

森羅万象セミナー (2011年6月22日, 於: 北大)

# 北大1.6m ピリカ望遠鏡の 建設と現状

北海道大学 渡辺誠

# 話の内容

- 望遠鏡設置サイト
  - 概要
  - シーイング, 夜空輝度, 晴天率の調査
- 望遠鏡
  - 仕様
  - 設置の様子
  - 結像性能, 指向精度
- 観測装置
  - 概要
  - 可視マルチスペクトル撮像装置の開発
- 現状

# 望遠鏡設置サイト

道立サンピラーパーク内(名寄市)

東経142度28分, 北緯44度22分

標高151m

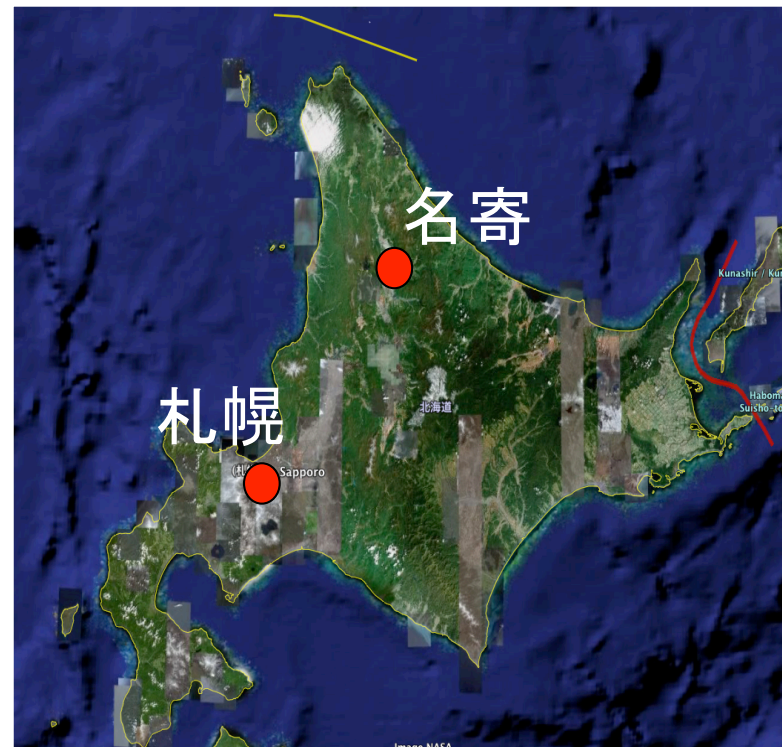
札幌から車で3時間(220km),  
列車で2-3時間

## 名寄市との連携事業

建物は名寄市が建設

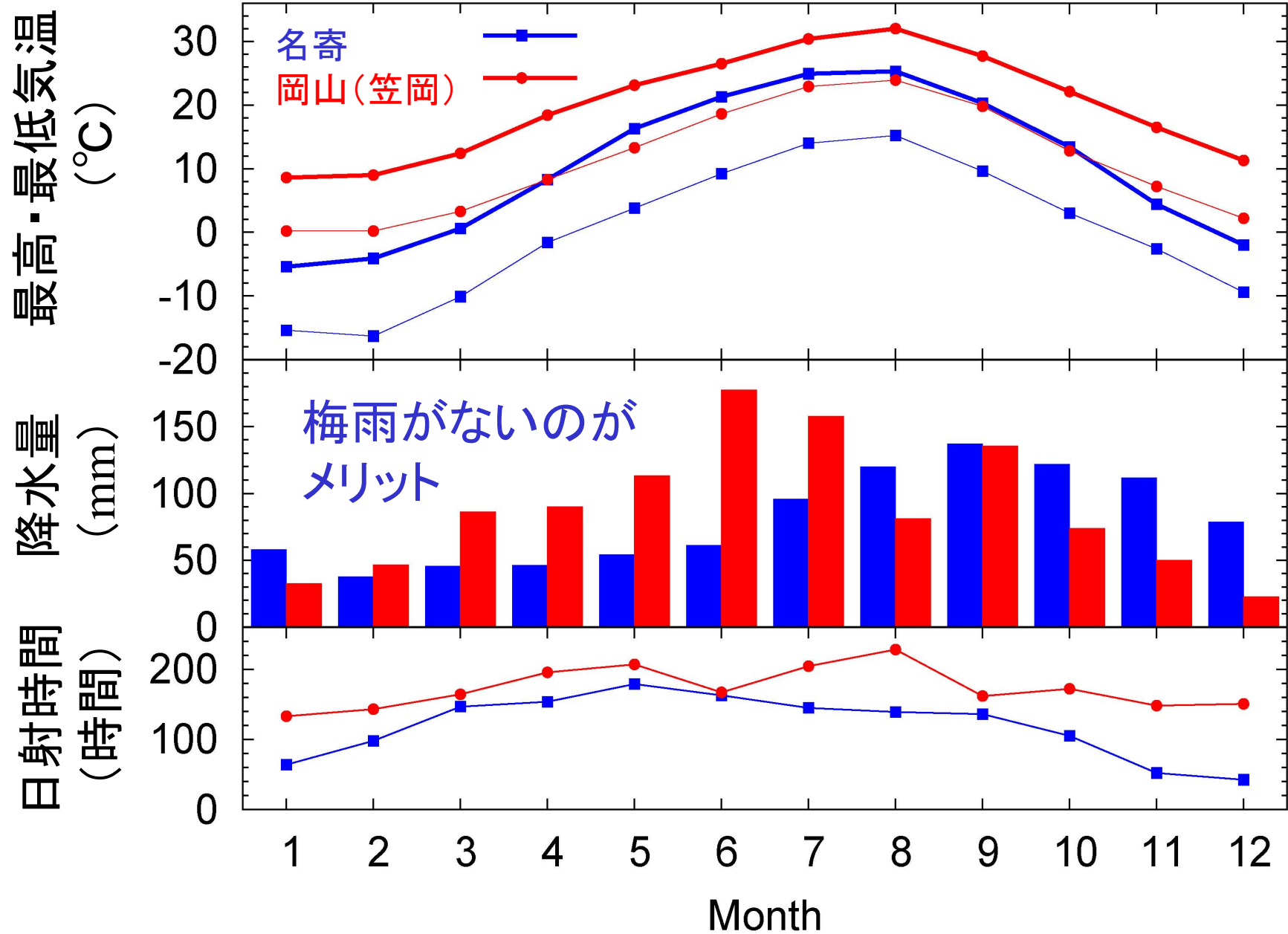
小型プラネタリウムを併設

2010年4月にオープン



# 名寄の気象

アメダスデータ



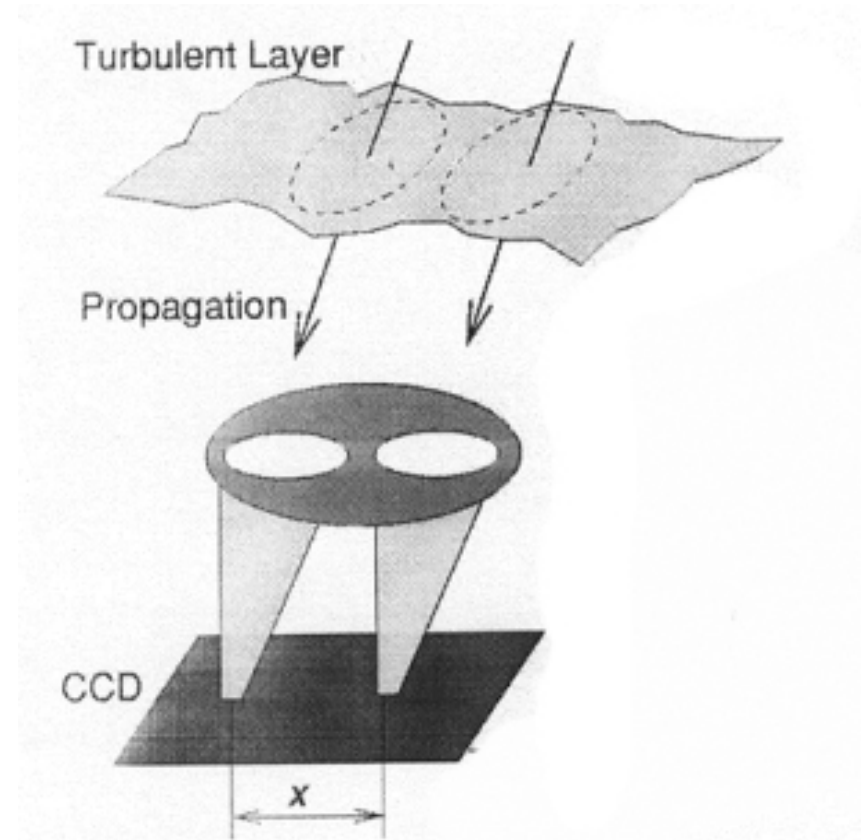


# 名寄の天文観測環境の調査

- シーイング
- 夜空輝度
- 夜間晴天率

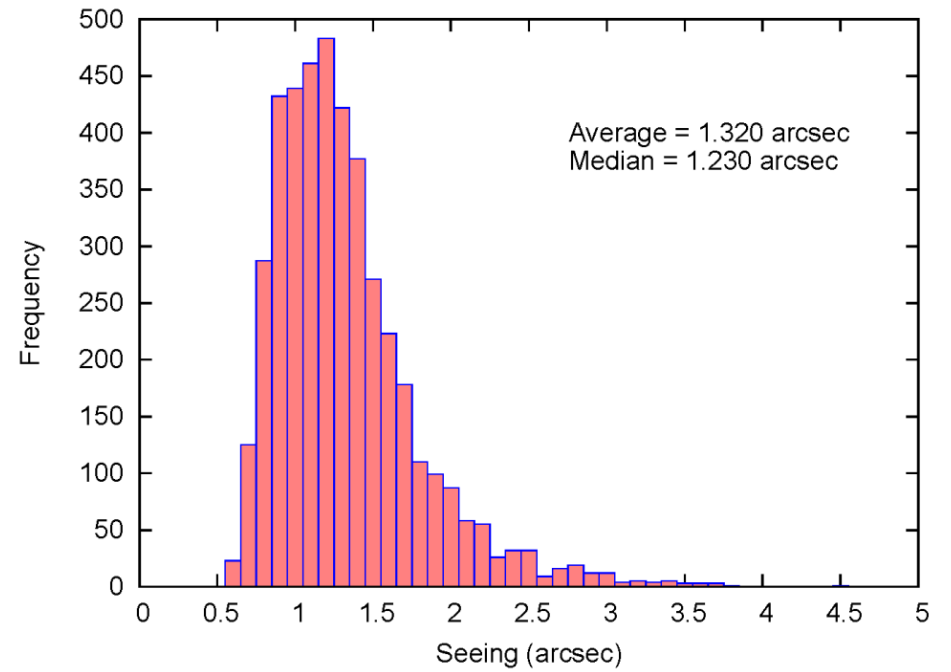
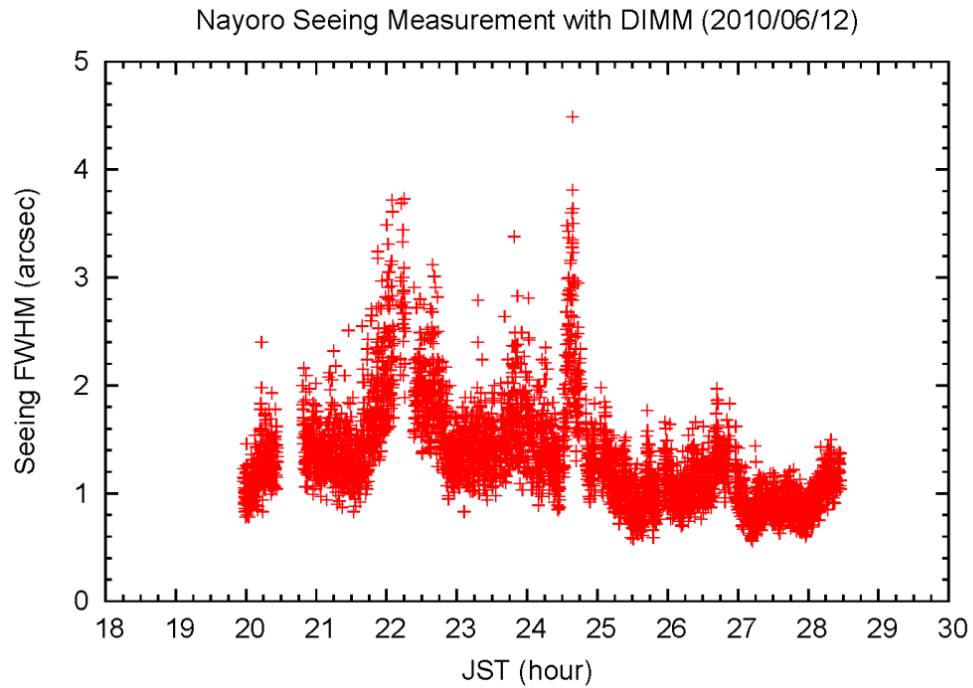
# シーイング測定

DIMM (Differential Image Motion Monitor) により測定  
(広島大より借用)

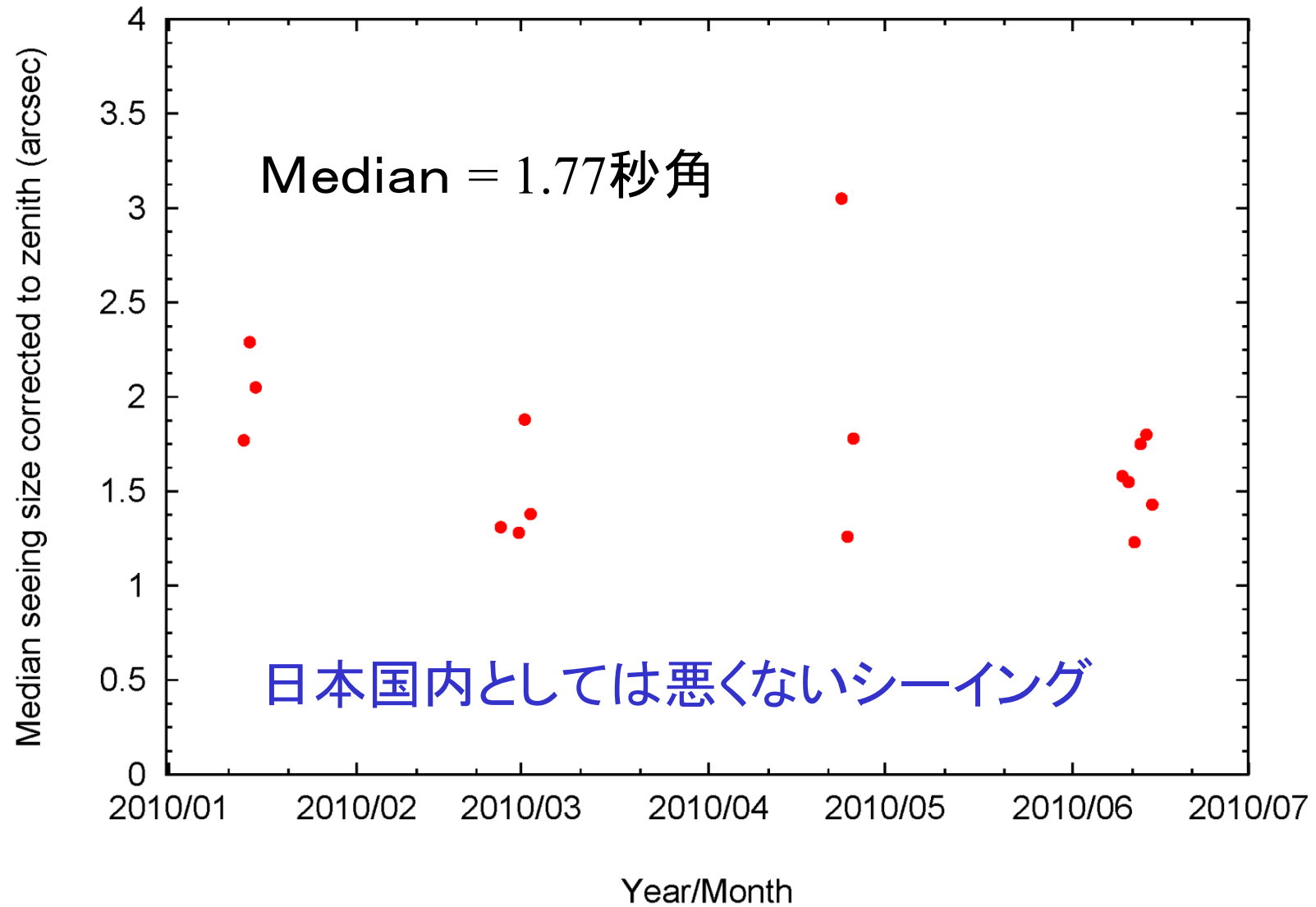


2つのスポットの相対位置の揺らぎを測定  
→ シーイングFWHM値に換算

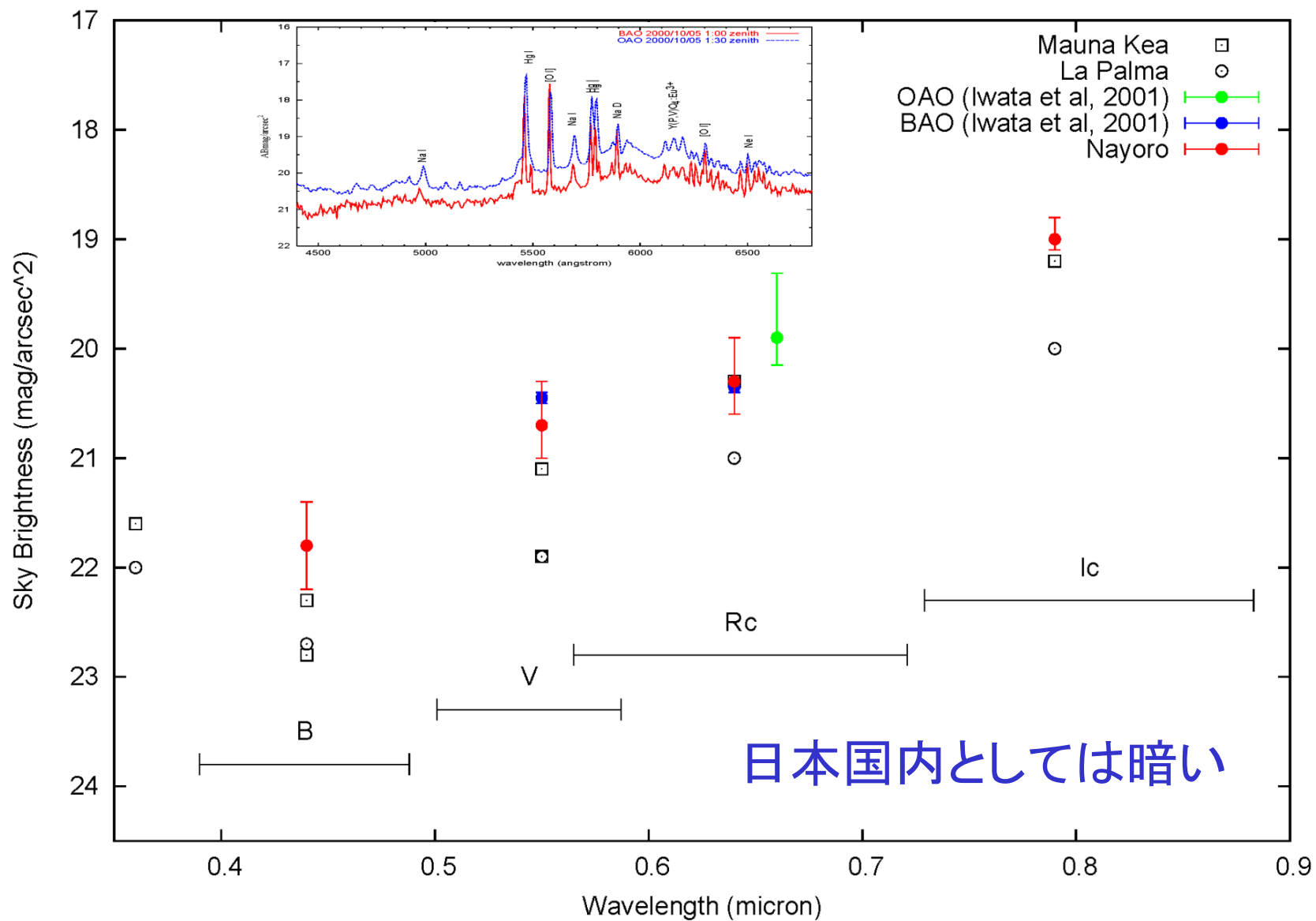
# シーイング測定例



# シーイング観測結果



# 夜空輝度



# 夜間晴天率

シーイング観測期間の気候から見積もり

観測期間	全夜数	観測実施夜数 (快晴, 晴または 薄曇りの夜数)	快晴, 晴または 薄曇りの 時間割合	快晴の 時間割合
2010/1/14-17	4	3	24 %	0 %
2010/2/26-3/3	6	4	14 %	0 %
2010/4/21-4/26	6	4	29 %	0 %
2010/6/9-6/15	7	6	77 %	57 %
上記期間合計	23	17	35 %	13 %

岡山観測所 では 快晴, 晴れまたは薄曇り: 50-60%  
快晴夜 : ~20%

# 1.6m望遠鏡の光学系仕様

## 全体光学系

形式	リッチークレチアン
焦点	カセグレン × 1, ナスミス × 2
有効口径	Φ1600 mm
合成焦点距離	19238 mm (F/12.6)
有効視野	カセグレンΦ20分角, ナスミスΦ10分角, Φ3分角

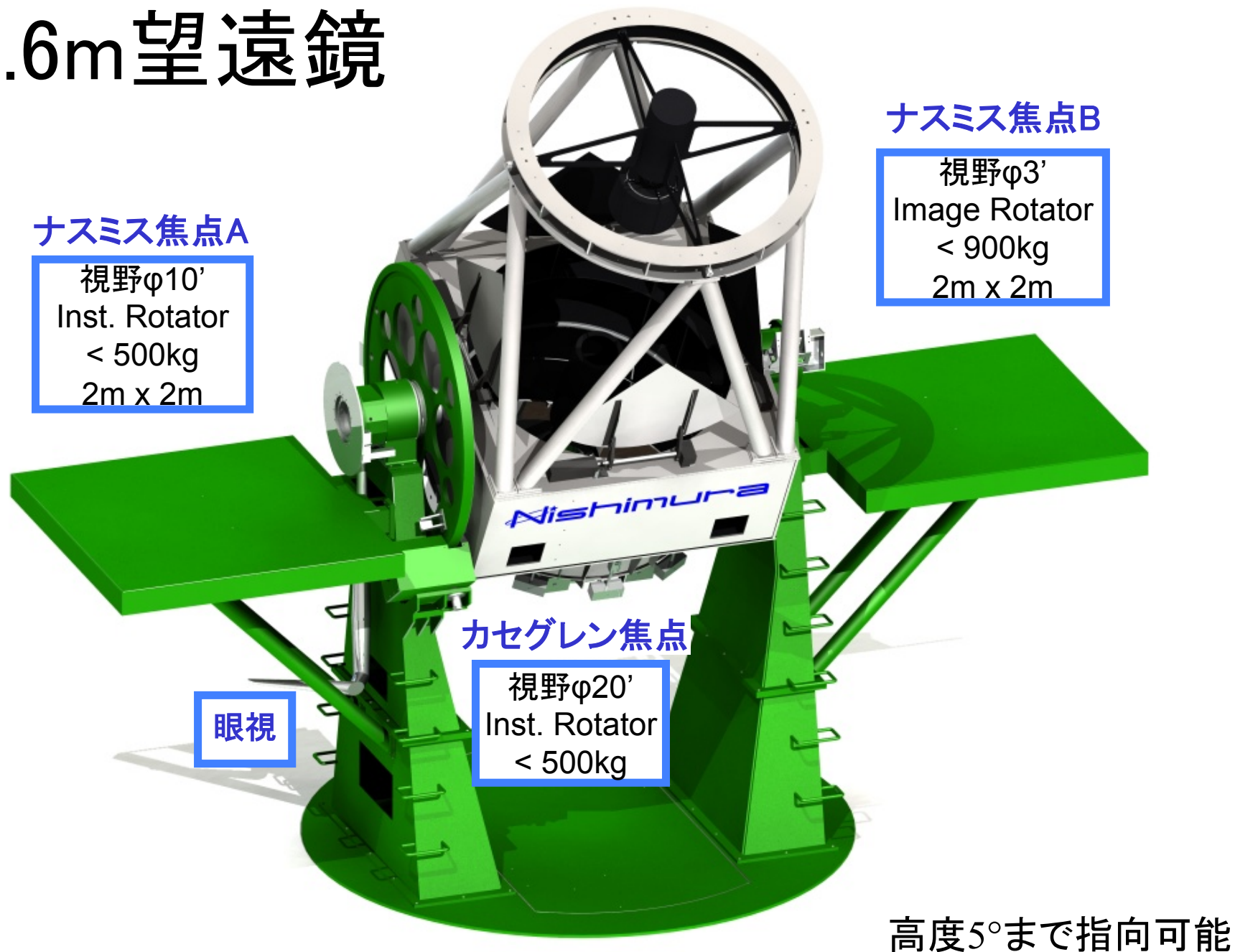
## 主鏡

材質	無膨張セラミックガラス Astro-sitall
サイズ	直径1620 mm, 厚み220 mm
コーティング	SiO保護膜付きアルミニウム

## 副鏡

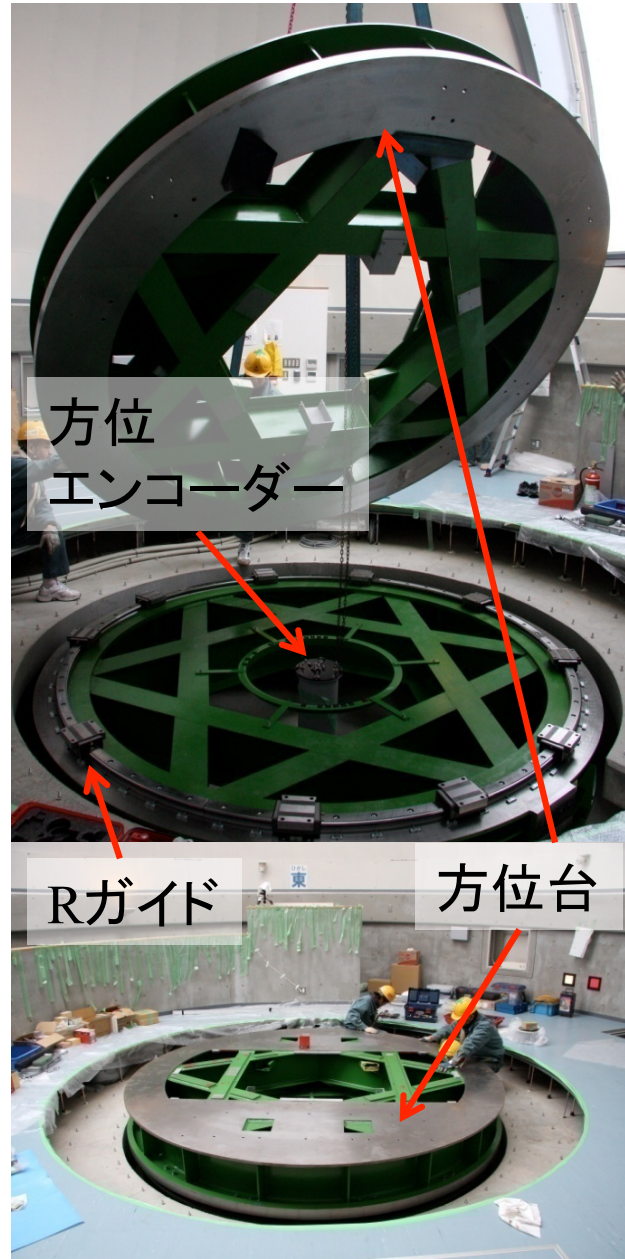
材質	無膨張セラミックガラス Astro-sitall
サイズ	直径305.6 mm, 厚み50 mm
コーティング	SiO保護膜付きアルミニウム

# 1.6m望遠鏡



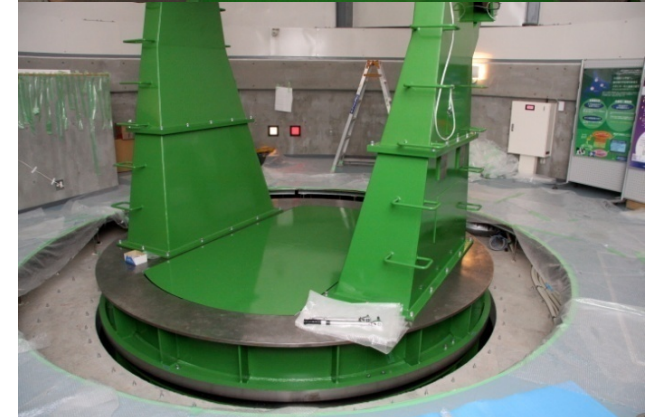
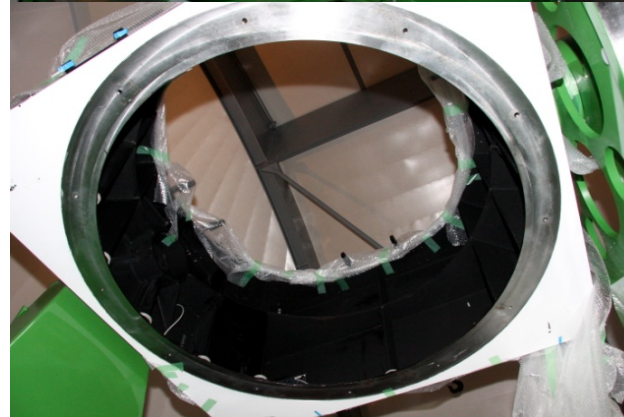
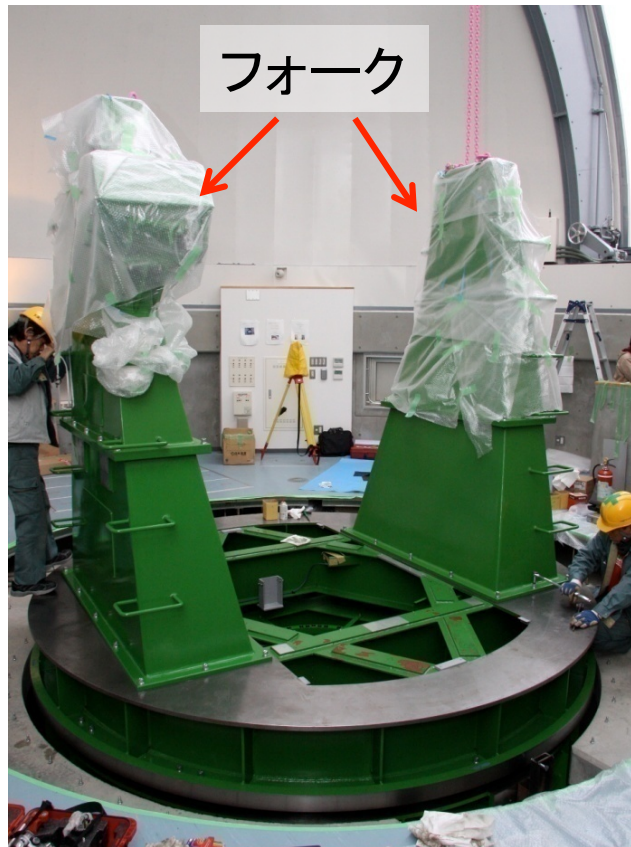


# 望遠鏡設置作業(1)



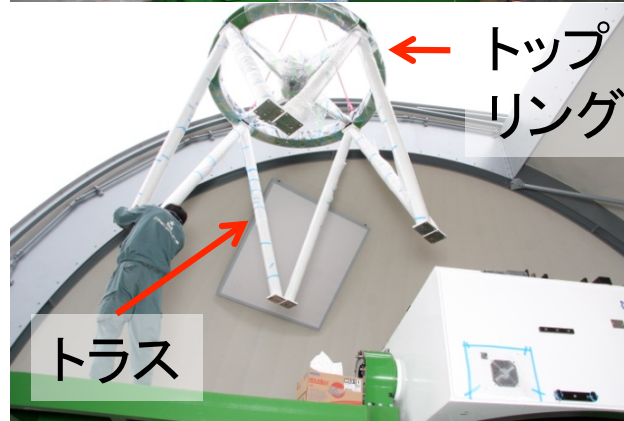
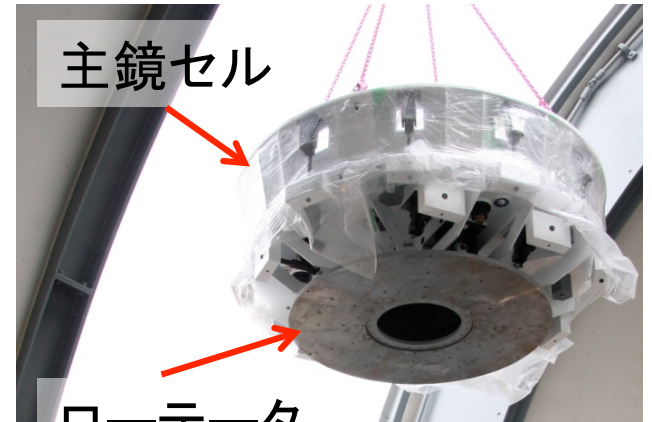
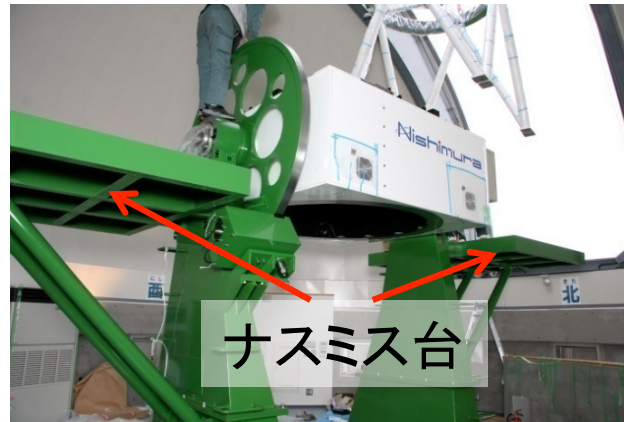


# 望遠鏡設置作業(2)



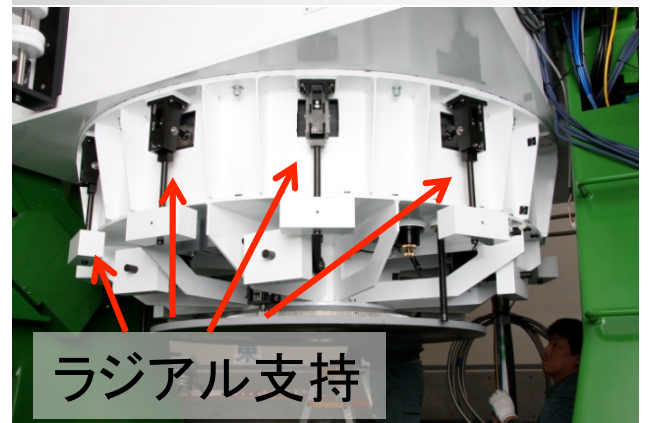
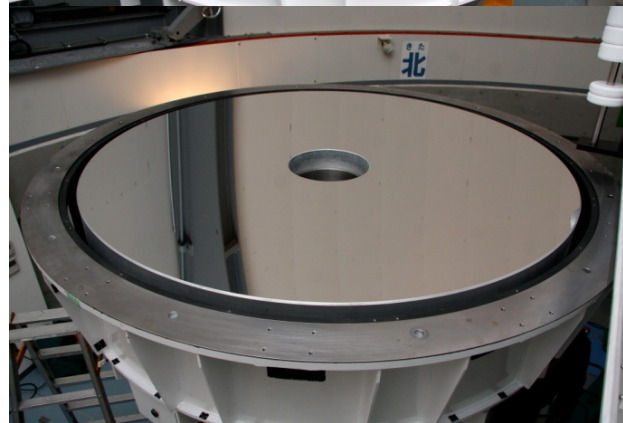
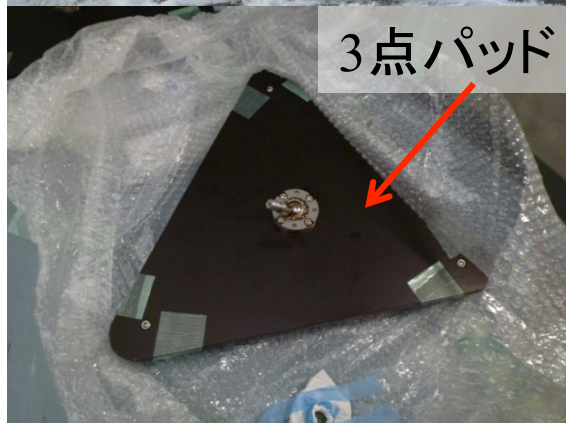
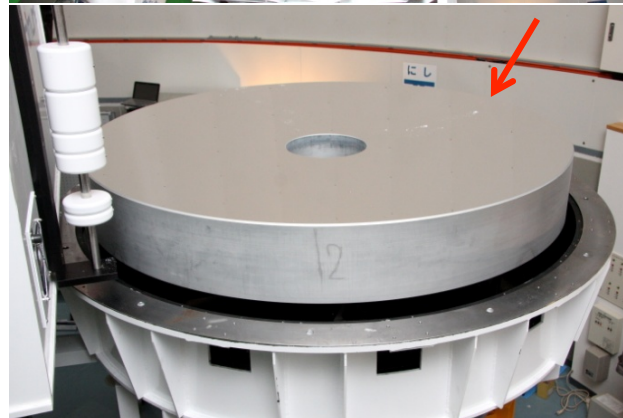
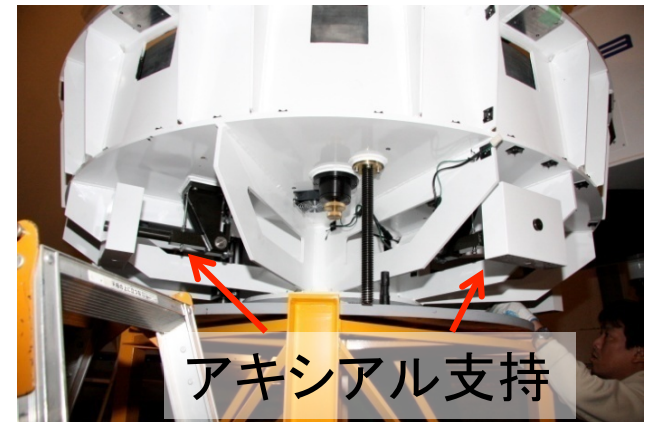
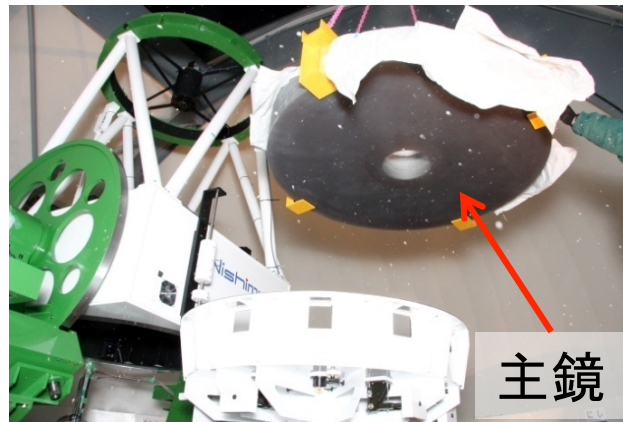
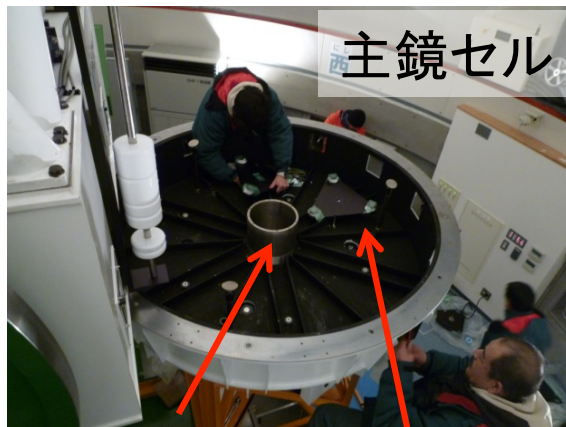


# 望遠鏡設置作業(3)





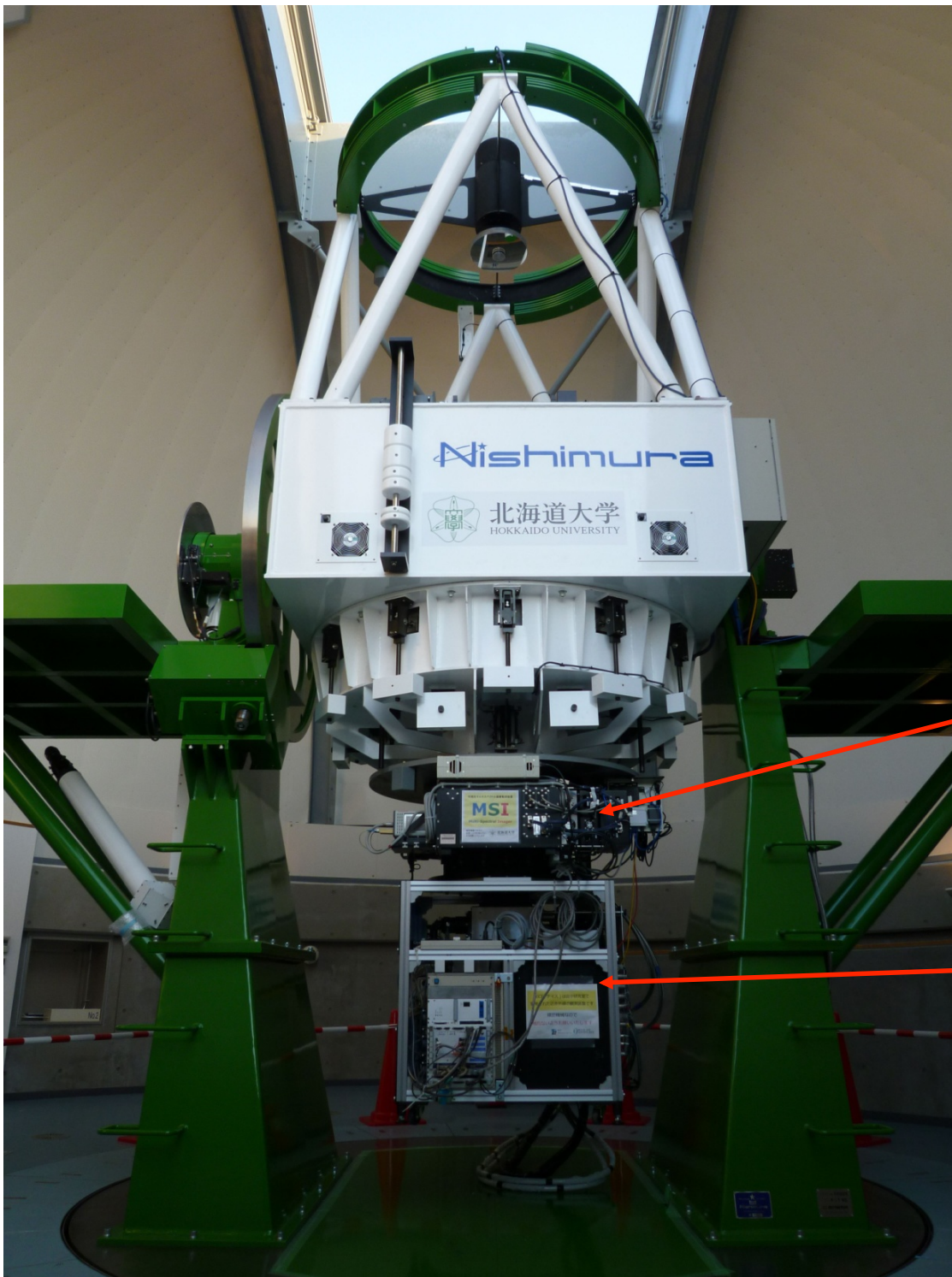
# 望遠鏡設置作業(4)





2010/12  
望遠鏡ファーストライト

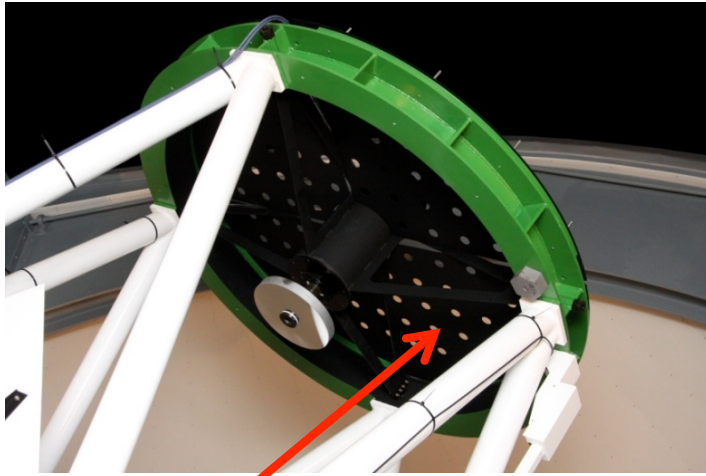
2011/2-3  
MSI,NICEファーストライト



可視マルチスペクトル  
撮像装置MSI

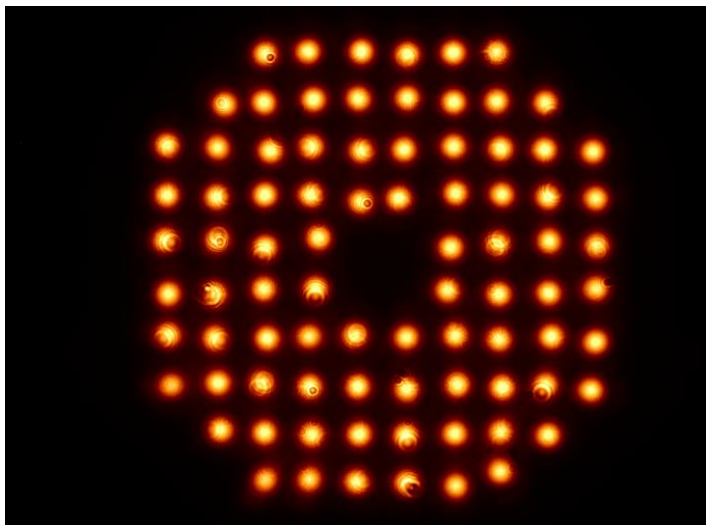
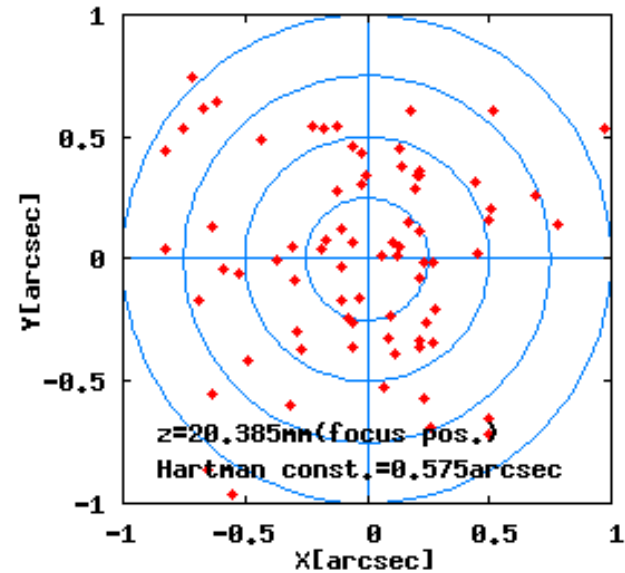
近赤外エシエル分光器  
NICE

# 結像性能(ハルトマンテスト)



ハルトマン板

スポットダイアグラム



Off-focus像

ハルトマン定数が最も小さくなる  
向きへ副鏡の傾きを調整

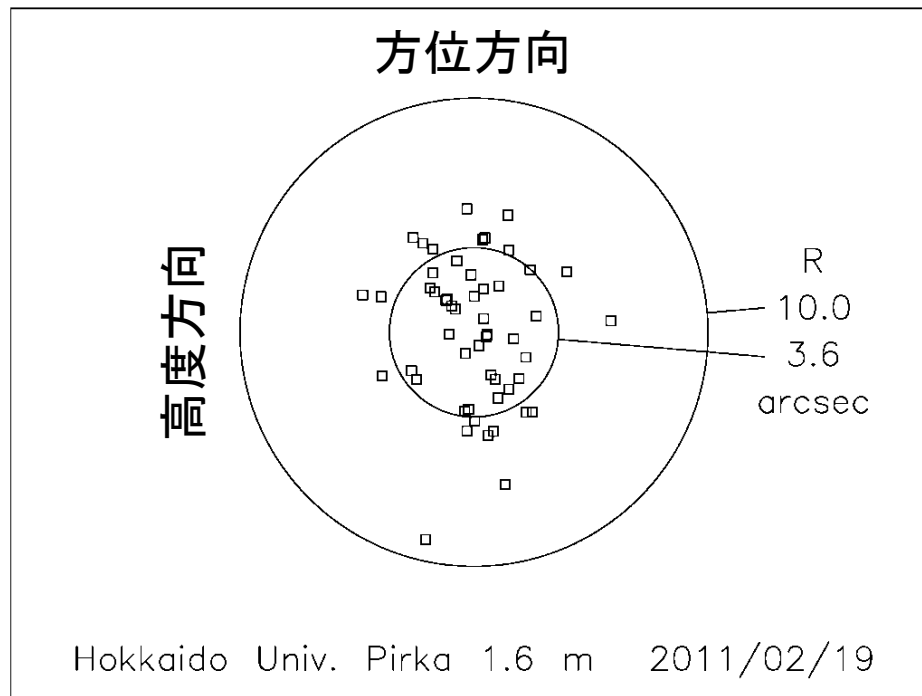
**ハルトマン定数 = 0.58秒角**  
要求仕様(0.3秒角以下)より悪い  
(現在, 原因を調査中)

# 指向精度(ポインティング解析)

鏡筒のたわみや望遠鏡可動軸のずれなどに起因する  
指向位置のずれを補正

全天に渡って星を導入し、各方位・高度における導入  
位置ずれの測定から、補正式の係数を求める

## 補正後の指向精度



指向精度(補正後)

3.61秒角 RMS

仕様では5秒角RMS以下

# 観測装置

## カセグレン焦点

- 可視マルチスペクトル撮像装置 MSI (北大)  
0.36–1.05  $\mu\text{m}$ , 視野 3.3x3.3分角 (0.39"/pixel), 512x512pixel EM-CCD
- 近赤外中分散エシェル分光器 NICE (東大)  
0.9–2.4  $\mu\text{m}$ , 波長分解能 $\sim$ 2600, 256x256 pixel HgCdTe Array
- オカルティングマスクイメージャー (東北大, 開発中)  
DMDを利用した形状可変マスク付きイメージャー, CCD

## ナスミス焦点A

- 可視撮像分光器NaCS (北大, 開発中)  
0.4–1  $\mu\text{m}$ , 視野 8x4分角 (0.2"/pixel), 波長分解能 $\sim$ 400, 2k x 1k pixel CCD

## ナスミス焦点B

- 中間赤外フーリエ分光器 (東北大)  
8–12  $\mu\text{m}$ , 分解能  $0.5\text{ cm}^{-1}$ , FT/IR-620
- 近赤外高分散エシェル分光器 (東北大, 開発中)  
1–4  $\mu\text{m}$ , 波長分解能 $\sim$ 20000–40000



# 可視マルチスペクトル撮像装置 MSI

波長域: 0.36-1.05  $\mu\text{m}$

視野: 3.3分角x3.3分角 (0.39秒角/pixel)

フィルター:

- 液晶可変フィルター x 2台

VIS: 400-720nm,  $\Delta\lambda\sim 10\text{nm}$  (@650nm)

SNIR: 650-1100nm,  $\Delta\lambda\sim 10\text{nm}$  (@900nm)

- 狭帯域フィルター

360, 365, 370, 380, & 390nm,  $\Delta\lambda=10\text{nm}$

- 広帯域フィルター (B,V,Rc, Ic)

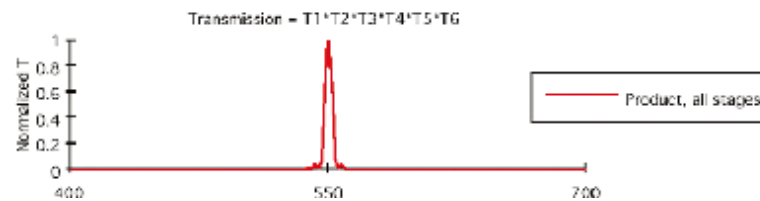
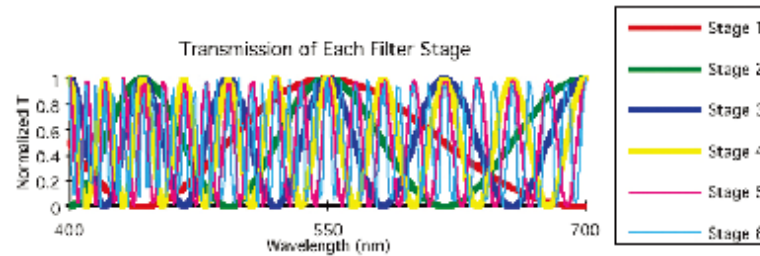
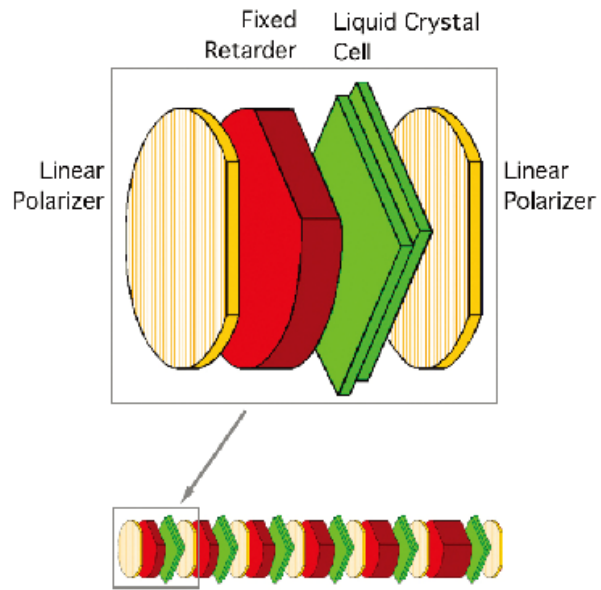
検出素子: 512x512 pixel EM-CCD (浜松ホトニクス)

設置場所: カセグレン焦点

限界等級: B~19.8, V~19.8, R~19.6, I~18.6  
(60s積分, S/N=10)

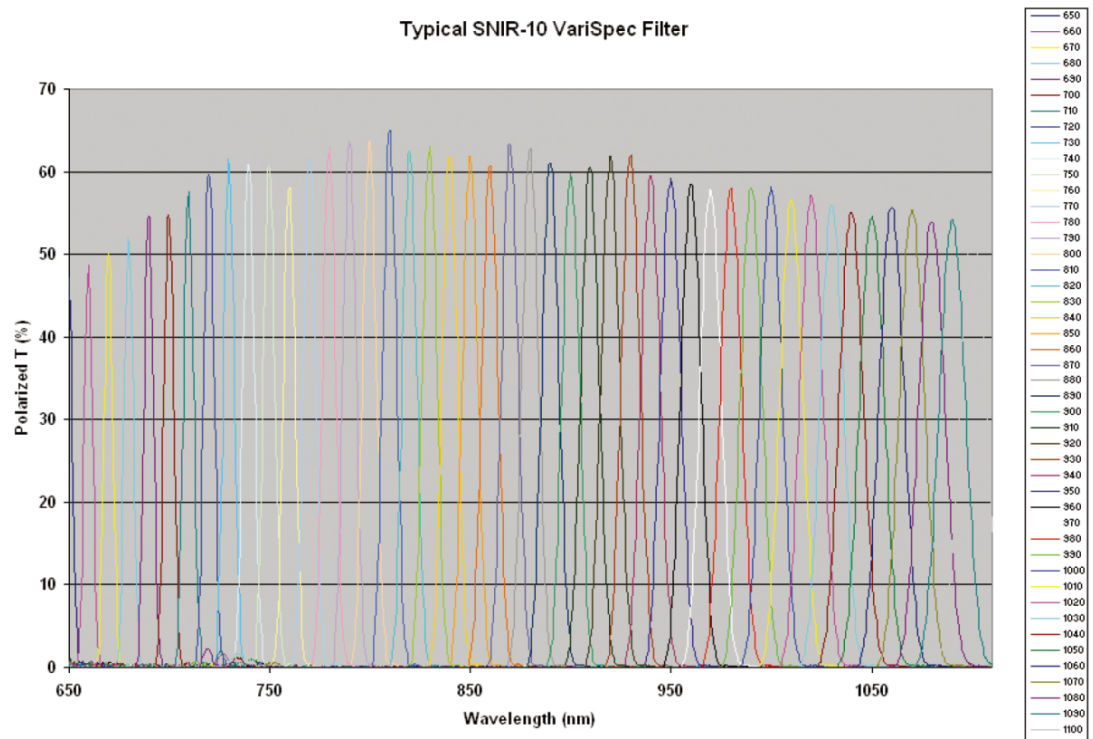
多波長の狭帯域スペクトルイメージを効率よく取得する

# 液晶可変フィルター

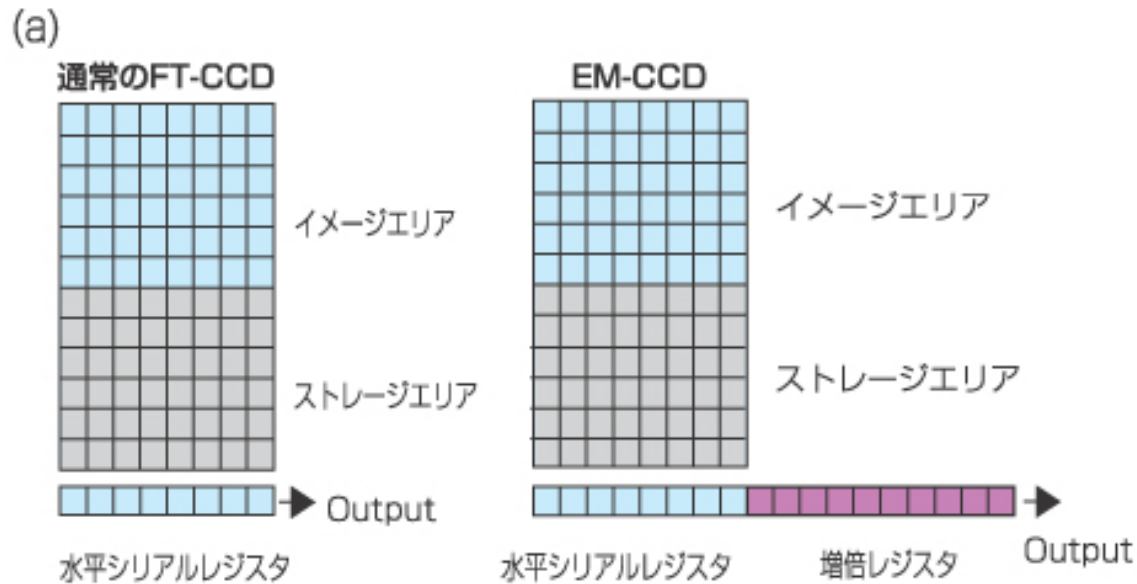


Typical SNIR-10 VariSpec Filter

## Lyotフィルター



# EM-CCD

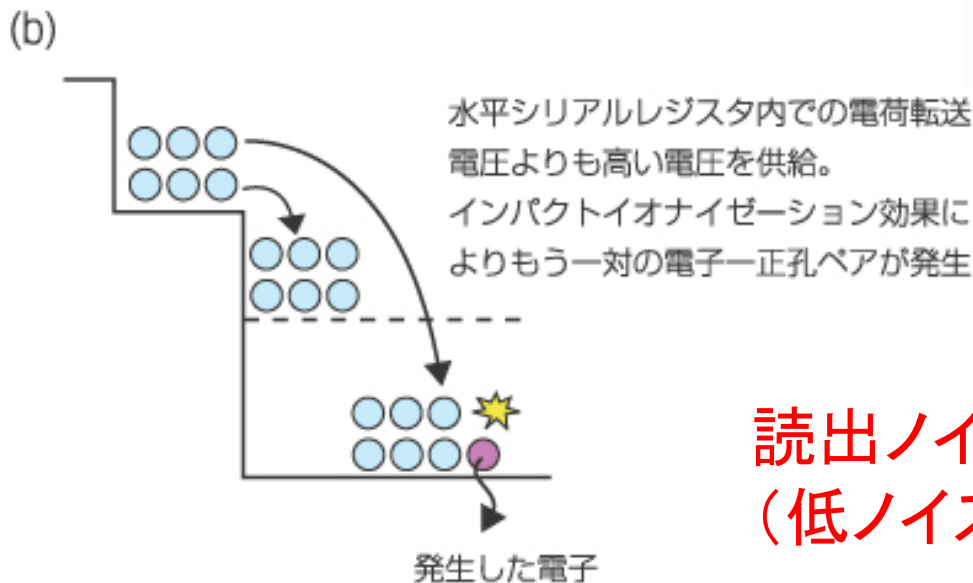


読出速度 大 → 読出ノイズ大

EMCCDでは  
信号電荷を電荷-電圧変換の  
前に増倍レジスタ内で増幅

$$S/N = \frac{QPM}{\sqrt{\{\sigma_r^2 + F^2 M^2 (DT + QP)\}}}$$

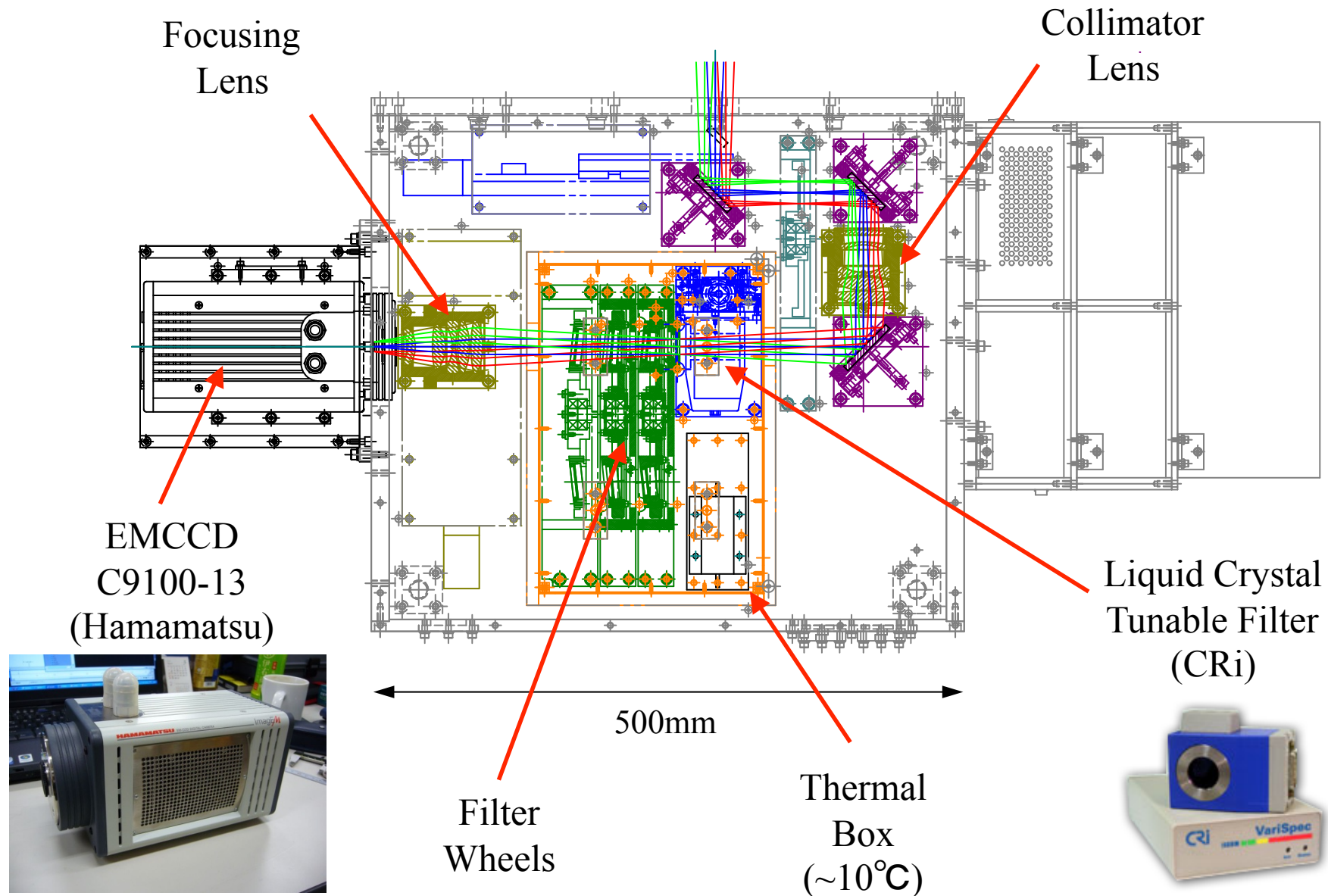
$$= \frac{QP}{\sqrt{\{\sigma_r^2 / M^2 + F^2 (DT + QP)\}}}$$



QP: 信号電荷  
DT: 暗電流  
 $\sigma_r$ : 読出ノイズ  
M: 電荷増倍率 (EMゲイン)

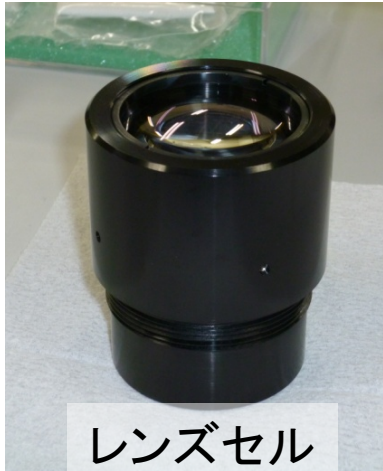
読出ノイズを実効的に下げることが可能  
(低ノイズで高速読み出し可能となる)

# MSI 光学系・機械系レイアウト





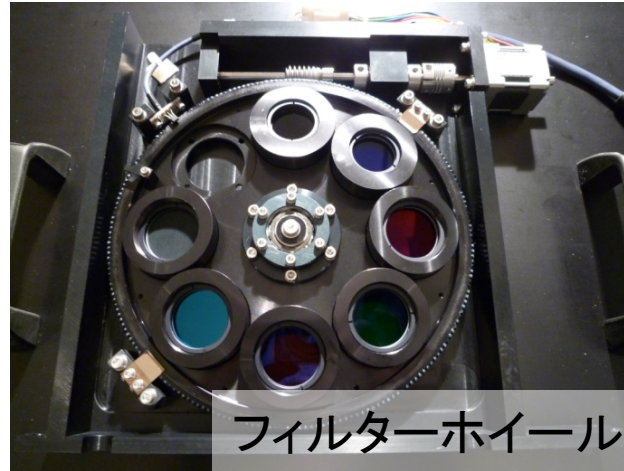
# MSI 組立・調整・設置



レンズセル



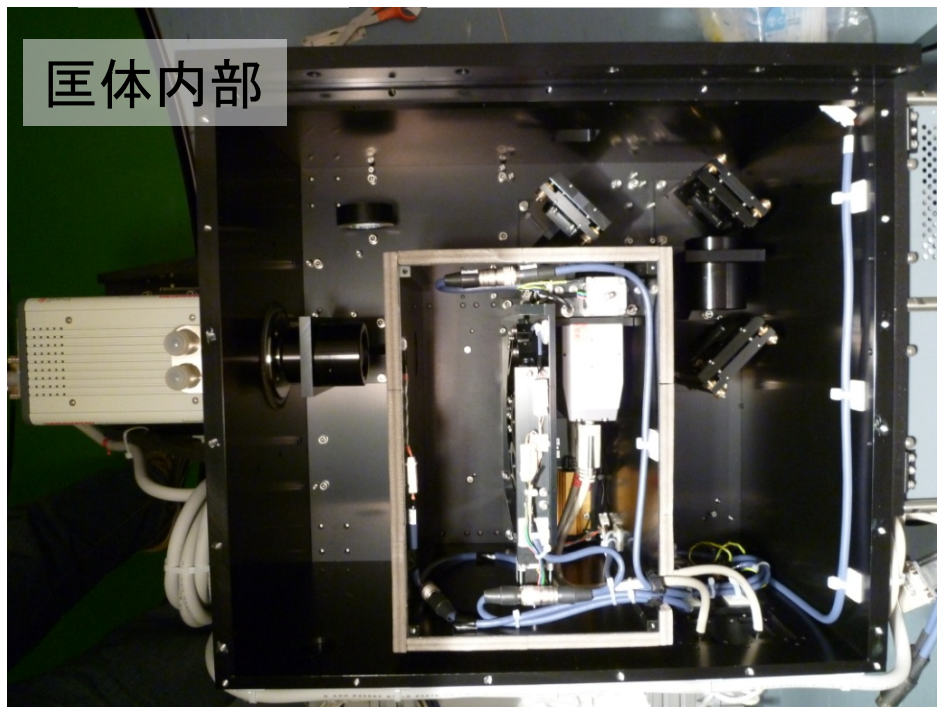
ミラーマウント



フィルターホイール



液晶フィルター  
交換ステージ



筐体内部



液晶フィルター  
交換ステージ

# MSI ファーストライト観測

## 土星のマルチスペクトル撮像例

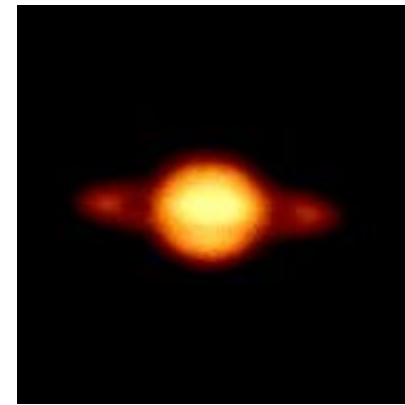
62秒角



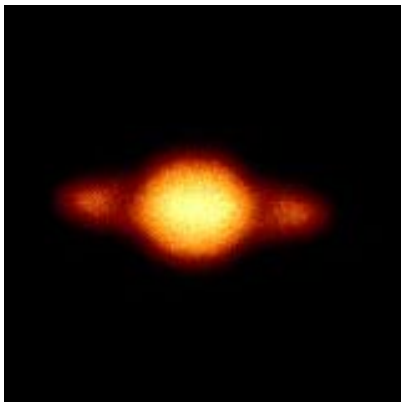
550 nm



650 nm



750 nm



850 nm



885 nm



950 nm

# 近赤外中分散エシエル分光器NICE

東大田中研にて開発 (Yamamuro et al. 2007)

波長域:  $0.9\text{--}2.4\ \mu\text{m}$

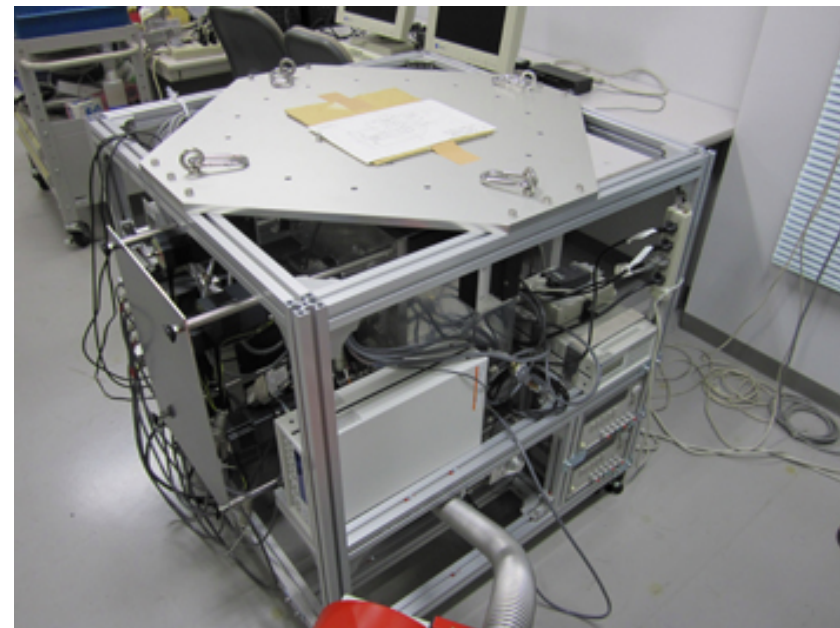
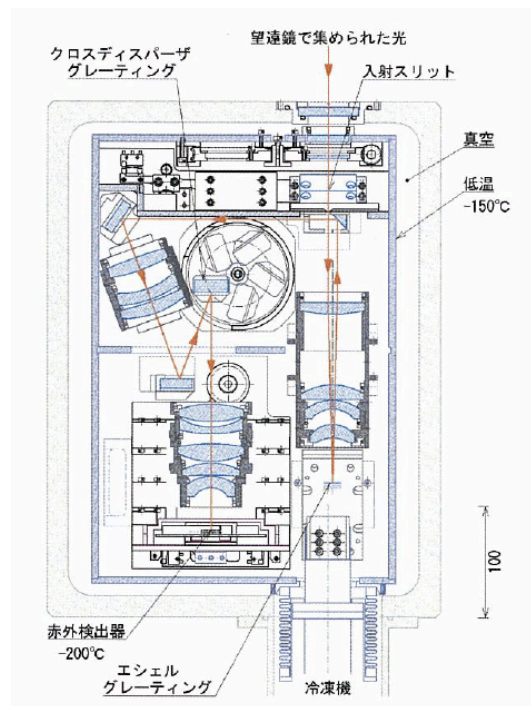
波長分解能:  $R \sim 2600$

検出素子:  $256 \times 256$  pixel HgTeCd Array (NICMOS3)

設置場所: カセグレン焦点に設置 (MSIと同時搭載)

限界等級:  $\sim 11.0$  ( $@1\ \mu\text{m}$ ),  $\sim 10.3$  ( $@2\ \mu\text{m}$ )

(1200秒積分,  $S/N=10$ , 2秒角スリット)





# 可視撮像分光装置 NaCS

波長域： 0.4–1.0  $\mu\text{m}$ ,

視野： 8分角 x 4分角 (0.2秒角/pixel)

波長分解能：  $R \sim 400$

検出素子： 2048x1024 pixel CCD (浜松ホトニクス)

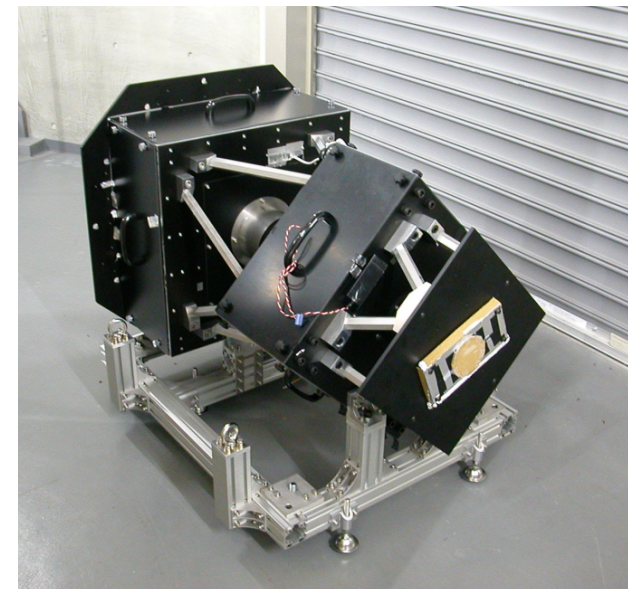
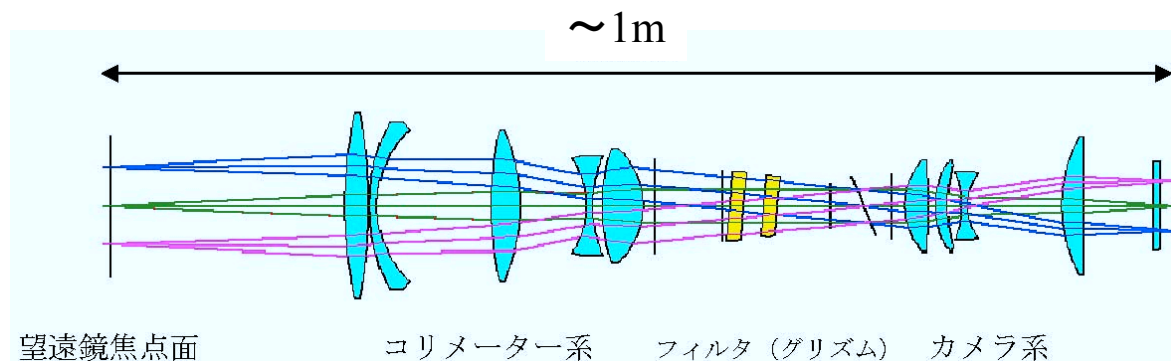
設置場所： ナスミスA焦点

北大宇宙物理研究室にて開発

(神戸大 & 東大と共同開発)

2011年5月に仮のCCDを用いて

撮像モードのファーストライト





# 現状

## 2011年4月後半から本格運用開始

- 土星・木星のスペクトルイメージング観測
- 「大学間連携による光・赤外線天文学研究教育拠点ネットワーク構築」事業
  - 国立7大学と国立天文台との連携
  - 突発天体(ガンマ線バースト, 超新星など)のフォローアップ
  - 変光天体の連続モニター
- Wolf-Rayet, Yellow-Hypergiant の赤外分光観測(東大)
  - 大質量星の形成・進化の理解