

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K05300

研究課題名(和文) ASTRO-H衛星で探る高温ガスのダイナミクスと銀河からのフィードバック

研究課題名(英文) Dynamics of hot X-ray emitting gas and feedback from galaxies with ASTRO-H

研究代表者

松下 恭子 (Matsushita, Kyoko)

東京理科大学・理学部第一部物理学科・教授

研究者番号：50366423

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：「ひとみ」衛星により試験観測されたペルセウス座銀河団のデータの解析を行った。ペルセウス座銀河団は全天で最も明るい銀河団であり、銀河からのフィードバックを研究するためには最適の天体の一つである。ペルセウス座銀河団中心領域の高温ガスの速度構造や温度、重元素組成比などを調べた。「すざく」衛星は、バックグラウンドが低く、銀河団外縁部の高温ガスのような低輝度な放射を検出することができる。銀河団外縁部までの銀河団ガスの温度、密度、鉄の組成比の測定を行い、銀河団ガスのエントロピー、圧力、や銀河団ガスの密度むらの評価を行った。重元素の総量を求めることにより銀河団銀河での星の初期質量関数の議論を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

銀河団は宇宙最大の自己重力系であり、暗黒物質の重力で銀河や数千万度の高温ガスを閉じ込めており、バリオンの実験室とも言われる。銀河団銀河は我々の天の川銀河とは異なり楕円銀河が多く、我々の太陽近傍とは異なった進化を辿ってきたように見える。恒星の集団である銀河は我々の天の川銀河のような渦巻銀河と楕円体の楕円銀河が主である。銀河団を観測することにより、2種の銀河における進化の違いを調べることができる。

研究成果の概要(英文)：We analyze data of the Perseus cluster observed with the Hitomi X-ray satellite. The Perseus cluster is the brightest cluster in the sky, and a suitable target to study feedback from galaxies in the Perseus cluster. We studied the velocity structure, temperature, and metal abundance of the hot gas in the central region of the Perseus cluster of galaxies. Suzaku has a low background and can detect low surface brightness emission of hot gas in the outer part of the clusters of galaxies. We measured the temperature, density, and Fe abundance of the intracluster medium up to the virial radius of the clusters and groups of galaxies. We studied the entropy, pressure, and density fluctuations in the cluster gas. We discuss the initial mass function of stars in cluster galaxies by determining the total mass of heavy elements.

研究分野：X線天文学

キーワード：銀河 銀河団 フィードバック 化学進化 X線天文学

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

銀河の進化に伴い、活動銀河核や超新星により銀河から銀河外にエネルギーや重元素が供給されるフィードバック過程が起こる。銀河が形成され、星が大量に形成されると寿命の短い大質量星が重力崩壊型超新星爆発を起こす。星間ガスは超新星爆発による重元素で汚染されるとともに、爆発の衝撃波により加熱される。その結果、銀河の重力ポテンシャルでは束縛できなくなり、銀河風として銀河の外に吹き出すことになる。銀河の内部の冷たいガスが加熱され銀河から失われてしまえば、星形成活動も不活性化される。また、銀河の成長とともに銀河中心の超巨大ブラックホールも成長し、活動銀河核として大量の高エネルギー光子や電波ジェットを放出し、銀河外の星間ガスにエネルギーを供給する。以上のように、フィードバックは銀河の進化のみならず銀河間物質の進化に密接に結びついている非常に重要な現象である。

2015年度にASTRO-H衛星の打ち上げが計画されていた。ASTRO-H衛星にはマイクロカロリメータが搭載され、X線光子のエネルギー分解能が飛躍的に向上する予定であった。銀河団では、バリオンのほとんどは数千万度の高温ガス(銀河団ガス)として銀河団を満たしており、強いX線を放射している。一部の銀河団や銀河群の中心領域はX線で非常に明るく、加熱源がなければ、数千万年で冷えてしまうことになる。この加熱源を調べる鍵となるのが、銀河団中心部のガスの運動であり、ASTRO-H衛星で可能になると期待されていた。また、銀河の進化を調べるためには、銀河から銀河間空間への重元素供給のメカニズムの研究や銀河間空間に含まれる重元素量の測定が重要である。ASTRO-H衛星により銀河団中心部では微量な元素の量が測定可能になるはずであった。また、鉄などの主要な元素については、2005年に打ち上げられたすざく衛星により得られた大量のデータにより、銀河団全体における総量を調べるのが可能となっていた。すざく衛星による銀河団外縁部までのデータからは、これまでに銀河団銀河から行われたエネルギーフィードバックについても制限を行うことができるが、様々な系統誤差の影響の慎重な評価が必要である。

### 2. 研究の目的

- (1) 活動銀河核や超新星爆発による銀河から銀河外へのエネルギーや重元素供給は銀河や銀河団、銀河間物質の進化を研究する上で重要なフィードバック過程である。この過程を理解するために、ASTRO-H衛星を用いて銀河団の中心銀河周辺の高温ガスやスターバースト銀河の銀河風の速度や重元素分布を調べる。活動銀河核やスターバースト銀河から吹き出る高温ガスの速度や銀河団中心領域の高温ガスの乱流速度の測定からガスの持つ力学的エネルギーを評価する。銀河団中心領域のガスの速度は銀河団の衝突合体によっても影響を受けるため、銀河団の成長を理解するためにも重要である。重元素の分布や微量元素の組成比からは銀河からの重元素の供給過程を理解する。
- (2) 銀河団外縁部までの銀河団ガスを観測することにより、過去の銀河団での銀河からのエネルギーや重元素の供給史を調べる。

### 3. 研究の方法

- (1) ASTRO-H衛星は、2016年2月に打ち上げられ、「ひとみ」衛星と名付けられたが、打ち上げ後1ヶ月後に通信が途絶えた。ひとみ衛星は試験観測としてペルセウス座銀河団などを観測した。ペルセウス座銀河団は全天で最も明るい銀河団であり、その中心部には活動銀河核が存在し、銀河からのフィードバックを研究するためには最適の天体の一つである。そこで、ペルセウス座銀河団中心部の高温ガスの速度構造や温度、重元素組成比などを調べた。
- (2) 2005年に打ち上げられた「すざく」衛星は、空間分解能についてはあまり良くないものの、バックグラウンドが低く、銀河団外縁部の高温ガスのような低輝度な放射には最適である。銀河団外縁部までの銀河団ガスの温度、密度、鉄の組成比の測定を行い、銀河団ガスのエントロピー、圧力、や銀河団ガスの密度むらの評価を行った。また、銀河団銀河の光度と比較することにより、銀河団銀河での星の初期質量関数や銀河群での銀河からのエネルギー供給についての議論を行った。

### 4. 研究成果

- (1) ひとみ衛星のマイクロカロリメータは目標とするエネルギー分解能を達成することができた。その結果、高温ガスの速度を測定したり、微弱な輝線を検出したりすることが可能となった。得られたデータは限られていたものの、ペルセウス銀河団について非常に質のいいデータを得ることができた(図1)。

ペルセウス座銀河団中心部の高温ガスの速度をドップラー効果により、初めて精密に測定することに成功し、その結果、活動銀河核により引き起こされたガスの運動ではガスの加熱が難しいことがわかった。共鳴散乱による共鳴線の強度低下も観測され、共鳴散乱の効果のモンテカルロシミュレーションを行うことにより、その効果を評価した。その結果、ドップラー効果によるガスの運動の測定と矛盾がないことがわかった。共鳴散乱の効果はドップラー効果より中心領域より外側の放射の寄与が大きく、ドップラー効果の測定と相補的な結果である。

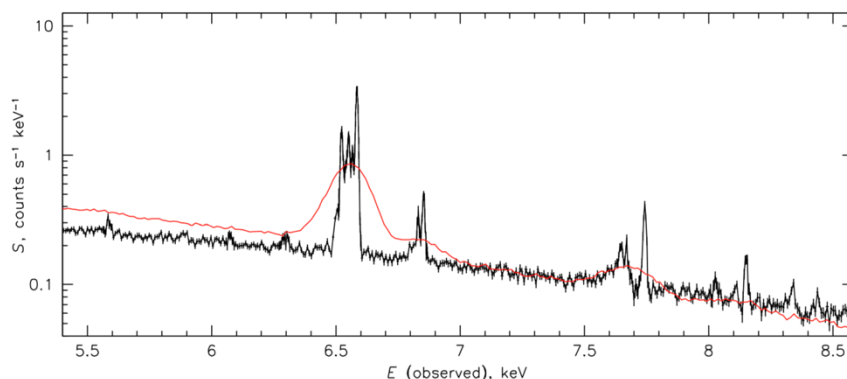


図 1. ひとみ衛星搭載マイクロカロリメータによるペルセウス座銀河団中心領域のスペクトル (黒)。赤はすざく衛星搭載 CCD 検出器のスペクトル。Hitomi collaboration et al. (2016)

同じペルセウス座銀河団のデータからペルセウス座銀河団の銀河団ガスの Si, S などの  $\alpha$  元素から鉄属元素 (Cr, Mn, Fe, Ni) の組成比が太陽とほぼ同一であることを発見した。銀河団銀河は太陽の所属する渦巻銀河である天の川銀河と違い、多くは楕円銀河である。渦巻銀河は現在も星形成を続けているのに対し、楕円銀河の多くでは現在は星形成はほとんど起こっていない。全く形態の違う銀河で、同じような元素合成が起こっていたことを示唆する非常に驚くべき結果であった。 $\alpha$  元素と鉄属元素の比が太陽と同一という結論からは、超新星による元素合成の理論や我々の銀河系の初期に形成された星の観測と比較することにより、Cr, Mn, Fe, Ni の多くは Ia 型超新星により合成されたことを示唆する結果となる。これらの鉄属元素の組成比はこの Ia 型超新星の爆発過程を反映し、宇宙における Ia 型超新星の起源を調べるのに最適である。さらに、すざく衛星や XMM 衛星など他の X 線天文衛星のデータを解析することにより、銀河団中心部の銀河団ガスに含まれる酸素、マグネシウムのようにほぼ重力崩壊型超新星により合成された元素から鉄、ニッケルなど Ia 型超新星により合成された元素まで、さまざまな元素の組成比を調べたところ、太陽や太陽と同程度の鉄を含む銀河系の星とほぼ同じ元素組成比であることがわかった。銀河団の主要メンバーである楕円銀河と渦巻銀河である銀河系で同じような質量分布で恒星が形成されたとすると、この結果を自然に説明することができる。さらに、マイクロカロリメータにより他にも多数の微弱な輝線を検出することができた。特に多数の鉄の輝線から鉄の電離温度や励起温度を測定することができた。観測された多数の輝線の強度比は中心に向かってなめらかに下がる温度構造でよく説明できることがわかった。

(2) さらに、すざく衛星により観測された 10 天体以上の銀河団、銀河群について、外縁部までのケイ素、鉄の質量分布の測定を行った。銀河団内のケイ素の質量はケイ素を合成した重力崩壊型超新星の数を反映し、現在の銀河団の銀河の光度は概ね小質量星の数を反映するため、その比も楕円銀河の初期質量関数を反映する。どの銀河団でも誤差の範囲で一致した。また、観測されたケイ素銀河光度比は太陽近傍の恒星の初期質量関数でおおむね説明できることがわかった。すざく衛星の観測により銀河団の外縁部のエントロピーが上昇しない結果となり、議論を呼んでいた。銀河団外縁部は現在も成長途上であり、銀河団への銀河群などの降着による衝撃波の加熱により外側ほどエントロピーは上昇すると予想されてきた。銀河団ガスがムラになっているとガス密度を過大評価し、エントロピーを過小評価してしまう可能性が指摘されていた。そこで、XMM 衛星により観測された数十の銀河団の外縁部の解析からガス塊候補の探査を行い、少なくとも銀河より大きなスケールのガス塊ではエントロピー異常を説明できないことを発見した。

微弱な銀河団ガスからの放射の検出のために、すざく衛星により観測された多数の領域のデータを解析することにより、銀河系的前景放射の詳細な研究を行った。100 万度程度の温度の未知の放射が銀河団以外の様々な領域から放射されていることがわかった。この放射は銀河団外縁部から観測される放射の温度や輝度と近く、銀河団ガスの温度や密度の測定への影響が大きい。すざく衛星により中規模な銀河団や銀河群の観測データを解析したところ、この放射を考慮すると、逆コンプトン放射の観測から得られた圧力分布とすざく衛星による圧力分布が一致することがわかった。また、銀河団全体のバリオンと重力質量の比は宇宙のバリオン比とよく一致することがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 12件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Simionescu et al. 35名中4番目	4. 巻 483
2. 論文標題 Constraints on the chemical enrichment history of the Perseus Cluster of galaxies from high-resolution X-ray spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1701-1721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty3220	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Hitomi collaboration 117名中94番目	4. 巻 70
2. 論文標題 Detection of polarized gamma-ray emission from the Crab nebula with the Hitomi Soft Gamma-ray Detector	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publication: Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 id113(1-19)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tamura, T et al. 17名中9番目	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 An X-ray spectroscopic search for dark matter and unidentified line signatures in the Perseus cluster with Hitomi	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Hitomi collaboration 197名中 95番目	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi X-ray observation of the pulsar wind nebula G21.5-0.9	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 id38(1-16)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hitomi collaboration (corresponding authors Hiyoya Yamaguchi and Kyoko Matsushita)	4. 巻 551
2. 論文標題 Solar abundance ratios of the iron-peak elements in the Perseus cluster	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 478,480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature24301	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Miyaoka, K. Okabe N., 他35名	4. 巻 70 Sp1
2. 論文標題 Multiwavelength study of X-ray luminous clusters in the Hyper Suprime-Cam Subaru Strategic Program S16A field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 S22-1, S22-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx132	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hitomi collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Atmospheric gas dynamics in the Perseus cluster observed with Hitomi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 9-1, 9-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx138	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hitomi collaboration	4. 巻 70
2. 論文標題 Measurements of resonant scattering in the Perseus Cluster core with Hitomi SXS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 10-1,10-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx127	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hitomi collaboration (Corresponding authors: Nakashima S., Matsushita K., Simionescu A., Bauts, M., Nakazawa, K., Okajima T., Yamasaki N.)	4. 巻 70
2. 論文標題 Temperature structure in the Perseus cluster core observed with Hitomi	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 11-1,11-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Aharonian F A., Akamatsu H., Akimoto F., 他 Matsushita K., Sato K., 全218名	4. 巻 837
2. 論文標題 Hitomi Constraints on the 3.5 keV Line in the Perseus Galaxy Cluster	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L15 p1-p9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aa61fa	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sasaki, T., Matsushita, K., Sato, K., Okabe, N.	4. 巻 68
2. 論文標題 X-ray observations of a subhalo associated with the NGC 4839 group infalling toward the Coma cluster	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 id85 p1-p15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psw078	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hitomi collaboration, Aharonian F., Akamatsu H., Akimoto F., 他 Matsuhita K., Sato K. 全215名	4. 巻 7610
2. 論文標題 The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 117-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature18627	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Uchida Y., Simionescu A., Takahashi T., Werner N., Ichinohe Y., Allen S., Urban O., Matsushita K.	4. 巻 68, SP1
2. 論文標題 Suzaku observations of a shock front tracing the western edge of the giant radio halo in the Coma Cluster	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 S20 p1-p10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psv126	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 平井真一, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学), 佐藤浩介 (埼玉大学)
2. 発表標題 近傍銀河団の r500 までの重元素分布
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉山剣人, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学), 佐藤浩介 (埼玉大学)
2. 発表標題 銀河団外縁部の観測に対する前景放射の影響の評価
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田将暉, 松下恭子, 小林翔悟 (東京理科大学), 佐藤浩介 (埼玉大学)
2. 発表標題 銀河団外縁部のエントロピーの平坦性に対するガス塊の寄与
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島真也 (理化学研究所), 松下恭子, 佐藤浩介 (東京理科大), 田村隆幸, Aurora Simionescu (ISAS/JAXA), Marshall W. Bautz (MIT), ひとみコラボレーション
2. 発表標題 X 線天文衛星「ひとみ」によるペルセウス座銀河団の温度構造解析 II
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川愛生, 松下恭子, 佐藤浩介 (東京理科大学), 深沢泰司, 大野雅功, 挽谷政弥 (広島大学)
2. 発表標題 ペルセウス座銀河団における高温ガスの乱流による共鳴散乱の評価 II
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤浩介, 古川愛生, 松下恭子 (東京理科大), 大野雅功, 深沢泰司 (広島大), F. Paerels (Columbia univ.), I. Zhuravleva (Stanford univ.), 「ひとみ」コラボレーション
2. 発表標題 ひとみ (ASTRO-H) SXS によるペルセウス座銀河団中心部の共鳴散乱 III
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古川愛生, 松下恭子, 平井真一 (東京理科大学), 佐藤浩介 (埼玉大学)
2. 発表標題 銀河団における高温ガスの乱流による共鳴散乱の影響の定量化
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 松下恭子、Hitomi collaboration
2. 発表標題 「ひとみ (ASTRO-H)」SXSによるペルセウス座銀河団中心部の乱流速度
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古川愛生, 松下恭子, 佐藤浩介, 佐々木亨, 天海公志 (東京理科大学), 深沢泰司, 枝廣育実 (広島大学)
2. 発表標題 ペルセウス座銀河団における高温ガスの乱流による共鳴散乱の評価
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤浩介, 古川愛生, 天海公志 (東京理科大学), Hitomi (ASTRO-H) collaboration
2. 発表標題 「ひとみ (ASTRO-H)」SXSによるペルセウス座銀河団中心部の共鳴散乱
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤浩介, 古川愛生, 佐々木亨, 松下恭子 (東京理科大), F. Paerels (Columbia), I. Zhuravleva (Stanford), 山口弘悦 (NASA/GSFC), 中島真也 (ISAS/JAXA), 深沢泰司, 大野雅功 (広島大), 「ひとみ」コラボレーション
2. 発表標題 「ひとみ (ASTRO-H)」SXSによるペルセウス座銀河団中心部の共鳴散乱 II
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中島真也 (ISAS/JAXA), 松下恭子, 佐藤浩介 (東京理科大), 山口弘悦 (NASA/GSFC, メリーランド大) Aurora Simionescu, 田村隆幸 (ISAS/JAXA), Marshall W. Bautz (MIT)
2. 発表標題 X線天文衛星「ひとみ」によるペルセウス座銀河団の温度構造解析
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口弘悦 (NASA/GSFC, メリーランド大), 松下恭子, 佐藤浩介, 佐々木亨 (東京理科大), 中島真也, Aurora Simionescu (宇宙研), Marshall W. Bautz (MIT), Michael Loewenstein (NASA/GSFC)
2. 発表標題 X線天文衛星「ひとみ」によるペルセウス座銀河団の重元素量測定とその解釈
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊雅雅史、松下恭子、佐藤浩介、佐々木亨 (東京理科大学)、太田直美 (奈良女子大学)
2. 発表標題 「すざく」衛星による Abell 12163 銀河団外縁部の詳細な解析
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木亨, 松下恭子, 佐藤浩介, 横田佳奈, 栗山翼, 菅野祐 (東京理科大学), 赤松弘規 (SRON), 藤田裕 (大阪大学), 中澤知洋 (東京大学), 岡部信広 (広島大学), 大橋隆哉 (首都大学東京), 太田直美 (奈良女子大学), 田村隆幸 (ISAS/JAXA), 滝沢元和 (山形大学)
2. 発表標題 「すざく」で観測した近傍銀河団・銀河群のエントロピー分布
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅野祐、松下恭子、佐藤浩介、佐々木亨 (東京理科大学)、一戸悠人 (首都大学東京)
2. 発表標題 「すざく」によるAbeII 262銀河団内の鉄質量と銀河分布の方向依存性
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>銀河団も太陽も化学組成は同じだった  <a href="http://www.jaxa.jp/press/2017/11/20171114_hitomi_j.html">http://www.jaxa.jp/press/2017/11/20171114_hitomi_j.html</a>  銀河団も太陽も化学組成は同じだった  <a href="http://www.tus.ac.jp/today/20171113004.pdf">http://www.tus.ac.jp/today/20171113004.pdf</a></p>
---

6. 研究組織		
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)
		備考