

2023年度

シラバス

理学研究科

立教大学

作成日: 2023 年 03 月 18 日

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA101／数理物理特論 1 (Special Topics in Mathematical Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	素粒子論に於けるリー代数と表現		
担当者名 (Instructor)	北村 比孝(KITAMURA TOMOTAKA)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA101 数理物理特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子理論の理解に必要なリー代数を学ぶ。

To study the theory of Lie algebra in relation to particle physics.

授業の内容 (Course Contents)

輪講形式でリー代数, 特に物理に必要な表現論を学ぶ。

As a reading course, we discuss the representation theory of Lie algebra.

授業計画 (Course Schedule)

1. Introduction
2. Lie group
3. SU(2)
4. Tensor operators
5. Isospin
6. Root and weights
7. SU(3)
8. Simple roots
9. More SU(3)
10. Tensor methods
11. Young-Tableaux
12. SU(N)
13. Classical groups
14. Classification Theorem

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式で行うため, 発表担当者は事前の予習を必須とする。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

3 回以上の発表(100%)

RA101 数理物理特論1と合同授業

テキスト (Textbooks)

1. H. Georgi. 1999. *Lie Algebras In Particle Physics*. Westview Press (738202339)

参考文献 (Readings)

1. 佐藤 光、2016、『群と物理』、丸善出版 (ISBN:4621300849)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA102／量子場理論 (Quantum Field Theory)		
担当者名 (Instructor)	初田 泰之(HATSUDA YASUYUKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA102 量子場理論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

場の量子論の基礎を理解することが目標です。

The aim of this course is to learn basics on quantum field theory.

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論の摂動的取り扱いについて学びます。ローレンツ不変性、正準量子化、経路積分、ファインマン則、ループ補正、くりこみなどを扱う予定です。ゼミ形式で行います。英語のテキストを読むことで科学英語に慣れます。

This course deals with a perturbative formulation of quantum field theory, mainly focusing on Lorentz invariance, canonical quantizations, path integrals, Feynman rules, loop corrections and renormalizations.

授業計画 (Course Schedule)

1. Attempts at relativistic quantum mechanics
2. Lorentz Invariance
3. Canonical quantization of scalar fields
4. The LSZ reduction formula
5. Path integrals in quantum mechanics
6. The path integral for interacting field theory I
7. The path integral for interacting field theory II
8. Scattering amplitudes and the Feynman rules
9. The Lehmann-Kallen form of the exact propagator
10. Loop corrections to the propagator
11. Loop corrections to the vertex
12. Higher-order corrections and renormalizability
13. The renormalization group
14. Effective field theory

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

担当者は式の導出や変形を含めて十分な発表準備を行って下さい。単に日本語に直訳するのではなく、内容を理解して要点を抑えた発表をして下さい。非担当者も予習しておいて下さい。大学4年までに習う物理及び数学は既知であることを前提とします。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(50%)/授業内で指示する課題(25%)/議論への参加(25%)

テキスト (Textbooks)

1. Mark Srednicki. 2022. *Quantum Field Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-0-521-86449-7)

テキストのみで理解が難しい場合は適宜別の文献に当たって解決に努めて下さい。

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction to Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:0367320568)
2. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:4785325119)
3. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:4785325127)
4. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a nutshell*. Princeton University Press (ISBN:0691140340)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA103／宇宙物理特論 1 (Special Topics in Cosmology 1)		
担当者名 (Instructor)	小林 努(KOBAYASHI TSUTOMU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA103 宇宙物理特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

The aim of this course is to understand inflation in string theory.

授業の内容 (Course Contents)

Students learn inflation in string theory.

授業計画 (Course Schedule)

1. Seminar by a student followed by a discussion
2. Seminar by a student followed by a discussion
3. Seminar by a student followed by a discussion
4. Seminar by a student followed by a discussion
5. Seminar by a student followed by a discussion
6. Seminar by a student followed by a discussion
7. Seminar by a student followed by a discussion
8. Seminar by a student followed by a discussion
9. Seminar by a student followed by a discussion
10. Seminar by a student followed by a discussion
11. Seminar by a student followed by a discussion
12. Seminar by a student followed by a discussion
13. Seminar by a student followed by a discussion
14. Seminar by a student followed by a discussion

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

Basic knowledge of general relativity, cosmology, and quantum field theory is assumed.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

Presentation and discussion(100%)

テキスト (Textbooks)

1. Daniel Baumann, Liam McAllister. 2015. *Inflation and String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-1-107-08969-3)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA104／素粒子特論 1 (Special Topics in Particle Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	弦理論入門		
担当者名 (Instructor)	初田 泰之(HATSUDA YASUYUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA104 素粒子特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

弦理論の基礎を理解することを目指します。

This course is an introduction to string theory.

授業の内容(Course Contents)

(超)弦理論は 4 つの基本的な力を統一しようという野心的な試みです。また双対性に基づいて、通常では発見することが難しい様々な理論の間の関係を俯瞰的に予想することができます。弦理論の入門としてボソンの弦の基本的性質と共形場理論についてゼミ形式で学びます。

(Super)String theory is a candidate of "Theory of Everything." Dualities in this theory implies many new perspectives that are usually hard to be found. We learn fundamental properties in bosonic string theory and conformal field theory.

授業計画(Course Schedule)

1. Preliminaries
2. The Relativistic String I
3. The Relativistic String II
4. The Quantum String I
5. The Quantum String II
6. The Quantum String III
7. Open Strings and D-Branes
8. Conformal Field Theory I
9. Conformal Field Theory II
10. Conformal Field Theory III
11. The Polyakov Path Integral and Ghosts I
12. The Polyakov Path Integral and Ghosts II
13. String Interactions I
14. String Interactions II

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

場の量子論と一般相対性理論の初等の事柄は習得済みであることが望ましいです。その他、大学 3 年までに習う物理と数学の幅広い知識が必要です。担当者は十分な発表準備を行って下さい。高度な内容となるので自発的な予習・復習が必要となります。

成績評価方法・基準(Evaluation)

発表内容(50%)/授業内に出す課題(25%)/授業への参加度(25%)

テキスト(Textbooks)

以下の講義ノートを使用します。予め印刷するなどして見られるようにしておいて下さい。

David Tong, "String Theory – University of Cambridge Part III Mathematical Tripos – "

<https://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/string.html>

参考文献(Readings)

1. 細道 和夫、2017、『弦とブレーン』、朝倉書店 (ISBN:978-4254138023)
 2. J. Polchinski. 2005. *String Theory, Vol.1*. Cambridge University Press (ISBN:978-0143113799)
 3. B. Zwiebach. 2009. *A First Course in String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-0521880329)
- 講義ノートのみで理解が難しい場合は適宜参考文献に当たって解決に努めて下さい。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA105／天体物理特論 (Special Topics in Astrophysics)		
担当者名 (Instructor)	小林 努(KOBAYASHI TSUTOMU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA105 天体物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

The aim of this course is to understand inflation in effective field theory.

授業の内容 (Course Contents)

Students learn inflation in effective field theory.

授業計画 (Course Schedule)

1. Seminar by a student followed by a discussion
2. Seminar by a student followed by a discussion
3. Seminar by a student followed by a discussion
4. Seminar by a student followed by a discussion
5. Seminar by a student followed by a discussion
6. Seminar by a student followed by a discussion
7. Seminar by a student followed by a discussion
8. Seminar by a student followed by a discussion
9. Seminar by a student followed by a discussion
10. Seminar by a student followed by a discussion
11. Seminar by a student followed by a discussion
12. Seminar by a student followed by a discussion
13. Seminar by a student followed by a discussion
14. Seminar by a student followed by a discussion

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

Basic knowledge of general relativity, cosmology, and quantum field theory is assumed.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

Presentation and discussion(100%)

テキスト (Textbooks)

1. Daniel Baumann, Liam McAllister. 2015. *Inflation and String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-1-107-08969-3)

参考文献 (Readings)

The following article is also useful: <https://arxiv.org/abs/1403.7377>

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA106／宇宙物理特論 2 (Special Topics in Cosmology 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー天体物理学 (High-energy astrophysics)		
担当者名 (Instructor)	当真 賢二(TOMA KENJI)		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること RA106 宇宙物理特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

高エネルギー天体物理学を概観し、特にブラックホールが駆動する高エネルギー現象の観測的性質と基礎的物理について理解する。

The aim is to overview high-energy astrophysics, and particularly to understand the observational properties and basic physics of high-energy phenomena driven by black holes.

授業の内容 (Course Contents)

活動銀河核ジェットやガンマ線バースト等の高エネルギー天体現象の多くはブラックホールに駆動されていると考えられている。またそれらは遠方宇宙探査・宇宙線・重力波の研究に密接に関連している。本講義では、高エネルギー天体の観測的性質とそれを理解するための物理について述べる。

Many of the high-energy astrophysical phenomena such as active galactic nucleus jets and gamma-ray bursts are widely believed to be driven by black holes. They are also closely related to the researches of distant universe probe, cosmic-rays, and gravitational waves. In this course, the observational properties of the phenomena and their basic physics will be reviewed.

授業計画 (Course Schedule)

1. 高エネルギー天体現象の観測的性質
2. 天体物理学の中の力学、熱力学、電磁気学、流体力学
3. 特殊相対論的流体力学
4. 相対論的衝撃波
5. 高エネルギー放射過程
6. プラズマ物理と粒子加速
7. ブラックホール降着流1: 標準円盤
8. ブラックホール降着流2: 高温降着流
9. 一般相対性理論とブラックホール影
10. パルサーの単極誘導
11. 相対論的電磁流体の加速
12. 回転ブラックホール
13. 一般相対論的電磁気学
14. ブラックホール磁気圏とジェットの駆動

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%)/授業における議論への参加度(70%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 高原文郎、『天体高エネルギー現象』、岩波書店 (ISBN:978-4000111492)
2. 高原文郎、『特殊相対論』、培風館 (ISBN:978-4563024437)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA107／重力特論 (Special Topics in Gravity)		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA107 重力特論と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

一般相対論は、20世紀半ばから多角的な側面において著しい発展を遂げ、現代物理学において最も成功した重力理論となるに至る基礎が成立した。この授業では現代一般相対論の数理的及び応用的な基礎を学ぶ。

General relativity has encountered remarkable developments and established its foundation since the middle of the 20th century to become the most successful theory of gravitation in modern physics. Students will learn the theoretical foundation of general relativity in both formal developments and applications.

授業の内容(Course Contents)

標準的な教科書をゼミ形式で読み進めて、式の導出の確認したり、記述を理解したり、演習問題を解いたりすることによって、一般相対論の基礎と発展的内容のいくつかを身につける。

Students will learn the basics and some of the advanced topics of general relativity by reading a standard text book, in particular, checking equations, interpreting descriptions and solving exercises.

授業計画(Course Schedule)

1. 参加者による報告(1)
2. 参加者による報告(2)
3. 参加者による報告(3)
4. 参加者による報告(4)
5. 参加者による報告(5)
6. 参加者による報告(6)
7. 参加者による報告(7)
8. 参加者による報告(8)
9. 参加者による報告(9)
10. 参加者による報告(10)
11. 参加者による報告(11)
12. 参加者による報告(12)
13. 参加者による報告(13)
14. 参加者による報告(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

理論物理学講義1(相対論)の内容(一般相対論の入門的な内容)は修得済みか修得中であることが望ましい。内容の詳細については履修者の関心を考慮して選定する。適宜予習復習を行うこと。

成績評価方法・基準(Evaluation)

発表と議論への参加(60%) / 最終レポート(Final Report)(40%)

テキスト(Textbooks)

1. Steven Weinberg. 2008. *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. Wiley (ISBN:8126517557)

参考文献(Readings)

1. V.P. Frolov, A. Zelnikov. 2015. *Introduction to Black Hole Physics*. Oxford University Press (ISBN:0198729111)
2. Robert M. Wald. 1984. *General Relativity*. University of Chicago Press (ISBN:0226870332)
3. S. W. Hawking, G. F. R. Ellis. 1975. *The large scale structure of spacetime*. Cambridge University Press (ISBN:0521099064)
4. C. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler. 2017. *Gravitation*. Princeton Univ Pr (ISBN:0716703440)
5. E. Poisson. 2008. *A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics*. Cambridge University Press (ISBN:0521537800)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA108／天体物理学 (Astrophysics)		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA108 天体物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

天体物理学の基礎を習得する。

Students will learn the basic of astrophysics.

授業の内容 (Course Contents)

観測されている天体現象の多くは実は初等的な Newton 重力と流体力学と電磁気学と輻射過程の組み合わせによって基本的には理解できる。ここでは、初等的で標準的なテキストをゼミ形式で天体物理学の基礎を学習する。理論系の大学院生だけでなく観測・実験系の大学院生の参加も歓迎する。特に本授業では宇宙物理学における流体力学を中心に学ぶ。

Most of the observed astrophysical phenomena can be basically understood by the combination of elementary Newtonian gravity, fluid dynamics, electromagnetism and radiative processes. In this course, students will learn the basics of theoretical astrophysics by reading an elementary and standard textbook. Students not only from theory sector but also from experiment and observation are encouraged to attend. This course especially focuses on fluid dynamics in the context of astrophysics.

授業計画 (Course Schedule)

1. 参加者による報告 (1)
2. 参加者による報告 (2)
3. 参加者による報告 (3)
4. 参加者による報告 (4)
5. 参加者による報告 (5)
6. 参加者による報告 (6)
7. 参加者による報告 (7)
8. 参加者による報告 (8)
9. 参加者による報告 (9)
10. 参加者による報告 (10)
11. 参加者による報告 (11)
12. 参加者による報告 (12)
13. 参加者による報告 (13)
14. 参加者による報告 (14)

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

物理学専攻の大学院生であれば特別な前提知識の必要はない。力学, Newton 重力, 電磁気学, 波動について習ったことがあれば十分である。流体力学は基礎の部分からゼミで扱うので, 学部で習っていないくてもよい。適宜予習復習が必要である。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%) / 発表(30%) / 議論への参加(30%)

テキスト (Textbooks)

1. 坂下志郎, 池内了, 1996, 『宇宙流体力学』, 培風館 (ISBN:4563024309)

参考文献 (Readings)

1. George B. Rybicki, Alan P. Lightman, 1985. *Radiative processes in Astrophysics*. Wiley-VCH (ISBN:0471827592)
2. Stuart L. Shapiro and Saul A. Teukolsky. 1983. *Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars: The Physics of Compact Objects*. Wiley-VCH (ISBN:0471873160)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA111／電子工学特論 (Special Lecture on Electronics)		
担当者名 (Instructor)	馬場 秀忠(BABA HIDETADA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 RA111 電子工学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

放射線計測や原子核実験に必要なパルス回路, 信号処理の基本について学ぶ。

To learn the basic knowledge on pulse circuits and signal processing which are necessary for radiation measurement and nuclear experiments.

授業の内容 (Course Contents)

放射線計測で日常的に用いられるパルス回路や信号処理法についての講義を行う。より実践的な感覚を得るために講義の他に簡単な電子回路を使った実習も行う。

Pulse circuits and signal processing techniques, which are often used in radiation measurements, will be the main topics of this lecture. To give students a practical sense, hands on work on electric circuit will be offered.

授業計画 (Course Schedule)

1. 電気信号が伝わるとは
2. 抵抗, コンデンサ, コイルの役割
3. 微分, 積分回路
4. 同軸ケーブル
5. インピーダンスとは(講義)
6. インピーダンスとは(実習)
7. 電子回路を作るための部品(1)
8. 電子回路を作るための部品(2)
9. オペアンプを用いた回路(講義)
10. オペアンプを用いた回路(実習)
11. ADC について
12. デジタル通信とは
13. ノイズについて
14. 最近のデジタル技術紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

高校, 大学で学んできた基本的な電子回路の知識。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席および授業への参加度(70%)/講義内発表(30%)

テキスト (Textbooks)

1. W.R.Leo, . 1994. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*. Springer-Verlag (ISBN:9.7835405728E12)

参考文献 (Readings)

1. G.F. Knoll、2013、『放射線計測ハンドブック』、オーム社 (9.784274214493E12)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA112／放射線計測特論 (Special Topics in Techniques for Nuclear and Radiation Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	素粒子・原子核物理学の実験に必要な放射線計測技術		
担当者名 (Instructor)	尾崎 早智(OZAKI SACHI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5990	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修B】 RA112 放射線計測特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子・原子核物理学の研究を主目的に、様々な場面で必要となる放射線計測技術の基礎知識を身につけることを目標とする。

The course objective is to learn the fundamental knowledge about the technique of the radiation measurement which is necessary to the research of nuclear and particle physics.

授業の内容 (Course Contents)

放射線検出器の原理・応用を、英文の文献を参考としつつ理解する。文献の理解および各自担当分をまとめて発表する課題を通じて、研究現場で即戦力となる知識を習得する。

The course contents are to learn the principle and the application of the radiation detectors by referring a text written in English, as well as to give a presentation about their own understanding, leading to the ability useful to the research activities.

授業計画 (Course Schedule)

1. 計測の一般論・統計 1
2. 計測の一般論・統計 2
3. 放射線と物質の相互作用 1
4. 放射線と物質の相互作用 2
5. 気体検出器 1
6. 気体検出器 2
7. シンチレーション検出器 1
8. シンチレーション検出器 2
9. 半導体検出器
10. 時間、位置、エネルギー、運動量等の測定法 1
11. 時間、位置、エネルギー、運動量等の測定法 2
12. 複合検出器の具体例 1
13. 複合検出器の具体例 2
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

素粒子・原子核物理学に関する基礎知識を身につける。授業の予習として、文献を自分なりに解釈することと、各自担当の回は予習内容をまとめて発表する準備が必要となる。授業後は学んだことを各自の研究現場で役立ててほしい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の授業内課題(60%)／最終レポート(Final Report)(40%)
授業時の課題とその発表、レポートに基づいて評価する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. W.R. Leo. 1994. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*. Springer-Verlag (ISBN:3540572805)

その他 (HP 等) (Others(e.g HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA115／宇宙放射線特論 (Special Topics in Cosmic Radiation)		
担当者名 (Instructor)	北本 俊二(KITAMOTO SHUNJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 RA115 宇宙放射線特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

原子の構造と電子のエネルギー準位を理解する。遷移過程を学習して、X線の輝線や吸収線を理解する。

The aim of this course is understanding atomic structures. State transitions as a X-ray emission- or a absorption- mechanism and X-ray line broadening mechanism are also included.

授業の内容 (Course Contents)

宇宙を観測すると、画像をはじめ時間変動や光のエネルギー分布(エネルギースペクトル)等、いろいろな情報が得られる。最近のX線天文学ではX線のエネルギースペクトルをたいへん詳しく取得できるようになってきた。そのため、観測から宇宙を理解するためには、基礎的なX線の放射過程、とくに輝線や吸収線についての素過程を理解することが非常に重要になってきた。この講義で、X線放射機構についてエネルギー状態とその間の遷移、そして、輝線の形状を決定する因子を学習する。

Observation of the Universe provides us various images, time variations, energy spectra and so on. Recent observation with X-rays also gives us detailed spectral information and therefore we need detailed understanding of X-ray emission and absorption mechanisms in order to interpret the observed data. This course covers the study of atomic structure and the state transition, and the line broadening mechanism, in order to understand X-ray emission and absorption mechanism.

授業計画 (Course Schedule)

1. A Review of the Schrodinger Equation
2. One-electron in a Central Field, Wave Functions, Spin
3. Many-electron Systems, Statistics, The Pauli Principle, Hartree-Fock Approximation: Configurations, The Electrostatic Interaction
4. Perturbations, Level Splittings and Term Diagram, Equivalent and Nonequivalent Electrons and Their Spectroscopic Terms, Parity, Spin-Orbit Coupling
5. Zeeman Effect, Role of the Nucleus, Thermal Distribution of Energy Levels and Ionization, Thermal Equilibrium, The Saha Equation
6. Semi-Classical Theory of Radiative Transitions, Electromagnetic Hamiltonian,
7. The Transition Probability. The Dipole Approximation
8. Einstein Coefficients and Oscillator Strengths
9. Selection Rules
10. Transition Rates, Bound-bound Transition for Hydrogen, Bound-free Transitions for Hydrogen, Radiative Recombination
11. Line Broadening Mechanisms, Doppler Broadening, Natural Broadening, Collisional Broadening, Combined Doppler and Lorentz Profile
12. Topics 1
13. Topics 2
14. Topics 3

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

テキストの内容を、他の受講者に説明できるよう、レジュメを準備すること

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への参加度(100%)

テキストの内容を互いに説明し議論することで、授業を進める予定である。

テキスト (Textbooks)

1. Rybicki and Lightman. 1985. *Radiative Processes in Astrophysics*. Wiley-Interscience (471827592)

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA123／現代物理学特別講義 1 (Special Lecture in Modern Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子重力と素粒子論・宇宙論 (Quantum Gravity and Phenomenology)		
担当者名 (Instructor)	野海 俊文(NOUMI TOSHIFUMI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA123 現代物理学特別講義1と合同授業 集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子論や宇宙論の基礎となる低エネルギー有効理論と UV completion の考え方を身につけ、それに基づいて量子重力の現象論的側面を考察できるようになる。

The purpose of this course is to learn the concept of low-energy effective field theory and ultraviolet completion as a basis of particle physics and cosmology, and explore possible interplay between quantum gravity and phenomenology.

授業の内容 (Course Contents)

本講義では「量子重力と整合的な素粒子論・宇宙論模型が満たすべき一般的性質は何か?」という問いを中心に、量子重力の現象論的側面に関する近年の進展を紹介する。その過程で、低エネルギー有効理論の考え方や散乱行列理論、ブラックホール熱力学など関連する基礎的内容も順次取り扱う。

I will introduce recent developments on phenomenological aspects of quantum gravity with an emphasis on the question "What are quantum gravity constraints on particle physics and cosmology?" As a foundation of research in this direction, the lecture will cover basic topics such as the concept of low-energy effective field theory, the S-matrix theory and black hole thermodynamics.

授業計画 (Course Schedule)

1. 低エネルギー有効理論と UV completion
2. 散乱振幅の基本的性質 (1)
3. 散乱振幅の基本的性質 (2)
4. 散乱振幅の正値性条件 (1)
5. 散乱振幅の正値性条件 (2)
6. 量子重力理論としての弦理論 (1)
7. 量子重力理論としての弦理論 (2)
8. ランドスケープとスワンプランド
9. 正値性条件の重力理論への拡張 (1)
10. 正値性条件の重力理論への拡張 (2)
11. 正値性条件とブラックホール熱力学 (1)
12. 正値性条件とブラックホール熱力学 (2)
13. スワンプランド研究の進展と展望 (1)
14. スワンプランド研究の進展と展望 (2)

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

講義の復習をすること。特に、講義で省略した式の導出を自ら行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート (Final Report) (40%) / 授業への参加度 (60%)

テキスト (Textbooks)

授業中に関連文献を随時紹介する。

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA124／現代物理学特別講義 2 (Special Lecture in Modern Physics 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	重力波物理学の基礎 (Foundation of gravitational wave physics)		
担当者名 (Instructor)	田中 貴浩(TANAKA TAKAHIRO)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること RA124 現代物理学特別講義2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

新しく加わった宇宙の探針である重力波に関する理解は、今後の宇宙論、宇宙物理学を進めていく上での必要不可欠のツールである。そのために必要な広範囲にわたる基礎的事項の理解を目標とする。

An understanding of gravitational waves, the newly added probe of the universe, is an essential tool for advancing cosmology and astrophysics in the future. The goal of this course is to provide an understanding of the extensive fundamentals necessary for this purpose.

授業の内容 (Course Contents)

一般相対論、および、重力波に関する一般的基礎を学んだ後、様々な重力波源について概観する。次に、連星系からの重力波波形予測について学ぶ。さらに、重力波検出の原理とデータ解析の基礎について解説する。最後に、重力波検出から広がりつつある様々な物理について解説し、重力波観測から得られる重力理論の拡張に対する制限について詳しくみる。

After learning about general relativity and the general basics about gravitational waves, an overview of various gravitational wave sources will be given. Next, we will learn about how to theoretically predict gravitational waveforms from binary star systems. Furthermore, the principles of gravitational wave detection and the fundamentals of data analysis will be explained. Finally, the various physics that are expanding from gravitational wave detection will be described and the constraints on the extension of gravitational theories from gravitational wave observations will be examined in detail.

授業計画 (Course Schedule)

1. 一般相対論 I (Introduction to general relativity I)
2. 一般相対論 II (Introduction to general relativity II)
3. 重力波に関する一般的基礎 I (General foundations on gravity waves I)
4. 重力波に関する一般的基礎 II (General foundations on gravity waves II)
5. 様々な重力波源 I (Various sources of gravitational waves I)
6. 様々な重力波源 II (Various sources of gravitational waves II)
7. 連星系からの重力波波形予測 I (Prediction of gravitational waveforms from binary systems I)
8. 連星系からの重力波波形予測 II (Prediction of gravitational waveforms from binary systems II)
9. 重力波検出とデータ解析 I (Gravitational wave detection and data analysis I)
10. 重力波検出とデータ解析 II (Gravitational wave detection and data analysis II)
11. 重力波検出から広がる物理 I (Physics expanding from gravitational wave detection I)
12. 重力波検出から広がる物理 II (Physics expanding from gravitational wave detection II)
13. 重力波観測と重力理論の拡張 I (Extensions of gravitational theory explored by gravitational waves I)
14. 重力波観測と重力理論の拡張 II (Extensions of gravitational theory explored by gravitational waves II)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

講義ノートは事前に提示しますので、目を通して授業に臨んでください。復習のための小課題をオンラインで提示しますので、その課題を提出してください。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席(30%) / 小課題(70%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 田中 貴浩、2021、『相対論』、東京図書 (ISBN:078-4-489-02364-4)
2. 柴田 大、久徳 浩太郎、2018、『重力波の源』、朝倉書店 (ISBN:978-4-254-13801-6)

3. Jolien D. E. Creighton, Warren G. Anderson. 2011. *Gravitational-Wave Physics and Astronomy: An Introduction to Theory, Experiment and Data Analysis*. Wiley (ISBN:978-3-527-40886-3)
4. Clifford M. Will. 1993. *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. Cambridge University Press (ISBN:0-521-43973-6)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

<http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~takahiro.tanaka/index-j.html>

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA133／素粒子特論 2 (Special Topics in Particle Physics 2)		
担当者名 (Instructor)	未定 (MITEI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA133 素粒子特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代的な場の量子論の基礎を学ぶ。

To learn the basics of modern quantum field theories.

授業の内容 (Course Contents)

輪講形式で場の量子論, 特に Yang-Mills 理論の量子化を議論する。(担当者が決まれば変更する可能性がある。)

We discuss quantizations of Yang-Mills theory as a reading course. (The contents and the schedule may be revised when the lecturer is fixed.)

授業計画 (Course Schedule)

1. Introduction
2. Symmetry breaking
3. Pion as Nambu-Goldstone boson
4. Effective Potential
5. Magnetic Monopole
6. NonAbelian gauge theory
7. Anderson Higgs mechanism
8. Chiral anomaly
9. Quantizing Yang-Mills theory
10. Electroweak unification
11. Quantum chromodynamics
12. Large N expansion
13. Grand unification
14. Protons are not forever

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

量子電磁力学の1ループくりこみができることを前提とする。

毎回, 与えられたトピックをテキストに従って1時間で解説できるように十分な予習を要求する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

3 回以上の発表(100%)

テキスト (Textbooks)

1. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a nutshell*. Princeton Univ Pr (691140340)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA134／量子場特論 (Special Topics in Quantum Field Theory)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	曲がった時空中の場の量子論		
担当者名 (Instructor)	北村 比孝(KITAMURA TOMOTAKA)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA134 量子場特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

曲がった時空に於ける場の量子論の基礎を理解し、その物理的な内容を学ぶ。さらに、素粒子論、宇宙論、相対論に於ける各々の立場から“曲がった時空に於ける場の量子論”を捉えられることを目指す。

The aim is to learn the fundamentals of quantum field theory in curved spacetime. Furthermore, we try to comprehend “the QFT in curved spacetime” from various fields such as elementary particle physics, cosmology, and gravitational physics.

授業の内容 (Course Contents)

曲がった時空に於ける場の量子論は、素粒子論、宇宙論や重力理論を理解する上で大きな役割を担う。特に、Black Hole 時空や膨張宇宙といった重力の効果が顕著となる場合の量子論的現象を記述したり、AdS/CFT 対応といった重力の量子論を理解するために重要な理論である。

この授業では、まず曲がった時空中での場の量子論の概念や計算方法などの基礎的事項を理解し、膨張宇宙での量子揺らぎやホーキング輻射など強重力場中での粒子生成といった具体的な現象について学ぶ。

さらに可能であれば、Trace Anomaly や AdS 時空中での場の理論などにも触れる。曲がった時空に於ける場の量子論をより深く理解する為に、素粒子論、宇宙論、相対論に於ける各々の立場から“曲がった時空に於ける場の量子論”を捉えられることを目指す。

Quantum field theory in curved spacetime has been an important role to understand elementary particle physics, cosmology, and gravitational physics. In particular, the QFT provides us powerful tools to explain quantum effects in strong gravity such as black hole spacetimes, an expanding universe, and to study quantum theories of gravity related to AdS/CFT correspondence. In this course, we deal with the fundamentals of quantum field theory in curved spacetime and examples of physical phenomena: quantum fluctuations in an expanding universe and particle creations in strong gravitational fields such as the Hawking radiation. We treat topics such as Trace Anomaly and field theories in AdS background if we have enough time. we try to comprehend “the QFT in curved spacetime” from various fields such as particle physics, cosmology, and gravitational physics.

授業計画 (Course Schedule)

1. 導入
2. 場の理論の復習
3. 強制調和振動子
4. 調和振動子から場へ
5. 古典場の復習
6. 膨張宇宙での量子場
7. Bogolyubov 変換
8. de Sitter 宇宙での量子場
9. Unruh 効果
10. Hawking 輻射
11. Black Hole 熱力学
12. 経路積分
13. Trace Anomaly
14. 発展的事項

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式で行うため、発表担当者は事前の予習を必須とする。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業態度(35%)/発表回数(35%)/発表・質問・議論の内容(30%)

RA134 量子場特論と合同授業

テキスト(Textbooks)

1. V. F. Mukhanov, S. Winitzki. 2007. *Introduction to Quantum effects in Gravity*. Cambridge University Press (9.780521868341E12)

参考文献(Readings)

1. Bryce. S. De Witt. 1975. *Quantum field theory in curved spacetime*. ELSEVIER
 2. Fiorenzo Bastianelli, Peter van Nieuwenhuizen. 2009. *Path Integrals and Anomalies in Curved Space*. Cambridge University Press (ISBN:0521120500)
 3. N. D. Birrell, P. C. W. Davies. 1984. *Quantum Fields in Curved Space*. Cambridge University Press (ISBN:0521278589)
- 適宜、内容に応じて参考文献のテキストを扱う

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA146／現代物理学特別講義 3 (Special Lecture in Modern Physics 3)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー重イオン衝突とクォーク・グルーオン・プラズマ相転移 QCD 相構造、宇宙初期の高温領域から中性子内部の高密度領域、臨界点		
担当者名 (Instructor)	江角 晋一(ESUMI SHINICHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること RA146 現代物理学特別講義3と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

強い相互作用が支配する世界、有限量子多体系の数々の現象、クォーク・グルーオン・プラズマや QCD 相図の構造や性質を理解するため、高エネルギー重イオン実験・解析の技法や概念の基礎を身につける。

In order to understand a new state of matter called Quark Gluon Plasma (QGP) and QCD phase diagram, the experimental technique with high energy heavy ion collisions and physics data analysis methods are described. The recent experimental results and their interpretations are discussed.

授業の内容 (Course Contents)

高エネルギー重イオン衝突反応、クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)相の性質について学ぶ。これまでのハドロン衝突や重イオン衝突実験における、ソフト・ハードな指針を用いて得られた温度、集団運動、エネルギー損失、ハドロン生成などに関する研究結果や計算結果等との比較をおこない、QCD 相図や QGP 相転移について学ぶ。

Experimental methods with high energy heavy ion collisions, physics data analysis with soft and hard probes, various temperature measurements including freeze-out stage, collective expansions, partonic energy-loss, hadronization mechanism are described for understanding the nature of QCD phase diagram and Quark Gluon Plasma (QGP) phase transition, and possible existence of Critical Point.

授業計画 (Course Schedule)

1. experimental techniques of high energy heavy ion collisions
2. particle detection technologies
3. initial and freeze-out temperature
4. chemical and thermal freeze-out
5. collective radial expansion
6. collective an-isotropic expansion
7. partonic energy loss and jet quenching
8. direct photons and penetrating probes
9. J/psi, Upsilon suppression
10. higher order flow harmonics and small collision systems
11. particle correlation and source imaging
12. global polarization and chiral magnetic effects
13. first order phase transition and equation of state
14. critical signature and fluctuation

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

Related experimental results and theoretical interpretations to be searched and studied with published journals or preprints from the experimental groups or from the theorists.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/questions and discussions(60%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA147／現代物理学特別講義 4 (Special Lecture in Modern Physics 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	大気物理学の基礎と地球惑星大気の諸現象理解への応用		
担当者名 (Instructor)	鈴木 秀彦(SUZUKI HIDEHIKO)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること RA147 現代物理学特別講義4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

流体力学と熱力学に基礎をおいた大気力学の基礎を修得し、地球や惑星の大気システムで起こる多種多様な大気物理現象の根本原理を理解することを本講義の目標とする。また大気物理における未解明問題について理解する。

The purpose of this lecture is to understand the basic physical mechanics of the various atmospheric phenomena by applying atmosphere physics which is based on the fluid dynamics and the thermodynamics of the gas.

授業の内容 (Course Contents)

地球物理学では個々の現象の本質を物理学で記述するために、現象の時間的、空間的スケールに最適な解析法を用いる。本授業の前半では、そのような考え方・手法の基礎を解説する。本授業の後半ではこれによって得られる知見を地球や惑星で起きている大気諸現象に対して適用する方法を解説し、それらのメカニズムの本質が理解可能であることを示す。

In atmosphere science, a specific analysis method optimized for the time and spatial scales of focusing phenomena is applied to describe their substantial behavior. In the former part of the lecture, the basis of such an analysis method is introduced. In the latter part of the lecture, the capability of the method to understand the physical mechanism of several basic phenomena on Earth and the planet's atmosphere is demonstrated.

授業計画 (Course Schedule)

1. 大気物理学の概観
本講義の狙いおよび聴講により得られる知識の概観
2. 大気の運動方程式に登場する力の導出
圧力勾配、粘性力、重力、慣性力(コリオリ力、遠心力)
3. 大気の鉛直つり合いの式: 静水圧平衡
スケールハイトの定義とその計算
4. 全微分と局所微分
Euler 系と Lagrange 系の概念、回転球面系での全微分
5. 回転球面系の運動方程式とスケール解析
曲率項と総観規模スケールの現象を扱う方程式、ジオポテンシャル高度の導入
6. スケール解析による地衡風近似の導出、ロスビー数の導入
地球と惑星のロスビー数とその運動の特徴
7. 連続の式および発散場と収束場
連続の式のスケール解析
8. 熱力学方程式(エネルギー方程式)および温位と断熱減率
大気の安定、不安定とは
9. 大気中の水分の役割と湿潤大気の温度減率
熱力学ダイアグラム(エマグラム)の活用による雲底高度の推定実習
10. 方程式系の大気運動への応用
慣性振動、高気圧、低気圧、旋衡風、台風などの理解
11. 温度風と hodograph、渦度
雲の多層構造の観測による暖域分布の推定
12. 渦度方程式と大気中を伝わる波動
13. 地球大気物理の未解明問題
超高層大気研究の最先端
14. 惑星大気物理の未解明問題

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

熱力学、統計力学、量子力学の基礎的な概念を理解していること、物理数学(ベクトル解析、微分方程式など)を復習しておくことが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終授業で提示するレポート(60%)/授業への参加度(40%)

参加度は講義中に行う計算演習や実習における積極性なども評価する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. J. R. Holton ほか, *Dynamic Meteorology*. ACADEMIC PRESS
2. 小倉義光、『一般気象学』、東京大学出版会
3. 松野太郎・島崎達郎、『大気科学講座 3 中間圏と成層圏の大気』、東京大学出版会

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA148／惑星大気物理特論 (Special Topics in Physics of Planetary Atmospheres)		
担当者名 (Instructor)	田口 真(TAGUCHI MAKOTO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA148 惑星大気物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

履修者の研究テーマに関連する惑星大気現象について、研究に必要な知識を身につける。

The aim of this course is to acquire knowledge of phenomena in planetary atmospheres concerning a study of each student.

授業の内容 (Course Contents)

惑星大気に関連する学問分野の教科書や論文等の文献を読んで、修士課程での研究に必要な専門知識や手法を身につける。文献の内容は、履修者の研究テーマを勘案し、最も有効と思われる領域を選定する。履修者はあらかじめ読んできた文献の内容を紹介し、疑問点を担当教員が補足・解説する。

[参考]これまでに読んだ文献:

E. J. McCartney, Absorption and Emission by Atmospheric Gases
 G. G. Shepherd, Spectral Imaging of the Atmosphere
 S. J. Bauer and H. Lammer, Planetary Aeronomy
 G. W. Petty, A First Course in Atmospheric Radiation
 S. W. Bougher, D. M. Hunten, and R. J. Phillips, Venus II
 J. R. Holton and G. J. Hakim, Dynamic Meteorology

We read a textbook or a scientific paper on a study field concerning planetary atmospheres, and acquire expertise and technique required for a study in the master's course. The field that seems to be the most effective will be selected among a variety of studies by students. Students are requested to read the literature prior to a class and to introduce its content in a class. A lecturer comments on questions from the students.

[Examples of literature]

E. J. McCartney, Absorption and Emission by Atmospheric Gases
 G. G. Shepherd, Spectral Imaging of the Atmosphere
 S. J. Bauer and H. Lammer, Planetary Aeronomy
 G. W. Petty, A First Course in Atmospheric Radiation
 S. W. Bougher, D. M. Hunten, and R. J. Phillips, Venus II
 J. R. Holton and G. J. Hakim, Dynamic Meteorology

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション, 講読する文献の選定, 講読分担の決定
2. 講読1
3. 講読2
4. 講読3
5. 講読4
6. 講読5
7. 講読6
8. 講読7
9. 講読8
10. 講読9
11. 講読10
12. 講読11
13. 講読12
14. 講読13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

文献を読んで理解してくる。理解できなかった箇所を整理してくる。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への参加度(100%)

テキスト (Textbooks)

初回の授業時に紹介する。

参考文献 (Readings)

授業中に適宜紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA149／惑星物理特論 (Special Topics in Planetary Physics)		
担当者名 (Instructor)	亀田 真吾(KAMEDA SHINGO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RA149 惑星物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

惑星物理に関する研究結果を調べ、惑星で起きている物理現象を理解する。

The aim of this course is to understand the phenomena occurring on planets from the results of research on planetary physics and

授業の内容 (Course Contents)

惑星に関する教科書あるいは総説論文を読み、最新の研究に向けて準備する。教材は、受講生の研究テーマを考慮して選択する。基本的には小天体に関する物理、系外惑星に関する話題等を扱う。受講生は教材を読み進め、理解が困難な部分については担当教員がサポートする。

We read textbooks or review papers on the planet, and prepare for the latest research. The materials are selected according to the research theme of the students. Basically, we deal with physics related to small bodies and topics related to exoplanets. Students will read through the materials, and the lecturer will support the parts that are difficult to understand.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 小惑星に関する論文講読(1)
3. 小惑星に関する論文講読(2)
4. 小惑星に関する論文講読(3)
5. 小惑星に関する論文講読(4)
6. 小惑星に関する論文講読(5)
7. 小惑星に関する論文講読(6)
8. 系外惑星に関する書籍講読(1)
9. 系外惑星に関する書籍講読(2)
10. 系外惑星に関する書籍講読(3)
11. 系外惑星に関する書籍講読(4)
12. 系外惑星に関する書籍講読(5)
13. 系外惑星に関する論文講読(6)
14. 系外惑星に関する論文講読(7)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

惑星科学や惑星探査に関する基礎的な知識が求められる。授業前に論文を要約して発表の準備を行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

輪読時の参加度(20%)／輪読時の発表内容(40%)／各テーマ発表後のレポート(40%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA150／高エネルギー宇宙物理学特論 (Special Topics in High Energy Astrophysics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー宇宙から学ぶ最先端の宇宙観測		
担当者名 (Instructor)	山田 真也(YAMADA SHINYA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5393	言語 (Language)	その他 (Others)
備考 (Notes)	RA150 高エネルギー宇宙物理学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

この授業では高エネルギー宇宙物理学の基礎の習得を目指す。宇宙現象の中で、ブラックホール、超新星残骸、パルサー、相対論的ジェット、他、非熱的な宇宙現象について学び、高エネルギーの宇宙現象を見る目を養う。

The course aims to deepen the understanding of high-energy processes occurring in black holes, supernovae remnants, pulsars, relativistic jets, and other sources of non-thermal emission.

授業の内容 (Course Contents)

X線、電波、ガンマ線の宇宙観測により、非熱的な激しい宇宙の描像が見えてきた。高エネルギーの粒子は、生成や伝搬を伴い、地球へ宇宙線として辿りつく。この授業では、その基礎となる物理現象の理解を目指し、特殊相対論、輻射輸送、非熱的な放射など、現実の例を織り交ぜながら、理解を深めてゆく。

Radio, X-ray, and Gamma-ray observations revealed the existence of non-thermal Universe: a broad range of processes related to the creation and propagation of high-energy particles. In this course, one focuses on the foundation of phenomena critical for the understanding of processes taking place in various sources of high energy emission. This includes the special relativity, radiation transfer, and the most relevant non-thermal radiation processes.

授業計画 (Course Schedule)

1. 高エネルギー宇宙現象の紹介
2. 放射過程(1)
3. 放射過程(2)
4. 放射過程(3)
5. 宇宙放射線検出器(1)
6. 宇宙放射線検出器(2)
7. 恒星質量ブラックホール
8. 巨大質量ブラックホール
9. 宇宙線
10. 宇宙観測の基礎
11. ブレーザー
12. 超新星残骸
13. 中性子星やコンパクト星
14. 宇宙の大規模構造

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

物理学の基礎となる電磁気学、力学、流体力学を理解していることで、宇宙現象の理解も深まるため、基礎が曖昧な場合は適宜、予習および復習で補うことが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%) / 最終テスト(Final Test)(25%) / in-class work(20%) / mid-term test(25%)

テキスト (Textbooks)

テキストは特に指定しません。

参考文献 (Readings)

1. Hale Bradt. 2014. *Astrophysics Processes: The Physics Of Astronomical Phenomena*. Cambridge University Press (ISBN:978-1107677241)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA201／相対論 (General Relativity)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	一般相対論入門		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB116 理論物理学講究1、RA201 相対論と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

一般相対論の基礎的な内容を理解する。

This course introduces the basics of general relativity.

授業の内容(Course Contents)

時空と重力の基礎理論である一般相対論について講義を行う。一般相対論は、これまでに多くの検証実験を高い精度でクリアしてきた。その基本的な考え方は、今やあらゆる分野の理論物理学者や重力関連分野の実験物理学者にとって欠くことのできないものとなっている。本授業は初学者を対象とする。

This course is a lecture on general relativity, a theory of spacetime and gravity. General relativity has passed many experimental tests with high accuracy. Its basic ideas are now essential for theoretical physicists in all fields and experimental physicists in gravitational physics. This course is designed for beginning students.

授業計画(Course Schedule)

1. 一般相対論の概観
2. 数学的準備(1)
3. 数学的準備(2)
4. 数学的準備(3)
5. 数学的準備(4)
6. 数学的準備(5)
7. 重力の理論としての一般相対論(1)
8. 重力の理論としての一般相対論(2)
9. 一般相対論による重力物理学(1)
10. 一般相対論による重力物理学(2)
11. 一般相対論による重力物理学(3)
12. 一般相対論による重力物理学(4)
13. 一般相対論による重力物理学(5)
14. 一般相対論による重力物理学(6)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

「力学 1・2」・「微分積分 1・2」・「線形代数 1・2」・「電磁気学 1・2」・「物理数学 1・2」・「波動と量子」・「現代物理学序論」で扱われる内容は修得済みであることを前提とする。さらに「流体力学」・「電気力学」で扱われる内容を修得済みあるいは修得中であることが強く望まれる。毎回の授業の復習を必ず行うこと。

成績評価方法・基準(Evaluation)

筆記試験(Written Exam)(80%)／最終レポート(Final Report)(20%)

テキスト(Textbooks)

1. 佐々木節、1996、『一般相対論』、産業図書 (ISBN:4782812051)
- 適宜プリントを配付する。

参考文献(Readings)

1. エリ デ ランダウ (著)、イエ エム リフシッツ (著)、恒藤 敏彦 (訳)、1978、『場の古典論 (原書第 6 版)』、東京図書 (ISBN:448901161X)
2. 佐藤勝彦、1996、『相対性理論』、岩波書店 (ISBN:4000079298)
3. Bernard Schutz (著)、江里口 良治 (訳)、二間瀬 敏史 (訳)、2010、『第 2 版 シュッツ 相対論入門 I 特殊相対論』、丸善 (ISBN:4621083104)

4. Bernard Schutz (著)、江里口 良治 (訳)、二間瀬 敏史 (訳)、2010、『第 2 版 シュッツ 相対論入門 II 一般相対論』、丸善 (ISBN:4621083112)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA202／素粒子論 (Particle Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	場の量子論入門		
担当者名 (Instructor)	木下 俊一郎(KINOSHITA SHUNICHIRO)		
学期 (Semester)	春学期1(Spring Semester 1)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB117 理論物理学講究2、RA202 素粒子論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代物理学の根幹である場の量子論の基礎を学ぶことが目標である。

The aim of this course is to learn the basics of quantum field theory, which is the foundation of modern physics.

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論は現代物理学において重要な役割を果たしている。スカラー場、マクスウェル場、ディラック場の基本的性質およびその量子化の理解を目指す。なお4月、5月に2コマ連続して輪読形式で授業を行う。

Quantum field theory plays important roles in modern physics. In this course, we attempt to understand basic properties of scalar fields, Maxwell fields, and Dirac fields, and quantization of their fields.

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 古典場(1) クライン-ゴルドン方程式
3. 古典場(2) マクスウェル方程式
4. 古典場(3) ディラック方程式
5. ディラック方程式の性質(1)
6. ディラック方程式の性質(2)
7. ゲージ原理
8. 場と粒子描像
9. 場の作用と作用原理
10. 対称性と保存則
11. 正準量子化(1) スカラー場の量子化
12. 正準量子化(2) ディラック場の量子化
13. 正準量子化(3) マクスウェル場の量子化
14. ポアンカレ代数

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式でテキストを読み進めていくため、発表担当者は十分な発表準備を行う。この際、式の導出・変形やテキスト内容の自分なりの理解に努めること。

また、非発表担当者は議論に参加できるよう予習を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(60%)／議論への参加(40%)

テキスト (Textbooks)

1. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:9784785325114)

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction To Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:9780367320560)
2. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a Nutshell*. Princeton Univ Press (ISBN:9780691140346)
3. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:9784785325121)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA203／宇宙物理学 (Cosmology)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	Introduction to Physical Cosmology		
担当者名 (Instructor)	棚橋 典大(TANAHASHI NORIHIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB118 理論物理学講義3、RA203 宇宙物理学と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

物理学にもとづいた宇宙論の基礎的事項を身につける。英語のテキストを読んで理解し、自分の言葉で明快地説明する、という学習スタイルに慣れる。

The aim of this course is to help students understand the basic concepts of physical cosmology by reading a textbook written in English.

授業の内容(Course Contents)

英語で書かれた宇宙論の基礎的テキストの輪講をおこなう。発表者は、事前に担当部分を読み込んですべての計算を追った上で理解し、発表ノートを作成する。授業では、発表ノートをもとに板書をしながら自分の言葉で明快地説明する。発表者以外も事前に予習をし、授業中に発表者に質問するなどして議論をしながら理解を深める。担当教員は適宜補足説明をおこない、履修者の理解を助ける。

This course deals with the basic concepts of physical cosmology.

授業計画(Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 基本的な観測事実 1: 一様等方宇宙、赤方偏移 (学生による発表と議論)
3. 基本的な観測事実 2: マイクロ波背景放射 (学生による発表と議論)
4. ニュートン重力から一般相対論へ (学生による発表と議論)
5. ロバートソン・ウォーカー計量と曲率 (学生による発表と議論)
6. アインシュタイン方程式とフリードマン方程式 (学生による発表と議論)
7. 宇宙論モデル 1 (学生による発表と議論)
8. 宇宙論モデル 2 (学生による発表と議論)
9. 宇宙論パラメータ (学生による発表と議論)
10. ダークマター (学生による発表と議論)
11. マイクロ波背景放射の物理 (学生による発表と議論)
12. インフレーションと初期宇宙 (学生による発表と議論)
13. 重力不安定性による構造形成 1 (学生による発表と議論)
14. 重力不安定性による構造形成 2 (学生による発表と議論)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

一般相対論に関する知識は前提としないが、並行して理論物理学講義 1(相対論)を履修することを強く推奨する。力学や特殊相対論、電磁気学、統計力学、量子力学に関する知識は前提とする。また、流体力学の知識があった方が望ましい。

成績評価方法・基準(Evaluation)

発表の内容(35%) / 議論への参加度(35%) / 数回のレポート課題(30%)

テキスト(Textbooks)

1. Barbara Ryden. 2016. *Introduction to Cosmology* 2nd edition. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS (ISBN:1107154839)

参考文献(Readings)

授業中に適宜紹介する。

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

本講義を受講する場合は第1回の講義(ガイダンス)に必ず出席すること。

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA205／数理物理学 (Mathematical Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	場の量子論入門（応用）		
担当者名 (Instructor)	木下 俊一郎(KINOSHITA SHUNICHIRO)		
学期 (Semester)	春学期2(Spring Semester 2)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB120 理論物理学講究5、RA205 数理物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代物理学の根幹である場の量子論において摂動論の基礎を学ぶことが目標である。

The aim of this course is to learn perturbation theory of interacting quantum fields in quantum field theory.

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論は現代物理学において重要な役割を果たしている。相互作用する量子場を扱うために、摂動論、経路積分量子化、ファインマン則、くりこみなどの理解を目指す。なお6月、7月に2コマ連続して輪読形式で授業を行う。

Quantum field theory plays important roles in modern physics. In this course, we learn perturbation theory, path integral quantizations, Feynman rules, renormalizations, in order to deal with interacting quantum fields.

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 相互作用をもつ場の量子論(1)
3. 相互作用をもつ場の量子論(2)
4. 伝播関数と漸近場(1)
5. 伝播関数と漸近場(2)
6. 経路積分(1)
7. 経路積分(2)
8. 経路積分(3)
9. 摂動論とウィックの定理
10. ファインマン・ダイアグラム(1)
11. ファインマン・ダイアグラム(2)
12. ファインマン・ダイアグラム(3)
13. くりこみ(1)
14. くりこみ(2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「理論物理学講究2・素粒子論」を履修していることが望ましい。

輪読形式でテキストを読み進めていくため、発表担当者は十分な発表準備を行う。この際、式の導出・変形やテキスト内容の自分なりの理解に努めること。

また、非発表担当者は議論に参加できるよう予習を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(60%)／議論への参加(40%)

テキスト (Textbooks)

1. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:9784785325114)
2. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:9784785325121)

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction To Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:9780367320560)
2. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a Nutshell*. Princeton Univ Press (ISBN:9780691140346)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA206／統計物理学 (Statistical Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	テンソルネットワークの基礎と発展		
担当者名 (Instructor)	大久保 毅(OKUBO TSUYOSHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること CB121 理論物理学講義6(統計物理学)、RA206 統計物理学と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

統計物理、量子多体問題におけるテンソルネットワーク表現の基礎を理解し、テンソルネットワークでの近似と計算技術を習得する。

This course aims to understand the basics of tensor network representation in statistical physics and quantum many-body problems and to master approximation and computation techniques in tensor networks.

授業の内容(Course Contents)

テンソルネットワークの統計物理・量子多体問題における活用例として、テンソル繰り込みによる近似計算と、量子多体状態のテンソルネットワーク表現について紹介する。これらの基礎となる行列の低ランク近似の復習から初めて、テンソルネットワークの基礎と近年の発展、および、応用例について講義する。

As examples of tensor networks in statistical physics and quantum many-body problems, we will introduce approximate computation by tensor renormalization group and tensor network representation of quantum many-body states. Starting with a review of low-rank approximation of matrices, the lecture will cover the basics and recent developments of tensor networks and their applications.

授業計画(Course Schedule)

1. 導入: 物理とテンソルネットワーク
2. 行列の特異値分解と低ランク近似
3. 低ランク近似のテンソルへの拡張と応用
4. テンソルネットワーク繰り込みの基礎
5. テンソルネットワーク繰り込みの発展
6. テンソルネットワーク繰り込みの応用
7. 情報のエンタングルメントと行列積表現
8. 行列積表現の性質
9. 行列積表現の応用
10. テンソルネットワーク表現への発展
11. テンソルネットワーク表現の応用
12. 量子回路とテンソルネットワーク
13. 量子誤り訂正とテンソルネットワーク
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準(Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/授業への参加度(30%)/中間レポート(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. 西野友年、2021、『テンソルネットワークの基礎と応用: 統計物理・量子情報・機械学習 (SGC ライブラリ 169)』、サイエンス社 (ISBN:4781915159)
- R. Orús, A practical introduction to tensor networks: Matrix product states and projected entangled pair states, Annals of Physics, 349, 117 (2014).

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

<https://tsuyoshi-okubo.com>

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA207／原子核物理学 (Nuclear Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	加速器を用いた素粒子・原子核物理学実験の基礎知識		
担当者名 (Instructor)	村田 次郎(MURATA JIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB122 原子核・放射線物理学講究1、RA207 原子核物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

加速器を用いた原子核・素粒子実験の基本知識を広く学ぶ。実験に必要な具体的な数値計算に慣れる。

To learn basic knowledge of particle and nuclear physics for the accelerator experiments, including training of the numerical calculation required for experiments.

授業の内容 (Course Contents)

20 世紀の物理学は分類による化学的手法、並びに顕微鏡的手法によって物質と力の基本構成要素に関する膨大な知識と理解を築き上げることに成功した。この授業では、放射能の発見当時の基本的な知識から始め、自然放射線、人工加速器を用いた原子核からハドロン、クォーク・レプトンに至る、基本的な考え方を包括的に扱うことで自然の微視的構造を探る共通の手法を理解することを目的とする。講義と並行して具体的な計算実習を交え、研究現場で直接役立つ知識を準備出来るようにする。

The 20th century's physics has succeeded in establishing the knowledge and understanding of the fundamental origin of matter and force, by using microscopic and chemical techniques.

In this course, basic knowledge of what was known when radioactivity was discovered, properties of particle and nuclei from atomic nuclei to hadrons, quarks, and leptons investigated using natural radioactivity and accelerators will be lectured to understand the underlying common concepts.

The students will be trained to start experimental research, by applying concrete examples together with the lectures.

授業計画 (Course Schedule)

1. 放射線の発見・加速器概観
2. 線形加速器1・核反応
3. 線形加速器2
4. サイクロトロン
5. ラザフォード散乱
6. 原子核の基本的性質
7. 弱集束シンクロトロン
8. 強集束シンクロトロン
9. ハドロンの物理
10. コライダー
11. クォーク・レプトンの物理
12. 弱い相互作用と対称性
13. 標準模型とその先
14. 重力の物理

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「原子核概論」、「素粒子概論」の内容

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/授業ノート(40%)/授業内課題(20%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA209／原子・分子物理学 (Atomic and Molecular Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子物理化学基礎		
担当者名 (Instructor)	山崎 優一(YAMAZAKI MASAKAZU)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB124 原子核・放射線物理学講究3、RA209 原子・分子物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

本講義の到達目標は、量子力学の基本的枠組みを理解し、原子・分子中の電子の運動状態や化学結合、分子軌道を量子力学に立脚して説明できるようになることである。

授業の内容 (Course Contents)

本講義では、現代科学の基礎となる量子化学の初歩を扱う。量子力学誕生に至る前期量子論を外観したあと、量子力学の基本的枠組み、箱の中の粒子の運動を説明し、さらに水素原子、多電子原子、分子の構造とエネルギーおよび化学結合などを議論する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 量子力学誕生前夜－前期量子論
2. 量子力学の基本
3. 箱の中の粒子
4. 水素原子Ⅰ(1電子系のハミルトニアン)
5. 水素原子Ⅱ(球面調和関数と角運動量)
6. 水素原子Ⅲ(動径分布関数)
7. 多電子原子Ⅰ(有効核電荷モデル)
8. 多電子原子Ⅱ(電子配置と周期律)
9. 分子の構造とエネルギーⅠ(H₂+イオン)
10. 分子の構造とエネルギーⅡ(分子軌道、軌道エネルギー)
11. 分子の構造とエネルギーⅢ(H₂分子)
12. 分子の構造とエネルギーⅣ(分子軌道と結合性、混成軌道と分子の構造)
13. 多原子分子の分子軌道
14. 最近の研究例の紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート試験(Report Exam)(60%)/授業内で指示した提出物(40%)

テキスト (Textbooks)

1. 大野公一、2014、『量子化学』、岩波書店 (ISBN:ISBN4-00-007986-7)
 2. 大島康裕ほか、2022、『理工系学生のための基礎化学「量子化学・化学熱力学」2022年度版』、化学同人 (ISBN:ISBN978-4-7598-1925-0)
- 講義資料

参考文献 (Readings)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA211／ハドロン物理学 (Hadron Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	最も身近なハドロンである陽子・中性子からなる多様な元素の合成と宇宙における原子核の役割		
担当者名 (Instructor)	山口 英斉(YAMAGUCHI HIDETOSHI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB126 原子核・放射線物理学講義5、RA211 ハドロン物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

ハドロンは宇宙の「物質」を構成する基本粒子である。我々の最も身近なハドロンは陽子と中性子であるが、それらを基礎として多様な元素が宇宙で誕生した。この講義では特に、宇宙における元素の合成や各種の爆発現象など、解明されていないことも多い宇宙での原子核の働きを学ぶ。

Hadrons are fundamental particles that constitute the "matter" in the universe. The hadrons that are most familiar to us are the proton and the neutron, which are the basis of the synthesis of the various elements in the universe. This lecture focuses on the the role of atomic nuclei in the universe, including cutting-edge topics, such as nucleosynthesis and stellar explosions.

授業の内容 (Course Contents)

宇宙の成り立ちや元素の起源に原子核が大きな役割を果たしていることがわかったのは、20世紀中頃のことである。この世界に存在する様々な元素は、水素を材料として、原子核反応によって生成され、今も作られている。これらの原子核反応の舞台は、ビッグバン後 100 秒程度の初期宇宙、その後 100 億年あまりにわたって作られ壊されてきた恒星の内部が主である。原子核の反応はさらに、星を光らせ、超新星爆発にも至る星の進化をつかさどる。このような原子核反応を地上で実験的に確かめる挑戦が行われてきた。たとえば、理化学研究所の RI ビームファクトリーでは、人類が未だ見たことがない不安定原子核を多数作り出し、元素の起源を解明する試みが始まっている。一旦解明されたと思われた重元素合成のメカニズムにも最近疑問が持たれて振り出しに戻るなど、多くの課題も存在する。天体での核現象と原子核のかかわりについて概説すると同時に、天体核物理学の研究方法を紹介する。

It was in the middle of 20th century that the atomic nuclei are found to play essential roles in the evolution of the universe and origin of elements. A variety of elements exist in this world have been synthesized through nuclear reactions from hydrogen atoms, which is on going even today. All these synthesis of elements mainly took place at the early universe (100 seconds after Big bang), and in the main sequence stars that have been created and destroyed for 10 billion years. Nuclear reactions are also dominating the stellar evolution process in producing the energy to shine the stars, and eventually could induce a supernova explosion. Challenges have been made to study these nuclear reactions experimentally on the earth. For example, the RI beam factory (RIBF) at RIKEN, they create various nuclides which have never been produced by mankind before, to know the origin of the elements. Our knowledge on the nucleosynthesis is still not complete, e.g., the synthesis of heavy elements was once considered to be well-known, but recent studies revealed some deficit in our understanding. In this lecture, an overview on the role of atomic nuclei in stellar phenomena is given, and the research method to study that is introduced.

授業計画 (Course Schedule)

1. ハドロンと宇宙のなりたち
2. 原子核とその安定性
3. 宇宙での原子核の役割
4. 元素合成と星（宇宙）の進化
5. 元素合成の核物理1：熱核反応とガモフのピーク
6. 元素合成の核物理2：共鳴状態と連続状態
7. 核融合による元素合成 - ビッグバン、主系列星
8. 超新星爆発の謎と不安定原子核
9. 天体核反応の実験研究
10. 古くて新しい太陽ニュートリノ問題
11. 間接測定：クーロン分解法、ANC 法、「トロイの木馬」法
12. 重い原子核がかかわる爆発的要素合成の研究法
13. r過程はどのくらい理解できたか - 研究の最先端
14. 元素合成の全体像

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

立教時間でスライド配布予定です。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(25%×2回)(50%)/出席態度(50%)

レポートは学期中・学期末の2回出す予定です。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. C. E. Rolfs and W. S. Rodney. 1988. *Cauldrons in the Cosmos*. Chicago (ISBN:0-226-72456-5)

その他(HP等) (Others(e.g.HP))

立教時間で必要に応じて授業情報を連絡する予定です。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA213／宇宙放射線物理学 (Cosmic Radiation)		
担当者名 (Instructor)	北本 俊二(KITAMOTO SHUNJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB128 宇宙地球系物理講究1、RA213 宇宙放射物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

最新の宇宙の概念と、放射線・X線と物質の相互作用を概観し、X線天文学でどのような研究が行われているか理解する。

This course presents our recent understanding of the universe, especially based on observational results with X-ray. The overview of the interaction between X-rays and matter is also explained in order to interpret the observational results.

授業の内容 (Course Contents)

宇宙を観測する手段はいろいろある。そのうちの 하나가X線による宇宙の観測である。かつてはX線で観測する天体は、ブラックホール等の特別な天体に限られていたが、今では、観測機器の感度が向上し、ほとんどの天体がX線で観測できるようになった。すなわち、ほとんどの天体がX線を放射する物理機構を持っており、その物理機構を解明しないと、天体の実態の解明には至らないことが認識されている。

この授業では、宇宙の構造の概観を復習し、X線と物質の相互作用等、X線で何がわかるのか学習する。その後、いろいろな天体をX線で観測してわかることを説明する。また、観測装置や手段、そして最近のトピックスにも触れる予定である。

In this course, students will first learn recent concepts about the structure and evolution of the universe. Then students will review interaction between X-rays and matter. The results of the X-ray observation, including recent topics, will be provided and students will understand various astronomical phenomena. X-ray optics and detectors will be introduced.

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 放射線の性質1
3. 放射線の性質2
4. X線と物質の相互作用1
5. X線と物質の相互作用2
6. X線検出装置1
7. X線検出装置2
8. 時系列解析
9. フィッティング
10. エネルギースペクトル解析
11. 最近のトピックス1
12. 最近のトピックス2
13. 最近のトピックス3
14. 最近のトピックス4

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

量子力学, 統計力学を理解していること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/宿題, リアクションペーパー(50%)/授業への取り組み(10%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 北本俊二、1998、『X線で探るブラックホール』、裳華房 (ISBN:978-4-7853-8678-8)
2. 北本俊二、原田知広、亀田真吾、2022、『宇宙まるごと Q&A』、理工図書 (ISBN:978-4-8446-0904-9)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA221／放射線治療物理学 (Radiation Therapy Physics)		
担当者名 (Instructor)	杉本 聡(SUGIMOTO SATORU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【必修】 RA221 放射線治療物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

がんの放射線治療を行う際に必要となる医学物理学の基礎を学ぶ。臨床現場で働く医学物理士に求められる基礎知識を得ることが目標である。

This course aims to learn the basics of medical physics in cancer radiotherapy and to obtain the knowledge necessary to work in a hospital as a medical physicist.

授業の内容 (Course Contents)

放射線治療に必要な線量計測、線量計算、治療技術を学ぶとともに、臨床現場を見学することにより医学物理士が病院で行う業務の実際にも触れる。

見学が授業時間外になる場合は履修者と調整のうえ行う。

This course will help you understand the dose measurement, dose calculation, and treatment techniques necessary for radiotherapy. In addition, you will participate in a field trip to a clinical site to observe the practice of medical physicists. The field trip will be scheduled according to your availability if offered outside of class hours.

授業計画 (Course Schedule)

1. 放射線治療概論
2. 放射線治療装置
3. 放射線治療施設(X線・電子線, 可能なら見学を行う)
4. 放射線治療施設(陽子線・重粒子線, 可能なら見学を行う)
5. 放射線治療の治療計画
6. 放射線治療に必要な基礎物理
7. 放射線治療における吸収線量計測(可能なら実習を行う)
8. 放射線治療における吸収線量計算
9. 放射線治療における品質管理
10. 強度変調放射線治療
11. 画像誘導放射線治療
12. 密封小線源治療
13. 放射線治療における画像処理
14. 放射線治療物理に関する研究・開発

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

IAEA が提供する放射線治療に関する講義資料(<https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material#5>)に目を通す。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/出席および講義内での発言(60%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. Faiz M. Khan and John P. Gibbons. 2019. *The Physics of Radiation Therapy* 6th ed.. Lippincott Williams & Wilkins (ISBN:978-1496397522)
2. 唐澤久美子、小泉哲夫、小澤修一 編著、2009、『放射線治療分野の医学物理士のための基礎知識』、篠原出版新社 (ISBN:978-4884123246)
3. 荒木不次男、他 編著、2016、『放射線治療物理学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590562)
4. 納富昭弘 編著、2015、『放射線計測学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590418)
5. 榮武二、遠藤真広 編著、2019、『放射線物理学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590869)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA223／医学概論 (Introduction to Medicine)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	がん診療における放射線治療 (Radiotherapy in multidisciplinary treatment for cancer)		
担当者名 (Instructor)	鹿間 直人(SHIKAMA NAOTO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5940	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	随意科目, 医学物理学副専攻【必修】 CK016 医学概論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

がん診療における放射線治療の位置付けを理解し、理工系分野が医学に果たす役割を明らかにする。

The role of radiotherapy in multidisciplinary treatment for cancers will be introduced, and the role of science and technology for medical science will be clarified.

授業の内容 (Course Contents)

がんによる死亡は依然高い状況が続いており、国の重要な医療政策の一つとしてがん対策基本法が制定され本格的ながん対策の取り組みが進んでいる。医療におけるがん診療は大きな比重を占め、がん診療における放射線治療を学ぶ際には生物学や物理学、生物統計学などの知識が必要である。がん細胞の特徴、放射線感受性、毒性を軽減するための工夫、新規照射技術の特徴などを理解しておくことが重要である。

実臨床の現場では患者中心の医療を実践するため、医師のみならず、看護師、放射線技師、医学物理士、臨床工学技士、検査技師など様々な医療スタッフとの密な連携が欠かせない。また、がんの治療法の開発には臨床試験が重要であり、生物統計学、行動医学、医療判断学を含めた様々な学問の関わりが必要であり、理工系分野のスタッフの関与が重要となってきた。様々な業種の役割を理解しより良い医療を展開するため、理工系分野の積極的な貢献が望まれており、その可能性について共に考えていく。

Mortality due to cancers are still high, and the basic law for cancer control has been enacted as one of the important medical policies. Knowledge of biology, physics, and biostatistics is required to learn radiation therapy in cancer treatment, and the characteristics of cancer cells, radiation sensitivity, ingenuity to reduce toxicity, characteristics of new radiotherapy technology, etc. In order to practice patient-centered medical care, close cooperation with various medical staffs such as medical doctors, nurses, radiologists, medical physicists, clinical engineers, and laboratory engineers is essential. Clinical trials are important for the development of cancer treatment strategy, and various academic fields including biostatistics, behavioral medicine, and medical judgment are required. In order to understand the roles of various medical staffs and develop better medical care, active contributions of the science and engineering fields are desired, and we would like to consider the possibility together.

授業計画 (Course Schedule)

1. 「病気」とは何か? 「がん」とは何か?
2. 医療スタッフと業務分担、そしてキャリア形成
3. 医学史、疾病の変化、医療保険制度、高齢者医療
4. チーム医療、コミュニケーション・スキル、医療の質
5. 人体の構造と機能
6. 病気の種類(感染症、遺伝性疾患、代謝疾患、血管障害など)
7. 放射線防護、医療被ばく、職業被ばく
8. 放射線生物学、がん細胞の特徴と転移の機序
9. 高精度放射線治療
10. 集学的治療における放射線治療(手術療法、全身療法との併用)
11. がんの治療成績(生存曲線、ハザード比)を理解する
12. 生物統計学、行動医学、医療判断学
なぜ人はガイドラインに従わないのか?
13. 臨床試験概論 臨床試験を日本で成功させるために
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

【重要】医学概論を学習する意欲のある者のみが参加する講義であり、単なる単位取得を目的とする者は履修を申請しないこと。発覚した不正は厳重に対処する。

※授業中の居眠り、遅刻は厳禁である(授業開始後 20 分開始後は出席をカウントされる機材は撤収する)。出欠の取り方も随時

変更し不正に対する対策を講じる。

※外部講師による講義であり、立教大学の学生として節度ある礼儀正しい態度が求められる。

※事前資料に必ず目を通しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の授業内小テスト+出席態度(70%)/最終テスト(Final Test)(20%)/最終レポート(Final Report)(10%)

※授業中の居眠り、遅刻は厳禁である(授業開始後 20 分開始後は出席をカウントされる機材は撤収する)

テキスト(Textbooks)

1. 尾尻博也 他、2021、『臨床放射線医学』、医学書院 (ISBN:978-4-260-04217-8)
2. 北村諭、2020、『医学概論』、中外医学社 (ISBN:978-4-498-07918-2)

参考文献 (Readings)

1. 中島泉、2015、『医学概論: 医学のコンセプトと医療のエッセンス』、南江堂 (ISBN:978-4-524-26751-4)

その他(HP 等) (Others(e.g. HP))

日本放射線腫瘍学会: <https://www.jastro.or.jp/>

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	その他登録／インターンシップ(医学物理士) (Internship(Medical Physicist))		
担当者名 (Instructor)	栗田 和好(KURITA KAZUYOSHI) 杉本 聡(SUGIMOTO SATORU)		
学期 (Semester)	春期間外 (Summer Session)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5940	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	随意科目, 医学物理学副専攻【必修】		

授業の目標 (Course Objectives)

医学物理学副専攻科目である。医学物理士の実際の仕事がどのようなものかを医療現場において体験し、医学物理士について理解を深める。

This class is designed for the minor in medical physics. It enables student to deepen the understanding of the medical physicists by experiencing the actual tasks in clinical environment.

授業の内容 (Course Contents)

集中で実習を行う。詳細については現場の指導者の指示に従うこと。本年度は順天堂大病院での実習を行う予定。

This class is an intensive training course. Details will be given by the instructors at the organization. The training will be offered at Juntendo University Hospital in this JFY.

授業計画 (Course Schedule)

1. 事前学習
2. 病院実習(1)
3. 病院実習(2)
4. 病院実習(3)
5. 病院実習(4)
6. 病院実習(5)
7. 病院実習(6)
8. 病院実習(7)
9. 病院実習(8)
10. 病院実習(9)
11. 病院実習(10)
12. 病院実習(11)
13. 病院実習(12)
14. 病院実習(13)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

原則として長期休業期間中もしくは土曜の午後に集中で実施する。事前にプログラムへの登録が必要である。登録については掲示が出るので注意すること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

現場指導者からの報告と事後レポートで総合的に判断する(100%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

なし

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

医学物理学副専攻科目であり、大学院前期課程および後期課程の修了要件単位には算入されない。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LA226／惑星物理学 (Planetary Physics)		
担当者名 (Instructor)	亀田 真吾(KAMEDA SHINGO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB139 宇宙地球系物理講究8、RA226 惑星物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

近年の月惑星探査計画で観測された現象について学ぶ。主に大気を持たない天体の観測結果や惑星・衛星着陸探査による最新成果を紹介する。また、多数発見されている系外惑星の性質を理解する。

This course aims to develop knowledge about the phenomena observed in the recent lunar and planetary exploration program; the observation results of the astronomical objects and the latest results from the planetary and satellite landing surveys. Students also come to understand the nature of the exoplanets.

授業の内容 (Course Contents)

日本の月惑星探査計画において、月周回衛星かぐや、小惑星探査機はやぶさが大気を持たない天体の観測を行った。今後は小惑星探査機はやぶさ2や、水星探査機みおが打ち上がっており、火星衛星探査計画 MMX が準備段階に入っている。月・小惑星・水星はいずれも大気をほとんど持たない天体である。本講ではこれらの天体に関する最新の研究結果、今後の探査計画の科学目的を学ぶ。月、水星表面は真空に近いが希薄な金属大気が存在する。地上望遠鏡を使った観測結果や探査機による観測結果を利用し、希薄大気の成因について議論を行う。小惑星についてははやぶさ2が観測を行ったリュウグウや類似天体を主体にし、サンプルリターンによって得られる科学成果について紹介する。

米国では地球外生命の発見を見据えつつ既に複数の着陸探査機が到着し観測を行っており、また、木星や土星の衛星の探査により衛星内部に生命が存在することも示唆されている。また、望遠鏡による系外惑星の観測も数多くなされており、地球に環境が近いと予想される惑星も発見されている。これらの観測手法や観測結果について学ぶ。

In Japan's lunar and planetary exploration program, the moon orbiting satellite Kaguya and the asteroid explorer have observed an astronomical object with no atmosphere. Subsequently, the asteroid explorer Hayabusa2 and Mervury Explorer Mio was launched. The Mars satellite exploration plan MMX is in preparation. The moon, asteroids and Mercury are all objects with almost no atmosphere. In this course, we will study the latest research results on these objects and the scientific purpose of future exploration plans. On the moon, Mercury surface is near vacuum but there is a dilute metallic atmosphere. We will discuss the origin of the dilute atmosphere using observations from ground-based telescopes and observations from spacecraft. As for asteroids, I will focus on Ryugu on which Hayabusa 2 performed observations and other similar objects, and introduce scientific results obtained by sample return.

In addition, many observations of exoplanets by telescopes have been made, and planets expected to be similar to the Earth have been discovered.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 月・水星の希薄大気
3. 月・水星の現在の環境
4. 月・水星の形成過程
5. 小惑星の形成過程
6. 月・水星・小惑星の探査計画
7. 火星着陸計画による成果1
8. 火星着陸計画による成果2
9. 木星・土星衛星の探査計画
10. 木星・土星衛星の内部構造
11. 系外惑星の観測手法
12. 系外惑星の分類
13. 系外惑星の観測計画
14. 系外惑星大気の検出手法

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

惑星科学に関する基礎知識が必要である。天体の運動を支配する力学について復習して臨むこと。また、毎回の話題に関する論文・参考文献を指定するので、指示に従って内容をまとめてから参加すること

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究論文の紹介(40%)/発表後のレポート作成(40%)/議論への参加度(20%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

初回の授業で内容を項目ごとに分け、参加者の研究内容や希望を考慮して担当を決めるため、何らかの事情で初回の授業を欠席する場合は、できれば事前に、あるいは事後速やかに連絡すること。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	物理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6800	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

研究分野に関する理解を深めるとともに、周辺分野に対する視野を拡げ、幅広い知識に触れることを目標とする。さらに自らの発表技能の向上を目指す。

The aim is to deepen the understanding of the research area of students, expand their interest and understanding to the surrounding areas and improve their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

研究分野に即した論文やテキストの紹介、ならびに研究内容に関しての発表を通して議論し理解を深める。

Students deepen their understanding by reading and introducing the relevant papers and textbooks and by presentation and discussion on their research theme.

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講(1)
2. 輪講(2)
3. 輪講(3)
4. 輪講(4)
5. 輪講(5)
6. 輪講(6)
7. 輪講(7)
8. 輪講(8)
9. 輪講(9)
10. 輪講(10)
11. 輪講(11)
12. 輪講(12)
13. 輪講(13)
14. 輪講(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業運営などについては配属された研究室の指示に従うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

自らの発表や討論などによる授業への参加度(100%)

テキスト (Textbooks)

配属された研究室の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

配属された研究室の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究1(実験) (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	物理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6080	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標(Course Objectives)

各自の研究に対する背景, 目的, および方法を理解する。研究活動を通して, 専門知識, 技術, および理学的な思考能力を修得し, 問題解決能力を養う。さらには研究発表能力および質疑応答能力を身につける。

The aim is to understand the background, purpose, and method of the research of each student. Through research activities, students acquire specialized knowledge, technique, and physical thinking ability, and develop problem-solving ability. Moreover, they will acquire skills for research presentation and response to questions and comments.

授業の内容(Course Contents)

指導教員の指導のもとで, 研究テーマを決定し, 指定された研究課題に取り組む。研究の背景, 目的, および方法などを理解した上で, 研究を進める。得られた研究成果を精査し, 適宜, 指導教員との議論などを通してさらに高度な研究へとつなげていく。

Under the guidance of a supervisor, students will determine the research theme of their own. They implement research after understanding the background, purpose and method of the research theme. They can proceed to more advanced theme through the careful investigation of the obtained results and the discussions with their supervisor.

授業計画(Course Schedule)

1. 研究(1)
2. 研究(2)
3. 研究(3)
4. 研究(4)
5. 研究(5)
6. 研究(6)
7. 研究(7)
8. 研究(8)
9. 研究(9)
10. 研究(10)
11. 研究(11)
12. 研究(12)
13. 研究(13)
14. 研究(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

指導教員の指導のもとで, 研究テーマの設定, 研究方法の検討, 研究計画の策定などを行い, それらに基づいて研究を遂行する。研究成果をもとに修士論文が構成されることを意識して筋道を立てて研究を進める。履修中に中間報告を行う。詳しい要領と日時などは別途掲示する。

成績評価方法・基準(Evaluation)

研究活動の状況を総合的に判断する(100%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／修士論文指導演習(理論) (Master's Thesis)		
担当者名 (Instructor)	物理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY6080	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標(Course Objectives)

研究活動を通して、専門知識、技術、および理学的な思考を修得し、問題解決能力を養う。さらには発表能力、および質疑応答能力を身につける。「特別研究(理論)」または「特別研究1～3(実験)」で得られた研究成果をまとめ、修士論文を書き上げる。

The aim is to understand the background, purpose, and method of the research of each student. Through research activities, students acquire specialized knowledge, technique, and physical thinking ability, and develop problem-solving ability. Moreover, they will acquire skills for research presentation and response to questions and comments. Students write master theses based on the research results in the course "Special Research (Theory)".

授業の内容(Course Contents)

指導教員の指導のもとで、指定された研究課題に取組み、その成果を修士論文としてまとめる。

Under the guidance of a supervisor, students will determine the research theme of their own. They write master theses based on the research results

授業計画(Course Schedule)

1. 修士論文課題研究(1)
2. 修士論文課題研究(2)
3. 修士論文課題研究(3)
4. 修士論文課題研究(4)
5. 修士論文課題研究(5)
6. 修士論文課題研究(6)
7. 修士論文課題研究(7)
8. 修士論文作成(1)
9. 修士論文作成(2)
10. 修士論文作成(3)
11. 修士論文作成(4)
12. 修士論文作成(5)
13. 修士論文作成(6)
14. 修士論文作成(7)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

「特別研究(理論)」または「特別研究1～3(実験)」で得られた研究成果を精査してとりまとめ、修士論文を作成、提出する。修士論文に関する最終試験(口頭発表)を行う。

成績評価方法・基準(Evaluation)

修士論文、最終研究発表および研究活動などの状況により総合的に判断する(100%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB101／分析化学基礎特論 (Lecture on Analytical Chemistry)		
担当者名 (Instructor)	宮部 寛志(MIYABE KANJI) 岩畑 大悟(IWAHATA DAIGO)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

高性能分離分析法(高速液体クロマトグラフィー, ガスクロマトグラフィーやキャピラリー電気泳動法等)の基礎, 特徴や基本原理(分離機構等)を理解すると共に, 実際の応用現場におけるそれらの利用について学び, 関連する様々な知見を修得する。

To understand the basics, characteristics, and basic principles (separation mechanisms, etc.) of high-performance separation analysis methods (high-performance liquid chromatography, gas chromatography, capillary electrophoresis, etc.), and to learn about their use in actual applications and acquire various related knowledge.

授業の内容 (Course Contents)

まず, 機器分析法の一つとしての分離分析法の位置付けを概説し, 高速液体クロマトグラフィー(HPLC)やガスクロマトグラフィーの基本事項を説明する。次に, 分離挙動の解析理論や実験装置の実際面を解説する。その後, 更なる高性能高速分離法への展開に関する最近の技術動向を説明する。さらに, キャピラリー電気泳動法について概説すると共に, 分子間相互作用解析や界面透過現象解析等への応用について解説する。後半では, 実際の製造現場や生産過程における分析技術の様々な利用について学ぶ。

First, the position of separation analysis as one of the instrumental analysis methods is outlined, and the basics of high-performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography are explained. Next, the analytical theory of separation behavior and the practical aspects of experimental equipment are explained. This is followed by a discussion of recent technological trends in the development of high-performance, high-speed separation methods. In addition, capillary electrophoresis will be outlined, and its application to the analysis of intermolecular interactions and interfacial permeation phenomena will be explained. In the latter half of the lecture, we will discuss various uses of analytical techniques in actual manufacturing sites and production processes.

授業計画 (Course Schedule)

1. 高性能流通式分離分析法の概要
2. 高速液体クロマトグラフィー
3. 分離挙動解析理論
4. 高性能高速分離法への展開
5. ガスクロマトグラフィー
6. キャピラリー電気泳動法
7. 分子間相互作用や界面透過現象の解析
8. 企業における分析法・分析装置開発
9. 調査・探索研究での分析技術の活用
10. 製品の品質管理における分析
11. 食品製造と分析
12. 微生物発酵生産と分析
13. 細胞培養用培地開発と分析
14. アミノ酸製品不純物の解析

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

学部の授業では取り扱わない先端的な話題も取り上げるので, 講義内容の予習と復習を行い, 学習内容を確実に修得すること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

質疑応答等の授業態度(40%) / 小テスト(30%) / 最終レポート(Final Report)(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB108／有機化学基礎特論 (Lecture on Organic Chemistry)		
担当者名 (Instructor)	森本 正和(MORIMOTO MASAKAZU) 山中 正浩(YAMANAKA MASAHIRO) 箕浦 真生(MINOURA MAO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

有機化学の基本原則を学ぶ。有機反応を理解するうえで重要な基本概念や法則について総復習する。

Learn the basic principles of organic chemistry. Generally review the basic concepts and laws that are important for understanding organic reactions.

授業の内容 (Course Contents)

電子の動きに基づき、基本的な反応様式を原理から理解できるように解説する。まず、有機化学反応における電子の動きの基礎を確認したあと、酸・塩基、求核付加反応、求核置換反応、求電子付加反応、求電子置換反応、脱離反応、酸化・還元など様々な有機化学反応について解説し、置換基効果や溶媒効果についても触れる。さらには、有機合成における合成戦略のたて方について解説し、実際の合成報告例の解析を行う。

The lecturer will explain the basic reaction patterns based on electron movement so that the students will understand it from principle. First, after confirming fundamental electron movement through organic chemical reactions, the lecturer will explain acids and bases, nucleophilic addition reaction, nucleophilic substitution reaction, electrophilic addition reaction, electrophilic substitution reaction, elimination reaction, oxidization and deoxidization, and various other organic chemical reactions, and also touch upon substituent effects and solvent effects. The lecturer will also explain how to plan rational synthetic strategies in organic synthesis.

授業計画 (Course Schedule)

1. 有機化学反応における電子の動きの基礎
2. 酸と塩基、共鳴効果と誘起効果
3. 求核付加反応
4. カルボニル化合物の反応(1)
5. カルボニル化合物の反応(2)
中間テスト(1)
6. 求核置換反応
7. 脱離反応
8. 求電子付加反応
9. 求電子置換反応
10. 酸化と還元
中間テスト(2)
11. 多段階合成(1): 合成戦略のたて方、骨格形成
12. 多段階合成(2): 合成戦略のたて方、官能基形成
13. 多段階合成(3): 合成戦略のたて方、実際の合成報告例の解析
14. 多段階合成(4): 多段階合成まとめ
中間テスト(3)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

学部の授業「有機化学1」および「有機化学2」の内容を事前に復習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

中間テスト1(35%)/中間テスト2(35%)/中間テスト3(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

板書・プリント資料・視覚教材(スクリーン投影)を用いる。
演習問題などについて授業中に解説し, フィードバックを行う。

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB109／有機化学応用特論1 (Advanced Lecture on Organic Chemistry 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	有機典型元素化学 Organic Main-Group Element Chemistry		
担当者名 (Instructor)	石田 真太郎(ISHIDA SHINTARO)		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB109 有機化学応用特論1と合同授業 集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

有機典型元素化合物の構造と反応性の特徴を理解する。

This class aims at in-depth understanding the structure and characteristics of organic compounds containing main group elements.

授業の内容 (Course Contents)

有機典型元素化合物の化学を体系的に概説し、特に1, 2, 13-15族元素化合物の構造や性質などの特徴が生かされた反応について解説する。14・15族元素化合物の化学については、典型的な高周期 14 族元素であるケイ素およびリンの化学について焦点を当て講義する。

The chemistry of organic main group element compounds is systematically reviewed. In particular, characteristic reactions of 1, 2, and 13-15 element compounds is presented based on their structure and properties. Among these, silicon and phosphorus chemistry is explained in detail.

授業計画 (Course Schedule)

1. 典型元素化学概説(1)
2. 典型元素化学概説(2)
3. 1・2族元素化合物(1)
4. 1・2族元素化合物(2)
5. 13族元素化合物(1)
6. 13族元素化合物(2)
7. 高周期14族元素化学概説
8. 高周期14族元素化合物(1)単結合化合物
9. 高周期14族元素化合物(2)低配位化学種
10. 高周期14族元素化合物(3)高配位化学種
11. 高周期15族元素化学概説
12. 高周期15族元素化合物(1)低配位化学種
13. 高周期15族元素化合物(2)高配位化学種
14. 高周期典型元素化合物の最近の研究の紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習については必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

講義への参加度(60%)／最終レポート(Final Report)(40%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 秋葉欣哉、2008、『有機典型元素化学』、講談社 (ISBN:978-4-06-154337-9)
2. 野依良治他、2019、『大学院講義有機化学 第2版 I 分子構造と反応・有機金属化学』、東京化学同人 (ISBN:978-4807908202)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB140／物理化学基礎特論 (Lecture on Physical Chemistry)		
担当者名 (Instructor)	望月 祐志(MOCHIZUKI YUJI) 永野 修作(NAGANO SHUSAKU) 田邊 一郎(TANABE ICHIRO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

量子論に基づく分子の電子状態や分子と光(電磁波)の相互作用、凝縮系の物理化学の基本となる分子間力や分子組織構造の解析について理解を深める。また、量子化学計算や機械学習の利用についても視野に入れる。

This class provides a deep understanding of molecular electronic states and interactions between molecules and light (i.e. electromagnetic waves) based on quantum theory. Besides, students will study the basic concepts for intermolecular forces as a basis for soft matter chemistry and structural analysis method of molecular ordered structure.

授業の内容 (Course Contents)

担当者によって3つのパートに分かれている。最初に、量子化学計算の基礎と事例を知る。次に、分子間力や表面力を取り扱い、分子の凝集構造の形成とその解析手法を学ぶ。最後に、分子と光の相互作用について古典力学および量子力学の観点から考察し、分子の振動・光吸収・発光過程に対する理論的な理解を深める。

In the first part, students study the intermolecular and surface forces, condensed phase of molecules, and structural analysis for soft matter. In the latter part, the class covers the interaction between molecules and light in classical and quantum mechanics and theoretical understandings of molecular vibration, light absorption, and emission processes.

授業計画 (Course Schedule)

1. 量子化学計算の基礎(望月)
2. 応用事例1: 分子の分光定数や諸量の評価(望月)
3. 応用事例2: 化学反応の解析(望月)
4. 応用事例3: 大規模系への適用(望月)
5. 新しい流れ: 機械学習やデータ科学の利用(望月)
6. 分子の電気的性質(永野)
7. 分子間相互作用と分子間力(永野)
8. 表面張力と表面薄膜(永野)
9. 分子の自己集合構造と液晶(永野)
10. 高分子の構造と性質(永野)
11. 分子の光吸収と分光測定(田邊)
12. 赤外分光(田邊)
13. ラマン分光(田邊)
14. 振動分光応用(田邊)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

量子力学の基礎を理解していることを想定しているので、不安な学生諸氏は学部時代の内容も含めて復習されるとよい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回の授業内の演習にて評価する。(100%)

毎回の授業内の演習にて評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

資料を授業中に配付する。

参考文献 (Readings)

授業中に適宜紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB142／物理化学応用特論2 (Advanced Lecture on Physical Chemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	永野 修作(NAGANO SHUSAKU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB142 物理化学応用特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

コロイド化学、界面科学、高分子化学を基盤とした、ソフトマテリアル(界面活性分子、液晶や高分子)集合体の振る舞いとその機能を学ぶ。

In this course, students study the behavior and functions of soft materials (surfactants, liquid crystals and polymers) based on colloid chemistry, interface science and polymer chemistry.

授業の内容 (Course Contents)

高分子、液晶、ゲル、分子膜等のソフトマテリアルは、強い協同作用を発現するため、基礎・実用の両面にわたり極めて魅力的な組織構造や材料システムを構築できる。これらを設計するうえで、分子組織に関する化学の理解は必須である。本講義では、コロイド・界面科学を基盤として、分子や高分子の集合体の振る舞い、その組織化手法、構造・特性、速度論、機能(主に光機能)等について論ずる。基礎的な項目と最新の研究動向との関連性を常に意識して講義を進める予定である。

Soft matter (soft materials) such as polymers, liquid crystals, gels, and molecular films exhibit strong synergistic effects and provides fascinating molecular organized structures and material systems in both basic science and practical applications. For designing the soft mater, understanding chemistry on the molecular organization is essential. In this class, students study the behavior of molecular and macromolecular aggregates based on colloid/interface science, organization process, structures, properties, functions (mainly photofunctions), etc. The class will cover the basics and the latest research topics on molecular organizations.

授業計画 (Course Schedule)

1. 分子組織化学とは(ソフトマテリアルの協同性と階層構造)
2. 分子間力と界面化学の基礎
3. Langmuir-Blodgett 膜とその機能
4. 自己集合単分子膜 とその機能
5. 液晶と歴史
6. 液晶材料とその機能(サーモトロピック液晶、リオトロピック液晶)
7. 分子組織と配向手法
8. 分子組織体の配向構造解析手法
9. 高分子化学の基礎
10. 機能性高分子
11. 高分子の自己集合構造と分子配向制御
12. ミクロ相分離構造と配向制御
13. 薄膜表面からの高分子配向制御
14. 粒子集積と機能

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

有機化学、物理化学、高分子合成化学、高分子物理化学、界面科学、光化学等バックグラウンドとなる化学分野を復習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%)/毎回の授業の演習問題(5点×14回)(70%)

テキスト (Textbooks)

特になし、必要に応じてプリントを配布する。

参考文献 (Readings)

1. J.N.イスラエルアチヴィリ、2013、『分子間力と表面力 第3版』、朝倉書店
2. Hans-Jurgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl, 2016、『界面の物理と化学』、丸善

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB147／有機化学応用特論4 (Advanced Lecture on Organic Chemistry 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高分子科学の基礎と応用および光機能材料		
担当者名 (Instructor)	小西 玄一(KONISHI GENICHI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB147 有機化学応用特論4と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

高分子の特徴、合成法、基礎物性、高分子工業のエッセンスを理解することを目標とします。また、最先端の研究や材料開発についても、ケーススタディを通して解説します。教職や産業界で役立つ内容を盛り込む予定です。

The purpose of this course is to understand the characteristics of polymers, synthesis methods, basic physical properties, and the essence of the polymer industry.

授業の内容(Course Contents)

高分子の特徴、合成法、基礎物性、高分子工業のエッセンスを講義します。それらに加えて、製造のプロセス化学、最先端の研究も紹介します。

This lecture covers the characteristics of polymers, synthesis methods, basic physical properties, and the essence of the polymer industry. In addition, process chemistry of polymers is also introduced.

授業計画(Course Schedule)

1. 高分子の特徴その1
2. 高分子の特徴その2
3. 縮合系高分子の合成法
4. 高分子合成とプロセス化学
5. エンジニアリングプラスチック
6. 付加縮合その1
7. 付加縮合その2
8. 縮合系高分子の最先端その1
9. 縮合系高分子の最先端その2
10. 高分子のリサイクル
11. 付加重合とその応用1
12. 付加重合とその応用2
13. 光機能材料その1
14. 光機能材料その2

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

予習・復習は特に必要としません。ただし、個人的に勉強するための資料の提供とオフィスアワーを利用したディスカッションを意図しますので、活用してください。兼任講師ですので、対面授業ではなく、オンライン授業になる場合もあります。

成績評価方法・基準(Evaluation)

講義内での複数回の小テスト(100%)

テキスト(Textbooks)

必要資料は、PDF または印刷物として配布します。

参考文献(Readings)

特にありません

その他(HP 等)(Others(e.g. HP))

参考になる HP 等がある場合は、講義内で示します。

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB151／特別講義 1 (Special Lecture 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	反応・合成有機化学		
担当者名 (Instructor)	相川 光介(AIKAWA KOHSUKE) 加納 太一(KANO TAICHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB151 特別講義1と合同授業 集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

標的化合物の合成には、以下の3要素が重要である。

①炭素骨格の構築, ②官能基変換, 酸化と還元, ③立体化学の制御

本講義では、これらの3要素に注目しながら、標的化合物合成の戦術(各種の選択的な反応剤など)、戦略(逆合成解析など)について学ぶ。戦術的な進歩によって、かつて先人達が特別に工夫し、何とか克服していた問題が、いかに手軽に解決されるようになったか、実感してほしい。

The following three elements are important for the synthesis of target compounds.

(1) Construction of carbon skeleton, (2) functional group transformation, oxidation and reduction, (3) control of stereochemistry
In this lecture, we will learn the tactics (various selective reactants, etc.) and strategies (retrosynthetic analysis, etc.) of target compound synthesis, focusing on these three elements. I would like you to realize just how easily the problems that previous researchers overcome with special ingenuity can now be easily solved through tactical advances.

授業の内容 (Course Contents)

有機合成化学・有機合成指向有機金属化学

- ・有機合成化学の歴史をたどる(キニーネ, ロンギホレン, プロスタグランジンの合成)
- ・多段階合成のデザイン(逆合成解析)
- ・立体制御(キラルプール法, 不斉誘起法, 不斉合成法)
- ・有機合成のための遷移金属触媒反応
- ・触媒的不斉合成(遷移金属触媒, 有機分子触媒)
- ・有機フッ素化学

Synthetic Organic Chemistry/Organometallic Chemistry directed toward Organic Synthesis

- ・Trace the history of synthetic organic chemistry (synthesis of quinine, longifolene, and prostaglandins)
- ・Multi-step synthesis design (retrosynthetic analysis)
- ・Stereocontrol (chiral pool method, chiral induced method, asymmetric synthesis method)
- ・Transition metal catalysis for organic synthesis
- ・Catalytic asymmetric synthesis (transition metal catalysts, organic molecular catalysts)
- ・Organofluorine Chemistry

授業計画 (Course Schedule)

1. 有機合成化学の歴史をたどる
2. キニーネの合成
3. ロンギホレンの合成
4. プロスタグランジンの合成
5. 多段階合成のデザイン(逆合成解析)
6. 多段階合成のデザイン(逆合成解析)
7. 立体制御(キラルプール法, 不斉誘起法, 不斉合成法)
8. 立体制御(キラルプール法, 不斉誘起法, 不斉合成法)
9. 有機合成のための遷移金属触媒反応
10. 有機合成のための遷移金属触媒反応
11. 触媒的不斉合成(遷移金属触媒)
12. 触媒的不斉合成(有機分子触媒)
13. 有機フッ素化学(反応・合成)
14. 有機フッ素化学(機能性分子)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/授業内の小テスト(30%)/授業への参加度(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB154／特別講義 4 (Special Lecture 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	化学物質の危険性、有害性とリスク評価		
担当者名 (Instructor)	吉川 治彦(KIKKAWA HARUHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB154 特別講義 4 と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

化学物質の安全は、環境問題をふまえた法規制による管理から、危険・有害性及び摂取量を考慮したリスク評価による管理へ変わりつつある。本講義では、化学物質のリスク評価を理解し、専門的な研究や職業を行う様々な局面において総合的に判断できる力を身につける。

The safe handling of chemical substances is in the process of changing from management through legal regulations based on environmental problems to management through risk assessment which takes into account hazardousness and toxicity as well as dietary intake. In the lecture, the students will understand the risk assessment of chemical substances, and acquire the ability to judge in general various situations which occur in research and technical professions.

授業の内容 (Course Contents)

化学物質の中には、爆発性や引火性などの危険性をもつもの、人の健康や環境中の生物に有害な影響を与えるものがある。化学物質の法規制、危険性、有害性について解説し、さらに摂取量を考慮したリスク評価、リスクコミュニケーションへ展開する。リスクの考え方は、社会において専門的な判断をする際の幅広い考え方へ繋がることも講義する。

Among chemical substances, there are those which carry the danger of explosiveness and inflammability, and those which pose a hazardous risk to human health and living organisms in the environment. The lecturer will explain the legal regulations, dangers, and toxicity of chemical substances, and furthermore broaden to risk assessment taking into account dietary intake and risk communication. The lecturer will lecture on the fact that the approach to risk is connected to a broad approach when making technical judgments regarding society.

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション 化学物質のリスクとは？
2. 環境問題の歴史と化学物質の法規制
3. GHS と SDS による情報伝達
4. 物性はなぜ重要か
5. 物理化学的危険性評価
6. 危険性リスク評価
7. 人の健康への影響評価
8. 生態系への影響評価
9. 環境暴露評価
10. 消費者暴露評価
11. 健康、環境リスク評価
12. 労働者暴露評価、リスク評価
13. リスクトレードオフ評価とリスク管理
14. 化学物質の特性を予測する

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

課題(小テスト、小レポート)を実施し、次回授業開始時にフィードバックを行うので、復習に活用してほしい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席態度(40%)/授業小テスト(30%)/授業小レポート(30%)

テキスト(Textbooks)

資料を配信する(印刷媒体は配布しない)。

参考文献 (Readings)

授業内で適宜紹介する。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

資料の配信、課題(小テスト、小レポート)の提出は、Canvas LMS を使用する。

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB157／特別講義 7 (Special Lecture 7)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	分子システムにおける光機能の物理化学 Physical Chemistry of Optical Functions in Molecular Systems		
担当者名 (Instructor)	安池 智一(YASUIKE TOMOKAZU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB157 特別講義 7 と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

分子システムが示す光機能の背景にある様々な素過程とそれらを扱う理論的枠組みについて理解すること

The aim of this course is to enable students to correctly distinguish various elementary processes behind optical functions of molecular systems, and to understand theoretical frameworks for dealing with these processes.

授業の内容 (Course Contents)

近年強く求められている高効率な人工光合成や太陽電池の実現のためには、分子システムにおける光機能がどのような素過程に支えられているかを理解する必要がある。本講義では、分子および分子集合体による光吸収、励起エネルギー移動、および電子移動を扱うための理論的な枠組みについてその解釈を中心とした平易な解説を行う。また、人工光合成、太陽電池、有機発光デバイスの最新の開発状況を概観し、克服すべき問題点を明らかにする。

In order to realize highly efficient artificial photosynthesis and solar cells, which have been strongly demanded in recent years, it is necessary to understand the elementary processes that support the optical functions in molecular systems. In this lecture, we will explain the theoretical framework for dealing with light absorption, excitation energy transfer, and electron transfer in molecules and molecular assemblies. Recent developments in artificial photosynthesis, solar cells, and organic semiconductor devices will be reviewed, and problems to be overcome will be identified.

授業計画 (Course Schedule)

1. 分子システムが示すさまざまな光機能
2. 光と分子の相互作用
3. 分子の光励起と緩和過程
4. 分子の光励起に対する量子化学計算
5. 分子集合体とエキシトン
6. 励起エネルギー移動
7. 電子移動
8. 特徴的な素過程 1: 遅延蛍光
9. 特徴的な素過程 2: 一重項開裂と三重項消滅
10. 界面におけるレドックス反応
11. 光合成はどのようにして実現されているか
12. 人工光合成
13. 太陽電池
14. 有機発光デバイス

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

量子化学の基礎的なことが分かっているだけで、特段の予習などは必要としません。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(35%) / 授業への参加度(35%) / 授業ごとの簡単なリアクション・ペーパー(30%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 安達千波矢、2012、『有機半導体のデバイス物性』、講談社 (ISBN:9784061543546)
2. 山崎巖、2014、『光合成の光化学』、講談社 (ISBN:9784061543720)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB159／化学英語 (Chemical English)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	Practical English for Young Scientists		
担当者名 (Instructor)	増田 万里(MASUDA MARI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5993	言語 (Language)	その他 (Others)
備考 (Notes)	RB159 化学英語と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

多くの科学論文は英語で出版され、国際学会に参加し研究成果を発表・討論する機会が増えている。また、日本にいながら海外からの留学生とともに、グローバルな環境で研究を行いコミュニケーションをとることも現在では珍しいことではなくなった。更に、国内開催であっても公用語に英語を取り入れる学会が増えてきているため、自身の研究成果をより効果的に自信を持って英語で発表し、討論できる能力を身につけることを目標として授業を進める。

Many scientific papers are published in English, and there are increasing opportunities to participate in international conferences to present and discuss research results. It is also becoming commonplace to conduct research with students from overseas and communicate with them in a global environment while in Japan. In addition, an increasing number of scientific conferences, even those held in Japan, are incorporating English as an official language. The goal of this course is to help students acquire the ability to present and discuss their research results more effectively and confidently in English.

授業の内容(Course Contents)

基本的に必要な化学英語の語彙や便利な表現法などを身につける。次に、自身の研究について概要を英語で記載し、口頭でも自信をもって話せるように指導する。更に、発表用のスライドを作成し、発表と質疑応答の機会を設ける。その他、授業では、実用的な英語表現や、就職などに役立つ Curriculum Vitae (CV)の書き方、及び cover letter や e-mail の書き方なども紹介する。履修した学生の英語のレベル及び履修者数によって、授業の内容(発表の機会等)及び目標を変更する場合がある。

Students will learn technical terms and practical expressions in English. They will also learn how to write an abstract of their research in English and how to speak confidently about their research. They will have the opportunity to give presentations and Q&A sessions using slides they have prepared. In addition, CV (Curriculum Vitae), cover letter, and email writing will be introduced in class. The content (e.g., presentation opportunities) and objectives may change depending on the students' English level and the number of students enrolled.

授業計画(Course Schedule)

1. 授業の進め方について；英語と日本語の違い
2. 科学英語便利ツールの紹介と活用法
3. 数字や演算の表現、グラフの名前；英語で伝えられますか？
4. 英語で自己紹介演習；研究テーマを中心に、自身の強みをアピールする
5. 英語で自己紹介演習；口頭発表1
6. 英語で自己紹介演習；口頭発表2
7. Curriculum Vitae (CV)の書き方；その人の個性や能力が明確になる CV
8. 添削後の CV 紹介と改善点；口頭発表1
9. 添削後の CV 紹介と改善点；口頭発表2
10. 手紙や e-mail の書き方；論文投稿時の cover letter, 再投稿時の Rebuttal letter について
11. 国際学会の口頭発表とスライドの作り方、
12. 口頭発表演習1
13. 口頭発表演習2
14. 口頭発表演習3

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

授業内でした課題の提出は成績判定に大きく影響する。提出物の準備に必要な予習・復習は必要になる。

成績評価方法・基準(Evaluation)

最終テスト(Final Test)(10%)/最終レポート(Final Report)(10%)/授業の出席態度(50%)/授業内で与えられた課題(レポート)(30%)
成績は出席と指定した提出物及び授業内での発表によって判定する。

テキスト(Textbooks)

特に無し。授業に必要な資料は授業で配布する。

参考文献 (Readings)

特に無し

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB162／特別講義10 (Special Lecture 10)		
担当者名 (Instructor)	和田 亨(WADA TOHRU) 他		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB162 特別講義10と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

幅広い分野に亘る最先端の科学に触れ、それらの理解を深めながら、幅広い知識を修得する。

The lecturer will touch upon advanced sciences stretching across a wide range of fields, and the students will master a broad knowledge while deepening their understanding.

授業の内容 (Course Contents)

様々な分野で活躍されている兼任講師の先生方のご研究、ならびにそれに関連した分野について、最新の情報を講義する。

Part-time lecturers engaged in various fields will lecture on recent information about both their research and the relevant fields.

授業計画 (Course Schedule)

1. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
2. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
3. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
4. 村山 広大: 光計測の産業応用
5. 村山 広大: 光計測の産業応用
6. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
7. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
8. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
9. 片岡 裕介: 実験と量子化学計算を協奏して探索する多核金属錯体の光機能性研究
10. 片岡 裕介: 実験と量子化学計算を協奏して探索する多核金属錯体の光機能性研究
11. 廣瀬 崇至: π 拡張型らせん分子の合成とキラル物性
12. 廣瀬 崇至: π 拡張型らせん分子の合成とキラル物性
13. 高橋 一敏: 企業における産業用タンパク質の利用
14. 高橋 一敏: 企業における産業用タンパク質の利用

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

予習は必要としない。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への参加度(50%)/各回のレポート(6回)(50%)

テキスト (Textbooks)

必要に応じてプリント資料を配付する。

参考文献 (Readings)

講義のときに紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

各先生の日程については、後日掲示する。
板書・プリント資料・視覚教材(スクリーン投影)を用いる。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB165／無機化学応用特論2 (Advanced Lecture on Inorganic Chemistry 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	遷移金属錯体の電気化学とエネルギー変換反応		
担当者名 (Instructor)	和田 亨(WADA TOHRU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB165 無機化学応用特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

エネルギー変換を主眼とした遷移金属錯体触媒の研究を検討することにより、金属錯体の構造と反応性に関する理解を深める。さらに錯体化学の研究に欠かすことのできない電気化学の基礎について学ぶ。

The purpose of this class is to understand the relationship between reactivity and structure of transition-metal complex catalysts aiming for energy conversion. We also learn basic electrochemistry of transition-metal complexes.

授業の内容 (Course Contents)

電子移動をともなう触媒反応の研究には欠かすことのできない電気化学の基礎と測定原理、実際の測定方法について講義する。これを踏まえて、エネルギー変換を指向した遷移金属錯体の触媒反応について解説する。電気化学測定により明らかにされる錯体の酸化還元挙動や触媒活性の評価について、研究の具体例から学ぶ。数回の授業に渡り、一つの研究トピックスについて紹介し、その研究の背景と意義、そして精密に設計された錯体の構造がどのようにして機能を発現するか理解していく。

In this class, basic principles of electrochemical measurement and its experimental methods, which are indispensable for the research for redox catalysts, will be described. Furthermore, catalytic reactions of transition-metal complexes aiming for energy conversion will be explained. We learn specific examples of research on the evaluation of redox behavior and catalytic activity of complexes revealed by electrochemical measurements. Over the course of several lessons, we will introduce one research topic and understand the background and significance of that research, and how the structure of a precisely designed complex expresses its function.

授業計画 (Course Schedule)

1. 電気化学の基礎1
2. 電気化学の基礎2
3. 電気化学の基礎3
4. 電気化学の測定方法1
5. 電気化学の測定方法2
6. 水から酸素を発生する金属錯体1
7. 水から酸素を発生する金属錯体2
8. 酸素を還元する触媒1
9. 酸素を還元する触媒2
10. 二酸化炭素はエネルギーの容器1
11. 二酸化炭素はエネルギーの容器2
12. 水素とプロトンの相互変換1
13. 水素とプロトンの相互変換2
14. まとめ

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

電気化学を学ぶためには、物理化学の熱力学平衡論が必要である。復習しながら解説するが、各自、学部で学んだ熱力学の復習をすること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席態度(50%)/複数回のレポート(50%)

テキスト (Textbooks)

スクリーンに投影する資料は配付する。

参考文献 (Readings)

1. 渡辺正, 益田 秀樹, 金村聖志, 渡辺正義, 2009、『電気化学 (基礎科学コース)』, 丸善 (ISBN:4621081128)

2. 大塚利行, 桑畑進, 加納健司、2000、『ベーシック電気化学』、化学同人 (ISBN:4759808612)
3. 西原 寛, 田中晃二, 市村彰男、2013、『金属錯体の電子移動と電気化学』、三共出版 (ISBN:4782706995)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

板書とスクリーンを併用する。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LB166／分析化学応用特論2 (Advanced Lecture on Analytical Chemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	田淵 眞理(TABUCHI MARI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE5590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RB166 分析化学応用特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

生物無機分析におけるデータの統計的解析法を習得する。
さらに生物無機試料の粒子の計測法を学ぶ。

The students will learn methods of statistical data analysis in bioinorganic analysis.
Moreover, the students will learn measuring techniques for particles of bioinorganic samples.

授業の内容 (Course Contents)

生物無機分析においては、得られたデータの統計的解析が重要となる。そこで第1回から第9回は、データの統計的解析法について習得する。一般に、繰り返し実験におけるデータはガウス分布に従うものとして解析される。しかし、生物試料においてはガウス分布とは限らないデータ数が少ない場合も多い。従って、前半では通常のパラメトリックな有意差検定、後半ではノンパラメトリック検定についても学ぶ。練習問題を実際に解きながら理解を深める(関数電卓を持参すること)。第10回から第13回は粒子の測定法とその原理、実際について学ぶ。

In bioinorganic analysis, the statistical data analysis obtained will become essential. Accordingly, the students will learn about methods of statistical data analysis from the 1st to the 9th class. Generally, the data in repeated experiments is analyzed as something which obeys Gaussian distribution. Nevertheless, in biological samples, there is not only Gaussian distribution, and there are also frequent instances where the data quantity is small. Therefore, in the first half, the students will learn about regular parametric significance tests, and in the latter half, nonparametric tests. By solving practice problems, students will deepen their understanding of the material (each student must bring a scientific calculator). From the 10th to the 13th class, the students will learn about measuring methods for particles and their principals and practice.

授業計画 (Course Schedule)

1. 有意差検定1
2. 有意差検定2
3. 有意差検定3
4. 誤差と信頼限界
5. 分析測定品質1
6. 分析測定品質2
7. ノンパラメトリック検定1
8. ノンパラメトリック検定2
9. ノンパラメトリック検定3
10. 粒子の測定法1 ; 粒子測定の必要性
11. 粒子の測定法2 ; 粒子測定法の種類
12. 粒子の測定法3 ; 各種粒子測定法の原理
13. 粒子の測定法4 ; 粒子測定の実際
14. まとめ(テスト)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

英語の文献の予習が必要である。
各回、課題の提出がある。
毎回の練習問題の復習と課題を十分に行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回のレポート(100%)
関数電卓を持参してください

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. R.A. Meyers. 2011. *ENCYCLOPEDIA OF ANALYTICAL CHEMISTRY*. WILEY (ISBN:978-0470973332)
2. PHILIP. W. KUCHEL, GREGORY. B. RASTON. 1998. *THEORY AND PROBLEM OF BIOCHEMISTRY*. McGRAW-Hill

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

関数電卓を持参してください。

一部オンライン (6~9、11~13 回) (ゲストスピーカーの日程により変更になることがあるので、ガイダンスを確認すること。

応用2であり、難易度が高いので、基礎化学特論を習熟していること。特に早期履修の場合には注意してください。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業 5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 2 (Colloquium 2)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業 5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 3 (Colloquium 3)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業 5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 4 (Colloquium 4)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程輪講 A・B と合同授業 5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

卒業研究の研究分野に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、研究遂行上必要な知識を得るとともに、文献の読解力やプレゼンテーションの能力を養うことを目標とする。

In this course, students will intensely study literature related to the field of their Graduation Research and present the information they have learned. In addition to acquiring the knowledge necessary to complete their Graduation Research, this course aims to help students sharpen their literature reading comprehension skills along with their presentation skills.

授業の内容 (Course Contents)

卒業研究の研究分野に関連する文献(専門書籍や学術論文)を精読する。理解した内容や卒業研究の進捗状況についてまとめて発表を行い、教員や研究室メンバーとの活発なグループ・ディスカッションを通して、各研究分野の知識、論理的な考え方、プレゼンテーション能力を養う。

In this course, students will intensely study literature (specialized publications and academic papers) related to the field of their Graduation Research. Students will present the information they have learned along with progress updates on their research project. Through lively group discussions with the instructor and other lab members, students will acquire knowledge in various fields of research while sharpening their presentation skills and cultivating a logical way of thinking.

授業計画 (Course Schedule)

1. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
2. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
3. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
4. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
5. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
6. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
7. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
8. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
9. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
10. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
11. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
12. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
13. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。
14. 卒業研究の進捗状況、関連した文献や論文について報告、紹介、討論を行う。

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講は卒業研究と一体のものである。授業時間外の学習については、各研究指導教員より適宜指示がある。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

文献内容の理解度(60%)/プレゼンテーション能力と取り組み姿勢(20%)/議論への参加の積極性(20%)
上記の結果に基づき、総合的に評価する。

テキスト (Textbooks)

各研究指導教員が適宜指定する。

参考文献 (Readings)

各研究指導教員が適宜指定する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 2 (Research for Master's Thesis 2)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 3 (Research for Master's Thesis 3)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

各自の研究課題について研究を行い、専門知識、技術、および理学的な思考能力を修得し、課題解決能力を養う。また、研究倫理を身につけ、研究を遂行する。さらに、中間報告(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を養成する。

The students will conduct research on each topic, master the expertise, technique, as well as ability to think scientifically, and develop problem-solving skills. In addition, the students will carry out research after learning its relevant ethics. Moreover, through the midterm report (oral presentation), the students will cultivate their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

指導教員との協議により研究テーマを設定し、研究方法の検討、研究計画の策定などを行い、それらに基づいて研究に主体的に取り組む。得られた研究成果を精査し、指導教員との議論等を通して筋道を立てながら研究を進め、さらに高度な研究へつなげていく。また、研究倫理講習会や安全教育を受講し、研究倫理を身につけ、実践する。履修中には、研究の進捗について中間報告を行う。

The students will set their research theme through consultation with their mentor, and carry out a discussion of their research method, the formulation of their research plan, etc., and based on those, proactively incorporate it into their research. The students will carefully examine the obtained research findings, and while organizing them through discussions with their mentor, proceed with their research, as well as link them to advanced research. In addition, the students will attend research ethics lecture classes and safety training, and acquire and practice research ethics. During the course, the students will give a midterm report about their research progress.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス、研究倫理教育
2. 指導教員の指導のもとで研究1
3. 指導教員の指導のもとで研究2
4. 指導教員の指導のもとで研究3
5. 指導教員の指導のもとで研究4
6. 指導教員の指導のもとで研究5
7. 指導教員の指導のもとで研究6
8. 指導教員の指導のもとで研究7
9. 指導教員の指導のもとで研究8
10. 指導教員の指導のもとで研究9
11. 指導教員の指導のもとで研究10
12. 指導教員の指導のもとで研究11
13. 指導教員の指導のもとで研究12
14. 指導教員の指導のもとで研究13

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究テーマに関連した文献の精読。毎回の研究の方法の検討および計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／修士論文指導演習 (Master's Thesis)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、取りまとめることによって、論理的思考を身につけるとともに、修士論文を作成する。さらに、最終試験(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を修得する。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, and through their arrangement, acquire a logical mind as they prepare their master's thesis. Moreover, through the final exam (oral presentation), the students will master their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、それを踏まえて指導教員との協議により設定したテーマについて主体的に研究を行う。それらの研究から得られた成果を取りまとめて、修士論文を作成する。さらに、修士論文に関する最終試験(口頭発表)を行う。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, reflecting on which they will pursue their active study on the themes established during discussions with their mentors. The students will arrange the findings obtained from those research works and prepare their master's thesis. Moreover, the students will take a final exam (oral presentation) concerning their master's thesis.

授業計画 (Course Schedule)

1. 修士論文指導演習1
2. 修士論文指導演習2
3. 修士論文指導演習3
4. 修士論文指導演習4
5. 修士論文指導演習5
6. 修士論文指導演習6
7. 修士論文指導演習7
8. 修士論文指導演習8
9. 修士論文指導演習9
10. 修士論文指導演習10
11. 修士論文指導演習11
12. 修士論文指導演習12
13. 修士論文指導演習13
14. 修士論文指導演習14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に関連した文献の精読。特別研究 1～3 の精査。それらを基にした研究計画、論文作成計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

修士論文、口頭発表および研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／修士論文指導演習 (Master's Thesis)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、取りまとめることによって、論理的思考を身につけるとともに、修士論文を作成する。さらに、最終試験(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を修得する。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, and through their arrangement, acquire a logical mind as they prepare their master's thesis. Moreover, through the final exam (oral presentation), the students will master their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、それを踏まえて指導教員との協議により設定したテーマについて主体的に研究を行う。それらの研究から得られた成果を取りまとめて、修士論文を作成する。さらに、修士論文に関する最終試験(口頭発表)を行う。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, reflecting on which they will pursue their active study on the themes established during discussions with their mentors. The students will arrange the findings obtained from those research works and prepare their master's thesis. Moreover, the students will take a final exam (oral presentation) concerning their master's thesis.

授業計画 (Course Schedule)

1. 修士論文指導演習1
2. 修士論文指導演習2
3. 修士論文指導演習3
4. 修士論文指導演習4
5. 修士論文指導演習5
6. 修士論文指導演習6
7. 修士論文指導演習7
8. 修士論文指導演習8
9. 修士論文指導演習9
10. 修士論文指導演習10
11. 修士論文指導演習11
12. 修士論文指導演習12
13. 修士論文指導演習13
14. 修士論文指導演習14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に関連した文献の精読。特別研究 1～3 の精査。それらを基にした研究計画、論文作成計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

修士論文、口頭発表および研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／修士論文指導演習 (Master's Thesis)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE6180	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、取りまとめることによって、論理的思考を身につけるとともに、修士論文を作成する。さらに、最終試験(口頭発表)を通して、研究発表能力および質疑応答能力を修得する。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, and through their arrangement, acquire a logical mind as they prepare their master's thesis. Moreover, through the final exam (oral presentation), the students will master their research presentation skills as well as their Q&A skills.

授業の内容 (Course Contents)

特別研究 1～3 で得られた研究成果を精査し、それを踏まえて指導教員との協議により設定したテーマについて主体的に研究を行う。それらの研究から得られた成果を取りまとめて、修士論文を作成する。さらに、修士論文に関する最終試験(口頭発表)を行う。

The students will carefully examine their obtained research findings from specialized research 1-3, reflecting on which they will pursue their active study on the themes established during discussions with their mentors. The students will arrange the findings obtained from those research works and prepare their master's thesis. Moreover, the students will take a final exam (oral presentation) concerning their master's thesis.

授業計画 (Course Schedule)

1. 修士論文指導演習1
2. 修士論文指導演習2
3. 修士論文指導演習3
4. 修士論文指導演習4
5. 修士論文指導演習5
6. 修士論文指導演習6
7. 修士論文指導演習7
8. 修士論文指導演習8
9. 修士論文指導演習9
10. 修士論文指導演習10
11. 修士論文指導演習11
12. 修士論文指導演習12
13. 修士論文指導演習13
14. 修士論文指導演習14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に関連した文献の精読。特別研究 1～3 の精査。それらを基にした研究計画、論文作成計画の策定。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

修士論文、口頭発表および研究活動の状況により総合的に評価する。(100%)

テキスト (Textbooks)

指導教員の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

指導教員の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／数学研究 1 (Research in Mathematics 1)		
担当者名 (Instructor)	数学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6080	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

指導教員の下で、主としてゼミ形式により各院生が専門分野の書物あるいは論文の解説を行う。必要に応じて、指導教員が講義の形で専門知識を教授することもある。

教員は、院生が問題意識を持って数学と向き合うことができるように指導していく。

最終的には、修士論文を作成することを目標とする。そのため研究分野における適切な専門書あるいは論文を読みこなし、研究課題を設定してこれを解決する。

Under their supervisors, each graduate student will, according primarily to the seminar format, read either books on their field of expertise or papers. As needed, the supervisors will also teach expertise in the form of a lecture.

The faculty will provide guidance so that the graduate students will be able to face mathematics with an awareness for problems.

Ultimately, the goal will be to prepare a master's thesis. Therefore, the students will digest either appropriate technical books or papers regarding their research field, and set their research problems and solve them.

授業の内容 (Course Contents)

数学研究1～4は院生が主体的に数学を研究していく場であり、指導教員は研究の方向に注意しながら助言および必要な知識の伝授を行う。まず、各院生は指導教員の助言の下で研究する分野の細目を決めその専門書を選定する。1、2では主にその専門書を読み研究に必要な知識を吸収する。3においては専門論文等を参考にして研究課題を設定する。3の後半から4にかけて、設定した課題に対する文献講読を通して問題解決に向けた考察を続ける。この過程が授業の最も重要な場面であり、指導教員は院生との議論や助言によって考察を支援する。最後に、研究課題に対する結果を修士論文としてまとめ上げる指導を行う。

In Research in Mathematics 1-4, the graduate students will proactively conduct mathematical research, and the supervisors will provide advice as well as instruction in the necessary knowledge while being mindful of research direction. First of all, each graduate student will, under the advice of their supervisors, decide the details of their research field and select technical books on it. In 1 and 2, the students will read those technical books and absorb the necessary knowledge for research. In 3, the students will reference technical papers, etc. and set their research problems. From the latter half of 3 through 4, the students will continue their inquiries into problem solving through the reading of literature regarding their set problems. This stage is the most important part of the class, and the supervisors will support the students' inquiries through debates with the graduate students and advice. Finally, the supervisors will provide guidance on bringing together the students' findings regarding their research problems as master's theses.

授業計画 (Course Schedule)

1. 研究指導(1)
2. 研究指導(2)
3. 研究指導(3)
4. 研究指導(4)
5. 研究指導(5)
6. 研究指導(6)
7. 研究指導(7)
8. 研究指導(8)
9. 研究指導(9)
10. 研究指導(10)
11. 研究指導(11)
12. 研究指導(12)
13. 研究指導(13)
14. 研究指導(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

各指導教員が指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

ゼミでの発表・議論(100%)

テキスト (Textbooks)

各指導教員が指示する。

参考文献 (Readings)

各指導教員が指示する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／プレゼンテーション演習1 (Presentation Seminar1)		
担当者名 (Instructor)	杉山 健一(SUGIYAMA KENICHI) 西納 武男(NISHINO TAKEO) 阿部 拓郎(ABE TAKURO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT5090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

学部で学んだ代数、解析、幾何における基本的な内容を復習する。更に、関連する問題を解くことを通して論理的な文章をきちんと書けるようにする。

The students will review fundamental contents in algebra, mathematical analysis, and geometry that they learned in classes in the department. Moreover, through solving problems, the students will practice to write mathematical manuscripts.

授業の内容 (Course Contents)

代数、解析、幾何について毎回基本的な内容を復習し、関連する演習問題を解き、黒板で発表もしくはレポートとして提出してもらい、それに対する解説や添削指導をする。代数、解析、幾何についてそれぞれ4回ないし5回程度行う予定。

The supervisors will review fundamental contents in algebra, mathematical analysis, and geometry. The students solve exercises, either by presenting them at the blackboard or submitting their solutions as reports, and give explanations and corrective guidance. Regarding algebra, mathematical analysis, and geometry, the plan is to discuss each topic for about four or five times each.

授業計画 (Course Schedule)

1. 数列の極限や級数の和および微分積分に関する問題(1)
2. 数列の極限や級数の和および微分積分に関する問題(2)
3. 数列の極限や級数の和および微分積分に関する問題(3)
4. 数列の極限や級数の和および微分積分に関する問題(4)
5. 線形代数と群論に関する問題(1)
6. 線形代数と群論に関する問題(2)
7. 線形代数と群論に関する問題(3)
8. 線形代数と群論に関する問題(4)
9. 線形代数と群論に関する問題(5)
10. 位相空間論に関する問題(1)
11. 位相空間論に関する問題(2)
12. 位相空間論に関する問題(3)
13. 位相空間論に関する問題(4)
14. 位相空間論に関する問題(5)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

必要に応じて各回に対応する内容について復習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(14回)(100%)

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

授業中に随時紹介する。

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

原則として全授業回対面実施予定。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／プレゼンテーション演習2 (Presentation Seminar2)		
担当者名 (Instructor)	安田 雅哉(YASUDA MASAYA) ガイサ, T(GEISSER, THOMAS) 水澤 靖(MIZUSAWA YASUSHI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT5080	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

数学専攻の大学院生として必要とされるレベルのプレゼンテーション能力、すなわち、自分の研究内容を他の人に正しく伝える能力を身につけることを目的とする。また、聴衆としてプレゼンテーションを聞いた上で、その内容について数学的コミュニケーションを行うことも目的である。

The goal will be to acquire the communication skills necessary as a graduate student majoring in mathematics—that is to say, the skills to accurately communicate one's research contents to others. Likewise, upon listening to a presentation as an audience member, another goal will be to mathematically engage in communication regarding those contents.

授業の内容 (Course Contents)

まずガイダンスとして、担当教員より、数学のプレゼンテーションを行う上で基本となる事項を解説する。次いで、担当教員の模擬プレゼンテーションとそれに対するディスカッションを行う。その上で、受講者は、数学における諸問題の解法、各自の研究内容、ないし、それに関連した文献紹介を通して、プレゼンテーションの様々なスキルを学ぶ。また、他の参加者のプレゼンテーションに対して、その内容に対するディスカッションおよびプレゼンテーションに対する批評を行うことで、相互の数学的コミュニケーション能力を高め合う。

At first, as guidance, the teacher in charge will explain the fundamental points for giving a mathematical presentation. Afterwards, the teacher in charge will give a model presentation and hold a discussion on it. Additionally, the class members will introduce solutions of various problems in mathematics, each of their research contents or the relevant literature, and learn the presentation skills through them. Furthermore, the students will help to improve each other's mathematical communication skills by discussing the contents as well as criticizing the presentation of the other participants' presentations.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス／教員による模擬プレゼンテーション
2. 諸問題の解法(1)
3. 研究内容の紹介(1)
4. 研究内容の紹介(2)
5. 諸問題の解法(2)
6. 諸問題の解法(3)
7. 諸問題の解法(4)
8. 研究内容の紹介(3)
9. 研究内容の紹介(4)
10. 研究内容の紹介(5)
11. 研究内容の紹介(6)
12. 研究内容の紹介(7)
13. 研究内容の紹介(8)
14. 研究内容の紹介(9)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

発表用のスライド、および、レジメの作成。要領は講義において指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

リアクションペーパー (毎回)(30%) / 研究内容のプレゼンテーション (複数回)(50%) / 発表内容に関するレポート (複数回)(20%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

講義内で適宜紹介する。

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC139／解析学特論 1 (Special Lecture on Math. Analysis 1)		
担当者名 (Instructor)	山田 裕二(YAMADA YUJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA204 解析学諸論2、RC139 解析学特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

1・2・3 年での微分積分・解析学での学習を踏まえ、より進んだ数学への理解を深める

Using the knowledge of the undergraduate course of analysis, we study more advanced mathematics courses.

授業の内容(Course Contents)

自然数、特に素数に関する予想や定理は尽きることがない。

素数が無限個存在することの証明はユークリッド以来知られているが、等差数列 $\{pn+q\}_{n \in \mathbb{N}}$ (p と q は互いに素) の中に無限個の素数が存在することが証明されたのは 19 世紀のことであり、その証明には Dirichlet 級数、 L 関数などの解析が用いられる。

There are rich theorems and conjectures in number theory, especially in prime numbers.

Though it is known since the era of Euclid that there is an infinite number of primes, the theorem of arithmetic progressions of Dirichlet was proved recently in the 19th century. The proof is done using the Dirichlet series and L -functions.

授業計画(Course Schedule)

1. 素数、素数が無限個ある証明のいろいろ
2. Euclid の互除法、
Euclid 整域 $\Rightarrow$ 単項イデアル整域 $\Rightarrow$ 一意分解整域、 $4n+1$ 型の素数、 $4n+3$ 型の素数、
実数列の上極限(下極限)
3. Dirichlet 級数(1)、収束軸、Abel の級数変形法
4. Dirichlet 級数(2)、収束軸、Abel の級数変形法
5. 関数論概説、Dirichlet 級数の正則性
6. Landau の定理、ゼータ関数が $s=1$ の 1 位の極をもつこと
7. 整数論的関数
8. ゼータ関数の Euler 積、群について(1)剰余類・元の位数・部分群の位数・Lagrange の定理
9. 群について(2)正規部分群・準同型定理・剰余群・群の直積・加法群の乗法群
10. 群について(3)有限 Abel 群の基本定理・群の指標
11. 有限 Abel 群の指標群、指標の直交性、Dirichlet 指標
12. 有限 Abel 群の基本定理、指標群との同型から分かること
13. L 関数の $s=1$ での振る舞い、対数関数・べき乗の定義
14. L 関数の $s=1$ の周りでの振る舞い(続)、算術級数定理の証明

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

3 年までの解析学と群論の初歩を理解していること、十分復習しておくことが望ましい。授業後の復習は必ずすることを期待する。

成績評価方法・基準(Evaluation)

複数回のレポート(50%)/出席態度(50%)

今までの講義では取り扱っていない新しい内容なので、出席して講義を聞くことを重視する。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. 小野 孝、1987、『数論序説』、裳華房 (ISBN:978-4785310509)
2. 木内 敬、2030、『リーマン予想入門』、技術評論社 (ISBN:978-4-297-11452-7)
3. D.B. ザギヤー、1990、『数論入門』、岩波書店 (ISBN:978-4000055154)
4. J.P. セール、2017、『数論講義』、岩波書店 (ISBN:978-4007305924)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC142／解析学特論 4 (Special Lecture on Math. Analysis 4)		
担当者名 (Instructor)	山田 裕二(YAMADA YUJI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA205 解析学諸論3、RC142 解析学特論4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

有理型解析関数の例としてテータ関数を学び、それらの準周期性や無限乗積を知る。応用例として Yang-Baxter 方程式の解を挙げる。さらに可解格子模型における遷移行列とその可換性を学ぶ。

We study theta functions as typical examples of meromorphic functions and learn their quasi-periodicities and infinite product expressions. As an application of theta functions, we give some solutions to the Yang-Baxter equation. We also study the commutative sets of transfer matrices in solvable statistical mechanics.

授業の内容 (Course Contents)

有理型解析関数の例としてテータ関数を学び、それらの準周期性や無限乗積を知る。応用例として Yang-Baxter 方程式の解を挙げる。さらに可解格子模型における遷移行列とその可換性を学ぶ。

We study theta functions as typical examples of meromorphic functions and learn their quasi-periodicities and infinite product expressions. As an application of theta functions, we give some solutions to the Yang-Baxter equation. We also study the commutative sets of transfer matrices in solvable statistical mechanics.

授業計画 (Course Schedule)

- 2次元の Ising 模型、相転移、Boltzmann の原理、分配関数、1次元 Ising 模型の遷移行列
- ベクトル空間のテンソル積、N次元ベクトル空間上の自己同型の基底
- ベクトル空間のテンソル積(続き)
- Yang-Baxter 方程式(YBE)
- YBE の解(1): McGuire-Yang の解、初期条件、unitary 関係式
- YBE の解(2): 6 頂点模型、初期条件、unitary 関係式、McGuire-Yang の解との関係
- 6 頂点模型が YBE の解であることの証明
- 6 頂点模型と2次元可解格子模型の遷移行列の可換性、図を用いた表現
- 遷移行列の可換性の式に表示と図を用いた表現の対応、テータ関数の定義、正則性、準周期性
- テータ関数の準周期性と零点の個数と零点の和、Cauchy の定理、Liouville の定理、Rouche の定理、テータ関数の無限乗積の紹介
- テータ関数の加法公式
- YBE の解(3): テータ関数解(8 頂点模型)
- 8 頂点模型が YBE の解であることの証明(1)
- 8 頂点模型が YBE の解であることの証明(2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

特になし。出席を重視する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業内に指示をする複数回のレポート(50%)/出席態度(50%)

今までの講義では取り扱っていない新しい内容なので、出席して講義を聞くことを重視する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

- R.J.Baxter. 2008. *Exactly Solved Models in Statistical Mechanics*. Dover Publications (ISBN:978-0486462714)
- 神保 道夫、2012、『量子群とヤン・バクスター方程式』、丸善出版 (ISBN:978-4621064672)
- 神保 道夫、1998、『ホロミック量子場』、岩波書店 (ISBN:978-4000106542)
- 白石 潤一、2003、『量子可積分系入門』、サイエンス社 (ISBN:978-4781999524)
- 梅村 浩、2020、『楕円関数論』、東京大学出版会 (ISBN:978-4130613149)

6. D. Mumford. 2010. *Tata Lectures on Theta I*. Birkhauser Boston (ISBN:978-0817645724)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC143／解析学特論 5 (Special Lecture on Math. Analysis 5)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	ソリトン理論における広田の双線形化法		
担当者名 (Instructor)	寛 三郎(KAKEI SABUROU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA207 解析学諸論5、RC143 解析学特論5と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

数理物理学におけるソリトン理論を、「広田の双線形化法」を中心に解説する。

授業の内容(Course Contents)

数理物理学におけるソリトン方程式は、流体力学、プラズマ物理、非線形光学などのさまざまな現象の物理モデルとして現れる。それらにおける共通の性質として、ソリトンと呼ばれる安定な局在波が粒子的に振る舞う現象が挙げられる。本講義では、この分野における基本的なアイデアを、比較的単純な例を通して紹介する。特に「広田の双線形化法」と呼ばれる手法を中心に議論を進める。

授業計画(Course Schedule)

- 波動方程式(1): 格子振動から偏微分方程式へ
Wave equation (1): From lattice vibration to PDE
- 波動方程式(2): 波動方程式の解
Wave equation (2): Solutions of wave equation
- 非線形波動(1): 線形波動と非線形波動
Nonlinear waves(1): Linear wave and nonlinear wave
- 非線形波動(2): Burgers 方程式と Cole-Hopf 変換
Nonlinear waves(2): Burgers equation and Cole-Hopf transformation
- 非線形波動(3): Korteweg-de Vries (KdV) 方程式
Nonlinear waves(3): Korteweg-de Vries (KdV) equation
- KdV 方程式に対する広田の方法(1)
Hirota's bilinear method for KdV equation(1)
- KdV 方程式に対する広田の方法(2)
Hirota's bilinear method for KdV equation(2)
- KdV 方程式に対する広田の方法(3)
Hirota's bilinear method for KdV equation(3)
- 戸田方程式に対する広田の方法(1)
Hirota's bilinear method for Toda equation(1)
- 戸田方程式に対する広田の方法(2)
Hirota's bilinear method for Toda equation(2)
- 戸田方程式に対する広田の方法(3)
Hirota's bilinear method for Toda equation(3)
- Backlund 変換と頂点作用素(1)
Backlund transformations and vertex operators (1)
- Backlund 変換と頂点作用素(2)
Backlund transformations and vertex operators (2)
- Backlund 変換と頂点作用素(3)
Backlund transformations and vertex operators (3)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

常微分方程式の変数分離法(CA225／微分方程式入門 で扱う程度のもの)については理解していることが望ましい。

成績評価方法・基準(Evaluation)

授業内演習(20%)／複数回のレポート(80%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. 広田良吾、2013、『直接法による ソリトンの数理』、岩波書店 (ISBN:4007300798)
2. 三輪哲二・神保道夫・伊達悦朗、2016、『ソリトンの数理』、岩波書店 (ISBN:400730369X)
3. 高崎金久、2001、『可積分系の世界: 戸田格子とその仲間』、共立出版 (ISBN:4320016696)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC147／代数学特論 1 (Special Lecture on Algebra 1)		
担当者名 (Instructor)	隈川 直貴(KUMAKAWA NAOKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA191 代数学諸論1、RC147 代数学特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

この講義では、整数の持つ数論的性質を、主に複素解析の観点から調べていく事を目標とする。

The main purpose of this lecture is to study arithmetic properties of integers from the viewpoint of complex analysis.

授業の内容(Course Contents)

初等整数論における多くの問題は、その主張を理解する事は容易である。しかしながら、それらの解決にはしばしば数学の異なる分野の知識を必要とする。例えば、リーマンのゼータ関数、ガンマ関数等の特殊関数の理論は数の理論と結びつく。本講義では、これらの関数の基本性質を学び、平方剰余の相互法則、ディリクレの算術級数定理などの定理への証明を与える。

In most cases, problems in elementary number theory are easy to understand their statements.

However, their solutions often require deep knowledge of other areas of mathematics.

For example, the theory of special functions such as the Riemann zeta function and the gamma function is connected to the theory of numbers. In this lecture, we will study some fundamental properties of these functions and give the proofs of some theorems such as the quadratic reciprocity law and Dirichlet's theorem on arithmetic progressions.

授業計画(Course Schedule)

1. 平方剰余の相互法則とディリクレの算術級数定理
2. 複素関数論の復習
3. ディリクレ級数の収束・発散
4. 母関数としてのディリクレ級数
5. ガンマ関数 (1)
6. ガンマ関数 (2)
7. ガンマ関数 (3)
8. リーマンのゼータ関数 (1)
9. リーマンのゼータ関数 (2)
10. リーマンのゼータ関数 (3)
11. ヤコビのテータ関数 (1)
12. ヤコビのテータ関数 (2)
13. 平方剰余の相互法則 の証明
14. ディリクレの算術級数定理の証明

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

複素関数論の基礎知識(コーシーの積分定理等)をある程度仮定する。

また、必要に応じて各回に対応する内容について復習すること。

成績評価方法・基準(Evaluation)

レポート(複数回)(100%)

テキスト(Textbooks)

特に無し

参考文献(Readings)

授業中に随時紹介する。

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC152／代数学特論 6 (Special Lecture on Algebra 6)		
担当者名 (Instructor)	柴田 和樹(SHIBATA KAZUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA196 代数学諸論6、RC152 代数学特論6と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

可換環論の基礎を学ぶ。可換環の定義や基本的性質を学んだ後、具体例として次数付き環を講義し、可換環論のより深い理解を目指す。

The purpose of this course is for students to learn the basics of commutative algebra. After students learn the definition and basic properties of commutative rings, the course explains specific examples of graded rings to facilitate students' deeper understanding of commutative algebra.

授業の内容 (Course Contents)

可換環論は多様体や組合せ論などの他分野と深い関わりがあり、今日までに多くの研究結果があり、今なお盛んに研究されている分野である。本講義では、前半で可換環に関する定義や性質を講義した後、後半では組合せ論的可換環をテーマとし、具体的な例をいくつか挙げて環の性質について解説する。

Commutative algebra has a deep relationship with other fields such as manifolds and combinatorics. The field is actively researched and has produced many recent findings. In its first half, this course aims to lecture on the definition and properties of commutative rings. In its latter half, the course aims to cover combinatorial commutative rings, and their properties are described through concrete examples.

授業計画 (Course Schedule)

1. 環の復習
2. 加群の定義とその性質
3. 加群の準同型写像
4. 加群の系列, 完全列
5. 加群のテンソル積
6. イデアルの準素イデアルへの分解(1)
7. イデアルの準素イデアルへの分解(2)
8. ネーター環と準素分解
9. 次数付き環と次数付き加群
10. Stanley-Reisner 環の定義およびその性質(1)
11. Stanley-Reisner 環の定義およびその性質(2)
12. 半群環の定義およびその性質(1)
13. 半群環の定義およびその性質(2)
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「線形代数学 1・2」を予備知識とする。特に、ベクトル空間については既知とし、話を進めていく。また、「代数学 1」は履修済であることが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(40%×2)(80%)／授業内演習(20%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

講義の中で紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC156／幾何学特論 2 (Special Lecture on Geometry 2)		
担当者名 (Instructor)	杉山 健一(SUGIYAMA KENICHI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA198 幾何学諸論 2、RC156 幾何学特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

この講義では曲面の不変量を解説した後、3次元ユークリッド内の極小曲面と調和写像、平均曲率一定の曲面について解説する。

In this course, we will discuss a theory of minimal surfaces, harmonic maps and surfaces of constant mean curvature in Euclid space of three dimension, after a brief review of fundamental invariants of a surface.

授業の内容 (Course Contents)

3次元ユークリッド空間における極小曲面や平均曲率一定の曲面は Weierstrass の表現定理を通して複素関数と密接な関係にある。本講義では、極小曲面や平均曲率一定に関する基本的な定理を解説したのち、3次元ユークリッド空間に埋め込まれた平均曲率一定の曲面は球面に限るという Hopf による定理と共役な平均曲率一定の曲面について解説する。

Minimal surfaces and surfaces of a constant mean curvature (which will be denoted by CMC for brevity) are related to holomorphic function via the Weierstrass representation theorem. In this lecture, after a brief review of fundamental theorems of minimal surfaces and CMC, we will explain the Hopf's theorem which says that an immersed CMC in $\mathbb{R}^3$ is a round sphere and a notion of conjugacy of CMC.

授業計画 (Course Schedule)

1. 曲面の不変量(第1基本形式と第2基本形式)
2. 等温座標の導入
3. Weierstrass の表現定理
4. 調和写像と平均曲率一定の曲面
5. 変分原理(Euler-Lagrange 方程式)
6. Noether の定理(対称性)
7. 変数変換公式とその応用
8. Hopf 微分
9. Hopf の定理
10. Gauss-Codazzi 方程式
11. Gauss-Codazzi 方程式の応用
12. 極小曲面と平均曲率一定の曲面1
13. 極小曲面と平均曲率一定の曲面2
14. 幾つかの例

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

幾何学1と複素関数論の基礎的な知識を仮定する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート試験(Report Exam)(60%)／最終レポート(Final Report)(40%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC167／統計数学特論 1 (Special Lecture on Statistics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子計算と離散確率数理		
担当者名 (Instructor)	間野 修平(MANO SHUHEI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA219 統計数学諸論1、RC167 統計数学特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

量子計算における離散数理, 確率数理の応用について学ぶ.

Studying discrete and stochastic mathematics in quantum computation.

授業の内容(Course Contents)

量子計算の基本を解説し, 応用数理の観点から興味深いアルゴリズムを紹介する. 物理・情報・統計の知識は前提としない.

Fundamentals of quantum computation are explained, and algorithms with applied mathematical interests are introduced. Knowledges of physics, nor information science, nor statistics, are not assumed.

授業計画(Course Schedule)

1. Introduction
2. Classical Computation 1: Turing Machines
3. Classical Computation 2: Circuits
4. Classical Computation 3: Computational Complexity
5. Quantum Computation 1: Quantum Probability
6. Quantum Computation 2: Quantum Circuits
7. Quantum Computation 3: Basic Algorithms
8. Abelian Groups and Algorithms 1: Period Finding
9. Abelian Groups and Algorithms 2: Phase Estimation
10. Abelian Groups and Algorithms 3: Hidden Subgroup Problem
11. Algorithm for Sampling 1: Backgrounds
12. Algorithm for Sampling 2: Quantum Supremacy Demonstration
13. Algorithm for Sampling 3: Stochastic Computation
14. Summary

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

復習. Reviewal.

成績評価方法・基準(Evaluation)

レポート試験(Report Exam)(70%)/中間レポート(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. Bernhardt. 2019. Quantum Computing for Everyone. MIT Press (ISBN:9780262539531)
2. Kitaev, et al.. 2002. Classical and Quantum Computation. American Mathematical Society (ISBN:9780821832295)
3. Scherer. 2019. Mathematics of Quantum Computing. Springer (ISBN:9783030123574)

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC191／情報科学特論 1 (Special Lecture on Information Science 1)		
担当者名 (Instructor)	篠原 直行(SHINOHARA NAOYUKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA179 情報科学諸論1、RC191 情報科学特論1と合同授業 不定期開講：講義日は以下のとおり【】		

授業の目標 (Course Objectives)

TLS でよく使用される RSA 暗号の理解を深めることで、公開鍵暗号の安全性評価について学ぶ。

Cultivate a better understanding of RSA cryptography, which is commonly used in TLS, to learn about the safety value of public key encryption.

授業の内容 (Course Contents)

TLS はインターネット上で情報を暗号化して送受信するプロトコルであり、その中では公開鍵暗号や秘密鍵暗号などが使用されている。特に公開鍵暗号では、素因数分解の計算の困難性を安全性の基盤とする、RSA 暗号が広く使用されており、各国の研究機関がその安全性評価の研究を行っている。

この講義では、RSA 暗号の実装と解読に関する各種のアルゴリズムを説明する。さらにこれらをフリーソフトである数式処理システム Risa/Asir を用いて実装して数値実験を行うか、アルゴリズムにそった手計算によって、これらのアルゴリズムの効率性について学習する。

TLS is a protocol that encrypts and transmits information over the Internet, which uses public key encryption and secret key cryptography. In particular, RSA cryptography is widely used for public key encryption with security based upon the difficulty of calculating prime factorization, and research institutes in each country are conducting research on its safety value. This lecture explains various algorithms related to implementing and deciphering RSA cryptography. Students learn the efficiency of them by either implementing them on the free software Risa/Asir and performing numerical experiments or hand calculation based on those algorithms.

授業計画 (Course Schedule)

1. はじめに(TLS, RSA 暗号)
2. 数式処理ソフト ASIR の使い方
3. RSA 暗号の秘密鍵の生成 (試し割と計算量)
4. エラトステネスの篩
5. プログラミング演習
6. Fermat test, Carmichael 数, 冪乗演算の高速化
7. Miller-Rabin test
8. 素数証明と素数生成
9. プログラミング演習
10. RSA 暗号の実装 (拡張 Euclid 互除法)
11. 指数時間の素因数分解アルゴリズム (Fermat 法)
12. 準指数時間の素因数分解アルゴリズム (二次篩法)
13. 二次篩法の続き
14. プログラミング演習

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席態度(49%)/数回の小レポート(51%)

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC193／情報科学特論 3 (Special Lecture on Information Science 3)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	代数幾何学入門		
担当者名 (Instructor)	安田 雅哉(YASUDA MASAYA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA181 情報科学諸論3、RC193 情報科学特論3と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

代数幾何学の入門における導入部分を紹介する。具体的には、射影平面における曲線の幾何学的イメージを持たせると共に、可換環論と代数多様体の対応を理解することを目指す。さらに、代数曲線論の基礎を学ぶと共に、その一例として楕円曲線の群構造を理解することを最終的に目指す。また、有限体上の楕円曲線の位数計算手法を紹介する。

We introduce a basic part of algebraic geometry. Specifically, we aim to have a geometric image of curves in the projective plane and to understand the correspondence between commutative algebra and algebraic varieties. Furthermore, while learning a basic theory on algebraic curves, we will finally aim to understand the group structure of elliptic curves. In addition, we introduce several methods for point-counting on an elliptic curve over a finite field.

授業の内容 (Course Contents)

次の4つの章に分けて、代数幾何入門の導入部分と有限体上の楕円曲線の位数計算を紹介する:

- 1章: 射影平面と平面曲線 (3回)
- 2章: 可換環と代数多様体 (5回)
- 3章: 代数曲線論と楕円曲線 (4回)
- 4章: 有限体上の楕円曲線の位数計算 (2回)

We introduce a basic part of algebraic geometry and several methods for point-counting on an elliptic curve over a finite field with the following four chapters:

- Chapter 1: Projective plane and plane curves (3 lectures)
- Chapter 2: Commutative rings and algebraic varieties (5 lectures)
- Chapter 3: Algebraic curve Theory and elliptic curves (4 lectures)
- Chapter 4: Point-counting on an elliptic curve over finite fields (2 lectures)

授業計画 (Course Schedule)

1. 射影平面と平面曲線(1): 射影直線と射影平面
2. 射影平面と平面曲線(2): 双対原理と射影変換
3. 射影平面と平面曲線(3): 射影平面の関数体と有理写像と代数的射
4. 可換環と代数多様体(1): ネーター環と準素イデアル分解
5. 可換環と代数多様体(2): 局所化と上昇定理
6. 可換環と代数多様体(3): 正規化定理とヒルベルトの弱零点定理
7. 可換環と代数多様体(4): アフィン代数多様体とヒルベルトの零点定理
8. 可換環と代数多様体(5): 射影代数多様体
9. 代数曲線論と楕円曲線(1): 代数曲線と因子群
10. 代数曲線論と楕円曲線(2): リーマン・ロッホの定理
11. 代数曲線論と楕円曲線(3): 楕円曲線と点の加法
12. 代数曲線論と楕円曲線(4): 楕円曲線の群構造
13. 有限体上の楕円曲線の位数計算 (1)
14. 有限体上の楕円曲線の位数計算 (2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

適宜、参考テキストを予習・復習しておくことが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の課題レポート(80%) / 出席態度(20%)

テキスト (Textbooks)

1. 上野健爾、『代数幾何入門』、岩波書店 (ISBN:4007308357)
2. 桂利行、『代数幾何入門』、共立出版 (ISBN:432001569X)

参考文献 (Readings)

必要に応じて講義内で指示する.

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC200／確率論2 (Probability Theory 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	マルコフ連鎖入門		
担当者名 (Instructor)	須田 颯(SUDA HAYATE)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA234 確率論序論2、RC200 確率論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

確率論において重要な対象である有限状態マルコフ連鎖の基礎を習得する。また、この理論を通じて、確率論の基本的な考え方に親しむ。

This course will provide the fundamentals of finite Markov chains. Through this theory, participants will become familiar with the basic concepts of probability theory.

授業の内容 (Course Contents)

マルコフ連鎖とは、状態空間が離散的な確率過程であって、“独立性”の重要な一般化である“マルコフ性”を有するものである。本講義では、特に状態空間が有限な場合のマルコフ連鎖に焦点を当て、その基礎事項を学ぶ。基本用語の確認から始め、マルコフ連鎖の定義や性質を述べた後、マルコフ連鎖の重要な話題の一つである混合時間について解説する。本講義を受講するにあたって、必要な前提知識は解析学及び線形代数の基礎であり、測度論及び測度論的確率論については未修でも構わない。

A Markov chain is a stochastic process whose state space is discrete and has “Markov property”, which is an important generalization of “independence”. In this lecture, we focus on Markov chains, especially when the state space is finite, and learn the basics of Markov chains. The lecture will begin with a review of basic terminology, followed by definitions and properties of Markov chains, and then explain mixing time, one of the important topics in Markov chains. The prerequisites for attending this lecture are basic knowledge of analysis and linear algebra, and no prior knowledge of measure theory and measure-theoretic probability theory is required.

授業計画 (Course Schedule)

1. 基本的な用語の確認・復習
2. マルコフ連鎖の定義
3. マルコフ連鎖の表現定理
4. マルコフ連鎖の既約性と周期性
5. マルコフ連鎖の定常分布
6. マルコフ連鎖の可逆性
7. マルコフ連鎖の具体例 (破産問題, クーポン収集...etc)
8. マルコフ連鎖の具体例 2 (格子上的ランダムウォーク)
9. 確率測度間の距離
10. 確率測度のカップリング
11. マルコフ連鎖の収束定理
12. マルコフ連鎖の混合時間
13. 可逆転移行列のスペクトル表現
14. 可逆マルコフ連鎖の緩和時間

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

各授業で扱った内容の復習をする。また、授業中に提示する演習問題を解く。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(20%)/中間レポート (20% × 4 回)(80%)

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

初回の授業で紹介する.

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LC202／数理統計学1 (Mathematical Statistics 1)		
担当者名 (Instructor)	今野 良彦(KONNO YOSHIHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT6590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA236 数理統計学序論1、RC202 数理統計学1と合同授業 不定期開講：講義日は以下のとおり【】		

授業の目標 (Course Objectives)

ランダムネスを伴った現象に現れるデータからどのようにして情報を抽出するかが現代社会では重要である。データの背後に確率モデルを想定して、その確率モデルをデータに基づいて推測する数学的な基礎を学んでいく。
尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

It is important in the modern society how to draw information from data generated by phenomenon with randomness. In this lecture we learn mathematical foundation on statistical inference. This method consists of ingredients such as probability models which generate random data and inference of the models.

授業の内容 (Course Contents)

初めに、確率空間、確率変数、期待値、および確率変数の収束のモードの定義を学ぶ。次に、代表的な統計モデリングと標本分布論(特に正規分布理論)を説明する。これらの知識に基づき、点推定、区間推定、検定論の統計推測法(基本的な考え方と代表的な手法)を学ぶ。最後に、これらの手法の精度の評価法についてのいくつかの代表的な話題について説明する。

We start by the definition of probability space, random variables, their expectations, and mode of convergence of variables. Next we discuss popular statistical modelling and sampling distributions theory(mainly normal distribution theory). Based on these knowledge, we learn statistical inference such as point estimation, interval estimation, and hypothesis testing. Finally we learn how to evaluate the accuracy of these methods.

授業計画 (Course Schedule)

1. 授業のガイダンスと数理統計の概要
2. 確率分布と期待値の復習
3. 確率変数列の収束
4. 大数の法則と中心極限定理
5. 統計的推測理論の枠組み。
6. 統計的モデルと正則母数モデル。
7. 指数型分布族と十分統計量
8. 点推定法の考え方
9. 最尤法について
10. 不偏推定と情報不等式
11. 検定法の考え方
12. ネイマン・ピアソンの補題と尤度比検定
13. 区間推定の考え方
14. ベイズ的推測の考え方

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業中に、次回までに行うべき予習と復習について指示します。これらの学修時間に 60 時間以上を要します。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/中間レポート(20%)/授業後のレポート(40%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

講義録を LMS にポスト。

参考文献 (Readings)

1. 久保川達也、2017、『現代数理統計学の基礎』、共立出版

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD102／分子生物学概論 (Introduction to Molecular Biology)		
担当者名 (Instructor)	塩見 大輔(SHIOMI DAISUKE)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS5190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD102 分子生物学概論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

原核生物の分裂と細胞形態形成制御機構、薬剤耐性などを学ぶ。どの制御もタンパク質超分子複合体によって行われており、これらのタンパク質の機能や構造などについて理解を深める。

Students will learn about regulatory mechanisms of bacterial cell division, morphogenesis and antibiotics resistance. These are regulated by supramolecular complexes. Students learn the functions and structures of supramolecular complexes.

授業の内容 (Course Contents)

原核生物の中でもとくに解析の進んでいる大腸菌を中心に講義する。必要に応じて、枯草菌、連鎖球菌、ブドウ球菌、好熱細菌なども紹介する。原核生物の普遍的な細胞分裂、形態形成制御機構、薬剤耐性や、個々の細胞に特異的な制御機構について講義する。また、最新の関連論文及び総説を輪読し、受講者で討論しながら進める。現象の生物学的な意義だけでなく、実験方法についても学ぶ。

The lecturer will lecture on prokaryotes, particularly with a focus on the advancing analysis of Escherichia coli. As needed, the lecturer will also introduce Bacillus subtilis, Streptococcus, Staphylococcus, thermophilic bacterium, etc. The lecturer will lecture about bacterial cell division, morphogenesis, antibiotics resistance and so on. Additionally, the students will read in turn recent, relevant papers as well as reviews, and discuss with their class members. The students will not only learn about the biological significance of phenomena, but also experimental methods.

授業計画 (Course Schedule)

1. 序論
2. バクテリア細胞の構造
3. バクテリア細胞におけるタンパク質の局在
4. バクテリアの分裂制御
5. バクテリアの分裂制御
6. バクテリアの形態形成制御
7. バクテリアの形態形成制御
8. バクテリアの薬剤耐性
9. バクテリアの薬剤耐性
10. 関連論文の紹介と討論
11. 関連論文の紹介と討論
12. 関連論文の紹介と討論
13. 関連論文の紹介と討論
14. 関連論文の紹介と討論

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み、出席態度、発表、リアクションペーパーなど(100%)

テキスト (Textbooks)

特になし

参考文献 (Readings)

特になし

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD105／細胞生物学概論 (Introduction to Cell Biology)		
担当者名 (Instructor)	眞島 恵介(MASHIMA KEISUKE)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS5390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD105 細胞生物学概論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

動物細胞における細胞内シグナル伝達の分子機構を学ぶ。

The students will learn the molecular mechanisms of intracellular signal transduction in animal cells.

授業の内容 (Course Contents)

細胞は様々な細胞外からのシグナルを受けて、そのシグナルに応答する細胞内シグナル伝達機構を持っている。そこで、動物細胞でのシグナル伝達の分子機構の基本を解説する。その後、免疫担当細胞のシグナル伝達機構について紹介する。また、後半では種々の細胞のシグナル伝達に関連した文献あるいは専門書を読み、学生からのプレゼンテーション、それを受けてのディスカッションを行う。

Cells receive various signals from outside the cell and have intracellular signal transduction mechanisms that respond to those signals. Accordingly, the lecturer will explain the fundamentals of the molecular mechanisms of signal transduction in animal cells. Afterward, the lecturer will introduce the signal transduction mechanisms of immunocompetent cells. Additionally, in the latter half, the students will read literature or technical book regarding various kinds of cellular signal transduction, give presentations and hold discussions on them.

授業計画 (Course Schedule)

1. 動物細胞におけるシグナル伝達 主に G タンパク質を中心に
2. 動物細胞におけるシグナル伝達 主に G タンパク質を中心に
3. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
4. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
5. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
6. 動物細胞におけるシグナル伝達 カルシウムイオンを中心に
7. 免疫細胞でのシグナル伝達
8. 様々な細胞におけるシグナル伝達1(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
9. 様々な細胞におけるシグナル伝達2(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
10. 様々な細胞におけるシグナル伝達3(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
11. 様々な細胞におけるシグナル伝達4(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
12. 様々な細胞におけるシグナル伝達5(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
13. 様々な細胞におけるシグナル伝達6(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
14. 様々な細胞におけるシグナル伝達7(学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

必要に応じ参考資料を配付する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み(ディスカッションへの参加度を含む)(50%)/プレゼンテーション(50%)

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

特になし。

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD108／分子生物学特論 2 (Special Topics in Molecular Biology 2)		
担当者名 (Instructor)	関根 靖彦(SEKINE YASUHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD108 分子生物学特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

生物ゲノムの可変性を生む機構とそれが生物の適応、進化にどのように関わってきたかを学ぶ。

The students will learn about the mechanisms of the genomes of organisms that give rise to variability and how they have come to change the adaptation and evolution of organisms.

授業の内容 (Course Contents)

生物は、遺伝情報を安定に維持し次の世代に引き継ぐ一方で、様々な突然変異を受け容れることによりゲノムを改変し多様化させる仕組みを持っている。本講義では、DNA 組換えによって引き起こされるゲノムのダイナミックな動態とその生物学的意義について解説する。また、ゲノム動態に関する英語の文献の講読も行う。

Organisms securely maintain genetic information and pass it on to the next generation, and on the other hand, have mechanisms that change and diversify genomes by assimilating various spontaneous mutations. In the lecture, the lecturer will explain the dynamic kinetics of genomes caused by DNA recombination and their biological significance. Additionally, the students will read English literature regarding genome kinetics.

授業計画 (Course Schedule)

1. DNA 組換えの概念・分類
2. トランスポゾンの分類・転移機構
3. トランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え(1)
4. トランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え(2)
5. レトロトランスポゾンの転移機構
6. レトロトランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え
7. トランスポゾンが生物ゲノムの進化に与えるインパクト(1)
8. トランスポゾンが生物ゲノムの進化に与えるインパクト(2)
9. その他の DNA 組換え(1)
10. その他の DNA 組換え(2)
11. ゲノム動態に関する文献の講読(1)
12. ゲノム動態に関する文献の講読(2)
13. ゲノム動態に関する文献の講読(3)
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

資料プリントを配付するので、事前に目を通してから授業に臨むこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

リアクションペーパー(50%)／授業への取り組み(30%)／小テスト(20%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

なし

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

リアクションペーパーに対するフィードバックは、次回の授業時に行う。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD109／細胞生物学特論 (Special Topics in Cell Biology)		
担当者名 (Instructor)	樋口 麻衣子(HIGUCHI MAIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD109 細胞生物学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

細胞生物学、特に細胞内シグナル伝達、細胞増殖、細胞運動について、最先端の研究内容を学ぶ

The aim of this course is to understand the molecular mechanisms and the physiological significance of intracellular signal transduction, cell proliferation and migration.

授業の内容 (Course Contents)

細胞内シグナル伝達、細胞増殖、細胞運動等に関する講義、論文の輪読、プレゼンテーションを行う

The course will use a combination of lectures, discussions of scientific papers and student-led presentations concerning about intracellular signal transduction, cell proliferation and cell migration.

授業計画 (Course Schedule)

1. 細胞生物学の基礎
2. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－1
3. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－2
4. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－3
5. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－4
6. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－1
7. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－2
8. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－3
9. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－4
10. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－1
11. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－2
12. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－3
13. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－4
14. 演習

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

関連する学術論文の理解とプレゼンテーションの準備を行う

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み(100%)

テキスト (Textbooks)

なし(関連する学術論文については授業内で紹介する)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD111／生物化学特論 1 (Special Topics in Biochemistry 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	DNA 複製と合成生物学		
担当者名 (Instructor)	末次 正幸(SUETSUGU MASAYUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD111 生物化学特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

DNA 複製から合成生物学までの最先端研究とともに、スタートアップを介した基礎研究の産業展開についても学び、自身で未来を切り拓く力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

遺伝情報を複製し、自分自身のコピーを作り出す能力(自己複製能)は生命の根幹である。生命は巧妙な DNA 複製システムを備えている。前半はバクテリアの DNA 複製を主とした基礎から最先端までを取り上げる。
DNA 研究の進展はまた、新たなバイオテクノロジーに直結するものである。後半は、バイオテクノロジーの新潮流である合成生物学について紹介するとともに、人工細胞、ゲノム合成、バイオ医療といった、合成生物学の先端と産業について、合成生物学スタートアップ創業の実体験に基づいて紹介する。

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 複製開始
3. 複製フォーク
4. 複製終結、分離
5. 複製の制御、細胞内動態
6. DNA 修復、組換え
7. 総合討論 1
8. 合成生物学とバイオものづくり
9. セルフリー合成生物学、進化分子工学
10. ゲノム編集、ゲノム合成
11. 合成生物学と産業
12. 合成生物学と創薬
13. 大学発スタートアップ
14. 総合討論 2

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

レポートの内容は、前半内容と後半内容に関するものの計2回を予定しているので準備しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート1(35%)/レポート2(35%)/リアクションペーパー(30%)

テキスト (Textbooks)

必要に応じて資料を配付する。

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD112／生物化学特論 2 (Special Topics in Biochemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	岩川弘宙(IWAKAWA HIROOKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD112 生物化学特論2と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

遺伝子発現, 及びその制御で中心的な役割を果たす RNA に関する最新の研究について学び, RNA の多様な働きを理解する.

RNA plays a central role in gene expression and its regulation. This course is designed to teach students about current RNA biology and to enhance students' understanding of the diverse functions of RNA.

授業の内容(Course Contents)

RNA は, メッセンジャー-RNA, 転移 RNA, リボソーム RNA としてタンパク質合成における中心的な役割を果たす. また近年, 小分子非コード RNA や, 長鎖非コード RNA などが遺伝子の発現制御に重要な役割を果たすことが明らかになってきた. 本講義では, RNA の多様な働きを理解するために, 真核生物の翻訳機構, マイクロ RNA(miRNA), 低分子干渉 RNA(siRNA), PIWI-interacting RNA(piRNA)といった小分子 RNA の働き, そして, long intergenic non-coding RNA (lincRNA)など, 様々な長鎖非コード RNA の働きについて学ぶ.

RNA plays a central role in protein biosynthesis as messenger RNA, transfer RNA, and ribosomal RNA. Recently, it has also become clear that small non-coding RNAs and long non-coding RNAs play important roles in the regulation of gene expression. In this course, students will learn about eukaryotic translation mechanisms, the functions of small RNAs such as microRNAs, small interfering RNAs, and piRNAs, and the functions of various long non-coding RNAs such as lincRNAs to understand the diverse functions of RNA.

授業計画(Course Schedule)

1. RNA 生物学入門
2. 翻訳機構①
3. 翻訳機構②
4. 翻訳機構③
5. 真核細胞の小分子 RNA①
6. 真核細胞の小分子 RNA②
7. 真核細胞の小分子 RNA③
8. 真核細胞の小分子 RNA④
9. 長鎖非コード RNA①
10. 長鎖非コード RNA②
11. 最新の RNA 研究①
12. 最新の RNA 研究②
13. 最新の RNA 研究③
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

関連する内容について復習しておくこと.

成績評価方法・基準(Evaluation)

毎回の講義におけるリアクションペーパーの内容(100%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	LD116／生命理学特別講義 2 (Special Lecture in Life Science 2)		
担当者名 (Instructor)	塩見 大輔(SHIOMI DAISUKE)他		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS5190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	RD116 生命理学特別講義 2 と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

最先端の研究について、深く理解する。

The students will thoroughly understand leading-edge research.

授業の内容 (Course Contents)

最先端の研究について、実際に世界と戦っている一線の研究者から話を伺う。
研究内容に加え、研究の進め方、考え方などを実際に追体験する。

Regarding advanced research, the students will learn leading-edge research from world's top researchers.

In addition to the research contents, the students will actually experience for themselves how to proceed with and approach research.

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス(塩見 大輔)
バクテリア染色体の凝縮機構と染色体分配(1)(仁木 宏典)
2. バクテリア染色体の凝縮機構と染色体分配(2)(仁木 宏典)
3. 人工細胞をもちいた進化分子工学(1)(松浦 友亮)
4. 人工細胞をもちいた進化分子工学(2)(松浦 友亮)
5. 神経細胞の培養とその活用手法の現状(池内 与志穂)
6. 神経オルガノイドの機能化に向けて(池内 与志穂)
7. ゲノム編集の基礎(宮岡 佑一郎)
8. ゲノム編集の iPS 細胞への応用(宮岡 佑一郎)
9. 真核生物とは何か:どのように誕生し、どのような能力を得たのか(吉田 大和)
10. 真核生物の基本原則を解く(吉田 大和)
11. 植物の交配様式の進化とその分子機構(1)(土松 隆志)
12. 植物の交配様式の進化とその分子機構(2)(土松 隆志)
13. 生体膜脂質の機能(河野 望)
14. 飽和型リン脂質により発動する細胞応答(河野 望)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業される先生の研究について、HP や論文などを見て、予習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回の講義におけるリアクションペーパーの内容、議論への参加など(100%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程 輪講A・Bと合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

各研究分野に関連する論文・総説等の精読や、卒業研究の進捗状況報告を行うことで、プレゼンテーション能力を養うと共に各研究分野に対する理解を深める。

In this course, students will engage in intensive reading of the literature of specific fields of research, which is relate to their own Graduation Research, while giving reports on the progress of their Graduation Research. In doing so, they will sharpen their presentation skills while deepening their knowledge of various fields.

授業の内容 (Course Contents)

輪講は生命理学科における教育の最終年度において、卒業研究と表裏一体で行われるものである。そのため輪講では、卒業研究の遂行に必要な、各研究分野に関する知識や論理的な考え方の習得、さらには発表能力の育成などを目的として、各指導教員が個別に授業計画を設定し、その計画に従い、1年間を通じて行う。

This course should be taken in one's final year studying in the Department of Life Science, and is supposed to be taken in conjunction with one's Graduation Research. During this course, students are to obtain knowledge from various fields necessary to complete their Graduation Research while honing their ability to think in a logical manner. Students will also be able to sharpen their presentation skills. Each individual will be given a plan of study from a supervisor, which they are to follow over the course of the year.

授業計画 (Course Schedule)

1. 論文紹介・研究進捗状況報告
2. 論文紹介・研究進捗状況報告
3. 論文紹介・研究進捗状況報告
4. 論文紹介・研究進捗状況報告
5. 論文紹介・研究進捗状況報告
6. 論文紹介・研究進捗状況報告
7. 論文紹介・研究進捗状況報告
8. 論文紹介・研究進捗状況報告
9. 論文紹介・研究進捗状況報告
10. 論文紹介・研究進捗状況報告
11. 論文紹介・研究進捗状況報告
12. 論文紹介・研究進捗状況報告
13. 論文紹介・研究進捗状況報告
14. 論文紹介・研究進捗状況報告

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

指定された文献は必ず読んでくること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究分野に関する論文の読解力、発表能力、研究に対する取り組み姿勢等を各研究指導教員が総合的に評価。(100%)

テキスト (Textbooks)

教材等は指導教員が用意する。

参考文献 (Readings)

指導教員が別途指示する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講 1 (Colloquium 1)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	後期課程 輪講A・Bと合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

各研究分野に関連する論文・総説等の精読や、卒業研究の進捗状況報告を行うことで、プレゼンテーション能力を養うと共に各研究分野に対する理解を深める。

In this course, students will engage in intensive reading of the literature of specific fields of research, which is relate to their own Graduation Research, while giving reports on the progress of their Graduation Research. In doing so, they will sharpen their presentation skills while deepening their knowledge of various fields.

授業の内容 (Course Contents)

輪講は生命理学科における教育の最終年度において、卒業研究と表裏一体で行われるものである。そのため輪講では、卒業研究の遂行に必要な、各研究分野に関する知識や論理的な考え方の習得、さらには発表能力の育成などを目的として、各指導教員が個別に授業計画を設定し、その計画に従い、1年間を通じて行う。

This course should be taken in one's final year studying in the Department of Life Science, and is supposed to be taken in conjunction with one's Graduation Research. During this course, students are to obtain knowledge from various fields necessary to complete their Graduation Research while honing their ability to think in a logical manner. Students will also be able to sharpen their presentation skills. Each individual will be given a plan of study from a supervisor, which they are to follow over the course of the year.

授業計画 (Course Schedule)

1. 論文紹介・研究進捗状況報告
2. 論文紹介・研究進捗状況報告
3. 論文紹介・研究進捗状況報告
4. 論文紹介・研究進捗状況報告
5. 論文紹介・研究進捗状況報告
6. 論文紹介・研究進捗状況報告
7. 論文紹介・研究進捗状況報告
8. 論文紹介・研究進捗状況報告
9. 論文紹介・研究進捗状況報告
10. 論文紹介・研究進捗状況報告
11. 論文紹介・研究進捗状況報告
12. 論文紹介・研究進捗状況報告
13. 論文紹介・研究進捗状況報告
14. 論文紹介・研究進捗状況報告

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

指定された文献は必ず読んでくること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究分野に関する論文の読解力、発表能力、研究に対する取り組み姿勢等を各研究指導教員が総合的に評価。(100%)

テキスト (Textbooks)

教材等は指導教員が用意する。

参考文献 (Readings)

指導教員が別途指示する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

研究計画の立案、実験の実施、結果・データのとりまとめ、結論と考察、研究発表といった一連の研究プロセスを身につける。

The purpose of this class is to familiarize students with a series of research processes, including planning a research plan, conducting experiments, summarizing results and data, concluding and discussing the results, and presenting the results.

授業の内容 (Course Contents)

研究計画を議論し立案する。指導された実験方法を実施する。結果とデータを取りまとめる。結論と考察を議論しまとめる。研究発表を行う。

Discuss and develop a research plan. Carry out the experimental procedures as instructed. Compile the results and data. Discuss and summarize conclusions and discussion. Make a presentation of the research.

授業計画 (Course Schedule)

1. 研究と実験計画の立案
2. 実験の実施
3. 実験の実施
4. 実験の実施
5. 実験の実施
6. 実験の実施
7. 実験の実施
8. 実験の実施
9. 実験の実施
10. 実験の実施
11. 実験の実施
12. 結果・データのとりまとめ
13. 結論と考察
14. 研究発表

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に必要な文献の検索、検討を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%) / 日常の実験(60%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／特別研究 1 (Research for Master's Thesis 1)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

研究計画の立案、実験の実施、結果・データのとりまとめ、結論と考察、研究発表といった一連の研究プロセスを身につける。

The purpose of this class is to familiarize students with a series of research processes, including planning a research plan, conducting experiments, summarizing results and data, concluding and discussing the results, and presenting the results.

授業の内容 (Course Contents)

研究計画を議論し立案する。指導された実験方法を実施する。結果とデータを取りまとめる。結論と考察を議論しまとめる。研究発表を行う。

Discuss and develop a research plan. Carry out the experimental procedures as instructed. Compile the results and data. Discuss and summarize conclusions and discussion. Make a presentation of the research.

授業計画 (Course Schedule)

1. 研究と実験計画の立案
2. 実験の実施
3. 実験の実施
4. 実験の実施
5. 実験の実施
6. 実験の実施
7. 実験の実施
8. 実験の実施
9. 実験の実施
10. 実験の実施
11. 実験の実施
12. 結果・データのとりまとめ
13. 結論と考察
14. 研究発表

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に必要な文献の検索、検討を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%) / 日常の実験(60%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／修士論文指導演習 (Master's Thesis)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	3単位(3 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS6880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)			

授業の目標 (Course Objectives)

研究計画の立案、実験の実施、結果・データのとりまとめ、結論と考察、研究発表といった一連の研究プロセスを身につける。

The purpose of this class is to familiarize students with a series of research processes, including planning a research plan, conducting experiments, summarizing results and data, concluding and discussing the results, and presenting the results.

授業の内容 (Course Contents)

研究計画を議論し立案する。指導された実験方法を実施する。結果とデータを取りまとめる。結論と考察を議論しまとめる。研究発表を行う。

Discuss and develop a research plan. Carry out the experimental procedures as instructed. Compile the results and data. Discuss and summarize conclusions and discussion. Make a presentation of the research.

授業計画 (Course Schedule)

1. 研究と実験計画の立案
2. 実験の実施
3. 実験の実施
4. 実験の実施
5. 実験の実施
6. 実験の実施
7. 実験の実施
8. 実験の実施
9. 実験の実施
10. 実験の実施
11. 実験の実施
12. 結果・データのとりまとめ
13. 結論と考察
14. 研究発表

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

研究に必要な文献の検索、検討を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%) / 日常の実験(60%)

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA101／数理物理特論1 (Special Topics in Mathematical Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	素粒子論に於けるリー代数と表現		
担当者名 (Instructor)	北村 比孝(KITAMURA TOMOTAKA)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA101 数理物理特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子理論の理解に必要なリー代数を学ぶ。
尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

輪講形式でリー代数、特に物理に必要な表現論を学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. Introduction
2. Lie group
3. SU(2)
4. Tensor operators
5. Isospin
6. Root and weights
7. SU(3)
8. Simple roots
9. More SU(3)
10. Tensor methods
11. Young-Tableaux
12. SU(N)
13. Classical groups
14. Classification Theorem

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式で行うため、発表担当者は事前の予習を必須とする。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

3 回以上の発表(100%)
LA101 数理物理特論1と合同授業
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する

テキスト (Textbooks)

1. H. Georgi. 1999. *Lie Algebras In Particle Physics*. Westview Press (738202339)

参考文献 (Readings)

1. 佐藤 光、2016、『群と物理』、丸善出版 (ISBN:4621300849)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA102／量子場理論 (Quantum Field Theory)		
担当者名 (Instructor)	初田 泰之(HATSUDA YASUYUKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA102 量子場理論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

場の量子論の基礎を理解することが目標です。
尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にします。

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論の摂動的取り扱いについて学びます。ローレンツ不変性、正準量子化、経路積分、ファインマン則、ループ補正、くりこみなどを扱う予定です。ゼミ形式で行います。英語のテキストを読むことで科学英語に慣れます。

授業計画 (Course Schedule)

1. Attempts at relativistic quantum mechanics
2. Lorentz Invariance
3. Canonical quantization of scalar fields
4. The LSZ reduction formula
5. Path integrals in quantum mechanics
6. The path integral for interacting field theory I
7. The path integral for interacting field theory II
8. Scattering amplitudes and the Feynman rules
9. The Lehmann-Kallen form of the exact propagator
10. Loop corrections to the propagator
11. Loop corrections to the vertex
12. Higher-order corrections and renormalizability
13. The renormalization group
14. Effective field theory

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

担当者は式の導出や変形を含めて十分な発表準備を行って下さい。単に日本語に直訳するのではなく、内容を理解して要点を抑えた発表をして下さい。非担当者も予習しておいて下さい。大学4年までに習う物理及び数学は既知であることを前提とします。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(50%)/授業内で指示する課題(25%)/議論への参加(25%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求します。

テキスト (Textbooks)

1. Mark Srednicki. 2022. *Quantum Field Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-0-521-86449-7)
- テキストのみで理解が難しい場合は適宜別の文献に当たって解決に努めて下さい。

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction to Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:0367320568)
2. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:4785325119)
3. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:4785325127)
4. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a nutshell*. Princeton University Press (ISBN:0691140340)

その他 (HP 等) (Others(e.g HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA103／宇宙物理特論1 (Special Topics in Cosmology 1)		
担当者名 (Instructor)	小林 努(KOBAYASHI TSUTOMU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA103 宇宙物理特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

The aim of this course is to understand inflation in string theory at an advanced level.

授業の内容 (Course Contents)

Students learn inflation in string theory at an advanced level.

授業計画 (Course Schedule)

1. Seminar by a student followed by a discussion
2. Seminar by a student followed by a discussion
3. Seminar by a student followed by a discussion
4. Seminar by a student followed by a discussion
5. Seminar by a student followed by a discussion
6. Seminar by a student followed by a discussion
7. Seminar by a student followed by a discussion
8. Seminar by a student followed by a discussion
9. Seminar by a student followed by a discussion
10. Seminar by a student followed by a discussion
11. Seminar by a student followed by a discussion
12. Seminar by a student followed by a discussion
13. Seminar by a student followed by a discussion
14. Seminar by a student followed by a discussion

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

Basic knowledge of general relativity, cosmology, and quantum field theory is assumed.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

Presentation and discussion(100%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する

テキスト (Textbooks)

1. Daniel Baumann, Liam McAllister. 2015. *Inflation and String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-1-107-08969-3)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA104／素粒子特論1 (Special Topics in Particle Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	弦理論入門		
担当者名 (Instructor)	初田 泰之(HATSUDA YASUYUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA104 素粒子特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

弦理論の基礎を理解することを目指します。

尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にします。

授業の内容 (Course Contents)

(超)弦理論は4つの基本的な力を統一しようという野心的な試みです。また双対性に基づいて、通常では発見することが難しい様々な理論の間の関係を俯瞰的に予想することができます。弦理論の入門としてボソンの弦の基本的性質と共形場理論についてゼミ形式で学びます。

授業計画 (Course Schedule)

1. Preliminaries
2. The Relativistic String I
3. The Relativistic String II
4. The Quantum String I
5. The Quantum String II
6. The Quantum String III
7. Open Strings and D-Branes
8. Conformal Field Theory I
9. Conformal Field Theory II
10. Conformal Field Theory III
11. The Polyakov Path Integral and Ghosts I
12. The Polyakov Path Integral and Ghosts II
13. String Interactions I
14. String Interactions II

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

場の量子論と一般相対性理論の初等の事柄は習得済みであることが望ましいです。その他、大学3年までに習う物理と数学の幅広い知識が必要です。担当者は十分な発表準備を行って下さい。高度な内容となるので自発的な予習・復習が必要となります。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

発表内容(50%)／授業内に出す課題(25%)／授業への参加度(25%)

すべての評価方法において高度な達成水準を要求します。

テキスト (Textbooks)

以下の講義ノートを使用します。予め印刷するなどして見られるようにしておいて下さい。

David Tong, "String Theory – University of Cambridge Part III Mathematical Tripos – "

<https://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/string.html>

参考文献 (Readings)

1. 細道 和夫、2017、『弦とブレーン』、朝倉書店 (ISBN:978-4254138023)
2. J. Polchinski. 2005. *String Theory, Vol.1*. Cambridge University Press (ISBN:978-0143113799)
3. B. Zwiebach. 2009. *A First Course in String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-0521880329)

講義ノートのみで理解が難しい場合は適宜参考文献に当たって解決に努めて下さい。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA105／天体物理特論 (Special Topics in Astrophysics)		
担当者名 (Instructor)	小林 努(KOBAYASHI TSUTOMU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA105 天体物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

The aim of this course is to understand inflation in effective field theory at an advanced level.

授業の内容 (Course Contents)

Students learn inflation in effective field theory at an advanced level.

授業計画 (Course Schedule)

1. Seminar by a student followed by a discussion
2. Seminar by a student followed by a discussion
3. Seminar by a student followed by a discussion
4. Seminar by a student followed by a discussion
5. Seminar by a student followed by a discussion
6. Seminar by a student followed by a discussion
7. Seminar by a student followed by a discussion
8. Seminar by a student followed by a discussion
9. Seminar by a student followed by a discussion
10. Seminar by a student followed by a discussion
11. Seminar by a student followed by a discussion
12. Seminar by a student followed by a discussion
13. Seminar by a student followed by a discussion
14. Seminar by a student followed by a discussion

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

Basic knowledge of general relativity, cosmology, and quantum field theory is assumed.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

Presentation and discussion(100%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する

テキスト (Textbooks)

1. Daniel Baumann, Liam McAllister. 2015. *Inflation and String Theory*. Cambridge University Press (ISBN:978-1-107-08969-3)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA106／宇宙物理特論2 (Special Topics in Cosmology 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー天体物理学 (High-energy astrophysics)		
担当者名 (Instructor)	当真 賢二(TOMA KENJI)		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義：日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること LA106 宇宙物理特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

高エネルギー天体物理学を概観し、特にブラックホールが駆動する高エネルギー現象の観測的性質と基礎的物理について理解する。

なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

活動銀河核ジェットやガンマ線バースト等の高エネルギー天体現象の多くはブラックホールに駆動されていると考えられている。またそれらは遠方宇宙探査・宇宙線・重力波の研究に密接に関連している。本講義では、高エネルギー天体の観測的性質とそれを理解するための物理について述べる。

授業計画 (Course Schedule)

1. 高エネルギー天体現象の観測的性質
2. 天体物理学の中の力学、熱力学、電磁気学、流体力学
3. 特殊相対論的流体力学
4. 相対論的衝撃波
5. 高エネルギー放射過程
6. プラズマ物理と粒子加速
7. ブラックホール降着流1: 標準円盤
8. ブラックホール降着流2: 高温降着流
9. 一般相対性理論とブラックホール影
10. パルサーの単極誘導
11. 相対論的電磁流体の加速
12. 回転ブラックホール
13. 一般相対論的電磁気学
14. ブラックホール磁気圏とジェットの駆動

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%)/授業における議論への参加度(70%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 高原文郎、『天体高エネルギー現象』、岩波書店 (ISBN:978-4000111492)
2. 高原文郎、『特殊相対論』、培風館 (ISBN:978-4563024437)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA107／重力特論 (Special Topics in Gravity)		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA107 重力特論と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

一般相対論は、20世紀半ばから多角的な側面において著しい発展を遂げ、現代物理学において最も成功した重力理論となるに至る基礎が成立した。この授業では現代一般相対論の数理的及び応用的な基礎を学ぶ。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

標準的な教科書をゼミ形式で読み進めて、式の導出の確認したり、記述を理解したり、演習問題を解いたりすることによって、一般相対論の基礎と発展的内容のいくつかを身につける。

授業計画(Course Schedule)

1. 参加者による報告(1)
2. 参加者による報告(2)
3. 参加者による報告(3)
4. 参加者による報告(4)
5. 参加者による報告(5)
6. 参加者による報告(6)
7. 参加者による報告(7)
8. 参加者による報告(8)
9. 参加者による報告(9)
10. 参加者による報告(10)
11. 参加者による報告(11)
12. 参加者による報告(12)
13. 参加者による報告(13)
14. 参加者による報告(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

理論物理学講究1(相対論)の内容(一般相対論の入門的な内容)は修得済みか修得中であることが望ましい。内容の詳細については履修者の関心を考慮して選定する。適宜予習復習を行うこと。

成績評価方法・基準(Evaluation)

発表と議論への参加(60%)／最終レポート(Final Report)(40%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

1. Steven Weinberg. 2008. *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*. Wiley (ISBN:8126517557)

参考文献(Readings)

1. V.P. Frolov, A. Zelnikov. 2015. *Introduction to Black Hole Physics*. Oxford University Press (ISBN:0198729111)
2. Robert M. Wald. 1984. *General Relativity*. University of Chicago Press (ISBN:0226870332)
3. S. W. Hawking, G. F. R. Ellis. 1975. *The large scale structure of spacetime*. Cambridge University Press (ISBN:0521099064)
4. C. W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler. 2017. *Gravitation*. Princeton Univ Pr (ISBN:0716703440)
5. E. Poisson. 2008. *A Relativist's Toolkit: The Mathematics of Black-Hole Mechanics*. Cambridge University Press (ISBN:0521537800)

その他(HP等)(Others(e.g.HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA108／天体物理学 (Astrophysics in Quantum Gravities)		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA108 天体物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

天体物理学の基礎を習得する。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

観測されている天体現象の多くは実は初等的な Newton 重力と流体力学と電磁気学と輻射過程の組み合わせによって基本的には理解できる。ここでは、初等的で標準的なテキストをゼミ形式で天体物理学の基礎を学習する。理論系の大学院生だけでなく観測・実験系の大学院生の参加も歓迎する。特に本授業では宇宙物理学における流体力学を中心に学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. 参加者による報告(1)
2. 参加者による報告(2)
3. 参加者による報告(3)
4. 参加者による報告(4)
5. 参加者による報告(5)
6. 参加者による報告(6)
7. 参加者による報告(7)
8. 参加者による報告(8)
9. 参加者による報告(9)
10. 参加者による報告(10)
11. 参加者による報告(11)
12. 参加者による報告(12)
13. 参加者による報告(13)
14. 参加者による報告(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

物理学専攻の大学院生であれば特別な前提知識の必要はない。力学, Newton 重力, 電磁気学, 波動について習ったことがあれば十分である。流体力学は基礎の部分からゼミで扱うので、学部で習っていないてもよい。適宜予習復習が必要である。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/発表(30%)/議論への参加(30%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. 坂下志郎, 池内了, 1996, 『宇宙流体力学』, 培風館 (ISBN:4563024309)

参考文献 (Readings)

1. George B. Rybicki, Alan P. Lightman, 1985. *Radiative processes in Astrophysics*. Wiley-VCH (ISBN:0471827592)
2. Stuart L. Shapiro and Saul A. Teukolsky. 1983. *Black Holes, White Dwarfs, and Neutron Stars: The Physics of Compact Objects*. Wiley-VCH (ISBN:0471873160)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA111／電子工学特論 (Special Lecture on Electronics)		
担当者名 (Instructor)	馬場 秀忠(BABA HIDETADA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 LA111 電子工学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

放射線計測や原子核実験に必要なパルス回路, 信号処理の基本について学ぶ。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

放射線計測で日常的に用いられるパルス回路や信号処理法についての講義を行う。より実践的な感覚を得るために講義の他に簡単な電子回路を使った実習も行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 電気信号が伝わるとは
2. 抵抗, コンデンサ, コイルの役割
3. 微分, 積分回路
4. 同軸ケーブル
5. インピーダンスとは(講義)
6. インピーダンスとは(実習)
7. 電子回路を作るための部品(1)
8. 電子回路を作るための部品(2)
9. オペアンプを用いた回路(講義)
10. オペアンプを用いた回路(実習)
11. ADC について
12. デジタル通信とは
13. ノイズについて
14. 最近のデジタル技術紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

高校, 大学で学んできた基本的な電子回路の知識。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席および授業への参加度(70%)/講義内発表(30%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. W.R.Leo, . 1994. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*. Springer-Verlag (ISBN:9.7835405728E12)

参考文献 (Readings)

1. G.F. Knoll, 2013, 『放射線計測ハンドブック』, オーム社 (9.784274214493E12)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA112／放射線計測特論 (Special Topics in Techniques for Nuclear and Radiation Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	素粒子・原子核物理学の実験に必要な放射線計測技術		
担当者名 (Instructor)	尾崎 早智(OZAKI SACHI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7990	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修B】 LA112 放射線計測特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子・原子核物理学の研究を主目的に、様々な場面で必要となる放射線計測技術の基礎知識を身につけることを目標とする。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

放射線検出器の原理・応用を、英文の文献を参考としつつ理解する。文献の理解および各自担当分をまとめて発表する課題を通じて、研究現場で即戦力となる知識を習得する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 計測の一般論・統計 1
2. 計測の一般論・統計 2
3. 放射線と物質の相互作用 1
4. 放射線と物質の相互作用 2
5. 気体検出器 1
6. 気体検出器 2
7. シンチレーション検出器 1
8. シンチレーション検出器 2
9. 半導体検出器
10. 時間、位置、エネルギー、運動量等の測定法 1
11. 時間、位置、エネルギー、運動量等の測定法 2
12. 複合検出器の具体例 1
13. 複合検出器の具体例 2
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

素粒子・原子核物理学に関する基礎知識を身につける。授業の予習として、文献を自分なりに解釈することと、各自担当の回は予習内容をまとめて発表する準備が必要となる。授業後は学んだことを各自の研究現場で役立ててほしい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の授業内課題(60%)／最終レポート(Final Report)(40%)

授業時の課題とその発表、レポートに基づいて評価する。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. W.R. Leo. 1994. *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*. Springer-Verlag (ISBN:3540572805)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA115／宇宙放射線特論 (Special Topics in Cosmic Radiation)		
担当者名 (Instructor)	北本 俊二(KITAMOTO SHUNJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 LA115 宇宙放射線特論と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

原子の構造と電子のエネルギー準位を理解する。遷移過程を学習して、X線の輝線や吸収線を理解する。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

宇宙を観測すると、画像をはじめ時間変動や光のエネルギー分布(エネルギースペクトル)等、いろいろな情報が得られる。最近のX線天文学ではX線のエネルギースペクトルをたいへん詳しく取得できるようになってきた。そのため、観測から宇宙を理解するためには、基礎的なX線の放射過程、とくに輝線や吸収線についての素過程を理解することが非常に重要になってきた。この講義で、X線放射機構についてエネルギー状態とその間の遷移、そして、輝線の形状を決定する因子を学習する。

授業計画(Course Schedule)

1. A Review of the Schrodinger Equation
2. One-electron in a Central Field, Wave Functions, Spin
3. Many-electron Systems, Statistics, The Pauli Principle, Hartree-Fock Approximation: Configurations, The Electrostatic Interaction
4. Perturbations, Level Splittings and Term Diagram, Equivalent and Nonequivalent Electrons and Their Spectroscopic Terms, Parity, Spin-Orbit Coupling
5. Zeeman Effect, Role of the Nucleus, Thermal Distribution of Energy Levels and Ionization, Thermal Equilibrium, The Saha Equation
6. Semi-Classical Theory of Radiative Transitions, Electromagnetic Hamiltonian,
7. The Transition Probability. The Dipole Approximation
8. Einstein Coefficients and Oscillator Strengths
9. Selection Rules
10. Transition Rates, Bound-bound Transition for Hydrogen, Bound-free Transitions for Hydrogen, Radiative Recombination
11. Line Broadening Mechanisms, Doppler Broadening, Natural Broadening, Collisional Broadening, Combined Doppler and Lorentz Profile
12. Topics 1
13. Topics 2
14. Topics 3

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

テキストの内容を、他の受講者に説明できるよう、レジュメを準備すること

成績評価方法・基準(Evaluation)

授業への参加度(100%)

テキストの内容を互いに説明し議論することで、授業を進める予定である。〈BR〉すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

1. Rybicki and Lightman. 1985. *Radiative Processes in Astrophysics*. Wiley-Interscience (ISBN:0-471-82759-2)

参考文献(Readings)

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA123／現代物理学特別講義1 (Special Lecture in Modern Physics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子重力と素粒子論・宇宙論 (Quantum Gravity and Phenomenology)		
担当者名 (Instructor)	野海 俊文(NOUMI TOSHIFUMI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA123 現代物理学特別講義1と合同授業 集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

素粒子論や宇宙論の基礎となる低エネルギー有効理論と UV completion の考え方を身につけ、それに基づいて量子重力の現象論的側面を考察できるようになる。

授業の内容 (Course Contents)

本講義では「量子重力と整合的な素粒子論・宇宙論模型が満たすべき一般的性質は何か?」という問いを中心に、量子重力の現象論的側面に関する近年の進展を紹介する。その過程で、低エネルギー有効理論の考え方や散乱行列理論、ブラックホール熱力学など関連する基礎的内容も順次取り扱う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 低エネルギー有効理論と UV completion
2. 散乱振幅の基本的性質 (1)
3. 散乱振幅の基本的性質 (2)
4. 散乱振幅の正値性条件 (1)
5. 散乱振幅の正値性条件 (2)
6. 量子重力理論としての弦理論 (1)
7. 量子重力理論としての弦理論 (2)
8. ランドスケープとスワンプランド
9. 正値性条件の重力理論への拡張 (1)
10. 正値性条件の重力理論への拡張 (2)
11. 正値性条件とブラックホール熱力学 (1)
12. 正値性条件とブラックホール熱力学 (2)
13. スワンプランド研究の進展と展望 (1)
14. スワンプランド研究の進展と展望 (2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

講義の復習をすること。特に、講義で省略した式の導出を自ら行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/授業への参加度(60%)

テキスト (Textbooks)

授業中に関連文献を随時紹介する。

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA124／現代物理学特別講義2 (Special Lecture in Modern Physics 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	重力波物理学の基礎 (Foundation of gravitational wave physics)		
担当者名 (Instructor)	田中 貴浩(TANAKA TAKAHIRO)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること LA124 現代物理学特別講義2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

新しく加わった宇宙の探針である重力波に関する理解は、今後の宇宙論、宇宙物理学を進めていく上での必要不可欠のツールである。そのために必要な広範囲にわたる基礎的事項の理解を目標とする。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

一般相対論、および、重力波に関する一般的基礎を学んだ後、様々な重力波源について概観する。次に、連星系からの重力波波形予測について学ぶ。さらに、重力波検出の原理とデータ解析の基礎について解説する。最後に、重力波検出から広がりつつある様々な物理について解説し、重力波観測から得られる重力理論の拡張に対する制限について詳しくみる。

授業計画 (Course Schedule)

1. 一般相対論 I (Introduction to general relativity I)
2. 一般相対論 II (Introduction to general relativity II)
3. 重力波に関する一般的基礎 I (General foundations on gravity waves I)
4. 重力波に関する一般的基礎 II (General foundations on gravity waves II)
5. 様々な重力波源 I (Various sources of gravitational waves I)
6. 様々な重力波源 II (Various sources of gravitational waves II)
7. 連星系からの重力波波形予測 I (Prediction of gravitational waveforms from binary systems I)
8. 連星系からの重力波波形予測 II (Prediction of gravitational waveforms from binary systems II)
9. 重力波検出とデータ解析 I (Gravitational wave detection and data analysis I)
10. 重力波検出とデータ解析 II (Gravitational wave detection and data analysis II)
11. 重力波検出から広がる物理 I (Physics expanding from gravitational wave detection I)
12. 重力波検出から広がる物理 II (Physics expanding from gravitational wave detection II)
13. 重力波観測と重力理論の拡張 I (Extensions of gravitational theory explored by gravitational waves I)
14. 重力波観測と重力理論の拡張 II (Extensions of gravitational theory explored by gravitational waves II)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

講義ノートは事前に提示しますので、目を通して授業に臨んでください。復習のための小課題をオンラインで提示しますので、その課題を提出してください。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席(30%) / 小課題(70%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 田中 貴浩、2021、『相対論』、東京図書 (ISBN:078-4-489-02364-4)
2. 柴田 大、久徳 浩太郎、2018、『重力波の源』、朝倉書店 (ISBN:978-4-254-13801-6)
3. Jolien D. E. Creighton, Warren G. Anderson. 2011. *Gravitational-Wave Physics and Astronomy: An Introduction to Theory, Experiment and Data Analysis*. Wiley (ISBN:978-3-527-40886-3)
4. Clifford M. Will. 1993. *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. Cambridge University Press (ISBN:0-521-43973-6)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

<http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~takahiro.tanaka/index-j.html>

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA133／素粒子特論2 (Special Topics in Particle Physics 2)		
担当者名 (Instructor)	未定 (MITEI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA133 素粒子特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代的な場の量子論の基礎を学ぶ。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

輪講形式で場の量子論, 特に Yang-Mills 理論の量子化を議論する。(担当者が決まれば変更する可能性がある。)

授業計画 (Course Schedule)

1. Introduction
2. Symmetry breaking
3. Pion as Nambu-Goldstone boson
4. Effective Potential
5. Magnetic Monopole
6. NonAbelian gauge theory
7. Anderson Higgs mechanism
8. Chiral anomaly
9. Quantizing Yang-Mills theory
10. Electroweak unification
11. Quantum chromodynamics
12. Large N expansion
13. Grand unification
14. Protons are not forever

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

量子電磁力学の1ループくりこみができることを前提とする。
毎回、与えられたトピックをテキストに従って1時間で解説できるように十分な予習を要求する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

3回以上の発表(100%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a nutshell*. Princeton Univ Pr (691140340)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA134／量子場特論 (Special Topics in Quantum Field Theory)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	曲がった時空中の場の量子論		
担当者名 (Instructor)	北村 比孝(KITAMURA TOMOTAKA)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA134 量子場特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

曲がった時空に於ける場の量子論の基礎を理解し、その物理的な内容を学ぶ。さらに、素粒子論、宇宙論、相対論に於ける各々の立場から“曲がった時空に於ける場の量子論”を捉えられることを目指す。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

曲がった時空に於ける場の量子論は、素粒子論、宇宙論や重力理論を理解する上で大きな役割を担う。特に、Black Hole 時空や膨張宇宙といった重力の効果が顕著となる場合の量子論的現象を記述したり、AdS/CFT 対応といった重力の量子論を理解するために重要な理論である。

この授業では、まず曲がった時空上での場の量子論の概念や計算方法などの基礎的事項を理解し、膨張宇宙での量子揺らぎやホーキング輻射など強重力場中での粒子生成といった具体的な現象について学ぶ。

さらに可能であれば、Trace Anomaly や AdS 時空上での場の理論などにも触れる。曲がった時空に於ける場の量子論をより深く理解する為に、素粒子論、宇宙論、相対論に於ける各々の立場から“曲がった時空に於ける場の量子論”を捉えられることを目指す。

授業計画 (Course Schedule)

1. 導入
2. 場の理論の復習
3. 強制調和振動子
4. 調和振動子から場へ
5. 古典場の復習
6. 膨張宇宙での量子場
7. Bogolyubov 変換
8. de Sitter 宇宙での量子場
9. Unruh 効果
10. Hawking 輻射
11. Black Hole 熱力学
12. 経路積分
13. Trace Anomaly
14. 発展的事項

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式で行うため、発表担当者は事前の予習を必須とする。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業態度(35%)/発表回数(35%)/発表・質問・議論の内容(30%)

LA134 量子場特論と合同授業
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する

テキスト (Textbooks)

1. V. F. Mukhanov, S. Winitzki. 2007. *Introduction to Quantum effects in Gravity*. Cambridge University Press (9.780521868341E12)

参考文献 (Readings)

1. Bryce. S. De Witt. 1975. *Quantum field theory in curved spacetime*. ELSEVIER
2. Fiorenzo Bastianelli, Peter van Nieuwenhuizen. 2009. *Path Integrals and Anomalies in Curved Space*. Cambridge University Press (ISBN:0521120500)
3. N. D. Birrell, P. C. W. Davies. 1984. *Quantum Fields in Curved Space*. Cambridge University Press (ISBN:0521278589)

適宜、内容に応じて参考文献のテキストを扱う

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA146／現代物理学特別講義3 (Special Lecture in Modern Physics 3)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー重イオン衝突とクォーク・グルーオン・プラズマ相転移 QCD 相構造、宇宙初期の高温領域から中性子内部の高密度領域、臨界点		
担当者名 (Instructor)	江角 晋一(ESUMI SHINICHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義：日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること LA146 現代物理学特別講義3と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

強い相互作用が支配する世界、有限量子多体系の数々の現象、クォーク・グルーオン・プラズマや QCD 相図の構造や性質を理解するため、高エネルギー重イオン実験・解析の技法や概念の基礎を身につける。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

高エネルギー重イオン衝突反応、クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)相の性質について学ぶ。これまでのハドロン衝突や重イオン衝突実験における、ソフト・ハードな指針を用いて得られた温度、集団運動、エネルギー損失、ハドロン生成などに関する研究結果や計算結果等との比較をおこない、QCD 相図や QGP 相転移について学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. experimental techniques of high energy heavy ion collisions
2. particle detection technologies
3. initial and freeze-out temperature
4. chemical and thermal freeze-out
5. collective radial expansion
6. collective an-isotropic expansion
7. partonic energy loss and jet quenching
8. direct photons and penetrating probes
9. J/psi, Upsilon suppression
10. higher order flow harmonics and small collision systems
11. particle correlation and source imaging
12. global polarization and chiral magnetic effects
13. first order phase transition and equation of state
14. critical signature and fluctuation

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

Related experimental results and theoretical interpretations to be searched and studied with published journals or preprints from the experimental groups or from the theorists.

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/questions and discussions(60%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA147／現代物理学特別講義4 (Special Lecture in Modern Physics 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	大気物理学の基礎と地球惑星大気の諸現象理解への応用		
担当者名 (Instructor)	鈴木 秀彦(SUZUKI HIDEHIKO)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること LA147 現代物理学特別講義4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

流体力学と熱力学に基礎をおいた大気力学の基礎を修得し、地球や惑星の大気システムで起こる多種多様な大気物理現象の根本原理を理解することを本講義の目標とする。また大気物理における未解明問題について理解する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

地球物理学では個々の現象の本質を物理学で記述するために、現象の時間的、空間的スケールに最適な解析法を用いる。本授業の前半では、そのような考え方・手法の基礎を解説する。本授業の後半ではこれによって得られる知見を地球や惑星で起こっている大気諸現象に対して適用する方法を解説し、それらのメカニズムの本質が理解可能であることを示す。

授業計画 (Course Schedule)

1. 大気物理学の概観
本講義の狙いおよび聴講により得られる知識の概観
2. 大気の運動方程式に登場する力の導出
圧力勾配、粘性力、重力、慣性力(コリオリ力、遠心力)
3. 大気の鉛直つり合いの式: 静水圧平衡
スケールハイトの定義とその計算
4. 全微分と局所微分
Euler 系と Lagrange 系の概念、回転球面系での全微分
5. 回転球面系の運動方程式とスケール解析
曲率項と総観規模スケールの現象を扱う方程式、ジオポテンシャル高度の導入
6. スケール解析による地衡風近似の導出、ロスビー数の導入
地球と惑星のロスビー数とその運動の特徴
7. 連続の式および発散場と収束場
連続の式のスケール解析
8. 熱力学方程式(エネルギー方程式)および温位と断熱減率
大気の安定、不安定とは
9. 大気中の水分の役割と湿潤大気の温度減率
熱力学ダイアグラム(エマグラム)の活用による雲底高度の推定実習
10. 方程式系の大気運動への応用
慣性振動、高気圧、低気圧、旋衡風、台風などの理解
11. 温度風と hodograph、渦度
雲の多層構造の観測による暖域分布の推定
12. 渦度方程式と大気中を伝わる波動
13. 地球大気物理の未解明問題
超高層大気研究の最先端
14. 惑星大気物理の未解明問題

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

熱力学、統計力学、量子力学の基礎的な概念を理解していること、物理数学(ベクトル解析、微分方程式など)を復習しておくことが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終授業で提示するレポート(60%) / 授業への参加度(40%)

参加度は講義中に行う計算演習や実習における積極性なども評価する。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. J. R. Holton ほか, *Dynamic Meteorology*. ACADEMIC PRESS
2. 小倉義光、『一般気象学』、東京大学出版会
3. 松野太郎・島崎達郎、『大気科学講座 3 中間圏と成層圏の大気』、東京大学出版会

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA148／惑星大気物理特論 (Special Topics in Physics of Planetary Atmospheres)		
担当者名 (Instructor)	田口 真(TAGUCHI MAKOTO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA148 惑星大気物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

履修者の研究テーマに関連する惑星大気現象について、研究に必要な知識を身につける。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身につけることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

惑星大気に関連する学問分野の教科書や論文等の文献を読んで、修士課程での研究に必要な専門知識や手法を身につける。文献の内容は、履修者の研究テーマを勘案し、最も有効と思われる領域を選定する。履修者はあらかじめ読んできた文献の内容を紹介し、疑問点を担当教員が補足・解説する。

[参考]これまでに読んだ文献:

E. J. McCartney, Absorption and Emission by Atmospheric Gases
G. G. Shepherd, Spectral Imaging of the Atmosphere
S. J. Bauer and H. Lammer, Planetary Aeronomy
G. W. Petty, A First Course in Atmospheric Radiation
S. W. Bougher, D. M. Hunten, and R. J. Phillips, Venus II
J. R. Holton and G. J. Hakim, Dynamic Meteorology

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション, 講読する文献の選定, 講読分担の決定
2. 講読1
3. 講読2
4. 講読3
5. 講読4
6. 講読5
7. 講読6
8. 講読7
9. 講読8
10. 講読9
11. 講読10
12. 講読11
13. 講読12
14. 講読13

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

文献を読んで理解してくること。理解できなかった箇所を整理してくること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への参加度(100%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

初回の授業時に紹介する。

参考文献 (Readings)

授業中に適宜紹介する。

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA149／惑星物理特論 (Special Topics in Planetary Physics)		
担当者名 (Instructor)	亀田 真吾(KAMEDA SHINGO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LA149 惑星物理特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

惑星物理に関する研究結果を調べ、惑星で起きている物理現象を理解する。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

惑星に関する教科書あるいは総説論文を読み、最新の研究に向けて準備する。教材は、受講生の研究テーマに応じて選択する。基本的には小天体に関する物理、系外惑星に関する話題を扱う。受講生は教材を読み進め、理解が困難な部分については担当教員がサポートする。

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 小惑星に関する論文講読(1)
3. 小惑星に関する論文講読(2)
4. 小惑星に関する論文講読(3)
5. 小惑星に関する論文講読(4)
6. 小惑星に関する論文講読(5)
7. 小惑星に関する論文講読(6)
8. 系外惑星に関する書籍講読(1)
9. 系外惑星に関する書籍講読(2)
10. 系外惑星に関する書籍講読(3)
11. 系外惑星に関する書籍講読(4)
12. 系外惑星に関する書籍講読(5)
13. 系外惑星に関する論文講読(6)
14. 系外惑星に関する論文講読(7)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

惑星科学や惑星探査に関する基礎的な知識が求められる。授業前に論文を要約して発表の準備を行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

輪読時の参加度(20%)／輪読時の発表内容(40%)／各テーマ発表後のレポート(40%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA150／高エネルギー宇宙物理学特論 (Special Topics in High Energy Astrophysics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高エネルギー宇宙物理学で学ぶ最先端の宇宙観測		
担当者名 (Instructor)	山田 真也(YAMADA SHINYA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7393	言語 (Language)	その他 (Others)
備考 (Notes)	LA150 高エネルギー宇宙物理学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

この授業では高エネルギー宇宙物理学の基礎の習得を目指す。宇宙現象の中で、ブラックホール、超新星残骸、パルサー、相対論的ジェット、他、非熱的な宇宙現象について学び、高エネルギーの宇宙現象を見る目を養う。なお、前期課程よりも高度な知識と、応用力を身につけることを要求する。

授業の内容 (Course Contents)

X線、電波、ガンマ線の宇宙観測により、非熱的な激しい宇宙の描像が見えてきた。高エネルギーの粒子は、生成や伝搬を伴い、地球へ宇宙線として辿りつく。この授業では、その基礎となる物理現象の理解を目指し、特殊相対論、輻射輸送、非熱的な放射など、現実の例を織り交ぜながら、理解を深めてゆく。

授業計画 (Course Schedule)

1. 高エネルギー宇宙現象の紹介
2. 放射過程(1)
3. 放射過程(2)
4. 放射過程(3)
5. 宇宙放射線検出器(1)
6. 宇宙放射線検出器(2)
7. 恒星質量ブラックホール
8. 巨大質量ブラックホール
9. 宇宙線
10. 宇宙観測の基礎
11. ブレーザー
12. 超新星残骸
13. 中性子星やコンパクト星
14. 宇宙の大規模構造

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

物理学の基礎となる電磁気学、力学、流体力学を理解していることで、宇宙現象の理解も深まるため、基礎が曖昧な場合は適宜、予習および復習で補うことが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%)／最終テスト(Final Test)(25%)／in-class work(20%)／mid-term test(25%)
すべての評価方法において、高い理解度と表現能力を要求する。

テキスト(Textbooks)

テキストは特に指定しません。

参考文献(Readings)

1. Hale Bradt. 2014. *Astrophysics Processes: The Physics Of Astronomical Phenomena*. Cambridge University Press (ISBN:978-1107677241)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA201／相対論 (General Relativity)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	一般相対論入門		
担当者名 (Instructor)	原田 知広(HARADA TOMOHIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB116 理論物理学講義1、LA201 相対論と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

一般相対論の基礎的な内容を理解する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

時空と重力の基礎理論である一般相対論について講義を行う。一般相対論は、これまでに多くの検証実験を高い精度でクリアしてきた。その基本的な考え方は、今やあらゆる分野の理論物理学者や重力関連分野の実験物理学者にとって欠くことのできないものとなっている。本授業は初学者を対象とする。

授業計画(Course Schedule)

1. 一般相対論の概観
2. 数学的準備(1)
3. 数学的準備(2)
4. 数学的準備(3)
5. 数学的準備(4)
6. 数学的準備(5)
7. 重力の理論としての一般相対論(1)
8. 重力の理論としての一般相対論(2)
9. 一般相対論による重力物理学(1)
10. 一般相対論による重力物理学(2)
11. 一般相対論による重力物理学(3)
12. 一般相対論による重力物理学(4)
13. 一般相対論による重力物理学(5)
14. 一般相対論による重力物理学(6)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

「力学1・2」「微分積分1・2」「線形代数1・2」「電磁気学1・2」「物理数学1・2」「波動と量子」「現代物理学序論」で扱われる内容は修得済みであることを前提とする。さらに「流体力学」「電気力学」で扱われる内容を修得済みあるいは修得中であることが強く望まれる。毎回の授業の復習を必ず行うこと。

成績評価方法・基準(Evaluation)

筆記試験(Written Exam)(80%)／最終レポート(Final Report)(20%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

1. 佐々木節、1996、『一般相対論』、産業図書 (ISBN:4782812051)
適宜プリントを配付する。

参考文献(Readings)

1. エリ デ ランダウ (著)、イエ エム リフシッツ (著)、恒藤 敏彦 (訳)、1978、『場の古典論 (原書第6版)』、東京図書 (ISBN:448901161X)
2. 佐藤勝彦、1996、『相対性理論』、岩波書店 (ISBN:4000079298)
3. Bernard Schutz (著)、江里口 良治 (訳)、二間瀬 敏史 (訳)、2010、『第2版 シュッツ 相対論入門 I 特殊相対論』、丸善 (ISBN:4621083104)
4. Bernard Schutz (著)、江里口 良治 (訳)、二間瀬 敏史 (訳)、2010、『第2版 シュッツ 相対論入門 II 一般相対論』、丸善 (ISBN:4621083112)

その他(HP等)(Others(e.g.HP))

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA202／素粒子論 (Particle Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	場の量子論入門		
担当者名 (Instructor)	木下 俊一郎(KINOSHITA SHUNICHIRO)		
学期 (Semester)	春学期1(Spring Semester 1)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB117 理論物理学講究2、LA202 素粒子論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代物理学の根幹である場の量子論の基礎を学ぶことが目標である。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論は現代物理学において重要な役割を果たしている。スカラー場、マクスウェル場、ディラック場の基本的性質およびその量子化の理解を目指す。なお4月、5月に2コマ連続して輪読形式で授業を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 古典場(1) クライン-ゴルドン方程式
3. 古典場(2) マクスウェル方程式
4. 古典場(3) ディラック方程式
5. ディラック方程式の性質(1)
6. ディラック方程式の性質(2)
7. ゲージ原理
8. 場と粒子描像
9. 場の作用と作用原理
10. 対称性と保存則
11. 正準量子化(1) スカラー場の量子化
12. 正準量子化(2) ディラック場の量子化
13. 正準量子化(3) マクスウェル場の量子化
14. ポアンカレ代数

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪読形式でテキストを読み進めていくため、発表担当者は十分な発表準備を行う。この際、式の導出・変形やテキスト内容の自分なりの理解に努めること。

また、非発表担当者は議論に参加できるよう予習を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(60%) / 議論への参加(40%)

すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:9784785325114)

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction To Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:9780367320560)
2. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a Nutshell*. Princeton Univ Press (ISBN:9780691140346)
3. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:9784785325121)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA203／宇宙物理学 (Cosmology)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	Introduction to Physical Cosmology		
担当者名 (Instructor)	棚橋 典大(TANAHASHI NORIHIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB118 理論物理学講究3、LA203 宇宙物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

物理学にもとづいた宇宙論の基礎的事項を身につける。英語のテキストを読んで理解し、自分の言葉で明快地説明する、という学習スタイルに慣れる。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

英語で書かれた宇宙論の基礎的テキストの輪講をおこなう。発表者は、事前に担当部分を読み込んですべての計算を追った上で理解し、発表ノートを作成する。授業では、発表ノートをもとに板書をしながら自分の言葉で明快地説明する。発表者以外も事前に予習をし、授業中に発表者に質問するなどして議論をしながら理解を深める。担当教員は適宜補足説明をおこない、履修者の理解を助ける。

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 基本的な観測事実 1: 一様等方宇宙、赤方偏移 (学生による発表と議論)
3. 基本的な観測事実 2: マイクロ波背景放射 (学生による発表と議論)
4. ニュートン重力から一般相対論へ (学生による発表と議論)
5. ロバートソン・ウォーカー計量と曲率 (学生による発表と議論)
6. アインシュタイン方程式とフリードマン方程式 (学生による発表と議論)
7. 宇宙論モデル 1 (学生による発表と議論)
8. 宇宙論モデル 2 (学生による発表と議論)
9. 宇宙論パラメータ (学生による発表と議論)
10. ダークマター (学生による発表と議論)
11. マイクロ波背景放射の物理 (学生による発表と議論)
12. インフレーションと初期宇宙 (学生による発表と議論)
13. 重力不安定性による構造形成 1 (学生による発表と議論)
14. 重力不安定性による構造形成 2 (学生による発表と議論)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

一般相対論に関する知識は前提としないが、並行して理論物理学講究 1(相対論)を履修することを強く推奨する。力学や特殊相対論、電磁気学、統計力学、量子力学に関する知識は前提とする。また、流体力学の知識があった方が望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

発表の内容(35%)/議論への参加度(35%)/数回のレポート課題(30%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. Barbara Ryden. 2016. *Introduction to Cosmology* 2nd edition. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS (ISBN:1107154839)

参考文献 (Readings)

授業中に適宜紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

本講義を受講する場合は第1回の講義(ガイダンス)に必ず出席すること。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA205／数理物理学 (Mathematical Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	場の量子論入門（応用）		
担当者名 (Instructor)	木下 俊一郎(KINOSHITA SHUNICHIRO)		
学期 (Semester)	春学期2(Spring Semester 2)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB120 理論物理学講究5、LA205 数理物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

現代物理学の根幹である場の量子論において摂動論の基礎を学ぶことが目標である。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

場の量子論は現代物理学において重要な役割を果たしている。相互作用する量子場を扱うために、摂動論、経路積分量子化、ファインマン則、くりこみなどの理解を目指す。なお6月、7月に2コマ連続して輪読形式で授業を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 相互作用をもつ場の量子論(1)
3. 相互作用をもつ場の量子論(2)
4. 伝播関数と漸近場(1)
5. 伝播関数と漸近場(2)
6. 経路積分(1)
7. 経路積分(2)
8. 経路積分(3)
9. 摂動論とウィックの定理
10. ファインマン・ダイアグラム(1)
11. ファインマン・ダイアグラム(2)
12. ファインマン・ダイアグラム(3)
13. くりこみ(1)
14. くりこみ(2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「理論物理学講義2・素粒子論」を履修していることが望ましい。
輪読形式でテキストを読み進めていくため、発表担当者は十分な発表準備を行う。この際、式の導出・変形やテキスト内容の自分なりの理解に努めること。
また、非発表担当者は議論に参加できるよう予習を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

複数回の発表内容(60%)／議論への参加(40%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

1. 坂本真人、2014、『場の量子論』、裳華房 (ISBN:9784785325114)
2. 坂本真人、2020、『場の量子論 (II)』、裳華房 (ISBN:9784785325121)

参考文献 (Readings)

1. M.E. Peskin and D.V. Schroeder. 2019. *An Introduction To Quantum Field Theory*. CRC Press (ISBN:9780367320560)
2. A. Zee. 2010. *Quantum Field Theory in a Nutshell*. Princeton Univ Press (ISBN:9780691140346)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA206／統計物理学 (Statistical Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	テンソルネットワークの基礎と発展		
担当者名 (Instructor)	大久保 毅(OKUBO TSUYOSHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	集中講義：日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること CB121 理論物理学講義6、LA206 党系物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

統計物理、量子多体問題におけるテンソルネットワーク表現の基礎を理解し、テンソルネットワークでの近似と計算技術を習得する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

テンソルネットワークの統計物理・量子多体問題における活用例として、テンソル繰り込みによる近似計算と、量子多体状態のテンソルネットワーク表現について紹介する。これらの基礎となる行列の低ランク近似の復習から初めて、テンソルネットワークの基礎と近年の発展、および、応用例について講義する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 導入：物理とテンソルネットワーク
2. 行列の特異値分解と低ランク近似
3. 低ランク近似のテンソルへの拡張と応用
4. テンソルネットワーク繰り込みの基礎
5. テンソルネットワーク繰り込みの発展
6. テンソルネットワーク繰り込みの応用
7. 情報のエンタングルメントと行列積表現
8. 行列積表現の性質
9. 行列積表現の応用
10. テンソルネットワーク表現への発展
11. テンソルネットワーク表現の応用
12. 量子回路とテンソルネットワーク
13. 量子誤り訂正とテンソルネットワーク
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%) / 授業への参加度(30%) / 中間レポート(30%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 西野友年、2021、『テンソルネットワークの基礎と応用：統計物理・量子情報・機械学習 (SGC ライブラリ 169)』、サイエンス社 (ISBN:4781915159)
- R. Orús, A practical introduction to tensor networks: Matrix product states and projected entangled pair states, Annals of Physics, 349, 117 (2014).

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

<https://tsuyoshi-okubo.com>

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA207／原子核物理学 (Nuclear Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	加速器を用いた素粒子・原子核物理学実験の基礎知識		
担当者名 (Instructor)	村田 次郎(MURATA JIRO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB122 原子核・放射線物理学講究1、LA207 原子核物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

加速器を用いた原子核・素粒子実験の基本知識を広く学ぶ。実験に必要な具体的な数値計算に慣れる。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

20 世紀の物理学は分類による化学的手法，並びに顕微鏡的手法によって物質と力の基本構成要素に関する膨大な知識と理解を築き上げることに成功した。この授業では，放射能の発見当時の基本的な知識から始め，自然放射線，人工加速器を用いた原子核からハドロン，クォーク・レプトンに至る，基本的な考え方を包括的に扱うことで自然の微視的構造を探る共通の手法を理解することを目的とする。講義と並行して具体的な計算実習を交え，研究現場で直接役立つ知識を準備出来るようにする。

授業計画 (Course Schedule)

1. 放射線の発見・加速器概観
2. 線形加速器1・核反応
3. 線形加速器2
4. サイクロトロン
5. ラザフォード散乱
6. 原子核の基本的性質
7. 弱集束シンクロトロン
8. 強集束シンクロトロン
9. ハドロンの物理
10. コライダー
11. クォーク・レプトンの物理
12. 弱い相互作用と対称性
13. 標準模型とその先
14. 重力の物理

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「原子核概論」，「素粒子概論」の内容

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)／授業ノート(40%)／授業内課題(20%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA209／原子・分子物理学 (Atomic and Molecular Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子物理化学基礎		
担当者名 (Instructor)	山崎 優一(YAMAZAKI MASAKAZU)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB124 原子核・放射線物理学講究3、LA209 原子・分子物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

本講義の到達目標は、量子力学の基本的枠組みを理解し、原子・分子中の電子の運動状態や化学結合、分子軌道を量子力学に立脚して説明できるようになることである。

授業の内容 (Course Contents)

本講義では、現代科学の基礎となる量子化学の初歩を扱う。量子力学誕生に至る前期量子論を外観したあと、量子力学の基本的枠組み、箱の中の粒子の運動を説明し、さらに水素原子、多電子原子、分子の構造とエネルギーおよび化学結合などを議論する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 量子力学誕生前夜－前期量子論
2. 量子力学の基本
3. 箱の中の粒子
4. 水素原子Ⅰ(1電子系のハミルトニアン)
5. 水素原子Ⅱ(球面調和関数と角運動量)
6. 水素原子Ⅲ(動径分布関数)
7. 多電子原子Ⅰ(有効核電荷モデル)
8. 多電子原子Ⅱ(電子配置と周期律)
9. 分子の構造とエネルギーⅠ(H₂+イオン)
10. 分子の構造とエネルギーⅡ(分子軌道、軌道エネルギー)
11. 分子の構造とエネルギーⅢ(H₂分子)
12. 分子の構造とエネルギーⅣ(分子軌道と結合性、混成軌道と分子の構造)
13. 多原子分子の分子軌道
14. 最近の研究例の紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート試験(Report Exam)(60%)/授業内で指示した提出物(40%)

テキスト (Textbooks)

1. 大野公一、2014、『量子化学』、岩波書店 (ISBN:ISBN4-00-007986-7)
 2. 大島康裕ほか、2022、『理工系学生のための基礎化学「量子化学・化学熱力学」2022年度版』、化学同人 (ISBN:ISBN978-4-7598-1925-0)
- 講義資料

参考文献 (Readings)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA211／ハドロン物理学 (Hadron Physics)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	最も身近なハドロンである陽子・中性子からなる多様な元素の合成と宇宙における原子核の役割		
担当者名 (Instructor)	山口 英斉(YAMAGUCHI HIDETOSHI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【選択必修A】 CB126 原子核・放射線物理学講義5、LA211 ハドロン物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

ハドロンは宇宙の「物質」を構成する基本粒子である。我々の最も身近なハドロンは陽子と中性子であるが、それらを基礎として多様な元素が宇宙で誕生した。この講義では特に、宇宙における元素の合成や各種の爆発現象など、解明されていないことも多い宇宙での原子核の働きを学ぶ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

宇宙の成り立ちや元素の起源に原子核が大きな役割を果たしていることがわかったのは、20世紀中頃のことである。この世界に存在する様々な元素は、水素を材料として、原子核反応によって生成され、今も作られている。これらの原子核反応の舞台は、ビッグバン後 100 秒程度の初期宇宙、その後 100 億年あまりにわたって作られ壊されてきた恒星の内部が主である。原子核の反応はさらに、星を光らせ、超新星爆発にも至る星の進化をつかさどる。このような原子核反応を地上で実験的に確かめる挑戦が行われてきた。たとえば、理化学研究所の RI ビームファクトリーでは、人類が未だ見たことがない不安定原子核を多数作り出し、元素の起源を解明する試みが始まっている。一旦解明されたと思われた重元素合成のメカニズムにも最近疑問が持たれて振り出しに戻るなど、多くの課題も存在する。天体での核現象と原子核のかかわりについて概説すると同時に、天体核物理学の研究方法を紹介する。

授業計画 (Course Schedule)

1. ハドロンと宇宙のなりたち
2. 原子核とその安定性
3. 宇宙での原子核の役割
4. 元素合成と星（宇宙）の進化
5. 元素合成の核物理1：熱核反応とガモフのピーク
6. 元素合成の核物理2：共鳴状態と連続状態
7. 核融合による元素合成 - ビッグバン、主系列星
8. 超新星爆発の謎と不安定原子核
9. 天体核反応の実験研究
10. 古くて新しい太陽ニュートリノ問題
11. 間接測定：クーロン分解法、ANC 法、「トロイの木馬」法
12. 重い原子核がかかわる爆発的要素合成の研究法
13. r過程はどのくらい理解できたか - 研究の最先端
14. 元素合成の全体像

授業時間外（予習・復習等）の学習 (Study Required Outside of Class)

立教時間でスライド配布予定です。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(25%×2回)(50%)/出席態度(50%)

レポートは学期中・学期末の2回出す予定です。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求します。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. C. E. Rolfs and W. S. Rodney. 1988. *Cauldrons in the Cosmos*. Chicago (ISBN:0-226-72456-5)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

立教時間で必要に応じて授業情報を連絡する予定です。

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA213／宇宙放射線物理学 (Cosmic Radiation)		
担当者名 (Instructor)	北本 俊二(KITAMOTO SHUNJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB128 宇宙地球系物理講究1、LA213 宇宙放射物理学と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

最新の宇宙の概念と、放射線・X線と物質の相互作用を概観し、X線天文学でどのような研究が行われているか理解する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

宇宙を観測する手段はいろいろある。そのうちの 하나가X線による宇宙の観測である。かつてはX線で観測する天体は、ブラックホール等の特別な天体に限られていたが、今では、観測機器の感度が向上し、ほとんどの天体がX線で観測できるようになった。すなわち、ほとんどの天体がX線を放射する物理機構を持っており、その物理機構を解明しないと、天体の実態の解明には至らないことが認識されている。

この授業では、宇宙の構造の概観を復習し、X線と物質の相互作用等、X線で何がわかるのか学習する。その後、いろいろな天体をX線で観測してわかることを説明する。また、観測装置や手段、そして最近のトピックスにも触れる予定である。

授業計画(Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 放射線の性質1
3. 放射線の性質2
4. X線と物質の相互作用1
5. X線と物質の相互作用2
6. X線検出装置 1
7. X線検出装置 2
8. 時系列解析
9. フィッティング
10. エネルギースペクトル解析
11. 最近のトピックス1
12. 最近のトピックス2
13. 最近のトピックス3
14. 最近のトピックス4

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

量子力学, 統計力学を理解していること。

成績評価方法・基準(Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/宿題, リアクションペーパー(50%)/授業への取り組み(10%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. 北本俊二、1998、『X線で探るブラックホール』、裳華房 (ISBN:978-4-7853-8678-8)
2. 北本俊二、原田知広、亀田真吾、2022、『宇宙まるごと Q&A』、理工図書 (ISBN:978-4-8446-0904-9)

その他(HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA221／放射線治療物理学 (Radiation Therapy Physics)		
担当者名 (Instructor)	杉本 聡(SUGIMOTO SATORU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	医学物理学副専攻【必修】 LA221 放射線治療物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

がんの放射線治療を行う際に必要となる医学物理学の基礎を学ぶ。臨床現場で働く医学物理士に求められる基礎知識を得ることが目標である。

授業の内容 (Course Contents)

放射線治療に必要な線量計測、線量計算、治療技術を学ぶとともに、臨床現場を見学することにより医学物理士が病院で行う業務の実際にも触れる。

見学が授業時間外になる場合は履修者と調整のうえ行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 放射線治療概論
2. 放射線治療装置
3. 放射線治療施設(X線・電子線, 可能なら見学を行う)
4. 放射線治療施設(陽子線・重粒子線, 可能なら見学を行う)
5. 放射線治療の治療計画
6. 放射線治療に必要な基礎物理
7. 放射線治療における吸収線量計測(可能なら実習を行う)
8. 放射線治療における吸収線量計算
9. 放射線治療における品質管理
10. 強度変調放射線治療
11. 画像誘導放射線治療
12. 密封小線源治療
13. 放射線治療における画像処理
14. 放射線治療物理に関する研究・開発

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

IAEA が提供する放射線治療に関する講義資料(<https://www.iaea.org/resources/rpop/resources/training-material#5>)に目を通す。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/出席および講義内での発言(60%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. Faiz M. Khan and John P. Gibbons. 2019. *The Physics of Radiation Therapy* 6th ed.. Lippincott Williams & Wilkins (ISBN:978-1496397522)
2. 唐澤久美子、小泉哲夫、小澤修一 編著、2009、『放射線治療分野の医学物理士のための基礎知識』、篠原出版新社 (ISBN:978-4884123246)
3. 荒木不次男、他 編著、2016、『放射線治療物理学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590562)
4. 納富昭弘 編著、2015、『放射線計測学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590418)
5. 柴武二、遠藤真広 編著、2019、『放射線物理学』、国際文献社 (ISBN:978-4902590869)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RA226／惑星物理学 (Planetary Physics)		
担当者名 (Instructor)	亀田 真吾(KAMEDA SHINGO)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CB139 宇宙地球系物理講究8、LA226 惑星物理学と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

近年の月惑星探査計画で観測された現象について学ぶ。主に大気を持たない天体の観測結果や惑星・衛星着陸探査による最新成果を紹介する。また、多数発見されている系外惑星の性質を理解する。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

日本の月惑星探査計画において、月周回衛星かぐや、小惑星探査機はやぶさが大気を持たない天体の観測を行った。今後は小惑星探査機はやぶさ2や、水星探査機みおが打ち上がっており、火星衛星探査計画 MMX が準備段階に入っている。月・小惑星・水星はいずれも大気をほとんど持たない天体である。本講ではこれらの天体に関する最新の研究結果、今後の探査計画の科学目的を学ぶ。月、水星表面は真空に近いが希薄な金属大気が存在する。地上望遠鏡を使った観測結果や探査機による観測結果を利用し、希薄大気の成因について議論を行う。小惑星についてははやぶさ2が観測を行ったリュウグウや類似天体を主体にし、サンプルリターンによって得られる科学成果について紹介する。

米国では地球外生命の発見を見据えつつ既に複数の着陸探査機が到着し観測を行っており、また、木星や土星の衛星の探査により衛星内部に生命が存在することも示唆されている。また、望遠鏡による系外惑星の観測も数多くなされており、地球に環境が近いと予想される惑星も発見されている。これらの観測手法や観測結果について学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス
2. 月・水星の希薄大気
3. 月・水星の現在の環境
4. 月・水星の形成過程
5. 小惑星の形成過程
6. 月・水星・小惑星の探査計画
7. 火星着陸計画による成果1
8. 火星着陸計画による成果2
9. 木星・土星衛星の探査計画
10. 木星・土星衛星の内部構造
11. 系外惑星の観測手法
12. 系外惑星の分類
13. 系外惑星の観測計画
14. 系外惑星大気の検出手法

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

惑星科学に関する基礎知識が必要である。天体の運動を支配する力学について復習して臨むこと。また、毎回の話題に関する論文・参考文献を指定するので、指示に従って内容をまとめてから参加すること

成績評価方法・基準 (Evaluation)

研究論文の紹介(40%) / 発表後のレポート作成(40%) / 議論への参加度(20%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

初回の授業で内容を項目ごとに分け、参加者の研究内容や希望を考慮して担当を決めるため、何らかの事情で初回の授業を欠席する場合は、できれば事前に、あるいは事後速やかに連絡すること。

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	物理学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7800	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

研究分野に関する理解を深めるとともに、周辺分野に対する視野を広げ、幅広い知識に触れることを目標とする。さらに自らの発表技能の向上を目指す。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

研究分野に即した論文やテキストの紹介，ならびに研究内容に関しての発表を通して議論し理解を深める。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講(1)
2. 輪講(2)
3. 輪講(3)
4. 輪講(4)
5. 輪講(5)
6. 輪講(6)
7. 輪講(7)
8. 輪講(8)
9. 輪講(9)
10. 輪講(10)
11. 輪講(11)
12. 輪講(12)
13. 輪講(13)
14. 輪講(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業運営などについては配属された研究室の指示に従うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

自らの発表や討論などによる授業への参加度(100%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

配属された研究室の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

配属された研究室の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	物理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	PHY7800	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

研究分野に関する理解を深めるとともに、周辺分野に対する視野を拡げ、幅広い知識に触れることを目標とする。さらに自らの発表技能の向上を目指す。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

研究分野に即した論文やテキストの紹介，ならびに研究内容に関しての発表を通して議論し理解を深める。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講(1)
2. 輪講(2)
3. 輪講(3)
4. 輪講(4)
5. 輪講(5)
6. 輪講(6)
7. 輪講(7)
8. 輪講(8)
9. 輪講(9)
10. 輪講(10)
11. 輪講(11)
12. 輪講(12)
13. 輪講(13)
14. 輪講(14)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業運営などについては配属された研究室の指示に従うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

自らの発表や討論などによる授業への参加度(100%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

配属された研究室の指示に従うこと。

参考文献 (Readings)

配属された研究室の指示に従うこと。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB109／有機化学応用特論1 (Advanced Lecture on Organic Chemistry 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	有機典型元素化学 Organic Main-Group Element Chemistry		
担当者名 (Instructor)	石田 真太郎(ISHIDA SHINTARO)		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB109 有機化学応用特論1と合同授業 集中講義: 日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

有機典型元素化合物の構造と反応性の特徴を理解する。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標とする。

授業の内容 (Course Contents)

有機典型元素化合物の化学を体系的に概説し、特に1, 2, 13-15族元素化合物の構造や性質などの特徴が生かされた反応について解説する。14・15族元素化合物の化学については、典型的な高周期 14 族元素であるケイ素およびリンの化学について焦点を当て講義する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 典型元素化学概説(1)
2. 典型元素化学概説(2)
3. 1・2族元素化合物(1)
4. 1・2族元素化合物(2)
5. 13族元素化合物(1)
6. 13族元素化合物(2)
7. 高周期14族元素化学概説
8. 高周期14族元素化合物(1)単結合化合物
9. 高周期14族元素化合物(2)低配位化学種
10. 高周期14族元素化合物(3)高配位化学種
11. 高周期15族元素化学概説
12. 高周期15族元素化合物(1)低配位化学種
13. 高周期15族元素化合物(2)高配位化学種
14. 高周期典型元素化合物の最近の研究の紹介

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習については必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

講義への参加度(60%)/最終レポート(Final Report)(40%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 秋葉欣哉、2008、『有機典型元素化学』、講談社 (ISBN:978-4-06-154337-9)
2. 野依良治他、2019、『大学院講義有機化学 第2版 I 分子構造と反応・有機金属化学』、東京化学同人 (ISBN:978-4807908202)

その他(HP等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB142／物理化学応用特論2 (Advanced Lecture on Physical Chemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	永野 修作(NAGANO SHUSAKU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB142 物理化学応用特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

コロイド化学、界面科学、高分子化学を基盤とした、ソフトマテリアル(界面活性分子、液晶や高分子)集合体の振る舞いとその機能を学び、前期課程よりも高度な知識と実践的な理解を身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

高分子、液晶、ゲル、分子膜等のソフトマテリアルは、強い協同作用を発現するため、基礎・実用の両面にわたり極めて魅力的な組織構造や材料システムを構築できる。これらを設計するうえで、分子組織に関する化学の理解は必須である。本講義では、コロイド・界面科学を基盤として、分子や高分子の集合体の振る舞い、その組織化手法、構造・特性、速度論、機能(主に光機能)等について論ずる。基礎的な項目と最新の研究動向との関連性を常に意識して講義を進める予定である。

授業計画 (Course Schedule)

1. 分子組織化学とは(ソフトマテリアルの協同性と階層構造)
2. 分子間力と界面化学の基礎
3. Langmuir-Blodgett 膜とその機能
4. 自己集合単分子膜 とその機能
5. 液晶と歴史
6. 液晶材料とその機能(サーモトロピック液晶、リオトロピック液晶)
7. 分子組織と配向手法
8. 分子組織体の配向構造解析手法
9. 高分子化学の基礎
10. 機能性高分子
11. 高分子の自己集合構造と分子配向制御
12. ミクロ相分離構造と配向制御
13. 薄膜表面からの高分子配向制御
14. 粒子集積と機能

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

有機化学、物理化学、高分子合成化学、高分子物理化学、界面科学、光化学等バックグラウンドとなる化学分野を復習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(30%) / 毎回の授業の演習問題(5点×14回)(70%)

すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

特になし、必要に応じてプリントを配布する。

参考文献 (Readings)

1. J.N.イスラエルアチヴィリ、2013、『分子間力と表面力 第3版』、朝倉書店
2. Hans-Jurgen Butt, Karlheinz Graf, Michael Kappl, 2016、『界面の物理と化学』、丸善

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB147／有機化学応用特論4 (Advanced Lecture on Organic Chemistry 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	高分子科学の基礎と応用および光機能材料		
担当者名 (Instructor)	小西 玄一(KONISHI GENICHI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB147 有機化学応用特論4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

高分子の特徴、合成法、基礎物性、高分子工業のエッセンスを理解することを目標とします。また、最先端の研究や材料開発についても、ケーススタディを通して解説します。教職や産業界で役立つ内容を盛り込む予定です。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にします。

授業の内容 (Course Contents)

高分子の特徴、合成法、基礎物性、高分子工業のエッセンスを講義します。それらに加えて、製造のプロセス化学、最先端の研究も紹介します。

授業計画 (Course Schedule)

1. 高分子の特徴その1
2. 高分子の特徴その2
3. 縮合系高分子の合成法
4. 高分子合成とプロセス化学
5. エンジニアリングプラスチック
6. 付加縮合その1
7. 付加縮合その2
8. 縮合系高分子の最先端その1
9. 縮合系高分子の最先端その2
10. 高分子のリサイクル
11. 付加重合とその応用1
12. 付加重合とその応用2
13. 光機能材料その1
14. 光機能材料その2

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

予習・復習は特に必要としません。ただし、個人的に勉強するための資料の提供とオフィスアワーを利用したディスカッションを用意しますので、活用してください。兼任講師ですので、対面授業ではなく、オンライン授業になる場合もあります。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

講義内での複数回の小テスト(100%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求します。

テキスト (Textbooks)

必要資料は、PDF または印刷物として配布します。

参考文献 (Readings)

特にありません

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

参考になる HP 等がある場合は、講義内で示します。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB151／特別講義1 (Special Lecture 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	反応・合成有機化学		
担当者名 (Instructor)	相川 光介(AIKAWA KOHSUKE) 加納 太一(KANO TAICHI)		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB151 特別講義1と合同授業 集中講義：日程は R Guide「集中講義日程」を確認すること		

授業の目標 (Course Objectives)

標的化合物の合成には、以下の3要素が重要である。

①炭素骨格の構築, ②官能基変換, 酸化と還元, ③立体化学の制御

本講義では、これらの3要素に注目しながら、標的化合物合成の戦術(各種の選択的な反応剤など)、戦略(逆合成解析など)について学ぶ。戦術的な進歩によって、かつて先人達が特別に工夫し、何とか克服していた問題が、いかに手軽に解決されるようになったか、実感してほしい。

尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

有機合成化学・有機合成指向有機金属化学

- ・有機合成化学の歴史をたどる(キニーネ、ロンギホレン、プロスタグランジンの合成)
- ・多段階合成のデザイン(逆合成解析)
- ・立体制御(キラルプール法、不斉誘起法、不斉合成法)
- ・有機合成のための遷移金属触媒反応
- ・触媒的不斉合成(遷移金属触媒、有機分子触媒)
- ・有機フッ素化学

授業計画 (Course Schedule)

1. 有機合成化学の歴史をたどる
2. キニーネの合成
3. ロンギホレンの合成
4. プロスタグランジンの合成
5. 多段階合成のデザイン(逆合成解析)
6. 多段階合成のデザイン(逆合成解析)
7. 立体制御(キラルプール法、不斉誘起法、不斉合成法)
8. 立体制御(キラルプール法、不斉誘起法、不斉合成法)
9. 有機合成のための遷移金属触媒反応
10. 有機合成のための遷移金属触媒反応
11. 触媒的不斉合成(遷移金属触媒)
12. 触媒的不斉合成(有機分子触媒)
13. 有機フッ素化学(反応・合成)
14. 有機フッ素化学(機能性分子)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)／授業内の小テスト(30%)／授業への参加度(30%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他(HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB154／特別講義4 (Special Lecture 4)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	化学物質の危険性、有害性とリスク評価		
担当者名 (Instructor)	吉川 治彦(KIKKAWA HARUHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB154 特別講義 4 と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

化学物質の安全は、環境問題をふまえた法規制による管理から、危険・有害性及び摂取量を考慮したリスク評価による管理へ変わりつつある。本講義では、化学物質のリスク評価を理解し、専門的な研究や職業を行う様々な局面において総合的に判断できる力を身につける。

尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

化学物質の中には、爆発性や引火性などの危険性をもつもの、人の健康や環境中の生物に有害な影響を与えるものがある。化学物質の法規制、危険性、有害性について解説し、さらに摂取量を考慮したリスク評価、リスクコミュニケーションへ展開する。リスクの考え方は、社会において専門的な判断をする際の幅広い考え方へ繋がることも講義する。

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション 化学物質のリスクとは？
2. 環境問題の歴史と化学物質の法規制
3. GHS と SDS による情報伝達
4. 物性はなぜ重要か
5. 物理化学的危険性評価
6. 危険性リスク評価
7. 人の健康への影響評価
8. 生態系への影響評価
9. 環境暴露評価
10. 消費者暴露評価
11. 健康、環境リスク評価
12. 労働者暴露評価、リスク評価
13. リスクトレードオフ評価とリスク管理
14. 化学物質の特性を予測する

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

課題(小テスト、小レポート)を実施し、次回授業開始時にフィードバックを行うので、復習に活用してほしい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

出席態度(40%)/授業小テスト(30%)/授業小レポート(30%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

資料を配信する(印刷媒体は配布しない)。

参考文献 (Readings)

授業内で適宜紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

資料の配信、課題(小テスト、小レポート)の提出は、Canvas LMS を使用する。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB157／特別講義7 (Special Lecture 7)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	分子システムにおける光機能の物理化学 Physical Chemistry of Optical Functions in Molecular Systems		
担当者名 (Instructor)	安池 智一(YASUIKE TOMOKAZU)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB157 特別講義7と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

分子システムが示す光機能の背景にある様々な素過程とそれらを扱う理論的枠組みについて理解すること。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

近年強く求められている高効率な人工光合成や太陽電池の実現のためには、分子システムにおける光機能がどのような素過程に支えられているかを理解する必要がある。本講義では、分子および分子集合体による光吸収、励起エネルギー移動、および電子移動を扱うための理論的な枠組みについてその解釈を中心とした平易な解説を行う。また、人工光合成、太陽電池、有機発光デバイスの最新の開発状況を概観し、克服すべき問題点を明らかにする。

授業計画 (Course Schedule)

1. 分子システムが示すさまざまな光機能
2. 光と分子の相互作用
3. 分子の光励起と緩和過程
4. 分子の光励起に対する量子化学計算
5. 分子集合体とエキシトン
6. 励起エネルギー移動
7. 電子移動
8. 特徴的な素過程 1: 遅延蛍光
9. 特徴的な素過程 2: 一重項開裂と三重項消滅
10. 界面におけるレドックス反応
11. 光合成はどのようにして実現されているか
12. 人工光合成
13. 太陽電池
14. 有機発光デバイス

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

量子化学の基礎的なことが分かっているだけで、特段の予習などは必要としません。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(35%) / 授業への参加度(35%) / 授業ごとの簡単なリアクション・ペーパー(30%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 安達千波矢、2012、『有機半導体のデバイス物性』、講談社 (ISBN:9784061543546)
2. 山崎巖、2014、『光合成の光化学』、講談社 (ISBN:9784061543720)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB159／化学英語 (Chemical English)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	Practical English for Young Scientists		
担当者名 (Instructor)	増田 万里(MASUDA MARI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7993	言語 (Language)	その他 (Others)
備考 (Notes)	LB159 化学英語と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

多くの科学論文は英語で出版され、国際学会に参加し研究成果を発表・討論する機会が増えている。また、日本にいながら海外からの留学生とともに、グローバルな環境で研究を行いコミュニケーションをとることも現在では珍しいことではなくなった。更に、国内開催であっても公用語に英語を取り入れる学会が増えてきているため、自身の研究成果をより効果的に自信を持って英語で発表し、討論できる能力を身につけることを目標として授業を進める。

授業の内容 (Course Contents)

基本的に必要な化学英語の語彙や便利な表現法などを身につける。次に、自身の研究について概要を英語で記載し、口頭でも自信をもって話せるように指導する。更に、発表用のスライドを作成し、発表と質疑応答の機会を設ける。その他、授業では、実用的な英語表現や、就職などに役立つ Curriculum Vitae (CV)の書き方、及び cover letter や e-mail の書き方なども紹介する。履修した学生の英語のレベル及び履修者数によって、授業の内容(発表の機会等)及び目標を変更する場合がある。

授業計画 (Course Schedule)

1. 授業の進め方について；英語と日本語の違い
2. 科学英語便利ツールの紹介と活用法
3. 数字や演算の表現、グラフの名前；英語で伝えられますか？
4. 英語で自己紹介演習；研究テーマを中心に、自身の強みをアピールする
5. 英語で自己紹介演習；口頭発表1
6. 英語で自己紹介演習；口頭発表2
7. Curriculum Vitae (CV)の書き方；その人の個性や能力が明確になる CV
8. 添削後の CV 紹介と改善点；口頭発表1
9. 添削後の CV 紹介と改善点；口頭発表2
10. 手紙や e-mail の書き方；論文投稿時の cover letter, 再投稿時の Rebuttal letter について
11. 国際学会の口頭発表とスライドの作り方、
12. 口頭発表演習1
13. 口頭発表演習2
14. 口頭発表演習3

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業内指定した課題の提出は成績判定に大きく影響する。よって提出物の準備のための予習・復習は必要になる。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終テスト(Final Test)(10%)／最終レポート(Final Report)(10%)／授業の出席態度(50%)／授業内で与えられた課題(レポート)(30%)
成績は出席と指定した提出物及び授業内での発表によって判定する。

テキスト (Textbooks)

特に無し。授業に必要な資料は授業で配布する。

参考文献 (Readings)

特に無し

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB162／特別講義10 (Special Lecture 10)		
担当者名 (Instructor)	和田 亨(WADA TOHRU) 他		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7090	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB162 特別講義10と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

幅広い分野に亘る最先端の科学に触れ、それらの理解を深めながら、幅広い知識を修得する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

様々な分野で活躍されている兼任講師の先生方のご研究、ならびにそれに関連した分野について、最新の情報を講義する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
2. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
3. 吾郷 友宏: 典型元素の特徴を活かした発光分子の開発
4. 村山 広大: 光計測の産業応用
5. 村山 広大: 光計測の産業応用
6. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
7. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
8. 森 寛敏: 機械学習と簡素な量子化学計算を連携した機能材料創成
9. 片岡 裕介: 実験と量子化学計算を協奏して探索する多核金属錯体の光機能性研究
10. 片岡 裕介: 実験と量子化学計算を協奏して探索する多核金属錯体の光機能性研究
11. 廣瀬 崇至: π 拡張型らせん分子の合成とキラル物性
12. 廣瀬 崇至: π 拡張型らせん分子の合成とキラル物性
13. 高橋 一敏: 企業における産業用タンパク質の利用
14. 高橋 一敏: 企業における産業用タンパク質の利用

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

予習は必要としない。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への参加度(50%)/各回のレポート(6回)(50%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

必要に応じてプリント資料を配付する。

参考文献 (Readings)

講義のときに紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

各先生の日程については、後日掲示する。

板書・プリント資料・視覚教材(スクリーン投影)を用いる。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB165／無機化学応用特論2 (Advanced Lecture on Inorganic Chemistry 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	遷移金属錯体の電気化学とエネルギー変換反応		
担当者名 (Instructor)	和田 亨(WADA TOHRU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB165 無機化学応用特論2と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

エネルギー変換を主眼とした遷移金属錯体触媒の研究を検討することにより、金属錯体の構造と反応性に関する理解を深める。さらに錯体化学の研究に欠かすことのできない電気化学の基礎について学ぶ。電気化学測定の結果から、錯体の特性と反応性を読み解けるようにする。

なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

電子移動をともなう触媒反応の研究には欠かすことのできない電気化学の基礎と測定原理、実際の測定方法について講義する。これを踏まえて、エネルギー変換を指向した遷移金属錯体の触媒反応について解説する。電気化学測定により明らかにされる錯体の酸化還元挙動や触媒活性の評価について、研究の具体例から学ぶ。数回の授業に渡り、一つの研究トピックスについて紹介し、その研究の背景と意義、そして精密に設計された錯体の構造がどのようにして機能を発現するか理解していく。

授業計画(Course Schedule)

1. 電気化学の基礎1
2. 電気化学の基礎2
3. 電気化学の基礎3
4. 電気化学の測定方法1
5. 電気化学の測定方法2
6. 水から酸素を発生する金属錯体1
7. 水から酸素を発生する金属錯体2
8. 酸素を還元する触媒1
9. 酸素を還元する触媒2
10. 二酸化炭素はエネルギーの容器1
11. 二酸化炭素はエネルギーの容器2
12. 水素とプロトンの相互変換1
13. 水素とプロトンの相互変換2
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

電気化学を学ぶためには、物理化学の熱力学平衡論が必要である。復習しながら解説するが、各自、学部で学んだ熱力学の復習をすること。

成績評価方法・基準(Evaluation)

出席態度(50%)/複数回のレポート(50%)

レポートでは、電気化学測定と、錯体の特性・反応性の関係性を深く理解していることを求める。

テキスト(Textbooks)

スクリーンに投影する資料は配付する。

参考文献(Readings)

1. 渡辺正, 益田秀樹, 金村聖志, 渡辺正義, 2009,『電気化学(基礎科学コース)』, 丸善 (ISBN:4621081128)
2. 大塚利行, 桑畑進, 加納健司, 2000,『ベーシック電気化学』, 化学同人 (ISBN:4759808612)
3. 西原 寛, 田中晃二, 市村彰男, 2013,『金属錯体の電子移動と電気化学』, 三共出版 (ISBN:4782706995)

その他(HP等)(Others(e.g. HP))

板書とスクリーンを併用する。

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RB166／分析化学応用特論2 (Advanced Lecture on Analytical Chemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	田淵 眞理(TABUCHI MARI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LB166 分析化学応用特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

生物無機分析におけるデータの統計的解析法を習得する。
さらに生物無機試料の粒子の計測法を学ぶ。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

生物無機分析においては、得られたデータの統計的解析が重要となる。そこで第1回から第9回は、データの統計的解析法について習得する。一般に、繰り返し実験におけるデータはガウス分布に従うものとして解析される。しかし、生物試料においてはガウス分布とは限らないデータ数が少ない場合も多い。従って、前半では通常のパラメトリックな有意差検定、後半ではノンパラメトリック検定についても学ぶ。練習問題を実際に解きながら理解を深める(関数電卓を持参すること)。第10回から第13回は粒子の測定法とその原理、実際について学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. 有意差検定1
2. 有意差検定2
3. 有意差検定3
4. 誤差と信頼限界
5. 分析測定品質1
6. 分析測定品質2
7. ノンパラメトリック検定1
8. ノンパラメトリック検定2
9. ノンパラメトリック検定3
10. 粒子の測定法1 ; 粒子測定の必要性
11. 粒子の測定法2 ; 粒子測定法の種類
12. 粒子の測定法3 ; 各種粒子測定法の原理
13. 粒子の測定法4 ; 粒子測定の実際
14. まとめ(テスト)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

英語の文献の予習が必要である。
各回、課題の提出がある。
毎回の練習問題の復習と課題を十分に行うこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回のレポート(100%)
関数電卓を持参してください。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求します。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. R.A. Meyers. 2011. *ENCYCLOPEDIA OF ANALYTICAL CHEMISTRY*. WILEY (ISBN:978-0470973332)
2. PHILIP. W. KUCHEL, GREGORY. B. RASTON. 1998. *THEORY AND PROBLEM OF BIOCHEMISTRY*. McGRAW-Hill

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

関数電卓を持参してください。
一部オンライン(6~9, 11~13回)(ゲストスピーカーの日程により変更になることがあるので、ガイダンスを確認すること。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、専門とする研究分野において最先端で活躍できる専門知識を習得するとともに、プレゼンテーション能力、英語能力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

特別研究に関連した文献を精読する。理解した内容をまとめ、研究室ごとに設定される輪講の時間に発表を行う。その発表を基に、研究指導教員ならびに研究室メンバーと活発な議論を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講1
2. 輪講2
3. 輪講3
4. 輪講4
5. 輪講5
6. 輪講6
7. 輪講7
8. 輪講8
9. 輪講9
10. 輪講10
11. 輪講11
12. 輪講12
13. 輪講13
14. 輪講14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講のテーマとなる文献、および関連する文献を精読する。発表者は、レジュメや PPT の作成などの発表の準備を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究指導員の総合的判断による。すべての評価方法において高度な達成水準を要求する(100%)

テキスト (Textbooks)

研究指導教員との協議により自ら設定。

参考文献 (Readings)

研究指導教員との協議により自ら設定。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業 5 回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、専門とする研究分野において最先端で活躍できる専門知識を習得するとともに、プレゼンテーション能力、英語能力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

特別研究に関連した文献を精読する。理解した内容をまとめ、研究室ごとに設定される輪講の時間に発表を行う。その発表を基に、研究指導教員ならびに研究室メンバーと活発な議論を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講1
2. 輪講2
3. 輪講3
4. 輪講4
5. 輪講5
6. 輪講6
7. 輪講7
8. 輪講8
9. 輪講9
10. 輪講10
11. 輪講11
12. 輪講12
13. 輪講13
14. 輪講14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講のテーマとなる文献、および関連する文献を精読する。発表者は、レジュメや PPT の作成などの発表の準備を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究指導員の総合的判断による。すべての評価方法において高度な達成水準を要求する(100%)

テキスト (Textbooks)

研究指導教員との協議により自ら設定。

参考文献 (Readings)

研究指導教員との協議により自ら設定。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、専門とする研究分野において最先端で活躍できる専門知識を習得するとともに、プレゼンテーション能力、英語能力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

特別研究に関連した文献を精読する。理解した内容をまとめ、研究室ごとに設定される輪講の時間に発表を行う。その発表を基に、研究指導教員ならびに研究室メンバーと活発な議論を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講1
2. 輪講2
3. 輪講3
4. 輪講4
5. 輪講5
6. 輪講6
7. 輪講7
8. 輪講8
9. 輪講9
10. 輪講10
11. 輪講11
12. 輪講12
13. 輪講13
14. 輪講14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講のテーマとなる文献、および関連する文献を精読する。発表者は、レジュメや PPT の作成などの発表の準備を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究指導員の総合的判断による。すべての評価方法において高度な達成水準を要求する(100%)

テキスト (Textbooks)

研究指導教員との協議により自ら設定。

参考文献 (Readings)

研究指導教員との協議により自ら設定。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、専門とする研究分野において最先端で活躍できる専門知識を習得するとともに、プレゼンテーション能力、英語能力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

特別研究に関連した文献を精読する。理解した内容をまとめ、研究室ごとに設定される輪講の時間に発表を行う。その発表を基に、研究指導教員ならびに研究室メンバーと活発な議論を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講1
2. 輪講2
3. 輪講3
4. 輪講4
5. 輪講5
6. 輪講6
7. 輪講7
8. 輪講8
9. 輪講9
10. 輪講10
11. 輪講11
12. 輪講12
13. 輪講13
14. 輪講14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講のテーマとなる文献、および関連する文献を精読する。発表者は、レジュメや PPT の作成などの発表の準備を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究指導員の総合的判断による。すべての評価方法において高度な達成水準を要求する(100%)

テキスト (Textbooks)

研究指導教員との協議により自ら設定。

参考文献 (Readings)

研究指導教員との協議により自ら設定。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講B (Colloquium B)		
担当者名 (Instructor)	化学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	CHE7980	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業 5回程度対面予定		

授業の目標 (Course Objectives)

特別研究に関連する文献を精読し、理解した内容を発表することにより、専門とする研究分野において最先端で活躍できる専門知識を習得するとともに、プレゼンテーション能力、英語能力を身につける。

授業の内容 (Course Contents)

特別研究に関連した文献を精読する。理解した内容をまとめ、研究室ごとに設定される輪講の時間に発表を行う。その発表を基に、研究指導教員ならびに研究室メンバーと活発な議論を行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 輪講1
2. 輪講2
3. 輪講3
4. 輪講4
5. 輪講5
6. 輪講6
7. 輪講7
8. 輪講8
9. 輪講9
10. 輪講10
11. 輪講11
12. 輪講12
13. 輪講13
14. 輪講14

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

輪講のテーマとなる文献、および関連する文献を精読する。発表者は、レジュメや PPT の作成などの発表の準備を行う。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究指導員の総合的判断による。すべての評価方法において高度な達成水準を要求する(100%)

テキスト (Textbooks)

研究指導教員との協議により自ら設定。

参考文献 (Readings)

研究指導教員との協議により自ら設定。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC139／解析学特論1 (Special Lecture on Math. Analysis 1)		
担当者名 (Instructor)	山田 裕二(YAMADA YUJI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA204 解析学諸論2、LC139 解析学特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

1・2・3 年での微分積分・解析学での学習を踏まえ、より進んだ数学への理解を深める。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

自然数、特に素数に関する予想や定理は尽きることがない。

素数が無限個存在することの証明はユークリッド以来知られているが、等差数列 $\{pn+q\}_{n \in \mathbb{N}}$ (p と q は互いに素) の中に無限個の素数が存在することが証明されたのは 19 世紀のことであり、その証明には Dirichlet 級数、 L 関数などの解析が用いられる。

授業計画(Course Schedule)

1. 素数、素数が無限個ある証明のいろいろ
2. Euclid の互除法、
Euclid 整域 $\Rightarrow$ 単項イデアル整域 $\Rightarrow$ 一意分解整域、 $4n+1$ 型の素数、 $4n+3$ 型の素数、
実数列の上極限(下極限)
3. Dirichlet 級数(1)、収束軸、Abel の級数変形法
4. Dirichlet 級数(2)、収束軸、Abel の級数変形法
5. 関数論概説、Dirichlet 級数の正則性
6. Landau の定理、ゼータ関数が $s=1$ の 1 位の極をもつこと
7. 整数論的関数
8. ゼータ関数の Euler 積、群について(1)剰余類・元の位数・部分群の位数・Lagrange の定理
9. 群について(2)正規部分群・準同型定理・剰余群・群の直積・加法群の乗法群
10. 群について(3)有限 Abel 群の基本定理・群の指標
11. 有限 Abel 群の指標群、指標の直交性、Dirichlet 指標
12. 有限 Abel 群の基本定理、指標群との同型から分かること
13. L 関数の $s=1$ での振る舞い、対数関数・べき乗の定義
14. L 関数の $s=1$ の周りでの振る舞い(続)、算術級数定理の証明

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

3 年までの解析学と群論の初歩を理解していること、十分復習しておくことが望ましい。授業後の復習は必ずすることを期待する。

成績評価方法・基準(Evaluation)

複数回のレポート(50%)／出席態度(50%)

今までの講義では取り扱っていない新しい内容なので、出席して講義を聞くことを重視する。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. 小野 孝、1987、『数論序説』、裳華房 (ISBN:978-4785310509)
2. 木内 敬、2030、『リーマン予想入門』、技術評論社 (ISBN:978-4-297-11452-7)
3. D.B. ザギヤー、1990、『数論入門』、岩波書店 (ISBN:978-4000055154)
4. J.P. セール、2017、『数論講義』、岩波書店 (ISBN:978-4007305924)

その他(HP 等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC142／解析学特論4 (Special Lecture on Math. Analysis 4)		
担当者名 (Instructor)	山田 裕二(YAMADA YUJI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA205 解析学諸論3、LC142 解析学特論4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

有理型解析関数の例としてテータ関数を学び、それらの準周期性や無限乗積を知る。応用例として Yang-Baxter 方程式の解を挙げる。さらに可解格子模型における遷移行列とその可換性を学ぶ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

有理型解析関数の例としてテータ関数を学び、それらの準周期性や無限乗積を知る。応用例として Yang-Baxter 方程式の解を挙げる。さらに可解格子模型における遷移行列とその可換性を学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

- 2次元の Ising 模型、相転移、Boltzmann の原理、分配関数、1次元 Ising 模型の遷移行列
- ベクトル空間のテンソル積、N次元ベクトル空間上の自己同型の基底
- ベクトル空間のテンソル積(続き)
- Yang-Baxter 方程式(YBE)
- YBE の解(1): McGuire-Yang の解、初期条件、unitary 関係式
- YBE の解(2): 6 頂点模型、初期条件、unitary 関係式、McGuire-Yang の解との関係
- 6 頂点模型が YBE の解であることの証明
- 6 頂点模型と2次元可解格子模型の遷移行列の可換性、図を用いた表現
- 遷移行列の可換性の式に表示と図を用いた表現の対応、テータ関数の定義、正則性、準周期性
- テータ関数の準周期性と零点の個数と零点の和、Cauchy の定理、Liouville の定理、Rouche の定理、テータ関数の無限乗積の紹介
- テータ関数の加法公式
- YBE の解(3): テータ関数解(8 頂点模型)
- 8 頂点模型が YBE の解であることの証明(1)
- 8 頂点模型が YBE の解であることの証明(2)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

特になし。出席を重視する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業内に指示をする複数回のレポート(50%)/出席態度(50%)

今までの講義では取り扱っていない新しい内容なので、出席して講義を聞くことを重視する。すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

- R.J.Baxter. 2008. *Exactly Solved Models in Statistical Mechanics*. Dover Publications (ISBN:978-0486462714)
- 神保 道夫、2012、『量子群とヤン・バクスター方程式』、丸善出版 (ISBN:978-4621064672)
- 神保 道夫、1998、『ホロミック量子場』、岩波書店 (ISBN:978-4000106542)
- 白石 潤一、2003、『量子可積分系入門』、サイエンス社 (ISBN:978-4781999524)
- 梅村 浩、2020、『楕円関数論』、東京大学出版会 (ISBN:978-4130613149)
- D. Mumford. 2010. *Tata Lectures on Theta I*. Birkhauser Boston (ISBN:978-0817645724)

その他(HP等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC143／解析学特論5 (Special Lecture on Math. Analysis 5)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	ソリトン理論における広田の双線形化法		
担当者名 (Instructor)	寛 三郎(KAKEI SABUROU)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA207 解析学諸論5、LC143 解析学特論5と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

数理物理学におけるソリトン理論を、「広田の双線形化法」を中心に解説する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

数理物理学におけるソリトン方程式は、流体力学、プラズマ物理、非線形光学などのさまざまな現象の物理モデルとして現れる。それらにおける共通の性質として、ソリトンと呼ばれる安定な局在波が粒子的に振る舞う現象が挙げられる。本講義では、この分野における基本的なアイデアを、比較的単純な例を通して紹介する。特に「広田の双線形化法」と呼ばれる手法を中心に議論を進める。

授業計画 (Course Schedule)

1. 波動方程式(1): 格子振動から偏微分方程式へ
Wave equation (1): From lattice vibration to PDE
2. 波動方程式(2): 波動方程式の解
Wave equation (2): Solutions of wave equation
3. 非線形波動(1): 線形波動と非線形波動
Nonlinear waves(1): Linear wave and nonlinear wave
4. 非線形波動(2): Burgers 方程式と Cole-Hopf 変換
Nonlinear waves(2): Burgers equation and Cole-Hopf transformation
5. 非線形波動(3): Korteweg-de Vries (KdV) 方程式
Nonlinear waves(3): Korteweg-de Vries (KdV) equation
6. KdV 方程式に対する広田の方法(1)
Hirota's bilinear method for KdV equation(1)
7. KdV 方程式に対する広田の方法(2)
Hirota's bilinear method for KdV equation(2)
8. KdV 方程式に対する広田の方法(3)
Hirota's bilinear method for KdV equation(3)
9. 戸田方程式に対する広田の方法(1)
Hirota's bilinear method for Toda equation(1)
10. 戸田方程式に対する広田の方法(2)
Hirota's bilinear method for Toda equation(2)
11. 戸田方程式に対する広田の方法(3)
Hirota's bilinear method for Toda equation(3)
12. Backlund 変換と頂点作用素(1)
Backlund transformations and vertex operators (1)
13. Backlund 変換と頂点作用素(2)
Backlund transformations and vertex operators (2)
14. Backlund 変換と頂点作用素(3)
Backlund transformations and vertex operators (3)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

常微分方程式の変数分離法 (CA225／微分方程式入門 で扱う程度のもの) については理解していることが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業内演習(20%)／複数回のレポート(80%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

1. 広田良吾、2013、『直接法による ソリトンの数理』、岩波書店 (ISBN:4007300798)
2. 三輪哲二・神保道夫・伊達悦朗、2016、『ソリトンの数理』、岩波書店 (ISBN:400730369X)
3. 高崎金久、2001、『可積分系の世界: 戸田格子とその仲間』、共立出版 (ISBN:4320016696)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC147／代数学特論1 (Special Lecture on Algebra 1)		
担当者名 (Instructor)	隈川 直貴(KUMAKAWA NAOKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA191 代数学諸論1、LC147 代数学特論1と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

この講義では、整数の持つ数論的性質を、主に複素解析の観点から調べていく事を目標とする。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

初等整数論における多くの問題は、その主張を理解する事は容易である。しかしながら、それらの解決にはしばしば数学の異なる分野の知識を必要とする。例えば、リーマンのゼータ関数、ガンマ関数等の特殊関数の理論は数の理論と結びつく。本講義では、これらの関数の基本性質を学び、平方剰余の相互法則、ディリクレの算術級数定理などの定理への証明を与える。

授業計画 (Course Schedule)

1. 平方剰余の相互法則とディリクレの算術級数定理
2. 複素関数論の復習
3. ディリクレ級数の収束・発散
4. 母関数としてのディリクレ級数
5. ガンマ関数 (1)
6. ガンマ関数 (2)
7. ガンマ関数 (3)
8. リーマンのゼータ関数 (1)
9. リーマンのゼータ関数 (2)
10. リーマンのゼータ関数 (3)
11. ヤコビのテータ関数 (1)
12. ヤコビのテータ関数 (2)
13. 平方剰余の相互法則 の証明
14. ディリクレの算術級数定理の証明

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

複素関数論の基礎知識(コーシーの積分定理等)をある程度仮定する。
また、必要に応じて各回に対応する内容について復習すること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(複数回)(100%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

特に無し

参考文献 (Readings)

授業中に随時紹介する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC152／代数学特論6 (Special Lecture on Algebra 6)		
担当者名 (Instructor)	柴田 和樹(SHIBATA KAZUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA196 代数学諸論6、LC152 代数学特論6と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

可換環論の基礎を学ぶ。可換環の定義や基本的性質を学んだ後、具体例として次数付き環を講義し、可換環論のより深い理解を目指す。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

可換環論は多様体や組合せ論などの他分野と深い関わりがあり、今日までに多くの研究結果があり、今なお盛んに研究されている分野である。本講義では、前半で可換環に関する定義や性質を講義した後、後半では組合せ論的可換環をテーマとし、具体的な例をいくつか挙げて環の性質について解説する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 環の復習
2. 加群の定義とその性質
3. 加群の準同型写像
4. 加群の系列, 完全列
5. 加群のテンソル積
6. イデアルの準素イデアルへの分解(1)
7. イデアルの準素イデアルへの分解(2)
8. ネーター環と準素分解
9. 次数付き環と次数付き加群
10. Stanley-Reisner 環の定義およびその性質(1)
11. Stanley-Reisner 環の定義およびその性質(2)
12. 半群環の定義およびその性質(1)
13. 半群環の定義およびその性質(2)
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

「線形代数学 1・2」を予備知識とする。特に、ベクトル空間については既知とし、話を進めていく。また、「代数学 1」は履修済であることが望ましい。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート(40%×2)(80%)/授業内演習(20%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

講義の中で紹介する。

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC156／幾何学特論2 (Special Lecture on Geometry 2)		
担当者名 (Instructor)	杉山 健一(SUGIYAMA KENICHI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA198 幾何学諸論 2、LC156 幾何学特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

この講義では曲面の不変量を解説した後、3次元ユークリッド内の極小曲面と調和写像、平均曲率一定の曲面について解説する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

3次元ユークリッド空間における極小曲面や平均曲率一定の曲面は Weierstrass の表現定理を通して複素関数と密接な関係にある。本講義では、極小曲面や平均曲率一定に関する基本的な定理を解説したのち、3次元ユークリッド空間に埋め込まれた平均曲率一定の曲面は球面に限るという Hopf による定理と共役な平均曲率一定の曲面について解説する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 曲面の不変量 (第1基本形式と第2基本形式)
2. 等温座標の導入
3. Weierstrass の表現定理
4. 調和写像と平均曲率一定の曲面
5. 変分原理 (Euler-Lagrange 方程式)
6. Noether の定理 (対称性)
7. 変数変換公式とその応用
8. Hopf 微分
9. Hopf の定理
10. Gauss-Codazzi 方程式
11. Gauss-Codazzi 方程式の応用
12. 極小曲面と平均曲率一定の曲面1
13. 極小曲面と平均曲率一定の曲面2
14. 幾つかの例

授業時間外 (予習・復習等) の学習 (Study Required Outside of Class)

幾何学1と複素関数論の基礎的な知識を仮定する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート試験 (Report Exam) (60%) / 最終レポート (Final Report) (40%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC167／統計数学特論1 (Special Lecture on Statistics 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	量子計算と離散確率数理		
担当者名 (Instructor)	間野 修平(MANO SHUHEI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA219 統計数学諸論1、LC167 統計数学特論1と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

量子計算における離散数理, 確率数理の応用について学ぶ.

授業の内容(Course Contents)

量子計算の基本を解説し, 応用数理の観点から興味深いアルゴリズムを紹介する. 物理・情報・統計の知識は前提としない.

授業計画(Course Schedule)

1. Introduction
2. Classical Computation 1: Turing Machines
3. Classical Computation 2: Circuits
4. Classical Computation 3: Computational Complexity
5. Quantum Computation 1: Quantum Probability
6. Quantum Computation 2: Quantum Circuits
7. Quantum Computation 3: Basic Algorithms
8. Abelian Groups and Algorithms 1: Period Finding
9. Abelian Groups and Algorithms 2: Phase Estimation
10. Abelian Groups and Algorithms 3: Hidden Subgroup Problem
11. Algorithm for Sampling 1: Backgrounds
12. Algorithm for Sampling 2: Quantum Supremacy Demonstration
13. Algorithm for Sampling 3: Stochastic Computation
14. Summary

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

復習. Reviewal.

成績評価方法・基準(Evaluation)

レポート試験(Report Exam)(70%)/中間レポート(30%)

テキスト(Textbooks)

なし

参考文献(Readings)

1. Bernhardt. 2019. Quantum Computing for Everyone. MIT Press (ISBN:9780262539531)
2. Kitaev, et al.. 2002. Classical and Quantum Computation. American Mathematical Society (ISBN:9780821832295)
3. Scherer. 2019. Mathematics of Quantum Computing. Springer (ISBN:9783030123574)

その他(HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC191／情報科学特論1 (Special Lecture on Information Science 1)		
担当者名 (Instructor)	篠原 直行(SHINOHARA NAOYUKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA179 情報科学諸論1、LC191 情報科学特論1と合同授業 不定期開講: 講義日は以下のとおり【】		

授業の目標(Course Objectives)

TLS でよく使用される RSA 暗号の理解を深めることで、公開鍵暗号の安全性評価について学ぶ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

TLS はインターネット上で情報を暗号化して送受信するプロトコルであり、その中では公開鍵暗号や秘密鍵暗号などが使用されている。特に公開鍵暗号では、素因数分解の計算の困難性を安全性の基盤とする、RSA 暗号が広く使用されており、各国の研究機関がその安全性評価の研究を行っている。

この講義では、RSA 暗号の実装と解読に関する各種のアルゴリズムを説明する。さらにこれらをフリーソフトである数式処理システム Risa/Asir を用いて実装して数値実験を行うか、アルゴリズムにそった手計算によって、これらのアルゴリズムの効率性について学習する。

授業計画(Course Schedule)

1. はじめに(TLS, RSA 暗号)
2. 数式処理ソフト ASIR の使い方
3. RSA 暗号の秘密鍵の生成(試し割と計算量)
4. エラトステネスの篩
5. プログラミング演習
6. Fermat test, Carmichael 数, 冪乗演算の高速化
7. Miller-Rabin test
8. 素数証明と素数生成
9. プログラミング演習
10. RSA 暗号の実装(拡張 Euclid 互除法)
11. 指数時間の素因数分解アルゴリズム(Fermat 法)
12. 準指数時間の素因数分解アルゴリズム(二次篩法)
13. 二次篩法の続き
14. プログラミング演習

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準(Evaluation)

出席態度(49%)/数回の小レポート(51%)

すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

特になし。

参考文献(Readings)

その他(HP 等)(Others(e.g. HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC193／情報科学特論3 (Special Lecture on Information Science 3)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	代数幾何学入門		
担当者名 (Instructor)	安田 雅哉(YASUDA MASAYA)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7490	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA181 情報科学諸論3、LC193 情報科学特論3と合同授業		

授業の目標(Course Objectives)

代数幾何学の入門における導入部分を紹介する。具体的には、射影平面における曲線の幾何学的イメージを持たせると共に、可換環論と代数多様体の対応を理解することを目指す。さらに、代数曲線論の基礎を学ぶと共に、その一例として楕円曲線の群構造を理解することを最終的に目指す。また、有限体上の楕円曲線の位数計算手法を紹介する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容(Course Contents)

次の4つの章に分けて、代数幾何入門の導入部分と有限体上の楕円曲線の位数計算を紹介する：

- 1 章：射影平面と平面曲線(3 回)
- 2 章：可換環と代数多様体(5 回)
- 3 章：代数曲線論と楕円曲線(4 回)
- 4 章：有限体上の楕円曲線の位数計算(2 回)

授業計画(Course Schedule)

1. 射影平面と平面曲線(1): 射影直線と射影平面
2. 射影平面と平面曲線(2): 双対原理と射影変換
3. 射影平面と平面曲線(3): 射影平面の関数体と有理写像と代数的射
4. 可換環と代数多様体(1): ネター環と準素イデアル分解
5. 可換環と代数多様体(2): 局所化と上昇定理
6. 可換環と代数多様体(3): 正規化定理とヒルベルトの弱零点定理
7. 可換環と代数多様体(4): アフィン代数多様体とヒルベルトの零点定理
8. 可換環と代数多様体(5): 射影代数多様体
9. 代数曲線論と楕円曲線(1): 代数曲線と因子群
10. 代数曲線論と楕円曲線(2): リーマン・ロッホの定理
11. 代数曲線論と楕円曲線(3): 楕円曲線と点の加法
12. 代数曲線論と楕円曲線(4): 楕円曲線の群構造
13. 有限体上の楕円曲線の位数計算(1)
14. 有限体上の楕円曲線の位数計算(2)

授業時間外(予習・復習等)の学習(Study Required Outside of Class)

適宜、参考テキストを予習・復習しておくことが望ましい。

成績評価方法・基準(Evaluation)

複数回の課題レポート(80%)/出席態度(20%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト(Textbooks)

1. 上野健爾、『代数幾何入門』、岩波書店 (ISBN:4007308357)
2. 桂利行、『代数幾何入門』、共立出版 (ISBN:432001569X)

参考文献(Readings)

必要に応じて講義内で指示する。

その他(HP 等)(Others(e.g.HP))

注意事項(Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC200／確率論2 (Probability Theory 2)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	マルコフ連鎖入門		
担当者名 (Instructor)	須田 颯(SUDA HAYATE)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA234 確率論序論2、LC200 確率論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

確率論において重要な対象である有限状態マルコフ連鎖の基礎を習得する。また、この理論を通じて、確率論の基本的な考え方に親しむ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

マルコフ連鎖とは、状態空間が離散的な確率過程であって、“独立性”の重要な一般化である“マルコフ性”を有するものである。本講義では、特に状態空間が有限な場合のマルコフ連鎖に焦点を当て、その基礎事項を学ぶ。基本用語の確認から始め、マルコフ連鎖の定義や性質を述べた後、マルコフ連鎖の重要な話題の一つである混合時間について解説する。本講義を受講するにあたって、必要な前提知識は解析学及び線形代数の基礎であり、測度論及び測度論的確率論については未修でも構わない。

授業計画 (Course Schedule)

1. 基本的な用語の確認・復習
2. マルコフ連鎖の定義
3. マルコフ連鎖の表現定理
4. マルコフ連鎖の既約性と周期性
5. マルコフ連鎖の定常分布
6. マルコフ連鎖の可逆性
7. マルコフ連鎖の具体例 (破産問題, クーポン収集...etc)
8. マルコフ連鎖の具体例 2 (格子上のランダムウォーク)
9. 確率測度間の距離
10. 確率測度のカップリング
11. マルコフ連鎖の収束定理
12. マルコフ連鎖の混合時間
13. 可逆転移行列のスペクトル表現
14. 可逆マルコフ連鎖の緩和時間

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

各授業で扱った内容の復習をする。また、授業中に提示する演習問題を解く。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(20%)/中間レポート (20% × 4回)(80%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

初回の授業で紹介する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RC202／数理統計学1 (Mathematical Statistics 1)		
担当者名 (Instructor)	今野 良彦(KONNO YOSHIHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	MAT7590	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	CA236 数理統計学序論1、LC202 数理統計学1と合同授業 不定期開講：講義日は以下のとおり【】		

授業の目標 (Course Objectives)

ランダムネスを伴った現象に現れるデータからどのようにして情報を抽出するかが現代社会では重要である。データの背後に確率モデルを想定して、その確率モデルをデータに基づいて推測する数学的な基礎を学んでいく。
尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

初めに、確率空間、確率変数、期待値、および確率変数の収束のモードの定義を学ぶ。次に、代表的な統計モデリングと標本分布論(特に正規分布理論)を説明する。これらの知識に基づき、点推定、区間推定、検定論の統計推測法(基本的な考え方と代表的な手法)を学ぶ。最後に、これらの手法の精度の評価法についてのいくつかの代表的な話題について説明する。

授業計画 (Course Schedule)

1. 授業のガイダンスと数理統計の概要
2. 確率分布と期待値の復習
3. 確率変数列の収束
4. 大数の法則と中心極限定理
5. 統計的推測理論の枠組み。
6. 統計的モデルと正則母数モデル。
7. 指数型分布族と十分統計量
8. 点推定法の考え方
9. 最尤法について
10. 不偏推定と情報不等式
11. 検定法の考え方
12. ネイマン・ピアソンの補題と尤度比検定
13. 区間推定の考え方
14. ベイズ的推測の考え方

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業中に、次回までに行うべき予習と復習について指示します。これらの学修時間に 60 時間以上を要します。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

最終レポート(Final Report)(40%)/中間レポート(20%)/授業後のレポート(40%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

講義録を LMS にポスト。

参考文献 (Readings)

1. 久保川達也、2017、『現代数理統計学の基礎』、共立出版

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD102／分子生物学概論 (Introduction to Molecular Biology)		
担当者名 (Instructor)	塩見 大輔(SHIOMI DAISUKE)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD102 分子生物学概論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

原核生物の分裂と細胞形態形成制御機構、薬剤耐性などを学ぶ。どの制御もタンパク質超分子複合体によって行われており、これらのタンパク質の機能や構造などについて理解を深める。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

原核生物の中でもとくに解析の進んでいる大腸菌を中心に講義する。必要に応じて、枯草菌、連鎖球菌、ブドウ球菌、好熱細菌なども紹介する。原核生物の普遍的な細胞分裂、形態形成制御機構、薬剤耐性や、個々の細胞に特異的な制御機構について講義する。また、最新の関連論文及び総説を輪読し、受講者で討論しながら進める。現象の生物学的な意義だけでなく、実験方法についても学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. 序論
2. バクテリア細胞の構造
3. バクテリア細胞におけるタンパク質の局在
4. バクテリアの分裂制御
5. バクテリアの分裂制御
6. バクテリアの形態形成制御
7. バクテリアの形態形成制御
8. バクテリアの薬剤耐性
9. バクテリアの薬剤耐性
10. 関連論文の紹介と討論
11. 関連論文の紹介と討論
12. 関連論文の紹介と討論
13. 関連論文の紹介と討論
14. 関連論文の紹介と討論

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業時間外の学習に関する指示は、必要に応じて別途指示する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み、出席態度、発表、リアクションペーパーなど(100%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

特になし

参考文献 (Readings)

特になし

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD105／細胞生物学概論 (Introduction to Cell Biology)		
担当者名 (Instructor)	眞島 恵介(MASHIMA KEISUKE)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD105 細胞生物学概論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

動物細胞における細胞内シグナル伝達の分子機構を学ぶ。
尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

細胞は様々な細胞外からのシグナルを受けて、そのシグナルに応答する細胞内シグナル伝達機構を持っている。そこで、動物細胞でのシグナル伝達の分子機構の基本を解説する。その後、免疫担当細胞のシグナル伝達機構について紹介する。また、後半では種々の細胞のシグナル伝達に関連した文献あるいは専門書を読み、学生からのプレゼンテーション、それを受けてのディスカッションを行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 動物細胞におけるシグナル伝達 主に G タンパク質を中心に
2. 動物細胞におけるシグナル伝達 主に G タンパク質を中心に
3. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
4. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
5. 動物細胞におけるシグナル伝達 主にタンパク質リン酸化酵素を中心に
6. 動物細胞におけるシグナル伝達 カルシウムイオンを中心に
7. 免疫細胞でのシグナル伝達
8. 様々な細胞におけるシグナル伝達1 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
9. 様々な細胞におけるシグナル伝達2 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
10. 様々な細胞におけるシグナル伝達3 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
11. 様々な細胞におけるシグナル伝達4 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
12. 様々な細胞におけるシグナル伝達5 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
13. 様々な細胞におけるシグナル伝達6 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)
14. 様々な細胞におけるシグナル伝達7 (学生によるプレゼンテーション, ディスカッション)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

必要に応じ参考資料を配付する。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み(ディスカッションへの参加度を含む)(50%)/プレゼンテーション(50%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

特になし。

参考文献 (Readings)

特になし。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD108／分子生物学特論2 (Special Topics in Molecular Biology 2)		
担当者名 (Instructor)	関根 靖彦(SEKINE YASUHIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD108 分子生物学特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

生物ゲノムの可変性を生む機構とそれが生物の適応、進化にどのように関わってきたかを学ぶ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

生物は、遺伝情報を安定に維持し次の世代に引き継ぐ一方で、様々な突然変異を受け容れることによりゲノムを改変し多様化させる仕組みを持っている。本講義では、DNA 組換えによって引き起こされるゲノムのダイナミックな動態とその生物学的意義について解説する。また、ゲノム動態に関する英語の文献の講読も行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. DNA 組換えの概念・分類
2. トランスポゾンの分類・転移機構
3. トランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え(1)
4. トランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え(2)
5. レトロトランスポゾンの転移機構
6. レトロトランスポゾンの転移により引き起こされる DNA 組換え
7. トランスポゾンが生物ゲノムの進化に与えるインパクト(1)
8. トランスポゾンが生物ゲノムの進化に与えるインパクト(2)
9. その他の DNA 組換え(1)
10. その他の DNA 組換え(2)
11. ゲノム動態に関する文献の講読(1)
12. ゲノム動態に関する文献の講読(2)
13. ゲノム動態に関する文献の講読(3)
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

資料プリントを配付するので、事前に目を通してから授業に臨むこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

リアクションペーパー(50%)/授業への取り組み(30%)/小テスト(20%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

なし

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

リアクションペーパーに対するフィードバックは、次回の授業時に行う。

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD109／細胞生物学特論 (Special Topics in Cell Biology)		
担当者名 (Instructor)	樋口 麻衣子(HIGUCHI MAIKO)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7390	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD109 細胞生物学特論と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

細胞生物学、特に細胞内シグナル伝達、細胞増殖、細胞運動について、最先端の研究内容を学ぶ。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

細胞内シグナル伝達、細胞増殖、細胞運動等に関する講義、論文の輪読、プレゼンテーションを行う

授業計画 (Course Schedule)

1. 細胞生物学の基礎
2. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－1
3. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－2
4. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－3
5. 細胞内シグナル伝達の分子メカニズムと生体における役割－4
6. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－1
7. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－2
8. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－3
9. 細胞増殖の分子メカニズムと生体における役割－4
10. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－1
11. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－2
12. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－3
13. 細胞運動のメカニズムと生体における役割－4
14. 演習

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

関連する学術論文の理解とプレゼンテーションの準備を行う

成績評価方法・基準 (Evaluation)

授業への取り組み(100%)

すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する

テキスト (Textbooks)

なし(関連する学術論文については授業内で紹介する)

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD111／生物化学特論1 (Special Lecture on Biochemistry 1)		
テーマ／サブタイトル等 (Theme / Subtitle)	DNA 複製と合成生物学		
担当者名 (Instructor)	末次 正幸(SUETSUGU MASAYUKI)		
学期 (Semester)	秋学期(Fall Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD111 生物科学特論1と合同需要		

授業の目標 (Course Objectives)

DNA 複製から合成生物学までの最先端研究とともに、スタートアップを介した基礎研究の産業展開についても学び、自身で未来を切り拓く力を身につける。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

遺伝情報を複製し、自分自身のコピーを作り出す能力(自己複製能)は生命の根幹である。生命は巧妙な DNA 複製システムを備えている。前半はバクテリアの DNA 複製を主とした基礎から最先端までを取り上げる。
DNA 研究の進展はまた、新たなバイオテクノロジーに直結するものである。後半は、バイオテクノロジーの新潮流である合成生物学について紹介するとともに、人工細胞、ゲノム合成、バイオ医療といった、合成生物学の先端と産業について、合成生物学スタートアップ創業の実体験に基づいて紹介する。

授業計画 (Course Schedule)

1. イントロダクション
2. 複製開始
3. 複製フォーク
4. 複製終結、分離
5. 複製の制御、細胞内動態
6. DNA 修復、組換え
7. 総合討論 1
8. 合成生物学とバイオものづくり
9. セルフリー合成生物学、進化分子工学
10. ゲノム編集、ゲノム合成
11. 合成生物学と産業
12. 合成生物学と創薬
13. 大学発スタートアップ
14. 総合討論 2

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

レポートの内容は、前半内容と後半内容に関するものの計2回を予定しているので準備しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

レポート1(35%)/レポート2(35%)/リアクションペーパー(30%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

必要に応じて資料を配付する。

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD112／生物化学特論2 (Special Lecture on Biochemistry 2)		
担当者名 (Instructor)	岩川弘宙(IWAKAWA HIROOKI)		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7290	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD112 生物科学特論2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

遺伝子発現、及びその制御で中心的な役割を果たす RNA に関する最新の研究について学び、RNA の多様な働きを理解する。なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

RNA は、メッセンジャー RNA、転移 RNA、リボソーム RNA としてタンパク質合成における中心的な役割を果たす。また近年、小分子非コード RNA や、長鎖非コード RNA などが遺伝子の発現制御に重要な役割を果たすことが明らかになってきた。本授業では、RNA の多様な働きを理解するために、真核生物の翻訳機構、マイクロ RNA (miRNA)、低分子干渉 RNA (siRNA)、PIWI-interacting RNA (piRNA) といった小分子 RNA の働き、そして、long intergenic non-coding RNA (lincRNA) など、様々な長鎖非コード RNA の働きについて学ぶ。

授業計画 (Course Schedule)

1. RNA 生物学入門
2. 翻訳機構①
3. 翻訳機構②
4. 翻訳機構③
5. 真核細胞の小分子 RNA①
6. 真核細胞の小分子 RNA②
7. 真核細胞の小分子 RNA③
8. 真核細胞の小分子 RNA④
9. 長鎖非コード RNA①
10. 長鎖非コード RNA②
11. 最新の RNA 研究①
12. 最新の RNA 研究②
13. 最新の RNA 研究③
14. まとめ

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

関連する内容について復習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回の講義におけるリアクションペーパーの内容(100%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	RD116／生命理学特別講義2 (Special Lecture in Life Science 2)		
担当者名 (Instructor)	塩見 大輔(SHIOMI DAISUKE)他		
学期 (Semester)	春学期(Spring Semester)	単位 (Credit)	2単位(2 Credits)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7190	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	LD116 生命理学特別講義2と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

最先端の研究について、深く理解する。
なお、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

最先端の研究について、実際に世界と戦っている一線の研究者から話を伺う。
研究内容に加え、研究の進め方、考え方などを実際に追体験する。

授業計画 (Course Schedule)

1. ガイダンス(塩見 大輔)
バクテリア染色体の凝縮機構と染色体分配(1)(仁木 宏典)
2. バクテリア染色体の凝縮機構と染色体分配(2)(仁木 宏典)
3. 人工細胞をもちいた進化分子工学(1)(松浦 友亮)
4. 人工細胞をもちいた進化分子工学(2)(松浦 友亮)
5. 神経細胞の培養とその活用手法の現状(池内 与志穂)
6. 神経オルガノイドの機能化に向けて(池内 与志穂)
7. ゲノム編集の基礎(宮岡 佑一郎)
8. ゲノム編集の iPS 細胞への応用(宮岡 佑一郎)
9. 真核生物とは何か:どのように誕生し、どのような能力を得たのか(吉田 大和)
10. 真核生物の基本原則を解く(吉田 大和)
11. 植物の交配様式の進化とその分子機構(1)(土松 隆志)
12. 植物の交配様式の進化とその分子機構(2)(土松 隆志)
13. 生体膜脂質の機能(河野 望)
14. 飽和型リン脂質により発動する細胞応答(河野 望)

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

授業される先生の研究について、HP や論文などを見て、予習しておくこと。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

毎回の講義におけるリアクションペーパーの内容、議論への参加など(100%)
すべての評価方法において前期課程よりも高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

なし

参考文献 (Readings)

その他 (HP 等) (Others(e.g. HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	春学期他(Spring Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

各研究分野に関連する論文・総説等の精読や、研究の進捗状況報告を行うことで、プレゼンテーション能力を養うと共に各研究分野に対する理解を深める。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

輪講は生命理学専攻における教育において、研究と表裏一体で行われるものである。そのため輪講では、研究の遂行に必要な、各研究分野に関する知識や論理的な考え方の習得、さらには発表能力の育成などを目的として、各指導教員が個別に授業計画を設定し、その計画に従い、1年間を通じて行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 論文紹介・研究進捗状況報告
2. 論文紹介・研究進捗状況報告
3. 論文紹介・研究進捗状況報告
4. 論文紹介・研究進捗状況報告
5. 論文紹介・研究進捗状況報告
6. 論文紹介・研究進捗状況報告
7. 論文紹介・研究進捗状況報告
8. 論文紹介・研究進捗状況報告
9. 論文紹介・研究進捗状況報告
10. 論文紹介・研究進捗状況報告
11. 論文紹介・研究進捗状況報告
12. 論文紹介・研究進捗状況報告
13. 論文紹介・研究進捗状況報告
14. 論文紹介・研究進捗状況報告

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

指定された文献は必ず読んでくること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究分野に関する論文の読解力、発表能力、研究に対する取り組み姿勢等を各研究指導教員が総合的に評価。(100%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

教材等は指導教員が用意する。

参考文献 (Readings)

指導教員が別途指示する。

その他 (HP 等) (Others(e.g.HP))

注意事項 (Notice)

科目コード／科目名 (Course Code / Course Title)	自動登録／輪講A (Colloquium A)		
担当者名 (Instructor)	生命理学科全専任教員		
学期 (Semester)	秋学期他(Fall Others)	単位 (Credit)	1単位(1 Credit)
科目ナンバリング (Course Number)	LFS7880	言語 (Language)	日本語 (Japanese)
備考 (Notes)	前期課程 輪講1～4と合同授業		

授業の目標 (Course Objectives)

各研究分野に関連する論文・総説等の精読や、研究の進捗状況報告を行うことで、プレゼンテーション能力を養うと共に各研究分野に対する理解を深める。尚、前期課程よりも高度な知識・スキルを身に付けることを目標にする。

授業の内容 (Course Contents)

輪講は生命理学専攻における教育において、研究と表裏一体で行われるものである。そのため輪講では、研究の遂行に必要な、各研究分野に関する知識や論理的な考え方の習得、さらには発表能力の育成などを目的として、各指導教員が個別に授業計画を設定し、その計画に従い、1年間を通じて行う。

授業計画 (Course Schedule)

1. 論文紹介・研究進捗状況報告
2. 論文紹介・研究進捗状況報告
3. 論文紹介・研究進捗状況報告
4. 論文紹介・研究進捗状況報告
5. 論文紹介・研究進捗状況報告
6. 論文紹介・研究進捗状況報告
7. 論文紹介・研究進捗状況報告
8. 論文紹介・研究進捗状況報告
9. 論文紹介・研究進捗状況報告
10. 論文紹介・研究進捗状況報告
11. 論文紹介・研究進捗状況報告
12. 論文紹介・研究進捗状況報告
13. 論文紹介・研究進捗状況報告
14. 論文紹介・研究進捗状況報告

授業時間外(予習・復習等)の学習 (Study Required Outside of Class)

指定された文献は必ず読んでくること。

成績評価方法・基準 (Evaluation)

各研究分野に関する論文の読解力、発表能力、研究に対する取り組み姿勢等を各研究指導教員が総合的に評価。(100%)
すべての評価方法において高度な達成水準を要求する。

テキスト (Textbooks)

教材等は指導教員が用意する。

参考文献 (Readings)

指導教員が別途指示する。

その他 (HP 等) (Others (e.g. HP))

注意事項 (Notice)

