

平成25年度 近畿大学理工学部理学科物理学コース 卒業研究発表会

平成26年2月7日(金) 9:00～17:30
於 31号館401教室、402教室

プログラム

9:00 開会の辞：太田 先生 31号館401教室

31号館401教室

9:05～11:55 午前の部 座長：井上 先生

一般相対論・宇宙論研究室

(小休憩)

素粒子実験研究室

(小休憩)

素粒子・宇宙物理学研究室

12:35～14:40 午後の部 その1 座長：加藤 先生

素粒子論・重力理論研究室

(小休憩)

原子分子物理学研究室

14:45～17:20 午後の部 その2 座長：石橋 先生

宇宙論研究室

(小休憩)

天体物理学研究室

31号館402教室

9:05～11:55 午前の部 座長：松居 先生

表面科学研究室

(小休憩)

物性理論研究室

12:35～14:40 午後の部 その1 座長：堂寺 先生

生物物理学研究室

(小休憩)

理論物理研究室

14:45～17:20 午後の部 その2 座長：矢野 先生

凝縮系物理学研究室

(小休憩)

ソフトマター物理学研究室

・発表時間10分、質疑応答5分。

・ベルは発表経過時間7分、10分、12分。ベル係は発表研究室の次の研究室が担当
(但し発表最初の研究室は発表最後の研究室のベルを担当すること)。

・全4年生及び教員は8時50分迄に集合。3,4年は最後まで発表を聴くこと。

・小休憩は発表する研究室の交替に要する時間で1～2分程度を想定。

17:25 総評：千川 先生 31号館401教室

17:30 閉会の辞：笠松

18:00～19:30 卒業研究発表祝賀会 ブLOSSAMカフェ多目的ホール

31 号館 401 教室

一般相対論・宇宙論研究室（石橋研）

314：宮原 光司 「ペンローズによる様々な宇宙の大域構造」

一般相対論において、重力は時空構造そのものであり、このことを理解するには二つの観点が必要である。一つはアインシュタイン方程式の解である計量が表す“局所的構造”であり、もう一つは時空の境界条件に対応する“大域構造”の観点である。私は大域構造に興味があるが、大域構造を説明する際に大切なのは“無限遠方”の概念を時空構造の一部としてどのように取り入れるかである。その中の一つの方法として、時空全体を有限な一つの図に変換して捉えるペンローズの方法がある。これは、因果構造を保つ変換（共形変換）を利用する方法である。共形変換によるペンローズ図は、無限に広がる広大な時空構造を視覚的に一目で掴むことを可能にする利点がある。今回は様々な宇宙モデルでのペンローズ図の例を示すことを中心に、時空の大域構造をペンローズ図で理解することと、宇宙モデルのそれぞれの違いから何が理解できるかを解説する。

307：坂本 淳哉 「時空の大域構造： ～ ワームホールと時空の“くびれ”～」

私は時空の大域構造に興味があり、その特殊な例としてワームホールの構造について研究しています。ワームホールという言葉からは、時空の互いに離れた2点を結ぶ“抜け穴”の様なものをイメージしますが、単なる空想ではなく、物理的に存在しうるかどうかについて一般相対論を用いて多くの研究がなされています。私の卒業研究では、先ずワームホールの基本概念を理解するための一つの例として、シュワルツシルト時空におけるワームホールの構造である、言わば“時空のくびれ”のような“アインシュタイン・ローゼンブリッジ”と呼ばれているトンネル構造を、大域的に張れるクルスカル・スゼッケル座標を用いて特徴づけます。次に、その結果を基に、一般の時空におけるワームホール的な“時空のくびれ構造”を測地線束の振る舞いで規定する方法と、物質のストレス・エネルギーの関係について考察します。

368：樽松 隼也 「重力崩壊によるシュヴァルツシルト・ブラックホール形成のダイナミクス」

一般相対性理論によると、宇宙には光が飲みこまれるように見えるほど空間が曲がり、その空間の周りでは遠方の観測者から、時間が止まって見えてしまうほどの強い重力場を作り出す天体が存在することがわかっている。この天体のことをブラックホールとよび、質量が十分に大きい天体が熱核燃焼によって全ての核融合反応のエネルギーを使い果たしたとき、天体の重力崩壊によってできると考えられている。このようなブラックホール形成の最も単純なモデルは、圧力の無視できる物質からなる球対称な天体の重力崩壊によるシュヴァルツシルト・ブラックホールの形成であり、これは Oppenheimer と Snyder によって最初に研究された。今回の発表ではそのようなシュヴァルツシルト・ブラックホール形成の外側と内側のダイナミクスについて、クルスカル・スゼッケル座標による大域的座標系を用いて説明する。

367：大野 輝 「インフレーション宇宙の機構：— New inflation から Hybrid inflation —」

宇宙の始まりを説明するためにビッグバン宇宙論というものがあります。しかし、ビッグバン宇宙論には平坦性問題や、地平線問題、ゆらぎの起源の問題といった問題点が存在します。それを補うため、1981年にインフレーション宇宙論が提案されました。インフレーションとは、インフラトンと呼ばれる場のポテンシャルエネルギーによって、宇宙初期の短時間に指数関数的に加速度膨張が引き起こされる現象のことを言います。これによって、ビッグバン宇宙の起源を説明するだけでなく、現在の宇宙に存在する天体やその分布の起源も説明できるようになりました。これまで、初めに提唱されたインフレーションモデルの欠点を補うために、様々なモデルが作られてきました。本論文では、インフレーションの3つのモデルについて考察していきます。

301：西垣戸 博企 「インフレーションと構造の起源」

宇宙は高温・高密度から始まりその後膨張をしながら温度・密度を下げて現在の宇宙となっている。これはビッグバン理論と呼ばれ、宇宙論的観測事実を説明する優れた理論であると同時に問題を抱えていた。その一つにゆらぎの起源の問題がある。ビッグバン理論では宇宙の大域的構造は宇宙初期にできた微小なゆらぎを構造の種にして、それが進化した結果形成されたと考えられている。しかし、観測と一致するような大域的構造を作るには宇宙初期に当時のホライズンスケールに比べて波長が大きなゆらぎをつくる必要があり、ビッグバン理論ではこのことが困難である。この問題を解決するアイデアとして提唱されたのが宇宙を指数関数的に加速膨張させるインフレーション理論である。今回の発表ではインフレーション宇宙における、ゆらぎの生成について説明する。

素粒子実験研究室（加藤研）

304：清水 俊希 「GEM-TPC での電子の増幅率のドリフト距離依存性」

我々は、電子の増幅機構に GEM(Gas Electron Multiplier) を用いた三次元の荷電粒子飛跡検出器 TPC(Time Projection Chamber) を開発するために、GEM の基本特性の研究を行っている。TPC 内を荷電粒子が通過すると、荷電粒子によってガス分子から電子が電離され、電離電子が生成される。電離電子が電場に沿って GEM へ移動する。この電離電子の移動をドリフトと呼ぶ。ドリフト距離が伸びれば電子がイオンと再結合するために、電子が GEM まで届かなくなる可能性が高くなると予想できる。ガス増幅後の電子数は GEM に到達した電子数に依存するので、読み出し電極板に到達する全電子数はドリフト距離に依存すると考えられる。本研究では、ドリフト距離を変え、GEM-TPC における電離電子数と増幅後の電子数を宇宙線を用いて測定した。得られた結果を、理論式と比較することで、GEM-TPC でのドリフト距離に対する増幅率の変化を評価した。

素粒子・宇宙物理学研究室（千川研）

328：西本 義樹 「TA 実験の概要」

TA(Telescope Array) 実験は、米国ユタ州の砂漠に観測装置を設置し、超高エネルギーの宇宙線が地球に到来した時に生成される空気シャワーを観測する国際共同実験である。TA 実験では、プラスチックシンチレータ地表粒子検出器 (SD) アレイと大気蛍光望遠鏡 (FD) の異なる原理の観測装置により、空気シャワーが観測される。現在、観測した空気シャワーのエネルギースペクトルはあるエネルギー値付近で傾きが緩やかになっていることが見られた。然し、その起源は分かっていないので、解明する必要がある。また、エネルギースペクトルの折れ曲がり GZK カットオフであることを確認するために少なくとも、宇宙線の組成を観測により決定すること、GZK カットオフの位置の観測と宇宙線の組成から予測される位置の無矛盾であること、GZK カットオフ以上のエネルギーの宇宙線の到来分布に異方性が見られることの検証が必要である。本発表では、TA 実験の物理的成果について述べる。

324：滝 隆浩 「CTA プロジェクトの概要～電源装置の制御～」

CTA プロジェクトとは宇宙の高エネルギー現象による超高エネルギーガンマ線の観測を目的とした計画である。分割鏡 198 枚からなる総重量約 70 トンの大口径望遠鏡 (LST) など 3 種類の望遠鏡を用いて観測する。LST には、装置全体の自重・風圧・気温などにより歪みが生じる。よって、高精度の観測をするためには望遠鏡に生じた歪みを補正しなければならない。LST の各分割鏡には、2つのアクチュエータと 1つのフィックスポイント、及び C-MOS カメラが取り付けられる予定である。LST に生じた歪みは、AMC (Active Mirror Control) システムを用いて補正する。AMC システムとは画像処理プログラムを用いて歪みによるズレ量を検出し、アクチュエータを用いて分割鏡のズレを補正するシステムである。アクチュエータを動作させるには電源装置が必要であり、制御プログラムの開発が要求される。本発表では、CTA プロジェクトの概要と AMC システムに使用する電源の制御プログラムの開発状況について述べる。

317：爲久 幸哉 「AMC システムに用いる無線モジュールアンテナの特性」

アクチュエータ制御は、ボード PC を用いて約 400 個のアクチュエータをスターアライメント状にクラスタ化して、無線モジュールからの信号を各クラスタに送り制御する方法が検討されている。無線通信モジュール XBee にアンテナを組み込んだものを用いる。アクチュエータがアンテナの指向性や XBee の有効範囲から外れると電波を受信できず、アクチュエータに対して無線モジュールからの信号が伝わらなくなる。また、送信距離が伸びるにつれて電波強度が弱くなり通信速度が低下する。そのため、アクチュエータを制御するにはこれらの影響を考慮したうえで最も効率的にアクチュエータに信号を送ることができる位置に設置する必要がある。本発表では、実際の制御に用いられる無線モジュールアンテナの特性及びダイポールアンテナ近似での電波強度の変化より得られた、AMC システムにおけるアクチュエータと無線モジュールの位置関係について述べる。

335：河野 翔 「レーザー光強度の温度依存性実験」

LST を用いて微弱な Chrenkov 光を観測するサイトは、空気が澄んで人工光の少ない暗所、夜間の晴天率が 60～80%、広大な場所等であることが要求される。現在、南半球と北半球の砂漠の各 1 箇所 LST を設置するサイトが検討されている。AMC システムに使用されるレーザーは、昼夜の気温差が大きい砂漠環境においても耐性を持ち正常に作動することが求められる。レーザー光強度が、温度に依存すると LST のズレ検出時のデータに影響を与える事が考えられる。また、温度上昇・下降に伴うレーザー光強度のヒステリシスの影響も確認する必要がある。本実験では、波長 650nm の半導体レーザーを用いたが、AMC システムにおいては赤外線レーザーが使用される予定であ

る。レーザーの温度を変化させる方法として、ニクロム線に電流を流したときに生じるジュール熱を利用した。本発表ではレーザー光強度の温度依存性並びにヒステリシスの確認について述べる。

329：尾崎 溪 「AMC システム ～画像処理プログラム～」

LST は、自重・風圧・気温によって構造体に歪みが発生し、分割鏡の方向のズレが生じる。AMC システムを用いてズレの補正を行うが、まず基準とのズレ値（変位）の検出を行わなければならない。ズレ値の検出方法は、LST の反射面の中心に取り付けられた基準となるレーザーと各分割鏡に取り付けられたレーザーを 26m 先のスクリーンに照射し輝点間の変位を導出する。この変位が方向のズレ値となり、分割鏡裏に取り付けたアクチュエータにより補正する為のプログラムで必要となる。レーザーの輝点の変位を求める方法は、照射されたスクリーンを分割鏡反射面の中心に取り付けられたカメラで撮影し、その画像を画像処理プログラムで解析を行う。このレーザーは、赤外線レーザーが取り付けられる予定なので、赤成分を用いた解析方法のプログラム開発を行った。本発表では、AMC システムにおける歪みによって生じる分割鏡の方向のズレ値（変位）を検出する画像処理プログラムについて述べる。

素粒子論・重力理論研究室（太田研）

318：栗山 雅矢 「アインシュタインリングとは何か？」

一般相対性理論の完成により、今までのニュートン力学では考えられないような事象が次々と予測されたが、それらの事象は予測した本人（アインシュタイン）さえも首をかしげる程に衝撃的な姿をしたものも少なくなかった。そんなものの一つにアインシュタインリングという現象がある。それは光源からの光が重力レンズ効果により湾曲して我々の目に届くことで、光源がリング状に見えるというものである。本研究ではそれがどのような場合に、またどのような姿で観測されるのかを求めた。具体的には重力レンズ効果の元になる重力源がどの程度時空を曲げるのかをアインシュタイン方程式を使って導き、その曲がった空間中の光の運動方程式を求めることでどの程度光が湾曲するのかを求めた。さらにそこから湾曲した光がどの位置に観測されるのか（観測角）を求めることでアインシュタインリングの構造を導いた。

370：橋本 賢人 「重力による時間の遅れ」

時間の遅れは、相対論が予言する現象の一つであり、運動を行っている状態によって時間の進み方が異なることによって起こる現象である。一般相対論において、強い重力場にいる観測者は、それより弱い重力場にいる観測者よりも時間が遅く進む。この現象は太陽やブラックホールなどの強い重力源によって時空が曲がり、地球にいる観測者からは太陽付近を通過する光が、遅く進むように見えるというものである。本論文では、1964年にアメリカ合衆国の天体物理学者アーウィン・シャピロ (Irwin Shapiro) が行った研究を元に、太陽表面付近を通過する光の経路として赤道面上を通るように近似を取り、シュヴァルツシルト計量やアインシュタイン方程式から導く光の運動を表す方程式を用いて、地球→太陽→火星間での光の往復時間の遅れを導出する。

350：大畑 玲裕 「ブラックホールについて」

ブラックホールは、太陽質量の数倍から数百万倍まで幅のある質量をもつ巨視的物体で、ある程度まで静止し孤立している。その範囲で各々のブラックホールのすべてはカー解によって記述されます。カー解とは、自転しているブラックホールのことをいいます。ブラックホールの物理量は三つあり、質量、角運動量、電荷です。この三つの性質を「ブラックホールに毛が三本」と表現します。質量のみをもつブラックホールをシュヴァルツシルト・ブラックホールと言いますが、質量に加え角運動量を持ち、回転しているブラックホールも存在し、これをカー・ブラックホールと呼びます。今回は、カー・ブラックホールがアインシュタイン方程式の厳密解であるかどうかということをシュヴァルツシルト解とカー解について確かめます。

363：岩倉 愛 「フリードマン宇宙とインフレーションモデル」

現在、宇宙は「誕生して、真空エネルギーによってインフレーションと呼ばれる加速膨張を起こして、超高温・高密度のビッグバンが起きた」と考えられていますが、何故なのでしょう？本発表では、宇宙は一様・等方であるという宇宙原理から出発し、フリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー計量を与え、アインシュタイン方程式からフリードマン方程式を求め、曲率パラメーターにより宇宙を3つの形に分類します。そして、ビッグバン理論の問題点である「平坦性・地平線・磁気単極子」問題からインフレーション理論の必要性を考え、スカラー場がポテンシャルをゆっくりと転がるという仮定であるスローロール近似を用いたスローロールインフレーションモデルに関して考察をします。

333：本道 千聖 「宇宙定数問題と人間原理」

宇宙に関する未解決問題の一つに、宇宙定数問題がある。宇宙定数とはアインシュタイン方程式に存在する定数

項入 のことである。一時は不要とされていたが宇宙の加速膨張が発見された後、それを説明するためにまた λ が導入された。 λ は何かの真空エネルギーではないかと考えられているが、未だにその正体はつかめていない。この λ の候補と思われる、調和振動子の真空エネルギー、量子論における重力の自己エネルギー密度、電弱理論における真空エネルギー密度を紹介する。また、人間原理についても触れる。人間原理とは、宇宙に存在する法則や定数に対して、人間が存在できるための制限を与えるものである。この人間原理を真空エネルギー密度の上限値の制限として用いることにより、宇宙定数がとりえる上限値を導出し、現在の宇宙の真空エネルギー密度との関係を考える。

原子分子物理学研究室（日下部研）

308：河合 知宏 「Si PIN フォトダイオードのガンマ線に対する検出効率について」

東日本大震災に起因して福島第一原発で炉心溶融や水素爆発を伴う過酷事故が起き、セシウム (Cs) などの放射性同位元素が大量に環境中にまき散らされた。これに伴い、エステー社から安価な簡易型放射線測定器「エアカウンター S」が発売された。これに使用されている検出器は、低原子番号で空乏層の薄い Si PIN フォトダイオードだけである。このダイオードが、 ^{137}Cs からの 0.662MeV の γ 線をどのように検出しているのか関心が持たれた。昨年度の研究では浜松ホトニクス社の二種の Si PIN フォトダイオード (S6775、S3590-08) に対して、種々の γ 線源を用いて γ 線のエネルギースペクトルが測定され、ほとんどコンプトン効果の一回散乱で検出されていることが推定された。本研究では、 ^{137}Cs の密封標準線源を用い Si PIN フォトダイオード S3590-08 の 0.662MeV γ 線に対する全検出効率を、絶対測定し評価した。

322：武田 憲磨 「永久磁石を使用した小型多価イオン源の開発 IV- μ -EBISIII 内の電子ビーム軌道解析 II-」

一般的な多価イオン源は電磁石などに大電力を要し、建設や維持のための経費もかさむので、特別な研究室にしかなることが出来なかった。そのため多価イオン研究を進展させるために、一般の研究室でも扱える小型で省電力の多価イオン源の開発を行っている。1997年に当研究室では、強力なリング状永久磁石を用いた小型の多価イオン源 (μ -EBIS) を開発し、ネオンの7価イオンやアルゴンの11価イオンなどが引き出され、keV領域で多価イオン衝突の研究が行われてきた。この μ -EBIS をさらに発展させるべく、ミュンヘン社の電磁場解析ソフト (μ -Excel) を用いて、EBIS型イオン源内の電子ビームの軌道解析が行えるように、平成21年度の研究でなされた。しかし、ソフトのバグや磁石のデータに問題があったので、本研究では磁石のデータを見直し、新バージョンの μ -Excel を用いて電子ビームの収束条件の検討を行った。

369：牛尾 公一 「リチウム多価イオンの電荷移行過程に関する研究」

リチウム (Li) 原子をプラズマ中に拡散させ、それらの電荷状態・エネルギー・運動量等の分布を計測するという核融合プラズマの「診断」方法がある。それらの計測データを正しく理解し、プラズマモデリングを行うためには、種々の原子分子データが必要である。とりわけ、低温の周辺プラズマやダイバータプラズマのモデリングには低エネルギー領域で支配的な電荷移行過程の断面積が不可欠であるが、未だ実測値の少ない衝突系が多い。本研究では、まず1960年代～2009年代の Li イオンと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値や測定データに関する文献調査を行った。そして、断面積の測定が行えるようにするため、多価 (2、3価) の Li イオン源の開発を目指し、イオン源の全体的な構想と Li イオン発生部の制御電源の製作を行った。

宇宙論研究室（井上研）

350：中川 知哉 「宇宙膨張の高階微分 ～jerk、snap、crackle～」

1929年にハッブルが幾つかの遠方の銀河の赤方偏移を観測し、距離が遠い銀河ほど大きな速度で我々から遠ざかっていることを発見した (ハッブルの法則)。一方、これに先立つ1915年にアインシュタインは「宇宙は膨張も収縮もしていない『静止宇宙』」と考えていたため、重力の効果を打ち消す働きをする宇宙定数を考案した。しかし、近年の観測で宇宙の加速膨張がみつき、宇宙定数は再び必要とされるようになった。ただし、時間変化するダークエネルギーの可能性もある。本論文では、宇宙の減速パラメータ jerk (加速度の時間変化)、snap (jerk の時間変化)、crackle (snap の時間変化) を使ったモデルの性質を調べる。今回は固有距離とこれらの高階微分との関係について調べた結果について報告する。

361：松永 高明 「温かいダークマターによる宇宙の構造形成」

現在の宇宙に存在する天体は偏りを持って宇宙空間に分布し、豊かな階層構造を持っている。宇宙は 100Mpc 以

上の大きなスケールで考えるとほぼ一樣になるが、それよりも小さいスケールでは非等方で非一樣である。この非等方で非一樣である宇宙空間の偏りは、宇宙初期の宇宙の密度ゆらぎによって形成されたものである。密度ゆらぎの成長は大きなスケールでは線形的であるが小さなスケールになると非線形的であり、重力とダークマターとよばれる物質の性質が深く関係している。WDM(温かいダークマター)は小さなスケールでは粒子の自由運動によってゆらぎが掻き消されてしまう(無衝突減衰)。一方、CDM(冷たいダークマター)はこの無衝突減衰は起こらない。WDMの非線形ゆらぎが、どのように成長するかを数値的にシミュレーションし、CDMとWDMの非線形パワースペクトルの違いについて考察する。

313: 仲本 貴登 「ホライズンを越えた揺らぎから探る宇宙のトポロジー」

我々の住む地球は太陽系に属しており、太陽系は天の川銀河に属している。我々の住む世界と比べると、宇宙は限りなく広く、“無限”と捉えることができる。しかし、我々が知らないだけで、宇宙は有限かもしれない。もし宇宙の大きさが有限で定曲率と仮定すると、曲率により宇宙のトポロジーを3つに分類することができる。トポロジーが非自明であれば、宇宙は周期的になる。また、宇宙はなめらかであると仮定すると、ホライズン内の揺らぎから、宇宙全体の様子を探ることができるはずである。今回、一次元揺らぎを考え、ホライズン内でフーリエ変換を行うことで、ホライズンを越えた揺らぎの再構築を試みた。このことから、宇宙の揺らぎを厳密に再現することで、宇宙のトポロジーを調べることができるか否か考察する。

366: 樽谷 寛士 「宇宙マイクロ波背景放射の温度揺らぎを用いた宇宙のトポロジーの制限」

宇宙マイクロ波背景放射(Cosmic Microwave Background :CMB)の温度分布には、方向による温度の違い、すなわち温度揺らぎが存在している。CMBは現在の科学技術で観測される宇宙最古の化石であり、CMB光子が出發した地点までの共動距離はすべての天体より大きいいため、宇宙のトポロジー(位相)について厳しい制限を与える事が出来る。本研究ではCMBの温度解析プログラムを用いて、WMAP衛星による観測データをもとに全天マップを描き、ランダムに選択された2つの円のペア上の温度揺らぎを数値化し、相関をとる事によって、宇宙のトポロジーについて制限を与える。

312: 藤原 広宜 「クェーサー B0128+437 の重力レンズモデル」

4重像クェーサー銀河レンズ系において、多重像間のフラックス比の観測値と理論値が大きく異なる場合がある。それらは「フラックス比異常」と呼ばれ、その要因として $10^6 \sim 9$ 太陽質量程度のダークハローの存在による摂動の可能性が考えられている。本研究ではKeckII望遠鏡を用いて近赤外線観測された位置データ、超長基線電波干渉計(VLBI)を用いて電波で観測された位置データ、多素子電波干渉計網(MERLIN)を用いて電波で観測されたフラックスデータ、以上の3つのデータを用いることにより精度の高い4重像クェーサー B0128+437の重力レンズモデルを作成し、そのようなダークハローが必要であるか否かについて報告する。

337: 高橋 誠 「4重像クェーサー RXJ1131-1231 のモデリング」

銀河の周りにはダークマターがあるとされている。それは光学的に観測できないが重力レンズを用いて質量分布を見積もることができる。 $10^6 \sim 9 M_{\odot}$ のダークハローを調べるためには4重像クェーサーを用いればよい。その重力レンズモデルを作るためにはクェーサーの位置とフラックスがわからなければならない。しかしフラックスを見積もるのが難しい。なぜならクェーサーの宿主銀河がフラックスに寄与してしまうからである。今回クェーサーの位置からレンズ銀河ハローの重力ポテンシャルが推定されているRXJ1131-1231の宿主銀河の輝度分布を見積もった。その結果について発表する。

天体物理学研究室(木口研)

327: 小坂田 昌樹 「太陽構造と太陽フレアの発生機構」

1859年にイギリスの天文学者リチャード・キャリントンが白色光の増高現象として初めて観測した太陽系最大級のエネルギー解放現象である太陽フレア。現在ではRHESSI衛星などの衛星による観測で、その性質について理解が進んできている。しかし、未だにその発生機構は磁気リコネクション説という有力な説はあるものの、詳細には判明していない。磁気リコネクション説というのは、磁力線がつながりかわることにより出来た曲がった磁力線に強い電磁気張力が発生して、それにより磁気エネルギーが他の形態エネルギーに変化することで太陽フレアが発生するというものである。今回の研究の目的は、まず太陽全体の性質やエネルギーの流れを知ること、そしてその知識を基に太陽フレアの発生機構として今まで議論されてきた原理やモデルを学び、その問題点を考察し、太陽フレアの発生機構を追及していくこととする。

315：大橋 ちな 「惑星系形成論と灼熱巨大惑星」

木星規模の異形の系外惑星である灼熱巨大惑星がなぜ中心星の近くに存在できるのか、という問題が現在話題となっている。我々の住む太陽系についての惑星系形成論である標準モデルを理解すると、木星規模の惑星は中心星近くに存在する事が難しいように思える。しかし、新しい観測事実を見てみると、灼熱巨大惑星は特殊な場合として排除はできない。上記の疑問に対する答えとしては、共鳴や作用反作用の法則による disk と惑星間の角運動量の交換が考えられる。角運動量の変化によって、軌道半径の変化が可能だからである。今回の発表では、標準モデルや新しい観測事実についてまとめた後、共鳴について、またどのような角運動量の交換が可能であるかという事について述べていく。

374：奥村 陽真 「ガンマ線バーストの観測事実と解釈」

ガンマ線バーストは宇宙一明るい天体现象である。これまでにガンマ線バースト研究のため人工衛星が打ち上げられ、多数の観測データを得た。CGRO 衛星は数々の GRB を観測した。統計的に GRB を 2 種類に分けることができた。データの一つにエネルギーごとの強度分布がある。観測結果から GRB のエネルギー分布図ではプランク分布にはなっていない。光と電子の反応は起こっていない。GRB は超高密度にも関わらず透明 ($\tau < 1$) なのである。しかし考えられる限りの物理過程での計算では $\tau \gg 1$ となる矛盾が生じる。BeppoSAX の観測データより、アフターグローからガンマ線バーストまでの距離が求められた。それにより放射エネルギーが決まる。すると等方放射エネルギー E_{iso} の巨大さ ($E_{\text{iso}} \sim 10^{49} \text{J}$) から、光学的厚み τ が 1 を超えてしまう。発表では各人工衛星のミッションとそのデータ、それに付随するいくつかの問題点について、また何を考えれば実態が分かるのかを考える。

373：高木 しのぶ 「物理学と株価変動」

経済的な現象を物理学を利用して解明する経済物理学について研究した。まず、経済的な現象である株価の変動へと応用される元の物理現象であるコロイド粒子の運動、ブラウン運動について学んだ。そしてブラウン運動と株価の変動の共通点、相違点を考え、ブラウン運動がなぜ、どのようにして株価の変動に応用できるのか考えた。そしてヨーロッパ・コールオプションの価格の計算式であるブラック-ショールズ方程式を導いた。ブラック-ショールズ方程式を導く際には確率論についても学んだ。また、実際の市場でどのようにブラック-ショールズ方程式を用いることができるのか、計算で求められた価格と実際の価格にはどのような差異が認められ、何が問題となっているのかも考察した。

31 号館 402 教室

表面科学研究室 (近藤研)

360：風早 優太 「ダイヤモンド中の NV センターの観察を目指して」

今まで行われてきたダイヤモンド中の単一 NV センターの蛍光測定は高コストな共焦点顕微鏡を用いて研究されてきた。幅広く NV センターを研究し応用するためには、低コストでより簡便な蛍光測定システムを構築する必要がある。本研究では共焦点顕微鏡を使わずに低コストの光学顕微鏡で単一 NV センターを観察する。NV センターは緑色の励起光をあてると赤色の蛍光を出す性質をもつ。緑色レーザーをダイヤモンド試料にあてて蛍光を観察するのだが、光学顕微鏡の対物レンズに直接光が入ってしまうと NV センターが観察できない。そこで、アクリル樹脂の内面反射を利用した光ガイドを製作し、光をダイヤモンド試料に収束させた。製作した光ガイドを用いてダイヤモンド中の単一 NV センターの観察を目指す。

356：鹿山 翔司 「単一光子検出を目指して I」

本研究ではワンボード・マイコンを用いて単一光子検出器を作成する。物理量をワンボード・マイコンへ取り込むためには、測定対象やワンボード・マイコンに関する知識だけでなく、両者をインターフェイスする AD (アナログ-デジタル) 変換器の理解が必要である。既にワンボード・マイコンと AD 変換について学び、実際に AD 変換 IC をワンボード・マイコンに接続し、電圧を測定することに成功している。本研究では光子の検出を行うために、APD (アバランシェ・フォトダイオード) という光半導体素子を用いる。まずは APD の動作原理について学ぶことにより単一光子検出を行うための条件を明確にする。また、APD からの信号をワンボード・マイコンへ取り込むために、実際に光子が APD へ入射した際に生じる信号を測定することを試みた。

364：檜尾 翼 「単一光子検出を目指して II」

本研究では単一光子の測定器を作成する。光子の検出には、APD (アバランシェ・フォト・ダイオード) を用いる。APD は、逆バイアスを印加した際に強い電場が形成される領域を設けることにより、入射光子により

発生した電子が加速され、ほかの半導体原子と衝突しはじき出し、はじき出された電子もまた電場によって加速され、この連鎖によって移動する電子数が指数関数的に増える現象であるアバランシェ増倍を利用した高速・高感度のフォトダイオードであり、光波距離計・シンチレータ光検出など様々な計測や検出に用いられている。本研究では、この APD を用いて単一光子検出を試みる。発表では、単一光子の測定器はどのような条件を満たす必要があるかを中心に APD の動作原理やアバランシェ効果などの理論を踏まえて議論を行う。

305：畑野 佑香 「模型飛行機で学ぶ飛行の原理」

室内用模型飛行機の作成を通じて、飛行の原理を学んだ。まず、様々な形の紙飛行機を同じ材料で作成し、安定して飛行する機体の形状を調べた。その結果、翼面荷重の小さな機体は、紙飛行機のような低速飛行でも大きな揚力が得られ、長時間飛行することが分かった。また、機首が重い機体は安定して飛行した。これは、機体の向きが変わったときに、それを戻す向きに力のモーメントがはたらくためである。これらの実験から得られた知見を基に、スチレンボードで模型飛行機を作成した。ただし、このスチレンボードは強度を増すために紙でサンドイッチされたもので、翼面荷重が大きくなりすぎて飛ばなかった。そこで、低速で飛行できるように、より軽量なスチレンボード、発泡スチロール、スタイロフォームの3種類の材料を用いて模型飛行機を作成した。3機とも安定した滑空に成功した。発表では、4機の滑空の様子の違いについて議論したい。

352：松島 恵 「永久磁石を用いた NMR 装置の開発と複合量子ゲートの有用性の実験的検証」

本研究室では、共鳴周波数が 200kHz 以下の超低磁場 NMR 装置の開発が行われてきた。超低磁場 NMR 装置は安価で小型に作れる反面、信号強度が小さく扱いが難しい。そこで、低コスト・小型と信号強度の増強の両立を目指し、永久磁石を用いた 3.6MHz-NMR 装置を開発することにした。まずはエレクトロニクス の動作確認を行うために、静磁場の発生に電磁石を用いた同等な共鳴周波数の NMR 装置を開発した。その過程で複合量子ゲートの有用性を検証することに成功した。複合量子ゲートは、複数の量子操作を組み合わせることで量子制御への外部エラーの影響を補償するものである。このエレクトロニクスをそのまま永久磁石を用いた NMR 装置に適用することによって、永久磁石を用いた 3.6MHz の NMR 装置を完成させることができた。現在、この装置をベースにした教育用 NMR 装置の開発が専門メーカーで行われている。

物性理論研究室（笠松研）

336：金澤 直輝 「ハートリー・フォック法によるベンゼンの電子状態計算」

分子のなかの量子化された電子運動の状態は、ハミルトニアン演算子を設定し、シュレディンガー方程式を解けば求めることができる。しかし、複数の電子を含む系のシュレディンガー方程式を厳密に解くことは容易ではない。これを解く近似法にハートリー・フォック法がある。ハートリー・フォック方程式をコンピュータ上で解くための方法にローターン法がある。ローターン法の計算精度は用いる基底関数の分子軌道の再現性によって決まり、計算時間は基底関数の数によって決まる。したがって、できるだけ少ない数で高精度に分子軌道を再現するような基底関数を選択することが、化学物性を正しく再現するために必要である。本研究ではベンゼンの電子状態を6種類の基底関数で計算し、どの基底関数を用いるべきか考察した。

378：岸本 亮三 「擬ポテンシャル法を用いた電子状態の第一原理計算」

物質の性質を理解するためには電子状態を理解する必要がある。その電子の挙動を把握するにはシュレディンガー方程式を解けばいいが、多体問題となりその扱いは難しい。密度汎関数法は、電子が局所的な有効ポテンシャルの中を相互作用せず運動するといった描像により一体問題に帰着して考えることができる。しかしこの方法でも固体のような膨大な数の電子を含む大きな系に対して解くことは実質不可能であり、さらなる近似により計算コストを下げる必要がある。この近似にはいくつかの方法があり、擬ポテンシャル法はその一つである。本研究ではこの計算手法を用いてカーボンナノチューブの電子状態を計算し、第一原理計算の理解を深めることを目的とした。カーボンナノチューブは多彩な立体構造を持ち、その構造に由来する物性、すなわち金属や半導体といった特徴を示す物質であり、多方面への応用が期待されている。発表では計算結果の詳細を報告する。

344：植松 優樹 「1次元ボースアインシュタイン凝縮体におけるダークソリトンの衝突」

波というのは普通伝播しながら減衰したり崩れたりする。ソリトンは非線形効果によりそのようなことがない粒子的な波（孤立波）である。各々のソリトンは安定に伝播し衝突した後も速度、振幅を全く変えない。しかし特定のソリトン解は単に二つのソリトンを重ね合わせたものではなく実際に衝突が終わった後各々のソリトンはその位置がずれている。これはソリトンが実際に相互作用している証拠である。これらの現象を1次元ボース凝縮体をモデルとしてシミュレーションする。ボース凝縮体を用いる理由は、ボース凝縮体が非線形のグロス・ピタエフスキー

(GP) 方程式で記述され、その方程式にはソリトン解がある事が知られているからである。本研究ではこの現象をシミュレーションするための原理や数式を示し、シミュレーション結果を発表する。

321：森本 達也 「2次元ボース凝縮体中のダークソリトンにおける「snake instability」

ダークソリトンとは凝縮体密度の一部がゼロに落ち込んでいる、伝播しても形が変わらない孤立波である。2次元のボースアインシュタイン凝縮体におけるダークソリトンは一般的に不安定と知られている。このダークソリトンの現象の一つに「snake instability」というものがある。これはダークソリトンの伝播方向に擾乱を与え時間発展させると、その擾乱が強くなり、最終的に量子渦に変化するという現象である。また擾乱の波数によってダークソリトンが量子渦に変化するか、変化せずダークソリトンの状態を保つかの場合がある。本研究では、コンピューターシミュレーションで「snake instability」を、与える擾乱の波数を変えて観測し量子渦の発生有無の境目を探す。次にダークソリトンに速度を与えた時、速度がダークソリトンの渦への変化にどのような影響を与えるのかを観測する。

354：東川 和貴 「2次元 Bose-Einstein 凝縮におけるスピン軌道相互作用について (1)」

電子は質量、電荷の他にスピンという物理量を持っている。スピンは磁気モーメントの起源である。一方、電荷をもつ電子が軌道運動することにより、この軌道電流が磁場を生み出す。このふたつ、磁気モーメントと磁場は相互作用を及ぼしあう。つまりはスピンと軌道角運動量の相互作用であり、スピン軌道相互作用 (SOC) と呼ばれている。さらに SOC は2種類考えることができ、それぞれ、Rashba-SOC、Dresselhaus-SOC と呼ばれている。近年、冷却原子系における SOC の実験的観測もなされた。本研究では冷却原子系の Bose-Einstein 凝縮系における SOC、特に Dresselhaus-SOC を Hamiltonian に加えた波動方程式を考え、コンピューターシミュレーションを用いてその基底状態の構造を観測して来た。考察では Rashba-SOC においてのそれと比較をしていく。

349：神戸 浩平 「2次元ボース・アインシュタイン凝縮におけるスピン軌道相互作用について (2)」

最近、冷却原子系において実験的にスピン軌道相互作用を作り出すことに成功した。2次元電子系におけるスピン軌道相互作用は、半導体に電場をかけたときのラシュバ型のスピン軌道相互作用、半導体の空間対称性によるドレッシェルハウス型のスピン軌道相互作用等が確認されている。凝縮原子気体におけるスピン軌道相互作用は独特な性質を持っており、これまででない新しい物理現象をもたらすと期待されている。今回は、ボース・アインシュタイン凝縮している粒子について2成分 (スピナップ、スピンドアウン) の擬スピンを考え、2次元の時間に依存するグロスピタエフスキー方程式をハミルトニアンにドレッシェルハウス型のスピン軌道相互作用を加えて、基底状態における波動関数の解について数値シミュレーションを用いて理論的に評価する事を目的として研究を行い、その結果について述べる。

生物物理学研究室 (矢野研)

340：片山 泰明 「2次元の回折格子を用いた光の回折現象の観測」

結晶とは原子が規則的に配列された3次元の格子である。結晶構造を求める際には回折法が用いられるが、その光の回折現象を理解する為の実験として、簡易的な暗室中で赤色のレーザー (波長 $\lambda = 650\text{nm}$) を2次元回折格子に入射させスクリーンに現れた回折像の撮影を行った。回折格子にはプレパラート上に形成した高分子 (メチルセルロース) の乾燥膜を用いた。メチルセルロース水溶液はゼラチンなどでみられる降温によるゾル-ゲル転移とは逆に温度の上昇によってゲル化するという特殊な性質を持っており、また親水基、疎水基の両方の性質を有する物質である。このゲルは回折格子のように規則的構造をもっている。観測した回折像をフーリエ変換することで元のゲルの結晶構造の解析を行った。

347：山田 貴士 「X線反射率測定による DVD の記録メカニズムの検証」

我々が普段、レンタルショップなどで目にする DVD (Digital Versatile Disc) では Ge-Sb-Te (ゲルマニウム・アンチモン・テルライド) 系材料で構成されるメモリ薄膜層にサブミクロンサイズの微小スポットに絞込んだレーザー照射を行うことで、メモリ薄膜内部の原子結合状態 (物質相) を局所的かつ可逆的に変化させ、その際に生じる状態間の反射率差を利用して情報の記録再生、書き換えを行うことができる。本研究では、X線反射率法を用いてメモリ薄膜の構造について調べ、DVD 記録メカニズムの検証を行った。X線反射率法とは試料に対する X線の反射率を測定し、試料表面・界面の膜厚、膜密度、界面粗さを非破壊的に求める分析方法である。さらに試料が平坦であれば材料の種類を選ばないことが大きな特徴であり、金属膜や有機膜のような固体だけでなく、液体の表面や界面の評価を行うことも可能である。

319：山口 智将 「赤外吸収分光法によるたんぱく質の二次構造の解析」

たんぱく質を含んでいる食品に卵があるが、例えばこの卵白に熱を加えると透明な状態から白く固まったゆで卵へと変化する。これは卵白中に含まれるたんぱく質が熱によって変性することで起き、またこの変性はたんぱく質の局所的な構造の一つである「 α ヘリックス構造」「 β シート構造」などが変性することで起きると考えられている。一方、たんぱく質は電荷を持っているので、今回は塩 (NaCl) を添加した場合にたんぱく質の変性がどのように起こるのかを調べた。たんぱく質の局所構造の観測には FT-IR (フーリエ変換型赤外分光光度計) を使用した。塩を含んだ溶液にたんぱく質を滴下した時の時間変化を測定し、構造解析を行った。

323：吉永 卓弥 「タンパク質の電荷と表面張力の関係」

タンパク質は正負の両電荷を持つ。水溶液中で正負の両電荷が釣り合ったときの pH を等電点と呼ぶ。等電点より低い pH ではタンパク質の総電荷は正になり、高い pH では負になる。また今回使用したタンパク質は、リゾチーム (等電点 11) と BSA (等電点 5) なので、等電点が異なりこのことから2つの実験でタンパク質の電荷の動きを見た。電気化学測定では、サイクリックボルタメトリー法 (CV) を用いてタンパク質の拡散情報を調べた。表面張力測定では、タンパク質の性質や pH によっての表面張力の下がり方を見た。これまでタンパク質の電荷と pH 依存性の検討した例がないため、本研究では pH の異なる水溶液を用いて、界面におけるタンパク質の吸着性を調べた。

374：田中 理恵 「タンパク質水溶液の表面張力と結晶化の関係についての研究」

親水基・疎水基を持つタンパク質の分子は空気側に疎水基、溶液側に親水基との界面に自己集合した後、吸着することで表面張力が低下していく。集まった分子が再配列することでタンパク質の結晶が出来上がる。これまでタンパク質の結晶化の判定方法として分子間の引力と斥力を示す第二ビリアル係数を用いられてきた。しかし第二ビリアル係数は静的光散乱測定によってしか得られないため、実験が困難であった。今回の実験では第二ビリアル係数の代わりに表面張力から求めた表面への吸着する速度と結晶化との関係について調べた。塩を加えると表面張力が一定になるのにかかる時間が早くなり結晶もできやすい。NaCl を用いた実験が先行して行われていたので、私は陰イオンのサイズの異なる4種類の塩 (NaF, NaCl, NaBr, NaI) を用いて実験を行った。吸着速度、表面張力、塩の種類とタンパク質の結晶化との関係性を実験から調べていった。

理論物理研究室 (中原研)

310：小林 大祐 「転送行列法を用いた電子の透過率の解析とその応用」

パソコンや情報家電などの電子機器の発展は、主に半導体デバイスの微細化と高集積化によるものである。しかしながら素子の微細化が進むにつれて、理想素子では流れない電流が流れるなどの問題が生じた。その問題の原因の一つにトンネル効果などの量子効果がある。今日ではそれを逆手にとって、量子効果を動作原理とする量子デバイスの研究が盛んに行われている。その基礎研究として、あるポテンシャル障壁を通過する電子の透過率の解析があげられる。本研究では解析解を導き出すことが難しいポテンシャル障壁構造にも透過率が計算できるように考え出された転送行列法を応用して、箱型の単一ポテンシャル障壁のような単純な構造から、より複雑な、形状を変化させたものや多重ポテンシャル障壁構造における、共鳴トンネル効果や透過率がほぼ0となるような規則性のあるギャップを確認することができた。

308：菅田 好人 「第一原理計算による希薄磁性半導体の評価方法について」

物質の性質は原理的に量子力学により説明できるが、近年の計算機の発展と密度汎関数理論により、物性を第一原理から数値シミュレーションできるようになった。これにより実験に頼らない物性の評価が可能となった。本研究では不規則系を得意とする KKR-CPA 計算パッケージ MACHIKANEYAMA2002 を用いて半導体窒化ガリウムにクロムを添加した希薄磁性半導体について、その物性を評価した。まず結晶構造・格子定数を変化させ、全電子のエネルギーを計算し比較することにより、安定と考えられる結晶構造・格子定数を決定した。次にその結晶構造を用いて、強磁性状態とスピングラス状態の解のエネルギー差をキュリー温度と結びつけることにより、キュリー温度のクロム添加量依存性を見積もりを行った。本発表ではこの一連の流れについて発表する。

304：水野 竜太 「超流動 He3 の研究」

液体 He は量子液体と呼ばれる。常圧では温度を下げていくと、通常の古典流体では例外なく固体への相転移が起きるのに対し、液体 He では絶対零度まで液体のままにとどまる。一方、零度に近い低温で通常の液体とは異なった性質 (超流動性) を示す液体へと相転移する。その中でも He3 の超流動はオーダーパラメーターが9つもあり、その自由度の多さゆえにさまざまな状態が存在する。卒業研究では、Ginzburg-Landau の自由エネルギーを数値的

に解析することによって、バルクの超流動相において高温高压側で A 相と呼ばれる Fermi 面の北極と南極にあたる部分でギャップが消える状態が現れ、それ以外の領域で B 相と呼ばれる等方的にギャップが開く状態が現れるという実験結果を再現することを試みた。また、外部から磁場をかけたときに A1 相というスピンの向きが磁場の方向を向いた対のみが凝縮を起こしている状態が現れることも確かめた。

凝縮系物理学研究室 (松居研)

310: 坂本 真梨奈 「Z(2) ゲージニューラルネットワークにおける長期学習想起過程の研究」

人の脳の高次機能の一つである連想記憶・想起の機構を説明するモデルとしてホップフィールドモデルが知られている。このモデルをもとに学習過程をも記述するモデルとして、シナプス結合強度を時間変化するゲージ変数に拡張し、Z(2) 局所ゲージ対称性を持った Z(2) ゲージニューラルネットワークが提案されている。本研究ではこのモデルを用いて、人の脳の長期的な学習・想起能力を調べる。先行研究では、 N 個のパターンを学習させ、想起可能なパターン数 M を測定した。その結果、シナプス結合変数が非対称実数のモデルが最も学習・想起能力が高いことが分かった。本研究ではより現実的な過程として、このモデルで毎回 N 個ずつ新しいパターンを学習させ、想起過程をシミュレーションするプロセスを 1 回ではなく複数回を行い、想起可能なパターン数の長期的時間変化を物理的に議論する。

306: 西口 拓矢 「一般化したスモールワールド Z(2) ゲージニューラルネットの相転移次数について」

ニューラルネットワークの Z(2) ゲージモデルでは、モデルの詳細に依存して多様な相転移を示すことが先行研究から知られている。たとえば閉じ込め相・クーロン相間の転移について、疎結合 Z(2) ゲージニューラルネットでは結合密度の大きさにより 1 次転移と 2 次転移が観測されており、スモールワールド Z(2) ゲージモデルでは 2 次転移のみが見つかっている。本研究では、(i) スモールワールドに表れる人口と国の比 R と (ii) 出発点の独立な国内の結合密度 q をともに今までの値 1 から変化させることにより、疎結合モデルとスモールワールドモデルを極限に持つ、より一般的なモデルを導入する。さらにこのモデルの数値シミュレーションを行い、1 次転移が 2 次転移に移り変わる様子を観測する。移り変わりの臨界結合密度 q_c の R 依存性も決定する。この結果はネットワークモデルの相転移を広い観点から包括的に理解する上で参考になる。

359: 青木 豊成 「スモールワールド性を持つ右脳左脳の Z(2) ゲージモデル」

実際の脳は右脳と左脳に分かれ、その間を脳梁という神経線維の太い束が繋いでいる。しかし、先行研究では一つのネットワークのみを考え、二つのネットワークの間を繋ぐモデルは扱われていなかった。そこで今回、新たな試みとして脳神経結合がスモールワールド性を持つという事実も踏まえ、二つのスモールワールドモデルを繋いだより脳に近いモデルを考え、そのシミュレーションを行った。具体的にはスモールワールドネットワークのノード i 上に Z(2) ニューロン変数 $S_i = \pm 1$, 2 つの結合ノード i, j 間に対称 Z(2) シナプス結合変数 $J_{ij} = J_{ji} = \pm 1$ を持つゲージモデルを 2 つ用意し、両者を少数の脳梁シナプスで結合する。記憶に関係の深い海馬という部分は、右脳と左脳とではシナプスの大きさに違いがあるので、右脳効果係数 R をエネルギーに導入することで、右脳と左脳とで学習・想起能力に違いが見られると予想される。

311: 原 達也 「スモールワールド Z(2) ゲージニューラルネットワークにおける非対称シナプス結合の効果」

人間の脳は非常に高度な活動を行っており、本研究室でも脳の学習・想起能力を物理学的に記述する試みが行われてきた。脳を単純化したモデルの 1 つとしてスモールワールド構造を持つスモールワールド Z(2) ゲージニューラルネットワークがある。このモデルは i 番目のニューロン変数 $S_i = +1$ または -1 と i 番目と j 番目のシナプス結合変数 J_{ij} からなる学習・想起モデルであり、その時間変化は数値的に計算可能である。先行研究では J_{ij} と J_{ji} を同じものとみなす実数の対称結合モデルについて解析が行われた。それを踏まえて本研究では、スモールワールド上でシナプス結合変数が実数の非対称モデルを考える。このモデルでは J_{ij} と J_{ji} を独立なものとみなすため、より人間の脳に近いモデルと考えられる。また先行研究の対称結合モデルと比較・検討することで非対称にした効果がどの程度あるのか考察する。

341: 小池 章高 「非対称結合定数をもつ 4 次元 U(1) ゲージ・ヒッグスモデルの相構造」

光格子中にトラップされた冷却原子系は、相互作用定数などのパラメータを自由に調節することが可能なため、多くの物理的・数学的な量子モデルのシミュレーターとして利用可能であることが指摘されている。特にリンク上にボース原子をおいた系は、原子変数の位相をゲージ場とみなすことにより、U(1) ゲージ・ヒッグスモデルと解釈できる。このモデルは初期宇宙のインフレーションモデルなどに関係する興味深いモデルである。本研究では、実際の原子シミュレーターが稼働する前に、その参考データを与えることを目的として、4 次元 U(1) ゲージ・ヒッ

グスモデルの数値シミュレーションを行い、今まで調べられていなかった領域での相構造を決定した。手法としてはモンテカルロ法を用い、内部エネルギーのヒステリシスの有無により1次転移を特定し、比熱のピークのシステムサイズ依存性から2次転移やクロスオーバーを確認する。

ソフトマター物理学研究室 (堂寺研)

362: 上田 良也 「非ニュートン流体の粘性について」

流体の粘り気を表す値として粘性率とよばれるものがあり、粘性率が大きい流体ほど粘り気が強く、流れにくくなる。ニュートンは粘性率がそれぞれの流体において一定であるとして粘性法則の式を示した。しかし研究が進むにつれて、ニュートンの粘性法則では説明できない、粘性率が一定とならない流体が多く発見された。これらの流体はせん断速度の大きさによってその粘性率を変化させ、非ニュートン流体と呼ばれる。本研究では流体の粘性についての基礎を概観した上で、非ニュートン流体が見せる特徴的な3つの性質である「塑性流動」「ずり流動化」「ずり粘稠化」について身近な例を挙げつつまとめた。その結果、非ニュートン流体の性質は食品や日用品、人体の中にも存在し、私達の生活に密接に関わっていることが分かった。

367: 吉井 雄太郎 「紋様の対称性」

紋様は古くはエジプト、メソポタミア文明の時代、人類に文明が興ると共に現れた。その頃には既に人類は壁画や日用品に紋様を使用していた。紋様は国から国へと伝わり遂に日本でも使われるようになった。その後、紋様は日本でも独自の発展を遂げ、様々な形に利用されてきた。例えば、遠くギリシャから伝わった唐草模様、江戸時代に船でやってきた万華鏡、伝統工芸の寄木細工、そして日本古来の家紋が挙げられる。紋様の中でも幾何学的な紋様には、それぞれに対称性、その形を作り上げる法則が存在し、結晶学の概念を用いて仕分けすることができる。本論文では主に日本の家紋に着目し、これらの紋様を結晶学の観点から、結晶学の記号を使い対称性別に分類し、具体例を示しつつ解説した。

316: 新家 正己 「ダイヤモンド曲面上における剛体球の相転移」

平面上に剛体球が並ぶとき、配位数六の三角格子に配列することはよく知られている。引力がない中で二次元剛体球系が流動相から固相へ相転移するアルダー転移は有名である。ある密度以上では剛体球は乱雑に並ぶよりも整列して並ぶ方が、エントロピーが高い。しかし、負曲率曲面上の配列およびその相転移はあまり調べられていない。すでに当研究室で調べられているジャイロイド曲面に続いて、本研究では負曲率を持つダイヤモンド曲面上の剛体球の配列を研究した。モンテカルロシミュレーションを用いて剛体球のサイズを大きくすることで密度を上げながら球を動かし受容確率と半径を記録した。また、固相をマセマティカで剛体球が整列しているかを確認した。その結果、単位格子あたり96個のときアルダー転移が起こる可能性を見つけた。

382: 多知 裕平 「Frenkel-Ladd 法による結晶固体の自由エネルギー比較」

1957年、Alder と Wainwright によって Alder 転移が発見された [J. Chem. Phys. **27**, 1208 (1957)]。すなわち、引力のない剛体球系が流動相から固相へ相転移することが分かった。しかし、3次元の剛体球系で FCC 構造とそれに非常に近い構造である HCP 構造のどちらに転移するか、結晶固体の熱力学的安定性は明らかではなかった。この答えは1984年の Frenkel と Ladd の研究 [ibid. **81**, 3188 (1984)] により明らかになった。本論文では、まず彼らが導入した熱力学的積分法 (Frenkel-Ladd 法) を用いて、FCC 構造と HCP 構造の自由エネルギー計算を再現した。次に、この手法をハードコア-ソフトシェル粒子系に応用し、ダイヤモンド構造とそれに非常に近い構造である Ice-Ih 構造の自由エネルギー計算を行い、熱力学的安定性を検討した。

348: 別宮 進一 「コア-シェル粒子が作る二次元準結晶構造 -頂点統計-」

ポリイソプレンのコアとポリエチレンオキシドのシェルをもつブロック共重合体からなるコア-シェル型高分子ミセルの水溶液で18回対称準結晶が発見された。このコア-シェル型ミセルの斥力ポテンシャルを簡単な形にモデル化し2次元系でシミュレーションすると、コア-シェル比 $\lambda = 1.35-1.47$ 付近の高密度で12回折像 (HD12)、 $\lambda = 1.25-1.30$ 付近の高密度で18回折像 (HD18) が観察される。本研究では、HD12 と HD18 に対して、頂点数、配向秩序、折像、比熱、の温度変化を測定した。その結果、HD12 では6回-12回の相転移、HD18 では6回-6回-18回の2段階相転移が存在することと、HD18 のときのみ存在できる3種類の special vertex とよばれる頂点が18回対称性を担っていることがわかった。