

## II 宇宙・原子核物理研究部門

### II-1. 宇宙分野

#### 1. メンバー

教授	梅村 雅之
准教授	森 正夫
講師	吉川 耕司
准教授	岡本 崇 (HPCI 戦略プログラム)
助教	川勝 望 (理数学生応援プロジェクト)
研究員	谷川 衝 (科研費基盤 S)
	行方 大輔 (科研費基盤 S)
	川口 俊宏 (科研費基盤 A)
	石山 智明 (HPCI 戦略プログラム)
	長谷川 賢二 (HPCI 戦略プログラム)
	Alexander Wagner (センター)
学生	大学院生 12名 学類生 1名

#### 2. 概要

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、FIRST, T2K-Tsukuba を用いて、宇宙論的銀河形成シミュレーション、粒子法輻射流体による宇宙再電離シミュレーション、メッシュ流体用高速輻射輸送計算、大質量ブラックホール多体系におけるブラックホールの合体成長、ダークマターハローの内部構造：コアカスプ問題、アンドロメダの涙とさざめき、銀河系中心領域の特異な物理環境が分子雲形成に与える影響、6次元 Vlasov 方程式による自己重力系数値シミュレーションの研究を行った。さらに、AVX 命令版 Phantom-GRAPE の開発、HA-PACS に向けたアプリケーションの開発、「京」を用いた銀河形成シミュレーションを行った。また、宇宙・生命・物性・原子核分野連携で星間空間における光誘起 L 型アミノ酸過剰、系外惑星における光合成アンテナ機構の理論的研究を行った。また、プレ戦略イニシアティブ「アクセラレータによる銀河輻射流体力学の幕開け」(代表者 森正夫) の継続が採択され、輻射流体力学実現のための演算加速器を搭載した並列計算機システム構築を開始し、プロトタイプ制作を行った。

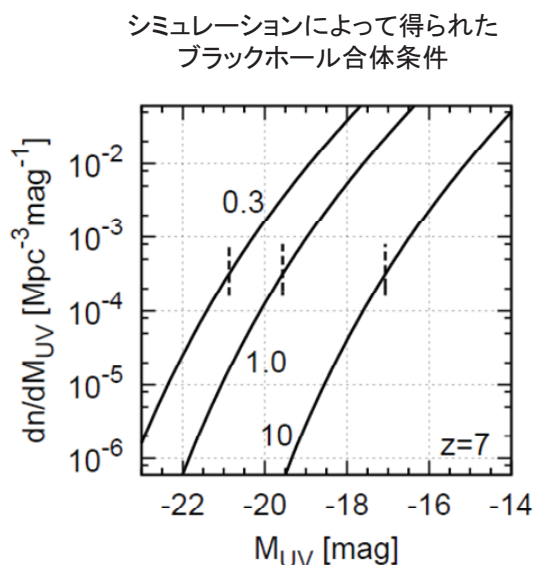
#### 3. 研究成果

##### 【1】一般相対論的 N 体計算による巨大ブラックホール合体過程

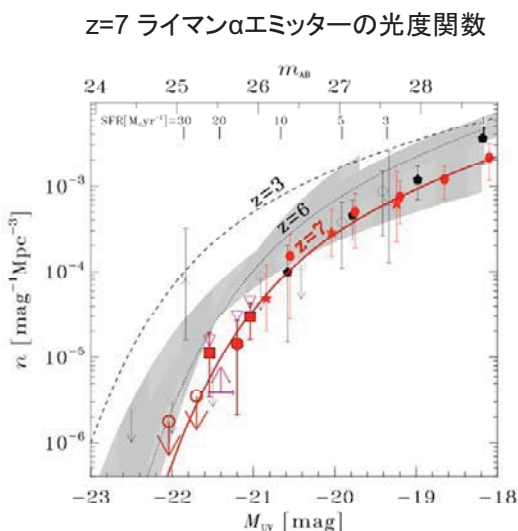
巨大ブラックホールは銀河中心に観測され、ブラックホール質量は銀河バルジ質量の約 1/1000 になっているという“ブラックホール - バルジ質量関係”が見出さ

れている (Kormendy & Richstone 1995; Magorrian et al. 1998; Merrifield et al. 2000; Merritt & Ferrarese 2001, Marconi & Hunt 2003)。これは、巨大ブラックホール形成が、銀河バルジ形成史と密接に関係し、ブラックホール質量を決める普遍的な物理メカニズムが存在したことを示唆する。宇宙の階層的な天体形成論に従えば、大きな銀河は小銀河の集合体として生まれることになり、大きな銀河には多数の巨大ブラックホールが存在することになる。これは、銀河の中心にブラックホール - バルジ質量関係を満たす巨大ブラックホールが一つあるという観測事実を説明できない。可能性の一つは、銀河が合体した際に、ブラックホールも全て合体して、銀河中心に落ちるというものである。しかし、これまで巨大ブラックホールの合体は極めて難しいとされてきた。我々は、ブラックホールを持つ銀河が合体した後、ブラックホール合体が起こるかという問題を、一般相対論効

一般相対論的N体計算によるブラックホール合体条件と観測との比較



線に付けられた数値は仮定した質量-光度比  
縦の波線より左側で合体が可能  
Tanikawa & Umemura 2012



Ouchi et al. 2009

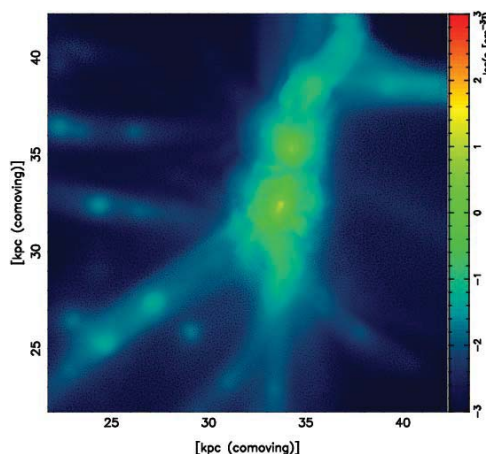
果を入れた高精度 N 体計算により調べた。銀河バルジの中に 10 個の巨大ブラックホールを置いて計算した結果、銀河中の星密度が高い場合には、星による力学的摩擦が有効に働き、ブラックホールは銀河中心に落ちることで多重散乱を繰り返し、連ブラックホールが生まれ、連ブラックホールは他のブラックホールとの散乱の結果、重力波を放出して合体することが分かった。そして、ブラックホール合体がどのような銀河で起こりうるかということ解析した結果、すばる望遠鏡で見えている赤方偏移  $z=7$  のライマンアルファ・エミッターで、ブラックホール

合体過程が起こっている可能性を示した（下図）。

## 【2】 第一世代天体の輻射流体計算

宇宙で最初に生まれた天体(第一世代天体)は、従来の計算では  $\approx 10^6 M_{\odot}$  のダークマターハローに  $\approx 10^5 M_{\odot}$  程度のバリオンガスが蓄積されて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。

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（右図）。その結果、第一世代天体の質量は従来の計算で求められていた質量より 2 桁近く小さくなる ( $\approx 10^3 M_{\odot}$  程度) ことがわかった。この結果の一部は、既に特別推進研究で得られていたものであるが、その後の解析で、ダークマター・カスプの重力ポテンシャルが、ビリアル温度を上昇させ、その結果水素分子冷却の熱的不安定を引き起こすことで小質量の天体形成が可能になることを明らかにした (Umemura et al. 2012)。



## 【3】 原始銀河形成と宇宙再電離

宇宙は赤方偏移  $z=1000$  程度で一度中性化し、その後形成された天体からの輻射によって再び電離したと考えられている。クエーサー吸収線系を利用した観測(e.g., Fan et al. 2006)では、 $z=6$  程度ではすでに宇宙は高度に電離されている事が示されているが、この宇宙再電離過程がいつ始まり、どのように進んだかは未だ明らかではない。宇宙再電離史を解き明かすには、銀河間空間への電離光子供給源である天体の形成史とそれに伴う電離領域の進化過程を同時に計算する必要があるが、この天体形成史自体に輻射性フィードバックが影響を及ぼす為、輻射流体計算が必要となる。このような計算では、多くの放射源を取り扱う必要がある為、非常に膨大な計算コストが要求される。

そこで、我々は独自に開発したツリー構造を用いて高速に輻射輸送計算を行えるスキーム START (SPH with Tree-based Accelerated Radiative Transfer) (Hasegawa & Umemura 2010)を宇宙論的輻射流体計算に対応できるように拡張し、これを用いて宇宙再

電離シミュレーションを行った。その結果、宇宙の星形成史は主に光加熱効果によって著しく阻害される事を示した(Hasegawa & Semelin 2013)。また、再電離過程にとって重要な鍵となる電離光子の銀河からの脱出割合は、紫外線のフィードバックで高密度領域がならされる事によって上昇する事も分かった(Umemura et al. 2012)。

また、今年度は京のような大規模並列計算機で効率が出せるよう START のアルゴリズムの改善も行った。その結果、数 1000 並列以上での計算であっても非常によいスケーラビリティを実現する事を可能にし、演算数自体もおよそ半分にする事に成功した(START2: Hasegawa in prep.)。

#### 【4】 「京」を用いたダークマターシミュレーション

理化学研究所の京コンピュータ上で、重力多体シミュレーション用コード"GreeM" をチューニングした。我々は、数万や数十万並列でもスケールするように以下の最適化を行った。

- 1) 大規模な全対通信の階層化。まず全ノードをいくつかのグループに分割する。この時、空間的に近い領域を担当するノードが同じグループになるようにする。そしてグループ内での全対通信を行ってから、グループ間で通信するというように2段階に分けて通信を行うことによって全対通信の実行時間を抑制した。
- 2) 領域形状を過去の数ステップに渡って平均化することにより、サンプリングによるステップ間の形状のばらつきを抑え、粒子再配分の通信コストの抑制。
- 3) MPI+OpenMP によるハイブリッド並列化

こうして京コンピュータ上でほぼ完璧なスケーラビリティを実現した。さらに2兆ダークマター粒子の重力進化シミュレーションを、京コンピュータのほぼ全システムを用いて、5.67 ペタフロップスの実効性能(実行効率55%) で実現した。これらの成果が認められ、ハイ・パフォーマンス・コンピューティングに関する国際会議SC12 (2012 年11月, 米国・ソルトレイクシティ開催) において、ゴードン・ベル賞を単独受賞した。ゴードン・ベル賞ファイナリストには、ピーク性能が20 ペタフロップス(「京」の約2倍) の「セコイア」(米国・ローレンス・リバモア国立研究所) を用いて、同様のダークマターシミュレーションで14 ペタフロップスを達成した米国のグループがあった。ところが我々のコードが実際の計算速度で上回り、1 粒子あたり2.4 倍の速さでシミュレーションをすることが可能であった(同じ計算機を用いた場合は5 倍近く速い)。こういった点が評価され、ゴードン・ベル賞の受賞につながったようである。

#### 【5】 活動銀河核ジェットのパラズマ組成の研究

活動銀河核から噴出する相対論的ジェットのプラズマ組成が、電子・陽子なのか、それ

とも電子・陽電子であるかという根本的な問題は未だ明らかになっていない。これは、相対論的ジェット形成メカニズムや宇宙線の起源とも関連する宇宙物理学において最重要テーマの1つである。これまで、バルクコンプトンと呼ばれる2次的放射の有無、シンクロトロン自己吸収や円偏波成分から、ブレイザージェット中のプラズマ組成についての議論がされてきた。しかし、プラズマ組成と密接に関係する真のジェットパワーを評価することは困難であり、従来の手法では放射光度から類推するほかなかった。この問題を解決するために、我々は、ジェットエネルギーの貯蔵庫である膨張コクーン力学に注目し、真のジェットパワーと年齢を評価する方法 (Kino and Kawakatu 2005; Ito et al. 2008)、さらにはコクーン内での各成分(電子, 陽電子, 陽子)の分圧から相対論的ジェットの組成に制限をつける方法を提唱した。(Kino, Kawakatu, Takahara 2012)。本研究では、膨張コクーン力学により真のジェットパワーが求められているFR II型電波銀河 Cygnus A, 3C219, 3C223, 3C284 に対して、同様の方法を適応し解析を行った。その結果、Cygnus A を含む4つのFR II電波銀河はエディントン光度に匹敵するパワフルなジェットを持つにも関わらず、いずれの場合もペアプラズマが混在することが分かった。つまり、4天体のジェット組成は電子・陽子プラズマだけでは説明できず、陽電子の存在を示唆するものである (Kawakatu, Kino, Takahara in preparation)。

#### 【6】 ダークマターハローの内部構造：コア-カスプ問題

宇宙の構造形成のパラダイム、コールドダークマター(CDM)シナリオは、N体シミュレーションによるとダークマター(DM)ハロー中心部で質量密度が発散する(カスプ)構造を予言する(Navarro, Frenk & White 1997; Fukushige & Makino 1997)。しかし、その観測結果によると、矮小銀河の密度は中心部で発散せず、一定となる(コア)ことが報告されている (Swaters et al. 2003; Spekkens et al. 2005; Oh et al. 2010)。この理論と観測の不一致は"コア-カスプ問題"と呼ばれ、CDMシナリオの未解決問題の一つである。今回我々は、"超新星爆発により矮小銀河内のガスが加熱・膨張し、やがて放射冷却・収縮が起こり再び星形成が起こる、という一連の過程の繰り返しの重力場変動によりカスプがコアへと遷移するか"をN体シミュレーションを用いて調べた。ここでバリオンの重力場は周期的に時間変化する外場によって表現した。その結果バリオンの重力場変動の時間スケールに依存してDMハローに形成されるコアの大きさや位置が大きく変化する事がわかった。また、DMハローの粒子群と外場間で起こる共鳴的な現象に対する解析的なモデルを構築した。この共鳴モデルによって、コア半径が重力場の時間変動周期と関係があることを突き止めた。

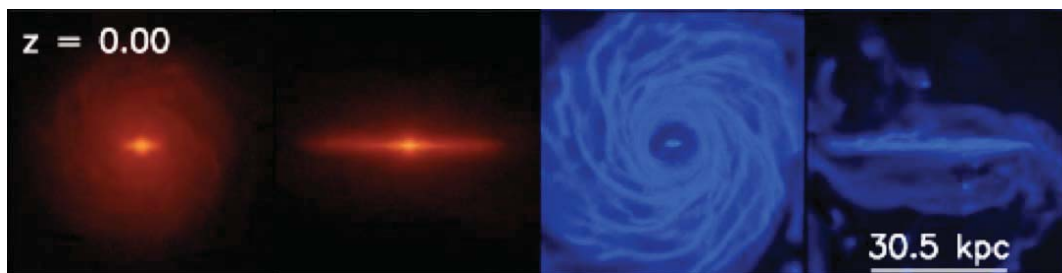
#### 【7】 アンドロメダの涙とさざめき

近年、ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡に代表される地上大型望遠鏡を最大限活用した近傍の深宇宙探査により、現在も続く銀河進化の過程を垣間見ることができるようになってきた。アンドロメダ銀河周辺においては、おびただしい数の暗い矮小銀河が発見されるとともに、それら矮小銀河の衝突によるものと思われるステラーストリームやステラーシエル等の痕跡が続々と明らかにされてきている。特にアンドロメダの涙（アンドロメダストリーム）に関しては、観測・理論の両面からの研究が進展してきており、銀河衝突の際の軌道運動やその時期、衝突した銀河の質量や化学組成等について理解が進んできている。我々は、N 体計算と 3 次元の流体力学計算を組み合わせたハイブリッドシミュレーションにより、アンドロメダ銀河の円盤ガスと矮小銀河に付随するガスの流体力学的な相互作用の詳細について調べた。銀河円盤ガスと矮小銀河ガスの相互作用により発生する銀河円盤ガスの流体力学的な挙動と、アンドロメダの円盤ガスで観測されているリング状構造の生成過程について詳細な解析を行った。また、矮小銀河の軌道運動の初期条件依存性について大規模パラメータサーベイを行い、観測を再現する軌道要素を求めた。

#### 【8】 銀河ハロー中を漂う巨大ブラックホールへのガス降着とその広波長域放射

各銀河はそれぞれの中心に巨大ブラックホールを宿す。また、銀河は周辺の銀河と衝突・合体し、吸収合併する事でその質量を成長させてきたと考えられる。これらの事から、銀河衝突により衛星銀河が壊された後しばらくの間、元衛星銀河の中心巨大ブラックホールが親銀河のハロー中を漂っていると期待される。隣の銀河であるアンドロメダ銀河は、この銀河衝突による銀河とブラックホールの共進化を理論と観測の両面から理解する上で、最上の実験場である。詳細な観測と数値実験の比較により、約 10 億年昔に衛星銀河が衝突し、今現在、元衛星銀河の破片がアンドロメダ銀河周辺に痕跡として残っている事がわかっている。この元衛星銀河の中心巨大ブラックホールが、ハローの希薄ガスを Bondi 降着により吸い込む時に形成される降着円盤の広波長域放射を計算した。様々な検出装置の感度と比較したところ、電波領域の既存装置で十分検出可能である事がわかった。

#### 【9】 宇宙論的銀河形成シミュレーション



ガスの冷却や星形成、超新星爆発等の物理過程を取り入れた宇宙論的銀河形成シミュレーションを用いて以下のような研究を行った (i) 遠方宇宙の星形成銀河であるラサブミリ波で明るく輝くサブミリ銀河の物理的性質を明らかにした (Shimizu et al. 2012ab). (ii) 銀河系サイズの銀河を高分解能な宇宙論的シミュレーションで形成し、銀河系バルジの形成について調べた。擬バルジと呼ばれる構造が今まで考えられていたような円盤の永年進化ではなく高赤方偏移の爆発的星形成で形成されるという新しい描像を提案した (Okamoto 2013). また、様々なグループ間での銀河形成モデルを比較するプロジェクトにも参加した (Scannapieco et al. 2012).

#### 【10】 6次元位相空間上の Vlasov-Poisson シミュレーション

無衝突自己重力系の数値シミュレーションでは、これまで N 体シミュレーションが幅広く用いられてきたがニュートリノなどの速度分散が大きい成分の無衝突減衰を正確に取り扱うには不向きであった。この N 体シミュレーションの弱点を克服する手法として 6 次元位相空間上での無衝突ボルツマン方程式を有限体積法によって直接数値シミュレーションする手法を世界で初めて開発した。本年度は、宇宙論的な大規模構造形成の数値シミュレーションに応用できるように共動座標系での無衝突ボルツマン方程式の数値解法を開発した。

#### 【11】 GPU を利用した輻射輸送シミュレーションコードの開発

輻射輸送は宇宙物理学の数値シミュレーションにおいて重要な役割を果たすが、多数の光源からの輻射輸送計算は計算コストが膨大となり、大規模な計算や流体力学と組み合わせた輻射流体計算の実行は困難であった。我々は多数の光源からの輻射輸送を高速に計算する ARGOT (accelerated radiation transfer on grids using oct tree) 法を GPU を用いてさらに高速化することに成功した。また、GPU を搭載した大規模クラスターシステムである HA-PACS 上でノード並列化を行った。

#### 【12】 AGN の輻射にさらされた分子雲の進化についての研究

活動銀河核 (AGN) は、宇宙で最も明るい天体の 1 つであり、その光度は銀河本体に匹敵する。光の大部分は、電離能力を持った紫外光、及び、X 線の波長帯で放射されるため、母銀河の進化に大きな影響を与えたと一般に考えられている。しかし、AGN の活動性の詳細がどのように決定されるかは明らかでない。そこで、本研究では、AGN 現象の持続性の理解を進めることを目的として、ガス供給に重要な役割を果たすと期待される光学的に厚い分子雲の輻射流体計算を行った。その結果、分子雲表面での電離パラメータの大きさに応

じて、分子雲の進化は 2 種類に大別されることがわかった。電離パラメータが弱い場合には、分子雲は球対称的な光蒸発によって質量を失いながら、その反作用による圧力で、分子雲の一部が重力崩壊に至る。電離パラメータが強い場合には、輻射圧が効果的になりはじめ、光蒸発流の分子雲表面に閉じ込めながら、分子雲押しつぶし、最終的には分子雲の一部を重力崩壊させることがわかった。

### 【13】 極高光度 X 線源の中間質量ブラックホール候補

中間質量ブラックホール(BH)の最有力候補である極高光度 X 線源(Hyper Luminous X-ray source)について、X 線スペクトルを降着円盤モデルを用いて解析し、BH 質量を推定した。

極高光度 X 線源 ESO243-49 HLX-1 は、近傍の円盤銀河(赤方偏移  $z = 0.02$ ) の円盤面上空に写っており、赤方偏移測定の試みからこの銀河と同じ距離に居る事が示唆されている。この距離測定が正しければ、X 線光度は  $1042 \text{ erg/s}$  に達し、超高光度 X 線源 (Ultra Luminous X-ray source)よりも 1 桁以上明るく、中間質量 BH の最有力候補である。中間質量 BH は実在するか、その起源は何か、元衛星銀河の中心 BH が浮遊しているのか、巨大 BH の種なのか等の疑問に挑む絶好の実験場と言える。

これまでの HLX-1 の X 線スペクトルを降着円盤モデルを用いて解析する研究では、亜臨界降着率に限定される標準降着円盤モデルを基にしていた。しかし、大光度天体に亜臨界降着を仮定して BH 質量を推定し中間質量という答えを得る事は、仮定が結論に直結している危険性がある。

そこで、亜臨界から超臨界降着率まで幅広くカバーすることで降着率に事前の仮定を必要とせず、移流・相対論的效果円盤表層でのコンプトン散乱を含んだ円盤スペクトルモデル(Kawaguchi 2003)を 10 万太陽質量までの BH に対して計算した。3 年に渡って約 30 倍光度が時間変動する HLX-1 の多時刻 X 線スペクトルを解析したところ、約 1.8 万太陽質量 BH へのガス降着によってデータを説明できる事がわかった。

### 【14】 AVX 命令版 Phantom-GRAPE

2011年にリリースされた Intel の新型プロセッサ Sandy-Bridge で新たに実装された SIMD (Single-Instruction-Multi-Data) 命令である Advanced Vector eXtension (AVX) 命令セットを用いた、重力多体数値計算ライブラリ Phantom-GRAPE を開発し、これまでの SIMD 命令である Streaming SIMD Extension (SSE)命令セットを用いたものよりもより高速な演算を実現した。



Phantom-GRAPE は、4 次エルミート積分を軌道計算に用いる高精度な衝突系重力多体用と、銀河や銀河団などの無衝突系用の 2 種類を開発し、Google Code で公開してある。

**【15】 星間空間におけるアミノ酸の円偏光波誘起鏡像異性体過剰の理論的研究  
(宇宙・生命・物性・原子核分野連携)**

生命体の基本分子にアミノ酸があるが、実験室でアミノ酸を作成すると、左巻き (L 型) と右巻き (D 型) が同量生成されるが、地球上の生命ではほとんど L 型アミノ酸しか使われていない。これを、鏡像異性体過剰という。1969 年、オーストラリアのマーチソン村に隕石が落下し、その隕石からアミノ酸が検出された。そして、わずかではあるが鏡像異性体過剰が発見された。2010 年には、超高温の隕石からアミノ酸が発見され、隕石のアミノ酸は地球に大気圏通過の際に変成することなく落下することが分かった。発見された鏡像異性体過剰はわずかなものであるが、実験をすると鏡像異性体過剰は自己触媒反応により急速に増大することが分かってきた。よって、アミノ酸の鏡像異性体過剰が宇宙空間で起こり隕石を通じて地球に運ばれ、それが地上で急速に増幅した可能性がある。また、実験室で円偏光の光を当てると鏡像異性体過剰が引き起こされることが分かってきた。そして、近年になって、オリオン座の星形成領域(OMC-1)で円偏光波が発見された。よって、原始系の近くで大質量星が誕生したとすれば、太陽系内でアミノ酸の鏡像異性体過剰が起こった可能性がある。以上の事実を背景に、宇宙空間で円偏光波からアミノ酸の鏡像異性体過剰を引き起こす過程についての量子多体計算を進めている。我々は、円偏光波吸収とアミノ酸の光励起による崩壊・改変反応の過程を解析した。第一原理計算により、真空中におけるアミノ酸の最安定構造を求め、その光吸収性と円偏光二色性の値を求めた。その結果、アミノ酸の光物性はその種の特徴となる側鎖よりアミノ酸全体に共通する主鎖の構造により強く依存し、波長帯としてライマン  $\alpha$  帯の光が重要であることを明らかにした。

**【16】 系外惑星におけるバイオマーカー検出を目指した光合成アンテナ機構のエネルギー移動計算 (宇宙・生命分野連携)**

探査機 Kepler によって太陽系外惑星の数は大きく追加されており、地球型惑星やハビタブルゾーン内に入る惑星の観測にも成功している。地球に類似した惑星の発見が期待される中で、得られるスペクトルから生命の痕跡であるバイオマーカーを如何に検出するかが課題になっている。地球の生命の進化において光合成は極めて重要であり、光合成の痕跡の

中でも 750nm 付近の近赤外領域に見られる反射スペクトルの特徴的な勾配 (red edge) は有力なバイオマーカーとなり得る。様々なスペクトル型の主星を公転する系外惑星において光合成生物の存在を想定した場合、光捕集の形態が大きく異なると考えられる。地球の光合成生物の場合は主星である太陽のスペクトル比の光を効率良く捕集するように進化して来たと考えべきであり、クロロフィルなどの光合成色素からなるアンテナ系は環境によって色素の種類や配置などの形態が異なる。光を受けた色素は電子励起され、近くの色素に電子状態を移動させるという過程を通じて効率的に光エネルギーを化学エネルギーに変換する。系外惑星においては異なる光捕集の形態を取る場合、それに対応した波長域に光合成の兆候を示す可能性がある。我々は、系外惑星の光のスペクトル比と植物の光捕集の形態との相関について定量的指標を導出することを目的に、光捕集系の量子化学計算を行った。アンテナを構成する色素 1 つ 1 つの励起状態を時間依存密度汎関数法により計算し、色素間では双極子-双極子相互作用する近似モデルを構築した。また、入射光としてある振動数の電場を印加して系の量子力学的時間発展を追跡することによってスペクトル強度を算出した。これにより、アンテナ系の形態と red edge との相関を調べ、系外惑星で想定されるスペクトルを議論した。

#### 4. 教育

##### 【学位論文】

<博士論文>

1. Mohammad Ali Nawaz  
Interaction of Jets with the Intracluster Medium
2. Marc White  
Outflows from Young Stellar Objects

<修士論文>

1. 安部 牧人  
3次元輻射流体計算による紫外線輻射場中の星団形成過程の研究
2. 五十嵐 朱夏  
球対称定常銀河風の解析
3. 大野 純  
GPUを用いた輻射流体力学シミュレーションの高速化
4. 久保田 明夏  
初代星形成における紫外線輻射の流体力学的効果

< 学士論文 >

飯塚 実紅

系外惑星系における軌道交差によるホットジュピター形成

**【集中講義】**

・梅村 雅之

「輻射輸送・輻射流体力学」(2012年7月19日, 千葉大学, 千葉市)

・岡本 崇

「銀河形成とダークマター」第7回 素核宇宙融合 レクチャー シリーズ (2012年11月20日~2012年11月21日, 神戸大学, 神戸市)

**5. 受賞, 外部資金, 知的財産権等**

1) **【受賞】**

①ACM Gordon Bell Prize, 石山智明, 4.45 Pflops Astrophysical N-Body Simulation

on K computer – The Gravitational Trillion-Body Problem, 2012年11月16日

②HPCS IEEE Computer Society Japan Chapter 優秀若手研究賞, 扇谷豪, 重力多体

系用 Tree Code の並列 GPU 化による計算加速, 2013年1月16日

2) **【外部資金】**

< 代表者 >

・基盤研究 (S) : 梅村 雅之 (代表者) (2008年度採択, 継続)

「第一世代天体から原始銀河に至る宇宙暗黒時代の解明」(880万円)

・基盤研究 (A) : 森 正夫 (代表者) (継続)

「理論と観測の融合による銀河発生学の探求」(560万円)

・プレ戦略イニシアティブ : 森 正夫 (代表者) (継続)

「アクセラレータによる銀河輻射流体力学の幕開け」(500万円)

・科研費若手研究 (B) : 岡本 崇 (代表者) (新規)

「輻射流体シミュレーションを用いた銀河風駆動機構の解明」(110万円)

・科研費若手研究 (B) : 長谷川 賢二 (代表者) (新規) (210万円)

「宇宙論的輻射シミュレーションで解明する宇宙再電離期の銀河形成史」

・科研費若手研究 (B) : 石山智明 (代表者), 2013-2015年, 350万(直接経費)

「銀河系内のダークマター微細構造の解明およびダークマター検出への応用」

<分担者>

- ・基盤研究 (A) : 梅村雅之 (分担者) (代表者 : 大内正巳) (2011 年度採択, 継続)  
「次世代大規模探査とシミュレーションで挑む宇宙再電離」 (1 万円)
  - ・基盤研究 (A) : 森 正夫 (分担者) (代表者 : 大内正巳) (新規)  
「次世代大規模探査とシミュレーションで挑む宇宙再電離」 (2.5 万円)
  - ・基盤研究 (C) : 川口 俊宏 (分担者) (代表者 : 峰崎 岳夫) (継続)  
「活動銀河核多波長モニターデータベースと活動銀河核変光・放射機構の研究」  
(20 万円)
- ・挑戦的萌芽研究:川勝 望 (分担者) (代表者 : 長尾透) (継続)  
宇宙の「生きた化石」:「現在の宇宙に潜む進化最初期の銀河と巨大ブラックホールの探査」 (15 万円)

## 6. 研究業績

### (1) 研究論文

#### A) 査読付き論文

- 1) Doi, A., Nagira, H., Kawakatu, N. Kino, M., Nagai, H., Asada, K., 2012, Radio Galaxies in Narrow-line Seyfert 1 Galaxies, *The Astrophysical Journal*, 760(1), 41-51
- 2) Godet, B. Plazolles, T. Kawaguchi, J.-P. Lasota, D. Barret, S. Farrell, V. Braito, M. Servillat, N. Webb and N. Gehrels, 2012, Investigating slim disk solutions for HLX-1 in ESO 243-49, *The Astronomical Journal*, 752, 34 [12pages]
- 3) Hasegawa, K., Semelin, B., 2013, The impacts of ultraviolet radiation feedback on galaxies during the epoch of reionization, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 428, pp.154-166
- 4) Ishiyama, T., Nitadori, K., Makino, J. 2012, 4.45 Pflops Astrophysical N-Body Simulation on K computer – The Gravitational Trillion-Body Problem SC '12 Proceedings of the International Conference on High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, Article No. 5
- 5) Kawata, D., Okamoto, T., Gibson, B. K., Barnes, D. J. and Cen, R., 2013, Calibrating an updated smoothed particle hydrodynamics scheme within gcd+, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 428, 1968-1979
- 6) Kino, M., Kawakatu, N., Takahara, F., 2012, Calorimetry of AGN Jets: Testing Plasma Composition in Cygnus A, *The Astrophysical Journal*, 751(2), 101-109

- 7) Kino M., Ito, H., Kawakatu, N., Orienti, M., 2013, New class of very high energy  $\gamma$ -ray emitter: radio-dark mini-shells surrounding in AGN jets, *The Astrophysical Journal*, 764(2), 134-138
- 8) Komatsu, Y., Yamada, H., Kawamoto, S., Fukuda, M., Miyakawa, T., Morikawa, R., Takasu, M., Akanuma, S. and Yamagishi, A., 2012, Designing the Binding Surface of Proteins to Construct Nano-fibers, *Progress in Theoretical Chemistry and Physics --Quantum Systems in Chemistry and Physics*, 26, 555-567
- 9) Komatsu, Y., Fukuda, M., Yamada, H., Kawamoto, S., Miyakawa, T., Morikawa, R., Takasu, M., Yokojima, S., Akanuma, S. and Yamagishi, A., 2012, Constructing Protein Nano-Fiber and Estimation of the Electronic State Around Metal Ions, *Int. J. Quantum Chem.*, 112, 3750-3755
- 10) Matsuda, Y., Yamada, T., Hayashino, T., Yamauchi, R., Nakamura, Y., Morimoto, N., Ouchi, M., Ono, Y., Umemura, M., Mori, M., 2012, Diffuse Ly $\alpha$  haloes around Ly $\alpha$  emitters at  $z=3$ : do dark matter distributions determine the Ly $\alpha$  spatial extents?, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 425, 878-883.
- 11) Miki, Y., Takahashi, D., Mori, M., 2012, A Fast Implementation and Performance Analysis of Collisionless N-body Code Based on GPGPU, *Procedia Computer Science*, 9, 96-105 (Proceeding of International Conference on Computational Science, ICCS 2012)
- 12) Nimori, M., Habe, A., Sorai, K., Watanabe, Y., Hirota, A., and Namekata, D., 2013, Dense cloud formation and star formation in a barred galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 429, 2175-2182.
- 13) Okamoto, T., 2013, The origin of pseudo-bulges in cosmological simulations of galaxy formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 428, 718-728
- 14) Prokhorov, D. A., Million, E. T., Akahori, T., Zemcov, M., Moraghan, A., Nagataki, S., Yoshikawa, K., Colafrancesco, S., Rawle, T. D., Egami, E., 2012, A high-resolution study of the X-ray emission and Sunyaev-Zel'dovich effect in the Bullet cluster (1E 0657-56), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426, 2291-2299
- 15) Scannapieco, C., Wadepuhl, M., Parry, O. H., Navarro, J. F., Jenkins, A., Springel, V., Teyssier, R., Carlson, E., Couchman, H. M. P., Crain, R. A., Dalla Vecchia, C., Frenk, C. S., Kobayashi, C., Monaco, P., Murante, G., Okamoto, T., Quinn, T., Schaye, J., Stinson, G. S., Theuns, T., Wadsley, J., White, S. D. M. and Woods, R., 2012, The Aquila comparison project: the effects of feedback and numerical methods on simulations of galaxy formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 423, 1726-1749

- 16) Shimizu, I., Yoshida, N. and Okamoto, T., 2012, Submillimetre galaxies in cosmological hydrodynamic simulations: source number counts and the spatial clustering, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 2866-2875
- 17) Son, D., Woo, J.H., Kim, S.C., Fu, H., Kawakatu, N., Bennert, V.N., Nagao, T., Park, D., 2012, Accretion Properties of High- and Low-Excitation Young Radio Galaxies, *The Astrophysical Journal*, 757(2), 140-152
- 18) Tanikawa, A., Yoshikawa, K., Nitadori, K. and Okamoto, T., 2013, Phantom-GRAPe: Numerical software library to accelerate collisionless N-body simulation with SIMD instruction set on x86 architecture, *New Astronomy*, 19, 74-88
- 19) Umemura, M. Susa, H., Hasegawa, K., Suwa, T., Semelin, B., 2012, Formation and Radiative Feedback of First Objects and First Galaxies, *Prog. Theor. Exp. Phys.*, 01A306 (23pp)
- 20) Wagner, Y. , Bicknell, G. V. and Umemura, M. ,2012, Driving Outflows with Relativistic Jets and the Dependence of Active Galactic Nucleus Feedback Efficiency on Interstellar Medium Inhomogeneity, *The Astronomical Journal*, 757, 136
- 21) Wagner, Y. , Umemura, M. and Bicknell, G. V. ,2013, Ultrafast Outflows: Galaxy-scale Active Galactic Nucleus Feedback, *The Astronomical Journal Letters*, 763, L18
- 22) Yajima, H., Umemura, M., Mori, M., 2012, Sub-millimetre brightness of early star-forming galaxies, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 420, 3381-3388.
- 23) Yamada, K., Kitayama, T., Takakuwa, S., Iono, D., Tsutsumi, T., Kohno, K., Takizawa, M., Yoshikawa, K., Akahori, T., Komatsu, E., Suto, Y., Matsuo, H., Kawabe, R., 2012, Imaging Simulations of the Sunyaev-Zel'dovich Effect for ALMA, *Publications of the Astronomical, Society of Japan*, 64, 102
- 24) Yamada, T., Matsuda, Y., Kousai, K., Hayashino, T., Morimoto, N., Umemura, M., 2012, Profiles of Lyman alpha Emission Lines, *The Astronomical Journal*, 751, 29-41.
- 25) Yamada, T., Nakamura, Y., Matsuda, Y., Hayashino, T., Yamauchi, R., Morimoto, N., Kousai, K., Umemura, M., 2012, Panoramic Survey of Ly $\alpha$  Emitters at  $z = 3.1$ , *The Astronomical Journal*, 143, 79-92.
- 26) Yamaoka, K., Allured, R. , Kaaret, P. , Kennea, J.A. , Kawaguchi, T. , Ghandi, P. , Shaposhnikov, N. , Ueda, Y. , Nakahira, S. , Kotani, T. , Negoro, H. , Takahashi, I. , Yoshida, A. and Kawai, N. , 2012, RXTE Follow-up Observations of the Black Hole

Candidate MAXI J1659-152 Discovered by MAXI and Swift, Publications of the Astronomical Society of Japan, 64, 32 [15 pages]

- 27) Yoshikawa, K., Yoshida, N., Umemura, M., 2013, Direct Integration of the Collisionless Boltzmann Equation in Six-dimensional Phase Space: Self-gravitating Systems, The Astrophysical Journal, 762, 116
- 28) 川勝望, 白川友紀, 本多正尚, 戸田さゆり, 筑波大学, 2012 年, 理数学生応援プロジェクトとスーパーサイエンスハイスクールとの関係, 大学入試研究ジャーナル, 23, pp185-190
- 29) 扇谷豪, 三木洋平, 朴泰祐, 森正夫, 中里直人, 2013 年, 重力多体系用 Tree Code の並列 GPU 化による計算加速, 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論文集, Vol.2013, pp.146-155

## B) 査読無し論文

- 30) Hasegawa K. and Semelin, B., 2012, Impacts of Ultraviolet Radiation Feedback on the Cosmic Reionization History, FIRST STARS IV -from Hayashi to the Future- AIP Conference Proceedings, 1480, 267-270
- 31) Ishiyama, T., Makino, J., Ebisuzaki, T., 2012, The formation and evolution of first dark matter microhalos, FIRST STARS IV -from Hayashi to the Future- AIP Conference Proceedings,, 1480, 382
- 32) Ogiya, G. and Mori, M., 2012, The Core-Cusp Problem in CDM Halos and Supernova Feedback, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, Vol. 458, pp. 385-387
- 33) Okamoto, T., 2012, Cosmological pseudobulge formation, 2012, FIRST STARS IV -from Hayashi to the Future- AIP Conference Proceedings, Volume 1480, 403-405
- 34) Shimizu I., Yoshida N., and Okamoto T., 2012, Lyman alpha emitters in cosmological simulations: Lyman alpha escape fraction and statistical properties, FIRST STARS IV -from Hayashi to the Future- AIP Conference Proceedings, 1480, 412-414
- 35) Tanikawa, A., Yoshikawa, K., Nitadori, K. and Okamoto, T., 2012, Phantom-GRAPe: SIMD accelerated numerical library for N-body simulations, Astrophysics Source Code Library, record ascl:1209.008
- 36) Tanikawa, A., and Umemura, M., 2011, Successive Merger of Multiple Massive Black Holes in a Primordial Galaxy, FIRST STARS IV -from Hayashi to the Future- AIP Conference Proceedings, 1480, 430-432
- 37) 扇谷豪, 三木洋平, 朴泰祐, 森正夫, 中里直人, 2012 年, 重力多体系用 Tree Code の並列

GPU 化, 研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC), 2012-HPC-135 巻,  
40 号, pp.1-9

- 38) 扇谷豪, 森正夫, 2012 年, 星フィードバックに対する銀河ガスの振る舞いの解析: 銀河形状・星形成率への依存性, 日本流体力学会 年会 2012 講演論文集, 215 号, pp.1-5

## (2) 国際会議発表

### A) 招待講演

- 1) Okamoto, T., 2012, Shaping galaxies by feedback: satellites, discs, and bulges, Disc galaxy formation in a cosmological context, (May 14-18, 2012, Heidelberg, Germany)
- 2) Tanikawa, A., 2012, Multiples in clusters ~ First binary formation via few-body modes~, (Aug.15 – 17, 2012, Kobe, Japan)
- 3) Wagner, A., Umemura, M., Bicknell, G., Hydrodynamic Simulations of AGN Jet and UFO Feedback, (Oct.5, 2012, Nagoya, Japan)
- 4) Yoshikawa, K., 2012, An alternative to N-body methods in astrophysical self-gravitating systems: Vlasov-Poisson simulations”, Conference on Computational Physics (Oct. 14-18, 2012, Kobe, Japan)
- 5) Yoshikawa, K., 2012, Vlasov-Poisson simulations of self-gravitating systems, The 5th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (Oct. 29-Nov.2, 2012, Kyoto, Japan)
- 6) Kawakatu, N., 2012, Dynamical evolution of AGN cocoons, Relativistic jets in AGNs (Nov. 29, 2012, NAOJ, Japan)

### B) 一般講演

- 1) Hasegawa, K., Semelin, B., Umemura, M., Impacts of Ultraviolet Radiation Feedback on the Cosmic Reionization History, The Epoch of Reionization: Theory - Simulations – Observations (Apr. 23-27, 2012, Strasbourg, France)
- 2) Hasegawa, K., Semelin, B., Impacts of Ultraviolet Radiation Feedback on the Cosmic Reionization History, FIRST STARS IV –from Hayashi to the Future- (May 21-25, 2012, Kyoto, Japan)
- 3) Okamoto, T., Cosmological pseudobulge formation, FIRST STARS IV –from Hayashi to the Future- (May 21-25, 2012, Kyoto, Japan)



- 4) Miki, Y., Takahashi, D., Mori, M., A Fast Implementation and Performance Analysis of Collisionless N-body Code Based on GPGPU, International Conference on Computational Science (Jun. 4-6, 2012, Omaha, USA)
- 5) Ogiya, G. and Mori, M., The Core-Cusp problem in Cold Dark Matter halos and Supernova feedback: Effects of Oscillation, IAP-Subaru Joint International Conference: Stellar populations across Cosmic Times, (Jun. 25-29, 2012, Paris, France)
- 6) Kawakatu, N., Wada, K., 2012, Coevolution of AGNs and nuclear starbursts, AGN Workshop 2012 in Jeju (Sep. 12~14, 2012, Jeju Island, Korea)
- 7) Kawaguchi, T., Miki, Y. and Mori, M., Emission from AGN Dusty Tori and a Wandering BH, AGN Workshop 2012 in Jeju, (Sep. 12~14, 2012, Jeju Island, Korea)
- 8) Wagner, A., Umemura, M., Bicknell, G., Mechanical Feedback by AGN Jets, First East Asian AGN Workshop in Jeju, (Sep. 12-14, 2012, Jeju Island, Korea)
- 9) Ishiyama, T., Petascale Cosmological N-body Simulations, Conference on Computational Physics (CCP2012), (Oct.14-18, 2012, Kobe, Japan)
- 10) Kirihara, T., Miki, Y., Mori, M., Resolving the outer density profile of dark matter halo in Andromeda galaxy, Conference on Computational Physics (CCP2012), (Oct.14-18, 2012, Kobe, Japan)
- 11) Miki, Y., Mori, M. and Kawaguchi, M., Hunting a Wandering Black Hole in M31 Halo Using GPU Cluster, Conference on Computational Physics 2012 (CCP2012), (Oct.14-18, 2012, Kobe, Japan)
- 12) Ogiya, G., Mori, M., Miki, Y., Boku, T. and Nakasato, N., Study of the core-cusp problem in cold dark matter halos using N-body simulations on GPU clusters, Conference on Computational Physics (CCP2012), (Oct.14-18, 2012, Kobe, Japan)
- 13) Ishiyama, T., The Gravitational Trillion-Body Problem on K computer, The Fifth East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM 2012), (Oct. 29-Nov.2, 2012, Kyoto, Japan)
- 14) Kirihara, T., Miki, Y., Mori, M., Galaxy Collision and the Outer Density Profile in Andromeda Galaxy, East Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM 2012), (Oct. 29-Nov. 2, 2012, Kyoto, Japan)
- 15) Ogiya, G. and Mori, M., Landau resonance and the core-cusp problem in cold dark matter halos, East Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2012), (Oct.29-Nov.2, 2012, Kyoto, Japan)

- 16) Miki, Y., Mori, M., Kawaguchi, T., Galaxy Merger and Hungry Black Hole: Suppression of Black Hole Activity due to Galaxy Merger, East Asia Numerical Astrophysics Meeting (EANAM2012), (Oct.29-Nov.2, 2012, Kyoto, Japan)
- 17) Suzuki, H., Umemura, M., The impact of background and internal UV radiation on the galaxy formation. , East Asia Numerical Astrophysics Meeting, 2012 Kyoto (EANAM 2012) , (Oct.29-Nov.2, 2012, Kyoto, Japan) (poster)
- 18) Tanikawa A., 2012, Successive merger of multiple massive black holes in a primordial galaxy and its effect on the galactic structure, (Oct. 29 – Nov. 2, 2012, Kyoto, Japan)
- 19) Kawaguchi, T. , Innermost Structure and Near-Infrared Emission of AGN Dusty Tori, Torus Workshop 2012, U of Texas in San Antonio (Dec. 4-6,2012, USA),
- 20) Hasegawa, K., Okamoto, T., The improvement of START, Cosmological Radiative Transfer Comparison Project Workshop IV (Dec. 12-14, 2012, Austin, USA,)
- 21) Kawaguchi, T. , Growth of massive black holes revealed via the HSC survey, Supermassive Black Holes in the Universe: The Era of the HSC Surveys, (Dec.18-20, 2012, Matsuyama ,Japan),
- 22) Hasegawa, K., The improvement of a Radiation hydrodynamics code START, 3<sup>rd</sup> AICS international Symposium, (Feb.28-Mar. 1, 2013, Kobe, Japan)

### (3) 国内学会・研究会発表

#### A) 招待講演

- 1) 岡本崇,「理論シミュレーションで見た銀河形成研究の現状 (I) High-redshift discs and their descendants at  $z = 0$ 」, 銀河形成解剖ワークショップ "Resolved Views of Galaxy Formation and Evolution", (2012 年 5 月 29 日～31 日, Hilo, Hawaii)
- 2) 梅村雅之,「銀河・AGN 形成に関する理論的課題」, 研究会「すばる HSC サーベイによるサイエンス」(2012 年 9 月 26 日～28 日, 国立天文台, 三鷹市)
- 3) 石山智明,「スーパーコンピューターの中で生まれる宇宙」, サイエнтиフィック・システム研究会 科学技術計算分科会 2012 年度会合(2012 年 10 月 24 日, ANA クラウンプラザホテル神戸)
- 4) 三木洋平,「ガス雲 G2 落下による Sgr A\*へのガス降着」, 『銀河系中心ブラックホール 2013』研究会 (2012 年 11 月 7 日～9 日, 宇宙科学研究所, 相模原市)
- 5) 長谷川賢二,「大規模並列化へ向けた輻射輸送コード START の改良」, 第 25 回理論懇シンポジウム, (2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 6) 石山智明,「ダークマターシミュレーション」, 第 25 回理論懇シンポジウム, (2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)

- 7) 川勝望, 「ALMA で探る超巨大ブラックホール形成」, ALMA 時代の宇宙構造形成理論 (2013 年 1 月 25 日～28 日, 北海道大学, 札幌市)
- 8) 岡本崇, 「Formation of high-redshift disks and pseudo-bulges in nearby galaxies」, ALMA 時代の宇宙の構造形成理論: 第 1 世代から第 n 世代へ (2013 年 1 月 26 日～28 日, 北海道大学, 札幌市)
- 9) 石山智明, 「Large scale dark matter simulation」, ALMA 時代の宇宙の構造形成理論: 第 1 世代から第 n 世代へ(2013 年 1 月 26 日～28 日, 北海道大学, 札幌市)
- 10) 石山智明, 「超並列重力多体シミュレーションコードの開発」, 宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションワークショップ(2013 年 2 月 18 日～19 日, 千葉大学, 千葉市)
- 11) 吉川耕司, 「無衝突自己重力系の無衝突ボルツマンシミュレーション」, 宇宙磁気流体・プラズマシミュレーションワークショップ (2013 年 2 月 18 日～19 日, 千葉大学, 千葉市)
- 12) 川勝望, 「銀河とブラックホールの共進化」, 銀河進化と遠方宇宙 2013 (第 1 回) (2013 年 2 月 20 日～21 日, コープイン京都, 京都市)
- 13) 川勝望, 「サブミリ波観測で探る活動銀河核の形成と進化」, ALMA ミリ波サブミリ波観測で押さえる銀河の基本観測量とその理解(2013 年 2 月 25 日～26 日, 国立天文台, 三鷹市)
- 14) 川口俊宏, 「電波観測で探る銀河衝突に伴う巨大ブラックホールの成長」, 「ALMA ミリ波サブミリ波観測で押さえる銀河の基本観測量とその理解」ワークショップ(2013 年 2 月 25 日～26 日, 国立天文台, 三鷹市)
- 15) 岡本崇, 「スーパーコンピュータによる銀河形成」, 第 9 回 創成シンポジウム, 「スーパーコンピュータ "京" でせまる最先端の科学・技術」(2013 年 3 月 4 日, 北海道大学, 札幌市)
- 16) 石山智明, 「スーパーコンピュータ「京」の中の宇宙」, 2012 年度 HPCI 戦略プログラム分野 5 全体シンポジウム (2013 年 3 月 5 日～6 日, 富士ソフトアキバプラザ)
- 17) 川口俊宏, 「巨大ブラックホールの形成・成長と銀河との共進化」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学)

## B) その他の発表

- 1) 川口俊宏, 「活動銀河核のダストトーラス, 及び中間質量ブラックホールの探査」, 理論部プラズマセミナー (2012 年 5 月 18 日, 国立天文台, 三鷹市)
- 2) 川勝望, 白川友紀, 本多正尚, 戸田さゆり 「筑波大学「理数学生応援プロジェクト」とスーパーサイエンスハイスクールとの関係」, 『平成 24 年度全国大学入学者選抜研究連絡協議会』岡山コンベンションセンター (2012 年 6 月 1 日, 岡山, 岡山市)

- 3) Wagner, A., Umemura, M. and Bicknell, G., 「Mechanical Feedback by AGN Jets」, Matsuyama Black Hole Workshop (2012 年 6 月 20 日～23 日, 愛媛大学, 松山市)
- 4) 川勝望, 和田桂一, 「AGN-Nuclear SB connection in Compton thick AGN」, 松山ブラックホールワークショップ 2012—ASTRO-H 衛星で目指すブラックホール研究の新展開— (2012 年 6 月 23 日, 愛媛大学, 松山市)
- 5) 川口俊宏, 「ダストトーラスの最内縁構造モデル」, ASTRO-H 衛星で目指すブラックホール研究の新展開 研究会 (2012 年 6 月 22 日～23 日, 愛媛大学)
- 6) 川口俊宏, 「漂う巨大ブラックホールと中間質量ブラックホールの探査」, 銀河中心超巨大ブラックホールの起源 研究会 (2012 年 7 月 26～27 日, 筑波大学)
- 7) 鈴木裕行, 「紫外線輻射場における原始銀河形成の物理」, 2012 年度第 42 回天文・天体物理若手 夏の学校, (2012 年 8 月 3 日～6 日, 福井県東尋坊温泉三国観光ホテル, 福井県) (口頭発表)
- 8) 三木洋平, 森正夫, 川口俊宏, 「銀河衝突による銀河中心巨大ブラックホール周辺からのガス剥ぎ取り過程」, VLBI WORKSHOP「巨大ブラックホールからの噴出流」 (2012 年 9 月 6 日～7 日, 国立天文台, 三鷹市)
- 9) 扇谷豪, 森正夫, 「星フィードバックに対する銀河ガスの振る舞いの解析: 銀河形状・星形成率への依存性」, 日本流体力学会 年会 2012 (2012 年 9 月 16 日～18 日, 高知)
- 10) 森正夫, 新田伸也, 五十嵐朱夏, コールドダークマターハローにおける遷音速銀河風解析, 日本流体力学会 年会 2012 (2012 年 9 月 16 日～18 日, 高知)
- 11) 五十嵐朱夏, 森正夫, 新田伸也, 「球対称等温定常銀河風の加速過程に与えるダークマターと星の質量分布の影響」, 日本天文学会秋季年会(2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 12) 石山智明, 「京速計算機による無衝突系重力多体シミュレーション」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 13) 小久保充, 諸隈智貴, 峰崎岳夫, 土居守, 吉井謙, 越田進太郎, 川口俊宏, 鮫島寛明, 小林行泰, 「QSOs の光度変動に伴う紫外カラー変動に対する標準円盤+質量降着率変化モデルの妥当性」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 14) 扇谷豪, 森正夫, 「星フィードバックに対する銀河ガスの振る舞いの解析: 銀河形状・星形成率への依存性」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 15) 川勝 望, 紀基樹, 「膨張コクーン力学から探る AGN ジェットのプラズマ組成: 陽電子は必要か?」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 16) 川口俊宏, O. Godet, B. Plazolles, 「極高光度 X 線源の 2 万太陽質量ブラックホール候補」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)

- 17) 桐原崇亘, 森正夫, 「アンドロメダストリームの非対称構造と母矮小銀河の内部構造」, 日本天文学会秋季年会 (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 18) 三木洋平, 森正夫, 川口俊宏, 濟藤祐理子, 「M31 ハローを漂う巨大ブラックホール探査: 衝突銀河の突入軌道への制限」, 日本天文学会秋季年会, (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 19) 谷川衝, 梅村雅之, 「巨大ブラックホール多体系におけるブラックホールの進化と銀河の構造」, 日本天文学会秋季年会, (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 20) Wagner, A., Umemura, M. and Bicknell, G. 「Mechanical Feedback by AGN Jets and UFOs」, 日本天文学会秋季年会, (2012 年 9 月 19 日～21 日, 大分大学, 大分市)
- 21) 三木洋平, 高橋大介, 森正夫, 「大規模 GPU クラスタにおける N 体計算コードの演算性能とスケーラビリティの評価」, 第 136 回 ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, (2012 年 10 月 3 日～4 日, 沖縄産業支援センター, 那覇市)
- 22) Wagner, A., Umemura, M. and Bicknell, G. 「Hydrodynamic Simulations of AGN Feedback in a Multiphase Medium」, 天体形成研究会, (2012 年 10 月 5 月～6 月, 筑波大学, つくば市)
- 23) 小松勇, 梅村雅之, 庄司光男, 矢花一浩, 白石賢二, 神谷克政, 栢沼愛, 田口真彦, 佐藤皓允, 蘇 垠成, 「系外惑星のバイオマーカー検出に向けた光合成アンテナ機構の励起状態計算」, 第 5 回アストロバイオロジーワークショップ (2012 年 11 月, 国立天文台, 三鷹市)
- 24) 行方大輔, 梅村雅之, 長谷川賢二, 「AGN の輻射にさらされた分子雲の進化について」, CfCA ユーザーズミーティング (2012 年 12 月 11 日～12 日, 国立天文台, 三鷹市) [ポスター発表]
- 25) 三木洋平, 森正夫, 川口俊宏, 「N 体計算による M31 ハロー領域を漂う巨大ブラックホール探査」, 第 25 回理論懇シンポジウム (2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 26) 五十嵐朱夏, 森正夫, 新田伸也, 「球対称等温定常銀河風の遷音速解析」, 第 25 回理論懇シンポジウム (2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 27) 扇谷豪, 森正夫, 「ランダウ共鳴が与えるダークマターハロー密度構造への影響」, 第 25 回理論懇シンポジウム 「計算宇宙物理学の新展開」(2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 28) 桐原崇亘, 三木洋平, 森正夫, 「アンドロメダストリームで探るダークマターハローの内部構造」, 第 25 回理論懇シンポジウム (2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 29) 川口俊宏, 濟藤祐理子, 三木洋平, 森正夫, 「銀河ハロー中を漂う巨大ブラックホールへのガス降着とその広波長域放射」, 第 25 回理論懇シンポジウム 「計算宇宙物理学の新

- 展開」(2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
- 30) 鈴木裕行, 梅村雅之, 「背景および内部紫外線輻射による銀河の星形成史への影響」, 第 25 回理論懇シンポジウム「計算宇宙物理学の新展開」(2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば市国際会議場, つくば市) (ポスター発表)
  - 31) 行方大輔, 梅村雅之, 長谷川賢二, 「AGN の輻射にさらされた分子雲の進化について」, 第 25 回理論懇シンポジウム(2012 年 12 月 22 日～24 日, つくば国際会議場, つくば市)
  - 32) 川口俊宏, 「銀河中心に鎮座する巨大ブラックホール周辺の構造と銀河衝突に伴う巨大ブラックホールの成長」, 九州天文セミナー (2013 年 1 月 26 日, 九州大学, 福岡市)
  - 33) 鈴木裕行, 梅村雅之, 「The effect of ultraviolet radiation on the SFH and galactic morphology」, ALMA 時代の宇宙の構造形成理論: 第 1 世代から第 n 世代へ 兼 2012 年度初代星・初代銀河研究会 (2013 年 1 月 26 日～28 日, 北海道大学, 札幌市) (ポスター発表)
  - 34) 川口俊宏, 「速度分解エコマッピングで探る巨大ブラックホール周辺のガス流出入」, 岡山 3.8m 新望遠鏡によるサイエンス・装置ワークショップ(2013 年 3 月 12 日～13 日, 国立天文台, 三鷹市)
  - 35) 小松勇, 梅村雅之, 庄司光男, 矢花一浩, 白石賢二, 神谷克政, 栢沼愛, 田口真彦, 佐藤皓允, 蘇 垠成, 「系外惑星バイオマーカー検出を目指した光合成機構のエネルギー移動計算」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学, さいたま市)
  - 36) 安部牧人, 梅村雅之, 長谷川賢二, 「3 次元輻射流体計算による紫外線輻射場中の星団形成過程の研究」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学, さいたま市)
  - 37) 五十嵐朱夏, 森正夫, 新田伸也, 「定常銀河風における銀河中心ブラックホールの影響」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学, さいたま市) (ポスター発表, 査読あり)
  - 38) 小田寛, 川口俊宏, 「光学的に薄い磁気圧優勢円盤からの放射スペクトル: 明るいハード状態への適用」, 日本天文学会春季年会(2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学, さいたま市)
  - 39) 川口俊宏, 「速度分解エコマッピングで探る巨大ブラックホール周辺のガス流出入」, 岡山 3.8m 新望遠鏡によるサイエンス・装置ワークショップ(2013 年 3 月 12 日～13 日, 国立天文台, 三鷹市)
  - 40) 桐原崇亘, 三木洋平, 川口俊宏, 森正夫, 「アンドロメダストリームの非対称構造と母矮小銀河内部構造の関係」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日～23 日, 埼玉大学, さいたま市)
  - 41) 済藤祐理子, 諸隈智貴, 川口俊宏, 今西昌俊, 美濃和陽典, 峰崎岳夫, 川勝望, 長尾透, 松岡健太, 大井渚, 今瀬佳介, 「 $z \sim 3$  の QSO で探る超巨大ブラックホールと母銀河の

- 共進化」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日~23 日, 埼玉大学, さいたま市)
- 42) 鈴木裕行, 梅村雅之, 「紫外線輻射による銀河の星形成史・銀河形態への影響」, 日本天文学会春季年会(2013 年 3 月 20 日~23 日, 埼玉大学, さいたま市) (口頭発表)
- 43) 土居明広, 秦和弘, 中西康一郎, 河野孝太郎, 寺島雄一, 川口俊宏, 秋山和徳, 澤田・佐藤聡子, 尾崎忍夫, 「ALMA cycle-0 で捉えたソンプレロ銀河(M104) の超巨大質量ブラックホール周辺 10 シュバルツシルト半径付近からの電波放射」, 日本天文学会春季年会(2013 年 3 月 20 日~23 日, 埼玉大学, さいたま市)
- 44) 行方大輔, 梅村雅之, 長谷川賢二, 「AGN の輻射にさらされたガス雲の輻射流体計算」, 日本天文学会春季年会(2013 年 3 月 20 日~23 日, 埼玉大学, さいたま市) (口頭発表)
- 45) 三木洋平, 森正夫, 川口俊宏, 「大規模 GPU クラスタを用いて探る超巨大ブラックホール成長の現場」, 日本天文学会春季年会 (2013 年 3 月 20 日~23 日, 埼玉大学, さいたま市)

#### (4) 著書, 解説記事等

- ・石山智明, 岩波「科学」 2013 年 4 月号, 世界最大規模のダークマターシミュレーション

### 7. 異分野間連携・国際連携・国際活動等

#### 【異分野間連携】

##### 1) 星間アミノ酸 L 型過剰の研究 (梅村)

宇宙・生命・物性分野間連携により, 宇宙空間で円偏光波からアミノ酸の鏡像異性体過剰を引き起こす過程についての量子多体計算を進めた。

##### 2) 系外惑星における光合成アンテナ機構の研究 (小松, 梅村)

宇宙・生命分野間連携により, 系外惑星系の主星光スペクトルと光合成光捕集の相関を導出することを目的に, 量子化学計算を進めた。

#### 【国際連携】

・ Alex Wagner,

##### 1) Collaboration with Prof. Joseph Silk (IAP, France) on the specific topic of "Star Formation in AGN-pressure confined Disk Galaxies."

##### 2) Collaboration with Dr. Kalliopi Dasyra, Prof. Françoise Combes, Dr. Greg Novak, Dr. Julia Scharwaechter (Observatoire de Paris, France) on "Kpc-scale multiphase outflows from AGN"

## 8. シンポジウム, 研究会, スクール等の開催実績

- 1) 国際会議「FIRST STARS IV - From Hayashi to the Future -」, May 22- 25, 2012, Heartpia Kyoto, Kyoto, Japan
- 2) ワークショップ「巨大ブラックホールの起源」, 2012 年 7 月 26 日～28 日  
筑波大学計算科学研究センター, つくば市
- 3) 研究会「AGN Workshop 2012 in Jeju」, 2012 年 9 月 12 日～14 日  
<http://astro.snu.ac.kr/~hjbae/Welcome.html>
- 4) 「天体形成研究会」2012 年 10 月 5 日～6 日  
筑波大学計算科学研究センター, つくば市
- 5) 第 25 回理論懇シンポジウム「計算宇宙物理学の新展開」, 2012 年 12 月 22 日(土) - 24 日(月), つくば国際会議場, つくば市

## 9. 管理・運営（組織運営や支援業務の委員・役員の実績）

### ・梅村雅之

計算科学研究センター 運営委員会委員  
計算科学研究センター 副センター長  
計算科学研究センター 共同利用委員会主査  
計算科学研究センター 共同利用審査委員会委員長  
計算科学研究センター 宇宙・原子核物理研究部門主任  
計算科学研究センター 運営協議会委員  
計算科学研究センター 研究企画室委員  
物理学域 運営委員会委員  
物理学域 宇宙物理理論グループ長  
物理学類 カリキュラム委員会委員長, 学務委員

### ・吉川耕司

計算科学研究センター・フロンティア計算機システム仕様策定委員会・委員（書記）  
計算科学研究センター・密結合並列演算加速機構実験システム仕様策定委員会・委員

## 10. 社会貢献・国際貢献



・川勝望

- 1) 大学説明会・模擬授業（千葉県立佐倉高等学校）, 2012 年 5 月 8 日,
- 2) 平成 24 年度筑波大学説明会, 2012 年 7 月 31 日, 筑波大学  
「銀河中心に潜む超巨大ブラックホール形成の謎」
- 3) SSH 生徒研究発表会 2012 (パシフィコ横浜, 横浜市), 2012 年 8 月 8 日～9 日 ,  
理数学生応援プロジェクト広報
- 4) 東京大学主催主要大学説明会（大田区産業プラザ<sup>®</sup> PiO, 東京）, 2012 年 8 月 21 日  
理数学生応援プロジェクト説明

・川口俊宏

- 1) 「ブラックホールだらけの宇宙」, 全国同時七夕講演会 2012 (2012 年 7 月 14 日, つくば国際会議場, つくば市)

11. その他（海外長期滞在, フィールドワークなど）

なし