

大阪大学 理学部 物理学科

宇宙地球合同卒業論文発表会

2012年2月4日(土)

10:00～16:10

大阪大学大学院理学研究科

F棟102号室

プログラム

午前の部

1, 10:00~11:10

定本 真明	(常深研究室)	座長 松田教授
島田 玲	(土`山研究室)	
神山 啓	(土`山研究室)	
丸山 薫	(土`山研究室)	

秋山 直輝	(芝井研究室)	座長 川村教授
白井 皓寅	(芝井研究室)	
山浦 裕太	(芝井研究室)	

2, 11:20~12:30

恩賀 千絵	(中嶋研究室)	座長 土`山教授
竹内 健	(中嶋研究室)	
濱本 真衣	(中嶋研究室)	
別所 寛紀	(中嶋研究室)	

前川 由佳	(中嶋研究室)	座長 高原教授
松岡 未来	(中嶋研究室)	
浅野 祐次	(松田研究室)	

午後の部

3, 13:30~14:50

塚原 直	(松田研究室)	座長 中嶋教授
林雅 也	(松田研究室)	
丸田 弥生	(松田研究室)	
守屋 美沙	(松田研究室)	

桶本 直人	(近藤研究室)	座長 芝井教授
田窪 勇作	(近藤研究室)	
中林 誠	(近藤研究室)	
安居 俊紀	(近藤研究室)	

4, 15:00~16:10

植田 裕史 (川村研究室) 座長 常深教授

渡辺 健 (川村研究室)

山田 涼雅 (川村研究室)

浅羽 信介 (高原研究室) 座長 近藤教授

表 尚平 (高原研究室)

佐々木 将軍 (高原研究室)

嶋川 里澄 (高原研究室)

PolariS 衛星搭載用 X 線散乱撮像偏光計プロトモデルの開発 II

定本真明
常深研究室

Key words: 天文衛星、X 線偏光検出器、コンプトン散乱

我々は X 線ガンマ線偏光観測に特化した小型衛星 PolariS の計画を進めており、同衛星の望遠鏡焦点面に設置する X 線散乱撮像偏光計のプロトモデルの開発を行っている。

この偏光計は、プラスチックシンチレータ柱 16 本を中央に散乱体として置き、それを囲むように GSO シンチレータ柱を配置している。シンチレータからの信号は位置検出型光電子増倍管で読み出す。中央のプラスチックシンチレータに入射した X 線がそこでコンプトン散乱をおこすと反跳電子の信号が生じる。散乱 X 線が周囲の GSO で吸収されると、X 線入射位置と散乱方向が決定される。散乱 X 線は入射 X 線の偏光方向に垂直な方向に散乱しやすいという性質から、入射 X 線の偏光方向と偏光度を測定することができる。本研究では反跳電子の検出効率と位置検出能力を高める工夫を試みた。

衝突破壊実験生成物の形状分布測定 —はやぶさサンプルとの比較に向けて—

島田玲
土山研究室

Key words: はやぶさ計画、レゴリス、形状分布、X 線 CT

2010 年 6 月に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」は小惑星イトカワ表面のサンプルを採取し、地球へ持ち帰ることに成功した。このサンプルはレゴリスと呼ばれる小惑星表面の微粒子で、大きさは 10-100 μm 程度である。また、レゴリスの生成起源は隕石等のイトカワ表面への衝突であると考えられている。

本研究では、実際に岩石ターゲットに弾丸を衝突させる実験を行い、その破片の解析から、はやぶさサンプルの生成起源を検証することを目的とした。実験による破片とはやぶさサンプルとの比較を行う場合、100 μm 程度の破片の解析が必要であるが、レゴリス等で直接大きさを測定することが困難なため、今までこのような微小な破片についての解析はなされてこなかった。そこで、本研究では X 線 CT を用いて破片を解析することにより、はやぶさサンプルと同程度の大きさを持った破片の形状分布を求め、はやぶさサンプルとの比較を行った。

パルスラジオリシスによる クラスレートハイドレート内の捕捉電子の観察

神山啓

土山研究室

Key words: クラスレートハイドレート、捕捉電子、
パルスラジオリシス

時間幅が非常に短いパルス状の電子ビームを試料に照射し、物質中で生じる物理化学現象を分光により調べる方法（パルスラジオリシス）がある。パルスラジオリシスによる水や氷の水和電子の研究は過去に広く行われているが、クラスレートハイドレートに関しては、ゲスト分子の極性が大きい $t\text{-BuNH}_2$ ハイドレート（構造 IV 型）を用いた例が主であった。

そこで、一般的な構造である構造 II 型を形成し、ゲスト分子の極性が小さい THF ハイドレートをパルスラジオリシスで観察した。実験は、低温で実験可能な温調機を作り、温度を変えて行った。実験の結果、試料の保存期間の違いが吸光度に関係することがわかった。THF ハイドレートの速度論的解析も行った。

かんらん石の粉体と焼結体との反射スペクトル の比較

丸山薫

土山研究室

Key words: 月、粒径、反射スペクトル

月表層の岩石の種類やそれらの鉱物の組成を全球的に知るためにリモートセンシングの反射スペクトルが使われている。この際、月の岩石の鉱物の粒径も、実験室での粉体の反射スペクトルとリモートセンシングデータを比較して推定されている。しかし、粉体と岩石との反射スペクトルの違いについての研究はほとんどなされていない。

本研究では、月の高地の地殻を形成する主要鉱物の一つであるかんらん石を用いて粉体と疑似岩石との反射スペクトルを比較する実験を行った。まず、疑似岩石として粒径の異なる二種類のかんらん石の焼結体を作成した。次に、焼結体の反射スペクトルと焼結体と同じ粒径の粉体の反射スペクトルを新しく開発した位相角可変分光測定装置を用いて測定した。そして、焼結体と粉体とのスペクトルの違いについての考察を行った。

宇宙遠赤外線干渉計用 新放物面鏡マウントの開発

秋山直輝
芝井研究室

Key words: 光学調整、気球観測

我々の研究室では気球搭載遠赤外線干渉計 FITE を開発している。FITE は Michelson 天体干渉計であり、口径 40cm の 2 つの導入平面鏡（1 次平面鏡）が最大基線長 20m で構成されている。波長 $100\ \mu\text{m}$ において空間分解能 1 秒角を目標としているため、FITE の光学調整は高い精度を必要とする。その光学系の中の放物面鏡は傾きだけでなく、焦点距離も調整する必要がある。従来は、傾きと焦点距離を別々に調整してきた。角度調整機構を電磁石アクチュエータ、並進調整機構については差動ネジを駆動することで放物面鏡マウントを上下し、放物面鏡の焦点距離の調整を行ってきた。しかし、調整に非常に時間がかかることや調整の難しさから、これらの調整機構を焦点方向と角度方向の調整が同時に行える新しい機構（仮名：準平行メカニズム）の開発・設計をおこなった。その結果、準平行メカニズムは半径 13cm 高さ 20cm 程度のサイズの円柱型で、調整精度は焦点方向で $1\ \mu\text{m}$ 以下、角度方向で 2.5 秒角以下の精度にすることができた。

宇宙赤外線干渉計（FITE）用 CPU の 低温真空環境試験

白井皓寅
芝井研究室

Key words: 赤外線干渉計、気球搭載 CPU

芝井研では、気球搭載遠赤外干渉計（Far-Infrared Interferometric Telescope Experiment : FITE）を開発している。FITE は Michelson 干渉計を採用しており、口径 40cm の二つの導入平面鏡（一次平面鏡）が最大基線長 20m で配置されている。FITE により、波長 $100\ \mu\text{m}$ において空間分解能 1 秒角を達成する。この目標に向けて、2013 年にはフライトを行う予定である。そこで、FITE の精密な制御に必須である搭載 CPU（On-Board PC: OPC）を対象とした低温真空環境下での動作試験を行った。本卒論ではこの試験の内容と結果を記す。OPC は放物面鏡の操作するモーターのコントロール等に利用する。OPC はフライトでの標高 35000m、外部温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 、0.01 気圧以下という環境に耐えうる必要がある。そこで、外部温度 $-60^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 、0.01 気圧の環境の下で OPC の動作試験を行った。今回の試験では、光ファイバケーブルを用いた動作確認項目もあり、フライトでの採用の判断材料になる。試験の結果、CPU、光ファイバとともに、上記温度範囲で正常に動作することが分かった。

宇宙研 1.3m望遠鏡への可視光検出器の 取り付け及び性能評価

山浦佑太
芝井研究室

Key words: CCD、可視光観測、変光星、星周円盤

星の中には、その表面の温度のむらや、降着円盤といった星が周囲に持つ構造との相互作用など、様々な原因で明るさが大きく変動するものがある。こういった天体の変光を観測することで、上記の様な変光の原因となる物理現象の理解に迫ることができる。

今回私はこのような変光観測を行うため、宇宙科学研究所の屋上に設置された口径1.3mの望遠鏡に、F変換光学系と可視光CCDカメラを設置し、この検出器の性能評価を行った。評価項目はCCDのピクセル感度の安定性や、暗電流の積分時間に対する依存性等である。

その結果、ピクセル感度の観測日による安定性は±1%以内であり、測定方法による違いは、5%程度内であった。また、暗電流は積分時間に対して線形性を持ち、暗電流レベルの観測日によるばらつきは2%未満に収まっていることが確認できた。また、この検出器を用いてぎょしゃ座GM星のモニター観測及びデータの解析を行った。

顕微可視・ラマン分光法による 六甲花崗岩赤褐色部の鉄酸化・水酸化物の分布

恩賀千絵
中嶋研究室

Key Words: 顕微可視分光、顕微ラマン分光、六甲花崗岩、
鉄酸化・水酸化物

花崗岩にはしばしば割れ目から数cm程度の赤褐色の染み状の広がりが見られる。これは鉄酸化・水酸化物、いわゆる鉄さびであると考えられている。しかしながら、その化学形態がどのようなものであるか、またそれがどのように分布しているのかは分かっていない。

本研究では、このような赤褐色の染みを有する六甲花崗岩の研磨片を試料とした。まず、顕微ラマン分光法で、その赤褐色部の鉄酸化・水酸化物の化学形態とその分布を調べた。その結果、黒雲母周辺に広がる黄褐色部にゲーサイト、長石などの割れ目に筋状にフェリハイドライトやレピドクロサイトが存在する傾向が見られた。しかしその詳細な分布までは分からず、より広い範囲の分布を調べる必要がある。可視分光では、短時間に広範囲の測定ができると期待されることから、鉄酸化・水酸化物の色の違いに着目し、顕微可視分光法の利用を試みた。

光散乱を用いた生体分子の形状変化の解析

竹内健
中嶋研究室

Key words: 光受容タンパク質、動的散乱法

生命現象を理解する上で、生体分子を生体内に近い状態で観測することは重要である。しかし、一般的な生化学的手法では生体分子を加工する必要がある、生体内の状態を反映していない可能性がある。そこで本研究では、光散乱を用いることで、溶液中でのタンパク質の状態変化をリアルタイムで観測することを試みた。動的散乱法とは、溶液中の粒子のブラウン運動を利用して、その粒子の流体力学的半径を求める手法である。本研究で用いた試料は、オーレオクロームという光受容タンパク質である。このタンパク質の照射前後での流体力学的半径を観測したところ、光を受けると流体力学的半径が増加することがわかった。また、その変化は可逆的であった。さらに変異体を用いた実験から、構造変化を起こす領域を推定した。

薄膜水の赤外分光測定

濱本真衣
中嶋研究室

Key words: 薄膜水、赤外分光、水素結合

物質の界面に存在する水の状態はバルクの水の状態とは異なることが報告されている。そこで、岩石の粒界や間隙中に存在する薄膜状態の水の物理化学的な性質を調べるために、顕微赤外分光計の下での赤外透過測定によって薄膜水を測定した。今回はまず、赤外光に透明な CaF_2 結晶板 2 枚に挟まれた純水を用いた単純な系で、1 分おきの定点時間変化測定を行った。その結果、時間を追うごとに純水の吸光度は徐々に減少したが、それとともに O-H 伸縮振動の吸収帯形状も変化した。先行研究では、この吸収帯は水素結合距離の長い成分（自由水）と水素結合距離の短い成分（構造化した水）の主に 2 種類からなるとみなされ、その 2 成分の割合が吸収帯形状に影響していると考えられている。そこで構造化した水と自由水の 2 つの成分の比を吸収帯のピーク高さ比 ($3250/3400\text{cm}^{-1}$) で表すこととし、薄膜水の厚さに伴うこの比の変化を調べた。するとこの比は薄膜水の厚さが 800nm 付近までは約 0.67 でほぼ一定であるが、それ以下の厚さから徐々にこの比は増大し、約 0.85 まで大きくなる傾向が見られた。この見かけ上の水の構造化現象に影響する要因を検討した。

顕微赤外水熱その場観測による アルカリ変質生成物 C-S-H 生成過程の追跡

別所寛紀
中嶋研究室

Key words: 放射性廃棄物、C-S-H、in-situ、赤外分光

高レベル放射性廃棄物は、地下 300 メートル以深の地層中に数十万年間保管する事が検討されているが、地下岩盤の割れ目が掘削によって開き、地下水中に漏えいした放射性物質の通り道となることが懸念されている。そこで、岩盤割れ目をセメントで埋めることが計画されている。しかし、セメントと地下水の反応により出来る強アルカリ性水溶液は、岩盤中の鉱物と反応して、ケイ酸カルシウム水和物 (C-S-H : Calcium silicate hydrate) を生成すると想定される。そのため、C-S-H がどのような機構で、どのくらいの速さで生成するかを予測する必要がある。

本研究では、C-S-H の生成速度を精度良く求めるため、温度・圧力 (100-140°C、3MPa) を制御した水熱その場セルを顕微赤外分光計下に設置し、石英粉末と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和溶液の反応を 5 分間隔でその場観測し、石英の溶解過程と CSH 生成過程を精密に追跡した。反応初期を速度論的に解析することによって、石英の溶解が C-S-H 生成を律速している事が示唆された。

断層中の炭質物のラマン分光分析による 地震時の滑り挙動の推定

前川由佳
中嶋研究室

Key words: 断層、炭質物、ラマン分光分析

地震発生時には、断層での滑りによって摩擦発熱が生じる。この発熱による温度上昇量から地震時の剪断応力や滑り距離を推定する事が出来るため、断層が履歴している温度情報を調べることは重要である。1999年台湾集集地震で動いたチェルンプ断層では、周囲の未変形な岩石と比較して、断層における顕著な化学変化（炭酸塩鉱物の熱分解、粘土鉱物の脱水、磁性鉱物の生成など）が検出されているが、これらの反応は可逆的であるため、地震後の断層回復過程での影響を除去し、地震時のみにおける情報を抽出することは難しい。

そこで本研究では、温度に対して不可逆的な反応を示す炭質物に着目し、チェルンプ断層の掘削試料に含まれる炭質物を分離、ラマン分光分析による構造の解析を実施した。さらに、それらの情報を元に、1999年の地震時の断層での滑り挙動について考察を行う。

角度可変減衰全反射赤外分光法における吸収帯の歪みの補正

松岡未来
中嶋研究室

Key words: 減衰全反射 (ATR) 赤外分光、水、生体分子

水は物質との界面ではバルクの状態とは異なる物性を示すことが知られている。この界面の水の状態を赤外分光法で測定するために、減衰全反射赤外分光法 (ATR-IR) において、ATR 結晶への赤外光の入射角を変化させることのできる角度可変 ATR 法を用いて、ATR 結晶界面の水への赤外光の潜り込み深さを変化させ赤外スペクトルを測定した。しかし、この測定では光の波長による潜り込み深さの違いや、水の屈折率の異常分散の効果により、吸収帯が歪んでしまうという問題がある。

そこで、まず S 偏光した赤外光を 45 度で入射し、1 回反射で ATR 測定をする場合の吸収帯の歪みを補正するプログラムを作成した。さらに、変更していない赤外光を任意の角度で入射し、複数回反射する場合についても、いくらかの単純化を行って、吸収帯の歪みを補正するプログラムを作成した。これらの方法を用いて、Ge 結晶界面から純水への赤外光のもぐり込み深さを変化させたときの水の OH 伸縮振動吸収帯形状の変化を解析した。また、生体分子に結合している水についてもこの方法で解析を試みる。

温度補正機能を加えた NaI シンチレーターによる大気中のラドン濃度観測

浅野祐次
松田研究室

Key words: NaI シンチレーター、ラドン濃度、 γ 線

地震前に地下水や大気中のラドン濃度の変動があったという事例は、今まで何度も報告されている。しかし、そのラドン濃度変化のパターンは様々であり、それらを統一的に説明することは今のところ出来ていない。一方、地震前に FM 放送波等の伝搬経路が変わって観測される例が報告されているが、その原因として上空電離層の変化による反射以外に、空気中の放射性ラドンガスによって生成した電波散乱体を考えることも可能である。そこで、広域のラドン濃度の変化を屋外で継続的に観測できる機器が必要とされており、我々は ^{214}Bi より放出される γ 線線量から空気中の ^{222}Rn の濃度に換算する NaI シンチレーター装置を開発して、これに用いている。本研究では、屋外観測で問題となる温度変化による機器への影響を調べた。温度補正機能がない場合、 $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 程度の変化で 40K と 208T1 のスペクトル位置が大幅にずれたが、補正機能を加えた装置では十分安定化した。そして、NaI シンチレーターを屋上に設置して一ヶ月間大気中のラドン濃度を計測した。

南アフリカ古原生代ダイアミクタイトから分離した固体有機物の炭素同位体分析

塚原直
松田研究室

Key words: 炭素同位体比、全球凍結、ダイアミクタイト

約 22 億年前に最初の全球凍結が起きたと言われている (Kirschvink et al., 1992; Hoffman et al., 1998)。その終了後に酸素濃度が急激に増加したことが明らかになっている (Karhu and Holland., 1996)、これはシアノバクテリアなどの光合成生物の活動が盛んになったためと考えられている (Kirschvink et al., 2000)。しかし、全球凍結と酸素濃度の急上昇との関係については未だ明らかでない。

そこで本研究では、南アフリカの原生代初期 (22~23 億年前) のダイアミクタイト堆積物の深さの異なる 8 試料について、岩石粉末 (バルク)、塩酸処理を施した岩石粉末、岩石粉末から分離した固体有機物 (ケロジェン) の元素・炭素同位体組成を、元素分析オンライン質量分析計 (EA/IRMS) を用いて測定した。その結果、岩石バルク試料で $\delta^{13}\text{C} = -5.69 \sim -22.28\text{‰}$ 、塩酸処理をした岩石試料で $\delta^{13}\text{C} = -19.4 \sim -34.36\text{‰}$ 、ケロジェンで $\delta^{13}\text{C} = -34.51 \sim -37.26\text{‰}$ であることが明らかになった。ケロジェンの $\delta^{13}\text{C}$ は深度を通して生物起源の値を示し、メタンハイドレート分解に起因する値 (Sekine et al., 2010) は得られなかった。

GPSTEC から見る地震前の電離層異常

林雅也
松田研究室

Key Word: 地震、GPSTEC

大地震の発生前に、電離層の異常があることが衛星観測やラジオゾンデ計測で過去報告されている。今回の 3 月 11 日の東日本大震災の地震の 40 分ほど前から、東北地方の上空の電離層の異常が GPSTEC の変化として見られたという報告があった (Heki, 2011)。GPSTEC (Total Electron Content) とは 2 つの周波数の GPS 電波の到達遅延時間から電離層の平均化された電子密度を算出する手法で、今回の異常というのは、地震発生前に TEC の変化に継続的な正の異常が観測されたものである。

本研究では、実際に地震発生前の電離層の異常を GPSTEC から確認できるかについて FORTRAN プログラムなどを用いて解析した。東日本大震災のデータ (国土地理院の GEONET のデータ) を含む複数のデータセットで検討した。今回はその結果を報告する。

同位体イメージング分析技術を用いた 隕石有機物中の硫黄同位体組成の分析

丸田弥生
松田研究室

Key words: 隕石有機物、硫黄同位体、同位体イメージング

隕石有機物の一部は冷たい宇宙空間において形成されたと考えられている。その重要な証拠は隕石有機物中に見られる同位体比異常である。現在までに水素・炭素・窒素・酸素について同位体組成が極端に異常な有機物微粒子が発見されており、これらの傾向は、観測や理論的研究から推測される星間分子雲の組成と同じ方向で、低温気相中での大きな同位体分別効果を伴う化学反応が原因ではないかと考えられている。

本研究では、これまでの巨視的な分析技術では分析が困難とされてきた隕石有機物中の硫黄同位体に着目した。nanoSIMS（同位体イメージング分析技術）を用いて、隕石有機物形成過程の情報を保持した有機物微粒子を含むと見られている隕石有機物の硫黄同位体組成を分析した。その結果、数ミクロン大の硫黄同位体比異常を持つ領域を発見したため、その分析結果を報告する。

微小重力下での反磁性粒子の磁化率測定

守屋美沙
松田研究室

Key words: 反磁性磁化率、微小重力実験、物質同定

一般に、複数種の物質からなる混合物を分離する際には、それぞれの物質の持つ性質やサイズなどの違いを利用する。複数の固体粒子を非破壊分離する方法としては、反磁性磁化率 χ が物質に固有であることを用いて各物質の同定を行う方法が考えられる。しかし、その前提となる単一の微小粒子の χ を測定する方法は確立されていない。

本研究では、単一粒子の χ の測定法の確立に向けた実験を行った。微小重力環境（ μG ）を用いると、原理的には、磁場勾配力のみを受けた粒子の併進運動の解析により χ が求まる。そこで実際に室内型の μG 発生装置を製作し、それを用いて反磁性粒子の χ の測定を行った。その結果、残留重力など、磁場勾配力以外の効果が認められたので、さらなる装置の改良を行った。

高圧下のアンモニア - 水系における密度粘性測定：氷衛星内部海のダイナミクスへの応用

桶本直人
近藤研究室

Key words: 氷衛星、内部海、アンモニア、密度、粘性

太陽系のスノーラインより外側に位置するため H₂O 氷が安定に存在する外惑星の衛星は、氷と岩石あるいは氷のみで構成されているものがほとんどである。このような衛星は氷衛星と呼ばれ、代表的なものに木星の衛星ガニメデや土星の衛星タイタンなどがある。氷衛星の最外殻は氷であるが、その内部には惑星内部の断熱圧縮や母天体との潮汐摩擦による内部海の存在が示唆されている。しかし、これら内部海の物理的特性に関して行われた実験は殆ど無い。本研究では、氷衛星の内部ダイナミクスを理解するために高圧液体の密度と粘性の測定を行った。内部海を模擬する物質としてアンモニア水溶液を用い、外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて内部海条件に相当する高温高圧状態(～2GPa, ～500K)を発生させた。試料中に封入した複数の金属球の落下速度を高速カメラで測定し、ストークス式から試料の密度と粘性を同時に求めた。得られたデータより、密度と粘性の圧力・温度依存性について議論し、氷衛星の内部海における液体の振る舞いについて考察を行った。

X 線吸収法を用いた高温高圧下における Fe-FeO 融体の密度測定

田窪勇作
近藤研究室

Key words: 地球核、酸素、放射光実験

地球型惑星の中心核には硫黄、酸素、珪素などの軽元素を含んだ鉄合金から構成され、地球をはじめ火星や水星の核では熔融状態の部分が存在することが示唆されている。実際の核の組成を推定するには、各軽元素が高温高圧下での熔融鉄の物性に対して及ぼす影響を定量的に評価し、候補となる軽元素に制約を課すことが重要である。一方で、核中軽元素の有力な候補である酸素に関しては Fe-O 系合金の融点が高いことから、高圧下における液体状態の密度測定が困難なため、熔融鉄の密度および熱弾性特性に与える酸素の影響についてはよく知られていない。そこで本研究では、放射光施設 SPring-8 のビームライン BL22XU において、高温高圧下における Fe-FeO 融体の密度測定を X 線吸収法により試みた。その結果 3GPa、2250K までの温度圧力条件下で Fe-FeO 融体の密度測定に成功した。また、得られた密度の温度・圧力依存性を純鉄のデータと比較し酸素の効果に関して議論した。

Murchison 隕石の高強度レーザー衝撃圧縮実験 と脱ガス成分分析

中林誠
近藤研究室

Key words: 初期地球、大気組成、質量分析

初期地球での有機物生成過程の一つとして考えられているのが、彗星や隕石等の地球外物質の地球への衝突による有機物合成である。中でも、有機物を比較的多く含む炭素質コンドライトは炭素供給源として注目されている。実際の隕石及び隕石模擬物質を用いた研究ではこれまで軽ガス銃を用いた実験が行われており、新たな有機物の生成や重合が報告されているが、地球脱出速度(約 11km/s)を越える衝突速度の実現は困難であった。実際の衝突現象はより高い 温度圧力条件を含んでいたと考えられるため、我々は炭素質コンドライト (Murchison 隕石 CM2)を試料として衝突速度 10~25km/s に相当する数百 GPa 領域でのレーザー衝撃圧縮実験を行い、衝撃時に生成したガスをオンサイトに設置した四重極型質量分析計によって計測した。

温度勾配場における鉱物中の元素拡散

安居俊紀
近藤研究室

Key words: レーザー加熱 DAC、Soret 効果、元素拡散

レーザー加熱型ダイヤモンドアンビルセルは地球内部の高温高圧条件を再現する有効な手法として用いられている。しかしレーザー加熱は局所的な加熱方法であるため、試料内部に大きな温度差が生じる事が知られている。この状態では Soret 効果と呼ばれる温度勾配によって拡散が駆動される現象が起こり、均質であった試料内に不均質が生じることが報告されている。Soret 効果は拡散速度の速い液体物質に関して研究例が多数あるが固体については詳しく調べられていない。一方、地球内部には地球表層や核・マントル境界などの大きな温度勾配が存在するので、高温高圧下における固体の Soret 効果を調べることは地球の内部での拡散現象を理解する上でも有用である。本研究では、試料にマントルの主要鉱物であるオリビンを用いて温度勾配場での試料保持実験及びその回収試料の分析を行い、温度や加熱時間及び高圧相転移の有無など実験条件を変化させ、温度勾配に起因した化学的不均質の生成について調べた。

速度状態依存摩擦則を用いた 1 次元長距離力 バネブロックモデルの数値シミュレーション

植田祐史
川村研究室

Key words: バネブロックモデル、速度状態依存摩擦則、長距離力

地震はプレートの運動によって駆動された断層の示す固着すべり不安定現象であり、摩擦の物理法則により支配される。近年の研究では、摩擦がすべり速度とすべり面の状態によつて速度状態依存摩擦則が広く用いられている。また、地震現象を記述する統計モデルとして、バネ-ブロックモデルがある。当研究室では、これまで、速度状態依存摩擦則を用いたバネ-ブロックモデルの数値シミュレーションを行ってきたが、最近接相互作用のみを取り入れたもっとも単純なモデルでは、様々な地震の統計的性質を再現するに至っていない。現実には、ブロック間の相互作用は、隣接した地殻を通じた弾性相互作用のため長距離力となる。本研究では、より現実に即した長距離力相互作用を持つ 1 次元バネ-ブロックモデルの数値シミュレーションを行った。発表では、マグニチュード分布等の統計量に関する計算結果を、最近接相互作用の場合と比較しつつ、議論する。

ランダムな三角格子ハイゼンベルグ 反強磁性体の秩序化

渡辺健
川村研究室

Key words: フラストレーション、ランダムネス

近年、磁性関連の分野において相互作用が競合したフラストレート磁性体に注目が集まっており、その中の代表的なものに三角格子反強磁性体がある。この構造を持つ物質の 1 つとして、 $k-(BEDT-TTF)_2Cu_2(CN)_3$ という有機分子磁性体があり、低温まで通常の磁氣的長距離秩序を示さないことから実験的にも注目されている。この物質はダイマー分子が三角格子を形成しているため、スピン密度は各分子上で空間的にある程度広がって分布しており、また分子内には電荷分布の偏りによる誘電分極も存在するので、単純な点状のスピン自由度だけで書けるかどうかは自明でなく、また誘電分極の存在がスピン間相互作用に対しランダムネスを付与する可能性もある。今回の研究では、各スピン間相互作用の大きさをランダム分布させた三角格子ハイゼンベルグ反強磁性体を対象に、スピンの磁気秩序化に対するランダムネスの影響をモンテカルロシミュレーションにより調べた。

流体中を泳ぐヒモのシミュレーション

山田涼雅

川村研究室

Key words: 泳ぐ、シミュレーション

植物とは異なりほとんどの動物にとって、エネルギーを摂取して生命を維持するために空間を移動する能力は必須である。移動の方法も空中を飛行するものや、我々のように地上を歩行するものなど様々である。そして圧倒的な個体数を持つ微生物の多くは、土壌中や流体中を泳いで移動する。泳ぐ微生物はヒモ状の形をしていることや、推進力を得るために鞭毛を有していることが多い。

本研究では推進力を得るためのヒモ状の機構として、バネポテンシャルでつながれた粒子群を仮定し、流体のモデルとして粒子が密に配置された空間の中で効率よく推進力を得るための条件を調べた。

宇宙における揺らぎの進化と CMB

浅羽信介

宇宙進化グループ

Key words: 宇宙論、ダークマター、CMB

宇宙は、宇宙論のスケールでは限りなく一様で等方的であると考えられている。しかし、宇宙の大規模構造を説明するためには、宇宙初期において、揺らぎが必要である。1965年に、マイクロ波が天球上の全方向から等方的にやってくるのが観測された。このマイクロ波のスペクトルは絶対温度2.725Kの黒体輻射とよく一致していた。このマイクロ波は宇宙マイクロ波背景放射(CMB)と呼ばれ、宇宙が限りなく一様で等方的である証明となっている。また、このマイクロ波のスペクトルは宇宙の晴れ上がりときの情報を持っており、解析すると揺らぎがあることが分かっている。

本研究では、まず、膨張宇宙における宇宙の晴れ上がりまでの揺らぎの進化について、数値的に計算し、宇宙の構成要素(光子、ダークマター、ニュートリノ)ごとにどのようにふるまうかを調べた。次に、宇宙の晴れ上がりときの揺らぎから、CMBのスペクトルを計算し考察を行った。

カーブブラックホールにおける粒子の運動

表尚平

宇宙進化グループ

Key words: カーブブラックホール、測地線方程式

カーブブラックホールは回転しているブラックホールのことで、一般相対論の測地線方程式からこの周りに円運動（球軌道）する解があることが分かっている。今回はこの球軌道に着目し、このような粒子でブラックホールの周りにトーラスを作ることを考え、そのときに取り得るエネルギー、角運動量、カーター定数の範囲を調べた。しかし、ブラックホールのすぐ近くまで球軌道の解があるとは考えにくいので（実際シュワルツシルトの解の場合は $r=6M$ (M =ブラックホールの質量) までしか近づくことはできない) まずは限界の球軌道を求めたうえで、上記の範囲を調べることにした。

ブラックホールの horizon を超える光の軌道

佐々木将軍

宇宙進化グループ

Key words: ブラックホール、事象の水平線

ブラックホールには、それより内側からは、光を含むいかなる情報も出てくることができない事象の水平線というものがあり、我々はそれより内側の情報を知ることができない。普段参考書などで目にする Schwarzschild 計量などのブラックホールの計量の座標系では、事象の水平線上で特異点を持ち、そのままの解では、事象の水平線をまたぐような光の軌道を見ることはできない。

そこで今回、まず、ブラックホールの計量を Kerr-Schild form という座標系への変換を行い、事象の水平線上で特異点を持たないようなブラックホールの計量を導く。そして、その座標系でのヌル測地線を求め、それをもとに光の軌道を求め、その光の軌道について考察をしていく。

銀河風とガスの冷却過程

嶋川里澄

宇宙進化グループ

Key words: 銀河風、放射冷却、ガス雲、重元素量

銀河中心近傍における超新星爆発等によってエネルギーを供給された周囲のガスは膨張し、中心核から流れ出ていく(銀河風)。本研究ではこの様なガスの冷却過程について調べた。ガスの放射冷却が効く場合は、ガスは銀河の外に流れる過程で冷え、冷たいガス雲が形成されると予想される。まず太陽組成のガスの放射冷却について、近似解を使った過去の研究よりも厳密なモデルを構成し、両者の比較を行った。結果、低温領域($T \sim 10^5 \text{K}$)の温度変化において2つで異なることから、冷却過程を議論するにあたって放射冷却を正確に考慮する必要があることが分かった。放射冷却の程度はガスの重元素量によるので、重元素量の違いが流れるガスの進化に与える影響についても調べた。結果、重元素量が少ない程冷却が効きにくくなり、ガス雲が生成されにくく、断熱的な流れになることが分かった。さらに重元素量が少ないとガス雲が遠くへ飛んで行き易いことが分かった。また、銀河風の動圧を計算し、銀河の周囲にもともと存在するガスの圧力に打ち勝って銀河風が発達する条件を調べた。