

TAO可視高速観測装置の概念設計

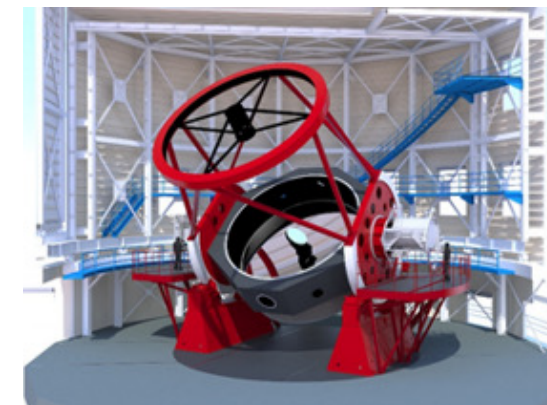
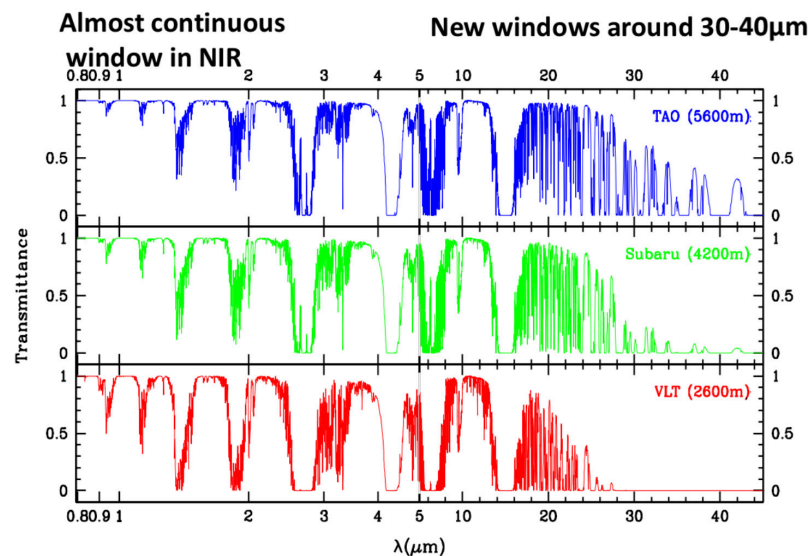
東京大学 倉島 啓斗 (B4)

酒向 重行, 瀧田 怜, 紅山 仁, 津々木 里咲, 和田 空大 (東京大学)

2022/12/22 可視赤外線観測装置技術ワークショップ2022@京都

TAOとは

- 東京大学アタカマ天文台
 - The University of Tokyo Atacama Observatory
- チリ アタカマ高地に東京大学が建設中
- 標高5,640m
- 口径6.5m
- 大気透過率が良い

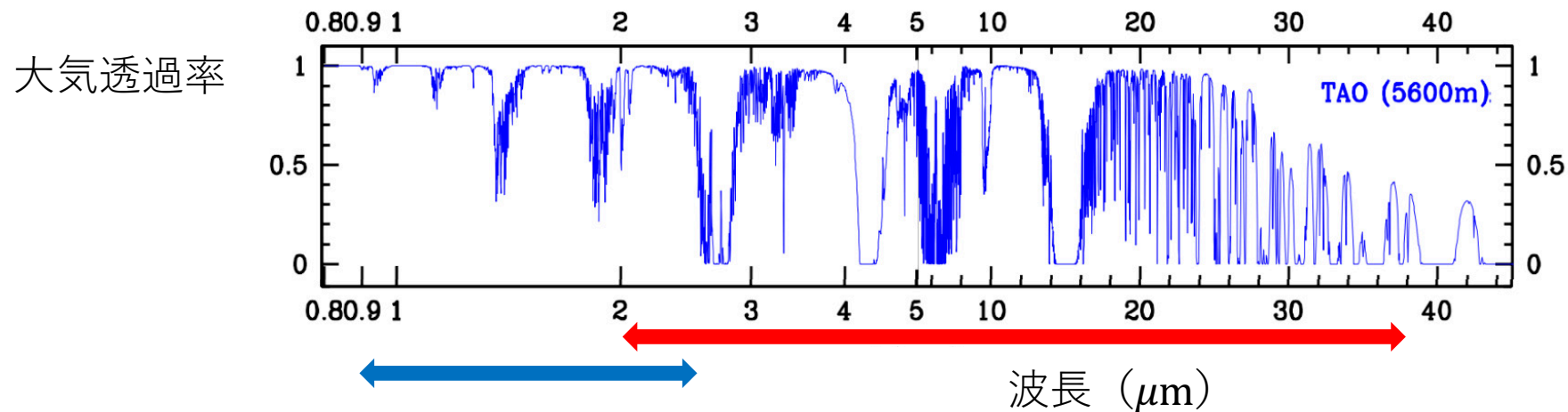


東京大学

TAO 6.5m 望遠鏡パラメータ

パラメータ	値	備考
望遠鏡タイプ	Ritchey-Chretien	
最終F値	12.2	すばる望遠鏡と同じ
主鏡タイプ	ハニカム軽量ミラー	E6 ポロシリケート
主鏡サイズ	6,512mm	
主鏡 F値	1.25	
観測焦点	2ナスミス+2ベントカセ	第三鏡回転によって切替

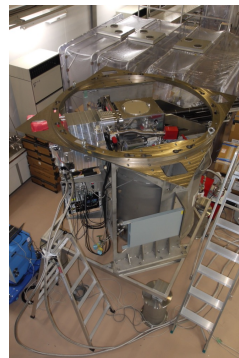
TAO第一期観測装置



可視領域

SWIMS

- 近赤外線装置
- 0.9 - 2.5 μm



東京大学

MIMIZUKU

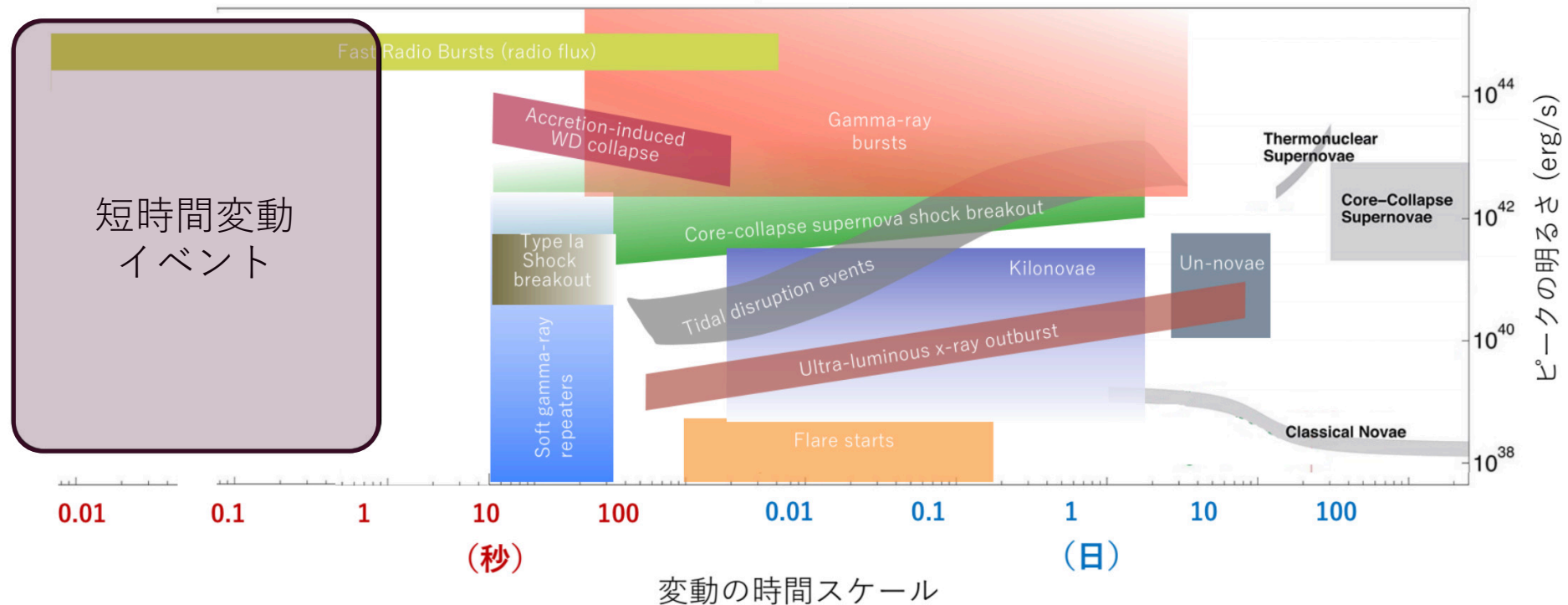
- 中間赤外線装置
- 2 - 38 μm



東京大学

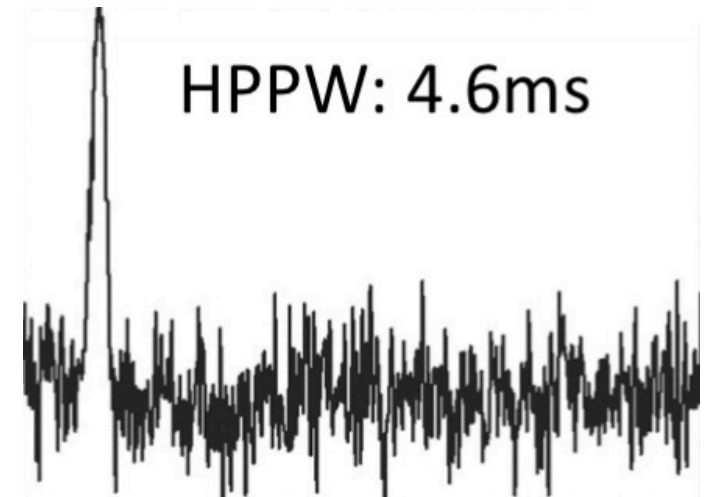
大口径による高速観測

- 大口径+高感度高速センサーが必要



高速電波バースト（FRB）とは

- 数ミリ秒（1-10 msec）の短い時間スケールで電波で輝く
- マグネターやGRBと同様の起源をもつ可能性が議論されているが、確かな証拠は観測されていない
- FRBの可視光カウンターパートは検出されていない
- 電波と同時に高速観測することで、FRBの可視光カウンターパートの検出を目指す
 - Tomo-e GozenとTriCCSを用いて実施中（新納ら）
- さらに可視領域で分光/偏光観測を行い、FRBの解明を目指す
 - マグネターやGRBは強く偏光する



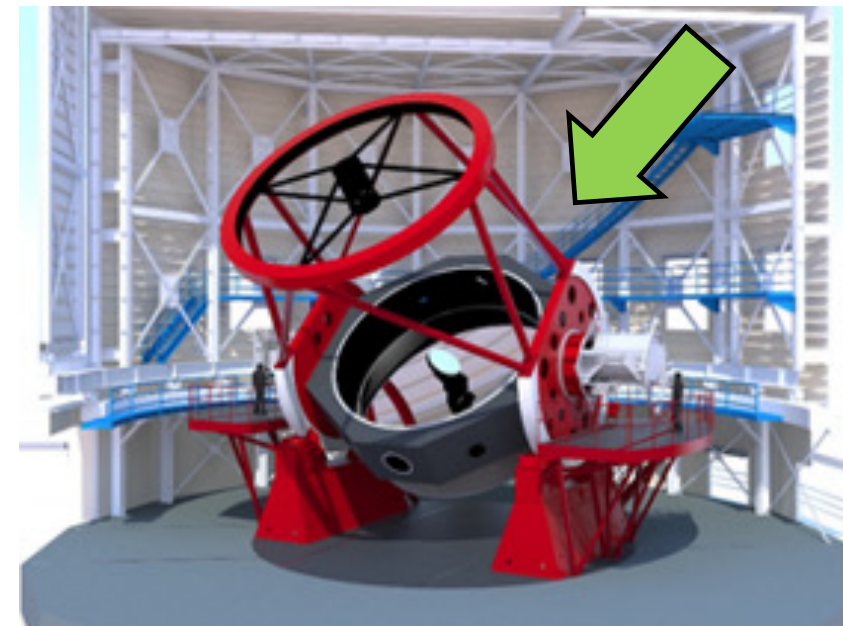
Lorimer et al. 2007 抜粋

装置キーワード

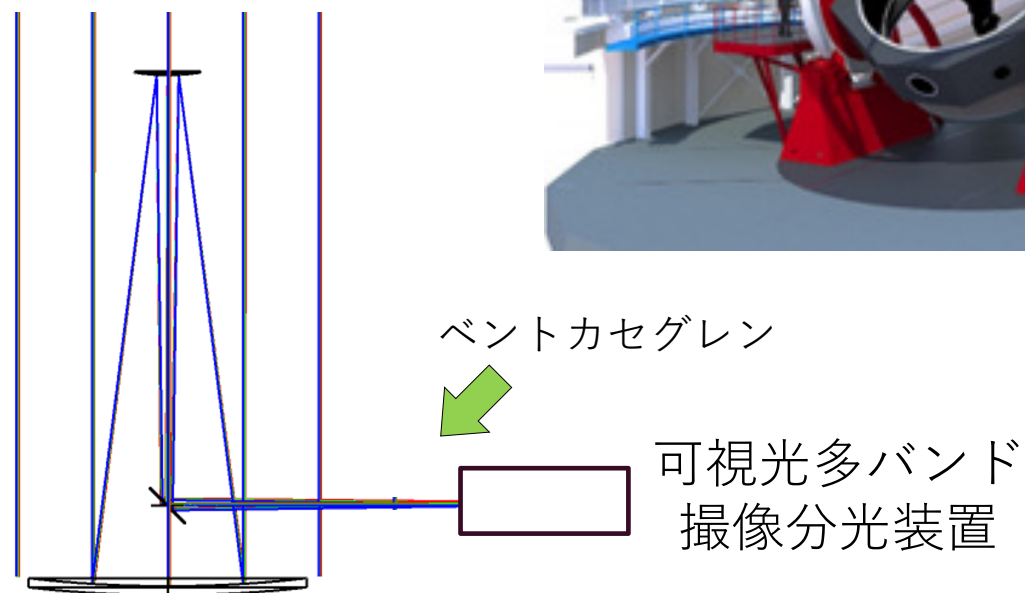
- **キーワード1：可視**
 - 突発天体、特にFRBの可視光カウンターパートの検出を目指す
- **キーワード2：大口径 + 高速観測**
 - TAO 6.5m望遠鏡の大口径と高速撮像が可能なCMOSセンサーを組み合わせる高速観測をする
- **キーワード3：同時偏光観測**
 - 突発天体、特にFRBの偏光を同時に観測することで、FRBの起源に迫る

TAO可視光観測装置の提案

- 可視光多バンド撮像分光装置を酒向グループで検討中（TAO計画に提案予定）
 - 広視野
 - CMOS（高速観測可能）
 - 低分散分光/偏光
 - せいめい望遠鏡TriCCSと同様
 - TAOベントカセグレン用を想定

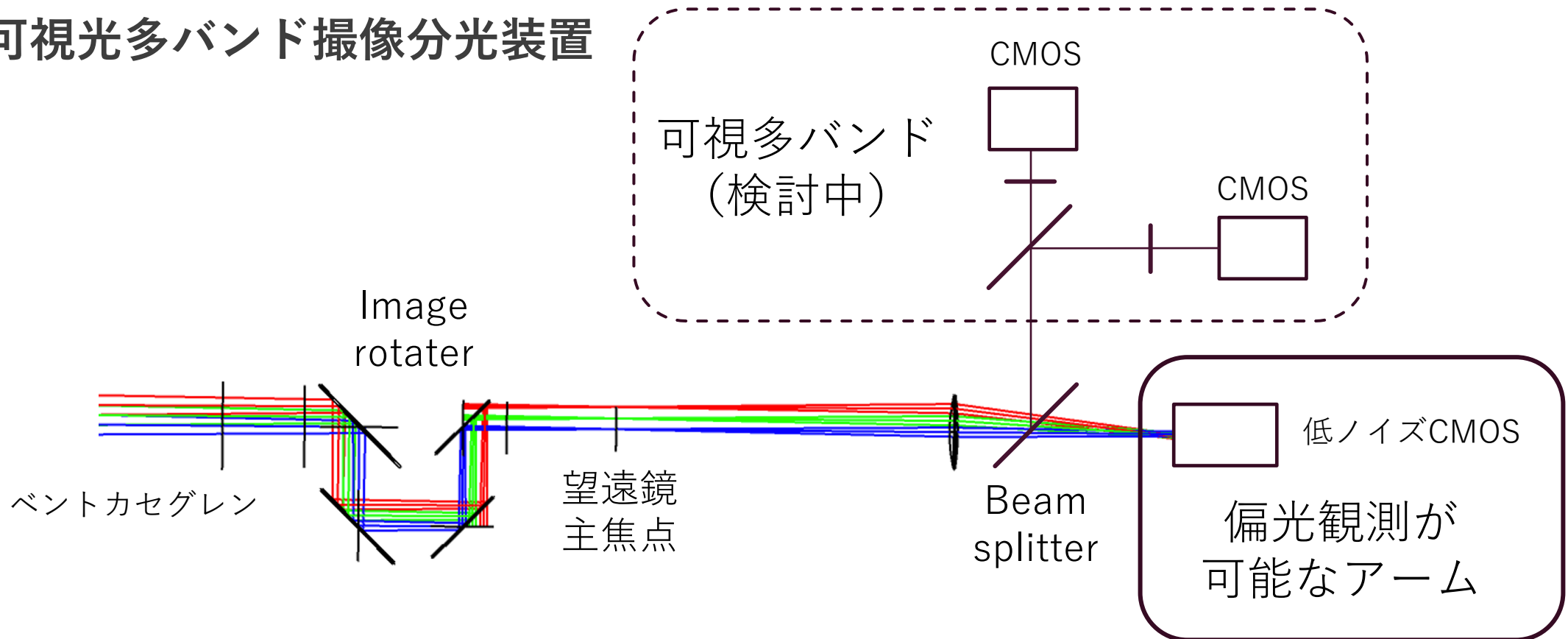


東京大学



装置概観

■ 可視光多バンド撮像分光装置

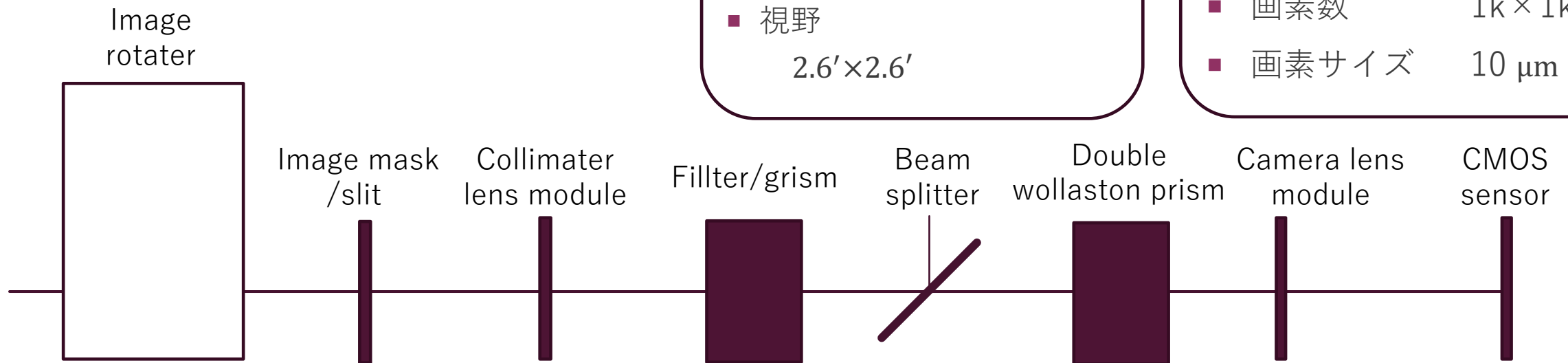


高速偏光アーム

- 直進レンズ光学系
 - CMOSセンサーによる高速観測
 - 1露光で偏光観測が可能な光学系

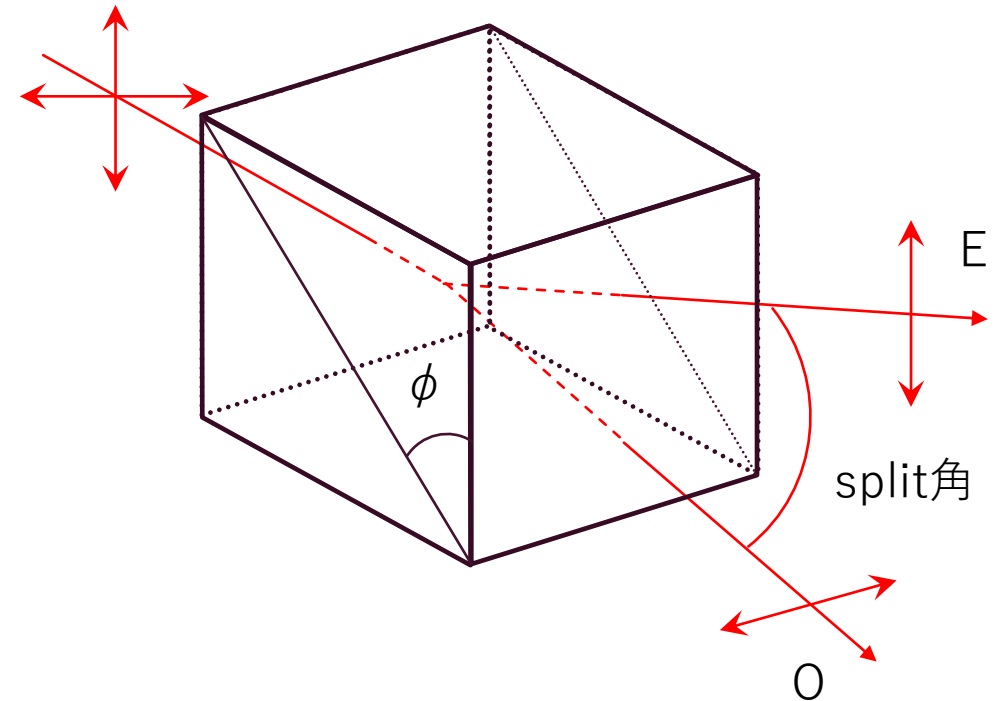
- カメラレンズ焦点距離
70 mm
- プレートスケール
 1.6×10^{-2} arcsec/ μ m
- 視野
2.6' \times 2.6'

- **低ノイズCMOSセンサー**
を搭載予定
- 1kfpsで撮像可能
- 画素数 1k \times 1k
- 画素サイズ 10 μ m



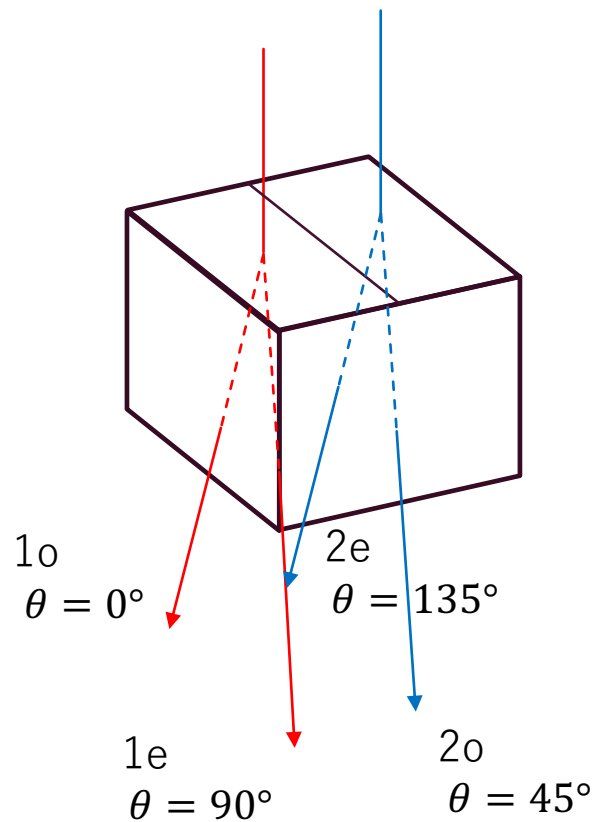
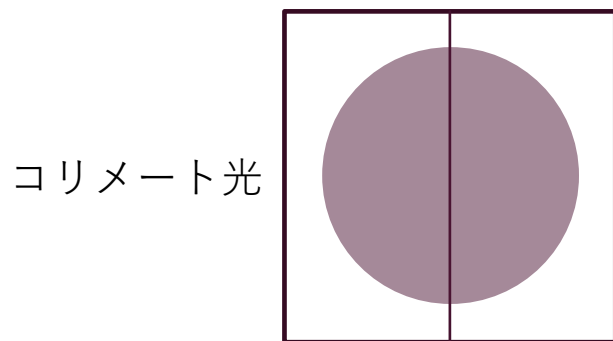
ウォーラストンプリズム

- 複屈折結晶を組み合わせた光学素子
 - 組み合わせる2つの結晶の屈折率によって光の屈折角が変わる
- 入射した光をお互いに直交した2つの直線偏光状態のbeamにsplitする

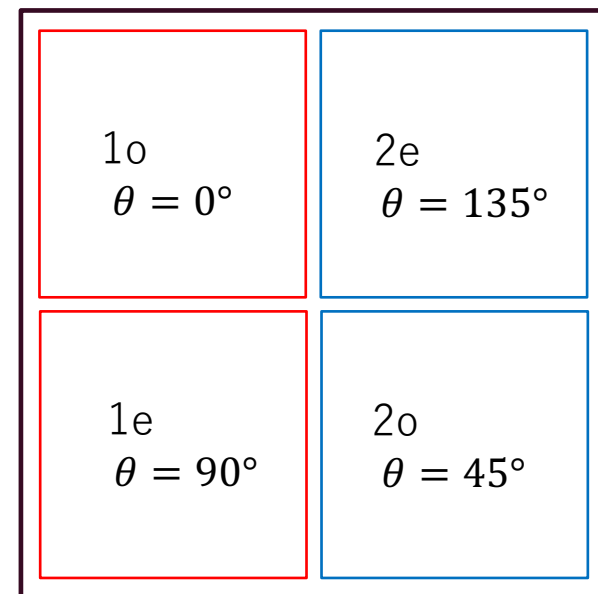


ダブルウォーラストンプリズム

- 同時に4つの偏光を観測可能
- FRBなどタイムスケールが短いイベントに対しても偏光観測可能
 - 広島大 Howpolで採用されている
- 光量は半分に減少してしまう



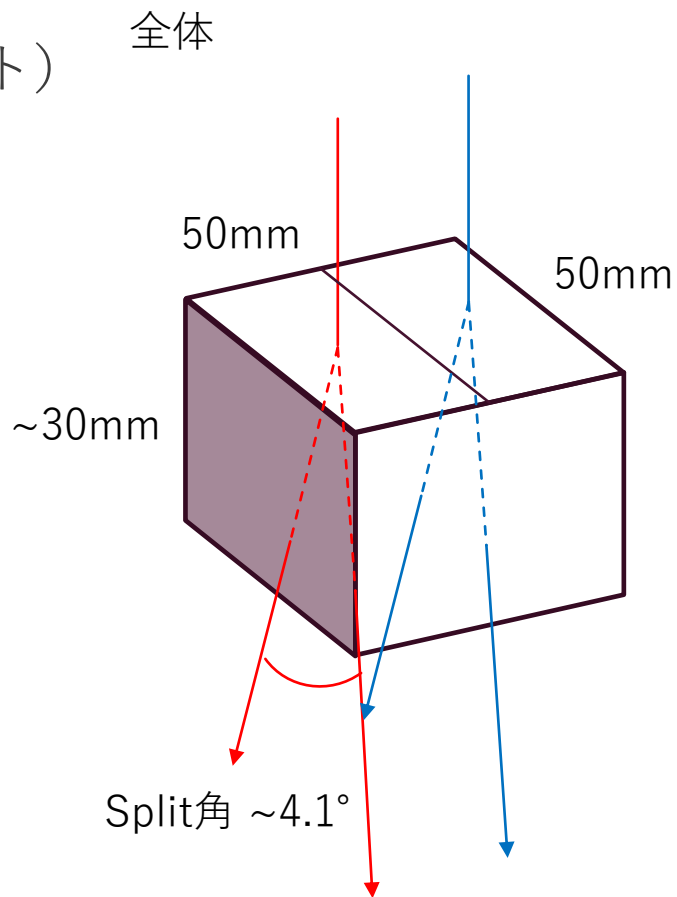
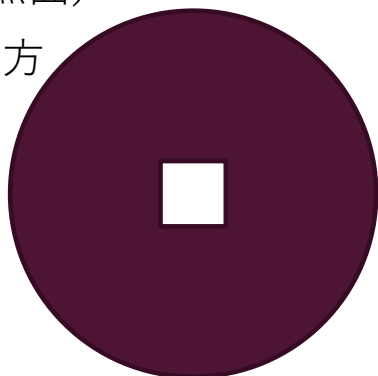
CMOSセンサー



ダブルウォーラストンプリズムの設計

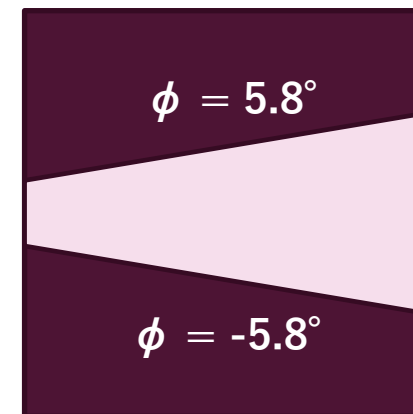
- 材質 CaCO_3 (カルサイト)
- 屈折率 at 509 nm
 - $n_o = 1.6654$
 - $n_e = 1.4898$

マスクサイズ
(望遠鏡主焦点面)
~30 mm四方



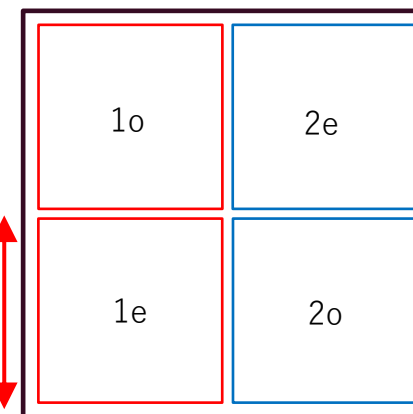
プリズム断面

~30mm



CMOSセンサー
1k×1k
10mm×10mm

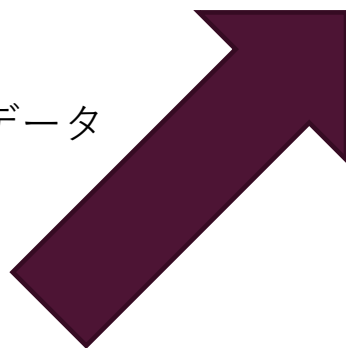
split
~5mm



本装置で得られる偏光動画データ

- 短時間イベントに対して同時偏光観測可能
- 高速撮像で時間変動を捉える

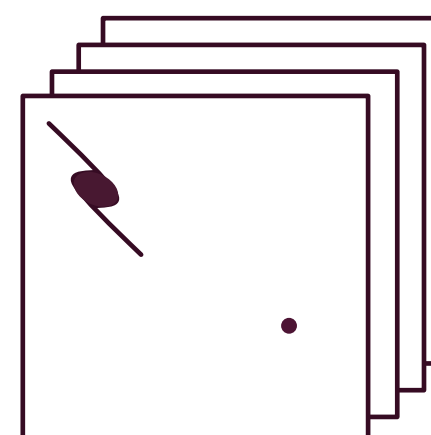
時系列データ



1o
 $\theta = 0^\circ$



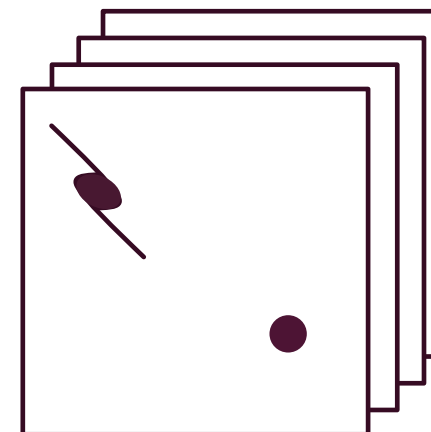
2e
 $\theta = 135^\circ$



1e
 $\theta = 90^\circ$



2o
 $\theta = 45^\circ$



今後の予定

- 光学系の最適化
- 感度の評価
- 他バンドアームの検討
- センサーの評価

まとめ

- TAOベントカセグレン用の可視高速観測装置を検討中
- 電波と同時に高速観測し、FRBの可視光カウンターパートの検出を目指す
- 可視領域で分光/偏光観測を行い、放射メカニズムの解明に迫る
- 低ノイズCMOSセンサーとダブルウォーラストンプリズムを用いることで、突発現象に対して1露光で偏光情報を獲得できる装置の設計を進めている