

### III. 宇宙物理理論グループ

教授	梅村 雅之
講師	吉川 耕司
講師（特別教員配置）	平下 博之 (3月15日まで)
研究員	加藤 成晃
研究員	諏訪 多聞
研究員	赤堀 卓也
研究員	渡部 靖之
大学院生	15名
4年生	4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および銀河形成の研究を行った。また、宇宙の電離史と銀河形成、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 特別推進研究「融合型並列計算機による宇宙第一世代天体の起源の解明」(平成16年度～平成19年度、代表 梅村雅之)に基づき、宇宙第一世代天体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）FIRST による第一世代天体形成シミュレーション

宇宙で最初に生まれた天体 (宇宙第一世代天体) は宇宙晴れ上がりの時点に存在したわずかな密度揺らぎが重力不安定によって成長することで生まれたと考えられており、水素とヘリウム以外の重元素をまったく含まない点を特徴とする。そのため、われわれの銀河系やその近傍で起きる星形成では重要な役割を果たす重元素による輻射冷却が効かず、第一世代天体内部で生まれる星 (第一世代星) は大質量星であると考えられてきた。また、数値計算を用いて宇宙論的な初期条件から重元素を含まないガスの進化を解き 100–数 100 $M_{\odot}$  程度の大質量星が形成される

という研究結果も報告されている (Abel, Bryan, & Norman 2002; Yoshida et al. 2006, O'shea & Norman 2007)。しかしながら、従来の計算ではダークマターの小スケールの揺らぎについてあまり注意が払われていなかったといえる。例えば、O'shea & Norman (2007) の研究では、計算の初期には粗い解像度であった領域を計算の進捗にあわせて密度の高い箇所のみを細かなメッシュに切りなおすことで流体計算の解像度を段階的に挙げる手法を採用している。もし、計算初期には解像度以下であったような小スケールの揺らぎが第一世代天体の形成過程に影響を及ぼしているとするれば、この効果は彼らの計算には反映されていないことになる。

そこで、本研究では計算領域の全体を可能な限り高解像度にした宇宙論的な構造形成シミュレーションを行い、第一世代天体の形成と進化を調べることにした。具体的な手法としては、Particle-Particle-Particle-Mesh ( $P^3M$ ) 法を用いた  $N$  体計算と Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を用いた流体計算を組み合わせ、ダークマター粒子の質量分解能として、一粒子あたり  $0.3M_{\odot}$  程度の計算を行った。ここで特に強調すべきことは、計算領域の全体が高解像度であるため、第一世代天体の形成に小スケールの揺らぎが及ぼす影響を取り込むことができた点である。

その結果、第一世代星の質量に対して小スケールの揺らぎが影響を与えている可能性があることがわかってきた。ダークマターが重力的に束縛されることで形成されるダークハローは、その中心部にカスプと呼ばれる構造を持つことが  $N$  体計算の結果わかっている。カスプは中心に向かって密度が半径の $-1.5$ 乗程度に比例する構造であり、これは密度が半径の $-1$ 乗以下に比例していることから、中心部で重力の大きさが発散する。このような状況では、そのダークハロー中心近くに存在するバリオン物質が強く中心部に引かれるため、中心部近くの小スケールで密度が速く上昇する。 $N$  体計算の結果形成されるカスプはダークハロー中心で密度一定のコアを作り、実際には密度が発散することはない。このコアのサイズはわれわれが計算した範囲では  $N$  体計算の解像度をあげる程、より小さくなる傾向にあり、小スケールの密度が成長する速度を早くすることになった。このため、計算の解像度としては単に第一世代星そのものを分解するだけでは不足であり、ダークハローのカスプを正しく扱えるスケールまで分解できなくてはならないと言える。また、従来考えられてきた描像においては、第一世代星はそのジーンズ質量 ( $10^5 M_{\odot}$  程度) に達するまでは収縮を起こさず、そのために初期の小スケールの構造はならされてしまっているとされてきたが、今回の計算結果は中心にカスプを持つダークハローの中においてはこの描像に見直しが必要であることを示唆している。

ダークハローの密度構造をどのスケールまで分解する必要があるのか、カスプ・コア構造の形成がどのような物理機構で生まれるのか、を明らかにすることは今後の重要な課題として残されている。

#### (4) ライマンアルファ輝線天体の新たな描像

SSA22 領域 ( $z = 3.1$ ) で発見された Ly  $\alpha$  emitter (LAEs) の大規模構造は、現在標準的な構造形成論となっている  $\Lambda$ CDM 理論では  $6^\circ$  のゆらぎに相当し、宇宙全体での期待値が  $10^{-2}$  しかないこと、また高密度領域内において  $\Lambda$ CDM 理論で予言される角度相関が見られないことなど、単純な  $\Lambda$ CDM 構造形成論とは相容れない性質を持っている (Hayashino et al. 2004)。

そこで、これまで標準的な銀河形成モデルでは考慮されていなかった LAEs の寿命を現象論的に考慮する事で、観測を上手く説明できることを示した (Shimizu et al. 2007)。このモデルによると LAEs の寿命は  $\sim 108\text{yr}$  程度で、さらに LAEs は銀河形成の極初期のフェーズの天体である事が分かった。

しかしながらこれまでの議論は、Zel'dovich 近似を用いた構造解析であり宇宙構造形成の計算

を行って妥当性を検証する必要があった。そこで、宇宙論的 N 体計算を行い、さら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 evolutionary spectral synthesis code 'PEGASE' を用いて独立に扱う事により、銀河の力学進化と化学進化をより現実的に扱った。計算の結果、LAEs になりうる天体として非常に若い halo ( halo A ) の他に、すでに形成している halo に降着してくる粒子が星形成を始めてそこから Ly 輝線を放出する (halo B) という 2 つの場合があることがわかった。前者は観測の LAE の空間分布と同様の分布をもつが、後者は観測されている LAE の分布とは異なるものである。さらに halo B が LAEs として観測されていないとすると、降着していくガスが Ly 輝線を放出しないような何らかのフィードバックが必要なことが示唆される。そこで、フィードバックとして化学進化に伴うダストによる吸収の効果をさらに採り入れた結果、halo B の Ly 輝線が弱まり、観測の空間分布を説明できる事が分かった。これは、先行研究で得た LAE のほとんどが非常に若い天体であるという結論を支持するものである。

#### ( 5 ) 球状星団の形成と力学進化

球状星団は低質量星の非常に高密度な天体として知られているが、その形成過程は未解明である。また、近年の WMAP 観測と球状星団の年齢分布の比較によれば、多くの球状星団が宇宙再電離期以降に形成された事が示唆されている。これまでの研究では、低質量天体では紫外線による電離と光加熱により、その形成が常に阻害されると考えられてきた。本論文では、低質量のガス雲が紫外線で電離された場合であっても、ガス雲の落下速度が電離ガスの音速を超えている場合には、ガス雲は収縮を続け、最終的には紫外線に対して光学的に厚くなることにより天体形成が起こるのではないかと可能性に着目している。実際にそのような天体形成が起こった場合、ガスが中心付近まで収縮し紫外線に対して遮蔽された後に星が形成されるため、エネルギー散逸が大きくなる。その結果、高密度な天体が形成されること予想される。

そこで、一次元球対称で、紫外線の輻射輸送と、原子・分子冷却過程を採り入れた輻射流体シミュレーションを行う事で上記のような形成過程で低質量星の高密度な天体が形成されるかを検証した。その結果、紫外線が強い場合には、実際に超音速落下によって天体が形成される事と形成される天体が非常に高密度になれる事も示した。

さらに、形成された天体と観測される球状星団との直接比較を行うため、上記の過程で形成された天体の力学進化を N 体計算によってシミュレートした。この際、球状星団が受けるであろう母銀河との潮汐相互作用も考慮した。力学進化の間、星団のコア半径や表面輝度は二体緩和によって刻々と変化する。また、潮汐力によるはぎ取りによって星団の質量は減少していく。シミュレーションの結果、得られたコア半径、表面輝度、速度分散、明るさは観測される球状星団の特徴をよく再現できる事がわかった。

#### ( 6 ) 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であろう。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 解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。

#### ( 7 ) Streaming SIMD Extension を用いた SPH 法の高速化

宇宙物理学で広く用いられている粒子法に基づく流体計算手法である Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法は、大きなダイナミックレンジを必要とする宇宙シミュレーションに適したものであるが、計算時間がメッシュ法に基づく計算方法と比較して非常に長いのが欠点となっている。我々は、Intel 社や AMD 社が製造している x86 系のプロセッサに搭載されている Streaming SIMD Extension (SSE) と呼ばれる拡張命令セットを用いて、SPH 法の高速化を実現した。SSE は、4 個の単精度浮動小数点演算を 1 サイクルで計算することができる Single Instruction Multi Data (SIMD) 型の並列演算を実行可能であるが、通常のコンパイラでは SSE で並列化可能なループを検出する能力に欠けているため SSE を効率よく利用することは望めない。そこで、我々はアセンブリ言語を用いて直接 SSE を利用することによって SPH 法の高速化を達成した。現在のところ、SSE を使うことによって、3–4 倍程度の高速化が実現できている。

### 【 2 】 宇宙論・銀河形成

#### ( 1 ) 星間ダスト進化モデルの検証

銀河の進化は、星形成活動により、星の集合体としての銀河がどのように成長してきたかで特徴付けられる。星形成活動は、星の材料である星間ガスの物理状態に支配されるが、Hirashita & Hunt (2004) の理論研究等により、星間ダスト (塵) が、紫外線吸収や分子形成等を通して星間ガスの物理状態に大きな影響を及ぼすことが示されている。本年度は、星間ダストの性質を、観測的に検証する研究を行った。

まず、今年度から解析が可能となった「あかり」データの解析を進めた。「あかり」は遠方の原始銀河を直接的に観測することはできない。そこで、近傍銀河のうちで原始銀河に最も近い種族である矮小銀河、特に blue compact dwarf galaxies (BCD) と呼ばれる種族のデータを用いた。これらは、実際に低重元素率の下で激しい星形成を行っているといった原始銀河に典型的な特徴を持つ。「あかり」遠赤外データの解析の結果、BCD には高温 (40 K 程度) のダストが存在することが明らかになった。これは、集中して激しい星形成を行っていることを示しており、それはまさに我々のモデル (Hirashita & Hunt 2004 等) で予言されたものである。また、遠赤外放射の特性も我々が構築したダスト放射モデル (Hirashita et al. 2007) と矛盾しないことも明らかになった。

他にも、重力レンズ天体を利用した遠方銀河のダスト探査 (Yonehara, Hirashita & Richter 2008) や、遠方銀河のダスト形成モデルの観測的検証 (Hirashita et al. 2008) から、高赤方偏移銀河のダストの吸収・放射特性を明らかにし、理論モデルの多角的検証を行った。

#### ( 2 ) 爆発的星形成 - AGN 関係を生み出す物理機構の観測的示唆

近年の観測によって、活動銀河中心核 (AGN) とその周囲の爆発的星形成活動には、何らかの物理的関連があることが示唆されている。我々は、爆発的星形成と AGN の物理的関連の原因機構を明らかにするために、爆発的星形成に起因する強力な輻射場が、その内側のガスに輻射流体力学的効果を観測データから検証した。観測データとしては、爆発的星形成領域の半径

や光度，爆発的星形成領域より内側の力学的質量，ガス円盤のサイズが必要であり，これらのデータが得られている7天体；セイファート銀河 (NGC 7469, NGC 1097, NGC 6951, Circinus galaxy)，ライナー (NGC 4314)，non-AGN 銀河 (NGC 2903, NGC 3351) を用いた。その結果，爆発的星形成領域の内側に分布するガス円盤のサイズは，輻射流体力学的モデルに基づく理論予測と一致することが分かった。さらに，輻射圧によって強く圧縮されたガス円盤をもつ銀河は，中心核の活動性が高い (AGN を持つ) 傾向が得られた。これらの結果は，爆発的星形成活動に起因する輻射圧が，ガス分布に影響を与え，中心核の活動性を誘起することを示唆している。

さらに，地上観測による，1 秒角程度のアパーチャーを用いた 3.3  $\mu\text{m}$  PAH(芳香族炭化水素) 輝線観測により，銀河中心から 100 pc 以内の領域で爆発的星形成活動 (nuclear starburst) の存在が明らかになっており，AGN の光度と nuclear starburst の光度には統計的な正の相関があることが Imanishi & Wada (2004) により示唆されている。この結果は，nuclear starburst が AGN の活動性に寄与していることを意味している。また，さらに外側 (AGN から数 100pc ~ kpc の領域) で起こる爆発的星形成活動 (circumnuclear starburst) は，nuclear starburst よりも1桁程度明るいいため，赤外線衛星によって測定された銀河全体の 6.2, 7.7, 11.3  $\mu\text{m}$  PAH 輝線を circumnuclear starburst の指標とすることができる。我々は，これら nuclear starburst と circumnuclear starburst の両方に注目し，Imanishi & Wada (2004) のサンプルに対してブラックホールの質量を求め，エディントン光度で規格化した AGN の光度と様々な領域で起こる爆発的星形成領域の光度の関係を調べた。結果，nuclear starburst だけでなく，circumnuclear starburst の光度も AGN の光度と統計的に正の相関を持つことが明らかになった。さらに，AGN エディントン光度で規格化した AGN の光度は，circumnuclear starburst の光度よりも，nuclear starburst の光度と，統計的に強い相関を持つことが分かった。これは，AGN により近い領域で起こる爆発的星形成ほど，AGN への質量降着と強く相関することを意味する。

### (3) 中間赤外スペクトルで探るサブミリ銀河中の活動銀河中心核の活動性

近年見つかっている，サブミリで明るい銀河 (Sub-millimeter galaxy: SMG) は，主に赤方偏移 1-3 付近に分布する。SMGs の遠赤外光度は  $10^{12}$  太陽光度以上にもなり，そのエネルギー源として，銀河全体で起こる爆発的星形成活動や活動銀河中心核 (AGN) が考えられている。これら SMGs は，比較的重い楕円銀河や超大質量ブラックホール，AGN の形成初期段階と結びついていると考えられているため，SMGs のエネルギー源を明らかにすることは，AGN や銀河形成の理解にも重要なものとなり得る。SMGs 中のエネルギー源を解明するために，中間赤外スペクトルは，比較的低い不定性で，AGN (AGN に照らされたダストからの連続波) と爆発的星形成活動 (強い分子輝線) を切り分けることができる。そこで，スピッツァー宇宙望遠鏡のアーカイブデータを用いて，SMGs 中の AGN と爆発的星形成活動の寄与を定量的に見積もった。その結果，より高赤方偏移の SMGs は，より低赤方偏移の SMGs と比較して，AGN の活動性が高い，もしくは銀河中心の超大質量ブラックホールの質量が高い傾向を得ることができた。これは，AGN の活動性や銀河中心の超大質量ブラックホールの進化史を探る手がかりとなり得る結果である。

### (4) 輻射輸送計算による Lyman 光子の脱出確率

高赤方偏移宇宙で見つかっているライマンアルファ輝線天体におけるライマンアルファ光子の脱出確率を求めるために，輝線プロファイルを考慮した輻射輸送計算を行った。結果として，光学的に厚い系においては，部分再分配の場合には，完全再分配の近似をした場合に比べ，2桁以上脱出確率が上がることがわかった。また，部分再分配の場合においても，光学的に厚い

系では，脱出確率が 10

#### ( 5 ) 相対論的変動エディントン因子の輻射輸送計算

コンパクト天体の降着円盤における輻射力の寄与を明らかにするために，相対論的輻射輸送方程式を解いて，エディントン因子の計算を行ったものである。実験室系から共動系へのローレンツ変換を行った輻射輸送の正確な計算により，エディントン因子は速度の増加と共に単調増加するのではなく，一旦等方的な場合の値 ( $=1/3$ ) よりも低下した後，自由流極限の値 ( $=1$ ) に向かって増加することが明らかになった。これは，これまで用いられてきた等方の値と自由流極限を結んだ内挿式が物理的に正しくないことを示すものであり，結果として輻射力はこれまでの評価よりも大きくなることが分かった。

### 【 3 】 星・惑星系形成過程の研究

#### ( 1 ) 宇宙塵の 3 次元形状 地球大気中で溶融したダスト粒子の変形

宇宙塵は様々な変形度をもつことが観測的に分かっているが，形状を決めるメカニズムはまだ解明されていない。宇宙塵の形状の起源を調べるために，地球大気に突入したダスト粒子について，溶融から再固化までの過程について，ガス動圧や遠心力効果，および蒸発の効果を取り入れて運動方程式とエネルギー方程式を数値的に解いた。結果として，変形度の上限値は 0.1 程度になることがわかった。これは，観測的に得られている値 ( $0 \sim 0.3$ ) の内，変形度の小さなものに対応し，大きなものを説明するためには，新たな物理過程が必要となることがわかった。

#### < 受賞 >

小泉 貴之

数理物質科学研究科長博士論文表彰，2008 年 3 月

”相対論的変動エディントン因子の輻射輸送計算”

#### < 科研費採択状況 >

特別推進研究：梅村 雅之 (代表者) (継続)

「融合型並列計算機による宇宙第一世代天体の起源の解明」(830 万円)

若手研究 (B)：平下博之 (代表者) (継続)

「遠赤外線・サブミリ波での原始銀河の直接検出」(90 万円)

特定領域「サブミリ波の宇宙」公募研究：平下博之 (代表者)，諏訪多聞 (分担者) (継続)

「サブミリ波での原始銀河観測に向けた理論的枠組みの構築」(100 万円)

日本学術振興会特別研究員奨励費：渡部 靖之 (代表者)

「活動銀河中心核の新たな物理的描像の構築」(100 万円)

#### < 学位論文 >

#### 博士論文

##### 1. 清水 一紘

Novel Picture for Lyman Alpha Emitters

(ライマンアルファ輝線天体の新たな描像)

2. 長谷川 賢二

Formation and Dynamical Evolution of Globular Cluster  
( 球状星団の形成と力学進化 )

修士論文

1. 小泉 貴之

相対論的変動エディントン因子の輻射輸送計算

2. 千葉 真弓

輻射輸送計算による Lyman  $\alpha$  光子の脱出確率について

3. 土居 政雄

宇宙塵の 3 次元形状 地球大気中で溶融したダスト粒子の変形

学士論文

1. 久保田 夕紀

矮小楕円銀河の力学的性質とダークマター

2. 黒鳥 裕美子

放射冷却と典型的銀河質量

3. 齋藤 恵樹

遠方 Ia 型超新星から探る宇宙論パラメータ

4. 松嶺 雅仁

Sunyaev-Zel'dovich 効果を用いた銀河団探査

< 論文 >

1. Shimizu, I.; Umemura, M; Yonehara, A.

Large-Scale Structure of Short-Lived Lyman $\alpha$  Emitters  
*Mon. Not. Roy. Astron. Soc. Letters*, **380**, L49-L53 (2007)

2. Mori, Masao; Umemura, Masayuki

Galactic winds from primeval galaxies  
*Astrophysics and Space Science*, **311**, 111-115 (2007)

3. Hirashita, H.; Hibi, Y.; Shibai, H.

Far-infrared dust properties in the Galaxy and the Magellanic Clouds  
*Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **379**, 974-984 (2007)

4. Fukue, J.; Akizuki, C.

Relativistic Radiation Hydrodynamical Accretion-Disk Winds  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, **59**, 1027-1032 (2007)

5. Sumitomo, N.; Nishiyama, S.; Akizuki, C.; Watarai, K.; Fukue, J.

Observational Appearance of Relativistic, Spherically Symmetric Massive Winds  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, **59**, 1043-1048 (2007)

6. Yonehara, A.; Hirashita, H.; Richter, P.  
Origin of chromatic features in multiple quasars variability, dust, or microlensing  
*Astronomy & Astrophysics*, **478**, 95-109 (2008)
7. Hirashita, H.; Nozawa, T.; Takeuchi, T. T.; Kozasa, T.  
Extinction curves flattened by reverse shocks in supernovae  
*Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **384**, 1725-1732 (2008)
8. Watabe, Yasuyuki; Kawakatu, Nozomu; Imanishi, Masatoshi  
Nuclear/Circumnuclear Starbursts and Active Galactic Nuclei Mass Accretion in Seyfert Galaxies  
*Astrophysical Journal*, **677**, 895-905 (2008)
9. Miura, Hitoshi; Yasuda, Seiji; Nakamoto Taishi  
Fragment-collision Model for Compound Chondrule Formation: Estimation of Collision Frequency  
*Icarus*, **194**, 811-821 (2008)
10. Sato, J. ; Umemura, M.; Sawada, K.  
The Impact of a Supernova Explosion in a Very Massive Binary  
*Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, in press (2008)
11. Kawanaka, N.; Kato, Y.; Mineshige, S.  
X-ray Emissions from Three-dimensional Magnetohydrodynamic Coronal Accretion Flows  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, in press (2008)
12. Akizuki, Chizuru; Fukue, Jun  
Spherical Relativistic Radiation Flows with Variable Eddington Factor  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, in press (2008)
13. Fukue, Jun; Akizuki, Chizuru  
Relativistic Radiation Hydrodynamical Accretion Disk Winds  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, in press (2008)
14. Mori, M.; Umemura, M.  
Chemodynamics of Lyman alpha emitters, Lyman break galaxies and elliptical galaxies  
EAS Publications Series, Volume 24, pp.221-226 (2007)
15. Watabe, Y.; Umemura, M.  
Obscuration of AGNs by Circumnuclear Starbursts  
The Central Engine of Active Galactic Nuclei, ASP Conference Series, Vol. 373, p.491 (2007)
16. Umemura, Masayuki  
Coevolution and Downsizing of Supermassive Black Holes and Galactic Bulges  
Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies, p. 283 (2008)
17. Watabe, Yasuyuki; Umemura, Masayuki  
Beyond the Unified Theory: Evolution of Active Galactic Nuclei Driven by Starburst Events



Mapping the Galaxy and Nearby Galaxies, p. 284 (2008)

18. Umemura, M.; Susa, H.; Suwa, T.; Sato, D.; FIRST Project Team  
FIRST Project: Formation and Feedback of First Stars  
First Stars III, pp. 386-389 (2008)
19. Suwa, T.; Umemura, M.; Sato, D.; Susa, H.; FIRST Project Team  
High Resolution P<sup>3</sup>M-GRAPE-SPH Simulations of PopIII Star Formation  
First Stars III, pp. 390-392 (2008)
20. Sato, D.; Umemura, M.; Susa, H.; Suwa, T.; FIRST Project Team  
Radiative Transfer SPH Simulations of UV Feedback on Pop III Star Formation  
First Stars III, pp. 393-394 (2008)

< 解説記事 >

1. 渡會兼也、川田明寛、田中謙一、西山晋史、秋月千鶴、植野健一、松本 桂、福江 純  
宇宙の屋気楼「重力レンズで見る世界」:  
第7回こどものためのジオ・カーニバル活動報告  
2007年、天文月報、100巻、5号、234 - 240
2. 秋月千鶴、福江 純  
トロイダル磁場を考慮した移流優勢降着流の自己相似解  
2007年、天文月報、100巻、6号、281
3. 福江 純、秋月千鶴  
厚みの有限な平行平板大気 - 降着円盤 - における輻射輸送の新しい解析解  
2007年、天文月報、100巻、6号、281

< 出典 >

1. FIRST プロジェクト  
「SC2007」( Nov 12-16, 2007, Reno, USA )

< 座長 >

< 国際会議発表 >

1. Umemura, M.  
Radiation Hydrodynamic Feedback on First Star Formation  
New Trend in Radiation Hydrodynamics (May 9 - 11, 2007, Stockholm, Sweden)
2. Sese, RMD; Nakamoto, T.; Umemura, M.  
Density and Temperature Distribution of Massive Circumstellar Disks Using Flux-Limited  
Diffusion Approximation  
IAU Symposium 243: Star-Disk Interaction in Young Stars, (May 21-25, 2007, Grenoble,  
France)
3. Sese, RMD; Nakamoto, T; Umemura M.

Simulation of Massive Protostellar Disks: Comparison with Observational Evidences  
Structure Formation in the Universe: Galaxies, Stars and Planets (May 27-June 1, 2007,  
Chamonix, France)

4. Umemura, M.; Susa, H.; Suwa, T.; Sato, D.; FIRST Project Team  
FIRST Project: Formation and Feedback of First Stars  
First Stars III (July 16-20 2007, SantaFe , USA)
5. Suwa, Tamon; Umemura, Masayuki; Susa, Hajime; Sato, Daisuke  
High Resolution P3M-GRAPE-SPH Simulations of PopIII Star Formation  
First Stars III (July 16-20 2007, SantaFe , USA)
6. Sato, D.; Umemura, M.; Susa, H.; Suwa, T.; FIRST Project Team  
Radiative Transfer SPH Simulations of UV Feedback on Pop III Star Formation  
First Stars III (July 16-20 2007, SantaFe , USA)
7. Yajima, H.; Umemura, M.; Nakamoto, T.; Hiroi, K.  
Escape probability of ionizing photons from a proto-galaxy  
Galaxy Growth in a dark Universe (July 16-20, 2007, Heidelberg, Germany)
8. Doi, M.; Nakamoto, T.  
Prolate Cosmic Spherule Formation  
Kobe International School of Planetary Sciences (July 16-20, 2007, Hyogo, Japan)
9. Watabe, Y.; Hirashita, H.; Umemura, M.; Kawakatu, N.; Imanishi, M.  
Direct Evidence of Starburst-Driven AGN Fueling  
Galaxy Growth in a dark Universe (July 16-20, 2007, Heidelberg, Germany)
10. Watabe, Y.; Hirashita, H.; Umemura, M.; Kawakatu, N.; Imanishi, M.  
Radiatively-Driven AGN-Starburst Connection  
Active Galactic Nuclei at the highest angular resolution: theory and observations (August  
25 - September 7, 2007, Torun, Poland)
11. Kato, Y.  
Radiation Transfer in Magnetohydro flows around Black Holes  
Radiative Transfer Workshop (Sept. 3-7, 2007, Durham, UK)
12. Hirashita, H.; Hibi, Y.; Shibai, H.  
Common Far-Infrared Properties of the Galactic Disk and Nearby Galaxies  
Formation and Evolution of Galaxy Disks (Oct. 1-5, 2007, Rome, Italy)
13. Akizuki, C.; Umemura, M.; Kato, Y.  
The Significance of Radiation Force in Magneto-Hydrodynamic Jets  
A Population Explosion: The Nature and Evolution of X-ray Binaries in Diverse Environ-  
ments (Oct. 28 - Nov. 2, 2007, St. Petersburg, USA)
14. Yasuda, S.; Miura, H.; Nakamoto, T.  
Compound Chondrule Formation in the Shock-wave Heating Model: Three- Dimensional  
Hydrodynamic Simulation of Disruption of the Molten Dust Particle  
(Nov. 5-7, 2007, Kauai, Hawaii, USA)

15. Kato, Y.  
Magnetohydrodynamic Studies on Quasi-Periodic Oscillations in Accretion Flows around Black Holes  
YITP Workshop on Quasi-Periodic Oscillations and Time Variabilities of Accretion Flows  
(Nov. 20 - 22, 2007, Kyoto, Japan)
16. Kato, Y.; Ohsuga, K.; Mineshige, S.; Umemura, M.  
Radiative MHD Accretion Flows around Black Holes  
VSOP-2 Symposium (Dec. 3-7, 2007, ISAS, Sagamihara, Japan)
17. Hirashita, H.; Nozawa, T.; Kozasa, T.; Takeuchi, T. T.  
Extinction Curves as a Probe of High-Redshift Metal Enrichment  
Subaru International Conference "Panoramic Views of Galaxy Formation and Evolution"  
(Dec. 11-15, 2007, Hayama, Japan)
18. Ikkoh Shimizu; Umemura Masayuki  
Novel Picture for Lyman Alpha Emitters  
Subaru International Conference "Panoramic Views of Galaxy Formation and Evolution"  
(Dec. 11-16, 2007, Hayama, Japan)
19. Yajima, H.; Umemura, M.; Mori, M.; Nakamoto, T.  
Escape fraction of ionizing photons from high-z proto-galaxy  
Subaru International Conference "Panoramic Views of Galaxy Formation and Evolution"  
(Dec. 11-16, 2007, Hayama, Japan)
20. Hirashita, H.; Nozawa, T.; Kozasa, T.; Takeuchi, T. T.  
Extinction Curves as a Probe of High-Redshift Metal Enrichment  
APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)
21. Kato, Y.  
Radiative MHD Accretion Flows around Black Holes  
APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)
22. Watabe, Y.; Kawakatu, N.; Imanishi, M.  
Connection between nuclear/circumnuclear starburst and AGN mass accretion  
Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)
23. Akahori, T.; Yoshikawa, K.  
Study of Two Temperature and Non-Equilibrium Ionization States of Plasma in Merging Galaxy Clusters  
APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)
24. Hasegawa, K.; Umemura, M.

Globular Cluster Formation within UV Radiation Field

APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)

25. Yajima, H.; Umemura, M.; Mori, M.; Nakamoto, T.

Escape fraction of ionizing photons from high-z proto-galaxy

APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)

26. Akizuki, C.; Umemura, M.; Kato, Y.

The significance of the radiation force in magnetic-hydrodynamic jets

APCTP-YITP Workshop on Accretion and Outflow in Astrophysics 2008 and 2nd Korea-Japan Young Astronomers' Meeting (Jan. 7-11, 2008, Kyoto, Japan)

27. Doi, M.; Nakamoto, T.; Nakamura, T.; Yamauchi, Y.

Three-Dimensional Shapes of Cosmic spherules: Deformation of Dust Particles Molten in the Earth Atmosphere

39th Annual Lunar and Planetary Science Conference (March 10-14, 2008, Houston, USA)

< 依頼セミナー講演等 >

1. 梅村 雅之

「宇宙のなりたち」

茨城県高等学校文化連盟天文科学部講演会 (2007 年 12 月 1 日, プラトールさとみ, 常陸太田市, 茨城)

2. 梅村 雅之

「FIRST プロジェクトと宇宙第一世代天体形成」

京都大学, 宇宙物理学教室談話会 (2007 年 12 月 1 日, 京都)

3. 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 (2007 年 12 月 13 日, 竹園東小学校, 茨城)

< 講演 >

1. 保田 誠司, 三浦 均, 中本 泰史

「三次元熱流体計算コードの開発: 高速ガス流中でのダスト溶融・分裂現象」

地球惑星科学関連学会合同大会 (2007 年 5 月 20-24 日, 幕張メッセ, 千葉)

2. 土居 政雄, 中本 泰史

「プロレート宇宙塵の形成」

地球惑星科学関連学会合同大会 (2007 年 5 月 19 日~24 日, 幕張メッセ, 千葉)

3. 平下 博之, 日比 康詞, 芝井 広

「銀河系と近傍銀河に共通する遠赤外輻射の特徴」

「サブミリ波の宇宙」第 3 回大研究会 (2007 年 6 月 7 日~8 日, 名古屋)

4. 秋月 千鶴, 福江 純

「相対論的ジェットは輻射圧で加速できるのか？」

天文天体物理 若手の会 夏の学校 (2007年7月30日~2007年8月2日)

5. 梅村 雅之

「融合型並列計算機 FIRST による計算宇宙物理学の展開」

第3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 PACS-CS システムと計算科学 (2007年9月3日~9月4日, 筑波大学計算科学研究センター, つくば)

6. 吉川 耕司

「天文シミュレーションにおける High Performance Computing」第3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 PACS-CS システムと計算科学 (2007年9月3日~9月4日, 筑波大学計算科学研究センター, つくば)

7. 保田 誠司, 三浦 均, 中本 泰史

「衝撃波加熱モデルによる複合コンドリュール形成: 溶融ダスト分裂の三次元流体シミュレーション」

日本惑星科学会秋季講演会 (2007年9月25日~27日, 高知大学, 高知)

8. 土居 政雄, 中本 泰史

「プロレート宇宙塵の形成」

日本惑星科学会秋季講演会 (2007年9月25日~27日, 高知大学, 高知)

9. 梅村 雅之

「初代天体形成理論」(招待講演)

日本天文学会秋期年会 (2007年9月26~28日, 岐阜大学, 岐阜)

10. 吉川 耕司, 似鳥 啓吾

「x86 プロセッサの SIMD 拡張命令を用いた SPH の高速化」

日本天文学会秋期年会 (2007年9月26~28日, 岐阜大学, 岐阜)

11. 平下 博之, 野沢 貴也, 小笹 隆司, 竹内 努

「減光曲線から探る高赤方偏移銀河進化」

日本天文学会秋期年会 (2007年9月26~28日, 岐阜大学, 岐阜)

12. 諏訪 多聞, 梅村 雅之, 佐藤 大介, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム

FIRST による第一世代星形成の超高分解能シミュレーション

日本天文学会秋季年会 (2007年9月26日~29日 岐阜大学, 岐阜)

13. 長谷川 賢二, 梅村 雅之, 他 FIRST プロジェクトチーム

「FIRST を用いた球状星団の力学進化の計算 II」

日本天文学会秋季年会 (2007年9月26日~28日, 岐阜大学, 岐阜)

14. 清水一紘, 梅村雅之

「SSA22 領域における LAEs 形成モデルの検証」日本天文学会秋季年会 (2007年9月26日~28日, 岐阜大学, 岐阜)

15. 佐藤 大介, 梅村 雅之, 諏訪 多聞, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム

「第一世代天体における輻射性フィードバックの宇宙論的計算」

日本天文学会秋季年会 (2007年9月26日~28日, 岐阜大学, 岐阜)

16. 佐久間 優, 須佐 元  
「第一世代星の超新星爆発による誘発的星形成」  
日本天文学会秋季年会 (2007 年 9 月 26 日 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
17. 保田 誠司, 三浦 均, 中本 泰史  
「衝撃波加熱モデルによる複合コンドリュール形成の可能性」  
日本天文学会秋季年会 (2007 年 9 月 26 日 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
18. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「原始銀河の非一様ガス構造における電離光子脱出確率」  
日本天文学会秋季年会 (2007 年 9 月 26 日 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
19. 秋月 千鶴, 梅村 雅之, 加藤 成晃  
「相対論的ジェットの輻射特性」日本天文学会秋期年会 (2007 年 9 月 26 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
20. 小泉 貴之, 梅村 雅之  
「相対論的変動エディントン因子の輻射輸送計算」  
日本天文学会秋季年会 (2007 年 9 月 26 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
21. 土居 政雄, 中本 泰史  
「プロレート宇宙塵の形成」  
日本天文学会秋季年会 (2007 年 9 月 26 日 ~ 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
22. 加藤 成晃  
「磁気流体降着円盤とジェットの輻射輸送計算」  
日本天文学会プラズマ合同セッション (2007 年 9 月 28 日, 岐阜大学, 岐阜)
23. 諏訪 多聞, 梅村 雅之, 佐藤 大介, 須佐 元, 他 FIRST プロジェクトチーム  
融合型並列計算機 FIRST による宇宙第一世代星形成の高分解能シミュレーション  
次世代スーパーコンピューティングシンポジウム 2007 (2007 年 10 月 3 日 ~ 4 日 MY PLAZA  
ホール, 千代田区丸の内、東京)
24. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
「銀河群衝突における 2 温度プラズマ形成と電離非平衡の数値実験」  
マクロでミクロな銀河団 (2007 年 10 月 24 日 ~ 26 日, たかみや瑠璃倶楽リゾート, 山形)
25. Watabe, Y.; Risaliti, G.; Nardini, E.; Sani, E.; Salvati, M.  
Mid-Infrared Spectra of Sub-millimeter Galaxies: Starburst vs. AGN  
Fellows Days (October 8, 2007, Arcetri Observatory, Italy)
26. 平下 博之, Andrea Ferrara, 和田桂一, Philipp Richter  
「水素分子から探る Damped Ly 雲の星形成とダスト形成」  
キューサー吸収線研究の展望 (2007 年 11 月 9 日 ~ 11 日, 箱根)
27. 梅村 雅之  
「未来の宇宙シミュレーション」  
シンポジウム「未来の素粒子・原子核数値シミュレーション」(2007 年 12 月 19 日 ~ 20 日,  
エポカルつくば, つくば)

28. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
銀河群衝突における 2 温度プラズマ形成と電離非平衡の数値実験  
研究会「マクロでミクロな銀河団」(2007 年 10 月 24 日 ~ 26 日, たかみや瑠璃倶楽リゾート, 山形)
29. 平下 博之, 野沢 貴也, 小笹 隆司, 竹内 努  
「減光曲線から探る遠方銀河の重元素合成」  
第 2 回銀河のダスト研究会 (2007 年 10 月 26 日 ~ 27 日, 名古屋)
30. 土居 政雄, 中本 泰史, 中村 智樹, 山内 祐司  
「宇宙塵の 3 次元形状について 地球大気中で溶融したダスト粒子の変形」  
地球外起源固体微粒子に関する総合研究 (2007 年 12 月 14 日, 東京大学, 柏)
31. 渡部 靖之, 川勝 望, 今西昌俊  
「様々な領域で起こる爆発的星形成と活動銀河中心核への質量降着の関係」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
32. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
「銀河群衝突における 2 温度プラズマ形成と電離非平衡の数値実験」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
33. 長谷川 賢二, 梅村 雅之  
「紫外線輻射場内での球状星団形成について」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
34. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「原始銀河の初期進化段階における電離光子脱出確率」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
35. 加藤 成晃  
「Broadband Emissions in Magnetohydrodynamic Accretion Flows in the Galactic Center」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
36. 秋月 千鶴, 梅村 雅之, 加藤 成晃  
「相対論的ジェットの輻射特性」  
第 20 回理論懇シンポジウム 「宇宙物理学の未解決問題」(2007 年 12 月 25 ~ 27 日, 京都大学基礎物理研究所, 京都)
37. 平下 博之, 野沢 貴也, 小笹 隆司, 竹内 努  
「Extinction Curves as a Probe of High-Redshift Metal Enrichment」  
銀河形成研究の最前線 (2008 年 2 月 13 日 ~ 15 日, 三鷹)
38. 加藤 成晃  
「降着円盤とジェットの磁気流体研究と輻射輸送研究」

輻射輸送計算による数値天文学最前線研究会 (2008 年 2 月 12-14 日, 北海道大学, 札幌)

39. 梅村 雅之, 他 FIRST プロジェクトチーム  
「宇宙シミュレータ FIRST 最終構成機」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
40. 渡部 靖之, 川勝 望, 今西 昌俊  
「様々な領域で起こる爆発的星形成と AGN への質量降着の関係」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
41. Watabe, Y.; Risaliti, G.; Salvati, M.; Nardini, E.; Sani, E.  
「Different AGNs contributions to SMGs and ULIRGs at High Redshifts」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
42. 赤堀 卓也, 吉川 耕司  
「衝突銀河団における非平衡電離・2 温度プラズマの 3 次元流体数値実験」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
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」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
44. 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」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
45. 矢島 秀伸, 梅村 雅之, 森 正夫, 中本 泰史  
「原始銀河の電離光子脱出過程: 衝突電離とダストの効果」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
46. 土居 政雄, 中本 泰史, 中村 智樹, 山内 祐司  
「宇宙塵の 3 次元形状 地球大気中で溶融したダスト粒子の変形」  
日本天文学会春季年会 (2008 年 3 月 24 日 ~ 27 日, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)