

大阪大学大学院理学研究科  
物理学専攻・宇宙地球科学専攻  
令和5年度入学案内資料

2022年5月

# 目次

1	大阪大学大学院理学研究科の学生受入方針	4
2	物理学専攻	5
2.1	概要	5
2.2	組織 (2022年5月現在)	6
2.2.1	基幹大講座	6
2.2.2	協力大講座	6
2.3	教育・研究の現況	7
2.3.1	教育・研究の特色	7
2.3.2	カリキュラム	8
2.4	将来展望	8
2.5	就職先	8
2.6	物理学専攻授業科目	9
3	宇宙地球科学専攻	11
3.1	概要	11
3.2	メンバー (2022年6月現在)	11
3.3	教育・研究の現況	11
3.4	将来展望	11
3.5	就職先	11
3.6	宇宙地球科学専攻授業科目	12
4	理学研究科博士前期 (修士) 課程の入学試験に関する情報	13
4.1	一般選抜入試 物理学専攻と宇宙地球科学専攻の合同入試	13
4.2	一般選抜 宇宙地球科学専攻の第2次募集	13
4.3	大学に3年以上在学する者に係る特別選抜 (いわゆる飛び級試験)	14
5	理学研究科博士後期 (博士) 課程の入学試験に関する情報	15
5.1	4月入学の場合	15
5.1.1	物理学専攻、宇宙地球科学専攻以外から受験をする場合	15
5.1.2	物理学専攻、宇宙地球科学専攻から受験をする場合	15
5.2	10月入学の場合	15
5.2.1	物理学専攻、宇宙地球科学専攻以外から受験をする場合	16
5.2.2	物理学専攻、宇宙地球科学専攻から受験をする場合	16
5.3	社会人のままの博士後期課程入学について	16
6	特別研究学生、特別聴講学生、研究生、科目等履修生	17
6.1	特別研究学生、特別聴講学生	17
6.2	研究生、科目等履修生	17
7	各研究グループの研究内容	18
7.1	青木グループ	20
7.2	素粒子物理学実験〔青木〕グループ	21
7.3	川畑グループ	22
7.4	基礎原子核物理グループ	24
7.5	加速器研究グループ	26
7.6	素粒子・核反応グループ	27
7.7	レーザー科学グループ	29
7.8	量子ビーム物理グループ	30
7.9	松本グループ (X線天文学)	31
7.10	住グループ (赤外線天文学)	32

7.11	新見グループ	34
7.12	工藤グループ	35
7.13	豊田グループ	36
7.14	松野グループ	37
7.15	花咲グループ	38
7.16	木村グループ (光物性)	39
7.17	萩原グループ	41
7.18	大岩グループ (量子システム創成)	42
7.19	近藤グループ (惑星内部物質学)	43
7.20	寺田グループ (惑星科学)	44
7.21	佐々木グループ (惑星物質学)	45
7.22	桂木グループ (ソフトマター地球惑星科学)	46
7.23	素粒子理論1 [兼村] グループ	47
7.24	素粒子理論2 [大野木] グループ	48
7.25	素粒子理論3 [西岡] グループ	49
7.26	原子核理論グループ	50
7.27	長峯グループ (宇宙進化学)	51
7.28	クォーク核理論グループ	52
7.29	黒木グループ	53
7.30	小川グループ	54
7.31	浅野グループ	55
7.32	越野グループ	56
7.33	波多野グループ (理論物質学)	57
7.34	学際計算物理学グループ (菊池グループ)	58
7.35	千徳グループ	59
<b>8</b>	<b>令和3年度博士前期 (修士) 課程修了者</b>	<b>61</b>
8.1	博士前期 (修士) 課程修了者及び論文題目	61
8.1.1	物理学専攻	61
8.1.2	物理学専攻 国際物理特別コース (IPC)	62
8.1.3	宇宙地球科学専攻	63
8.2	令和3年度博士前期 (修士) 課程修了者の進路	64
8.2.1	就職先企業内訳 (令和3年度)	64
<b>9</b>	<b>令和3年度博士後期 (博士) 課程修了者</b>	<b>66</b>
9.1	博士後期 (博士) 課程修了者及び論文題目	66
9.1.1	物理学専攻	66
9.1.2	宇宙地球科学専攻	66
9.2	令和3年度博士後期 (博士) 課程修了者の進路	67
9.2.1	博士後期 (博士) 課程修了者の進路の内訳	67
<b>10</b>	<b>キャンパス周辺の地図</b>	<b>68</b>

# 1 大阪大学大学院理学研究科の学生受入方針

## アドミッション・ポリシー

### 【大阪大学アドミッション・ポリシー】

大阪大学は、教育目標に定める人材を育成するため、学部又は大学院（修士）の教育課程等における学修を通して、確かな基礎学力、専門分野における十分な知識及び主体的に学ぶ態度を身につけ、自ら課題を発見し探求しようとする意欲に溢れる人を受け入れます。

このような学生を適正に選抜するために、研究科・専攻等の募集単位ごとに、多様な選抜方法を実施します。

### 【理学研究科アドミッション・ポリシー】

上記に加えて、理学研究科では教育目標に定める人材として相応しい、下記のような人を多様な方法で受け入れるために、社会人や留学生などの受入も対象として、各専攻の実施する筆記試験や口頭試問による複数の入試を行っています。

- 大学の理系学部における教育課程を修了、もしくは同等の能力を身につけている人。
- 自然科学に知的好奇心を持ち、真理探究に喜びを感じる人。
- 博士前期課程では、理系学部における教養および専門教育を修了した程度の基礎学力とコミュニケーション能力を身につけている人。
- 博士後期課程では、修士の学位を取得した程度の研究遂行能力を有し、博士の学位を取得して社会で活躍することを目指す人。

理学研究科の各専攻の学位プログラム（教育目標、ディプロマ・ポリシー、カリキュラム・ポリシー、アドミッション・ポリシー）は、以下をご参照ください。

[https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions\\_d/](https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions_d/)



## 2 物理学専攻

### 2.1 概要

大阪大学理学部物理学科は、1931年、大阪帝国大学総長長岡半太郎博士によって創設され、当時勃興した量子論に基づいた物理学研究の中心として、数々の輝かしい業績が創出されてきた。因習にとらわれない自由で生き生きとした雰囲気、独創性を重んじる研究第一主義の伝統は今も引き継がれ、活力の大きな支えとなり、教育面にも反映し、各界に建設的で有能な人材を数多く送り出す要因となっている。

大学院重点化により理学部物理学科の講座を再編成し、五つの大講座（物性物理学、素粒子・核物理学、基礎物理学、量子物理学、学際物理学）を基幹講座として、新しく大学院理学研究科物理学専攻がスタートした。学内の研究所、センター、研究科附属実験施設の構成員を含めた協力講座（学際物理学、原子核・素粒子物理学・加速器物理学、物性物理学、極限科学、非平衡物理学、高強度レーザー科学）を構成し、研究・教育のネットワークを強化している（図1参照）。2010年度秋より、英語による講義と研究指導で学位を取得できる国際物理特別コース（IPC）も開設した。

入学定員は、物理学専攻：博士前期課程（修士課程）68名、博士後期課程33名である。学部3年生から大学院に入学できる、いわゆる「飛び級」制度も実施している。物理学専攻では、今後もこの制度を継続していく予定である。

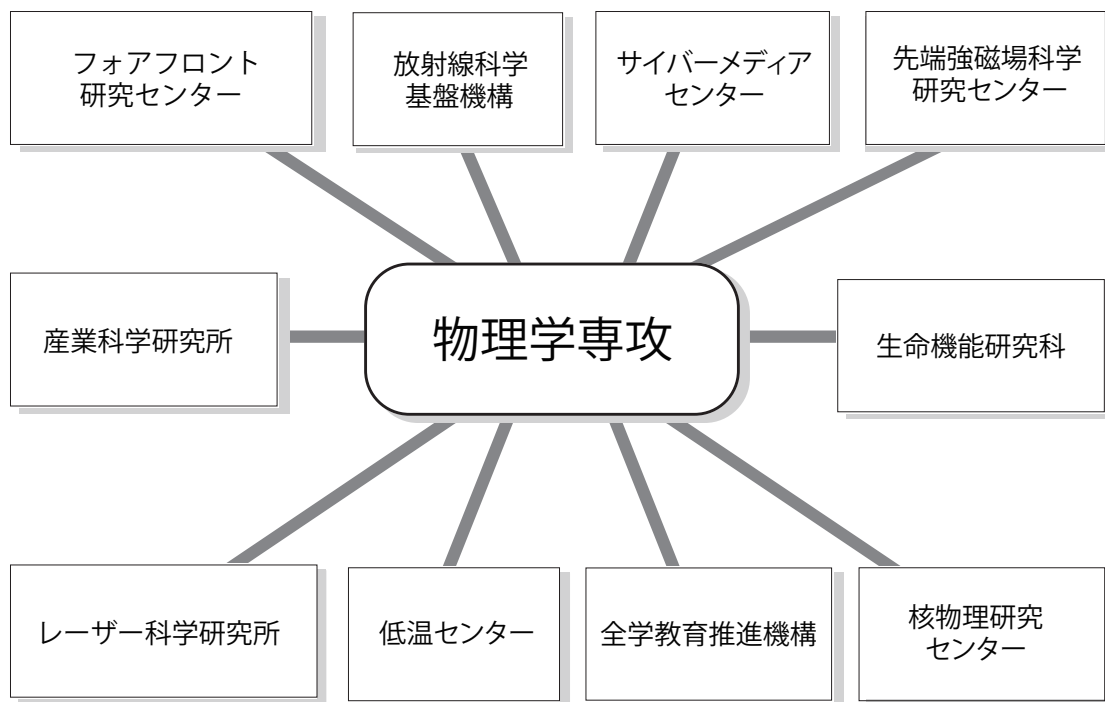


図 1: 学内ネットワーク

## 2.2 組織（2022年5月現在）

### 2.2.1 基幹大講座

- 物性物理学  
[強相関電子系、超伝導、半導体、金属、量子物性、量子多体制御、分子性物質、無機物質]  
教授 工藤 一貴、新見 康洋、花咲 徳亮  
准教授 酒井 英明、宮坂 茂樹  
助教 蔣 男、中島 正道、村川 寛
- 素粒子・核物理学  
[素粒子物理、高エネルギー物理、素粒子・核分光、核子・ハドロン多体系、核物質・構造]  
教授 青木 正治、川畑 貴裕、山中 卓  
准教授 上野 一樹、小田原 厚子、南條 創、福田 光順、吉田 斉  
助教 佐藤 朗、清水 俊、廣瀬 穰、古野 達也、三原 基嗣
- 基礎物理学  
[量子重力、素粒子論、場の理論、宇宙論、超弦理論、格子理論、ハドロン物質学、数理物理学]  
教授 浅川 正之、大野木 哲也、兼村 晋哉、西岡 辰磨  
准教授 佐藤 亮介、山口 哲  
助教 赤松 幸尚、飯塚 則裕、北澤 正清、田中 実、深谷 英則、柳生 慶
- 量子物理学  
[統計物理学、固体電子論、量子多体理論、量子光学、計算物理学、物性基礎論]  
教授 小川 哲生、黒木 和彦、越野 幹人  
准教授 キース・スレヴィン  
助教 大橋 琢磨、金子 竜也、川上 拓人
- 学際物理学  
[ナノサイエンス、強相関電子物性、最先端質量分析]  
教授 松野 丈夫  
准教授 大塚 洋一、塩貝 純一  
助教 上田 浩平
- 招へい教員  
招へい教授 高杉 英一、細谷 裕、渡邊 功雄

### 2.2.2 協力大講座

- 学際物理学  
[質量分析機器開発、物性物理学、放射光科学、超高速分光、非平衡物理学]
  - － フォアフロント研究センター  
教授 兼松 泰男、豊田 岐聡  
助教 福田 航平
  - － 生命機能研究科  
教授 木村 真一  
准教授 渡辺 純二  
助教 中村 拓人、渡邊 浩
- 原子核・素粒子物理学・加速器物理学  
[原子核物理、宇宙核物理、ハドロン構造、クォーク・レプトン核物理、加速器開発・医療応用]

- 核物理研究センター  
 教授 青井 考、中野 貴志、野海 博之、福田 光宏、保坂 淳  
 准教授 味村 周平、石井 理修、井手口 栄治、梅原 さおり、大田 晋輔、嶋 達志、  
 堀田 智明  
 講師 神田 浩樹、依田 哲彦  
 助教 小林 信之、白鳥 昂太郎、菅谷 頼仁、外川 浩章
- 放射線科学基盤機構  
 教授 民井 淳  
 助教 鈴木 智和

- 物性物理学

[物性理論、光物性、量子多体理論、固体電子論]

- 全学教育推進機構  
 教授 浅野 建一
- フォアフロント研究センター  
 准教授 越智 正之

- 極限科学

[極限物質、超強磁場物性、量子マテリアル、計算機ナノマテリアルデザイン、第一原理からの物質設計、超高圧物性]

- 先端強磁場科学研究センター  
 教授 萩原 政幸  
 准教授 鳴海 康雄  
 助教 木田 孝則
- 産業科学研究所  
 教授 大岩 顕、細貝 知直  
 准教授 金 展  
 助教 藤田 高史

- 非平衡物理学

[統計物理学、生物物理学、計算物理学、非線形動力学、複雑系]

- サイバーメディアセンター  
 教授 菊池 誠  
 准教授 吉野 元

- 高強度レーザー科学

[レーザー核融合科学、高密度プラズマ科学、高エネルギー密度物理、非平衡輻射プラズマ物理、計算物理学]

- レーザー科学研究所  
 教授 藤岡 慎介、千徳 靖彦  
 准教授 岩田 夏弥  
 講師 有川 安信  
 助教 佐野 孝好、モラーチェ アレッシオ

## 2.3 教育・研究の現況

### 2.3.1 教育・研究の特色

物理学専攻は、自然科学（物質、自然現象、宇宙）を理解する上で最も基本的な学問である物理学の教育と研究を担当する。多様に発展する近代科学の共通基盤を追究するとともに、相互の深い

関わりと根底に潜む普遍性についての基本概念や表現論を探求する。守備範囲を拡大しつつある現代物理学と関連分野のフロンティアを目のあたりにし、広い視野から多様性を理解するための素養を身につけ、学界、実業界など各方面で建設的・創造的なリーダーとなれる人材の育成に重点をおく。

### 2.3.2 カリキュラム

科学技術の高度化、物理学研究の多様化や学際化に対処するため、物理学関連の教員を結集し、カリキュラムを構成している。

カリキュラムの特色：

- 基礎的科目を設け、原則として学部との共通科目とする。
- 隣接学問専攻の講義の履修を奨励し、広い学問的基盤をもつ研究者を育成する。
- カリキュラムメニューとして、理論系：基礎物理学・量子物理学、実験系：素粒子・核物理学、実験系：物性物理学の3つのコースと、共通授業科目を開講し、履修の指針に便宜を図っている。

## 2.4 将来展望

物理学専攻は、質的にも量的にも強力で高度な研究・教育態勢を整え、国際的にも誇示できる真に独創性豊かな研究グループである。柔軟性をもった組織運営により、新分野の開拓と成果をもたらし、センター・オブ・エクセレンスの形成が促進されている。学科、専攻の教育・研究の活性化、社会との学術・教育・文化交流に対応していく。その結果、各界に建設的かつ創造的人材を輩出する場を提供していく。

## 2.5 就職先

令和3年度の物理学専攻の就職先については、8.2、9.2節を参照のこと。



## 2.6 物理学専攻授業科目

### 共通授業科目 (A,B,C コース共通)

加速器科学・  
レーザー物理学\*  
複雑系物理学  
非線形物理学  
原子核反応論  
Electrodynamics and Quantum Mechanics\*\*  
Quantum Field Theory I\*\*  
Quantum Field Theory II\*\*  
Theoretical Particle Physics\*\*  
Introduction to Theoretical Nuclear Physics\*\*  
Quantum Many-Body Systems\*\*  
Condensed Matter Theory\*\*  
Solid State Theory\*\*  
High Energy Physics\*\*  
Nuclear Physics in the Universe\*\*  
Optical Properties of Matter\*\*  
Synchrotron Radiation Spectroscopy\*\*  
Computational Physics\*\*  
Cosmology\*\*  
High Energy Astrophysics\*\*

### A コース

(理論系：基礎物理学・量子物理学コース)

場の理論序説†  
原子核理論序説\*\*  
散乱理論  
一般相対性理論†  
素粒子物理学 I  
素粒子物理学 II  
場の理論 I\*\*  
場の理論 II\*\*  
原子核理論  
物性理論 I\*  
物性理論 II\*,\*\*  
固体電子論 I\*,\*\*  
固体電子論 II\*  
量子多体系の物理\*,\*\*  
計算物理学\*\*  
高エネルギー密度プラズマ科学

素粒子物理学特論 I  
素粒子物理学特論 II\*\*  
原子核理論特論 I  
原子核理論特論 II  
物性理論特論 I  
物性理論特論 II

### B コース

(実験系：素粒子・核物理学コース)

素粒子物理学序論 A†  
素粒子物理学序論 B†  
原子核物理学序論†  
放射線計測学 I・†  
高エネルギー物理学 I  
高エネルギー物理学 II  
原子核構造学  
加速器物理学・  
放射線計測学・  
放射線計測学 II•  
高エネルギー物理学特論 I  
高エネルギー物理学特論 II  
素粒子・核分光特論  
原子核物理学特論 I  
原子核物理学特論 II  
ハドロン多体系物理学特論

### C コース

(実験系：物性物理学コース)

固体物理学概論 1†  
固体物理学概論 2†  
固体物理学概論 3†  
放射光物理学・  
極限光物理学†  
光物性物理学\*\*  
半導体物理学  
超伝導物理学  
量子分光学  
シンクロトロン分光学\*\*,•  
荷電粒子光学概論\*  
孤立系イオン物理学\*,•  
量子多体制御物理学\*  
物質科学概論  
強磁場物理学  
強相関係物理学  
界面物性物理学\*

### 理学研究科各専攻共通科目

科学技術論 A1†  
科学技術論 A2†  
科学技術論 B1†  
科学技術論 B2†  
研究者倫理特論  
科学論文作成概論  
研究実践特論

企業研究者特別講義  
Radiation Science in the Environment\*\*  
実践科学英語 A  
実践科学英語 B  
科学英語基礎†  
先端機器制御学・  
分光計測学・  
先端的研究法：質量分析・  
先端的研究法：X線結晶解析・  
先端的研究法：NMR・  
先端的研究法：低温電子顕微鏡・

ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学‡  
ナノプロセス・物性・デバイス学‡  
超分子ナノバイオプロセス学‡  
ナノ構造・機能計測解析学‡  
ナノフォトニクス学‡  
学位論文作成演習  
高度理学特別講義  
企業インターンシップ  
産学リエゾン PAL 教育研究訓練\*  
高度学際萌芽研究訓練\*

授業は宇宙地球科学専攻の学生に対しても共通に行われている。

†は学部と共通の科目、‡はナノ教育プログラム実習、\*はナノ教育プログラム、\*\*は英語科目（令和4年）、•は大学院高度副プログラム（基礎理学計測学）の科目である。

## 3 宇宙地球科学専攻

### 3.1 概要

近年めざましく発展しつつある宇宙・地球惑星科学に対して1995年に大学院博士前期(修士)課程宇宙地球科学専攻が理学研究科に設立され、宇宙論、宇宙物理学、X線・赤外線天文学、惑星科学、地球物理化学、固体地球科学、極限物性学、物性論などの分野が含まれている。博士後期課程は1997年から発足した。入学定員は、博士前期(修士)課程28名、博士後期課程13名である。本専攻の教育と研究は基礎物理を重視しており、宇宙地球科学の実験的及び理論的研究は物理学専攻と緊密な関連を持って行われている。本専攻の目的は、宇宙、惑星、地球等の様々な環境下で、幅広い時間と空間で起こる自然現象を、現代物理学の成果を基礎にして解明し、伝統的な天文学や地球物理学とは異なった観点から宇宙と地球の相互関連を明らかにすることである。これらの研究から得られる知識は、21世紀の地球環境問題、生命の起源や将来の人類の生活などにも関連している。

### 3.2 メンバー (2022年6月現在)

教授	桂木 洋光、近藤 忠、佐々木 晶、住 貴宏、寺田 健太郎、 長峯 健太郎、波多野 恭弘、松本 浩典、 Isaac SHLOSMAN (招へい教授)
准教授	井上 芳幸、植田 千秋、大高 理、佐伯 和人、谷口 年史、西 真之、 久富 修、山中 千博、湯川 諭、横田 勝一郎
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、 野田 博文、増田 賢人、山本 憲

研究はグループ単位で行われており、その内容については、グループ紹介を参照すること。宇宙地球科学専攻の研究グループは、松本グループ(X線天文学)、住グループ(赤外線天文学)、近藤グループ(惑星内部物質学)、寺田グループ(惑星科学)、佐々木グループ(惑星物質学)、長峯グループ(宇宙進化学)、波多野グループ(理論物質学)、桂木グループ(ソフトマター地球惑星科学)である。

### 3.3 教育・研究の現況

物理学の基礎的原理の習得から宇宙・地球へのマクロな展開を総合的な視点で把握することに重点が置かれている。観測、計測についても先端技術の積極的利用と新しい手段の開発を目指している。素粒子・核物理学は宇宙の誕生や進化および太陽系形成等の学問分野と特に関係し、物性物理学は宇宙空間や惑星内部及び地球内部の極限条件下での物質合成や物性の研究と深く関わっており、密接な研究協力が行われている。

### 3.4 将来展望

宇宙地球科学専攻は、従来の天文学、地球物理学、鉱物学、地質学、生物学の境界領域の研究を基礎科学の知識を土台にして総合的におしすすめる新しい専攻である。地球環境問題に象徴されるように、人間の諸活動の自然に及ぼす影響が無視できなくなり、人間の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・地球の全容を把握できる人材の輩出が強く求められているといえる。

### 3.5 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る。詳しくは、8.2, 9.2節を参照のこと。

### 3.6 宇宙地球科学専攻授業科目

一般相対性理論<sup>†</sup>  
 高エネルギー天文学  
 宇宙論  
 X線天文学  
 光赤外線天文学  
 星間固体物理学  
 天体物理の基礎  
 同位体宇宙地球科学  
 惑星物質科学  
 惑星地質学  
 宇宙生命論  
 Cosmology  
 High Energy Astrophysics

非平衡物理学  
 非平衡現象論  
 高压物性科学\*  
 惑星内部物質学<sup>‡</sup>  
 地球内部物性学  
 ソフトマター地球惑星物理学  
 環境物性・分光學  
 地球生命論  
 太陽惑星系電磁気学  
 特別講義 (I-XIII)<sup>#</sup>

#### 理学研究科各専攻共通科目

科学技術論 A1<sup>†</sup>  
 科学技術論 A2<sup>†</sup>

科学技術論 B1<sup>†</sup>  
 科学技術論 B2<sup>†</sup>  
 研究者倫理特論  
 科学論文作成概論  
 研究実践特論  
 企業研究者特別講義  
 Radiation science in the environment  
 実践科学英語 A  
 実践科学英語 B  
 科学英語基礎<sup>†</sup>  
 先端機器制御学・  
 分光計測学・  
 先端的研究法：質量分析\*\*  
 先端的研究法：X線結晶解析・  
 先端的研究法：NMR・  
 先端的研究法：低温電子顕微鏡・  
 ナノマテリアル・ナノデバイスデザイン学<sup>‡</sup>  
 ナノプロセス・物性・デバイス学<sup>‡</sup>  
 超分子ナノバイオプロセス学<sup>‡</sup>  
 ナノ構造・機能計測解析学<sup>‡</sup>  
 ナノフォトニクス学<sup>‡</sup>  
 学位論文作成演習  
 高度理学特別講義  
 企業インターンシップ  
 産学リエゾン PAL 教育研究訓練\*  
 高度学際萌芽研究訓練\*

授業は物理学専攻の学生に対しても共通に行われている。

<sup>†</sup>は学部と共通の科目、<sup>‡</sup>はナノ教育プログラム実習、\*はナノ教育プログラム、\*\*は英語科目（令和4年）、・は大学院高度副プログラム（基礎理学計測学）の科目である。<sup>#</sup>は集中講義。年4科目開講予定。後期課程講義であるが、前期課程学生も履修可能。

## 4 理学研究科博士前期(修士)課程の入学試験に関する情報

- 本節の内容はあくまでも参考にとどめ、出願資格や日程など詳しいことは、募集要項をご覧ください。募集要項と願書は下のホームページからダウンロードしてください。

[https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions\\_d/](https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions_d/)

- 出願資格によっては、事前に「出願資格の審査」が必要です。
- 出願の手続きなどについての質問は、大阪大学 大学院理学研究科 大学院係に問い合わせてください。

電話: 06-6850-5289、e-mail: ri-daigakuin@office.osaka-u.ac.jp

- 各研究グループの研究内容などについての質問は、7章の研究グループの節に書かれている連絡先に問い合わせてください。

### 4.1 一般選抜入試 物理学専攻と宇宙地球科学専攻の合同入試

4月入学のために、物理学専攻と宇宙地球科学専攻は合同で筆記試験と口頭試問を行う、「合同入試」を実施します。筆記試験科目は、物理と英語です。

合同入試では、研究分野で分けられた6つのコース(7章参照)が用意されており、各コースの中には、その分野の物理学専攻と宇宙地球科学専攻の研究グループが入っています。

受験者は、第1希望のコースと第2希望のコースを選び、各コースの中の複数の研究グループに志望順位をつけます。これらの希望コースと志望研究グループは、出願書類の「研究分野等希望調書」に記入します。「入学願書」に記入する「志望専攻名」には、第1希望コースの第1志望の研究グループの専攻名を書きます。詳しくは、「研究分野等希望調書」に付随している「物理学専攻及び宇宙地球科学専攻志願者への注意」をご覧ください。

筆記試験は6つのコースに共通ですが、面接試験(口頭試問)はコースごとに行います。口頭試問を受ける資格は、筆記試験の成績により、コースごとに判定します。最終的な合否は、筆記試験、口頭試問、学業成績証明書、及び研究分野等希望調書を総合して判定します。

通常、出願期日は7月中頃、試験は8月末から9月初め頃です。

試験実施時期の社会情勢に鑑みて、集合しての筆記試験、対面での口頭試問等の実施が適当でないと認められる場合は、試験実施方法を変更する場合があります。詳細は、電子メール、理学研究科ホームページ、物理学専攻ホームページ、宇宙地球科学専攻ホームページにて、変更が生じ次第、お知らせします。

新型コロナウイルスの影響により受験できない者に対しては、追試験を行います。宇宙地球科学専攻は、第2次募集(4.2節参照)の試験を追試験として扱います。詳しくは募集要項をご覧ください。

### 4.2 一般選抜 宇宙地球科学専攻の第2次募集

宇宙地球科学専攻では令和5年(2023年)4月入学のための第2次募集を行います。筆記試験科目は小論文(天文学・宇宙物理、地球科学、物性、一般物理等より選択)と英語です。選抜は筆記試験、口頭試問、学業成績証明書及び研究分野等希望調書を総合して行います。これについての詳細は9月中旬までにできる募集要項及び別途案内資料を見てください。出願期間は10月中旬になる予定です。

試験実施時期の社会情勢に鑑みて、試験実施方法を変更する場合があります。詳細は、電子メール、理学研究科ホームページ、宇宙地球科学専攻ホームページにて、変更が生じ次第、お知らせします。

また、宇宙地球科学専攻では、第1次募集の追試験対象者に対しては、第2次募集の試験を追試験として扱います。この場合は第2次募集の出願及び検定料は不要です。なお、第2次募集につい

ては、当該専攻において、複数回受験の機会を設けていることから、新型コロナウイルス感染症にかかる追試験を実施しません。

#### 4.3 大学に3年以上在学する者に係る特別選抜（いわゆる飛び級試験）

令和5年(2023年)3月31日において大学又は専門職大学に3年以上在学している者や、令和5年(2023年)3月31日までに外国において学校教育における15年の課程を修了する見込みの者などで、事前審査で出願が認められた者は、「大学に3年以上在学する者に係る特別選抜」を受験できます。

通常、事前審査書類の提出期日は12月中頃、出願期日は1月初め頃、試験は1~2月頃です。

## 5 理学研究科博士後期(博士)課程の入学試験に関する情報

- 本節の内容はあくまでも参考にとどめ、出願資格や日程など詳しいことは、募集要項をご覧ください。募集要項と願書は下のホームページからダウンロードしてください。

[https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions\\_d/](https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions_d/)

- 出願資格によっては、事前に「出願資格の審査」が必要です。
- 出願の手続きなどについての質問は、大阪大学 大学院理学研究科 大学院係に問い合わせてください。  
電話: 06-6850-5289、e-mail: ri-daigakuin@office.osaka-u.ac.jp
- 各研究グループの研究内容などについての質問は、7章の研究グループの節に書かれている連絡先に問い合わせてください。

### 5.1 4月入学の場合

#### 5.1.1 物理学専攻、宇宙地球科学専攻以外から受験をする場合

大阪大学大学院理学研究科博士前期(修士)課程の物理学専攻または宇宙地球科学専攻を令和5年(2023年)3月までに「修了または修了見込み」以外の者は、次の手順に従ってください。

1. 筆記と面接による審査を行いますので、研究室紹介を参照のうえ、志望する研究分野を決めて、募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」の「※注意」に書かれた期日(通常11月末ごろ)までに、その分野の教員に直接問い合わせ指示を受けてください。
2. 研究分野等希望調書の提出。募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」に書かれた期日(通常12月中頃)までに、「研究分野等希望調書【博士後期課程入学志願者用】」を提出してください。
3. 出願と選抜試験。募集要項に書かれた期日までに、出願手続きを行ってください。選抜試験は、修士論文、研究発表等を総合して合否判定します。試験は通常、2月に行います。

#### 5.1.2 物理学専攻、宇宙地球科学専攻から受験をする場合

大阪大学大学院理学研究科博士前期(修士)課程の物理学専攻または宇宙地球科学専攻を令和5年(2023年)3月までに修了または修了見込みの者は、次の手順に従ってください。

1. 本研究科博士前期課程を令和5年(2023年)3月に修了見込みで、なおかつ現在所属している専攻の博士後期課程へ進学を希望している者は、研究分野等希望調書は提出不要です。その他の場合は、募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」に書かれた期日(通常12月中頃)までに、「研究分野等希望調書【博士後期課程入学志願者用】」を提出してください。
2. 出願と選抜試験。募集要項に書かれた期日までに、出願手続きを行ってください。選抜試験は、修士論文、研究発表等を総合して合否判定します。試験は通常、2月に行います。  
博士前期課程からコースを変更する場合(A1コースからC1コースなど)は、必要に応じて筆記試験等を課します。

### 5.2 10月入学の場合

本研究科には、博士後期課程に10月に入学する制度があります。

### 5.2.1 物理学専攻、宇宙地球科学専攻以外から受験をする場合

大阪大学大学院理学研究科博士前期（修士）課程の物理学専攻または宇宙地球科学専攻を令和4年（2022年）9月までに「修了または修了見込み」以外の者は、次の手順に従ってください。

1. 筆記と面接による審査を行いますので、研究室紹介を参照のうえ、志望する研究分野を決めて、募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」の「※注意」に書かれた期日（通常6月）までに、その分野の教員に直接問い合わせる指示を受けてください。通常、審査は6月～7月に行います。
2. 研究分野等希望調書の提出。募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」に書かれた期日（通常6月中頃）までに、「研究分野等希望調書【博士後期課程入学志願者用】」を提出してください。
3. 出願と選抜試験。募集要項に書かれた期日までに、出願手続きを行ってください。選抜試験は、修士論文、研究発表等を総合して合否判定します。試験は通常、8月ごろに行います。

### 5.2.2 物理学専攻、宇宙地球科学専攻から受験をする場合

大阪大学大学院理学研究科博士前期（修士）課程の物理学専攻または宇宙地球科学専攻を令和4年（2022年）9月までに修了または修了見込みの者は、次の手順に従ってください。

1. 本研究科博士前期課程を令和4年（2022年）9月に修了見込みで、なおかつ現在所属している専攻の博士後期課程へ進学を希望している者は、研究分野等希望調書は提出不要です。その他の場合は、募集要項の「7. 研究分野等希望調書の提出について」に書かれた期日（通常12月中頃）までに、「研究分野等希望調書【博士後期課程入学志願者用】」を提出してください。
2. 出願と選抜試験。募集要項に書かれた期日までに、出願手続きを行ってください。選抜試験は、修士論文、研究発表等を総合して合否判定します。試験は通常、8月ごろに行います。  
博士前期課程からコースを変更する場合（A1コースからC1コースなど）は、必要に応じて筆記試験等を課します。

## 5.3 社会人のままの博士後期課程入学について

大阪大学大学院理学研究科では、国公立の研究機関や企業の研究者、高等学校教諭など、社会人が在職のまま博士後期課程に入学することを認めています。その場合、修士の学位を有するかそれと同等以上の学力があることが前提で、さらに、入学の際には所属長等が発行した入学承諾書又はそれに相当する書類を提出することが必要です。

博士後期課程を修了するには指導教員の指導の下に博士論文を完成させ、その審査に合格することのほか、特別セミナーと特別講義の単位を取得することが必要です。これらの要件が満たされれば、博士（理学）の学位が授与されます。博士後期課程は、3年の在籍を標準としますが、既に研究業績がある場合には、1～2年間短縮することも可能です。

関心のある方は大学院係にお問い合わせ下さい。



## 6 特別研究学生、特別聴講学生、研究生、科目等履修生

### 6.1 特別研究学生、特別聴講学生

他の大学院に在学中の学生で、大阪大学大学院理学研究科で研究指導を受けようとする者、ならびに授業科目を履修しようとする者は、選考のうえ、適当と認められれば、特別研究学生、特別聴講学生として入学を許可されます。

希望者は大学院係を通じて研究科長に願い出てください。

### 6.2 研究生、科目等履修生

他の大学院に在学中の者でなくとも、選考のうえ適当と認められれば、研究生として研究をしたり、科目等履修生として授業科目を履修することができます。入学手続などについての詳細は、ホームページ

[https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions\\_d/](https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/admissions/admissions_d/)  
の募集要項をご覧ください。

## 7 各研究グループの研究内容

理学研究科博士前期課程の入学試験では面接試験（口頭試問）を行う。合同入試の面接は、以下のA1, A2, B1, B2, C1, C2の6つのコースごとに行われるので、受験者は第1希望と第2希望のコースを選ぶこと。宇宙地球専攻のグループには、グループ名の後ろに\*をつけている。

- A1 素粒子・原子核物理実験** (素粒子、原子核、素粒子・核分光、核反応、加速器、レーザー)
- |                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| 青木グループ           | 素粒子実験                          |
| 素粒子物理学実験〔青木〕グループ | 高エネルギー物理学（素粒子実験物理学）            |
| 川畑グループ           | 原子核実験                          |
| 基礎原子核物理グループ      | 原子核実験物理、光核反応、宇宙核物理             |
| 加速器研究グループ        | 素粒子、核物理、医学、産業応用のための加速器・ビーム物理研究 |
| 素粒子・核反応グループ      | 原子核物理、クォーク核物理、宇宙核物理、レプトン核物理    |
| レーザー科学グループ       | 高密度プラズマ物理、レーザー核融合、高強度場物理       |
| 量子ビーム物理グループ      | レーザープラズマ粒子加速、プラズマ理工学、量子ビーム科学   |
- A2 宇宙地球実験 A**(X線天文学、赤外線天文学)
- |         |                        |
|---------|------------------------|
| 松本グループ* | 観測的宇宙物理学（X線天体の観測と装置開発） |
| 住グループ*  | 宇宙物理学（赤外線観測）           |
- B1 物性物理実験** (磁性、半導体、光物性、超伝導、メゾスコピック系、新物質、クラスター物理)
- |        |                                     |
|--------|-------------------------------------|
| 新見グループ | ナノメートルスケールの微小伝導体を舞台とした物性物理学         |
| 工藤グループ | 新超伝導体を中心とした物質開発                     |
| 豊田グループ | 最先端質量分析学とレーザー科学の融合によるフィールドサイエンスの開拓  |
| 松野グループ | 強相関電子系の界面における物性物理学                  |
| 花咲グループ | 分子性物質および無機物質における物性物理学               |
| 木村グループ | 物性物理学、シンクロトロン光科学、超高速分光、非平衡物理学、量子生物学 |
| 萩原グループ | 超強磁場を用いた物性研究                        |
| 大岩グループ | 半導体低次元物性、量子輸送現象、量子技術、スピントロニクス       |
- B2 宇宙地球実験 B**(自然物質学、惑星科学、惑星物質学、地球物性学、生物物理学)
- |          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| 近藤グループ*  | 地球惑星深部物質科学、地球惑星進化学、極限環境下物理化学、固体地球科学 |
| 寺田グループ*  | 宇宙地球化学、同位体惑星科学、太陽系年代学、地球物性物理学       |
| 佐々木グループ* | 惑星物質科学、地球物質科学、惑星地質学物理学、太陽系探査        |
| 桂木グループ*  | 地球惑星表層現象、粉体物理、生物物理学、物理計測、流体力学       |
- C1 理論 1**(素粒子、重力、原子核構造・反応、宇宙物理)
- |                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| 素粒子理論 1〔兼村〕グループ  | 素粒子物理学、特に素粒子論的宇宙論、素粒子現象論          |
| 素粒子理論 2〔大野木〕グループ | 素粒子物理学、対称性とダイナミクス、格子ゲージ理論         |
| 素粒子理論 3〔西岡〕グループ  | 場の量子論と超弦理論                        |
| 原子核理論グループ        | 強い相互作用をするハドロンおよびクォーク・グルーオン多体系の理論  |
| 長峯グループ*          | 宇宙物理学理論（宇宙物理学・宇宙論・天体形成・相対論）       |
| クォーク核理論グループ      | 原子核物理、ハドロン物理を中心に、素粒子・宇宙関連分野の理論的研究 |

## C2 理論 2(物性理論、統計力学、計算物理)

黒木グループ	物性理論
小川グループ	物性理論
浅野グループ	物性理論
越野グループ	物性理論
波多野グループ	統計物理学、物性理論、非平衡物理学、惑星表層物理学
学際計算物理学グループ	統計物理学、情報統計力学、計算物理学、生物物理学、非線形 動力学、複雑系
千徳グループ	高エネルギー密度物理、非平衡輻射プラズマ物理、計算物理学

次頁からの各グループ紹介のタイトルは次の形式である。

コース/所属する専攻 グループ名 (協力講座の場合はその講座名)

## 7.1 A1/物理学専攻 青木グループ

- スタッフ： 青木 正治 (教授)、上野 一樹 (准教授)、佐藤 朗 (助教)
- 研究分野： 素粒子実験
- 研究目的： 物質を構成する最小単位である素粒子や素粒子の間に働く相互作用のあり方を研究することによって、我々が存在するこの宇宙を統べる究極の物理法則を理解しようとする学問が素粒子物理学であり、実験的な手法によって素粒子物理学を研究する学問分野が素粒子実験である。

我々の宇宙はビッグバンからはじまったと考えられている。ビッグバンによる宇宙誕生直後の高温高压状態では、素粒子が剥き出しのまま非常に高いエネルギーで飛び回っていた。素粒子が引き起こす現象を理解するという事は、宇宙誕生の時に何が起こっていたのかを理解すること、つまり我々の宇宙がどのようにして誕生し、進化して現在の形になったのかを解明することに直接繋がっている。また、それを実験的に研究するということは、なんらかの実験的な手法によって宇宙創生の瞬間に遡った状態を作り出すということである。

本グループでは、稀な素粒子反応を詳しく調べることによって非常に高いエネルギーの物理現象を解き明かし、これによって宇宙の誕生の謎に迫ろうとしている。例えば、電子の第2世代バージョンであるミュー粒子が電子に姿を変える反応(荷電レプトンのフレーバ転換)は素粒子の標準理論では禁止されているが、非常に高いエネルギーで顕現するだろう未知の物理現象を一瞬だけ中間状態として経由することにより、ごく稀に発生しても良いと考えられている。「むしろ起こらない方が不自然でしょう」と考える研究者の方が多くくらいである。この方法によって調べることができるエネルギースケールは、大型加速器で直接作り出せるエネルギーを遥かに超えることもある。

- 研究テーマ： ミュー粒子などのレプトンを使った素粒子実験とその応用

- 研究内容：

1. ミュー粒子・電子転換の稀過程の探索

ミュー粒子・電子転換過程を東海村の J-PARC 加速器を活用して推進している。ハドロンホールで準備中の COMET Phase-I 実験では、1000 兆分の 1 の高精度でミュー粒子・電子転換過程を探索する計画である。これは従来の 100~1,000 倍の感度向上であり、超対称性理論や余剰次元理論など加速器では直接到達できない高エネルギーでの物理現象を研究することになる。最終的には、さらに感度を上げて 10 京分の 1 の高精度まで探求したいと考えている。物理測定に必要な検出器の開発のみならず、加速器やビームラインなどの関連技術開発も積極的に行なっている。

2. 世界最高のミュー粒子生成効率をもつミュー粒子源 MuSIC を用いた学際研究

大阪大学・核物理研究センター (RCNP) に設置されている世界最高のミュー粒子生成効率をもつビームライン (MuSIC) を用いて、考古資料・文化財資料・地球外物質などの非破壊元素分析をはじめとしたさまざまなミュー粒子学際研究を展開している。

- 研究施設、設備： 国内外の加速器を使って素粒子実験や装置開発を行っている。大阪大学豊中キャンパス H 棟、吹田キャンパス RCNP の MuSIC、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、大強度陽子加速器施設 (J-PARC)、京都大学複合原子力科学研究所 (KURNS)、神戸大学海事科学研究科・海事科学部のタンデム静電加速器、などを使用している。
- 研究協力： 国内では、KEK、J-PARC、九州大学、大阪公立大学など。国外では、英国インペリア・カレッジ、フランス国クレモン・オーベルニュ大学、オーストラリア国モナシュ大学、カナダ国ブリティッシュコロンビア大学、中国高能研究所、インド工科大学ボンベイ校、カナダ国 TRIUMF 研究所、など。
- ホームページ： <http://www-epp.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先： Tel: 06-6850-5564 / email: aokim@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.2 A1/物理学専攻 素粒子物理学実験〔青木〕グループ

■ スタッフ： 南條 創 (准教授)、廣瀬 穰 (助教)

■ 研究分野： 高エネルギー物理学 (素粒子実験物理学)

■ 研究目的：

粒子と反粒子は、単に電荷が反対であるだけではなく、その反応の確率などにもわずかな差がある。これを CP 対称性 (粒子・反粒子の入れ替えと空間反転に対する対称性) の破れという。ビッグバン直後には粒子と反粒子が同数あったにもかかわらず、現在の宇宙に、それらが対消滅してできた光 (マイクロ波) 以外に物質が存在するのも、CP 対称性が破れていたためである。しかし、その起源は現在の標準理論でも説明できていない。

また、ビッグバン直後にはゼロであった粒子の質量が有限になったのは、真空の構造とそれに付随するヒッグス場の存在だと考えられている。ヒッグス粒子の発見は、真空の構造がゲージ対称性の破れと質量の起源であることを実証する。また、超対称性はゲージ原理と並ぶ素粒子論の基本原理の可能性があり、超対称性粒子の発見は、自然に対する理解に決定的な影響を与えるもので、20 世紀前半における反粒子の発見に匹敵する重要性を持っている。

我々の研究目的は、CP 対称性の破れ、ゲージ対称性の破れなどの現象について多方面から実験を行うことによって、素粒子の標準理論の検証を行うとともに、標準理論を越えた物理法則 (超対称性など) を発見し、宇宙の形成の謎に迫ることである。

■ 研究テーマ： 高エネルギー加速器を用いた、粒子・反粒子の対称性、ゲージ対称性、超対称性などの研究

■ 研究内容：

1. 新たな陽子加速器 (J-PARC) を用いて大量の中性 K 中間子を生成し、CP を破る稀な K 中間子の崩壊  $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  を初めて観測する実験を行う。さらにその分岐比を測り、標準理論を超える新しい物理を探る。
2. 世界最高エネルギーの陽子同士を衝突させて、ヒッグス粒子のさらなる研究、超対称性粒子の探索を行なう。ATLAS 実験のデータ解析、およびアップグレード計画の準備を行う。

■ 研究施設、設備：

1. J-PARC (東海村) の大強度陽子加速器
2. 欧州原子核研究機構 (ジュネーブ) の陽子衝突型加速器と ATLAS 検出器

■ 研究協力： 素粒子原子核研究所、欧州原子核研究機構、山形大学、東京大学、東京工業大学、お茶ノ水女子大学、早稲田大学、九州大学、佐賀大学、シカゴ大学、ミシガン大学、アリゾナ州立大学、ケンブリッジ大学、ローレンス・バークレー国立研究所、ジュネーブ大学、グラスゴー大学、リバプール大学、他

■ ホームページ： <http://osksn2.hep.sci.osaka-u.ac.jp/>

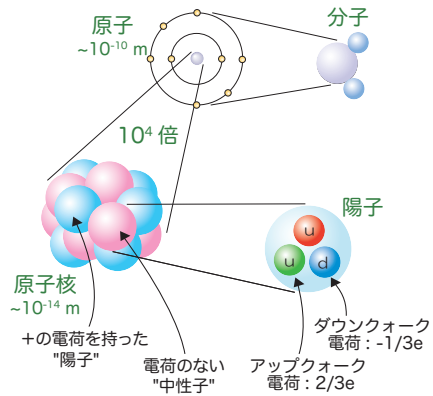
■ 連絡先： 電話:06-6850-5357 / Email: nanjo@champ.hep.sci.osaka-u.ac.jp

### 7.3 A1/物理学専攻 川畑グループ

■ スタッフ： 川畑 貴裕 (教授)、小田原 厚子 (准教授)、吉田 斉 (准教授)、福田 光順 (准教授)、清水 俊 (助教)、三原 基嗣 (助教)、古野 達也 (助教)

■ 研究分野： 原子核実験

■ 研究目的： 万物を元素の集合と考え、その基本的な構成単位は原子であるが、原子の性質を特徴づけているのは原子の中心にある原子核である。原子番号は原子核中の陽子数により決定されており、原子の直径の1万分の1の広がりしか持たない原子核には、原子質量の99.97%が集中している。また、原子核には莫大なエネルギーが蓄えられており、そのエネルギーは重力と並んで宇宙の進化を駆動するエネルギー源となっている。つまり、原子核の成り立ちは、宇宙における万物の成り立ちに直結しており、原子核物理学とは、すなわち、万物の根源を探る学問である。当グループでは、原子核内部で起こる超稀な現象や、自然界に存在しないハイパー核・陽子/中性子過剰核を調べることで、量子多体系としての原子核の性質を調べると共に、宇宙を構成する物質の起源を解明することを目指している。



8名の教員が所属する当グループは物理学科における最大の研究グループであり、その研究対象は0.1 eV以下と言われるニュートリノ質量の探索から、大強度陽子加速器施設 J-PARC における30 GeVの陽子ビームを用いた実験まで実に11桁のエネルギー領域に広がっている。必ずや、学生諸君の関心を惹きつける研究テーマに出会えるものと確信している。

■ 研究テーマ：

1. 精密核分光による多様な原子核構造の解明。
2. 宇宙における元素合成過程の解明。
3. 二重ベータ崩壊による粒子数保存則の破れの探索と宇宙から消えた反物質の謎の解明。
4. スtrenジクォークを含む原子核の研究。一般化されたハドロン間力の解明。
5. レプトン普遍性の破れの研究。
6.  $\beta$ 線核磁気共鳴法 ( $\beta$ -NMR) やミュオンスピン緩和・回転法 ( $\mu$ SR) による結晶内超微細相互作用の研究 (原子核を利用した物性研究)。

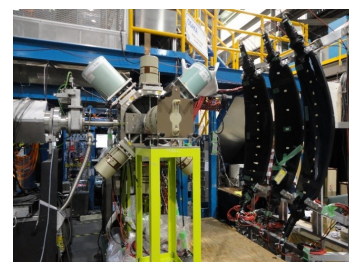
■ 研究内容：

1. 精密核分光による多様な原子核構造の解明：

有限量子多体系である原子核では殻構造やクラスター構造、原子核全体が変形・回転・振動する集団運動など多様な構造が現れる。たとえば、原子核内部において2個ずつの陽子と中性子が強く相関すると $\alpha$ 粒子 ( $^4\text{He}$ ) が構成要素となる $\alpha$ クラスター状態が現れる。近年の理論計算では、ボソンである $\alpha$ クラスターが原子核内部の最低エネルギー状態に凝縮すると「アルファ凝縮状態」が現れると予測されている。この状態は通常の原子核に比べて密度が1/5しかない低密度状態だと考えられているが、いまだに実験的には確認されていない。一方、陽子と中性子の数が異なる原子核では、余剰な中性子/陽子が $\alpha$ クラスター間の軌道を占有しクラスター分子状態が現れると期待されている。

陽子数と中性子数が極端に異なる不安定な原子核では、単一粒子軌道の変化に伴う「魔法数の変化」や「陽子分布半径と中性子分布半径の乖離」、原子核の周囲に低密度の核子雲を生じる「ハロー構造」など、安定な原子核には見られない新奇な構造を持つ原子核が発見されている。また、殻構造と集団運動的な構造が同時に出現する「変形共存状態」の存在も期待されている。

我々のグループでは、核反応断面積測定による原子核半



不安定核研究のために TRIUMF 研究所に建設された Osaka ビームライン

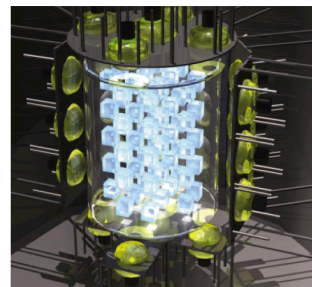
径および核密度分布測定や $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、中性子線による精密核分光、核モーメント測定などの手法を駆使して、様々な安定核/不安定核における新奇な構造を探索し、原子核にあらわれる多様な構造の理解を目指している。

2. 宇宙における元素合成過程の解明：

今から約 138 億年前に我々の宇宙が誕生した直後には、まだ一切の元素が存在していなかった。現在の宇宙に存在するすべての元素は宇宙の歴史の中で原子核反応によって生み出されてきた。我々のグループは、元素を合成する原子核反応率の精密測定により宇宙における元素合成過程を明らかにすることを目指している。また、超冷中性子 (UCN) を用いて、物質創成につながる時間反転対称性など自然界の対称性の解明にも取り組んでいる。

3. 二重ベータ崩壊による粒子数保存則の破れの探索と宇宙から消えた反物質の謎の解明：

現在の物質優勢 (反物質がない) 宇宙を物理法則で説明するには、粒子と反粒子が転換可能である (粒子数非保存) ことを検証することが鍵となる。ニュートリノがマヨラナ粒子 (粒子と反粒子が同じ) であれば、原子核内で「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊」が起こることが予言されている。CANDLES 実験では、「ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊」の探索を神岡地下実験室にて行い、粒子数非保存過程の発見を目指している。次世代検出器として、放射線検出器を極低温 (10 mK 以下) に冷却し、極低温での物質の性質を利用した超高分解能検出器 (蛍光熱量検出器) の開発にも取り組んでいる。



神岡地下実験室に設置した CANDLES 検出器

4. スtrenジクォークを含む原子核の研究・一般化されたハドロン間力の解明：

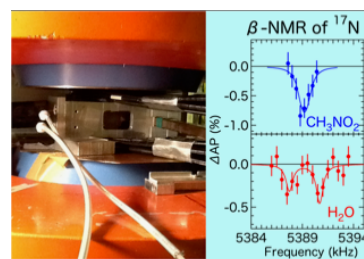
原子核中にストレンジクォークを持つハイペロンや  $K$  中間子を導入すれば、自然界に無い原子核が生成できる。その研究により、原子核を形作る核力から一般化されたハドロン間力へと理解が広まる。このハドロン間力は中性子星中心部の高密度核物質の性質と深く関わる。

5. レプトン普遍性の破れの研究：

弱い相互作用の世界では、レプトンが感じている相互作用はフレーバーによらず同一とされる。しかし、近年の研究の発展によって、レプトンの性質に違いがある可能性が指摘されている。これらを実験的に明らかにすることで標準模型を超えた物理現象を探索する。

6.  $\beta$ 線核磁気共鳴法 ( $\beta$ -NMR) やミュオンスピン緩和・回転法 ( $\mu$ SR) による物質内超微細相互作用の研究 (原子核を利用した物性研究)：

スピン偏極した不安定核やミュオンを、物質内部を探る超高感度プローブとして物質中にインプラントし、 $\beta$ -NMR や  $\mu$ SR など原子核手法を駆使して、他の手法では困難な物質中希薄原子が形成する局所構造やその動的性質の解明に取り組んでいる。



$\beta$ -NMR 測定装置と  $^{17}\text{N}$  の  $\beta$ -NMR スペクトル

■ 研究施設、設備：

大阪大学核物理研究センター (RCNP)、理化学研究所 RI ビームファクトリー (埼玉県和光市)、TRIUMF ISAC-I (カナダ)、神岡地下実験施設での CANDLES 実験 (岐阜県飛騨市)、J-PARC ハドロン物理実験施設 (茨城県東海村)、放射線医学総合研究所 (千葉県千葉市)。

■ 研究協力：

大阪大学 RCNP、理化学研究所、東京大学宇宙線研究所、東北大学ニュートリノ科学研究センター、J-PARC (茨城県)、高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、TRIUMF (カナダ)

■ ホームページ：<http://nucl.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

■ 連絡先： Tel: 06-6850-5353 / email: kawabata@phys.sci.osaka-u.ac.jp

#### 7.4 A1/物理学専攻 基礎原子核物理グループ (核物理研究センター豊中研究施設)

■ スタッフ： 民井 淳 (教授)、大田晋輔 (准教授)、小林信之 (助教)

■ 研究分野：

原子核実験物理・光核反応・宇宙核物理

■ 研究目的：

陽子と中性子によって構成される原子核物質の性質を明らかにすることを通して、新しい現象や性質、宇宙の成り立ちや進化に関わる謎を解明していくことが研究目的である。特に光と原子核の反応である光核反応に着目し、原子核の電気分極率、新しい励起モード、中性子星の状態方程式、ビッグバン元素合成、超高エネルギー宇宙線の銀河間での光分解反応などの研究を進めている。

世界最高分解能を誇る核物理研究センター (RCNP) の陽子ビームとスペクトロメータ「グラウンドライデン」を用いた仮想光子散乱測定とガンマ線の放射線計測技術を駆使し、ドイツやイタリアをはじめとする世界有数の研究グループとの共同研究を行う。

荷電粒子検出器、光検出器、測定回路、データ収集システムなどの開発を進めている。

また、大強度レーザーが作るプラズマから放射されるガンマ線の測定など、新たな研究分野開拓に向けた最先端の研究開発を進めている。

令和3年度から新たに中性子星内部構造の解明を目指した研究を開始した。

■ 研究テーマ：

1. 陽子ビーム仮想光子散乱を用い、原子核の電気分極率と中性子星の状態方程式を調べる。
2. 巨大共鳴からの光放出崩壊を観測し、共鳴状態の減衰とエネルギー散逸過程を調べる。
3. 超高エネルギー宇宙線の銀河間での光分解反応とエネルギー減衰機構 (PANDORA)。
4. 高強度レーザーを個体標的に照射して生じるレーザープラズマ内での核反応の証拠を得る。
5. 中性子星物質の物性と物質相を探る
6. 中性子イメージング

■ 研究内容：

1. 同研究により 1) 原子核の電気分極率の精密測定、中性子星を記述する状態方程式をある領域内に決める、2) 磁氣的励起の和則から基底状態の陽子と中性子のスピン方向相関を定量的に導出、3) ピグミー双極共鳴の全強度分布を崩壊様式に依存しない方法で初めて測定、4) 原子核の準位密度を中性子閾値から 10 数 MeV 上まで初めて導出、などの成果をあげている。
2. 原子核にはそれを構成する核子のほぼ全てが関与する集団運動として巨大共鳴がある。巨大双極子共鳴 (GDR) はその最も有名な例で、陽子と中性子のかたまりの相対運動として説明され、ほぼ全ての原子核で観測されているが振動が減衰していく機構はまだ理論的にも記述できていない。規則だった集団的な運動から、個々の核子の熱的な振動へとエネルギーが散逸していく機構が重要で、中性子流体と陽子流体の間の摩擦としての粘性を理解する必要がある。巨大共鳴からのガンマ崩壊を捕まえることで、規則的な集団運動と熱的な運動の寄与を分離して測定することを目指している。1%という崩壊率の測定に成功し、これまで予想になかった結果が得られ始めている。
3. 鉄程度までの軽い元素は宇宙の元素組成の圧倒的大部分を占めており、その光核反応は宇宙核反応において重要である。地上観測では  $10^{20}$  eV を超える超高エネルギー宇宙線 (UHECR) が到来していることが分かっているが、その組成や加速機構は未だ謎に包まれている。この UHECR の構成粒子は原子核であることが近年の観測で示唆されており、その銀河間伝搬と組成変化を決めるのは宇宙マイクロ波背景放射との間の光核反応である。しかし、この質量領域の核の光核反応には核構造や崩壊過程の複雑な事情が絡み理論的記述はチャレンジングである。この問題に実験核・理論核・宇宙核の三者が協力して挑戦



するのが PANDORA プロジェクトである。RCNP とアイテンバ研究所において仮想光子励起法による測定を、ルーマニアに欧州共同で建設中の ELI-NP 施設において実光子ビーム測定を行う計画を進めている。

4. 高強度レーザーの技術開発により  $10^{20}$  W/cm<sup>2</sup> の高エネルギー密度が達成されている。個体標的に照射することでレーザープラズマが発生し、数 10 MeV の電子・イオンが放出されることが観測されている。つまり原子核反応が起きる高エネルギー・高密度場が瞬間的に形成されている。しかし原子核反応を直接観測した例はまだ極めてまれで、ガンマ線の測定などその実験手法を含めて最先端の課題となっている。我々はレーザープラズマ中の核反応を検出する目的で、関西光科学研究所との共同で世界最強クラス J-KAREN-P レーザーを用いた研究を進めている。マグネターと呼ばれる超高磁場天体中の核物質の性質など、高温・高密度下での核反応を調べる新たな手法を開発することを目指している。
5. 中性子星の大部分は中性子であるが、ほんのわずかに陽子や原子核などの「不純物」が存在している。星の中心付近では原子核密度の数倍と高密度となっており、中性子や陽子の超流動・超伝導状態や、パイ中間子凝縮相などの凝縮相が現れ、表面に近づくにつれて不純物濃度が上がって複雑な物質相（たとえばパスタ相）が現れる。表面には原子核の結晶格子による殻と薄い大気が存在すると考えられている。しかし、これらはあくまで遠くはなれた中性子星の観測事実に基づく推測であるため、その存在の実験的・理論的根拠を原子核物理から得なければならない。本テーマでは原子核反応三次元カメラであるアクティブ標的と、グランドライデン・ライデンによる精密核分光の技術を駆使しながら、中性子星物質のもととなる原子核物質の硬さ（音速）やさまざまな凝縮相の秩序変数の決定を通して、物性・物質相の解明をめざす。
6. 中性子は電荷をもたず物質との相互作用をしにくいいため、検出しにくいという特徴があるが、逆にその透過性を利用して非破壊検査やがん治療などへの応用がすすんでいる。このとき問題となるのが、応用に用いられる中性子ビームのエネルギーや空間分布が簡単にはわからないということである。そこで、中性子が陽子と反応しやすいことに目をつけ、これまで開発を行ってきた原子核反応三次元カメラであるアクティブ標的による中性子イメージング手法の開発によりこの問題を解決することを目指している。

■ 研究施設、設備：

理学研究科基礎理学プロジェクト研究センター（豊中）、RCNP(吹田) とを拠点として国内外の施設の特徴を生かした実験を行い、それらの結果を統合した研究をおこなっている。主な研究施設：大阪大学核物理研究センター（大阪府）理化学研究所 RI ビームファクトリー（埼玉県）、量子医科学研究所（千葉県）、関西光化学研究所（京都府）、アイテンバ研究所（南ア）、ELI-NP（ルーマニア）、FRIB（米国）。主な装置：グランドライデン、アクティブ標的 CAT。

■ 研究協力：

大阪大学、東京大学、理化学研究所、京都大学、ダルムシュタット工科大学（ドイツ）、ミラノ大学（イタリア）、ウィッツウォーターズランド大学（南ア）、中国現代科学院（中国）など多くの外国研究機関と協力関係にある。

■ ホームページ：<https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~tamii/>

■ 連絡先： Tel: 06-6850-5510 / email: tamii@rcnp.osaka-u.ac.jp

## 7.5 A1/物理学専攻 加速器研究グループ (核物理研究センター)

- スタッフ： 福田 光宏 (教授)、依田 哲彦 (講師)、神田 浩樹 (講師)
- 研究分野： 加速器・ビーム物理, 量子ビーム科学
- 研究目的： 物質の根源である素粒子や原子核などの構造や反応過程などを微視的に超高分解能で解き明かすことのできる極めて高品質で高安定な原子核ビームを生成・加速するための世界最高性能の加速器に関わる加速器物理及びビーム物理の研究を行う。さらに、次世代の医学・医療・バイオ・材料・物質科学分野などを切り拓く新しい加速器応用に関する研究も行う。
- 研究テーマ：
  - 高品質で高安定な原子核ビームを加速するサイクロトロンの高性能化研究
  - 大強度で高品質なイオンビームを供給するためのイオン源及びビーム輸送・照射システムの高度化研究
  - 素粒子・原子核物理の未踏領域を切り拓く高エネルギー粒子加速器の開発研究
  - アルファ線核医学治療や半導体デバイスソフトウェア評価試験等の新しい医学応用や産業利用を目指した次世代加速器及び粒子線照射技術に関する研究
- 研究内容：
  - 世界最高の超高品質原子核ビームを生み出すためのサイクロトロンにおける加速器物理及び、ビーム物理を研究する。
  - 原子核ビームの大強度化を目指した超伝導 ECR イオン源の研究、さらに高輝度の陽子源及びヘリウムイオン源等の開発研究を行う。
  - 素粒子・原子核物理研究の新展開を目指した GeV 領域エネルギーの粒子加速器の開発研究を行う。
  - 粒子線がん治療システムへの高温超伝導電磁石の応用、核医学用 RI 生成や産業応用に最適な高性能小型粒子加速器・照射システムの開発研究などを行う。
- 研究施設、設備： 核物理研究センターのリングサイクロトロン及び AVF サイクロトロン施設を開発研究拠点とし、理化学研究所、量子科学技術研究開発機構 (放射線医学総合研究所、高崎量子応用研究所)、東北大学などの国内の大型サイクロトロン施設と連携しながら研究を進めている。
- 研究協力： 理化学研究所、量子科学技術研究開発機構 (放射線医学総合研究所、高崎量子応用研究所)、東北大学、東京大学、高エネルギー加速器研究機構などの国内の加速器研究機関、国外ではポールシェラー研究所 (スイス) などの加速器研究機関との研究協力を行っている。さらに、加速器を用いた量子ビーム技術の新たな医学・産業応用を目指して企業との共同研究 (産学共創) も推進している。
- ホームページ： <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先：  
福田 光宏：TEL: 06-6879-8931 / email: mhfukuda@rcnp.osaka-u.ac.jp

## 7.6 A1/物理学専攻 素粒子・核反応グループ (核物理研究センター)

- スタッフ： 中野 貴志 (教授)、青井 考 (教授)、野海 博之 (教授)、  
味村 周平 (准教授)、井手口 栄治 (准教授)、嶋 達志 (准教授)、  
梅原 さおり (准教授)、堀田 智明 (准教授)、郡 英輝 (特任准教授)、  
小林 信之 (助教)、白鳥 昂太郎 (助教)、菅谷 頼仁 (助教)、鈴木 智和 (助教)、  
外川 浩章 (助教)、友野 大 (特任助教)、樋口 嵩 (特任助教)、RYU SUN YOUNG (特任助教)、  
南 雄人 (特任助教)、岩崎 昌子 (特任准教授)、住濱 水季 (特任准教授)

- 研究分野： (A) 原子核物理、(B) クォーク核物理、(C) 宇宙核物理、(D) レプトン核物理

- 研究目的：

私たちの身の回りには物質はクォークとレプトンでできていることが分かっているがクォークからいかにしてハドロン（陽子や中性子の仲間）ができるのか、ハドロンからいかにして原子核ができるのか、それらはどのような構造や性質をもっているのかといった謎はこれから解かれるべきものである。日本が世界に誇る加速器施設を駆使してこうした謎に挑んでいる。

- 研究テーマ：

- (A) 原子核の構造と反応：陽子と中性子からいかにして原子核が作られ、それらはどのような構造を持っているか。
- (B) 核子・クォーク系の構造と相互作用：クォークからいかにしてハドロンが作られるか。
- (C) 宇宙核物理学：原子核反応によっていかにして天体が進化するか。その中でいかにして元素が生成されるか。
- (D) 二重ベータ崩壊、宇宙暗黒物質の探索：なぜ宇宙は物質で成り立っているか（物質優勢宇宙の謎）。どのようにして宇宙の大規模構造は形成されるか。

- 研究内容：

私たちの身の回りには物質はクォークとレプトンでできていることは分かっているが、クォークは単体では存在することができず陽子や中性子に代表されるハドロンとしてのみ存在できる。中性子は単体では約 10 分の半減期で陽子に転換するが、陽子 2 つと中性子 2 つが集まるとアルファ粒子という最も「硬い」原子核を形成する。アルファ粒子 2 つで束縛状態を作ることにはできないが、3 つ集まると我々人間の体の基本要素である炭素原子核になる。こうして次々に陽子や中性子の数を増やしていくと金や鉛原子核を経て、地球上に天然に存在する最も重い原子核であるプルトニウムに至る。天に目を向ければ、中性子星（ブラックホールになり損ねた星）という巨大な原子核と考えることができる天体もある。

このように、物質や宇宙支配する階層構造はよく分かってきたが、一つの階層がその上の階層を形成する機構には謎が多い。ビッグバンによって宇宙が開闢した直後に巨大なエネルギーから粒子と反粒子が生まれた瞬間には粒子と反粒子は同じ量生まれたはずであるが、現在では粒子だけが残り物質優勢の世界になったのはなぜか、その頃には自由に飛び回っていたクォークが現在ではハドロンに閉じ込められているのはなぜか、ハドロンにはクォーク 3 つのバリオンやクォークと反クォークでできたメソンしかないのか、原子核の中で、陽子や中性子の間には湯川の予言するテンソル相互作用はどのような働きをするのか、原子核はどこまで変形できるのか、電気力や磁気力で「たたく」とどのような応答をするのか、そして原子核は（従って中性子星は）どれくらい硬いのか、など、多くの謎に包まれている。

このように核物理研究センターでは、様々な大きさの領域の素粒子・原子核を研究対象としているが、それらの空間的な大きさに従って最適なエネルギーの量子ビーム（最適な波長の量子波）と最新の検出器、スーパーコンピュータなどを駆使して実験を行なっている。

- 研究施設、設備：

- (A, C) 核物理研究センター・サイクロトロン加速器施設（光速の数十～70%の速さの陽子ビーム、重イオンビーム）
  - (B) 大型放射光施設（SPring-8）でのレーザー電子光ビーム施設（15～30 億電子ボルトのスピンの偏極した光ビーム）。J-PARC（大強度の K 中間子ビームや高運動量の  $\pi$  中間子ビーム）。
  - (D) 神岡宇宙素粒子研究施設地下実験室に設置した超低バックグラウンド二重ベータ崩壊測定装置。豊中研究施設に設置した各種素粒子核分光分析装置。
- 研究協力： 大阪大学附属の国際共同利用研究センター。2018 年に国際共同利用・共同研究拠点（国際サブアトム科学研究所）に認定され、個々の大学の枠を超えた研究を推進している。
  - ホームページ： <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/>
  - 連絡先：  
中野貴志：TEL: 06-6879-8900 / email: nakano@rcnp.osaka-u.ac.jp

## 7.7 A1/物理学専攻 レーザー科学グループ (レーザー科学研究所)

- **スタッフ** : 藤岡 慎介 (教授), 有川 安信 (講師), モラーチェ アレッシオ (助教), 宮本修治 (特任教授), 田中のぞみ (特任助教), ロウ キンファイ ファーリー (特任助教)
- **研究分野** : 高密度プラズマ物理, レーザー核融合, 高強度場物理, レーザープラズマ応用
- **研究目的** : 世界最大級の激光 XII 号レーザー及び LFEX レーザーを用いて超高温, 超高密度状態を作り出し, その極限環境下における物質・プラズマの挙動を解明する. 得られた知見をもって, レーザー核融合の実現を目指すと共に, 高強度場下でのプラズマ物理, 原子物理, 核物理などを展開する. 極限状態の産業利用について, 企業と共同研究を実施している.
- **研究テーマ** : 高密度・高温プラズマ物理 (量子論的・相対論的プラズマの挙動, プラズマ診断法の開発), レーザー核融合 (「高速点火」方式の原理実証, 新しい点火方法の開発), 高強度場物理 (粒子加速, 実験室宇宙物理), レーザー核科学 (超高強度レーザーを用いた中性子発生と利用研究), レーザープラズマ産業応用 (半導体リソグラフィ光源)
- **研究内容** :
  1. レーザー核融合
    - 高速点火物理の理解: 世界一の加熱効率を実証した我々の手法を核融合エネルギーの実現に向けて高度化する.
    - 高密度プラズマの生成: 固体密度の 1000 倍に至る高密度プラズマの生成を目指す. 高密度プラズマ中での量子論的現象に関する研究も行う.
    - フェムト秒の時間スケール, ミクロンオーダーの空間スケールの核融合プラズマを診断する新しい計測法の実現を行う.
  2. 高強度電磁場・レーザー核物理
    - 広範な高温・高密度状態を多彩なレーザー装置によって創り出し, キロテスラ磁場やギガバール圧力下での物理を開拓する.
    - レーザーで生成される高強度磁場で, 中性子星等の強磁場天体で観測されている特異な電子エネルギー状態やプラズマ波動現象を解明する.
    - 超高強度レーザーを用いて中性子ビームやガンマ線ビームを発生し, その中性子ビームを用いた超強磁場計測及び核反応制御の研究を展開する.
  3. レーザープラズマ応用
    - レーザープラズマから放射される高輝度 X 線を半導体の微細加工へ応用.
    - レーザー核融合エネルギーに必要な技術・システムを企業と協力しながら開発.
- **研究施設、設備** :

ガラスレーザー: 激光 XII 号  
世界最高強度 (ペタワット= $10^{15}$  W) の LFEX レーザー
- **研究協力** : 核融合科学研究所, 九州大学, 広島大学, 理化学研究所, 量研機構, 京都大学, 東京大学, 宇都宮大学, 北海道大学等と共同研究を実施している. 米国のローレンスリバモア研究所, ロチェスター大学, ネバダ大学リノ校, カルフォルニア大学サンディエゴ校, プリンストン大学プラズマ研究所, 仏国のエコールポリテクニク, ボルドー大学, 中国科学院物理研究所, 中国国家天文台との国際共同研究を実施している. レーザー核融合エネルギーの実用化や, レーザープラズマの産業応用に関して, 企業と共同研究を実施している. 学生の海外派遣や外国人研究者によるセミナーを定期的で開催している.
- **ホームページ** : <https://lf-lab.net>
- **連絡先** : 藤岡 慎介 Tel: 06-6879-8749, E-mail: [fujioka.shinsuke.ile@osaka-u.ac.jp](mailto:fujioka.shinsuke.ile@osaka-u.ac.jp)

## 7.8 A1/物理学専攻 量子ビーム物理グループ (産業科学研究所)

- **スタッフ** : 細貝知直 (教授)、金展 (准教授)、入澤明典 (助教)、松門宏治 (助教)、アレクセイジドコフ (特任教授)、佐野 雄二 (特任教授)、ナビーン パサック (特任助教)、佐野智一 (兼任教授)、神門正城 (招聘教授)
- **研究分野** :  
レーザープラズマ粒子加速、プラズマ理工学、量子ビーム科学
- **研究目的** :  
巨大な高エネルギー粒子加速器の超小型化を目標に掲げ、高強度レーザーパルスとプラズマとの相互作用で励起される電子プラズマ波を用いて電子を加速するレーザープラズマ加速に関する研究開発を進める。プラズマとビームの挙動の詳細な理解をベースとしたプラズマ制御技術を駆使し GeV (ギガエレクトロンボルト) 級のレーザー加速器の実現を目指す。同時に、レーザープラズマ加速ビームの特徴である極短パルス性を活かした超高速電子イメージングなど極短パルスビームの利用研究も推進する。さらに、将来のレーザープラズマ加速器利用を見据え、遠赤外・テラヘルツ自由電子レーザーを用いた物性制御・照射効果の解明等の線形電子加速器利用研究も展開する。
- **研究テーマ** :  
レーザープラズマ粒子加速に関する研究
- **研究内容** :
  1. GeV 級レーザー航跡場加速器に関する研究
  2. レーザー加速極短ビームの利用・応用に関する研究
  3. レーザー、プラズマ、ビーム相互作用に関する理論および数値計算
  4. レーザープラズマ相互作用実験用キーデバイスの開発
  5. 遠赤外・テラヘルツ自由電子レーザーを用いた物質科学の研究
  6. レーザー加工に関する研究
- **研究施設、設備** :
  1. 理化学研究所播磨事業所 (SPring-8 キャンパス) に整備したレーザー加速プラットフォーム (サブペタワット級レーザー)
  2. 研究室の所有する各種レーザーおよびプラズマ生成実験装置
  3. 産業科学研究所量子ビーム研究施設の線型加速器
  4. スーパーコンピューター、クラスターコンピューター
  5. 国内外研究者との共同研究
- **研究協力** :  
レーザー加速プラットフォームでは、多くの国内外の研究者との共同実験を実施している。国内および海外の大型レーザー施設で実施される実験への参加も可能である。海外からの研究者との交流を頻繁に行い共同研究を進めている。
- **ホームページ** : <https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/bmp/>
- **連絡先** :  
細貝知直 Tel: 06-6879-8485 E-mail: hosokai@sanken.osaka-u.ac.jp  
産業科学研究所 第一研究棟 3 F

## 7.9 A2/宇宙地球科学専攻 松本グループ (X線天文学)

- **スタッフ** : 松本 浩典 (教授)、野田 博文 (助教)
- **研究分野** : 観測的宇宙物理学 (X線天体の観測と装置開発)
- **研究目的** : 宇宙の多様な現象を理解するためには、様々な波長の電磁波で宇宙を観測する必要がある。実際、20世紀以降、我々の宇宙観を大きく塗り替える大発見は、このような観測手段の拡大によってなされてきた。その中で、数百万度から数億度の高温プラズマや、天体の爆発現象といった、宇宙の活動的な側面をとらえるために欠かせないのが、X線観測である。宇宙では地上では不可能な極端な物理状態が実現する。光さえも逃げ出せないようなブラックホール、地球より10桁以上も強い磁場をもつ中性子星など、このような極限状態での物理現象を理解することが、研究目的の一つである。

宇宙に存在するバリオンの大部分は、銀河団を満たす高温プラズマの形で存在する。この高温ガスは、暗黒物質の作る重力ポテンシャルに束縛されている。暗黒物質の量と分布は、宇宙の構造形成・進化の研究に重要であり、これを銀河団ガスの温度・密度分布から推定することも研究目的の一つである。

地球や我々の体を構成する元素の多くは星の内部で合成されたものであるが、超新星爆発によって銀河の中に拡散し、一部は再び星をつくる材料になり、一部は銀河間空間に出ていく。超新星爆発の残骸や銀河団高温ガスのX線スペクトルには、元素特有の輝線が観測される。これを通して、宇宙における元素の大循環を追跡することも、研究目的の一つである。
- **研究テーマ** : ブラックホール連星系、中性子星、超新星残骸、活動銀河核、銀河団などのX線天体の観測とデータ解析。X線は地球大気に吸収されてしまうため、X線天体の観測には人工衛星などの飛行体を利用する。世界中のX線天文衛星に自ら観測提案を行う。あるいは、それらの衛星が、過去に観測されたデータ (アーカイブデータ) の解析を行う。また、将来のX線天文衛星のための新たな観測装置の開発も、重要な研究テーマである。
- **研究内容** :
  1. 超新星残骸や銀河団からのX線放射の分光観測、データ解析：研究目的で記した内容に加えて、これらの天体の高温プラズマの運動、速度測定も始めている。
  2. ブラックホール、中性子星、活動銀河核 (超巨大ブラックホール) の観測、データ解析：ガンマ線バースト、重力波対応天体の同定といった研究内容も含む。
  3. 衛星搭載用検出器、新しい原理の観測装置の研究開発  
すざく衛星 (2005年打ち上げ)、国際宇宙ステーション MAXI (2009年打ち上げ)、ひとみ衛星 (2016年打ち上げ) に搭載のX線 CCD カメラの開発を行ってきた。現在は2022年度の打ち上げを目指すXRISM衛星用のX線 CCD カメラを開発中である。将来の人工衛星搭載を念頭に、新しいタイプのX線光子計測画像検出器、X線偏光検出器、X線多重像干渉計、X線望遠鏡などの開発も行っている。
- **研究施設、設備** : ひとみ (日)、すざく (日)、MAXI (日)、ニュートン (欧州)、チャンドラ (米) などのX線天文衛星を利用して観測する、あるいはそのアーカイブデータを解析する。装置開発のために、研究室に必要な装置 (X線発生装置、クリーンルーム、X線検出器など) を備えるとともに、放射光施設などの学外施設を利用した実験も実施している。衛星開発には宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の施設も利用する。
- **研究協力** : 人工衛星及びその搭載装置の開発は大規模な国際協力で実施しており、データ解析においても国内外の共同研究は一般的である。宇宙航空研究開発機構、京大、NASA/GSFC、MIT、京大、東大、名大、宮崎大、東京理科大、広島大、理化学研究所、山形大、Washington University in St. Louis、Max Planck Institute など多くの機関と協力関係にある。
- **ホームページ** : <http://wwwxray.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>
- **連絡先** : 松本 浩典 matumoto@ess.sci.osaka-u.ac.jp 06-6850-5477 理学部 F 棟 F515

## 7.10 A2/宇宙地球科学専攻 住グループ（赤外線天文学）

- スタッフ： 住 貴宏（教授）、鈴木 大介（助教）、増田 賢人（助教）
- 研究分野： 宇宙物理学（光赤外線観測）
- 研究目的： 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（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（ブラックホール、中性子星連星）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。
- 研究テーマ： 系外惑星の探査と形成過程の研究。宇宙生命探査。スペース望遠鏡や地上望遠鏡による観測研究、装置開発。重力波天体（ブラックホール、中性子星連星）、銀河系の構造、暗黒物質の研究など赤外線天文学全般。
- 研究内容：
  1. MOA プロジェクト：これまでに4千個以上の系外惑星が発見されているが、惑星形成研究で重要なスノーライン外側で地球程度の軽い惑星の発見例は少ない。そこで重力マイクロレンズ現象を用いて、その様な系外惑星を探査する。ニュージーランドに設置した専用の1.8m広視野望遠鏡「MOA-II」を利用する。名古屋大学、Auckland 大学、Massey 大学、Canterbury 大学、NASA との共同研究。
  2. PRIME プロジェクト：南アフリカ共和国に新たに広視野望遠鏡を建設し、近赤外線でのマイクロレンズ惑星探査を行う。アストロバイオロジーセンター、名古屋大学、Massey 大学、南アフリカ天文台、メリーランド大学、JAXA、NASA との共同研究。
  3. Roman プロジェクト：2025年打ち上げ予定のNASAの口径2.4m次期大型宇宙望遠鏡Romanに参加して、スペースからのマイクロレンズ惑星探査を行う。地球軌道の外側の全ての惑星分布を解明し、惑星系形成過程を解明する。JAXA、国立天文台、NASA との共同研究。
  4. 地球外生命探査プロジェクト：2030年代に提案されているNASAの超大型宇宙望遠鏡ミッション（LUVOIR, HabEx, OST）で行う、太陽系外生命探査のための検討を行っています。太陽系外惑星の直接撮像や食を利用した惑星の大気分光で、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）を見つけるための研究を行っています。NASA との共同研究。
  5. NASAのKepler探査機やTESS衛星のデータを活用し、恒星と食を起こすトランジット系外惑星の研究を行う。惑星の質量や半径、公転軌道の幾何学構造といった惑星系の詳細な性質を調べることを通じて、多様な惑星系の形成・進化の過程を明らかにすることを目指す。
  6. 赤外線天文学全般  
重力波天体（ブラックホール、中性子星連星）など突発天体の光学的同定、銀河系の構造、暗黒物質の研究などを行う。また、太陽系外惑星系の原材料である原始惑星系円盤の観測研究を、地上望遠鏡（すばる望遠鏡、ALMA 他）と宇宙赤外線望遠鏡（Roman, JASMINE 他）のデータを用いて行う。円盤自身の多様性が形成される惑星系の性質にどのように影響するかを調べる。さらに、将来の宇宙赤外線干渉計の検討も進めている。
- 研究施設、設備： ニュージーランドにある1.8m MOA-II 広視野望遠鏡を利用する。南アフリカに新たに1.8m PRIME 広視野近赤外線望遠鏡を建設する。赤外線カメラはNASA/GSFCの実験室で開発している。
- 研究協力： 重力マイクロレンズ現象を用いた系外惑星探査は、名古屋大学、アストロバイオロジーセンター、Auckland 大学、Massey 大学、Canterbury 大学、NASA、メリーランド



大学、南アフリカ天文台との国際共同研究である。宇宙生命の探査につながる装置の研究開発は、NASA との共同研究。JASMINE は、国立天文台、JAXA 等との共同研究である。

- ホームページ : <http://www-ir.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先 : 住 貴宏 sumi@ess.sci.osaka-u.ac.jp 06-6850-5503 理学部 F 棟 F320

## 7.11 B1/物理学専攻 新見グループ

- スタッフ： 新見 康洋（教授）、蔣 男（助教）
- 研究分野： ナノメートルスケールの微小伝導体を舞台とした物性物理学
- 研究目的： ある特徴的な長さよりも系を微細化することで、低次元系を作り出せ、電子物性を人工的に制御することができる。これまでこのような舞台には、既存の金属、半導体、超伝導体、磁性体などが用いられてきた。本グループでは、特異な物性をもつバルク結晶を、結晶性を保持したまま微細化して低次元デバイスを作製し、電気伝導測定やスピン輸送測定から新現象の発見、及び普遍的な学理の構築を目指す。
- 研究テーマ： 新奇ナノスケール物性の開拓とスピン流物理の学理の構築
- 研究内容：

ナノメートルスケールの微小伝導体では、バルクには現れない効果が発現することが知られている。このような微小伝導体の研究は、近年のナノテクノロジーの進展によって初めて可能になったものであり、量子力学的効果の検証、スピントロニクスや量子コンピュータへの応用など、幅広い分野にわたって研究が行われている。その最大の特長は、電子及びスピン状態を、外部信号を通して人工的に制御できる点にある。

これまでの微小伝導体の研究には、単純な物質しか用いることができなかったが、グラフェンの発見を契機に、2次元性の強い物質を機械的に剥離して、原子層薄膜を簡便に作製できるようになった。さらに、このような原子層薄膜を人工的に組み合わせることで、天然結晶では実現しない物性が発現することが報告され、現在世界中で研究が進んでいる。本グループでは、2次元性の強い物質を微細化し、それらを人工的に組み合わせることで新現象の発見を目指す。さらにスピントロニクス研究で重要な役割を担うスピン角運動量の流れ「スピン流」を駆使し、上述の原子層デバイスと組み合わせることで、新しい磁気プローブとしての学理を構築する。

現在進行中・計画中の主なテーマは以下の通りである。

### ◇ 原子層デバイス

- ★ 原子層強磁性体・反強磁性体・カイラル磁性体の電気伝導及びスピン輸送測定
- ★ 表面弾性波を用いた原子層超伝導体の伝導特性の変調
- ★ 原子層ハイブリッドデバイスにおける電気伝導測定

### ◇ スピン流物理

- ★ フラストレート磁性体におけるスピンゆらぎの検出
- ★ トポロジカル超伝導体におけるスピン輸送測定、量子干渉測定

ナノスケール物性の面白さは、様々な物質を組み合わせることで素子を作製し、電子及びスピン状態を制御しながら、新現象を探索していくことにある。実際に手を動かして世界初の実験に挑戦したい方、新しい素子や測定技術を開発したい方、自分で作製した素子を使って精密な実験をしたい方々を歓迎する。実験は必ずしも容易ではないが、ともに考え、議論し、実験を工夫することによって、一緒に新しい物理を切り拓いていきたい。

- 研究施設、設備： 電磁石付き<sup>4</sup>He冷凍機、<sup>3</sup>He冷凍機、無冷媒冷凍機、超伝導磁石付き希釈冷凍機、ワイヤーボンダー、電子ビーム蒸着機、アルゴンスパッタリング装置、マスクアライナー、電気炉、グローブボックスシステム、光学顕微鏡など
- 研究協力： 大阪府立大学、沖縄科学技術大学院大学、北海道大学、名古屋大学、東京大学、東京工業大学、理化学研究所、仏 CNRS、中国 復旦大学など。
- ホームページ： <https://nanoscale.jp>
- 連絡先： 電話：06-6850-5586 / e-mail：niimi@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.12 B1/物理学専攻 工藤グループ

- スタッフ： 工藤一貴（教授）、宮坂茂樹（准教授）、中島正道（助教）
- 研究分野： 新超伝導体を中心とした物質開発
- 研究目的： 元素特性を利用した構造制御により、遷移金属化合物の新超伝導体の開発と新奇物性の開拓を行う。際立つ超伝導状態を示す物質は、結晶構造、磁気構造、バンド構造などに特徴を有しているため、新超伝導体の発見は、しばしば、物性物理学の新たなトレンドの端緒となる。学生さんたちと協力して、そのような新物質・新超伝導体の開発に取り組みたい。
- 研究テーマ： 高温超伝導体の開発、新奇な超伝導状態の探索
- 研究内容：

自発的対称性破れに伴う現象である超伝導の物理には普遍性があり、その知見は多くの物理に波及する。例えば、超伝導のBCS理論のエネルギーギャップは、粒子の質量とアナロジーを持つ。興味深いのは、超伝導が普遍的原理に基づくため様々な物質で発現し、物質の特徴を反映して多様性を生む点である。そのことが、物性物理学の進歩の場を数多く提供してきた。顕著な例が、高温超伝導、異方的超伝導、時間反転対称性の破れた超伝導、トポロジカル超伝導などであろう。いずれも現代物性物理学の中心的課題として認識されている。本グループでは、物性物理学の新しい分野を切り開くべく、新しい超伝導物質の開発を進めている。

私たちの主な研究テーマは、新たな高温超伝導体の開発と新奇な超伝導状態の探索である。これまで、配位化学と化学結合の形成・切断を利用した物質設計や、結晶構造の対称性に着目した物性開拓指針などの独自の視点から研究を進め、幾つもの新超伝導体を報告してきた。グループ内には、物質合成から物性測定までに必要な一連の設備が整っている。様々な型の電気炉を目的に応じて使い分け、物質を合成する。X線回折と蛍光X線分析により、結晶構造と化学組成を決定する。各種装置を使用して磁気物性、輸送現象、光物性を測定し、超伝導体の性質を調べる。さらに、共同研究者と協力し、国内外の大型施設で実験を実施する。
- 研究施設、設備： グローブボックス、箱型炉、管状炉、3ゾーン炉、ブリッジマン炉、フローティングゾーン炉、高圧合成炉、粉末X線回折装置、エネルギー分散型X線分析装置付走査電子顕微鏡、無冷媒冷凍機、磁化測定装置、輸送現象測定装置、フーリエ変換型赤外分光装置、ラマン散乱分光装置
- 研究協力： 東北大、東京大、上智大、広島大、弘前大、早稲田大、九州産業大、岡山大、神戸大、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、理化学研究所、分子科学研究所、産業技術総合研究所、高輝度光科学研究センター、TRIUMF、コロンビア大、ローマ大など
- ホームページ： <http://qm.phys.sci.osaka-u.ac.jp>
- 連絡先： Tel: 06-6850-5755, 5757, 5758 / e-mail: kudo@phys.sci.osaka-u.ac.jp

### 7.13 B1/物理学専攻 豊田グループ (フォアフロント研究センター)

- スタッフ： 豊田 岐聡 (教授)、兼松 泰男 (教授)、大塚 洋一 (准教授)、河井 洋輔 (助教)
- 研究分野： 最先端質量分析学とレーザー科学の融合によるフィールドサイエンスの開拓
- 研究目的： 質量分析学とレーザー科学の融合により、物理学、地球・惑星科学、生命科学、環境科学などの様々な分野のフィールドに最先端の質量分析装置を開発・投入することで、新しいサイエンスの開拓を行う。
- 研究テーマ：
  1. フィールドサイエンスに適した小型・軽量・高性能質量分析計の開発と分野横断型融合研究
  2. イメージング質量分析技術の開発
  3. イオン光学やイオン化・イオン解離機構・イオン検出システムに関する基礎的研究
  4. フィールドサイエンスのためのコンパクト超高速レーザーの開発
  5. 整形レーザー光による物質系ダイナミクス制御
  6. ピコリットル帯電液体を用いた大気圧サンプリングイオン化法の開発
- 研究内容：
  1. 小型軽量高性能質量分析計の開発  
環境モニタリング、医療診断、惑星探査機への搭載などの目的のために、「現場 (オンサイト)」で用いることができるような高性能小型質量分析装置を開発する。
  2. イメージング質量分析装置の開発  
試料中の物質の微細な分布状態を迅速に計測する装置の開発を行う。また、細胞や組織切片、半導体などの機能性材料への展開研究を行う。
  3. マルチターン飛行時間型質量分析計を核とした分野横断型融合研究  
当グループで開発した小型でありながら高分解能が得られるマルチターン飛行時間型質量分析計は、医学や歯学、環境科学などの様々な分野で広く用いることが可能である。これら学内にあるニーズと、前処理/分離法やイオン化法といった学内のシーズを分野の壁を超えて融合した、分野横断型の研究を行う。
  4. フィールドサイエンスを志向した先端レーザー機器開発  
フィールドサイエンスの現場の要請に応じて、新たな視点を導入し、分析・計測機器、システム開発を行う。とりわけ、超短パルスレーザー光の極めて高い光強度が引き起こす非線形光学過程による、分光計測と物質制御に着目して、その素過程に関する研究を進め、新規レーザーシステム開発へと展開する。一方、フィールド機器として実装するために、小型ハイパワーのレーザーシステムを開発する。
  5. ピコリットル帯電液体の精密制御装置の開発  
多成分が混在する物質のイオン情報計測のために、ピコリットル液体への抽出・イオン化法を精密に行う装置を開発し、抽出・イオン化過程における物理機構を追究する。本方法をイメージング質量分析法に適用し、医工連携共同研究を通じて疾患の理解と診断応用への展開もはかる。
- 研究施設、設備： 磁場型質量分析装置：1台、マルチターン飛行時間型質量分析計：3台  
四重極質量分析計：2台、飛行時間型質量分析計：4台、超短パルスレーザーシステム：3台
- 研究協力： 学内：日本電子 YOKOGUSHI 協働研究所、理学研究科他専攻、工学研究科、歯学研究科、生命機能研究科、医学系研究科、蛋白質研究所など  
学外：MSI.TOKYO(株) (当グループが設立したベンチャー)、九州大学、関西大学、京都大学、東京大学、北海道大学、JAXA、日本電子(株)、浜松ホトニクス(株)、紀本電子工業(株)、(株)中央電機計器製作所、(株)伊藤金属製作所、(株)島津製作所など
- ホームページ： <http://mass.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>、<http://multum.jp/>
- 連絡先： Tel: 06-6850-8244 / e-mail: toyodam@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.14 B1/物理学専攻 松野グループ

- スタッフ： 松野 丈夫（教授）、塩貝 純一（准教授）、上田 浩平（助教）
- 研究分野： 強相関電子系の界面における物性物理学
- 研究目的： 強相関電子系は電荷・スピン・軌道の自由度が絡みあうことで超伝導や磁性などの多彩な電子相を示す。それらを組み合わせた「強相関界面」では、さらに興味深い未知の物性・機能が期待される。強相関界面を自ら設計し、作製・評価までを一貫して実施することにより、物質の対称性・次元性を原子レベル界面で制御し、新物質開発・新規物性開拓を行う。
- 研究テーマ： 強相関電子系の界面における物性開拓
- 研究内容：
  - 二つの異なる物質が接する境界 = 界面は、単一の物質では実現できない豊かな物性の舞台である。現代テクノロジーを支える半導体デバイスが、かたまり（バルク）ではなく界面に生じる機能に基づくことからわかるように、界面物性は基礎から応用に至るまで広がりを持つ物性物理学の最先端トピックである。
  - 本グループでは遷移金属酸化物 = 強相関電子系の界面に着目している。強相関電子系は電荷・スピン・軌道の自由度が絡みあうことで超伝導や磁性などの多彩な電子相を示す。それらを組み合わせた「強相関界面」にもさらに興味深い未知の物性が隠されているのではないかと。そのような問題意識から、本グループでは原子レベルで制御された強相関界面を自ら設計し、作製・評価までを一貫して実施している。
  - 現在主に推進しているテーマは以下の2つである。いずれのテーマにおいても、パルスレーザー堆積法、スパッタ法等を用いて薄膜を合成することにより界面を形成する。
    1. 強相関界面の物性： 磁性と超伝導
    2. 強相関物質におけるスピン流の物理とスピントロニクス
  - 界面の物理学は自分で物質を設計し、つくるところから始まる。物理学だけでなく化学、材料科学、電子工学など多岐にわたる知識をフル活用して、自分がつくった物質に詰まっている物理の面白さを独占できる楽しみが界面の物理学にはある。物質の設計・作製に興味があれば、物理学を中心とした幅広い物質科学の中で得意なことが必ず見つかるので、それを一緒に探していきたい。
- 研究施設、設備： パルスレーザー堆積法薄膜合成装置 3 台、スパッタ法薄膜合成装置 1 台、無冷媒超伝導マグネット (8 T)、無冷媒クライオスタット (6 K)、超伝導マグネット付きクライオスタット (15 T)、薄膜用 4 軸 X 線回折計 など
- 研究協力： 理化学研究所、東京大学、東北大学、甲南大学、原子力研究開発機構、SPring-8、九州工業大学、産業技術総合研究所、ソウル国立大学、ヴェルツブルク大学、マックス・プランク研究所、インド理科大学院、ドイツ電子シンクロトロン、ウプサラ大学、トロント大学、台湾国立放射光科学研究センターなど
- ホームページ： <http://interface.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先： 電話：06-6850-5373 / e-mail：jmitsuno@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.15 B1/物理学専攻 花咲グループ

- スタッフ： 花咲 徳亮（教授）、渡邊 功雄（招聘教授）、酒井 英明（准教授）、村川 寛（助教）
- 研究分野： 分子性物質および無機物質における物性物理学
- 研究目的： 分子性物質および無機物質の強相関電子系において、電荷・スピン等の自由度を活用した交差相関物性やトポジカル物性を開拓する。

- 研究テーマ：

1. 強相関電子系における交差相関物性の研究

- 研究内容：

、電子間の多体効果、電子系に内在しているトポロジーやフラストレーションに着目し、物性における新しい量子現象を実験的に探索している。電子間のクーロン相互作用が強い系は強相関電子系と呼ばれ、電子が持つ電荷・スピン・軌道等の自由度が絡み合った興味深い物性を示す。例えば、磁場によってスピン状態を制御する事で、電気伝導性が大きく変化する巨大磁気抵抗効果がある。ハードディスクにも利用されている有益な効果である。当研究室では、分子性物質で初めて巨大磁気抵抗効果を見出した。一バンドが1点で交わる系はディラック電子系と呼ばれるが、電子系のトポロジーを反映した量子ホール効果を示す。また、電子の散乱が抑えられるため、高速かつ省エネルギーなデバイスが実現できると期待され、世界中で精力的に研究が行われている。電子系の多自由度がディラック電子系と結合した新しい物性の開拓を行っている。3法則によれば、物質が持つエントロピーは絶対零度でゼロになると示唆されている。電子系も極低温で凍りつき自由度を失うと考えられてきた。しかし、電子系にフラストレーションがあると、スピンや軌道の状態が極低温まで揺らいている不思議な状態（スピンや軌道の液体状態）になる事が明らかになってきており、機構解明を進めている。

具体的な実験内容として、分子性物質・無機物質の結晶を作成して、電気抵抗、磁化、熱電効果等の各種物性を測定している。さらに、物性のメカニズムを明らかにするため、必要に応じて、外部の大型実験施設（放射光 X 線・中性子・ミュオン）で実験を行っている。

自ら物質を合成し（物を作る楽しさを味わい）、合成した物質の性質を調べてメカニズムを明らかにし、次へのステップを考えられる人を育てたいと考えています。物性物理学に限らず科学の素養を身に付けた事は社会で必ず役に立ちます。

- 研究施設、設備： 電気抵抗・誘電率・磁化測定装置、超伝導マグネット、フローティングゾーン単結晶合成炉、ブリッジマン炉、水熱合成炉、高圧合成装置、真空蒸着装置、グローブボックス、粉末 X 線回折装置等がある。
- 研究協力： 東京大学、東北大学、熊本大学、岡山大学、兵庫県立大学、イエナ大学（ドイツ）、高エネルギー加速器研究機構、J-PARC、SPring-8 など。
- ホームページ： <http://www-gmr.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先： 花咲徳亮 Tel: 06-6850-5751 / email: hanasaki@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.16 B1/物理学専攻 木村グループ (光物性) (生命機能研究科)

- スタッフ： 木村 真一 (教授)、渡辺 純二 (准教授)、渡邊 浩 (助教)、中村 拓人 (助教)
- 研究分野： 物性物理学、シンクロトロン光科学、超高速分光、非平衡物理学、量子生物学
- 研究目的： 物性の出現や生命現象に現れる化学反応の起源は、物質中のミクロな世界の電子の持つ性質がもとになっている。このミクロな情報を空間・時間・運動量・スピン方向・エネルギーに対して可視化することで、起源を明らかにできるばかりでなく、得られた情報を元にして新たな機能性を作り出すことも可能になる。このような視点から、シンクロトロン光・レーザー・電子線などを組み合わせた新しい分光・イメージング方法を独自で開発し、新しい物質の機能性の創造や生命現象の起源を探索する。
- 研究テーマ：
  1. 機能性固体・薄膜の電子構造の分光研究
  2. 量子ビームを使った新しい方法論の開発
  3. 非平衡系における秩序形成過程の解明
  4. 生命現象や生体物質における量子効果
- 研究内容：
  1. 磁性と伝導が複雑に絡み合うことにより新しい機能性が現れる固体や表面について、スピン角度分解光電子分光と低温・高圧・高磁場下の赤外・テラヘルツ分光により、機能性の起源である電子構造を詳細に決定するとともに、その時間発展を観測することによって、物性発現のメカニズムを研究している。また、それらの実験条件に合わせた第一原理電子状態計算を組み合わせることで、機能性固体・薄膜の電子状態の総合的な情報を得る。さらに、これらの情報を元に、新奇機能性の創造を目指している。
  2. 最先端の量子ビームであるシンクロトロン光・パルスレーザー・高輝度電子源を使って、新しい分光・イメージングの方法論を開発している。具体的には、スピン・軌道・波数分解角度分解光電子分光、共鳴スピン角度分解電子エネルギー損失分光、時間分解赤外・テラヘルツ顕微分光を開発し、電子構造変化の精密測定や生体内化学反応の可視化、光による価数転移などの研究を進めている。
  3. 自然界にはさまざまな秩序が存在している。これら秩序のほとんどは非平衡系で形成された秩序である。ミクロなゆらぎからマクロな秩序が形成される過程に着目しながら、さまざまな秩序形成の仕組みをレーザー分光学の手法を用いて解明していく。また、自然界で見られる光の波長サイズの微細構造に注目し、それらが引き起こす光学現象と構造の形成過程の解明に取り組む。
  4. 生命現象は、ミクロな分子機能の複雑な協奏で成り立っている。その分子の機能性の発現には量子力学が支配的であり、その生命現象発現のための電子状態の解明に取り組んでいる。
- 研究施設、設備： 角度分解光電子分光・X線光電子分光・高輝度電子エネルギー損失分光・低速電子線回折複合装置、低エネルギー電子エネルギー損失分光・逆光電子分光複合装置、Ti:Sa パルスレーザー分光装置、顕微赤外分光装置、多重極限下赤外・テラヘルツ分光装置、分子線エピタキシー装置、ラマン・ブリルアン散乱分光装置、国内外シンクロトロン光施設、など。
- 研究協力： 自然科学研究機構分子科学研究所、高エネルギー加速器研究機構、広島大学放射光科学研究センター、仏国シンクロトロンソレイユ、大型放射光施設 SPring-8、佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター、名古屋大学、名古屋工業大学、東北大学、東京大学、京都大学、広島大学、マックスプランク固体化学物理研究所 (ドイツ)、大邱慶北科学技術院 (韓国)、西江大学校 (韓国) など。

■ ホームページ : <http://www.kimura-lab.com>

■ 連絡先 : 木村 真一 Tel: 06-6879-4600 / email: kimura.shin-ichi.fbs@osaka-u.ac.jp



## 7.17 B1/物理学専攻 萩原グループ (先端強磁場科学研究センター)

### ■ スタッフ :

萩原 政幸 (教授)、鳴海 康雄 (准教授)、木田 孝則 (助教)

### ■ 研究分野 : 超強磁場を用いた物性研究

### ■ 研究目的 :

磁場は物性の主役を演じる電子のスピン及び軌道運動に働く精密制御可能な外部パラメーターである。物性科学は、磁場、電場、圧力、温度などを変化させて、それに対する物質の応答を調べることで物性発現の機構を明らかにする学問分野である。従って、通常の研究室では持ちえない外部パラメーター領域を持つことは観測窓を広くすることに対応し、未踏の測定領域での新発見につながることもある。我々の研究室では、世界屈指の高い磁場発生が可能な非破壊型パルスマグネットを用いた高精度の物性測定装置を開発し、量子磁性体研究等の基礎研究から、機能性材料研究等の応用研究までの広い範囲をカバーし、超強磁場下で現れる新奇な現象の発見とその物性解明を目指して研究を行っている。

### ■ 研究テーマ : 超強磁場下での極限物性研究

### ■ 研究内容 :

1. 量子磁性体、マルチフェロイック系、トポロジカル物質やフラストレート磁性体等の磁場誘起 (量子) 相及び相転移の研究  
量子効果、電気磁気効果、量子ホール効果、無秩序による秩序機構等と強磁場の相乗効果で現れる磁場誘起の (量子) 相転移やその相の特異な磁気状態を調べる。
2. 機能性材料や分子性金属錯体磁性体の強磁場物性研究  
実用化が求められている高温超伝導線材の電子状態や有機分子と遷移金属及び希土類金属イオンからなる磁性体の磁気状態を調べる。
3. 高温超伝導体、重い電子系などの強相関電子系の強磁場物性研究  
鉄系高温超伝導体や重い電子系超伝導体の上部臨界磁場や超伝導発現機構、金属系試料のフェルミオロジーや金属-絶縁体転移等を強磁場を用いて調べる。
4. 超強磁場、極低温、超高压の複合極限を目指した測定装置開発  
未踏の磁場-圧力-温度領域を実現し、圧力下で発現する新奇な量子相や電子状態を強磁場下で調べる。

### ■ 研究施設、設備 :

強磁場パルスマグネット (最高磁場 70 T)、パルスマグネット用コンデンサーバンク (最大充電エネルギー  $10^7$  J,  $1.5 \times 10^6$  J)、遠赤外線発生装置、後進行波管装置、がん発振器、超伝導マグネット (最高磁場 16 T, 12.5 T, 6 T)、SQUID 磁気測定装置 (最高磁場 7 T、温度 1.9 K~800 K)、ESR 装置 (X-band(9 GHz) ESR 装置、上記のマグネットを用いた自作 ESR 装置)、ベクトルネットワークアナライザー、マッフル炉、管状炉、赤外線イメージ炉等

### ■ 研究協力 :

学内では、理学研究科の物性系や化学系研究室の先生方、及び基礎工学研究科や工学研究科等の物性系の先生方に兼任教員になっていただき、共同研究や装置開発を進めている。一部の装置については、研究基盤共通機器として学内研究者の利用を認めている (有償)。学外では東京大学物性研究所の国際超強磁場科学研究施設とパルス強磁場発生技術開発で協力関係にあり、同施設、及び東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センターと強磁場コラボラトリー運営委員会を設置して全国共同利用を行っている。また、神戸大学分子フォトサイエンス研究センター、福井大学遠赤外領域開発研究センターや大阪公立大学強磁場環境利用研究センターと連携・協力に関する協定を結んで共同研究を行っている。

### ■ ホームページ : <http://www.ahmf.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先 : 電話 06-6850-6685 / 電子メール [hagiwara@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:hagiwara@ahmf.sci.osaka-u.ac.jp)

## 7.18 B1/物理学専攻 大岩グループ（量子システム創成）（産業科学研究所）

■ スタッフ： 大岩 颯（教授）、木山 治樹（助教）、藤田 高史（助教）

■ 研究分野： 半導体低次元物性、量子輸送現象、量子技術、スピントロニクス

■ 研究目的：

当研究室では、これからの量子情報を支える光・電子・スピンを使った新しい量子デバイスの研究を行っています。半導体を中心に、電子スピンや光子が持つ量子力学的性質を利用した新しい量子デバイスの研究を行っています。この研究には、新量子構造の創成と単一の電子の量子効果を高精度で検出する高度な物性測定が不可欠です。そのために、半導体ナノテクノロジーを駆使した高性能ナノ構造／量子構造や異種材料との複合素子の作製、そして最新鋭の希釈冷凍機を使った極低温での量子輸送測定を主な手段とし、量子技術やスピントロニクスの新しい現象の発見やその物理の解明、そして量子計算や量子通信の基盤技術への応用を目指しています。

■ 研究テーマ：

現在の主要研究テーマは、

1. 量子ドットなど量子ナノ構造におけるスピンを中心とした量子輸送現象に関する研究
2. 光子と電子スピンの量子インターフェースと量子通信への応用の研究
3. 1次元量子ドット配列の物理と量子状態の中距離伝送に関する研究
4. 超伝導／半導体低次元系複合構造に関する研究

である。

■ 研究内容：

ナノスケール微細加工を駆使した高性能ナノ構造／量子構造や異種材料との複合素子の作製と、最先端電気伝導測定と光励起を組み合わせた特徴のある量子輸送測定を行う。

1. 量子ドットや1次元ナノ細線など量子ナノ構造やその多重構造におけるスピンの制御・輸送・保持、そして量子計算の基本原理解説に関する研究を行う。
2. 単一光子から単一電子スピンへの量子状態転写や光子—電子スピン間あるいは遠隔スピン—スピン間のもつれ生成の研究を行う。
3. 1次元量子ドット配列におけるスピン操作とコヒーレンス保持、そして量子状態の中距離伝送の研究を行う。
4. 超伝導体と半導体低次元構造を融合したデバイスを開発し、クーパー対分離による非局所もつれ相関生成の研究を行う。

■ 研究施設、設備：

研究室所有の希釈冷凍機、15T 超伝導マグネット、精密高周波伝導測定装置、発光分光装置、パルスチタンサファイアレーザ、超伝導磁石付光学ヘリウム冷凍機、電極形成装置などの最先端量子輸送測定装置、電子線描画装置や研究室外の半導体微細加工プロセス装置等のデバイス作製装置を用いる。

■ 研究協力：

学内研究室や学外研究機関（東京大学、筑波大学、理化学研究所、他）、海外研究機関（カナダ国立研究機構、デルフト工科大学、ルール大学ボフム、カルフォルニア大学サンタバーバラ校、他）とも協力して研究を行っている。

■ ホームページ： <http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/qse/>

■ 連絡先： 電話 (06)6879-8405 電子メール oiwa@sanken.osaka-u.ac.jp

## 7.19 B2/宇宙地球科学専攻 近藤グループ(惑星内部物質学)

- スタッフ： 近藤忠（教授）、谷口年史（准教授）、西真之（准教授）、境家達弘（助教）
- 研究分野： 地球惑星深部物質科学、地球惑星進化学、極限環境下物理化学、固体地球科学
- 研究目的： 本グループでは、主に地球物理学・固体物理学を基盤として地球惑星の表層から内部に至る物質の挙動に関する実験的研究を行っている。地球惑星深部の再現手段としての高温高压発生装置に各種測定法を組み合わせ、極端条件下での物質の構造や物性測定を行っている。また、純粋な物性物理学として様々な物質群の相転移現象、新規秩序相の探索と物性測定など、幅広い分野の研究が含まれている。
- 研究テーマ： 惑星表層から深部に至る環境下での物質の性質と変化に関する実験的研究
- 研究内容：
  1. 地球・惑星内部の構造と進化  
地球型惑星の深部は珪酸塩鉱物や酸化物、また金属を主とする物質で構成されており、木星や土星は水素やヘリウムが主成分の惑星である。また、氷を主成分とする惑星や衛星もある。これらの物質の惑星内部に相当する高温高压力下での構造や物性、反応関係を調べて、惑星内部における構造やダイナミクスを解明する。また、惑星形成時から未来に至る進化過程についても、静的・動的の高压実験を行って研究する。
  2. 極限環境の実現と各種測定法の開発  
地球惑星深部条件を安定に実現する為の静的・動的の高温高压発生の基礎技術、またその条件下における放射光その場観察実験（X線回折、イメージング、X線吸収測定など）、光学分光測定、電気・磁氣的測定等の各種測定法の開発を行う。ダイヤモンドアンビルセルや高压プレスを用いた静的圧縮実験の他、レーザー誘起衝撃波を使った動的の高温高压発生も用いる。
  3. フラストレート系、ランダム系相転移の研究  
物質は温度、圧力、外場などの変化により相転移を起こし、多彩な性質を示す。系の最適化条件に競合（フラストレーション）がある場合、従来とは異なった新しい熱力学的状態や相（カイラリティの秩序化など）の出現が期待されており、これらの現象の有力な候補と考えられる物質群（フラストレート、ランダム磁性体）の精密電気磁気測定、新規秩序相の探索とその性質の研究を行う。
- 研究施設、設備： レーザー加熱型ダイヤモンドアンビル、各種 X 線回折装置、ラマン散乱測定装置、各種低温装置、高周波スパッター装置、微細加工装置、試料合成用雰囲気炉、弾性波速度測定装置、レーザー科学研究所 激光 XII 号レーザー装置
- 研究協力： 東京大学、東北大学、千葉工業大学、愛媛大学、岡山大学、京都大学、名古屋大学、九州大学、広島大学、SPring-8 大型放射光施設、高エネルギー加速器研究機構、物質・材料研究機構、日本原子力研究開発機構など
- ホームページ： <http://anvil.ess.sci.osaka-u.ac.jp/index.html>
- 連絡先： 近藤忠 TEL: 06-6850-5793, e-mail:tdskondo@ess.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.20 B2/宇宙地球科学専攻 寺田グループ (惑星科学)

- スタッフ： 寺田健太郎 (教授)、植田千秋 (准教授)、山中千博 (准教授)、横田勝一郎 (准教授)、福田航平 (兼任助教)
- 研究分野： 宇宙地球化学、同位体惑星科学、太陽系年代学、地球物性物理学
- 研究目的：  
太陽系物質 (アポロ月試料、はやぶさ試料、各種隕石など) の同位体比測定、惑星間プラズマの観測、物性測定等を通して、太陽系の起源と進化、ならびに現在の惑星表層環境の素過程について明らかにする。
- 研究テーマ：  
太陽系を構成する元素の起源、太陽系の初期形成史、地球型惑星の物理化学的進化、惑星表層環境や惑星間環境の素過程の解明とそのため分析手法の開発、など。
- 研究内容：
  1. 同位体をトレーサーにした太陽系初期形成史・地球型惑星の進化の探求  
元素合成環境の物質科学的考察、地球型惑星/隕石母天体の年代史の解明
  2. 自然界における固体粒子に関する磁性物理研究  
星間ダスト、惑星始源物質を構成する反磁性体、常磁性体の磁気特性の研究
  3. レーザー分光・電磁気現象を用いた惑星環境計測  
宇宙用レーザー同位体分析装置開発、惑星・生命物質の電磁場特性、巨大地震前の電離層電子密度 (TEC) 異常現象の解明、ルミネッセンス年代測定の物理過程研究
  4. 粒子計測/質量分析による月惑星周辺環境の研究  
宇宙機・飛翔体搭載用粒子検出器の開発、月惑星起源粒子の観測的研究
  5. 次世代分析手法の開発と宇宙地球科学分野への実用化  
次世代質量分析装置の開発、素粒子 Muon を用いた 3次元非破壊分析手法の開発など
- 研究施設、設備：  
SIMS 2台、振動磁力計 1台、室内型  $\mu$ G 実験装置、ESR 分光装置 (パルス)、FTIR、原子間力顕微鏡、SEM-EDS、各種レーザーなど。
- 研究協力：  
東京大学大気海洋研、広島大学、大阪府立大学、名古屋大学宇宙地球環境研、JAXA 宇宙科学研究所、国立極地研究所、高崎量子応用研究所、レーザー技術総合研究所、分子科学研究所、国立天文台、トヨタコンポ研、オープン大学 (英国)、ミュンスター惑星学研究所 (独国)、韓国基礎科学研究所、韓国極地研究所、株式会社タクマ、ウィスコンシン大学と共
- ホームページ：<http://planet.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先： 寺田 健太郎 E-mail: [terada@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:terada@ess.sci.osaka-u.ac.jp)



## 7.21 B2/宇宙地球科学専攻 佐々木グループ (惑星物質学)

- スタッフ： 佐々木 晶 (教授)、大高 理 (准教授)、佐伯 和人 (准教授)、木村 淳 (助教)
- 研究分野： 惑星物質科学、地球物質科学、惑星地質学物理学、太陽系探査
- 研究目的： 我々の住む地球や月惑星などの太陽系天体は、様々な表面と内部の構造を持つ。これには天体の熱進化にともなう物質の分化が大きな役割を果たしている。探査機および地上からの観測、シミュレーション、実験などを用いて、多様な現在の地球惑星の姿を明らかにするとともに、その形成・進化に関する情報を解読して、物理過程を明らかにする。
- 研究テーマ： 地球・惑星・衛星・小天体など太陽系天体の進化を、理論・実験・観測的手法や探査機等のデータ解析から調べる。
- 研究内容：
  1. 固体天体 (地球、月、火星、小惑星、氷天体など) の形成・進化過程  
微惑星が集積してできた原始天体が核・マントル・地殻等へ分化する過程を解明するために、隕石や地球の岩石の化学組成分析や組織解析、現象再現実験を手がかりに天体形成・進化モデルを組み立てる。「かぐや」「はやぶさ1・2」等の太陽系探査機は、様々な観測により天体の形成進化の理解に重要な知見を生み出している。表面の分光データや測地重力データから、月惑星や小惑星、氷天体の内部構造や進化のモデルを組み立てる。
  2. 地球深部物質の相転移と物性  
主に放射光を用いたその場観察実験によって超高压下での固体や液体の構造と物性を調べ、地球内部の進化過程やダイナミクスの解明を目指す。また、ダイヤモンド/SiC 複合アンビルなど高压実験のための装置開発を行う。
  3. 惑星探査に向けた装置および画像解析法の開発  
月観測を目的とした画像分光望遠鏡、3次元構造とその時間発展(4次元構造)や天体表面画像などについての画像解析法、そして宇宙風化模擬実験装置などの開発を行う。また、火星衛星探査計画「MMX」、月着陸探査計画「SLIM」、木星系探査計画「JUICE」などの探査機搭載センサーの開発や運用の研究を行う。
  4. 地球・惑星表層の動的地学現象や組成の調査  
地球における火山現象や火成活動、氷天体表面の様々な模様を作り出す地質現象などを、実験や数値シミュレーションなどを用いて探る。また望遠鏡観測を用いて、天体表面や希薄大気の組成分析や火成活動のモニタリングなども行う。
  5. 宇宙ダスト計測とダスト加速器  
水星探査機「BepiColombo」、火星衛星探査機「MMX」搭載のダスト計測器によって宇宙ダストの起源と進化を明らかにする。また、ダスト計測器校正実験に必要なダスト加速器の開発を行う。
- 研究施設、設備： 無機合成装置 (常圧ガス混合炉など)、超高压発生装置、画像分光撮影装置、X線回折装置、AFM、 $\gamma$ 線検出器、静電ダスト加速器、宇宙風化作用シミュレータ、紫外可視近赤外拡散反射測定装置、並列計算機
- 研究協力： SPring-8、KEK、JAXA、国立天文台、NASA、DLR (ドイツ航空宇宙センター)、ESRF、AIST、NICT、JAMSTEC、J-PARC、国立極地研究所、大阪大学産業科学研究所、大阪大学核物理研究センター、北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学地球生命研究所、京都大学、神戸大学 CPS、千葉工業大学惑星探査センター、ブラウン大学
- ホームページ： <http://www.astroboy-jp.com>
- 連絡先： 佐々木 晶 Tel: 06-6850-5800 / e-mail: [sasakisho@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:sasakisho@ess.sci.osaka-u.ac.jp)

## 7.22 B2/宇宙地球科学専攻 桂木グループ (ソフトマター地球惑星科学)

- スタッフ : 桂木 洋光 (教授)、久富 修 (准教授)、桂 誠 (助教)、山本 憲 (助教)
- 研究分野 : ソフトマター地球惑星科学、粉体物理、生物物理学、物理計測学、流体力学
- 研究目的 :

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を目指す。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現象の解明にソフトマター科学や流体力学などの手法を基軸として取り組む。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する。
- 研究テーマ :

地球惑星および生命現象の物理化学的理解とその素過程の解明。粉体物理、生物物理、流体現象などを対象とした実験研究 (計測技術開発を含む)、数値解析等。
- 研究内容 :
  1. 粉体を中心としたソフトマター物理とその地球惑星科学的応用 [桂木]

地球惑星表層環境で生じる地形形成現象や生物生態に関わるソフトマター物理。衝突・振動・流動・回転などの機構を用いた粉体物理実験・モデル構築。微粒子ダストの物理学とその惑星形成や小天体形状への応用。装置開発や可視化技術、解析手法の開発にも取り組む。
  2. 生命現象と生体分子の物理学的解析 [久富]

様々な環境に生息する生物が示す生命現象の物理学的手法による解析。特に、光エネルギー変換や情報伝達の機構の解明や生物種による性質の違いなどについて。様々な生命現象を解明するための分子装置の開発など。
  3. 混相系の力学特性を測定する方法と装置の開発 [桂]

固体 (粒状物質)、液体、気体 (泡) などが混ざった混相系の力学特性を高精度に測定する方法やそれを実現する為の装置を開発し、ソフトマター地球惑星物理への応用を目指す。
  4. 流体やソフトマターが関係する自然現象の物理学 [山本]

海面上の泡や底なし沼などの自然現象に関わるソフトマター物理。界面や粒子を含む流体内部の流れの可視化・計測実験、モデル構築。界面動力学を応用したマイクロプラスチック回収手法の開発。
- 研究施設、設備 :

万能試験機、高速度カメラ、振動試験機、衝突装置、光散乱解析装置、水晶振動子微小天秤、DNA シーケンサー等
- 研究協力 :

東京理科大学、名古屋大学、沖縄科学術大学院大学、ナバラ大学 (スペイン)、マウントホリヨーク大学 (米国)、ペンシルバニア大学 (米国)、ブラウンシュバイク工科大学 (独国)、IIT グワハティ (インド)、ベネメリタ大学 (メキシコ)、リール大学 (フランス) と共同研究等の連携
- ホームページ : <http://life.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先 :

桂木 洋光 Tel: 06-6850-5799 / E-mail: [katsuragi@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:katsuragi@ess.sci.osaka-u.ac.jp) 理学部 F 棟 F226

## 7.23 C1/物理学専攻 素粒子理論1〔兼村〕グループ

### ■ スタッフ :

兼村晋哉 (教授)、佐藤亮介 (准教授)、柳生慶 (助教)

### ■ 準スタッフ :

片寄泰佑 (特任研究員)、Tanmoy MONDAL (外国人特別研究員)

### ■ 研究分野 :

素粒子物理学、特に素粒子論的宇宙論、素粒子現象論

### ■ 研究目的 :

現代の素粒子物理学が抱える諸問題を解決し、テラスケールからプランクスケールに至る物理現象を統一的に記述する新理論を探究する。理論的考察と実験からのインプットを用いて実証的に研究することにより、宇宙をより根本的なレベルで理解することを目指す。

### ■ 研究テーマ :

素粒子物理や宇宙物理の様々な未解決問題を説明できる新物理の理論を構築する。それらの理論を様々な高エネルギー実験や宇宙実験で検証する為の現象論的研究を実施する。2012年に発見されたヒッグス粒子の性質を手がかりに、電弱対称性の自発的破れの機構と、その背後にある新物理を理論的に探る。さらに2016年の重力波の直接検出を受けて、重力波による素粒子理論の検証可能性を研究する。

### ■ 研究内容 :

#### 1. 初期宇宙の真空構造とヒッグス物理、新しい統一理論

電弱対称性の自発的破れの力学的要因、背後に潜む新物理学のパラダイムを探究するための理論的研究 (新しい物理モデルの構築に関する研究)

#### 2. 標準理論を超えた諸問題

ニュートリノ微小質量問題、宇宙暗黒物質問題、宇宙バリオン数非対称問題、宇宙インフレーション問題などの未解決問題を説明する新機構、新モデルに関する理論的研究

#### 3. 素粒子現象論

様々な新物理のモデルを、欧州のLHCや計画中の国際リニアコライダー等の高エネルギー加速器実験や各種宇宙線実験等で検証する為の理論的研究

#### 4. 重力波物理学

宇宙初期に発生した重力波や原子ブラックホールを用いて、様々な素粒子・宇宙の理論やモデルを検証する為の理論的研究

### ■ 研究協力 :

素粒子理論2 (大野木) グループ、素粒子理論3 (西岡) グループと一体となり研究活動する。毎週セミナーを開催、他大学や研究所の理論グループとも積極的な交流を行う。

### ■ ホームページ : <http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先 :

兼村晋哉 06-6850-5340 /kanemu@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.24 C1/物理学専攻 素粒子理論2〔大野木〕グループ

### ■ スタッフ :

大野木 哲也 (教授)、田中 実 (助教)、深谷 英則 (助教)、高杉 英一 (招へい教授)、細谷 裕 (招へい教授)

### ■ 研究分野 :

素粒子物理学、対称性とダイナミクス、格子ゲージ理論

### ■ 研究目的 :

ゲージ理論にもとづいた素粒子の基礎理論を研究する。標準理論で説明できない現象や、現象の背後に隠されたダイナミクスや対称性の破れに着目し、新しい時代の素粒子の基礎理論の確立を目指す。

### ■ 研究テーマ :

1. 格子ゲージ理論とその応用
2. フレーバー構造と CP 対称性の破れ

### ■ 研究内容 :

#### 1. 格子ゲージ理論とその応用

格子ゲージ理論は離散化された格子上で場の理論を定義する手法である。これを QCD に適用し、クォーク閉じ込めやカイラル対称性の自発的破れを第一原理計算により導くことができる。特に近年発見されたカイラル対称性を厳密に保つフェルミオン作用を用いて、素粒子のフレーバー構造の研究や QCD の有限温度相転移などの現象の予言をめざす。

格子ゲージ理論で開発された非摂動繰り込みや Gradient Flow などの手法を用いて、場の理論の繰り込み群やカイラルゲージ理論の定式化など新しい場の理論に対する理論的研究も行っている。

また、近年はトポロジカル絶縁体と格子ゲージ理論におけるカイラルフェルミオンの定式化である Domain-wall の理論的等価性が注目を集めている。特に境界のあるトポロジカル絶縁体でのバルクエッジ対応は量子異常の数理とも密接に関係しており、それを出発点に素粒子の新しいモデルの構築、指数定理の再定式化、素粒子・数学・物性分野間の境界領域の開拓を行っている。

#### 2. フレーバー構造と CP 対称性の破れ

フレーバー (世代, ファミリーともいう) 構造は、素粒子物理の大きな謎であり、フレーバー構造に伴う CP の破れは、宇宙の物質生成の鍵でもある。クォークのフレーバー構造とその起源について、スーパー B ファクトリーの物理を中心として研究を行っている。また、レプトンのフレーバー構造に迫るために、高度なレーザー技術を用いた原子物理によるニュートリノの性質の解明を目指し、実験家と協力して研究を推進している。

### ■ 研究協力 :

素粒子理論1 (兼村) グループ、素粒子理論3 (西岡) グループとは共同で研究活動を行っている。毎週、セミナーを開催、他大学や研究所の理論グループとも積極的な交流を行っている。

### ■ ホームページ :

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

### ■ 連絡先 :

大野木哲也: 06-6850-5727 / [onogi@phys.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:onogi@phys.sci.osaka-u.ac.jp)

田中実: 06-6850-5733 / [tanaka@phys.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:tanaka@phys.sci.osaka-u.ac.jp)

深谷英則: 06-6850-5729 / [hfukaya@phys.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:hfukaya@phys.sci.osaka-u.ac.jp)



## 7.25 C1/物理学専攻 素粒子理論3〔西岡〕グループ

### ■ スタッフ :

西岡 辰磨 (教授), 山口 哲 (准教授), 飯塚 則裕 (助教)

### ■ 研究分野 : 場の量子論と超弦理論

### ■ 研究目的 :

この宇宙を造っている究極の物質は何だろう, この宇宙はどうやって始まったのだろう, という素朴な疑問に答えようとするのが素粒子論です. 我々のまわりの運動はニュートンの力学に従っていますが, クォークやレプトン等の素粒子の世界を記述する言葉は, 相対性理論と量子力学を融合した場の量子論と呼ばれる法則です. 場の量子論は, 粒子と波と力を統一した理論であり, 人類がこれまでに到達した最高の力学形式ですが, アインシュタインの重力理論だけは統一されていません. すべてを統一する究極の力学形式として超弦理論が考えられていますが, 未だ完成していません. 私達は場の量子論と超弦理論を研究して, 上の素朴な疑問に答えたいと思っています.

### ■ 研究テーマ : 超弦理論, 場の量子論, 量子重力など

### ■ 研究内容 :

1. 超弦理論 : 超弦理論は, 重力の量子論として非常に有望な理論です. 超弦理論は通常, 10次元時空といった高次元で定式化されるので, 現実世界の4次元時空との関係, 特に丸まっている残り6次元の数学的構造や, 弦に加えて膜のような物体(ブレン)の構造などを調べて, 理解を進めています.
2. 場の量子論 : 素粒子の標準模型の根幹を成すゲージ理論の構造を調べることは, 広い立場から素粒子の記述の方法を知ることにつながります. 超対称性や共形対称性がある場合, そして様々な時空次元の場合を調べることで, 弦理論や素粒子論への応用等が拓けます. また近年は AdS/CFT 対応にみられる, 量子重力理論との等価性(ホログラフィー原理)や, 量子エンタングルメントに代表される量子情報理論的側面の研究を通して, 場の量子論の非摂動的な理解に飛躍的な進展がおこっています.
3. 量子重力 : ブラックホールは古典的にはものを吸い込むだけですが, 量子論を考慮すると蒸発します. そのような状況では量子重力の効果が劇的に重要になります. ブラックホールの量子論について深く理解することは, 時空の特異点について深く理解する事にもつながります. 近年, ゲージ重力対応で量子論的に時空自身を扱う事が可能になってきました. これらの研究を通じて, 時空自身の本質にせまる研究を進めています.
4. 一般相対論・宇宙論 : 一般相対論は, 我々の住んでいる空間や時間自体のダイナミクスを扱う理論です. ブラックホールは, 一般相対論の最も重要な研究対象の一つであり, 最近観測された重力波もその存在を強く示唆する一方で, 最近では高次元時空の理解も進みつつあります. 宇宙論と超弦理論のアイデアを融合させた, 高次元宇宙論や量子宇宙論の研究を通して, 宇宙の起源を明らかにしようとしています.

### ■ 研究協力 : 素粒子理論1(兼村)グループ, 素粒子理論2(大野木)グループとは共同で研究活動を行っています. 毎週一回, セミナーとジャーナルクラブ(文献紹介)を行っています. また, 月一回程度, 近隣の大学といっしょにセミナーを開催しています.

### ■ ホームページ : <http://www-het.phys.sci.osaka-u.ac.jp/>

### ■ 連絡先 :

西岡 辰磨 Tel: 06-6850-5731 / email: nishioka@het.phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.26 C1/物理学専攻 原子核理論グループ

- スタッフ： 浅川 正之 (教授)、北澤 正清 (助教)、赤松 幸尚 (助教)
- 研究分野： 強い相互作用をするハドロンおよびクォーク・グルーオン多体系の理論
- 研究目的：

ハドロン多体系である原子核は、エネルギーが低エネルギーから高エネルギーに移るに従い、この系のダイナミクスを規定する自由度は核子、中間子、バリオン励起、そしてクォーク・グルーオンへと姿を変える。これらの各段階での相互作用、反応、構造、物性の理論構築が我々の研究目的である。
- 研究テーマ：

有限温度・密度における QCD 相転移、超高温における物質の存在形態と考えられているクォーク・グルーオン・プラズマおよび超高密度における物質の存在形態と考えられているカラー超伝導相の物性の研究等を通して、強い相互作用をする多体系の諸性質および反応機構の解明などを目指している。
- 研究内容：
  1. クォーク・グルーオン・プラズマと高エネルギー原子核衝突  
宇宙初期のような超高温状態における物質の存在形態と考えられるクォーク・グルーオン・プラズマの物性と、地上における高エネルギー原子核衝突におけるクォーク・グルーオン・プラズマの生成と相転移メカニズムの解明。
  2. 高エネルギー原子核衝突における物性  
高エネルギー原子核衝突における臨界現象と保存量揺らぎなどの実験的観測量との関係の研究。
  3. カラー超伝導相への相転移  
高バリオン密度におけるカラー超伝導相への相転移と、カラー超伝導相における不安定性および相の共存の解明。
  4. 量子色力学の第一原理計算  
格子ゲージ理論を用いた、量子色力学系の第一原理計算による理解。
  5. 量子開放系の物理  
クォーク・グルーオン・プラズマ中のチャーモニウムなどの量子開放系の立場からの理解。
- 研究施設、設備：

膨大な数値計算を行なう必要から、各所のベクトルあるいは並列スーパーコンピューター (大阪大学サイバーメディアセンター、筑波大学計算科学研究センター、高エネルギー加速器研究機構、ECT\* など) を使用する。
- 研究協力：

理化学研究所、ブルックヘブン国立研究所 (USA)、デューク大学 (USA)、ストーニーブルック大学 (USA)、ノースカロライナ州立大学 (USA)、ウェイン州立大学 (USA)、スタバンゲル大学 (ノルウェー)、SUBATECH (フランス)、北京大学 (中国) の研究者と共同研究を行っている。
- ホームページ：<http://www-nuclth.phys.sci.osaka-u.ac.jp>
- 連絡先：

浅川 正之 Tel:06-6850-5344 / email: yuki@phys.sci.osaka-u.ac.jp

## 7.27 C1/宇宙地球科学専攻 長峯グループ (宇宙進化学)

- スタッフ： 長峯 健太郎 (教授)、井上芳幸 (准教授)、高棹 真介 (助教)  
Isaac SHLOSMAN (国際共同研究促進プログラム 招へい教授)  
Luca BAIOTTI (兼任准教授)
- 研究分野： 宇宙物理学理論 (宇宙物理学・宇宙論・天体形成・相対論)
- 研究目的： 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、常に新たな宇宙像が切り拓かれている。本グループでは、観測データにも注意を払いながら、宇宙の進化や様々な天体現象を研究している。宇宙は基礎物理学の検証の場にもなり、幅広いテーマの研究を通じて、視野の広い研究者養成を行う。
- 研究テーマ： 誕生以来 138 億年にわたり進化を続けてきた宇宙の理論的研究。銀河や大規模構造の形成から宇宙の歴史を探求する宇宙論的構造形成、地上では再現できない高エネルギー天体現象、太陽・恒星の物理、原始惑星系円盤と星形成、中性子星やブラックホールといった極限天体、時空のゆがみである重力波など、幅広いテーマの研究を行っている。
- 研究内容：
  1. 宇宙の構造形成：初期宇宙における微小な密度ゆらぎの成長から始まり、現在の銀河や大規模構造が形成されるまで、宇宙の構造形成の歴史を理論的視点から研究する。例えばダークマターとガスの相互作用、銀河団等の環境依存性、超新星フィードバック、巨大ブラックホールと銀河の共進化など、様々なスケールにおける物理過程を理論計算や数値シミュレーションを用いて解明する。
  2. 高エネルギー宇宙物理学：宇宙における高エネルギー現象を理論・観測を連携しながら解明する。例えば、ブラックホールや中性子星といったコンパクト天体、相対論的ジェット、星形成銀河、宇宙背景放射などが研究対象である。
  3. 太陽・恒星物理：太陽は最も身近な恒星であり、多様な宇宙プラズマ現象の宝庫である。観測・理論・シミュレーションを目的に応じて使い分け、太陽研究を通じて宇宙の普遍的なプラズマ物理を明らかにする。また太陽の理解を他の恒星にも応用して恒星の一般的な法則を導き出す。
  4. 星・惑星形成：星や惑星の形成過程は流体・重力・磁場・輻射・化学反応などの多様な物理が絡み合う複雑な過程である。最新の観測や太陽・恒星物理と協調しつつ、シミュレーションを用いて可能な限り第一原理的な立場からその形成過程を解き明かす。
  5. 相対論と重力波天文学：強い重力場の時間変動に伴う重力波放出や、中性子星連星の合体の相対論的数値計算を、EinsteinToolkit, WHISKY コードを用いて行っている。
- 研究施設、設備： 研究室所有の多数のワークステーションや並列計算機群がある。国立天文台や大阪大学のスーパーコンピューター等も利用している。
- 研究協力： 全国および海外の理論・観測の研究者との共同研究を活発に行っている。
- ホームページ： <http://astro-osaka.jp/>
- 連絡先： 長峯健太郎 Tel: 06-6850-5481 / email: kn@astro-osaka.jp

## 7.28 C1/物理学専攻 クォーク核理論グループ (核物理研究センター)

- スタッフ：  
保坂 淳 (教授)、石井 理修 (准教授)、緒方 一介 (特任教授)、永廣 秀子 (特任准教授)、土居 孝寛 (特任助教)
- 研究分野：  
原子核物理、ハドロン物理を中心に、関連する素粒子・宇宙関連分野の理論的研究
- 研究目的：  
ミクロな世界「原子核・素粒子」の研究と、それに基づいたマクロな世界「天体・宇宙」の理解
- 研究テーマ：  
原子核物理の理論的研究・ハドロン物理の理論的研究・原子核物理と素粒子物理の境界領域の研究
- 研究内容：
  1. 量子色力学 (QCD) の理論と数値計算、および実験データに基づいた、ハドロンの構造と相互作用に関する理論研究
  2. QCD に基づく核反応論を用いた核子多体系の束縛・共鳴・分解状態の研究
  3. 宇宙元素合成反応の描述および長寿命核廃棄物処理 (核変換) の基礎研究
  4. スーパーコンピュータ (富岳コンピュータを含む) によるハドロン、原子核研究
  5. 上記のいずれも、国内外の大型加速器実験装置で行われる実験研究と密接に関連して行っています。
- 研究施設、設備：
  1. 全国共同利用拠点である核物理研究センターにある理論の活動と、日常的な実験家との議論の場
  2. スーパーコンピュータ (ベクトル型、パラレル型、CPU, GPU など)
  3. 多数の国内外研究者との共同研究
- 研究協力：  
全国共同利用拠点の研究センターであることで、多くの研究者との共同研究が可能である。さらに海外からの研究者も長期滞在し、共同研究が進められている。
- ホームページ：  
<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/np2/index.html>
- 連絡先：  
保坂 Tel 06-6879-8946 e-mail [hosaka@rcnp.osaka-u.ac.jp](mailto:hosaka@rcnp.osaka-u.ac.jp)

## 7.29 C2/物理学専攻 黒木グループ

- スタッフ： 黒木 和彦（教授）、キース・スレヴィン（准教授）、越智正之（准教授）、金子竜也（助教）
- 研究分野： 物性理論
- 研究目的： 凝縮系の性質を電子論に基づき微視的立場から明らかにし、新しい物理概念の構築や新しい分野の開拓、計算手法の開発を行なう。
- 研究テーマ： 物性理論に関連するテーマ
- 研究内容：
  1. 電子相関に起因する新規物性に関する研究
    - 高温超伝導の微視的観点からの理解
    - 電子相関起源による新規高温超伝導の理論的提案
    - 強相関電子系における物質機能の解析
    - 強相関電子系のための新しい第一原理計算手法の開発
  2. 相関電子系における非平衡現象、非線形効果
    - 光誘起による非平衡系・相転移・非従来型超伝導
    - 非線形光学応答
  3. 熱電効果の最適化に関する研究
    - 熱電物質の性能向上指針の探索
    - 大きな熱電特性を示す新物質の理論的提案
    - ゼーベック効果における電子相関効果に関する研究
  4. 不規則系の電子構造と輸送現象、特にアンダーソン局在と関連現象の数値シミュレーション
    - アンダーソン転移の臨界現象に関する有限サイズスケーリングの研究
    - 整数量子ホール効果でのプラトー転移に関する有限サイズスケーリングの研究
    - 不規則系、特にアンダーソン転移付近における近藤効果の数値的研究
- 研究施設、設備： ワークステーション・クラスター。それ以外に共同利用計算機施設（物性研等）の大型計算機を利用。
- ホームページ： <http://ann.phys.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先： Tel: 06-6850-5738 / email: kuroki@phys.sci.osaka-u.ac.jp

### 7.30 C2/物理学専攻 小川グループ

- スタッフ： 小川 哲生（教授），大橋 琢磨（助教）
- 研究分野： 物性理論，非平衡量子物理学，量子力学基礎論
- 研究目的： 単純な構成要素の巨視的集合体が示す量子力学的な振る舞いについて研究する。特に，非平衡多電子系の動的非線形応答・時空間発展現象および観測過程による量子状態制御について，微視的立場と現象論的立場の双方から理解し予測することを目標とする。
- 研究テーマ： 開放系の量子力学・非平衡統計力学・量子光学
- 研究内容： 「非線形性・非平衡性」と「時空間変化」とが関連する多体系の量子物性物理学が関心の中心である。基底状態のみならず励起状態をも考察するため，量子ダイナミクスや緩和・散逸の問題にも関わることになる。見方を変えて言うと，フェルミオン場（電子系，電子-正孔系など）とボゾン場（光子場，フォノン場，励起子系，熱浴など）とが結合・相互作用している系を対象とし，これら2つの量子統計性の異なる系間の競合・協調，コヒーレンス・デコヒーレンスなどが巨視的効果として現れる量子現象に着目する。量子力学における観測過程と量子状態制御にも関心がある。
  - 量子多体系の線形・非線形光学応答理論
  - 量子力学における観測過程と量子状態制御
  - 非平衡開放系の量子シミュレーション理論
  - 非平衡複合系における量子凝縮現象のマクロ量子論の建設
  - 非平衡定常状態の熱力学の建設
  - 光誘起相転移の非平衡ダイナミクス
  - 超強結合系の非線形光学応答理論とレーザー理論
  - 限界光駆動系の量子物性と動的非平衡理論
  - 電子-正孔-光子系の量子凝縮と量子レーザー理論
  - 電子-正孔系での量子緩和ダイナミクス，オージェ過程，気液相分離
  - 電子-正孔輸送と励起子輸送の量子論
- 研究施設、設備： 紙とペンと頭を利用。自分の頭を自分で使うこと。研究室の基本精神は、「自律」，「能動」，「挑戦」，「自己管理」。ワークステーションやクラスター計算機も用いてよい。黒木グループ，越野グループ，菊池グループ（サイバーメディアセンター），波多野グループ（宇宙地球科学専攻），浅野グループ（全学教育推進機構）と協力体制をとっている。
- ホームページ： <http://www.acty.phys.sci.osaka-u.ac.jp/~ogawa/cover.html>
- 連絡先： Tel: 06-6850-5350 / email: ogawa@acty.phys.sci.osaka-u.ac.jp

### 7.31 C2/物理学専攻 浅野グループ (全学教育推進機構)

- スタッフ： 浅野建一 (教授)
- 研究分野： 物性理論
- 研究目的： 主に半導体低次元構造に現れる多体効果を、特に光学応答等の動的な性質に注目して、量子力学と統計力学に基づき理論的に解明する。
- 研究テーマ： 光物性・半導体物性・多体問題・非平衡統計力学・非線形光学
- 研究内容： 当グループでは三つのキーワード：

- 半導体：特に微細構造やグラフェンで実現される低次元系や、それらに強磁場を印加することで実現される量子ホール系
- 多体効果：特に電子間に働く長距離クーロン相互作用の効果
- 動的応答：基底状態だけでなく励起状態まで絡む物理現象。特に光学応答のスペクトル

のいずれか (または複数) が関わる現象を扱っている。

上記のキーワードが絡む問題には研究領域を限定せずに幅広く取り組んでおり、物性物理学の複数領域に跨る問題に取り組むことも珍しくない。一例としては、電子正孔系の研究を挙げることができる。半導体に光を当てると、価電子帯から伝導帯へ電子が励起され、伝導帯に励起された電子 (単に電子と呼ぶ) と、価電子帯に残った電子の抜け穴 (正孔) ができ、それらはそれぞれ正・負の電荷を持つ粒子として振る舞う。強い励起光を用いれば、巨視的な数の電子と正孔が擬似的な熱平衡状態に達した系を実現できるが、この系は物性物理学の究極の研究対象と言える。何故なら、あらゆる物質は巨視的な数の負電荷と正電荷を持つ粒子 (電子と原子核) から構成されており、この系はそれを簡約化したものとみなせるからである。実際、この系の相図は「物性物理学の縮図」と言ってよいほど豊かなものになる。

以下に、これまで行ってきた主要な研究テーマを列挙する。

1. 電子正孔系における Mott 転移・クロスオーバー
  2. 電子正孔対の量子凝縮相・励起子絶縁体
  3. 電子正孔系における Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov 状態
  4. 低次元半導体における励起子分子・荷電励起子・ポリ励起子
  5. 励起子系の有効ボゾン理論
  6. Dirac 電子系の設計
  7. 低次元電子系・Dirac 電子系の光学応答
  8. 強磁場下グラフェンのサイクロトロン共鳴
  9. 電子正孔系と多軌道 Hubbard モデルの物理の関係性
  10. 籠目格子 Hubbard モデルの金属絶縁体転移と valence-bond 形成
  11. 巨視的な量子系における揺動散逸定理の破れ
  12. 量子力学と熱力学が与える感受率の間の関係
- 研究施設、設備： ワークステーション。必要に応じて共同利用計算機施設を利用。
  - 研究協力： 他の C2 コースの研究グループと協力体制をとっている。東京大学清水研究室や堀田研究室との共同研究が進行中である。
  - ホームページ： <http://www.wacty.phys.sci.osaka-u.ac.jp/~asano>
  - 連絡先： Tel: 06-6850-6955 email: asano.kenichi.celas@osaka-u.ac.jp

## 7.32 C2/物理学専攻 越野グループ

- スタッフ： 越野 幹人（教授）、川上 拓人（助教）
- 研究分野： 物性理論
- 研究目的： 2次元原子層物質、トポロジカル物質やナノカーボン系などの新しい物質を対象として、その物理的な性質を量子力学的手法で解明し、新たな物性・機能を提案する。
- 研究テーマ： これら新奇物質における電子状態計算、量子輸送現象（電気伝導、量子ホール効果）、光学応答、磁場応答、スピン伝導の理論解析。
- 研究内容：
  1. 2次元原子層物質の研究

世の中には薄さが1nm以下という「2次元物質」が存在する。例えばグラフェンは炭素原子1層だけからなる物質であり、最初に発見された2次元物質である。近年になって半導体や超伝導体など様々な物質からも2次元物質が作成され、一つの新しい分野を形成している。2次元物質は母体となる3次元物質とは大きく異なる性質を持つことが多い。たとえば1層のグラフェンは元のグラファイトとは異なり、「質量ゼロの相対論的粒子」と呼ばれる異常な電子が現れる。また1層にすることで、光らない半導体が光る半導体になったり、また超伝導体では転移温度が何倍にも上がることもある。また2次元物質には組み合わせの自由度が存在する。2枚を重ねるだけで、原子スケールより遥かに大きな超格子構造や、また明確な周期を持たない準結晶と呼ばれるものも実現できる。これら2次元物質を舞台とする電子物性の理論解析を行い、今までになかった性質や機能を追究する。
  2. トポロジカル物質に関する研究

トポロジーという言葉は物質科学とは相容れないように思えるが、最近になってトポロジーがキーワードとなる物質が数多く発見されている。例えば代表的トポロジカル物質の一つであるワイル半金属では、バンド構造における価電子帯と伝導帯が波数空間上の点で接し、その接点がトポロジーによって保護されている。互いに絡んだ紐があるとき紐を切らない限り絡みは解消されないように、外部的な擾乱があっても接点が強固に残り続けるのである。接点の周りのバンド構造は「質量ゼロの相対論的粒子」の近似される。これはグラフェンでも出てきた言葉であるが、グラフェンもまた（2次元の）トポロジカル物質の一つといえる。非自明なトポロジーを持つ物質は物質表面に局在した表面状態がセットで現れる。表面状態もまたトポロジーに保護された性質であり、電気伝導や磁気応答といったさまざまな物性に非自明な性質を与えると予想され、その本格的な物性探索が必要となっている。
- 研究施設、設備： 問題の種類や計算規模に応じて、手計算、パソコン、数値計算用のコンピュータクラスタを用いる。
- 研究協力： コロンビア大学（米国）、ハーバード大学（米国）、MIT（米国）、韓国高等科学院（韓国）、ニューヨーク大学上海（中国）の実験・理論グループと緊密な共同研究を行っている。
- ホームページ： <http://qp.phys.sci.osaka-u.ac.jp/index-j.html>
- 連絡先： email: [koshino@phys.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:koshino@phys.sci.osaka-u.ac.jp)



### 7.33 C2/宇宙地球科学専攻 波多野グループ (理論物質学)

■ スタッフ： 波多野 恭弘 (教授)、湯川 諭 (准教授)、青山 和司 (助教)

■ 研究分野：

統計物理学、非平衡物理学、地球惑星表層物理学、物性理論

■ 研究目的：

多様な物質の非線形ダイナミクスとその背後にある普遍性を「多体相互作用系の協力現象」という観点から探求する。主に統計物理学的な手法と考え方に基づいて、地球惑星科学との学際領域を積極的に開拓する。

■ 研究テーマ：

相互作用する多体系における非平衡現象と協同現象：地震（断層の摩擦ダイナミクス）、粉体の力学、フラストレート系の新奇秩序化現象、流れや拡散・相転移などが強く影響しあっている系における非平衡・非線形ダイナミクスなど。研究においては計算機シミュレーションや各種解析的手法を用いている。

■ 研究内容：

1. 宇宙・地球現象を考える際には、異なるスケールの現象をつなぐ論理・理論が必要である。例えば地震は巨大な摩擦現象であるが、実験室で行う岩石の摩擦と何が同じで何が違うのか？ 地球惑星表層での地滑りや山体崩壊を実験室のミニチュアの挙動から理解できるのか？ このような問いに答えるためには、時空スケールを変えた際に現象がどう変わるか、その変換規則を見つけなければいけない。例えば統計力学は、原子分子スケールの性質とマクロな物性をつないでいる。同じことが宇宙地球スケールについてもできるだろうか？
2. 身近なモノの性質に目を向けると、その多様性の起源はどこにあるのだろうか。原子、分子といったミクロな構成要素はもちろんのこと、それらがマクロな数だけ集合し相互作用を及ぼし合うことにより、個々の要素とは著しく異なった性質を示すこともある。特に、相互作用に競合（フラストレーション）がある場合には、系の秩序化や相転移現象に多くの新奇な性質が現れる。磁性体を対象に、フラストレーションが導く特異な秩序状態や異常伝導現象の研究を行っている。
3. 日常目にするマクロな現象の多くは多数の要素からなる集団が示す現象であり、学部で学んだような統計力学が直接適用できる平衡状態ではなく非平衡状態となっていることがほとんどである。そのような現象のなかでも、巨視的なパターンやダイナミクスは非常に多彩で興味深い。このような現象を計算機上に再現したりデータ解析を行うことで、その統計物理学的性質やパターン創発の原理などを研究している。特に、熱伝導のような輸送現象に関連する問題や、破壊、ひび割れのパターン、また群や交通流など従来の物理系に限定されない系についても研究を行っている。

■ 研究施設、設備：

計算サーバ。その他、東京大学物性研などの共同利用の大型計算機施設を利用している。

■ 研究協力：

阪大内や日本国内の物理・地球科学の研究グループをはじめとして、フランスやインドなど海外のグループとも複数の共同研究を行っている。

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

■ 連絡先： 波多野恭弘 e-mail: hatano@ess.sci.osaka-u.ac.jp

### 7.34 C2/物理学専攻 学際計算物理学グループ（菊池グループ）（サイバーメディアセンター）

- スタッフ： 菊池 誠（教授）※2024年3月退職、吉野 元（准教授）
- 研究分野： 統計物理学、生物物理学、計算物理学、情報統計力学、非線形動力学、複雑系
- 研究目的：

我々のグループでは、生命現象や情報処理など学際的なテーマをとりあげ、これら複雑なシステムや巨視的なシステムの理解をすすめることを目的として、統計物理学・非線形動力学の立場から研究している。中でも進化やタンパク質など生物・生命に関連した問題とディープニューラルネットワークに代表される情報統計力学そしてガラス・ジャミング系の問題に特に力をいれている。また、統計力学の基本的な問題である、相転移・臨界現象の研究や自然現象以外への統計力学の応用にもとりくんでいる。
- 研究テーマ：

統計物理学および計算物理学的手法による学際的分野の研究
- 研究内容：

現在は、以下のような話題を統計力学、非線形動力学、計算物理学などの視点から扱っている。

  - 情報統計力学
    1. ディープ・ニューラルネットワークの統計力学
    2. 統計的推定・最適化問題における相転移
  - ガラス・ジャミング系の物理
    1. ソフトマターにおけるガラス・ジャミング転移
    2. スピン系におけるガラス転移
  - 生命現象
    1. 遺伝子制御ネットワークの進化
    2. タンパク質の折れたたみ・デザイン・進化
  - 計算統計物理学の基礎
    1. 臨界現象・相転移
    2. アンサンブル概念の拡張とモンテカルロ法の新技法
- 研究施設、設備：

PC クラスタを構築・運用している。
- ホームページ：<http://www.cp.cmc.osaka-u.ac.jp/>
- 連絡先：

e-mail: [kiclab@cp.cmc.osaka-u.ac.jp](mailto:kiclab@cp.cmc.osaka-u.ac.jp) / Tel:06-6850-6842（菊池研秘書室）

### 7.35 C2/物理学専攻 千徳グループ (レーザー科学研究所)

- スタッフ： 千徳 靖彦 (教授)、岩田 夏弥 (准教授)、佐野 孝好 (助教)
- 研究分野： 高エネルギー密度物理、非平衡輻射プラズマ物理、計算物理学
- 研究目的： レーザーテクノロジーの進歩により、強いレーザー光により恒星内部のような超高圧・高密度 (高エネルギー密度) 状態を作り出すことが可能となった。このような状態で電離しプラズマとなった物質は、荷電粒子と電磁場の多階層的相互作用により様々な集団現象を生み出す。我々のグループでは、高エネルギー密度プラズマのダイナミクスを記述し予測するための理論研究を行なっている。そのため、プラズマシミュレーションコードの開発や物理モデルの構築に取り組んでいる。
- 研究テーマ： 理論・シミュレーションによる非平衡高エネルギー密度プラズマの研究
- 研究内容：
  1. 高エネルギー密度プラズマ物理・非平衡輻射プラズマ物理  
超高強度レーザーを物質に照射することで生成される高密度プラズマ内の物理を探求する。レーザー核融合、相対論的粒子加速、テラヘルツ電磁波源、高輝度 X 線源といったアプリケーションの実現を目的として研究すすめている。また磁場不安定性や無衝突衝撃波中での粒子加速など宇宙物理と関連する現象も研究のテーマである。さまざまな原子過程 (荷電粒子間衝突・イオン化・X 線輻射など) を含めたプラズマシミュレーションコードを開発し、物理モデルの検証を通して基礎理論を体系的に構築する。また、X 線レーザーと物質の相互作用における吸収・加熱過程を解明し、高密度物性及び原子状態に関する研究も行う。
  2. 高エネルギー密度プラズマ物理・非平衡輻射プラズマ物理  
高エネルギー密度プラズマ物理とは、高強度レーザー光により生成された超高圧のプラズマを利用して、強い非平衡下にある極限的な物質状態やその中に現れる集団現象を探求する科学である。強い光との非線形相互作用により生み出されるプラズマ構造や粒子加速・X 線輻射輸送などの現象を研究する。強磁場中下でのプラズマと電磁波の相互作用や無衝突衝撃波による粒子加速など宇宙物理と関連する現象も研究テーマである。レーザー核融合、高エネルギー粒子ビーム源、高輝度 X 線源といったアプリケーションの開発にも貢献する基礎研究として進めている。そのために、シミュレーションコードを開発し理論の検証や実験データの解析を行なっている。
  3. 高強度レーザー実験グループとの共同研究  
理論的研究にとどまることなく、超高強度レーザーを使って実験を行っている研究者と広く共同研究を実施し、シミュレーションコードを活用することで、実験データの理解を深め、新たな物理現象の発見へと寄与する。
- 研究施設、設備： クラスタ計算機。
- 研究協力： 高エネルギー密度プラズマ物理を研究するためにシミュレーションコードを開発し、実験解析などに関して広く国内外の研究者と共同研究をおこなっている。共同研究先としては本学レーザー科学研究所をはじめ、広島大学、光産業創成大学、量子科学技術研究開発機構、ネバダ州立大学リノ校 (米)、ローレンスリバモア国立研究所 (米)、カリフォルニア大学サンディエゴ校 (米)、エコールポリテクニク (フランス)、ボルドー大学 (仏)、ヘルムホルツセントラム・ドレスデン研究所 (独) などが挙げられる。
- ホームページ： <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thr/index.html>
- 連絡先： 千徳 靖彦 Tel: 06-6879-8778, Email: sentoku.yasuhiko.ile@osaka-u.ac.jp



## 8 令和3年度博士前期(修士)課程修了者

### 8.1 博士前期(修士)課程修了者及び論文題目

#### 8.1.1 物理学専攻

枝川 知温 HAN WOO SEOK	無編極ノックアウト反応で生じる核スピンの偏り 電子ドーピング型銅酸化物超伝導体 $\text{Nd}_2\text{CuO}_4$ における過剰頂点酸素に関する理論研究
松本 大輝 岨 篤史	光陰極電子源を用いた共鳴電子エネルギー損失分光法の開発 グラフェン上の転位における電子状態とそれを再現する有効模型の開発
東野 祐太 井口 雅樹	$\mu$ -e 転換過程探索実験 DeeMe に用いられるガスシステムの高度化 二層系 Hubbard 模型における非従来型超伝導に関する研究
岩崎 聖子 岩田 和志	トラッキング型 Ge 検出器を用いたコンプトンカメラの開発 HL-LHC ATLAS 実験ピクセル検出器量産時の X 線を用いたバンプ接続の評価
岩中 章紘 大上 能弘	ホログラフィック QCD による $N(1535) \rightarrow N\pi$ 崩壊過程の研究 $^{33}\text{Mg}$ の $\beta$ 崩壊による中性子過剰核 $^{33}\text{Al}$ の束縛状態と中性子非束縛状態の研究
大谷 優里花	短寿命核 $^{19}\text{O}$ を用いた固体酸化物形燃料電池材料 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 安定化 $\text{ZrO}_2$ 中における酸化物イオン伝導特性の評価
翁長 拓人 奥田 裕貴	$(\alpha, 2\alpha)$ 反応を用いた $\alpha$ 漸近規格化係数の決定 磁性を有する極性金属の開拓と磁気伝導特性の解明
小田 昌治 小渕 稜明	放射光を用いたミディアムエントロピー合金 CrCoNi の局所構造解析 ダークセクターによるレプトン質量生成とその加速器実験での検証
開田 有奏	Color dipole 近似を使ったクォーク・グルーオン・プラズマ中でのクォーク・コニウムの時間発展
片山 和郷	$\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{As}_2$ における電荷ネマティックラマン応答の Cr 置換量依存性
加藤 大志 菊田 朋生	J-PARC KOTO 実験におけるハロー K 中間子による背景事象 定常磁場 ESR 用試料回転プローブの開発と擬一次元イジング型反強磁性体 $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$ の ESR シグナルの角度依存性
木村 祐太	チャーム・バリオン分光実験におけるシンチレーション・ファイバー飛跡検出器の性能評価
河本 京也 坂川 友亮 阪口 駿也 佐々木 壱晟	$30^\circ$ ツイスト積層 $\text{NbSe}_2$ の電子構造の理論的解析 AdS/CFT 対応における線形重力方程式の量子情報の関係式による導出 スピン・バレー結合した極性ディラック金属における磁性元素ドーピング効果 スピン輸送測定を用いたカイラル磁性体 $\text{CrNb}_3\text{S}_6$ 薄膜における磁気ダイナミクスの検出
杉野 雅史 辰巳 凌平	二層膜 $\text{Pt}/\text{MgFe}_2\text{O}_4$ におけるスピン流物性と磁気特性の相関 低屈折率エアロゲルを用いた閾値型のエアロゲル・チェレンコフ粒子識別検出器の性能評価
田中 瑞樹 玉置 弦 峠原 拓弥 中井 飛翔	グラディエントフローによる 3 次元 $O(N)$ スカラー模型の固定点の解析 グラフェンナノリボンのトポロジカル局在状態 ニッケル酸化物超伝導体作製の試み 中性子複合核共鳴による時間反転対称性の破れ探索のための高計数率対応中性子検出器の開発
中尾 舞 中田 響 仲矢 透 西村 由貴 花井 幸太	非従来型超伝導体を用いた量子干渉デバイスの作製と評価 重陽子入射による包括的粒子放出反応の記述 $\text{InSb}/\alpha\text{-Sn}(111)/\text{InSb}(111)\text{B}$ のトポロジカル界面電子状態 ミュオン X 線分析元素マッピング装置の陽子ビームによる評価試験 J-PARC KOTO 実験の上流部門柱型検出器の両側読み出しに向けた研究

林 美里	高強度レーザー生成プラズマでの電子の統計加速とエネルギー分布形成
原 智也	軽いスカラー WIMP 暗黒物質の新モデルとその検証
原田 卓明	$^{48}\text{Ca}$ の $\beta$ 崩壊半減期測定に向けた実験装置の改善
樋口 雄也	COMET Phase- $\alpha$ に向けたレンジカウンターの開発
福留 美樹	$^{16}\text{N}$ アイソマーの中性子剥離・反応断面積と中性子ハロー構造
藤井 健一	ダイヤモンドアンビル型圧力セルを用いたパルス強磁場・高圧力下物性測定装置の開発と強相関電子系物質の強磁場・高圧力下物性測定
藤井 駿人	5 d 電子系 $\text{WO}_2$ におけるスピン流生成
藤原 浩司	表面弾性波照射による $\text{NbSe}_3$ 薄膜の CDW ダイナミクスの変調
堀 惣介	エピタキシャル $\text{SrIrO}_3$ 薄膜を用いた電流-スピン流変換現象
村 勇志	拡張ヒッグスモデルにおける電弱バリオン数生成の理論的研究
村上 勸	エアロミセル化による液体試料直接導入と水マトリックス支援赤外レーザー脱離イオン化を用いた有機物ソフトイオン化質量分析手法の開発
森栄 公佑	半導体量子ドットの二電子スピン全固有状態判別の研究
森川 悦司	$S = 1/2$ スピンラダー物質 $\text{Cu}(\text{DEP})\text{Br}_2$ における磁性の圧力効果
山本 朝陽	$^{48}\text{Ca}$ の $\beta$ 崩壊半減期測定に向けた実験装置の開発とバックグラウンドの評価
吉田 朋美	微量分析に用いる低放射能ゲルマニウム検出器の開発
和田 博貴	高次形式対称性の Yang-Mills 理論への応用
渡邊 康太	ガラス転移における比熱の第一原理計算による研究及びグリセロールへの検証
渡邊 拓海	Hubbard 模型の Seebeck 係数におけるスピン揺らぎの効果に関する研究
渡辺 涼太	重力双対の指標としての非時間順序相関関数の単純な量子力学系での研究
割田 祥	2次元適応度空間を持つ遺伝子制御ネットワークの進化
郭 署旺	レーザー核融合高速点火実験におけるプラズマ電子温度計測器の開発
荘 俊謙	大強度小型サイクロトロンのための高温超伝導 ECR イオン源の開発

### 8.1.2 物理学専攻 国際物理特別コース (IPC)

LUKAS PRIMAHAATVA	Moiré phonon in graphene/hexagonal boron nitride moiré superlattice
ADHITYA KRISNA	
MARIO GONZALEZ	Development of integration tools to test the new ATLAS pixel module prototypes
ALDO TARASCIO	Characterizing transport properties of suspended Al-GaAs/GaAs/AlGaAs quantum well structures for a gate-defined quantum dot embedded in a photonic crystal cavity
TAYLOR CASSIDY	Design and Performance Evaluation of a Low-Mass In-Beam Charged-Particle Detector for the KOTO Experiment at J-PARC
NUNES	
YANZE NIE	可視赤外分光イメージングによる硫化サマリウムにおける光誘起相転移の起源の解明

### 8.1.3 宇宙地球科学専攻

足立 裕美子	Electrosatatic interactions responsible for the stabilization of a protein complex (タンパク質の複合体の安定化に關与する静電的相互作用)
有田 直哉	氷天体内部の高圧氷相境界が氷固相対流のダイナミクスに与える影響
石原 大樹	高強度 LFEX レーザーを用いた無衝突静電衝撃波によるイオン加速
岩垣 恵太	The effect of water on the thermal manurity of carbonaceous materials as a proxy for frictional heat during earthquakes (地震時の摩擦発熱の指標としての炭質物の熱熟成度における水の影響)
植田 晃平	あらせ衛星搭載超高エネルギー電子観測器のエネルギー較正と放射線帯外帯電子の極小値を持ったエネルギースペクトルの観測
門野 創一	若い恒星の自転軸と原始惑星系円盤の回転軸のずれの観測的推定
川上 結生	金属を主成分とする小惑星の宇宙風化作用
倉本 織羽乃	高強度 J-KAREN-P レーザーを用いた無衝突静電衝撃波によるイオン加速
佐野 僚	エウロパの表面構造と氷 Ih 相の成長
澤上 拳明	Circinus 銀河中心核の空間的に広がった鉄輝線放射領域の詳細解析
寺口 遼	Cold Stream による銀河の星形成と角運動量への影響
福田 良太	異方性を制御した CuMn スピングラスの温度-磁場相図
松本 匡能	レーザーポストイオン化 SNMS を用いたアパタイトの Pb-Pb 年代分析法の開発
松本 雄志郎	X 線自由電子レーザー (SACLA) を用いたサブミクロン集合体の X 線小角散乱とイオン計測
丸野 瑞季	wide binary における惑星存在頻度
三浦 巧	小惑星の核-マントルの分離メカニズム
峯田 大靖	中性 Fe-K $\alpha$ 輝線の時間変動解析を用いた Changing-Look AGN の構造の解明
宮本 英	断層内における複合面構造発達の物理的描像の理解に向けた実験的および数値的検証
山崎 祐斗	M 型星を公転する惑星の軌道離心率分布
善本 真梨那	X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器 SXI におけるエネルギーゲイン補正及び応答プロファイルの作成

## 8.2 令和3年度博士前期(修士)課程修了者の進路

	物理学専攻	IPC	宇・地専攻	合計
合計	57名	5名	20名	82名
大阪大学博士後期課程進学(理)	11名	2名	2名	15名
他大学博士後期課程進学	1名	1名	1名	3名
民間企業就職	36名	1名	17名	54名
公務員	2名	0名	0名	2名
私立中学校・高等学校 教員	1名	0名	0名	1名
母国に帰国	2名	1名	0名	3名
その他	4名	0名	0名	4名

### 8.2.1 就職先企業内訳(令和3年度)

#### 物理学専攻

株式会社アイヴィス	1名
株式会社イシダ	1名
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ	1名
株式会社オートマティゴ	1名
株式会社オプテージ	1名
株式会社関電システムズ	1名
キオクシア株式会社	1名
旭光電機株式会社	1名
株式会社ジェイテック	1名
シャープディスプレイテクノロジー株式会社	1名
Sky株式会社	1名
住友電装株式会社	1名
ソニー生命保険株式会社	1名
ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社	1名
東京海上日動火災保険株式会社	1名
株式会社トクヤマ	1名
日本製鉄株式会社	1名
日本モレックス合同会社	1名
ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社	1名
株式会社ハイレックスコーポレーション	1名
日立金属株式会社	1名
株式会社日立製作所	1名
フェニテックセミコンダクター株式会社	1名
富士ソフト株式会社	1名
富士フイルムシステムズ株式会社	1名
古河電気工業株式会社	1名
マイクロンメモリジャパン合同会社	3名
三菱電機株式会社	1名
株式会社三菱UFJ銀行	1名
株式会社村田製作所	1名
明治安田生命保険相互会社	1名
株式会社リガク	1名
ルネサスエレクトロニクス株式会社	1名



パナソニック株式会社 ... 1名

.....

宇宙地球科学専攻

アクセント株式会社 ..... 1名  
株式会社イシダ ..... 1名  
株式会社NTTドコモ ..... 1名  
株式会社サイバーエージェント ..... 1名  
大成建設株式会社 ..... 1名  
大和証券株式会社 ..... 1名  
東急不動産株式会社 ..... 1名  
株式会社トプコン ..... 1名  
日鉄ソリューションズ株式会社 ..... 2名  
株式会社豆蔵 ..... 1名  
三菱重工業株式会社 ..... 1名  
三菱スペース・ソフトウェア株式会社 ... 1名  
三菱電機株式会社 ..... 1名  
株式会社リンカイ ..... 1名  
株式会社リコー ..... 1名  
有限会社愛媛県官報販売所 ..... 1名  
.....

## 9 令和3年度博士後期(博士)課程修了者

### 9.1 博士後期(博士)課程修了者及び論文題目

#### 9.1.1 物理学専攻

- 茶園 亮樹 New reaction model for revealing deuteron inside nuclei  
(核内重陽子を実証する新しい反応模型)
- 東 直樹 A theoretical and numerical study of isochoric heating in relativistic laser produced plasmas  
(相対論的レーザー生成プラズマの等積加熱に関する理論的研究)
- 愛甲 将司 Theoretical studies on extended Higgs sectors towards future precision measurements  
(将来精密測定に向けた拡張ヒッグスセクターの理論的研究)
- 飯村 俊 Development of RF carpet type He gas cell and high-precision mass measurement of neutron-rich nuclei at around  $A = 50 - 60$  with MRTOF  
(RFカーペット型ヘリウムガスセル開発とMRTOFによる $A = 50 - 60$ 領域中性子過剰核の高精度質量測定)
- 榎本 一輝 Theoretical studies on baryogenesis, neutrino mass, and dark matter in extended Higgs models  
(拡張ヒッグス模型におけるバリオン数生成、ニュートリノ質量、暗黒物質に関する理論的研究)
- 大塚 高弘 The monomer-dimer models in two and three dimensions: Tensor renormalization group study  
(2次元、および、3次元におけるモノマー・ダイマーモデル: テンソル繰り込み群を用いた研究)
- 川井 直樹 Formulation of the Atiyah-Patodi-Singer index in lattice gauge theory  
(格子ゲージ理論におけるアティヤ・パトディ・シンガー指数の定式化)
- 鈴木 将太 Detection of magnetic fluctuations in chiral helimagnet  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  thin films via pure spin current  
(純スピン流を用いたカイラルらせん磁性体  $\text{CrNb}_3\text{S}_6$  薄膜における磁気ゆらぎの検出)
- 松木 義幸 Fractal Nature of Defect States in the Hofstadter butterfly  
(ホフスタッター蝶における欠陥状態のフラクタル性)
- 横井 滉平 Topological magneto-transport phenomena and superconductivity in nodal line semimetal  $\text{PbTaSe}_2$   
(ノダルライン半金属  $\text{PbTaSe}_2$  におけるトポロジカル磁気輸送現象と超伝導)

#### 9.1.2 宇宙地球科学専攻

- 太田 雅人 Ultrafast Diagnostics for Relativistic Laser-Plasma Interaction  
(相対論的レーザープラズマ相互作用の超高速計測)

## 9.2 令和3年度博士後期(博士)課程修了者の進路

	物理学専攻	IPC	宇・地専攻	合計
合計	10名	0名	1名	11名
国公立大学法人・助教	1名	0名	0名	1名
私立大学法人・助教	2名	0名	0名	2名
国公立大学法人・特任研究員	1名	0名	1名	2名
国立研究開発法人・研究員	1名	0名	0名	1名
日本学術振興会・特別研究員	2名	0名	0名	2名
国家公務員	1名	0名	0名	1名
民間企業就職	1名	0名	0名	1名
その他	1名	0名	0名	1名

### 9.2.1 博士後期(博士)課程修了者の進路の内訳

#### 物理学専攻

東芝デバイスストレージ株式会社	1名
文部科学省	1名
学習院大学 理学部 物理学科 助教	1名
立教大学 理学部 物理学科 助教	1名
国立大学法人北海道大学 大学院工学研究院 応用量子科学部門 助教	1名
国立大学法人大阪大学・特任研究員	1名
国立研究開発法人理化学研究所 仁科加速器研究センター 基礎科学特別研究員	1名
独立行政法人日本学術振興会・特別研究員	2名

#### 宇宙地球科学専攻

国立大学法人大阪大学・特任研究員	1名
------------------	----





大学院入試情報と研究グループの活動は web 上でも公開されていますので、下記のホームページを御覧ください。各研究室へのリンクも張られていますので、より詳しい情報が得られます。

物理学専攻ホームページ

<http://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/index-jp.html>

宇宙地球科学専攻ホームページ

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