

2023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	8/14-30	14日間程度の予定
2	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月中旬に2週間程度 参加者と調整して決定する	14日間の予定
3	廣田 朋也	水沢VLBI観測所	電波望遠鏡観測データを用いた星形成または星間化学の研究	国立天文台水沢(出張の可能性もあり)	8月初めのできるだけ早い時期から	2週間から3週間
4	守屋 堯 Zsolt Keszthelyi	科学研究部	The impact of new mass-loss rates on the final fates of massive stars	三鷹	8/1-9/1	4週間
5	Maria Dainotti、 岩崎 一成、 (新納 悠)	科学研究部	Gamma-Ray Bursts and Machine Learning (regression and classification analysis) Description The optical catalog including KISO data	三鷹	8/1-9/1	1か月
6	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な進化過程を探る	三鷹	8/1-8/31 のうち二週間	14日程度の予定
7	伊王野 大介、 斉藤 俊貴	TMTプロジェクト	銀河の衝突合体の研究	三鷹	8月14日-25日	2週間の予定
8	勝川 行雄	太陽観測科学プロジェクト	データ科学的アプローチで迫る太陽・恒星磁気活動	三鷹	2023/8/7 ~ 2023/9/1	15日間の予定
9	麻生 洋一、 阿久津 智忠、 都丸 隆行、 高橋 竜太郎	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	8/1から8/30	20日間程度の予定
10	田中 賢幸	ハワイ観測所	JWSTで挑む「静かな」大質量銀河形成の謎	三鷹	8/1-9/1	20日間程度の予定ですが、 柔軟に対応します。
11	泉 拓磨	アルマプロジェクト	初期宇宙の超巨大ブラックホール天体におけるアウトフローの探査	三鷹	8月14日~9月1日の3週間	15日間の予定 なお、最終週はプレゼン準備 に比重を置く。
12	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14日~31日	8日間の予定
13	藤井 友香、 鶴山 太智	科学研究部	惑星反射光直接撮像によるガス惑星のリング検出の検討	三鷹	8/1-8/9, 8/17- 8/31 の平日(応相談)	14日間の予定
14	永井 洋	アルマプロジェクト	アルマデータを用いた活動銀河核核周領域の多相ガス(multiphase gas)構造の研究	三鷹	8/1-31の平日	15日程度の予定 希望者の都合に応じて調整
15	原田 ななせ、 斉藤 俊貴	科学研究部、 アルマプロジェクト	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	8/14-8/25の2週間 (都合がつかない場合応相談)	2週間の予定
16	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(火) - 9/1(金)	14~30日間の予定
17	竝木 則行	RISE月惑星探査プロジェクト	月水平重力場の計算	三鷹	8/16~9/1	10日間の予定
18	井口 聖	アルマプロジェクト	①銀河動力学によるブラックホールおよびダークマターの観測的研究とALMAデータ解析 ②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	三鷹	2023年8月1日~2023年9月1日	14~28日間の予定
19	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	2023-08-01~2023-09-01	15日間の予定

## 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 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 8/14-30 (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。	

## 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 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 週間程度。参加者と調整して決定する （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>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。  <a href="https://sci.nao.ac.jp/MEMBER/kataoka/data/planetexperience2020_ver1.0.html">https://sci.nao.ac.jp/MEMBER/kataoka/data/planetexperience2020_ver1.0.html</a></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に関連した研究テーマも準備が可能です。ダスト集合体の理論計算に興味がある場合はその旨を記載してください。</p>	
特記事項	
<p>前提とする既習事項</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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。</li> <li>2. 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。</li> <li>3. 天文学の基礎知識は不要です。</li> </ol>	

## 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 電波望遠鏡観測データを用いた星形成または星間化学の研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 廣田朋也	指導実施キャンパス 国立天文台水沢(出張の可能性もあり)
代表者のプロジェクト等の所属 水沢 VLBI 観測所	総研大での職名 准教授
指導期間 8 月初めのできるだけ早い時期から	左のうち、実際に研究に要する日数 2 週間から 3 週間
<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>本プログラムでは、VERA、KaVA、ALMA などによって取得された星形成領域の電波観測データ、あるいはその他電波望遠鏡のアーカイブデータを専用のプログラムで解析する観測的研究を行う。主に本指導教員が進めている星形成・星間化学からテーマを選択する予定である。</p> <p>国立天文台では、世界中の研究者を対象に大型観測装置の共同利用を行っている。電波天文学に関連して、本指導教員が用いている高空間分解能の観測装置としては、水沢 VLBI 観測所が運用する超長基線電波干渉計(VLBI)ネットワーク VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry)、VERA が参加する KaVA (KVN and VERA Array)や EAVN (East Asian VLBI Network)、チリ観測所・アルマプロジェクトが運用する ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)がある。本プログラムでは、以下のようなテーマの中から興味のあるものを選び、研究を進める予定である。</p> <p>(1) VERA・KaVA を用いた星形成領域の研究(VLBI、または単一鏡観測)</p> <p>(2) 上記に ALMA データを組み合わせた研究</p> <p>(3) ALMA による星間分子のイメージングや探査</p> <p>また、実施状況によっては、VERA 観測局での観測装置見学や観測運用、一般公開イベントへの参加なども体験する。</p>	
<p>特記事項</p> <p>担当教員の出張の都合により、研究期間は相談の上決定する。場合によっては、採択決定後に日程の都合で受け入れを断念する可能性もある。</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>計算機（できれば Linux や python）の基本的な操作、マニュアルや論文を読むための英語</p>	

## FY2023 NAOJ / SOKENDAI Summer Student Program Instruction Plan

Research Topic The impact of new mass-loss rates on the final fates of massive stars	
Name of Supervisor(s) (In case of group instruction, names of all members) Takashi Moriya Zsolt Keszthelyi	Campus Mitaka
Representative's NAOJ project affiliation Division of Science	Job title (SOKENDAI) Assistant Professor
Period of research guidance 1 August – 1 September (Please be as specific as possible.)	Number of days actually required for research out of the period shown on the left. 4 weeks
Outline of the program (please write a brief introduction first, followed by a summary of the research topic)	
<p>Massive stars are crucial building blocks in the Universe via ionizing radiation and chemical enrichment. However, the physics and evolution of these stars are still not fully understood, in part, due to uncertainties in their outflows. Stellar evolution models can be used to parameterize the mass outflow and study its consequences. This project aims at exploring the impact of new mass-loss schemes on the pre-collapse properties of massive stars. Depending on the student's interests, either Wolf-Rayet (WR) type stars or Red Supergiants (RSGs) can be studied. The student will compute stellar evolution models with the open-source MESA code and analyze the results. The main outcome of this project is to predict the uncertainty in important pre-supernova characteristics (core rotation and compactness parameter) in rotating WR or RSG stellar evolution models with various mass-loss prescriptions.</p> <p>References:          Keszthelyi, Puls, Wade 2017  <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017A%26A...598A...4K/abstract">https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017A%26A...598A...4K/abstract</a>          Moriya 2021 <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021MNRAS.503L..28M/abstract">https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021MNRAS.503L..28M/abstract</a>          Moriya &amp; Yoon 2022 <a href="https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022MNRAS.513.5606M/abstract">https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022MNRAS.513.5606M/abstract</a></p>	
Notes The student will have computational resources to perform calculations. The student will mainly be supervised by Dr. Keszthelyi. Discussions will mainly be in English.	
Prerequisites (e.g., basic physics, computer language) The student preferably should have taken a course on stellar evolution and have a strong motivation to study stars and supernovae. Basic Python skills are required for the analysis. The MESA code is Fortran-based, but assistance will be given to perform the calculations.	

## FY2023 NAOJ / SOKENDAI Summer Student Program Instruction Plan

Research Topic	
Name of Supervisor(s) (In case of group instruction, names of all members) Maria Dainotti, Iwasaki (NAOJ) and Yuu Niino (University of Tokyo)	Campus NAOJ or online
Representative's NAOJ project affiliation Sokendai	Job title (SOKENDAI) Assistant Professor
Period of research guidance 1 August 2023-1 September 2023 (Please be as specific as possible.)	Number of days actually required for research out of the period shown on the left. 1 months
<p><b>Title: Gamma-Ray Bursts and Machine Learning (regression and classification analysis)</b>  <b>Description:</b> GRBs, due to their high luminosities are detected up to redshift 10, and thus have the potential to be vital cosmological probes of early processes in the universe, such as the evolution of the star formation rate (SFR), in general, and of the first generation (Population III) stars and black holes. Fulfilling this potential requires a large sample of GRBs with known redshifts. We present supervised machine learning (ML) approaches both with regression and classification to estimate redshifts for GRBs. We plan TOO with the Subaru Telescope for a sample of estimated high-<math>z</math> GRBs. We plan to use both optical and X-ray data.</p> <p><b>Title: The optical catalog including KISO data</b>  <b>Description:</b> We plan to gather the largest optical follow up of archival data for known redshift. The Kiso observatory will also be used for an optical follow-up campaign of GRBs. The objectives are to guarantee good coverage of data, to increase the number of GRBs with plateaus, and the number of GRB sub-population. The intern will work on fitting the gathered light curves and investigate the color evolution. The data analyzed from KISO will be gathered and merged to obtain the light curves with the most data coverage among several filters.</p>	
Notes: the students will be working on hand-on session for the majority of the time with Jupiter, R and Mathematica notebooks. The student should indicate which project prefers.	
Prerequisites (e.g. basic physics, computer language) Mathematica, Python and R Intermediate level of English language is also required	

## 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 数値シミュレーションにより恒星の多様な進化過程を探る	
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 8/1-8/31 のうち二週間	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、それらの性質の推定には、実は恒星の性質が用いられていることが多い。なかでも恒星の<b>表面光度・温度に基づく年齢推定</b>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、非常に様々な（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>恒星の年齢は<b>理論モデルを用いた恒星進化のシミュレーション</b>を行うことで推定されるので、より精度の高い理論モデルをつくることが非常に重要だ。この理論モデルはふつう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、さらに（多重）連星系に属するものなど、様々な恒星が存在する。このような<b>恒星の多様性</b>は恒星進化に影響を与える可能性があるし、また年齢推定に影響する場合にはその影響が天文学全体に波及する可能性もある。</p> <p>このプログラムでは恒星進化のシミュレーションを行い、恒星を指定するパラメータ、特に、質量・金属量・自転速度・磁場の強さが恒星の年齢推定にどのような影響を与えるのかを調査する。恒星の進化は様々な物理過程に影響されている。教科書や論文の輪講を行わず恒星物理の基礎を学んだのち、さらに自転や磁場といった要素が与える影響について調べる。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 <b>HOSHI</b> を用いる。位置天文観測衛星 <b>GAIA</b> のデータから星団の色-等級図を取得し、シミュレーション結果と比較して星団の年齢推定を行う。さまざまな恒星の性質がどのように年齢推定に影響するかを調査し、恒星の進化過程の多様性を理解する。</p>	
特記事項 とくになし	
前提とする既習事項 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。	

## 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

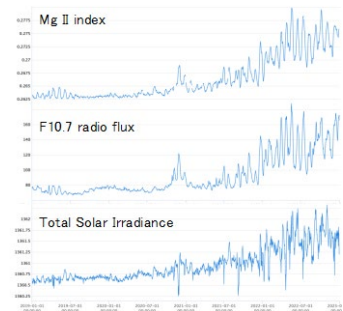
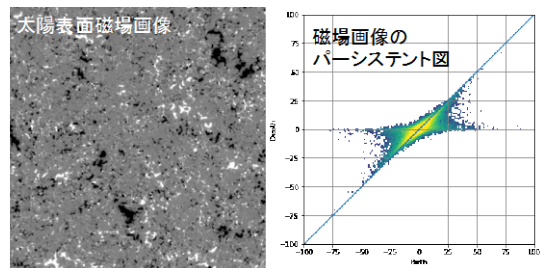
研究テーマ 銀河の衝突合体の研究	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 伊王野大介、斉藤俊貴	指導実施キャンパス 三鷹
代表者のプロジェクト等の所属 TMT プロジェクト	総研大での職名 准教授
指導期間 8月14日-25日 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 2週間の予定
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>宇宙には様々な特徴を持った銀河が存在し、その内部では多様な現象が起きています。銀河中心では巨大ブラックホールが成長し、銀河円盤では新しい星が生まれ、寿命を終えた星は超新星爆発として星間空間に大きなエネルギーやガスを放出（フィードバック）し、そのガスを材料として新しい星が誕生します。このように、星やブラックホールからのフィードバック、ガスの中心輸送、銀河回転など、様々な物理現象が互いに複雑に作用しながら、物質が循環し、銀河は進化していくのです。特に銀河と銀河が衝突合体をすると、星が大量に生成され、銀河核の活動が上昇し、物質循環は大きく加速すると予想されます。</p> <p>受講者には、衝突銀河に関する以下の二つの課題から一つを選択していただきます。(1) 近傍宇宙で一番多く星を作っている Arp220 と呼ばれる衝突銀河について、JWST で取得された最新のデータを解析し、VLT/MUSE やアルマ望遠鏡等のデータとの比較から、爆発的星形成や活動銀河核が銀河の構造やその環境に与える影響を詳しく調査します。(2) アルマ望遠鏡で取得した衝突合体銀河 (NGC34) の画像から、ガスの塊 (クランプ) を抽出し、クランプの数を求め、その位置や重力安定性といった物理量を計算します。重力的に不安定なクランプは、後に星団に進化すると考えられます。そして、これらの物理量を衝突していない普通の銀河と比較し、衝突合体が銀河の分子雲の特性（ひいては星形成活動）に与える影響を詳しく調査します。衝突合体銀河の星団形成のシナリオを構築することを最終目標とします。</p> <p>専門家の指導のもと、最新の JWST やアルマデータを解析できる貴重な機会ですので、銀河の衝突合体現象や銀河進化に興味のある方は是非ご応募ください！</p>	
<p>特記事項</p> <p>申請時に、どちらの課題を希望するか明記してください。</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>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。</p>	



図 1: JWST で撮影された Arp220  
(NASA, ESA, CSA, STScI, Alyssa Pagan (STScI))



研究テーマ データ科学的アプローチで迫る太陽・恒星磁気活動	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 勝川 行雄	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 太陽観測科学プロジェクト	総研大での職名 教授
指導期間 2023/8/7 ~ 2023/9/1 (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
<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>恒星は表面の対流運動と磁場が強く相互作用することで、多様な構造と活動現象を作り出す。恒星の磁気活動は恒星風と輻射の変動によって周囲の惑星環境に影響を及ぼすため、その理解はますます重要になっている。一番近くにある恒星の太陽は、空間分解した詳細な観測によって、磁場を起源とする活動のメカニズムを詳細に調べることができる。本課題では、様々な波長で観測される画像データや時系列データをデータ科学的アプローチで解析することで、黒点のような磁気構造形成や恒星輻射変動のメカニズムを理解することを目指す。以下の2つの課題から興味のある方を選択して頂く。データ解析とともに関連した論文や教科書の輪読を行う。</p> <p>(1) 磁気構造の位相的データ解析 太陽には様々な空間スケールの対流現象(粒状斑～超粒状斑)があり、それがネットワーク構造や黒点のような磁場構造を形成させる。表面磁場分布の画像をパーシステントホモロジーと呼ばれる手法で解析し、その時間変化を追跡することで、磁場の構造形成を理解する。</p> <p>(2) 輻射変動の時系列類似度解析 電波～可視光～紫外線～X線の多波長にわたる太陽輻射は磁気活動によって変動する。様々な波長における輻射の時系列データをDTW(動的時間伸縮法)やk-means等の手法で解析し、波長間の類似度を評価することで、輻射変動の因果関係を理解する。</p>	
<p>特記事項</p> <p>Google Colaboratory で解析を行うので、Python を使ったことがあればやりやすいが、予備知識がなくても解析できるようにする。PC が手元にあることが望ましいがない場合には相談下さい。</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>計算機操作、力学・電磁気学など基礎物理学</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 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	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 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、高性能サファイア鏡の開発に関わる研究などへの参加が挙げられる。今年度のプログラム実施場所は三鷹キャンパスであるが、参加者が希望する場合、神岡の KAGRA サイトの見学を行うことができる。</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	

## 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 JWST で挑む「静かな」大質量銀河形成の謎	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 田中賢幸	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 8/1-9/1 (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。
<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>近傍宇宙における最も重い銀河は典型的に楕円銀河です。その楕円銀河のスペクトルを詳細に調べると、それらの銀河は宇宙初期に爆発的な星形成により生まれ、その後 passive evolution と呼ばれる、新たに星を作らない静的な進化をしてきていると推測されます。これは現在広く支持されている、階層的構造形成モデル(小さな銀河が時間と共に大きく成長する)に一見反する銀河形成史で、銀河形成・進化研究における長年の謎の一つになっています。実際、遠方宇宙におけるこのような大質量銀河は、現在の銀河形成シミュレーションでは再現できないことも多いです。</p> <p>本研究では大質量銀河の形成期を初期宇宙において直接観測的に調べることで、このような銀河がどのように生まれたのかという謎に挑みます。具体的には JWST による深い多色カタログを用いて、大質量の静かな銀河を遠方宇宙で同定し、それらの星質量、星形成率、形成時期といった性質を多角的に調べることで、形成メカニズムを制限します。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)や東大の学生・ポスドクの方々にもサポートしてもらう予定です。</p>	
特記事項 特になし	
前提とする既習事項 特になし	

## 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 初期宇宙の超巨大ブラックホール天体における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 助教
指導期間 8月14日～9月1日の3週間 (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 なお、最終週はプレゼン準備に比重を置く。
研究の概要  <p>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。</p> <p>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。取得したのは一階電離炭素の放つ輝線放射で、銀河のガスの分布や運動、星形成活動の良い指標です。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です。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。研究の進捗に応じて、James Webb Space Telescope (JWST) 衛星で取得したデータとの比較も行なう予定です。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様子を解明するための重要な知見となるでしょう。</p>	
特記事項 (参考文献)「シリーズ現代の天文学 15 巻 宇宙の観測 I 光・赤外天文学」(日本評論社) 「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と良い。期間中に自由に使えるコンピュータ (ノート PC 可) も必要。	

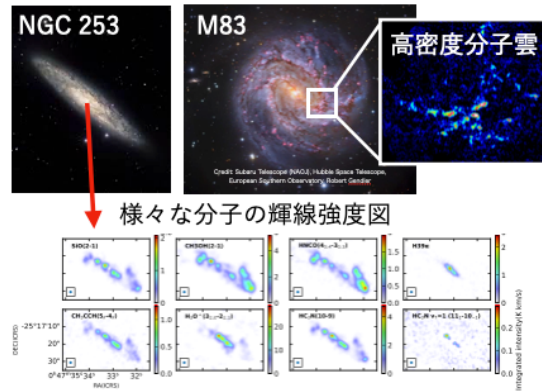
## 2023 年度国立天文台・総研大サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 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 14 日～31 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 8 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><b>【研究背景】</b></p> <p>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><b>【本プログラムで実施する研究内容】</b></p> <p>そこで本プログラムでは、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う。具体的には、2018 年に打ち上げた日米共同観測ロケット実験 FOXSI-3 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う。</p> <p>装置開発に興味がある方には、太陽フレアの観測を目指し、2024 年春に打ち上げ予定の FOXSI-4 に搭載する X 線高速度カメラを用いて、X 線光子計測の手法を学んでもらう。</p> <p>参考情報：<a href="https://hinode.nao.ac.jp/news/topics/foxsi-3-data-release-jp-20190115/">https://hinode.nao.ac.jp/news/topics/foxsi-3-data-release-jp-20190115/</a></p>	
<p>特記事項</p> <p>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。</p>	
<p>前提とする既習事項</p> <p>力学・電磁気学など基礎物理学。計算機の操作。</p>	

研究テーマ 惑星反射光直接撮像によるガス惑星のリング検出の検討	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 藤井友香、鶴山太智	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 8/1 - 8/9, 8/17 - 8/31 の平日（応相談） （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>2020年代半ばに打ち上げ予定の <b>Roman</b> 宇宙望遠鏡では、~1 AU 程度の木星型ガス惑星の反射光（波長 0.6-1<math>\mu</math>m 程度）の直接検出が可能になると期待されている。そのような木星型ガス惑星は、土星のようなリングを持つ可能性があり、リングのある惑星の反射光は惑星の軌道の位置によって特徴的な変化をすることが知られている。しかし、反射光スペクトルの変動から惑星リングについての制限を得る枠組みは確立していない。</p> <p>本課題では、リングのある木星型ガス惑星の反射光の時間変化を計算してもらい、検出可能なリングの量や、反射光の変動パターンの幾何依存性を調べる。また、<b>Roman</b> 宇宙望遠鏡を念頭においた観測シミュレーションを行い、スペクトルの時間変化の解析によるリングパラメータへの制限可能性を探る。（開始前に 2-3 本程度論文を読んできてもらう予定である。）</p>	
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	

研究テーマ アルマデータを用いた活動銀河核核周領域の多相ガス (multiphase gas) 構造の研究	
教員氏名 (グループの場合全員の氏名) 永井 洋	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 8/1-31 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日間程度の予定 希望者の都合に応じて調整
<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)  <b>最新のアルマデータを用いて、活動銀河核のトーラスの起源を明らかにする研究を行う。</b></p> <p><b>【背景】</b> 活動銀河核の想像図には、しばしば、中心のブラックホールを取り巻くようにガスやダストでできたドーナツ状の構造が描かれる。このドーナツ状の構造はトーラスと呼ばれ、活動銀河核の観測的特徴を説明するために考案されたモデルである。しかし、どのようにして幾何学的に分厚い構造を維持するのかは、未だ解明されていない問題である。近年、中心核からのアウトフローによってトーラスを再現しようとする理論モデルが、多くの研究者によって賛同を得つつある。このモデルの予測として、分子ガスはトーラスの赤道面に集積しやすいのに対し、電離ガスや原子ガスは極方向にも分布しやすい特徴を持つ。</p> <p><b>【研究内容】</b> 本研究では、活動銀河核核周領域の多相ガス (分子ガス、原子ガス、電離ガス) の構造・運動を調査する。ガス相ごとの幾何学的形状や運動学的性質の違いに着目した研究を行い、理論的に予測される多相構造が再現されるかを明らかにすることを目標とする。アルマ望遠鏡で取得された最新データを主として、ハッブル宇宙望遠鏡のデータも組み合わせ、多相なガスの性質を調べる。</p> <p><b>【滞在期間中の取り組み】</b> 国立天文台の計算機を用いて、アルマ望遠鏡で取得されたデータを解析し、上記研究に必要な物理量を画像から抽出する作業を行う。作業と並行して、関連論文を読んで背景知識を得る。背景知識と本研究による成果をまとめ、プレゼンテーションを行う。データ解析には既存のソフトウェアを用いるが、python を使って補助的なプログラム作成にも取り組む。</p>	
特記事項 英語の論文を指導教員と一緒に読み進めるので、英語に対するアレルギーがないことが望ましい (得意でなくても良い)。滞在期間中、アルマ望遠鏡に搭載されている装置の開発現場 (三鷹キャンパス内) の見学も計画予定。	
前提とする既習事項 Linux の基本的な操作ができる (cd, rm, mv, cp, less などがわかる) こと、パワーポイントなどを使ってプレゼン資料を自分で作成できることが好ましい。Python の知識があると尚良い。	

<p>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</p>	
<p>教員氏名（グループの場合全員の氏名） 原田ななせ、斉藤俊貴</p>	<p>指導実施キャンパス 三鷹</p>
<p>代表者のプロジェクト等の所属 科学研究部、アルマプロジェクト</p>	<p>総研大での職名 助教</p>
<p>指導期間 8/14-8/25 の 2 週間（都合がつかない場合応相談）</p>	<p>左のうち、実際に研究に要する日数 2 週間の予定</p>
<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>銀河は主に星、星間ガス、ダークマターから構成されます。特に、星間ガスは新たな星を作る材料になります。星形成の過程では、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、生まれた星からのエネルギー放出により分子雲が壊され星間空間に放出される（フィードバック）、というサイクルを経ると考えられています。</p> <p>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。</p> <p>本プログラムでは、以下のアルマ望遠鏡を用いた研究内容から選んでいただきます。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) データサイエンス的方法から爆発的星形成銀河 NGC253 の様々な分子の多数の画像を解析し、星形成やフィードバックに関連する成分を抽出する。</li> <li>2) 星形成銀河 M83 の分子雲の中でも高密度ガスの分子雲を同定し、星の作りやすさなどに関連する重力的安定性などの性質を決定する。</li> </ol> <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。<b>皆さんの応募をお待ちしています！</b></p>	
<p>特記事項 申請時にどちらの課題を希望するか明記してください。</p>	
<p>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(課題 1 の場合は必須)が使えると望ましい。</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 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 (火) - 9/1 (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
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>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。星間空間で見つい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いている、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	

## 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 月水平重力場の計算	
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 8/16～9/1 (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>球面調和関数展開された月の重力ポテンシャルから水平方向の重力異常を計算し、地殻内部構造の新しい情報を得る。</p> <p>月・惑星重力は天体内部の密度構造を反映している。従って、重力測定データを使って内部密度構造を制約する事ができる。その際には、平均重力場からのずれとして重力異常が使われる。地球上で観測される重力異常データは鉛直方向に限定されているため(*), 水平方向成分がデータ解析に利用されることはない。一方、月惑星重力場は衛星の追跡データを使って測定される。特に月の詳細重力場測定を実現した GRAIL ミッションは、2 機の小型衛星間通信を使って獲得されたデータであるため、水平方向の重力異常に高い感度をもっているのではないかと推察される。本研究では、GRAIL データから新たな視点を得ることを試みる。</p> <p>しかしながら、重力異常→密度異常のインバージョンでは、一意的な解が得られないことには注意して置かなければならない。重力ポテンシャルのみから密度構造を決定することはできないので、何らかの仮定をおかざるを得ない。例えば巨大盆地の直下にあるマントルアップリフトを円柱状に仮定するとか、線状重力異常は薄い立板状の貫入岩体に起因すると仮定するなどである。そのような仮定においても、鉛直重力異常だけではアップリフトの根っ子の深さや、貫入岩体の幅などを推定することができなかつた。新たに水平方向重力異常を取り入れることで、これまで推定できなかつた情報が得られるかもしれないと考えている。</p> <p>(*) 鉛直方向の平均重力 <math>(0, 0, g_z)</math> に重力異常 <math>(\Delta g_x, \Delta g_y, \Delta g_z)</math> が付加された状態で観測される重力値（重力ベクトルの大きさ）は <math>\sqrt{\Delta g_x^2 + \Delta g_y^2 + (g_z + \Delta g_z)^2} \approx g_z + \Delta g_z</math></p>	
特記事項 期間中に水沢キャンパス（岩手県奥州市）に出張し、国立天文台水沢観測所で開催される特別公開（8月26日に予定）に参加する。	
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。	

## 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 ① 銀河動力学によるブラックホールおよびダークマターの観測的研究と ALMA データ解析 ② 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	
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 井口 聖	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 2023 年 8 月 1 日～2023 年 9 月 1 日	左のうち、実際に研究に要する日数 14～28 日間の予定
<p>研究の概要： 2つの研究テーマの内、どちらを希望するか、選択してください。</p> <p>研究テーマ①：宇宙には多種多様な銀河が存在し、その多様性の要因と考えられる銀河進化の過程は、現代天文学の中で最も重要な謎の一つといえます。そして、ほとんどの銀河の中心には太陽質量の 100 万倍から 1000 億倍の超巨大ブラックホールが存在し、銀河同士の衝突合体などによる銀河の成長と、銀河中心の巨大ブラックホールとの間には密接な関係にあると示唆されています。また銀河形成においてダークマターの役割は大きく、ダークマターが物質を集めて銀河を形成するとも考えられています。これらの事からブラックホールやダークマターを理解することは、銀河進化の過程という謎を解き明かす上でとても重要な鍵になると考えられています。本研究テーマでは、ALMA の観測データから銀河での分子ガスの運動について学び、ブラックホールやダークマターの理解を深めることを狙いとします。また過去に本プログラムでの本研究テーマを通じ、米国「サイエンス誌」に掲載された成果があります。参考まで： <a href="https://alma-telescope.jp/news/press/spiral-202105?doing_wp_cron=1652679047.3107750415802001953125">https://alma-telescope.jp/news/press/spiral-202105?doing_wp_cron=1652679047.3107750415802001953125</a></p> <p>研究テーマ②：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 (<math>z</math> 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 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、さらにそれが予言と異なるシグナルであった場合は「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の影響により観測することができず、月の裏側で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、グローバルシグナルの理解を深めることを狙いとします。参考まで： <a href="https://www.asj.or.jp/nenkai/archive/2023a/pdf/V138a.pdf">https://www.asj.or.jp/nenkai/archive/2023a/pdf/V138a.pdf</a></p>	
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）	

## 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 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 2023-08-01～2023-09-01 (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
<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>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	
特記事項	
<p>前提とする既習事項</p> <p>基礎物理</p> <p>PC の基本的操作</p>	