

銀河・銀河団分科会

銀河・銀河団に眠る無限の神秘 *+:。。。。。: +*

日時	7月28日 17:45 - 18:45, 20:15 - 21:15 7月29日 16:15 - 17:00, 17:15 - 18:15 (招待講演: 小波 さおり 氏), 18:30 - 19:30 7月30日 13:30 - 15:45, 16:00 - 17:00 (招待講演: 小山 佑世 氏)
招待講師	小波 さおり 氏 (首都大学東京)「X線でさぐる銀河の重元素合成」 小山 佑世 氏 (宇宙科学研究所)「マクロとミクロな視点で解き明かす銀河進化と環境効果」
座長	堀内貴史 (信州大 D1)、水野翔太 (京大 M2)、佐野圭 (東大 M2)、加藤裕太 (東大 M2)、桐原崇亘 (筑波大 D1)、玉沢裕子 (東大 M2)
概要	<p>本分科会では、銀河系、近傍銀河、遠方銀河、AGN 及び銀河団全般について、観測・理論の両面において活発な議論を行うことを目的としている。近年の観測技術の発展、理論研究に必要な計算機の性能の向上は非常に目覚ましい。地上の大型望遠鏡、宇宙望遠鏡の活躍や SDSS 等の大規模サーベイにより銀河・銀河団の物理や描像の検証・理解が大幅に進んだ。さらに今後は、次世代望遠鏡 (HSC、GAIA、JWST、TMT、GMT や ASTRO-H など) の運用により 現段階では観測できない銀河・銀河団の新たな描像の理解が、急?に発展することが予想される。</p> <p>一方で、理論的研究も計算効率の向上と計算機の性能向上とが相まって急?に発展している。これによって様々な銀河の性質を計算機上で再現出来るようになり、理論から多くの観測事実を検証することが可能になっている。このようにこれからは銀河・銀河団を研究する上で非常に恵まれた時代であり、これから研究者を目指す我々に用意された可能性は底知れない。そのため、若い我々が近傍・遠方、理論・観測等の垣根を越え、理解を深めることは重要である。</p> <p>本分科会が、参加者にとって銀河・銀河団研究の現状を把握し、自身の研究活動の可能性が広がる場になることを期待する。</p> <p>注) 降着円盤からのアウトフローは銀河・銀河団分科会で扱います。 注) AGN ホスト銀河と AGN と銀河の共進化については銀河・銀河団分科会で扱います。 注) AGN のブラックホールとしての挙動やジェットに注目する場合はコンパクトオブジェクト分科会で扱います。 注) 球状星団を1つの系としてみる場合などは銀河・銀河団分科会で扱います。 注) 系外銀河内の星形成あるいは銀河系内の kpc スケールに関連する星形成活動は銀河・銀河団分科会で扱います。 注) Gpc 以上の大スケールの構造形成は銀河・銀河団分科会では扱いません。Mpc 以下のスケールの構造形成は、その構造をトレースするものが銀河である場合 (例えば銀河団) は銀河・銀河団分科会で扱います。</p>

小波 さおり 氏 (首都大学東京)

7月29日 17:15 - 18:15 B(大コンベンションホール)

「X線でさぐる銀河の重元素組成」

宇宙に存在するほとんどの重元素は、宇宙が誕生したビッグバン当時は存在せず、ほぼ水素とヘリウムだけでした。炭素より重い元素は星や星が進化の最後に起こす大爆発「超新星爆発」によって生成され、宇宙に拡散されてきました。さらに、超新星爆発によって供給される元素は、元となる星の質量によって組成が異なります。これらのことから、元素組成/組成比を調べることは宇宙の化学進化、星形成史を調べる強力なツールとなっており、我々は宇宙に広がる高温ガス中の元素組成をX線観測で調べています。

銀河には可視光で観測される星やガスだけでなく、高温(数百-1千万度)のガスが付随しており、X線で観測することができます。より大きな構造である銀河団や大規模構造にもX線を放射する高温ガスは存在し、宇宙に存在する大部分のバリオンはX線でのみ観測可能です。2005年に日本が打ち上げたX線天文衛星「すざく」により、銀河の高温ガスやより薄く広がった領域の元素組成を詳細に調べることが可能になりました。本講演では、「すざく」が明らかにした銀河の元素組成の結果を中心に紹介し、銀河から銀河団への元素流出や、さらに広がった空間での元素分布の調査についても、次世代の衛星の話を変えながらお話しします。

1. S. Konami et al. ApJ, 783, 8 (2014)
2. S. Konami et al. PASJ, 63, 913 (2011)

小山 佑世 氏 (宇宙科学研究所)

7月30日 16:00 - 17:00 B(大コンベンションホール)

「マクロとミクロな視点で解き明かす銀河進化と環境効果」

銀河は宇宙のもっとも基本的な構成要素であると同時に、我々自身も銀河系という銀河の住人である。銀河進化の研究とは、銀河の過去の姿を知ることであり、究極には我々のルーツを探る研究であるともいえるだろう。観測によって明らかになる遠方宇宙(すなわち過去の宇宙)の銀河のスナップショットから、現在の宇宙の銀河へと進化する過程を読み解くのが銀河進化研究の基本である。近年の観測技術の向上によって、遠方銀河の研究も単に銀河を「検出」する段階から、銀河がいつ・どこで・どのように進化したかを詳細に研究するフェーズへと移行しつつある。平方度スケール(あるいはそれ以上)の大規模なサーベイが行われ、だれでも比較的簡単に遠方銀河の統計的なサンプルを得ることができるようになった。一方で、地上の大望遠鏡や宇宙望遠鏡を利用して、0.1秒角スケールのミクロな視点で遠方銀河の内部構造を明らかにする研究も最近では急ピッチで進んでいる。講演では、このような新時代の銀河サイエンスを見据えながら、特に私たちが注目する銀河を取り巻く環境と銀河進化の関係(いわゆる「環境効果」)に焦点を当て、私たちがすばる望遠鏡などを用いて取り組んでいる遠方宇宙の星形成銀河サーベイの成果を紹介したい。単なる研究結果の羅列ではなく、特にこれから銀河の研究を本格的にスタートさせたいと考えている皆さんの少しでもヒントになるように、銀河の研究がいかに多様で戦略性に富んだものであるかを実感できるよう努めたい。

銀河 a1 高赤方偏移におけるクェーサー光度関数の導出に向けたコンプリートネスの評価

仁井田 真奈 (愛媛大学 M1)

超巨大ブラックホールの形成進化を明らかにするためには、各時代におけるクェーサーの光度関数 (単位体積、単位等級あたりの個数分布) を求めることが重要である。これまでの研究により、近傍のクェーサーの個数密度の進化は明らかになってきたが、遠方の特に低光度のクェーサーの個数密度の進化については、観測の難しさからまだ分からないことも多い (e.g., Ikeda et al. 2011, 2012)。したがって、幅広い光度範囲におけるクェーサーの個数密度の進化を正しく理解するためには、まだ分かっていない高赤方偏移の光度関数を正確に求めることが重要である。

光度関数を正確に求めるための重要な要素の一つにコンプリートネスが挙げられる。本研究では、コンプリートネスは実際のクェーサーを候補天体の中から二色図上で選出できる割合として定義している。従来の光度関数の導出方法では、光度に依らず一定の形状のクェーサーズベクトルを用いてコンプリートネスの計算が行われてきた。しかし、クェーサーズベクトルには低光度のものほど、C IV 輝線等の等価幅が大きいという光度依存性がある (e.g., Croom et al. 2002)。この光度依存性を考慮すると、光度によって二色図上での選出条件に対するカラーの振る舞いが異なるため、コンプリートネスも光度ごとに異なることが予想される。したがって、より正確なクェーサーの光度関数を導出するためには、コンプリートネスの光度依存性も考慮に入れる必要があると考えられる。そこで、我々はスローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS) で観測されたクェーサーサンプルを用いて光度ごとに二色図上でのカラーの振る舞いを調べると共に、COSMOS 天域の画像を用いて赤方偏移 4 及び 5 におけるコンプリートネスの評価を行なうことでこの問題の解決を試みた。本講演では、クェーサーズベクトルの光度依存性がコンプリートネスに与える影響について報告する。

1. Ikeda et al. 2011, ApJ, 728, L25
2. Ikeda et al. 2012, ApJ, 765, 160
3. Croom et al. 2002, MNRAS, 337, 275

銀河 a2 クェーサーに対するダスト減光効果

白方 光 (北海道大学 宇宙物理学研究室 M1)

我々は準解析的手法を用いてクェーサー (QSO) の B バンド光度関数を求め、観測と比較した。その目的は以下の 3 つについて考察することである；①ダスト減光効果、②銀河合体から超大質量ブラックホール (SMBH) への質量降着が起こるまでのタイムスケール、③ハローからの cold gas 降着を止めるフィードバック効果である。本研究では準解析的銀河形成モデル ν GC (Nagashima et al. 2005) に QSO のモデルを導入 (Enoki et al. 2003) したものをを使う。このモデルでは銀河の major merger によって爆発的星形成が引き起こされ、それによって出来た星の質量に比例する質量が major merger と同時に SMBH に降着し始めて QSO 活動が引き起こされる。①を考えるにあたり、ダスト分布は銀河のバルジ半径に一様分布したものを考える。これは QSO 光度に最も弱い効果しか与えないダスト分布であるため、得られる QSO の放射能率は実際の QSO の放射能率の下限を与えるものである。しかし、得られた放射能率は理論的に考えうる値の上限ぎりぎりであった。そのためモデルの修正が必要で、②について考察する必要が出てきた。cold gas がある程度爆発的星形成で消費されてから QSO が光り始めるモデ

ルに修正したところ、 $z \simeq 1.5$ での光度関数は再現できたが、low z で明るい QSO が出来すぎている。ここまでのモデルでは、巨大銀河の形成を避けるために、ハローの cooling はハローの回転速度 V_{circ} が $V_{\text{circ}} \leq V_{\text{cut}}$ を満たすハローのみに適用されていた。我々はその条件を $V_{\text{circ}} \leq V_{\text{cut}}(1+z)^\alpha$ に変更し、B バンド光度関数の変化を調べた。

1. Enoki et al 2003, PASJ, 55, 133
2. Nagashima et al 2005, ApJ, 634, 26

銀河 a3 アウトフローガスとクェーサー光度の時間変動の関連性

堀内 貴史 (信州大学大学院総合工学系研究科 D1)

クェーサーの降着円盤からは、主に輻射圧によって、アウトフローガスが高速度で放出されている。アウトフローガスは降着円盤から角運動量を取り除き、中心部への新たなガスの降着を促進するため、クェーサーの成長には欠かせない重要な要素である [1]。

アウトフローガスの研究ではスペクトル上の幅の広い吸収構造 (BAL) [2] が従来用いられてきた。しかし近年では、アウトフローガス由来の線幅の狭い吸収構造 (NAL) や、BAL と NAL の中間的性質を有する mini-BAL も用いられている。アウトフローガスの吸収線は一定の時間間隔をあけて観測したときに、変動を示す場合があるが、その原因は解明されていない。時間変動の原因として、現段階で最も有力な機構が、電離状態変動シナリオである。この機構はクェーサーの光度変動がアウトフローガスの電離状態に変化を及ぼした結果、アウトフローガスに変動をもたらすというものである。激しい時間変動を示す BAL に関しては、このシナリオの正当性は賛否が分かれている。

そこで、本研究では電離状態変動シナリオの検証を、mini-BAL, NAL クェーサーに対して行った。mini-BAL, NAL クェーサーの光度変動をモニターするために、木曾 105cm シュミット望遠鏡/KWFC を用いて、mini-BAL の典型的な変動期間 (数週間から、数ヶ月) を上回る、2 年間に渡り年に 4 回の頻度で行った。その結果、mini-BAL, NAL クェーサーともに同程度の光度変動がみられたが、上記のシナリオをサポートするほどではないことが判明した。またこの結果は、電離状態変動シナリオの補助的な機構の存在を示唆するものである。補助機構の有力な候補は、降着円盤内縁に存在する warm absorber [3] の光学的厚さの変動である。

1. Proga et al. 2000, ApJ, 543, 686
2. Weymann et al. 1991, ApJ, 373, 23
3. Krongold et al. 2007, ApJ, 659, 1022

銀河 a4 短時間変動選択による低光度 AGN の同定

松本 恵未子 (甲南大学 M2)

活動銀河核 (AGN) の中でも比較的暗い AGN を低光度 AGN と呼ぶ。近年の深探査では、時間変動を示すが、X 線を含むその他の観測では AGN の兆候を示さないものが数多く存在している。しかし、こういう天体は遠方に存在し追観測が難しいため、謎が多く残っている。そこで本講演では低光度 AGN 候補天体の詳細についてと現在の観測状況について発表する。私は、木曾 105cm シュミット望遠鏡での超新星探査 KISS で取得したデータを用いて見つかった近傍における低光度 AGN 候補天

体を時間変動等の情報から低光度 AGN 候補天体を選び出した。候補天体の追観測は岡山 188cm 望遠鏡可視分光装置 KOOLS にて行った。その結果 H α の広輝線は検出されているが、AGN に見られる [OIII] λ 4363 等の輝線は検出出来ていない。今後は H α が検出された天体をより詳しく調べると共に、観測を行っていく。

1. Sarajedini, et al. 2006, ApJS, 166, 69
2. Cohen, et al. 2006, ApJ, 639, 731
3. Maoz et al. 2005, ApJ, 625, 699

銀河 a5 1 型活動銀河核からの中性鉄 K α 輝線放射スペクトル解析および ASTRO-H 衛星による観測シミュレーション

伊藤 由裕 (東京理科大学 松下研究室 M1)

宇宙に存在する大多数の銀河はその中心部に超巨大なブラックホールを有しており、特に活動性の激しい銀河中心部を活動銀河核とよぶ。活動銀河核の X 線スペクトルには狭い輝線幅をもつ中性鉄 K α 輝線 (6.4 keV) が存在し、可視光に比べてダストによる吸収の影響を受けにくい利点がある。したがって活動銀河核と銀河が互いに影響を与え合いながら進化してきたとする共進化現象の解明のために、狭い輝線幅をもつ中性鉄 K α 輝線は重要なツールの一つである。

しかしながら、実は中性鉄 K α 輝線の放射領域の場所は未だに不確かである。そこで本研究では輝線幅から速度を決定することで、中性鉄 K α 輝線の放射領域の推定を目指した。輝線幅の正確な決定には輝線の高精度な観測が求められるため、現行の X 線天文衛星の中で 6.4 keV 付近のエネルギー分解能に優れた Chandra 衛星の高エネルギー回折格子 (HETG) 観測データを使用した。複数の 1 型活動銀河核についてスペクトル解析をおこなった結果、個々の天体について全 HETG 観測データのスペクトルを全て足し合わせることで、個々の観測データと比較して輝線幅の精度を大幅に向上させることに成功した。さらに、可視光観測との比較や観測データから X 線光度を求めて輝線幅と X 線光度の相関についての議論もおこなった。また、2015 年度に打ち上げが予定されている次世代 X 線天文衛星 ASTRO-H の観測シミュレーションをおこなって HETG 観測結果と比較した。ASTRO-H 衛星に搭載予定の SXS 検出器は HETG 観測に比べて有効面積・エネルギー分解能ともに一桁近い向上が見込まれており、HETG 観測と比べてより高精度な中性鉄 K α 輝線の観測が可能であると予想される。シミュレーション結果から、SXS による観測では HETG 観測の 1/20 程度の観測時間でも HETG 観測を上回る精度で輝線幅を決定することが可能であると分かった。

1. Yaqoob, T., & Padmanabhan, U. 2004, ApJ, 604, 63
2. Mitsuda, K., Kelley, R. L., Boyce, K. R., et al. 2010, SPIE, 7732,

銀河 a6 $z \sim 2$ の Ly α 輝線銀河 (LAEs) のダスト放射の性質とその応用

日下部 晴香 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M1)

銀河のダスト吸収量や星形成率を正確に求めるには、可視紫外だけでなく赤外の放射も調べる必要がある。しかし、小質量の星形成銀河である LAEs の赤外放射は、 $z \gtrsim 1$ ではスタッキング解析を行っても

検出されず、大きな上限値しか得られていなかった (wardlow+13)。そこで我々は、GOODSS 領域の $z \sim 2$ の LAEs の大きなサンプルに Herschel/PACS と Spitzer/MIPS の深い公開データのスタッキング解析を行なった。これらの LAEs の平均的な紫外線光度は $L_{UV} \sim 5e9L_{\odot}$ 、星形成率は $SFR_{UV} \sim 1.4M_{\odot}/yr$ と同時代の典型的な紫外連続光銀河の 1 割程度しかない (Reddy+12)。平均的な赤外光度の 2σ 上限値は $L_{TIR} \sim 7e9L_{\odot}$ と強い制限を得ることに成功し、星形成率は $SFR_{IR} \lesssim 1.2M_{\odot}/yr$ と SFR_{UV} と同程度以下であることがわかった。IRX $^{\text{def}} = L_{TIR}/L_{UV}$ は 1.5 以下となり、紫外連続光銀河の ~ 8 (Reddy+12) や同時代の cosmic average の ~ 5 (Burgarella+13) よりも遥かに小さい。対応する減光量は $A_{1600} \lesssim 0.9$ である (Buat+05)。Ly α 光子の脱出率は $0.23 \lesssim f_{\text{esc}} \lesssim 0.43$ となり同時代の典型的な銀河の 0.03 (Hayes+11) と比べて極めて大きい。本サンプルの IRX と f_{esc} は、 $z \sim 5-6$ 以遠の cosmic average の値 (Burgarella+13, Hayes+11) に相当する。つまり、本研究の結果はダスト放射を観測することがより困難な更に遠方の LAEs への応用や、Ly α の輻射輸送の理論モデルの議論にも有用である。本講演では、Nebular Emission 入りの SED fitting から得られる物理量も合わせて、LAEs の性質とその応用可能性について議論する。

1. Wardlow et al.2014,ApJ,787,9
2. Reddy et al.2012,ApJ,744,154
3. Burugarella et al.2013A&A 554,70

銀河 a7 $z \gtrsim 7$ での Ly α 光度関数の加速的進化とその物理的描像

今野 彰 (東京大学宇宙線研究所 D1)

遠方の星形成銀河の 1 つである Ly α 輝線銀河 (LAE) の Ly α 光度関数 (LF) の進化を探ることは、宇宙再電離と銀河進化を調べる上で重要である。近年では $z \sim 7.3$ LAE 探査が精力的に行われている。しかし $z = 6.6$ と $z \sim 7.3$ の間で、Ly α LF は無進化であるという研究と、減少しているという研究があり、両者は対立していた。すばる望遠鏡を用いた $z \sim 7.3$ LAE 探査の研究もあるが、それらの研究では Ly α LF の明るい側しか観測することができず、 $z = 6.6-7.3$ での Ly α LF の進化に明確な結論が出せなかった。そこで本研究では、独自の狭帯域フィルター NB101 を開発した。NB101 をすばる主焦点カメラに搭載し、合計 106 時間の撮像観測を行った。この観測で我々は暗い $z = 7.3$ LAE を探査し、 $z = 7.3$ の Ly α LF をこれまでに無く高い精度で求めた。その結果、我々は $z = 6.6-7.3$ で Ly α LF は $> 90\%$ の信頼性で有意に進化していると結論づけた。さらに我々は、 $z \gtrsim 7$ での Ly α LF の加速的進化を初めて明らかにした。宇宙の星形成率の進化を表す UV LF は $z \sim 8$ で急速に減少している。従って我々は、Ly α LF の加速的進化は星形成率の進化とは異なるメカニズムで生じている可能性を示した。本講演では、Ly α LF の加速的進化を宇宙再電離で説明できるかを考察し、Ly α LF の加速的進化の物理的描像について議論する。

1. A. Konno et al. arXiv:1404.6066 (2014)

銀河 a8 ALMA アーカイブデータを用いたミリ波輝線 銀河光度関数の制限

山口 裕貴 (東京大学理学系研究科付属天文学教育研究センター M1)

近年の研究により宇宙の星形成率密度が宇宙年齢にわたりどのように変遷してきたかが明らかになりつつある。次のステップとしてその原因を理解するには星の材料となる分子ガス量の変遷を調べることが不可欠であり、その方法として無バイアスなミリ波分子輝線探索による分子輝線光度関数の測定が重要である。これまでも CO 分子輝線の偶然検出や原始銀河団をプローブにした CO 分子輝線探索などが行われてきたが、CO 輝線光度関数により強い制限を付けるためには広く深い観測が必要である。本研究では新手法として、ALMA アーカイブデータの利用を提案している。本研究で用いたのは ALMA cycle 0 で行われた銀河団 Abell 1689 の band 6 (230 GHz 帯) による観測である。広さはおよそ 5 平方分にわたり、深さは連続波で $\sigma \sim 90\mu\text{Jy}/\text{beam}$ を達成している。速度分解能を変えて再解析したところ、観測周波数 241GHz 付近に輝線天体を検出した。再解析後は約 30km/s の速度分解能で $\sigma \sim 2.5\text{mJy}/\text{beam}$ を達成している。検出した輝線を同定するため、可視光から近赤外線での対応天体をハッブル宇宙望遠鏡の画像で調べたところ I バンドで検出されていた。このため $z = 6.88$ にある [CII] 輝線の可能性が棄却され、CO 回転遷移輝線である可能性が高いことが分かった。この天体の分子ガスの質量は $10^9 M_\odot$ 程度と推定されたが、これは近傍スターバースト銀河 M82 と同等である。これは検出された天体がより一般的な星形成銀河であることを示唆している。検出された天体は 1 つだが ALMA の高い感度を活かし、CO 光度関数に上限を与え、準解析的銀河形成モデルからの予言や従来の観測と矛盾しない値であることが確かめられた。以上より本研究では ALMA アーカイブデータの利用がミリ波分子輝線光度関数の測定に有用であることを示すことができた。

1. Tamura et al. 2014, ApJ, 781, L39
2. Aravena et al. 2012, MNRAS, 426, 258
3. Walter et al. 2002, ApJ, 580, L21

銀河 a9 銀河の化学力学進化シミュレーションから探る r プロセス起源天体 I: 銀河系 vs. 矮小銀河

平居 悠 (国立天文台三鷹 M2)

銀河の化学力学進化シミュレーションは、元素の起源を探る有力な手段である。近年の大型望遠鏡を用いた観測により、局部銀河群に存在する矮小銀河中の星の運動、星形成史、化学組成が明らかになりつつある (e.g., [1])。星の化学組成には、その星が誕生するまでに銀河が経験してきた元素合成イベントの痕跡が残されている。銀河の元素分布は、力学進化に由来する星形成史を反映している。したがって、元素の起源を明らかにし、化学進化と力学進化の関係を理解するためには、銀河の化学進化と力学進化を同時にシミュレーションする必要がある。

近年、鉄より重い核種の合成過程である r プロセスの研究が盛んに行われている。r プロセス由来の元素 (r プロセス元素) の起源としては、重力崩壊型超新星爆発と中性子星合体が考えられている。しかし、どちらが有力な起源か明らかになっていない。本研究は、N 体/Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) コード、ASURA[2, 3] に超新星爆発、中性子星合体の化学進化モデルを導入し、銀河の化学力学進化シミュレーションを行うことで、r プロセス元素の起源天体を制限することを

目的とする。

本講演では、超新星爆発で r プロセスが起こったと仮定した場合について化学力学進化シミュレーションを行った結果を報告する。まず、重力崩壊型超新星爆発の内、親星の質量が 9-10 M_\odot または、30 M_\odot 以上の超新星で r プロセスが起こったと仮定して銀河系モデルで計算した場合について報告する。9-10 M_\odot の超新星や中性子星合体では、r プロセスに富んだ星の観測結果を説明できるが、30 M_\odot 以上の超新星では難しいことを示す。続いて、矮小銀河モデルで r プロセスの進化を計算した結果を示し、低質量な銀河における r プロセス元素の進化と力学進化の関係を調べる。さらに、銀河系及び矮小銀河中の r プロセス元素組成比の観測結果と本シミュレーション結果を比較することにより、r プロセス元素の起源を制限する。

1. E. Tolstoy, V. Hill, and M. Tosi ARA&A 47 371 (2009)
2. T. R. Saitoh et al. PASJ 60 667 (2008)
3. T. R. Saitoh et al. PASJ 61 481 (2009)

銀河 a10 Gas-rich な矮小銀河内の HII 領域の形態と 分布

高橋 晴香 (東京大学大学院理学系研究科天文学教育センター M1)

銀河は金属元素をほとんど含まない原始銀河ガス雲から誕生し、星生成を繰り返しながら進化してきたと考えられている。金属元素は星の内部で作られるため、銀河中の金属量はその銀河の星生成、すなわち進化を反映している。銀河の金属量はその質量と強い正の相関をもつことが知られているが (mass-metallicity relation ; Tremonti+2004, ApJ, 613, 898)、その背景にある物理は未だ解明されていない。

Mass-metallicity relation においては、銀河の質量が減少するとともに金属量が急激に落ち込むので、低質量銀河である「矮小銀河」を観測することは問題解決の糸口となる。この金属量の急激な落ち込みは、超新星爆発によって放出された金属濃縮ガスが、矮小銀河の小さな重力ポテンシャルには捕まらずに銀河の外に流出するという解釈によって説明されてきたが、観測的な実証はないのである。

この矮小銀河における金属量汚染のメカニズムを明らかにするため、近傍の 3 つの低金属量の gas-rich 矮小銀河について H α 輝線の深撮像データを解析し、HII 領域の形態と分布を調べた。観測は「すばる」望遠鏡 FOCAS を用いて 2011 年 6 月に行われた。本発表ではプレリミナリーな解析結果について紹介し、H α 輝線の分布について議論する。

1. Tremonti+2004, ApJ, 613, 898

銀河 a11 空間分解された近傍銀河における星形成則 の研究

照屋 なぎさ (名古屋大学、銀河進化学研究室 (Q 研) M1)

銀河の進化を考える上で、星形成に関わる量を正確に評価することは本質的に重要である。単位時間あたりに作られた星の総質量を星形成率 (SFR) といい、星形成の活発さを表す指標の 1 つである。

銀河の星形成率を知るためには、寿命の短い大質量星 (寿命 10^{6-8} yr) がよい手がかりとなる。この大質量星は、紫外線 (UV) 領域にピークを持つ光を放射する。そのため、初期質量関数 (IMF) を仮定することに

より、観測された紫外線量からその領域の大質量星の数を推測することができる。

一方で、星形成を活発に行っている領域ではダストと呼ばれる $1\mu\text{m}$ 以下の固体微粒子が形成されており、そのダストが UV を吸収し遠赤外線 (FIR) で再放射する。そのため UV の観測データのみから星形成率を推定すると過小評価になってしまう可能性があり、星形成率は UV と FIR の両方の効果を考えて見積もる必要がある。

本研究では、GALEX (UV) と Herschel SPIRE (FIR) の撮像データを使用し、空間分解された銀河について星形成率を見積もった。また SDSS (可視光) と 2MASS (近赤外) の撮像データを用いて、星質量の密度と星形成率の密度の関係を調べ、グローバルな銀河の性質 (形態) との比較を行った。

銀河 a12 「すざく」衛星によって観測されたアンドロメダ銀河の重元素組成比

長谷川 俊介 (東京理科大学 松下研究室 M1) 渦巻銀河には広がった高温ガスが付随している場合があり、X 線で観測することによって高温ガス中に含まれる元素やその分布等を調べることができる。高温ガス中の元素はその銀河内の星が最期に起こした超新星爆発や星からの質量放出によって供給されたと考えられていて、酸素やマグネシウムは主に重力崩壊型超新星爆発から生成されるが、鉄やケイ素は重力崩壊型と炭素爆発型の両方の超新星爆発によって生成される。よってこれらの元素比は現在の星形成活動を反映した 2 種類の超新星爆発の回数の割合を表すため、銀河の星形成史及び進化過程を知るうえで重要な役割を持つ。これまでの研究によって、楕円銀河や S0 銀河のような星形成活動があまり活発ではない早期型銀河の高温ガスからは炭素爆発型超新星爆発の割合が多いという結果が得られているのに対し、星形成活動が活発な銀河の高温ガスには重力崩壊型超新星爆発により合成された元素が多く含まれると予想されている。例えばスターバースト銀河 M82 から吹き出す銀河風領域の高温ガスに含まれる酸素、ネオン、マグネシウムの元素組成比は、我々の銀河のものより 2~3 倍ほど高く、活発な星形成活動で生まれた多くの大質量星による重力崩壊型超新星爆発の寄与が大きいという結果が報告されている (Konami et al. 2011)。

アンドロメダ銀河は我々の銀河系近傍 (~800kpc) に位置する大型の渦巻銀河である。私は X 線天文衛星「すざく」を用いて、アンドロメダ銀河の中心部とその周辺の領域の高温ガスに含まれる元素量を決定した。本講演では、酸素、ネオン、マグネシウム、ケイ素の各元素量と鉄の元素量の比を取って超新星爆発の理論モデルや他の渦巻銀河の結果と比較し、アンドロメダ銀河での元素合成において 2 種類の超新星爆発がどのように寄与したか、また他の渦巻銀河との違いが元素組成比に見られるかどうかについて議論する。

1. Konami, S. et al., 2011, PASJ, 63, 913

銀河 a13 近傍渦巻銀河における星形成効率と高密度分子ガスの関係

武田 美保 (大阪府立大学 宇宙物理学研究室 M1) 宇宙には様々な銀河が存在している。これらの銀河の多様性を理解するためには、その進化の素過程である星形成を理解することが重要である。近年、特に星形成効率と高密度分子ガス存在比の関係が注目されており、例えば M 83 で詳しく研究された例がある (Muraoka et al.2007)。この

研究から、棒渦巻銀河 M 83 では中心領域と円盤領域では星形成のモードに違いがあること、そして高密度ガス存在比が星形成効率を支配している可能性が示唆されている。そこで中心領域で星形成が活発な M 83 とは異なって、中心領域で星形成が活発でない渦巻銀河 NGC 628 において高密度ガス存在比と星形成効率の関係を調べた。すると NGC 628 では、銀河中心からの距離に対する星形成効率と高密度分子ガス存在比の分布は共に一定となった。このことから、中心領域と円盤領域では星形成のモードに違いが無いことがわかった。また、M 83 と NGC 628 の星形成効率と高密度分子ガスの関係を比較すると、高密度分子ガス存在比が星形成効率を支配するという関係は、銀河一般で見られる可能性が示唆された。そこで近傍の渦巻銀河・棒渦巻銀河を対象として、高密度分子ガスと星形成効率の関係をさらに詳しく調べた。

1. Muraoka et al.2007

銀河 a14 弱い重力レンズ効果を用いた銀河のバリオン質量直接測定への展望

小林 将人 (名古屋大学、銀河進化学研究室 (Ω研) M2) 銀河形成・進化を研究するにあたり、バリオンとダークマターの相互作用を明らかにすることは非常に重要である。特に銀河とその周囲におけるバリオンとダークマターの分布は、銀河形成・進化の歴史を反映していると考えられる。弱い重力レンズ効果は、そうした銀河周囲の質量分布を探索できる強力なツールである。しかし現在、弱い重力レンズ効果の測定はダークハローの質量分布探索 (数百 kpc 以上のスケール) に限定されていることが典型である。もし弱い重力レンズ効果の測定を、より小さなスケール (特に銀河近傍の数十 kpc スケール) まで推し進めることができれば、弱い重力レンズ効果から銀河のバリオン質量を直接捉えることも可能となる。

バリオン質量の中でも、特に星質量は銀河の性質を評価するために基本的な物理量である。星質量は通常、銀河の年齢や金属量、初期質量関数などの仮定をもって、光度から換算して算出される。しかしこれらの仮定の取り方次第で、算出される星質量も異なってしまう (参考:文献 [1],[2])。仮に弱い重力レンズ効果の測定から、こうした仮定を含まずに星質量の直接推定が実現すれば、これらの仮定へ制限を付けることも期待できる。

本発表では、ハッブル宇宙望遠鏡 HST で観測された COSMOS 領域のデータから得られた、弱い重力レンズ効果の解析結果を紹介する。特に 1) 弱い重力レンズ効果を、どの程度小スケールまで測定できるか、2) 将来観測による、弱い重力レンズ効果を用いた銀河の星質量測定の可能性、に着目して報告する。

1. S. Courteau, et al. Reviews of Modern Physics, **86**, 47, (2014)
2. C. Conroy, et al. ApJ, **699**, 486 (2009)
3. A. Leauthaud, et al. ApJ, **744**, 159 (2012)

銀河 a15 表面測光による $z\sim 1$ の楕円銀河の詳細な形状分析

満田 和真 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M2)

我々は Hubble Space Telescope (HST) Cluster Supernova Survey で

得られた $z \sim 1$ の銀河団の楕円銀河の等面輝度形状の詳細な分析を行っている。近傍の楕円銀河は等面輝度線 (コントラ) の歪みから Boxy 型, Disky 型に分類され, その違いは楕円銀河の形成過程に起因すると考えられている。Boxy 型は質量が大きく速度分散が卓越するが, Disky 型は比較的軽く回転運動が卓越するなど質量や力学構造との関係があり, Boxy 型には X 線放射が付随する。このようなことから, Boxy 型はガスの少ない merger で速度分散が卓越することで形成され, また Disky 型はガスの多い merger でガスの角運動量で回転が卓越することで形成されるという説が有力である。ところが遠方において, 近傍の観測結果と比較できる詳細な分析結果がなく, 楕円銀河の形状や力学構造がいつ, どのようにして形成され, 進化してきたかはよくわかっていない。遠方銀河は視直径と面輝度が小さく, 詳細に形状を分析できる質の高いデータを取得するのが難しかったためであり, また遠方銀河詳細な形状を分析するのに最適化された手法がなかったためである。しかし, 我々のチームは HST の撮像データの中でも, 何枚もの画像を他の HST データよりも精度よく足し上げ, 詳細な形状の分析に耐えうる高品質のデータを作成した。そこで我々は, 赤方偏移 1 程度の楕円銀河について詳細な形状を分析するために, 遠方楕円銀河の形状分析に最適化された表面測光の手法を開発した。前述の HST データで, 分光で赤方偏移が決定している $z \sim 1$ の楕円銀河について, 明るめのを開発中の表面測光の手法でコントラの歪みを測定し Boxy 型, Disky 型に分類した。現在得られているのは preliminary な結果であるが, 明るめサンプルについては $z \sim 1$ でも Boxy 型, Disky 型に分類できることがわかった。今後, 暗めのサンプルについても表面測光によって Boxy 型, Disky 型に分類し, 近傍の楕円銀河や理論モデルと比較することで Boxy 型, Disky 型の形成過程を探っていく。今回は, これらの楕円銀河を Boxy 型と Disky 型に分類した結果を, 近傍との比較や近傍楕円銀河の面分光観測による Slow Rotator や Fast Rotator という分類との関係とともに報告する。

1. J.Kormendy & R.Bender 1996, ApJ.464.L119
2. S.Khochfar & A.Burkert 2005, MNRAS.359.1379
3. E.Emsellem et al. 2011, MNRAS.414.912

銀河 a16 miniTAO/ANIR, UH88/WFGS2 を用いた LIRG ダスト減光量の測定

小早川 大 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M1)

宇宙の星形成活動は $1 < z < 3$ の時代にピークを迎え, それらの活動の大部分が Ultra/Luminous Infrared Galaxy (U/LIRG) によって担われてきたと考えられている。そのため, U/LIRG の観測によって宇宙の星形成活動を明らかにできると考えられるが, 遠方宇宙の観測では空間分解能が悪く, それらの詳細な物理過程の解明は難しい。一方, 近傍宇宙の観測では空間分解能が十分に与えられるため, 本研究では $z < 0.1$ の近傍の U/LIRG を観測することによりその過程に迫ろうとしている。

現在, 南米チリ・アタカマのチャナントル山頂 (標高約 5600m) には東京大学アタカマ天文台 (TAO) があり, 口径 1m の赤外線望遠鏡 (miniTAO) が運用されている。miniTAO には近赤外線カメラ ANIR (Atacama Near-infrared Camera) が搭載されており, $0.9 - 2.5 \mu\text{m}$ の波長域での撮像が可能である。TAO サイトは赤外線を吸収する水蒸気の量が少ないため, 他のサイトでは観測が困難な Pa α 輝線のデータを取得することができる。Pa α は水素の再電離結合線で, 可視域の H α に比べダスト減光に強く, 銀河の中心部などの星形成活動が活発な領域を

見通すことができる。

これまでの ANIR による Pa α 観測では LIRG の星形成領域の分布において中心集中度 (C-index) に 2 つのモードがあることがわかっている。しかし, ダストによる Pa α の減光量に不定性があり, 正確な C-index の値を求めることが困難であった。

発表者は, H α 輝線の観測により Pa α との比較からダスト減光量を見積もることを目標にした。そのため, ハワイ大学 88 インチ望遠鏡 (UH88) の分光器 Wide Field Grism Spectrograph 2 (WFGS2) を使用して LIRG の H α 観測を行った。本講演では, UH88 の観測データを用いた LIRG ダスト減光量の測定結果について発表する。

銀河 a17 Measuring galaxy environment at $z \sim 1.6$ with Subaru's FMOS

柏野 大地 (名古屋大学 C 研 D1)

本発表ではすばる望遠鏡ファイバー多天体分光器 (FMOS) による近赤外分光観測 (FMOS-COSMOS サーベイ) の最新の成果を発表する。我々はこれまでに 2000 個を超える $z \sim 1.6$ の銀河を観測し, 約 1000 個について H α , [OIII] 輝線などから赤方偏移を測定した。このカタログに基づいて高赤方偏移の 3 次元銀河地図及び密度マップを作成した。我々のマップは同程度の赤方偏移における銀河地図の中では特に高密度であり, サブ Mpc スケールでのクラスタリングシグナルを高い SN で検出した。また, 局所的な銀河密度と星形成率などの内的性質との相関の有無について調べた。これらの結果を考察し, 環境が銀河進化に与える影響について議論する。

1. Kashino et al. 2013, ApJ, 777, L8

銀河 a18 Extended Study of Faint Submillimeter Galaxies with Multifield Deep ALMA Data

藤本 征史 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M1)

Submillimeter Galaxies (SMGs) はその発見以来 (Smail, Ivison, & Blain.1997), 現在の大質量楕円銀河の祖先として考えられており, 宇宙初期の星形成や銀河進化を考える上で重要である (e.g., Baugh+2005)。それらの銀河進化状態を知る上で遠方銀河の分子ガスの研究というのは一つの有用な手段である。

一般的に SMG は $100 - 1000 \text{ Mo/yr}$ 程度の高い星形成率を持つ大質量の遠方銀河として知られている一方で, 星形成率が 100 Mo/yr かそれ以下の SMG についてはその個数密度や宇宙星形成率, 宇宙赤外線背景放射への寄与などは良くわかっていない。また遠方銀河の分子ガスの研究に関して, 高い星形成の性質から来る UV や FIR の放射を利用し選出された ~ 200 個の遠方銀河について CO 放射を検出してきているが (e.g., review by Carilli & Walter 2013), 選択バイアスのない分子輝線サーベイはその観測効率の面からまだまだあまり行われていない (e.g., Decarli et al. 2014, Ono et al. 2014)。

これらの問題を解決するため, 我々は ALMA アーカイブデータを利用した。Ono et al.(2014) で用いた 10 領域の深い ALMA データに新たな ALMA データを加え暗い SMG の個数密度を求め, これらがもたらす宇宙星形成率, 宇宙赤外線背景放射への寄与を示す予定である。また, Kurono et al. in prep による独自のアルゴリズムを用いた, ALMA の深い 3 次元データに対する効率的な分子輝線サーベイの可能性について

でも議論したい。

1. Ono, Y.; Ouchi, M.; Kurono, Y.; Momose, R. 2014 arXiv:1403.4360
2. Decarli, R.; Walter, F.; Carilli, C.; Riechers, D. et al. 2014 ApJ, 782, 78D

銀河 a19 重力レンズで探る形成初期の銀河の性質と進化

川俣 良太 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M2)

形成初期の銀河の性質や、現在の銀河までの銀河進化の過程を追うためには、銀河のサイズや形態の進化を知ることが重要となる。これまでの研究 (e. g., Ono et al. 2013) では、過去ほどサイズが小さい傾向が見られているが、 $z > 6$ の銀河に対しては、精度良くサイズを測ったサンプルの数は乏しく、サイズと光度の関係や星形成率面密度を議論するには十分ではない。この問題を解決するため、我々は Hubble Frontier Fields (HFF; PI: J. Lotz) のデータを利用し、形成初期の銀河のサイズを測定した。HFF は、重力レンズ効果の強い 6 つ銀河団を深く撮像し、背景にある高赤方偏移銀河の性質を探ることを目的としている。重力レンズ効果には、暗い銀河を明るくする効果だけではなく、銀河の像を拡大する効果もあり、レンズ効果を受けた銀河はサイズの研究に適したものである。我々は、重力レンズ効果を受けた銀河の撮像データから、その銀河の真の明るさとサイズを求めるコードを構築した。レンズされた銀河の画像に最もよく合う真の等級と有効半径を、暗い銀河の測光において避けて通れない系統誤差も考慮して推定するものである。このコードの中核を成すものは、共同研究者の大栗真宗が開発し公開している `glafic` というレンズ効果を扱うソフトウェアである。作成したコードを現時点で観測が完了している Abell 2744 に適用した結果、サイズが測定された銀河の数を先行研究から倍増させることに成功した。そのサンプルから、(1) サイズと明るさには相関があるが、先行研究が示唆するよりも弱いこと、(2) サイズが銀河の進化段階のよい指標となっていること、(3) $z \sim 7-8$ の銀河の星形成の様子は、中心核付近で爆発的に星形成している現在の特殊な銀河の中心領域でのそれと似ていること、(4) 銀河のサイズとハローのサイズの比は、 $z \sim 4-8$ で約 3.5% で一定であることを明らかにした。本講演では、これらの結果を報告し、それに基づいて議論する。

1. Ono, Y., Ouchi, M., Curtis-Lake, E., et al. 2013, ApJ, 777, 155
2. Oesch, P. A., Bouwens, R. J., Carollo, C. M., et al. 2010, ApJL, 709, L21
3. Behroozi, P. S., Wechsler, R. H., & Conroy, C. 2013, ApJ, 770, 57

銀河 a20 VIPERS を用いた、 $0.5 < z < 1.3$ の銀河の質量分布、速度分散分布の解析

吉田 博哉 (名古屋大学、銀河進化学研究室 (Q研) M1)

現在、様々な大規模サーベイや N 体シミュレーションにより宇宙の大規模構造を形成する天体の分布が明らかになってきている。大規模構造の中で重力でまとまった天体をダークハローと呼び、その内部には星や星

間物質 (バリオン) から成る銀河が存在する。N 体シミュレーションからはダークハロー分布の統計的性質が得られており、サーベイからは銀河の性質が追求されている。ここで、ダークハローと銀河の分布を比較することでダークマターとバリオンの分布が関連づけられる。今回、私は銀河の質量分布と銀河団や銀河群に存在する銀河の速度分散分布を推定した。特に観測データから速度分散分布を測定する研究は発展途上であり、これに関連した未解決問題が多く存在している。

本研究では過去にない高赤方偏移かつ大規模の観測から銀河分布を求めるために、The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS) の 53,608 個の銀河データを解析した。VIPERS は 24deg^2 という広大な観測範囲にて $i_{AB} < 22.5\text{mag}, 0.5 < z < 1.3$ の高赤方偏移かつ暗い銀河を分光及び赤外線から可視光の 5 バンドの測光で観測している。このサーベイは大規模構造や銀河進化の問題解決を目的としているため、本研究に最適な観測データである。

この VIPERS の測光観測データから、スペクトルエネルギー分布 (SED) フィッティングを行い、個々の銀河の星質量を推定した。更に銀河の星質量関数を算出し、銀河の星質量分布の赤方偏移進化を追った。また分光観測のデータを用いて銀河団、銀河群のメンバー銀河の速度分散を算出して、速度分散分布関数を推定した。更にシミュレーションを用いて観測データを再現したモックカタログを用いて質量分布と速度分散分布を独自に算出した。そしてこの結果を観測データから得られた結果と比較した。本発表では、これらの研究成果を発表する。

銀河 a21 銀河団外縁部のエントロピー異常の原因の検証

栗山 翼 (東京理科大学 松下研究室 M1)

銀河団は力学的に束縛された宇宙最大の天体である。小さな構造の衝突合体によって成長したと考えられ、現在も大規模構造から質量降着を受けている。質量降着時に外縁部の高温ガスは銀河団自身の重力に応じた衝撃波加熱を受けるため、加熱の指標であるエントロピーパラメータは外側ほど最近の強い衝撃波加熱によって上昇すると考えられていた。しかし「すざく」衛星を用いて銀河団の半径であるビリアル半径まで観測した結果、エントロピーパラメータは 0.5 ビリアル半径までしか上昇せず、それより外側ではほぼ一定の値となることが確認された (e.g., Sato et al. 2012)。エントロピーパラメータは密度の $2/3$ 乗に比例するため、異常の原因の一つとして外縁部の高温ガスの密度むらによって密度を過大評価していることが挙げられている (Simionescu et al. 2011)。

降着してきたガス塊が銀河団ガスと十分混ざっていない場合、外縁部のガス密度にむらが出来ると考えられる。そのため、ガス塊の存在が確認出来れば密度が受ける影響を評価することが出来る。このガス塊が十分大きく明るい場合、周囲よりも明るい X 線源として観測出来る可能性がある。我々は近傍の中規模銀河団である Abell 2199 銀河団の外縁部について「XMM-Newton」衛星と「すざく」衛星を用いて観測した。検出された個々の X 線源についてスペクトル解析を行い、X 線強度と個数密度の関係 ($\log N - \log S$ 関係) から数を評価した。銀河団内外の活動銀河核等も点源として同時に検出される。そのためスペクトルの調査による点源の種類の確認、明るい X 線天体のいない領域との $\log N - \log S$ 関係の比較、の二つを行い銀河団内のガス塊の数を評価した。本講演ではこのガス塊が存在するのか、ガス塊による密度むらがエントロピーにどれだけ影響し得るのかについて議論する。

1. Sato et al. PASJ, 64, 95S (2012)

2. Simionescu et al. Science, 331, 1576 (2011)

2. K. Mawatari et al. ApJ, 759, 133 (2012)

3. M. Kubo et al. ApJ, 778,170 (2013)

銀河 a22 高赤方偏移原始銀河団候補のダークハロー質量

玉澤 裕子 (東京大学宇宙線研究所 M2)

形成中の銀河団である原始銀河団は、主に赤方偏移 $z > 2$ に存在し、やがて現在の銀河団に進化すると考えられている。そのため、原始銀河団は、銀河団の形成過程を解明するのに重要な天体である。銀河団の形成過程に関して、高赤方偏移の原始銀河団がどの程度のダークハロー質量を持ち、将来どの程度の質量を持つ銀河団に進化するか未解明であるという問題が存在する。高赤方偏移での銀河団の質量集積史を観測的に解明することを目標に、SXDS で $z \sim 4-6$ の原始銀河団候補を同定した所、 $z \sim 5$ で原始銀河団候補が 1 つ見つかった。Millennium Simulation[1] と、この同定した原始銀河団候補を比較することで、そのダークハロー質量を推定した。さらに、その原始銀河団候補が現在までにどの程度の質量を持つ銀河団に進化するか議論する。

1. Springel V. et al., Nature, 435, 629 (2005)

銀河 b1 $z = 2.4$ の 53W002 原始銀河団における大質量銀河探索

濱口 恵梨香 (愛媛大学 M1)

現在の宇宙では、大質量の早期型銀河は銀河団に多く見られる。また、これまでの観測から、これらの早期型銀河は比較的古い星から構成されていることがわかっており、 $z > 2$ の昔の時代に形成されたと考えられている。したがって、高密度領域での早期型銀河の形成過程を明らかにするためには、 $z > 2$ の原始銀河団を直接観測することが重要となる。本研究では、近赤外撮像観測を用いて、 $z = 2.4$ の 53W002 原始銀河団において大質量銀河探索を行った。

53W002 領域は、電波銀河 53W002 の周辺に 5 Mpc にわたる LAE の高密度構造が発見されており (Mawatari et al. 2012)、原始銀河団であると考えられている領域である。その LAE の構造をカバーするように、すばる/MOIRCS を用いて近赤外線撮像観測 (J, H, K_s バンド) を行った。まず、 $z = 2-3$ の銀河が Balmer / 4000 Å ブレイクによって特徴的な $JHKs$ カラーを示すことを利用して (Kajisawa et al. 2006)、 $z \sim 2.4$ の銀河候補を選び出した。これらの天体は、 $z \sim 2$ の銀河だとするとその等級から 10^{10} 太陽質量以上の星質量を持つと期待される。この $JHKs$ 選択銀河を用いて、大質量銀河がどこにどのくらい存在するのか、数密度は一般領域と比較してどのくらいなのかを調べると、LAE の構造に沿って大質量銀河の密度超過が見られる。次に、その $JHKs$ 選択銀河の $B, J, H, K_s, IRAC [3.6\mu m]$ の SED を用いて、星質量や星生成率を調べた。その結果、大質量銀河の中には星形成銀河だけでなく、passive な銀河も存在することがわかった。このことから、銀河団としての構造が完成する前の段階で、若くて星質量の小さい LAE が密集した領域に、既に大質量で passive な銀河がある程度存在している可能性が示唆された。また、講演では、個々の天体では近赤外線検出されない LAE の星質量や星の種族を調べるために行った、 J, H, K_s バンドの stacking analysis の結果も紹介する予定である。

1. M. Kajisawa et al. MNRAS, 371, 577 (2006)

銀河 b2 ダスト減光と再放射を考慮した銀河のスペクトルエネルギー分布モデルの構築

河北 敦子 (名古屋大学、銀河進化学研究室 (Q研) M2)

銀河の構成要素である星は、その内部で核融合反応により重元素を形成している。それらの重元素が星間空間に放出されることにより、銀河自体もその化学組成を変化させていく。これを銀河の化学進化と呼ぶ。銀河の化学進化はその星形成史に密接に関係しており、銀河進化について理解する上で非常に重要である。

星間空間に放出された重元素の大部分は、星間空間で固体微粒子 (ダスト) として存在している。ダストは紫外線や可視光を吸収し、そのエネルギーを赤外線として再放射する性質がある。本研究では、星の放射に対するダスト減光と、ダスト粒子からの再放射を考慮することにより、化学進化と整合的な銀河のスペクトルエネルギー分布 (SED) モデルを作成した。

これらのモデルを用いて、銀河の様々な進化のシナリオについて SED の時間進化を計算した。その結果から以下の 3 点を導いた。

1. スペクトルの形や時間に関する振る舞いは、銀河進化のシナリオに依らず定性的に類似している。
2. 一般的な渦巻き銀河では、年齢が 500 Myr から 1 Gyr の時に、減光の割合が最大になる。
3. 現在可視光で観測できる銀河は、過去に一度赤外線で見える状態を経験している。

今回構築したモデルを用いることで、銀河年齢の関数として銀河内の重元素量が求まり、ダストの減光や再放射も重元素と整合的に計算できる。さらにこれを発展させることで、高赤方偏移銀河の星形成率や金属量、ダスト量など、重要な物理量の推定に利用できる。

本発表ではこれらの結果について報告する。

銀河 b3 ALMA アーカイブデータによる近傍銀河 NGC253 の回転曲線および質量分布の導出

内間 克豊 (明星大学大学院理工学研究科物理学専攻 M2)

銀河の回転曲線は、渦巻銀河の運動学的特徴を表す重要な観測の一つであるとともに、ダークマターの質量を求めるうえでも大切な観測である。祖父江ら (2003) による先行研究では、野辺山ミリ波干渉計を使用して 12CO(J=1-0) 輝線の分子ガスの観測をおとめ座銀河団の銀河 (距離 ~ 16 Mpc) で行い、そこから回転曲線を描いて中心部の回転速度や質量分布を求めている。可視光や中性水素ガス (HI)21cm の輝線ではなく一酸化炭素 (CO)2.6mm 輝線で行うのは、一酸化炭素分子が銀河中心部に多量に存在し、かつ精度のよいドップラー速度の観測が可能だからである。

野辺山ミリ波干渉計の分解能は 6arcsec (~ 500 pc) 程度だったが、ALMA のデータを使用することでより精度が高く詳細な情報が得られる。とくに、NGC3079 やおとめ座銀河団において、銀河中心部に存在

が確認されている大質量のダークマターコア ($\sim 10^7 M_\odot$) に関連した詳細な情報を得ることが可能である。

本研究では、ALMA データアーカイブの中から Band3 の 12CO(J=1-0) 輝線に絞込み、そこからちょうこくしつ座方向にある NGC253 をピックアップした。NGC253 は距離が 3.5Mpc と近いので、より高い空間分解能で中心部の情報を得られる。このデータから回転曲線を求め、そこから中心部の質量分布を導出した。本講演ではこの結果について報告する。

1. Sofue et al. PASJ 55 59 (2003)

銀河 b4 Herschel Protocluster Survey at $z = 2 - 3$

加藤 裕太 (国立天文台三鷹 M2)

初期宇宙において発見される原始銀河団では、銀河の衝突合体を 1 つの要因として平均的な数密度を持つ一般天域と比べて星形成活動が活発であることが予想されている。しかしながらこれまでの原始銀河団の研究は静止系紫外・可視光に基づくものが多く、最も激しい星形成活動を示す爆発的星形成銀河が原始銀河団にどれくらい出現するかははっきりしていないため [1]、原始銀河団の星形成活動を議論することが難しかった。爆発的星形成銀河では大質量星から放射された紫外光がダストに吸収され、結果的に赤外～ミリ波・サブミリ波帯でダストの再放射が顕著になるため、遠赤外線からサブミリ波での観測を行えば、宇宙初期の爆発的星形成銀河の”ダストに隠された星形成”を捉えることができる。我々は、SSA22, HS1700, 2QZ Cluster ($z = 3.1, 2.3, 2.2$) という原始銀河団をハーシェル宇宙望遠鏡で観測し、爆発的星形成銀河の個数や空間分布、赤外線光度を、一般天域と比較した。その結果、HS1700, 2QZ Cluster において静止系紫外・可視光で見つかっている原始銀河団銀河の数密度ピークの近傍に、爆発的星形成銀河の高密度領域を発見した。しかし、今回捉えた爆発的星形成銀河は SPIRE バンド (250/350/500 μm) の色が $z \sim 2$ と合うように選択されたものであり、そのすべてが原始銀河団に付随しているかを確かめるには正確な赤方偏移を測る必要がある。本講演ではこれらの初期結果と今後の展望について議論する。

1. Casey et al. 2014
2. Valtchanov et al. 2013
3. Rigby et al. 2013

銀河 b5 銀河中心の YOUNG STELLAR DISK の二体緩和による進化

伊藤 勇太 (国立天文台三鷹 M1)

我々の銀河中心には約 200 もの若い星が存在し、それらは巨大質量ブラックホール (SMBH) 周りを回転し、ディスク様構造を形成している事がわかっている。ディスク上の星の密度プロファイルは $\Sigma \propto R^\beta$ ($\beta = -2$) のべき法則に従うと考えられていたが、最近になって Broken power-law の方がディスクの密度プロファイルを上手く説明できる事がわかってきた。本講演では、この Broken power-law の密度プロファイルが二体緩和によるディスクの進化の帰結として説明出来る事を示した最新の論文のレビューを行う。

SMBH 周りのディスクはコヒーレントに回転しており、星同士の相対速度が小さくなる。それ故、二体緩和のタイムスケールは短くなり、そ

の効果はディスクの進化に十分に効いてくる。ディスクの密度プロファイルの進化を N 体計算により調べた結果、内側、つまりディスクの最も高密度な場所では、プロファイルは平ら ($\beta \approx -1$) となり、一方、外側では初期の状態を維持した。また、観測的に予測されるディスクの密度プロファイルと数値モデルを比較することにより、観測データは初期の密度プロファイルが $-2 \lesssim \beta \lesssim -1.5$ のべきで記述出来る場合の二体緩和によるディスクの進化の結果として説明できる事を示した。更に、二体緩和により若い星の SMBH 方向への移動が引き起こされることから、二体緩和が SMBH 近傍 ($\lesssim 0.04pc$) の星、つまり S-star の形成について重要な役割を担っている可能性を提示した。

銀河中心の星の軌道を調べ、緩和過程などによるその変化を知る事は、ディスクの進化を含めた様々な銀河中心での物理を調べる上で重要である。その為には、近赤外線による銀河中心の星の高精度位置天文観測が必要であり、中型 JASMINE などの次世代位置天文衛星の打ち上げが期待される。

1. Suber.L. and Haas.J. 2014,ApJ,786,121

銀河 c1 銀河風の高精度流体シミュレーションに向けて

結城 文香 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 M1)

宇宙では銀河から星間ガスが高速で流出する銀河風という現象が観測されている。銀河風は銀河の進化・形成に大きな影響を及ぼす現象なので、様々な観点から研究が行われている。これまで銀河風は近傍の銀河 M82 などで観測されてきたが、近年高赤方偏移の銀河でも銀河風の痕跡が確認されている。星間物質を構成する分子の平均自由行程は対象とする現象の典型的尺度より十分小さな場合が多く、流体近似がよい近似である場合が多い。そのため流体シミュレーションを用いた研究が盛んに行われている。宇宙では衝撃波を伴う現象が起こるため、衝撃波を高精度で計算することができるスキームは重要である。今回の研究では衝撃波を高精度にとらえることのできるスキームとして、数値流束を Riemann 初期値問題の解析解を使って構成する Godunov 法 (Godunov 1959) を取り上げ、その概念とコード制作の経過を発表する。今後の目標としては、作成したコードを使って高赤方偏移で観測されている銀河風の理論モデルを構築したいと考えている。

1. Godunov, S.K. , MathmaticheskiiSbornik , 47,271-306(1959)
2. 坂下志郎, 池内了,[宇宙流体力学], 培風館,1996

銀河 c2 衝突銀河団 CIZA J1358.9-4750 の観測

加藤 佑一 (東京大学牧島中澤研究室 M2)

銀河団の衝突は宇宙における最大のエネルギー解放イベントである。その際には衝撃波が発生し、その結果として高温プラズマが加熱されるとともに、乱流が励起される。衝撃波と乱流は、粒子を加速し、また磁場増幅を引き起こす。しかし、乱流、粒子加速、磁場増幅といった「非熱的エネルギー」のどれにどれだけの重力エネルギーがとぎ込まれるかは、わかっていない。

この問題を知るには、衝突速度や元の銀河団の質量などのパラメータを正確に求める必要がある。2つの銀河団が互いの中心を通り過ぎる前の衝突始めであれば、ジオメトリが簡単であり、パラメータを精度よく

決めることができる。ところが、衝突が始まったばかりの例は数少なく、さらに明白な衝撃波がある天体は存在していなかった。

そこで、我々は銀河面に近く、観測が進んでいなかった領域の銀河団を集めた CIZA カタログ (CIZA: Clusters in Zone of Avoidance) に着目し、CIZA J1358.9-4750 を選出した。この天体は2つの X 線ピークとその間を結ぶ明るい“ブリッジ”のような構造を持つ。我々は「すざく」による観測を提案し、その観測データの解析により、“ブリッジ”領域の温度が2つの X 線ピークよりも1.6倍以上高くなっていることを明らかにした。この温度分布や X 線画像を、銀河団衝突の数値シミュレーションと比較することで、衝突が始まったばかりであることが分かった。次に、「すざく」よりも一桁近く角分解能が高い XMM-Newton の輝度の解析を行った。その結果、「すざく」で温度が急激に変化する位置に明らかな輝度のジャンプがあった。これは圧力のジャンプを意味し、“ブリッジ”領域に衝撃波が発生していることも明らかとなった。このように、CIZA J1358.9-4750 は衝突初期で、しかも衝撃波が明瞭に生じている、きわめて貴重な例であることがわかった。

1. Ebeling et al. ApJ 580, 774, 2002
2. Takizawa, M. ApJ 556, L91 2001

銀河 c3 近赤外線分光観測に基づく AGN の狭輝線領域における電離メカニズムへの制限

寺尾 航暉 (愛媛大学 M1)

活動銀河核 (AGN) の狭輝線領域 (NLR) からは様々な元素から多様な輝線が放射されており、銀河における電離ガスの状態や化学進化を深宇宙から現在の宇宙まで系統的に探るために非常に有用な道具として利用されてきた (e.g., Nagao et al. 2006)。この NLR の電離メカニズムは、中心核からの電離光子による光電離であるとする考えが広く支持されているが、電波ジェットによる衝撃波が電離に影響を及ぼしている可能性も指摘されている (e.g., Fu & Stockton 2007, ApJ, 666, 794)。

NLR の電離メカニズムの研究は、輝線強度比による診断によって行われてきたが、一般には光電離と衝撃波による電離を切り分けることが困難であった。その中で、Oliva et al. (2001) が NLR の電離メカニズムを調べる有用な手段として、近赤外線に見られる輝線 $[\text{Fe II}]\lambda 1.257 \mu\text{m}$ と $[\text{P II}]\lambda 1.188 \mu\text{m}$ の強度比を用いる方法を提案している。衝撃波によって電離されたガスでは、輝線強度比 $[\text{Fe II}]\lambda 1.257 \mu\text{m} / [\text{P II}]\lambda 1.188 \mu\text{m}$ が大きく (> 20)、光電離されたガスでは小さい (< 2) ことが期待され、実際の NLR では衝撃波の寄与の違いによって、 $2 < [\text{Fe II}]\lambda 1.257 \mu\text{m} / [\text{P II}]\lambda 1.188 \mu\text{m} < 20$ の範囲に分布すると考えられる (Hashimoto et al. 2011)。ところが、AGN におけるこの輝線強度比はあまり調査されておらず、サンプル数が少ないために統計的な議論はほとんど進んでいない。

本研究では、岡山天体物理観測所の近赤外線分光装置 ISLE を用いて近傍宇宙の AGN (計 27 天体) の中心核領域を分光観測したデータの解析を行う。そこから $[\text{Fe II}] / [\text{P II}]$ 輝線比を求めることにより、先行研究で予想された輝線比との比較から観測した AGN の NLR の電離メカニズムを切り分ける、あるいは制限を付け加えることを目的としている。本講演では、その結果について報告する。

1. Oliva, E., et al. 2001, A&A, 369, L5
2. Hashimoto, T., et al. 2011, PASJ, 63, L7
3. Nagao, T., Maiolino, R., & Marconi, A. 2006, A&A, 447, 863

銀河 c4 広がったように見える鉄輝線構造を持つセイファート銀河の X 線スペクトルと時間変動

山崎 廣樹 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 海老沢研究室 (ISAS/JAXA) M1)

セイファート銀河は活動銀河核の一種で、中心に超巨大ブラックホール (SMBH) があり、中心付近に降着円盤が、外側にトラス状の吸収体が存在する構造をしていると考えられている。この SMBH が存在する証拠の候補として、X 線天文衛星「あすか」はセイファート銀河 MCG-6-30-15 の X 線スペクトルから一般相対論的な効果を受けて広がった降着円盤からの鉄輝線と解釈できる構造 (ディスクラインモデル) を検出した。その後、同様の鉄輝線構造を持つセイファート銀河が複数見つかった。しかし、広がった鉄輝線スペクトルの形状は、連続成分のモデルに大きく依存し、光電離した複雑な吸収成分も考慮しなければならない。そこで、この吸収成分を説明するために、視線上の X 線源を吸収物質が部分的に覆い隠す部分吸収モデルが提案されてきた。これまでに述べた2つのモデルは、スペクトルの形状だけでなく、時間変動の解釈も含めた議論がされており、現在においてもどちらかのモデルを棄却するには至っていない。

本講演ではまず、スペクトルの形状や時間変動が2つのモデルによってどのように解釈されるかについて述べ、最後に我々が部分吸収モデルを用いてセイファート銀河の解析を行った結果について述べる。

1. Tanaka, Y., et al., 1995, Nature, 375, 659

銀河 c5 銀河へのガス降着モードについて

小谷 和也 (大阪大学 理学研究科 宇宙進化グループ M1)

SPH を用いた非粘性粒子の流体シミュレーションでは、銀河形成が起きるときに降着するガスの温度の変遷に2つのモードが見られる。1つはガスが銀河に降着する際に一度ビリアル温度程度 ($T \sim 10^6 \text{K}$) にショックヒーティングされてから冷却・凝縮されて星を形成する従来考えられていた通りのモード (hot mode) であり、もう1つはより低い温度 (典型的には $T < 10^5 \text{K}$) でその重力エネルギーを放出しショックヒーティングされることなく降着するモード (cold mode) である。“hot mode” の降着流が準球状であるのに対し、“cold mode” の降着流はフィラメントを形成することで遠い距離から効率的に降着することができると考えられている。低質量の銀河 (バリオンの質量が $M_{\text{vir}} \sim 10^{10.3} M_{\odot}$ またはハロー質量が $M_{\text{vir}} \sim 10^{11.4} M_{\odot}$) の場合は“cold mode” が支配的で、高質量ハローの場合は従来の“hot mode” が支配的となっていることが知られている (e.g., Keres et al. 2005)。また各モードの銀河とハローの質量に依存することから、その降着流率が赤方偏移にも依存することになり、赤方偏移が大きいと“cold mode” での降着がより効きやすくなる。しかしこれらのシミュレーションはまだ解決すべき問題を抱えている。それはシミュレーションが $z=0$ において高質量の銀河と低質量の銀河を観測結果よりも多く生成してしまうことだ。この問題を解消するために AGN や超新星爆発などによるフィードバックをシミュレーションに組み込む試みが成されているが、まだそれらの扱いは完全とは言えない (cf. Okamoto et al. 2014; Vogelsberger et al. 2014)。この現状を受け、上に挙げた問題解決の一

助となるよう、“cold mode”でのガス降着の流体力学的構造を調べた。

1. Dusan Keres, Neal Katz, David H. Weinberg and Romeel Dave, 2005, MNRAS, 363, 2-28
2. Dusan Keres, Neal Katz, Mark Fardal, Romeel Dave and David H. Weinberg, 2009, MNRAS, 395, 160-179
3. Dusan Keres, Neal Katz, Mark Fardal, Romeel Dave and David H. Weinberg, 2009, MNRAS, 396, 2332-2344

銀河 c6 Scientific Prospects of the SWIMS-18 survey on Subaru and TAO

山元 萌黄 (総合研究大学院大学 光赤外研究部 M1)

我々のグループでは現在 SWIMS-18 サーベイというプロジェクトを計画し推進している。これはチリに建設する TAO 望遠鏡に載せる SWIMS-18 という近赤外線撮像分光装置をすばる望遠鏡に搭載し、 $1.5 < z < 5$ という銀河形成の最盛期を時間と環境軸で網羅し、合計 18 枚のフィルターを駆使して超多色の大規模銀河サーベイを行おうというものである。

大きな特長として、マゼラン望遠鏡で行われている同種の ZFOURGE プロジェクトが 5 枚の medium-band filter を使っていたのに対し、SWIMS-18 では 9 枚の medium-band filter を用いることで、より photo-z の精度を高め、更に $z \sim 5$ までの観測が可能になる。また、遠方銀河で特に強い H α 輝線と [OIII] の輝線を共に捕らえる 4 組のペアをなす計 6 枚の narrow-band filter を用いることで、high-z における確実かつユニークな輝線銀河サンプルを構築することができる。今回は ZFOURGE の論文である Adam.R et al.2014(APJ..783..85T) のレビューを通して、SWIMS-18 プロジェクトのユニークな特長やそれによって拓けるサイエンスの展望を述べる。以下に論文の概要を示す。

ZFOURGE による観測結果から、 $0.2 < z < 3$ において最も精度の高い銀河の星質量関数 (SMF) が得られた。ZFOURGE では、medium-band filter を用いることで、 $1 < z < 3.5$ の約 30000 個もの銀河の photo-z を 1-2% の精度で求めることが可能になった。さらに CANDELS の HST imaging を合わせ、星形成を終えた銀河 (赤) と星形成中の銀河 (青) のどちらにおいても、 $z=2.5$ までかつ星質量が $10^{9.5}$ 太陽質量ほどの低質量銀河まで有用な SMR を得ることができ、今回初めて低質量の星形成活動を終えた銀河の急速な増加 (成長) の様子を確認できた。その結果、宇宙における銀河の星質量密度の $z=2.5$ から現在までの進化は、星形成銀河については約 2.2 倍の増加となっているが、星形成を終えた銀河については約 12 倍もの大きな増加を示すことが分かった。

1. Adam.R et al.2014(APJ..783..85T)

銀河 c7 VERA を用いた銀河系中心 300 pc 領域に付随する水メーザー源の固有運動測定

酒井 大裕 (国立天文台三鷹 M2)

銀河系中心領域は円盤部とは異なり、卓越した非円運動を示している事が知られている。この非円運動を説明するシナリオとして、銀河系のバーポテンシャルによる共鳴軌道や中心ブラックホールの過去の活動による膨張運動などが提案されている。これらのシナリオは銀河系中心部の分子雲の視線速度情報に則ったものであり、そのような 1 次元的速度情報からだけでは 2 つのシナリオを分離する事は出来ず、その実態の

解明には至っていない。

これら 2 つの可能性を切り分けるために、我々は国内の VLBI 観測網 VERA を用いて、銀河系中心から約 300 pc の距離に存在する Central Molecular Zone に付随する 22 GHz 帯の水メーザー源を長期間観測し、その固有運動を測定した。これにより、今までにない 3 次元的速度情報を得る事が出来るため、運動の解明というここでの目的に対して非常に適している。本講演では、この研究の一例目として行った銀河系中心方向の明るい電波連続波源、Sgr D 領域に付随する水メーザー源の固有運動測定結果について発表する。また、今後の観測計画や、2 つのシナリオの切り分けについても議論する。

1. J. Binney et al., MNRAS, 252, 210, (1991)
2. T. Sawada et al. MNRAS, 349, 1167 (2004)
3. D. Mehringer et al. ApJ, 493, 274, (1998)

銀河 c8 矮小銀河の化学進化

岡安 優佑 (東北大学天文学専攻 M1)

MW の伴銀河の一つである Sculptor dSph (dwarf spheroidal) に化学進化モデルを適用し、Sculptor dSph の金属量分布関数 (MDF) を再現した。さらに、モデル計算をする中で平均金属量や星質量に影響するパラメータを探ったところ、星形成効率が平均金属量に影響し、星質量に関しては銀河風による質量流出よりも降着質量の影響が大きかった。また以前までは、ガスがほとんどない d Sph の金属量は星から、ガスが多く星形成を現在も行っている d Irr (dwarf irregular) の金属量はガスから測られていたが、近年は d Irr においても星から金属量を測ることができるようになり MDF を直接比較できるようになった。その結果得られた MDF をみると一般に dSph と dIrr は MDF の形や傾向が異なっているので、化学進化過程が異なっていると考えられているが、質量金属量関係 (MZR) でみると dSph と dIrr、さらにより重い銀河と同じ関係に乗っている。今後の研究課題としては、星形成史 (SFH) をより再現できるような SFR をモデルに組み込めるようにし、さらに low mass な uFd (ultra-faint dwarf) や dIrr に対して化学進化モデルを使って観測的事実を再現し、その上で MZR を有意に決めているパラメータがあるならばそれは何かを探っていくことである。また、最近の研究により、M31 の衛星銀河においても同じ光度の MW の矮小銀河と比較すると MDF の広がりや違いがあるにも関わらず MW とほぼ同一の MZR に乗っていることがわかった。M31 の衛星銀河の SFH もわかってきているため、今後は M31 の衛星銀河についても化学進化モデルを適用し、どのような化学進化過程を経てきているのかを考えていくと共に MW の矮小銀河との比較を行って母銀河や周りの環境による進化の違いなどを議論していく必要が生じてくるだろう。そのような、最近の研究結果についてのレビューを行い、現状考えられている問題点とその解決に必要な研究などを議論していく予定である。

銀河 c9 数値シミュレーションで探る宇宙背景ガンマ線放射

早津 夏己 (東京大学 宇宙理論研究室 M2)

extragalactic gamma-ray background (EGB) は Fermi 衛星観測の解析により確認されている (Abdo et al. 2010)。しかし最近まで、考えられるガンマ線源の寄与を観測的・理論的に見積もっても、Fermi 衛星の結果を再現することが出来なかった (Ackermann et al. 2012)。例え

ば、ガンマ線源のうち星形成活動が盛んな銀河の寄与が大きいとされるが、Ackermann et al. (2012) による赤外線観測の結果を用いた見積りは Fermi 衛星の結果より一桁程度小さい。

ところが、Tamborra et al. (2014) による最新の赤外線観測の結果 (Grupponi et al. 2013) を用いた見積りは Fermi 衛星の結果を再現した。合うようになった理由には、Ackermann et al. (2012) では考慮できなかった遠方宇宙 ($2.5 < z < 5.0$) の銀河の寄与が入ることや、新たに複数の銀河種族の寄与を考慮したことなどが挙げられる。

本研究では、まず Ackermann et al. (2012) の見積り法を参考に、Shimizu et al. (2012) による大規模数値シミュレーションの結果から EGB を計算し、Fermi 衛星の結果と比較し考察する。シミュレーションから得た遠赤外線光度分布は、未だ観測されない暗い銀河の寄与まで計算されている。それらの EGB への寄与によって、本研究の計算結果は $E > 10$ GeV の EGB の観測結果を再現した。そのうち、 $0.6 < z < 1.0$ の銀河の寄与は 60 ~ 70 % 程度であった。本講演では $E < 10$ GeV の EGB の寄与は銀河種族の違いによるものか、その可能性も考察する予定である。

1. M. Ackermann et al. ApJ, 755:164 (2012)
2. C. Grupponi et al. MNRAS, 432:2 (2012)
3. Shimizu et al. MNRAS, 427:2866 (2012)

銀河 c10 大質量楕円銀河の形成段階を探る

木村 勇貴 (東北大学天文学専攻 M1)

Oser et al (2010) によると、楕円銀河の中の星は、 $z > 2$ のときにはその銀河の中で形成されたもの (in situ) と銀河の外で形成されたもの (ex situ) の 2 つの段階があり、銀河の外で形成されたものが後に内側へ降着することで現在近傍で見られるような楕円銀河が形成されたということが数値シミュレーションによって示唆されている。大質量楕円銀河の場合、それらのほとんどの星は $z > 2$ で星形成が起きたものであると考えられている。

そのような銀河の中の星と外の星の 2 つの段階が確認できるような系というものは、現在の観測でも実際に発見されており、例えば Uchimoto et al (2012) によると全体で 180kpc の中に photo-z で選ばれた天体が 5-6 個付随している。その中には $z > 2$ で星形成をしてきたとされる DRG 天体 (Franx et al. 2003) が何個か確認されており、これらの系を見つけるには DRG が密集しているような領域を探すことが非常に有力な手がかりになると考えられる。

そこで私はまずその DRG に着目しそれらが密集している系を、最も一般的な領域である GOOD-N 領域で調べることにした。方法としては、まずその領域内に任意の座標点を設定してやり、その点を中心としてある半径とある z の幅を設定してやり、その中に DRG 天体が何個密集しているか、その個数の統計を調べた。それらが実際にポアソン分布と仮定した場合にどれだけ確率が低いか、つまりランダムで DRG をばらまくことを考えた時にそれらが密集していることがどれだけ珍しいのかを調べた。その中から特に確率的に低いものを抜き出してやり、実際に DRG 以外の天体で他にどのような天体があるかという環境も調べた。今回のポスターではこれらの中で確率が特に低かった系を紹介する。また今後の展望も少し揭示する。

1. Oser et al.(2010)

2. Uchimoto et al.(2012)
3. Naab et al.(2007)

銀河 c11 アンドロメダストリームを用いたダークマターハローの外縁構造の探査

桐原 崇亘 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 D1)

階層的な構造形成理論に基づいた宇宙論的な構造形成の数値シミュレーションによると、銀河や銀河団に付随するダークマターハローは特徴的な密度構造をもつと予言されている。その密度分布は、一般に中心からの距離のべき乗で表現されている。分布の内側のべき構造については活発に議論がなされているが、外縁部については中心からの距離の -3 乗で密度が変化することではほぼ一致している。一方で、観測的にハロー外縁部の密度構造を探ることはその密度の低さから困難であり、その検証はほとんどなされていない。

近年の高精度な観測により、すぐ隣りの巨大銀河であるアンドロメダ銀河 (M31) のハロー領域には複数の矮小銀河衝突の痕跡が発見された。特に、アンドロメダストリームと呼ばれる M31 中心から帯状に伸びる星の構造は、100 kpc を超えるような巨大な構造であり、その空間構造・速度構造が観測されている。また、理論面からも N 体シミュレーションによって、衝突した矮小銀河の質量や軌道が調べられてきた。本研究では、M31 のダークマターハローの外縁部密度のべきを変えて銀河衝突の数値シミュレーションを行った。そして、アンドロメダストリームと東西に広がる貝殻状の星分布を再現するという条件から M31 のダークマターハローの外縁部密度構造に対して、理論予言の検証を行った。得られた結果は、標準理論で示唆されるよりも、遠方で急に密度が小さくなることを示している。

1. J. F. Navarro, C. S. Frenk & S. D. M. White, ApJ, 462, 563 (1996)
2. M. A. Fardal et al., MNRAS, 380, 15, (2007)
3. M. Mori & R. M. Rich, ApJ, 674, 77 (2008)

銀河 c12 初期宇宙における超大質量ブラックホールの種形成

鄭 昇明 (東京大学 宇宙理論研究室 D1)

$z \sim 7$ という非常に初期の宇宙において、すでに $10^9 M_{\odot}$ の質量を持った超大質量ブラックホールが存在する事が最近の観測により分かってきた。宇宙が始まってわずか 0.8Gyr までの間にこのような大質量の天体が形成されるプロセスは未だ知られていない。近年、初期宇宙において非常に特殊な環境下に存在するガス雲から超大質量星を経て $\sim 10^5 M_{\odot}$ のブラックホールが形成されるという「Direct Collapse」シナリオが提唱されており、出来たブラックホールは観測されたような超大質量ブラックホールの種として期待されている。本研究では、以上の「Direct Collapse」現象が宇宙論的な環境下で起こりうるかを検証した。

「Direct Collapse」現象は非常に低金属なガス雲が非常に強い輻射を受けているような状況下で起こると考えられている。このためにも計算においては、(1) 星形成活動による金属汚染の進行過程、(2) 近傍銀河からの輻射強度の計算、(3) 輻射場のもとでのガス雲の進化の過程を考慮する必要がある。本研究においてはまず、(1)、(2) を宇宙論的 N 体計算

によりモデル化し Direct Collapse の候補となるガス雲を見つける。次に、得られたガス雲の進化を流体計算にすることで (3) の過程を追う。それにより、ガス雲から超大質量星が形成される可能性を議論する。

1. V. Bromm and A. Loeb ApJ 592 34 (2003)

銀河 c13 Physical properties of $z > 3$ [OIII] emitters in SXDF-CANDELS field

鈴木 智子 (総合研究大学院大学 D1)

宇宙の大局的な星形成活動がピークを迎えた赤方偏移 2 から 3 にかけての時代は銀河形成・進化の最盛期にあたり、現在までに数多くの研究がなされている。そしてその最盛期の前夜とも言える $z \sim 3 - 3.6$ の時代は、そもそも何故 $z \sim 2 - 3$ で銀河形成が最盛期を迎えたのかということを理解する上で鍵を握る、非常に重要な時代であると言えることができる。すばる望遠鏡の近赤外線撮像装置 MOIRCS と多数の狭帯域フィルターを用いて行われた遠方の星形成銀河探査プロジェクト (Mahalo-Subaru; Kodama et al. 2013) では、 $z \sim 2.5$ までの様々な環境下に存在する H α 輝線銀河の大規模な探査が行われた。これらの一連の観測では、ターゲットとなる H α 輝線銀河だけでなく、異なる赤方偏移に存在するその他の輝線銀河も同時に観測され、SXDF-CANDELS フィールドにおいては $z \sim 3.2$ と $z \sim 3.6$ にある [OIII] 輝線銀河が 40 天体ほど観測されている (Tadaki et al. 2013)。

本研究では、 $z > 3$ の時代の星形成銀河がどのような物理的特性を持っているのかを明らかにするために、これらの [OIII] 輝線銀河に着目し、それらの星質量や星形成率といった基本的な物理量を調べた。また、HST による観測から得られた画像から個々の銀河の形態を調べ、それらのサイズの見積もりを行った。その結果、[OIII] 輝線銀河が示す星質量-星形成率関係は $z \sim 2$ の H α 輝線銀河よりも高い比星形成率を示す傾向にあること、形態に関しては比較的コンパクトなものが多く、クランピーな構造を持つものはあまり見られないことなどが分かった。本講演では、これらの結果の報告と、サンプルの選択方法による影響を考慮した上で $z > 3$ の星形成銀河が $z \sim 2$ のものと比べてどのような性質、関係になっているかを示すとともに、今後の展望について述べる。

1. Kodama, T. et al., 2013, IAUS, 295, 74
2. Tadaki, K. et al., 2013, ApJ, 778, 114
3. Maschietto, F. et al., 2008, MNRAS, 389, 1223

銀河 c14 宇宙大規模構造における高温水素ライマンアルファ吸収体の物理的性質

渡邊 歩 (筑波大学 大学院 数理物質科学研究科 物理学専攻 宇宙物理学理論研究室 M2)

CMB および Ly α 吸収線を用いた高赤方偏移 ($z \gtrsim 3$) の銀河間ガスの観測より、バリオンが宇宙のエネルギー成分に占める割合はおおよそ 5% 程度であるという結果がそれぞれ独立に得られている。一方で、近傍宇宙での観測データからバリオン成分を見積もるとその半分程度の値であり、宇宙進化に伴ってバリオンの一部は観測が難しい物理状態に変化したと考えられる。この観測されていないバリオン成分はダークバリオンと呼ばれている。

ダークバリオンの有力候補と考えられているのが、中-高温銀河間物質

(Warm-Hot Intergalactic Medium) WHIM である。 Λ CDM モデルに基づく宇宙論的な構造形成シミュレーション [1],[2] によると、ガスが重力崩壊する際に衝撃波加熱されることによって、密度の非常に薄く (宇宙平均密度の数〜数千倍)、温度の高い ($10^5\text{K} \lesssim T \lesssim 10^7\text{K}$) 銀河間ガスである WHIM が生じることが示唆されており、 $z = 0$ ではバリオンの 30 - 50% が WHIM として存在するという結果が得られている。

現状では、WHIM を観測しようとする試みは多数あるものの、観測精度の問題で同定できた例はまだ数例しかない。本研究では、中性水素の Ly α 吸収線を用いた観測方法に注目する。

先行研究 [3] として、構造形成シミュレーションのガスのデータを用いた Broad Ly α 線による擬似観測の研究がある。しかし、この研究では水素の電離度を電離平衡の仮定に基づいて計算しているが、この取扱いは不十分である。WHIM のような希薄なガスでは、再結合時間が電離時間に比べて非常に長く宇宙年齢程度であるため、電離と再結合が釣り合うような電離平衡状態からのずれが大きく、電離度の時間発展を考慮に入れた計算をすることが望ましい。そこで、本研究では宇宙論的構造形成シミュレーションコード Gadget をベースにして電離度の時間発展を取り入れたガスの進化を計算し、そのガスのデータを用いて、先行研究と同様に Broad Ly α 線による擬似観測を行い、スペクトルとその吸収体のガスの物理状態の関連を調べることを目指す。

1. Cen, R. & Ostriker, J. P., 1999, ApJ, 514, 1
2. Dave, R. & Hernquist, L., 1999, ApJ, 511, 521
3. Richter, P., Fang, T. & Bryan, G. L., 2006, A&A, 451, 767

銀河 c15 Evaluating star formation surface density and stellar mass density of galaxies in the local universe

Abdurrouf Abdurrouf (東北大学天文学専攻 M1)

In order to understand how the stellar mass are distributed within the galaxies in the local universe, where the stars are being made in high star formation rates in them, and relation between their morphology to their activities in making stars, we are going to investigate the surface density of star formation rates (SFRs) and stellar mass surface density by analyzing the resolved stellar population properties of 462 massive galaxies at $0.01 < z < 0.02$. The galaxy images will be taken from SDSS DR10 for stripe82 region. Only galaxies with stellar mass more than $10^{10} M_{\text{solar}}$ will be selected. The sample will be differentiated according to their morphology (elliptical, spiral, and irregular) and each galaxy's surface will be divided into inner (center) and outer region. Resolved stellar population properties, that is star formation rate, age, stellar mass, and extinction, will be derived by modelling the spectral energy distribution (SED) for each spatial bin of galaxy images. Then we will analyze variations in stellar mass density, density of star formation rate, age, and extinction as a function of galactocentric radius.

1. Wuyts, S. et al. ApJ, 753,114 (2012)
2. Wuyts, S. et al. ApJ, 779,135 (2013)
3. Zibetti, S., Charlot, S., and Hans-Walter Rix, Oxford Journal. 1181,1198 (2009)

銀河 c16 無衝突重力多体系の力学進化を計算するための N 体計算コードの開発

加藤 一輝 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 M2)

本研究の目的はコンピュータシミュレーションを用いて銀河スケールにおけるコールドダークマター理論の諸問題に挑戦することである。そのための無衝突重力多体系の力学進化を計算するための N 体計算コードを作成した。各粒子間の重力相互作用は、何も工夫しないで計算すると演算数のオーダーが粒子数の 2 乗となり、計算コストがかかってしまう。本研究では計算コストを削減するために、Particle-Mesh(PM)法を採用した。この方法は、粒子分布から密度分布を求め、ポアソン方程式解き、重力ポテンシャルを求める。そして、その重力ポテンシャルを使って新たな粒子分布を求める方法である。ポアソン方程式を解くのに高速フーリエ変換を用いた結果、演算数のオーダーがメッシュ数 M に対して $M \log M$ となり大幅に計算コストを削減することができた。また、原始銀河の収縮過程である cold-collapse モデルのテスト計算を行い、銀河の力学的な準平衡状態を求めた。そして、エネルギー保存の誤差評価より、十分な解像度を得られる最大粒子数は 3 次元で $M/8$ 程度であることを確認した。

1. R, W, Hockney. and J, W, Eastwood. 1998 Computer simulation using particles, Taylor and Francis Group
2. Binney, J. , and Tremaine, S. 2008, Galactic Dynamics 2nd ed, Princeton University Press,

銀河 c17 銀河系中心における広がった Fe XXV 輝線と星数密度分布の比較

長友 竣 (京都大学宇宙物理学教室 M2)

銀河系の銀河面では、点源に分解できない広がった X 線が観測される。この X 線中にあるヘリウム状鉄 (Fe XXV) の輝線が銀河系中心部において周囲とは異なる特異なピークを持つことから、周辺部と中心部で放射源が異なる可能性が示唆されている。X 線衛星 Chandra によって高分解能での観測が可能になり、周辺部の X 線 (GRXE) は激変星 (CV ; 白色矮星が主星の連星系) をはじめとした点源から放射されていることが分かったが、中心部の放射はいまだ分解できていない。そのため中心部の放射については、点源説と超新星爆発等で生じた真に広がった高温プラズマ説の 2 つの説があり、議論が続いている。

この放射源に制限を与える方法の一つとして、X 線の観測領域と同じ領域を赤外線観測し、得られた星数密度分布を X 線の強度分布と比較することが挙げられる。激変星は片方が白色矮星であるため、その分布は白色矮星と相似である。白色矮星は比較的質量の軽い星の最終段階であり、赤外線観測によって得られた星数密度分布は激変星の分布と相似であると考えられ、X 線強度分布と比較することによって、その分布が激変星のみで説明できるか、放射源が他に必要であるかを見ることができる。本研究では 2 つの分布の比較を行い、銀河系中心の拡散 X 線 (GCDX) における点源からの放射の寄与の割合を考える。GCDX 領域の、銀河面 $|l| < 2^\circ$ における近赤外線データ、Fe XXV 輝線データは取得済みである (Nishiyama et al. 2013 and references therein)。そこで今回は、Fe XXV 輝線強度が観測されている GRXE 領域 $|l| \sim 8^\circ$ の 2

箇所 (Yamauchi et al. 2009) をスケールリングに用いた。星数密度分布のため、我々は IRSF/SIRIUS を用いて、1 領域あたり 10 秒積分 $\times 10$ dithering (有効積分時間 100 秒) $\times 9$ 視野の観測を新たに行い、その領域の J, H, K バンド撮像データを得た。これらのデータは、1 視野あたり約 9000 個の星 (飽和した星を除く) を含んでいる。これらの観測から得られた星数密度分布と Fe XXV 輝線分布を比較して得られた点源からの寄与への制限、および点源以外の放射源の可能性について議論する。

1. S. Nishiyama et al. ApJ, 769, L28 (2013)
2. S. Yamauchi et al. PASJ, 61, S225 (2009)

銀河 c18 銀河系核周円盤の分子輝線 OTF マッピング観測

竹川 俊也 (慶應義塾大学 M2)

コンパクトな電波源 Sgr A* として認識される銀河系中心核は、400 万太陽質量の超巨大ブラックホール (SMBH) を内包していると考えられている。Sgr A* を取り囲むように 1 pc から数 pc の距離にわたって広がるトラス状の高温・高密度ガス雲は核周円盤 (circumnuclear disk; CND) と呼ばれ、中心核への質量供給を担う一方で、その化学組成は過去の中心核活動を反映していると考えられている。さらに CND の外側には 2 つの巨大分子雲 (GMC; $+20 \text{ km s}^{-1}$ cloud および $+50 \text{ km s}^{-1}$ cloud) が存在しているが、CND との物理的関連については未解明な部分が多い。CND の起源および実体を把握することは中心核の活動性を理解する上で極めて重要である。しかし、近年の CND の観測は電波干渉計を用いた高分解能観測が主流であり、見落とされ議論から外されてしまっている成分も少なくはない^[1]。

そこで私たちは干渉計観測では見落とされてしまっている広がった成分に着目し、2014 年 2 月および 3 月に野辺山 45 m 電波望遠鏡を利用して、CND 全体を含む銀河系中心 $6' \times 6'$ の領域について、HCN $J=1-0$ 、 $\text{HCO}^+ J=1-0$ 、 $\text{SiO } J=2-1$ などの CND をよくトレースする輝線^[2]を用いた詳細な OTF マッピング観測を行った。その結果、GMC と CND の物理的な接触を示す構造がいくつか見出され、 $+20 \text{ km s}^{-1}$ cloud から CND への質量供給の重要な証拠を新しく発見した可能性がある。また、私たちのグループは ASTE 10 m 鏡による HCN および HCO^+ の $J=4-3$ 輝線のデータも取得済みである。本講演では、これら単一鏡による観測結果を総合し、銀河系中心核環境への質量供給過程について新たに得られた知見を紹介する。

1. Oka, T., et al. 2011, ApJ, 732, 120
2. Takekawa, S., et al. 2014, ApJS, submitted

銀河 c19 銀河系核周円盤の $\text{HCO}^+ J=4-3$ のイメージング観測

鈴田 春奈 (慶應義塾大学大学院 M1)

銀河系の中心核は電波源 Sgr A* として認識されています。その外側には電離ガス mini-spiral が付随し、それらは核周円盤 (circumnuclear disk; CND) に取り囲まれています。CND は中心核活動の燃料貯蔵庫と考えられており、高速で回転し、動径方向にも運動しています。近年、私たちの研究グループは国立天文台野辺山 45 m 望遠鏡と ASTE 10 m 望遠鏡を用いて、CND をよく反映すると考えられる分子輝線^[1]を含む

複数のスペクトル線によるイメージング観測を行いました。その結果、CND とそれに関連する分子雲 (C1 cloud)^[2] において、1 を超える高い HCN $J=1-0$ /HCO⁺ $J=1-0$ 強度比が得られました。この強度比は活動銀河核 (AGN) では 1 より大きく、スターバースト銀河では 1 より小さいということが、いくつかの観測的研究により示唆されています^[3]。

今回私たちは、CND の起源や性質を探るとともに、銀河系中心領域での高い HCN/HCO⁺ 強度比の原因を調べるために、2014 年 5 月および 6 月に ASTE 10 m 望遠鏡を用いて、HCO⁺ $J=4-3$ による CND の OTF マッピング観測を行いました。HCN、HCO⁺ の $J=1-0$ と $J=4-3$ の 4 つの輝線強度を用いることで、CND およびその周辺の物理状態や、HCN/HCO⁺ の存在量比を決定することができます。この存在量比を調べることは、CND の形成過程を明らかにし、銀河系中心核の過去の活動の理解の鍵となるかもしれません。また、本研究は AGN における高い HCN/HCO⁺ 強度比の理解にも役に立つと考えられます。本講演では、今回の観測によって新しく得られたデータの解析結果を紹介し、CND およびその周辺で高い HCN/HCO⁺ 比の原因について議論します。

1. Takekawa, S., et al. 2014, ApJS, submitted
2. Oka, T., et al. 2011, ApJ, 732, 120
3. Kohno, K., et al. 2004, Berlin: Springer, 349

銀河 c20 ダスト進化を考慮した宇宙論的銀河形成モデル

吉原 健太郎 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 天文学教室 M1)

ALMA などでの観測データから、赤外サブミリ領域におけるダストの continuum など重要なデータが得られることが期待されているが、銀河のダスト SED に関する詳細なモデルは多くない。

一方で、最近の観測から、メタリシティの小さい銀河ではメタル量に対してダストがあまり検出されないという結果が出ている。

この原因として有力なものの一つに ISM 中での dust grain growth があり、これを取り入れたダスト進化モデルを宇宙論的銀河形成モデルに取り入れることで、

銀河のダスト特性を予言する新たなモデルを考案し、今後出てくる観測結果へ示唆を与えることを目指す。

1. Asano R. S., Takeuchi T. T., Hirashita H., Inoue A. K., Earth Planets Space, 65, 213 (2013)
2. Rémy-Ruyer A. et al., A&A, 563, A31 (2014)

銀河 c21 ブラックホール降着流における輻射場の効果

佐塚 達哉 (大阪大学 理学研究科 宇宙進化グループ M2)

今回の発表は Barai, Proga, Nagamine(2012) のレビューである。

活動銀河核 (AGN) のまわりのガスが中心からの放射を吸収することにより、幅の広い吸収線 (BAL) を作る。BAL が観測されるほとんど全ての AGN で、BAL が青方偏移していることが知られている。このことから AGN まわりのガスがアウトフローしていることが予想される。このアウトフローは中心からの放射に起因すると考えられ、アウトフローのメカニズムを解明するには、ガス中の輻射場の取り扱いが非常に重要

になってくる。この研究では AGN の中心から放射される X 線のみを考え、それによる輻射圧と加熱、冷却の効果を考えることで、輻射の効果を取り入れたガスの降着を 3D シミュレーションした。その結果、中心から放射される X 線の光度 L_X によってガスの構造が変化することが分かった。 L_X が小さい極限ではガスは、球対称かつ定常的に降着し、 L_X が大きい極限では中心付近のガスが放射によって温められることで膨張し、ほとんどのガスがアウトフローとして外部に流出した。また、二つの中間の L_X では、フィラメント状の高密度で低温な領域と、低密度で高温な領域からなる非球対称な構造を形成し、低密度高温の領域の一部でアウトフローが形成された。このような構造は、最初に球対称な構造をしていたガスが放射によって温められ、それによって生まれた摂動が熱的不安定によって成長したことで形成されたと考えられる。

1. Paramita Barai, Daniel Proga, Kentaro Nagamine 2012, MN-RAS, 424, 728
2. John I. Castor, David C. Abbott, and Richard I. Klein, 1975, ApJ, 195, 157

銀河 c22 遠方銀河における赤方偏移 z の決定

倉橋 拓也 (明星大学 M1)

我々は極めて明るいサブミリ波銀河の CO 輝線観測を行い、赤方偏移 z を決定する研究を行っている。本講演では候補天体である USS1558 と J1344 について発表する。USS1558 は星形成銀河が数多く群れている原始銀河団であり、H γ α 輝線を強く放射している非常に活発な銀河団であることを示す ($z=2.53$)。J1344 は Herschel で検出された明るい天体であり、赤方偏移 z が未詳である。これらの天体からの赤方偏移 z から分子ガスの分布や運動状態について報告する。

銀河 c23 近赤外線域における宇宙背景放射の再測定

佐野 圭 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 D1)

近赤外線域の宇宙背景放射には遠方の銀河から来る光や、未知の素粒子の崩壊によって放出される光などが含まれていると考えられている。この波長域には、黄道光、銀河系内の星の光などの強い前景放射が存在しており、これらを高い精度で除去しなければ宇宙背景放射を検出することは困難である。

我々は COBE(COsmic Background Explorer) 衛星に搭載されていた観測装置 DIRBE(Diffuse Infrared Background Experiment) によって得られた全天マップを用いて J、K バンドにおいて宇宙背景放射の再測定を試みている。DIRBE のデータを用いて宇宙背景放射を測定した例はあるものの、いずれの研究においても星の光が星間ダストに散乱された成分である銀河拡散光を無視していたという問題があった。我々は黄道光モデルを用いて黄道光を除去し、星のカタログである 2MASS(2 Micron All Sky Survey) を用いて DIRBE のマップから星の光を除去した。その後に残った拡散光成分のうち、銀河拡散光の成分を銀河系内の遠赤外線拡散放射との一次相関を利用して除去した。これによって、存在すると考えられる前景放射をすべて除去して、等方放射成分を求めることができたが、それは黄道光のスペクトルに似る。この結果は黄道光モデルで引き切れていない黄道光の成分が存在することを示唆するものである。

銀河 c24 VERA による IRAS07024-1102 の年周視差測定

松尾 光洋 (鹿児島大学 D1)

我々は VERA を用いた IRAS 07024-1102 の年周視差測定を行ったので報告する。この天体は Outer Rotation Curve (ORC) プロジェクトの一つであり、銀河系回転曲線をより正確に求め、銀河系の質量分布や力学、構造を明らかにすることを目的としている。

この天体は $(l, b) = (224^\circ 3, -2^\circ 1)$ に位置しており、Canis Major 領域に存在する。光度が小さい ($570 L_\odot$) のに対し線幅は大きい (1.99 km s^{-1}) ため pre-ultra compact (UC) H II より早期の大質量天体だと言われている。また $^{13}\text{CO } J = 2-1$ で $V_{\text{lsr}} = 16.9 \text{ km s}^{-1}$ であり、運動学的距離で太陽から 1.64 kpc 離れている (Wang et al. 2009)。

我々は年周視差を測定することで距離をより正確に求めるため VERA を用いて IRAS07024-1102 の水メーザー観測を行った。2010 年 5 月から 2014 年 3 月までの 18 epoch について解析を行った。3 epoch 以上で検出されたスポットを用いて年周視差フィッティングを行った結果、年周視差は $1.28 \pm 0.08 \text{ mas}$ であり、それに相当する距離は $0.78_{-0.04}^{+0.05} \text{ kpc}$ となった。また水メーザーの固有運動は $\mu_\alpha \cos \delta = -0.03 \pm 1.66 \text{ mas year}^{-1}$, $\mu_\delta = 0.67 \pm 1.59 \text{ mas year}^{-1}$ と求まった。

本ポスターでは新たに求まった距離にもとづいて銀河系外縁部における回転速度について議論する。

1. Wang et al. 2009, A&A, 507, 369

銀河 c25 遠赤外線 spectral Energy Distribution による銀河の活動の分類

古地 千尋 (宇宙科学研究所 M2)

銀河の活動には主として星形成と銀河核がある。これらはしばしば厚いダストに覆われた領域で行われており、この場合ダストからの赤外線再放射を観測することがその活動を知る方法である。この再放射フラックスの波長依存性から、銀河の活動の特徴を探る事ができる。そのための有効な手段のひとつが、異なる波長のフラックス比の相関 (color-color diagram) を描くことである。従来の研究ではその多くが IRAS の 4 バンドのフラックスデータを用いていた。しかし銀河の活動は複雑であり、IRAS のデータのみでは情報量の不足が問題であった。

そこで本研究では、IRAS の 4 バンドに「あかり」の 9, 18, 65, 90, 140 μm の 5 バンドのフラックスデータを加えて解析を行った。解析のサンプルには IRAS Revised Bright Galaxy Sample 中の 315 個の銀河を用いた。これらと「あかり」IRC と FIS のデータとで座標マッチングを行い、各銀河の可視光のフラックスデータを加えたデータセットを作成した。このデータセットから、各波長のフラックスと可視光のフラックスの比、赤外フラックス同士の比を計算し、解析のパラメータとして設定した。そして、これらのパラメータについて主成分分析を行った。

その結果、第 1 主成分は赤外フラックスの和と可視フラックスの比、第 2 主成分は IRAS と「あかり」のビーム径の違いに起因する銀河の大きさを示すパラメータを表していることが分かった。この結果から分かる銀河の活動の特徴について、本講演では議論する。

銀河 c26 Subaru/XMM-Newton Deep Survey 領域における X 線選択された活動銀河核の空間相関

水野 翔太 (京都大学宇宙物理学教室 M2)

銀河と銀河中心超巨大ブラックホール (SMBH) は共進化している (e.g. Magorrian et al. 1998)。その共進化を理解する上で、SMBH の成長過程である活動銀河核 (AGN) の進化を解明することは重要である。しかし、何が AGN 現象をトリガーするのかという基本問題は、未だによくわかっていない。AGN 空間相関 (3 次元自己相関関数) の測定は、AGN の存在するダークマターハローの質量を推定し、その環境を明らかにするために非常に有効である。

AGN の主要な種族は、塵やガスに隠された AGN (2 型 AGN) であることが分かっている。吸収に強い X 線サーベイは、隠された AGN も含めた完全性の高い AGN サンプルを用いた空間相関の調査を可能にする。この目的のためには、cosmic variance の影響を避けるための十分な広さと深さを同時に達成した、赤方偏移の分光同定率の高いサーベイデータが必要である。

我々は、このような条件を満たすサーベイの一つとして、Subaru/XMM-Newton Deep Survey (SXDS) に着目した。1 deg² という連続領域から、0.5-2 keV と 2-10 keV バンドで検出された 733 個と 576 個の X 線 AGN のうち、それぞれ 514 個および 397 個の赤方偏移が分光的に同定されている (Akiyama et al. in preparation)。また、SXDS 領域には、 $z \sim 1.5$ に大規模構造があることが分かっている。実際、Landy-Szalay estimator を用いて AGN 自己相関関数を計算したところ、強い相関信号が確認できた。本講演ではこれらの測定結果を報告し、過去の結果とも比較して議論する。

1. Landy, S. D., & Szalay, A. S. 1993, ApJ, 412, 64
2. Peebles, P. J. E. 1980, The Large Scale Structure of the Universe (Princeton: Princeton Univ. Press)

銀河 c27 球対称定常な BH 降着流における輻射の影響

篠田 智大 (大阪大学 理学研究科 宇宙進化グループ M2)

ブラックホールは他のコンパクト天体と異なり、エディントン効率 $\dot{M}_E = L_E/c^2$ を超えてガスを降着することができる。そのような大きな降着率 \dot{M} においては、降着するガス自身が輻射を出し、降着流に影響を及ぼす。[1], [2] ではこの輻射の影響を理解するため、輻射とガスの相互作用を考慮した球対称定常なブラックホール降着流について考察している。[1] では、輻射圧優勢な降着流においてはガスの密度と圧力に特定の関係がないために、定圧のままガスが収縮でき、結果として、ガス圧のみを考慮した場合と異なり Bondi 降着率よりはるかに大きな降着率を実現されることが分かった。本発表では、[1] のレビューを行う。

1. Begelman, M. C. 1978, MNRAS, 184, 53
2. Kafka, P. and Meszaros, P. 1976. Gen. Rel. Grav., 7, 841
3. Bondi, H. 1952. Mon. Not. R. astr. Soc., 112, 195

銀河 c28 内部紫外線と背景紫外線が及ぼす銀河形成への影響

鈴木 裕行 (筑波大学、宇宙物理理論研究室 D1)

WMAP などによる宇宙マイクロ波背景放射の観測によると、宇宙再電離は赤方偏移 10 程度にて起こったことが示されており (Komatsu et al. 2011)、多くの銀河は電離された宇宙にて、つまり紫外線放射場の影響を受けながら形成・進化するということが予想できる。紫外線は原始銀河ガス雲を電離加熱したり、原始ガスにおける重要な冷却材である水素分子を乖離する事から、銀河形成に著しい影響があることが予想され、紫外線放射輸送を考慮することは非常に重要である。放射輸送を数値計算で解くことによって矮小銀河形成に対する紫外線背景放射の影響 (Susa & Umemura 2004) などが調べられてきたが、原始銀河内部にて形成された星々が放出する紫外線 (内部紫外線という) の影響は、放射輸送計算のコストが膨大である事などを理由に今まで調べられてこなかった。

そこで本研究では、紫外線背景放射と内部紫外線のそれぞれが銀河進化にどのような影響を及ぼすかを、3次元流体計算に背景・内部双方の紫外線の放射輸送効果を物理モデルとして取り入れて計算することによって調べた。このようにモデル化して計算を行うことによって、多くのパラメータ領域において計算を可能にし、また、それぞれのフィードバックを ON/OFF した数値実験を行うことを可能とした。

本研究の結果として、内部紫外線は進化の初期段階に星形成を抑制する働きがあり、高赤方偏移の銀河の形成・進化に関して非常に重要なフィードバックであることを確認することができた。背景紫外線は、比較的進化の後期段階に影響が大きく、光蒸発を起こすことで最終的な銀河の星質量を低下させる働きがあることが分かり、内部紫外線・背景紫外線それぞれのフィードバックの役割、効果を知ることができた。また、これらのフィードバックは低質量 ($M_{\text{gas}} \lesssim 10^9 M_{\odot}$) の系やコラプス時期の遅い系において特に効果が顕著であり、銀河形成を考える際にこれらのフィードバックを考えることは必要不可欠であると言える。

1. Tajiri Y., Umemura M., 1998, ApJ, 502, 59
2. Susa H., Umemura M., 2004, ApJ, 600, 1
3. Komatsu E., et al., 2011, ApJS, 192, 18