

令和 6 年度

大阪大学理学部物理学科 宇宙地球合同卒業研究発表会



令和 7 年 2 月 1 7 日 (月)

大阪大学大学院理学研究科 D 棟 403 号室

卒業研究発表会プログラム

(発表 7 分、質疑応答 3 分)

午前の部

- | | |
|----------------|-------------|
| 1. 10:00～10:40 | 座長：波多野教授 |
| 氏田 蒼 (寺田研) | ・ ・ ・ ・ ・ 3 |
| 大石 龍之介 (住研) | ・ ・ ・ ・ ・ 3 |
| 岑野 佑真 (桂木研) | ・ ・ ・ ・ ・ 4 |
| 桑山 裕斗 (長峯研) | ・ ・ ・ ・ ・ 4 |
| | |
| 2. 10:40～11:20 | 座長：桂木教授 |
| 中村 颯汰 (近藤研) | ・ ・ ・ ・ ・ 5 |
| 内田 賢佑 (松本研) | ・ ・ ・ ・ ・ 5 |
| 坂元 貴之 (佐々木研) | ・ ・ ・ ・ ・ 6 |
| 磯井 庸充 (波多野研) | ・ ・ ・ ・ ・ 6 |
| | |
| 3. 11:20～12:00 | 座長：松本教授 |
| 成田 隼人 (桂木研) | ・ ・ ・ ・ ・ 7 |
| 岩野 志織 (長峯研) | ・ ・ ・ ・ ・ 7 |
| 小川 涼 (住研) | ・ ・ ・ ・ ・ 8 |
| 佐藤 慧 (寺田研) | ・ ・ ・ ・ ・ 8 |

午後の部

4. 13:30～14:00	座長：佐々木教授	
海江田 彪太 (寺田研)	・ ・ ・ ・ ・	9
高塚 紗弥菜 (松本研)	・ ・ ・ ・ ・	9
玉置 拓土 (住研)	・ ・ ・ ・ ・	10

5. 14:00～14:30	座長：長峯教授	
長尾 宙昭 (桂木研)	・ ・ ・ ・ ・	10
長江 理広 (波多野研)	・ ・ ・ ・ ・	11
大久保 愛美 (近藤研)	・ ・ ・ ・ ・	11

6. 14:30～15:00	座長：住教授	
LIU, Yanchi (長峯研)	・ ・ ・ ・ ・	12
石田 光希 (佐々木研)	・ ・ ・ ・ ・	13
坂口 穰治 (波多野研)	・ ・ ・ ・ ・	13

-休憩-

7. 15:20～16:00	座長：寺田教授	
ルフオール シヤルル (長峯研)	・ ・ ・ ・ ・	14
佐野 仁哉 (桂木研)	・ ・ ・ ・ ・	14
中山 星矢 (住研)	・ ・ ・ ・ ・	15
石田 遼真 (近藤研)	・ ・ ・ ・ ・	15

8. 16:00～16:40	座長：近藤教授	
長尾 梓生 (松本研)	・ ・ ・ ・ ・	16
岩崎 光希 (桂木研)	・ ・ ・ ・ ・	16
榊 朋央 (波多野研)	・ ・ ・ ・ ・	17
馬越 旭 (寺田研)	・ ・ ・ ・ ・	17

MULTUM-SNMS を用いた局所元素分析から探る 隕石マトリックスの起源

氏田蒼 寺田研究室

Key Words : 原始太陽系円盤、二次中性粒子質量分析計
炭素質コンドライト

マトリックスは、始源的隕石中の 10~1000nm の微細な粒子の集まりである。隕石の主要な構成要素の一つでありながら、その微小さゆえに粒子ごとの詳細な元素分析がなされておらず、起源は明らかになっていない。マルチターン型二次中性粒子質量分析計 (MULTUM-SNMS) は、 Ga^+ ビームでスパッタした中性粒子をレーザーによってイオン化するため nm スケールの分析が理論上可能であり、隕石マトリックスの詳細分析への応用が期待される。

本研究では、MULTUM-SNMS を用いた微小物質の多元素同時分析法の確立、及び隕石マトリックスの起源解明を目的として、CR コンドライトのマトリックス単一粒子に対して Mg, Si, Mn, Fe 同時分析を行った。結果、CR コンドライトのマトリックス中に星雲ガスからの凝縮を示唆する粒子があることが分かった。このことは、円盤内側の高温領域でガスから凝縮した固体粒子が CR コンドライトの母天体集積領域へと輸送され、隕石マトリックスの一部を担っていることを示唆する。

重力相互作用を考慮した軌道解析による 直接撮像惑星の質量推定

大石龍之介 住研究室

Key Words : 直接撮像法、惑星質量、重力相互作用

直接撮像された惑星の質量は、多くの場合、観測された惑星の光度と惑星系の年齢を、惑星の光度の時間進化を記述する熱進化モデルと比較することで推定される。しかし、このような質量推定の正確性は、進化モデルそのものの不定性や、未知の惑星形成初期条件に依存している。本研究では、直接撮像された惑星の軌道データを、惑星間の重力相互作用によるケプラー軌道からのずれを考慮して解析することで、進化モデルを用いずに惑星の質量を推定できる可能性を検討した。研究対象には、1998 年以降 20 年以上にわたる直接撮像観測のデータが豊富に存在し、4 つの木星型惑星を持つ HR8799 系を選定した。惑星間に比較的強い重力相互作用が存在すると考えられるこの惑星系において、惑星の軌道を数値積分で計算し、MCMC を用いて惑星の質量を推定できるか検証した。

音響浮遊によるリキッドマーブルの空洞形成

岑野佑真 桂木研究室

Key words: リキッドマーブル、音響浮遊

リキッドマーブルとは、水滴の表面が疎水性の固体粒子によって覆われた物体である。液滴を外部環境から保護できるため、特に化学や製薬の分野ではマイクロリアクターとしての活用が期待されている。また、音響浮遊は音響放射圧を用いて物体を浮遊させる技術である。

先行研究では、リキッドマーブルを音響浮遊させてさらに音圧をかけていくと、リキッドマーブルに粒子のない開閉可能な空洞が形成されることが明らかになっている。この空洞から液滴内部に化学物質などを導入することができ、応用上有用であると考えられる。本研究では、先行研究では明らかにされていない形成される空洞と音圧の関係について調べるため、浮遊装置を製作し、浮遊させたリキッドマーブルにできる空洞を撮影して画像解析を行った。

キューサー高密度領域を形成する密度場の探索

桑山裕斗 長峯研究室

Key Words: 構造形成、銀河と巨大ブラックホールの共進化、
銀河クラスタリング

密度揺らぎが重力不安定性で成長することで宇宙には構造が生まれた。この構造がどのようにして成長したのかを理解することは非常に重要である。銀河中心には巨大ブラックホールが存在し、銀河はこのブラックホールと共に進化してきたと考えられている。そのため、銀河とブラックホールの共進化を明らかにすることも構造形成を知る上での大きな課題である。

本研究は Liang et al. (2024) にて報告されたキューサー（巨大ブラックホールの1種）の高密度領域に着目し、キューサーの高密度領域を生み出す密度場の持つパラメータを宇宙論的 N 体シミュレーションと再近接分布 (Nearest Neighbour Distribution) を用いて探索を行い、密度場のパラメータを特定した。その結果、これらのキューサーは $11.8 \leq \log \frac{M_h}{M_\odot} \leq 12.8$ の質量レンジのダークマターハローに住んでおり、高密度領域を生み出す領域におけるキューサーの数密度は $n_{\text{QSO}} \geq 6.9 \times 10^{-5} [h^3 \text{Mpc}^{-3}]$ であることがわかった。

報告されたキューサーの高密度領域は周囲の銀河間物質の電離度や銀河分布に不明点が残っているため、このような密度場に対してバリオン入りのシミュレーションを行い、研究をさらに発展させていくことが今後の展望である。

X線回折法を用いた石英の衝撃変成評価

中村颯汰 近藤研究室

Key Words : 衝撃変成、X線回折、石英

天体同士の衝突現象は、太陽系初期の天体形成や惑星の進化における重要な現象である。衝突現象を経験した岩石の中には、その証拠となる様々な衝撃変成が残っており、このような衝突によって生じる衝撃変成について理解することは、その衝突プロセスを解明するために必要不可欠である。これまでは、光学的観察による衝撃変成度の評価が多く行われてきた。近年ではX線回折を用いた定量的な評価による補完も行われているが、石英の研究例は少ない。

本研究では、大型レーザー実験装置による衝突模擬実験で得られた、連続的な衝撃圧を経験した石英の回収試料についてX線回折パターンを取得した。また、衝撃変成の結晶方位依存性について興味を持ち、人工石英の異なる軸方向に衝撃を与える回収実験を行った。今回の発表では、試料が受けた衝撃圧力に対するX線回折パターンの測定結果について報告する。

GRAMS 計画に向けた 液体アルゴン TPC の動作試験結果

内田賢佑 松本研究室

Key Words : GRAMS, コンプトン散乱, 液体アルゴン TPC

GRAMS (Gamma-Ray and AntiMatter Survey) 計画とは、液体アルゴン TPC (Time Projection Chamber) を用いた MeV ガンマ線帯域の観測と暗黒物質の間接探査を目的とした日米共同プロジェクトである。GRAMS では MeV ガンマ線と液体アルゴンのコンプトン散乱によって生じる電離電子および励起したアルゴンから放出されるシンチレーション光を基に、ガンマ線と液体アルゴンの反応位置やガンマ線のエネルギー損失を決定し、入射ガンマ線の到来方向とそのエネルギーを測定することを目標としている。コンプトン散乱で発生した電子を TPC 内で十分な距離ドリフトさせるためには、液体アルゴンの純度を高く保つ必要がある。2024 年 12 月および 2025 年 1 月に行った液体アルゴン TPC の動作試験において得られたシンチレーション光の波形の減衰時定数と、電離電子の波形から見積もった電子のドリフト距離から液体アルゴンの純度を推定することができ、どちらの結果からも現状の純度が数 ppm 程度であるという結果が得られた。本研究発表ではその解析結果と液体アルゴン TPC の現状の課題について報告する。

エンセラダス噴出氷の拡散と 土星メインリングへの降着率

坂元貴之 佐々木研究室

Key Words：土星リング、エンセラダス、ランダムウォーク

土星メインリングの形成時期はいまだ不明である。40 億年以上前に土星本体との共形成や後期重爆撃で形成したとする従来の仮説は、長期間の維持が力学的に困難だとされる一方で、近年では比較的最近起きた氷衛星同士の衝突や潮汐破壊によって作られたとする説がある。分光観測からはリング粒子が数%の不純物を含む水氷と考えられるため、リング形成直後の純粋な水氷の粒子が惑星間物質によって継続的に汚れていく過程を考え、1~4 億年前にリングができたと推定されている。しかし一方、土星系には毎秒 10-100 kg の水を噴出し続ける衛星エンセラダスがある。この水が周囲へ拡散し、その一部がリング粒子へ降着することで、リングの年齢を若く見せる可能性がある。しかしながら、その拡散過程やリングへの降着率に定量的な推定はない。本研究ではエンセラダスから出た水氷の拡散過程をランダムウォークで追跡し、リングへの降着率を 2.8×10^{-14} (kg/m²s) と推定した。これはリング周囲の粒子密度の実測値に匹敵し、リングの年代推定に見直しを迫る結果と言える。

サッカーにおける守備組織の統計的解析

礒井庸充 波多野研究室

Key Words：社会物理学、サッカー、統計解析

社会物理学とは、社会現象における集団的行動の普遍的性質を物理学的視点から明らかにする学問である。そのような社会物理学の対象として、近年サッカーが注目されている。こうした背景のもと、本研究ではJリーグの実際のデータを使って統計解析を行う。ここでは、特にディフェンダーに注目する。ディフェンダーは、4バックや5バックなどのフォーメーションを組んで組織的守備を行うため、選手間距離が重要となる。攻撃時と守備時、守備時のみ、守備時かつピッチ上の区間を指定した場合の3つの条件でディフェンダー選手間の距離分布を作成し、その関数形をフィッティングで推定した。その結果、得られた分布はガウス分布と指数分布で表現できることがわかった。この結果はサッカーにおける守備組織に特徴的な長さスケールがあることを意味するが、その原因とメカニズムについて考察する。

擬二次元クレーターの振動による形状緩和

成田隼人 桂木研究室

Key Words : クレーター、振動加速度依存性、地形緩和実験

月をはじめとした天体の表面にはクレーターが多数存在する。それらが形成された時期はクレーター毎に異なるが、古いクレーターには新しいものに比べて底が浅い、リムが低いなどの特徴が見られる。しかし、このように形状が変化する緩和過程やそのタイムスケールについて、実験等に基づいた定量的な研究はこれまでほとんど行われていない。そのようなクレーター形状緩和の主要因の一つとして考えられているのが、隕石の衝突などで生じる振動である。

そこで、本研究ではクレーターの形状緩和について振動に注目して実験を行った。実験では擬二次元系の容器内に積層したガラスビーズ層に型を押し込むことで初期クレーター形状を作成し、その後、容器を加振してクレーターの形状が変化する様子をカメラで撮影した。実際の隕石衝突では隕石の大きさなどにより誘起される振動の加速度が異なる。本研究では、振動加速度がクレーター形状緩和のタイムスケールに与える影響を実験的に明らかにし、振動によるクレーター緩和の定量的モデリングの第一歩とした。

ガス惑星をもつ原始星の降着率の振る舞い

岩野志織 長峯研究室

Key Words : 原始惑星系円盤、短周期惑星、流体計算

近年、原始惑星系円盤の高解像度観測が進展し、円盤内の惑星が直接観測されるようになってきた。一方で、円盤内縁付近に位置する惑星の検出数は観測の困難さから限られており、短周期惑星の形成過程には未解明な点が多い。すでに観測されている CI Tau 近傍では公転周期約 9 日の惑星が検出され、中心星が惑星の公転周期と同期した光度変動を示すことが明らかになっている。そこで、この光度変動を利用して惑星の存在を推定する、間接的な観測手法が探られている。先行研究では、中心星の光度変動が惑星によって駆動される円盤ガスの降着によるものである可能性が示唆され、一部の惑星パラメータへの依存性も調査されている (Teyssandier & Doi, 2020)。そこで、本研究では調査されていないパラメータも含めて調べることを目的とし、公開コード Athena++ を用いた 2 次元流体計算を行った。計算は密度・温度が半径のべき乗分布をとる滑らかな円盤を初期条件とし、楕円軌道を持つ惑星を重力源として設定した。また、惑星の質量、離心率、軌道長半径、円盤粘性をパラメータとして設定している。今回の発表では、これらのパラメータが降着率の時間変化の振る舞いに与える影響について、現状得られている結果を元に議論する。

双子連星を用いた星の年齢と自転の関係の検証

小川涼 住研究室

Key Words : 恒星、星の自転、星の年齢

年齢が既知の太陽より若い星団における自転の観測から、恒星の自転と年齢には、若い星ほど自転が速く、年老いた星ほど遅くなるという関係が示されている。この関係を用いると、恒星の自転からその年齢を推定することができるため、有用とされている。しかし、星団外の比較的老いた恒星において、これらの関係は十分に確立されていない。本研究では、双子連星を用いて、星団外の恒星で質量と年齢の関数として自転速度が一意に決まるかどうかを調査する。双子連星とは、ほぼ同じ質量を持ち、ほぼ同時期に形成されたと考えられる連星系である。Gaia 衛星のデータから発見された双子連星と、せいめい望遠鏡の高分散分光スペクトルを用いて、連星の自転速度を比較し、定量的に評価する。自転速度はスペクトルの吸収線の幅を利用して測定を行う。これによって、年齢と自転の関係を用いた年齢推定の手法が、老いた恒星に対しても拡張可能かを調査する。

TOF-SIMS M6 による局所炭素同位体分析の評価 とプレソーラーSiC の同定

佐藤慧 寺田研究室

Key Words : TOF-SIMS M6、局所炭素同位体分析、
プレソーラーグレイン

プレソーラーグレインは太陽系誕生時の変成を免れた粒子で、元素合成時の物理環境の情報を保持していると考えられている。その特徴として、構成元素に大きな同位体異常がみられる。また、主成分元素(C, N, O, Si など)の同位体比によってその粒子の起源となる天体が特定されている。そこで、本研究では隕石酸処理残渣中のプレソーラーSiC の同定を目指し、大阪大学産業科学研究所の TOF-SIMS M6 を用いた C の標準試料による局所炭素同位体比測定を行い、TOF-SIMS の性能評価を行った。また、同装置で性能評価に基づき SiC 粒子の炭素同位体比測定とその同定を行った。本発表では、この一連の結果について報告する。

あらせ衛星の観測に基づく、 地球電離圏から流出する各種イオンの観測研究

海江田彪太 寺田研究室

Key Words : 磁気嵐、地球電離圏、イオン質量分析器、あらせ衛星

磁気嵐とは、太陽フレアに伴い放出された高エネルギー粒子が地球に到達する際に地球磁場が弱められる現象である。近年、磁気嵐の発達には地球電離圏から流出する H^+ や O^+ の寄与が大きいことが判明した。しかし、 O^+ の流出過程は明らかになっていない。これらを将来的に理解するために、同じく電離圏から流出している N^+ に注目することが重要である。 N^+ は O^+ と質量電荷比 が近いのでほとんど同じ流出経路をたどると考えられる。先行研究では、あらせ衛星搭載の MEP-i (中エネルギーイオン質量分析器) のデータを用いて N^+ 、 O^+ など各種イオンの TOF (Time of flight) 分布を得た。しかしこの分布では TOF が小さくなるにつれて各イオンの分布が上手く反映されていない。本研究では、先行研究の分布を MEP-i の機械特性を考慮することにより、より有効な分布を得た。さらに得られた分布から磁気嵐発生時における時間経過と各種イオンのエネルギー分布を得ることができた。

CFRP (炭素繊維強化プラスチック) 製 X 線反射鏡開発における製作過程の評価実験

高塚紗弥菜 松本研究室

Key Words : X 線、反射鏡、表面粗度

X 線観測では一般的に X 線反射鏡が用いられる。また、大気吸収を避けるため宇宙空間での観測が必要であることから軽量化が重要である。しかし、軽量かつ高角度分解能・大有効面積の反射鏡は未だ実現していない。そこで我々は、軽量かつ高剛性を特徴とする CFRP を反射鏡基板に用いて、NiP の薄い板を接着し超精密加工と精密研磨を施すことで、これらの性能を備える反射鏡の実現を考えた。

我々は反射鏡の反射率測定に基づいて表面粗度を推定している。この手法は、純粋な表面粗度に加えて形状などの影響を受ける。過去に製作した反射鏡について表面粗度の推定結果は目標値を下回ったが、その原因は不明確であった。そこで本研究では、形状由来の不定性を除去し純粋な表面粗度を推定することを考えた。結果から、研磨技術が反射鏡製作に十分な能力を有しているかを直接的に評価できる。具体的には、Al 基板に NiP メッキを施し精密研磨を行った平板ミラーについて、反射率測定と表面粗度の推定を行った。結果は目標の $sub0.4nm$ を達成した。本発表ではその方法と解析結果の報告を行う。

高空間分解能撮像を用いた重力マイクロレンズ 惑星イベント MOA-2011-BLG-322 の解析

玉置拓土 住研究室

Key Words : 重力マイクロレンズ、高空間分解能撮像

重力マイクロレンズ法は、手前のレンズ天体の重力による背景のソース天体の増光現象を利用した惑星発見手法である。しかし、光度曲線データだけでは、レンズ系の質量及び距離が縮退してしまうことがある。増光の数年後に高空間分解能撮像でソースとレンズを分離観測すると、ソース天体とレンズ天体の明るさおよび相対固有運動の測定でき、これを制限に加えると、より詳細な光度曲線解析が可能になる。

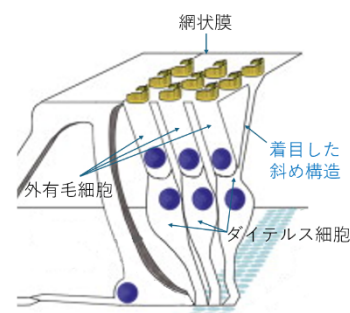
本研究では重力マイクロレンズ惑星候補イベント MOA-2011-BLG-322 を大気の影響を補正する補償光学装置を用いて口径 10 m の Keck 望遠鏡で高空間分解能観測した画像および光度曲線の解析を行った。画像解析の結果、ソース天体とレンズ天体が分離できなかったが、レンズ天体が観測の検出限界よりも暗い、または相対固有運動が非常に小さいという情報が得られた。この情報を制限として、光度曲線データと高空間分解能画像データの同時解析を行い、レンズ系の主星と惑星の質量および地球からの距離の推定を試みた。

聴覚蝸牛ダイテルス細胞の斜め構造の役割

長尾宙昭 桂木研究室

Key Words : 聴覚機構、有限要素法 (FEM)、拡大模型

内耳の蝸牛は、振動を電気信号に変換し中枢神経系へ送る聴覚機能上重要な器官で、その内部では、網状膜と呼ばれる膜構造が、外有毛細胞と呼ばれる筒状の細胞の伸縮運動によって凹ませられるという現象が起こっている。ダイテルス細胞はこれらの構造を支持する支柱細胞であり、特異な斜め構造を有している^[1]。本研究では蝸牛の拡大 3D CAD モデルを作成し、支柱構造の条件を変えて FEM 解析を行うことで、支柱の斜め構造が膜変形にどのような影響を与えるかを調べた。結果、この斜め構造が、膜変形に必要な力の大きさを小さく抑え、かつ変位場を局在化させることで、聴覚機能を向上させている可能性があることが分かった。



[1] Arya Parsa, Paul Webster, Federico Kalinec, Hearing Research, vol. 290, Issues 1-2, 2012, pp. 13-20 の図を一部改変し引用

プレート運動とマントル対流の関係 ：粒子シミュレーションによる研究

長江理広 波多野研究室

Key Words : プレートテクトニクス、マントル対流

地球表面のプレート運動は、リソスフェア底部でのマントル対流によるせん断応力、海洋リソスフェアの沈降、プレート境界に働く摩擦力と粘性力など、複数の力によって引き起こされることが知られている。近年、マントル対流の大規模構造が進化するのにかかる時間に比べ、短い時間スケールで発生するプレート運動の急速な変動が明らかになっている。この急激な変化がなぜ・どのようにもたらされるのか、マントル対流とプレートに働く力に基づいて力学的な観点から明らかにしたい。

本研究では、マントル対流で駆動されるプレート運動を粘性流体上に浮かぶ複数枚の円板としてごく簡単にモデル化し、その時間発展をシミュレーションした。発表ではその結果について報告する。

DAC を用いた高圧下液体の屈折率測定法の開発

大久保愛美 近藤研究室

Key Words : 高圧、氷衛星、内部海、屈折率、DAC

エウロパやガニメデ等の一部の衛星は氷衛星と呼ばれ、表面が氷に覆われている。氷衛星の氷殻の下には液体の内部海が存在していることが重力場や誘導磁場測定等から推定されている。内部海の屈折率からはその密度や分極率が推定できるため、天体の進化史や探査機による遠隔探査に応用が期待できる。高圧力下における透明試料の屈折率の測定方法は、透明な窓を持つ高圧装置であるダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いたいくつかの手法が存在するが、いずれも複雑な光学系の設置が必要である。本研究では、~2GPa 程度の常温高圧条件下における液体の屈折率を実験室で簡便に測定するための手法の開発を目指し、その測定法と現状検討中の装置の精度向上に向けた設計について発表する。

Investigating the Break Radius in Spiral Galaxies

LIU, Yanchi 長峯研究室

Key Words : Surface Brightness Profiles, Break Radius, Spiral Galaxy, cosmological hydrodynamic simulations

The break radius of a spiral galaxy refers to a specific radius within the galaxy's disk where the radial profile of its brightness or other structural properties changes. Beyond this break radius, the brightness profile may either steepen (Type II break) or become shallower (Type III break). A Type II (down-bending) break indicates that the outer part of the disk declines more steeply after the break, while a Type III (up-bending) break shows a shallower decline in the outer disk beyond the break.

This phenomenon is often observed in the light distribution or surface brightness profile of spiral galaxies. Defining and understanding the break radius is crucial for studying galaxy formation, gas dynamics, and the structural evolution of galaxies. Additionally, the break radius can provide insights into the extent of spiral arms, the dynamics of the disk, and the influence of the galaxy's halo.

In this research, I will focus on the break radius of spiral galaxies, utilizing cosmological hydrodynamic simulations to analyze photometric data, identify breaks in brightness profiles, and correlate them with the physical and dynamical properties of spiral galaxies. Furthermore, I will explore how the angular momentum distribution, disk dynamics, and radial material distribution contribute to the formation and characteristics of these breaks.

硫黄を含む試料を用いた宇宙風化作用の実験

石田光希 佐々木研究室

Key Words : 宇宙風化作用、微小隕石衝突、ナノ相鉄粒子

卒業研究では、水星の宇宙風化作用にをテーマに実験を行った。宇宙風化作用とは、大気のない岩石天体において、宇宙空間にさらされることで表面が光学的に変質するというものである。変化の要因は、微小隕石の衝突や太陽風・宇宙線など様々なものが考えられている。水星の表面については、これまでの分析により月など他の太陽系岩石天体と比較して鉄の含有量が少なく、硫黄が豊富に含まれていることが示唆されている。様々な宇宙風化作用の実験が行われてきたが、硫黄を含むサンプルに対する実験は限られる。当研究では、硫黄質の土壌を再現するためにオリビンの試料に CaS 及び MgS をそれぞれ 10%・20%（重量）加え、オリビンのみの試料と宇宙風化作用の様子に違いが現れるかを実験した。宇宙風化作用を再現するにあたって注目したのは微小隕石衝突の作用で、レーザー照射により実験した。また、実験中に判明した課題（レーザー照射の再実験や、追加で取得したデータ）についても報告する。

障害物による偏析の挙動の変化

坂口穰治 波多野研究室

Key Words : 粒状物質、偏析、離散要素法（DEM）

粉粒体の特徴の一つとして、主に振動やせん断といった外部要因によって、性質の異なる粒子が十分に混ざらず分離する偏析がある。この現象は工業、農業、薬学など幅広い分野で経済的な損失を引き起こしている。

本研究では、偏析が起きないように粒子の注入方法を提案すること（偏析制御）を目的とし、密度が異なる二種類の粒子系を対象に、粒子を注入する際に障害物（錐体）を導入した。障害物の高さや底面積などのパラメータが偏析に与える影響について、離散要素法（DEM）によるシミュレーションを行った。

その結果、錐体の高さがゼロの場合、偏析の挙動は形状には依存せず、底面積によって支配されることが明らかになった。また、偏析の挙動を定量的に評価し、その結果についても報告する。

硬 X 線とガンマ線から探る Flat-Spectrum Radio Quasar の宇宙論的進化

ルフォール シャルル 長峯研究室

Key Words : 活動銀河核、宇宙論的進化

活動銀河核 (AGN) の中にはほぼ光速で噴き出すプラズマ (ジェット) をもつ種族があり、そのジェットが観測者の視線方向に向いているものをブレイザーと呼ぶ。中でも Flat-Spectrum Radio Quasar (FSRQ) は、硬 X 線とガンマ線で明るく輝き、遠方宇宙のプロープとなるが、両波長における観測データによる独立な研究では、FSRQ は異なる数密度進化の様相を示す。

本研究では、Swift 衛星による硬 X 線、Fermi 衛星によるガンマ線における最新観測データを統合し、FSRQ の宇宙論的進化の統一的描像を目指す。まず FSRQ とブレイザーの経験的放射モデルを用いて、硬 X 線とガンマ線光度の間に強い相関 (相関係数 $r > 0.7$) があることを確立した。さらに、FSRQ サンプルを用いて、光子指数・赤方偏移・光度分布・累積数密度である $\log N$ - $\log S$ 分布を導出した。これらの結果に基づくと、硬 X 線とガンマ線の両波長帯において FSRQ の $\log N$ - $\log S$ 分布に大きな違いは見受けられないことがわかった。

将来的には検出器補正を考慮に入れて光度関数を構築することで、FSRQ の宇宙論的な数密度進化と光度進化を定量的に明らかにする。

粒状物質における吸音率の角度依存性

佐野仁哉 桂木研究室

Key Words : 斜め吸音率、音響場評価、ガラスビーズ

音響の予測は様々な場面で必要とされている。例えば野外ライブなどの音響現場では、地面からの反射音の影響があり、入射角度による吸音特性の違いが音響場の予測においてを無視できない。現在行われている吸音率測定は、音を対象の表面に垂直に入射させるものとランダムに入射させるものが主流であり、多くの実験や評価に用いられている。しかし、これらの吸音率測定のみでは、音の入射角度が異なる実際の環境における厳密な音響の予測を精度良く行うことは難しい。

本研究では、吸音特性の対象材表面への音波入射角度依存性に着目し、粒状物質を対象として音の入射角度が吸音率に与える影響を実験した。実験装置として平面スピーカーとマイクロフォンアレイを作成し、粒状物質としてはガラスビーズを用いた。音を 0° (垂直入射) から 75° までの範囲で変化させ、測定を行い、角度に応じた吸音率の周波数依存性変化を評価した。その結果、音の入射角度が大きくなると低周波における吸音率が増加し、高周波における吸音率が低下する傾向が確認された。

長周期食連星 KIC8648356 における 重力減光の解析

中山星矢 住研究室

Key Words : 重力減光、トランジット、食連星

トランジットとは、主星の前を別の天体が通過する現象であり、トランジット中の光度曲線を解析することで、天体の半径や軌道傾斜角（天体の公転軸と星の自転軸とのなす角）などを推定することができる。特に軌道傾斜角を測定することは、天体の形成過程や進化に関する重要な情報を提供する。従来、軌道傾斜角の推定にはロシター効果が用いられてきた。これは、トランジット中に恒星のスペクトル線の形状が変化する現象である。しかし、公転周期が長い対象では、軌道傾斜角の推定が難しいという課題があった。本研究では、Kepler 宇宙望遠鏡で観測された長周期の食連星である KIC8648356 の光度曲線について、重力減光の影響が現れているかどうかを調べる。重力減光とは、恒星の自転により恒星の赤道部が極部よりも暗く冷たくなる現象であり、光度曲線が非対称的になったり、形状に歪みが生じる。この天体で重力減光の影響が確認できれば、軌道傾斜角を測定でき、長周期の系においてもこの方法が有効であることが実証できる。

GHz-DAC 音速測定法における その場試料長拘束法の開発

石田遼真 近藤研究室

Key Words : 高圧、音速測定、有限要素法

地球の内部構造を推定するため、高温高圧下での試料の音速測定は非常に重要であり、ブリルアン散乱法や非弾性 X 線散乱法などの手法が知られている。我々は GHz 音速測定法という手法により、DAC(ダイヤモンドアンビルセル)を用いて高圧発生させた試料の弾性波速度測定を試みている。本手法は、不透明試料が測定可能、P 波と S 波両方を測定可能である点などの利点がある。しかし、課題も多く残っており、そのうちのひとつが試料長の測定である。

本研究では、直接測定の結果に、有限要素法解析を用いて推定したダイヤモンドアンビルの弾性変形量を加えることで、リアルタイムで試料長を拘束できる手法の開発・改良を行った。今回の発表では、フェロペリクレーズ DAC 試料について、弾性変形量推定を加味した試料長拘束の結果と先行のトラベルタイムの測定結果を合わせて求めた弾性波速度の結果を報告し、先行研究のデータと比較し評価した。

XL-Calibur 気球実験搭載硬 X 線望遠鏡の 性能評価

長尾梓生 松本研究室

Key Words : X 線、偏光、硬 X 線望遠鏡 (HXT)

硬 X 線偏光観測は、偏光角と偏光度という従来の撮像分光観測とは独立した物理量を取得することで、高エネルギー天体の磁場や構造の解明が期待される観測手法である。

XL-Calibur は、15 - 80 keV の帯域における高感度な偏光観測を実現する、日米スウェーデンの国際共同気球実験である。大有効面積が特長の硬 X 線望遠鏡 (HXT) と、散乱型偏光計を搭載する。2024 年 7 月には大西洋上空にて 1 週間の観測フライトを実施した。

我々日本チームは HXT の開発と運用を行っている。フライト実験後の HXT の健全性を評価するために、2024 年 12 月に大型放射光施設 SPring-8 の BL20B2 において、50 keV と 30 keV の X 線を用いて HXT の有効面積や結像性能を測定した。その結果、フライト前後で有効面積の変動は 0.5 %未満、結像性能の変動は 10 %程度であることが分かった。本発表では、HXT の性能評価実験とその実験データ解析結果について報告する。

サメ肌における気泡の付着性

岩崎光希 桂木研究室

Key Words : 親水、疎水、接触角、接触角ヒステリシス

サメ肌の表面には歯のような形をした微小突起が無数に存在する。その突起には水の流れの方向と平行で規則的な溝が刻まれており、これによってサメは水の抵抗を抑えることができる。また、微細な凹凸構造を水と接触させると溝の部分に気泡が保持され疎水性を示すことがしばしばあり、ハスの葉などはその代表的な例である。微細構造を有した疎水性表面が界面での流体抵抗を抑える効果を発揮する事実は確認されており、サメ肌にも同様の効果があると考えた。そこで、本研究では界面の疎水性、気泡の付着性を実験的に調べる系を構築し、接触角などの基本的物理量の計測を行った。

一般的に界面の濡れ性を調べるためには、気相中で対象界面に水滴を落とし接触角を測定することが多い。本研究ではこの手法に加えて、水中で対象界面に気泡を付着させてそのまま気泡を押しつぶし、その後引き離すという手法を採用し、液相中での界面の疎水性評価を試みた。この方法によって、サメの実際の生態に近い水中での界面の疎水性評価が可能となる。まず、シリンジの先を水中に入れた状態でピストンを押し気泡を作成した。その後、試験機でシリンジ先端を上下に動かし、気泡の対象界面への押し付け・引き離しを行った。気泡を押しつぶしている状態での接触角を後退接触角 θ_r といい、気泡を引き離している状態での接触角を前進接触角 θ_a という。これらの接触角を、従来の気相中液滴が示す接触角と比較し、本研究で構築した計測系の有効性等の確認を行った。また、構築した実験系を用いて、サメ肌の特徴付けも行った。

量子多体系における非時間順序積 (OTOC) の性質

榊朋央 波多野研究室

Key Words : Out-of-Time-Order Correlators (OTOC)、量子カオス、
Lieb-Liniger モデル

カオスは自然界の複雑系にしばしば見られる現象であり、理論的には、初期値鋭敏性がリアプノフ指数で特徴付けられることが知られている。リアプノフ指数は元々、古典力学系で導入された指標であり、量子系におけるカオスについてはいまだ統一した理解は得られていない。こうした状況の中、量子系のカオスの指標として非時間順序積 out-of-time-order correlators (OTOC) と呼ばれる量が近年注目され、リアプノフ指数に相当する指数関数的な OTOC 時間相関を示す系が報告されている。他方、1 体の量子系ではカオスの挙動は必ずしも存在せず、OTOC の性質はよく分かっていない。本研究では、多体効果を調べるべく、Lieb-Liniger モデルと呼ばれるデルタ関数型の斥力相互作用を持つ可解な量子 1 次元ボソン系に対し OTOC の解析を行う。

近赤外線分光を用いた アンモニア同位体分析における温度依存性

馬越旭 寺田研究室

Key Words : 近赤外線分光、アンモニア同位体

月探査機 LCROSS が 2009 年に月面南極のクレーターに衝突した際に噴出した物質を近赤外線分光により分析した結果、アンモニアによるスペクトルが検出された。月面の水やアンモニアなどの揮発性物質の同位体を調べることでそれらの供給源や存在時間などを探ることができる。一方、近赤外域におけるアンモニア同位体のスペクトルは公表されているデータが少ないという現状がある。

本研究では、 NH_3 、 ND_3 の常圧および低圧における透過スペクトルについて近赤外線分光器を用いて、データの存在しない波長域を対象に測定を行った。また、 $^{14}\text{NH}_3$ と $^{15}\text{NH}_3$ のスペクトルについてピークの同位体比温度依存性を既知のデータベースを用いて計算した。本発表では測定および計算により得られたデータの報告とそれに基づいた考察を行う。