

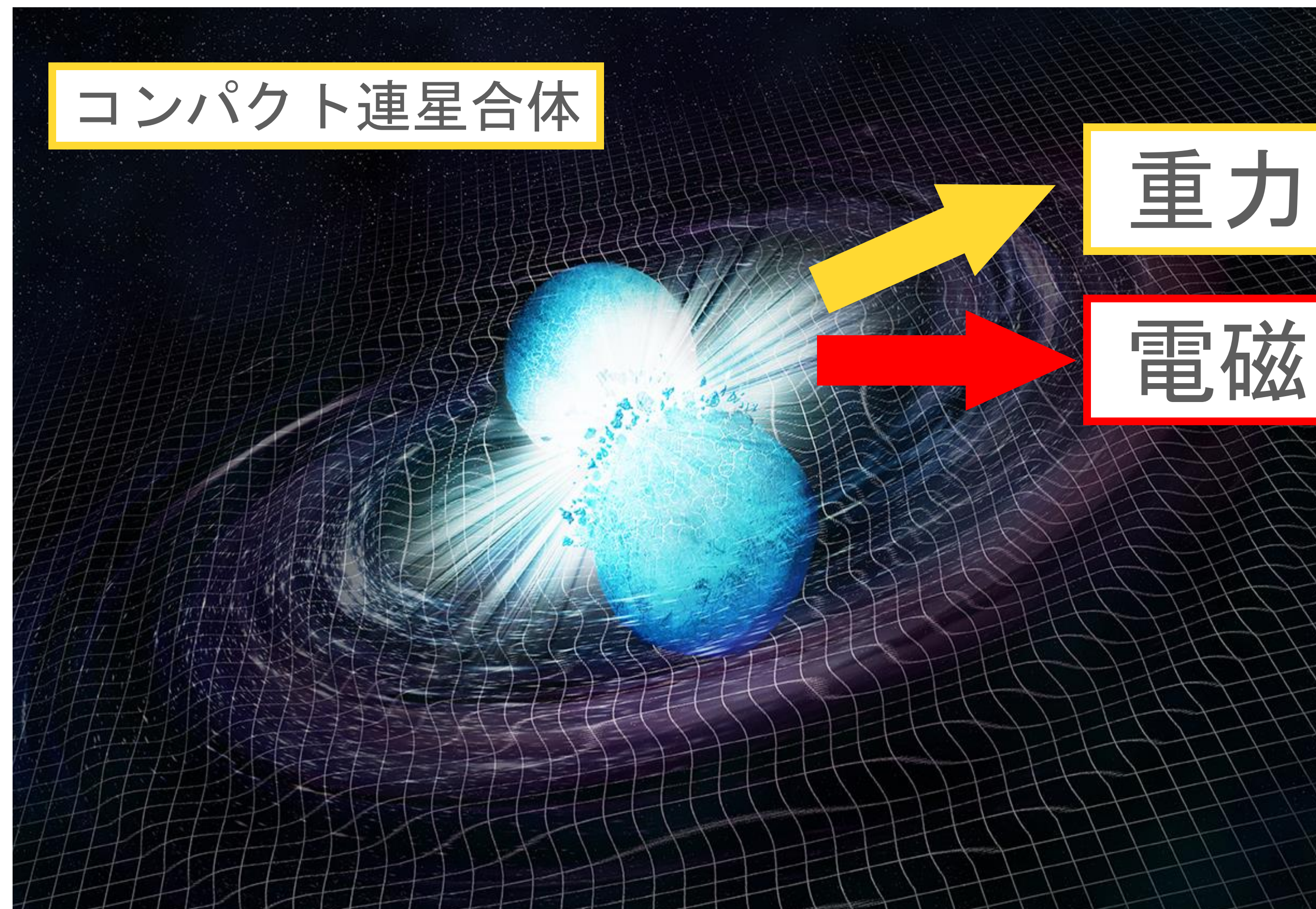
# 重力波観測ラン04における J-GEMの電磁波フォローアップ観測

**笹田真人（東京科学大学）**

高橋一郎（東京科学大学），内海洋輔，吉田道利，富永望，柳澤顕史(国立天文台)，  
伊藤亮介(美星天文台)，田中雅臣(東北大学)，諸隈智貴，秋田谷洋(千葉工業大学)，  
関口雄一郎(東邦大学)，川端弘治(広島大学)，太田耕司，田口健太(京都大学)，  
J-GEM Collaboration



# 重力波源電磁波対応天体



コンパクト連星合体

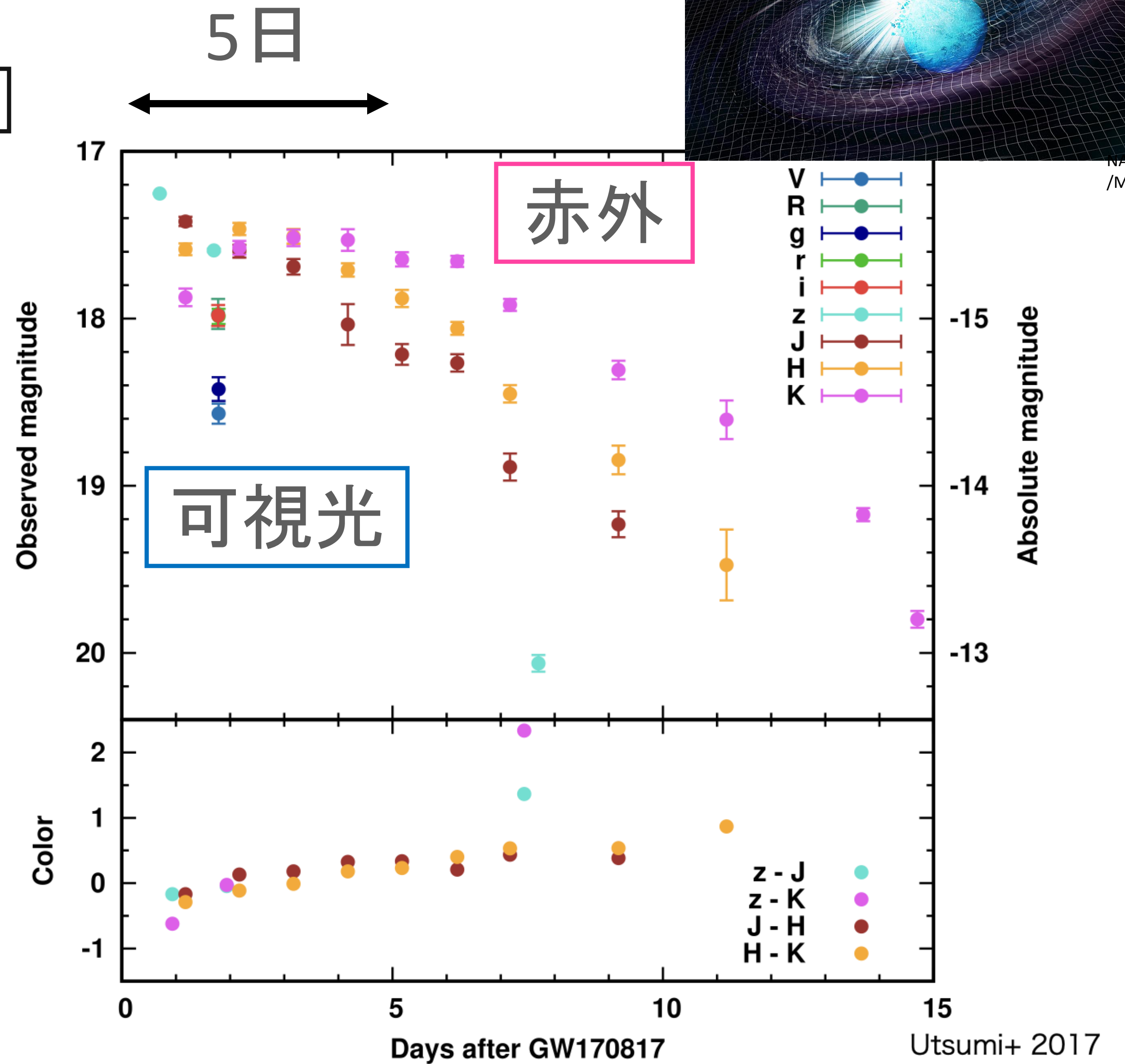
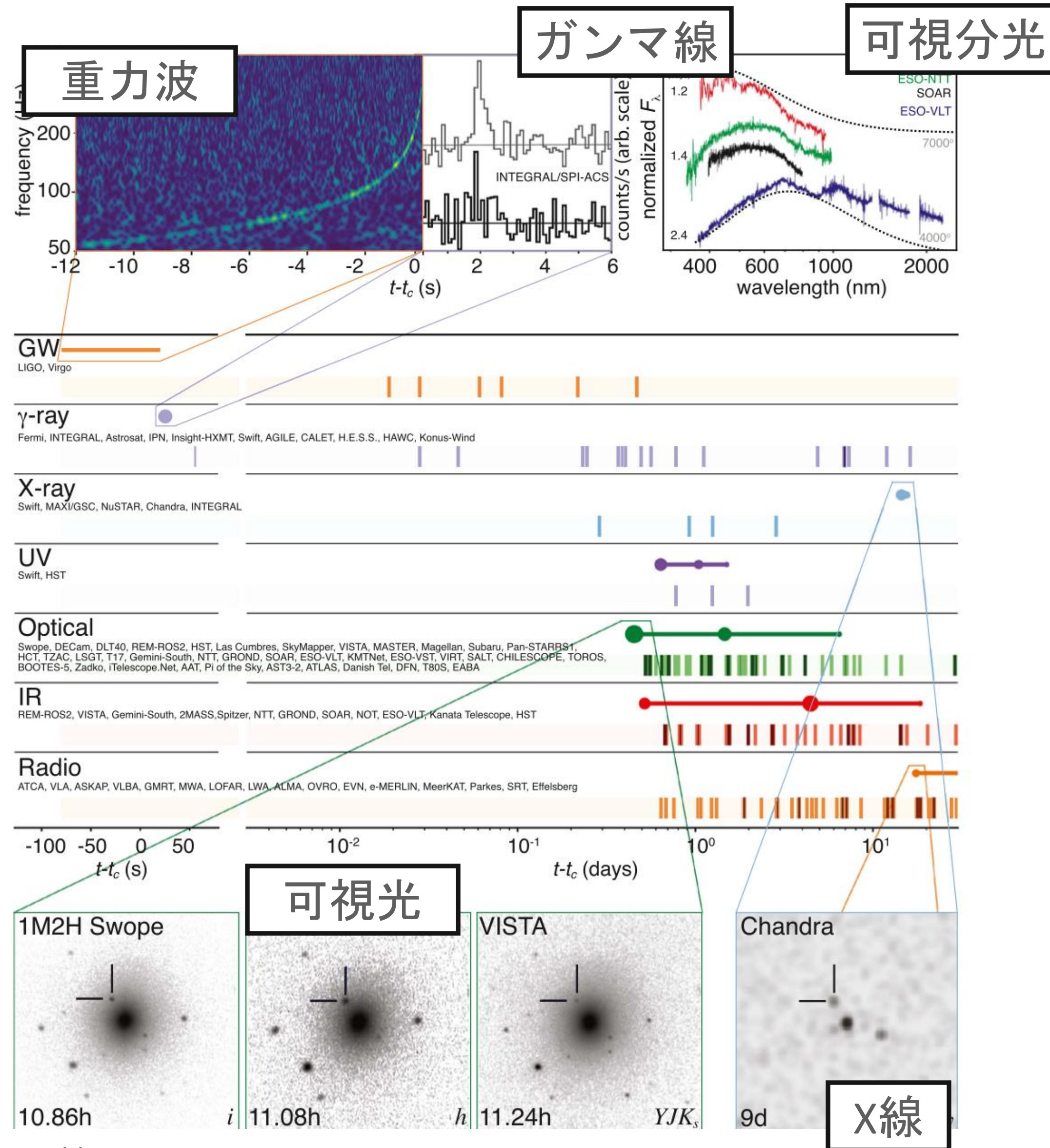
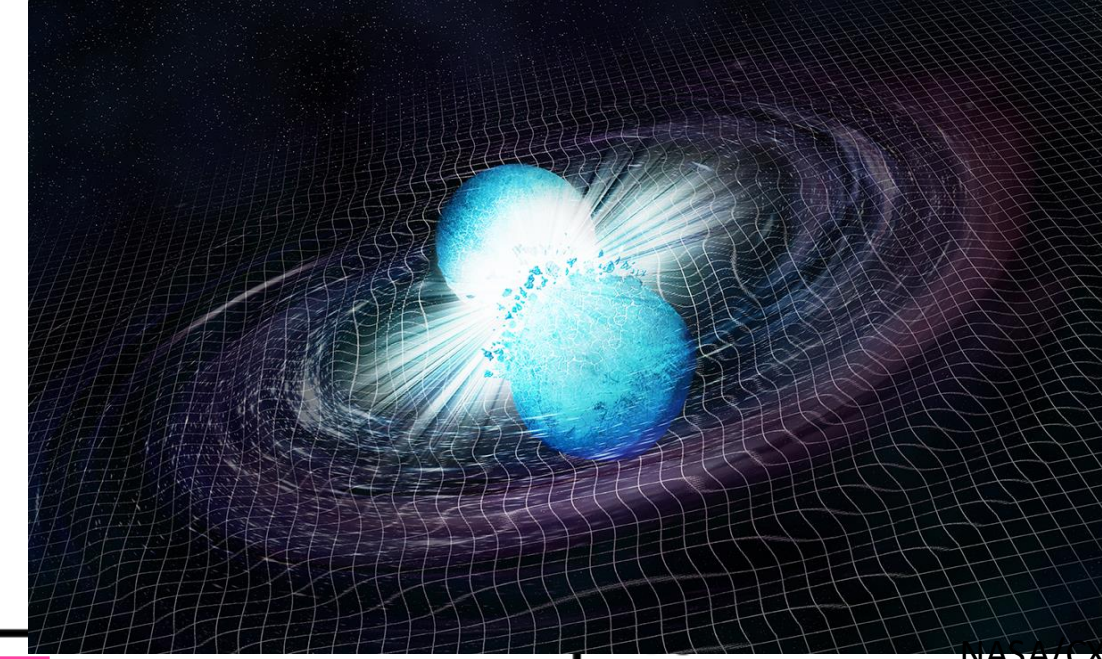
重力波

電磁波

(キロノバ)



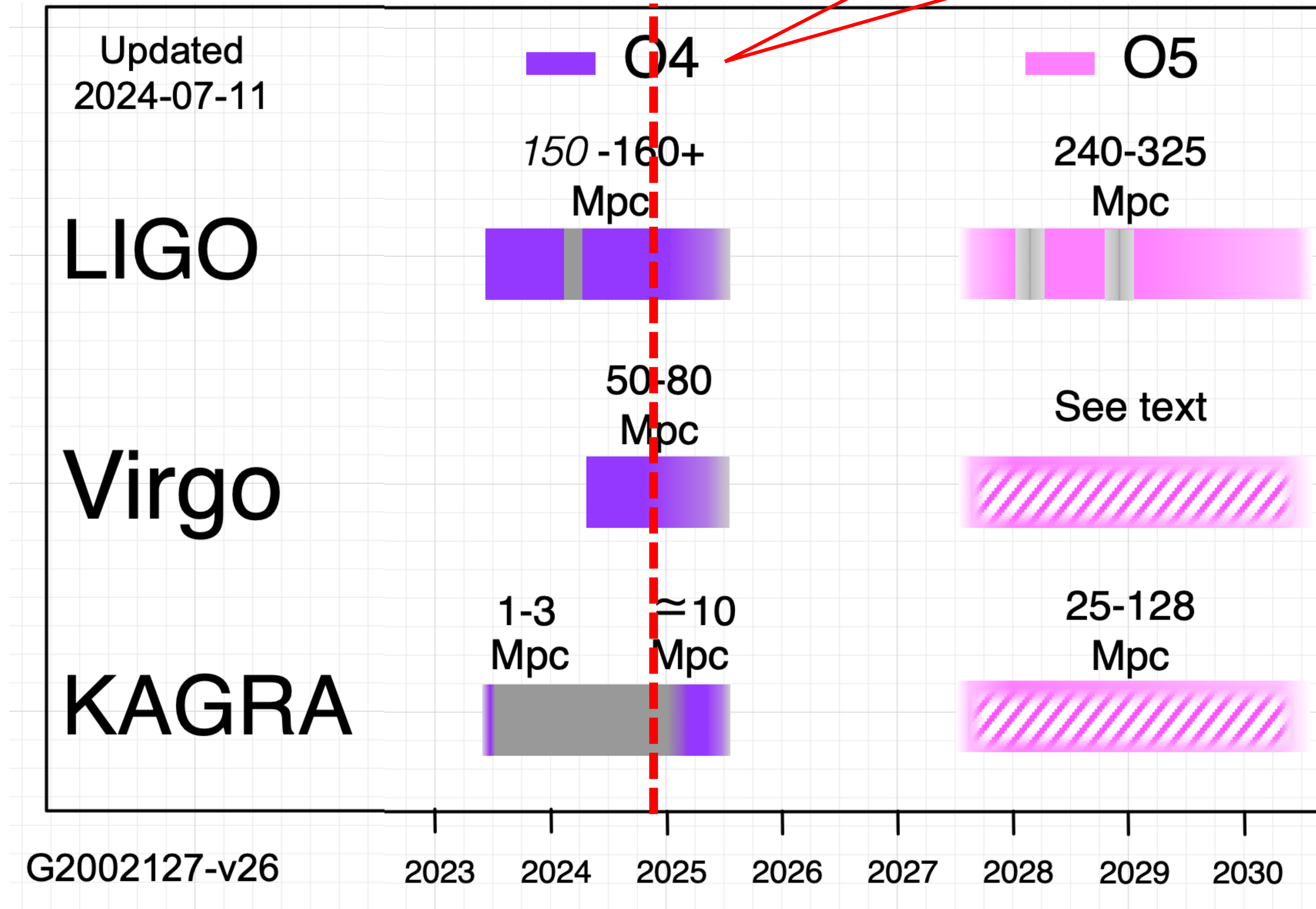
# GW170817





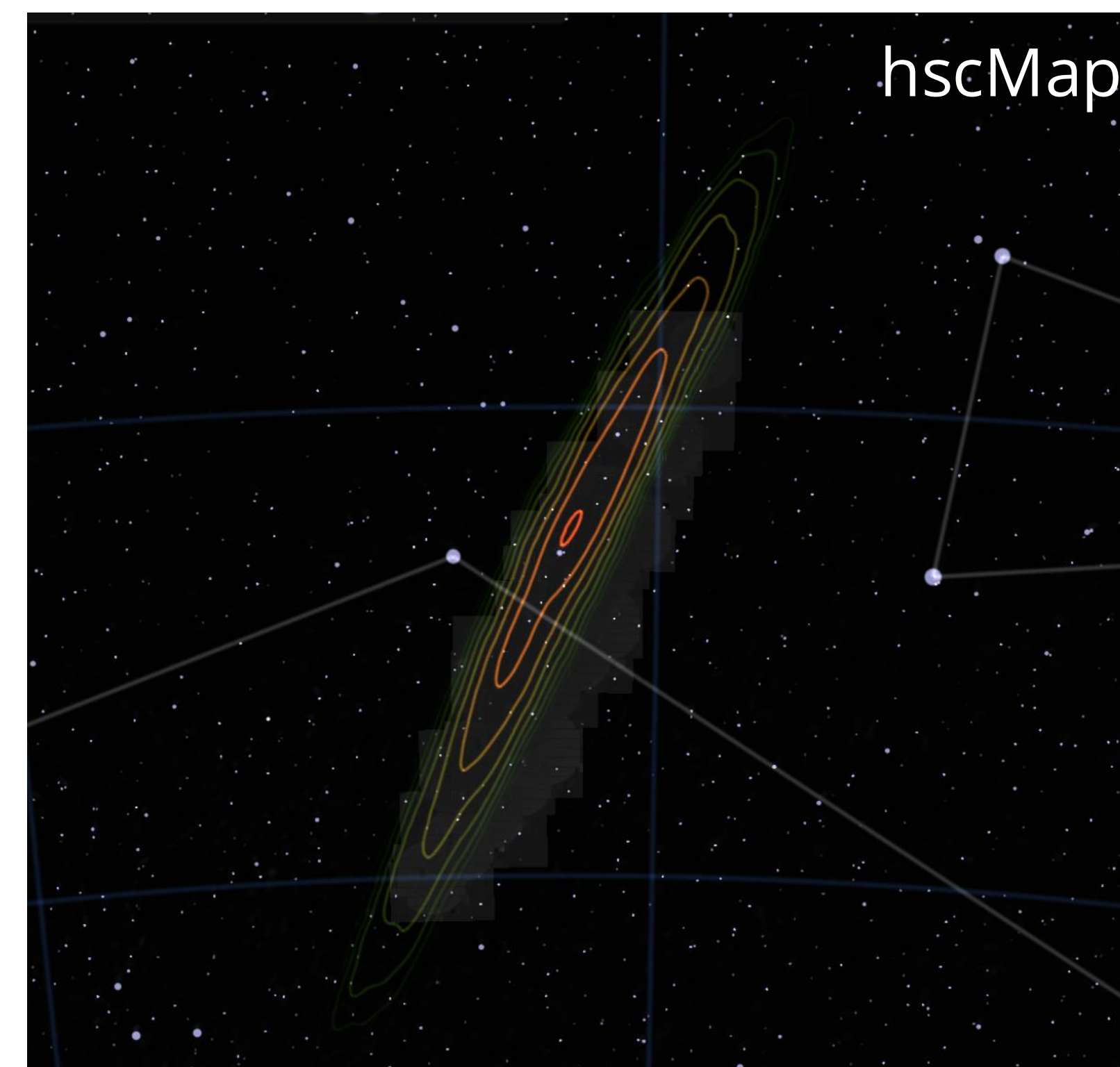
# O4bの観測スケジュール

O4b終了は2025年6月



# 重力波到来領域内での対応天体探査

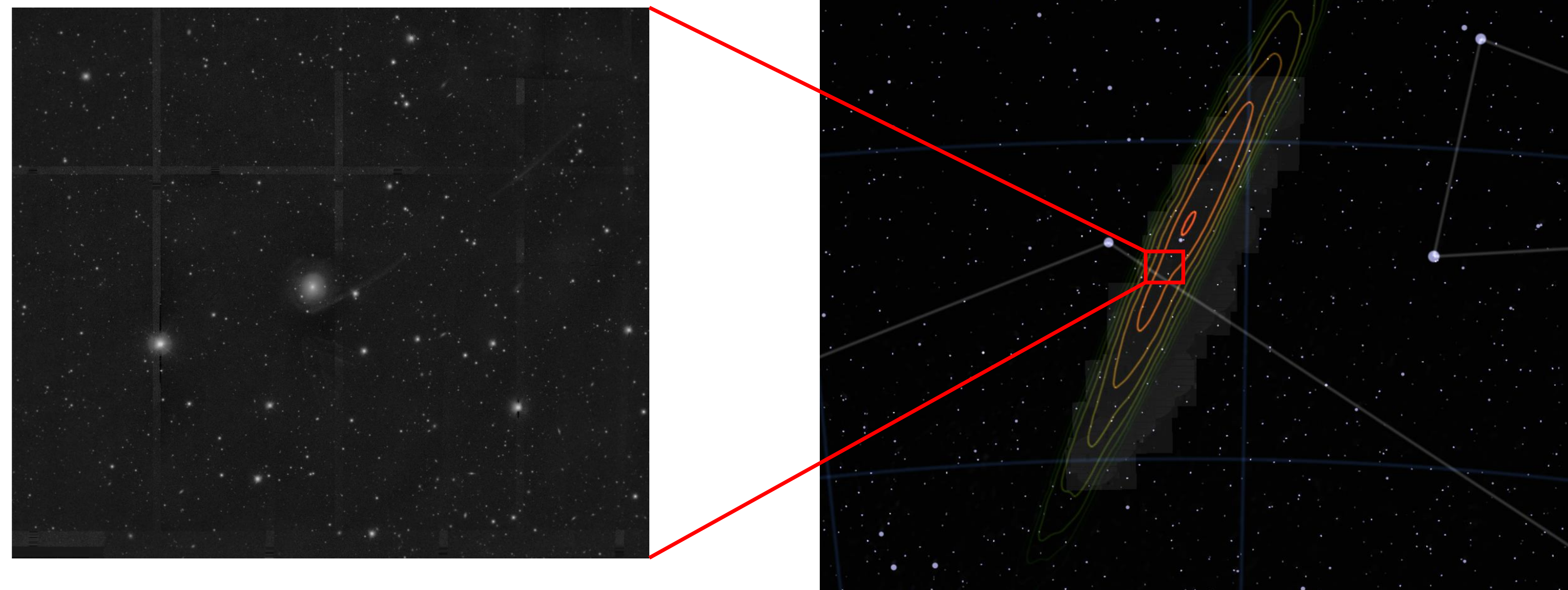
GW170817の信頼領域



Utsumi et al. 2017, Tominaga et al. 2018

# 重力波到来領域内での対応天体探査

GW170817の信頼領域

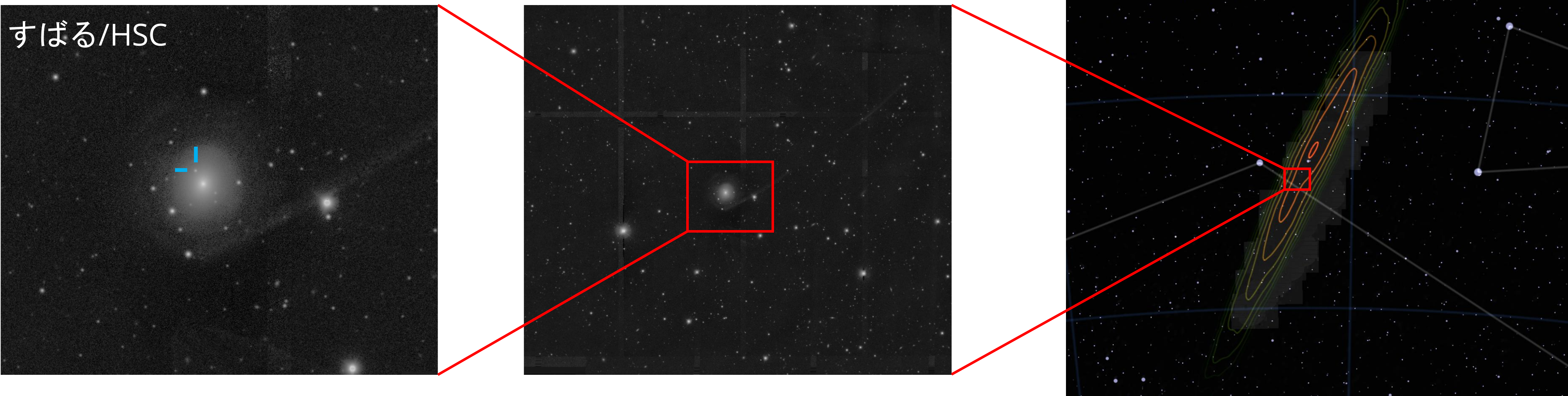


Utsumi et al. 2017, Tominaga et al. 2018



# 重力波到来領域内での対応天体探査

GW170817の信頼領域



Utsumi et al. 2017, Tominaga et al. 2018

重力波到来領域は通常広い(>100 deg<sup>2</sup>) → 確率体積内には多数の銀河が存在

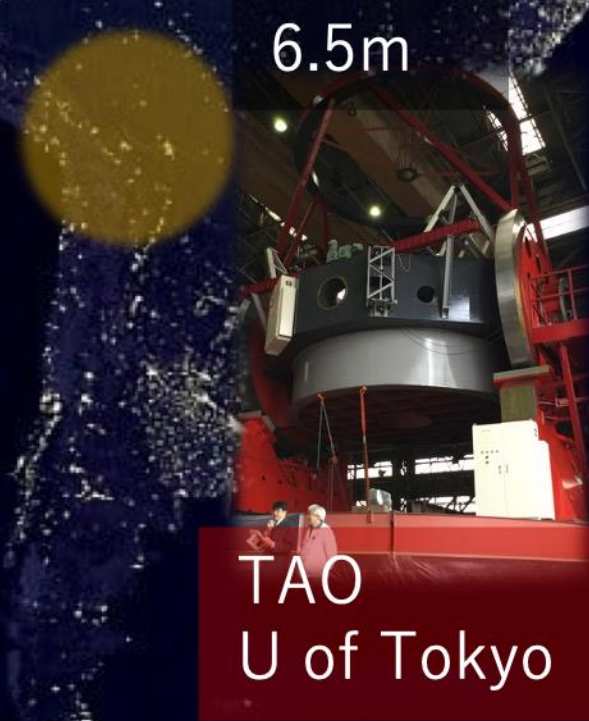




Main features:

- 20 deg<sup>2</sup> optical imaging w/1m
- 1.45 deg<sup>2</sup> NIR imaging w/1.8m
- opt-NIR spectroscopy w/1-8m
- opt-NIR polarimetry
- wide & deep imaging w/8m

Optical  
NIR  
Radio



Newcomer

# J-GEM Japanese collaboration for Gravitational-wave Electro-Magnetic follow-up

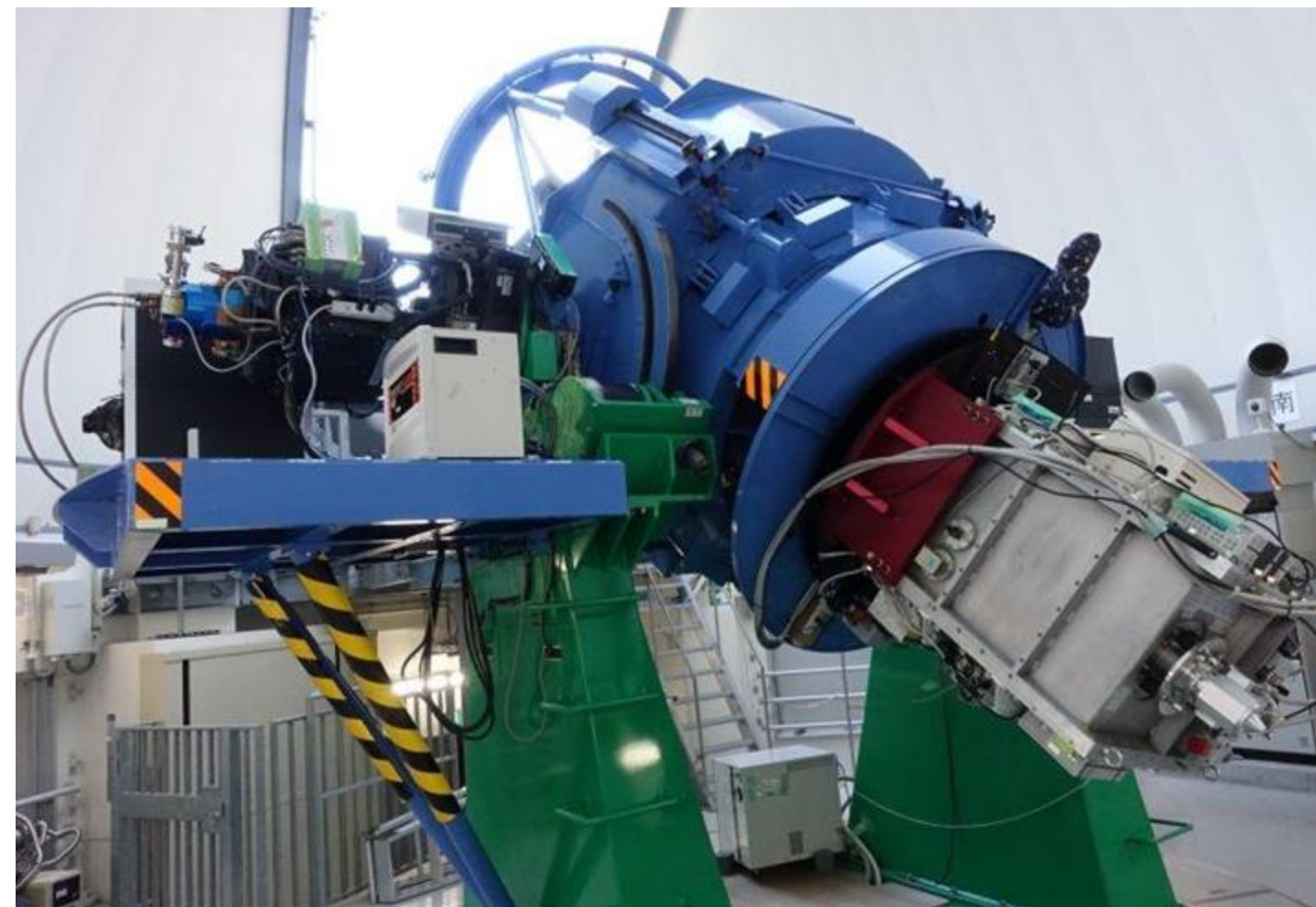


# J-GEMの突発天体探査戦略

重力波源は母銀河の近傍で発生すると仮定

候補母銀河の観測

狭視野望遠鏡 (FOV < 1 deg<sup>2</sup>)

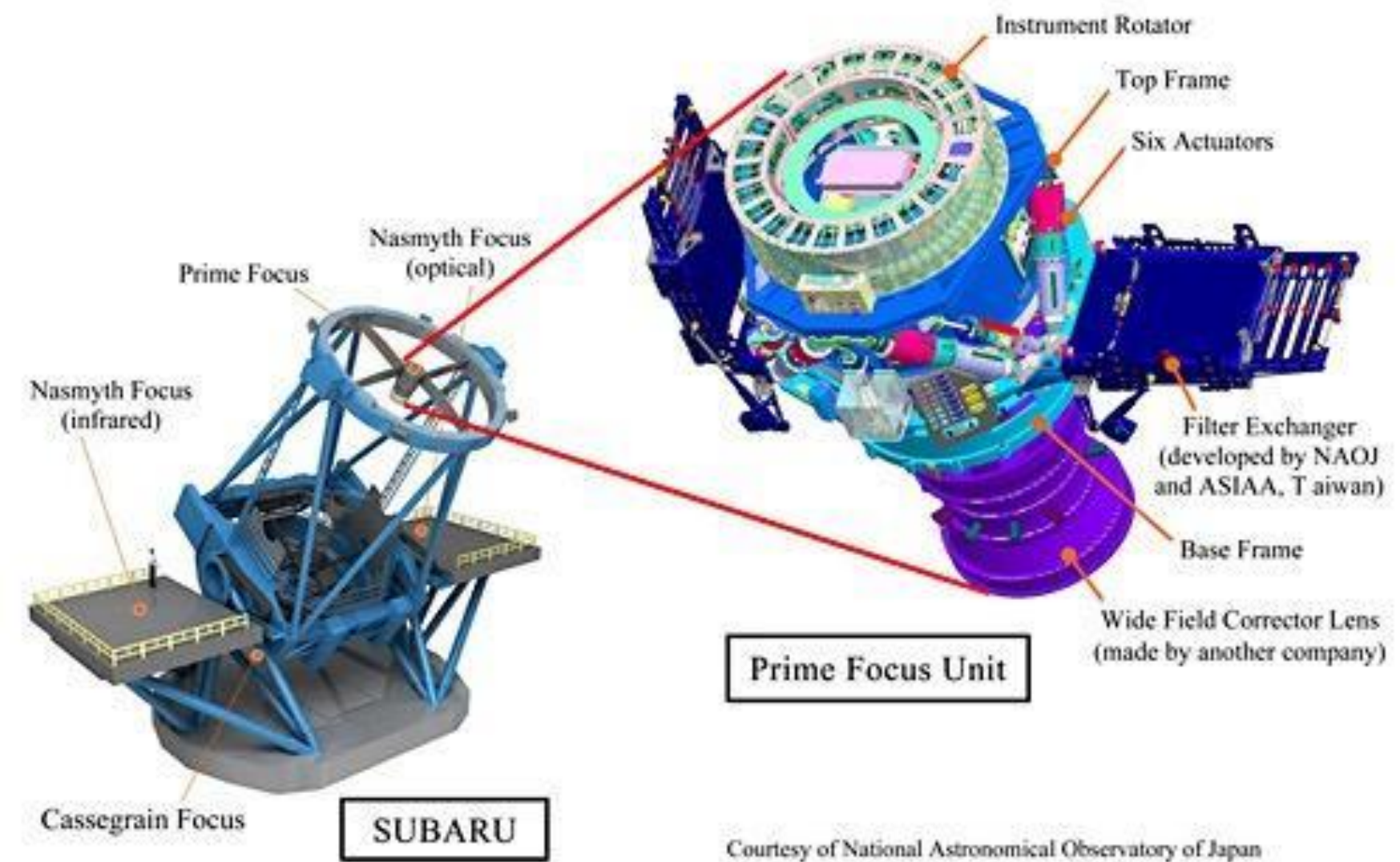


重力波到来領域にあるGLADE銀河カタログから  
候補母銀河をそれぞれ観測

Kanata	OAOWFC	B&C
IRSF	MITSuME Akeno	SaCRA
Nayuta	MITSuME Okayama	Seimei

高確率天域の掃天観測

広視野望遠鏡 (FOV > 1 deg<sup>2</sup>)

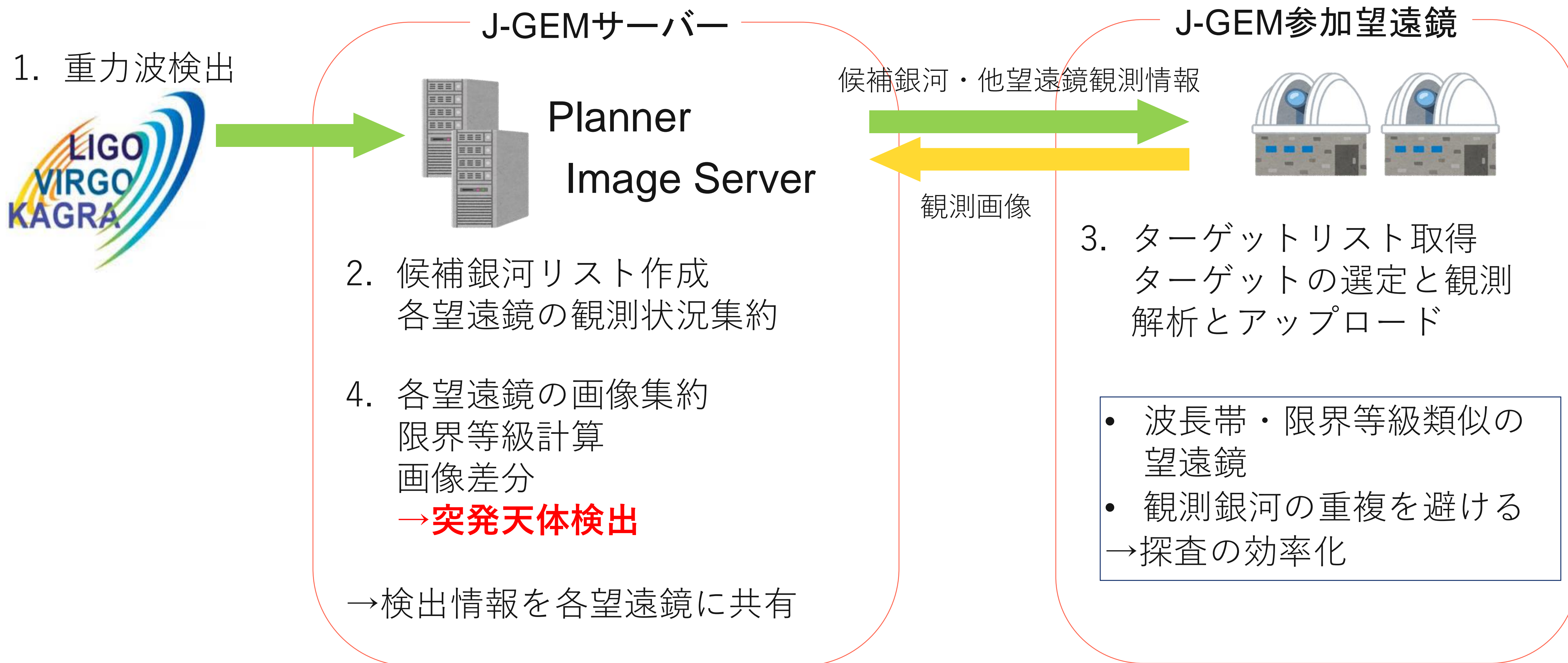


Subaru/HSC
Kiso/Tomo-e
MOA-II PRIME

重力波到来天域を無バイアス観測  
→ カタログ未記載の銀河もカバー



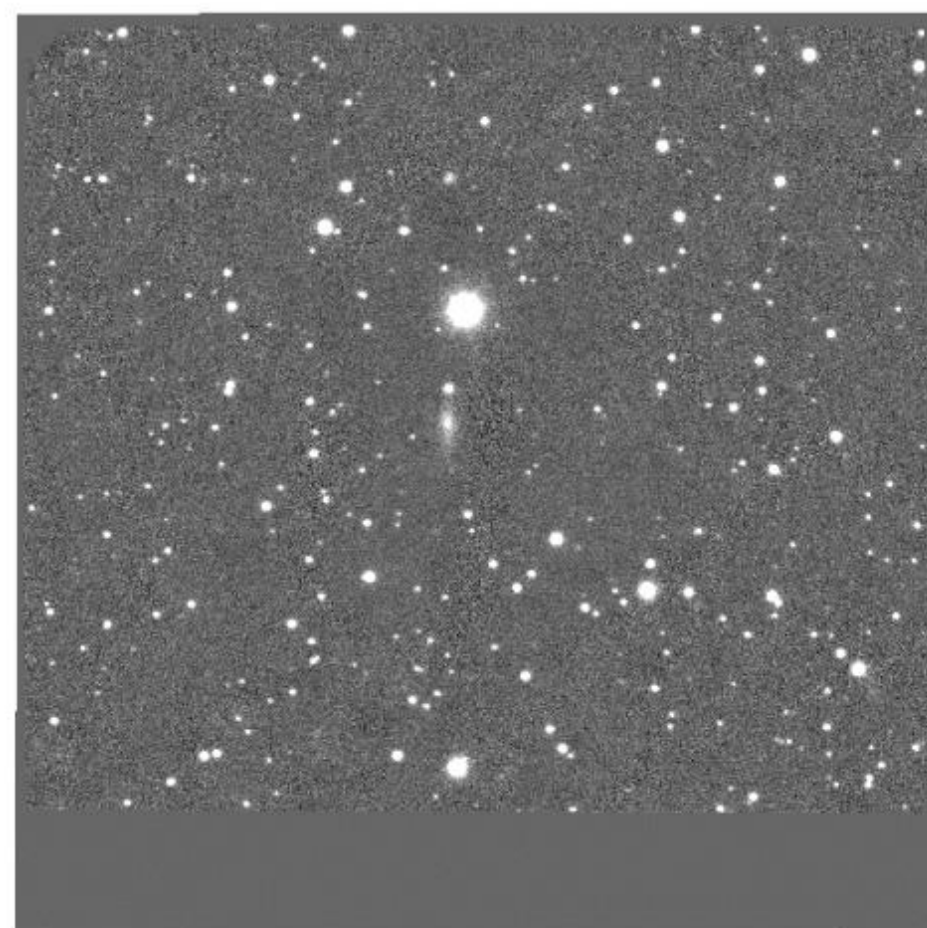
# 観測から突発天体検知までの流れ



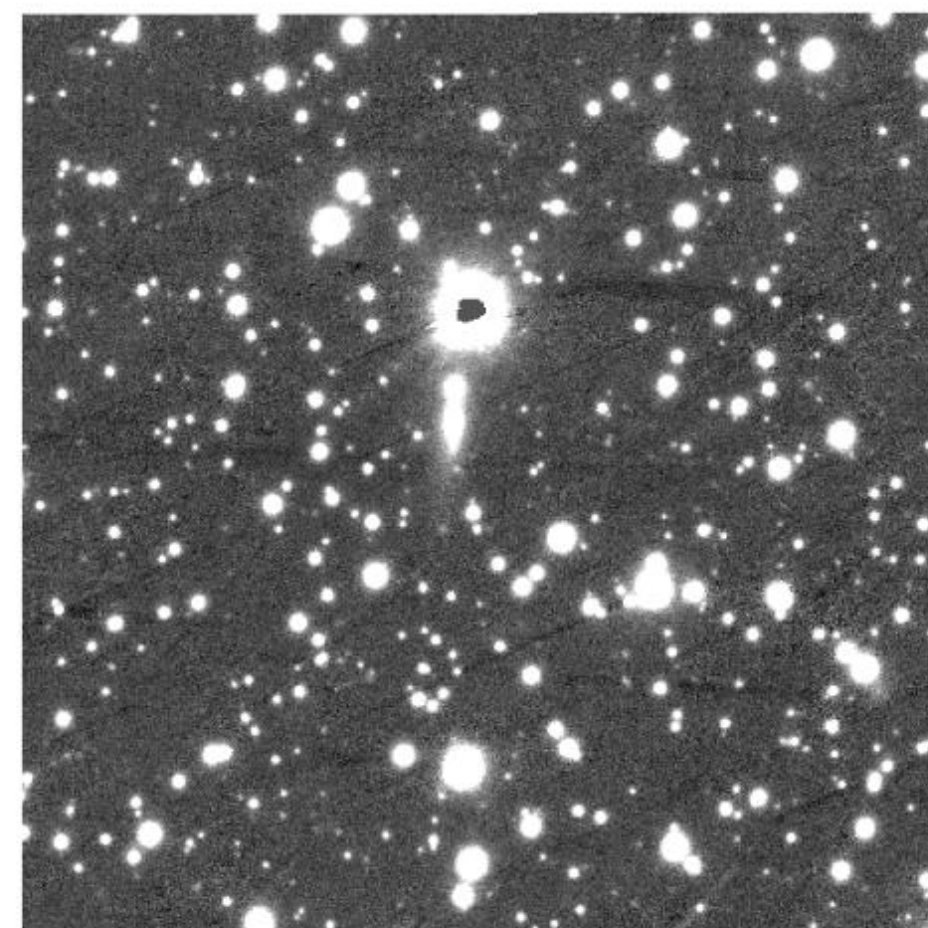


# 画像差分による突発天体検出

観測画像

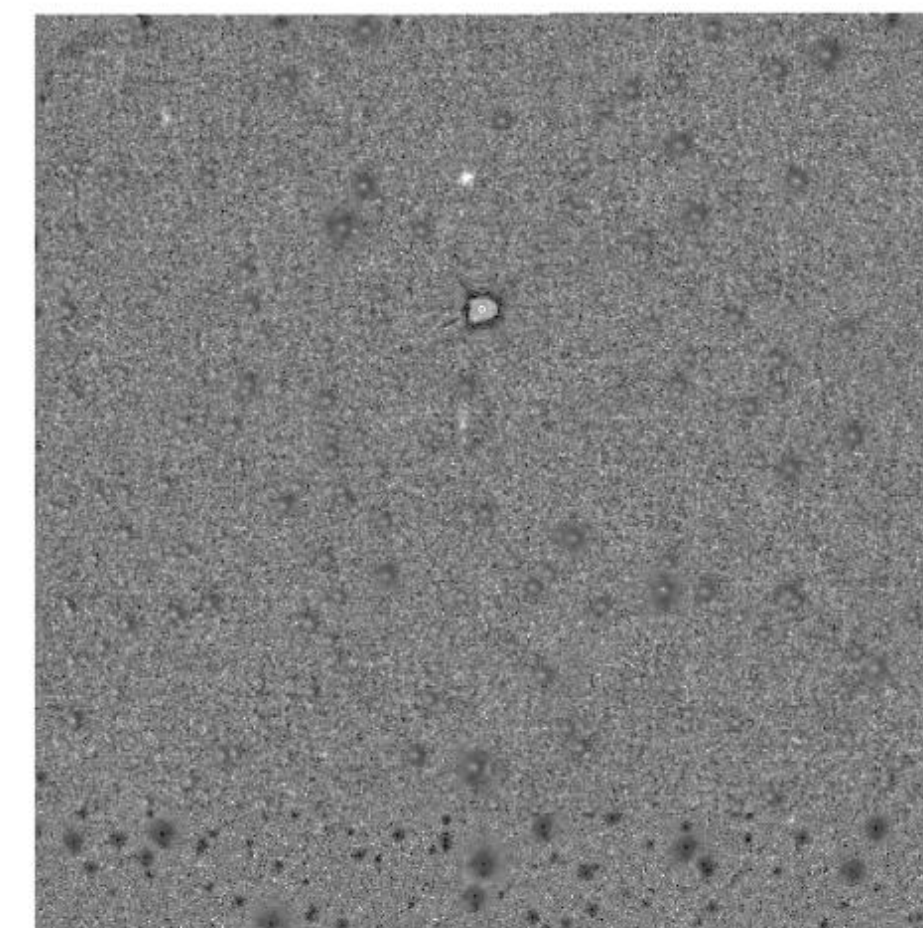


参照画像



PanSTARRS等

差分画像



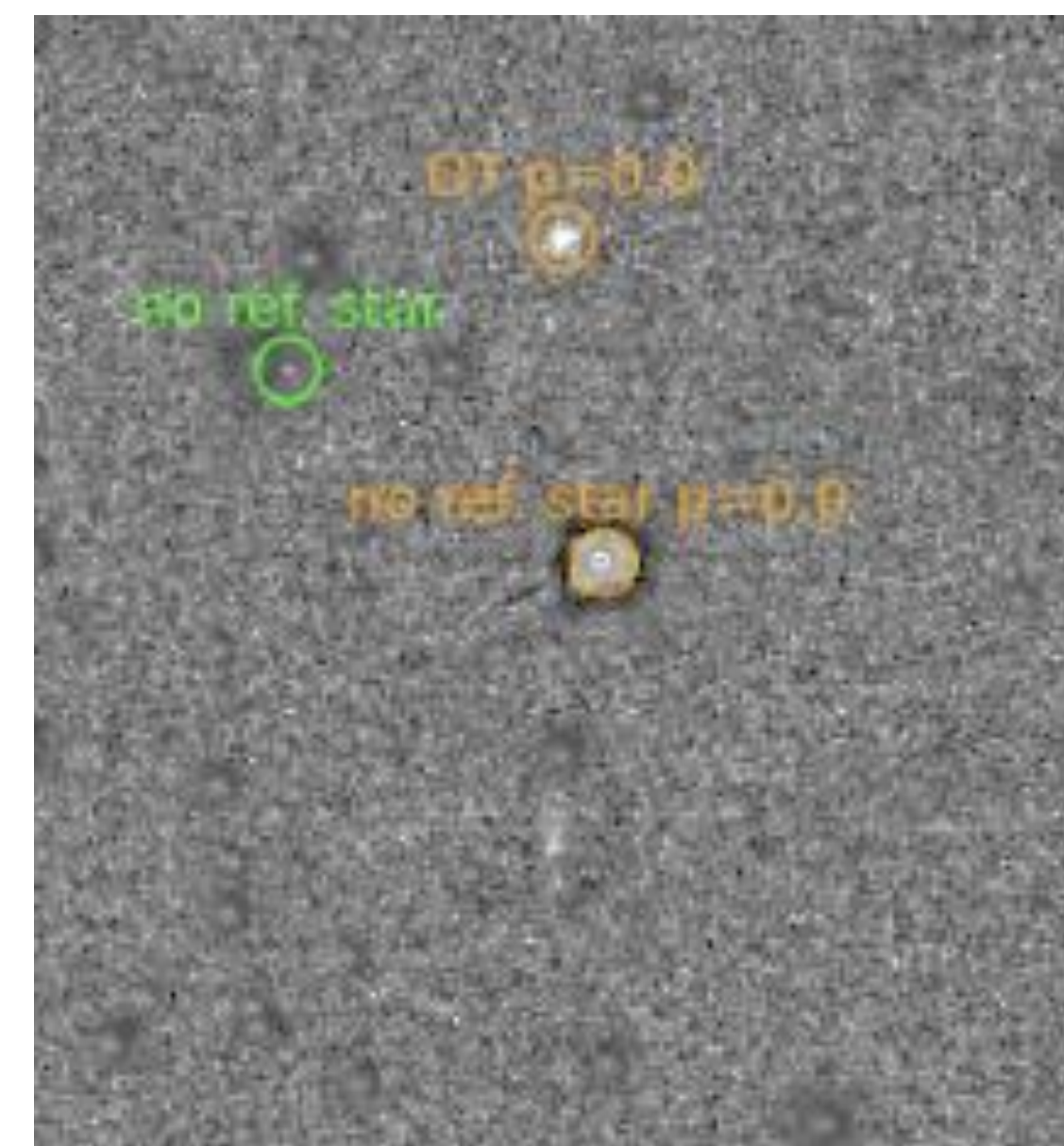
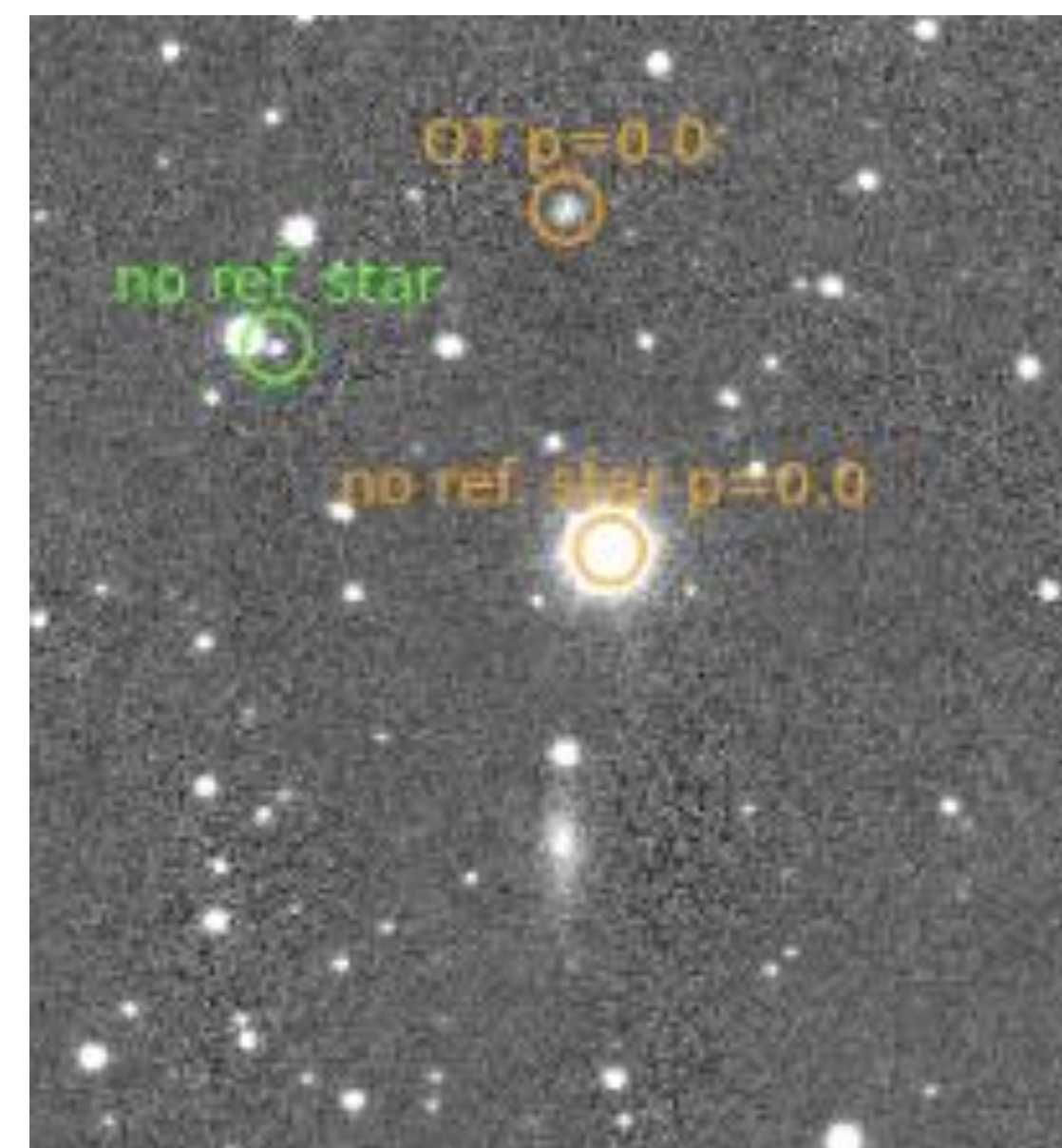
ZOGY および HOTPANTS

観測画像と参照画像の差し引きから突発天体を探査する



# 機械学習による突発天体の自動検知システム

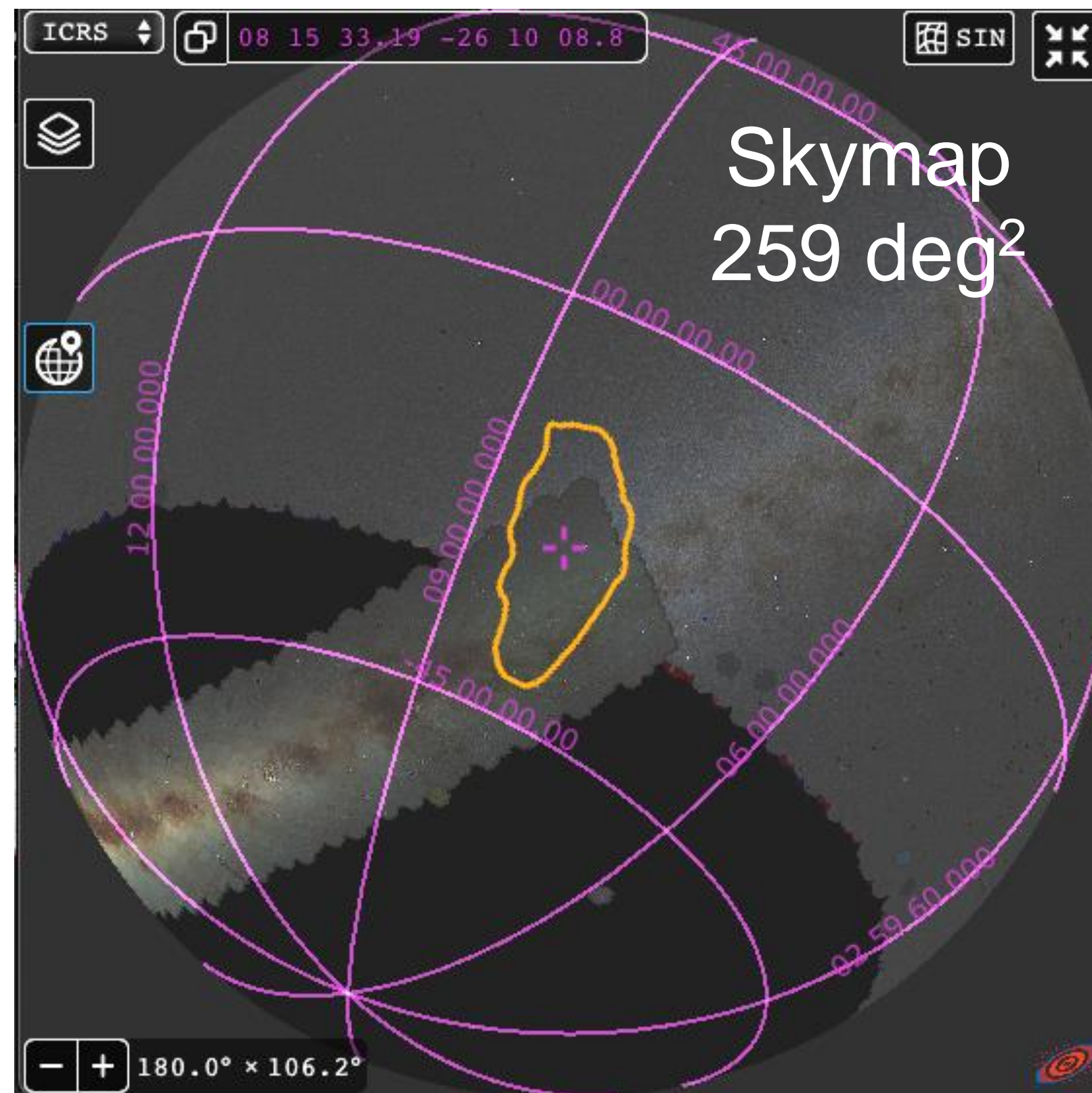
1. 超新星観測画像の差分を用意
2. Source-Extractorで差分画像の測光パラメータを出力
3. label (答え) の用意
4. Random Forestでパラメータから分類を学習
5. 分類器を Image Server へ導入



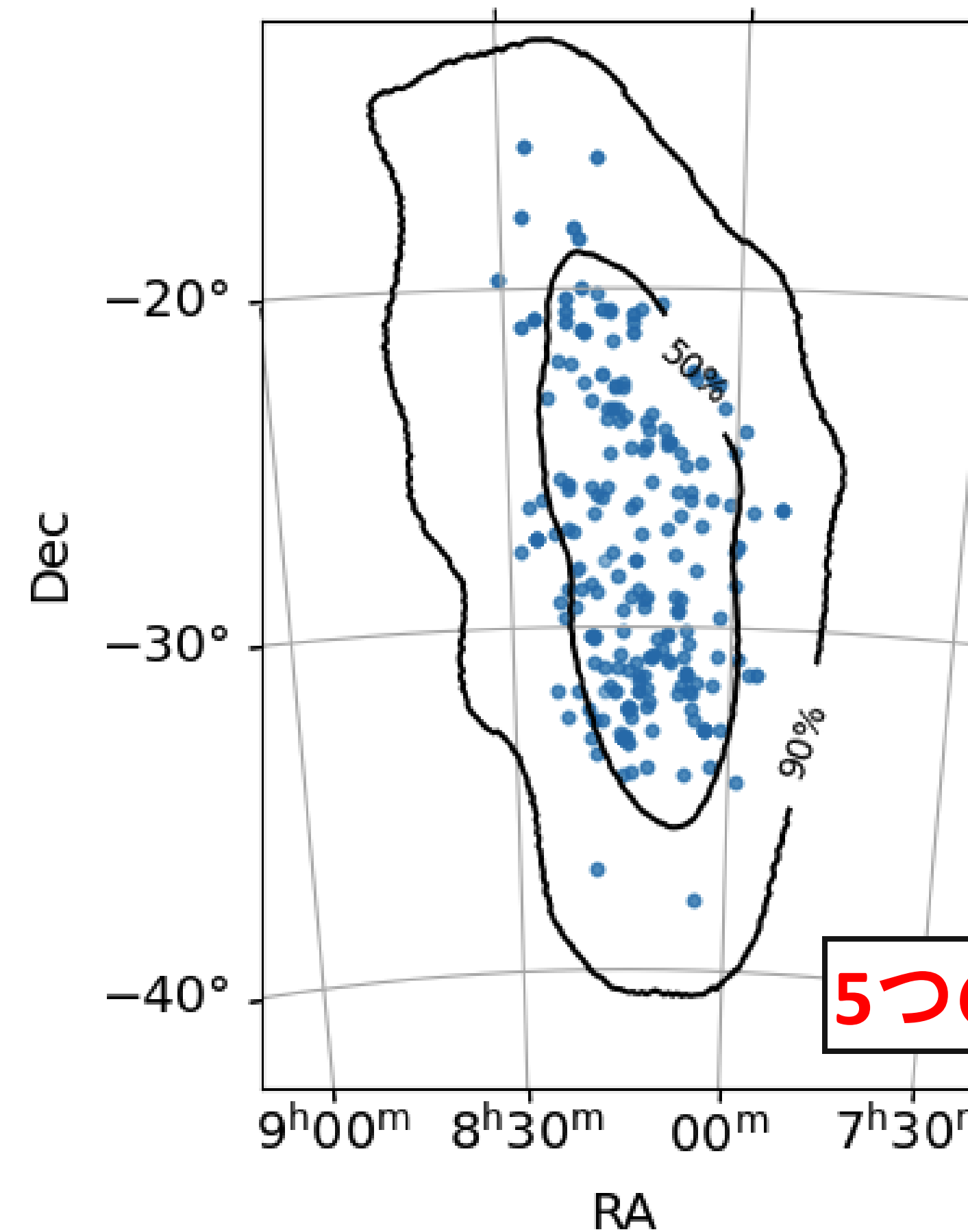


# 重力波イベント：S240422ed

- 距離: 188 +/- 43 Mpc
- GW分類: Terrestrial (93%), **BNS (5%), NSBH (2%)**



From <http://mma.phys.aoyama.ac.jp>



観測数：222天体  
Morokuma et al. 2024; GCNC  
36265, 36302

**5つの突発天体を検出**

すばる/MOIRCSによる候補母銀河サーベイ



# まとめ

- 2024年からLIGO, Virgoでの重力波観測が実施される。
- J-GEMによる電磁波フォローアップ観測を実施している。
- 突発天体の早期検出のために画像差分解析および機械学習による自動検知を導入した。
- 2024年4月に発生した重力波イベントに対してすばる望遠鏡によるToO観測を実施し、複数の候補天体を発見した。