

# 天体物理学研究室 (A研) ガイダンス

2022年度 大学院見学 説明資料  
28-May-2022

# 名古屋大学 天体物理学研究室

- 天体物理学研究室 (astrophysics lab; A-lab)
  - 3→4 x 教員, 2 x 研究員
  - 1→3 x 院生(D), 8 x 院生(M)
- 研究グループ
  - 実験的銀河研究グループ (遠方宇宙+次世代望遠鏡)
  - NANTEN2グループ (分子雲+NANTEN2)



田村 陽一



立原 研悟



山本 宏昭



梅畑 豪紀  
(2022~)



Tom Bakx



谷口 暁星

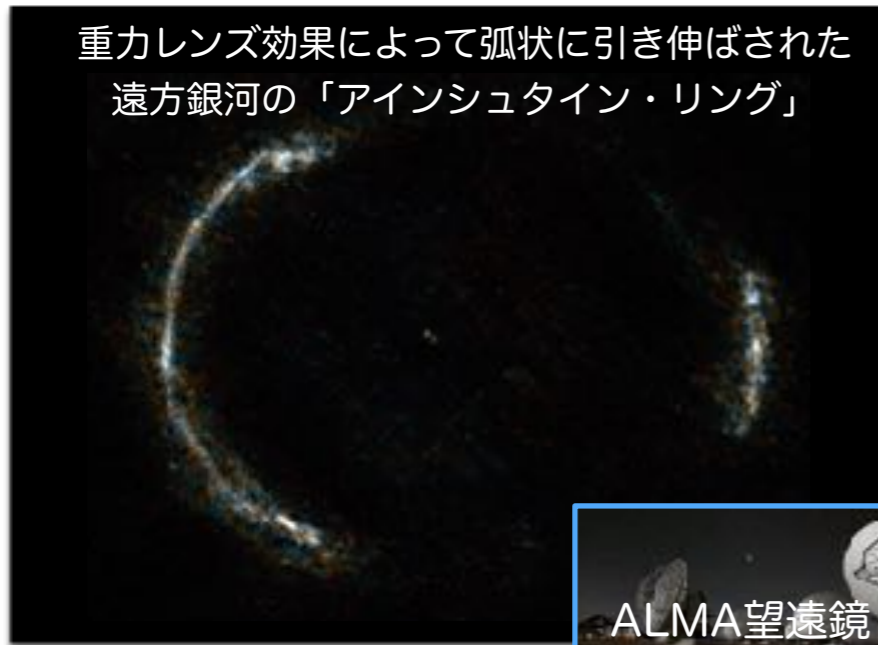


# 名古屋大学 天体物理学研究室 (電波天文学)

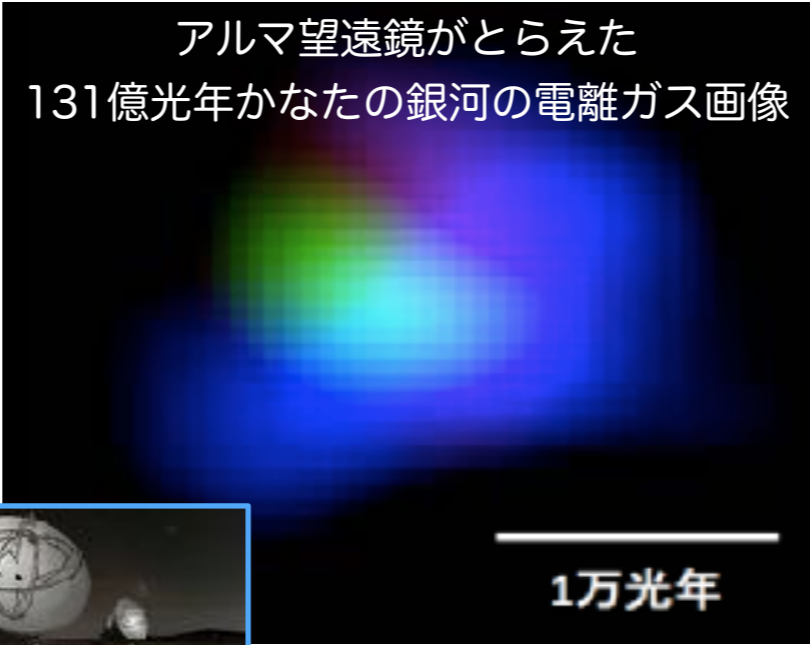
あらゆる天体の根源である“星間物質”の観測を通じて、天体形成の理解をめざします。

## 遠方銀河の探査と星形成活動の研究

重力レンズ効果によって弧状に引き伸ばされた  
遠方銀河の「アインシュタイン・リング」



アルマ望遠鏡がとらえた  
131億光年かなたの銀河の電離ガス画像

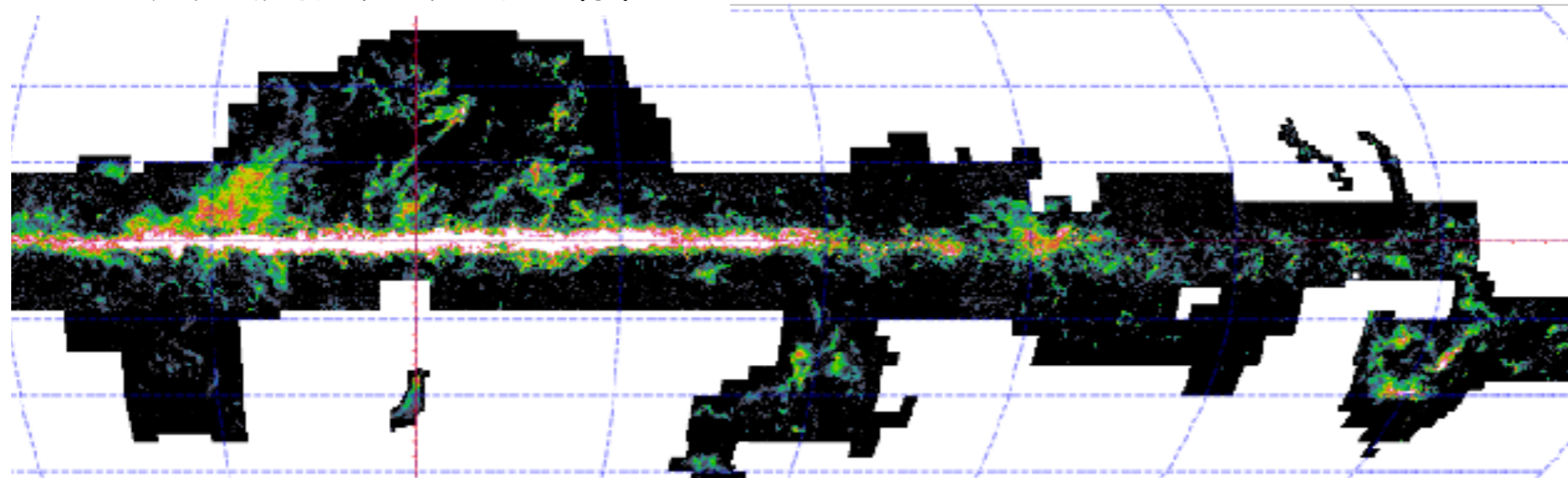


ALMA望遠鏡

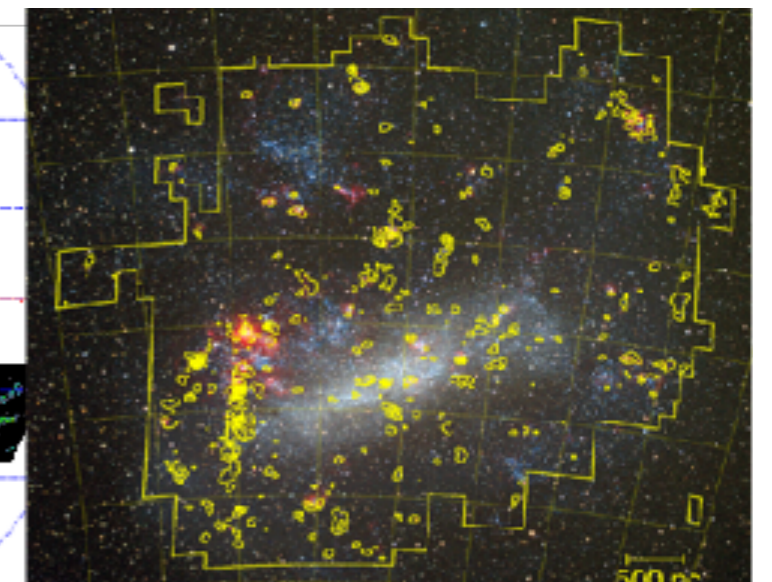


星間物質の詳細解析が明らかにした  
誕生後まもない銀河の想像図

## 天の川銀河広域分子雲探査

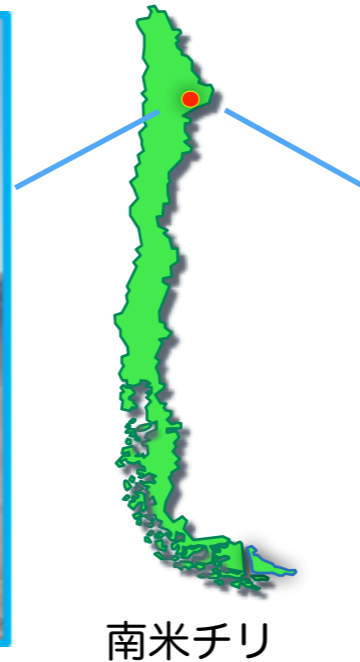


なんてん望遠鏡による大マゼラン雲サーベイ



# 名古屋大学 天体物理学研究室 (電波天文学)

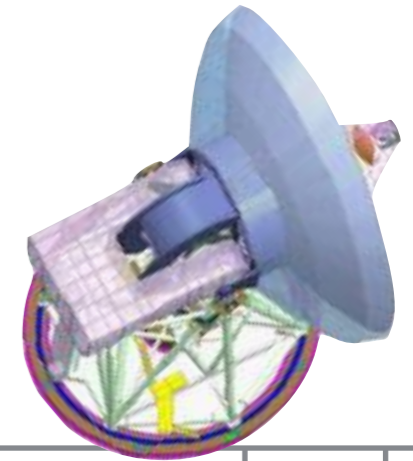
A研が所有・運用する NANTEN2 望遠鏡



国立天文台ASTE望遠鏡

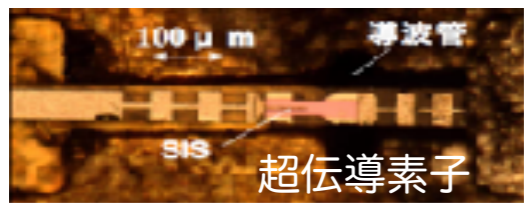
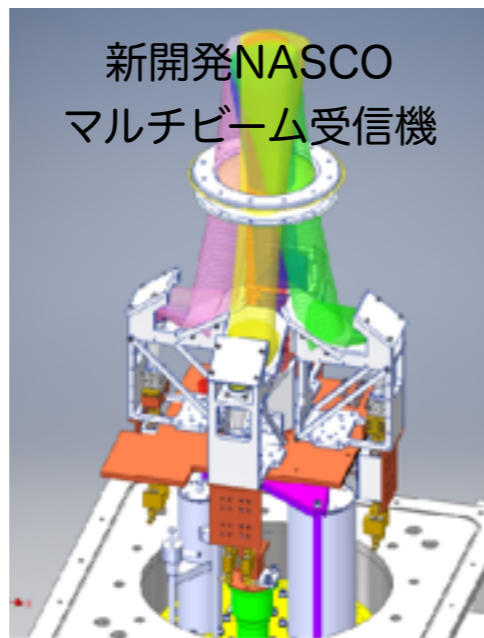


ミリ波補償光学  
将来の大型望遠鏡計画  
のための技術



2017/2021搭載

超伝導ヘテロダイン受信機開発



超広帯域分光計  
DESHIMA



2020 試験



メキシコ・50m大型ミリ波望遠鏡

2022 搭載



# 天体物理学研究室 (A研) ガイダンス (遠方銀河 編)

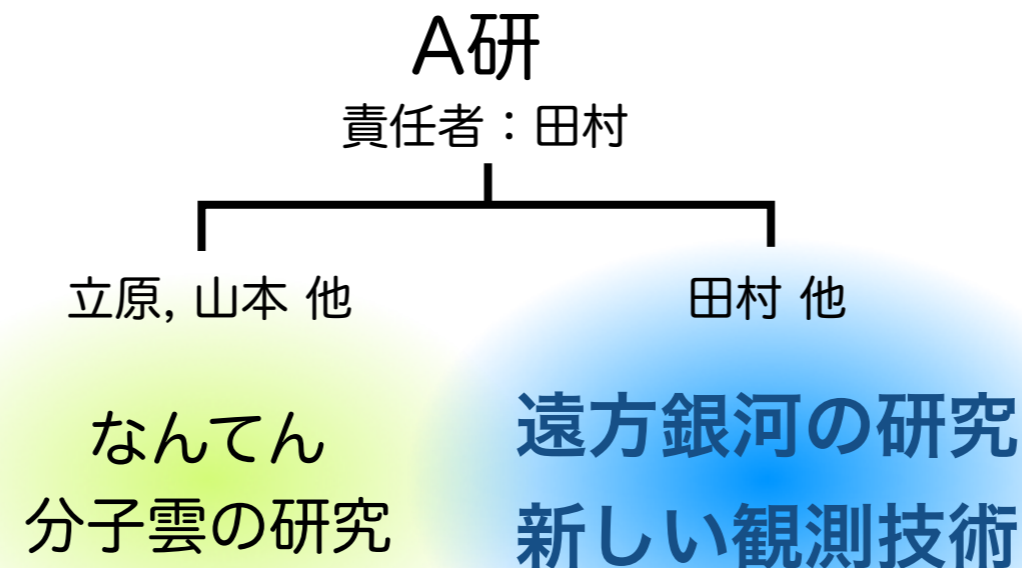


田村 陽一 (名古屋大・理・物理)

2022年度 大学院見学 説明資料  
28-May-2022

# 今日のおはなし

- 研究の方針
  - 研究のテーマ、ポリシー
  - 研究の場所 (プラットフォーム) 、スケジュール
  - 当面の研究課題の例
- 遠方銀河の研究
  - はじめに：みなさんの宇宙の認識を広げる
  - (すべて理解する必要はありません)

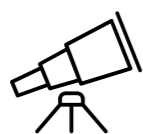


## 目標

- どうせなら世界一、どうせなら世界初をめざそう！
- 電波 (サブミリ波) というあたらしい手段をつかって、遠方宇宙の天体形成と物質進化の歴史をときあかそう！
- まったく新しい技術を創造し、あらたな研究分野を開拓しよう！
- 技術開発にはじまる一連の遠方銀河観測的研究を行っている、全国的にみて特徴的な研究グループ
- "オールジャパン" 体制で検討がすすむ、将来の超大型サブミリ波望遠鏡計画の中核を担っているグループ

# OUR RESEARCH

私たちは, サブミリ波という手段で 138 億年にわたる宇宙の歴史をひもときます.



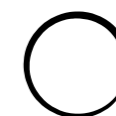
## 宇宙最遠方の銀河を探す

宇宙誕生後わずか5億年の宇宙で産声をあげる初代銀河を研究しています.



## 激動の銀河進化を目撃する

ガスや塵などの莫大な星間物質を秘めた, およそ100億年前の爆発的星形成銀河を, サブミリ波で観測しています.



## 超大質量ブラックホール

銀河の中心に潜み, 銀河の進化に重大な影響をおよぼす超大質量ブラックホールの進化を研究しています.



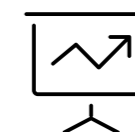
## 新しい検出技術を創造する

オンチップフィルターバンク型分光計 DESHIMA (デシマ) や周波数変調局部発振器を用いた新しい分光受信システムの開発など, 世界で類を見ない装置の開発を行います.



## 未来の望遠鏡をデザインする

将来の大型電波望遠鏡のカギとなるミリ波補償光学 (MAO) の創出をめざし, 世界初のミリ波における波面センサーの開発を行っています.



## その他

興味のおもむくままに...





# OUR RESEARCH

私たちは、サブミリ波という手段で138億年にわたる宇宙の歴史をひもときます。

## 銀河形成・観測的宇宙論



### 宇宙最遠方の銀河を探す

宇宙誕生後わずか5億年の宇宙で産声をあげる初代銀河を研究しています。

### 激動の銀河進化を目撃する

ガスや塵などの莫大な星間物質を秘めた、およそ100億年前の爆発的星形成銀河を、サブミリ波で観測しています。

### 超大質量ブラックホール

銀河の中心に潜む銀河の進化に与える影響をおよぼす超大質量ブラックホールの進化を研究しています。

## 将来の技術



## 既存の望遠鏡

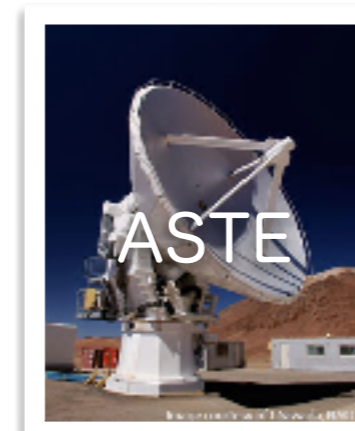
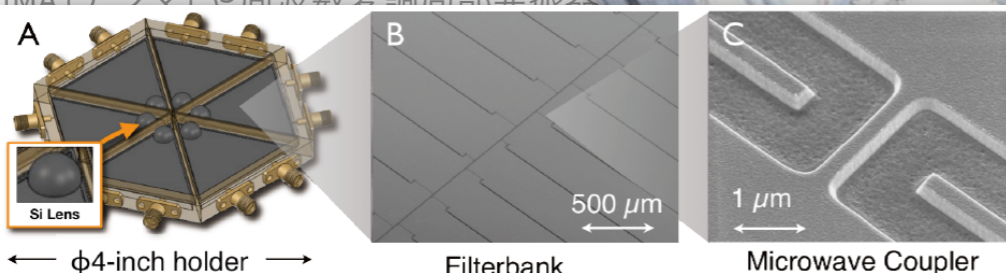


### 新しい検出技術を創造する

### 望遠鏡をデザインする

オランダ型分光計 DESHIMA (デシマ) や周波数変調局部発振器を用いた世界

望遠鏡のカギとなるミリ波補償をめざし、世界初のミリ波センサーの開発を行っています。



ASTE



ALMA

# どこで活動する？ 研究のプラットフォーム

## TELESCOPES AT DRIEST SITE IN THE WORLD

はるばる太古の宇宙からやってきたサブミリ波は、私たちにとどく一歩手前の地球の薄皮一枚の大気で吸収されてしまいます。かすかな天体信号を受けるため、私たちは標高4000~5000mという高地で運用する電波望遠鏡を使って研究を行っています。



ALMA

アルマ望遠鏡 (ALMA) は、南米チリ・アタカマ砂漠に位置する世界最大のサブミリ波干渉計です。



ASTE

アステ望遠鏡 (ASTE) は、日本の研究チームが南米チリ・アタカマ砂漠に建設した、南半球で初の10mクラスのサブミリ波望遠鏡です。

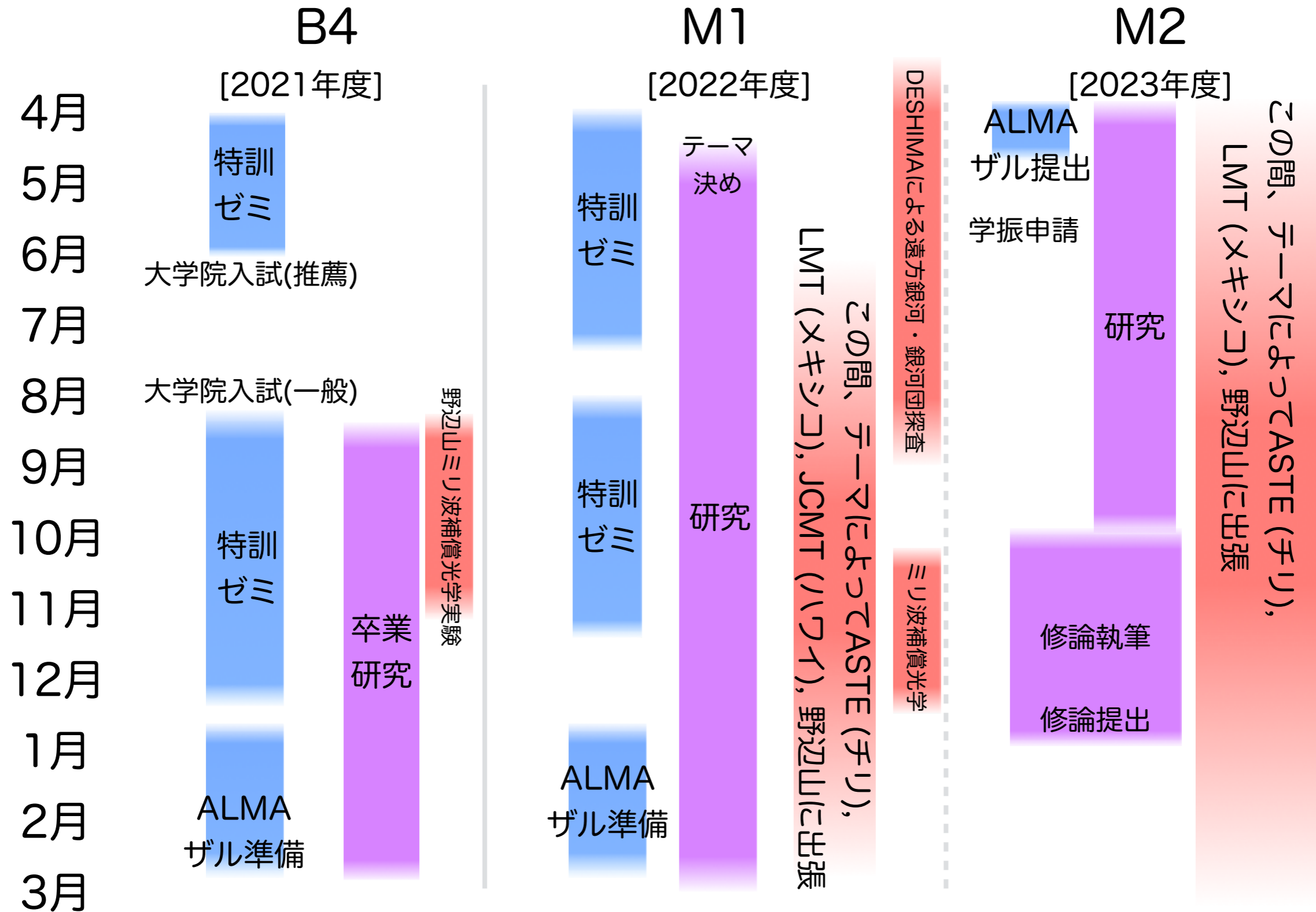


LMT

大型ミリ波望遠鏡 (LMT) は、メキシコ・シエラネグラ山頂 (標高 4600 m) に建設されている世界最大のミリ波望遠鏡です。



# スケジュール (案)



## これまでの修論テーマ (最近5年間)

- "高効率遠方銀河探査に向けた10.24 GHz広帯域分光計及びそのデジタルサイドバンド分離の実証" (萩本将都, 2022)
- "超大型干渉計センチ波帯高感度イメージに基づく赤方偏移  $z \sim 3$  に存在する原始銀河団銀河の統計的研究" (松田慧一, 2022)
- "サブミリ波超解像イメージングで空間分解した活動銀河NGC1068の中心核構造" (戸上陽平, 2021)
- "多波長観測に基づく赤方偏移  $z = 6$  のライマン $\alpha$ 輝線銀河における星形成史と星間物質の研究" (須永夏帆, 2020)
- "ALMAと重力レンズ効果を用いて空間分解した高赤方偏移爆発的星形成銀河の分子ガスの物理状態診断" (島田優也, 2020)
- "ミリ波補償光学波面センサ用送信機サブシステムの開発と評価" (深作悠平・名古屋大学受託院生, 筑波大学修士論文, 2020)
- "サブミリ波天文観測用超伝導フィルターバンク型分光器DESHIMAの初期科学観測と性能評価" (鈴木向陽, 2019)
- "ALMAを用いた2型セイファート銀河NGC1068の中心領域における分子ガスの物理状態の観測的研究" (浦田裕樹, 2019)

## 当面の研究テーマ（候補）

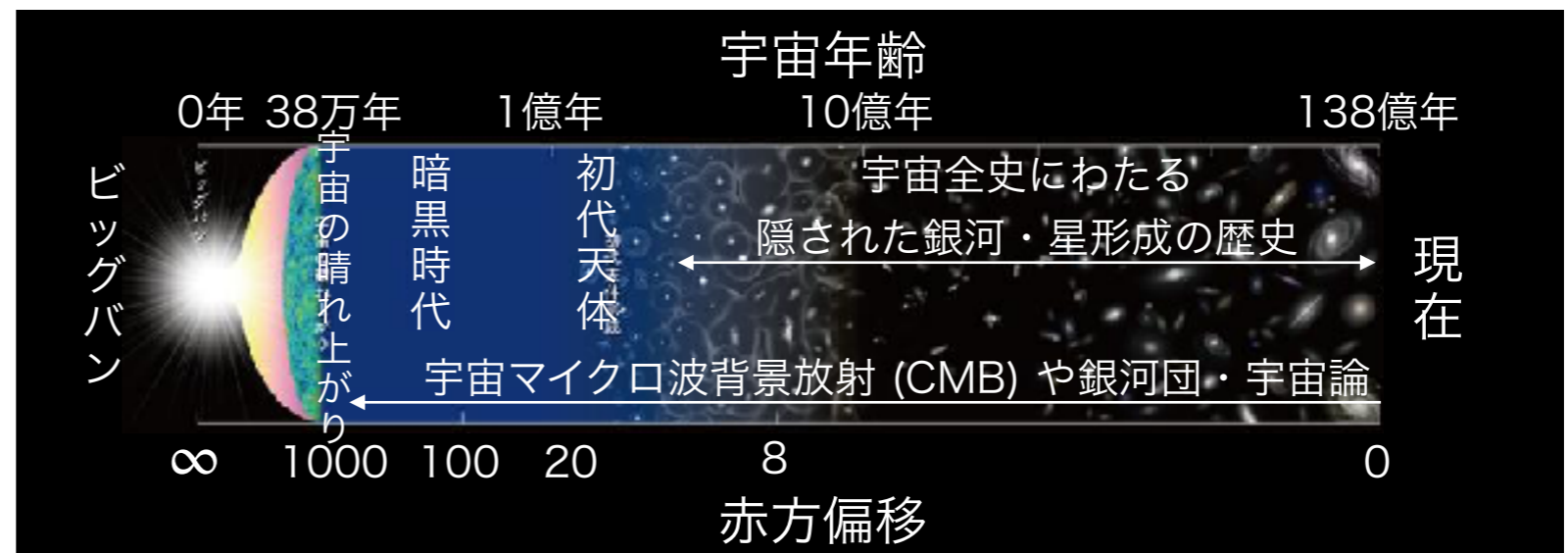
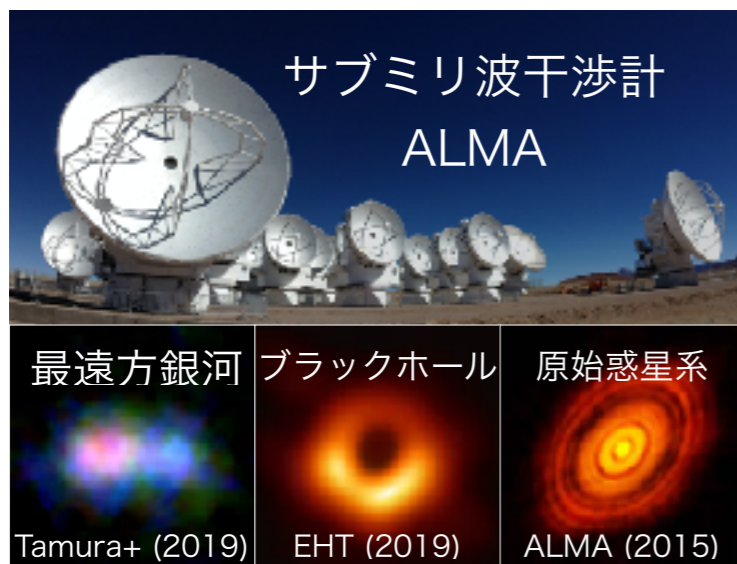
※ 原則的に各人の興味に応じて設定。

- ALMA 関係の研究テーマの例
  - 「光電離モデルを用いた宇宙再電離期の星形成銀河の星間物理」
  - 「スペースモデリング超高解像イメージングに基づく初期宇宙銀河の観測的研究」
  - 「原始銀河団環境で加速された銀河と巨大ブラックホールの進化」
  - 「サブミリ波銀河の多波長解析・統計的解析」
- ミリ波補償光学 関係の研究テーマの例
  - 「ミリ波補償光学波面センサの開発」
  - 「ミリ波補償光学における実時間波面制御法の開発」
- DESHIMA 関係の研究テーマの例
  - 「DESHIMA によるサブミリ波銀河赤方偏移探査」
  - 「超広帯域サブミリ波分光器 DESHIMA の強度校正法の開発」
- FINER/B4R/FMLO 関係の研究テーマの例
  - 「近赤外線公開撮像データに基づく赤方偏移 $z=11$ 候補天体の探索」
  - 「FINER 広帯域デジタル分光計の開発と評価」
  - 「サブミリ波銀河の赤方偏移探査と埋もれた活動銀河核の探査」
  - 「なんてん2における周波数局部発振器受信システムの開発」

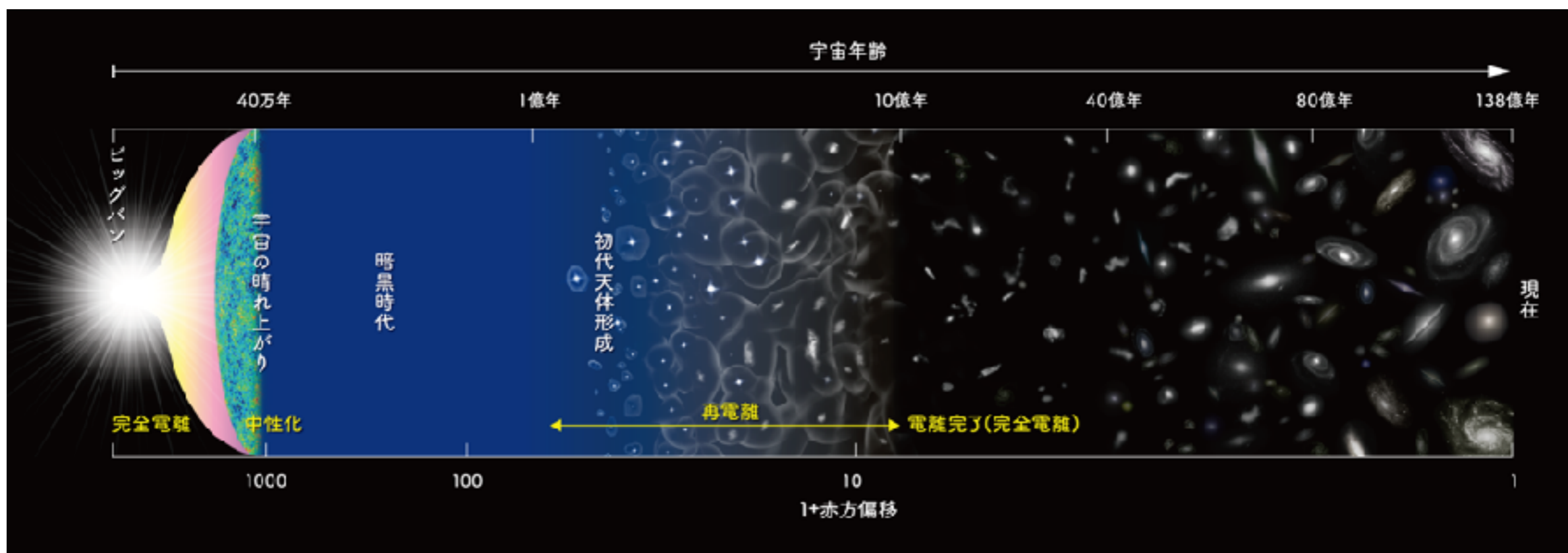
# サブミリ波天文学とは？

- サブミリ波 (波長  $\lambda \sim 0.1-1 \text{ mm}$ ) による宇宙観測
  - 宇宙誕生後わずか5億年の時代の銀河を観測するに至っている  
Tamura et al. (2019), *Astrophys. J.*, 874, 13
  - 天体 (銀河・星・惑星) の母体となるガス・塵の星間物質の検出
- サブミリ波天文学の目標
  - 宇宙全史にわたる隠された銀河・星・惑星の形成と進化の解明
  - 宇宙マイクロ波背景放射 (CMB)、銀河団プラズマ、巨大ブラックホール

↪ 遠方宇宙 (高赤方偏移) への窓



# 宇宙の歴史を紐解く



# ダークマターと銀河の進化

宇宙大規模構造のなかで、バリオン(星, 銀河, 星間物質) や巨大ブラックホールは、どのように進化してきたか？



宇宙論的時間・体積のなかで、星形成活動の変遷を追跡

ダークマター (暗黒物質) の空間分布

ガス・星の空間分布  
(色は温度を反映)



# OUR RESEARCH

私たちは、サブミリ波という手段で138億年にわたる宇宙の歴史をひもときます。



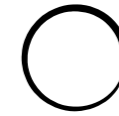
## 宇宙最遠方の銀河を探す

宇宙誕生後わずか5億年の宇宙で産声をあげる初代銀河を研究しています。



## 激動の銀河進化を目撃する

ガスや塵などの莫大な星間物質を秘めた、およそ100億年前の爆発的星形成銀河を、サブミリ波で観測しています。



## 超大質量ブラックホール

銀河の中心に潜み、銀河の進化に重大な影響をおよぼす超大質量ブラックホールの進化を研究しています。



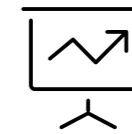
## 新しい検出技術を創造する

オンチップフィルターバンク型分光計 DESHIMA (デシマ) や周波数変調局部発振器を用いた新しい分光受信システムの開発など、世界で類を見ない装置の開発を行います。



## 未来の望遠鏡をデザインする

将来の大型電波望遠鏡のカギとなるミリ波補償光学 (MAO) の創出をめざし、世界初のミリ波における波面センサーの開発を行っています。

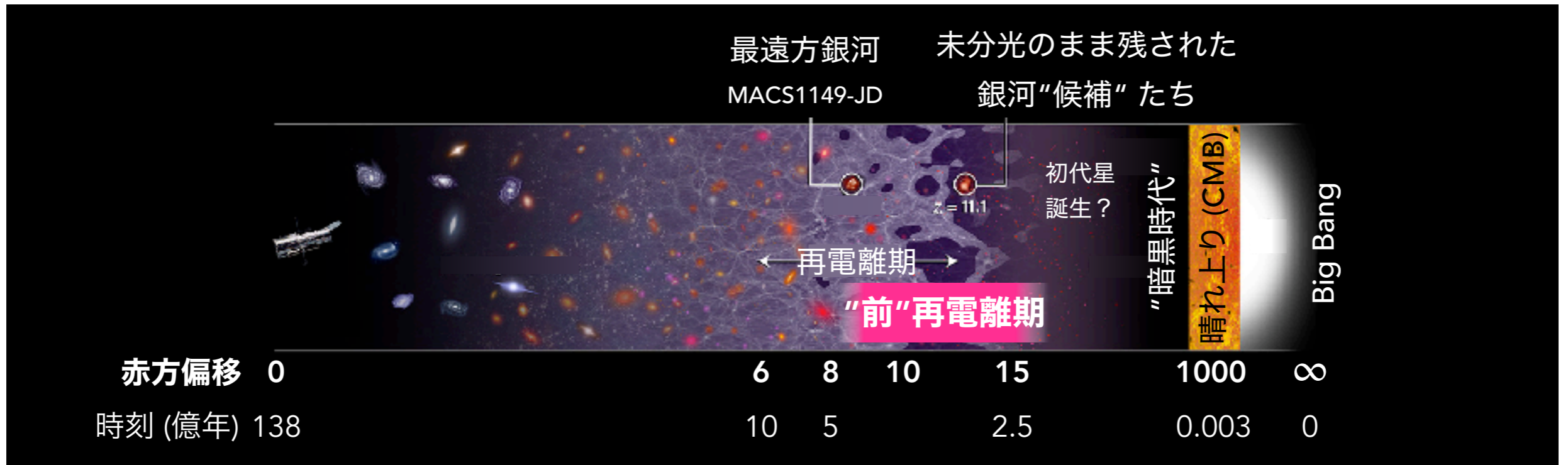


## その他

興味のおもむくままに...

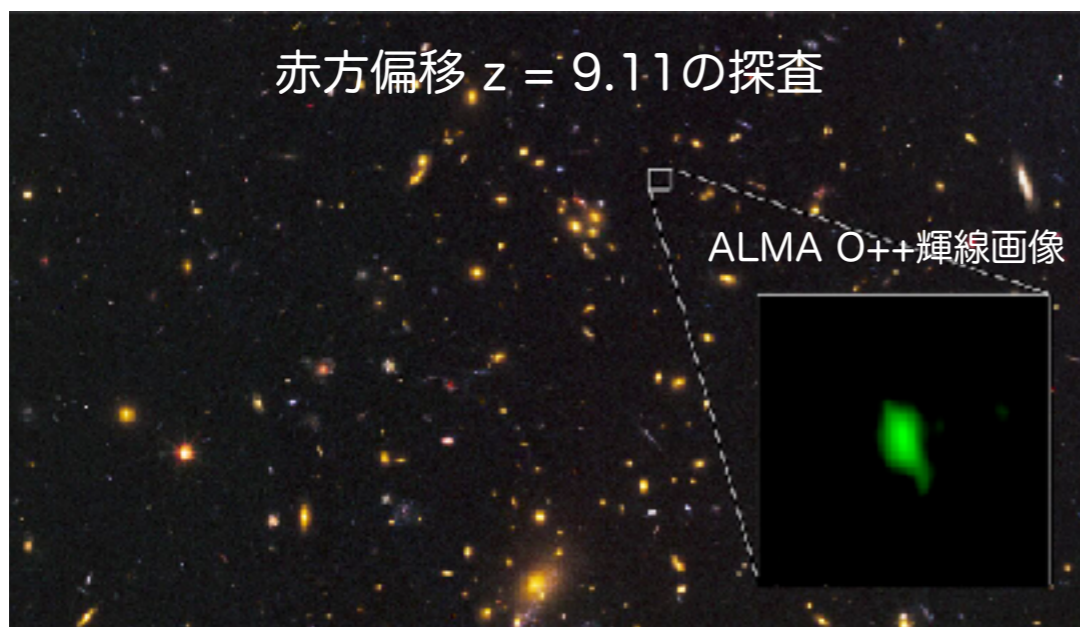
# 宇宙最遠方の銀河をさがす

- 宇宙最初期の銀河や恒星は、いつ、どのように誕生したのだろうか？
- 「宇宙再電離」と「初代天体の誕生」
  - 宇宙再電離の前半こそが、天体形成と物質進化の源流
- 赤方偏移  $z = 8$  を超える「前」再電離期に 100 個以上の銀河候補
- 人類はすでに天体形成の時代を目撃しつつある

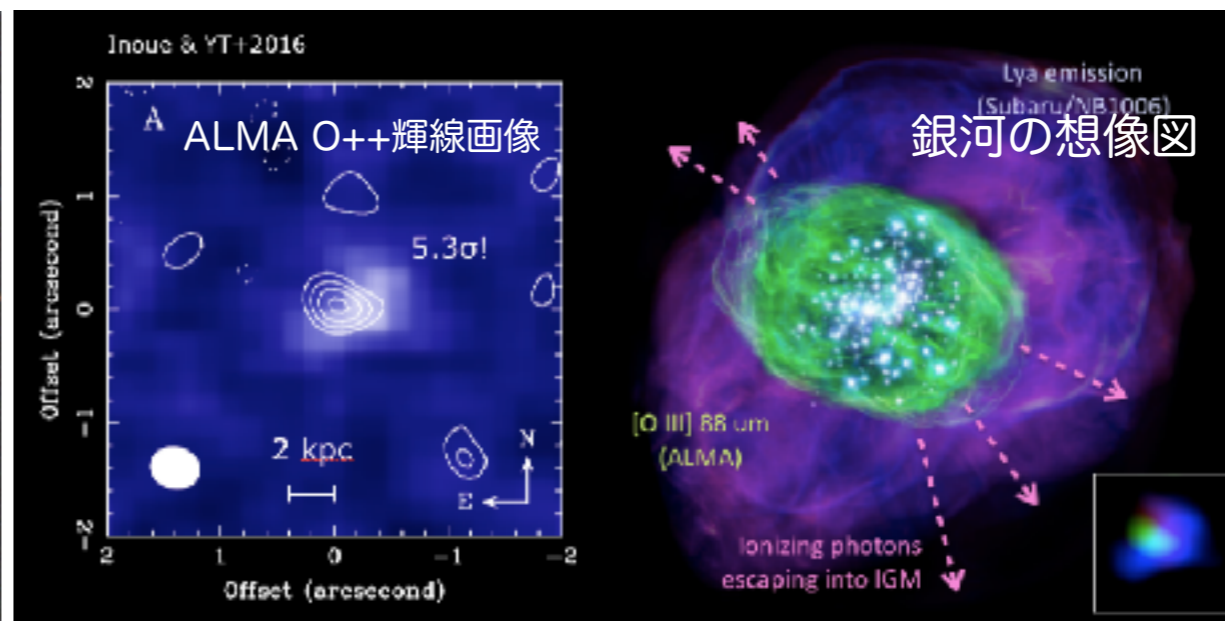


# “前”宇宙再電離期の星形成銀河の探査と星間物理

- 最遠方銀河の「分光同定」
  - 銀河形成の源流を直接観測する
  - 遠赤外線電離酸素( $O^{++}$ )のサブミリ波観測によって、銀河までの赤方偏移を正確に測る
- きわめて若い銀河の星間物質と星形成の研究
  - 遠赤外線電離酸素( $O^{++}$ )や電離炭素( $C^{+}$ )輝線と星やダストからの連続光の観測から、ガスの物理状態や恒星の性質をモデリング



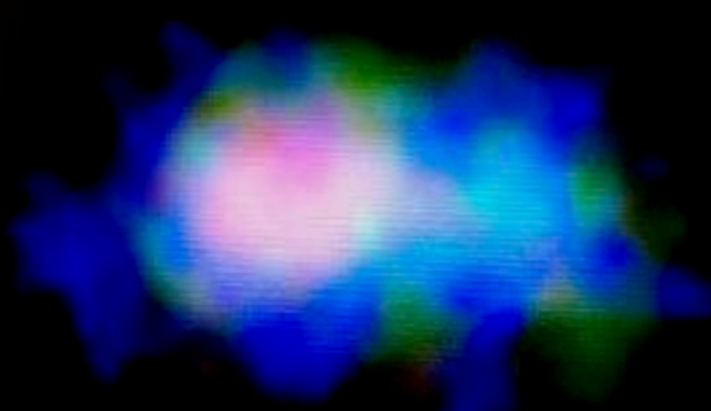
Hashimoto, .., YT, et al. (2018) Nature



Inoue & Tamura et al. (2016), Science, 352, 1559



倉科カナが行く! チリ・アタカマ砂漠  
絶景の宝庫を大冒険



# 132億光年の距離にある銀河

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), NASA/ESA Hubble Space Telescope, Tamura et al.

SONY



# 赤方偏移の世界記録を目指す

- 未分光のまま残された最遠方銀河をさがす
  - 世界記録を更新中 (Hashimoto et al. 2018, Nature)
  - 北半球に残された銀河候補天体
- 「北半球最高感度サブミリ波受信システム FINER」の開発
  - LMT 50m 望遠鏡 + アルマ 2 技術 = アルマに匹敵する感度

未同定銀河候補 ( $H_{160} < 26$ ) を含む赤方偏移のトップリスト▶  
(2019年10月現在)

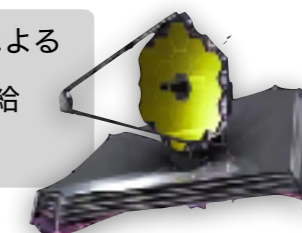
▼ 赤方偏移のトップリスト (2019年10月現在)

順	赤方偏移	発見者 (発見年)	望遠鏡 / 手段
1	9.110	橋本他(2018)*	ALMA/[OIII]
2	8.683	Zitrin+ (2015)	Keck/Lya
3	8.38	Laporte+ (2017)	ALMA/[OIII]
4	8.312	田村他 (2019)	ALMA/[OIII], [CII]
5	7.664	Song+ (2016)	Keck/Lya
6	7.640	Hoag+ (2017)	HST/Lya & ALMA/[CII]
7	7.541	Banados+(2017)	Magellan/Lya & ALMA/[CII]
8	7.508	Finkelstein+(2013)*	Keck/Lya
9	7.477	Stark+(2018)	Keck/Lya, CIII]
10	7.452	Larson+ (2018)	HST/Lya
11	7.212	Shibuya+(2012) 井上他 (2016)*	Subaru+Keck/Lya ALMA/[OIII]

(\*) Nature または Science に掲載.

順	赤方偏移	天体名	分光同定	赤緯 $\delta$	ALMA 観測	LMT 観測
	$\approx 11.1$	MACS0647-JD	×	+70°	不可	可能
	$\approx 11.1$	GN-z11	×	+62°	不可	可能
	$\approx 10.5$	2140+0241_37	×	+3°	可能	可能
	$\approx 10.2$	GN-z10-1	×	+62°	不可	可能
	$\approx 10.0$	2140+0241-303	×	+2°	可能	可能
	$\approx 10.0$	2134-0708_774	×	-7°	可能	可能
	$\approx 9.9$	SPT0615-JD	×	-57°	可能	不可
1	<b>9.110</b>	MACS J1149-JD	あり	+22°	-	-
	$\approx 9.1$	EGS910-0	×	+53°	不可	可能
	$\approx 9.1$	UDS910-5	×	-5°	可能	可能
	$\approx 9.1$	EGS910-9	×	+53°	不可	可能
	$\approx 9.0$	COS910-1	×	+2°	可能	可能
	$\approx 9.0$	2229-0945-394	×	-10°	可能	可能
	$\approx 9.0$	EGS910-3	×	+53°	不可	可能
	$\approx 8.7$	0956+2848_85	×	+28°	不可	可能
	$\approx 8.7$	EGS910-8	×	+53°	不可	可能
2	<b>8.683</b>	EGSY8p7	あり	+53°	不可	可能
	$\approx 8.5$	UVISTA-Y1	×	+2°	可能	可能
3	<b>8.38</b>	A2744_YD4	あり	-30°	-	-
4	<b>8.312</b>	MACS0416_Y1	あり	-24°	-	-

JWST 宇宙望遠鏡による  
 $z \approx 8-15$  銀河の供給  
(2021~)



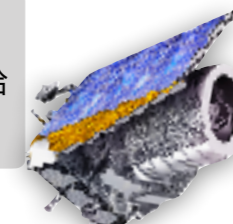
さらに...

ほぼすべての未同定  
 $z > 8$  候補銀河は、  
LMT からアクセス  
が可能！



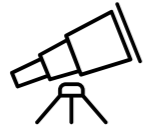
さらに...

Euclid や WFIRST による  
 $z \approx 8-11$  候補銀河の供給  
(2022~)



# OUR RESEARCH

私たちは、サブミリ波という手段で 138 億年にわたる宇宙の歴史をひもときます。



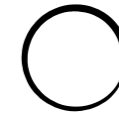
## 宇宙最遠方の銀河を探す

宇宙誕生後わずか5億年の宇宙で産声をあげる初代銀河を研究しています。



## 激動の銀河進化を目撃する

ガスや塵などの莫大な星間物質を秘めた、およそ100億年前の爆発的星形成銀河を、サブミリ波で観測しています。



## 超大質量ブラックホール

銀河の中心に潜み、銀河の進化に重大な影響をおよぼす超大質量ブラックホールの進化を研究しています。



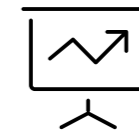
## 新しい検出技術を創造する

オンチップフィルターバンク型分光計 DESHIMA (デシマ) や周波数変調局部発振器を用いた新しい分光受信システムの開発など、世界で類を見ない装置の開発を行います。



## 未来の望遠鏡をデザインする

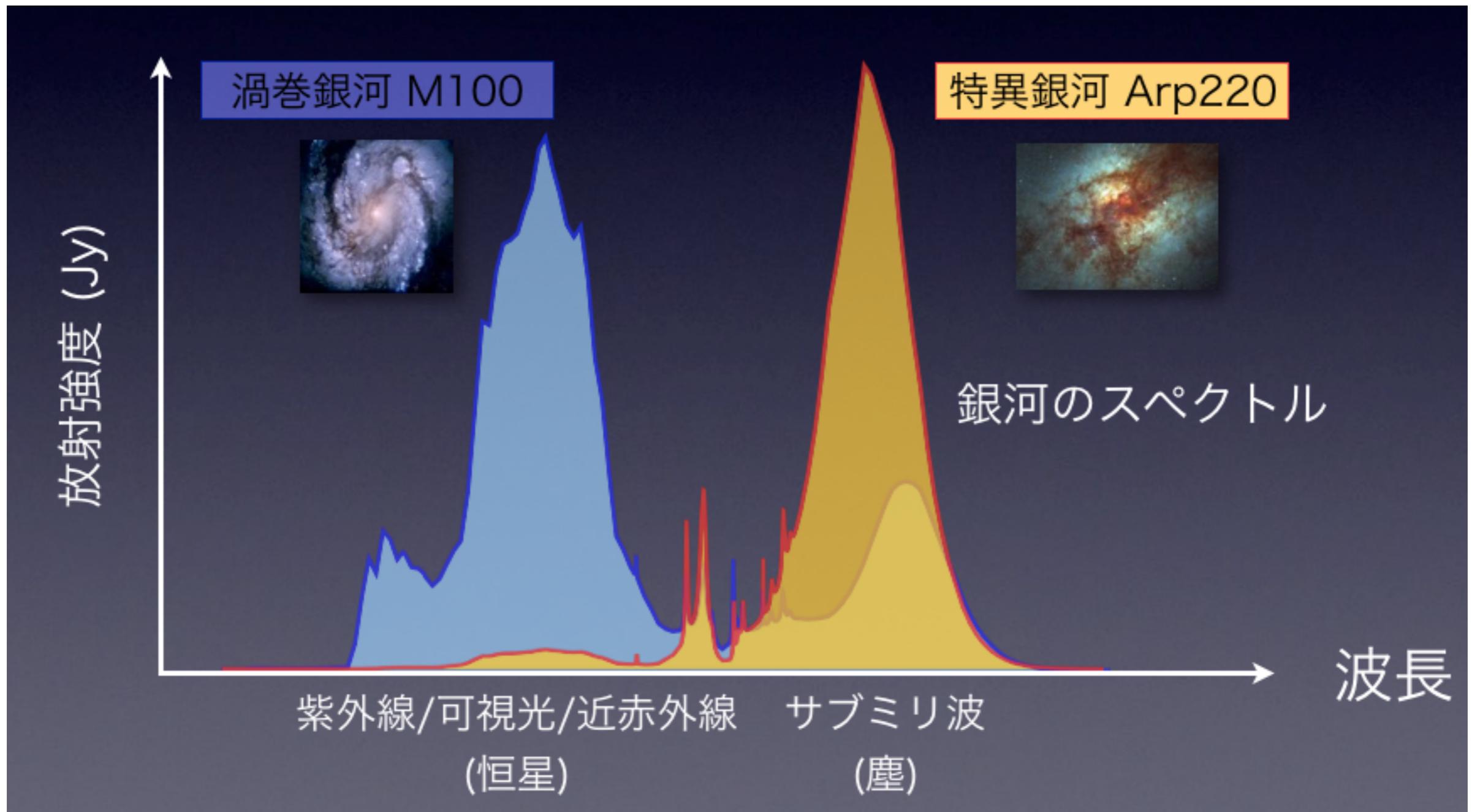
将来の大型電波望遠鏡のカギとなるミリ波補償光学 (MAO) の創出をめざし、世界初のミリ波における波面センサーの開発を行っています。



## その他

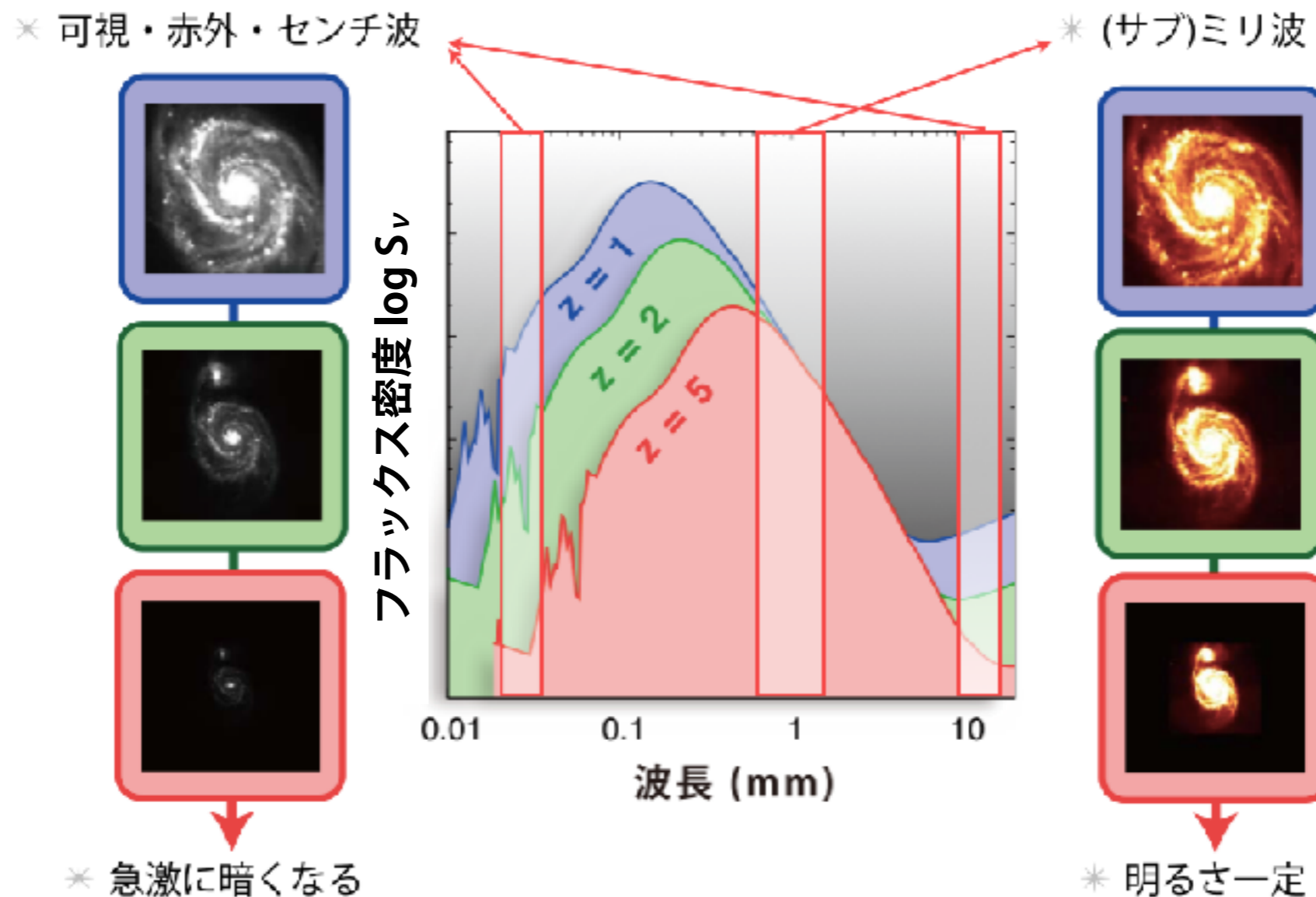
興味のおもむくままに...

# 天体形成は分子ガスやダストに埋もれて進む



# サブミリ波は遠方宇宙への「窓」

- “強い負のK補正” による遠方宇宙への窓
  - (光度)距離が増加しても、赤方偏移に伴い**ダスト熱放射の強度が一定**
  - **サブミリ波銀河**：ダストに埋もれた遠方 ( $z > 1$ ) の爆発的星形成銀河





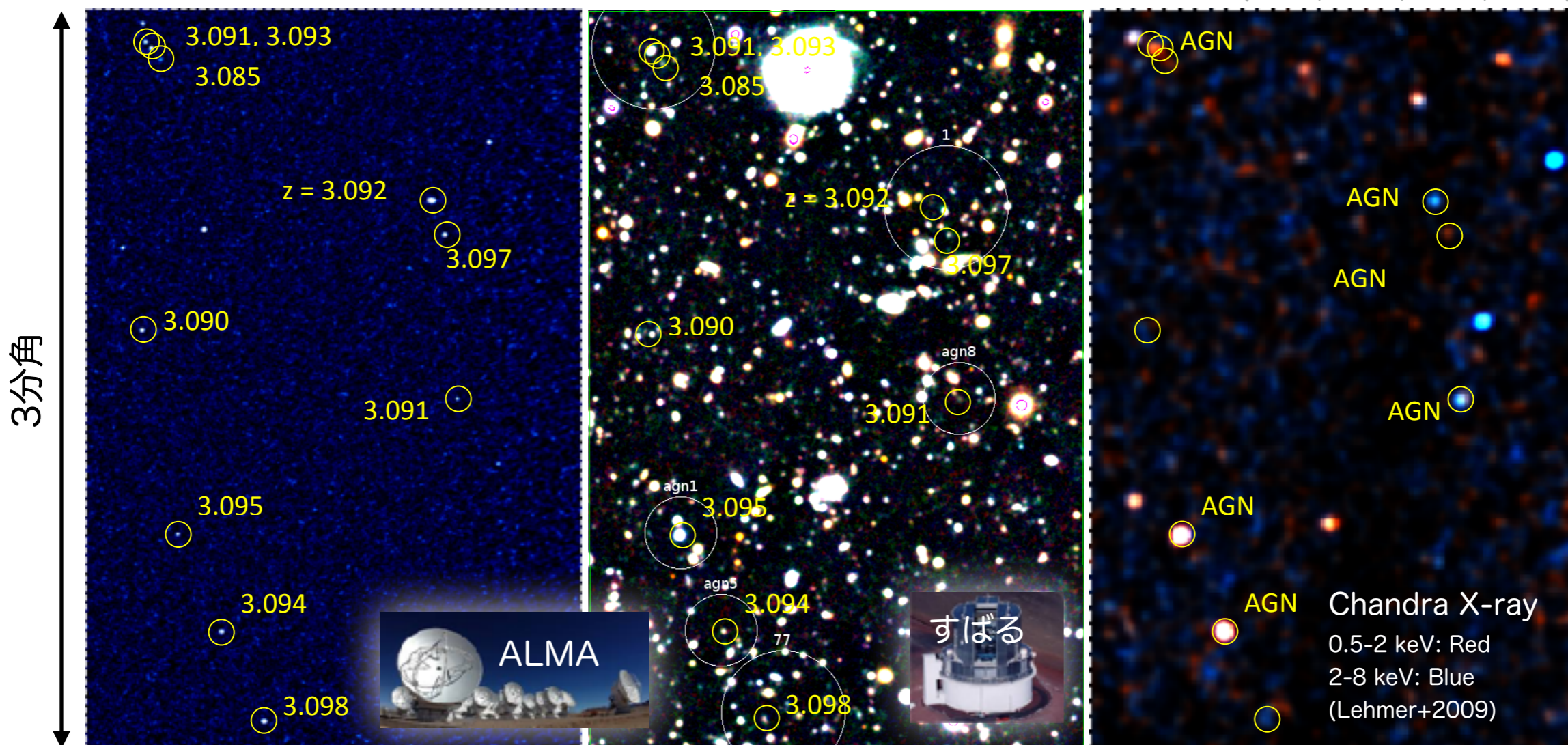
# 宇宙大規模構造中で加速する銀河と巨大ブラックホールの進化



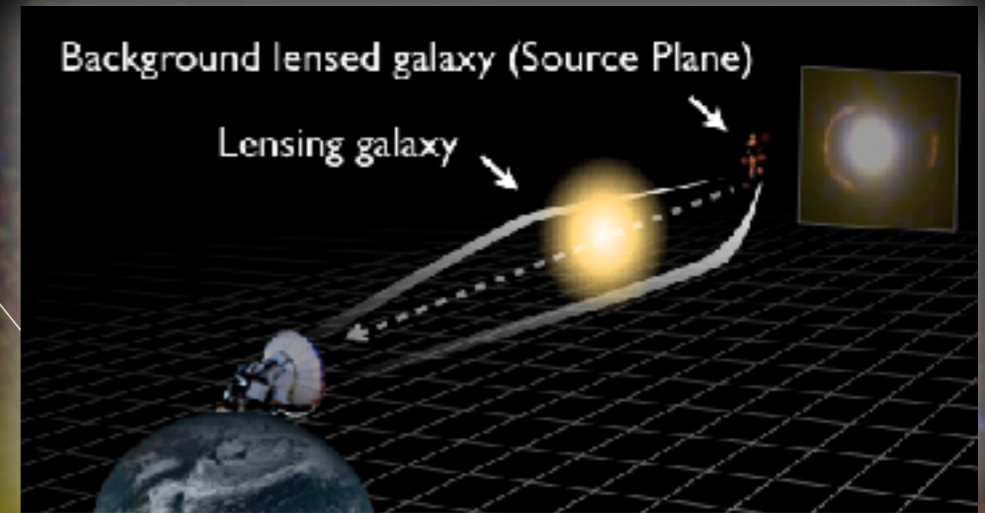
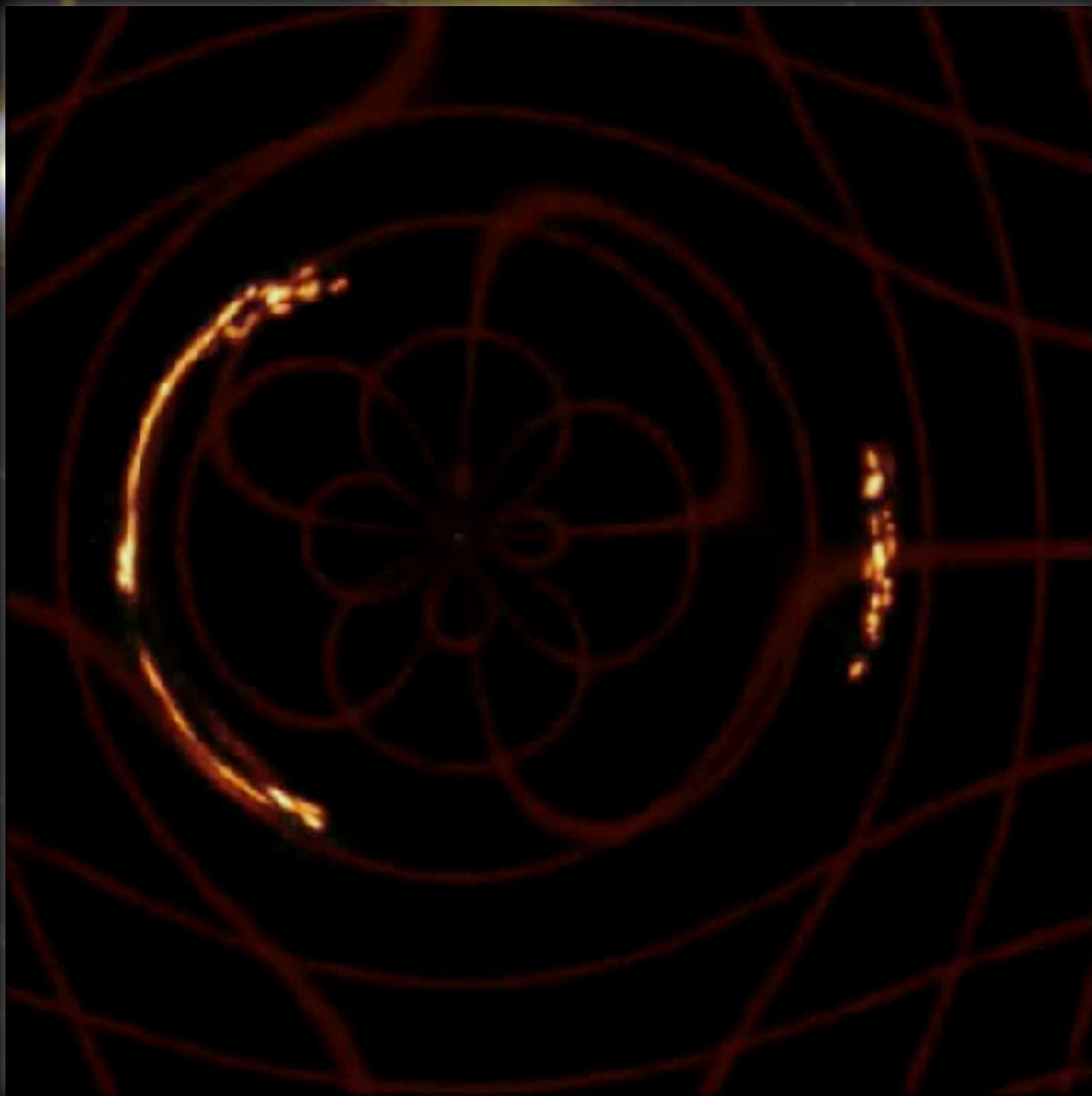
梅畑 豪紀さん  
(特任助教2022~)

- $z = 3$  (115億年前) の宇宙大規模構造の中心をALMAで観測
  - 通常の10倍におよぶ多くの爆発的星形成銀河
  - その多くにX線天体 (たぶん巨大ブラックホール) が付随
- ガスのスペクトル解析で、銀河/巨大ブラックホールの物理的性質を探る

Umehata & YT et al. (2015, 2016, 2017, 2019)



# ALMAがとらえたアインシュタイン・リング



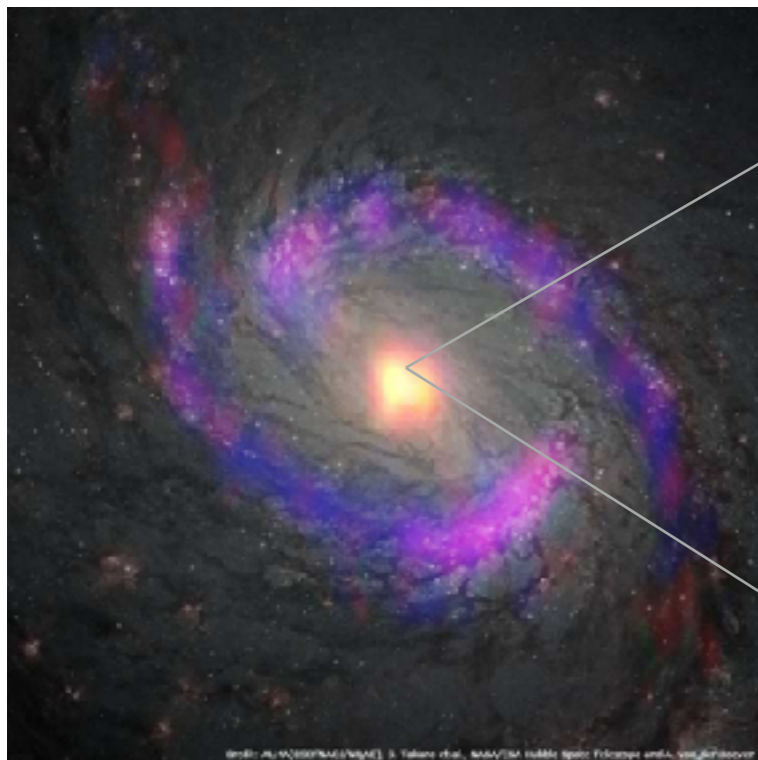
“モンスター” 重カレンズ銀河 SDP.81

田村・大栗 (2015) 東京大学理学部プレス発表

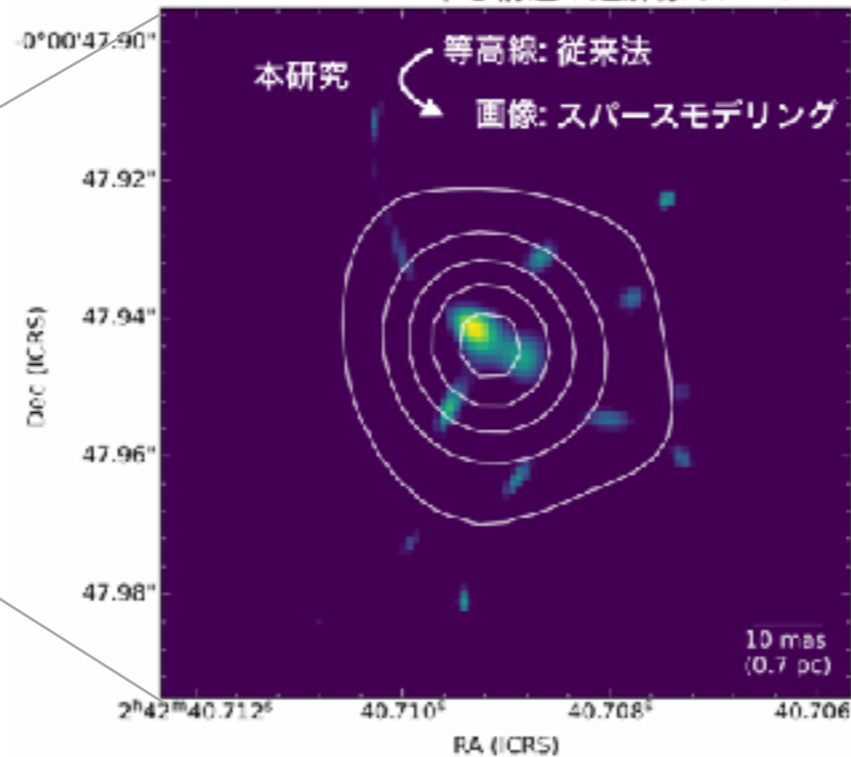
# 近傍活動銀河核の超解像撮像

- 超大質量ブラックホール (SMBH) の近傍の環境や構造は、SMBHの進化 ("feeding and feedback") を知る上で重要
- ALMAによって高分解能の観測が可能になった。しかし、すでに限界。
- データ科学的なアプローチで、分解能の壁を突破し、その詳細な構造をあきらかにしつつある。再電離時代の銀河の超解像撮像も。

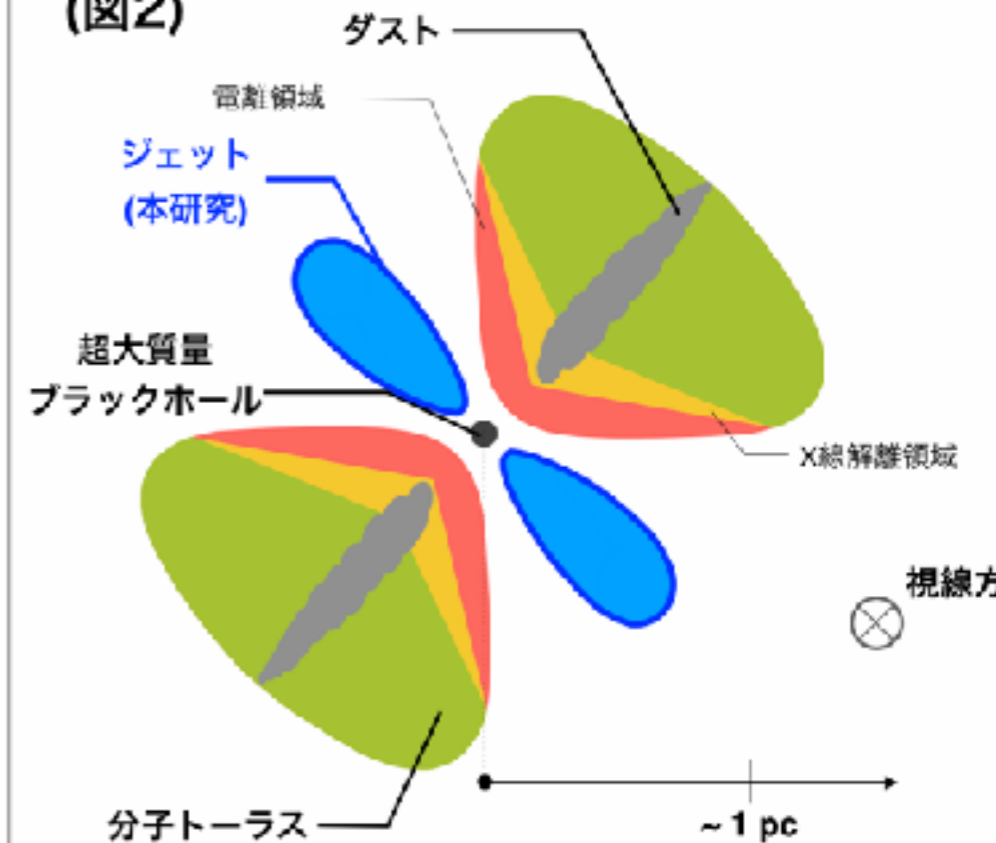
## NGC 1068 (Seyfert 2)



(図1) スパースモデリングによるNGC 1068の中心構造の超解像イメージ

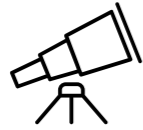


(図2)



# OUR RESEARCH

私たちは、サブミリ波という手段で138億年にわたる宇宙の歴史をひもときます。



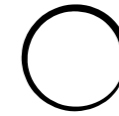
## 宇宙最遠方の銀河を探す

宇宙誕生後わずか5億年の宇宙で産声をあげる初代銀河を研究しています。



## 激動の銀河進化を目撃する

ガスや塵などの莫大な星間物質を秘めた、およそ100億年前の爆発的星形成銀河を、サブミリ波で観測しています。



## 超大質量ブラックホール

銀河の中心に潜み、銀河の進化に重大な影響をおよぼす超大質量ブラックホールの進化を研究しています。



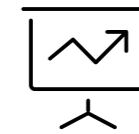
## 新しい検出技術を創造する

オンチップフィルターバンク型分光計 DESHIMA (デシマ) や周波数変調局部発振器を用いた新しい分光受信システムの開発など、世界で類を見ない装置の開発を行います。



## 未来の望遠鏡をデザインする

将来の大型電波望遠鏡のカギとなるミリ波補償光学 (MAO) の創出をめざし、世界初のミリ波における波面センサーの開発を行っています。

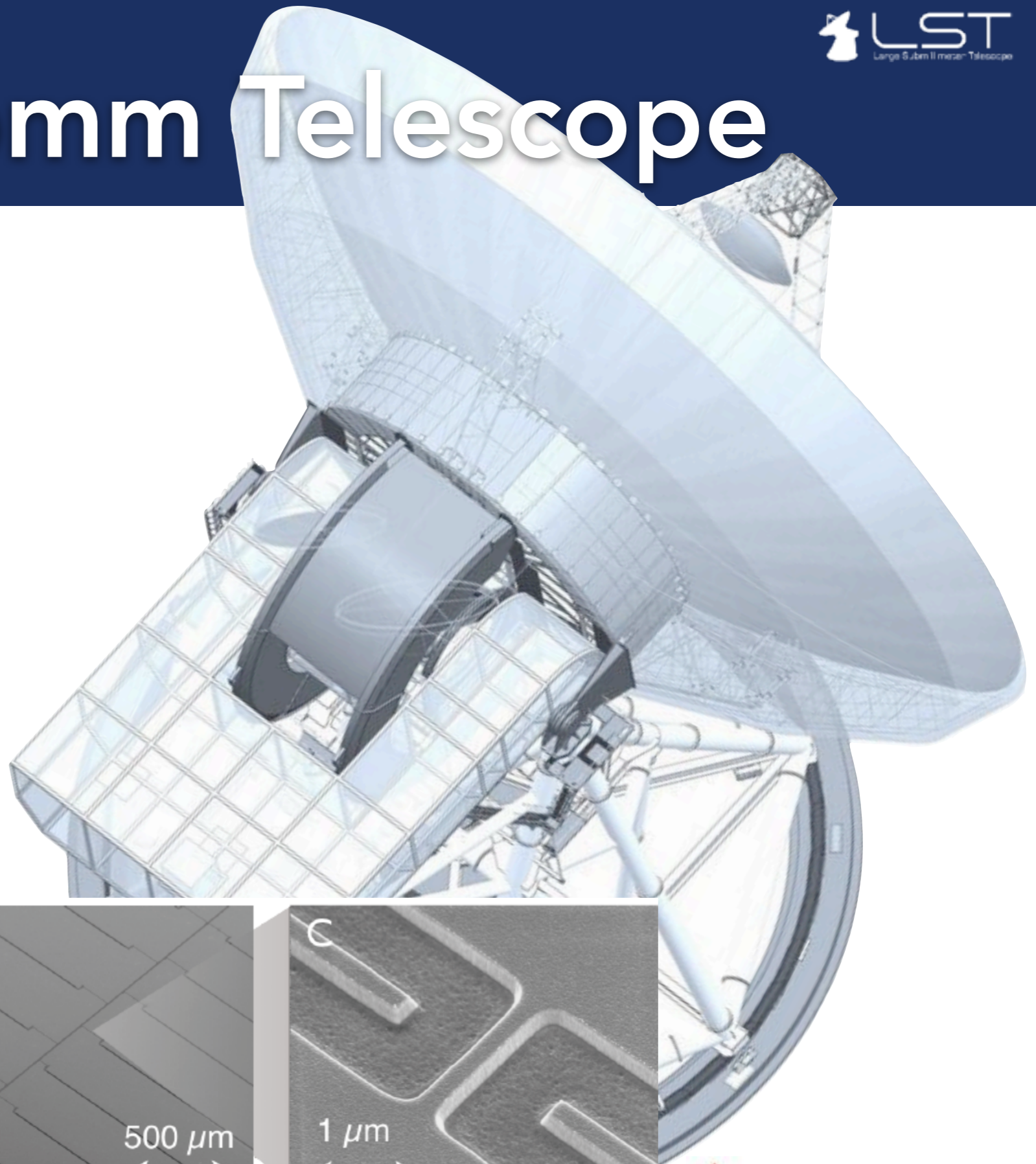


## その他

興味のおもむくままに...

# Large Submm Telescope

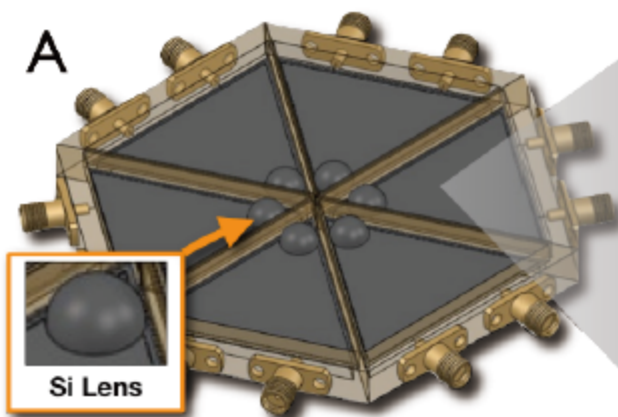
- 大口径 ( $D = 50 \text{ m}$ )
- 広視野 ( $> 0.5 \text{ deg}$ )
- ミリ波サブミリ波
- "深宇宙探査" に特化



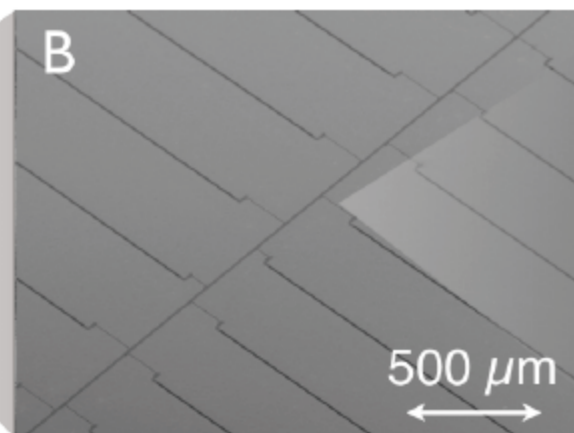
## DESHIMA

Deep Spectroscopic High-z Mapper

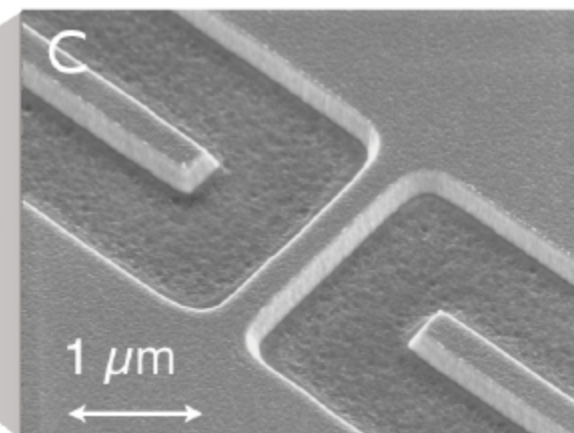
(Endo et al. 2011)



← φ4-inch holder →



Filterbank

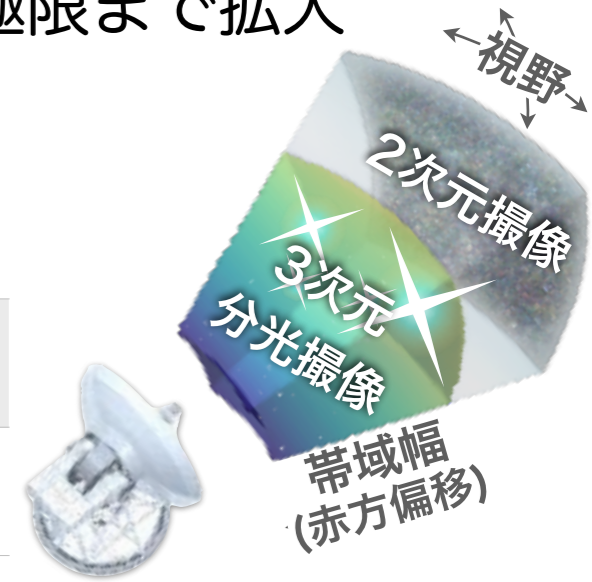


Microwave Coupler



# 次世代サブミリ波望遠鏡の限界性能への挑戦

- 未知の天体を探査するには、感度を保持したまま探査体積を極限まで拡大する性能が必要



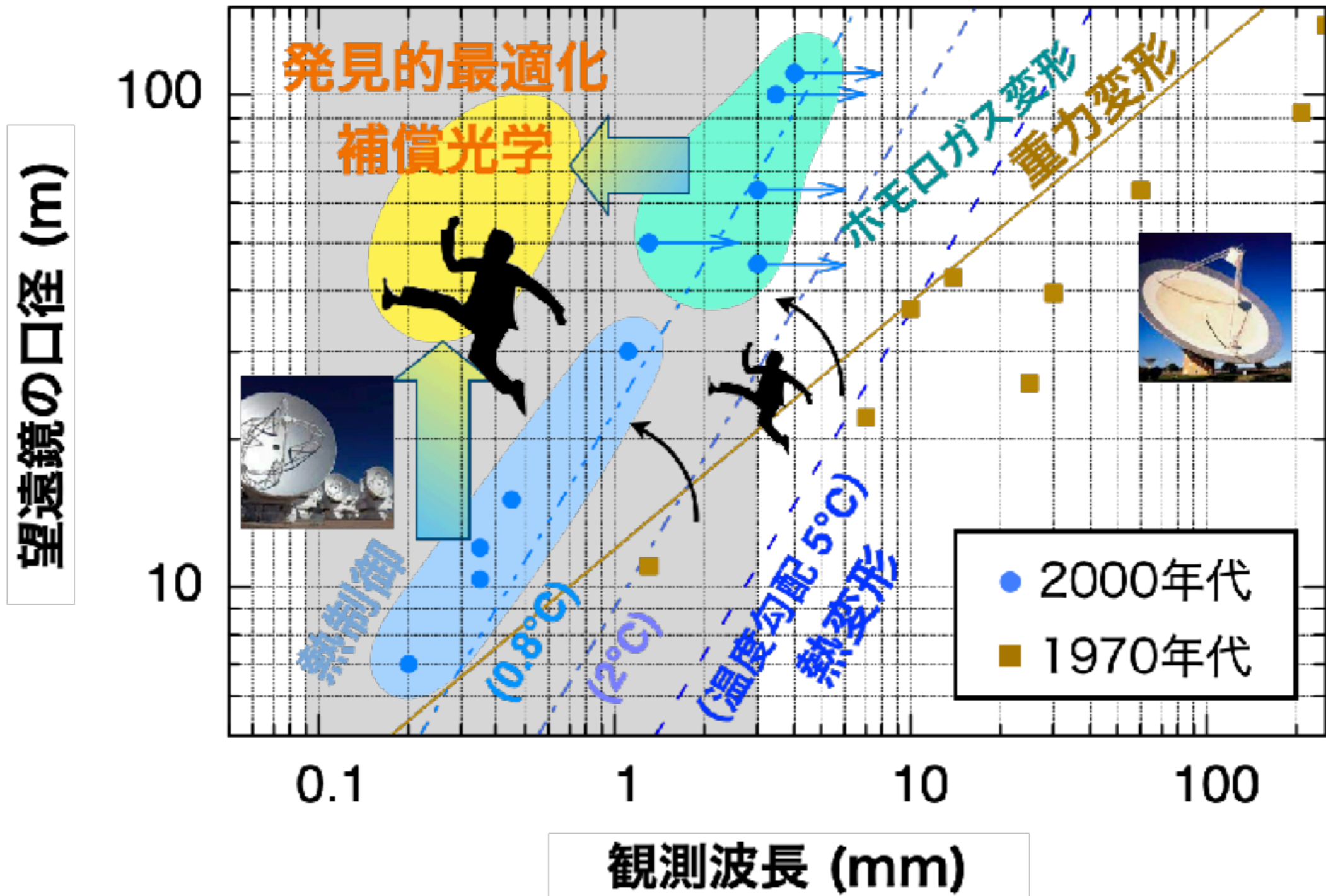
	干渉計 (例: ALMA)	次世代サブミリ波望遠鏡
集光の方法	複数の小型アンテナを結合	単一の大型アンテナ
検出方式	位相検出方式のみ	光子検出方式と位相検出方式
視野	<b>X</b> せまい (0.00002 平方度) <b>5-6桁</b>	<b>✓</b> 広い (1 平方度)
分光帯域幅	<b>X</b> せまい ( $\Delta\lambda/\lambda = 0.02$ ) <b>2桁</b>	<b>✓</b> 広い ( $\Delta\lambda/\lambda = 2$ )
空間分解能	高い (0.02 秒角)	ほどほど (2 秒角)
観測対象	既知の天体の高精細観測	<b>✓</b> 未知の天体・大角度の天体

光子検出方式による大規模なカメラや分光器

- 空の面積
- 奥行き(赤方偏移)の観測範囲を拡大

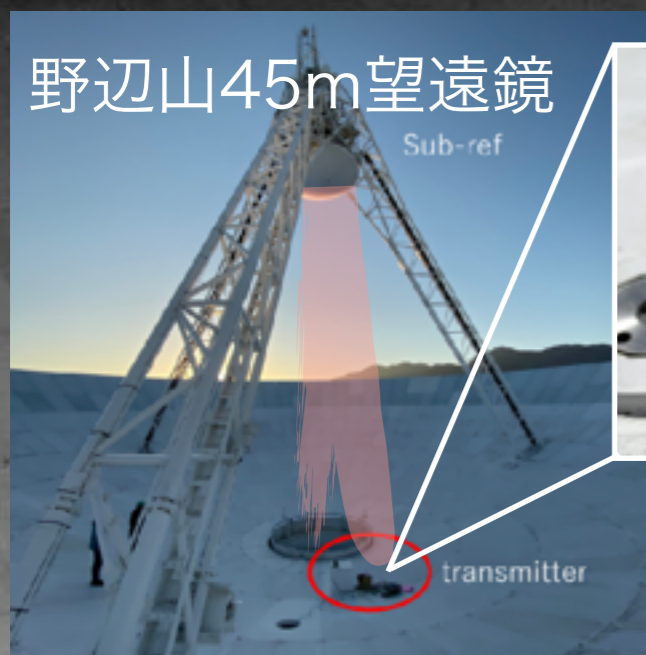
- 次世代サブミリ波望遠鏡によって、ALMAの $10^8$ 倍にも及ぶ宇宙探査体積の拡大へ

# 技術革新が必要...

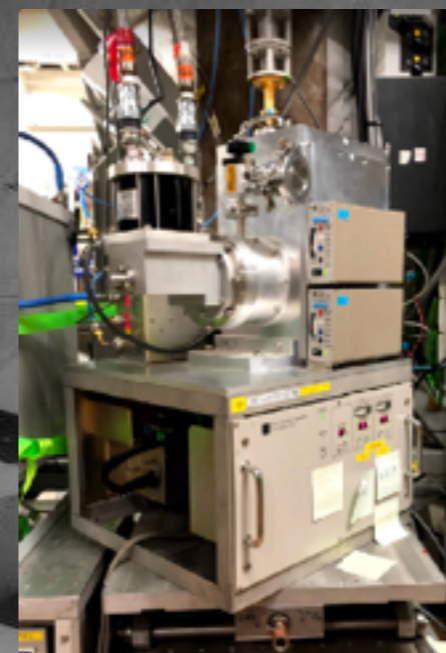


# 世界初のミリ波補償光学の実現へ

- 世界初の「**ミリ波補償光学**」波面計測・補償システムを提唱 (Tamura+2020, SPIE, 11445, 1N)
- 外的要因 (風, 温度, 重力負荷) による波面劣化・鏡面変形を実時間で補正



主鏡面に設置した  
参照光放射器



▲ 相関器

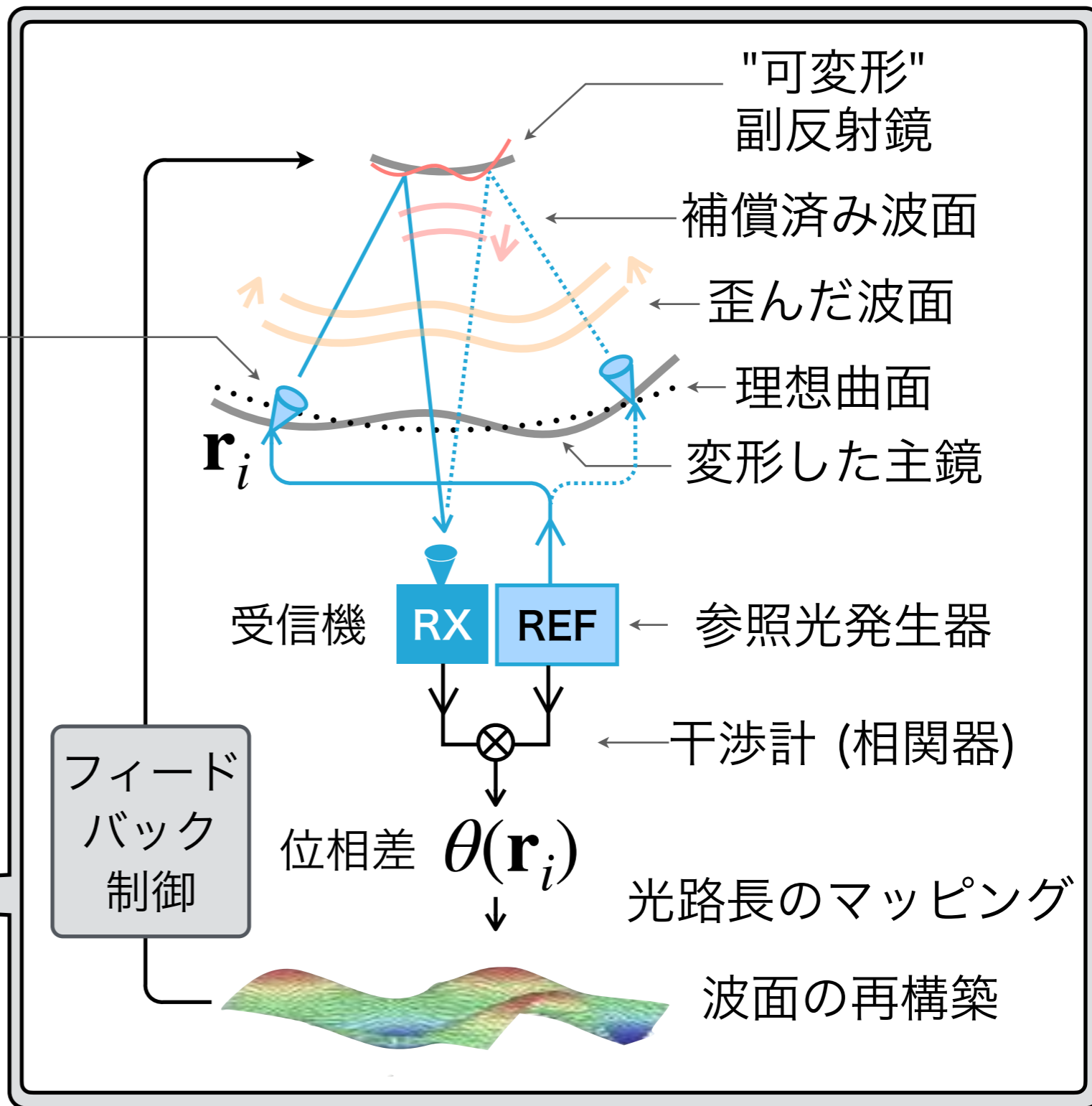
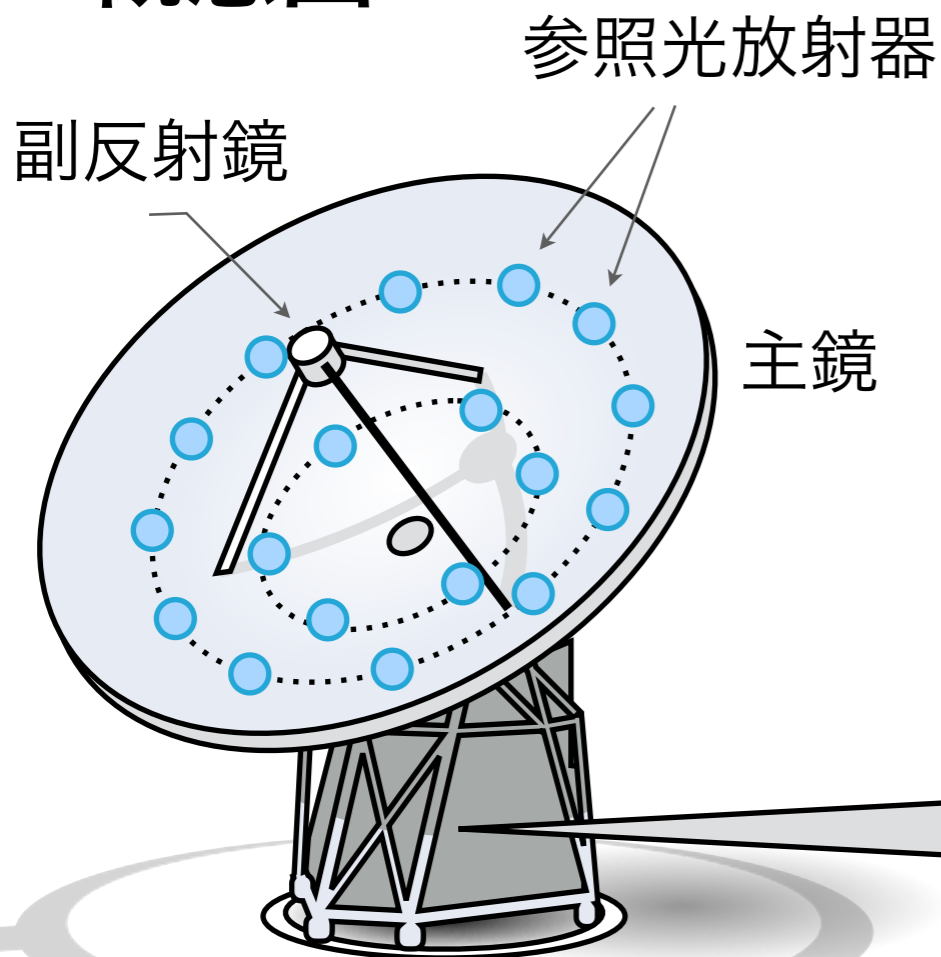
◀ 受信機

- 野辺山45mでの実験のための予備調査の様子



# ミリ波補償光学とは？

## ミリ波補償光学 システム 概念図



# 次世代大型サブミリ波望遠鏡の構造最適化

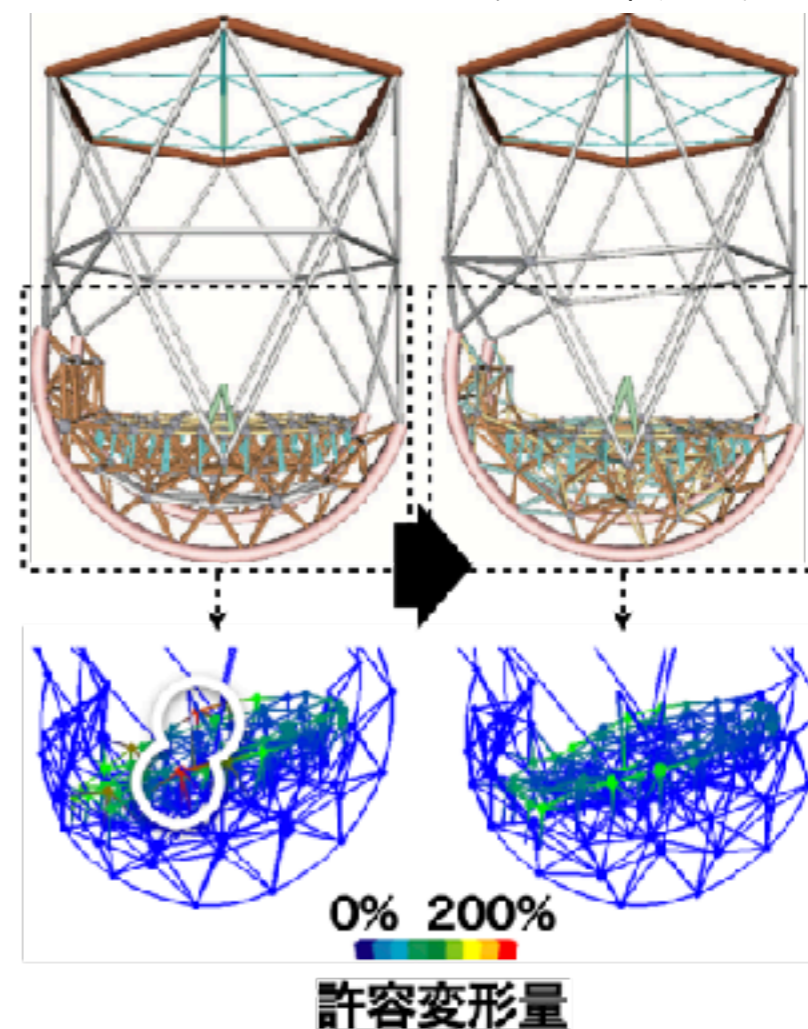
- 固く軽いアンテナ構造の革新へ
  - 数万のトラス材の配置(トポロジー)最適化は困難
  - 統計科学における“組合せ最適化問題”
    - 発見的最適化 (例: 遺伝的アルゴリズム)
    - せいめい3.8m光学望遠鏡の実現
- 天文学と建築構造学と統計科学の融合

## 遺伝的アルゴリズムの適用例

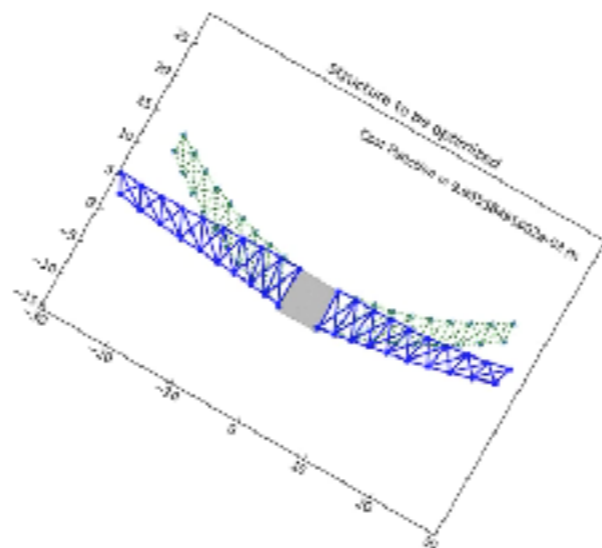


新幹線 空力設計 航空機 せいめい望遠鏡

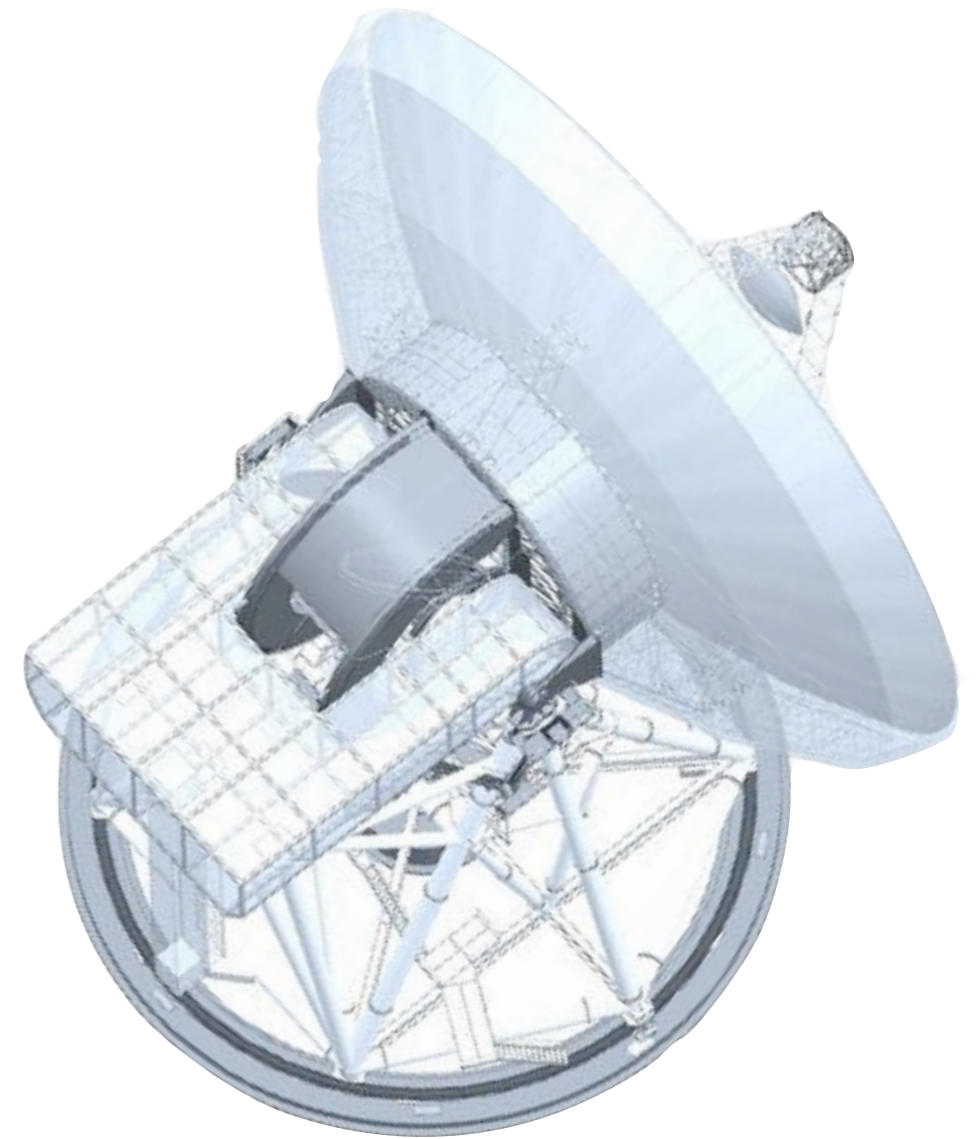
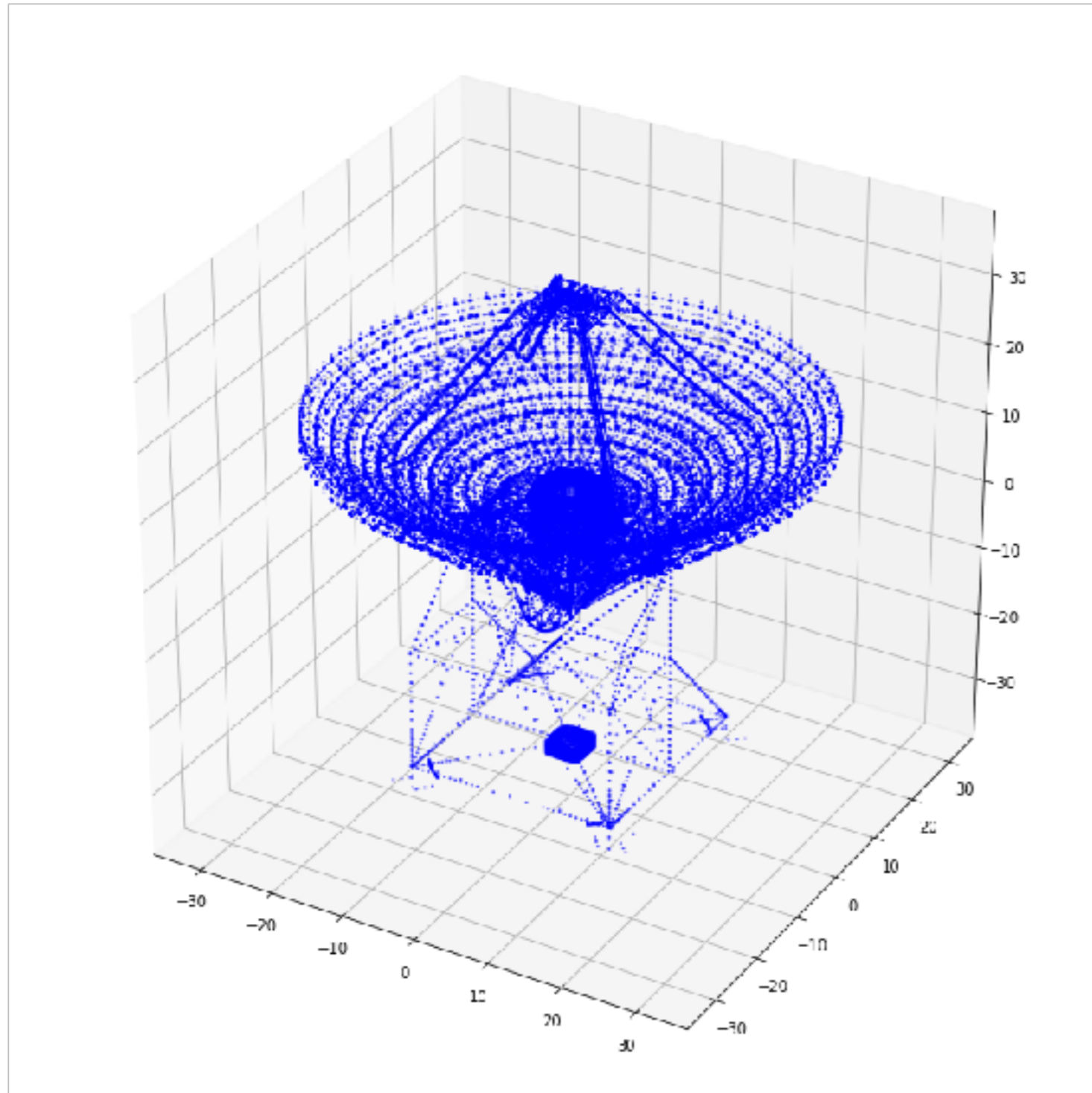
## せいめい望遠鏡の最適化



最適化前の初期個体 最適化後の解個体

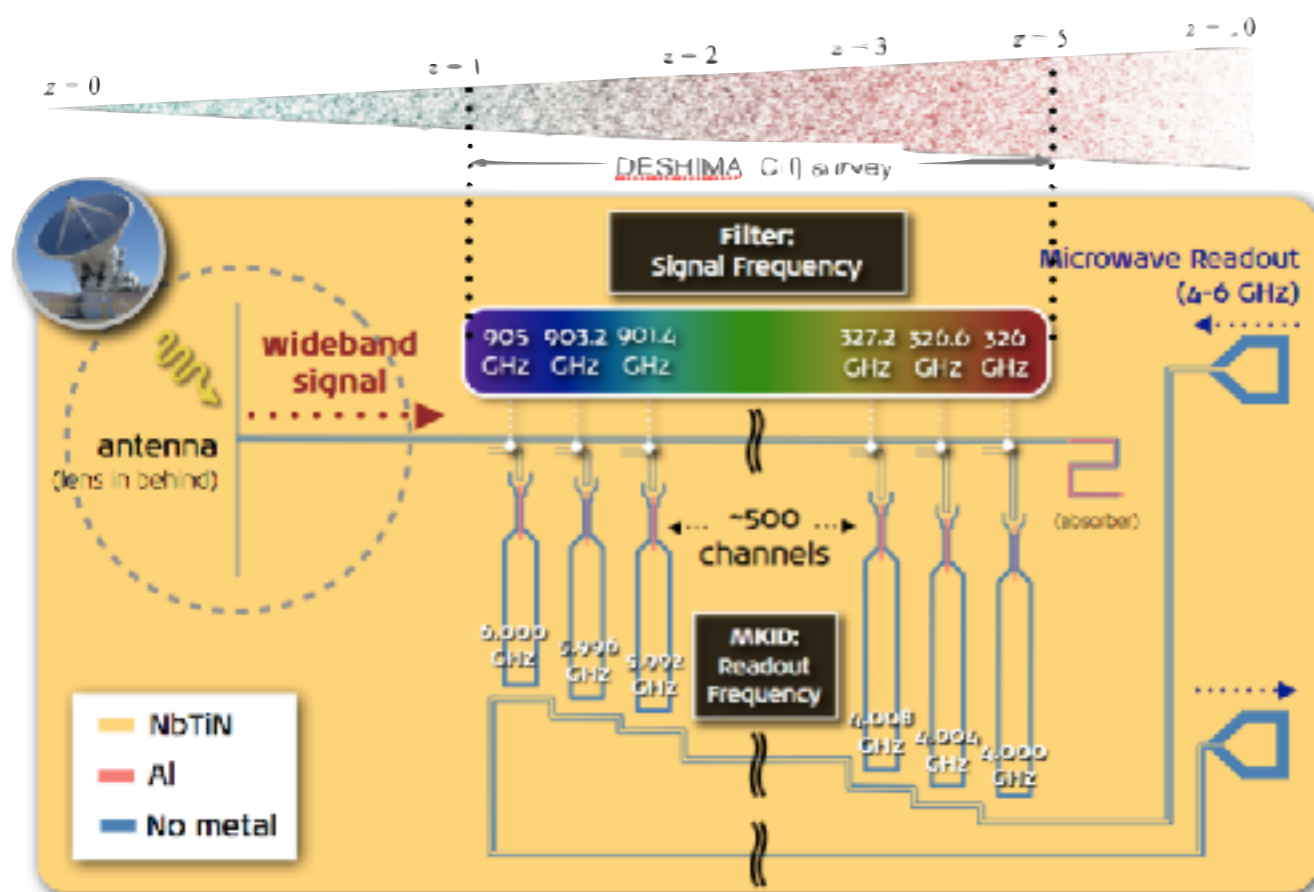


# 次世代大型サブミリ波望遠鏡の構造最適化



# 超広帯域サブミリ波分光器 DESHIMA の開発

- DESHIMA (Endo et al. 2020) とは?
  - マイクロ波力学的インダクタンス検出器 (MKID) と超伝導フィルターバンクを組み合わせた、**世界初のオンチップ超広帯域分光器 DESHIMA** (蘭)
  - **世界初の技術を天文観測装置として実用化 (ソフトウェア開発含む)** を日本側 (名大, 東大, 国立天文台) で担当。



## DESHIMA

TU Delft

SRON  
Netherlands Institute for Space Research

東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

NAOJ  
国立天文台

名古屋大学

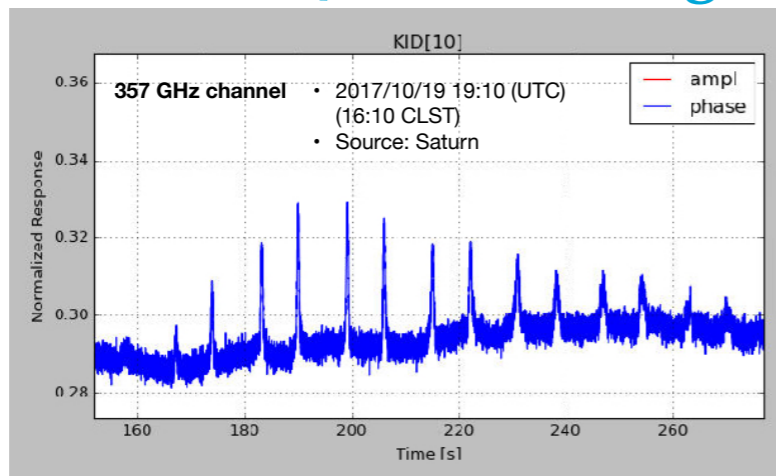


- 2017年 ASTE に搭載
- 2022年に後継機を搭載
- LMT 50m への拡張も

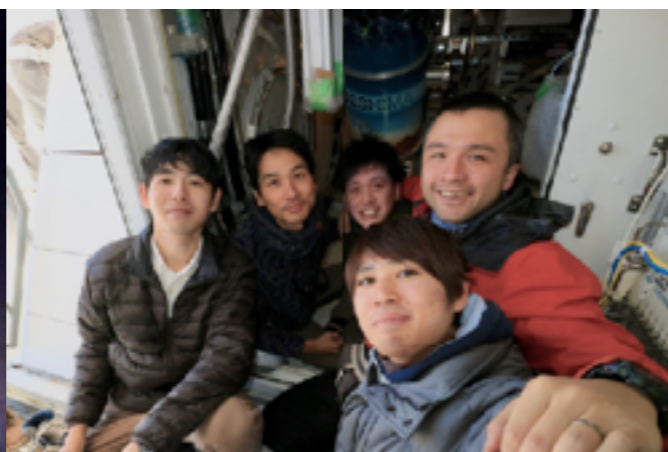
# 超広帯域サブミリ波分光器 DESHIMA の開発

## 2017年キャンペーンのようす

### DESHIMA/ASTE 1st light!



エンジニアリング・ファーストライト (2017.10.19)



系外銀河のファーストライト (2017.11.7)




オランダでの報道 (2017.10.25)

新しい技術を創造する

# 超広帯域サブミリ波分光器 DESHIMA の開発

2021年にキャンペーン第2弾を開始予定



**DESHIMA:  
STARGAZING & NANOTECHNOLOGY**

Credit: TUDelft

## さいごに

- 宇宙の一番星 (のなごり) を探しませんか？
- “First light”を味わえる、エキサイティングな段階！
- 最初は二人三脚 (三人四脚?) で進めることになりますが、天文学のフロンティアを切りひらく情熱とやる気と好奇心に満ちた学生さん、ぜひ！
- もっと知りたいひとは、ぜひ田村を捕まえてください (ytamura@nagoya-u.jp)