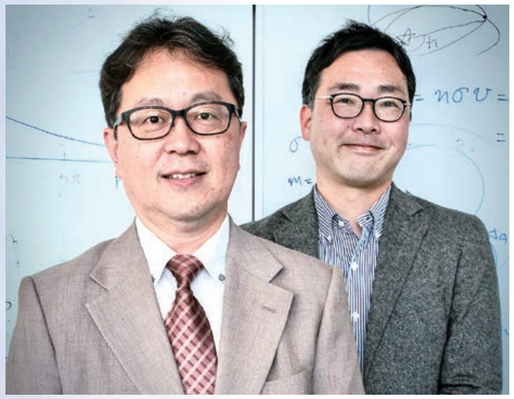
TA 研究室　理論宇宙物理学研究室



犬塚修一郎教授（左）と小林浩准教授（右）

*犬塚修一郎　教授　*Shu-ichiro Inutsuka, Prof.*
小林　浩　准教授　*Hiroshi Kobayashi, Assoc. Prof.*

宇宙には恒星や惑星を始めとして，様々な種類の天体が存在している．これらの天体の形成や，進化に伴う物質の集積と放出，そして爆発現象は，重力場や磁場，輻射場存在下の非線形流体現象である．そのため，多くの問題が未解明のまま残されている．本研究室では，これら天体現象を，計算機シミュレーションや解析的手法により調べている．研究課題は幅広く，物理学専攻内の他研究室との共同研究はもとより，太陽地球環境研究所（太陽に関する研究課題）や環境学研究科（惑星形成に関する研究課題）の研究室と密接な連携を取り研究を進めている．以下では研究課題のうち，いくつかの話題に絞って紹介する．

当研究室を志望する大学院生へ:

理論宇宙物理研究室での研究においては，必要であれば物理学のあらゆる分野の理論を駆使します．従って，物理学やその他の科学の幅広い分野への興味を持って研究できる野心的な学生を期待しています．

研究紹介:

星は分子雲の中で生まれるため，分子雲の形成過程を理解することは，星形成過程の初期条件を決定するために不可欠である．しかし，高密度の分子雲の中での磁場の強さが精度良く測れないという致命的な観測的困難のため，星形成初期段階での磁場の役割については現在でも論争が絶えない．そのため，分子雲の形成過程を調べることで，星形成過程の初期条件を理論的に推定するという研究が重要となる．また，銀河内での分子雲形成過程を理解することは，星形成活動に起因する銀河の進化の研究の為にも必要であるが，以前はほとんど手がつけられていないテーマであった．我々はこの問題に対する本格的な理論研究を世界に先駆けて行っている．化学反応を伴いガスの相変化を含む詳細な物理過程を記述する我々の現実的モデルは現在「多相星間媒質のダイナミックス」として世界的に研究されるテーマになってきている（図1，2）．

星形成過程の研究においては，「どのようにして角運動量を捨てて星が形成されるか？」と「形成される星はいつどのようにして磁束を失うか？」の二つの問題を解明しなければならない．これらの問題に我々は正面から取り組んでおり，その二つの問題の解決は密接に結びついていることがわかってきた（図3参照）．

1995年に始まる系外惑星の発見以来，惑星形成過程に関する研究は急速に発展してきた．現在では，5000以上の惑星候補天体が発見され，その多様性が議論されている，一方，惑星系の「ゆりかご」である原始惑星系円盤の詳細構造の観測も進んでいる．しかし，惑星系の起源を説明するための惑星形成理論は様々な困難を抱えている．惑星形成過程を解明するためには，惑星形成環境である原始惑星系円盤の形成・進化とその中でのダストから惑星までの成長を統一的に理解する必要がある．非常に難しい問題だが，シミュレーションと解析的な手法両方を駆使してこの問題に取り組んでいる（図4，5）．

形成された惑星系の中で，生命を育む惑星表面環境形成には，微惑星と呼ばれる小天体の地球への衝突が重要である．衝突シミュレーションによりこの過程の解明にも取り組んでいる（図6）．また，惑星探査機「はやぶさ2」によりこのような小天体が調べられ，その驚くべき形状も明らかになった．我々は，この形状の起源もシミュレーションにより明らかにした（図7）．

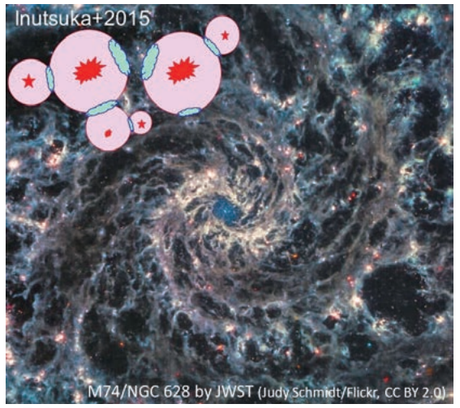


図1：最新の宇宙望遠鏡JWSTが観測した円盤銀河NGC628の渦状腕バブル構造．左上の挿入図は犬塚らが提案した星形成の統一シナリオで予言した構造．

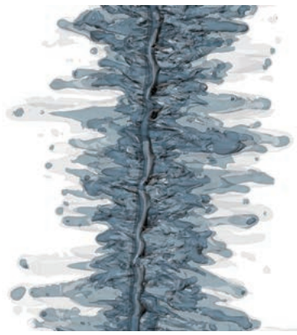


図2：星形成フィラメントの形成機構を解明する3次元磁気流体シミュレーション（元Ta研学生と教員の安部と井上，犬塚）

TA研メンバー

セミナーの風景

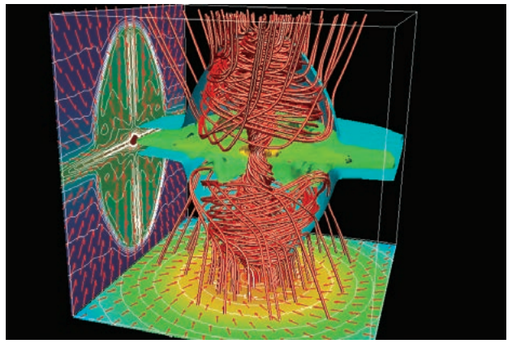


図3：分子雲の中の高密度の部分（分子雲コア）が自己重力的に収縮して原始星が誕生する過程を解明した磁気流体力学的数値シミュレーションの結果．まず，10AU程度の大きさの第一コアが形成され，その中で再度の動的収縮が始まり，最終的には太陽半径程度の大きさの第2コア（原始星）が形成される．それぞれの天体の形成に伴い，両極（回転軸）方向に高速ジェット状ガスが流れ出し，角運動量を放出する．この計算は，第1コアからのジェット放出を表しており，巨大電波干渉計ALMAなどを用いた最先端の観測による理論の実証が待たれている．（元Ta研PD岩崎，犬塚）

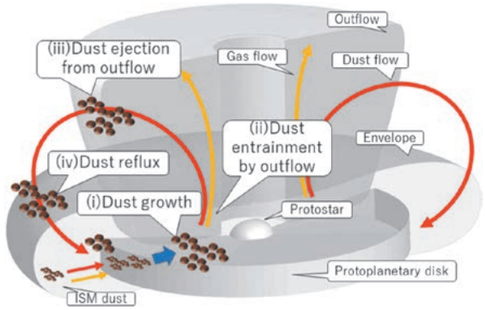


図4：円盤形成とダストの成長を同時に取り扱ったシミュレーション結果を説明する概念図（元Ta研PDの塚本，犬塚の2021年論文より）

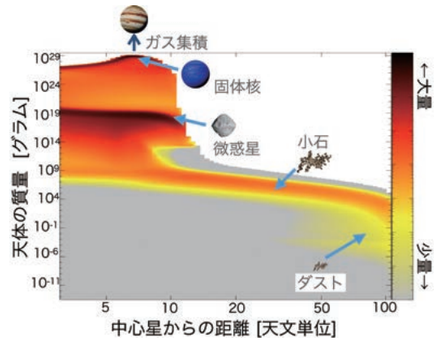


図5：円盤中でのダストから惑星形成まで取り扱った「統一シミュレーション」の結果．大問題であった「木星」の形成が20万年で可能になった．（小林）

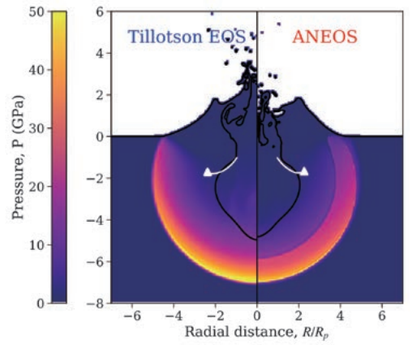


図6：惑星系における固体天体衝突シミュレーション（宮山，小林）

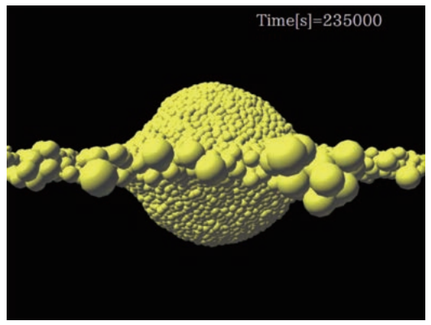


図7：惑星探査機「はやぶさ2」が訪れた小惑星リュウグウのコマ型形状の起源を解明したシミュレーション．高速自転により崖崩れが起きることで，球形の小惑星からコマ型形状が作られる．（卒業生の杉浦，小林，犬塚）

http://www.astro-th.phys.nagoya-u.ac.jp/talab/index_j.html

*連絡先　inutsuka@nagoya-u.jp

教授：1／准教授：1／DC：5／MC：9