

# 京大-岡山3.8 m望遠鏡 / KOOLS-IFUを用いたフォロー アップ分光観測計画

松林 和也 (国立天文台 岡山天体物理観測所)

研究協力者: 太田 耕司、岩室 史英 (京都大学)、吉田 道利、  
神戸 栄治、筒井 寛典、岩田 生、泉浦 秀行、  
中屋 秀彦、鎌田 有紀子 (国立天文台)

# 目的



木曾 / Tomo-e

- 短時間スケールの変動天体を多数検出予定
- Tomo-e天体の典型的な等級は $\sim 18-19$  mag  
→ フォローアップ分光は容易でない
  - 望遠鏡口径
  - ToO観測受け入れ
  - 観測装置切り替え

# 目的

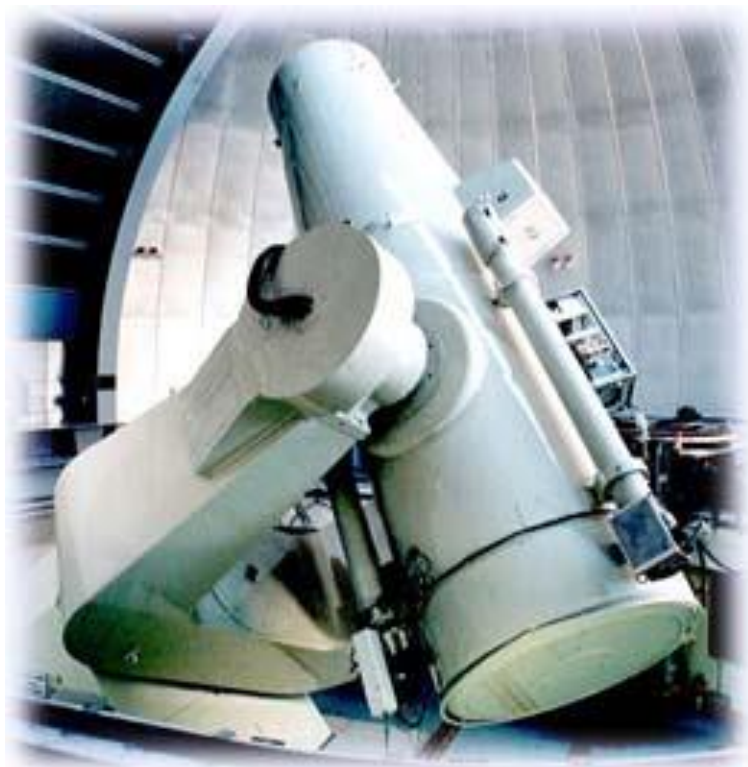
- 平成30年度より共同利用観測を行う予定
- 国内最大口径
- 軽量架台 → 天体への指向時間短縮
- 装置交換は基本的に行わない → ファイバー装置常駐可能

ToO観測重視

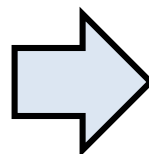


京大-岡山3.8 m  
望遠鏡

# 目的



木曾 / Tomo-eで  
変動天体検出



3.8 m / KTOOLS-  
IFUで即時分光

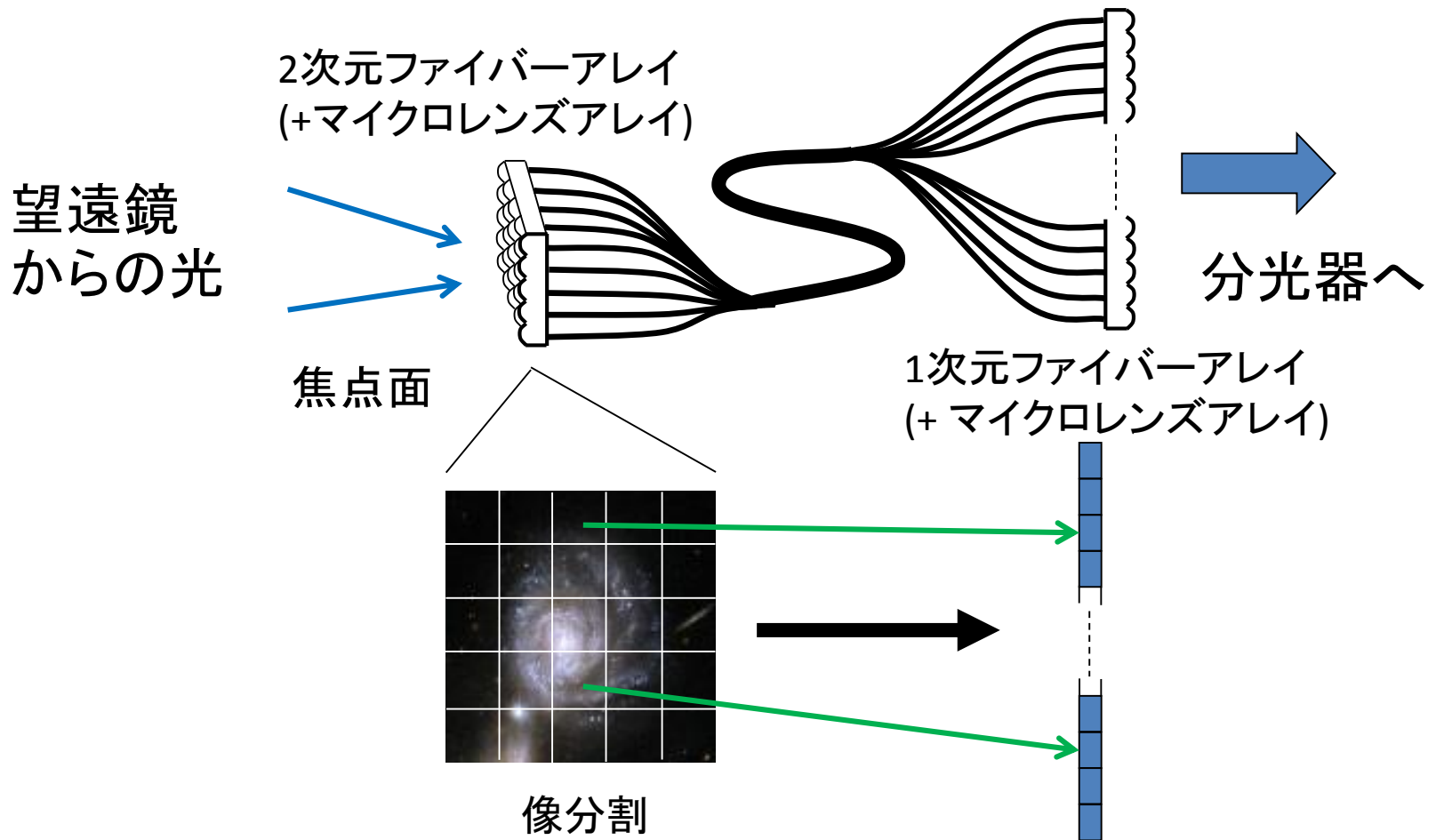
**短時間スケールの変動現象の詳細を解明！**

# KOOLS-IFU概要

- ファイバー型可視光面分光装置
- 今までには岡山188 cm望遠鏡に接続、今後は京大-岡山3.8 m望遠鏡に移設
- ターゲット: **突発天体の即時分光**、広がった天体
  - 超新星爆発
  - 位置決定精度10"-20"のshort GRB
  - 重力波源天体の可視光対応天体
  - 近傍銀河

# 面分光とは？

## 光ファイバーを用いた例

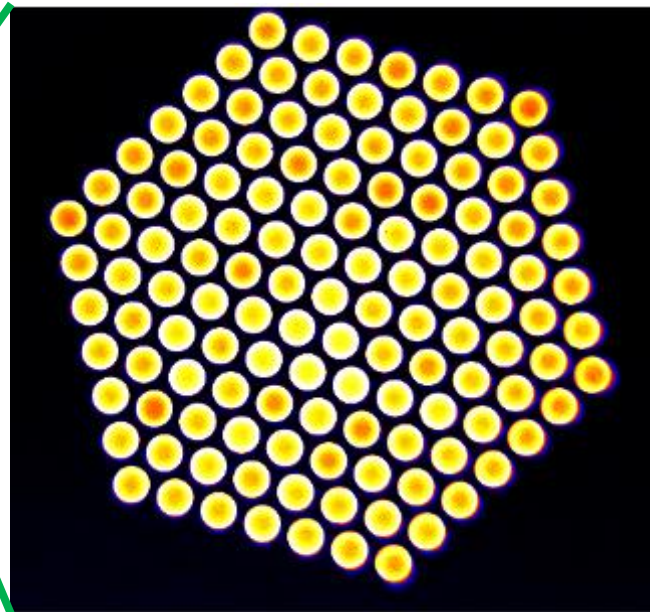
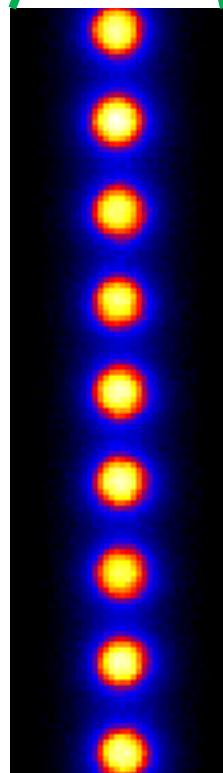
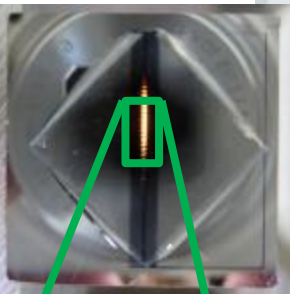
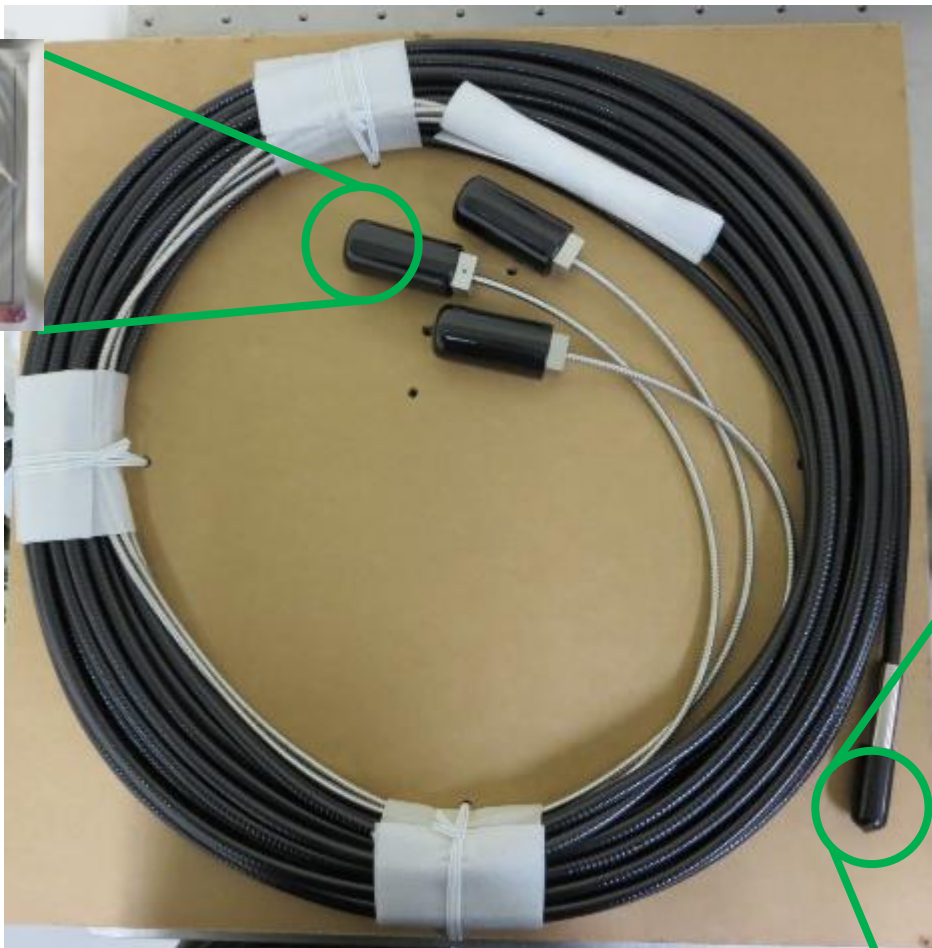


# ファイバーバンドル

ファイバーの長さ: 24 m  
透過率: 80% (表面反射込)  
Filling factor: 58%

2次元アレイ  
(望遠鏡側)

1次元アレイ  
(KOOLS側)



# KOOLS-IFU @OAO 188 cm 望遠鏡



ファイバー  
バンドル

可視光  
分光装置  
KOOLS

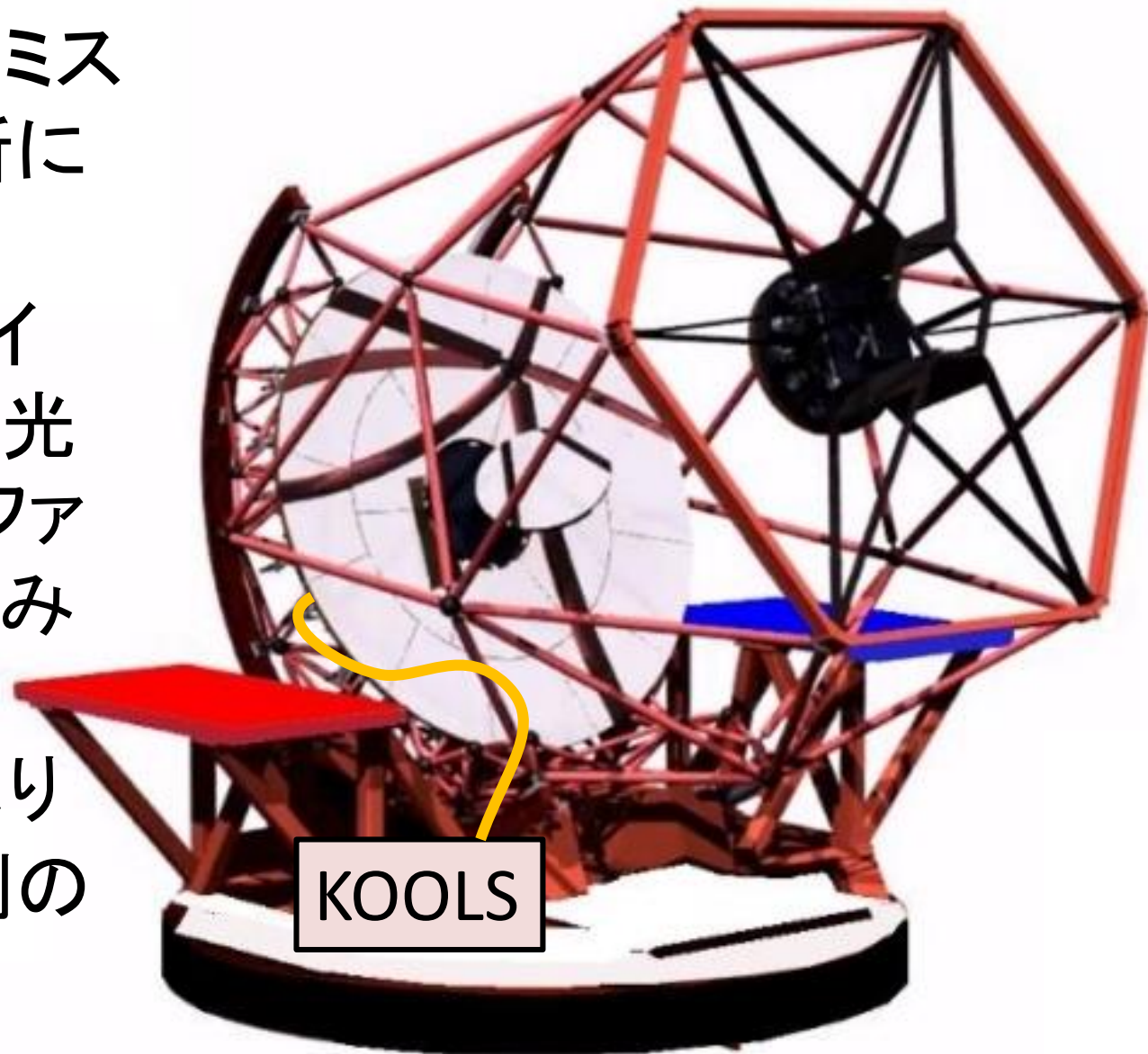
(ファイバー  
バンドルと  
KOOLSは、実  
際は望遠鏡  
構造物の後  
ろにある)

HIDES-F  
焦点面  
ユニット



# KOOLS-IFU @3.8 m望遠鏡

- 分光器はナスミス台以外の場所に常設
- 観測時にファイバー入射部を光路に挿入 → ファイバー分光のみ
- 平成30年度より共同利用観測の予定



# 予想観測パラメータ @3.8 m望遠鏡

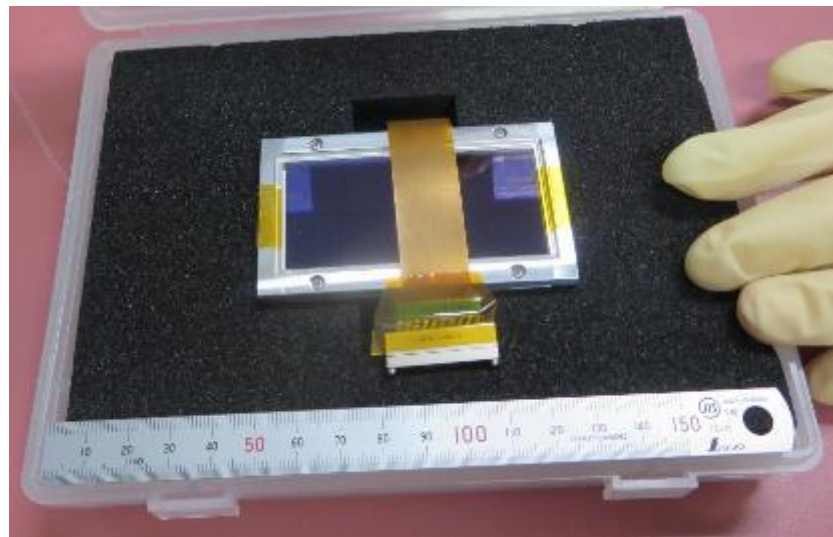
グリズム	No. 5	No. 2	VPH495	VPH683
ファイバー本数	127本			
1ファイバーの 視野	0.91" (直径)			
全ファイバー での視野	14.8" (直径)			
観測可能波長	4030— 7310 Å	5020— 8830 Å	4160— 6000 Å	6150— 7930 Å
波長分解能 ( $\lambda/\Delta\lambda$ )	400—800	850— 1600	N/A	1900— 2300
最大 スループット	3.3%	4.5%	N/A	N/A

# KOOLS-IFUアップグレード

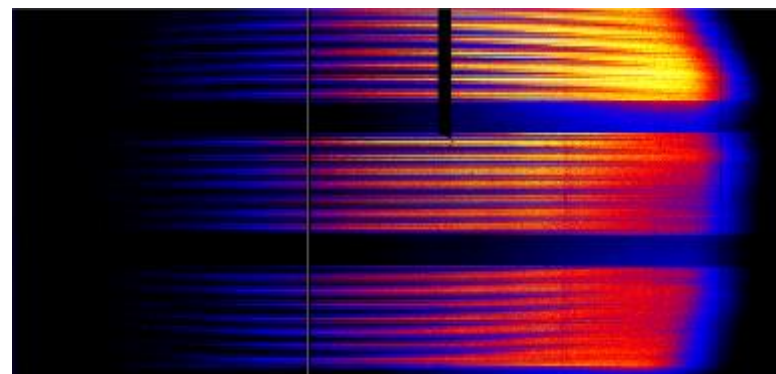
- KOOLSはメンテナンス・アップグレードが必要
    - 特に感度改善
  - 2017年は岡山188 cm望遠鏡で共同利用は無し
- 2017年から3.8 m共同利用開始まで、いろいろとアップグレード中
    - CCD交換 (完了)
    - 光学系見直し
    - 制御系更新
    - キュー観測対応 (将来的には自動観測?)
    - 3.8 m望遠鏡へ移設

# CCD交換

- 現CCD (SITE) から浜ホトCCDにアップグレード
- 読み出し回路もアップグレード (MESSIA6 + MFront2)
- 読み出しノイズ低減 ( $\sim 25 e^- \rightarrow \sim 5 e^-$ )
- 読み出し時間短縮 ( $\sim 70$ 秒  $\rightarrow \sim 7$ 秒)
- 欠損領域の減少
- 長波長側の量子効率向上

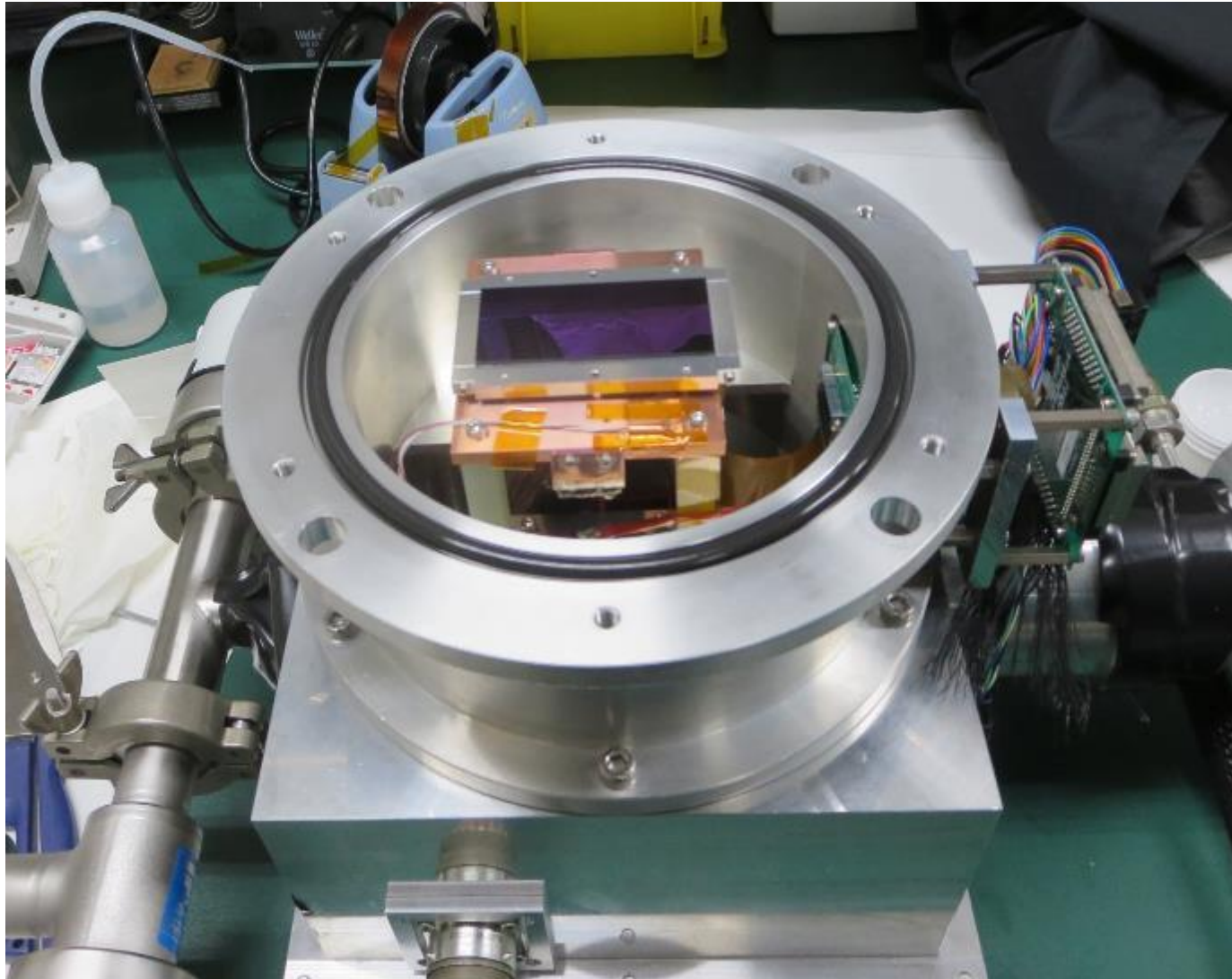


新しいCCD

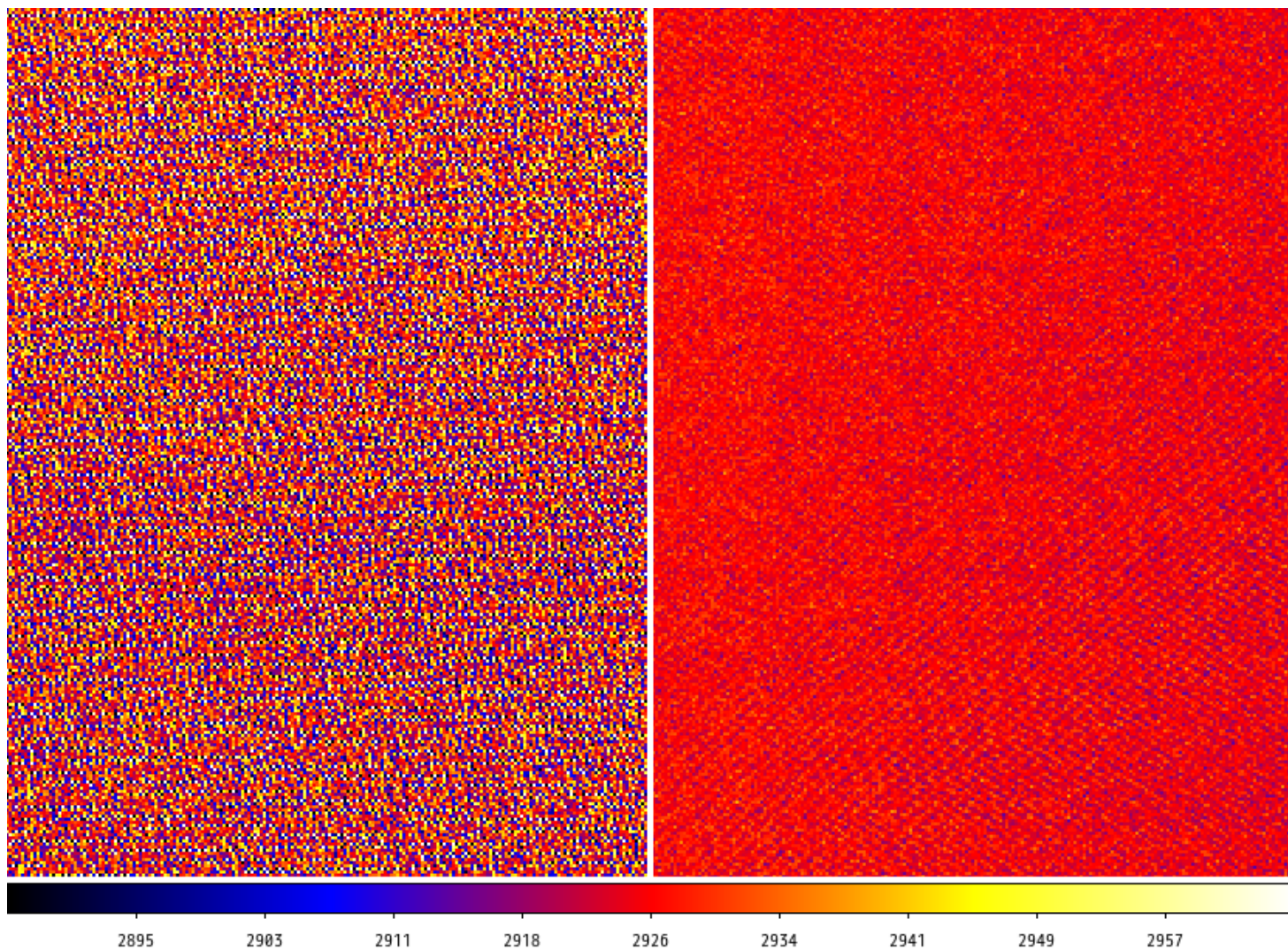


古いCCDで撮った  
flatフレーム

# 新CCDインストール @先端技術センター



# 読み出しノイズ



旧CCD: 25 electron

新CCD: 4.7 electron

# スループット概算

(波長: 6500 Å、グリズム  
No.2を想定)

- 地球大気: 0.7
  - 望遠鏡 (3.8 m):  $0.85^3 = 0.72$
  - IFU部 (レンズ、ファイバーなど): 0.66 ← So-so
  - 2次元ファイバーアレイ filling factor: 0.58 ← Bad, but...
  - コリメータ:  $0.95^8 = 0.66$  ← Bad, but...
  - 次数選択フィルタ: 0.84 ← Bad!!
  - グリズム: 0.5 ← Bad!!
  - カメラレンズ: 0.85 ← So-so
  - CCDウィンドウ:  $0.97^2 = 0.94$
  - CCD: 0.85
- 合計: 3.1% (flux lossが無い場合は5.4%)

# スループット改善 (予想値)

グリズム	No.5		No.2	
	改善前	改善後	改善前	改善後
次数選択 フィルタ	--	--	0.84	0.95
グリズム	0.5	0.8	0.5	0.8
<b>total</b>	<b>3.3%</b>	<b>5.3%</b>	<b>4.5%</b>	<b>8.1%</b>



# 予想限界等級 @3.8 m望遠鏡

グリズム	No.5	No.2
アップグレード前	17.5 mag	17.6 mag
CCD交換	18.7 mag	18.6 mag
CCD交換 + 光学系更新	19.1 mag	19.0 mag

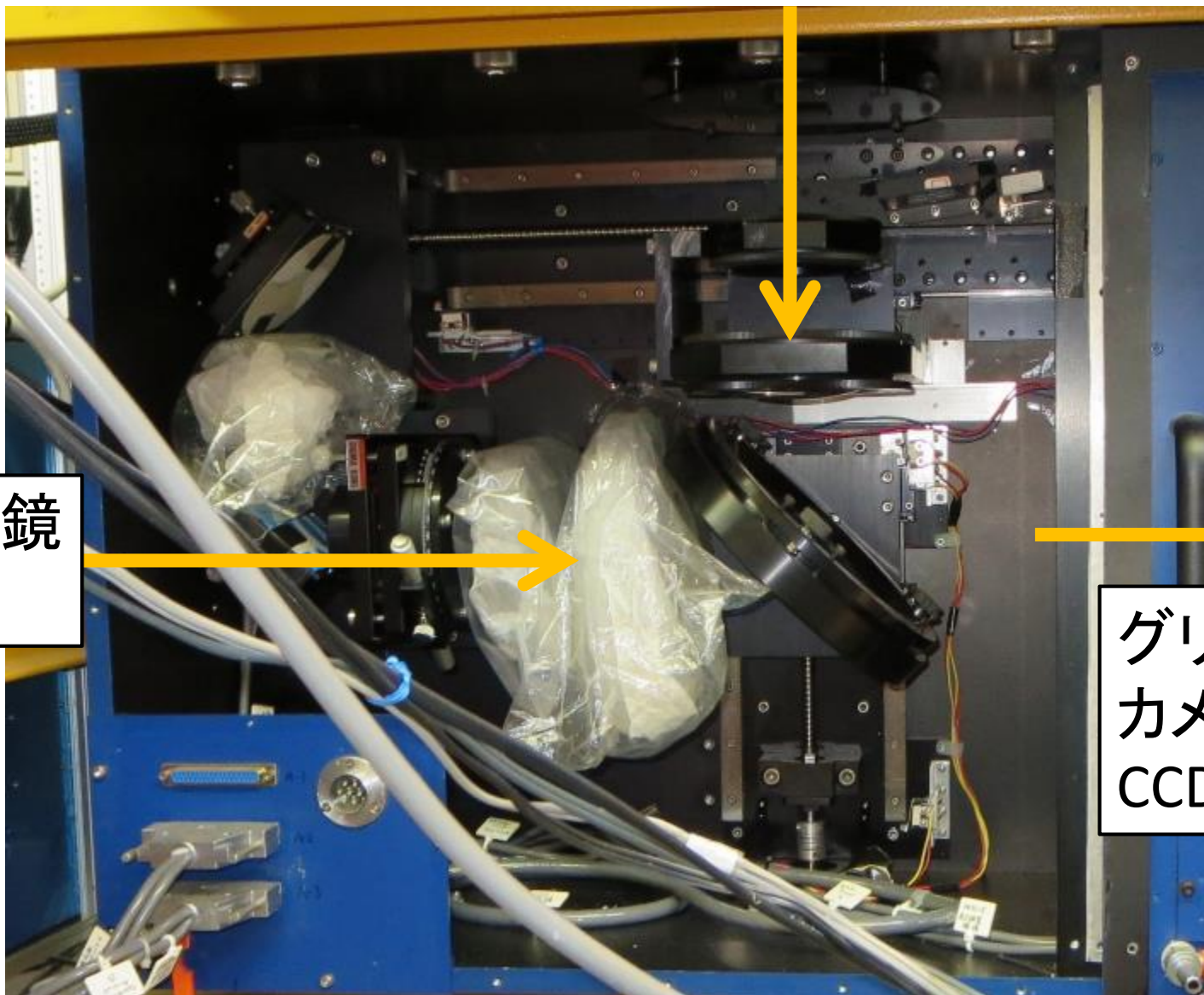
## 計算条件

- 1800秒積分、 $S/N = 10$ 、 $\Delta\lambda = 8 \text{ \AA}$  ( $\sim 4 \text{ pixel}$ )
- seeing:  $1.5'' \rightarrow 3$ ファイバーに40%の天体fluxが入る
- 背景光強度:  $19.0 \text{ mag / arcsec}^2$
- スペクトル切り出しpixel数 (ファイバー方向):  $5 \text{ pixel}$

# 不要物品取り外し

望遠鏡 (撮像、  
スリット分光)

望遠鏡  
(IFU)



グリズム、  
カメラ、  
CCD

# 不要物品取り外し

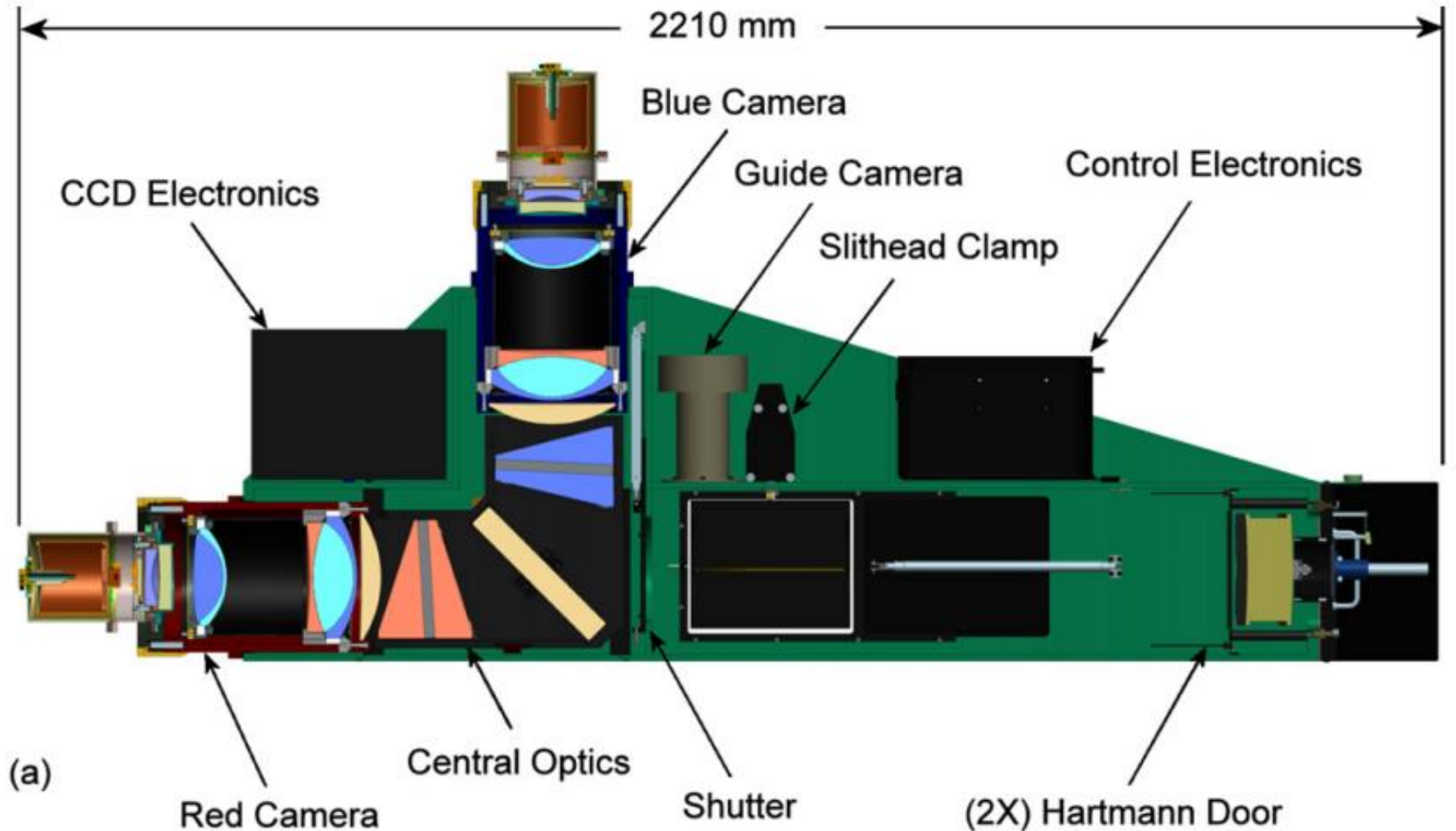


# まとめ

- 木曾 / Tomo-eで見つけた変動天体を、3.8 m / KOOLS-IFUを**その晩のうちにフォローアップ分光観測**する計画
- KOOLS-IFUのメンテナンス・アップグレード中
  - CCD交換 (済)
  - 光学系更新
- 予想限界等級はおよそ18.6—19.0 AB mag (30分積分、 $S/N = 10$ 、 $\Delta\lambda = 8 \text{ \AA}$ 、seeing = 1.5'')



# 最終形 SDSS/BOSSのミニチュア版

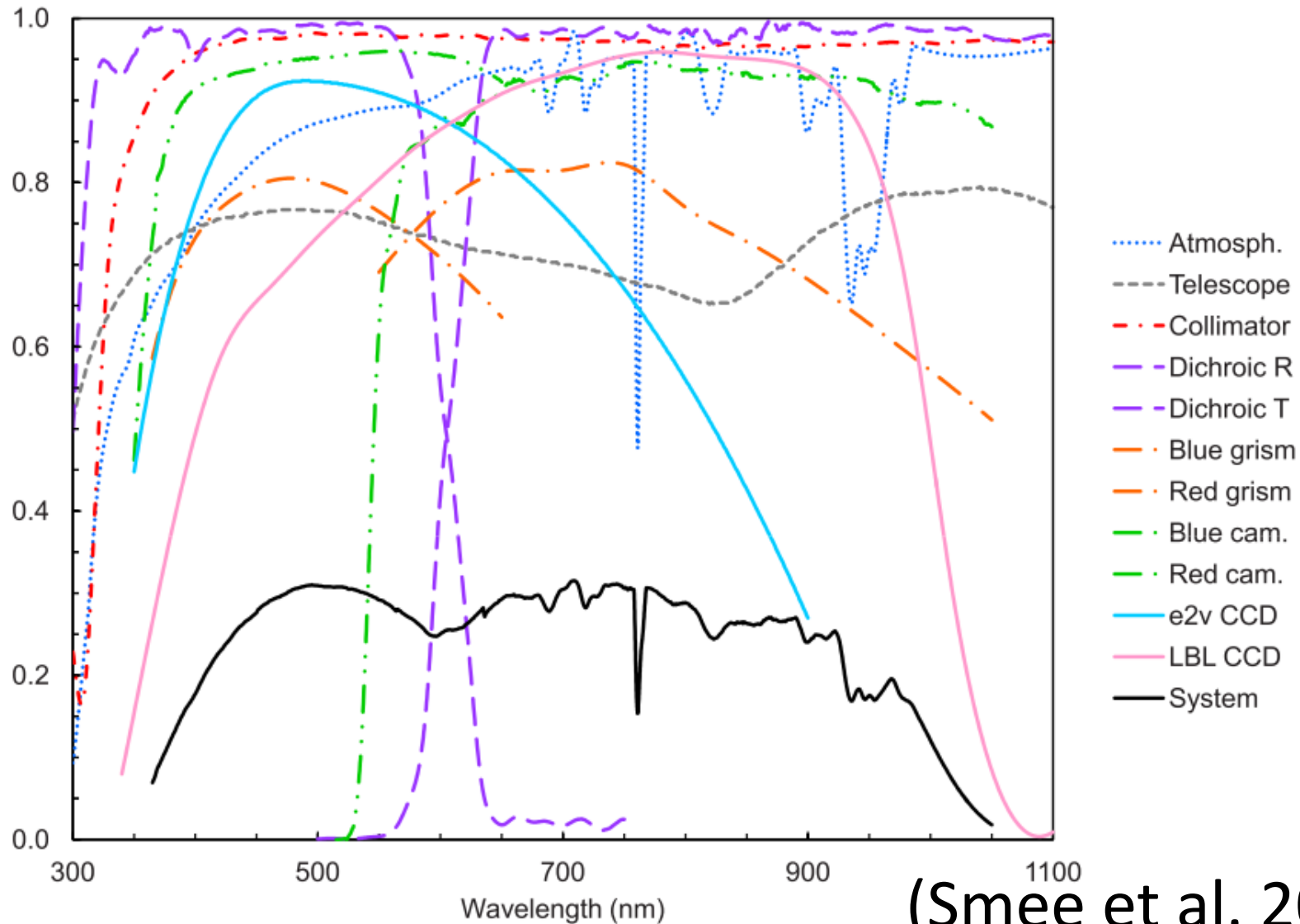


(Smee et al. 2013)

# BOSS主な性能

- ファイバー型多天体分光器
- ファイバー数: 1000本 (= 500本 x 分光器2台)
- 波長範囲: 3560-10400 Å
- 波長分解能: 1200-2550
- スループット: 最大25%

# BOSS予想スループット



(Smee et al. 2013)