

共同開発研究 (FY21-)
グリーンランド望遠鏡用
サブミリ波カメラの開発

竹腰達哉 (北見工業大学)

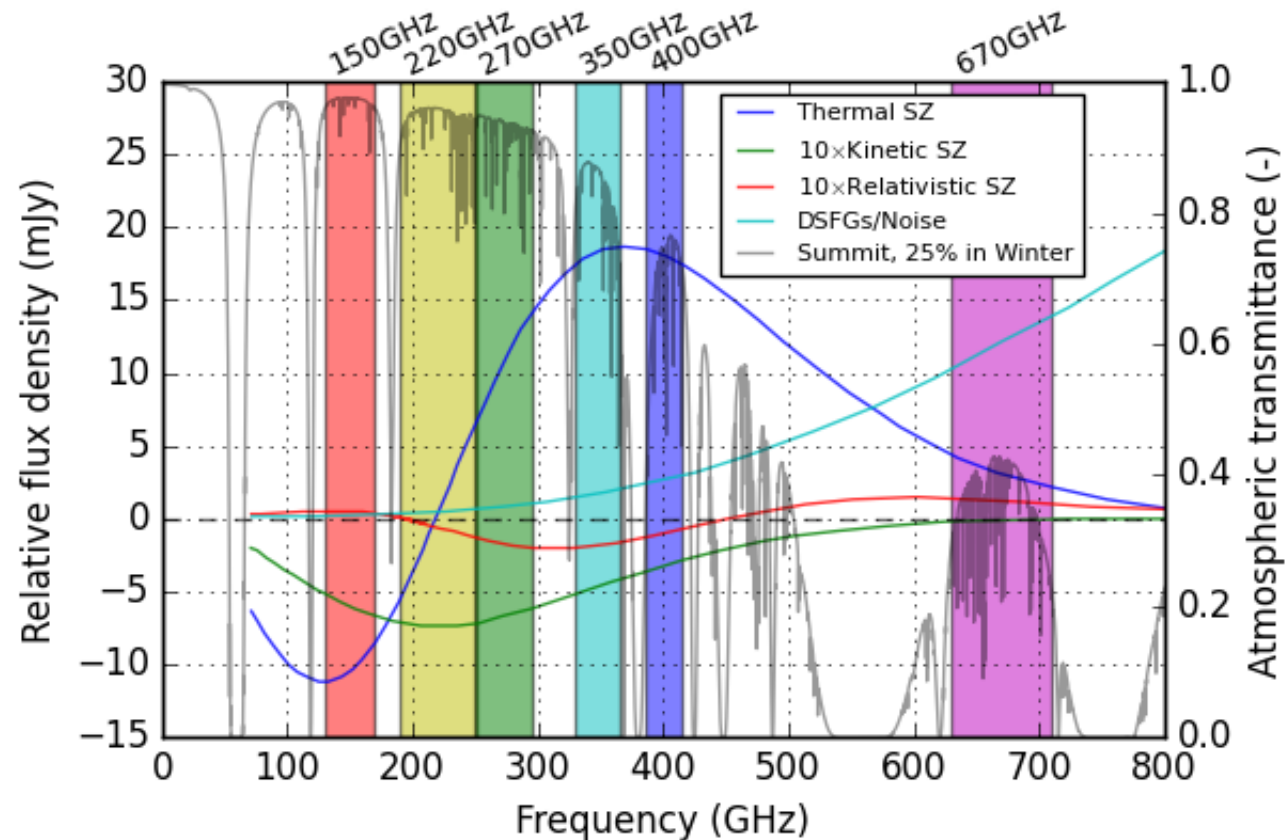
北見工業大学

- 日本最北の国立大学
 - 地域特色を生かした雪氷科学、寒冷地工学、冬季スポーツ科学などに特色
- 天文・宇宙天気の研究者也多数在籍
- (来年度から) 情報科学と天文学を学べる
新コースも設置
 - 地学・天文教育の充実
 - データサイエンス・AIの天文学への応用
 - 観測装置・観測手法の開発



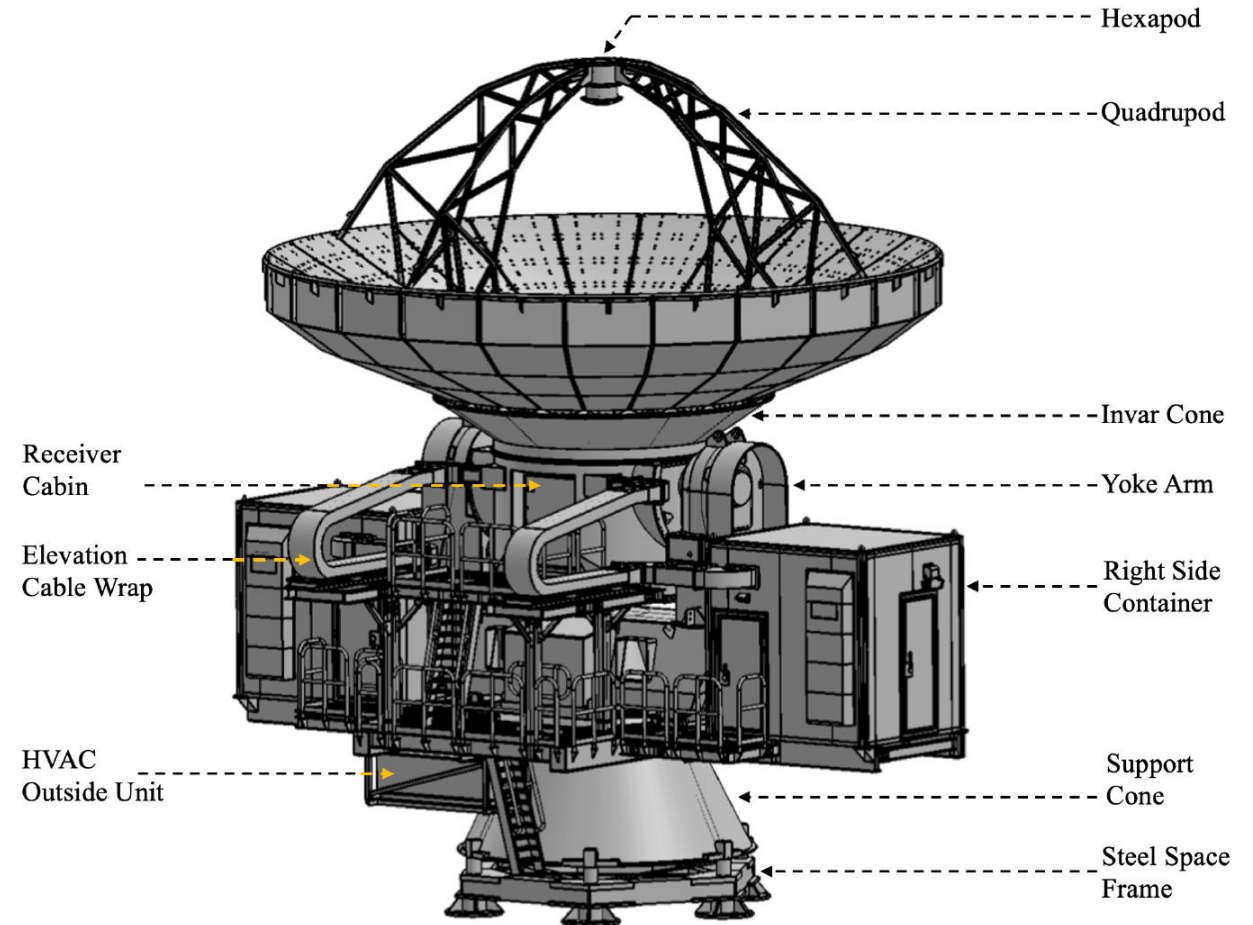
銀河団衝突合体の物理

- Sunyaev-Zel'dovich(SZ)効果を利用した銀河団プラズマの温度・運動を検出
- 観測的要求
 - 120-720GHzで最低6色の観測が必要
 - 広がった天体のため>15分角以上の広視野



グリーンランド望遠鏡

- ALMA NA prototype antenna
- 運用:ASIAA/SAO/デンマーク他
- 大口径: 12m
- 鏡面精度 $<20 \mu\text{m}$
- EHT/GMVAでのサイエンス
- 現在はグリーンランド・ピツフィク基地に設置。将来的にグリーンランドサミット基地（標高3200m）へ移設予定

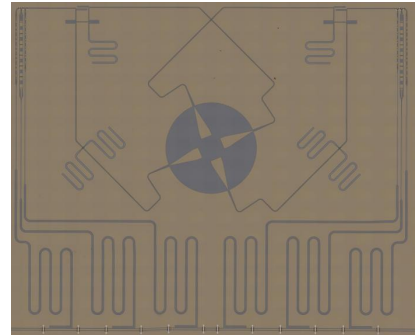
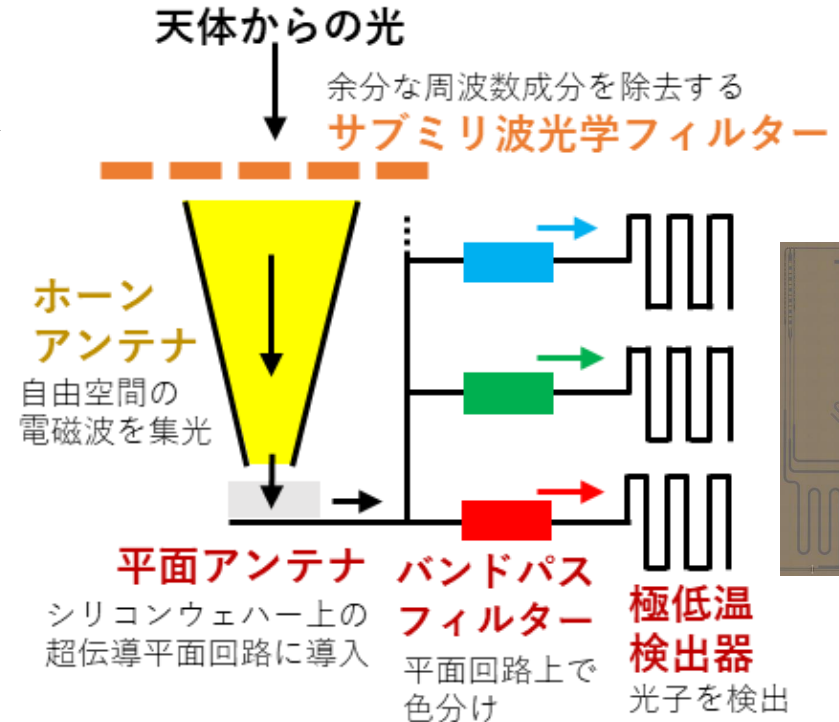


Chen et al. 2023

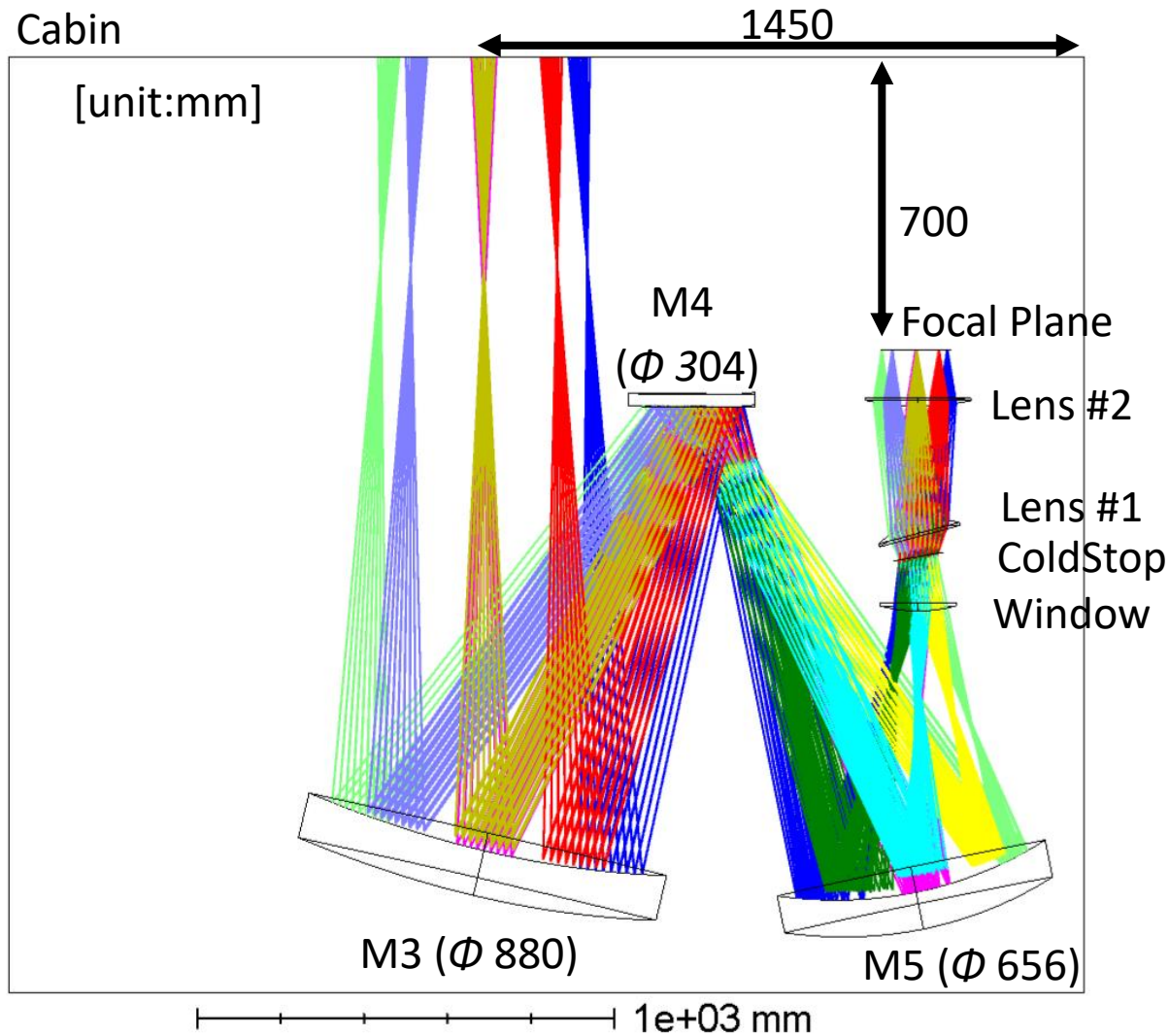
GLTCAMの特徴

- ミリ～サブミリ波 6 色の広域探査観測
- 多色検出器アレイ
 - ミリ波(LF)・サブミリ波帯(HF)の3バンドを単一焦点面で同時観測
 - 同一ウェハー上のオンチップバンドパスフィルターと超電導検出器MKIDを組み合わせて3色同時に撮像
- 光学系
 - GLTの12 mの大口徑を活用
 - 高分解能で点状天体の検出と分離
 - ➔ キャビンサイズに収まる光学設計

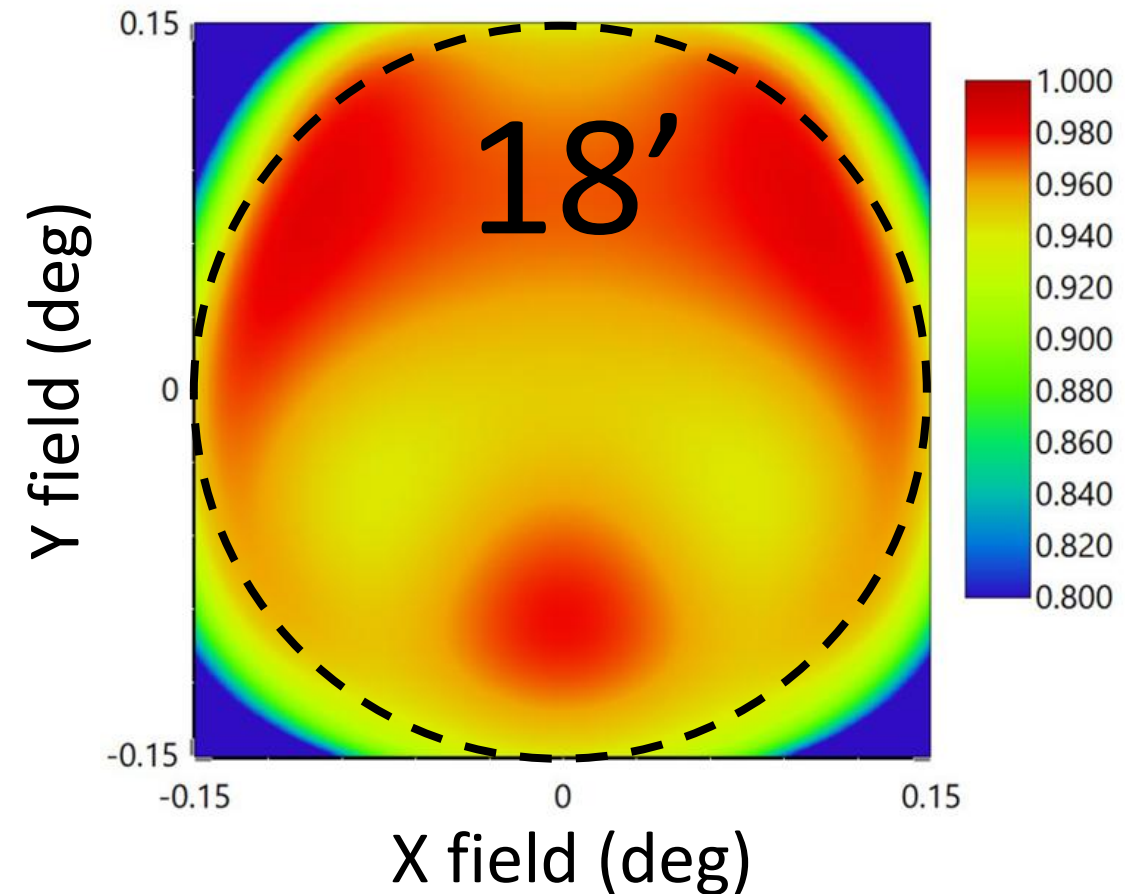
	Wavelength	Frequency (GHz)	Bandwidth (GHz)	Band (GHz)	FWHM (")
LF	2 mm	150	40	130-170	41
	1.4 mm	220	60	190-250	29
	1.1 mm	270	45	250-295	24
HF	850 μ m	350	35	330-365	17
	750 μ m	400	30	385-415	16
	450 μ m	670	80	630-710	10



FoV 18'の超広視野光学系設計

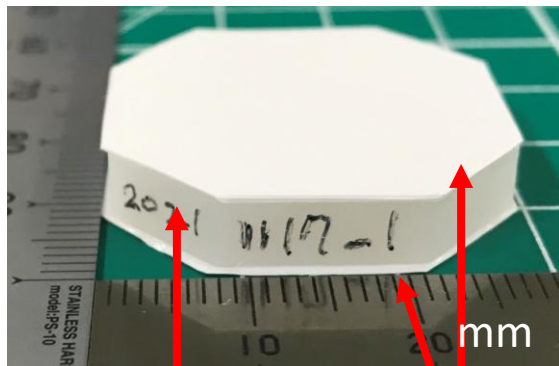


Strehl ratio >0.93 @450 μ m

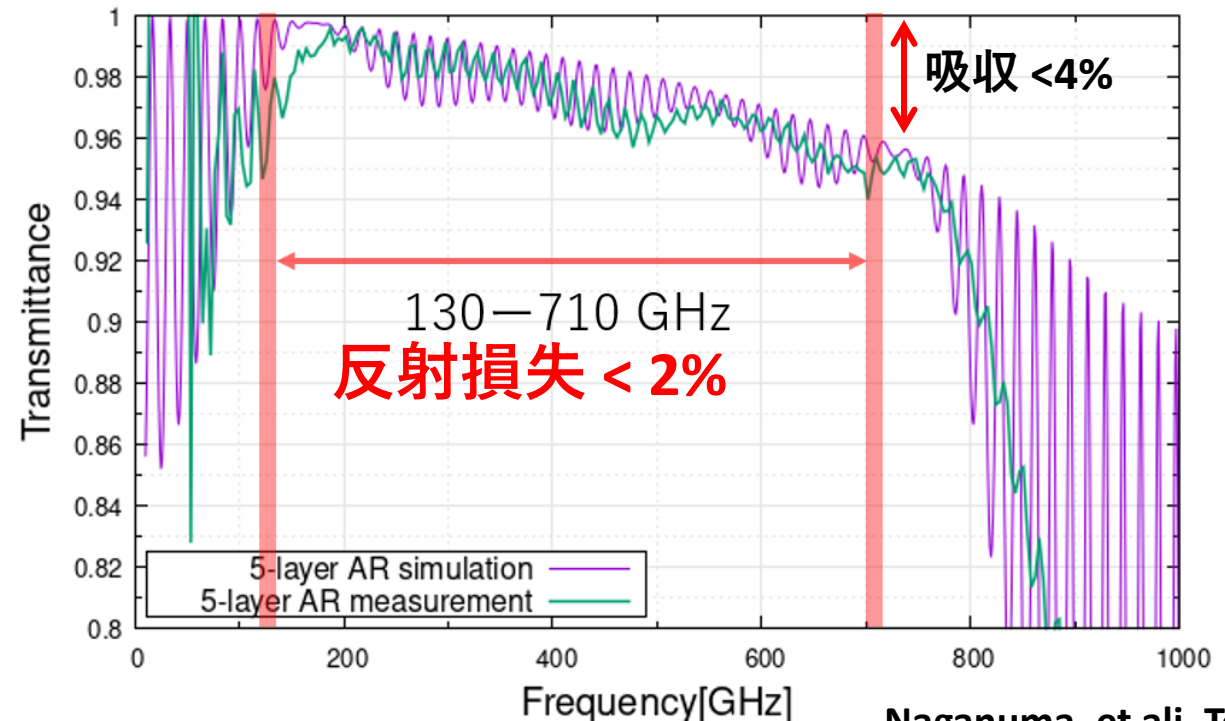


超広帯域反射防止技術の開発

- 真空窓やレンズに要求される反射防止の誘電体膜
 - THz-TDS(テラヘルツ時間領域分光)を用いた材料開拓→ $n=1.1\sim 1.4$ の様々な厚さの薄膜材料
 - 接着層を考慮した多層 (5層) 反射防止膜の最適解探索による設計手法を開発
- カメラ6色相当のポリエチレン窓用の多層反射防止膜は実現

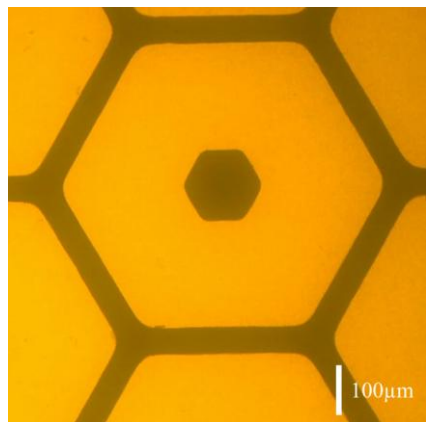


UHMWPE substrate
Multi layer porous PTFE AR



Naganuma, et ali. To be submitted

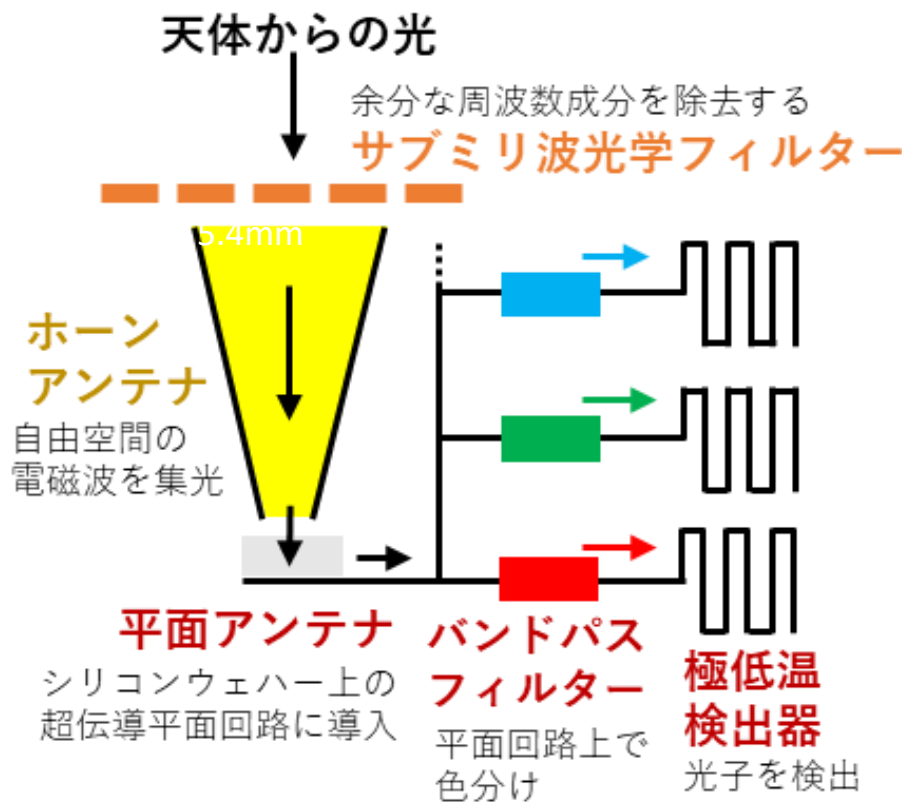
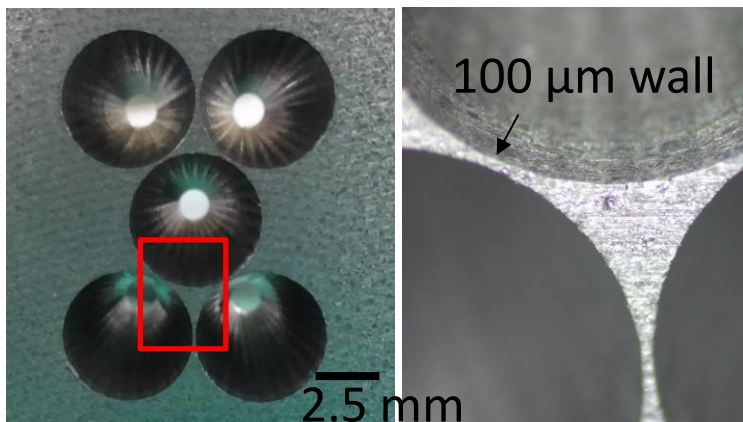
多色検出器の開発



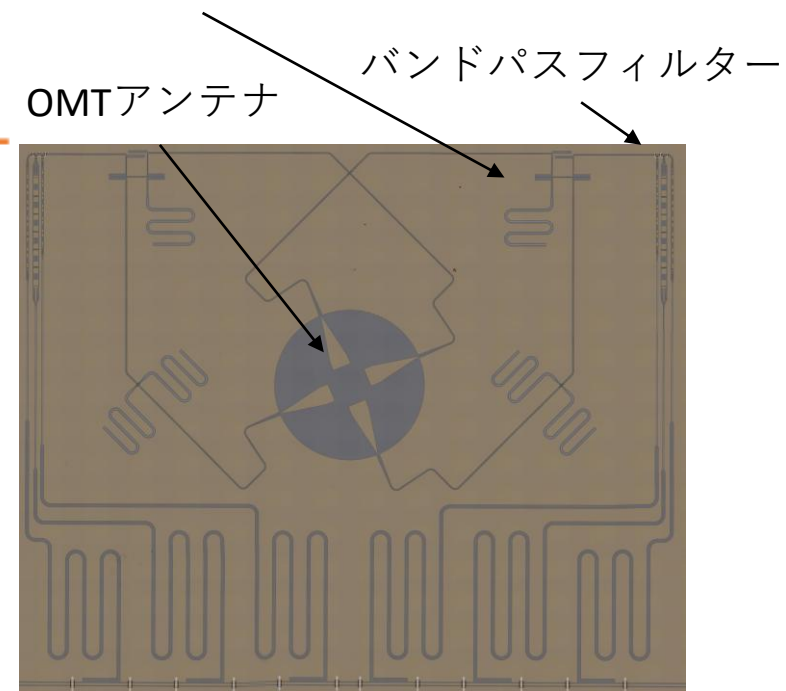
フレキシブルプリント基板で製作した
バンドパスフィルター Uno, et al. 2020

500μm

シリコンアルミ複合材を使った
低熱収縮率パッケージ材
Takekoshi et al. 2022



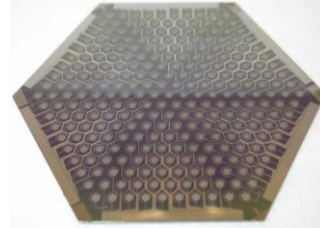
広帯域180°ハイブリッド
比帯域2.3 (6-14GHz), 反射損失<-20 dB
(Inoue et al. 2024)



8pixel テストチップ試作

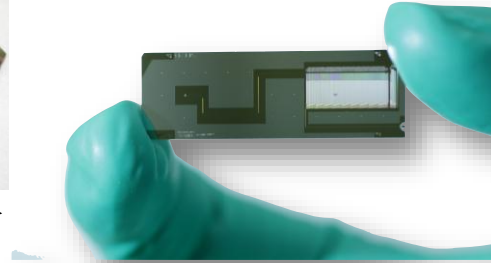
次世代超広視野観測装置へのステップアップ

2012-16: ASTECAM 10m FoV ~8 arcmin 400 pixels

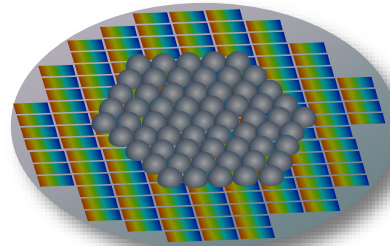


8cm

2017-2024: DESHIMA

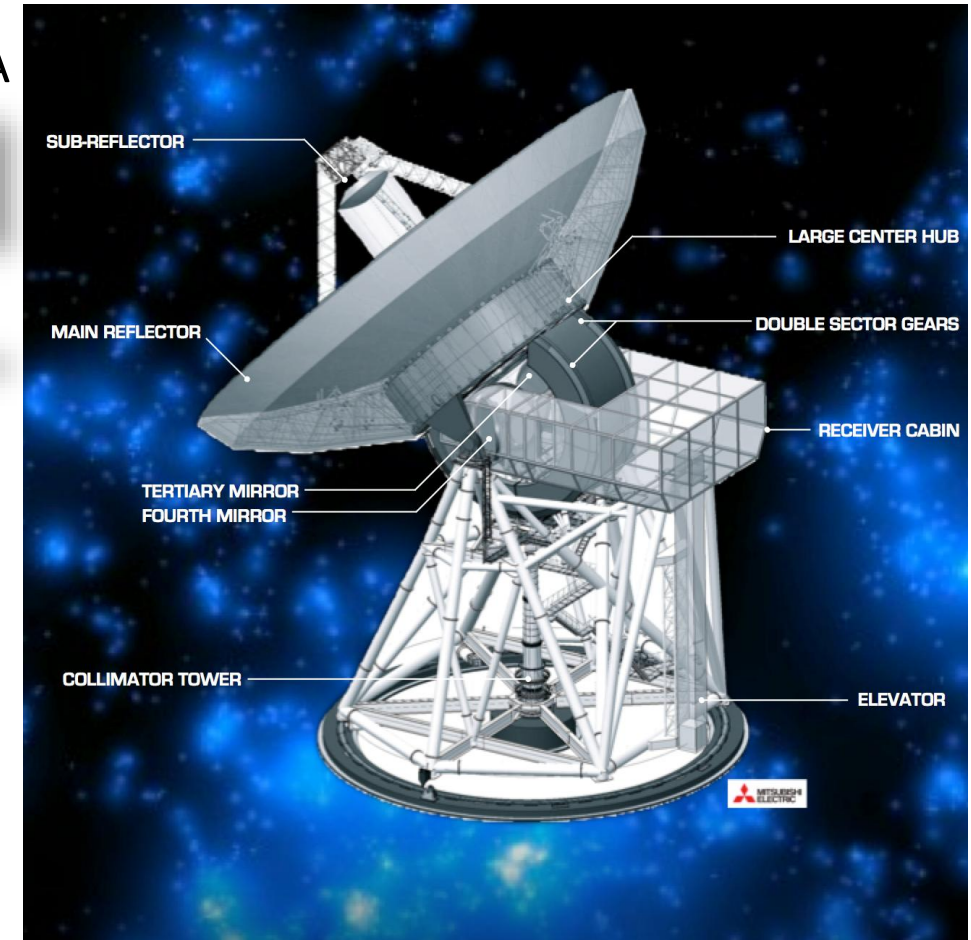
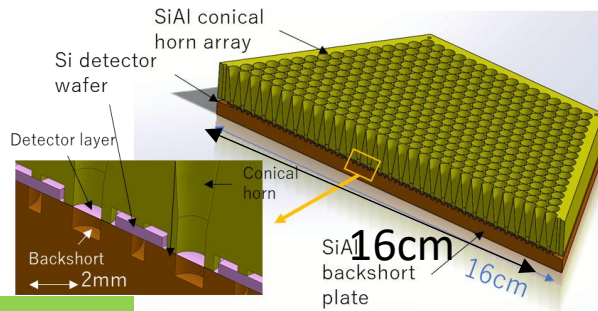


2027-?: ASTE TIFUUN
spectral imaging



~ 20k pix

2027-?: GLTCAM 12m FoV ~18 arcmin



2030s ~1M pixels, FoV ~1 deg
LST/AtLAST 50m class submm telescope

まとめ

- **GLTへの多色カメラの搭載**・科学運用に向けて、開発を推進中
 - 広帯域反射防止、検出器コンポーネント（BPF, Magic-T, MKIDs...）
- 今後の課題
 - 検出器の性能評価と性能向上
 - 搭載に向けた物品製作（冷却系、光学素子）
 - 大型光学素子用の反射防止膜の開発
- **ATCの皆さんのサポートや、装置の利用をさせていただき大変感謝しております。**引き続き、学生さんの積極的な受け入れや、次世代装置も視野に入れた長期的な研究開発をサポートいただければ幸いです。