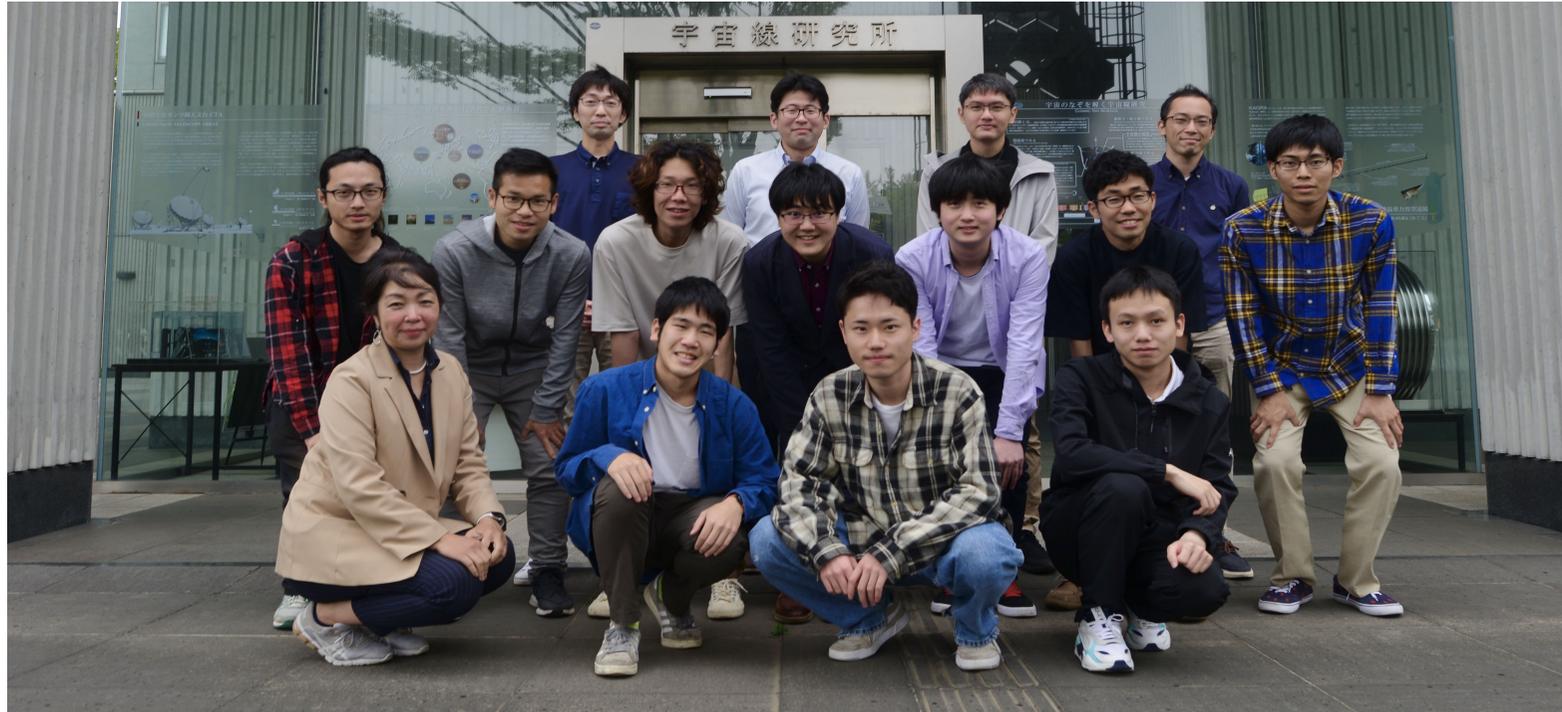


# 観測的宇宙論グループ (A8サブコース 大内研)



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..... Yongming Liang  
学生 ..... 磯部優樹、張也弛、孫東昇、  
徐弈、梅田滉也、松本明訓、  
祝程浩、中根美七海、柳澤広登

# 宇宙史

(3つの未解決問題)

3) 宇宙大規模構造形成？  
(銀河形成と化学進化)

宇宙の歴史(模式図)

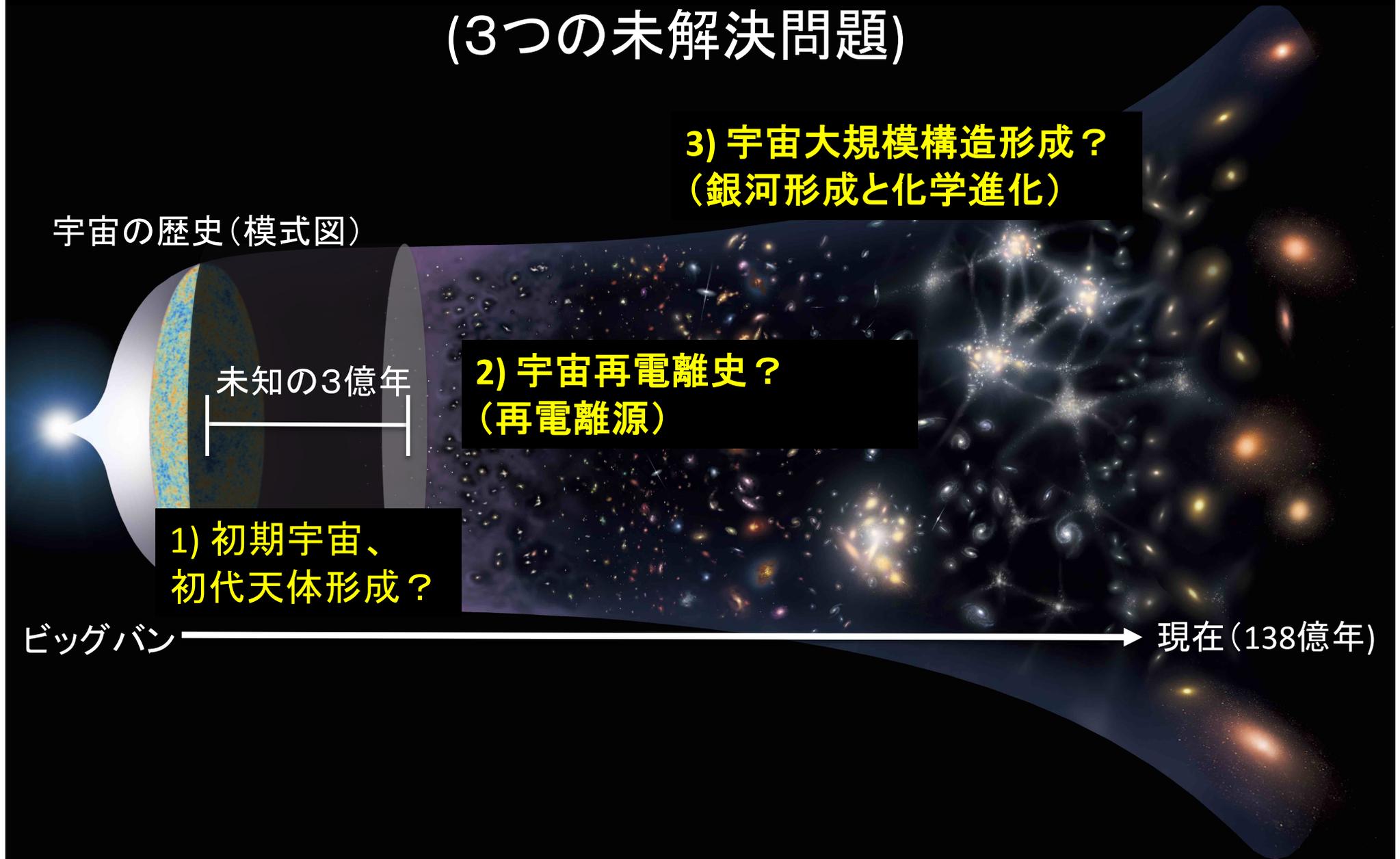
未知の3億年

2) 宇宙再電離史？  
(再電離源)

1) 初期宇宙、  
初代天体形成？

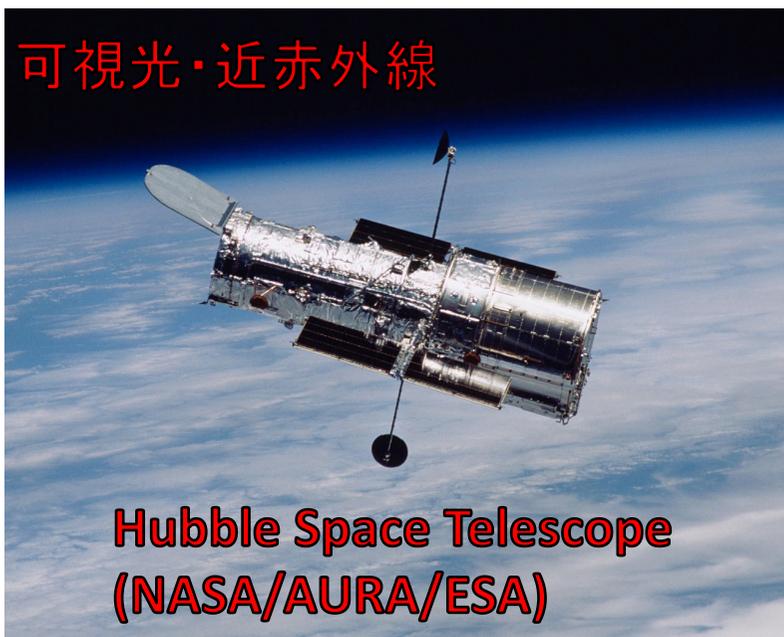
ビッグバン

現在(138億年)

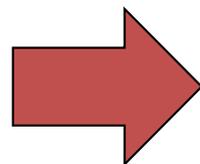


# 大口径望遠鏡

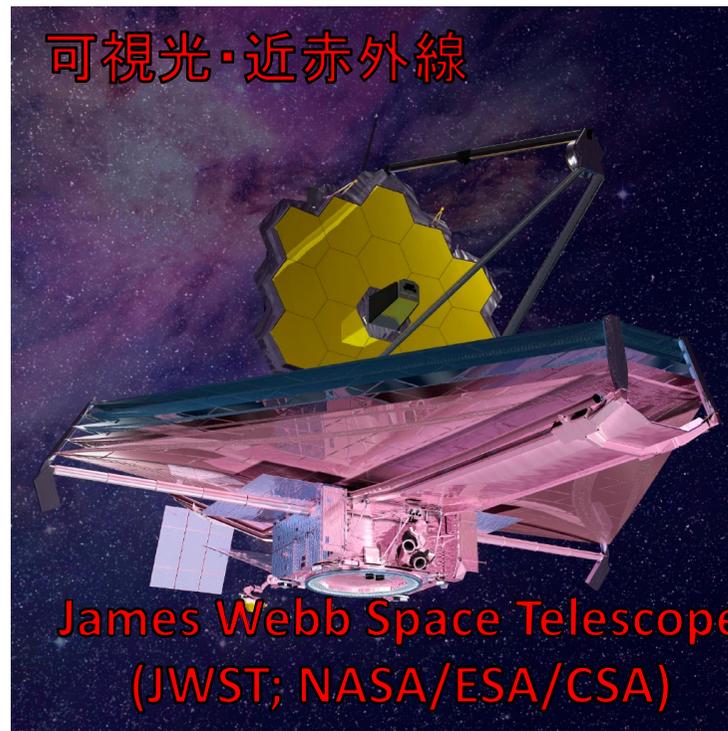
可視光・近赤外線



Hubble Space Telescope  
(NASA/AURA/ESA)



可視光・近赤外線



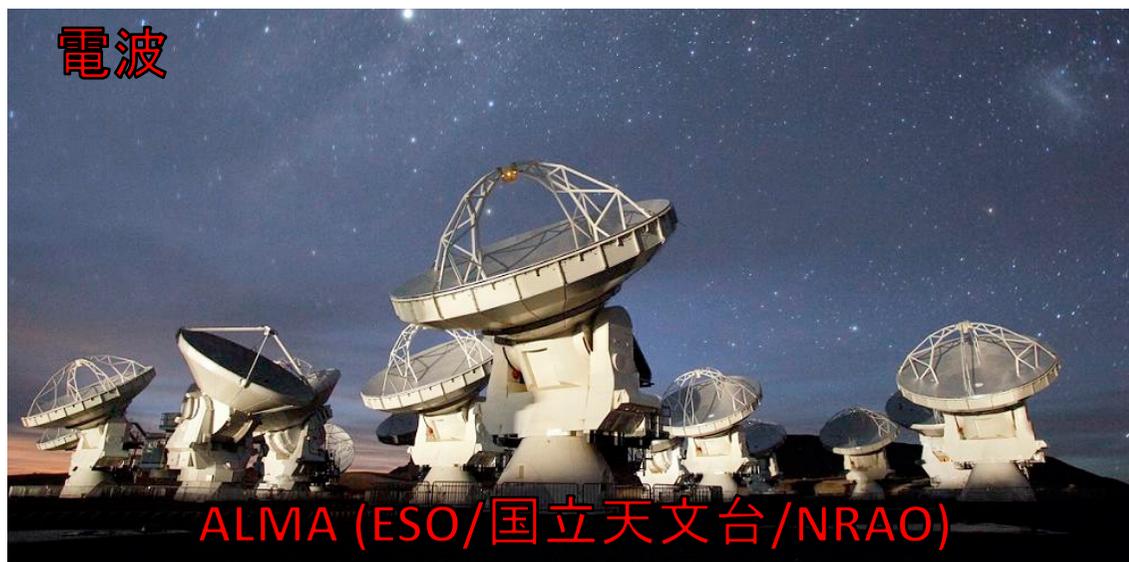
James Webb Space Telescope  
(JWST; NASA/ESA/CSA)

可視光・近赤外線



8.2m すばる望遠鏡 (国立天文台)

電波



ALMA (ESO/国立天文台/NRAO)

# 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/JWST(→軌道上)

- 国内/国際会議

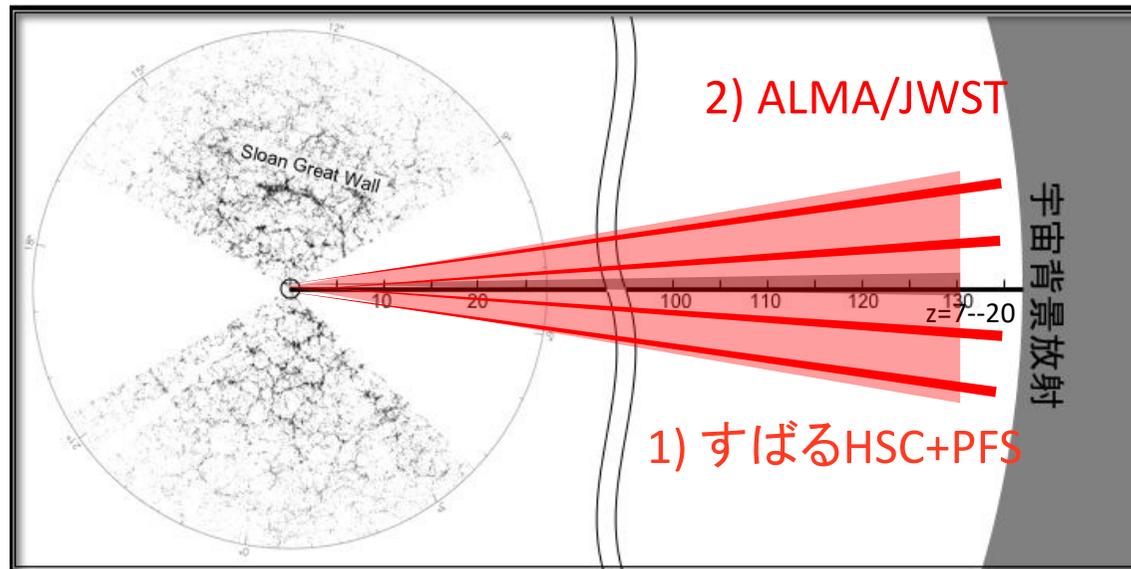
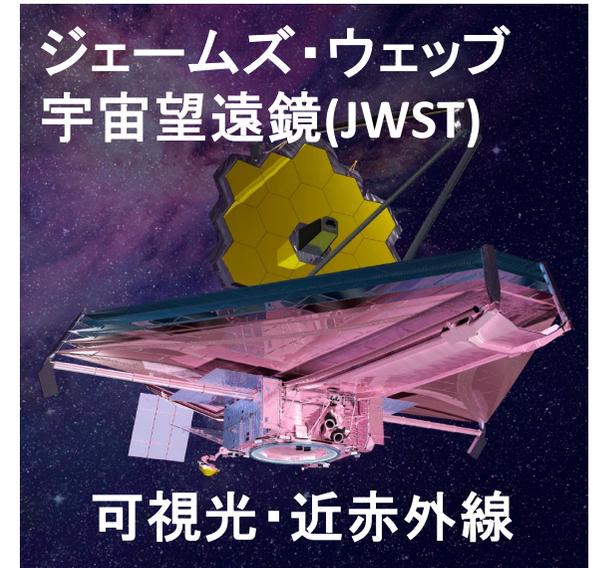
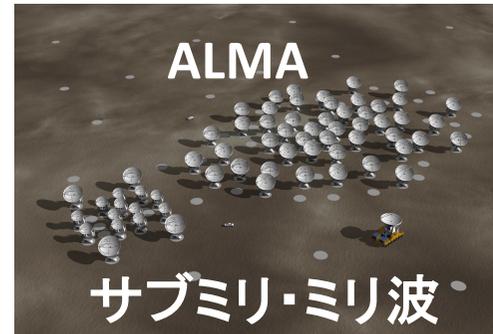
- アメリカ、ドイツ、イタリア、スイス、イギリスなど含む

# 今後5年間の研究(2024-2029年)

## 2つの柱

1) すばるHSCと次世代PFSの**広域**深宇宙探査  
(Tokyo, NAOJ, PU, Taiwan etc)

2) ALMAやJWST等による**高感度**深宇宙探査  
(U. Tokyo, University of California etc.)



# 研究テーマ(学生)

- 張也弛: HETDEX広域面分光観測による超巨大ブラックホールの進化
- 磯部優樹: すばるとJWSTの可視光-近赤外線分光で探る銀河形成
- 孫東昇: SDSS+HETDEXによる宇宙大規模構造とALMAによる $z=6$ 銀河の力学構造
- 徐弈: JWST分光データを用いた初期小質量銀河のアウトフロー
- 梅田滉也: すばるとJWST、MWA 21cm電波観測で探る宇宙再電離
- 松本明訓: 原始Heによる初期宇宙( $t\sim 1$ 秒)とCMBを使った遠方宇宙構造
- 祝程浩: 強酸素輝線天体の物理状態の解明
- 中根美七海: VLT/MUSEとJWSTの $\text{Ly}\alpha$ 輝線観測に基づく宇宙再電離史
- 柳澤広登: 原始He存在比による初期宇宙( $t\sim 1$ 秒)の探索

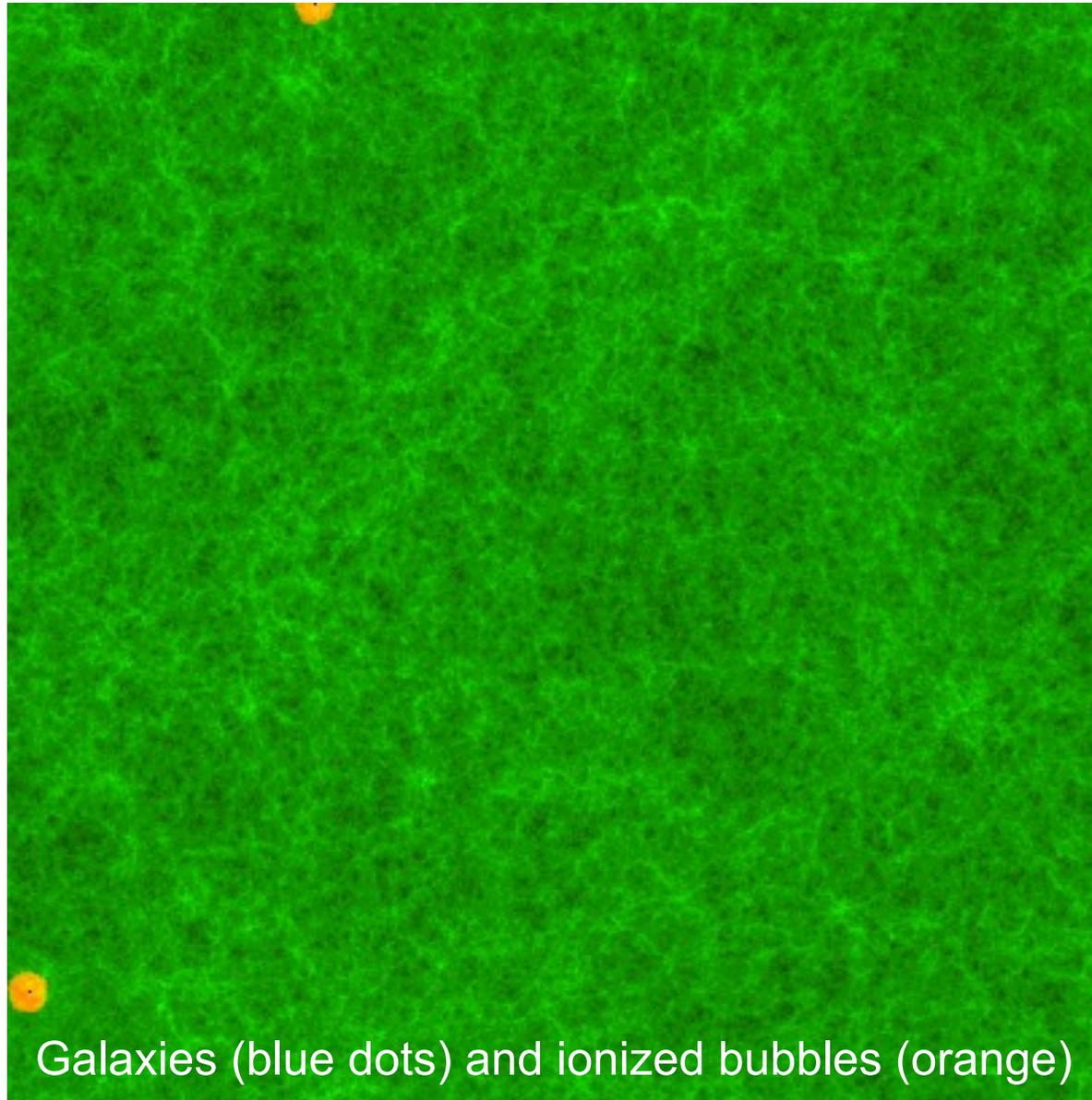
# 研究テーマ(学生)

- 張也弛: HETDEX広域面分光観測による超巨大ブラックホールの進化
- 磯部優樹: すばるとJWSTの可視光-近赤外線分光で探る銀河形成
- 孫志昂: SDSS+HETDEXによる宇宙大規模構造とALMAによる $z=6$ 銀河の力学構造
-  JWST分光データを用いた初期小質量銀河のアウトフロー
- 梅田滉也: すばるとJWST、MWA 21cm電波観測で探る宇宙再電離
- 松本明訓: 原始Heによる初期宇宙( $t \sim 1$ 秒)とCMBを使った遠方宇宙構造
-  強酸素輝線天体の物理状態の解明
- 柳澤大志海: VLT/MUSEとJWSTの $\text{Ly}\alpha$ 輝線観測に基づく宇宙再電離史
- 柳澤広登: 原始He存在比による初期宇宙( $t \sim 1$ 秒)の探索

# 宇宙再電離と物理過程



梅田(D1)



Galaxies (blue dots) and ionized bubbles (orange)

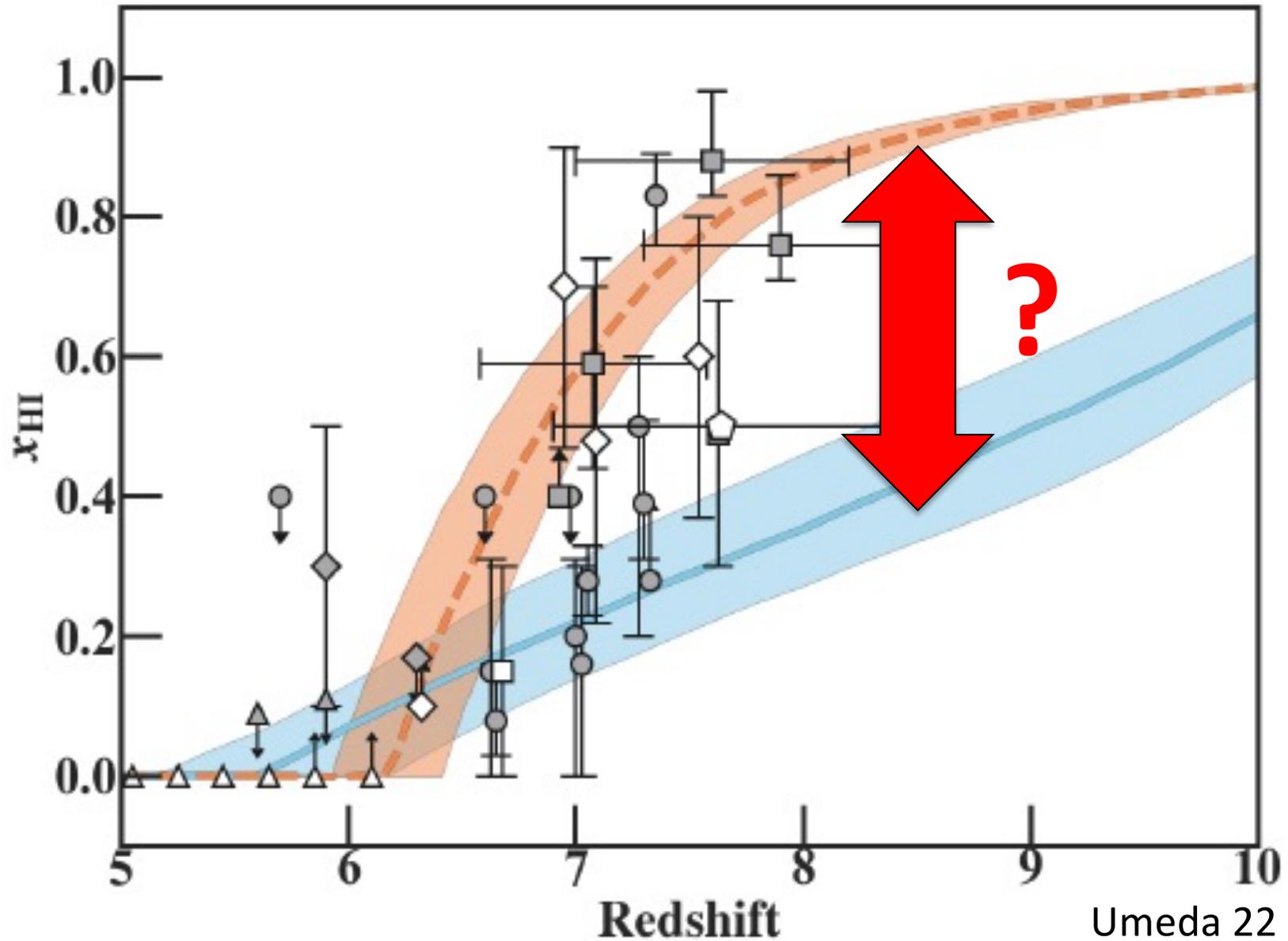
RT simulations  
(Iliev et al. 2006)

- 課題: 宇宙再電離の過程と歴史
- 最新のJWST分光データとアイデア  
→再電離史解明の糸口、直接的なバブルの存在裏付け

# 宇宙再電離と物理過程



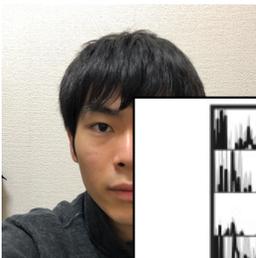
梅田



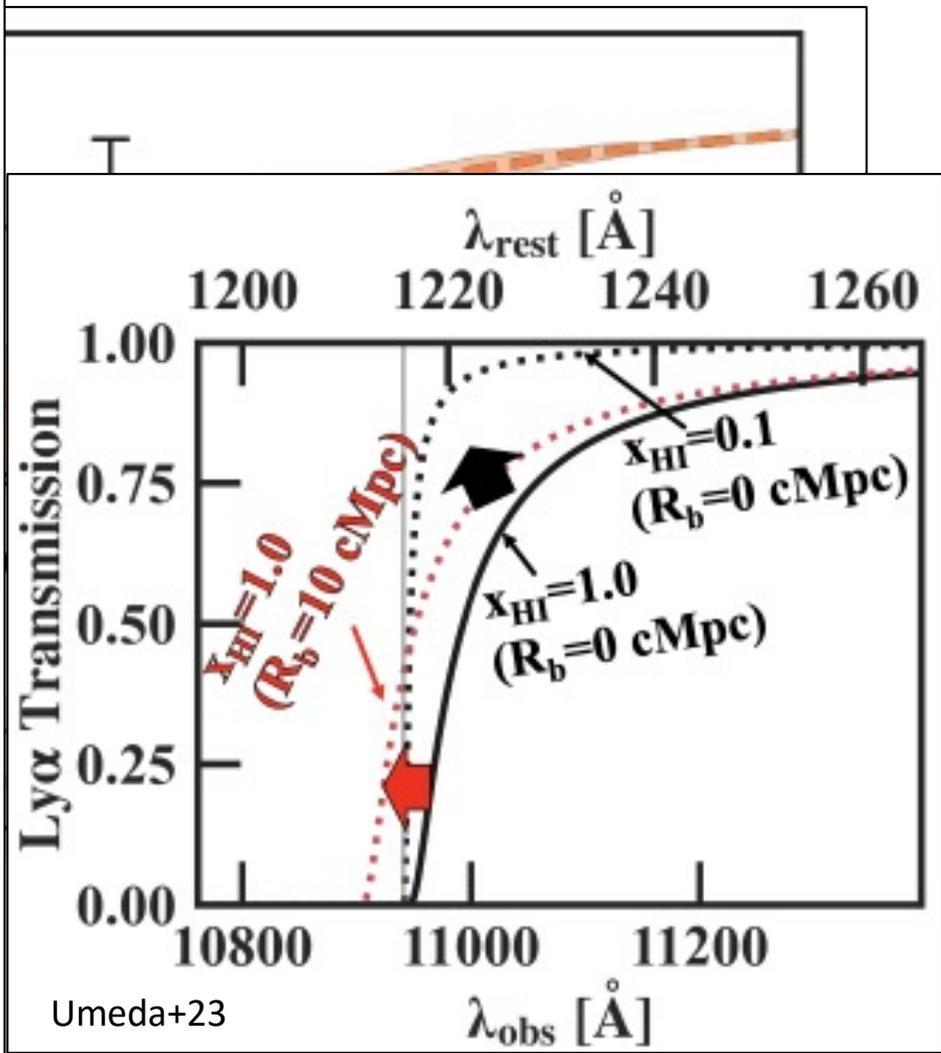
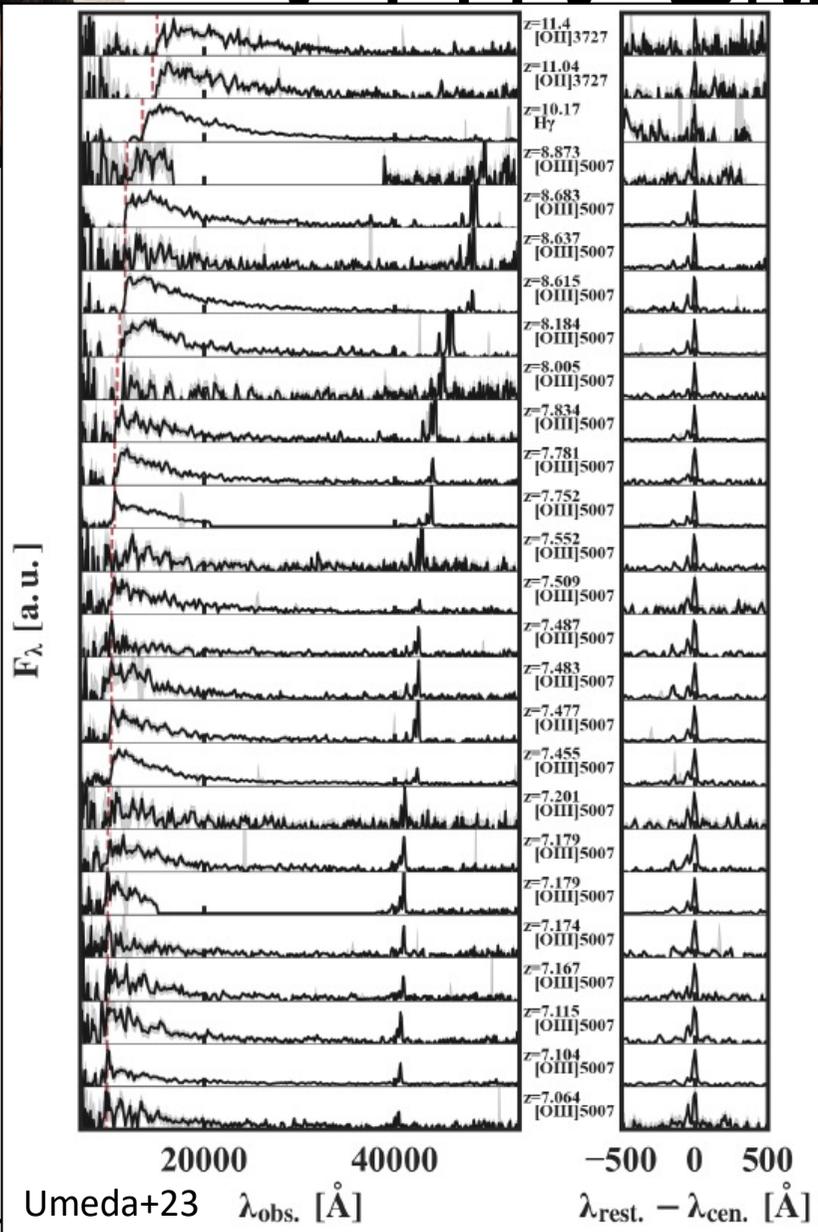
Umeda 22  
(Umeda et al. 2006)

- 課題: 宇宙再電離の過程と歴史
- 最新のJWST分光データとアイデア  
→再電離史解明の糸口、直接的なバブルの存在裏付け

# 宇宙再電離と物理過程



梅田

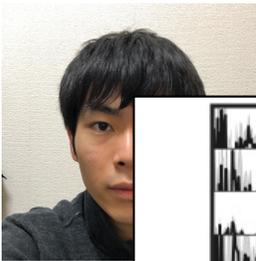


(Ions 2006)

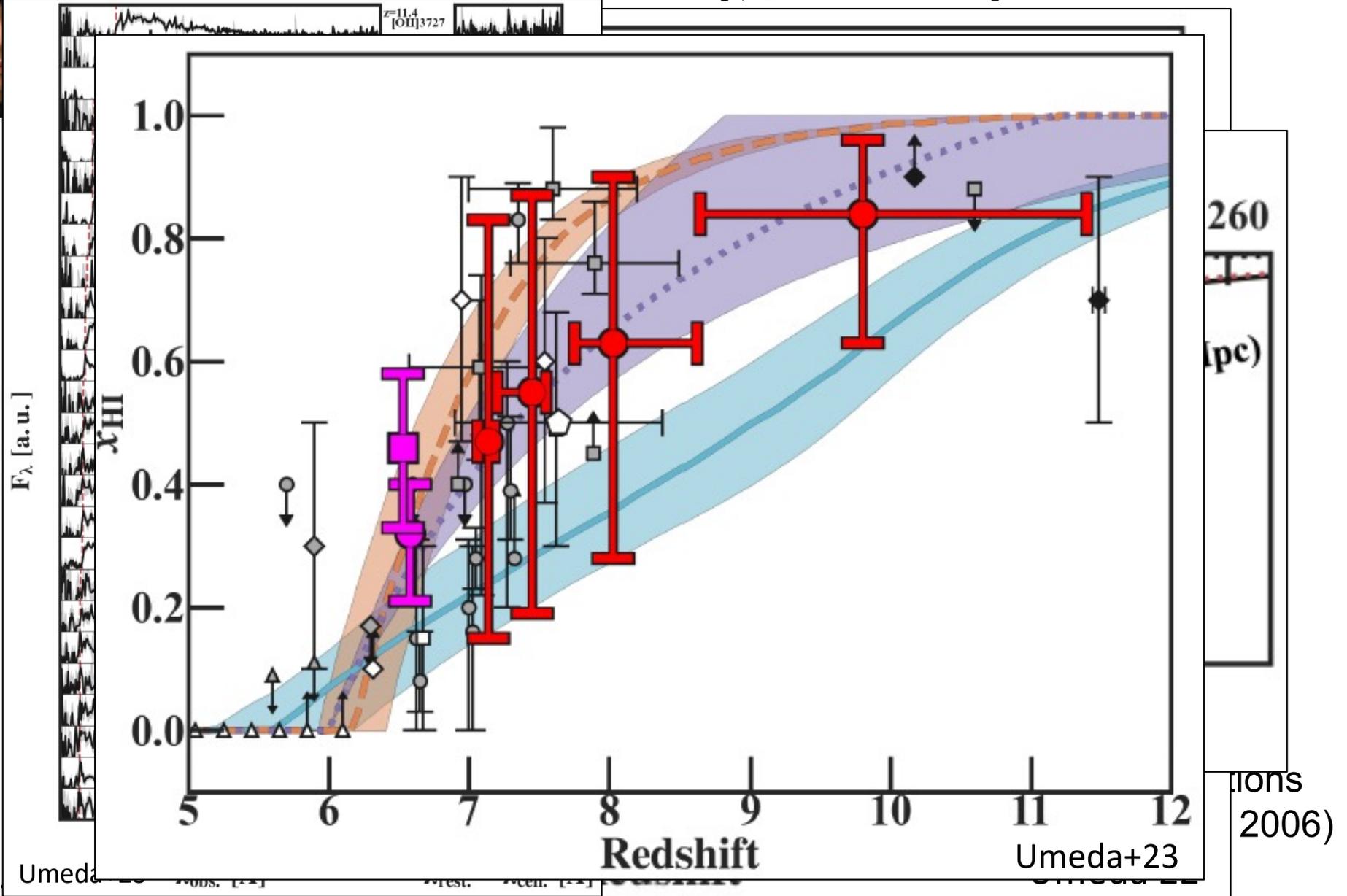
- 課題: 宇宙再電離の過程と歴史
- 最新のJWST分光データとアイデア  
→再電離史解明の糸口、直接的なバブルの存在裏付け

redshift Umeda 22

# 宇宙再電離と物理過程

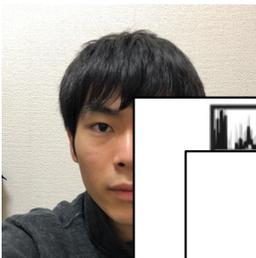


梅田

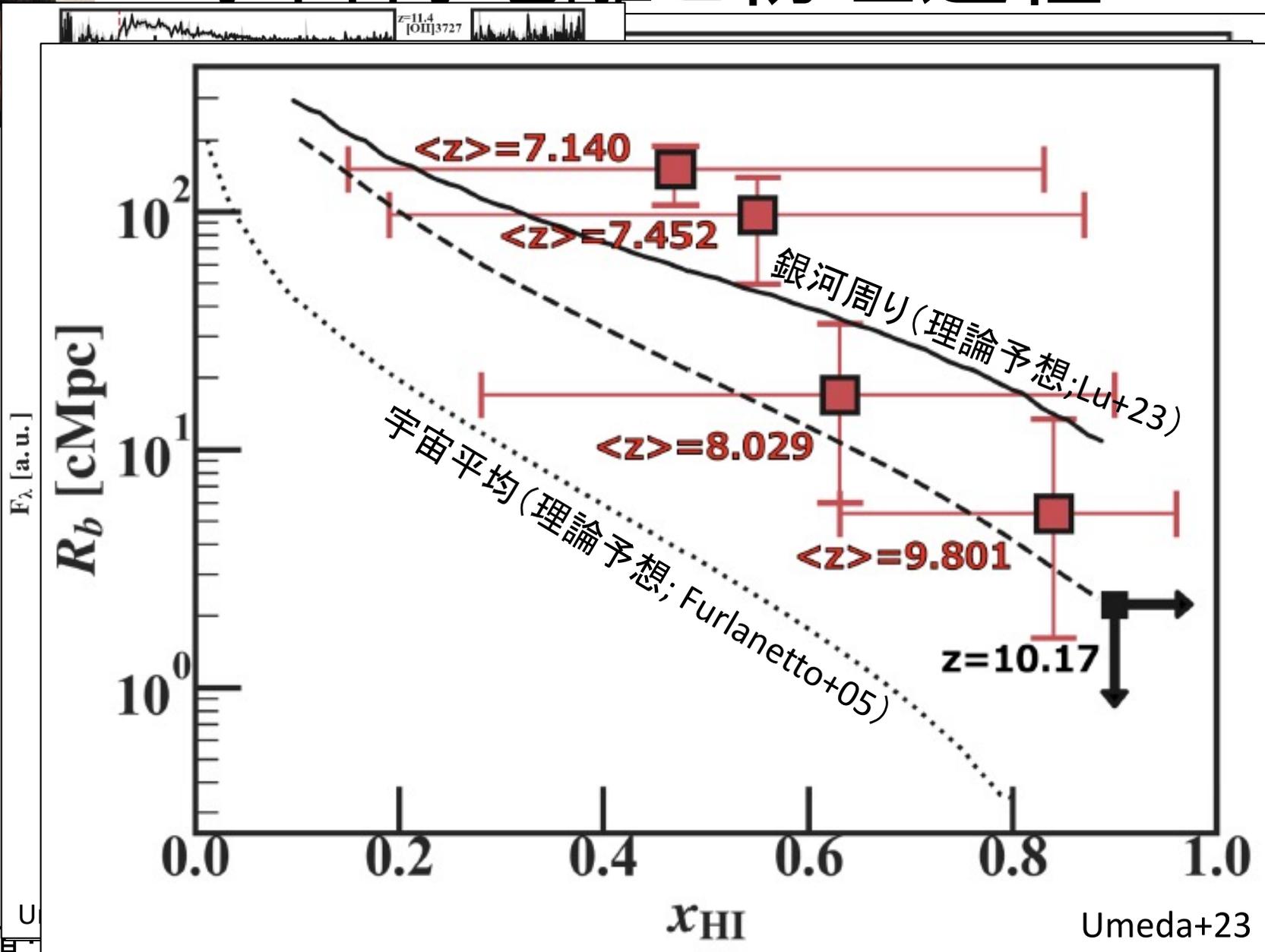


- 課題：宇宙再電離の過程と歴史
- 最新のJWST分光データとアイデア  
→再電離史解明の糸口、直接的なバブルの存在裏付け

# 宇宙再電離と物理過程



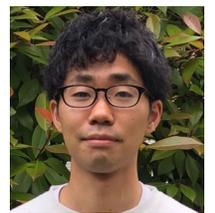
梅田



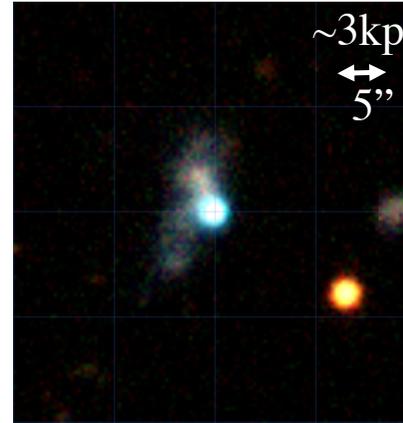
ions  
2006)

- 課題: ...
- 最新のJWST分光データとアイデア  
→再電離史解明の糸口、直接的なバブルの存在裏付け

# ビッグバン宇宙に残された謎



極金属欠乏銀河



すばる望遠鏡 松本(D1)



インフレーション、粒子生成 ( $\leq 1$  秒) [ $\leq 10$  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): ( $\sim 100$  秒)

- 水素, **ヘリウム**, Li [Be]

• ニュートリノ世代数  $N_{\text{eff}} = 2.49 (+0.17/-0.26)$ : 標準的な宇宙理論 ( $N_{\text{eff}}=3.046$ ) から90%程度の確率でズれる?  $\rightarrow$  レプトン非対称性  $\xi_e \neq 0$  を示唆?

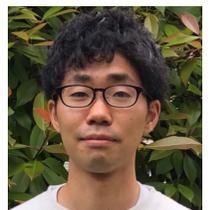
•  $N_{\text{eff}}$  が3.046より  $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$  程度大きい? ( $N_{\text{eff}} \sim 3.5$ )

$\rightarrow$  宇宙論最大の問題 (ハッブル定数の食い違い) を説明できる?

• 松本さんの論文発表  $\rightarrow$  問い合わせ多数。招待セミナー (KEK等)

• 精度を上げる必要あり  $\rightarrow$  **すばるで観測継続 (松本代表: 4晩獲得)**

# ビッグバン宇宙に残された謎

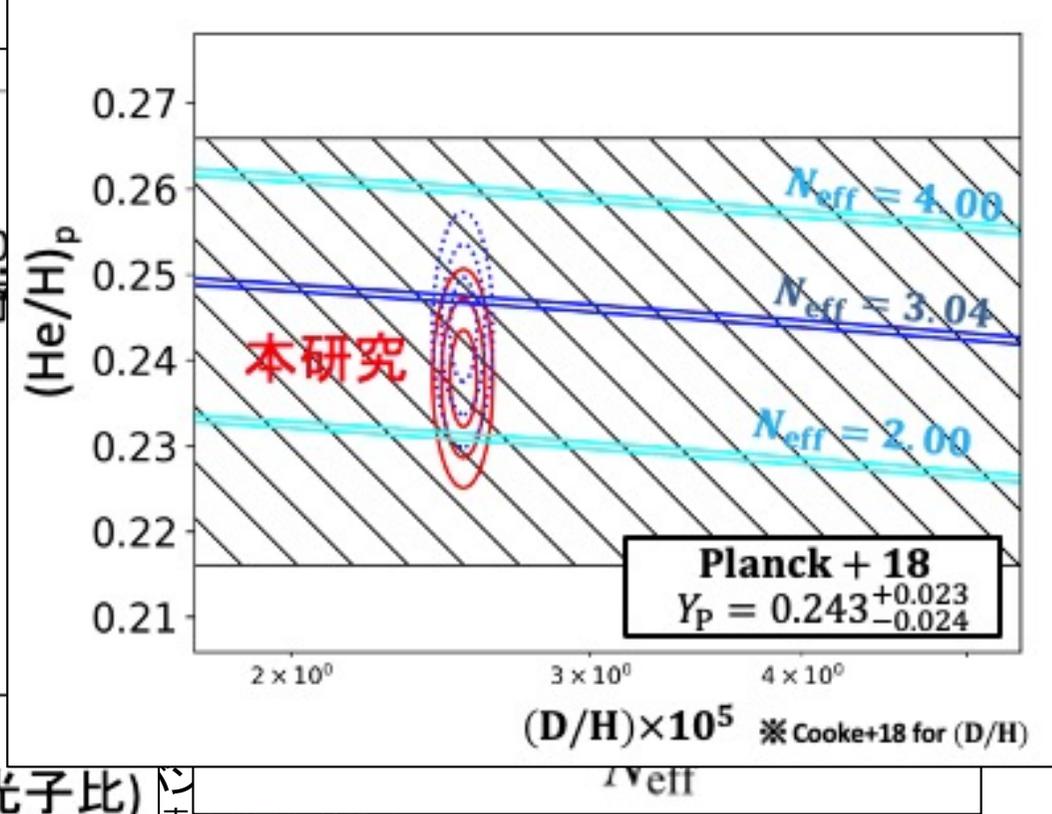
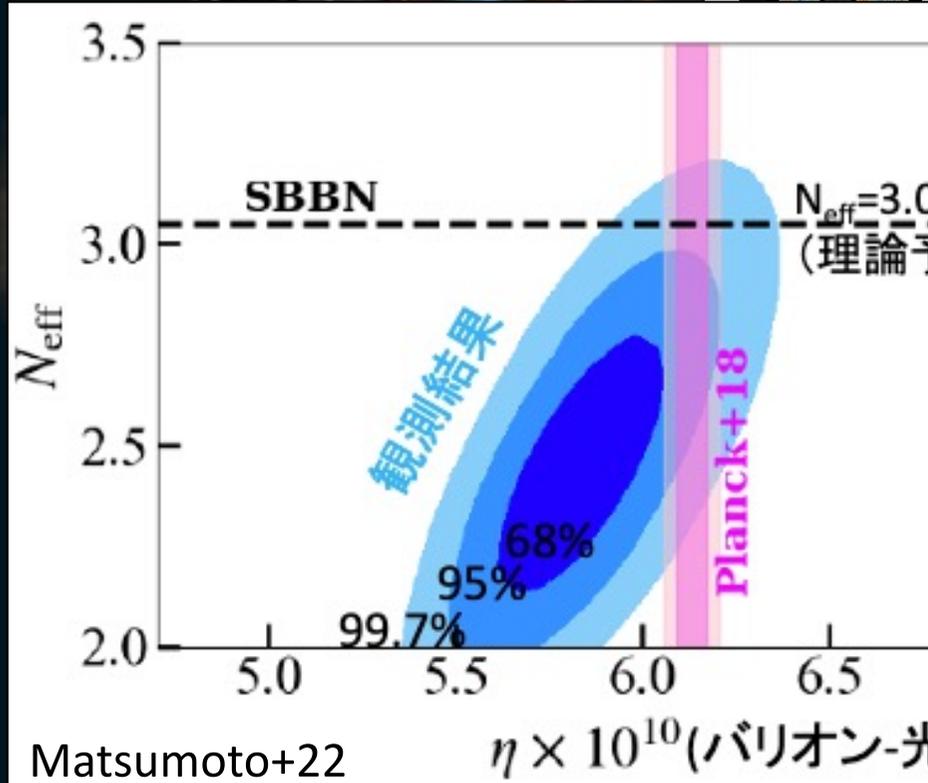


極金属欠乏銀河

すばる望遠鏡

松本(D1)

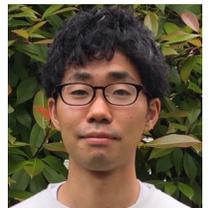
宇宙



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

- ニュートリノ世代数  $N_{\text{eff}} = 2.49 (+0.17/-0.26)$ : 標準的な宇宙理論 ( $N_{\text{eff}}=3.046$ ) から90%程度の確率でズれる? → レプトン非対称性  $\xi_e \neq 0$ を示唆?
- $N_{\text{eff}}$ が3.046より  $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$ 程度大きい? ( $N_{\text{eff}} \sim 3.5$ )  
 → 宇宙論最大の問題(ハッブル定数の食い違い)を説明できる?
- 松本さんの論文発表 → 問い合わせ多数。招待セミナー(KEK等)
- 精度を上げる必要あり → すばるで観測継続 (松本代表:4晩獲得)

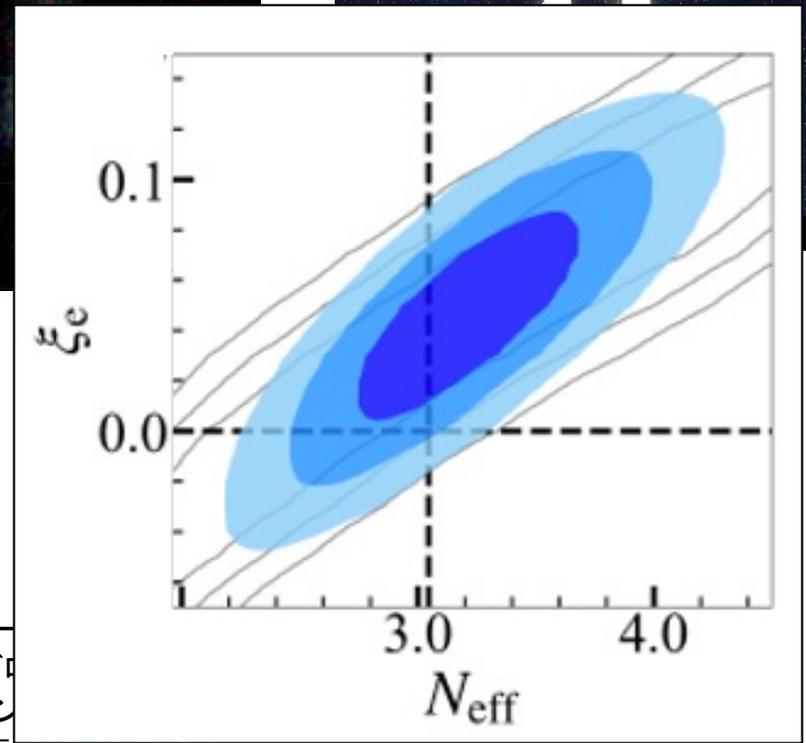
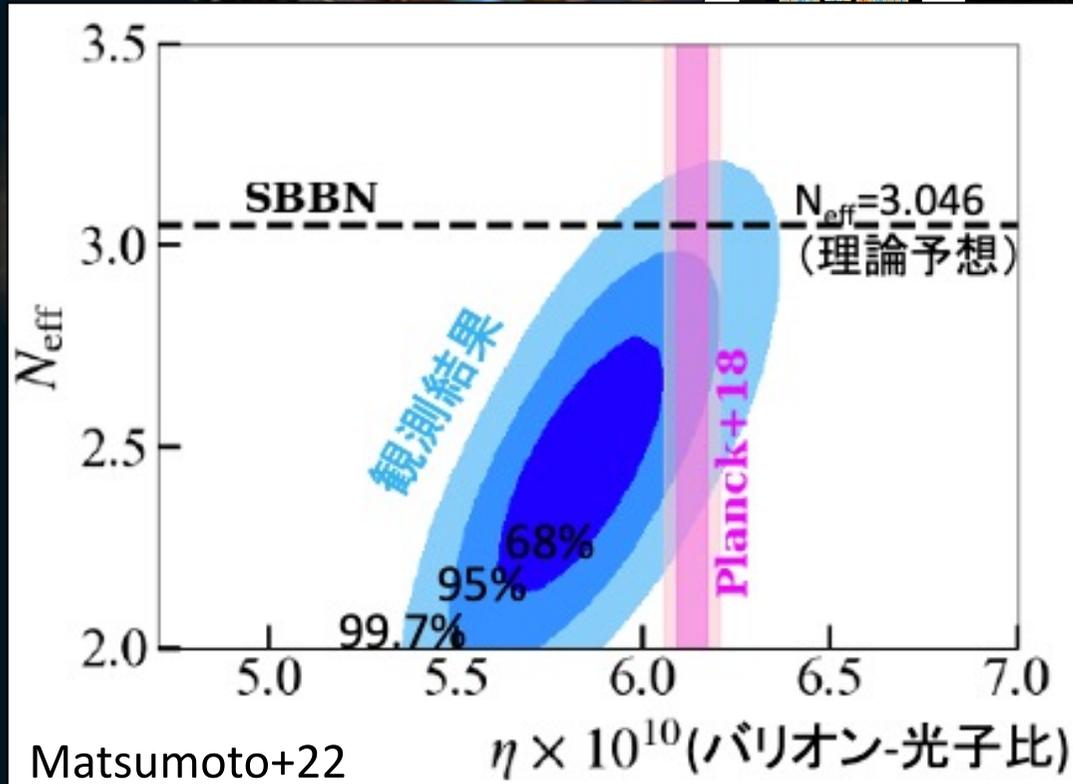
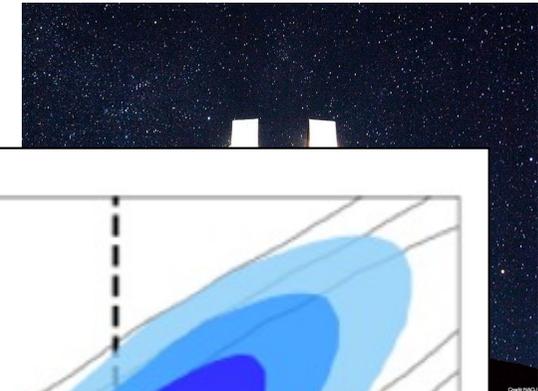
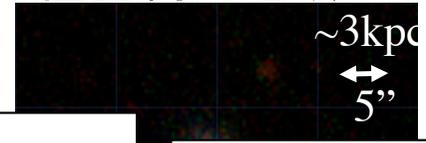
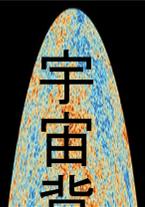
# ビッグバン宇宙に残された謎



極金属欠乏銀河

すばる望遠鏡

松本(D1)



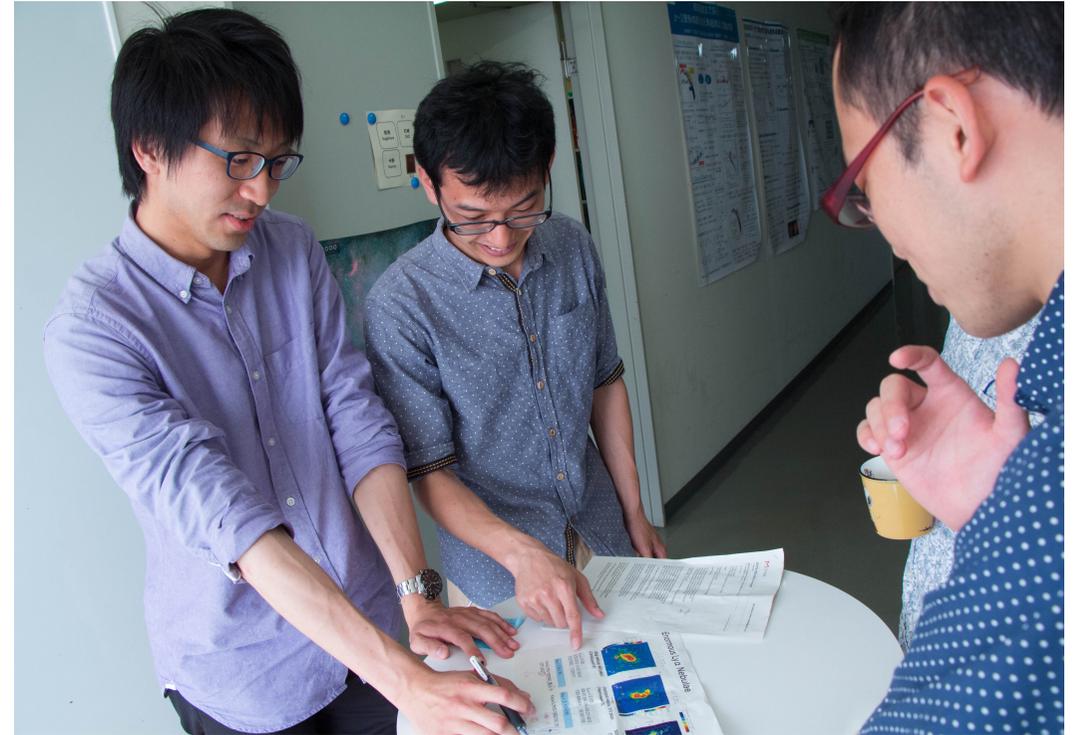
second Cosmic inflation ends    second Protons form    seconds Deuterium, helium and lithium are synthesized

- ニュートリノ世代数  $N_{\text{eff}} = 2.49 (+0.17/-0.26)$ : 標準的な宇宙理論 ( $N_{\text{eff}}=3.046$ ) から90%程度の確率でズれる? → レプトン非対称性  $\xi_e \neq 0$ を示唆?
- $N_{\text{eff}}$  が3.046より  $\Delta N_{\text{eff}} \sim 0.4$ 程度大きい? ( $N_{\text{eff}} \sim 3.5$ )
- 宇宙論最大の問題(ハッブル定数の食い違い)を説明できる?
- 松本さんの論文発表 → 問い合わせ多数。招待セミナー(KEK等)
- 精度を上げる必要あり → すばるで観測継続 (松本代表: 4晩獲得)

# 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

「アフターコロナ」の現在は、対面とonlineのhybrid

# 卒業生の進路

- 15名の卒業生。進路の例

## 研究職

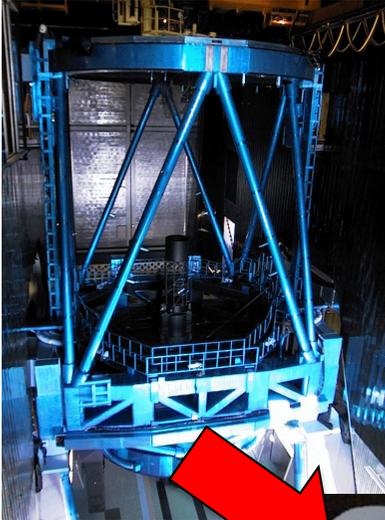
- 藤本征史(2019): テキサス大学オーステイン校(米国)
- 播金優一(2019): NAOJ/ロンドン大学→東大ICRR助教
- 張海浜(2020): 清華大学
- 菅原悠馬(2020): 早稲田大学

## 民間・官公庁

- 内藤 嘉章(2015): Ernst & Young
- 玉澤裕子(2016): 富士通→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

# 将来の研究 (博士取得後)

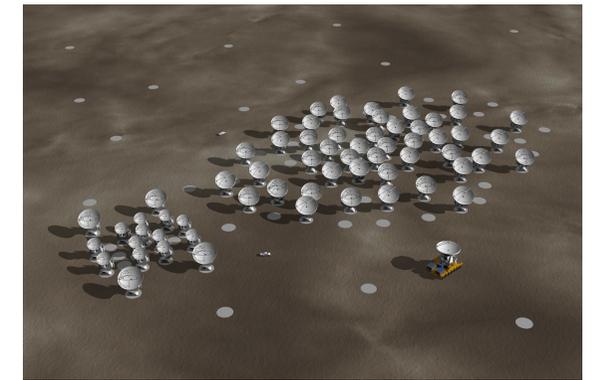
1) すばるHSC/PFS探査



2) JWST/ALMA探査



3-10年後  
(2030年頃)



20年後  
(2040年頃)



# 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(すばる, ハッブル, ALMA, JWST等)
- 学生さんの最近の研究(2つの例)

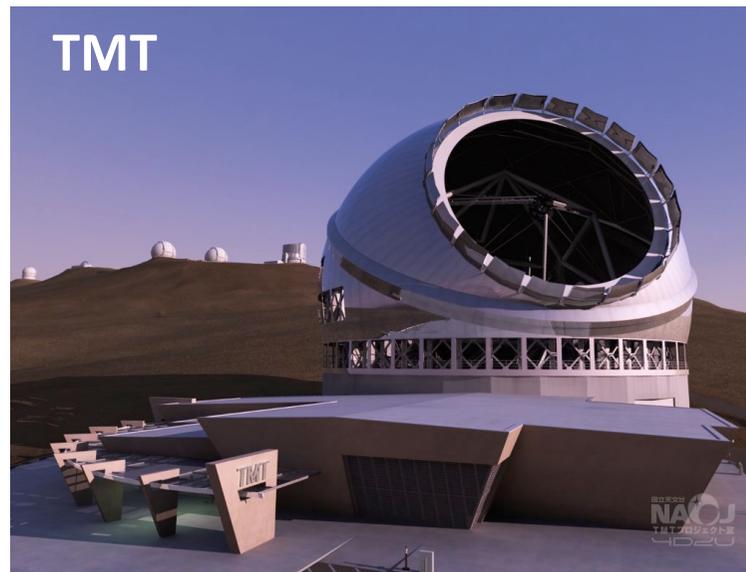
3-10年後のRoman ST, TMT,  
そして約20年後の次世代超大型宇宙望遠鏡(HWO等)へ

昼食の時やLAB TOURでお話しましょう



JWST

昨年から科学観測開始  
(最新) 大型宇宙望遠鏡



TMT

2030年頃完成予定  
超大型地上望遠鏡



NASA  
HWO

<https://futurism.com/the-byte/nasa-unveils-plan-giant-telescope-life-alien-planets>

2040年頃(計画)  
超大型宇宙望遠鏡