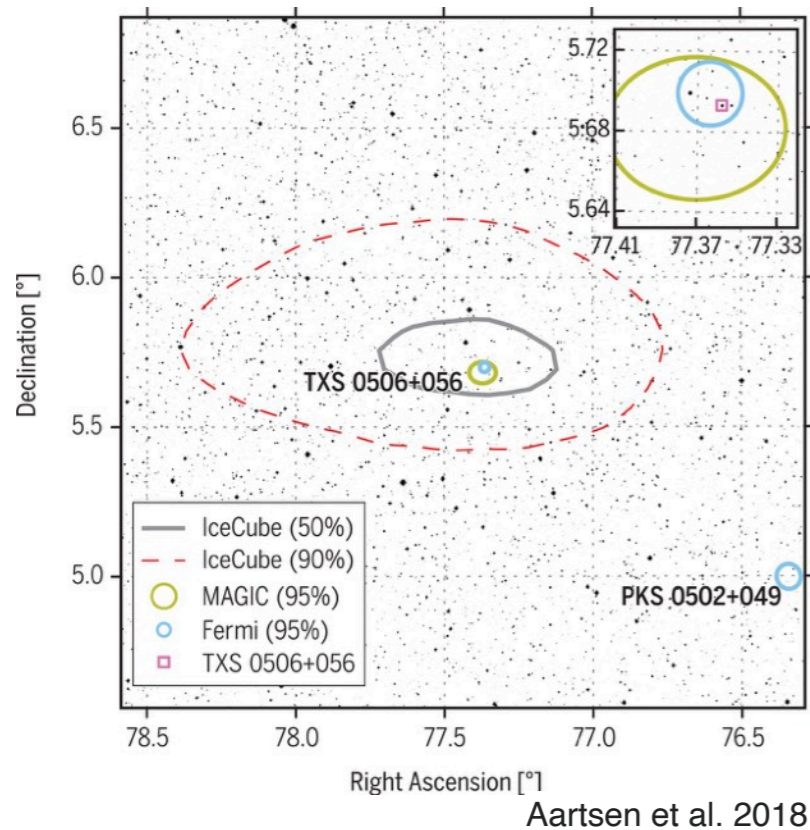
- **BROS: Blazar Radio and Optical Survey**
- 新しい情報を使った Blazar 候補カタログ
 - 0.15 GHz TGSS (2017)
 - 1.4 GHz NVSS (1998)
 - 可視光 PanSTARRS (2016)
- ~8万候補 (候補が一桁近く増えた)
- ジェットだけが見える候補
- 楕円銀河に埋もれる候補



IceCube-170922A



J050926 == TXS0509+56

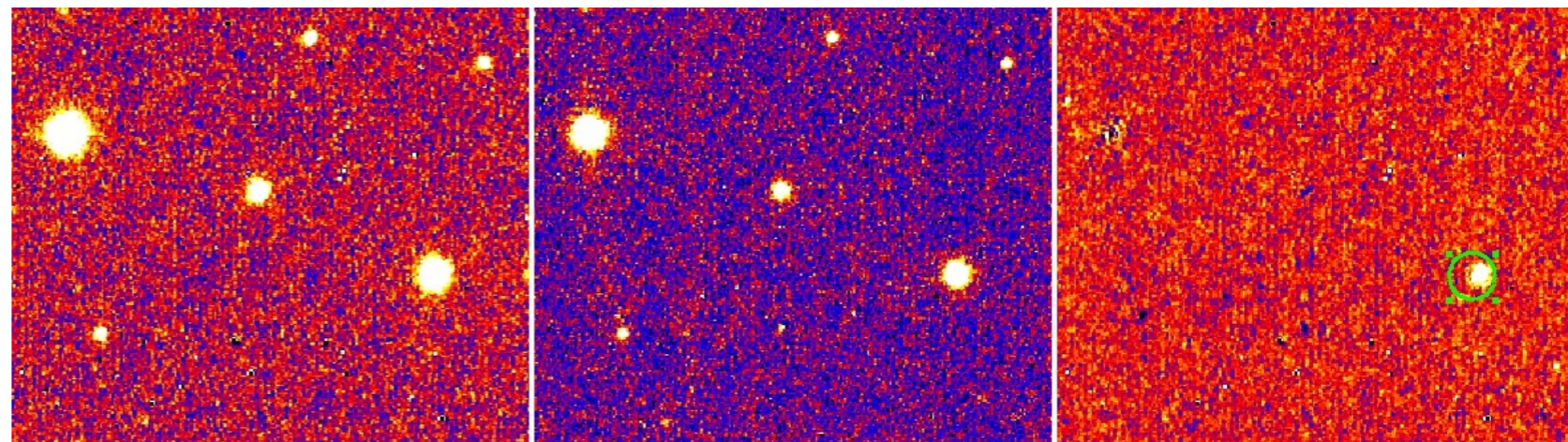


森 裕樹
 Re: [obs:4456] IceCube-170922 フォローアップ観測のお願い
 To: UTSUMI, Yousuke, Cc: Yasuyuki Tanaka, Yasuyuki Tanaka, & 3 more
 Resent-From: UTSUMI, Yousuke

内海様、田中様、皆様、

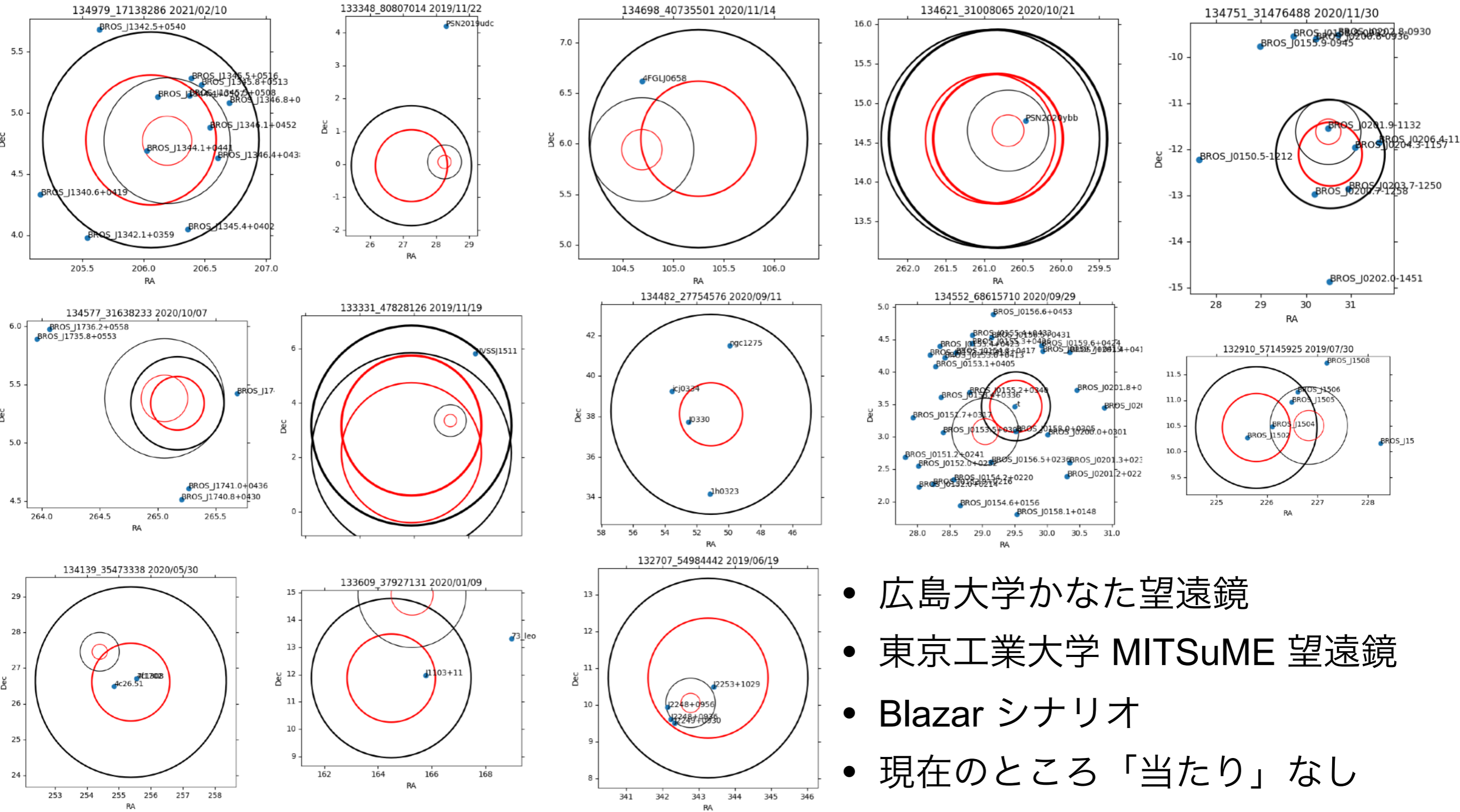
9/23と9/24との赤外の差分が上手くできはじめたので報告致します。
 差分ができなかった理由は恐らく、wcsremapでの位置合わせが上手くできていなかったことだと考えられます。
 ただ、まだ全領域に対しては上手くできてはならず、今回は3領域のみの報告とさせていただきます。

添付画像を見て頂けると分かるのですが、**J050926で増光している可能性があります。**
 明るい天体の場合、差分が上手くできずに残ることがこれまで多々ありましたが、今回は画像内の他の明るい天体 (J050926_1day_2day.jpegの左上にある天体など) では差分ができているので、差分のミスではないと思います。



- 森裕樹 (広大院生) による第一発見 → Tanaka Y. T. et al. (2017, ATel 10791, 2017/9/28)

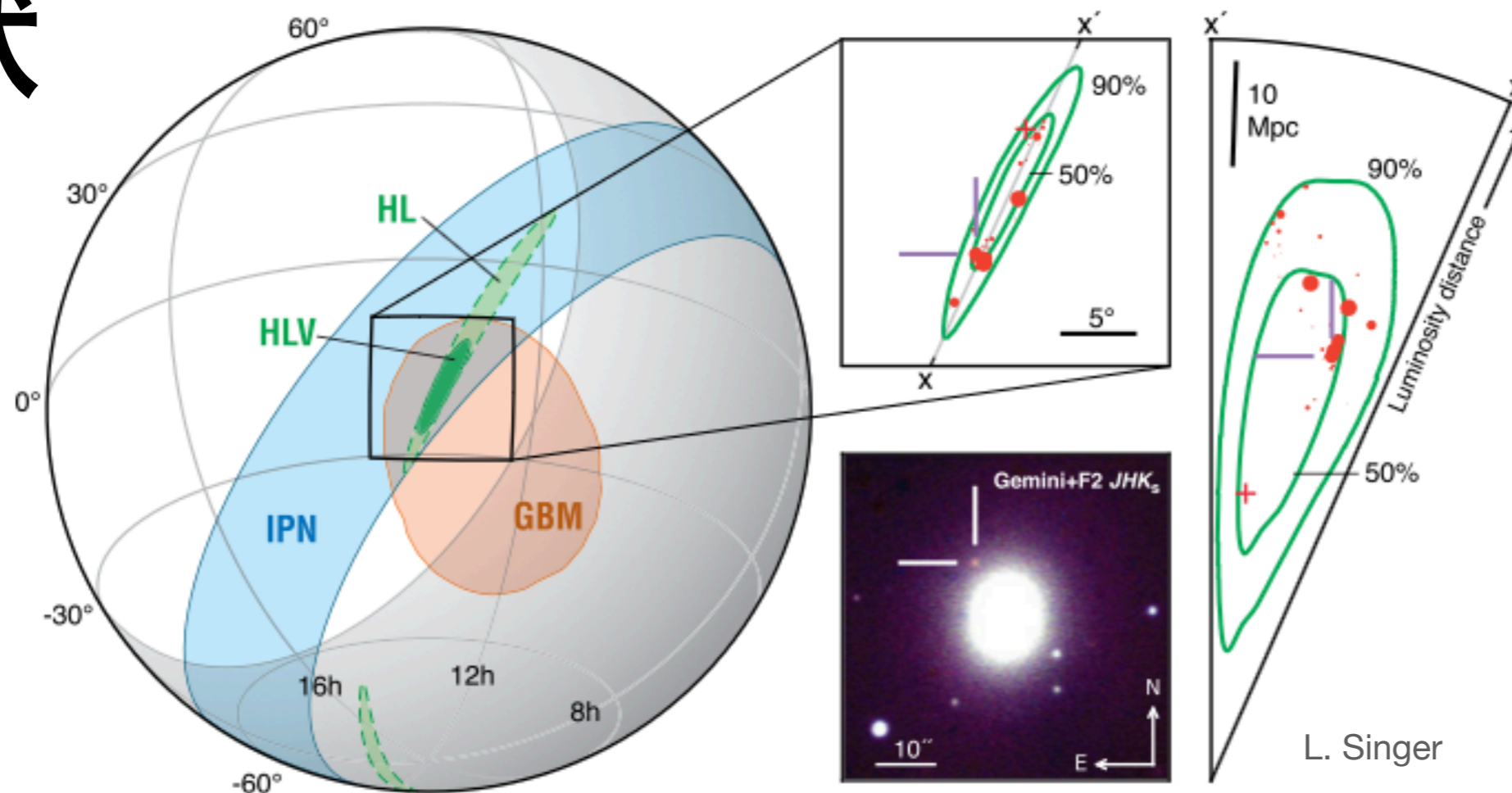
その後のフォローアップ観測



- 広島大学かなた望遠鏡
- 東京工業大学 MITSuME 望遠鏡
- Blazar シナリオ
- 現在のところ「当たり」なし



現状



• 観測体制

- 時間と位置に近いイベントはまとめて処理する (GW+gammaなど)

• IceCube ニュートリノ

- Morokuma et al. (2021) : IceCube-170922A
- 4 GCN reports

• 重力波

- S190408an: O3最初の可視光によるレポートを達成
- Ohgami et al. (2021): HSC on S190510g
- Sasada et al. (2021): 23 Events during O3
- Ohgami et al. in prep.: S20024ca
- COVID-19 & maintenance suspension....

今後の展望

- GW

- O4: +KAGRA で～位置決定が二倍向上？稼働率の向上？ (Abbott et al. 2020)
- そのほかの中性子星連星合体
- BBH/BHNS/Mass Gap
- 重力波バーストイベント
 - コンパクト星合体では検出できないようなイベント
 - 近傍超新星だと信じて近傍銀河カタログ LVC から候補銀河を選出→J-GEMネットワークで観測

- ニュートリノ

- ブレーザー仮説のテスト（継続）
- 超新星仮説のテスト
 - Kiso Tomo-e (2021), HSC (2014), LSST (2024) によるサーベイ探査で実現
 - せいめい, かなた, すばるでフォローアップ？

まとめ

- GW170817 / IceCube 170922A の電磁波対応天体観測を実現
 - マルチメッセンジャー天文学の興隆
- 連携
 - 通知の受信, 候補の自動選択, (半) 自動観測 / 解析, 画像を一括集約した
 - チーム作り / web system / コミュニケーション手段の確立
 - 中小口径望遠鏡が活躍
- アイデア
 - 重力波 : 近傍銀河カタログ GLADE ベース
 - ニュートリノ : ブレーザー候補カタログ BROS ベース
 - 超新星探査 ?