

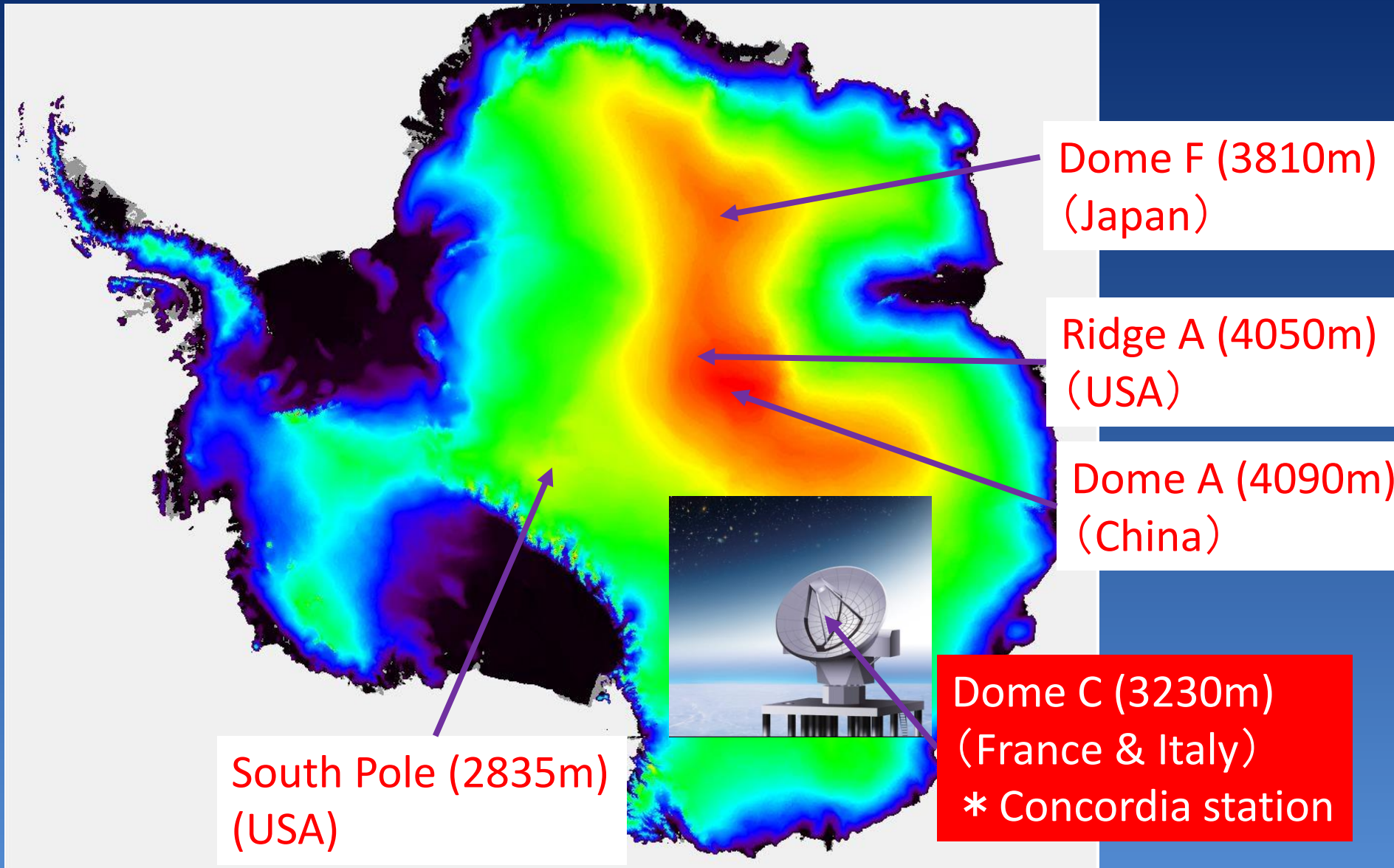
南極天文学研究部門 活動報告

久野成夫

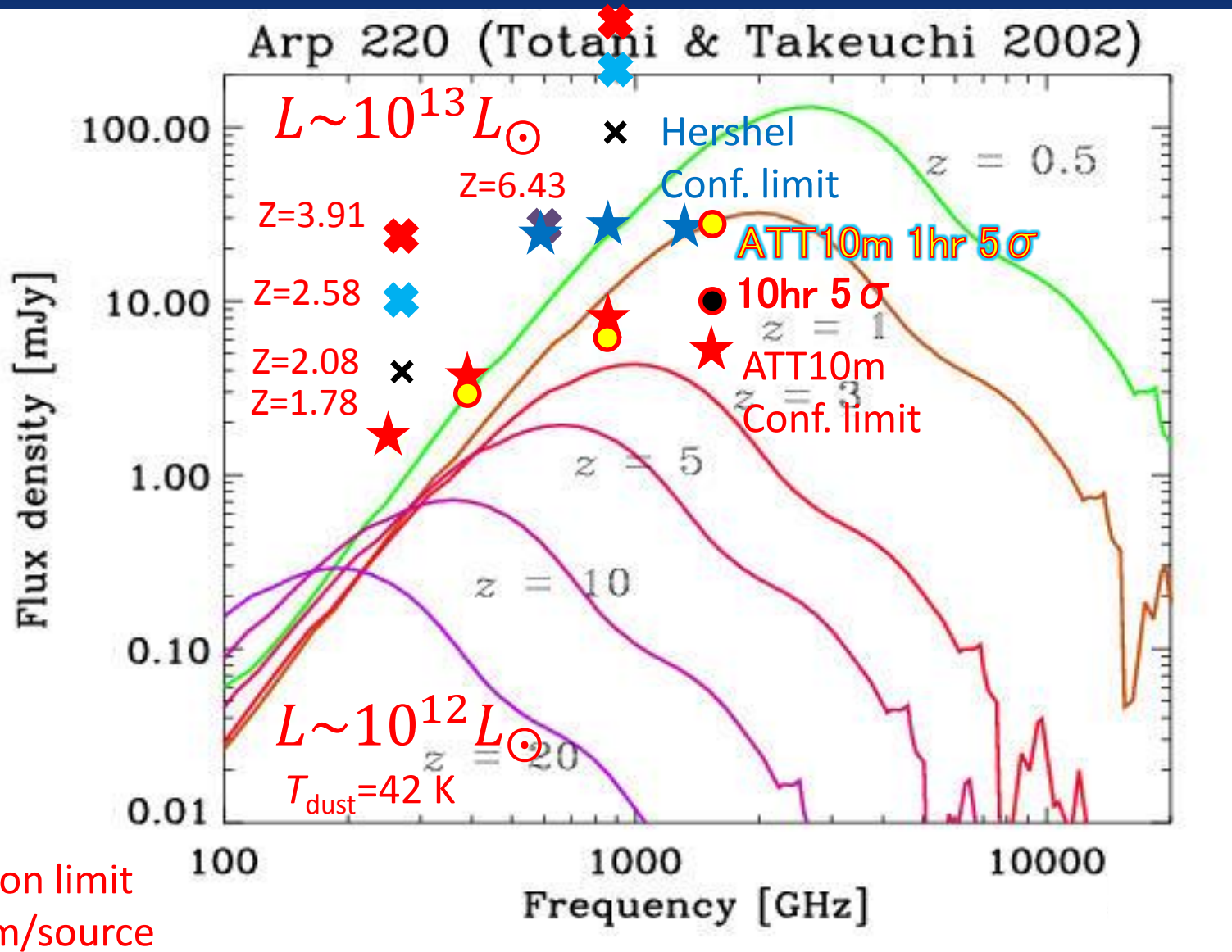
南極天文学研究部門

- 南極天文学の推進
 - 野辺山45m電波望遠鏡超伝導電波カメラの開発
 - 村山君の講演
 - 30cmサブミリ望遠鏡のドームCへの移設計画
 - ヘテロダイン受信機の広帯域化
 - イタリア関係者と交渉
 - 10m級テラヘルツ望遠鏡
 - フィジビリティースタディ、低コスト化の検討
 - 鏡面測定法の検討（点格子干渉計、Phase Retrieval Holography法）
 - 30m級テラヘルツ望遠鏡のサイエンス検討
 - 国際連携の推進
 - 2018年8月 中央研究院 天文及天体物理研究所（台湾）
 - 2019年2月 中国科学院 紫金山天文台（中国）
 - 2019年3月 グルノーブル大・Institut NEEL（フランス）
- 既存の観測装置による観測的研究
 - 野辺山45m鏡レガシープロジェクト
 - CO分子輝線による銀河面サーベイ（FUGIN）
 - CO分子輝線による近傍銀河サーベイ（COMING）
 - 鹿島34mアンテナ
 - 大学連携VLBI
 - 性能測定
 - ALMAによる銀河観測

Antarctic 10m THz telescope



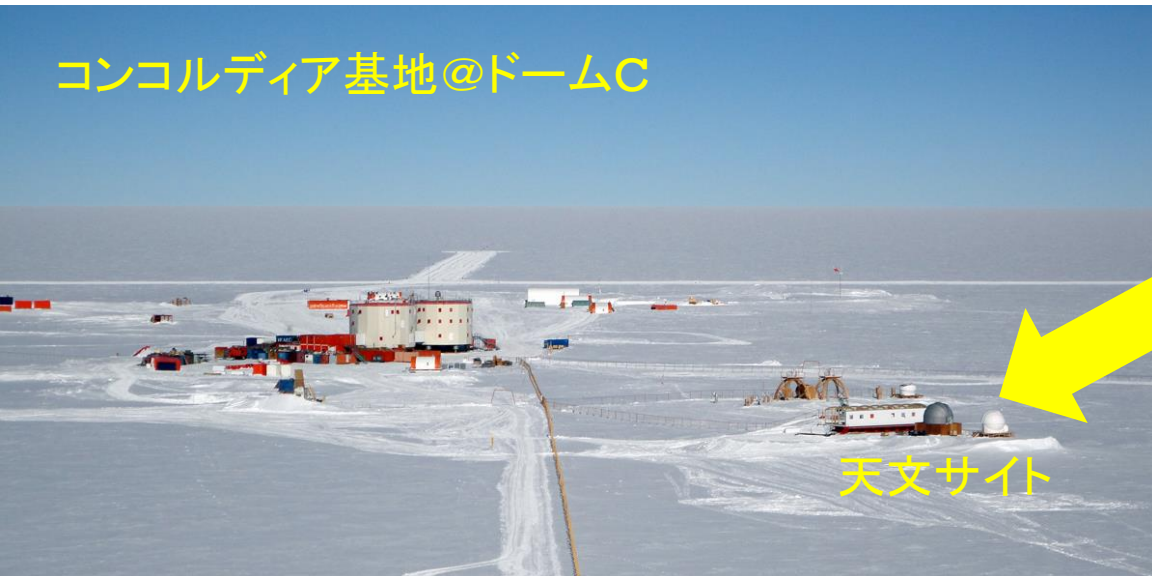
Survey of distant galaxies



30cmサブミリ望遠鏡をドームCへ

- 30cmサブミリ望遠鏡:南極用に開発済み
- コンコルディア基地(仏・伊)@ドームCへ
 - 外国基地での望遠鏡運用実績を示す
 - 南極の条件の良さを示す(日本で初めての南極サブミリ波望遠鏡)
 - 運用 南極天文コンソーシアムから2人/年(夏季)
 - Italian Scientific Commission for Antarctica (CSNA)と交渉中(6月にイタリアへ出張予定)

コンコルディア基地@ドームC

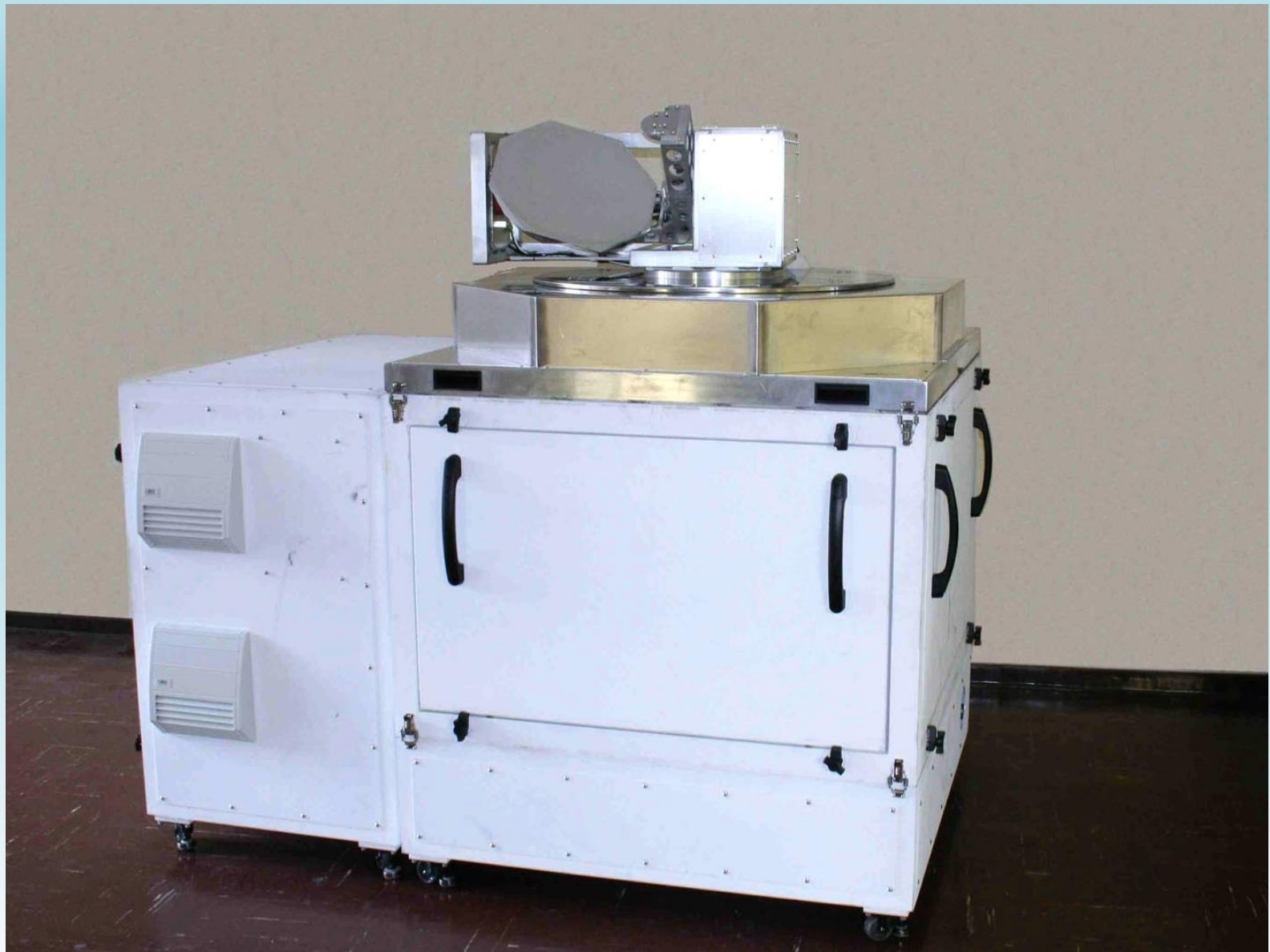


天文サイト

30cmサブミリ望遠鏡
チリでの運用実績あり



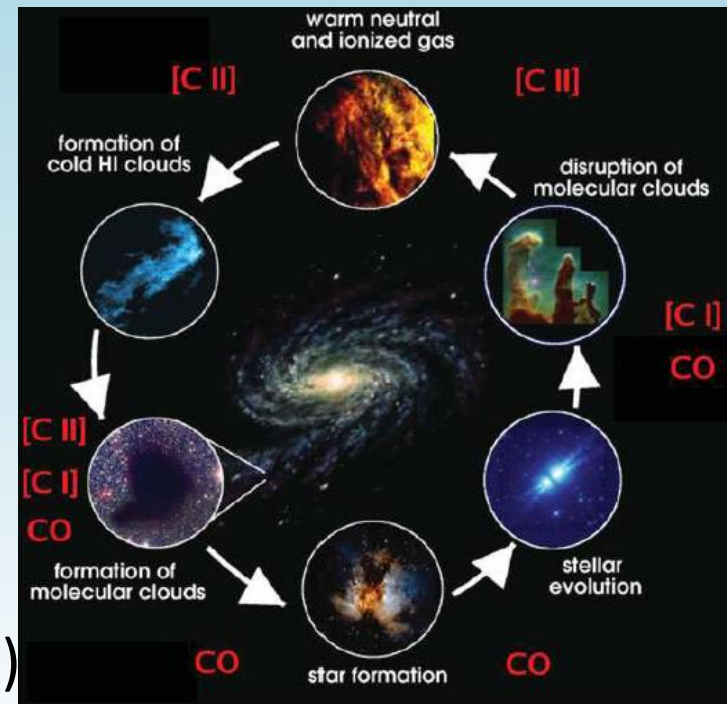
Tsukuba 30cm Submm Telescope



Galactic Plane Survey in CO(J=4-3) and CI

- Same angular resolution with CfA 1.2m²CO(J=1-0) survey (Beam size: 9')
 - Comparison with lower excited CO lines
 - Non-LTE analysis \Rightarrow physical properties of molecular gas

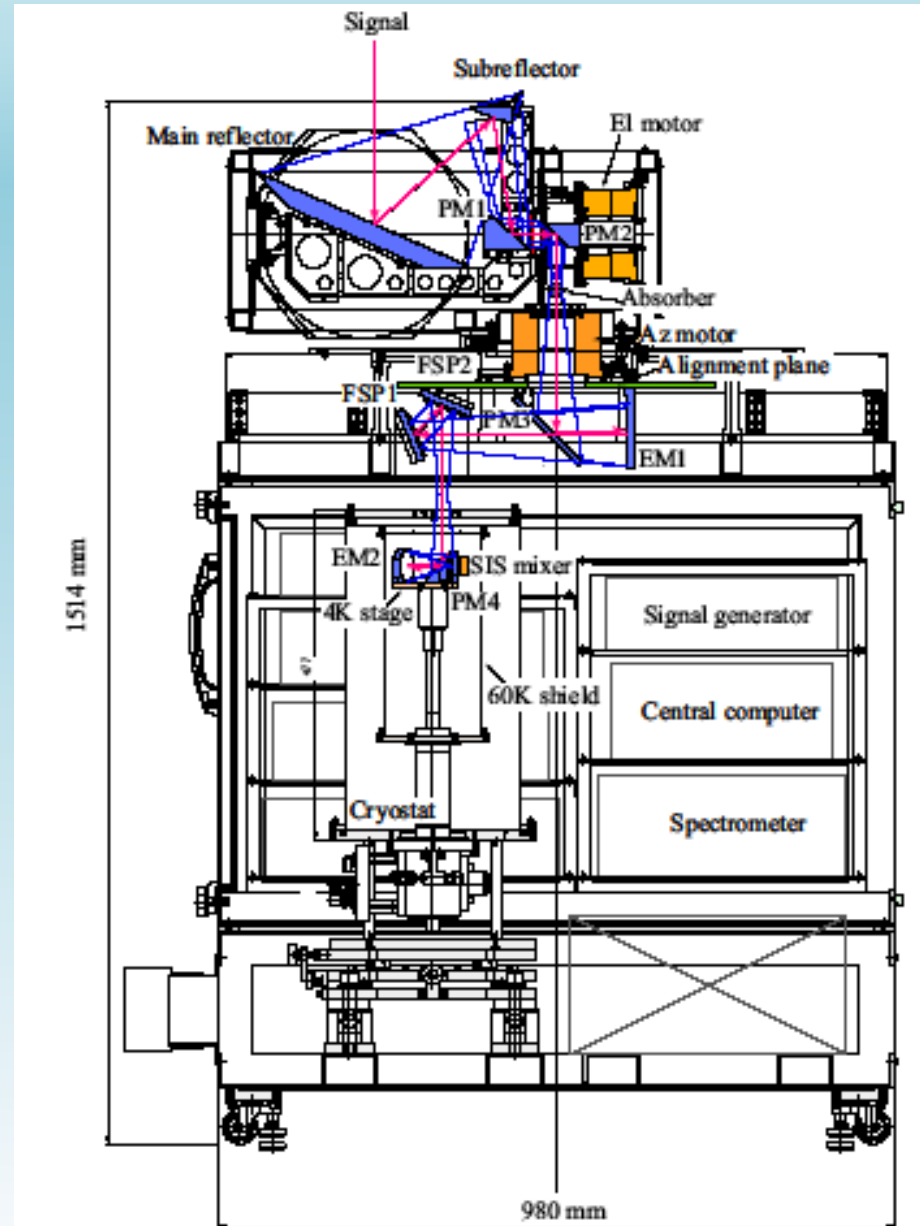
- CO(4-3) : Star forming region
- [CI] : Diffuse CO dark gas
 - Formation/destruction of molecular cloud



Kulesa et al. (2012)

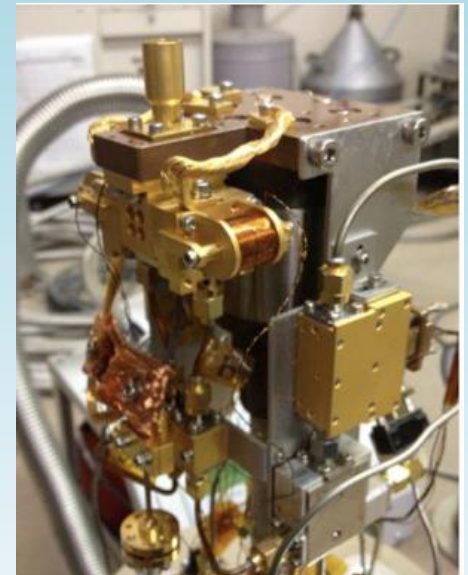
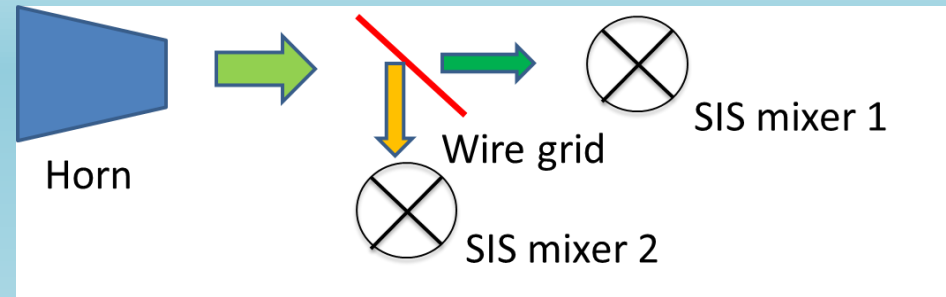
Antenna system

- Offset Cassegrain : 30cm
 - Focal length : 258.40 mm
 - Subreflector : 60.40 mm
 - Effective focal ratio : 6.30
- Surface accuracy : $< 5 \mu\text{m}$
- Direct-drive hollow motors
 - Relative accuracy : $\pm 0.5''$
 - Absolute accuracy : $\pm 10''$
 - Rubber heaters
- Frequency independent matching
 - Receiver upgrade to higher frequency
- Optical pointing system
 - Monochromatic CCD camera (R64 filter)
- Power consumption : $< 2.4\text{kW}$

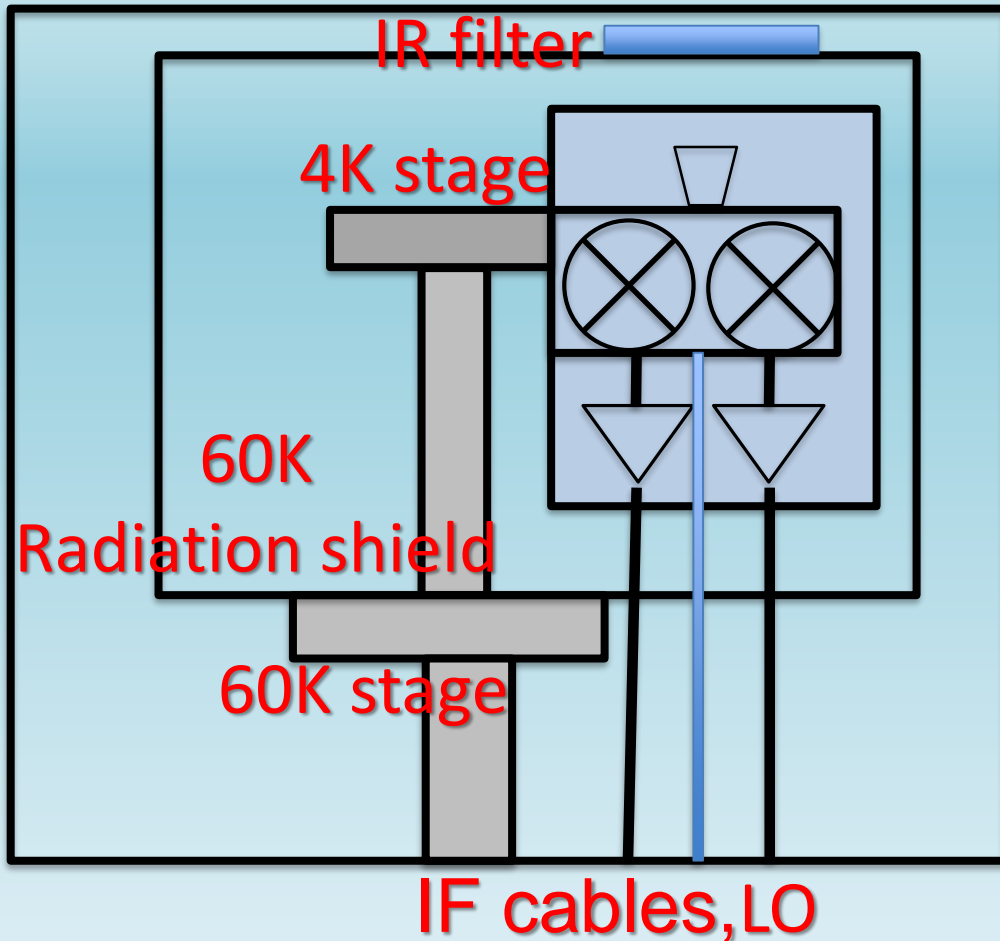


Receiver

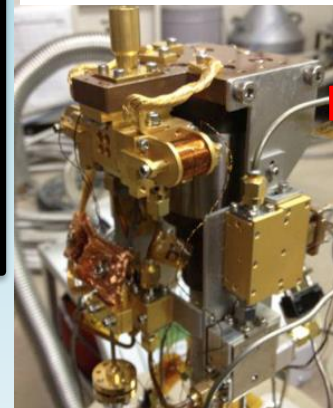
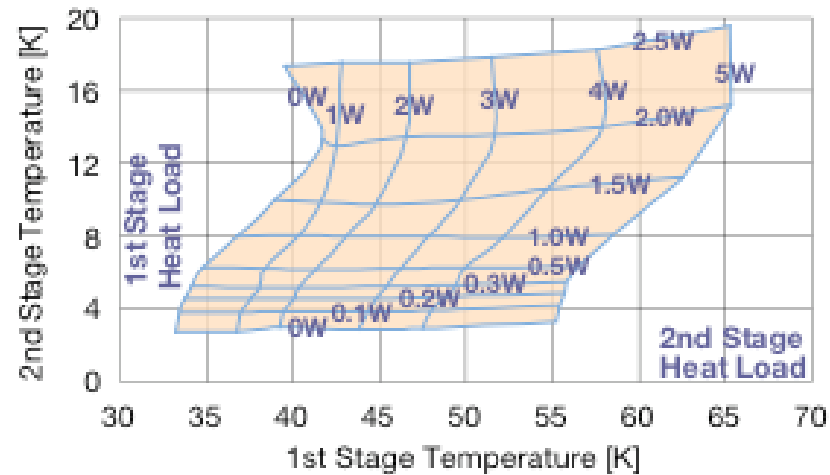
- Receiver
 - ALMA band 8 mixer
 - 500 GHz band
 - $[CI]^3P_1-^3P_0$, $CO(J=4-3)$
 - 2 Polarization + 2 SB
 - Trx : 80 K (SSB)
- Beam size : 9'
 - Same with CfA survey in $CO(J=1-0)$
- Spectrometer (FX)
 - Band width 1GHz (600km/s)
 - Resolution 61kHz (0.04km/s)
 - Weight : 7 kg
 - Power consumption : 140 W



Thermal design



RDK-101D Cold Head Capacity Map (60 Hz)



Compact GM refrigerator 1.5kW

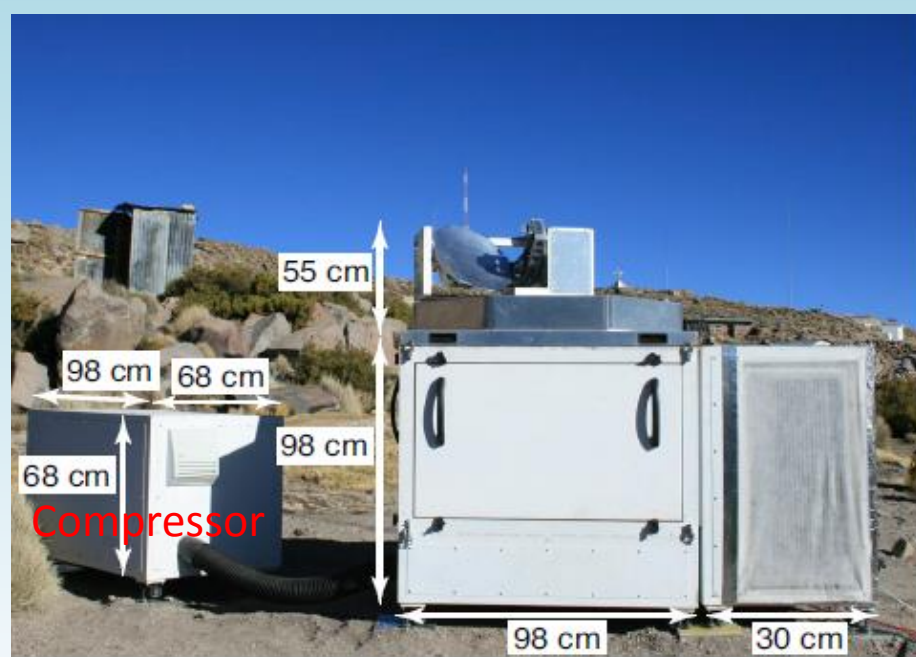
Trx 80K SSB
Mixer temp. 3.4K

Design
<0.084W
<2.2W

Requirement
<0.1W @4K stage
<3W @60K stage

Transportation

- Total weight including wooden boxes : 800 kg
 - decomposable into several parts
 - Heaviest part is 60 kg
 - Can be assembled by 4 persons by hands



Test observations

1. Jungfrauoch (Switzerland)

- Operation at high site, low temp. with a few persons



2. High site in Chile (2010, 2011)

Parinacota (4400m)

Atacama desert
ALMA
The Andes



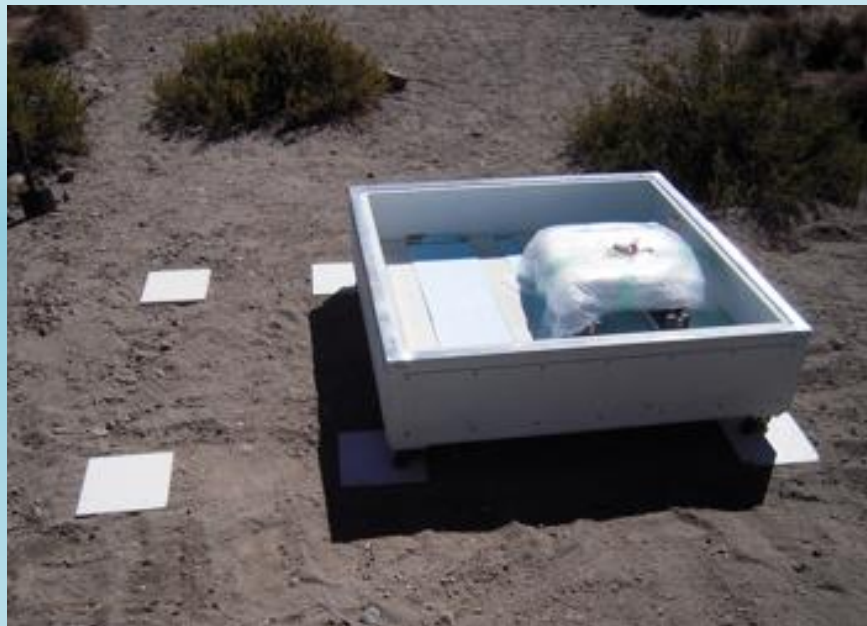
Putre



Parinacota



Assembling the 30cm telescope in Chile

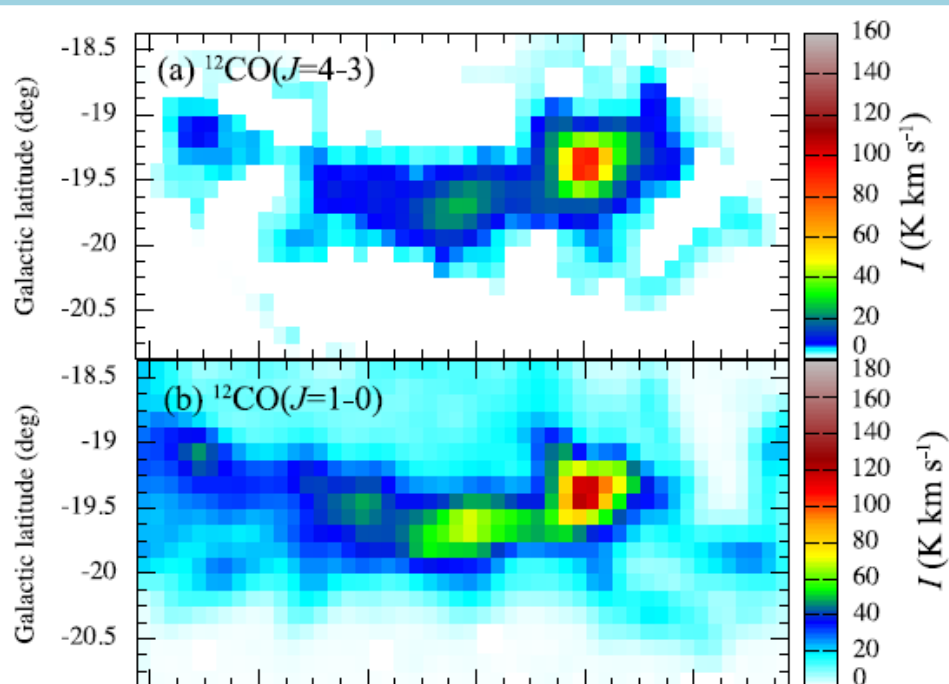


Test observations @4400m

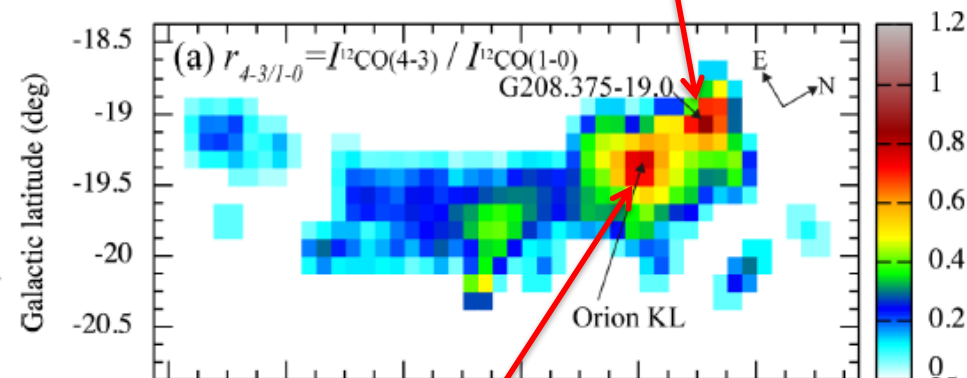


Observations of Orion Molecular Clouds in CO(J=4-3)

- Dense and warm gas tracer



$$\text{CO}(4-3)/\text{CO}(1-0)=0.9$$
$$\Rightarrow 60\text{K}$$



$$\text{KL } \text{CO}(4-3)/\text{CO}(1-0)=1.1$$
$$\Rightarrow 90\text{K}$$

Ishii et al. (2016)

海外連携の推進

- 2018年8月 中央研究院 天文及天体物理研究所（台湾）
 - 久野、瀬田（関学大）
 - Paul Ho（東アジア天文台（EAO）台長）他
 - 南極THz望遠鏡計画の宣伝
- 2019年2月 中国科学院 紫金山天文台（中国）
 - 久野
 - Yang Ji（台長）からの招待
 - International Workshop on Submillimeter Astronomy

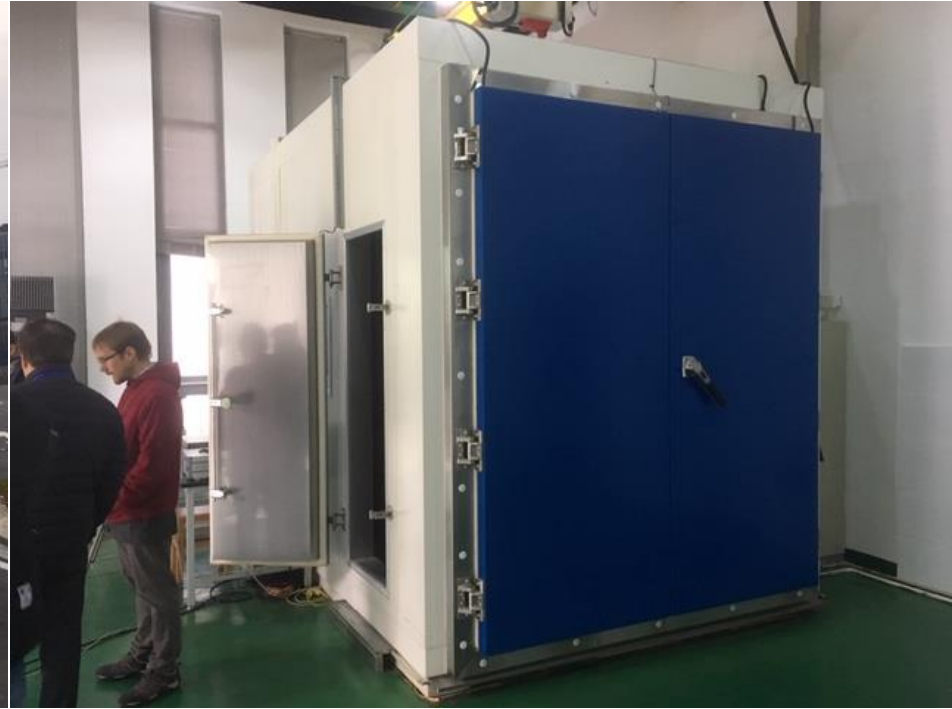
⇒ 2019年5月 EAO将来計画WS（南京）への招待（瀬田）
- 2019年3月 グルノーブル大・Institut NEEL（フランス）
 - 久野、新田、村山、永井（国立天文台）
 - Cosmologyグループ、MKID開発グループ
 - MKIDカメラの開発に関する連携
 - 南極THz望遠鏡計画の宣伝
- 2019年6月17日-19日 SCAR AAA南極WS（イタリア）
 - 久野、中井、瀬田
 - 30cm移設についての交渉

2019年2月 中国科学院 紫金山天文台

- Yang Ji (台長) からの招待
- International Workshop on Submillimeter Astronomy (招待講演 久野)
 - ⇒ 2019年6月 EA0将来計画WS (南京) への招待
- 南極天文グループ (Shi Sheng-Cai 他)
- DATE5: 南極 5 m THz 望遠鏡計画
 - 今年、予算がつきそうとのこと (基地も含めて50億円?)
 - 視野が狭く、電波カメラは搭載しない
 - 越冬基地は作らない (リモート観測)



新しい紫金山天文台構内
次々と建物を建設中



試験用の低温室
(-80°C まで可能)



テスト用の1.2m望遠鏡



5 m 望遠鏡組み立て・試験用の建物
(望遠鏡の予算はまだついていないが…)

共同研究

- 鏡面測定
 - 近傍界でのPhase Coherent Holography
 - 光路長誤差の補正についてのアドバイス
 - ⇒ 近傍界でのPhase Retrieval Holography (双曲面)
 - オリジナルの測定方法
 - 副鏡位置を移動しながらゲイン測定 ⇒ 鏡面最適化
 - ⇒ 10m望遠鏡に適用した場合の精度計算
- THzヘテロダイン受信機
 - Terahertz superconducting hot-electron bolometer mixers (HEB)
 - ⇒ マルチビーム受信機？

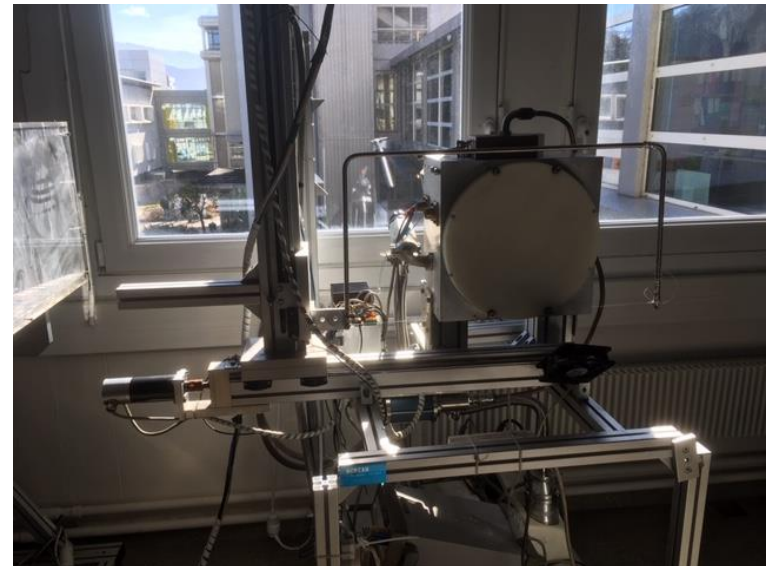
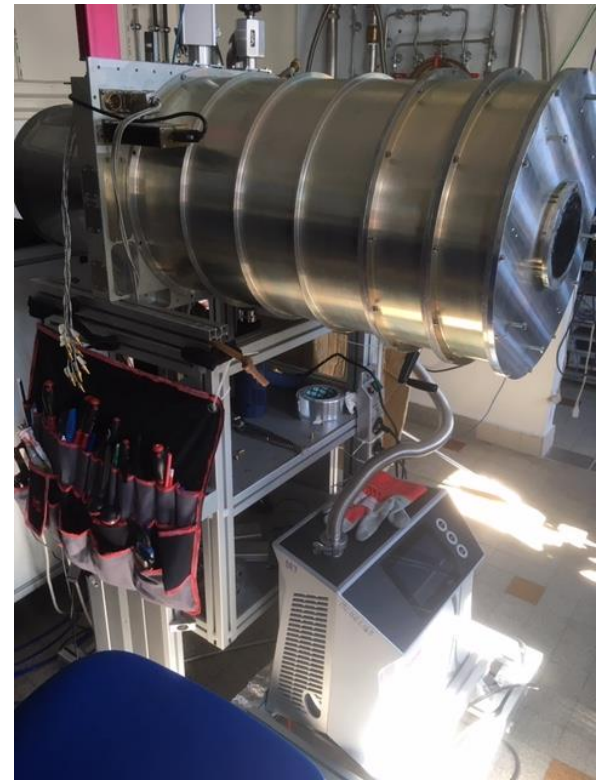
2019年3月 グルノーブル大・ Institut NEEL

- 世界最先端のMKIDカメラNIKA2の開発実績
- グルノーブル大Cosmologyグループ
(Juan Macias Perez 他)
- Institut NEEL MKID開発グループ
(Alessandro Monfardini 他)
- IRAM (Institut de Radioastronomie
Millimétrique) 超伝導機器開発グループ
(Eduard Driessen 他)
- MKIDカメラの開発に関する連携
- 南極THz望遠鏡計画の宣伝

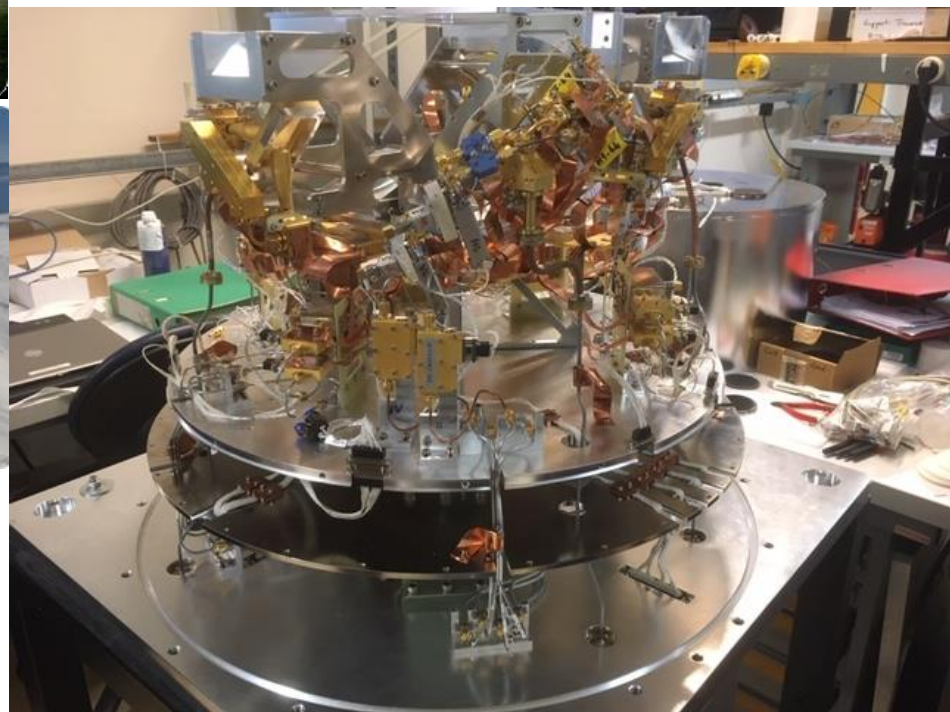


Laboratory of Subatomic Physics & Cosmology
(LPSC)

- ・ MKID素子作成方法
 - ・ 読み出し方法
 - ・ 性能評価方法
- などを議論



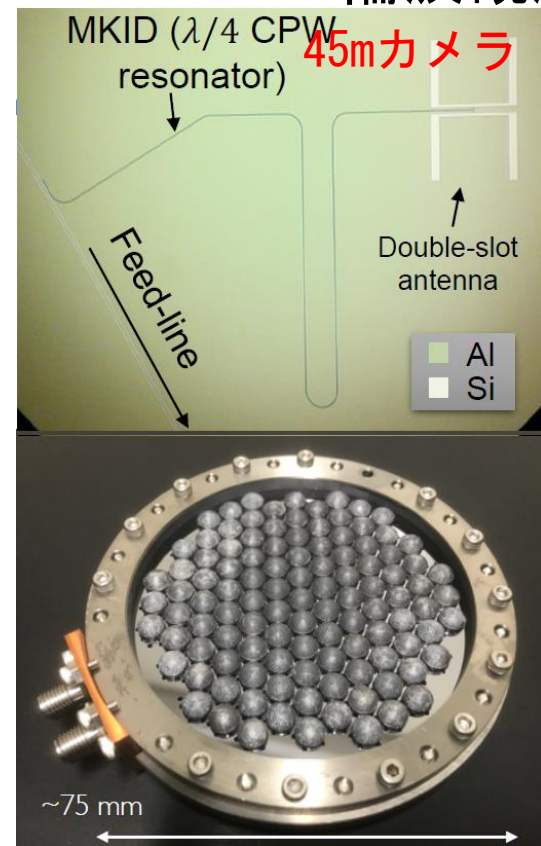
IRAM : Institut de Radioastronomie Millimétrique



最新アンテナへ搭載直前の
ヘテロダイン受信機

共同研究

- LeKID (Lumped Element Kinetic Inductance Detector) の開発
 - 光学効率の向上
 - 構造がシンプル ⇒ 大規模アレイ化が可能
(45mカメラ : Antenna coupled MKID ⇒ 偏波観測)

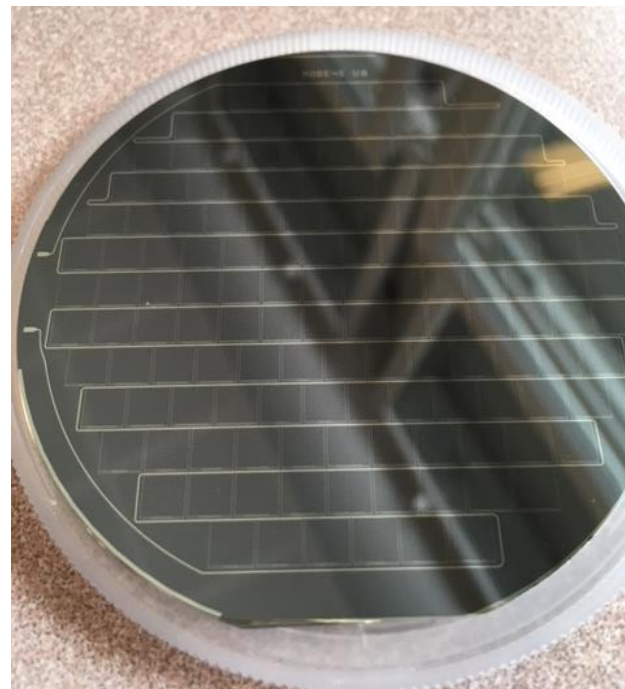


• グルノーブル大で試作を開始

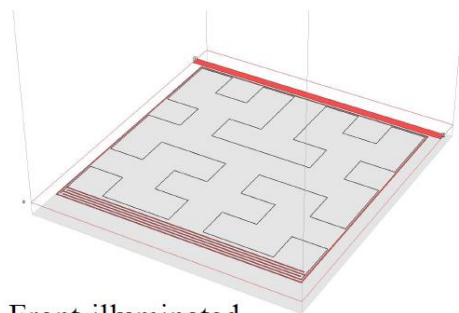
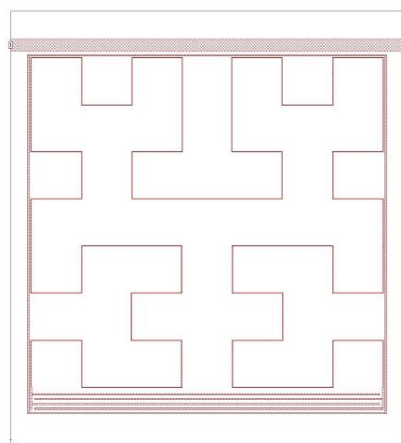
- デザインを共有

⇒ 筑波大で

- 最適化
- 南極THz望遠鏡用に発展



NOBE45_v0: design

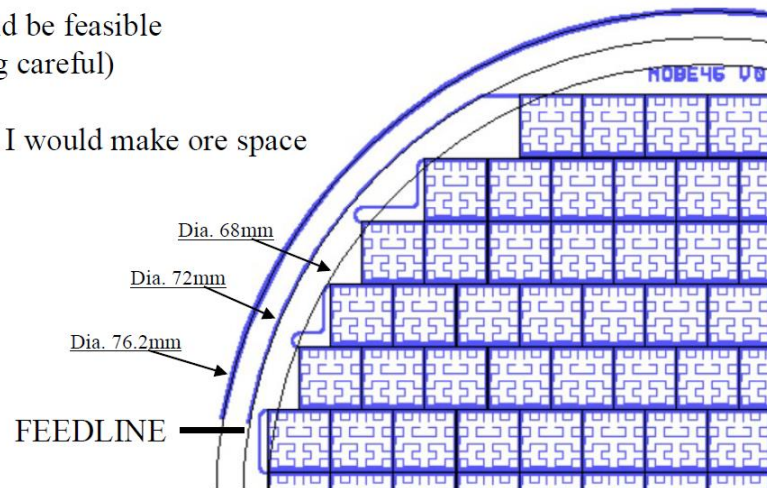


- Front-illuminated
- Microstrip-coupled
- Pixel size: $4.86 \times 4.86 \text{mm}^2$
- Single layer
- Hilbert meander

NOBE45_v0: layout

Should be feasible
(being careful)

If not I would make ore space



南極天文学研究部門

- 南極天文学の推進
 - 野辺山45m電波望遠鏡超伝導電波カメラの開発
 - 村山君の講演
 - 30cmサブミリ望遠鏡のドームCへの移設計画
 - ヘテロダイン受信機の広帯域化
 - イタリア関係者と交渉
 - 10m級テラヘルツ望遠鏡
 - フィジビリティースタディ、低コスト化の検討
 - 鏡面測定法の検討（点格子干渉計、Phase Retrieval Holography法）
 - 30m級テラヘルツ望遠鏡のサイエンス検討
 - 国際連携の推進
 - 2018年8月 中央研究院 天文及天体物理研究所（台湾）
 - 2019年2月 中国科学院 紫金山天文台（中国）
 - 2019年3月 グルノーブル大・Institut NEEL（フランス）
- 既存の観測装置による観測的研究
 - 野辺山45m鏡レガシープロジェクト
 - CO分子輝線による銀河面サーベイ（FUGIN）
 - CO分子輝線による近傍銀河サーベイ（COMING）
 - 鹿島34mアンテナ
 - 大学連携VLBI
 - 性能測定
 - ALMAによる銀河観測