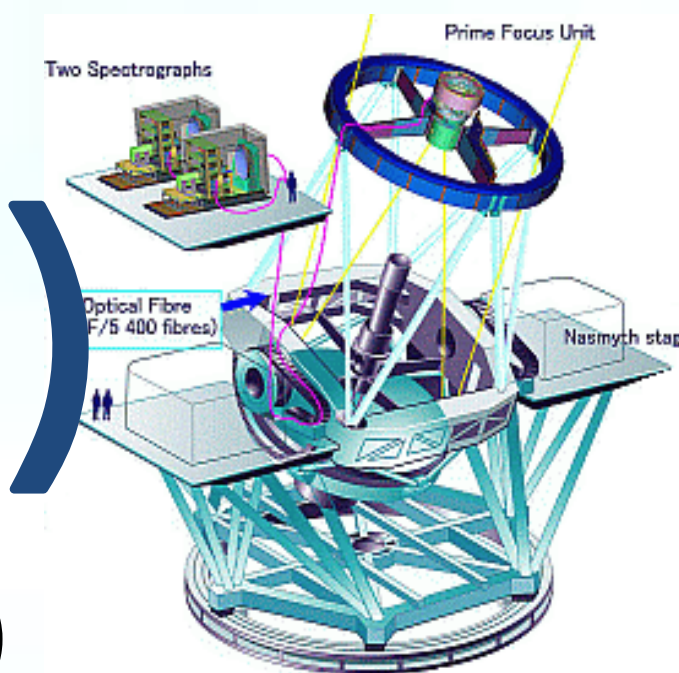


FMOS data reduction scriptの現状報告(2)

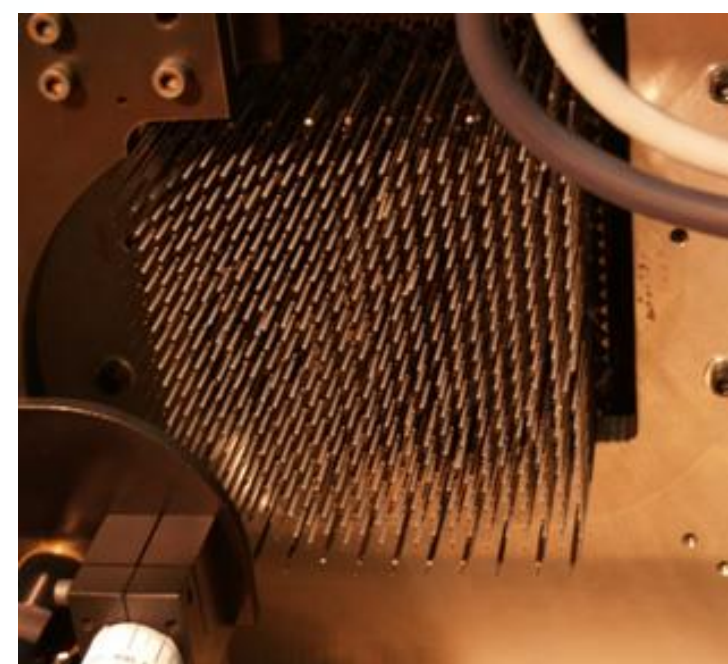


河手香織、岩室史英、太田耕司、戸谷友則、舞原俊憲、住吉昌直、森谷友由希、矢部清人、鈴木裕司 (京都大学) 秋山正幸 (東北大学) 高遠徳尚、田村直之、木村仁彦、Philip Tait (国立天文台ハワイ) Gavin Dalton (Oxford)他 UK FMOSチーム、Scott Smedley (AAO)他 AAO FMOSチーム

FMOS(Fiber Multi-Object Spectrograph) とはすばる望遠鏡の新観測装置である光ファイバー多天体分光器のことである。ここでは、日本が中心となって開発を進めている大型分光器IRS1を中心にdata reduction script整備の現状報告を行う。

FMOSとは？

すばる望遠鏡の主焦点に設置した多数のファイバーを独立に制御し、**最大400天体を同時に分光観測**する。100以上の天体を同時分光できる近赤外唯一の装置となる。



仕様
波長域: 0.9~1.8 μ m
視野直径: 0.5 度
波長分解能($R=\lambda / \Delta \lambda$)
高分散モード (HR): 2200 (露出4回で波長域をカバー)
低分散モード (LR): 500
限界等級 (LR: 1h, S/N=5)
Jバンド: 20.1 mag
Hバンド: 19.8 mag

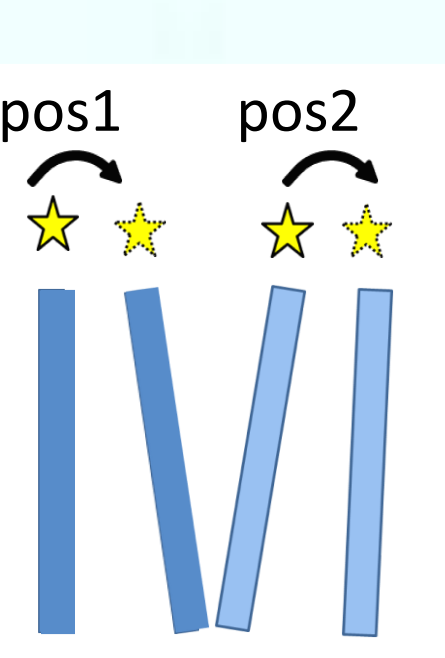
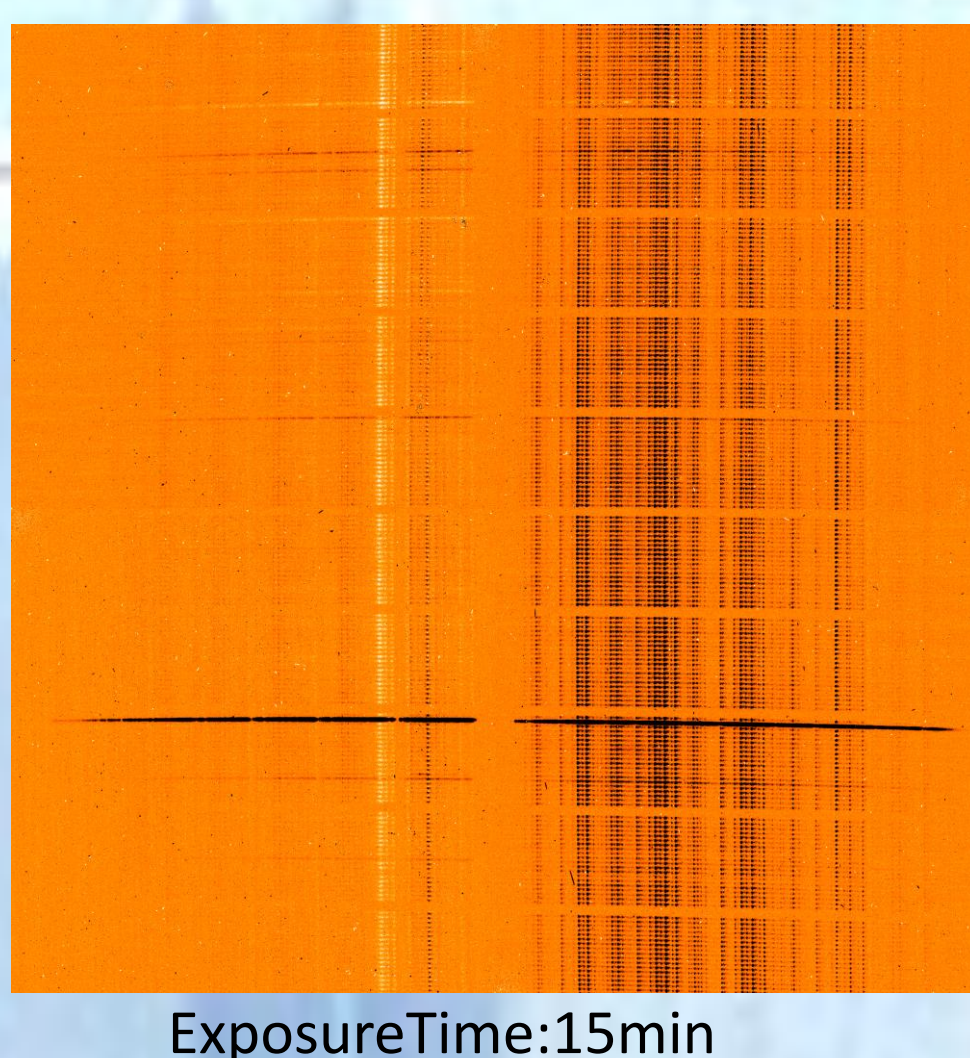
また、FMOSは仕様が同じで機構の異なる2つの大型分光器を持ち、それぞれIRS1(日本)、IRS2(イギリス)と呼ばれ200天体ずつを分光している。

今年5月末、遂に共同利用が開始された。

<data reduction>

(1)SKY除去

近赤外観測で大きな妨げとなる夜光、輻射等の背景光を除去する。
2つのファイバー配置を用い、各々のファイバーで**ObjectとSkyを連続して露出**する。**2枚の画像を差し引く**事でSKYを除去する。
このように直前か直後にObjectと同時間のSkyをとる必要があるため、ファイバー分光器では連続したObject観測が難しい。



そこでFMOSでは2本のファイバーをペアにして1つのObjectに配置し、いずれかのファイバーで常にObjectが露出できるモードがある。(CrossBeamSwitching: CBS)
データを絶対値で扱うことで、Sky引きでSky-Objectとなったスペクトルも最後に反転するだけで重ね合わせることができる。今回のデータでは、このCBSモードを利用している。

(2)初期補正

感度補正: 検出器固有の**隣接ピクセル間感度情報**をもつflat画像(一様光照射画像) で割り、検出器の個々のpixelの感度を補正する。

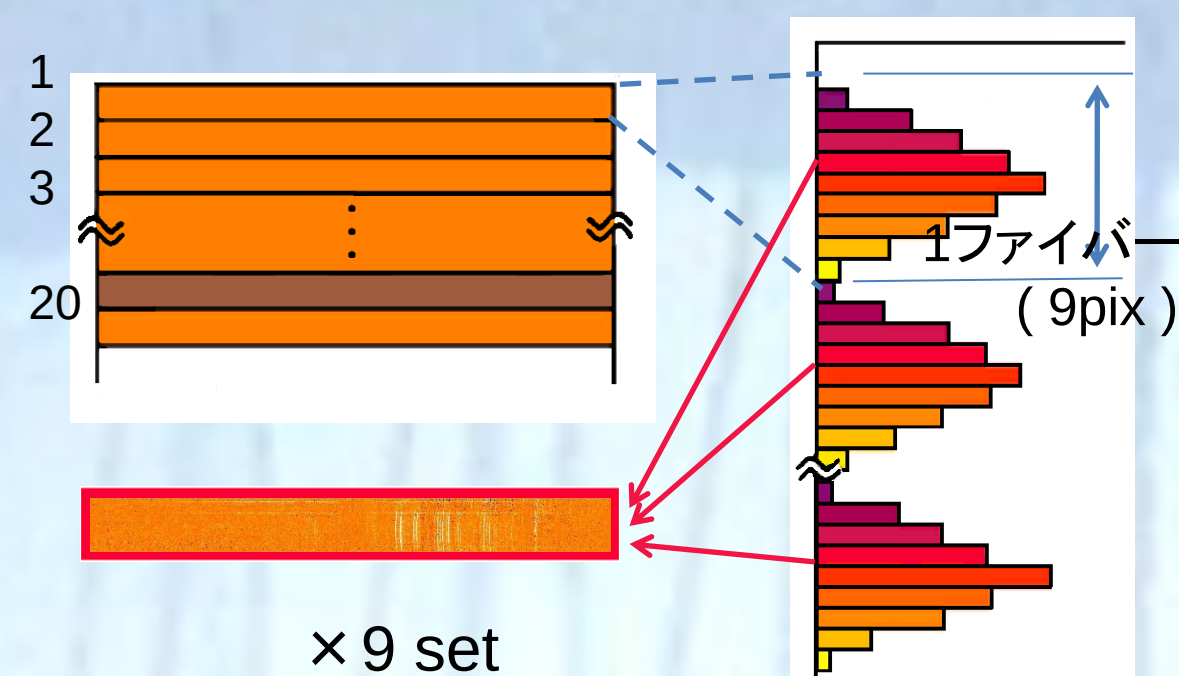
bad pixel補正: テンプレート化された**検出器固有のbad pixel**とメジアンとの差が非常に大きい**突発的bad pixel**のマスクを作成し、影響を受けやすい上下左右のピクセルと共に十字で内挿する。

(3)収差歪みの補正

結像光学系の倍率色収差により長波長側で光が広がってしまうため、**二次で台形補正**を行う。
光の弱いObject画像を直接補正するのは難しいのでDome flat画像を空間方向に台形補正して補正パラメータを求め、Object画像に適用する。

(4)Object画像の歪み補正

ファイバーで伝送された光の空間方向の強度分布を考慮するため、各スペクトルを空間方向に9つの部分に分ける。各スペクトルの同じ部分を抜き出し、9枚の画像に分割して処理を行う。

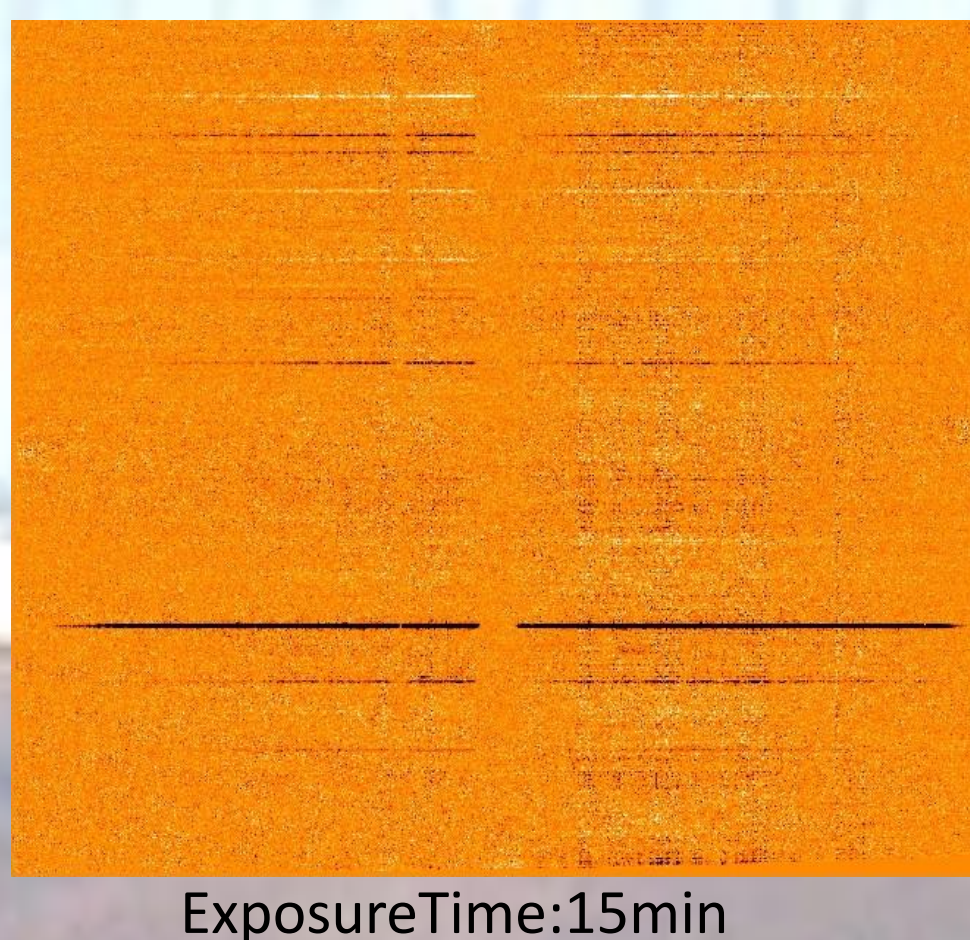


背景光除去: ギャップを利用し残っている背景光を差し引く。

歪み再補正: 分散方向の歪みを**一次で補正**する。

輝線fit: 200スペクトルの並ぶ**空間方向にfitting**を行い、夜光輝線を除去する。

これを9回繰り返した後、bad pixel補正を再度行う。



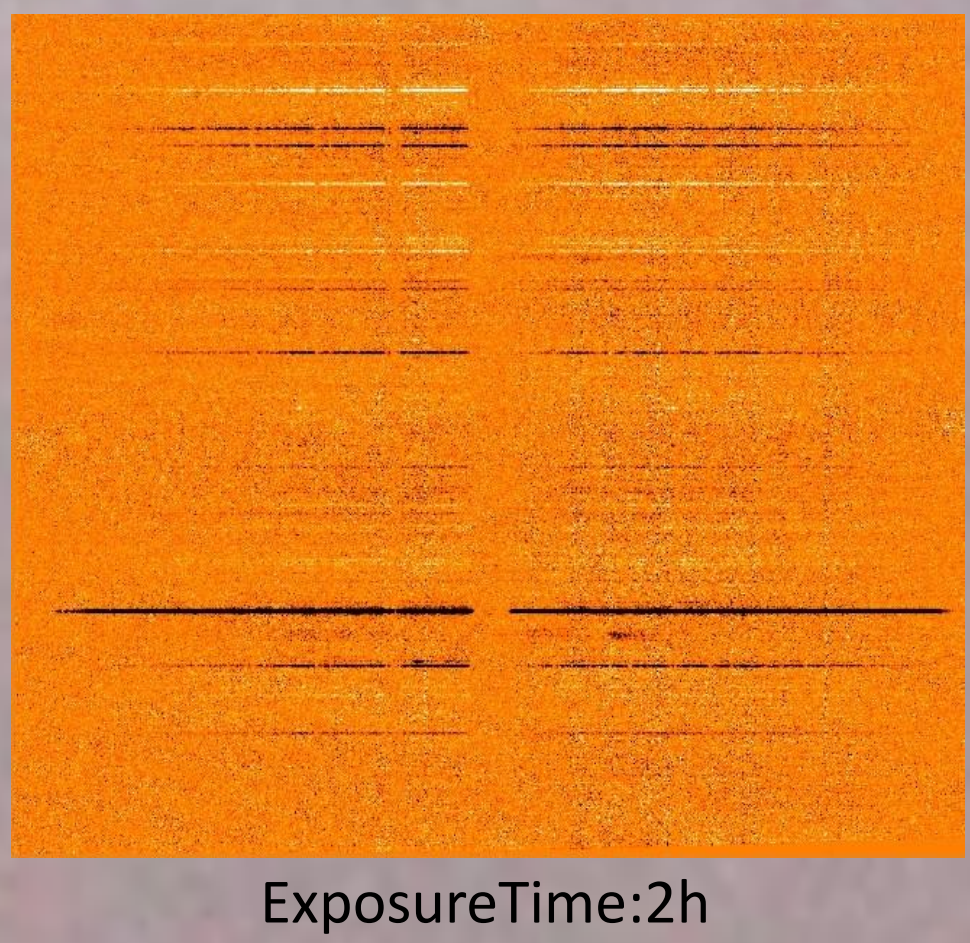
(5)重ね合わせ

S/Nを上げるため、画像を重ね合わせて、最後にもう一度**輝線fit**と**bad pixel補正**を行う。

ここで**CBSの反転重ね合わせ**を行い、さらにS/Nを上げる。右図は露出時間2hのスペクトルである。

(15min × 2pair × 4set)

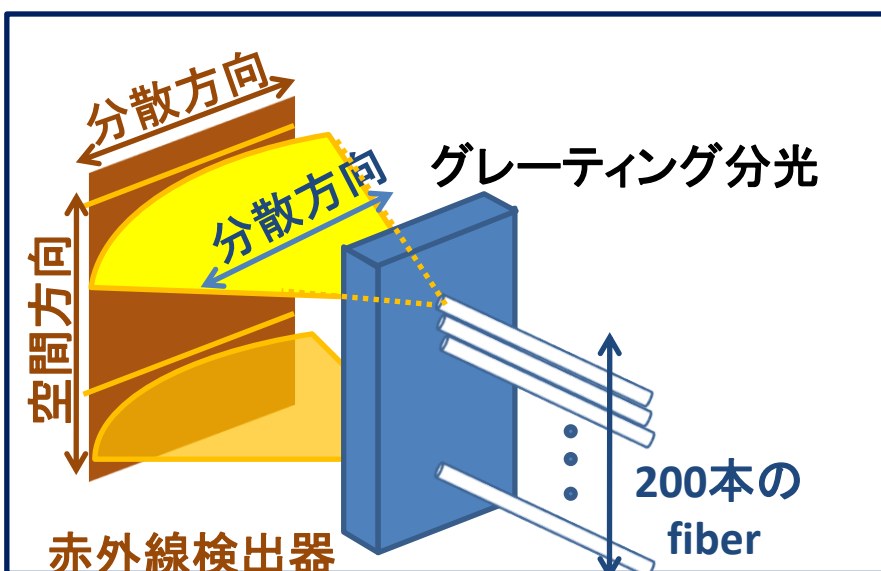
さらに、この時点で見えているObjectに対してMaskをかけて再解析することで、S/Nをより上げている。



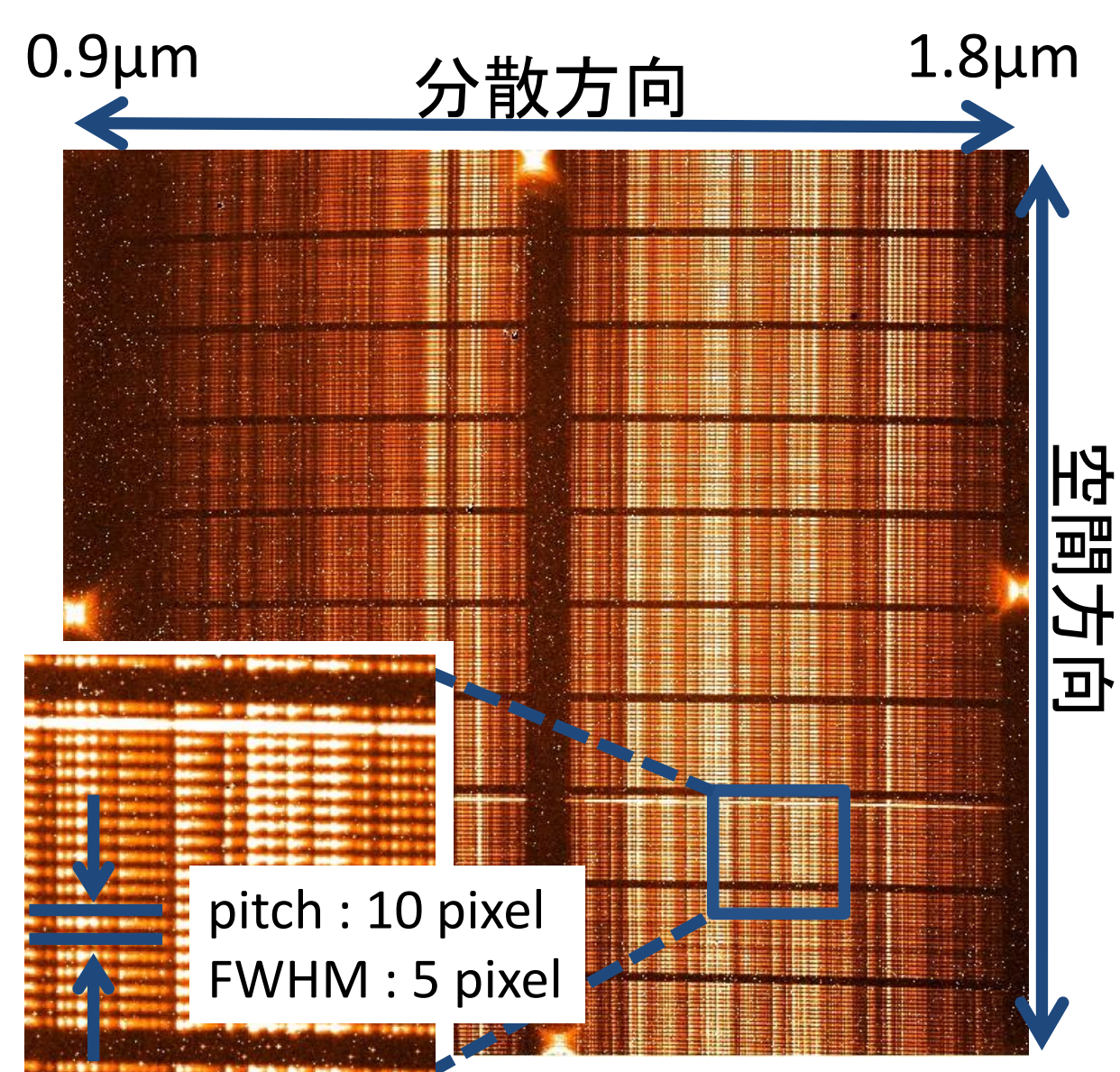
生のObject画像

右が試験観測で取得されたIRS1の低分散モードでの生画像である。

横が波長分散方向で、0.9~1.8 μ mを一度にカバーしている。**縦が空間方向**で、200ファイバー分のスペクトルが並び、20本毎のギャップは背景光補正に利用される。



IRS1-LR,
exposure time : 15min
GOODSN
10/04/21 (HST)

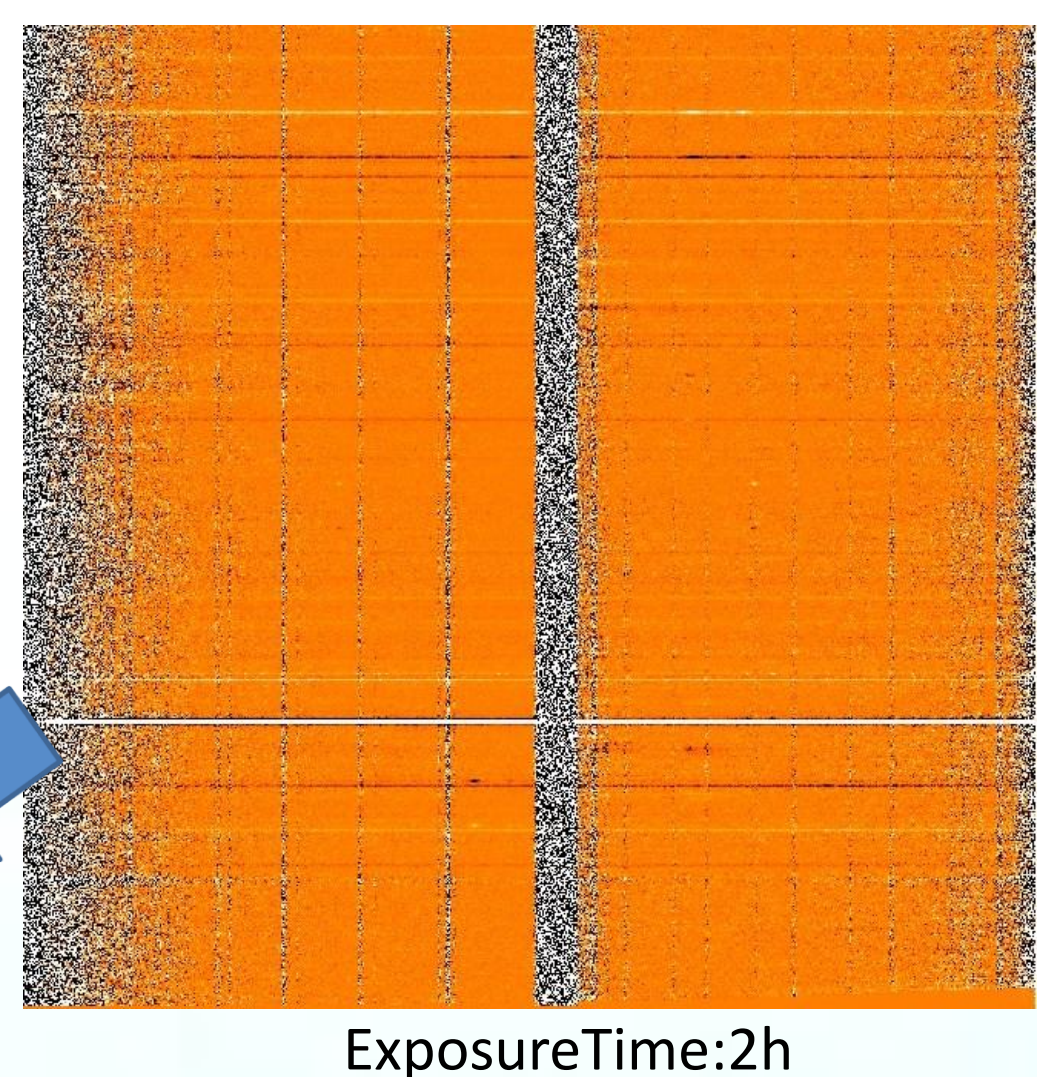
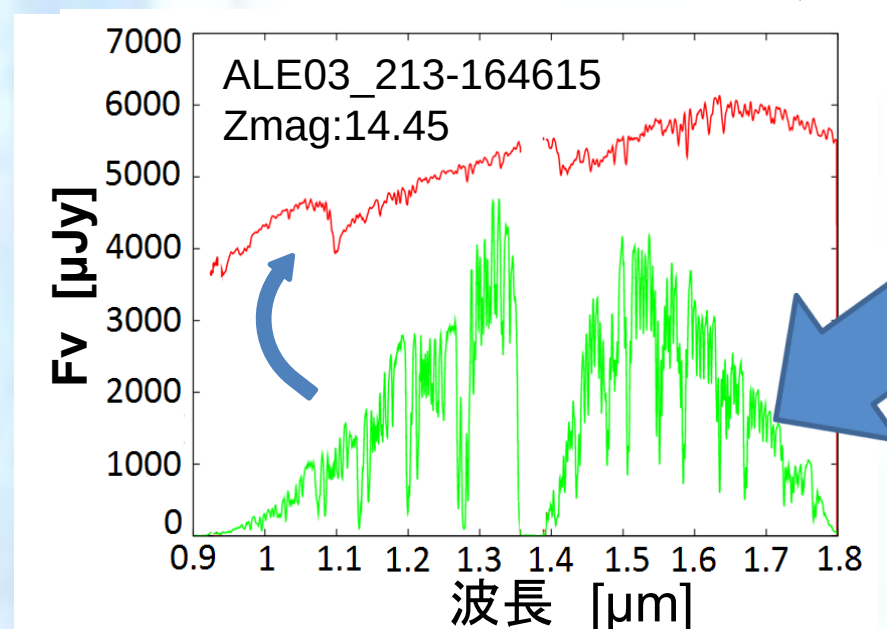


<スペクトル作成>

(1)flux校正と吸収補正

同時に観測した恒星(参照星)のスペクトルを利用する。**F_vで表した星スペクトルが直線になると仮定**して変換パラメータを求め、他のスペクトルにも適用する。

またカタログから用意した星の典型的な吸収パターンを用い、恒星大気吸収補正もできる。



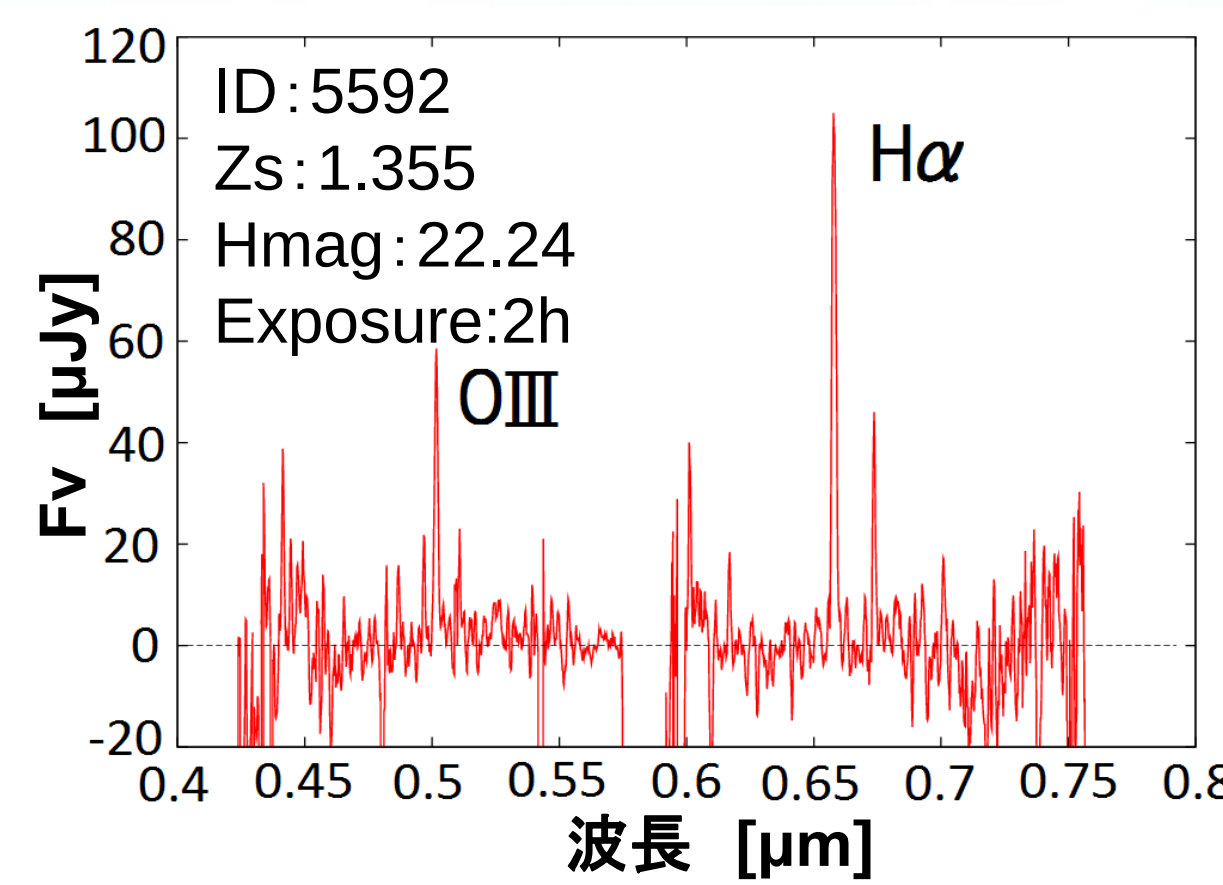
(2)波長校正

Arランプを照射した画像を同様に解析し、ファイバー毎に波長校正を行い、1ピクセルが5Åになるよう変換する。

(3)一次元化

空間方向9ピクセルに広がったスペクトルを重みを付けて一次元化する。これで200本のスペクトルが完成する。

試験観測結果の詳細は以下のa講演を参照
「FMOS data reduction scriptの現状報告(1)」



<アルゴリズム評価>

課題

- 輝線fitの際に、天体からの連続光の一部を除去する可能性がある。
- 突発的なbad pixel補正の際に、鋭い輝線をならしてしまう可能性がある。

そこで、スペクトル形状が正確に抽出されているかを調べる必要がある。

方法

疑似スペクトルを作成して生画像の天体の入っていないスペクトル部分に埋め込み、画像処理アルゴリズムにかけてスペクトル形状を確認してみる。

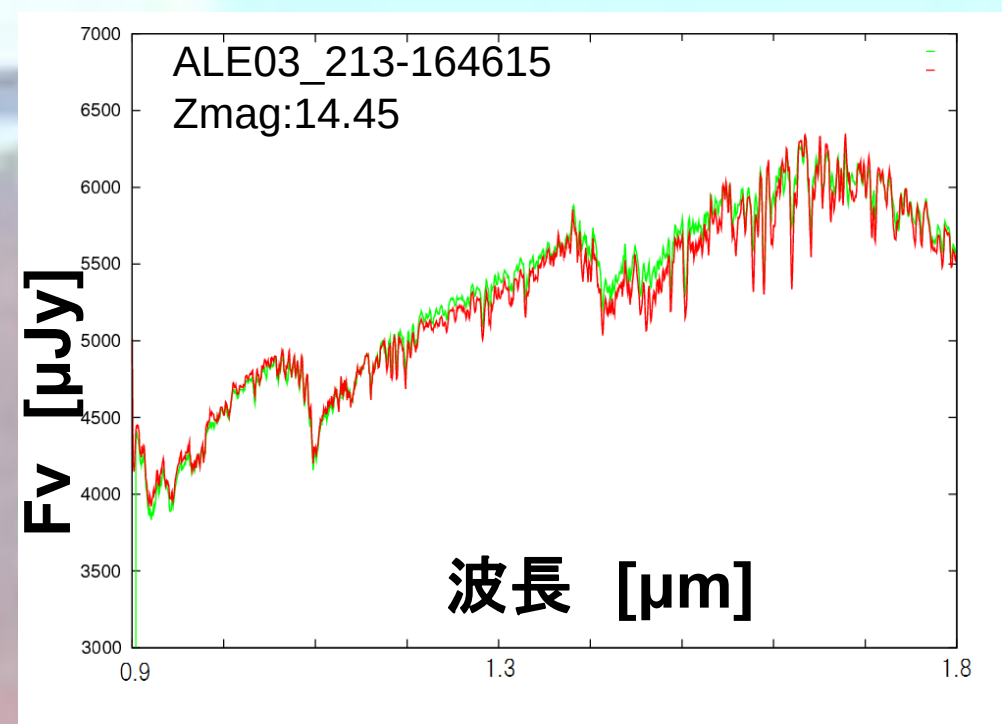
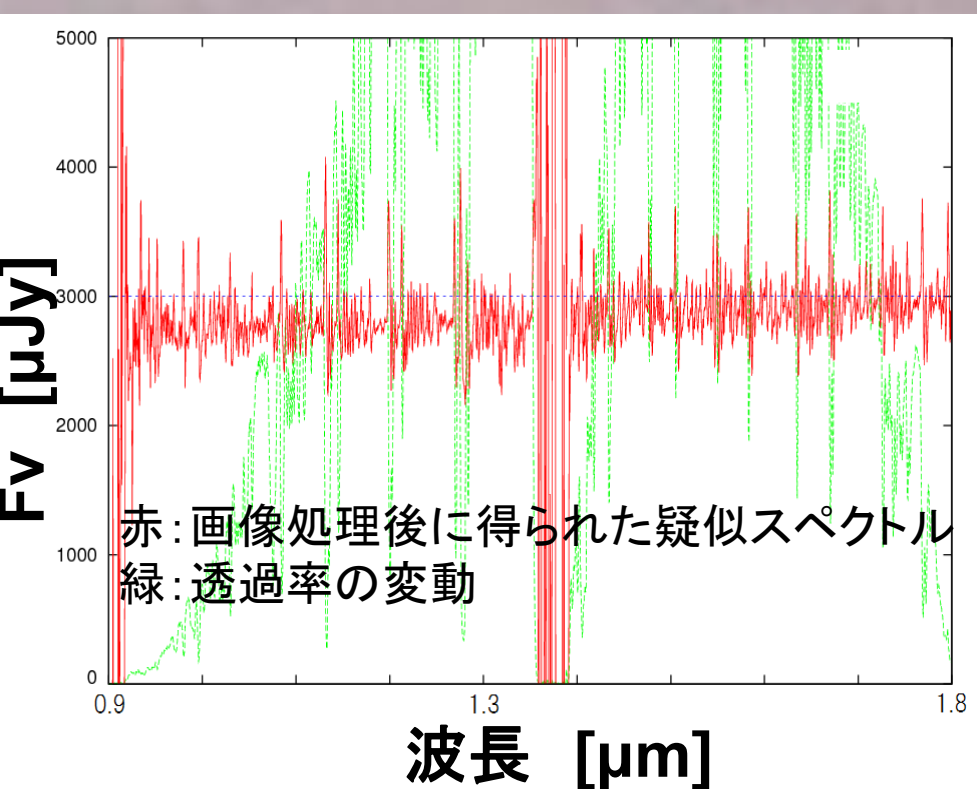
画像処理を行っていない生画像は収差歪みによる変形や、スペクトル同士の重なり等があるため、単純に疑似スペクトルを埋め込むことができない。

そこで、画像処理中に得られる**変形パラメータ**や**透過率**を用いた**逆変換アルゴリズム**を作成して、疑似スペクトルに歪み等の情報を持たせてから画像処理前の生画像に埋め込む。

現状

(1)画像処理を行った参照星のスペクトルを用いて、作成した逆変換アルゴリズムの精度を確かめる。形状が保持されている事が確認できる。

緑: 画像処理アルゴリズムにかけて得られた参照星のスペクトル
赤: 緑のスペクトルを逆変換した後、再度画像処理をして得られたスペクトル



(2)Objectの入っていないファイバーに30 μ Jyの一樣光疑似スペクトルを埋め込んでみる。逆変換時に1~2ピクセル程度のスムージングがかかるため、透過率の変動が大きい波長域ではノイズが発生してしまう。

今後

今回作成した逆変換アルゴリズムではノイズが大きいので、精度の向上や評価の方法についてさらに検討する必要がある。また連続光だけでなく、輝線も含めたスペクトル形状がどの程度保持されるのかも評価していきたい。