

SPRING 区分1

研究費等支給対象学生研究計画書
次世代研究者挑戦的研究プログラム (SPRING)

学位プログラム名 又は専攻名	物理学学位プログラム		
フリガナ 氏名	ササキ コトラ 佐々木 昶虎		
学籍番号	202630058	生年月日	(西暦) 2001年 1月 24日生 (25歳)
現住所・連絡先	〒305-0821 茨城県つくば市春日4丁目5-6 ドレミハイツ103号 TEL 080-9005-5673 E-mail s2630058@u.tsukuba.ac.jp		
採用希望期間	2026年 4月 1日 ~ 2029年 3月 31日 (36月)		
指導教員 所属・氏名	(所属・職名) 筑波大学 数理物質系 教授 (氏名) 久野 成夫		
SPRING 区分1 応募要件の確認	自身が以下に該当することを確認し、□にチェックを入れること。 <input checked="" type="checkbox"/> 2026年度にSPRINGと同趣旨の、学生自身の自由で挑戦的・融合的な研究に専念するための国費による研究費支援を受ける予定はありません。 <small>(国による生活費相当額及び研究費の支給を伴う事業：SPRING、BOOST、JSPS 特別研究員(DC)、JICA、NEXUS等)</small> <input checked="" type="checkbox"/> 2026年度に生活費相当額として十分な水準(240万円以上/年)の、給与・役員報酬等の安定的・固定的収入を得る予定はありません。 <small>(アルバイト収入、TA/RA活動への対価は安定的・固定的な収入に含めない。)</small>		
【外国籍学生のみ記入】 ※右記に該当しない外国籍学生はSPRING区分2、区分3へ応募となります。	<input type="checkbox"/> 在留資格は「留学」ではありません。自身の在留資格() <input type="checkbox"/> 「新制度で研究奨励費の支援対象となる学生の整理」において自身が対象であることを確認しました。 <input type="checkbox"/> 本学修了後、日本で就労して定着する意思があります。		
研究題目名	時系列情報と銀河環境要因を統合した階層的重力崩壊モデルの構築と大質量星形成の解明		
前年度研究業績 (直近1年間) ※次ページにわたっても差し支えない。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下の項目に該当するもの又は特筆する研究業績等があれば記載してください。また、それを証明する資料も適宜添付してください。この場合、当該資料の表紙と申請者の氏名が記載されている箇所の2ページ程度を想定しています。多量の資料の添付は必要ありません。 (1) 学術雑誌等(紀要、論文集等を含む。)に発表した論文又は著書 (2) 学術雑誌等又は商業誌における解説又は総説 (3) 国際会議における発表又は国内学会、シンポジウム等における発表 (4) その他(特許、受賞歴等) <p>1. 研究発表(ポスター) <u>Kotora Sasaki</u>, Nario Kuno, Hajime Fukushima, Shinji Fujita, Shingo Nozaki, Zhou Yuqiu, "Assessing Hierarchical Cloud-Cloud Collisions Using Dendrogram Analysis", 野辺山星・惑星系形成研究会(査読なし), 2025年9月</p>		

- | | |
|--|---|
| | <ol style="list-style-type: none">2. 研究発表 (口頭) <u>Kotora Sasaki</u>, Nario Kuno, Hajime Fukushima, Shinji Fujita, Shingo Nozaki, “Observational Verification of Hierarchical Evolution Models in Galactic Molecular Clouds”, 2026 URSI-Japan Radio Science Meeting (査読なし), 2026年3月3. 研究発表 (口頭) <u>佐々木 誇虎</u>, 久野成夫, 福島肇, 藤田真司, 野崎信吾, 「銀河系内分子雲における階層的進化モデルの観測的検証」, 日本天文学会 2026年春季年会 (査読なし), 2026年3月4. 受賞 <u>佐々木 誇虎</u>, 物理学学位プログラムリーダー賞, 2026年3月 |
|--|---|

研究計画書 (2,000 字程度)

①研究概要を 500 字程度で記入してください。

以下を 1500 字程度で記入してください。

②学際的な研究内容との関連性、見込まれる業績・成果 (持続可能な開発目標 (SDGs) への貢献又は長期的な人類社会への貢献) についての説明

③海外での研究活動等のキャリア開発の計画等

①大質量星の形成過程の解明は天文学の重要課題である。近年、多層的なガス集積を伴う「階層的重力崩壊 (GHC) モデル」が注目されているが、先行研究は静的な構造確認に留まっていた。申請者はこれまでの銀河系内分子雲の観測データ (FUGIN) 解析により、階層構造内の高密度領域への継続的なガス流入や相互作用が星形成を促進する動力学的な実態を明らかにした (修士論文、投稿論文準備中)。しかし依然として、時間発展や渦状腕などのマクロな環境要因の影響は不明である。そこで本研究は、時系列情報と銀河環境の影響を統合したマクロな階層重力崩壊モデルの完成を目的とする。具体的には、スーパーコンピュータ Miyabi (JCAHPC) を用いた GPU 流体シミュレーションにより、自己重力進化および渦状腕環境下での構造進化を追跡する (時間的拡張)。同時に、チリ・アタカマの電波望遠鏡 ALMA 等による近傍銀河 M33 の高分解能観測を行い、渦状腕と階層構造の関連を調べる (空間的拡張)。双方を統合比較し、銀河スケールから星形成に至る物理の因果関係を解明する。

②本研究は、宇宙物理学における理論・観測と、最新の計算科学・情報科学を高度に融合させる学際的なアプローチをとる。銀河規模のマクロな分子雲スケールからマイクロな星形成コアまでを同時に追跡するためには、極めて広いダイナミックレンジが必要となる。これを解決するため、適合細分化格子法を用いた自己重力流体計算コードを GPU 最適化し、スーパーコンピュータの超並列計算環境を活用する。また、広大なシミュレーションデータおよび観測データ双方から、物理的に意味のある階層構造を同定・抽出するために、独自のアルゴリズムに基づく解析基盤を構築する。このように、天文学の未解決課題に対し、最先端の計算機科学と大規模データ解析技術を駆使して切り込む点に、本研究の学際的な特長がある。この融合的アプローチにより、静的な構造の把握に留まっていた従来の星形成モデルに対し、「時間軸」と「マクロな環境依存性」を付与した完全な大質量星形成シナリオの構築が見込まれる。観測と理論の双方から物理的因果関係を直接的に証明することで、本分野に決定的なインパクトを与える成果となる。また本研究で培われる、極限スケールの物理現象を繋ぐ大規模 GPU 計算手法や、ビッグデータから本質的な構造を抽出する解析基盤は、宇宙物理学の枠を越え、複雑系科学や気象学、さらには産業界のデータサイエンス分野へも広く波及しうるものである。これは、持続可能な社会を支える情報・技術基盤の強化 (SDGs 目標 9「産業と技術革新の基盤をつくろう」) に資するとともに、高度な専門知識と課題解決能力を持つ人材による総合知の創出 (目標 4「質の高い教育をみんなに」) へと繋がるものである。

③本研究の遂行においては、国際的な研究コミュニティとの協働が不可欠であり、それを通じたキャリア開発を計画している。第一に、海外の最先端観測施設を用いた国際的な観測プロジェクトの主導である。チリの ALMA 望遠鏡や、欧州の IRAM (フランスの NOEMA 干渉計、スペインの 30m 単一鏡) に対し、研究代表者として観測提案を行う。これらの国際的な共同利用施設の運用やデータ解析プロセスに深く関わることで、グローバルな研究環境における実践的なプロジェクトマネジメント能力を養う。第二に、国際学会における議論を通じた発信力と対話力の強化である。直近のキャリア開発のステップとして、本年 8 月にドイツ・ケルンで開催される大質量星形成に関する国際学会 (Habitats of massive stars 2026) に参加し、投稿予定の論文に関する成果を発信する。単に研究成果を発表するだけでなく、海外の研究者との複雑な議論において相手の意図を瞬時に汲み取り、リアルタイムに議論を交わすことで、共同研究の端緒を開くような高度なリスニング力と対話力を実践的に鍛え上げる。今後の研究においては、観測とシミュレーションという異なるアプローチを統合していく上で、分野や国境の垣根を越えた多角的な視点が不可欠である。国際的な場での経験を積むことで、自身の研究テーマを常にグローバルな潮流の中で再定義し、新たな学際的領域を切り拓くための広い知見を養う。将来的には、本研究で構築する「銀河環境を統合した階層的重力崩壊モデル」を基点に、多様な専門性を持つ国内外の研究者を巻き込み、大規模な国際共同研究を強力に牽引できる、自立した研究リーダーとしてのキャリアを確立することを目指す。

申請に当たっては、虚偽の記載はありません。

研究費については、指導教員の指導の下、不正のないように執行いたします。

2026 年 5 月 18 日

申請者 (署名)

佐々木 詩虎

指導教員確認

(所属・職名)

数理解物質系・教授

(署名)

久野 成夫

【2】研究計画 適宜概念図を用いるなどして、わかりやすく記入してください。様式の変更・追加は不可です。**(1) 研究の概要及び研究の位置づけ** 本項目は1頁に収めてください。

- ・まず、研究課題名及び研究の概要を全角500字（半角1,000字）程度で記入してください。
- ・続けて、特別研究員として取り組む研究の位置づけについて、当該分野の状況や課題等の背景、並びに本研究計画の着想に至った経緯も含めて記入してください。

研究課題名：時系列情報と銀河環境要因を統合した階層的重力崩壊モデルの構築と大質量星形成の解明

大質量星の形成プロセスは、天文学における最大の未解決問題の一つである。その解明に向け、多層的なガス集積を伴う「階層的重力崩壊モデル」が注目を集めている。しかし先行研究における検証は、階層構造の静的な形状確認に留まっていた。これに対し申請者は、銀河系内分子雲の観測データ解析から、階層構造内部の高密度領域への継続的なガス流入や相互作用が大質量星形成を促進するという動力的な実態を明らかにした。しかし観測は現時点のスナップショットに過ぎず、構造の時間発展を厳密に証明できない。また渦状腕等のマクロな環境要因が構造形成をどう誘発するのかも解明されていない。そこで本研究は、時系列情報と銀河環境の影響を完備したマクロな階層重力崩壊モデルの完成を目的とする。GPU 計算機を用いた流体シミュレーションにより、階層構造の時間発展を包括的に追跡する（時間的拡張）。並行して、ALMA 等による近傍銀河 M33 の高分解能観測から、渦状腕環境と階層構造の関連を観測的に調べる（空間的拡張）。最終的に双方を統合した環境依存シミュレーションを実施・検証し、銀河スケールから星形成に至る物理の因果関係を完全に解明する。

研究背景と課題：大質量星形成の謎と階層的進化モデル

星は、宇宙空間を漂う冷たいガスの集まり（分子雲）が自らの重力で収縮することで誕生する。特に太陽の8倍以上の質量を持つ「大質量星」の具体的な形成プロセスは、天文学における最大の未解決問題の一つである。そのようなプロセスとして、重力による多層的なガス集積を想定した「階層的重力崩壊（GHC）モデル」が注目されている[1]。同モデルの観測的な検証には、地図の等高線のようにガスの階層構造を抽出する手法（Dendrogram; [2]）が用いられてきたが、先行研究[3, 4]では抽出された構造の形や大きさ（静的なスケールリング則）の確認に留まっていた。したがって、抽出された階層構造が、ガスの流入や相互作用といった動力的な動き、さらには実際の星形成活動とどう結びつき、いかにして大質量星形成を促進するのか、その物理的な因果関係を解き明かすことが本分野における最大の課題である。

本研究計画の着想に至った経緯

申請者はこれまでの研究で、野辺山45m望遠鏡による銀河系内分子雲の大規模観測データ（FUGIN; [5]）を、前述のDendrogramを用いて解析してきた。その結果、階層構造内部の高密度領域が、周囲からの継続的なガス流入や構造間の相互作用によって成長し、大質量星の形成を促進しているという動力的な実態（図1）を観測的に示した（修士論文、投稿論文準備中; [6, 7]）。しかし、観測データはいずれも現時点でのスナップショットに過ぎない。そのため、階層内部の高密度領域がモデルの示唆通りに重力で成長した結果なのか、その時間発展を厳密に証明することは不可能である。さらに銀河系内部の観測だけでは、銀河において大質量星形成の主たる現場である渦状腕のようなマクロ環境要因が、いかにしてミクロな階層形成構造の引き金になるのか、そのつながりを捉えることも困難である。そこで、数値シミュレーションによる「時間的拡張」と、銀河系外銀河の観測による「空間的拡張」によって、銀河スケールのガス流入から個々の大質量星形成に至る物理プロセスを完全に解明できると考えた。

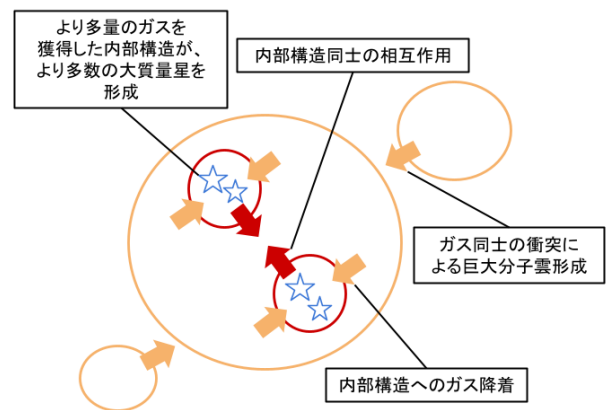


図1: 分子雲の階層的重力崩壊の概念図

- | | |
|---|---|
| [1] Vázquez-Semadeni, E., <i>et al.</i> 2019, <i>MNRAS</i> , 490, 3 | [5] Umemoto, T., <i>et al.</i> 2017, <i>PASJ</i> , 69, 78 |
| [2] Rosolowsky, E. W., <i>et al.</i> 2008, <i>ApJ</i> , 679, 1338 | [6] Sasaki, K., 2026, Master's thesis |
| [3] Shen, R., <i>et al.</i> 2024, <i>ApJ</i> , 971, 14 | [7] Sasaki, K., <i>et al.</i> in prep. |
| [4] He, S., <i>et al.</i> 2026, <i>ApJ</i> , 996, 62 | |

【2】研究計画（続き） 適宜概念図を用いるなどして、わかりやすく記入してください。様式の変更・追加は不可です。

(2) 研究目的・内容等 本項目は2頁に収めてください。

- ① 特別研究員として取り組む研究計画における研究目的、研究方法、研究内容について記入してください。
 - ② どのような計画で、何を、どこまで明らかにしようとするのか、特別研究員奨励費の応募区分（下記（※）参照）に応じて、年次計画を示し、具体的に記入してください。研究計画が想定通り進まなかった場合の対応方法があれば、あわせて記入してください。
 - ③ 研究の特色・独創的な点にも触れて記入してください。（研究の特色・独創的な点の例：先行研究等との比較、本研究の完成時に予想されるインパクト、総合知への貢献、将来の見通し）
 - ④ 研究計画が所属研究室としての研究活動の一部と位置づけられる場合は申請者が担当する部分を明らかにしてください。
 - ⑤ 研究計画の期間中に受入研究機関と異なる研究機関（外国の研究機関等を含む。）において研究に従事することも計画している場合は、具体的に記入してください。
- (※) 特別研究員奨励費の研究期間が3年の場合の応募総額は（A区分）が240万円以下、（B区分）が240万円超450万円以下（DC1のみ）。2年の場合は（A区分）が160万円以下、（B区分）が160万円超300万円以下。1年の場合は（A区分）が80万円以下、（B区分）が80万円超150万円以下。（B区分については研究計画に必要な場合のみ記入）

① 研究目的・研究方法・研究内容

本研究では、**時系列情報や銀河環境の影響を完備した、よりマクロな、階層重力崩壊による大質量星形成モデルの完成を目的とする。**そのために、以下の三つのサブ目的を順次達成していくことを目指す（図2）。

1. シミュレーションを用いた「時間的拡張」による、理論的ベースラインの構築

外部要因を排除した「自己重力のみ」のシミュレーションを実施し、自己重力駆動のガス降着による階層構造進化について、時間発展を追跡して理論的ベースラインを構築する。シミュレーション計算には、筑波大学と東京大学が共同運営する最先端スーパーコンピュータシステム（JC-AHPC）のMiyabiを利用する。計算コードには、適合細分化格子（AMR）法を用いた自己重力流体計算コードSFUMATO[7]のGPU最適化版であるSFUMATO#[8]を採用する。階層的な重力崩壊モデルの検証においては、数十パーセクに及ぶマクロな分子雲スケールから、大質量星形成が行われるサブパーセクのマイクロな高密度コアスケールまで、極めて広範なダイナミックレンジを同時に、かつ高解像度で解像する必要がある。SFUMATO#とMiyabiのGPUノードを組み合わせた超並列計算環境を構築することで、膨大な計算コストを劇的に削減し、これまで困難であった広大な空間スケールにおける重力進化の高解像度な追跡を可能にする。

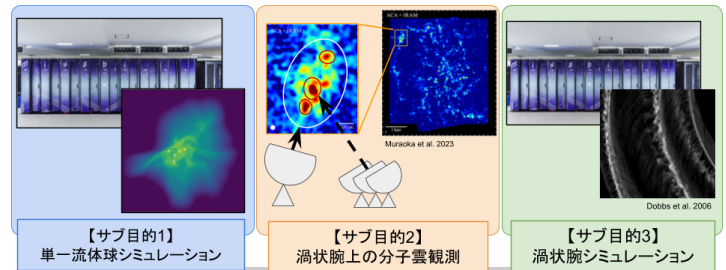


図 2: 研究目的と各サブ目的の概要

2. 銀河系外銀河の観測を用いた「空間的拡張」による、既存シナリオとマクロ環境との接続

銀河系外銀河の観測を実施し、銀河渦状腕などのマクロな環境と分子雲階層構造との関連を調べる。近傍銀河M33を対象に、南半球チリのアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計（ALMA）および、欧州のIRAM（フランスのNOEMA干渉計およびスペインの30m単一鏡）を用いた高分解能電波観測を実施する。M33の渦状腕に位置する分子雲は、銀河回転に伴う大局的な衝撃波の圧縮を受け、フィラメント構造の形成や分子雲衝突などの明確な動力学的特徴を示す[9, 10]。これは、**マクロな環境要因の寄与を含む、拡張された階層的な重力崩壊シナリオを構築するための極めて理想的なサンプルである。**階層構造の検証には、広がった低密度ガスから高密度コアまでを漏れなく捉える必要があるため、各施設の単一鏡と干渉計を併用する。M33における同手法の抽出例[11]は銀河全体の観測ゆえに低分解能（約30 pc）に留まっており、本研究で行うような、個別の分子雲を標的とした新規の高分解能観測が不可欠である。観測・解析結果をサブ目的1で構築したベースラインと比較し、銀河環境による寄与まで考慮したよりスケールの大きい階層的な重力崩壊のシナリオを構築する。

3. シミュレーションを用いた「時間的拡張」による、マクロなシナリオの検証

銀河渦状腕下で頻発する大規模なガス集積や分子雲衝突を想定した、マクロな環境依存シミュレーションを実施する。Miyabiの超並列GPU環境を活用することで、従来の計算では困難だった「渦状腕スケールの長期的な時間発展」と「サブパーセクに至る内部の空間階層」の同時かつ連続的な追跡を初めて実現する。これにより生成した疑似観測データをサブ目的2で得た実観測と直接比較し、構築されたシナリオの妥当性を検証する。

② どのような計画で、何を、どこまで明らかにしようとするのか

本研究は以下のような年次計画で進めていく

(図3)。

【採択前】

・シミュレーション(サブ目的1): Miyabi の GPU 環境に習熟しつつ、SFUMATO#を用いた疑似観測データ生成などの解析基盤を構築する。並行して、外部要因を排除した自己重力のみの単一流体球シミュレーションの本計算を実行し、以降の比較基準となる理論的ベースラインを取得する。

【1年目】

・観測(サブ目的2): 上半期に、近傍銀河 M33 を対象とした ALMA への観測提案を行うとともに、並行してアーカイブ解析を進める。

このアーカイブ解析は、万が一 ALMA および IRAM の観測提案がすべて不採択となった場合でも確実に研究を完遂するための、最終バックアップとしても機能させる。前述の解像度では銀河系内の観測ほど細かく内部構造を分解できないが、渦状腕が階層構造形成に与えるマクロな影響を統計的に検証するには十分である。下半期には ALMA の本観測を実施し、観測データを取得・解析する。また IRAM (30m 単一鏡・NOEMA 干渉計) への観測提案を提出する。これは ALMA 不採択時の代替、かつ採択時の補足観測として位置づける。

・シミュレーション(サブ目的1、3): 上半期に、採択前に実施した単一流体球シミュレーションの結果(純粋な重力進化のベースライン)をまとめ、国際学術誌へ論文を投稿する。下半期にはサブ目的3である、外部重力場として銀河渦状腕ポテンシャルを導入したマクロな環境依存シミュレーションの構築を開始する。単一流体球とは異なり、複雑な重力場における非一様なガス力学を扱うため、本期間では初期条件のセットアップ、テスト計算、およびパラメータの最適化を念入りに行い、次年度の大規模計算に向けた確固たるモデル基盤を確立する。

【2年目】

・観測(サブ目的2): 1年目冬期から2年目春期にかけての割り当て期間内で IRAM での観測を実行し、取得データを随時解析して ALMA の補完または代替データとする。ALMA と IRAM のデータをまとめ、分子雲階層構造形成に対する銀河環境の影響をシナリオに組み込む。

・シミュレーション(サブ目的3): 前年度の下半期に構築・最適化した渦状腕モデルを用いて、Miyabi の超並列 GPU 環境における本番計算を実行する。解析結果とサブ目的2にて構築したシナリオを比較・検証し、銀河スケールまで含めた階層的な重力崩壊による大質量星形成シナリオを完成させる。

③ 本研究の特色・独創的な点

- ・観測と理論の統合による動力的因果関係の解明: 観測を通して銀河渦状腕による分子雲の階層構造形成をモデル化し、シミュレーションを通して観測と類似の階層構造を特定・追跡して時間軸を付与する。この観測と理論研究の組み合わせにより、静的構造の把握を超えた大質量星形成の動力的プロセスを初めて直接証明し、本分野に決定的なインパクトを与える。
- ・GPU 超並列計算による極限スケールの開拓と総合知への貢献: 星形成分野において発展途上の GPU 流体計算をいち早く導入し、広大なダイナミックレンジの同時追跡という計算限界を突破する。異なる空間スケールの物理現象を繋ぐこの大規模計算手法や解析基盤は、宇宙物理学の枠を越えて情報・計算科学や複雑系科学等の他分野へも広く波及しうるものであり、学術領域を横断する総合知の創出に強く貢献する。

④ 申請者が担当する部分

本計画の立案、ALMA 等への観測提案(代表者として申請)、解析、論文執筆の全工程は申請者が主導する。Miyabi の計算資源は筑波大学の福島肇助教の共同研究枠組みを活用し、シミュレーション実施の際も同氏の助言を頂く。

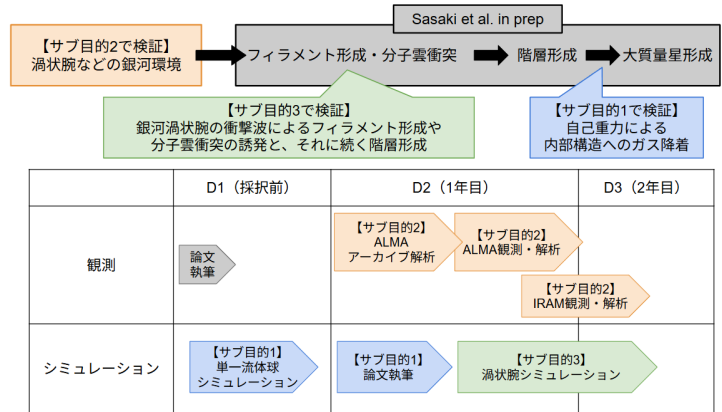


図3: 各サブ目的の詳細な位置づけと、研究計画の流れ

[7] Matsumoto, T. 2007, PASJ, 59, 905

[8] Fukushima, H., & Matsumoto, T. 2026, arXiv:2604.21438 [astro-ph.GA]

[9] Tokuda, K., et al. 2020, ApJ, 896, 36

[10] Kondo, H., et al. 2021, ApJ, 912, 66

[11] Muraoka, K., et al. 2023, ApJ, 953, 164

【3】人権の保護及び法令等の遵守への対応 本項目は1頁に収めてください。様式の変更・追加は不可です。

- ・本欄には、「【2】研究計画」を遂行するにあたって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究や安全保障貿易管理を必要とする研究など指針・法令等（国際共同研究を行う国・地域の指針・法令等を含む）に基づく手続が必要な研究が含まれている場合、講じる対策と措置を記入してください。
- ・例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査・行動調査（個人履歴・映像を含む）、国内外の文化遺産の調査等、提供を受けた試料の使用、侵襲性を伴う研究、インフォームド・コンセントが必要な研究、ヒト遺伝子解析研究、遺伝子組換え実験、動物実験、機微技術に関わる研究など、研究機関内外の情報委員会や倫理委員会等における承認手続が必要となる調査・研究・実験などが対象となりますので手続の状況も具体的に記入してください。
- ・なお、該当しない場合には、その旨記入してください。

本研究では該当しない。

【4】研究遂行力の自己分析 本項目は2頁に収めてください。様式の変更・追加は不可です。

・日本学術振興会特別研究員制度は、我が国の学術研究の将来を担う創造性に富んだ研究者の養成・確保に資することを目的としています。この目的に鑑み、これまで携わった研究活動における経験などを踏まえ、研究遂行力について分析してください。

成果物一覧

1. 研究発表（口頭、査読なし、国内）佐々木誇虎，分子雲の構造進化に向けた自己重力流体シミュレーションの解析，2024年第54回天文・天体物理若手夏の学校，星間 a11，2024年7月
2. 研究発表（口頭、査読なし、国内）佐々木誇虎，久野成夫，福島肇，藤田真司，野崎信吾，分子雲の構造進化の理解に向けたシミュレーションと観測データの解析，日本天文学会2025年春季年会，P135a，2025年3月
3. 研究発表（口頭、査読なし、国際）Sasaki, K.，Kuno, N.，Fukushima, H.，Fujita, S.，Nozaki, S.，Observational Verification of Hierarchical Evolution Models in Galactic Molecular Clouds，2026 URSI-Japan Radio Science Meeting，March 2026
4. 研究発表（口頭、査読なし、国内）佐々木誇虎，久野成夫，福島肇，藤田真司，野崎信吾，銀河系内分子雲における階層的進化モデルの観測的検証，日本天文学会2026年春季年会，P115a，2026年3月
5. 研究発表（ポスター、査読なし、国際）Sasaki, K.，Kuno, N.，Fukushima, H.，Fujita, S.，Nozaki, S.，Simulation and Observational Data Analysis for Understanding the Structural Evolution of Molecular Clouds，UK Galactic Star Formation Workshop，September 2024
6. 研究発表（ポスター、査読なし、国内）Sasaki, K.，Kuno, N.，Fukushima, H.，Fujita, S.，Nozaki, S.，Zhou, Y.，Assesing Hierarchical Cloud-Cloud Collisions Using Dendrogram Analysis，野辺山星・惑星系形成研究会，2025年9月
7. 受賞 佐々木誇虎，卒業研究ベストプレゼンテーション賞，2024年3月
8. 受賞 佐々木誇虎，物理学学位プログラムリーダー賞，2026年3月

(1) 研究に関する自身の強み

● 研究における主体性

申請者は、自ら問いを立て、必要な知識や技術を主体的に獲得しながら研究を推進する力を持つ。学部時代よりプログラミングを通じたデータ解析に魅力を感じ、物理学と情報科学の双方から宇宙の仕組みに迫るアプローチを自発的に学んできた。これまでの研究活動の集大成として、**FUGIN** データを対象に **astrodendro** を用いて分子雲の階層構造を同定する独自の解析手法を自ら構築・実行した。この成果を基に、本年8月の国際学会での発表および国際学術誌への論文執筆を主導するなど、自らの問題意識に基づいて研究プロジェクトを牽引する実績を積んできた。未知の課題に対して自ら解析枠組みを立ち上げ、形にするこの力は、対象データや研究フェーズが移行する博士後期課程においても、独立した研究者として分野を切り拓く強力な基盤となる。

● 発想力、問題解決力

申請者は研究を進める中で既存の手法の限界にいち早く気づき、独自の視点で解決策を実装する姿勢を常に大切にしている。観測とシミュレーションが別個に扱われがちな星形成分野の現状に対し、双方を橋渡しする新たな解析の枠組みを構築してきた。シミュレーションデータの解析において、Dendrogram アルゴリズムが想定通りに作動しない事例に直面した際も、アルゴリズムの構造や前処理を根本から見直し、安定した解析を実現した。既存手法に安住せず、観測的検証と理論モデルの双方の視点から分子雲の構造進化に切り込む問題解決力は、今後の研究を発展させる重要な原動力となる。

● 知識の幅、深さ

申請者は、観測とシミュレーションの双方に対する深い理解と技術的スキルを有している。電波観測を専門とする環境で実践的なデータ解析手法を習得する一方、外部の勉強会等に積極的に参加し、数値流体力学や自己重力流体シミュレーションの基礎理論を修得してきた。独学で習得した Python 等を用い、データ解析コー

(【4】研究遂行力の自己分析の続き)

ドの実装から可視化までを自らの手で開発・適用する能力を持つ。実際に、階層的進化モデルの観測的検証や、シミュレーションと観測データの統合的な解析においてその知見をいかに発揮しており、多面的かつ柔軟に研究を推進できる。

● **コミュニケーション能力**

申請者はこれまで、多様な立場の研究者と円滑に議論を行い、研究を深化させるコミュニケーション能力を培ってきた。国内外の学会・ワークショップに継続的に参加し、自身の専門分野に限らない幅広い知見を積極的に取り入れている。特に、UK Galactic Star Formation Workshop (成果物 5) や URSI-Japan (成果物 3)、野辺山での研究会 (成果物 6) では、英語でのポスター発表や口頭発表を通じ、言語の壁を越えて国内外の研究者と活発に意見を交わした。国際的な場における実践的な討論を通じて磨かれた対話力は、海外の研究機関との共同研究や異分野融合においても強力な武器となる。

● **プレゼンテーション能力**

申請者は、複雑な研究内容を論理的かつ魅力的に伝える、優れたプレゼンテーション能力を有する。学部 4 年次の「卒業研究ベストプレゼンテーション賞」(成果物 7) に加え、修士課程におけるこれまでの多角的な研究実績と国内外での発信力が高く評価され、「物理学学位プログラムリーダー賞」を受賞した (成果物 8)。国際学会においても、専門外の審査員や海外の研究者への確に意図が伝わるよう資料構成を徹底的に洗練させ、評価を得てきた。このような高い発信力は、今後の研究成果を国際社会へ還元していく上で必要不可欠な資質であると確信している。

(2) 今後研究者として更なる発展のため必要と考えている要素

● **国際的な共同研究を牽引するための高度な対話力の獲得**

これまで国際学会を通じ、自身の研究成果を英語で発信し、海外の研究者と議論を交わす実践的な経験を積んできた。その中で、自身の考察を的確に伝える発信力には確かな手応えを得た一方で、複数の研究者が入り乱れる複雑な議論において、相手の意図を瞬時に汲み取り、リアルタイムに議論を主導する力にはまだ課題を感じている。本研究が目指す観測とシミュレーションの統合的理解は国際的にも重要なテーマであり、今後は海外の研究者との共同研究を見据えた活動が不可欠となる。そのため、本年 8 月のケルンでの国際学会をはじめとする海外研究者との交流機会を最大限に活用し、単なる意思疎通にとどまらず、国際的なプロジェクトを牽引できるレベルの高度なリスニング力と対話力を実践的に鍛え上げていきたい。

● **多角的な議論を研究の飛躍に繋げる思考の持久力**

これまで、多様な立場の研究者との議論を通じ、自身の初期のアイデアが根本から覆されるような経験を数多く重ねてきた。かつてはそうした意見の衝突や仮説の修正に戸惑うこともあったが、現在では、自らのアイデアに対する多角的な指摘こそが、研究の質を飛躍的に高めるための重要なプロセスであると前向きに捉えられるようになった。今後は、観測とシミュレーションという異なるアプローチを統合していく上で、分野の垣根を越えたさらに高度で複雑な議論が求められる。そのため、他者からの批判的な意見や新しい視点を柔軟に吸収しつつも、「自身が最終的に何を明らかにしたいのか」という確固たる研究の軸を決して見失わない、より高次元での「思考の持久力」と「精神的タフネス」を鍛え上げていきたい。