

### III. 宇宙物理理論グループ

教授 梅村 雅之  
准教授 森 正夫  
講師 吉川 耕司  
助教 岡本 崇  
研究員 諏訪 多聞, 赤堀 卓也, 清水 一紘, 長谷川 賢二  
大学院生 4 名  
4 年生 5 名

本年度, 当グループスタッフは, FIRST プロジェクトを推し進めると共に, これを用いた宇宙第一世代天体, 銀河形成・進化, 銀河団の研究を行った。また, 宇宙構造形成, 宇宙再電離, 銀河形成, 銀河進化, 銀河中心核, 並びに星・惑星系形成の研究を展開した。

#### 【1】 FIRST プロジェクト

##### (1) 概要

文部科学省科学研究費補助金 基盤研究 (S)「第一世代天体から原始銀河に至る宇宙暗黒時代の解明」(平成 20 年度～平成 24 年度, 代表 梅村雅之)に基づき, 宇宙第一世代天体および原始銀河形成に関する大規模なシミュレーションを実行するプロジェクト (FIRST プロジェクト) を推進した。

##### (2) 宇宙シミュレータ FIRST

宇宙第一世代天体の形成過程について大規模な輻射流体力学シミュレーションを行うためには, 物質と光の作用および重力相互作用を極めて高速に計算する必要がある。目的とするシミュレーションのためには, 物質・光の計算性能が数 Tflops, 重力計算性能が数 10Tflops の計算機を必要とする。我々は, これを実現するために, PC クラスタに新規開発したサーバ組み込み型の重力計算専用ボード **Blade-GRAPE** を埋め込んだ宇宙シミュレータ **FIRST** を完成させた。

FIRST は, 256 の計算ノード, 2 つの管理ノード, 2 つのファイルサーバ, および Gfarm ファイルシステムからなる。計算ノードのうち, 16 ノードは 32 ビット型 Blade-GRAPE を有し, 224 ノードは 64 ビット型 Blade-GRAPE X64 を有する。ファイルサーバは 2 台で合計 4.5TB の容量をもつ。Gfarm ファイルシステムは, ネットワーク共有ファイルシステムであり, 分散したローカルディスクから一つの共有ファイルシステムをつくる機構である。これにより, 総計 22TB の共有ファイルシステムが構築されている。FIRST の総演算性能は, 36.1TFLOPS であり, 内ホスト部分 3.1TFLOPS, Blade-GRAPE 部分 33TFLOPS である。また, 主記憶容量は総計 1.6TB である。

##### (3) ダークマター・カスプが第一世代天体形成に与える影響

宇宙で最初に生まれた天体 (第一世代天体) は重元素を含まないガス雲から生まれる。従来の計算では  $\approx 10^6 M_\odot$  のダークマターハローに  $10^5 M_\odot$  程度のバリオンガスが蓄積された後, 重力不安定を起こし, その中に第一世代星が形成されるとされてきた。

しかしながら, 従来の研究では, ダークマターの小スケールでの振る舞い, 特にダークマター・カスプの成長についてはあまり注目されてこなかった。そこで, 我々は計算領域の全体を可能な限り高解像度にした数値計算で, ダークマター・カスプの成長を分解できるようにし, 第一世代天体の形成と進化を調べた。計算には宇宙シミュレータ FIRST を使い,  $N$  体/流体粒子

(SPH) 法によって第一世代天体形成過程の超高分解能シミュレーションを行った。この計算では、ダークマターと流体粒子をそれぞれ約 1 億体 ( $512^3$  体) 使い、計算領域の全体にわたってバリオンとダークマター質量解像度としてそれぞれ  $0.046 M_\odot$  と  $0.22 M_\odot$  を実現した。その結果、第一世代天体の形成に対してダークマター・カスプが影響を与えている可能性があることがわかった。

宇宙初期の密度揺らぎが成長して生まれるダークハローの中心部では、密度が半径の-1.5 程度に比例するカスプが形成される。計算分解能が上がるほど、カスプの成長は中心部での重力場を発散に向かわせる。その結果ダークマターハロー中心近くに存在するバリオンガスが強く中心部に引かれることになり、そこで密度が早く上昇する。カスプはダークマターハローの最中心部で密度一定のコア構造に切り替わるため、ガス密度の上昇はカスプとコアの切り替わるスケールに依存することになる。このことから、ダークハロー中心部における小スケールの構造を正しく解くことが第一世代天体形成過程において重要であることが明らかになった。

#### (4) 第一世代星紫外線フィードバックの星質量依存性

第一世代星は非常に大質量であったと考えられており、強い紫外線を放射する。そのため、第一世代星近傍のガスは光電離や水素分子の光解離などの紫外線フィードバックがかかる事が期待される。Susa and Umemura (2006) は、輻射流体シミュレーションを行う事で第一世代星近傍でのさらなる星形成可能性について調べた。その結果、電離波面後方に水素分子のシェルが形成され、そのシェルが解離光子を遮蔽することで近傍星形成の阻害を緩和する事を見いだした。しかし、このシミュレーションは第一世代星質量が 120 太陽質量の場合のみの計算であり、星質量依存性については調べられていなかった。

そこで我々は、輻射流体シミュレーションを行う事で、フィードバックの星質量依存性を調査し、星質量が 25-40 太陽質量以下では、電離光子が解離光子による星形成阻害を緩和できない事を明らかにした。この結果は、低質量星は大質量星に比べて電離光子数の解離光子数に対する割合が小さいという事実から定性的には説明可能であるが、これらの違いはただか二倍以下でしかなく、なぜこの程度の違いによって、光解離の負のフィードバックを緩和できるかどうかが変わるかは明らかでなかった。

我々は解析的見積もりと輻射流体シミュレーションの結果を用いる事で、上で述べた結果のより定量的な理解を試みた。その結果、電離波面前方に形成されるシェルの水素分子柱密度が、電離光子数と解離光子数の比に強く依存する事を見いだした。さらに、この解析的見積もりにより第一世代星近傍で星形成が可能となる臨界距離を定式化した。

#### (5) $\text{Ly}\alpha$ 輝線天体と他波長観測天体との対応関係について

近年  $\text{Ly}\alpha$  輝線で非常に明るい  $\text{Ly}\alpha$  輝線天体 (LAEs) と呼ばれる原始天体が様々な赤方偏移で観測されている。LAEs の正体は良く分っていないが、最近になって銀河進化の非常に初期のフェーズの天体である事が分かってきた (Mori & Umemura 2006, Shimizu et al. 2007)。しかしながら LAEs は  $\text{Ly}\alpha$  輝線の放射機構など依然として良く分っていない天体である。

現在様々な領域において、narrow band survey による  $\text{Ly}\alpha$  輝線天体観測の他、光学、赤外、Sub-mm といった波長による遠方銀河観測が盛んに行われている。しかしながら、LAEs と様々な波長帯で観測される銀河がどのように関係しているのかはよくわかっていない。

そこで我々は、宇宙論的  $N$  体計算と化学進化モデルを組み合わせ、LAE となる天体と他の波長帯で観測される銀河との関係を調べた。特に、銀河内の各サブストラクチャーの星形成史・化学進化を独立な事象として扱い、evolutionary spectral synthesis code 'PEGASE' を用いて SED の計算を行った。 $\text{Ly}\alpha$  光度については、ダスト吸収の効果も考慮した。

結果として、LAEsは銀河進化の極初期のフェーズにあるような天体だけでなく、一度LAEsとしての寿命を終えたものにガスが降着して星形成を誘起するような天体もLAEsとして観測される可能性がある事が分かった。そして、前者をType 1 LAE, 後者をType 2 LAEと名づけた。さらに、Type 2 LAEはMOIRCS等近赤外の波長で観測される天体と空間相関がよく一致する事が分かった。

#### (6) ライマンアルファエミッタの光学的特性と宇宙再電離との関係

近年WMAPの観測等により、宇宙再電離史への大きな制限が与えられた。しかし、宇宙再電離を引き起こした電離源については依然謎のままである。ライマンアルファエミッタやライマンブレイク銀河はその電離源の有力な候補である。我々はこれまでMori & Umemura(2006)の高精度流体計算による銀河進化のシミュレーション結果に対し、3次元輻射輸送計算を行うことによりこれらの高赤方偏移天体の光学的特性について理論的に調べ、銀河内の電離構造、電離光子脱出確率を見積もった。さらに、この結果と観測により得られている星形成密度を用いて、ライマンアルファエミッタやライマンブレイク銀河の銀河間ガスの電離への寄与を見積もった。結果としてライマンアルファエミッタは銀河間ガスの電離にはほとんど寄与せず、ライマンブレイク銀河は $z=3-5$ において主要な電離源である可能性を指摘した。また、現在までに観測されているライマンアルファエミッタやライマンブレイク銀河のみでは $z>6$ において銀河間ガスを電離することが困難であることが分かった。

#### (7) 衝突銀河団における重元素の電離状態と電子・イオン温度の研究

銀河団の銀河は銀河団が銀河や銀河群の度重なる衝突合体で成長するときに力学的・熱的影響を強く受け形成・形態進化を遂げ、その過程で銀河団ガスに重元素を供給してきた。重元素の量と分布はこれらの形成進化をひもとく鍵であり、それは数千万度の温度にある銀河団ガスから放射されるX線を分光し、輝線を調べることで分かる。これまでに多くの銀河団で重元素の組成や量、空間分布がX線観測の研究によって調べられてきた。これらの研究においては重元素は衝突電離平衡にあり電子・イオンは温度平衡にあると仮定されるが、これは銀河団中心部ではこれらの平衡状態に達する時間スケールが十分短いと考えられるだけガスの密度が高いからである。しかしながら、ビリアル半径にせまる希薄な周縁領域や衝突加熱領域では平衡状態に達していない可能性を我々は注目している。もしそうであれば、平衡を仮定した解析結果は誤った重元素量を推定しかねない。そこで我々はFIRSTシミュレータを用いて鉄などの主要な重元素の衝突電離平衡と電子・イオンの温度平衡を仮定せず時間進化を解くダークマターとガスを含めた衝突銀河団の3次元数値実験を世界で初めて行った。その結果、最近すざく衛星で観測されたAbell 399/401連銀河団の連結領域においては、24階電離鉄の割合が平衡値より10-20%多いことや電子温度がガスの平均温度より数%低いことを明らかにした。また観測されるX線のスペクトルを計算し、鉄のK輝線の強度が数%増強されていることも示した。更に、連結領域の周縁部においてマッハ数が1.5程度の衝撃波が存在することが予言された。この領域では電子・イオンの2温度構造や鉄イオンの電離状態の電離平衡からのずれが大きいことが予想され、将来のX線観測衛星でその詳細が明らかになることが期待される。

また、様々な衝突条件下(質量比・インパクトパラメータ)での衝突銀河団ガスの非平衡電離状態・2温度プラズマのシミュレーションを行い、銀河団外縁部と銀河団中心部でそれぞれ特徴的な衝撃波が非平衡電離状態・2温度状態を伴って形成されることが分かった。更に、観測時の衝撃波面に対する角度によって非平衡電離状態や2温度状態の観測可能性が大きく変わることともわかった。

## 【2】 宇宙論・銀河形成

### (1) Baryon Acoustic Oscillation の非線形成長

Baryon Acoustic Oscillation (BAO) は宇宙晴れ上がり以前のバリオン・光子混合流体の音波振動が、晴れ上がり以後にバリオンとダークマターの重力相互作用によって現在の宇宙大規模構造に伝搬したものである。この BAO の振動スケールは宇宙晴れ上がり時のサウンドホライズンの大きさで決まるため理論的に計算可能である。従って、宇宙の大規模構造の観測によって BAO の振動スケールを観測することができれば、それを物差しとして大規模構造のスケールを測定することが可能になる。また、様々な赤方偏移での BAO の観測から宇宙の膨張の履歴を測定することが可能になり、宇宙論パラメータ、特に暗黒エネルギーの状態方程式への制限が可能になると考えられている。

BAO の振動スケールは  $100h^{-1}\text{Mpc}$  程度であるので、その時間的な成長は線形理論が適用可能な範囲ではあるが、宇宙論パラメータや暗黒エネルギーの状態方程式のパラメータを高い精度で決定するためには、非線形な効果を取り入れたモデル化が必要となる。一般に、摂動論による弱非線形成長の取扱いが行われるがその適用範囲については必ずしも明らかでは無かった。我々は宇宙論的な N 体シミュレーションを用いて BAO の非線形成長のシミュレーションを行い、様々な摂動論的な取扱いの適用可能範囲を明らかにした。

### (2) 銀河の角運動量問題の物理的起源

構造形成の標準的な理論となっているコールドダークマターモデルの下で、銀河形成シミュレーションを行うと殆どの銀河がバルジ成分が卓越した銀河となり、我々の天の川銀河のような渦巻き銀河が形成されないことが知られている (角運動量問題)。この原因を探るため、星形成等の仮定を変更した宇宙論的シミュレーションを行うことにより、同一の初期条件から渦巻き銀河と楕円銀河を形成することに成功した。この二つのシミュレーションを解析することにより、角運動量問題の原因は、小さなダークマターハローがまず形成され、それらが合体しながらより大きなダークマターハローへと成長していくというコールドダークマターモデルの特徴そのものにあること、観測されるような渦巻き銀河が存在するためには、宇宙の初期において超新星爆発によるエネルギー供給等によってガスの分布がダークマターハローのそれよりもずっと広がったものにならなければならないことを明らかにした。

### (3) 紫外背景輻射が銀河形成に与える影響の定量的評価法

準解析的モデル等で紫外背景輻射の銀河形成への影響を評価するために長い間 Gnedin (2000) によるフィルタリング質量が使われてきた。我々は高解像度の宇宙論的シミュレーションを行うことにより、このフィルタリング質量が紫外背景輻射による銀河形成阻害の影響を一桁ほど大きく見積もることを明らかにした。また、簡単な準解析的モデルを構築することにより、紫外背景輻射は主に、ダークマターハローへと降着してくるガスの温度を上昇させることによりその温度よりも低いビリアル温度を持つダークマターハローへのガスの降着を禁じることにより銀河形成を抑制することを明らかにし、この影響を準解析的モデルで正しく取り扱う方法を提示した。

### (4) 高分解能シミュレーションによる、銀河内での星形成シミュレーション

従来の銀河形成シミュレーションは数値的分解能が足りないため、銀河内での星形成領域を直接取り扱うことは出来ず、温度  $10^4$  度、密度  $n_{\text{H}} \sim 0.1 \text{ cc}^{-1}$  程度の温かいガスで星形成が起こると仮定していた。そこで、100 度以下、密度  $n_{\text{H}}$  が  $100 \text{ cc}^{-1}$  以上の低温高密度ガスを扱える高分解能シミュレーションを行った。その結果、このようなシミュレーションでは観測的に

知られるガスの表面密度と星形成率密度の関係が自動的に再現されること、それはガスが低温高密度の星形成領域へと供給されるタイムスケールが、どの密度のガスでも力学的時間の約5倍になっているためであることが原因であることを明らかにした。

また、銀河合体の高解像シミュレーションを行うことにより、このような低温高密度ガスでの星形成を仮定すると、従来のシミュレーションでは再現されなかった、銀河と銀河の衝突面での爆発的星形成が自然に生じることが分かった。この爆発的星形成ではダークマターハローを持たない星団も多数形成されることが明らかになった。

### 【3】 銀河進化標準模型の構築

#### (1) 概要

飛躍的な観測技術や検出装置の進歩により、それまでは全く知り得なかった宇宙の深遠部で、活発な星形成の兆候を示すライマンアルファエミッタ、ライマンブレイク銀河、サブミリ銀河等、莫大な数の銀河が観測されている。しかしながら、そういった天体が、我々の住む現在の宇宙に存在し、ハッブル系列などで分類され研究されてきた近傍銀河とどのように関連しあっているのか？これらは非常に基本的な問いかけにもかかわらず、明確な答えを我々はもっていない。文部科学省科学研究費補助金 基盤研究 (C)「高精度ハイブリッドシミュレーションで探る銀河の発生学」(平成18年度～平成20年度、代表 森正夫)に基づき、銀河の標準進化模型を構築すべく銀河形成・進化の理論研究を推進している。

#### (2) ライマンアルファエミッタとライマンブレイク銀河の理論進化模型の構築

本研究では、”ライマンアルファエミッタやライマンブレイク銀河に代表される高赤方偏移で発見されている天体が、近傍宇宙のハッブル系列を構成する銀河の進化経路の一側面を見ているに過ぎない”という仮説を掲げ、銀河の化学力学モデルを駆使して、銀河の発生について詳細な理論模型を構築している。その研究成果の一部としてライマンアルファエミッタが数億年の時間尺度でライマンブレイク銀河へ進化し、最終的には近傍の楕円銀河へ進化する様を理論的に示した。また、ライマンアルファエミッタで放射されるランマンアルファエミッションの光度は、原始銀河の質量と生の相関があることを示した。さらにその放射の物理的な起源として従来から考えられてきたメカニズム以外に、衝撃波で加熱されたガスの放射冷却に起因するものが大きな影響を及ぼすことが分かった。

#### (3) ライマンアルファエミッタとサブミリ銀河との関係

近年、ライマンアルファエミッタやライマンブレイク銀河の観測研究の分野では、従来からの可視光波長のみならずX線、サブミリ等の多波長観測が行われはじめている。我々はMori & Umemura(2006)における銀河風によるライマンアルファエミッタの理論モデルが現実的であるか検証すべく、星間ダストによる紫外線の吸収を詳細に扱うことで、赤外線特性を調べた。その結果、銀河進化と共にダストの温度分布、赤外線分布、赤外線光度の時間的変化が分かった。この結果を用いて、ALMA等に代表される将来の大型観測装置による高赤方偏移天体のサブミリ波観測に対する理論的な示唆を与えた。

#### (4) 銀河衝突における銀河構造の力学進化

現在の標準的な宇宙構造形成論では、小質量銀河が衝突合体を繰返しながら成長し階層的に構造形成をおこなうことにより、現在の銀河の姿を構築したと考えられている。そこで最も基本的な力学過程である小質量銀河が大質量銀河に衝突合体していく過程を、これまでにない高精度シミュレーションにより調べた。

特に最近の宇宙望遠鏡や大望遠鏡による高精度観測により、アンドロメダ銀河のハロー部分に存在する大規模な星構造（アンドロメダストリーム）や、貝殻状の恒星の空間分布といった謎の大規模構造がぞくぞくと発見され始めている。アンドロメダを取り囲むこのような大規模構造はどのようにして出来上がったのか？2008年6月から運用が開始された新しいスーパーコンピュータ“T2K-TSUKUBA”を用いて、この大規模構造に関する大規模数値シミュレーション解析を行った。今から10億年前にアンドロメダの1/400程度の質量しかない小さな銀河が、アンドロメダの強い重力に捕まり、バラバラに引き裂かれる様子がシミュレーションされた。この銀河の残骸は約40万光年にも渡って夜空を流れる“アンドロメダの涙”を作り上げ、幾重にも重なる貝殻状の星の群れを産み出すことになった。さらに、遡ること10億年前にも同程度の質量をもつ別の矮小銀河が、同様にアンドロメダと衝突していた可能性を見出した。アンドロメダとその彼方に位置するM33との間の広大な銀河間空間には、その衝突によって出来上がった矮小銀河の残骸が周期的なシェル構造を作り上げていることを示した。近傍銀河ではこのような矮小銀河の衝突過程が詳細に観測でき、原始銀河の衝突合体過程を理解する上で有意義なものとなった。

#### （5）銀河系中心部の高速分子雲の衝撃波模型

銀河系中心部の分子ガスが集中している領域に、他には見られない非常に大きな速度幅を持つコンパクトな分子雲（HVCC）が電波の大規模サーベイ観測より大量に発見されている。詳細な観測データの解析から、HVCCが膨張するガスの殻構造を持つことが示唆され、その膨張エネルギーは $10^{49} - 10^{52}$  ergにも及ぶ大きな運動エネルギーを持つことが報告されている。しかしながら、そのエネルギー源に関する詳細な理論モデルは未だ報告されておらず、その起源が謎のままとなっている。本研究では、HVCCの特性とその内部で誕生した星団の活動性が密接に関係していると考え、星団からの質量放出過程とHVCCとの流体力学的相互作用について調べた。HVCCの中心に星団が形成され、その星団にある複数のOB型星から放出される恒星風とII型超新星爆発によって発生する衝撃波によって、HVCC内の星間ガスがかき集められ、圧縮・加熱されて膨張する殻を生成することを見出した。

#### （6）ブラックホール降着・噴出流の大局的2次元輻射磁気流体シミュレーション

ブラックホールへのガス降着流の理解は、1970年代に登場した標準円盤モデルと、それに引き続き提案されたスリム円盤モデル、ADAF(RIAF)モデルといった1次元モデルを中心に大きく発展してきた。これらのモデルでは、肝心のエネルギーおよび粘性の起源を現象論的モデル（所謂 $\alpha$ モデル）で扱っている。近年、それらが磁場起源であることがわかり、MHD計算で詳細な研究が行われるようになった。しかしながら、より現時的な描像を得るためには、輻射冷却や輻射圧も考慮する必要がある。即ち、MHD計算に輻射輸送を取り入れた輻射磁気流体(RMHD)計算を行わなければならない。

そこで我々は、ブラックホール降着流の大局的2次元RMHDシミュレーションを実行した。その結果、スリム円盤、標準円盤、RIAFに対応する3種の降着流を再現することに成功した。質量降着率が臨界値以上の場合、輻射圧優勢で分厚い円盤が形成され、輻射圧加速型のアウトフローが発生することがわかった(Model A)。質量降着率が臨界値の1%程度のときには輻射冷却の効いた薄い円盤(Model B)が、0.01%程度の場合には輻射冷却が効かず、高温プラズマから成る分厚い円盤(Model C)が形成されることがわかった。Model BとCの円盤からは、磁気圧で加速されたアウトフローが発生する。磁場のエネルギーはガスのエネルギーの2倍(Model A)、30%(Model B)、20%(Model C)まで増幅される。また、粘性トルクがおおよそ圧力に比例することがわかった。このようなブラックホール降着流の基礎物理過程の詳細を調べることは、

銀河中心の巨大ブラックホールと銀河バルジの共進化を考える上で、重要な示唆を与えることになる。

#### 【4】 星・惑星系形成過程の研究

##### （１）複合コンドリュール形成

コンドリュールはコンドライト隕石に含まれる 1mm 程度の球形のシリケート構成物であり、原始太陽系星雲中で急激な加熱を受け、熔融し、急冷することで形成されたと考えられており、原始太陽系星雲の物理的、化学的情報を保持していると期待されている。多くのコンドリュールは単体で含まれているが、2つ以上のコンドリュールが付着した、複合コンドリュールが全体の5%程度存在する。多くの複合コンドリュールは独立なコンドリュールが熔融中に衝突することにより形成されたと考えられているが、原始太陽系最小質量モデルでダスト同士の衝突確率を見積ると、複合コンドリュールの存在割合に遠く及ばず、これまで理論的な説明はなされていなかった。

本研究では、2つのフォルステライト ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) 液滴の衝突を様々なパラメータ（衝突速度、衝突角度、液滴の粘性、液滴の直径）のもとで、3次元流体シミュレーションにより模擬し、複合コンドリュール形成のための衝突条件を定量的に調べた。様々なパラメータで計算を行った結果、衝突後に2つの液滴が付着する「合体」、衝突角度が大きく、いったん付着するが、最終的には二つの液滴に分離する「伸張分離」、衝突速度が速く最終的に多くの液滴に分裂する「破壊」の3つのカテゴリーに分類できる事がわかった。そして、複合コンドリュール形成の有力なモデルの一つである分裂・衝突モデルの検証を衝突条件の観点から行った。コンドリュール形成の有力なモデルの一つである衝撃波加熱モデルでは、ダストはガス摩擦加熱を受けるため、ダスト表面から熔融し始める。熔融部分は高速のガス流にさらされるため、その動圧で熔融部は分裂する。この分裂片同士の衝突を考えたのが、分裂・衝突モデル (Miura et al. 2008) である。分裂片同士の衝突のパラメータを求めるため、部分的に熔融したダストの熔融部の分裂現象と分裂片の運動を3次元流体シミュレーションにより調べた。数値計算の結果、32個の分裂片を同定し、12回の衝突を確認した。さらに分裂片の位置、速度、サイズの時間進化を追うことで、12回の衝突の衝突パラメータを調べ、衝突条件を満たすかどうか調べた。その結果、11回の衝突に関しては合体条件をクリアする。しかし、これらの衝突での液滴の変形は動圧支配であり、形状保持条件を満たさない。これは、分裂、衝突の時間スケールに比べて、冷却の時間スケールが長いと、粘性の低い状態で衝突するためである。したがって、Miura et al. (2008) で考えられていたような、分裂直後の分裂片同士の衝突では、複合コンドリュールの形成は難しいことがわかった。一方、異なる分裂現象（複数回の分裂現象）による分裂片同士の衝突によって形成されるというシナリオでは、分裂片が十分に冷却されてから衝突するため、有力なモデルとなることがわかった。

##### （２）輻射輸送計算を用いた大質量星周円盤のスペクトル・エネルギー分布の研究

大質量星の形成メカニズムは、宇宙物理学における重要な未解決問題の一つになっている。最近の観測で、大質量星の周りに円盤状の構造の証拠が見つかってきており、これは大質量星が小質量星と同様にガス円盤からの降着によって形成されたことを示唆している。よって、ガス円盤が大質量星周りでどのような構造となっているかを知ることが、大質量星の形成メカニズムを解明する上で、極めて重要である。

本研究では、大質量星周円盤の構造を理論解析によって求め、これを使って輻射輸送計算を行うことで、ガス円盤のエネルギー・スペクトル分布から円盤についてどのような物理情報を引き

出すことができるかについて解析した。この解析では、大質量星からの輻射伝播について、輻射流速制限拡散近似法を採用し、2次元軸対称の輻射輸送を解くことによって星周ガス円盤の静水圧平衡密度分布と温度を決定した。そして、求められたガス円盤の密度分布と温度分布を用いて、光の伝播をレートレーシングし、ガス円盤からのエネルギースペクトル分布を求めた。その結果、輻射の大部分は円盤表面から逃げ出し、円盤内部の高密度領域が、短波長の輻射を吸収して、赤外線放射として再放出することがわかった。また、星周円盤の半径の大きい所では、遮蔽効果が効いて低温になることがわかった。

上記の計算を、現実的にとりうる様々なパラメータについて計算した結果、中心星の光度は、エネルギースペクトル分布におけるピーク光度と10ミクロンでのシリケート光度の比で決定できることがわかった。これは、中心星の光度が高いほど、星周円盤の多くの領域が高温に加熱されることになり、その結果エネルギースペクトル分布のピーク値が高くなるからである。また、表面密度分布が変わると、波長毎の光学的厚さの半径依存性が変わり、各波長でのエネルギースペクトル分布が変わる。計算の結果、特に300ミクロンの光度は、表面密度分布の勾配に敏感であり、300ミクロン光度によって表面密度勾配をよく決定できることがわかった。結論として、エネルギースペクトル分布を見ることにより、大質量星形成の物理状態について、多くの重要な情報を得ることができることが明らかとなった。

#### <受賞>

保田 誠司

数理物質科学研究科長博士論文表彰，2009年3月

Theoretical Study on Compound Chondrule Formation

(複合コンドリュール形成に関する理論的研究)

#### <科研費採択状況>

基盤研究(S): 梅村 雅之(代表者)(新規)

「第一世代天体から原始銀河に至る宇宙暗黒時代の解明」(1,090万円)

基盤研究(C): 森 正夫(代表者)(継続)

「高精度ハイブリッドシミュレーションで探る銀河の発生学」(104万円)

若手研究(スタートアップ): 吉川 耕司(代表者)(継続)

「宇宙論的バリオン進化の理論的研究」(135万円)

基盤研究(B): 吉川 耕司(研究分担者)(新規)

「バリオン宇宙の理論的探求と次世代X線衛星」(研究代表者: 須藤靖)(50万円)

日本学術振興会特別研究員奨励費: 秋月 千鶴(代表者)(継続)

「相対論的輻射輸送から探る活動天体と宇宙ジェットの構造」(90万円)

日本学術振興会特別研究員奨励費: 小泉 貴之(代表者)(新規)

「相対論的輻射流体力学によるブラックホール降着円盤とアウトフローの研究」(90万円)

#### <非常勤講師(集中講義)>

1. 梅村 雅之: 東京工業大学, 「宇宙輻射流体力学」, 2008年7月16日~17日

2. 森 正夫: 千葉大学, 「計算物理学IV」, 2008年12月22日



## <学位論文>

### 博士論文

1. 保田 誠司  
Theoretical Study on Compound Chondrule Formation  
(複合コンドリュール形成に関する理論的研究)
2. Rogel Mari Dionisio Sese  
The Study on Spectral Energy Distribution of Massive Circumstellar Disks Using Radiative Transfer Calculations  
(輻射輸送計算を用いた大質量星周円盤のスペクトル・エネルギー分布の研究)

### 修士論文

1. 市川 知宏  
銀河の遠赤外放射輸送モデルの構築と星形成矮小銀河への応用
2. 成田 亮太  
銀河団を用いたバリオン音響振動検出の可能性
3. 和田 崇之  
大質量星周りのダストガス円盤の電離構造

### 学士論文

1. 石崎 友規  
初期宇宙の水素分子形成と初代星の誕生
2. 井上 源基  
銀河系中心で発見された High Velocity Compact Cloud の衝撃波模型
3. 中村 繁幸  
非一様密度場中における衝撃波の伝播過程の解析
4. 三木 洋平  
銀河衝突の数値実験によるアンドロメダストリーム形成過程の探究
5. 柳沼 えり  
無衝突ボルツマン方程式による自己重力系の数値計算

## <論文>

### Refereed Papers

1. Hasegawa, K., Umemura, M., Susa, H., 2009, Radiative regulation of Population III star formation, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 445, in press.
2. Hasegawa, K., Umemura, M., Kitayama, T., 2009, Formation of globular clusters induced by external ultraviolet radiation, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, in press.
3. Ohsuga, K., Mineshige, S., Mori, M., Kato, Y., 2009, Global Radiation-Magnetohydrodynamic

Simulations of Black Hole Accretion Flow and Outflow: Unified Model of Three States, Publications of the Astronomical Society of Japan, in press

4. Nishimichi, T., Shirata, A., Taruya, A., Yahata, K., Saito, S., Suto, Y., Takahashi, R., Yoshida, N., Matsubara, T., Sugiyama, N., Kayo, I., Jing, Y.P., Yoshikawa, K., 2009, Modeling Nonlinear Evolution of Baryon Acoustic Oscillations: Convergence Regime of N-body Simulations and Analytic Models, Publications of the Astronomical Society of Japan, in press.
5. Saitoh, T. R., Daisaka, H., Kokubo, E., Makino, J., Okamoto, T., Tomisaka, K., Wada, K., Yoshida, N., 2008, Toward First-Principle Simulations of Galaxy Formation: II. Shock-Induced Starburst at a Collision Interface During the First Encounter of Interacting Galaxies, Publications of the Astronomical Society of Japan, in press.
6. Sakuma, M., Susa, H., 2009, Feedback Effects of First Supernovae on the Neighboring Dark Matter Halos, Astrophysical Journal, in press.
7. Susa, H., Umemura, M., Hasegawa, K., 2009, Formation Criteria and the Mass of Secondary Population III Stars, Astrophysical Journal, submitted.
8. Kawata, D., Okamoto, T. Cen, R., Gibson, B. K., 2008, Non-Radiative Test of a New SPH Scheme, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, submitted.
9. Suwa, T., Hirashita, H., Tamura, Y., 2009, A Simple Understanding of the High-Redshift Luminous Infrared Populations, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, submitted.
10. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T., 2009, The escape of ionizing photons from supernova-dominated primordial galaxies, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, submitted.
11. Sato, J., Umemura, M., Sawada, K., 2008, The impact of a supernova explosion in a very massive binary, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 387, 1517-1524.
12. Koch, A., Rich, R. M., Reitzel, David B., Martin, Nicolas F., Ibata, Rodrigo A., Chapman, Scott C., Majewski, Steven R., Mori, M., Loh, Yeong-Shang, Ostheimer, James C., Tanaka, M., 2008, Kinematic and Chemical Constraints on the Formation of M31's Inner and Outer Halo, Astrophysical Journal, 689, 958-982.
13. Mori, M., Rich, R. M., 2008, The Once and Future Andromeda Stream, Astrophysical Journal, 674, L77-L80.
14. Akahori, T., Yoshikawa, K., 2008, Non-Equilibrium Ionization State and Two-Temperature Structure in the Linked Region of Abell 399/401, Publications of the Astronomical Society of Japan, 60, L19-L22
15. Ota, N., Murase, K., Kitayama, T., Komatsu, E., Hattori, M., Matsuo, H., Oshima, T., Suto, Y., Yoshikawa, K., 2008 Suzaku broad-band spectroscopy of RX J1347.5-1145: constraints on the extremely hot gas and non-thermal emission, Astronomy & Astrophysics, 491, 363-377

16. Okamoto, T., Gao, L., Theuns, T., 2008, Mass loss of galaxies due to an ultraviolet background, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390, 920-928.
17. Saitoh, T. R., Daisaka, H., Kokubo, E., Makino, J., Okamoto, T., Tomisaka, K., Wada, K., Yoshida, N., 2008, Toward First-Principle Simulations of Galaxy Formation: I. How Should We Choose Star-Formation Criteria in High-Resolution Simulations of Disk Galaxies?, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 60, 667.
18. Zavala, J., Okamoto, T., Frenk, C. S., 2008, Bulges versus discs: the evolution of angular momentum in cosmological simulations of galaxy formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 387, 364-370.
19. Okamoto, T., Nemmen, R. S., Bower, R. G., 2008, The impact of radio feedback from active galactic nuclei in cosmological simulations: formation of disc galaxies, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 385, 161-180.
20. Miura, H., Yasuda, S., Nakamoto, T., 2008, Fragment-collision model for compound chondrule formation: Estimation of collision probability, *Icarus*, 194, 811-821.
21. Akizuki, C., Fukue, J., 2008, Spherical Relativistic Radiation Flows with Variable Edington Factor *Publ. Astron. Soc. Japan*, 60, 337-343

#### Non-Refereed Papers

22. Umemura, M., 2008, Coevolution and Downsizing of Supermassive Black Holes and Galactic Bulges, *Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies*, 283-289.
23. Watabe, Y., Umemura, M., 2008, Beyond the Unified Theory: Evolution of Active Galactic Nuclei Driven by Starburst Events, *Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies*, 384.
24. Saitoh, T. R., Koda, J., Okamoto, T., Wada, K., Habe, A., 2008, Tidal Disruption of Dark Matter Halos Around Proto-globular Cluster, *Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies*, 373.
25. Okamoto, T., 2008, Simulations of Coevolving Galaxies and Supermassive Black Holes, *Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies*, 367.
26. Umemura, M., Susa, H., Suwa, T., Sato, D., 2008, FIRST Project: Formation and Feedback of the First Stars, *First Stars III*, 990, 386-389.
27. Suwa, T., Umemura, M., Sato, D., Susa, H., 2008, High Resolution P<sup>3</sup>M-GRAPES-SPH Simulations of PopIII Star Formation, *First Stars III*, 990, 390-392.
28. Sato, D., Umemura, M., Susa, H., Suwa, T., 2008, Radiative Transfer SPH Simulations of UV Feedback on Pop III Star Formation, *First Stars III*, 990, 393-394.
29. Mori, M., Umemura, M., 2008, Evolution of Lyman- $\alpha$  Emitters, Lyman-break Galaxies and Elliptical Galaxies, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 399, 288.
30. Nakamura, Y., Hayashino, T., Yamada, T., Matsuda, Y., Yamauchi, R., Kousai, K., Morimoto, N., Umemura, M., 2008, Large Scale Structure of Lyman-Alpha Absorbers in the SSA22 Region at  $z=3.1$ , *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 399,

135.

31. Shimizu, I., Umemura, M., 2008, Novel Picture for Lyman-Alpha Emitters, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 399, 129.
32. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T., 2008, Escape Fraction of Ionizing Photons from High-z Proto-Galaxy, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 399, 70.
33. Nagashima, M., Okamoto, T., 2008, Chemical Abundance Patterns in the Local Dwarf Galaxies in the CDM Universe, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 399, 475.
34. Okamoto, T., 2008, Galaxy Formation, New Horizons in Astronomy, 393, 111.
35. Yasuda, S., Nakamoto, T., 2008, Conditions for Compound Chondrule Formation, Meteoritics and Planetary Science Supplement 43, 5145.
36. Miura, H., Yasuda, S., Nakamoto, T., 2008, Fragment-Collision Model for Compound Chondrule Formation: Size Ratio of Secondary to Primary, Lunar and Planetary Institute Science Conference Abstracts 39, 1215.

#### <解説記事>

1. 国際研究会「East Asian Young Astronomers Meeting 2008」報告  
赤堀 卓也, 花山 秀和  
日本天文学会 天文月報 2009 年 1 月号

#### <研究会開催>

1. 初代星・銀河形成研究会  
2008 年, 9 月 8 日～10 日, 甲南大学, 神戸  
世話人: 梅村 雅之, 大向 一行, 須佐 元, 森 正夫, 吉田 直紀
2. Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies  
Jan. 14-16, 2009, Univ. of Tsukuba, Tsukuba  
世話人: 梅村 雅之, 大向 一行

#### <座長>

1. 梅村 雅之  
日本天文学会秋季年会, 「銀河」セッション, 2008 年 9 月 13 日, 岡山理科大学, 岡山

#### <国際会議発表・海外講演>

1. Umemura, M. Suwa, T., Susa, H.  
First Star Simulations down to CDM Damping Scales  
IAU Symposium 255: Low-Metallicity Star Formation: From the First Stars to Dwarf Galaxies (June 16-20, 2008, Rapallo, Genova - Liguria, Italy)

2. Hasegawa, K., Umemura, M., Susa, H.  
 Secondary star formation in a Pop III object: Dependence of UV feedback on the mass of source star  
 IAU Symposium 255: Low-Metallicity Star Formation: From the First Stars to Dwarf Galaxies (June 16-20, 2008, Rapallo, Genova - Liguria, Italy)
3. Yasuda, S., Nakamoto, T.  
 Collision Condition for Compound Chondrule and Compound Cosmic Spherule Formation I : Condition for Coalescence  
 5th Annual Meeting AOGS (June 16-20, 2008, Busan, Korea)
4. Okamoto, T.  
 Modelling the suppression of galaxy formation due to a UV-background  
 The 11th Nottingham-Birmingham Extragalactic Workshop: Semi-analytic models - Are we kidding ourselves? (June 24-25, 2008, Birmingham, UK)
5. Yasuda, S., Nakamoto, T.  
 Conditions for Compound Chondrule Formation  
 71st Annual Meeting of the Meteoritical Society (July 26-27, 2008, Kunibiki Messe, Matsue, Japan)
6. Akahori, T., Yoshikawa, K.  
 Non-Equilibrium Ionization State and Two-Temperature Structure in the Linked Region of Abell 399/401  
 The East Asian Young Astronomers Meeting 2008 (EAYAM2008) (July 27-Aug. 1, 2008, Jiayuguan, China)
7. Sese, R. M., Nakamoto, T., Umemura, M.  
 Radiative Transfer in Massive Circumstellar Disks  
 The East Asian Young Astronomers Meeting 2008 (EAYAM2008) (July 27-Aug. 1, 2008, Jiayuguan, China)
8. Umemura, M.  
 Computational Astrophysics with a Novel Hybrid Simulator "FIRST" (Invited)  
 International Workshop on Hybrid Architecture Computing 2008 (Oct 1, 2008, Tsukuba, Japan)
9. Mori, M.  
 Evolution in Lyman-alpha Emitters and Lyman-Break Galaxies  
 Understanding Lyman-alpha Emitters (Oct. 6-10, 2008, MPIA, Heidelberg, Germany)
10. Shimizu, I., Umemura, M.  
 Theoretical Model of Lyman alpha Emitters and the Relation to Multi-Wavelength Observations  
 Understanding Lyman-alpha Emitters (Oct. 6-10, 2008, MPIA, Heidelberg, Germany)
11. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T.  
 Escape fraction of ionizing photons from high-z Lyman alpha emitters and Lyman break

galaxies

Understanding Lyman-alpha Emitters (Oct. 6-10, 2008, MPIA, Heidelberg, Germany)

12. Yoshikawa, Y.

Warm-Hot Intergalactic Medium

The third East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2008) (Nov. 10-13, 2008, Nanjing, China)

13. Akahori, T., Yoshikawa, K.

Non-Equilibrium Ionization State and Two-Temperature Structure in Merging Galaxy Clusters

The third East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2008) (Nov. 10-13, 2008, Nanjing, China)

14. Hasegawa, K., Umemura, M., Susa, H.

Secondary star formation in a PopIII object: Dependence of UV feedback on the mass of source star

The third East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2008) (Nov. 10-13, 2008, Nanjing, China)

15. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T.

Escape fraction of ionizing photons from a LAE and LBG

The third East-Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2008) (Nov. 10-13, 2008, Nanjing, China)

16. Yasuda, S., Nakamoto, T.

Collision condition for Compound Chondrule Formation

Crystallization in The Early Solar Nebula 4.6 Billion Years Ago (Nov. 19-20, 2008, Tohoku University, Miyagi, Japan)

17. Umemura, M.

Computational Astrophysics with a Hybrid Simulator "FIRST" (Invited)

Special Astronomy Colloquium, The Third Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop (Dec. 8-10, 2008, Austin, USA)

18. Hasegawa, K., Umemura, M., Susa, H.

Application of 3D-RSPH Scheme to the Radiative Feedback by Population III Stars

The Third Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop (Dec. 8-10, 2008, Austin, USA)

19. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T.

3D RT Calculation on the Escape of Ionizing Photons from Forming Galaxies

The Third Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop (Dec. 8-10, 2008, Austin, USA)

20. Sato, D., Umemura, M., Chiba, M.

The Effect of Partial Redistribution on Lyman alpha Photons Escaping from a Primordial Galaxy

- The Third Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop (Dec. 8-10, 2008, Austin, USA)
21. Akizuki, C., Umemura, M., Kato, Y.  
 Three-Dimensional Radiation Transfer Calculation for Magnetic Jets  
 The Third Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop (Dec. 8-10, 2008, Austin, USA)
  22. Umemura, M., Suwa, T., Susa, H.  
 "The Collapse of First Objects driven by Dark Matter Cusps"  
 Astrophysics Colloquium, Univ. of Texas, Austin (Dec. 11, 2008, Austin, USA)
  23. Mori, M.  
 Evolution in Lyman-alpha Emitters and Lyman break galaxies  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  24. Okamoto, T.  
 The baryon fraction of  $\Lambda$ CDM halos in reionized universe  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  25. Hasegawa, K., Umemura, M., Susa, H.  
 Radiative Regulation of Population III Star Formation  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  26. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T.  
 The Contribution of Lyman alpha Emitters and Lyman Break Galaxies to the IGM Ionization at High Redshifts  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  27. Shimizu, I., Umemura, M.  
 Theoretical Model of Lyman Alpha Emitters and the Relation to Multi-Wavelength Observations  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  28. Akahori, T., Yoshikawa, K.  
 Merging Galaxy Clusters Abell 399/401: Dynamical, Thermal, and Chemical Properties  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)
  29. Umemura, M., Suwa, T., Susa, H.  
 The Collapse of First Objects driven by Dark Matter Cusps  
 Japan-Italy Mini-Workshop on First Stars and First Galaxies (Jan. 14-16, 2009, University of Tsukuba, Japan)

30. Mori, M.  
Chemodynamic simulations of galaxy formation and evolution - Model of Lyman alpha emitters -  
University Observatory Munich Colloquium, (Jan. 20, 2009, Universitäts-Sternwarte München, Ludwig Maximilians Universität, Germany)
31. Mori, M.  
Theoretical model of Lyman alpha emitters  
Carnegie observatory morning seminar, (March 16, 2009, Carnegie observatory, USA)
32. Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., Nakamoto, T.  
The Contribution of Lyman alpha Emitters and Lyman Break Galaxies to the IGM Ionization at High Redshifts  
The Cosmic Evolution of Helium and Hydrogen (March 24-27, 2009, Ringberg Castle, Germany)

#### <国内講演>

##### 招待講演

1. 梅村 雅之  
「宇宙最初の星」  
科研費特定領域研究「ガンマ線バーストで読み解く太古の宇宙」第二回領域シンポジウム  
(2008年11月27日～29日, 国立天文台, 三鷹)
2. 梅村 雅之  
「次世代計算宇宙物理学」  
第21回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008年12月15日～17日, 国立天文台, 三鷹)
3. Umemura, M.  
”Cosmic Voyage — The latest picture of the Universe —”  
80th Ninomiya House, Evening Forum (Nov. 21, Tsukuba)
4. 梅村 雅之  
「宇宙の旅をして宇宙の大きさを知ろう」  
竹園東小学校講演会 (2008年12月2日, 竹園東小学校, つくば)
5. 梅村 雅之  
「銀河の形成と進化」  
研究会「Rプロセス元素組成の統合的理解—宇宙の中の不安定核物理—」(2009年3月9日～10日, 筑波大学, つくば)
6. 森 正夫  
「ALMA への期待：銀河の形成」  
日本天文学会 2009 年春季年会「ALMA 特別セッション」(2009年3月26日, 大阪府立大学, 大阪)



## 一般講演

7. 梅村 雅之  
「FIRST プロジェクトによる計算宇宙物理学の展開」  
第4回「計算科学による新たな知の発見・統合・創出」シンポジウムー PACS-CS システムと計算科学ー (2008年4月24日～25日, 筑波大学計算科学研究センター, つくば)
8. 保田 誠司, 中本 泰史  
「複合コンドリュール形成のための衝突条件」  
地球惑星科学連合大会 (2008年5月25日～30日, 幕張メッセ, 千葉)
9. 保田 誠司, 中本 泰史  
「複合コンドリュール形成のための溶融ダスト衝突条件」  
第三回コンドリュール研究会「実験と理論の融合」(7月14日～15日, 東北大学, 宮城)
10. 梅村 雅之  
「FIRST プロジェクトによる計算宇宙物理学の展開」  
先駆的科学計算に関するフォーラム 2008～天文学～ (2008年7月21日～22日, 九州大学情報基盤研究開発センター, 福岡)
11. 森 正夫, Rich, R. M.  
「アンドロメダの涙」  
先駆的科学計算に関するフォーラム 2008～天文学～ (2008年7月21日～22日, 九州大学情報基盤研究開発センター, 福岡)
12. 諏訪 多聞, 梅村 雅之, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム  
「ダークマター・カスプが第一世代天体形成に与える影響」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)
13. 長谷川 賢二, 梅村 雅之, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム  
「初代星からの紫外線フィードバックについて」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)
14. 森 正夫  
「原始銀河の進化とライマンアルファエミッターの関係」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)
15. 清水 一紘, 梅村 雅之  
「Lyman alpha 輝線天体と他波長観測天体との対応関係について」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)
16. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「ライマンアルファ・ブロップの電離光子脱出確率と赤外線の性質」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)
17. 斎藤 貴之, 馬場 淳一, 松井 秀典, 小久保 英一郎, 和田 桂一, 牧野 淳一郎, 富阪 幸治, 台坂 博, 吉田 直紀, 岡本 崇  
「相互作用銀河の初期遭遇時におけるスターバーストと星団形成」  
初代星・銀河形成研究会 (2008年, 9月8日～10日, 甲南大学, 神戸)

18. 梅村 雅之  
Summary 講演  
初代星・銀河形成研究会 (2008 年, 9 月 8 日～10 日, 甲南大学, 神戸)
19. 森 正夫, Michael Rich  
「アンドロメダの涙, その昔」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
20. 森 正夫, 矢島 秀伸, 梅村 雅之  
「原始銀河の進化とライマンアルファエミッターの関係」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
21. 諏訪 多聞, 梅村 雅之, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム  
「ダークマター・カスプが第一世代天体形成に与える影響」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
22. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
「Suzaku 衛星で探る衝突銀河団の非平衡電離・2 温度プラズマ状態」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
23. 清水 一紘, 梅村 雅之  
「Ly $\alpha$  輝線天体と他波長観測天体との対応関係について」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
24. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「ライマンアルファ・ブロッブの赤外線特性」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
25. 大須賀 健, 加藤 成晃, 森 正夫, 嶺重 慎  
「ブラックホール降着・噴出流の大局的 2 次元輻射磁気流体シミュレーション」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
26. 加藤 成晃, 大須賀 健, 梅村 雅之, 嶺重 慎  
「磁気降着円盤の多波長偏波特性とその観測的検証の可能性」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
27. 秋月 千鶴, 福江 純  
「輻射圧優勢ブラックホール風の球対称定常解」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
28. 香西 克紀, 林野 友紀, 中村 有希, 森本 奈々, 中村 江里, 堀江 光典, 山田 亨, 松田 有一,  
梅村 雅之  
「VIMOS による SSA22z $\sim$ 3 LBG 分光探査」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
29. 森本 奈々, 林 野 友紀, 中村 有希, 香西 克紀, 中村 江里, 堀江 光典, 山田 亨, 松田 有  
一, 梅村 雅之  
「SSA22 z $\sim$ 3 における形成期銀河の変光探索 II」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)

30. 斎藤 貴之, 小久保 英一郎, 和田 桂一, 牧野 淳一郎, 富阪 幸治, 岡本 崇, 台坂 博, 吉田 直紀  
「相互作用銀河の初期遭遇時におけるスターバーストと星団形成」  
日本天文学会秋季年会 (2008 年 9 月 11 日～13 日, 岡山理科大学, 岡山)
31. 保田 誠司, 中本 泰史  
「複合コンドリュール形成のための衝突条件 II: 形状保持条件」  
日本惑星科学会 (2008 年 11 月 1～3 日, 九州大学, 福岡)
32. 長谷川 賢二, 梅村 雅之, 須佐 元  
「Radiative Regulation of Population III star formation」  
第 21 回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008 年 12 月 15 日～17 日, 国立天文台, 三鷹)
33. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
「衝突銀河団の非平衡電離・2 温度プラズマ状態」  
第 21 回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008 年 12 月 15 日～17 日, 国立天文台, 三鷹)
34. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「ライマンアルファブロップの赤外線特性」  
第 21 回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008 年 12 月 15 日～17 日, 国立天文台, 三鷹)
35. 諏訪 多聞, 梅村 雅之, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム  
「ダークマター・カスプが第一世代天体形成に与える影響」  
第 21 回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008 年 12 月 15 日～17 日, 国立天文台, 三鷹)
36. 加藤 成晃, 大須賀 健, 梅村 雅之, 嶺重 慎  
「多波長偏波特性の輻射輸送計算による磁気流体降着円盤の検証」  
第 21 回理論懇シンポジウム「理論天文学の将来」(2008 年 12 月 15 日～17 日, 国立天文台, 三鷹)
37. 梅村 雅之  
「銀河と巨大ブラックホールの共進化: Overview」  
研究会「巨大ブラックホール天文学: 最新の動向と課題」(2009 年 1 月 20 日～22 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
38. 岡本 崇  
「The cosmological simulations of co-evolving supermassive black holes and galaxies」  
研究会「巨大ブラックホール天文学: 最新の動向と課題」(2009 年 1 月 20 日～22 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
39. 森 正夫, 矢島 秀伸, 梅村 雅之  
「ライマンアルファエミッターの化学力学進化モデル」  
日本天文学会春季年会 (2009 年 3 月 24 日～27 日, 大阪府立大学, 大阪)
40. 岡本 崇

「紫外背景放射が銀河形成に与える影響の定量的評価」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

41. 斎藤 貴之，馬場 淳一，松井 秀典，小久保 英一郎，和田 桂一，牧野 淳一郎，富阪 幸治，  
台坂 博，吉田 直紀，岡本 崇

「ASURA による銀河シミュレーション」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

42. 赤堀 卓也，吉川 耕司

「衝突銀河団 1E0657-56 における非平衡電離・2 温度状態の数値実験」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

43. 長谷川 賢二，梅村 雅之，須佐 元，他 FIRST プロジェクトチーム

「第一世代星紫外線フィードバックの星質量依存性 II」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

44. 矢島 秀伸，梅村 雅之，森 正夫

「ライマンアルファエミッターの光学的特性と宇宙再電離との関係」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

45. 三木 洋平，森 正夫

「アンドロメダ・ストリーム」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）

46. 大須賀 健，嶺重慎，森 正夫，加藤 成晃

「大局的輻射磁気流体計算によるブラックホール降着・噴出流の構造の解明」

日本天文学会春季年会（2009年3月24日～27日，大阪府立大学，大阪）