

平成30年 4月12日

海外特別研究員最終報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

採用年度 平成29年度

受付番号 430

氏名 嶋川 里澄

(氏名は必ず自署すること)

海外特別研究員としての派遣期間を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。

なお、下記及び別紙記載の内容については相違ありません。

記

1. 用務地（派遣先国名）用務地：Santa Cruz, California（国名： United States ）

2. 研究課題名（和文）※研究課題名は申請時のものと違わないように記載すること。

宇宙大規模構造に沿った銀河の多様性と棲み分けの物理的起源

3. 派遣期間：平成 29 年 4 月 1 日～ 平成 30 年 3 月 31 日

4. 受入機関名及び部局名

University of California, Santa Cruz (UCO/Lick Observatory)

5. 所期の目的の遂行状況及び成果…書式任意 **書式任意（A4判相当3ページ以上、英語で記入も可）**

（研究・調査実施状況及びその成果の発表・関係学会への参加状況等）

（注）「6. 研究発表」以降については様式10－別紙1～4に記入の上、併せて提出すること。

所期の目的の遂行状況及び成果

嶋川 里澄（平成29年4月派遣開始、平成30年3月修了）

【海外学振申請書に記載した研究計画の遂行状況の総括】

2年を予定していた派遣期間が1年に短縮されたため研究実施状況としては半分程度にとどまったが、一方で本滞在を通して、今後5年10年以上先まで継続するより長いタイムスケールを視野に入れた国際共同研究の礎を構築することができた。以下は研究達成度を簡単にまとめたものである。

- 当該研究の科学的目的の達成度について

当初の計画では滞在先の共同研究者が同定した銀河間空間の強い水素吸収線帯を元に見つけた原始銀河団領域を、私が率先してすばる望遠鏡の狭帯域フィルター撮像法によって随時観測していく予定であったが、期間の短縮やすばる望遠鏡のあるマウナケア山で昨年度記録的に悪天候が続いたことなどが影響し、一領域のみの観測にとどまった。一方で、これまで得られたデータから私が筆頭著者として3本の学術論文を発行、1本が投稿済み、さらに1本を近日中に投稿する予定である。これらのうち3本は現地の共同研究者が加わっている。

- 当該研究に関わる国際共同研究の発展について

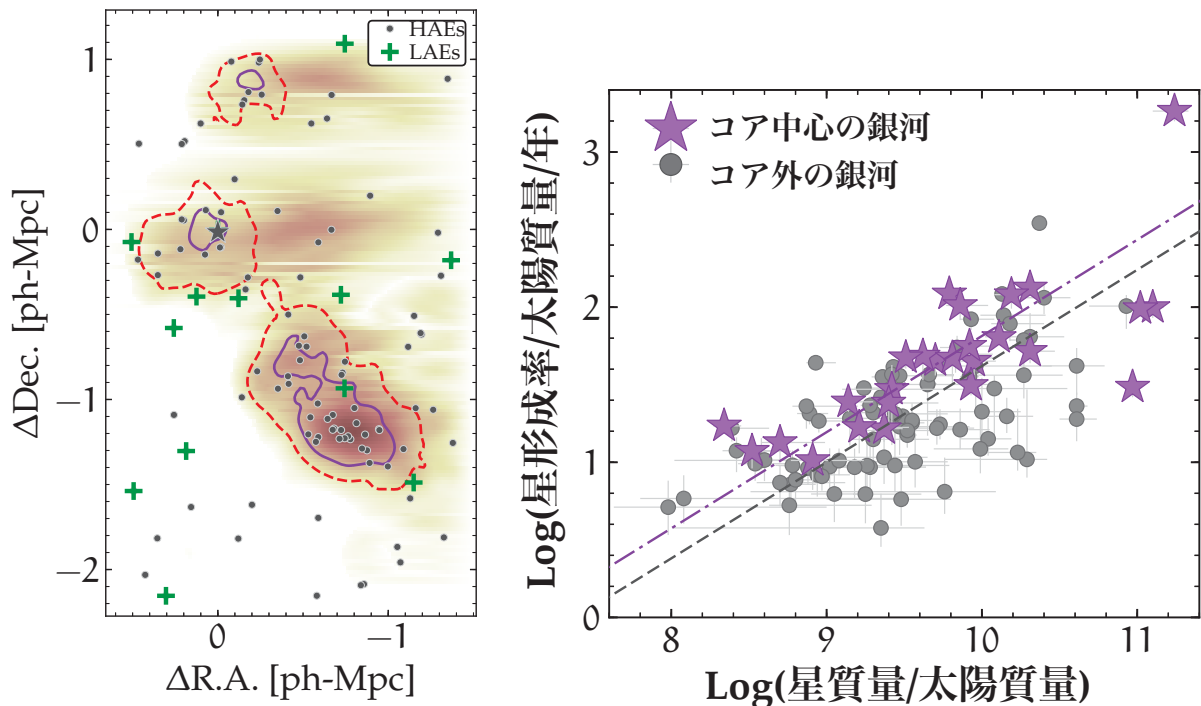
国際共同研究の基盤の確立という点では派遣期間を半分に短縮したにも関わらず当初予定していた以上の成果を得ることができた。まず、予定していた原始銀河団研究に関わる国際共同研究について、昨年度は観測が主に天候のためうまくいかなかったものの、国際チーム内でワークショップの開催や、複数の観測提案の申請などを通して、非常に密に協力し合いながら計画を進行することができた。観測提案については一部採択され、今年度実施される予定である。これらは現地に派遣されていなければ達成できなかった成果だと考えられる。

- 当該研究を超えた国際共同研究の発展について

また、私個人として非常に貴重な財産となったのが、本派遣制度を通して当該研究の枠を超えた新しい国際共同研究案を発足するに至ったことである。3年後すばる望遠鏡で運用を開始する予定である超広視野多天体分光装置 Prime Focus Spectrograph (PFS) は世界で最も広い視野を持ち、最も多くの天体を同時に分光できる非常に強力な装置であるが、私はここ数年この装置を用いた研究計画について水面下で準備を進めていた。受け入れ教員である J. X. Prochaska 教授は分光を使った吸収線解析の権威ということもあり、滞在中盤に、本研究計画について密に相談する機会を設けることができた。結果、この装置を用いた一大プロジェクトの発足までに至ることができた。本計画については私がリードする国際共同研究プロジェクトとして3年後の始動に向けて今後より大きく拡大していく予定である。

【研究成果1】断片化した原始銀河団で起こる大質量銀河の爆発的形成

現在見られる巨大銀河団という宇宙最大の自己重力系は概して周囲がホットプラズマに覆われており、そのため銀河の星形成活動が不活発で、中心核には活動を終えた大質量銀河でひしめき合っている。それに対して110億年以上遠くの銀河団の祖先である若い原始銀河団は宇宙の階層的構造形成の観点から、構造が確立されておらず断片化したいくつの群れで成り立っている。このような断片化した若い原始銀河団で銀河はいったいどのように作られているのか、また周囲のガスはどのような状態なのかこれまで観測的に分かっていなかった。



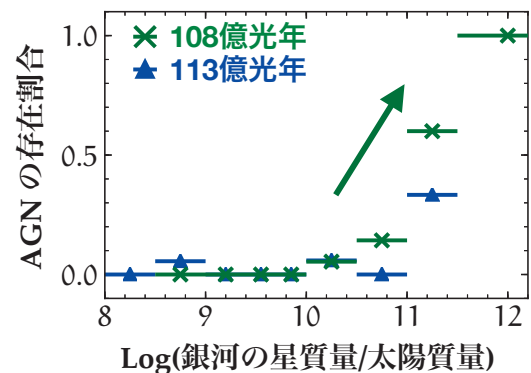
(左) 観測した原始銀河団の空間分布 (縦横スケールは赤緯・赤経). 黒丸はH α 輝線銀河, 緑十字はH α 輝線に加えてLy α 輝線も放出している銀河を示している。Ly α を出す銀河がコア領域にいない様子が見て取れる。(右) 銀河の星質量に対して星形成率をプロットしたもの。紫星がコア中心領域にいる銀河をしてしており、非常に活発な星形成活動を行っていることがわかる。また最も重い4つの銀河がいずれもコア領域にいることも見て取れる。

我々はこのような構造の持つ原始銀河団に対して、すばる望遠鏡に2種類の特注の狭帯域フィルターを取り付けて長時間観測を行うことで星形成活動の現場を捉えることに成功した。一つは銀河の星形成活動を直接的に示すH α 輝線を捉えるフィルターでもう一つは周囲の中性水素と共鳴散乱を起こし、周囲に冷たいガスが豊富にあればあるほど少ししか我々に届かないLy α 輝線を捉えるものである。結果、断片化した原始銀河団コアにはより成長した銀河がたくさん存在することがわかった。さらに、コアにある銀河はより明るくH α を放射しているのに対し、ガスの吸収を受けるLy α が有意に抑制されていることがわかった。これらの結果はまだ構造形成の進んでいない若い原始銀河団において、断片化した局所的に密な領域が大質量銀河の形成を爆発的に促している傾向にあることがわかった。これらの結果は学術論文2本にまとめられ(論文5,6)、本結果を元に総研大研究賞を受賞した。

【研究成果2】成熟した銀河の息の根を止める活動的ブラックホール

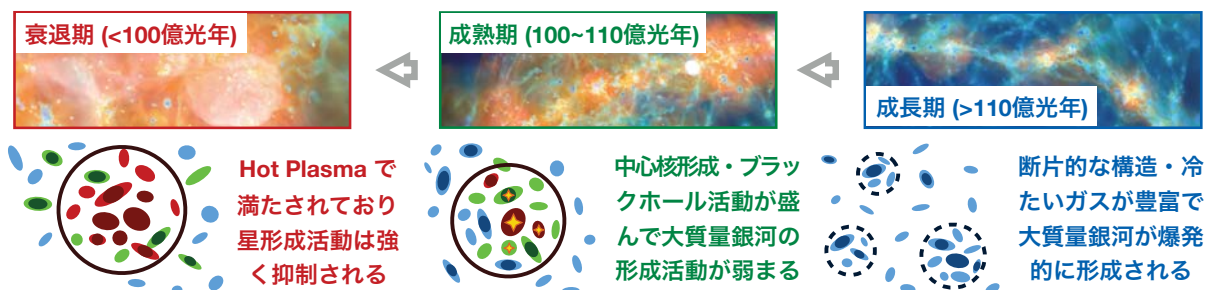
構造形成真っ只中にある若い原始銀河団では大質量銀河が活発に形成されていることがわかった。ではこれらはいつ・どのようにして現在の非活発な大質量銀河へと至ったのだろうか。

このような背景を踏まえ、先述の原始銀河団（113億光年）よりもより成長した原始銀河団（108億光年）に対して同様に星形成活動を捉えるH α 輝線を観測し星形成活動の違いを調べた。この銀河団は先述のような断片化したコア構造は持っておらず、中心に一つの大きな構造がありそこから放射状に銀河が広がっている構造を持っている。解析の結果、この原始銀河団では先ほどの若い原始銀河団で見られたものよりもさらに成長した銀河が多く見られた。非常に興味深いことに、チャンドラX線宇宙望遠鏡によるデータから、これらの大質量銀河の半分以上に活動的ブラックホール（AGN）が存在していることが明らかになった。これら活動的ブラックホールを保有する大質量銀河のスペクトル型を調べたところ、これらは正にダストに覆われた星形成銀河から非活発的な受動的銀河へと遷移している状態（ポストスターバースト銀河）であることが判明した。つまり本結果は、成熟した非常に大きな星形成銀河においてブラックホールの活動性が増大し、銀河の星形成活動を抑制することで銀河の成長を止める役割を担っていることを示唆している。本結果は宇宙論的シミュレーションが予測する銀河団における大質量銀河の形成描像とも矛盾しない。今後さらなる観測によってブラックホールが具体的に銀河にどのように影響を及ぼしているのか、また異なる活動的ブラックホールの検出手法をとることでもまだ見つかっていない活動的ブラックホールが存在していないかどうかを調べていく予定である。これら一連の結果は近日中に学術誌に投稿予定である。



銀河の星質量に対するAGNの割合。
青が前章の若い原始銀河団中の銀河、
緑が今回調べた比較的成熟した原始
銀河団中にある銀河を示している。成
熟した銀河団の銀河でよりAGNの割
合が高くなっていることがわかる。

研究成果1,2から期待される原始銀河団が銀河団になるまでの進化描像



【成長期】断片化した局所的高密度領域で急速に大質量銀河が形成される。【成熟期】成熟した大質量銀河のブラックホール活動が非常に活発になり自身の星形成活動を抑制する。【衰退期】現在の銀河団では内包する銀河の周囲はホットプラズマで覆われており何の銀河においても星形成活動がほぼ見られない。（上図は宇宙論的流体計算によるガス温度を示す・参

考文献：Volgelsberger, M., et al., 2014, MNRAS, 444, 1518-1547)