

卒業研究発表会のプログラムを以下に示す。第 1 会場 (31-501) は主として実験系研究室の発表で、第 2 会場 (31-502) は理論系研究室の発表になっている。発表時間は 10 分、質疑応答時間は 5 分である。今回の発表会は発表者が多いので、時間厳守およびスムーズな発表者の交代を行うこと。OHP は世話人が準備する。コンピュータによるプレゼンテーションを行う場合は発表者の責任において実施すること。また、座長は各発表の制限時間を厳守してください。

全ての発表終了後、4 階会議室にて判定会議を行う。午後 7 時からは本館地下食堂で卒研の打ち上げを予定している。

I. 第 1 会場：午前 9 時～午後 1 時 15 分

Time Keeper

前半：青本、高橋 後半：木曾、吉宗

A. 河島研究室：座長 加藤先生

1. 赤外線を使用したワイヤレス補聴器の製作
村松 博則

現在一般に使われている補聴器の問題点として、距離が近い音ほどよく聞こえるために必要のない雑音が聞こえる問題がある。これに対してワイヤレス補聴器というものがあるが、従来のものでは複数対話に対応していない点が問題となり、一般に普及していない。

そこで、SSB という技術を用いて複数の人と同時に会話ができる補聴器を試験した。加えて送信受信方法として、電波の代わりに赤外線を使用することにより、病院などで心臓ペースメーカーのような精密機器に影響を与える事が無いような通信方法を採用し製作試験した。

2. ビデオ画像による位置トラッキング
鶴 周平

ローバーや飛行機、探査ロボットへのレーザーエネルギー伝送で問題となってくるのが、トラッキング技術である。対象に対して、常にレーザーがあたるように、制御しなければならない。そこで考えたのが、ビデオカメラで対象を撮影し、その位置情報をもとに制御することである。ビデオ信号の水平・垂直同期信号からビデオ画面内での位置を特定することができる。走査線数は、時間 t で表わすことができ、これがビデオ画面の y 座標となる。 x 座標は、その走査線内での時間 t で表わすことができる。これにより、ビデオ画面での位置を時間で特定することができ、この位置を特定することで、レーザーを正確に太陽電池パネルに照射することを目指す。

3. 半導体レーザー光の長距離集光
山本 洋之

レーザーを用いた長距離エネルギー伝送において、半導体レーザー素子 (LD 素子) を複数個束ねて利用することを考える。LD 素子の光を長距離先で集光する時の問題点はその発散角の大きさと発光点面積にある。集光先のスポットの大きさをきめるのは発光点の面積とレンズの収差であるが、高出力の半導体レーザーでは発光点の面積が $1 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ と大きいのが問題になる。そのため、発光点の小さいものを使用し、複数束ねて出力を稼いで使用する。本研究はその基礎実験として現在入手可能な発光点面積の最も小さい LD 素子 ($1 \mu\text{m} \times 3 \mu\text{m}$) を用い、長距離での集光実験を行なった。集光には非球面レンズを使用し収差を抑えた。

4. 半導体レーザーによるエネルギー伝送のための
太陽電池波長特性計測
中野 義元

レーザーエネルギー伝送では、受光素子と LD の組み合わせが重要である。我々の研究室では、受光素子に太陽電池を採用しているが、太陽電池に入射する光の波長によって、その変換効率は変化する。太陽電池を介して、エネルギーを効率よく伝送するためには、この 2 つのファクターに関係する、エネルギー変換の性能評価を行い、最適な値を見つけることが必要である。今回は、現在入手可能な高性能太陽電池、GaAs (Single/Dual Junction)、Si (宇宙用) を用いて、700 ~ 1000nm の波長帯において (波長の異なる 9 種類の LD を使用) 最適な太陽電池と LD の組み合わせを検討していく。

5. 月面氷探査ローバーの起動性能の向上
石井 良樹

月面氷探査ローバーモデルが悪路を走行中、ギャップに乗り上げて停止してしまうことがある。これはローバーに搭載されている GaAs 太陽電池パネルからモーターに供給されている電力が限られているためギャップの乗り越えに必要なモータートルクが不足するためと考えられる。このような場合に備え GaAs 太陽電池パネルからコンデンサーに電力を蓄えるシステムを確立し、必要な時にはコンデンサーを用いて電力不足を補い、ギャップを乗り越えられるようにすることを目指す。実験ではローバーの特性を理解し、ギャップを乗り越えるのに最適な諸条件を探し出す。

B. 近藤研究室：座長 河島先生

1. 走査型トンネル顕微鏡の金の薄膜の作成、及び評価
長谷川 徹

「走査型トンネル顕微鏡」(STM) は原子を観測できる装置である。先を尖らせた探針を試料に近づけ、その間に電圧を加えることにより、探針 - 試料間に流れるトンネル電流を利用した顕微鏡である。

今回の研究では顕微鏡で観測する為の試料作成を行った。その試料は雲母の劈開面上に作られた金薄膜である。作成方法は真空中で金を加熱し蒸発させて、金原子を雲母に蒸着させる事である。

作成した試料の評価を行う為に STM で金薄膜を観察した。発表では観測された金薄膜の STM 像を示す。

2. 走査型トンネル顕微鏡のアプローチ機構の試作と評価
市瀬 武志

コンピュータ制御の AD/DA 変換器を用いて走査型トンネル顕微鏡 (STM) を制御するプログラムを製作した。今回は C 言語を用い電気の特定な波形を STM 本体に送り、

ピエゾ素子を変形させることにより探針を試料に対して前進、または後退させる。すなわち試料の表面を STM で測定出来るようになるまで探針を試料に近づけることが出来る。このような STM のアプローチ機構の試作を行った。

3. 高速ビデオ TEM に使用する蛍光スクリーンの評価 小野 茂

マイクロな現象を TEM を用いて高速に見るためには、蛍光スクリーンの残光時間が短くなければいけない。なぜなら TEM は電子線を用いて像を結ぶが、電子線は直接目で見ることができない。そこで蛍光スクリーンで光に変換して像を観察するからである。今回蛍光スクリーンに使用されている蛍光塗料の評価をするために、フォトダイオードとオシロスコープを使い残光時間を調べた。

その結果を踏まえ高速ビデオカメラで高速撮影できるか検討した。

4. レーザーダイオードを用いた学生実験の製作 小泉 靖幸

光の現象に関する学生実験を製作する。レーザーダイオードと回折格子を用いて光の回折現象に関する実験と、偏光板とセロハンテープを用いた複屈折に関する実験である。これらの実験を学生に理解させるにはどのような方法がよいか考えた。考案した装置は実際に学生実験として利用できるようにコストと安全性について重視した。

C. 南研究室：座長 近藤先生

1. 樹枝状構造の成長シミュレーション I 大浦 正明

雪の結晶にその典型をみるように、拡散分子の飛来によって種(タネ)分子の周りに成長する樹枝状構造(DLA)の成長過程を分子間の結合条件や環境を変えてシミュレートする。結合方向が2次元や3次元の場合、種分子の初期状態が直線状や平面状である場合等を検討する。更に次元を上げる方法も開発する。

2. 樹枝状構造の成長シミュレーション II 道重 宗典

種々の樹枝状構造の特性を調べる為にフラクタル次元を求め各種方法を比較検討する。回転半径に対する成長数の関係を調べることによってより正確なフラクタル次元が得られることがわかった。また、成長の空間次元の相違によるフラクタル次元の依存性を明らかにする。さらに、DLA と絶縁破壊現象の関係を調べる。

3. 2次元結晶の構造解析 I 竹田 学

結晶はその対称性によって230の空間群に分類できる。2次元結晶では17空間群が存在する。任意の2次元格子をPCで制御されたプロッターによって作成する方法を開発する。プロッターによって得られた2次元格子の原図を縮小撮影することによって、レーザー回折実験用サンプルを作成する。

4. 2次元結晶の構造解析 II 岩田 寛士

結晶による多くの回折斑点の位置の測定値から格子定数の最確値およびその誤差の推定をする一般式を最小2乗法により導出する。これを長方格子および六方格子の光回折像に適用し、格子定数の精度を検討する。一般に、デジタル化された回折斑点の測定値が精度に如何に影響を及ぼすかを議論する。

5. 2次元結晶の構造解析 III 長井 克之

ミニコピー・フィルム上に作成された各種2次元格子のHe-Ne レーザー回折像をデジタル・カメラに直接取り込む。得られた各種回折像の特徴を格子の対称性について検討する。結晶構造因子と単位胞内の点の配列の関係を調べる。さらに、周期的配列からの格子の乱れが如何に回折効果へ影響及ぼすか検討する。

D. 市川研究室：座長 南先生

1. SQUID における信号入力結合の最適化 片岡 祥記

SQUID(超伝導量子干渉装置)は、超伝導を利用した超高感度磁束計である。これにより、従来の機器では測定不可能であった微小な電気信号や磁気信号の測定が可能となり、極微試料の磁化率測定や脳波計に代わる脳磁図の測定などが可能となった。この研究では、SQUID を使用する場合に最も重要となる、測定信号を SQUID センサーに伝える入力結合の最適化について調べた。

E. 加藤研究室：座長 南先生

1. 電子回路実験の改良 近藤 尚

加藤先生担当の物理学実験で行なわれていた、ローパス・フィルタの回路製作と周波数特性の測定実験を元に、シミュレーションを加えた実験を考案することが、私の卒業研究です。

卒業論文は、簡単なフィルタ回路理論から始まり、使用したシミュレーションプログラムについて書いています。また拡張した実験を実際に学部生に行なってもらう事が出来たので、新しい発見や実験テキストの訂正を行なうことが出来ました。実験のおまけとして音楽データフィルタリングを考案しています。これは、製作した回路に音楽データを入力すると、どのように聞こえるかを実験するものです。これによって、より良くフィルタ回路を理解できると考えています。

2. Higgs 粒子の質量測定 長谷川 将康

素粒子物理学における標準理論は、ほぼ完成された理論です。その理論を決定づける新しい粒子として注目を集めているのが Higgs と呼ばれる新粒子です。さらに Higgs 粒子は、JLC 計画などの新しい加速器を用いて発見されることが期待されています。

今回の卒業研究では、まず標準理論から出発し、Higgs 機構について学び、Higgs 粒子の重要性について考えまし

た。さらに、JLC 計画での測定器のシミュレーションを用いて Higgs 粒子の質量測定を行ないました。これら研究から Higgs 粒子の性質はもちろん、研究に対する考え方や手法など、さまざまなものを学びました。

II. 第 1 会場：午後 1 時 45 分～午後 18 時

Time Keeper

前半：青本、高橋 後半：木曾、青山

A. 小西研究室：座長 辻先生

1. CORSIKA code による宇宙線空気シャワーの解析 I, II 西口 篤志・上辻 文隆

CORSIKA code を用いてシミュレートした空気シャワーイベントと、我々の空気シャワーアレイで観測されたイベントを比較して、平均の一次宇宙線エネルギー、核種などを推定する。

2. 高エネルギー素粒子反応で観測された素粒子の飛跡の自動測定プログラムの開発 山川 健

JACEE のエマルジョン スタック (emulsion stack) 形式のデータを用いて、高エネルギー素粒子反応で観測された素粒子の軌跡 (track) の自動判定プログラムを開発した。

3. ロボットシミュレーション 海保 暁郎

重力下で歩行するロボットを PC 画面上で実現するためのプログラムを開発する。

今回は、静止バランス、移動バランスのソフトを作った。

4. 一次宇宙線エネルギースペクトルの折れ曲がり (knee 領域) の解析 神原 優希

宇宙膨張が地上で観測される宇宙線エネルギースペクトルに与える影響について考察する。

B. 千川研究室：座長 小西先生

1. Rossi 実験 松本 純一

Bruno Rossi により行われた歴史的な宇宙線観測実験を再現することを試みた。3 本の光電子増倍管を配置し、そのうち 2 本を宇宙線が光電子増倍管に同時に入射したときだけカウントする同時計数、残りの 1 本を光電子増倍管に入射した宇宙線をカウントする単独計数としてつないだ。光電子増倍管の上に宇宙線の吸収材である鉛板を置いて厚さを増やしていき、鉛板の厚さの変化に対する宇宙線の同時計数と単独計数の変化を測定した。また、C 言語と Maple を用いて Rossi 実験の解析をシミュレートしたので報告する。

2. テレスコープアレイ計画の概要 清水 伸明

テレスコープアレイ計画は GZK 限界を超える最高エネルギー宇宙線の存在の確立及びその発生源と加速・伝播機構を解明することを目的とする計画である。宇宙線検出は地表検出器と大気蛍光望遠鏡の二つの異なる観測方法によるハイブリッド測定を行う予定である。本計画における観測装置および観測方法など、計画の概要をまとめた。また、特に地表検出器について詳しい説明を行う。

3. テレスコープアレイ計画における大気モニター ~ new LIDAR の R & D ~ 辨野 拓哉

テレスコープアレイ計画の大気蛍光検出法では、空気シャワーにより窒素が発する微弱な蛍光を捕え、空気シャワーの縦方向発達に沿って観測するが、この光は伝播する過程で大気中のエアロゾル等によって散乱損失が引き起こされるので、精密な大気モニターを行って、大気蛍光測定によるエネルギーを補正するための消散係数を求める必要がある。この大気モニターの概要と、テレスコープアレイ計画で大気透明度測定に用いる new LIDAR システムの開発を行っているので報告する。

4. テレスコープアレイ計画における大気モニター ~ 雲モニターの R & D ~ 西風 徹

テレスコープアレイ計画はこれまで観測された事例の少ない 10^{20} eV を越える超高エネルギー宇宙線の観測頻度を統計的解析が行えるレベルまで上げ観測することによって、宇宙の謎を解き明かすことを目的とした計画である。観測法はシンチレータによる地表検出器と望遠鏡による大気蛍光検出法を用いる。雲モニターは大気の状態を調べる大気モニターの一部として行うものである。宇宙線観測は夜間に行われるので、赤外線カメラを用いて温度データから観測の妨げとなる雲が視野内に存在しているかを調べる。本研究では赤外線カメラ画像の解析方法についての研究と開発について報告する。

5. 最高エネルギー宇宙線における GZK cutoff 勝浦 真弓子

銀河系外から到来する最高エネルギー宇宙線は宇宙空間を長距離伝播するうちに宇宙背景放射と反応してエネルギーを失ってしまうのでエネルギー限界が存在する。つまり 50Mpc 以遠の源から飛来する 5×10^{19} eV を超える超高エネルギー宇宙線に対し、地球で観測されるエネルギースペクトラムには鋭い cutoff が存在することが Greisen と Zatsepin, Kuzmin らによって理論的に示され、GZK cutoff と呼ばれる。その観点より最高エネルギー領域の宇宙線スペクトラムを考察したので報告する。

C. 辻研究室：座長 千川先生

1. Gini 係数と地震の前兆現象 榎本 恭三

過去に起こった大地震のデータを気象庁一元化地震カタログ (JMA1 データベース) から引用して、テキストファイルとして保存した。そのデータを Microsoft Visual Basic

6.0 を用いて地震発生間隔の時系列データと距離の時系列データに変換する。この変換した時系列データを各々、経済学で用いられている所得分布の不平等度を表す”Gini 係数”を用いて地震の前兆現象について解析した。前震から余震にかけて Gini 係数が変化することが分かり、本震の発生を予測できる可能性が得られた。

2. 地震の規模と発生頻度-前震の b 値変化について- 五條 隆行

大地震が起きるとき、前進、本震、余震という過程を経る。その過程には何らかの規則性があるのでは、と考えられる。そこで地震の発生頻度とマグニチュードの関係を表わすグーテンベルク・リヒターの式を用いて、その式から求まる b 値というパラメータの変化から地震の解析を行い、その結果から地震予知の可能性について考える。今回の研究では、鳥取西部地震と三陸はるか沖地震のデータを使い、グーテンベルク・リヒターの式からそれぞれの前震(本震の一年前からとする)における月毎の b 値を出す。その b 値の変化の仕方に注目する。

3. 地震の規模と発生頻度 吉田 泰史

大地震は滅多に起こらないが、小さい地震は時々起こる。このような経験的事実を数量的に示したのがグーテンベルグ・リヒターの地震の規模別頻度に関する式である。グーテンベルグ・リヒターの式から求まる b 値というパラメータの変化から大地震の前兆現象の解析を行い、その結果から地震予測の可能性について報告する。

4. 地震の規模と発生頻度 梶 健一

今回、地震のマグニチュードの度数分布について研究を行う事にした。大きい地震ほど発生回数が少ない事はよく知られている事実である。この性質の量的表現について、グーテンベルクとリヒターは、発生度数はマグニチュードと共に指数関数的に減るとして、 $\log n(M) = a - bM$ という式を提唱した。この式はグーテンベルク・リヒターの式と呼ばれ、係数 b の値は地震集団の性質を表す重要なパラメータとみられている。そこで過去 10 年間に起きた地震の中から大規模なものを選び、この式を用いて導いた b 値の変化から地震の前兆現象について考察する。

5. 地震前兆現象と予知の可能性 大久保 宏昭

地震が起きる際に起こるとされている様々な地震前兆現象についてどのようなものがあるのかを調べ、世界の成功例をもとに電磁気現象を中心に今後の地震予知の可能性についてまとめる。

6. 地震雲 豊田 達也

地震の前兆現象の一つと言われている地震雲の解説と地震との関連性を見いだす。また今後の地震予測に繋がる可能性を示す。

7. 遺伝アルゴリズムによる株価の時系列予測 古田 光洋

遺伝アルゴリズムとは、生物進化(選択淘汰・突然変異)の原理を応用した組み合わせ最適化手法で、これを用いて過去のデータから変動パターンを得ることで株価の予測を行う。

III. 第 2 会場：午前 9 時～午後 1 時

Time Keeper

前半：前田、澤村 後半：大久保、坂口

A. 江草研究室：座長 御法川先生

1. 素粒子の複合模型 北野 勝也

1932年以前の素粒子の世界は、陽子、電子、光子の3種類だけの単純なものだった。その後、約50年間に素粒子の数が10種類以上に増加した歴史的背景をたどっていく。まずは、1946年のロチェスターとバトラーの2人の実験についてまとめる。この実験に基づいて、中野西島 Gell-Mann により提唱されたストレンジネスという量子数について調べる。これとは独立した話で、Fermi - Yang の複合模型についてまとめる。坂田は、この Fermi - Yang の複合模型を基にして坂田模型に取り入れた坂田模型を考えたと。そして坂田模型に生じた困難を解決したゲルマンとツバイクの提唱した「クオーク模型」についてまとめていく。

2. 対称性の自発的破れと Higgs 機構 前田 孝洋

ゲージ理論ではラグランジアンに最初から質量を入れておくとゲージ不変性を破ってしまうため、物質粒子も媒介粒子もその質量をゼロにとっておかなければならない。対称性の自発的破れにより粒子の質量を作り出すことが出来るが、一般に連続的な対称性が自発的に破れると質量ゼロのスカラー場が現れる。これをゴールドストーン・ボゾンとよぶ。質量ゼロのゴールドストーン・ボゾンの存在は困難を引き起こすため、このままでは現実の素粒子を記述する理論にならない。したがって何らかの方法でこれを理論の中から消し、ゲージ不変性を破ることなく、かつ最終的に観測に一致する質量を導きたい。それを実現するのが Higgs 機構である。

3. 陽子の構造 佐藤 誠孝

陽子の内部構造を解明するには陽子の中を探るプローブを必要とします。プローブの持つべき条件としては、それ自体の性質は良くわかっていること、調べるべき陽子より小さいサイズを持つこと、陽子の中へ奥深く入っていきることなどであり、この観点からレプトンが有用です。これよりまず、レプトン同士、電子・ミュオン散乱からヒントを得て、電子と陽子の弾性散乱によって陽子の広がり半径などの陽子の構造を調べます。さらに電子・陽子の非弾性・深非弾性散乱にパートン模型を適用することによって、陽子の内部構造を明らかにしていきます。

4. ゲージ理論の幾何学的解釈
是安 俊宏

ゲージ理論の幾何学的解釈を行います。ゲージ理論とは3つの概念要素、対称性、保存則、力学の密接な絡み合いの上に成り立っています。これらを数式による変換だけでなく、幾何学的に解釈をし、理解を深めていきます。まず、電磁気学におけるゲージ理論を説明し、その後内部空間、平行移動、曲率、接続係数などの必要な事項を説明した後、幾何学的解釈を行います。又その後非可換ゲージ場に舞台を移し議論を行います。非可換ゲージ場においても、内部空間の次元数が多いなど取り扱いが複雑になるだけで今までの議論をそのまま適用することができます。

5. Dirac 方程式とその解
新谷 英之

相対論的方程式のクライン・ゴルドン方程式では、負エネルギー解と負の確率という2つの困難に遭遇する。そこでDiracは、基本方程式として1階微分のみを含み、かつクライン・ゴルドン方程式と同様に、ローレンツ変換によって方程式の形が変わらないものを作ることが出来ないか、と考えた。そこから導き出されたものがDirac方程式である。私は、このDirac方程式の導出から共変性・平面波解を発表すると同時に、Dirac粒子の磁気能率と空孔理論についても調べます。

B. 林研究室：座長 江草先生

1. 平面重力波の厳密解
上條 和彦

通常重力波理論では計量 $g_{\mu\nu}$ の平らな時空からのずれ h が小さいとして、これをアインシュタイン方程式に代入して、 h の1次までとると、 h に対する線形波動方程式が得られる。この解が重力波である。ここでは、一切の近似を用いずに、アインシュタイン方程式の真空厳密解で、時空のゆがみが光速で空間を伝わる「重力波」の例を与えて考察していく。

2. 宇宙背景放射と宇宙構造
峯 和生

ビッグバンの後、熱平衡から離れた光子は、その後宇宙の膨張に伴って徐々に冷却され、現在では3[K]の宇宙背景放射として観測されている。この宇宙背景放射は、観測によると完全な一様等方性を持っておらず、様々な宇宙構造から影響を受けて一様等方性を失ったと考えられている。逆に、この非一様等方性から様々な宇宙構造について考察することができる。

3. RN ブラックホール時空中における光線の振る舞い
岡本 茂雄

ブラックホールの近くを光線が通過するとその軌道に変化が生じる。シュヴァルツシルト時空中における光線の軌道はよく知られている。ここでは、ライスナー・ノルトシュトレーム時空をとり、ブラックホールの近くを通過する光線の振る舞いを調べ、これがシュヴァルツシルト時空の場合とどのように異なるかを調べる。

4. カー時空中における光線の振る舞い
塩井 晋一

ブラックホールの近傍では光線は重力の影響を受けて、軌跡が曲がります。どの程度曲がるのかはブラックホールによって異なります。一般的に知られているシュヴァルツシルト・ブラックホールの場合における振る舞いは明らかになっているので、回転しているカー・ブラックホールの近傍での光線の振る舞いは、どのようにになっているのかを検証しました。

5. 殻状質量分布によるワームホールの形成
渡邊 靖文

これまでの理論では、一般にワームホールを形成する場合、負のエネルギー密度のようなエキゾチック物質の存在を考える必要があった。しかし、殻状に質量が分布した場合を考えると、エキゾチック物質なしにワームホールを形成することが可能となる。ここでは、種々の殻状質量分布を考え、それによるワームホールの形成を考察する。

C. 御法川研究室：座長 林先生

1. コンプトン効果と逆コンプトン効果
永山 和利

光子と静止している電子の弾性散乱により、光子の波長が増加するコンプトン効果において、高等学校では近似を用いて求めた波長の変化を、特殊相対性理論の知識を用いて厳密な計算手法によって示す。また、相対論的な速さをもった電子と光子が弾性散乱を起こす現象である逆コンプトン効果についても言及する。この効果が加速器物理学や天体物理学にもたらす効果について議論する。

2. 真空中のニュートリノ振動
藤田 充宏

はじめに、ニュートリノの一般的な性質について述べる。次に、ニュートリノ振動の統一的な時間発展方程式を示す。具体的に2-フレーバーのニュートリノの場合について、振動の確率を計算する。最後に、カミオカンデ検出器で観測された大気ニュートリノ異常現象が3-フレーバーのニュートリノ振動で説明されたことから、ニュートリノに質量があることが確定された事を受けて、ニュートリノのダークマターへの寄与について議論する。

3. アインシュタイン方程式の導出
村瀬 要

はじめに、曲率テンソルからピアンキの恒等式を証明します。次に、アインシュタインテンソルを求め、最後に、エネルギー・運動量テンソルの保存則などを考慮してアインシュタイン方程式を導出し、その方程式に含まれるパラメータは弱い重力場で成り立つポアソンの方程式と比較して決定します。

4. シュヴァルツシルト時空中における天体の運動
松村 小夜子

アインシュタインの重力場の方程式とは、物質の存在によって空間がどのように歪むのかを計算する方程式であ

る。その方程式の解は時空の歪み、すなわち重力の状態を表す。しかし、この方程式を解くのは非常に難しいので特別な条件、すなわちからっぽの時空の静的で球対称なシュヴァルツシルト解を導く。この解をもとに、シュヴァルツシルト時空における天体の運動について考察する。

5. フリードマン宇宙とダークマター 白石 真奈美

宇宙原理（宇宙は空間的に一様で等方的）を満足するロバートソン・ウォーカー線素とアインシュタインの場の方程式より、フリードマン方程式を導く。これとエネルギー運動量テンソルを組み合わせ、3タイプのフリードマンモデルができることを示す。

現在の宇宙の密度と臨界密度との比である密度パラメータが1の平坦な宇宙（タイプ1）を仮定すると、観測データだけでは説明できず、ダークマターやダークエネルギーを必要とする。これらの最近の研究結果を紹介する。

6. 重力波発生のメカニズムとその検出方法 太田 岳史

はじめに、弱い重力場でのアインシュタイン方程式を求め、そこから“重力波”が導かれることを示す。重力波は電磁波にメカニズムが似ていることから電磁波を例に説明していく。次に、重力波のエネルギーや星の運動のパターンに応じた重力波を求める。最後に、簡単な重力波の検出方法と重力波についてこれからの展望を述べる。

IV. 第2会場：午後1時30分～午後18時45分

Time Keeper

前半：前田、神戸 中盤：大久保、坂口 後半：桑田、澤村

A. 湯浅研究室：座長 松居先生

1. 主成分解析法による微分方程式系の再現 山本 奈緒

今回の論文において、主成分解析法を用いた微分方程式系の導出という手法がどれくらい正確なものであるのか、実際にその精度を確かめたい。つまり、この方法によって得られた結果がどれくらい信用できるものなのかを検証するというのが目的である。まずは主成分解析について理解する。次にカオスのアトラクタの1つであるレスラー方程式を4次のルンゲクッタ法で数値積分し、4万程度の数値データを作る。その時間変化のある数値データを用いて元の微分方程式系を構築する。さらに、手法の中における誤差も評価する。以上の手順を踏んで、再現された微分方程式系の信頼性を見る。

2. シンプレクティック数値積分法 梅谷 真史

数値積分で一般に使われるルンゲクッタ法は、ステップ幅を適当に取れば短時間での結果は問題ないが長時間では永年誤差が表れる。一方、ハミルトニアン系の正準変換に起因するシンプレクティック性を利用したシンプレクティック数値積分法は、ハミルトニアンから少しずれた影のハミルトニアンと呼ばれるものを保存し、これによりハミルト

ニアンに永年誤差を発生させない。このシンプレクティック数値積分法の理論とオイラー法やルンゲクッタ法との比較を行う。

3. 3体問題の数値解析 I・運動方程式の正則化 片山 勇介・土井 崇史

3体問題を数値的に扱う際の最大の困難は、2体が接近した時にその2体相互の引力が非常に大きくなり、数値積分の精度が保たれない事である。この困難を回避するためには、数値積分のステップ幅を2体の接近に応じて小さくする方法もあるが、空間座標も含めて変換すると更に効果的である。今回の卒業研究では、3体問題を正準方程式で表し、正準変換と、P.Kustaanheimo と E.J.Stiefel による変換を利用して運動方程式を正則化する方法について述べる。ピタゴラス問題では、この方法で運動方程式の正則化を行い、2体が接近した際には正則化された方程式に移って数値積分を実行した。

4. 3体問題の数値解析 II・ピタゴラス問題の数値解 土井 崇史・片山 勇介

3体問題とは3個の質点が万有引力のもとにどのような運動をおこなうか、という問題のことを言う。この問題は3質点の質量も相互距離も同じような場合は、最も取り扱い難い。従って、特殊解（正三角形解と直線解）の近傍の運動などは詳しい解析的な議論がされているが、それ以外では解析的な取り扱いは大きな成功を納めてはいない。今回の卒業研究では、V.Szebhely と C.F.Peters によって開発された方法で、ピタゴラス問題（直角三角形の3頂点に3質点を静止させて、その後の運動を求める）を数値的に解き、その結果をモニター画面上に描いた。

B. 木口研究室：座長 湯浅先生

1. 地球における才差・章動について 富樫 英夫

地球自転の一般のイメージは、決まった速さで一日一回ずつ回っているというものである。しかし実際は地球の自転軸は空間に対しても地球自身に対しても常に揺れ動き、自転の速さも刻一刻変わっている。変動の大きさは極わずかであるが、その性質は複雑で、規則正しいというイメージからはほど遠い。主にその自転運動の乱れは、“自転速度変動”“章動”“極運動”という3つの種類に大別される。本研究では月、太陽の潮汐力で起こるとされる“章動”また章動の一つである“才差”について研究した。

2. ポアソン方程式による重力ポテンシャルの数値解法 足立 真琴

ある密度分布をしている楕円体を作り出す重力ポテンシャルを求める。2次元空間に正方形格子を用い、各格子点上のポテンシャルを数値的に求めていく。楕円型偏微分方程式であるポアソン方程式を用い、差分近似法により、連立方程式を解いていく。格子点間の間隔を狭くし、格子点の数を増やすことにより精度は良くなるが、その分、未知数が増え、連立方程式で解く計算量が多くなる。よって、パソコンで計算できるようにプログラムを組み計算させる。得られた数値を用い、どのような密度分布をしていればどのような重力ポテンシャルの分布になるのか、図に表示できるようにする。

3. 太陽とある惑星の二体問題について
木田 慎哉

太陽とある惑星の軌道について取り上げた。今研究では地球のデータ（地球の質量は1に、時間軸は1年を1に、太陽と地球の距離は1 AUに）を用いた。万有引力の法則より導いたエネルギー保存則と角運動量保存則を使い、軌道を求める方程式を求めた。その方程式より軌道を描かせるプログラムを自分で作り、いろいろな初期条件をあたえて、描かれた軌道の特徴を調べ、正しい軌道を描いているのか、手計算と別の方法で軌道を描かせるプログラムを用いて考察する。これを研究とする。

4. 水素原子の輻射の計算
高橋 中

空気中の原子において水素原子の存在は約8割を占める。この水素原子を解析することによって天体物理やその他の分野において物理的な面での計算に役立つ。ここではクーロン場中での双極輻射の古典論を学び、双曲軌道の場合の輻射（制動輻射）の放出を計算した。この計算をボーアの対応原理にしたがって量子力学的に計算することによって逆過程である free-free、bound-free、bound-bound 吸収を詳細釣り合いによって数値化することによって水素原子の解析を行った。

C. 田中研究室：座長 木口先生

1. 4 状態モデルによる液晶の構造相転移 I
林 育一

物質には、固体、液体、気体の3つの相が存在する。しかしある種の物質には固体と、液体の間相である液晶がある。液晶は液体の様に流動性があり、さらに、固体の様な配向性を示す特性がある。液晶分子には円盤状、棒状、バナナ型などがあり、液晶相の種類もいくつかある。本研究では液晶分子として棒状分子、液晶相としてスメクチック相を用いた。スメクチック相とは層状構造をとり、層内の分子の配向はほぼ同じだが、層間では異なった配列をとる周期的秩序をもつ相のことである。液晶分子に4つの配向状態を考え、層間の分子間相互作用が配向構造相転移にどのような影響を及ぼすかを調べた。

2. 4 状態モデルによる液晶の相転移 II
西 麻美

液晶とは固体と液体の中間的な性質をもったものである。この液晶には層構造の有無や、分子の方向、秩序、相関の有無などによって分類されている。一般的に反強誘電液晶は低温側より温度が上昇するにつれて、”反強誘電相 SmCA*相 SmC 相 フェリ相 (FIL 相) SmAF 相 フェリ相 (FIH 相) SmC*相 等方相 ”と逐次相転移することが知られている。本研究では各液晶分子の配向と極性を考慮して4つの配向状態を定義し、温度変化と相互作用パラメータにおける相図を導出する。

3. ネマティック液晶相の配向秩序 I
田原 裕二

ネマティック液晶とは、分子が棒状になっており、重心位置に秩序がない液晶である。これを基盤に挟んで電場を加えることにより、分子の配向が変化する。これを使って

光のスイッチをつくる。もちろん基盤は透明である。本研究では、分子配向秩序が温度、分子の界面の相互作用（アンカリング）、電場の強さ等に対してどのように変化するかをシミュレーションした。

4. ネマティック液晶相の配向秩序 II
高瀬 卓也

二枚のラビングしたガラス基板の間にネマティック液晶を入れると基板表面の液晶分子はラビングした方向に向く傾向がある。上下の基板を90°に捻ることによって内部の液晶分子は螺旋構造を形成しTN型（擦れネマティック型）光スイッチングが作られる。本研究では、液晶分子についてモデルを構築し、TN型光スイッチングでの液晶分子の配向秩序がアンカリングの強さ、温度などによってどのように変化するかを数値解析した。

D. 中原研究室：座長 田中先生

1. NMR を使ったアルゴリズム
神野 大典

NMR 装置を用いて核スピンを持つ分子を量子情報処理に使えることを示す。この系は有限温度系なので、必要な情報を取り出すにはある種の平均操作をしなければならない。これらを少数量子ビット系で具体的に示す。またIBMの7量子ビットのNMR 計算機によるShorのアルゴリズムの実現についても解析する。

2. NMR による量子ゲートのシミュレーション
野村 忠慶

NMR 量子計算機において量子ゲートは基本的なパルスの組み合わせで実現されてきた。本研究では、基本的なパルスによらず、古典計算機を用いてハミルトニアンのもつ制御パラメータを最適化することにより、量子ゲートが直接構成できることを少数量子ビットに対し具体的に示す。

3. CMB と WMAP I (理論的背景)
林 園子

宇宙を満たしている3Kの背景輻射(CMB)について理論的に研究する。最近、宇宙観測技術の発達とともに背景輻射が精密に観測され、宇宙論を有効数字2~3桁程度の精密科学にした。本研究ではこれらの観測データを解釈する基礎となる枠組みを解説し、次の発表への理論的基礎を与える。

4. CMB と WMAP II (COBE と WMAP のデータの比較)
宮内 智文

2001年に打ち上げられた観測衛星 WMAP は、1990年代に蓄積されたCOBEのデータを桁違いに高い精度で精密化した。本研究では、その中で宇宙の背景輻射(CMB)に関連したデータを取り上げ、Iの理論的背景と比較する。とくにCMBの温度揺らぎの角度スペクトルについて従来のモデルとの矛盾を研究する。

5. ネマティック液晶の 3次元テクスチャー
三浦ちはる

ネマティック液晶は実射影空間 RP^2 を秩序変数にもち、トポロジカルに大変興味深い振る舞いをする。本研究では、一様な背景の中に埋め込まれた 3次元テクスチャーを、3次のホモトピー群 $\pi_3(RP^2)$ で分類し、その中の自明でないテクスチャーのもっとも簡単な場合を Ginzburg-Landau 方程式を数値的に解くことにより研究する。

E. 松居研究室：座長 中原先生

1. $Z(2)$ ゲージニューラルネットワークの相構造 I, II
中野 勇気・高橋 優之

脳における連想記憶・想起の機構をうまく説明するモデルとしてニューラルネットワークのホップフィールドモデルがある。このモデルをもとにした学習過程を記述するモデルとしてシナプス結合強度をゲージ変数とした $Z(2)$ ゲージモデルが提案されている。本研究では従来研究されてきたエネルギーにゲージ不変性を考慮した新しい項、 c_4 SJJIS、を追加した新しいモデルを研究する。その学習、想起の特性を調べるため、モンテカルロシミュレーション

によって相構造の変化を調べた。その結果、新しく追加した項は Higgs-Coulomb 転移を 2次から弱 1次に変化させ、また、Higgs 相の領域を広げる事がわかった。これは、想起の能力を高める事を意味する。

2. 量子 $U(1)$ ニューラルネットワークの相構造 I, II
岡 公久・阪本 雅樹

脳における学習と想起の機構のモデルとして $Z(2)$ ニューラルネットワークゲージモデルが研究されている。このモデルに対する量子効果を調べるため、量子 $U(1)$ ゲージモデルが導入され、モンテカルロシミュレーションによって相構造が調べられていた。今までは比熱のピークを測定することによって 2次の相転移の可能性を調べていた。しかし、このモデルは $Z(2)$ ゲージモデルと異なり、連続変数 ($U(1)$ 変数) を持つため、転移がよりなめらかになる可能性がある。例えば $U(1)$ スピン変数を持つ XY スピンモデルでは Kosterlitz-Thouless (KT) 転移と呼ばれる無限次の転移が起こり、臨界温度以下では帯磁率が無限大に発散する。本研究では、新たに $U(1)$ ゲージモデルの帯磁率を測定し、なめらかな相転移を確認した。その全体的な相構造も研究中である。