

II. 宇宙物理研究部門

1. メンバー

教授	梅村 雅之, 大須賀 健,
准教授	森 正夫, 矢島 秀伸, 吉川 耕司
助教	Wagner Alexander, 福島 肇
研究員	高水 裕一 (CCS), 安部 牧人 (計算メディカルサイエンス), 朝比奈 雄太 (科研費基盤研究 A), 桐原 崇亘 (科研費基盤研究 A), 小川 拓未 (科研費基盤研究 A), 諸隈 佳菜 (科研費基盤研究 A), 菊田 智史 (科研費基盤研究 A), 阿左美 進也 (創発的研究支援事業)
学生	大学院生 28 名
学類生	10 名
研究生	1 名

2. 概要

本年度, 当グループは, ブラックホール超臨界降着流の大局構造の研究, 一般相対論的ボルツマン輻射輸送計算を用いた超臨界降着流の X 線時間変動の研究, 星間空間を浮遊するブラックホールへのガス降着の研究, キラル有機分子の鏡像異性体過剰を引き起こす紫外線円偏光波生成の研究, ライマン α 光の円偏光生成とホモキラリティ問題, 原始惑星系円盤における乱流とダスト成長, 暗黒物質サブハローと M31 恒星ストリームの相互作用, Dark Matter Sub-halo の力学進化, ダークマターサブハロー衝突によるダークマター欠乏銀河の形成過程, 原始銀河団形成シミュレーション, 生体光拡散トモグラフィーの数値的研究, スーパーコンピュータ富岳を用いた宇宙大規模構造におけるニュートリノの数値シミュレーション, 宇宙大規模構造形成に対するニュートリノの力学的影響, AGN feedback: The interactions of AGN radiation, jets and winds with the host galaxy, 星団形成における輻射流体力学過程の研究, を行った。

3. 研究成果

[1] カー・ブラックホール周囲の超臨界降着流の研究

活動銀河核や X 線連星といったコンパクトな高エネルギー天体のエネルギー源は、ブラックホールへのガス降着流であると考えられている。中でも、エディントン光度を超える光度を示す天体には、超臨界降着流が存在すると予想される。超臨界降着流の研究は、自転していないブラックホール（シュヴァルツシルトブラックホール）を中心に行われてきたが、ブラックホールが回転している場合（カー・ブラックホール）についてはまだよく調べられていない。そこで本研究では、カー・ブラックホール周囲の超臨界降着流の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションを実施した。その結果、ブラックホールが高速に自転するほど、エネルギー変換効率（降着するガスの質量エネルギーに対する解放されるエネルギーの割合）が大きくなることがわかった。また、自転していないブラックホールの場合、エネルギーは主に輻射で解放されるのに対し、高速に自転するブラックホールの場合はポインティングフラックスによるエネルギー解放が支配的であることがわかった。これは、磁場を介してブラックホールの自転エネルギーを引き抜くブランドフォード・ナエック効果が働いていることの傍証である。また、放射強度とジェットパワーの比較から、一部の超高光度 X 線源に、高速に自転するカー・ブラックホールが存在する可能性があることがわかった。

[2] 円偏偏光と直線偏光によるブラックホール周辺プラズマの電子温度の研究

イベント・ホライズン・テレスコープによるブラックホールの撮像観測により、ブラックホールの存在はもとより、ブラックホール周辺の物質や磁場の構造が徐々にわかりつつある。しかし、プラズマ中の電子温度は、シンクロトロン放射やコンプトン散乱を介して輻射スペクトルや撮像イメージに直接影響を及ぼすにもかかわらず、まだよくわかっていない。そこで本研究では、一般相対論的磁気流体計算のデータをもとに電波領域での一般相対論的偏光輻射輸送計算を実施し、ブラックホール周囲の直線偏光分布および円偏光分布を求めた。その結果、直線偏光は主に観測者に近づくジェットの下流から、円偏光は反対側のジェットで強く観測されることがわかった。直線偏光は広い範囲で生じるものの、低温円盤部を通過する際にファラデー回転を受けることで非偏光になるため、ファラデー回転を受けにくいジェットの下流部が主たる発生源となる。一方、円偏光は、反対方向のジェットで生成された放射が、ブラックホール周囲の高温領域でファラデー変換を受けることで生じる。こうして直線偏光と円偏光の分離が起こり、また、この分離は電子温度分布に依存することがわかった。円偏光と直線偏光の詳細な観測により、ブラックホール周辺プラズマの電子温度に制限を与えることが可能であることを示したのである。

[3] 降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーション；変動エディントン因子法と M1 法の比較

ブラックホール周囲の降着円盤の研究においては、一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションが必須である（極めて光度の小さい円盤を除く）。一般相対論的輻射磁気流体力学計算は計算量が膨大であるため、輻射の 0 次モーメント式と 1 次モーメント式を解く M1 近似が広く使われてきた。しかし、M1 法は光学的に薄く輻射場が非等方な場合は正しい解を得ることが難しいため、より正確に輻射場を求めるためには輻射輸送方程式を直に解く手法が必要である。そこで本研究では、輻射輸送方程式を解いてエディントン因子を求める変動エディントン因子法によるシミュレーションを実施し、より正確な解を求めると同時に M1 法の結果との比較を行った。その結果、どちらの方法を用いても、ブラックホール周囲の降着円盤とそこから発生するアウトフローを再現することは可能であるが、円盤の回転軸付近の輻射分布が大きく異なることがわかった。M1 法では円盤に垂直な方向に強く輻射エネルギーが流れるのに対し、変動エディントン因子法では比較的等方な輻射場になることがわかった。M1 法では、円盤の鉛直方向から見た光度が非現実的に大きくなり、また、ジェット内部の構造が正確に解けないことになる。この結果、ブラックホール周囲の降着円盤やアウトフローを正確に調べるためには、変動エディントン因子法を用いることが望ましいことがわかった。

[4] 一般相対論的輻射輸送計コード"CARTOON"の開発

ブラックホール周囲の光の伝搬を高い精度で解くための一般相対論的輻射輸送計コード「CARTOON（Calculation code of Authentic Radiative Transfer based On phOton Number conservation in curved space-time）」を新規に開発することに成功した。このコードでは、ブラックホール周囲の曲がった測地線に沿って一般相対論的輻射輸送方程式を解く。光子数保存が保証されるアルゴリズムを用いている。ZAMO 系と流体静止系における等方かつコヒーレント散乱を実装している。数値拡散が小さく、また、エネルギー保存も保証されるという特徴もある。ブラックホール時空における波面伝播のテスト計算を実施したところ、波面の位置が解析解と一致し、光子数は波面が事象の地平面に到達するまで一定であることが確認できた。また、ブラックホールシャドウを再現することにも成功した。

[5] $\text{Ly}\alpha$ 円偏光波生成とキラル有機分子の鏡像異性体過剰問題（宇宙生命計算科学連携）

アミノ酸には、鏡像異性体である L 型と D 型が存在し、実験においては等量が生成される。しかし、生命を構成するアミノ酸は L 型に限定されており、その理由は生命起源ともに、長年謎のままとなっている。その起源の候補として、先行研究において水素ライマン α 円偏光下の反応において、L 型もしくは D 型が選択的に生成される可能性が指摘されている。そこで、水素ライマン α 円偏光が宇宙空間でどれくらい存在するのか解明するために、星間空間

中の磁場により整列したダスト粒子による光散乱について研究を進めている。これまでのモンテカルロ輻射輸送計算を用いた結果から、水素ライマン α では円偏光度で 10% を超える高円偏光波が生成されることがわかってきた。星間空間でのダスト分布モデルの一つである MRN 分布 (個数密度がダスト半径 a_d に対して, $\propto a_d^{-3.5}$ となる分布) を仮定しているが, その中でどのサイズのダスト粒子が高円偏光波生成に寄与しているかを調べた。これによると, 最も円偏光波生成に寄与するダストサイズは, 長波長近似が成り立つ上限サイズに近い $\sim 0.025 \mu\text{m}$ であり, それより大きいサイズのダスト粒子の散乱光では, ダストサイズが大きくなるごとに, 円偏光度は振動しながら正負の値をとり, 絶対値は 0 へと漸近することがわかった。また, 扁球ダスト粒子における 1 回の光散乱による円偏光度を, 長波長近似のもとで解析的に導出し, 散乱角及び, 光の進行方向とダスト粒子の短軸がなす角についての依存性を導出した。この結果と比べることで, $\sim 0.025 \mu\text{m}$ のサイズのダスト粒子における散乱光の円偏光度は, 長波長近似の値と近い値をとることがわかった (Fukushima, Yajima, Umemmura, MNRAS へ投稿中)。

[6] 原始惑星系円盤における乱流中のダスト成長 (宇宙生命計算科学連携)

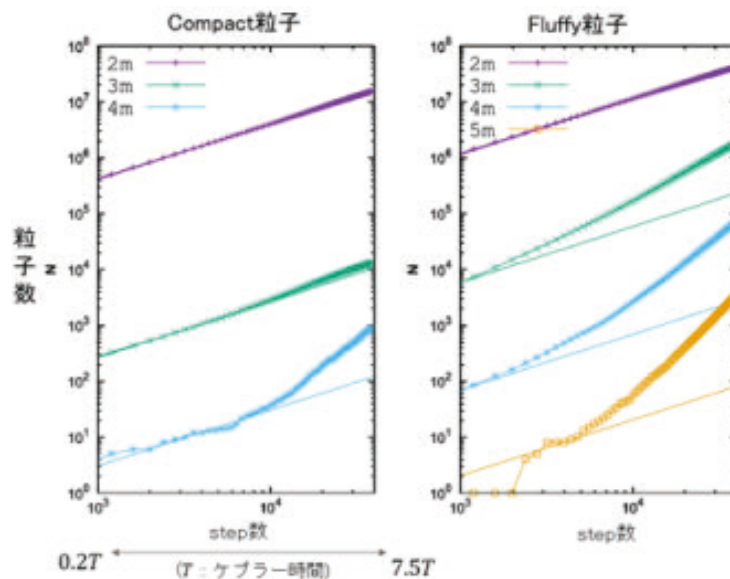


図 1: 成長粒子数の時間変化 (m は初期質量)。付着成長した粒子がさらに加速的に成長することがわかる。

原始惑星系円盤は, 新しく形成された恒星の周りを周回する円盤であり, ガスと固体微粒子 (ダスト) から形成される。原始惑星系円盤標準モデルにおいて, 初期にはサブミクロンサイズのダストが合体成長を繰り返すことによって, 惑星が誕生したとされる。しかしながら, ガスは非線形性 (レイノルズ数) の大きい強乱流状態になっていることが知られており,

乱流によって加速させられたダストの相対速度が大きくなる。そのため、衝突時に跳ね返りや破壊が起きやすく、岩石ダストはミリメートルサイズ以上に成長できないという未解決問題がある (Ormel & Cuzzi. 2013)。さらに、ガスは中心星周りをサブケプラー速度で周回しているため、ダストはガスとの速度差による抵抗を受け、角運動量を失い、最短 100 年で中心星に落下してしまう問題がある (Adachi et al. 1976)。そのため、ダストが中心星に落下するよりも短期間で微惑星まで成長する必要がある。その解決策として、乱流渦から弾き出された粒子が渦度の小さい場所に集まる（乱流クラスタリングと呼ばれる）ことで付着成長が進むというメカニズムが研究されている (Pan et al. 2011)。実際、先行研究で、乱流の直接数値計算に基づく慣性粒子の運動をシミュレーションした結果、粒子の相対速度分布関数がこれまでの理論的予測よりも数倍小さく、その分布は Gaussian 型ではなく、Stretched-exponential 型になり、付着率が上がることが分かっている (Ishihara et al. 2018)。本研究では、 4096^3 個の格子点を用いて、ナビエストークス方程式の直接数値計算を行うことにより、高レイノルズ数乱流 ($Re = 36500$) を再現し、数種類の慣性粒子それぞれ 2048^3 個の運動のシミュレーションを行なった。その結果、エンストロフィーの高い領域では、粒子数や付着数が少なく、エンストロフィーが低い領域の中には付着数が多い領域が存在し、乱流クラスタリング効果が確認できた。また、粒子密度は最大で平均の数十倍となることが分かった。さらに、 $Re = 16100$ の乱流中において、同じ大きさに設定された 1024^3 個の慣性粒子の運動を計算し、付着合体することによりそのサイズや慣性を大きくするシミュレーションを行なった結果、大きく成長した粒子ほどその増加率が高く、エンストロフィーの小さい領域で形成される傾向があることが分かった。これらの結果より、乱流クラスタリングによって、渦度の小さい穏やかな領域で、ダストは衝突合体し、大きくなった粒子が小さいサイズの粒子を取り込み、さらに大きな粒子を加速的に形成することが分かった。

[7] M31 ハローの恒星ストリームと銀河円盤のリング構造との関係

近年の精密観測によりアンドロメダ銀河 (M31) 周辺には、過去の衛星銀河との相互作用の痕跡が多数発見されてきており、特に、ハローの Andromeda Giant Southern Stream (AGSS) やディスクの 2 重リング構造といった銀河衝突の痕跡と見られる構造が観測と理論両面から詳細に調べられている。AGSS は M31 の中心から 100 kpc 以上にも渡って細長く分布する巨大構造で、過去の銀河衝突の痕跡であると考えられている。しかしながら、その形成については、大質量銀河同士の衝突だと考える Major merger 説 (Hammer 2018) と小質量銀河の衝突だと考える Minor merger 説の二つの対立仮説が唱えられており、未だ決着がついていない。本研究では、銀河衝突に伴う力学的な加熱がディスクに与える影響を詳細に調べ、現在のディスクの厚さを再現するための条件を求めた。その結果、 $10^{10} M_{\text{sun}}$ を大きく超えるような大質量の衛星銀河の衝突の可能性は低いことが示された。

また、Block et al.(2006) は、M31 にガスとダストでできた 2 重リング構造を発見し、衛星銀河の M32 が 200 億年程度前に head-on 衝突してその構造ができたことを主張している。しかし、彼らは衝突した当時の M32 の質量は M31 の全質量の 10 分の 1 程度 ($\sim 10^{11} M_{\text{sun}}$) だと結論づけているが、このような大質量の銀河が衝突した場合、上で見たようにディスクの厚さが増大し、現在の観測と矛盾する。そこで我々は小質量の衛星銀河の衝突により AGSS と 2 重リング構造の関連性について N 体/SPH シミュレーションによって調べた。その結果、定説とされる $\sim 10^{11} M_{\text{sun}}$ よりも一桁小さな $\sim 10^{10} M_{\text{sun}}$ 程度の衛星銀河が、M31 の中心付近を繰り返し衝突する事で観測を上手く再現できることを見出した。

[8] ダークマターハローの力学進化と内部構造

コールドダークマターモデルにおける階層的構造形成において、矮小銀河程度の低質量ダークマターハローはその銀河形成におけるビルディングブロックとして重要な役割を果たし、その進化史を調査することはダークマターの性質を知るための鍵となる。

本年度は、質量範囲が 100 万から 100 億太陽質量程度にある矮小銀河サイズのダークマターハローの力学進化と質量進化を、最新の超高分解能宇宙論的 N 体シミュレーションのデータ解析を行い、その力学進化と内部構造について詳細に調べた。ここでは、27 個の銀河系サイズの宿主ダークマターハローの重力ポテンシャルに束縛された総数 30 万個のダークマターサブハローのデータを抽出し、サブハローの最大回転速度とその位置の進化の様子を統計的に解析した。更に、各ハローの内部構造の指標として中心集中度のパラメータとハローのヴィリアル質量との関係を調べた。その結果、先行研究の Ishiyama and Ando (2020) で提案された $c - M$ 関係の表式が今回の結果と矛盾がない事が分かった。さらに、ここで得られた理論予言と矮小銀河から銀河団の観測データを比較・検討し、その妥当性を議論した。分光観測による銀河の回転曲線や速度分散のデータ、銀河群・銀河団の高温ガスから X 線観測データ及び銀河団の重力レンズ効果から求めたダークマターハローの質量分布のデータ等、7 桁にも及ぶ質量範囲でコールドダークマターモデルの予言が、観測を矛盾なく説明できることを明らかにした。更に、ハロー内部の構造がカスプ形状であるのか、コア形状であるのかといった違いを観測的に見極めるために必要となる観測分解能について、理論的立場から議論した。

[9] Formation of dark-matter-deficient galaxies and dark-matter-dominated galaxies

銀河形成の標準模型であるコールドダークマターによる階層的構造形成論では、銀河には恒星質量の約 100 倍以上のダークマターが存在していると考えられており、膨大な観測結果がそれを示唆している。しかし、最近になって理論的に予測されるダークマター質量よりも圧倒的に少ない量しか持たないダークマター欠乏銀河が、近傍宇宙で多数発見されてきた

(vanDokkum et al. 2018, 2019)。加えて、HI リッチな 6 つの UDGs (Mancera Pina et al. 2019) や、バリオンが支配的な 19 個の矮小銀河 (Guo et al. 2020) が報告されている。このような銀河が存在することは、現在のコールドダークマターを基本にした標準銀河形成論の範疇では非常に困難であり、それらの形成シナリオを別途検討する必要がある。本研究ではガスとダークマターの物理的性質の違いに着目し、ガスを含んだダークマターサブハロー同士の衝突によってダークマター欠乏銀河が形成される物理的条件を調査した。一次元流体モデルによる解析からダークマター欠乏銀河やダークマターを多く含む銀河が形成される衝突速度の条件を見出し、三次元銀河形成シミュレーションからダークマター欠乏銀河が形成されることを示した。そして、そのような衝突が発生する頻度を解析的に求める事に成功した。その結果、Milky Way 程度の質量の銀河に付随するダークマターハロー同士の衝突は、約 1 億年に一度程は少なくとも発生する事が見出された。

[10] 初期宇宙における大質量銀河の形成と星形成メカニズムの研究

近年のジェームズウェッブ宇宙望遠鏡による観測により、赤方偏移 8 を超える初期宇宙の銀河が数多く発見された。これら初代銀河の中には、星形成率、星質量が非常に大きいものや、すでに広がったガス円盤を持つものなどが発見されている。しかしながら、初代銀河の星形成過程や形態の進化に関しては良く分かっていない。我々は、宇宙大規模構造における高密度領域に着目し、宇宙論的輻射流体計算を行った。特に、ダークマターミニハローと大質量銀河を同時に分解可能な計算を行う事で、ミニハロー内の種族 III 星の形成、超新星爆発による周囲の重元素汚染、そして大質量銀河内での低金属星形成過程までを一貫して計算する事に成功した。結果として、我々の計算のモデル銀河は、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡で発見された赤方偏移 10-14 の銀河の星形成率と星質量をよく再現する事が分かった。一方で、赤方偏移約 16 で発見されている銀河は現在の計算で再現する事が難しく、星形成率、星質量ともに、1 桁以上シミュレーションでは小さい事が分かった。これは、シミュレーションでは再現出来ていないスターバースト機構や活動銀河核の存在など、新たなメカニズムが潜んでいる可能性を示唆している。加えて、星種族の遷移過程についても解析を行った。結果として、銀河の星質量が大きくなるにつれ種族 III 星の質量割合は減少していき、それらにはべき乗の関係があることが分かった。また、観測されているような星質量が 10^{7-8} 乗太陽質量の銀河でも、観測された紫外線の一部は種族 III 星によるものであることを示唆した。これらの結果は現在 MNRAS 誌に投稿中である (Yajima et al. 2023, arXiv:2211.12970)。

[11] 輻射輸送計算と機械学習による生体光イメージング研究（計算メディカルサイエンス事業部：計算光バイオイメージング）

頭部をモデルにした輻射輸送計算と光音響波計算を行った。計算設定としては頭部を頭蓋骨とそれ以外に分けて脳内を一様媒質とした。その中で 2 次元グリッドを考え、血管（強い吸収体）を配置し、光パルス照射に対する反応を調べた。まず、輻射輸送計算によって、頭部の光吸収マップを作成し、音響波の発生に関して分布を得た。その後、CIP 法による波動方程式の計算により、音波の伝播について計算を行った。結果として、音波は頭蓋骨で反射・屈折をしながら、一部の音波は頭皮まで伝わり検出可能である事が分かった。そして、その音波の時間分解シグナルから機械学習を行い、血管位置の解析モデルを作成した。結果として、複数の血管、異なる大きさの血管に関しても、多くの表層位置において 90 パーセント以上の確率で判定可能である事を示した。輻射輸送計算、音波計算を高精度に頭部に適用した計算例はこれまで無い。したがって、我々の結果は光音響が頭部血管イメージングに適応可能である事を示した重要な例である。

また、我々が開発した輻射輸送計算コード TRINITY を改良し、球面 wavelet を用いて自動的に角度分解能を調整出来るようにした。輻射輸送計算においては、散乱過程において角度に関するループ計算がボトルネックとなる。しかしながら、光イメージングにおいては、入射光が細いレーザーパルス光であることと、強い前方散乱を伴う非等方散乱が起きるため高い角度分解能が求められる。一方で、深部にいくにつれ輻射場は等方に近づいていき高い角度分解能は必要となくなっていく。そこで、球面 wavelet を用いて、各グリッド点における輻射場の非等方性の度合いにより角度分解能のレベルを自動的に変化させる計算コードを開発した。これにより、計算精度を落とさずに計算速度を 3 倍以上速める事に成功した。

[12] 宇宙大規模構造形成に対するニュートリノの力学的影響

ブラソフ方程式の直接数値シミュレーションを用いて、質量を持つニュートリノの宇宙大規模構造形成に対する影響の研究を行った。

本年度は、ニュートリノのシミュレーション手法としてこれまで採用されてきた N 体シミュレーションと我々が初めて採用した Vlasov シミュレーションの計算精度・計算コストを含めた詳細な比較を行い、宇宙大規模構造の密度揺らぎのパワースペクトルを調べる手段としては従来の N 体シミュレーションでも十分な計算精度が得られるものの、ニュートリノの密度揺らぎのパワースペクトル・ニュートリノの速度統計・ニュートリノ航跡などのニュートリノに焦点を絞った物理量を調べるための数値シミュレーション手法としては N 体シミュレーションよりも Vlasov シミュレーションの方が格段に優れていることを確認した。

また、ニュートリノ質量固有値の縮退が解けている場合にニュートリノの質量階層の情報が宇宙大規模構造にどのように反映されるかを、質量毎に複数のニュートリノの分布関数を

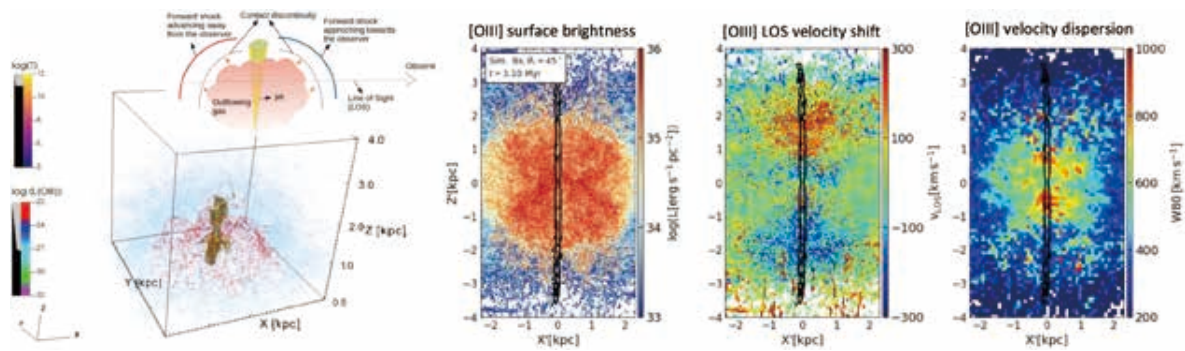


図 2: Location, morphology, and kinematics of shock-ionized gas produced by powerful jets propagating through the clumpy interstellar medium of a forming, gas-rich galaxy. From left to right: volume render and sketch of the system; [OIII] surface brightness; [OIII] line-of-sight velocity shift; [OIII] velocity dispersion down-sampled to resolution typical for VLT observations. The right three panels are viewed along a line of sight parallel to the mid-plane of the galaxy.

解くことで、数値シミュレーションで調べた。その結果、銀河団スケールの 10^{15} Msun 程度の質量を持つダークマターハローの質量関数にニュートリノの質量階層の違いが大きく反映され、将来の観測計画によってニュートリノ質量階層が峻別できる可能性があることを見出した。

[13] Self-Interacting Dark Matter (SIDM) の Boltzmann シミュレーション

宇宙の構造形成における標準的なダークマターモデルであるコールドダークマターモデルの問題点を解決するための手段として、ダークマター同士の衝突・散乱を考慮した自己相互作用ダークマター (self-Interacting Dark Matter: SIDM) モデルが有力な候補として考えられている。SIDM モデルでは、ダークマターに相対速度に依存した散乱断面積を持たせることでダークマターハローの質量に応じてその密度プロファイルが観測に合うようになるが、既存の N 体シミュレーションでは速度空間のサンプリングが不十分なために散乱・衝突の効果を正確に取り入れた計算をすることが出来ていない。

そこで、我々のグループで従来から取り組んできたダークマターの分布関数を有限体積法に基づいて Boltzmann 方程式に従って時間発展させるシミュレーション手法を SIDM の数値シミュレーションに適用することを計画している。本年度は、その計画の第一歩としてダークマターの分布関数から Boltzmann 方程式の衝突項を数値的に計算する手法の開発とその高速化を行った。特に、GPU を用いた高速化に着手し従来にはない新しい並列計算手法を開発することで大幅な高速化を達成した。

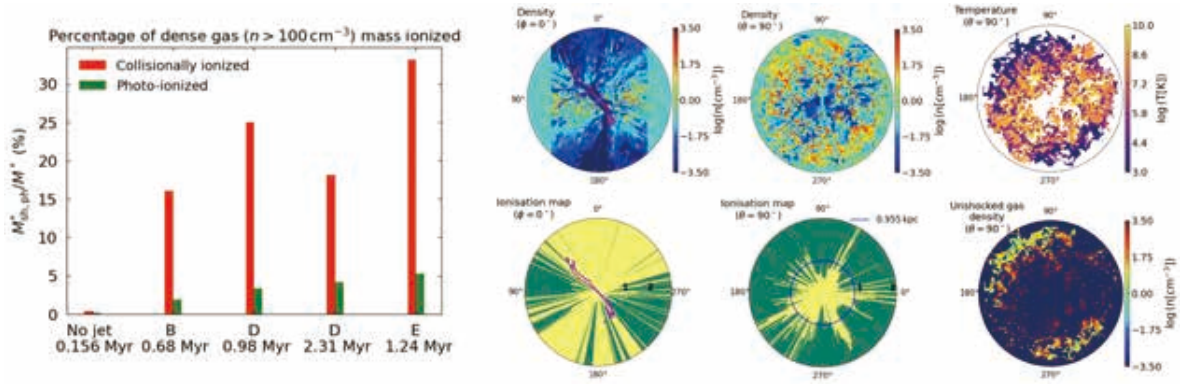


図 3: Comparison of ionization mechanisms: photoionization by the central AGN versus collisional ionization through shocks driven into galactic gas by jets. Left: in all of our simulations A to E, collisional ionization through shocks dominates the ionization mechanism of atomic gas. Right: the ionizing photons can pass through holes and cavities in the interstellar medium created by the jet, casting ionization shadows into the halo of the galaxy.

[14] AGN feedback: The interactions of AGN radiation, jets and winds with the host galaxy

The supermassive black holes in the centers of galaxies accrete gas and launch jets and fast winds, or emit bright radiation. The jets, winds, and radiation may impact the gas in host galaxy on scales ranging from fractions of parsecs to hundreds of kiloparsec. This cycle of matter and energy affects the evolution of galaxies and is termed the “feedback cycle of galaxy formation”. It leads to a regulated history of star-formation, evidenced through the luminosity functions of galaxies, and to the co-evolution of the central supermassive black hole and the galaxy, evidenced through the scaling relations such as the Magorrian relation. We are pursuing a numerically intensive project running 3-dimensional relativistic hydrodynamic and radiation-hydrodynamic simulations with multiphase gas aimed at elucidating the physics of the mass and energy transfer in the feedback cycle and the effects of jets, winds, and radiation on star-formation and black hole accretion. In recent work we:

1. modelled the observable signatures of jet-ISM interaction and investigated the line emission and gas kinematics in jet-impacted discs and halos of gas (Meenakshi et al 2022b and see Fig.2 above). The analysis revealed intriguing observational signatures which have already been seen in recent observations and which are informing observational astronomers in the acquisition and interpretation of new data. We found:

- (a) strong dispersion ($\sim 800 \text{ km s}^{-1}$) in ionized gas along and at large distances perpendicular to the jet;
- (b) strong distortion of gas rotation curves; and

(c) that jet-galactic-disc geometry can be constrained from IFU data of ionized gas outflows and radio data of jet.

2. We investigated the relative contribution of two ionization mechanisms of the interstellar gas by AGN: photo-ionization by the radiation field produced by the AGN and collisional ionization in shocks driven into the interstellar gas by the AGN jets. In almost all cases, even for weak jets, photoionization is subdominant and line emission from ionized gas is due to shocks driven by the jet (Meenakshi et al. 2022a and see Fig. 3 above).

3. We have performed an in-depth comparison of our highest resolution simulations with LINER radio galaxy NGC1167, the Teacup galaxy, and the giant radio galaxy J2345-0449 to gain insight in to the astrophysical consequences of the interactions between the radio jet and the interstellar medium in the galaxy. This work employed our new simulations of galactic scale low-power jets in massive galaxies, a combination thought to occur frequently in galaxies, but difficult to model as the interaction times are very long.

(a) Our simulations of jet – ISM interactions explain the overall morphology and spectra of the X-ray emission in NGC1167 observed with NuSTAR and Chandra (Fabbiano et al. 2022).

(b) We observed and modeled how the central molecular region of NGC 1167 is cleared by a trapped jet and a strong molecular outflow accelerated by jet is generated (Murthy et al. 2022).

(c) Feedback perpendicular to the disc is particularly strong also in the Teacup galaxy, which exhibits enhanced T32/T21 temperatures (first time ever discovered) and velocity dispersions in regions away from the jet axis, but where the jet can stream out and release its pressure, as predicted in our simulations (Audibert et al. 2023).

(d) We obtained VLT/MUSE optical imaging spectroscopic data of J2345-0449 that provided spatially resolved line diagnostics, revealing globally reduced star-formation by a factor of 10 due to jet-induced turbulence. High electron density regions coincide with sites of young stars and star-formation embedded in a galactic disc of low-star-formation gas, very much like the complex star-formation distribution and history predicted by our models of jet-driven turbulence in the ISM (Drevet-Mullard et al. 2023).

[15] Top-heavy IMF 下における球状星団形成条件

球状星団は、百億年以上前に誕生した大質量・高密度星団であり、遠方であるためその形成過程は未解明となっている。しかし、宇宙望遠鏡 JWST による高赤方偏移銀河の観測が進み、その形成現場の直接観測が進みはじめている。一方、理論研究においては、球状星団のような高密度星団を形成するためには、星団の母体となる星形成雲が非常にコンパクトである必要があることが判明しつつある。これは、星団中に誕生する大質量星がその周囲に電離

領域を形成し、その内部の高温ガスによる熱圧で星形成雲が容易に破壊されるためである。また、観測から、大質量星団の形成領域ではより大質量星が多く誕生する **top-heavy IMF** (初期星質量分布関数) である可能性が指摘されており、その場合は単位質量あたりの電離光子放出率も上昇することから、球状星団に相当する星団の形成がより困難となることが予想される。そこで、輻射流体シミュレーションを行うことで、**top-heavy IMF** の場合にどれくらいコンパクトな星形成雲であれば、球状星団に匹敵する大質量・高密度星団の形成が可能であるかを調べた (図 4)。結果として、通常の IMF から **top-heavy IMF** になると、球状星団形成に必要な星形成雲のコンパクト度合いを示す雲面密度が、 $800 \text{ M}_{\odot} \text{ pc}^{-2}$ から $1500 - 2000 \text{ M}_{\odot} \text{ pc}^{-2}$ へ増加することがわかった。この条件を満たす星形成雲は、近傍宇宙では銀河系よりもはるかに星形成が活発な銀河にしか存在しない。このため、球状星団も JWST で発見された、高赤方偏移銀河において星形成が活発な銀河で誕生した可能性が高いと言える (MNRAS へ投稿中, arXiv: 2303.12405)。

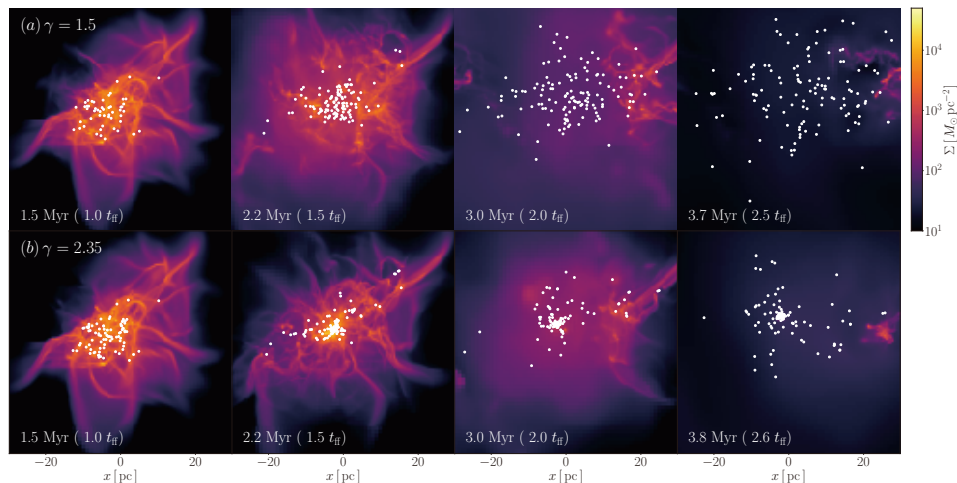


図 4: 星団形成の様子 (ガスの面密度 $800 \text{ M}_{\odot} \text{ pc}^{-2}$ の場合)。各図はガスの空間分布を示す。白点は星粒子の位置を示す。上下の図は、**top-heavy** と通常の IMF の場合を示す。

4. 教育

【学位論文】

<修士論文>

1. 秋葉 健志

原始銀河団領域における 21cm 線シグナルの研究

2. 牧野 和太

銀河とブラックホールの共進化におけるブラックホール初期質量の影響

3. 阿部 紗里

輻射輸送計算による初期宇宙の銀河のサブミリ波特性の研究

4. 植松 正揮
ライنفォース駆動型円盤風の噴出によるブラックホール降着円盤の時間変化の研究
5. 大野 翔大
一般相対論的輻射磁気流体力学計算による亜臨界降着円盤の内縁構造とブラックホールスピンの研究
6. 金田 優香
ダークマターハローのスケーリング則とカस्प-コア遷移
7. 田中 駿次
銀河系衛星銀河の潮汐破壊過程における解析モデルの構築と N 体シミュレーションによる数値実験
8. 人見 拓也
一般相対論的輻射輸送計算による歳差運動する低光度降着円盤の輻射スペクトルの特性
9. 堀田 彩水
アンドロメダ銀河の力学進化とステラーストリームの形成過程
10. 河原 昌平
原始惑星系円盤における乱流中のダスト成長
11. Oerd Xhemollari
The formation of population III-dominated galaxies under the influence of UV background radiation

< 学士論文 >

1. 市村 一晟
生体内における近赤外線円偏光波の輸送過程の研究
2. 伊藤 圭汰
M31 に衝突した矮小銀河の潮汐進化
3. 上野 航介
機械学習を用いたエディントンテンソルの推定について
4. 黒田 裕太郎
数値流体シミュレーションによるライنفォース駆動型円盤風の研究
5. 近藤 謙成
機械学習による生体光イメージングの逆問題解析
6. 佐藤 翔

3次元特殊相対論的流体シミュレーションにおける巨大ブラックホールジェットによる AGN トーラスの進化

7. 佐藤 創太

Galaxy collisions and formation of parallel stellar streams

8. 松本 凜

星団中における大質量星形成への輻射フィードバックの影響

9. 湯浅 拓宏

Reformulation of Density-Independent Smoothed Particle Hydrodynamics with Riemann Solver: Godunov DISPH

10. 山菅 昇太郎

Boltzmann シミュレーションにおける衝突項計算の GPU を用いた高速化

集中講義

1. 大須賀健. 集中講義「物理学特論 V: 輻射輸送・輻射流体力学の基礎とブラックホール 降着・噴出流の物理」, 新潟大学. Jan. 18–20, 2023.
2. 梅村雅之. 集中講義「計算物理学特別講義 IV」, 千葉大学. 千葉大学理工系非常勤講師. Aug. 30–31, 2022.
3. 矢島秀伸. 集中講義「Theoretical Astronomy, Advanced Course IV : Structure Formation and Galaxy Evolution in the Universe」, 東京大学. Jan. 18–20, 2023.

5. 受賞、外部資金、知的財産権等

受賞

1. 大須賀健

第 27 回 日本天文学会 林忠四郎賞 Mar. 15, 2023.

受賞対象項目 "コンパクト天体周囲の降着流と噴出流の先駆的シミュレーション研究"

2. 矢島秀伸

筑波大学 Best Faculty Member 2022 Feb. 20, 2023.

外部資金

<代表者>

1. 基盤研究 (A) (一般) H31 年度～R5 年度: 梅村雅之
「多重 AGN の統合研究で紐解く超巨大ブラックホールの起源」
(R4 年度 810 万円/全体 3460 万円)

2. 基盤研究 (A) (一般) R3 年度～R7 年度：大須賀健
「超大規模計算と超高精度観測で解き明かすブラックホールジェットの駆動機構と多様性」
(R4 年度 780 万円／全体 3130 万円)
3. 基盤研究 (C) (一般) R2 年度～R5 年度：森正夫
「ダークサテライトは存在するか？—コールドダークマターモデルにおける諸問題の解明」
(R4 年度 80 万円／全体 330 万円)
4. JST 創発的研究支援事業 R3 年度～R9 年度：矢島秀伸
「宇宙物理輻射輸送計算で拓く新しい生体医用光学」
(R4 年度 958 万円／全体 5000 万円)
5. 基盤研究 (A) R3 年度～R7 年度：矢島秀伸
「高精度原始銀河団シミュレーションによる銀河形成と宇宙再電離研究の新展開」
(R4 年度 680 万円／全体 3210 万円)
6. アストロバイオロジーセンタープロジェクト研究 R4 年度：矢島秀伸
「計算アストロバイオロジー：有機分子に対する円偏光と偏極ミュオンの影響」
(R4 年度 170 万円／全体 170 万円)
7. 基盤研究 (C) (一般) R1 年度～R4 年度：Wagner Alexander
「Interstellar Turbulence by Supermassive Black-Hole Jets, Winds, and Radiation」
(R4 年度 90 万円／全体 260 万円)
8. 基盤研究 (B) (一般) R3 年度～R6 年度：吉川耕司
「宇宙大規模構造からひも解く CDM パラダイムを超えたダークマター」
(R4 年度 450 万円／全体 1150 万円)
9. 若手研究 R4 年度～R7 年度：桐原崇亘
「重力多体シミュレーションで迫る恒星ストリームの形成過程」
(R4 年度 100 万円／全体 290 万円)

<分担者>

1. 基盤研究 (B) R3 年度～R6 年度：梅村雅之（代表者：高橋労太）
「高精度一般相対論的輻射輸送で探る超巨大ブラックホールの時空構造と起源」
(R4 年度分担金 10 万円／分担金全体 40 万円)
2. 基盤研究 (B) R3 年度～R6 年度：大須賀健（代表者：高橋労太）
「高精度一般相対論的輻射輸送で探る超巨大ブラックホールの時空構造と起源」
(R4 年度分担金 10 万円／分担金全体 40 万円)

3. 基盤研究 (B) R3 年度～R6 年度：朝比奈雄太（代表者：高橋労太）
「高精度一般相対論的輻射輸送で探る超巨大ブラックホールの時空構造と起源」
(R4 年度分担金 20 万円／分担金全体 80 万円)
4. 基盤研究 (B) R2 年度～R5 年度：梅村雅之（代表者：石原卓）
「乱流の大規模直接数値計算から探る原始惑星系円盤のダスト成長の新シナリオ」
(R3 年度分担金 10 万円／分担金全体 40 万円)
5. 高性能汎用計算機高度利用事業, R2 年度～R4 年度：大須賀健（代表者：牧野淳一郎）
「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの 統一的描像の構築」（サブ課題 C ブラックホールと超新星爆発における高エネルギー 天体現象の解明）
(R4 年度 22.5 万円／分担金全体 975 万円)
6. 高性能汎用計算機高度利用事業, R2 年度～R4 年度：吉川耕司（代表者：牧野淳一郎）
「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの 統一的描像の構築」（サブ課題 A 大規模数値計算と大型観測データのシナジーによる宇宙の進化史の解明）
(R4 年度 20 万円／分担金全体 894 万円)
7. 基盤研究 (A) H30 年度～R4 年度：矢島秀伸（代表者：児玉忠恭）
「銀河形成の加速と減速を司る物理過程の実証的解明」
(R4 年度分担金 5 万円／分担金全体 40 万円)
8. 基盤研究 (B) R3 年度～R6 年度：矢島秀伸（代表者：伊王野大介）
「超高分解能サブミリ波観測による大質量銀河の形成過程の解明」
(R4 年度分担金 20 万円／分担金全体 77 万円)
9. 基盤研究 (A) R4 年度～R8 年度：矢島秀伸（代表者：大向一行）
「宇宙初期の星団形成過程から解明する初代銀河の性質と巨大ブラックホールの起源」
(R4 年度分担金 50 万円／分担金全体 250 万円)

6. 研究業績

(1) 研究論文

A) 査読付き論文

1. Yuta Asahina and Ken Ohsuga. “General Relativistic Radiation Magnetohydrodynamics Simulations of Black Hole Accretion Disks: Comparison of Methods Based on Variable Eddington

- Tensor and Based on M1 Closure”. *ApJ* 929.1, 93 (Apr. 2022), p. 93. doi: 10.3847/1538-4357/ac5d37.
2. Yuh Tsunetoe, Shin Mineshige, Tomohisa Kawashima, Ken Ohsuga, Kazunori Akiyama, et al. “Investigating the Disk-Jet Structure in M87 through Flux Separation in the Linear and Circular Polarization Images”. *ApJ* 931.1, 25 (May 2022), p. 25. doi: 10.3847/1538-4357/ac66dd. arXiv: 2202.12904 [astro-ph.HE].
 3. Aoto Utsumi, Ken Ohsuga, Hiroyuki R. Takahashi, and Yuta Asahina. “Component of Energy Flow from Supercritical Accretion Disks Around Rotating Stellar Mass Black Holes”. *ApJ* 935.1, 26 (Aug. 2022), p. 26. doi: 10.3847/1538-4357/ac7eb8. arXiv: 2207.02560 [astro-ph.HE].
 4. G. Fabbiano, A. Paggi, R. Morganti, M. Baloković, incl. A. Wagner, et al. “Jet-ISM Interaction in NGC 1167/B2 0258+35, an LINER with an AGN Past”. *ApJ* 938.2, 105 (Oct. 2022), p. 105. doi: 10.3847/1538-4357/ac8ff8. arXiv: 2209.02549 [astro-ph.GA].
 5. Mitsuo Shoji, Natsuki Watanabe, Yuta Hori, Kenji Furuya, Masayuki Umemura, et al. “Comprehensive Search of Stable Isomers of Alanine and Alanine Precursors in Prebiotic Syntheses”. *Astrobiology* 22.9 (Sept. 2022), pp. 1129–1142. doi: 10.1089/ast.2022.0011.
 6. Yuh Tsunetoe, Shin Mineshige, Tomohisa Kawashima, Ken Ohsuga, Kazunori Akiyama, et al. “Diverse Polarimetric Features of AGN Jets from Various Viewing Angles: Towards a Unified View”. *Galaxies* 10.5 (Oct. 2022), p. 103. doi: 10.3390/galaxies10050103. arXiv: 2210.12162 [astro-ph.HE].
 7. Moun Meenakshi, Dipanjan Mukherjee, Alexander Y. Wagner, Nicole P. H. Nesvadba, Raffaella Morganti, et al. “The extent of ionization in simulations of radio-loud AGNs impacting kpc gas discs”. *MNRAS* 511.2 (Apr. 2022), pp. 1622–1636. doi: 10.1093/mnras/stac167. arXiv: 2201.06797 [astro-ph.GA].
 8. Qirong Zhu, Yuexing Li, Yiting Li, Moupiya Maji, Hidenobu Yajima, et al. “The formation of the first quasars: the black hole seeds, accretion, and feedback models”. *MNRAS* 514.4 (Aug. 2022), pp. 5583–5606. doi: 10.1093/mnras/stac1556.
 9. Mikiya M. Takahashi, Ken Ohsuga, Rohta Takahashi, Takumi Ogawa, Masayuki Umemura, et al. “3D photon conserving code for time-dependent general relativistic radiative transfer: CAR TOON”. *MNRAS* 517.3 (Dec. 2022), pp. 3711–3722. doi: 10.1093/mnras/stac2822. arXiv: 2210.00686 [astro-ph.HE].
 10. Ignacio Botella, Shin Mineshige, Takaaki Kitaki, Ken Ohsuga, and Tomohisa Kawashima. “Structure of the super-Eddington outflow and its impact on the cosmological scale”. *PASJ* 74.2 (Apr. 2022), pp. 384–397. doi: 10.1093/pasj/psac001. arXiv: 2202.13805 [astro-ph.GA].

11. Shogo Yoshioka, Shin Mineshige, Ken Ohsuga, Tomohisa Kawashima, and Takaaki Kitaki. “Large-scale outflow structure and radiation properties of super-Eddington flow: Dependence on the accretion rates”. *PASJ* 74.6 (Dec. 2022), pp. 1378–1395. doi: 10.1093/pasj/psac076. arXiv: 2209.01427 [astro-ph.HE].
12. Arnau Quera-Bofarull, Chris Done, Cedric G. Lacey, Mariko Nomura, and Ken Ohsuga. “QWIND3: UV line-driven accretion disc wind models for AGN feedback”. *MNRAS* 518.2 (Jan. 2023), pp. 2693–2711. doi: 10.1093/mnras/stac3171.
13. Koki Otaki and Masao Mori. “Study of galaxy collisions and thermodynamic evolution of gas using the Exact Integration scheme”. *Lecture Notes in Computer Science* 13378 (Aug. 2022), pp. 373–387. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-10562-3_27.
14. Yuichi. Takamizu, Masayuki Umemura, Hidenobu Yajima, Makito Abe, and Yoko Hoshi. “Deep Learning of Diffuse Optical Tomography Based on Time-Domain Radiative Transfer Equation”. *Applied Sciences* 24.12511 (Dec. 2022), pp. 1–14. doi: <https://doi.org/10.3390/app122412511>.
15. Suma Murthy, Raffaella Morganti, Alexander Y. Wagner, Tom Oosterloo, Pierre Guillard, et al. “Cold gas removal from the centre of a galaxy by a low-luminosity jet”. *Nature Astronomy* 6 (Feb. 2022), pp. 488–495. doi: 10.1038/s41550-021-01596-6. arXiv: 2202.05222 [astro-ph.GA].
16. Moun Meenakshi, Dipanjan Mukherjee, Alexander Y. Wagner, Nicole P. H. Nesvadba, Geoffrey V. Bicknell, et al. “Modelling observable signatures of jet-ISM interaction: thermal emission and gas kinematics”. *MNRAS* 516.1 (Oct. 2022), pp. 766–786. doi: 10.1093/mnras/stac2251. arXiv: 2203.10251 [astro-ph.GA].
17. A. Audibert, C. Ramos Almeida, S. García-Burillo, F. Combes, M. Bischetti, et al. “Jet-induced molecular gas excitation and turbulence in the Teacup”. *A&A* 671, L12 (Mar. 2023), p. L12. doi: 10.1051/0004-6361/202345964. arXiv: 2302.13884 [astro-ph.GA].
18. Hayato Shimabukuro, Kenji Hasegawa, Akira Kuchinomachi, Hidenobu Yajima, and Shintaro Yoshiura. “Exploring the cosmic dawn and epoch of reionization with the 21 cm line”. *PASJ* 75 (Feb. 2023), S1–S32. doi: 10.1093/pasj/psac042. arXiv: 2303.07594 [astro-ph.CO].
19. Ryohei Kobayashi, Norihisa Fujita, Yoshiki Yamaguchi, Taisuke Boku, Kohji Yoshikawa, et al. “GPU – FPGA-Accelerated Radiative Transfer Simulation with Inter-FPGA Communication”. *HPC Asia '23* (Mar. 2023), pp. 117–125. doi: 10.1145/3578178.3578231.
20. Akinori Matsumoto, Masami Ouchi, Kimihiko Nakajima, Masahiro Kawasaki, Kai Murai, et al. “EMPRESS. VIII. A New Determination of Primordial He Abundance with Extremely Metal poor Galaxies: A Suggestion of the Lepton Asymmetry and Implications for the Hubble

Tension”. *ApJ* 941.2, 167 (Dec. 2022), p. 167. doi: 10.3847/1538-4357/ac9ea1. arXiv: 2203.09617 [astro-ph.CO].

21. Yuta Hori, Honami Nakamura, Takahide Sakawa, Natsuki Watanabe, Megumi Kayanuma, et al. “Theoretical Investigation into a Possibility of Formation of Propylene Oxide Homochirality in Space”. *Astrobiology* 22.11 (Nov. 2022), pp. 1330–1336. doi: 10.1089/ast.2022.0005.

B) 査読なし論文

1. Taichi Igarashi, Yosuke Matsumoto, Ryoji Matsumoto, Yoshiaki Kato, incl. Ken Ohsuga, et al. “Radiation Magnetohydrodynamic Simulations of sub-Eddington accretion flows in AGN”. Vol. 44. July 2022, p. 2284.

(2) 国際会議発表

A) 招待講演

1. T. Kawashima, K. Asano, K. Ohsuga, and H.R. Takahashi. “Images, Radiation and Neutrino Spectra of Black Hole Accretion Flows Computed by GRRT Code RAIKOU”. The 15th Asia Pacific Physics Conference (APPC15) (Online, Aug. 21–26, 2022).
2. M. Nomura, K. Ohsuga, Chris Done, Kazuyuki Omukai, M. Mizumoto, et al. “Radiation hydrodynamics simulations of AGN winds: comparison with observations and impact on SMBH growth”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
3. T. Kawashima, K. Ohsuga, and H.R. Takahashi. “Images and Spectra of Black hole Accretion Flows Computed by GRRT Code RAIKOU”. 6th Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP 2022) (Online, Oct. 9–14, 2022).
4. Y. Tsunetoe, S. Mineshige, T. Kawashima, K. Ohsuga, K. Akiyama, et al. “Polarized Radiative Transfer: Linking the Images and Magnetic Fields around Black Holes”. Black hole astrophysics with VLBI 2023 (Online/NAOJ, Feb. 6–8, 2023).
5. 矢島秀伸. “FOREVER22: the first bright galaxies with population III stars and comparisons with JWST data”. NECO JWST workshop (Online, Dec. 14–14, 2022).

B) 一般講演

1. Makito Abe. “CGM/IGM properties around massive galaxies in protocluster regions”. France Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).

2. Yuta Asahina. “Simulations of black hole accretion flows using GR-RMHD code INAZUMA”. The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba (Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, Oct. 13–14, 2022). url: <https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/sympo20221013en/>.
3. Hajime Fukushima. “RHD simulation of young massive star cluster formation”. France-Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).
4. H. Fukushima and H. Yajima. “Radiation Hydrodynamics Simulations of Extremely Metal-Poor Galaxies”. Early Disk-Galaxy Formation from JWST to the Milky Way (Kuala Lumpur, Malaysia, Feb. 6–10, 2023).
5. Takanobu Kirihara. “Merger Conditions of Population III protostar binaries”. Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis (online, Apr. 25–29, 2022).
6. Takanobu Kirihara. “Migration of a massive black hole in a disk galaxy”. France-Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).
7. K. Otaki and M. Mori. “Study of galaxy collisions and thermodynamic evolution of gas using the Exact Integration scheme”. The 22nd International Conference on Computational Science and Its Applications (Malaga, Spain, July 4–7, 2022).
8. Koki Otaki and Masao Mori. “Study of collision frequency between dark matter subhalos in a host galaxy”. Conference on Computational Physics (University of Texas at Austin / On-line, Aug. 1–4, 2022).
9. Masao Mori, Yuka Kaneda, Yudai Kazuno, and Koki Otaki. “Evolution of dark matter subhalos with an effect of tidal stripping from the growing Milky-Way-like host halo”. IAU General Assembly, Division Meeting: Interstellar Matter and Local Universe (Busan, Korea / On-line, Aug. 5–8, 2022).
10. Ayami Hotta, Masao Mori, and Koki Otaki. “Formation of the Andromeda Giant Southern Stream and the 10 kpc ring in the Andromeda galaxy”. IAU General Assembly, Division Meeting: Interstellar Matter and Local Universe (Busan, Korea / On-line, Aug. 5–8, 2022).
11. Koki Otaki and Masao Mori. “Bifurcation between the formation of dark-matter-dominated galaxies and dark-matter-deficient galaxies via dark matter subhalo collisions”. IAU Symposium 373: Resolving the Rise and Fall of Star Formation in Galaxies (Busan, Korea / On-line, Aug. 9–11, 2022).
12. Koki Otaki and Masao Mori. “Physical conditions for collision-induced formation of galaxies”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.

13. Masao Mori. “Galaxy Collisions and Evolution of Galaxies”. The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba (Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, Oct. 13–14, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
14. Yuka Kaneda, Koki Otaki, and Masao Mori. “The effect of the cusp-to-core transformation on universal scaling relations of dark matter haloes”. KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2022 (Kashiwa Campus, The University of Tokyo and online, Nov. 29, 2022). url: <https://2022.kashiwa-darkmatter-symposia.org/>.
15. Koki Otaki and Masao Mori. “Galaxy Collisions and Formation of Dwarf Galaxies”. KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2022 (Kashiwa Campus, The University of Tokyo and online, Nov. 29, 2022). url: <https://2022.kashiwa-darkmatter-symposia.org/>.
16. K. Otaki and M. Mori. “Physical Conditions for Collision-Induced Formation of Galaxies”. EARLY DISK-GALAXY FORMATION FROM JWST TO THE MILKY WAY (Kuala Lumpur, Malaysia, Feb. 6–10, 2023).
17. Y. Kaneda, K. Otaki, and M. Mori. “The Evolution and Scaling Relations of Dark Matter Haloes”. EARLY DISK-GALAXY FORMATION FROM JWST TO THE MILKY WAY (Kuala Lumpur, Malaysia, Feb. 6–10, 2023).
18. M. Mori, A. Hotta, K. Otaki, and T. Kirihara. “Formation of the Andromeda Giant Southern Stream and the ring structures in the Andromeda Galaxy”. Dynamical Masses of Local Group Galaxies (Potsdam, Mar. 20–24, 2023).
19. Y. Kaneda, K. Otaki, and M. Mori. “Dynamical evolution of the sub-galactic dark matter halos and the effect of the cusp-to-core transformation”. Dynamical Masses of Local Group Galaxies (Potsdam, Mar. 20–24, 2023).
20. Oerd Xhemollari. “The Formation of Pop III Star Clusters under UV radiation”. France-Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).
21. Y. Tsunetoe, S. Mineshige, T. Kawashima, K. Ohsuga, K. Akiyama, et al. “The Jet-Disk Structure in M87: Flux Separation in the Linear and Circular Polarization Image”. Assembling the ngEHT (Granada, Spain, June 22–25, 2022).
22. Y. Tsunetoe, S. Mineshige, T. Kawashima, K. Ohsuga, K. Akiyama, et al. “Investigation of the Jet-Disk Structure in M87: Flux Separation in the Linear and Circular Polarization Images”. European Astronomical Society Annual Meeting 2022 (Valencia, Spain, June 27–July 1, 2022).

23. T. Igarashi, Y. Kato, H. R. Takahashi, K. Ohsuga, Y. Matsumoto, et al. “Radiation Magnetohydrodynamic Simulations of sub-Eddington accretion flows in AGN”. COSPAR 2022-44th Scientific Assembly (Athens, Greece, July 16–24, 2022).
24. R. Matsumoto, T. Igarashi, Y. Kato, H. R. Takahashi, K. Ohsuga, et al. “Enhanced Activity of Black Hole Accretion Flows during Hard-to-Soft State Transition”. IAU General Assembly (Busan, Korea / On-line, Aug. 2–11, 2022).
25. R. Matsumoto, T. Igarashi, H. R. Takahashi, K. Ohsuga, and Y. Matsumoto. “Global Three dimensional Radiation Magnetohydrodynamic Simulations of Changing Look Active Galactic Nuclei”. 33rd IUPAP Conference on Computational Physics (CCP2022) (Texas, USA / On-line, Aug. 1–4, 2022).
26. T. Mushano, T. Ogawa, K. Ohsuga, H. Yajima, and K. Omukai. “Impacts of Lyman-alpha radiation force on the super-Eddington accretion flow onto massive black holes”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
27. A. Utsumi, K. Ohsuga, H. R. Takahashi, and Y. Asahina. “General relativistic radiation-MHD simulations of supercritical accretion around rotating black holes”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
28. A. Inoue, K. Ohsuga, H. R. Takahashi, and Y. Asahina. “General relativistic radiation-MHD simulations of super-Eddington accretion flows and powerful outflows around neutron stars with dipole magnetic fields”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
29. E. Ogata, K. Ohsuga, H. Fukushima, and H. Yajima. “Formation of Supermassive Black Holes through Gas Accretion on Moving Black Holes”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
30. M. Takahashi, K. Ohsuga, R. Takahashi, M. T. Ogawa, Umemura, et al. “Development of Novel General Relativistic Radiative Transfer Code; CARTOON”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
31. Ken Ohsuga. “Structure Formation in the Universe using Radiation Transfer and Radiation Hydrodynamics Simulations”. The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba (Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, Oct. 13–14, 2022).

url: <https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/sympo20221013en/>.

32. T. Kawashima, K. Ohsuga, H.R., Takahashi, and K. Asano. “Computations of images, photon and neutrino spectra using a general relativistic radiative transfer code RAIKOU”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
33. Y. Tsunetoe, S. Mineshige, T. Kawashima, K. Ohsuga, K. Akiyama, et al. “Investigating Jet Disk Structure through Linear and Circular Polarization Images”. IAU symposium 375 - the Multimessenger Chakra of Blazar Jets (Kathmandu, Nepal, Dec. 5–9, 2022).
34. A. Inoue, K. Ohsuga, H. R. Takahashi, and Y. Asahina. “General relativistic magnetohydrodynamic simulations of super-Eddington accretion flows and powerful outflows around neutron stars with dipole magnetic fields”. Magnetism & Accretion (Cape Town, South Africa, Jan. 16–19, 2023).
35. A. Inoue, K. Ohsuga, H. R. Takahashi, and Y. Asahina. “General relativistic radiation-MHD simulations of super-Eddington accretion flows onto neutron stars: spin-up rate of ULX pulsars”. Black hole astrophysics with VLBI 2023 (Online/NAOJ, Feb. 6–8, 2023).
36. M. Takahashi, K. Ohsuga, and T. Kawashima. “Time variation of the crescent shaped shadow and the measurement of the black hole spin in M87”. Black hole astrophysics with VLBI 2023 (Online/NAOJ, Feb. 6–8, 2023).
37. T. Kawashima, T. Hitomi, K. Ohsuga, and H.R. Takahashi. “Lense-Thirring precession of accretion flows and relativistic jets”. Black hole astrophysics with VLBI 2023 (Online/NAOJ, Feb. 6–8, 2023).
38. Kenta Soga. “Coevolution of Protogalaxies and AGNs during the Cosmic Reionization Era”. France-Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).
39. Gerald Cecil, Pei-Ying Hsieh, Alexander Y. Wagner, and Haoyang (Cyrus) Liu. “The Milky Way's Vestigial Nuclear Jet: Traced with Molecules and X-rays, Modeled with Simulations”. 240th American Astronomical Society Meeting (Pasadena Convention Center, Pasadena, California, June 12–16, 2022). url: <https://aas.org/meetings/aas240/>.
40. Alexander Y. Wagner. “Insights into the AGN feedback process using special-relativistic hydrodynamical simulations of jet-ISM interactions”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
41. Alexander Wagner. “The extreme physics of galaxy evolution: CFD simulations of relativistic jets and radiation interacting with highly compressible astrophysical gases”. EPCC-CCS

- Workshop 2022 (EPCC, The University of Edinburgh, and online, Dec. 14–15, 2022). url: <https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/2022-epcc-ccs-wsj/>.
42. Hidenobu Yajima. “Formation of the first massive star clusters in the first galaxies”. Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis (online, Apr. 25–29, 2022).
 43. Hidenobu Yajima. “Development of in-vivo optical tomography by combining radiative transfer calculations and machine learning”. The 30th Anniversary Symposium of the Center for Computational Sciences at the University of Tsukuba (Epochal Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, Oct. 13–14, 2022). url: <https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/sympo20221013en/>.
 44. Takeshi Akiba, Hidenobu Yajima, and Makito Abe. “21-cm signal around protoclusters”. 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (EANAM9) (Tenbusu Naha, Okinawa, Japan, Sept. 26–30, 2022). url: <https://hpc.imit.chiba-u.jp/eanam9/>.
 45. Hidenobu Yajima. “FOREVER22 simulation project”. France-Japan Galaxy Formation Workshop (The University of Tokyo, Tokyo, Japan, Nov. 16–17, 2022).
 46. H. Yajima, M. Abe, and H. Fukushima. “Formation of the First Massive Galaxies in Cosmological Simulations and Their Observational Properties”. Early Disk-Galaxy Formation from JWST to the Milky Way (Kuala Lumpur, Malaysia, Feb. 6–10, 2023).
 47. H. Yajima, M. Abe, and H. Fukushima. “Cosmological Simulations of the First Galaxy Formation and Comparisons with JWST data”. 9th Galaxy Evolution Workshop (Kyoto, Japan, Feb. 20–23, 2023).
 48. O. Xhemollari, H. Yajima, and M. Abe. “The Formation of Population III Star-Dominated Galaxies Under the Influence of the UV Background Radiation”. 9th Galaxy Evolution Workshop (Kyoto, Japan, Feb. 20–23, 2023).
 49. Kohji Yoshikawa. “Vlasov Simulation of Cosmic Relic Neutrinos in the Large-scale Structure on Supercomputer Fugaku”. 2022 CCS-EPCC Workshop (online, Mar. 30–31, 2022).
 50. Kohji Yoshikawa. “Vlasov Simulation of Cosmic Relic Neutrinos on Supercomputer Fugaku”. 2022 LBNL/CSA - Tsukuba/CCS Collaboration Meeting (online, Mar. 23–24, 2022).

(3) 国内学会・研究会発表

A) 招待講演

1. 朝比奈雄太, 大須賀健, 高橋博之, 内海碧人, 井上壮大, et al. “輻射磁気流体力学計算によるブラックホール近傍のプラズマ降着流・噴出流のダイナミクス”. 第 152 回 地球 電磁気・地球惑星圏学会 総会・講演会 (相模原市立産業会館/神奈川, Nov. 4–7, 2022).

2. 大須賀健, 高橋博之, 川島朋尚, 野村真理子, 北木孝明, et al. “ブラックホール降着円盤およびガス噴出流の理論; これまでの進展と今後の課題”. 銀河・銀河間ガス研究会 2022 (釧路ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy_igm/.
3. 矢島秀伸. “甲状腺癌診断に向けたヒト頸部の高精度輻射輸送シミュレーション”. 日本光学会生体ひかりイメージング産学連携専門委員会キックオフシンポジウム (静岡大学浜松キャンパス, ハイブリッド開催, July 2, 2022).
4. 吉川耕司. “宇宙論的構造形成シミュレーションの SIMD 命令による高速化”. 「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会 (オンライン, Mar. 7–8, 2023).

B) その他の発表

1. 安部牧人, 矢島秀伸, and 梅村雅之. “球面 wavelet 変換による 3 次元輻射輸送計算の高速化”. Optics and Photonics Japan, 2022 (栃木県総合文化会館, Nov. 13–16, 2022).
2. 秋葉健志. “原始銀河団領域の星形成活動と 21cm シグナルの関係”. 銀河・銀河間ガス研究会 2022 (釧路ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy_igm/.
3. 朝比奈雄太 and 大須賀健. “歳差運動する超臨界降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体計算”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
4. 朝比奈雄太 and 大須賀健. “大局的な降着円盤計算に向けた Adaptive Time Stepping 法の実装”. CfCA ユーザーズミーティング (国立天文台/オンライン, Jan. 26–27, 2023).
5. 朝比奈雄太 and 大須賀健. “歳差運動する超臨界降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体シミュレーション”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
6. 朝比奈雄太 and 大須賀健. “歳差運動する超臨界降着円盤の光度変動”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
7. 福島肇 and 矢島秀伸. “初代銀河における星団形成シミュレーション”. 初代星・初代銀河研究会 2022 (徳島大学, Nov. 10–12, 2022).
8. 福島肇. “輻射流体シミュレーションによる星団形成の研究”. マゼラン雲 ALMA ラージプログラム検討会 (九州大学/オンライン, June 22–23, 2022).
9. 福島肇, 矢島秀伸, and 安部牧人. “初代銀河における星団形成シミュレーション”. 日本天文学会秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).

10. 木村和貴, 細川隆史, 杉村和幸, and 福島肇. “初代星形成における大質量原始星輻射流体計算に向けて”. 日本天文学会秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
11. 福島肇. “輻射流体シミュレーション: 星団形成”. cfca スパコンリプレイスに向けた仕様検討会 (オンライン, Oct. 12, 2022).
12. 木村和貴, 細川隆史, 杉村和幸, and 福島肇. “3 次元高解像度輻射流体計算による SMS の内部構造”. 初代星・初代銀河研究会 2022 (徳島大学, Nov. 10–12, 2022).
13. 細川隆史, 猪口睦子, 福島肇, and 嶺重慎. “Observational Signatures of forming Young Massive Clusters”. 初代星・初代銀河研究会 2022 (徳島大学, Nov. 10–12, 2022).
14. 松本凜 and 福島肇. “大質量星形成過程における降着条件”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
15. 福島肇, 矢島秀伸, and 梅村雅之. “宇宙空間における紫外線 ($\text{Ly}\alpha$) 円偏光波生成”. 計算アストロバイオロジー (筑波大学/online, Nov. 10–11, 2022).
16. 木村和貴, 細川隆史, 杉村和幸, and 福島肇. “初期宇宙の超大質量形成における原始星構造”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
17. 福島肇, 矢島秀伸, and 安部牧人. “初代銀河における星団形成シミュレーション”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
18. 福島肇, 安部牧人, and 矢島秀伸. “初代銀河における星団形成シミュレーション: 初期質量関数の導出”. CfCA ユーザーズミーティング (国立天文台/オンライン, Jan. 26–27, 2023).
19. 福島肇, 安部牧人, and 矢島秀伸. “初代銀河における星団形成シミュレーション: 初期質量関数の導出”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
20. 猪口睦子, 細川隆史, 嶺重慎, 福島肇, 矢島秀伸, et al. “Young Massive Cluster 形成時の観測的特徴: 連続光 spectrum と高密度 HII 領域”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
21. 木村和貴, 細川隆史, 杉村和幸, and 福島肇. “宇宙初期の超大質量星形成における原始星構造について”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
22. 梅澤智幸, 久野成夫, ZHAI Guangyuan, 福島肇, 齋藤弘雄, et al. “天の川銀河のペルセウス腕における分子雲進化の研究”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
23. 金田優香, 数野優大, 大滝恒輝, and 森正夫. “ダークマターハローの Scaling Relation”. 銀河・銀河間ガス研究会 2022 (釧路ロイヤルインホテル / オンライン,

- Aug. 8–12, 2022). url: <https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy-igm/>.
24. 桐原崇亘. “恒星ストリーム形成の理論研究”. 銀河考古学研究会 2022 (東北大学 (青葉山キャンパス) , Sept. 8–9, 2022).
 25. 桐原崇亘, 須佐元, 細川隆史, and 衣川智弥. “初代星原始星連星の合体条件”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
 26. 桐原崇亘, 須佐元, 細川隆史, and 衣川智弥. “近接初代星原始星連星の合体条件”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
 27. 小上樹, 石垣美歩, 千葉柁司, 小宮山裕, incl. 桐原崇亘, et al. “すばる望遠鏡/HSC による深観測で探る NGC5466 広域分布”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
 28. 大滝恒輝 and 森正夫. “大質量銀河に付随するダークマターサブハロー同士の衝突頻度の解析”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
 29. 堀田彩水, 森正夫, and 大滝恒輝. “Andromeda Giant Southern Stream の形成過程と progenitor の起源”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
 30. 田中駿次 and 森正夫. “銀河系衛星銀河の軌道運動と潮汐効果”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
 31. 金田優香, 数野優大, 大滝恒輝, and 森正夫. “ダークマターハローの c - M relation と観測との比較”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
 32. 湯浅拓宏 and 森正夫. “Density-Independent SPH 法及び Godunov SPH 法への Integral Approach の適用とその性能”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
 33. 金田優香, 数野優大, 大滝恒輝, and 森正夫. “ダークマターハローのスケーリングとカスプコア遷移”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 34. 佐藤創太 and 森正夫. “galaxy collision と stellar streams の形成”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 35. 伊藤圭太 and 森正夫. “中心ブラックホールを持つ矮小銀河の潮汐進化”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 36. 田中駿次 and 森正夫. “銀河系衛星銀河の軌道運動と潮汐効果による質量損失”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).

37. 大滝恒輝 and 高橋大介 and 森正夫. “GPU を用いた SPH 法的高速化”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
38. 湯浅拓宏 and 森正夫. “Riemann solver を用いた Density-Independent Smoothed Particle Hydrodynamics(DISPH) の再構成, Godunov DISPH 法について”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
39. 堀田彩水 and 森正夫 and 大滝恒輝. “アンドロメダ銀河の力学進化と Andromeda Giant Southern Stream の形成過程”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
40. 大滝恒輝 and 森正夫. “Milky Way-like ホストハローにおけるダークマターサブハロー同士の衝突頻度”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/ironkon2022/>.
41. 金田優香, 大滝恒輝, and 森正夫. “ダークマターハローのカस्प-コア遷移とスケールリング則”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/ironkon2022/>.
42. 森正夫 and 堀田彩水 and 大滝恒輝. “Galaxy Collisions and Dynamical Evolution of the Andromeda Galaxy”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
43. 湯浅拓宏 and 森正夫. “改良版 Balsara Switch を用いた、SPH 法の持つ空間ゼロ次誤差が誘発する偽 Kelvin-Helmholtz 不安定の抑制”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
44. 金田優香, 大滝恒輝, and 森正夫. “ダークマターハローの scaling relation の起源とカस्प-コア遷移”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
45. 大滝恒輝 and 森正夫. “銀河衝突によるダークマター欠乏銀河の形成：フィードバックモデル依存性について”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
46. 武者野拓也, 小川拓未, 大須賀健, 矢島秀伸, and 大向一行. “超臨界ブラックホール降着流におけるライマンアルファ輝線の輻射力の計算”. 銀河・銀河間ガス研究会 2022 (釧路 ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: <https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy-igm/>.
47. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “Dusty-gas 中を浮遊する中質量ブラックホールの降着成長過程: ダストの昇華と非等方輻射の影響”. 銀河・銀河間ガス研究会 2022 (釧路ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy_igm/.
48. 小川拓未, 朝比奈雄太, 大須賀健, 高橋博之, and 川島朋尚. “ボルツマン輻射輸送によるコンプトン冷却を考慮した輻射非効率降着流の電子温度計算”. 第 35 回理論懇

- シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/ironkon2022/>.
49. 高橋 芳太, 梅村 雅之, 大須賀 健, 朝比奈 雄太, 竹田 麟太郎, et al. “相対論的流体中から放出された光子の多重散乱効果”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
 50. 五十嵐 太一, 高橋 博之, 大須賀 健, 松本 洋介, and 松元 亮治. “コンプトン冷却されたブラックホール降着流の輻射磁気流体シミュレーション”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
 51. 芳岡 尚悟, 嶺 重慎, 大須賀 健, 川島 朋尚, and 北木 孝明. “超臨界降着流からのアウトフロー; 運動学的光度の質量降着率依存性とその起源”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
 52. 川島 朋尚, 大須賀 健, and 高橋 博之. “将来の X 線干渉計観測に向けた X 線ブラックホールシャドウ予測”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
 53. 恒任 優, 嶺 重慎, 川島 朋尚, 大須賀 健, 秋山 和徳, et al. “銀河系中心 SgrA* の偏光画像から探る磁場構造、および活動銀河核ジェット駆動機構解明へのシナジー”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
 54. 川島 朋尚, 大須賀 健, and 高橋 博之. “ブラックホール降着流の観測的特徴: 一般相対論的磁気流体シミュレーション・データに基づく一般相対論的輻射輸送計算”. 日本流体力学会年会 (京都大学, Sept. 27–29, 2022).
 55. 尾形 絵梨花, 大須賀 健, 福島 肇, and 矢島 秀伸. “Dusty-gas 中を浮遊する種ブラックホールの降着成長過程; ダスト昇華と非等方輻射場の影響”. 初代星・初代銀河研究会 2022 (徳島大学, Nov. 10–12, 2022).
 56. 人見 拓也, 川島 朋尚, 荻原 大樹, 高橋 博之, and 大須賀 健. “一般相対論的輻射輸送計算による歳差運動する低光度降着円盤の輻射スペクトルの特性”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 57. 大野 翔大, 大須賀 健, 高橋 博之, 朝比奈 雄太, and 内海 碧人. “一般相対論的輻射磁気流体シミュレーションによる降着円盤の最内縁付近の調査”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 58. 植松 正揮, 大須賀 健, and 福島 肇. “ラインフォース駆動型円盤風の噴出によるブラックホール降着円盤の時間変化の研究”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
 59. 黒田 裕太郎 and 大須賀 健. “Line Force 駆動型円盤風の解明に向けた 1 次元流体計算”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).

60. 上野航介 and 大須賀健. “機械学習によるエディントンテンソルの推測に向けて”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
61. 大須賀健. “BH 降着円盤シミュレーションの現状と今後”. 「富岳で加速する素粒子・原子核・宇宙・惑星」シンポジウム (神戸大学/オンライン, Dec. 12–13, 2022).
62. 内海碧人, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “カー・ブラックホール周りの超臨界降着円盤からのエネルギー解放; 超高光度 X 線源との比較”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022).
url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
63. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “Dusty-gas 中を漂う中質量ブラックホールへのガス降着過程: 非等方輻射とダスト昇華の効果”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
64. 島田悠愛, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “突発的超臨界降着現象における降着衝撃波の研究”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
65. 高橋幹弥, 大須賀健, 高橋芳太, 小川拓未, 梅村雅之, et al. “光子数保存を保証する空間 3 次元一般相対論的輻射輸送コードの開発”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
66. 竹林晃大, 大須賀健, and 川島朋尚. “コンプトン散乱を考慮した偏光 X 線の輻射輸送計算コードの開発”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
67. 井上壮大, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションによる超高光度 X 線パルサーのスピンアップレート”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
68. 恒任優, 嶺重慎, 川島朋尚, 大須賀健, 秋山和徳, et al. “直線偏光・円偏光画像から探る、超大質量ブラックホールの円盤—ジェット構造”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.
69. 五十嵐太一, 高橋博之, 大須賀健, 松本洋介, and 松元 亮治. “活動銀河核における軟 X 線放射領域の輻射磁気流体シミュレーション”. 第 35 回理論懇シンポジウム (コラッセふくしま/オンライン, Dec. 21–23, 2022). url: <https://sites.google.com/view/rironkon2022/>.

70. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “Bondi-Hoyle-Lyttleton 機構による種ブラックホールの成長過程: 輻射場の非等方性とダスト昇華の影響”. CfCA ユーザーズミーティング (国立天文台/オンライン, Jan. 26–27, 2023).
71. 井上壮大, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “磁化中性子星への超臨界降着流の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーション”. CfCA ユーザーズミーティング (国立天文台/オンライン, Jan. 26–27, 2023).
72. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “Dusty-gas 中を浮遊する種ブラックホール降着円盤への降着過程: ダスト昇華と非等方輻射場の影響”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
73. 大野翔大, 大須賀健, 高橋博之, 朝比奈雄太, and 内海碧人. “一般相対論的輻射磁気流体力学計算による亜臨界降着円盤の内縁構造とブラックホールスピンの研究”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
74. 内海碧人, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “カー・ブラックホール周りにおける Magnetically Arrested Supercritical Disk の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーション”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
75. 井上壮大, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “磁化した中性子星への超臨界降着流の一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーション”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
76. 竹林晃大, 大須賀健, and 川島朋尚. “コンプトン散乱を考慮した偏光 X 線の輻射輸送計算コードの開発”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/ オンライン, Mar. 1–2, 2023).
77. 島田悠愛, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “突発的超臨界降着現象における降着衝撃波の研究”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
78. 芳岡尚悟, 嶺重慎, 大須賀健, 川島朋尚, and 北木孝明. “大局的輻射流体計算で探る、超臨界降着流のアウトフローと運動学的光度”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
79. 川島朋尚, 大須賀健, and 高橋博之. “Lense-Thirring 歳差を伴う降着流・相対論的ジェットの多波長放射特性”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).

80. 都丸亮太, Chris Done, 高橋忠幸, 小高裕和, 大須賀健, et al. “X 線連星における熱・放射駆動型円盤風”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
81. 五十嵐太一, 高橋博之, 大須賀健, 松本洋介, and 松元亮治. “Changing Look AGN における軟 X 線放射領域の輻射磁気流体モデル”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
82. 高橋幹弥, 大須賀健, and 川島朋尚. “M87 における三日月状シャドウの時間変動とブラックホールスピンの測定”. ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023 (東北大学/オンライン, Mar. 1–2, 2023).
83. 高橋幹弥, 大須賀健, and 川島朋尚. “M87 における三日月状シャドウの時間変動とブラックホールスピンの測定”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
84. 内海碧人, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “カー・ブラックホール周りにおける Magnetically Arrested Supercritical Disk の一般相対論的輻射磁気流体シミュレーション”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
85. 大野翔大, 大須賀健, 高橋博之, 朝比奈雄太, and 内海碧人. “一般相対論的輻射磁気流体力学計算による亜臨界降着円盤の内縁構造とブラックホールスピンの研究”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
86. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “Dusty-gas 内を漂う種ブラックホールの Bondi-Hoyle-Lyttleton 降着 : 円盤 shadow 角依存性”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
87. 島田悠愛, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “突発的超臨界降着流の一般相対論的輻射磁気流体計算 : 降着構造と衝撃波について”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
88. 竹林晃大, 大須賀健, and 川島朋尚. “コンプトン散乱を考慮した偏光 X 線の輻射輸送計算コードの開発 II”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
89. 野村真理子 and 大須賀健. “超臨界降着流から噴出するラインフォース駆動型円盤風”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
90. 芳岡尚悟, 嶺重慎, 大須賀健, 川島朋尚, and 北木孝明. “大質量ブラックホールへの超臨界降着流と大局的アウトフロー構造”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
91. Oerd Xhemollari. “The Formation of Pop III Star Clusters under UV radiation”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).

92. 河原昌平. “原始惑星系円盤における乱流とダスト成長”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
93. 井上壮大, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “一般相対論的輻射磁気流体力学シミュレーションによる超高光度 X 線パルサーのスピンアップレート”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
94. 朝比奈雄太 and 大須賀健. “回転軸が傾いた降着円盤の一般相対論的輻射磁気流体シミュレーション”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
95. 尾形絵梨花, 大須賀健, 福島肇, and 矢島秀伸. “3次元輻射流体計算で探る Dusty-gas 中を浮遊する中質量ブラックホールの降着成長過程 : ダストの昇華と非等方輻射の影響”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
96. 大野翔大, 大須賀健, 高橋博之, 朝比奈雄太, and 内海碧人. “一般相対論的輻射磁気流体シミュレーションによる降着円盤の最内縁構造の調査”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
97. 内海碧人, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “カー・ブラックホール周りの超臨界降着円盤からのエネルギー解放 ; 超高光度 X 線源との比較”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
98. 小川拓未, 朝比奈雄太, 大須賀健, 高橋博之, and 川島朋尚. “ボルツマン輻射輸送によるコンプトン冷却を考慮した輻射非効率降着流の電子温度計算”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
99. 武者野拓也, 小川拓未, 大須賀健, 矢島秀伸, and 大向一行. “超臨界降着流におけるライマンアルファ輝線の輻射力 : 2 光子放射の効果”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
100. 竹田麟太郎, 大須賀健, 高橋芳太, and 梅村雅之. “相対論的流体中から放出された光子の多重散乱効果 ; 数値計算によるアプローチ”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
101. 人見拓也, 川島朋尚, 荻原大樹, 高橋博之, and 大須賀健. “歳差運動するブラックホール降着円盤の観測的性質の解明”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).
102. 竹林晃大, 大須賀健, and 川島朋尚. “コンプトン散乱を考慮した偏光 X 線輻射輸送計算コードの開発”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学 (五十嵐キャンパス) , Sept. 13–15, 2022).

103. 島田悠愛, 大須賀健, 高橋博之, and 朝比奈雄太. “突発的超臨界降着現象における輻射性衝撃波の研究”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学(五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
104. 秋葉健志. “原始銀河団領域の星形成活動と 21cm シグナルの関係”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学(五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
105. 矢島秀伸. “原始銀河団シミュレーション: 超遠方サブミリ波銀河の形成について”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学(五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).
106. 佐藤翔 and Alexander Wagner. “巨大ブラックホールジェットによる AGN トーラスの進化”. 天体形成研究会 2022 (筑波大学/online, Nov. 4–5, 2022).
107. Oerd Xhemollari. “The Formation of Pop III Star Clusters under UV radiation”. 銀河・銀河間 ガス研究会 2022 (釧路ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy_igm/.
108. 矢島秀伸, 福島肇, and 梅村雅之. “初期宇宙の銀河形成と星間紫外線円偏光”. 計算アストロバイオロジー (筑波大学/online, Nov. 10–11, 2022).
109. 矢島秀伸, 安部牧人, and 梅村雅之. “甲状腺がんの近赤外線診断に向けた高精度輻射輸送シミュレーション”. Optics and Photonics Japan, 2022 (栃木県総合文化会館, Nov. 13–16, 2022).
110. Oerd Xhemollari, 矢島秀伸, and 安部牧人. “The Formation of Pop III Star Clusters under UV radiation”. 日本天文学会春季年会 (立教大学/オンライン, Mar. 13–16, 2023).
111. 矢島秀伸, 福島肇, and 梅村雅之. “輻射輸送計算による星間紫外線円偏光場のモデル化とキラル分子への影響”. 第 11 回宇宙における生命ワークショップ (国立天文台, Feb. 17–18, 2023).
112. 田中賢, 吉川耕司, 吉田直紀, and 齊藤俊. “宇宙論的 VLASOV シミュレーションで探るニュートリノの性質: N-body シミュレーションとの比較”. 日本天文学会 2022 年秋季年会 (新潟大学(五十嵐キャンパス), Sept. 13–15, 2022).

(4) 著書・解説記事等

A) 著書 (章)

1. 中村文隆 鶴剛 長田哲也 藤沢健太 梅村雅之 and 福江 純. 放射素過程の基礎. 日本評論社, Nov. 2022, pp. 1–376.
2. 福江純, 和田桂一, and 梅村雅之. 宇宙流体力学の基礎 [改訂版]. 日本評論社, Oct. 2022, pp. 1–416.

7. 異分野間連携・産学官連携・国際連携・国際活動等

1. A. Wagner. *EPCC-CCS Workshop 2022, The University of Edinburgh*. Dec. 14, 2011–Dec. 15, 2022. url: <https://www.ccs.tsukuba.ac.jp/2022-epcc-ccs-wsj/>.

異分野間連携（センター内外）

1. 高性能計算システム研究部門と輻射輸送シミュレーションコードの開発において連携
2. 生命科学研究部門生命機能情報分野との宇宙生命連携（CAB）
3. 計算メディカルサイエンス事業部における連携

8. シンポジウム・研究会・スクール等の開催実績

1. 梅村雅之, 矢島秀伸 (Chair), 福島肇, 重田育照, 庄司光男, et al. 研究会開催：「計算アストロバイオロジー 2022」(筑波大学/online, Nov. 10–11, 2022).
2. 矢島秀伸 (Chair), 梅村雅之, and Alexander Wagner. 研究会開催：「Galaxy-IGM Workshop 2022」(釧路ロイヤルインホテル / オンライン, Aug. 8–12, 2022). url: <https://www2.ccs.tsukuba.ac.jp/Astro/conferences/domestic/ja/2022/08/08/galaxy-igm/>.
3. 森正夫. 研究会開催："Local galaxy Workshop" (東北大学, Dec. 13, 2022).
4. 大須賀健. 研究会開催：「ブラックホールジェット・降着円盤・円盤風研究会 2023」(東北大学, Mar. 1–2, 2023).
5. 宇宙物理研究部門 M1. 研究会開催：「天体形成研究会 2022」(筑波大学ワークショップ室/online, Nov. 4–5, 2022).
6. 矢島秀伸. 国際会議開催：「9th Galaxy Evolution Workshop」(京都大学, Feb. 20–23, 2023).

9. 管理・運営

組織運営や支援業務の委員・役員の実績

1. 梅村雅之

【学内】

大学執行役員（研究人材キャリアデザイン担当）

URA 研究戦略推進室 室長

若手研究者育成支援室（世界で活躍できる研究者戦略育成事業）室長

計算科学研究センター 計算メディカルサイエンス事業部長

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 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

【学外】

日本天文学会欧文研究報告編集顧問

一般社団法人リサーチ・アドミニストレーション協議会

URA 質保証事業 WG 委員

2. 大須賀健

【学内】

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 人事委員会委員

計算科学研究センター 宇宙物理研究部門主任

計算科学研究センター 共同利用委員会委員

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

プラズマ研究センター 運営委員会委員

理工学群物理学類 2年担任

総合学域群 アカデミックアドバイザー

【学外】

日本天文学会代議員

計算基礎科学連携拠点（JICFuS）副拠点長

「富岳」成果創出加速プログラム「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境
変動までの統一的描像の構築」副代表

神戸大学大学院理学研究科付属惑星科学研究センター協力研究員

3. 森正夫

人間総合科学学術院教育学 学位プログラム兼任

理工学群長候補者及び副学群長候補者意向調査管理委員 会委員長

4. 矢島秀伸

【学内】

物理学域 カリキュラム委員会委員

物理学域 博士論文評価委員会委員

【学外】

国立天文台すばる観測時間割当委員会委員

5. 吉川耕司

【学内】

計算科学研究センター 計算機運用委員会委員

計算科学研究センター 先端計算科学推進室委員

最先端共同 HPC 基盤施設スーパーコンピュータシステム 仕様策定委員会委員

総合科目 専門部会委員

【学外】

日本天文学会 欧文研究報告 編集委員

10. 社会貢献・国際貢献

1. 森正夫. ニュートン別冊「宇宙の終わり」監修. Dec. 17, 2022.
2. 森正夫. 銀河の衝突 そして進化. プレミア保存版 銀河のすべて (Newton プレミア保存版シリーズ) 協力.
3. 大須賀健. コメント掲載, *NHK NEWS web*, 天の川銀河の巨大ブラックホールの撮像について. May 13, 2022.
4. 大須賀健. コメント掲載, 日経新聞電子版, 天の川銀河の巨大ブラックホールの撮像について. May 13, 2022.
5. 大須賀健. テレビ出演, *NHK ニュース*, 天の川銀河の巨大ブラックホールの撮像についてインタビューを録画放送. May 13, 2022.
6. 大須賀健. 雑誌記事執筆, "計算で作る宇宙「ブラックホール」", 科学 2022 年 6 月号. June 1, 2022.
7. 大須賀健. 秋田県立本荘高等学校創立百二十周年記念式典 記念講演「最新のブラックホール天文学」. Oct. 8, 2022.
8. 大須賀健. 一般講演, 「ブラックホールと一般相対性理論」, 朝日カルチャーセンター横浜. Feb. 25, 2023.
9. 大須賀健. 英語教科書編集協力, いいずな書店「*New Rays II*」"10 章 *Physics Goes A Long Way*". Mar. 2, 2023.
10. Alexander Wagner. ``*FEATURE: Space burials not just science fiction as celestial partings take off*``. 共同通信英語版特集記事 (コメント) . Mar. 6, 2023. url: <https://english.kyodonews.net/news/2023/03/d00bc746d3b3-feature-space-burials-not-just-science-fiction-as-celestial-partings-take-off.html>.
11. 矢島秀伸. 読売新聞オンライン- 挑む科学の現場から-「医学と宇宙物理学、異色のコラボで安全な画像診断を目指す」取材. Dec. 14, 2022.

11. その他

1. 大須賀 健. 令和 5 年度「富岳」成果創出加速プログラム採択 ``シミュレーションと AI の融合で解明する宇宙の構造と進化" (代表：大須賀健).
2. 大須賀 健. 令和 5 年度「富岳」一般利用課題採択 ``一般相対論的輻射磁気流体計算で解明するブラックホール降着円盤と準周期振動" (代表：大須賀健).
3. A. Y. Wagner. Cover image selected for Nature Astronomy, Volume 6, Issue 4, ``Cold circum nuclear gas rides the jet stream". Apr. 10, 2022. url: <https://www.nature.com/natastron/volumes/6/issues/4>.