

Department  
of  
Earth and  
Space Science

## 宇宙地球科学専攻

## 概要

宇宙地球科学専攻は、伝統的な天文学や地球惑星科学とは異なった学際科学・総合科学としての「宇宙地球科学」の構築を目指し、1995年に設立された全国にも類を見ないユニークな専攻です。ビッグバンから生命活動まで、宇宙・惑星・地球を舞台に起こる様々な自然現象や、その極限状態を研究対象とします。

とりわけ、物理学的手法を基盤としたアプローチが特長で、理論宇宙物理学、X線天文学、赤外線天文学、同位体地球惑星科学、地球惑星物理学、太陽系科学、ソフトマター物理学、非平衡物理学などをベースに、8つのグループを単位として研究・教育活動を展開しています。

基礎物理学を重視していることから、本理学研究科・物理学専攻との緊密な連携のもと教育・研究が行われていますが、物理学科出身者に限らず、天文学・地球科学・化学・生物学・数理科学・情報科学・工学など、多様なバックグラウンドを持った人材を広く求めています。

現在の学生定員は博士前期課程28名、博士後期課程13名で、修了後は、大学や研究所のみならず、一般企業や官公庁、中学・高校など幅広い分野で活躍しています。

## 組織

## [教授]

桂木 洋光    近藤 忠    住 貴宏    寺田 健太郎  
長峯 健太郎    波多野 恭弘    松本 浩典  
シュロスマン アイザック (招へい教授)

## [准教授]

井上 芳幸    大高 理    小高 裕和    西 真之  
増田 賢人    山中 千博    湯川 諭    横田 勝一郎  
坂和 洋一 (協力講座)    佐野 孝好 (協力講座)  
バイオッティ ルカ (兼任)

## [助教]

青山 和司    桂 誠    河井 洋輔    木村 淳  
境家 達弘    鈴木 大介    高棹 真介    田之上 智宏  
山本 憲    福田 航平(兼任)

研究はグループ単位で行われており、その研究内容については、グループ紹介を参照してください。

## 教育・研究の現況

宇宙地球科学専攻では、138億年・138億光年の広大な時空間を舞台に繰り広げられる森羅万象を研究対象としています。特に、「**宇宙、地球・惑星、物質、生命**」の4つのキーワードを基軸に据えて、研究・教育活動を展開しています。もちろん、これらの4つのキーワードは、「宇宙の中の地球」、「地球型惑星における生命」、「宇宙における物質進化」や、「惑星の極限環境における物質」のように、お互いに深く関連し合っており、各研究グループの研究内容も複数の分野にまたがったものになることは言うまでもありません。詳しくは次頁以降をご覧ください。

## 将来展望

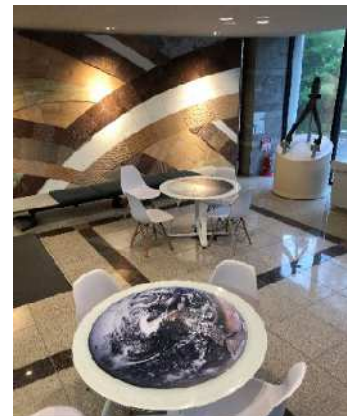
宇宙地球科学専攻は、従来の天文学、地球惑星科学、鉱物学、地質学、化学、生物学の基礎科学を土台に総合的におしすすめる新しい専攻です。自然災害や地球環境問題に象徴されるように、人間の諸活動と自然の調和が強く求められている現在、基礎科学の素養を持ちつつ宇宙・地球の全容を把握し、論理的な思考ができる人材が強く求められています。

## 就職先

就職紹介に関しては、物理学専攻と共通して行われています。

## \* その他

大学院生の募集は年2回行われています。



宇宙地球科学専攻が活動する理学部F棟のロビー

## 宇宙地球科学専攻のホームページ

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>

Department  
of  
Earth and  
Space Science

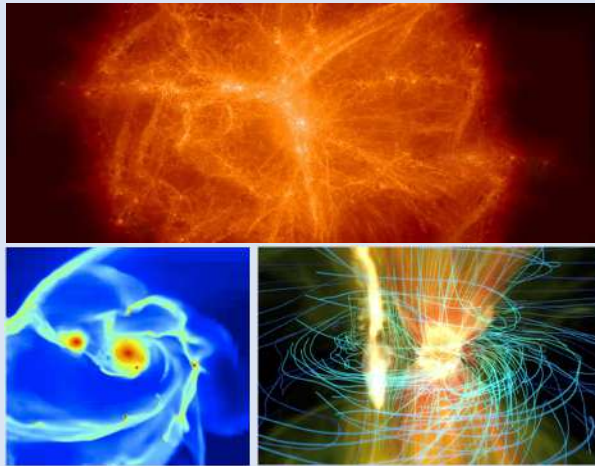
## 宇宙進化学グループ

**スタッフ** 長峯健太郎 (教授), 井上芳幸 (准教授), 高棹真介 (助教), バイオッティ ルカ (兼任准教授)  
シュロスマン アイザック (国際共同研究促進プログラム 招へい教授)

**ホームページ** <http://astro-osaka.jp/>

## 【研究テーマ】

- 1) 宇宙論と構造形成 (大規模構造、銀河形成、ダークマター)
- 2) 天体形成 (巨大ブラックホール、星や惑星の形成)
- 3) 高エネルギー天文学 (ジェット、ブラックホール、宇宙線)
- 4) 宇宙プラズマ物理、磁気流体、太陽物理
- 5) 重力波天文学 (ブラックホール、中性子星連星の合体)



我々の宇宙は、138億年前にビッグバンとよばれる大爆発によって誕生しました。宇宙の膨張とともに、銀河や宇宙の大規模構造が形成され、その中で星や惑星が誕生し進化していきます。宇宙を舞台として銀河や星の形成、元素の進化、超新星爆発、ブラックホールからの重力波放出、ガンマ線バーストの発生、高エネルギー宇宙線の加速等々の極限状況での物理現象が生起していきます。このような宇宙物理学・宇宙論の研究は理論・観測の両面にわたって急速に発展しており、新たな宇宙像が切り拓かれつつあります。宇宙物理学の研究には、宇宙を基礎物理の検証の場として研究する立場と、観測事実を基礎に宇宙そのものの進化や天体現象を研究する立場の、双方向のアプローチが必要です。

本グループでは双方を基軸とした理論的研究を進め、グローバルな社会で活躍できる視野の広い研究者養成を行っています。上記のような広範な研究テーマを扱っていますが、研究方法も純理論的なものからモデル構築、数値シミュレーション、観測データ解析まで多岐にわたります。

Department  
of  
Earth and  
Space Science

## X線天文学グループ

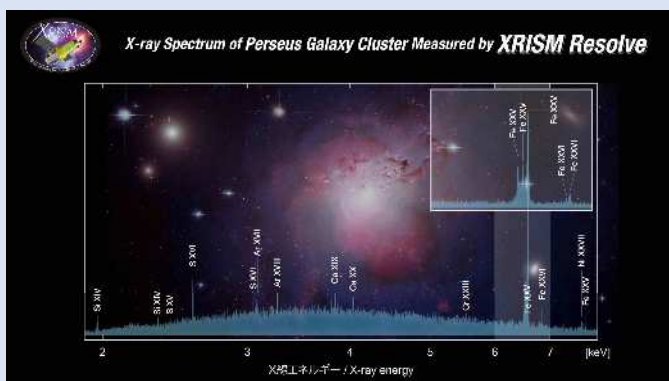
**スタッフ** 松本浩典 (教授)、小高裕和 (准教授)

**ホームページ** <https://uosaka-xray-astronomy.github.io/>

## 【研究テーマ】

- 1) 高エネルギー天体の観測的研究
- 2) 高エネルギー宇宙観測のための機器開発

## XRISM衛星によるペルセウス座銀河団X線観測



クレジット: JAXA/NASA/CXC/IoA/A.Fabian et al./NRAO/VLA/  
G. Taylor/ESA/ Hubble Heritage (STScI/AURA)/Univ. of Cambridge

宇宙では、至る所で高エネルギー現象が起こっています。例えば、恒星は寿命の最期に超新星爆発を起こし、その後には温度数千万度の高温ガスが残ります。これを超新星残骸と呼び、X線で輝いています。超新星爆発の際には、中性子星やブラックホールが誕生すると考えられており、これらのコンパクト天体は非常に重力が強いため、ガスを吸い込みながら重力エネルギーを解放し、X線で輝きます。ほとんどの銀河の中心には巨大なブラックホールが存在しますが、そのうちの一部は大量の物質を飲み込みつつX線で輝き、活動銀河核となります。宇宙で最も大きな構造である銀河団は、高温ガスで満たされており、やはりX線で輝きます。

我々は、これら宇宙の高温・高エネルギー現象を観測的に研究するため、日本のXRISM衛星、すざく衛星、米国のChandra衛星、欧州のXMM-Newton衛星など、世界中のX線天文衛星を使い、X線による宇宙観測を行っています。また、将来の高エネルギー宇宙観測を切り拓くため、X線望遠鏡、MeVガンマ線検出器などの、新たな観測機器の開発を行っています。

Department  
of  
Earth and  
Space Science

## 惑星科学グループ

スタッフ 寺田健太郎（教授）、山中千博（准教授）、横田勝一郎（准教授）、福田航平（兼任助教）

ホームページ <http://planet.ess.sci.osaka-u.ac.jp>

## 【研究テーマ】

- 1) 隕石物質からみた元素の起源と太陽系初期形成史
- 2) レーザー分光・電磁気現象を用いた惑星環境計測
- 3) 粒子計測/質量分析による月惑星周辺環境の研究
- 4) 次世代に向けた新しい分析手法の開発 など

近年、私たちの太陽系以外にも惑星がたくさん発見され、惑星の形成は恒星誕生に伴う比較的普遍的なプロセスであることが解ってきました。一方で、生命を育む太陽系第3惑星「地球」は、惑星達の中でも特異な存在と言えます。このような、人類にとってかけがえのない「地球」の個性は、いつ（when）、どのようにして（how）決定づけられたのでしょうか？

私たちの研究グループでは、従来の望遠鏡を使った観測的なアプローチではなく、同位体顕微鏡等を使った**物質科学的なアプローチで宇宙の歴史を探ります**。具体的には、地球や火星などの惑星物質や、月試料、隕石などの高精度同位体分析やESR測定、探査機を用いた惑星間プラズマ粒子のオンサイト観測等を通して、元素合成の物理環境、太陽系の初期形成史とその進化、ならびに現在の惑星環境についての研究を行っています。併せて、素粒子ミュオンを用いた3次元非破壊分析など、新しい分析手法の開発にも取り組んでいます。

Department  
of  
Earth and  
Space Science

## 惑星物質学グループ

スタッフ 大高 理（准教授）、木村 淳（助教）、近藤 忠（教授）

ホームページ <http://www.astroboy-jp.com/>

## 【研究テーマ】

惑星、衛星、氷天体、小惑星など太陽系天体の進化を、理論・実験・観測的手法や探査機のデータ解析等から探究します。

1. 太陽系天体（地球型惑星、月、小惑星、氷天体など）の形成と進化過程  
小天体が集積して原始惑星・衛星を形成し、その内部が核・マントル・地殻などへ分化して（氷天体では地下海の形成などを経て）現在の姿へと至る進化の過程を理解します。そのために、天体内部の熱的進化や物質分化を記述する理論モデルを構築し、数値シミュレーションによって天体内部で生じる諸現象を理解するとともに、46億年にわたる天体進化の描像を作り上げます。さらに、天体ごとに大きく異なる特徴や進化の違いに関して理論的な説明を与えます。
2. 地球深部物質の相転移と物性変化  
地球内部の進化過程やダイナミクスを理解するために、量子ビーム（放射光・中性子）を用いたその場観察実験によって、高温高圧下におけるジャーマネート（地球マントルを構成するケイ酸塩の模擬物質）の固体や液体の構造と物性の变化を調べます。またX線ラジオグラフィーなどを用いて物質の密度や粘性率を測定し、高温高圧での液体の物性変化を知るとともに、構造変化との相関を調べます。
3. 天体の大気や表層の組成や変動  
天体表面には多彩な地形が様々な分布で存在します。表面物質の組成と力学作用に着目した理論モデルの構築などを通して、地形の成因（テクトニクス）を理解し、内部構造との関係を調べます。また、こうした表面活動は大気とも密接に関係し得るため、大気-表面間の物質的・熱的な相互作用に関する理論計算を通してその過程を理解します。また、望遠鏡観測によって表面や大気の組成とその時変動などを観察し、現在の天体の生きた姿を明らかにします。



## 赤外線天文学グループ

スタッフ 住 貴宏（教授）、増田賢人（准教授）、鈴木大介（助教）

ホームページ <http://www-ir.ess.sci.osaka-u.ac.jp>

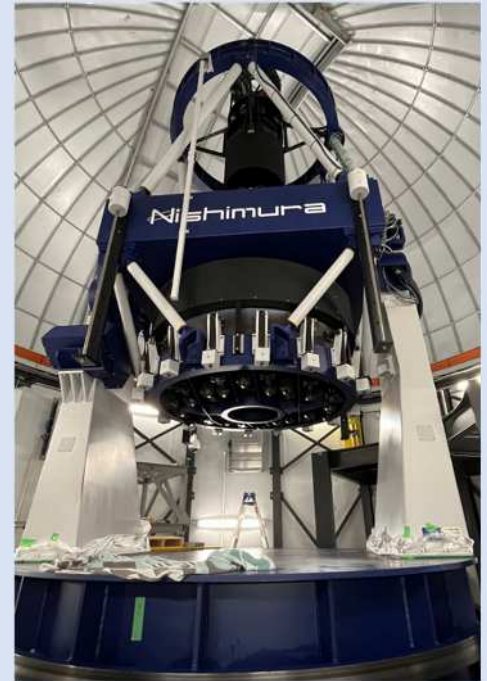
## 【研究テーマ】

- 1) 太陽系外惑星の観測的研究
- 2) 太陽系外生命探査
- 3) 重力波天体の光学観測
- 4) 銀河系構造、暗黒物質の観測的研究

地上望遠鏡やスペース望遠鏡を用いた赤外線観測(可視光、サブミリ波を含む)により、宇宙諸現象の研究とそのための装置開発を行っています。特に、太陽系外惑星の形成過程の解明に焦点をあて、将来は太陽系外生命現象の検出を目指しています。また、重力波天体の光学的同定、銀河系の構造、暗黒物質などの研究も行っています。

ニュージーランドにある口径1.8mのMOA-II望遠鏡を用いて、重力マイクロレンズ現象を利用した太陽系外惑星探査を行っています。また、南アフリカに新たに1.8mのPRIME望遠鏡(右図)を建設し、近赤外線マイクロレンズ系外惑星探査をしています。これまでに木星や海王星、地球の数倍程度の重さの惑星を発見しており、今後地球のような軽い惑星の発見を目指しています。さらに、NASAの次期旗艦衛星計画であるRomanに参加して、スペースからのマイクロレンズ系外惑星探査を行う予定です。

また、将来の太陽系外生命探査のための検討を行っています。惑星の大気成分を測定し、生命が存在する痕跡(バイオシグネチャー)を見つけ出すのに必要な、装置開発や観測計画の検討を行っています。



## 理論物質学グループ

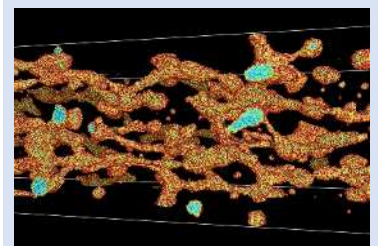
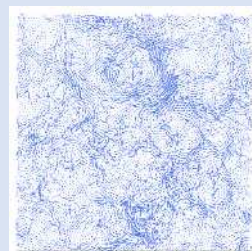
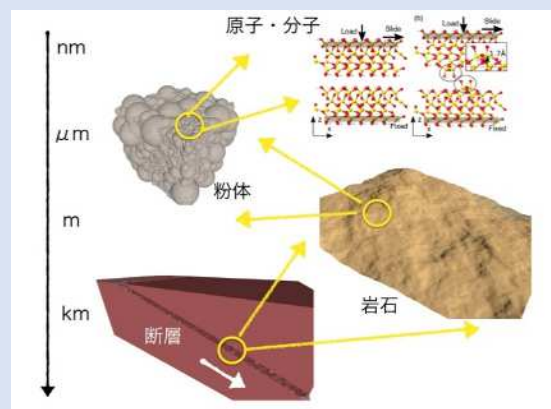
スタッフ 波多野恭弘（教授）、湯川 諭（准教授）、青山和司（助教）、田之上智宏（助教）

ホームページ <http://noneq.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>

## 【研究テーマ】

地球惑星表層における様々な現象を「多体系の協同現象」という観点で捉え、非平衡統計力学・非線形動力学・情報熱力学などの手法により研究しています。

- 1) 地震・摩擦・破壊の物理：原子分子スケールから地球惑星スケールに至るまで、摩擦と破壊のダイナミクスや統計法則を研究しています。
- 2) 流れや拡散・相転移などが強く影響しあう系の非平衡ダイナミクス：熱流やスピン流から動物の群れの移動まで、様々な「流れ」を非平衡熱力学の観点から研究しています。
- 3) フラストレーションの統計物理：特に相互作用に強い競合があるパイロクロアや3角格子系等のフラストレート磁性体の秩序化を研究しています。
- 4) 情報流体力学：乱流現象においてはスケール間相互作用の結果として普遍的法則が成立します。そのような幅広いスケールで成立する普遍性を情報熱力学の観点から研究しています。



Department  
of  
Earth and  
Space Science

## 惑星内部物質学グループ

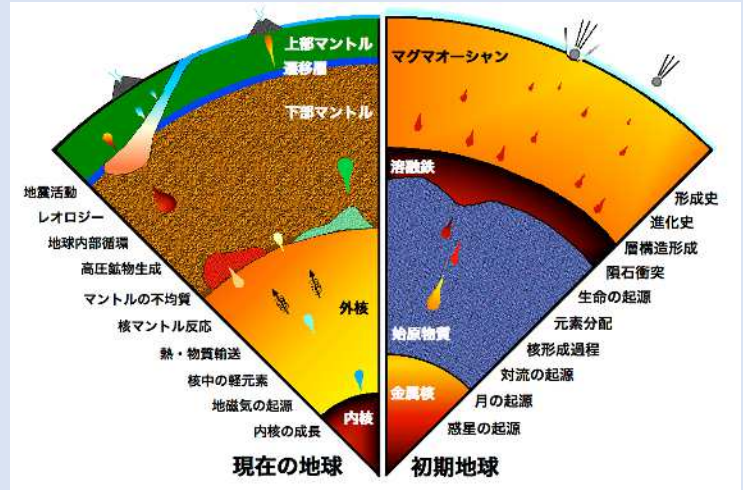
スタッフ 近藤 忠（教授）、西 真之（准教授）、境家達弘（助教）

ホームページ <http://anvil.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>

## 【研究テーマ】

- 1) マントルにおける鉱物の相転移と物性変化
- 2) 惑星核の形成過程と化学組成及び物性変化
- 3) 形成期の地球・惑星・衛星とその進化過程
- 4) 極限環境下におけるその場観察と物性測定
- 5) 超高圧・高温温発生技術と測定技術の開発

地球や惑星・衛星の深部は高温・高圧力の極限環境の世界であり、人類が到達することは極めて困難です。そこにある物質は、表層環境とは異なる性質を持っていて、地表での常識が通じないことがたくさんあります。我々は主に地球物理学・固体物理学の観点から、様々な高圧発生装置を用いて実験室に惑星深部や形成期の惑星の条件を再現することで、天体内部条件における物質の姿を明らかにし、現在の地球・惑星・衛星がどのように進化してきたのかを調べています。実験室では静的圧縮法のダイヤモンドアンビルセルから動的圧縮法の高強度レーザーまでを駆使し、様々な観察法・分析手法を組み合わせたり、新たに開発を行い、地球や惑星・衛星の成り立ちについて物質科学的な解明を目指した研究を行っています。



現在の地球と初期地球における興味ある問題

Department  
of  
Earth and  
Space Science

## ソフトマター地球惑星科学グループ

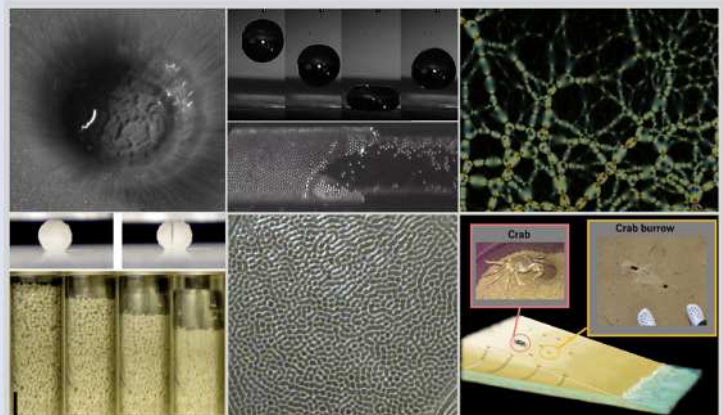
スタッフ 桂木洋光（教授）、桂 誠（助教）、山本 憲（助教）

ホームページ <http://life.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>

## 【研究テーマ】

- 1) 粉体を中心としたソフトマター物理の基礎理解ととその地球惑星科学的現象をはじめとした自然現象理解への応用（衝突、振動、破壊、内部応力構造、パターン形成、生物生態関連現象など）
- 2) ソフトマターを対象とする高精度物理計測法の理論的・実験的研究
- 3) 流体および混相系のソフトマター物理とその自然現象への応用・工学的応用

物質の流動や固化、自己組織化等の複雑な絡み合いにより地球惑星の表層で生起する多彩で複雑な現象の理解に「ソフトマター」をキーワードに物理学、化学、生物学、地学の知見を総合して取り組みます。具体的には、太陽系天体の表面地形から地球表層環境で起こる動的物理過程、生命の起源と進化に至るまでの様々なスケールの自然現象の解明に挑みます。また、これらの複雑な現象に潜む普遍性を紡ぎ出し、一般的な自然科学法則を明らかにすることも目標とします。



Department  
of  
Earth and  
Space Science

## レーザー宇宙物理学グループ

(レーザー科学研究所)

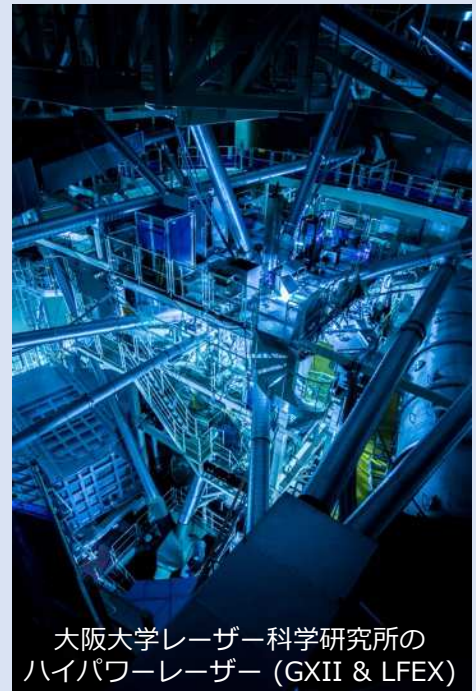
スタッフ 坂和洋一（准教授）、佐野孝好（准教授）、松本浩典（教授；兼任）

ホームページ <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/lap/>

## [研究テーマ]

- 1) 無衝突衝撃波と宇宙線加速
- 2) 磁気リコネクションと突発現象天体
- 3) プラズマ不安定と乱流駆動機構

国内外の高出力・高強度レーザーを用いて、宇宙にしか存在しないような高エネルギー密度状態、超高速プラズマ流を実験室で実現し、天体プラズマ物理過程の理解を深め、宇宙の謎に挑みます。ナノ秒パルスの高出力レーザーに加えて、ピコ秒・フェムト秒パルスの高強度レーザーを用いることによって、相対論的波動粒子相互作用の研究や、相対論的プラズマ生成とその応用研究を行います。レーザー実験に加えて流体およびプラズマ粒子シミュレーションも行い、理論と実験の両面から物理機構の理解を目指します。



大阪大学レーザー科学研究所の  
ハイパワーレーザー (GXII & LFEX)

