

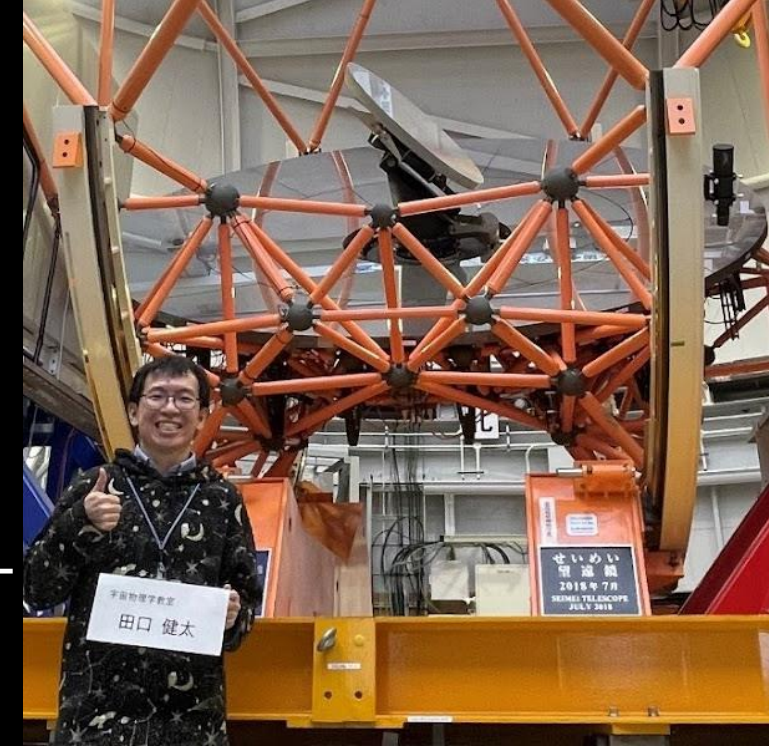
せいめい望遠鏡を用いた マルチメッセンジャー天文学に向けての準備

2024-03-08 田口健太 (京大・宇宙物理学教室)

15 min

自己紹介

- 京大博士課程の田口と言います
 - 京都府出身、京大理学部 → 京大宇宙物理学教室
 - 主要な研究テーマ: 新星 (nova)
- OISTER の談話会/講習会などに出たことはあります
- が、基本的には OISTER とは無関係の人間
 - と思ってましたが、4月より岡山天文台で勤務することに
 - マルチメッセンジャー天文学の科研費
 - 職務内容: せいめい望遠鏡等を用いた可視・近赤外観測を行い、マルチメッセンジャー天文学の推進を行う。
 - その関係でこの WS にも出ることに
 - OISTER もマルチメッセンジャー天文学が大事な (泉浦さん's talk)
- 未着任の人間の言うことなんてデタラメなので、**話半分**に聞いて頂ければ



KOOLS-IFU (on Seimei Telescope)

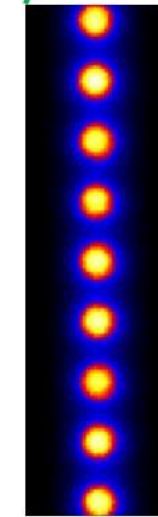
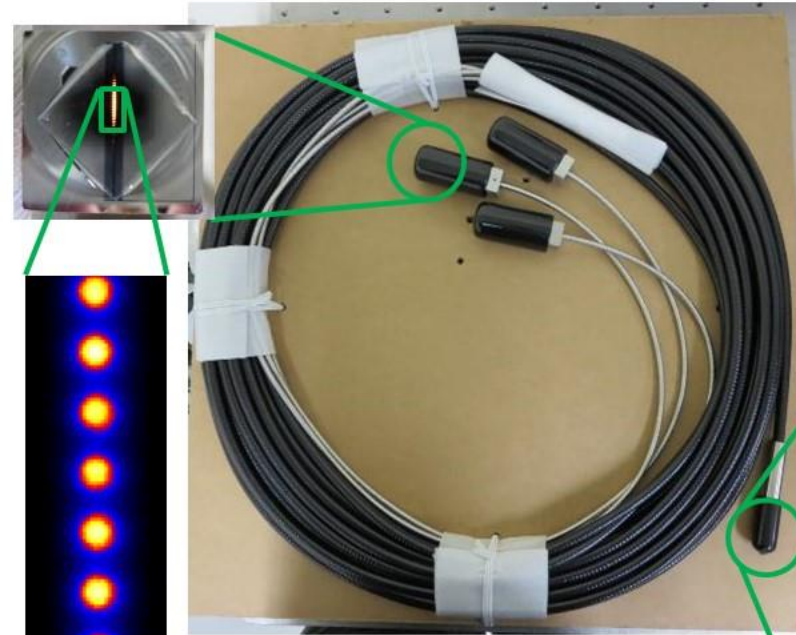
- 天体の座標を与えれば、現時点でも自動で観測可能



fiber bundle

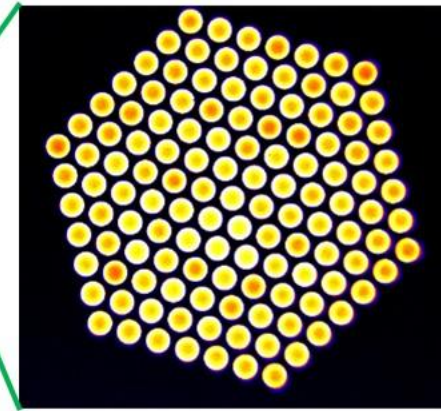


fiber bundle



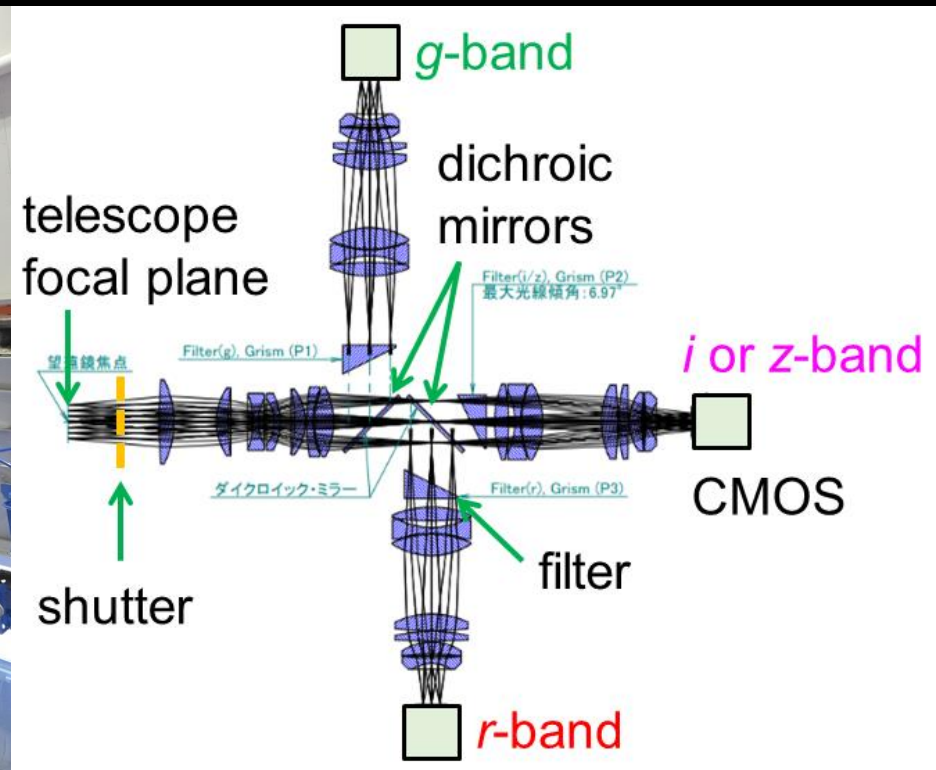
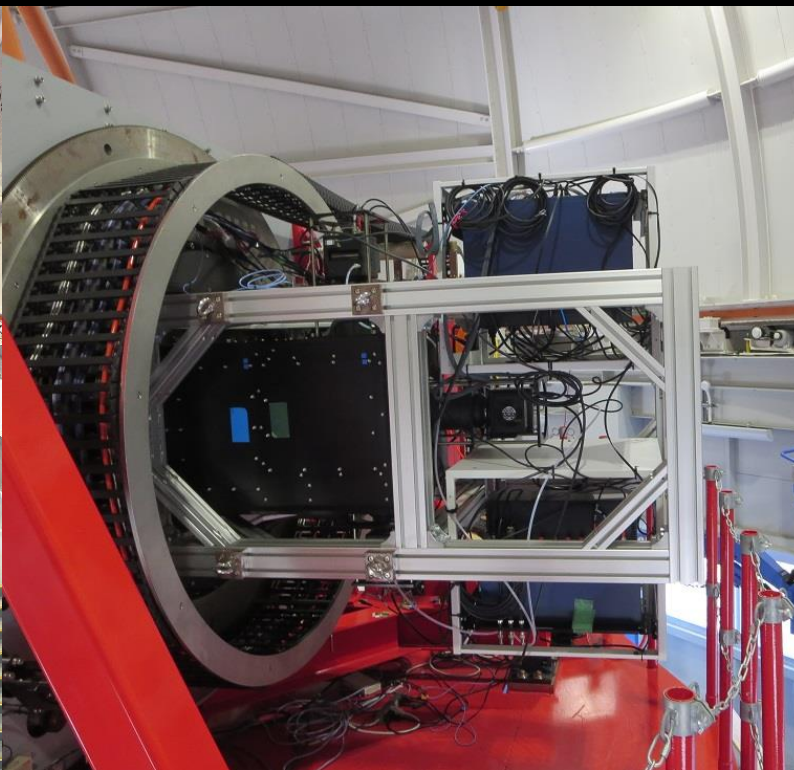
1D array
(KOOLS side)

2D array
(telescope side)



TriCCS (on Seimei Telescope)

- 赤ナスミス台上の3色 (g/r/i あるいは g/r/z) CMOS 撮像装置 (最速 98 fps)
 - スリット分光も coming soon ...
- Web Page: <http://www.o.kwasan.kyoto-u.ac.jp/inst/triccs/>



Seimei/TriCCS の特徴

- 3.8 m の国内最大の口径
- 3 色同時に撮像が可能
- Tomo-e Gozen などと比べて 12.6 x 7.5 arcmin と視野は狭い
- Queue システムは前原さんが開発してくださっている最中
 - 将来的には Tomo-e Gozen のように priority を判断して割り込めるようになる?
- ToO の trigger、現地で観測している方とのやり取りなどが必要
 - このため現状は自動や準自動 (気づいた人がボタン 1 つ押すだけ) はまだか

マルチメッセンジャー天文学

マルチメッセンジャー天文学

観測天文学

共通基礎

よみ方 まるちめっせんじゃーてんもんがく

英語 multi-messenger astronomy

説明

天体現象によって発生する電磁波、宇宙線やニュートリノなどの粒子および重力波、を情報を運ぶ運び手（メッセンジャー）と見立て、複数のメッセンジャーを用いて天体現象を総合的に解明する天文学のこと。

宇宙から届く電磁波は、ガンマ線から、X線、紫外線、可視光、赤外線を経て電波まで広い波長（エネルギー）範囲に広がっており、それぞれの波長帯では天体現象の異なる側面が見える。このため電磁波においては、その全ての波長帯による観測から天体現象を多面的に解明する多波長天文学という言葉が使われていた。

宇宙から届く粒子である宇宙線は1911年にヘスによって発見された。また1970年代にはデイビスにより太陽から届くニュートリノの観測が始まった。さらに小柴昌俊らのチームによって1987年に、大マゼラン雲で発生した超新星爆発（SN1987A）で発生したニュートリノがカミオカンデで検出されニュートリノ天文学が開かれた。

マルチメッセンジャー天文学が大きく脚光を浴びたのは、2015年9月14日にアメリカの重力波観測装置LIGOによって初めて二つのブラックホールの合体による重力波が観測されたことによる。電磁波と粒子に続いて、宇宙を観測する新しい目（メッセンジャー）を人類が手にしたからである。しかし引き続き検出されたものを含め最初の4つの重力波源はいずれもブラックホール連星の合体で、重力波以外には何も検出されなかった。ところが、2017年8月17日に検出された5例目の重力波は、40メガパーセク（40 Mpc=1.3億光年）の距離にある銀河の中で起きた中性子星同士の連星の合体によるもので、重力波の検出後にキロノバと呼ばれる爆発現象が電磁波の全ての波長で観測された。これから、中性子星同士の合体で、r過程により金、プラチナ、ウランなどの鉄より重い元素が作られていることが確認されるなど、マルチメッセンジャー天文学の画期的な成果となった。

• 天文学辞典によると

- 複数のメッセンジャー（情報の運び手）を用いて天体現象を総合的に解明する天文学

- 電磁波は昔から天文学で使っていた

 - OISTER では可視光や赤外線がメインか

- 電磁波に加えて、重力波・ニュートリノ（や宇宙線?）でも同じ天体を観測する天文学

- 天体例

 - SN 1987A: ニュートリノ + 電磁波

 - GW170817 = GRB 170817A = AT 2017gfo: 重力波 + 電磁波

重力波 (せいめい共同利用時間の PI: 笹田さん)

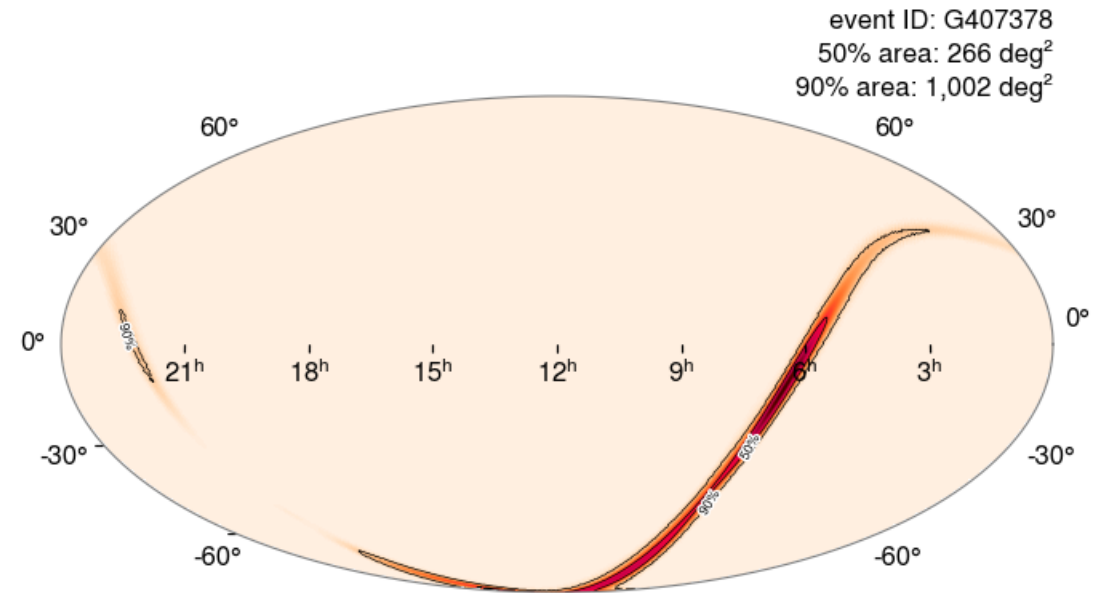
- Trigger 条件 (現状: 4月頭の O4 再開後の状況次第では変わるかも):

- 100 Mpc より近い
- 到来方向の誤差 ~ 数十 deg²
- Merger の場合は中性子星を含むこと
- Visibility

- 誤差領域を全部掃くことはできない

- 視野が狭いため
 - 誤差領域内の銀河に絞りサーベイ
 - 対応天体候補見つかったら分光するかも?

ブラックホール - 中性子星の合体イベント S230518h の到来方向
<https://gracedb.ligo.org/api/superevents/S230518h/files/bayestar.png>

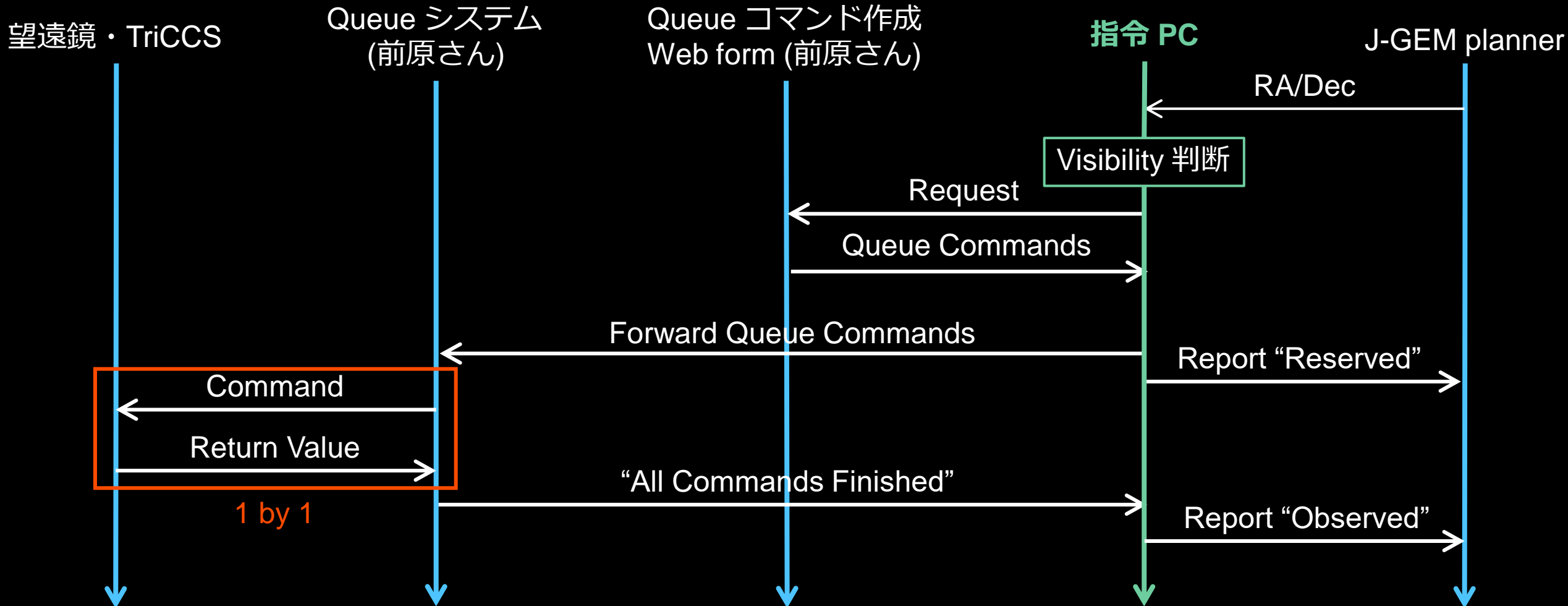


J-GEM の planner を用いたスクリプト

- J-GEM では planner というサーバが提供されている
 - J-GEM = Japanese collaboration of Gravitational wave Electro-Magnetic follow up
 - GLADE+ カタログ ([Dályá et al. 2022](#)) を基にした「候補銀河」リストを提供
- Seimei/TriCCS でも「候補銀河」をサーベイする予定
 - 現状の簡易 script では各銀河ごとに以下を行う:
 - **Visibility 的に許されるか確認**
 - **Queue ファイルを作成**
 - **Queue を登録**
- 現状では、候補銀河の中から、planner のスコアが高いものから観測
 - 本当は早く沈むものから観測したいし、近い方向の銀河は連続で観測したい
 - 巡回セールスマンは NP 困難 (多項式時間以上必要) なので、程々に最適化できれば

現状の簡易撮像サーベイ script の超概略

- 1天体ごとに以下を実行:



ニュートリノ天体

(せいめい共同利用時間の PI: 諸隈さん)

- 1年に数回程度の IceCube の GOLD alert に対し、追観測を行うもの
 - と思っています (が、具体的な相談は着任後?)

解析 script

- KOOLS-IFU はリアルタイムで quick look が提供される
- TriCCS はそのようなものは (現状) ない
- 解析 script を準備中 ...
 - 川端美穂さんのパイプライン (IRAF ベース?)
 - 田口のパイプライン (astropy + GNUmakefile ベース)
- 差分は J-GEM で提供されてる Image Server というサーバでやって貰う

今後に向けて

- 田口は新星しか勉強してこなかった人間です
- その他の天体については、ど素人なので、師匠になって頂ける方を募集
- 東工大や広島大などのスクリプトがどのような設計をされているのかを、情報共有して頂けると助かります
 - それらの手法でどのような利点があるのか
 - 逆にこうしておけばよかった
 - などなど