

すばる望遠鏡について

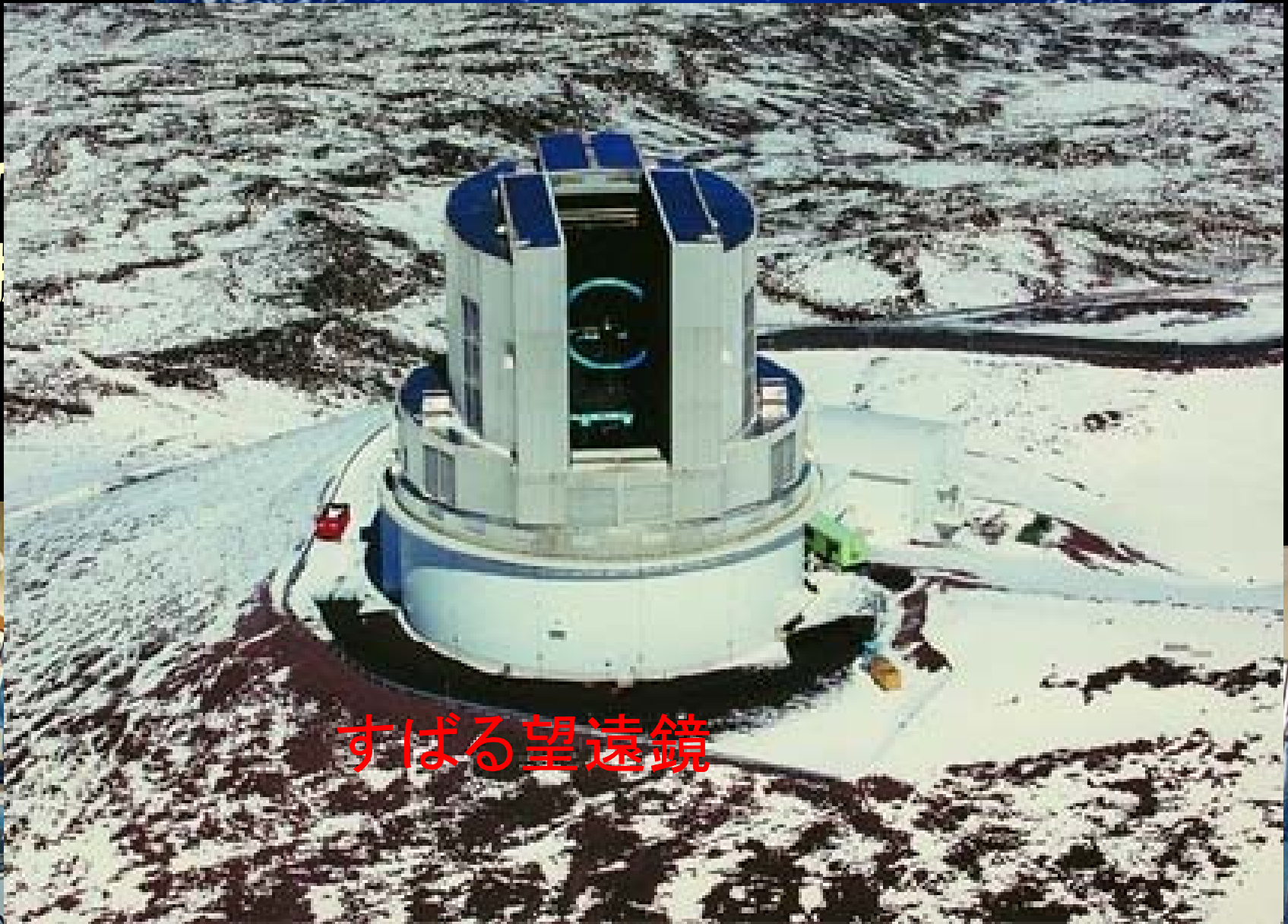
山下卓也 (国立天文台)

1. すばる望遠鏡のしくみを理解しよう
2. すばる望遠鏡の観測装置の特徴を理解しよう
3. すばるの次の地上大型望遠鏡計画を知っておこう

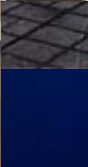
すばるへ行こう



マ
(海)



すばる望遠鏡

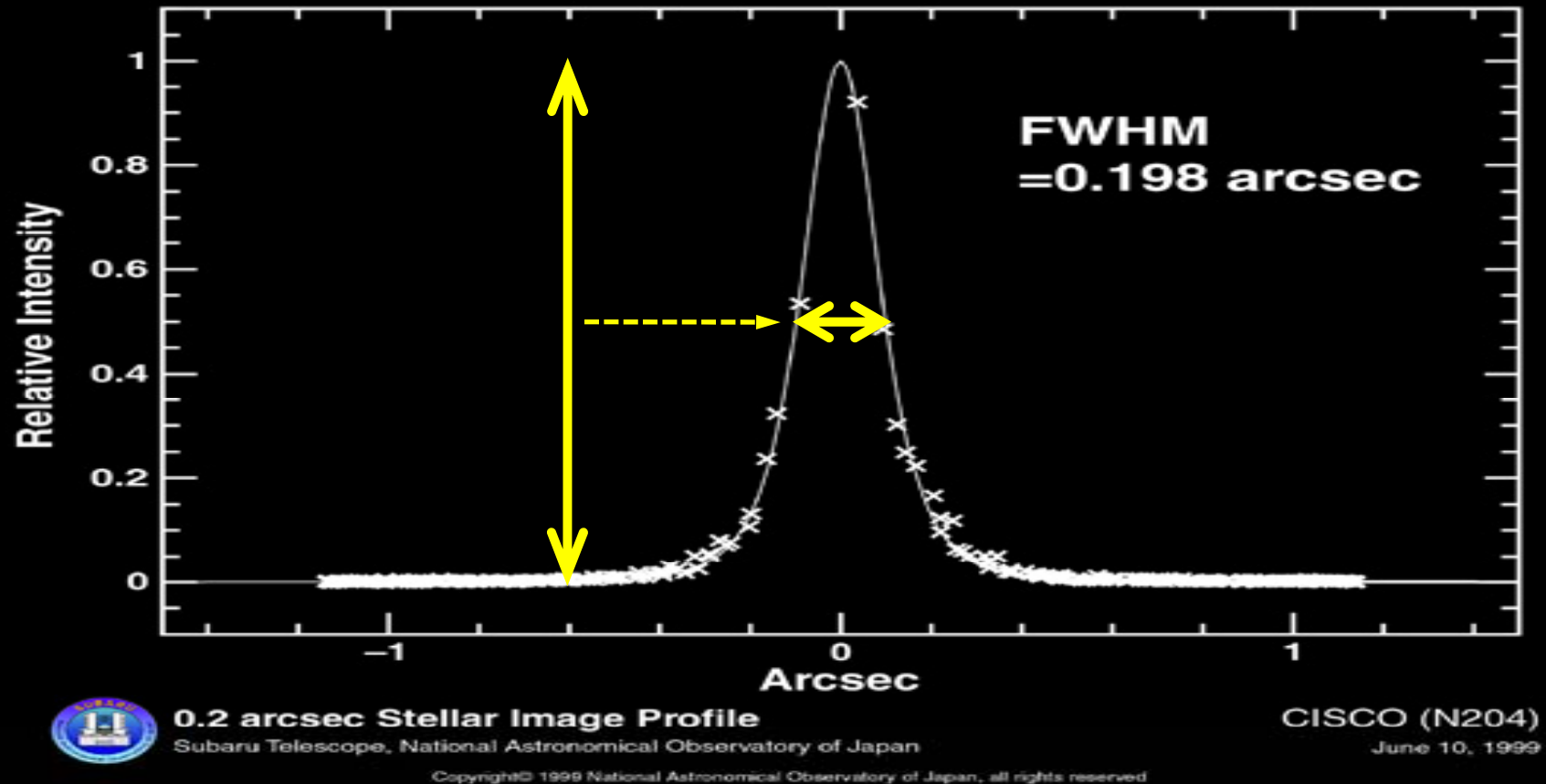


Q1 : どうしてハワイ・マウナケア山頂に すばるを建設したのか？



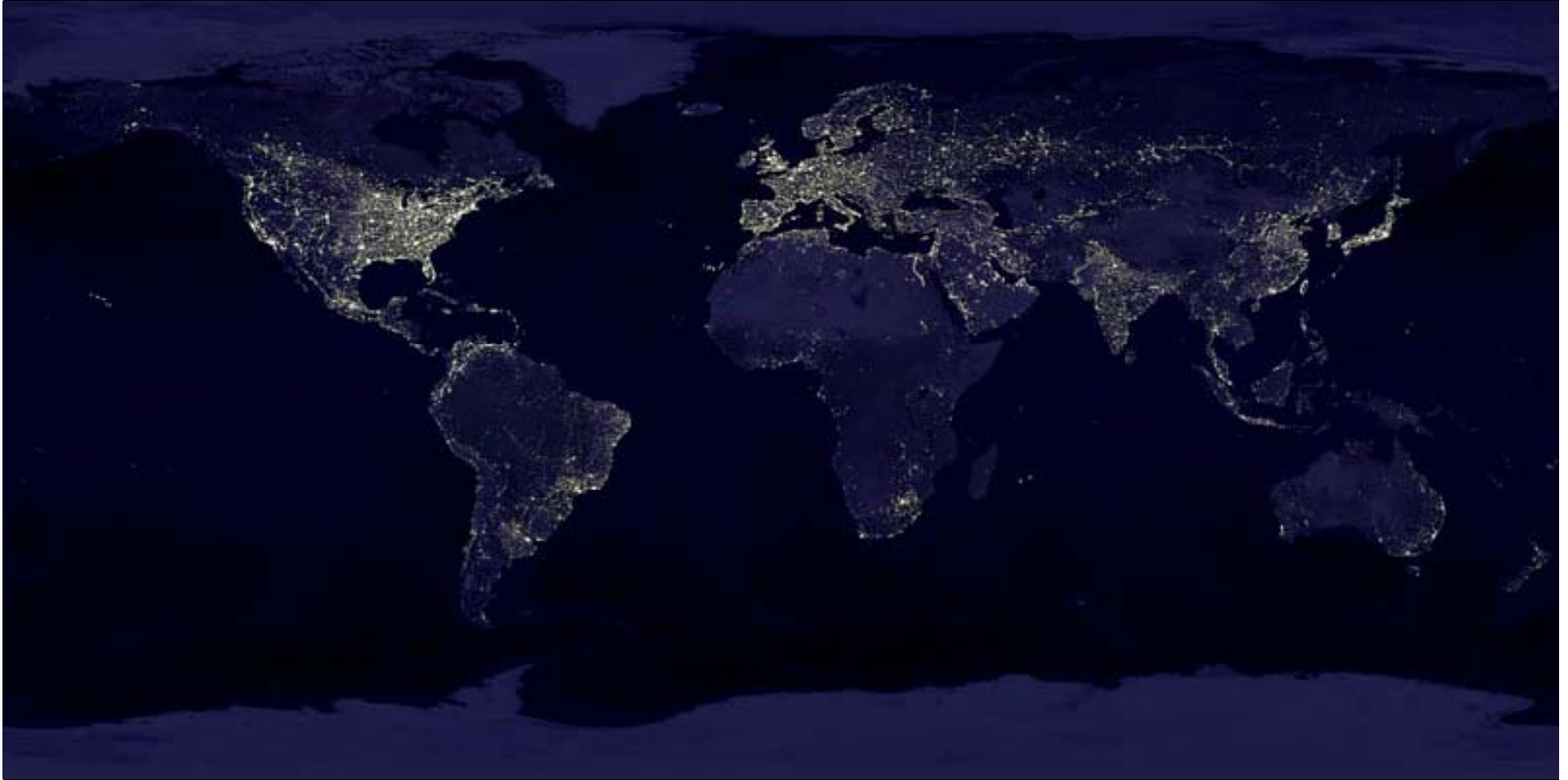
- 晴天率がよい。
- シーイングがよい。
- 周囲に人工光がない。
- 水蒸気量が少ない。

Q2:シーイングとは？

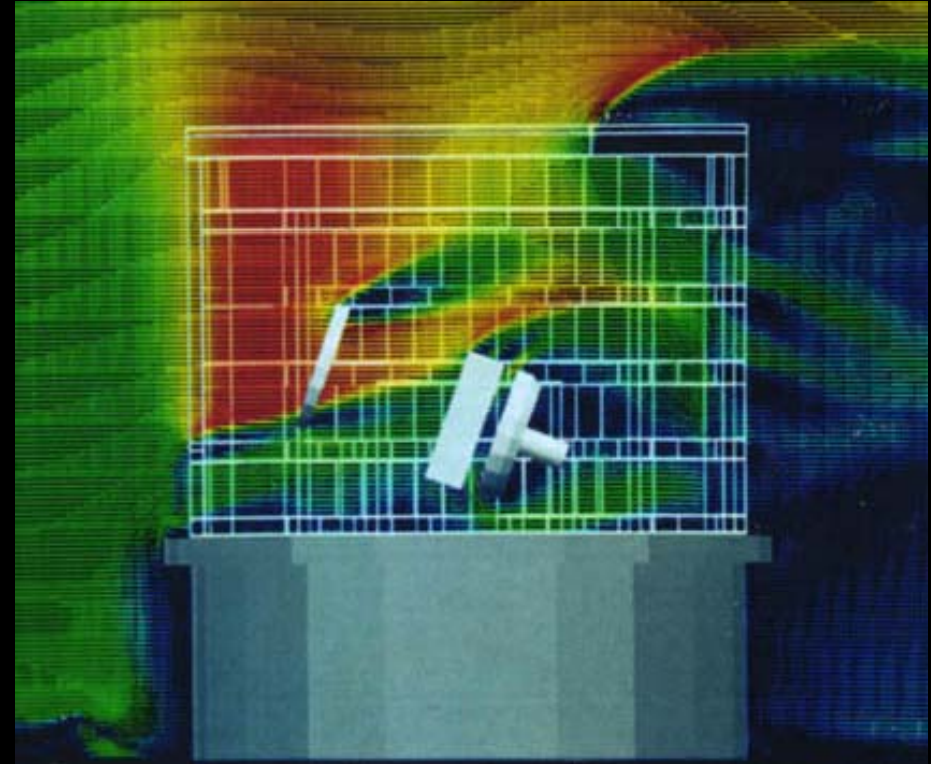
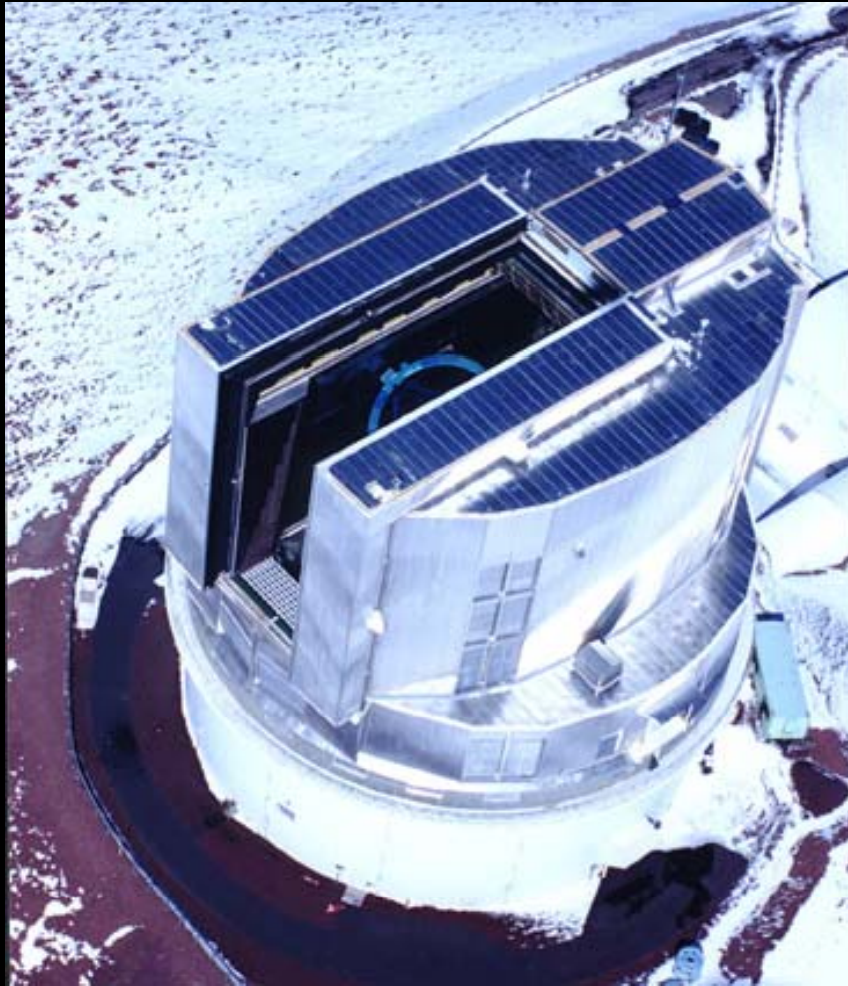


- 星像の大きさの指標。FWHM(半値全幅)であらわす。
- シーイングが小さいほどよい観測条件。
- すばるの典型的なシーイングは0.7(可視)秒、0.4(赤外)秒⁶

夜の地球

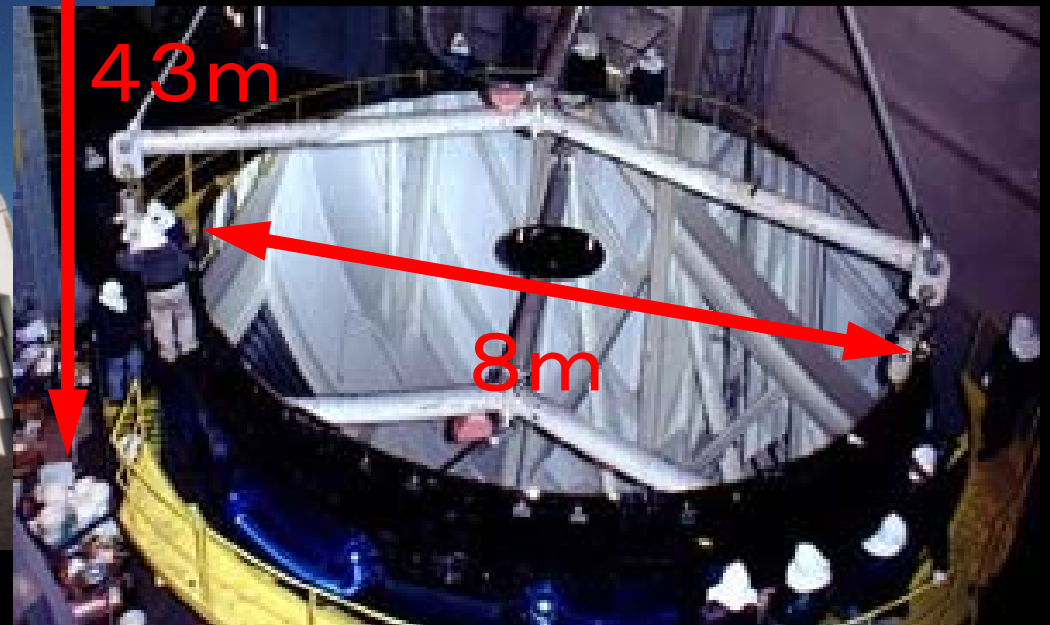
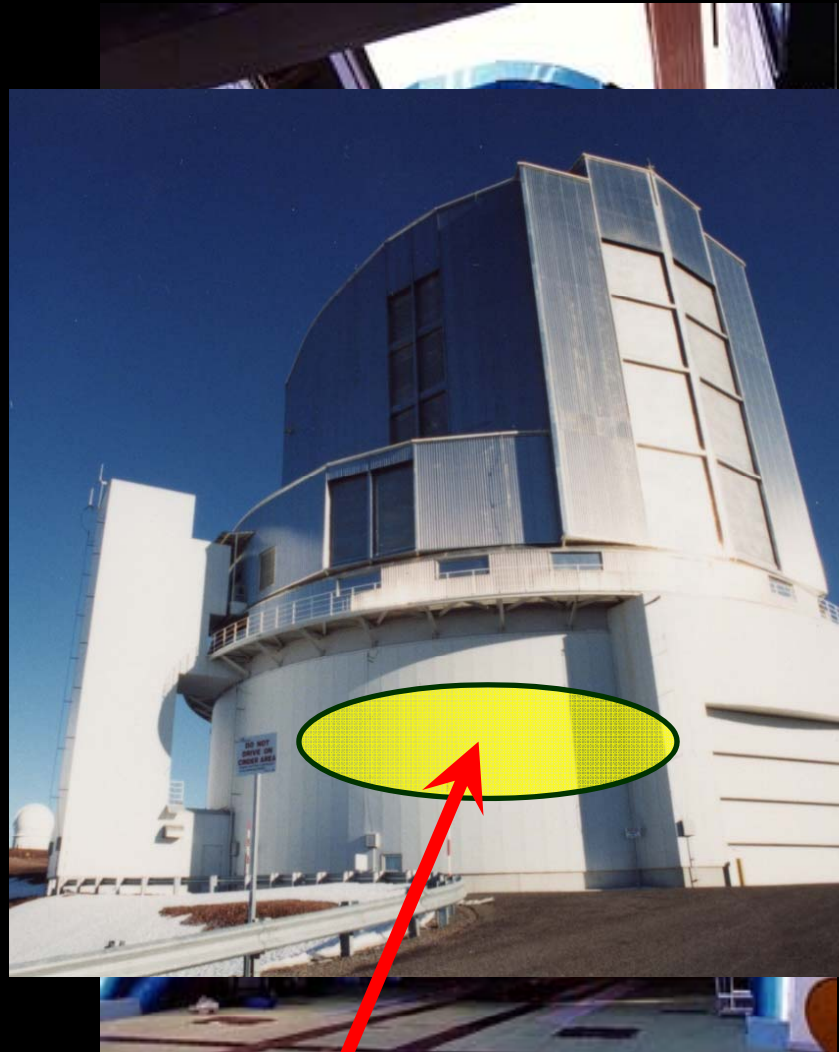


Q3: すばるのドームはなぜ球形ではないか？



- ドーム内の空気の揺らぎを抑えるには円筒型のドームが最適。
- 風通しの良いこのドームは、外部の乱流を持ち込まずに、内部の熱を効果的に排出し、よいシーイングを得ることができる。

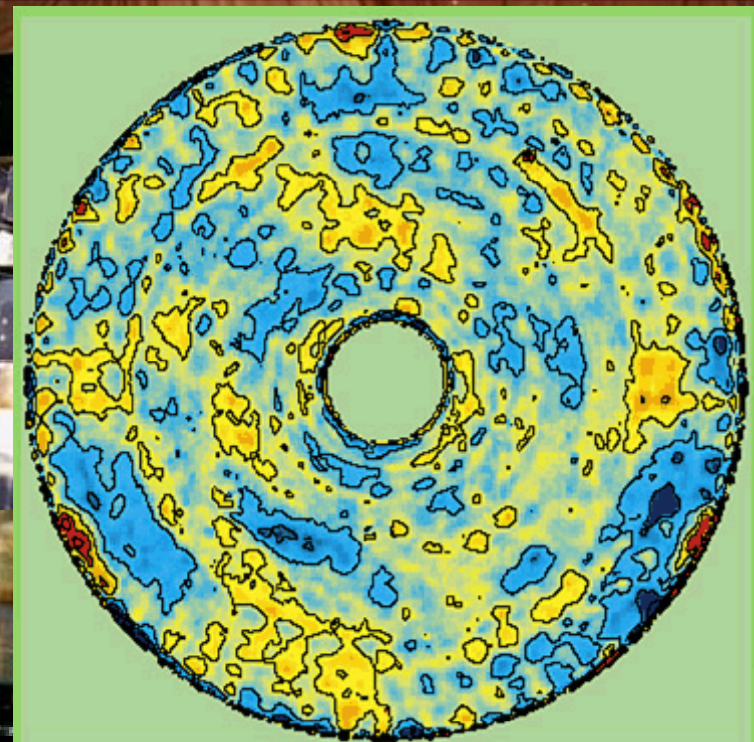
すばるのしくみを知ろう



大きな鏡

Q4: すばる望遠鏡の大きな主鏡は重力でたわんだりしないのか？

■すばるの主鏡 直径8.2m 厚さ20cm



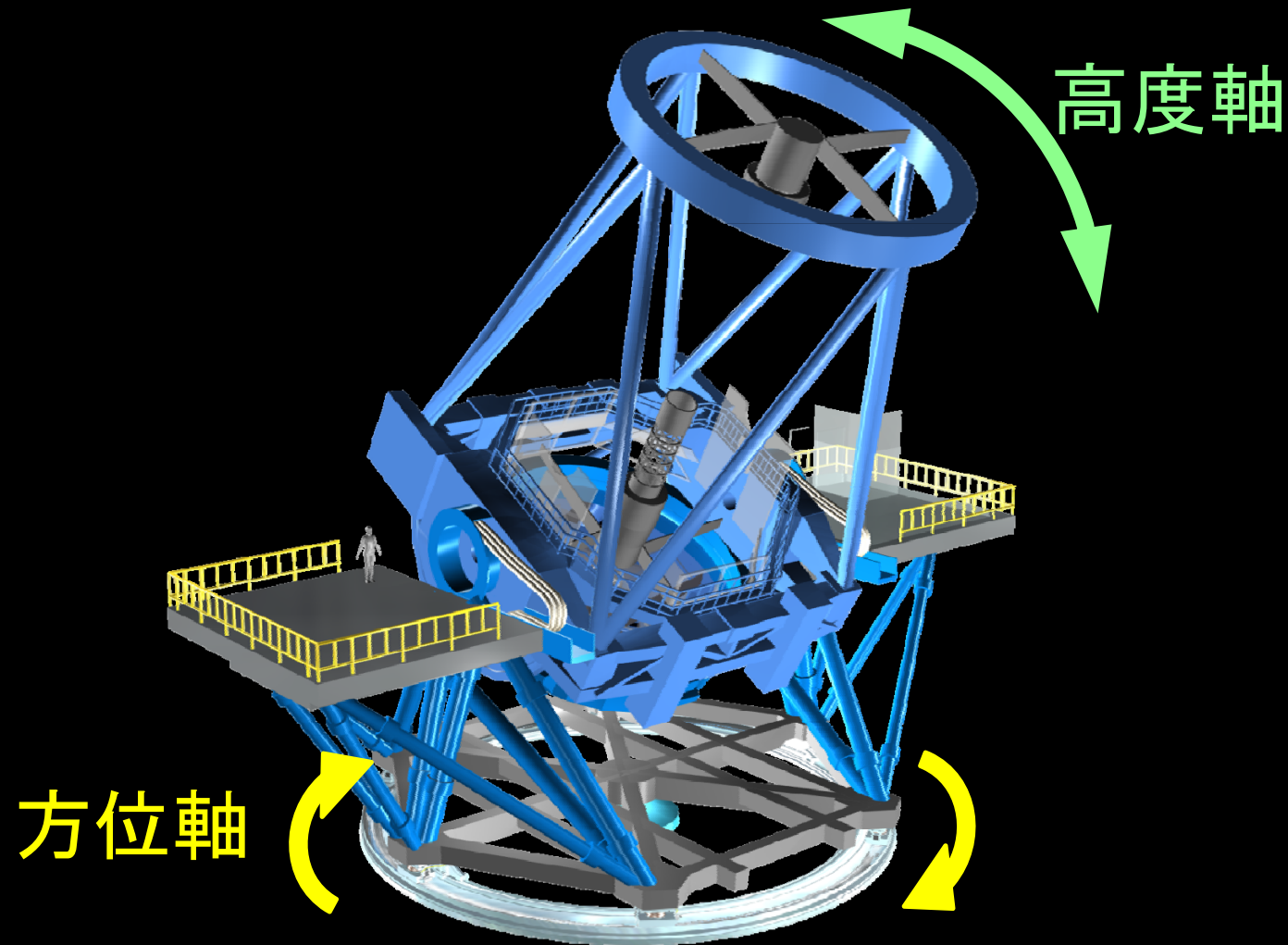
主鏡の鏡面誤差マップ (理想面からの総合誤差は0.000014 mm)

■能動光学

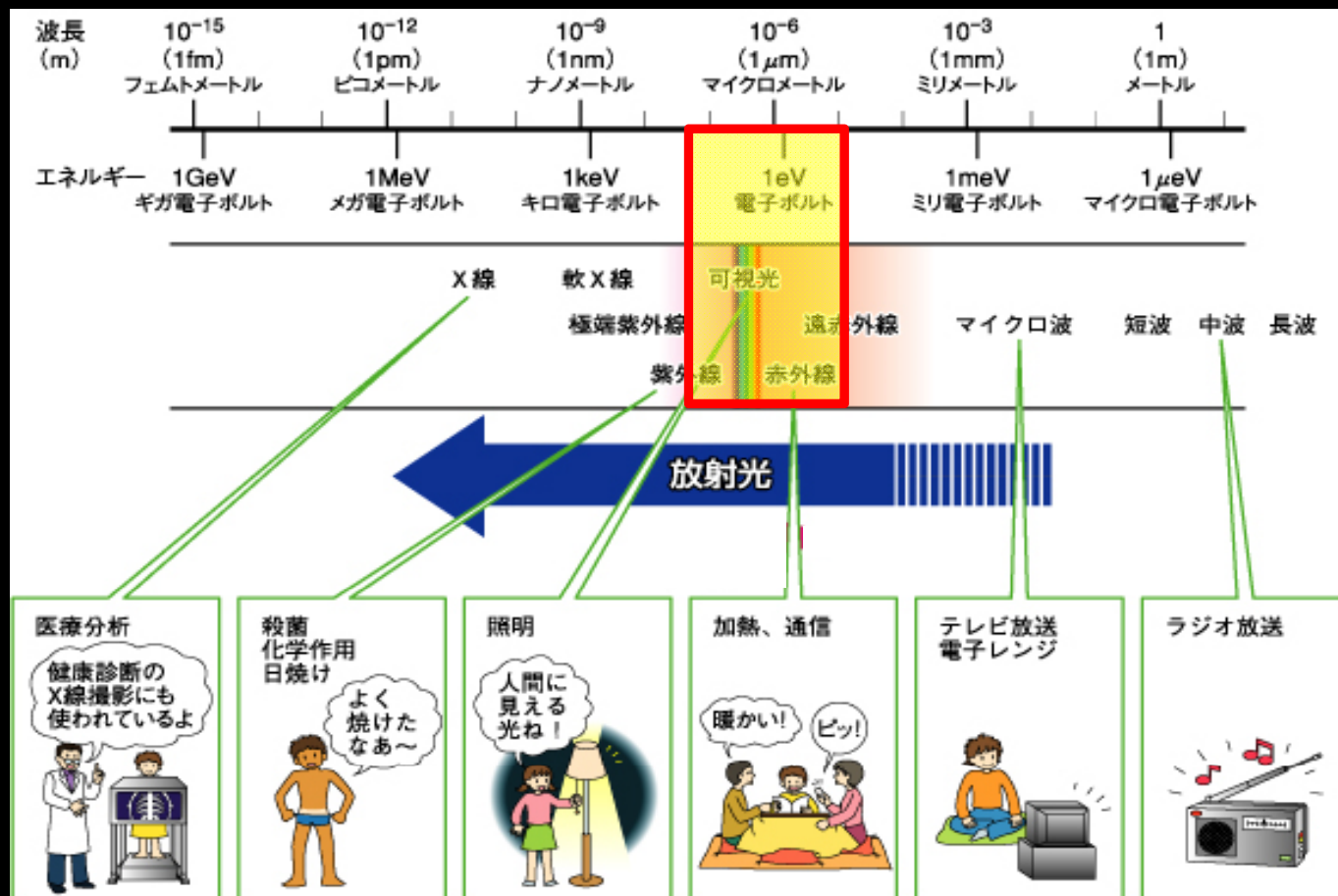
■261本のアクチュエーターと呼ばれるロボットの指が主鏡を支え、望遠鏡がどの方向を向いても、常に鏡を理想的な形に保つ。

■理想面からの平均誤差は14ナノメートル。髪の毛の5千分の1¹¹程度。

Q5: すばる望遠鏡はどうやって目的の天体に向くことができるのか？



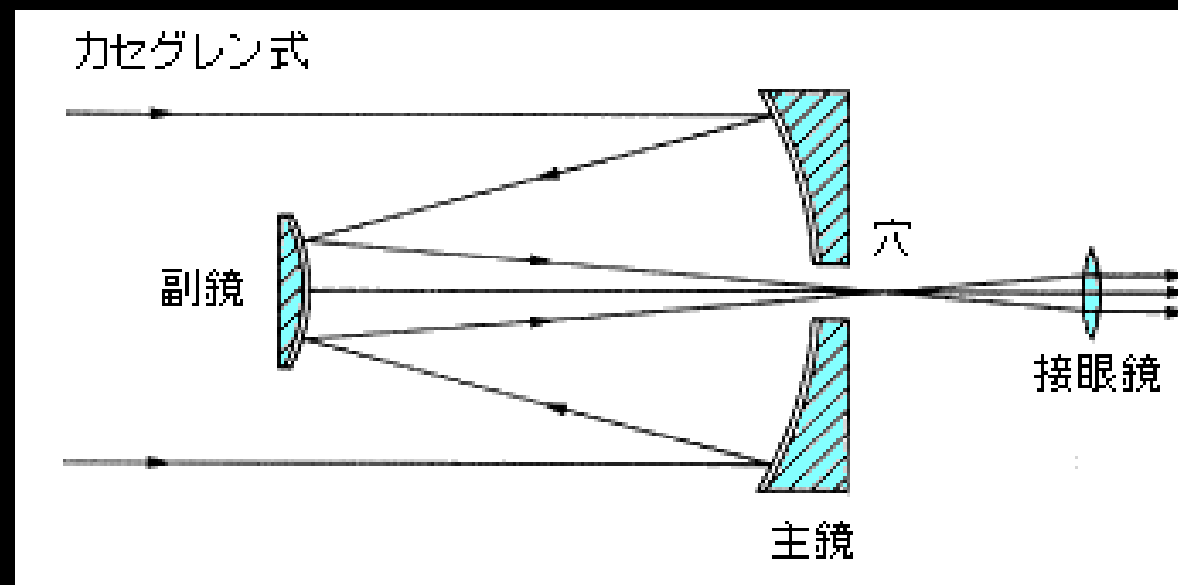
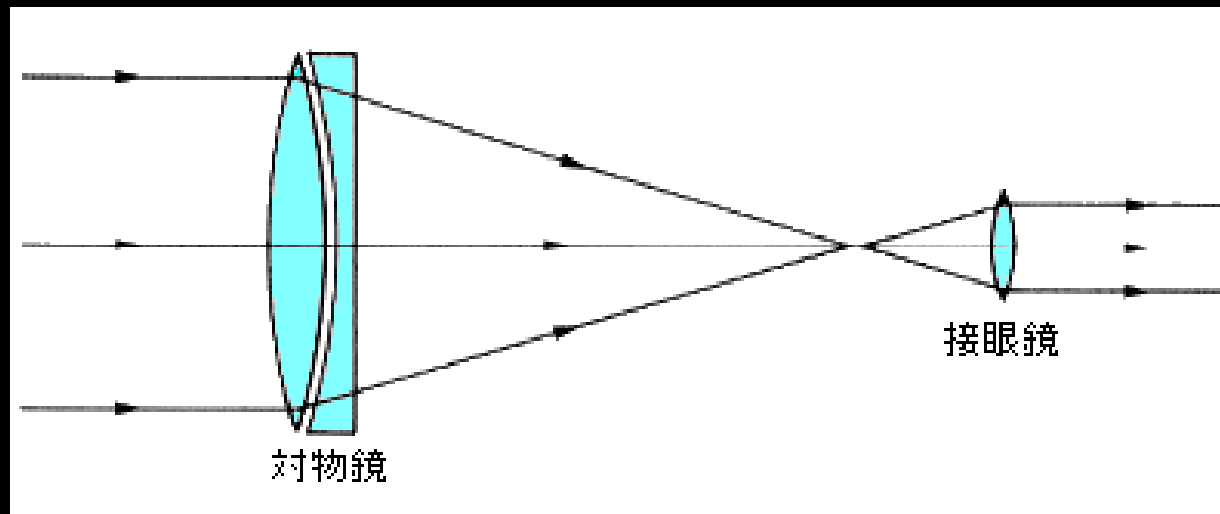
Q6: すばる望遠鏡で観測できる光の波長は？



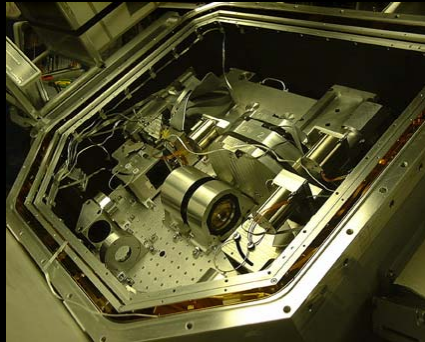
■ 0.3-25μm

■ 紫外線—可視光—近赤外線—中間赤外線

屈折望遠鏡と反射望遠鏡



Q7: すばる望遠鏡にはいくつ「焦点」があるか？

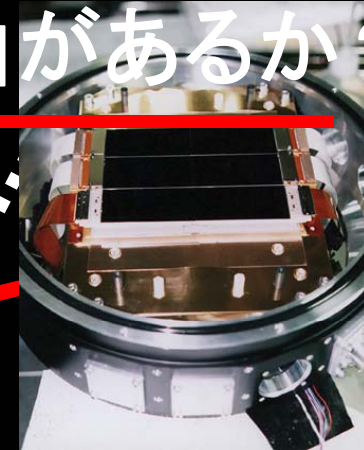


IRCS

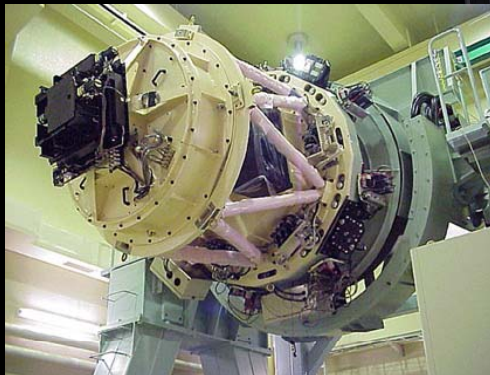
ナスミス焦点



MOIRCS



Suprime-Cam



FOGAS



COMICS

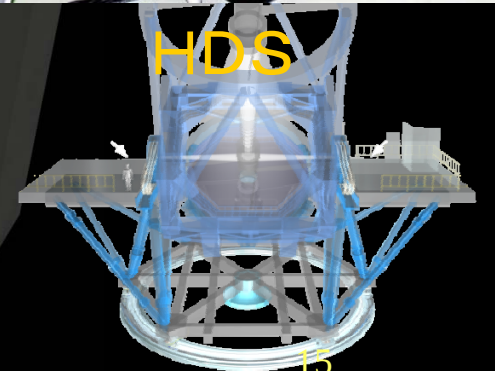
カセグレン焦点



CIAO



HDS

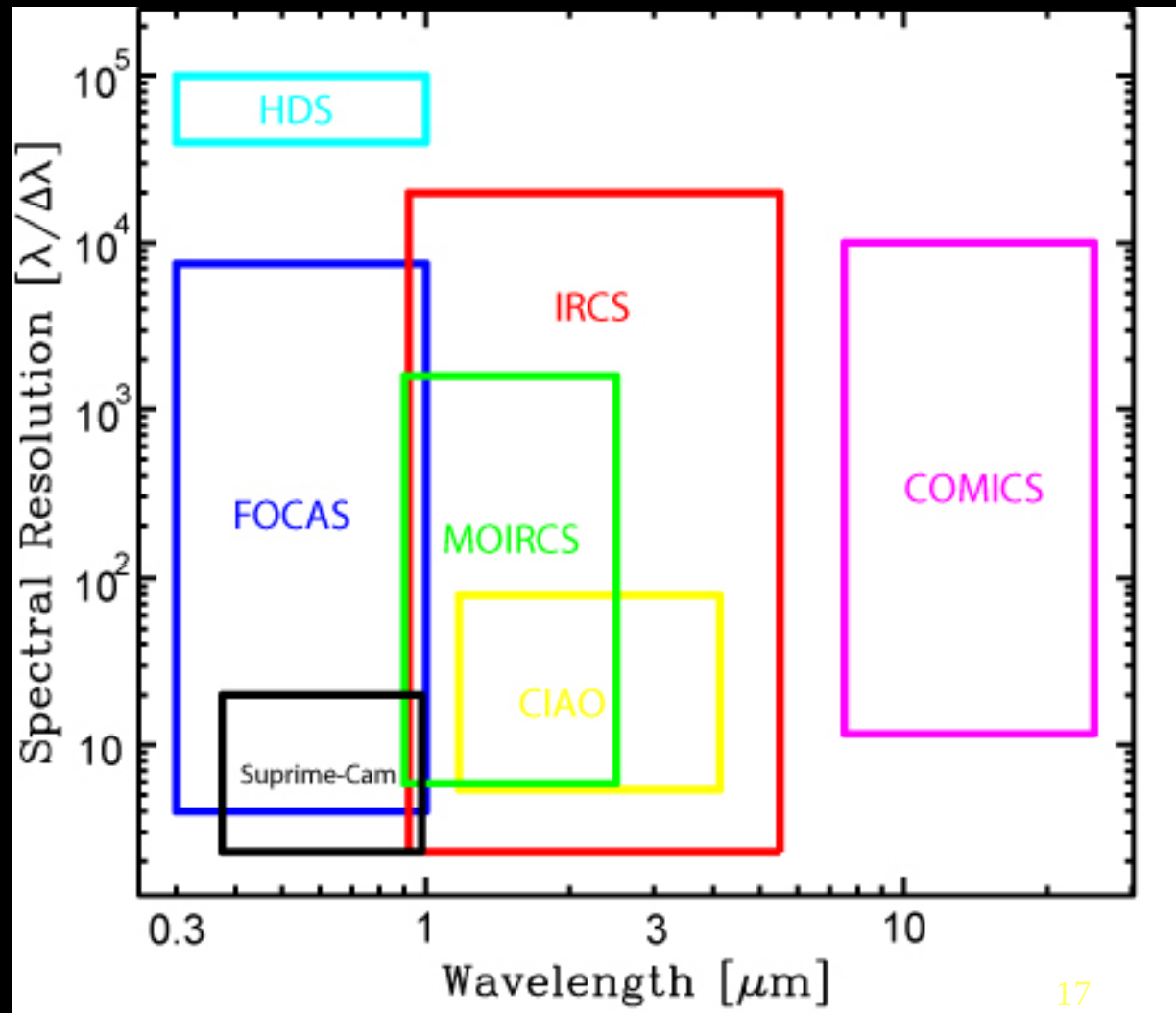


15

すばるの観測装置を知ろう

Q8: すばる望遠鏡にはどのような種類の観測装置があるか？

- Suprime-Cam
- HDS
- FOCAS
- IRCS/(AO188)
- COMICS
- MOIRCS
- AO188/LGAO
- HiCIAO
- FMOS
- Hyper Suprime

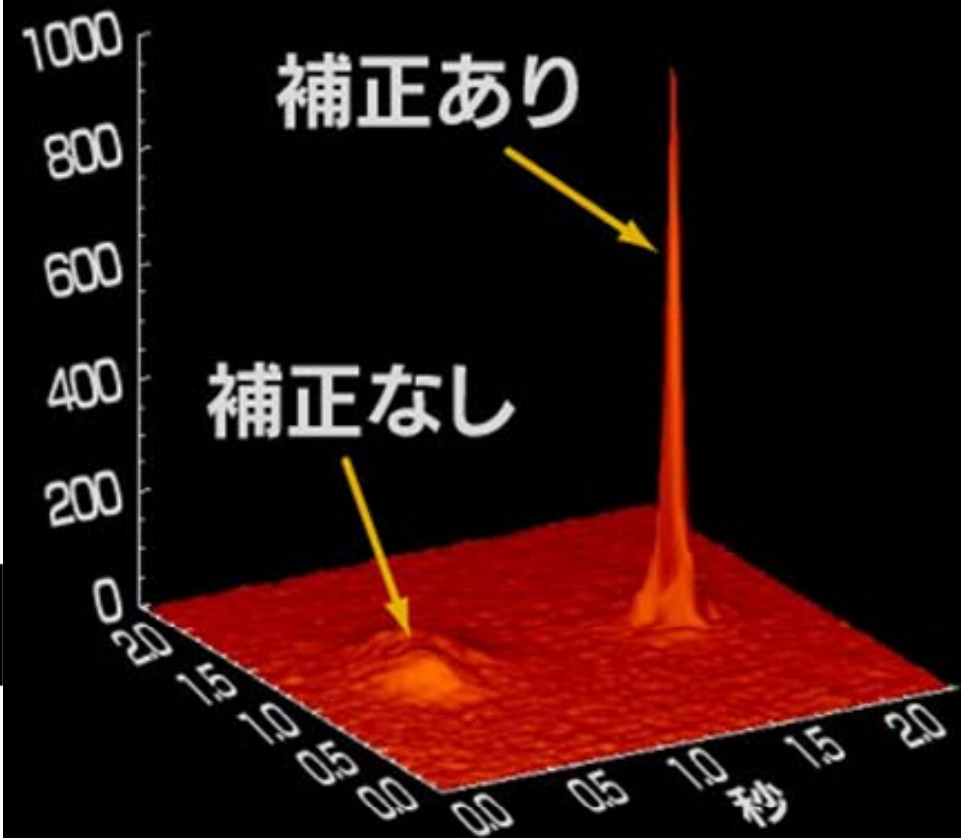
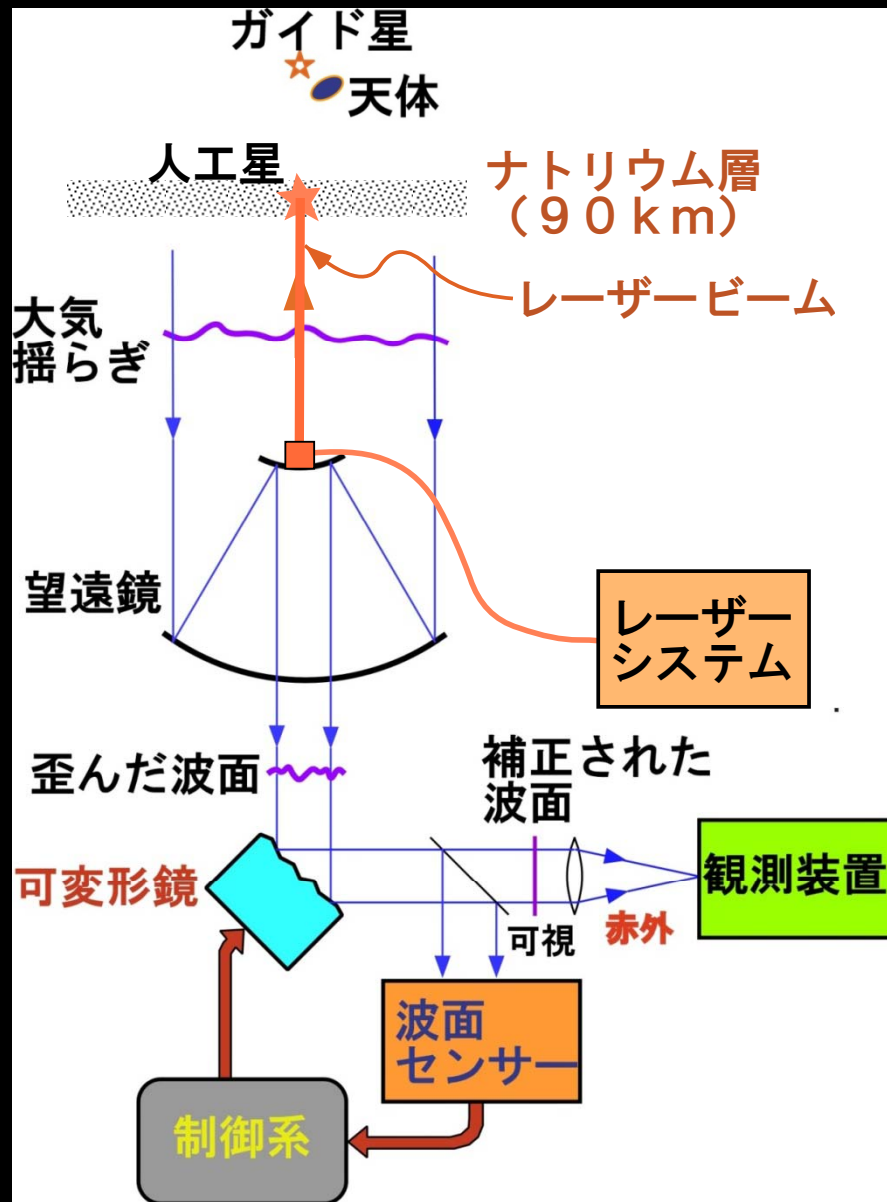


Adaptive Optics(AO)



- 地球大気の乱れをリアルタイムで測定し、その影響を取り除くように補正を加える。
- 星像がよくなる。

Adaptive Optics(AO)

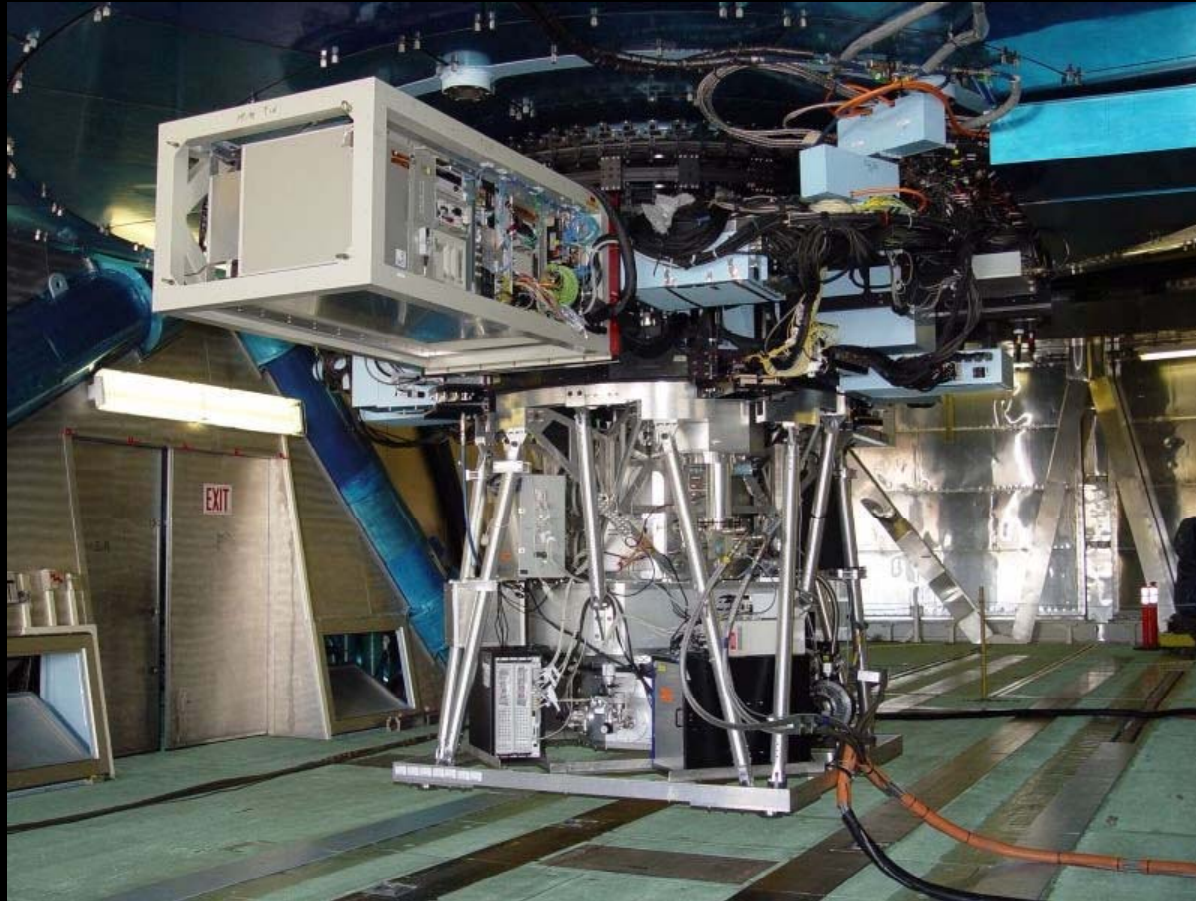


Laser Guide Star(LGS)

- 高さ90kmにあるナトリウム層に波長589nmのレーザーを照射し人工の星を作る。
- 任意の方向の天体が観測可能に。

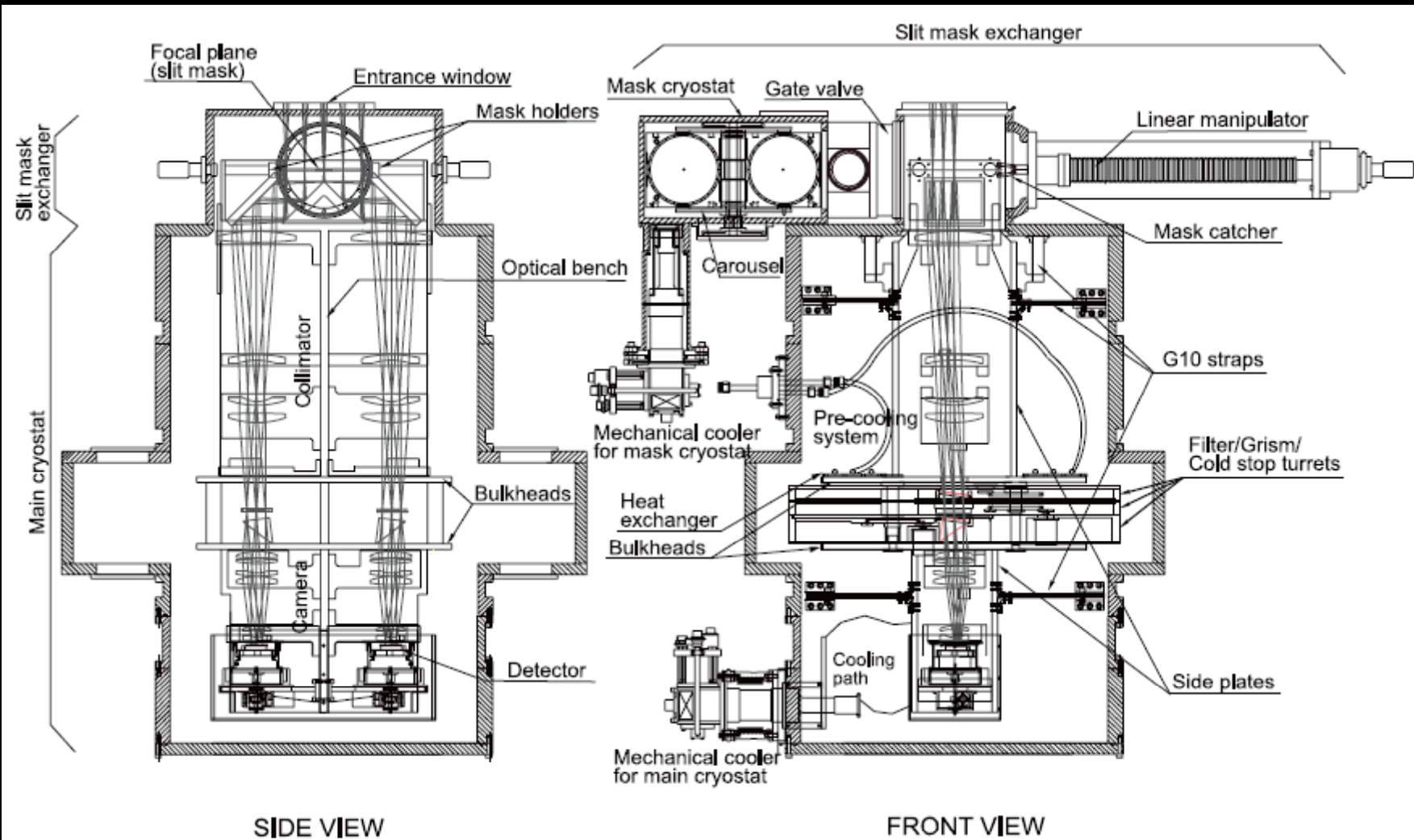


Q9: MOIRCSの特徴は？



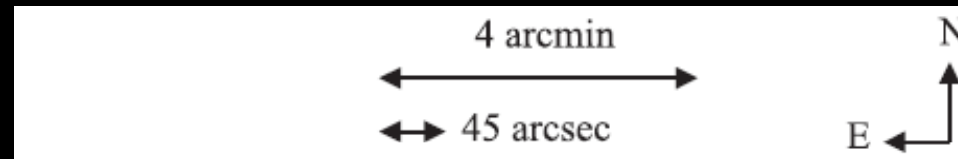
- Multi-Object InfaRed Camera and Spectrograph
- 近赤外撮像(4'x7')
- 近赤外低中分散分光 ($R < 5000$)
- 近赤外多天体分光

MOIRCS

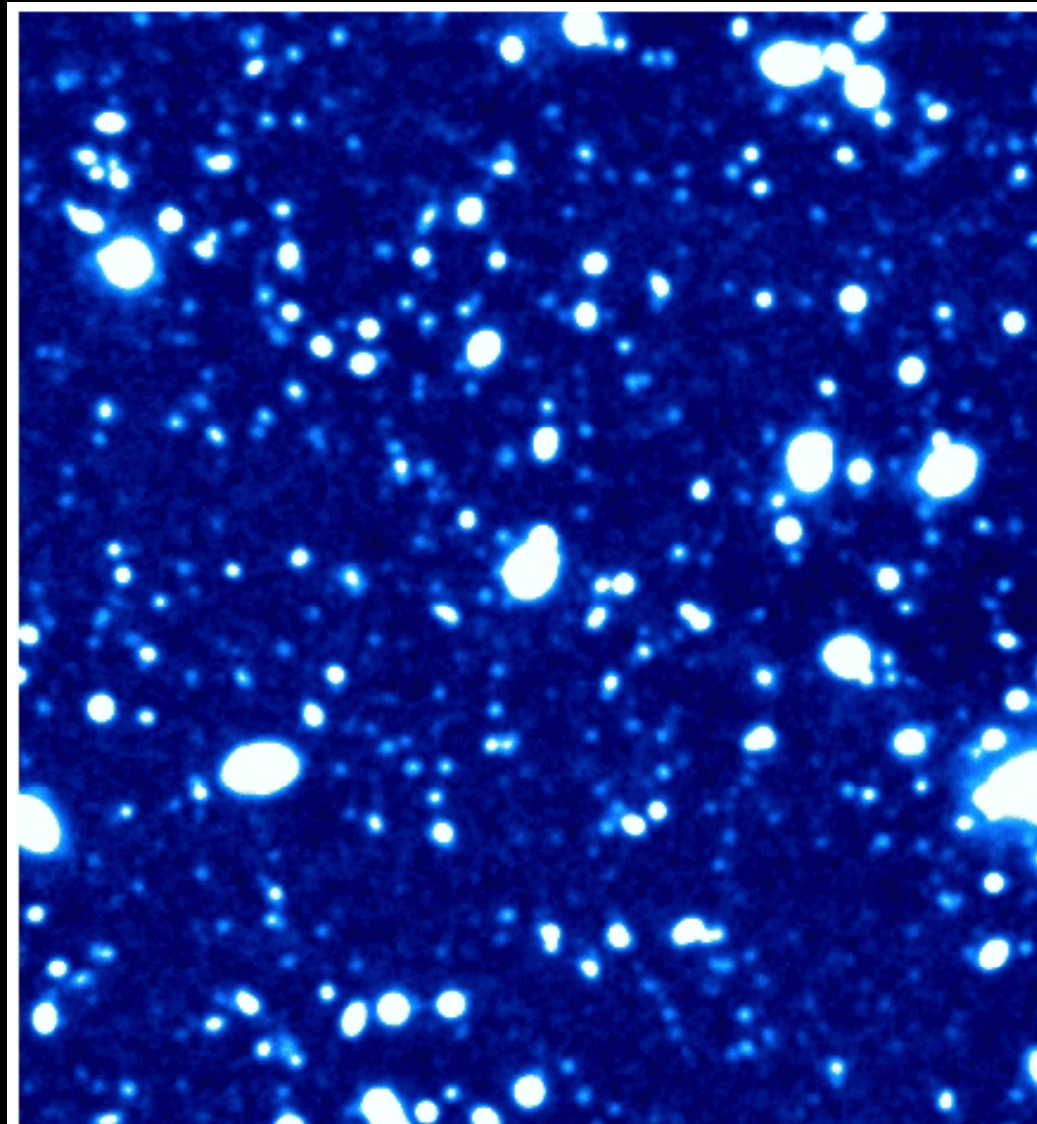


MOIRCS

- 天体像を撮って、明るさ、色、大きさ、構造、分布などを明らかにする = 撮像観測



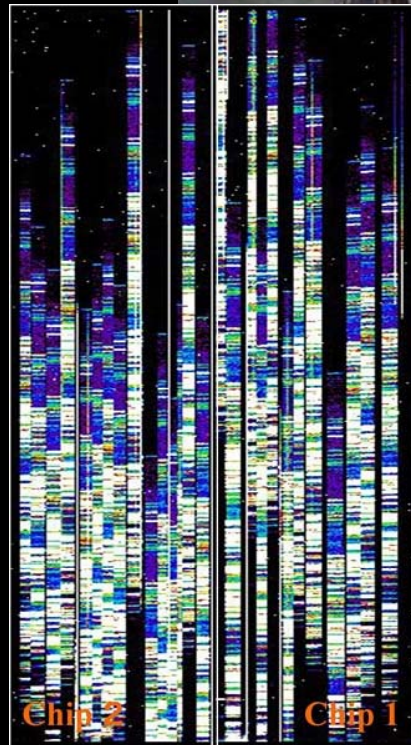
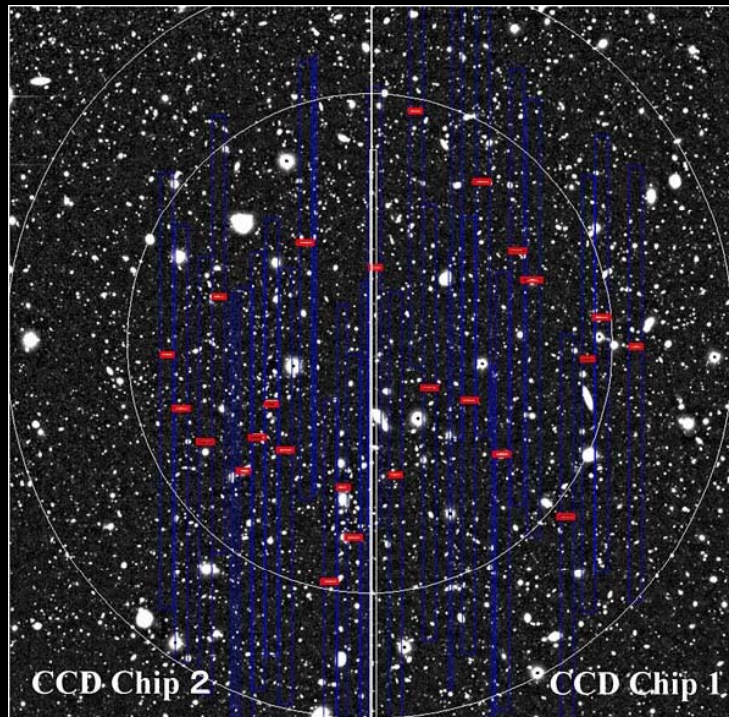
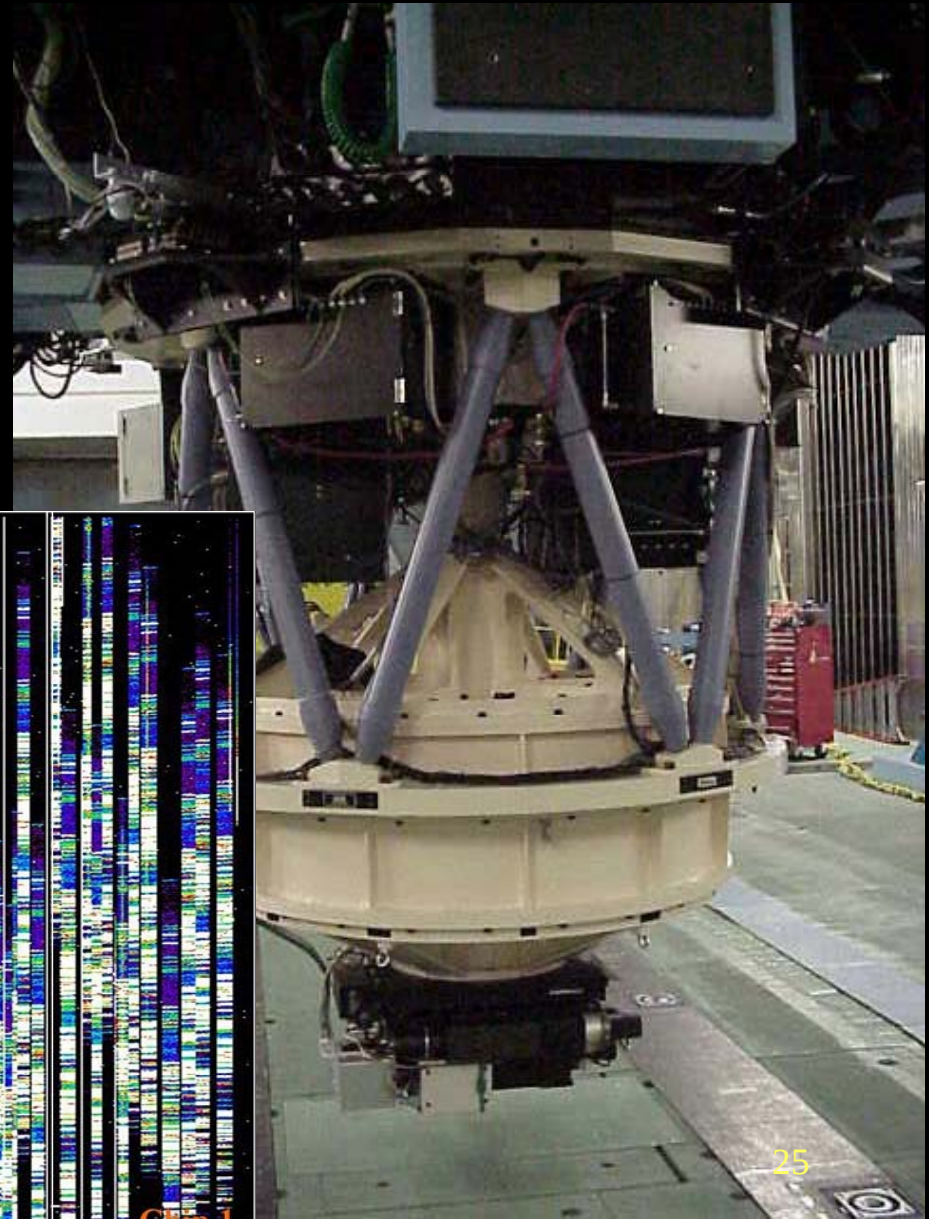
長時間観測の効果 撮像の場合



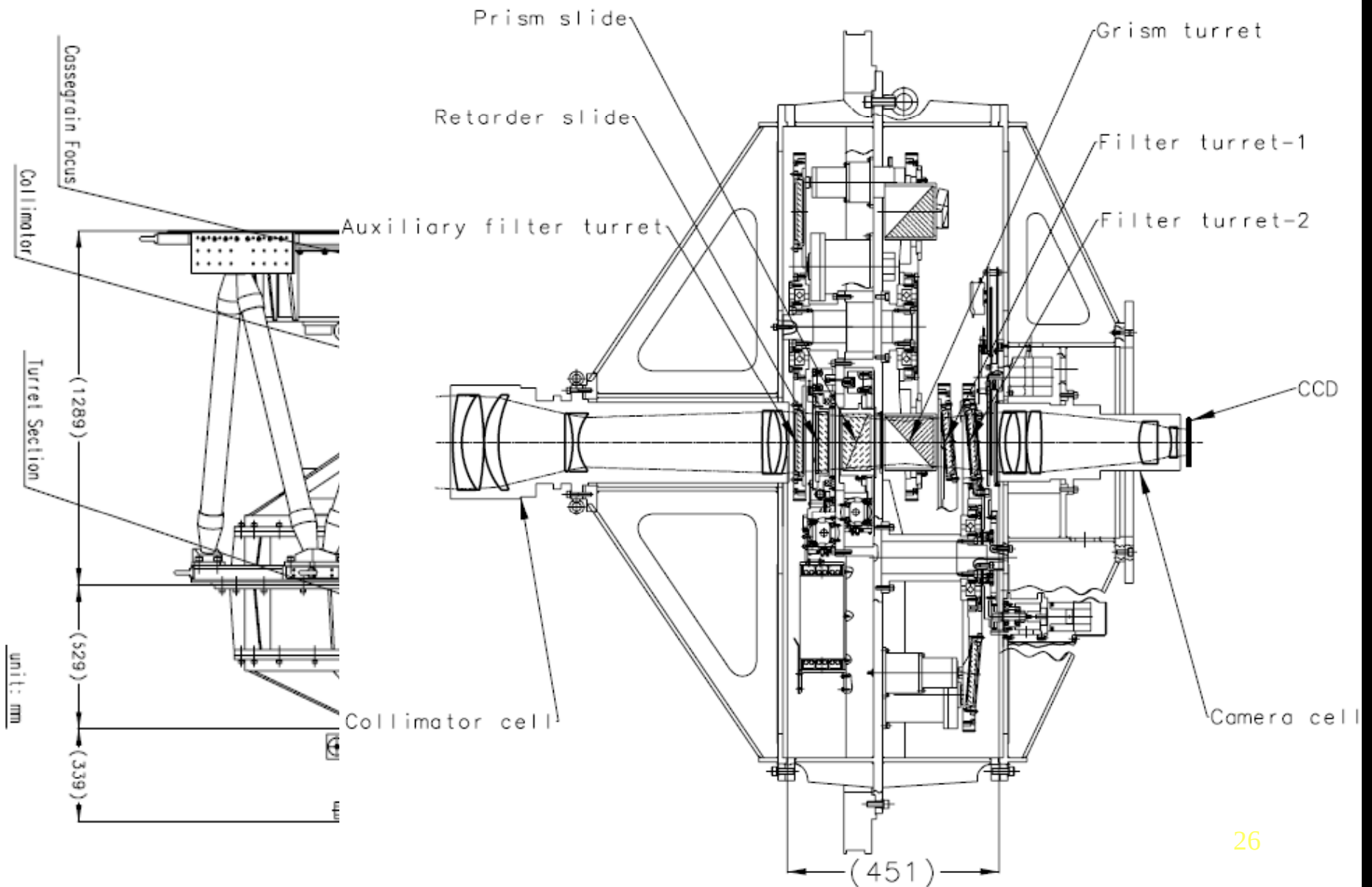
短時間観測
16分積算

Q10:FOCASの特徴は？

- Faint Object Camera And Spectrograph
- 可視撮像(6'Φ)
- 可視低中分散分光 ($R < 5000$)
- 可視多天体分光
- 可視偏光撮像分光



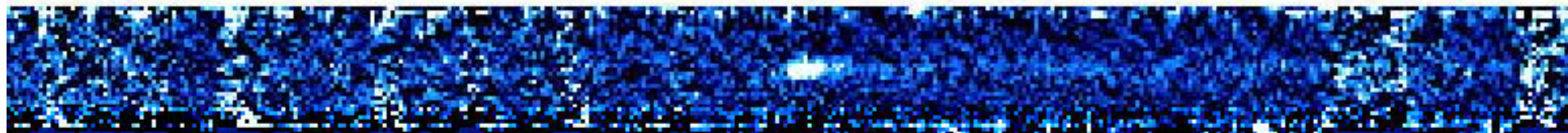
FOCAS



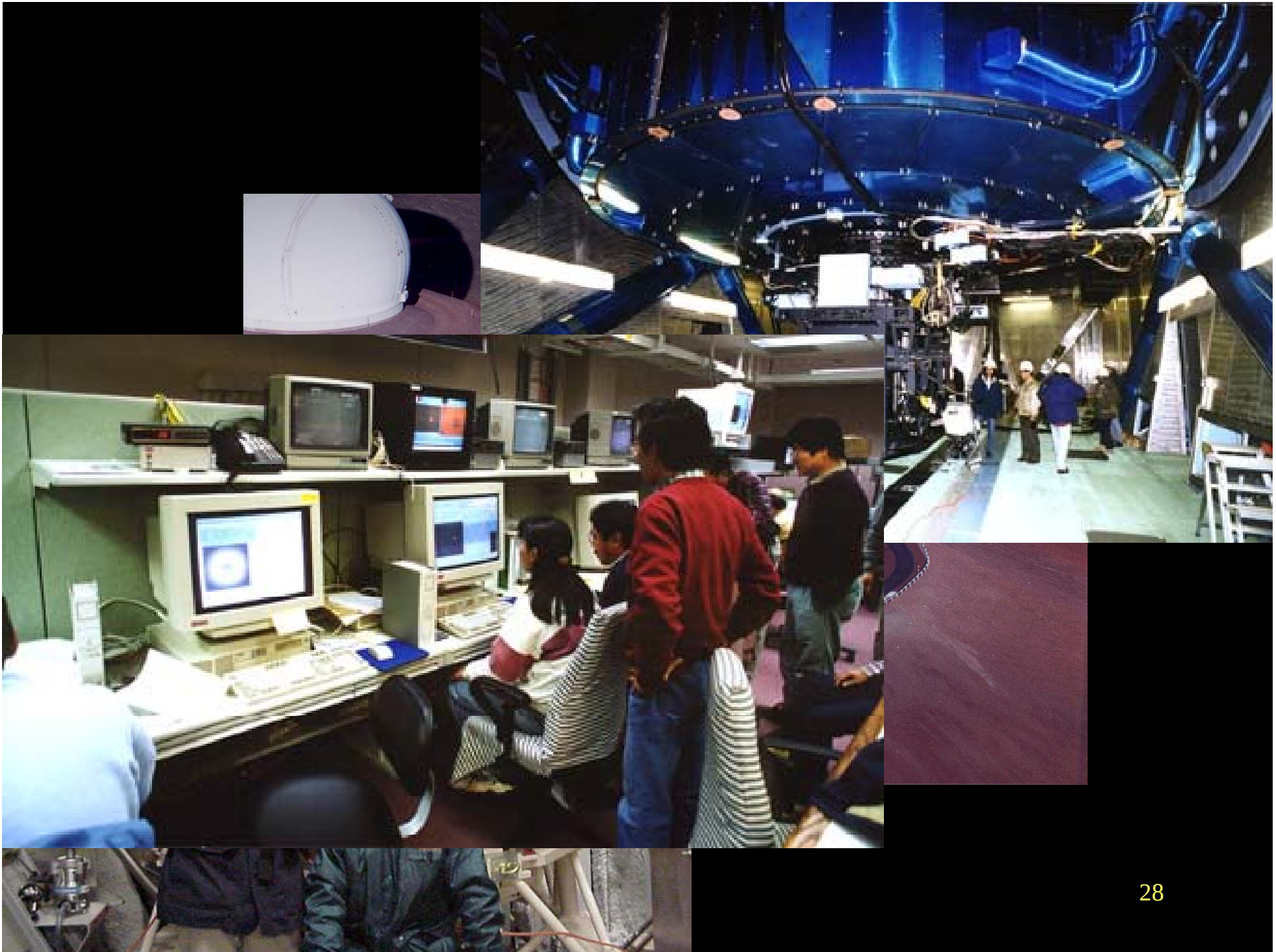
長時間観測の効果 分光の場合



生データ



長時間観測 長時間積分



Q11: すばる以外の地上8-10m望遠鏡にはどのようなものがあるか？

VLT(欧州)

ハッブル(アメリカ)



すばる(日本)



ケック(アメリカ)

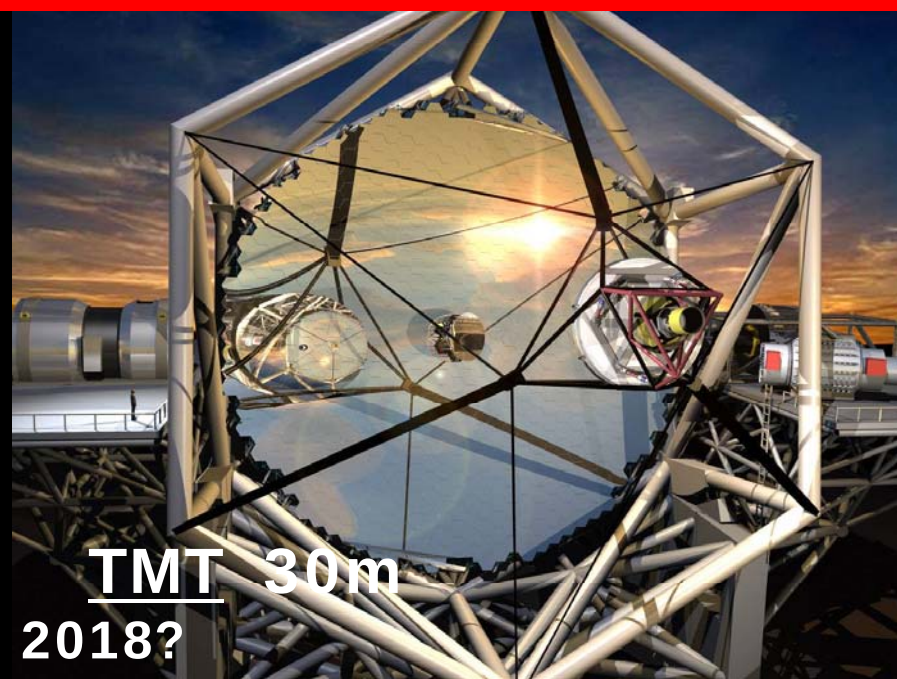


ジェミニ(多国籍)



すばるを超えて

主な次世代巨大光赤外望遠鏡計画

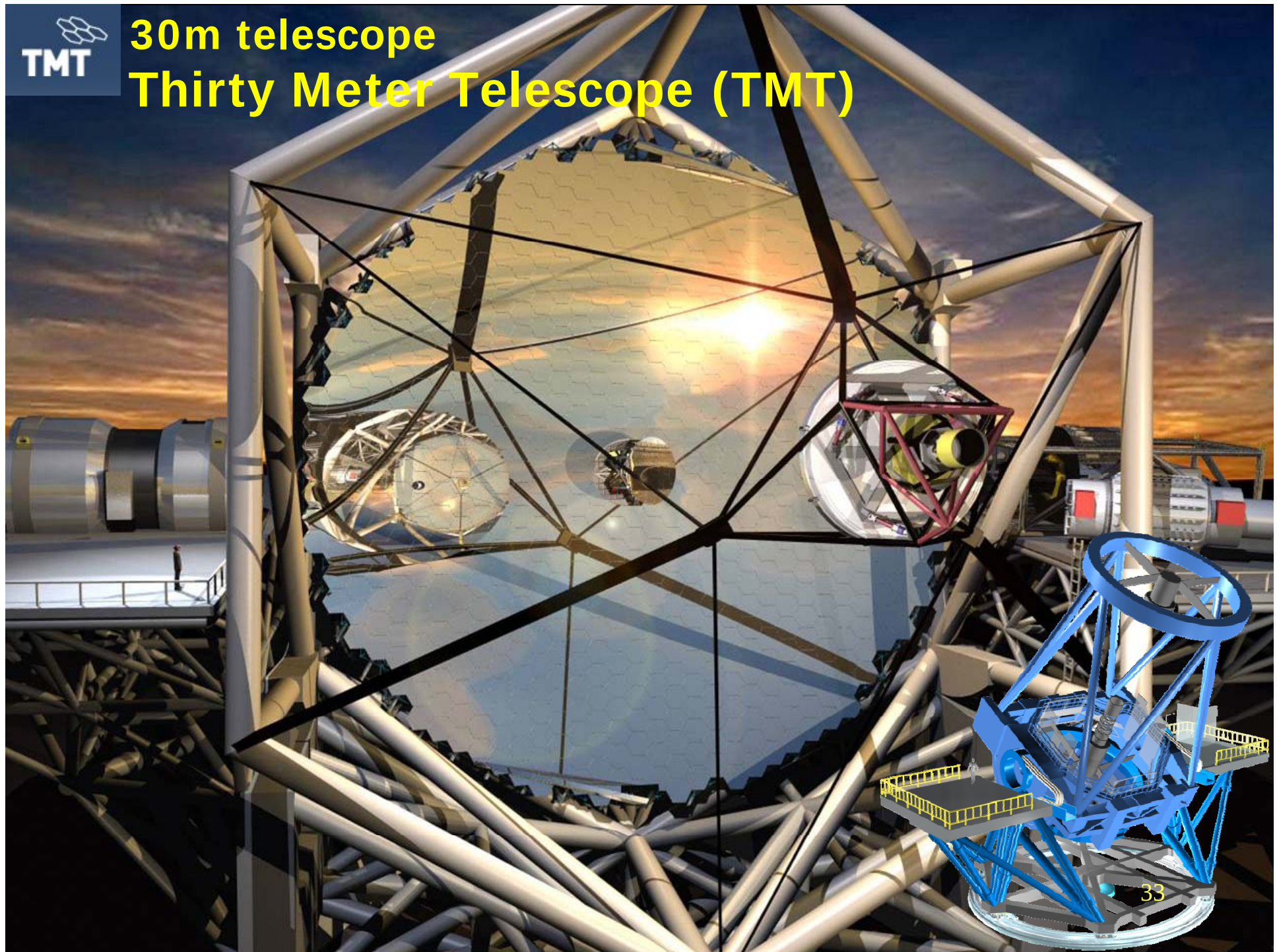


The Thirty Meter Telescope Project

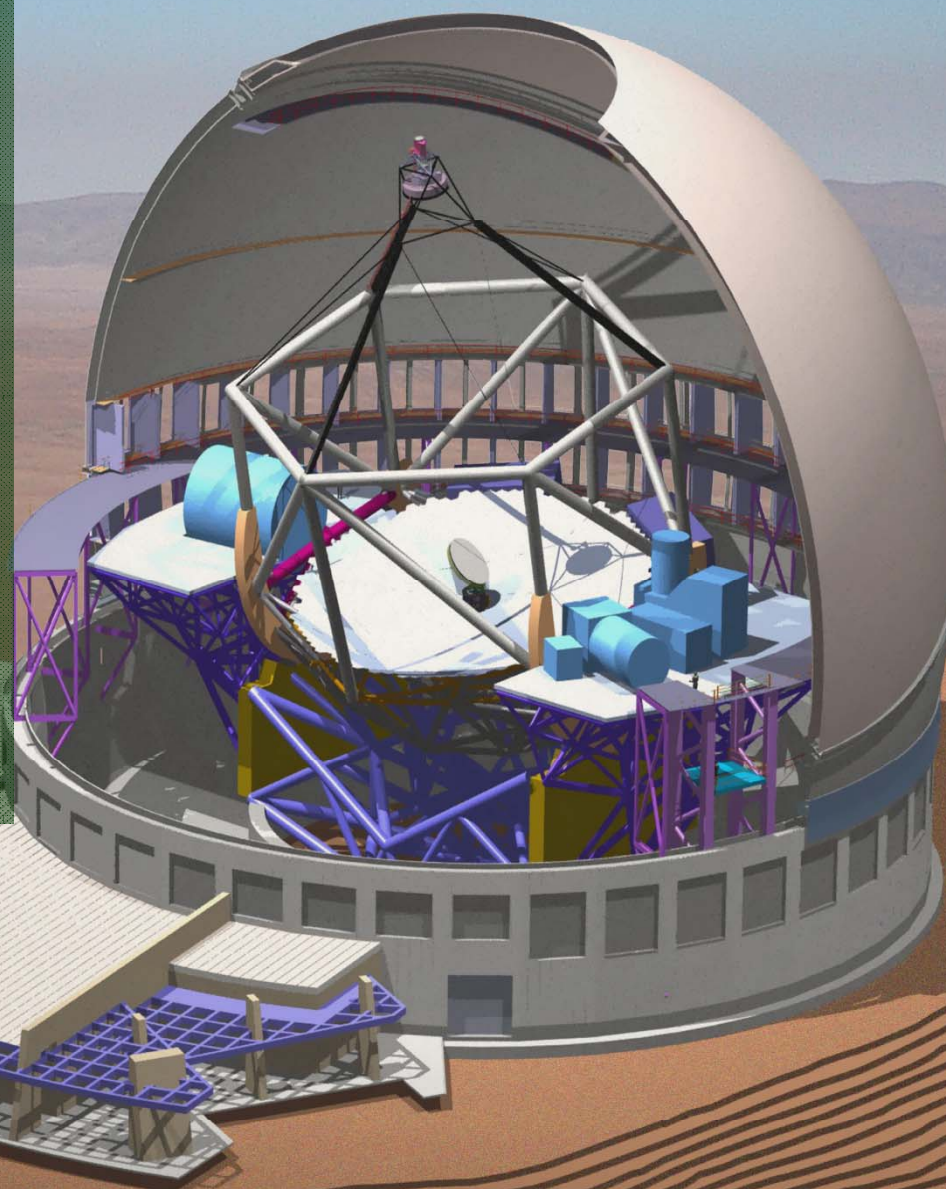




30m telescope Thirty Meter Telescope (TMT)



- 口径30m
- 重さ1400t
- カルフォルニア工科大学・カルフォルニア大学・カナダ・日本・中国・インド
- マウナケア
- 2018-19年観測開始
- 建設費用約1300億円（目標）



すばるに比べて集光力は13倍、解像力は約4倍

集光力

$$\propto D^2$$

解像力

$$\propto \lambda/D$$

要するに大きな望遠鏡ができると...

- 遠くのものがよく見える。
- 細かいところまでよく見える。
- 短時間で観測できる。
- たくさんの天体を観測できる。

5 Meter
Hale 200-inch
Mirror

10 Meter
Keck
Mirror

30 Meter
TMT
Mirror

33等星～月面の蛍(数10mW相当)が
補償光学観測の1時間露出で見える！



色々な光のスペクトル図

太陽



電灯



ネオン



ホタル



蛍光塗料



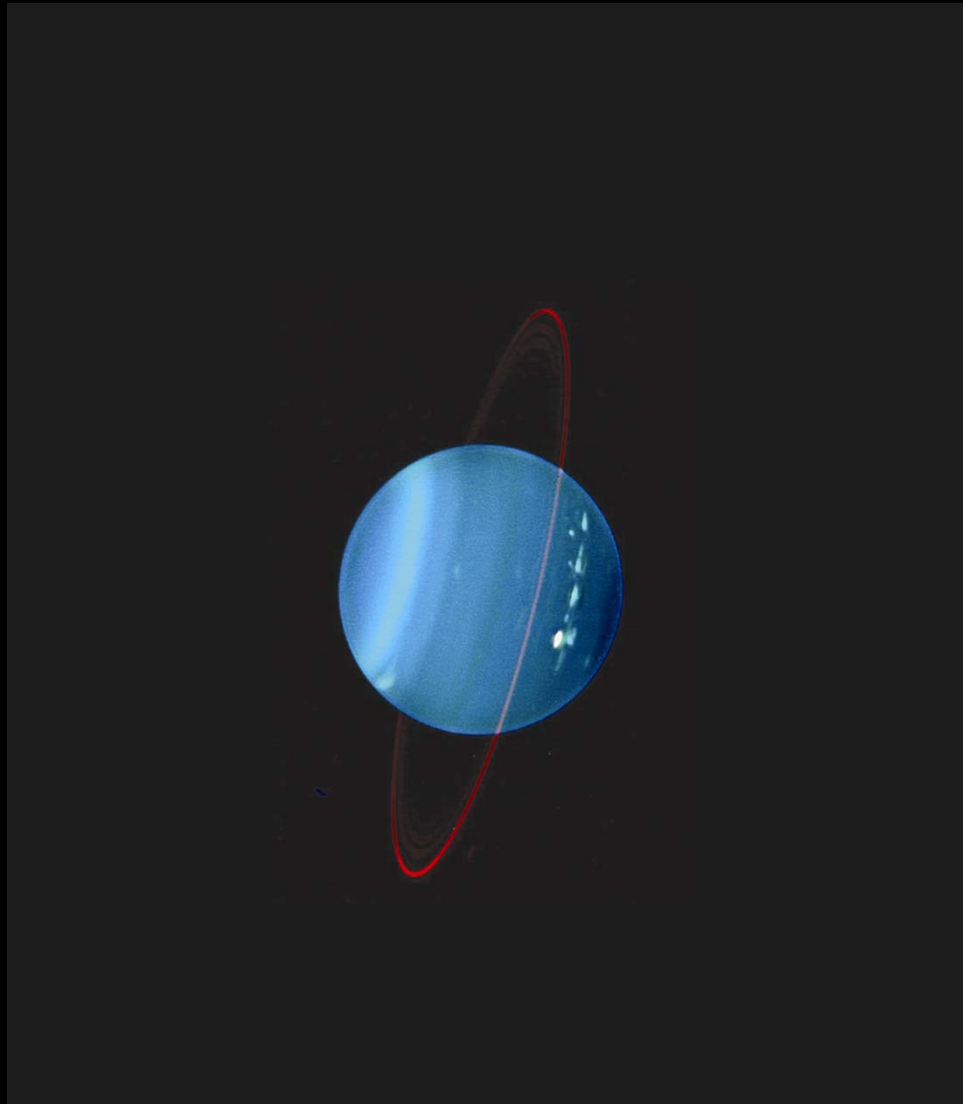
リン



発光バクテリア



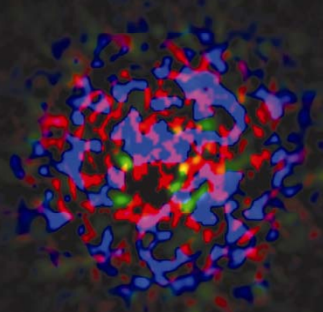
太陽系（1光年以下）



- 木星上の25km（東京一府中間）のものを分解してみることができる。
- 大気・天候・火山活動・地殻活動などがわかる。
- 太陽系形成時の状態がなお残っているカイパーベルト天体の分光観測が可能。

太陽系外惑星（4－500光年）

HR 8799 Planetary System
(Sept. 2008)



0.5 arcsec
20 AU

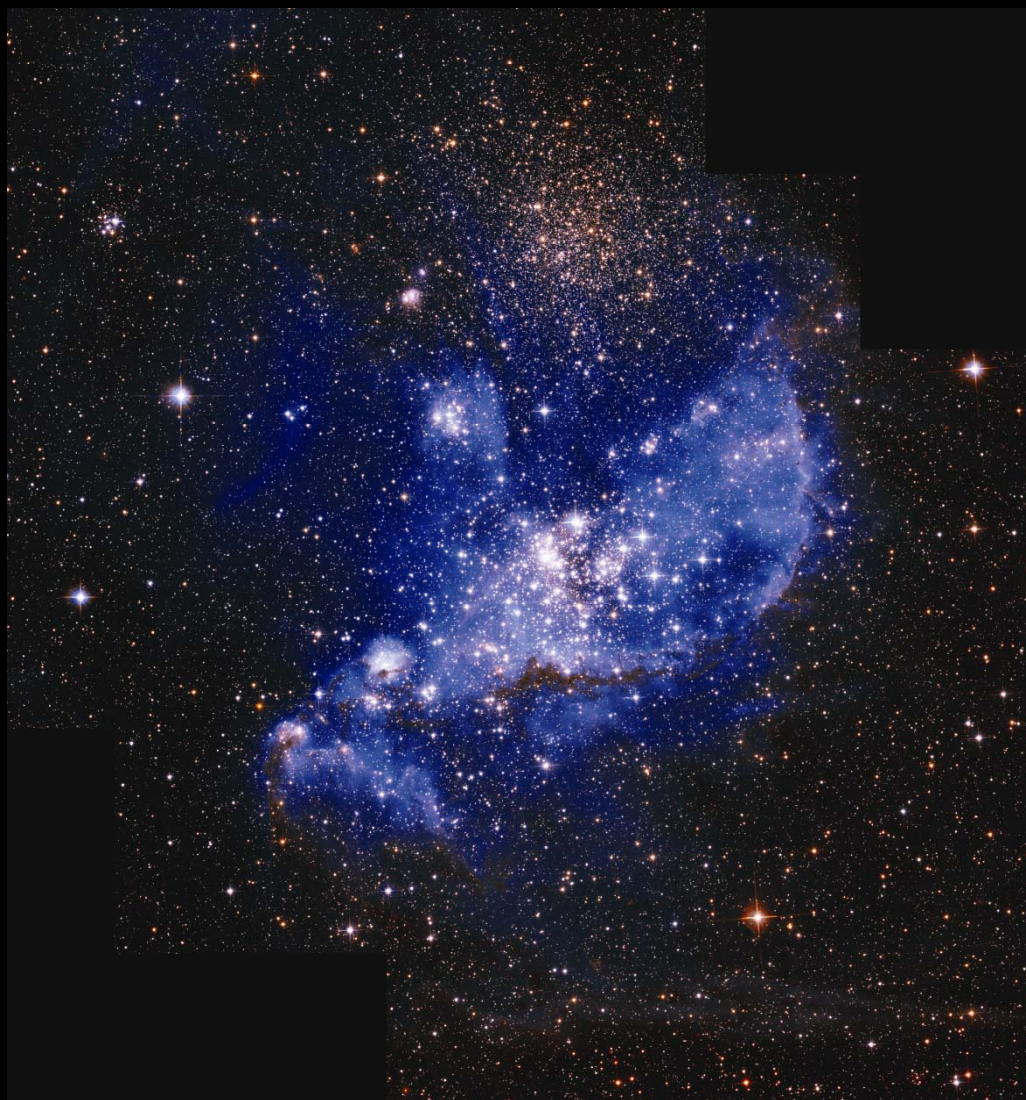
- 太陽とは別の近くの星の周りを回る（地球型）惑星の直接撮像が可能になる。
- 生命誕生の可能性の高い現場として、水、酸素、オゾンなどの分子を検出できる。

星・惑星形成領域（5000－1万光年）



- 中間赤外線を観測により、濃い分子雲に埋もれた若い星団の観測が可能。
- 原始星コアの形状、内部円盤からのジェットを見ることができる。

銀河系と近傍銀河（1万—5億光年）



- 近くの銀河の星の運動と化学組成を明らかにし、銀河形成の謎に挑む。
- 銀河系中心にあるブラックホールによる星の軌道運動の測定が可能になり、一般相対性理論の検証や暗黒物質に対する制限が得られる。

遠方銀河と銀河団 (5億－125億光年)



- 銀河中心にあるブラックホールを多数観測し、銀河進化との関係について調べることができる。
- 遠方銀河における星形成、ガスから星になる物理過程、銀河間空間とのガスのやりとり、暗黒物質と星やガスとの関係について明らかにすることができる。

初期宇宙（130億－137億光年）

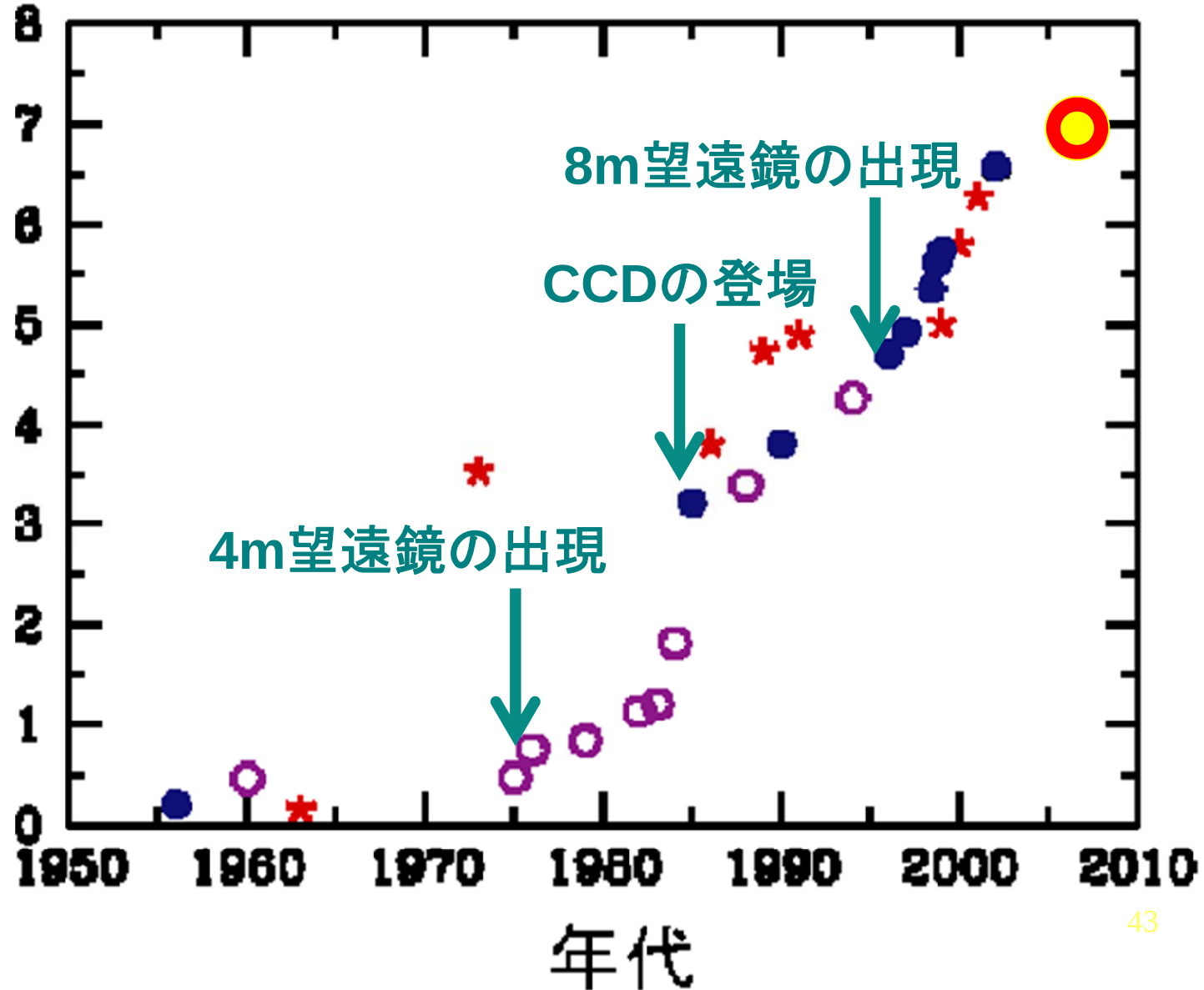


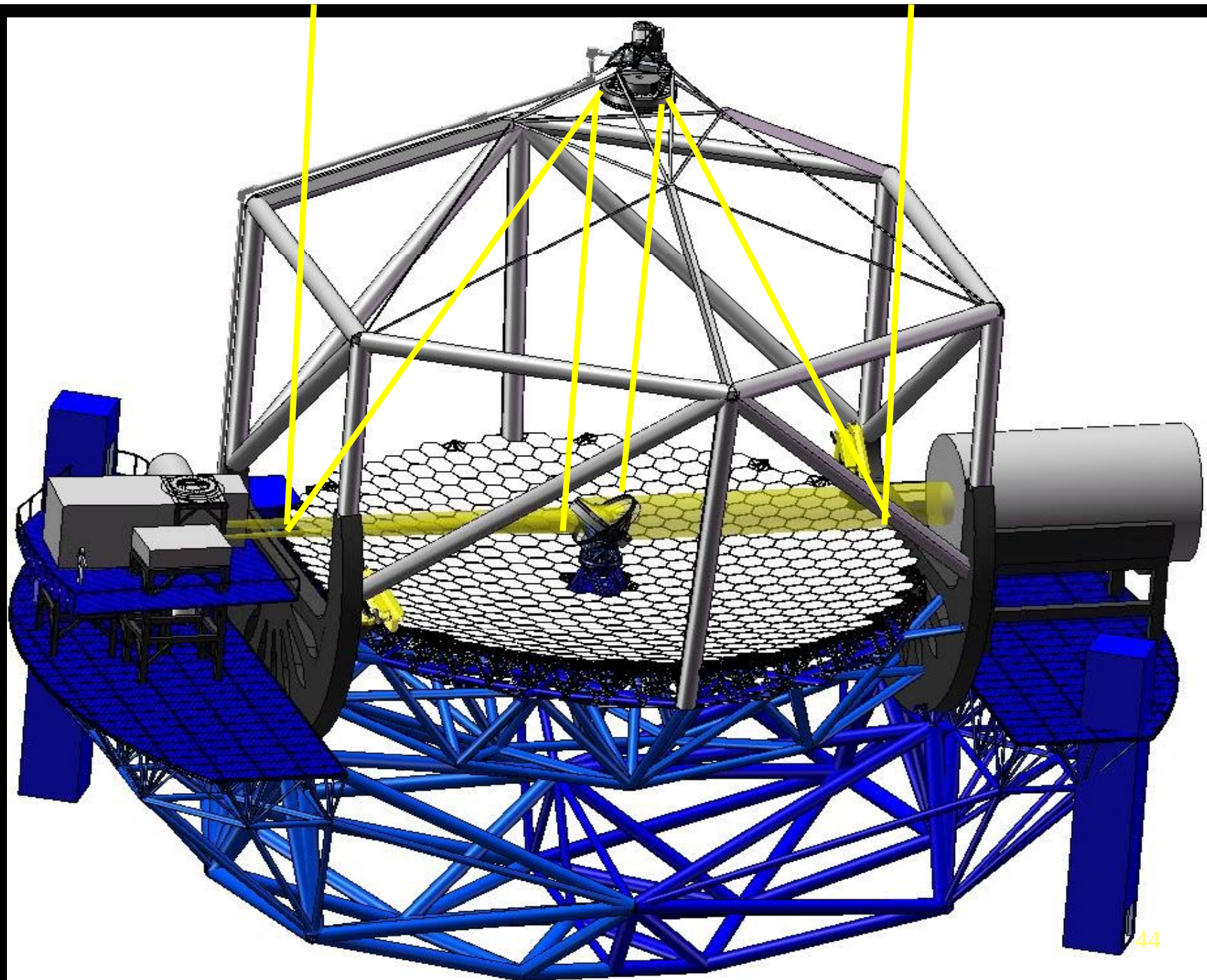
- 宇宙で最初の星、銀河、クエーサーの誕生の様子を直接見ることができる。
- 銀河空間の再電離の様子を見ることができる
- 暗黒エネルギーの密度を精密に測定することができる。

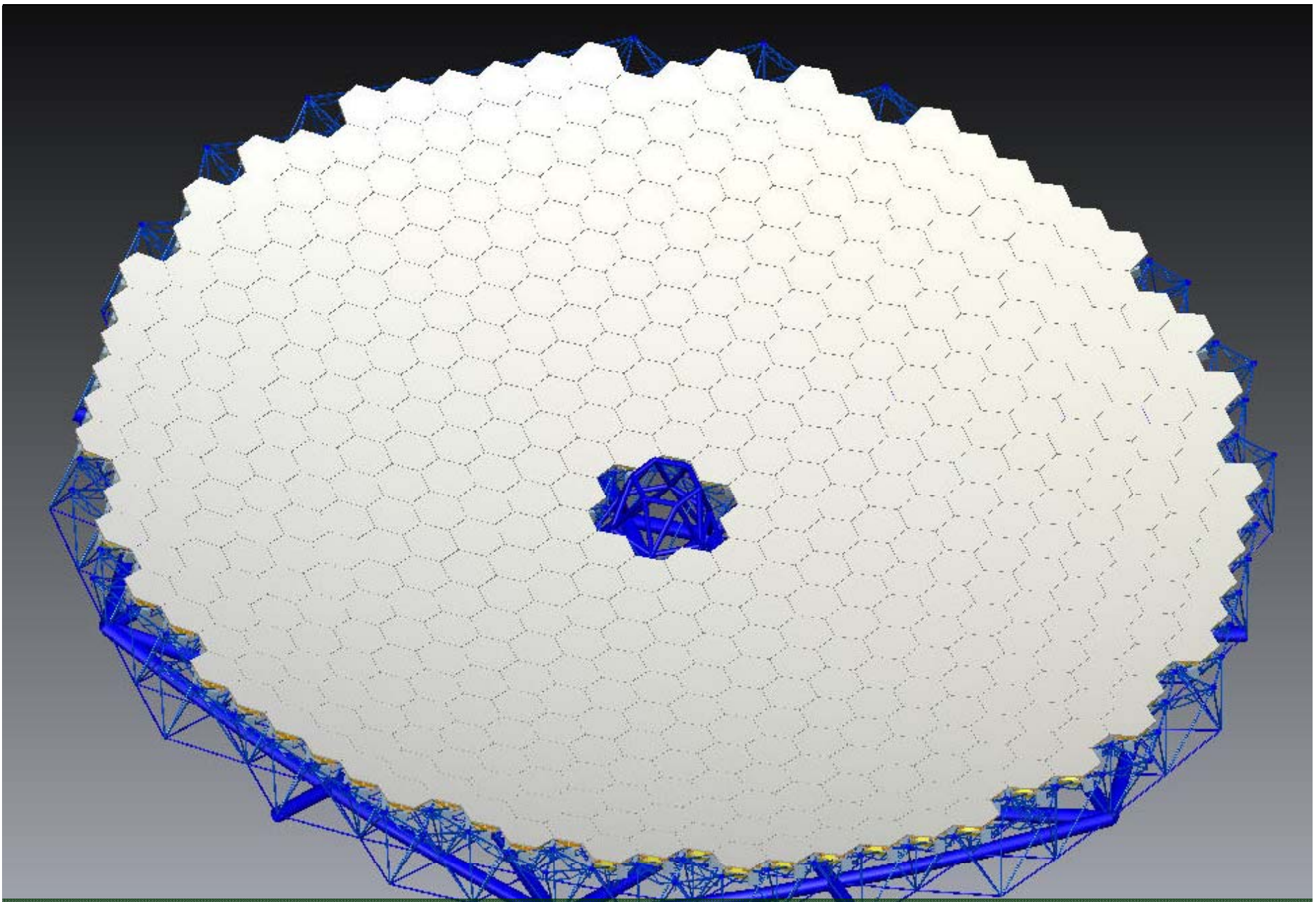
最遠銀河発見の歴史

遠い銀河
昔の銀河

赤方偏移







● 492枚の鏡を敷き詰める。1枚の直径1.44m

日本の寄与 主鏡材試作



日本の寄与 セグメント鏡の量産に向けた試作



・鏡材(無膨張ガラス材; 直径約1.5m)

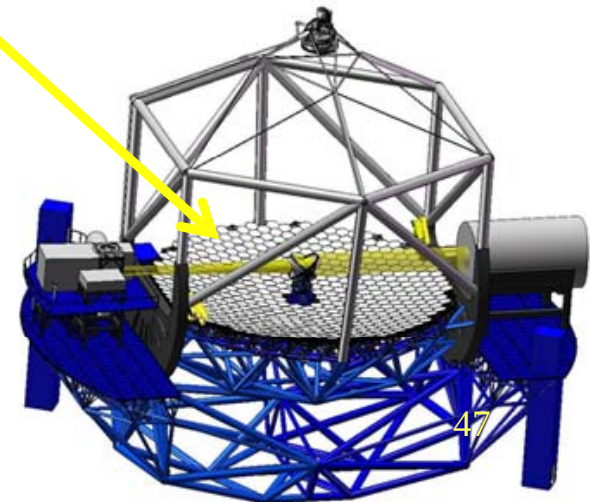
■ナノメートル (100万分の1ミリ)精度の
精密な鏡の製作



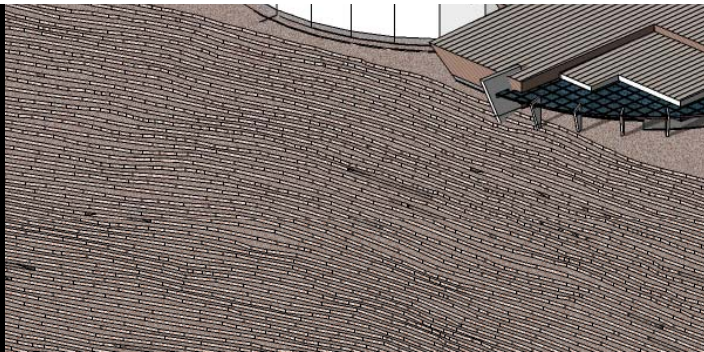
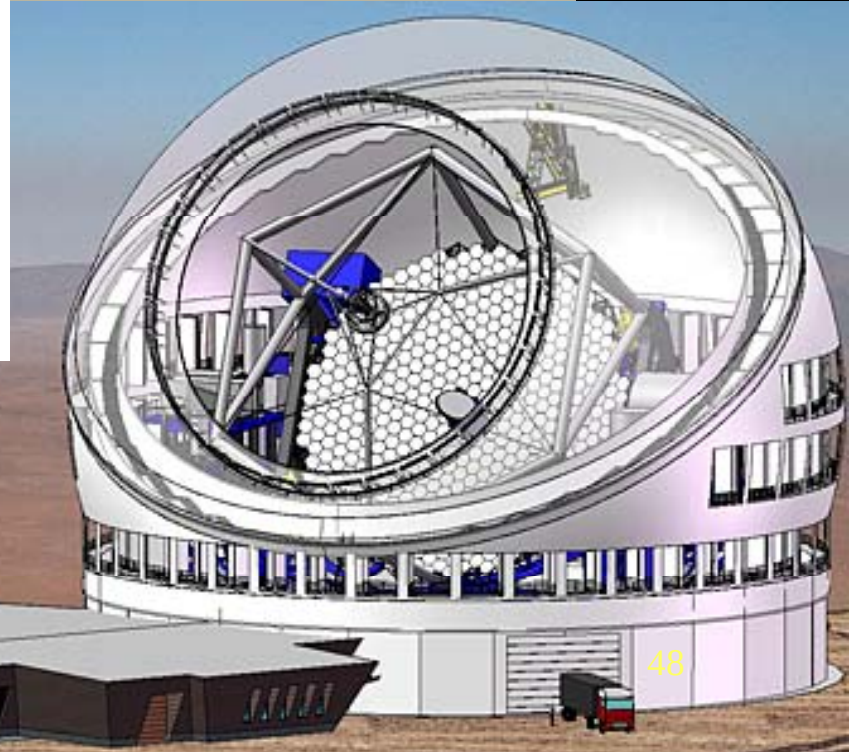
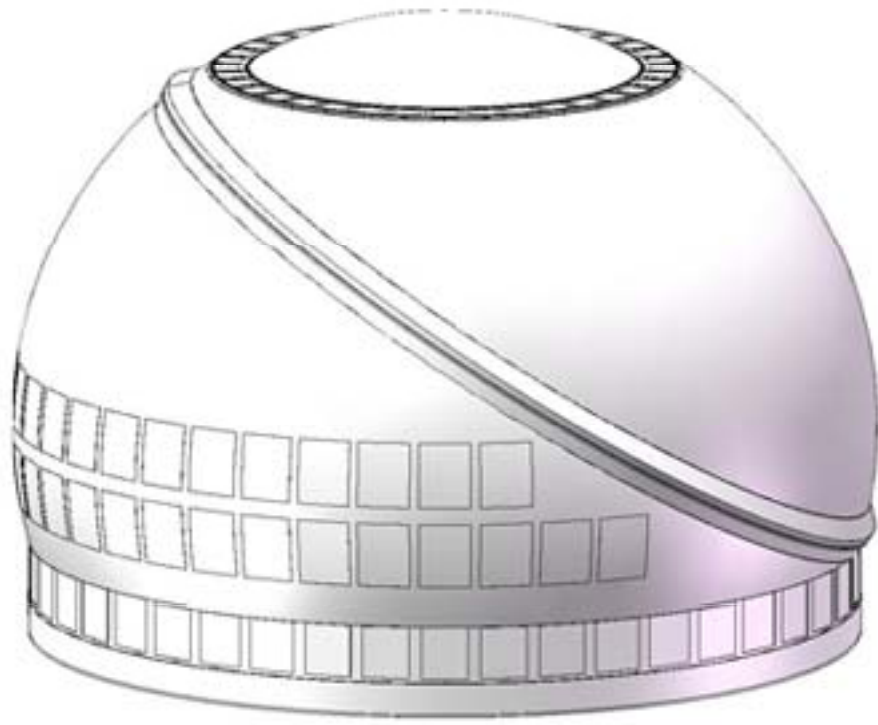
■ 約600枚の大量生産

・望遠鏡へ装着
(1.5m鏡を492枚並べて
直径30mの望遠鏡に)

セグメント鏡の量産に
向けた技術開発



Dome



TMT観測装置プラン

		波長分解能	サイエンスケース
近赤外 回折限界 分光撮像 (IRIS)	MCAO	$\leq 4,000$	銀河形成、BH・AGN、球状星団など
広視野、可視、分光 (WFOS)	GLAO	300 - 5,000	高 z 銀河間物質、高 z 銀河分光、星の種 族、化学組成など
マルチスリット、近赤外、分光 (IRMS)	MCAO	2,000 - 10,000	近赤外最微光天体、JWST フォローアップ
中間赤外、エシエル分光撮像 (MIREs)	AO	5,000 - 100,000	原始星キネマティクス 原始惑星系円盤
近赤外、回折限界、エシエル (NIREs-B (JHKバンド))	MCAO	5,000 - 30,000	視線速度によるM型星の惑星検出 高 z 銀河間物質
多天体、IFU、近赤外、分光 (IRMOS)	MOAO	2,000 - 10,000	近赤外最微光天体、JWSTフォローアッ プ
極限AO (PFI)	ExAO	50 - 300	系外惑星直接検出
可視エシエル (HROS)	---	30,000 - 50,000	局所銀河の星の組成、星間物質組成・ 運動、高 z 銀河間物質、系外惑星
近赤外回折限界エシエル (NIREs-R (LMバンド))	MCAO	5,000 - 30,000	視線速度によるM型星の惑星検出 高 z 銀河間物質

最初の3つは決定

提案中

TMT観測装置プラン(日本の貢献)

可視光

WFOS
(多スリット分光)
AOなし/GLAO

光学設計
参加開始

**可視
高分散分光**
(青木ら)

5グループ提案

近赤外

IRIS
(面分光)
広視野AO

IRMS
(多スリット分光)
広視野AO

**近赤外
高分散分光**
(小林ら)

他、募集中

**広視野撮像
分光**
(秋山ら)

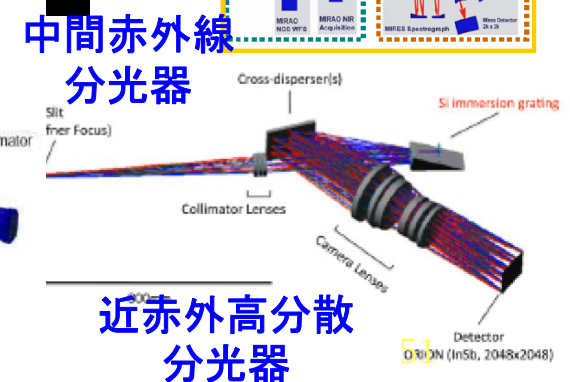
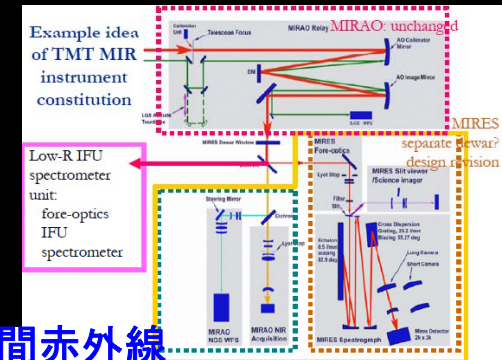
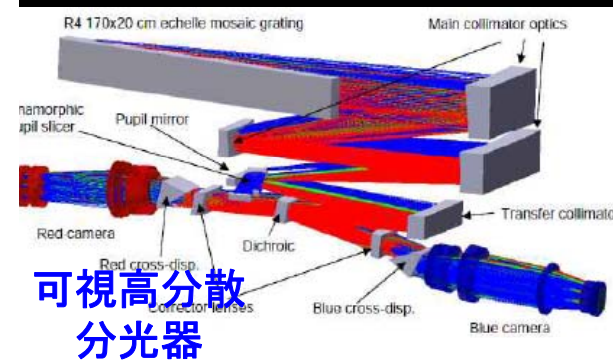
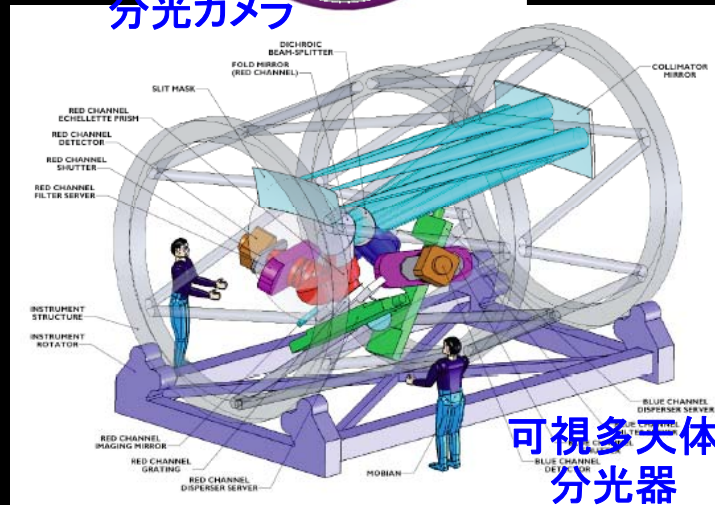
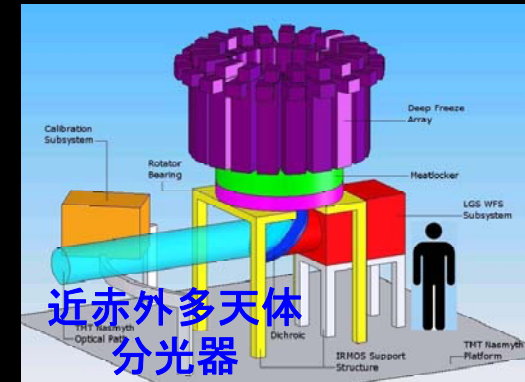
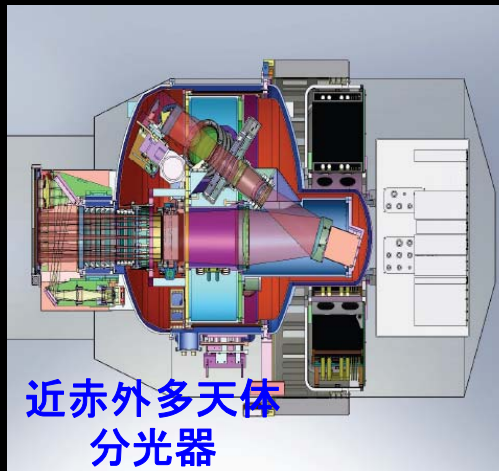
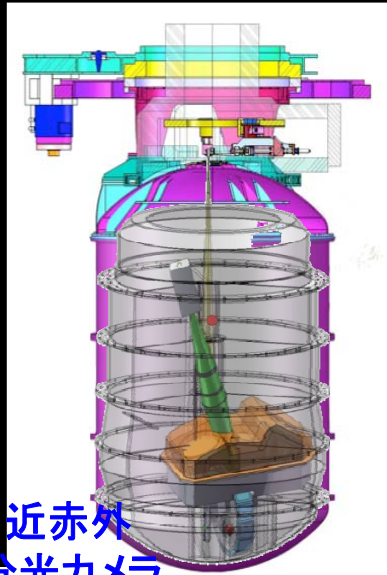
SEIT
(惑星検出)
(田村ら)

中間赤外

中間赤外分光
(岡本ら)

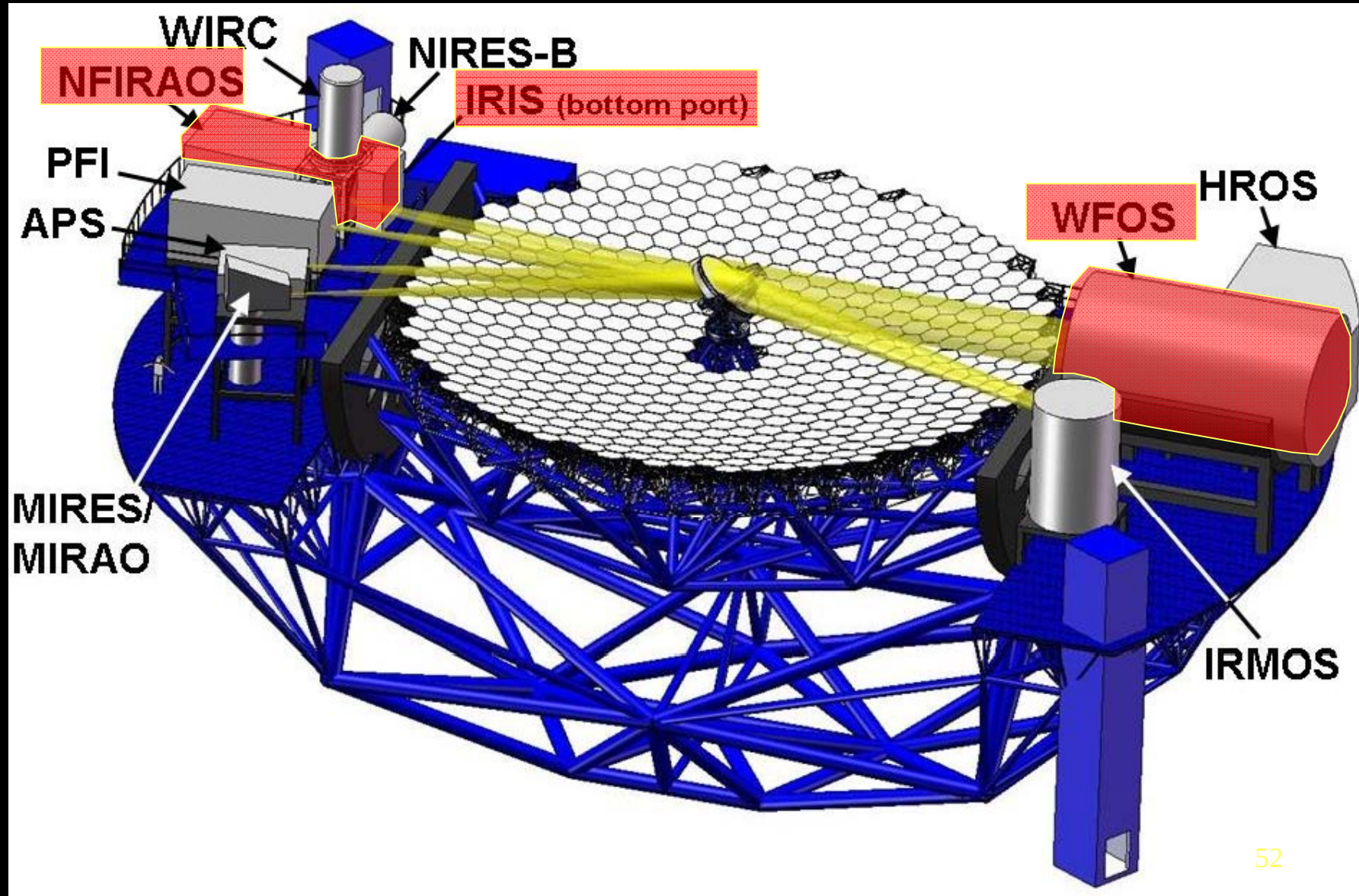
観測装置の基礎技術開発・検討

日本主導の第二期装置提案に向けての基礎技術開発・検討



近赤外高分散
分光器

TMT 観測装置配置案



マウナケアのサイト

