

理学教室への招待

中部大学工学部理学教室

2007年7月

目 次

| | |
|-----------------------------|----|
| 1. はじめに..... | 1 |
| 2. 理学教室メンバー..... | 2 |
| 3. 研究室紹介..... | 2 |
| A. 物質マクロ分野..... | 2 |
| A - 1. 村岡 克紀 研究室..... | 2 |
| A - 2. 宮島 佐介 研究室..... | 3 |
| A - 3. 佐藤 昭次 研究室..... | 4 |
| B. 物質ミクロ分野..... | 5 |
| B - 1. 堀川 直顕 研究室..... | 5 |
| B - 2. 手嶋 忠之 研究室..... | 6 |
| B - 3. 奥村 吉孝 研究室..... | 7 |
| B - 4. 森下 範一 研究室..... | 9 |
| B - 5. 大木戸 貞夫 研究室..... | 9 |
| C. 数理・情報科学分野..... | 11 |
| C - 1. 淵野 昌 研究室..... | 11 |
| C - 2. 阿部 正範・竹中 俊美 研究室..... | 12 |
| C - 3. 金光 三男 研究室..... | 12 |
| D. 宇宙・地球科学分野..... | 13 |
| D - 1. 鈴木 國弘 研究室..... | 13 |
| D - 2. 袴田 和幸 研究室..... | 14 |
| D - 3. 小林 礼人 研究室..... | 15 |
| D - 4. 工藤 健 研究室..... | 16 |

1. はじめに

学生の皆さんは近い将来、この大学を卒業し、一人一人が別々の道を進むこととなります。その時、胸を張ってここを出て行く自分の姿がイメージできますか？『これだけはがんばった。』『大切にしたいもの・こと・ひとが見つかった。』『追い続ける価値のある夢が見つかった。』そんな人生の宝物を学生時代に手にすることができるとしたら、少々つらくても超えてみたい壁は誰にだってあるはずです。私たち理学教室の教員グループは、自然科学や数学を使ってそれを超えてみたい君の、力になりたいと考えています。

私たちは大学の入口で、入学したばかりの皆さんと向き合って以来、時には一人一人の問題解決のお手伝いをし、時には真剣にぶつかり合い、皆さんの変化を肌で感じながら今日も教壇に立っています。そして、理学教育の入口で生じている様々な困難を克服するため、私たちはたくさんの熱い話し合いを重ね、試行錯誤をくりかえしてきました。皆さんが少しでも前に足を踏み出してくれることを励みとしながら、私たちも成長させてもらってきたのです。

熱い議論の中で、「私たちがこれまで研究によって得てきた感動や達成感の一部分でも、学生の皆さんと共有できないだろうか」という考えが生まれました。その一方で、皆さんの中には『理学のセンス』や『理学の謎を解きたい気持ち』が芽生えはじめており、学生時代にもう少し理学にこだわってみたいと考えている人も少なからずいることがわかってきました。そこで私たちは、「中部大学工学部の中であってどのような研究・教育活動を展開しており、さらに興味のある学生にはどのような手助けができるのか」をまとめ、皆さんに広くお知らせしようと考えました。そこで生まれたのがこの小冊子『理学教室への招待』です。この小冊子の中に超えたい壁を見つけることができたなら、ぜひその足で各研究室のドアをノックしてみてください。

この小冊子が、皆さんの中の誰かの人生を大きく前へ踏み出させるきっかけとなれば幸いです。

『理学教室への招待』編集委員

小林 礼人

工藤 健

出版責任者

理学教室主任 宮島佐介

2. 理学教室メンバー

(あいうえお順)

| | | | |
|-------|--------|-------|-------|
| 阿部 正範 | 大木戸 貞夫 | 奥村 吉孝 | 金光 三男 |
| 工藤 健 | 小林 礼人 | 佐藤 昭次 | 鈴木 國弘 |
| 竹中 俊美 | 手嶋 忠之 | 袴田 和幸 | 淵野 昌 |
| 古田 慎作 | 堀川 直顕 | 宮島 佐介 | 村岡 克紀 |
| 森下 範一 | 吉福 康郎 | | |

(印を付したメンバーは応用化学科においても研究指導をしています。そちらの研究室案内もあわせてご参照下さい。)

3. 研究室紹介

理学教室の研究分野はA.「物質マクロ」、B.「物質ミクロ」、C.「数理・情報」及びD.「宇宙・地球科学」の4分野に大別されます。それぞれの分野における研究内容と各研究室での活動を以下に紹介します。また、各研究室においてどのようなテーマの卒業研究指導が可能か具体例をあげてあります。

A. 物質マクロ分野

物性物理・統計物理を主な研究領域としています。具体的には、複雑系のレオロジー、高温超伝導の基礎的研究、複雑系・フラクタル・プラズマの非線形現象等に関する研究が挙げられます。さらに、レーザー、エックス線、放射線を使った計測技術の開発と応用研究も行っています。

A - 1. 村岡 克紀 研究室

物質を構成するのは原子や分子ですが、それをさらに電子とイオンに分けたものの集合を「プラズマ状態」と言います。今や「プラズマテレビ」などで一般にも広く知られるようになった「プラズマ」ですが、実は宇宙スケールで見ると99.99%以上が「プラズマ状態」であって、地球上のように大部分の物質が「冷えた(固体、液体、気体)状態」であるのはきわめて稀なことなのです。

プラズマは今や広い産業民生分野で利用されています。たとえば、(1)上記「プラズマテレビ」以外にも、蛍光灯やネオンサインなどのような光源として、(2)半導体から集積回路をつくるためのミクロン以下の寸法の微細加工や薄膜形成のための工作手法として、(3)溶接や製鉄プロセスなどに用いる熱源として、(4)地球温暖化や化石燃料枯渇を救う切り札と

して期待されているフュージョン(核融合)によるエネルギー資源開発、などが代表的なものです。

本研究室では、これら幅広いプラズマの性質や電磁場中の振舞いを明らかにすることによって、それぞれの応用に最適な道筋を探る方法論を構築しようとしています。そのため手法として、レーザーを用いたプラズマ計測法の開発と、開発した手法をプラズマ現象解明のために適用します。また、必要に応じてコンピュータシミュレーションも援用します。

(指導可能な卒研テーマ例)

- ・ フュージョンに必要なプラズマ条件の解明
- ・ 高温プラズマのレーザー計測法の開発
- ・ プラズマテレビ高効率化のための放電の最適化

(研究室の場所) 6号館 5F 南側(ドア番号:6408)

A - 2. 宮島 佐介 研究室

・統計物理学、その中でも**相転移の研究**をしています。液体である水が何故、氷になったり、水蒸気になったりするのと言う事と同じような事を調べます。水ではなく、もっと、もっと簡単な系で計算をしています。

火鉢の上で餅を焼くときに用いるネットを考えて下さい。そのままだと、左の端から、右の端に電気は流れるでしょう。ここで、ランダムにそのワイヤーを切っていきます。何%切ったら、電気は流れなくなるでしょうか？答えは 50%です。これは物理学において、数少ない厳密な値のひとつです。餅焼き用の網は電気伝導のある相から、電気伝導の無い相に転移したわけです。これを**パーコレーション問題**と言います。同じことを高次元で考えるのです。

最も知りたいのは、3次元ですが、これがまた難しく、むしろ、4次元、6次元・・・の方が易い様です。

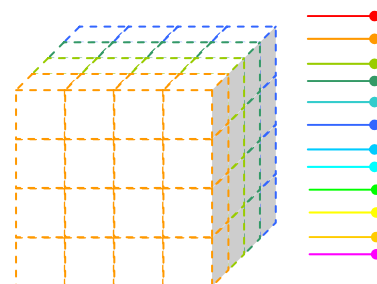
近年、**複雑系の科学**が盛んになってきました。統計物理学の一分野ですので、この分野も少し手を染めています。

・**経済物理学**: 高額所得額の分布における特徴を分析している。

・**生物物理学**: 頭蓋骨縫合部のパターンの分析。

(卒研テーマ)

小生は出来るだけ数学的に厳密な議論をしたいのですが、卒研のテーマとしては、コンピュータを使って上に述べたパーコレーション問題に関するシミュレーションを行います。パ



マッチ棒をどれだけ置けば、上から下までつながるかな？

ソコン内で、ワイヤー(線分)を切っていく、何時全体が切れるかを調べます。高次元をどのようにパソコン内で表すかなどが面白いところでしょう。

ワイヤー(線分)のように離散的なものを切っていく代わりに連続的に切っていく(??詳細は現場で説明)モデルがあり、そこでは、数学的な無限小と無限に小さくても有限のものとは異なるのですが、この現象を眼で見ることが出来る実験もあります。これも実際にやっています。

複雑系科学では何でも研究テーマになるので、皆さんの個性を發揮してゲーム様のプログラムを組み、何か役立つものを引き出せば良いと思います。

(研究室の場所) 6号館5階

A - 3. 佐藤 昭次 研究室

大型超電導体バルク材の作製技術の確立

酸化物高温超電導体は、その発見から約20年たち、その実用化に向けた研究が世界中で精力的に行われている。例えば、次世代配線材料への応用に関しては、77Kで臨界電流密度(J_c)約 10^6 A/cm²のYBCO薄膜が、PLD(Pulse laser deposition)法や塗布熱分解法(MOD)を用いて、SrTiO₃単結晶上に作製され報告されている。このような

背景のもと、私たちは、高橋研究室(応用化学科)と密接に連絡をとりながら共同研究し、この高温超電導体材料を医療分野で実用化することを目指している。MRIを用いた診断は、がん治療などの分野で高い評価を得ているが、10000~15000 Gaussの高磁場を用いるため、心臓ペースメーカーや金属インプラントを体内に埋め込まれた患者は、MRIによる医療診断を受けることが出来ない。我々は、優れた磁気シールド特性を持つ高温超電導体材料を用いて、MRI装置用磁気シールドおよび患者用磁気シールドの作製が出来れば、医療・工学の両分野に少なくない貢献が出来るのではないかと考えている。しかし、**この様な分野で使用する磁気シールドは、大型で、かつ色々な形状**(患者毎に形状・体型が異なる)となるため、**もし既存の超電導体材料合成法を用いて作製するならば、非常に高価なものになってしまう。**



図1 スラリー法で作製したYBCO超電導体バルク材の外観写真

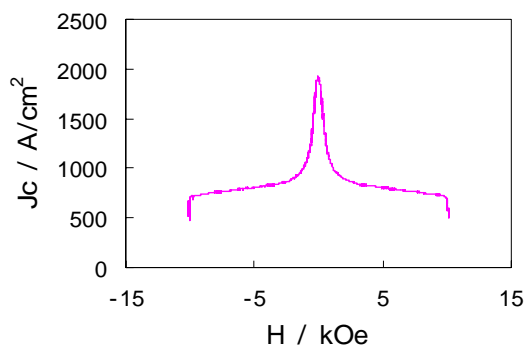


図2 スラリー法で作製したYBCO超電導体のJcと外部磁場との関係図

私たちは、これらのことの解決のため、異なった観点から作製する方法である**鋳型(石膏型など)流し込み法**(茶碗や陶磁器作製で使用されている技術)などを用いた、以下の、**大型超電導体バルク材の作製技術の確立**を目指している。

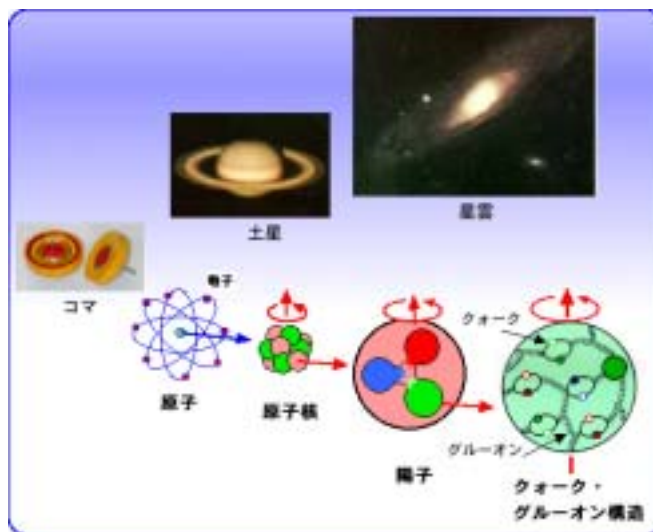
- (1)**新規高粘性スラリー作製条件の検討とその作製技術の確立**
- (2)**T_c = 87K 以上の高温超電導体バルク材料(寸法 100 × 100 × 5mm 以上)作製技術の確立**

B. 物質ミクロ分野

量子物理・原子核物理を主な研究領域としています。具体的には、素粒子・原子核等の基本粒子を用いた内部構造・相互作用の基礎研究、核融合反応への利用可能性を探る研究を行います。さらに、加速器などの粒子線発生技術と応用研究を国内・国際協力のもとで行います。

B - 1. 堀川 直顕 研究室

今日の素粒子物理学最前線は、「物質はどこまで細分化できるか」、「物質を構成する基本粒子は何か」、「宇宙はどのようにして生まれたか」など根本的な課題を追求しています。原子の芯にあたる原子核は陽子と中性子でできています。陽子や中性子の中はさらに微小な粒子クォークとそれらをつなぐグルーオンでできています。スピンは質量、電荷と同じく素粒子のもつ基本的な物理量で「自転」の性質そのもので



です。宇宙を構成するものは例外なく「回転」しています。当研究室は、物質の最小単位である「陽子」の自転運動「スピン」の解明を目指しています。「陽子がクォークとグルーオンでできているなら、陽子スピンはそれら粒子のスピンの総和になるはずだ」と仮説を立てて実験で証明することを研究課題にしています(H17年11月8日中日新聞夕刊:科学欄参照)。

スピンの性質は、磁気カードや材料研究の核磁気共鳴、電子スピン共鳴等に幅広く使われ、今日では医療診断のMRIへの応用でも有名です。当研究室は、「陽子や中性子のスピンの起源」解明の実験をスイスのジュネーブにあるCERN研究所で国際共同研究で

行うとともに、実験に使うスピンを揃える技術の向上を目指す共同研究を国内では山形大学や宮崎大学、国際的にはドイツの Bochum 大学と行っています。

(卒業研究の課題として考えられるテーマ)

1. 宇宙線の観測。とりわけ、ミューオンの寿命測定。
2. 最新医療技術で使われる PET(Positron Emission Tomography)につながる陽電子 電子系の寿命測定。
3. 大気中に含まれるラドンの検出。

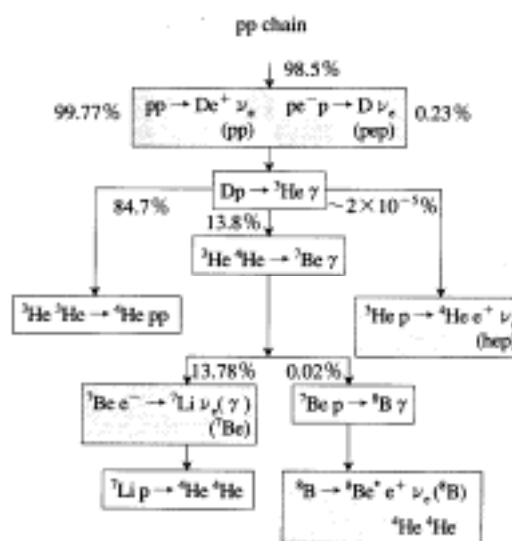
卒業研究を行うに必要な条件:最低以下の科目を履修していること。

1. 数学では線形代数 I, II, 微分積分学 I, II, ベクトル解析, 微分方程式
2. 物理学関係では、基礎物理学 A(力学), 基礎物理学 B(電磁気学)
3. 工学基礎実験

(研究室の場所) 6号館5階

B - 2. 手嶋 忠之 研究室

私たちの身の回りにあるいろいろな性質を持った物質を細かく分割すると、 10^{-10}m (0.1 ナノメートル)の大きさの100種類くらいの原子にまで行き着く。この原子は、中心に 10^{-14}m (原子の大きさの1万分の1)の大きさの原子核とその周りを電子が回っているという構造をしていることはよく知られているが、その原子核はたったの2種類の陽子と中性子(これらを核子と呼ぶ)から出来ている。この核子とそれらを結びつけて原子核を構成する役割を持った核力の元になっている中間子の仲間(これらをハドロンと呼ぶ)が、20世紀の中頃から高エネルギーの加速器により次々と見つかり、現在ではその種類が数百にもなっている。そして、このハドロンはより基本的な粒子、クォークから出来ていることが分かった。現在このクォークは6種類あることがわかっており、電子の仲間も6種類(これらをレプトンと呼んでいる)あることがわかっている。この中には、最近話題になっているニュートリノもあり、ニュートリノは3種類あることがわかった。それ故、この世の中の物質は、6種類のクォークと6種類のレプトンから出来ていることになる。私たちは、このハドロンやクォーク・レプトンといった超ミクロの物質の性質を解明する研究を行っている。特に、ハドロンの中の間接子の構造について、クォーク・レプ



トンの質量の起源について研究している。(図は、太陽中心で起こっている核融合反応の流れである。)

(指導可能な卒研テーマ)

1. ハドロンのスペクトロスコピー

内容:ハドロンの中の、核子の仲間バリオンは3個のクォーク、中間子は2個のクォークから出来ているとされていたが、最近クォーク5個のバリオン、クォーク4個の中間子の存在の可能性が出てきた。このクォーク4個の中間子の可能性について調べる。

2. クォーク・レプトンの質量の階層性及び混合

内容:6種類のクォーク、6種類のレプトンは、それぞれにおいて質量に階層性がある。更にこれらは混合を起こしていることも分かっている。これらの性質と物質の相互作用の統一との関係について調べる。

3. 物質創成のシナリオ

内容:地球上にあるいろいろな物質、例えばウランのような物は宇宙の誕生の時からあったのではなく、宇宙の進化の過程の中で作られてきた。原子核物理学、素粒子物理学の基礎的知識を学んで、このような物質の創成のシナリオについて考えてみる。

4. e-Learning「数学」コンテンツ開発

内容:リメディアル教育において利用することの出来る、e-Learning「数学」コンテンツの開発・制作を行う。

(研究室の場所) 9号館2階東側(ドア番号:9229)

B - 3 . 奥村 吉孝 研究室

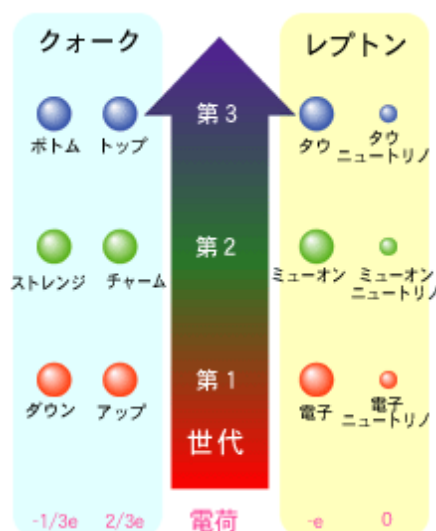
自然界の階層と物理法則に関する研究

自然界には様々な階層があり、それぞれの階層には特有の物理法則が支配していることが知られている。これを大雑把に記せば次のようになる。

| | |
|------------------------------------|----------------|
| 宇宙・銀河団・銀河・ブラックホール | : 一般相対性理論 |
| 太陽系・惑星・日常的に見られる現象 | : ニュートン力学 |
| 分子・原子 | : 量子力学、特殊相対性理論 |
| 原子核・核子(陽子, 中性子)・素粒子(quark, lepton) | : 場の量子論 |
| 電気、磁気に関する現象を説明する理論 | : 電磁気学 |
| 物質の物性を説明する理論 | : 統計力学, 物性理論 |

「物質を構成している根源は何か」という問いに対する現代物理学の答えは、原子核を構成している陽子と中性子を更に構成しているクォークと呼ばれる素粒子になる。この他の素粒子としては電子や中性微子等のレプトン族がある。(右図参照)

これらの素粒子間の相互作用によって、基本的には、我々が目にする森羅万象が生起する。素粒子の相互作用には強い相互作用、弱い相互作用及び電磁相互作用がある。強い相互作用はクォークが陽子や中性子を構成するために必要であり、ひいては我々が目にする物質が安定に存在するために必要である。



弱い相互作用は素粒子の崩壊に関係していて、よく知られている現象に原子核の崩壊がある。電磁相互作用は、もっとも我々に身近なもので、この量子力学による取り扱いによって、現代の高度電子技術の開発が可能になっている。この三種の相互作用はゲージ相互作用であり統一した記述が可能である。このうち弱い相互作用と電磁相互作用は統一されてワインバーグ・サラム理論といわれている。この理論を特徴づけるものとしてヒッグス機構がある。これによってゲージ対称性が自発的に破れてゲージ粒子は質量が100GeV 近い三種のウィークボゾンと質量がゼロの光子に分かれる。この理論に強い相互作用を加えた素粒子の標準理論は、今では実験的にも理論的にも確固とした基盤を確立している。しかしながら、このヒッグス機構の理論的説明がまだなされておらず、これに伴うヒッグス粒子も発見されていない。また、3種類の相互作用を統一的に記述する大統一理論についても研究が続けられている。本研究室では、ヒッグス粒子を、空間の次元を拡張したときの余剰次元に関するゲージ場として解釈する試みについて研究している。

(卒研テーマ)

本研究室では、自然界における階層とそれを支配する物理法則についての概観を学び、さらに、物質の根源としての素粒子に焦点をあて初歩的な研究を行う。ミクロの物質である素粒子と、宇宙の進化は密接に結びついており、これらの関係についても考察する。

1. 素粒子に関する研究:素粒子についての概観を勉強し、その質量の起源としての働きをしているヒッグス粒子に焦点を当てて研究を行う。
2. 宇宙の進化に関する研究:宇宙は、今から137億年ほど前に、ビッグバンとよばれる大爆発によって誕生した。その後、膨張を続け現在の果てしない大宇宙が形成された。その進化の過程は、一般相対性理論からでてくる宇宙に関する微分方程式から知ることができる。また、宇宙の暗黒物質や、宇宙のダークエネルギーについても研究する。

(研究室の場所) 9号館3階9327室

B - 4. 森下 範一 研究室

強い相互作用の理論である QCD は直接に解くことが難しいため、それに代わる有効モデルが利用される。中間子の質量値を説明できるような、スカラー中間子のクォークとグルーオンの構成状態をもつモデルを考え、スカラー中間子の崩壊過程や状態間の混合について調べる。

核子の構造を探る領域に、深部弾性散乱と呼ばれる実験がある。高エネルギーの電子やミュー粒子などの粒子と核子とを衝突、散乱させる実験であり、核子を構成している粒子の情報が得られる。そして、核子の構成要素であるクォークやグルーオンの担うスピンの割合測定から、核子スピンの $1/2$ という量は、構成要素の 3 個のクォークのスピンをベクトル的に加算するだけでは説明できない問題であることが知られてきた。私たちは、クォークやグルーオンからどのように核子が構成されているかを、このような核子スピンの問題を通して知ることに興味を持っている。

上記を研究テーマとするグループに入っている。

(卒研テーマ)

微分方程式の応用

1. 理学や工学、その他のいろいろな分野で観測される現象をよりよく理解するためにモデルを仮定し、それによってそれらの現象に関する問題の答えを考え導くことがある。微分方程式は、そのようなモデルを数理的に展開して、観測データなどの説明の良し悪しによって、モデルの有用性を検証し、さらにはモデルから導かれる予測を導くことのできる有力な手段である。具体例によって、どのように問題が微分方程式の形で記述され、式の解が何を意味しどのように役立つのかを学び、学習したことをまとめる。できれば、実際のデータも扱いたい。

・ 必要な要件: 「微分積分学」および「微分方程式」の履修・単位取得が済んでいること。

(研究室の場所) 9号館3階東側(ドア番号:9325)

B - 5. 大木戸 貞夫 研究室

原子や分子の電子状態を取り扱うとき、それは有限個の多体問題であり、無限個のそれとはまた異なった取り扱いが必要となる。このような多電子系を取り扱うための最も簡単な方法は、電子が、原子核と他の電子によって作られた静的な場の中を独立に運動する独立粒子模型の方法であり、このモデルの波動関数から出発して、変分法と自己無撞着場の方法でシュレディンガー方程式を解くのが Hartree-Fock 近似の方法である。この方法によって、全電子エネルギーの約 99 % は算出できるが(残りの 1 % は通常分子においては 1 eV の程度)、化学で問題となる、異なった状態間の差や異なる核配置でのエネル

ギー差といった kcal 単位の小さな量に対しては、この1%が重要な意味を持つてくる。この Hartree-Fock 近似の方法を超え、より正確な電子状態エネルギーを求めるのが電子相関の問題といわれるものである。

電子相関を効果的に取り入れる方法の一つに、ダイソン型ボゾン展開法があり、現在この方法での研究を行っている。ボゾン化するには次の2種がある：

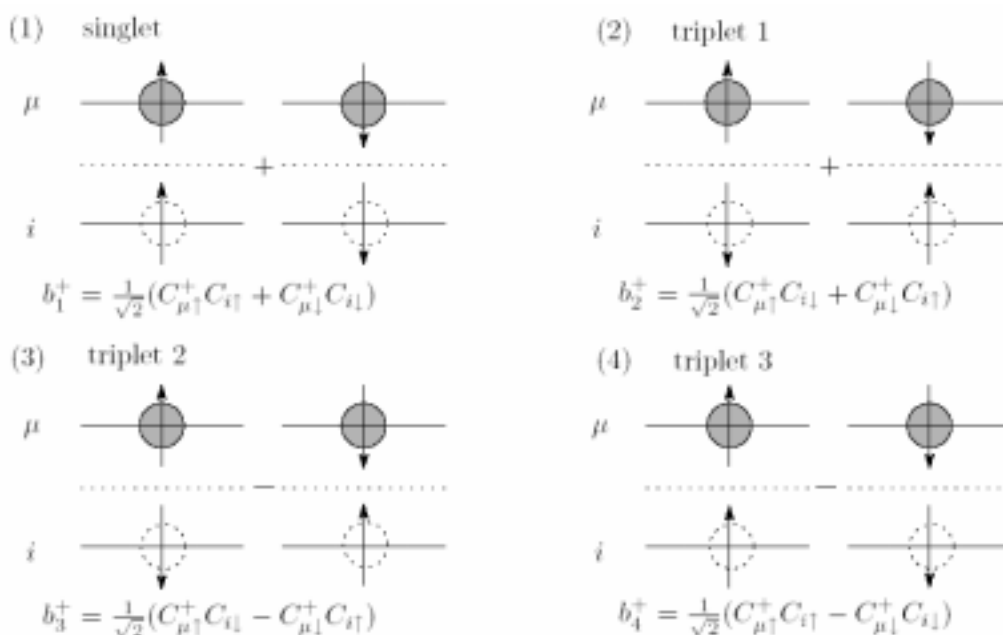
(1) 電子 - 電子 Pair をボゾン表現する場合 (超伝導型)、(2) 電子 - 空孔 Pair をボゾン表現する場合。

具体的に(2) について説明する。目的は電子相関を考慮した励起エネルギーを求めることである。出発となるハミルトニアン(分子軌道表現)は

$$H = f(C_\mu^+ C_\mu, C_i C_i^+, C_\alpha^+ C_\gamma^+ C_\delta C_\beta)$$

である。ここで、 C_μ^+ は軌道 μ (励起状態) に電子を 1 個生成し、 C_μ は軌道 μ から電子を 1 個消滅させる演算子である。 C_i^+ 、 C_i についても同様である。これら、 C_μ^+ 、 C_μ 、 C_i^+ 、 C_i について、例えば、以下のように変換し：

$$b_\rho^+ = \sum_{\mu i} \psi_\rho(\mu i) C_\mu^+ C_i$$



ハミルトニアンを '1 粒子 - 1 空孔' 演算子 b_ρ^+ で表現する。この、 b_ρ^+ 、 b_ρ は物理的に理解しやすい形ではあるが、通常のボゾンの交換関係を満たしていないので、これをさらに、ダイソン型ボゾン展開法によって通常のボゾンに変換して電子相関を論じようというのがこの方法のあらましである。

(研究室の場所) 9号館3階東側(ドア番号:9333)

C. 数理・情報科学分野

数学及び情報科学を主な研究領域としています。特に、情報科学の数学的側面である理論計算機科学と、関連する数理論理学の基礎分野、有限及び無限構造の理論、差分方程式及び発展方程式等に関する研究を行っています。

C - 1. 淵野 昌 研究室

公理的集合論とその位相空間論やブール代数の理論への応用が主な研究内容です。代数、幾何、といった数学の研究分野の大きな分類の項目の 1 つに数理論理学があります。数理論理学は、日本では数学基礎論という、厳密には数理論理学の中の一分野の名称で呼ばれることもあります (<http://ja.wikipedia.org/wiki/数学基礎論>)。集合論はこの数理論理学の中の一分野として分類されます (数理論理学の他の分野には、証明論、帰納関数論、モデル理論、逆数学などがあります)。

集合論について、より詳しくは、

<http://math.cs.kitami-it.ac.jp/fuchino/chubu/infinity-LN.pdf>

(一般向けの解説文)や

<http://math.cs.kitami-it.ac.jp/fuchino/tmp/main.pdf>

(理系学部生程度の予備知識を持つ人のための公理的集合論の入門書 --- 出版予定の本の原稿の一部です)などを参考にしてください。数理論理学全般に関する参考資料としては、2005 年前期に名古屋大学情報文化学部 3 年生のために行なった数理論理学に関する講義の講義録

<http://math.cs.kitami-it.ac.jp/fuchino/nagoya/logic05.html>

も参考になると思います。

(卒研テーマ)

純粋数学または応用数学に関連するテーマまたは理論計算機科学やコンピュータ・プログラミングに関連するテーマなどから卒研生の能力や興味(主に能力)に応じて可能なテーマを選ぶことになります。なお、学問的に面白そうなテーマなら、私の従来の守備範囲外でも研究指導します。数学科での基礎訓練を受けていない人が純粋数学のテーマを卒論に選んだ場合、かなりの苦行を強いられることが予想されますが、興味やモチベーションが本当にあるなら不可能ではないと思います。そのようなテーマを選んだ場合には、卒業後の進路として他大学の数学系の大学院を目指すことも考えられます。

コンピュータ・プログラミングに関連したテーマとしては、拙著『Emacs Lisp でつくる』、日本評論社 (2003)に書いたような話題も可能です。

私の研究室で卒業研究を行うことに適性があるかどうかは、中部大学で開講している数学関連の科目で良い成績をとったかどうかとは、全く関係ありません。しかし、数学の証明を理解したり、自分で新しい証明を工夫したりできる能力の欠けている人、あるいは、そういうことに対する興味がない人には、あまりお勧めできません。

(研究室の場所) 9号館2階

(ホームページURL) <http://math.cs.kitami-it.ac.jp/fuchino/>

C - 2. 阿部 正範・竹中 俊美 研究室

微分積分学をより発展させた数学の分野として、関数解析がある。両者は関数解析を専門とするので、共同で卒研を開設したいと思う。前者は偏微分方程式の解法を可能とするために導入された超関数の空間を含む位相線形空間を専門とし、後者は偏微分方程式の一般化を目指し、前者の扱う空間より一般性はないが、無限次元の性格をよく表している抽象空間で方程式を扱っている。

(指導可能な卒研テーマ)

1. 微分積分学や線形代数の基礎を学び終えた学生のための「数値解析入門」を行いたいと思う。ここでは、基本的な数値解析法、及び誤差評価の手法を学ぶ。数値解析の目的は、各種の数学的な問題を数値的に解くための適切な手法を提供し、得られる近似解の誤差を調べることである。コンピュータの発達と共に、コンピュータ向けの手法が開発され、その収束性・安定性が議論されるようになった。微分方程式に対する差分法・有限要素法などもこの例である。

参考文献:

山本哲朗著 サイエンス社

現代数学への入門 = 14 「数値解析入門(増訂版)」

(研究室の場所) 9号館3階

C - 3. 金光 三男 研究室

加法、減法、乗法の三つの演算が定義され幾つかの公理を満たす集合を環といいます。さらに、乗法について交換法則が成立する環を可換環といいます。可換環は整数論や代数幾何学とも関連しています。また群より少し弱い半群で演算が交換法則を満足するものを可換半群といいます。このような可換代数学において、特にそのイデアルや、整拡大環や拡大半群などを研究しています。また、グラフ理論の彩色数や線形代数的グラフ理論なども考察していま

す。最近では数学教育に関する簡単なテーマも扱っています。

(指導可能な卒研テーマ)

1. 整数をある整数 n で割った余りの集合、例えば、 $n = 12$ なら $\{0, 1, 2, \dots, 11\}$ などを考察して、その中で0以外の零因子と呼ばれる元を頂点として、異なる頂点 a, b でその積 ab を12で割って0になるとき a, b は辺であるとしてできるグラフを零因子グラフと呼びます。そのようなグラフにある行列を対応させて、その固有多項式のある係数と、零因子グラフの四角形の個数との関係などを調べる。

2. $1, 1, 2, 3, 5, \dots$ と前の2数の和としてできるフィボナッチ数列と呼ばれる数列の考察など。

(研究室の場所) 9号館3階

D. 宇宙・地球科学分野

固体地球物理学、電離層及び地球近傍宇宙空間の物理学並びに宇宙環境を利用した基礎科学を主な研究領域としています。具体的には、地球の形状と重力・断層・地震発生場などのテクトニクスに関する研究、地球環境の変化と環境問題に関する研究、太陽活動の地球近傍宇宙空間に及ぼす影響、気液臨界点近傍におけるエネルギー輸送等に関する研究を行っています。

D - 1. 鈴木 國弘 研究室

(研究内容)

エアロゾル核生成理論

大気汚染物質や大気イオンの存在によって、エアロゾルの生成が促進される。核生成の段階では気液平衡の臨界点のクラスタの状態を調べなければならない。マイクロ・クラスタ内部のエネルギーと圧力を、分子間ポテンシャルを仮定してモンテカルロ・シミュレーションで計算し、その結果を1階積分し、クラスタの熱力学的関数を求める。

(指導可能な卒研テーマ例)

1. 自然エネルギーについての文献調査

最近、「地球環境論」では持続可能な開発がキーワードとなっている。持続可能な発展の条件は

- (1)再生可能な資源の消費のペースは、その再生ペースを上回ってはならない。
- (2)再生不可能な資源の消費のペースは、それに代わりうる再生可能な資源が開発される

ペースを上回ってはならない。

(3) 汚染の排出量は、環境の吸収能力を上回ってはならない。

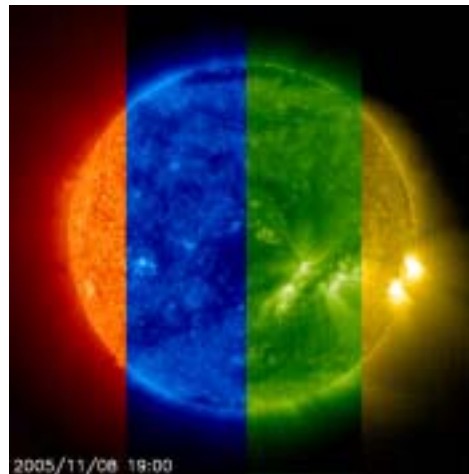
とされる。人類生存の必需品の大部分は、水、土壌、森林、海洋等の再生可能な資源によって与えられるが、現在、生態系の破壊によって、再生可能な資源の枯渇が最も緊急な課題となっている。

持続可能な世界を想像させてくれるのは自然エネルギー文明である。生態系が保全されている限り、再生が可能であるエネルギーを自然エネルギーと呼ぶ。太陽、風力、水力、バイオマス、潮汐、波浪、海洋温度差、地熱発電等が挙げられる。このうちで環境負荷の小さい、小規模・分散型のエネルギーを考える。放置すれば無駄に散逸されるエネルギーだけを利用しようとする。特に、バイオマス・エネルギーが注目される。この卒研では、その技術の現状を調査研究する。

(研究室の場所) 9号館 2階東側(ドア番号:9224)

D - 2 . 袴田 和幸 研究室

宇宙空間でも嵐が吹き荒れることがあります。宇宙天気予報では太陽地球間物理学の助けを借りて、地球の天気予報と同じように、宇宙の嵐の発生・発達を予報します。太陽地球間物理学とは、読んで字のごとく、太陽と地球の間の関係について物理学的な見地から調べる学問です。17世紀にはガリレオが望遠鏡を使って太陽黒点の観測を始め、19世紀にはカリントンが初めて太陽表面の爆発(白色フレア)を目視しました。現代的な太陽地球間物理学が始まったのは19世紀半ばからですが、この分野が急速に発展し始めたのは、人工衛星や惑星探査機による、太陽や惑星間空間それに地球磁気圏の直接観測が始まった20世紀後半でした。現在では、高精度の地上観測も、衛星による直接観測と共に、太陽地球間物理学の発展に寄与しています。



紫外線による太陽彩層の衛星画像。観測波長の異なる4枚の画像の合成図。

宇宙嵐は宇宙基地で活動する人間の健康に深刻な被害を与えます。また宇宙嵐は宇宙基地だけでなく、地上の送電施設等にも被害を与えることが分かっています。宇宙天気予報はこれからの人間の社会活動のためにも重要なものとなるでしょう。

袴田研究室では、宇宙天気予報の実用化に寄与できるように、太陽や太陽風の観測データの解析、コロナ磁場や太陽風のモデル計算などを通して、太陽地球間物理学(宇宙気象学や宇宙気候学)の基礎研究を行っています。

(指導可能な卒研テーマ)

世界各地のデータセンター等に点在する、太陽、コロナ、惑星間空間、地球における種々の観測データを、インターネットを通して、収集し、それらの間の関係について解析する。

1. コロナ質量放出の研究; 白色光を用いたコロナの衛星観測の動画から、コロナ中から吹き出すプラズマ雲の形を求めその速度や伝搬の様子を調べる。
2. コロナルホールの時間変動の研究; 紫外線やX線を用いた太陽の彩層の動画から、コロナルホール(コロナに開いた暗い穴のような部分)の形やその動きを調べる。
3. その他、種々のデータ解析。

次のような基礎教養があり、根気、やる気のある学生を求めます。

1. 力学(物体の運動の様子を説明できる)や電磁気学(電場や磁場の中における荷電粒子の振る舞いについて説明できる)についての素養がある。
2. プログラミングやエクセル、ワードを使える。
3. パソコンを用いて、インターネット経由でデータを取得することができる。

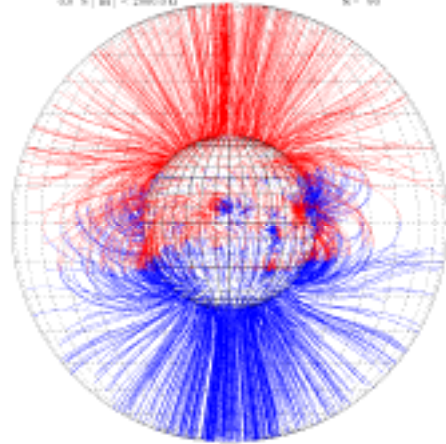
(研究室の場所) 6号館5階

D-3. 小林 礼人 研究室

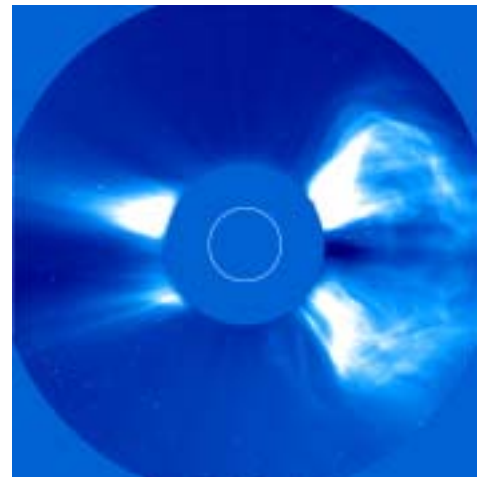
スペースシャトルや国際宇宙ステーション(右図)を利用することにより、地上と比べてはるかに重力の影響が少ない理想的な実験環境を得ることができる。小林(礼)研究室では、こうして得られた精度の高い実験結果に基づき、より精緻

3-D Structure of the CMF (RF Model)

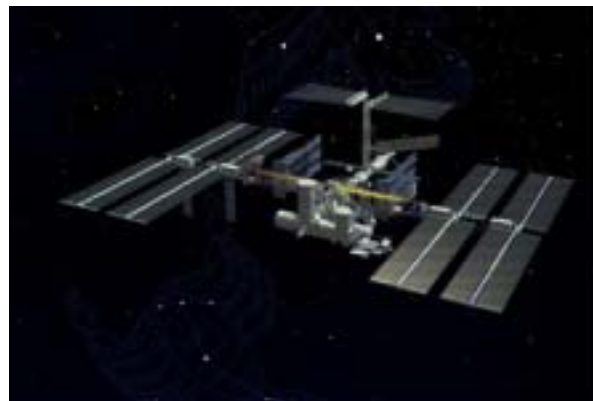
Carrington Rotation Number = 1990 (Cosine Theta)
Longitude = 0.0 dgr Latitude = 0.0 dgr
0.0 N | 0.0 | 2000.00 N = 90



太陽活動静穏期におけるコロナ磁場のモデル計算結果



白色光によるコロナ質量放出の衛星画

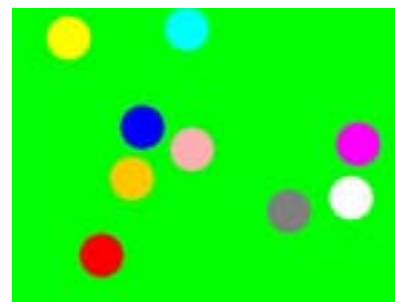


な理論での自然現象の解明を目指している。基礎科学の伝統に根ざした理論解析や、急速に発達しつつあるシミュレーション技法を駆使して、より総合的で多角的な検討を行い、基本法則の探求を続けている。あわせて、数理物理学的な方法論の開拓や数値データ可視化技術の開発も行い、基礎科学の発展に広く貢献することを目的としている。

小林(礼)研究室では、これらの課題の基礎づけとなる研究に意欲を持って参画する学生を歓迎する。具体的な卒業研究のテーマとして、次のようなものが想定される。

(指導可能な卒研テーマ例)

1. 剛体球系の分子動力学シミュレーション(右図)
2. 微小重力環境における非対称こまの運動解析
3. シンプレクティック差分の収束性



なお、小林(礼)研究室を志望するものには、次の要件が求められる。

- ・ 文章表現並びにフレッシュマン英語 A 及び B を履修していること。
- ・ 微分積分学 I 及び II、線形代数 I 及び II、ベクトル解析、微分方程式のすべてを履修していること。
- ・ 基礎物理学 A 及び B、力学、熱学、基礎電磁気学、近代・現代物理学の 6 科目のうち 3 科目以上を履修していること。
- ・ コンピュータ・プログラミング及び応用プログラミングを履修していること。

(研究室の場所) 9号館 3F 東側(ドア番号:9335)

(ホームページ URL) <http://pauli.isc.chubu.ac.jp/hiroto/>

D - 4. 工藤 健 研究室

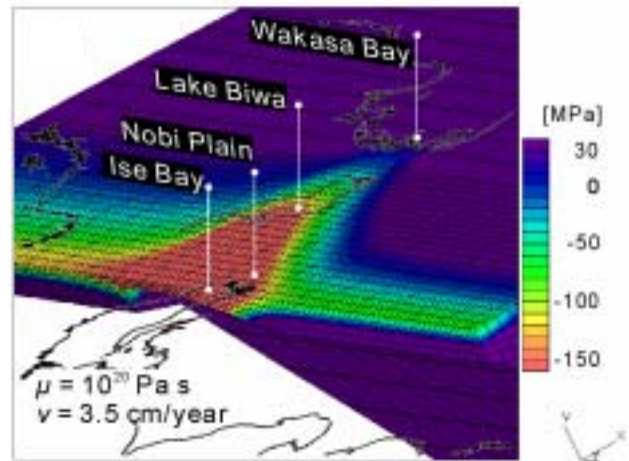
日本列島の地下には、過去 1500 万年間に及ぶ変形運動の痕跡が保存されている。我々はこれらを直接目にはすることは不可能であるが、引力や弾性波を利用して“透視”する道は残されている。当研究室では地殻構造・地殻変動・地震活動に関するデータを総合し、日本列島スケールにおける(1)地殻構造と地震活動との関連、(2)日本型都市の基盤となる平野(盆地)の成り立ち、(3)地殻の強度分布に関する情報を計算機の力を借りて抽出する。これらの基礎情報とこれまでの日本列島形成史に関する研究成果を照合し、過去から現在、未来へ向けての地殻変動を議論している。長いタイムスケール(数十万年以上)に関連する情報は、化石や地層を研究する地質学の分野への新しい知見の提供を目指し、また、より短いタイムスケールに関連する動的情報は、人間生活に関わる防災や予測の科学の分野への基礎データの提供を視野に入れている。

(指導可能な卒研テーマ例)

1. 中部地方における3(4)次元地殻活動表示システムの開発

内容:地震の震源分布、[緯度・経度・観測値]の情報が入った地球物理学的情報を収集し、計算機の中で3次元(あるいは時間順に現象が移り変わるものは動画のイメージ)に表現する方法を工夫し、本来目にするのできない地下の活動を視覚的に理解する。

必要な基礎学力:「地球の科学A」「地球の科学B」を履修していることが望ましい。計算機に関しては、プログラミング言語「C言語」の概略を理解していることが望ましい。



沈み込むフィリピン海プレート上の高粘性流体のシミュレーション例(圧力効果)。(Kudo and Yamaoka, 2003)

(研究室の場所) 9号館2階東側(ドア番号:9223)

(ホームページURL) <http://pauli.isc.chubu.ac.jp/~kudo/>