

# 教 務 連 絡

～令和8年度に向けて（令和7年度在籍者）～

令和7年11月21日  
理学部教務委員会

## 目 次

<b>1 回 生 用</b>	
I	ガイダンス日程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
II	1・2回生の履修について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
III	履修計画立案にあたって・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
IV	系登録について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
<b>2 回 生 用</b>	
I	ガイダンス・系登録等日程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
II	系登録について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
III	登録の必要な科目について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
III-1	登録・調整の必要な科目とその登録手続き・・・・・・・・ 15
III-2	登録を必要とする科目(3000番台)の内容・・・・・・・・・・・・ 15
IV	理学部教科の履修案内・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
IV-1	数理科学系の教科選択について・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
IV-2	物理科学系の教科選択について・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
IV-3	地球惑星科学系の教科選択について・・・・・・・・・・・・・・ 36
IV-4	化学系の教科選択について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
IV-5	生物科学系の教科選択について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
IV-6	理学部情報関係教科の選択について・・・・・・・・・・・・・・ 41
<b>3 回 生 用</b>	
I	ガイダンス・卒業研究科目登録日程・・・・・・・・・・・・・・ 42
II	卒業研究科目(数理科学課題研究, 物理科学課題研究, 地球惑星科学課題研究, 化学課題研究, 生物科学課題研究)の紹介・・・・・・・・・・・・ 42
	付録・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 64

◎ 科目については、令和8年度の「教科の手引き」で確認してください。

**教務連絡は各ガイダンス時に必要ですので各自準備してください。**

# 《 1 回 生 用 》

理学部は、2回生配当理学部科目の内容、趣旨を説明するガイダンスを4月と2月に実施し、また、系登録の参考とするための「系登録の希望調査」を9月と2月に実施する。学生諸君は、将来の進路を考え、履修計画を立案するにあたって、この機会を有効に利用されたい。

## 【Ⅰ】ガイダンス日程

新2回生ガイダンス

KULASIS > 理学部 > お知らせ > 教務・厚生情報にて周知する。

また変更があればKULASISにて周知するため、KULASISのお知らせに注意すること。

## 【Ⅱ】1・2回生の履修について

3回生になってから、1・2回生配当の科目を履修し単位を修得することは、易しいことのように思いがちであるが、実際は予想外に困難であり、3回生以降の科目の学習・履修に相当の支障を来たすことは過去の実例が明示している。

**特に、語学の単位不足のために、非常な苦勞をした例は多くあり、少数ながら、このような単位不足によって、卒業を延ばし、さらには卒業できなかった事例すらある。このようなことのないように、また3回生以降の学習に支障を来たさないように、1・2回生で修得すべき単位は2回生までに必ず取っておくようにすることが大切である。**

将来、理学部のどの分野に進むにしても、数学、物理学、化学などの基礎的科目を履修しておくことが望ましい。また、理学部専門基礎科目、2回生配当理学部専門科目も幅広く履修して、3回生以降の学習の準備をしておいて欲しい。

教職免許を取得しようとする者は、教職科目の履修が必要である。詳細は、京都大学HP (<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/education-campus/curriculum/teaching>) とKULASIS全学生向け共通掲示板にて分類選択より教員免許を選択し教職免許関係情報一覧を参照されたい。

博物館法に基づく専門職員である「学芸員」の資格を取得しようとする者は、理学部科目（令和4年度～）及び全学共通科目として開講する博物館実習等の関連科目の他に、文学部と教育学部で開講する若干の講義の単位を取得する必要がある。詳細については、教科の手引き及び文学部、教育学部の便覧を参照されたい。

## 【Ⅲ】履修計画立案にあたって

### 数学を専攻しようとする諸君へ

数学は大まかに代数，幾何，解析の3分野に分かれるが，3回生までの学習では特定の分野にあまり偏らず，物理学などの関連分野も含めて広く数学の基礎的素養を身につけるのに努める方が良い。数理科学系の標準的な科目履修についてはコースツリーを参照されたい。1回生担当科目である**微分積分学（講義・演義）A・B**，**線形代数学（講義・演義）A・B**は理学部において学ぶ全ての数学の基礎となる重要な科目であり，未履修の場合は必ず履修するように要望する。また，専門基礎科目の**現代数学の基礎A・B**，「Honors Mathematics A・B」では，1回生の微分積分学と線形代数学で扱われない発展的な内容や数学において頻出する論法や議論の作法なども扱うので，数理科学系を志望する学生諸君の履修を勧める。数学の学習においては自主性が最も尊重される。その意味で履修計画は諸君が自主的に立てるのがよいが，履修計画あるいは勉学上の疑問などは教員に積極的に相談してほしい。

#### 【2回生段階】

1回生で学ぶ微分積分学と線形代数学の後継科目として，専門基礎科目の**微分積分学統論Ⅰ**，**微分積分学統論Ⅱ**，**関数論**，**線形代数学統論**が用意されている。2回生の専門科目から次第に抽象的な対象が扱われるようになり，3回生以降で学ぶより専門的な数学への橋渡しとなるよう配慮されている。2回生担当の専門科目として，**集合と位相**，**代数学入門**，**幾何学入門**，**非線型解析入門**，**集合と位相演習**，**代数学入門演習**，**幾何学入門演習**，**解析学入門演習**が用意されている。太字の1・2回生担当科目は3回生以降で学ぶ数学の基盤となる科目であり，必ず来年度中に履修を済ませるように要望する。2回生段階で3・4回生担当の科目を履修することは差し支えないが，時間に余裕がなければ単位を取ることを急がずに2回生科目をじっくりと勉強することが大切である。また，当然ながら関連する1・2回生科目の深い理解を前提とすべきである。

#### 【3回生段階】

2回生までに学んだ数学を基盤として，3回生では各分野の基礎となる数学を学習する。その中核となる科目として，次の数理科学コアコース科目が用意されている：

**代数学Ⅰ・Ⅱ**，**幾何学Ⅰ・Ⅱ**，**解析学Ⅰ・Ⅱ**，**微分方程式論**，**複素函数論**，**函数解析学**

コアコース科目と並行して，様々なレベルの問題演習やテキスト講読を通して代数学，幾何学，解析学の理解と応用力を深めるために，**代数学演義Ⅰ・Ⅱ**，**幾何学演義Ⅰ・Ⅱ**，**解析学演義Ⅰ・Ⅱ**が用意されている。**応用数学科目**として，**非線型解析**，**計算機科学**，**数値解析**が用意されている。

#### 【4回生段階】

4回生では，**数理科学課題研究**（必修科目）と**4100番台の科目**が用意されている。数理科学課題研究では学生は少人数のグループに分かれ，テキスト講読を中心とするセミナー形式の授業が展開される。また**数学・数理科学の最前線Ⅰ・Ⅱ**により，最先端で行われている研究の概要を知ることができる。なおこの講義の履修は，数理科学課題研究を履修する学生（または履修済みの学生）に限る。4100番台の科目では，専門化された各分野のトピックが授業で扱われる。これらの授業を通して，各分野において現在研究されている様々なテーマの基礎となっている事柄や，実際の研究の一端に触れることができる。また，数学の有力な応用として，**保険数学科目**が用意されている。

## 物理学を専攻しようとする諸君へ

物理学関連のカリキュラムは、時代の状況に応じて改訂しつつ、専門分野への一貫性のある教育を目指して編成されている。まず1, 2回生において、物理学の基礎を修得するために重要な科目が用意されている。特に物理学実験は重要な科目であり、履修を強く推奨する。2回生以後の履修計画を立てるに当たっては、基礎科目の講義とその演習（以下を参照）の履修を通して基礎学力の修得を重視することが望ましい。3回生段階で物理科学課題演習、4回生段階では物理科学課題研究(必修科目)が履修科目の中心となる。3回生と4回生段階での講義の中には各専門分野と関連したものも設けられているので、これら講義の選択にあたっては課題演習や課題研究の内容を参考にすると良い。

各講義のシラバスについては 全学生共通ポータル(<https://student.iimc.kyoto-u.ac.jp/>) を参照すること。また、理学部物理のウェブ <http://www.scphys.kyoto-u.ac.jp/education/syllabus.html> に「学部授業科目表」など授業の全体的な情報が掲載されているので適宜参照すること。

### 【2回生段階】

**解析力学1・2, 電磁気学統論, 電磁気学A, 振動・波動論, 量子力学A, 統計力学A, 物理のための数学1・2, 物理学情報処理論1, 電磁気学演習1, 物理数学演習**

上記科目はいずれも 3000 番台の物理系科目の履修の前提になるものばかりである。「解析力学 1」, 「電磁気学 A」, 「量子力学 A」, 「統計力学 A」は特に重要視される科目でもある。2回生時には、物理を学ぶ基礎となる電磁気学と物理数学の講義の内容に即した演習が上記のように設けられており、講義をよりよく理解するためには対応する演習を履修することが強く望まれる。なお、「量子力学 A」の履修には波動に関する基礎知識が前提となるため、事前に「振動・波動論」の履修が強く望まれる。また、「統計力学 A」については、先立って専門基礎科目「熱力学」を履修しておくのが望ましい。

### 【3回生段階】

**物理科学課題演習A・B, 量子力学B・C, 電磁気学B・C, 統計力学B・C, 連続体力学, 量子力学演習1・2, 電磁気学演習2, 統計力学演習1・2, 及びこれら以外の3200番台の科目**

物理科学課題演習の履修は重要であり、そのためには系登録が必要とされる。「電磁気学B・C」は専門基礎科目「電磁気学統論」と「電磁気学A」の履修を前提とし、「統計力学B・C」は「統計力学A」と量子力学の基礎知識を前提とする。量子力学, 電磁気学, 統計力学には講義の内容に即した演習が上記のように設けられており、講義をよりよく理解するためには対応する演習を履修することが強く望まれる。さらに、他の3200番台科目についても積極的に履修し、幅広い素養を身に付けてもらいたい。選択に当たっては履修する課題演習や各個人の興味などに応じて、あるいは教員に相談するなどして適宜選択すれば良い。なお、課題演習は原則取消し不可である(留学等の特別な理由を除く)。また、課題演習が未履修の者は、次年度の卒業研究課題登録の調整時に不利になる場合があるので、前期および後期の履修を強く推奨する。

### 【4回生段階】

**物理科学課題研究(必修科目), 及び4200番台の科目**

物理科学課題研究は卒業研究科目であり、必修である。また、4200番台科目についても積極的に履修し幅広く勉強することを強く薦める。なお、平成28年度より一部4200番台の科目名が変更になっているので、科目表及び新旧科目対応表で確認すること。これらの新旧科目の単位取得重複は認められないので、特に注意すること。

## 宇宙物理学を専攻しようとする諸君へ

宇宙物理学とは、宇宙の様々な場所で起こる諸現象を物理学的手法で記述し、我々の住む自然世界に対する理解をより一層深めることを目的とする学問である。その対象は太陽活動、星・惑星系の形成・進化から、星間現象、銀河の形成・進化、さらには宇宙の大規模構造やその進化を考察する宇宙論まで極めて広い。特に近年は観測技術の発展が目覚ましく、最新の観測データが既存の概念をくつがえすこともある。さらにそれは、新たな理論構築やコンピュータシミュレーションを促し、時には基礎物理学法則自体の見直しすら迫る場合もある。一方で、宇宙における生命の起源といった新しい学問的課題も生まれつつある。宇宙物理学は、近年最も急速に発展しつつある分野の一つと言える。

このように幅広い分野であるから、必要とされる基礎物理学の知識も古典力学、電磁気学や流体力学から量子力学や原子(核)物理、さらには特殊及び一般相対論と多岐にわたる。従って、この分野を志望する学生には数学及び基礎物理学各分野の幅広い知識の修得が望まれる。また、近年の宇宙物理学の進展は最新観測データによって切り拓かれる場合も多く、観測手法や技術に関する学習も不可欠である。以上のような観点から、当教室では以下のような学部教育を行っている。なお、各講義のシラバスは全学生共通ポータル (<https://student.iimc.kyoto-u.ac.jp/>) に加え、次のURLを参照のこと。

<http://www.scphys.kyoto-u.ac.jp/education/syllabus.html> および

<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/kyomu/>

### 【2回生段階】

**天文学概論**では、現代天文学の方法と、それによって明らかになった宇宙諸現象を概説し、どのような未解決問題があるのかについても触れる。**観測天文学**では、様々な観測手法や技術を紹介し、科学的なデータが得られるまでの過程を概説する。一方この2回生段階で、**解析力学1・2**、**電磁気学統論**、**電磁気学A**、**振動・波動論**、**量子力学A**、**統計力学A**、**物理のための数学1・2**、**微分積分学統論I・II**などの基礎数学及び基礎物理学を修得しておくことが望ましい。これらは、宇宙物理学の研究を行う上で前提となるものである。また、計算機関係の習練も極めて重要である。シミュレーションのような研究はもちろん、観測装置の制御と膨大な観測データの処理にも計算機は不可欠の道具となっている。

### 【3回生段階】

**基礎宇宙物理学I・II**では、2回生までに得られた基礎物理学の知識を駆使し、宇宙における基本的な物理現象を学習する。これらは3回生後期(**太陽物理学**、**恒星物理学**、**惑星物理学**)～4回生(**銀河・星間物理学**、**観測的宇宙論**)のより高度で専門的な講義や演習への基礎となる。**課題演習C1・2・3・4**の内容は計算機関連の基礎知識習得と観測実習である。また、**量子力学B・C**、**電磁気学B・C**、**統計力学B**、**連続体力学**などの基礎物理学(演習も含む)を修得しておくことが望ましい。

### 【4回生段階】

専門科目の講義(上述)に加えて、より実際的な研究実習を**課題研究**で行う。**S1**では主として装置開発的、**S2～4**では主として観測的、**S5, 6**では主として理論的な研究トピックを扱う。

宇宙物理学の対象は極めて広いので、目先の興味にとらわれたり自らを限定したりすることなく、幅広くバランスよく知識を修得することが重要である。また、理論と観測が密接に関連した分野であるため、理論を志す者も観測の基礎知識を修得し、観測を志す者も基礎物理学をしっかりと学んでおくことが必要である。

特にクラス指定講義のうち、微積分学や線形代数学などの数学、物理学基礎論、物理学実験などの物理学、および情報基礎(R8～情報AI基礎)、情報基礎演習(R8～情報AI基礎演習)は履修することが望ましい。

## 地球惑星科学系（地球物理学分野）を専攻しようとする諸君へ

地球物理学とは、地球内部から人工飛翔体によって直接観測可能な宇宙空間（太陽系空間）に至る領域を研究対象とし、その空間構造、物質の存在形態、動的現象の物理メカニズムなどを、観測、データ解析、室内実験、数値実験、理論を通して解明する学問である。研究対象によって、大きく、固体地球物理学、流体地球物理学、太陽地球系物理学の3分野に分けることができる。近年では、各分野の深化とともに、地球から太陽系を、相互作用する一つのシステムとして捉える「地球惑星システム科学」という視点も一般的になってきた。さらには、数学、物理学、計算機科学などと密接に関連する学際的な研究分野も生まれつつある。以下に履修を推奨する科目を列挙する。下線を付した科目については、詳細を <https://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/education/undergraduate/> に掲載している。(全)は全学共通科目を表す。

### 【2回生段階】

**概論科目：地球物理学概論I・II， 基礎科目 I：地球連続体力学，地球連続体力学からの展開**

**基礎科目 II：計算地球物理学・同演習，観測地球物理学・同演習A・B**

**関連科目：グローバルテクトニクス，地質科学概論I・II，電磁気学A，電磁気学演習1，物理のための数学1，振動・波動論(全)，解析力学1，量子力学A，統計力学A，確率論基礎(全)，数理統計(全)**

地球物理学概論 I では太陽系とそこにある地球を、地球物理学概論 II では地球の大気と海洋および地球の活動を扱う。基礎科目 I の地球連続体力学および地球連続体力学からの展開では、地球物理学に共通する基礎理論を学ぶ。基礎科目 II は（3回生配当の地球物理学のためのデータ解析法と合わせて）研究手法の基礎を学ぶ科目である。計算地球物理学・同演習では、計算機演習を通じてデータ解析・数値シミュレーションの基礎を理解する。観測地球物理学では、観測の原理と実際への応用について学び、その演習科目では、阿蘇や別府という顕著な地球物理学現象が見られる地域で自らの手で観測データを取得し、その解析を行う。2回生段階では物理学や数学の学習が重要であり、それらの履修に力を入れた上で地球物理学分野に進み、上記の基礎科目を履修することも可能であろう。

### 【3回生段階】

**地球惑星科学課題演習(DA, DB, DC, DD)**

**基礎科目 II：地球物理学のためのデータ解析法**

**基礎科目 III：弾性体力学，地球物性物理学，地球流体力学，電離気体電磁気学**

**専門科目 I：固体地球物理学A・B，海洋物理学I，気象学I，物理気候学，地球電磁気学**

**関連科目：数値解析，連続体力学，電磁気学C**

3回生段階では特定の地球物理の分野に限定せず、幅広く学ぶように心がけてほしい。地球物理学の数理物理的な課題に興味があるならば、3回生でも物理学や数学を重点的に履修し、それらを基礎として地球物理学の専門科目を学ぶことも有意義である。一方、観測科学的な課題に興味があるならば、地球物理学の枠を超えて、広く観測に関する専門科目を学ぶことも有益であろう。

### 【4回生段階】

**地球惑星科学課題研究(T1, T2, T3)**

**専門科目 II：4400番台の科目**

課題研究は、T1（電磁気圏）・T2（大気圏・水圏）・T3（固体圏）から1課題を選択する。

## 地球惑星科学系（地質学鉱物学分野）を専攻しようとする諸君へ

地質学鉱物学とは、地球上で現在進行している様々な現象の解明とともに、46億年に及ぶ地球の歴史を明らかにする学問分野である。特に鉱物、岩石、化石、地層など具体的な物質を扱うことがその特徴である。地質学鉱物学分野では、地質科学を中心とした地球惑星科学の多様な研究対象やこの分野に特有な研究方法について、今まで地球科学を学ぶ機会の少なかった人を含めて、4回生の終わりまでに基礎が身に付くようにカリキュラムを組んでいる。

### 【2回生段階】

前期・後期を通じて、地質学鉱物学分野の全領域を俯瞰した科目である**地質科学概論Ⅰ・Ⅱ**の履修を強く勧める。それに加えて、全学共通科目の地球科学分野の**発展科目**として開講されている**フィールド地球科学**、**太陽系と地球の物質**や、理学部専門科目（2500番台）である**グローバルテクトニクス**、**太陽系の化学**、**生物圏進化史**、**基礎地質科学実習**などを履修することが望ましい。また、もし1回生時に履修していなければ、全学共通科目として開講されている地球科学分野の**基礎科目**（**基礎地球科学**や**地球科学実験**など）も、2回生の間に同時に履修しておくこともお勧めである。これらの講義・実習を聴講することによって、地質学鉱物学分野の研究内容、最近のトピックなどについて知ることができる。

### 【3回生段階】

#### 課題演習E，及びこれら以外の3500番台の科目

3回生向けのカリキュラムで、当分野で特に力を入れているのが**課題演習E**である。この課題演習は、あらゆる地球科学分野—とくに地質科学分野—の研究で役立つフィールド調査や機器分析の能力を修得できるように、多数の教員が協力して開講されている。**課題演習E 1・E 2**とセットとなっている**地質調査・分析法Ⅰ・Ⅱ**も合わせて履修していただくことになっている。また当教室の講義、実習（3500番台、4500番台）は、3回生から4回生にかけて徐々に専門化していけるように配列されている。なかでも、前期に開講されている4つの基礎論—**地球惑星史基礎論**、**地球惑星物質科学基礎論**、**地質科学表層プロセス基礎論**、**地質科学内部プロセス基礎論**—は、地質学鉱物学分野で必須となる基礎教養を得るための講義科目であることから、ぜひ4科目すべてを履修して欲しい推奨科目群である。後期はやや専門化された講義や実験・実習が用意されていて、各人の志望や興味に合わせて選択することが可能となっているが、できることならなるべく多くの科目をバランスよく履修するように心がけて欲しい。また、随時に開講される**地質科学野外巡検ⅠA・ⅠB・Ⅱ**も履修を強く薦めるフィールド系の実習科目である。

### 【4回生段階】

#### 地球惑星科学課題研究(必修科目)，及び4500番台の科目

4回生では、課題研究が必修となる。当教室では、T11からT16の課題研究があり、大学の4年間の学習の上に立って成果をまとめられるようにテーマを出して指導している。それぞれの課題研究は、大学院のセミナーと密接な関連があり、セミナーの中での討論を中心に指導を受けることが多いので、ほとんどの課題研究では関連するセミナーへの参加が求められる。

## 化学系を専攻しようとする諸君へ(1回生)

化学は、原子・分子を中心とした物質の構造・物性・反応を探究する学問分野であり、現代科学・技術のあらゆる分野で要求される、原子レベルでの物質の理解と新物質開発を担っている。化学の研究分野は、宇宙空間における物質進化から新しい機能を持つ物質の合成戦略、細胞内の遺伝情報や生体分子の機能解明に至るまで極めて広大で多岐に渡っている。化学系のカリキュラムは、これらの多彩な物質や反応を理解する上で根幹となる原子・分子の量子論的な理解から、有機化学・無機化学における原子・分子の集合体としての豊かな物質群と物質開発の方法論、さらに生命現象の分子論的理解に至る幅広い領域を系統的かつ効率的に学習するものである。講義は、2回生向けの講義から徐々に専門性を増すように構成されている。基礎的な学習は、将来どのような専門分野に進むにしても必ず役立つ重要なものであるため、特に2回生の講義は偏りなく履修することが望ましい。

### 【2回生段階】

物理化学Ⅰ（量子化学）、量子化学Ⅰ、物理化学Ⅱ、物理化学演習A、無機化学Ⅰ、分析化学Ⅰ、有機化学ⅠA、有機化学ⅠB、生物化学Ⅰ、入門化学実験が開講されている。2回生段階では、以後学んでいくことになる、物質が示す多彩な性質を理解するための基礎的事項を学ぶことに重点を置く。物理化学系科目では、全学共通科目の基礎物理化学と同様、量子論と熱力学が二本の柱となる。物理化学Ⅰ（量子化学）では、初等的な量子力学の概念から近似法までを学ぶ。量子化学Ⅰでは、多電子原子の電子状態および化学結合の理論について学ぶ。物理化学Ⅱでは、熱力学の基礎および化学への応用を学ぶ。物理化学演習Aでは、物理化学Ⅰ（量子化学）と量子化学Ⅰに対応する内容の演習を行う。無機化学Ⅰでは、様々な元素の性質を量子力学的な観点から理解する。また分析化学Ⅰでは、定性分析と定量分析を化学平衡の原理に基づいて理解する。有機化学ⅠAおよびⅠBは続く有機化学ⅡおよびⅢと一体となった講義であり、様々な有機化合物の性質や反応について系統的に学習を進める。有機化学ⅠAおよびⅠBでは、特に有機化学の基礎を重点的に学ぶ。生物化学Ⅰでは、タンパク質などの生体分子の構造と機能について学ぶ。実習科目である入門化学実験では、食品・染色といった身近な題材も取り上げ、定性的なレベルで種々の化学現象とその背景に触れる。

### 【3回生段階】

物理化学関係（量子化学Ⅱ、物理化学ⅢA、物理化学ⅢB、化学数学、化学統計力学、物理化学演習B、物理化学演習C、計算機化学演習）、無機化学関係（無機化学ⅡA、無機化学ⅡB、物性化学Ⅰ、物性化学Ⅱ、分析化学Ⅱ、無機・物性化学演習）、有機化学関係（有機化学Ⅱ、有機化学Ⅲ、生物化学Ⅱ、生物化学Ⅲ、生物化学演習）、化学実験法Ⅰ、化学実験法Ⅱ、化学実験A、化学実験Bが開講され、化学のそれぞれの専門分野の基礎的知識ならびに理解への導入的かつ発展的な講義群となっている。

### 【4回生段階】

物理化学Ⅳ、無機化学Ⅲ、有機化学Ⅳ、有機化学演習、生物化学Ⅳが開講されていて、学部段階でのより専門性の高い化学を理解するための講義群となっている。

## **生物科学系を専攻しようとする諸君へ**

生物科学は最近特に大きい発展をとげている分野の一つであり、自然科学分野との境界領域の発展もめざましい。当系は動物学・植物学・生物物理学の3教室により構成されており、学部教育は3教室が協力し合って進めている。

### **【2回生段階】**

生物科学分野では、分子・細胞のレベルから、個体以上のレベル（系統、種、個体群、群集、生態系を含む）を対象として、多様な研究が行われている。主に分子・細胞に注目する2回生向けの基礎的な講義として、「分子生物学Ⅰ・Ⅱ」、「細胞生物学Ⅰ・Ⅱ」、「基礎発生再生生物学」、「植物生理学」がある。これらの科目で、生物のはたらきを分子レベルから体系的に理解するための基礎を学んで欲しい。また、「生体分子科学Ⅰ・Ⅱ」は、タンパク質等生体分子に関するより専門的なテーマに関する内容となっている。一方、個体以上のレベルに関する講義として「海洋生物学」、「無脊椎動物学」、「植物系統分類学Ⅰ」がある。

2回生向けの実習科目としては、「個体の基礎生物学実験」、「細胞と分子の基礎生物学実験」、「臨海実習第1部・第3部」がある。分子・細胞レベル、個体以上のレベル、いずれのレベルの生物科学を志望する学生も、「個体の基礎生物学実験」と「細胞と分子の基礎生物学実験」の両実習科目を履修し、両レベルの生物科学研究において普遍的かつ基礎的な研究手法を学んで欲しい。

なお、「臨海実習第1部・第3部」の履修には事前の登録が必要である。「臨海実習第1部」は6月頃、「臨海実習第3部」は1月頃に登録案内を掲示する。基礎生物学実験の内容は以下のとおりである。

### **個体の基礎生物学実験(前期 2単位)**

生物科学における研究対象・材料のひろがりを経験することを主たる目標とする。

個体以上のレベルを対象にし、動物では無脊椎動物から霊長類までの多様な分類群を、植物では形態的多様性に富む種子植物を取り上げる。それぞれの分類群に精通した教員が講義し、実習を指導することにより各分類群の諸特徴や取り扱い方などを理解することを目的とする。なお、府立植物園、京都市動物園で行う回には必ず学生証を持参すること。

### **細胞と分子の基礎生物学実験(後期 4単位)**

生物学の基礎を理解し、基礎的な実験手法を習得する。具体的には微生物・酵母・菌類・植物・培養細胞等の様々な細胞を扱い、各種顕微鏡を用いた観察と簡単な実験を行う。また、微生物から核酸・タンパク質を抽出し、それぞれ遺伝子型決定、酵素活性の測定など簡単な分析を行う。

### **【3回生段階】**

3回生向けの分子・細胞レベルを主とした講義として、「発生生物学Ⅰ・Ⅱ」、「植物分子生理学」、「神経生物学」、「免疫生物学」、「生体分子機能科学」、「ゲノム科学」、「分子情報学」、「染色体生物学」、「分子生物物理学」、「植物分子遺伝学Ⅰ・Ⅱ」、「遺伝情報維持機構論」、「バイオインフォマティクス」がある。また、個体以上のレベルに関する講義として、「動物系統分類学」、「植物系統分類学Ⅱ」、「動物行動学」、「人類学第1部・第2部」、「生態学Ⅰ・Ⅱ」、「陸水生態学」、「環境生態学」、「数理生物学」、「生物間相互作用」、「保全生物学」がある。これらは生物科学の各々の分野についての専門的講義である。また各専門分野についてのセミナー・実習科目として、「生物学セミナー」、「生物学実習」のほか、「臨海実習第2部・第4部」、「野外実習第1部・第2部」、「陸水生態学実習Ⅰ・Ⅱ」、「安定同位体実

習」がある。講義で各トピックに関する知識を学ぶと共に、実習で各分野の基礎的研究手法を習得して欲しい。また、「生物学セミナー」では最近の英語学術論文の講読等により、最先端の研究情報を取得する能力を身につけて欲しい。

なお、これらのセミナー・実習科目の履修も事前の登録が必要なので注意すること。

#### **【4回生段階】**

興味をもった研究テーマについて「生物科学課題研究」を行う。生物科学の最前線研究の一端に触れ、自ら積極的に研究活動を行うことを期待している。

## 【IV】系登録について

(1) 理学部には、数理科学系、物理科学系、地球惑星科学系、化学系、生物科学系の5つの系があり、2年生終了時の3月にいずれかの系を選択する系登録を行う。上記5つの系の定員及び系登録の条件は以下の通りである。ただし、物理科学系、および、地球惑星科学系については専門分野毎に定員が定められており、異なる専門分野の扱いは、異なる系の扱いに準ずる。

※できるだけ多くの学生が希望する系に登録できるよう、調整枠として全体で5名の定員枠を設ける。

※系登録の定員は、入学定員（311名）とする。ただし、系登録の要件を満たした学生数が入学定員を超えた場合は、超過分は定員数を考慮して配分する。

### 【令和6年度以降入学者対象】

系			卒業に必要な履修科目のうち系登録に必要な単位数				
系	専門分野	定員	人文・社会科学科目	外国語科目	専門基礎科目及び専門科目	総計	E科目
数理科学系	数学	57名	10単位以上 (注1)	14単位以上 (注2)	30単位以上 (注3)	60単位以上 (注4)	2単位以上
物理科学系	物理学	82名					
	宇宙物理学	11名					
地球惑星科学系	地球物理学	24名					
	地質学鉱物学	15名					
化学系	化学	62名					
生物科学系	動物学・植物学・生物物理学	55名					

注1) 人文・社会科学科目群の7つの分野（哲学・思想，歴史・文明，芸術・文学・言語，教育・心理・社会，地域・文化，法・政治・経済，外国文献研究）から2つ以上の異なる分野の科目を修得すること。

注2) 卒業に必要な以下の科目から14単位以上を修得すること。なお、卒業に必要な科目として設定されている上限の20単位まで認める。

①英語リーディングから4単位，英語ライティング・リスニングAから2単位，Bから2単位

②英語以外の外国語（独・仏・中・露・伊・西・朝鮮・アラビア・日本語）から8単位

ただし、日本語は留学生のみとし、日本語中級・日本語上級を修得した場合、卒業単位として認める。

注3) 物理科学系(宇宙物理学)・宇宙物理課題演習に登録するものは、宇宙物理学教室ホームページ（学部向け教務案内）を参照のこと。

注4) 系登録要件は60単位以上とするが、卒業に向けて69単位以上修得していることが望ましい。日本学生支援機構の給付奨学金の標準単位数は69単位となるので、留意すること。（標準単位数＝卒業に必要な単位数／修業年限×在学年数（休学期間を除く））

(2) 諸君が理学部で何を主に学習するかについての動機付けをし、自然科学を学ぶ自覚を持ってもらう一方、理学部でのゆるやかな専門化のために各自の専門志向をよく考えて、2回生の9月と2月に上記の系の中から進みたい系を選択（系登録の希望調査）してもらう。この「系登録の希望調査」とは各系における希望の人数を把握するものである。希望調査の結果を発表するので、2回生終了時の3月に実施する系登録の参考にされたい。この際に、柔軟な対応ができるように、幅広い視点をもって2回生配当専門科目を選択することが望ましい。

(3) 3回生の終了時に、学生の希望に応じて系間の移動を認めるが、希望する系の収容学生数に余裕があることを前提とする。物理科学系、および、地球惑星科学系内の専門分野間の移動についてもこれに準ずる。

(4) 各系の定員のある科目(注)については、系登録をしている学生に限って受け入れる。その場合、当該の系(物理科学系、および、地球惑星科学系においては専門分野も区別)に登録した学生を優先するが、履修希望者が定員に満たない場合には、他の系の学生を受け入れることができる。定員のない科目の履修は自由である。

(注) 定員のある科目

数理科学系……………数理科学課題研究

物理科学系……………物理科学課題演習, 物理科学課題研究

地球惑星科学系……………地球惑星科学課題演習, 地球惑星科学課題研究

化学系……………化学実験, 化学課題研究

生物科学系……………生物学実習, 生物科学課題研究

(5) 理学部での在学は、7年を超えることが出来ない。また、必修である卒業研究科目を履修するためには、系登録をしている必要がある。

卒業するためには、系登録後2年以上在学する必要がある為、在学5年目までに系登録をしていなければ、7年間在学しても卒業ができなくなるので特に注意すること。

(6) 諸君の将来の進路を決めるうえで参考にしてもらうために、今後、何回かガイダンスを実施する予定である。

## 《 2 回 生 用 》

### 〔Ⅰ〕ガイダンス・系登録等日程

ガイダンスの日程及び系登録のスケジュールについては、  
 KULASIS > 理学部 > お知らせ > 教務・厚生情報にて周知する。  
 また変更があればKULASISにて周知するため、KULASISのお知らせに注意すること。

### 〔Ⅱ〕系登録について

(1) 理学部には、数理科学系、物理科学系、地球惑星科学系、化学系、生物科学系の5つの系があり、2回生終了時の3月にいずれかの系を選択する系登録を行う。上記5つの系の定員及び系登録の条件は以下の通りである。ただし、物理科学系、および、地球惑星科学系については専門分野毎に定員が定められており、異なる専門分野の扱いは、異なる系の扱いに準ずる。

※できるだけ多くの学生が希望する系に登録できるよう、調整枠として全体で5名の定員枠を設ける。

※系登録の定員は、入学定員（311名）とする。ただし、系登録の要件を満たした学生数が入学定員を超えた場合は、超過分は定員数を考慮して配分する。

#### 【令和6年度以降入学者対象】

系			卒業に必要な履修科目のうち系登録に必要な単位数				
系	専門分野	定員	人文・社会科学科目	外国語科目	専門基礎科目及び専門科目	総計	E科目
数理科学系	数学	57名	10単位以上 (注1)	14単位以上 (注2)	30単位以上 (注3)	60単位以上 (注4)	2単位以上
物理科学系	物理学	82名					
	宇宙物理学	11名					
地球惑星科学系	地球物理学	24名					
	地質学鉱物学	15名					
化学系	化学	62名					
生物科学系	動物学・植物学・生物物理学	55名					

注1) 人文・社会科学科目群の7つの分野（哲学・思想，歴史・文明，芸術・文学・言語，教育・心理・社会，地域・文化，法・政治・経済，外国文献研究）から2つ以上の異なる分野の科目を修得すること。

注2) 卒業に必要な以下の科目から14単位以上を修得すること。なお、卒業に必要な科目として設定されている上限の20単位まで認める。

①英語リーディングから4単位，英語ライティング・リスニングAから2単位，Bから2単位

②英語以外の外国語（独・仏・中・露・伊・西・朝鮮・アラビア・日本語）から8単位

ただし、日本語は留学生のみとし、日本語中級・日本語上級を修得した場合、卒業単位として認める。

注3) 物理学系(宇宙物理学)・宇宙物理課題演習を登録するものは、宇宙物理学教室ホームページ(学部向け教務案内)を参照のこと。

注4) 系登録要件は60単位以上とするが、卒業に向けて69単位以上修得していることが望ましい。日本学生支援機構の給付奨学金の標準単位数は69単位となるので、留意すること。(標準単位数=卒業に必要な単位数/修業年限×在学年数(休学期間を除く))

### 【平成28年度～令和5年度入学者対象】

系			卒業に必要な履修科目のうち系登録に必要な単位数				
系	専門分野	定員	人文・社会科学科目	外国語科目	専門基礎科目及び専門科目	総計	E科目
数理科学系	数学	57名	12単位以上 (注1)	16単位以上 (注2)	32単位以上 (注3)	69単位以上	2単位以上
物理学系	物理学	82名					
	宇宙物理学	11名					
地球惑星科学系	地球物理学	24名					
	地質学鉱物学	15名					
化学系	化学	62名					
生物科学系	動物学・植物学・生物物理学	55名					

注1) 人文・社会科学科目群の7つの分野(哲学・思想, 歴史・文明, 芸術・文学・言語, 教育・心理・社会, 地域・文化, 法・政治・経済, 外国文献研究)から3つ以上の異なる分野の科目を修得すること。

注2) ①英語は8単位を必修とする。リーディングから4単位, ライティング・リスニングAから2単位, Bから2単位を修得すること。

②英語以外の外国語(独・仏・中・露・伊・西・朝鮮・アラビア・日本語)から8単位以上12単位まで。英語と英語以外の外国語をあわせて総計16単位以上20単位までを卒業単位として認める。ただし、日本語は留学生のみ認める。

注3) 物理学系(宇宙物理学)・宇宙物理課題演習を登録するものは、宇宙物理学教室ホームページ(学部向け教務案内)を参照のこと。

(2) 指定された日程に、前記5つの系(物理学系, および, 地球惑星科学系においては専門分野も区別)のどれかに登録するものとする。登録に際しては、(1)に挙げる単位を修得していることを条件とする。ある系への登録希望数とその系の定員を超えた場合は、各系の定めた科目の成績等を参照して選択する。

(3) 3回生の終了時に、学生の希望に応じて系間の移動を認めるが、希望する系の収容学生数に余裕があることを前提とする。物理学系, および, 地球惑星科学系内の専門分野間の移動についてもこれに準ずる。

(4) 各系の定員のある科目(注)については、系登録をしている学生に限って受け入れる。その場合、当該の系(物理科学系、および、地球惑星科学系においては専門分野も区別)に登録した学生を優先するが、履修希望者が定員に満たない場合には、他の系の学生を受け入れることが出来る。定員のない科目の履修は自由である。

(注) 定員のある科目

数理科学系……………数理科学課題研究

物理科学系……………物理科学課題演習，物理科学課題研究

地球惑星科学系……………地球惑星科学課題演習，地球惑星科学課題研究

化学系……………化学実験，化学課題研究

生物科学系……………生物学実習，生物科学課題研究

(5) 理学部での在学は、7年を超えることが出来ない。また、必修である卒業研究科目を履修するためには、系登録をしている必要がある。

卒業するためには、系登録後2年以上在学する必要がある為、在学5年目までに系登録をしていなければ、7年間在学しても卒業ができなくなるので特に注意すること。

## [Ⅲ] 登録の必要な科目について

### Ⅲ-1 登録・調整の必要な科目とその登録手続き

事前登録を必要とする科目は次の通りであり，KULASISや教室事務室で登録を受け付ける。○印を付したのは，主に3回生向けのものである。

- 数 理 科 学 系 ○数学演義  
                  数理科学課題研究
- 物 理 科 学 系 ○物理科学課題演習  
                  物理科学課題研究
- 地 球 惑 星 科 学 系 ○地球惑星科学課題演習  
                  地球惑星科学課題研究  
                  ○地質科学野外巡検IA・IB  
                  ○地質科学野外巡検II
- 化 学 系 ○化学実験  
                  化学課題研究
- 生 物 科 学 系 ○生物学実習  
                  生物科学課題研究  
                  ○生物学セミナー  
                  臨海実習第1部・第3部  
                  ○臨海実習第2部・第4部  
                  ○陸水生態学実習IまたはII（隔年でいずれか）  
                  ○野外実習第1部・第2部  
                  ○安定同位体実習

### Ⅲ-2 登録を必要とする科目(3000番台)の内容

#### 数学演義

3回生配当の数学演義は次の科目(半期で4単位)からなる：

代数学演義I，幾何学演義I，解析学演義I(以上前期)

代数学演義II，幾何学演義II，解析学演義II(以上後期)

系登録時に演義受講に関する希望調査を行う。IV-1を参照のこと。

## 物理科学課題演習

課題演習は広範囲にわたる物理科学の諸分野から代表的な課題を選んで、教員・学生がグループを作り、講義、セミナー、実験、計算等を織りまぜ、それぞれの課題を追求していく半年間継続の実習形式である。自然現象に直接ふれることによって物理的な思考を養うことを目標とする。課題演習の詳細に関しては、<http://www.scphys.kyoto-u.ac.jp/education/syllabus.html>を見ること。

課題名(最大収容人数)	期間	単位	課題名(最大収容人数)	期間	単位
<b>A 素粒子・原子核・宇宙物理</b>			<b>B 物性物理</b>		
A1 素粒子物理学 (6) ー場の量子化ー	半 期	5	B1 相 転 移 (約6)	半 期	5
A2 素粒子物理学 (6) ー粒子と反粒子ー			B2 物質の光応答 (約6)		
A3 原子核と電磁場の相互作用 (6) ー電磁場でみる原子核の構造ー			B3 固体電子の量子現象 (約6)		
A4-1 粒子の加速 (前期6)			B4 高温超伝導 (約6)		
A4-2 高強度レーザー (後期6)			B5 プラズマ (0; 令和8年度開講せず)		
A5 自然における対称性 (6)			B6 量子エレクトロニクス (約6)		
A6 自然界の4つの力 (6)			B7 低温物性・超流動 (約6)		
A7 宇宙 X線放射過程 (6)			B8 アクティブマター ソフトマター		
A8 宇宙ガンマ線放射 (6)			B9 (0; 令和8年度開講せず)		
			<b>C 宇宙物理</b>		
			C1 数値計算・シミュレーション (前期11)	半 期	5
			C2 観測機器 (後期5)		
			C3 星・銀河の世界 (後期約4)		
			C4 活動する太陽 (後期5)		

### A 素粒子・原子核・宇宙物理課題演習

#### A1 素粒子物理学 ー場の量子化ー

本演習は理論パートと実験パートの2つからなる。素粒子物理学の基礎理論の学習をA2と合同で行い、実験によって場の量子化等の理解を深める。例えば、コンプトン散乱の測定を通じた光子の粒子性の確認や微分断面積の測定を通して、量子電磁気学(QED)や素粒子物理学の理解を深める。

装置を組み立て、データを収集し、解析し、結果を出す一連のプロセスを経験することで、素粒子実験に必要な基礎技術を修得する。

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/a1a2.html>

#### A2 素粒子物理学 ー粒子と反粒子ー

本演習は理論パートと実験パートの2つからなる。素粒子物理学の基礎理論の学習をA1と合同で行い、粒子と反粒子の相互作用を主題に素粒子物理実験を行う。特に電子と陽電子の束縛状態であるポジトロニウムを題材として、その2つの量子状態、各々の寿命測定をおこない、理論計算値との比較・検討をする。一連の実験作業を通じて、検出器・回路・データ解析など大規模実験にも通じる基礎技術を身につける。

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/a1a2.html>

### A3 原子核と電磁場の相互作用 ―電磁場でみる原子核の構造―

量子力学の具体的な応用例及び強い相互作用をする量子多体系としての原子核構造の理解を深めるため、角運動量の量子論などの初歩から出発して、魔法数や殻模型などの原子核構造論の初歩的理論を学ぶ。その応用として原子核の重要なパラメータの一つである磁気モーメントの起源について学習し、原子核と電磁場の相互作用（超微細相互作用）を通じた磁気モーメントの実験的な測定から、その理解を深めるとともに、測定に必要な放射線検出技術を修得する。本実験は大阪府熊取町にある京都大学複合原子力科学研究所で行う。

<https://labo.rri.kyoto-u.ac.jp/a3>

#### A4-1 粒子の加速

原子核及び素粒子の実験研究の最先端の研究手段となる荷電粒子加速器について、高周波線形加速器を例に取り、英文テキストによるゼミナールや高周波立体回路のモデルテスト等を通じて動作原理を学習し、実際に小型の電子銃、加速空洞を組み立てて加速実験を試みる。その過程で高周波電磁場の境界値問題の数値解析や粒子の相対論的取り扱いの基礎も学習する。

本課題演習は前期のみにしか実施されないので、選択に際しては十分に注意すること。

<https://pbs.kuicr.kyoto-u.ac.jp/research-fields-ja/studies-by-graduate-students-ja/>

#### A4-2 高強度レーザー

物理学実験をはじめとする様々な分野の最先端研究を支えるレーザー技術について、特に高強度超短パルスレーザーに焦点を当て、フェムト秒レーザー発振器の組み立て、調整、特性評価を通じてその動作原理を学ぶ。その過程で、波動光学や非線形光学、そしてモード同期による超短パルス発生基礎を学習する。本課題演習は後期のみにしか実施されないので、選択に際しては十分に注意すること。

<https://www.laser.kuicr.kyoto-u.ac.jp/a4-2>

### A5 自然における対称性

自然界の基本的な対称性の1つで、量子の世界で初めて登場するものに「同種ボース/フェルミ粒子間の対称性/反対称性」がある。この対称性を中心に、角運動量・散乱理論・多体問題などの量子論の基礎を学習していく。実験では、加速器等を用いてフェルミ粒子同士、ボース粒子同士、異種粒子の散乱をさせ、散乱の違いを実際に測定し、理論的な解析と比較して確認する予定である。比較的簡単な実験で自然の美しさに接し、その過程で実験技術を修得し、量子力学への理解を深める。

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakusei/a5/>

### A6 自然界の4つの力

自然界は、4つの基本的な相互作用（ちから）により支配されている。これらの相互作用と関連する量子力学についてセミナー形式で学習する。例えば、粒子の種類を変える「弱い」相互作用の原子核物理における重要性を学ぶ。また、物質の源である原子核を形作る「強い」相互作用が大きく寄与し、かつ光子を媒介とする「電磁」相互作用も関与する「重陽子の結合エネルギーの測定」という実験を通して、その強さを体感する。この実験は、京都大学に設置されている加速器 KUANS が供給する低速中性子ビームを用いた本格的な「加速器実験」である。目には見えない放射線等（宇宙線やガンマ線等）をど

のように測定するのか、という検出技術も含め、世界中で展開される素粒子・原子核実験の一端に触れることができる貴重な経験の機会となる。

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakusei/a6/>

#### A7 宇宙X線放射過程

シンクロトロン放射・X線やガンマ線の放射過程と物質との相互作用・相対論の基礎を英語の教科書で学習する。また、人工衛星に代表される飛翔体に搭載された検出器での高エネルギー宇宙観測の原理を理解するため、放射線と物質の相互作用で生じる電気信号を測定するアナログ回路を製作して原理を学ぶ。さらに、簡単な放射線モニタを自作して物理データのデジタル処理や python ベースでのデータ解析を行い、X線・ガンマ線の分光観測や、時系列データ解析の仕組みを学習する。さらに、実際のX線天文衛星が観測した、ブラックホール、中性子星、白色矮星、ガンマ線バースト、超新星残骸、銀河団プラズマなどのX線天体の観測データの解析も行う。

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/A78.html>

#### A8 宇宙ガンマ線放射

シンクロトロン放射・X線やガンマ線の放射過程と物質との相互作用・相対論の基礎を英語の教科書で学習する。また、宇宙でのガンマ線の放射過程を学びながら、実験ではガンマ線検出の基礎的実験を通してガンマ線と物質の相互作用を理解する。また光電吸収・コンプトン散乱の断面積測定、宇宙線ミュオン粒子の異方性測定等を、検出器の構築からデータの解析・考察に至るまでを行い、宇宙観測へつながる実験技術の基礎を身に付ける。

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/A78.html>

### **B 物性物理課題演習**

#### B1 相転移

相転移の多様性・普遍性を理解することを目標とし、相転移を示す種々の物質を対象として物性測定を行う。本課題演習では、相転移温度近傍における物性異常の観測及び解析を通して、相転移における協力現象の普遍性とその微視的機構の本質を理解する。相転移現象の例として、磁性体における強磁性－常磁性転移、合金や液晶における規則－不規則転移の観測を行う。

<http://www2.scphys.kyoto-u.ac.jp/Labos/fukisoku/lectures.html>

#### B2 物質の光応答

物質に光を照射することで生じる現象（光吸収・光散乱・発光など）を調べることで、物質中の電子状態に関する様々な情報を引き出すことができる。本課題演習では、光と物質がどのように相互作用するかを理解した上で、半導体の線形または非線形光学応答に関する実験を行い、量子効果や非線形性がどのように物理現象に現れるかを体得する。

<http://www.hikari.scphys.kyoto-u.ac.jp/q2-b2/student.html>

#### B3 固体電子の量子現象

固体中の電子が量子力学的振る舞いをする現象について学ぶことを目的として、本課題演習では、その最も基本的な例として超伝導、量子トンネル効果を取りあげる。始めに超伝導の基本的性質、超伝導の現象論的理解を与える GL 理論、微視的理論である BCS 理論を勉強し、超伝導の特徴であるエネ

ルギーギャップについて調べる。その後、実際にトンネル素子を作成し、低温における電流－電圧特性測定から固体電子の量子現象についての理解を深める。また、Python を用いたデータ解析の基礎、および、口頭発表の初歩を実習を通して習得する。

<http://kotai2.scphys.kyoto-u.ac.jp/index.php?%B2%DD%C2%EA%B1%E9%BD%AC%20B3>

#### B4 高温超伝導

高温超伝導現象を通して、固体中の電子が示す顕著な量子力学的現象について、実験およびセミナーで学ぶ。固体中の現象の多くは、電子や原子などの多数の構成粒子が互いに影響を及ぼしあうことによって生じる。その最たるものとして超伝導現象がある。特に銅酸化物の高温超伝導体では、電子間の多体効果が本質的に重要であり、通常の超伝導と比べてもさらに興味深い現象がみられる。

本課題演習では、高温超伝導を示す銅酸化物を実際に合成し、得られた試料の分析や低温実験を通じて、超伝導体に一般的な現象や高温超伝導体に特有の性質を理解することを目指す。セミナーでは超伝導の基礎と、実験に関連した内容を学ぶ。また本課題演習では、レポートや口頭発表、論文検索など、研究を行うためのスキル向上も重視する。

<https://ss.scphys.kyoto-u.ac.jp/課題演習B4「高温超伝導」/>

#### B5 プラズマ（令和8年度開講せず）

物質の第4の状態であるプラズマは地上では稀であるが、宇宙ではあまねく存在する。多数の電子とイオンとからなる電離した気体であるので電気及び磁氣的な相互作用によりダイナミックな振る舞いをし、波動現象および輸送現象にその特徴が現れる。本課題演習では、これらに関する基礎的事項をゼミナールを通じて学ぶとともに、(1) カस्प磁場中でのマイクロ波による電子サイクロトロン共鳴加熱プラズマの生成実験、あるいは(2) 容量結合型高周波プラズマの生成実験を行って、プラズマの生成法や波動・輸送現象に関して基本的な理解を深める。

<http://plasma47.energy.kyoto-u.ac.jp/index.html>

#### B6 量子エレクトロニクス

近年、レーザー光を用いて原子を冷却・操作する技術は飛躍的に進歩し、それを量子計算へ応用する研究や、希薄原子気体のボース・アインシュタイン凝縮 (BEC) やフェルミ原子の超流動などの研究が盛んに行われている。本課題演習では、レーザー光による原子冷却・操作および超低温原子の特異な振舞いなどを学ぶことを目的として、超低温のルビジウム原子を全光学的に生成し、さらにそれを用いた実験に取り組んでいる。また、実験と並行して、レーザー光と原子との相互作用やレーザー冷却などに関する基本的事項を学習する。

<http://yagura.scphys.kyoto-u.ac.jp/b6/B6index.html>

#### B7 低温物性・超流動

絶対零度近傍において物質のとりべき普遍的な姿の一つである超流動状態を題材にして、量子凝縮相の物性と極低温における実験技術を学習する。最初に極低温での物性、とりわけ超流動ヘリウムの物性について学習した後、超流動状態を達成するための極低温への冷却・測定技術を学び、液体ヘリウム4の超流動状態を生成して、超流動状態ならではの第4音波の音速測定や振動ワイヤー法を用いた粘性測定などの物性測定を行う。最後にレポート作成、発表会形式での口頭発表を行い、プレゼンテーションのスキルも取得する。

## B8 アクティブマター

「生きている」という状態とはどのようなものであろうか。本課題演習ではこのような学問分野における、基礎的な事項を学ぶ。生き物らしさを与えるアクティブな性質は、様々な物質系に形を変えて顕れる事が知られており、アクティブマターと呼ばれる分野が興りつつある。実験テーマとして幾つかの課題（生体分子モーターの集団運動、遊泳微生物の集団運動、コロイド微粒子の集団運動、非平衡界面の自己運動系、弾性体の非線形運動、反応拡散系、バイオテクノロジー、DNA ナノテクノロジーなど）の中から自分の興味のある題材を選び、実験を創意的に行う。必要に応じて、理論的考察や数値計算なども用いる。実験結果の議論から、解析、考察、発表というプロセスを通じて、実際の研究に必要とされるスキルを養う。

<http://www.chem.scphys.kyoto-u.ac.jp>

## B9 ソフトマター（令和8年度開講せず）

液晶・高分子・エマルジョン・タンパク質・ゲル，そして究極的には生体構造に至る，“ソフトマター”と総称される身近な物質は“柔らかい”。この柔らかさは、多数のミクロな分子が統計集団として協同的に振舞い、自然に出来上がる物質内部の複雑なナノ構造に起因している。本課題演習では、このようなソフトマターのナノ構造や揺らぎを、X線・赤外線・可視/紫外レーザー光といった波長の異なるプローブを用いて観測し、広範な物質内部の構造とダイナミクスを研究する、基礎物理学的な実験手法を習得するとともに、ソフトマターの先端の物理に触れる。

<https://softmatter.scphys.kyoto-u.ac.jp/★education-publication/>

## C 宇宙物理課題演習

- C1 数値計算・シミュレーション
- C2 観測機器
- C3 星・銀河の世界
- C4 活動する太陽

C1で前期において、計算機に関する基礎的な技術・知識を習得するための演習を行う。数値シミュレーションのような理論的研究はもちろん、観測装置の制御や観測データの処理など観測的研究においても計算機の使用は不可欠である。本演習前半では、UNIX/Linux環境でのグラフや文書作成ソフトの使用法、およびC言語などによるプログラミング法と基礎的な数値計算法を習得する。希望者はさらに、簡単な数値シミュレーションについて学ぶ。本演習後半では理論宇宙物理学を想定し、計算機を用いた簡単な問題演習に取り組む。

後期は、宇宙物理学教室、花山天文台の望遠鏡等を用いて、以下の実習を行う。

C2 簡単な観測装置の製作・組み立てを通じて光学の基礎を学ぶとともに、装置を望遠鏡にとりつけて実際の天体からの情報を取り込み、データ解析することにより天体観測の基礎を習得する。光学実験では、レンズの焦点距離計測・フィルターの透過率測定、検出器試験ではノイズレベルとコンバージョンファクターの計測を行い、これらの結果の解析を通して一次元および二次元データの処理方法に関しても習得する。

C3 星または銀河などの測光撮像観測を行う。観測・データ解析の手法を学ぶとともに、データからどのような物理量が得られるかを学ぶ。扱う内容としては、星団のヘルツシュプルング・ラッセル図の作成とその解釈、変光星の周期の測定とその物理的解釈、銀河の面輝度分布の法則性を探る、などである。内容は年度によるので、ガイダンスでの説明を参照のこと。宇宙物理学教室屋上の望遠鏡などを用いた観測や、過去に撮像された画像を用いた測定などを予定している。標準的な天体画像処理ソフト(IRAF)の使い方や、C言語でのデータ処理、統計言語Rを用いた現代的な数値データ解析の手法についても学ぶ。

C4 最も身近な恒星である太陽表面では、黒点領域近傍で突如として大量のエネルギーが解放されるフレア現象や高速でガスが噴出する爆発現象が発生する。これらの太陽活動現象は、地球大気や地球磁気圏にも影響を与えている。この演習では、この太陽活動現象の可視分光観測、解析、および最新の人工衛星観測データ解析も援用して、電磁流体力学的な物理量を求め、活動現象の成因を探る基礎を習得する。観測は附属天文台で実施する。

なお、課題演習Cと特に関連の深い講義科目は天文学概論と観測天文学である。

## 地球惑星科学課題演習

近年めざましく発展しつつある地球惑星の研究に対応するため、地質学鉱物学教室と地球物理学教室が共同し、学部では1993年度に「地球惑星科学系」を、大学院では1994年度に「地球惑星科学専攻」を新たに発足させた。本演習では、地球惑星科学の学問分野を野外調査、実験、観測、データ解析、理論計算などの手法を用いて体験的に学ぶ。専門的かつ実践的な研究手法を会得し、地球惑星科学の研究のための基礎・応用力を養うことを目的とする。

課 題 名	期 間	単 位	課 題 名	期 間	単 位
D 地球物理学			E 地質学鉱物学		
DA 固体地球系 (24~29)	前 期	4	E1 地質科学研究法 1 (16)	前期	4
DB 流体地球系 (24~29)	前 期		E2 地質科学研究法 2 (16)	後期	6
DC 固体地球系 (24~29)	後 期	4			
DD 流体地球系 (24~29)	後 期				

- 注) 1. ( )内は収容可能人数である。ただし、系登録の定員は地球物理学24名、地質学鉱物学15名、計39名である。
2. DA~DDについては、地球惑星科学に系登録していない学生も第2課題として履修することができる。( )内はこの第2課題の履修者を含む数である。ただし、第1課題としては24名を上限とする。

## D 地球物理学分野

前期のDA, DBでは、それぞれ固体地球系と流体地球系の基礎的事柄を学問分野横断的に学ぶことを目指している。これに対し後期のDC, DDでは、それぞれで提示された基礎から専門応用に及ぶ種々のテーマの中から、各自の興味とこれまでの学習に応じて1つ選択し、それぞれの課題に取り組む。過去の課題など、詳細は

<https://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/education/undergraduate/seminar/>

で閲覧できる。また、後期のDC, DDの具体的なテーマと内容は、ガイダンスの際に説明する。

前期についてはDA, DBの2課題を、また後期についてはDC, DDの2課題を、それぞれ同時に履修することができる。できるだけ前期・後期ともに両方の課題演習を履修して視野を広げてほしい。

### DA 固体地球系 (前期)

固体地球の形状、内部構造とその動きを知るためには種々の方法がある。本課題では、下記の4つの課題に取り組み、固体地球物理学における観測・データ解析を体験的に学習する。このことを通して固体地球系に共通する手法、概念、考え方、あるいはそれらの相違点を学ぶ。

- (1) 測地学：GPS測量実習・GPSデータを用いた地殻変動・衛星重力データの読み取り
- (2) 活構造学：花折断層周辺の地形と地質、有限要素法による岩石力学演習
- (3) 地震学：地震の震源決定のプログラム作成・実践
- (4) 地球熱学：熱伝導の観測 (装置作成及びデータ解析)

## **DB 流体地球系（前期）**

流体地球系は海洋、大気、電磁流体という様々な流体からなる。それぞれの状態・運動形態には相違点とともに、いくつかの共通する性質が見られる。この課題では、それぞれの流体に関係した3つの課題を順次学ぶことで、地球上の流体现象を理解する上で必要な手法（観測、数値モデル、データ解析）を習得しながら、生起する現象（流動・波動など）の共通点や相違点について考える。

## **DC 固体地球系（後期）**

固体地球系共通の研究手法や、地震・測地・火山・地殻変動など固体地球系の各学問分野特有の研究手法に関する5～10の課題から、1つの課題を選択して学習する。提示される課題は、地球物理学に関する知識を前提としないものから、3回生前期までの関連する講義・演習を履修している事を前提とするものまで、様々なレベルのものがある。例えば、

- (1) フィールド観測とデータ解析
- (2) 観測結果に基づく固体地球物理現象のモデリング
- (3) 弾性論に関する数値解析

などについてのテーマが提示される予定である。

## **DD 流体地球系（後期）**

流体地球系共通の研究手法や、海洋・気象・気候・地球惑星電磁気など流体地球系の各学問分野特有の研究手法に関する5～10の課題から、1つの課題を選択して学習する。提示される課題は、地球物理学に関する知識を前提としないものから、3回生前期までの関連する講義・演習を履修している事を前提とするものまで、様々なレベルのものがある。例えば、

- (1) 基礎数値流体モデル
- (2) 地球観測衛星データを用いた海洋や大気データのデータ解析
- (3) 地球惑星電磁気圏のデータ解析や理論文献輪講

などについてのテーマが提示される予定である。

## **E 地質学鉱物学分野**

地層や岩石・鉱物には、固体地球そのものについてはもちろんのこと、これに接する大気・海洋・生物圏の46億年にわたる挙動についての情報が含まれている。課題演習Eでは、これらの情報を読み出すための基礎的な演習・実習を行う。課題演習EはE1(前期)とE2(後期)からなり、野外での調査方法の演習・実習および室内での研究方法についての入門的演習・実習を行う。地質学に関連した分野を将来専攻しようとする諸君には、演習E1とE2をともに履修しておくことを強く勧める。

なお、地質調査・分析法I・IIは、それぞれE1およびE2の内容に直結した講義であるので各課題演習と同時に履修すること。地質学野外巡検IA・IB・IIは、本課題演習と特に密接な関連があるので合わせて履修することを勧める。また、地球惑星史基礎論、地球惑星物質科学基礎論、地質学表層プロセス基礎論、地質学内部プロセス基礎論は、本課題演習と内容的に密接な関係にあるので、同時に履修していることを強く勧める。

課題演習の具体的内容は以下の通りである（より詳しくはシラバスを参照すること）。

**E 1 (前期)**：野外で、地層・岩石の分布状態や褶曲・断層などの様々な対象を観察し記録する訓練を行う。また、主に室内で、岩石やその構成鉱物の研究法を学ぶ。

- a) 地質図学の基礎的演習
- b) 野外での地質調査実習
- c) 野外で得たデータを処理する室内演習
- d) 結晶光学の基礎および岩石薄片の偏光顕微鏡観察の実習
- e) 実習のレポート作成・発表方法の指導

**E 2 (後期)**：野外で、地層・岩石の分布状態や褶曲・断層などの様々な対象を観察し記録する発展的な訓練を行う。また、主に室内で、岩石やその構成鉱物の観察や分析法および岩石を用いた変形実験についての入門的な演習・実習を行う。

- a) 野外での地質調査実習(夏休み中の集中実習を含む)
- b) 野外で得たデータを処理する室内演習
- c) 粉末X線回折法による鉱物同定の実習
- d) 岩石薄片の作製実習
- e) 電子線マイクロアナライザによる元素分析の実習
- f) 顕微ラマン分光分析法による鉱物同定の実習
- g) 岩石粉末の作成法およびガラスビードの作成法の実習
- h) 岩石変形実験法の実習
- i) 炭酸塩の化学分析の実習
- j) 電子顕微鏡を用いた組織観察

## 化学実験

本実験は週3日、月曜日から水曜日までの午後1:15から午後5:45まで行う。前期A実験は、化学の基礎実験で、実験の基本操作、物質の取り扱い方などの実習を行う。後期のB実験は大きく3つの分野(有機化学、生物化学、物理化学・物性化学)に関する課題で構成され、前期のA実験の基礎の上に、少し程度の高い実験を行う。

前期A実験、後期B実験ともに8単位。履修するには学生教育研究災害傷害保険(学研災)に加入している必要がある。また原則としてB実験の履修には、A実験を履修していることが必要である。

なお、化学実験を履修する上で化学実験法I及びIIを履修することが望ましい。

### A実験(前期, 8単位)

#### A1. 無機・分析化学実験の初歩

- 1) 容量分析の初歩
- 2) 無機化合物の合成と分析
- 3) 合金の分析
- 4) 相間平衡を用いた物質分離
- 5) 弱酸, 弱塩基の解離平衡とpH
- 6) 分光光度計を用いた定量

#### A2. 生体関連物質の抽出・分離

- 1) 生体関連物質の光吸収
- 2) クロマトグラフィーによるクロロフィルの分離

#### A3. 有機化学実験の初歩

- 1) Diels-Alder反応
- 2) トリフェニルメタノールの合成

### B実験(後期, 8単位)

#### B1. 有機化学分野(10月)

- 1) Beckmann転位
- 2) Michael付加とハロホルム反応
- 3) リドカインの合成

#### B2. 生物化学分野(11月中旬)

- 1) 酵素の精製と活性測定
- 2) DNAの増幅

#### B3. 物理化学・物性化学分野(11月下旬から1月)

- 1) 反応速度
- 2) 赤外分光
- 3) 相転移
- 4) 遷移金属錯体の合成と物性
- 5) 光吸収と発光
- 6) 高温超伝導体の合成と物性

## 生物学実習（通年）

実習期間を以下のように分け、それぞれの期間に課題を設ける。各課題はそれぞれ独立したものであり、最多5課題まで履修できる。以下に予定されている課題をあげる。また、各課題の内容に関しては、次表の次に記載している。

なお、希望者数が収容可能人数を超過した場合、関連分野の科目の履修状況などを参考にして人数調整することがある。

A	4月13日～ 5月14日	1. 時間生物学の解析手法	小山, 伊藤
		2. 染色体高次構造の分子機能解析法	西山, 木下, 吉田
		3. 野外調査法(人類)	中村, 田村
		4. 動物の分類	中野(隆), 岡本
		5. カイメンを用いた発生生物学	船山
B	5月18日～ 6月11日	1. 野外調査法(生態)	渡辺, BARNETT, 工藤, 本庄, 今田
		2. 環境ストレスに対する生物の応答	秋山
		3. 植物分子生理学の解析技術	松下, 嶋田, 岡
		4. 古人類学における基本的技術	中務, 森本, 富澤
		5. 生物学における計算機利用	高田, 岩部, 寺川
C	6月15日～ 7月9日	1. 動物の行動	森, 城野
		2. 植物の個体内情報伝達	野田口, 望月, 永原
		3. 動物の発生: 細胞分化と器官形成	佐藤(ゆ), 稲葉
		4. 情報変換分子の機能解析法	今元, 山下
D	10月1日～ 10月29日	1. 生態学	渡辺, BARNETT, 今田, 山尾, 樋口
		2. 免疫生物学	高原
		3. 植物の分子遺伝学	竹中, 槻木
		4. 神経生物学	川口, 井下, 平井
E	11月4日～ 12月3日	1. 動物の細胞内・細胞間のシグナル伝達の可視化・定量化技術	青木, 後藤(祐), 平野
		2. 細胞シグナル伝達の分子生物学基礎 (本年度不開講)	日下部, 宮田
		3. 蛋白質構造研究の基礎技術	枳尾, 関山, 今村
		4. 生殖と行動を制御する生理機構の観測とデータ解析	甲斐, 碓井
		5. 植物系統分類学の基礎的技術	布施, 高橋

## A. 2026年4月13日～5月14日

### 1. 時間生物学の解析手法

光合成生物の概日時計システムについて、その安定性、制御様式、生理学的役割などを解析・操作する手法を実験と理論両面から習得する。また、生物発光系の応用手法を学ぶ。

### 2. 染色体高次構造の分子機能解析法

真核生物における染色体の高次構造構築因子について、その機能を一分子レベルで解析するための基礎的手法を学ぶ。また、培養細胞におけるゲノム編集技術を用いて、それらの因子の細胞内機能を考察する。

### 3. 野外調査法(人類)

人類学における野外調査の方法に関する基本的な技術を修得する。実際に霊長類等を対象に、研究テーマや研究方法を自ら設定し、データを収集する。得られたデータを分析した結果に討論を加えて発表を行い、履修者全員で質疑応答を行う。最終的にはレポートにして提出する。

### 4. 動物の分類

動物の系統分類学における基礎的な考えや研究手法を習得する。野外調査で土壌動物（特に小型無脊椎動物）を採集し、得られた標本の形態観察などの結果を総合して分類学的な判断を下すことで、動物の種分類における一連の研究課程を実践する。

### 5. カイメンを用いた発生生物学

既知とは異なる動物の新しい形態形成機構を、カイメン動物の研究から明らかにすることが出来る。本学でしか行えない、カイメン細胞などのライブイメージングと画像解析、遺伝子発現解析、トランスクリプトームやドラフトゲノムデータを用いた解析などを行う。実験結果については発表会を行い、班ごとに発表、得られた結果の解釈、関連する最新の研究などを議論し、考察する楽しさを学ぶ。

## B. 2026年5月18日～6月11日

### 1. 野外調査法(生態)

森林や河川などを対象にして野外調査を行い、生態学に関する基本的な技術や知識を学んで貰うものである。(生態学に関心のある者は本実習を履修することが望ましい。)

### 2. 環境ストレスに対する生物の応答

紫外線や酸化剤など、種々のストレス条件下での細胞応答や防御機構を調べる。微生物、細胞、線虫などを用いて、酸化防御因子の解析や個体レベルでの観察などを行う。

### 3. 植物分子生理学の解析技術

優れた環境適応能力をもつ陸上植物の生き方を分子レベル・細胞レベルで理解するための多様な研究方法の基礎技術を習得する。具体的には、主にモデル植物のシロイヌナズナを用いて、DNAとタンパク質の基本操作、遺伝子の一過的発現、遺伝子組換え植物の作製、共焦点レーザー顕微鏡による細胞内オルガネラのイメージング、突然変異体の単離と解析方法などを学ぶ。

### 4. 古人類学における基本的技術

人類の起源・進化・変異に関する研究を化石や発掘人骨から行う上で必要となる基礎知識・技術について学ぶ。霊長類の骨格と歯の比較解剖学を学習した後、霊長類の解剖を通じて、それら硬組織と軟部組織との関連を学習する。

### 5. 生物学における計算機利用

コンピュータプログラミングの簡単な演習を行った後、計算機による生体分子の構造解析および細胞システムの数理解析、あるいは遺伝子配列解析に関するいくつかの例題を実習する。

## C. 2026年6月15日～7月9日

### 1. 動物の行動

動物の行動の観察を野外や室内で行い、動物行動学調査の基本的な手法を学び、実践的経験を身に付ける。また、行動実験の立案や実施を自立的に行うことによって、自ら研究計画を立てて、解析する能力を養う。

### 2. 植物の個体内情報伝達

植物が環境に応答して発生成長する際に、個体内で情報を伝達するため移動して働く分子を捉える手法を学ぶ。蛍光標識した移動性分子を発現する植物をマイクログラフィティ法により接木し、組織内に移動してきた分子を共焦点顕微鏡により可視化し、分子の細胞内局在を追跡する技術を学ぶ。

### 3. 動物の発生：細胞分化と器官形成

主にトリ胚やホヤ胚を材料にして、細胞分化や器官形成のしくみを研究するための基礎的解析方法について習得する。初期胚を構成する組織のあらましを理解し、現代的な胚の遺伝子操作法を学ぶことによって、それらがどのような発生メカニズムの理解に繋がるかを考察する。

### 4. 情報変換分子の機能解析法

生体の情報変換に関与する蛋白質(受容体, G蛋白質・効果器酵素)について、光情報変換系を実験材料として分子レベルでの構造・機能解析のための基礎的手法を学ぶ。また、光受容体の生物物理学的性質の違いを調べ、高次機能(色覚や薄明視)との関連を考察する。 \_

## D. 2026年10月1日～10月29日

### 1. 生態学

動物の群集や個体群あるいは植物群落を対象に、生態学の基本的な考え方や調査技術を修得することを目的としている(受講希望者は、野外調査法(生態)を履修していることが望ましい)。

### 2. 免疫生物学

免疫相当細胞の組織内分布、マクロファージの食作用、抗体産生細胞の増殖等に関する実験を行う。技術としてはマウスの免疫方法、細胞・血清の調製、免疫電気泳動、蛍光フローサイトメリー、ELISA法等を修得する。随時、分子免疫学の最近の話題も紹介する。

### 3. 植物の分子遺伝学

シロイヌナズナ(アラビドプシス)とクラミドモナスの葉緑体機能、器官形成、母性遺伝に関する突然変異体を用いて、高等植物、藻類における様々な遺伝子制御システムを理解するための分子遺伝学、生理学、生化学の基礎的な解析法を習得する。

### 4. 神経生物学

脳・神経系の機能を研究する実験手法を学ぶ。具体的には、静止電位、活動電位、シナプス電位、神経伝導など神経系のはたらきの基礎現象について、古典的な電気生理学実験(細胞内電位測定・パッチクランプ法)と最先端の蛍光イメージング技術により計測し、イオンチャネルなど分子レベルから理解する。実験結果については、発表会を行い、データ解釈および関連事柄を議論する。

## E. 2026年11月4日～12月3日

### 1. 動物の細胞内・細胞間のシグナル伝達の可視化・定量化技術

動物の細胞内・細胞間のシグナル伝達を研究する手法を学ぶ。培養細胞に蛍光バイオセンサーを導入し、生細胞イメージングによる細胞内のシグナル伝達反応を可視化し、画像解析により定量化する技術を学ぶ。

## 2. 細胞シグナル伝達の分子生物学基礎 (本年度不開講)

哺乳類培養細胞とアフリカツメガエルなどを用いて、細胞の増殖、分化及び発生を制御するシグナル伝達機構を解析するための基礎的手法を学ぶ。

## 3. 蛋白質構造研究の基礎技術

タンパク質の立体構造を決定するための試料調製、結晶化方法、X線回折データからの構造決定法を学ぶ。また、核磁気共鳴法を用いたタンパク質間相互作用解析についても基礎的な実習を行う。

## 4. 生殖と行動を制御する生理機構の観測とデータ解析

生殖細胞を形成・維持する生理機構、特に小分子RNA産生の機能解析と動物行動を調節する神経ダイナミクスを解析する実験手法にふれる。生体内で生殖細胞やニューロンを観察し、取得画像を分析する基礎的手法を学ぶ。

## 5. 植物系統分類学の基礎的技術

陸上植物の分類方法、及び大進化、種分化、集団分化機構などの解析に必要な資料の取りまとめ方、形態や分子マーカーを用いた解析技術の習得など。

## **生物学セミナー(後期)**

生物学セミナーは、現在下記のような課題がある。

### **A(月曜日)**

#### 1. 細胞分子構造生物学(枅尾, 関山, 今村)

細胞内で行なわれる様々な情報伝達の分子機構を構造生物学的、生化学的視点から理解するために、必要な論文や総説を講読する。

#### 2. 時間生物学(小山, 伊藤)

光合成生物の概日時計システムに関する一連の論文を読み、生物の時空間制御の理解を深める。

#### 3. 植物分子生理学(松下, 嶋田, 岡)

植物の環境応答や発生・生理などに関連し、主に遺伝子発現や細胞レベルに重点を置いた論文・総説を輪読する。

#### 4. 植物系統分類学(布施, 高橋)

主として植物の系統進化学・形態解剖学・多様性生物学・種分化などに関連した分野の手引書・論文・総説の輪読。

#### 5. 人類学(中務, 中村, 森本, 田村, 富澤)

自然人類学・霊長類学・行動生態学・生態人類学に関する重要な論文を講読する。

#### 6. 動物の行動(森, 城野)

動物の行動についての重要な論文あるいは専門書を講読する。

#### 7. 発生生物学(佐藤(ゆ), 稲葉)

脊椎動物の発生における細胞分化、組織構築、器官形成、ライブイメージング、遺伝子発現、器官再生、エボデボ、エピジェネティクス、ゲノムインフォマティクスなどに関する代表的な論文や総説を読み、その理解を深めるとともに、最新の知見を議論する。

#### 8. 数理生物学(山内, 谷内)

生物学特に生態学および進化生物学における数理モデルを用いた研究について重要な文献を取り上げ、論文講読を行う。必要に応じて数学的な説明も補足していく。

#### 9. 神経生物学(川口, 井下, 平井)

脳・神経系に関する英語教科書および英語論文を輪読する。

#### 10. 動物系統学(中野(隆), 岡本)

動物の系統分類学・生物地理学に関する専門書あるいは最近の文献を輪読する。

#### 11. 高次生命現象の定量生物学(青木, 後藤(祐), 平野)

細胞増殖や細胞集団運動、癌化、老化などの高次生命現象を定量的に理解するために必要な実験・解析技術を幅広く学ぶことができる文献や専門書を輪読し、その内容について議論する。

### **B(金曜日)**

#### 1. 分子情報学(今元, 山下)

視覚系を中心にして、生物物理学的・分子生物学的手法を用いた蛋白質分子(受容体, G蛋白質, 効果器酵素)の構造・機能解析に関する重要な論文, また, 分子の機能解析から細胞レベル・個体レベルでの情報変換メカニズムを理解する重要な論文を読み, それらの内容について議論する。

#### 2. 植物の分子遺伝学(竹中, 槻木)

モデル植物を用いた植物の環境応答、器官形成などの過程を支配する遺伝的制御システムに関する最近の重要な論文を選んで講読し、その内容について議論する。

### 3. 植物の生理学(野田口, 望月, 永原)

植物の環境応答を支える個体・細胞レベルの情報伝達機構に関する文献を購読し、その内容について議論する。

### 4. 環境ストレス応答機構(秋山)

動物の分子遺伝学や様々な環境ストレスへの応答・防御機構に関する重要な文献あるいは専門書を講読する。

### 5. 免疫生物学(高原)

免疫の生物学的側面および病態との関連について、適当な文献を講読する。

### 6. 理論生物物理学(高田, BRANDANI, 岩部, 寺川)

分子レベルの理論生物物理学・一分子生物学あるいは、分子進化に関する主要な論文・総説を輪読する。

### 7. 生態学(渡辺, BARNETT, 佐藤(拓), 今田)

生態学に関する重要な論文・総説・著書などを輪読する。

### 8. シグナル伝達の分子生物学(日下部, 宮田) (本年度不開講)

細胞の増殖, 癌化, 分化及び細胞死や高次生体機能を制御するシグナル伝達とそれに関連する分子生物学分野の論文を講読し, 議論する。

### 9. 海洋生物学(下村, 中野(智), 河村, 後藤(龍), 山守)

海洋生物学に関連した重要な論文を講読する。さらに論文の内容をプレゼンすることにより, 研究成果を口頭で発表するスキルを身につけるためのトレーニングも併せて行う。

### 10. 染色体の構造と機能発現機構(西山, 木下, 吉田)

真核生物および原核生物の染色体構造やその構成因子の機能, 染色体機能の発現様式についての重要な論文・総説を講読する。

### 11. 生殖と行動を制御する生理機構(甲斐, 碓井)

生殖細胞を形成・維持する生理機構、特に小分子RNA産生の機能解析と動物行動を調節する神経機構を研究した論文を読み、議論する。分子遺伝学的手法に加えて、生化学的手法やバイオインフォマティクス、脳機能イメージングなど幅広い研究手法を理解し、実験データを読み解くことに力点を置く。

### 12. 進化発生生物学(船山)

多細胞生物の個体形成における、細胞挙動, 上皮組織の変形, 組織構築, ライブイメージング, 遺伝子発現解析, EcoDevo, Evodevo等における基礎的, または革新的な研究に関する論文や総説を読み知見を広げ, 議論する。

## 【Ⅳ】理学部教科の履修案内

履修科目の選択と系への所属決定の資料として、代表的な履修例を以下に挙げておく。個別的に系別ガイダンスその他の機会に教員と相談するのが望ましい。

### Ⅳ-1 数理科学系の教科選択について

自分が将来に何を目指して勉強していくかがある程度ははっきりしている人にとっては、どのような科目選択が自分の学習計画に適切であるか自ずと明らかであろう。しかし、そうでない人にとっての3回生段階は自分の目指すものを見つける大切な時節となるであろう。どのような学問でも、ある程度積極的にそれを知ろうと求めなければその真の魅力は見えてこないものだが、数学の場合は特にかなりの基礎力がないと、その魅力がなかなか見えてこない場合が多い。その意味でも、高いものを見据えながらもしっかりと基礎力を養う事が重要である。基礎を重視するという事は、専門の理解を深める上でも、数学諸分野への興味が他分野との連携の中で、よりダイナミックに見えてくるためにも重要な事であるという事を強調しておきたい。

#### I 3回生配当の科目

3回生段階で用意されている科目は、下記に述べる「演義」を除いて、あくまでも基礎固めのためのものである。これらはそのねらいに応じて以下の3種類に大別される：

##### (1) 数理科学コアコース

これらは数理科学系で勉強する学生が、その専門如何にかかわらず受講しておいて欲しい最も基礎的な内容を扱う科目であり、原則として全ての学生に受講してもらう事を前提としている。これらはどの分野の数学を理解する上でも、また、それらに対する興味を自分なりの方法で掴み取る上でも必要最低限と考えられる科目である。これらは次の科目からなっている：

代数学Ⅰ，幾何学Ⅰ，複素函数論，解析学Ⅰ，微分方程式論(以上前期)

代数学Ⅱ，幾何学Ⅱ，解析学Ⅱ，函数解析学(以上後期)

このうち、複素函数論、微分方程式論、及び函数解析学はそれぞれ半期で2単位であり、代数学Ⅰ・Ⅱ、幾何学Ⅰ・Ⅱ、解析学Ⅰ・Ⅱは講義と演習が一組となった半期で4単位の科目である。演習では、毎回の講義でやった内容を復習するための練習問題を解くという作業を行う。じっくりと基礎を学習するため、毎日の講義を単に聞き流さず、その都度内容を確認し、自分のものとしてもらうための形態である。また、コアコースだけでも無理なく3回生段階で期待される単位数は確保出来るという事も留意されたい。

##### (2) 数学演義

数学演義は講義などで学習した内容を問題演習等を通じて確認する重要な科目であるから、積極的に受講することを勧める。系登録済みかどうかや、系登録時の演義に関する希望にかかわらず、原則的に希望者全員が受講することができる。これらは以下の科目(半期で4単位)からなる：

代数学演義Ⅰ，幾何学演義Ⅰ，解析学演義Ⅰ(以上前期)

代数学演義Ⅱ，幾何学演義Ⅱ，解析学演義Ⅱ(以上後期)

演義Ⅰでは問題演習を行う。問題に難易の区別が明示され、解答した問題数だけではなく、どのような難易度の問題を解いたかも成績に加味される。

演義Ⅱは演習クラスと講読クラスに分けられる。演習クラスでは、講義に沿った標準的な問題演

習を受けることができる。演習クラスは演義Ⅰの単位を取っていなくても受講可能である。これは3つまで受講できる。講読クラスでは、テキストの講読と高度な問題演習が受けられる。講読クラスを受講するためには、対応する演義Ⅰの成績が原則として受講希望者の上位5名程度であることを条件とする。講読クラスは2つまで受講できる。

(3) その他の3回生配当科目

非線型解析(後期, 2単位), 数値解析(後期, 2単位), 計算機科学(前期, 2単位)

以上が3回生配当の科目である。どの科目をどの様に履修するべきかは、将来の可能性や希望する進路を見据えた上で、各自の興味に従って選択して問題ない。しかし、数理科学系の中でコアコースは基礎固めのために必要な科目である事を重ねて強調しておく。各科目のそれぞれの目的や特徴をしっかりと理解した上で、自分に何が必要かを判断してもらいたい。その際、自分の学力や興味の方向等をより客観的に判断するためにも、是非とも独りよがりにならず、独断や思いこみに左右されない様に心がけるべきである。そのためにも、出来るだけ個別に教員を訪問し、相談する事を強く勧める。

## II 4回生配当の科目

前年までに培った基礎の上に、専門化の第一段階となる基礎的なトピックからより専門的なトピックまで、様々な内容を扱う科目が用意されている。これらの科目では、各専門分野において常識となっている事柄から先端的な事柄までを提供し、それぞれの専門分野を深く探究するための第一歩となるよう配慮されている。将来数学の研究者になることを志す人にとっても、研究者としての土台となる専門的な視点を獲得するために努力する事は当然であるが、同時に他分野を広く理解する努力も数学の持つ多面性を体験する上で重要である。従って、4回生配当の科目はより専門色が濃いとは言え、早い時期から細分化されたものへ闇雲に突っ走らず、出来るだけ多くの分野に関わりを持つべく履修計画を立てる事が望ましい。

(4) 数理科学課題研究(5100番台)

これは少人数によるセミナー形式の授業である。履修者の興味、科目履修度、学力等に配慮して幾つかのセミナーに分かれて実施される。数理科学課題研究ではある程度専門的な内容を扱うのは当然であるが、単に専門的知識や技術を獲得するのみならず、その専門分野が数学全般の中でどの様に位置付けられているのか等についても総合的な視点を心得る事がねらいとなっている。また、数理科学課題研究においては、講義に比べてより双方向的な授業の形態となるため、教員や他の履修者との日々の交流の中で自分の数学的興味が培われる機会が格段に増える。その意味で、各自の積極的な参加を期待する。なお、数理科学課題研究は数理科学系における卒業研究科目であるため、数理科学系からの卒業を望む場合は必修である。

(5) 講義(4100番台)

これらの科目では各分野の基礎的なものから発展的なものまで幾つかのトピックを扱い、各専門分野への導入となるよう意図されている。これらの幾つかの科目は毎年開講されるとは限らないものもあるので、履修に際しては注意されたい。

最後にまとめとして、次の事に触れておきたい。上で述べた通り、あるいはコースツリーを見てもわかる様に、数理科学系の科目の構成は非常に明解である。これは、学生諸君にとってより理解しやすくするためのものであると同時に、特定分野に偏らず数学全般に渡って広く深い基礎力を付けてもらうことを意図してのものである。以上を踏まえて、各自有意義な学習生活を送られる事を希望する。

## IV-2 物理科学系の教科選択について

物理科学系は教員組織が非常に大きく、学生諸君がその中で選び得る教科も極めて多様である。そしてそのある分野では数理科学系、化学系、地球惑星科学系、生物科学系と密接に関連し境界領域を形成しているものもある。従って、以下に示す選択の例はごく典型的なものであって、決してそれらにとらわれる必要はない。物理学の基礎的教科から始めて、次第に個別科学に分化するように配列してある(開講科目に変更もあり得るので、来年度「教科の手引き」をみること)。物理科学系では、3回生段階の物理科学課題演習の履修が重要である。4回生段階の物理科学課題研究は必修である。なお講義のシラバスについては全学生共通ポータル (<https://student.iimc.kyoto-u.ac.jp/>) を参照のこと。

### 〈例1〉

将来、物性物理学、原子核、素粒子物理学、宇宙物理学の諸分野を目指す学生の為の標準的学習。

これらの分野はさらに多岐にわたり細分化されるので、将来その諸分野を目指す学生の典型的履修例を示すのは容易でない。何よりも基礎学力が重要で、以下に掲げる科目の履修前に2200番台の科目の履修を済ませておくことが強く望まれる。

#### 【3回生段階】

課題演習A・B、電磁気学B・C、電磁気学演習、量子力学B・C、量子力学演習、統計力学B・C、統計力学演習

「電磁気学B・C」の履修には専門基礎科目「電磁気学統論」と「電磁気学A」の履修が、「量子力学B・C」の履修には「振動・波動論」と「量子力学A」の履修が、「統計力学B・C」には「統計力学A」と量子力学の基礎知識が前提とされる。上記の科目は物理学を専攻するための重要な基礎となるので積極的に履修をする事を薦める。演習は講義で学んだ事項を自分で使えるか確認する重要な場である。各演習はそれと同時期に行われる講義と連携して進行し、講義をよりよく理解するために対応しているので履修することが強く望まれる。これらに加えて、

物理数学特論1、固体物理学基礎1・2、連続体力学、物理実験学1・2

などの科目は、各研究分野の導入的内容もっており、4回生で行う卒業研究(課題研究)を選択するためによい助けとなるであろう。物理学全般に対する視野を広めると同時に、大学院進学等の際の将来の研究分野、研究室選択のための資料として大いに活用して欲しい。さらに、

計算機関連教科、物理学情報処理論1・2、数値解析、物理の英語、エレクトロニクス

などは物理学を履修する上で重要な方法論を与えるものであり、これらの修得も有意義である。加えて、後期に開講されるリレー講義

#### 「現代物理学」

は、各専門分野の最前線の研究内容をわかりやすく、かつ包括的に触れることのできる数少ない機会であり、その履修も意義が大きいものとなる。

#### 【4回生段階】

課題研究P・Qは必修科目である。これに加えて、

物性物理学1a(磁性と超伝導概論)・1b(超流動・超伝導)、物性物理学2a(ソフトマター)・2b(プラズマ・界面)、物性物理学3a(量子光学)・3b(半導体・光物性)、原子核物理学1・2、素粒子物理学1・2、宇宙物理入門、重力、重力特論、統計力学特論、量子力学特論1、物理数学特論2、宇宙物理入門のうちから課題研究の選択に即した科目を選択することは重要である。また、これら以外の科目も幅広い物理学の素養を身に付けるために役立つであろう。

### 〈例2〉

宇宙物理学(天文学)は、長年にわたる観測に基礎をおく学問で、単なる応用数学や応用物理ではない。しかし一方、現代天文学を学ぶ場合は、ある程度以上の数学や物理学の修得が必要不可欠の条件となる。

#### 【3回生段階】

太陽物理学，恒星物理学，惑星物理学，連続体力学，電磁気学B・C，量子力学B・C，統計力学B，及び各種演習，基礎宇宙物理学I・II，課題演習C1とC2～4のうちの一つ，および計算機関連教科

これらは、宇宙物理学（天文学）のどの分野に進むにせよ、最低必要限の知識を与えるものである。また、「現代物理学」は、現在行われている最前線の研究をわかり易く紹介することを目的としており、物理学全般に対する視野を広めると同時に、大学院進学等の際の将来の研究分野，研究室選択のための資料として大いに活用して欲しい。

#### 【3回生又は4回生段階】

量子力学演習，電磁気学演習，統計力学演習，宇宙物理入門。

#### 【4回生段階】

銀河・星間物理学，観測的宇宙論，原子核物理学1・2，素粒子物理学1・2，重力，課題研究S1～S6のうちの一つ

### 〈例3〉

この例は、近年急速に発展している太陽地球圏環境に関わる分野（宇宙天気，超高層及び空間物理学(Space Physics)）に焦点を合わせたものであり，地球物理学と宇宙物理学の境界に位置している。

#### 【3回生段階】

太陽物理学，恒星物理学，惑星物理学，電磁気学B・C，電磁気学演習，統計力学B・C，統計力学B演習，量子力学B・C，量子力学演習，連続体力学，電離気体電磁力学，気象学I，課題演習DBまたはC1とC2～4のうちの一つ，計算機関連教科

#### 【4回生段階】

地球電磁気学，太陽地球系物理学，気象学II，課題研究S2，T1または2

その他，3回生又は4回生段階で，基礎宇宙物理学I・IIを修得するのも有意義であろう。

## IV-3 地球惑星科学系の教科選択について

### ◆ 地球物理学分野

地球物理学とは、地球内部から人工飛翔体によって直接観測可能な宇宙空間（太陽系空間）に至る領域を研究対象とし、その空間構造、物質の存在形態、動的現象の物理メカニズムなどを、観測、データ解析、室内実験、数値実験、理論を通して解明する学問である。研究対象によって、大きく、固体地球物理学、流体地球物理学、太陽地球系物理学の3分野に分けることができる。以下に履修を推奨する科目を列挙する。下線を付した科目は、地球物理学教室提供の専門科目・課題演習・課題研究（卒業研究）であり、これらの詳細は、

<https://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/education/undergraduate/>

に掲載している。

#### 【3回生段階】

#### 地球惑星科学課題演習 (DA, DB, DC, DD)

**基礎科目Ⅱ：地球物理学のためのデータ解析法**

**基礎科目Ⅲ：弾性体力学，地球物性物理学，地球流体力学，電離気体電磁力学**

**専門科目Ⅰ：固体地球物理学A・B，海洋物理学Ⅰ，気象学Ⅰ，物理気候学，地球電磁気学**

**関連科目：数値解析，連続体力学，電磁気学C**

基礎科目Ⅱの地球物理学のためのデータ解析法は、地球物理学の様々なデータを調べるために必要な多変量解析などの確率・統計学や、観測データから興味のある物理量を推定する逆問題の解法を学ぶ。基礎科目Ⅲは固体地球物理学（弾性体力学，地球物性物理学），流体系物理学（地球流体力学），太陽地球系物理学（電離気体電磁力学）の各分野の基礎となる科目から構成されている。弾性体力学は弾性体中に生じる諸現象，地球流体力学は回転成層流体中に生じる諸現象，電離気体電磁力学は電離気体（プラズマ）および電磁流体中に生じる諸現象の基礎力学を，地球物性物理学は地球構成物質の物性を，それぞれ学ぶ。専門科目Ⅰは、主に地球物理学各専門分野の基幹となる内容を学ぶための3回生向け科目である。最初から特定の分野に限定するのではなく、地球物理学全般を幅広く学ぶように心がけてほしい。

地球物理学の数理解物理的な課題に興味があるならば、3回生でも物理学や数学を重点的に履修し、それらを基礎として地球物理学の専門科目を学ぶことも有意義である。一方、観測科学的な課題に興味があるならば、地球物理学の枠を超えて、広く観測に関する専門科目を学ぶことも有益であろう。

地球物理学関連の課題演習には、前期に開講される地球惑星科学課題演習 DA（固体地球系）と DB（流体地球系），および後期開講の DC（固体地球系）と DD（流体地球系）がある。DA・DB では、観測や計算機を用いた演習を通じて地球物理学の基礎を幅広く学ぶ。DC・DD では、各課題1つのテーマを選び、地球物理学の研究の一端に触れる。前期・後期ともに、両方の課題演習を履修して視野を広げてほしい。

#### 【4回生段階】

#### 地球惑星科学課題研究 (T1, T2, T3)

**専門科目Ⅱ：測地学，地震学，活構造学，海洋物理学Ⅱ，気象学Ⅱ，太陽地球系物理学，陸水学  
地球熱学，火山物理学**

4 回生前期には地球物理学各分野のやや進んだ専門科目Ⅱが開講される。地球惑星科学課題研究(卒業研究)として、T1(電磁気圏)・T2(大気圏・水圏)・T3(固体圏)から1課題を選択する。

### ◆ 地質学鉱物学分野

**地質学鉱物学教室は、将来以下のような分野を初めとする地球科学の研究を目指す諸君にとって必要な基礎的な講義・実習を提供している。**

- (1) 岩石や鉱物、隕石など地球や惑星を構成する物質の状態や構造に関する、原子配列レベル(数ナノメートル)から地球規模(数万キロメートル)スケールでの解析による、その成因と発展過程の研究。
- (2) 地殻・マントルと地球表層環境の長期変動に関する年代・同位体化学と変形解析による研究。
- (3) 地史を通じた地球表層の変遷と、そこに棲んできた生物進化の歴史に関する研究。
- (4) 試料の化学組成・同位体組成分析を通じて、試料の形成年代や形成当時の物理化学的環境の情報を引き出し、46億年にわたる地球や太陽系の進化と生命進化・生体機能を解明する研究、などである。

#### 【3回生段階】

##### **課題演習E，及びこれら以外の3500番台の科目**

3回生向けのカリキュラムで、当教室が特に力を入れているのが**課題演習E**である。この課題演習は、あらゆる地球科学分野—とくに地質科学分野—の研究で役立つフィールド調査や機器分析の能力を修得できるように、多数の教員が協力して開講されている。**課題演習E1・E2**とセットとなっている**地質調査・分析法I・II**も合わせて履修していただくことになっている。また当教室の講義、実習(3500番台、4500番台)は、3回生から4回生にかけて徐々に専門化していけるように配列されている。なかでも、前期に開講されている4つの基礎論—**地球惑星史基礎論**、**地球惑星物質科学基礎論**、**地質科学表層プロセス基礎論**、**地質科学内部プロセス基礎論**—は、地質学鉱物学分野に進む上で必須となる基礎教養を得るための講義科目であることから、ぜひ4科目すべてを履修して欲しい推奨科目群である。後期はやや専門化された講義や実験・実習が用意されていて、各人の志望や興味に合わせて選択することが可能となっているが、できることならなるべく多くの科目をバランスよく履修するように心がけて欲しい。また、随時に開講される**地質科学野外巡検IA・IB・II**も履修を強く薦めるフィールド系の実習科目である。

#### 【4回生段階】

##### **地球惑星科学課題研究(必修科目)，及び4500番台の科目**

4回生では、課題研究が必修となる。当教室では、T11からT16の課題研究があり、大学の4年間の学習の上に立って成果をまとめられるようにテーマを出して指導している。それぞれの課題研究は、大学院のセミナーと密接な関連があり、セミナーの中での討論を中心に指導を受けることが多いので、ほとんどの課題研究では関連するセミナーへの参加が求められる。

以上のほか、3・4回生の間に、各人の志向に応じて、他分野の関連科目、例えば地球物理学概論I・II、地球物理学のためのデータ解析法、観測地球物理学、計算地球物理学、地球連続体力学、地球連続体力学からの展開、地球流体力学、地球物性物理学、固体地球物理学A・B、海洋物理学、気象学、地球電磁気学、また、情報科学関連科目、物理化学、無機化学、熱力学、統計力学、生態学、動物系統分類学、動物行動学、環境生態学、植物分子生物学など多様な分野から選択して勉学すること

を勧める。

#### IV-4 化学系の教科選択について

3 回生では、2 回生で学んだ化学のあらゆる分野に共通する基礎の上に、化学の基本法則や物質の多様性に関するより深い知識と応用力を積み上げていく。講義と連動した演習では、学習した知識の運用力を培う。また、化学実験法の講義と化学実験（通年）によって、実験操作手法やデータ解析法を学ぶと共に、化学物質の取り扱いや化学的思考法を習得する。

##### 【3 回生段階】

物理化学関係（量子化学Ⅱ，物理化学ⅢA，物理化学ⅢB，化学数学，化学統計力学，物理化学演習 B，物理化学演習 C，計算機化学演習），無機・分析化学関係（無機化学ⅡA，無機化学ⅡB，物性化学Ⅰ，物性化学Ⅱ，分析化学Ⅱ，無機・物性化学演習），有機・生物化学関係（有機化学Ⅱ，有機化学Ⅲ，生物化学Ⅱ，生物化学Ⅲ，生物化学演習），化学実験法Ⅰ，化学実験法Ⅱ，化学実験 A，化学実験 B が開講されている。物理化学系では、2 回生で学んだ各科目の発展学習として、量子化学Ⅱでは分子軌道法を、物理化学ⅢA では化学平衡の熱力学と化学反応速度論を学ぶ。さらに、新たな科目として、物理化学ⅢB では分子分光法を、化学統計力学では統計力学の基礎を学び、化学数学では群論や微分方程式論の化学への応用を学ぶ。物理化学演習 B では物理化学Ⅱに対応した演習を行う。物理化学演習 C では物理化学ⅢA とⅢB に対応した演習を行う。計算機化学演習では、化学に関連した計算機実習を行う。無機化学ⅡA では典型元素化合物，無機化学ⅡB では遷移元素化合物を中心に、これらの性質や重要な概念を学ぶ。物性化学Ⅰでは、固体の性質を熱力学的・原子論的に理解する。物性化学Ⅱでは固体の電子構造と諸物性（導電性・磁性・光学特性など）の密接な関係を学ぶ。また分析化学Ⅱでは、物質の構造や物性を知るために必須となる機器分析の基礎を学ぶ。これらの無機化学・物性化学系統の講義の内容を総合的に理解するために無機・物性化学演習を行う。有機化学ⅡおよびⅢでは、有機化学 IA および IB に続いて有機化合物の性質や反応についての理解を深める。生物化学Ⅱでは、DNA や遺伝子について、生物化学Ⅲでは、生体内での物質の輸送や細胞の成り立ちについて、それらの仕組みを学ぶ。また生物化学演習では、生物化学系統の講義に関連した演習に加えて、研究の進め方を概説する。

なお、化学は物質に関する広汎な学問領域を形成しているため、学生諸君の中には物理系、生物系など関連分野の専門科目を履修して、より広い視野と知識を得たいと考える者もあるだろう。積極的な学習を推奨するが、化学系の学習量も少なくないため、最も有効な学習方法や履修について迷った場合は、遠慮無く化学の教員に相談することを勧める。

## IV-5 生物科学系の教科選択について

生物系教科は、1700, 2700, 3700, 5700, 7700番台のものである。学生諸君は、これら以外の教科も考慮しながら、それぞれの志望に応じて自主的に選択した教科を履修すればよい。はじめにできるだけ広く生物学全体を概観し、その中でそれぞれの興味を模索しながら、次第に専門化に向かうように科目を選択するのが一般的であろう。境界領域を志す学生諸君が数理科学系・物理科学系・化学系・地球惑星科学系の教科を選択できるように、選択の自由度も残されている。具体的にどの教科を選ぶべきかは各人それぞれ異なり、一括して述べることは難しい。実際にどの教科を選択するか決め難いような場合には、実習・セミナー・講義を担当する教員やTA、あるいは生物系教科委員の助言を積極的に受けるのがよい。はじめから希望する専門分野を決めている諸君も、教科の選択などについて相談することが望ましい。

一例として、主に分子・細胞レベルの研究に興味がある学生は、まず2回生向けの「分子生物学Ⅰ・Ⅱ」, 「細胞生物学Ⅰ・Ⅱ」, 「基礎発生再生生物学」, 「植物生理学」等の受講を薦める。これらの科目では、細胞のはたらきを分子レベルで体系的に理解するための基礎を教授する。また、生体分子に関するやや専門的な講義として「生体分子科学Ⅰ・Ⅱ」がある。その上で、より特化したテーマに関する講義を、自らの興味に応じて2回生および3回生で受講するとよい。個体以上のレベルの研究に興味がある学生は、2回生向けの「海洋生物学」, 「無脊椎動物学」, 「植物系統分類学Ⅰ」, 3回生向けの「植物系統分類学Ⅱ」, 「動物系統分類学」, 「動物行動学」, 「生態学Ⅰ・Ⅱ」, 「人類学第1部・第2部」, 「陸水生態学」, 「保全生物学」等の講義を、自らの興味に応じて、受講するとよい。3回生向け科目を2回生で履修することもさしつかえない。ただし、学部においては生物学の特定の分野にかたよらず、幅広い分野について学ぶことも重要である。

実習科目としては、2回生向けの「個体の基礎生物学実験」, 「細胞と分子の基礎生物学実験」と3回生向けの「生物学実習」がある。「基礎生物学実験」では、生物学研究の基礎の基礎を学んで欲しい。3回生向けの「生物学実習」は、自らの興味に応じて課題を選択することができる。「基礎生物学実験」よりも専門的な実習を行い、各分野の実験技術や研究法を修得して欲しい。また、休暇中などを利用して開講される「臨海実習」, 「陸水生態学実習」, 「野外実習」, 「安定同位体実習」は適宜選択するとよい。これらについては「教科の手引き」を参照されたい。

3回生向けの科目のうち、「生物学セミナー」は専門的な課題について少人数で実施する。最近の注目すべき英語論文の講読等を行っており、最先端の研究に関する情報を収集する方法などを学ぶ。なお、「生物学セミナー」は担当教員の許可があれば系登録前の1・2回生でも受講可能である。3回生の「生物学実習」と「生物学セミナー」は、4回生の「生物科学課題研究」を円滑に行う上で必要な科目である。また、「生物科学特別講義」は、最先端の研究に携わる学外講師あるいは学部外講師によって行われる。毎年その内容が変わるので、その都度掲示を確認すること。「生物科学課題研究」は、このような専門化への道の最後に位置づけられる。単なる実習や演習だけでなく、研究の最前線を経験することで、研究の進め方を学んで欲しい。

#### IV-6 理学部情報関係科目の選択について

(1) 教科の手引き (VIII. 教科内容) にもあるように、計算機の利用は現代社会において必要不可欠であるだけでなく、理学の研究において、数値シミュレーションやデータ解析を実施する上での共通の方法と手段の一つとなっている。加えて計算手法や計算機そのものを理論的に研究する分野もある。そこで、理学部では各系が提供する計算機に関わる情報関係の科目を「情報関係科目」として以下のようにまとめて、数理科学、物理科学、地球惑星科学、化学、生物科学の5系のいずれにも役立つ分野横断的な科目として紹介している。

これらの教科を履修することにより、学生諸君が、そもそも計算とは何か？正しい計算をどうすればできるか？具体的な数値計算やデータ解析の手法を学ぶだけでなく、その背後にある計算機の限界と効果や数値計算と数式(記号)処理の関係などを理解することをねらいとしている。

(2) 情報関係科目講義は以下のようにまとめられる。

科目番号	科目	主な対象学年	科目番号	科目	主な対象学年
2219	物理学情報処理論1	2回生	3404	地球物理学のためのデータ解析法	3回生
2402	計算地球物理学	2回生	3542	地層学実験	3回生
2403	計算地球物理学演習	2回生	3604	化学実験法I	3回生
2406	観測地球物理学演習A	2回生 通年集中	3610	化学統計力学	3回生
2407	観測地球物理学演習B	2回生 通年集中	3634	計算機化学演習	3回生
3006	実践データ科学入門	3回生 夏季集中	3711	バイオインフォマティクス	3回生
3110	計算機科学	3回生	3772	陸水生態学実習II	3回生 夏季集中
3126	数値解析	3回生	4111	計算機科学特論	4回生
3212	物理実験学1	3回生	4112	数理科学特論※1	4回生
3214	エレクトロニクス	3回生	4801	データ同化A	4回生
3218	物理実験学2	3回生	4802	データ同化B	4回生
3227	物理学情報処理論2	3回生			

※1 開講内容は担当教員による。

## 《 3 回 生 用 》

### 〔Ⅰ〕ガイダンス・卒業研究科目登録日程

ガイダンスの日程及び卒業研究科目登録のスケジュールについては、  
KULASIS > 理学部 > お知らせ > 教務・厚生情報にて周知する。  
また変更があればKULASISにて周知するため、KULASISのお知らせに注意すること。

### 〔Ⅱ〕卒業研究科目(数理科学課題研究, 物理科学課題研究, 地球惑星科学課題研究, 化学課題研究, 生物科学課題研究)の紹介

専門科目の中で、数理科学課題研究(5100番台)、物理科学課題研究(5200番台・5300番台)、地球惑星科学課題研究(5400番台・5500番台)、化学課題研究(5600番台)、生物科学課題研究(5700番台)は、いずれも学部課程における専門化の最終段階に当たり、研究面にも触れる極めて重要な必修科目である。従って、4回生期間において学生諸君は上記の科目のうち1科目を選んで履修しなければならない。これらの科目では設備や教員の数などの制約から収容人数が決まっている(最大収容人数が定められている課題研究のテーマでも、各系の定員数との関係上、必ずしもその上限まで受け入れられるものではないので注意すること)。そのためにこれらの科目の履修にあたっては事前登録を行って調整する。

数理科学課題研究, 物理科学課題研究, 地球惑星科学課題研究, 化学課題研究, 生物科学課題研究の事前登録はKULASISで日程に従って受け付ける。その参考資料として来年度に開講される上記科目の内容を以下に紹介する。

## 数理科学課題研究 (5100番台) 定員 57名

数理科学課題研究はテキストの講読を行うことを基本とする。従って、学生それぞれの興味に合い、かつ学力に応じたテキストを選定することが重要である。そこで、数理科学課題研究は、Ⅰ群(標準的テキスト)、Ⅱ群(高度なテキスト)、Ⅲ群(基礎的なテキスト)の3種類にグループ分けし、Ⅰ群とⅢ群については教員からテキストのリストを提示する。Ⅱ群については、学生が自発的に希望するテキストを挙げるができる。また、これ以外でも、教員の判断により、問題演習や、レポート提出、プログラミング実習等を通して、学生が互いに討論し、テキストの周辺にも多角的に接することができるような指導を行う。

以下の点に留意されたい。

- ・数理科学課題研究受け入れの条件は、(1)系登録済みで、かつ、(2)原則として卒業要件のための単位を100単位以上取得していることである。
- ・数理科学課題研究には登録が必要である。ガイダンスの後に行う予備登録の結果から、人数調整を行い、最終的な登録が決定される。人数調整では、教員の希望を中心にしてグループ分けを行う。希望者が多すぎる場合、また、1, 2回生および3回生前期段階での科目履修状況によっては、希望する群(Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)での数理科学課題研究への登録を断り、それ以外の群の数理科学課題研究を勧める場合がある。

注意

- 1) 平成29年度以降入学者については、12単位の数理科学課題研究を全員が履修することとする。また、平成28年度以前入学者についても、12単位の数理科学課題研究を原則として履修することとする。

**物理科学課題研究 (5200・5300番台) 定員 物理学：82名 宇宙物理学：11名**

課題研究の詳細に関しては、<http://www.scphys.kyoto-u.ac.jp/education/syllabus.html>を見ること。

研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)
<b>P 素粒子・原子核・宇宙科学</b> P1 自然における相互作用 I (7) P2 自然における相互作用 II (7) P3 素粒子と原子核 (7) P4 原子核とハドロンの物理 (7) P5 天体核現象 (7) P6 高エネルギー天体物理 (7)	Q6 レーザー分光 (5名) Q7 低温物理 (5名) Q8 時空間秩序・生命現象の物理 (5名) Q9 非線形・非平衡現象の理論 (6名) Q10 ソフトマターの階層構造と揺らぎ (0：令和8年度開講せず) Q11 凝縮系の理論 (6名)
<b>Q 物性科学</b> Q1 不規則系の物性 (0：令和8年度開講せず) Q2 光物性 (5名) Q3 量子凝縮物性 (5名) Q4 超伝導と磁性 (5名) Q5 プラズマ (0：令和8年度開講せず)	<b>S 宇宙科学</b> S1 機器開発 (4名+α) S2 太陽 (4名+α) S3 恒星とブラックホール (4名+α) S4 銀河 (4名+α) S5 理論宇宙物理学 (4名+α) S6 天体プラズマ (4名+α)

P1 自然における相互作用 I

物質の究極的な構成要素である素粒子の性質やその起源を理解しようとする試みが素粒子物理学である。この課題研究では、ゼミナールを通して現代の素粒子物理学すなわち、素粒子（クォーク、レプトン、ゲージ粒子）、4つの相互作用（電磁、弱、強、重力）、質量の起源を記述する「標準理論」がどのようなもので、如何に確立されていったか、さらにはその限界を学ぶ。

理論ゼミでは、素粒子論の基礎となる「相対論的場の量子論」の適当な教科書の輪読を行う。(P1・P2 合同で行う予定。)

実験ゼミでは、基本的な検出器を一から自分達で製作することで検出器の原理を学ぶと共に、自然現象を机上の理論としてではなく実際に『体感』する。後期には、2，3人のサブグループに別れ、標準理論の検証ないし破れの探索あるいは新しい検出器の開発など、実験テーマを自ら考え、計画、実行する。

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/p1p2.html>

【履修要件】電磁気学や量子力学の基礎を学んでおくこと。特殊相対論も既習であることが望ましい。

P2 自然における相互作用 II

現代素粒子物理学に基づく物質観によれば、自然界の全ての物質はクォークやレプトンと呼ばれる基本粒子から成立し、これらの粒子間の力は光子、グルーオン、ウイークボソン等のゲージ粒子によって媒介されると考えられている。この課題研究ではゼミナールや実験を通して、素粒子物理学の根底にある理論（量子色力学や電弱統一理論）の基礎を学ぶとともに自然に対する認識を深める。

理論ゼミでは、素粒子論の基礎となる「相対論的場の量子論」の適当な教科書の輪読を行う。(P1・P2 合同で行う予定。)

実験においては、素粒子の基本的性質（質量、寿命、崩壊様式、スピン、内部パリティ等）の測定や、相互作用の基本的対称性（パリティ、荷電交換、時間反転等）とその破れの検証を目指す。基本的な実験技術の修得を重視し、その積み重ねにより自然の本質に迫る実験結果を得ることを期する。

成績は、ゼミナールでの発表や実験への参加・貢献等を総合的に判断し、評価する。

<http://www-he.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/p1p2.html>

【履修要件】電磁気学や量子力学の基礎を学んでおくこと。特殊相対論も既習であることが望ましい。

### P3 素粒子と原子核

「素粒子と原子核」というテーマの下に、現代物理学における「物質概念の基礎」を系統的に学習し研究を行う。

前期の理論では、現在の素粒子原子核物理の理解がどのようにして得られたものなのか、過去の実験データに触れながら学び、原子核とクォーク・ハドロンの物理から素粒子の標準理論（量子色力学と電弱統一理論）までを実験に即した形で学んでいく。実験としては前期に、対称性や保存則など物理学における基本的な問題を中心にテーマの候補を挙げ、過去の実験手法を学び、自分達の実験を計画していく。学生が主体的に独創的なアイデアを練っていく過程を重視する。

後期は自分達の実験計画を実行に移す。理論では、実験計画の理解を深めるのに有用なテキストを輪講し、実際に理論計算を試みたり、あるいは独自に理論研究を行うなどする。実験については、計画に沿って装置を作り、テスト・測定・解析等を行い、レポートを作成し発表会を行う。この一連の作業を通じて“研究”を体験する。

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakusei/p3/>

【履修要件】量子力学や電磁気学の基礎を学んでおくこと。特殊相対論も既習が望ましい。

### P4 原子核とハドロンの物理

この課題研究では、原子核とハドロンについての基礎的な学習を行い、宇宙、素粒子、物性物理との境界領域を含めて研究テーマを自分たちで決めて研究を行う。

前期は、理論ゼミでは原子核物理の基礎とフェルミオン多体問題やトンネリング・散乱など必要な量子力学の学習を行い、実験ゼミでは実験に必要な放射線検出法や加速器についての演習を含めた学習を行いつつ、研究テーマを具体的な検討作業を経て絞っていく。その際学生諸君の主体性を重視する。後期はテーマを絞って理論実験両面から研究する。実験計画を立案し、必要な検出器等を準備して実験を実施する。必要に応じて加速器施設の利用も行う。理論ゼミでは実験テーマに関連した論文を輪講する。原子核と加速器をキーワードとして“(物理を)研究すること”とはどういうことかを体得することを目指す。

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakusei/p4/>

【履修要件】電磁気学および量子力学を学んでおくこと。

### P5 天体核現象

この研究課題では、天体物理学や宇宙論の基礎的内容を理解することを目的とする。前期は、相対論的天体物理学について、基礎的な文献を読み、基礎的な知識を修得する。同時に、理論的予測を実験により吟味することを通じて、基礎的な実験技術も修得してもらう。

後期は、ブラックホールや宇宙初期の物理過程、天体の形成と進化などからテーマを選び、いくつかのグループに分かれて理論的なシミュレーション実験を含めた研究に取り組む。

<http://www-tap.scphys.kyoto-u.ac.jp/P5/>

【履修要件】量子力学，熱・統計力学，電磁気学などの基礎物理学の科目を受講し，修得していることを前提とする。

#### P6 高エネルギー天体物理

高エネルギー天体観測および宇宙粒子物理学において重要となる，放射線と物質の相互作用や放射線検出器の原理，および天体物理学の基礎的な内容を理解することを目的とする。

前期に，これらの問題について基本的な文献を読み，基礎知識の修得と問題点を理解する。また同時に物質と高エネルギー光子の相互作用や具体的な観測装置について基礎的な知識と技術を学ぶ。通年で，2または3グループに分かれ，X線・ガンマ線天文衛星を用いた高エネルギー天体の観測，X線・ガンマ線・粒子検出装置開発，コンピュータを用いたシミュレーション実験などからテーマを選んで取り組み，2月または3月に成果発表会を行う。

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/gakubu/P6.html>

【履修要件】量子力学，熱・統計力学，電磁気学などの基礎物理学の科目を受講し，修得していることを前提とする。

#### Q1 不規則系の物性（令和8年度開講せず）

自然界は，量子力学が関わるミクロな階層から，流体力学で記述されるマクロな階層まで，多様な階層により構成されている。液体をはじめとする不規則系は，このような各階層間の関係を縦断的に調べるための格好の研究対象である。具体的に本研究課題では，クラスター，金属流体，室温イオン液体を対象とした物性測定（光測定，X線測定，超音波測定など）をテーマとして取り上げ，構成粒子間の微視的相互作用の理解と不規則系が発現する特異な物性の解明を行う。

<http://www2.scphys.kyoto-u.ac.jp/Labos/fukisoku/Q1.html>

【履修要件】電磁気学，統計力学，量子力学の基礎を学んでおくこと。固体物理学基礎1，2も既習であることが望ましい。

#### Q2 光物性

物質と光の相互作用によって生じる物理現象について，マイクロ波・テラヘルツ波から深紫外領域にわたる広い周波数帯の光を用いて，秒からフェムト秒スケールまでの物性の理解・操作を目指した研究を行う。特に，次世代半導体，原子層物質，磁性体，浮遊微粒子や量子液体などの幅広い物質を対象として，巨視的量子現象，バレー・スピン輸送，超高速揺らぎ，量子センシング，極端非線形光学応答，輻射エネルギー変換機構等を研究する。

<http://www.hikari.scphys.kyoto-u.ac.jp/q2-b2/student.html>

【履修要件】電磁気学および量子力学の基礎を習得していること。

#### Q3 量子凝縮物性

強く相関し合った電子系の低温における興味ある量子現象を取り上げる。前期は超伝導現象を説明したBCS理論など，固体電子論の基礎を理解するためのゼミナールを中心に行う。後期は各自の課題を決めて研究を進める。走査型トンネル顕微鏡を主な手法として，高温超伝導現象や新奇超伝導状態，量子スピン系における素励起，新奇低次元積層物質の電子状態などを原子分解能で直接解像すること

で解明する。また、機械学習を用いた新しい解析手法などの周辺技術開発も行う。

【履修要件】電磁気学，量子力学，統計力学の基礎を学ぶこと。固体物理学基礎を履修しておくことも望ましい。

#### Q4 超伝導と磁性

新しいタイプの超伝導やスピン秩序など，電子多体系の示す多彩な状態を研究する。前期は超伝導や物質の磁気的性質など，固体電子論の基礎を理解するためのゼミナールを中心に行う。後期は各自の課題を決めて実験研究を行う。通常金属超伝導の枠を超えた非従来型超伝導体やスピン三重項超伝導体，量子磁性体など画期的な性質を示す物質やその時の新規物質に対し核磁気共鳴（NMR）測定などの測定によって，ミクロな立場から超伝導や磁性，それら両者の関係を調べる。

[https://ss.scphys.kyoto-u.ac.jp/課題研究/q4\(卒業研究\)「超伝導と磁性」-2/](https://ss.scphys.kyoto-u.ac.jp/課題研究/q4(卒業研究)「超伝導と磁性」-2/)

【履修要件】電磁気学，量子力学，統計力学の基礎を学ぶこと。固体物理学基礎を履修しておくことも望ましい。

#### Q5 プラズマ（令和8年度開講せず）

プラズマはクーロン相互作用により多彩な線形・非線形波動を生み出す分散媒質であり，これらの波動はプラズマの輸送現象とも密接に関連している。プラズマ中の波動・輸送現象の理解は核融合エネルギー開発を進める上でも非常に重要な役割を果たす。本課題研究では，ゼミナールと低アスペクト比トラス実験装置（LATE）を用いた実験を通して，プラズマ中の波動伝播・励起・吸収過程，電流駆動機構，プラズマ計測法（イオンビームプローブ，硬X線波高分析等），平衡と安定性，揺動発生機構，自己組織化現象等の磁場閉じ込めプラズマに関連する研究を行う。

<http://plasma47.energy.kyoto-u.ac.jp/index.html>

【履修要件】電磁気学や力学の基礎を学ぶこと。統計力学の基礎も既習であることが望ましい。

#### Q6 レーザー分光

近年，レーザー光を用いて中性原子を冷却・操作する技術は飛躍的に進歩し，光トラップアレーを用いた量子計算機に現在応用されている。それと同時に，希薄原子気体のボース・アインシュタイン凝縮（BEC）やフェルミ原子のBardeen-Cooper-Schrieffer（BCS）状態などが実現されて様々な基礎研究に用いられている。本課題研究では，こうした超低温の原子気体について最先端の実験装置を駆使して研究を行う。前期には主にレーザー光と原子との相互作用に関する一般的事項や光ピンセットアレー，希薄原子気体のBEC，などの基本的事項について，代表的な教科書を用いて学習する。後期は，イッテルビウム原子を用いて，大規模量子計算に向けた光ピンセットアレーの開発，BECやフェルミ縮退などを用いた光格子中での量子相転移，量子気体顕微鏡の開発，超精密測定による基礎物理の検証，などの研究などを行う。

<http://yagura.scphys.kyoto-u.ac.jp/>

【履修要件】電磁気学や量子力学の基礎を学ぶこと。

#### Q7 低温物理

低温において，物質は構成粒子の量子統計性に従い，多様な基底状態を取る。代表例として，フェルミ粒子である電子がBCS機構により対凝縮する超伝導や，ボース粒子による超流動が挙げられる。また，量子多体効果によって電子スピン系で実現する量子スピン液体も新奇な量子基底状態として注目

されている。近年はこれらの系において、トポロジカルに非自明な量子状態の実現が期待されており、トポロジカル超伝導やキタエフスピン液体の研究では、マヨラナ粒子に代表される非自明な創発準粒子の存在が明らかになりつつある。本課題研究では、これらの超伝導・超流動・量子スピン液体などを中心とする量子状態を対象に、低温精密測定技術を実践的に習得することを通して、“自然との会話”を行いながら、新たな量子現象を探究する。

【履修要件】電磁気学・量子力学・統計力学・固体物理学の基礎を学ぶこと。

#### Q8 時空間秩序・生命現象の物理

生体物質や細胞が見せる群衆運動や構造形成、界面などに見られる非平衡現象に関する研究を行う。選択可能な研究テーマとしては、生体分子モーターの集団運動、遊泳微生物の集団運動、コロイド微粒子の集団運動、非平衡界面の自己運動系、弾性体の非線形運動、反応拡散系、バイオテクノロジー、DNA ナノテクノロジーなどがある。自ら実験に取り組み、測定結果を用いて物理の切り口で解析していくことで、生命現象や非平衡現象が見せるひとりでに高次構造が生まれるメカニズムの解明を目指す。  
<http://www.chem.scphys.kyoto-u.ac.jp>

【履修要件】統計力学や電磁気学などの基礎的科目を学んでいること。連続体力学や計算機科学などはテーマによっては助けになる。

#### Q9 非線形・非平衡現象の理論

マクロからミクロまで、種々のレベルにおける自然現象を、力学モデルを通して理解しようとする立場は近年益々重要となりつつある。これは流体やソフトマターのようなマクロな系から量子論的な世界にまで及んでいる。この課題研究では、発展方程式の非線形性が本質的な役割を果たす、波動・分岐・カオス・乱流・相転移などの諸現象から、量子系を含む複雑な物質の非平衡ダイナミクスを統計力学や数理物理学、計算機シミュレーション、情報科学等を用いて理解することをテーマとしている。さらに、これらに関連した、例えばソフトマター・非平衡ゆらぎ、確率過程、量子測定や量子散逸過程、そして学際分野（情報の融合領域である情報物理や、経済との融合分野である経済物理）といった現代的な諸問題への理解も深めたい。

【履修要件】熱力学、統計力学、量子力学の基礎を学ぶこと。物理数学、数値計算に関しても精通していることが望ましい。

#### Q10 ソフトマターの階層構造と揺らぎ（令和8年度開講せず）

液晶・高分子・エマルジョン・タンパク質・ゲル、そして究極的には生体構造に至る、“ソフトマター”と総称される物質を対象として、ナノスケールからマクロまで何段階にも渡るヘテロな階層的な構造を、実験・理論の両面から研究する。X線回折・光学顕微鏡による物質内部のナノ構造の解明や、力学・誘電・レーザー分光等のスペクトロスコピー法による、揺らぎやダイナミクスを研究する。また理論分野と協同し、統計力学理論によって、発見された現象の物理的メカニズムを探求する。

なお、ゼミナール、発表会などはQ8時空間秩序・生命現象の物理と合同で行う。

<https://softmatter.scphys.kyoto-u.ac.jp/★education-publication/>

【履修要件】熱力学、電磁気学、および統計力学の基礎を学ぶことが望ましい。

### Q11 凝縮系の理論

固体中の電子系など量子多体系では、粒子間相互作用により、超伝導相やトポロジカル相など、多様な基底状態が実現可能となる。本課題研究ではこれらの量子凝縮相、およびそれらの間に生じる量子相転移など、量子多体系に固有な物理現象の理論的理解を目標としている。

前期ではまず、物性論の基礎と多粒子系の理論手法の修得を目指したゼミを行う。他の課題研究グループと合同で行うこともある。後期では、超伝導、超流動、光格子やナノ系での量子現象、量子磁性、などの具体的な課題に個々に取り組む。なお、本課題研究では、3回生段階で量子統計に関する基礎事項を修得していることを前提とする。

<http://cond.scphys.kyoto-u.ac.jp>

【履修要件】量子力学と統計力学の基礎を学んでおくこと。

### S1 機器開発

可視光から赤外線にわたる観測装置が、すばるやせいめい望遠鏡をはじめとする最先端の観測天文学で用いられている。これらの開発に必要な光学、エレクトロニクス、機械工作、真空・冷却、データ取得などに関する基礎的な知識と技術を学び、研究に取り組む。装置を試作し、データ収集を行ってみる。

【履修要件】特になし

### S2 太陽

本課題研究では、表面の活動現象を具体的に解析出来る唯一の恒星である太陽について、その動的な大気構造と活動現象に着目し、輪講・研究を進める。基本的な文献を講読し太陽磁気プラズマ現象の基礎物理過程を学ぶほか、飛騨天文台望遠鏡や人工衛星搭載望遠鏡などで取得された太陽活動現象の最新の観測データを解析する。

【履修要件】特になし

### S3 恒星とブラックホール

本課題研究では、以下のいずれかまたは両方を柱として研究を進める。(1)最新のX線天文衛星のデータを用いて、ブラックホールなどコンパクト天体における降着流や、活動銀河核の構造の研究を行い、X線天文学の基礎を学ぶ。(2)可視分光観測により、広い意味での恒星の活動現象を調べ、スペクトル解析法を習得する。論文などの講読により基本的知識を修め、その後、実際に観測とデータ解析作業を行う。

【履修要件】特になし

### S4 銀河

本課題研究では、活動銀河核に関して最新の論文の輪講と並行して、公開されているアーカイブデータの解析やせいめい望遠鏡での観測などにより研究を行う。活動銀河核の活動性に関する基礎知識の学習と、大規模データの扱い、観測データの解析手法に関して習得する。

【履修要件】特になし

## S5 理論宇宙物理学

研究実習に挑戦することで宇宙物理学の理論的研究の最前線に触れ、研究の手法を学ぶと共に宇宙に対するより深い理解を目的とする。前期において、幅広い宇宙物理学の最先端の知見に触れるため、英文教科書をいくつか輪講する。降着円盤や超新星などの高エネルギー天体物理学、惑星科学、恒星進化などの教科書を受講生の希望も考慮しつつ選択する。後期においては研究実習に挑戦することで宇宙物理学の理論的研究の最前線に触れてもらい、研究の手法を学ぶと共に宇宙に対してより深い理解を得ることを目的とする。トピックは主に当教室の理論分野スタッフがカバーする領域（星・惑星系形成や進化、ブラックホール・ガンマ線バースト・超新星などの高エネルギー現象、降着円盤や電磁流体力学・輻射輸送などの天体物理素過程ほか）となる。こちらのテーマも受講生の希望を考慮しつつ決定している。

【履修要件】 特にないが、天文学に関する基礎知識の習得が望ましい。

## S6 天体プラズマ

本課題研究では、天体プラズマの理論的課題について、輪講・研究を進める。天体磁気プラズマ現象の基礎物理過程を明らかにするという観点から、初めに基本的な文献を講読した後、具体的な研究をすすめる。研究では、天体でみられるプラズマ電磁流体现象について、関連文献を複数読んだあと、実際に数値シミュレーションを実施して解析する。

【履修要件】 宇宙物理学の基礎となる数学および物理学を習得しておく必要がある。

研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)
<b>T 地球惑星科学(地球物理学)</b> T1 電 磁 気 圏 (約6名) T2 大 気 圏・水 圏 (約9名) T3 固 体 圏 (約9名)	<b>T 地球惑星科学(地質学鉱物学)</b> T11 地球テクトニクス (約3名) T12 岩 石 学 (約3名) T13 鉱 物 学 (約3名) T14 地 層 学 (約3名) T15 地 史 学 (約3名) T16 宇宙地球化学 (約2名)

注) T11～16は12月の段階では「T11～16」と一括して登録し、2月末に地質学鉱物学教室が実施する課題研究登録会にて課題を決める。

#### ◆ 地球物理学分野

地球惑星科学課題研究のうち、T1～T3は地球物理学関連の課題であり、それぞれ電磁気圏、大気圏・水圏、固体圏を対象としている。各課題では、本人の興味やこれまでの学習に応じて研究テーマを決定し、担当教員の指導の下、1年間をかけてテーマに沿った学習と研究を行う。研究テーマに対応するセミナーへ出席して、年数回の発表を行うとともに、年度末には研究成果の最終報告（口頭発表とレポート提出）を行う。なお、過去の研究テーマなど、詳細は

<https://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/education/undergraduate/research/>

で閲覧できる。

【履修要件 (T1～T3)】基礎となる物理学・数学、および地球物理学の基礎科目を広く履修しておくことが望ましい。

#### T1 電磁気圏

惑星間空間は、太陽から吹き出す希薄な超音速プラズマ流（太陽風）によって満たされている。一方、地球や多くの惑星は、液体核内のダイナモ（発電）作用による固有の磁場を持っている。その固有磁場と太陽風が相互作用を行う結果、磁気圏と呼ばれる構造が形成される。太陽からの紫外線は超高層大気を電離し、磁気圏と中層・下層大気の間で電離圏を形成する。

磁気圏は太陽風から質量やエネルギーを取り込み、それを蓄積して解放する変化を繰り返し行っている。また、磁気圏と電磁的に結合した電離圏では、高緯度域において、自然の中の大規模な放電現象であるオーロラが出現したり、中・低緯度域においては、密度擾乱が起こり激しく変動する現象などがみられたりする。それらの変動は、プラズマの運動によって引き起こされる電流や、電荷密度分布の変動に起因する電磁場の擾乱を伴う。

地表で観測される電磁場は、液体核内のダイナモ作用による磁場の他、電離圏や磁気圏内の電流・プラズマ波動による電磁場変動を含んでいる。また、火山噴火や地震活動も電磁気的变化を伴う場合がある。さらに、地球内部の電磁気的構造を反映した誘導電流の作る磁場が重要である。

本課題では、磁気圏内で人工衛星により観測されたプラズマや電磁場のデータ解析、電波を用いた電離層のリモート観測や、地上・海洋底における電磁場観測の実施と取得したデータの解析、数値シミュレーションなどの手法を用いて、上に挙げた電磁気学的現象に関わる特定のテーマを決め、研究の方法を学ぶとともに、未解明な問題に挑戦する。

## T2 大気圏・水圏

水圏を構成する主要な要素である海洋や、地球など惑星表面を覆っている気体で構成される大気圏では、全球規模での熱・水の輸送・循環過程から小さな時空間規模のエネルギー交換まで、様々な時空間規模に分布する現象が生起・混在し相互に関係している。これらの現象は、全球規模での太陽放射の不均一や地表面状態の非一様性やその時間変化など広い時空間規模にわたる内外の冷熱源分布、地球の自転、地面や水面における境界面の凹凸の影響など様々な要因によって発生している。さらに、発生した現象自身が不安定となり新たな現象を生起させてもいる。

この課題研究では、地球や惑星の大気圏や水圏に関する様々なテーマの中から一つを選び、論文講読、理論、データ解析、または数値モデルによる実験などの方法によって、主体的に研究を行う。具体的な課題としては、以下のような例が挙げられる。

大気や海洋の循環（全球規模大循環～数百mの局地循環）、大気や海洋の波動（ロスビー波、ケルビン波、重力波）、不安定現象（鉛直・水平対流、順圧・傾圧不安定）、降水現象、大気や海洋の乱流、流れや波による物質輸送、大気や海洋の境界層とそこでの諸物理量の交換過程、海流や潮流、海洋深層水の形成と深層循環。

## T3 固体圏

地球内部の熱をエネルギー源とし、地球深部では大規模な物質の流れがあり、これに伴って地球の表面を覆うプレート運動や、地震活動、火山活動などが生じている。また、月や太陽などによる潮汐力や地球表面を覆う流体圏（大気、海洋、雪氷、陸水など）の変動を外力として、固体地球の変形、地球の自転運動、重力場の変動が起こっている。この課題では、さまざまな観測・調査、実験的・理論的研究、各種の数値シミュレーションなどにより、固体地球の構造・物性の解明、固体地球でのさまざまな時間・空間スケールでの変動やそのメカニズムの解明を目指す。具体的な課題としては、以下のような例が挙げられる。

マントルとコアの構造、地殻構造、地震波の数値計算と応用、マントル対流とプレート運動、岩石の破壊機構、高温・高圧下の物性、地震発生過程、応力場の形成と活構造、歴史地震、地震前兆現象の仕組み、地震観測法、超伝導重力計や絶対重力計を用いた地球潮汐、地球自由振動、重力時間変動の研究、GPSやSARを用いた地殻変動の研究、衛星重力や衛星高度計など衛星データの応用研究、活構造と地形形成、地震の長期予測、海溝型巨大地震の発生履歴、地下構造探査の実験と理論、地震波動の特性と地震動災害、火山活動の解析、マグマと地球内部の物質循環。

## **◆ 地質学鉱物学分野**

### T11 地球テクトニクス

地球のテクトニクスに関する様々な変動現象を、フィールド調査による観察・観測と室内での地質試料の分析・実験を中心とした研究に理論・モデルを加味し、実証的に解明することを目指している。このため、放射年代・同位体化学分析と岩石の変形解析・変形実験を中心に、基礎知識と実験技術を習得する。具体的には次のような課題について、研究を進める。

(1) アジア各地の樹木年輪と鍾乳石の酸素同位体比時系列から過去の気候を復元するための古気候・古環境研究

(2) 変形解析と摩擦実験の手法や断層形成に関する放射年代測定法などを用いた断層の総合的・学際的研究や沈み込み帯のテクトニクスに関する研究

(3) 岩石レオロジーや岩石物性測定に基づいたプレート運動や地球内部物質循環に関する研究

【履修要件】特になし

#### T12 岩石学

地殻と上部マントルを構成する変成岩・深成岩などを研究対象とし、主として大陸衝突帯や沈み込み帯における変成作用・火成作用およびテクトニクスを明らかにする研究を行う。研究地域は本邦をはじめ南極・ヒマラヤ・フィリピンなど世界各地にわたる。研究手法は、野外地質調査、偏光顕微鏡や電子顕微鏡による岩石・鉱物の微細組織観察と化学組成分析、ラマン分光分析による相同定や流体包有物の組成分析、蛍光X線による全岩化学組成分析、LA-ICPMSによる鉱物のU-Pb年代測定や微量元素分析などである。具体的には次のような課題について研究を進めつつ、基礎知識と実験技術を習得する。

1. 大陸衝突帯および沈み込み帯のテクトニクスの研究
2. 地殻・マントルの部分融解とマグマの形成に関する研究
3. 地殻流体やマグマを介した物質移動に関する研究
4. 岩石学と年代学の融合に関する研究

【履修要件】特になし

#### T13 鉱物学

鉱物は岩石の構成単位であるとともに、自然界における無機物の階層の中で、物性が発露する最小構成単位である。そのため、地球惑星物質科学を研究する上での最も基本となる研究対象であると言える。本課題研究では、地球の鉱物をはじめとして、宇宙から飛来した隕石・宇宙塵、「はやぶさ」などの探査機が持ち帰った宇宙物質を研究対象として、鉱物の特殊性(結晶構造・微細組織や化学組成)が、その産出条件とどう関係しているかを明らかにすることなどを目的として、鉱物や合成条件の明らかな合成物質について、X線回折・走査型電子顕微鏡・透過型電子顕微鏡・集束イオンビーム装置などを用いて研究する。具体的には次のような課題について実験ならびに理論的研究を進める。

- 1) 鉱物のX線回折による結晶構造解析。
- 2) 電子顕微鏡による鉱物の結晶構造と微細組織の研究。
- 3) 鉱物の結晶成長・相転移現象の研究。
- 4) 電子顕微鏡・集束イオンビーム装置による分析法の開発。

【履修要件】特になし

#### T14 地層学

地層中に残された堆積構造や化石記録を手がかりに、生物と環境との相互作用の動態を地質学的時間スケールの中で研究する。また、地層や化石自体が形成されるメカニズムを解明する。現在、次のようなテーマに関する野外調査や実験が実施されている。

- ◆ 野外調査による堆積相解析・シーケンス層序学に基づいた古環境復元
- ◆ 実験・数値シミュレーションに基づく地形発達および地層形成ダイナミクスの解明
- ◆ 化石の形態解析にもとづく古生物の進化の研究
- ◆ 化石の産状や古生物相解析に基づく地質時代を通した生物相や生物地理の変遷史に関する研究
- ◆ 現生生物の比較解剖学や実験的アプローチによる古生物の機能形態や生態復元の研究

いずれの研究も野外調査を重視しており、課題研究のテーマもフィールド調査に根ざしたものが多。同時に、電子顕微鏡、光学顕微鏡、精密写真撮影などを用いて、研究対象についてスケールの異なる観察をつみ重ねてゆく実証的な手法を重視している。T15地史学と共同してゼミを開いている。

【履修要件】 特になし

#### T15 地史学

地表の大部分は堆積物/堆積岩で覆われている。そのような岩体の岩相や構造，時空分布，層序関係，構成粒子と含まれる化石などをもとに，地球環境の変遷史を研究する。より具体的には，褶曲・断層・岩脈・鉱物脈などの地質構造をもとに，堆積盆や付加体のテクトニクスを，野外調査・理論研究・プログラミング・室内実験により解明している。T14地層学と共同してゼミを開いている。

【履修要件】 特になし

#### T16 宇宙地球化学

宇宙地球化学は，試料を構成する元素，同位体，化学種の存在度，分布，移動，変化を空間的・時間的に調べ，それらを支配する法則や原理を見いだすことにより，地球や惑星を構成する物質の構造や循環を調べる学問である。分析・データ解析技術の進歩により，試料から得られる地球化学的知見の質と量は飛躍的に向上し，今では，鉱物学，岩石学，地質学，地球物理学など，他の地球科学分野の発展を支える重要な学問となっている。本課題研究では，(1) 二次イオン質量分析法による定量分析及び同位体分析法の習得，(2) 固体試料中の微量元素イメージング分析法の開発，(3) 隕石の顕微鏡観察及び化学分析，等の実験地球化学的研究手法を用いた太陽系・地球形成モデルの検証を目指す。

【履修要件】 特になし

## 化学課題研究 (5600番台) 定員 62名

研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)
1 固体物性化学 (5)	7 光物理化学 (3)	13 有機合成化学 (5)
2 生物構造化学 (5)	8 分子構造化学 (3)	14 有機化学 (5)
3 量子化学 (3)	10 金属相学 (5)	15 集合有機分子機能 (5)
4 理論化学 (5)	11 表面化学 (3)	16 生物化学 (5)
5 分子分光化学 (5)	12 無機物質化学 (5)	17 分子性材料化学 (3)
6 物理化学 (5)		

### 1 固体物性化学

遷移金属錯体，混合原子価化合物，電荷移動錯体，配位高分子，有機超伝導体，金属伝導を示す有機物・金属錯体，電子-陽子移動競合系，中性-イオン性転移系，高導電性生体関連物質，超イオン伝導体，プロトン伝導体，多元素ナノ合金（ハイエントロピー合金），水素量子トンネリング系，水素吸蔵物質など，興味深い機能・物性や相転移を示す新物質の合成を行い，その電気的，磁氣的，分光学的諸物性や触媒機能の研究を行う。さらに構成分子同士の結合様式や，集合体としての電子状態，構造と物性現象との関連について理解を深める。

【履修要件】3000番台の専門科目（無機化学，物性化学，物理化学，量子化学，有機化学，等）を履修済であることが望ましい。

### 2 生物構造化学

X線結晶構造解析やクライオ電子顕微鏡などの立体構造解析法を駆使して，生体内で重要な役割を担うタンパク質の機能メカニズムを理解する。さらに，立体構造情報に基づいて設計したタンパク質変異体を用いて，溶液中での機能を解析するだけでなく，タンパク質の機能が細胞や個体に与える影響を調べることを通じて，タンパク質機能の化学的理解を医学・生物学的な理解へと繋げる。神経機能などの高次の生命機能を担う細胞内外の分子シグナリングや酵素反応，化学的に精密な理解を要する生体内エネルギー変換や電子伝達などを対象とした研究を行う。

【履修要件】生物化学系の講義ならびに化学実験を履修しておくことが望ましい。

### 3 量子化学

タンパク質は生命活動を支える分子であり，その機能は分子構造の変化により生み出される。タンパク質の分子機構は，複雑に連動する過渡的な分子構造を原子レベルで理解することではじめて明らかにされる。この目的を達成するために，振動分光法を用いた実験研究を行う。ナノ秒から秒に渡る時間分解分光計測により，タンパク質が機能を生み出す分子機構を明らかにする。また，分光計測によるタンパク質での熱伝導機構の理解に基づき，光によるエネルギー入力を高効率で熱シグナルへ変換するタンパク質を分子ヒーターとして用いることで，分子ヒーターの光スイッチングと温度感受性タンパク質の作動による細胞操作技術を開発する。

【履修要件】物理化学および生物化学関連の科目を履修していることが望ましい。

### 4 理論化学

顕著な物質・エネルギー変換を可能にする生体酵素分子や金属分子触媒・機能性分子材料などの分

子機能は、凝縮系内に緻密に織り込まれた多様な分子相互作用による化学反応場や分子ダイナミクスの制御、更に複雑に凝縮退した量子電子状態が与える高い反応性などにより達成されており、その非常に複雑さの背後に潜む物理を理論的に解き明かし、それに基づく新規な分子機能の理論設計を行うことは挑戦的な課題である。本課題では、電子状態理論に基づく化学反応理論に複雑な凝縮系の反応場と分子ダイナミクスの分子統計論を接続する理論手法、及び複雑な強相関電子状態に対する密度行列繰込み群を用いた理論手法やプロパティ計算手法の開発に基づき、飛躍的な性能向上を続けるコンピュータ(量子コンピュータを含む)を用いた計算化学的アプローチにより、顕著な分子機能メカニズムの理論的解明及び新規分子機能の理論設計に関する研究を行う。

【履修要件】量子力学及び統計熱力学の基礎を学んでおくこと。

## 5 分子分光学

固体表面や異種物質との界面における電荷移動やエネルギー移動、化学反応のような「動的変化」が、触媒や光電変換などの機能発現の根幹を担っている。それらの微視的な機構を解明するため、表面・界面敏感な分光手法を用いた実験研究を行う。パルスレーザー光を用いた時間分解・非線形分光法を駆使して、表面・界面における分子の電子および振動ダイナミクスを明らかにする。一方で、反応条件下に置かれた動作中の触媒表面を振動分光あるいは光電子分光手法を用いて直接観測することにより、触媒反応機構の実験的解明を目指す。

【履修要件】物理化学や量子化学の科目、特に物理化学ⅢBを履修していることが望ましい。

## 6 物理化学

化学反応途上の電子と原子核の運動をリアルタイムに観測して、反応機構を解明する。真空中に孤立した極低温分子や水溶液中の光化学反応を極端紫外時間分解光電子分光、紫外過渡吸収分光、時間分解赤外分光などの手段を用いてリアルタイムに追跡し、さらに高精度な量子化学計算との比較により、電子状態間の非断熱遷移や分子構造変化を詳細に解明する。化学反応を気相と水溶液で比較することによって、溶媒の静的・動的効果が理解される。現在中核となっているのは、遺伝情報を記録する核酸の光損傷に関する研究であり、特に時間分解赤外分光の研究を精力的に進め、水溶液中の孤立したヌクレオチドの光化学反応から、オリゴヌクレオチドの光損傷の研究に移行しつつある。

【履修要件】2,3年生向けの量子化学・反応速度論の基礎を習得しておくこと。量子力学や電磁気学などの物理学関係や生命化学や有機化学の知識あるいは幅広い興味があればなお良い。

## 7 光物理化学

時間分解レーザー分光法を用いてタンパク質や分子の構造、動的性質、反応性、および分子間相互作用について研究する。また、特に光合成生物の生理的機能を顕微分光イメージングで明らかにする。具体的には以下のテーマで研究を行う。

○光センサータンパク質や自己集合性タンパク質など、多様な生体分子の反応のダイナミクスを対象とし、レーザートリガー型の時間分解分光法を用いてナノ秒から分にわたる広い時間スケールでその反応過程を解析する。加えて、構造の揺らぎやエネルギー変化を時間分解的に捉えることで、反応を駆動する要因を明らかにする。さらに、光技術を組み込んだ溶液構造解析法を活用し、分子が機能する姿を高い時間分解能・構造分解能で捉え、その本質的な仕組みを解明する。

○レーザーを用いた顕微分光イメージング（蛍光，ラマン散乱により，細胞内での分子の機能状態や動態を明らかにする。

○光合成膜などの微細形態変化や光合成系構成色素タンパク間相互作用を直接観察するための，顕微分光画像化法の開発と応用を行う。

【履修要件】物理化学あるいは生物化学を履修していることが望ましい。分光学，量子力学，電磁気学等の基礎的な物理学への理解と興味がある事が望ましい。

## 8 分子構造化学

NMR (Nuclear Magnetic Resonance : 核磁気共鳴) は，物質に内在する原子核スピンを介して分子の静的動的構造に関する知見を与える強力な測定手段である。我々は固体NMRを用いて，分子内および分子間相互作用を高選択的に測定する手法を開発して従来得られなかった情報を取得することを目指す。また，これらの手法を用いて，生体・合成高分子や包接化合物，無機アモルファス固体，凝縮相の分子クラスターの構造など興味のある集合分子系の構造・性質を研究し，それらの物性・機能の発現機構を解明する。

【履修要件】特になし

## 10 金相学

遷移金属を含む酸化物や複合アニオン化合物，有機無機ハイブリッド化合物，金属間化合物の合成，X線回折法，走査型・透過型電子顕微鏡，示差熱重量分析などによる状態図・結晶構造の化学的評価の研究，および，磁化測定，電気抵抗測定，比熱測定，核磁気共鳴(NMR)などによる無機固体化学・物性化学の研究を行う。また，必要に応じて第一原理計算を行い，化合物の電子構造の理解を深める。さらに，温度や磁場の制御下で実験を行ない，特に興味ある相転移現象(磁気相転移，超伝導転移，金属・絶縁体転移，規則・不規則転移等の構造相転移など)を示す化合物について理解を深めるとともに，新規化合物の探索・合成・物性評価の研究を行う。

【履修要件】無機化学や物性化学に関する基礎知識を学んでおり，化学実験を受講していることが望ましい。

## 11 表面化学

半導体や金属の表面におけるナノ構造物質の合成，相転移現象，スピン輸送などの低次元量子物性，および，走査トンネル顕微鏡による表面の分子・分子クラスターのマニピュレーション，構造・ダイナミクスを主要テーマとする。未知の表面物質層や新現象を自ら探索・発見し，角度分解光電子分光，電子回折・X線回折，極低温走査トンネル顕微鏡／非弾性トンネル分光などの実験的手法により，その微視的・電子論的メカニズムを理解する研究を行っている。

課題研究では，まず，このような研究の基礎となる表面化学／表面物理の理論的考え方や実験手法を習得する。さらに，固体表面という2次元的な場における具体的な物性現象や分子の振る舞いを観測し，これらが量子力学等の基本法則に支配されていることを体験的に理解する。これらを通して，科学研究の基本的手法・考え方を身につけることを目標とする。

【履修要件】以下の科目から10単位程度以上を履修していることが望ましい。基礎物理化学，物性化学，無機化学，物理化学，量子化学。

## 12 無機物質化学

無機物質は、金属と配位子から形成される錯体やセラミックスなどを指す。本課題研究では、嫌気下反応や非平衡反応などの無機・錯体合成手法を活用し、金属イオンや分子が集合することによる新規無機物質を作り出す。またそれらが示す原子やイオンの配置、全体として示すネットワーク構造を、放射光X線・固体核磁気共鳴法などの分光法、電子顕微鏡、シミュレーションを利用して明らかにする。

その中でも本課題では、これら無機物質の相転移に着目した研究を進める。例えば結晶を加熱して融解、その後冷却することで、ガラス性物質が形成される。ガラスは結晶と異なり不規則な構造を示すが、高い成形加工性や組成の自由度を示し、ファイバーや膜といった手に取るサイズ (cm $\sim$ ) の様々な形を持つ材料として扱うことができる。結晶にとどまらず、無機物のガラスや液体といった不規則な相に内在する局所構造秩序を制御することで、透明伝導体や多孔性膜など機能性材料を生み出し、応用や実用まで見据えた研究を展開する。

【履修要件】無機化学および物理化学の基礎を学んでおくこと。

## 13 有機合成化学

グラフェン・カーボンナノチューブ・フラーレンといったナノカーボンの任意の炭素をヘテロ元素 (ホウ素, 窒素, リンなど) に置換した「含ヘテロナノカーボン」の精密合成, また, それを通じた学術分野としての深化を目標に据えて研究を進めている。具体的な課題は, 以下の4つに大別することができるが, 各々, この複数に跨った独立した研究テーマに取り組む。この際, フラスコ中での分子間相互作用, 各素反応過程の電子の授受とエネルギープロファイル, 光と物質の相互作用, 励起子や電荷キャリアのダイナミクス, などを分子軌道と共に明確にイメージすることが重要となる。

- (1) 複数のヘテロ元素を高効率・高選択的に導入するタンデムヘテロFriedel-Crafts反応の開発
- (2) タンデムヘテロFriedel-Crafts反応を鍵とした含ヘテロナノカーボン分子の合成
- (3) 含ヘテロナノカーボン分子を鍵中間体とした含ヘテロナノカーボンの合成
- (4) (2) (3) で合成した新材料の機能開拓, 特に有機エレクトロニクス分野における応用研究

反応開発を通じて有機合成化学・有機金属化学・触媒化学, 構造解析と物性測定を通じて構造有機化学・典型元素化学・分析化学, 材料設計とその評価を通じて量子化学・物性化学・光化学の基礎を幅広く習得し, 引き続き大学院における最先端研究を通じて, 基礎研究から応用研究までを独力で推進することのできる実践的研究力を身につける。

【履修要件】有機化学IA, 有機化学IB, 有機化学II, 有機化学III, 化学実験A, 化学実験Bを受講していることが望ましい。

## 14 有機化学

有機化合物を合成するための斬新かつ効率的な結合生成反応の創出に取り組む。遷移金属触媒・有機金属化学・典型元素化学をキーワードとして, 以下の四つの課題について研究する。(1) 遷移金属触媒を用いる効率的炭素-炭素結合形成反応の開発。(2) 硫黄やリン, ケイ素の特性を活かした有機合成手法の創出。(3) 電子注入を起点とする新反応の開発。(4) 芳香環の部分分解と再構築に基づく骨格構築法「芳香環メタモルフォシス」の追求。

反応系の綿密なデザイン, 反応中間体と遷移状態の探求, 元素の個性の理解と活用を元に研究を進めていく。生物活性物質や有機エレクトロニクス材料の合成など他分野への波及効果を意識した展開も自然発生的に行う。

【履修要件】有機化学I~IIIおよび化学実験を受講していることが望ましい。

## 15 集合有機分子機能

独自の協働機能触媒、活性化学種、機能分子の設計・合成を通じ、医薬品等有用物質の持続可能性の高い合成法の開拓、生体イメージングやがん治療に貢献する標識化、科学技術を前進させる有機材料の創出など多岐にわたる課題について研究する。主たる研究テーマは以下の通り。

(1) 複数の金属触媒、有機触媒、光触媒を組み合わせる協働機能触媒を駆使することで持続可能性の高い化学反応を開発する。

(2) 高い求電子性を有する活性化学種を駆使した新たな化学反応の開発、がんの治療と診断の融合に貢献する標識化法の開発と共同研究を通じた応用に取り組む。

(3) 生物活性物質の短工程合成や材料の高機能化に寄与する新たな元素置換法、分子編集法を開発する。

有機合成化学、触媒化学、量子化学計算、分光解析、放射化学、データ駆動化学など幅広い領域をカバーし、異分野研究者との共同研究を含め、分野の垣根を越えて融合研究を推進する研究力を身につける。独自触媒・分子の精密設計を基盤に広範な科学技術に貢献できる人材を育成する。

【履修要件】有機化学ⅠA、有機化学ⅠB、有機化学Ⅱ、有機化学Ⅲ、化学実験A、化学実験Bを受講していることが望ましい。

## 16 生物化学

ペプチド天然物を模した人工ペプチドを創製することで、望みの機能を持った生物活性分子の開発を目指す研究に取り組む。具体的には、タンパク質の生合成系（翻訳合成）・酵素反応・有機化学反応を人工改変しつつ試験管内で組み合わせることで、特徴的な骨格をもつペプチド化合物を「生体反応よりも自由に」「有機合成反応よりも簡便に」生産する技術を確立する。さらに、本技術で構築したライブラリーから目的の生物活性分子を迅速探索することで、医薬品候補化合物やケミカルバイオロジーに資する新規機能性分子を生み出す。4回生の段階では、実験手法の理解や研究の進め方について、課題実験や最新の研究論文を精読することにより、分子レベルでの生物化学研究の基礎を修得する。

【履修要件】有機化学あるいは生物化学に関する基礎知識を学び、化学実験を受講していることが望ましい。

## 17 分子性材料化学

固体、および、液体は、その中で構成成分間の相互作用が有効に働き、孤立原子・分子とは異なる凝縮系に特有な性質を示す。分子を構成成分とする凝縮系は、分子自身の持つ内部自由度と分子間相互作用の組合せにより、多様な構造と物性を発現する事が出来る。有機分子や配位化合物など、内部自由度の大きな分子を単位とする凝縮系を研究対象とし、導電性や磁性等を示す新規物質を開拓する。それらの構造と物性を研究し、さらなる機能性物質開拓のための指針を得る。具体的には、導電性を持つ電荷移動錯体を主たる研究対象とし、分子内での電荷分布や分子自身の形状などに着目した解析を行い、分子が凝縮系物性をどの様に支配しているかの本質を探る。

【履修要件】必須ではないが、600番台化学系講義（無機化学、物性化学、有機化学、物理化学等）、または200番台物理学系講義を受講した上で、化学実験を実習していることが望ましい。

**生物科学課題研究(通年)(5700番台) 定員 55名**

生物科学課題研究の題目は、現在のところ下記のとおりである。各々の具体的な研究テーマは各教員と希望者との討議により定める。

研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)	研究課題(最大収容人数)
1 植物系統分類学 (4)	10 時間生物学 (4)	19 神経生物学 (4)
2 動物系統学 (3)	11 植物分子遺伝学 (4)	20 生殖と環境適応の生理学 (3)
3 動物生態学 (4)	12 植物分子生理学 (4)	21 定量細胞生物学 (3)
4 自然人類学 (3)	14 環境と遺伝子の分子生物学 (3)	22 多細胞動物を形づくる細胞動態 (2)
5 霊長類行動生態学 (4)	15 細胞分子構造生物学 (4)	23 理論生物物理学 (4)
6 動物行動学 (4)	16 分子情報学 (3)	
7 免疫生物学 (2)	17 ゲノム多元統御学 (3)	
8 動物の発生と進化 (5)	18 細胞シグナル伝達の分子生物学 (2)	
9 植物生理学 (5)		

1 植物系統分類学(布施, 高橋)

陸上植物の多様性と進化を理解するために必要な形態や分子を使った解析技術の修得と実験。

【履修要件】「植物系統分類学I」, 「植物系統分類学II」, 「植物自然史III」, 「生物学実習E:植物系統分類学の基礎的技術」, 「野外実習第1部」, 「生物学セミナーA:植物系統分類学」などの講義・実習・セミナーを受講していることが望ましいが、必須ではない。

2 動物系統学(中野(隆), 岡本)

主に内陸棲の分類群を中心とした動物の系統分類学・形態学について、既存の標本調査および野外採集調査に基づく研究を行う。具体的な研究方針は面談の上決定する。

【履修要件】「動物系統分類学」の講義および生物学実習「動物の分類」を履修していることが望ましい。

3 動物生態学(渡辺, BARNETT, 今田)

動物(主に魚類や、昆虫等の無脊椎動物)の生態・進化について、野外調査および室内実験による研究を行う。動物の生活史、行動生態学、個体群動態、群集生態学、適応進化、系統地理学、保全生態学など、幅広い生態学関連分野からテーマを選ぶことができる。

詳細については、担当教員と相談すること。

【履修要件】生態学関連の専門基礎科目および生物学実習「野外調査法(生態)」・「生態学」を履修しておくことが望ましい。登録前に、担当教員と相談すること。

4 自然人類学(中務, 森本, 富澤)

人類の起源、進化、変異に関する研究。主に、国内の研究機関に所蔵されている霊長類を中心とした哺乳類の骨格標本、古人骨標本をもちいて、機能適応、系統解析、生活・行動復元に関する研究を行うが、軟部組織の形態学、運動学に関する研究も可能。文献に基づく研究も可。

【履修要件】特になし

## 5 霊長類行動生態学(中村, 田村)

ヒトを含む霊長類の行動や生態の研究。ヒトの社会や行動の進化と関連するテーマであれば、霊長類以外の分類群を対象とした研究や、実験・文献研究も可能。

【履修要件】生物学実習A（野外調査法・人類）を履修していることが望ましい。

## 6 動物行動学(森, 城野)

爬虫両棲類や鳥類など、様々な動物の行動について野外または飼育下で研究する。具体的な研究内容、方針は面談の上決定する。

【履修要件】「動物行動学」の講義、および生物学セミナーAの「動物の行動」を履修していることが望ましい。

## 7 免疫生物学(高原)

自然免疫ならびに適応免疫応答に関与する細胞の機能と細胞間相互作用について、培養系ならびにマウス個体を用いて研究する。

【履修要件】英語の書籍・文献講読を行うため、英語の読解力があることが望ましい。

## 8 動物の発生と進化(佐藤(ゆ), 稲葉)

脊椎動物の発生メカニズムや、発生と進化との関わりを研究する。主な材料はトリ胚およびホヤ胚。胚の遺伝子操作法を中心として、遺伝子発現→細胞のふるまい→器官形成をつなげる遺伝プログラムを明らかにする。キーワードは、神経系および血管系の発生、振動子の細胞間コミュニケーション、胚内における細胞ライブイメージング、遺伝子調節ネットワークなど。

【履修要件】特になし

## 9 植物生理学(野田口, 望月, 永原)

植物の篩管を介した長距離シグナル伝達に関して、分子の細胞内及び細胞間輸送の制御と機能について、分子生物学的、分子遺伝学的な手法を用いて調べる。また接木に着目して、細胞・組織・個体における植物の生理・形態・発生の統御システムを明らかにする。キーワードは、mRNAの長距離輸送、環境応答、光応答、自他認識、免疫、細胞壁リモデリング、幹細胞、維管束、原形質連絡など。

【履修要件】特になし

## 10 時間生物学(小山, 伊藤)

概日時計、光周性機構、および細胞間相互作用の時間的側面の研究を行う。シアノバクテリアと高等植物のウキクサを主な材料に、自律的な概日振動システム、周期的外部環境変動に対する生物の時間的統御機構、時間制御システムの進化過程、微生物と植物の相互作用等に注目して解析を進める。また、生物発光レポーター系を用いた実験手法について習得する。

【履修要件】特になし

## 11 植物分子遺伝学(竹中, 槻木)

植物が環境に応答し光合成などの代謝を最適化する戦略、RNA 編集、器官形成、母性遺伝等のメカニズムを調節する因子を分子遺伝学、分子生物学、生理学、生化学、細胞生物学の手法を駆使して解き明かす。研究領域は多岐にわたるが、キーワードは、光合成、葉緑体、サイクリック電子伝達、RNA 編集、RNA 安定性、銅イオン恒常性、維管束パターン形成、母性遺伝である。

【履修要件】 特になし

#### 12 植物分子生理学(松下, 嶋田, 岡)

高等植物が有する驚異的な環境適応能力の分子基盤として、環境刺激に応答したゲノム規模の遺伝子発現制御、またその結果もたらされるオルガネラの機能的分化や細胞間コミュニケーションなどの過程に着目し、それらの現象の分子機構を、順・逆遺伝学、分子生物学、生化学、細胞生物学、生理学などの複数の手法を駆使して解明する。

【履修要件】 特になし

#### 14 環境と遺伝子の分子生物学(秋山)

生物が放射線や酸化ストレスなどの環境ストレスに適応するメカニズムを、多様なモデル生物（酵母・線虫・ヒト細胞）を用いて解析している。

【履修要件】 特になし

#### 15 細胞分子構造生物学(朽尾, 関山, 今村)

細胞による様々な情報処理機構を分子レベルで研究する。各種のシグナル伝達タンパク質について構造生物学的手法（クライオ電顕，X線結晶回折）や生化学的手法を用いて解析する。また、生理的環境でのタンパク質の働きを調べるために、核磁気共鳴（NMR）法による構造ダイナミクス解析を行う。

【履修要件】 特になし

#### 16 分子情報学(今元, 山下)

視覚系をモデルとして、蛋白質分子の機能発現・多様性について解析する。具体的には情報変換に関与する蛋白質分子(受容体, G蛋白質, 効果器酵素)について、細胞・個体での機能解析を視野に入れた分子メカニズム解析を、分光学的・生化学的・分子生物学的手法を用いて行う。また、G蛋白質共役型受容体の多様化のメカニズムを分子レベルで解析する。

【履修要件】 特になし

#### 17 ゲノム多元統御学(西山, 木下, 吉田)

遺伝情報を正確に次世代に分配したり、ゲノム情報を正しく発現するためには、ゲノム・染色体の高次構造が正しく制御される必要がある。ゲノムや染色体はどのように高次構造を形成しているのか、染色体構築因子の機能を、一分子レベル、細胞レベルで解析する。

【履修要件】 特になし

#### 18 細胞シグナル伝達の分子生物学(日下部, 宮田) (本年度不開講)

細胞増殖・細胞分化・発生を制御するシグナル伝達。哺乳類各種培養細胞, Xenopusを主に用いる。

【履修要件】 英語の書籍, 文献講読を行うので, 英語の読解能力があることが望ましい。

#### 19 神経生物学(川口, 井下, 平井)

哺乳類の脳・神経系がはたらくメカニズムと神経回路形成機構について解析する。マウス・ラットの培養神経細胞・脳切片・個体を材料として、分子生物学・細胞生物学・生理学・形態学・行動学的手法を用いた研究を行う。学習・記憶機構と経験による神経系の形態・機能変化のメカニズムを研究する。

【履修要件】 「神経生物学」の講義および「神経生物学」の実習とセミナーを受講していることが望ま

しいが、必須ではない。

## 20 生殖と環境適応の生理学(甲斐, 碓井)

生殖細胞を形成・維持する生理機構、特に小分子RNA産生の機能解析を研究する。また、生得行動を環境依存的に調節する神経機構を研究する。技術的には分子遺伝学的操作に加えて、生化学的手法やバイオインフォマティクス、脳機能イメージングなど幅広い研究手法を含む。

【履修要件】分子生物学Ⅰと発生生物学Ⅱの内容を復習しつつ進める。これらの科目に加えて、生物学実習（E4:生殖と行動を制御する生理機構の観測とデータ解析）と生物学セミナー（金11:生殖と行動を制御する生理機構）を履修しておくことが望ましいが、必須ではない。

## 21 定量細胞生物学(青木, 後藤(祐), 平野)

細胞の増殖や分化、細胞死といった細胞の運命がどのように決定されるのか、その破綻が老化や癌化などの疾患にどのようにつながるかを、実験、講究を通じて理解する。分裂酵母および哺乳類培養細胞などを用いて、分子生物学的、生化学的、細胞生物学的アプローチとともに生細胞イメージングとその解析技術を学ぶ。

【履修要件】英語で書かれた文献、書籍の講読を行うので、英語読解力があることが望ましい。

## 22 多細胞動物を形づくる細胞動態(船山)

1) 新規パラダイムの動物の体づくりのメカニズム（細胞が構造物（骨片）を建て繋げ骨格を建築し動物を形作る機構）、2) 単細胞から多細胞への進化、3) 移動性幹細胞の細胞集団維持機構などに関し、細胞の振る舞いとその分子機構を研究する。独自に開発に成功した遺伝子導入法により、カイメン細胞のライブイメージングと遺伝子機能解析、遺伝子発現による細胞の操作を行い、トランスクリプトーム・ゲノムの解析、mRNA 発現解析等により解析する。

【履修要件】「発生生物学Ⅱ」、実習A「カイメンを用いた発生生物学」、生物学セミナー「進化発生生物学」を受講していることが望ましいが、必須ではない。

## 23 理論生物物理学(高田, BRANDANI, 岩部, 寺川)

分子レベルの生命現象についての理論および一分子実験研究、あるいは分子進化研究を行う。1) 分子レベルの生命現象について、分子構造・動態に関する理論的モデリング、シミュレーション、さらに理論モデルを検証するために必要に応じて生化学実験や蛍光顕微鏡等を用いた一分子観察を行う。例えば、クロマチン動態、遺伝子発現制御機構、生体分子機械の作動原理などからテーマを選定する。2) 生物進化について、分子進化学的解析法および分子生物学的実験手法を用いて、研究を行う。

【履修要件】特になし

付録

令和6年度卒業生の進路状況について (卒業生 321 名)

大学院進学	267 名	数理科学系	54 名
		物理科学系	87 名
		地球惑星科学系	31 名
		化学系	53 名
		生物科学系	42 名
就職	30 名	数理科学系	8 名
		物理科学系	8 名
		地球惑星科学系	5 名
		化学系	5 名
		生物科学系	4 名
その他	24 名		