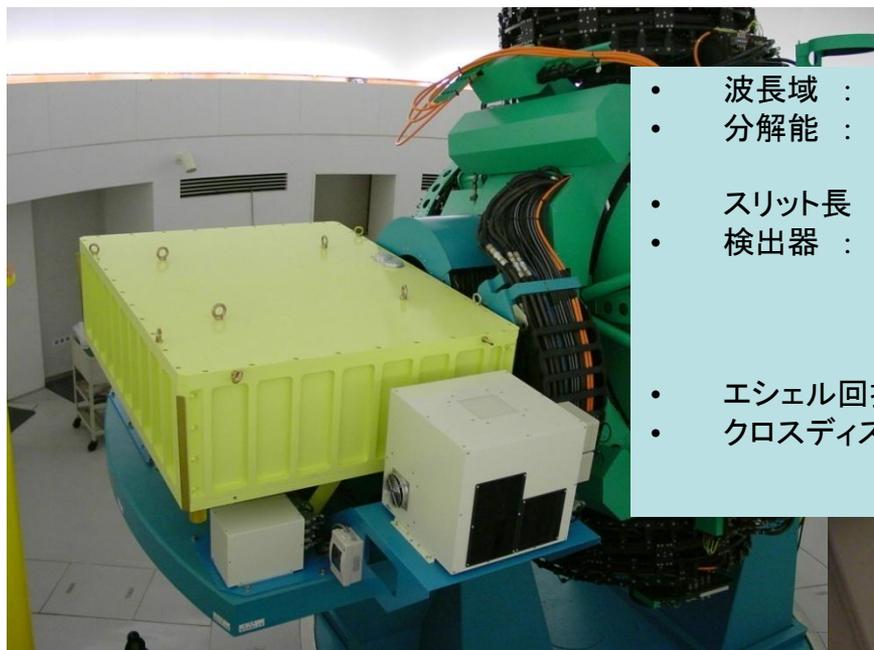


**ぐんま天文台高分散分光器 GAOES**  
**Gunma Astronomical Observatory**  
**Echelle Spectrograph**  
**の改造に関する考察**

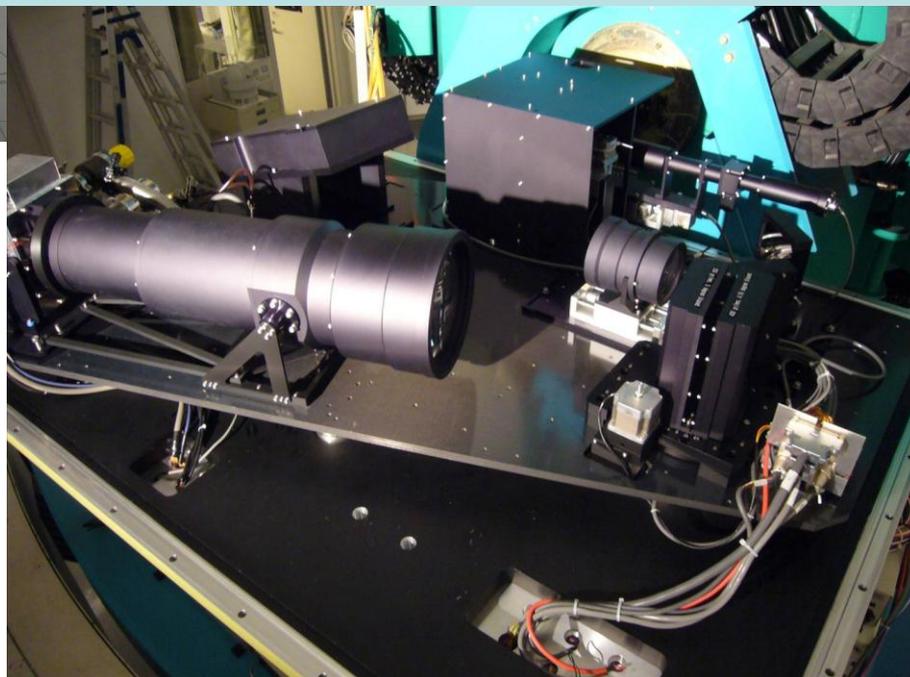
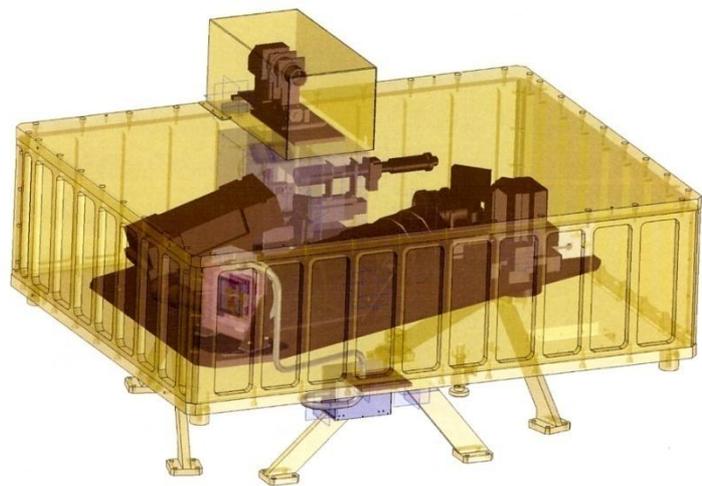
橋本 修

ぐんま天文台

# GAOES *Gunma Astronomical Observatory Echelle Spectrograph*



- 波長域 : 360 – 1000 nm
- 分解能 : 70,000 (スリット幅 1.0 arcsec, 3.2 画素)  
100,000 (スリット幅 0.6 arcsec, 2.0 画素, 最大)
- スリット長 : 8 arcsec (720  $\mu\text{m}$ )
- 検出器 : EEV CCD44-82BI  
15  $\mu\text{m}$   $\times$  15  $\mu\text{m}$  画素  
2048  $\times$  4096 画素  
冷凍機冷却
- エシェル回折格子 : R = 2.8,  $\sim$ 31.6 gr/mm (ブレード角 71 deg)
- クロスディスペルザ : (赤) 250 gr/mm (ブレード角 698 nm, 5.0 deg)  
(青) 400 gr/mm (ブレード角 415 nm, 4.8 deg)



# GAOES の特長 ( 目指したところ )

## - 高分解能

$R$  up to  $10^5$ ,  $d\nu \sim 3$  km/s

細部 に至る測定 **高精度** かつ **光害に強い**

## - 広い波長域

一度の露出  $\sim 180$  nm 程度の波長範囲を網羅

**沢山**の**ライン**、分光的な特徴の**同時観測**

## - 広いスリット幅 ( 口径があまり大きくない : 1.5 m )

中小望遠鏡 ならではの **高能率**、**シーイング条件に寛容**

それでも..... **結構な大口径**

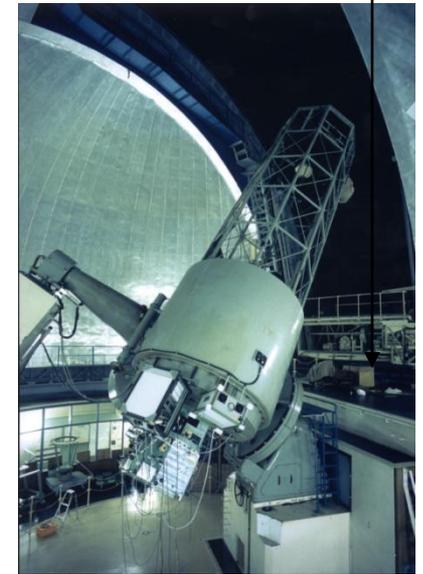
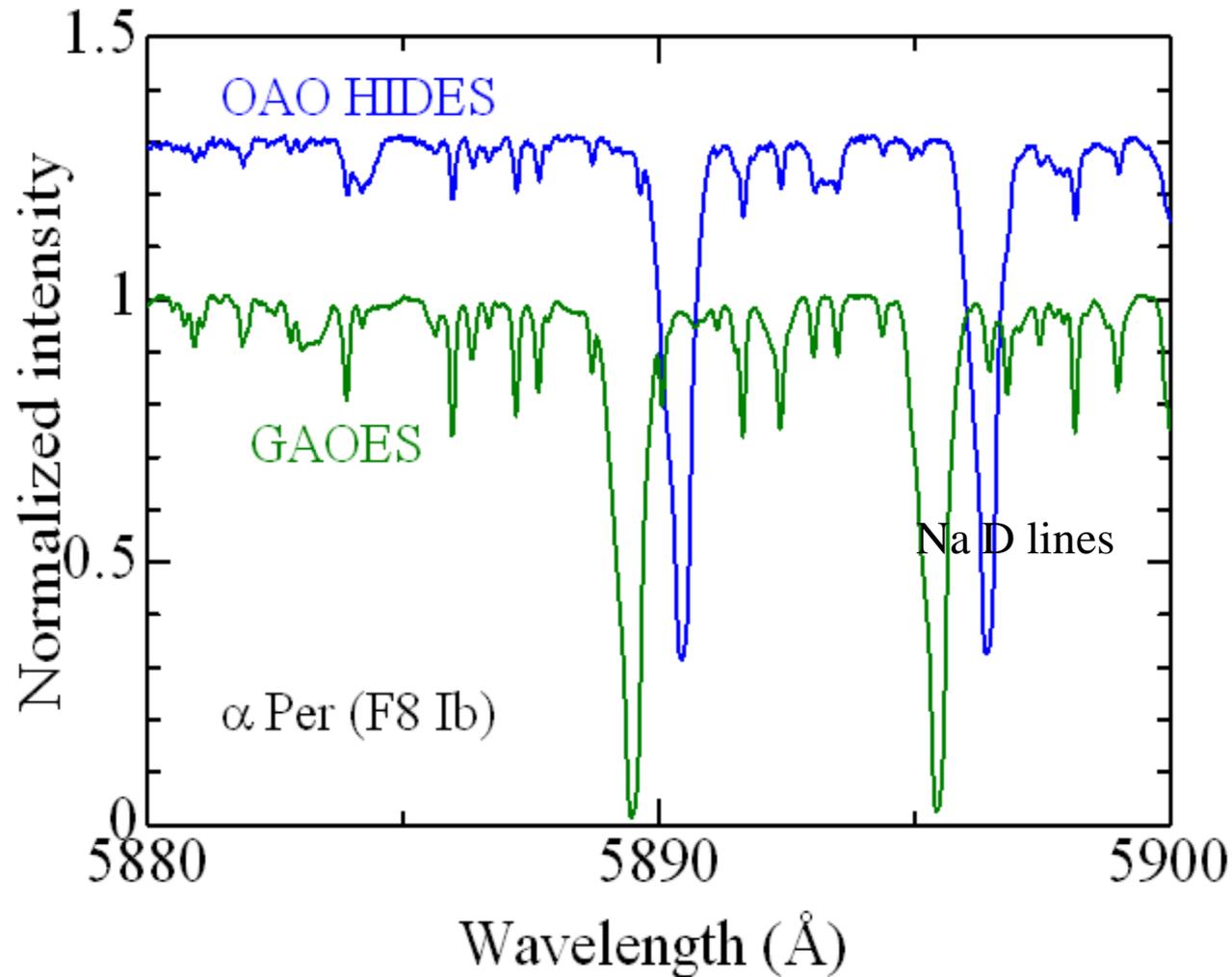
高い効率での観測が可能な **沢山** の **恒星** ほか

## - 柔軟な運用

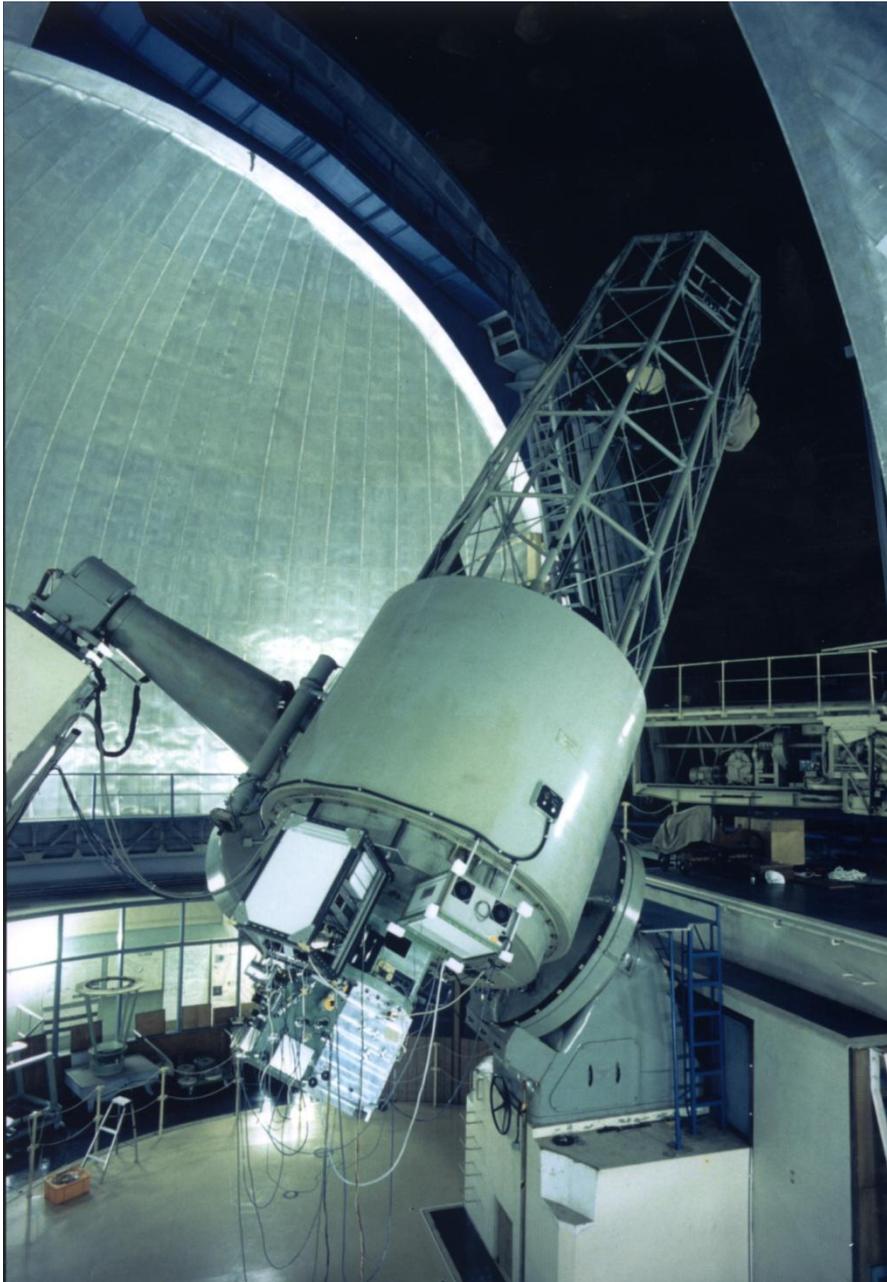
特定の課題に**集中**、長期間の**継続観測** ほか

# 高い波長分解能

Comparison between GAOES and OAO HIDES spectra



GAO1.5m GAOES



国立天文台  
岡山天体物理観測所  
188cm望遠鏡

***HIDES***

0.38 arcsec :  $R \sim 108000$

0.75 arcsec :  $R \sim 61000$

0.95 arcsec :  $R \sim 50000$

1.13 arcsec :  $R \sim 42000$

***GAOES***

0.56 arcsec :  $R \sim 100000$

1.00 arcsec :  $R \sim 68000$

2.00 arcsec :  $R \sim 34000$

4.00 arcsec :  $R \sim 18000$

echelle grating

CCD

camera

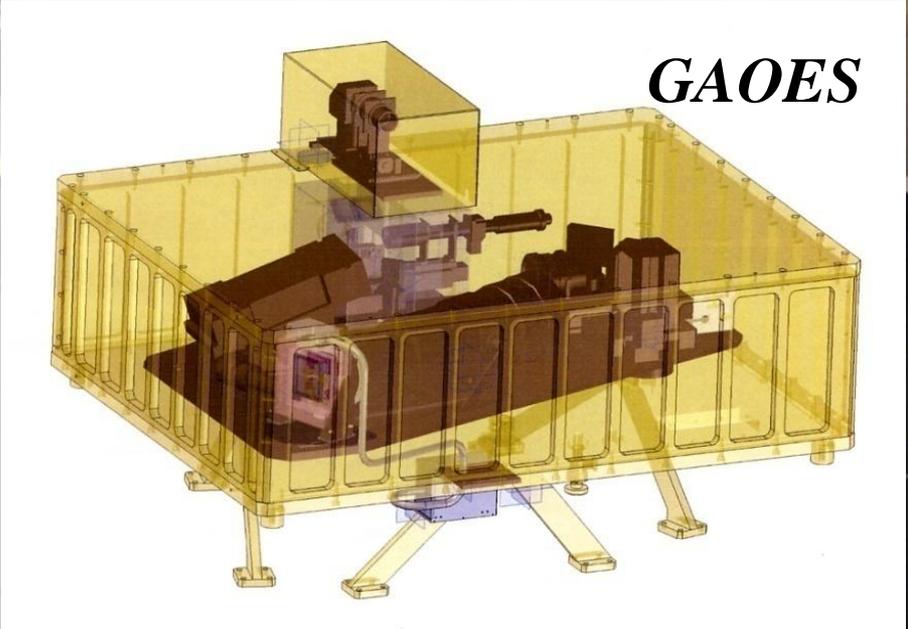
slit

collimator

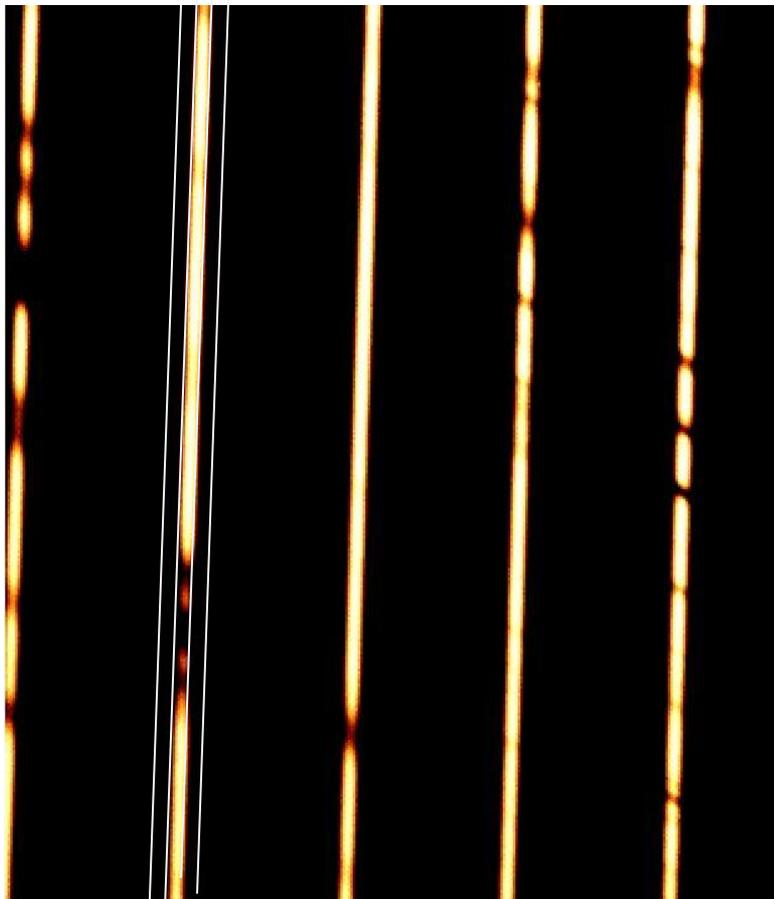
cross dispersers

*GAOES*

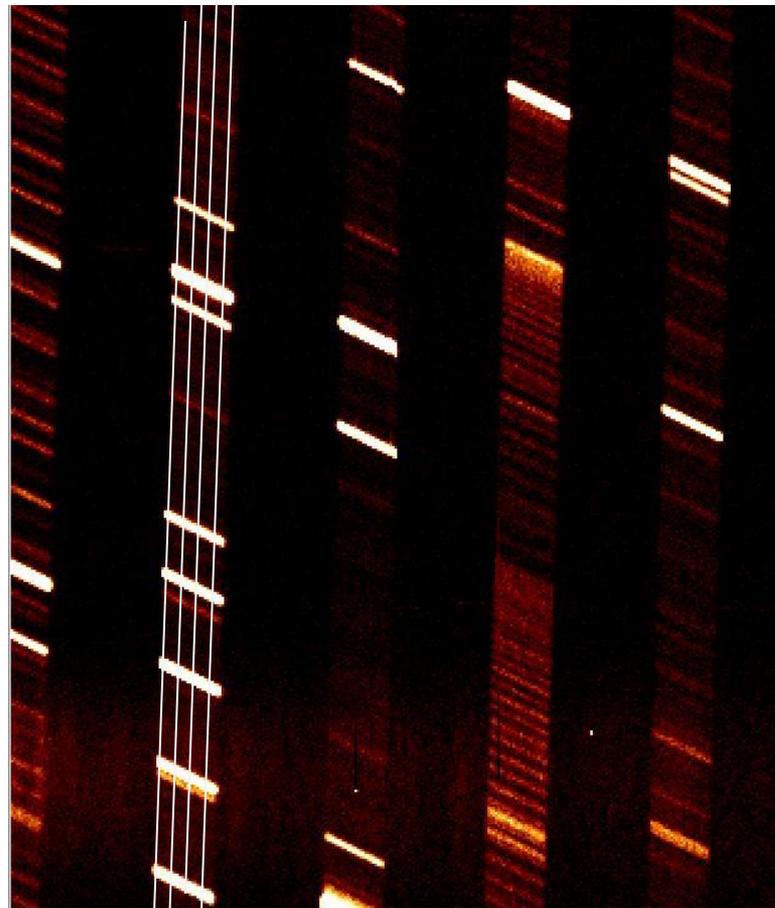
Mfront2  
MessiaV



天体のスペクトル  
( $\alpha$  UMi)



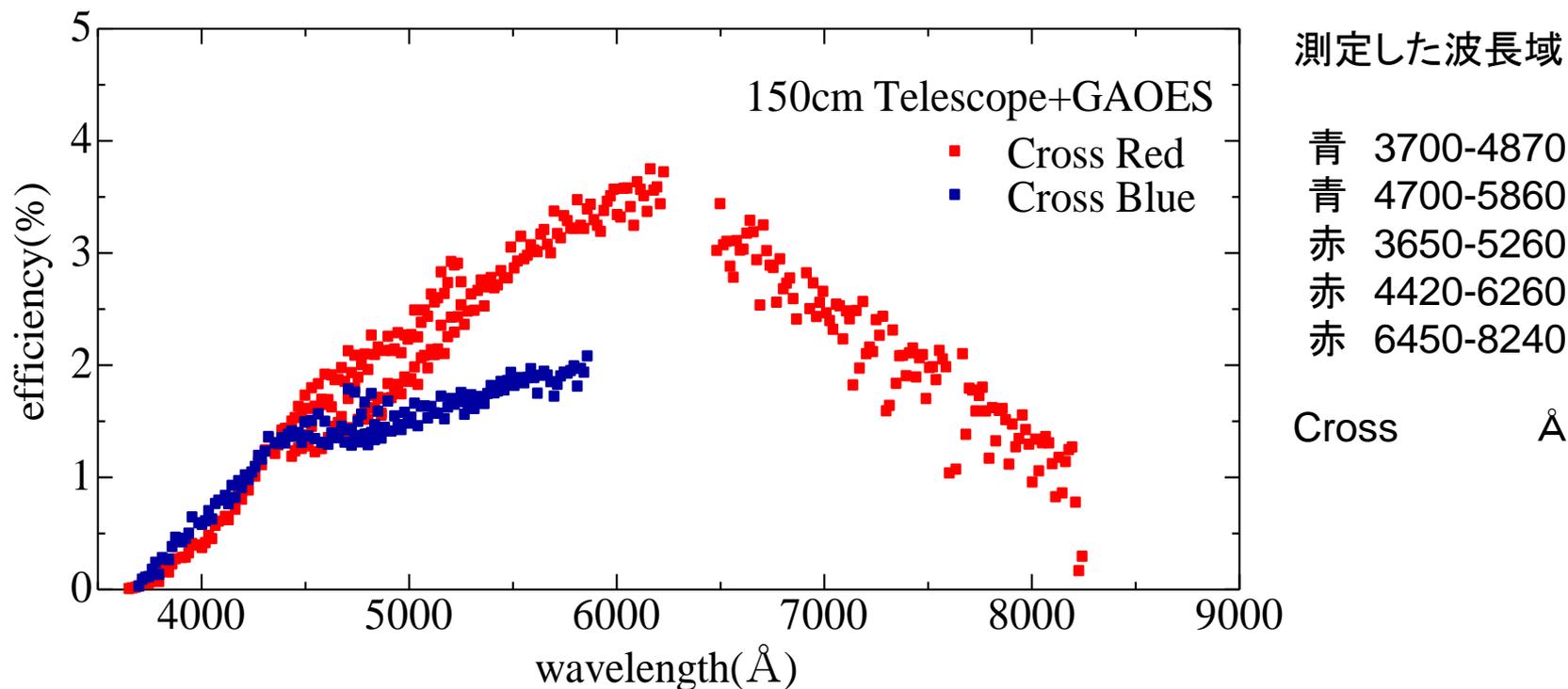
較正光源( Th-Ar )  
のスペクトル



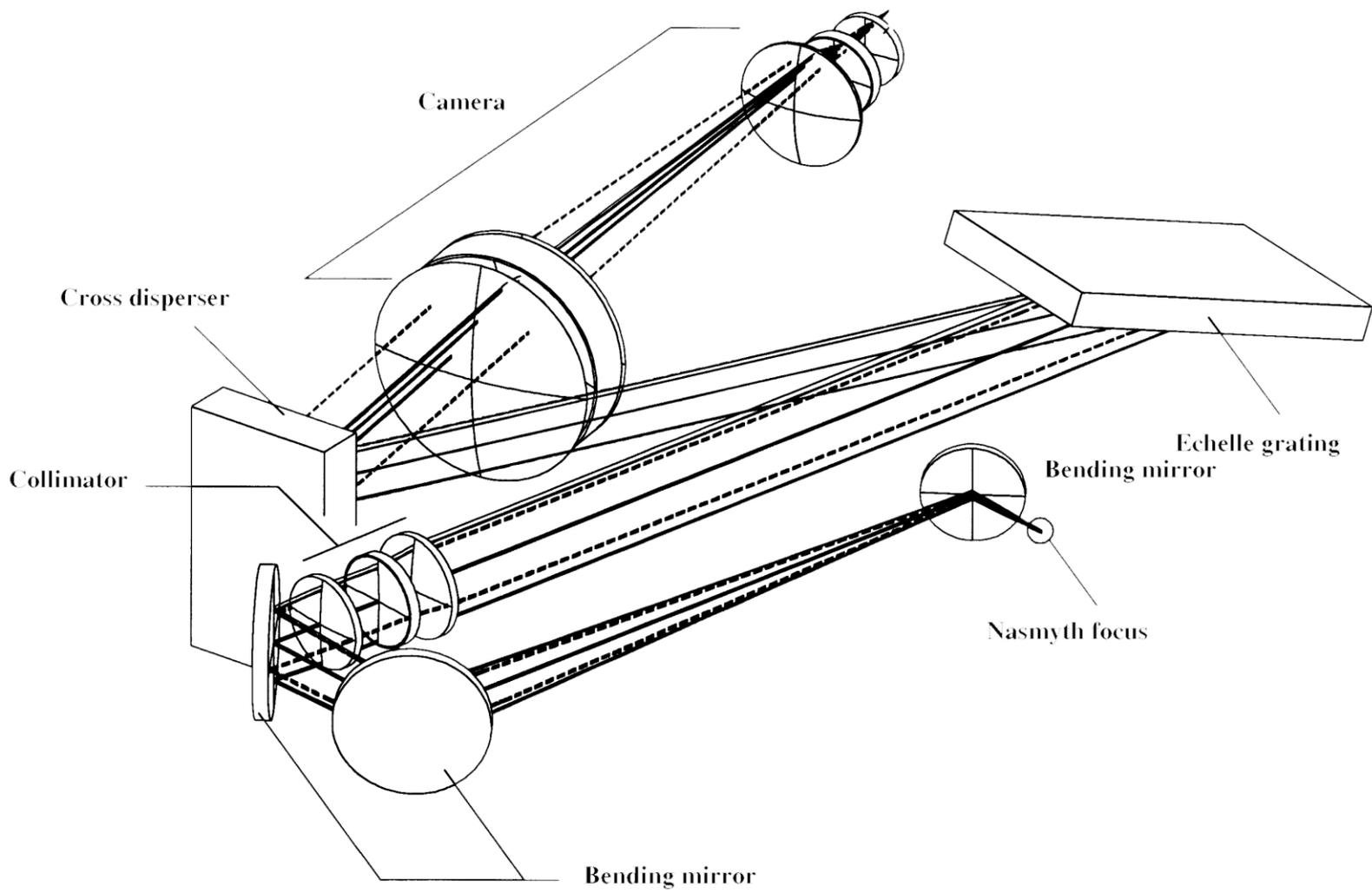
# GAOES の特徴

- **高波長分解能**  $\lambda / \delta\lambda$  up to  $10^5$ ,  $d\nu \sim 3$  km/s  
 $R = 2.8$  エシェル回折格子 (from **HDS**)
- **広い波長域** 360 nm – 1000 nm  
~ 180 nm / exposure  
光学系の真空化
- **広いスリット幅** ~ 1.0 arcsec 傾いたスリット像
- **高い安定性** レンズ光学系、光学系の真空化  
**Mfront2 + MessiaV**
- **省力化、他力本願**  $R=2.8$  エシェル回折格子  
**Mfront2 + MessiaV**  
データ処理法 Cf. 傾いたスリット像

# システムの効率測定



ピークは6000 Å 付近で約4%。*望遠鏡も含めての値。*  
青のクロスディスパーザでは、<4500 Å で赤のクロスディスパーザより10%程度効率が上がる。  
ぐんま天文台においてGAOESでは4000-8500 Å が有効な観測波長域である。

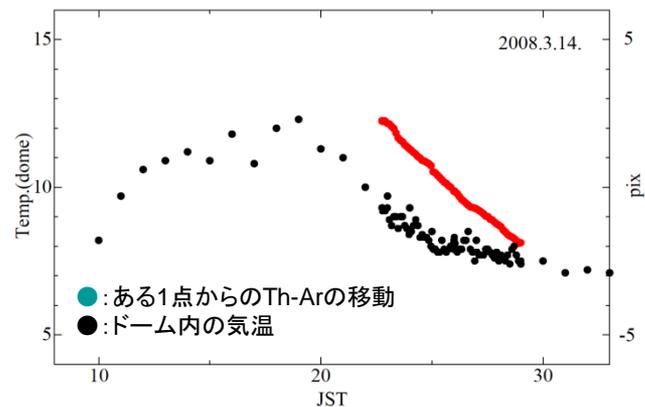
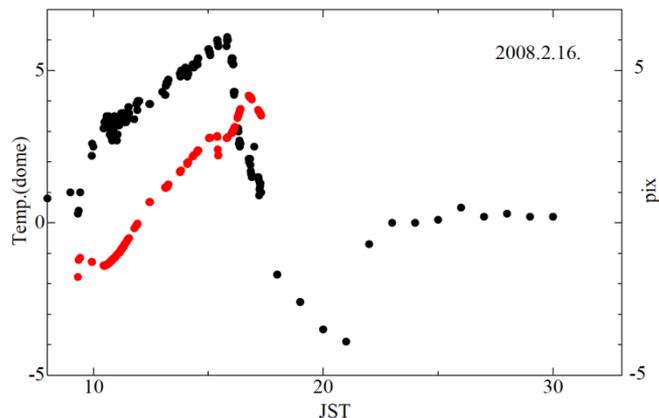
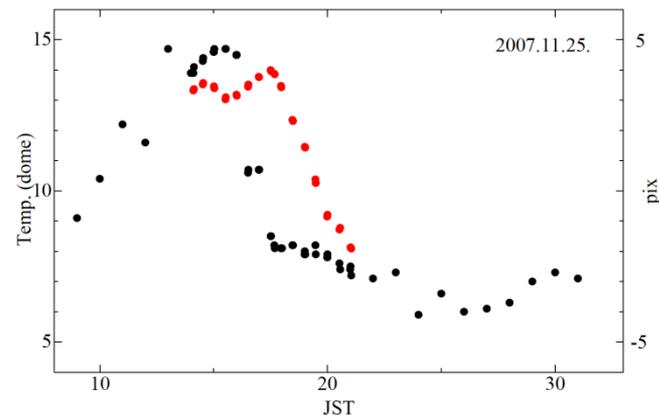


# 分光器の安定性

分光器が長時間の露出に耐えられるかどうかの安定性について、Th-Arのデータを取得し、その移動量を測定した。

ドーム内部の気温の変化と同じ傾向でTh-Arのラインの位置も(数時間のタイムラグで)変化。気温1度の変化で1pix動く。  
(HDSも同じ程度だが、ナスミス室内での温度の変化は0.1度以内に抑えられている)

分光器内部の温度を安定させるため、内部を真空にして温度制御を行えば安定すると思われる。



# GAOES の特徴

## - 高波長分解能

$\lambda / \delta\lambda$  up to  $10^5$ ,  $d\nu \sim 3$  km/s  
 $R = 2.8$  エシェル回折格子 (from **HDS**)

## - 広い波長域

360 nm – 1000 nm  
~ 180 nm / exposure

帯域内での強度の違い  
フラット光源

光学系の真空化

< 400 nm は困難 (@群馬)  
< 450 nm も容易ではない

## - 広いスリット幅

~ 1.0 arcsec

傾いたスリット像

処理は著しく面倒 分解能の向上は？

## - 高い安定性

レンズ光学系、光学系の真空化

Mfront2 + MessiaV

内部温度の安定性 ナスミス焦点の限界か

## - 省力化、他力本願

$R=2.8$  エシェル回折格子

Mfront2 + MessiaV

データ処理法 Cf. 傾いたスリット像

# GAOFSの仕様

- 高波長域  
光学系**温度の安定化**  
専用の分光器室、温度制御、防振  
ファイバーフィード、**イメージスライサ**
- 広い視野  
スリット幅の最適化  
**鏡枚数の減少**、光学系の最適化  
クロスディスペーザの最適化
- 広いスリット幅  
やっぱり真空化  
キャリブレーション手法の再考
- 高いスリット幅  
オーダー間の接続  
赤青の強度比、フラットランプ
- 省コスト  
検出器の大型化、モザイク  
望遠鏡の最適化、交換

.....

違い

高)

?

、

## 検出器の大型化、モザイク

カメラ光学系による限界  
モザイク 2 枚は効か？（多少ロスがあっても）

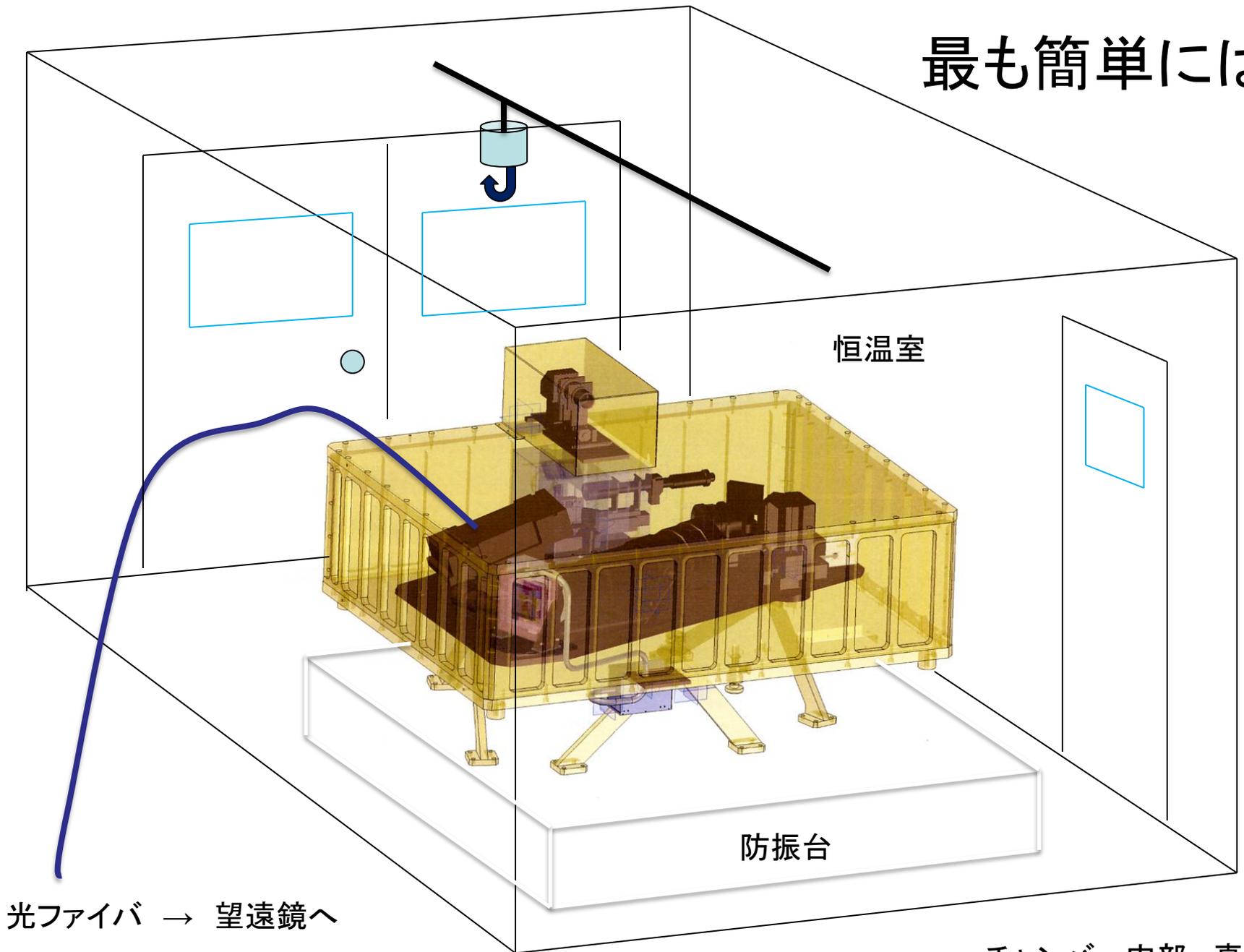
### カメラ光学系の更新

不可能ではないが、極めて大がかり、大型化  
新たな分光器の再製作に匹敵  
費用も膨大、実現するための時間も大きい  
何処までの性能を求めるか、時間、費用

## 望遠鏡の最適化、交換

ファイバーフィード、イメージスライサ  
で、より大型の望遠鏡への適応も  
ある程度は可能か？

最も簡単には



恒温室

防振台

光ファイバ → 望遠鏡へ

チャンバー内部：真空