

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB)

物理学第二教室 高エネルギー物理学研究室
鈴木 惇也

- ・ **CMB とは？** **(研究の動機)**
- ・ 実際のプロジェクト紹介

混沌として
光が通らない

宇宙の進化

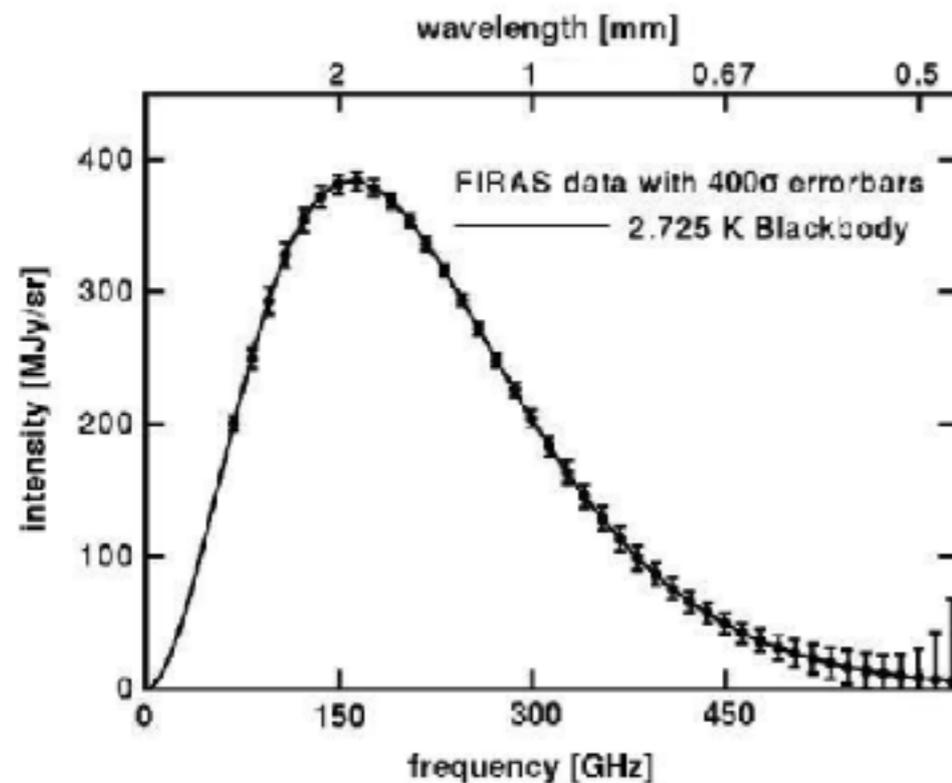


最終散乱面からの
光が届く

時間

宇宙マイクロ波背景放射

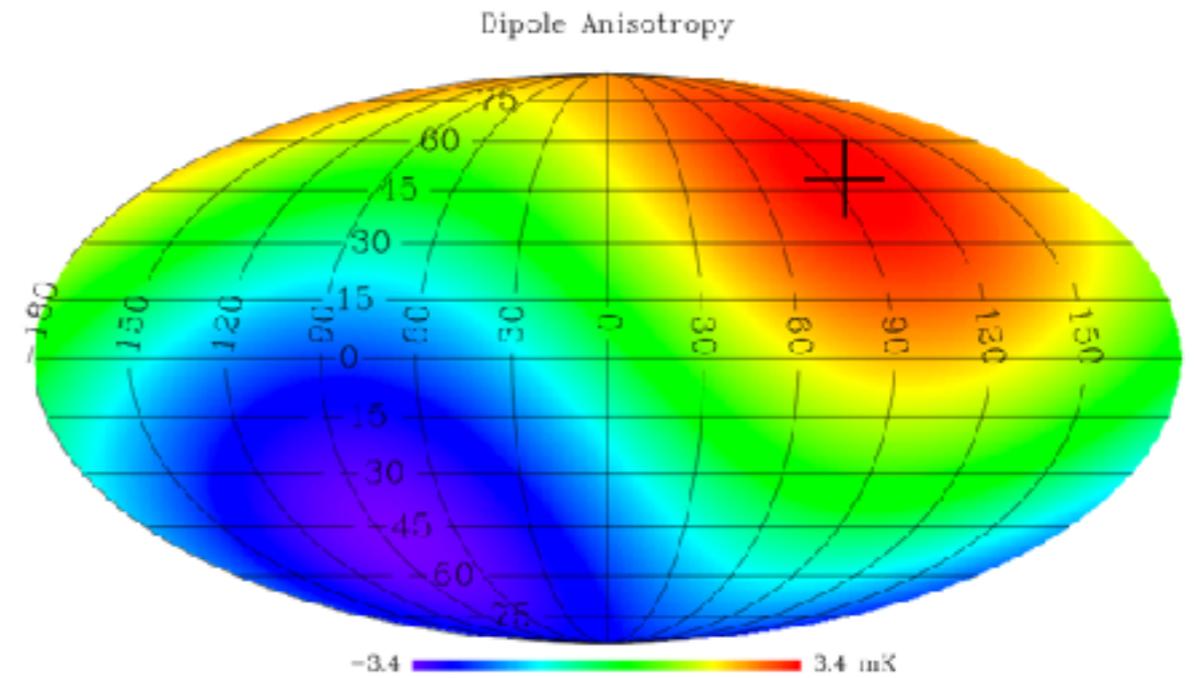
- **Cosmic Microwave Background radiation → CMB**
- どの方向をみても、ほぼ一様に 2.7 K の黒体輻射
- 現在の宇宙では、1 cm³ あたり 410 個の CMB 光子



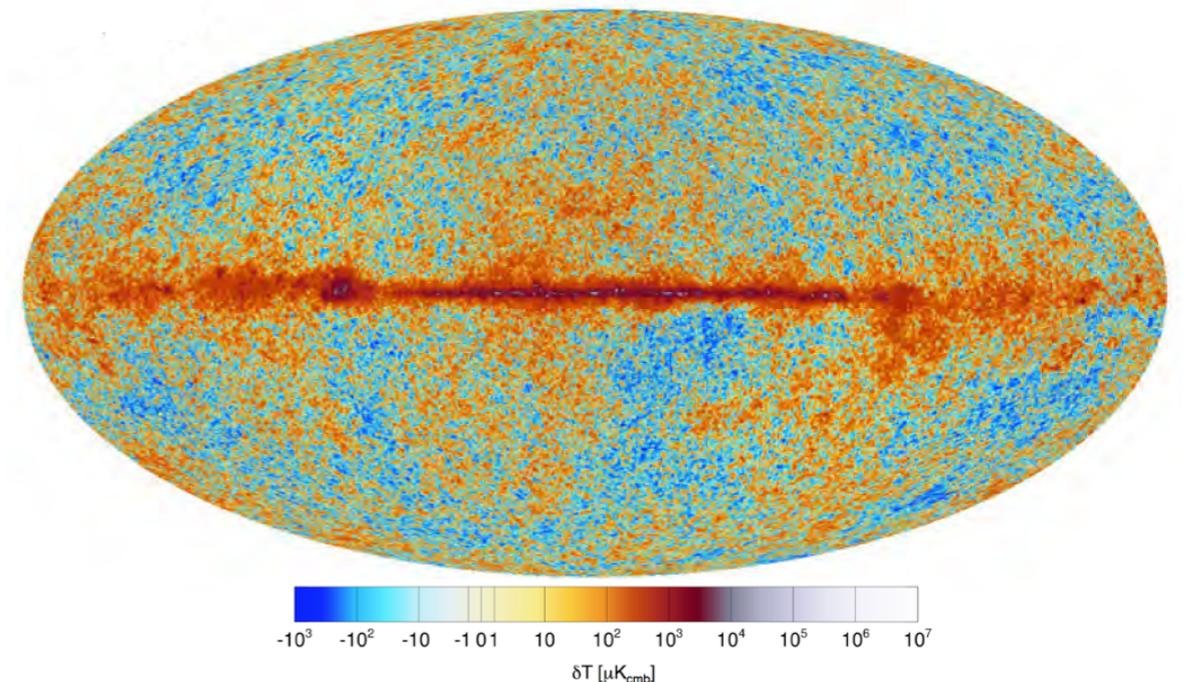
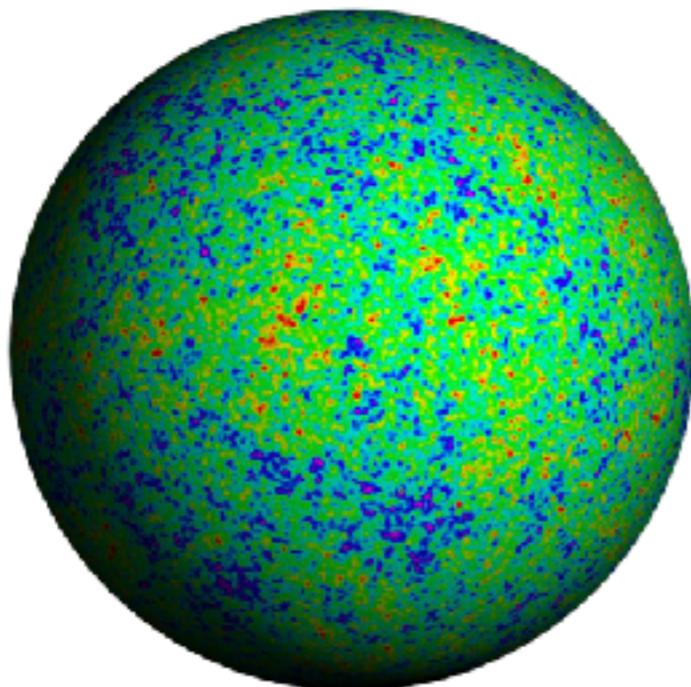
2.725 K の黒体輻射スペクトルと一致

一様からのズレ

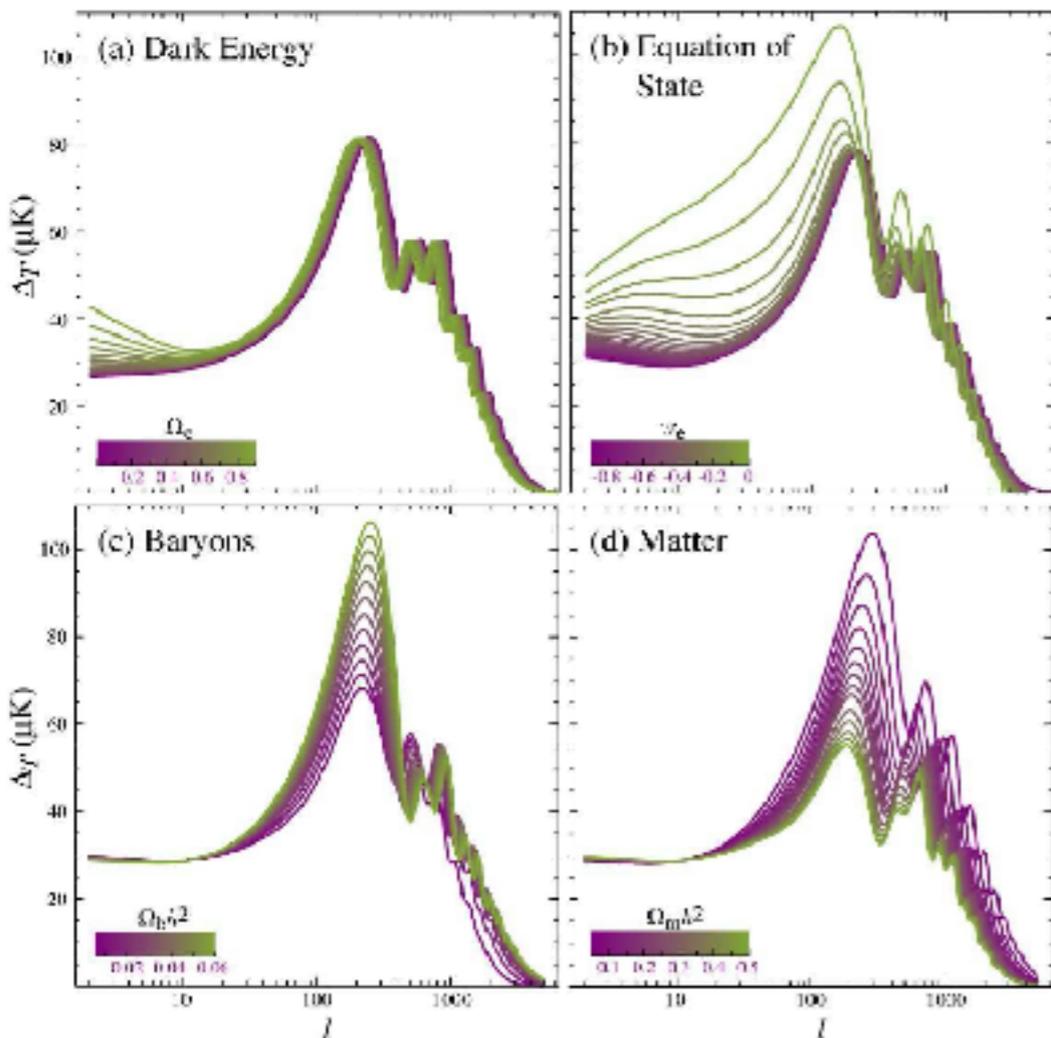
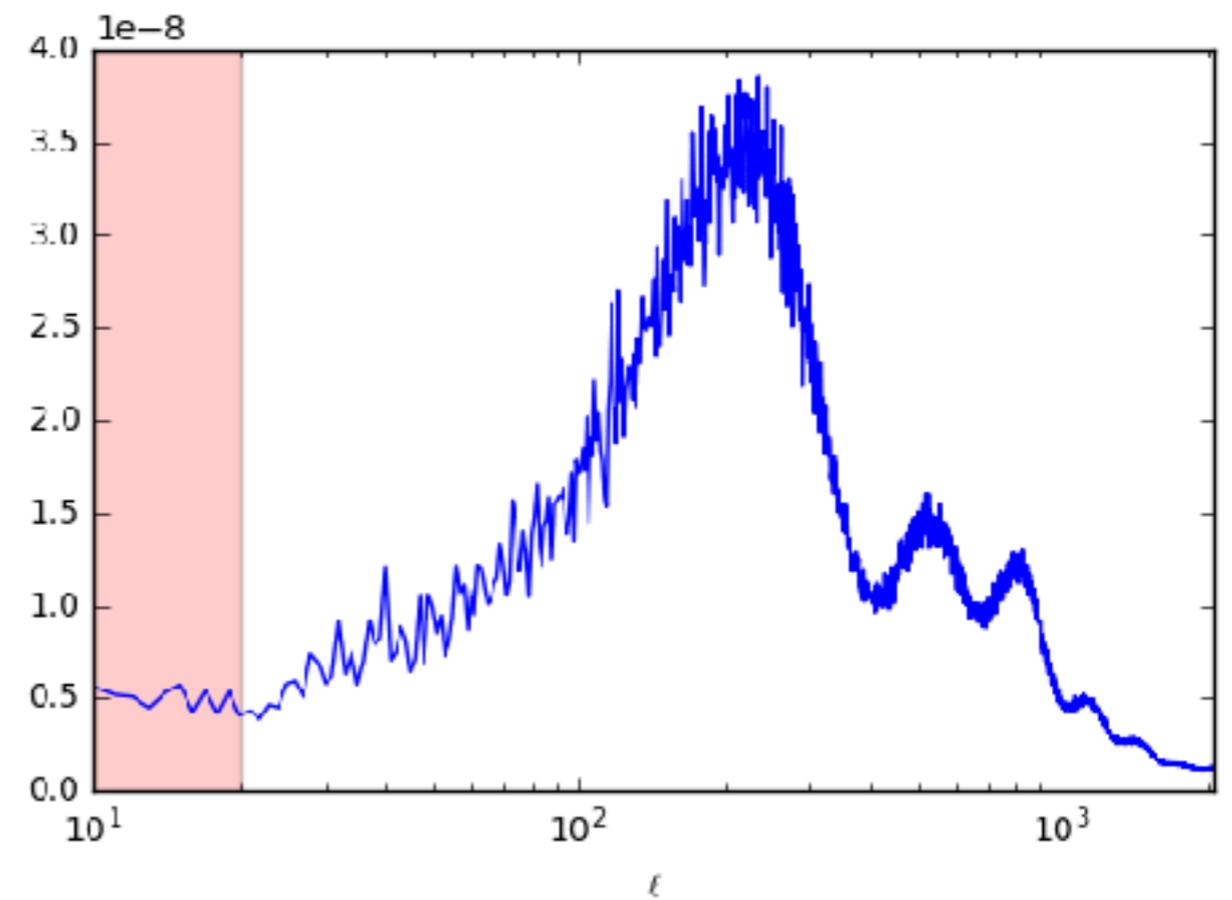
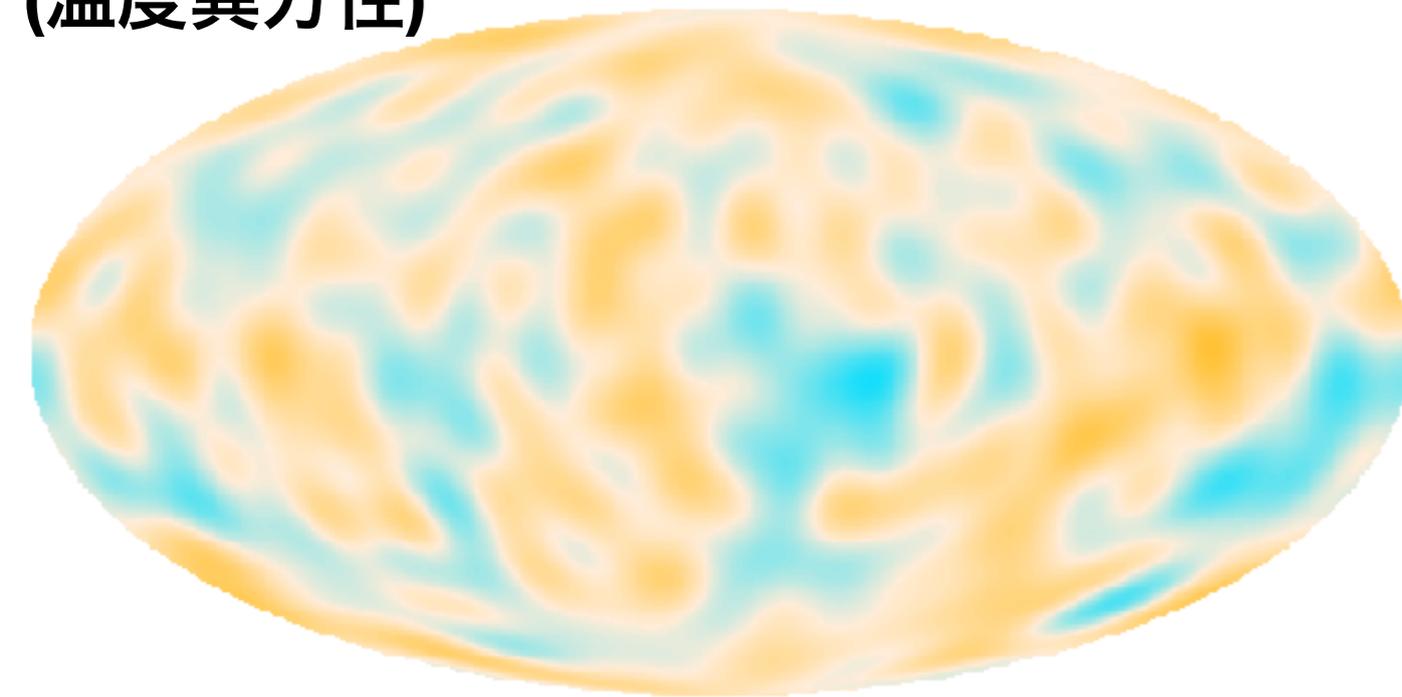
- 地球の運動に起因したズレ $\Rightarrow \sim 10^{-3}$ K
- 晴れ上がりの時の重力ポテンシャルの凸凹 $\Rightarrow \sim 10^{-4}$ K



(モルワイデ図法で表示)



(温度異方性)



実験的にパワースペクトル C_ℓ を取得

Cosmology

$$C_\ell \propto \int d \ln k T_\ell^2(k) P_\zeta(k)$$

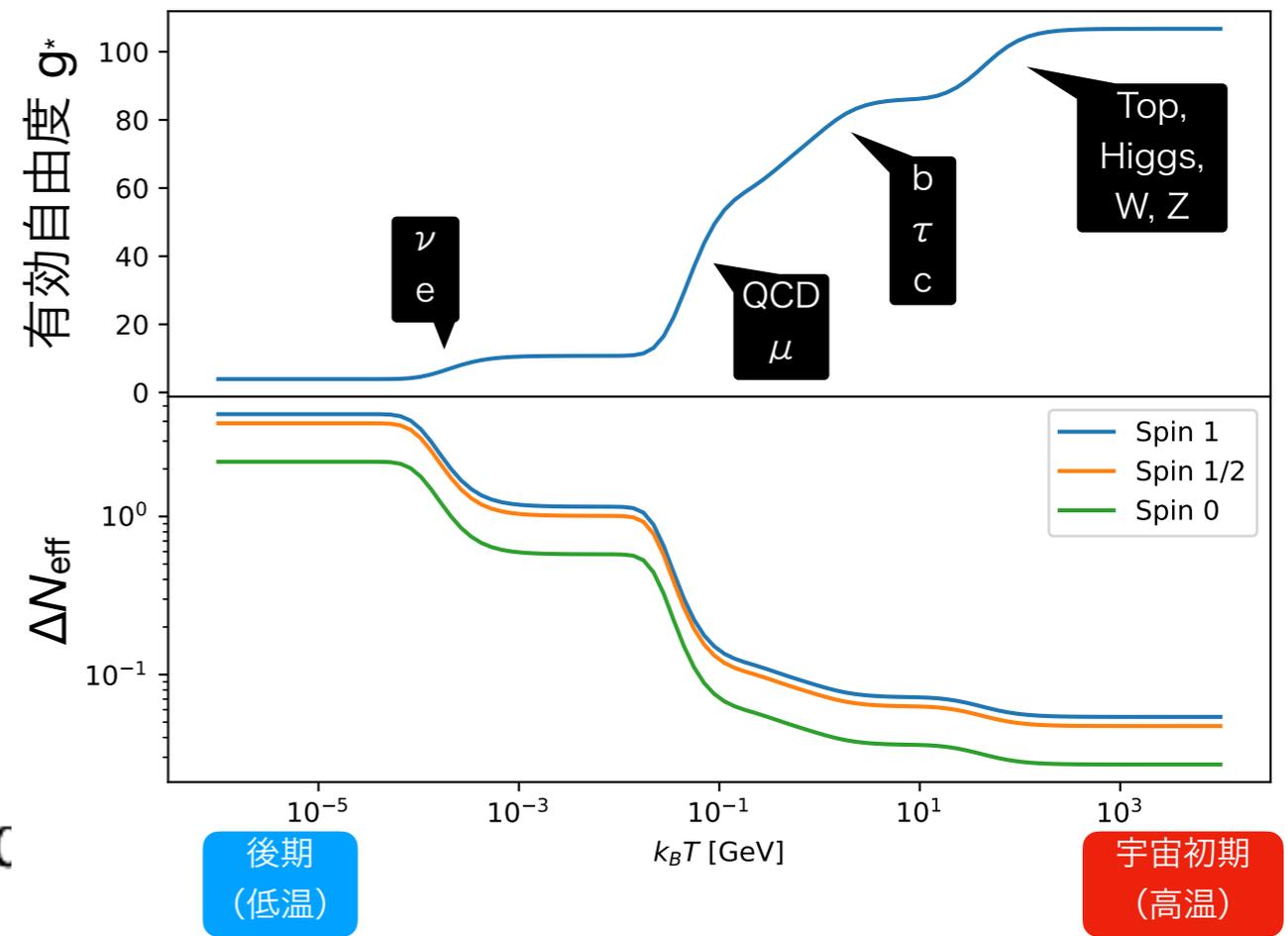
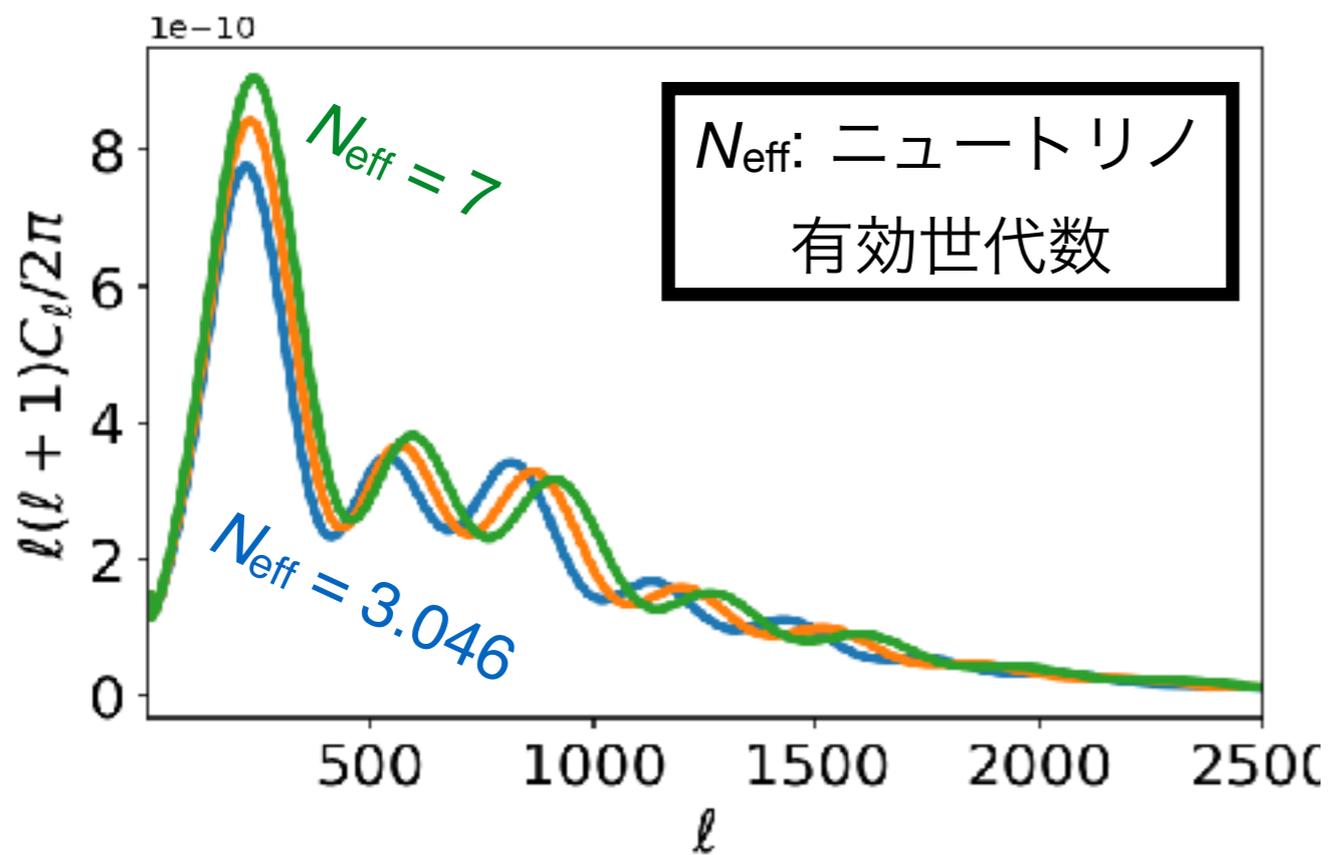
宇宙の発展
(+球面射影)

原始ゆらぎ

宇宙論パラメータの推定

これから得たい知見

- インフレーションの証拠 (原始重力波)
- ニュートリノ質量和 Σm_ν
- N_{eff} (未知の新粒子の探索)



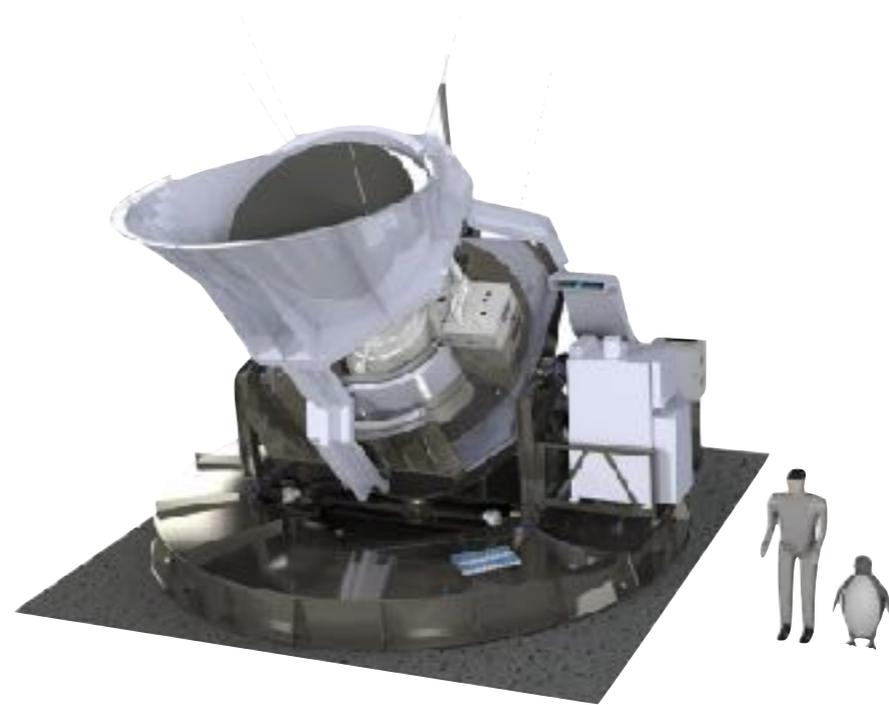
- ・ CMB とは？ （研究の動機）
- ・ **実際のプロジェクト紹介**

- 京大では...

GroundBIRD



Simons Observatory



をやっています。

GroundBIRD

M2 片岡



GroundBIRD

日本で開発された望遠鏡
スペイン・テネリフェ島で観測







半年以上いたので髪がめちゃくちゃ



魚が豊富にとれる



リゾート地にもなっている



世界遺産のまち



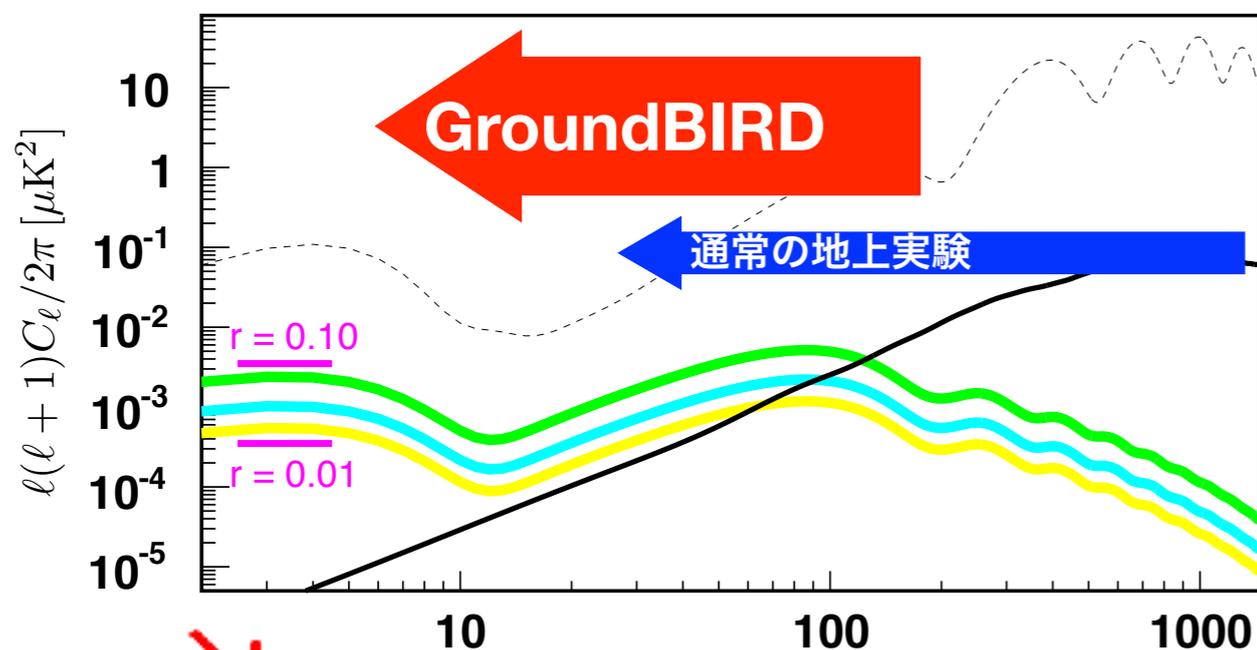
GroundBIRD

- 攻めたデザイン (高速回転)
- 少数精鋭

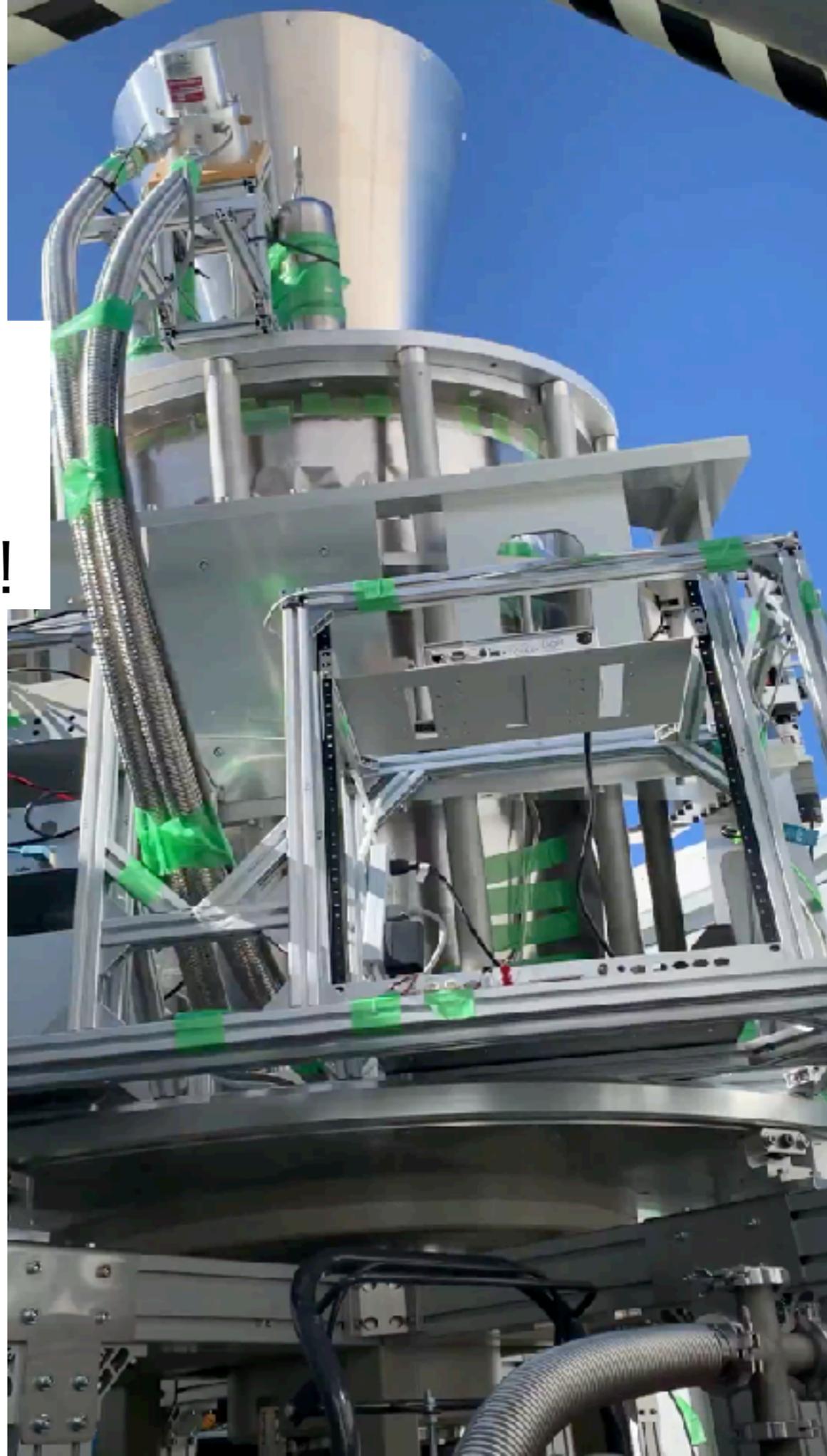
で他では得られない物理を目指す！

…学生でも大きな貢献ができる

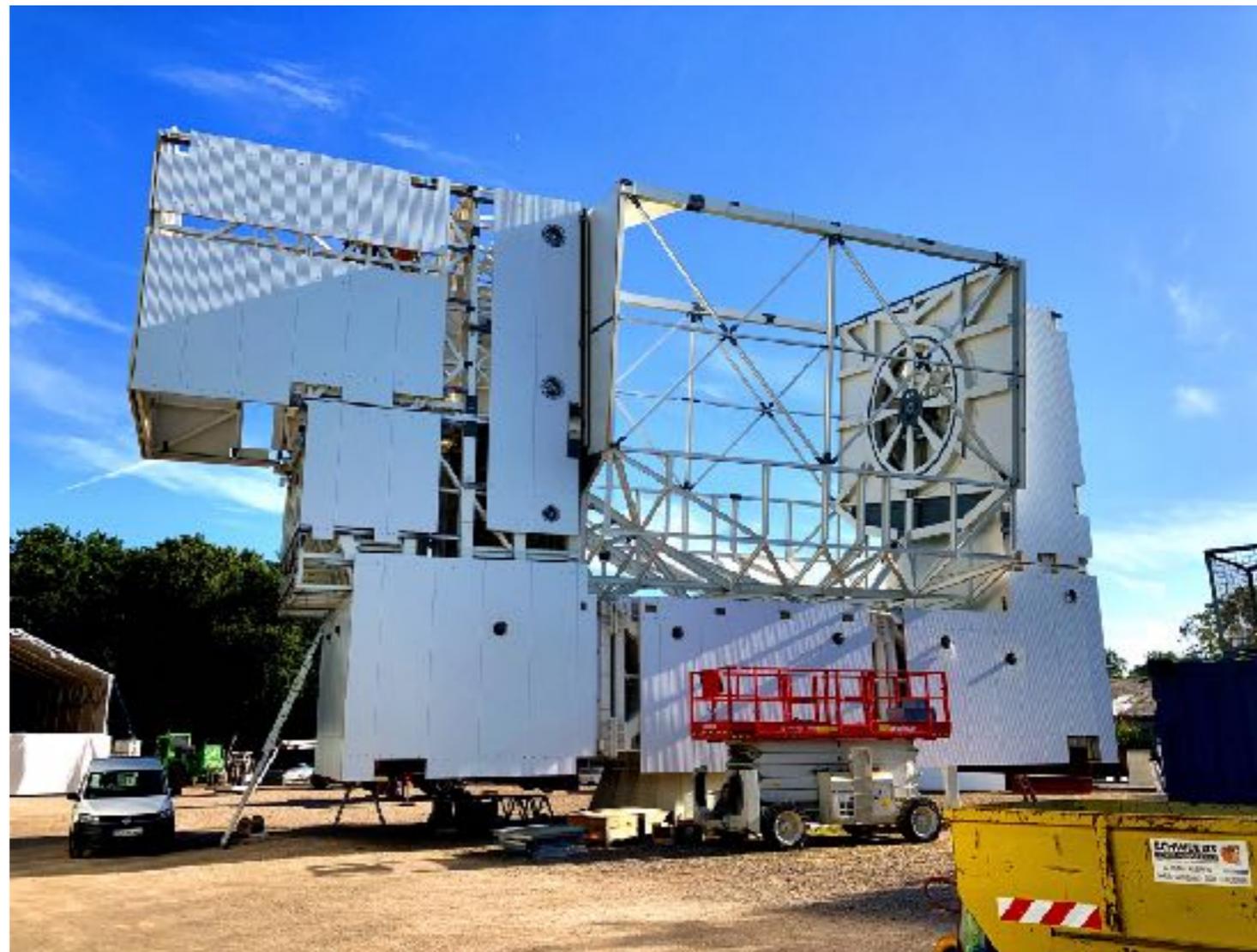
CMB Bモードパターン信号強度



大角度 ← 角度スケールの逆数 → 小角度



Simons Observatory



M2 星野

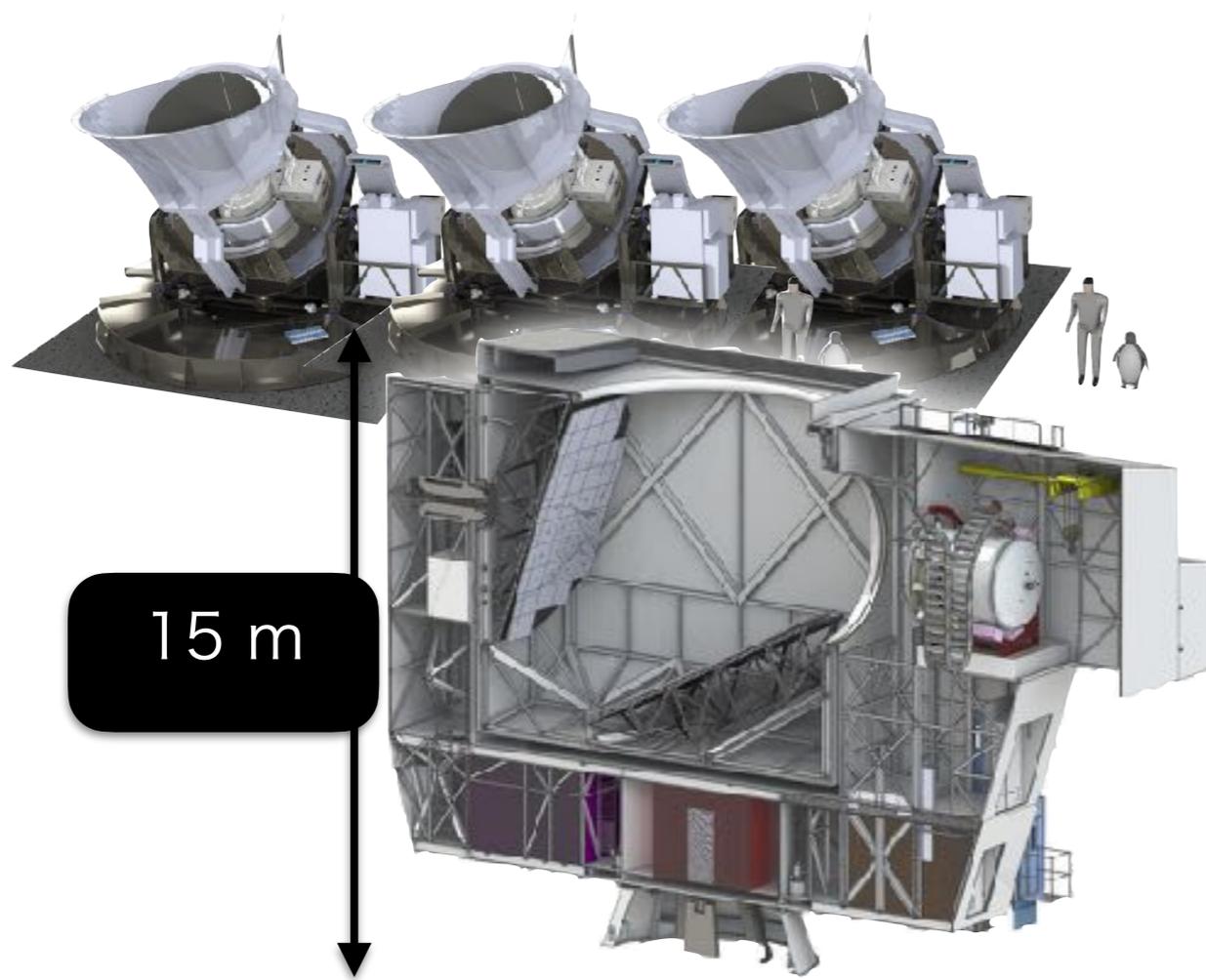


M2 笠井



D3 中田

Simons Observatory

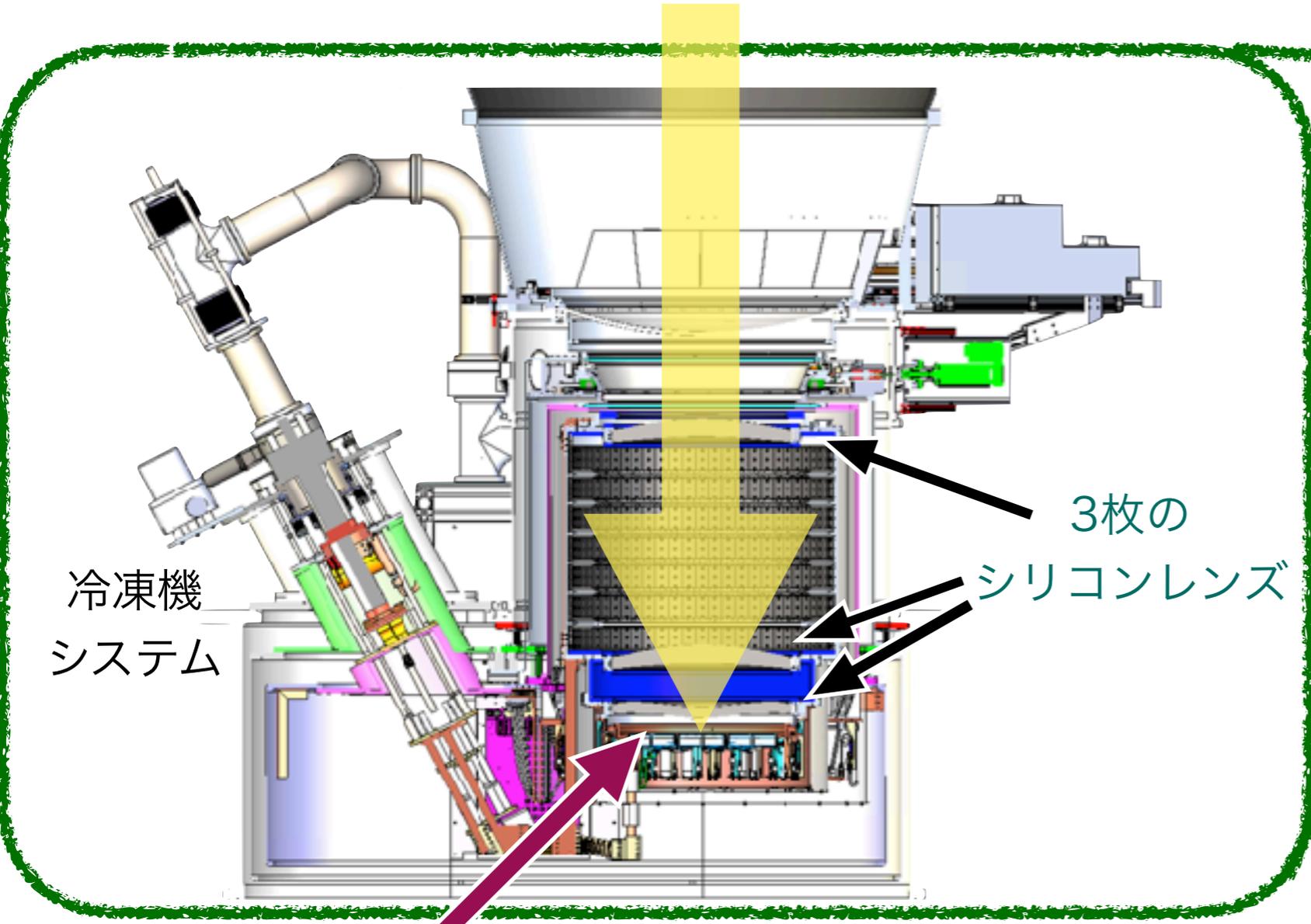


- 小口径望遠鏡 と 大口径望遠鏡 で世界最高感度へ！

大きいパターン

小さいパターン

小口径望遠鏡 (SAT)



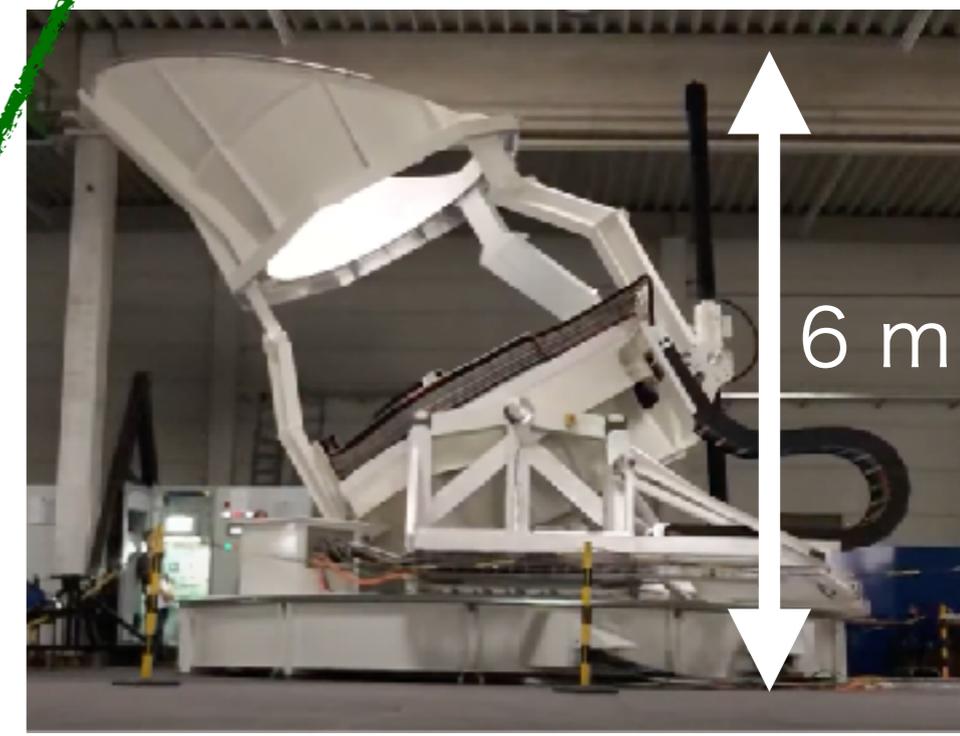
冷凍機
システム

3枚の
シリコンレンズ

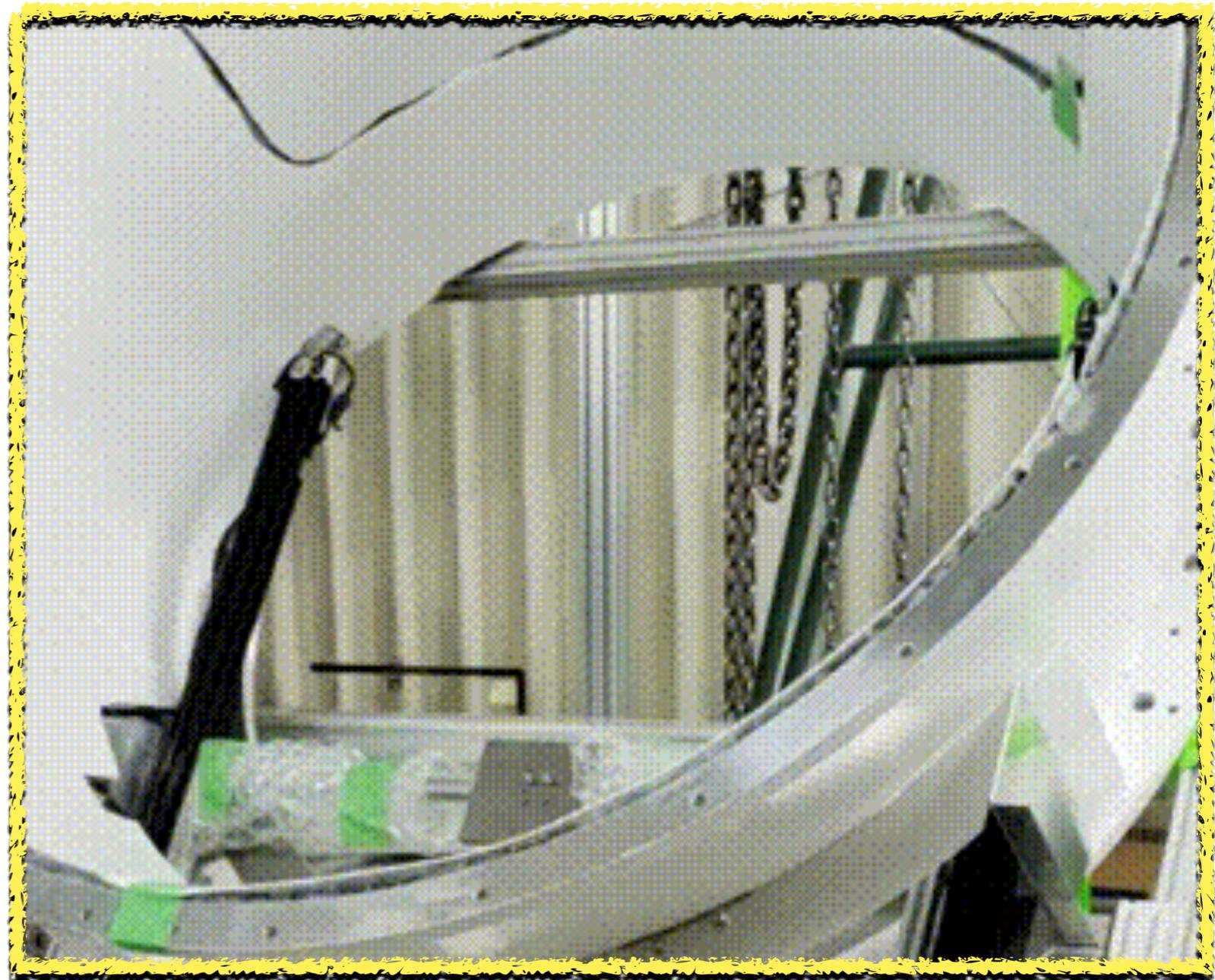
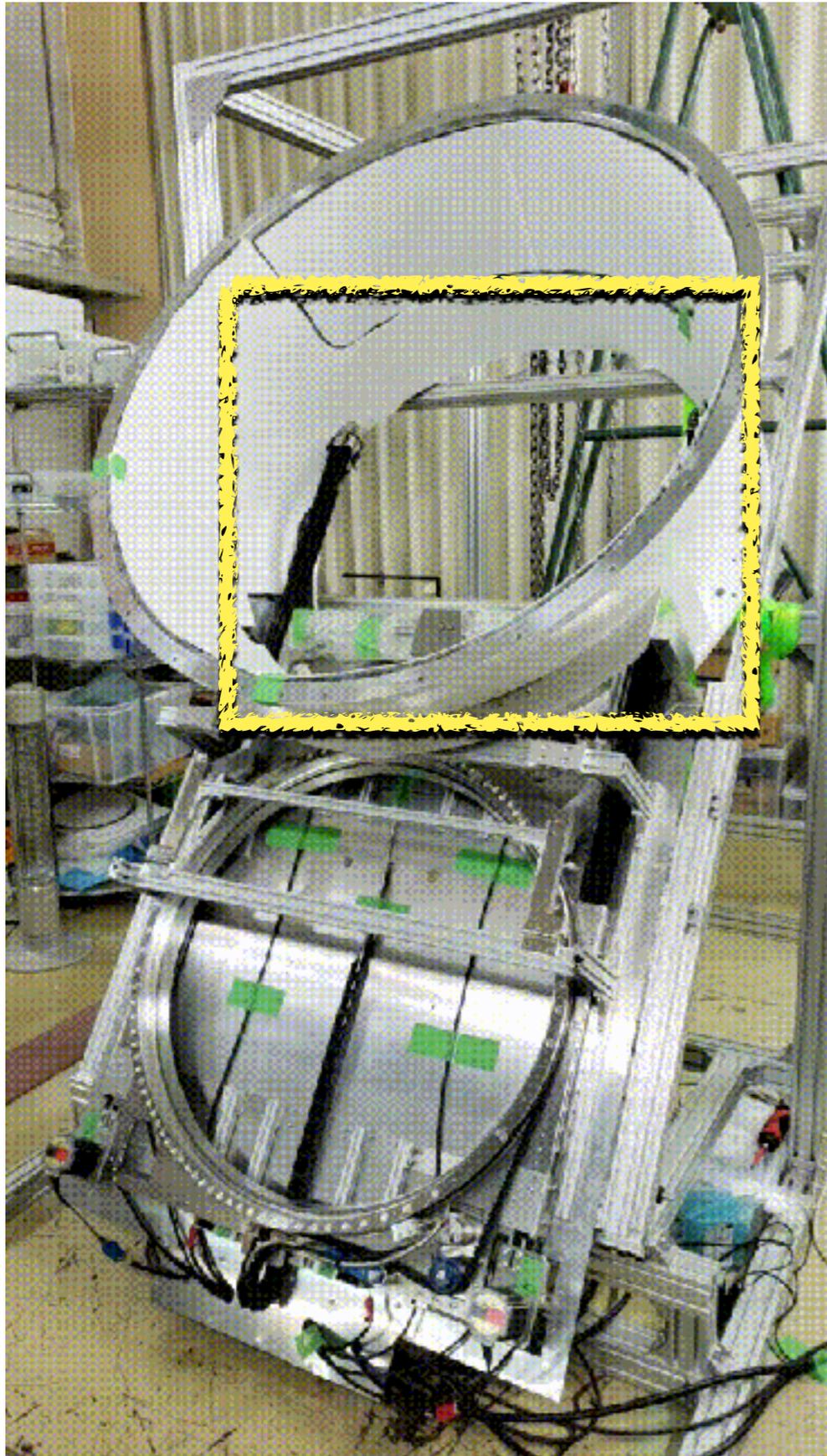
実際の写真



1万個の超伝導検出器
TESとそのアンテナ

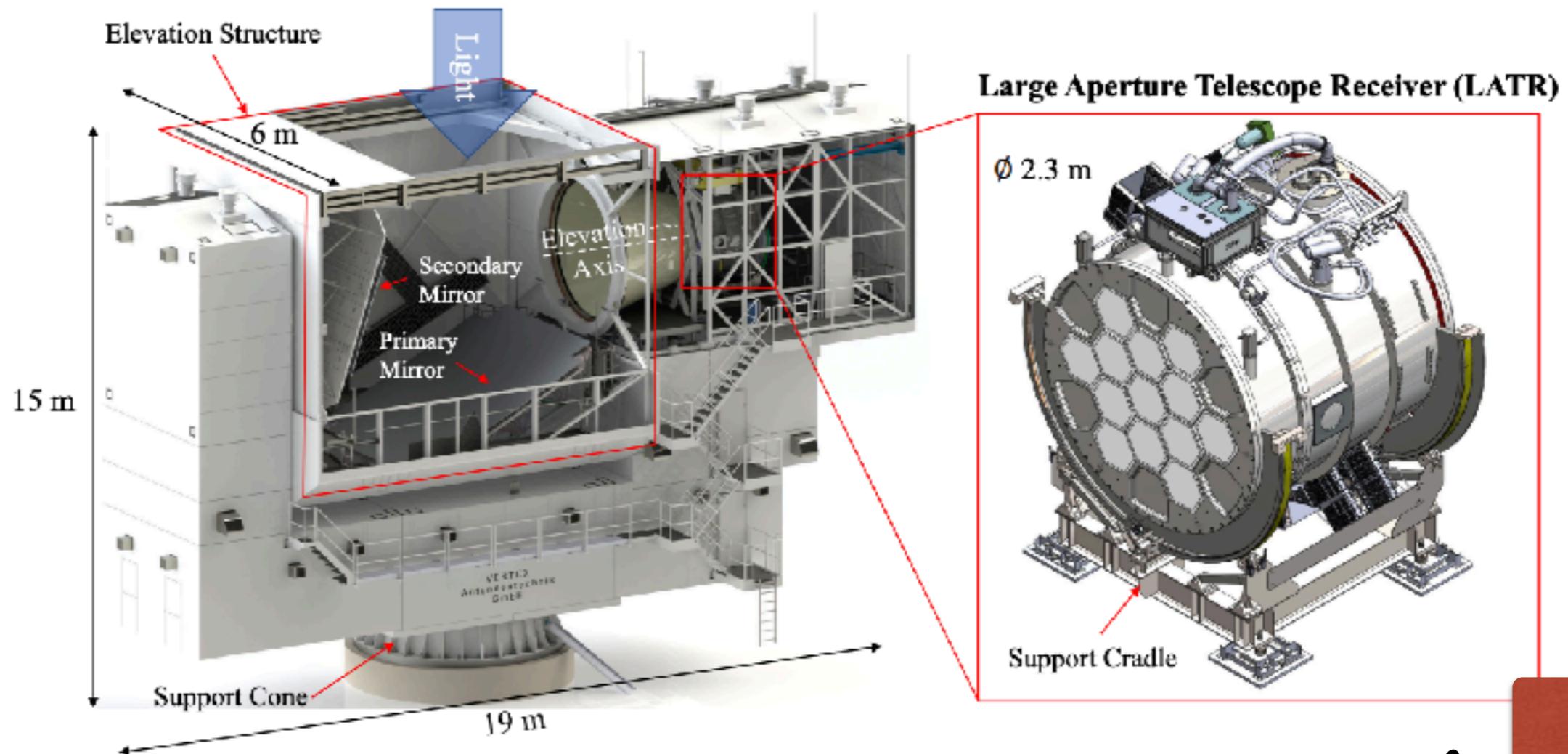


SAT の開発例 (校正装置 wiregrid)



8倍速

大口径望遠鏡 (LAT)



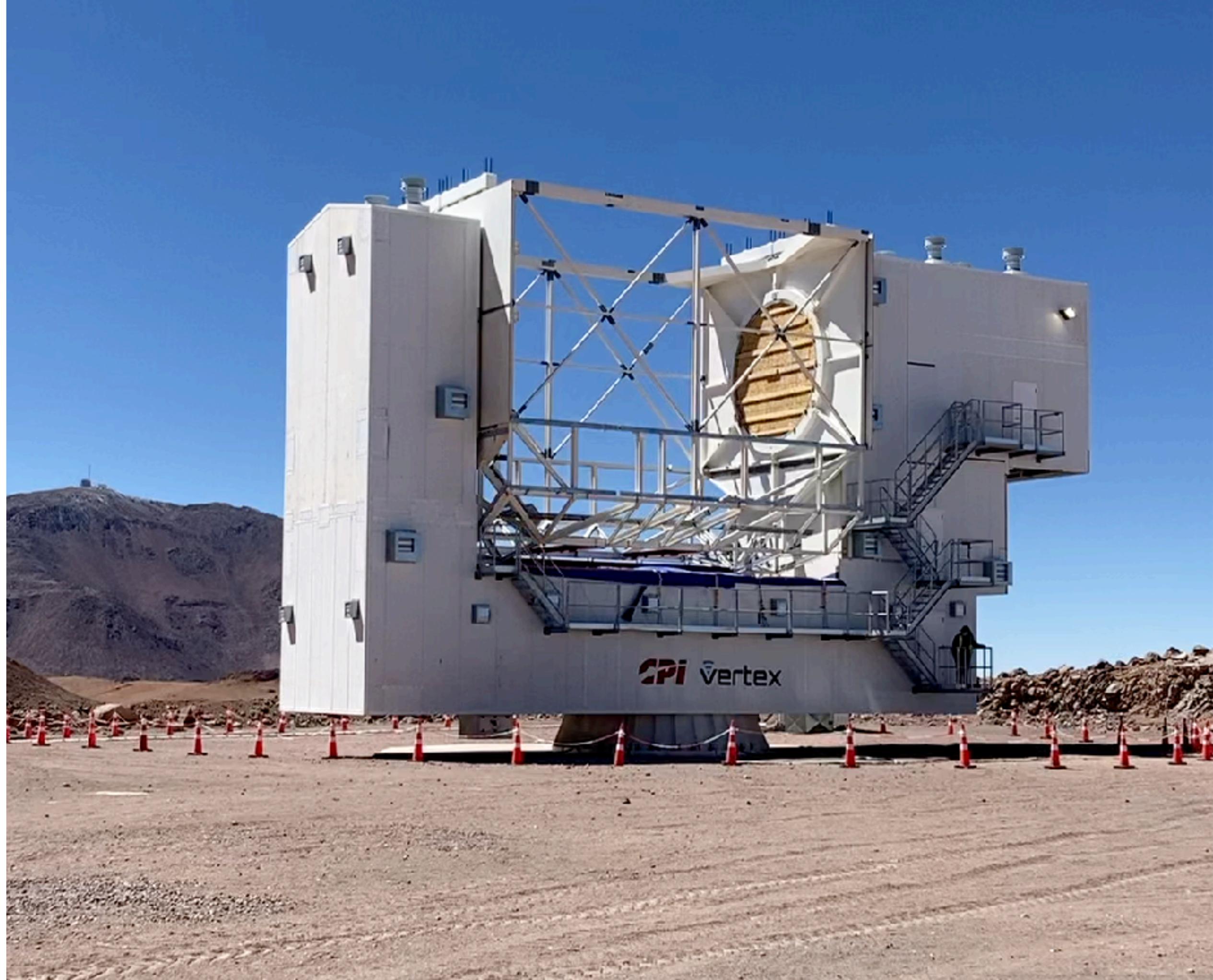
- Σm_V , N_{eff} , galactic science etc...

$$\theta \sim \frac{\lambda}{D}$$

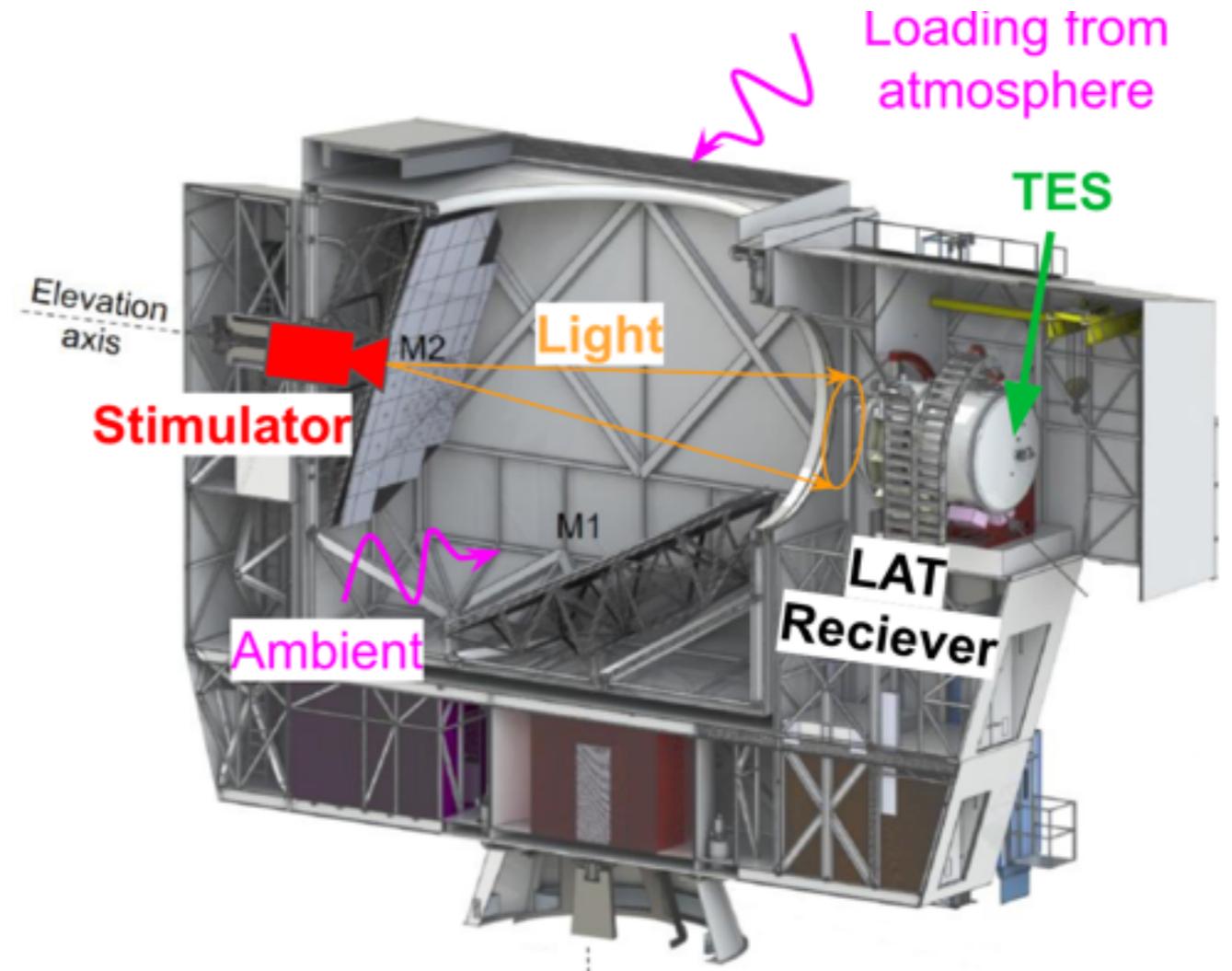
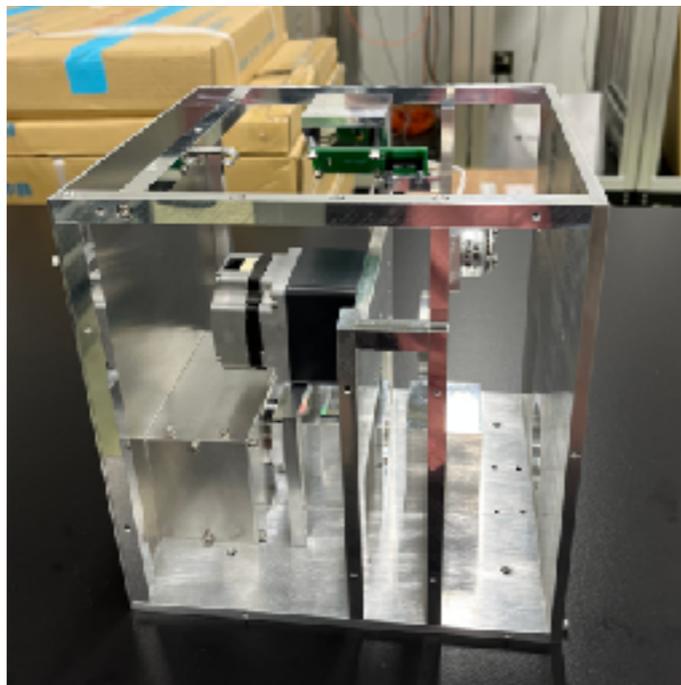
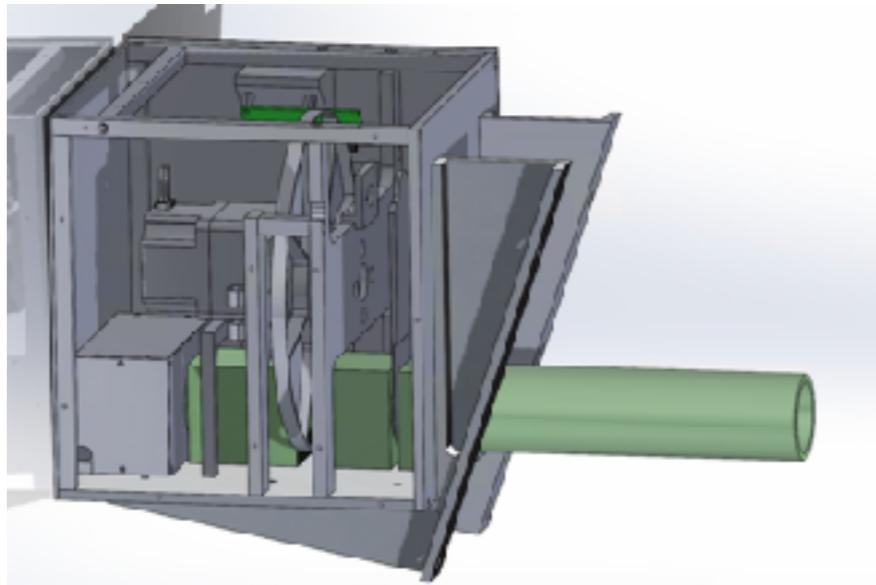
波長

角度分解能

望遠鏡の
デカさ

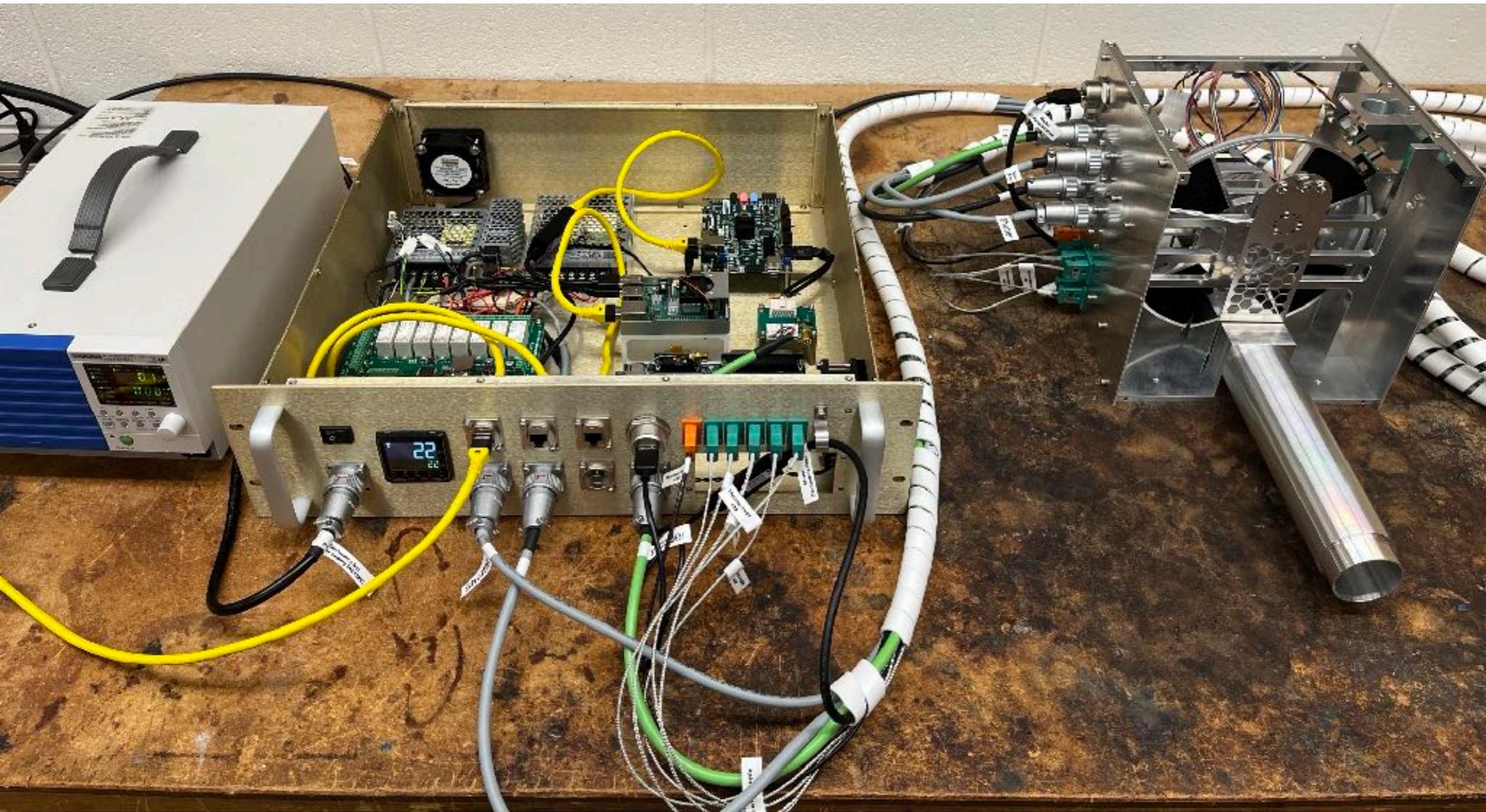


LAT の開発例 (stimulator)



- 人工放射源をつくって検出器を校正

Operationテスト進行中



Operationテスト進行中

エレキで

Shutter

Chopper

光路のパイプを
覗き込み

M2 星野



M2 笠井

TSATチーム
Ben, Yuhan, Allen



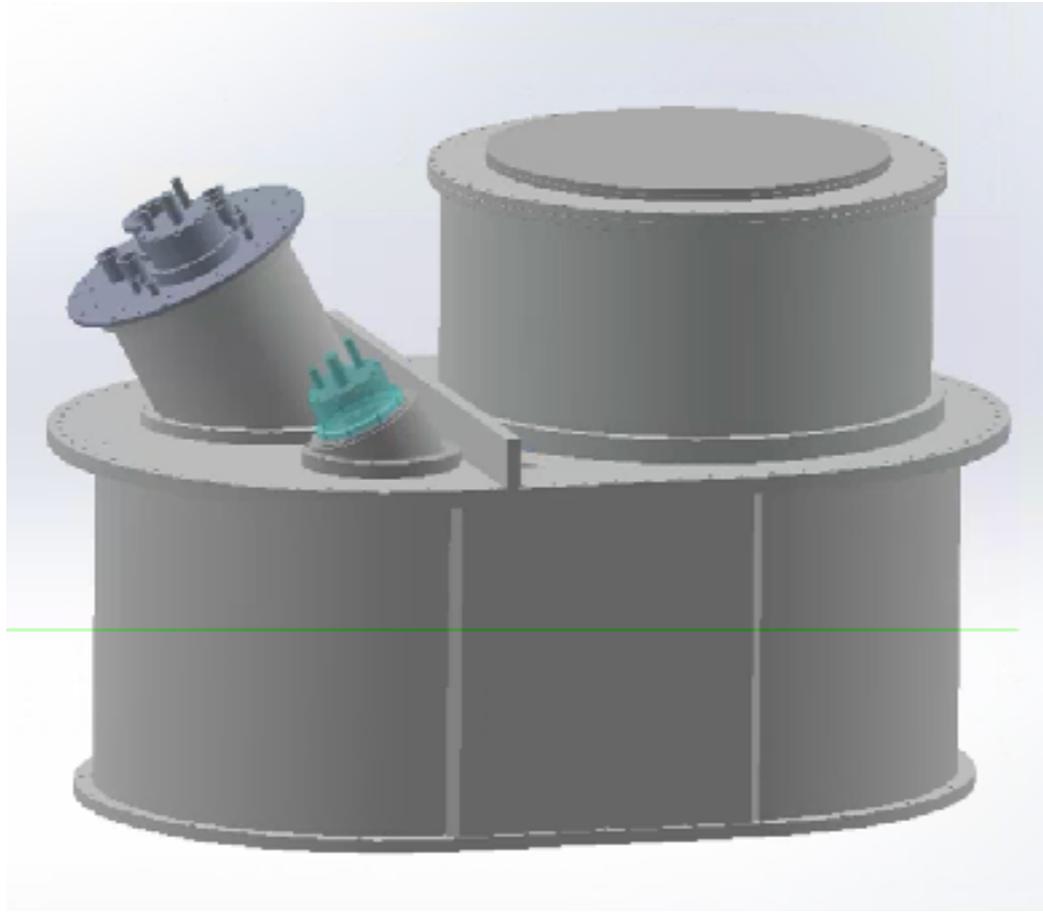
宿泊所のいぬ



アルゼンチン式BBQ



日本でもSAT開発中



- 2024: チェンバー完成、東大で試験
- 2025: 希釈冷凍機を入れて試験 @ 京都大学
- Shipping / 現地へのインストール

修士のテーマ

- **GroundBIRD :**
 - 新しい断熱構造体の開発
 - 恒星を用いたキャリブレーション手法開発
 - 新センサー開発（両偏波・多色）、多重化読み出しなど
- **Simons Observatory**
 - 日本のSAT開発・評価
(温度計測・制御、リードアウト、DAQ...)
 - など

ミーティング情報

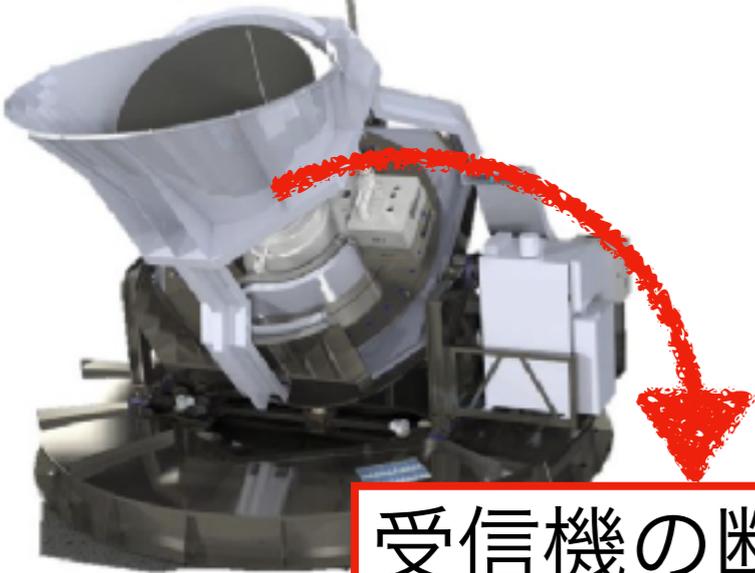
- 京都CMBグループ
 - 火曜 9:00 ~、ゼミ 13:00 ~
 - ミーティング、ゼミは対面 / zoom ハイブリッド
- GroundBIRD
 - 金曜 17:00~ (夏時間) 18:00~ (普段)
- Simons Observatory
 - SO-Japan 火曜 11:30~
 - SAT 火曜 7:00~ (夏時間) SAT WBS 火曜 7:00~ (夏時間)
 - and more...

Contact

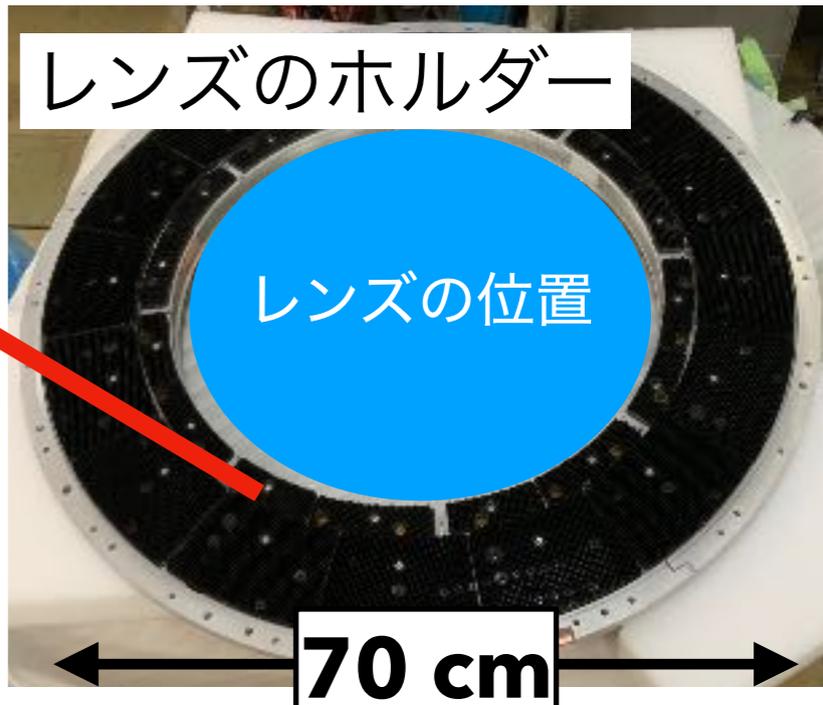
- 教授: 田島 303 号室 GB、SO
- 助教: 鈴木 306 号室 GB、SO
- 助教: 安達 302 号室 SO
- (ポスドク: 清野 プリンストン大学)
- 学生:
 - 中田 D3 304 号室 SO
 - 片岡 M2 306 号室 GB
 - 笠井 M2 303 号室 SO
 - 星野 M2 302 号室 SO

望遠鏡のパーツ 「黒体」 製造のバイト募集

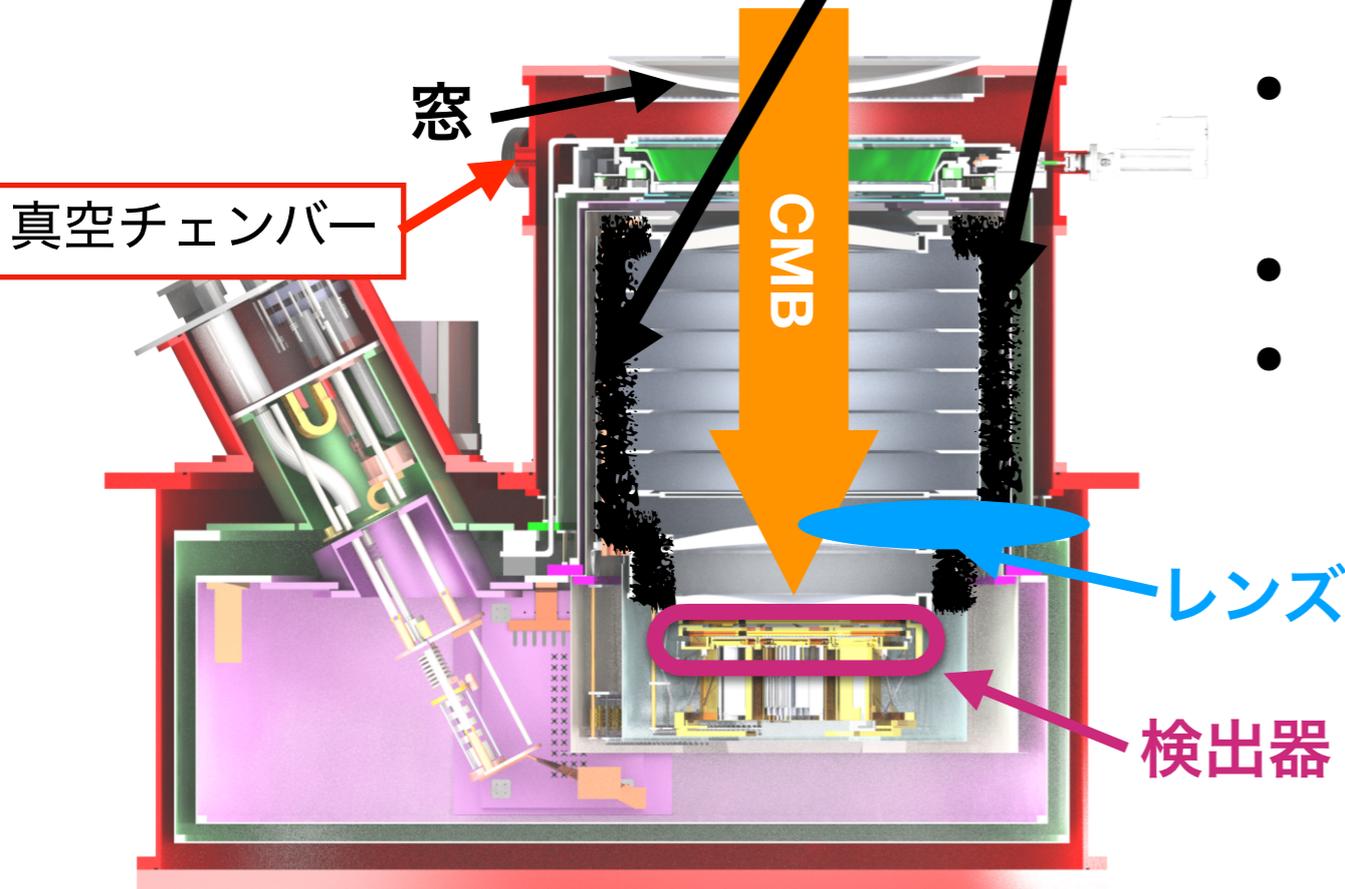
京大で作る望遠鏡



電波吸収体 のこと



受信機の断面図



- この製造バイトを6~8月のどこか1ヶ月で募集したい @ 北館351
- 時給 1300 円
- 未経験者 OK (技術不要)

