

ステータスレポート (2024 年後期)

ハワイ観測所岡山分室

・せいめい望遠鏡

せいめい望遠鏡による 2024 年後期の共同利用観測を 2024 年 7 月から 12 月に行います。今期もリスクシェアでの公開となるため、状況次第では割当がキャンセルになる可能性があること、割当時期に偏りが生じる可能性があることをあらかじめご了承下さい。今期の募集開始時点での望遠鏡と観測装置のステータスは以下に記載の通りです。今期の公募から TriCCS の分光モードが新規に公開されます。最新の情報はせいめい望遠鏡の共同利用 Web ページ(<http://seimei.nao.ac.jp/openuse/>) をご参照下さい。

光学系：口径 3.78m(内周 6 枚、外周 12 枚、計 18 枚の分割鏡)、ナスミス焦点、焦点距離 22.69m(F 比 6.0)、1 mmあたり 9.09 秒角。おおむねシーイング限界 (FWHM 1-2 秒角) の点源分布関数 (psf) を達成可能。観測開始時にシャックハルトマンカメラで観測天体と同程度の高度にある 4 等級よりも明るい天体を用いた分割鏡合わせ込みの調整を行うことが必要です。また、観測中にも最後に分割鏡合わせ込みの調整を行ったときの望遠鏡の高度から 10 度以上高度の違う天体を観測する場合や、ドーム内の気温が 1°C 以上変化した場合などには観測開始時と同様に分割鏡の再調整が必要になることがあります。シャックハルトマンカメラを用いた分割鏡の調整には天体の導入や装置の切り替え等に 5 分程度の時間がかかります。※今期の観測計画の立案においては、点源の場合の像直径 (FWHM) を岡山における典型的なシーイングサイズに相当する 2 秒角 (観測時の天体の高度 30 度以上の場合)、天体から別な天体への望遠鏡指向の切り替え時間、各観測装置の切り替え時間、および観測中のシャックハルトマンカメラを用いた分割鏡の調整時間をそれぞれ 5 分として必要な観測時間を見積もって下さい。科学目的を達成するために必要な S/N を得るまでの積分時間などは各装置の Web ページの Exposure Time Calculator を利用して見積もることができます。点源の場合の像直径 (FWHM) は観測当日の条件などにより実際と異なる可能性があります。今期の観測計画立案においては一律に上記の数値を使用して下さい。

駆動系：経緯台式。観測可能範囲は高度 20° - 89° です。

・指向精度：RMS 5 秒角程度。

KOOLS-IFU を使用する場合：現状の指向誤差は KOOLS-IFU の視野よりも大きいため、焦点面に設置された視野確認用カメラ (視野 1 分角程度、限界等級は 17 等程度)、またはオフセットガイダー (視野直径 3 分角程度、暗夜の場合は 2 秒積分で 16 等星を S/N=50 程度で撮像可能) を用いて、観測天体付近の天体で指向誤差を補正後、天体光の積分を開始してください。オフセットガイダーの視野は焦点面上で望遠鏡視野中心から半径方向に 20-24.5 分角、円周方向に ±4.5 分角の範囲で動かすことが可能です。天体光の積分中にも使用可能ですが、KOOLS-IFU のファイバーバンドル入射部周辺を確認することはできません。視野確認用カメラでは KOOLS-IFU のファイバーバンドル入射部の視野を確認できますが、KOOLS-IFU との同時使用はできないため、ファイバーバンドル入射部周辺を天体光の積分中に確認することはできません (視野確認用カメラと KOOLS-IFU のファイバーバンドル入射部の切り替えには 10 秒程度の時間がかかります)。

TriCCS を使用する場合：撮像およびスリットレス分光においては、現状の指向誤差に比べ TriCCS の視野が十分広いため目的天体は視野のほぼ中央付近に捉えられます。スリット分光の場合はスリットビューワーが使用可能です。スリットビューワーの視野 (4 分角 × 2.8 分角) は現状の指向誤差よりも十分広いため、目的天体や指向誤差補正用の天体はスリットビューワー視野内に捉えられます。

GAOES-RV を使用する場合：GAOES-RV のガイドカメラ視野 (視野 50 秒角程度) は現状の指向誤差よりも十分広いため目的天体はガイドカメラ視野内で捉えられます。

・追尾精度：KOOLS-IFU と TriCCS を使用する場合はオフセットガイダーを用いて天体光の積分中の追尾誤差の補正を行うことが可能です。オフセットガイダーを使用しない場合、10 分間で最大 3 秒角程度の追尾誤差が見込まれます。GAOES-RV を使用する場合は装置固有のガイドカメラによってピンホール上に乗せた目標天体の漏れ光を使用してガイドをおこないます。

KOOLS-IFU を使用する場合：オフセットガイダーの視野と KOOLS-IFU の視野中心の相対位置は望遠鏡の指向方向やローテータ角度によって最大で 4 秒角程度ずれることが判明しています。同一天体を長時間観測する場合は 1 時間に 1 回程度の頻度で対象天体の位置を視野確認カメラ等で確認してください。観測天体が点源とみなせる十分明るい (VPH-blue・5 分積分の場合、14-15 等級よりも明るい) 天体の場合は、KOOLS-IFU のファイバーバンドル入射部の 2 次元画像を用いた追尾誤差補正機能も引き続き利用可能ですが、天体光の積分中の追尾誤差補正を行うものではないことに注意して下さい。

TriCCSを使用する場合：撮像モードでは1回の露出時間として30秒以下が推奨されているため、露出時間中のオフセットガイドを用いた追尾誤差補正は不要と考えられます。分光モードや長時間にわたる観測中に検出器上の天体の位置を固定する必要がある場合などにおいては、必要に応じてオフセットガイドを使用してください。ただし、観測中の望遠鏡の指向方向やローテータ角度等の変化に伴い、オフセットガイドの視野とTriCCSの視野の相対位置が数秒角程度変化する可能性があります。分光モードでのスリットビューワーを使用した自動追尾誤差補正機能はまだ実装されていません。

GAOES-RVを使用する場合：同装置のガイドカメラの限界等級は5秒積分で13等程度です。これは装置の限界等級とほぼ同じなので、ほぼすべての天体でこのガイドカメラでの追尾が可能です。GAOES-RVでは装置ローテータのオフセット角度を固定して使用しますので、追尾中は望遠鏡の位置によって像回転が発生しますが点源の観測には影響ありません。

観測装置ローテータ

- ・視野（像）回転補償機能が、青ナスミス台上のイメージローテータ利用から、赤ナスミス台上の観測装置ローテータ利用に移行しています。

オフセットガイド

- ・視野：直径約3分角程度
- ・pixel scale：0.28秒角 / pixel (4x4 binning 後)
- ・限界等級：16等星 (2秒積分、S/N=50の場合) ※2秒以下の露出時間では追尾誤差補正が正常に動作しません。
- ・視野の可動範囲：望遠鏡視野中心から半径方向に20-24.5分角、円周方向に±4.5分角の範囲で動かすことが可能。
- ・観測装置の視野に対するオフセットガイド視野の移動は平行移動のみで回転は不可。
- ・ローテータを回すことで視野中心から見たオフセットガイド視野中心の方位角を変更可能。
- ・GAOES-RVでは装置固有のガイドカメラを使用するためオフセットガイドは使用しません。

観測装置：今期利用可能な観測装置としてKOOLS-IFU、TriCCS撮像モード、GAOES-RVに加え、TriCCS分光モードが新規に公開されます。研究課題の科学目的の達成に必要な場合は複数の観測装置を使用する観測提案も可能です。同一夜内にそれらを切り替えて使用することもできますが、同時に受光することはできません。観測装置ローテータ上での各装置への切り替え自体は1分程度で済みますが、TriCCSの撮像モードの視野に比べてKOOLS-IFUの視野やGAOES-RVのファイバー入射口、TriCCS分光モードのスリット幅は非常に小さいため、TriCCSの撮像モードから分光モードへの切り替えや、KOOLS-IFUまたはGAOES-RVへ観測装置を切り替え後、観測天体を導入して天体光の積分を開始できるようになるまで数分の時間を要します。各装置を切り替えて観測する場合 (TriCCSの撮像・分光モードの切り替えも含む) は、それぞれの装置への切り替え時間を5分として必要な観測時間を見積もって下さい。なお、今期は持ち込み装置による観測提案は受け付けません。

観測モード：今期は「クラシカルモード」と「To0モード」のみを受け付けます。研究課題の科学目的達成に必要な場合は両方の観測モードを使った観測提案も受け付けます。GAOES-RVをTo0観測で使用する場合は冷凍機の起動状況によって発動までの時間に影響が出ます。詳しくは実施要項をご参照下さい。せいめい望遠鏡の共同利用観測では、タイムドメイン天文学を推進する方針に基づき、柔軟な観測割当が可能な「キューモード」を主たる観測モードと位置付けていますが、キューモードおよびそれを可能にする自動観測システムはいずれもまだ共同利用観測に提供できる状態には無いため、今期は実施しません。なお、KOOLS-IFUとTriCCSについては、クラシカルモードとTo0モードにおいて、観測者自身の用意した観測スクリプトを用いた半自動観測および、キューシステムに観測者自身の用意した観測コマンドを手動登録する方式での半自動観測が可能です。観測スクリプトおよびキューシステム登録用の観測コマンドは専用のWebフォームから生成可能です。本機能の利用についてご不明な点は前原 (hiroyuki.maehara@nao.ac.jp) までご相談ください。

・KOOLS-IFU

ファイバー型可視光面分光装置です。観測モードは面分光のみです。

視野：110本のファイバーからなる二次元ファイバーアレイの前にマイクロレンズアレイが取り付けられたファイバーバンドルにより、8.4秒角×8.0秒角の視野を有しています。各ファイバー+マイクロレンズの形状と視野は対角0.93秒角の正六角形、ファイバーピッチは0.84秒角です。ファイバー配列は正六角形による平面充填です。

波長範囲・波長分解能：波長範囲と波長分解能が異なる4種類のグリズムがあり、観測可能な波長範囲は約4000-10200 Å、波長分解能は約500-2000です。使用するグリズムを観測申込書第17項(17. Requests Concerning Instruments)に明記してください。

較正用光源：波長較正用にHg、Ne、Xeランプ、フラット用光源として白熱灯 + 白色LED + 複数の単色LEDを用意しています。

その他の注意点：

- (a) ファイバーから見たオフセットガイダーの視野の方向のなす角は固定で自由に選ぶことはできません。
- (b) 岡山天文台での典型的なシーイング下ではKOOLS-IFUの視野内に完全な背景光とみなされる領域はありません。精密なフラックスを要求する観測や背景光よりも暗い天体を観測する場合には天体近くでスクイフレームの取得を推奨します。
- (c) グリズム切り替え前後で結像性能が変化する場合があるので、複数のグリズムを使った観測においては、グリズム切り替え前に標準星を撮ることを推奨します。
- (d) ファイバーにかかる力が変わること、各ファイバーのスループットが1%程度変化することがあります。また、装置ローテータの角度により、ファイバーの平均スループットが1%程度変化することがあります。

装置の基本仕様については次をご覧ください：

<http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/p-kools/performance/>

KOOLS-IFUに関してご不明な点は kools-ifu@googlegroups.com までご相談下さい。

※観測時間やS/Nの見積もりには、次のETCによる計算結果を用いてください。

http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/p-kools/KOOLS-IFU_exp_time_calculator.html

• **TriCCS**

せいめい望遠鏡の可視光3バンド同時撮像装置で、3台の高速撮像が可能なCMOSカメラによるg, r, iないしg, r, zバンドの同時撮像・シングルスリット分光が可能です。今期は98フレーム/秒(fps)までのフレームレートの観測が利用可能ですが、状況次第では割当がキャンセルになる可能性や次項の「その他の注意点」に記載されている不具合等により性能が制限される可能性のあるリスクシェアでの公開となります。

※10 fps以上のフレームレートでの観測を提案する場合は、観測提案申し込み締切の14日以上前までにTriCCSチーム(連絡先: tricc-contact@googlegroups.com)に、観測提案の概要、フレームレート、総データの容量、絶対時刻精度等を相談し、観測の実現可能性について評価やアドバイス等を受けた上で観測提案書を作成してください。また、観測提案書にはTriCCSチームからの観測の実現可能性についての評価・コメント等の概要を必ず記載して下さい。10 fpsで一晩観測した場合のデータ量は最大でおおよそ10TBになるため、TriCCS用計算機からの観測データの転送に時間がかかります。10 fps未満のフレームレートでの観測であっても、観測が長期にわたる場合など総データ量が多くなると予想される場合はデータの持ち帰り方法などを事前にTriCCSチームと相談することを推奨します。

視野：

(撮像) 12.6分角 × 7.5分角 (画素数は2160 pixel × 1280 pixel、ピクセルスケールは0.35秒角/pixelです)。

(分光) 1秒 × 11分角のシングルスリット分光 (分散方向のピクセルスケールはgバンドが3.3Å/pixel、rバンドが3.2Å/pixel、zバンドが4.5Å/pixelです。スリット方向は装置ローテータの角度を変えることで任意の方向に変えることが可能です。デフォルトではスリット方向は天球面上の東西方向になります)

観測可能波長：

(撮像) Pan-STARRS g, r, i ないし g, r, z の組み合わせの 3 バンド同時撮像が可能です。ただし、各 3 バンドの積分時間は同一である必要があります (それぞれのバンドを独立に異なる積分時間で撮ることはできません)。i から z、ないし、z から i へのフィルター交換には 20 秒程度の時間がかかります。

(分光) 3 バンド同時分光が可能で、波長範囲は以下ようになります。撮像と同様に、各バンドでの積分時間は同一である必要があります。

CMOS 0 + grism_g : 4000~5500 Å

CMOS 1 + grism_r : 5500~7000 Å

CMOS 2 + grism_iz : 7000~10500 Å

波長分解能は約 700 です。

較正用光源 :

波長較正用に Hg、Ne、Xe ランプ、フラット用光源として白熱灯 + 白色 LED + 複数の単色 LED を用意しています。較正用光源は一度に CMOS 全面を照射できないため、ランプ照射位置を 3 箇所用意しています。スリット中央付近のみに天体を導入して観測場合は中心部 1 箇所のみで取得すれば観測に支障はありませんが、スリットの端の方に天体を導入して観測する場合や空間的に広がった天体を観測する場合は天体の位置に応じたランプ照射位置 (天体の位置や広がりによっては複数箇所) で較正用光源を取得してください。スリット方向全体にフラットな光源を照射したフラットフレームが必要な場合はトワイライトフラットを取得することを推奨します。

限界等級 :

(撮像) 暗夜で seeing² の条件で、1 秒積分でおおむね 18 等、300 秒積分でおおむね 22 等 (S/N~10)。暗夜の場合、CMOS の Gain=4 で 4 秒程度の積分で、Gain=8 で 1 秒程度の積分でスカイバックグラウンドノイズと読み出しノイズが同程度になります。Gain の値を大きく設定するほど読み出しノイズを小さくできますが、Saturation を起こしやすくなります (Saturation count は設定 Gain によって 16,383 ADU または 72,000 e- です)。Saturation を避けるため、および cosmic ray 等の影響を低減するため、長時間の積分が必要な観測では 10-30 秒程度の積分時間で多数撮像することを推奨します。

(分光) 360 秒積分でおおむね g~17.5 等、r~17.2 等、i~16.5 等 (S/N~10)。

天体導入 :

(分光) スリットに導入するためのガイドカメラ (スリットビューワー) を用いることが可能です。視野は 4 分角×2.8 分角、最長積分時間 30 秒で 18 等まで検出可能です。スリットビューワーの視野はスリット長よりも小さいため、一度に確認できるのはスリットの一部分のみであることに注意してください。スリットビューワーの視野はスリット方向に動かすことが可能です。

フレームレート : 今期の共同利用では 98 フレーム/秒 (fps) までのフレームレートの撮像が利用可能です。また、部分読み出しは今期は利用できません。連続撮像の場合は読み出し時間は約 0.4 ミリ秒で、積分時間の逆数がフレームレートとほぼ一致します。1 秒以下の積分時間で撮る必要のある明るい天体の場合も 1 枚ずつ撮像することで対応できますが、この場合は積分終了から次の積分開始までに 3 秒程度の時間がかかります。なお、TriCCS 制御計算機のストレージ容量等の要因で、今期の観測においてはフレームレートによっては 1 晩当たりの観測可能時間が制限される場合があります (例えば 98 fps のフレームレートで観測を行う場合、観測可能な時間は 1 晩当たり最長で 4 時間までで、この場合のデータ量は約 24 TB です。また、24 TB のデータを制御計算機からデータストレージへ転送するには少なくとも 12 時間程度かかります。連続した複数夜の観測を計画される場合はデータの転送にかかる時間にもご留意ください)。10 fps 以上の高いフレームレートでの観測を希望される場合は、申し込み前に必ず TriCCS チーム (連絡先: tricc-contact@googlegroups.com) にご相談ください。

その他の注意点 :

- 望遠鏡の向きや視野周辺の明るい天体がある場合などに迷光が入り込む可能性があります。
- フラットフィールドの非一様性により、測光精度や広がった天体の検出が制限される可能性があります。
- g, r, i (or z) の各カメラの視野の相対位置関係は、観測中の望遠鏡の指向方向やローテータ角度等の変化に伴い、数 pixel 程度変化することがあります。1 秒以下の積分時間での高速撮像観測など視野内に

星がほとんど写らない場合は、必要に応じて観測の前後や合間に長め（10-30 秒程度）の積分で視野確認用の画像を取得しておくことを推奨します。

(d)分光モードの grism-r において、迷光が見られる箇所があります。天体導入時には避けて導入してください。

(e)比較光源、フラットは CMOS 全面を照射できないため、ランプ照射位置を3箇所用意しています。天体の位置に応じたランプ照射位置（天体の位置や広がりによっては複数個所で）で較正用光源を取得してください。スリット方向全体にフラットな光源を照射したフラットフレームが必要な場合はトワイライトフラットを取得することを推奨します。

(f)スリットビューを使った自動追尾誤差補正は今期はまだ実装されていないため使えません。追尾誤差補正にはオフセットガイダーを用いて下さい。

(g)スリットビューの視野はスリット全体をカバーしていないため、広がった天体を分光する場合や2天体を同時にスリットにのせて分光する場合など、スリット全体を確認したい場合は、スリットビューの視野を動かして複数カ所で確認する必要があります。

装置の基本仕様などについては次をご覧ください：

<http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/triccs/>

TriCCS に関してご不明な点は triccs-contact@googlegroups.com までご相談下さい。

※観測時間や S/N の見積もりには、次の ETC による計算結果を用いてください。ただし、撮像モードにおいて 23 等より暗い天体について、Exposure Time Calculator による見積り通りの S/N が得られるかどうかは十分検証されていません。

(撮像) http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/triccs/TriCCS_exp_time_calculator_img.html

(分光) http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/triccs/TriCCS_exp_time_calculator_spec.html

• GAOES-RV

県立ぐんま天文台で使用されていた高分散分光器 GAOES に視線速度精密測定機能を付加してせいめい望遠鏡に搭載した装置です。観測波長域は 516-593 nm 固定で、波長分解能は約 65,000 となります。

I₂セルを用いた視線速度精密測定が可能ですが、一般的な高分散分光器としての使用も可能です。

※2024 年後期は PI 装置としての公開になります。必ず事前に装置 PI (東京工業大学 佐藤文衛 satobn@eps.sci.titech.ac.jp) に連絡をとり、観測提案に共同研究者として含めるようにしてください。

視野：ファイバー入射口：φ2.4 秒角。ガイドカメラ：φ50 秒角。

観測可能波長：516-593 nm 固定。ごく一部の波長域（575-579 nm 付近）でバッドピクセルの影響が出ます。

波長分解能：約 65,000。I₂セルを用いた視線速度測定精度は約 3m 毎秒程度まで確認しています（2023 年 3 月現在）が目標天体の S/N 比に依存します。

限界等級：約 13.5 等（30 分積分で S/N~5 程度）。

その他の注意点：

(a) 直径 2.4 秒角ファイバーに入射した光をイメージスライサーで分割して分光器に入射させるため、天体フレーム内でのスカイバックグラウンドの除去はできません。必要な場合は別にブランクスカイを取得する必要があります。

(b) 積分中の追尾はファイバー（ピンホール）上に乗った目標天体からの漏れ光を使用しておこなうため、以下の場合には追尾が難しくなります。

- ◆ 点源以外の目標天体

- ◆ 目標天体から 10 秒角以内に無視できない明るさの天体（目標天体+3 等程度）がある

(c) I₂セルを使用している視線速度精密測定をおこなう場合は装置ウェブページに記載されている一般的な高分散スペクトルの解析に加えて特殊な解析が必要となります。装置グループが使用する解析コード

の利用を期待する場合は装置PI（東京工業大学 佐藤文衛氏 satobn@eps.sci.titech.ac.jp）まで連絡のうえ、共同研究とすることを強く推奨します。

装置の基本仕様などについては次をご覧ください。

<http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/gaoes-rv/>

観測時間の見積もりについては同ページ内の Exposure Time Calculator (ETC) をご利用ください。

GAOES-RV に関してご不明な点は田實 (akito.tajitsu@nao.ac.jp) までご相談ください。

※ToO 観測について GAOES-RV では受付から発動までの所要時間について一部制限があります。詳しくは実施要項をご覧ください。

以上