

2024年度サマーステューデントプログラム指導教員一覧

	教員名	所属	研究テーマ	受入 キャンパス	指導期間	実際に研究に要する日数
1	富永 望	科学研究部	超新星爆発の可視光探査観測、輻射輸送計算、または爆発的要素合成	三鷹	8/5, 8/6, 8/9-8/26, 8/29, 8/30	14日間程度の予定
2	郡 和範	科学研究部	宇宙初期の理論研究	三鷹	8/1 - 8/30	3-10日間の予定
3	片岡 章雅	科学研究部	惑星形成円盤の輻射輸送シミュレーションとALMA観測との比較から探る惑星形成	三鷹	8月中に2-3週間程度	10-15日間の予定
4	岩崎 一成	天文シミュレーションプロジェクト	天文シミュレーションで探る宇宙流体現象	三鷹	8/1 - 8/30	14日間の予定
5	高橋 智子、 谷口 琴美	アルマプロジェクト	アルマ望遠鏡を用いた原始星ジェットの研究	三鷹	8/1 - 8/30	20日程度を想定していますが、 状況に応じて相談可能です。
6	Maria Giovanna DAINOTTI、 郡 和範	Division of Science	Gamma-Ray Burst and Supernovae Ia cosmology with machine learning	三鷹	8/1 - 8/30	30 days
7	PAU Ramos、 石垣 美歩	ハワイ観測所	The Galactic Anticentre Stellar Structure and its superposition to the Milky Way Warp	三鷹	8/1 - 8/16	12 days
8	田中 賢幸、 安藤 誠	ハワイ観測所	すばる大規模データによる遠方銀河団の探査	三鷹	8/1 - 8/30	20日間程度の予定ですが、 柔軟に対応します。
9	守屋 堯	科学研究部	超新星で探る恒星の最期の姿	三鷹	8/1-23のうちの2週間程度	10日間程度の予定
10	麻生 洋一、 阿久津 智忠、 都丸 隆行、 高橋 竜太郎、 陳 たん	重力波プロジェクト	重力波検出器KAGRAの高感度化に関する研究	三鷹、神岡 (どちらか選択)	8/1 - 8/30	20日間程度の予定
11	SHAN Wenlei	Advanced Technology Center	DYI a Receiver for 21 cm Hydrogen Line Detection	三鷹	8/5 - 8/30	3週間くらい予定
12	竝木 則行	RISE月惑星探査プロジェクト	小惑星リュウグウのアルベド再計算	三鷹	8/16 - 8/30	平日のみの11日間
13	高橋 亘	科学研究部	数値シミュレーションにより恒星の多様性の起源を解き明かす	三鷹	8/1-8/30 のうち2週間	14日程度の予定
14	藤井 友香	科学研究部	小さな系外惑星の大気分光特性と検出可能性	三鷹	8/5 - 8/30 の平日	2週間程度
15	松尾 宏	先端技術センター	超伝導検出器を用いたテラヘルツ強度干渉計の実験	三鷹	8/1 - 8/30	14日間の予定
16	美濃和 陽典、 大野 良人	ハワイ観測所、GLAOプロジェクト	すばる望遠鏡次世代補償光学開発に向けた基礎実験	ハワイ観測所 (アメリカ合衆国 ハワイ州ヒロ)	8月中の3週間程度	移動日の週末、 祝日を除く平日
17	岡本 桜子	ハワイ観測所	すばる望遠鏡を用いた近傍銀河考古学	ハワイ観測所 (アメリカ合衆国 ハワイ州ヒロ)	8月中の3週間程度。	移動日と週末・ 祝日を除く平日
18	大島 泰	先端技術センター	ミリ波からテラヘルツ波に渡る遠方宇宙観測のための観測装置開発	三鷹	8/1 - 8/30	14日間の予定
19	井口 聖、 山崎 康正	アルマプロジェクト	宇宙暗黒時代の中性水素21cm線グローバルシグナルの検出に向けた月面からの電波天文観測	三鷹	8/1 - 8/30	14~28日間の予定
20	泉 拓磨	アルマプロジェクト	初期宇宙の超高光度クエーサーにおける高密度アウトフローの探査	三鷹	8月13日 - 8月30日。 ただし、これ以前にオンラインで 基礎知識の簡単なレクチャーを行なう。	14日間(平日)。 最終日はプレゼン発表会。
21	原田 ななせ	科学研究部	アルマ望遠鏡を用いた近傍星形成銀河の分子雲の性質の研究	三鷹	8/13-8/30のうちの2週間 (都合がつかない場合応相談)	2週間の予定
22	野村 英子	科学研究部	星・惑星形成領域における有機分子生成とアルマ観測	三鷹	8/1 - 8/30	14~30日間の予定
23	和田 武彦	JASMINEプロジェクト	宇宙望遠鏡搭載を目指した赤外線天文観測装置の開発	三鷹	8/1-8/30	15日間の予定
24	成影 典之	太陽観測科学プロジェクト	太陽コロナX線集光撮像分光観測(X線光子計測)データを用いた研究	三鷹	8月1日~23日	12日間の予定
25	永井 洋、 中西 康一郎	アルマプロジェクト	アルマ望遠鏡データで探る活動銀河核	三鷹	8月の1か月間の平日	15日前後の予定

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 超新星爆発の可視光探査観測、輻射輸送計算、または爆発的元素合成	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 富永 望	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 教授
指導期間 8/5,8/6,8/9-8/26,8/29,8/30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 14日間程度の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>超新星爆発は星が一生の最期に起こす大爆発である。その明るさは太陽の10億倍にも達し、非常に明るいことから遠方宇宙を探る手段としても用いられている。また、宇宙に存在する多種多様な元素は超新星爆発において合成され宇宙空間に放出された。そのため、超新星爆発は宇宙進化の原動力としても重要な天体である。</p> <p>今回は、超新星爆発に関する以下の観測的研究か理論的研究のいずれかのテーマを選択して行う。</p> <p>観測的研究：超新星爆発がいつどこで起こるのかを予言するのは不可能である。そのため、超新星爆発の観測研究を行うためには、まず探査観測によって超新星を発見する必要がある。超新星爆発の基本的情報を教科書や論文の輪講で学んだ後に、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam を用いて取得された探査観測の観測データを用いて、観測データ解析、超新星爆発検出を行う。さらに得られた光度曲線から超新星爆発の爆発エネルギーや放出物質の質量などの物理量を導き、宇宙にどのような超新星爆発が存在するかを理解する。</p> <p>理論的研究：超新星爆発中心部で形成された衝撃波は、後方の温度、密度を上昇させながら超新星爆発親星内部を通過する。物質の経験する温度と密度の時間進化が、爆発的元素合成によってどのような元素が合成されるかを決め、また合成される元素の放射性崩壊などによって超新星は光る。超新星爆発の基本的情報や流体力学・元素合成・輻射輸送の基礎を教科書や論文の輪講で学んだ後に、超新星爆発の流体力学・元素合成シミュレーションあるいは輻射流体シミュレーションを行う。シミュレーションによって得られた結果をもとに、どのような超新星爆発でこういった元素がどれだけの量合成されるのか、または超新星爆発がどのように光るかを調べ、超新星爆発を理解する。</p>	
特記事項 PC 必須。プログラミングや計算機取り扱いの経験があるとよい。希望があれば上記指導期間前に教科書・論文の輪講（オンライン）を行うことも可能。	
前提とする既習事項 数学・物理学の基本的な知識。Unix の基本的なコマンド操作。	

[02]

2024年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 宇宙初期の理論研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 郡 和範	指導実施キャンパス 三鷹キャンパス
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 教授
指導期間 8/1 – 8/30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 3-10 日間の予定
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 宇宙初期の現象、例えばビッグバン元素合成、インフレーション、ダークマター生成、バリオン数生成などは、高度な数学に基づいた基礎物理学、例えば素粒子論、宇宙論、相対性理論、を駆使して研究します。 このコースでは、相対性理論や量子力学の基礎を、演習と議論を通して学び、宇宙初期のどのような現象でそれらが重要となるかについての簡単な導入をトレーニングします。	
特記事項	
前提とする既習事項	

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 惑星形成円盤の輻射輸送シミュレーションと ALMA 観測との比較から探る惑星形成	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 片岡章雅	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 助教
指導期間 8 月中に 2-3 週間程度。 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 10-15 日間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>惑星とは、宇宙に存在するダストと呼ばれる固体物質が、惑星形成円盤と呼ばれるガス円盤の中で互いに付着成長することで形成される。しかし、その形成過程には多くの謎が指摘されている。そのため、惑星形成に対する観測的な制約が重要となる。惑星形成円盤は、そのミリ波放射を解析することで、惑星形成物質がどこにどの程度存在し、どの程度の大きさなのか等を調べることができる。特に ALMA 望遠鏡によって多くの円盤のダスト分布が詳細に判明してきており、その結果スパイラルやリングといった複雑な構造をもっていることがわかってきた。天文学ではこれらの結果の物理的解釈を行う際には、コンピュータの中に再現した惑星形成円盤を模擬観測し、結果を観測と比較し観測を再現するパラメータを探る輻射輸送シミュレーションという手法が用いられている。本研究では、自身で再現した惑星形成円盤と実際の ALMA データを比較することで、ダストの大きさや温度密度について制限を行う。またその結果から、惑星形成について理解を深める。</p> <p>(注 1) 下のリンクは 2020 年初頭に行われたスクールですが、本研究での内容はこれに近いものとなる予定です。参考に御覧ください。 https://sci.nao.ac.jp/MEMBER/kataoka/data/planetexperience2020_ver1.0.html</p> <p>(注 2) 受講者の強い希望がある場合、ダスト集合体の理論計算やダスト合体成長計算といった研究テーマも準備が可能です。希望の場合はその旨を記載してください。</p> <p>(注 3) 過去の研究テーマはこちらを参照してください。 https://sci.nao.ac.jp/MEMBER/kataoka/students/</p>	
特記事項	
<p>前提とする既習事項</p> <ol style="list-style-type: none"> 各学年に応じた物理・数学の基礎的知識を要求します。物理・数学に関する知識をアピールできるエピソードがある人は是非書いてください。 コンピュータの知識は必須ではありませんが、Python や C 言語等の経験のある人は是非書いてください。 天文学の知識は不要です。 	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 天文シミュレーションで探る宇宙流体现象	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 岩崎一成	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 天文シミュレーションプロジェクト	総研大での職名 助教
指導期間 8月1日から8月30日 （可能な限り具体的な日付を記入してください）	左のうち、実際に研究に要する日数 14日間の予定
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 宇宙の研究は、多様な天体现象で放たれる電磁波やニュートリノ・重力波などを望遠鏡で観る「観測天文学」と、天体现象の背景にある物理を考える「理論天文学」を両輪として発展してきた。「シミュレーション天文学」はコンピュータの発展とともに出てきた第3の分野である。シミュレーション天文学では、物理法則に基づいた微分方程式を数値的に解いて、コンピュータの中に天体现象を再現することで、模擬実験的に天体现象を調べるという研究手法をとる。近年では、大規模・高解像度かつ詳細な物理を考慮した第一原理的シミュレーションが可能となり、天体现象の解明に向けて活発に研究が進められている。シミュレーション天文学は、現代の宇宙研究において無くてはならない分野になっている。 本課題では、宇宙流体力学における重要テーマにシミュレーションを駆使して取り組む。テーマは「星形成の現場である分子雲の種となる星間雲の形成」を考えているが、学生の希望に合わせて可能な限り柔軟に対応したいと考えている。過去に受け入れた学生が取り組んだテーマは「非一様な星間ガス中を伝播する超新星爆発衝撃波」、「原始惑星へのガス降着過程」、「乱流状態にあるフィラメント状分子雲の進化過程」である。どれも宇宙の多様なシステムに共通する重要な物理（例えば衝撃波と乱流・自己重力）が関わるテーマとなっている。 進め方としては、まず流体力学の基本的な理解から始める。その後、講師が用意したシミュレーションコードに触れ、シミュレーションの中で流体方程式がどのように解かれているのかといった基本的事項を理解する。その後、実際の問題を自分で解くためにシミュレーションコードに初期条件の設定、必要な物理の追加を行っていく。そうして得られた結果を可視化ソフト等によって解析し、物理的考察を進めていく。シミュレーションは、国立天文台天文シミュレーションプロジェクトが運用するスーパーコンピュータ（アテルイII）でおこなう。	
特記事項	
前提とする既習事項 力学，電磁気学，熱力学などの基礎物理学と Unix の基礎知識。また gnuplot や python をはじめ何か一つの描画ソフトを使えること。また、C 言語あるいは Fortran の基礎知識。	

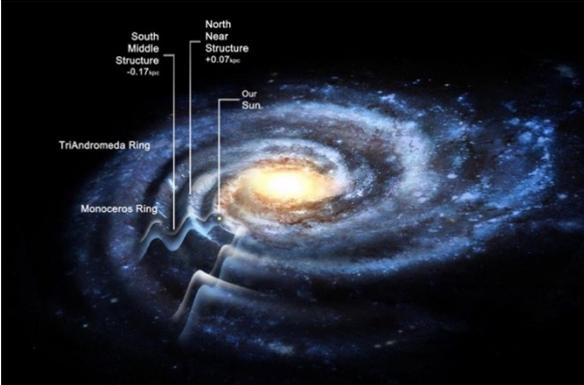
2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ アルマ望遠鏡を用いた原始星ジェットの研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 高橋智子、谷口琴美	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 アルマプロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8/1-8/30 （可能な限り具体的な日付を記入してください）	左のうち、実際に研究に要する日数 20 日程度を想定していますが、状況に応じて相談可能です。
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 星形成は、宇宙空間に漂う低温・高密度の塵（ダスト）と分子ガスから構成される分子雲が重力収縮することで起こる。密度にして20桁以上、サイズにして12桁に及ぶ変化を伴う壮大な現象であり、恒星・惑星系の形成・進化過程の解明、さらには生命誕生の起源に直結する重要な研究分野の一つである。 星形成進化の初期段階(主降着期、原始星形成後の最初の1万年程度)では、分子雲コアから降り積もる物質により星周円盤が形成される。また、その垂直方向には双極状のジェットが吹き出す。このジェットは系の角運動量を抜き、物質を原始星へと降着させる(原始星の成長を促進させる)ために重要な役割を果たす。つまり、ジェットは中心星への質量降着現象とも密接に関係している。 アルマ望遠鏡による高い空間分解能と感度での観測が達成され、形成直後の原始星に付随する双極ジェットが多数発見されるようになり、観測研究が飛躍的に進んでいる。実習では、現在発見されている原始星ジェットの中でも最も若い、質量放出が起きて100年以内の天体に焦点を当て、ジェットの特性(形状、内部構造、速度構造、物理状態等)を調べる。以下のテーマのうち、一つを選んで実習を行なってもらう：(1) 異なる物理状態をトレース(反映する)複数の分子輝線の同定と、そのイメージングを行うことで、原始星ジェットの内部構造を明らかにする。(2) 異なる時期(2016年、2023年)に取得された原始星ジェットのイメージングを行い、ジェットを通した間欠的質量放出現象の時間変動を明らかにする。	
特記事項 実習課題(1)、(2)どちらに興味があるかについて、希望があればご記入下さい。	
前提とする既習事項 基礎物理。パソコンの操作に慣れていること。解析では Linux を使う。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ Gamma-Ray Burst and Supernovae Ia cosmology with machine learning	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） Maria Giovanna Dainotti (main supervisor) (DoS, NAOJ), Kazunori Kohri (DoS, NAOJ).	指導実施キャンパス NAOJ, DoS, Mitaka Campus
代表者のプロジェクト等の所属 Division of Science	総研大での職名 Assistant Professor
指導期間 From 2024.8.1-2024.8.30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 〇〇 日間の予定 (30 days)
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） Gamma-ray bursts (GRBs) are among the most energetic and luminous astrophysical phenomena observed in the universe after the Big Bang. They emit immense amounts of radiation across the entire electromagnetic spectrum. They are observed up to a very high redshift, 9.4, and can be used as powerful probes of the high-redshift universe. Project 1: We will make use of GRBs relationships among relevant GRB observations to infer cosmological parameters and to investigate the Hubble constant tension, which is the discrepancy between the value of the Hubble constant derived from Supernovae Ia (SNe Ia) and the data from the Cosmic Microwave Background (CMB) radiation. Project 2: We will investigate and combine different samples of SNe Ia both together and alone to check to what extent the tension is still present and if it can be approximated as a slow decreasing trend of the redshift as in the paper of Dainotti et al. 2021, 2022. Project 3: Currently, only about 26% of total sample of GRBs have known spectroscopic redshift. The challenge is to provide redshift estimates for as many GRBs as possible. There is, however, another caveat: GRB afterglows fade away extremely rapidly. By the time the telescope can point toward these events to study, the afterglow may already be too dim to be observed. Also, there is a limited number of telescopes available, so high-redshift measurements are difficult to measure. Therefore, we craft a machine learning strategy to detect high-z GRBs which can then be used for cosmological studies.	
特記事項 Basic knowledge of English is required	
前提とする既習事項 Use of either python, R, or Mathematica is required	

FY2024 NAOJ / SOKENDAI Summer Student Program Instruction Plan

<p>Research Topic The Galactic Anticentre Stellar Structure and its superposition to the Milky Way Warp</p>	
<p>Name of Supervisor(s) Pau Ramos Miho Ishigaki</p>	<p>Campus Mitaka</p>
<p>Representative's NAOJ project affiliation ハワイ観測所</p>	<p>Job title (SOKENDAI) 助教</p>
<p>Period of research guidance August 1st – August 16th</p>	<p>Number of days actually required for research out of the period shown on the left: 12</p>
<p>The outskirts of the Milky Way’s stellar disc, where the weak self-gravity and the long orbital periods can preserve structures for billions of years almost frozen in time, is one of the ideal places to delve into the past of our Galaxy. This project of Galactic Archaeology will consist on a holistic study of the Galactic anticentre and a first step towards understanding the complex morphology observed with different tracers, like Cepheids.</p> <p>The student will have to compile the known information on the bending wave that deformed the disc and caused conspicuous overdensities like the Monoceros ring, homogenise the data into a single, coherent reference frame and compare it with the warp detected by Cabrera-Gadea et al. 2024 and 2024b (in prep.). This will require understanding how distances are derived and paying close attention to possible biases among the different tracers used.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Figure: Artistic impression of the Milky Way disc, deformed in accordance to the observations of the Galactic anticentre. The Monoceros ring and other overdensities are label according to their estimated Galactocentric radius and height above or below the mid-plane.</p> <p><i>Credit: Heidi Newberg, Rensselaer Polytechnic Institute</i></p> </div> </div>	
<p>Notes</p> <p>This work is part of an on-going collaboration led by Mauro Cabrera-Gadea to describe and comprehend the Milky Way disc, its formation and the many perturbations it has received from “collisions” with external galaxies. If the results produced by the student are used by the collaboration, they will be included in the corresponding publications as co-authors.</p> <p>必要に応じて日本語でもサポートします。</p>	

[07]

Prerequisites (e.g., basic physics, computer language)

Basic physics, interested in stellar dynamics and/or stellar populations, and not having issues with reading and understanding scientific English.

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ すばる大規模データによる遠方銀河団の探査	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 田中賢幸、安藤誠	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 ハワイ観測所	総研大での職名 准教授
指導期間 8/1-8/30 （可能な限り具体的な日付を記入してください）	左のうち、実際に研究に要する日数 20 日間程度の予定ですが、柔軟に対応します。
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 宇宙における銀河の分布はとても非一様で、銀河は蜘蛛の巣の糸のように分布をしていることが知られています。これは宇宙の大規模構造と呼ばれ、この糸と糸の交差点にある「銀河団」という銀河の大集団は宇宙の中で最も重い天体です。このプログラムでは遠方宇宙における銀河団を探し出すことを目的とします。Hyper Suprime-Cam すばる戦略枠プログラムと言われる、すばる望遠鏡史上最大の観測プロジェクトで観測された領域のうち、Deep/UltraDeep と呼ばれる領域で、深い多波長データ (u-band から K-band まで) が作成されています。これを元に高精度の測光的赤方偏移（銀河の色から銀河の距離を推定する手法）が計算されていて、質・量ともに遠方銀河団探査に最適なデータとなっています。これを用いて赤方偏移 1-4 という遠方宇宙にひそむ遠方の銀河団を探査します。現在、赤方偏移 2 を超える銀河団は片手で数えるほどしか知られていません。今回、その数を大きく増やすことを目標とします。 指導教員がメインの指導にあたりますが、ハワイ観測所(三鷹)の学生・ポスドクの方々にもサポートしてもらう予定です。また、ハワイ観測所では現在 Prime Focus Spectrograph (PFS)という次世代分光器の開発が大詰めを迎えていて、来年からの観測開始を目指しています。装置開発や試験観測は観測所ならではの仕事で、他では見られません。PFS の開発現場も是非見ていただきたいと考えています。	
特記事項 特になし	
前提とする既習事項 特になし	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 超新星で探る恒星の最期の姿	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 守屋 堯	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 助教
指導期間 8/1-23 のうちの 2 週間程度 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 10 日間程度の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>恒星は宇宙を構成する最も基本的な要素であり、恒星が時間とともにどのように変化（進化）していくかを明らかにすることは天文学の根幹である。また、超新星は恒星の進化の最期に起こる爆発であり、超新星によって周囲にもたらされる元素やエネルギーによって宇宙の進化が駆動される。しかし超新星になるような恒星がどのように進化し、どのような状態で超新星となるのかはまだ未知の部分が多い。このため超新星に至る恒星の進化を明らかにすることが天文学の大きな課題となっている。</p> <p>超新星の性質（どの程度の質量が放出されているかなど）は恒星の最期の状態によって決まるため、超新星の性質を詳細に明らかにすることで恒星の最期の状態を明らかにし、超新星に至る恒星の進化を明らかにすることができる。本研究では、超新星の観測量を理論的に解釈することで超新星の性質を明らかにし、明らかにした性質を基に爆発前の恒星の様子を推定する。具体的にはまず超新星の性質を決めている物理過程を学び、それをもとに超新星の性質を理論的に推定する簡単な数値コードを開発する。開発した数値コードを用いて観測された超新星の性質を推定し、超新星に至る恒星の性質を推定する。プログラミング（言語は問わない）の基礎知識があることを前提とする。</p>	
特記事項	
<p>前提とする既習事項</p> <p>力学や熱力学といった基礎的な物理。 プログラミングの基礎知識（言語は問わない）</p>	

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 重力波検出器 KAGRA の高感度化に関する研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 麻生洋一、阿久津智忠、都丸隆行、高橋竜太郎、 陳たん	指導実施キャンパス 三鷹、神岡(どちらか選択)
代表者のプロジェクト等の所属 重力波プロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8/1 から 8/30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 20 日間程度の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>中性子星やブラックホールの衝突、超新星爆発といった大質量の加速度運動を伴う激しい天体現象からは、重力波が放出される。こういった重力波を直接検出することで、これまでの電磁波による宇宙の観測では得られない新しい情報を引き出すことを目指すのが、重力波天文学である。2015 年 9 月のブラックホール連星からの重力波初検出に始まり、2017 年には中性子連星合体からの重力波が検出され、電磁波との共同観測から多くの知見が得られた。重力波天文学はその幕開けと共に急速に発展を始めている。</p> <p>KAGRA は、岐阜県神岡鉱山の地下に建設された基線長 3km のレーザー干渉計型重力波検出器である。KAGRA では、10 のマイナス 23 乗以下という、極めて小さい時空の歪みを検出することで、ブラックホール合体等からの重力波を観測し、重力波天文学をさらに発展させることを目指している。しかし、このような小さな歪みを捉えるためには、究極的な微小計測技術が必要とされる。そのため、装置に伝わる振動や、レーザー光の散乱、鏡の熱振動、さらには光の量子力学的揺らぎまで抑制する必要がある。</p> <p>国立天文台重力波プロジェクトでは、KAGRA にインストールされる防振装置や散乱光対策装置など、様々な機器の開発とインストールを進めてきた。KAGRA は現在、観測運転と感度向上作業を交互に行っている。本プログラムに参加する学生には、KAGRA の高感度化に関する研究を体験してもらおう。具体的なテーマは本人との相談で決めるが、候補としては、量子力学的不確定性に起因する雑音を量子光学的手法で低減する実験、超高性能防振装置に関する実験、KAGRA サイトでの環境雑音低減実験などがある。プログラム実施場所は三鷹キャンパスもしくは神岡サイトを参加者の希望で選択してもらおう。三鷹キャンパスを選んだ場合、日帰りの KAGRA サイト見学を実施することもできる。</p>	
特記事項 KAGRA のような大型装置に直接関わる機会は通常は得られない貴重なものである。	
前提とする既習事項 力学，電磁気学	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ DYI a Receiver for 21 cm Hydrogen Line Detection	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） SHAN Wenlei	指導実施キャンパス Mitaka
代表者のプロジェクト等の所属 Advanced Technology Center	総研大での職名 Associate Prof.
指導期間 2024-08-5 ~ 2024-08-30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	3 週間くらい予定
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） Astronomy and astrophysics are essentially experimental sciences. Their progress relies on advanced instruments, many of which are developed by astronomers themselves. It must be an exciting moment that you make scientific discoveries with the equipment that you build. During the summer school, the student will study fundamental knowledge on receiver technology and radio astronomy. With the minimum knowledge, he/she will be guided to DYI a 1.4 GHz receiver with inexpensive, Amason-shop-available components and a hand-made horn antenna. The receiver is hopefully sensitive enough to detect neutral hydrogen atomic line radiation from the center of our galaxy. Yes, with your own hand, you will be able to experience the discovery made by Karl Jansky in 1933, the dawn of radio astronomy.	
特記事項 The instruction will be given in English mixed with Japanese.	
前提とする既習事項 No special requirement.	

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 小惑星リュウグウのアルベド再計算	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 竝木則行	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 RISE 月惑星探査プロジェクト	総研大での職名 教授
指導期間 8/16～8/30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 平日のみの 11 日間
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>小惑星リュウグウのアルベドマップは既に Yamada <i>et al.</i> (2022)により公表されているが、レーザ高度計のヒータ ON/OFF による変動を取り除ききれていない可能性がある。レーザダイオードの温度データを使ってアルベド再計算を試みる。</p> <p>小惑星のアルベド（反射率）は表面の組成やラフネス（凸凹具合）によって変化する。取得画像データからアルベドを推定することが可能であるが、光源（太陽）と地表と受光カメラの3点を結ぶ位相角に対応した補正が必要である。一方、レーザ高度計は送光強度と受光強度が計測されており、位相角も0度（レーザ高度計からレーザ照射して、レーザ高度計望遠鏡で受光）の単純で安定した計測データが得られている。このレーザ高度計データを使ったアルベドマップは既に Yamada <i>et al.</i> (2022)により公開されている。ただし、レーザ高度計の送光強度と受光強度はヒータ ON/OFF によって約 400 秒周期の変動を示すことが分かっており、左記論文ではバンドパスフィルタ処理によって簡易的にこの変動成分を取り除いている。</p> <p>しかしながら、改良された探査機軌道を使いながらレーザ高度計チーム内で進めているデータ公開準備作業から、バンドパスフィルタ処理では十分に変動成分を取り除ききれていない可能性がでてきた。その要因は (1) ヒータ ON/OFF の周期そのもに変化がある、(2) 周期変動には高次の変動成分が含まれており、バンドパスフィルタ処理が適していない、などの可能性が推測される。そこで、レーザダイオードの温度データをフィルタとして利用し、送光強度と受光強度データの較正とアルベドの再解析を試みる。</p> <p>Yamada, R., Yamamoto, K., Oshigami, S. et al. Derivation of 1.064 μm normal albedos on the C-type asteroid Ryugu from laser pulse intensity measurement of the Hayabusa2 LIDAR. <i>Earth Planets Space</i> 74, 166 (2022). https://doi.org/10.1186/s40623-022-01717-z</p>	
特記事項 公開データを利用する予定であるが、もし非公開レーザ高度計データを使う場合は守秘ぎむが生じる。計算に用いる言語に指定はない。	
前提とする既習事項 力学，物理数学，地球惑星物理学，地球惑星地質学など。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 数値シミュレーションにより恒星の多様性の起源を解き明かす	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 高橋 亘	指導実施キャンパス 三鷹キャンパス
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 助教
指導期間 8/1-8/30 のうち 2 週間 (参加者の都合に合わせて決めます)	左のうち、実際に研究に要する日数 14 日程度の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>天文学が対象とする天体・現象は多岐にわたるが、それらの性質を推定するのに恒星の知識が役立てられていることが多い。たとえば恒星の表面光度・温度に基づく年齢推定は、銀河の星形成率や超新星爆発の発生タイムスケール、系外惑星の形成時間など、非常に様々（で重要）な量を推定するための基盤として用いられている。</p> <p>このコースでは理論モデルを用いた恒星進化のシミュレーションを行うことで、天文学者がどのように天体の年齢を推定するのかを学ぶ。恒星の理論モデルは多くの場合自転しない単独星を仮定して作るのだが、世の中には高速で自転したり強力な表面磁場をもつもの、また連星系に属するものなど、様々な恒星が存在する。そこでこのコースのシミュレーションには、これらの影響を考慮できる先進的恒星進化コード HOSHI を用いる。</p> <p>恒星進化のシミュレーションが実際何を行っているのかを理解するには、星の中で起こる様々な現象がどのような物理に従っているのかを理解しなければならない。まずは教科書の輪講を行い、恒星物理の基礎を学ぶ。平行してシミュレーションコードの扱いに慣れたのち、地球近傍の明るい星：一等星の年齢推定を行う。余力のある場合、シンプルな仮定に基づいた近似恒星進化コードを作成する。多様な恒星は一体なぜそのような多様性を獲得したのだろうか？理論的な探求を行い、恒星の理解を深める。</p>	
<p>特記事項</p> <p>実際の研究内容は参加者の方の知識と意欲にあわせて柔軟に変更したいとおもいます。恒星やシミュレーションに興味のある方はぜひ一緒に研究しましょう！ (前年度のコース内容を https://starevol.wixsite.com/kohtakahashi に掲載予定です。)</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>流体力学や熱力学など基礎的な物理。 プログラミングやパソコンの操作になれているとよい。</p>	

2023 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 小さな系外惑星の大気の分光特性と検出可能性	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 藤井友香	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 准教授
指導期間 8/5 - 8/30 の平日 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 2 週間程度
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>3 地球半径以下の惑星が宇宙には普遍的に存在することが明らかになり、地球型惑星と考えられる半径と質量を持った惑星も相次いで検出されています。これらの惑星がどのような表層環境を持つかは、アストロバイオロジーの観点からも惑星の形成過程を制約する上でも重要です。ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡によってこれら小さな惑星の赤外分光観測が進みつつあり、大気をほとんど持たない地球型惑星や、二次大気を持つと考えられるような系も見つかっています。ただし、ハビタブルゾーンにある小さな惑星の中で表層環境の調査が可能なものは現状限られており、いくつかの大型将来計画（TMT、Habitable World Observatory、LIFE など）によるさらなる観測が期待されています。</p> <p>本プログラムでは、系外惑星の大気観測手法の理解・惑星の大気構造と観測される分光特性との関係の理解・観測可能な惑星表層環境の指標の開拓を目標とし、相談のうえ以下のいずれかのテーマに取り組んでいただく予定です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽系内地球型惑星の分光特性モデリング ・JWST や将来計画を念頭においた、大気組成の特徴量（D/H や N/C など）の検出可能性の評価とターゲット選定 	
特記事項	
前提とする既習事項 Python, C, Fortran いずれかによるプログラミングの基礎（できれば Python）	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 超伝導検出器を用いたテラヘルツ強度干渉計の実験	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 松尾 宏	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 先端技術センター	総研大での職名 准教授
指導期間 8/1-8/30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 14 日間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>天体放射エネルギーの約半分は光赤外線領域で放射され、あと半分は遠赤外線からサブミリ波領域（テラヘルツ波領域）で放射されています。テラヘルツ波領域では天体の熱放射および原子輝線の放射が観測され、様々な天体の形成進化を研究するうえで重要な波長領域となっています。しかし、大気吸収のためサブミリ波帯では標高 5000m クラスの高地から、1THz 以上のテラヘルツ帯では南極高地（ドームふじ、ドーム A）からの観測に限られます。一方で、宇宙空間からの観測では大気放射に邪魔されず超高感度の観測が可能です。</p> <p>先端技術センターでは、将来のテラヘルツ帯の高解像度高感度観測に向けて、強度干渉計による天体画像合成手法の研究を進めています。強度干渉計は電磁波の位相測定を行わないため、大気の揺らぎの影響を受けにくく南極高地からのテラヘルツ帯長基線干渉計が可能です。将来、宇宙空間に設置する干渉計では受信機量子限界を超える超高感度観測が期待されます。</p> <p>サマースチューデントのプログラムとして、実験室に設置した光学実験用冷却装置を用いて、超伝導検出器の特性評価を行い、強度干渉計の実証実験に向けた極低温回路の評価、および画像合瀬の実証に向けた光学実験を実験室メンバーと共に進めます。身に付けることのできる基礎技術としては、真空容器の扱い方、冷却装置の扱い方、超伝導検出器の基礎、高周波トランジスタの基礎などが挙げられます。</p> <p>テラヘルツ帯天文学の基礎と実験装置の説明については、実験開始前に講義を行う予定です。将来の天文観測装置に向けた基礎開発に興味のある方に参加してもらいたく、よろしく願います。</p>	
特記事項 必要となる知識については、講義を行う予定です。	
前提とする既習事項 物理基礎	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ すばる望遠鏡次世代補償光学開発に向けた基礎実験	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 美濃和陽典、大野良人	指導実施キャンパス ハワイ観測所（アメリカ合衆国ハワイ州ヒロ）
代表者のプロジェクト等の所属 ハワイ観測所、GLAO プロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8 月中の 3 週間程度 （可能な限り具体的な日付を記入してください）	左のうち、実際に研究に要する日数 移動日の週末、祝日を除く平日
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 国立天文台ハワイ観測所では、次期のハワイ観測所の主力観測装置である ULTIMATE-Subaru (https://ultimate.naoj.org/) で用いる広視野補償光学システム（Ground Layer Adaptive Optics : GLAO）の開発を行なっています。補償光学では、地上望遠鏡での観測の大敵である地球大気の揺らぎを、波面センサーを使ってリアルタイムで計測し、可変形鏡をつかって補正をする事で、地上望遠鏡の空間解像度を飛躍的に向上させる装置です。補償光学は、これまで狭い視野で大気揺らぎを精密に測定し、望遠鏡の回折限界の分解能を実現するために用いられてきましたが、GLAO では、地球大気のうち地表に近い部分だけの揺らぎを選択的に補正する事で、広い視野と高い解像度を両立することを目指しています。 GLAO の開発は、来年度からの製作開始に向けて、プロトタイプ試験、最終設計を行なっています。本プログラムでは、GLAO の設計仕様の策定に必要な実験、シミュレーションの中から、以下の 2 つの課題について、興味のある方を選択して行なって頂きます。 （1）局所的な大気揺らぎの測定実験：GLAO では多数の波面センサーを用いるため、検出器や、モーターなどの機器の発熱が起こす局所的な揺らぎによる補正性能劣化が問題になり得ます。本課題では、局所的な揺らぎを測定する機器（Airflow, Lai et al. 2019, MNRAS, 484, 5568）を用いて、すばる望遠鏡のドーム内において、波面センサーの機器周辺で発生する揺らぎを計測し、GLAO による波面補正への影響を評価します。 （2）大型可変形鏡の応答関数の計測手法に関する研究：GLAO では波面補正に直径 1.2m の大型の可変形副鏡を用います。そのため、可変形鏡の実験室での較正は鏡面を複数に分割し計測します。本課題では、可変形副鏡の応答関数を、プロトタイプ波面センサーを用いて計測する手法を検討し、光学シミュレーションを用いて評価します。	
特記事項：ハワイ観測所の山麓施設で研究を行います。また、研究内容によっては山頂施設での日中の実験も行います。滞在中には、すばる望遠鏡での運用、開発に関わるチームとの交流、観測の見学などの機会も設けたいと考えています。	
前提とする既習事項：数学、物理の基本的な知識。 必須ではありませんが、Python プログラミングの基礎知識がある事が望ましいです。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ すばる望遠鏡を用いた近傍銀河考古学	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 岡本桜子	指導実施キャンパス ハワイ観測所(アメリカ合衆国ハワイ州ヒロ)
代表者のプロジェクト等の所属 ハワイ観測所	総研大での職名 助教
指導期間 8 月中の 3 週間程度。 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 移動日と週末・祝日を除く平日
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>天の川銀河のような大型銀河は、周辺のいくつもの矮小銀河が重力相互作用で降着して合体と集積を繰り返すことで、階層的に大きく成長してきたと考えられています。そして現在の大型銀河の外縁部には厚い円盤や恒星ハロー構造に加えて、過去の成長過程を生き残った衛星銀河や、衛星銀河が潮汐力で引き千切られて星が帯状に分布した恒星ストリームなどのサブ構造が存在すると理論的に予測されています。そしてこれらの外縁部構造には、銀河が過去に経験した矮小銀河降着の規模や時期、頻度などの情報が蓄積されており、その銀河の形成・進化史を明らかにするのに最も重要な手がかりになります。</p> <p>本プログラムでは、すばる望遠鏡の Hyper Suprime-Cam(HSC) で得られた天体カタログから、銀河系から 5Mpc 程度の距離にある大型円盤銀河の個々の星を検出して、その年齢・金属量と空間分布、外縁部構造の質量などを見積もり、他の大型円盤銀河の性質と比較します。また恒星の空間分布から、対象銀河の周りに未知の衛星銀河やサブ構造がないかどうか探查します。もし未知の天体を発見した場合には、その中心座標、明るさ、銀河系からの距離などの性質を調べて、対象銀河との過去の相互作用について議論します。また興味があれば、HSC 画像データのパイプライン解析も経験してもらいます。</p>	
<p>特記事項</p> <p>ハワイ観測所の山麓施設で研究を行います。ヒロ滞在中に、すばる望遠鏡の開発や運用に関わる観測所員との交流や、観測の現場に触れる機会も設けたいと考えています。</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>数学・物理学の基本的な知識。プログラミング・Unix 操作の基礎知識があることが望ましい。</p>	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ ミリ波からテラヘルツ波に渡る遠方宇宙観測のための観測装置開発	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 大島 泰	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 先端技術センター	総研大での職名 助教
指導期間 2024-08-01～2024-08-30 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 14 日間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>宇宙の構造および化学進化を探求する上で遠方の銀河や銀河団まで見通すことのできるミリ波、サブミリ波、テラヘルツ波に渡る観測が注目されており、この波長で高感度な観測を実現することで、宇宙の深い理解につなげたいと考えています。しかし、そのためには超伝導技術を用いた新しい観測装置が必要になるなど、まだまだ開拓が必要な分野です。</p> <p>国立天文台先端技術センターでは、観測したい対象に合わせた装置の全容を設計し、それを実現する要素技術である、ミリ波からテラヘルツ波に渡る広い電波観測帯の信号を集光する光学素子、検出する超伝導検出器とそれを支える 1 Kelvin を切る極低温の技術などの開発を行っています。さらに、この観測装置を最大限に活かしてはるか彼方からやってくる微弱な信号を捉えるために、観測モードや観測データ解析の手法の改良にも取り組んでいます。</p> <p>本プログラムでは、まずこれらの概要をレクチャーした後に、超伝導回路やミリ波からテラヘルツ波に渡る光学素子や検出器の設計や評価に挑戦してもらいます。また、将来の観測装置の開発を体験することで、電磁波、熱力学、量子力学などの基礎物理をより身近なものにすると共に、天文学や宇宙物理学の新しい観測の可能性に目を向けるきっかけとなることを目指します。</p>	
特記事項 必要となる知識については、講義を受けてもらう予定です。	
前提とする既習事項 基礎物理	

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 宇宙暗黒時代の中性水素 21cm 線グローバルシグナルの検出に向けた月面からの電波天文観測	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 井口 聖, 山崎 康正	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 アルマプロジェクト	総研大での職名 教授
指導期間 2024 年 8 月 1 日～2024 年 8 月 30 日	左のうち、実際に研究に要する日数 14～28 日間の予定
研究の概要： 近年、宇宙論の観測研究において宇宙マイクロ波背景放射（CMB）に対する中性水素 21cm 線のスピン温度の差、その空間的な平均温度であるグローバルシグナルが注目されています。特に周波数 15 MHz (z が 90 に相当) を中心に約 40 mK の吸収として現れる宇宙暗黒時代の中性水素 21cm 線グローバルシグナルは星形成や宇宙再電離の影響を受けないことから、純粋に宇宙論のみで決まるとされています。これを精度良く観測することができれば標準宇宙論の検証を行うことができ、もしそれが予言と異なる結果となった場合は「標準宇宙論の破れ」の証拠となるかもしれません。しかし、この周波数帯は、地上では地球電離層や人工による電波障害により観測することができず、月の裏側からの観測が期待されています。 本研究テーマでは、アルテミス計画において日本が提案を目指す、宇宙暗黒時代の中性水素 21cm 線グローバルシグナルの検出に向けた月面天文台構想について学び、21cm 線グローバルシグナルの理解を深めながら、その観測の実現可能性の検証を行います。まずは中性水素のスピン温度を原理的に理解し、21cm 線グローバルシグナルの周波数依存性をモデル化します。シミュレーションにより 40 mK の吸収量を確認しながら、それを支配する宇宙論パラメータは何かという問いに対して思考実験します。さらに、近年、宇宙の夜明けの時代の 21cm 線グローバルシグナルの検出を目指した 50–90 MHz 帯での地上観測データを用いて観測の妥当性の検証を行い、それをもとにした宇宙暗黒時代に相当する 15 MHz での 40 mK の吸収量の観測の検討を行います。後半にはそれを観測するための望遠鏡システムまで検討を踏み込みます。40 mK を検出するということは少なくともその 1/5 の観測精度が要求されます。この周波数帯では中性水素の他に、その前景にある天の川銀河が 10^4 – 10^7 K と非常に高温な雑音として観測されるため、8 mK の観測精度を実現することは簡単ではありません。では観測する上で精度を揺るがす要因は何か。その最前線にご招待します。	
特記事項 受講場所は、国立天文台三鷹キャンパス。	
前提とする既習事項 基礎物理学（古典論：力学、電磁気学）、プログラミング言語（特に、python）	

2024 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 初期宇宙の超高光度クエーサーにおける高密度アウトフローの探査	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 泉 拓磨	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 アルマプロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8月13日～8月30日。ただし、これ以前にオンラインで基礎知識の簡単なレクチャーを行なう。	左のうち、実際に研究に要する日数 14日間（平日）。最終日はプレゼン発表会。
研究の概要 多くの大質量銀河の中心には、太陽の百万倍以上の質量にも達する「超巨大ブラックホール」が存在すると考えられています。「活動銀河中心核（Active Galactic Nucleus = AGN）」とは、活発なガス降着を伴う超巨大ブラックホールを意味し、その際に解放された重力エネルギーにより非常に明るく輝く天体です。ガス降着を伴う = ブラックホールの質量が増加している現場なので、宇宙における超巨大ブラックホール成長の歴史や、超巨大ブラックホールとそれを宿す母銀河の間の様々な関係性を調べる上でも極めて重要な天体種族です。 本研究課題では、ALMA 望遠鏡で取得した、赤方偏移 6 を超える（宇宙年齢 10 億歳以下）時代の、クエーサーとよばれる高光度 AGN の「母銀河」の観測データを解析します。取得したのは酸素原子の放つ輝線放射で、銀河の中性で高密度のガスの分布や運動、星形成活動の良い指標です（なお、観測ターゲットは既知のクエーサーの中でも最大級に明るい天体です）。本研究では特に、中心のクエーサーの強大な放射により銀河のガスが吹き飛ばされる「アウトフロー」という現象の有無を調査します。近年の観測から、銀河と中心のブラックホールは互いに作用しながら進化した（共進化）と考えられていますが、このアウトフローはまさしくブラックホールと銀河を橋渡しする、共進化の鍵となる物理過程だと考えられます。検出された場合はその物理量（アウトフロー速度、アウトフローレート、エネルギー、運動量等）の推定も行ない、クエーサーの活動性との関連も議論します。アウトフローが検出されなかった場合も、先行研究と併せてその原因をしっかりと考察して頂きます。これらは 100 億光年以上彼方の初期宇宙における共進化の物理的な様子を解明するための重要な知見となるでしょう。	
特記事項 （参考文献） 「シリーズ現代の天文学 16 巻 宇宙の観測 II 電波天文学」（日本評論社）	
前提とする既習事項 学部前半レベルの物理学の基礎知識。UNIX コマンドの簡単な知識があることが望ましい。期間中に自由に使えるコンピュータ（ノート PC）も持参して頂けると良い。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ アルマ望遠鏡を用いた近傍星形成銀河の分子雲の性質の研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 原田ななせ	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 助教
指導期間 8/13-8/30 のうちの2週間（都合がつかない場合 応相談）	左のうち、実際に研究に要する日数 2週間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>銀河は1億から1兆個の星から構成されています。しかし、銀河の中にあるのはそれだけではありません。星と星の間の空間にあるガス（星間ガス）や光（電磁波）で見えないダークマターも主な構成要素です。そのうち、新たな星を作る材料になるのは星間ガスです。星が形成される過程では、原子ガスが収縮し分子ガスの塊(分子雲)となり、その中でも高密度の領域から星が生まれます。そうして生まれた星は将来の星形成を妨げる可能性があります。現在ある星のエネルギーの放出により分子雲が壊されるフィードバック、という現象が起こるからです。こうしたサイクルが銀河の中で繰り返され銀河が進化して行く、と考えられています。</p> <p>銀河の中には他の銀河に比べ非常に多く星を作っているスターバースト銀河という種類の銀河があります。こうした激しい星形成が可能になる理由であったり、その中でどのようにフィードバックが効いていったりするのはまだよくわかっていません。それには星間ガスの性質が影響している可能性があります。</p> <p>星間ガスの性質を調べるのに重要なのがさまざまな分子種です。分子雲の中には多種の分子種がこれまでに検出されてきていますが、その中には高密度の部分で多く観測されるもの、またはフィードバックの影響を示す分子種などがあるため、複数の分子輝線で銀河の分子雲を調べる研究がこれまで行われてきました。そうした研究はアルマ望遠鏡により飛躍的に発展しました（プレスリリース）。今回の研究ではこの過去の研究に比べ高解像度でより激しい星形成の現場にズームインしたデータを用い、星形成のストーリーを作っていきます。</p> <p>最終的には、銀河の何がその中の星形成の進化を決定づけるか、シナリオを構築することを目標としています。<u>皆さんの応募をお待ちしています！</u></p>	
特記事項	
前提とする既習事項 基礎物理。Unix の基本的なコマンドや python が使えると望ましい。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 星・惑星形成領域における有機分子生成とアルマ観測	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 野村 英子	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部	総研大での職名 教授
指導期間 8/1 (木) - 8/30 (金) (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 14～30 日間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>星間空間には、さまざまな有機分子が存在することが観測的に知られています。大型電波干渉計アルマを用いた高感度観測により、惑星形成領域でも複雑な有機分子が検出されるようになりました。ただし、一般に、より複雑な分子ほど検出は難しくなり、もっとも単純なアミノ酸であるグリシンですら、まだ星間空間では検出に至っていません。一方で、我々の太陽系では、ロゼッタなどの彗星探査ミッションや、はやぶさ2による小惑星探査ミッションで、アミノ酸の検出が報告されています。また隕石中には、様々なアミノ酸が発見されています。星間空間で見つかっている有機分子の生成過程については、様々な理論的・実験的研究が行われていますが、星間空間に存在する有機分子から、我々の太陽系で見つかっている、より複雑な有機分子がどのように生成されたのかは、まだよくわかっていません。</p> <p>本プログラムでは、惑星形成領域において有機分子がどのように生成され、我々の太陽系や他の惑星系の複雑な有機分子に結びつくのかを調べます。具体的には、(1) 大型電波干渉計アルマを用いた、惑星形成領域における有機分子の観測データの解析(2)理論計算(化学反応ネットワーク計算、有機分子輝線の輻射輸送モデル計算)による観測予測、(3)星間塵表面でのホモキラリティ分子を含む複雑な有機分子の生成過程、(4) はやぶさ2のサンプルリターン試料への応用などのテーマから、学生の希望に合わせてテーマを決めます。</p>	
特記事項 特になし	
前提とする既習事項 特になし	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 宇宙望遠鏡搭載を目指した赤外線天文観測装置の開発	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 和田武彦	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 JASMINE プロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 2024-08-01～2024-08-30 （可能な限り具体的な日付を記入してください）	左のうち、実際に研究に要する日数 15 日間の予定
研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） 赤外線は、可視光線や紫外線にくらべ、宇宙空間に存在する塵による吸収の影響を受けにくい。そのため、赤外線による天文観測は、暗黒星雲の中での星生成の様子や銀河中心核にある塵に隠されたブラックホールの活動などを研究する上で、欠くことのできない強力なツールとなっている。 赤外線は大気中の水分子や二酸化炭素分子により強く吸収される。また、大気、望遠鏡、観測装置からの熱放射が強力な雑音源となる。そのため、寒冷高地もしくは大気圏外に望遠鏡を設置し、冷却された光学系・光検出器を用いた観測を行う必要がある。 近年、冷却宇宙赤外線望遠鏡を使うことで、赤外線全波長域で超高感度な観測が可能となった。一方、冷却宇宙赤外線望遠鏡とその観測装置は、ロケットが搭載可能な体積や重量に厳しい制限があることから小型化や軽量化が要求され、また、打ち上げ時の音響や振動、宇宙空間での放射線に耐える必要があり、その上、極低温下でも性能を出さねばならない。そのような望遠鏡や観測装置は市販品には存在せず、特に光学素子や光検出器とその制御電気系は、天文学者自らが開発を行う場合も多い。 本プログラムでは、天体からの放射から始まり、望遠鏡・カメラ/分光器・光検出器・電気系・搭載コンピューター・地上局との通信まで含めた、宇宙望遠鏡による天文観測のシグナルチェーンや観測運用を概観した後、仕様の決定方法を学ぶ。さらに、光検出器・電気系部分について、基本となる回路を参加者自身の手で設計、製作、評価することを目標とする。	
特記事項	
前提とする既習事項 基礎物理 PC の基本的操作	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 太陽コロナ X 線集光撮像分光観測 (X 線光子計測) データを用いた研究	
教員氏名 (グループの場合全員の氏名) 成影 典之	指導実施キャンパス 国立天文台・三鷹キャンパス
代表者のプロジェクト等の所属 太陽観測科学プロジェクト	総研大での職名 助教
指導期間 8 月 1 日～23 日 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 12 日間の予定
<p>研究の概要 (最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください)</p> <p>【研究背景】 地球に最も近い恒星である太陽は、プラズマ現象の宝庫である。例えば、太陽系最大の爆発現象である太陽フレアは、磁気再結合によって駆動されている。磁気再結合は、磁力線がつながり変わることによって磁場中に蓄えられた磁気エネルギーを爆発的に解放、そのエネルギーをプラズマの塊の放出・プラズマの加熱・粒子の選択的加速などに変換するプラズマ中のプロセスである。その変換過程においては、電流シート、プラズマ流やプラズマの塊 (磁気島)・乱流・衝撃波・加速粒子など、マイクロからマクロなスケールにわたる様々な現象がシステムとして生じる。これらの諸現象は、まさに宇宙の活動そのものである。</p> <p>【本プログラムで実施する研究内容】 本プログラムでは、宇宙の活動の一翼を担う磁気再結合を出発点としたエネルギーの変換過程を解明するために、最も身近な磁気再結合現象である太陽フレアや、高温に加熱されている太陽コロナを研究対象とし、エネルギー変遷を定量的に評価する研究を体験してもらおう。具体的には、我々が打ち上げた日米共同観測ロケット実験 FOXSI で取得した世界初の太陽コロナ X 線集光撮像分光観測 (X 線光子計測) データを解析してもらおう。このデータは、X 線光子 1 個 1 個の位置、時間、エネルギー情報を有するもので、太陽コロナの詳細なプラズマ診断を実施することができる。また、既存の観測装置で取得したデータとの比較も行うことで、この新しい観測手法の優位性を確認してもらおう。観測装置に興味がある方には、太陽観測衛星「ひので」に搭載の X 線望遠鏡を用いた太陽フレア観測や、FOXSI に搭載した X 線高速度カメラによる X 線光子計測の手法を学んでもらう。なお、本プログラムを通して成果が出れば、天文学会などで発表することも可能である。</p> <p>参考情報：https://hinode.nao.ac.jp/news/topics/foysi-3-data-release-jp-20190115/</p>	
特記事項 データの解析には IDL を用いるが、予備知識がなくても解析できるようにする予定。自身の PC があることが望ましい。PC が手元にない場合は、ご相談下さい。	
前提とする既習事項 力学・電磁気学など基礎物理学。計算機の操作。	

2024 年度国立天文台・総研大先端学術院天文科学コース
サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ アルマ望遠鏡データで探る活動銀河核	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 永井 洋、中西 康一郎	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 アルマプロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8 月 の 1 か 月 間 の 平 日 。 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 15 日前後の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください） アルマ望遠鏡の観測データを用いた解析を行い、活動銀河核（AGN）に関する以下のいずれかの研究テーマに取り組んでいただく。さらなる詳細については コチラ、もしくは右の QR コードのリンク先を参照。</p> 	
<p>1. アルマ偏光観測データを用いたブラックホール近傍ガスの動的性質の研究 AGN の周辺 0.1 pc (パーセク)程度領域には、ドップラー速度が 1000km/s 以上になる広輝線領域（BLR）電離ガスが存在する。BLR は AGN の最も基本的なサインであるものの、その形成メカニズムには不明な点が多い。本研究では、AGN ジェットから放射されるミリ波電波放射に着目し、BLR ガスが引き起こすファラデー回転とその時間変動を測定する。この測定から、BLR の動的描像を明らかにし、BLR 形成原因を考察する。</p> <p>2. Radio-loud クェーサーにおける分子ガスアウトフローの研究 AGN から噴き出すアウトフローは銀河とブラックホールの共進化を生み出す要因の一つとされている。アウトフローは様々なガストレーサーによって観測されるが、分子ガスアウトフローは、その密度の濃さから、アウトフローが運びうる運動エネルギーの大きさを評価する重要なトレーサーである。本研究では、radio-loud クェーサーの代表的な天体を対象に、ミリ波分子線観測データを用いて、アウトフローの存在の有無を調査する。</p> <p>3. アルマ円偏光観測精度の検証と AGN ジェットにおけるミリ波円偏光放射の探索 電波帯の円偏光はいくつかの要因（例えばゼーマン効果）によって生まれるが、いずれも非常に高い観測精度が求められるため、円偏光を使って探求する天体物理現象は、ほぼ手つかずと言って良い。アルマは 1.8%の円偏光測定精度を公言しているが、さらなる精度検証により、この値は変わるかもしれない。本研究では、これまで取りためられたアルマ偏光観測データから、円偏光精度を統計的に求める。同時に、AGN ジェットの連続波円偏光の測定を試み、ジェットのプラズマの組成や磁場構造に制限を与える。</p> <p>4. 浮遊ブラックホール天体の探索 巨大質量ブラックホールの形成過程の候補として、ブラックホール同士の衝突・合体が考えられる。3 体以上のブラックホールが重力的に相互作用を及ぼす系で、そのうち二つが合体すると、残りの一つはキックアウトされ得る。こうしてキックアウトされたブラックホールは銀河やその周辺に浮遊することが理論的に示唆される。楕円銀河周辺に浮遊するブラックホールはミリ波帯で放射をする可能性があり、アルマによって検出できる可能性</p>	

が指摘されている。本研究では橿田銀河周辺での未同定ミリ波放射源を探索し、浮遊ブラックホールの可能性を調査する。

特記事項

具体的な日付は希望者と相談のうえ決定。期間中、数日、出張等のため不在になることもあるが、自習で進められるようにする。対面での活動を原則とするが、事情がある場合はオンラインも考慮する。1 - 4の研究テーマで特に希望があれば記入のこと。

前提とする既習事項

Linuxの基本的な知識があること。英語論文を読むことができる程度の英語力があること。1, 3, 4はデータマイニングを伴う調査のため、効率的な解析のためのプログラムを書く。言語は問わないが、基本的なプログラミング能力を身に付けていると良い。