

東北大学大学院 理学研究科 天文学専攻

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

東北大学天文教室が開発したすばる望遠鏡の多天体近赤外撮像分光装置（MOIRCS）でみたオリオン星雲中心部

2018 年度現在の教員と研究分野

天文学専攻

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 柁司	銀河物理学（理論）
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）
	野口 正史	銀河天文学（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）
助教	李 宇珉	恒星物理学、コンパクト天体（理論）
	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

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（観測）、 下西 隆（観測）、 津村 耕司（観測）、 野田 博文（観測）、 矢島 秀伸（理論）	

JAXA 宇宙科学研究所・連携講座

教授	山田 亨	銀河天文学（観測）
----	------	-----------

主な講義、実習

恒星物理学特論、銀河物理学特論、理論天体物理学特論、天体計測学特論、電波天文学特論、星間物理学特論、相対論的天体物理学特論、天文学セミナー、天文学研究、天体観測の実施（すばる望遠鏡、野辺山電波望遠鏡など）、観測装置の開発

天文学の方法

- 理論天文学

- 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、コンピュータシミュレーション、天体現象データの理論解析

- 観測・実験天文学

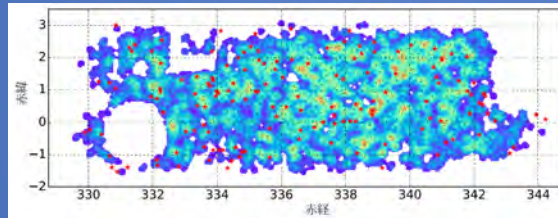
- 天体現象の観測、またはそのための望遠鏡、観測装置の開発を行う。
- 国内外の天文台（すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡、野辺山電波観測所、観測衛星など）の利用、自前の装置開発

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 (D2:何、陳、M2:佐藤、田中)

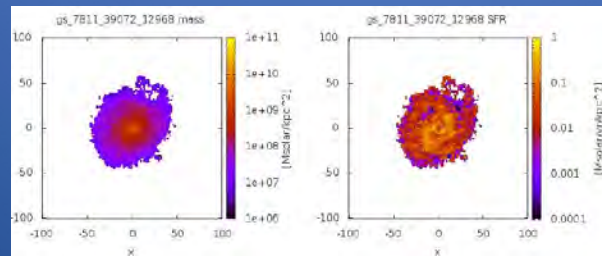
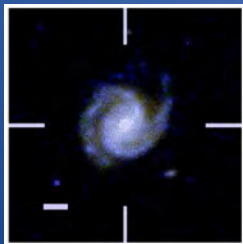
最近の観測によりほぼすべての銀河の中心には超巨大ブラックホールがあることが明らかになっています。このような超巨大ブラックホールが成長してきた様子は紫外線・X線や赤外線的数据などで強い放射を放つ活動銀河中心核として見つけることができます。この活動銀河中心核が宇宙の歴史の中でどのように進化してきたのか、どのような銀河やダークマターハローに付随しているのか、隠されてこれまでの観測では見過ごされていた活動銀河中心核はどのくらいあるのか、を明らかにすることで超巨大ブラックホールの成長過程を明らかにしようとしています。



すばる望遠鏡で見つかった遠方宇宙の活動銀河中心核の分布

- 高空間分解能観測で探る銀河の構造の宇宙論的進化 (D3:Abdurrouf)

現在の宇宙に見られる銀河の構造がどのようにして完成してきたのか、を明らかにするために、ハッブル宇宙望遠鏡などの高空間分解能データを用いて、遠方から近傍の宇宙の銀河について、どの部分でどのような星形成が起こり、どの部分に星が多数あるのかといった構造を調べ、銀河の構造が確立した過程を解き明かしたいと考えています。

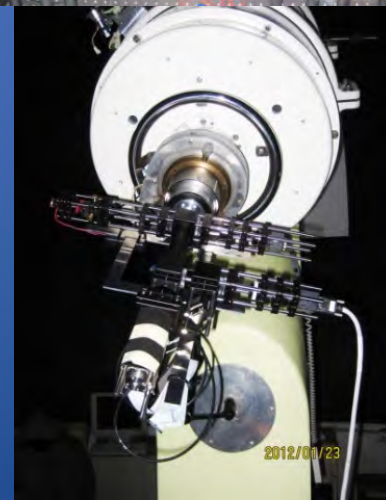
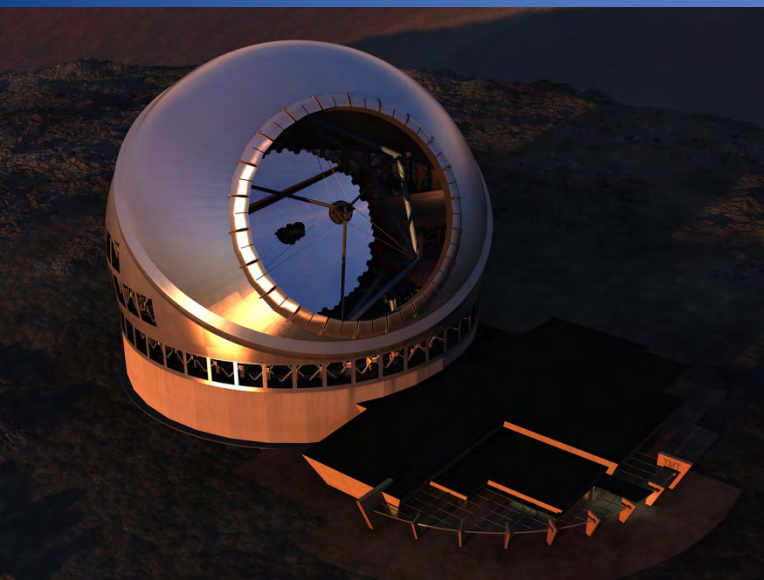


ハッブル宇宙望遠鏡のデータを用いて探る遠方銀河の内部構造

次世代30m望遠鏡用の観測装置の開発 (D2:鈴木、M2:櫻井、井上、M1:大金、大本、PD:満田)

すばる望遠鏡では調べることが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。我々のグループでは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系の実験をすばる望遠鏡に試験装置を取り付けて行うという計画を進めています。オーストラリアやカナダのグループとも国際協力を進めています。また実際に実験室の中に小型の補償光学系を組み上げて、大気の揺らぎを補正するシステムの実験や右の写真のように屋上の望遠鏡にも取り付けて実際の性能を調べる実験も行っています。



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(中)と実験室の小型補償光学系と屋上望遠鏡での試験風景(右)

2. 天体理論研究室（大向、當真、他）

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。



大向一行(教授):
天体形成論、
星間物理学



當真賢二(准教授):
高エネルギー
天体物理学

矢島秀伸(助教):
銀河形成論

杉村和幸(助教):
巨大BH形成、宇宙論

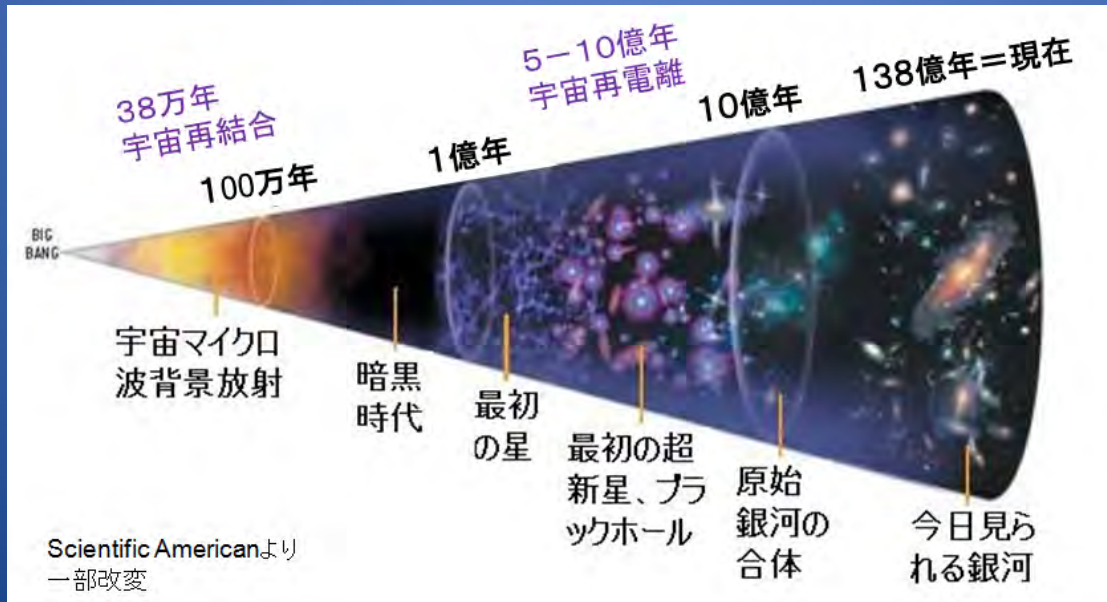


天体形成論(大向、矢島、杉村):

“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。

& 研究員5名、大学院生5名



最近の研究トピック（天体形成論）

宇宙初代星の形成

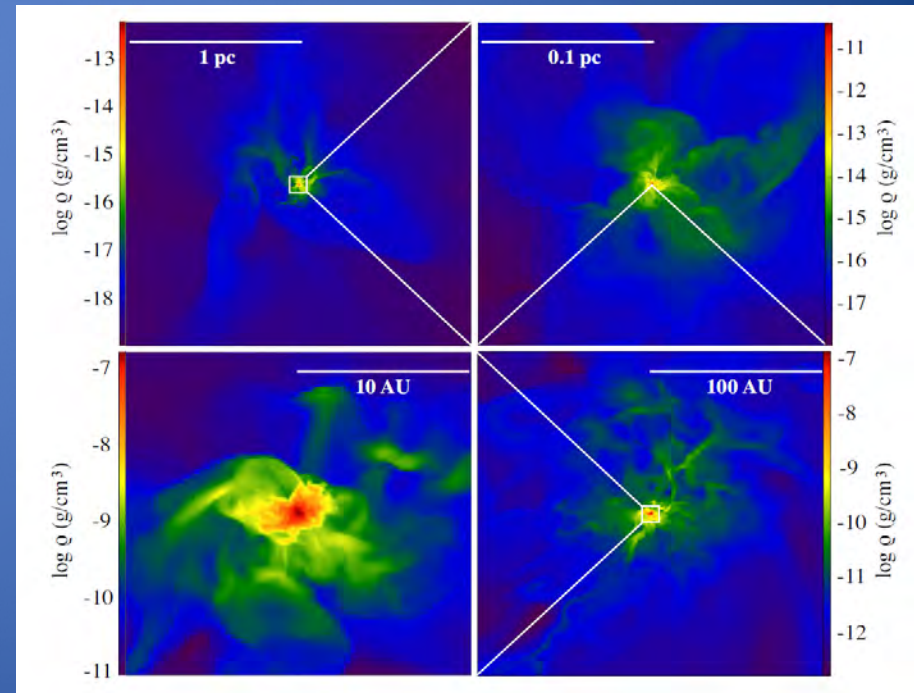
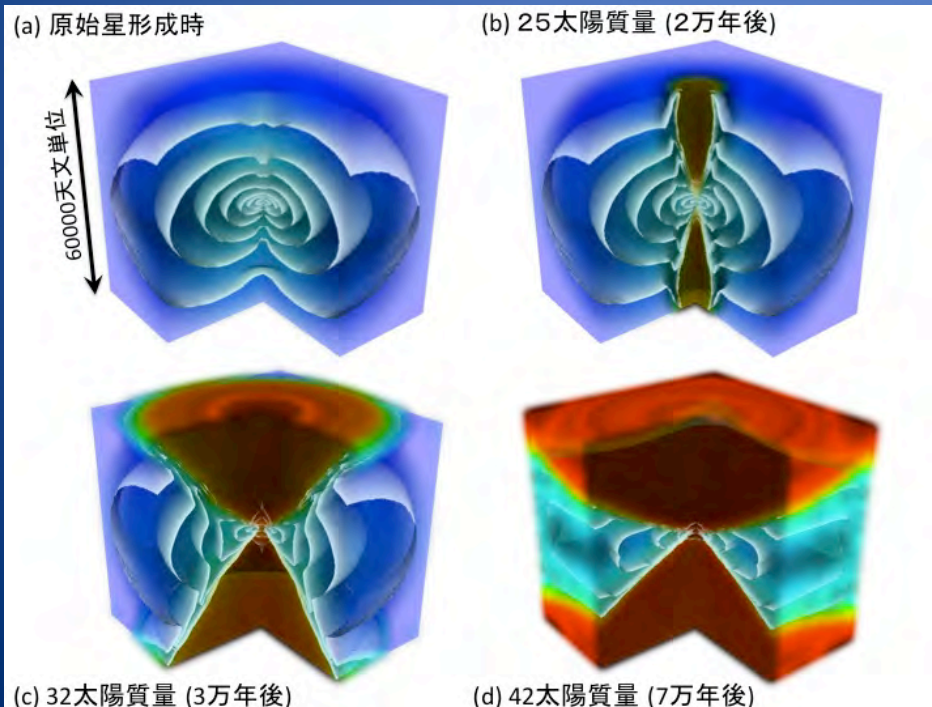
“宇宙で最初に生まれた星はどんな星だったのか？”

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。太陽の約40倍の大質量星であったことを発見した。

超巨大ブラックホールの形成

“銀河の中心にはなぜ超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超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し、超巨大ブラックホールの種となることが分かった。



初期宇宙における銀河進化

宇宙で最初に生まれる銀河はどのように作られ、進化していったのか？

大規模な数値シミュレーションを用いて、銀河形成時の流体ダイナミクスと光の放射過程について調べています。

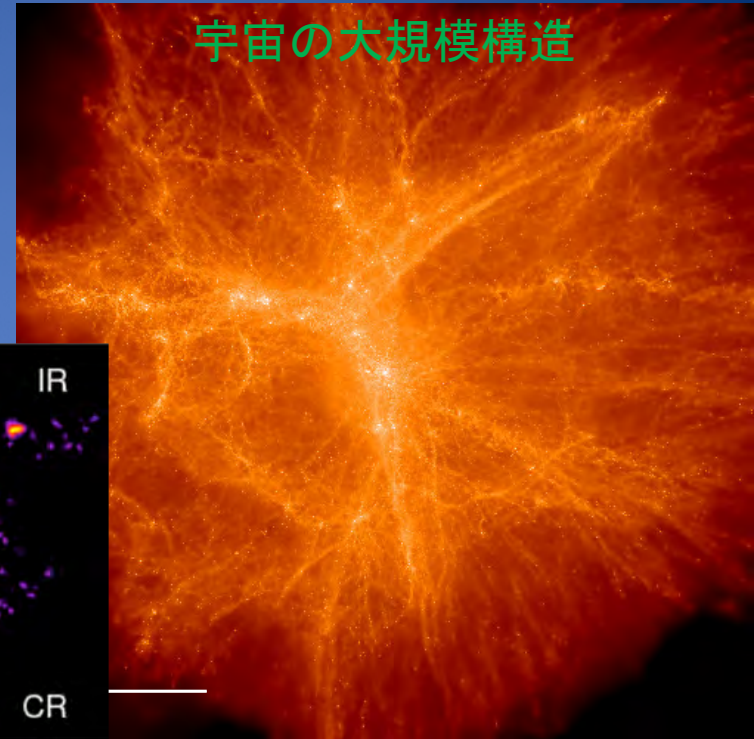
1: 初期宇宙における銀河の多様性

高密度領域では、塵に覆われた赤外線
で明るい銀河が作られます。それ以外の
場所で生まれる銀河は、紫外線で明るく
輝いていることがわかりました。

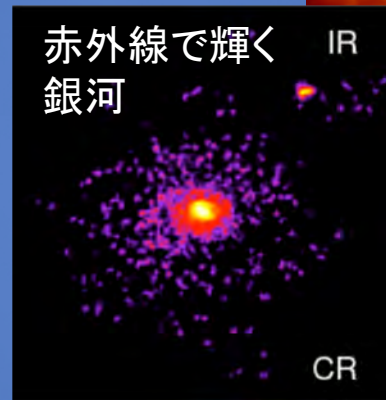
2: 初代銀河の構造

銀河形成時にガス円盤が作られること
を示しました。しかし、この円盤は超新
星爆発の影響で、誕生後すぐに破壊さ
れてしまうことがわかりました。

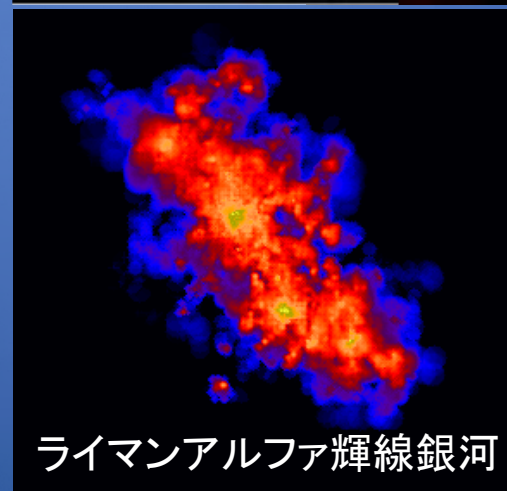
宇宙の大規模構造



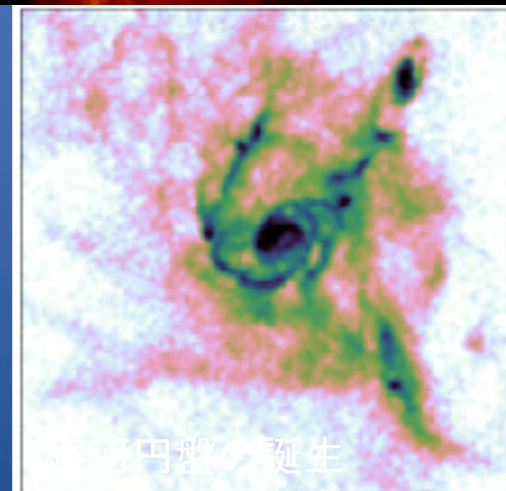
赤外線
で輝く
銀河



ライマンアルファ輝線銀河



銀河円盤の誕生



高エネルギー天体物理学(当真):

“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。

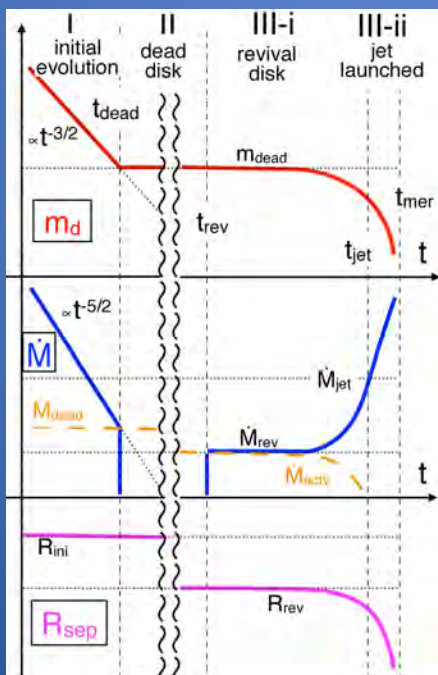
周辺の粒子は、地球上では到底達しえない高エネルギーを獲得している。”

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

“重力波放出天体の謎を電磁波で解明する！”

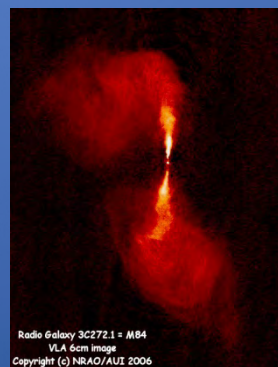
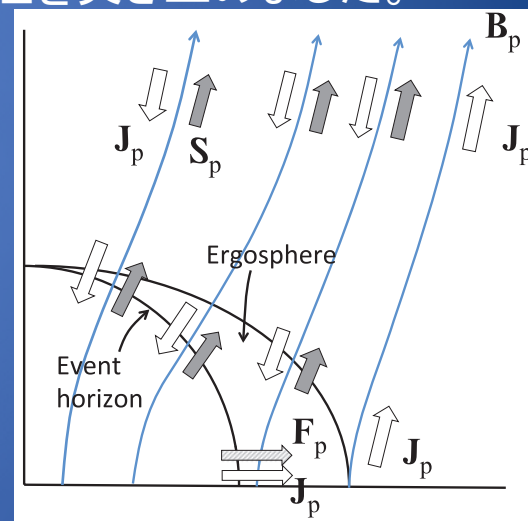
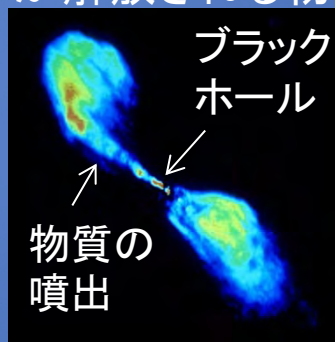
ブラックホール合体時に放射される電磁波強度を予測しました。



ブラックホール合体

“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。



磁場中のブラックホールによる誘導起電力生成

こだま ただゆき
3. 児玉 忠恭 研究室

<http://mahalo.galaxy.bindcloud.jp>

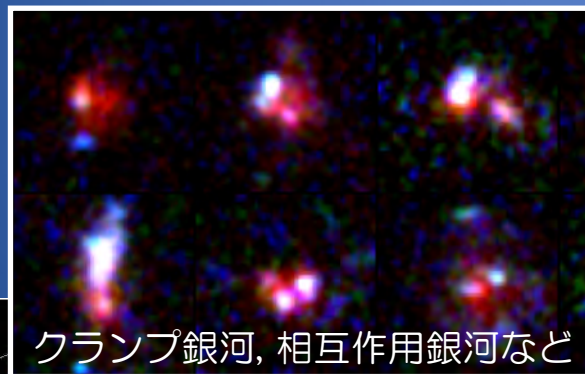
『銀河・銀河団の形成と進化の歴史、
特にその秩序と多様性の起源を、
すばる, アルマ等による最新の観測と
現象論的モデルで解き明かす』



形成途上の銀河



現在の銀河・銀河団

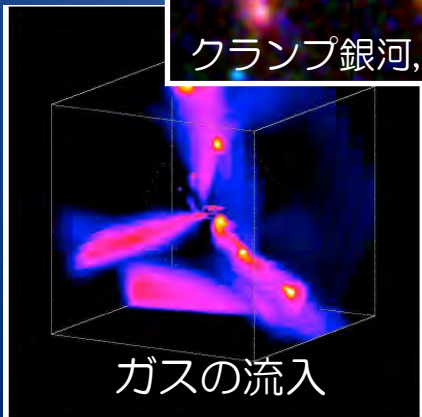


クランプ銀河, 相互作用銀河など

星形成の加速と減衰
AGNとの共進化
形態の獲得, 環境効果



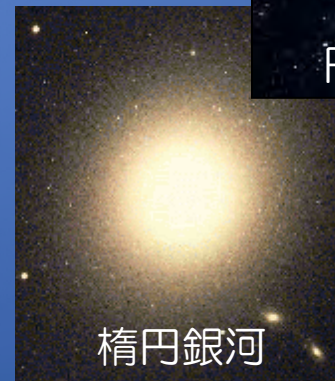
円盤銀河



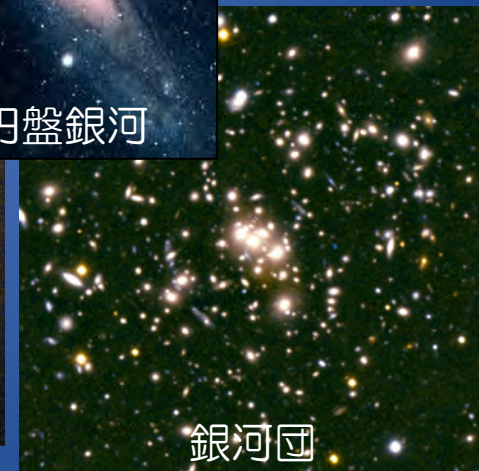
ガスの流入



ガスの流出



楕円銀河



銀河団

- ❖ 遠方銀河・銀河団の大局的な物理特性を調べる (マクロ)
 - ❖ 広視野サーベイによる遠方銀河・銀河団の大量発見 (すばるHSC/PFS, SWIMS-18)
 - ❖ 狭帯域・中間帯域フィルター撮像による独創的サンプルの構築 (MAHALOすばる, SWIMS-18, ULTIMATEすばる)
 - ❖ 星形成, 質量集積の時間的, 空間的, 階層的な伝搬 (撮像データ解析)
 - ❖ 電離状態, AGN, 重元素量, 星年齢等 (分光データ解析)
- ❖ 遠方銀河の内部構造を解剖(空間分解)する (ミクロ)
 - ❖ 星形成の内部伝搬, 円盤とバルジの形成 (すばるAO狭帯域撮像; ガンバすばる), 力学構造 (面分光; ガス流出入, 回転, 合体)
 - ❖ ダスティーな星形成, 分子ガスの空間分布と力学構造, 星形成モード・効率, 化学進化 (GRACIASアルマ)
- ❖ 現象論的モデルで起こっている物理過程を理解する
 - ❖ スペクトル進化 (星種族合成)、化学進化モデルの構築
 - ❖ 観測データに則りそれを再現するようにモデルパラメータを制限

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

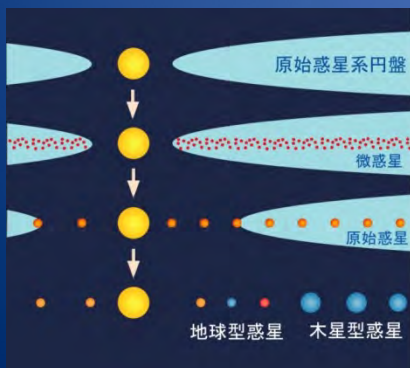
「宇宙の塵から地球や巨大惑星はどのようにできたのか？」
「系外惑星の中に”第2の地球”はあるのだろうか？」
これらの問いに答えるため研究しています

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

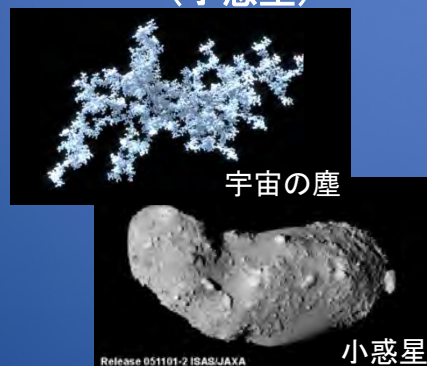


第2の地球は
存在するか？

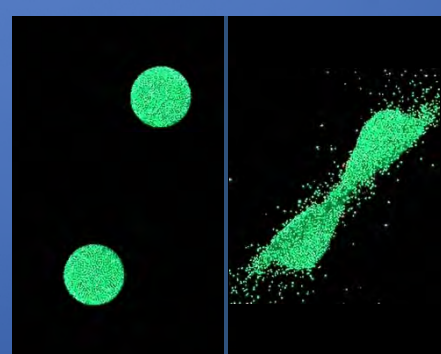
惑星形成のシナリオ



塵から微惑星へ (小惑星)

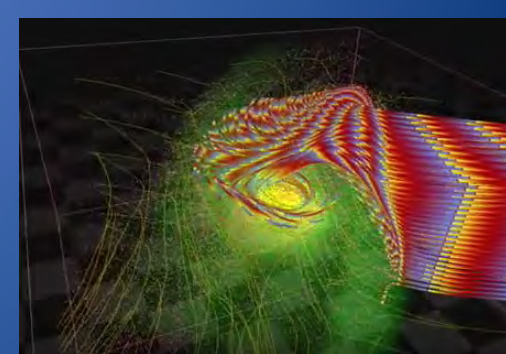


微惑星から惑星へ



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

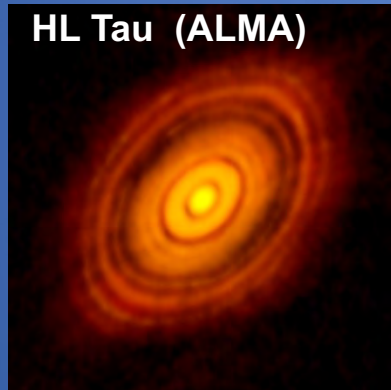
「惑星形成の現場をみる」

惑星形成現場 = 若い恒星のまわりの原始惑星系円盤

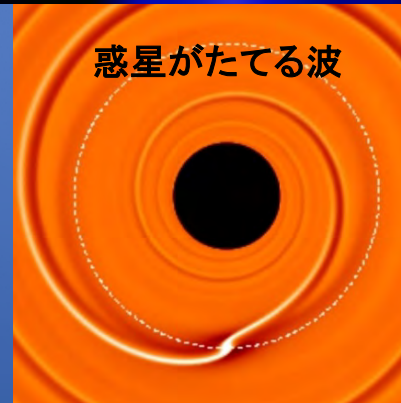
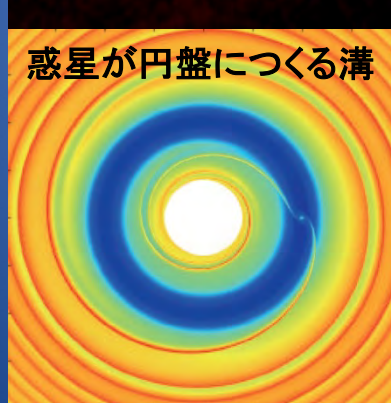
すばる望遠鏡やアルマ望遠鏡等が原始惑星系円盤の高解像度画像取得
「惑星の形成現場が見えてきた」



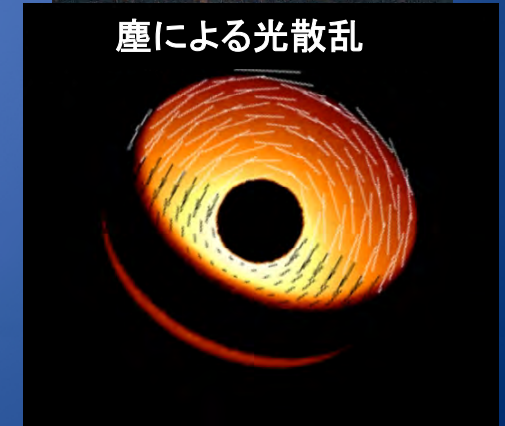
観測



V.S.



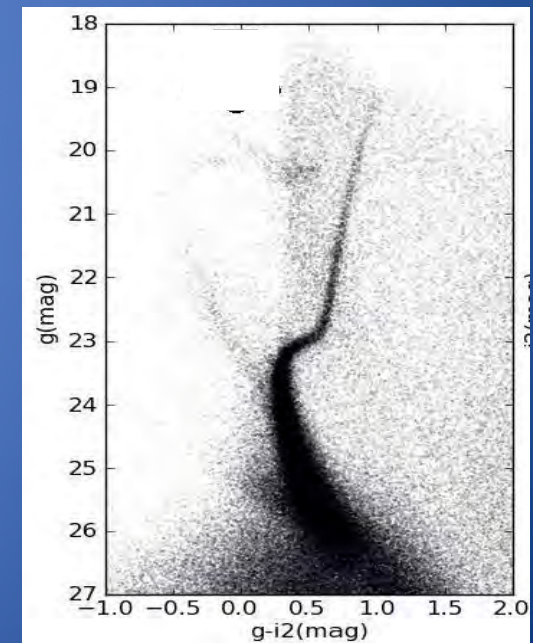
理論



5. 千葉 柁司研究室 (I)

● 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モデルの構築。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。

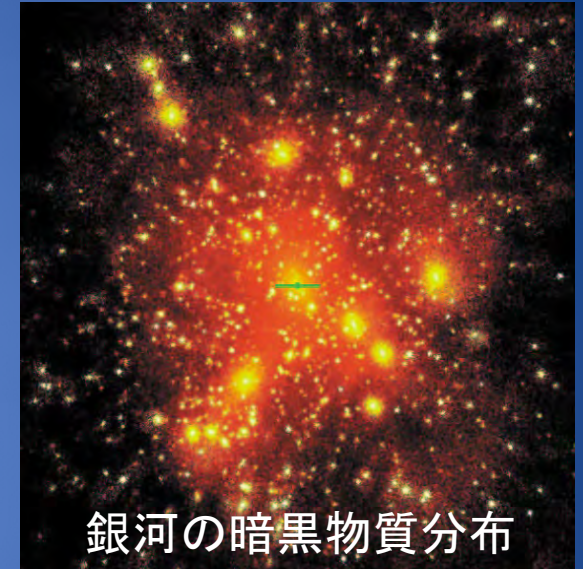


矮小銀河の色一等級図

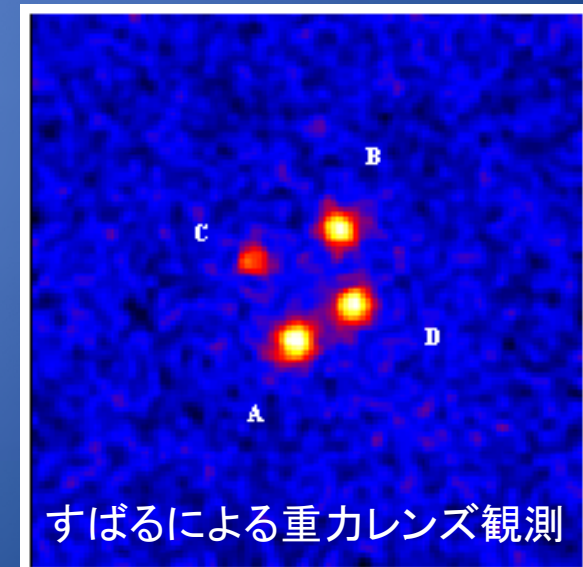
千葉柁司研究室(II)

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)

2018年4月より



時間軸天文学

研究対象

超新星爆発や中性子星合体などの突発天体

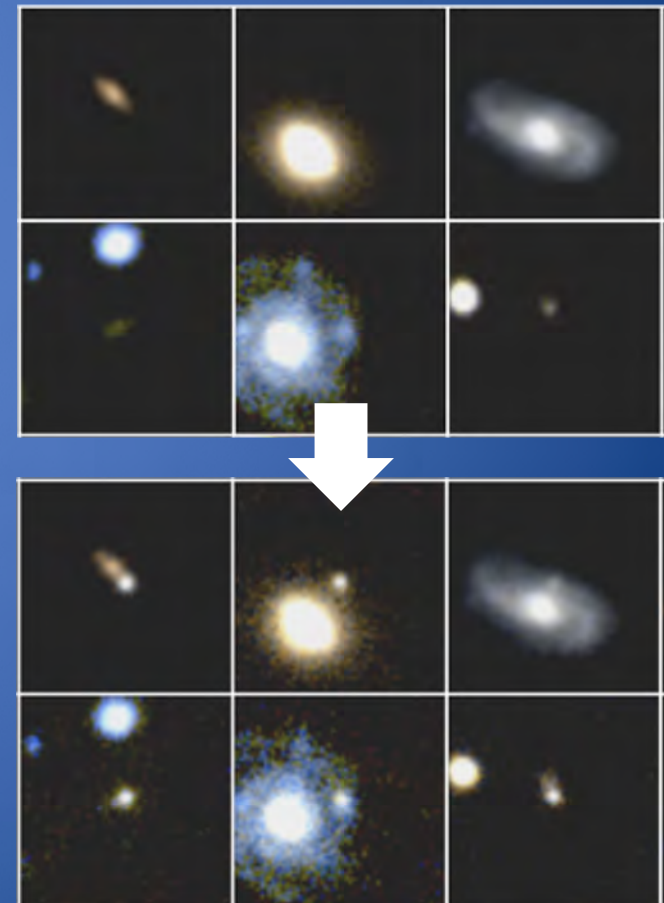
研究手法

- 広視野観測(すばる望遠鏡、木曾観測所)
- 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?**」

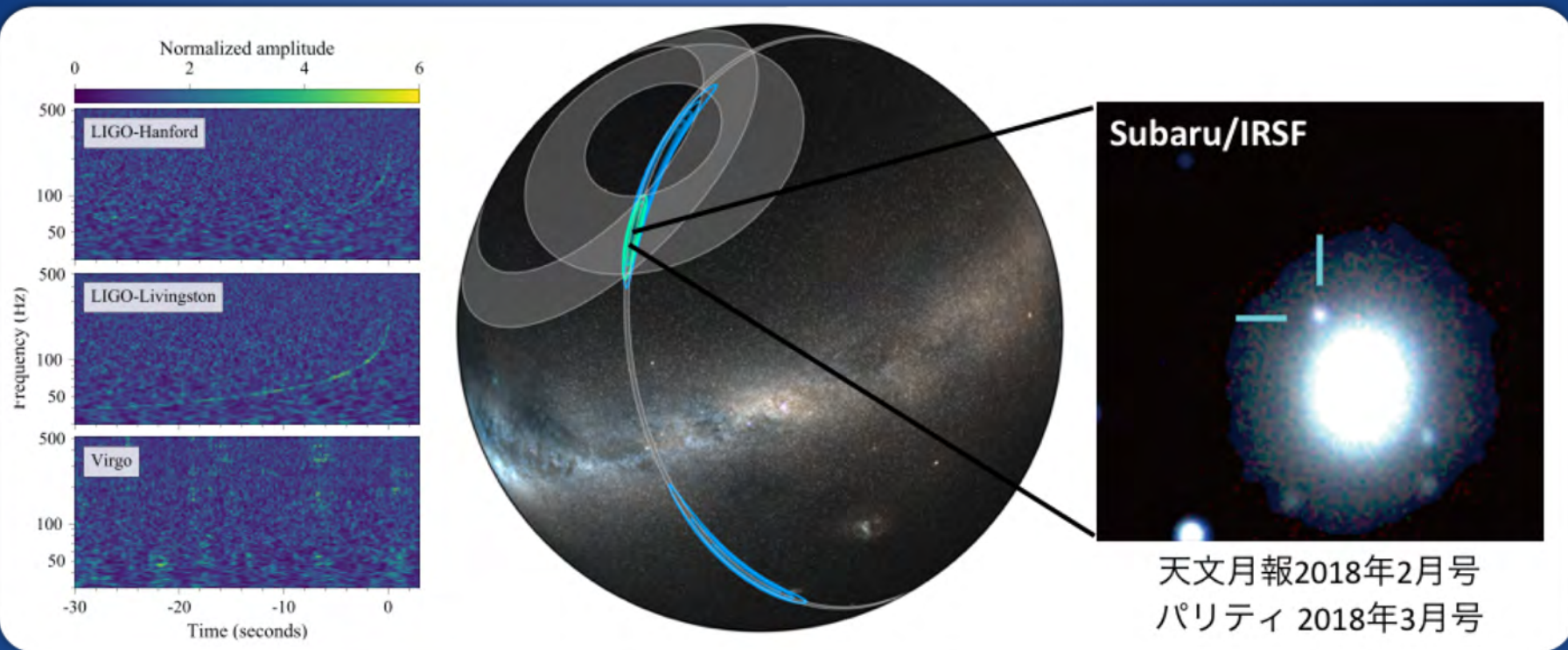
すばる望遠鏡HSCで得られた画像



最近の研究

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

時間軸天文学

重力波検出



すばる望遠鏡を使った
広域探査観測

数値シミュレーション
による解釈



中性子星合体の物理
重元素の起源

観測と理論の連携

7. 野口 正史 研究室



注意

平成30年度で退職されますので、
新規学生の募集はありません。

銀河の形成と進化

当研究室では特に円盤銀河の形成と進化に関する理論的な研究を行っています。現在有力視されているコールドダークマター宇宙論では銀河の合体が銀河進化に大きな影響を及ぼすと考えられているため、円盤銀河の形成過程は未解決の問題となっています。具体的には以下のテーマについて研究を行っています

初期円盤銀河の進化過程
近傍銀河のスケーリング則の統一的理解
銀河バルジと棒状構造の起源

初期円盤銀河は星間ガスが多量に存在するために、重力不安定によって大質量クランプを形成し、そのクランプがやがて銀河中心に集まってバルジを形成したと考えられます



8. 服部 誠 研究室 (宇宙創世期の観測的研究)

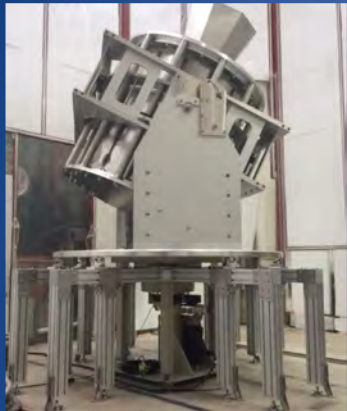
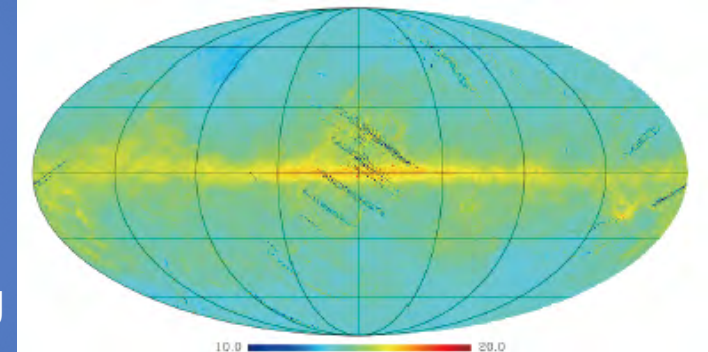


CMB偏光観測による宇宙創成期を記述する
インフレーションモデルの
観測的検証を目指した実験への貢献

CMB偏光観測最強の敵
銀河系内ダスト放射成分除去精度向上:
日本の赤外線観測衛星「あかり」が取得した
遠赤外線全天探査データから導出した銀河系内
ダスト柱密度分布地図(D2学生梨本氏作成)

GroundBIRD実験

人工衛星を用いないと
観測困難と言われている
大角度スケールの
CMB偏光シグナル検出
への地上からの挑戦
2019年度からカナリア諸島
テネリフェで観測開始予定



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

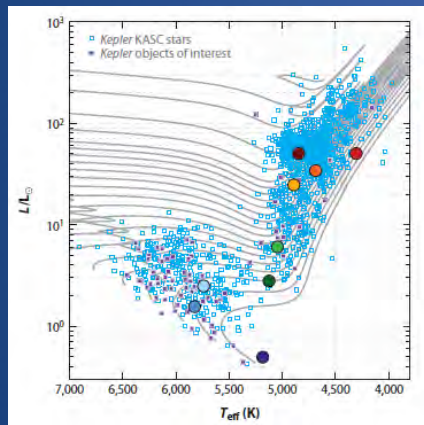
- 装置開発:CMB偏光観測の高精度を目的としたミリ波高分解能分光装置開発
高精度分光器の考案・作成、超伝導検出器の開発等
- データ解析
- 前景放射除去精度向上と関連の物理過程の研究
(例、星間ダストからのミリ波放射過程の理論的・観測的研究)
- CMB偏光観測の次なる観測量の理論的模索

9. 李宇珉 研究室：恒星物理学

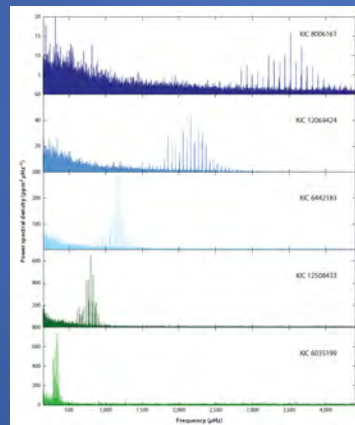


脈動変光星の理論的研究

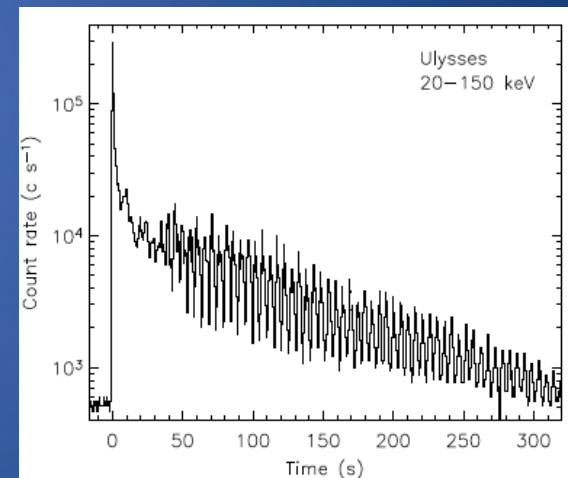
近年、MOST, CoRoT, Kepler衛星などを使った観測により極めて質の高いデータが大量に提供されるようになり、脈動変光星の研究はほとんど革命的な変革を受けた。当研究室では、恒星脈動を使ってその内部構造を探る。



Chaplin & Miglio (2013)



SGR 1900+14: Giant γ Flare



Watts 2011

中性子星の固有振動や安定性の研究

中性子星は質量は太陽程度であるが、半径は10kmという極めてコンパクトな天体である。回転や磁場や超流動など様々な物理の影響を考慮して、中性子星の固有振動（脈動）の研究を行う。



10. 村山 卓 研究室

(murayama@astr.tohoku.ac.jp)

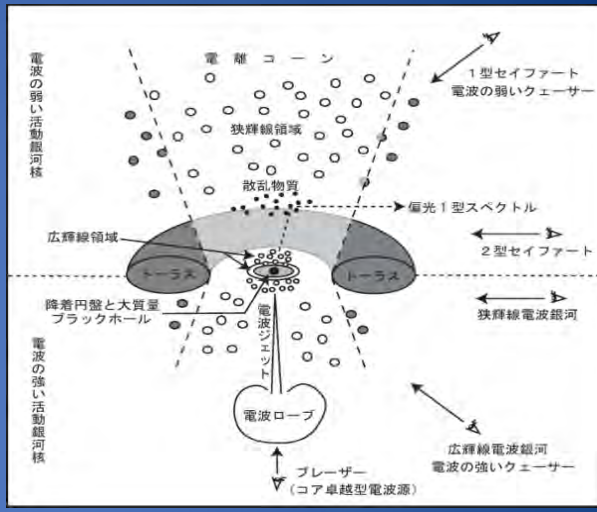


銀河、特に活動銀河核の観測的研究

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

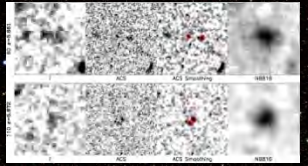
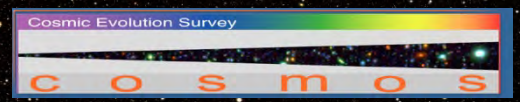


活動銀河核の構造とその統一的理解

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



11. 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。



年老いて赤色巨星
となった星



NGC6751

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



NGC6543

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、特に酸素過剰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(AlO_x)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)

$x = 1 \rightarrow \text{forsterite}, x = 0 \rightarrow \text{fayalite}, 0 < x < 1 \rightarrow \text{olivine}$

$Mg_xFe_{(1-x)}SiO_3$ パイロキシン(輝石)

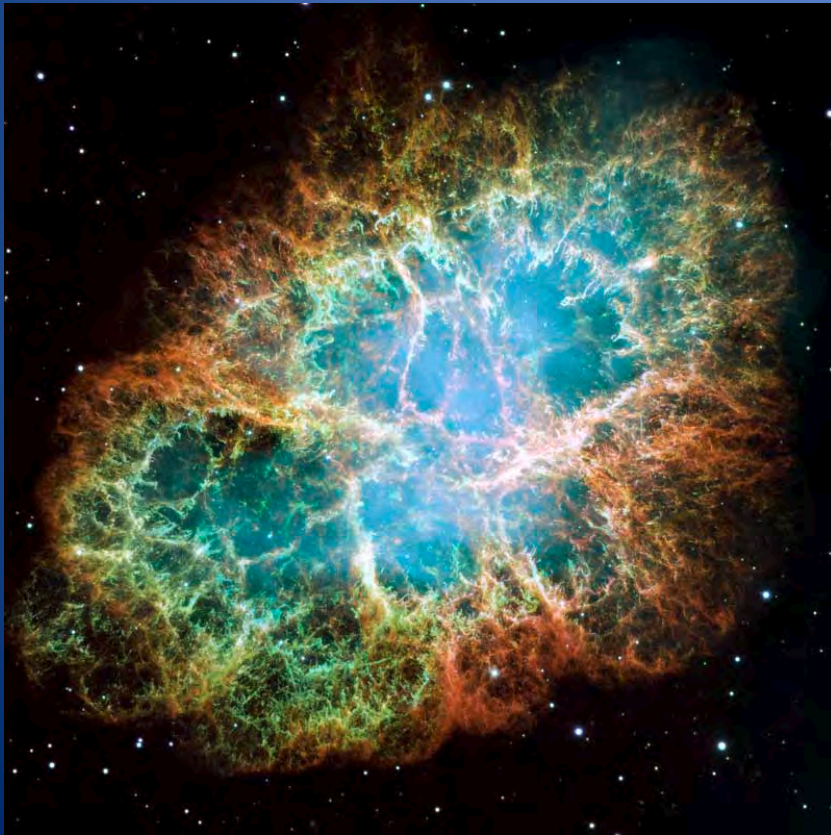
$x = 1 \rightarrow \text{enstatite}, x = 0 \rightarrow \text{ferrosilite}, 0 < x < 1 \rightarrow \text{pyroxene}$

(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)

12. 吉田 至順 研究室:理論



相対論的宇宙物理学: 中性子星、ブラックホールなどのコンパクト星の平衡形状、振動、安定性の研究。コンパクト星からの重力波、相対論的な天体における回転と磁場の影響などの研究。



カニ星雲: 中性子星が存在。

中性子星は、太陽程度の質量なのに半径は10km 程度しかない。

- ・地球上では実現できない高密状態で、重力が非常に強い。
- ・非常に高速で自転し、非常に強い磁場を伴っている。

中性子星観測から極限状態の物理の理解が可能。

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

お待ちしております