

南極天文学研究部門 活動報告

久野成夫

南極天文学研究部門

1. 南極天文学による暗黒銀河探査
2. 銀河、銀河系、宇宙構造等の観測的研究
3. 宇宙の構造と進化、生命の起源に至る物質進化の理論的研究

構成員

部門長：久野成夫(p)

構成教員：新田冬夢(a)⇒退職、(後任人事が進行中)

橋本拓也(a)、徂徠和夫(pCA: 北大)

連携教員：中井直正(p: 関西学院大)、瀬田益道(p: 関西学院大)、

梅村雅之(p)、笠井康子(p客員: NICT)、

西堀俊幸(ap客員: JAXA)、渡邊祥正(ap: 芝浦工大)

研究員：高水裕一(CCS)、齋藤弘雄⇒任期満了、

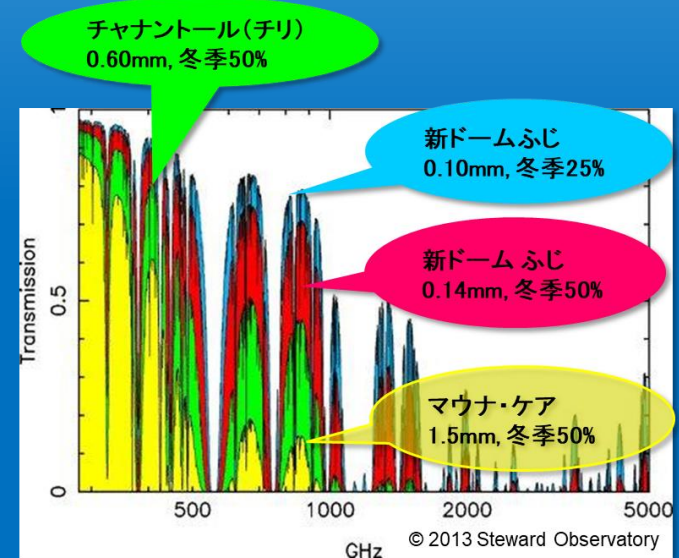
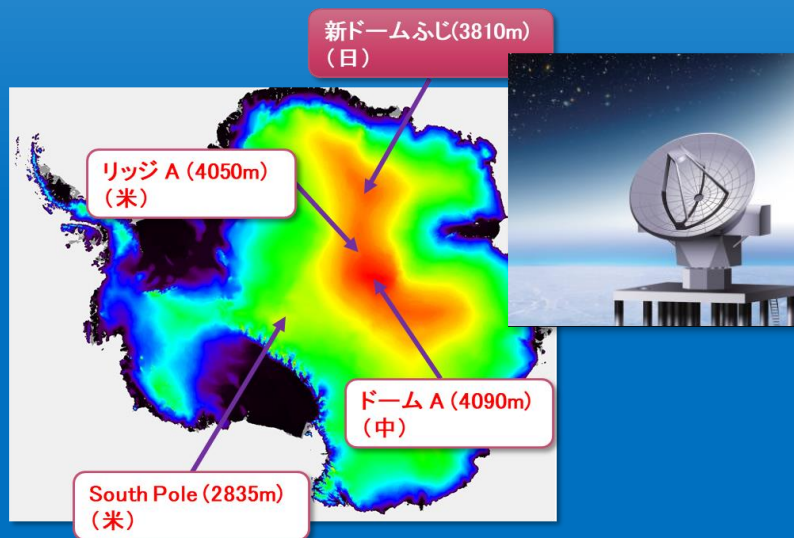
Salak Dragan⇒異動(北大)

10m級テラヘルツ望遠鏡(ATT10)

南極内陸部:地上最高の観測サイト

10m級テラヘルツ望遠鏡(超広視野)@新ドームふじ基地

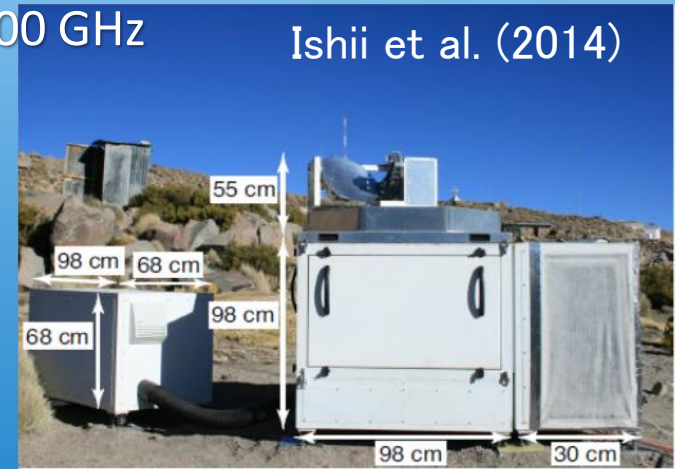
- 高い大気透過率 ⇒ 地上で唯一、THzでの観測が可能
- 極めて安定な大気 ⇒ 大規模サーベイを可能に
- 建設費 26億円/7年
- 年間運用費 1.6億円/年(うち基地運営費 1.2億円/年)
- 広域サーベイ観測(50%)、個別観測(10%)、共同利用(40%)
- 想定される提案者: 永田恭介 筑波大学長



南極天文学の推進計画

- 南極地域観測第X期6か年計画(2022年度—2027年度)

- 30 cmサブミリ望遠鏡 [CI](1-0)&CO(4-3)@500 GHz
- 30 cm強度干渉計
- 南極天文学のアピール
 - 天文にとっての南極の重要性
 - 極域科学内での存在感の向上
- 南極内陸部での経験



- 南極地域観測第XI期6か年計画(2028年度—2033年度)以降

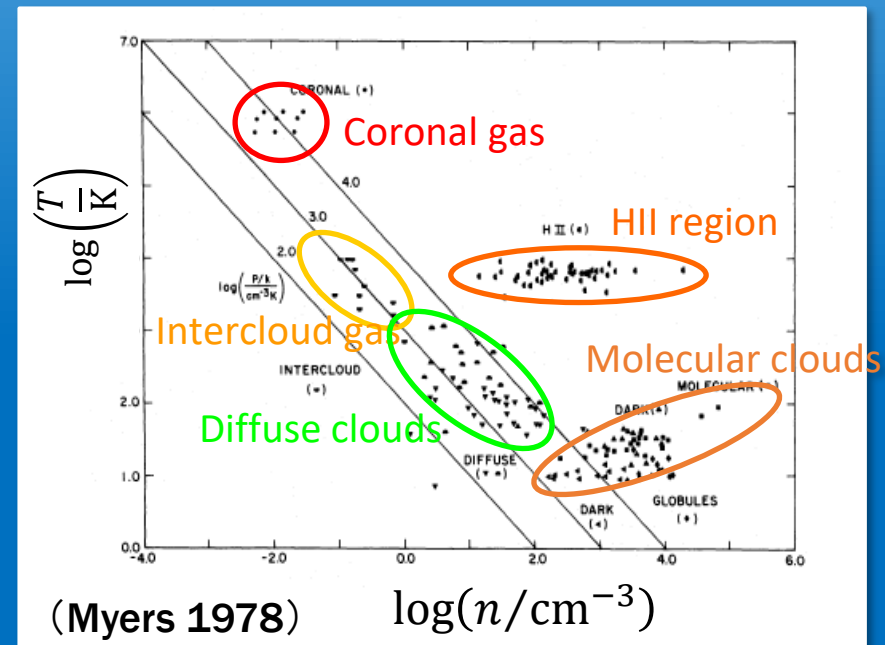
- 新ドームふじ基地(天文観測も含めた)
- 10 mテラヘルツ望遠鏡の実現
- 30 m級テラヘルツ望遠鏡



南極30cmサブミリ波望遠鏡

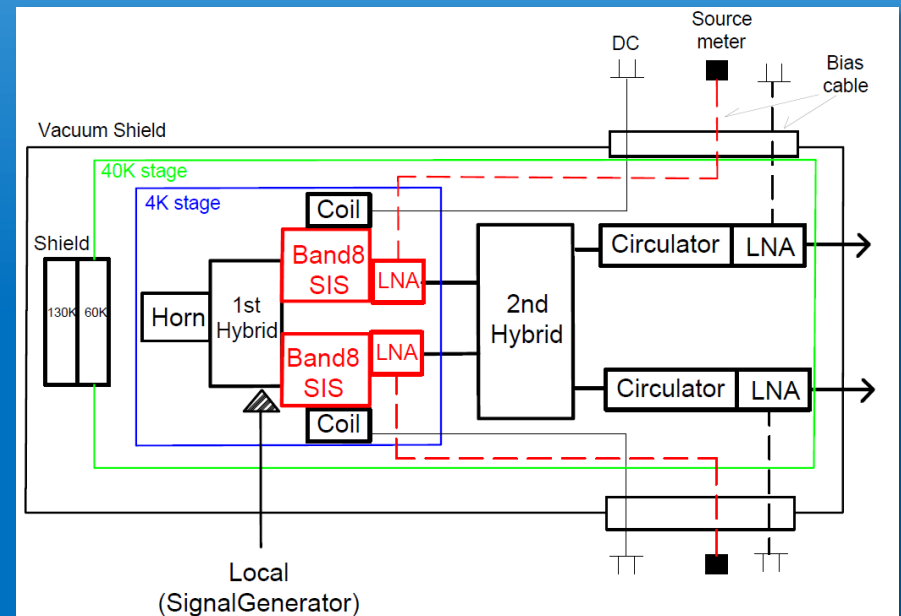
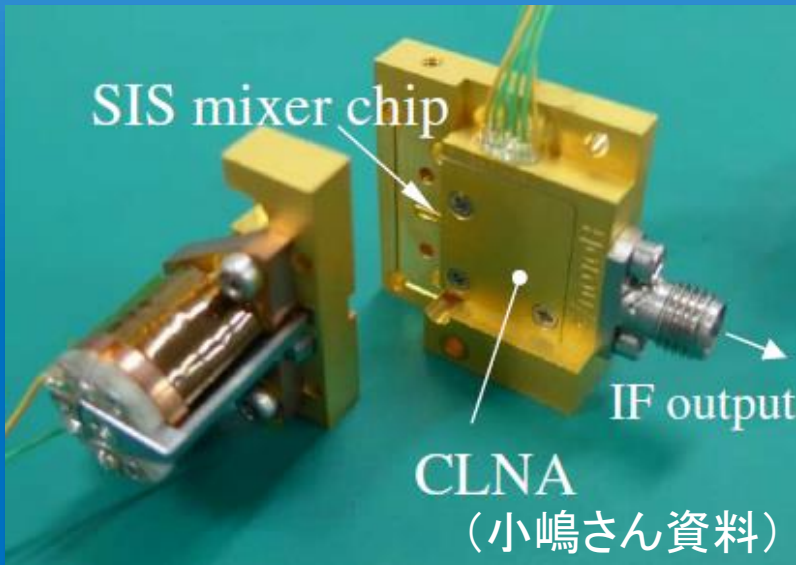
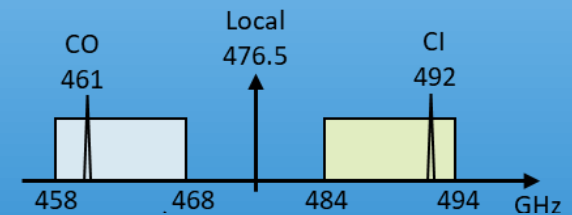
- $[C\text{I}](^3P_1-^3P_0)$ と $\text{CO}(J=4-3)$ による銀河面サーベイ
- CfA $\text{CO}(J=1-0)$ サーベイと同じビームサイズ
⇒ 希薄なガスから高温高密度ガスまで
⇒ 星間ガスの進化過程の理解

- 500 GHz 2SB受信機
- 低消費電力 < 2.4kW
- 低温対策
 - モーター用ヒーター、低温ケーブル
- 人力による分解・組み立て可能
 - 総重量: 800kg (輸送用木箱込み)
 - 最も重い部分: 60kg
 - 4人で組み立て可能



500 GHz 2SB受信機のアップグレード

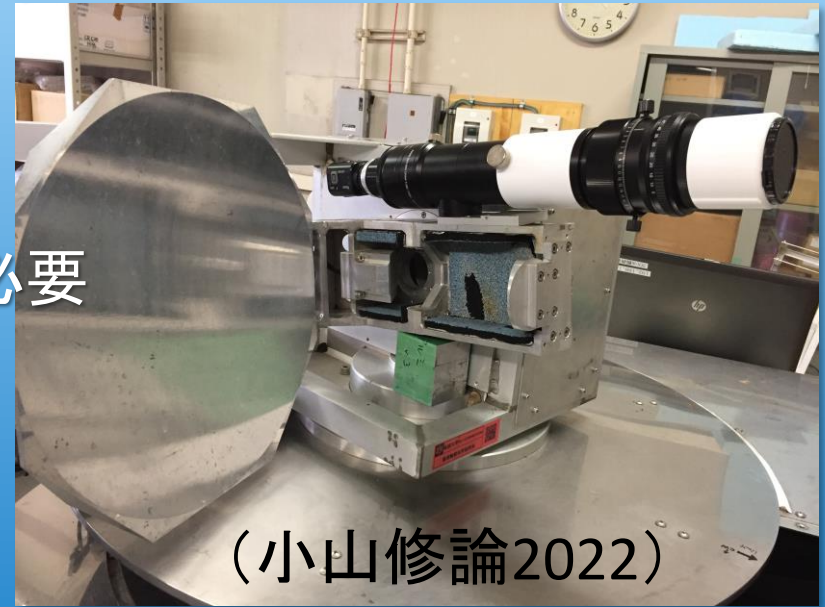
- 広帯域・低雑音化
- 国立天文台ATC(小嶋さん他)と共同研究 (瀧口修論2022)
 - 広帯域 SIS mixer (ALMA band 7+8)
 - IF バンド幅: 4 - 8 GHz $\Rightarrow$ 8 - 18 GHz
 - [CI](3P_1 - 3P_0): 492 GHz
 - CO($J=4-3$): 460 GHz } 同時観測



30cm望遠鏡アップグレード

光学ポインティング装置

- 南極夏季：昼
⇒ 日中の光学ポインティングが必要
- 視野 ($1.06^{\circ} \times 0.78^{\circ}$)
- 3-4等星まで (~ 120 個)
- 自動化 (~ 1 時間)
- 光学軸と電波軸の調整が必要 (JAXA西堀さん)

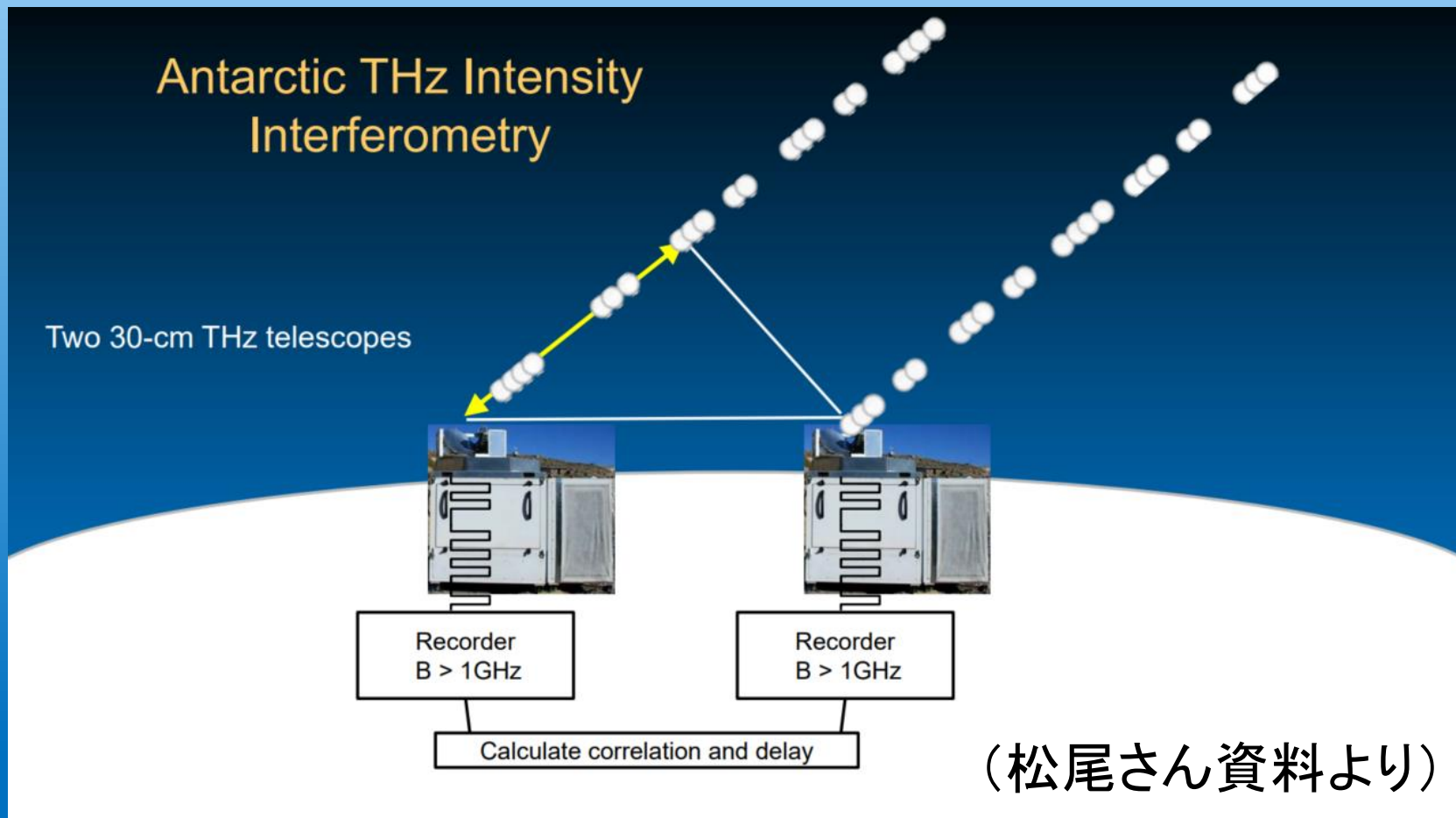


(小山修論2022)

分光計

- RPG-XFFTS
 - バンド幅 : 2.5 GHz (1500 km/s @ 500 GHz) $\times 2$
 - チャンネル数 : 32768
 - 周波数分解能 : 88.5 kHz (0.0531 km/s @ 500 GHz)

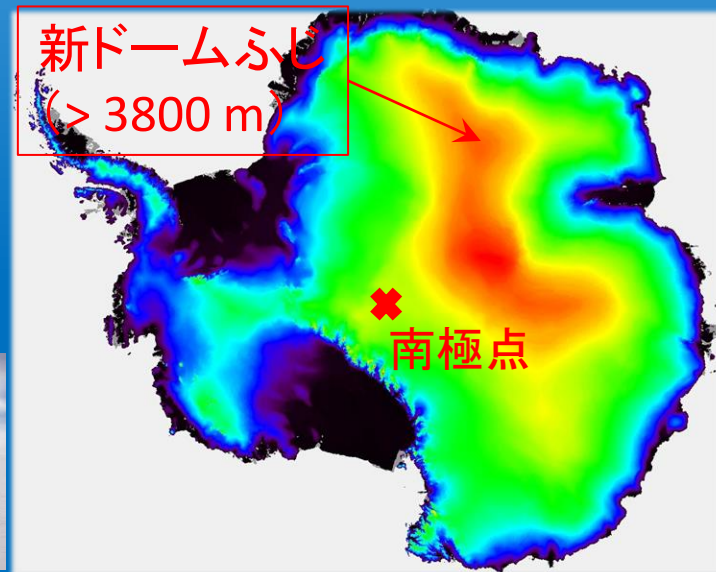
テラヘルツ強度干渉計



- 30cm鏡2台による干渉計実験
 - 500 GHz ⇒ 将来的にはNII@1.5 THz観測

望遠鏡設置サイト

- 新ドームふじ基地 (> 3800 m, 南緯 77.3° 東経 39.7°)
 - 国立極地研: 南極計画X期 (2022年-2027年) 一般研究観測
 - 2021年申請 不採択、2022年 再申請予定
 - 2024/2025年 新ドームふじ設置
 - 夏季のみ観測 (2か月弱 2名以内)
(将来的には冬季観測も視野に)
 - 観測棟、観測室



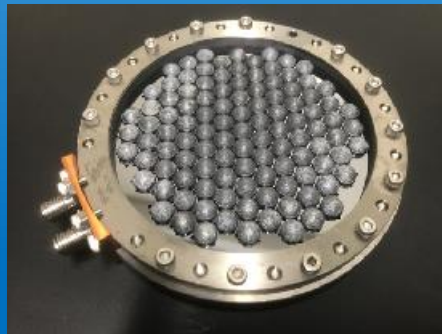
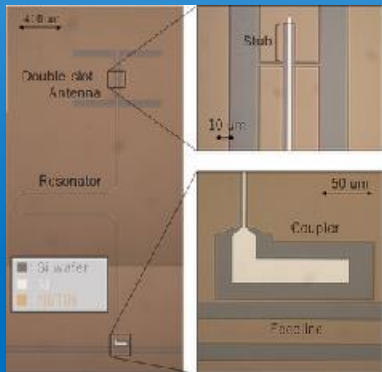
ドームふじ基地 (極地研ホームページより)

NRO45m鏡 100GHz MKIDカメラ



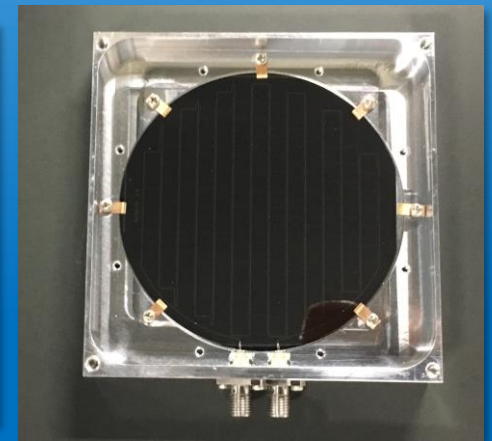
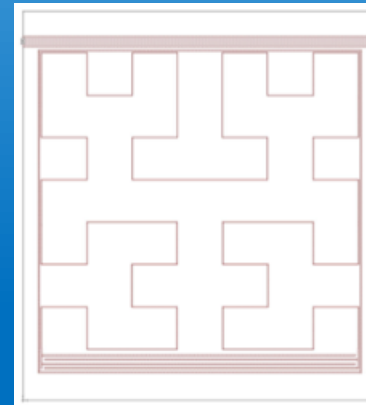
• Antenna-coupled KID

- 筑波大G作成
- ハイブリッド (Al+NbTiN)
- 109 素子
- 読み出し周波数4.7-5.2GHz



• Lumped element KID (LeKID)

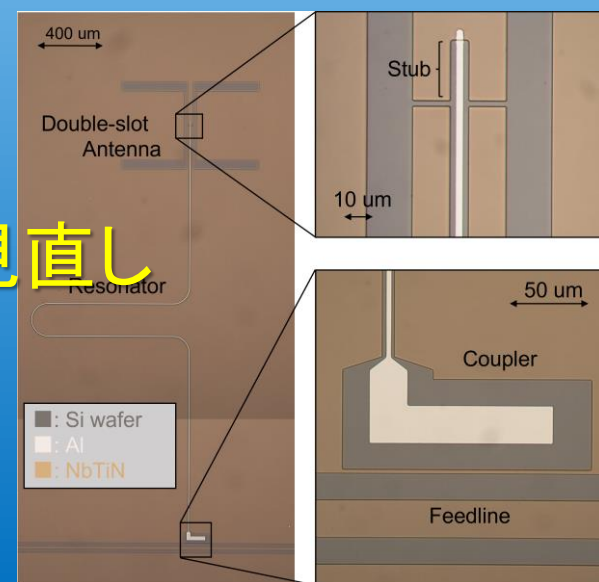
- グルノーブル大・ニール研究所提供
- Ti-Al 2層
- 144 素子
- 読み出し周波数0.6-1.0 GHz



性能の比較: 現時点でのoptical NEPはAntenna-coupled KIDの
ほうがおよそ3倍良い (野地修論2022)

NRO45m鏡搭載試験

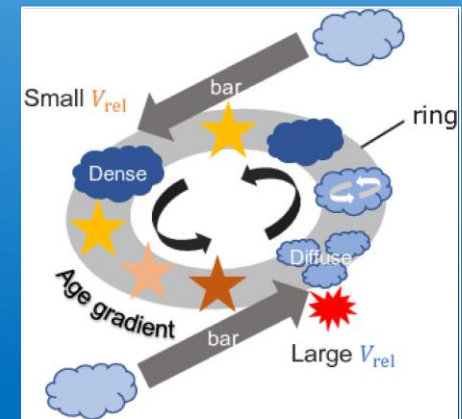
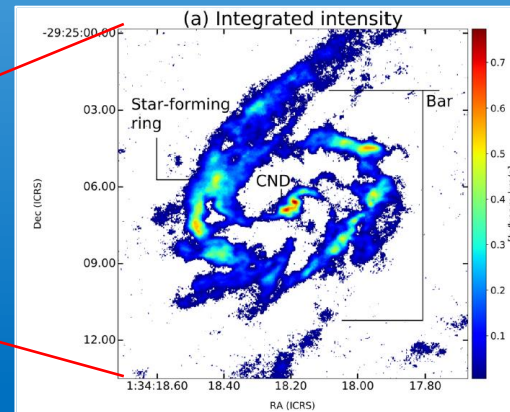
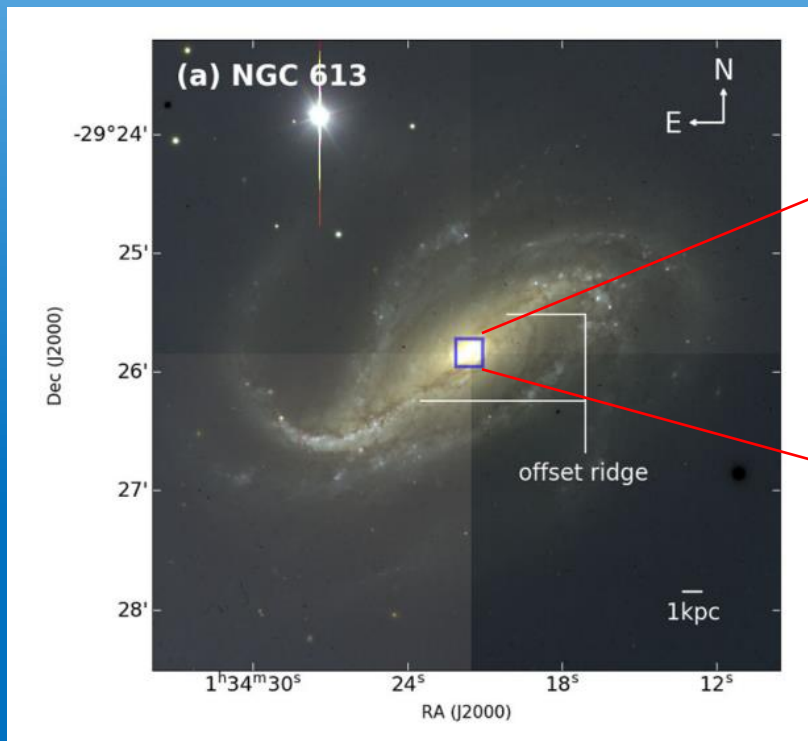
- 2018年5月 野辺山45m鏡搭載試験
 - MKIDの光学効率が低い
- ハイブリッドMKIDの開発（村山D論）
- Siレンズと真空窓の反射防止加工の見直し
- 2021年5月 野辺山45m鏡搭載試験（宮澤修論2022）
 - 感度向上を確認（～10倍）
- 2022年3月-4月 野辺山45m鏡観測予定（銀河系HII領域）



既存望遠鏡による観測

• 近傍銀河(棒渦巻銀河NGC613)

- ALMA: 中心部に落ちるガスの速度と星形成活動の関係
(Sato et al. 2021, 佐藤修論2021を出版)



(Sato+2021)

その他の活動・業績(1)

- 査読論文 19編

- ALMA、NRO45mなどによる銀河の観測的研究

- 研究会主催

- 極地研研究集会 2022年3月14日@極地研+zoom
“南極から遠赤外線-テラヘルツ波で探る宇宙”

- 受賞

- 橋本拓也助教
 - 令和3年度 文部科学大臣表彰若手科学者賞
 - 2021年度 学長表彰
 - 2021年度 日本天文学会欧文研究報告論文賞

その他の活動・業績(2)

• 外部資金

- 久野 1件(極地研研究集会 18.9万)
- 橋本 2件(卓越研究員事業 200万、研究活動スタート支援 143万)
- 徂徠 1件(科研費基盤C 143万)

• PIプロポーザル

- 橋本拓也 6件(ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡、ALMA、VLT、Seimei)

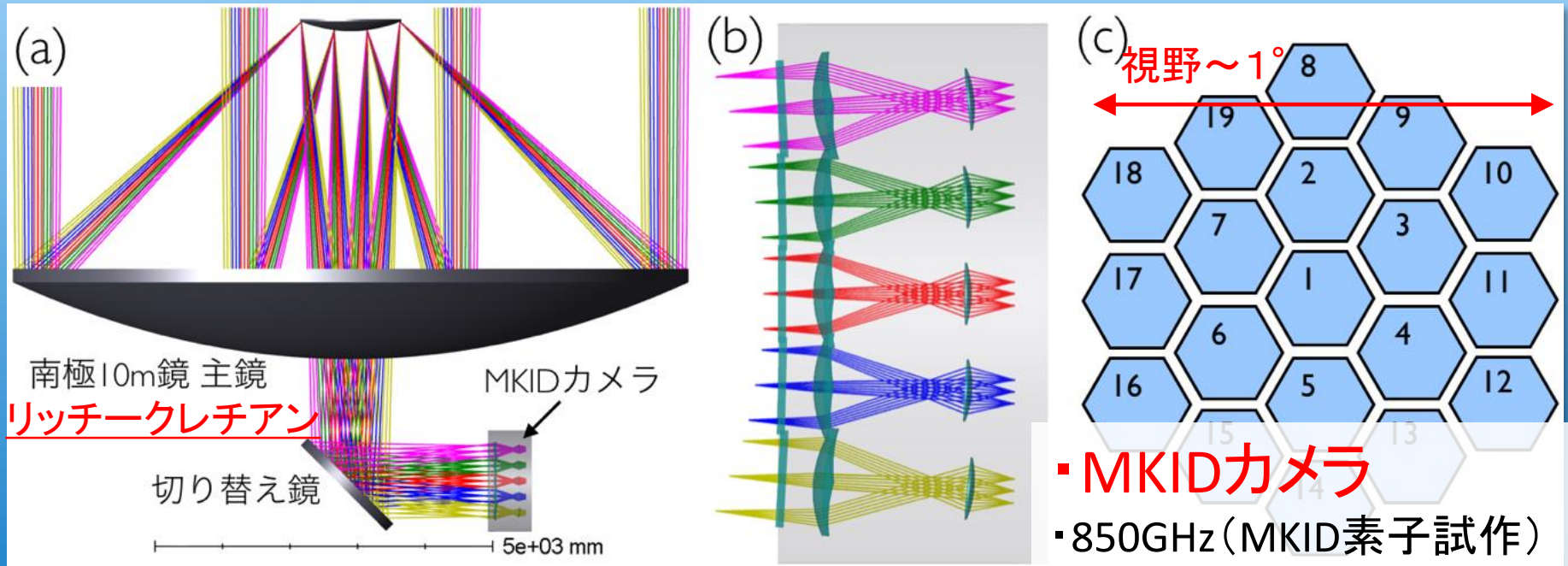
• 教育

- 博士1名、修士9名、学士7名

• 広報活動

- テレビ出演 1件(橋本) NHKコズミックフロント

観測装置



▪ MKIDカメラ

▪ 850GHz (MKID素子試作)

▪ 300, 400, 500GHz

NRO45mMKIDカメラ

開発体制立て直し

• ヘテロダイン受信機

- 大気の窓をカバー (450GHz, 650GHz, 800GHz, 1THz, 1.3THz, 1.5THz, 1.9THz)
- テラヘルツ帯用SISミクサーの開発

ATT10によるサイエンス

銀河・AGNの進化史 (cosmic noon 前後 $z < 5$)

THz & 極めて安定な大気 + 広視野 ($> 1^\circ$)



1. ダスト熱放射

Confusion limitによる南天全面サーベイ (< 850 GHz)

- ⇒ 1千万個以上の銀河を検出
- ⇒ 銀河の星形成史、AGNの進化

2. 遠赤外線の微細構造線 ([CII]158, [OI]145, [OIII]52/88, [NII]122/205...)

- ⇒ 銀河の星間媒質の時間進化 (電子密度、金属量、電離状態)

- ・サブミリ・テラヘルツ輝線による星間物質の進化過程の解明
- ・重力レンズ天体の観測による宇宙論パラメータの決定
- ・VLBI観測による巨大ブラックホールの撮像
- ・偏波観測による星形成過程における磁場の役割の解明

