

国立天文台・総研大物理科学研究科サマーステューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 月地殻最上層の密度推定と内部密度異常の考察		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 並木則行(代表), 松本晃治	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1名
代表者のプロジェクト等の所属 RISE 月惑星探査検討室	総研大での所属講座 電波天文学系	職 教授
指導期間 8月 8-12日, 8月 16-31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 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>月の地形と重力場は非常に詳しく観測されている。一般に長波長の重力は天体深部の密度異常を表しており、この重力異常に対応する天体表層の弾性変形が地形として観測される。したがって、長波長の地形と重力の相関を調べることで天体表層の弾性的性質を推定することが可能となる。一方、短波長では浅部の影響が支配的になるため、表面地形と重力は95%を超える強い相関を示す。よって短波長の地形と重力を調べることで表面密度を推定することができる。</p> <p>本研究では、月面を狭い地域に分割して、地域ごとのバルク密度を推定する。月の高地は斜長岩で構成されており、海は玄武岩からなる。これらの物質密度はアポロサンプルにより測定されているので、$1 - (\text{バルク密度}) \div (\text{物質密度}) = \text{空隙率}$となり、月地殻の空隙率分布を調査することができる。研究の第一段階では、月の地形データと重力データを使って、地域的な地形 vs 重力の相関スペクトルを計算する。この計算結果から、表層のバルク密度と空隙率の空間分布を調べる。</p> <p>第一段階で一定の成果が上がれば、第二段階として、内部密度異常の考察を行う。（観測される重力）-（地形の影響）=（残差）であるが、理論的にはこの残差は天体内部の密度異常を表している。ただし、密度異常の深さと大きさを分離することは原理的に不可能である。また、観測されている重力の95%以上は地形の影響であるので、残差は非常に小さい。残差は単純に観測誤差であるかもしれない。地形・重力データに加えて、地域ごとの地質や、鉱物分布、組成データと相互参照して、残差の意味を考察したい。</p> <p>本研究では英語論文の読解、データ解析、球面調和関数の展開、二次元フーリエ解析、等を行うので、物理学・数学の基礎教養が求められる。</p>		
特記事項 研究とりまとめの前の8月19~22日(予定)には水沢を訪問して打ち合わせを行う。		
前提とする既習事項 力学, 弾性体力学, 解析学, 代数学, 物理数学, 鉱物学, 岩石学		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 ALMA データを用いた銀河衝突・銀河進化の研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 伊王野大介、松田有一	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 2-3名
代表者のプロジェクト等の所属 ALMA (チリ観測所)	総研大での所属講座 電波天文学講座	職 准教授、助教
指導期間 8/1 - 8/19 (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>銀河は一生のうちに何度も衝突や合体を繰り返し、大小様々な銀河を取り込みながら成長していくと考えられています。コンピューターを使った理論シミュレーションによると、衝突の影響で銀河内のガスが部分的に寄り集まり、濃いガスのかたまりが生まれます。そのような場所では新しい星団が誕生することが予想されています。また、銀河の中心に存在するブラックホールにガスが吸い込まれ、それが活動銀河核（AGN）へと進化していく場合もあります。私たちは、ALMA 望遠鏡を使って衝突合体銀河を観測し、衝突によって誘発される星形成や AGN の様子を調べ、銀河進化の謎に迫っています。また、遠方宇宙に存在する爆発的に星形成を起こしている銀河（サブミリ波銀河）などの研究も行っています。サブミリ波銀河は1年間に約1000個以上の星を生成している銀河（天の川銀河は1年に2-3個）であり、どのように星が形成されるのかまだよく分かっていません（銀河衝突が関係しているのかもしれませんが）。</p> <p><u>受講者には、以下の2課題のうちの1つを研究していただきます。</u></p> <p>(1) ALMA で取得した最新のデータの一次解析を学んでいただき、電波画像合成を実際に専用解析ソフトを用いて体験してもらいます。使用するのは、衝突中の銀河から放たれる一酸化炭素分子輝線のデータです。そして、得られた画像から銀河の分子ガス質量などの物理量を計算します。さらに、ALMA データから分子ガスの運動を調べ、他の波長で得られた画像やデータとの比較も行い、最終的には銀河のモデルを構築することを目標とします。</p> <p>(2) ALMA で取得したサブミリ波銀河のデータを解析していただきます。約300個のサブミリ波銀河のスペクトルを一つ一つ丁寧にいき、その銀河に存在するガスから放たれる輝線を探していきます。輝線が見つければ、その銀河までの正確な距離が測定でき、さらに銀河のガス質量などの重要な物理量が導出できます。</p>		
特記事項		
前提とする既習事項 基礎物理学。パソコンの操作になれていること。		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 ブラックホールの観測的研究の最前線と ALMA データ解析		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 井口 聖、永井 洋	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 2名
代表者のプロジェクト等の所属 チリ観測所 ALMA	総研大での所属講座 電波天文学系	職 教授
指導期間 8/17 から 8/31 の間。但し、調整可能。 (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>宇宙には多種多様な銀河が存在していますが、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うちの一つと言えます。過去の観測から、ほとんどの銀河は、その中心に太陽質量の 100 万倍から 1000 億倍程度の超巨大ブラックホールを持っている事が明らかになってきました。そして、銀河同士の衝突合体などによる銀河の進化と、銀河中心の巨大ブラックホールとは密接な関係にあるという事も分かっています。これらの事からブラックホールは、銀河進化の過程という謎を解き明かすヒントとなると考えられています。</p> <p>本プログラムでは、巨大ブラックホールに関する最新の研究論文からブラックホールに関する最先端の知識を得る事と、ALMA の観測データから銀河中心の分子ガスの運動学について学ぶ事の二つをねらいとします。</p> <p>具体的な研究過程は、以下の通りです。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. レクチャーにより、ブラックホールの概要を知る。 2. 巨大ブラックホールに関する論文を読み、分かったことを発表する。 3. ALMA のデータ解析を学び、電波干渉計の基本原則である開口合成法を知る。 4. 銀河中心部での分子ガスの運動とその構造を明らかにする。 5. 8月31日の成果発表会に向けて、プレゼンテーションの準備および練習を行う。 		
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 基礎物理学（古典論：力学、電磁気学）、プログラミング言語		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 国際電波望遠鏡アルマの観測データを用いた赤外線暗黒星雲での星形成の研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 立松 健一	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1 名
代表者のプロジェクト等の所属 チリ観測所	総研大での所属講座 電波天文学系	職 教授
指導期間 8月4日～8月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 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） 国際電波望遠鏡アルマの観測データを用いて解析を行い、恒星の誕生に関する研究を行う。</p> <p>恒星の質量には3ケタの違いがあり（0.1~100太陽質量）。8太陽質量以上の大質量星は、星の誕生の場である「分子雲」という宇宙に漂う雲や「銀河系」全体に対して大きな影響（エネルギー的な影響や化学的な影響）を与えると考えられている。太陽のような低質量の構成の誕生に関してはある程度の理解が得られているが、大質量星の誕生は謎に包まれている。</p> <p>本研究では、アルマ望遠鏡で取得された観測データを用い、大質量星の誕生のモデルとされる「乱流コア降着モデル」(McKee & Tan 2003)と「競争的降着モデル」(Bonnell et al. 2004)とどちらが正しそうであるかを検討する。分子雲中の高密度のかたまり「コア」の物理的性質（質量やビリアル比）は、両者のモデルで優位に異なると期待される。アルマ望遠鏡で取得された高分解能、高感度の観測データを用いて、2つのモデルの検証を行う。</p> <p>星間塵からの電波強度をもとに「コア」の質量を求め、分子輝線データを用いて分子ガスの運動速度を求め、これらを合わせることにより「コア」がビリアル平衡に近いかどうかの判別を行う。そして、モデルの優劣を議論する。</p> <p>受け入れ者（立松）の属する研究グループ（外国人博士研究員や大学院生を含む）の中で、共同研究を模した形態で行うので、英語でのコミュニケーションの練習にもなると期待する。</p>		
特記事項 研究グループの中で、英語でのコミュニケーションを行う。		
前提とする既習事項 大学教養レベルの物理、数学、英語		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 ALMA 望遠鏡データを用いた原始星の形成・進化の研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 高橋 智子	指導実施キャンパス サンチアゴ（チリ） アルマ合同観測所	受入可能人数 1 名
代表者のプロジェクト等の所属 チリ観測所（サンチアゴ）	総研大での所属講座 電波天文学系	職 助教
指導期間 2016年08月8日から8月26日の3週間	左のうち、実際に研究に要する日数 土日を除く合計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>星形成は、宇宙空間に漂う低温・高密度の塵（ダスト）と分子ガスの雲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をめぐる研究に直結する重要な研究分野の一つである。</p> <p>今回のプログラムでは、星形成の母体となるガス塊（分子雲コア）の物理状態を観測的に明らかにすることを旨とする。その手法として、アルマ望遠鏡で取得された連続波および分子輝線データを用いる。連続波データからは原始星に付随するダストの熱放射の空間分布を、分子輝線データからは分子雲コアおよび双極分子流を起源とするガスとその運動を明らかにする。</p> <p>本プログラムの期間中には、まずはじめに電波干渉計の仕組み、星形成に関する基礎を学び、実際のアルマ干渉計データを用いたイメージング手法を習得する。その後、得られたイメージ（2次元平面+速度軸の3次元キューブ）の解析方法を学ぶことで、星周ガスの空間分布・速度構造およびガスの物理状態について考察する。</p>		
<p>特記事項</p> <ul style="list-style-type: none"> - 研究はサンチアゴに拠点を置くアルマ合同観測所で行います。現場は、世界各国からの研究者、技術者が英語を用いて働く環境です。英語を流暢に話す必要はありませんが、この機会を生かして他のスタッフ等とも活発に交流できる積極的な学生を希望します。 - 本実習後、チリ北部にあるアルマ観測所山麓施設(OSF: Operation Support Facility)へ訪問し、実際の現場を見学してもらうことも検討しています。 - 移動時間を含めると提案の3週間より長くなる可能性があります(要相談)。 		
<p>前提とする既習事項</p> <p>物理学と計算機の基礎</p>		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 遠方宇宙におけるブラックホール周囲の銀河分布		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 柏川伸成	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1-2 名
代表者のプロジェクト等の所属 TMT 推進室	総研大での所属講座 光赤外線天文学系	職 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 やる気と能力に応じて相談して決めます	
<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>宇宙に存在するほぼすべての銀河の中心にはブラックホールが存在し、ブラックホールの質量と銀河の質量には相関があることが知られているが、宇宙の歴史の中で両者がどのように影響を及ぼしあったかは謎に包まれている。巨大ブラックホールの存在する巨大銀河は大質量のダークマターハローに包含されていると考えられ、宇宙初期から周囲に活発な銀河形成が起きたと考えられる。一方、そのような巨大銀河がクェーサー的な活動性を示すと、周囲のガスを温めることによって銀河形成を阻害する可能性も考えられる。このように一見矛盾するメカニズムのうちいったいどちらが支配的かは明らかになっていない。</p> <p>本研究では、すばる望遠鏡 Suprime-Cam で撮られたデータを解析し、クェーサー周囲の銀河分布を調べる。研究の流れとしては以下の4段階を考えている。1) Suprime-Cam の解析パイプラインを用いて、1つ1つの作業におけるデータ解析の意味を理解しながら、丁寧にかつ根気よくデータを解析する。2) IRAF と呼ばれる解析ツールの使い方を学びながら、ライマン輝線銀河と呼ばれる遠方宇宙に普遍的に存在する比較的若い銀河を抽出する。3) クェーサー周囲のライマン輝線銀河がどのように分布しているのかを定量化し誤差評価する。4) 結果を物理的に考察する。</p> <p>少なくとも1つのクェーサーサンプルについて上記の4段階を経験してもらいますが、本人のやる気と能力に応じてサンプル数を増やし統計的精度を上げることも視野に入れていきます。</p>		
特記事項		
前提とする既習事項 Unix/Linux の基礎知識		

国立天文台・総研大物理科学研究科サマーステューデントプログラム 指導プラン

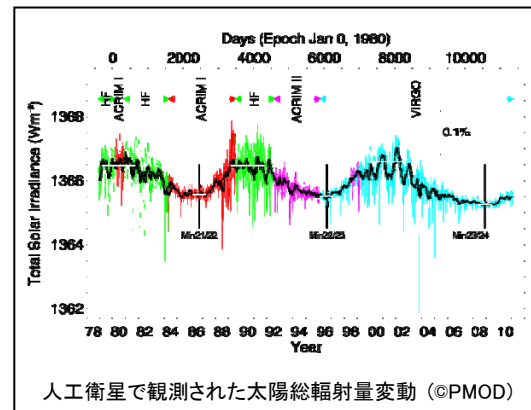
研究テーマ 銀河系・近傍銀河から探る銀河の進化研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 小宮山裕	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1または2名
代表者のプロジェクト等の所属 ハワイ観測所	総研大での所属講座 光赤外線天文学系	職 助教
指導期間 8/23-25 不可 ハワイ観測所観測スケジュール未定のため未定 (可能な限り具体的な日付を記入してください)	左のうち、実際に研究に要する日数 14-21 日間の予定	
<p>研究の概要（最初に簡単な説明を書いた後、研究の概要をお書きください）</p> <p>すばる望遠鏡 HSC で撮られた近傍銀河の測光データを使い、恒星進化理論から求まる星の等級・色と比較することにより、近傍銀河がどのような特徴（年齢や金属量など）を持つ星の集団として構成されているかを調べる。さらに、対象銀河についての様々な観測データを取り入れ、総合的に解釈することにより、近傍銀河がたどってきた進化史を考察する。</p> <p>本プログラムでは実際の可視撮像観測のデータを使用し、銀河の観測研究がどのように進められていくかを体験していくことで、実際の観測研究の後半部分を体験する場を提供する。本年度は、下記2つの課題のいずれかを選択し、研究を進めていく。</p> <p>① 銀河系衛星銀河の探索： 2000年代以降の広視野サーベイが進むにつれ、我々の銀河系の周囲にも数多くの暗い衛星銀河が発見されてきており、銀河形成論との関連からも注目されている。本研究では HSC による最新の広視野サーベイデータを用いて、従来とは異なる方法を用いてさらに暗い衛星銀河の探索に挑戦する。発見された銀河については、その星種族を詳細に調べ、他の衛星銀河との比較を通して、衛星銀河の本質を明らかにする。</p> <p>② 近傍銀河群 LeoI の超暗黒銀河の探索： 最近になって銀河団中には非常に低表面輝度の矮小銀河が数多く存在することが分かってきた。これらの銀河はダークマターが支配的な銀河（超暗黒銀河）と考えられており、その性質を明らかにすべく全世界で精力的に研究が進められている。本研究では近傍銀河群 LeoI のデータを用いて超暗黒銀河の候補を探し出し、その性質を詳細に調べることにより、まだよく調べられていない銀河群環境での超暗黒銀河の性質を明らかにしていく。</p>		
特記事項		
前提とする既習事項 天文学の基礎、コンピュータできれば Linux の操作		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 すばるの超広視野撮像データを使った遠方銀河団の探査		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 児玉 忠恭	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1 名
代表者のプロジェクト等の所属 ハワイ観測所（三鷹）	総研大での所属講座 光赤外線天文学	職 准教授
指導期間 8/1-9/2 (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>すばる望遠鏡の新しい超広視野カメラ(HSC)を用いて現在大規模な遠方銀河探査が進行中である。この探査はその深さと広さの組み合わせにおいてこれまでの他の望遠鏡のものを圧倒する大変ユニークなものである。我々はこのデータを用いて超遠方の銀河団を探索するプロジェクトを行っている(HSC-HSC; Hybrid Search for Cluster with HSC)。銀河団の早期型銀河が示すであろう、色と明るさの進化を銀河スペクトル進化モデルから予想し、その条件を満たす銀河の天球面上での集団を探すことによって、様々な時代にある遠方銀河団を探索し、新たに発見することを目標とする。そして見つけた銀河団について、銀河の色や等級分布を近傍のものと比較することによって、銀河団の中で銀河がどのように進化してきたのかを調査する。</p> <p>この実現のために、まずは銀河のスペクトル進化（特に色と等級）の進化の概略を学習する。そして実際にいろいろな星形成の歴史に応じて銀河の色や等級を計算する。そしてその結果を実際の HSC の観測データに基づく銀河カタログに適用し、予想される銀河の色を持つ銀河の大きな集団として、銀河団を新しく発見する。そして発見できた場合には、銀河団を含む大規模構造を調べるとともに、その銀河団中にある銀河の色や等級の分布を詳しく解析して、銀河団領域での星形成活動性を調べ、同時代の一般フィールド領域や、近傍の銀河団と比較することによって、高密度環境下での銀河の進化についての知見を得ることを最終目標とする。</p>		
特記事項		
前提とする既習事項 UNIX, コンピュータ言語 (Fortran または C)、作図ソフト		

国立天文台・総研大物理科学研究科サマーステューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 「ひので」衛星で探る太陽表面の対流構造と輻射変動の起源		
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	受入可能人数 2 名
代表者のプロジェクト等の所属 ひので科学プロジェクト	総研大での所属講座 共通基礎天文学系	職 助教
指導期間 8月8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 18 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>「太陽定数」と呼ばれる太陽輻射量は、実は一定ではない。磁気活動の影響を受けて絶えず変動している。黒点数が多くなる活動極大期には実は太陽はわずかに明るくなり、極小期には暗くなる。太陽輻射量の変動は地球環境への影響の観点からも重要な研究対象となっている。本研究課題では、最先端の太陽宇宙望遠鏡である「ひので」を使って、太陽輻射量が磁気活動によってなぜ変動するのか理解することを目指す。輻射量変動の物理過程を探るために、本課題では、太陽観測衛星「ひので」搭載の可視光望遠鏡によって得られた最新の観測データを使う。「ひので」は宇宙空間からの観測によって、高い解像度とともに高精度な磁場測定を実現した観測装置である。太陽表面における温度・速度・磁場などの物理量を分光観測データから抽出する方法を習得するとともに、それらの物理量がどのように関連しているのか、どのように時間変化しているかを調べる。これによって、太陽表面の対流と磁場構造の関係を調べ、なぜ磁場の影響によって明るくなったり暗くなったりするのかを明らかにすることを目指す。さらに、その変動が地球にどのように影響があるのかについても考察する。太陽表面で発生する現象を高精度に調べることができる観測装置は、現在のところ、「ひので」衛星のみである。本課題では実際の観測データに触れながら、分光観測に代表される天文学の基本的な観測手法を体験する。</p>		
<p>「ひので」ホームページ: http://hinode.nao.ac.jp/</p>		
<p>特記事項 指導期間を変更する可能性があるので、受入が決まった学生と相談して下さい。</p>		
<p>前提とする既習事項 計算機操作、力学・電磁気学など基礎物理学</p>		



国立天文台・総研大物理科学研究科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 天の川銀河の構造の探究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 泉浦秀行、柳澤顕史	指導実施キャンパス 岡山天体物理観測所	受入可能人数 2 名
代表者のプロジェクト等の所属 岡山天体物理観測所	総研大での所属講座 光赤外線天文学系	職 准教授
指導期間：2～3 週間。双方の都合をもとに柔軟に 設定する。期間を二つに分けることも考慮する	左のうち、実際に研究に要する日数 実働 10～15 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>古典的セファイド型変光星を探索の道具として、天の川銀河の構造を探索。</p> <p>我々が住んでいる天の川銀河は、最も近くの銀河である。それゆえ銀河の構造と進化を個々の星まで分解して研究するうえで最も適した対象である。だが、我々が銀河系円盤のなかに埋もれているため、その構造は実はあまり詳しくわかっていない。特に、1)天体の距離を決定することの困難さ、2)従来の観測手段では天の川を遠方(>3kpc)まで見通すことの困難さ、が問題となる。</p> <p>古典的セファイド型変光星は、これらの困難を同時に解決する天体である。セファイドは、太陽よりずっと重たい星(3-10 太陽質量星、主系列時代はB型星)が、その一生の最後に膨張・収縮を繰り返す進化段階に至った時の呼び名で、見かけの明るさが周期的(3-20 日)に変化する。その変光周期と絶対的な平均光度に一定の関係(周期光度関係)が存在するため、沢山セファイドを見つけて個々の周期と見かけの平均の明るさを調べれば、個々の距離が求められ銀河系の中でのセファイドの分布を調べることが出来る。</p> <p>そんな都合の良い天体は、とくに先人達が観測してしまっていそうだが、実は今まで見つかっている天の川銀河内のセファイドは全体の 5% に留まっていると推測されている。これは、可視光線では天の川に分布する塵に邪魔されて遠くの星が見えないためである。この困難を解決するのが可視光より波長の長い近赤外域での観測である。近赤外域では塵による減光の影響が小さい。例えば、天の川銀河の中心(距離 8kpc)から発せられた光は、可視域では一兆分の一に減光されてしまうが、近赤外では 1/16 にとどまるので、なんとか調べることが出来る。</p> <p>そこで我々は岡山天体物理観測所の 91cm 望遠鏡を広視野赤外線カメラ(波長 1.0-2.5 ミクロン、視野 28 分角)に改造し、天の川の一定範囲を近赤外線(波長 2 ミクロン)でモニターして、セファイドを沢山見つけようとしている。取りたての画像データを解析して未知のセファイドを見つけ、天の川銀河の構造の一端を垣間見てみよう。作業は次の通り。①観測画像を処理して、変光星を探索。②変光の周期解析をして、規則的に変光するセファイドを選び出し、周期と見掛けの平均等級、星間減光量を求める。③周期光度関係から絶対平均等級をもとめ、セファイドの距離を求める。④空間分布を明らかにする。</p>		
特記事項 昨年からの観測が始まった銀河面変光星サーベイに基づく研究である。昨年のプログラムで扱った領域で複数のセファイド候補が見出された。今年は別の新たな領域に挑戦して貰う。		
前提とする既習事項 PC のキーボードを困難なく打てること。計算機プログラミングの経験があるとより良い。		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 レーザー干渉計型重力波検出器感度向上へ向けた開発・実験		
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	指導実施キャンパス 神岡，三鷹	受入可能人数 2名
代表者のプロジェクト等の所属 重力波プロジェクト推進室	総研大での所属講座 光赤外研究系	職 准教授，助教
指導期間 8月1日 - 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 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と考えられている。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が，重力波天文学である。2015年9月の重力波初検出によって，今この分野は大きく盛り上がってきている。</p> <p>現在，岐阜県神岡鉦山の地下に基線長 3km のレーザー干渉計型重力波検出器 KAGRA が建設中である。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，連星中性子星合体等からの重力波を年に数回以上観測することを目指している。しかし，このような小さな歪みをレーザー干渉計を構成する鏡の間の距離変動として捉えるためには，究極的な微小計測技術が必要とされる。特に，装置に伝わる振動や，干渉計中におけるレーザー光の散乱は，検出器の感度を保つために極限まで抑制される必要がある。</p> <p>国立天文台の重力波プロジェクト推進室では，KAGRA にインストールされる様々な機器の開発を進めており，その中で鏡の防振装置開発及び散乱光対策などを担っている。また，将来的な KAGRA の感度向上へ向けた量子力学的雑音低減技術の開発も進めている。このプログラムに参加される学生さんには，実際に KAGRA の装置に手を触れて，ノイズ測定などの特性評価，動作安定度の向上といった，検出器高感度化に関する研究に携わってもらおう。これによって，最先端の天文観測機器開発現場を体験できるのみならず，精密計測実験の基礎技術を学ぶことができる。これは，今後どのような分野に進む場合も役立つ技術・知識となるはずである。具体的な研究テーマは，参加者本人の興味を聞いた上で，指導教員と相談して決める予定である。</p>		
<p>特記事項</p> <p>神岡では KAGRA の入射光学系に関わる実験，三鷹では今後 KAGRA にインストールされるコンポーネントの特性評価などがテーマとなる。応募時に希望するキャンパス名(三鷹 or 神岡)を明記すること。</p>		
<p>前提とする既習事項</p> <p>基礎的な力学・電磁気学の知識。</p>		

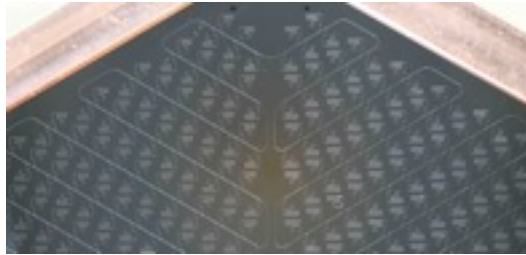
国立天文台・総研大物理科学研究科サマースチューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 電波望遠鏡観測データを用いた星形成・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 三鷹 (出張の可能性あり)	受入可能人数 1名
代表者のプロジェクト等の所属 水沢 VLBI 観測所	総研大での所属講座 電波天文学系	職 助教
指導期間 開始前に面談やメールで相談して決定する予定 (できれば8月10日以降)	左のうち、実際に研究に要する日数 2週間～3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>本プログラムでは、VERA、KaVA (KVN and VERA Array)、ALMA、野辺山 45m 電波望遠鏡などによって取得された星形成領域の分子スペクトル線データを専用のプログラムで解析し、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 や野辺山にある 45m ミリ波望遠鏡などが運用されており、最近ではチリにあるアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 ALMA も運用を開始している。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) 野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた星間分子雲の物理・化学進化の研究</p> <p>(3) ALMA による星間分子のイメージング、星間分子の探査</p> <p>また、日程と予算上の問題がなければ、実際に VERA 観測局に出張し、観測システムを見学したり、20m アンテナによる観測を行ったりすることによって、電波望遠鏡によるデータ取得についても学ぶ。</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。日程と予算上の問題がなければ、観測や見学などのために VERA 水沢局などへ短期間出張する可能性がある。</p>		
<p>前提とする既習事項</p> <p>計算機（できれば Linux）の基本的な操作、マニュアルや論文を読むための英語、大学理系学部2年生程度の物理学</p>		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 超高分解能 VLBI 観測による超巨大ブラックホールの研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 本間 希樹	指導実施キャンパス 三鷹（水沢も可）	受入可能人数 1 名程度
代表者のプロジェクト等の所属 水沢 VLBI 観測所	総研大での所属講座 電波天文学系	職 教授
指導期間 8 月 1 日～8 月 30 日の間（調整可） （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 週間程度	
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>VLBI(Very Long Baseline Interferometer:超長基線電波干渉計)の手法を用いた最先端の観測天文学研究を経験していただく。具体的には、我々のグループで開発を進めている、スパースモデリングを用いた新しい電波干渉計イメージング技法について学び、シミュレーションコードを用いてブラックホールの直接撮像の可能性に関わる評価・試験を行う。また、希望に応じて国立天文台水沢 VLBI 観測所（岩手県奥州市）にて実際の電波望遠鏡および関連する観測装置を見学し、実際の観測について学んでもらうことも可能である。</p>		
特記事項 受入教員の本務地は水沢地区（岩手県奥州市）であるが、サマースチューデントの主な活動は三鷹地区で行う。受入教員は適宜三鷹に出張して直接議論をする他、電話会議等で適切な助言を行う。また、受入教員研究室所属の三鷹勤務の研究員が日々の活動をサポートする。		
前提とする既習事項 理系の物理学の基礎、コンピュータープログラムの基礎		

国立天文台・総研大物理科学研究科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 天文学・宇宙物理学のための最先端観測装置の開発にチャレンジ		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 関本裕太郎、松尾宏、Wenlei Shan, 野口卓	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 5名
代表者のプロジェクト等の所属 先端技術センター	総研大での所属講座 基礎共通	職 准教授、教授
指導期間 2016-08-01 ~ 2016-08-31 (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週間くらいの予定	
<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>近年、超伝導検出器などの観測装置の発展とともに、</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 宇宙マイクロ波背景放射観測の偏波観測によるインフレーション宇宙の研究 2) ミリ波からテラヘルツ波による高赤方偏移の遠方銀河の観測 <p>などが、活発におこなわれています。</p>  <p>天文学、宇宙物理学の研究に将来携わりたい方、実験研究、開発研究に興味を持つ大学生の皆さん、夏休みを利用して、開発・実験研究を体験してみませんか？ または、将来は理論研究、観測研究をした方でも、この機会に観測装置を勉強してみたいという方も大歓迎です。写真は、開発中のミリ波超伝導検出器です。</p> <p>国立天文台先端技術センターでは、世界最先端の観測装置の研究開発がおこなわれています。サマースクールでは、超伝導検出器をベースとした観測装置開発実験を体験できます。具体的には、超伝導薄膜をもちいたデバイスの成膜、極低温(100mK)をもちいた実験、サブミリ波実験、超伝導検出器をもちいた高精度計測などです。高度な観測装置に触れるのに、不安に思う方でも安心してください。丁寧に指導します。</p> <p>複数の教官によって、複数名を受け入れる予定です。宇宙論、遠方銀河、系外惑星、超伝導など興味のある分野を書いてください。できるだけ希望に添える実験的テーマとします。</p>		
特記事項 初回に S. Dodelson 著”Modern Cosmology” (2003)の序章または他の教科書のセミナーをおこなう予定。英語が得意な学生も歓迎します。		
前提とする既習事項 電磁気学を学習していること。実験は、経験が無くても可。丁寧に指導します。		

国立天文台・総研大物理科学研究科サマーステューデントプログラム 指導プラン

研究テーマ 磁気リコネクションの MHD シミュレーション研究		
教員氏名（グループの場合全員の氏名） 銭谷誠司	指導実施キャンパス 三鷹	受入可能人数 1 名
代表者のプロジェクト等の所属 理論研究部	総研大での所属講座	職 特任助教
指導期間 8/8 - 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 16 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>宇宙空間プラズマの中で逆向きの磁場がつなぎ変わる磁気リコネクションは、太陽フレアなどの爆発現象を駆動する重要な物理過程である。磁気リコネクションの振る舞いを知るために、観測や数値シミュレーションを通じて、活発に研究が続いている。このプログラムでは、主に数値シミュレーションを使って、磁気リコネクションの基本的な性質を理解することを目指す。</p> <p>リコネクション理論の多くは、2つの上流領域の物理量が揃っていることを仮定しているが、実際の宇宙空間のリコネクション領域では、例えば片側のプラズマ密度がもう片方よりも高いなど、上流の物理量が揃っていないことが多い。このような場合のリコネクションの性質は、2つの上流物理量を組み合わせたハイブリッド関係式 [1] で表されることが期待されている。</p> <p>簡単な講義の後、英語文献を1本講読して問題の背景を理解する。そして、PCあるいは理論研究部のLinuxワークステーションで、磁気流体コードを使ったシミュレーション実習を行う。実習の1段階目は、コードをデフォルトの状態で行い、基本形の磁気リコネクションの性質を理解する。2段階目は、非対称系の磁気リコネクションの状況設定を自分で考えて、セットアップを変更し、シミュレーションを実行・解析する。最後の3段階目に、この設定で簡単なパラメータサーベイを行い、非対称磁気リコネクションの基本関係式 [1] のサブセット [2] を検証することを目指す。</p>		
第1週		
<ul style="list-style-type: none"> ・ レクチャー（1）：プラズマ物理学・磁気流体力学の基礎 ・ レクチャー（2）：磁気流体シミュレーションの基礎 ・ レクチャー（3）：磁気リコネクションの基礎 ・ 論文講読（1）：リコネクション理論 [1] ・ 実習（0）：UNIX および並列計算機の使い方 ・ 実習（1）：基本型（対称）リコネクションの数値計算と解析 		
第2週		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 論文講読（2）：磁気流体シミュレーションの数値解法 [3] ・ 実習（2）：非対称リコネクションの初期設定と数値計算 ・ ディスカッション：結果を踏まえた議論 		

第3週

- ・ 実習（3）：非対称リコネクションのパラメーターサーベイ
- ・ ディスカッション：結果を踏まえた議論
- ・ 発表準備

第4週

- ・ 予備

使用機材

- ・ 公開磁気流体コード「OpenMHD」
- ・ <http://th.nao.ac.jp/MEMBER/zenitani/openmhd-j.html>
- ・ 理論研究部提供：Linux 計算機（luna, 48 コア; pwn, 32 コア）
- ・ 教員提供：MacBook 1 台

参考文献

- ・ [1] Cassak & Shay, Phys. Plasmas 14, 102114 (2007)
- ・ [2] Borovsky & Hesse, Phys. Plasmas 14, 102309 (2007)
- ・ [3] Miyoshi & Kusano, J. Compt. Phys. 208, 315 (2005)

特記事項

前提とする既習事項

電磁気学、流体力学の基礎、UNIX の使い方、プロットソフトの使い方