

WISHスリットレス分光の検討 矢部清人(国立天文台)

スリットレス分光の必要性

- WISHでサンプルされたhigh-z候補天体の分光フォローアップ
- SN/GRBなどの分光フォローアップ
- 輝線フラックス／等級リミットの無バイアスサーベイ

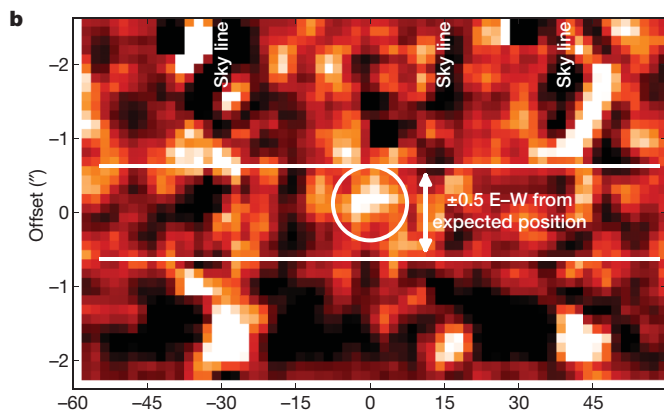
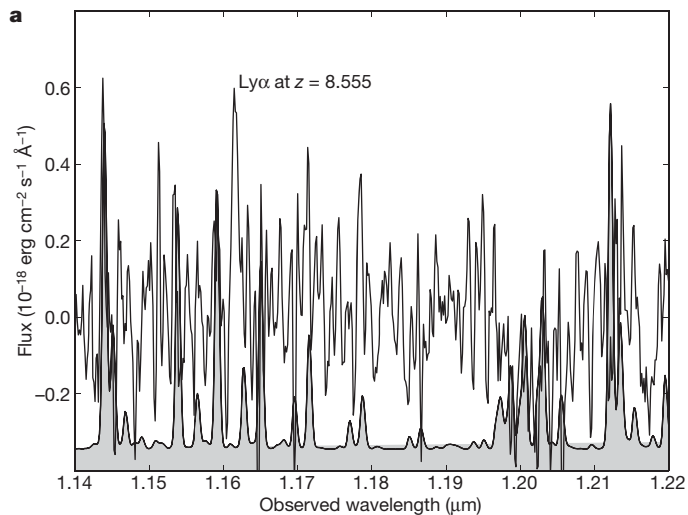
WISHでのスリットレス分光の可能性の検討

- グリズムによるスリットレス分光
- WISHにおける実現可能性
- グリズム検出限界の評価
- confusion? の影響は? 解析手法は?
- 他の観測装置との比較
- サーベイプラン

スリットレス分光の重要性

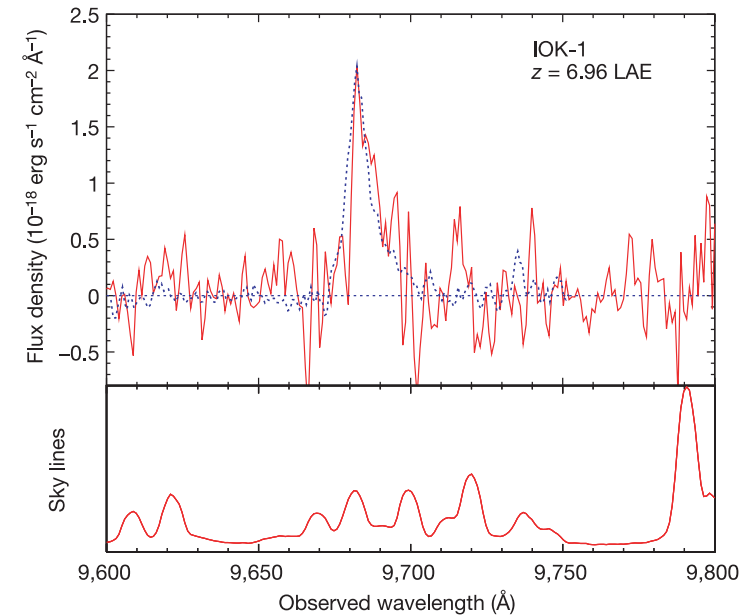
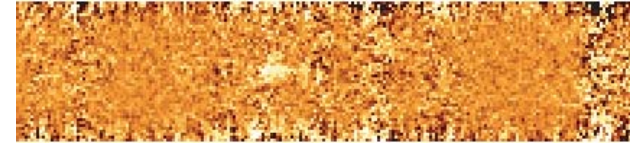
WISHで期待される分光観測

- WISHで検出されたhigh候補天体の分光同定
- SNの分光フォローアップ観測
- 輝線フラックス／等級リミットの無バイアスサーベイ



Lehnert+2010 ($z=8.55?$)

Iye+2006 ($z=6.96$)



広帯域フィルターによって選択された候補天体を分光同定することは非常に重要

- 正確なredshiftを決めるのに重要
- WISHによって多くのhigh- z 候補天体が検出される予定
- 分光フォローアップとしてはJWSTやTMTが想定
- WISH単体で閉じることはいかないか？
- redshiftを決めるだけであれば $R \sim 100$ で十分？
- スリットレス分光モードの検討

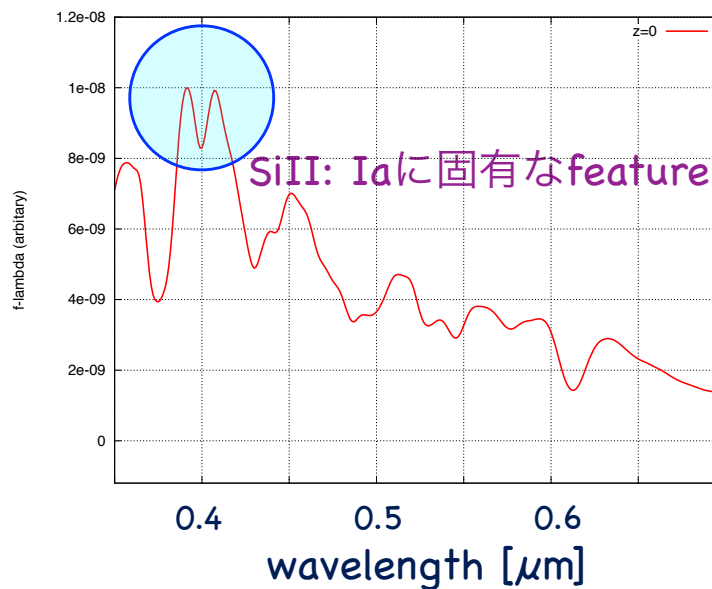
スリットレス分光の重要性

WISHによる超新星サーベイの重要性

- 正確なredshiftの決定
- SN タイプの決定 (SIIのfeature?)
- R~100程度の近赤外分光の必要性

諸隈さんのスライドから

WISH grism spectroscopy for SNe



- 0.8-2 μm くらいをカバーしたい
- $z < 1$ は地上可視でOK
- $1 < z < 1.5$ も地上可視で観測可能(Riess+2004, Morokuma+2010)だが夜光が強くギリギリ。
- 天気のこととも考えると、 $z > 1$ はスペース(+地上からAO分光)がよい

+ R~50-100程度でOK

+ 限界等級: 23-24 magAB --> $z \sim 1$

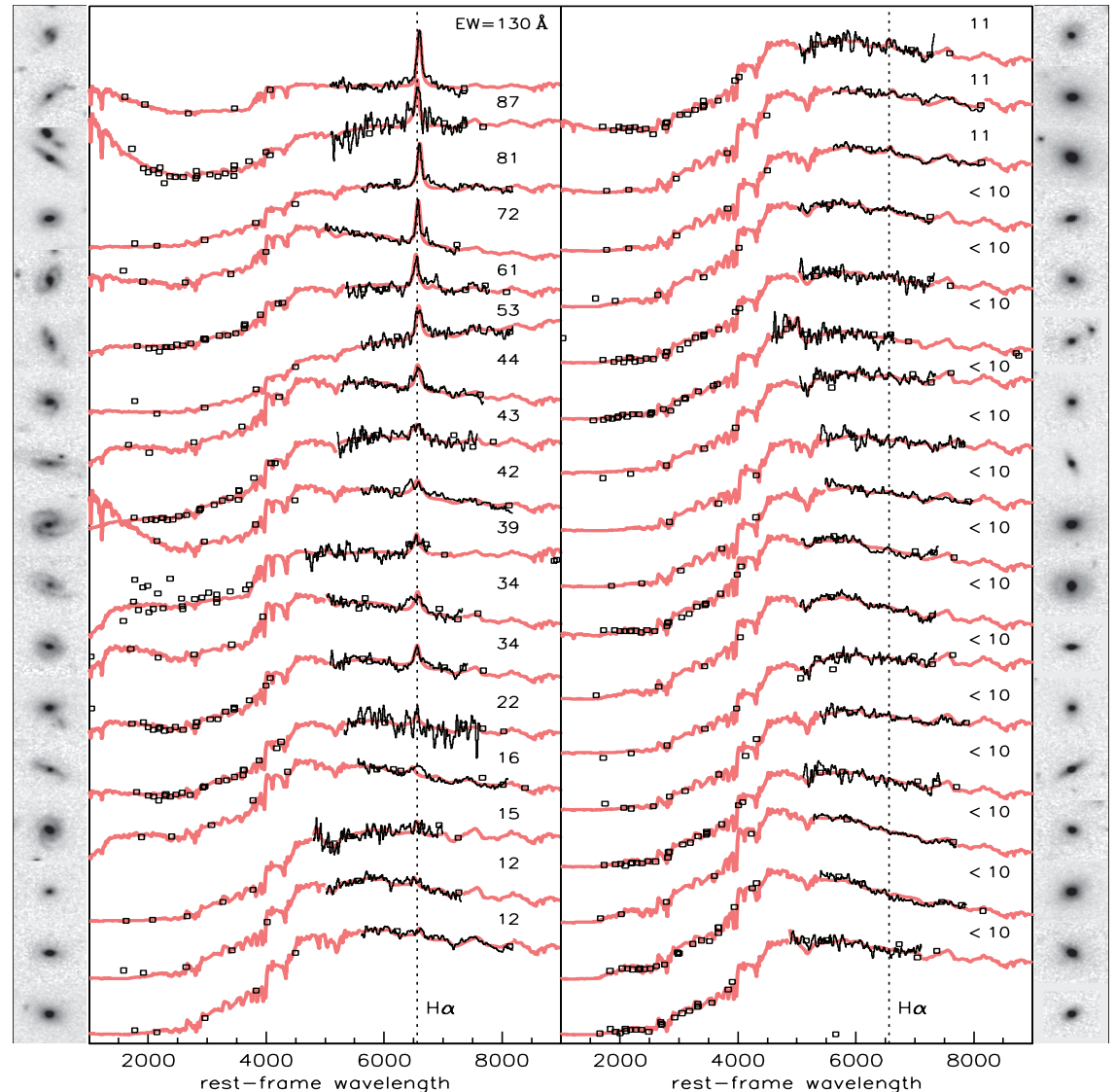
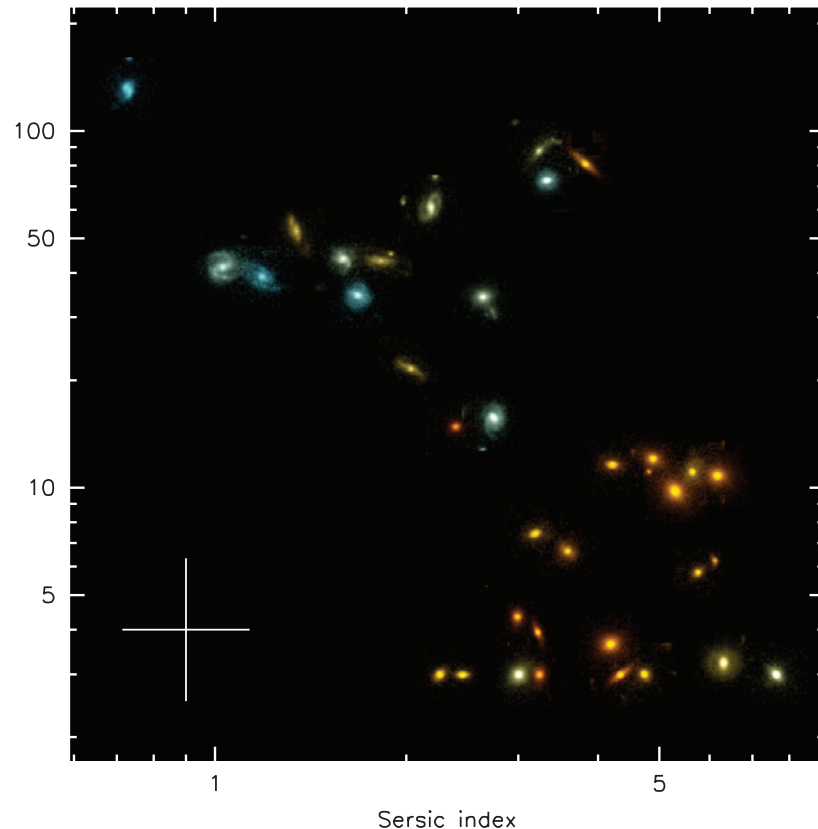
cf. WFIRSTはIFUに???

スリットレス分光の重要性

スリットレス分光では輝線フラックス／等級リミットの無バイアスサーベイが可能

- 主に $z=1-3$ の $H\alpha$ 輝線/連続光などが対象になる
- stellar massなどでリミットしたsystematicな研究が可能
- ある程度の波長分解能は欲しい？

3D-HSTの初期成果: $z\sim 1.5$ のmassive galaxies (van Dokkum+2012)

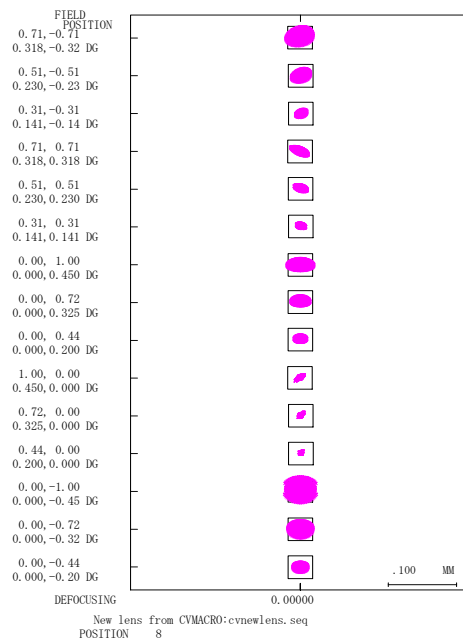
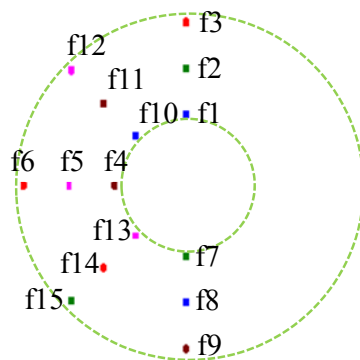
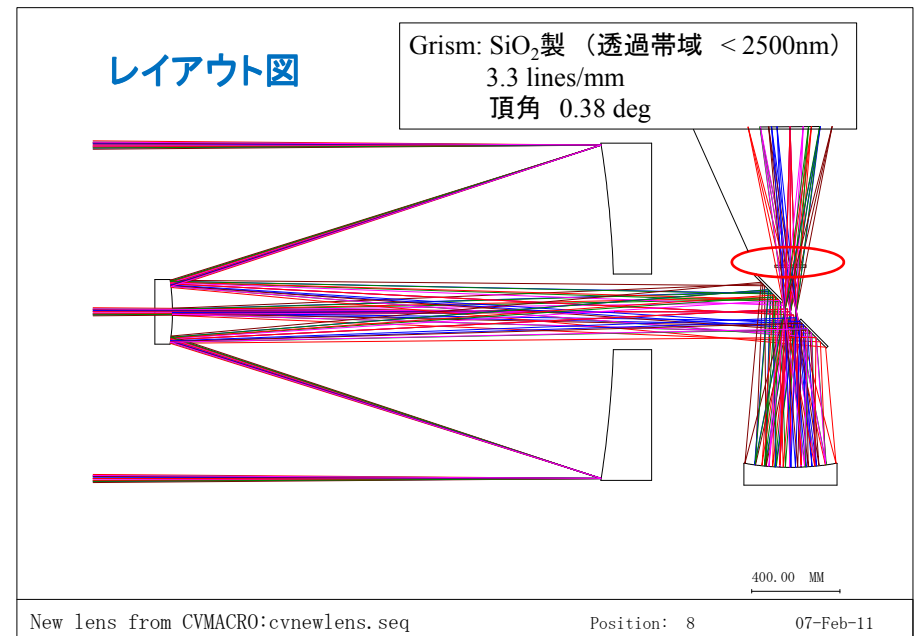


WISHにおけるスリットレス分光の検討

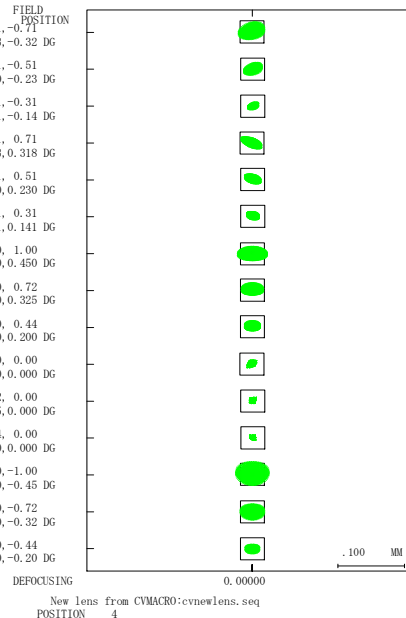
WISH 分光モードの検討 (Photocoding 池田さん)

- 波長帯：1.0-2.5 μm
- 分解能：R~100
- 分光方式：スリットレス分光
瞳面近くにグリズムを設置
- 結像性能：全視野で十分な結像性能

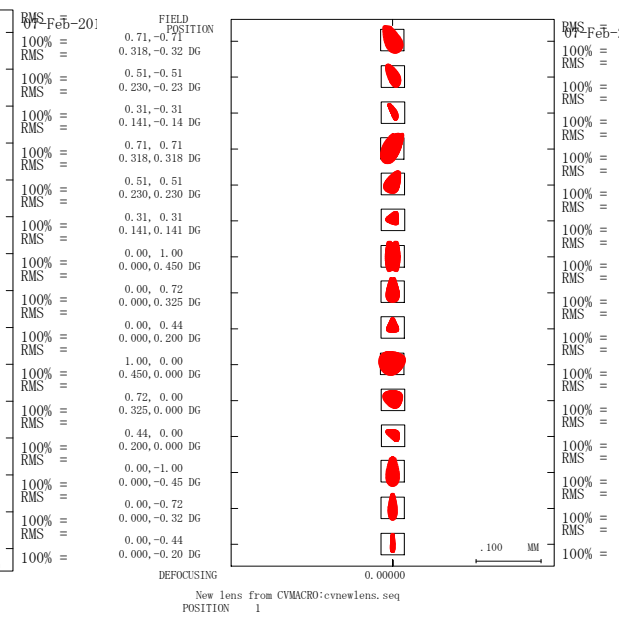
光学性能の評価ポイント



$\lambda=900\text{nm}$



$\lambda=1800\text{nm}$



$\lambda=2700\text{nm}$

スポットダイアグラム

box size = 2pix x 2pix

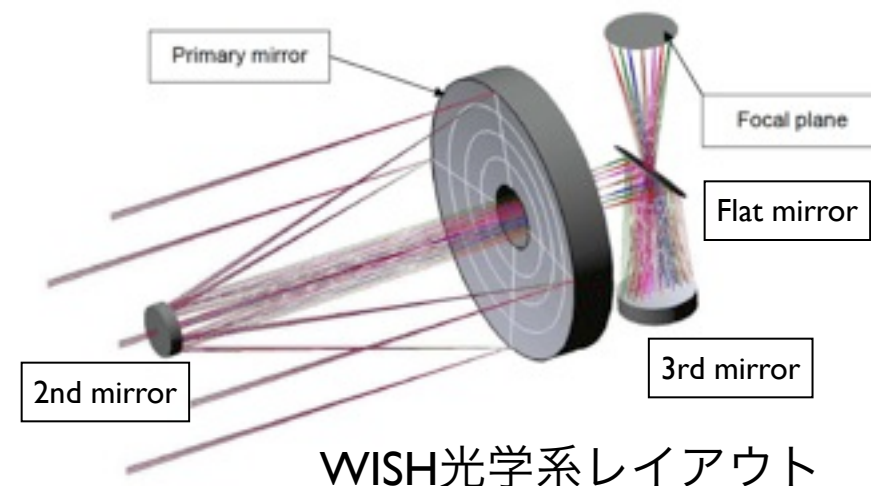
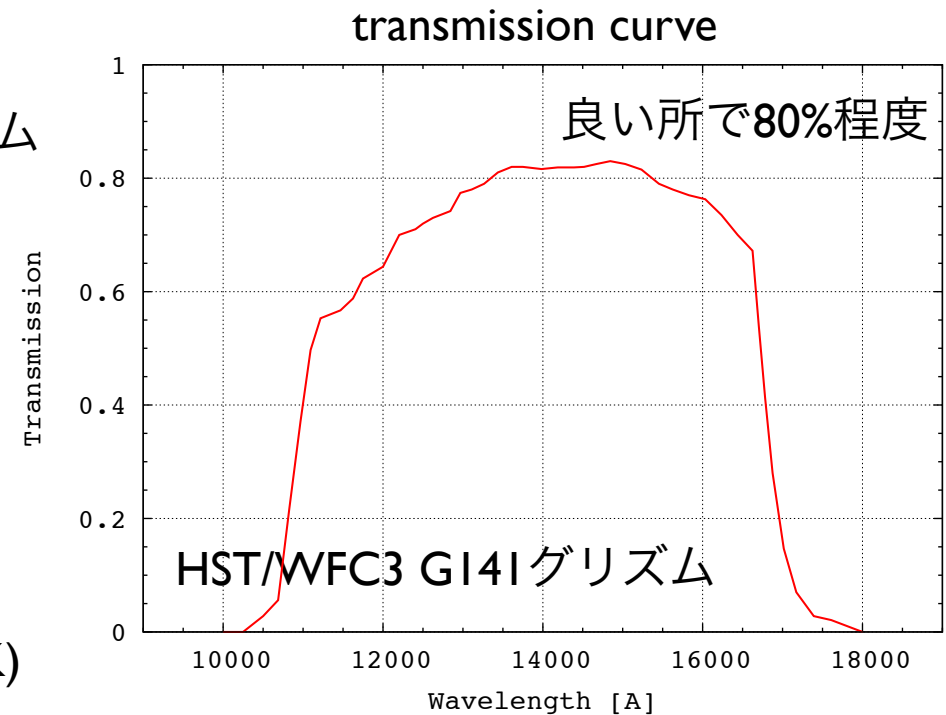
検出限界の評価

仮定するグリズムは以下の通り

- 波長範囲／効率曲線はHST/WFC3 G141グリズム
- $R \sim 100$, 分散 $\sim 20\text{\AA}/\text{pix}$
- 効率のピークは80%程度

バックグラウンドの見積もり

- 広帯域フィルタの場合と同様
 - ✓ 各光学コンポーネントからの熱輻射はgray bodyを仮定する
 - ✓ 黄道光 (散乱光成分;5800Kと放射成分;275K)
 - ✓ 黄極の3倍の強さを仮定
 - ✓ 詳細はWISH SW 2010年のスライドを参照
- フィルターをグリズムに置き換えた
- サイズ150mm、検出器から500mmの所に配置
- 各ピクセルが見込む立体角を計算し、1ピクセルに入る光子数を計算する



検出限界の評価

スペクトルのシミュレーション

- 天体はフラットスペクトルの点源を仮定
- 装置効率×グリズム効率をかけて、上記のグリズム分散を考えて検出器上に配置
- 空間方向はFWHM $\sim 0.27''$ のガウス分布を仮定
- 簡単のため、1次光のみを考える

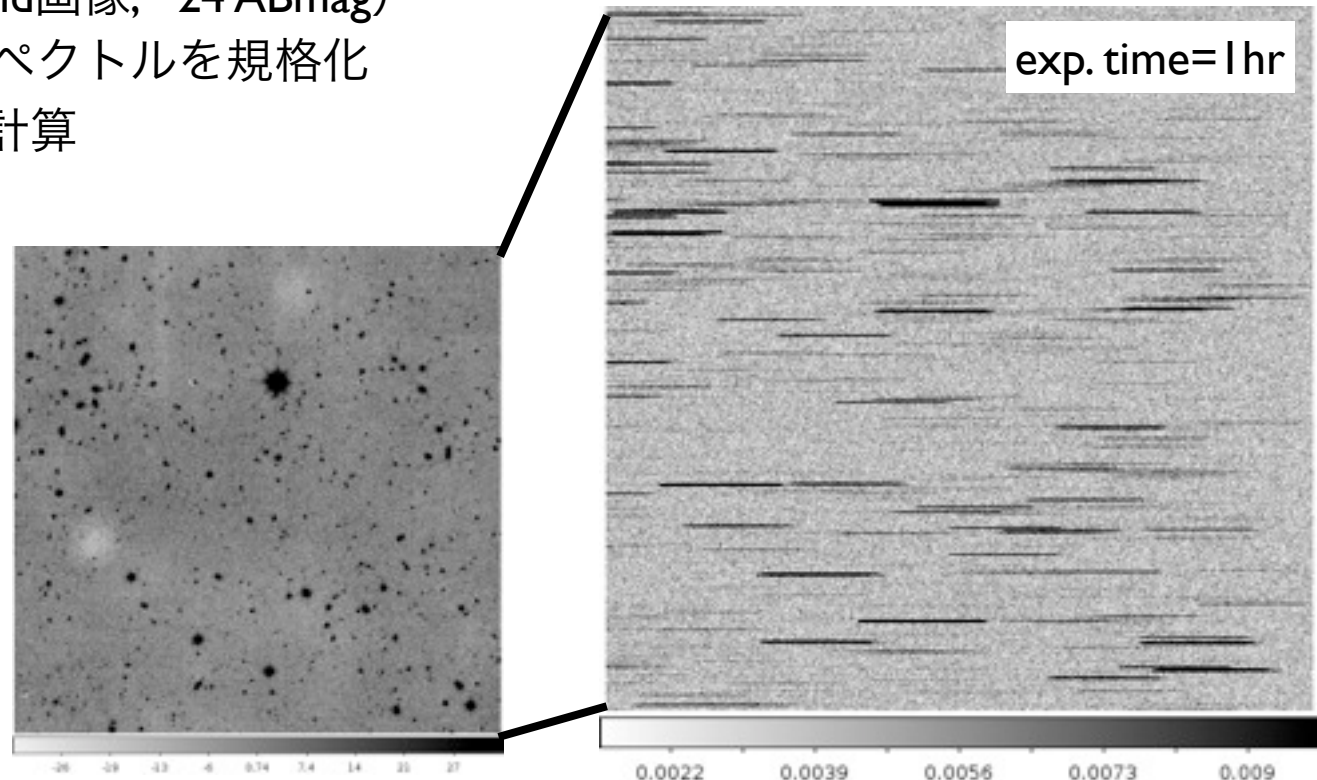
波長方向：R=100, dispersion=20Å/pixを仮定



空間方向：ガウシアンで分布していると仮定
FWHM ~ 0.27 arcsec 回折限界@1.5 μ m

実際の天域を観測した場合、どう見えるか？

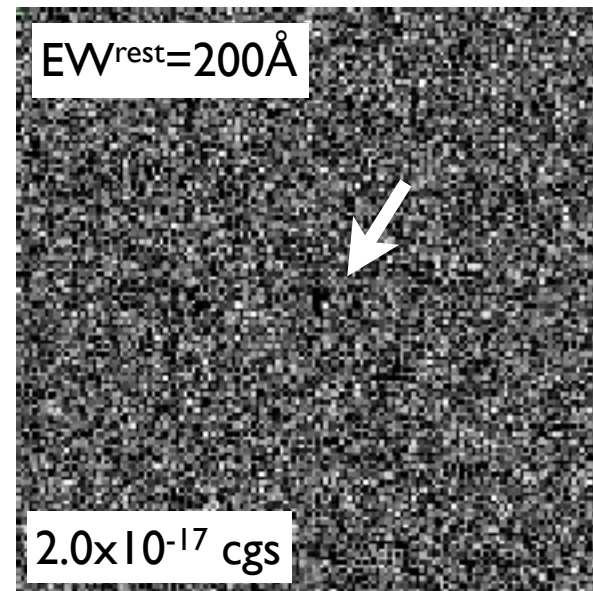
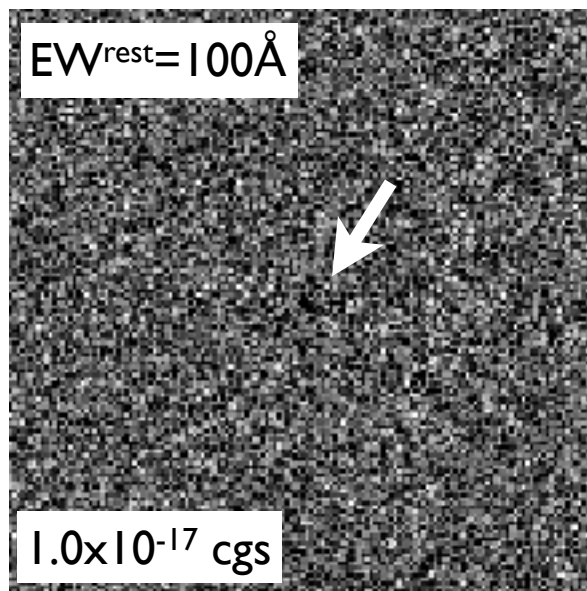
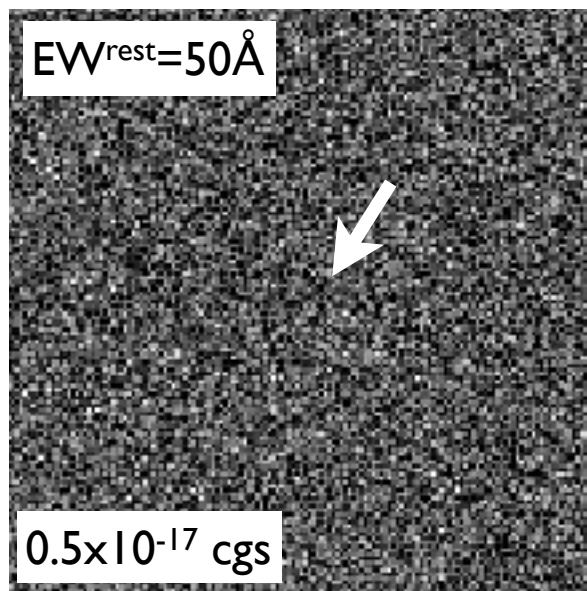
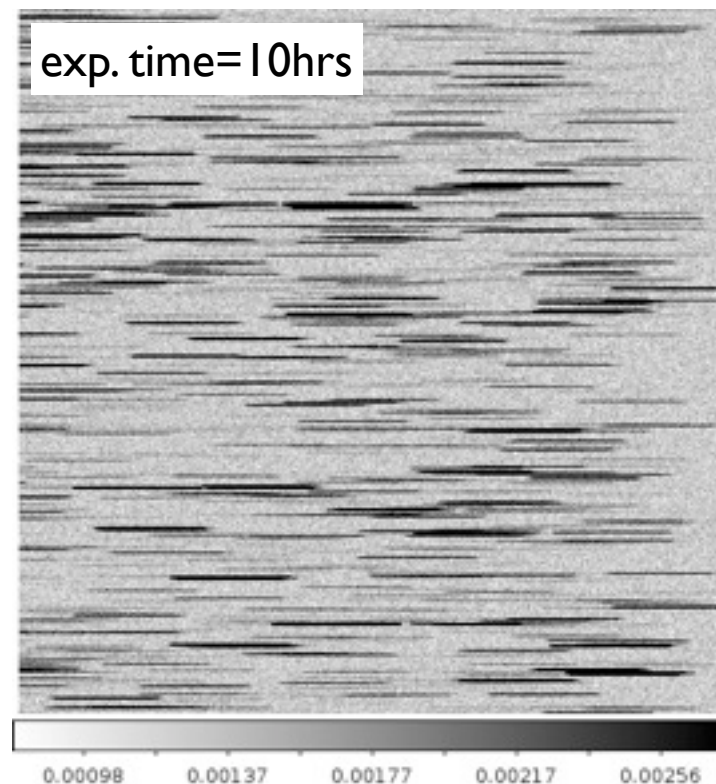
- SXDS/UDS領域 (5'x5', H-band画像, ~ 24 ABmag)
- 各天体の等級でフラットスペクトルを規格化
- 積分時間 1hr/10hrs/50hrsで計算



検出限界の評価

輝線天体はどう見えるか？

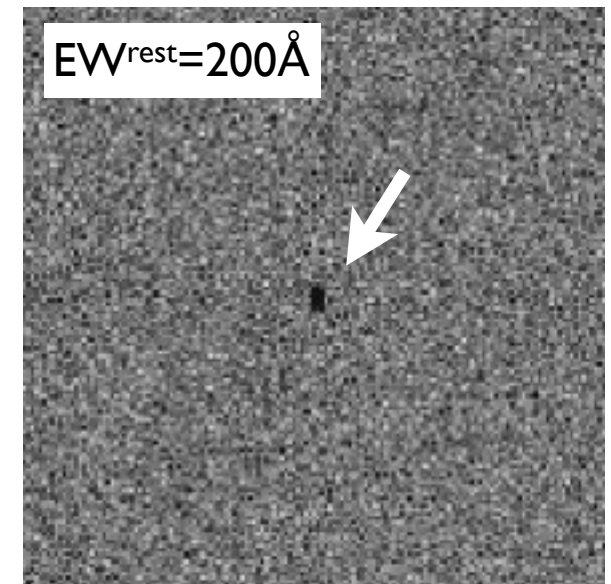
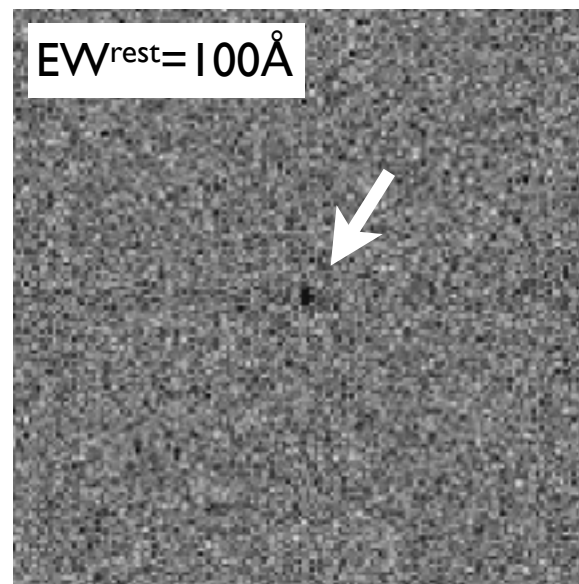
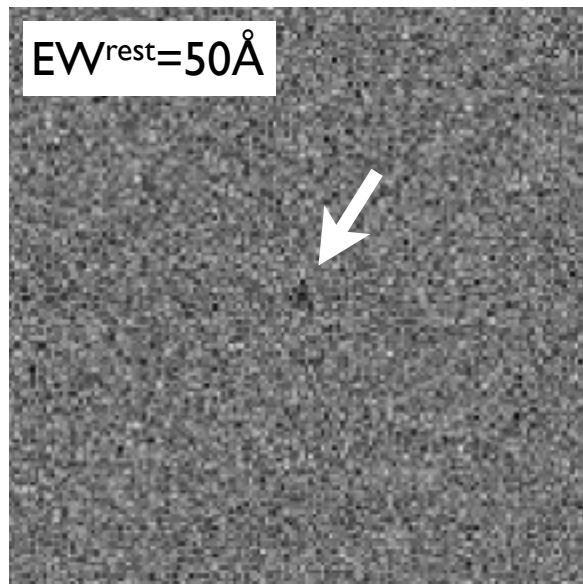
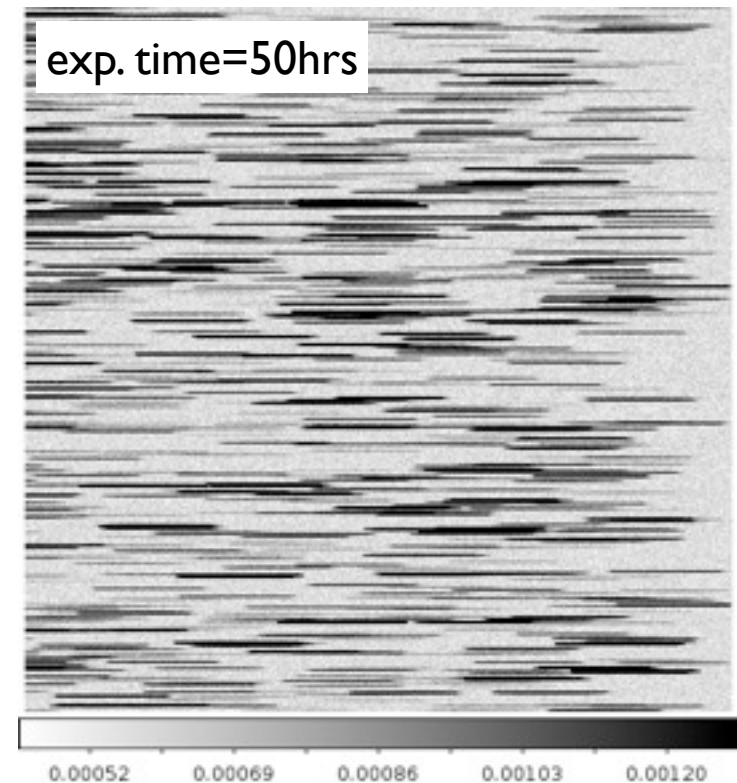
- 輝線の位置は $1.46\mu\text{m}$ ($z=11$ の $\text{Ly}\alpha$ を想定)
- UV連続光は ~ 27 等AB
- $\text{EW}^{\text{rest}}=50, 100, 200 \text{ \AA}$ の場合で計算
- $\rightarrow f(\text{Ly}\alpha) \sim 0.5, 1.0, 2.0 \times 10^{-17} \text{ erg/s/cm}^2$
- $\rightarrow L(\text{Ly}\alpha) \sim 0.8, 1.6, 3.2 \times 10^{43} \text{ erg/s}$
- 積分時間 1hr/10hrs/50hrs
- 10hrsだと、 $\text{EW}=100\text{\AA}$ が限界か



検出限界の評価

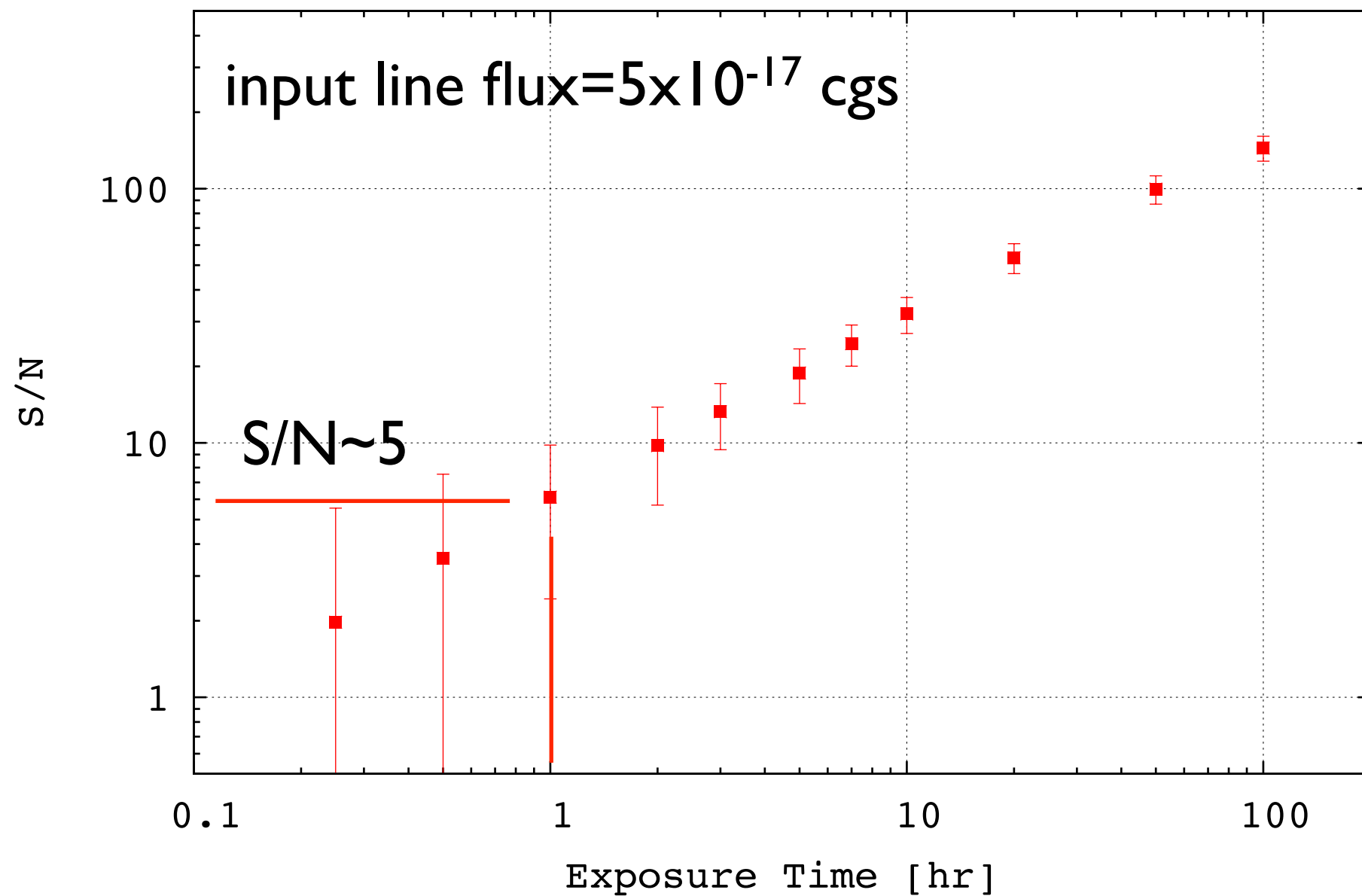
輝線天体はどう見えるか？

- 輝線の位置は $1.46\mu\text{m}$ ($z=11$ の $\text{Ly}\alpha$ を想定)
- UV連続光は ~ 27 等AB
- $\text{EW}^{\text{rest}}=50, 100, 200 \text{ \AA}$ の場合で計算
- $\rightarrow f(\text{Ly}\alpha) \sim 0.5, 1.0, 2.0 \times 10^{-17} \text{ erg/s/cm}^2$
- $\rightarrow L(\text{Ly}\alpha) \sim 0.8, 1.6, 3.2 \times 10^{43} \text{ erg/s}$
- 積分時間 1hr/10hrs/50hrs
- 10hrsだと、 $\text{EW}=100\text{\AA}$ が限界か
- 50hrsやれば、 $\text{EW}=50\text{\AA}$ レベルまで可能か



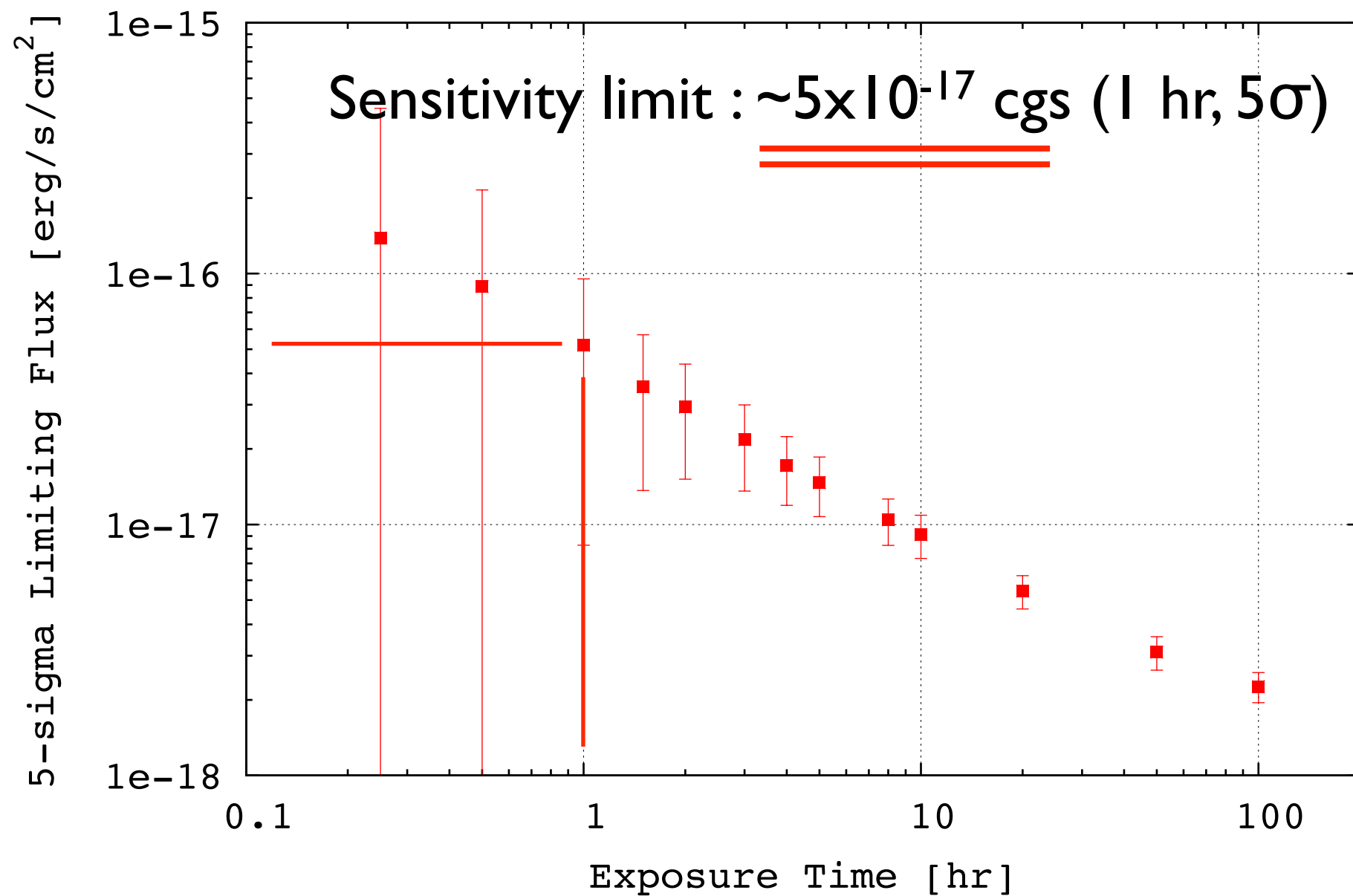
検出限界の評価

Sensitivity for Emission Line



検出限界の評価

Sensitivity for Emission Line



検出限界の評価

連続光に対する検出限界

- 1hr積分だと22-23等ABくらいが限界？
- 10hrs積分でも24等ABくらいが限界？

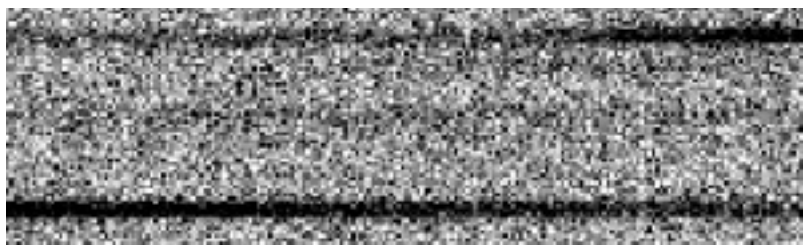
exp. time=1hr



← J~22等AB →



← J~23等AB →



← J~24等AB →

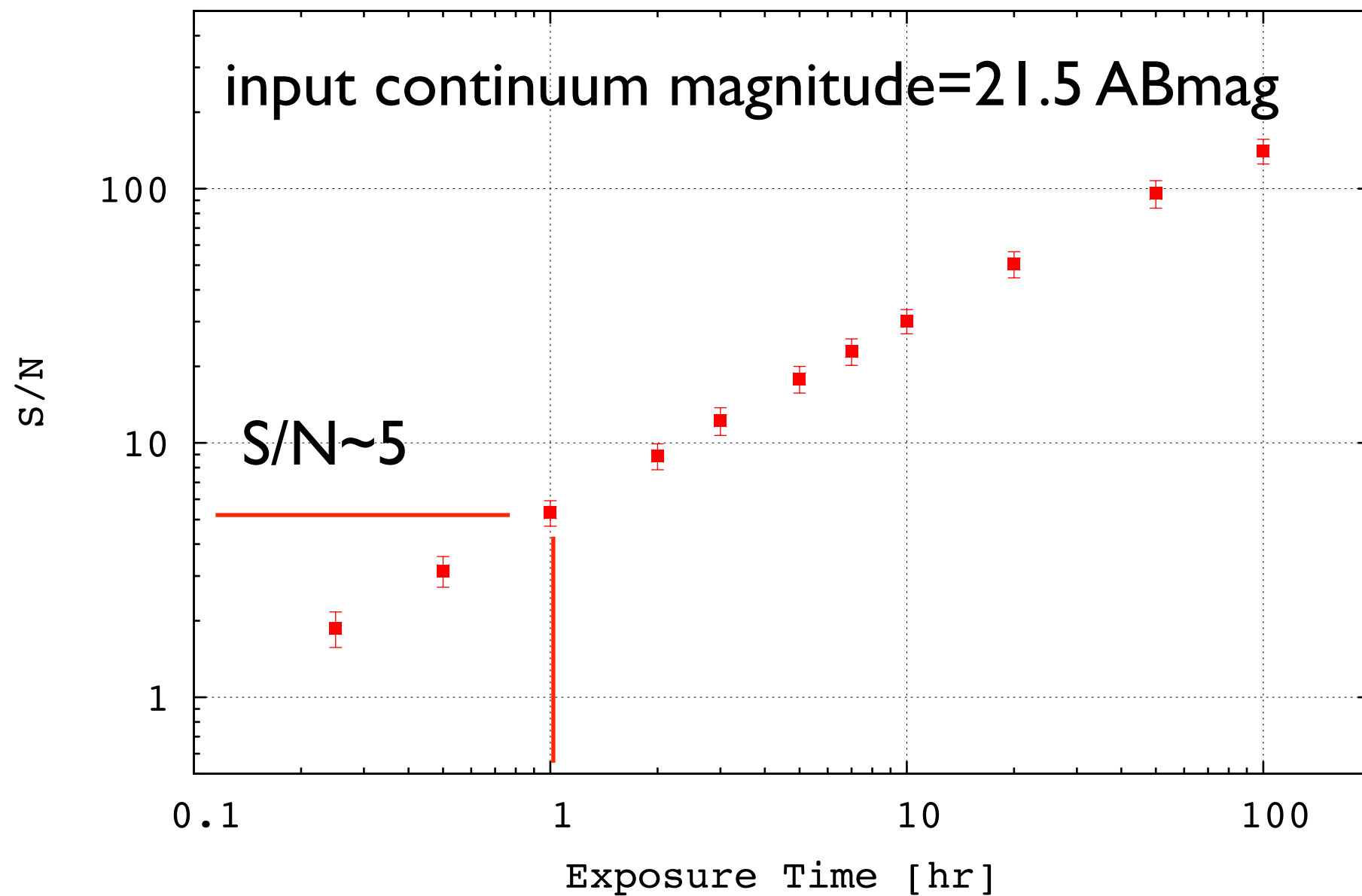
J~25等AB →

exp. time=10hrs



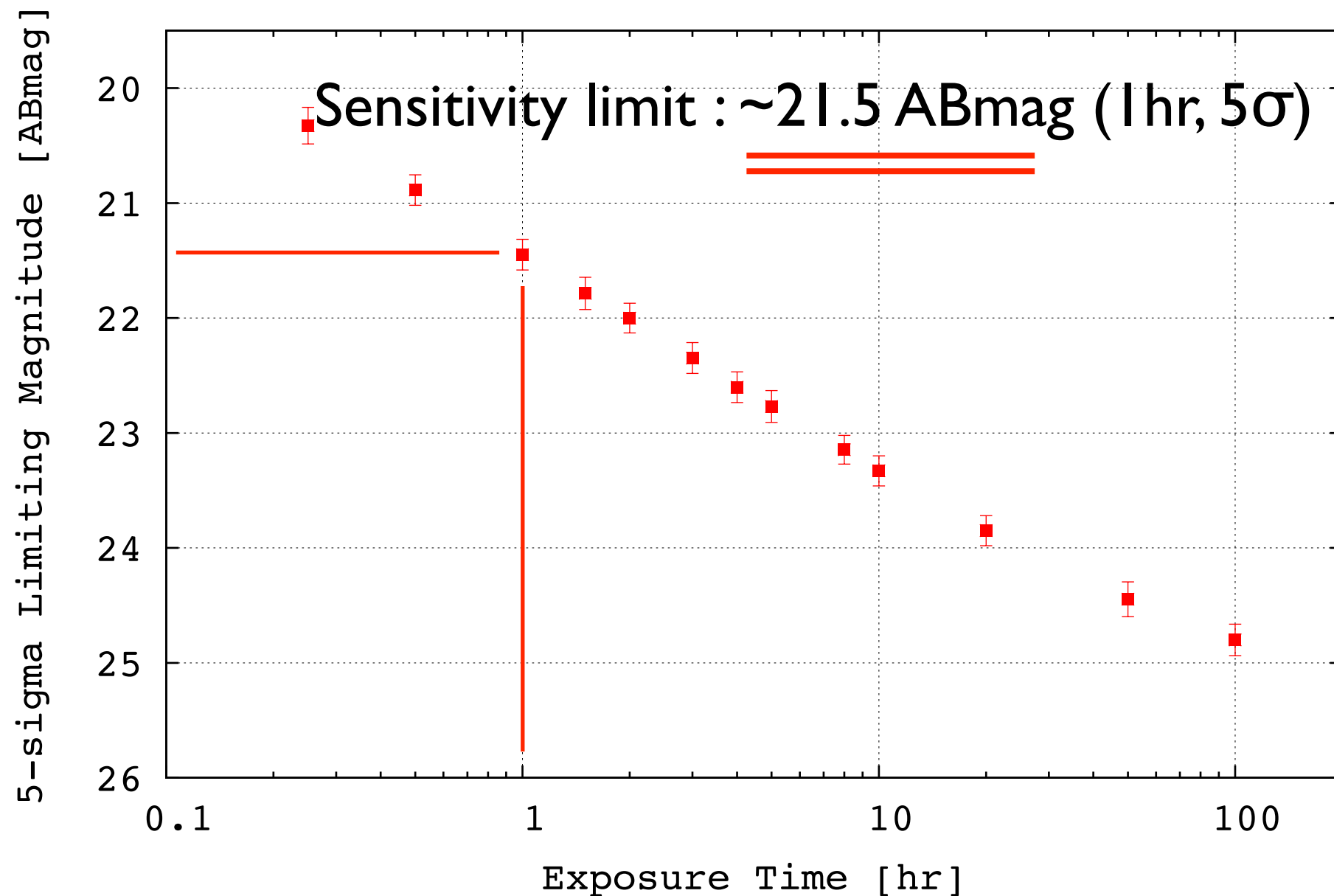
検出限界の評価

Sensitivity for Continuum



検出限界の評価

Sensitivity for Continuum



他の装置との比較

HST/WFC3との比較

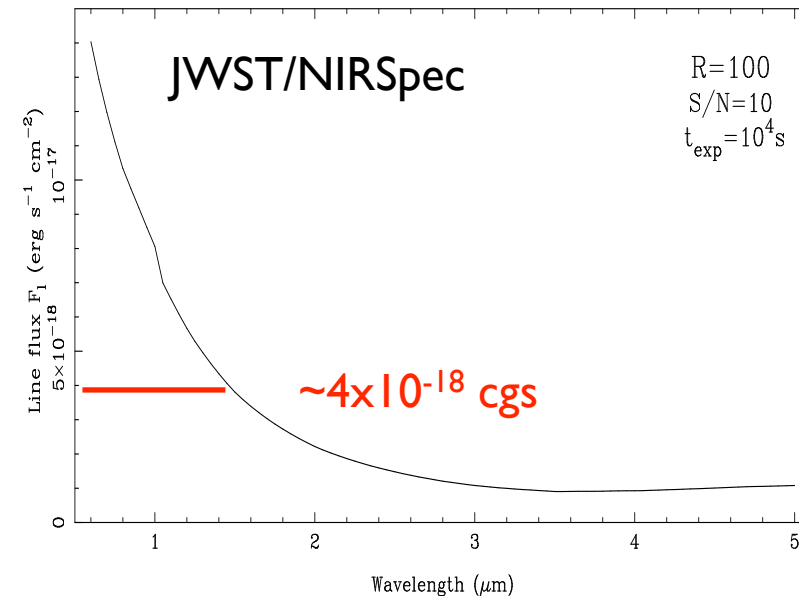
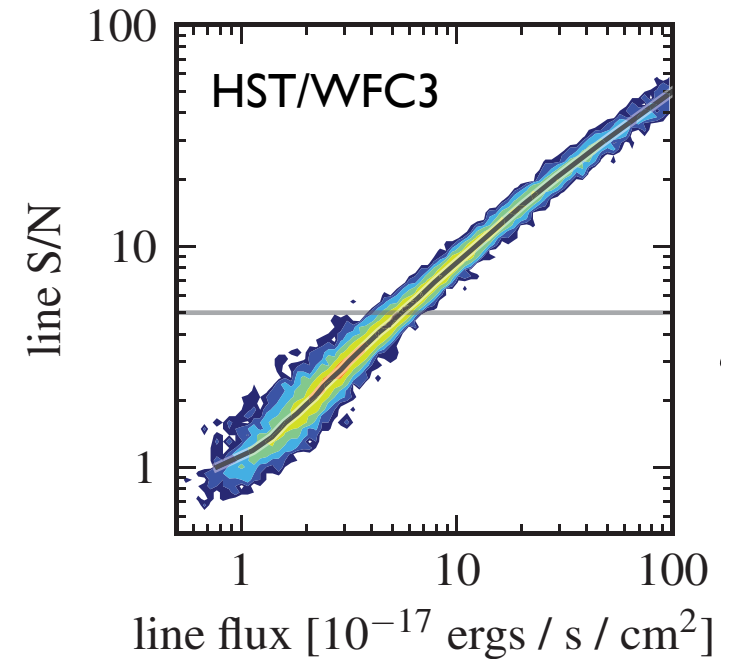
- HST(口径2.4m)/WFC3のグリズムモード
 - ✓ IRではG102 (0.8-1.15 μm)とG141(1.1-1.7 μm)
 - ✓ 分解能は $R\sim 210$ (G102), $R\sim 130$ (G141)
 - ✓ 3D-HSTのような大規模なサーベイ
- WFC3グリズムモードでの検出限界
 - ✓ 3D-HSTの最新の結果 (Brammer+12)
 - ✓ 1.3hrsあたりの 5σ limiting flux= 5.0×10^{-17} cgs
 - ✓ IRではG102 (0.8-1.15 μm)とG141(1.1-1.7 μm)

JWST/NIRSpecとの比較

- JWST(口径6.5m)では分光器を搭載(NIRSpec)
- 0.6-5 μm でいくつかの分光・分散モード
- $R=100$ 、 $t=10000\text{s}$ 、 $S/N=10$ の検出限界
- 5σ limiting flux= 4×10^{-18} cgs
- 1hrあたりだと 2.4×10^{-18} cgs

→ WISHグリズムの検出限界
はHST/WFC3と同程度

Brammer et al. 2012

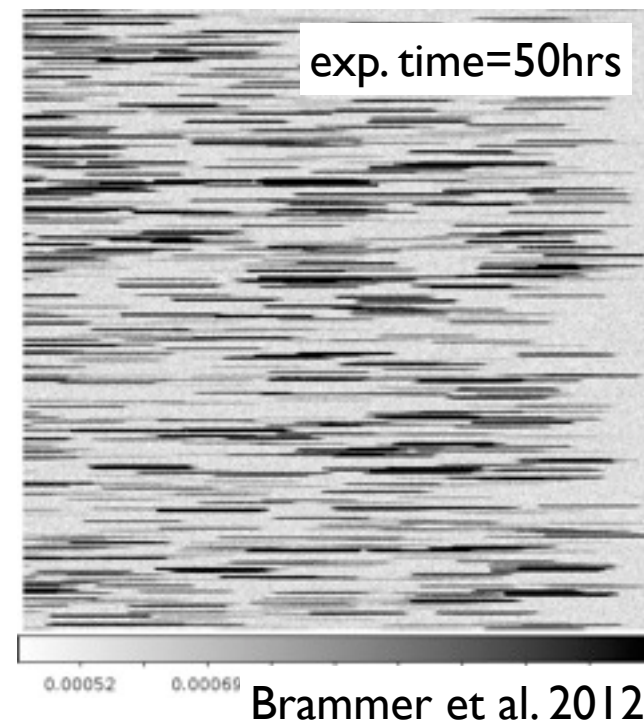


http://www.stsci.edu/jwst/instruments/nirspec/sensitivity/index_html

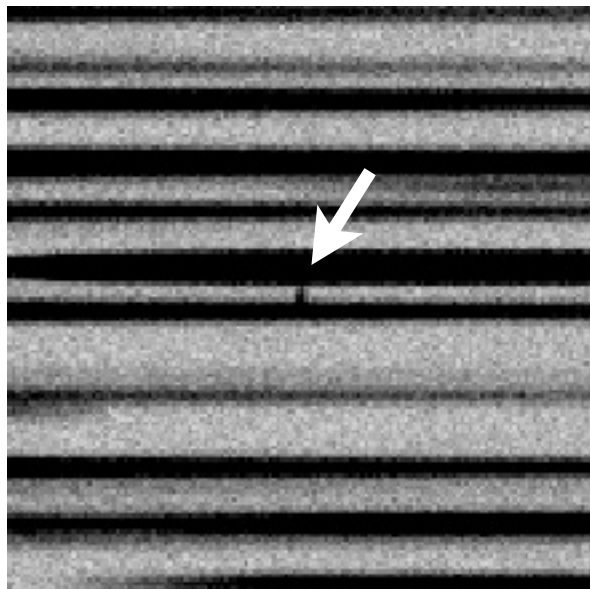
Confusionの影響

スリットレス分光なので他天体のスペクトルとの重複が起こる

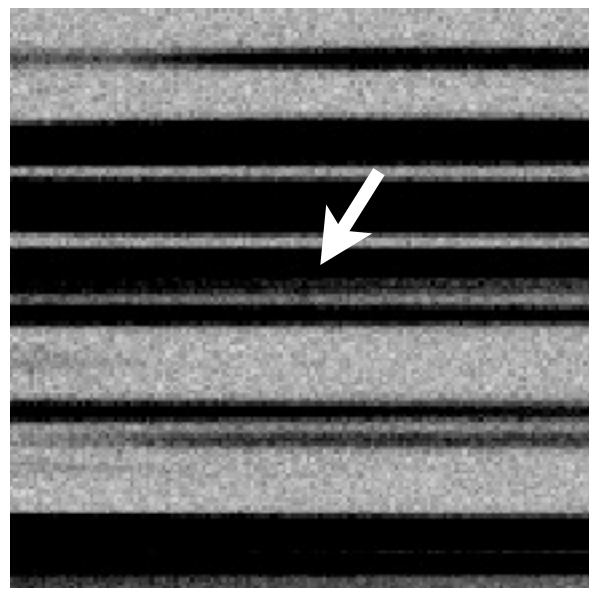
- 実際にシミュレーション画像でも重複が見られる
- 暗い輝線シグナルの同定はなかなか厳しそう
- スペクトルの位置が分かるのである程度はソフト的に対処可能？（3D-HSTの例）
- PAを変えて取ることである程度回避可能？
- 具体的な解析方法は要検討



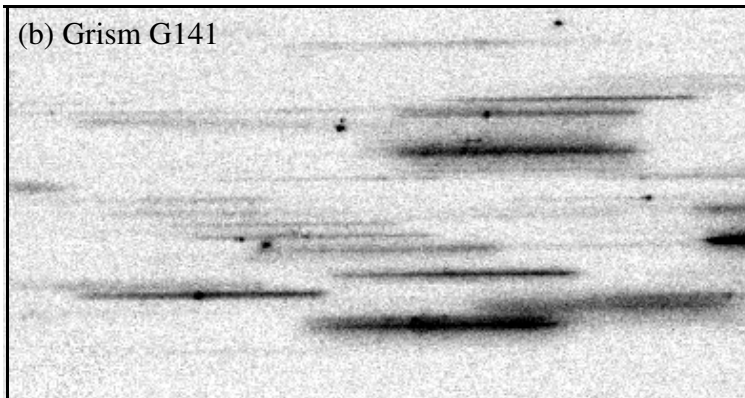
Confusionありの例



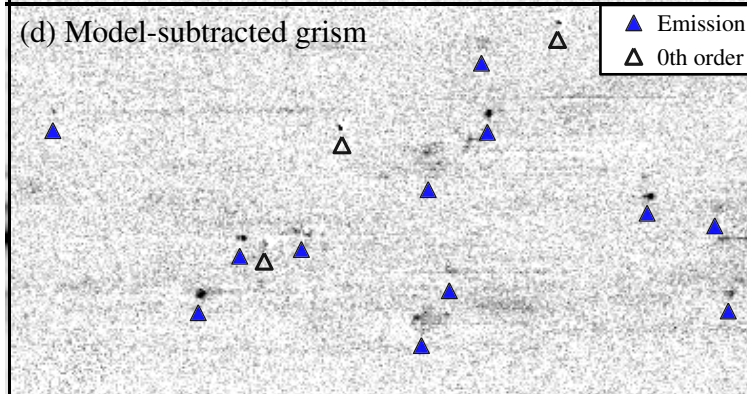
Confusionなしの例



(b) Grism G141



(d) Model-subtracted grism



サーベイプラン

まとめと今後の課題

1. スリットレス分光の必要性

- WISHでサンプルされたhigh-z候補天体の分光フォローアップ
- SN/GRBなどの分光フォローアップ
- 輝線フラックス／等級リミットの無バイアスサーベイ

2. WISHでのスリットレス分光の可能性の検討

- グリズムによるスリットレス分光
- グリズム配置案はコールドストップ直後
- $\lambda < 2.5\mu\text{m}$ では十分実現可能

3. WISHにおけるグリズム観測の検討

- WISHグリズムで得られるスペクトルをシミュレート
- 輝線に対する検出限界は $5 \times 10^{-17} \text{ erg/s/cm}^2$ (1hr, 5σ)
- 連続光に対する検出限界は 21.5 ABmag (1hr, 5σ)

4. High-z候補天体の検出可能性

- $z=11$ で 10^{43} erg/s 程度のLy α の検出は50時間程度の積分時間で可能か
- そのために必要な観測時間は？ 具体的なサーベイプランなど
- confusion? の影響は？ 解析手法？
- グリズム設計の最適化：波長範囲／分解能／分散／透過率など

low-z天体（吸収線, spec-z）

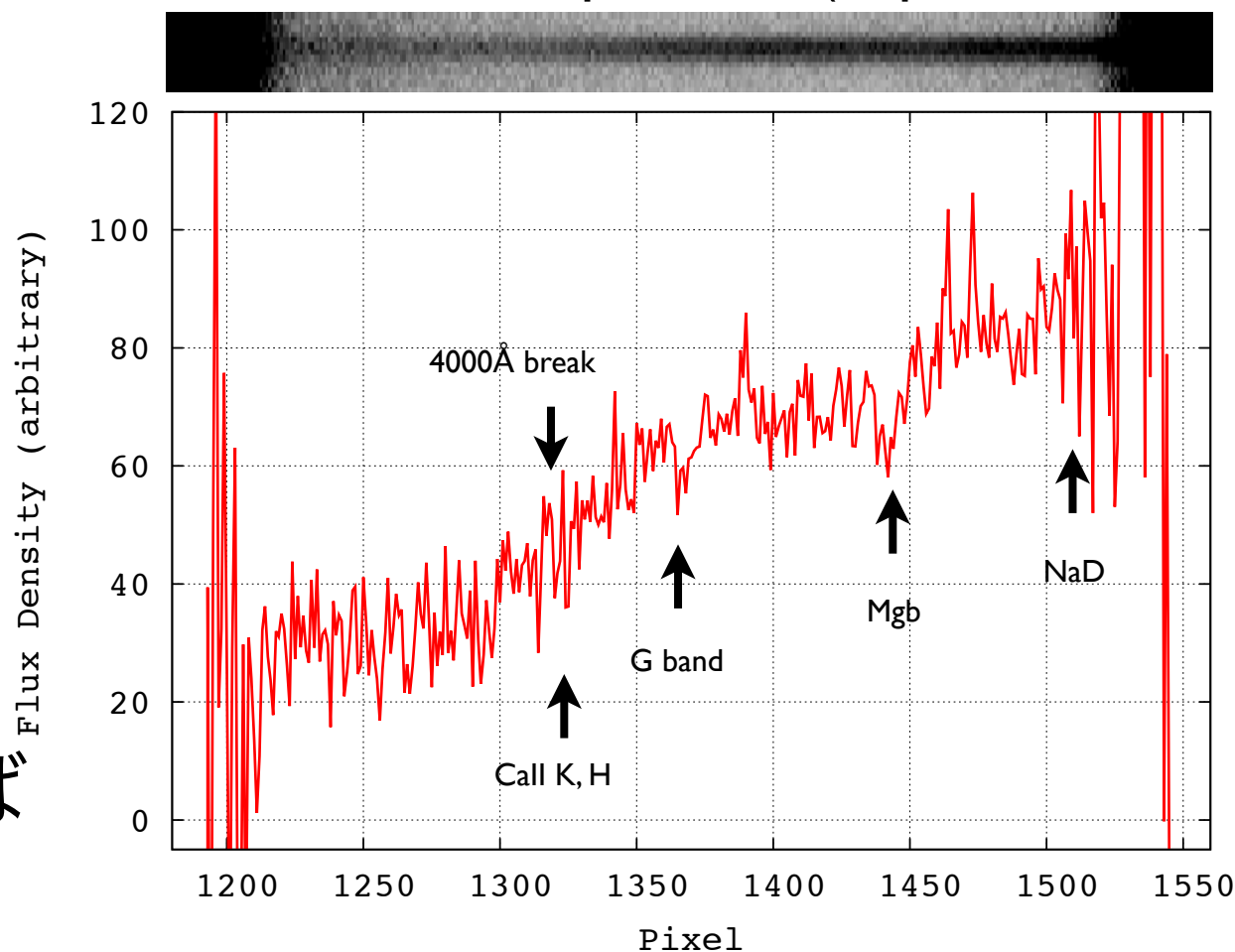
low-z ($z=1-3$)天体の連続光観測は可能か

- spectral fittingによる正確なredshiftの同定
- 吸収線観測 (年齢、金属量、速度分散などの情報)

典型的な楕円銀河のスペクトルを想定

- Kinney & Calzetti 96のテンプレートを仮定
- $z=2$ にredshiftさせる
- $m_{5500\text{\AA}}=21.5$ ABmagで規格化

simulated spectrum (exp. time=10hrs)



10 hrs程度積分すれば
吸収線の議論可能？