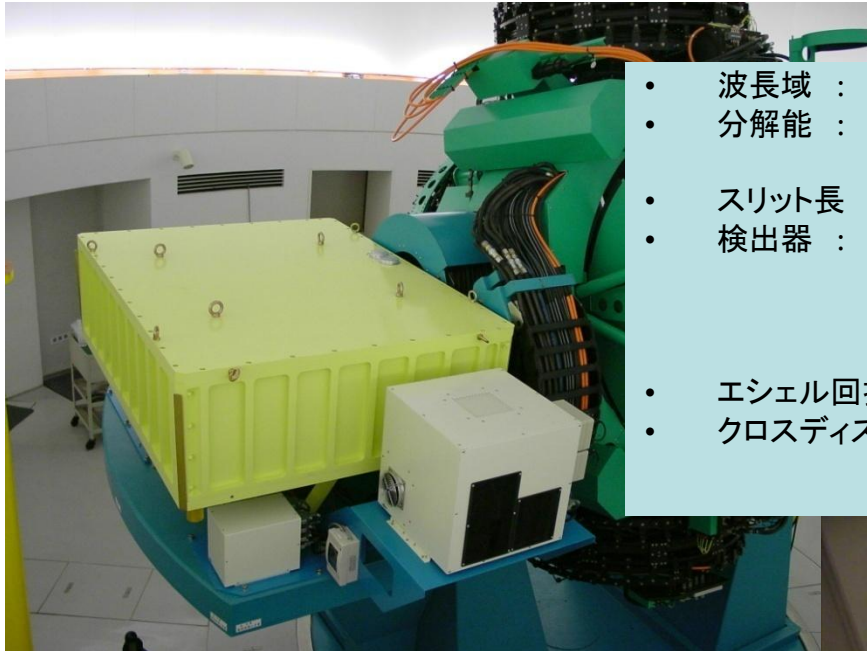


ぐんま天文台高分散分光器 *GAOES*
Gunma Astronomical Observatory
Echelle Spectrograph
の改造に関する考察

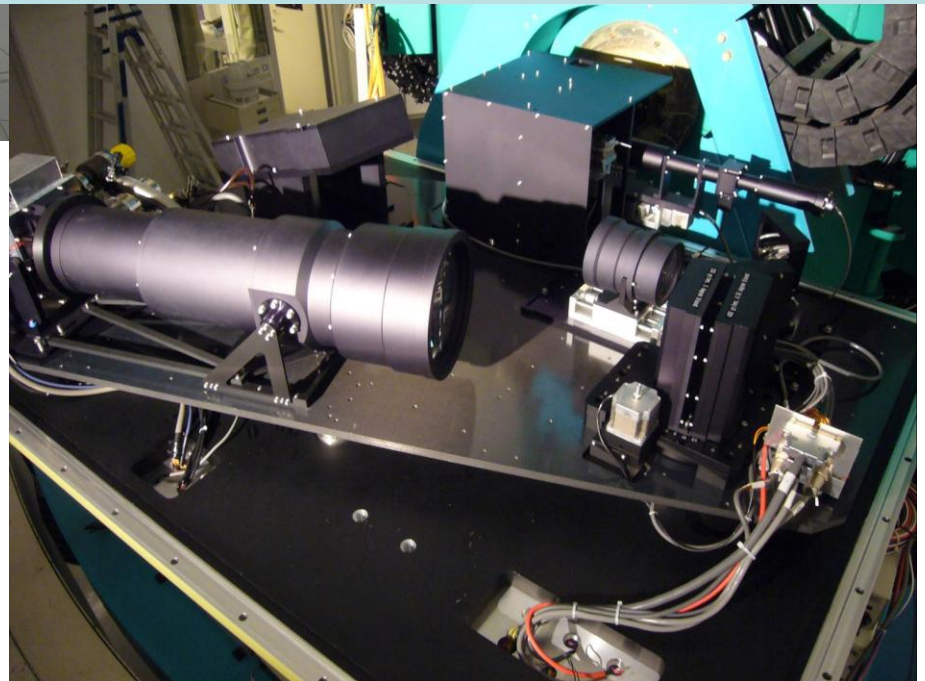
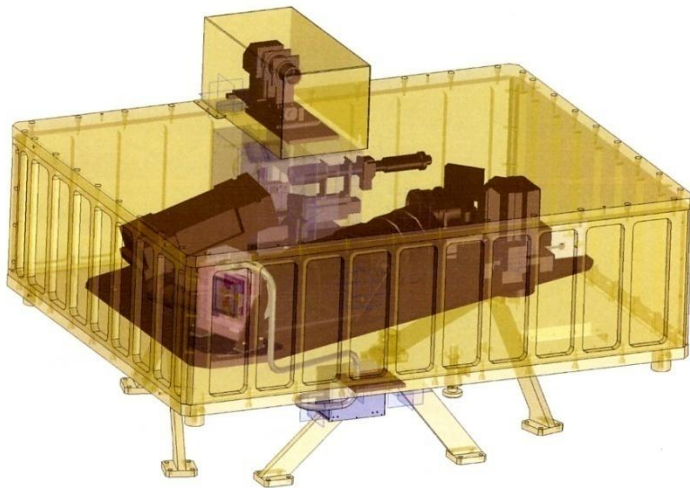
橋本 修

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 μm)
- 検出器 : EEV CCD44-82BI
15 μm $\times$ 15 μm 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 , $dv \sim 3$ 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 ~ 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**

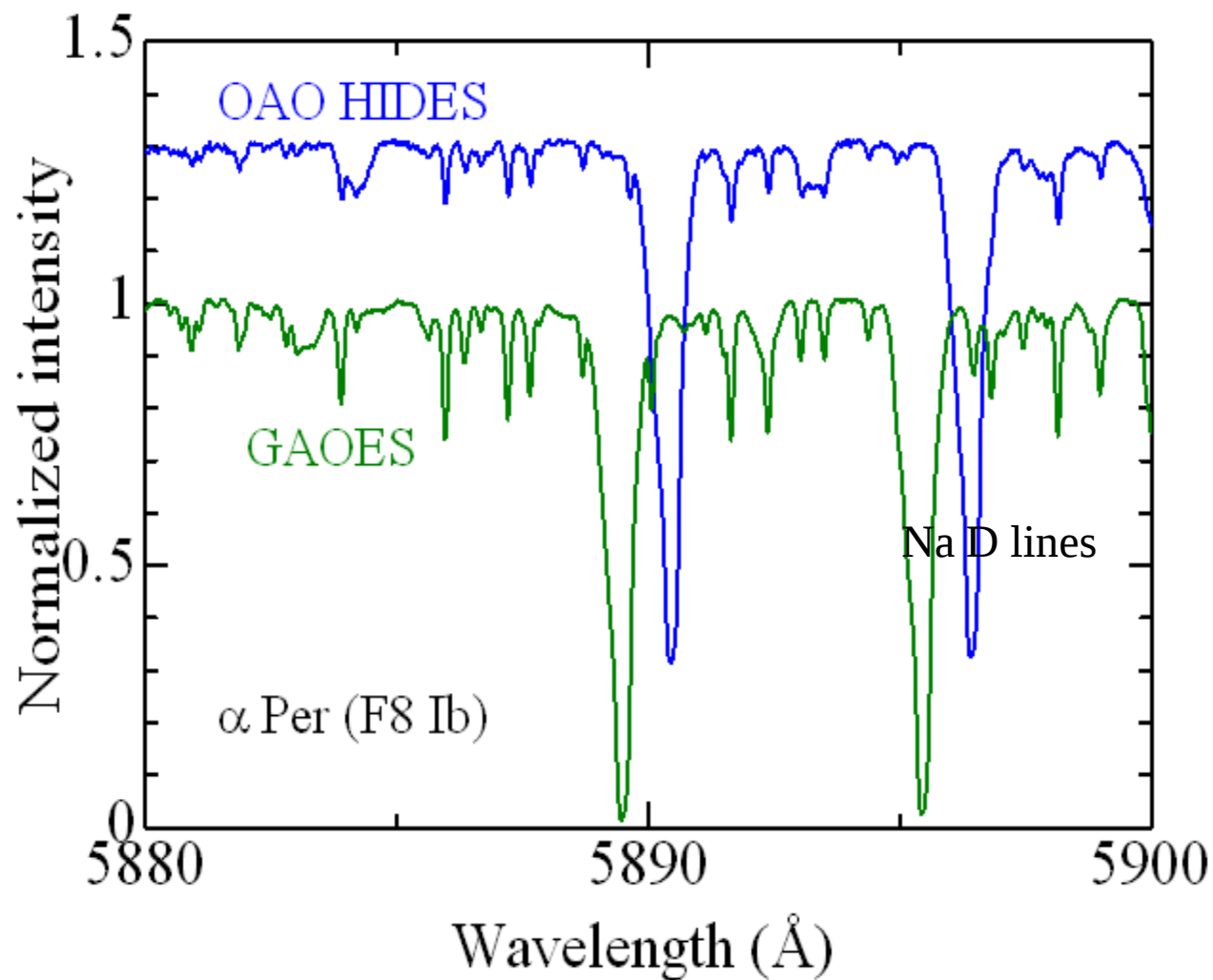
高い効率での観測が可能な **沢山** の **恒星** ほか

- 柔軟な運用

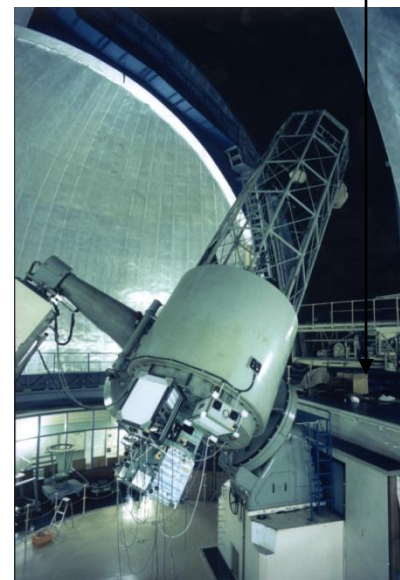
特定の課題に**集中**、長期間の**継続観測** ほか

高い波長分解能

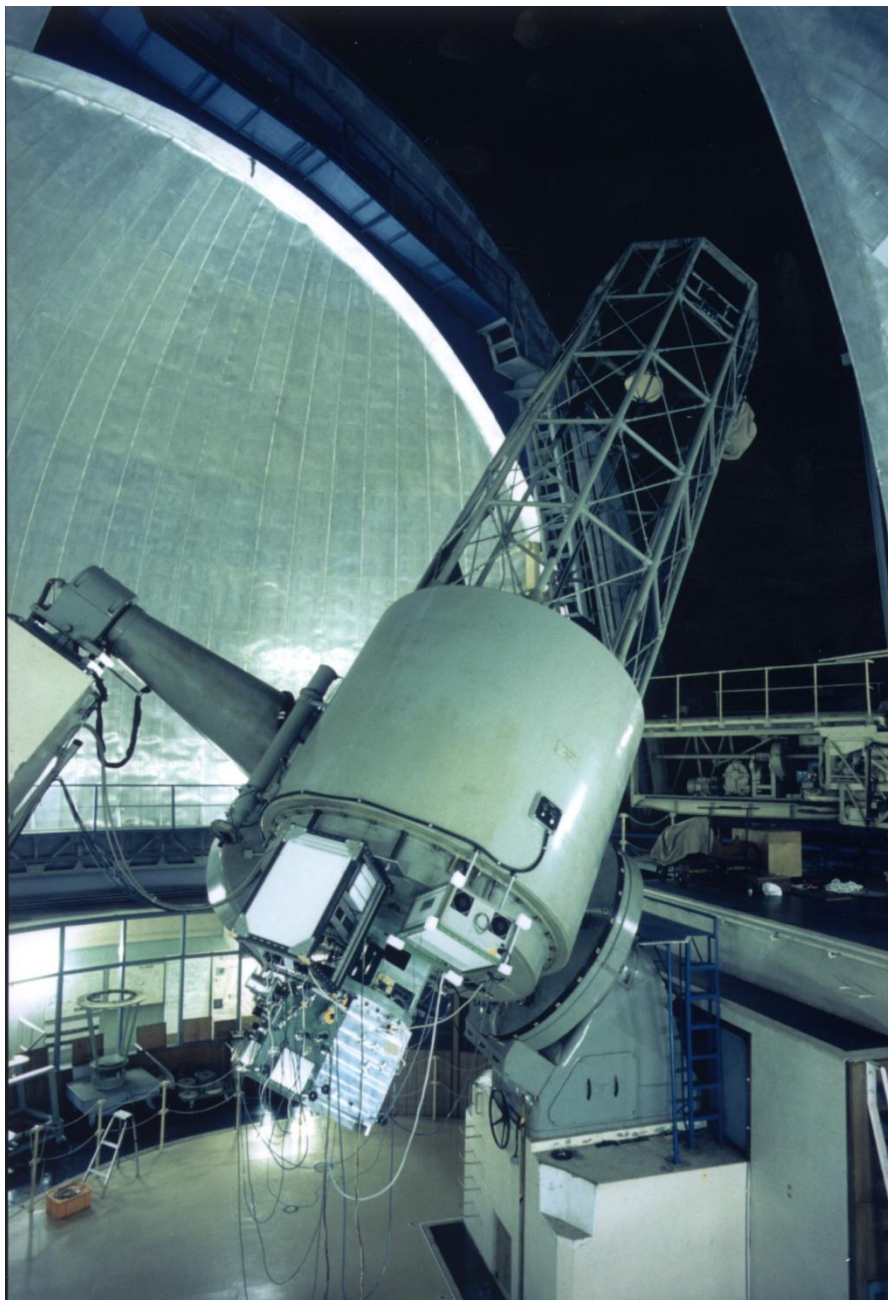
Comparison between GAOES and OAO HIDES spectra



OA0 1.88m HIDES



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

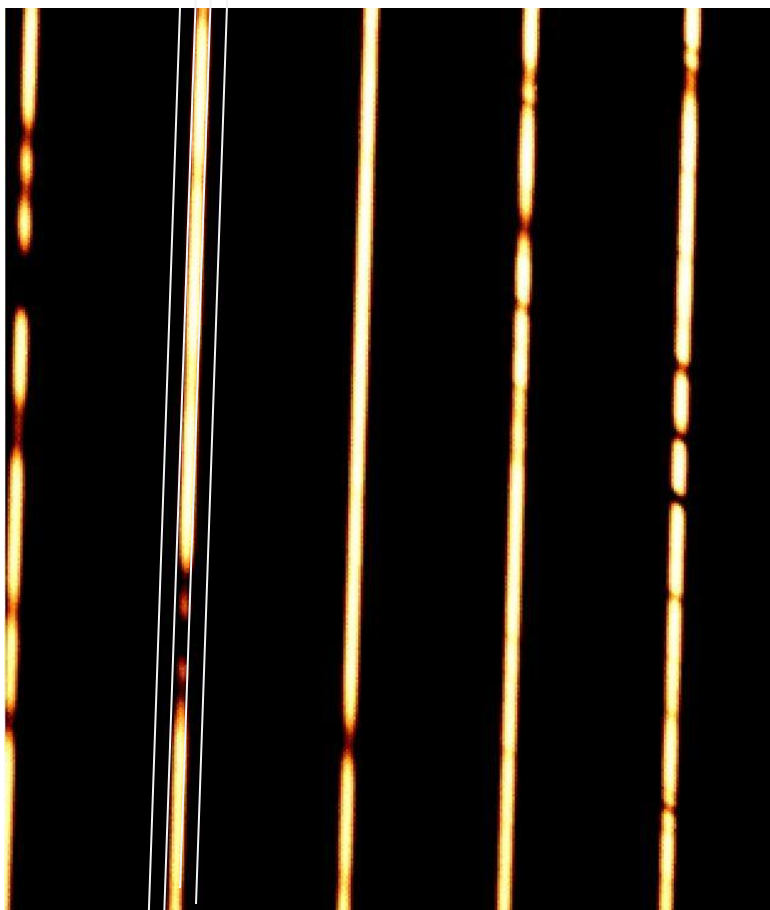
collimator

cross dispersers

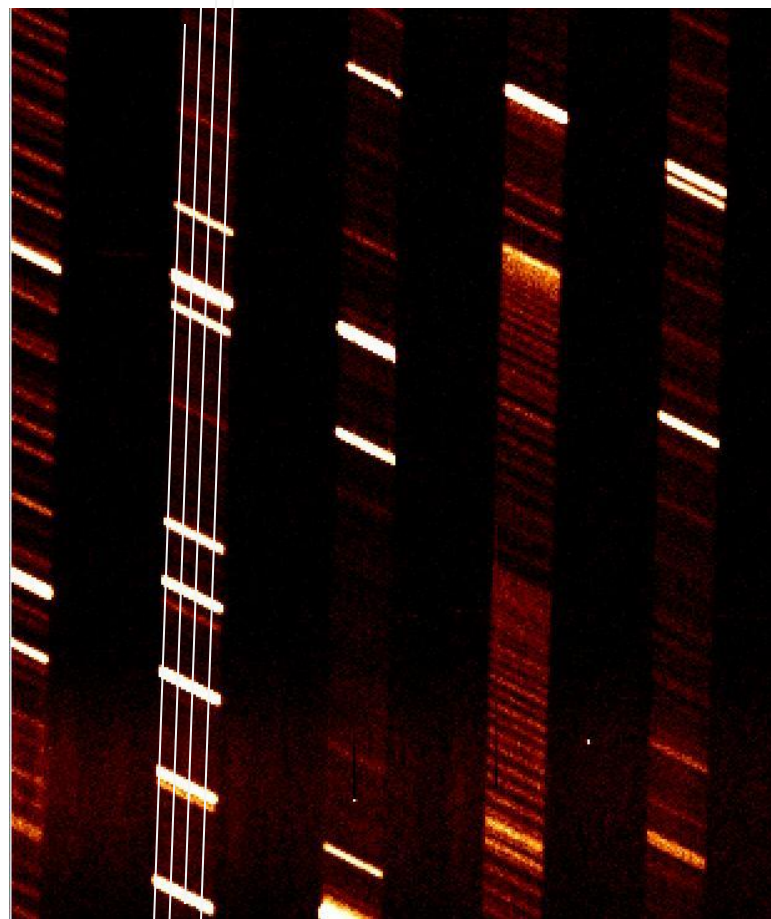
GAOES

Mfront2
MessiaV

天体のスペクトル
(α UMi)



校正光源(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 , $dv \sim 3$ 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

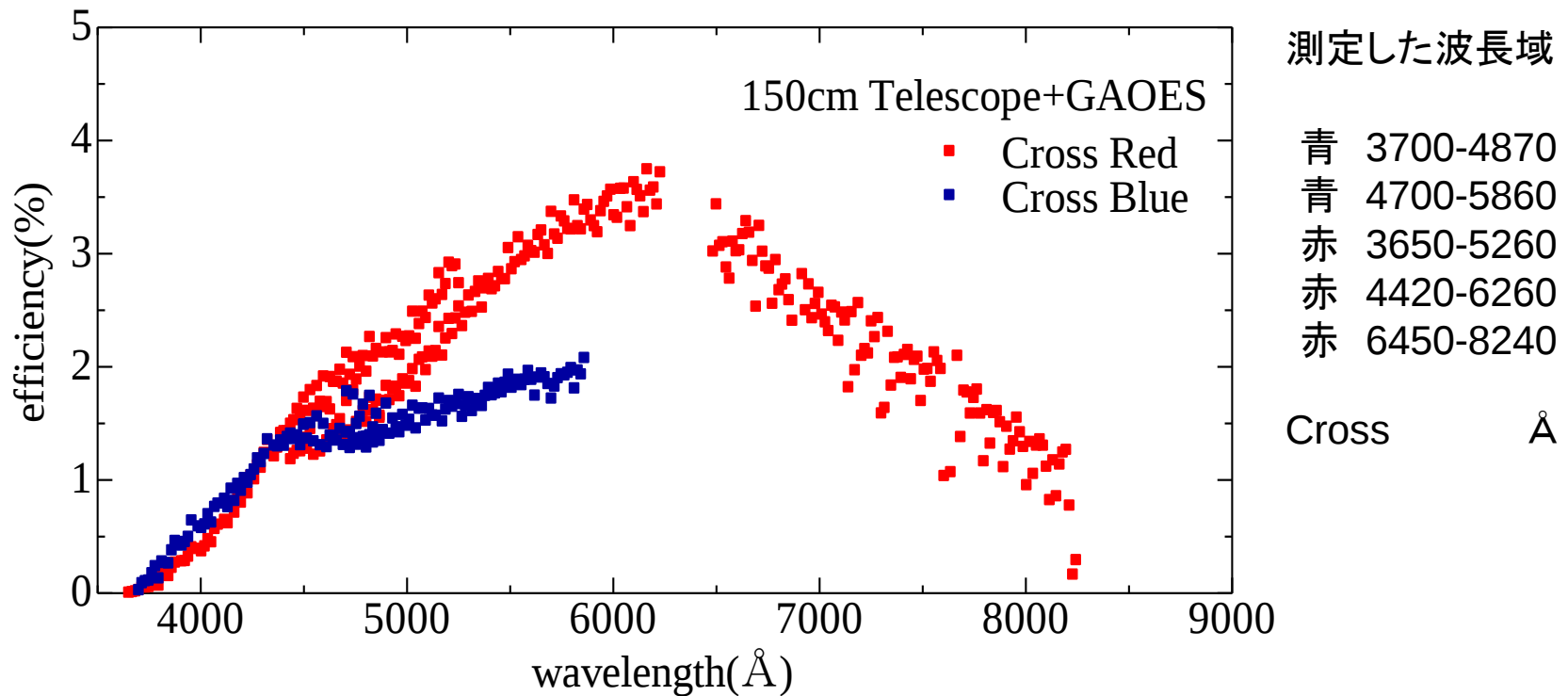
- 高い安定性

レンズ光学系、光学系の真空化
Mfront2 + MessiaV

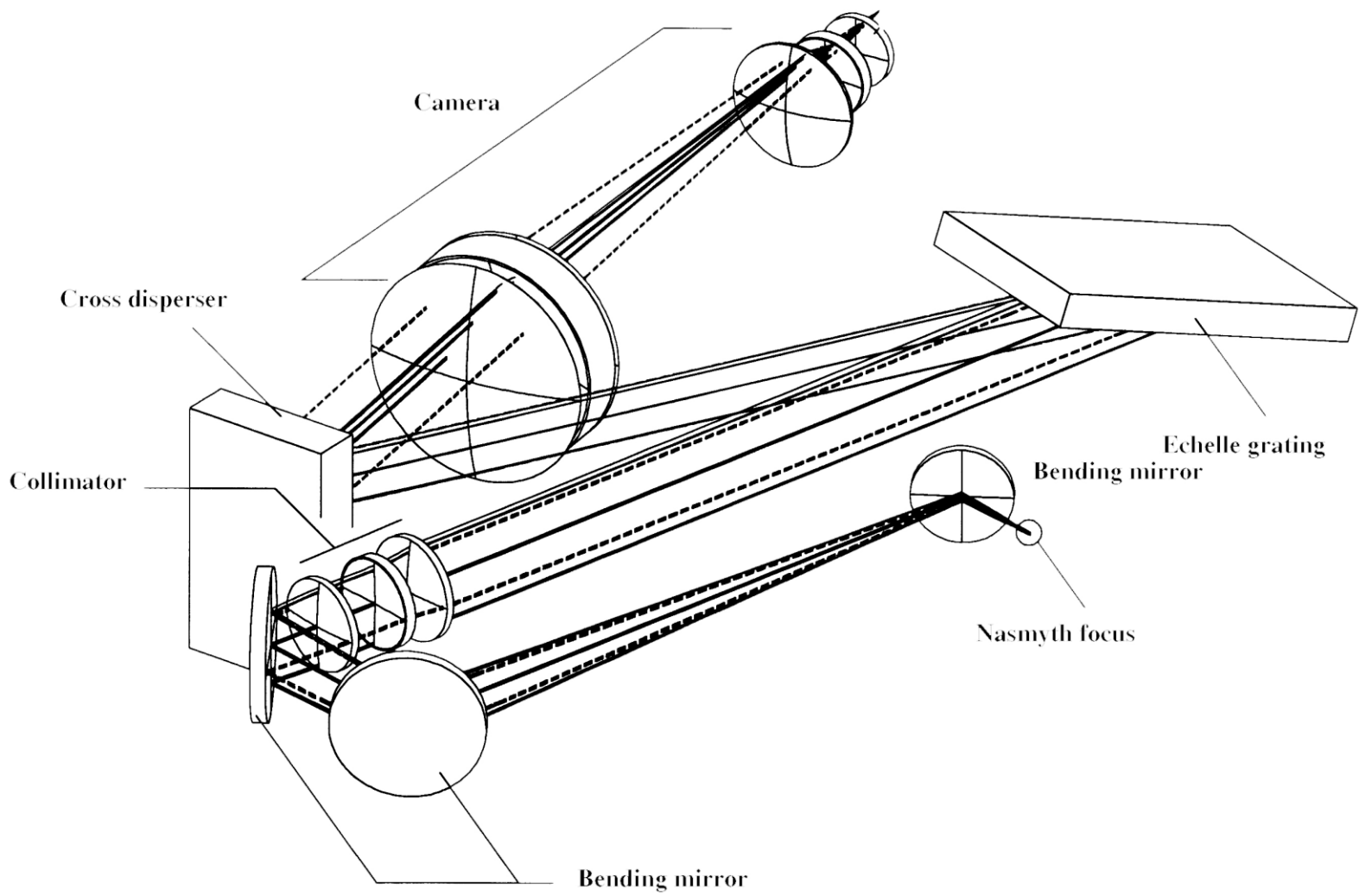
- 省力化、他力本願

$R=2.8$ 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。

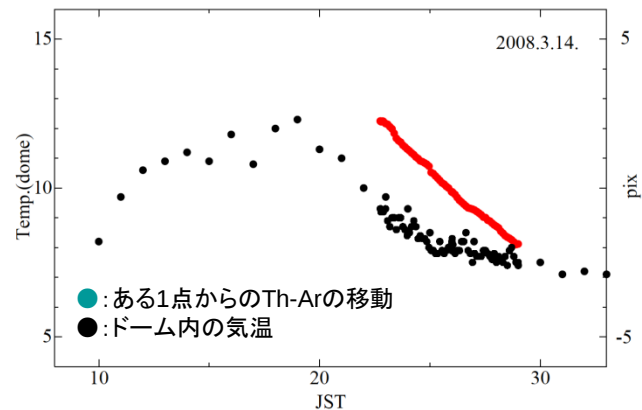
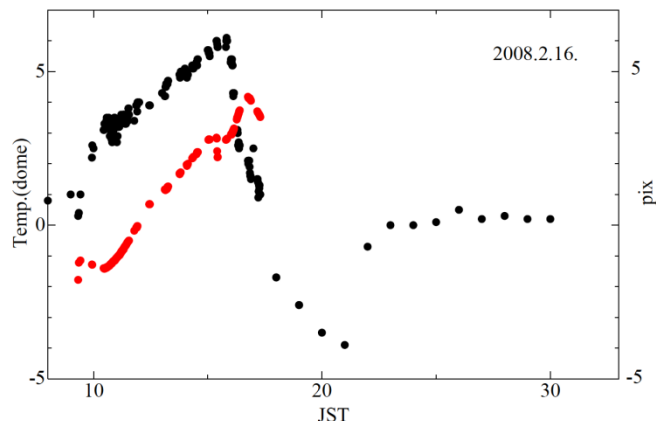
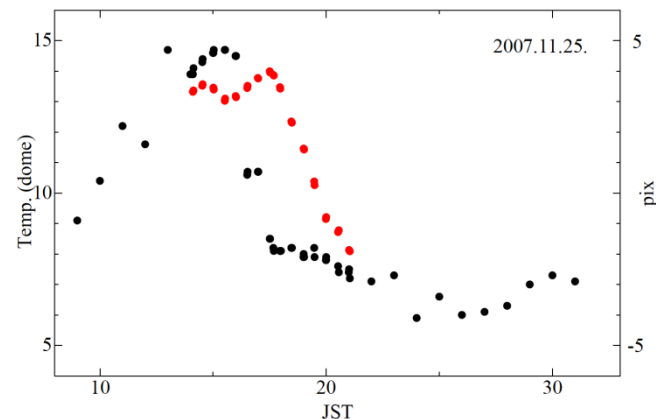


分光器の安定性

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 , $dv \sim 3$ 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

GAOES の特徴

- 高波長 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
- 広い波長範囲 **スリット幅の最適化**
鏡枚数の減少、光学系の最適化
クロスディスパーザの最適化
- 広い視野 **やっぱり真空化**
キャリブレーション手法の再考
- 高い空間分解能 **オーダー間の接続**
赤青の強度比、フラットランプ
検出器の大型化、モザイク
- 省コスト **望遠鏡の最適化、交換**

.....

違い

高)
ハ

?

ハ

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

