

せいめい望遠鏡の 自動観測システムの開発状況

～Tomo-e等で発見された突発天体の即時ToOを目指して～

前原裕之（国立天文台）

3.8mせいめい望遠鏡

- 京都大学が2018年に岡山に設置
- 2019年から科学観測開始
 - 観測時間の50%が全国大学共同利用に供されている
- 観測装置
 - KOOLS-IFU（可視光面分光装置）
 - TriCCS（3色同時高速撮像・スリット分光）
 - GAOES-RV（視線速度精密測定用高分散分光器）
 - MIDSSAR（ $H\alpha$ / Ca II HK中分散分光器; 2026年観測開始予定）



自動観測で目指すもの (1)

即時ToO観測

- 他の望遠鏡での発見情報をもとに観測天体をデータベースに登録



- データベースから天体の情報を取り出して観測の可否を決定



- コマンドをキューに登録



- 観測を実行

自動観測・キュー観測システムが実施

ToO課題のPI
が実施

天体情報登録



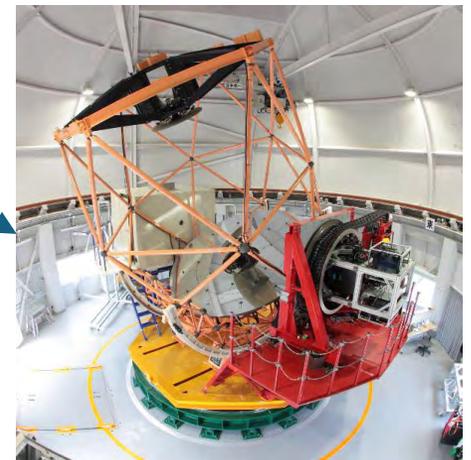
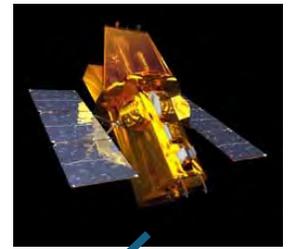
観測評価プログラム
(コマンドの自動生成)

天体情報取り出し・
観測可否評価

観測コマンド登録

キューシステム

観測実行



自動観測で目指すもの（2）

- 高頻度・長期モニター観測

- 高頻度・長期間の観測（たとえば1日30分、5年で~1000回観測する）が必要なサイエンスは現在のように観測者が岡山現地まで来て観測するスタイルでは実現が難しい
- リモート観測でも相当な労力が必要

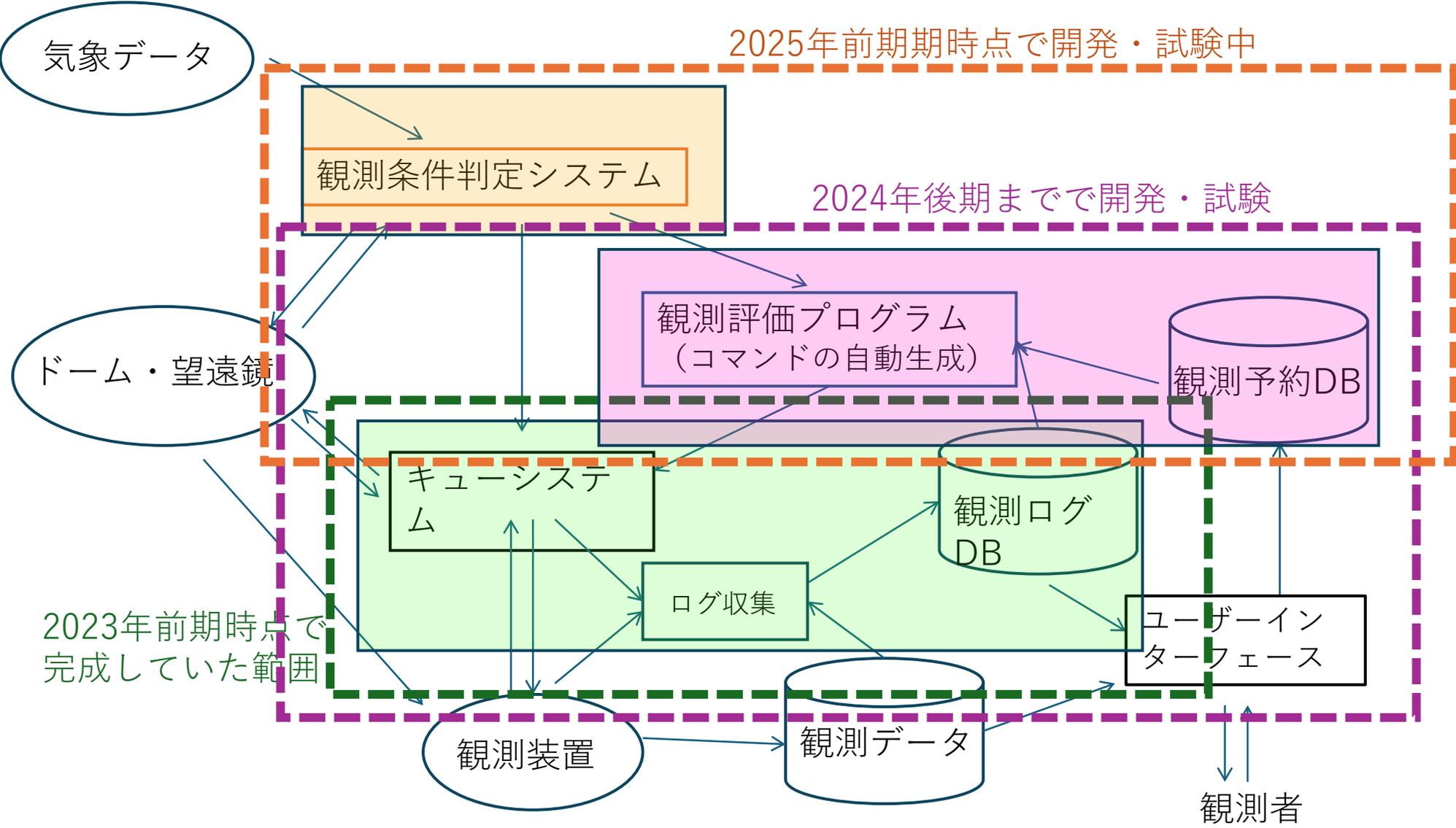
- すき間時間の活用

- 短時間で済む観測（を高頻度で行う場合）では現状の0.25夜単位の割り当てでも無駄な時間が発生してしまう

- 観測効率の向上・省力化

- 一晩で多数の天体を撮る場合は手動観測よりは時間効率が向上、観測者が操作しなくて良いので省力化できる

最終的な自動観測システムの全体像



2025年当初時点での状況

- キューシステム
 - 観測コマンドの追加、削除、挿入
 - コマンド間の依存関係
 - 前のコマンドが成功した時だけ次を実行することが可能
 - コマンドラインからの操作 + 稼働状況確認用のWebページ
 - <http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/queue/>
- KOOLS-IFU
 - キューシステム上でユーザーの操作なしで観測の実行が可能
 - キューシステムに登録する観測コマンドを生成するWebフォームの整備
- TriCCS
 - 撮像・分光両モードともキューシステム上でユーザーの操作なしで観測の実行が可能
 - キューシステムに登録する観測コマンドを生成するWebフォームの整備



- **2023Aからキューシステムを使った手動での観測を共同利用に提供**
 - ユーザーが自分で観測コマンドを記述したキューファイルを生成
 - 手動操作でキューシステムに観測コマンドに登録する

キューファイルの生成

- 天体の情報や装置の設定から観測コマンドを記述したキューファイルを生成可能

← → ↻ △ 保護されていない通信 o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/queue/kools_obs_script/form2.html

KOOLS-IFU auto-observing script generator

Proposal ID:
Observer(s):

Object data (cont380 format)	Grism	Exp. time	Num. of Exp.	M1 alignment	Pointing correction	Auto Guide	No wipe mode	Offset
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue			<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes (Offset Guider) <input checked="" type="radio"/> Yes (ZWO Cam) <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	VPH-blue		EXP time:		Object: Sky = 1.1			

← → ↻ △ 保護されていない通信 o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/queue/triccs_obs_script/form2.html

TricCS auto-observing script generator

Proposal ID:
Observer(s):

Object data (cont380 format)	filter	Gain	Exp. time	Frames/Exp.	Num. of Exp.	M1 alignment	Pointing correction	Auto Guide	Offset
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto				<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset Guider) <input type="checkbox"/> Yes (Slit viewer) <input type="checkbox"/> No	<input type="text" value="dx:0"/> <input type="text" value="dy:0"/> <input type="text" value="d_theta:0"/>
Blank sky: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Sky (cont380 format):	gri1	auto							

Save as file: YES NO
Output format: Queue file Shell Script

生成されるキューファイルの例

```
seimei@user-interface: ~/maehara
File Edit View Search Terminal Help
PROPID=23A-N-BE02
OBSERVER=Maehara
OBJECT=PNVJ06245297+0208207
RA_STR=06:24:52.89
DEC_STR=+02:08:18.4
IFU_X=11
IFU_Y=10
GRISM=VPH-blue
EXPTIME=120
PA=-90

agctl.py --exp=off
agctl.py --set-exptime=5000 --set-gain=10
agctl.py --exp=on
agctl.py --feedback=off

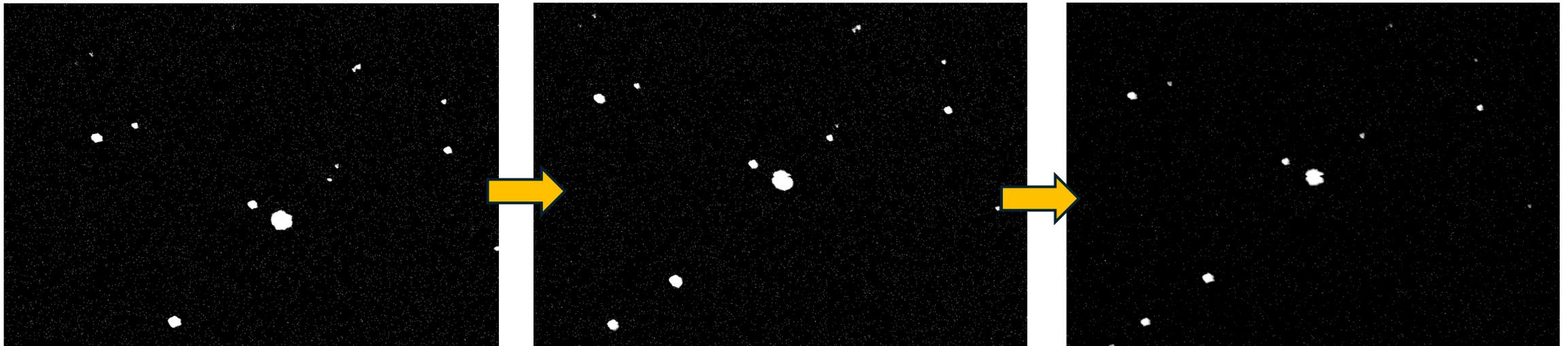
autoSH.sh ${RA_STR} ${DEC_STR}
  tab ofocus.py 0.05
  nearbystar.py ${OBJECT} ${RA_STR} ${DEC_STR} kools ${PA}
  tab tab ag_offset.py ${DEC_STR} on
  agtarget.py
  ag_offset.py ${DEC_STR} off
  find_obj.py ${IFU_X} ${IFU_Y} 6.0e5 2.0 ${GRISM} 10
  tel_point3.py --object=${OBJECT} --ra=${RA_STR} --dec=${
{DEC_STR} --rot=star --inst=kools --propid=${PROPID} --observer=${OBSERVER} --nas2offset=${PA}
  search_guidestar.py ${RA_STR} ${DEC_STR}
  find_guidestar.py
  agctl.py --feedback=on
  kools.py ${GRISM} ${EXPTIME}
  kools.py ${GRISM} ${EXPTIME}

  ofocus.py -0.05
agctl.py --feedback=off
agctl.py --exp=off
~
(END)
```

- 行頭にtabを挿入することで依存関係の設定が可能
 - 複数入れることもできる
 - 例: SHカメラによる主鏡調整が成功したら以後のコマンドを実行する、というような動作が可能
- shell script風の変数が使用可能
 - ユーザーによる編集やキューファイルを再利用する際の利便性を考慮
 - キューへ登録するときに値が入る

2024年度中の進展：TriCCS分光モードへの対応

- スリットビューワの画像を解析して天体を自動的にスリット上に導入する機能を作成
 - 近くの明るい星を導入
 - その天体をスリット上に導入することで指向誤差を補正
 - 改めて観測する天体にポインティング
 - 観測中の追尾誤差補正はオフセットガイダーを使用
 - 高銀緯ではスリットビューワの視野 (~3') に明るい星が写らないことが多い



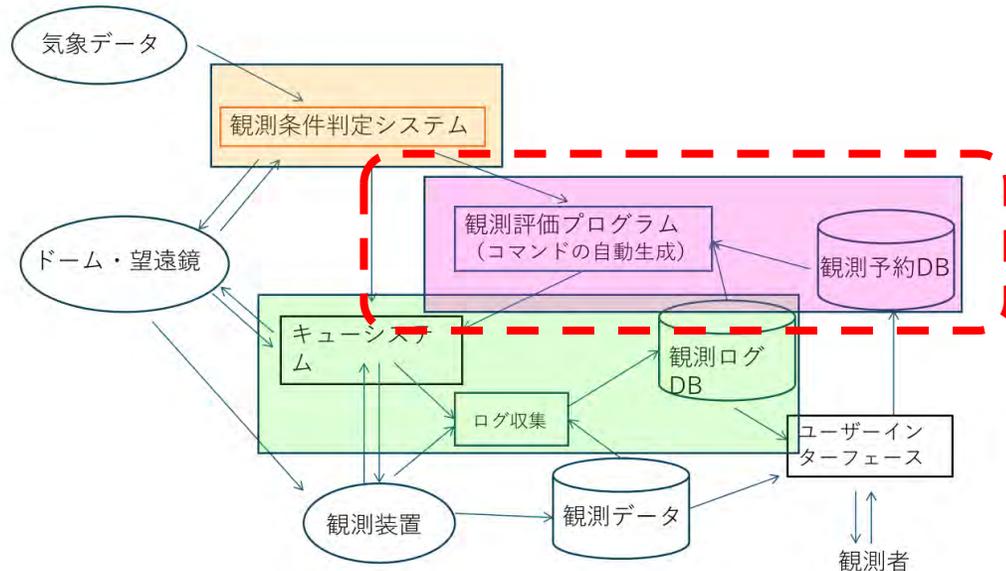
TriCCSスリット分光モード：観測までの所要時間

- キュー観測の動作実行例
 - GJ1243 (13等のdMe)
 - 13:52:54：実行開始
 - 13:53:03-13:54:30
 - 主鏡セグメントの調整 (1-1.5分)
 - 13:54:33-13:55:54
 - 位置補正用天体へのポインティングと装置の切り替え (1-1.5分)
 - 13:55:55-13:56:54
 - スリット上に天体を導入 (~1分)
 - 13:56:55-13:57:03
 - 観測天体へポインティング
 - 13:57:04-13:57:36
 - ガイド星を選択し追尾補正開始 (~0.5分)
 - 13:57:37：天体光の積分開始
- 現状ではおおむね積分開始まで4-5分かかる
 - KOOLS-IFUと同程度

ID	Start Time	End Time	Command	Status
12103	2024-07-27 15:13:34	2024-07-27 15:14:47	autoSH.sh 19:51:09.74 +46:29:06.5	0
12102	2024-07-27 15:13:32	2024-07-27 15:13:33	agctl.py --exp=on	0
12101	2024-07-27 15:13:30	2024-07-27 15:13:31	agctl.py --set-exptime=5000 --set-gain=10	0
12100	2024-07-27 15:13:25	2024-07-27 15:13:29	agctl.py --exp=off	0
12099	2024-07-27 13:58:11	2024-07-27 13:58:15	agctl.py --exp=off	0
12098	2024-07-27 13:58:09	2024-07-27 13:58:10	agctl.py --feedback=off	0
12097	2024-07-27 13:57:37	2024-07-27 13:58:08	triccs.py grism_slit 20 1 8	0
12096	2024-07-27 13:57:35	2024-07-27 13:57:36	agctl.py --feedback=on	0
12095	2024-07-27 13:57:21	2024-07-27 13:57:34	find_guidestar.py	0
12094	2024-07-27 13:57:04	2024-07-27 13:57:20	search_guidestar.py 19:51:09.74 +46:29:06.5	0
12093	2024-07-27 13:56:55	2024-07-27 13:57:03	tel_point3.py --object=GJ1243 --ra=19:51:09.74 --dec=+46:29:06.5 --rot=star --inst=triccs --propid=24B-E-0000 --observer=Maehara --nas2offset=-69.8	0
12092	2024-07-27 13:55:55	2024-07-27 13:56:54	slitview.py	0
12091	2024-07-27 13:54:33	2024-07-27 13:55:54	nearbystar.py GJ1243 19:51:09.74 +46:29:06.5 triccs -69.8	0
12090	2024-07-27 13:54:31	2024-07-27 13:54:32	prop_id.py 24B-E-0000 Maehara	0
12089	2024-07-27 13:53:03	2024-07-27 13:54:30	autoSH.sh 19:51:09.74 +46:29:06.5	0
12088	2024-07-27 13:53:01	2024-07-27 13:53:02	agctl.py --exp=on	0
12087	2024-07-27 13:52:59	2024-07-27 13:53:00	agctl.py --set-exptime=5000 --set-gain=10	0
12086	2024-07-27 13:52:54	2024-07-27 13:52:58	agctl.py --exp=off	0

自動観測システムの開発・試験状況（1）

- 観測天体リストから観測コマンドを自動生成する機能を開発・試験
 - 観測評価プログラム
 - 観測予約DBとユーザーインターフェース
 - 観測可能かどうかを判定する機能の一部も実装
 - **ドームスリット、リモートモード、人感センサー、ドーム内照明、雨、湿度がOKの場合のみ観測コマンドを生成・登録**



2024年中に実施

観測評価プログラム

- 観測可能な状態かどうかを判定
 - ドームスリット、リモートモード、人感センサー、ドーム内照明、雨、湿度がOKか？
- 観測予約DBから天体のデータを取得
- 観測可否を判定
 - 望遠鏡が向けられる位置か？
 - 指定された期間中や夜の間に関測が終了するか？
- 優先度、残り観測可能時間、現在の望遠鏡位置からの距離を基に次に観測する天体を決定
- 観測コマンドを生成してキューに登録
 - 観測が成功した場合は観測予約DBを更新
- 上記を繰り返して実行する

せいめい望遠鏡はポインティング・ドーム回転速度が速い
→次に撮るべき最善の天体を選ぶ、
という思想で設計

※188cm望遠鏡はドーム回転が遅い
→方位角方向の移動が最小になるように7天体
先まで先読みして観測順序を決定し、上位4天
体までを登録

観測天体登録フォーム

Proposal ID:

Observer(s):

Object data (cont380 format)	Grism	Exp. time	Num. of Exp. (Time-series?)	M1 alignment	Pointing correction	Auto Guide	Offset	Priority	Start date/time	End date/time
	VPH-blue	<input type="checkbox"/> No wipe	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	dX: 0 dY: 0 d_theta: 0	0	2025-05-28 00:0	2025-05-28 23:5

※コマンドラインから一括登録も可能

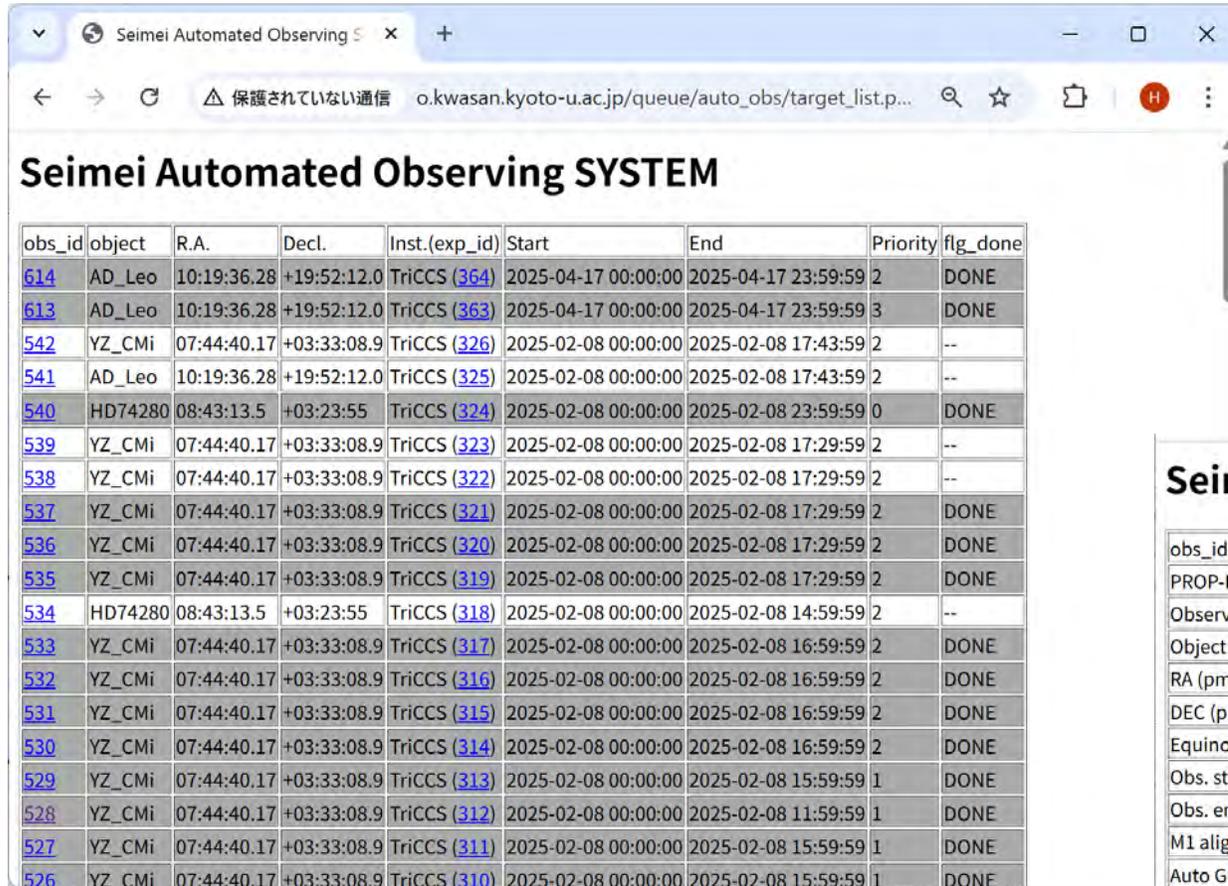
Proposal ID:

Observer(s):

Object data (cont380 format)	filter	Gain	Exp. time	Frames/Exp.	Num. of Exp. (Time-series?)	M1 alignment	Pointing correction	Auto Guide	Offset	Priority	Start date/time	End date/time
	g/r/i	auto			<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	<input checked="" type="radio"/> Yes (Offset guider) <input type="radio"/> Yes (Slit viewer) <input type="radio"/> No	dX: 0 dY: 0 d_theta: 0	0	2025-05-28 00:0	2025-05-28 23:5

登録した観測天体リスト

- 観測天体リスト上では観測が完了した天体とそうでない天体を区別して表示
- 各リンクから実施する積分の詳細を表示したり、登録した観測天体を削除できる



Seimei Automated Observing SYSTEM

obs_id	object	R.A.	Decl.	Inst.(exp_id)	Start	End	Priority	flg_done
614	AD_Leo	10:19:36.28	+19:52:12.0	TriCCS (364)	2025-04-17 00:00:00	2025-04-17 23:59:59	2	DONE
613	AD_Leo	10:19:36.28	+19:52:12.0	TriCCS (363)	2025-04-17 00:00:00	2025-04-17 23:59:59	3	DONE
542	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (326)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:43:59	2	--
541	AD_Leo	10:19:36.28	+19:52:12.0	TriCCS (325)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:43:59	2	--
540	HD74280	08:43:13.5	+03:23:55	TriCCS (324)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 23:59:59	0	DONE
539	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (323)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:29:59	2	--
538	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (322)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:29:59	2	--
537	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (321)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:29:59	2	DONE
536	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (320)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:29:59	2	DONE
535	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (319)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 17:29:59	2	DONE
534	HD74280	08:43:13.5	+03:23:55	TriCCS (318)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 14:59:59	2	--
533	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (317)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 16:59:59	2	DONE
532	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (316)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 16:59:59	2	DONE
531	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (315)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 16:59:59	2	DONE
530	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (314)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 16:59:59	2	DONE
529	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (313)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 15:59:59	1	DONE
528	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (312)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 11:59:59	1	DONE
527	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (311)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 15:59:59	1	DONE
526	YZ_CMi	07:44:40.17	+03:33:08.9	TriCCS (310)	2025-02-08 00:00:00	2025-02-08 15:59:59	1	DONE

Seimei Automated Observ

obs_id	614
PROP-ID	25A-N-CN13
Observer	MAEHRA
Object	AD_Leo
RA (pm)	10:19:36.28 (-0.4986 arcsec/yr)
DEC (pm)	+19:52:12.0 (-0.0437 arcsec/yr)
Equinox	2000.0
Obs. start	2025-04-17 00:00:00
Obs. end	2025-04-17 23:59:59
M1 alignment	YES
Auto Guide	NO
Pointing corr.	YES
Rot. Offset	-81.7
Pointing Offset	dX=0, dY=0
Priority	2
Exposures	TriCCS (364)
DONE	YES

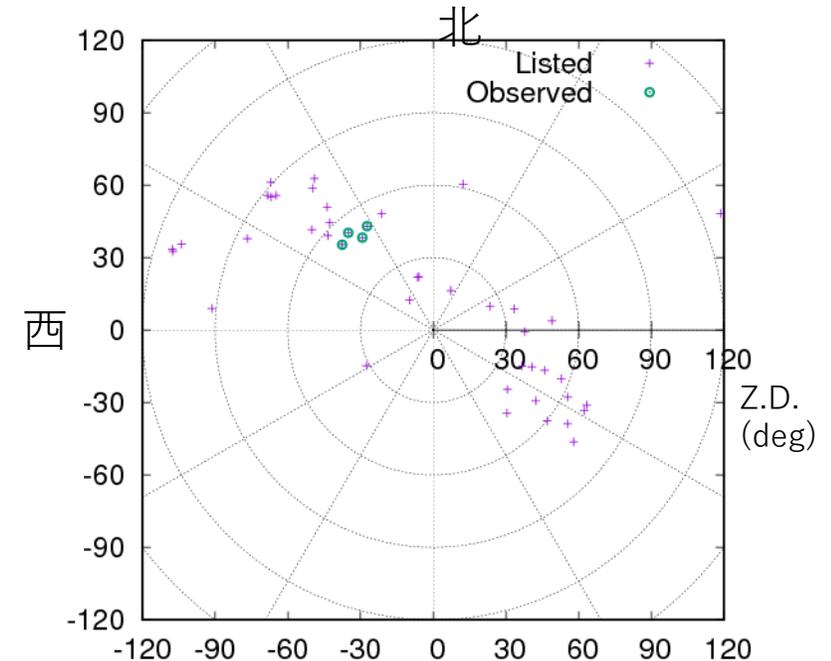
Seimei Automate

exp_id	364
obs_id	614
Exp. Time	2.000000
Num. of Exp. per Frame	500
Num. of Frames	1
filter	grism_slit
gain	32
Time-series	NO
DONE	1/1 (YES)

動作試験の例

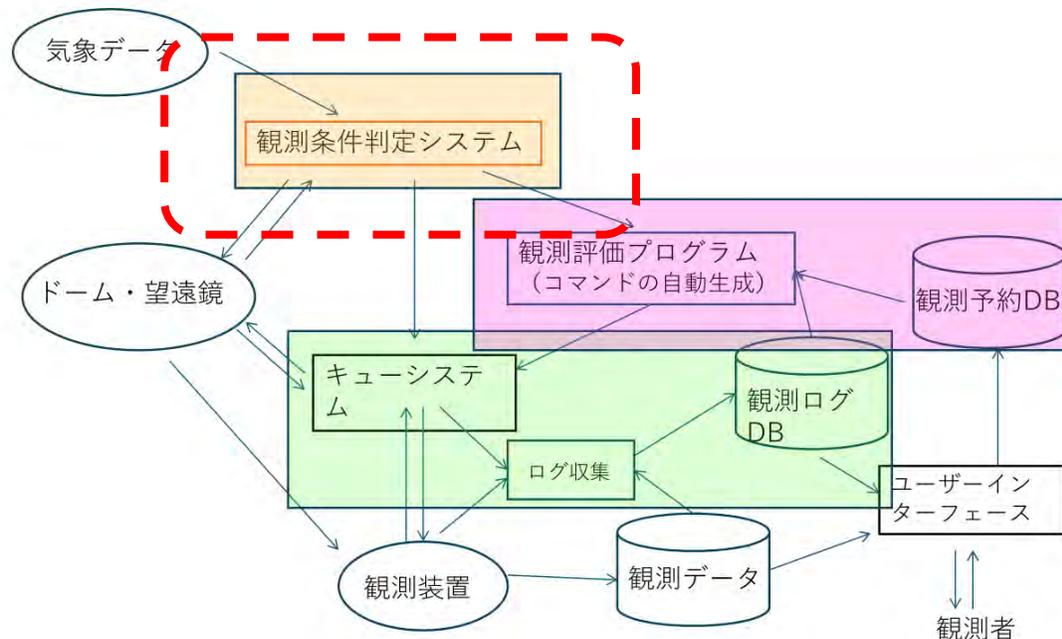
- 実施日時：2024年1月14日 20時から21時
 - 46天体を登録
 - 優先順位はすべて同じ、高度limitは30度に設定
 - 4天体が観測された
 - サイエンスフレームの総積分時間：2109秒
→観測効率～59%
- ※短い積分で多数の天体を観測する場合は効率が落ちる
- 主に西の空の天体（残り観測可能時間が短い）が優先的に選択される
 - 優先度がすべて同じなので、残り観測可能時間の短い方から選択されている

ID	Time	Object Name	Type	Altitude	Count
KIF00243039	11:06:40.21	Gaia_EDR3_2208159376846961536	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243040	11:07:16.15	Gaia_EDR3_2208159376846961536	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243041	11:08:39.23	GaiaDR3_2208323856913151360	OBJECT	VPH683	292 24,
KIF00243042	11:13:51.89	GaiaDR3_2208323856913151360	OBJECT	VPH683	292 24,
KIF00243043	11:19:04.54	GaiaDR3_2208323856913151360	OBJECT	VPH683	292 24,
KIF00243044	11:25:43.97	Gaia_EDR3_2006840790679122688	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243045	11:26:24.29	Gaia_EDR3_2006840790679122688	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243046	11:26:59.98	Gaia_EDR3_2006840790679122688	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243047	11:28:30.10	GaiaDR3_2006840790676091776	OBJECT	VPH683	57 24,
KIF00243048	11:29:47.20	GaiaDR3_2006840790676091776	OBJECT	VPH683	57 24,
KIF00243049	11:31:04.31	GaiaDR3_2006840790676091776	OBJECT	VPH683	57 24,
KIF00243050	11:33:45.26	Gaia_EDR3_2013832963068531840	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243051	11:34:25.11	Gaia_EDR3_2013832963068531840	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243052	11:35:05.17	Gaia_EDR3_2013832963068531840	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243053	11:35:45.11	Gaia_EDR3_2013832963068531840	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243054	11:37:09.44	GaiaDR3_2013832894349054464	OBJECT	VPH683	210 24,
KIF00243055	11:40:59.87	GaiaDR3_2013832894349054464	OBJECT	VPH683	210 24,
KIF00243056	11:44:50.38	GaiaDR3_2013832894349054464	OBJECT	VPH683	210 24,
KIF00243057	11:50:12.54	Gaia_EDR3_2226443293142712576	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243058	11:50:48.58	Gaia_EDR3_2226443293142712576	OBJECT	VPH683	15 24,
KIF00243059	11:52:13.62	GaiaDR3_2226444358294583680	OBJECT	VPH683	144 24,
KIF00243060	11:54:57.94	GaiaDR3_2226444358294583680	OBJECT	VPH683	144 24,
KIF00243061	11:57:42.26	GaiaDR3_2226444358294583680	OBJECT	VPH683	144 24,



自動観測システムの開発・試験状況（2）

- 気象データ等から観測可否を判定し、自動でドームスリットの開閉・観測評価プログラムの実行を行う機能の開発中(2025年現在)
 - 観測終了時の望遠鏡・装置の停止処理も自動実行
 - **人の判断なしで観測を実行**



天気の自動判定・スリット開閉の自動制御

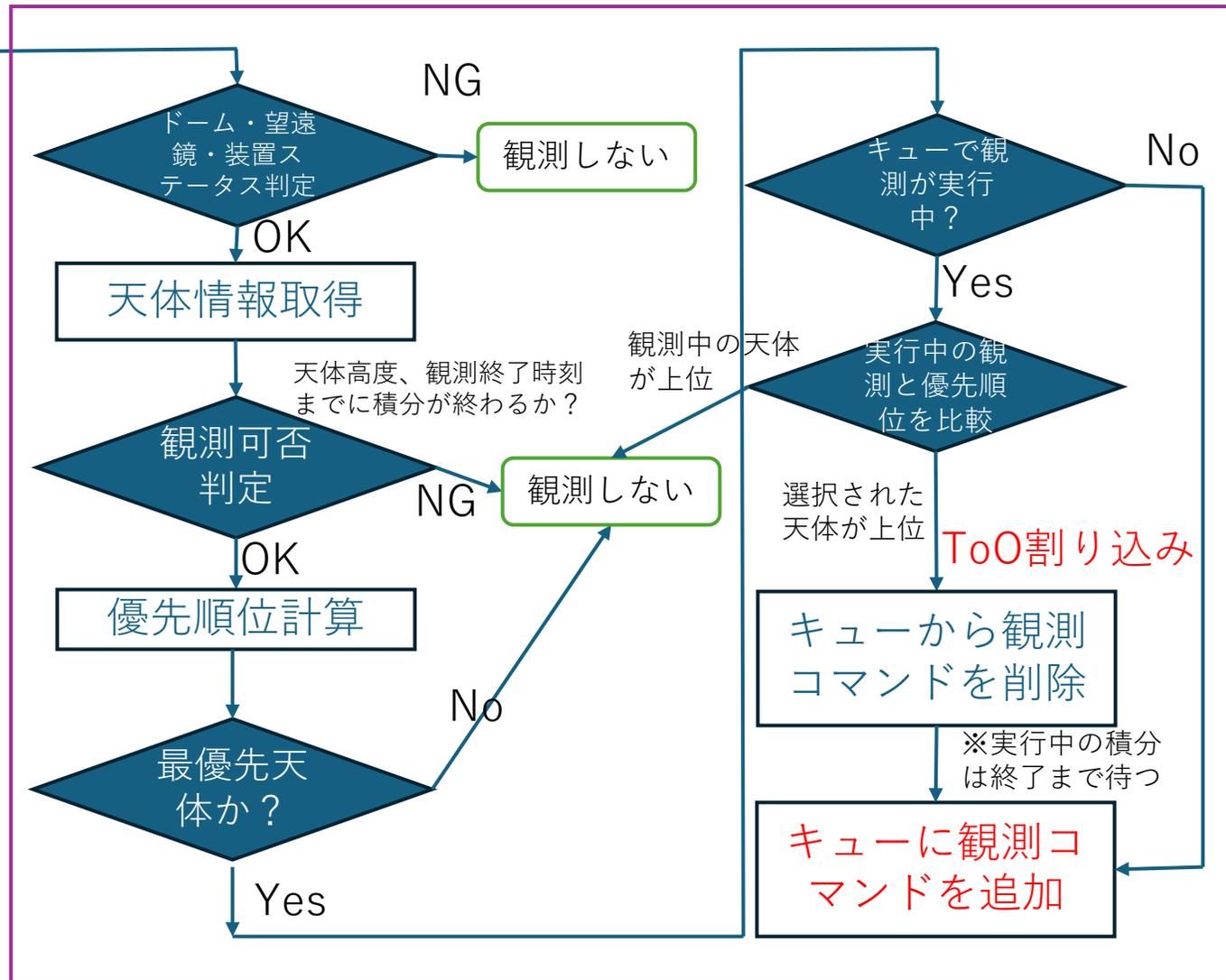
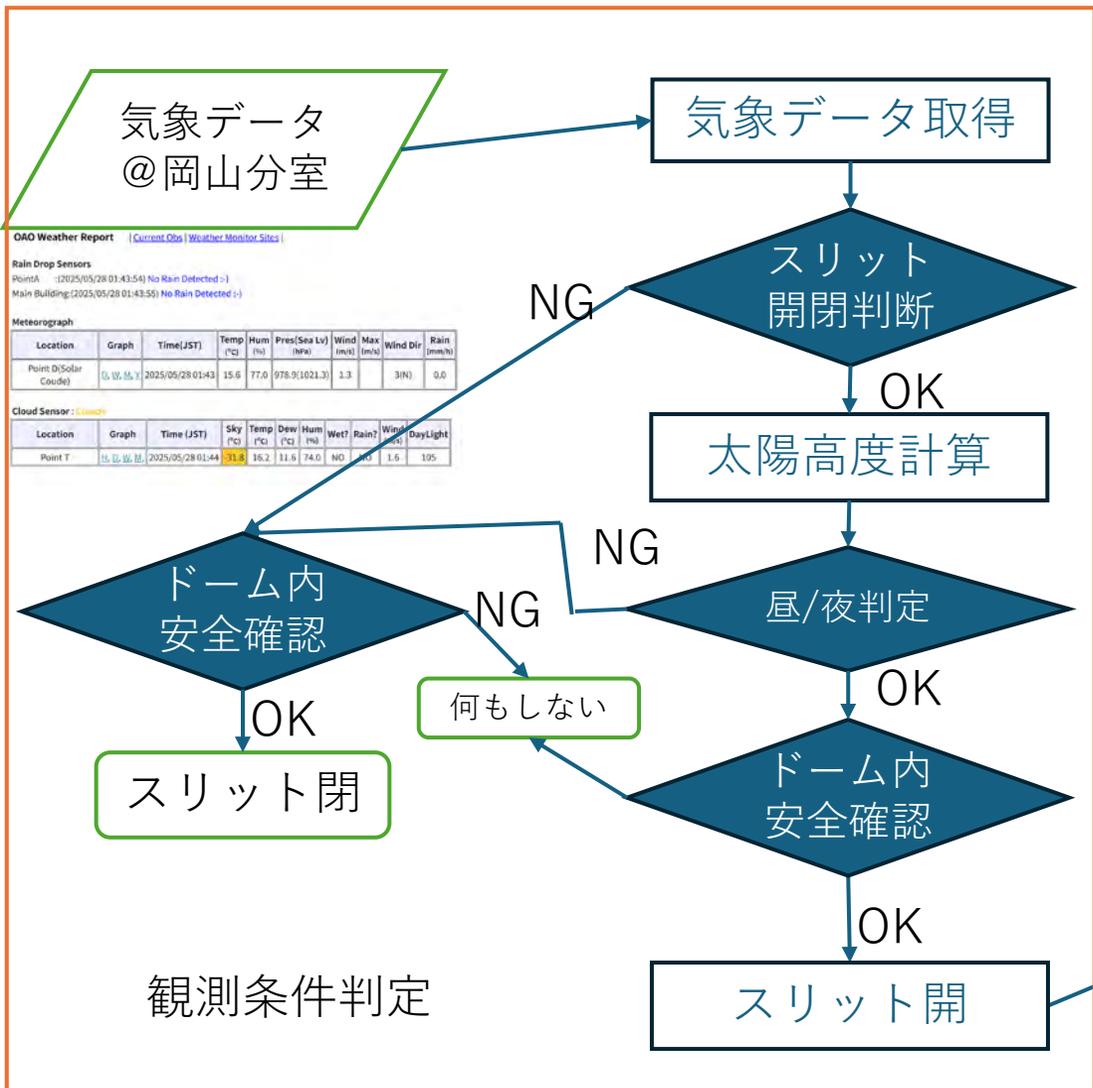
- 天気を気象センサーから自動判定し、スリット開閉の可否を決定
 - 気象センサーは188cm望遠鏡のもの（岡山分室に設置）を使用
 - 降水
 - 過去10分間に検知0 →スリット開+主鏡制御ON
 - 低感度センサのどれか1つ or 高感度センサーの2つ以上で検知 →閉+主鏡制御OFF
 - 湿度
 - 95%→開、97%→閉
 - 空の放射温度
 - -23度→開、-17度→閉
- 値が取得できない場合 → スリット閉判断
 - ネットワークトラブル等でも観測停止になる
- ドーム内安全確認（人感センサー+リモートモードON）後にスリット開閉コマンドを実行

太陽高度による観測条件判定

- 所定の太陽高度になった時点で観測開始・打ち切り判断を行う
 - 開始時
 - 天気がOKならドームスリット開+主鏡制御開始 → 観測開始
 - 終了時
 - ドームスリットを閉め、望遠鏡を停止位置に向ける
 - キューで実行中の積分は完了まで待つ
 - キューに登録済だが未実行の積分はキューから削除
- 観測終了処理を実行
 - ドームスリットを閉める
 - 望遠鏡・ドームを所定の停止位置に向ける
 - 主鏡制御を停止
 - KOOLS-IFU、TriCCS、オフセットガイダー、視野確認カメラを停止
 - モータードラバの電源OFF

自動観測の処理フロー

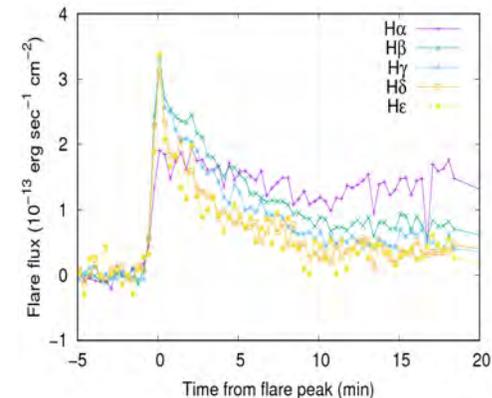
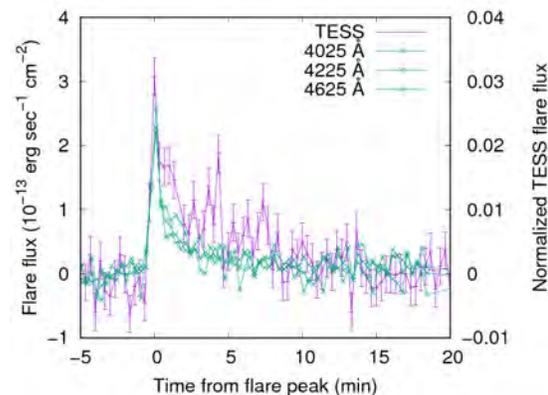
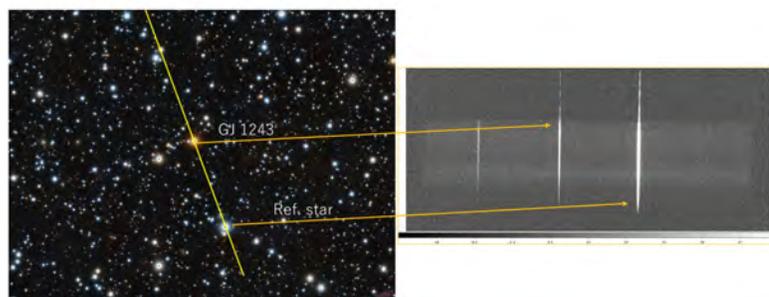
観測評価



実際の科学観測例 (25Aで試験的に実施)

- クラシカル課題

- TriCCSスリット分光モードを使ったフレア星の相対分光
 - スリットの向きを調整して2天体同時に分光するような観測にも対応可能
 - ※スリット方位角は事前に調査しておく必要がある



- ToO課題

- FRBのTriCCS高速撮像観測
 - FRB20250316A
 - 5秒積分の視野確認 + 96 fpsの連続撮像
 - 時間指定でクラシカル観測の間に割り込ませる

まとめ

- 2024年度末までの開発状況
 - KOOLS-IFU、TriCCS撮像モードに加えて、TriCCSスリット分光モードのキューシステムを用いた観測を実現
 - 観測天体リストに基づく自動観測の開発・試験中
 - 登録された情報に基づいて次に撮るべき天体を自動選択
→キューシステムに観測コマンドを登録
→観測を実施の一連の動作までは確認済み
 - 観測効率：6割弱
 - 気象データ・太陽高度から観測条件を自動判定する機能の開発
 - 気象センサーで取得したデータを基にドームスリットの開閉、主鏡制御ON/OFFを自動で行う
 - 朝になったら自動的に観測を終了し、望遠鏡・装置を停止させる
- 2025年後期以降の予定
 - 気象条件の自動判定機能の試験・改良 (2025B)
 - GAOES-RV・MIDSSARのキュー観測システムへの対応 (2025B-)
 - 中間赤外雲カメラ、筒先カメラの情報の観測天体選定への利用 (2026A以降?)
 - 2026AからDDTの一部を自動観測にすることを検討中