

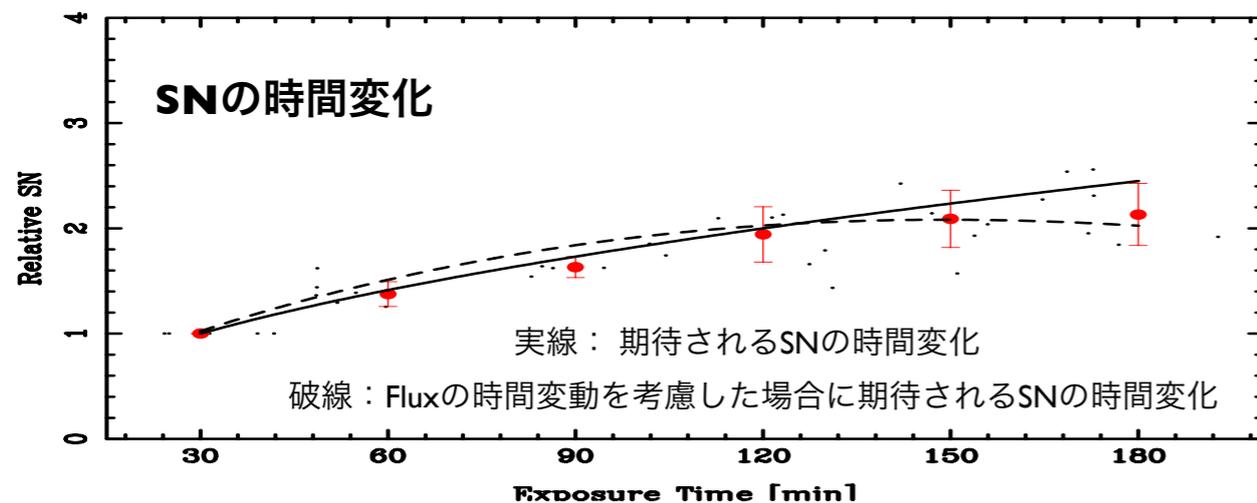
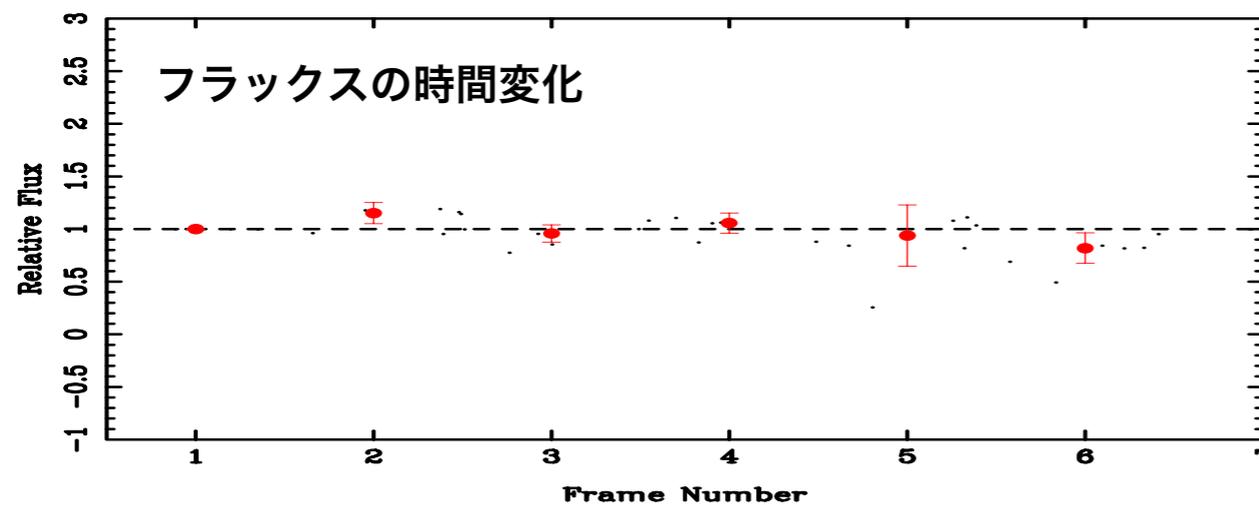
# FMOS data reduction scriptの現状報告

矢部清人 (京都大学 宇宙物理学教室)

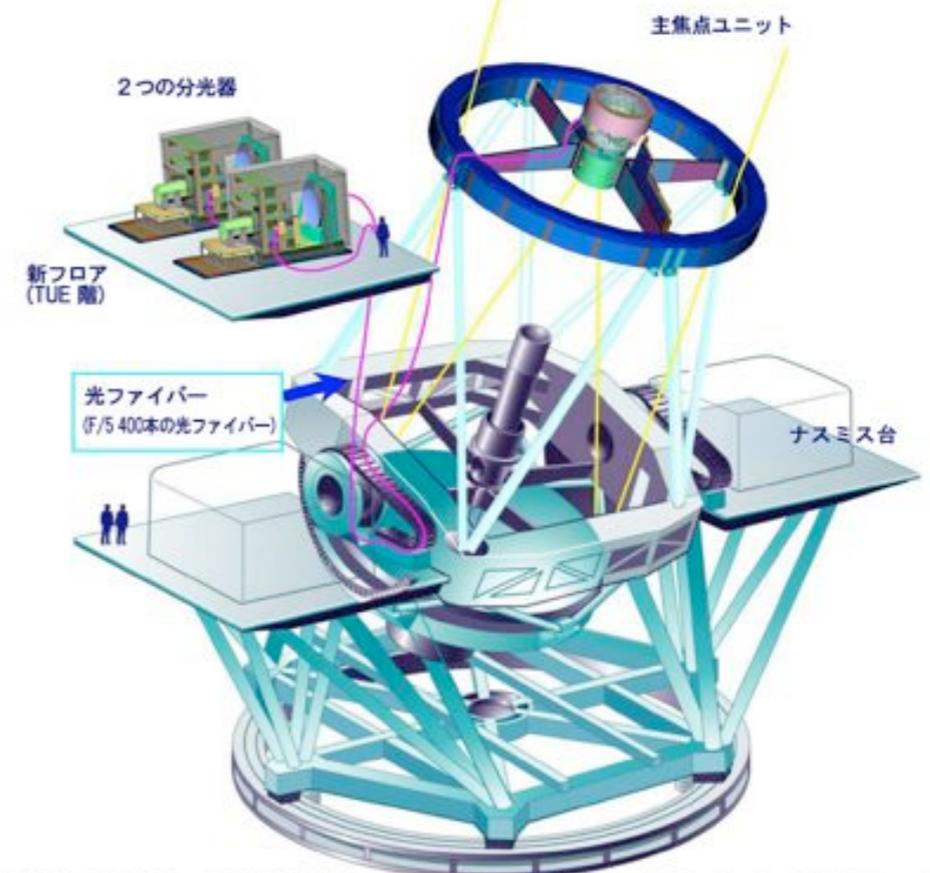
岩室史英、太田耕司、戸谷友則、舞原俊憲、住吉昌直、森谷友由希、河手香織、鈴木裕司、伏見直茂 (京都大学)、  
田村直之、高遠徳尚、木村仁彦、Philip Tait (国立天文台ハワイ)、秋山正幸 (東北大学)、Gavin Dalton (Oxford)  
他 UK FMOSチーム、Scott Smedley (AAO) 他 AAO FMOSチーム

# FMOS: Fibre Multi-Object Spectrograph

- FMOS (Fibre Multi-Object Spectrograph)とは？
  - ✓ すばる第2期共同利用装置 (日英豪による共同制作)
  - ✓ 400本のファイバーによる近赤外多天体分光器、視野は30'φ、観測波長は0.9μm-1.8μm
  - ✓ 低分散(R~500)、高分散(R~2200)の2つのモード
  - ✓ 2010年5月から共同利用を開始 (IRSI LRモードのみでリスクシェア運用中)
- 試験観測で実際の観測データに基づいた装置性能の評価を行っている最中



FMOSの概観



遠藤孝悦・画 日経サイエンス1996年2月号より

Illustration by Takatsugu Endo, taken from Nikkei Science 1996

2010年4月の試験観測の結果から (Elais-NI 領域)

# FMOS Data Reduction Script:

## データ処理スクリプト：

1. IRAF task + C言語プログラム(要CFITSIOライブラリ)
2. 1行ずつcopy and pasteで端末に流す
3. 現在は共同利用観測者のみに配布

## データ処理の流れ：

1. 基本的な処理 (フラットフィールドニング、バッドピクセル補正など)
2. 歪み補正
3. 夜光除去
4. フレームの重ね合わせ
5. 波長較正、フラックス較正

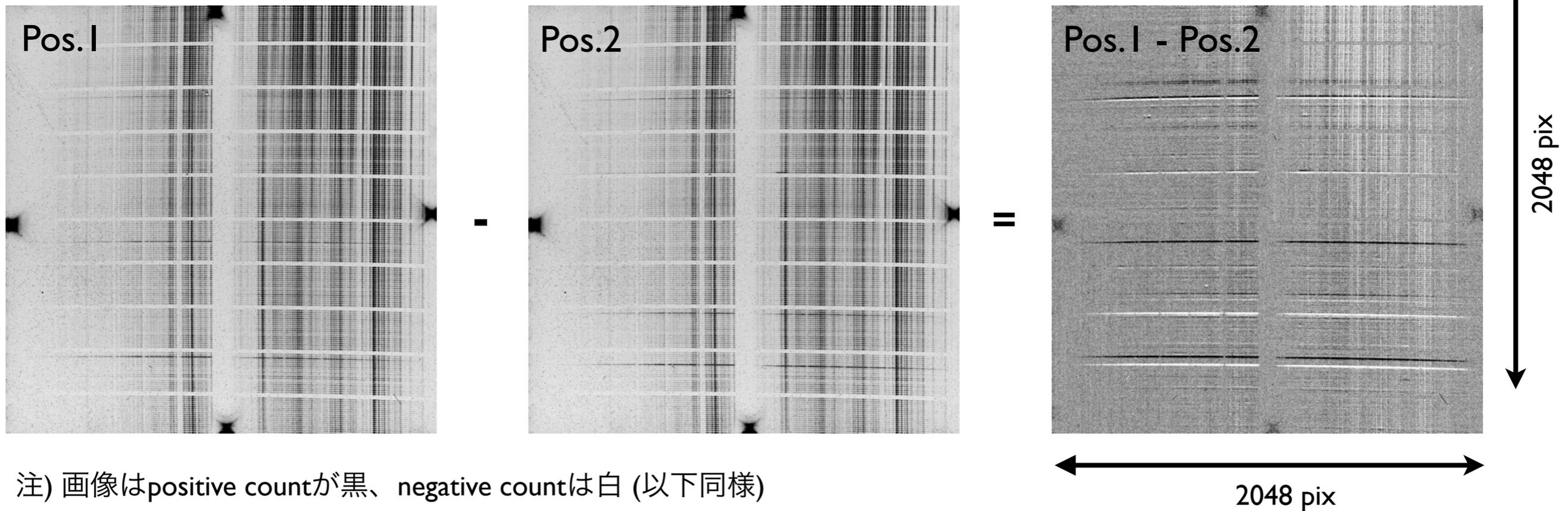
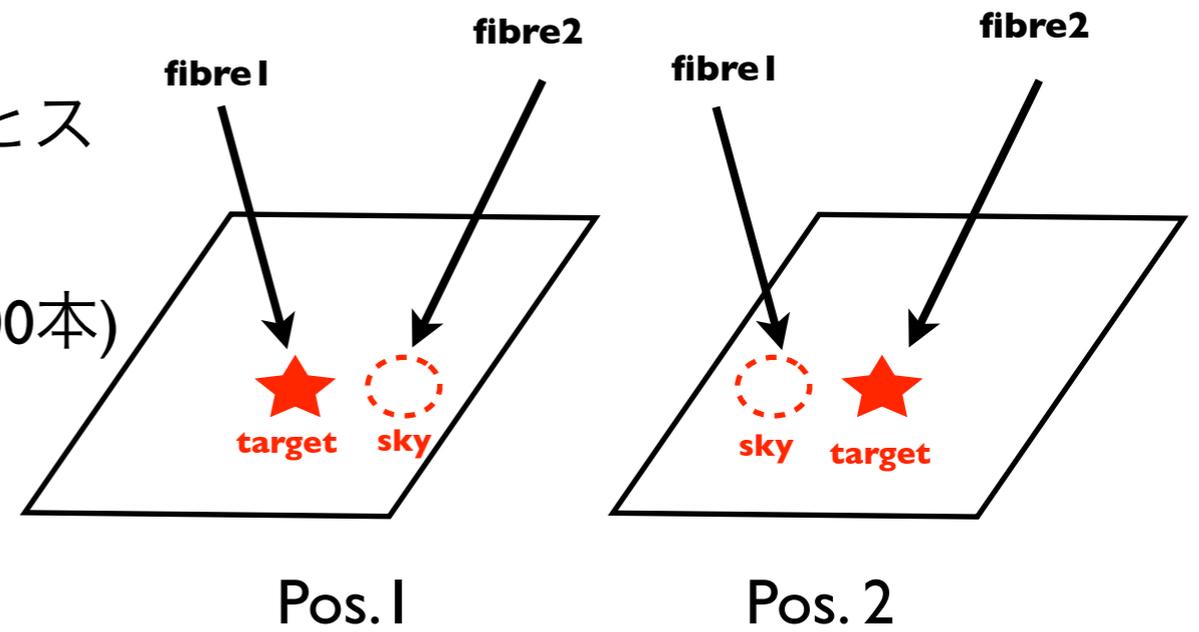
## 具体的なFMOSデータ処理の方法を試験観測データを用いて紹介する：

1. Lockman Hole (LH) 領域での試験観測例 (IRSI+Low Res. mode)
2. Cross Beam Switch(CBS)モードで1.5 hrsのデータ
3. 15分露出のフレームをPos.1, Pos.2それぞれ3枚

ファイバー配置は固定で望遠鏡を振る

## Cross Beam Switch(CBS)モード:

- 1つの天体に対して、2本のファイバーで天体とスカイを交互に撮るモード
- 全視野でallocateできるファイバー数は半分(200本)になるが効率的に観測できる



注) 画像はpositive countが黒、negative countは白 (以下同様)

データ処理スクリプトではまず、Pos.1からPos.2を差し引いた画像を用意する

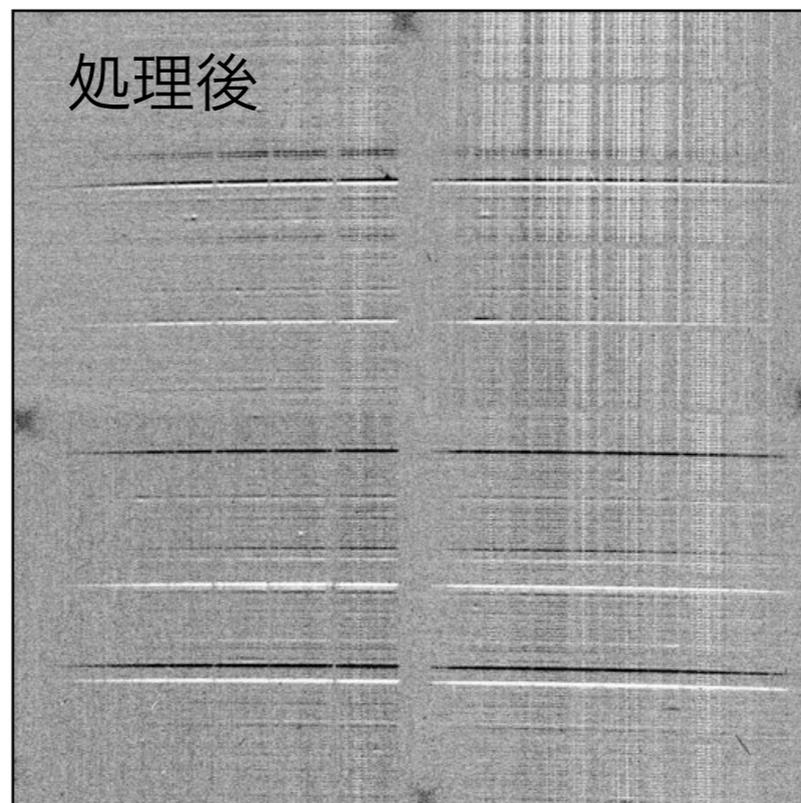
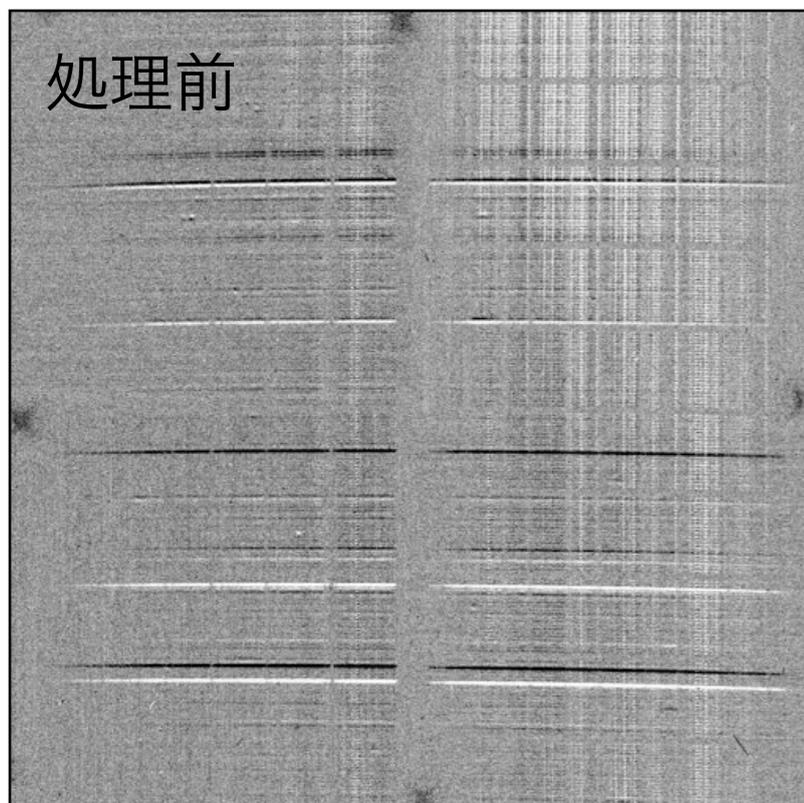
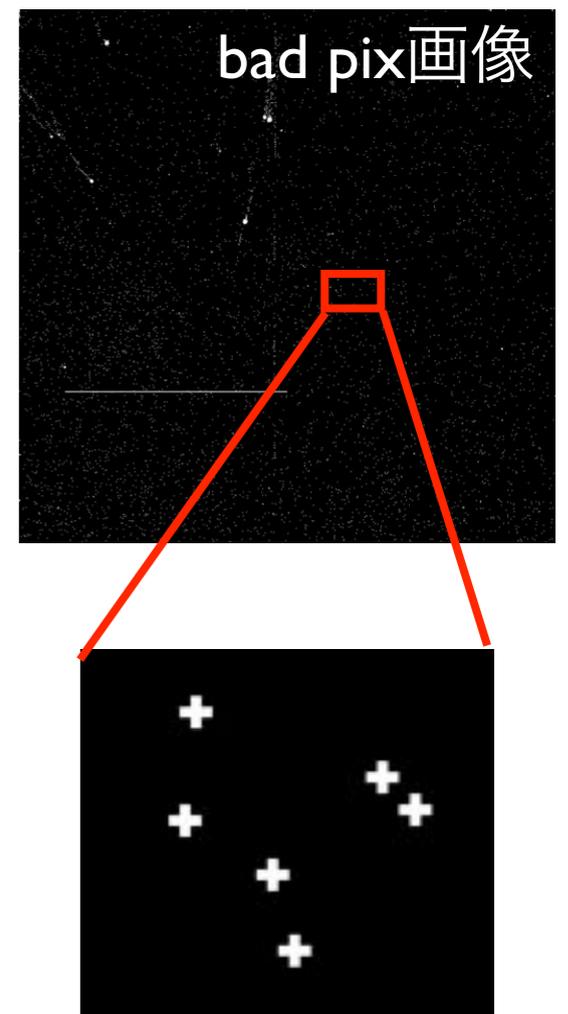
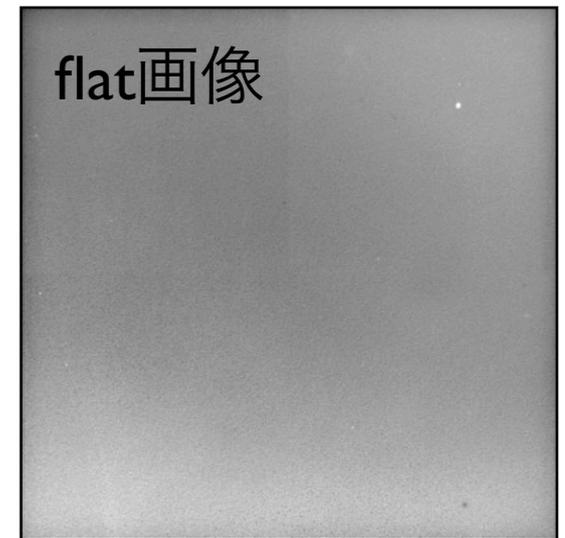
基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス校正

### 用意する画像：

- オブジェクトフレーム (Pos.1 - Pos.2)
- ドームフラット
- 波長校正フレーム (Th/Arランプ)

### 基本的な処理：

- Skyを引いた画像について検出器フラットで割る
- クロストークなどの補正
- バッドピクセルやCosmic Rayなどの除去

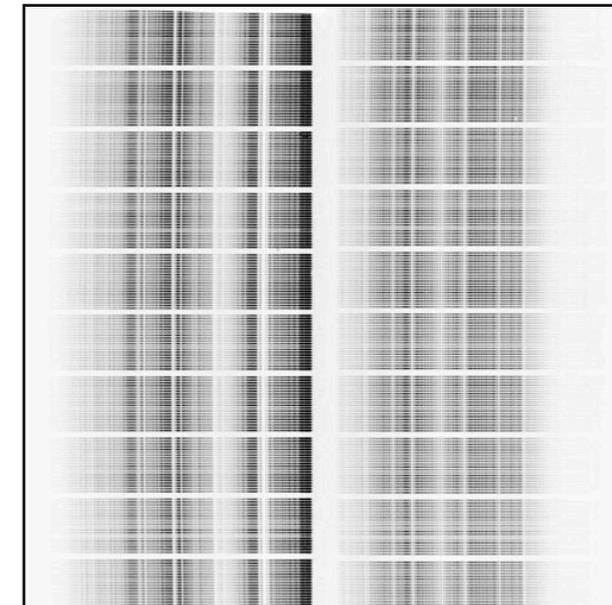
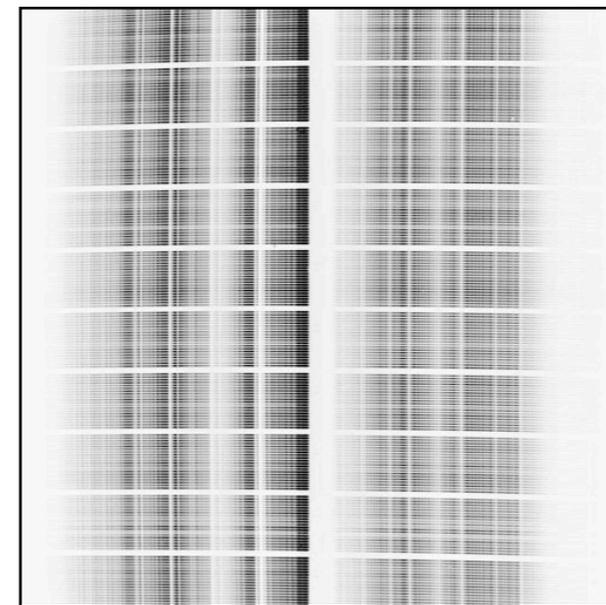


基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス較正

## 歪曲補正：

- 色収差により検出器上のスペクトルに歪曲が生じる
- ドームフラット画像を用いて歪曲補正を行う
- 各ファイバーの連続光をトレースしフィットし補正
- ここで得られた変換係数を用いてオブジェクトフレームの歪曲補正を行う

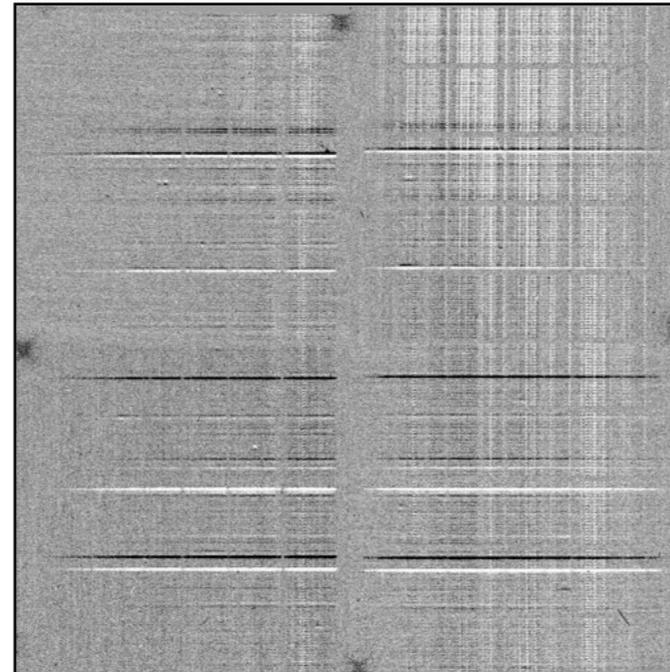
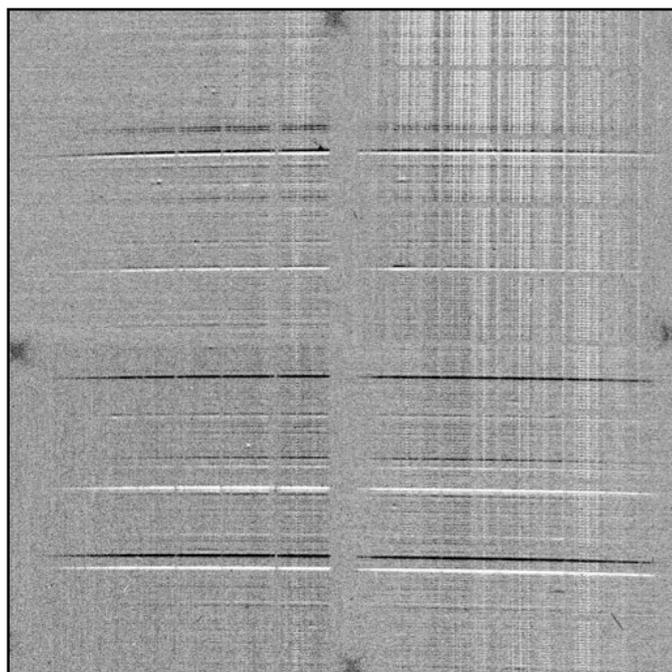
ドームフラット



オブジェクトフレーム

歪曲補正前

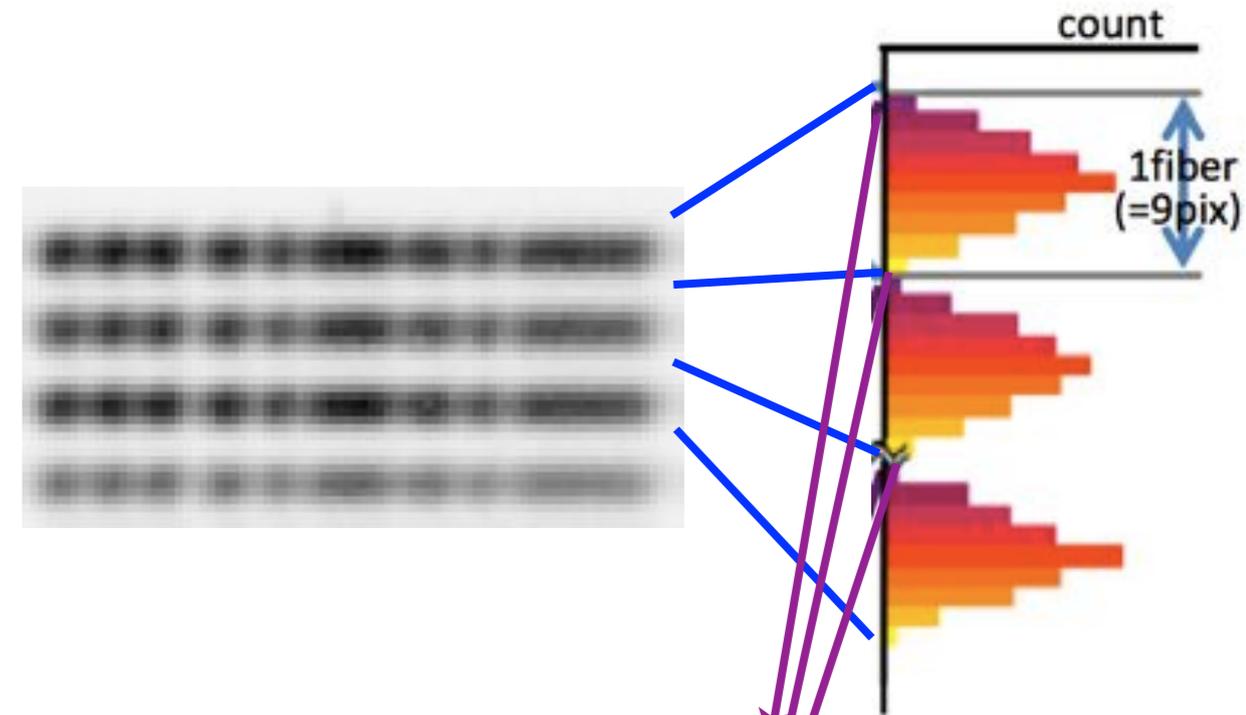
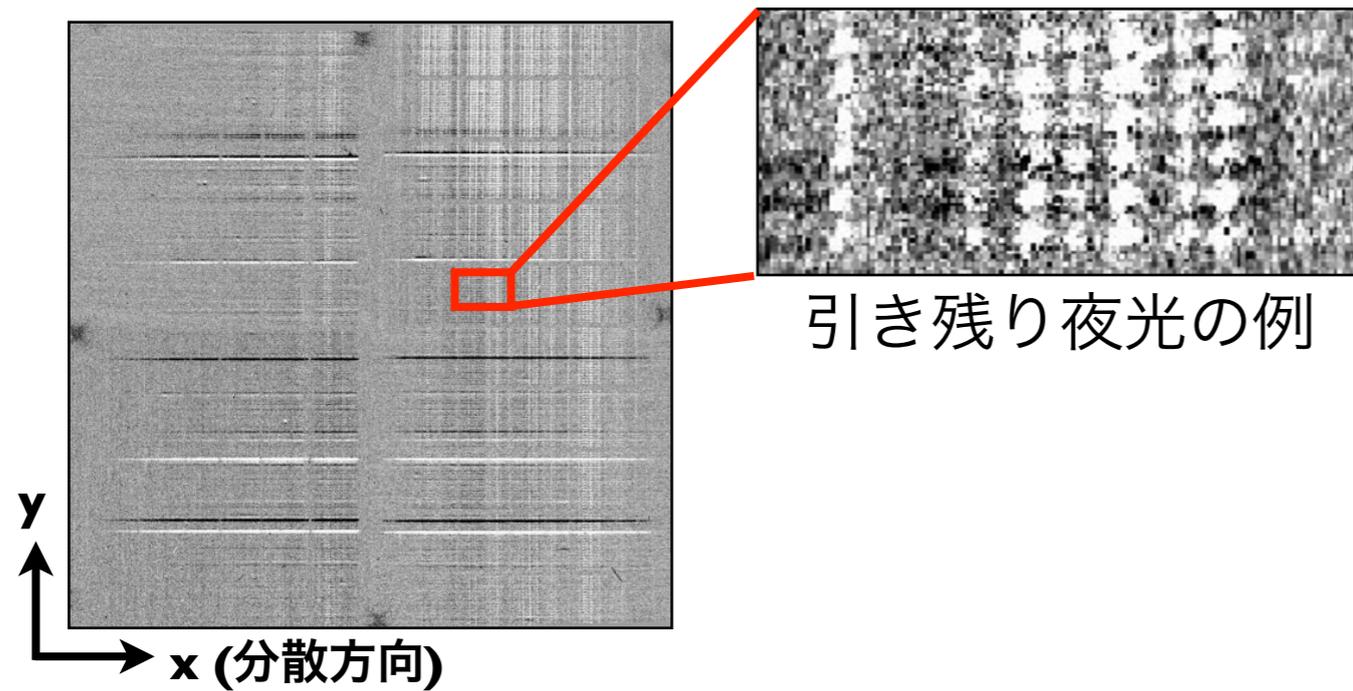
歪曲補正後



補正前

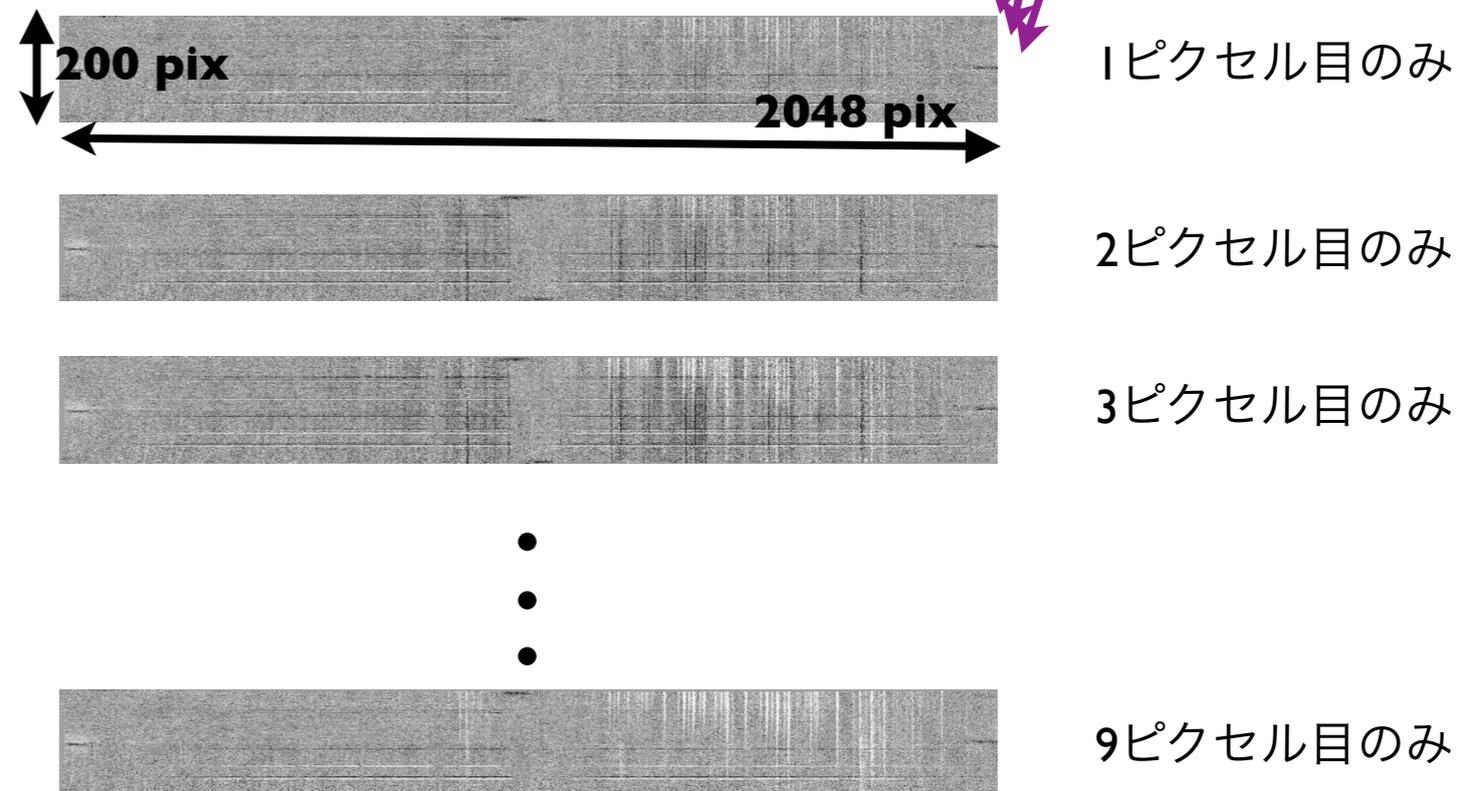
補正後

基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス校正



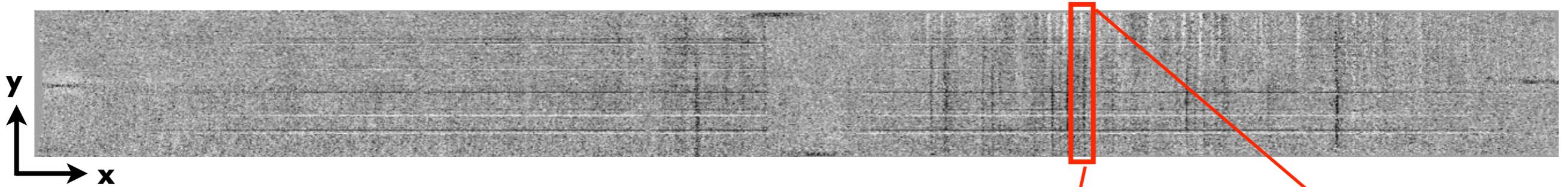
### 夜光除去：

- 夜光の引き残りをy方向にfitする
- 1本のスペクトルはy方向に9 pixel
- まず、各スペクトルの各ピクセル行を200本分集めてくる
- これにより、2048x200のイメージが9セットできる

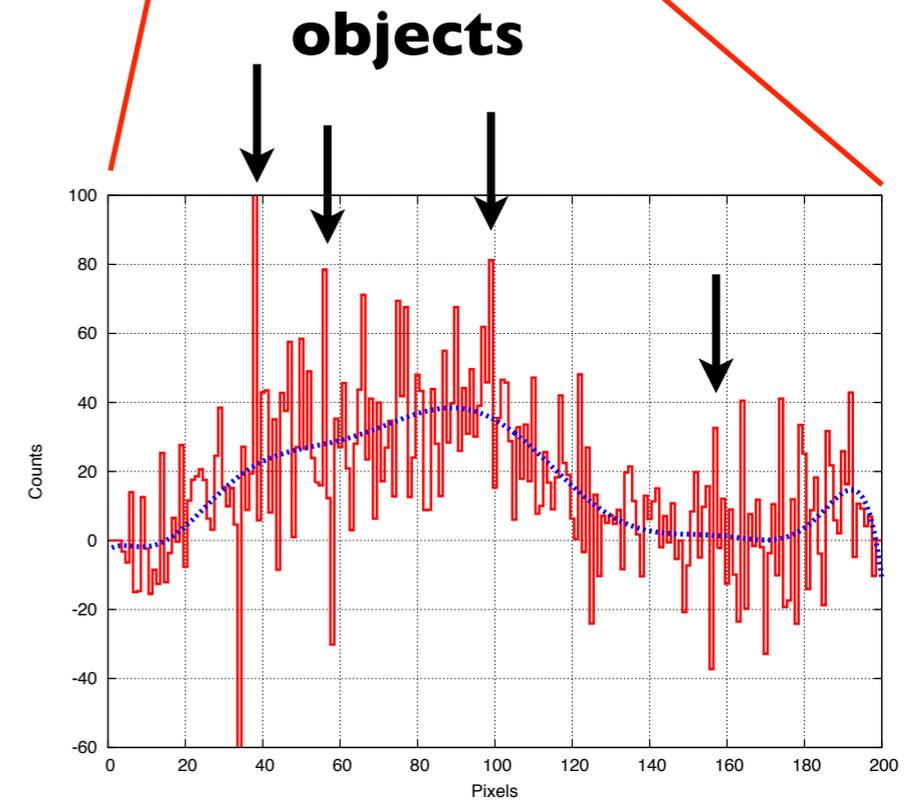


基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス校正

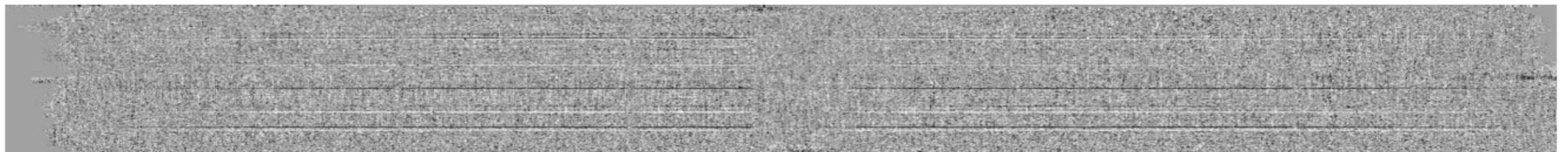
### 夜光除去処理前



- 各セットについてy方向にfitして差し引く
- 天体からの寄与は $\sigma$ -clipで除く (天体が写っているファイバーをあらかじめマスクすることも可能)
- ただし、大多数のファイバーに連続光が写っている場合は、系統的に引きすぎる可能性がある
- この効果の評価は今後の課題 (ポスターPS25参照)



### 夜光除去処理後

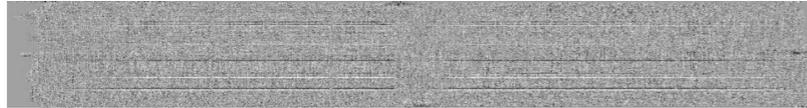


基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス較正

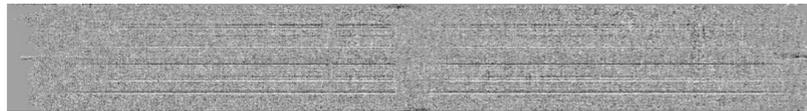
1ピクセル目



2ピクセル目



3ピクセル目

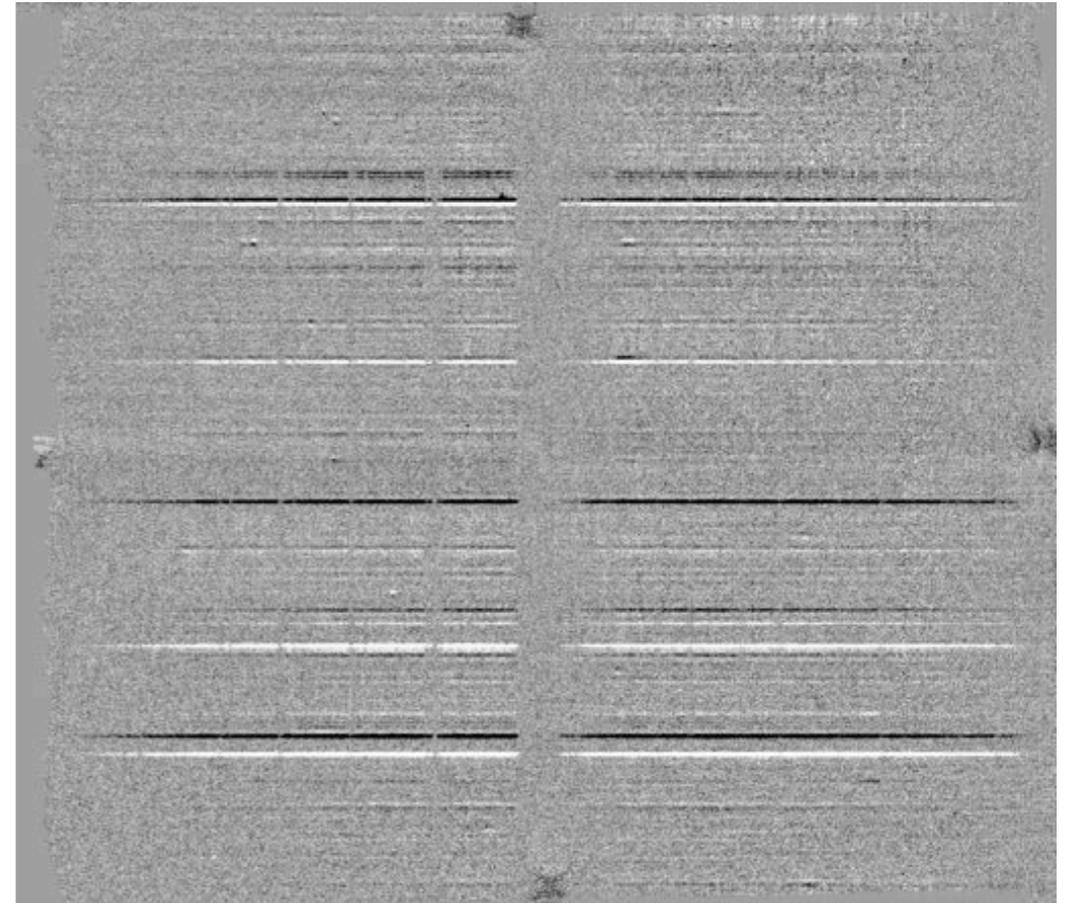


●  
●  
●

9ピクセル目

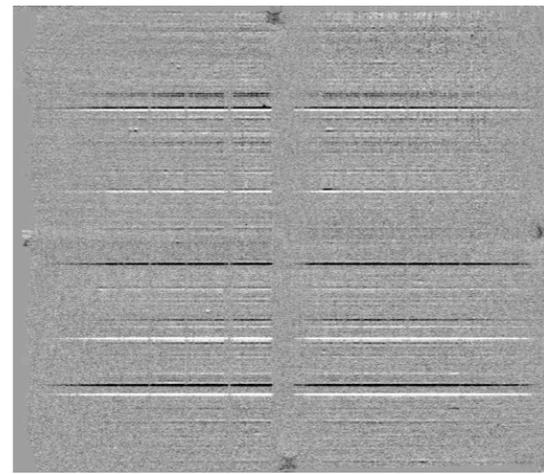


元に戻す

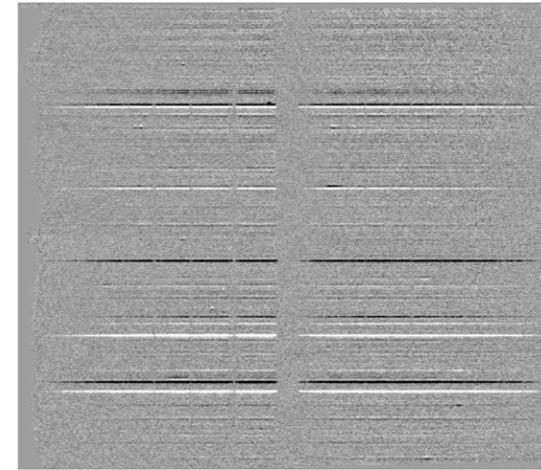


各セットについて夜光を除去したものを元の位置に戻して終了

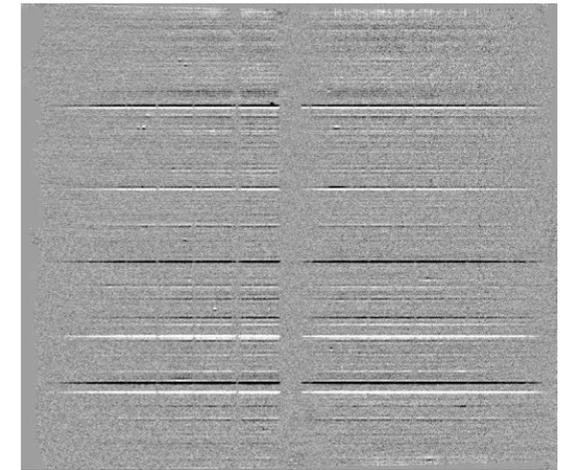
基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス校正



1フレーム目

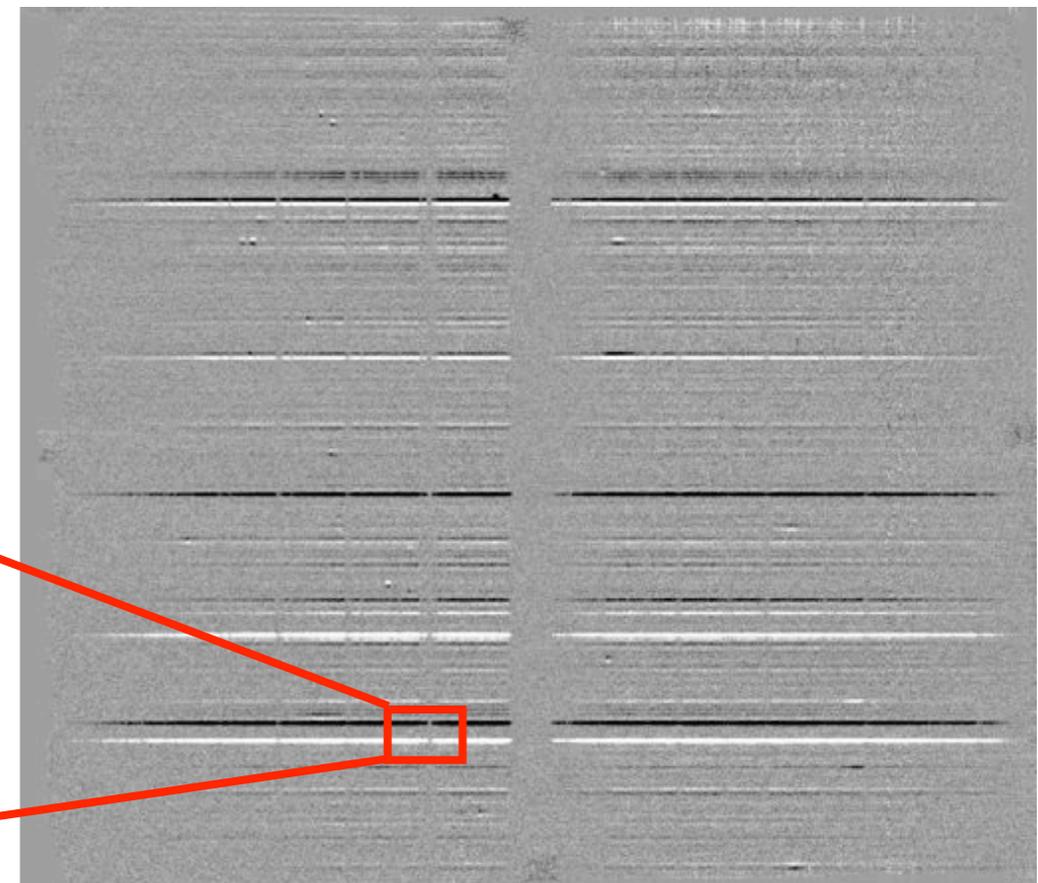
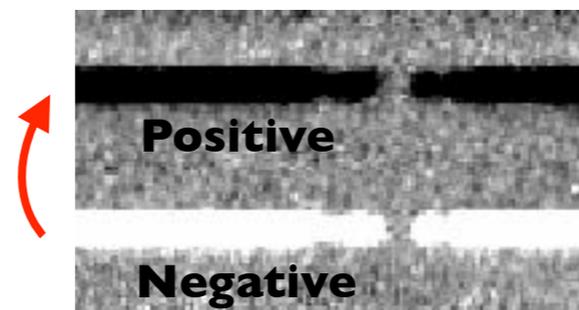


2フレーム目



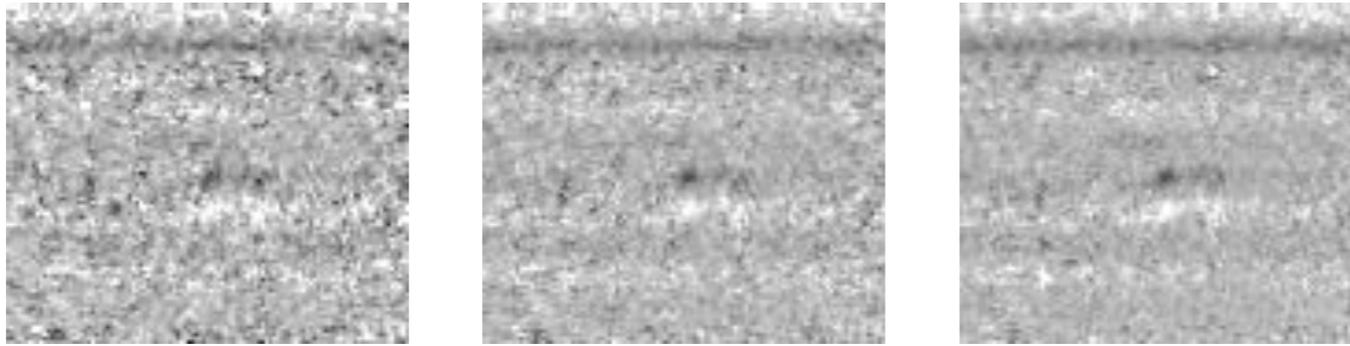
3フレーム目

- 今回得られた3フレームを重ね合わせる
- 条件の悪いデータは除くことも可
- CBSのnegative側も反転して重ね合わせる

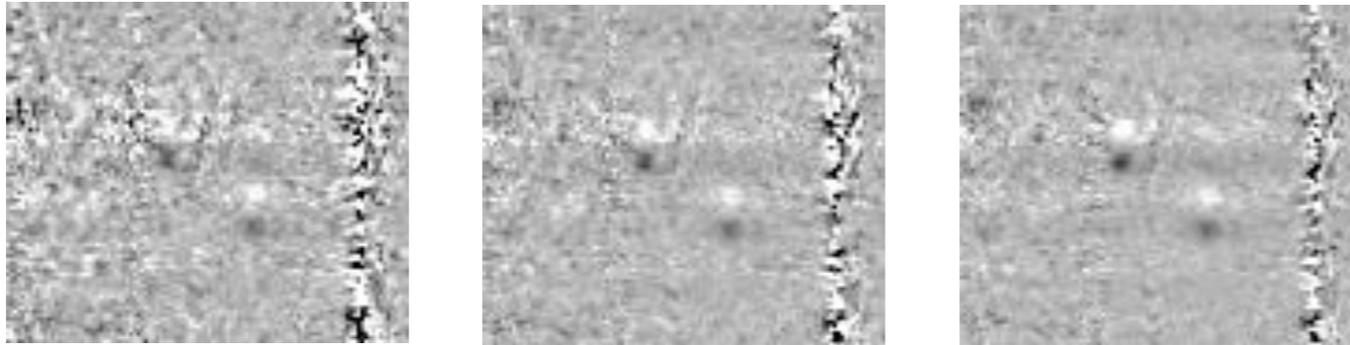


基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス校正

Object A



Object B & C

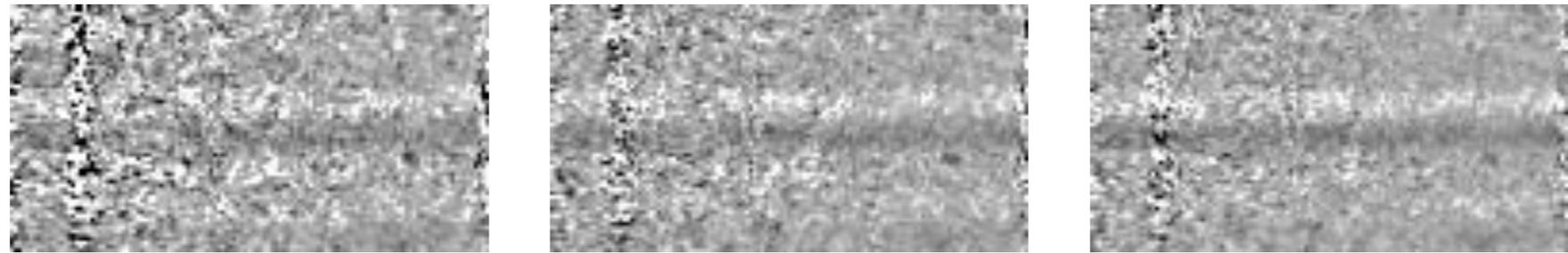


計30分露出

計60分露出

計90分露出

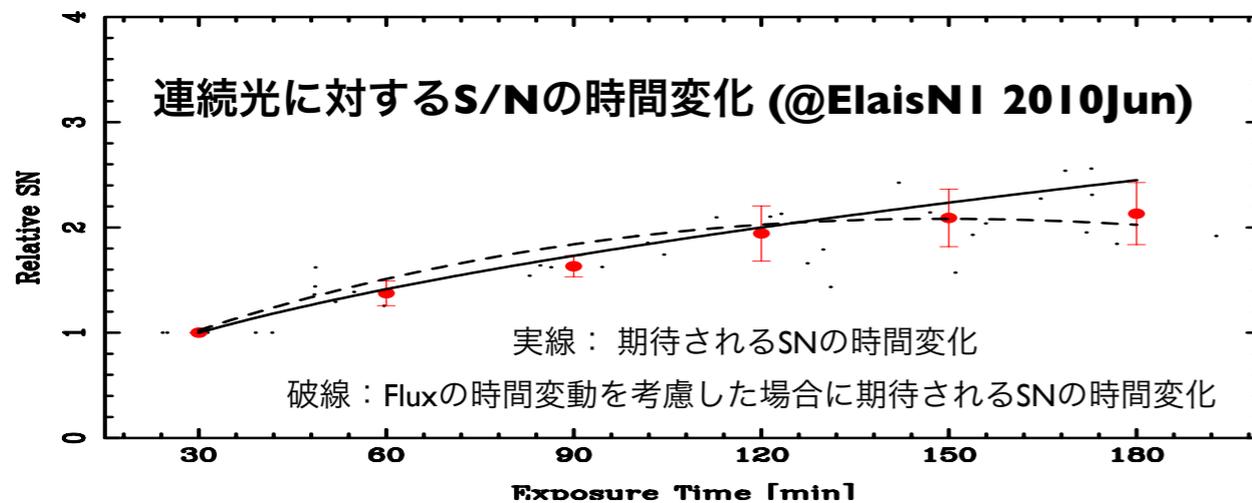
Object D



計30分露出

計60分露出

計90分露出

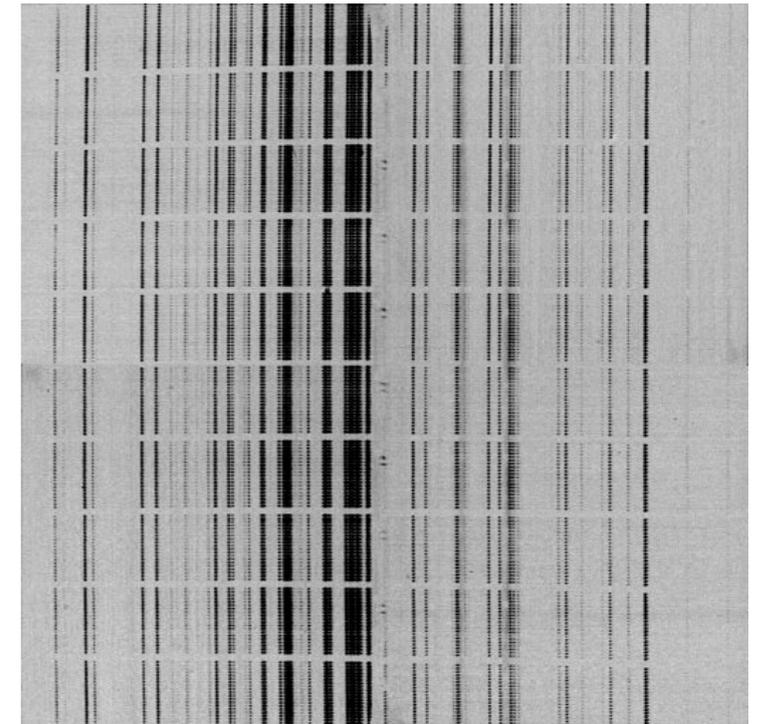


- 重ねるにつれて輝線のS/Nが良くなる
- 連続光に対するS/Nはほぼ  $\sqrt{t_{\text{exp}}}$  に比例  
(ただし明るめに限る)
- 解析手法による影響は要検討課題

基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス較正

## 波長較正：

- 波長較正フレーム (Th/Arランプ)を用いて波長較正
- これまでと同様の手順で解析する
- Th/Arランプの波長テーブルと比較し、pixelと波長の関係を導出する
- 最終的には0.9から1.8 $\mu\text{m}$ で1pixelが5Åになるように変換



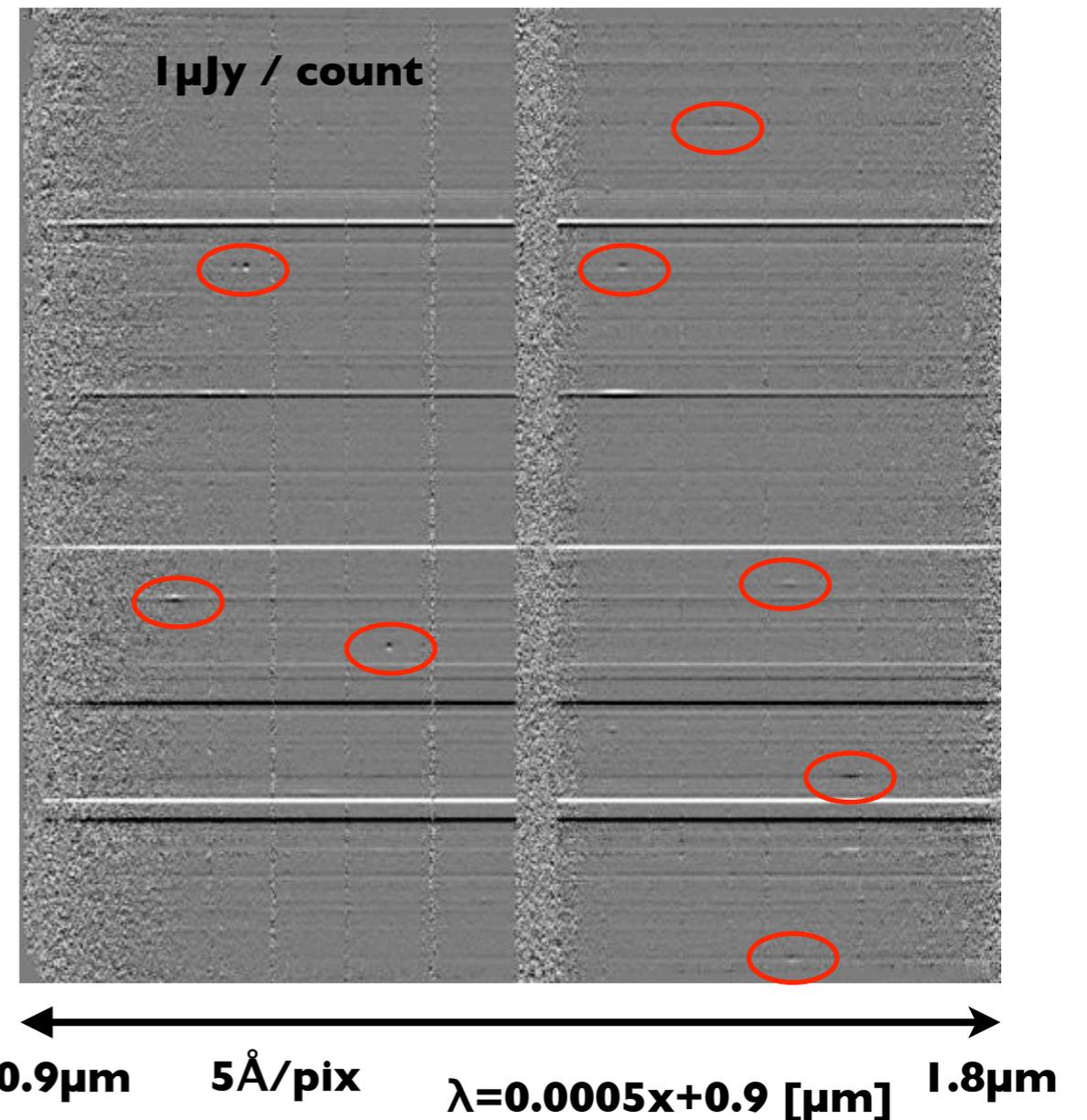
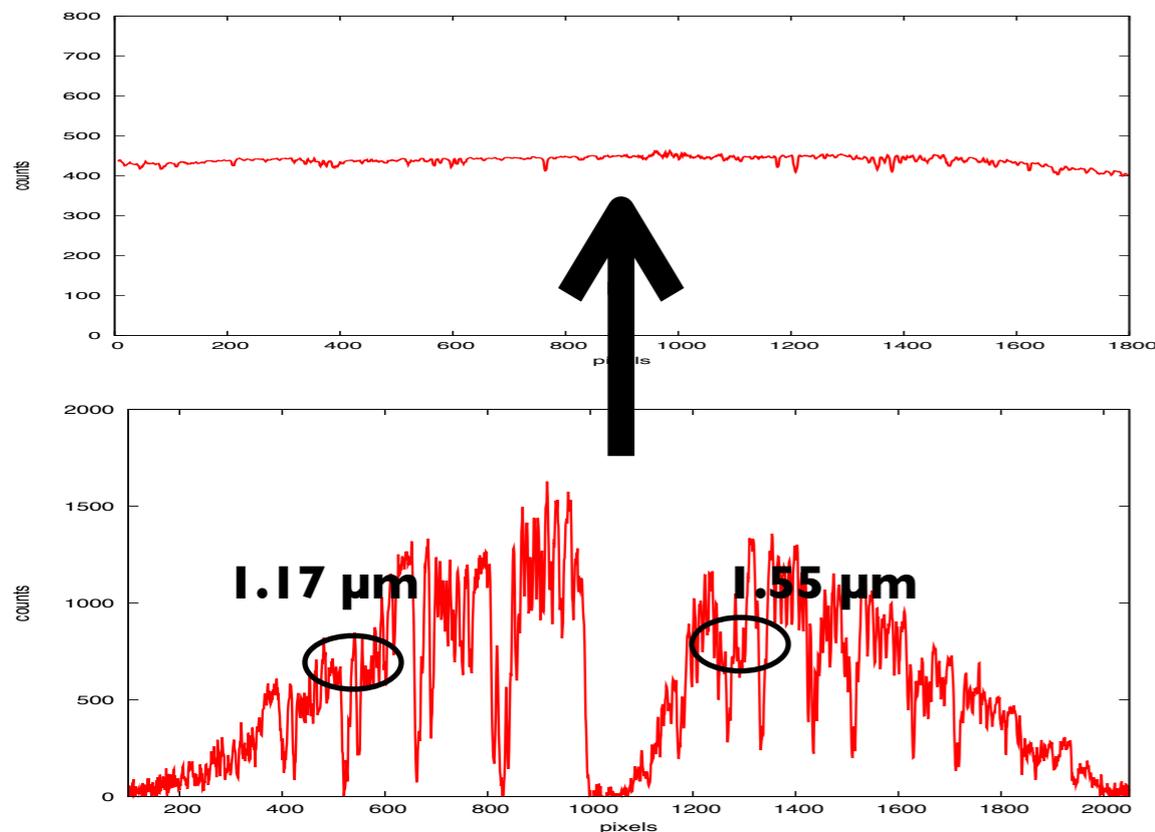
Th/Ar calibration frame



基本的な処理 → 歪み補正 → 夜光除去 → 重ね合わせ → 波長/フラックス較正

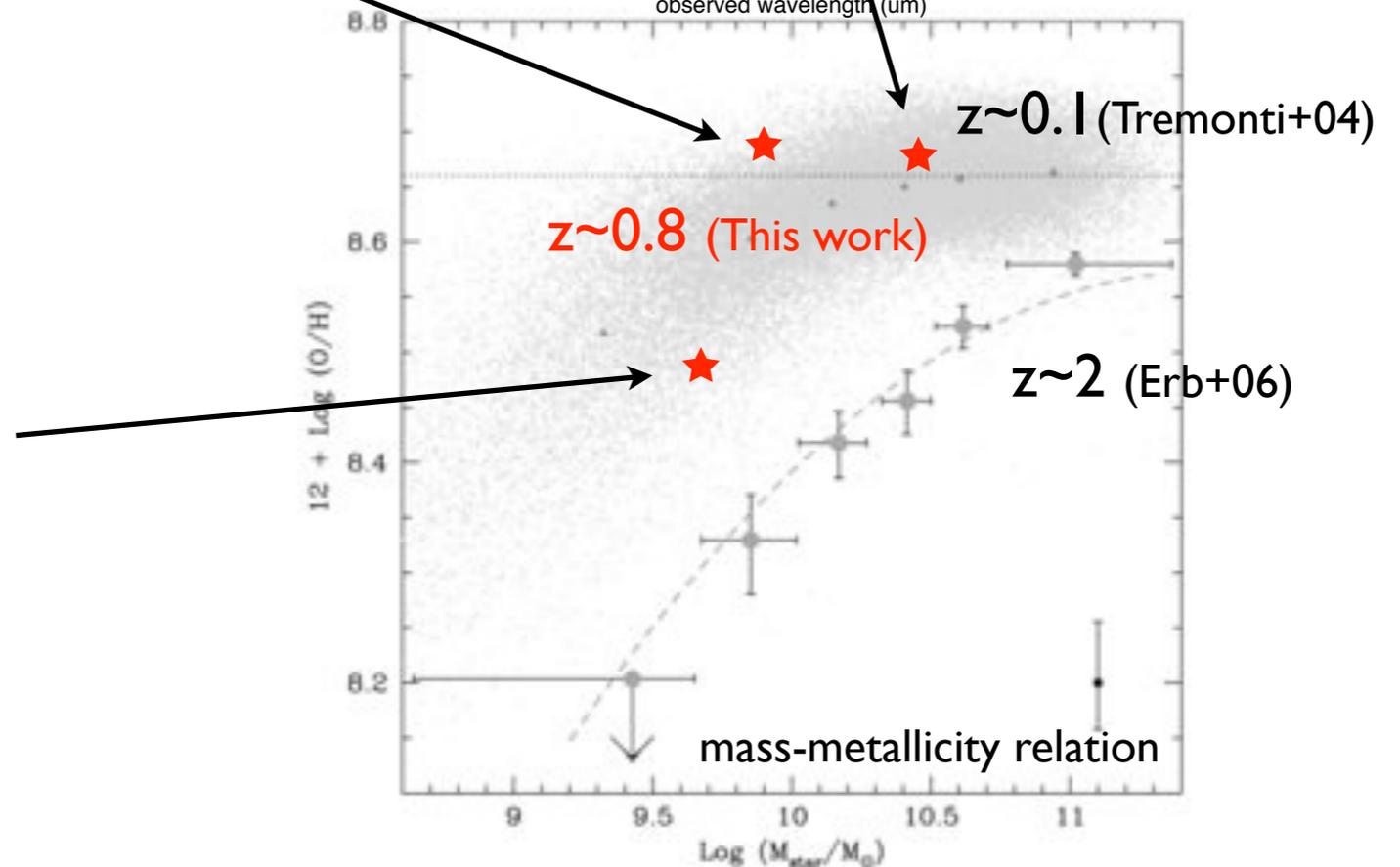
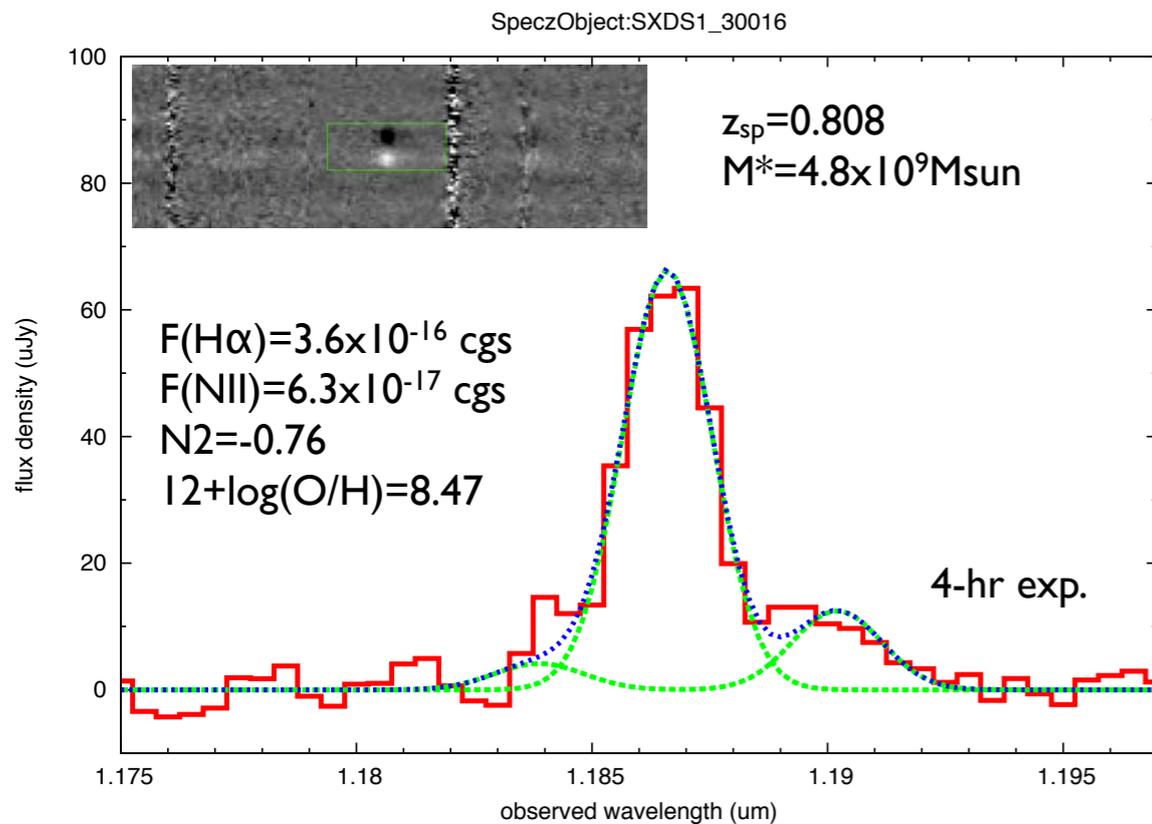
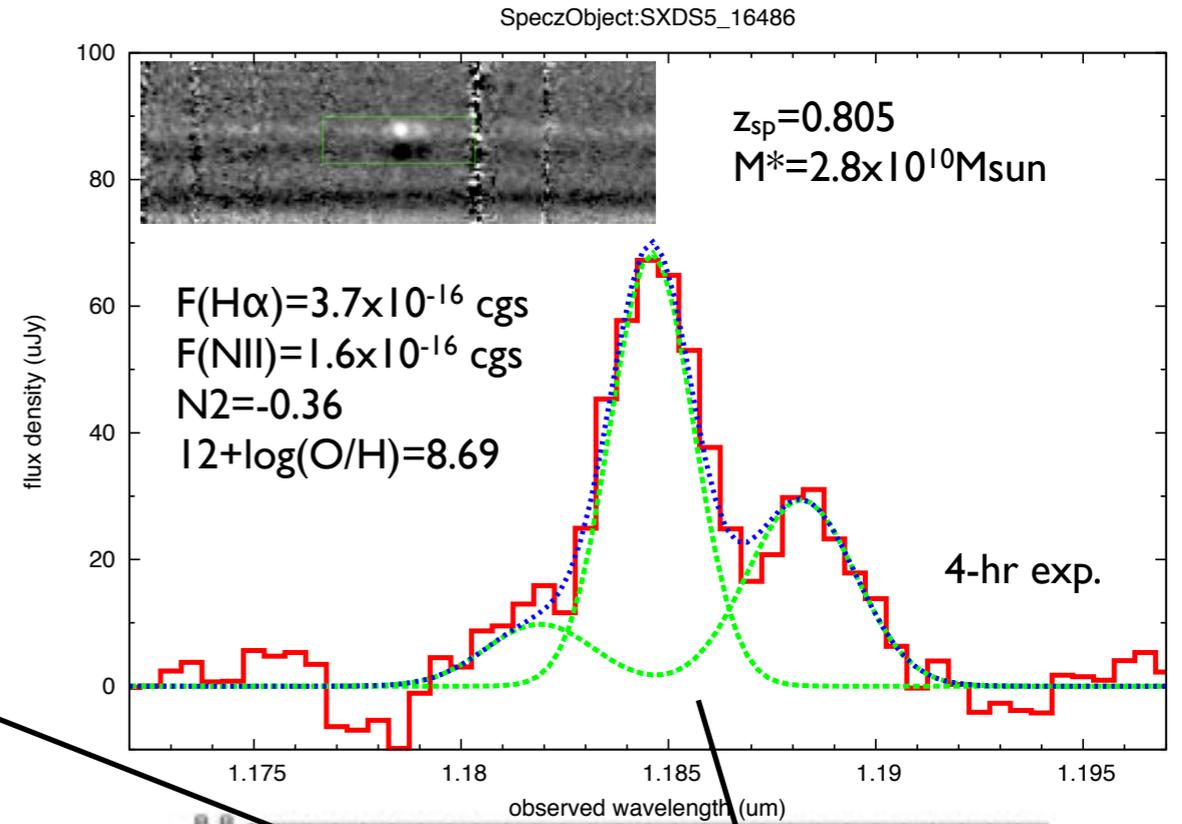
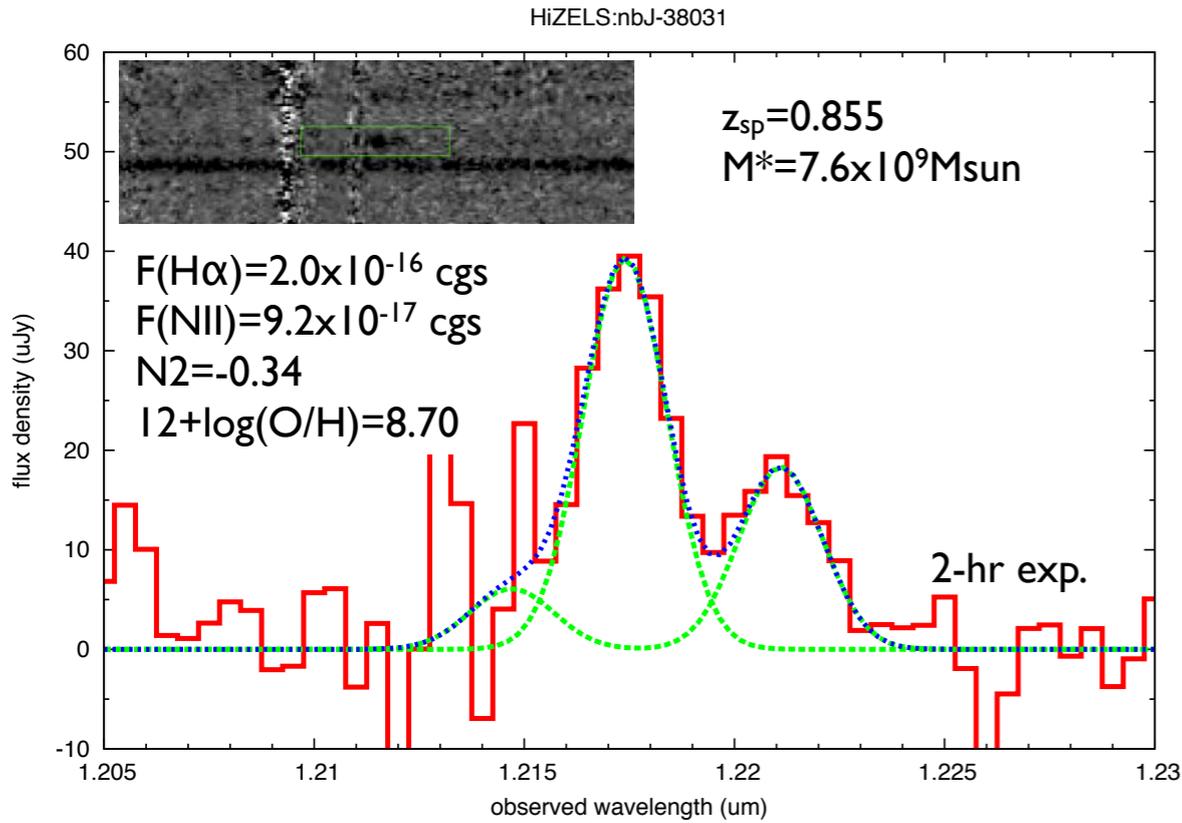
## フラックス較正：

- 各観測でファイバーにいくつか星(F, G, Kあたりがよい)を入れる
- $1.17\mu\text{m}$ と $1.55\mu\text{m}$  (効率が大体同じ)からスペクトル傾きを求める
- スペクトルが直線と仮定して効率曲線を求める (恒星大気の吸収補正も可)
- フラックスの絶対値は装置の効率(2.5%)を仮定
- この効率曲線を他のファイバーにも適用
- 各ファイバー間の感度補正もする
- 最終的に  $1\text{count}=1\mu\text{Jy}$  になるように変換して最終画像の完成



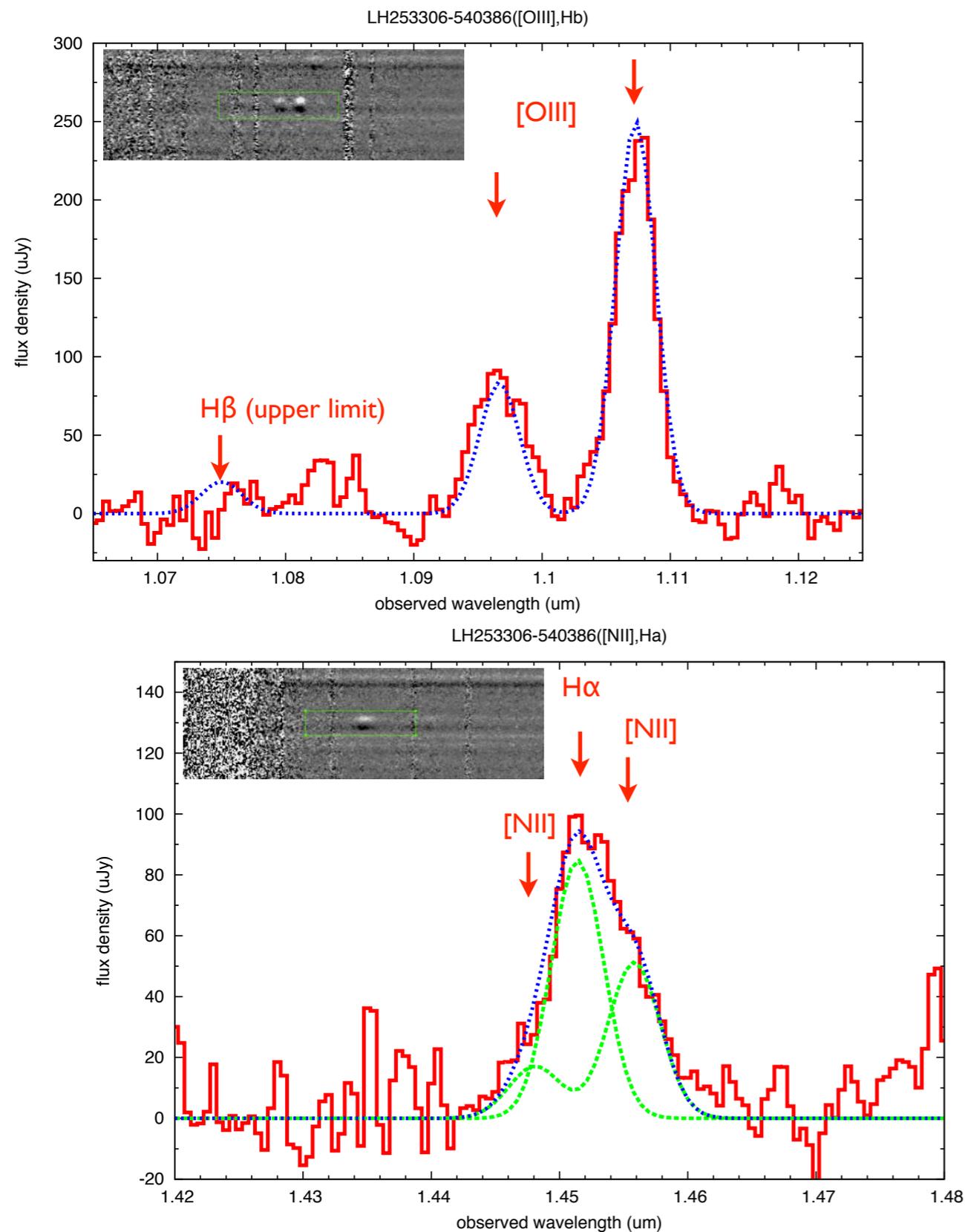
# FMOS Scientific Case I (preliminary!!)

$z_{sp} \sim 0.8$ での[NII]/H $\alpha$ のFMOSでの観測例

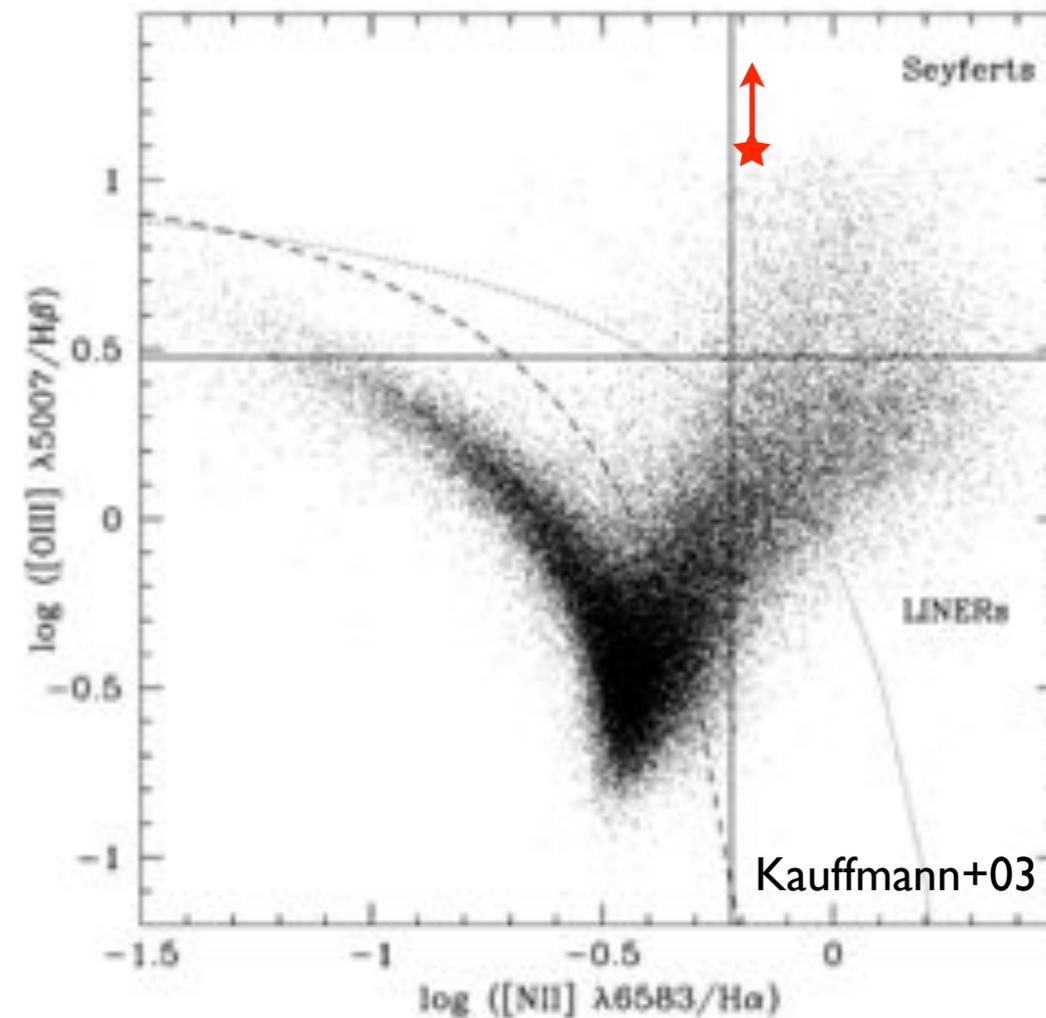


# FMOS Scientific Case 2 (**VERY preliminary!!**)

$z_{sp}=1.212$ の例 (AGN?) 1.5-hr exp. @LH



BPT diagram上での位置



# Summary:

- FMOSデータ解析スクリプトの現状を報告した
- 例として試験観測で得られたLHにおける1.5時間分のデータを利用
- データ処理の流れは以下の通り：
  1. 基本的な処理 (フラットフィールドニング、バッドピクセル補正など)
  2. 歪み補正
  3. 夜光除去
  4. フレームの重ね合わせ
  5. 波長較正、フラックス較正
- この解析スクリプトを用いてS/NなどFMOSの装置性能を鋭意評価中
- もちろん解析スクリプト自身のアップグレードも頻繁に行われている
- FMOSによる系統的な分光探査により $z=1-2$ での銀河やAGNの性質が明らかに