

### III. 宇宙物理グループ

助教授 梅村 雅之  
助手 中本 泰史  
COE 研究員 菊地信弘  
学振研究員 (PD) 須佐 元  
大学院生 (6名)

本年度、当グループスタッフは、宇宙初期の再電離過程と銀河形成への影響、銀河中心における爆発的星形成と銀河核活動性の物理的関連、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】宇宙背景輻射場中の銀河形成

$z < 5$  の宇宙においては、平均強度  $10^{-21 \pm 0.5} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{ster}^{-1} \text{Hz}^{-1}$  の背景紫外線輻射場が存在することが、QSO 吸収線系の観測から分かっている。従って、通常の銀河形成はこの UV 輻射場の中で考えなければならない。UV 輻射の主たる影響は、紫外線加熱と水素分子形成の阻害である。ガス雲が光学的に薄く、輻射加熱が有効に効く場合には、ジーンズ質量の増大により、 $10^8\text{--}9 M_{\odot}$  よりも小さな天体の形成は阻害される。一方で、重元素量が太陽組成の  $1/100$  以下のガスにおいては、1 万度以下でのガス冷却は主に水素分子による。水素分子形成は、宇宙背景紫外線によって著しく阻害される。従って、銀河誕生のためには、紫外線の自己遮蔽が必須になる。これらの物理過程を明らかにするために、UV 輻射場が原始銀河雲進化に与える影響について詳細な計算を行った。実際には、1 次元面対称の重力収縮流体計算に、水素分子を含む非平衡の化学反応式、輻射輸送方程式を結合させて解いた。初期条件はイオン化平衡、熱平衡を仮定した。これにより、初期には UV によって加熱され、1 万度程度になったガスが収縮して行く過程を調べた。結果として、パンケーキ状の収縮が終わったときに、ガス雲が紫外線背景輻射に対して自己遮蔽され、水素分子冷却が有効に効いて、中心部の温度が十分に下がる場合と、収縮が終わった後でも、自己遮蔽が十分起らず UV 加熱が 1 万度を保つ場合があることがわかった。この二つの場合を分けるクリティカルなスケールは、外部からの UV による加熱率が水素分子による冷却率に等しくなる所で決り、

$$M_{\text{SB}} = 2.2 \times 10^{11} M_{\odot} [(1 + z_c)/5]^{-4.2}$$

で与えられることがわかった。ここで  $z_c$  は銀河形成が起きる時期 (collapse epoch) である。

一方で、パンケーキ収縮時には冷えなかった雲も、雲の質量が UV 加熱で決るジーンズ質量 ( $10^9\text{--}10 M_{\odot}$ ) より大きく、水素原子冷却が可能な最大質量 ( $\sim 10^{12} M_{\odot}$ ) より小さければ、角運動量バリアーで止るところまでは 2 次的収縮が可能である。原始銀河雲が重力トルクによって獲得する角運動量は、無次元スピパラメーターで、 $\Lambda_{\text{spin}} \simeq 0.05$  程度である。このときの角運動量バリアーのサイズは、 $R_{\text{barr}} = 22.7 \text{kpc} (M/10^9 M_{\odot})^{1/3} (1+z)^{-1} (\Lambda_{\text{spin}}/0.05)^2$  となる。このサイズへ 2 次収縮する過程で、面密度の増加により自己遮蔽が効き出せば、水素分子冷却が有効になり、遅れた銀河形成が可能になる。以上のことから、紫外線背景輻射場中の銀河形成プロセスを考えると、質量や最終的コラプス時期 ( $z_c$ ) によって、以下のような質的違いが生まれることになる。

(a)  $z_c \gtrsim 10$ ,  $10^3\text{--}6 M_{\odot}$ : 初期に自己遮蔽が効き、小質量天体となる。

(b)  $3 \lesssim z_c \lesssim 10$ ,  $M_{\text{SB}} \lesssim M \lesssim 10^{12} M_{\odot}$ : パンケーキ収縮時に爆発的星形成を起し、その後、非散逸的銀河形成につながる。標準的 CDM 宇宙モデルに従えば、臨界質量  $M_{\text{SB}}$  は、ちょうど

$2\sigma - 3\sigma$  ゆらぎに対応するため、この銀河形成は銀河密度の高い所で起こることが期待される。また、 $z_c$  が大きいため、単位質量当りの角運動量は小さくなる。最終的に、比較的大質量の Early type 銀河の形成につながると考えられる。

(c)  $0 \lesssim z_c \lesssim 4$ ,  $10^{10} M_\odot (1+z_c)^{-3/2} \lesssim M \lesssim M_{\text{SB}}$ : 2 次の収縮段階で星形成が起こるため、散逸的銀河形成になる。銀河密度の低い所で起こると期待される。最終的に、Late type 銀河の形成につながる。

(d)  $z_c \sim 0$ ,  $10^{10} M_\odot (1+z_c)^{-3/2} \lesssim M \lesssim 10^{12} M_\odot$ : 現在に近い所での Late type の銀河の形成になるが、銀河密度が極端に低い所で起こる非常に稀なイベントとなる。

(e)  $z_c \lesssim 10$ ,  $M \lesssim 10^{10} M_\odot (1+z_c)^{-3/2}$ : UV 加熱により、重力収縮できなくなった膨張雲となる。キューサー吸収線系と関係する。

## 【2】宇宙再電離と高赤方偏移 QSO 吸収線系

ここ数年、キューサースペクトルに見られる Ly $\alpha$  吸収線系は、宇宙の密度ゆらぎの成長に伴う local high density regions を見ているという考えが注目されている。これまで、多次元の宇宙論的流体計算や準解析的手法によって得られた local clump の性質を観測と比較する研究が行われてきた。しかし、これらの解析では clumpy universe の中での電離光子の伝播は正確に扱われていない。我々は、clumpy universe における電離光子の伝播とそれに伴う宇宙再電離過程を調べるために、3次元輻射輸送計算を行った。

計算のモデルは以下のようなものである。まず、Zel'dovich 近似を用いて、標準的 CDM モデルに基づき 3次元空間内での密度分布を発生させる。ここでは、 $\Omega_{\text{CDM}} = 0.95$ ,  $\Omega_{\text{baryon}} = 0.05$ ,  $H_0 = 50 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  として、COBE 規格化条件を満たすような密度揺らぎの振幅を与える。この密度分布の中で、水素とヘリウムからなる原始組成ガスを考え、振動数依存の輻射輸送を解くことにより電離度を決定する。

この計算によって得られた結果の内、Ly $\alpha$  吸収線系の統計に関係する重要な結果は次の 2点である。

- (1) self-shielding により、高い中性水素柱密度をもつ水素雲が形成される。
  - (2) high column density 中性水素雲の近くで shadowing 効果が起こることにより、小さな水素雲の中性水素柱密度が変わる。
- (1) の結果は、光学的厚みが 1 を超える Damped Ly $\alpha$  cloud 系の形成において、当然のことながら輻射輸送効果が本質的であることを物語っている。さらに (2) の結果は、光学的厚みが  $10^{-3}$  程度の Ly $\alpha$  cloud においてさえ、輻射輸送の効果が吸収線系の統計に重要な影響を及ぼすことを意味している。計算によれば、これらの効果は、宇宙再電離の初期過程において特に顕著である。

## 【3】銀河中心核の輻射流体力学的進化

AGN 統一モデル (AGN GUT) では、Type 1 と Type 2 の違いは、光源であるブラックホール降着円盤の中心部が、これを取り巻く Obscuring Torus によって隠されるか (Type 2)、否か (Type 1) という、Viewing angle の違いによるものであると理解されている。しかしながら、最近の観測から、Type 1 と Type 2 の Host galaxy には有意な違いがあることが指摘されてきている。中でも、「Type 2 Seyfert はスターバーストと強い相関を示すが、Type 1 Seyfert は示さない」という観測事実は、AGN の Type が単なる Viewing angle の違いによるものであるという AGN GUT の猫像だけでは、理解しきれないものである。さらに、AGN GUT では、Obscuring Torus の存在を前提としており、その形成機構については、ほとんど明らかにされていない。そこで我々は、AGN 周りのスターバーストからの輻射力による Obscuring Torus 形成の可能性を調べ、スターバーストと AGN Type の物理的関連性を考察した。

結果として、AGN 周囲のスターバーストからの輻射力によって、 $A_V \sim 1 - 5$  の Dusty

wall が形成されることがわかった。特に、スターバーストが明るい初期段階 ( $\lesssim \text{several} \times 10^7 \text{yr}$ ) では、Dusty wall が AGN 全体を覆い隠すように形成され、あらゆる方向から広輝線領域 (BLR) が観測されず、Type 2 と認識されるが、スターバーストの光度が下がってくる後期段階 ( $\gtrsim \text{several} \times 10^7 \text{yr}$ ) では、Dusty wall は Torus 形状となり、厚みは時間と共に減少して、 $\text{several} \times 10^8 \text{yr}$  で、ほとんど消失する。このような、Dusty wall の Covering factor の時間的減少により、BLR が見える確率が次第に高まり、Type 1 として認識される割合が増すことになる。つまり、観測されているスターバーストと Type 2 AGN の強い相関は、スターバーストが明るい時期には、形成される Dusty wall の Covering factor が大きく、BLR の見える確率が下がるためと理解される。結果として、このシナリオでは、AGN Type は、約  $10^8 \text{yr}$  の時間スケールで進化することを予言される。

#### 【4】 星・惑星系形成の研究

厚いエンベロープガスに包まれている原始星の内部の様子、たとえば、分子雲の収縮運動や中心天体の成長、中心天体周囲の星周円盤の有無あるいはその構造や成長の仕方などを詳しく調べることは、星・惑星系形成過程の解明にとって非常に重要な問題である。そこで私達は輻射輸送を正確に考慮して原始星のモデル計算を行い、そこから得られる Spectral Energy Distribution (SED) を観測結果と比較することによって原始星の現象論的モデルを構築することを試みた。私達のモデルでは軸対称性を仮定して密度分布を与え、周波数依存性を考慮した連続波に対する輻射輸送と物質 (ダスト) の温度場とを無矛盾に求める。その際、ダストによる輻射の吸収と散乱、再放射を考慮する。今回の計算では中心天体と半径 100AU の星周円盤、およびそれらを取り巻く半径 200AU ないし 1000AU のハロー (エンベロープ) を考え、ハローと円盤の密度をいろいろに変えた。そして、計算の結果得られたモデル SED と観測結果とを比較した。ここでは、原始星候補天体としてよく知られている L1551 IRS5 を具体的な対象とした。

その結果、一般に次のような傾向があることが分かった：可視光、赤外線、電波、それぞれで見えているものが異なる。すなわち、可視光～赤外領域の SED からは中心天体近傍 ( $< 100 \text{AU}$ ) の密度がわかる、ハローの密度が低ければ中間赤外領域の SED は  $\sim 100 \text{AU}$  以内のハローと円盤の様子を反映している、電波領域の SED は円盤の質量を反映している。

以上の一般的傾向を踏まえて L1551 IRS5 の SED の再現を試みた結果、L1551 IRS5 に対して次のようなことがわかった。(1) 可視光～赤外の SED は、1AU でのハローの密度が  $10^{-13} \text{g cm}^{-3}$  程度で再現することが出来る、(2) ハローの密度が比較的高いので、可視光～赤外領域の SED は円盤の有無や性質に依存しない、すなわちこの波長領域の情報だけからは円盤の存在は結論出来ない、(3) 円盤の無いモデルでは電波領域の SED を再現できない、(4)  $M_{\text{disk}} \sim 0.01 - 0.1 M_{\odot}$  程度の円盤によって電波領域の SED を合わせることが出来る、すなわち円盤の存在が示唆される、(5) 円盤内での accretion の有無による SED の違いは小さい。

#### 【5】 輻射流体力学計算法の開発

多次元空間内の輻射輸送を解くことは、多くの宇宙物理学的問題において重要な課題となってきた。最も一般の状況に対しては、空間の次元のみならず輻射の方向 (2次元) と振動数 (1次元) も考慮しなければならない。そのため、扱う次元が高次元となり大量の計算を実行する必要が生じる。実際に計算を実行できるかどうかは、その問題の計算量が現実的な量に収まるかどうかで決まることになる。従って、計算量が少なく高速な計算法の開発は、適用可能な問題の範囲を大幅に広げるという意味において、非常に重要な意義を持つ。

従来、多次元輻射輸送方程式を解くにあたって計算量を抑えるために用いられていた手法は Short Characteristics 法と呼ばれるものである。これは、一本の光線を短い線分の集合として表現するものである。3次元空間内の問題の場合、方向と振動数を固定したとして、全空間の格子点で輻射強度を求めるための計算量は、全格子点数 ( $N^3$ ) に比例する。しかしこの方法は複数

の線分から一本の光線を構成するために多数の補間を行うため、数値的な拡散が大きいという短所を持つ。一方、すべての光線を一本の直線で表現する計算法は Long Characteristics 法と呼ばれ、数値拡散のない正確な解が得られる。しかし、その計算量は  $N^4$  に比例し、多くの格子を利用する大規模計算においては特に、Short Char. 法よりも計算量・計算時間が圧倒的に大きくなる。

そこで私達は、Long Char. 法と Short Char. 法の両者の長所をあわせ持つ新しい計算法 (**Accelerated Ray Tracing 法**) を考案した。この方法では物質の格子とは独立に光線に沿った輻射格子を考え、各物質格子点では近傍の輻射格子点での値から補間して輻射強度を求める。輻射格子上では光線は一本の直線として表現され、物質格子への輻射強度の補間も一度だけなので数値拡散も小さい。さらに、一本の輻射格子上の輻射強度の値は、その光線近傍の多数の物質格子で共有して利用されるため、全体の計算量は  $N^3$  に比例する量で済む。

私たちはこの方法を実際にインプリメントし、上記の計算時間と格子数の関係が成り立つことを確かめた。またその精度は Long Char. 法に近い、非常に高いものであることも確かめた。従ってこの方法は、多次元空間内の輻射輸送方程式を解くにあたって精度・計算時間ともに非常に満足できるものであると言える。

#### < 科研費採択状況 >

萌芽的研究：梅村 雅之（代表者）

「輻射性なだれ」によるクェーサーの形成と進化 (70 万円)

奨励研究 (A)：中本泰史（代表者）

3次元輻射輸送を考慮した銀河形成過程の研究 (110 万円)

特別研究員奨励費：須佐 元（代表者）

銀河形成とその中の星形成 (120 万円)

#### < 学内プロジェクト採択状況 >

助成研究 (B)：梅村 雅之（代表者）

宇宙初期の再電離過程の研究 (50 万円)

#### < 研究会主催 >

「輻射輸送・輻射流体力学研究会」

(1998 年 6 月, 筑波大学計算物理学研究センター)

「CP-PACS による計算物理学」研究会

(1999 年 2 月, 筑波大学計算物理学研究センター)

#### < 論文 >

1. S. Mineshige, T. Tsuribe, and M. Umemura

Cosmological Accretion Disk Embedded in Background Radiation

*Publ. Astron. Soc. Japan*, **50**, 233-240 (1998)

2. A. Yonehara, S. Mineshige, T. Manmoto, J. Fukue, M. Umemura, and E. L. Turner

An X-Ray Microlensing Test of AU-Scale Accretion Disk Structure in Q2237+0305

*Astrophysical Journal Letters*, **501**, 41-44 (1998)

3. Y. Tajiri and M. Umemura  
A Criterion for Photoionization of Pregalactic Clouds Exposed to Diffuse Ultraviolet Background Radiation  
*Astrophysical Journal*, **502**, 59-62 (1998)
4. T. Kawaguchi, S. Mineshige, M. Umemura, and E. L. Turner  
Optical Variability of Active Galactic Nuclei: Starbursts or Disk Instabilities ?  
*Astrophysical Journal*, **504**, 671-679 (1998)
5. M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
Radiatively Driven Mass Accretion onto Galactic Nuclei by Circumnuclear Starbursts  
*Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **299**, 1123-1131 (1998)
6. K. Omukai, R. Nishi, H. Uehara, and H. Susa  
Evolution of Primordial Protostellar Clouds — Quasi-static Analysis —  
*Prog. Theor. Phys.*, **99**, 747 (1998)
7. H. Susa, H. Uehara, R. Nishi, and M. Yamada  
Thermal Evolution of the Postshock Layer in Pregalactic Clouds  
*Prog. Theor. Phys.*, **100**, 63 (1998)
8. R. Nishi, H. Susa, H. Uehara, M. Yamada, and K. Omukai  
Thermal and Dynamical Evolution of Primordial Gas Clouds — On the Formation of First Luminous Objects—  
*Prog. Theor. Phys.*, **100**, 881 (1998)
9. A. Yonehara, S. Mineshige, J. Fukue, M. Umemura, and E. L. Turner  
Microlens Diagnostics of Accretion Disks in Active Galactic Nuclei  
*Astronomy & Astrophysics*, **343**, 41-50 (1999)
10. F. Nakamura and M. Umemura  
On the Mass of Population III Stars  
*Astrophysical Journal*, **515**, 239-248 (1999)
11. K. Ohsuga, M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
Radiation Hydrodynamical Mass Accretion onto Galactic Nuclei Driven by Circumnuclear Starbursts  
*Publ. Astron. Soc. Japan*, **51**, 1-9 (1999)
12. M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
AGN Activities Triggered by Circumnuclear Starbursts  
*Advances in Space Research*, in press (1999)
13. K. Ohsuga, M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
Hydrodynamical Evolution of AGN Driven by Radiation from Circumnuclear Starbursts  
*Advances in Space Research*, in press (1999)
14. H. Susa and M. Umemura  
Formation of Primordial Galaxies under UV Background Radiation  
*Astrophysical Journal*, submitted (1998)
15. N. Kikuchi, T. Nakamoto, and K. Ogochi

Disk-Halo Model for Flat Spectrum T Tauri Stars  
*Publ. Astron. Soc. Japan Letters*, submitted (1999)

16. T. Nakamoto, M. Umemura, and H. Susa  
6D Calculations of Radiative Transfer on the Reionization of an Inhomogeneous Universe  
*Nature*, submitted (1999)
17. K. Ohsuga and M. Umemura  
Formation of Large-Scale Obscuring Wall and AGN Evolution Regulated by Circumnuclear Starbursts  
*Astrophysical Journal Letters*, submitted (1999)
18. M. Umemura, T. Nakamoto, and H. Susa  
3D Radiative Transfer Calculations on the Cosmic Reionization  
*Numerical Astrophysics 1998*, eds. S. M. Miyama, K. Tomisaka, & T. Hanawa (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht), 43-44 (1999)
19. Y. Tajiri and M. Umemura  
The Permeation of Diffuse UV Radiation into Pregalactic Clouds  
*Numerical Astrophysics 1998*, eds. S. M. Miyama, K. Tomisaka, & T. Hanawa (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht), 47-48 (1999)
20. T. Nakamoto  
A 3-D Radiative Transfer Solver using a Massively Parallel Compute, *Numerical Astrophysics 1998*, eds. S. M. Miyama, K. Tomisaka, & T. Hanawa (Kluwer Academic Publishers: Dordrecht), 375-378 (1999)
21. T. Kawaguchi, S. Mineshige, M. Umemura, and E. L. Turner  
Optical Variability in AGNs: Disk Instability or Starbursts ?  
IAU Symposium No. 188, *The Hot Universe*, 451 (1998)
22. M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
Nuclear Fueling by Radiative Avalanche Induced by Starbursts  
IAU Symposium No. 184, *The Central Region of the Galaxy and Galaxies*, in press (1998)
23. K. Ohsuga, M. Umemura, J. Fukue, and S. Mineshige  
Radiative Avalanche Driven by a Circumnuclear Starburst Torus  
IAU Symposium No. 184, *The Central Region of the Galaxy and Galaxies*, in press (1998)
24. A. Yonehara, S. Mineshige, J. Fukue, M. Umemura, and E. L. Turner  
Microlens Mapping of Disks in Active Galactic Nuclei  
IAU Symposium No. 184, *The Central Region of the Galaxy and Galaxies*, in press (1998)
25. H. Yoshida, M. Umemura, and Y. Yoshii  
Luminosity Function based on the Press-Schechter Theory  
IAU Symposium No. 183, *Cosmological Parameters and the Evolution of the Universe*, in press (1998)
26. J. Fukue, M. Umemura, and S. Mineshige  
Radiative Avalanche Driven by Spherical Starbursts  
IAU Symposium No. 186, *Galaxy Interactions at Low and High Redshift*, in press (1998)

27. F. Nakamura and M. Umemura  
Collapse and Fragmentation of Filamentary Primordial Gas Clouds Due to H<sub>2</sub> Cooling  
IAU Symposium No. 187, *Cosmic Chemical Evolution*, in press (1998)
28. H. Susa and M. Umemura  
Photoionization and Dynamical Evolution of Pregalactic Clouds  
19th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics and Cosmology, Eds.: J. Paul, T. Montmerle, and E. Aubourg (CEA Saclay), in press (1999)
29. M. Umemura and E. L. Turner  
Extreme Microlensing by Massive Compact Field Objects  
素粒子論研究, **98**, A72 (1998)
30. T. Nakamoto  
多次元輻射輸送計算コードの超並列計算機への実装: Multiple Wave Front 法  
情報処理学会研究報告, **98-HPC-74**, 43-48 (1998)
31. M. Umemura  
高強度レーザーを用いた実験室宇宙物理学: 3. 輻射流体力学-宇宙  
*Journal of Plasma and Fusion Research*, **74**, 1267-1274 (1998)

<講演>

1. 梅村雅之  
「宇宙物理学における輻射流体力学の現状と課題」  
計算物理学研究センター研究会「輻射輸送・輻射流体力学」(1998年6月, 筑波大学計算物理学研究センター)
2. 中本泰史  
「多次元輻射輸送方程式の解法」  
計算物理学研究センター研究会「輻射輸送・輻射流体力学」(1998年6月, 筑波大学計算物理学研究センター)
3. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
「星周円盤のSEDとIR Image」  
計算物理学研究センター研究会「輻射輸送・輻射流体力学」(1998年6月, 筑波大学計算物理学研究センター)
4. 大須賀健  
「スターバースト・リングからの輻射によるAGN周りのガスの分布とその進化」  
計算物理学研究センター研究会「輻射輸送・輻射流体力学」(1998年6月, 筑波大学計算物理学研究センター)
5. 中本泰史, 大越智幸司  
「Radiation Hydrodynamics Simulations of Collapsing Filamentary Clouds」  
Protostars and Planets IV (1998年7月, サンタバーバラ (アメリカ合衆国))
6. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
「SEDs and IR Images of Disks Around Young Stellar Objects」  
Protostars and Planets IV (1998年7月, サンタバーバラ (アメリカ合衆国))

7. 梅村雅之, 福江純, 嶺重慎  
 「AGN Activities Triggered by Circumnuclear Starbursts」  
 32nd Scientific Assembly of COSPAR, E1.2, *The AGN/Normal Galaxy Connection* (1998年7月, 名古屋国際会議場)
8. 大須賀健, 梅村雅之, 福江純, 嶺重慎  
 「Hydrodynamical Evolution of AGN Driven by Radiation from Circumnuclear Starbursts」  
 32nd Scientific Assembly of COSPAR, E1.2, *The AGN/Normal Galaxy Connection* (1998年7月, 名古屋国際会議場)
9. 梅村雅之, 中本泰史, 須佐元  
 「3D Radiative Transfer Calculations on the Ly $\alpha$  Absorbers」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
10. 中本泰史, 梅村雅之  
 「多次元輻射輸送方程式の新しい数値解法」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
11. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
 「2次元輻射輸送計算による星周円盤のSEDと近赤外像」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
12. 須佐元, 梅村雅之  
 「UV 輻射場中の原始銀河雲の収縮」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
13. 田尻祐紀子, 梅村雅之  
 「原始銀河雲へのUV光の浸透と光電離 III」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
14. 大越智幸司, 中本泰史  
 「輻射流体力学によるフィラメントの重力収縮と分裂」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
15. 大須賀健, 梅村雅之, 福江純, 嶺重慎  
 「スターバースト・リングからの輻射によるAGN周りのガスの分布とその進化」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
16. 成島哲也, 梅村雅之  
 「宇宙背景輻射場中の回転ガス円盤の重力不安定性 II」  
 日本天文学会 (1998年10月, 山形大学)
17. 飯田彰, 中川義次, 中本泰史  
 「原始惑星系円盤形成終期の温度分布」  
 日本惑星科学会秋季講演会 (1998年10月, 神戸大学)
18. 中本泰史, 菊地信弘, 大越智幸司, 飯田彰  
 「輻射流体力学による星形成過程の研究」  
 特定領域研究「マゼラン星雲大研究」計画研究 A03 班会議 (1998年12月, 国立天文台)
19. 飯田彰, 中川義次, 中本泰史  
 「原始惑星系円盤形成終期の温度分布」



特定領域研究「マゼラン星雲大研究」計画研究 A03 班会議 (1998 年 12 月, 国立天文台)

20. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
「2 次元輻射輸送計算による星周円盤の SED と IR Image」  
第 8 回天文学データ解析計算センター・ユーザズミーティング (1998 年 12 月, 国立天文台三鷹)
21. 大須賀健  
「スターバースト・リングからの輻射による AGN の輻射流体力学的進化」  
第 11 回理論天文学懇談会シンポジウム「天文学の境界領域を探る」(1999 年 1 月, 京都大学基礎物理学研究所)
22. 中本泰史, 梅村雅之, 須佐元  
「非一様宇宙における再電離」  
基研研究会「宇宙における第一世代天体形成」(1999 年 2 月, 京都大学基礎物理学研究所)
23. 梅村雅之, 中本泰史, 須佐元  
「宇宙再電離と高赤方偏移 QSO 吸収線系」  
基研研究会「宇宙における第一世代天体形成」(1999 年 2 月, 京都大学基礎物理学研究所)
24. 須佐元, 梅村雅之  
「UV 輻射場中の Low metal gas からの銀河形成」  
基研研究会「宇宙における第一世代天体形成」(1999 年 2 月, 京都大学基礎物理学研究所)
25. 田尻祐紀子, 梅村雅之  
「球対称 Cloud への UV の浸透と光電離効果」  
基研研究会「宇宙における第一世代天体形成」(1999 年 2 月, 京都大学基礎物理学研究所)
26. 中本泰史, 梅村雅之  
「宇宙再電離の 3 次元輻射輸送シミュレーション」  
計算物理学研究センター研究会「CP-PACS による計算物理学」(1999 年 2 月, 筑波大学計算物理学研究センター)
27. 梅村雅之  
「宇宙再電離と銀河形成過程」  
RESCEU 「初期宇宙の探究」研究会 (1999 年 2 月, 志賀高原ホテルサンルート)
28. 梅村雅之  
「銀河形成理論の進展」  
第 2 回マゼラン星雲研究会 (1999 年 2 月, 国立天文台三鷹)
29. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
「Disk-Halo Model for Flat-Spectrum T Tauri Stars」  
第 2 回マゼラン星雲研究会 (1999 年 2 月, 国立天文台三鷹)
30. 須佐元  
「UV 輻射場中の銀河形成」  
第 2 回マゼラン星雲研究会 (1999 年 2 月, 国立天文台三鷹)
31. 飯田彰, 中川義次, 中本泰史  
「原始惑星系円盤形成時の衝撃波温度」  
第 2 回マゼラン星雲研究会 (1999 年 2 月, 国立天文台三鷹)

32. 須佐元, 梅村雅之  
「UV 輻射場中の銀河形成 I: 物理過程」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
33. 梅村雅之, 須佐元  
「UV 輻射場中の銀河形成 II: 物理過程」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
34. 中本泰史, 菊地信弘  
「原始星の SED モデル: L1551 IRS5 の場合」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
35. 菊地信弘, 中本泰史, 大越智幸司  
「2 次元輻射輸送計算による星周円盤の SED と近赤外像 (2)」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
36. 中村文隆, 梅村雅之  
「円筒状原始ガス雲の分裂: 種族 III 天体の質量について」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
37. 田尻祐紀子, 梅村雅之  
「原始銀河雲への UV 光の浸透と光電離 IV」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
38. 飯田彰, 中川義次, 中本泰史  
「原始惑星系円盤形成時の衝撃波温度」  
日本天文学会 1999 年春季年会 (1998 年 3 月, 京都大学)
39. 大須賀健, 梅村雅之  
「Starburst 輻射による Obscuring Wall 形成と AGN Type の時間進化」  
日本天文学会 (1999 年 3 月, 京都大学)
40. 梅村雅之  
「宇宙再電離と銀河形成」  
H2L2 ミッション検討会 (1999 年 3 月, 宇宙科学研究所)