物理系学科配属天文学教室個別説明会（Zoom；2020.6.24）

東北大学 宇宙地球物理学科 天文学コース（天文学教室）の紹介

17:00-17:05 学科長挨拶
17:05-17:40 各教員の研究紹介（2~3分×13人）
17:40-18:00 Q&A

宇宙地球物理学科 学科長
天文学専攻 専攻長　　兒玉　忠恭（こだま　ただゆき）

宇宙地球物理学科（天文学コース）

https://www.astr.tohoku.ac.jp

TOHOKU UNIVERSITY

東北大学天文学教室　理学部 宇宙地球物理学科 天文学コース
大学院理学研究科 天文学専攻

Astronomical Institute, Tohoku University

日本語 | English

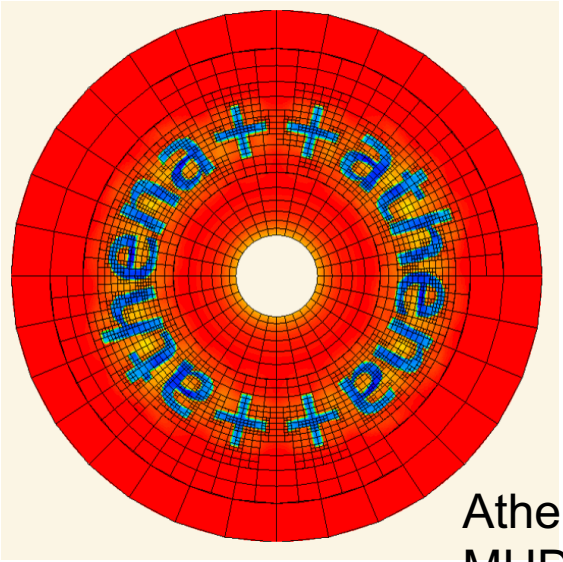
ホーム | 教室の概要 | メンバーと研究分野 | 受験生向け | 在学生向け | 談話会 | 連絡先・アクセス

東北大学天文学教室では、全国でも数少ない天文学・宇宙物理学の総合的な教育・研究を行っています。理論、数値シミュレーション、観測、観測装置開発など様々な手法を駆使して、系外惑星、恒星、銀河、銀河団、宇宙論などの天文学のほとんどの分野の研究を進めています。

天文学の研究方法

- 理論天文学（計算機コード開発を含む）
  - 物理学の法則に基づいて、天体現象の理論的理解・予言を行う。
  - 純粋理論の構築、コンピューターシミュレーション、天体現象データの理論解析

©理研

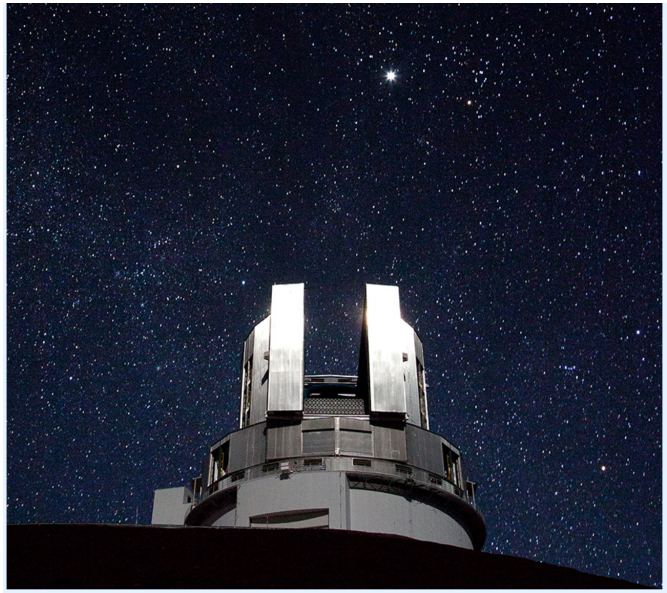


Athena++
MHDコード

© 富田

天文学の研究方法

- 観測天文学（観測装置開発を含む）
  - 天体現象の観測、またはそのための望遠鏡、観測装置の開発を行う。
  - 国内外の天文台（すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡、スペース望遠鏡など）を使った観測およびデータ解析、自前の装置開発



©すばる望遠鏡

©アルマ望遠鏡

東北大学　天文学教室

- 全国の大学で天文学教室（天文学専攻）を持つのは、東大、京大、東北大の3つだけ。
  - 理論天文学、計算機コード開発、
    観測天文学、装置開発、の全てをカバー。
    対象も、星、惑星、超新星、重力波、ブラックホール、銀河系、系外銀河、銀河団、宇宙大規模構造など広くカバー。
  - 系統だった天文学の総合教育。
  - 日本を代表する研究機関、世界第一線の研究成果。
  - 構成員も全国区、国際色も豊か。

進路状況

学部卒業後の進学・就職状況

学部卒業後はほとんどの学生（最近５年間では９５％程度）が大学院に進学しています。

年度	進学	就職	その他	主な就職先
2019	14	0	0	
2018	13	0	0	
2017	9	2	1	NECプラットフォームズ、大京
2016	11	3	1	株式会社ゆうちょ銀行、三井不動産リアルティ株式会社、独立行政法人日本学術振興会
2015	13	1	1	株式会社コロナ
2014	12	0	0	
2013	13	1	0	一般財団法人日本気象協会

博士前期課程修了後の進学・就職状況

博士前期課程修了後は４割程度が博士後期課程に進学し、６割程度が就職しています。博士後期課程に進学する場合は、大部分の学生が

- 宇宙創成国際共同大学院(GPPU)
- 国際高等研究教育機構
- 東北大学グローバル萩博士学生奨学金 (東北大学プレスリリース)

の奨学生として、また

- 日本学術振興会 特別研究員 (DC1/DC2)

として研究奨励金をもらって研究活動を続けています。

年度	進学	就職	その他	主な就職先
2019	3	6	0	ドリームキャリア、東日本電信電話、富士通、日本IBM、インフォコム、日立製作所
2018	4	7	0	ニコン、野村総研研究所、日本電気、日立製作所、全日本空輸、三菱電機、富士通
2017	3	5	0	宮城県、アルプス電気、メイテック、日本IBM、キヤノン
2016	5	8	0	アドバンスト・ビジネス・インターナショナル株式会社、キヤノン、キヤノン株式会社、ソウルドアウト株式会社、神奈川県、池上通信機株式会社、東京エレクトロン株式会社、フォルシア株式会社
2015	4	5	0	五藤光学研究所、野村総合研究所、キヤノン、日本生命保険相互会社、日本放送協会
2014	2	5	0	ジャパンディスプレイ、ＮＴＴデータフロンティア、GMOペイメントゲートウェイ、東証システムサービス、クイック
2013	6	1	2	西日本電信電話

GPPU 宇宙創成物理学国際共同大学院

Graduate Program on Physics for the Universe

TOHOKU UNIVERSITY

http://gp-pu.tohoku.ac.jp

素粒子・原子核・天文・宇宙研究の密接な連携
国際プロジェクトリーダー、世界を舞台に活躍する人材を育成

国際共同指導による博士論文研究（国際講義、高度実験、海外研修などの特別カリキュラム）

RAや給与、海外研修経費などの経済的サポート

理学研究科のM2大学院生１０名程度を募集。書類＆面接により選抜。

海外の連携大学・部局は，当面，アムステルダム大学（NIKHEF研究所），ウィスコンシン大学，オーストラリア国立大学，オルセー原子核研究所，カリフォルニア大学（バークレー校），ソウル大学，ドイツ重イオン研究所，ドイツ電子シンクロトロン研究所，ハワイ大学，ハンプトン大学（ジェファーソン研究所），プリンストン大学，ポーランドヤゲロー大学，マインツ大学，マサチューセッツ工科大学，ワシントン大学，マックスプランク研究所，ミシガン州立大学，中国科学院理論物理学研究所，欧州合同素粒子原子核研究所，などの 宇宙創成物理学国際共同大学院運営委員会で認める大学・研究機関である.

オンライン・シリーズ講演会「天文学の最前線」
主催：東北大学・宇宙地球物理学科・天文学コース（天文学教室）
対象：物理系1～2年生の希望者（事前登録などは必要ありません）
形式：オンライン・リアルタイム配信（Zoom）

第1回 6月12日 (金) 17:00～18:30
終了
田中 雅臣：ついに「見えた」重力波天体
秋山 正幸：進化する銀河を「見る」

第2回 7月3日 (金) 17:00～18:30
當真 賢二：ブラックホールとは何か？
千葉 柾司：ダークマターとは何か？

第3回 7月20日 (月) 17:00～18:30
大向 一行：宇宙最初の星とブラックホールの誕生
田中 秀和：系外惑星の誕生を探る
児玉 忠恭：銀河・銀河団の誕生と進化

教員と研究分野

天文学専攻（12名）

教授	秋山　正幸	銀河天文学、活動銀河核（観測・装置開発）
	大向　一行	天体形成論、星間物理学（理論）
	兒玉　忠恭	銀河天文学、銀河団（観測・理論）
	田中　秀和	惑星形成論、惑星天文学（理論）
	千葉　柾司	銀河物理学（理論・観測）
准教授	田中　雅臣	時間軸天文学、超新星、重力波天体（観測・理論）
	富田　賢吾	シミュレーション宇宙物理学、星形成過程（理論）
	服部　誠	宇宙マイクロ背景放射観測実験（装置・理論・観測）
	村山　卓	銀河天文学、活動銀河核（観測）
	李　宇珉	恒星物理学、コンパクト天体（理論）
助教	板　由房	恒星進化、恒星の質量放出現象（観測）
	吉田　至順	コンパクト天体（理論）

学際科学フロンティア研究所（2名）

准教授	當真　賢二	高エネルギー天体物理学（理論）
助教	市川　幸平	活動銀河核（観測）

JAXA 宇宙科学研究所・連携講座（1名）

教授	山田　亨	銀河天文学（観測）

他に
特任助教：2名
ポスドク研究員：15名

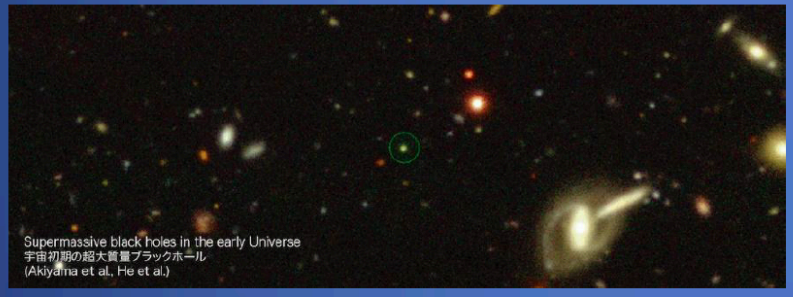
研究室紹介

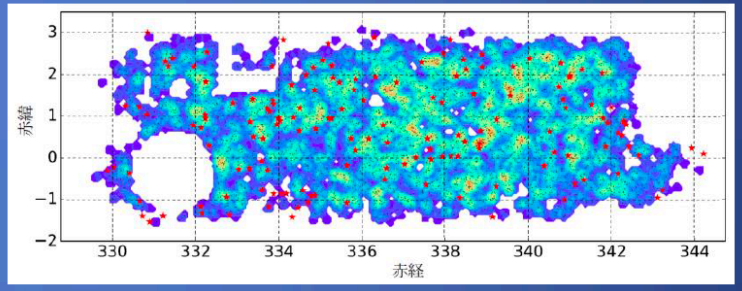
1. 秋山 正幸 研究室

多波長観測で探る超巨大ブラックホールの形成と進化

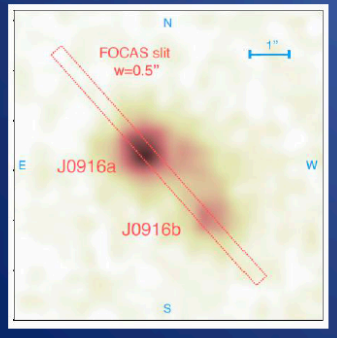
(学際研助教:市川、PD:小久保、何、M2:Klod)

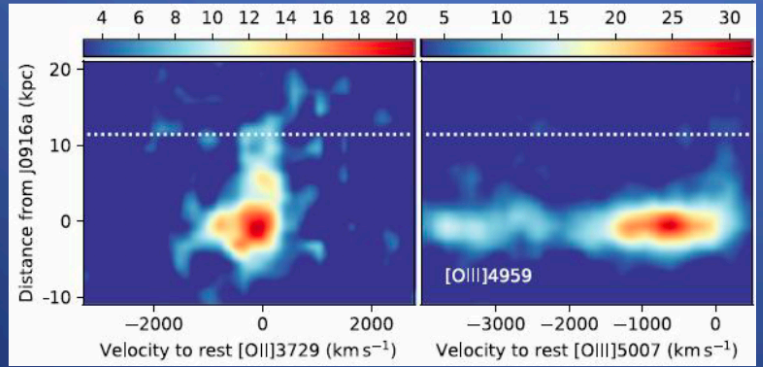
最近の観測によりほぼすべての銀河の中心には超巨大ブラックホールがあることが明らかになっています。このような超巨大ブラックホールが宇宙の歴史の中で誕生し、成長してきた様子は紫外線・X線や赤外線のデータなどで強い放射を放つ活動銀河中心核として見つけることが出来ます。活動銀河中心核を用いて、1. 超巨大ブラックホールがどのように形成されてきたのか、2. どのような銀河で形成が進んでいるのか、3. 宇宙の大規模構造とはどのように関わっているのか、4. 銀河の進化にどのように影響を与えたのか、5. これまでの観測では見過ごされていた隠された活動銀河中心核はどのくらいあるのか、をX線から電波に渡る多波長の観測により明らかにしようとしています。





すばる望遠鏡の広視野探査で見つかった宇宙初期の活動銀河中心核の例(左 Akiyama et al. 2018)
宇宙初期の銀河分布(色マップ)と活動銀河中心核の分布(赤星印)の比較(右 He et al. 2018)





中心の超巨大ブラックホールの影響で銀河スケールで高速で噴き出すガスを発見！

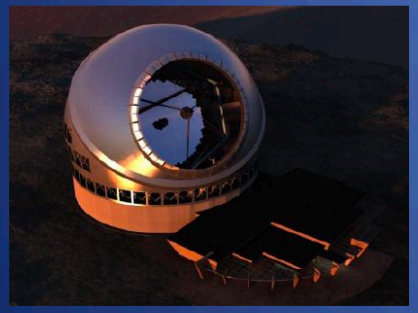
(Chen et al. 2019)

次世代の広視野多天体補償光学の開発

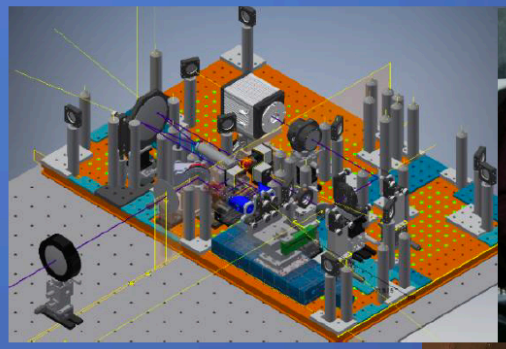
(PD:寺尾、D1:大金、M２:飯塚)

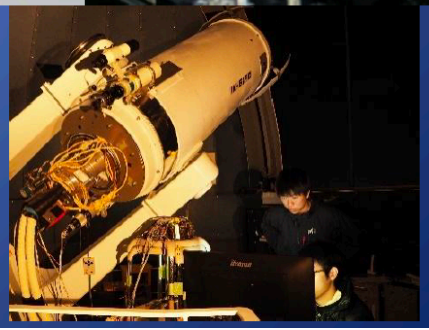
すばる望遠鏡では調べることのできなかった宇宙最初期の銀河を調べるために口径30mの望遠鏡をマウナケア山頂に建設するTMTプロジェクト(tmt.mtk.nao.ac.jp)が進行しています。我々はTMTの広い視野に分布する多数の天体を同時に高い空間分解能で観測する装置の開発を進めています。その鍵となるのは、地球大気の揺らぎの影響を「補正」して高空間分解能で観測する補償光学という技術です。我々は視野の中の多数の天体の光を切り出して、それぞれの天体に最適化した補償を行う小型の補償光学系を多数配置したシステムを検討しています。

この新しいアイデアの補償光学をすばる望遠鏡で実証するという計画を進めています。現在、すばる望遠鏡に取り付ける波面センサーの設計や組み上げを実験室で進めていて、2019年度からすばる望遠鏡に持ち込んで測定実験などを行う予定です。また補償光学の実験として東北大学の屋上にある望遠鏡に波面センサーを取り付けて大気揺らぎの性質や補償鏡の特性を測定する実験も行っています。さらにすばる望遠鏡の次世代広視野補償光学系の検討をオーストラリアのグループなどとの国際協力で進めています。



次世代30m望遠鏡の完成予想図(左)
すばる望遠鏡での観測風景 (右)





すばる望遠鏡用波面センサーのモデル図(左上)
と実際に組み上げている様子(右上 photo:志鎌康平)
屋上の望遠鏡での大気揺らぎ測定実験 (下)

2. 天体理論研究室

星・惑星系や銀河から、宇宙全体におよぶ様々なスケールの天体現象を対象に、理論宇宙物理学を広く研究しています。

&研究員6名、大学院生7名

大向一行（教授）：天体形成論

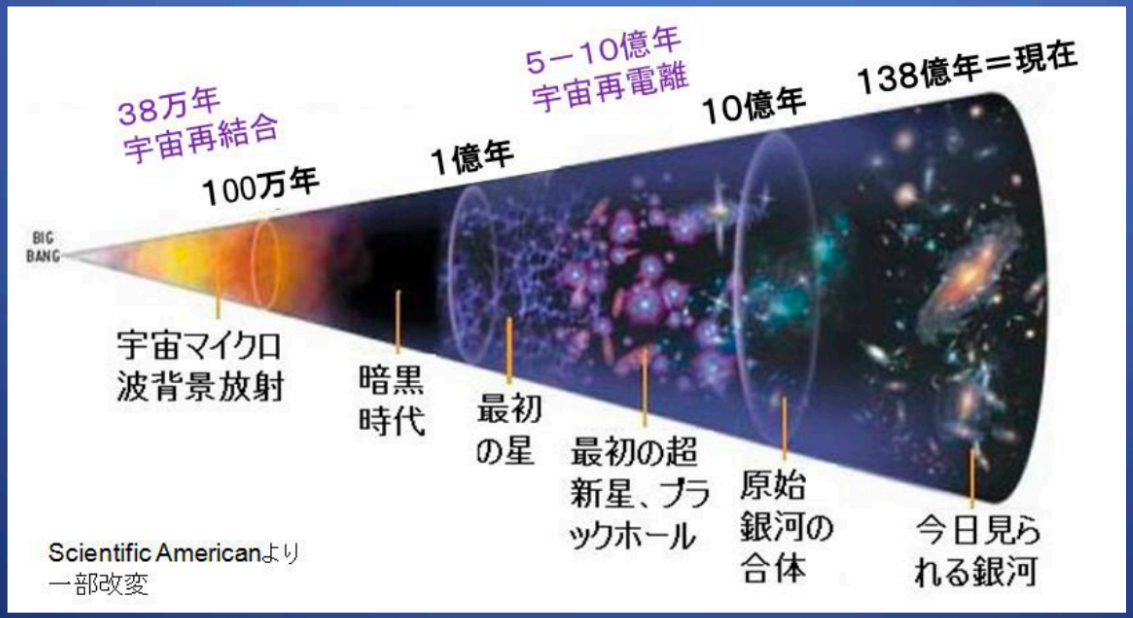
當真賢二（准教授）：高エネルギー天体物理学

富田賢吾（准教授）：星・円盤形成シミュレーション

天体形成論（大向ら）：

“ビッグバンにより誕生した宇宙は、
いかにして現在のような多様な天体からなる宇宙へと進化したのか？”

星・惑星系、銀河、超巨大ブラックホールなどの天体の起源に理論計算で迫っています。

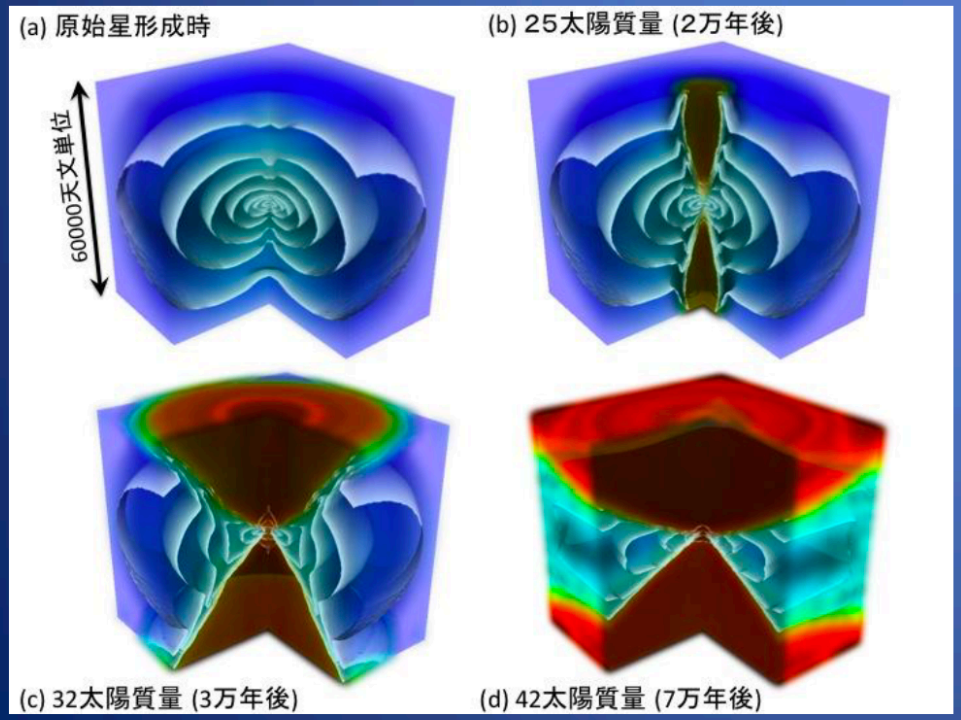


最近の研究トピック（天体形成論）

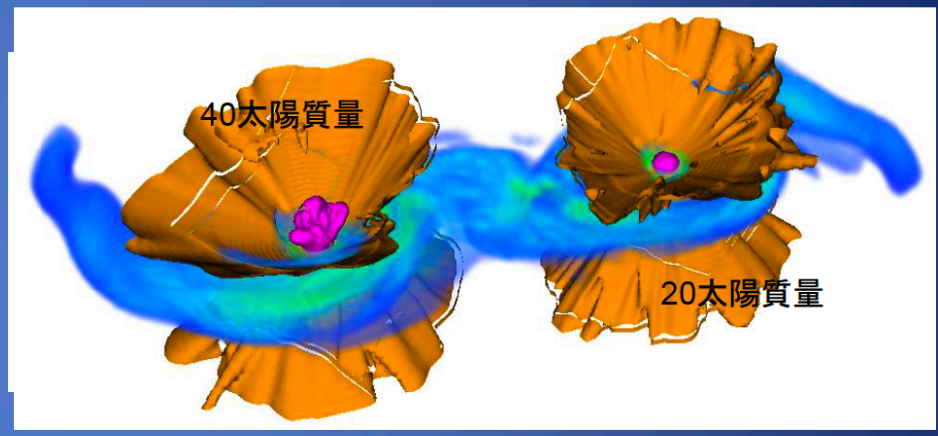
宇宙初代星の形成

“宇宙で最初に生まれた星はどんな星だったのか？”

宇宙誕生後の状態からスタートして、宇宙最初の星が誕生するまでの過程を、大型計算機によるシミュレーションで追跡した。
太陽の数10倍の大質量星であったことを発見



初代星の連星形成過程
シミュレーションも実行中

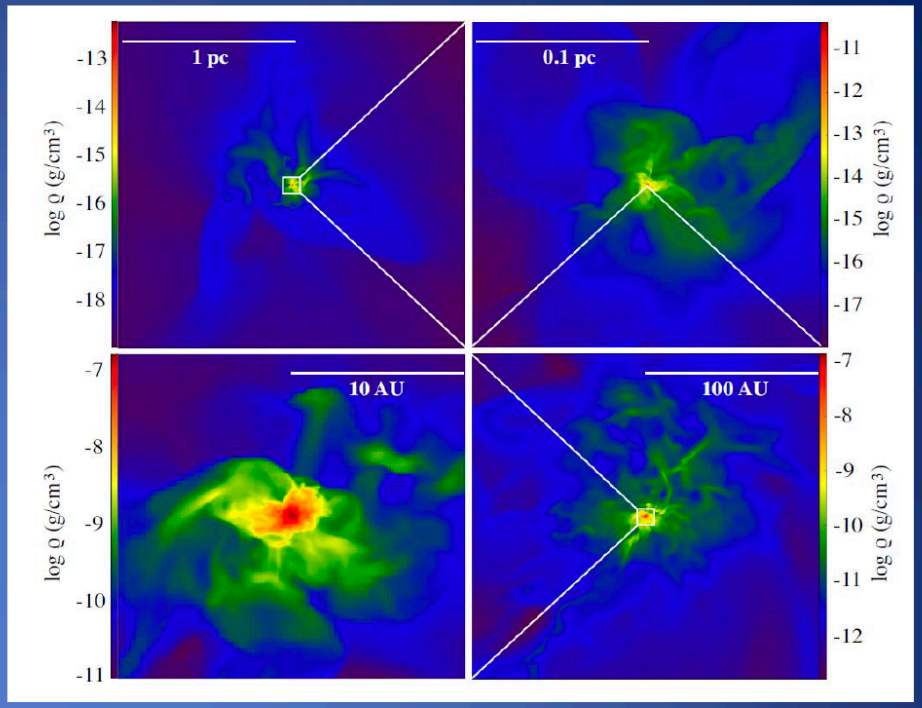


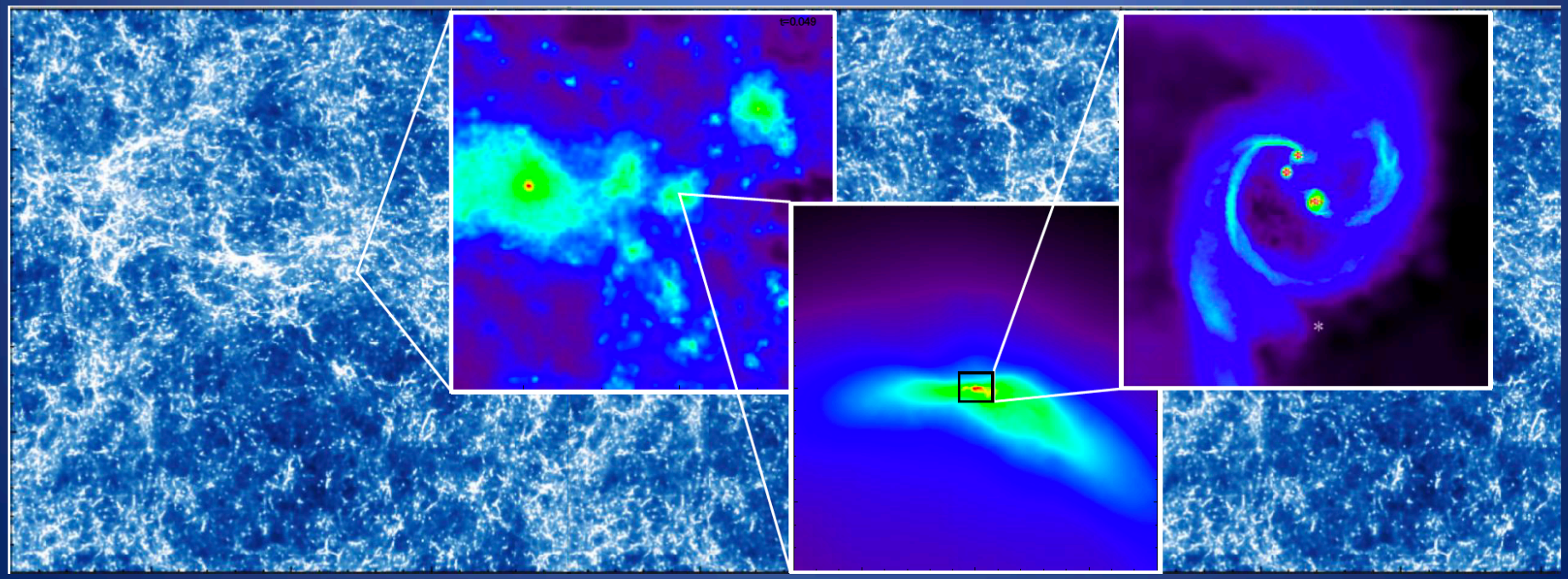
重力波で合体が観測された
ブラックホール連星の起源として注目

巨大ブラックホールの形成

“銀河の中心にはなぜ巨大ブラックホールが存在するのだろうか？”

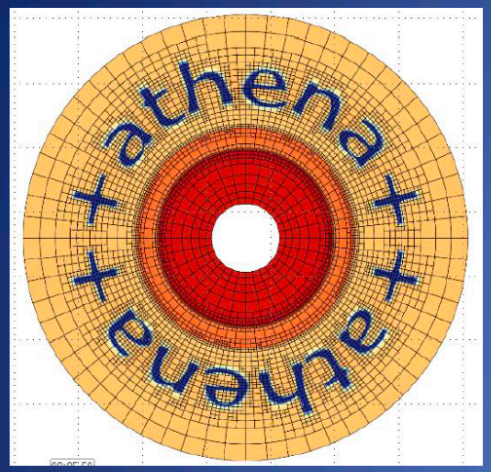
宇宙初期の銀河の内部で巨大星が生まれる過程を追跡。これは太陽の10万倍を超えるまで成長後、ブラックホールへと重力崩壊することがわかった。この種が巨大ブラックホールへと成長できるか現在計算中。



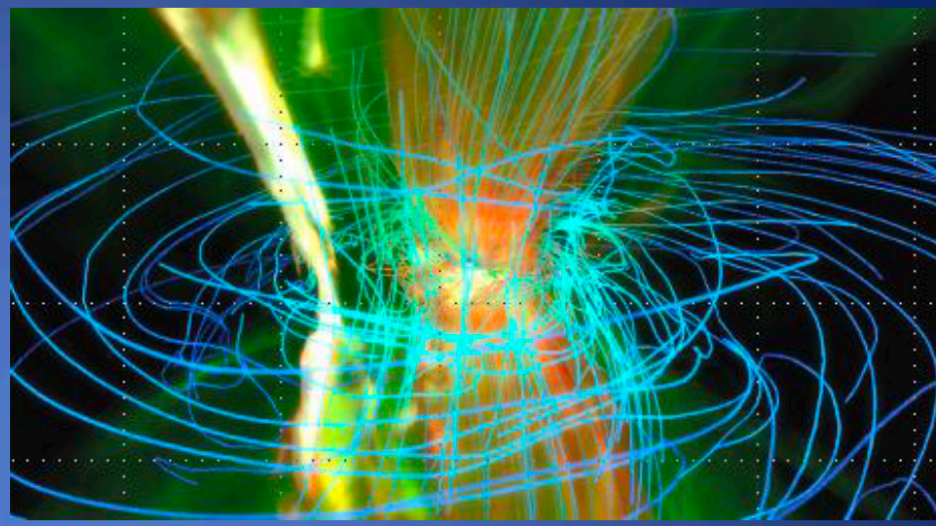


星・円盤形成 / 数値シミュレーション（富田）:

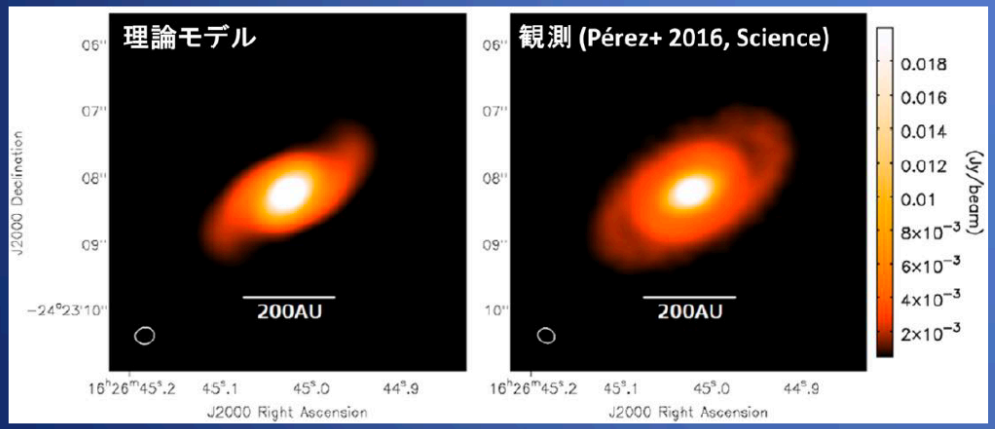
公開磁気流体計算コードAthena++の開発



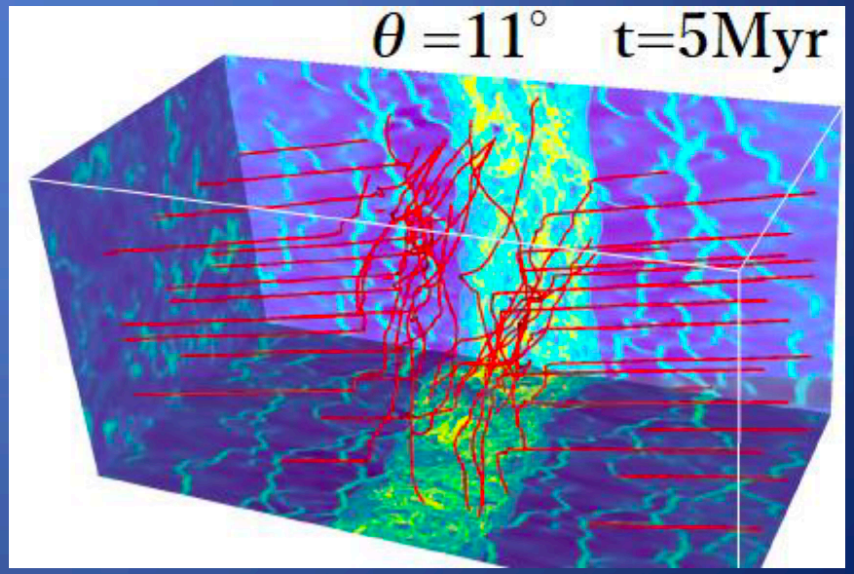
・磁気流体力学
・輻射輸送
・化学反応
・自己重力
・AMR
等、多様な物理を含む「世界最強」のコードを目指しています。



原始星で発生する超巨大フレアの起源の新しい理論モデルを提唱しました。



理論シミュレーションに基づいて原始星・星周円盤の観測的性質を予測して実際の観測と比較し、星・惑星形成の初期段階を明らかにします。
ALMA望遠鏡による円盤の大規模サーベイ“eDisk”プロジェクトにも参加しています。



分子雲の形成を磁気流体シミュレーションで調べ、原始星の質量分布の起源に迫ります。

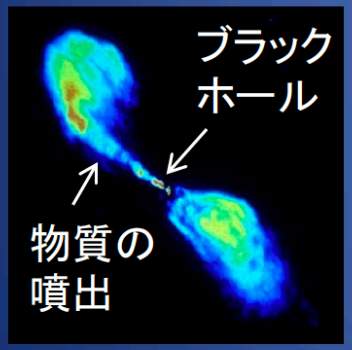
高エネルギー天体物理学（當真）:

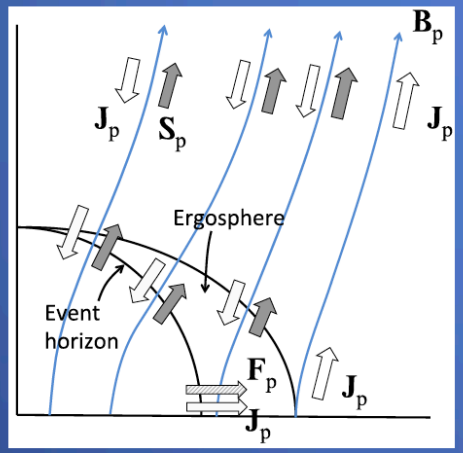
“ブラックホールなどの強重力天体は、宇宙で最も効率良く、エネルギー解放している。
周辺の粒子は、地球上では到底達しえない高エネルギーを獲得している。”
宇宙で起こる高エネルギー現象の様々な謎に、理論計算で迫っています。

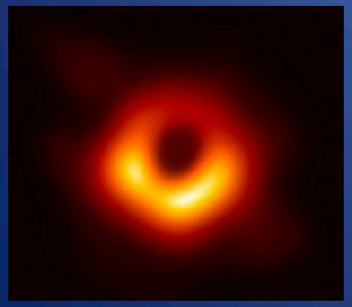
最近の研究トピック

“ブラックホールからなぜ物が噴き出すのか？”

ブラックホールから電磁的にエネルギーが解放される物理を突き止めました。



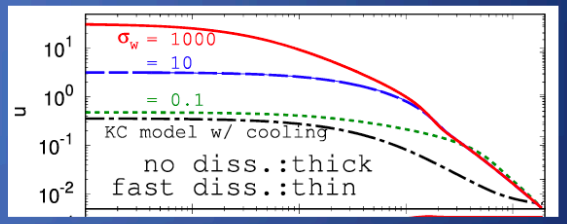




イベント・ホライズン・テレスコープに関する理論解釈・予言を行っています。

“パルサー風はどのようにして減速するのか？”

パルサーからの光速に近いプラズマ流が超新星残骸の速度にまで減速できるメカニズムを発見しました。



他にも色々な現象がテーマです

- ガンマ線バーストのメカニズム
- 重力波天体からの電磁波シグナル
- 高エネルギー宇宙線の起源
- ダークマターの正体

3.　児玉 忠恭（こだま ただゆき） 研究室

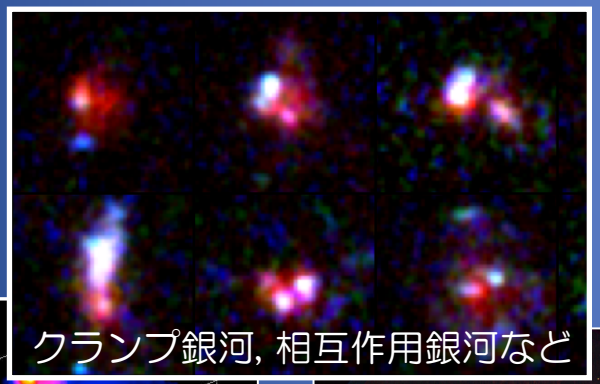
http://mahalo.galaxy.bindcloud.jp

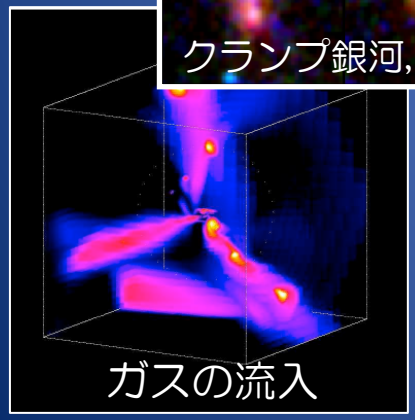
鈴木、Perez Martinez (研究員)、山本 (D1)、Mao、青山 (M2)、Laishram、安達、大工原 (M1)、Liu (10月から) 【女性・男性】

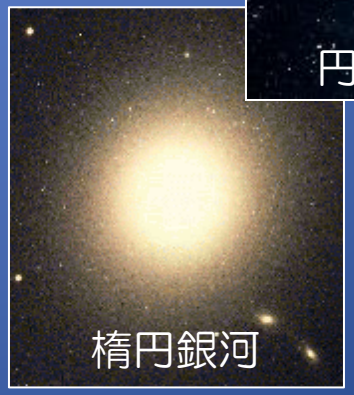
『銀河・銀河団の形成と進化の歴史、
特にその秩序と多様性の起源を、
すばる, アルマ等による最新の観測と
現象論的モデルで解き明かす』

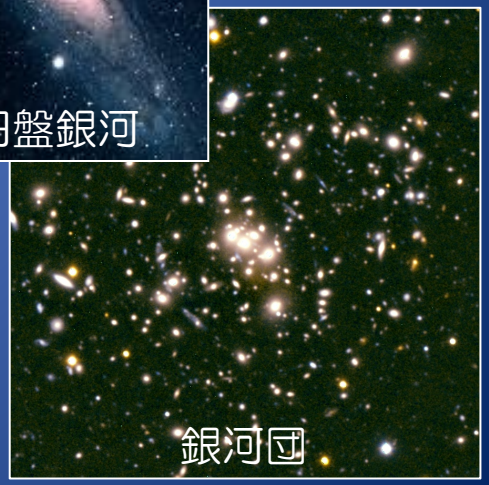
形成途上の銀河 → 現在の銀河・銀河団

星形成の加速と減衰
ハロー・質量の集積
AGNとの共進化
形態の獲得, 環境効果



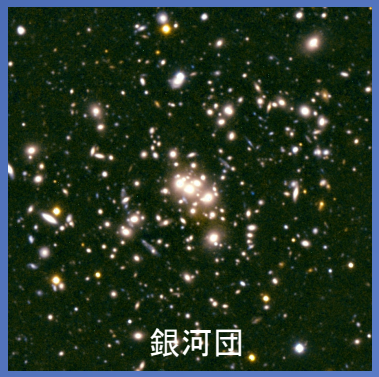




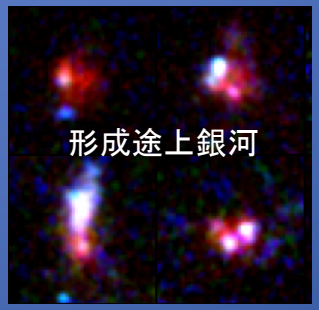


児玉研究室の研究手法・内容　『着眼大局、着手小局』

- **遠方銀河・銀河団の大局的な物理特性を探る（マクロ）**
  - すばるの広視野（撮像・分光）を生かした宇宙大規模構造（銀河団）と稀な天体（急変中の天体や初期宇宙の巨大天体など）の研究



- **遠方銀河の内部構造を解剖(空間分解)する（ミクロ）**
  - すばる補償光学やアルマ干渉計による、形成途上銀河の高空間分解能観測（星とガスの分布や力学構造）



- **現象論的モデルで起こっている物理過程を理解する**
  - 銀河のスペクトル進化・化学進化モデルの構築と観測データとの比較

4. 田中秀和 研究室：惑星形成論

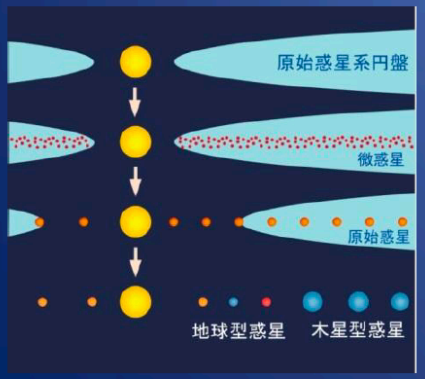
系外惑星・太陽系惑星の起源を探る

「宇宙の塵から地球や巨大惑星はどのようにできたのか？」
「系外惑星の中に”第2の地球”はあるのだろうか？」
これらの問いに答えるため研究しています

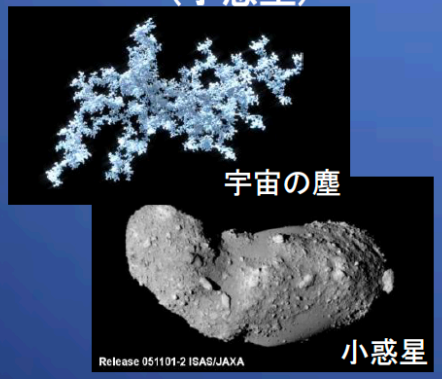
第2の地球は
存在するか？

惑星が誕生するまでの各段階を
コンピュータシミュレーションを駆使して解明しています

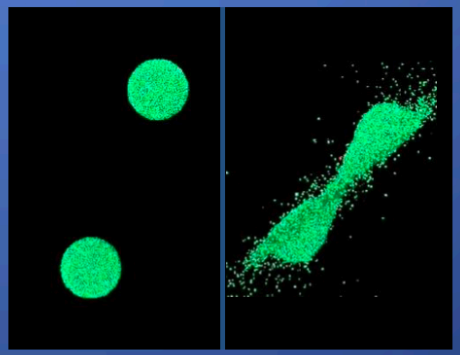
惑星形成のシナリオ



塵から微惑星へ
（小惑星）

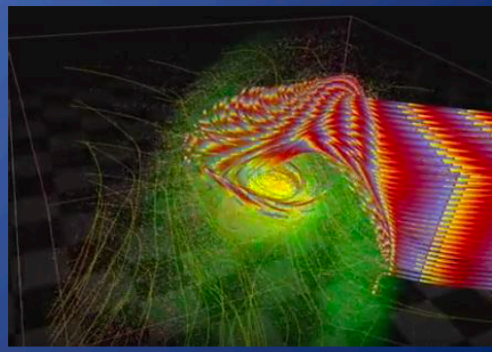


微惑星から惑星へ



惑星巨大衝突シミュレーション

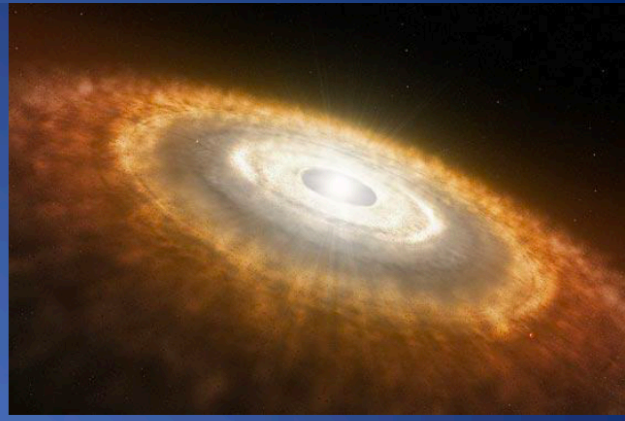
巨大惑星の形成



惑星へのガス降着の流体計算

田中秀和 研究室の最近の研究

「惑星形成の現場をみる」



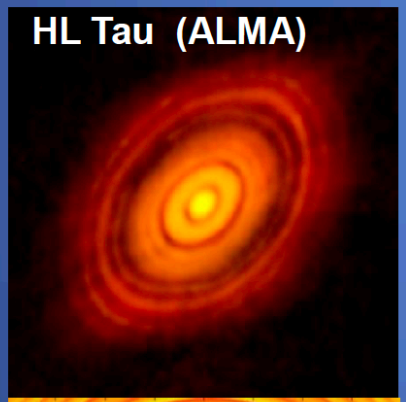
惑星形成現場　＝　若い恒星のまわりの原始惑星系円盤

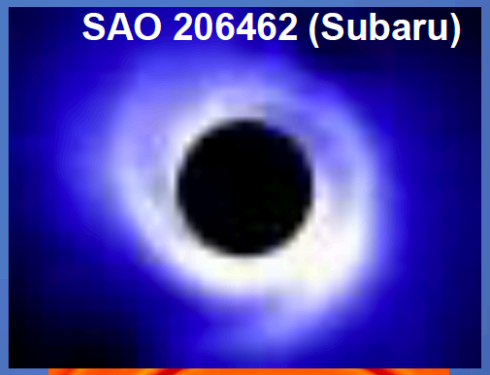
すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡等が原始惑星系円盤の高解像度画像取得
「惑星の形成現場が見えてきた」

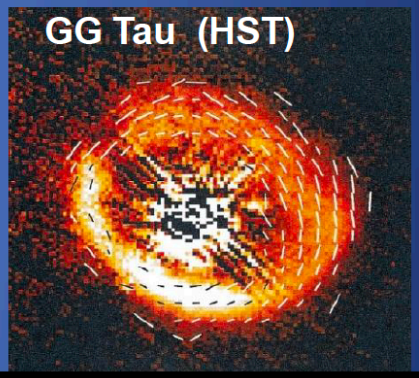
観測

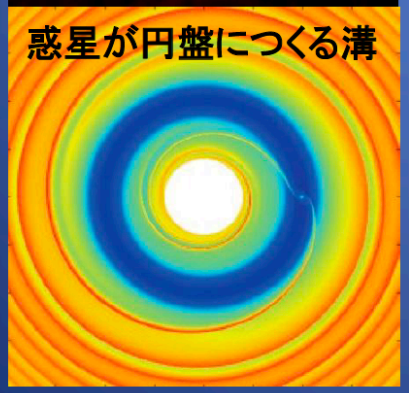
V.S.

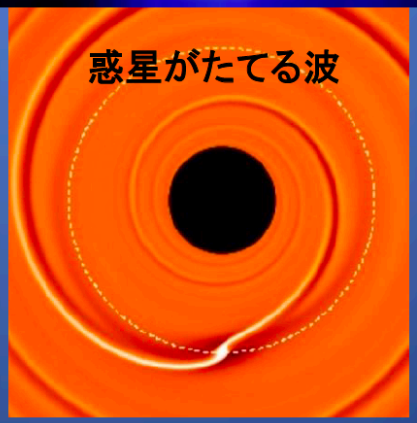
理論

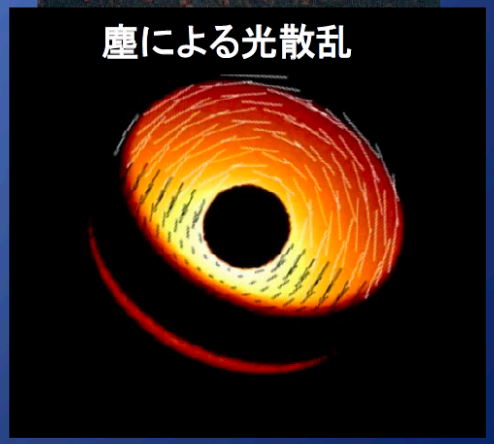








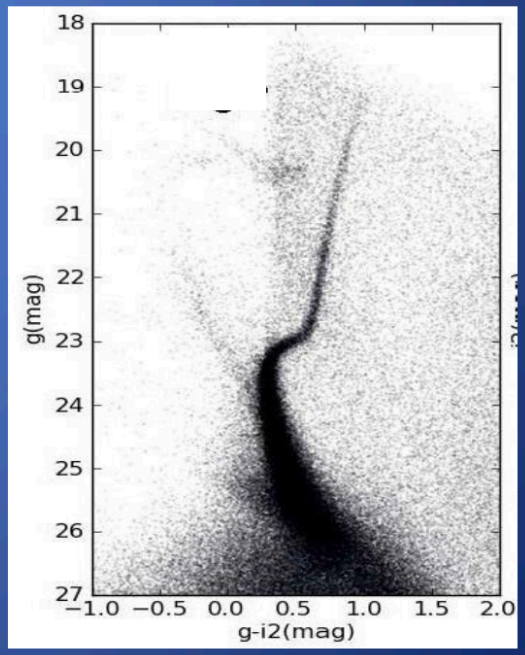




5. 千葉柾司研究室(I)

アンドロメダ銀河

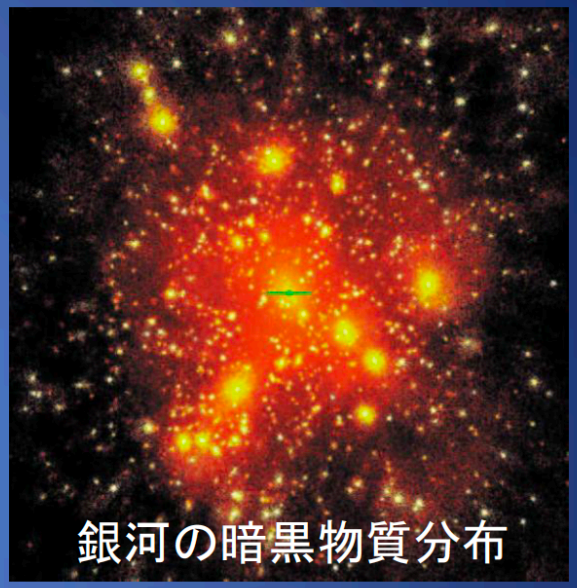
- 銀河・銀河系の形成と進化の研究
  - 銀河系、アンドロメダ銀河に代表される局所銀河群銀河などの近傍銀河について、銀河の構成要素である恒星を分離し、それらの物理情報(空間構造、速度構造、年齢・金属量分布)に基づいて、銀河の形成史を解明する。
  - 研究方法: 数値計算・理論解析に基づく銀河化学動力学模型の構築。すばる望遠鏡などを用いた恒星系の観測とその解析に基づく銀河化学動力学構造と形成史の導出。理論・観測両面からの研究の推進。

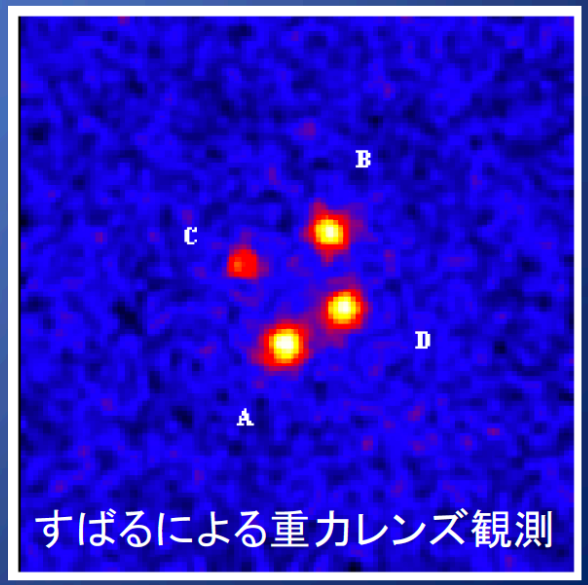


矮小銀河の色一等級図

千葉柾司研究室(II)

- 観測的宇宙論の研究
  - 膨張宇宙のダイナミクスを決定する基本量(ハッブル定数、宇宙項など)を、宇宙に分布する銀河の構造や重力レンズに基づいて決定する。特に、銀河の形成進化を支配し、物質の大半を占める宇宙の暗黒物質の存在形態とその正体を解明する。
  - 研究方法: 理論数値計算に基づく宇宙のダイナミクス、重力を伴う物理現象(重力レンズ、恒星系力学)の模型構築。すばる望遠鏡などの観測データを用いた恒星系の観測とその解析に基づく暗黒物質の構造の導出。理論・観測両面からの研究の推進。


銀河の暗黒物質分布



すばるによる重力レンズ観測

6. 田中 雅臣 研究室

(たなか まさおみ)

https://www.astr.tohoku.ac.jp/~masaomi.tanaka/

時間領域天文学

研究対象

超新星爆発や中性子星合体などの突発天体

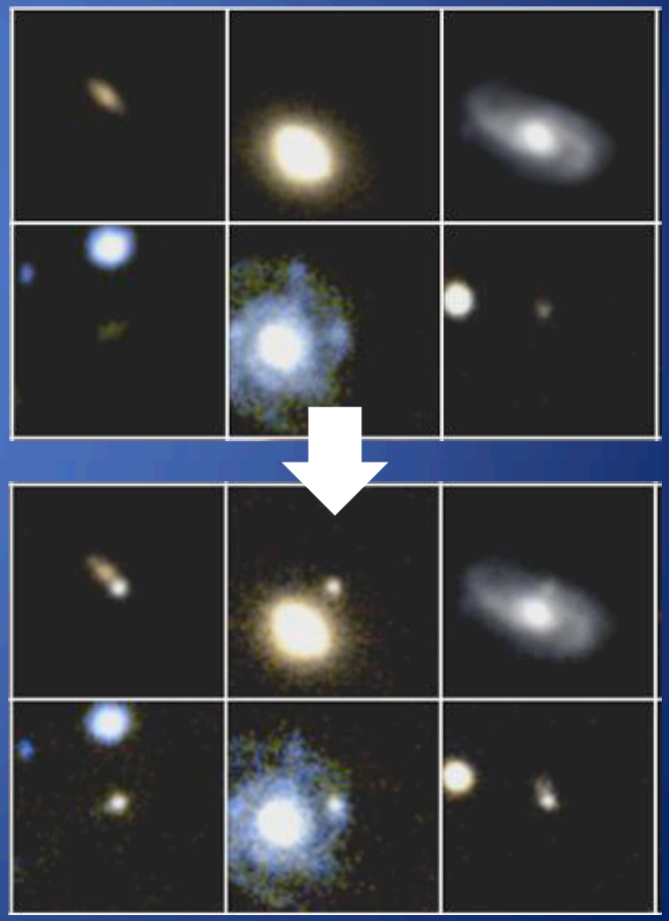
研究手法

- 広視野観測（すばる望遠鏡、木曽観測所）
- 分光/偏光観測（主に可視光）
- 数値シミュレーション（輻射輸送）

興味

- 宇宙の爆発現象の物理
- 宇宙における元素の起源
- 誰も見たことのない時間領域のフロンティアを開拓したい「**宇宙では何が起きているのか？**」

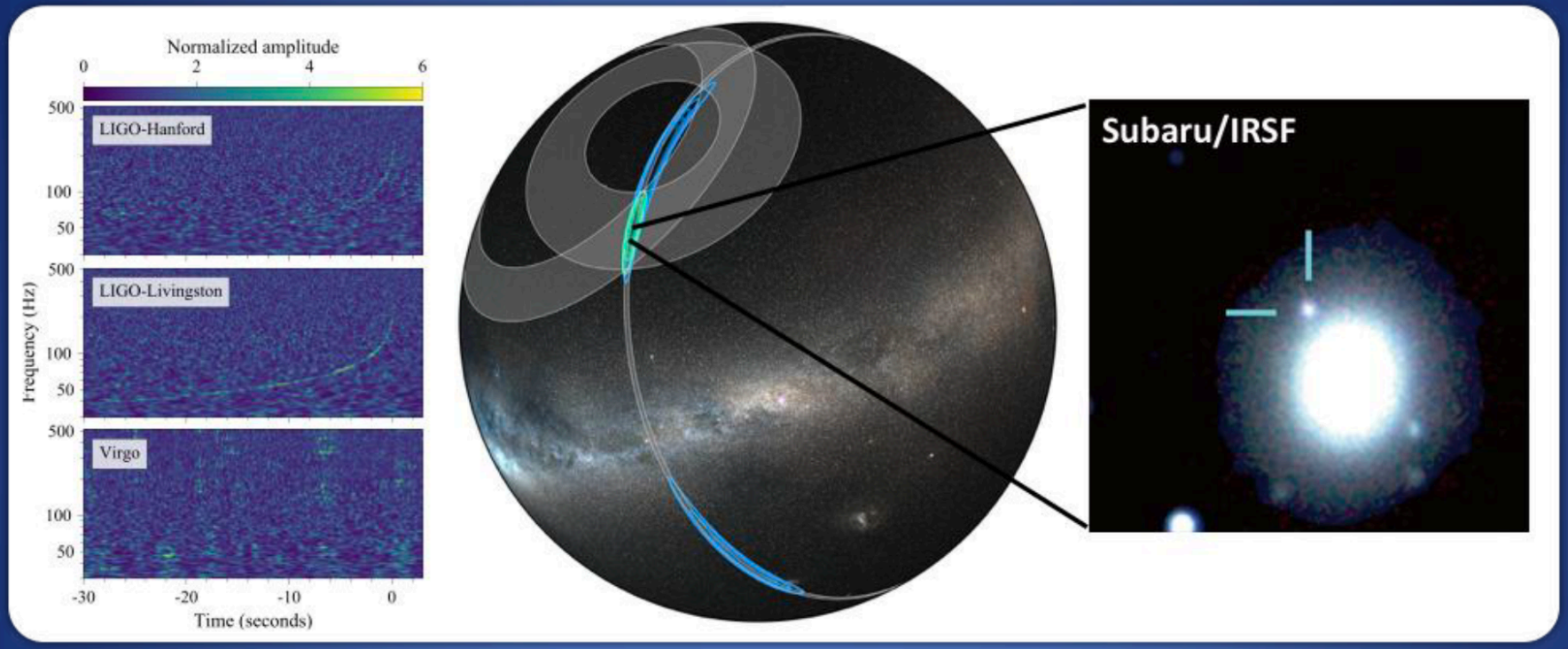
すばる望遠鏡HSCで得られた画像



最近の研究の一例

重力波天体（中性子星合体）の観測

2017年8月：史上初の重力波＋電磁波観測



マルチメッセンジャー天文学

時間領域天文学

重力波検出 → すばる望遠鏡などを使った広域探査観測 → 中性子星合体の物理 重元素の起源

数値シミュレーションによる解釈

観測と理論の連携

7. 宇宙創成期の観測的研究　服部　誠

1.CMB偏光観測による宇宙創成期の観測的研究
2. 星間ダストの物性の理論・観測・実験的研究

1. CMB
GroundBIRD実験

史上初の日本オリジナルの本格的CMB観測実験
2019年度からカナリア諸島テネリフェ・テイデ観測所で観測開始

Simons Observatory実験 https://simonsobservatory.org

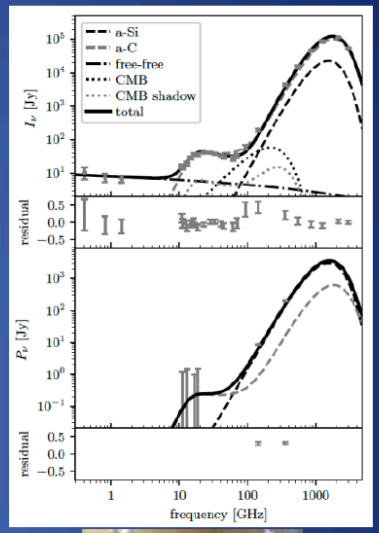
米日共同で推進する地上CMB偏光観測実験
日本からは東大・京大・東北大が参画
チリ・アタカマ高地で2020年より観測開始予定

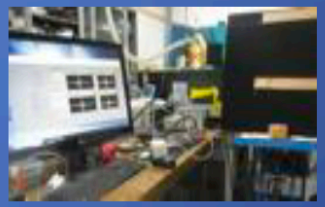
- 装置開発: ミリ波フーリエ分光器開発
  使用材料の極低温下でのミリ波光学特性測定
  超伝導検出器の開発等
- データ解析

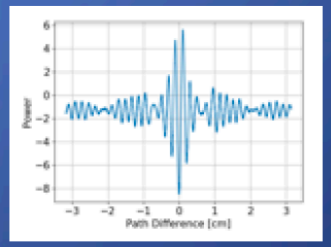
2.星間ダスト

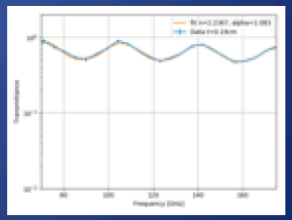
超高精度CMB偏光観測時代の星間ダスト研究分野開拓：星間ダストからの熱放射はCMB観測にとって深刻な邪魔者

マイクロ波から遠赤外線までの観測スペクトルから星間ダストのアモルファス物性を研究する手法を考案（右図）









極低温下ミリ波光学特性測定装置（上段）と測定結果例（下段）

8．村山 卓 研究室

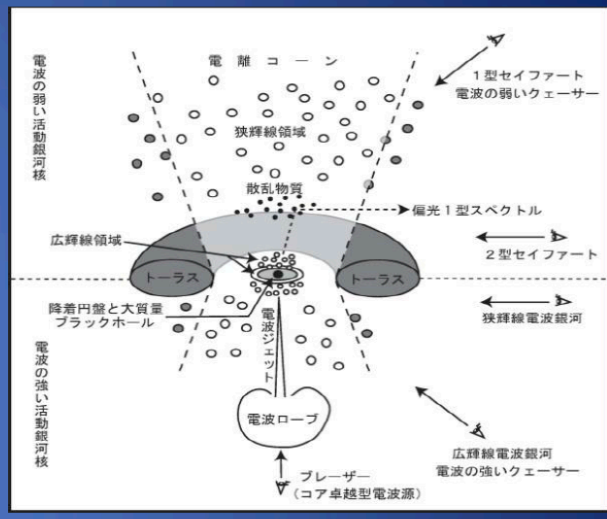
(murayama@astr.tohoku.ac.jp)

銀河、特に活動銀河核の観測的研究

□ 活動銀河核（AGN）の観測的研究

クェーサーに代表される活動銀河核は、大質量ブラックホールへの物質降着に伴い莫大なエネルギーを生み出し、電波からガンマ線にわたる広い範囲にわたって強い電磁波を放射する天体である。その構造を理解し、形成と進化を解明するため、すばる望遠鏡などを用いて主に可視光・近赤外線での観測を行っている。

- □ 巨大ブラックホールの形成と成長過程の解明
- □ ガス降着と母銀河の星形成のつながり
- □ 重元素量を指標とした銀河進化の理解



活動銀河核の構造とその統一的な理解

□ 活動銀河核と銀河の進化に関する研究

銀河はどのように形成されてきたのか、その過程でAGN現象はどのように発現するのか、銀河とクェーサーは互いにどのように進化してきたのかを理解するために、遠方の銀河やクェーサーの探査を行っている。特に、ハッブル宇宙望遠鏡のコスモスプロジェクトに関わり、大規模な銀河やクェーサーのサーベイを行っている。

- □ クェーサーサーベイとフォローアップ分光観測
- □ ライマンα輝線銀河などの初期銀河サーベイ

コスモスプロジェクトで発見した128億年前のライマンα輝線銀河

9．板 由房 研究室：観測

星の進化、及び、星の死による宇宙の物質循環の観測的研究

永遠の象徴である恒星も、決して不変、不死ではありません。
星が輝くために内部で核融合が起こっており、その結果、内部組成、構造や質量等が時々刻々と変化するため、星は死ぬまで「進化」をし続けます。
誕生時の質量がある値(現在、太陽の約8倍程度と考えられている)より軽い星は小・中質量星と呼ばれ、最終的に白色矮星となって静かに一生終えます。一方で、ある値より重い大質量星は最後に超新星爆発を起こして華々しい死を迎えます。

板研究室では、宇宙に存在する全ての星のうち圧倒的多数を占める小・中質量星が質量放出を伴ってどのように白色矮星になるのかを、年老いた星や、「死に際」の星を様々な装置、波長で観測する事で明らかにしてゆく研究をしています。

赤色巨星の時に質量放出をし、中心に白色矮星を残して一生を終えた天体

図、写真はNASAのHPより転載

質量放出のメカニズム

前ページの絵で、白色矮星の周りにガスや物質が存在している事がわかると思います。これは、赤色巨星進化段階時に起こった質量放出現象によって、星の外層から宇宙空間に放出された物です。また、写真の同心円状の輪の存在に注目すると、この質量放出現象は間欠的に、周期的に起こっている事がわかります。
私たちの体を作る物質を含む、身のまわりの物質は全て星内部の核融合で生成され、質量放出によって宇宙空間に還元された物です(ビッグバンで生成された物質を除く)。この質量放出がいったいどのようなメカニズムで起こっているのかを解き明かし、宇宙の物質循環における赤色巨星の役割を明らかにし、身の回りの物質の起源に迫る研究をしています。

放出された物質の性質と量

赤色巨星からの質量放出で、どのような物質がどれだけ放出されているのか、という事を、「あかり」衛星を用いた観測データや、Spitzer宇宙望遠鏡が取得したデータを用いて研究しています。宇宙鉱物学とも呼ばれています。観測事実としては、星毎に物質が多少異なり、特に酸素過多な赤色巨星の周りには、下に示すようなSilicate(ケイ酸塩化合物)がよく見つかります。Silicateが見つからず、アルミ酸化物(AlOx)のみが見つかる事もあり、そのような星毎の星周物質の違いが何故生まれるのかについて研究をしています。

$Mg_{2x}Fe_{2(1-x)}SiO_4$ オリビン(カンラン石) x = 1 → forsterite, x = 0 → fayalite, 0 < x < 1 → olivine.

$Mg_xFe_{(1-x)}SiO_3$ パイロキシン(輝石) x = 1 → enstatite, x = 0 → ferrosilite, 0 < x < 1 → pyroxene.

（観測でよく見つかるのは、鉄が少ないフォルステライトやエンスタタイト）

10.　吉田　至順　研究室：理論

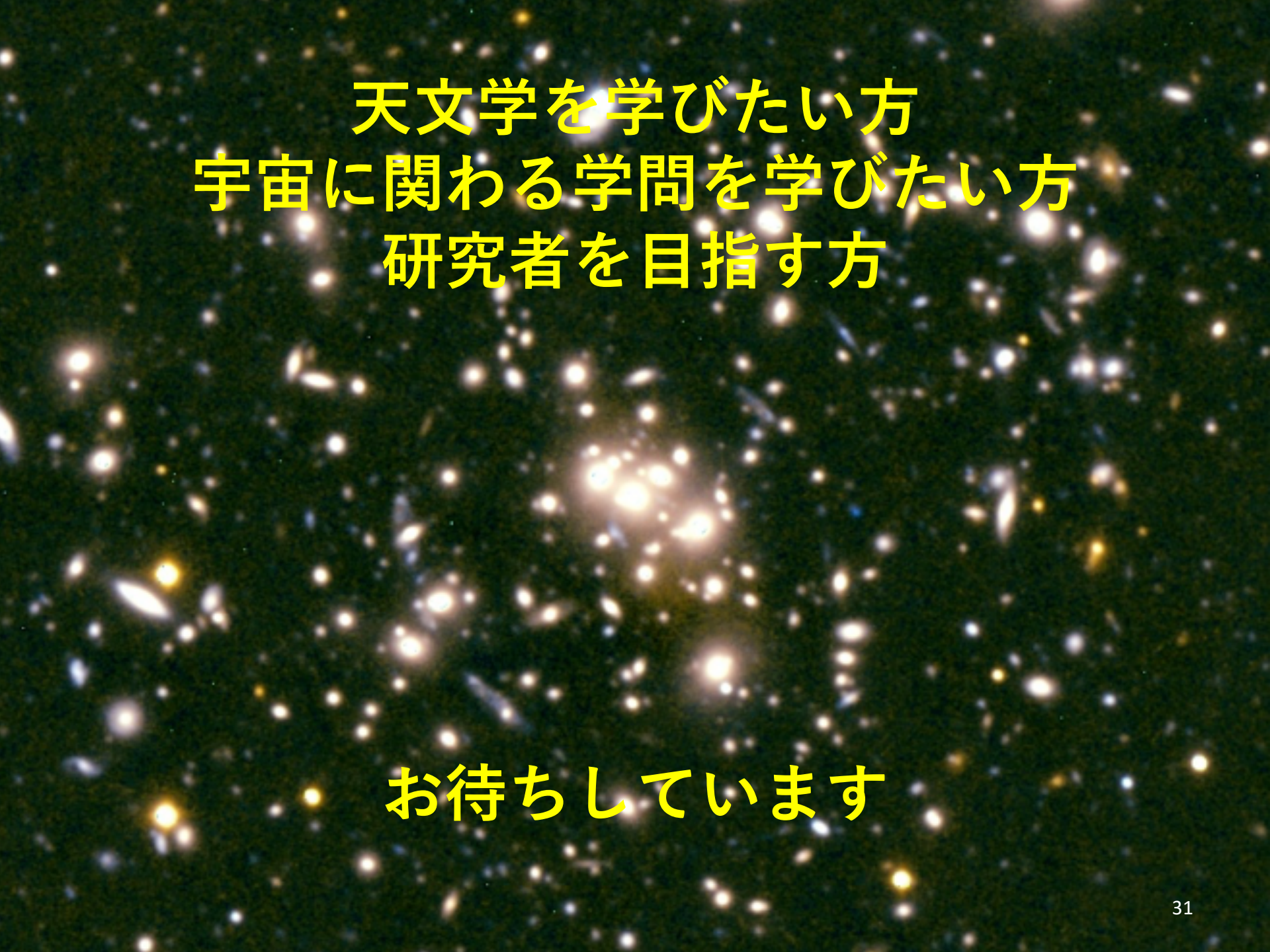
コンパクト天体の理論的研究をしています。

　中性子星、ブラックホールなどのコンパクト天体と呼ばれる天体は、重力が強いため、一般相対論の枠内で扱う必要があります。

　一般相対論では、全てのエネルギーが重力の源になるため、ニュートン重力で扱った場合より、重力が強くなります。慣性系の引きずりや重力波の発生などのニュートン重力では存在しない現象が現れます。

　コンパクト天体の平衡状態、その振動と安定性、コンパクト天体からの重力波、一般相対論的な天体における回転と磁場の影響などの研究を行ってきました。

中性子星モデルを構成するためには、中性子星の物質の状態方程式、回転の様子、磁場の構造などを仮定する必要があります。理論モデルが得られれば、観測と比較可能な物理量が計算でき、これを観測と比較することで、最初に仮定した物理の妥当性の検証が可能になり、天体物理と基礎物理の橋渡しとなります。



天文学を学びたい方
宇宙に関わる学問を学びたい方
研究者を目指す方

お待ちしています