

DESHIMA

学際研究のすすめ

世界初のオンチップフィルターバンク分光器

DESHIMA・MOSAICの研究開発グループが目指す
イノベーションのかたち

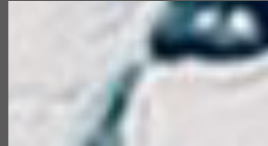
遠藤 光 (TU Delft, THz Sensingグループ/カブリナノ科学研究所)

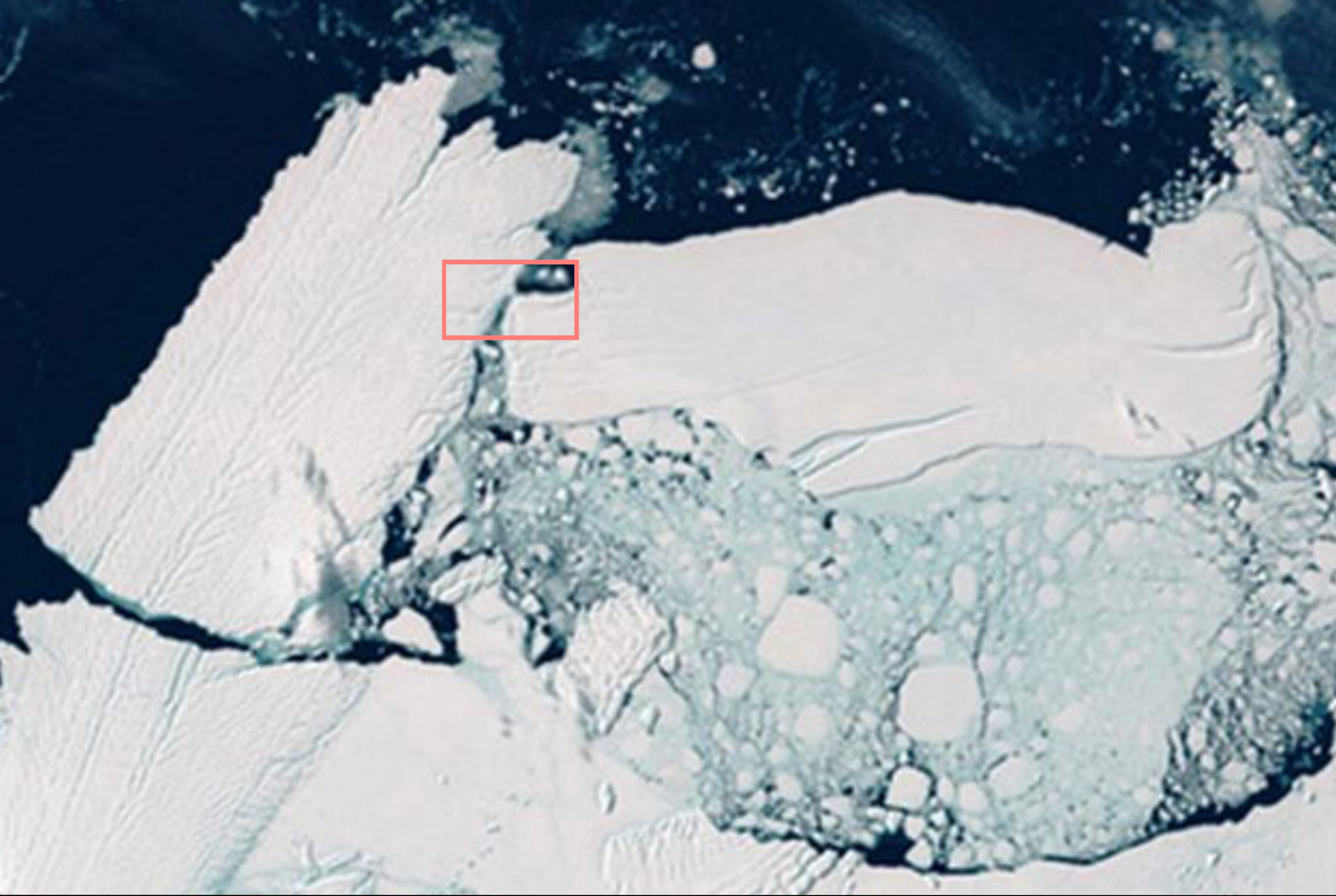
1. DESHIMA (MKIDs) のねらい
2. 学際研究のすすめ

1.

DEHIMA & AMKID

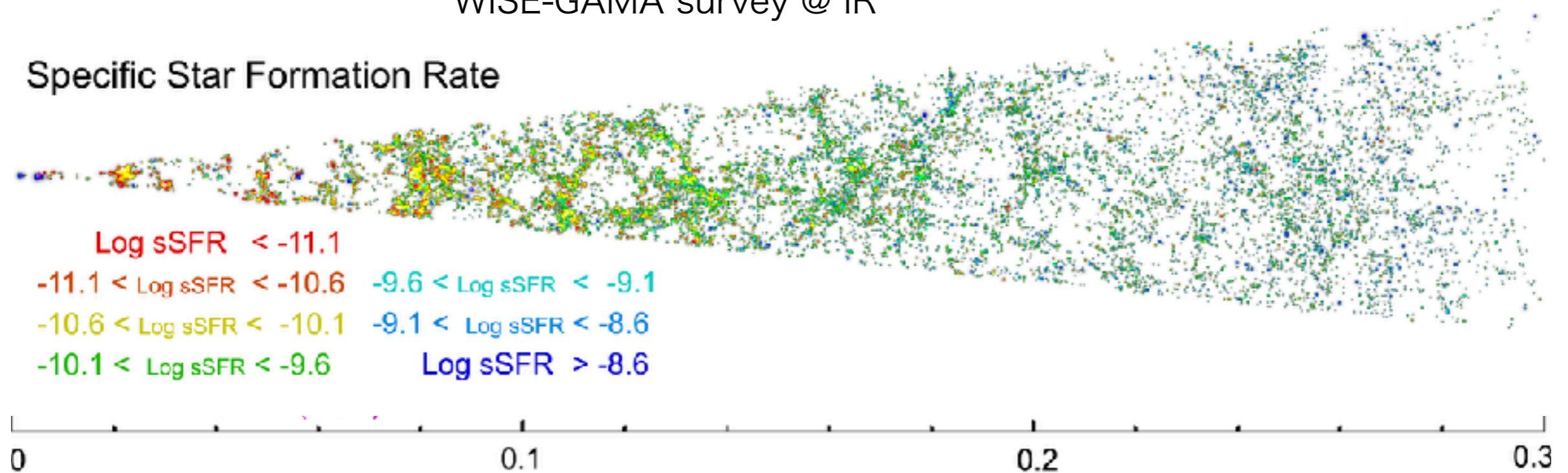
「ALMAに満足しない若手」が仕掛ける実験天文学





宇宙の「冰山」：大規模構造

WISE-GAMA survey @ IR

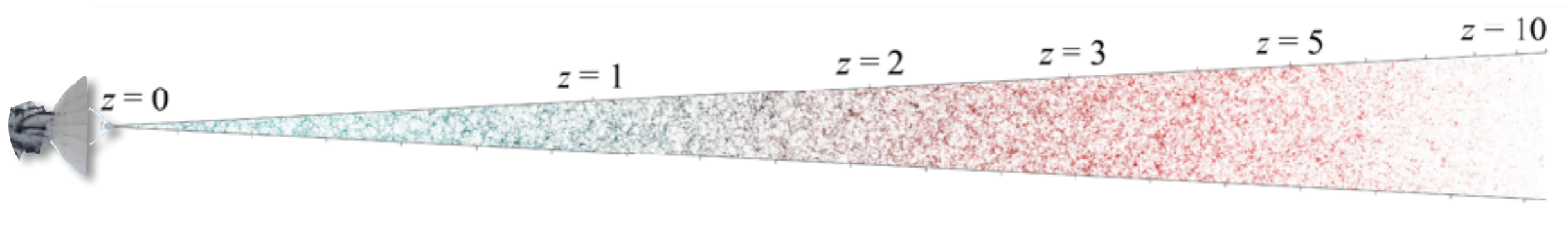


宇宙の「冰山」：大規模構造

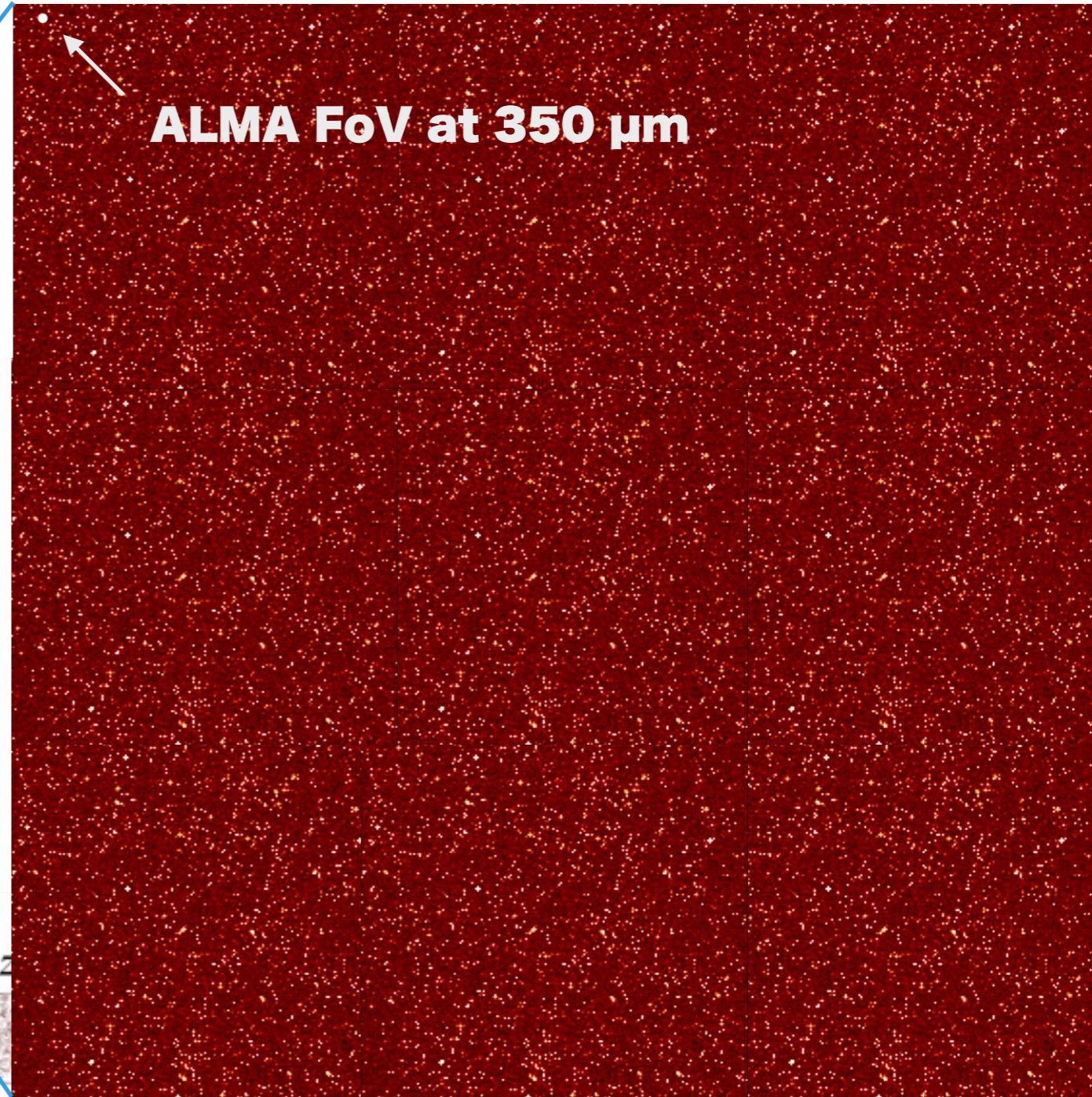
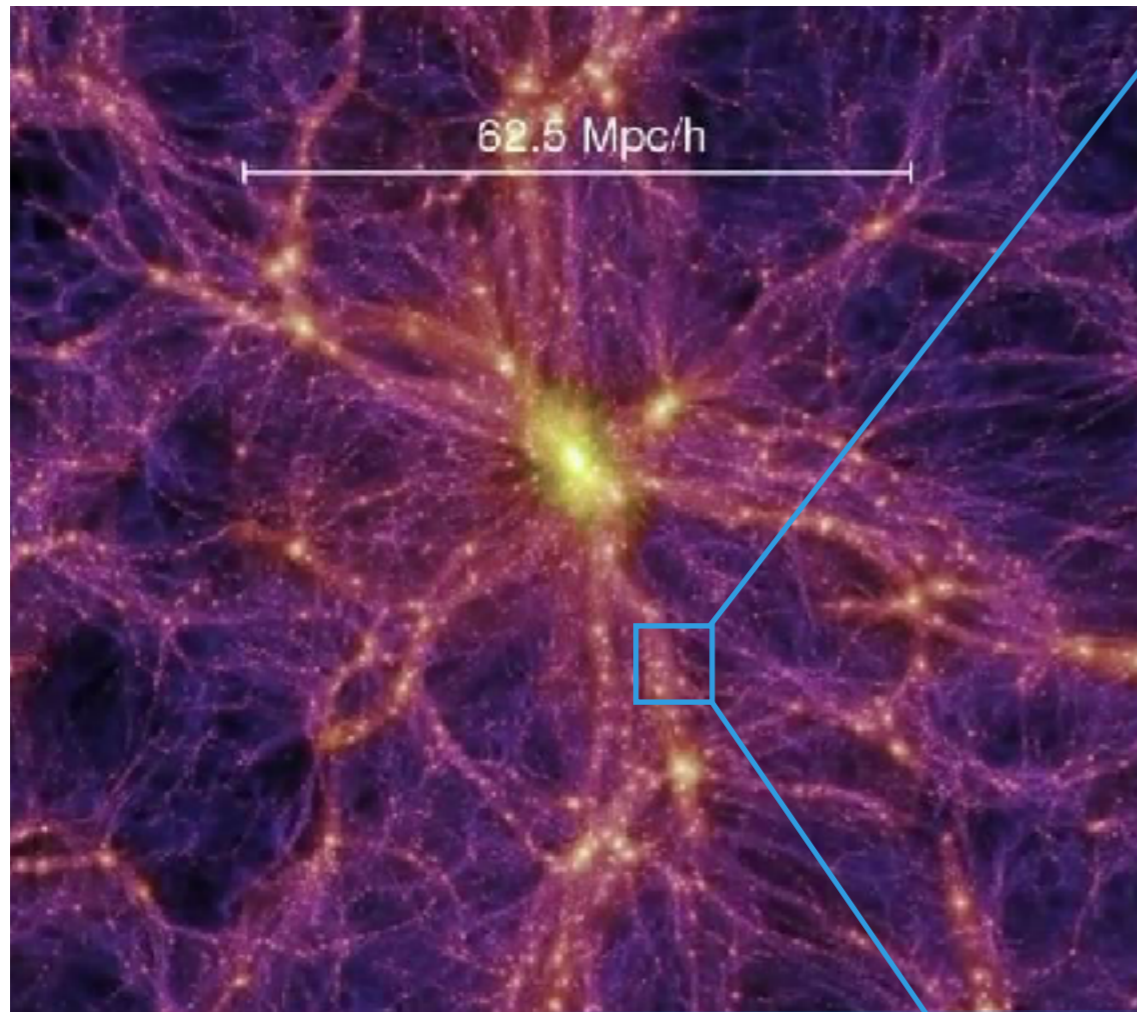
LST + Super-DESHIMA target:

mm/submm CO/ClI tomography

(Kawabe et al., SPIE 2016, Tamura et al., in prep)



ALMA = 「顕微鏡」



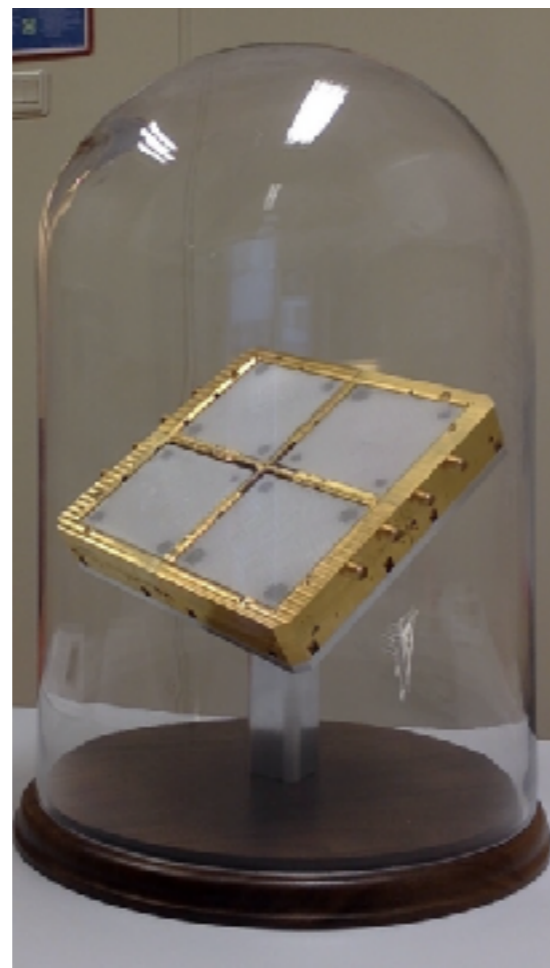
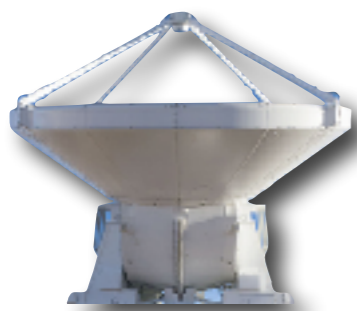
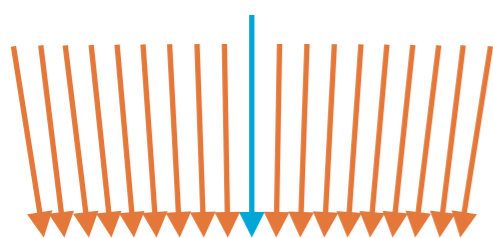
MKIDで実現する、 ALMAと相補的な広視野広帯域観測装置

宇宙の「冰山」のサイエンスのために

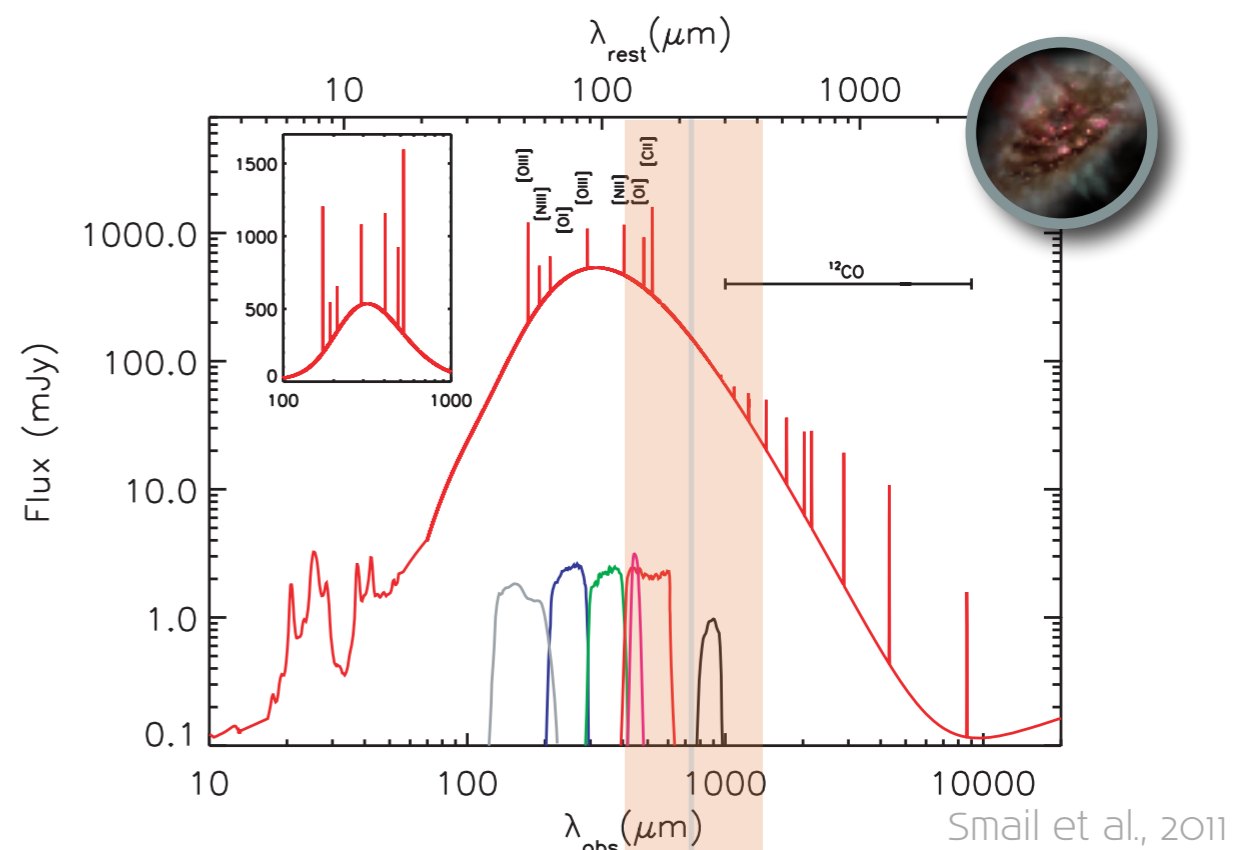
AMKID

A-MKID
(25,000 beams)

ALMA
(FoV: ~10 arcsec)

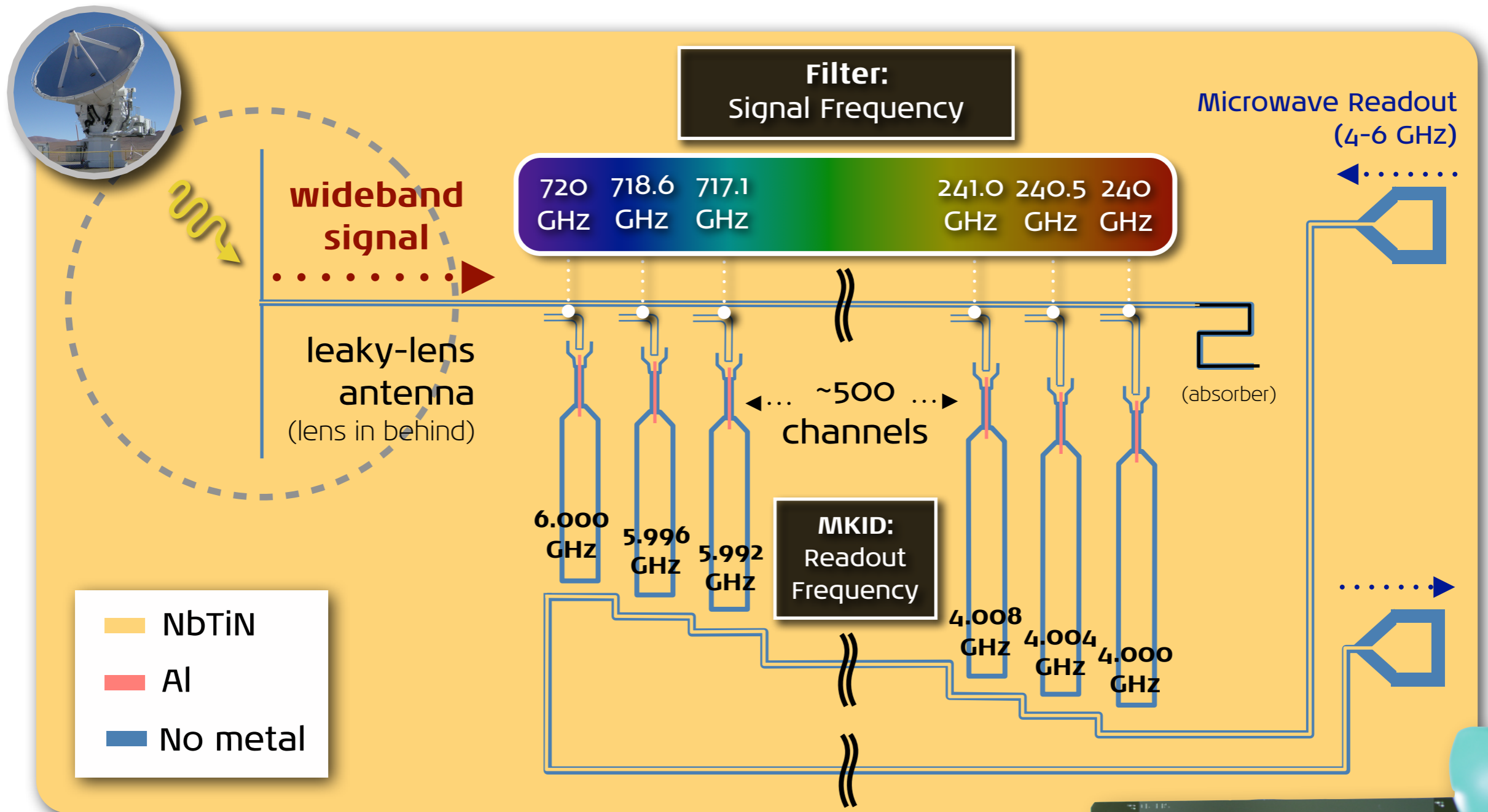


DESHIMA

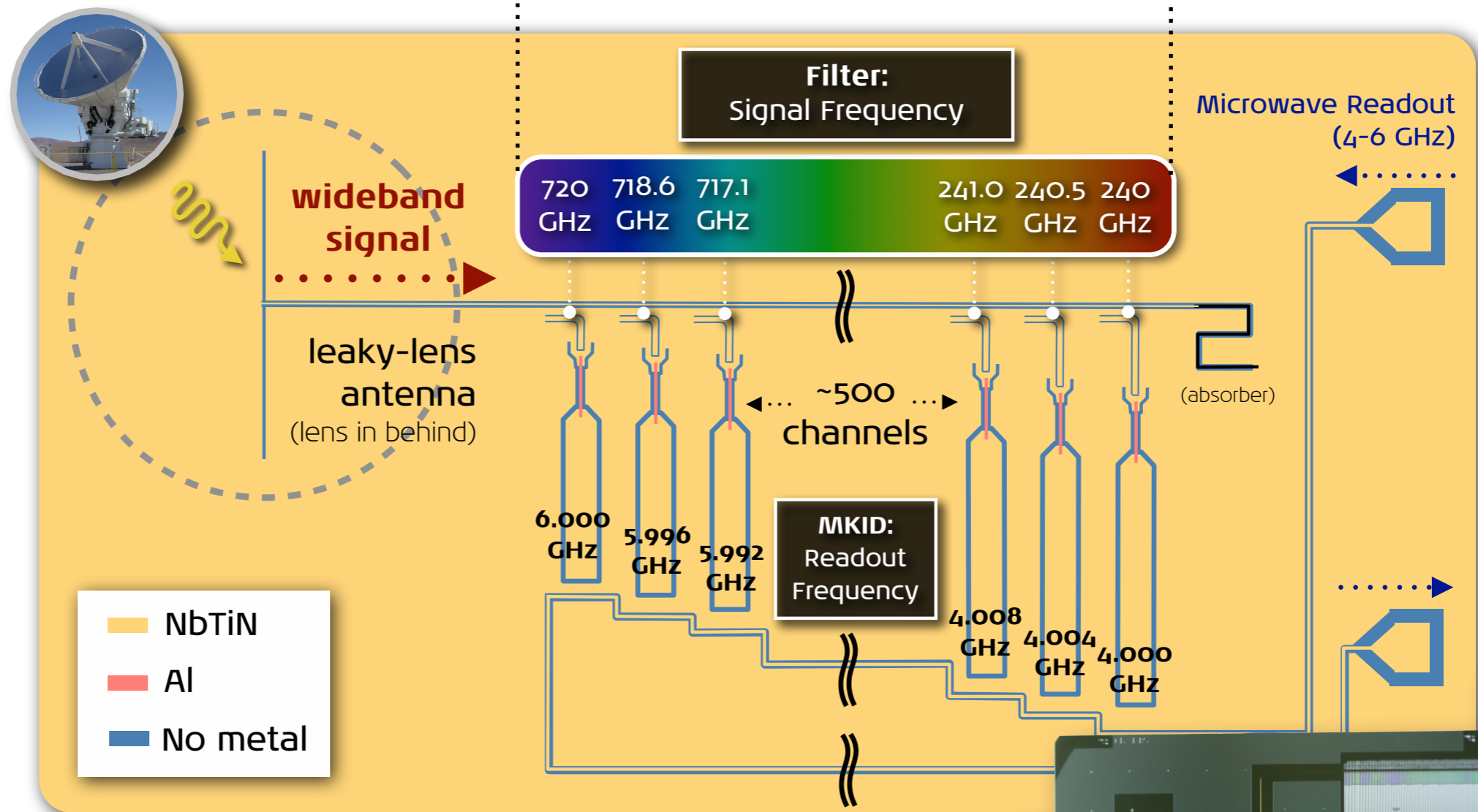
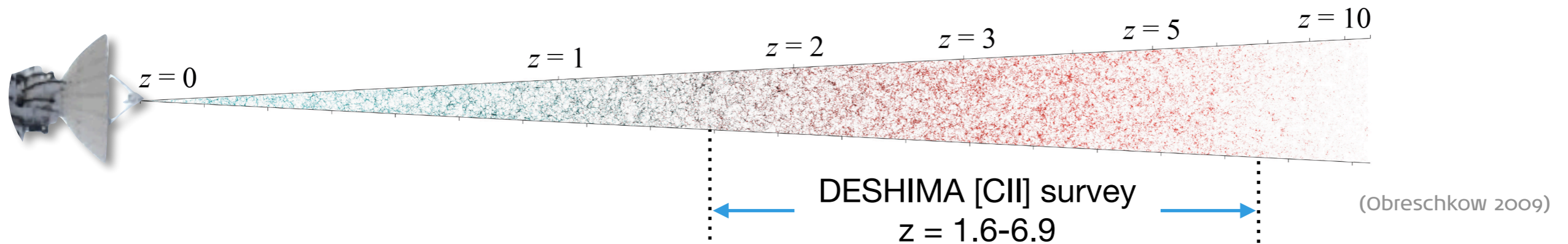


DESHIMA (Deep Spectroscopic High-redshift Mapper)

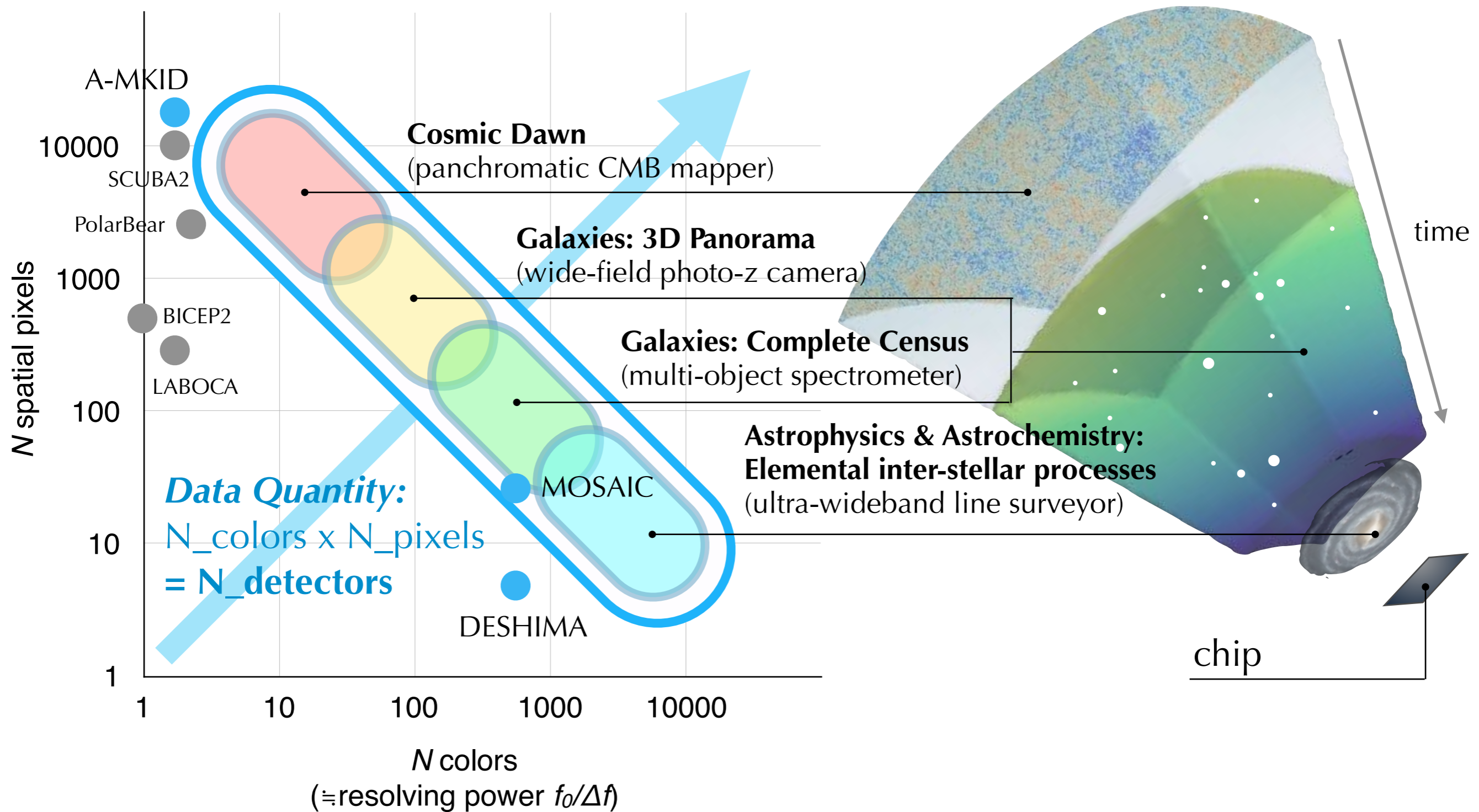
超伝導フィルターバンクによる、超広帯域サブミリ波分光器



DESHIMA (Deep Spectroscopic High-redshift Mapper)



展望：テラヘルツBig-data装置のフロンティア



2.

学際研究のすすめ

DESHIMA誕生の経緯を例に

My Brief History:

Natural Science
Engineering

Physics / Nanoscience
(Postdoc 5 yr)

Nano
Cosmo

Astronomy
(MSc & PhD 5 yr)

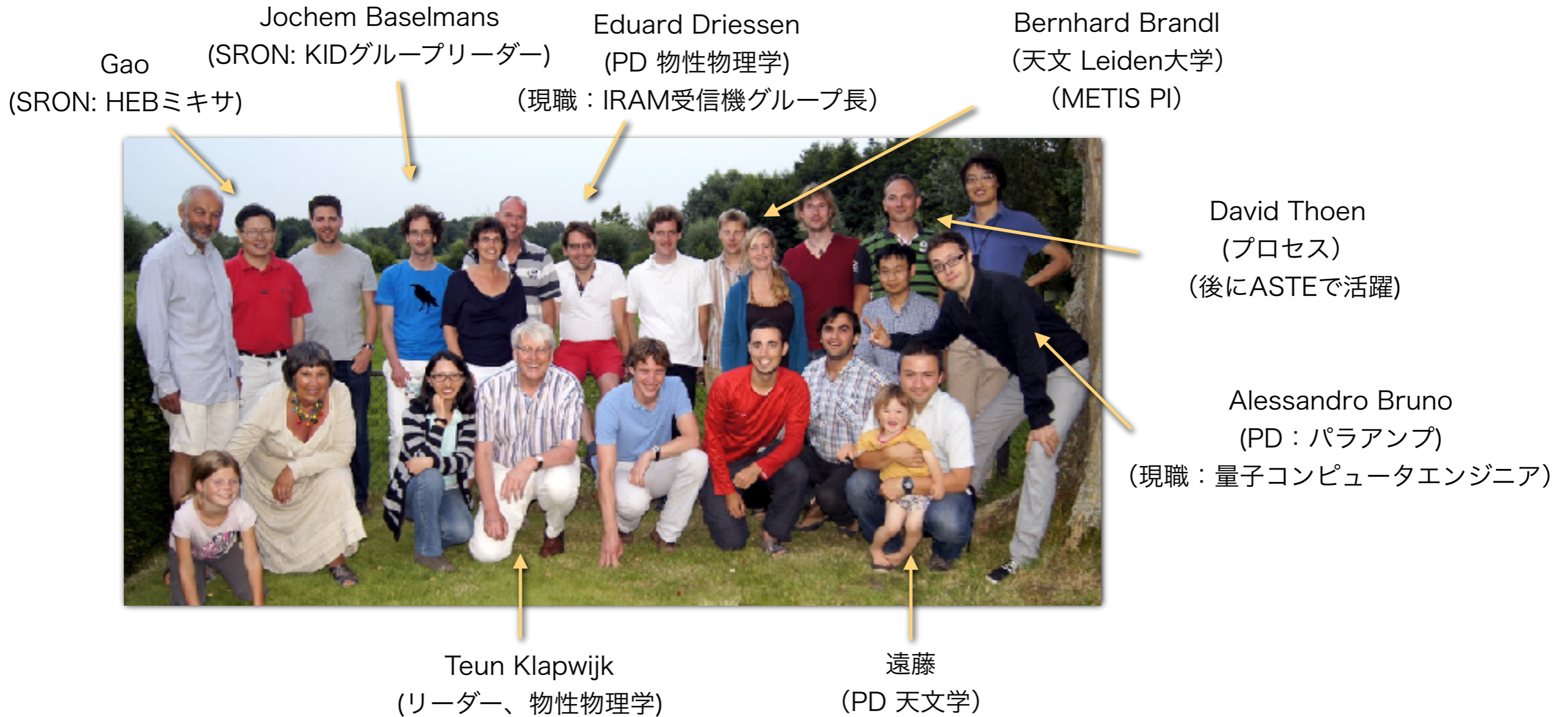
Netherlands 🇳🇱
(TU Delft)

Japan 🇯🇵
(U. Tokyo)

Electrical Engineering
(Assistant Prof. 3 yr)

新しい観測手法／観測装置が
種から芽生える研究環境とは？

DESHIMA着想から原理実証まで： Klapwijk研究室@カブリナノ科学研究所



Klapwijk研究室@カブリナノ科学研究所

D論の例

- Pieter de Visser
 - Nature Communications x1
 - Physical Review Letters x2 (+1)
 - Applies Physics Letters x1 (+2)
 - Journal of Applied Physics x1
 - Journal of Low temperature physics x1
 - 計6本のpeer-reviewed journal
- 中でも：超伝導共振器におけるG-R雑音の初観測
 - MKIDだけでなく、量子ビットの分野でも重要

Number Fluctuations of Sparse Quasiparticles in a Superconductor

By: de Visser, P.J. (de Visser, P. J.)^[1,2]; Baselmans, J.J.A. (Baselmans, J. J. A.)^[1]; Diener, P. (Diener, P.)^[1]; Yates, S.J.C. (Yates, S. J. C.)^[1]; Endo, A. (Endo, A.)^[2]; Klapwijk, T.M. (Klapwijk, T. M.)^[2]

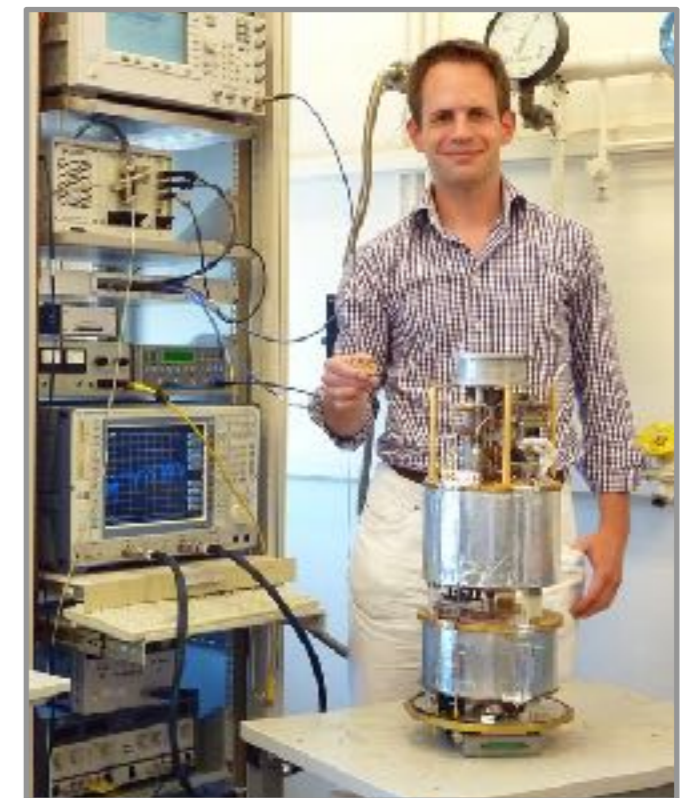
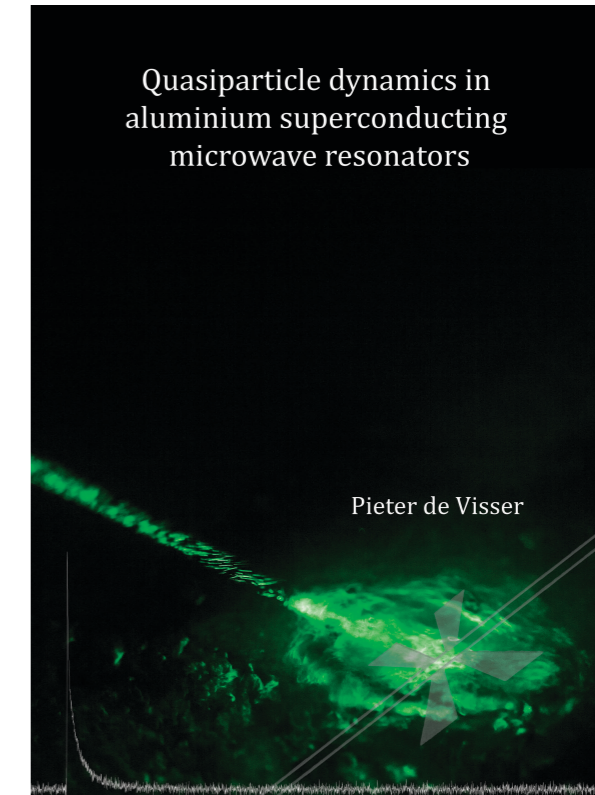
View ResearcherID and ORCID

PHYSICAL REVIEW LETTERS
Volume: 106 Issue: 16
Article Number: 167004
DOI: 10.1103/PhysRevLett.106.167004
Published: APR 22 2011
View Journal Impact

Citation Network
In Web of Science Core Collection
81
Times Cited
Create Citation Alert

All Times Cited Counts
81 in All Databases

- ちなみに：TUD&SRON KIDグループで~80本の論文 ('06-'18)
 - Physical Review Letters x5
 - Nature Communications x1
 - Applies Physics Letters x16
 - その他(A&A, ApJSなど)



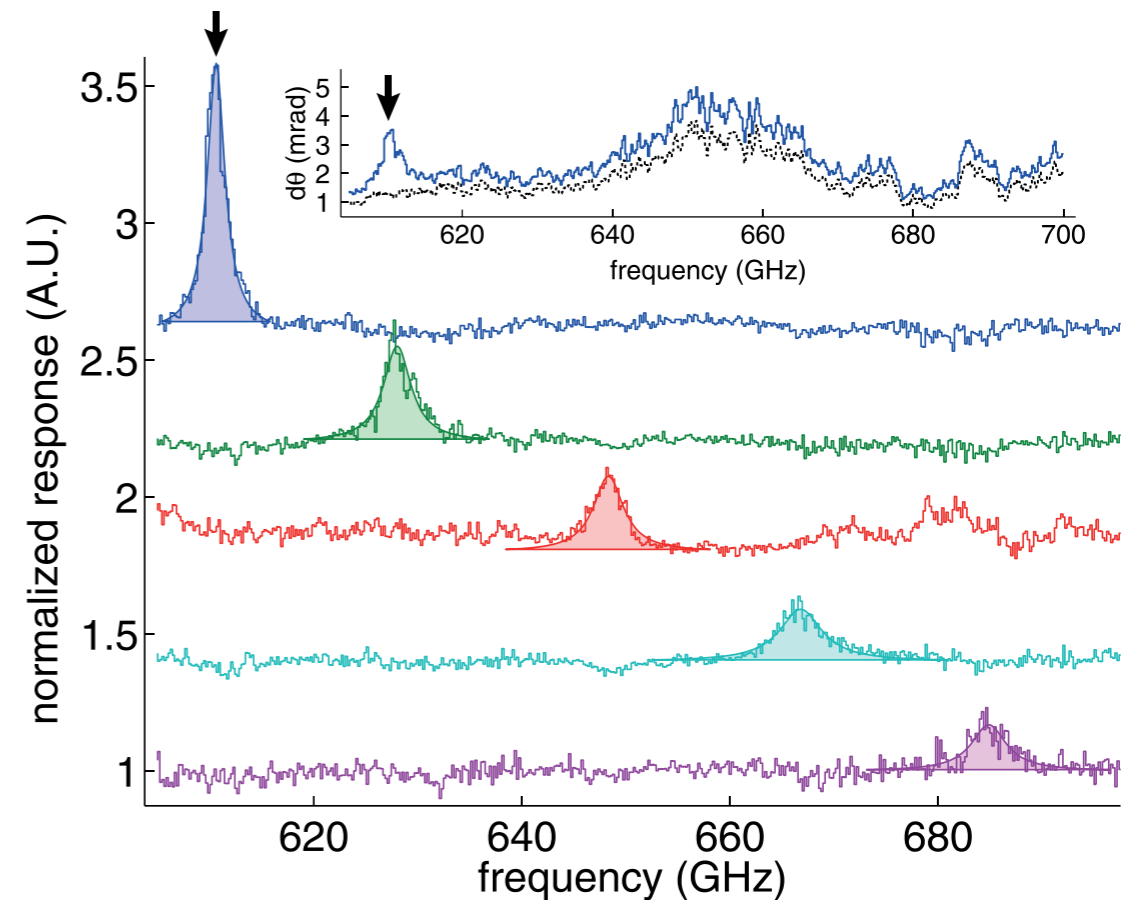
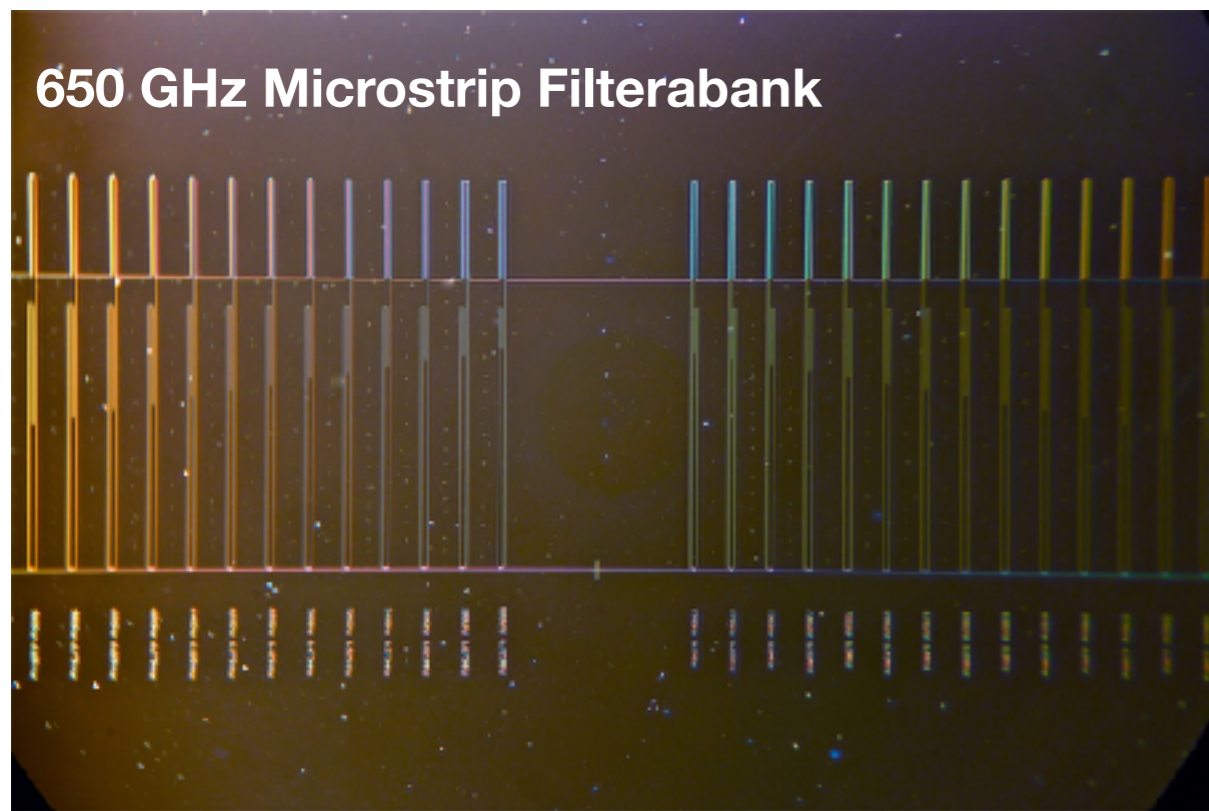
Klapwijk研究室@カブリナノ科学研究所 フィルターバンクチップの原理実証



Appl. Phys. Lett. **103**, 032601 (2013);

On-chip filter bank spectroscopy at 600–700 GHz using NbTiN superconducting resonators

A. Endo, C. Sfiligoj, S. J. C. Yates, J. J. A. Baselmans, D. J. Thoen, S. M. H. Javadzadeh, P. P. van der Werf, A. M. Baryshev, and T. M. Klapwijk



* **First experimental proof-of-concept of submm-wave on-chip filterbank spectroscopy**

My Brief History:

Natural Science
Engineering

Physics / Nanoscience
(Postdoc 5 yr)

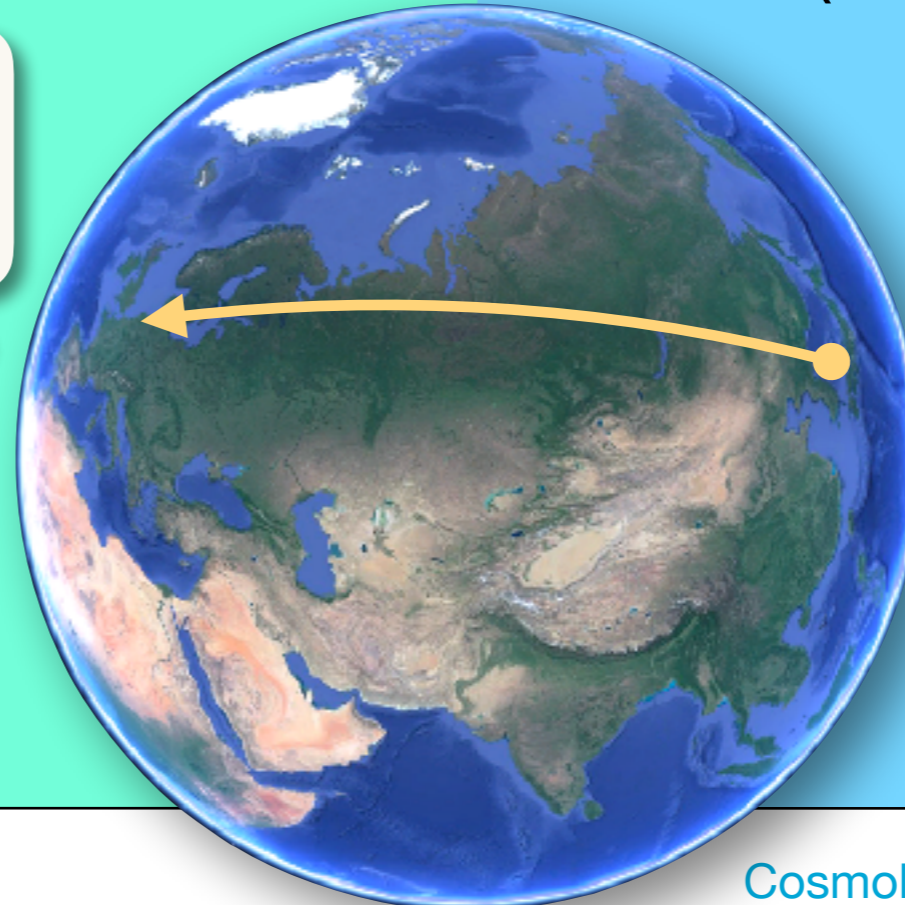
Nano
Cosmo

Astronomy
(MSc & PhD 5 yr)

Netherlands 🇳🇱
(TU Delft)

Japan 🇯🇵
(U. Tokyo)

Electrical Engineering
(Assistant Prof. 3 yr)



DESHIMAの装置開発期：

Neto研究室 / Terahertz Sensing Group @ TU Delft

Baselmansグループ / TU Delft, SRON

David Thoen
(プロセス)



唐津謙一さん
(高エネ物理・CMB)

Nuria Llombart
(準光学・准教授)

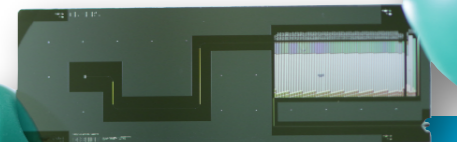
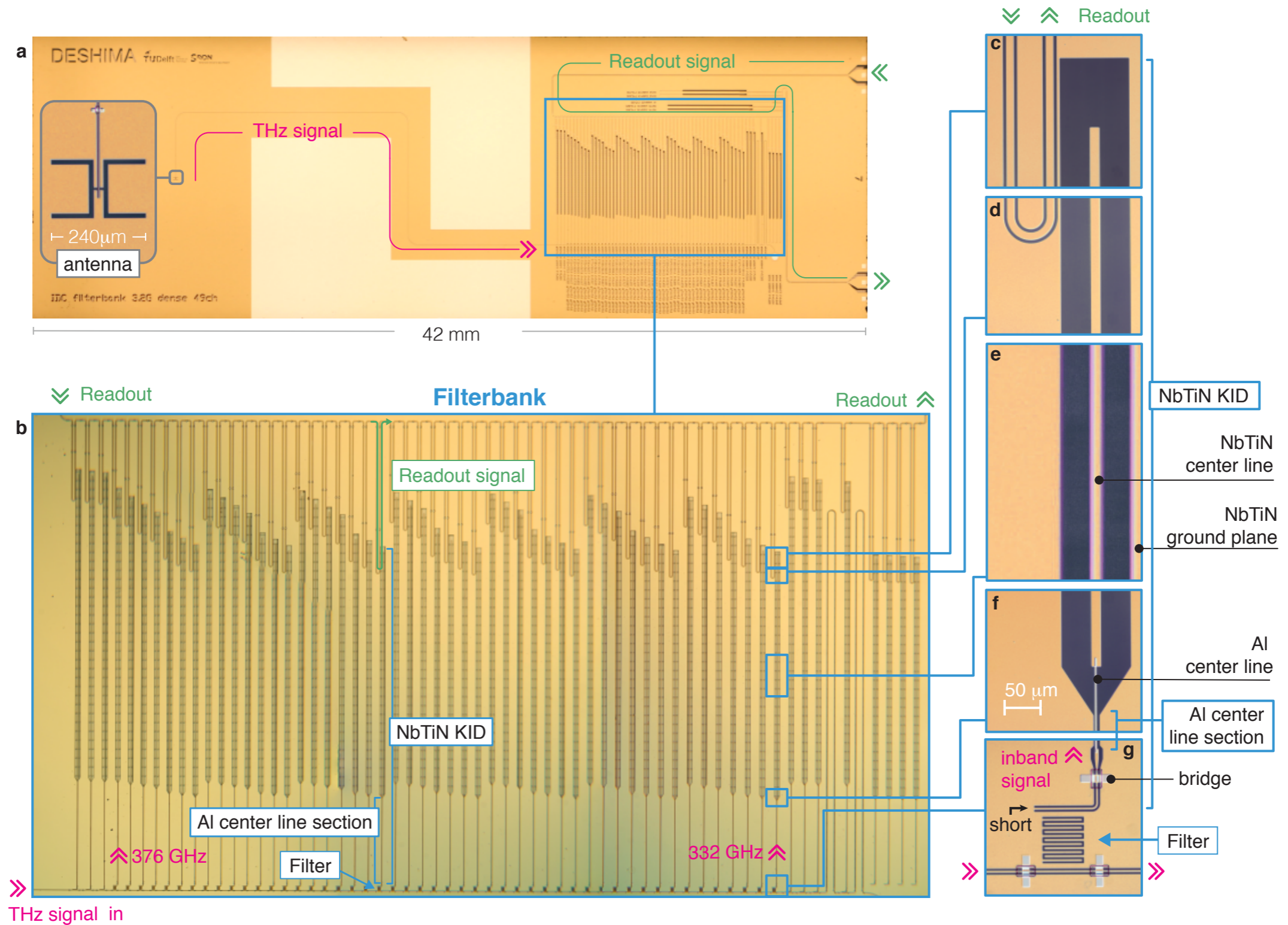
Daniele Cavallo
(アンテナ)

遠藤
(天文学)

Jochem Baselmans
(装置科学)
(MKID全般のリーダー・准教授)

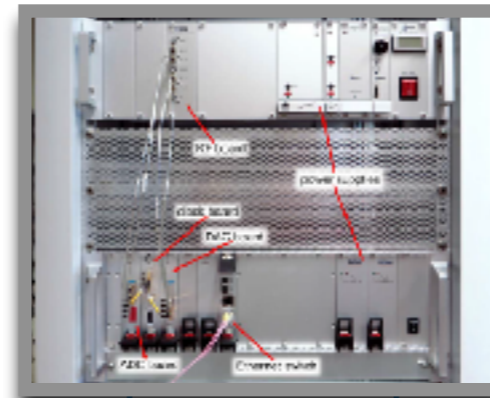
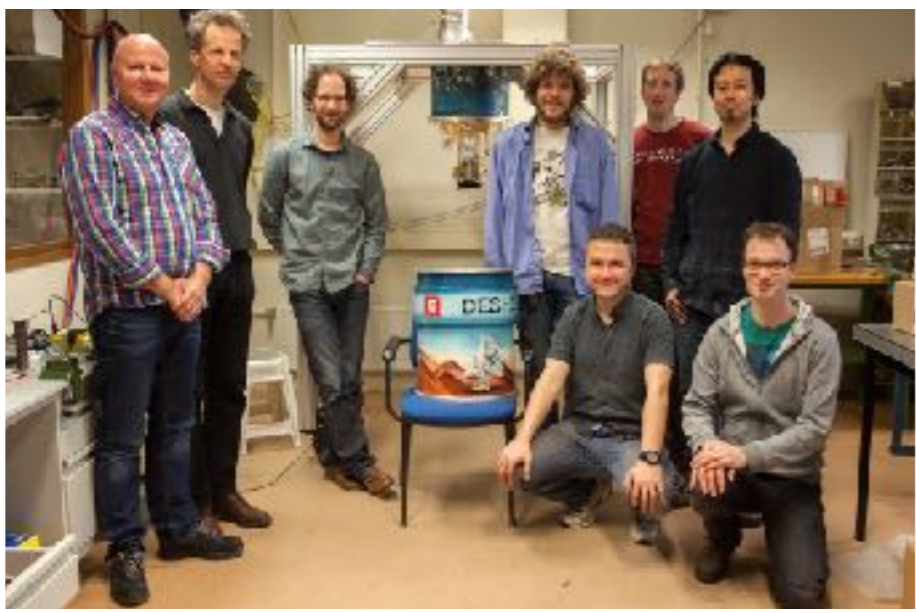
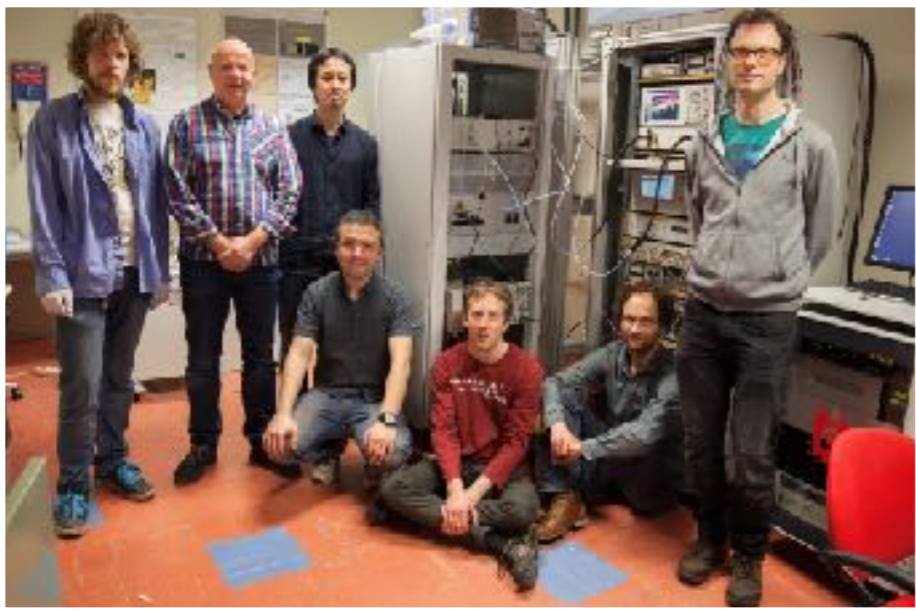
Andrea Neto
(電磁気学)
(THzグループ 教授)

350GHz帯 超伝導フィルターバンク分光チップ

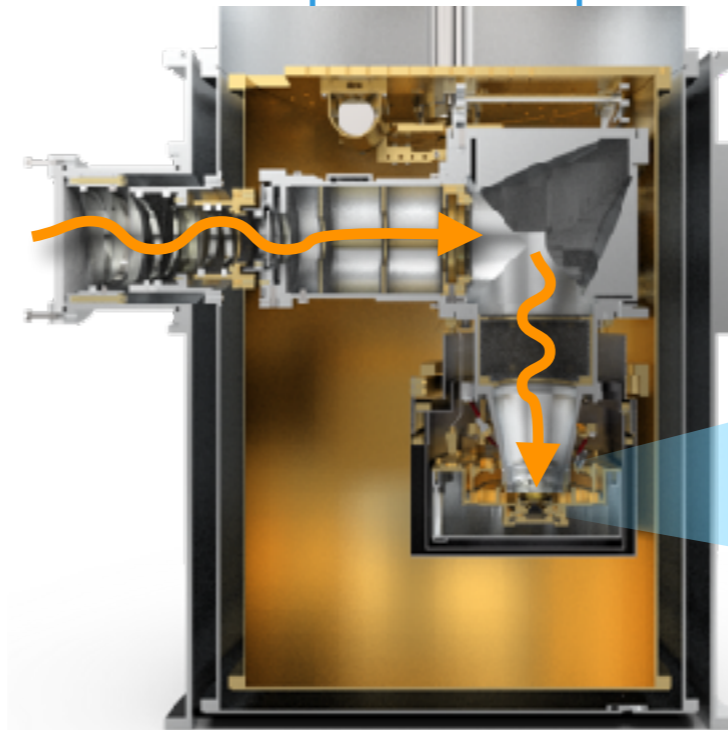


@SRON

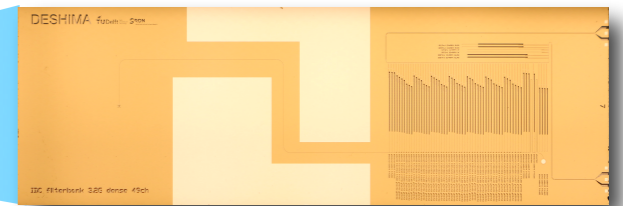
DESHIMAクライオスタット、読み出しエレクトロニクスの開発



Readout Electronics
(van Rantwijk et al., 2016)



Cryostat & Optics



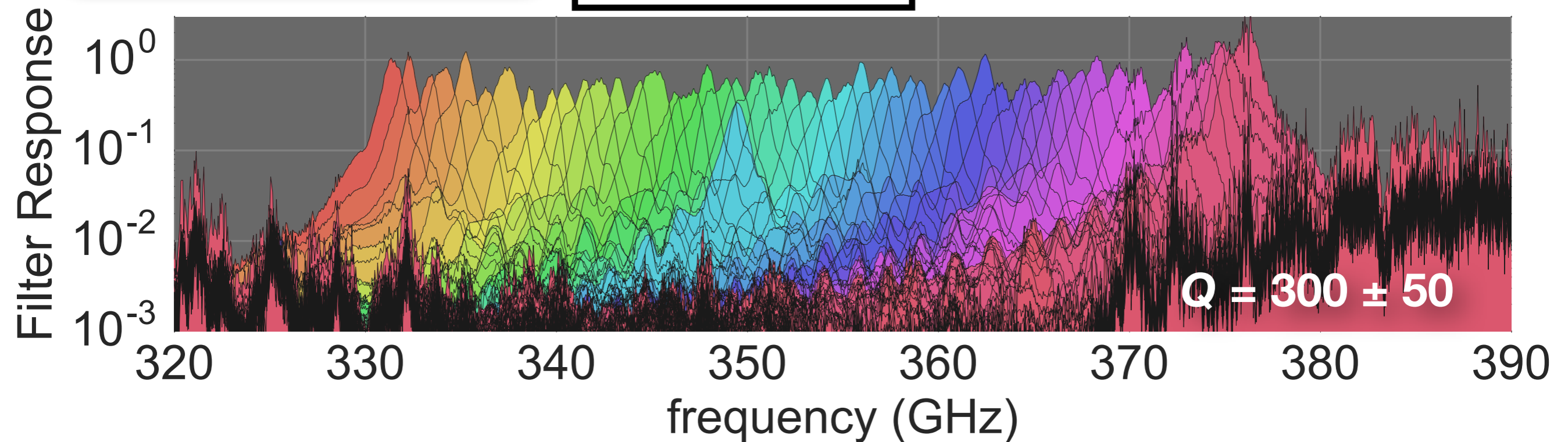
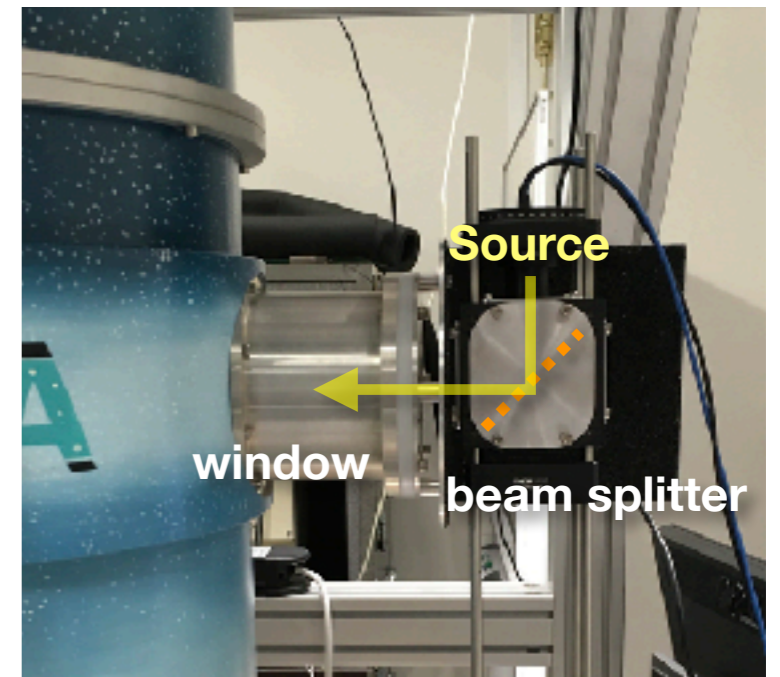
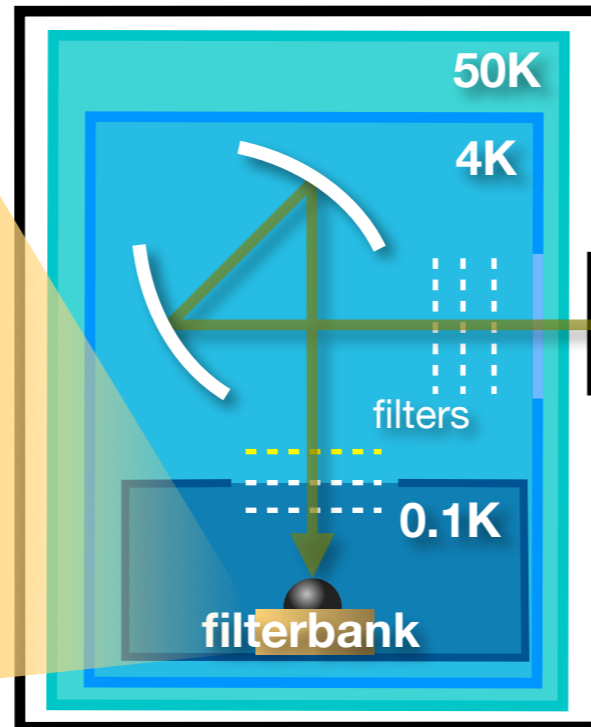
Filterbank chip
at 0.12 K

@ Terahertz Sensing Group / TU Delft

実験室でフィルターバンク分光器の実証



Detector housing



日本との国際共同開発： ASTE搭載システムの開発

DESHIMA

TU Delft Delft University of Technology

SRON Netherlands Institute for Space Research

東京大学 THE UNIVERSITY OF TOKYO

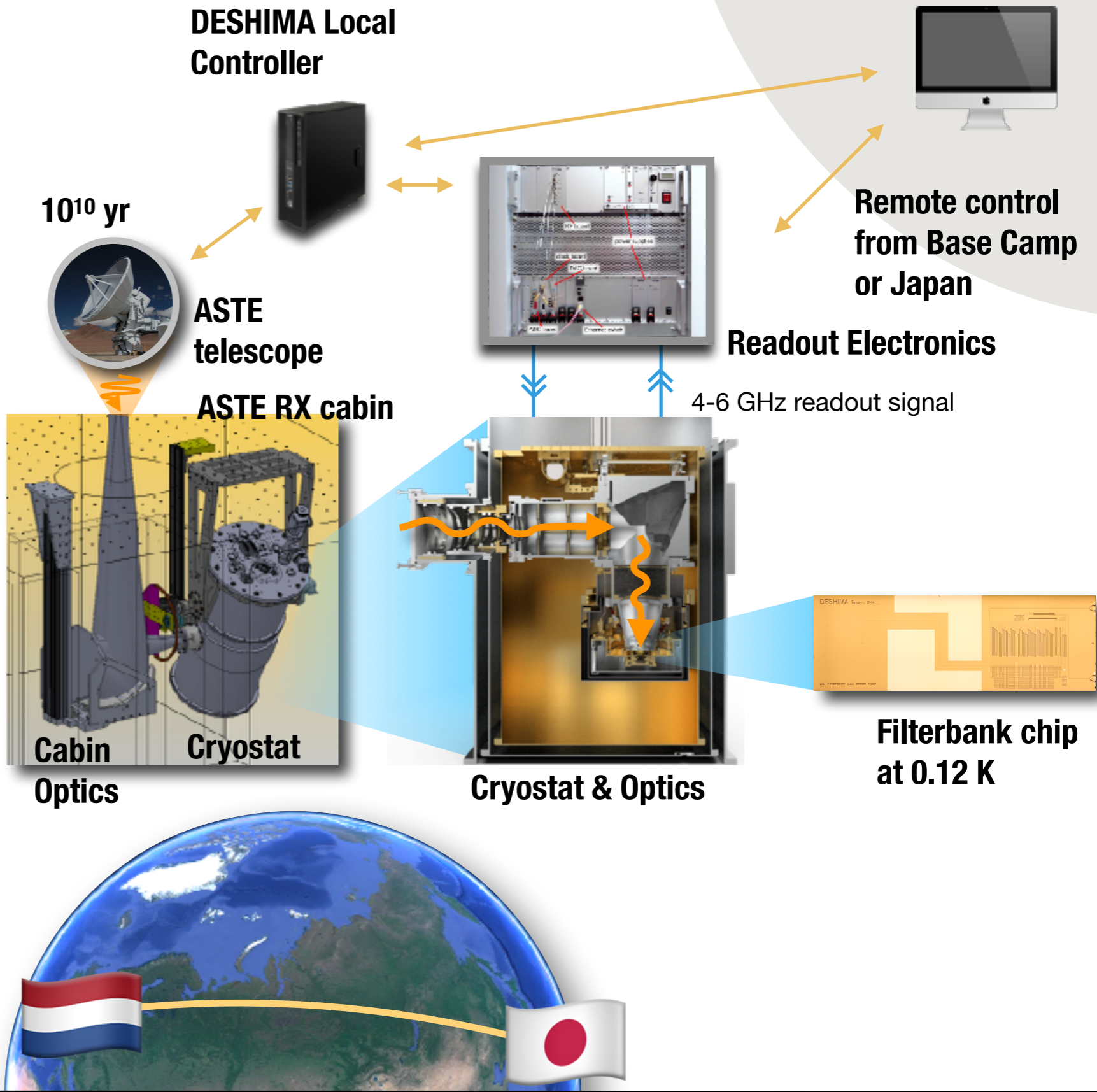
名古屋大学 NAGOYA UNIVERSITY

NAOJ 国立天文台

Saitama University 埼玉大学

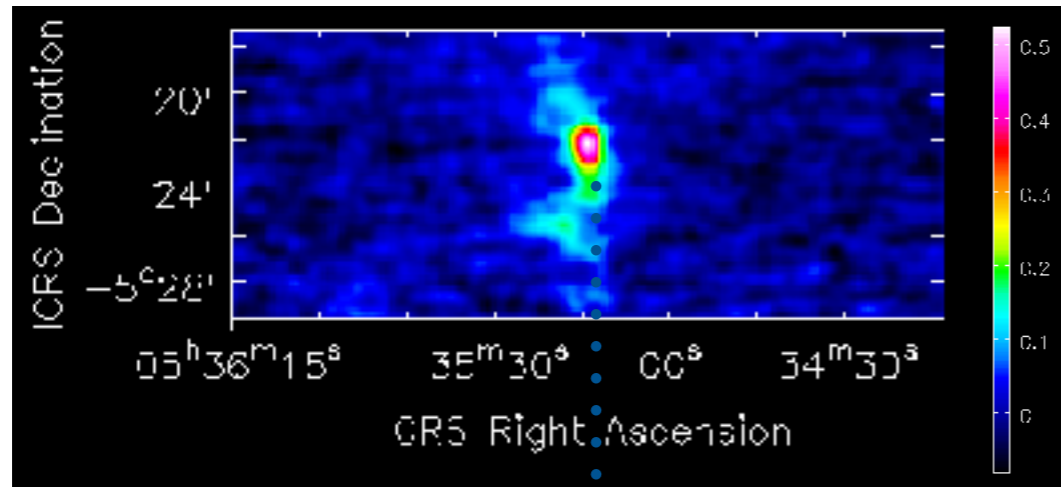
ASTE

NAOJ 国立天文台

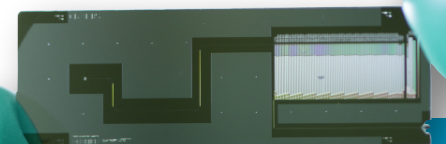
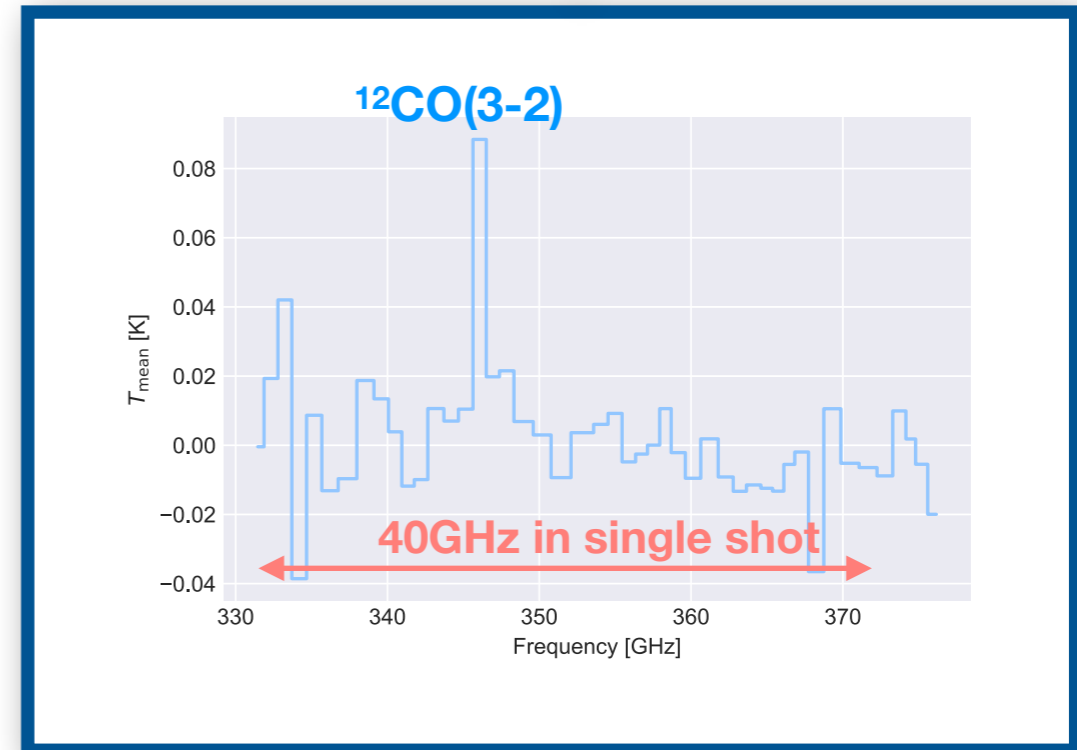
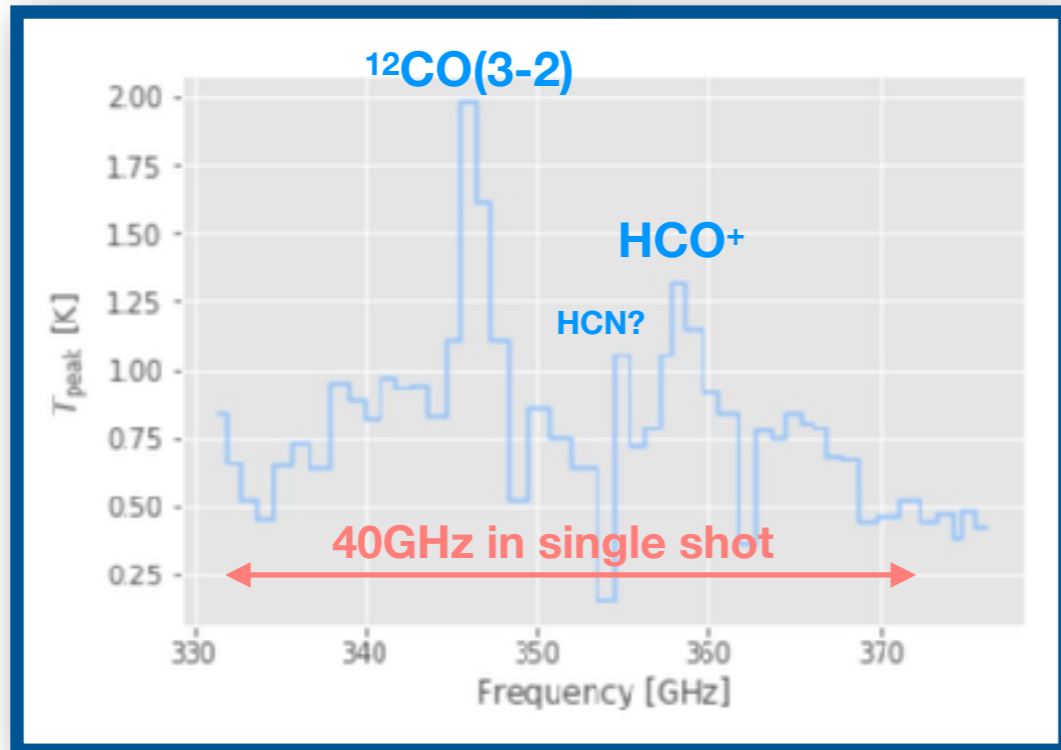
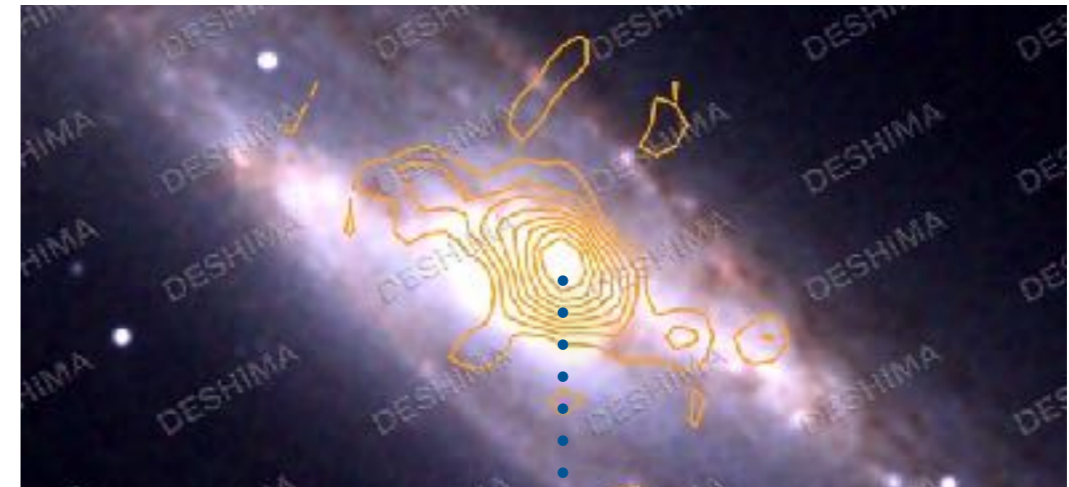


フィルターバンク分光器で 初の天体スペクトル検出

Orion Nebula (continuum map)

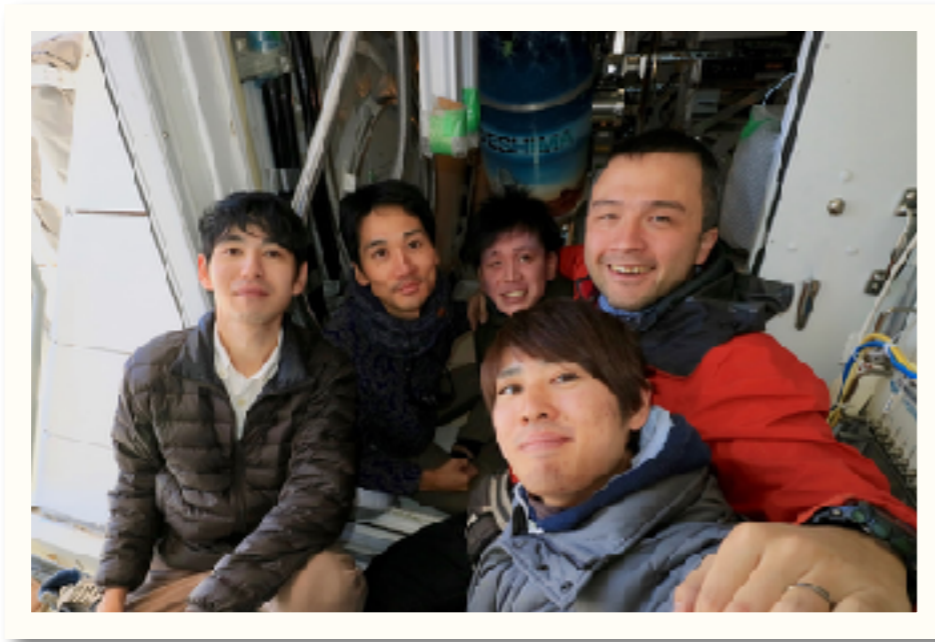


NGC253 (CO(3-2) map)



DESHIMAデータ解析ソフトウェアDe:codeの開発

(谷口暁星さん、石田剛さん、鈴木向陽さん、上田哲太郎さん、陳家偉さん、田村陽一さん)



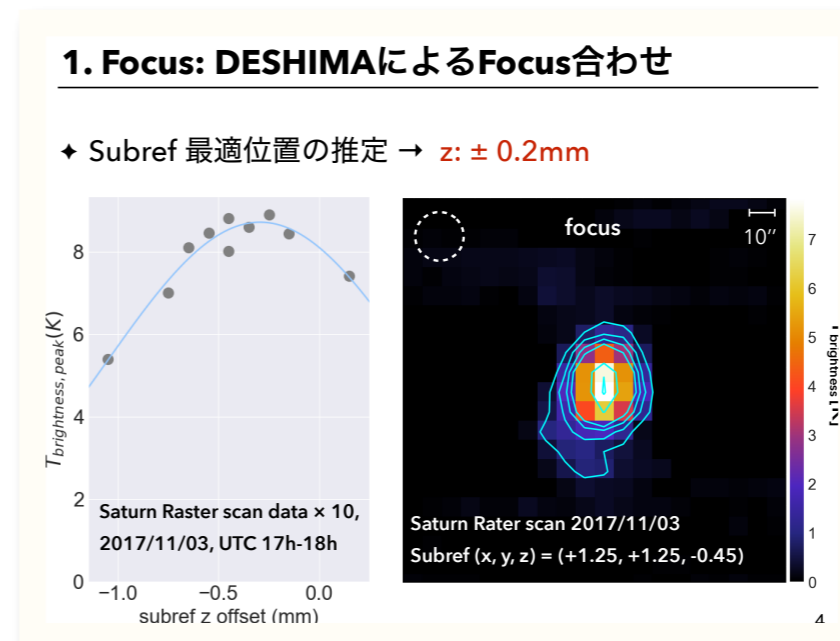
<https://github.com/deshima-dev>

De:codeの開発

- ❖ DESHIMAデータの解析パッケージ
- ❖ キャリブレーション
- ❖ マップメイキング
- ❖ スペクトル出力
- ❖ Python 3系で実装
- ❖ データ構造はxarray (numpy+coordinates)
- ❖ オープンソース (GitHub)

KID ID	KID
中心周波数	周波数
X	読み出し
Y	
アンテナ	
時間	

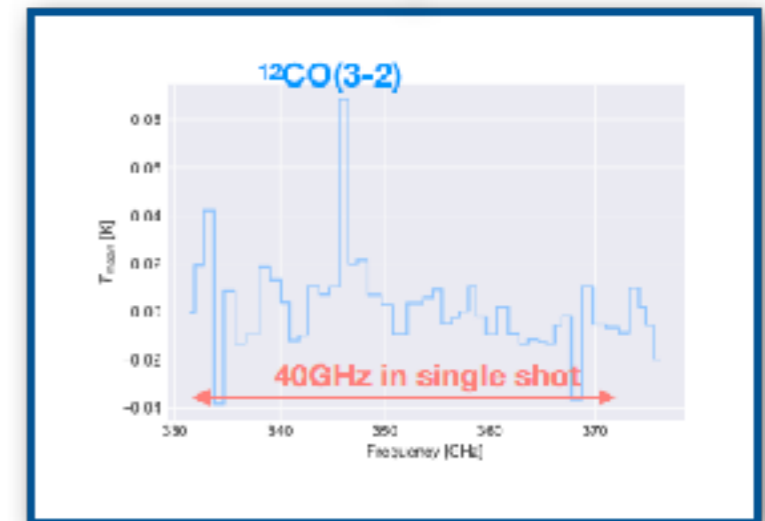
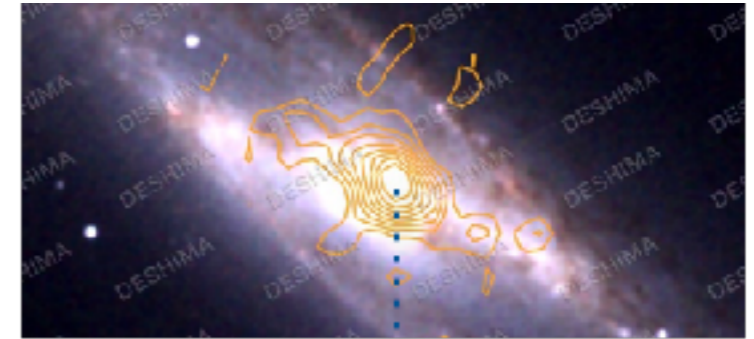
天文学会2018: 石田剛さん



天文学会2018: 鈴木向陽さん

DESHIMA/ASTE 2017の意義

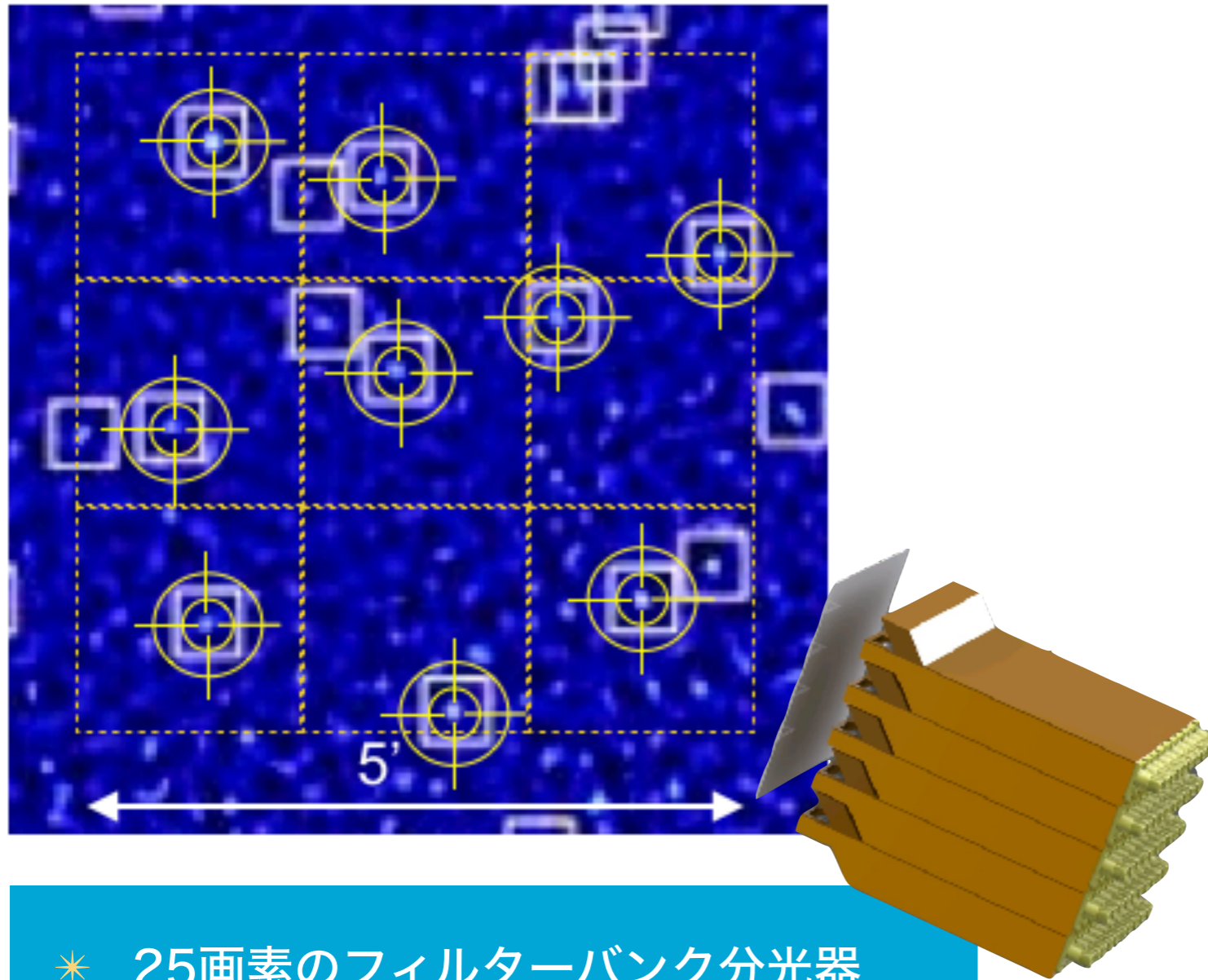
- 超伝導フィルターバンク分光器を使って天体輝線を受けることに世界で初めて成功した。
 - *A very successful Atacama Submm Telescope Experiment*
- フィルターバンク分光器の新たなマイルストーン
 - 2012: 原理の提唱
Endo et al., J. Low Temp. Phys. 167, 341 (2012)
 - 2013: 実験室でのフィルターバンクの原理実証
Endo et al., Appl. Phys. Lett. 103, 032601 (2013)
 - **2017**: 実験室で、完全に動作するシステムの実証
(paper in prep.)
 - **new!** > 天体信号の初検出
(paper in prep.)



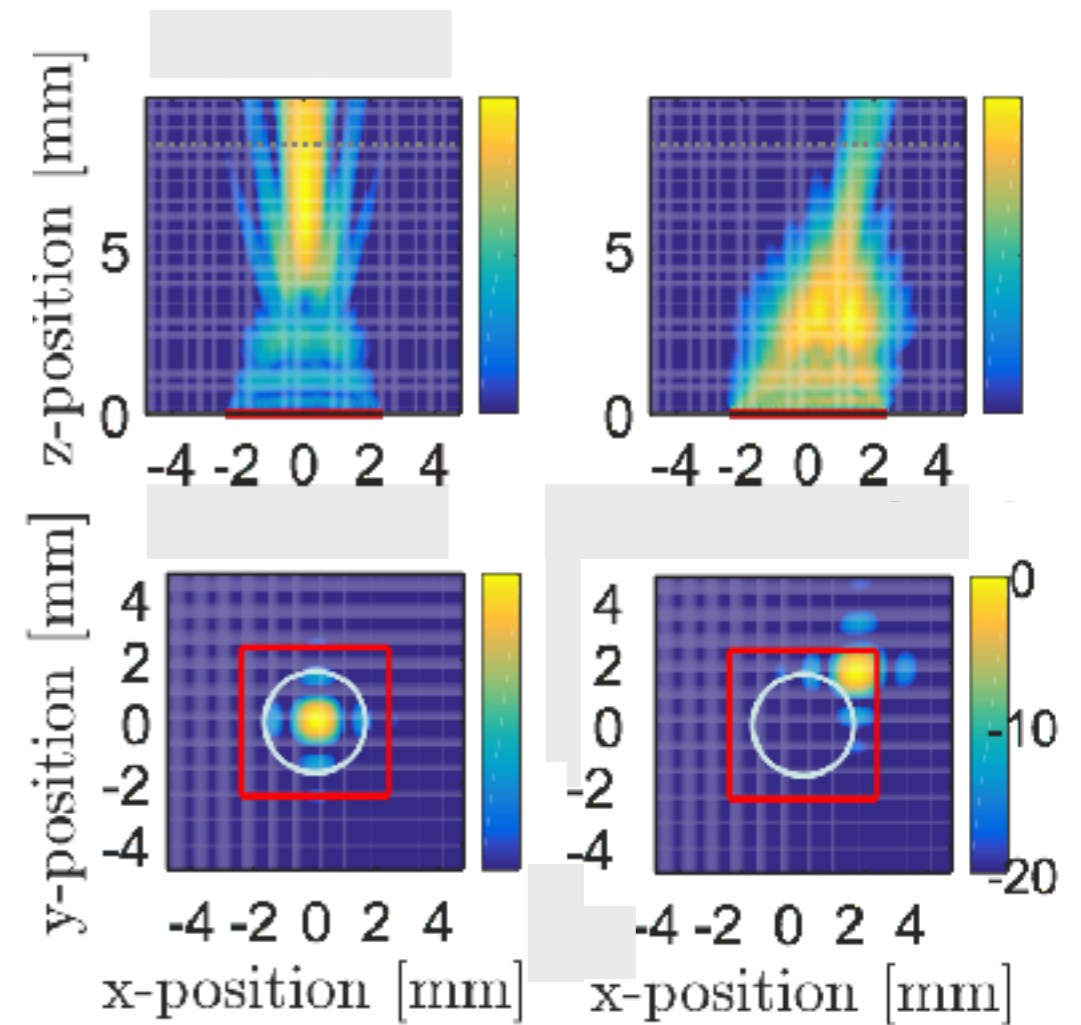
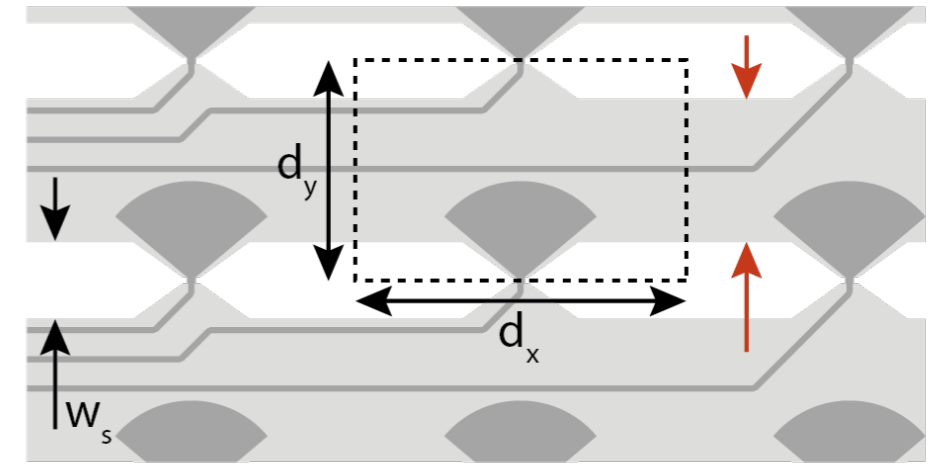
新しい観測手法／観測装置が
種から芽生える研究環境とは？

に一つの答え

MOSAIC (Baselmans, Kohno et al.)



- * 25画素のフィルターバンク分光器
- * on-chip beam steering



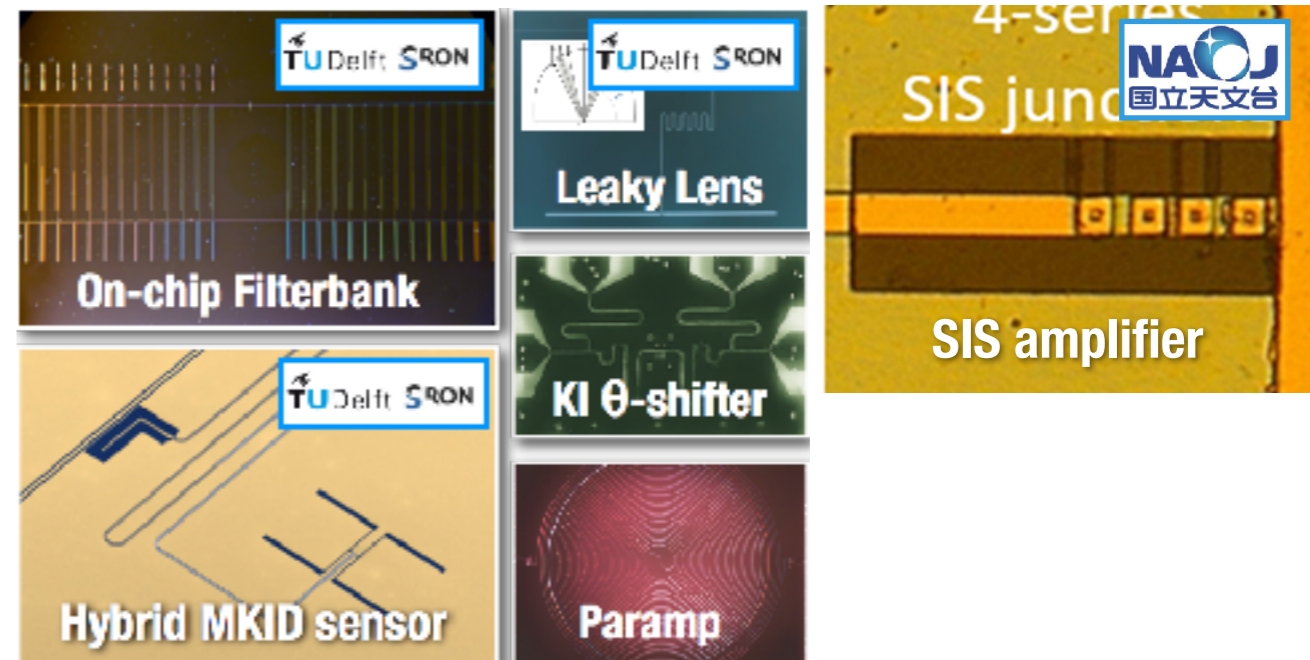
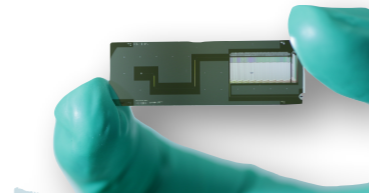
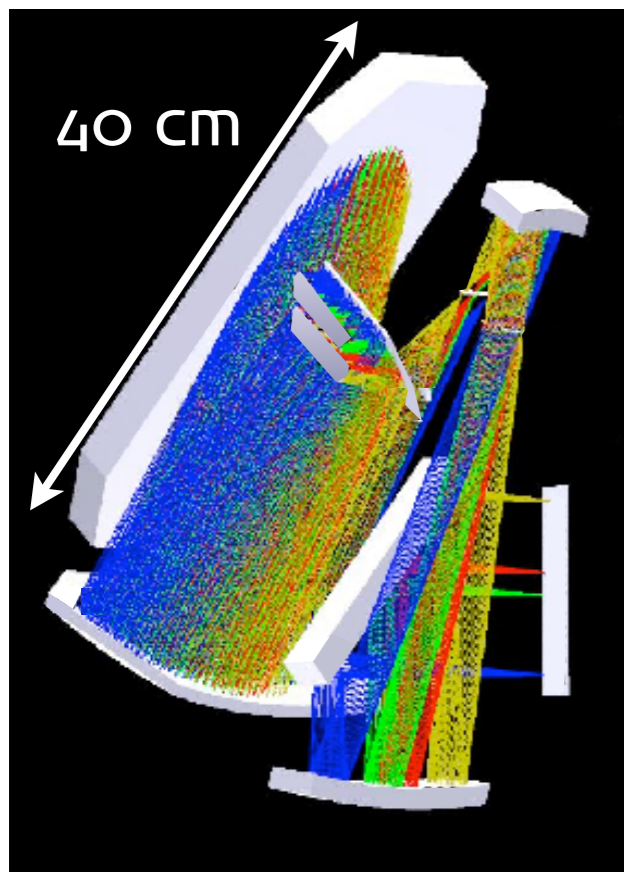
超伝導アストロフォトニクスの夜明け

DESHIMA: **オンチップ装置群**の第一歩

急速に進歩する**フォトンクス**・**量子計算デバイス**の最先端技術を、いち早く観測天文学に応用し続けたい。

Optics

Circuit



日本に潜在する明白なシナジー：量子コンピュータ

日本経済新聞 2018年(平成30年)3月18日(日曜日) サイエンス 30

大量のデータを同時に処理できる



米カリフォルニア大学サンタバーバラ校のジョン・マルティニス教授(左)が米Googleのリーダーとして量子コンピュータの研究を進める

Google、スパコンを超える

量子コンピュータは、従来のコンピュータよりも速く、大量のデータを同時に処理できる。Googleは、今年3月5日に発表したチップで、72個の「量子ビット」を集積し、2の72乗種類のデータを扱うことができた。

従来のコンピュータは、1つのビットで1つの計算を行う。量子コンピュータは、複数のビットを同時に計算し、結果を導く。

従来の計算：1400010101101 (14ビットの組み合わせのうち1つしか扱えない)

量子コンピュータ：0101001100101 (72ビットの組み合わせをすべて同時に計算)

目的の答えを導くアルゴリズム

結果

古田彰(編集長)

量子コンピュータは、従来のコンピュータよりも速く、大量のデータを同時に処理できる。Googleは、今年3月5日に発表したチップで、72個の「量子ビット」を集積し、2の72乗種類のデータを扱うことができた。

従来のコンピュータは、1つのビットで1つの計算を行う。量子コンピュータは、複数のビットを同時に計算し、結果を導く。

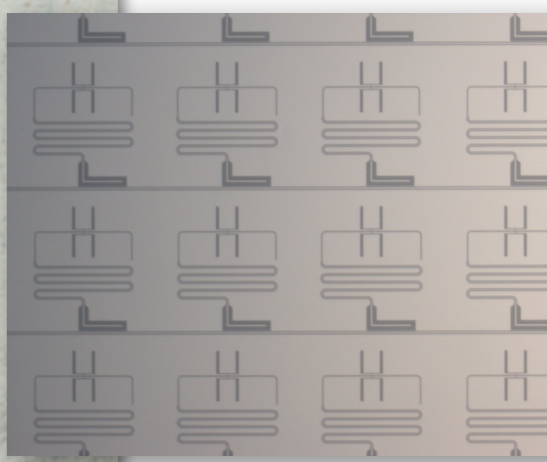
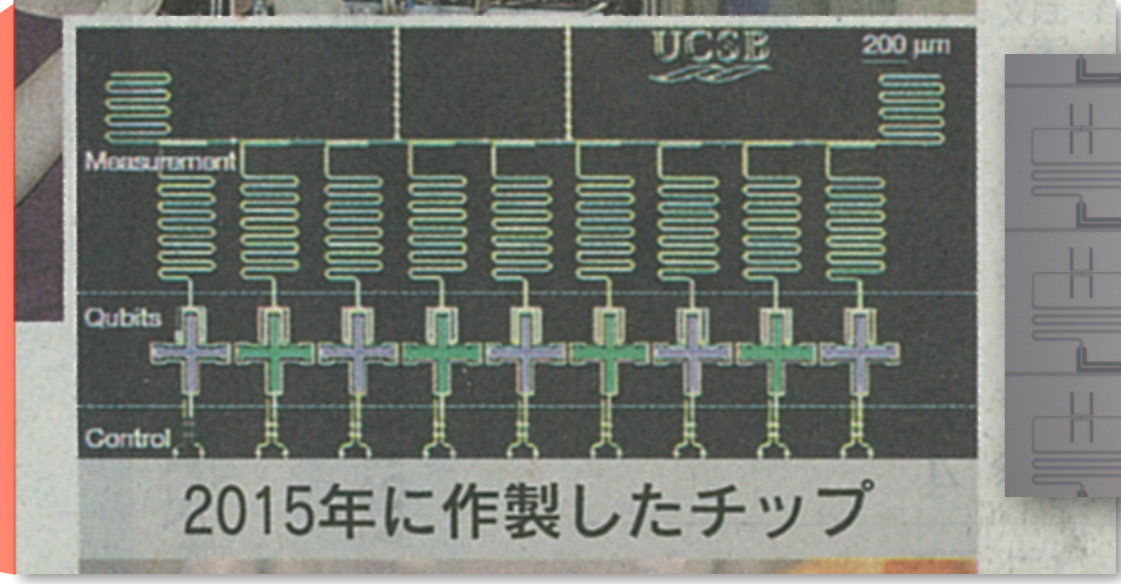
従来の計算：1400010101101 (14ビットの組み合わせのうち1つしか扱えない)

量子コンピュータ：0101001100101 (72ビットの組み合わせをすべて同時に計算)

目的の答えを導くアルゴリズム

結果

古田彰(編集長)



量子コンピューター

桁違いのスピードで計算

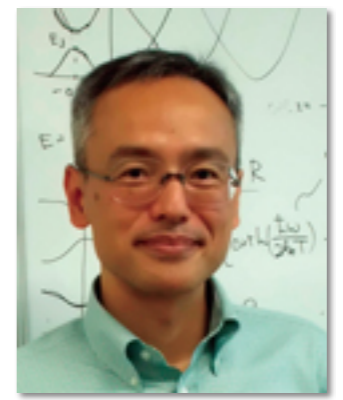
20世紀に登場した「量子力学」を応用したコンピューター。1985年に理論が発表され、90年代に入って一部の計算を桁違いの高速で実行できることがわかり、研究が活発になった。IBMやインテル、マイクロソフトといった米国のIT企業のほか、日米欧中の有力大学が研究開発に取り組む。

従来のコンピューターが0と1のビット単位で計算するのにに対し、0と1の重ね合わせが存在する量子ビットという基本単位を使う。量子ビットの実現には、イオンや半導体などを使う様々なアイデアがある。極低温で電気抵抗がなくなる超電導回路を使った量子ビットは1999年、NECにいた東京大学の中村泰信教授が世界で初めて開発した。

キーワード 量子コンピューター

20世紀に登場した「量子力学」を応用したコンピューター。1985年に理論が発表され、90年代に入って一部の計算を桁違いの高速で実行できることがわかり、研究が活発になった。IBMやインテル、マイクロソフトといった米国のIT企業のほか、日米欧中の有力大学が研究開発に取り組む。

従来のコンピューターが0と1のビット単位で計算するのにに対し、0と1の重ね合わせが存在する量子ビットという基本単位を使う。量子ビットの実現には、イオンや半導体などを使う様々なアイデアがある。極低温で電気抵抗がなくなる超電導回路を使った量子ビットは1999年、NECにいた東京大学の中村泰信教授が世界で初めて開発した。

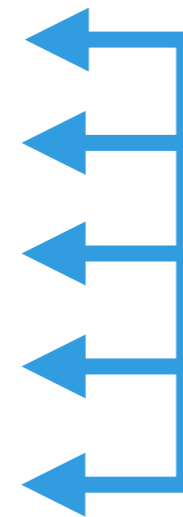


教授
中村 泰信
量子情報物理工学分野

略歴	
1992年4月	日本電気株式会社基礎研究所研究員
2001年9月	デルフト工科大学客員研究員 (~2002.08)
2002年9月	理化学研究所客員研究員兼任
2005年6月	日本電気株式会社基礎・環境研究所所長研究員
2012年1月	東京大学大学院工学系研究科物理学専攻教授
2012年4月	東京大学先端科学技術研究センター教授
2014年2月	理化学研究所創発物性科学研究センターチームリーダー兼任

「学際」を天文学の力に

- 各分野の「**一流の専門家**」でチームを組む
- そのために：「**各分野で**」インパクトのある論文を書ける構造にする
 - 天文学：ここにいる我々！
 - MKID & 装置科学：Jochem Baselmans
 - 超伝導デバイスの物理：Teun Klapwijk
 - 準光学 & THzシステム：Nuria Llombart
 - new!* 信号処理：Akio Taniguchi
- 個人的には：天文学と超伝導（物性）物理の研究者が活発に議論する環境を、また作りたい



それぞれが
自分の分野で
実績になる
インパクトのある
論文を書ける

