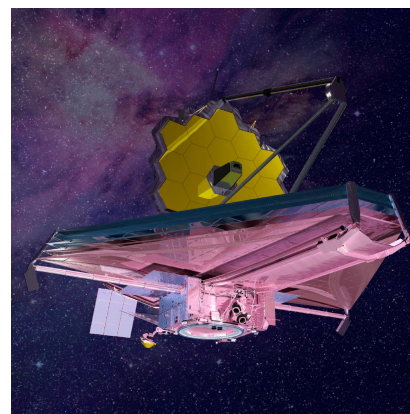


観測的宇宙論グループ (A8サブコース 大内研)



東京大学 宇宙線研究所

大内 正己

メンバー

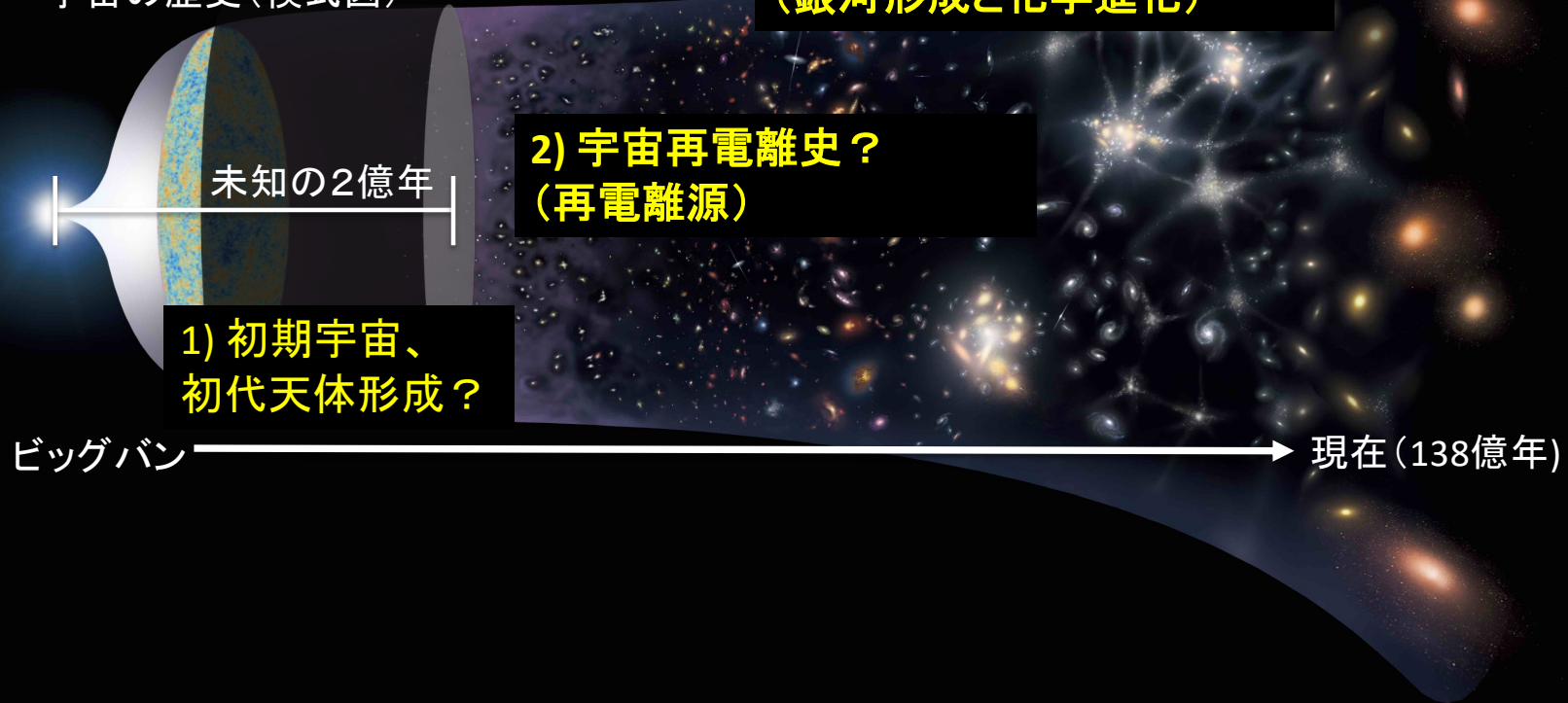


教授 大内 正己
助教 小野 宜昭、播金優一
秘書(兼)..... 井戸村 貴子
研究員..... 安藤誠、Yongming Liang
学生 祝程浩、中根美七海、柳澤広登、影浦優太、
武知可夏、松浦義実、勝山翔太、上條知新

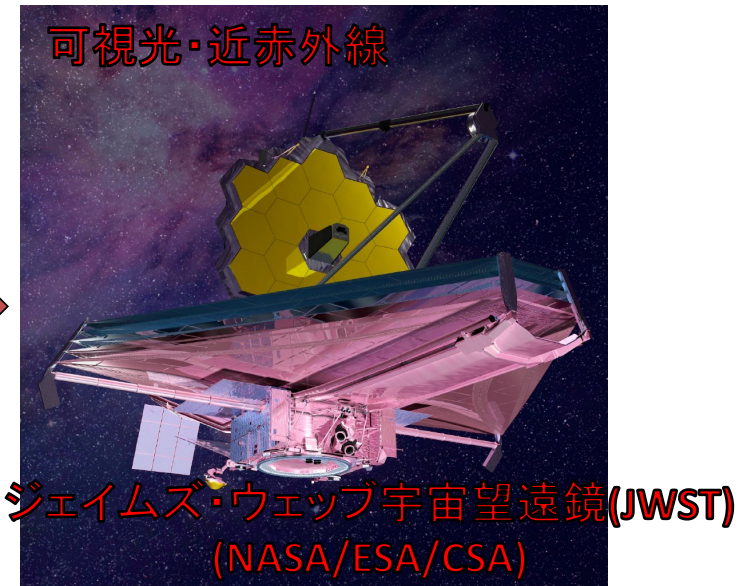
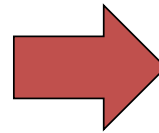
宇宙史

(3つの未解決問題)

宇宙の歴史(模式図)



大口径望遠鏡



研究活動

観測準備風景 (©NHK)



- 観測

- すばる望遠鏡 (ハワイ)

- ケック望遠鏡 (ハワイ)

- ALMA望遠鏡 (→チリ)

- ハッブル宇宙望遠鏡/ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (→軌道上/L₂点)

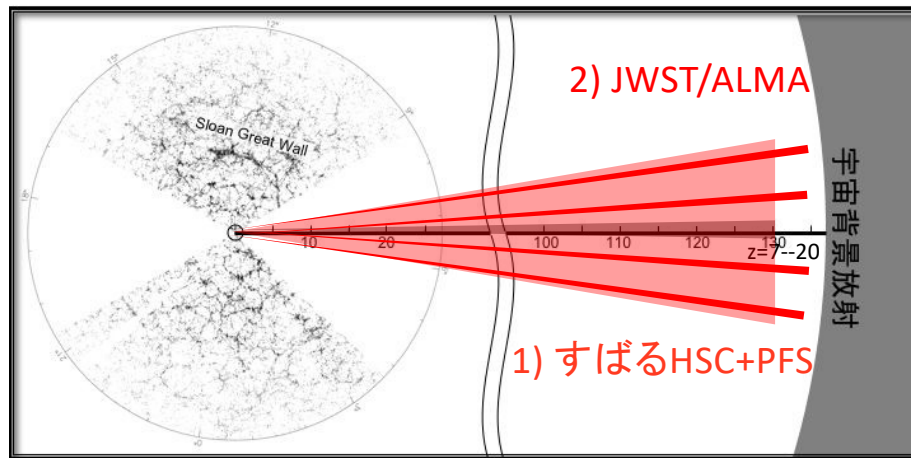
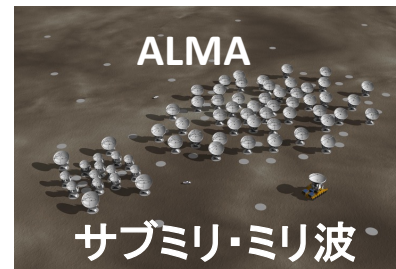
- 国内/国際会議

- アメリカ、ドイツ、イタリア、スイス、イギリスなど含む

今後5年間の研究(2027-2032年) 2つの柱

1) すばるHSCと最新のPFSの**広域**深宇宙探査
(Tokyo, NAOJ, Princeton, Taiwan etc.)

2) JWSTやALMA等による**高感度**深宇宙探査
(U. Tokyo, U. Texas, U. Copenhagen, U. Arizona etc.)



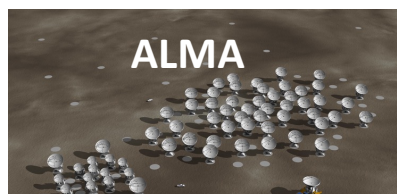
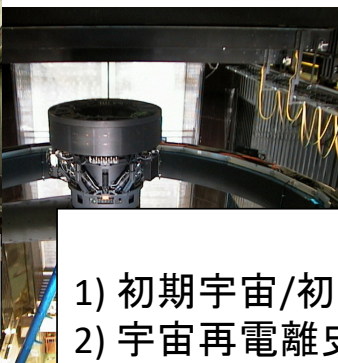
今後5年間の研究(2027-2032年) 2つの柱

1) すばるHSCと最新のPFSの**広域**深宇宙探査
(Tokyo, NAOJ, Princeton, Taiwan etc.)

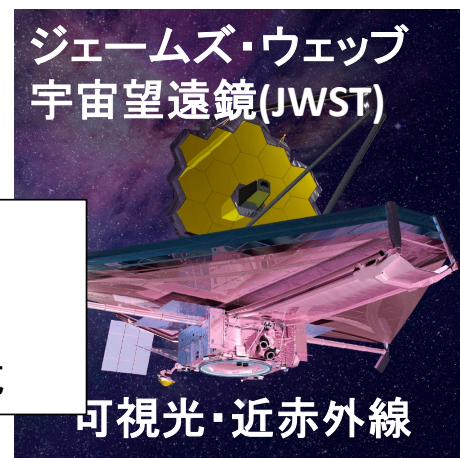
2) JWSTやALMA等による**高感度**深宇宙探査
(U. Tokyo, U. Texas, U. Copenhagen, U. Arizona etc.)



Hyper-Suprime-Cam(HSC) PFU



ALMA

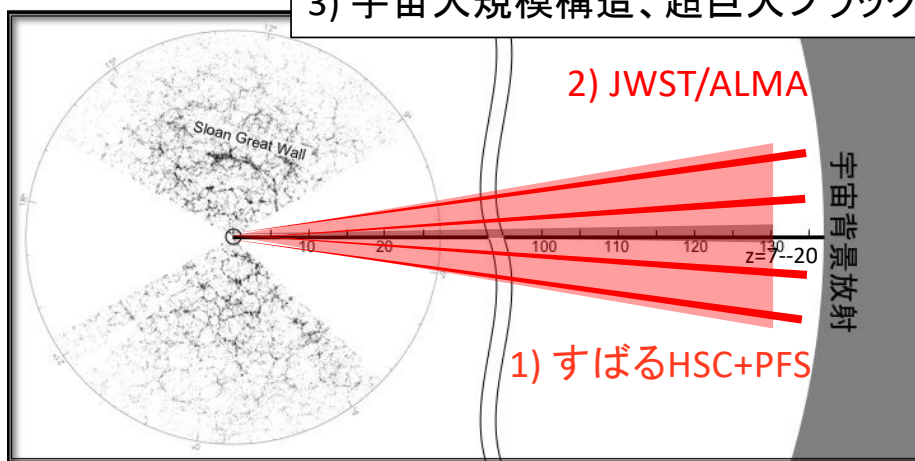


ジェームズ・ウェッブ
宇宙望遠鏡(JWST)

可視光・近赤外線

未解決の問題

- 1) 初期宇宙/初代天体形成
- 2) 宇宙再電離史と再電離源
- 3) 宇宙大規模構造、超巨大ブラックホール形成





研究テーマ(学生)

- 祝程浩: 強酸素輝線天体の物理状態と超巨大ブラックホール
- 中根美七海: JWSTとすばるPFSを用いた元素組成比 α/Fe で探る銀河形成と対不安定型超新星
- 柳澤広登: JWSTのLRDとすばるの原始 He存在比による初期宇宙($t \sim 1$ 秒)の探索
- 影浦優太: JWSTの $\text{Ly}\alpha$ 輝線観測に基づく宇宙再電離と動的暗黒エネルギー
- 武知可夏: JWSTとALMAを用いた宇宙最初のダスト形成
- 松浦義実: JWSTとすばるPFSによる星間物質の電子密度の進化
- 勝山翔太: JWST観測によるLRDで探る超巨大ブラックホールの起源
- 上條知新: 微細構造定数の進化の測定に基づく宇宙論の検証

研究テーマ(学生)

- 祝程浩: 強酸素輝線天体の物理状態と超巨大ブラックホール
- 中根美七海: JWSTとすばるPFSを用いた元素組成比 α/Fe で探る銀河形成と対不安定型超新星
- 柳澤広登: JWSTのLRDとすばるの原始 He存在比による初期宇宙($t \sim 1$ 秒)の探索
- 影浦優太: JWSTのLy α 輝線観測に基づく宇宙再電離と動的暗黒エネルギー
- 武知可夏: JWSTとALMAを用いた宇宙最初のダスト形成
- 松浦義実: JWSTとすばるPFSによる星間物質の電子密度の進化
- 勝山翔太: JWST観測によるLRDで探る超巨大ブラックホールの起源
- 上條知新: 微細構造定数の進化の測定に基づく宇宙論の検証

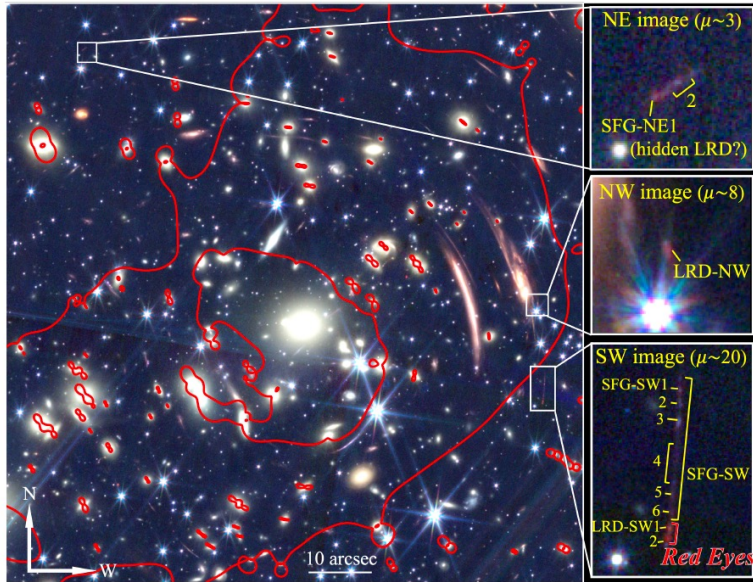
研究テーマ(学生)

- 祝程浩: 強酸素輝線天体の物理状態と超巨大ブラックホール
- 中根美七海: JWSTとすばるPFSを用いた元素組成比 α/Fe で探る銀河形成と対不安定型超新星
- 柳澤広登: JWSTのLRDとすばるの原始 He存在比による初期宇宙($t \sim 1$ 秒)の探索
-  JWSTのLy α 輝線観測に基づく宇宙再電離と動的暗黒エネルギー
-  JWSTとALMAを用いた宇宙最初のダスト形成
- 松浦義実: JWSTとすばるPFSによる星間物質の電子密度の進化
- 勝山翔太: JWST観測によるLRDで探る超巨大ブラックホールの起源
- 上條知新: 微細構造定数の進化の測定に基づく宇宙論の検証

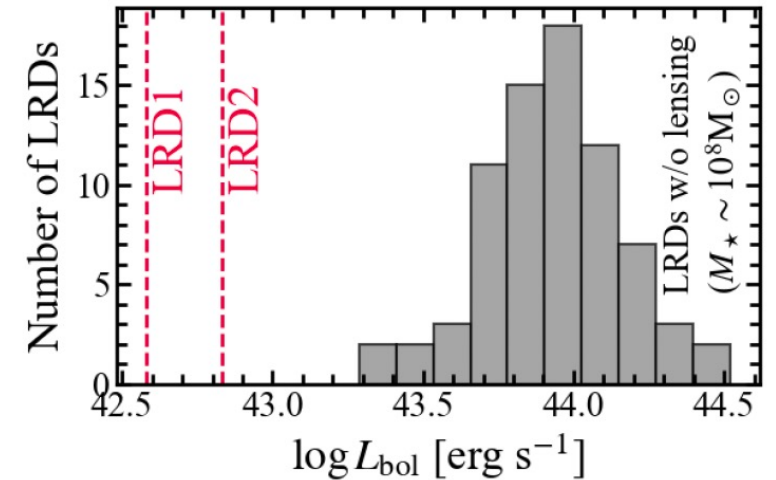
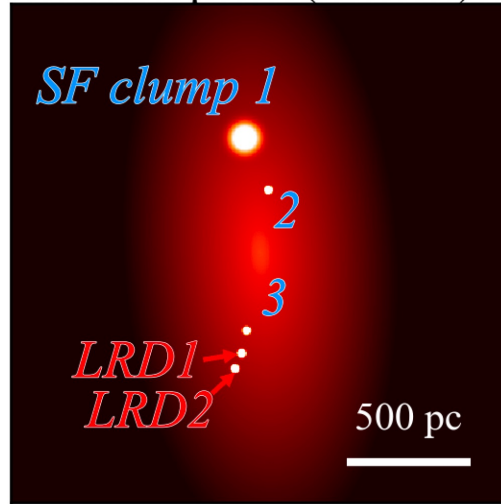
2つの暗いLittle Red Dots (LRDs)の存在 中間質量ブラックホール(IMBH)か？



柳澤(D2)



Source plane (F444W)



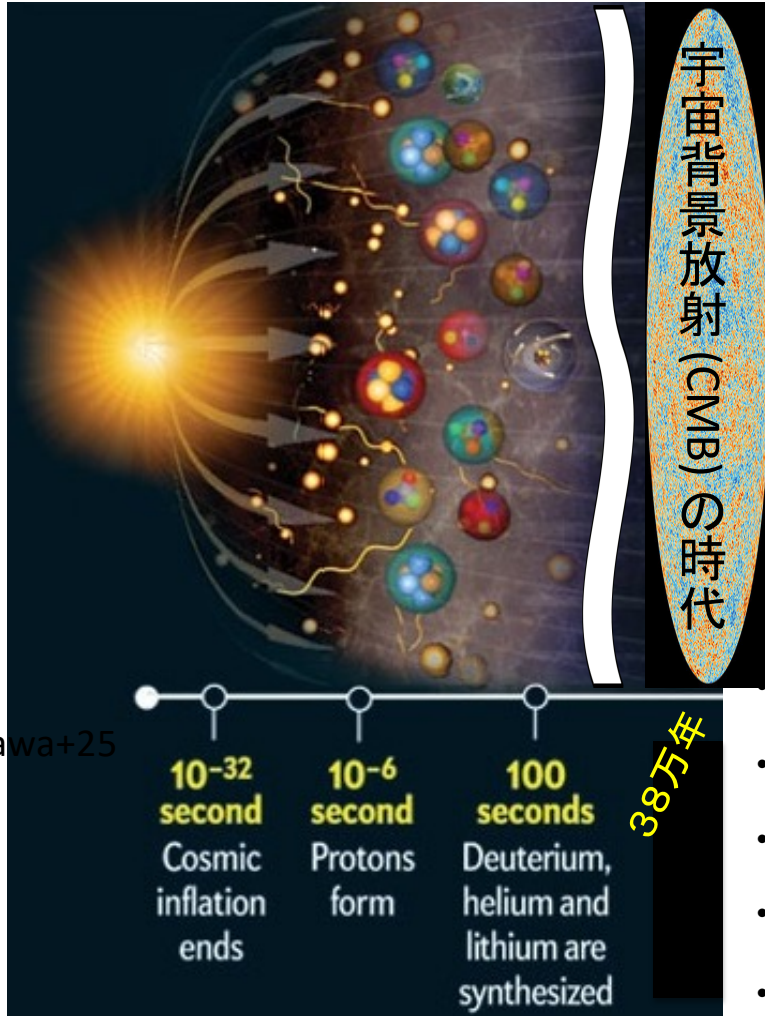
Yanagisawa et al. (2026)

- VENUS探査 (JWST Tresuary Program; 2025-2027年、約300時間)
 - JWSTx重力レンズ効果 → 2つのLRDが1つの銀河の中(距離70pc; $z \sim 7$)
 - 銀河中心ではなく、中心から400pcずれた位置
 - 暗い (L_{bol} で従来の約1/10)
- LRDについて様々な可能性: 例) LRDsはIMBHで、 $t_{dyn_fric} \sim 0.15 \text{ Gyr}$ で中心SMBHにinfallなど。

ビッグバン宇宙に残された謎

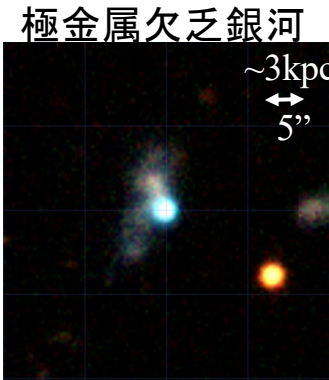


柳澤(D2)



Yanagisawa+25

Credit: Scientific American/Malcolm Godwin



- インフレーション、粒子生成(≦1秒) [≦ 10秒]
 - ハドロン (陽子, 中性子)、[レプトン (電子, ニュートリノ)]
- ビッグバン元素合成(BBN): (~100秒)
 - 水素, **ヘリウム**, Li [Be]
- ニュートリノ世代数 $N_{\text{eff}} = 2.41 (+0.20/-0.21)$: 標準的な宇理論 ($N_{\text{eff}}=3.046$) から >95% の確率でズレる? → レプトン非対称性 $\xi_e \neq 0$ を示唆?
- N_{eff} が 3.046 より $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$ 程度大きい? ($N_{\text{eff}} \sim 3.5$)
→ 宇宙論の問題 (ハッブル定数の食い違い) を説明できる?
- 精度を上げる必要あり → **すばるで観測継続**

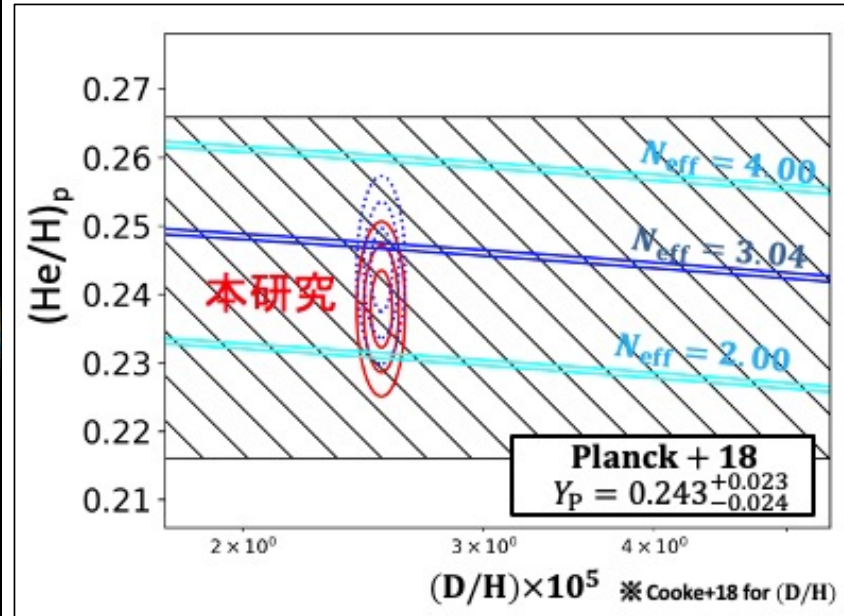
ビッグバン宇宙に残された謎



柳澤(D2)



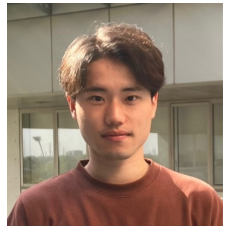
Yanagisawa+25



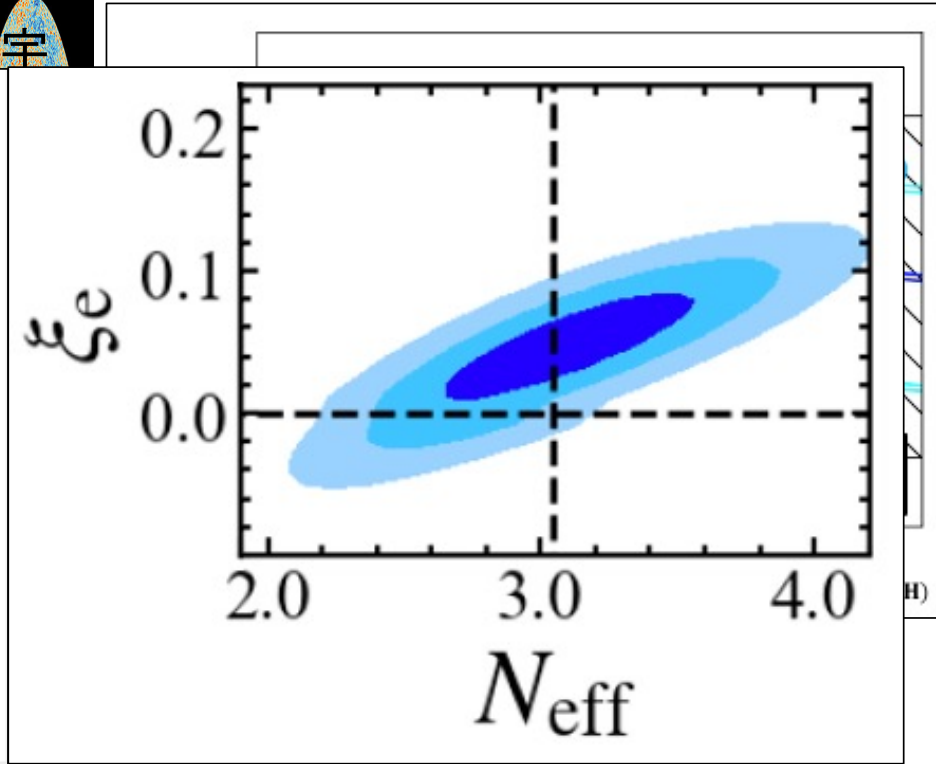
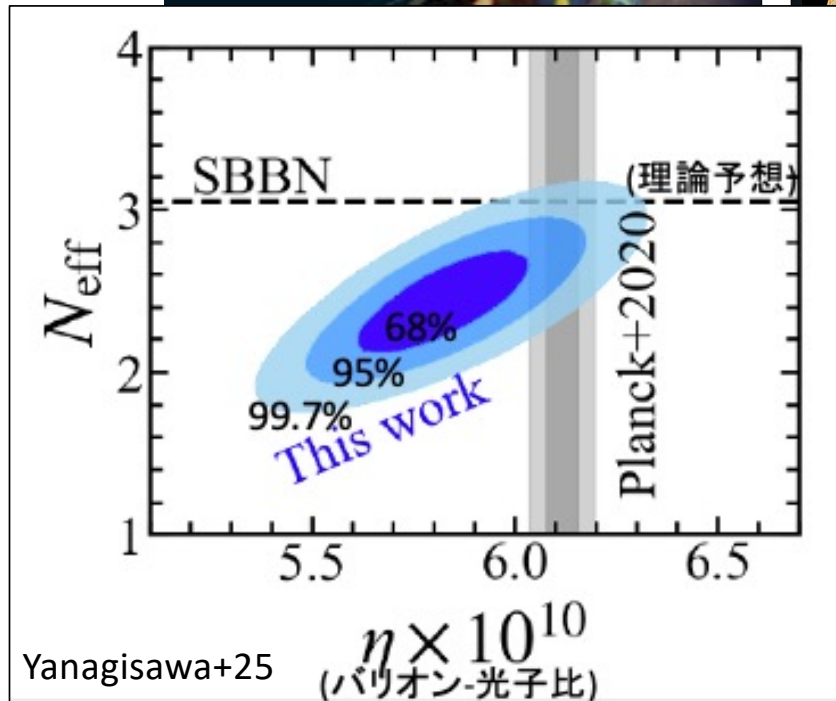
- インフレーション、粒子生成 (≤ 1 秒) [≤ 10 秒]
 - ハドロン (陽子, 中性子)、[レプトン (電子, ニュートリノ)]
- ビッグバン元素合成 (BBN): (~ 100 秒)
 - 水素, **ヘリウム**, Li [Be]
- ニュートリノ世代数 $N_{\text{eff}} = 2.41 (+0.20/-0.21)$: 標準的な宇宙論 ($N_{\text{eff}} = 3.046$) から $>95\%$ の確率でズれる? \rightarrow レプトン非対称性 $\xi_e \neq 0$ を示唆?
- N_{eff} が 3.046 より $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$ 程度大きい? ($N_{\text{eff}} \sim 3.5$)
 \rightarrow 宇宙論の問題 (ハッブル定数の食い違い) を説明できる?
- 精度を上げる必要あり \rightarrow **すばるで観測継続**

Credit: Scientific American/Malcolm Godwin

ビッグバン宇宙に残された謎



柳澤(D2)



second second seconds
 Cosmic Protons Deuterium,
 inflation form helium and
 ends synthesized

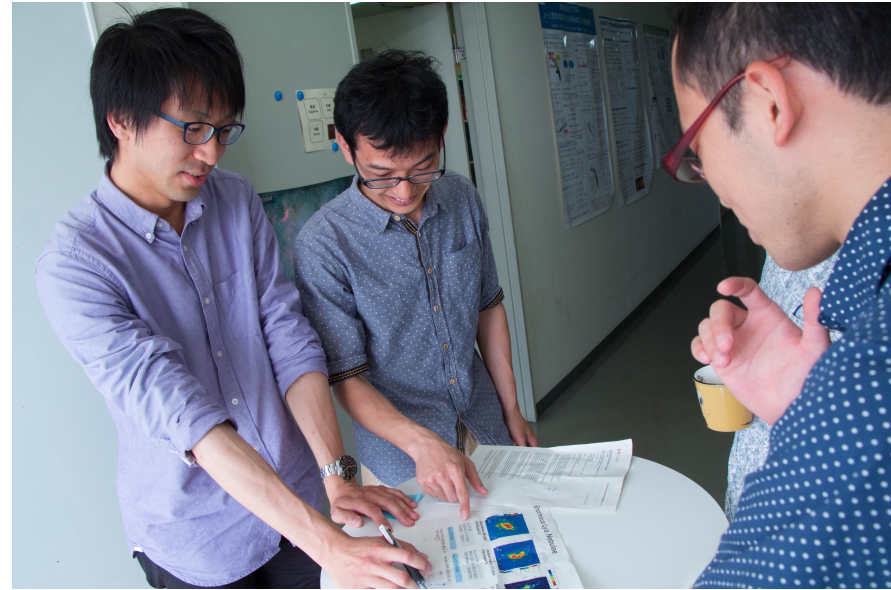
Credit: Scientific American/Malcolm Godwin

- 水素,ヘリウム,Li [Be]
- ニュートリノ世代数 $N_{\text{eff}} = 2.41 (+0.20/-0.21)$: 標準的な宇宙理論 ($N_{\text{eff}}=3.046$) から >95% の確率でズれる? → レプトン非対称性 $\xi_e \neq 0$ を示唆?
- N_{eff} が 3.046 より $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$ 程度大きい? ($N_{\text{eff}} \sim 3.5$)
 → 宇宙論の問題 (ハッブル定数の食い違い) を説明できる?
- 精度を上げる必要あり → **すばるで観測継続**

研究室の日常風景



教員とのマンツーマンのミーティング



学生同士の研究の議論

卒業生の進路

- 21名の卒業生。進路の例

研究職

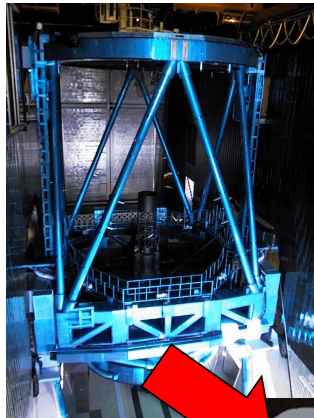
- 藤本征史(2019): カナダトロント大学 助教授
- 播金優一(2019): NAOJ/ロンドン大学→東大ICRR 助教
- 菅原悠馬(2020): 早稲田大学講師
- 張也弛(2023): カリフォルニア工科大学
- 磯部優樹(2024): ケンブリッジ大学
- 梅田滉也(2026): 筑波大学→ハイデルベルク大学

民間・官公庁

- 内藤 嘉章(2015): Ernst & Young→ ProbSpace(代表取締役)
- 玉澤裕子(2016): 高エネルギー研・広報
- 向江史朗(2020): 資生堂
- 小島崇史(2020): 警察庁
- 菊地原正太郎(2022): 富士通
- 松本明訓(2026): スイス UBS銀行

将来の研究 (博士取得後)

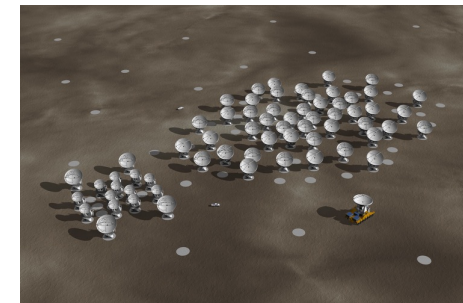
1) すばるHSC/PFS探査



2) JWST/ALMA探査



今年-10年後
(2030年半ばまで)



20年後
(2040年半ば)



まとめ

- 宇宙史の研究(初期宇宙、大規模構造、銀河形成など)
- 大型望遠鏡による観測(JWST,すばる,ハッブル,ALMA等)
- 学生さんの最近の研究(2つの例)

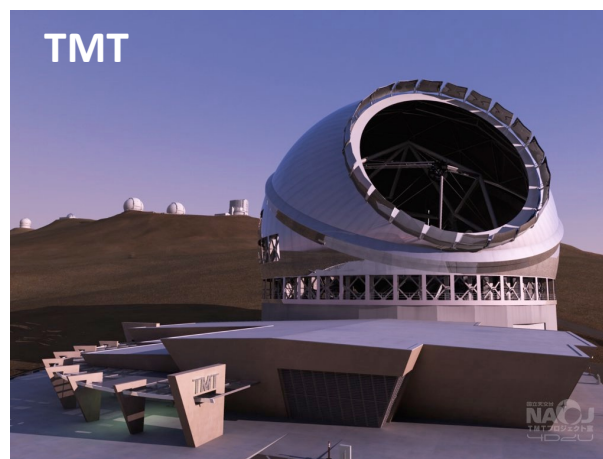
今年-10年後のRoman宇宙望遠鏡, TMT,
そして約20年後の次世代超大型宇宙望遠鏡(HWO等)へ

本日13:00以降、大内は留守→昼食の時間にお話しましょう。

(午後のLAB TOURでは、502室で**研究室の学生**による実際の研究と研究室の様子の話)



2022年から科学観測
最新大型宇宙望遠鏡



2030年代完成(計画)
超大型地上望遠鏡



2040年代(計画)
超大型宇宙望遠鏡