

第30回数物セミナー合同合宿 RS班希望について

数学・物理学教務係より

本PDFは第30回数物セミナー合同合宿におけるリレーセミナー班の候補となる分野と必要な前提知識およびその難易度の目安、教科書の候補とその5段階での難易度などを紹介します。前提知識の把握や参加者のセミナーに期待する内容の大きなずれを避けるなどのためにご参照ください。

リレーセミナーの意義は、さまざまな興味を持った参加者の間で交流を深め、これまで学習してこなかった数学や物理学に対して教養を得ることにあります。自らの専門とする分野の理解を深めたいと思う参加者もいらっしゃるとは思いますが、是非数学、物理学を問わず知らない分野に手を伸ばしてみることをご検討ください。新たな発見があるかもしれません。

- リレーセミナーの時間はおよそ14時間です。
- 事前ゼミとして、オンラインにて参加者同士で合宿前までに学ぶことも可能です。
- 各分野の概要及び主な教科書、前提知識と難易度を紹介します。教科書の難易度の目安は以下の通りです。
 - ★1：学部1-2年生レベル、初学者向け
 - ★3：標準的な学部後半レベル
 - ★5：進んだ学部4年生から修士1年相当
- 教科書については基礎的なものから発展的なものまで幅広く紹介していますので、参加者の前提知識に合わせて班のメンバー全員が無理なく学習できるものを選択してください。
- 分野を大きく逸脱しないものであればここで紹介されている教科書以外を読むことも可能です。
- 各分野の中でもさまざまなトピックがあり、1分野の中で複数の班を立てる場合があります
- ミスマッチを避けるため希望するレベルや扱いたいトピック、教科書などを募集フォームの自由記述欄になるべく具体的に書いていただくようお願いします。
- 前提知識のうち括弧がついているものは必ずしも必要ではないが、あたら学習しやすい、もしくは発展的な内容が学べるものを探しています。
- 特に、微分方程式論、代数幾何学、電磁気学、相対性理論、量子力学、場の量子論など広い範囲の分野では希望分野の中でも、学びたいレベルや扱いたいトピック、書籍等を、参加申し込みフォームに具体的に書いてください。

末筆ではございますが、ご参加をお待ちしております。

数学

数学教務係

フーリエ解析

概要 フーリエ解析は、複雑な波形や信号を、異なる周波数と振幅を持つ単純なサイン波とコサイン波を足し合わせ、表現・分析するための数学的な手法である。

難易度 ☆～☆☆

主な前提知識 微分積分学、線形代数学

主な教科書

- ・ 斯タイン、シャカルチ「フーリエ解析」★ 1
- ・ 倉田和浩「新版 フーリエ解析の基礎と応用」
- ・ 木田良才「フーリエ変換と超関数」

複素解析学

概要 複素平面上で定義された 1 变数複素関数論を学ぶ。複素積分にまつわる種々の定理は非常に強力であり、特に留数定理を用いることでエレガントに実積分を計算できる場合がある。留数定理やリュービルの定理などを目標にするとよい。

難易度 ☆

主な前提知識 微分積分学、線形代数学

主な教科書

- ・ 高橋礼司「複素解析」★ 2
- ・ アールフォルス「複素解析」★ 3
- ・ 藤本坦孝「複素解析」★ 3
- ・ 野口潤次郎「複素解析概論」★ 4

関数解析学

概要 実関数や複素関数のうち良い性質を持ったものを考えると、ノルムを備えた線形空間になる場合がある。このような関数空間とその間の線形作用素についての様々な性質とを考察するのが話題のひとつである。量子力学の厳密な定式化との関係が深いことが知られており、数理物理学的な内容に触れることも可能である。

難易度 ☆☆

主な前提知識 位相空間論、線形代数学

主な教科書

- ・ 溝畠茂「積分方程式入門」★ 2
- ・ 黒田成俊「関数解析」★ 3
- ・ 泉正己「数理科学のための関数解析学」★ 4
- ・ J. B. Conway, “A Course in Functional Analysis” ★ 4

微分方程式論

概要 未知関数の導関数を含む方程式である、常微分方程式や偏微分方程式の性質について学ぶ。また、時間発展する系について調べる力学系という分野もあるが、今回はここに含まれるものとする。（自由記述欄にどれをやりたいか書いていただくようお願いします。）

難易度 ☆☆～☆☆☆

主な前提知識 微分積分学、線形代数学（, 関数解析学）

主な教科書

- ・ スメール他「力学系入門」★1
- ・ ポントリヤーギン「常微分方程式」
- ・ 金子晃「偏微分方程式入門」★2
- ・ 熊ノ郷準「偏微分方程式」★3
- ・ 千葉逸人「解くための微分方程式と力学系理論」

ルベーグ積分

概要 「大きさ」の概念を抽象化した測度論および、測度を用いて幅広いクラスの積分を考察する積分論を学ぶ。積分と極限との交換について良い性質を多く導くことができ、フーリエ解析や微分方程式、関数解析などの基礎となる分野である。

難易度 ☆☆

主な前提知識 微分積分学、位相空間論の基礎、素朴集合論

主な教科書

- ・ 吉田伸生「ルベーグ積分入門」★2
- ・ 伊藤清三「ルベーグ積分入門」★3
- ・ Tao「ルベーグ積分入門」★3

確率論

概要 確率の概念を測度論を用いて定式化し、その性質について調べる分野である。数理統計学、経済学などへの応用がある。参加者の興味に合わせて、確率過程や確率微分方程式について学んでもよい。

難易度 ☆☆～☆☆☆

主な前提知識 ルベーグ積分（関数解析学）

主な教科書

- ・ 清水泰隆「統計学への確率論」
- ・ 舟木直久「確率論」
- ・ 伊藤清「確率論」
- ・ 釜江哲朗「確率解析入門」

群論

概要 整数と加法、正則行列と積など、集合に一つの演算が付随した群という抽象的な代数対象について学ぶ。対称性を表現する際に群は都合の良いもので、図形の回転やあみだくじなどを表現することができる。準同型定理やシローの定理を理解することをひとつの目的とするとよい。

難易度 ☆～☆☆

主な前提知識 なし

主な教科書

- ・ 雪江明彦「代数学1 群論入門」★1
- ・ 松坂和夫「代数系入門」★1
- ・ 桂利行「代数学I 群と環」★1
- ・ 佐藤隆夫「群の表示」★1
- ・ 近藤武「群論」★3
- ・ 鈴木通夫「群論上下」★3

ガロア理論

概要 体論の基礎と、体の構造や方程式の構造を群を用いて調べるガロア理論について学ぶ。方程式の可解性や正多角形の作図可能性を調べることや、数論への応用などがある。発展的な内容である無限次ガロア拡大について学んでもよい。

難易度 ☆☆

主な前提知識 群論、環論

主な教科書

- ・ 雪江明彦「代数学2 環と体とガロア理論」★2
- ・ 桂利行「代数学III 体とガロア理論」★2
- ・ 永井保成「代数学入門」★2
- ・ 中島匠一「代数方程式とガロア理論」★3
- ・ 永田雅宣「可換体論」★4

可換代数

概要 整数の代数的性質を抽象化した可換環や、ベクトル空間の概念を一般化した環上の加群について主に学ぶ。それ自体興味深い内容でありながら現代数学においても様々な分野の基礎となっており、例えば代数幾何学や数論への応用がある。また、ホモロジー代数について学んでもよい。

難易度 ☆☆

主な前提知識 群、環、体に関する基礎知識、(圏論)

主な教科書

- ・ 雪江明彦「代数学3 代数学のひろがり」★3
- ・ 堀田良之「可換環と体」★3
- ・ アティヤ、マクドナルド「可換代数入門」★4
- ・ Eisenbud “Commutative Algebra”★4
- ・ 松村英之「可換環論」★5
- ・ 志甫淳「層とホモロジー代数」★5

有限群の表現論

概要 有限群の表現とは、有限群の要素をベクトル空間上の線形変換（例：行列）として記述し、群の構造を保存する数学的な枠組みであり、対称性や構造を解析する強力な手法を提供する。

難易度 ☆☆～☆☆☆

主な前提知識 群、環、体、加群といった抽象代数学の基礎知識

主な教科書

- 平井武「線形代数と群の表現 1,2」★ 2
- J.P. セール「有限群の線型表現」★ 3
- フルトン-ハリス「表現論入門」★ 3
- エティンゴフ「表現論入門」★ 3
- 池田岳「テンソル代数と表現論」★ 3
- 永尾汎、津島行男「有限群の表現」★ 4

リー群の表現論

概要 リー群の表現論は、主にリー群表現とそれに対応するリー代数表現との間の重要な繋がりを通じて、群論的な問題を線形代数の言葉に翻訳することにより、連続対称性を研究するための強力な枠組みを提供し、物理学と数学の全般にわたって深遠な応用を持っている。

難易度 ☆☆～☆☆☆

主な前提知識 線形代数学、群論、微分積分学、位相空間論、(多様体の基礎、可換環論)

主な教科書

- 平井 武「リー群のユニタリ表現論」
- 山下 博「表現論入門セミナー 第II巻 リー代数と表現論」
- フルトン-ハリス「表現論入門」★ 3
- トゥング「物理学における群論」
- 小林、大島「リー群の表現論」★ 4
- Humphreys, “*Introduction to Lie Algebra and Representation Theory*” ★ 3
- Humphreys, “*Linear Algebraic Groups*” ★ 5

圏論

概要 数学的対象の間の関係性を統一的に扱う分野である。圏論的定式化により、内部の構造に言及しない関係性や、別の数学的対象との関係などを高い視点で見ることができる。

難易度 ☆☆

主な前提知識 なし（代数トポロジーなどの具体例を知っていると理解がしやすい。）

主な教科書

- T. レンスター「ベーシック圏論 普遍性からの速習コース」★ 2
- alg-d「全ての概念は Kan 拡張である」★ 3
- Awodey “*Category Theory*” ★ 3
- Emily Riehl ”*Category Theory in Context*” ★ 3
- 柏原正樹 “*Category and Shaves*” ★ 5

代数幾何

概要 多項式の零点から構成される代数多様体について調べる学問である。古典的な理論と、グロタンディークが創始したスキーム論を基礎とする理論とがある。古典的代数幾何学では多項式の零点集合を可換環論を用いて調べる。スキームは、古典的代数幾何で扱う対象を層を用いて一般化した概念であり、数論への応用もある。参加者の興味により選択するとよい。

難易度 ☆☆～☆☆☆

主な前提知識 可換代数（環）、位相空間論、（圏論）

主な教科書

- 今野一宏「平面代数曲線の話」★ 3
- D. コックス ほか「グレブナー基底と代数多様体入門」★ 3
- 上野健爾「代数幾何入門」★ 3
- 永井保成「代数幾何学入門」★ 4
- 小木曾「代数曲線論」★ 4
- Hartshorne「代数幾何学」★ 5

整数論

概要 初等整数論、整数を拡張した代数的整数などの代数的対象の性質を調べる代数的整数論、数論的関数について解析的手法を用いて整数（特に素数）の性質を調べる解析的整数論の3つに大別される。（それぞれ趣が異なる分野であるため、自由記述欄にどの分野を希望するかなるべく具体的に書いていただけます。）

難易度 ☆～☆☆

主な前提知識 代数学の基礎

主な教科書

- 雪江明彦「整数論 1・2・3」★ 2, ★ 3, ★ 5
- 高木貞治「初等整数論講義」★ 3
- 小野孝「数論序説」★ 3
- シルヴァーマン、テイト「楕円曲線論入門」★ 3
- 三枝洋一「数論幾何入門」★ 4
- J. ノイキルヒ「代数的整数論」★ 5
- 加藤和也、黒川重信、斎藤毅「数論 I・II」★ 3, ★ 5

位相空間論

概要 集合に位相という構造を入れることによって定まる位相空間において、同相写像で保存される位相的性質について調べることが1つの大きなテーマである。コンパクト性や連結性といった位相的性質や距離空間の完備化などについて学ぶとよい。

難易度 ☆

主な前提知識 なし

主な教科書

- ・ 内田伏一「集合と位相」★1
- ・ 松坂和夫「集合・位相入門」★1
- ・ 小山晃「位相空間論」★2
- ・ 斎藤毅「集合と位相」★2
- ・ 大田春外「深めよう位相空間」★3

多様体論

概要 多様体は局所的にユークリッド空間と同相な位相空間であり、ユークリッド空間の自然な拡張となっている。多様体自体の性質や、多様体上に一般化された微分や積分などについて調べる。微分幾何やドラームコホモロジーなど様々な応用がある重要な分野である。とくに低次元多様体は今なお研究が進められている興味深い分野である。

難易度 ☆☆

主な前提知識 微分積分学、位相空間論

主な教科書

- ・ 松本幸夫「多様体の基礎」★2
- ・ 坪井俊「幾何学I 多様体入門」★3
- ・ トゥー「多様体」★3
- ・ Warner “*Foundation of Differentiable Manifolds and Lie Group*” ★3
- ・ 森田茂之「微分形式の幾何学」★3

曲線曲面論

概要 ユークリッド空間に含まれる滑らかな曲線および曲面を扱う。曲線曲面論では法線ベクトルの変化の割合からガウス曲率を定義し、様々な不变量について考察する分野である。

難易度 ☆

主な前提知識 微分積分学

主な教科書

- ・ 小林昭七「曲線と曲面の微分幾何」★2
- ・ 梅原雅顕、山田光太郎「曲線と曲面 微分幾何的アプローチ」★2

微分幾何学

概要 多様上に接続などの微分構造や計量を導入することで導かれる特性類など不变量やその性質について調べる。Yang Mills 接続などの発展的なトピックもある。リーマン幾何は微分幾何学の一分野である。情報幾何について学んでもよい。

難易度 ☆～☆☆☆

主な前提知識 微分積分学、多様体論、(リーダ数の基礎知識もあるとうれしい)

主な教科書

- 坪井俊「幾何学 III 微分形式」★ 3
- 今野宏「微分幾何学」★ 3
- 森田茂之「微分形式の幾何学」★ 3
- 小林昭七「接続の微分幾何とゲージ理論」★ 5
- 藤岡敦「入門 情報幾何」★ 3
- 藤原彰夫「情報幾何学の基礎」★ 3
- Huybrechts, "Complex Geometry: An Introduction" ★ 5

代数トポロジー

概要 位相空間の持つ特徴をうまく抽出した(Co)ホモロジー群、基本群などの代数的対象を用いて、位相空間について調べる分野である。連結成分の数やオイラー数といった位相不变量に注目することが多い。

難易度 ☆☆

主な前提知識 位相空間論、群や環の基礎知識

主な教科書

- 松本幸男「トポロジー入門」★ 1
- 田村一郎「トポロジー」★ 2
- 坪井俊「幾何学 II ホモロジー入門」★ 3
- 増田幹也「代数的トポロジー」★ 3
- 河澄響矢「トポロジーの基礎」★ 4
- Bot,Tu「微分形式と代数トポロジー」★ 4

数理論理学

概要 数理論理学は数学の基礎をなす論理について考察する分野である。形式的体系の表現力や形式的証明系の演繹の能力などを調べる。不完全性定理などが有名だが、モデル理論や計算論理、型論理について学んでもよい。

難易度 ☆～☆☆☆

主な前提知識 なし (素朴集合論)

主な教科書

- 鹿島亮「数理論理学」★ 2
- 前原昭二「記号論理入門」★ 2
- 田中一之「数学基礎論序説」★ 3
- 新井敏康「数学基礎論」★ 4
- キューネン「数学基礎論講義」★ 4
- 田中一之「計算論理と数理論理学」★ 4

公理的集合論

概要 公理的集合論は、集合と呼ばれる数学的対象を扱う理論である。数学の形式体系であるツェルメロ・フレンケル集合論の上に公理として何を仮定するとどんな体系が得られるか、といった研究が活発に行われている。ZF上の選択公理の独立性などが有名。

難易度 ☆～☆☆☆

主な前提知識 なし（素朴集合論）

主な教科書

- キューネン「集合論—独立性証明への案内」★4
- Thomas Jech, “Set Theory: The Third Millennium Edition” ★4

数理統計学

概要 統計データの解析や推測を行うための数学的基礎付けを行う。データ分析、機械学習、経済学など現実の問題に対し幅広く応用されており、現在人気の高い分野の1つである。

難易度 ☆～☆☆

主な前提知識 微分積分学、線形代数学、確率論

主な教科書

- 竹村彰通「現代数理統計学」
- 久保川達也「現代数理統計学の基礎」

組合せ論

概要 順列や組み合わせといったモノの数え上げから組合せ論は発展してきた。現代では数え上げに限らず、可算な集合の構造や最大、最小を扱う組合せデザインや極値組合せ論、対象が持つ代数的構造に着目する代数的組合せ論といった様々な分野に派生している。グラフ理論は密接に関わることから組合せ論の1つの分野とされることが多い。参加者の興味に合わせてテーマを決めることが多い。

難易度 ☆～☆☆

主な前提知識 なし（可換代数、代数幾何、表現論などを扱う教科書、分野に合わせて代数学の知識があるとよい。）

主な教科書

- ヴァン・リント、ウィルソン「組合せ論」
- G. ポリア「組合せ論入門」
- 成嶋弘「数え上げ組合せ論入門」
- 日比孝之「可換代数と組合せ論」

物理学

物理学教務係

解析力学

概要 最小作用の原理をもとに描かれる体系を取り扱う学問である。ここで学ぶことになるラグランジュ形式やハミルトン形式は座標変換を施しても運動方程式が同じ形を保つという強力な性質がある。ニュートン力学の再編としての役割に始まったものではあるが、解析力学での記述は現代物理学の様々な理論体系に遍く通じている。

難易度 ☆

主な前提知識 なし

主な教科書

- ・ 河辺哲次「物理学レクチャーコース 解析力学」★1
- ・ 畑浩之「基幹講座物理学 解析力学」★2
- ・ 須藤靖「解析力学・量子論」★2
- ・ 渡辺悠樹「解析力学」★3
- ・ 近藤慶一「解析力学講義」★4

電磁気学

概要 電気と磁気について扱う。身近な電磁気現象はマクスウェル方程式とよばれる4つの方程式系に集約され、その理論の応用先は極めて広い。マクスウェル方程式の考察から電磁場のエネルギー・運動量や電磁波などを理解することができる。また電磁場をポテンシャルにより表現することでゲージの概念が導入され、方程式の不变性から特殊相対性理論との関連を見ることもできるだろう。

難易度 ☆

主な前提知識 ベクトル解析

主な教科書

- ・ 常定芳基「電磁気学基礎論」★1
- ・ 長岡洋介「電磁気学I, II」★1
- ・ 小宮山進、竹川敦「マクスウェル方程式から始める電磁気学」★1
- ・ グリフィス「電磁気学I, II」★2
- ・ 砂川重信「理論電磁気学」★3
- ・ 今井功「電磁気学を考える」★3

熱力学

概要 マクロな系を記述する学問である。いくつかのマクロ変数の組をパラメーターとする完全な熱力学関数により系の平衡状態の全ての情報が与えられ、そこには古典力学には見られない時間の流れが含まれている。実験結果に強力に裏付けられた、シンプルで美しい学問体系である。

難易度 ☆

主な前提知識 なし

主な教科書

- 田崎晴明「熱力学」★1
- 佐々真一「熱力学入門」★1
- 清水明「熱力学の基礎 I, II」★2
- 新井朝雄「熱力学の数理」★4

流体力学

概要 空間的に広がりをもった物質を扱う連続体力学の中で、液体や気体といった流体を扱う分野である。ベクトル解析や複素解析を使った議論で、身の回りにあふれている「流れ」という現象について記述する能力は非常に強力である。地球科学などだけでなく、宇宙理論などへの応用もある。

難易度 ☆

主な前提知識 ベクトル解析、複素解析

主な教科書

- 今井功「流体力学」★2
- 今井功「流体力学（前編）」★3
- 巽友正「流体力学」★4

特殊相対性理論

概要 光速不变の原理と相対性原理の二つの要請に基づき、時間と空間の座標とその変換を扱う理論である。特殊相対性理論では二つの慣性系はローレンツ変換により結ばれる事、時間の遅れやローレンツ収縮、質量とエネルギーの等価性を見ることになる。

難易度 ☆

主な前提知識 なし

主な教科書

- 河辺哲次「物理学レクチャーコース 相対性理論」★1
- シュツツ「相対論入門 I 特殊相対論」★2

量子力学

概要 物理量の値が一意に得られる古典論とは違い、量子論ではその確率分布のみを得る。いくらかの要請から導かれる様々な性質は、古典論的直観では非自明な結果を多くもたらしてくれる。解析力学で触れた対称性と保存則や変換とその生成子の関係についてここでもう一段階深い理解も得られる。摂動や散乱の理論に触れるのも面白いだろう。興味があれば量子力学の数学的側面にも触れられる。

難易度 ☆☆

主な前提知識 線形代数、解析力学、(あるとうれしい：確率論)

主な教科書

- 清水明「量子論の基礎」★1
- 猪木慶治、川合光「量子力学 I, II」★1
- 関口雄一郎「関口量子力学 I, II」★1
- 近藤慶一「量子力学講義 I, II」★2
- J. J. サクライ「現代の量子力学(上), (下)」★3
- R. P. Feynman, A. R. Hibbs「量子力学と経路積分」★3
- 新井朝雄、江沢洋「量子力学の数学的構造 I, II」★4
- 新井朝雄「量子現象の数理」★4

統計力学

概要 ミクロの世界とマクロの世界をつなぐ学問である。熱力学との整合性については保ったまま、系の構成粒子のエネルギー固有状態に着目することで量子力学の理論を用い、熱力学のみでは記述できなかった部分を補う。物性物理方面への応用も面白いが、ここで定義される分配関数は数学的にも興味深い対象である。また結び目理論などとの関わりも深く、場の量子論でも活躍する。

難易度 ☆☆

主な前提知識 热力学、量子力学、(あるとうれしい：確率論)

主な教科書

- 田崎晴明「統計力学 I, II」★2
- 高橋和孝「熱力学・統計力学」★2
- 清水明「統計力学の基礎 I」★3
- 久保亮五「大学演習 热学・統計力学」★3

非平衡統計力学

概要 热力学や統計力学では扱えない非平衡状態の系の振る舞いを記述する学問である。系が外場に応答する様子を解析することで、時間に依存する現象やエネルギー・粒子の流れ、時間反転対称性の破れを考察する。エントロピー生成や揺らぎの概念は確率過程の理論や情報理論との関連を持ち、古典系・量子系ともに様々な分野に応用される。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 統計力学

主な教科書

- 沙川貴大 他「非平衡統計力学」★3
- 齊藤圭司「ゆらぐ系の熱力学」★4
- 北原和夫「非平衡系の統計力学」★4

量子情報

概要 量子論を情報理論的な観点から理解しようとする分野。測定という操作の影響を明示的に考えることが重要となるとともに、ベルの不等式の破れを引き起こすエンタングルメントが中心的な話題となっている。近年では量子コンピュータへの応用が非常に盛んに研究されている。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 量子力学

主な教科書

- ・ 細谷暁夫「量子と情報」★2
- ・ 石坂智他「量子情報科学入門」★3
- ・ 沙川貴大, 上田正仁「量子測定と量子制御」★3
- ・ 古澤明, 武田俊太郎「量子光学と量子情報科学」★3
- ・ 近藤慶一「量子力学講義 II」★3
- ・ M. A. Nielsen, I. L. Chuang「量子コンピュータと量子通信」★3
- ・ 堀田昌寛「量子情報と時空の物理」★4

一般相対性理論

概要 一般相対性理論では重力を時空の歪みとして織り込みその下で物理を記述する。テンソル計算を用いてアインシュタイン方程式を様々な条件の下で解くことにより、時空の特徴を具体的に検討できる。ブラックホールや重力波などのトピックも面白い。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 特殊相対性理論, (あるとうれしい: 微分幾何学)

主な教科書

- ・ 須藤靖「一般相対性理論入門」★2
- ・ シュツツ「相対論入門 II 一般相対論」★3
- ・ 前田恵一, 田辺誠「演習形式で学ぶ一般相対性理論」★4
- ・ 新井朝雄「相対性理論の数理」★4

場の量子論

概要 時空の各点で値をとる場という物理量についての量子論であり、現代の素粒子標準理論の中核をなす。ポアンカレ変換対称性と内部対称性を考えることで素粒子やその相互作用の本質的な性質を導くことができる。近年では物性物理でも広く用いられている。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 解析力学, 量子力学, 特殊相対性理論, 複素解析学

主な教科書

- ・ 坂本真人「場の量子論, 場の量子論 II」★2
- ・ A.Zee「ジー先生の場の量子論 基礎編, 応用編」★3
- ・ 田島裕之「凝縮系における場の量子論」★3
- ・ 柏太郎「新版 演習場の量子論」★3
- ・ 九後汰一郎「ゲージ場の量子論 I, II」★4
- ・ M. E. Peskin, D. V. Schroeder “An Introduction to Quantum Field Theory”★4

弦理論

概要 量子重力理論を含むような究極の物理の候補の一つ。基本的な構成要素として、大きさを持たない点ではなく1次元的な広がりをもつ弦を考えることで、その様々な振動モードによって異なる素粒子を表現できると考えられている。また、近年 AdS/CFT 対応と呼ばれる対応関係が他分野においても注目を集めている。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 解析力学、特殊相対論、量子力学、場の量子論、(あるとうれしい: 一般相対性理論、共形場理論)

主な教科書

- ・ 畑浩之「入門 弦理論」★3
- ・ Zwiebach 「初級講座弦理論 (基礎編), (発展編)」★4
- ・ 細道和夫「弦とブレーン」★5
- ・ J. Polchinski “String Theory I, II”★5

原子核物理学

概要 場の量子論の中でも特に量子色力学 (QCD) を用いて原子核、原子核、核子 (陽子・中性子), クォークとその相互作用について扱う分野。安定・不安定な原子核の振る舞い、核分裂や核融合といった反応を調べることで、元素合成の過程やエネルギー生成の仕組みといった根源的な問題に迫る。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 解析力学、特殊相対論、量子力学、場の量子論

主な教科書

- ・ 熊野俊三「原子核物理学」★3
- ・ 永江知文, 永宮正治「裳華房テキストシリーズ 原子核物理学」★4
- ・ 青木慎也「格子 QCD によるハドロン物理」★4

宇宙物理学

概要 恒星やブラックホール、さらには宇宙そのものまで、宇宙に存在する様々な階層でおこる現象を物理学を用いて調べる分野である。基礎的な物理学の成果の多くを利用する総合的な分野であり、様々な理論が活かせるのも魅力である。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 電磁気学、一般相対性理論、統計力学、流体力学など、内容による

主な教科書

- ・ 福江純 他「宇宙流体力学の基礎」★3
- ・ 柴田一成 他「宇宙電磁流体力学の基礎」★3
- ・ 松原隆彦「宇宙論の物理 (上), (下)」★4
- ・ 小島康史 他「ブラックホール宇宙物理の基礎」★4
- ・ AR Choudhuri 「天体物理学」★5

固体物理学

概要 固体を中心とした物質の性質を物理学を用いて調べる分野。超伝導や磁性などの現象を、主に量子多体系としての観点から理解することを目指している。トポロジカル物性といった数理的な側面に特に注目した理論を学ぶこともできる。

難易度 ☆☆

主な前提知識 統計力学、量子力学など、内容による

主な教科書

- ・ 加藤岳生「物性物理学講義」★4
- ・ 浅野健一「固体電子の量子論」★4
- ・ 安藤陽一「トポロジカル絶縁体入門」★4
- ・ 齊藤英治、村上修一「スピニ流とトポロジカル絶縁体」★4

ソフトマター

概要 ソフトマターとは、高分子、コロイド、液晶、界面活性剤などの柔らかな物質の総称である。この分野では、粗視化などの理論的手法や統計物理の知識を用い、ソフトマターが示す相転移、自己組織化、非平衡ダイナミクスといった複雑な現象・挙動を物理的に記述することを目指している。非線形・非平衡という特徴を持つ物質の普遍的な法則を探る、応用範囲の広い学問である。

難易度 ☆☆

主な前提知識 統計力学、連続体力学

主な教科書

- ・ 松山明彦「入門ソフトマター物理学」★3
- ・ 土井正男「ソフトマター物理学入門」★3
- ・ 早川尚男、高田智史「非線形レオロジー」★4

生物物理学

概要 生体を構成する物質の動的メカニズムを明らかにし、それらで構成された生体組織の各階層間をつなぐ原理原則を見出すことによって生命を理解しようという学問である。相転移やソフトマターなどの観点から細胞で起こる現象を考えるほか、力学系などを用いて生命システムの普遍的性質を探ることもできる。

難易度 ☆☆☆

主な前提知識 電磁気学、熱力学、統計力学、力学系など内容による

主な教科書

- ・ 鳥谷部祥一他「生物物理学」★3
- ・ 金子邦彦「普遍生物学」★3
- ・ 望月敦史「理論生物学概論」★3

物理と幾何学

概要 物理学の諸理論を、微分幾何学、トポロジー、シンプレクティック幾何学といった数学的な構造を用いて深く理解しようとする分野である。解析力学（シンプレクティック幾何学）、一般相対論・ゲージ理論（微分幾何学）など、一見異なる理論間の本質的な繋がりを幾何学的な視点から解明し、より深い洞察と統一的な理解を得ることを目指す。

主な前提知識 多様体論,(あるとうれしい: 微分幾何学)

主な教科書

- 佐古彰史「ゲージ理論・一般相対性理論のための微分幾何学入門」★3
- 秦泉寺雅夫「理論物理のための現代幾何学」★4
- 中原幹夫「理論物理学のための幾何学とトポロジー1, 2」★4
- 前田吉昭, 佐古彰史「幾何学の量子化」★5