

### III. 宇宙物理グループ

教授	梅村 雅之
助手	中本 泰史
研究機関研究員	西合 一矢
PD学振研究員	米原 厚憲
大学院生	7名

本年度、当グループスタッフは、初期宇宙における原始銀河形成、銀河中心核の輻射流体力学的進化、並びに星・惑星系の形成論を中心に研究を展開した。特に、輻射場と物質場の相互作用を自己矛盾なく扱う輻射輸送、輻射流体力学による解析を行った。

#### 【1】 原始銀河形成

##### (1) 紫外線背景輻射場中の矮小銀河形成

最近の観測で、宇宙再電離は赤方偏移7以上であることがわかってきた。通常、銀河はこれ以降に形成されるため、宇宙再電離を引き起こした紫外線背景輻射場の影響を強く受ける。特に、銀河内の星形成は、紫外線輻射場の浸透の程度によって大きく左右される。比較的小きな銀河では、この紫外線による加熱でガスが蒸発してしまうことも起きる。

これまで、Kitayama et al. (2001)は、この問題を球対称の問題として取り扱い、流体、輻射輸送、水素分子の冷却等を取り入れて、天体が形成できるかどうかの条件を調べた。その結果、比較的赤方偏移の小さな時期( $z < 3 - 4$ )に形成される矮小銀河( $M_{gas} < 10^9 M_{\odot}$ )は紫外線加熱によってガスが収縮、冷却できないと結論づけた。しかしながら球対称の計算は理想化された滑らかな密度分布を持っており、Cold Dark Matter (以下、CDM) 密度ゆらぎで期待されるようなclumpyな状況では、この結果は必ずしも正しとは限らない。そこでわれわれは、3次元計算で、紫外線輻射場中の矮小銀河形成の問題を調べた。より正確な結論を得るためには、現実的な3次元の輻射流体的シミュレーションを行う必要がある。我々は、このような数値シミュレーションを行うために、輻射流体力学をSPH法に基づいて取り扱う計算コードを開発した。このコードはSPH粒子のNeighbour listをつないでいくことによって光学的厚さを計算する。また、電離面の近傍では光学的厚さの計算を注意深く行うことによって電離波面の伝播を正しく追うことができる。特に我々は、汎用並列計算機と重力専用機GRAPE-6の複合システムHMCS(後述)により、その上で動作する輻射流体コードを開発した。その結果、球対称計算で銀河形成が起こらないとされてきた、質量、赤方偏移の範囲でも、初期進化段階で局所的に重力収縮した領域に対する自己遮蔽効果が効き、ある程度の割合でガス冷却が起こり、それらがspheroidalな銀河成分を作ることが明らかになった(Susa & Umemura 2003)。

##### (2) ライマン・ブレイク銀河における多重超新星爆発と重元素汚染

昨今、赤方偏移3~5の遠方宇宙で、非常に活発な星形成活動を示す銀河が観測されている。これらは、ライマン・ブレイク銀河と呼ばれ、星の年齢は1億年以下、金属量、ダスト量は少なく光学的に薄いことなどを総合して、生まれたての若い銀河であると考えられている。我々は、そのような銀河形成初期における銀河の力学・化学・光学進化の大規模流体力学シミュレーション解析を行なった。このような解析を行なうためには、超新星爆発による銀河ガスへのフィードバックの効果を正確に調べる必要があり、超新星残骸スケールから銀河間空間スケールまでを分解するための十分な計算分解能が要求される。我々は、CP-PACSの1024ノードを用い、世

界最大クラスである  $1024^3$  格子点の大規模 3 次元流体力学シミュレーションにより、100pc の分解能で 100kpc サイズの銀河形成の高精度解析を行なった。原始銀河中で形成した大質量星が超新星爆発を始めるとその周辺のガスには衝撃波が発生し、高密度の殻と低密度のバブルが形成され、時間の経過と共に、それらのバブルが衝突、合体し銀河ガスは非常に複雑な構造を呈するようになる。衝突したガス殻は高密度となり、輝線放射による放射冷却により急激に温度が下がる。また、バブル領域では超新星爆発によって放出された重元素を多量に含む温度が  $10^7\text{K}$  以上の高温ガスが存在するようになる。計算の結果、銀河形成初期の多重超新星爆発による質量放出の結果、重元素汚染は極めて非一様に進行し、重元素量の比較的少ない所でむしろ輻射冷却が強く効くことが明らかになった (Mori, Umemura, & Ferrara 2003)。

### (3) 重力レンズによる Dark Matter Substructure の検出法

CDM シナリオに基づく宇宙の構造形成理論は、銀河団スケールの大きな天体に関しては成功を収めていると言って良い。しかし、銀河スケールの小さな天体に関しては近年、その問題点が指摘されている。それは CDM シナリオに基づく銀河形成のシミュレーションを行うと、我々の銀河周辺で観測されているよりも一桁以上多くの、小さな構造 (CDM サブストラクチャ) ができてしまうというものである。但し、理論から予想される多数の CDM サブストラクチャは、観測の検出限界より暗いために観測されていない、あるいはそもそもサブストラクチャ内において何らかの理由により星形成が抑制されている等の理由によって、存在しないのではなく、単に直接観測されていないだけと考える事もできる。そこで、天体の光度ではなく、質量のトレーサーとして有効な重力レンズ効果を用いて、理論から予測される CDM サブストラクチャの直接的な検出法についての研究を行った。

これまでの研究 (例えば、Chiba 2001 や Dalal & Kochanek 2001 等) では、主として CDM サブストラクチャの重力レンズ効果による増光現象が注目されてきた。しかし、重力レンズ現象における増光の大きさは、レンズ天体の質量を直接反映していない。そこで、新たに CDM サブストラクチャの重力レンズ効果によって、光源の像が複数になる場合の多重像間の間隔や時間差を見積もった。ここでは、クエーサーが前方にある銀河の重力レンズ効果により多重像を示しているような状況で、重力レンズ銀河内の CDM サブストラクチャが、更にクエーサーの像に重力レンズ効果を及ぼす状況を考える。銀河自体による重力レンズ効果、ならびに、CDM サブストラクチャの質量分布や CDM サブストラクチャ自身の構造の違いを考慮した上で、様々なパラメータで Monte Carlo シミュレーションを行った結果、この種のクエーサーではどの像も数%の割合で、サブストラクチャによる重力レンズ現象が観測可能なレベルで生じることが判明した。加えて、このような現象が生じた際、どのようなパラメータを選んでも、期待される多重像間の間隔は  $0.1 \sim 10(\text{mas})$ 、期待される多重像間の時間差は  $1 \sim 1000(\text{s})$  の範囲にほとんど収まることが判明した。これらの指標は、CDM サブストラクチャを直接検出するための、全く新しい観測的な指標であるといえる。

## 【2】銀河中心核の進化

### (1) 輻射流体力学モデルによる原始クエーサーの予言

巨大ブラックホールはこれまで活動銀河中心核のモデルとして考えられてきたが、最近の観測で活動性を示さない通常の銀河の中心領域にも次々に巨大なブラックホールの証拠が見つかってきている。さらに、そのブラックホールの質量は、銀河バルジ (楕円銀河) の質量に比例して、その 0.5% 程度になっているという関係が報告されている。これは、巨大ブラックホール形成が銀河の形成・進化と物理的に関係していることを示唆している。我々は、この事実

注目し、巨大ブラックホールー銀河バルジ関係を銀河進化と関連付けた研究を行った。注目した物理過程は、銀河内の星からの輻射が引き起こす相対論的な輻射抵抗と、これによる角運動量輸送である。まず、星間ガスの非一様性を入れて輻射抵抗による角運動量輸送効率を計算した。結果として、一様な星間物質の場合とは大きく異なり、高い効率が実現されることを見出した (Kawakatu & Umemura 2002)。そして、銀河内の星の詳細な化学進化モデルを採り入れ、銀河の進化過程とブラックホールの成長過程を結びつけて、銀河と銀河中心核の共進化モデルを作り上げた。そして、これをキューサーに適用し、キューサーの前駆体として、中心核に比べ母銀河の明るさが卓越した“原始キューサー”状態が存在すること、そしてそれは電波銀河と極めて近い性質を持つことを予言した (Kawakatu & Umemura 2003)。

## (2) 球状星団中心の巨大ブラックホール形成

最近、HSTを用いた高精度分光観測によって、球状星団 (M15, G1) の中心に  $10^3\text{--}4 M_{\odot}$  程度の「中間質量」ブラックホールの存在が示唆された。一方で、M33は中心にG1と同規模の星団を持つが、ブラックホール (BH) は存在しないという報告がなされている。さらにM33中心にある球状星団はBHの存在が示唆されている球状星団 (M15, G1) と異なり比較的若い星 ( $\lesssim 10^9 \text{yr}$ ) を含むことが示唆されている。これらから、BH形成と球状星団の星形成史との間になんらかの物理的関係があるという仮説が成り立つ。我々はこれまで提唱してきた銀河バルジ中心の巨大BH形成に関する輻射流体力学モデルと同等のモデルを考え、球状星団のBH形成と星形成史を結びつける次のようなシナリオを考察した。球状星団のような系では、II型超新星爆発で大部分のガスが系外に吹き飛ばされて一度晴れ上がる。その後、低質量星からの質量放出で系が光学的に厚くなり、最終的にI型超新星爆発により再び晴れ上がることになる。光学的に厚い段階では、輻射抵抗による質量降着が有効になりブラックホール形成が促進される。このシナリオの実現性を調べるために、輻射流体力学モデルに星団の現実的な化学進化を取り入れることで、球状星団中のブラックホール形成について解析を行った。その結果として、実際にある状況下では球状星団の進化後期段階に、低質量星から質量放出されたガスにより系は光学的に厚くなることができ、BH形成が可能であることが分かった。また、 $10^3 M_{\odot}$  程度のブラックホールが存在するために必要な球状星団の星形成史 (Initial mass function, 星形成率等) への制限を求めることができた。

## 【3】 星・惑星系形成過程の研究

### (1) 原始星と T Tauri 型星の構造の推定：スペクトルを用いた手法の開発と応用

太陽のような星は、分子雲コアと呼ばれる半径1万AU程度の星間雲が重力収縮することによって形成されると考えられている。中心に中心星、その周囲に原始惑星系円盤が形成されると考えられるが、母胎となった分子雲コアがまだ大量に残っている段階の天体は、原始星として観測され、周囲のガスがなくなった天体が T Tauri 型星として認識されると考えられている。これらの天体の進化過程を調べることは、星・惑星系形成過程の初期段階を調べることに相当する。

このような原始星は厚いガスで覆われているため、一般にその構造を調べることは容易ではない。そこで私たちは、スペクトルを用いてその構造を解明するための手法の開発を行った。この方法ではまず、構造を仮定した上で輻射平衡温度分布を求め、さらに輻射輸送を計算し、観測されるはずのスペクトルを予測する。次に、得られた理論スペクトルと観測スペクトルの相違を調べ、それによって注目している天体の構造を推定する。私たちは、このような手法が原始星の構造推定法として有効であることを示し、実際にいくつかの天体の構造を推定した (Nakazato,

Nakamoto, & Umemura 2003)。また、フラットスペクトル T タウリ型星と呼ばれる特異なスペクトルをもつ天体にも同様の手法を適用し、その特異なスペクトルの成因を明らかにした (Kikuchi, Nakamoto, & Ogochi 2002)。それにより、この天体は原始星から一般的な T Tauri 型星に移行する段階の天体であることが示唆された。

このように、輻射平衡計算とスペクトル分析を組み合わせることによって、原始星や T Tauri 型星といった星・惑星系形成過程の初期段階の天体の構造や進化について、多くの情報をえら得ることがわかってきた。今後はこれらの手法を多くの天体に適用し、それらの天体の統計的性質を議論することが重要であると思われる。

## (2) コンドリュール形成過程の解明

中心星の周囲には同時に原始惑星系円盤も形成され、惑星形成に向けた過程が着々と進行していると考えられている。中でもコンドリュールと呼ばれる大きさ 1mm 程の球状物体の形成過程は、原始惑星系円盤の段階で普遍的に起こっていると思われる過程でありながら不明な点の多い過程の一つである。

私たちはすでに、原始惑星系円盤中に生じた衝撃波によりコンドリュールが形成されたとする「衝撃波加熱コンドリュール形成モデル」を提案している。それによれば、適当な性質を持つ衝撃波が存在すれば、観測されているようなコンドリュールを形成するような高温状態が実現される。私たちは次に、従来のモデルの精度をさらに向上させ、コンドリュール形成時に適当な液滴状態が実現されるかどうかを調べた。これは、コンドリュールが球形をしていることから明らかな、しかし、これまではあまり研究されていなかった重要な観測事実である。その結果、衝撃波加熱によって適当な高圧が実現され、液滴状態が達成されることがわかった (Miura, Nakamoto, & Susa 2002)。

コンドリュールは、数十ミクロンから数ミリ程度までの比較的狭い範囲のサイズを持つことが大きな特徴の一つである。このうちの最大サイズについてはすでに、衝撃波加熱モデルで自然に理解されることが私達の研究によりわかっている (Susa & Nakamoto 2002)。これには、衝撃波にともなう動圧と液滴の表面張力のバランスが関係していた。一方最小サイズの方は、蒸発によって決まることが、最近はっきりしてきた。すなわち、大きさの異なるダスト粒子では蒸発率も異なり、小さいものほど早く蒸発・消滅するため、残るものの最小サイズが決まるわけである (Miura & Nakamoto 2003)。このように衝撃波加熱モデルでは、少なくともコンドリュールのサイズの上限と下限については、自然に理解できることが明らかとなった。

また一方、コンドリュール形成に必要な加熱現象の強度やその時間変化などについても、比較的簡単なモデルを用いた考察を行った。ここではまず、測定データから推定されるコンドリュールの年齢分布を求め、次に、簡単なコンドリュール形成モデルを用いて、得られた年齢分布を再現するようなコンドリュール加熱現象の強度やその時間進化を調べた。その結果によれば、コンドリュール形成加熱現象は時間と共にその強度が減少すること、総加熱量は、すべてのダスト物質を数回以上加熱するくらいの量であること、などがわかった (Nakamoto, Kita, & Tachibana 2003)。

## 【4】3次元輻射流体力学の推進

輻射は、宇宙現象の大部分においてエネルギー収支を司っていると同時に、ある場合には運動量輸送の担い手として重要な役割を演じる。輻射は3次元空間の各点において方向2次元、振動数1次元の自由度を持つため、輻射を正確に取り扱うためには6次元の自由度で光子の分布関数を求めなければならない。光子の分布関数の変化を記述する式はローレンツ変換された光子の

ボルツマン方程式であり、これは“輻射輸送方程式”と呼ばれる。宇宙現象の本質的な解明には、流体方程式、自己重力、輻射輸送方程式を組み合わせた宇宙輻射流体力学の計算が必要である。これまでは自己重力及び輻射輸送方程式の計算量の膨大さから、これらをすべて採り入れた計算は困難であった。我々は、素粒子物理学、計算機工学の研究者らと共に計算物理学研究センターが推進してきた未来開拓推進事業の中で、異機種結合多重計算機システム (HMCS: Heterogeneous Multi-Computer System) を構築し、 $N^2$  ( $N$  は全粒子数または格子数) のコストのかかる自己重力計算を重力計算専用機 GRAPE-6 によって高速に処理し、6次元問題である輻射輸送を汎用並列計算機 (e.g. CP-PACS) によって解き上げることが可能にした。そして、この HMCS の上で動く自己重力輻射 SPH のスキームを開発し、銀河形成問題に適用した。HMCS による宇宙輻射流体力学の研究は、平成 14 年度日本情報処理学会論文賞を受賞した。

#### <国際協力事業>

日本学術振興会科学協力事業日伊セミナー

課題名: Formation of the First Generation of Galaxies and Cosmological Implications  
(第一世代銀河の形成とその宇宙論的意義)

代表者: 梅村雅之 (日本側), A. Ferrara (イタリア側)

参加者: 中本泰史, 須佐元, 森正夫, 西亮一, 北山哲, 米原厚憲, 大向一行, 水澤広美, 廣居久美子 (以上日本側), Simone Bianchi, Marialuce Bruscoli, Benedetta Ciardi, Alessio Fangano, Francesco Haardt, Hiroyuki Hirashita, Ilian Iliev, Simone Marri, Antonella Maselli, Vladimiro Noce, Phillip Richter, Ruben Salvaterra, Evan Scannapieco, Raffaella Schneider, Filippo Sigward, Marcos Valdes (以上イタリア側)

#### <受賞>

平成 14 年度日本情報処理学会論文賞

論文題目: Heterogeneous Multi-Computer System における重力効果を含む宇宙輻射流体計算  
(情報処理学会論文誌第 43 巻 SIG6 (HPS5) 号)

著者: 朴泰祐, 牧野淳一郎, 須佐元, 梅村雅之, 福重俊幸, 宇川彰

#### <科研費採択状況>

基盤研究(A)(2): 梅村 雅之(分担者)

ガンマー線バーストの最大赤方偏移と宇宙で最初に出来た天体の同定 (中村卓史, 京大理)  
(2040 万円)

若手研究(B): 中本泰史 (代表者)

原始太陽系星雲中の衝撃波によるコンドリュール形成過程の研究 (90 万円)

特別研究員奨励費: 米原 厚憲 (代表者)

重力レンズで探る銀河・クエーサーの宇宙論的進化 (120 万円)

<非常勤講師>

梅村 雅之：北海道大学，平成14年4月1日-平成14年9月31日

梅村 雅之：名古屋大学，平成14年10月1日-平成15年3月31日

梅村 雅之：神戸大学，平成14年10月1日-平成15年3月31日

<放送大学>

「計算科学」（主任講師・杉本大一郎教授）

計算機で素粒子と宇宙を探る

コンピュータ・シミュレーションが解き明かす宇宙進化の謎（梅村雅之）

<研究会等主催>

計算物理学研究センター研究会「宇宙の第一世代天体」

2002年3月，筑波大学計算物理学研究センター

<論文>

1. N. Kawakatu and M. Umemura

The Radiation Drag Driven Mass Accretion in Clumpy Interstellar Medium:  
Implications for the Supermassive Black Hole-to-Bulge Relation

*Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **329**, 572-578 (2002)

2. F. Nakamura and M. Umemura

The Stellar Initial Mass Function in Primordial Galaxies

*Astrophysical Journal*, **569**, 549-557 (2002)

3. K. Ohsuga, S. Mineshige, M. Mori, and M. Umemura

Does the Slim-Disk Model Correctly Consider Photon-Trapping Effects?

*Astrophysical Journal*, **574**, 315-324 (2002)

4. T. Boku, J. Makino, H. Susa, M. Umemura, T. Fukushige, and A. Ukawa

Hydrodynamics in astrophysics with gravity on Heterogeneous Multi-Computer System

*IPSJ Transactions on High Performance Computing Systems*, **41**, 5 (2002)

5. N. Kawakatu, M. Umemura, and M. Mori

Proto-Quasars: Physical States and Observable Properties

*Astrophysical Journal*, **583**, 85-91 (2003)

6. T. Nakazato, T. Nakamoto, and M. Umemura

A Spectrophotometric Method to Determine the Inclination of Class I Objects

*Astrophysical Journal*, **583**, 322-329 (2003)

7. N. Kikuchi, T. Nakamoto, and K. Ogochi

Disk-Halo Model for Flat Spectrum T Tauri Stars

*Publ. Astron. Soc. Japan*, **54**, 589-597 (2002)

8. H. Miura and T. Nakamoto  
A Shock-Wave Heating Model for Chondrule Formation; The Effects of Evaporation and Gas Flows on the Silicate Particles *Icarus*, **160**, 258-270 (2002)
9. S. S. Fujita, M. Ajiki, Y. Shioya, T. Nagao, T. Murayama, Y. Taniguchi, S. Okamura, M. Ouchi, K. Shimasaku, M. Doi, H. Furusawa, M. Hamabe, M. Kimura, Y. Komiyama, M. Miyazaki, S. Miyazaki, F. Nakata, M. Sekiguchi, M. Yagi, N. Yasuda, Y. Matsuda, H. Tamura, T. Hayashino, K. Kodaira, H. Karoji, T. Yamada, K. Ohta, and M. Umemura  
A Search for Lyman $\alpha$  Emitters at Redshift 3.7  
*Astronomical Journal*, **125**, 13-31 (2003)
10. K. Kodaira, Y. Taniguchi, N. Kashikawa, N. Kaifu, H. Ando, H. Karoji, M. Ajiki, M. Akiyama, K. Aoki, M. Doi, S. S. Fujita, H. Furusawa, T. Hayashino, M. Imanishi, F. Iwamuro, M. Iye, K. S. Kawabata, N. Kobayashi, T. Kodama, Y. Komiyama, G. Kosugi, Y. Matsuda, S. Miyazaki, Y. Mizumoto, K. Motohara, T. Murayama, T. Nagao, K. Nariai, K. Ohta, Y. Ohya, S. Okamura, M. Ouchi, T. Sasaki, K. Sekiguchi, K. Shimasaku, Y. Shioya, T. Takata, H. Tamura, H. Terada, M. Umemura, T. Usuda, M. Yagi, T. Yamada, and N. Yasuda  
The Discovery of Two Lyman $\alpha$  Emitters Beyond Redshift 6 in the Subaru Deep Field  
*Publ. Astron. Soc. Japan Letters*, **55**, 17-21 (2003)
11. H. Susa and M. Umemura  
Formation of Dwarf Galaxies during the Cosmic Reionization  
*Astrophysical Journal*, submitted (2003)
12. M. Mori, M. Umemura, and A. Ferrara  
Supernova Explosions and Self-Enrichment in Lyman Break Galaxies  
*Astrophysical Journal Letters*, submitted (2003)
13. 朴泰祐, 牧野淳一郎, 須佐元, 梅村雅之, 福重俊幸, 宇川彰  
Heterogeneous Multi-Computer Systemにおける重力効果を含む宇宙輻射流体計算  
ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム HPCS2002, 17-24 (2002)
14. M. Umemura  
Radiation-Hydrodynamical Growth of Supermassive Black Holes and QSO Formation  
*The 11th Workshop on General Relativity and Gravitation*, 48-57 (2002)
15. N. Kawakatu and M. Umemura  
The Growth of a Supermassive Black Hole and Narrow Line QSO1  
*The 11th Workshop on General Relativity and Gravitation*, 58-62 (2002)
16. 朴泰祐, 牧野淳一郎, 須佐元, 梅村雅之, 福重俊幸, 宇川彰  
Heterogeneous Multi-Computer Systemにおける重力効果を含む宇宙輻射流体計算  
情報処理学会論文誌: ハイパフォーマンスコンピューティングシステム, **43**, 219-229 (2002)

17. F. Nakamura and M. Umemura  
On the Stellar Initial Mass Function in Very Metal-Poor Environments  
*The Link between Stars and Cosmology*, eds. M. Chavez, A. Bressan, A. Buzzoni, & D. Mayya (Kluwers) in press (2002)
18. H. Susa and M. Umemura  
A Simulation of Galaxy Formation by Radiation-SPH  
IAU Symposium 208, Astrophysical Supercomputing using Particle Simulations, in press (2002)
19. T. Kitayama, M. Umemura, and H. Susa  
Formation of the First Generation of Galaxies and the Cosmological Implications  
*Studies of Galaxies in the Young Universe with New Generation Telescopes*, Japan-German Seminar 2002, in press (2002)
20. M. Umemura, T. Nakamoto, and H. Susa  
Cosmic Reionization History and QSO Absorption Line Systems  
*Studies of Galaxies in the Young Universe with New Generation Telescopes*, Japan-German Seminar 2002, in press (2002)
21. H. Susa and M. Umemura  
Galaxy Formation in the Presence of Ultraviolet Background Radiation Field — A Simulation by Radiation-SPH —  
*Studies of Galaxies in the Young Universe with New Generation Telescopes*, Japan-German Seminar 2002, in press (2002)
22. M. Umemura and N. Kawakatu  
A New Picture of QSO Formation  
*The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting*, in press (2002)
23. N. Kawakatu, M. Umemura, and M. Mori  
A Scenario for the Coevolution of an Elliptical Galaxy and a QSO  
*The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting*, 265-266 (2002)
24. A. Yonehara, H. Susa, and M. Umemura  
Toward Direct Detection of Substructure around Galaxies  
*The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting*, in press (2002)
25. H. Susa and M. Umemura  
Formation of Low Mass Galaxies under Ultraviolet Background Radiation Field  
*Numerical Simulation in Astronomy*, in press (2002)
26. M. Umemura  
The Growth of Supermassive Black Holes and QSO Formation  
*Carnegie Observatories Centennial Symposium I - Coevolution of Black Holes and Galaxies*, in press (2002)



27. N. Kawakatu, M. Umemura, and M. Mori  
 A Scenario for the Coevolution of an Elliptical Galaxy and a QSO  
*Carnegie Observatories Centennial Symposium I – Coevolution of Black Holes and Galaxies*, in press (2002)
28. T. Nakamoto and H. Miura  
 Chondrule Formation by Gaseous Shock Waves in the Solar Nebula: A Possibility that Evaporation Determines the Minimum Size of Chondrules  
*Proc. of ISAS Lunar and Planetary Symposium*, 35, 68-71 (2002)
29. T. Boku, J. Makino, H. Susa, M. Umemura, T. Fukushige, and A. Ukawa  
 Heterogeneous Multi-Computer System: A new platform for Multi-Paradigm Scientific Simulation  
*International Conference on Supercomputing 2002*, in press (2002)
30. T. Boku, J. Makino, H. Susa, M. Umemura, T. Fukushige, and A. Ukawa  
 Heterogeneous Multi-Computer System: A new paradigm of parallel processing  
*International Conference on Parallel Processing for Electrical Engineering 2002*, in press (2002)

<座長>

1. 梅村雅之  
 国際会議「Early Cosmic Structures and the End of the Dark Ages」(2002年6月, エルバ島, イタリア)
2. 中本泰史  
 地球惑星合同大会「惑星科学」セッション(2002年5月, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)

<講演>

1. 梅村雅之  
 「輻射流体力学の方法」  
 輻射輸送ミニワークショップ(2002年5月, 大阪大学, 大阪)
2. 中本泰史  
 「格子法に基づいた多次元輻射輸送計算」  
 輻射輸送ミニワークショップ(2002年5月, 大阪大学, 大阪)
3. 中本泰史, 竹内 拓  
 「原始惑星系円盤の温度構造に対するダストサイズ分布の効果」  
 地球惑星合同大会(2002年5月, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)
4. 三浦均, 中本泰史, 須佐元  
 「衝撃波加熱コンドリュール形成モデル: 蒸発による冷却と衝撃波後面のガスの動圧の効果」  
 地球惑星科学合同大会(2002年5月, 国立オリンピック記念青少年総合センター, 東京)

5. 梅村雅之  
「The Effects of a Ultraviolet Background on the Formation of Protogalaxies」 (基調講演)  
国際会議「Early Cosmic Structures and the End of the Dark Ages」 (2002年6月, エルバ  
島, イタリア)
6. 中本泰史, 竹内 拓, D. N. C. Lin  
「SEDs from passive disks with size distributed dust particles」  
Star Formation Workshop (2002年6月, 台湾)
7. 梅村雅之, 川勝望  
「A New Picture of QSO Formation」 (招待講演)  
国際会議「The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting」 (2002年7月, 学術総合センター,  
東京)
- 川勝望, 梅村雅之  
「A Scenario for the Coevolution of an Elliptical Galaxy and a QSO」  
国際会議「The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting」 (2002年7月, 学術総合センター,  
東京)
8. 米原厚憲, 須佐元, 梅村雅之  
「Toward Direct Detection of Substructure around Galaxies」  
国際会議「The 8th IAU Asian-Pacific Regional Meeting」 (2002年7月, 学術総合センター,  
東京)
9. 須佐元, 梅村雅之  
「Formation of Low Mass Galaxies under Ultraviolet Background Radiation Field」  
国際会議「Numerical Simulation in Astronomy」 (2002年7月, 学術総合センター, 東京)
10. 梅村雅之  
「The IMF of Pop III Stars and its Influence on the Growth of First Objects」  
日本学術振興会日伊セミナー「Formation of the First Generation of Galaxies and Cosmo-  
logical Implications」 (2002年7月, アルチェトリ天文台, フィレンツェ, イタリア)
11. 中本泰史, 梅村雅之  
「Toward a New Accurate Multi-Dimensional Radiative Transfer Solver: ART」  
日本学術振興会日伊セミナー「Formation of the First Generation of Galaxies and Cosmo-  
logical Implications」 (2002年7月, アルチェトリ天文台, フィレンツェ, イタリア)
12. 須佐元, 梅村雅之  
「Formation of low mass galaxies under UVB」  
日本学術振興会日伊セミナー「Formation of the First Generation of Galaxies and Cosmo-  
logical Implications」 (2002年7月, アルチェトリ天文台, フィレンツェ, イタリア)
13. 米原厚憲  
「Toward Direct Detection of Substructure Around Galaxies」  
日本学術振興会日伊セミナー「Formation of the First Generation of Galaxies and Cosmo-  
logical Implications」 (2002年7月, アルチェトリ天文台, フィレンツェ, イタリア)

14. 森正夫, Andrea Ferrara, Piero Madau, 梅村雅之,  
Early Metal-Enrichment by Pre-galactic Outflows  
リングバーグ城 (2002年7-8月, Max-Planck Institute, ハイデルベルグ, ドイツ)
15. 梅村雅之  
「銀河中心の巨大ブラックホール」(招待講演)  
天文若手夏の学校「相対論・宇宙論分科会」(2002年8月, ウェルサンピア京都, 京都)
16. 米原厚憲  
「Extrinsic Variability から Compact Object とその周りを探る」(招待講演)  
天文若手夏の学校「相対論・宇宙論分科会」(2002年8月, ウェルサンピア京都, 京都)
17. 中本泰史, 三浦均  
「原始太陽系星雲内の衝撃波加熱によるコンドリュール形成: 蒸発によりサイズ分布の下限が決まる可能性について」  
月惑星シンポジウム (2002年8月, 宇宙科学研究所, 神奈川)
18. 梅村雅之  
「High  $z$  における天体形成と GRB」(招待講演)  
基研研究会「ガンマー線バースト2002」(2002年8月, 京都大学基礎物理学研究所, 京都)
19. 梅村雅之  
「銀河形成—物理過程と諸問題」(基調講演)  
日本物理学会(2002年9月, 立教大学, 東京)
20. 中本泰史, 木多紀子, 橋省吾  
「コンドリュールの生成率とその時間依存性」  
日本惑星科学会(2002年10月, 国立天文台水沢観測センター, 岩手)
21. 林和樹, 中本泰史, 五十嵐丈二  
「原始星の輻射平衡計算における非等方散乱の影響」  
日本惑星科学会(2002年10月, 国立天文台水沢観測センター, 岩手)
22. 三浦均, 中本泰史  
「衝撃波による原始惑星系円盤ガスの化学組成の変化」  
日本惑星科学会(2002年10月, 国立天文台水沢観測センター, 岩手)
23. 梅村雅之, 中本泰史, 須佐元, 森正夫  
「輻射流体力学による天体形成シミュレーションと数値天文台」(招待講演)  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
24. 須佐元, 梅村雅之  
「矮小銀河形成における紫外線背景輻射場の役割」日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
25. 森正夫, 梅村雅之, Andrea Ferrara  
「銀河形成初期における重元素の非一様混合過程」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)

26. 米原厚憲  
「Dark Matter Substructureによる重力レンズ効果」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
27. 中本泰史, 三浦均  
「原始惑星系円盤内衝撃波によるコンドリュール形成: 蒸発によりサイズ分布の下限が決まる可能性について」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
28. 中里剛, 中本泰史  
「SEDから推定されるClass 0天体とClass I天体の物理状態」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
29. 川勝望, 梅村雅之, 大須賀健  
「活動銀河中心核の統一モデルを越えた観測事実:  $N_H - L_x$  関係」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
30. 三浦均, 中本泰史  
「原始惑星系円盤内で発生した衝撃波によるガスの化学組成の変化について」  
日本天文学会(2002年10月, シーガイア, 宮崎)
31. 梅村雅之  
「The Growth of Supermassive Black Holes and QSO Formation」  
国際会議「Carnegie Observatories Centennial Symposium I - Coevolution of Black Holes and Galaxies -」(2002年10月, カーネギー天文台, パサデナ, 米国)
32. 川勝望, 梅村雅之, 森 正夫  
「A Scenario for the Coevolution of an Elliptical Galaxy and a QSO」  
国際会議「Carnegie Observatories Centennial Symposium I - Coevolution of Black Holes and Galaxies -」(2002年10月, カーネギー天文台, パサデナ, 米国)
33. 中本泰史  
「多次元 輻射輸送・輻射流体力学シミュレーション」(招待講演)  
第15回理論天文学懇談会シンポジウム(2002年12月, 国立天文台, 東京)
34. 川勝望, 梅村雅之  
「輻射流体力学過程による球状星団中のブラックホール形成」第15回理論天文学懇談会シンポジウム(2002年12月, 国立天文台, 東京)
35. 須佐元, 梅村雅之  
「紫外輻射場中での原始矮小銀河の形成」(招待講演)  
「Galaxy Shop 2003」(2003年2月, 国立天文台, 東京)
36. 川勝望, 梅村雅之  
「輻射流体力学過程によるブラックホール形成: 銀河中心核から球状星団まで」基研研究会  
「ブラックホール天文学の新展開」(2003年2月, 京都大学基礎物理学研究所, 京都)
37. 須佐元, 梅村雅之

「Formation of Primordial Dwarf Galaxies under UVB」計算物理学研究センター研究会「宇宙の第一世代天体」

(2002年3月, 筑波大学計算物理学研究センター, 茨城)

38. 川勝望, 梅村雅之, 森 正夫

「QSO Formation: Coevolution of Bulge and Nucleus」

計算物理学研究センター研究会「宇宙の第一世代天体」

(2003年3月, 筑波大学計算物理学研究センター, 茨城)

39. 廣居久美子, 梅村雅之, 中本泰史

「A constraint by  $z \sim 6$  QSO spectra on cosmic reionization and galaxy formation」

計算物理学研究センター研究会「宇宙の第一世代天体」(2003年3月, 計算物理学研究センター, 茨城)

40. 川勝 望

「Proto-Quasars: Physical States and Observable Properties」

SISSA コロキウム (2003年3月, SISSA, トリエステ, イタリア)

41. 梅村雅之

「Galaxy Formation during the Cosmic Reionization」

SISSA コロキウム (2003年3月, SISSA, トリエステ, イタリア)

42. T. Nakamoto, N. T. Kita, S. Tachibana

「Heating Energy Input Rate for Chondrule Forming Region and Its Evolution」

Lunar & Planetary Science Symposium (2003年3月, Houston, USA)

43. 森正夫, 梅村雅之, Andrea Ferrara

Multiple Supernova Explosions in a Forming Galaxy

キール大学宇宙物理学研究所 (2003年3月, キール大学, キール, ドイツ)

44. 中本泰史, 三浦均

「AGB星周囲のダストの結晶化について」

日本天文学会 (2003年3月, 東北大学, 宮城)

45. 須佐元, 梅村雅之

「矮小銀河形成における紫外線背景輻射場の役割II」日本天文学会 (2003年3月, 東北大学, 宮城)

46. 米原厚憲

「Dark Matter Substructureは, どんな重力レンズ効果を引き起こすか?」

日本天文学会 (2003年3月, 東北大学, 宮城)

47. 中里剛, 中本泰史

「2次元輻射輸送計算に基づく原始星の構造及び進化段階の推定」

日本天文学会 (2003年3月, 東北大学, 宮城)

48. 川勝望, 梅村雅之

「球状星団中のブラックホール形成と星形成史との関係」

日本天文学会 (2003 年 3 月, 東北大学, 宮城)

49. 廣居久美子, 梅村雅之, 中本泰史

「宇宙再電離過程の宇宙モデル依存性」(ポスター講演)

日本天文学会 (2003 年 3 月, 東北大, 宮城)

50. 三浦均, 中本泰史

「原始惑星系円盤内衝撃波によるコンドリュール形成: サイズ分布の下限值決定のメカニズム」

日本天文学会 (2003 年 3 月, 東北大学, 宮城)