

第49回 天文・天体物理 若手 夏の学校（銀河・銀河団）

研究者バトルロイヤル：傾向から学ぶ最初の5年間の立ち回り方



国立天文台 ハワイ観測所
嶋川 里澄（しまかわ りずむ）
国立天文台フェロー（特任助教）

30	観測 a1~a3 b1~b4	招待講演 (銀河) 嶋川里澄氏	星間 a1~a3 b1~b4
45			
15:00			
15			
30	全体ポスターセッション (ホワイエ)		
45	全体ポスターセッション (ホワイエ)		
16:00	全体ポスターセッション (ホワイエ)		
15	全体ポスターセッション (ホワイエ)		
30	チェックイン (ホリデイホールロビー)		
45	チェックイン (ホリデイホールロビー)		
17:00	観測 a4~a7	招待講演 (重宇) 須山輝明氏	星惑 a4~a6 b5~b8
15			
30			
45			
18:00	休憩		
15	コン a1~a2 b1~b8	招待講演 (太恒) 須田拓馬氏	銀河 a1~a3 b1~b4
30			
45			
19:00			

私の独断と偏見による皆さんの講演分類

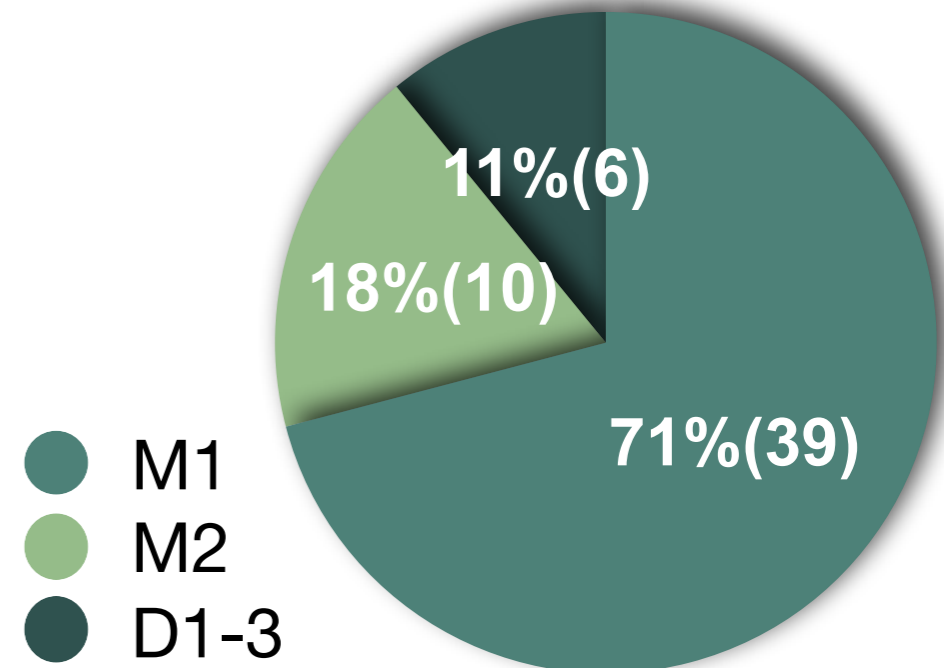
- 観測的宇宙論 9
- BH・ジェット 13
- 化学進化 1
- 高エネルギー線観測 7
- 銀河形成 14 (28%)**
- 近傍銀河 6

遠方銀河団+銀河形成とより細かく絞ってしまうと4人(8%)しかいない...



この時間帯はそこら辺にいます

この頃に帰ります



目標とするテーマ：役に立つ情報を平たく共有する

• キャリアパス・研究生活関連：コメント大歓迎

- これからの光赤外天文学・キャリアパス調査論文紹介
- 文科省資料から知る近年の傾向
- ハラスメント調査結果・オンラインジャーナルの提案

光赤の銀河業界にバイアスがかかっていることに注意

話があっち行ったりこっち来たりしますので各自参考になる部分をメモ戴ければ

• 息抜き：15分で紹介する銀河団における銀河の形成、と最近の興味

研究相談はこの後個別でできれば（というかむしろ最新の研究を学ばせてほしい）

• 天文学と位相データ解析：データサイエンスのお話

- 背景
- 所見（銀河天文学でこれからどう使われる？）
- 位相データ解析の紹介



あくまで私個人の見解が中心となりますので違う意見があれば積極的に言ってください

キャリアパスの話

「具体的にこれをした方が良い」とかではなくて
光赤外銀河天文学の今後の方向性・どういうことに意識すれば良いか
ということをも M1 にも伝えるように簡単に説明してみる。
というお話です

	昔	今
規模	個人・研究室	プロジェクト
競争率	そこそこ	高い（偏り）
自由度	研究室	自由？ <small>如何でしょうか？</small>
人口	上昇	やばい
経済	そこそこ	やばい
データ	小さい	でかい

これらのポイントをもとに話を展開していきます

国内

現在の手駒

すばる望遠鏡（HSC, PFS, + ULTIMATE）
大学・機関の小中望遠鏡

+ 近未来（学生のキャリアが落ち着くまで=10-15年）

TAO

TMT, WFIRST
SPICA

世界（欧米）

DESI (2019): 4m版SDSS
LSST (2021): HSC南半球

Euclid (2022): 1.2m Space

GMT (2025): 24.5m
ELT (2025): 39m

TMT と GMT（と ELT）

- 米NSF（自然科学研究のお金をくれるところ）が TMT & GMT にお金を出した
- 米国全土の研究者が双方にアクセスできる（競争の激化）
- TMT = ほぼ米望遠鏡 & 米中関係の悪化の影響で中国のTMT参加が怪しくなる？
- てか TMT はいつできるの？

プロジェクト・データの巨大化

すばる望遠鏡 (HSC, PFS, + ULTIMATE)

戦略的大型観測で一気にデータを取得

恩恵

データが既にある (以前は各自がプロポーザル → 晴れを祈る → データ解析)

分業化による効率化 (観測する人、データ処理する人、論文書く人)

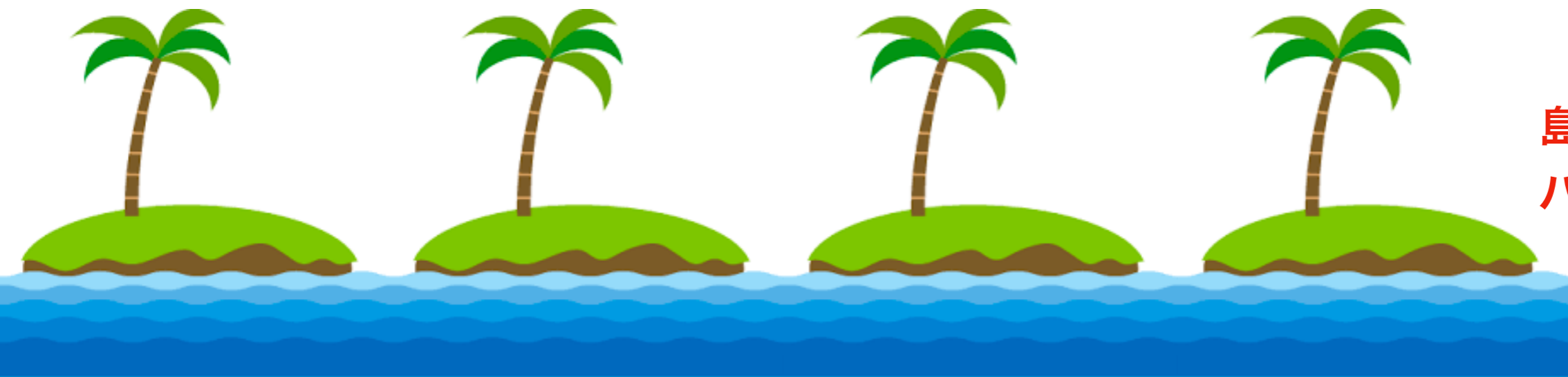
理論的にはやる気さえあればすばるで論文がすぐ書ける時代

弊害

自由に研究できるとは限らず、主張が求められる

人気のある研究はコミュカ (& 権力) が凄く必要になった

Silence is no longer an option



島の生存競争
バトルロイヤル

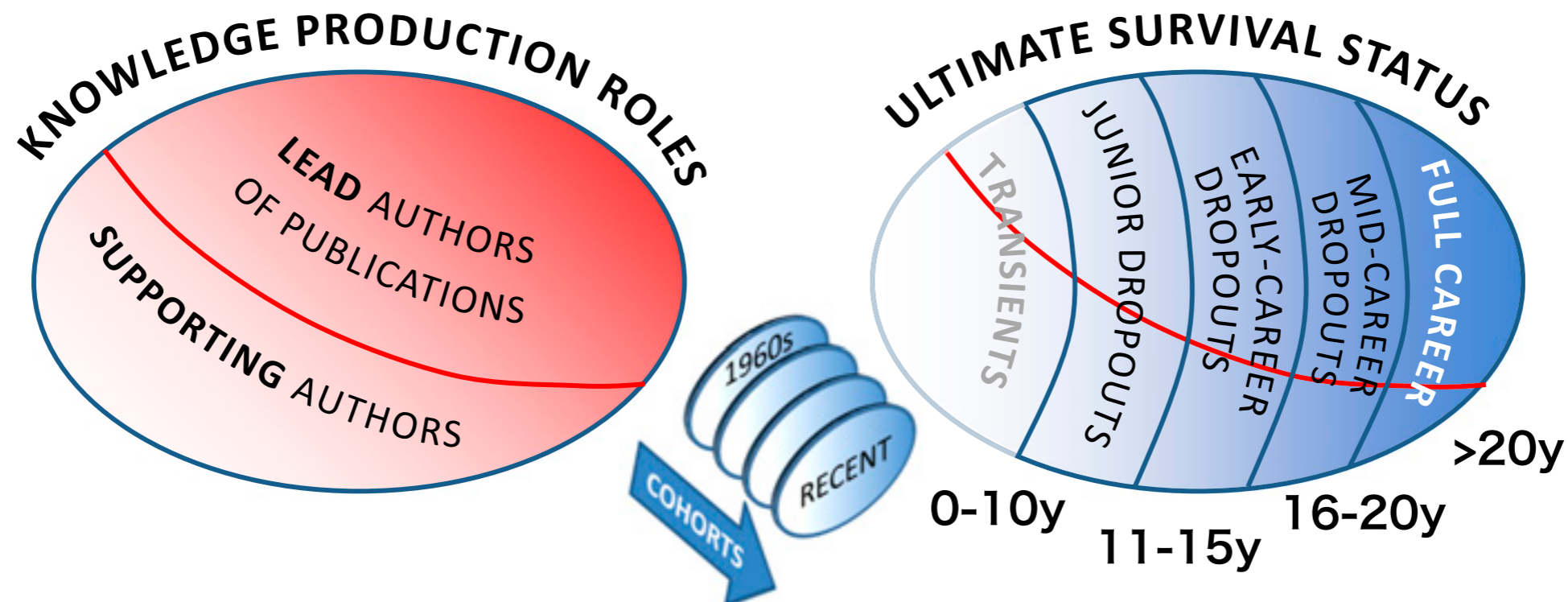
Changing demographics of scientific careers: The rise of the temporary workforce

S. Milojevic, F. Radicchia, and J. P. Walsh, 2018, PNAS

背景：近年はPhD取得数も多くアカデミックポストの競争率が高く、大学院時代におけるキャリアシップの成功がその後のキャリアに向けて非常に重要である。

天文を含む3つの過去半世紀にわたるサイエンスキャリアを調査。結果。

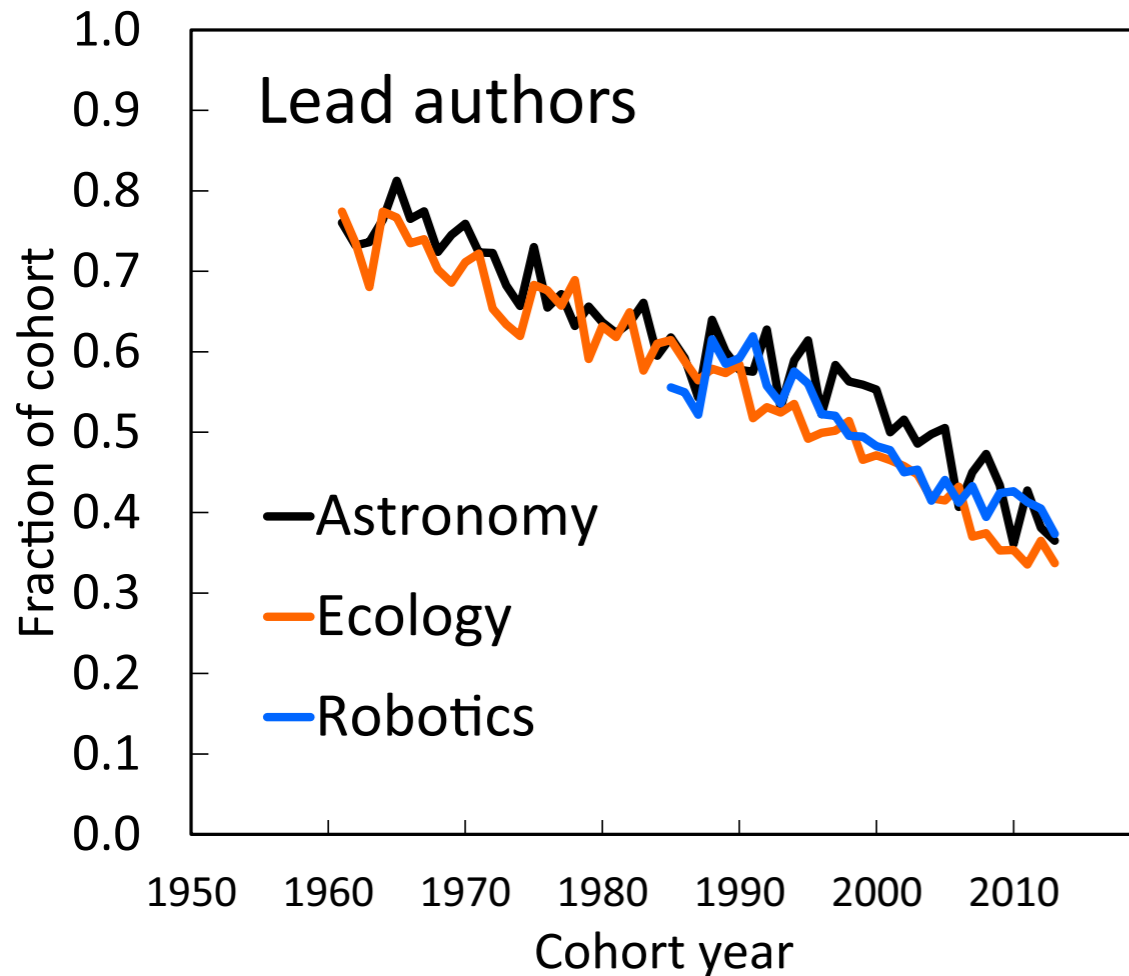
- (1) **キャリアの短期化** — 生存率が5割になるまで60sは35年かかったのに現在は5年
- (2) **プロジェクト化** — 共著論文のみの研究者が60sから現在まで25%から60%に上昇
- (3) **短期雇用の増加** — フルキャリアが減少し、ドロップアウトの割合が急増
- (4) **アーリーキャリア**：初期の生産性が今後のキャリア成功に必須。中身よりは生産性



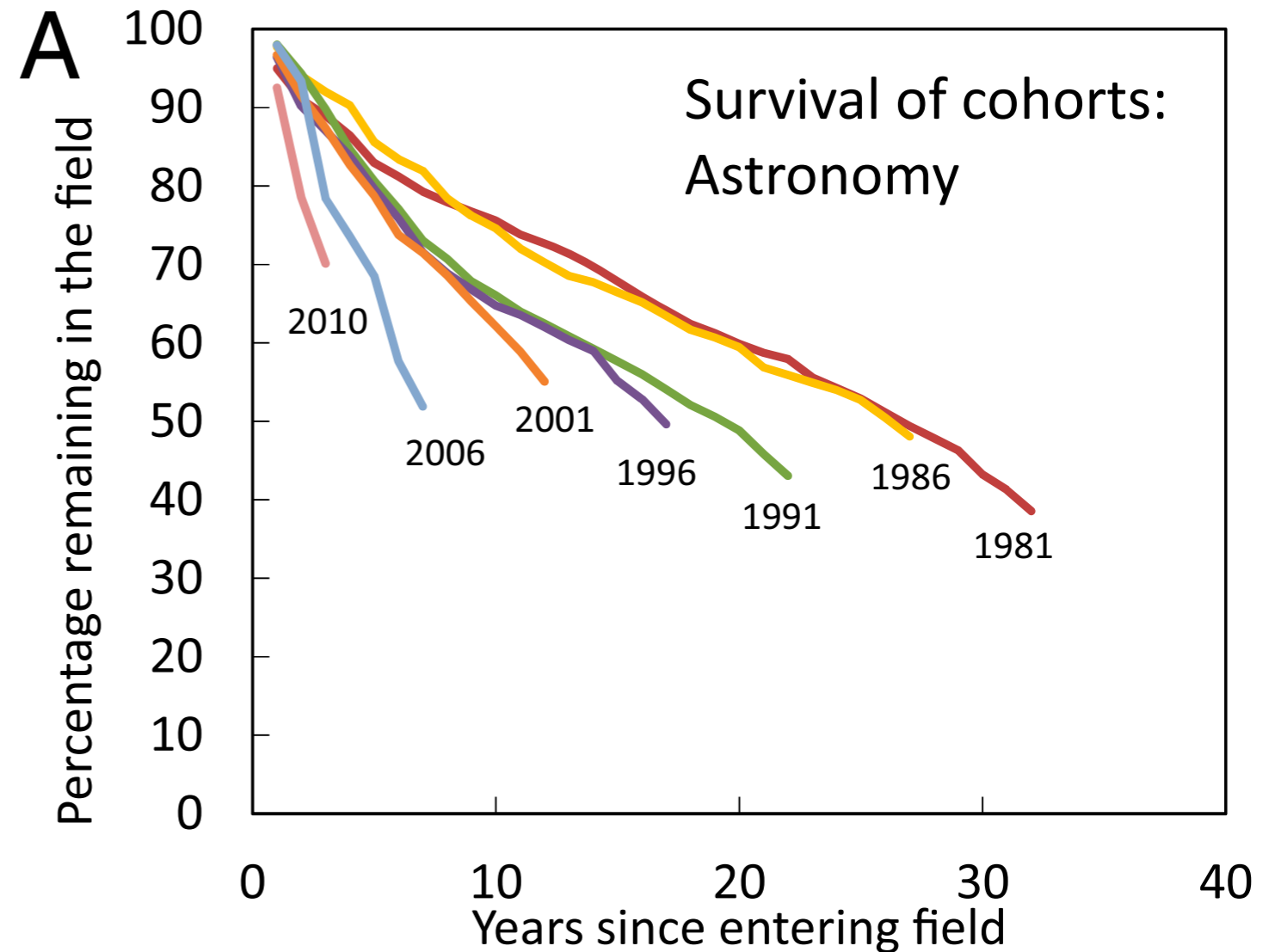
最初に論文に名前が出てから出てこなくなる（3年）までを生存期間と定義

天文は 1961-2015 に出た 71,164 本の論文をもとに計算

主著論文を継続して書く人の割合

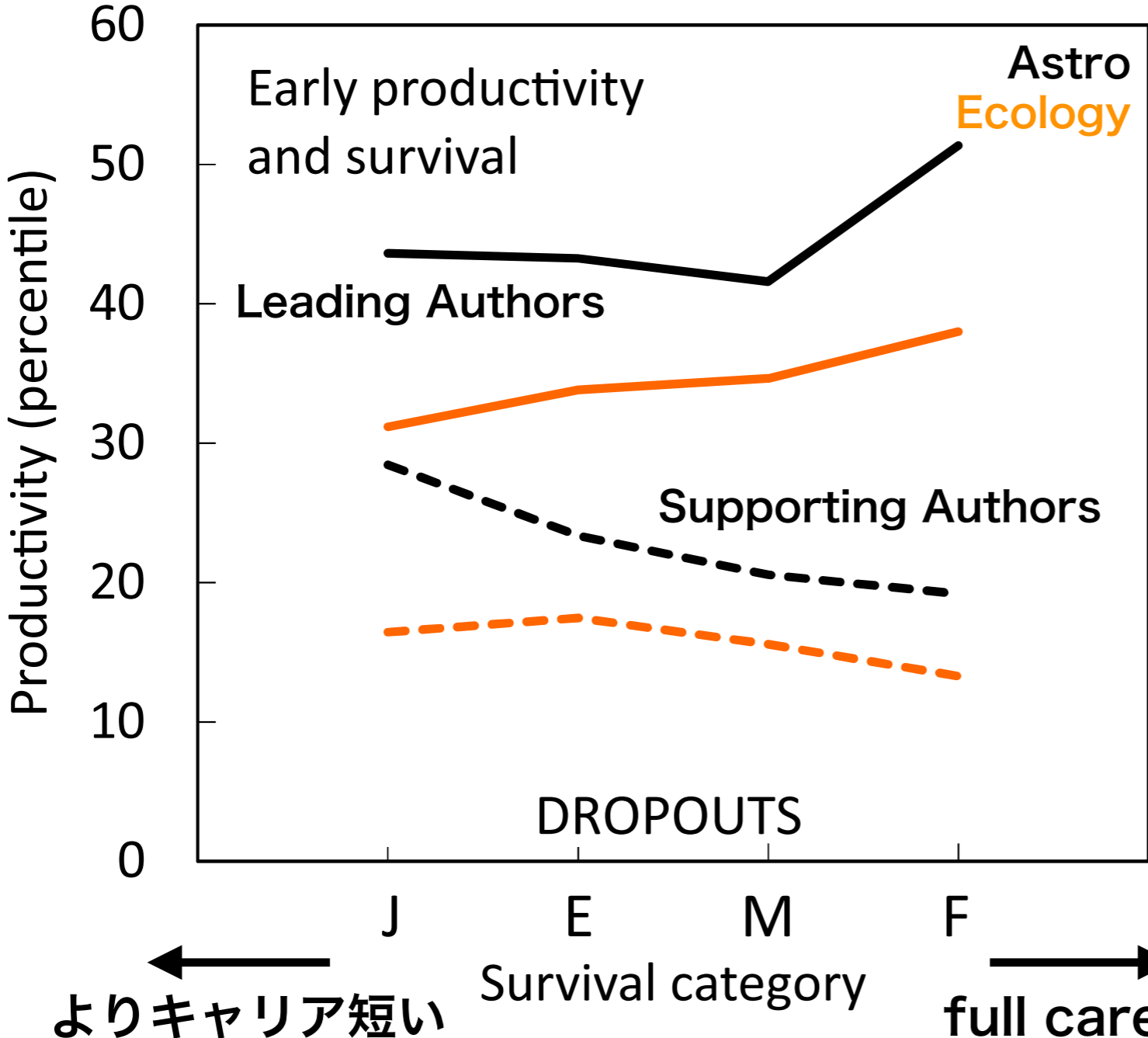


研究者の生存率の推移



短いキャリアの人が圧倒的に増えた

最初に論文に名前が出てから5年間で主著論文を継続的に書いてるかどうかで
その後のキャリアがどう違うかを調べた図



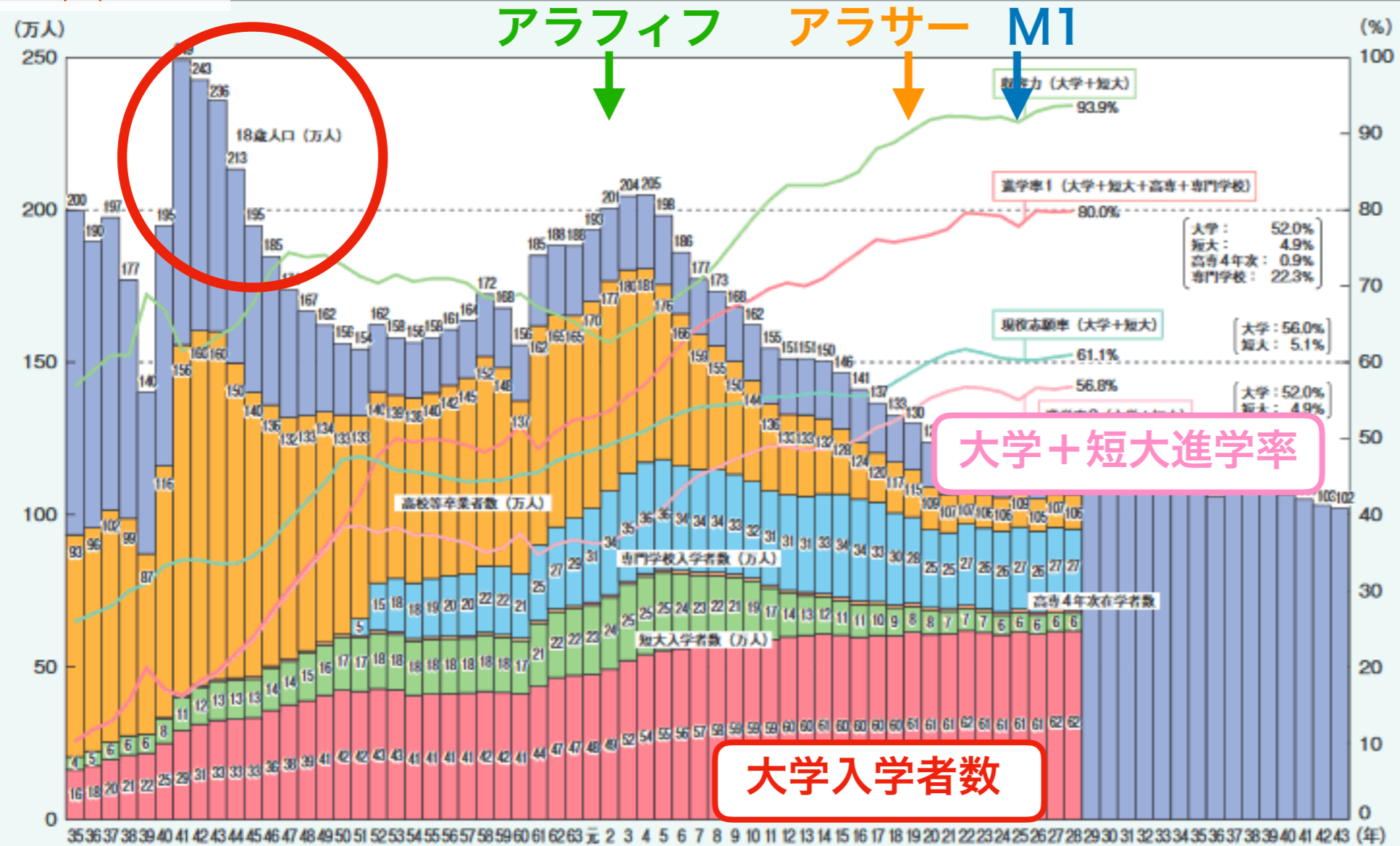
プロジェクト化の結果、
縦割りの傾向が強くなった

図表 2-5-1 18歳人口と高等教育機関への進学率等の推移

18歳人口は、平成21～32年頃までほぼ横ばいで推移するが、33年頃から再び減少することが予測されている。

●18歳人口 = 3年前の中学校卒業生数及び中等教育学校前期課程修了者数
 ○高校等卒業生数 = 高等学校卒業生数及び中等教育学校後期課程修了者数
 ○現役志願率 = 当該年度の高校等卒業生数のうち大学・短大へ願書を提出した者の数 / 当該年度の高校等卒業生数

最近引退した人たち 18歳人口 最近教授になった層 現役志願率 大学・短大 入学者数 大学・短大 あなたたち



近年横ばい。今後減少

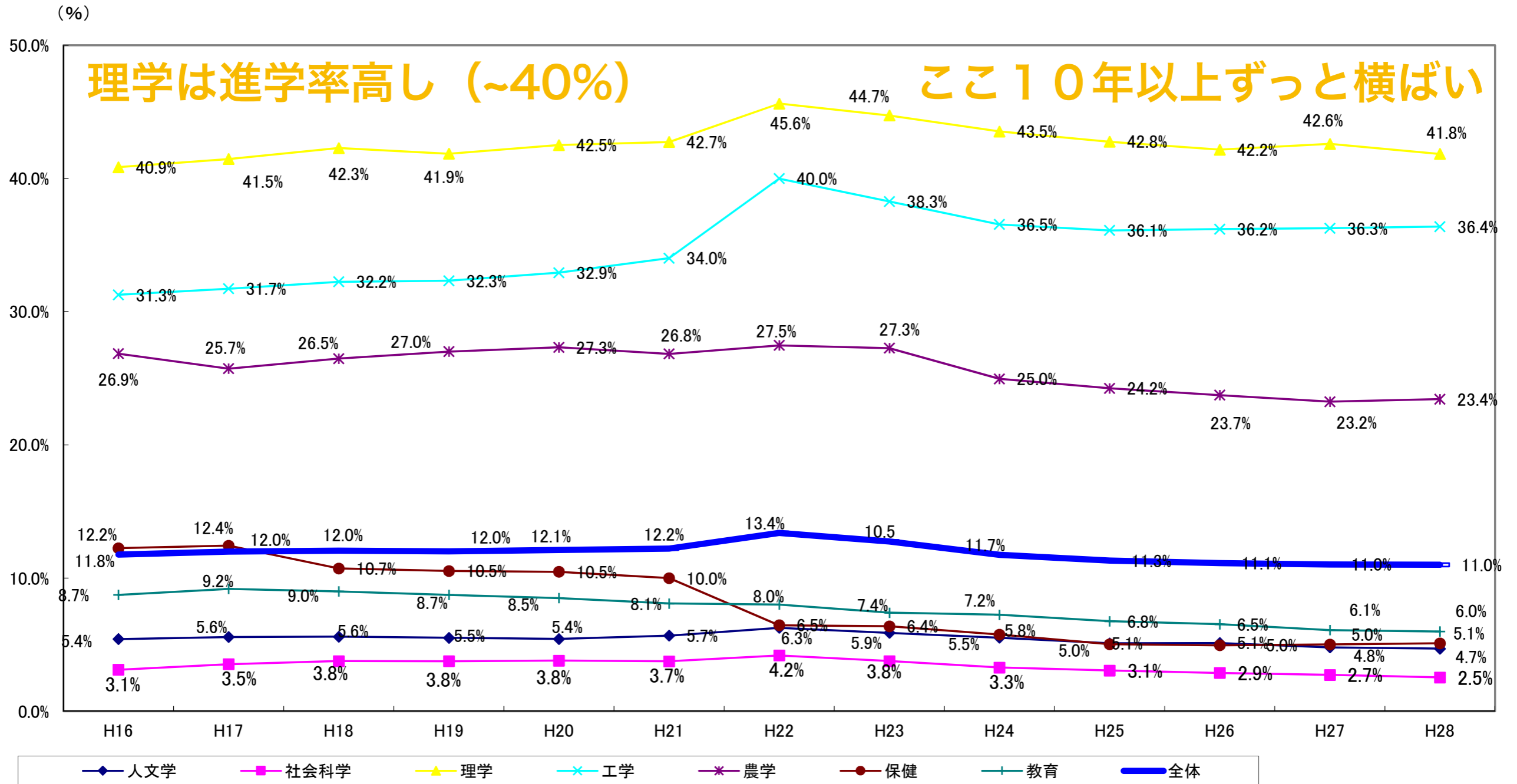
↓

ポストも減少

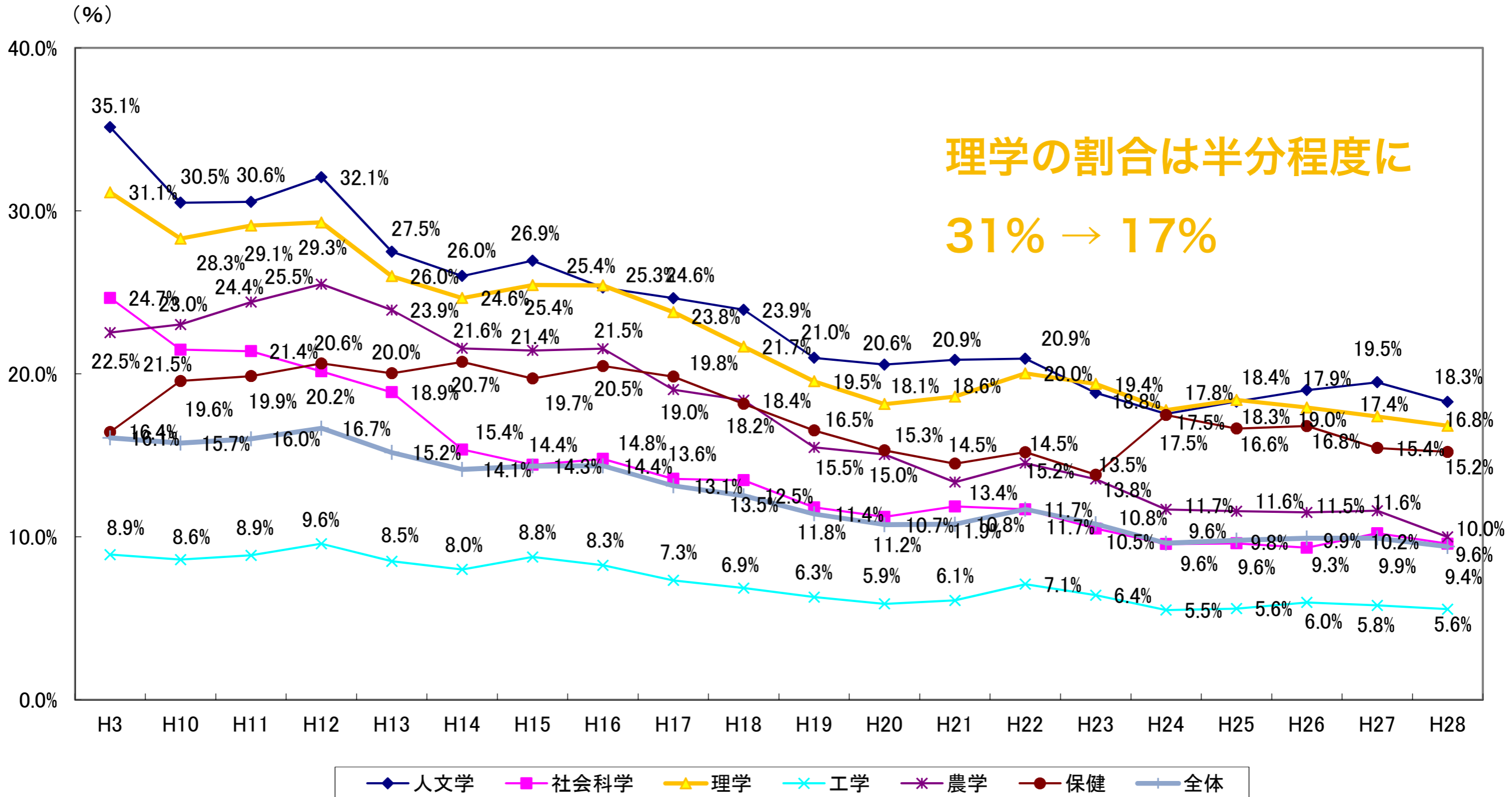
ただし天文大学はそもそも限定されてるので影響がでるのはもう少し先？

※進学率、現役志願率については、少数点以下第2位を四捨五入しているため、内訳の計と合計が一致しない場合がある。
 (出典) 文部科学省「学校基本統計」、平成41年～43年度については国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(出生中位・死亡中位)」を基に作成

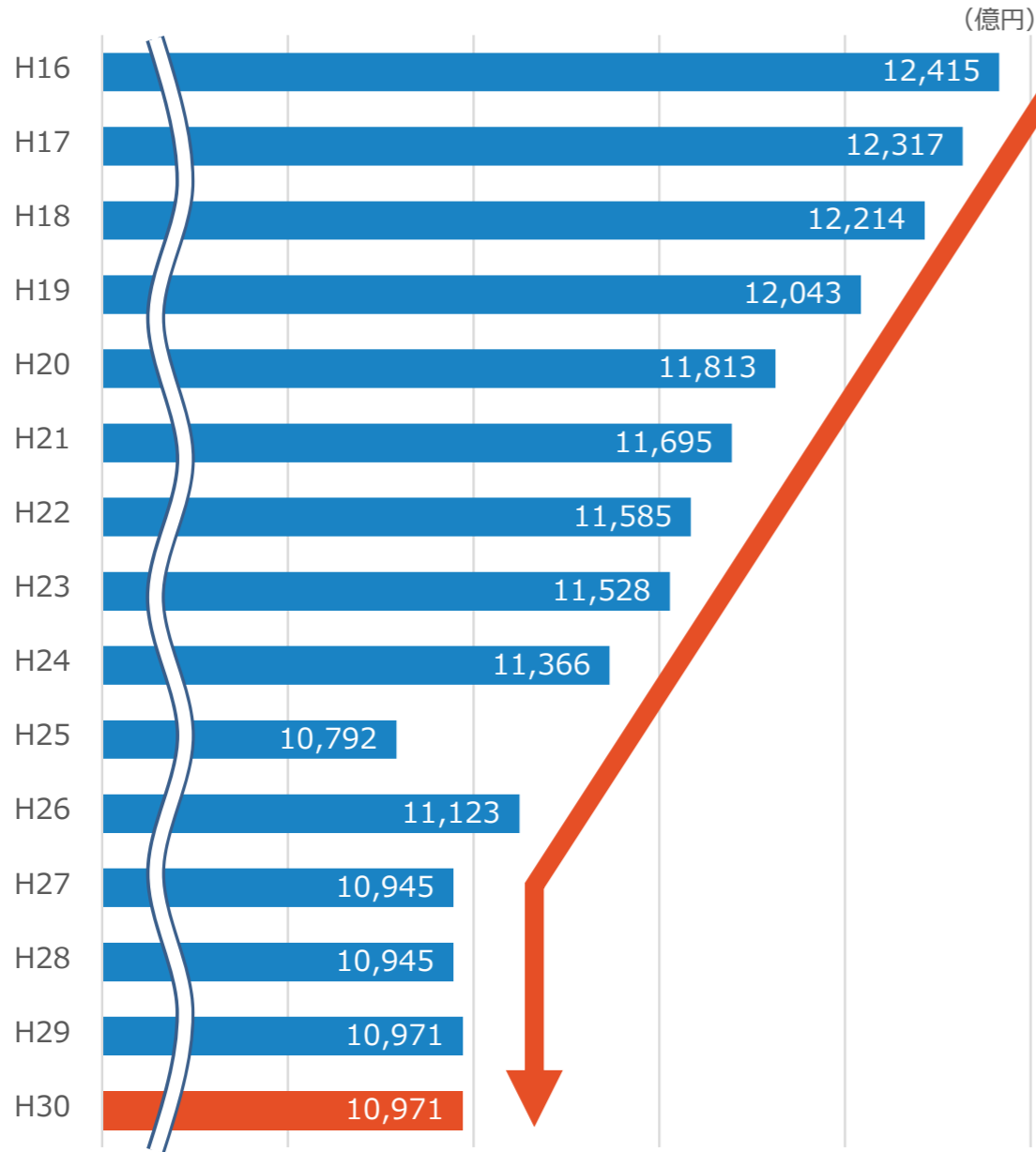
学士修了者の大学院進学率



修士修了者の博士課程進学率



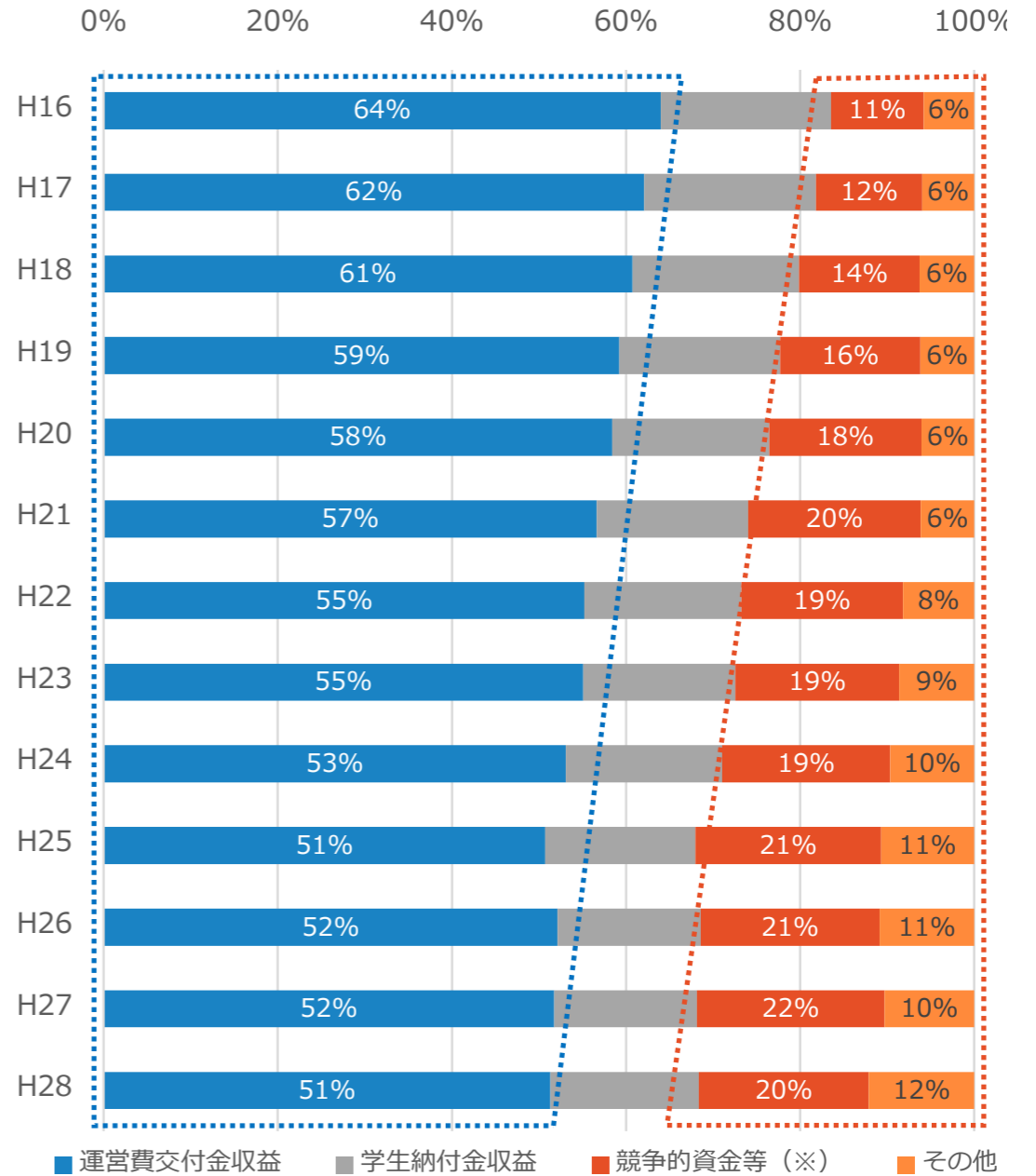
○国立大学法人運営費交付金等の推移



(注) 平成29年度予算額には、国立大学法人機能強化促進費（45億円）を含む

(注) 平成30年度予算額には、国立大学法人機能強化促進費（89億円）を含む

○予算配分バランスの変化（経常収入の内訳）



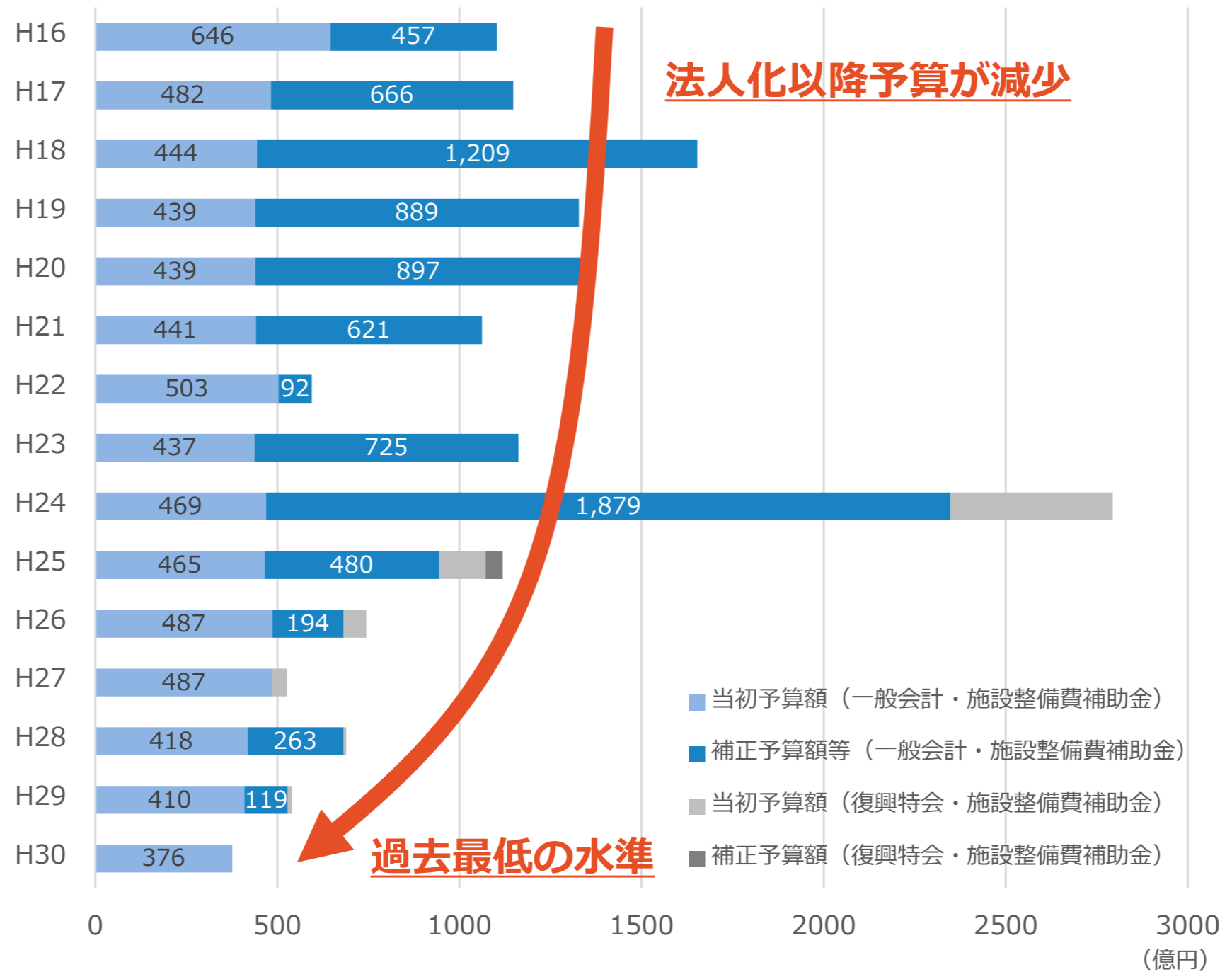
(注) 附属病院収益は除く

(注) 競争的資金等は、補助金等収益、受託研究等収益等、寄付金収益、研究関連収益及びその他の自己収入の合計額

▶ **基盤となる運営費交付金の拡充と適切な競争的資金のデュアルサポートが必要**

(出典) 文部科学省資料をもとに国大協事務局作成

○国立大学法人等施設整備費予算額の推移（国費相当分）



*昨年度の補正予算は1,326億円：学校施設の災害対策500・熱中症対策800

何てわかりやすいんだ…

予算は増えるのか？：経済成長率

日本は経済成長してないので普通に考えて
予算が減ることはあっても増えはしない

一方でプロジェクトは巨大化・多様化

- 地上30m級～\$13億
- HST～\$29億
- WFIRST～\$32億
- JWST～\$100億

また光赤外に限らず電波ではALMA⇒SKAの
ように、より大きな望遠鏡に移行した際に既
存装置を維持するのが大変になる

東アジア天文台構想:

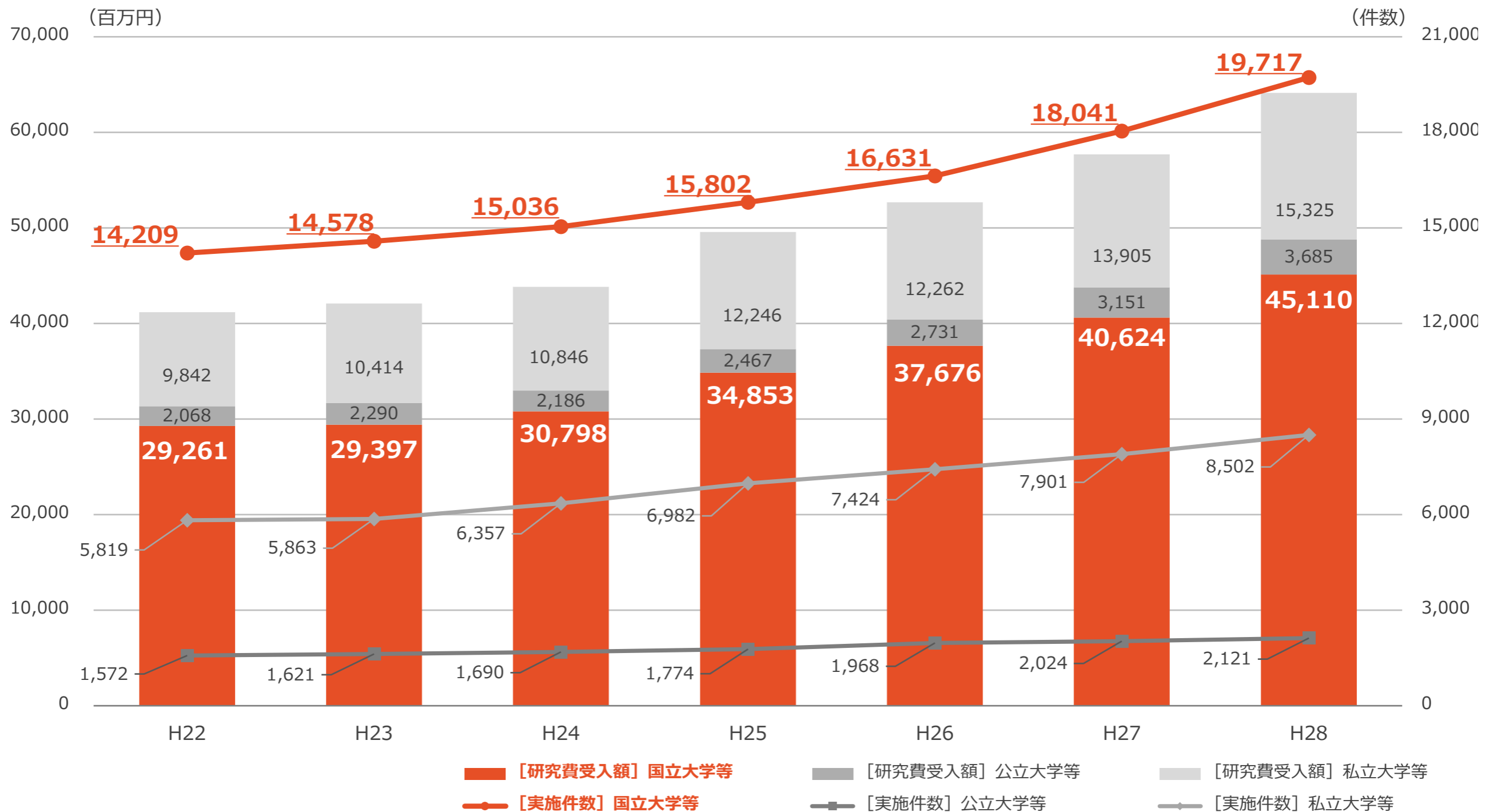
経済成長が著しい国々の天文学を発展さ
せ、より大きなプロジェクトの土台を築き
上げる（うまくいくかは知らない）

東南アジアの経済成長率

	2016.0	2017.0	2018.0
ブルネイ	(2.5)	(1.3)	0.6
カンボジア	7.0	6.9	6.8
インドネシア	5.0	5.2	5.3
ラオス	7.0	6.9	6.9
マレーシア	4.2	5.4	4.8
ミャンマー	6.1	7.2	7.6
フィリピン	6.9	6.6	6.7
シンガポール	2.0	2.5	2.6
タイ	3.2	3.7	3.5
ベトナム	6.2	6.3	6.3
ASEAN	4.7	5.0	5.0
日本	1.0	1.5	0.7
中国	6.7	6.8	6.5
インド	7.1	6.7	7.4

参考：IMF

○ 民間企業との共同研究・受託研究実施件数及び研究費受入額の推移



産学官連携を行う研究が増えている

H28年度税制改正より国立大学法人等に対する個人寄附は税額控除となった

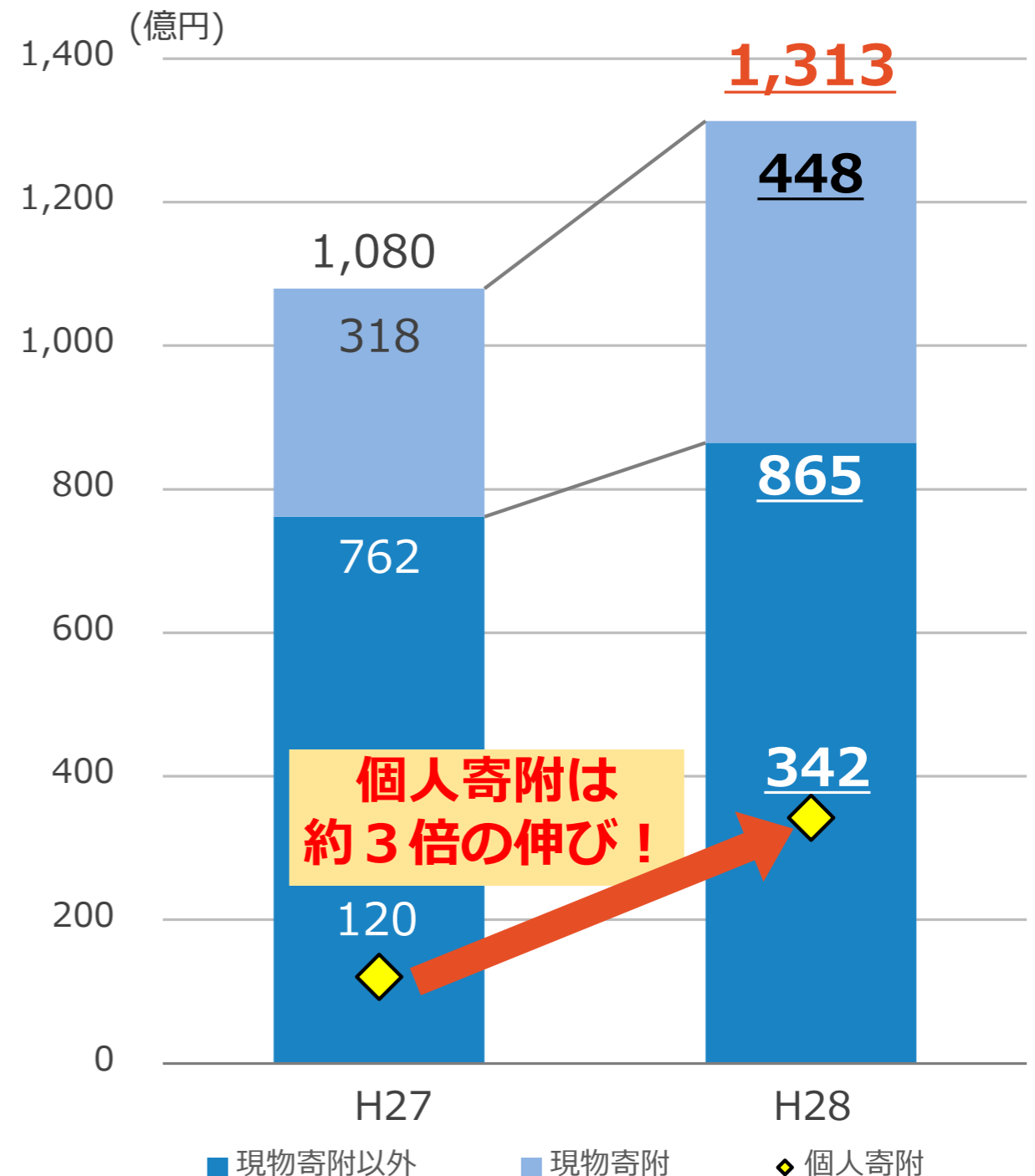
⇒ 金持ちの節税対策にもなってる

国立天文台においても専用窓口が存在し、そこに寄付すれば税金免除になる

クラウドファンディングもある

例) 助成者に発見天体の命名権、発見論文の共著になれる等

○国立大学の寄附金収入



5年間の話

- ビッグデータ化に伴い研究のプロジェクト化 → 一時雇用の増加
- プロジェクトのどこに位置するかが将来に大きく影響
- ポスト減だが博士進学率減。競争率自体はしばらく劇的な変化なし？

誰もが自由にデータを触れる一方で安定した就職にはリーダーシップが必要
昔よりも縦割り

5年以降の話

- 学生は減る一方任期雇用は多く、ポスト争奪が今後より厳しくなりそう
- 交付金・整備費などの減少
- 産官連携、個人寄附は増加傾向

儲かる研究分野がより一層優遇される時代になった？（法人化の宿命？）

天文学は自然科学でも例外的扱いだが優遇扱いの終焉も多分そう遠くない

ハラスメントアンケート結果発表

皆様ご協力ありがとうございました

*今回こんなアンケート取りましたが、この業界は他と相対的に比べてだいぶホホワイトです！とは言え…

アンケート項目

- 修士・博士・博士取得済か (M1とそれ以外で分けるべきだった)
- 性別 (今回は男女2択のみ, 不快にされた方いましたら大変すみません)
- 3つのハラスメントについて被ったことがある・見聞きしたことがある・いずれもないの3択から選んで回答 (アカハラ・パワハラについてはわかりにくいので指導教員(雇用主)・それ以外という風にすべきだった)
- ハラスメントをしたことがあるかについても有り無しで回答

アカデミックハラスメント

研究教育に関わる優位な力関係のもとで行われる理不尽な行為

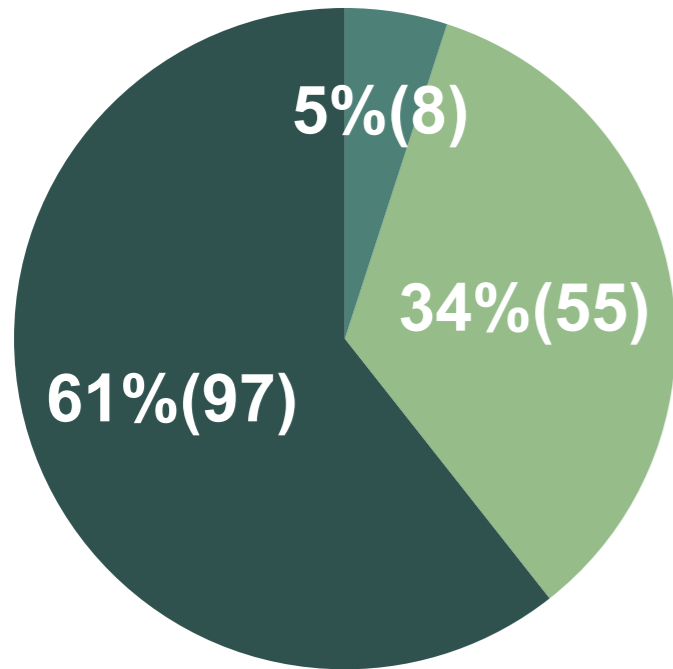
パワーハラスメント

職場において、地位や人間関係で弱い立場の相手に対して、繰り返し精神的又は身体的苦痛を与えることにより、結果として働く人たちの権利を侵害し、職場環境を悪化させる行為

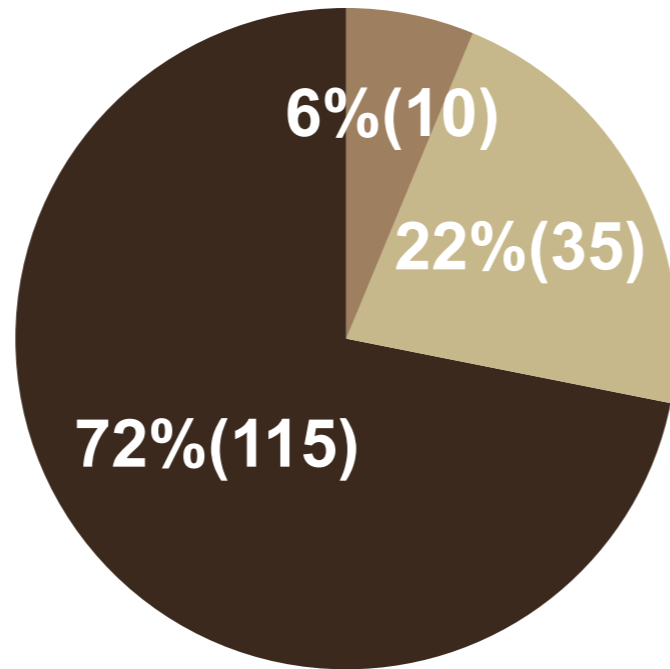
セクシャルハラスメント

相手の意思に反して不快や不安な状態に追いこむ性的な言葉や行為

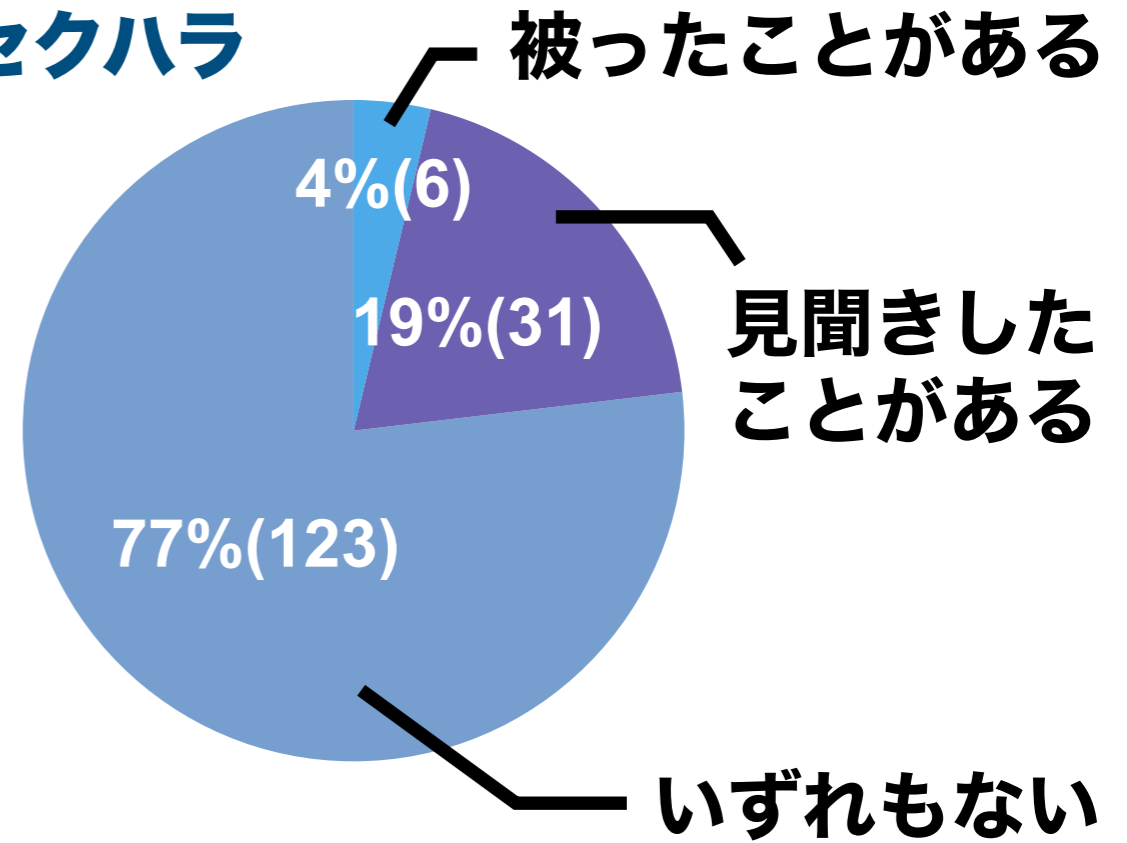
アカハラ



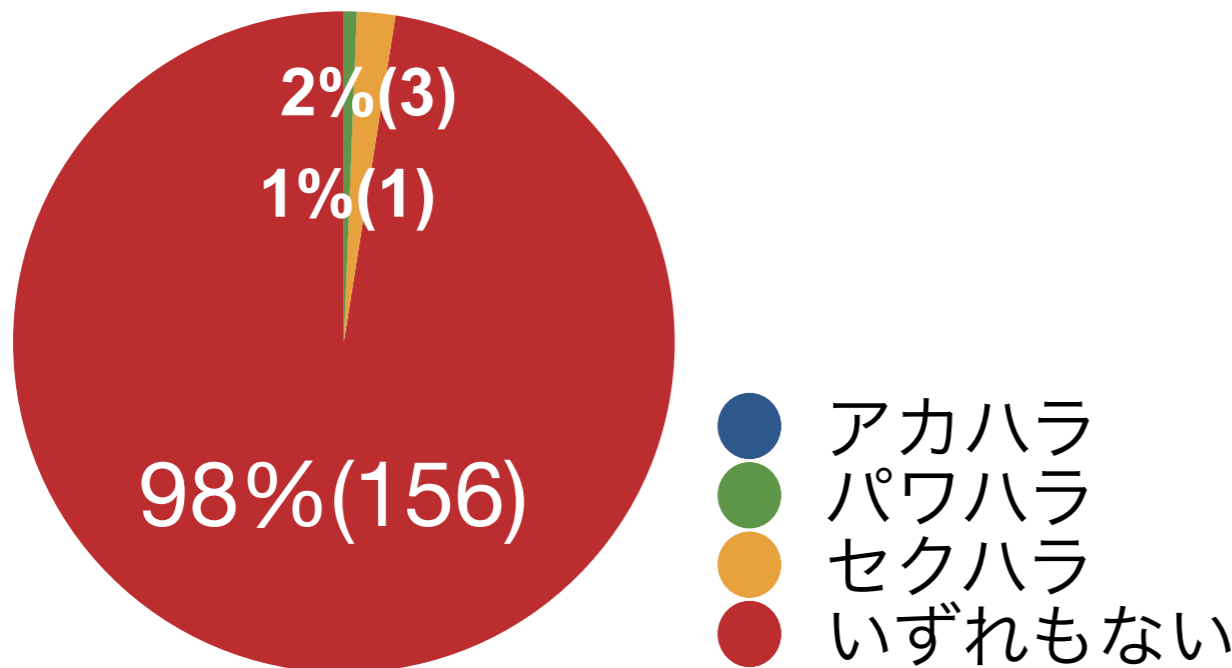
パワハラ



セクハラ



ハラスメントをしたことがある



回答率

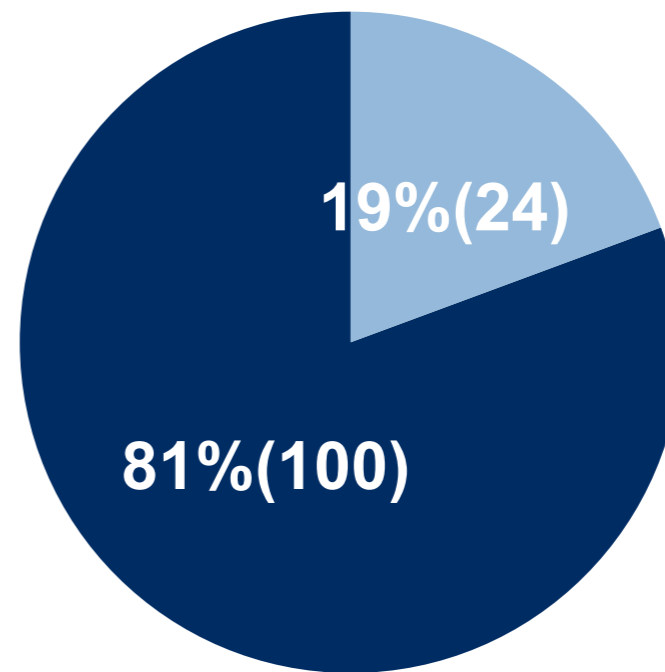
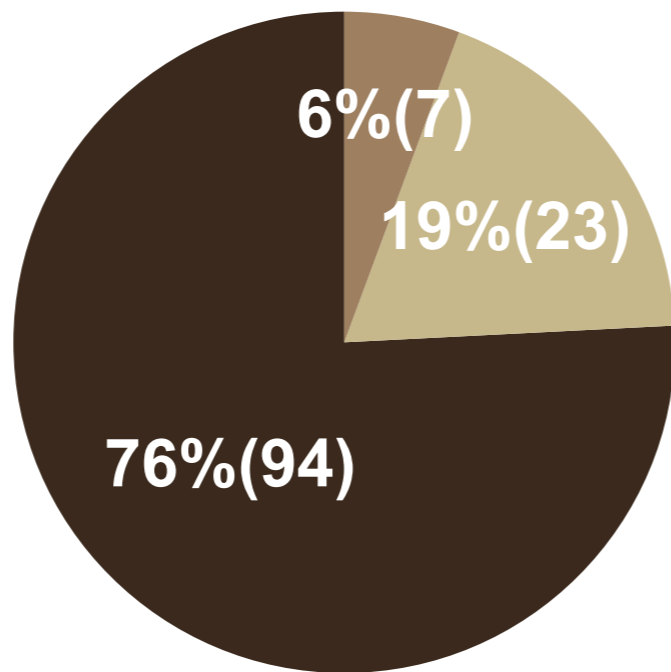
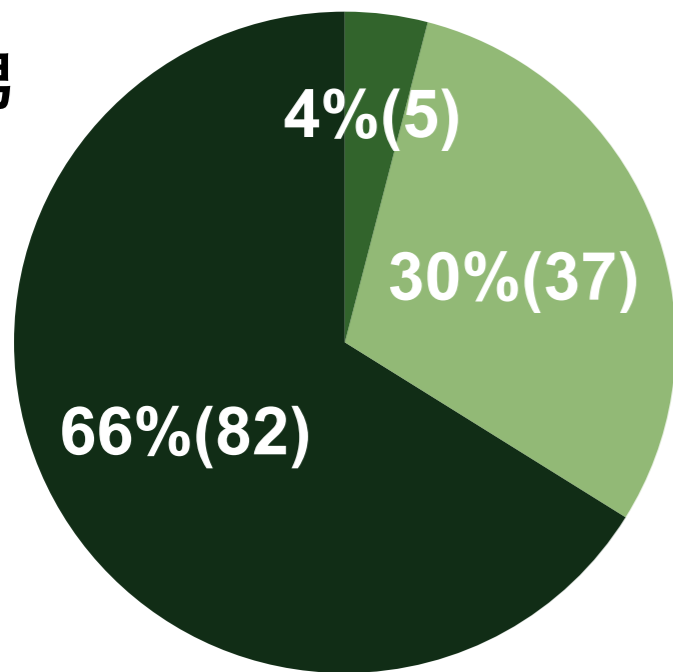
全体	54% (160/295)
男/女	51/65 %
修/博	55/44 %

アカハラ

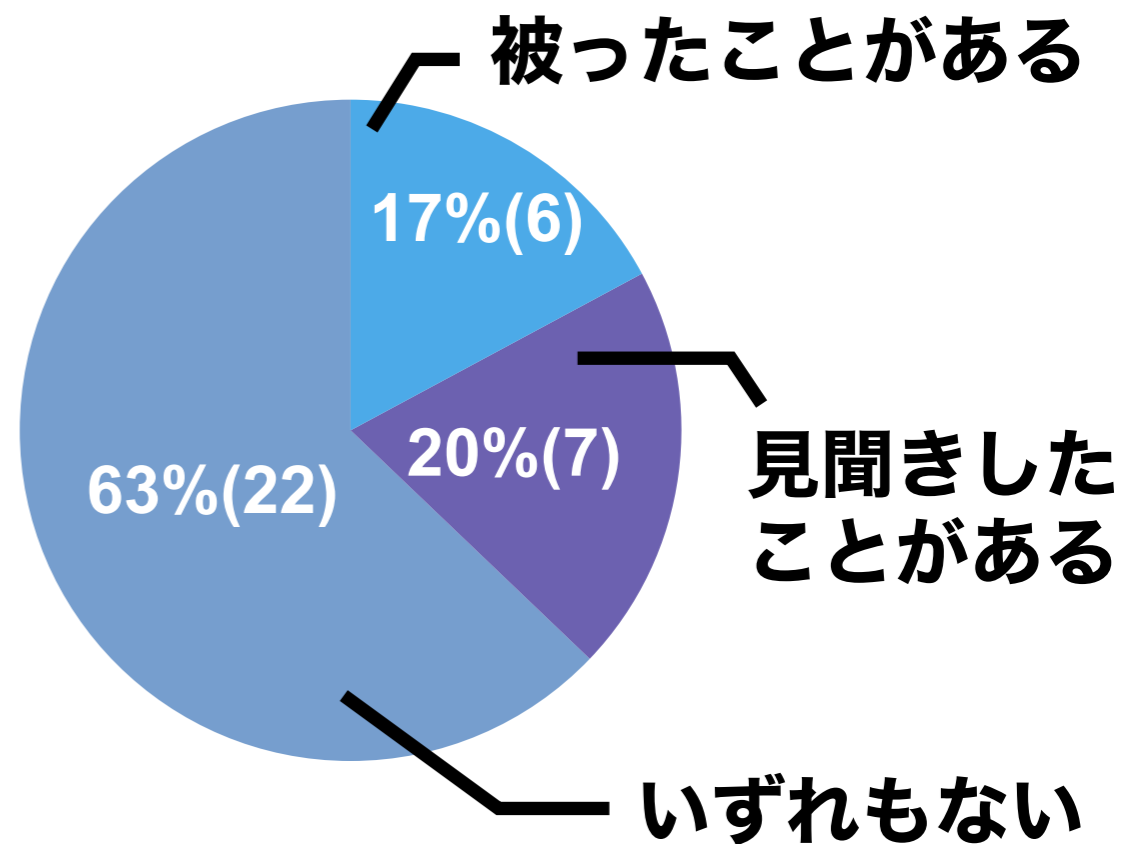
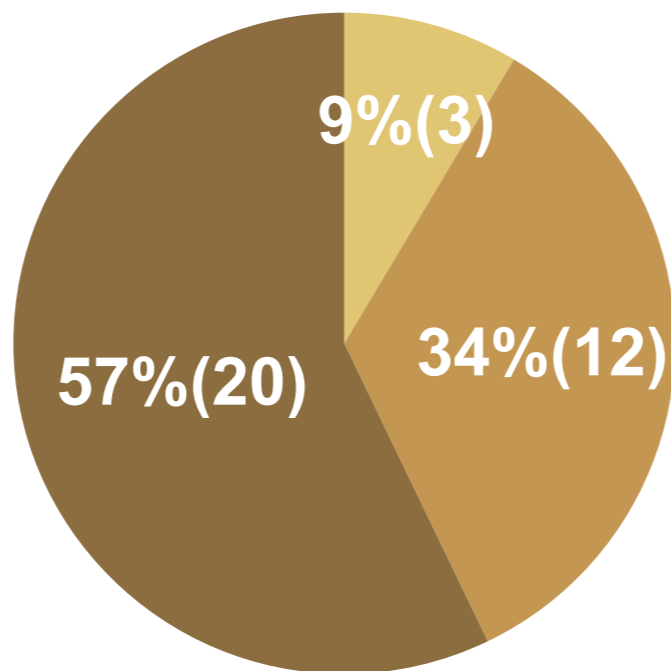
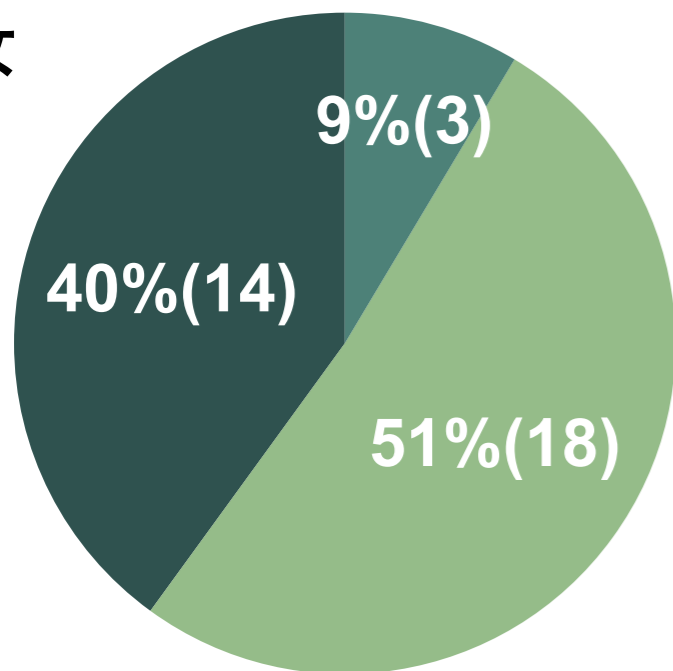
パワハラ

セクハラ

男



女



頂いた意見

- 学内の恋愛とセクハラ：研究室の後輩と交際経験 → セクハラに該当か心配
- ハラスメントかどうかは個人によるので難しい
- ハラスメントまでとは言わなくても多くの学生が悩みを抱えてると感じる
- 業界が閉じていて他分野と比較して客観的に捉えるということがしづらい
- 各機関で相談窓口を開設・改善した方が良い

個人的な総評

- 女性の方がハラスメントを受けたり見聞きしており、関心も高い
- セクハラは他と比較して被害者が周りに相談しづらい（→ 摘発が難しい）
- 調査は皆さんがよければ今後も継続していきたい

若手組合（ユニオン）の組織・改善

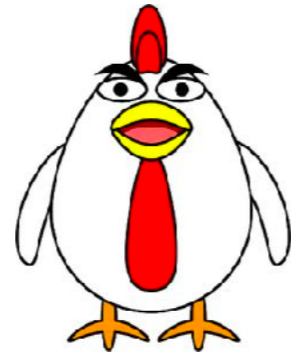
（若手の会・夏の学校を「学生の研究環境の改善を目指す」

ユニオンとして機能させる）

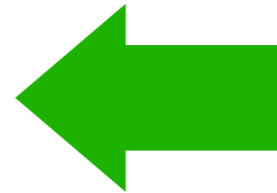
学生と大学の仲介をすることで、大学側に教員の指導体制の是正を仰ぐ

大学

教育委員会



大学側に伝える



若手の会・夏の学校

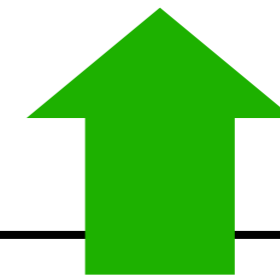
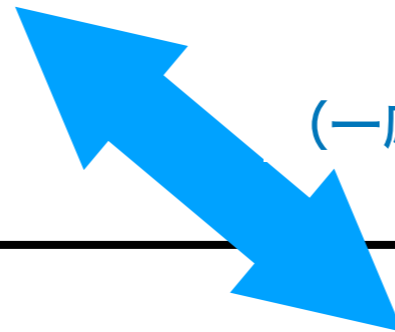


*相談室ではなく
あくまで仲介

例：指導体制改善を促したり
学生受入一時停止処置を行う



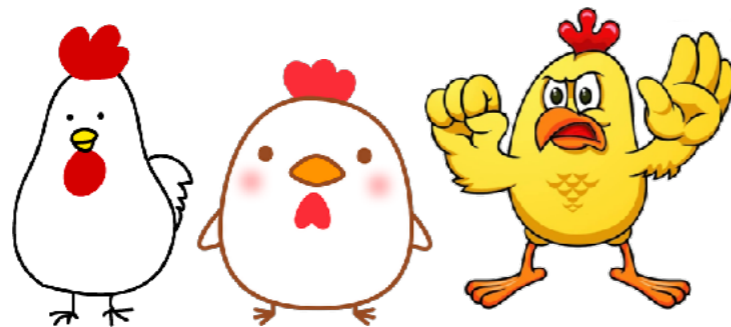
相談室
(一応既にある)



意見の集約

研究室

教員



アカハラ

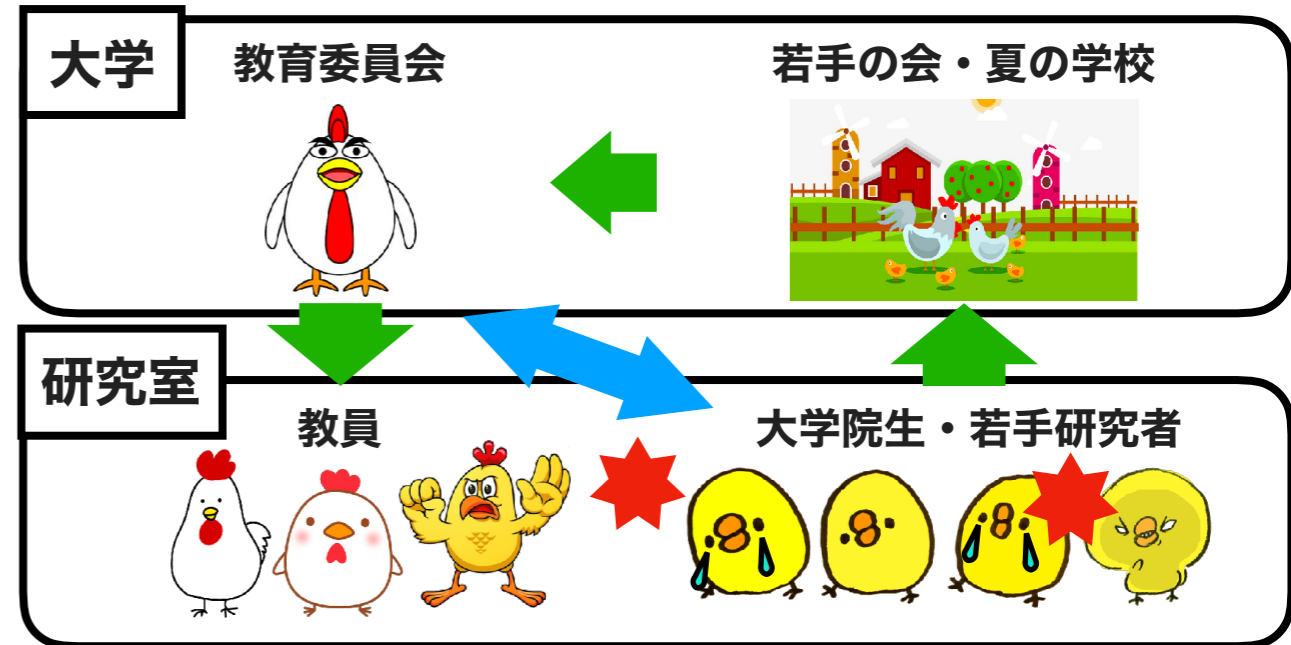
大学院生・若手研究者



パワハラ

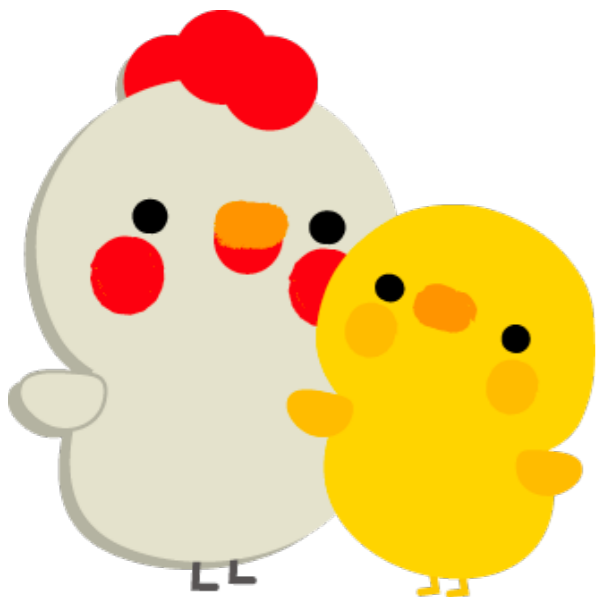
幾つか補足

- ✓ 若手組合はあくまで風通しを良くするためのもので相談室ではない（若手の会などの負担増や責任転嫁されることを回避するため）
- ✓ 報告に対して大学側が何をしたのかちゃんとフィードバックをもらう



また教員側の指導意欲を維持・向上するために（例）

- ✓ ちゃんと対応している大学に対し若手の会から何かしらの認可証を与えて公表する
- ✓ 毎年夏の学校で 年間最優秀 指導教員賞 の投票を実施
- ✓ そもそも教員側は自身の指導力の改善につながる
- ✓ 双方大事に至る前に問題を未然に防ぐことにもなるのでお互いにメリットがある



個人的にこうなれば良いなというイメージ

意見集約の例（あくまで個人的な提案）

- ✓ 今回のアンケートに幾つかの項目を足す
 - 各ハラスメントの項目に大学・機関名の記入欄を追加（非公開）
 - 見聞きしたことがあるを 直接見聞きしたか、噂の類かに分割
 - ネグレクトの追加（学生を受け入れて完全放置・委託もしない）
- ✓ 最優秀指導教員の推薦（集計はどこでする？）

早速教員に伝えよう！

9/6 「大学におけるハラスメント防止（仮）」講演と討議 @天文台

国立天文台の教員向けハラスメント研修企画（渡辺副台長、関井准教授）

今回のアンケート結果・意見まとめを共有することは了承済み

- ✓ この場で教員に伝えたいことがあれば是非言って戴ければ
- ✓ 学生と天文台・東大で動けば他にも大体ついてくる？
- ✓ タイミングの良いことに来年度事務局は天文台（次回企画セッションにいかが？）

宣伝2

Slack コミュニティ（オンラインジャーナルゼミ）の紹介

Cosmic Saloon（酒場）の宣伝

世界各地散らばった日本人研究者間の情報交換コミュニティ。
にしていきたい
(米とかでは既にある)



Slack とは？

- ビジネス版 LINE グループ
- 海外でかなり普及してる
- 情報交換・相談に良い
- [rhythm\(AT\)naoj.org](http://rhythm(AT)naoj.org)まで

情報交換の場として

- 面白そうな新着論文
- 研究会・国際会議の案内
- 若手向け公募の案内
- 各研究機関に関連する最新の情報
- 各研究分野の動向
- ほかに研究関連なんでも

random

- 心温まる話
- 心ゲスくなる話
- そのほかネタ系

ジャーナルゼミとして

- 話題の新着論文の読み会
- 今アツい研究テーマの勉強会
- 将来サーベイに関わる勉強・検討
- その他ミニワークショップ

ゼミの参加ルール

- 参加自由 = 興味ないのは出なくてOK
- 参加する場合は何かしら貢献する
- 発表頼まれても断らない
- 修士はほぼ聴講のみでもOK

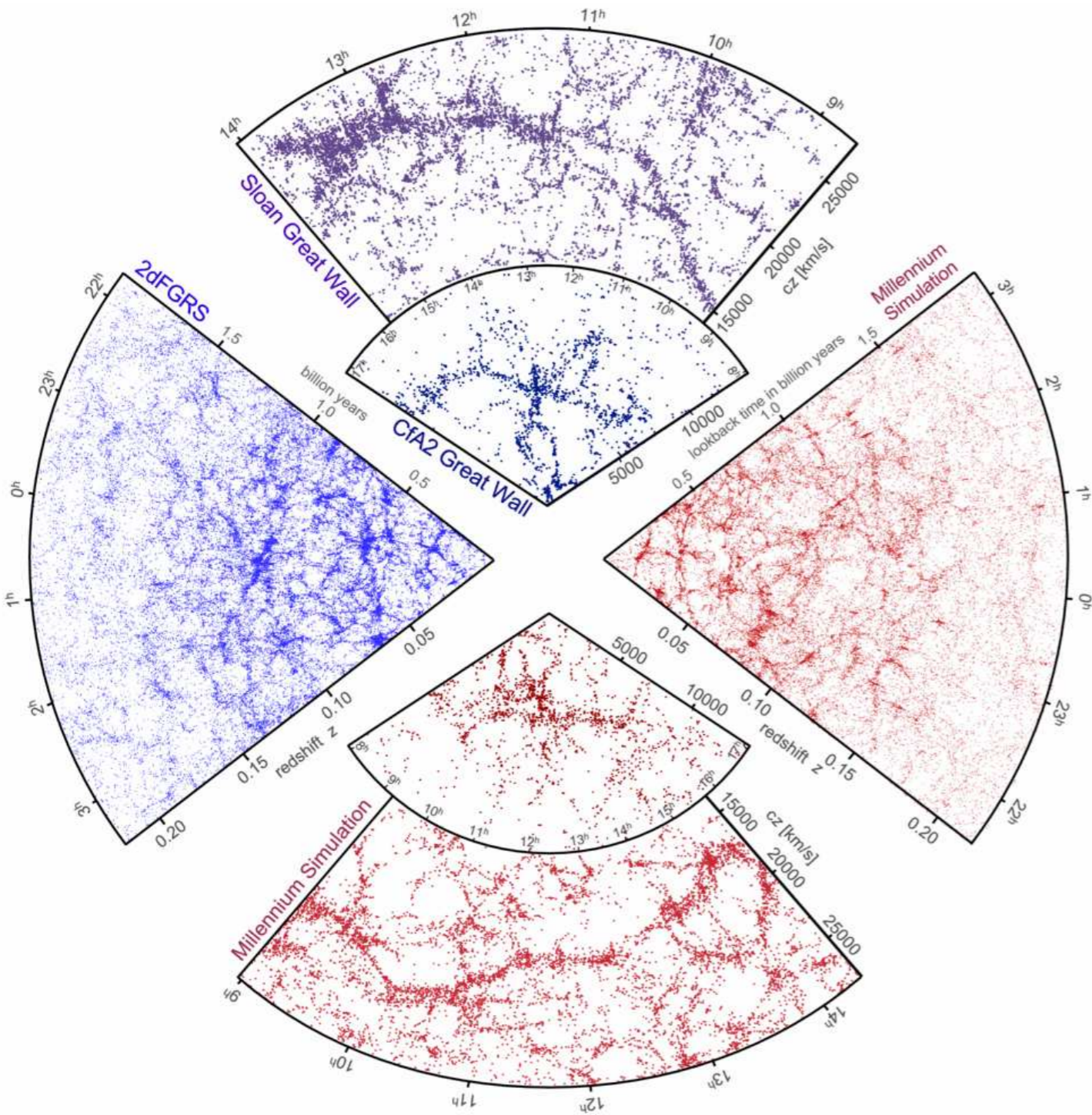
何を勉強したいかくらいは伝えた方が良くも

これまでの研究と最近の興味について

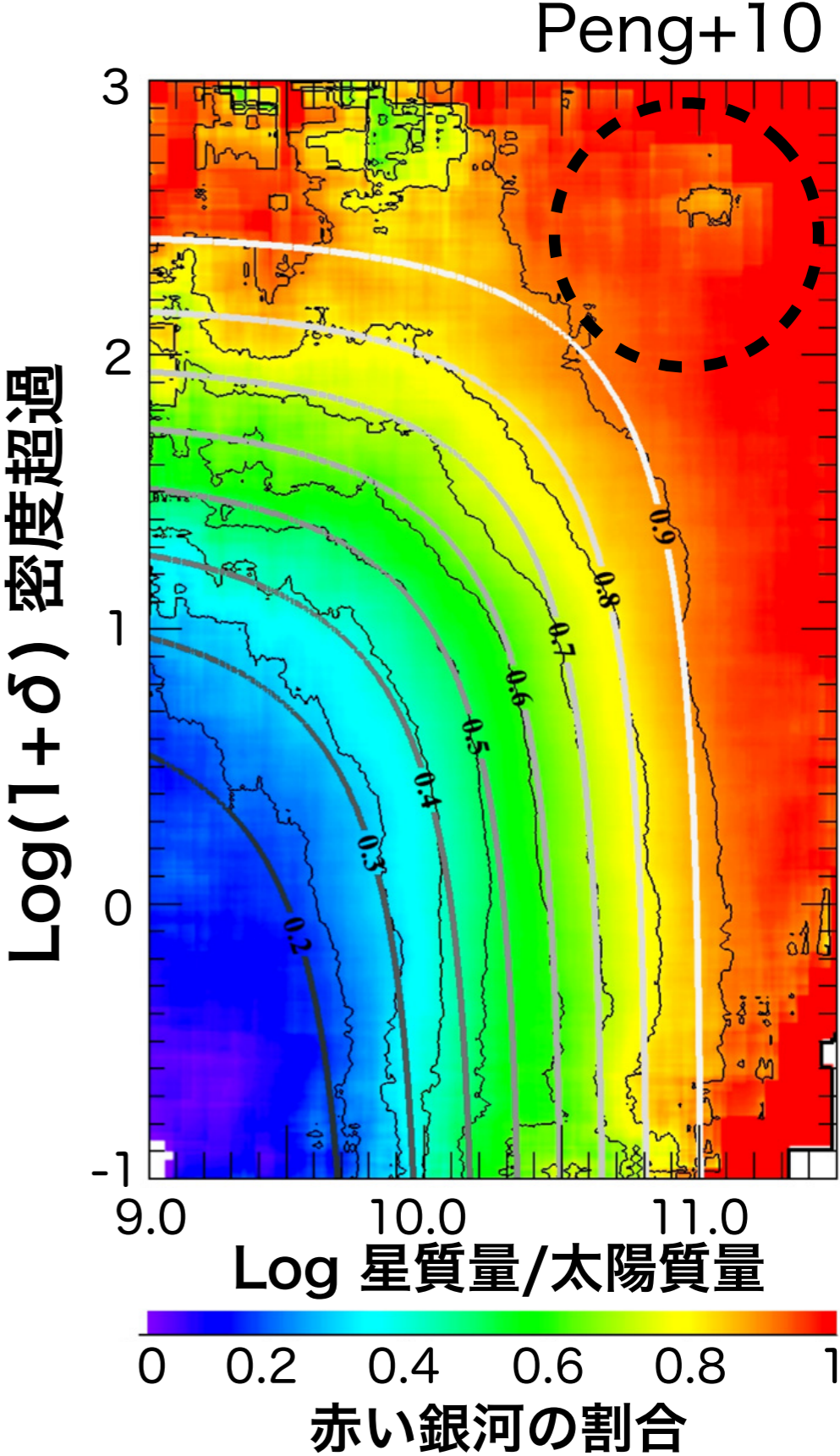
RS et al. 14,15a,17ab,18ab

HSC Project 113,198

S19B118



Springel+06
(Geller+89; Colless+01;
Gott+05)



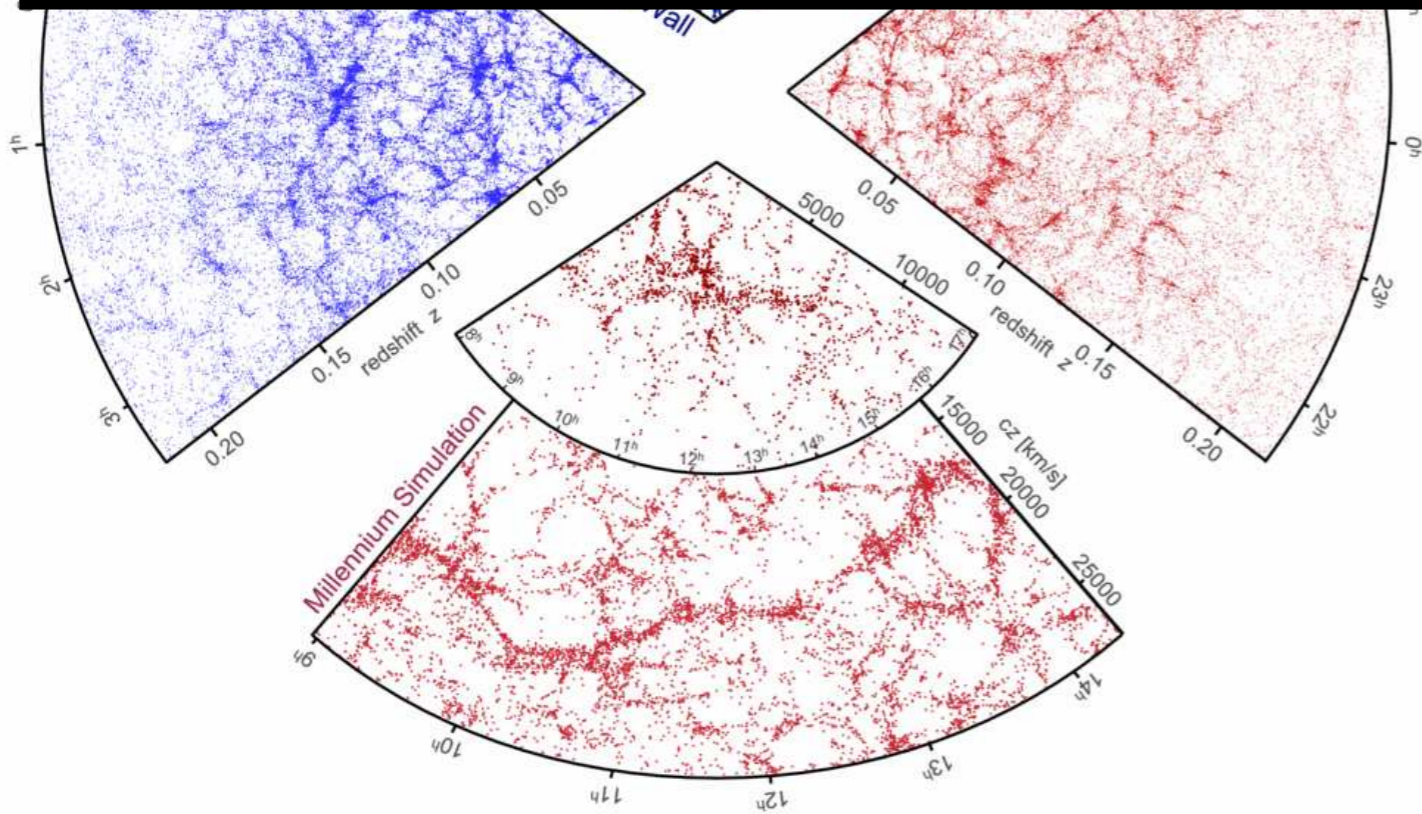
Peng+10

Log(1+δ) 密度超過

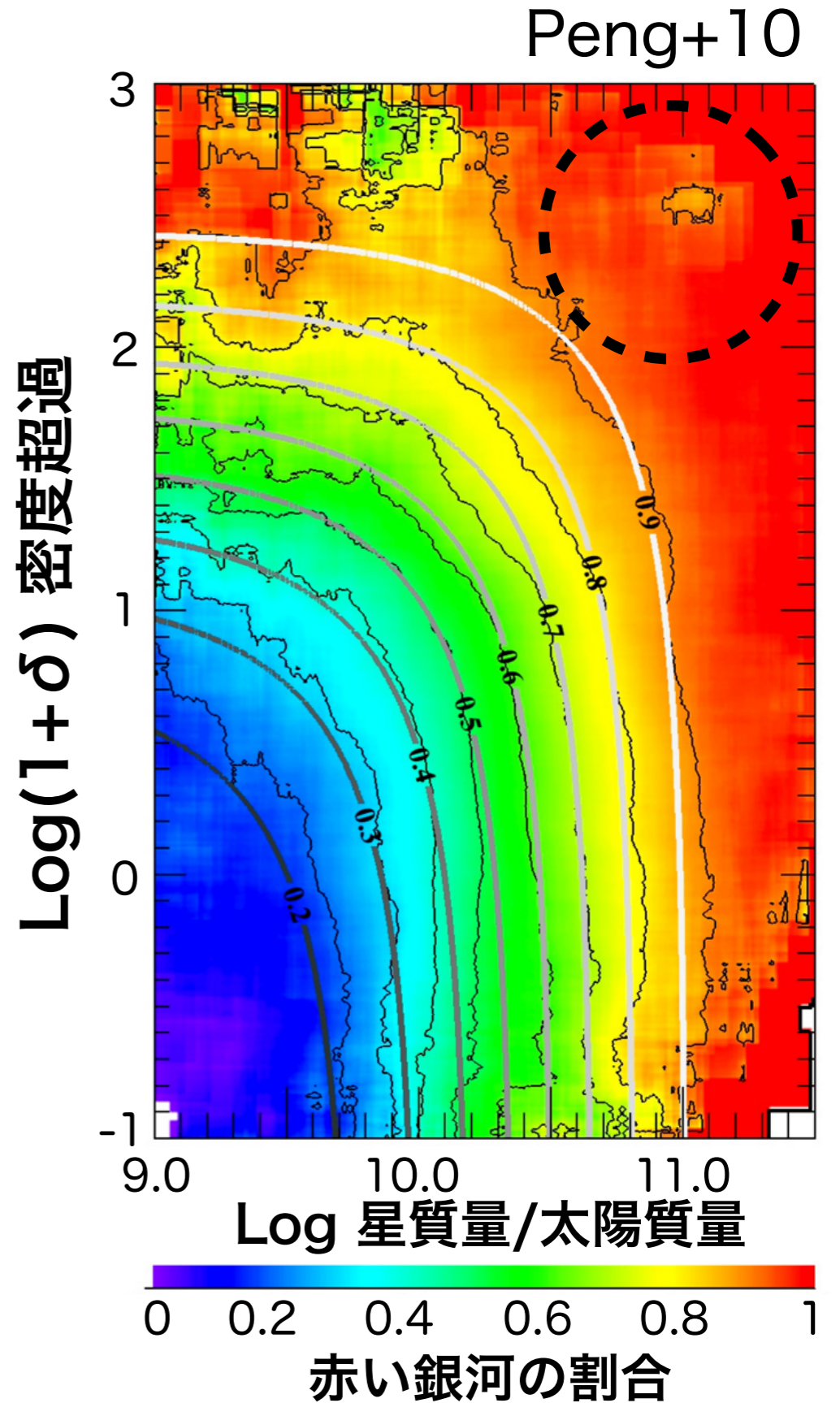
Log 星質量/太陽質量

赤い銀河の割合

質量 or 密度が高い
→ 受動的 (早期型) 銀河が多い
古い小質量星で支配的 = 赤いスペクトルなので「赤い銀河」とよく言う

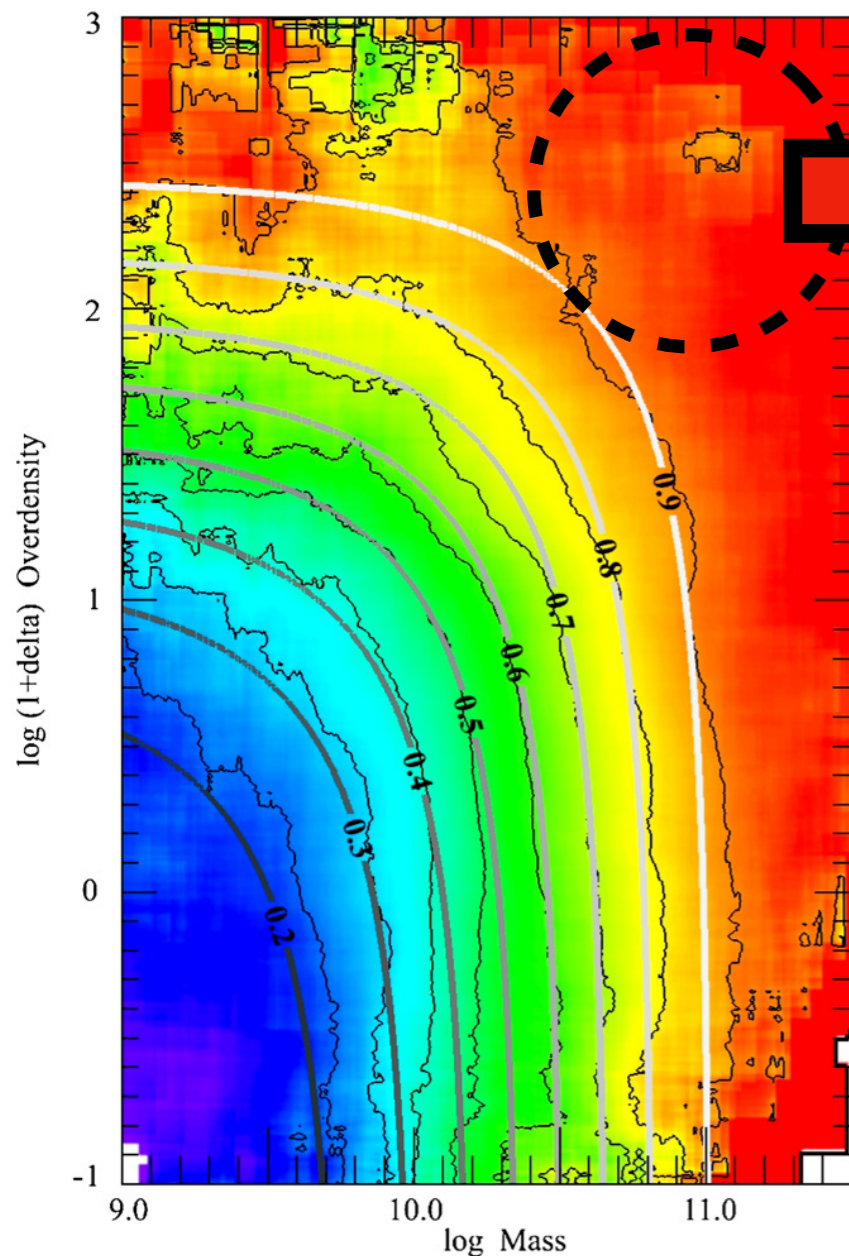


Springel+06
(Geller+89; Colless+01;
Gott+05)

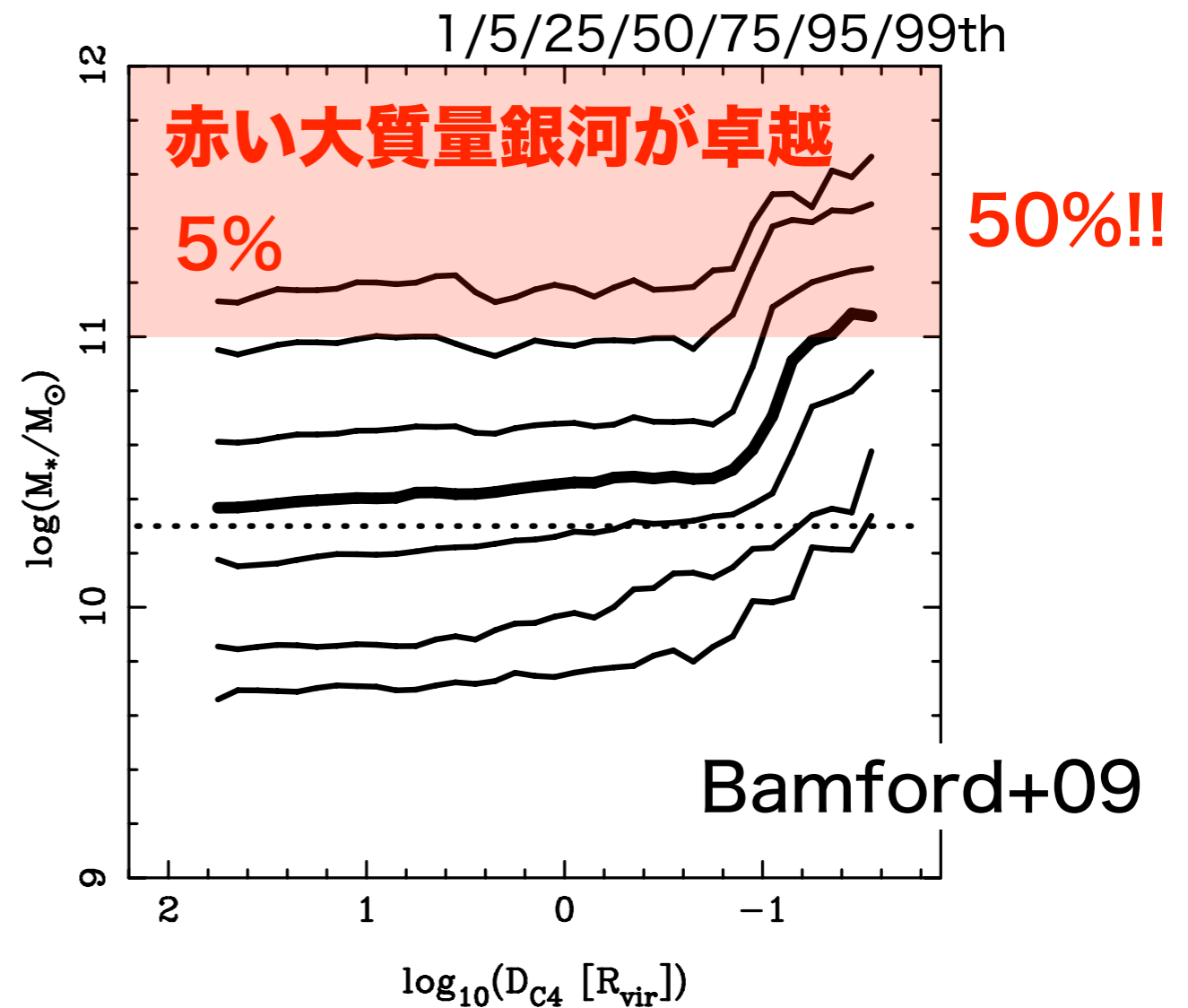


銀河団の環境依存性

- ✓ 1980年代の形態－密度関係から始まる問題
- ✓ 近年の研究：大質量銀河の形態の密度依存性は弱く質量が支配している
- ✓ 過去の傾向は銀河団で大質量銀河が多いことが強く起因していた



Log 星質量/太陽質量



銀河団/群中心からの距離

今日の銀河団は星形活動が低く、早期型が支配的
過去の銀河団は宇宙でも極めて活動的な領域だった

Cappellari+11

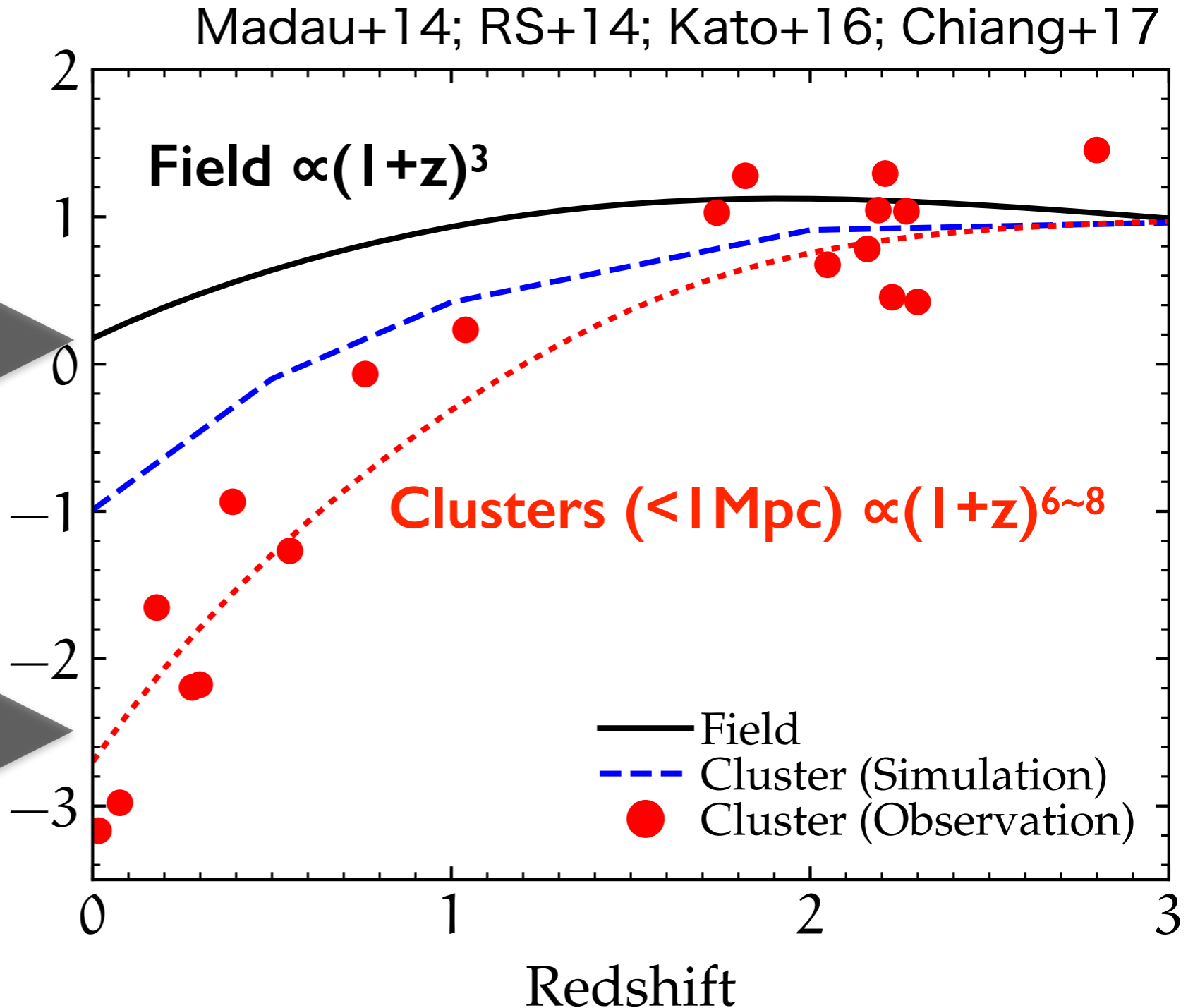


80%



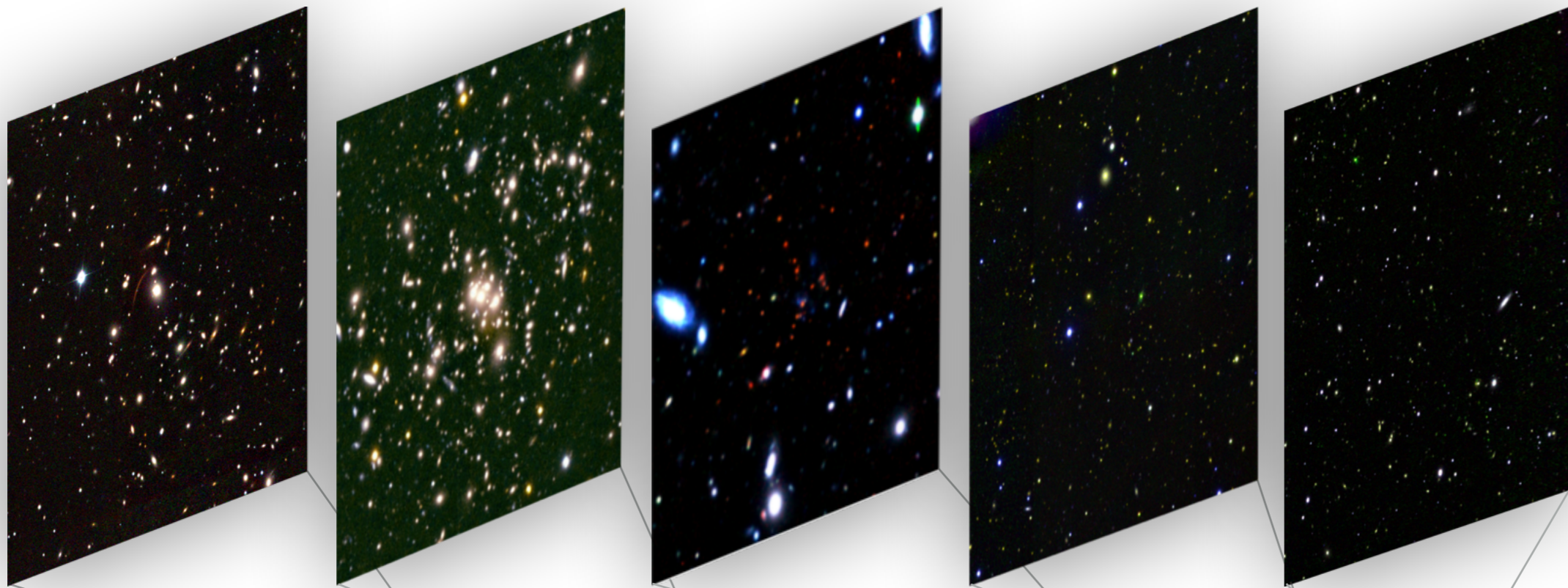
80%

Log CSFRD [arbitrary]

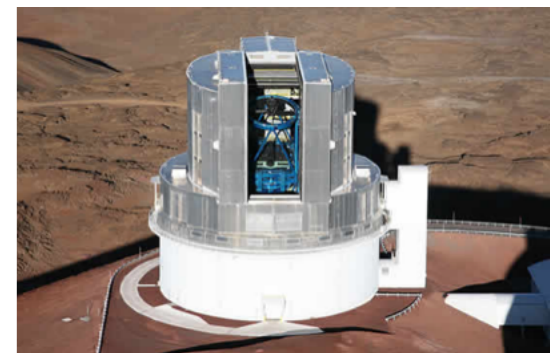
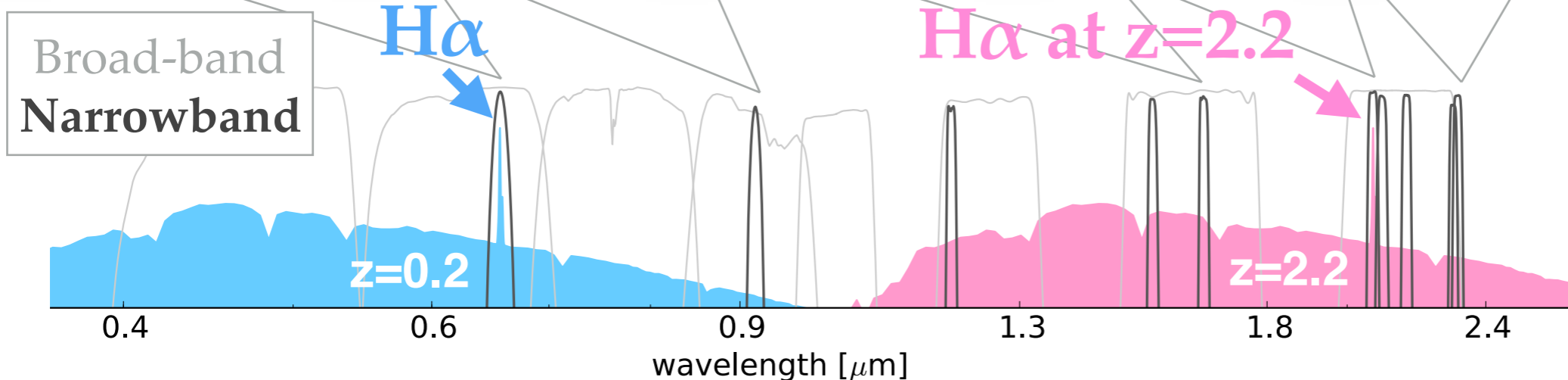


MAHALO-Subaru: 遠方銀河団の星形成マッピング

MAHALO-Deep Cluster: MAHALO-Subaru の深撮像版

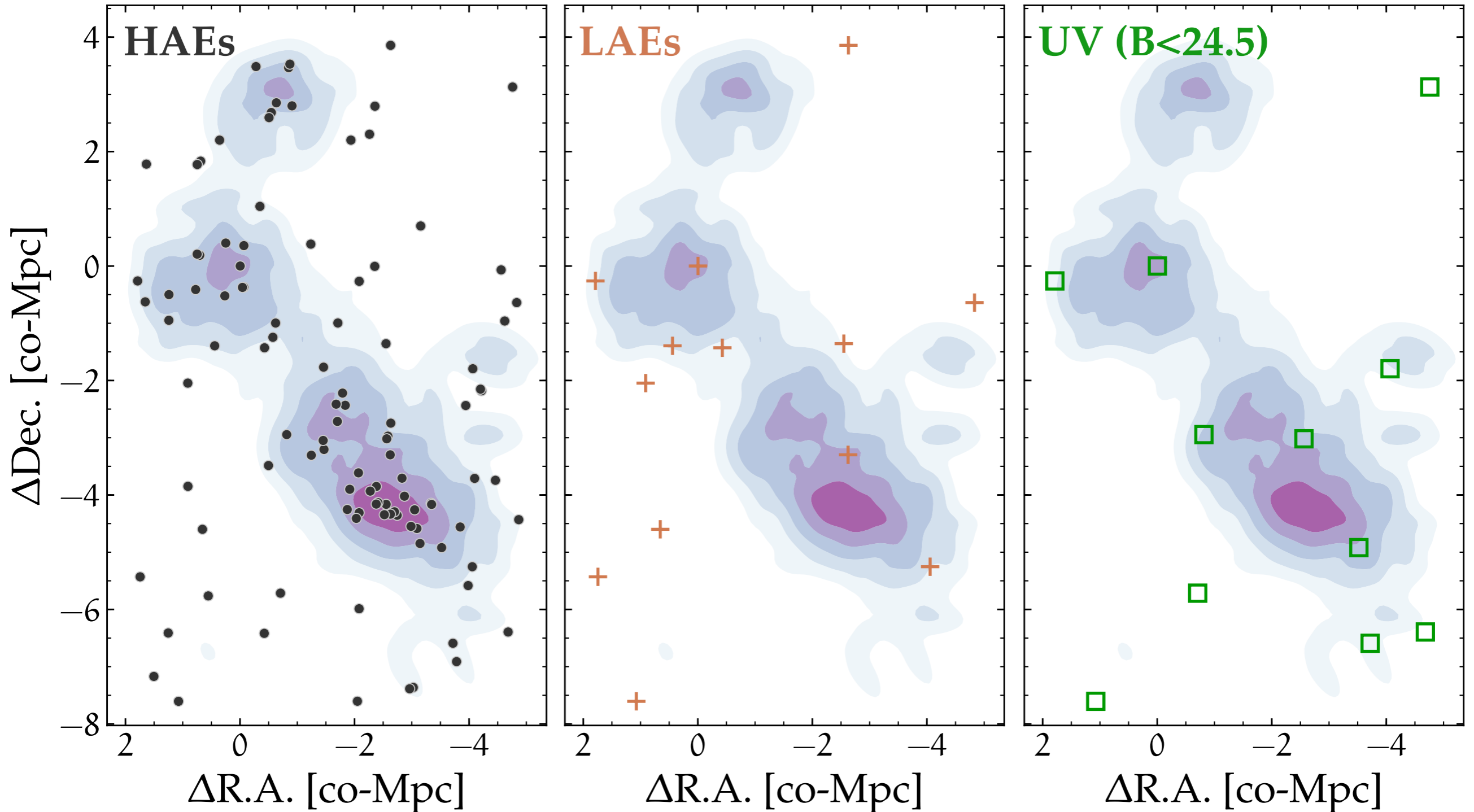


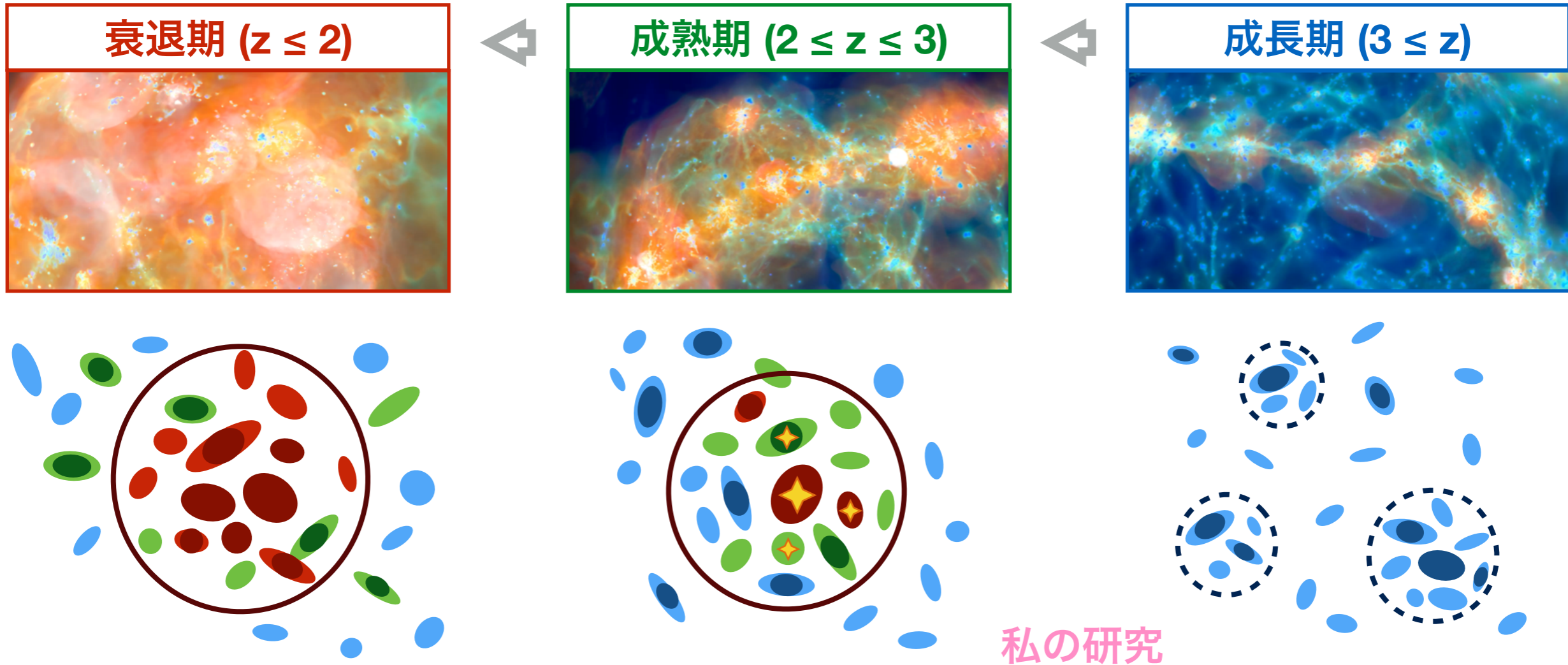
輝線銀河の
マッピング



H α NB Map はコアなどの微細な構造をトレースすることができる

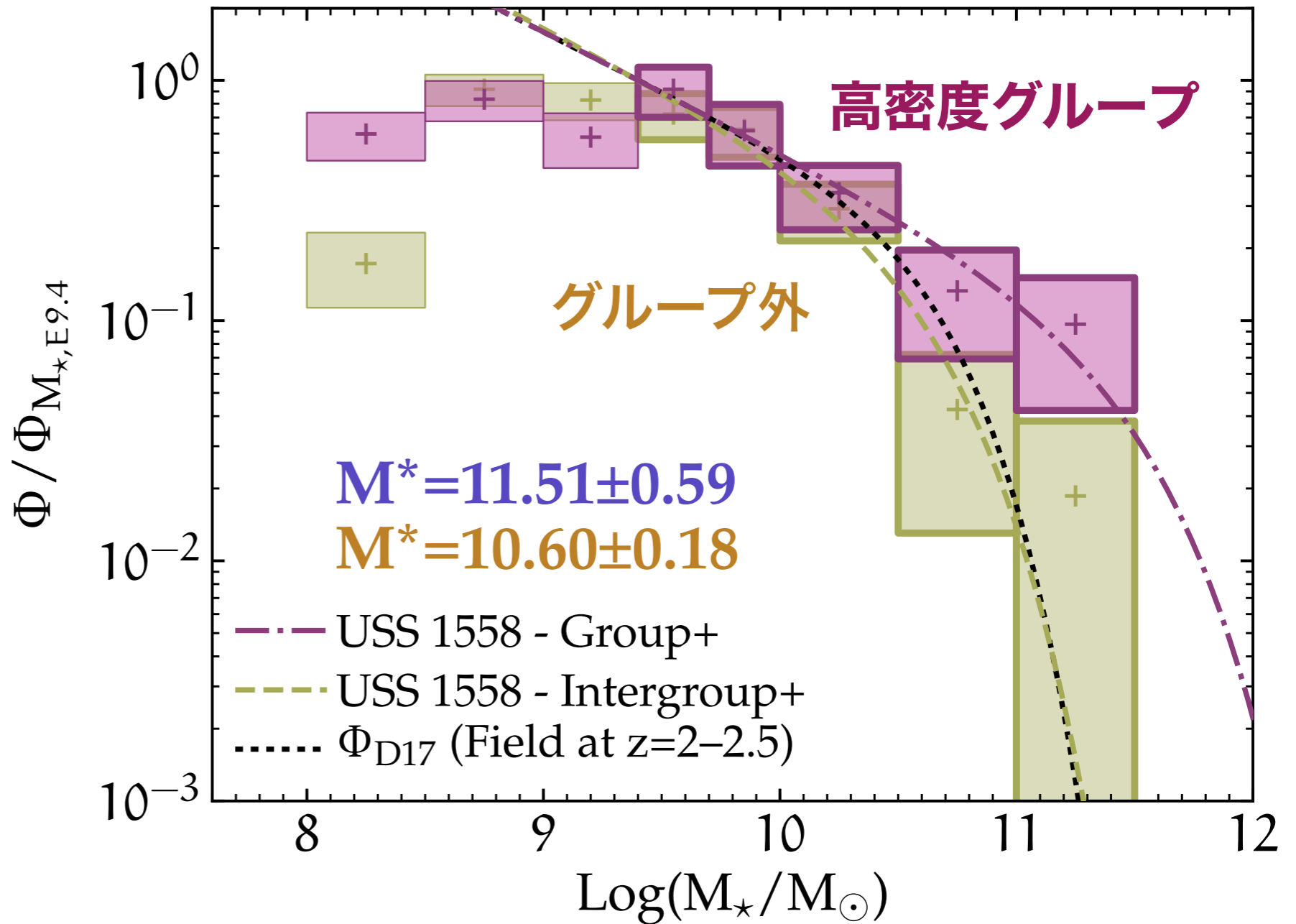
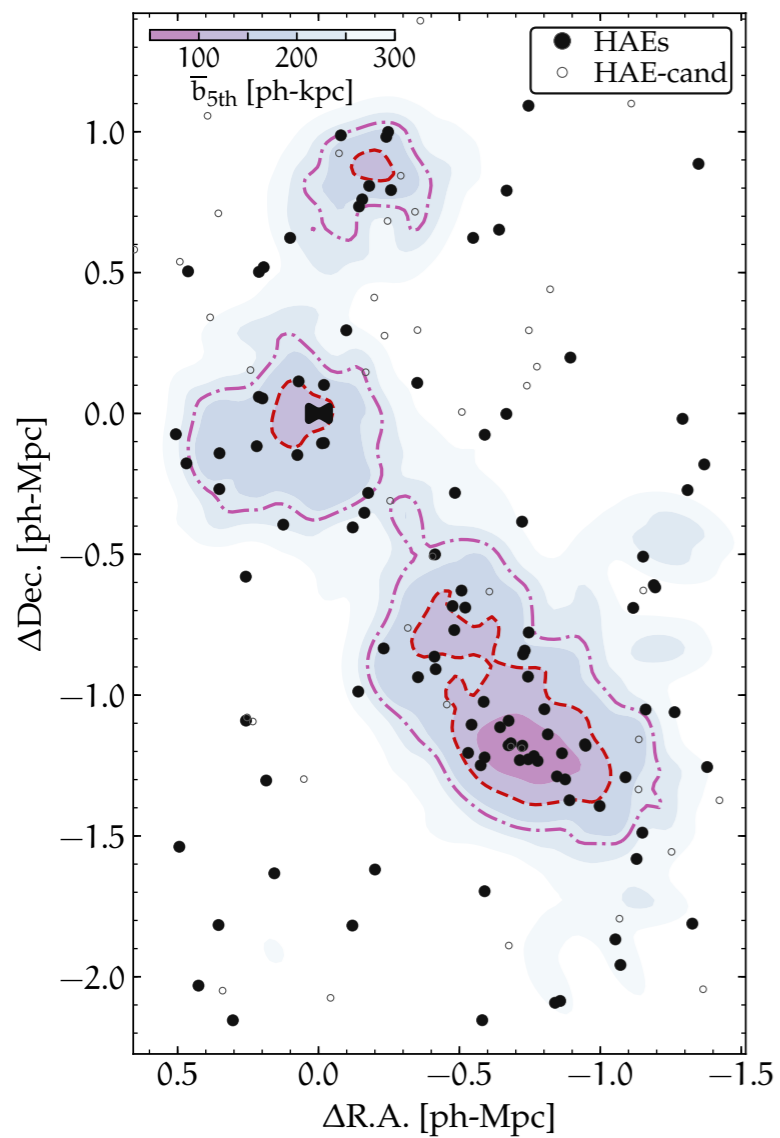
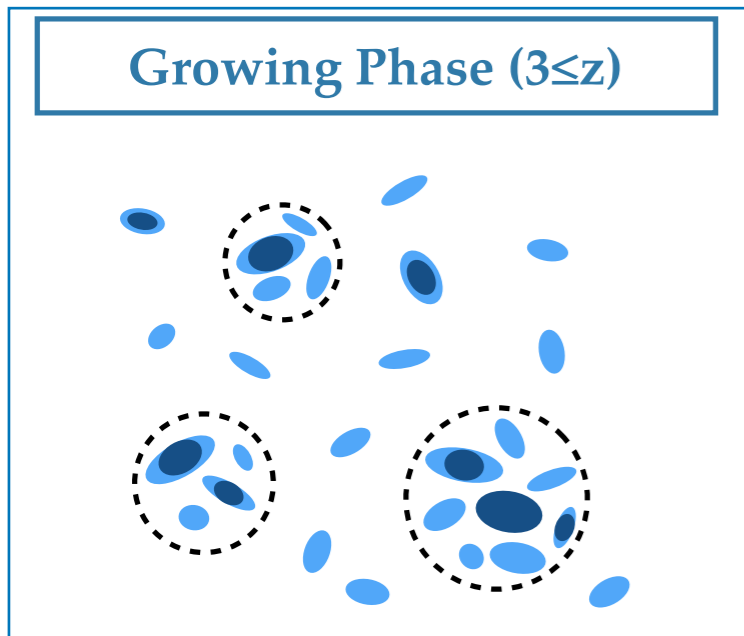
Spatial distribution of galaxies in a protocluster, *USS1558* at $z=2.53$ (*RS+17a*)



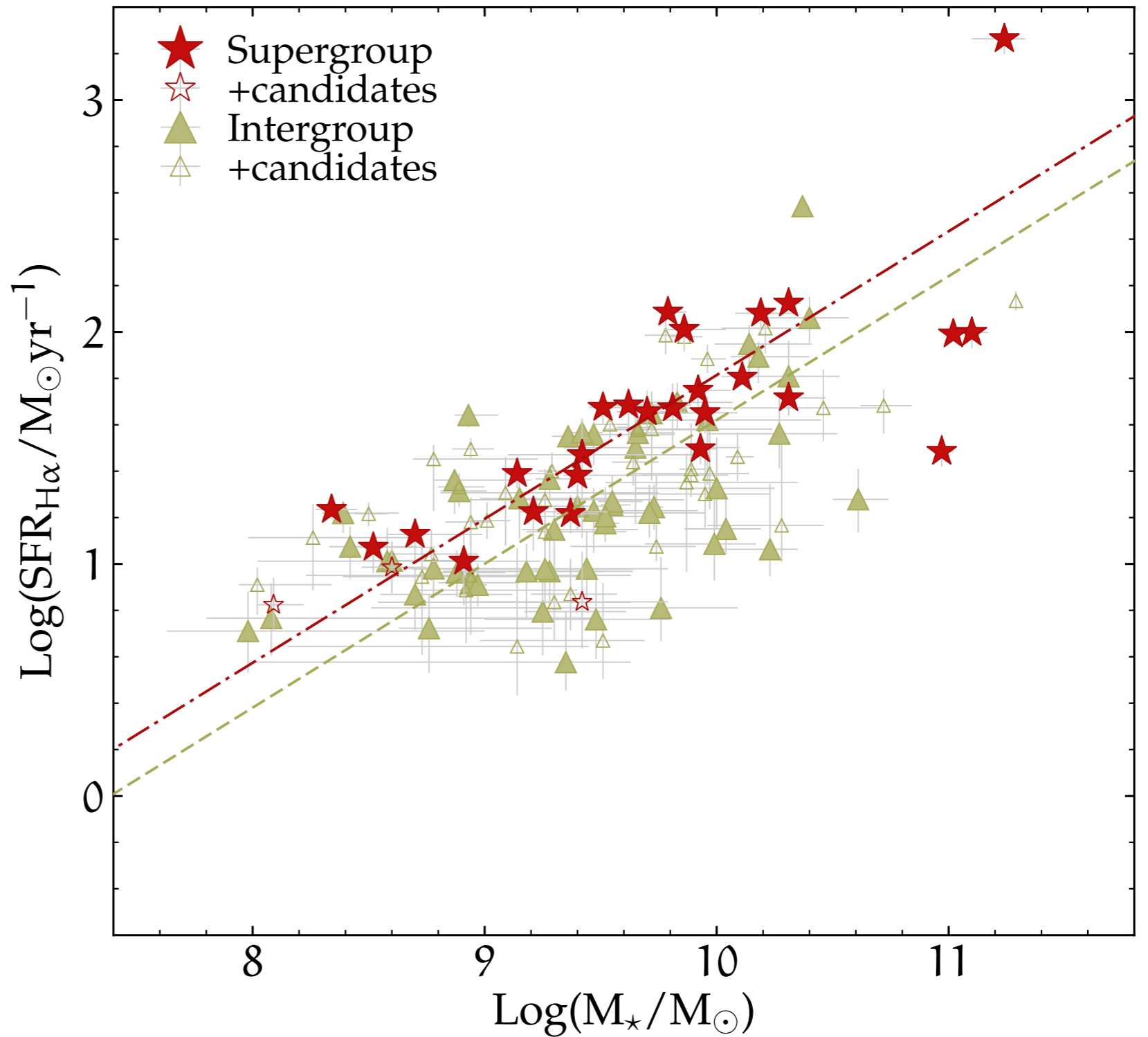
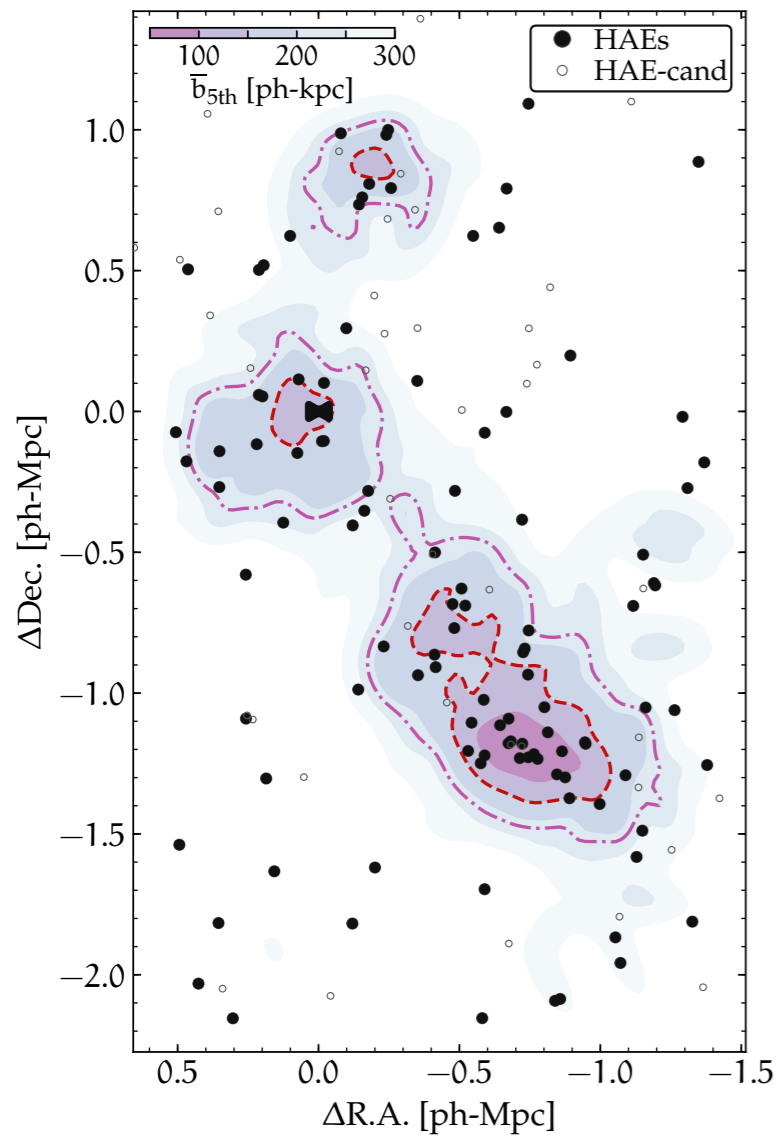
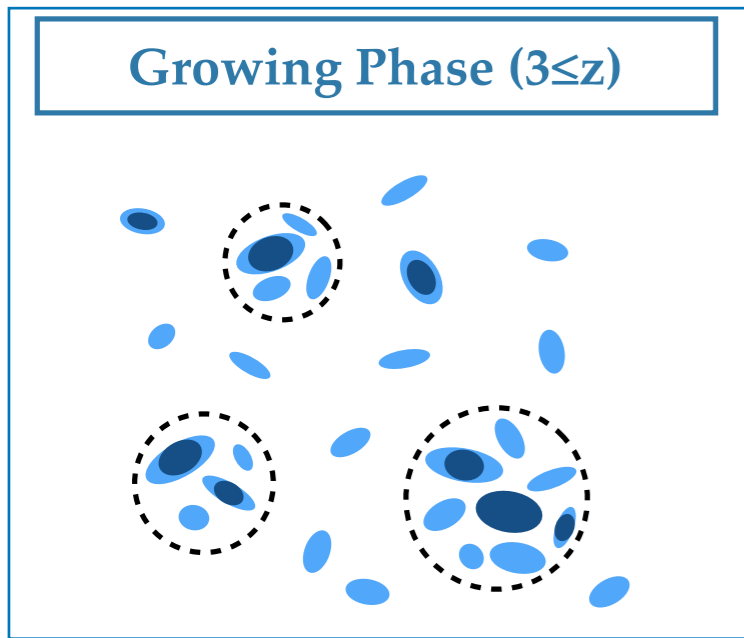


	衰退期	成熟期	成長期
銀河	Starvation / Environmental quenching	Strong SNe & AGN feedback	Massive galaxy formation
八口一	Cold gas depletion / Superheated plasma	Core collapse / ICM heating	Cold gas stream in hot halo

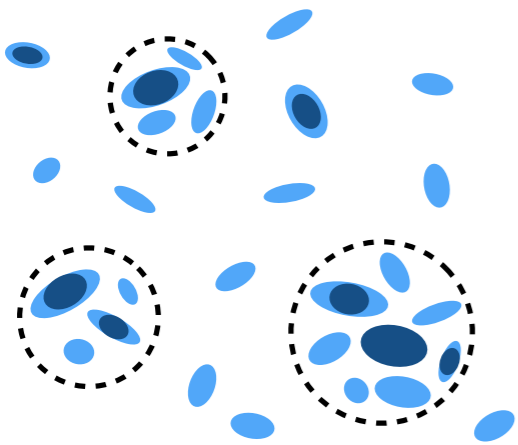
RS+18a



RS+18a



Growing Phase ($3 \leq z$)

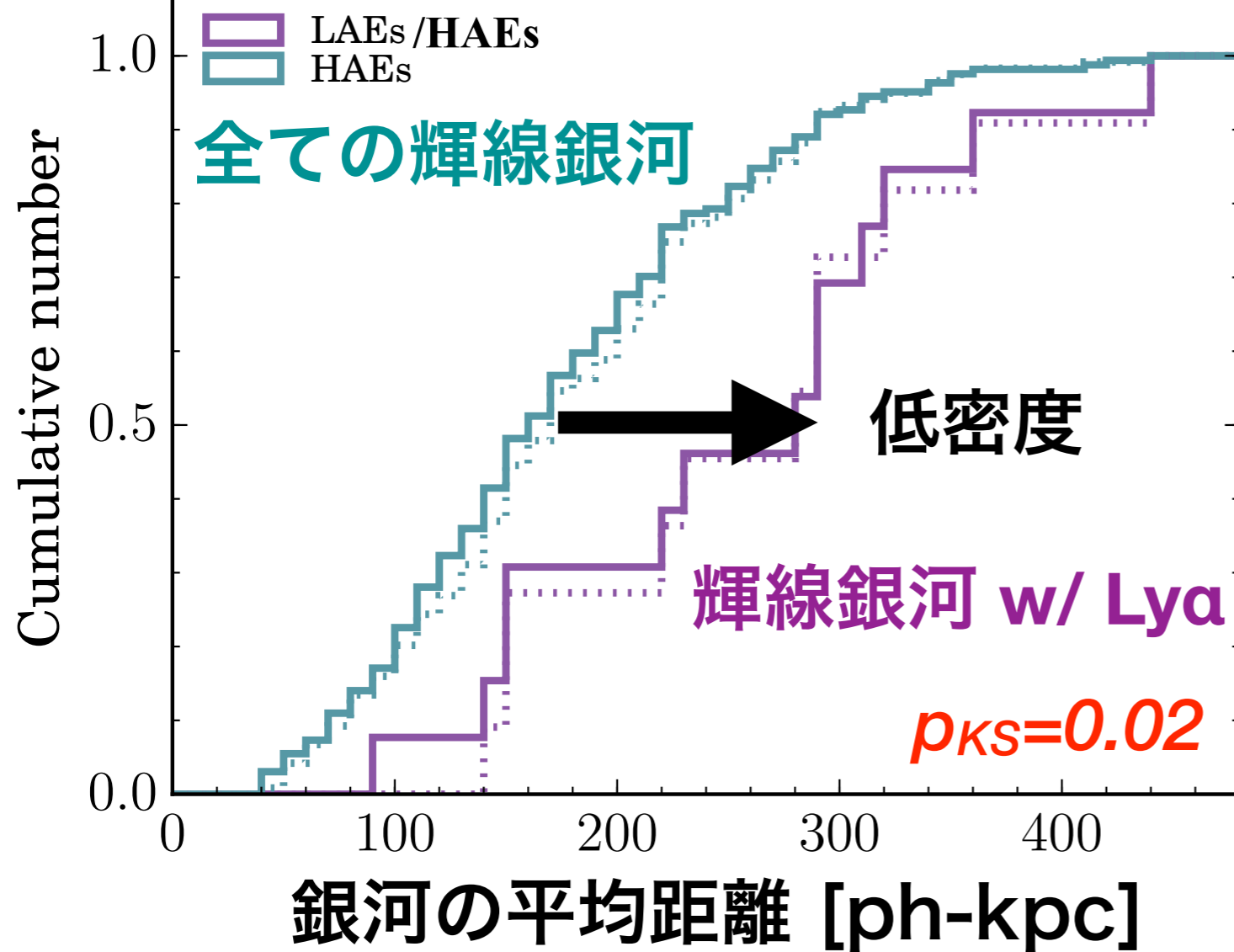


原始銀河団で Ly α 光子が出にくい

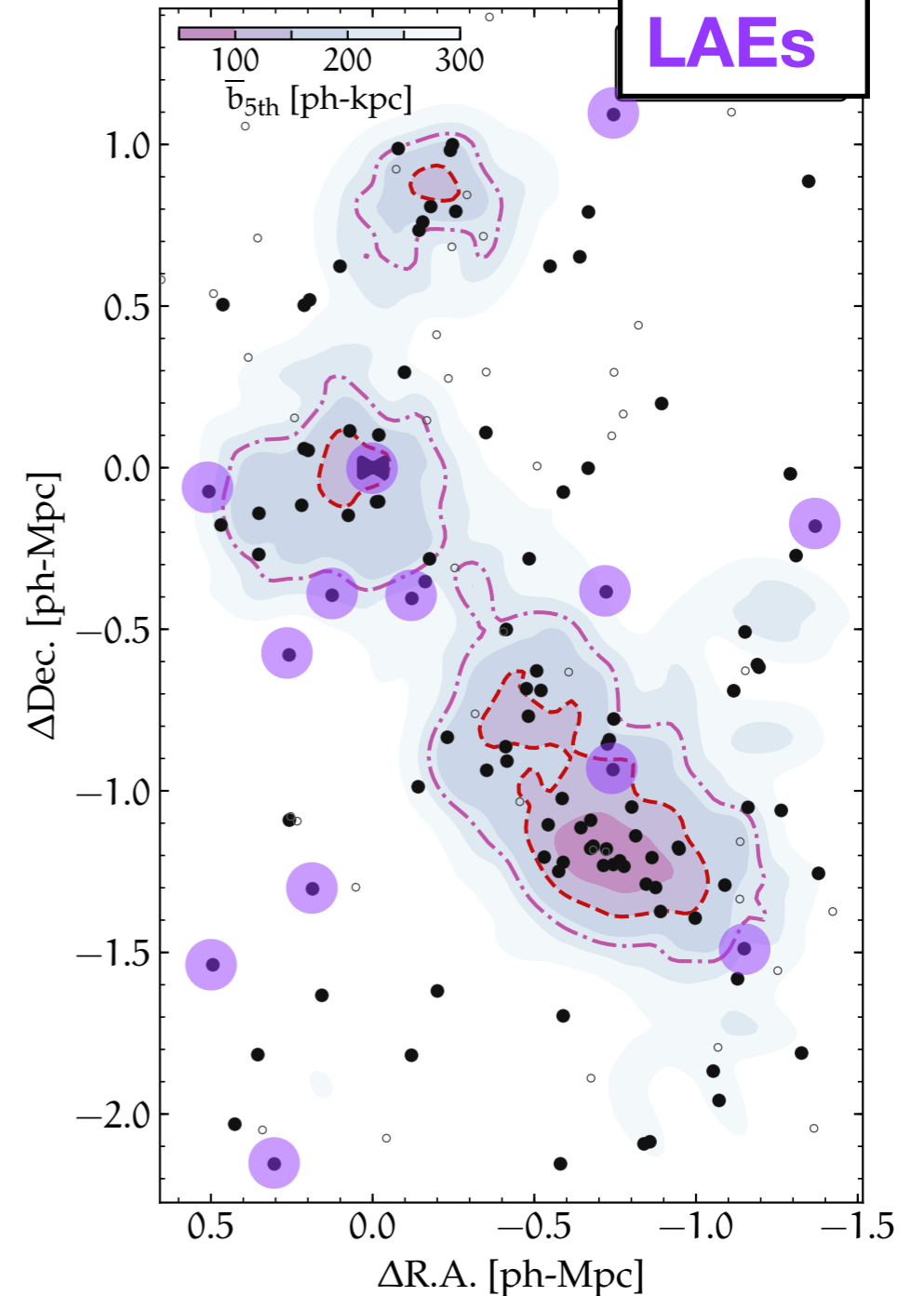
$f_{Ly\alpha} \sim 1\%$ (コア)、 3% (コアの外)

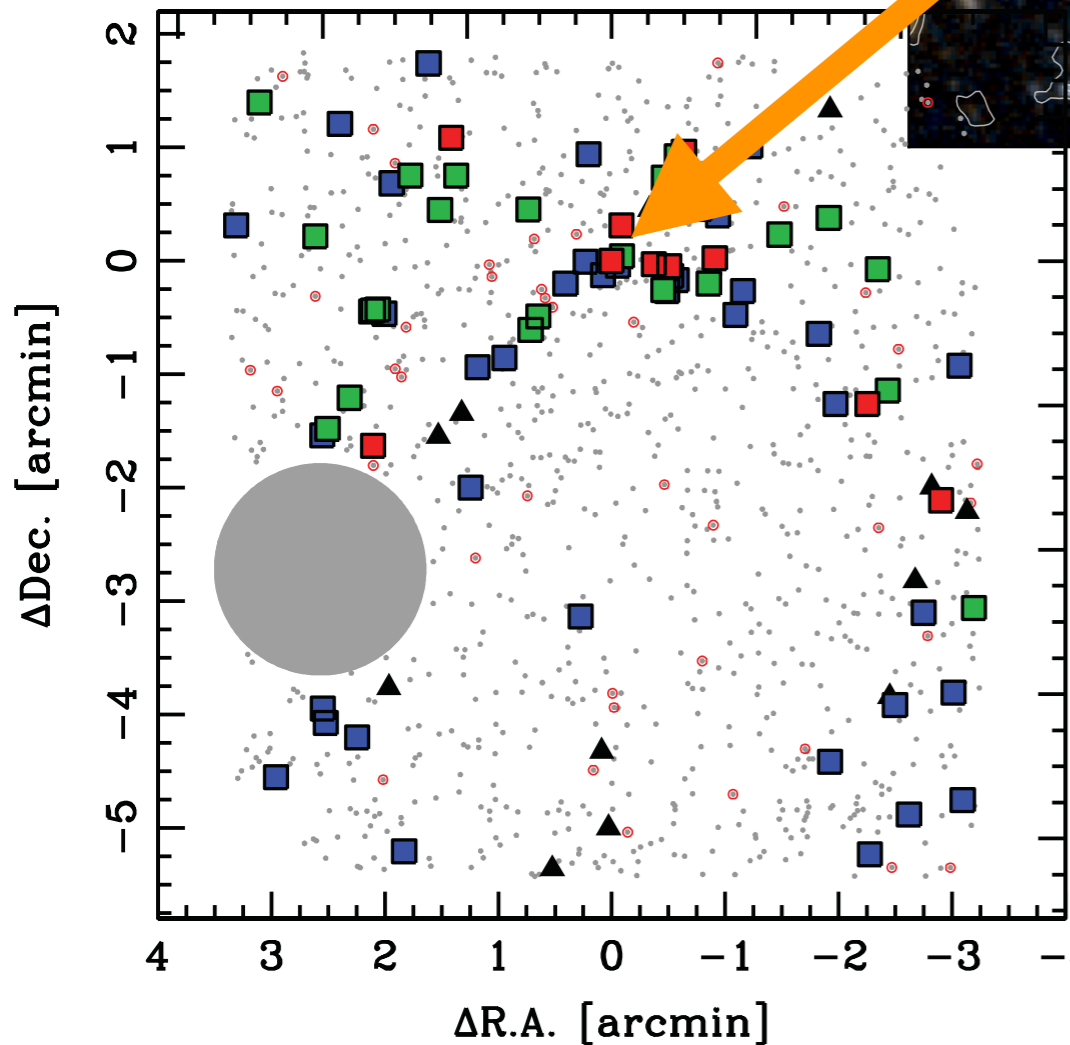
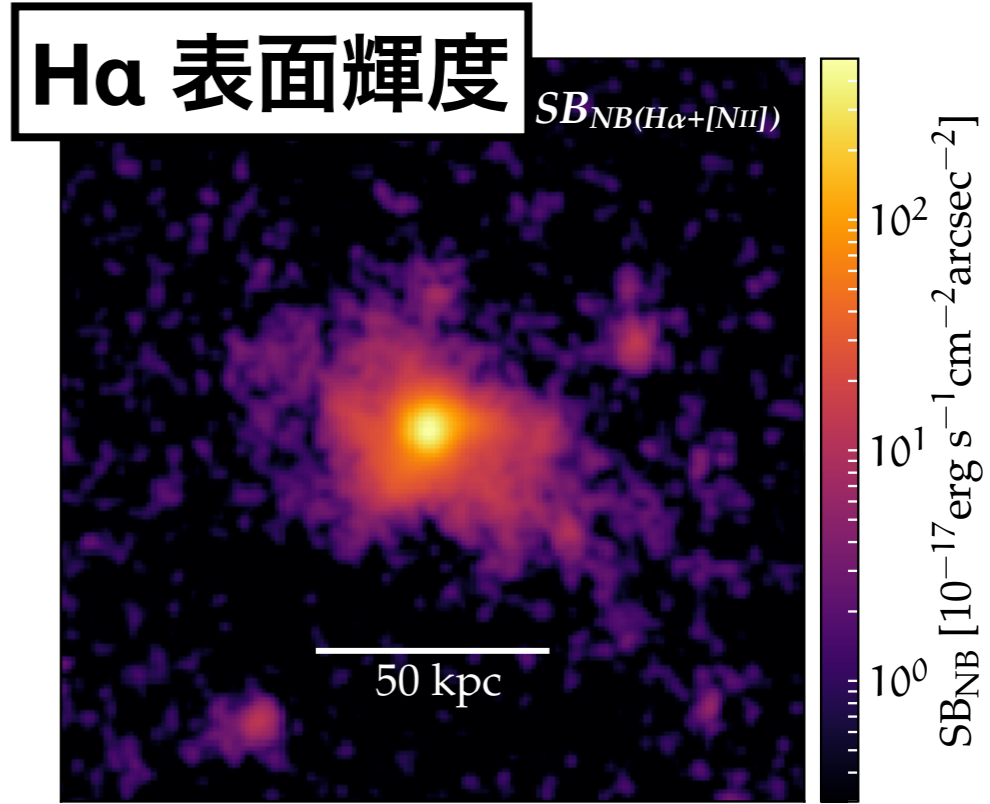
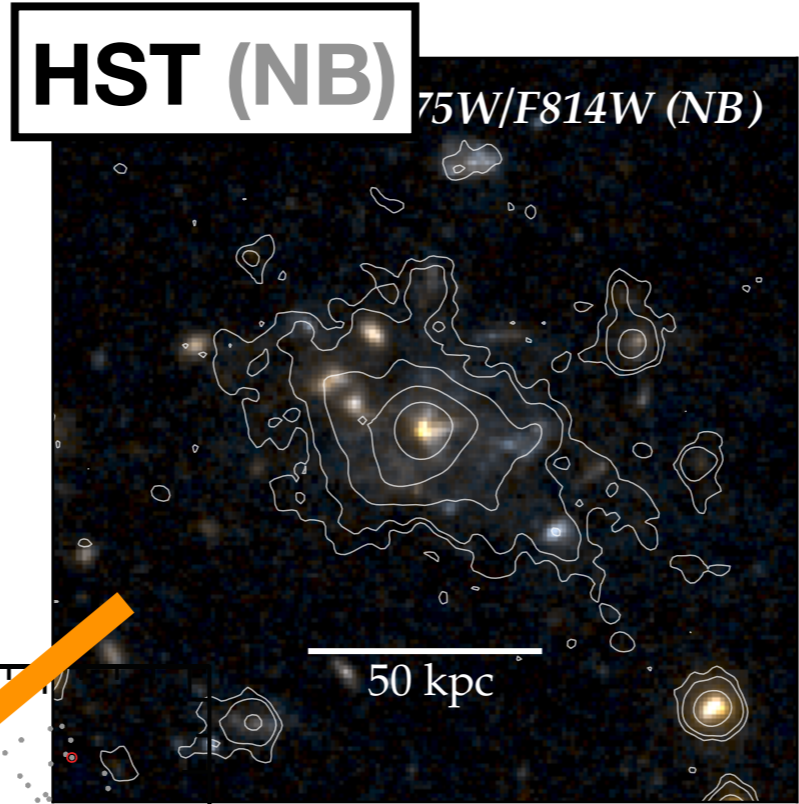
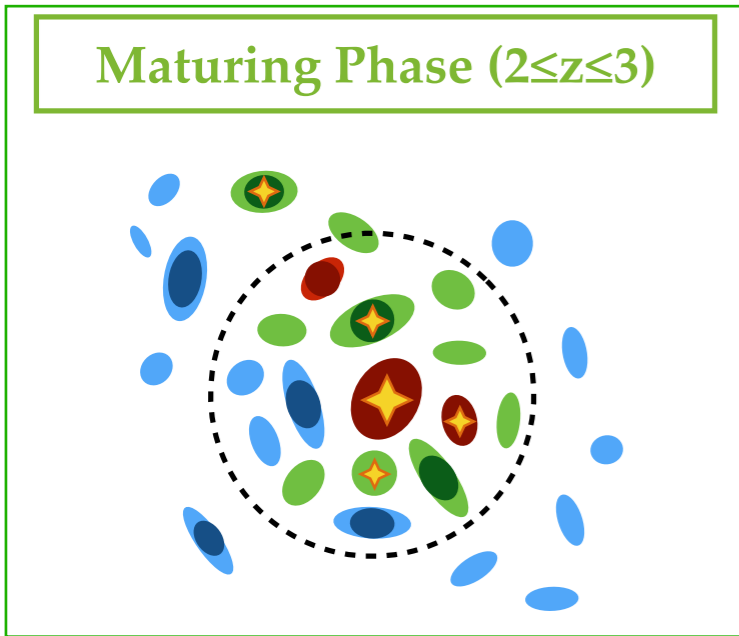
大量の中性水素が存在？ \Leftrightarrow 高い星形成率

RS+17a



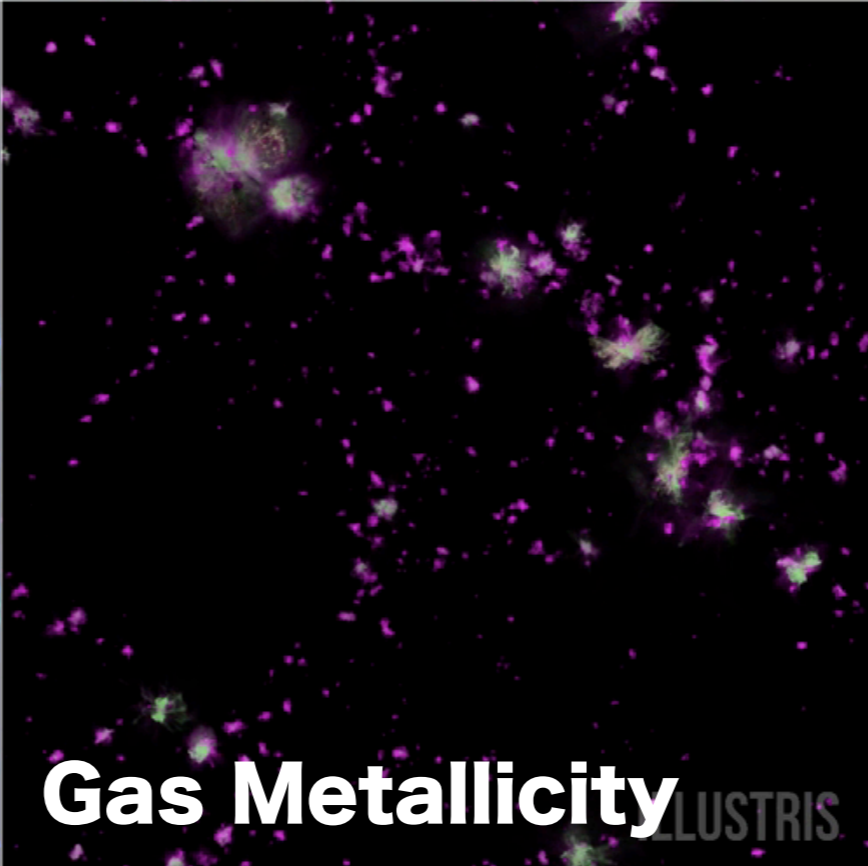
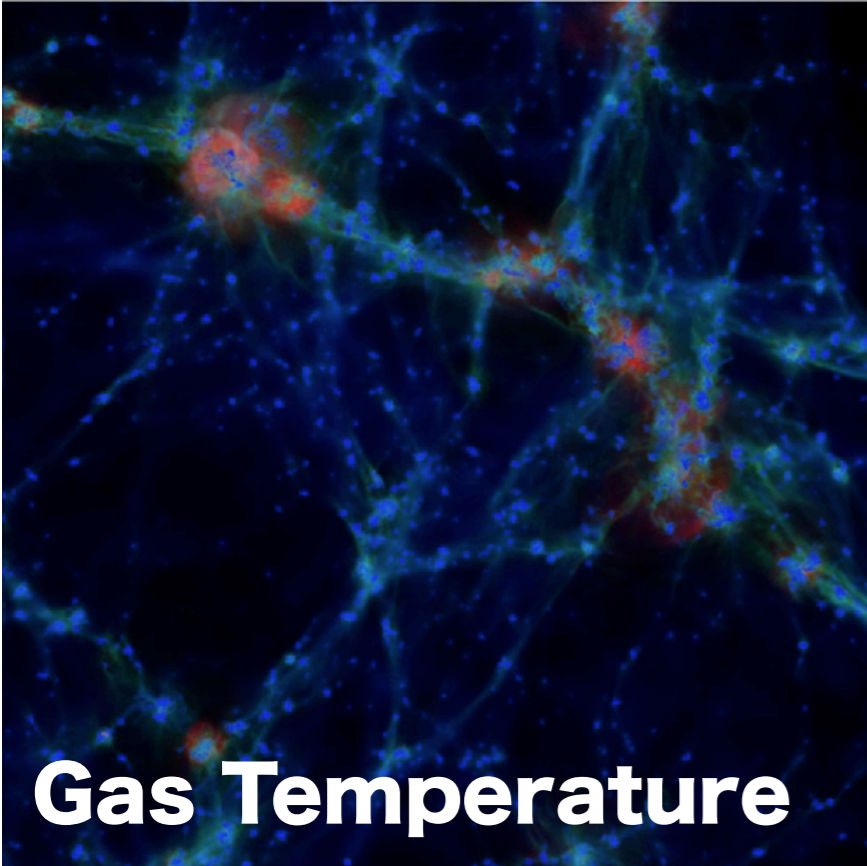
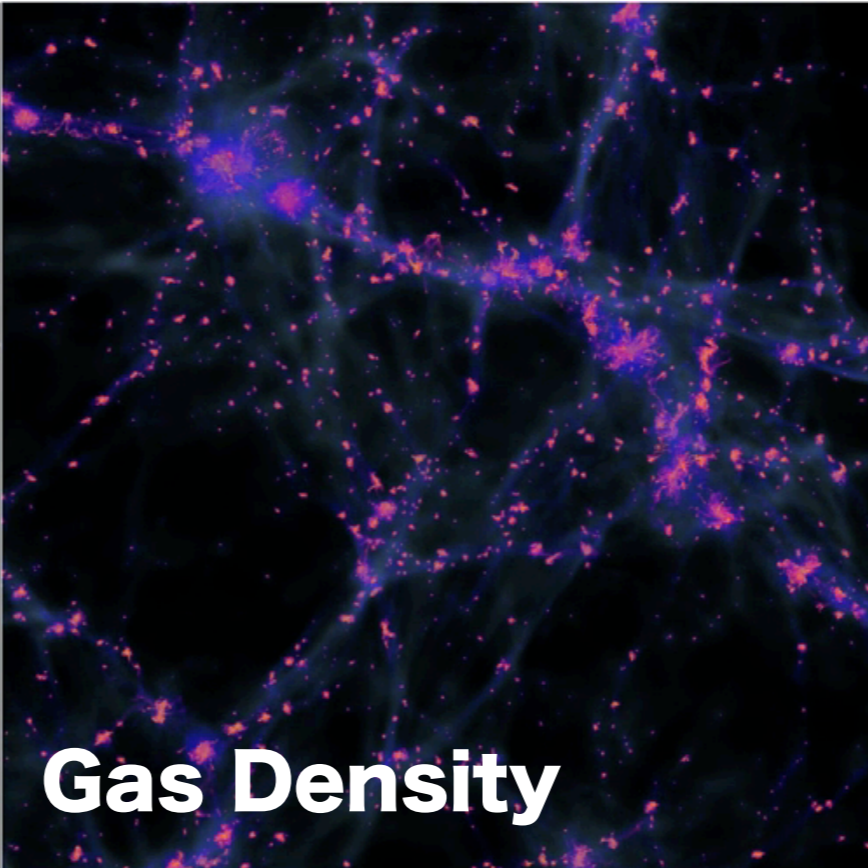
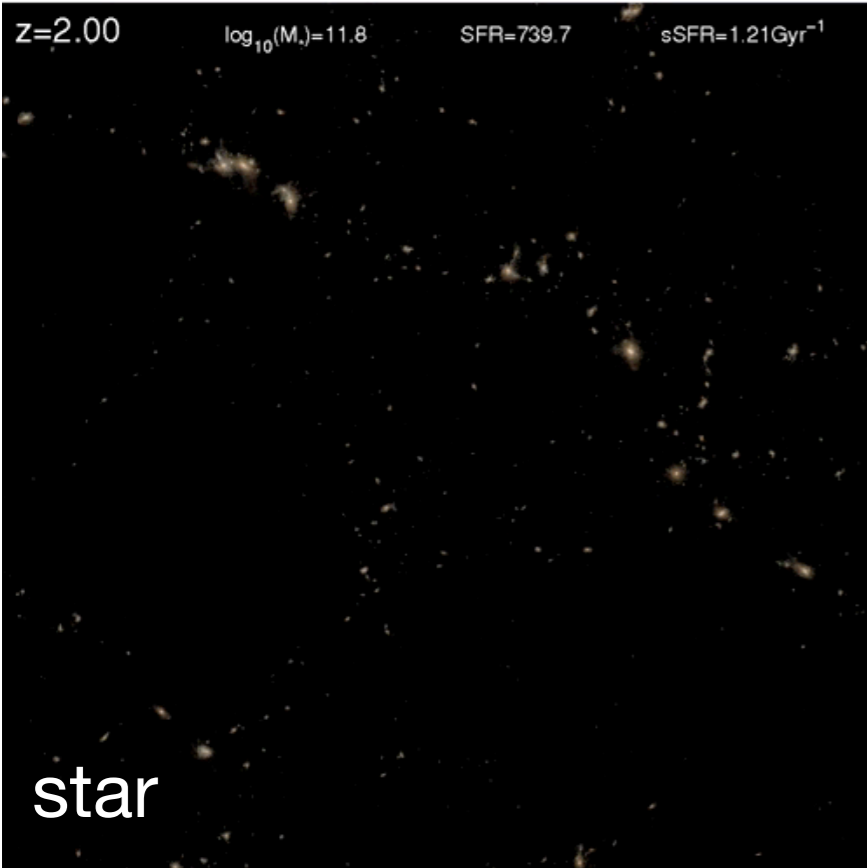
HAEs
LAEs





- 中心の電波銀河で100kpc広がった H α
- 星形成銀河の $f(\text{AGN})$ が2倍以上高い
- ダストに埋もれた銀河も多い
- 赤い星形成銀河が多い

現在の典型的な銀河団の一步手前



Illustris
(Vogelsberger, Genel, Springel, et al. 2014)

**just taken from website*
10³ Mpc³

ILLUSTRIS

銀河形成・原始天体・活動銀河核 編集委員

世話人：柏川さん、以下敬称略

- ▶ 初代星、初代銀河と宇宙再電離 (播金、中島、矢島)
- ▶ 巨大ブラックホールの形成と銀河の共進化 (泉、尾上、川口)
- ▶ 銀河形成と周辺ガスの流出入との関わり (柏野、嶋川)
- ▶ 銀河の形態の起源と活動性の終焉 (小野寺、森下、但木)

日本語なので完成したら一読お願いします

また、

年会で特別プログラム「すばるとTMTの連携で拓く科学のフロンティア」

すばる20周年会でTMT-J - すばる セッション

が開催されるそうです

Evolution of Interstellar Medium beyond $z=5$

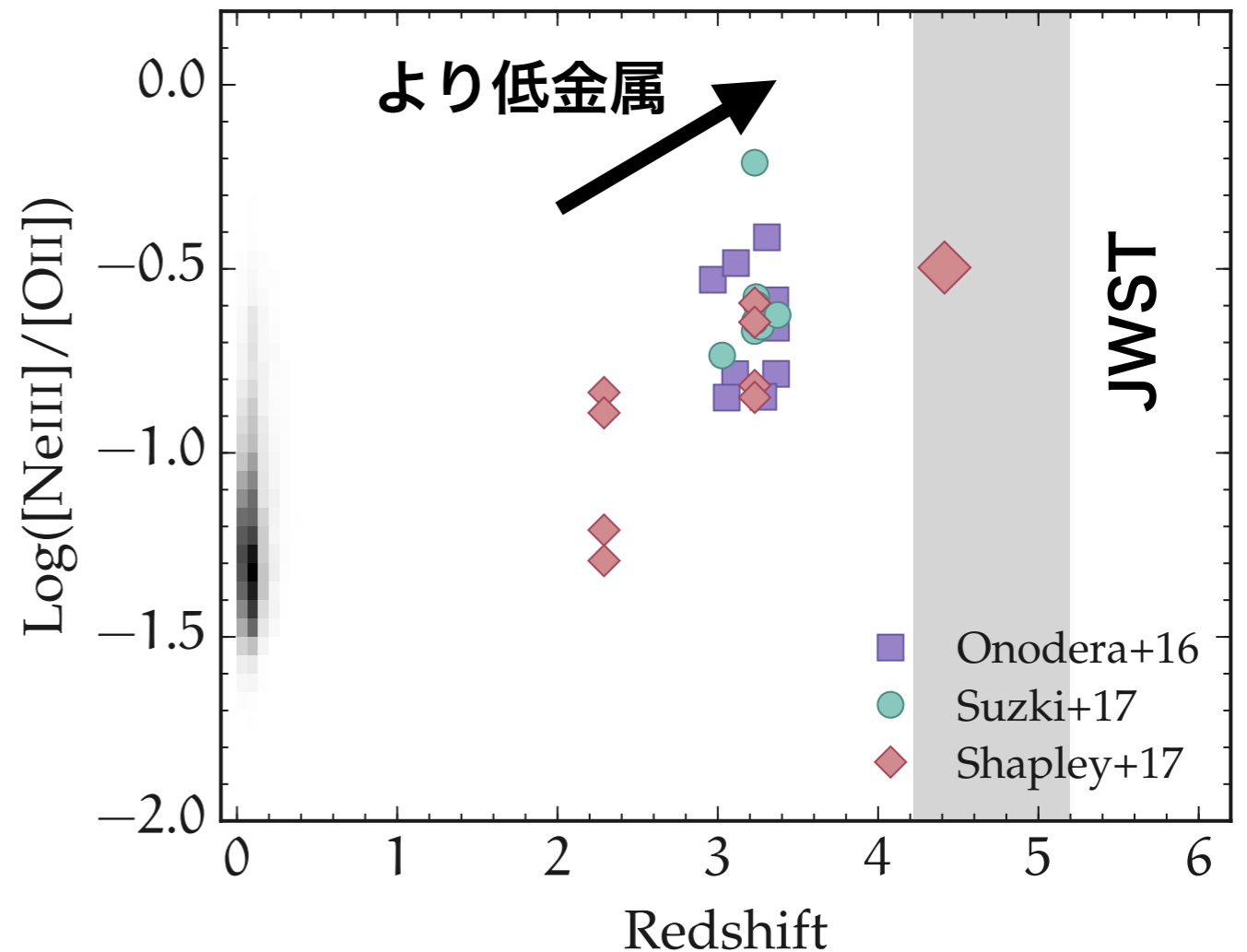
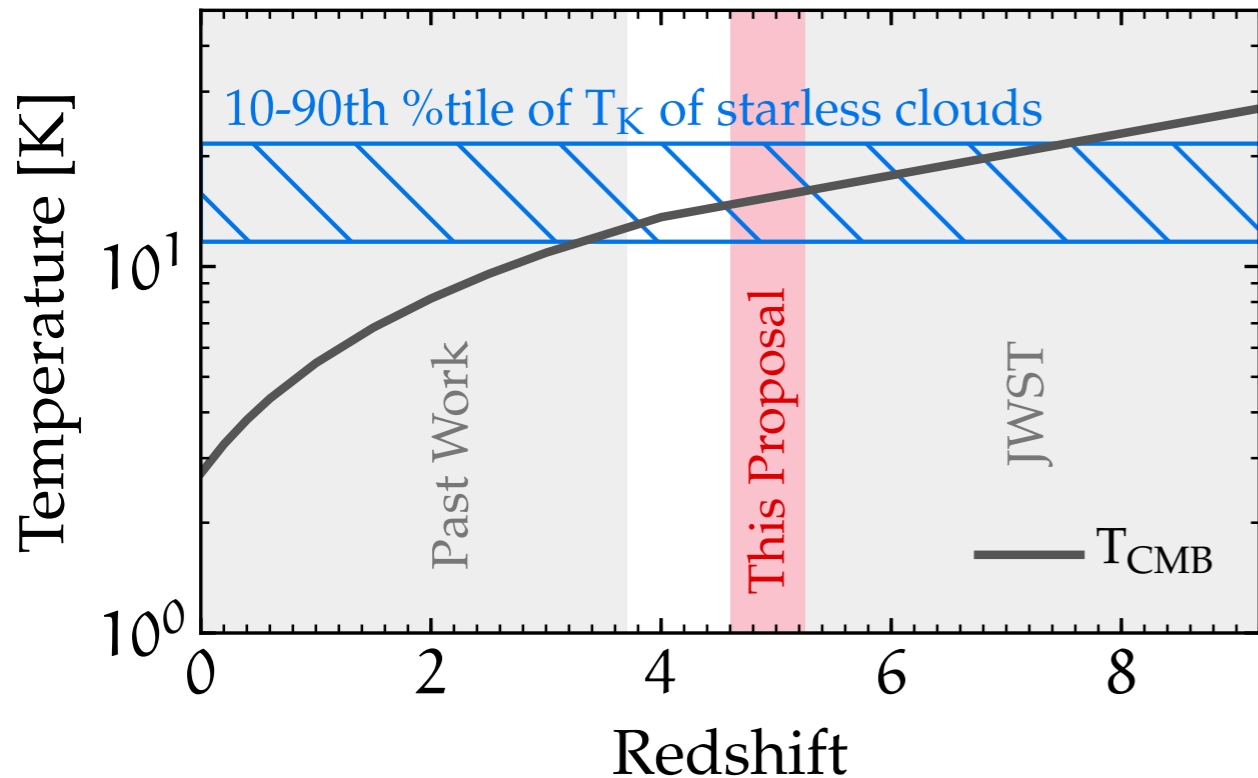
JWST 時代に向けた遠方宇宙 ($z>4$) の銀河の ISM 状態・金属量調査

- ✓ $z \geq 4$ あたりから CMB の影響が効いてくる
- ✓ IMF が変わる可能性がある (Top Heavy になる)
- ✓ ISM Condition が大きく変わる可能性

S19B118 (RS et al.)

Keck/MOSFIRE (9/12-13)

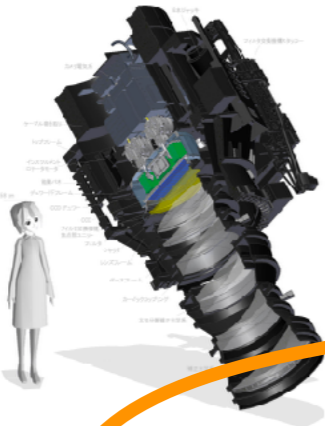
観測者募集中 (年会と被ってる)



銀河天文学とデータサイエンス・位相データ解析

Ongoing & upcoming wide-field surveys with large & space telescopes

HSC (14-)



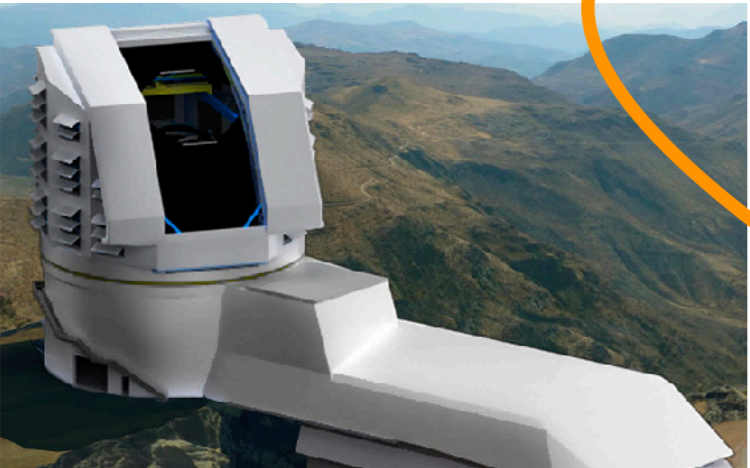
Subaru Telescope (99-)



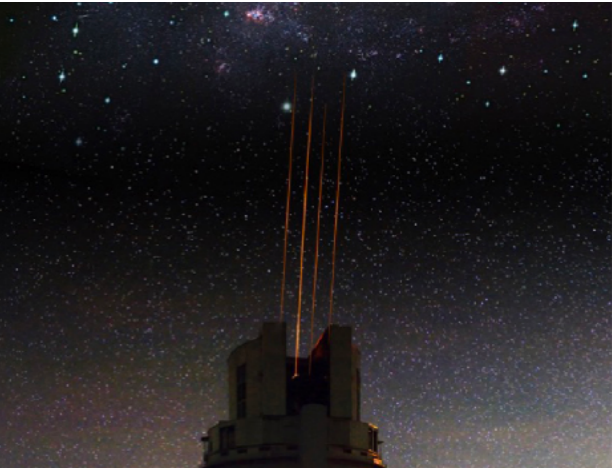
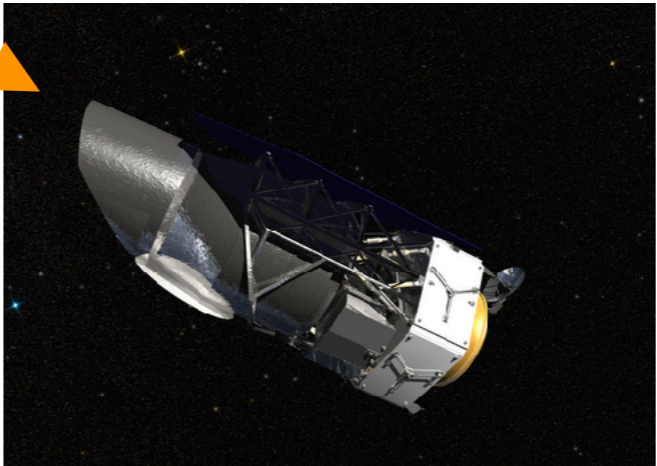
PFS (22-)



LSST (22-)

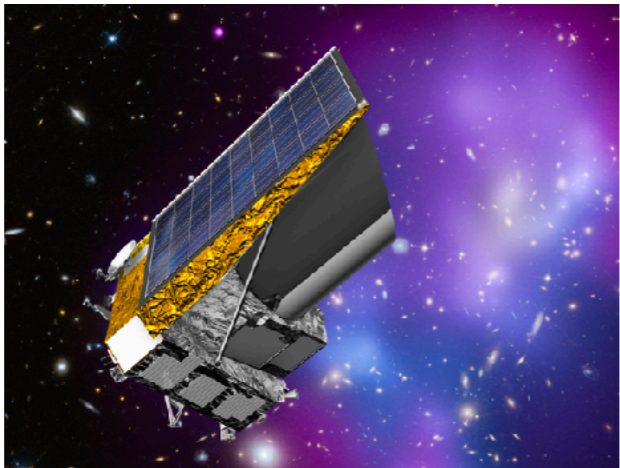


WFIRST (25?-)



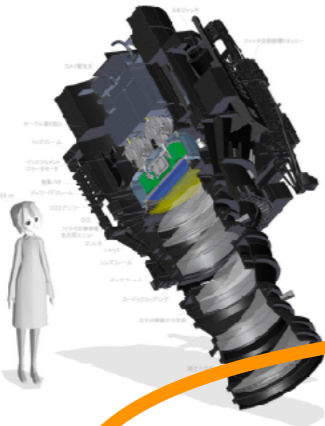
ULTIMATE (28?-)

Euclid (22-)



Ongoing & upcoming wide-field surveys with large & space telescopes

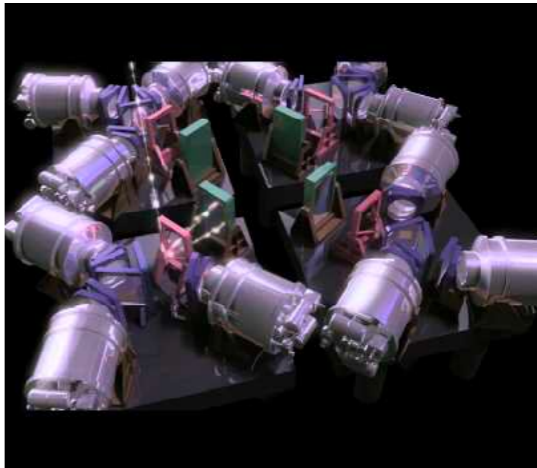
HSC (14-)



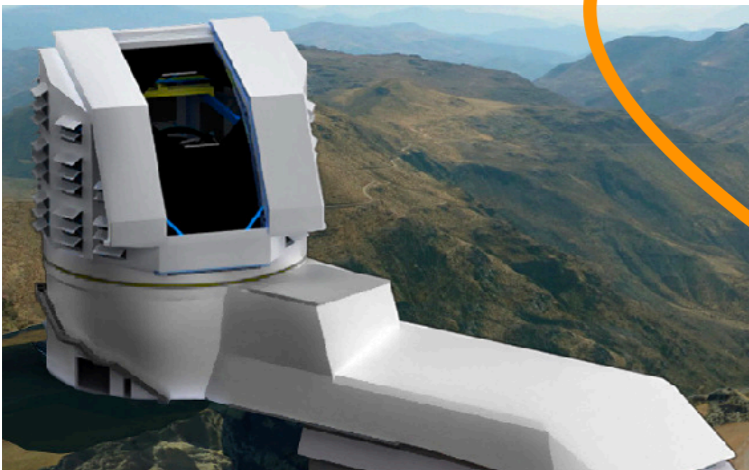
Subaru Telescope (99-)



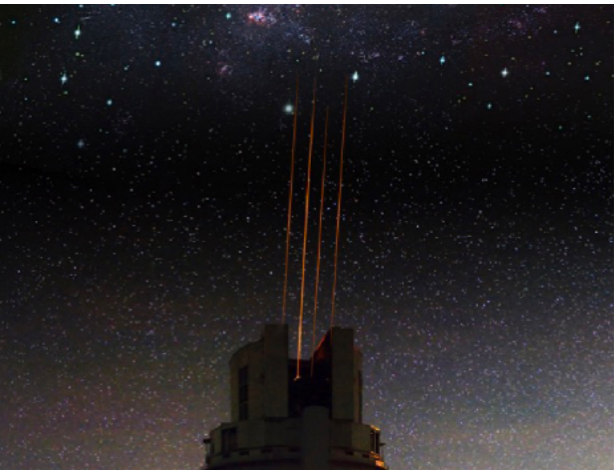
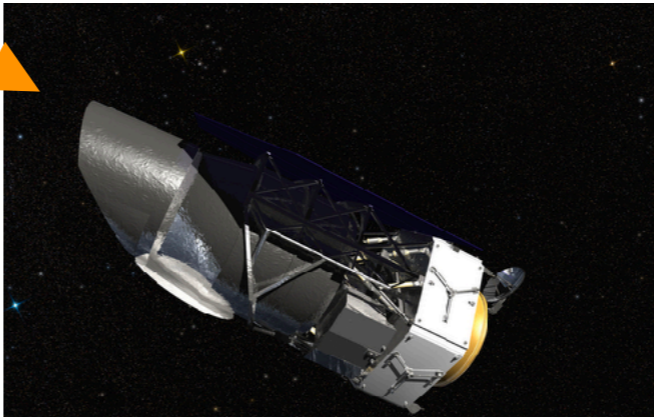
PFS (22-)



LSST (22-)

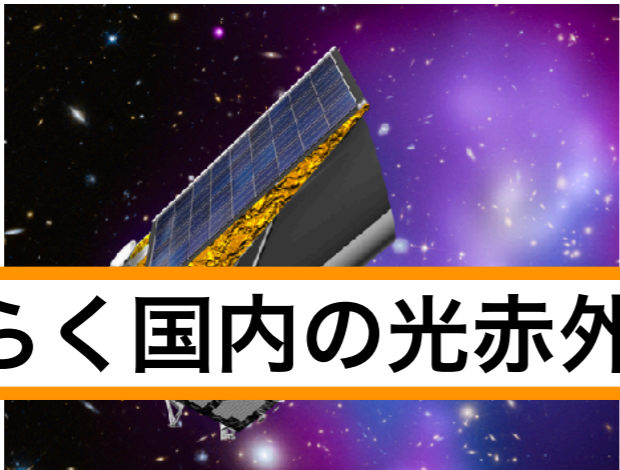


WFIRST (25?-)



ULTIMATE (28?-)

Euclid (22-)



今後しばらく国内の光赤外データはこうした超広視野データが主役

データサイズに適した解析手法を考える

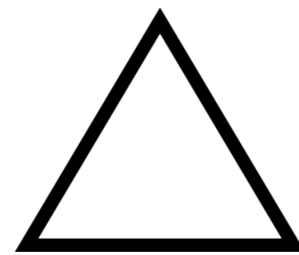
これまでのデータサイズでは

- ✓ 己の視力
- ✓ パラメトリックフィッティング
- ✓ などなど背景知識・手作業に頼るものが主だった

ビッグデータで出来ること

- ✓ 確率論
- ✓ 次元削除 (fundamental plane) 、クラスター解析
- ✓ などなど要は圧倒的統計量でゴリ押す

確率的な手法 (機械学習)



幾何学 (位相データ解析)

関数変換 (フーリエ変換)

アルゴリズム有名どころ

教師あり

線形回帰

正則化

ロジスティック回帰

サポートベクトルマシン

ナイーブベイズ

ランダムフォレスト

ニューラルネットワーク

k近傍法

教師なし

主成分解析

潜在意味解析

非負値行列因子分解

線形判別分析

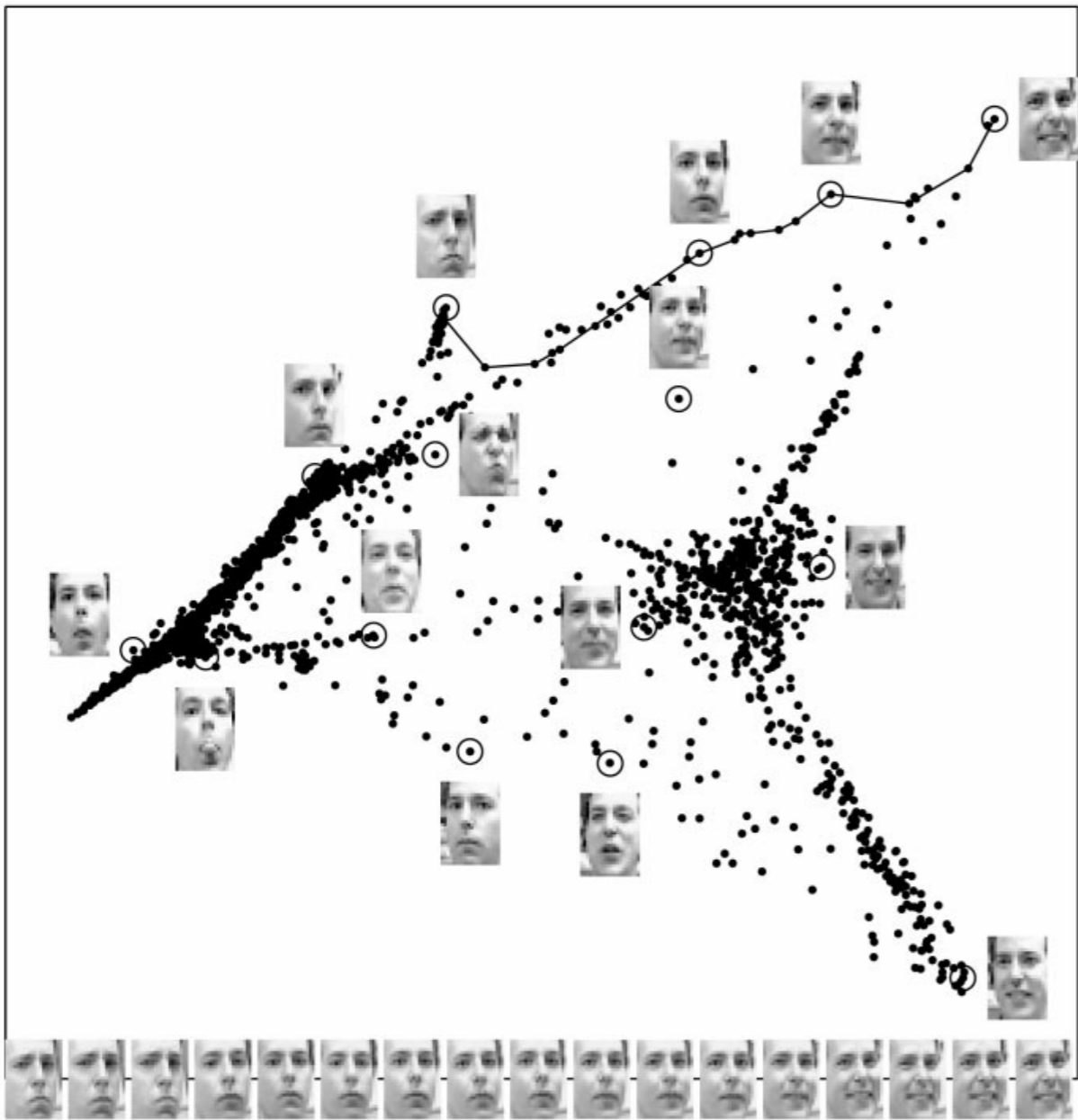
k平均法

混合ガウスモデル

局所線形埋め込み法

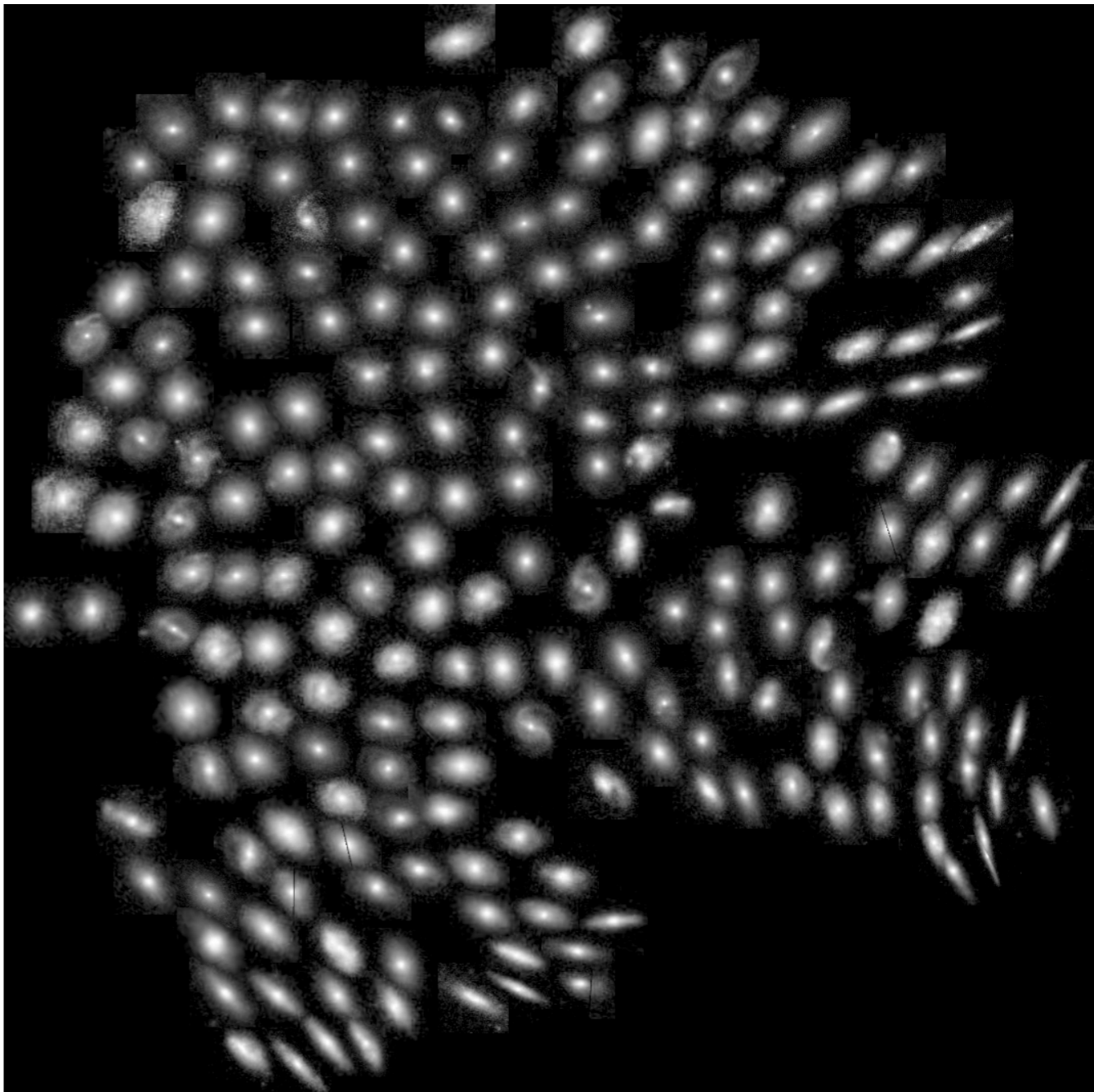
t分布型確率的近傍埋め込み法

LLE



S. T. Roweis et al. 1993

Auto encoder








J. Regier et al. 2015

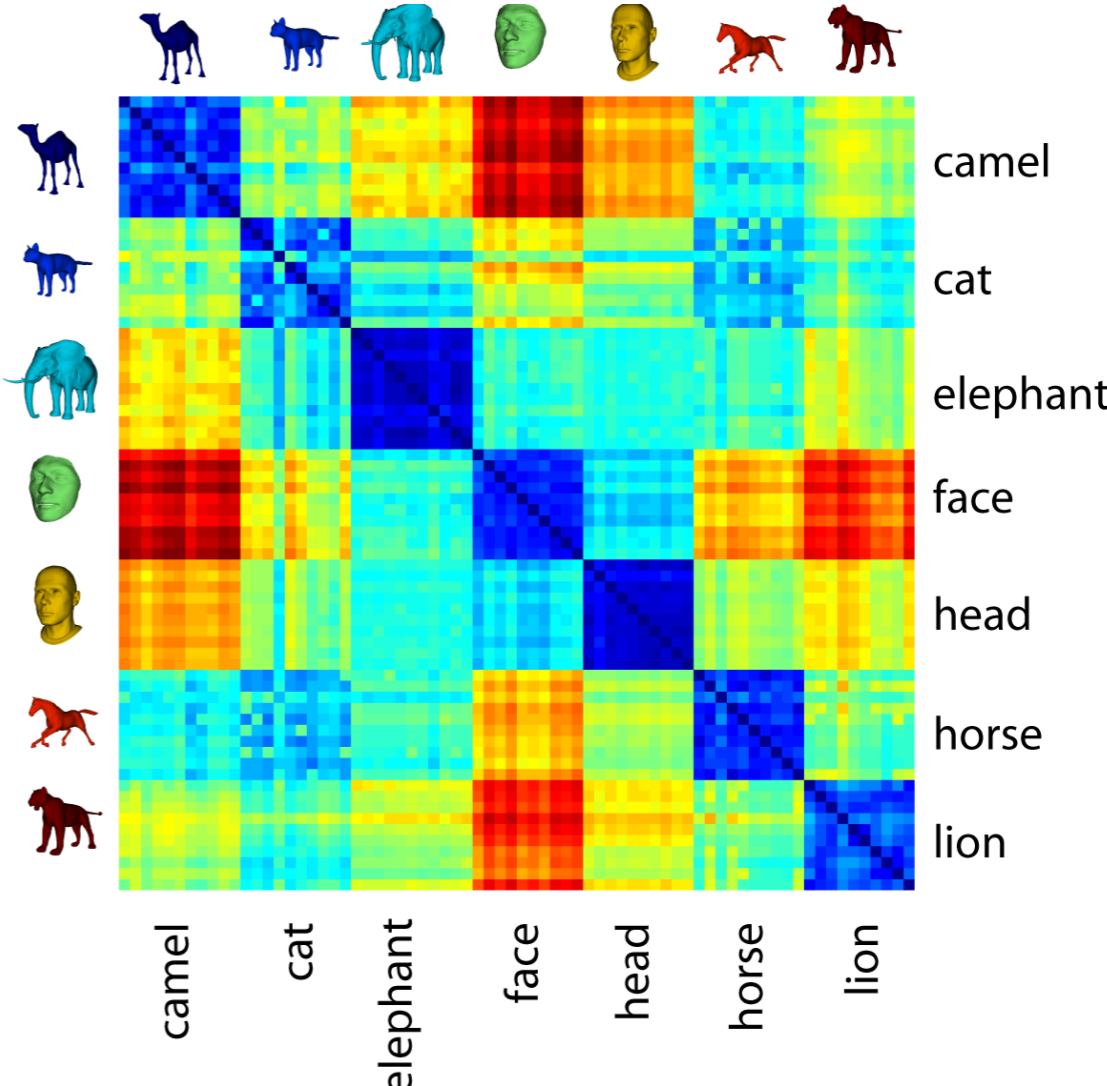
幾何学的構造を代数化する

- Persistent Homology (Edelsbrunner+02)
- Mapper (Singh+07)

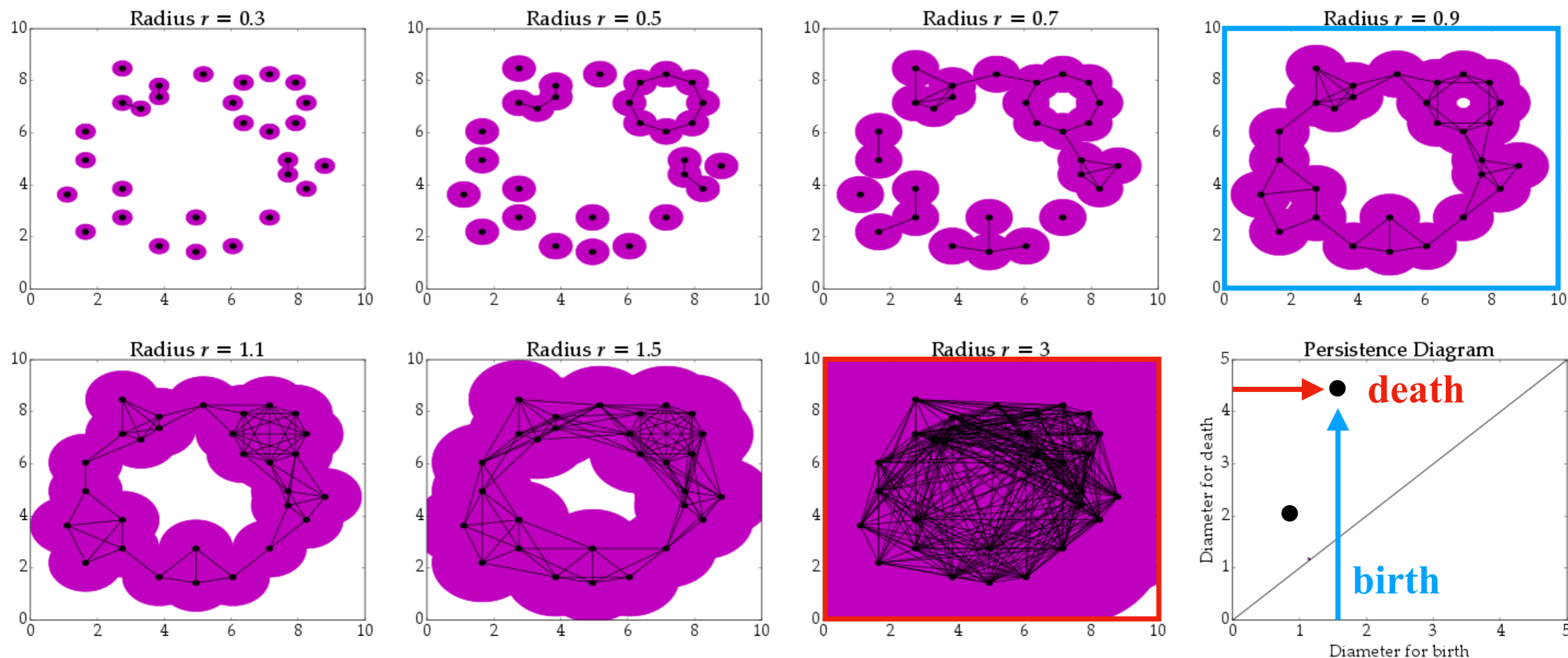
Betti Numbers (Munch+17)

	β_0	β_1	β_2	β_3
	1	•	•	•
	1	1	•	•
	1	•	1	•
	1	2	1	•
	1	2	1	•

Shape Comparison (Singh+07)



Longer lifetime (persistence) = More significance of topological signatures

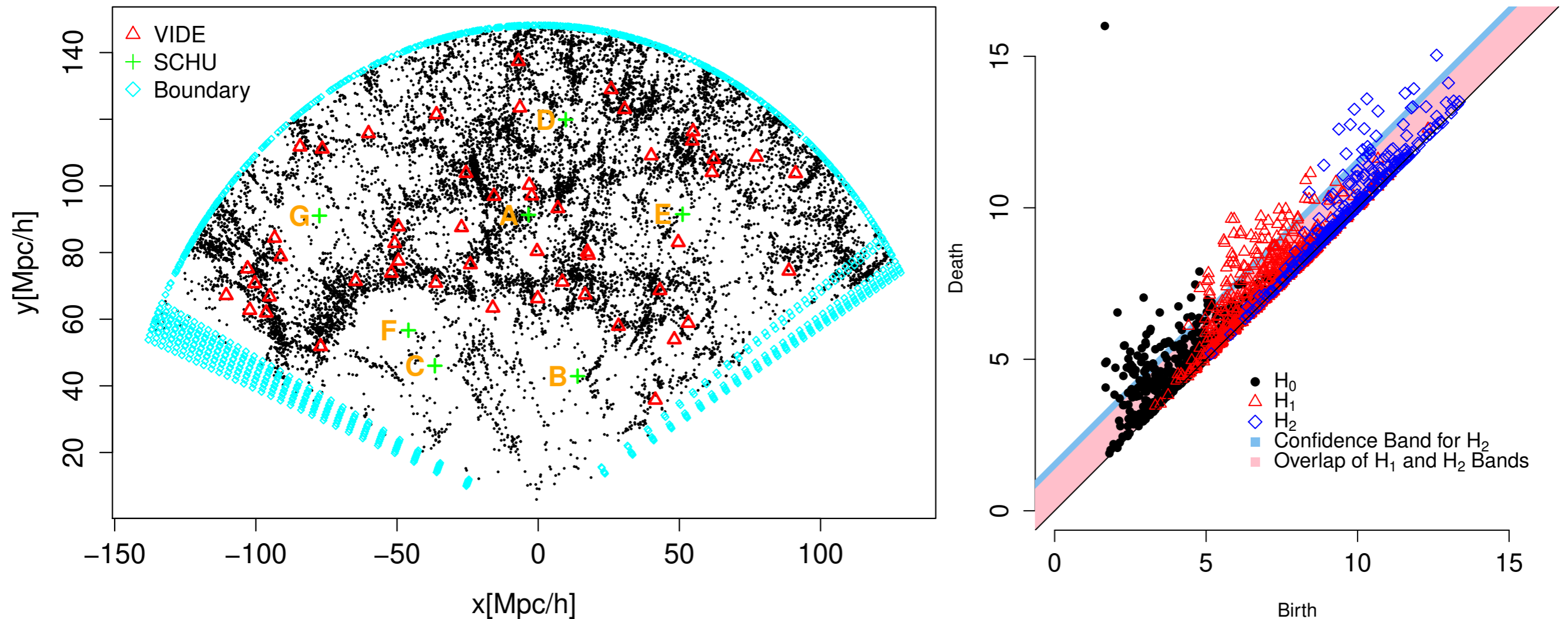


H_0 : connectivity, H_1 : loops, H_2 : voids

Points close to the diagonal are considered to be noise, insignificant structures, while points far from the diagonal show the significant topological structures.

TDA is a useful technique to find loops (H1) and voids (H2)

Xin Xu et al. 2019



- 57,795 galaxies at RA=[109.81:261.25], Dec=[-3.71:70.13], z=0-0.05
- Identified 10 filament loops ($p < 0.001$) and 15 voids (at $p < 0.09$, 311 in total)
- Consistent with Public Cosmic Void Catalog

• キャリアパス・研究生活関連

- ✓ プロジェクト化する光赤外天文学
- ✓ Rising Temporary Workforce
- ✓ 博士進学率の低下、少子化、産学官連携・寄附の増加
- ✓ ハラスメント調査結果
- ✓ Slack チャンネルの紹介 (連絡は [rhythm\(AT\)naoj.org](mailto:rhythm(AT)naoj.org) まで)

光赤の銀河業界にバイアスがかかっていることに注意

• 銀河団における銀河の形成と最近の興味

• 天文学と位相データ解析：データサイエンスのお話

研究でもなんでもこの後個別に色々話せれば幸いです