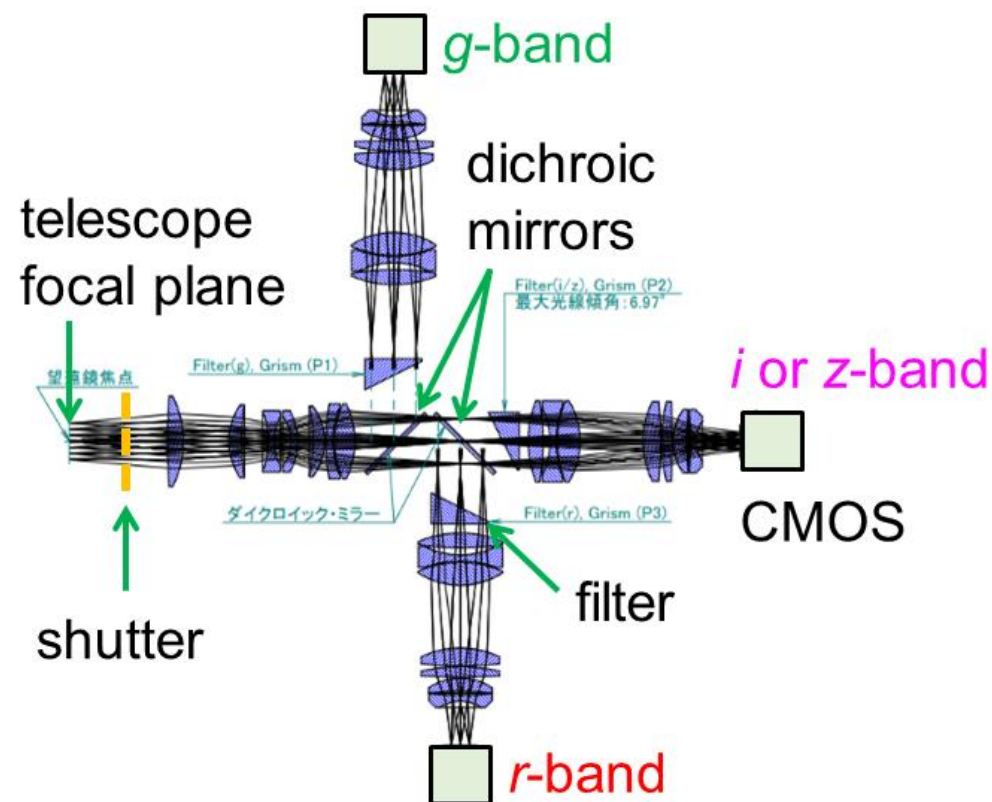
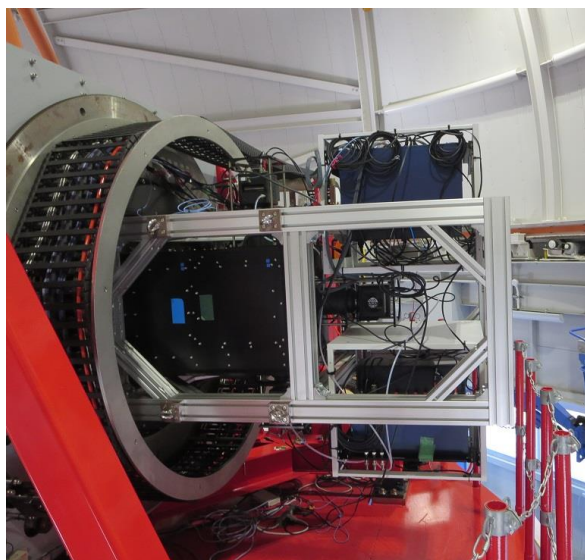


TriCCSの運用報告

村田勝寛（京都大学）、川端美穂（兵庫県立大学）、
磯貝桂介、田口健太（京都大学）
岡山天文台TriCCS運用担当
TriCCS開発チーム

TriCCS (TriColor CMOS Camera and Spectrograph)

- 主な目的: 突発天体のフォローアップ観測
 - 観測天体例: 超新星爆発、重力波源電磁波対応天体、フレア星
- gri-band or grz-band **3色同時**撮像カメラ
- 検出器: CMOS → **高速撮像可能**
- 視野: 12.6 x 7.5分角



性能一覧

項目		値	
ピクセルスケール		0.350" / pixel	
視野		12.6' x 7.5'	
フレームレート		最大98 fps	
観測バンド		gri or grz	
限界等級 (10 σ)	撮像	1秒積分	~19 mag
		600秒積分	~22 mag

分光モードは開発中

詳細は川端さんポスターを参照

開発チーム

京都大学

- 前田 啓一
- 太田 耕司
- 橋ヶ谷 武志
- 田口健太

兵庫県立大学

- 川端 美穂

東京大学

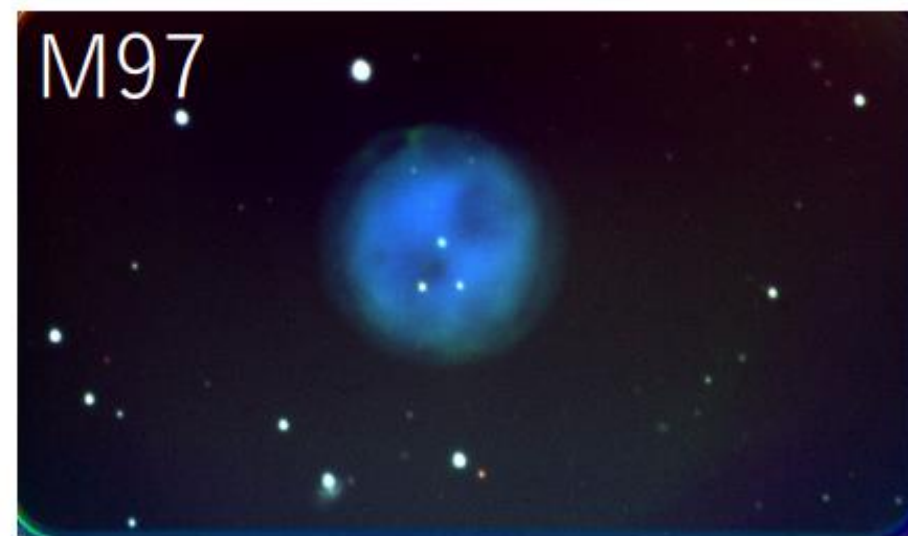
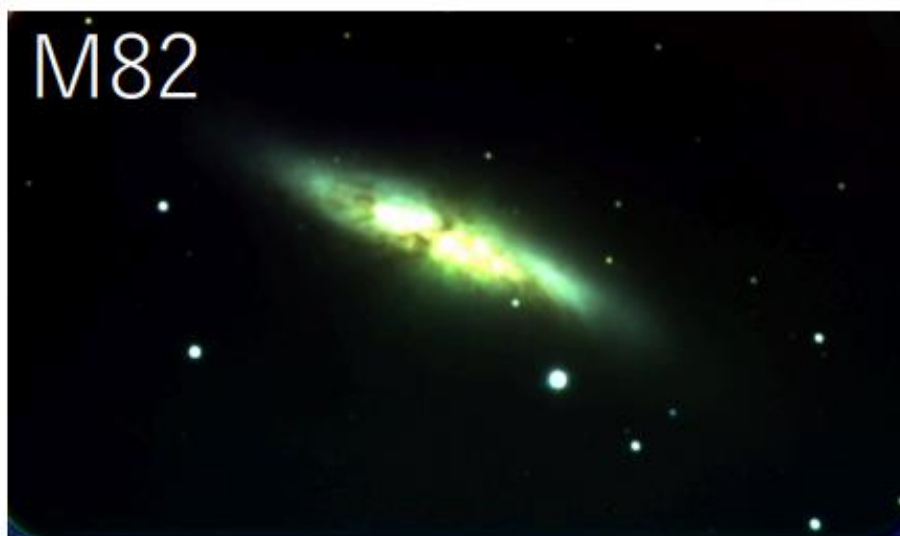
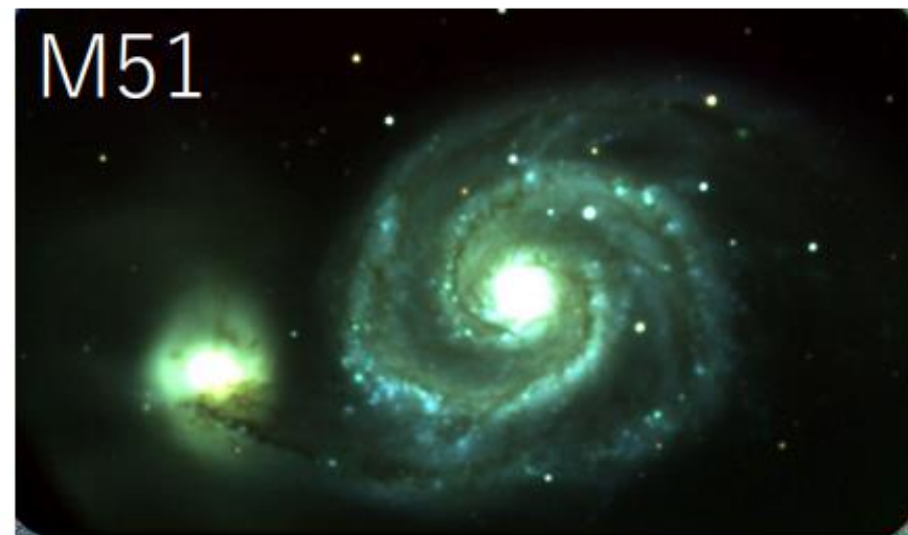
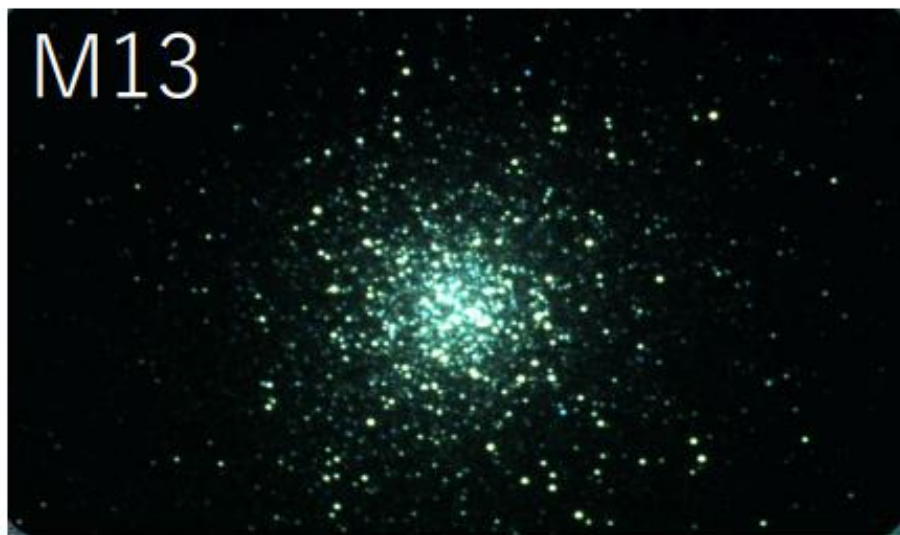
- 松林 和也
- 酒向 重行
- 土居 守
- 新納 悠
- 近藤 荘平
- 紅山 仁
- 西野 耀平

岡山天文台 運用担当

京都大学

- 村田勝寛
- 磯貝桂介

3色合成画像 (g, r, i -band)



直近1年間の運用（前回UM 2022年7月26日以降）

大きなトラブルはなく運用

2023年7-9月 fits headerのGEXP-STRの値（GPS取得での積分開始時刻）に不正な値が入るようなバグが発生

→ 現在は解決済み。観測者・SMOKAに近日連絡予定。詳細は田口さんスライド

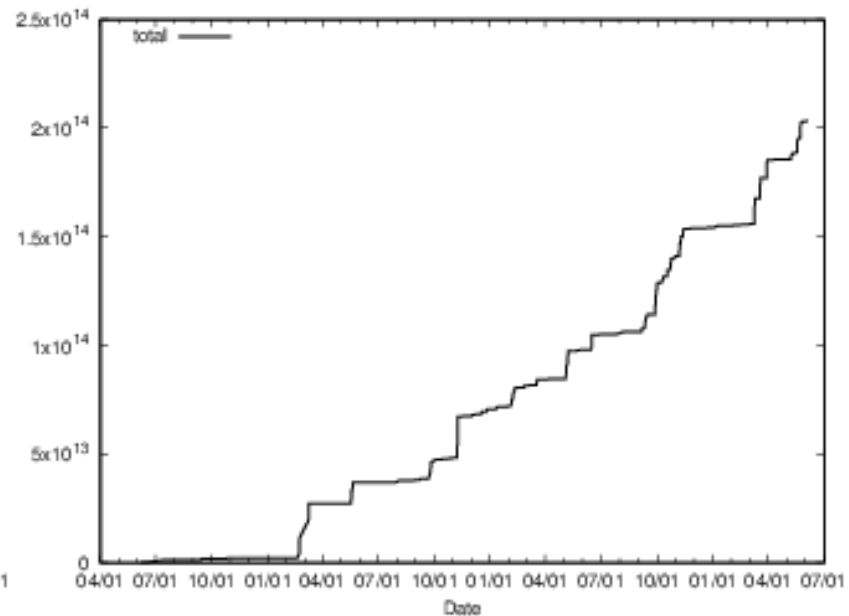
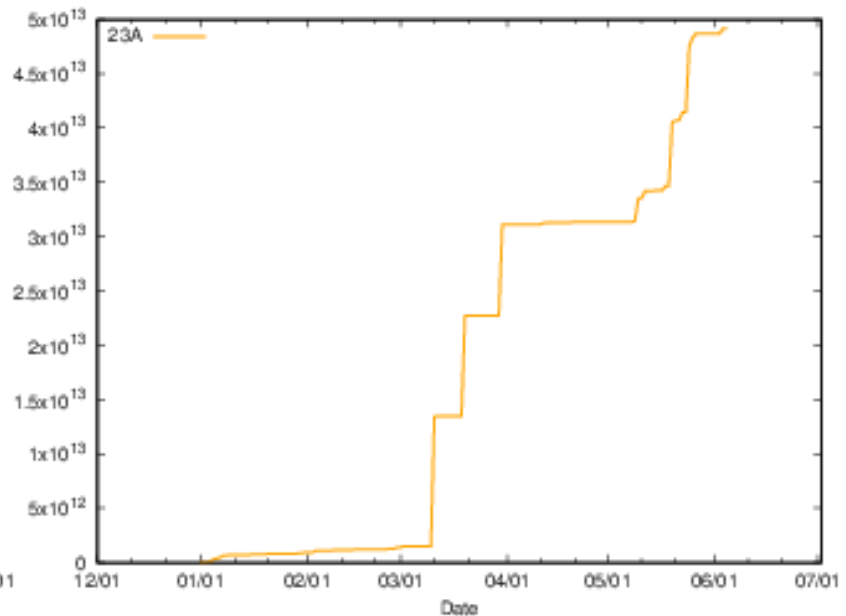
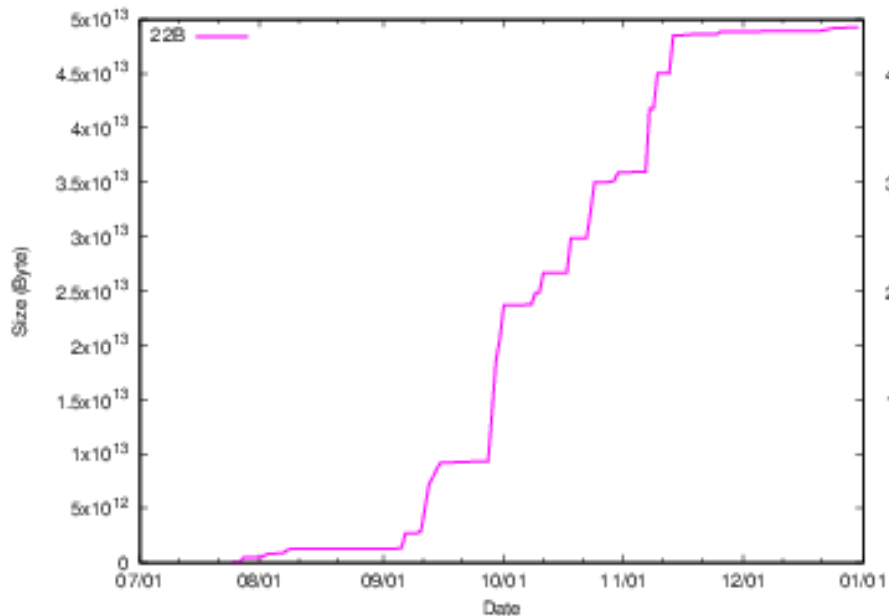
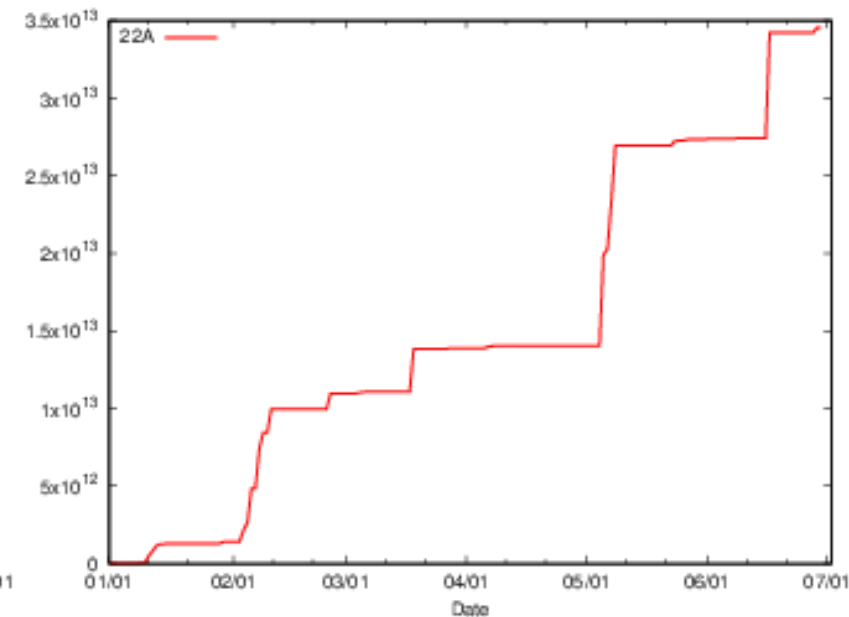
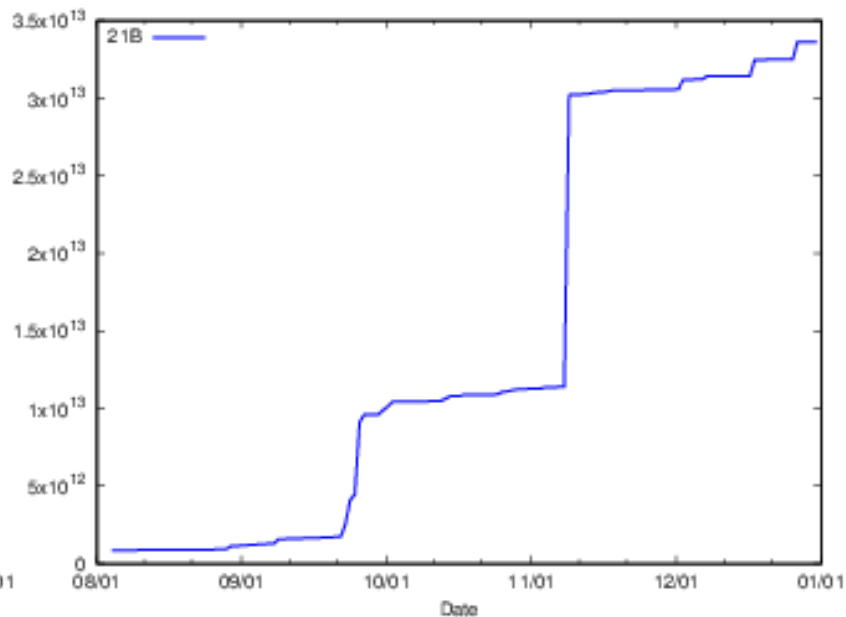
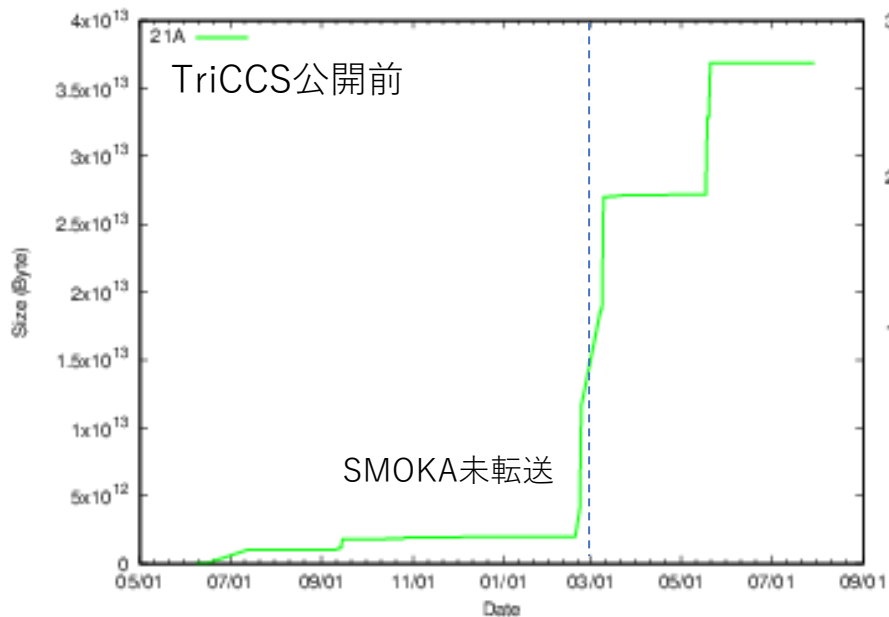
2023年4月 岡山天文台内の運用担当者が変更（川端→村田、磯貝）

2023年7月 GPS時刻修正のためCMOSファームウェアのアップデート

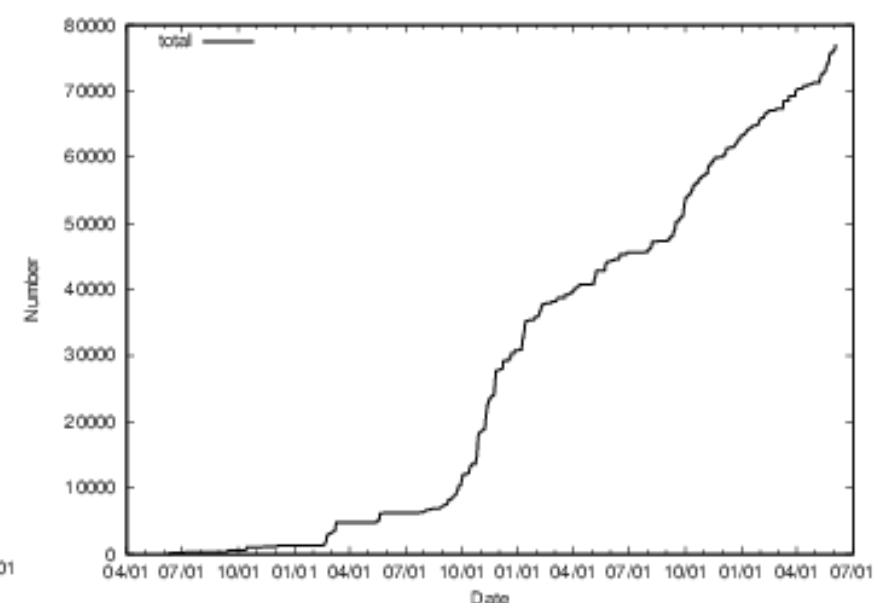
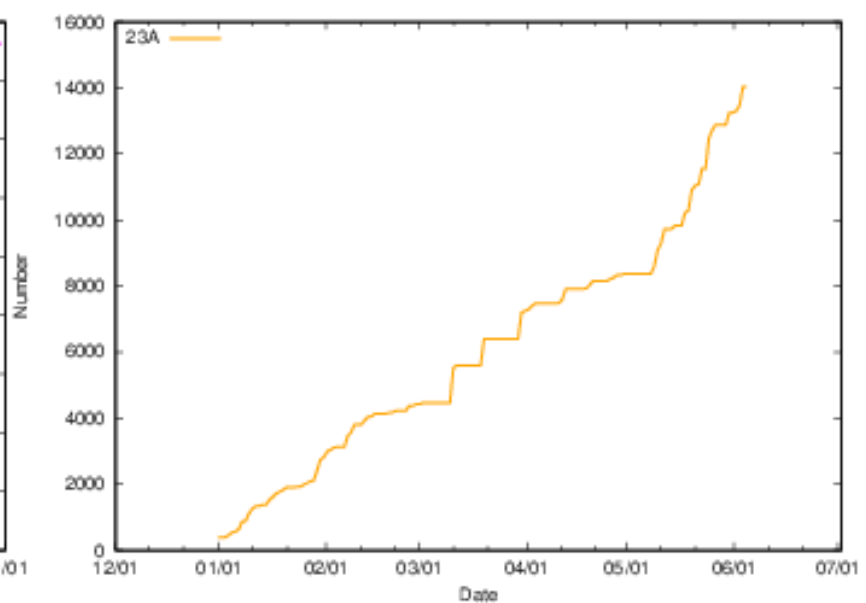
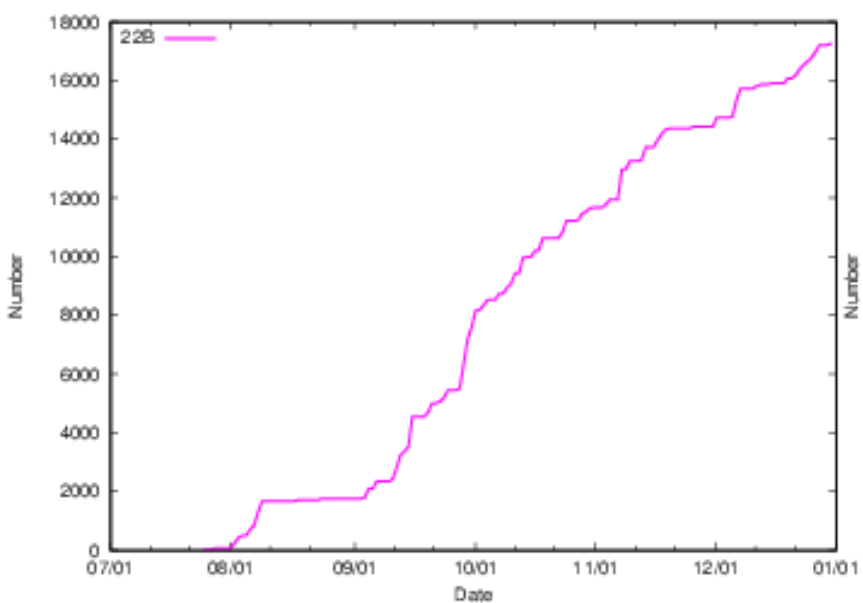
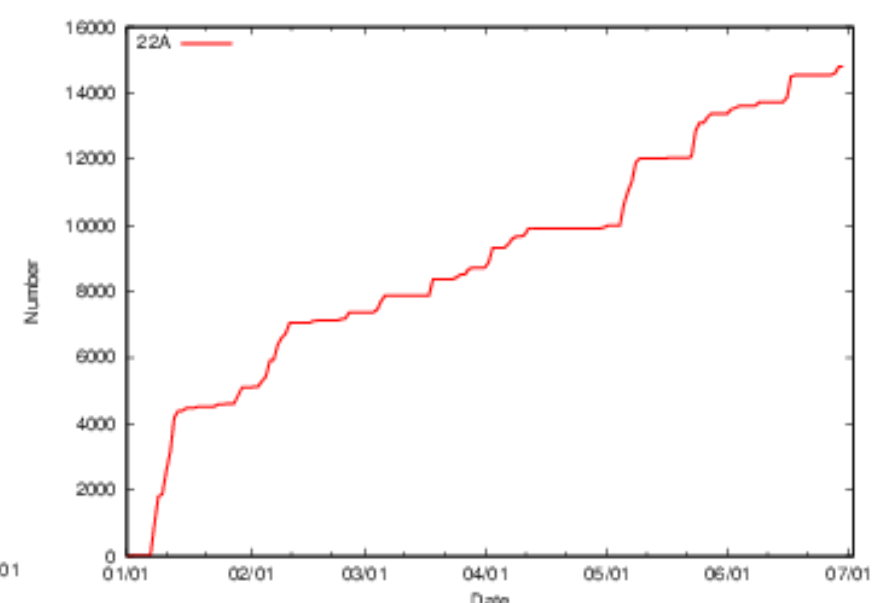
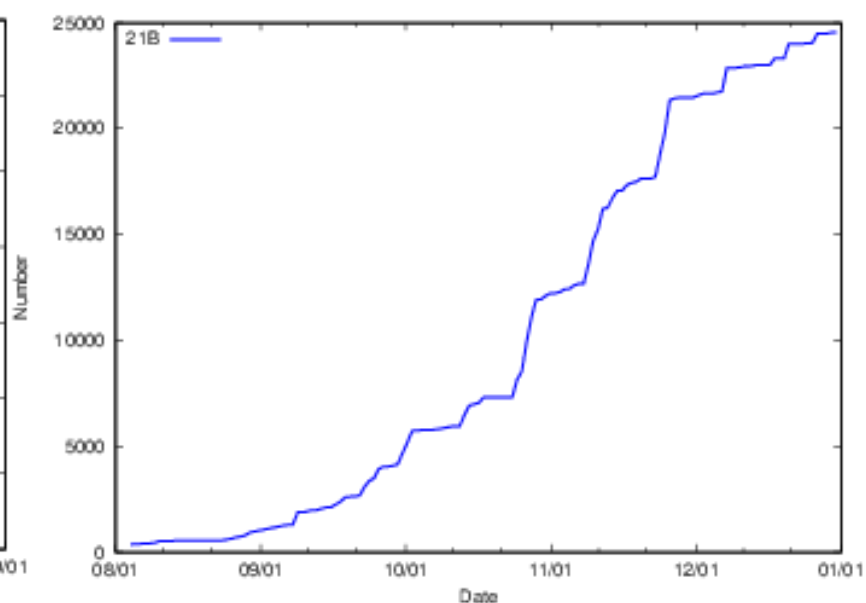
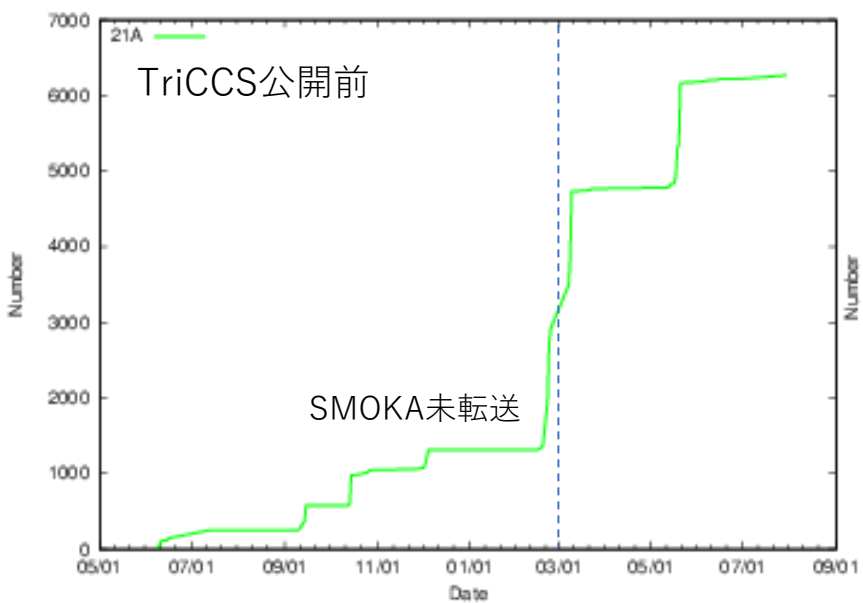
2023年8月 21B以前の観測データをデータサーバーから計画的に消去中

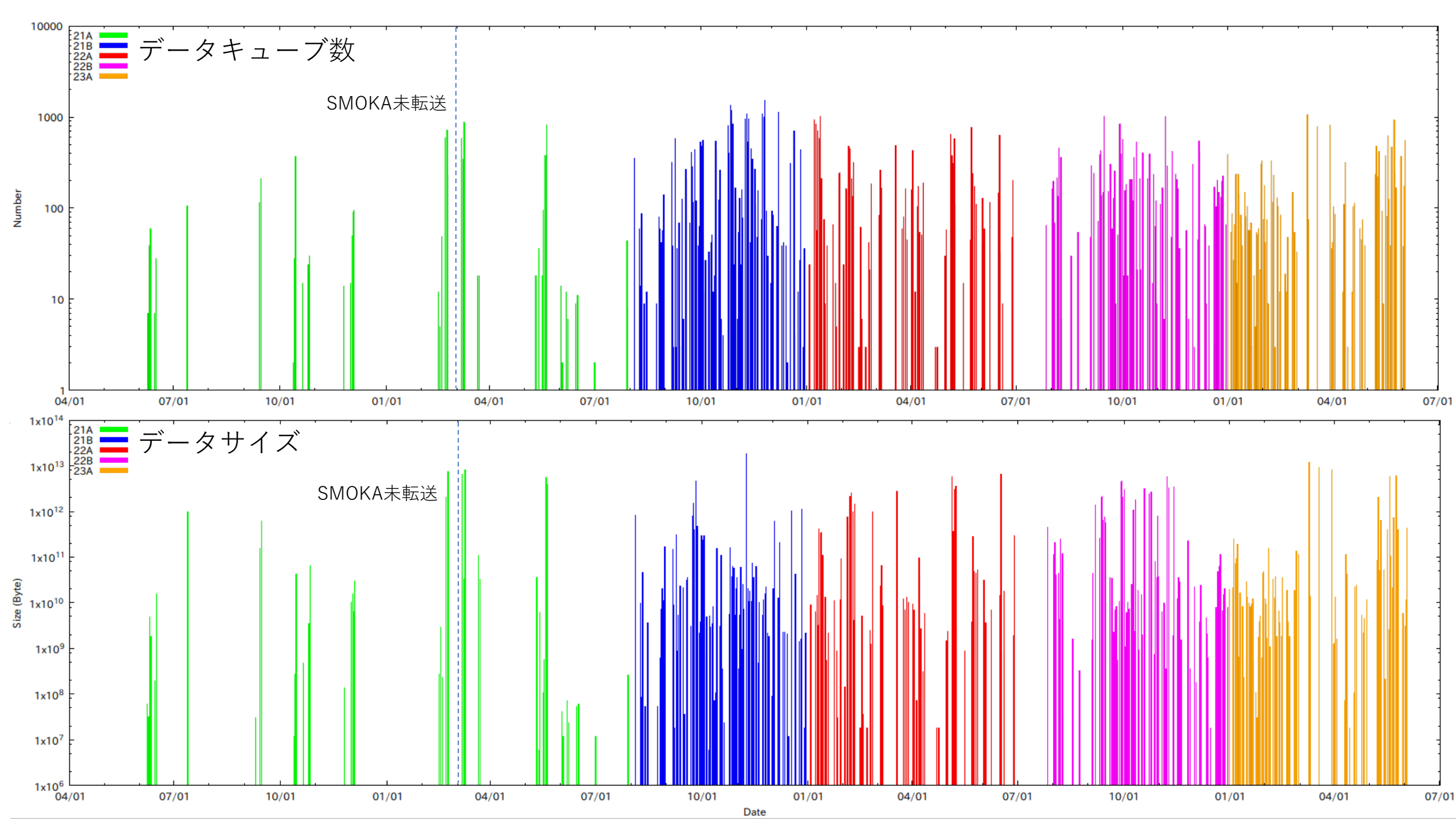
取得データ量

- データサイズ
1セメスターで50TBほど使うようになっている

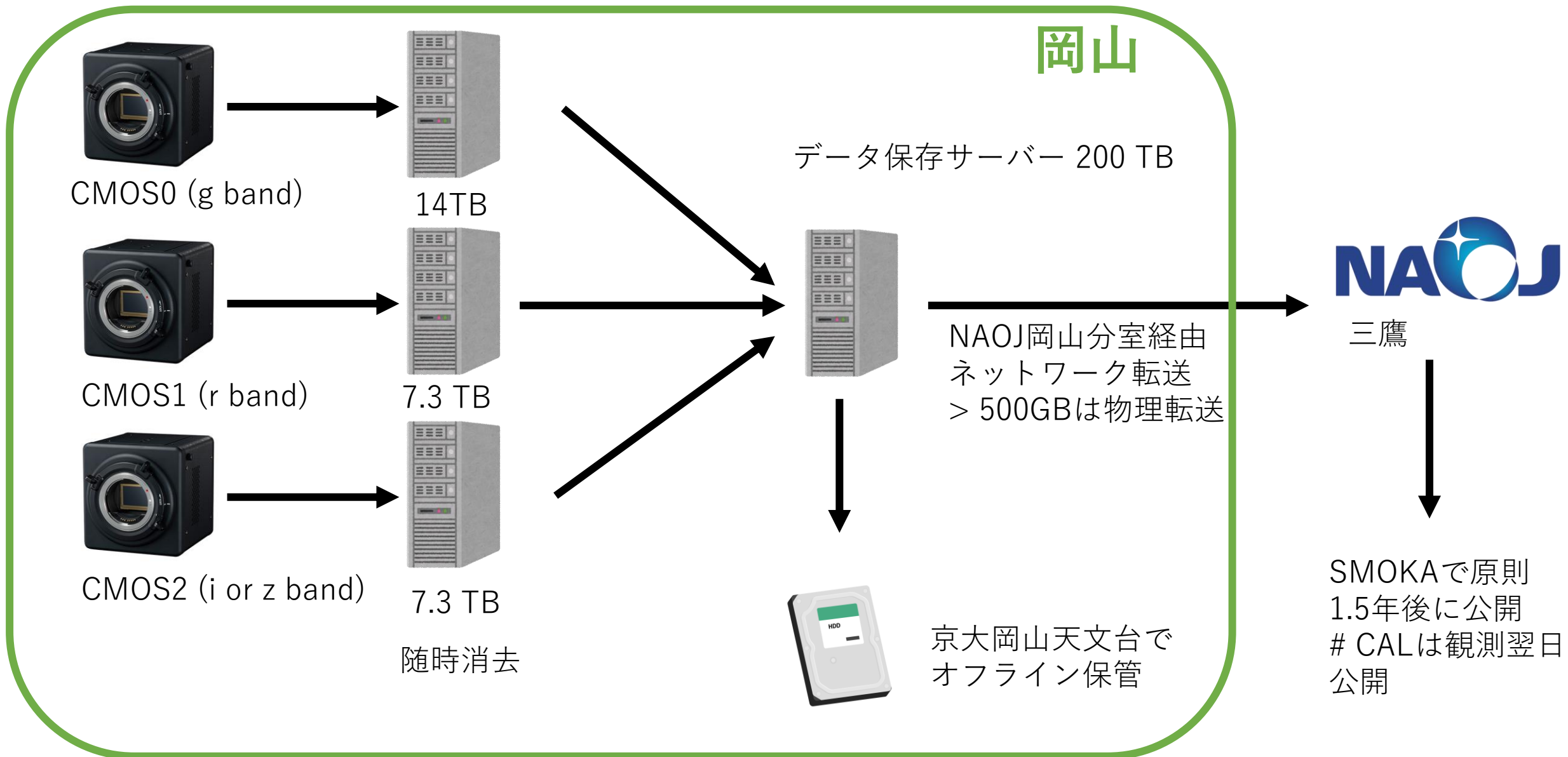


取得データキューブ数





データ保存・SMOKA公開の流れ



データ保存状況

7月まではエンジニアリング観測を除き3か所で生データを保存していた

1. 京大岡山天文台 データサーバー 200TB
2. 京大岡山天文台 オフライン保管ハードディスク
3. 国立天文台三鷹
SMOKAでCALは翌日、観測データは原則1.5年後に公開

岡山天文台内でもデータサーバーとオフラインの二重で保存していたが、今年度に入ってデータサーバーの空き容量が逼迫

→ データサーバーに全データを保存していくのは不可能。21B以前を通知して削除中。削除完了しても80TBの空きしかできない。

→ データ保存/削除方針について検討が必要。1日目の議論で相談

取得データ量は1 Semester 約50TBの実績だが、**高速撮像の観測次第**

- 1 フレーム 6MB、CMOS 3台で8時間積分した場合 10 fps → 5TB、100 fps → 50TB

成果 2022年7月以降

査読付き論文出版済み 4件

Tampo et al., “PNV J00444033+4113068: Early superhumps with 0.7 mag amplitude and non-red color”, Publications of the Astronomical Society of Japan, vol. 74, no. 6, pp. 1287–1294, 2022. doi:10.1093/pasj/psac068.

Uno et al., “SN 2020uem: a Possible Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Medium. I. The Nature of Type II_n/Ia-CSM SNe from Photometry and Spectroscopy”, The Astrophysical Journal, vol. 944, no. 2, 2023. doi:10.3847/1538-4357/acb5ec.

Uno, K., “SN 2020uem: a Possible Thermonuclear Explosion within a Dense Circumstellar Medium (II). The Properties of the CSM from Polarimetry and Light-curve Modeling”, The Astrophysical Journal, vol. 944, no. 2, 2023. doi:10.3847/1538-4357/acb5eb.

Beniyama et al., “Simultaneous multicolor photometry of the DESTINY+ target asteroid (3200) Phaethon”, Publications of the Astronomical Society of Japan, vol. 75, no. 2, pp. 297–310, 2023. doi:10.1093/pasj/psac109.

成果 2022年7月以降

Accepted 2件

Kuncarayakti, H., “The broad-lined Type-Ic supernova SN 2022xxf with extraordinary two-humped light curves”, arXiv e-prints, 2023. doi:10.48550/arXiv.2303.16925.

Beniyama et al., “Photometry and Polarimetry of 2010 XC_15: Observational Confirmation of E-type Near-Earth Asteroid Pair”, arXiv e-prints, 2023. doi:10.48550/arXiv.2306.15506.

ATel 1件

Taguchi, K., “Follow-up Observation of TCP J17583414-2652300 Classifying as a Reddened Classical Nova”, ATel16038, 2023.

GPS 時刻について (詳しくはポスター)

- 2023 年 7 月、CMOS のファームウェアアップデートを行った。
 - 稀に読み出しに失敗するが、ほとんどの場合、正しい GPS 時刻が GPS 画素に記録されるようになった。
- ただし、23B 開始 ~ 2023/9/3 までのデータの FITS header の GEXP-STR (“GPS time at exposure start”) が露出開始時刻になっていない。
 - ファームウェアアップデートに対応するソフトウェアアップデートを行っていなかったため。
 - 最大で「single frame あたりの露出時間 + 1 s」のズレがある模様。
 - ユーザーの皆さまには、村田らより後日連絡予定。
 - それ以前に知りたい方はポスターを見て頂くか田口まで個別に連絡をください。

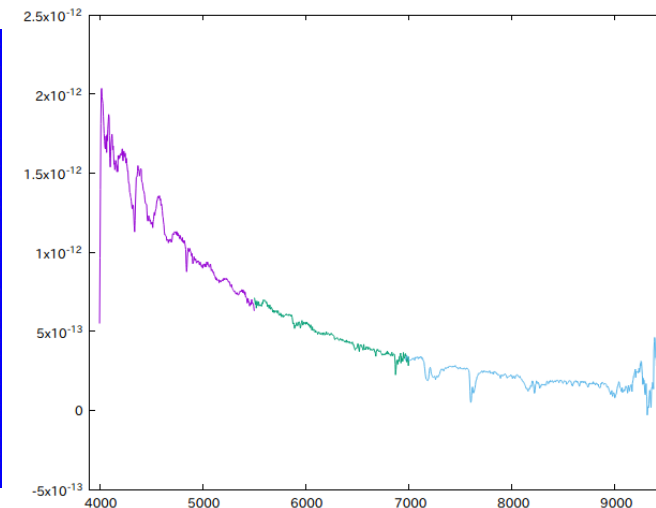
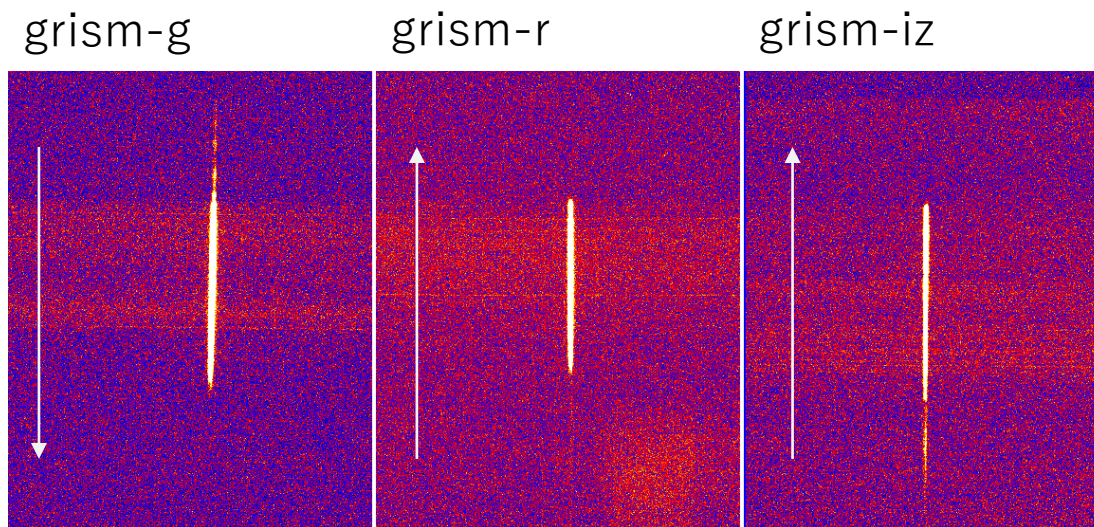
分光モード概略

- 23Bから京大時間のみで分光モードをテスト公開
→ 共同利用では24B以降
- 撮像モードから分光モードへ切り替え、スリットへ導入、露光開始まで約10分程度
- コンパリソンプなどのキャリブレーションデータはSMOKAで即時公開

項目	値
観測モード	シングルスリット (開発中) イメージスライサ → 松林氏講演
波長分解能	~700 Å
スリット	1.0"
波長範囲	CMOS 0 + grism_g 4000 Å ~ 5500 Å
	CMOS 1 + grism_r 5500 Å ~ 7000 Å
	CMOS 2 + grism_iz 7000 Å ~ 10500 Å
積分時間	98fps (0.01014sec) ~
限界等級	18mag (10分、10 σ ; 予想値)
コンパリソンプ	Ne, Hg, Xe
スリットビューアー	10秒で約18mag

分光性能

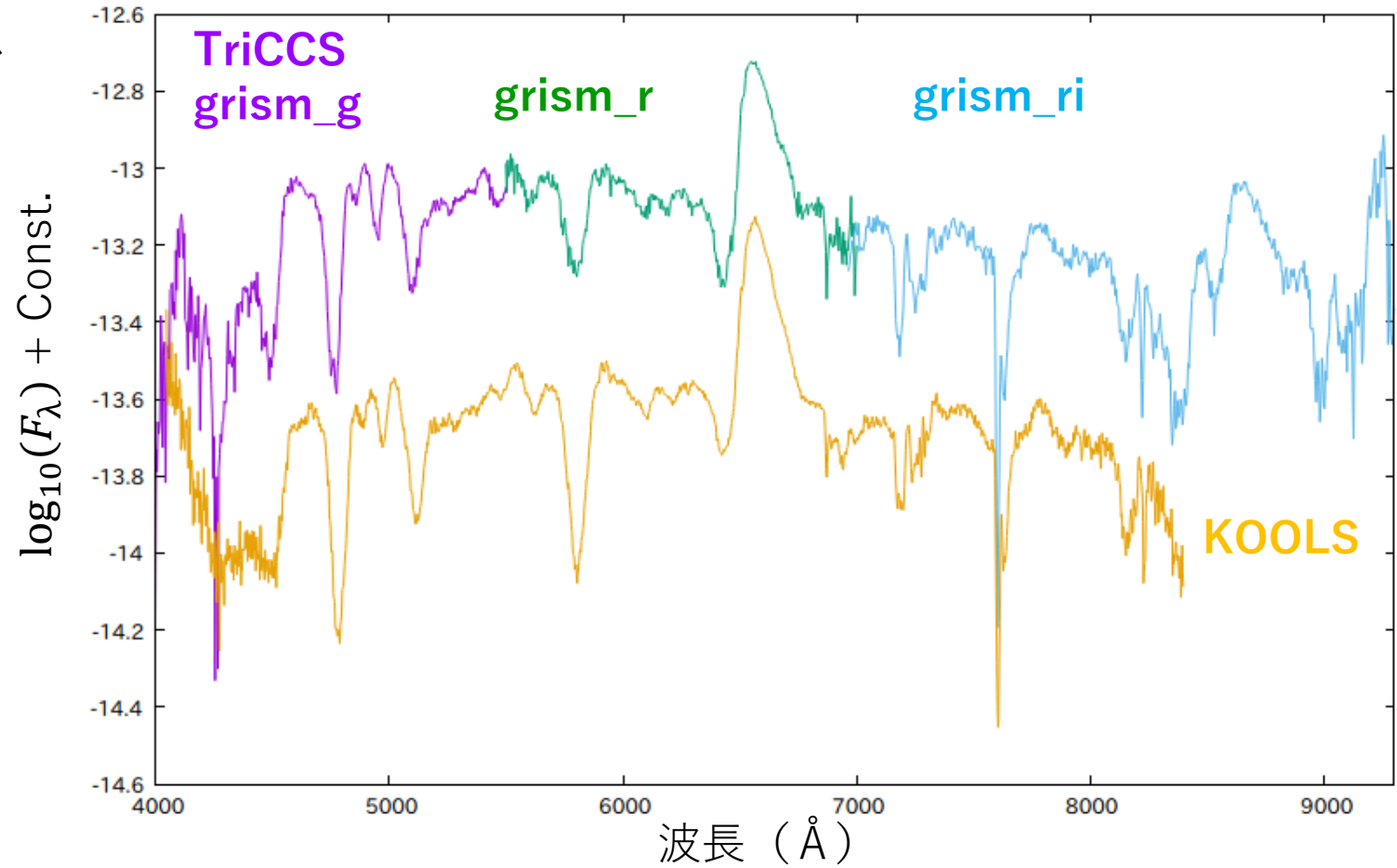
- 天体：BD+33d2642
- V等級：10.81 mag
- 積分時間：20秒
- Gain：x4



- 装置内のリミットスイッチによる迷光対策を、
2023年7月に実施
→ grism-izバンドで影響が大きかったが、解消された

分光性能

- TriCCS (120sec*3frame, gain×4) と KOOLSの比較 (60sec*6frame) の比較
※データを取得した日が異なるため、多少の変化があることに注意
- 点源に関して、KOOLS同等の性能が出ることを確認
(詳細な解析は今後の課題)



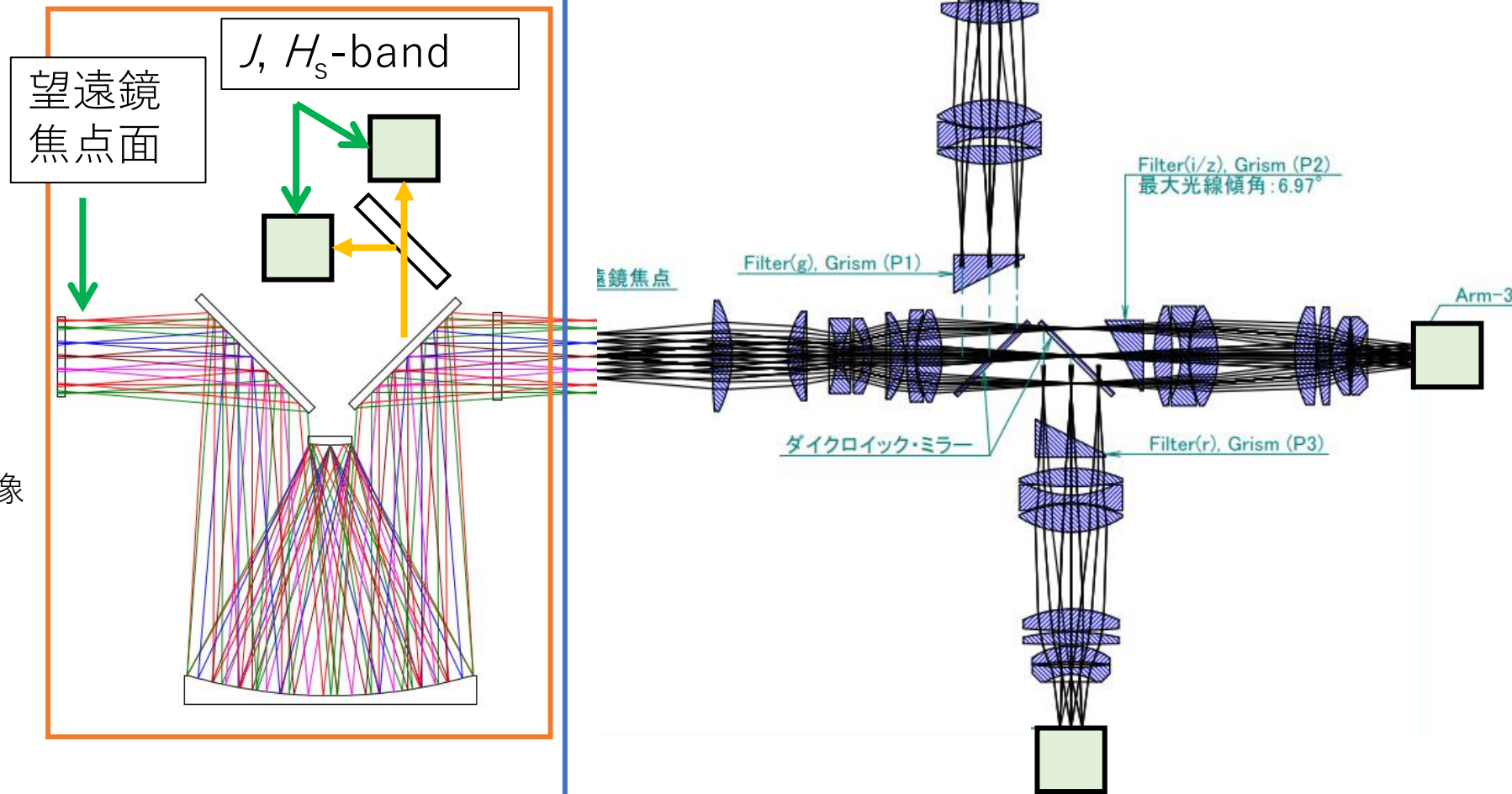
近赤外偏光撮像装置との接続

- これまで2022年12月、2023年6月に実施
- 一週間ほど装置公開停止
- 次回は2023年11月末予定

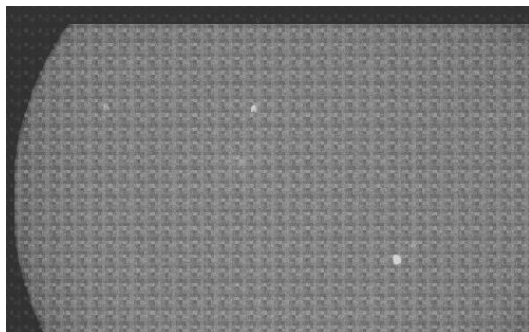
近赤外偏光撮像装置



TriCCS



赤外装置と同架試験中のTriCCS画像

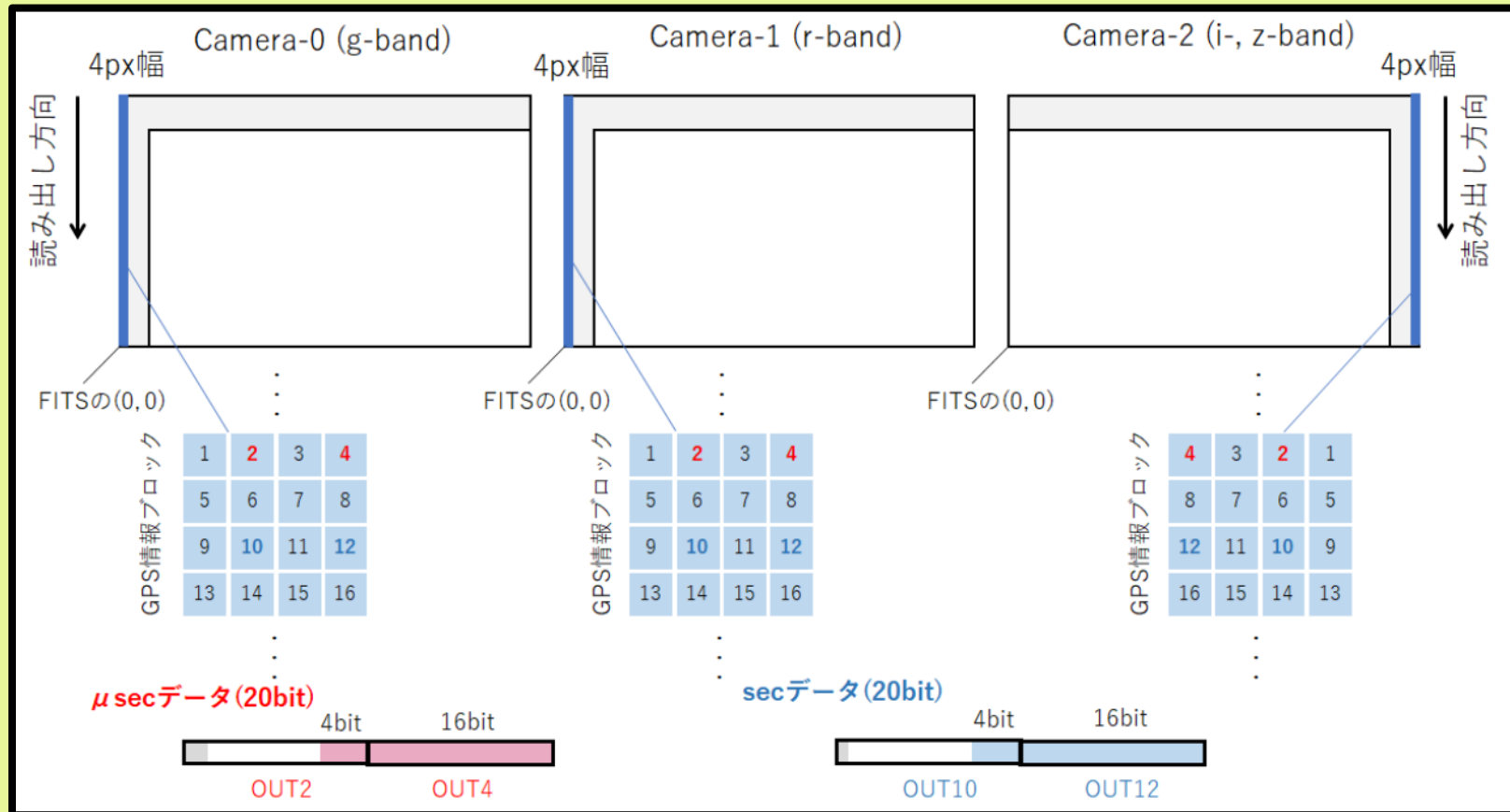


今後

- ソフトウェアの改修
 - 特にガイドカメラの動作安定性の向上
- ガイドカメラでの画像を保存
 - 望遠鏡のガイドに用いたり、解析の時の参考画像になる
- 暗い天体についての、スリット導入、解析について
- 23Bから京大時間のみで試験的に分光モードが使用可
 - 使用する際はTriCCS開発グループに要相談
 - 共同利用で公開は早くて24B
- TriCCSのホームページは、分光モードについての情報を更新
- 近赤外装置との接続テストが進んでいる
 - この期間について、基本的にはTriCCSは非公開
 - ヘッダーの整備

TriCCS の GPS 時刻 (ホームページでも公開予定)

- **4 × 4 画素からなるブロックごと**に、読み出し時刻のタイムスタンプが GPS から与えられ、ピクセルに出力される。
 - 下図の **2, 4** が μsec 、**10, 12** が sec 、**5** が week (1980 年 1 月 6 日からの経過週)、**7** が leap sec データ (閏秒) の情報を持つピクセル。



- BSCALE = 0.25 のため、GPS 画素の**カウントは 4 倍する必要**がある。

GPS 画素から時刻の読み取る方法 (公開予定)

- μ sec データ: 左図 2 と 4 を連結した計 20 bit。0 – 999999。
- Sec データ: 左図 10 と 12 を連結した計 20 bit。
 - 23A 以前: GPS レシーバとの間の delay により 0.524 ± 0.005 s の遅れがあった
→ そのため、 μ sec データが約 524000 以下の場合、1 秒遅れた時刻が書き込まれていた。
→ FITS ヘッダーの GEXP-STR (“GPS time at exposure start”) には、この遅れを補正した時刻が書き込まれていた。
 - 23B: ファームウェアの改修により、GPS 画素中の 1 秒のずれはなくなった。
 - しかし、この改修に対応した FITS header 作成ソフトウェアの更新を行っていないために、9 月 3 日までのデータの GEXP-STR は誤っている (次ページ)。
- Week データ: 左図 5 の末尾 12 bit。
- Leap sec データ (閏秒): 左図 7 の末尾 8 bit。2017 年から今までは 18 秒。
- Python の場合、以下で GPS 時刻に相当する datetime を取得可能:
 - `datetime(1980, 1, 6) + timedelta(days=week*7, seconds=sec-leap, microseconds=usec)`

原点

Week
データ

Sec
データ

Leap sec
データ

μ sec
データ

直近 / 今後の FITS header 改修

• 23B 初期 (23B 開始 ~ 9/3) の FITS header の露出開始時刻の誤り問題

- FITS header 内の GEXP-STR (“GPS time at exposure start”) が、露出開始時間と異なる時刻になっていた (現在は対応済)。
 - 基本的には、前ページの手順で GPS 時刻を読み出すか、あるいは
 1. GEXP-STR の小数部分が .5242 未満の場合は 1 秒だけ過去の時刻にする。
 2. その後、single frame あたりの露出時間 (EXPTIME1) だけ過去の時刻にする。を行うと、正しくなるはず。
 - **近日中に、上記期間の観測者には村田らより連絡**予定 (それ以前に知りたい方は田口まで)。
- この他、sec データや week データが受信できていない場合も稀にある (未解決)。

• その他、直近 (2023 年 5 月以降) に行ったこと:

- 分光モード (開発中) で Hg, Ne, Xe, FLAT を取得した時、calibration だと見なす。
- cont380 が立ち上がっていない時もデータ (特に DARK) を取れるようにバグ取り。
- 露出終了直後に観測ログ (obslog.py) に FITS の情報を追加する。

• 今後行うこと

- 近赤外線偏光撮像装置と連結した時に、関係するキーワードを追加予定。
- 各 FITS キーワードのコメントも、分かりやすく・正確に改修予定。
- **「この情報を入れて欲しい」という要望があればお申し付け下さい!**