



京都大学

KYOTO UNIVERSITY



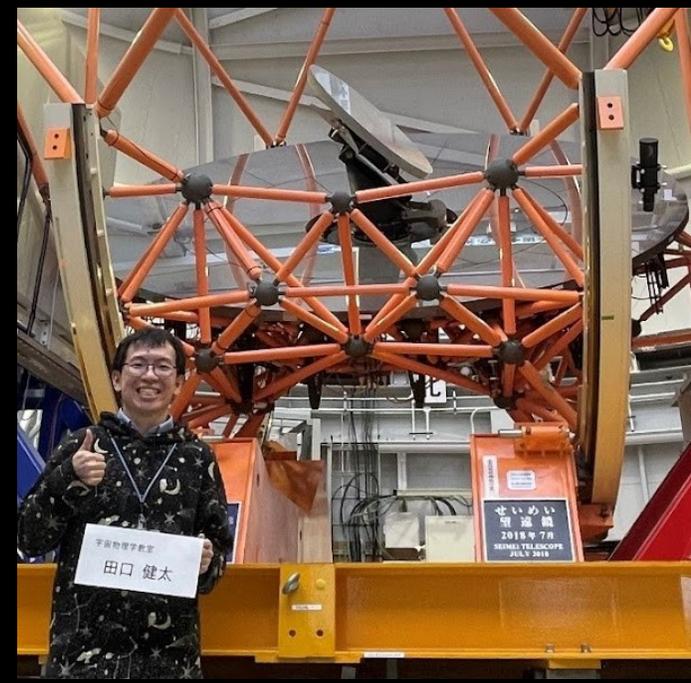
京都大学大学院理学研究科附属天文台

岡山天文台

キューシステム / TriCCS を用いた重力波天体の 追観測用スクリプトの開発

2024-09-09 田口健太

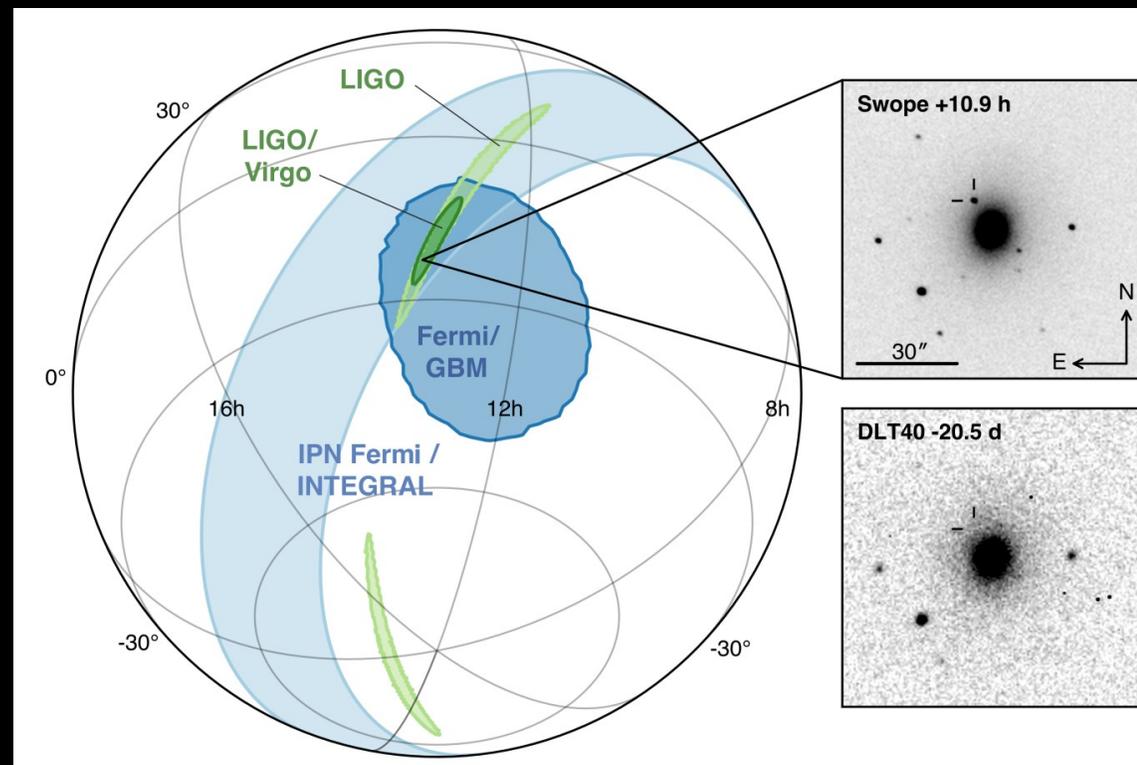
(京都大学宇宙物理学教室・岡山天文台)



重力波 (GW) + 電磁波観測

- Good Example: **GW 170817**.
 - **GRB 170817A**
 - AT 2017gfo (**Kilonova**)
- 連星中性子星合体だと判明
 - GW → 合体前後の連星の質量
 - 光赤外線 → 元素組成 (スペクトル) など
- 更なる GW + 光赤外線観測例が必要
 - 2例目の連星中性子星合体
 - 中性子星-ブラックホール合体
 - Other embarrassing events?
- **可視光でのサーベイ観測**は、重力波源の**電磁波対応天体の特定**に必須
 - GW の到来方向には非常に大きな誤差がある

[Abbott et al. \(2017\)](#)

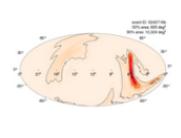
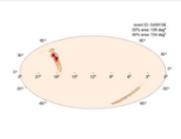
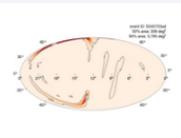
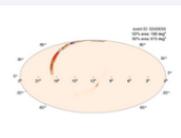
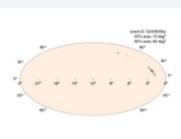


LIGO/Virgo/KAGRA Public Alerts

- Grace DB (<https://gracedb.ligo.org/superevents/public/O4/>) でアナウンス

GraceDB Public Alerts ▾ Latest Search Documentation Login

Please log in to view full database contents.

Event ID	Possible Source (Probability)	Significant	UTC	GCN	Location	FAR	Comments
S240716b	BBH (>99%)	Yes	July 16, 2024 03:49:00 UTC	GCN Circular Query Notices VOE		1 per 4.0307e+07 years	
S240705at	BBH (>99%)	Yes	July 5, 2024 05:32:15 UTC	GCN Circular Query Notices VOE		1 per 4.4755e+07 years	
S240703ad	BBH (>99%)	Yes	July 3, 2024 19:13:55 UTC	GCN Circular Query Notices VOE		1 per 2.6751e+05 years	
S240630t	BBH (>99%)	Yes	June 30, 2024 10:17:03 UTC	GCN Circular Query Notices VOE		1 per 16736 years	
S240629by	BBH (91%), NSBH (8%)	Yes	June 29, 2024 14:52:56 UTC	GCN Circular Query Notices VOE		1 per 100.04 years	

LIGO/Virgo/KAGRA Public Alerts

- Grace DB (<https://gracedb.ligo.org/superevents/public/O4/>) でアナウンス
 - モニター用スクリプトを開発 (script #1).
- 重要そうなパラメータ:
 - event_id: 重力波イベントの ID
 - HasNS: 合体前の連星系が中性子星を含む確率
 - HasRemnant: 中性子星由来の物質が合体に伴い放出される確率
 - FAR: False Alarm Rate (検出器で重力波イベントと同じ波形が偶然検出される頻度)
 - 50%/90% 誤差領域の立体角
- Seimei/TriCCS での追観測する候補イベント
 - $FAR \lesssim 10^{-8} \text{ Hz}$ & 誤差領域 $\lesssim 100 \text{ deg}^2$.
 - HasNS, HasRemnant > 0 (ブラックホール同士の合体ではない)
 - Visibility が良く、距離 $d \lesssim 100 \text{ Mpc}$.

J-GEM Planner が提供する候補銀河リスト

- 誤差領域 $\leq 100 \text{ deg}^2$ の重力波イベントを追観測の対象とする
 - TriCCS の FoV は $12.6 \times 7.5 \text{ arcmin}$ しかなく、この全てを scan するのは非現実的
→ **誤差領域内にある銀河を順次撮像**するという戦略を採る
- J-GEM planner: 重力波イベントごとに母銀河確率付き銀河リストを提供
→ **このリストに従い確率の高い銀河から順次 TriCCS で撮像**

(J-GEM: Japanese Collaboration for Gravitational-Wave Electro-Magnetic Follow-up)

候補銀河リストの例: S240615dg

galid	eventid	prob	inserted	ra	dec	dist	OptExpected	NirExpected	state	obsids	updated
GL003202+445251	S240615dg	0.28161	2024-06-19 21:46:01.982220	8.0091	44.8808	1071.7469	27.7	25.2	Observed	Seimei-TriCCS	2024-06-16 17:50:39.100667
GL002857+455417	S240615dg	0.055124	2024-06-19 21:46:01.982220	7.2385	45.9047	811.0104	27	24.5	Observed	Seimei-TriCCS	2024-06-16 18:24:42.369934
GL002711+460313	S240615dg	0.048759	2024-06-19 21:46:01.982220	6.794	46.0536	902.6792	27.3	24.8	Observed	Seimei-TriCCS	2024-06-16 18:18:34.686420
GL003644+464922	S240615dg	0.04022	2024-06-19 21:46:01.982220	9.1839	46.8227	1000.7425	27.5	25			
GL002720+462126	S240615dg	0.039475	2024-06-19 21:46:01.982220	6.8328	46.3572	873.7037	27.2	24.7	Observed	Seimei-TriCCS	2024-06-16 18:12:24.024992
GL002900+472256	S240615dg	0.035355	2024-06-19 21:46:01.982220	7.2513	47.3822	1270.8834	28	25.5	Reserved	Seimei-TriCCS	2024-06-16 18:30:54.435915

重力波観測スクリプトの概略

(Our Script #2)

- Queue システム (前原さん) に依存
- 実行方法: `./seimeiGW.py eventid PROPID observer`↵
 - まずは安全上の理由から人間による手動での入力を想定して試験を行った
 - 今後は自動的に実行できるように、重力波イベント監視スクリプトとの連結予定
- 重力波観測スクリプトの main loop:
 1. J-GEM planner から銀河リストをダウンロード
 2. 確率が高く、visibility が良く、まだ観測されていない銀河を選択
 3. 安全確認
 1. **人身事故の防止**: 望遠鏡がリモートモードかつ人感センサー (木野さん) がオフであること
 2. 望遠鏡の事故の防止: TBD
 4. 安全上問題がない場合に、queue コマンドを queue サーバーに送る
 5. 望遠鏡が動いて TriCCS (g2/r2/i2) の撮像露出が開始される

簡易解析スクリプト (Our Script #3)

- 以下を実行:
 - Dark 引き
 - Flat 割り
 - Sky 引き
 - WCS 貼り合わせ
 - 複数フレーム足し合わせ
 - Pan-Starrs1 のテンプレート引き ('J-GEM image server' 使用)
- GNUmakefile ベースでスクリプトを概ね作成した
- 今後は**観測終了時に自動実行できるようにする**予定

一旦、Summary (まだ続きます)

- 重力波イベントの電磁波対応天体の同定のため、サーベイ観測が必須
 - せいめい望遠鏡でこれを実行するため3つのスクリプトを開発した
 - 1. GraceDB (LIGO/Virgo/KAGRA Public Alerts) を監視
 - 2. 自動観測スクリプト: **銀河のみを掃く** 精神
 - J-GEM planner から銀河リストを取得
 - **安全確認**が最重要
 - 確率の高い銀河で visibility 上問題ないものから順次 queue システムに観測コマンド送信
 - 望遠鏡で銀河をポインティングし、TriCCS で g2/r2/i2 の撮像を実行
 - 3. 簡易解析スクリプト
- 今後は **script 1 と 2 を接続予定** → **Script 2 (観測スクリプト) を自動実行**
 - 先々週末に Cont380 に導入された自動観測モードを利用する (次ページ)
 - 前原さんの観測予約 DB が完成すれば、そちらに乗り換える?
 - その他、ToO の自動発動なども検討中 (主に京大時間: 磯貝システム)

Cont380 上に自動観測モードが実装された (先々週末: 山本広大さんに頂いた資料より)

自動観測モード開始時にポップアップが出る

手動で戻すことも可能

The screenshot shows the Cont380 Main Window interface. A central popup window displays the message: "Auto Observation: Automatic Observation mode!! for GUI mode, uncheck 'Auto Observation'". The background interface includes fields for DATE(UT), UT, JST, LST, and Mode (Classical). The Telescope section shows RA (J2000.0) as 14:20:41.0 and DEC (J2000.0) as -05:22:42.3. The Secondary and Tertiary Mirror section shows X-axis, Y-axis, Z1-axis, and Rotation values. The Nasmyth2 (Red) Stages section shows Fiber-A, AG, and AG-X values. The Main Controller section shows RA and Dec coordinates and various control buttons like Go Tracking, Stop, and Focus Control.

The screenshot shows the Cont380 Main Window interface with the 'Mode' menu open. The 'Auto Observation' option is selected and highlighted. The background interface shows DATE(UT) as 2024/08/28, LST as 12:19:50.8, and Mode as Classical. The Telescope section shows RA (J2000.0) as 12:15:50.2 and DEC (J2000.0) as -05:21:00.2. The Secondary and Tertiary Mirror section shows X-axis, Y-axis, Z1-axis, and Rotation values. The Nasmyth2 (Red) Stages section shows Fiber-A, AG, and AG-X values. The Main Controller section shows RA and Dec coordinates and various control buttons like Go Tracking, Stop, and Focus Control.

Cont380 上に自動観測モードが実装された (先々週末: 山本広大さんに頂いた資料より)

通常モード

自動観測モード (ボタンが押せない)

Cont380 Main Window

SEIMEI Telescope Kyoto University

Message
NO_ERROR (00)

DATE(UT) 2024/08/28 UT 04:52:04.1 JST 13:52:04.3 LST 12:14:05.5 Mode Classical

Object NONE Observer Prop. ID 24B-N-CN20 Name Yamamoto

Telescope

RA (J2000.0)	RA offset ["]	DEC (J2000.0)	DEC offset ["]
12:10:05.0	0	-05:20:59.7	0

Azimuth [°]	Elevation [°]	Focus [mm]	Hour Angle [h]	Para. Ang. [°]
180.999111	50.000056	-1.295	0.0668056	0.826346

Az. offset ["]	El. Offset ["]	AF Offset [mm]	ZD [°]	SecZ
+0.0	+0.0	0	39.999944	1.30541

Secondary and Tertiary Mirror

X-axis [μm]	Y-axis [μm]	Z1-axis [μm]	Rotation [°]
-5452.585	-1855.535	-1295.210	178.089806

θx-axis ["]	θy-axis ["]	Z2-axis [μm]	Tilt [°]
-379.776	+1968.510	-2623.275	3.067222

Main Rotator

Nas2 Rotation [°]	Nas2 Offset [°]
0.000139	+0.0

Nasmyth2 (Red) Stages

Instrument	Fiber-A [mm]	AG	AG-X [mm]
Lamp_KOOLS	+1.0000	-	+0.0000

Small Inst [mm]	M4 [pulse]	Fiber-B [mm]	AG-Y [mm]	AG-Z [mm]
+320.5199	72405	+123.3499	+20.0000	+0.0000

Lamp

Hg	Ne	Xe	FL
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Weather Information (2024-08-28T13:50[JST])

Out Temp.	Dome Temp.	Wind Speed	Wind Dir.
28.9	31.01	1.3	ENE

Out Hum.	Dome Hum.	Wind Max	Pressure
81.0	70.34	-	970.9

Main Controller

RA: 00 : 00 : 00.00 Dec: +00 : 00 : 00.0

Pointing Mode: RA&Dec Az&El

Focus Control: -1.300 [mm] Move Stop

Instrument Select: ZWO-Cam Change

Rotator Tracking Mode: Star El None

Lamp Control: ON OFF

Dome Control: Shutter Open Close Rotation Home East Move

Upper Light: ON OFF Rot. Offset 0.0 Set

Useful Interfaces: Catalog Control Pad Setup

Cont380 Main Window

SEIMEI Telescope Kyoto University

Message
NO_ERROR (00): Auto Observation

DATE(UT) 2024/08/28 UT 04:50:38.8 JST 13:50:39.0 LST 12:12:40.0 Mode Classical

Object NONE Observer Prop. ID 24B-N-CN20 Name Yamamoto

Telescope

RA (J2000.0)	RA offset ["]	DEC (J2000.0)	DEC offset ["]
12:08:39.5	0	-05:20:59.7	0

Azimuth [°]	Elevation [°]	Focus [mm]	Hour Angle [h]	Para. Ang. [°]
180.999111	50.000056	-1.116	0.0668056	0.826346

Az. offset ["]	El. Offset ["]	AF Offset [mm]	ZD [°]	SecZ
+0.0	+0.0	0	39.999944	1.30541

Secondary and Tertiary Mirror

X-axis [μm]	Y-axis [μm]	Z1-axis [μm]	Rotation [°]
-5289.440	-1622.725	-1115.845	178.089778

θx-axis ["]	θy-axis ["]	Z2-axis [μm]	Tilt [°]
-349.306	+1887.082	-2084.750	3.067222

Main Rotator

Nas2 Rotation [°]	Nas2 Offset [°]
0.000139	+0.0

Nasmyth2 (Red) Stages

Instrument	Fiber-A [mm]	AG	AG-X [mm]
Lamp_KOOLS	+0.9999	-	+0.0000

Small Inst [mm]	M4 [pulse]	Fiber-B [mm]	AG-Y [mm]	AG-Z [mm]
+320.5199	72405	+123.3500	+19.9999	+0.0000

Lamp

Hg	Ne	Xe	FL
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Weather Information (2024-08-28T13:48[JST])

Out Temp.	Dome Temp.	Wind Speed	Wind Dir.
28.9	31.02	1.0	N

Out Hum.	Dome Hum.	Wind Max	Pressure
81.0	70.7	-	970.9

Main Controller

RA: 00 : 00 : 00.00 Dec: +00 : 00 : 00.0

Pointing Mode: RA&Dec Az&El

Focus Control: -1.300 [mm] Move Stop

Instrument Select: ZWO-Cam Change

Rotator Tracking Mode: Star El None

Lamp Control: ON OFF

Dome Control: Shutter Open Close Rotation Home East Move

Upper Light: ON OFF Rot. Offset 0.0 Set

Useful Interfaces: Catalog Control Pad Setup

ToO の発動

京大時間: Web フォーム

ToO Request Form for Kyoto U. Time

9月4日はKOOLS-IFUのVPH683の代わりにLS656が装備されています。感度・分解能ともに上位互換ですが、comparison lampのような強い輝線ではゴースト（迷光）が発生する可能性があります。（輝線の強い天体ではゴーストは見つかっていません。）どうしてもVPH683が必要な方は磯貝までご連絡ください。

残り持ち時間と観測スケジュールをチェックし、ToOが発動可能か確認します。
発動可能であればToO申請フォームが出現するので、そこからToOを発動させてください。
本日利用可能なGrismと天候はページ下部から自身で確認してください。
緊急の場合は、Web申請後に観測室の専用回線(080-3455-8082)や観測者に直接連絡してください。
その他、京大時間に関する情報はこちら。ToO monitor(発動状況)はこちら。

Proposal ID (採択課題一覧):
24B-K-0001

Date:
2024/09/09

Time:
From 17:00 to 17:05

Cf. 天文薄明:	19:50 -- 28:15	観測交代時間
航海薄明:	19:20 -- 28:46	0.25夜: 21:55
市民薄明:	18:50 -- 29:16	0.50夜: 24:00
日没・日出:	18:25 -- 29:42	0.75夜: 26:08

Confirm the Availability

共同利用: Slack

7月30日 (火) ▾

 **Kenta TAGUCHI (Kyoto)** 12:57

Date: 2024-07-30 20:00 ~ 20:45
PROP-ID: 24B-N-CT10
PI: 田口健太
Comment: 現地で観測します。

- 自動観測開始(直)前に発動を「宣言」する必要がある
 - 京大時間の方から先に準備中

Summary

- 重力波イベントの電磁波対応天体の同定のため、サーベイ観測が必須
 - せいめい望遠鏡でこれを実行するため3つのスクリプトを開発した
 - 1. GraceDB (LIGO/Virgo/KAGRA Public Alerts) を監視
 - 2. 自動観測スクリプト: **銀河のみを掃く** 精神
 - J-GEM planner から銀河リストを取得
 - **安全確認**が最重要
 - 確率の高い銀河で visibility 上問題ないものから順次 queue システムに観測コマンド送信
 - 望遠鏡で銀河をポインティングし、TriCCS で g2/r2/i2 の撮像を実行
 - 3. 簡易解析スクリプト
- 今後は **script 1 と 2 を接続予定** → **Script 2 (観測スクリプト) を自動実行**
 - 先々週末に Cont380 に導入された自動観測モードを利用する
 - 前原さんの観測予約 DB が完成すれば、そちらに乗り換える?
 - その他、ToO の自動発動なども検討中 (主に京大時間: 磯貝システム)