

平成 21 年度物理学コース卒業研究発表会

(Dated: 2010/2/16 9:00~17:00)

卒業研究の総まとめである発表会を以下のように行います。4 年生はもちろん、1, 2, 3 年生も聴講し、近畿大学における今後の勉強に役立ててください。発表時間は 10 分で質疑応答が 5 分です。ペルは 7, 10, 15 分の時点で鳴らします。ペル係は後の発表研究室の 4 年生です。発表に使用できるソフトは OpenOffice, AcrobatReader, あるいは power point viewer です。

I. プログラム

- 401 教室 座長 近藤先生
9:00 開会にあたって (千川先生)
9:10 教室移動など
座長 千川先生
9:15 素粒子論 (太田) 研究室
座長 太田先生
10:40 凝縮系物理学 (松居) 研究室

座長 松居先生
13:00 天体物理学 (木口) 研究室
13:45 素粒子・宇宙物理学 (千川) 研究室
座長 加藤先生
14:40 宇宙論 (井上) 研究室
15:10 宇宙物理学実験 (大田) 研究室

16:30 総評 (田中先生)
16:35 閉会 (後、教員は判定会議)

- 402 教室 最初、401 教室に集合のこと
座長 日下部先生
9:15 表面科学 (近藤) 研究室
座長 近藤先生
10:40 素粒子実験 (加藤) 研究室
原子分子物理学 (日下部) 研究室

座長 中原先生
13:00 固体物理 (田中) 研究室
座長 田中先生
14:25 理論物理学 (中原) 研究室
15:40 物性理論 (笠松) 研究室
閉会は 401 教室に集合のこと

II. 401 教室

A. 素粒子論 (太田) 研究室

1. D ブレーンチャージ: 竹内祐樹

点粒子は電荷を運び、ストリングは電荷に相当する「ストリングチャージ」と呼ばれるものを運び、では、D ブレーンが存在する場合、D ブレーンは電荷に相当するものを運ぶのだろうか? 発表では、ストリングチャージに関して、まず fundamental ストリングチャージについての説明から始め、点粒子やストリング、D ブレーンがカップルする場を紹介する。そして最終的に、D ブレーンが運び電荷に相当するもの、「D ブレーンチャージ」がなぜ存在するのかを説明する。

2. 閉じた弦の T-duality: 尾崎誠亮

卒業研究ゼミナールで弦理論について勉強した。弦理論では物質の最小構成単位を 0 次元の質点ではなく、1 次元の弦として考える理論である。1 次元の弦として考えることにより質点では困難だった相対論を量子化した理論を扱えることを説明する。さらに、弦には閉じた弦と開いた弦がある。空間が半径 R の円にコンパクト化していると、閉じた弦をそこに巻きつけることができる。この性質を使って弦理論に特有の状態が構成され、重要な性質が明らかになる。これが閉じた弦の T-duality 変換の基本的な考え方である。本発表ではこの T-duality を導出する。

3. D-branes 上の電磁場: 天野雄次郎

string 理論で扱う (open 又は、closed) string から、古典物理学で扱う電磁気学的性質を再発見する事ができた。本発表で扱う電磁場についてもそうである。関連する前回の内容を踏まえながら、電荷を持つ

た素粒子と同じように、open string に結合する Maxwell 場に関する作用を変分する事から境界条件を求めた後、T-duality を用い、そこで示す D-branes の特質について、また、そこで得られた電場、磁場に関する値について説明する。

4. 超弦理論と標準模型: 木元将清

超弦理論は重力を含めた大統一理論の第一の候補とされている。弦の量子化の条件として、ボソン弦では時空は 26 次元、フェルミオンを含めた超弦においては、時空は 10 次元という臨界次元をもつ事が、理論が無矛盾なく成立するには必要である。今回はまず、超弦において、余剰次元をトラスにすることにより次元をコンパクト化し、この理論を 4 次元として扱う方法について発表する。さらに、超弦と D ブレインを用いて素粒子標準模型を実現させる。そして、超弦理論による宇宙のランドスケープについても発表する。

5. Superstring theory and Black hole: 村上健太

卒業研究では superstring theory を学んだ。相対論的な string の運動方程式を導出し、量子化を行うことによりボソンの string が 26 次元で相対論と量子論を満たすことを導出した。卒研発表ではボソンとフェルミオンの超対称性についてまとめる。そして superstring theory を用いて Black hole を扱う。Black hole については熱統計力学を用いた研究がなされている。まずは高次元のもとでの partition function を定式化し状態数とエントロピーの関係を考える。この関係から superstring theory で black hole を考察する。

B. 凝縮系物理学 (松居) 研究室

1. 3 + 1 次元 $CP^1 U(1)$ 量子ニューラルネットワーク (I): 犬丸和也

ニューラルネットワークとは人間の脳の神経回路網をモデル化したものである。本研究ではニューロン状態を 2 状態 (CP^1) スピン変数、シナプス結合を $U(1)$ ゲージ変数で記述し、ニューラルネットワークのモデルとして、量子効果を含めた空間 3 次元 + 時間 1 次元の 4 次元 $CP^1 + U(1)$ 格子ゲージ理論を考える。さらに、モンテカルロシミュレーションにより、脳波等の脳の振る舞いを調べる。このモデルのエネルギーは係数 c_1 を持つ Higgs 項、係数 c_2 を持つゲージ項から成っており、先行研究により、 c_1 、 c_2 を変化させることで異なる振る舞いを示すことが分かっている。本研究では主に外部刺激による効果について調べる。

2. 3 + 1 次元 $CP^1 U(1)$ 量子ニューラルネットワーク (II): 藤田竜平

エネルギー (作用) の係数 c_1 、 c_2 は脳を特徴付ける量で人によって値が異なると考えられる。先行研究から、このモデルは c_1 、 c_2 の値により、Confinement 相、Coulomb 相、Higgs 相の 3 つの相を取ることがわかっている。ニューロン変数、シナプス結合変数の時間変化はシュレディンガー方程式に従うが、干渉効果を無視したメトロポリスアルゴリズムで十分よく近似できると考えられる。研究ではシミュレーションにより、脳内カレント (血流や情報の流れを表す)、チャージ (電荷密度)、脳波 (脳表面の電位) がどのように変化するかを調べる。これらの結果は人間の脳の振る舞いを理解する上で助けになると期待される。

3. 3 + 1 次元 $CP^1 U(1)$ 量子ニューラルネットワーク (III): 新谷透

本研究では、脳内カレント、チャージ、脳波の時間変化をモンテカルロシミュレーションにより調べる。特にこれらの量の (i) c_1 、 c_2 依存性、(ii) 初期条件依存性、(iii) 外部刺激依存性について調べる。具体的には (i) confinement 相、Coulomb 相、Higgs 相各 1 点の計 3 点、(ii) cold start と hotstart、(iii) 刺激の有無について調べた。また、脳波 (脳表面での電位) の周波数解析を行い、べき関数と指数関数でフィットし、相ごとの違いや、刺激による違い、実際の人間の脳波との比較を行う。

4. 格子ゲージ理論による量子重力の研究 (I) : 堀内重幸

宇宙初期やブラックホールの近くでは量子効果が本質的であると考えられる。しかし、これらの理論としての量子重力理論は未完成である。本研究では Ashtekar による一般相対論のゲージ理論的解釈に基づき、格子ゲージ理論を使った量子重力理論を提案し、解析する。発表では、まず、現代物理学の基本的原理のひとつであるゲージ対称性とその具体的なモデルである格子ゲージ理論を紹介する。次に Lie(SU(2)) 群を生成子 A で表記する方法を紹介する。さらに、物質場を含んだ SU(2) 格子ゲージ理論に基づく、より現実的なモデルを考案したので、そのモデルについて説明する。

5. 格子ゲージ理論による量子重力の研究 (II) : 石井 慎一

今回の量子重力のモデルでは物質場として 2 状態 (CP¹) スピン場を選び、SU(2)+CP¹ 格子ゲージ理論を考える。発表では (i) Haar 測度の Lie 代数での表記、(ii) 4 次元でのシミュレーションの結果 (相構造、サイズ依存性、2 次元量子時空の歪み) 等について述べる。相構造については 3、4 次元それぞれの相図がどうなっているか、サイズ依存性についてはスケーリングの結果も含め相図のどの部分で転移しているのか報告し、2 次元量子時空の歪みについては Confinement 相、Coulomb 相、Higgs 相での歪みの違いについてまとめ、考察を行う。

C. 天体物理学 (木口) 研究室

1. 磁気流体力学方程式の導出と計算機によるシミュレーション : 北本兼統

この宇宙には、磁場が満ち溢れている。その影響が天体の進化の大きな要因となっており、天体の進化を考えるには、天体の磁場を考慮しなければならない。磁場の源は電流であるが、中性ガス中にも電流は存在する。電子と陽子の速度がわずかに異なるためである。このことが問題を複雑にしている。ここではマイクロマクスウェル方程式とガスの運動方程式から、磁気流体力学 (MHD) 方程式を導く。そして、MHD 方程式の性質を計算機コードを使って調べる。磁場中の一点にエネルギーを注入した場合の爆発現象を計算する。そして、計算結果を図に可視化して、磁場中の運動について考察する。

2. 幾何光学に基づくレンズ系の設計 : 豊満竜也

レンズ系の設計を、幾何光学に基づいた理論を用いて行う。幾何光学とは、波長 $\lambda_0 \rightarrow 0$ なる近似による光学の分野である。幾何光学の中で近軸近似に基づく分野を、ガウス光学と言う。ガウス光学では物体点と像点は、射影変換によって 1 対 1 に結びついている。この計算結果を以下の出発点とする。射影変換によって組み合わせられた値から、レンズ系の主点や焦点を求めることができる。得られた結果と実際に組み合わせられた値を比較すると、像のボケが生じる。収差の影響による光学像のボケは、収差論を用いて考察する。計算材料にはトリプレットを用いる。トリプレットは 3 枚組のレンズである。

3. SI 単位系と日本の初等教育におけるその扱い : 斉藤雄亮

現在、世界では国際単位系 (SI 単位系) の利用が推奨されている。SI 単位系は七つの基本単位を組み合わせることによってあらゆる単位の表記が可能である。しかし現在の学校教育では、個々の SI 単位は教えられているが、なぜ SI 単位系を利用しないといけないのか教えられていない。日本の算数教育を方向付けたのは藤沢利喜太郎の黒表紙である。この黒表紙から始まり、生活に基づいた緑表紙、戦争の影響を受けた水色表紙と変遷していく。この変遷の中で日本の初等教育と SI 単位系の扱いについて述べていく。

D. 素粒子・宇宙物理学 (千川) 研究室

1. 雲底高度に関する研究 : 大森美穂

最高エネルギー宇宙線の存在を確かめるために、TA 実験では観測を行っている。宇宙線観測の一つに、大気蛍光望遠鏡を用いた観測がある。大気蛍光の光量を測定する時に、大気透明度、雲量、雲底高度などは大気蛍光の伝播に影響を及ぼす。そのため、一次宇宙線のエネルギー決定には、大気蛍光の減衰量を求める必要がある。本発表では、赤外線カメラを用いた雲底高度の推定法に関して報告する。赤外線カメラは物体の表面から放射される赤外線量を検知し、放射強度に対応した温度を表示するというものである。これまで雲底高度の推定に用いられていた、LIDAR 装置のデータを用いた雲底高度と、赤外線カメラの測定値を用いた雲底高度を比較し、赤外線カメラで求めた雲底高度の妥当性を考察した。

2. レーザ・LIDAR R&D : 傍島強

大気透明度を測定する方法の 1 つとして、LIDAR 装置がある。本研究では、大気透明度の測定と雲底高度測定を行うために、近畿大学にて新型の LIDAR 装置を製作することを目標とした。LIDAR 装置の設計にあたり、まず集光器の光軸とレーザービームとの角度のずれが観測に及ぼす影響を、視野の重なり具合を計算し考察した。次に、新型 LIDAR 装置において、容易に操作ができ、軽量の装置で、光軸調節ができる機構をもたせることを念頭に筐体の設計・製作を行った。本発表では、新型 LIDAR 装置の設計・製作について述べる。

3. 大気の赤外領域の放射強度に関する研究 : 原哲也

赤外線カメラは物体の表面から放出される赤外線の強度を検出し、温度に変換するものである。赤外線カメラを用いて観測した空のデータに温度勾配が見られた。そこで、水蒸気量の高度依存性を見ることにより、温度勾配の原因を考察した。観測で使用された赤外線カメラの検知できる波長は、水分子に特化している。そこで、水分子の量と空の温度に相関があると考え、空気の密度から理論的に水蒸気量を計算することにより関係を導いた。その関係を裏付けるために、ラジオゾンデの測定データから水蒸気量を求め比較した。本発表では空の温度勾配に関する考察を述べる。

E. 宇宙論 (井上) 研究室

1. ダークハローと渦巻銀河のレンズモデル : 五味大三

重力レンズ効果を利用することで、ダークマターの質量分布などの情報を得ることができる。今回はダークハロー中に渦巻銀河が入ったより現実的なレンズ系を調べた。ダークハローのモデルとして特異等温球 (SIS)、渦巻銀河のモデルとして質量密度一定のうすい円盤を考え、円盤の射影像である楕円の長軸、短軸と中心面密度を変化させたとき像の増光や減光の様子がどのように変化するかレンズ方程式から臨界曲線と焦線を求めることにより調べた結果を報告する。

2. クエーサー RXJ1131 の重力レンズモデル : 井手口裕

ダークマターの質量分布を解析するためにはレンズモデルを完成させる必要がある。本研究ではハッブル望遠鏡で観測された位置のデータと、星のマイクロレンズの影響を受けにくい望遠鏡で観測された [O⁺] のフラックスを用いて強い重力レンズ系におけるレンズモデルの完成を目指す。クエーサー RXJ1131 を点光源とし、プログラム「gravlens」を用いて観測データにフィットするようにレンズモデルを考える。またレンズモデルとしては SIE (特異等温楕円体) にシア (歪み) を足したモデルを基本として考察を行う。

F. 宇宙物理学実験 (大田) 研究室

1. 人工衛星 LiteBIRD の反射型望遠鏡の光学設計 : 大石哲也

宇宙の初期状態を知るために人工衛星 LiteBIRD (Lite satellite for the studies of B-mode polarization and Inflation from cosmic background Radiation Detection) による宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 偏光観測の計画が進行中である。本研究では LiteBIRD の反射型光学系の評価を grasp9_{se} (student edition) を使って行った。本発表では多素子検出器を置いた場合のビームパターンや偏光性能の評価結果について述べる。

2. 天体観測のためのアンテナの製作および観測 : 法貴真顕

宇宙にもっとも多く存在している元素は水素であり、その多くは中性水素 (H⁺ガス) として分布している。私達は銀河系の中にいる為、銀河系内の H⁺ガスの分布スペクトルを知ることにより銀河系の構造や運動も調べることができる。H⁺ガスは、波長 21 cm 程度の電波で観測される。本研究では、パラボラ型の電波望遠鏡を製作、電波やノイズを観測し、銀河系の地図を作る方法について考察する。

3. 21 cm 線による銀河地図の作成 : 工藤国士

パラボラ直径約 1 m の電波望遠鏡により、中性水素 (H⁺ガス、波長 21 cm) を受信することができる。原理はほぼ BS のアンテナと同じである。BS のアンテナでは衛星放送の電波 (波長 約 2.5 cm) を受信するが、本研究では 21 cm を取り扱う。今回はより精度の高い 18 m と 25 m の望遠鏡により得られた 21 cm 線のデータを用い銀河系地図の作成

を行う。これにより銀河系の回転の様子とガスの分布を知ることが目的とした。

4. SKA の Tapered Slot Antenna(TSA) について (I) : 池崎克俊

Square Kilometer Array(SKA) は 100MHz ? 25GHz までの広帯域周波数帯の受信領域を持つアンテナから構成される電波干渉計である。その中の 1GHz ? 10GHz 帯域の受信部の開発は日本でいうことを計画されている。受信部のアンテナに Tapered Slot Antenna(TSA) が考えられている。TSA とは進行波型の平面アンテナであり、構造は薄い誘電体基板上の金属薄膜に形成されたスリットの幅が広がっていく形のアンテナである。本研究では、TSA の実験方法の評価を行う。

5. SKA の Tapered Slot Antenna(TSA) について (II) : 加藤昌

Square Kilometer Array(SKA) の 1GHz?10GHz 帯域の受信部アンテナには Tapered Slot Antenna(TSA) が考えられている。TSA とは進行波型の平面アンテナである。その試作機が鹿児島大学で作られ、実験による評価を本研究で行った。試作機は 6 種類あり、電波暗室でネットワークアナライザよりビームパターンやリターンロスの測定を行った。その結果から、より性能のよい TSA を作るにはどうしたらよいか実験の観点から考察する。

III. 402 教室

A. 表面科学 (近藤) 研究室

1. 走査型トンネル顕微鏡によるグラファイト表面の観察 : 米司篤史

走査プローブ顕微鏡 (SPM) の一種である走査型トンネル顕微鏡 (STM) は、量子力学的なトンネル効果を利用した顕微鏡である。この STM のおかげで原子を実空間で観察できるようになった。本研究ではトンネル効果について考察した後、実際に STM をパソコンで操作し、グラファイトなどの導電性の物質の表面の凹凸を観察する。

2. NMR 量子コンピュータ用の電子回路の作成 : 阪中翔太

電子回路作成支援ソフトを利用して NMR 量子コンピュータ用の電子回路を作成した。安定して動作し、低ノイズの電子回路を作成するためには電子回路にプリント基板を用いると有効である。そこで、本研究では電子回路のパターン設計からプリント基板作成といった各工程を研究室で行えるようにした。作成した電子回路は現在院生が行っている NMR 量子コンピュータの実験に用いられる。

3. 永久磁石を用いた NMR 磁場発生装置の開発 : 武本正孝

NMR 量子コンピュータを含む NMR 装置では均一度が高い磁場を必要とする。超伝導磁石によって発生させることが多いが、本研究では永久磁石を適切に配置することにより、均一度の高い磁場を発生させる装置の開発を目指す。有限要素法によるプログラムによって磁場の様子をシミュレーションしながら、磁石の配置を決定する。

4. NMR 装置の制御部分の開発 : 山木孝之

NMR 装置では、一連の高周波パルスや磁場勾配パルスを順番に試料に与えることにより、核磁気共鳴を起こし様々な画像を得たり量子計算を行ったりする。このため各試料に合った様々なパルスを発生させ、観測する必要がある。本研究では NMR によって得られた信号を、マイクロコンピュータに内蔵されている A/D 変換器を使って測定する装置を開発する。

5. PC クラスタの開発と応用 : 秦悠介

PC クラスタは多数のコンピュータをネットワークでつなぎ、仮想的に一つのコンピュータとして利用するシステムであり、単体のコンピュータより高いパフォーマンスを期待できる。本研究では P X E プートを用いた PC クラスタの構築と、それを量子系のダイナミクスの数値計算への応用を目指す。

B. 素粒子実験 (加藤) 研究室

1. MPPC を用いたシンチレーションカウンターの特性測定 : 櫻木大蔵

次世代大型加速器として計画されている ILC(International Linear Collider) では粒子飛跡検出器に TPC(Time Projection Chamber) が使われる。従来 TPC では、宇宙線やビームのデータを取得するのに必要なトリガーカウンターには光電子増倍管 (PMT) が使われていた。しかし PMT はその構造上、磁場中で使うには適しておらず高価であるという欠点があった。今回 TPC のテストでは磁場中で使うことが決まっている。そこで、磁場中でも使え、安価な光半導体素子 MPPC(Multi Pixel Photon Counter) をシンチレーターと組み合わせてトリガーカウンターに使うことにした。そのため、今回の研究では MPPC の基本的性能を理解するための実験を行う。MPPC にシンチレーターを接続して使うので、その状態でのゲイン、及び位置分解能について測定した。

2. MPPC の波長依存性について : 宮崎聡

ILC (International Linear Collider) の実験に使われる TPC(Time Projection Chamber) の開発において、宇宙線やビームのデータをとるためにトリガーカウンターは必要である。トリガーカウンターに MPPC を用いるため、MPPC (Multi Pixel Photon Counter) の基本特性を調べる。私は、基本特性として光子検出効率の値が入射光子の波長により変化することが知られているため、MPPC の増倍率が波長の変化によりどのような依存性を持つかを調べる実験を行った。研究室にある LED の種類は様々であり、光度によっても増倍率も変わる恐れがあるため、まず波長一定で光度の違いによる増倍率の違いの実験を行った。

3. MPPC の Pixel 数に対するゲイン特性 : 荻野由加利

大型 TPC の開発において宇宙線やビームを用いて試験を行うために荷電粒子が通過したことを確認する Trigger Counter が必要となる。従来は光電子増倍管とシンチレーターを組み合わせたものが使用されてきたが、粒子の運動量を知るために磁場中で試験を行いたいため、磁場の影響を受けやすい光電子増倍管は適していない。そこで、新型の半導体光検出器である MPPC (Multi Pixel Photon Counter) とシンチレーターを組み合わせたものを用いていく。今回はその MPPC の基本特性として Pixel 数に対するゲインの依存性に着目した。

C. 原子分子物理学 (日下部) 研究室

1. マイクロチャンネルプレートによるイオンビームの二次元位置検出器の開発・整備 : 山中慎司

マイクロチャンネルプレート (micro channel plate : MCP) は、約 10 μm 程度の内径を持つガラスパイプを多数束ねたもので、飛来したイオンが当たると二次電子が発生し、それを MCP 1 枚あたり約千倍以上に増倍することが出来る。この MCP のアノードを工夫すると、イオンの入射位置を二次元で検出できるが、その方式には、抵抗性アノード、マルチアノード、遅延時間型、蛍光板型など多様である。これらのうち、本研究では、wedge & strip 法に基づくアノードを円形 MCP に取り付け、低速イオンビームの位置検出が出来るように整備を進めた。

2. 永久磁石を使用した小型多価イオン源の開発 $\mu\text{-Excel}$ に よるシミュレーション : 畑中友作

低速の多価イオン衝突の研究を行うために、当研究室では、強力なリング状永久磁石を用いた小型の多価イオン源 [電子ビーム入射型: EBIS] が 1997 年に開発され、7 価のネオンイオンや 11 価のアルゴイオンが引き出された。より高電離のイオンを引き出せるようにするために、開発を再開している。本研究では、ミュテック社が開発した電磁場解析ソフト ($\mu\text{-Excel}$) を用いて、EBIS 型イオン源内の電磁場中における電子ビームの集束性能をシミュレーションし、最適な電極や磁場の配置を検討出来るようにした。

3. 水分子との衝突における低速の陽子およびヘリウムイオンの電荷移行断面積に関する研究 : 中西祐弥

彗星大気のコマからの X 線放射が 1990 年代に発見され、その機構として、太陽風中の低エネルギー多価イオンと彗星大気の主成分である水分子との電荷移行過程に起因するという説が有力視されている。太陽風中のイオンの衝突エネルギーは概ね keV 領域であるが、この領域で支配的な電荷移行過程に対する断面積測定は、必ずしも十分そろっているとはいえない。そこで本研究では、水分子の安定した導入法を検討して、

水分子に対し 0.45 ~ 4.0 keV の入射エネルギーで陽子及び He イオンの電荷移行断面積測定を行い、得られた実験データを既存のデータと比較・検討した。

4. タングステンイオンの電荷移行断面積に関する研究： 日野泰征

国際共同による大型核融合実験装置 ITER のダイバータ板には、高融点でスパッタリング率の小さいタングステン (W) 材料が使用される予定で工学的試験も始まっている。スパッタ率が小さくてもプラズマの中に W 原子が放たれ、プラズマ中の電子と衝突して部分的にイオン化され、種々の過程を通じてプラズマを冷却する等の悪作用を及ぼす可能性がある。一方、W 原子やイオンに関する原子分子データは少なくこれらの測定が求められている。そこで本研究では、まず W イオンの種々の原子や分子との衝突における電荷移行過程の全断面積の理論的予測や測定に関する文献調査を行い、さらに W(CO)₆ を用いて電子衝撃型イオン源で W イオンの発生を試みた。

D. 固体物理学 (田中) 研究室

1. 捕食の数学的モデル：竹村照義

生態系で起こる現象の一つである「捕食」について、数学的モデルを用いて考察する。生態系とはある区域の中に存在する生物、環境が成す一つの系を表わす。地球には天文学的な生物が存在し、それぞれの生物は、地上・空中・水中という三つの環境の中でお互いに様々な影響を及ぼし合い、依存し合い生活している。その中でも今回は仮想的にプランクトンと魚のみが存在する生態系を考え、捕食し、捕食される関係がその個体数にどのような影響を及ぼすのかを考察する。また、環境の大きさが及ぼす影響も考慮する。

2. 異性体間の相互作用：川浦大地

溶液を構成する分子の大きさ、官能基の立体構造の違いによる効果を調べるために、異性体間の相互作用を取り上げる。異性体とは、ベンゼン環に統合している官能基が同じであり、それぞれオルト、メタ、パラに分類される。なお、その構造から他の分子に与える効果が異なる。そこで、1つのモデルとして、ダイポールモーメント (双極子) および 4重極子モーメントを持つ分子を計算し、分子間の相互作用すなわち、双極子双極子相互作用、四重極子双極子相互作用および四重極子四重極子相互作用を計算した。

3. ANNNI モデルを用いたスメクチック相の構造の安定性： 山本隆文

物質には固体、液体、気体という3つの相がある。液晶ディスプレイとして一般に知られている液晶とは、この3つの相に分類できない4つ目の相である。液晶といわれる状態は液体の流動性と固体の異方性を併せ持った状態つまり、「液体と固体 (結晶) の中間にある状態」である。今回は第3近接相互作用まで考慮したイージングモデル即ち ANNNI モデルを用いて、スメクチック相の1層構造、2層構造、3層構造の自由エネルギーを比べて、層構造の安定性を調べる。

4. SK 模型を用いたレプリカ対称解における相転移：渡藤和也

ランダム系の物理現象にスピングラスというものがある。スピングラスの理論展開として Edwards-Anderson 模型と Sherrington-Kirkpatrick 模型が有名である。ここでは、Sherrington-Kirkpatrick 模型に焦点を当てて研究を進め、この解析手段として、スピングラス物質の解析に一般的に用いられるレプリカ法という手段で行う。そもそもレプリカとは人為的に導入するものであるため、今回はレプリカが物理的な結果に依存しないと仮定し、レプリカ対称性を用いる。レプリカ法で得た自由エネルギーをレプリカ対称性に置き換えることにより、Sherrington-Kirkpatrick 模型における相転移を数値解析し、その特性を考察する。

5. 金融工学について：伊藤優一

現在、経済・経営の分野でも数学や統計学が必要不可欠になってきている。今回は金融ビジネスを支える金融工学について解説する。金融工学とは、数学や物理学、統計学を使って金融商品のリスク管理や価格分析を行う理論のことである。特にその中の一つであるデリバティブ (金融派生商品) の価格づけをするブラック・ショールズ方程式について導出する。また、実際の数値を用いて解析する。そして金融危機といわれている中で、金融工学の中のデリバティブの価格付けがどのような位置

にあるのか、またこれからどのようなことが求められているのかを考察する。

E. 理論物理学 (中原) 研究室

1. 銀河の衝突による構造形成のシミュレーション：垣内美香

2つ以上の銀河が接近すると、重力相互作用の影響で潮汐力を及ぼしあい、形態が変化すると予想される。本研究では、2つの銀河を接近させたときの速度や構造の変化の過程をシミュレーションする。今回は、非衝突系 N 体シミュレーションを用いて調べる。重力相互作用する N 個の質点 (星) の位置と速度、重心の回転方向の初期値を与え、運動方程式を 2 次のリープフロッグ法で数値積分し、時間変化を見る。

2. ESR の原理と応用：福岡洋平

ESR とは電子スピン共鳴法で不対電子を観測する分光法のことである。エネルギーは分子によって異なるので、電磁波を用いて種々の現象のエネルギーを求めて構造を決めるのが分光法である。ESR によって不対電子をもつ物質のことが分かる。ここでは ESR の基本原理や得られるスペクトルの読み取り方、固体における ESR、ESR の応用的展開について調べたことを発表する。

3. 量子ビットとして利用可能な分子の探索：新田健悟

現在使用されているデジタル情報の最小単位をビットといい、それに対して量子コンピュータ情報の最小単位を量子ビットという。本研究では量子ビットとして利用可能な分子の探索を目的に、分子構造を解析するためのソフトウェア Gaussian を用いて fulgide 分子の解析を行う。

4. Grover's Search Algorithm の相同性検索への応用： 田中勇次

古典コンピュータに比べて格段に早く計算できる量子アルゴリズムとして、近年注目されているグローバーのデータベース検索アルゴリズムがある。しかしこのアルゴリズムは、任意のターゲットを検索するための回路の構築方法がターゲットが 1 つの場合しか解明されていない。本研究では任意の複数ターゲットを検索する回路の構築に成功した。また、現在あるデータベース検索への応用として生物情報学の相同性検索への応用を考察する。

5. 超対称量子力学と幾何学：宗行賢二

超対称性とはボソンとフェルミオンの入れ替えに関する対称性である。本研究では超対称量子力学を用いて、超対称性の自発的破れについて調べる。それには、Witten 指数を調べればよく、Witten 指数は幾何学と深い関わり合いがある。それを見るためにまず 1 変数の超対称量子力学の性質を調べ、次に多変数に拡張する。そして最後に超対称量子力学の波動関数と微分形式との対応から、Witten 指数と多様体のオイラー数との関係について述べる。

F. 物性理論 (笠松) 研究室

1. ヘリウムの固体、液体界面の不安定性：山口浩平

2層に分離した密度の異なる流体同士がそれぞれ異なる速度で水平運動する状況において、ある臨界相対速度を超えるとその境界面に波が発生する。これはケルビン・ヘルムホルツ不安定性と呼ばれている。この不安定性が超低温下での固体・液体ヘリウムの界面においても観測された。実験ではその不安定性が、ヘリウムの滑らかな結晶表面の「しわ」として表れている。本研究では液体ヘリウム中のヘリウムの結晶表面に起こるケルビン・ヘルムホルツ不安定性について理論的に考察する。

2. 海岸のフラクタル性と解析：山下真司

私たちの身のまわりには、単に不規則として見過ごしてしまいそうなパターンに満ち溢れている。しかし、その不規則の中にも空に浮かぶ雲や、遠くに見える山並み、岩石のひび割れや、木の枝、かみなりなどの自然界で見られる多くの現象はフラクタルという性質 (特徴的な長さを持たず、自己相似性がある形) を持つものが多く存在する。その中のフラクタルを持つリアス式海岸をモデル化し、そのフラクタル性を解析し、フラクタル次元を求めて考察する。