



大阪大学 理学部 物理学科  
宇宙地球合同卒業研究発表会

2020 年 2 月 1 日(土) 10:00~16:30

大阪大学大学院理学研究科

F 棟 102 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：寺田教授	
有田 直哉	(佐々木研)	5
堺 弘行	(近藤研)	5
岩垣 恵太	(中嶋研)	6
門野 創一	(赤外線天文学グループ)	6

2. 10:40～11:20	座長：近藤教授	
岩崎 かな子	(寺田研)	7
澤上 拳明	(松本研)	7
西原 脩平	(川村・波多野研)	8
亀田 絢子	(中嶋研)	8

～休憩～

3. 11:30～12:00	座長：芝井教授	
高橋 明寛	(佐々木研)	9
石原 大樹	(長峯研)	9
佐野 僚	(近藤研)	10

4. 12:00～12:30	座長：佐々木教授	
福山 紘基	(赤外線天文学グループ)	10
足立 裕美子	(寺田研)	11
上村 拓斗	(川村・波多野研)	11

## 午後の部

5. 13:30～14:10	座長：中嶋教授	
藤本 雅弘	(松本研) .....	12
多田 龍平	(近藤研) .....	12
植田 晃平	(寺田研) .....	13
沖山 太心	(佐々木研) .....	13

6. 14:10～14:50	座長：長峯教授	
武下 優香子	(中嶋研) .....	14
松下 友亮	(松本研) .....	14
水森 百合子	(川村・波多野研) .....	15
田端 慶久	(中嶋研) .....	15

～休憩～

7. 15:00～15:30	座長：松本教授	
山崎 祐斗	(赤外線天文学グループ) .....	16
寺口 遼	(長峯研) .....	16
三浦 巧	(近藤研) .....	17

9. 15:30～16:00	座長：住教授	
宮本 英	(中嶋研) .....	17
峯田 大靖	(松本研) .....	18
村上 朔	(川村・波多野研) .....	18

10. 16:00～16:30	座長：波多野教授	
松本 匡能	(寺田研) .....	19
坂尻 銀次郎	(赤外線天文学グループ) .....	19
川上 結生	(佐々木研) .....	20

# 氷準惑星 Eris の内部熱進化と 地下海の存在可能性

有田直哉 佐々木研究室

Key Words : 氷天体、Eris、熱進化

太陽系の木星以遠の領域にある固体天体のほぼ全ては表面を氷に覆われた「氷天体」として存在する。その氷殻の下には海を持つことが示唆される天体も多く、地球外生命の存在可能性を議論するターゲットとして重要視されている。本研究では、半径と質量が判明している球形天体の中で太陽から最も遠い氷準惑星 Eris に注目し、そこでの地下海の存在可能性をモデル計算によって考察する。Eris は、同じ氷準惑星である冥王星とほぼ同じ半径を持つ。冥王星には 2015 年に NASA の New Horizons 探査機が接近観測を行い、地下海の存在が強く示唆されている。Eris は冥王星より有意に質量（岩石存在比）が大きいため、冥王星とは内部熱進化や地下海の安定性が異なると予想される。本研究では Eris を長寿命放射性核の崩壊熱を発する岩石核を氷層が覆う二層構造と仮定し、岩石核の半径（密度）や氷の粘性率をパラメータとした内部熱進化のシミュレーションを行った。その結果、岩石核の密度が大きく半径が小さい場合には地下海が現在まで維持されるケースが存在することが分かった。

## 極低温下における氷の秩序相検出の試み

堺弘行 近藤研究室

Key Words: 誘電率測定、相転移、強誘電体

低温化において氷は無秩序相 (I<sub>h</sub>) から秩序相 (XI) に相転移を起し強誘電体になると考えられており、実際に熱容量測定や中性子回折実験により相転移の検出や結晶構造の解析が行われてきた。しかし、密度汎関数法を用いた計算によると強誘電体ではなく反強誘電体になることが示唆されている。強誘電体であるかどうかは惑星の形成過程において重力だけでなく電氣的な力で粒子を凝集できるかに関係し形成にかかる時間に影響を与えるため惑星科学的に重要である。そこで本研究では氷 XI 相が強誘電体か反強誘電体かを見分けることを目的として、誘電率と磁化率を想定できるシステムの装置開発を行ったので報告する。

# 炭質物の熱熟成を用いた断層の滑り挙動の解析：含水条件における反応性の評価

岩垣恵太 中嶋研究室

Key Words: 炭質物、摩擦発熱、分光分析

地震により発生するエネルギーの大部分は摩擦発熱であり、重要な地震すべりパラメータの一つである剪断応力は摩擦発熱によって求めることができる。この摩擦発熱の定量的評価方法として、断層中に含まれる炭質物の熱熟成を利用する手法が挙げられる。しかし、実際の地震発生時の断層は水で満たされているにもかかわらず、水が炭質物の熱熟成反応に及ぼす影響については未だ精査されていない。したがって本研究では、水と共存する状態での炭質物の熱熟成を調べるため、褐炭と瀝青炭において、炭質物-水量比・ターゲット温度・昇温速度・加熱保持時間を変化させた加熱処理を実施した。次に、実験後試料において、赤外およびラマン分光分析による分子構造の解析を行った。その結果、炭質物-水量比が 2:1 における 300~1300°C での 40 秒間の加熱、1:4 における 350°C での 1~5 時間の加熱により、水の有無で Aromatic C-H 結合・グラファイト構造の離脱に有意な差が見られなかったため、水の有無は炭質物の熱熟成反応に影響しないことが分かった。この結果より、これまでの断層の摩擦発熱の指標はそのまま適用できると考えられる。

# 太陽系外惑星大気の高安定分光観測のためのシミュレータ用波面制御アルゴリズムの開発

門野創一 赤外線天文学グループ

Key Words: 太陽系外惑星、高安定分光観測、制御アルゴリズム

太陽系外惑星に生命の候補を検出するために、惑星食中の大気吸収スペクトルを高安定で測定する方法が最も有望と考えられている。そのためには、波長間の相対的な測光精度が 10ppm 程度の超高安定な分光装置が必要である。我々の研究グループでは多瞳収縮分光器という方式を提案し世界に先駆けて開発を始めた。多瞳収縮分光器は従来の分光器とは異なり、原理的に望遠鏡の姿勢の微小変動の影響を受けないものである。この分光器は NASA が提案している 2030 年代の大型宇宙望遠鏡計画 OST (Origins Space Telescope) に搭載される予定であり、その性能を実証するため地上で試験を行う必要がある。このため本研究では地上で望遠鏡の指向方向の微小変動を模擬するシミュレータの開発を行っている。これは試験用の光の波面の形状と方向を制御することを目標としている。この一部分として波面を計測するカメラの制御部分の開発をし、さらにピエゾ素子の非線形性を考慮したモデルにおける制御アルゴリズムを構築し、数値シミュレーションを行い、その結果を考察した。

## 2 次中性粒子質量分析計を用いた シャコガイの微量元素分析

岩崎かな子 寺田研究室

Key Words: 古気候、質量分析

古気候学は、近代的な気象観測が行われていなかった過去の気候を復元する学問である。そのサンプルとして、シャコガイがしばしば用いられている。シャコガイは、共生藻が行う光合成からエネルギーを得て成長し、貝殻に日輪・年輪の成長輪を形成する。そのため、成長軸に沿って微量元素の測定を行うことで、日ごと年ごとの海洋環境を再現できると考えられている。特に、過去の日射量の指標として Sr/Ca 比が用いられている。Hori et al 2015 が行った 2 次イオン質量分析計 (SIMS) を用いた測定では、約 5000 年前の日射量変動がシャコガイの貝殻の Sr/Ca 比から求められることがわかっている。本研究では、同じシャコガイのサンプルに対し、2 次中性粒子質量分析計を適用し、より空間分解能の高い分析を試みた。この目的のため、新しく開発したパルスジェネレーターを組み込み、Sr と Ca の測定条件をスイッチングすることで同時に測定を行った。

## Circinus 銀河中心核の X 線空間分解 ～新たな鉄輝線クランプの発見～

澤上拳明 松本研究室

Key Words: 活動銀河核、中性鉄輝線

活動銀河核 (AGN) は、銀河中心の狭い領域から銀河全体の明るさに匹敵する放射を出しており、その正体は超巨大ブラックホール (BH) への質量降着と考えられている。電波からガンマ線に至る AGN からの放射のうち、X 線は、BH 最近傍の状態を知る手段としても、蛍光 X 線を通して BH 周辺の物質分布を探る手段としても重要である。X 線観測では BH のごく近傍の領域を空間分解することは不可能であったが、0.5 秒角の角度分解能をもつ Chandra 衛星の観測で、鉄の蛍光 X 線が予想外にひろがった領域から放射されていることが、最近傍の数個の AGN に関してわかってきた。距離 4.2 Mpc にある Circinus 銀河では (Kawamuro et al. 2019)、中心から東方向に 54 pc 離れた 2 個の領域 (鉄輝線クランプ) が報告されている。本研究では、Chandra 衛星による Circinus 銀河の 6 回分の観測データをすべて用いて、時間変動を含めた詳細解析を行い、中心核から南北方向に 13~27 pc 離れた新たな鉄輝線クランプ及びその兆候を発見した。その起源について議論する。

# 熱弾性による 2 次元での亀裂成長

西原脩平 川村波多野研究室

Key Words: 熱弾性、亀裂、柱状節理

柱状節理とは、マグマが冷却固結される際に生じる柱状の構造である。地面に垂直にできているものや、曲がっている形状のものがあり、また細かく割れた部分が存在する場合がある。それらの割れ方の差異は、冷却の過程の違いによると考えられている。この現象を理解するため、本研究では、熱弾性による破壊のシミュレーションをおこなう。亀裂の形状を実際の柱状節理の亀裂と比較することを目標に、前段階として、2次元の熱弾性による破壊のシミュレーションをおこなった。シミュレーションでは、多角形で分割した離散要素法で弾性を表現し、熱伝導を有限体積法によって解いて熱弾性を計算した。冷却の条件を変えることによって、亀裂の発生および成長過程を調べた。

# 減衰全反射赤外分光法によるイースト菌の 休眠・活性化・発酵過程の追跡

亀田絢子 中嶋研究室

Key Words: イースト菌、乾燥耐性、減衰全反射赤外分光

生物の中には、生命活動に必須な水が無い環境でも生き抜くことができるものがおり（乾燥耐性）、脱水状態では休眠し、水和状態で活性化する。イースト菌（パン酵母）は乾燥耐性を持ち、市販されているドライイーストは乾燥されて休眠状態にあり、水を加えて 35 °C 程度に加熱すると活性化して、アルコールと CO<sub>2</sub> を生成する（発酵）する。ここでは、主に減衰全反射赤外分光計 (ATR-IR) と加熱プレートを組み合わせて、パン酵母の休眠から活性化への遷移過程を赤外分光その場観測した結果を報告する。ATR 結晶 (ZnSe) の上にドライイースト顆粒を約 50mg と純水約 100 $\mu$ L をのせ、加熱プレートをかぶせ、30-50°C で加熱し、波数分解能 4 cm<sup>-1</sup>、64 回積算で 90 秒ごとに 180 分間赤外スペクトルを測定した。脂質、タンパク質、糖類による吸収帯の時間変化を解析した結果から、休眠から活性化、発酵に至る過程を考察した。



# ジャーマネートの高温高圧力下での融解実験

高橋明寛 佐々木研究室

Key Words: ジャーマネート、マルチアンビル型高圧発生装置、  
高圧実験、相関係

地球の分化過程やマントルダイナミクスについて解明するためには、高温高圧環境下における液体シリケート(マグマ)の密度や粘性等の物性に関する理解が必要である。しかし、融点が高いことなどから、高圧力下でシリケート融体の物性測定を行うには実験的困難がある。そこで、アナログ物質であるジャーマネート(ゲルマニウム酸塩)を対象にした研究が行われている。ジャーマネートはシリケートより低い融点を持ち、結晶相での配位数変化を伴う相転移圧力も低いため、シリケートに比べよりマイルドな圧力温度条件での実験が可能である。

本研究では、放射光などを用いたジャーマネート融体のその場観察実験を行うための予備実験として、高圧セル内に液相状態を安定に作りだすことを目的とし、マルチアンビル型高圧発生装置を用いて、ジャーマネートの融解実験を行った。ジャーマネート融体のゲルマニウム単体への還元反応や試料カプセルとの反応を抑えることのできる高圧セルの開発に取り組んだ。さらにルビジウム・ジャーマネート融体を対象とした物性測定を行うために、高圧下での共融点(液相一相なる温度・圧力・化学組成の条件)を調べた。

# 星間物質内を通るジェットの影響依存性

石原大樹 長峯研究室

Key Words: ジェット、MHD、バウショック

星形成の過程で、天体に周囲から降着するガスの一部が細く絞られるジェットと呼ばれる構図が見られる。このガスが細く絞られる現象はコリメーションと呼ばれており、これはジェット内部の磁場と外部(星間物質中)の磁場に起因する。このジェットと星間物質の相互作用は多くの先行研究がなされており、本研究では Athena++コードと先行研究におけるジェットモデルを用い、ジェットの構造の時間変化をシミュレーションした。この時、パラメータを磁場の強度、マッハ数(ジェットの速度)を変化させることで、ジェットのコリメーションと磁場の関係性を考察した。この時、バウショックと呼ばれるジェット先端部の波面など、特徴的な構造が見られた。

# エウロパの表面構造と氷 Ih 相の成長

佐野僚 近藤研究室

Key Words: 氷衛星、内部海、テクトニクス、粒成長

木星の氷衛星であるエウロパには、木星の強い磁場に励起された誘導磁場が観測されていることなどから内部海が存在しているとされている。また、氷殻表面には特徴的なひび割れ構造が見られ、氷殻がプレートテクトニクスに似た運動をしていることが示唆されている。本研究では、氷殻における塑性流動の性質に影響する氷粒の粒径分布や形状などの観点から、内部海と氷殻の境界付近でどのような氷粒が形成されるのかを調べることを目的とした装置整備と観察を行った。実験はエウロパの内部海に存在する可能性が高い硫酸マグネシウムを考慮し、硫酸マグネシウム水溶液を自作の低温ステージ上にてガラス板で封入し、低温下・固液共存状態の氷殻の成長の様子を顕微鏡下で観察した。発表では電場の影響などを考慮して溶液中に電流を流した実験も進めており、その結果を報告する。

# 惑星候補天体を伴う重力マイクロレンズ現象 MOA-2012-BLG-286 の解析

福山紘基 赤外線天文学グループ

Key Words: 太陽系外惑星、重力マイクロレンズ法、MOA

我々MOA(Microlensing Observation in Astrophysics)グループでは、ニュージーランドのMt. John 天文台にあるMOA-II望遠鏡を用いて、重力マイクロレンズ現象のサーベイ観測を行っている。重力マイクロレンズ現象とは、ある天体(ソース天体)と地球の間を別の天体(レンズ天体)が通過することにより、レンズ天体の重力場によってソース天体の光が曲げられる現象で、地球からはソース天体の光が増光して観測される。レンズ天体が惑星のような付随天体を持っている際に現れる複雑な特徴のある光度曲線に対してモデルフィッティングを行うことで、レンズ天体や付随天体の物理量を求めることができる。

本研究では、観測された重力マイクロレンズ現象の中でも増光期間が短い惑星候補現象の1つを詳細に解析し、これらの物理量を求めた。増光期間の短い重力マイクロレンズ現象では地球から遠く離れた低質量星が持つ惑星が発見されることが期待でき、このような惑星は他の探索手法では発見することが困難であるため重要な例である。

# 微量水の同位体計測：標準試料を用いた測定

足立裕美子 寺田研究室

Key words: 同位体、月、TDLAS

月表面に存在する微量水の同位体を計測することによって、水の起源や挙動を知ることができる。そのために探査機搭載可能なその場観測可能なレーザー同位体吸収分光装置の開発が、急務となっている。

TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy) は、光学セルの両端に凹面鏡を置いて、入射した赤外レーザー光を多重反射させることによって内部気体による光の吸収を計測する装置で、波長掃引を行うことで同位体吸収スペクトルを得ることができる。この手法は CRDS 法 (Cavity Ring Down Spectroscopy) に比べて、光学アラインメントのずれに対する許容量が大きいメリットがある。測定では  $2.7\ \mu\text{m}$  帯のレーザーを用いて吸収強度スペクトルを算出する。真空セルの共振器長は  $37.5\text{cm}$ 、光学距離は反射 31 回で  $1.16\text{m}$  となった。

本研究では、既存の装置の改造をし、また同位体濃度既知の標準水 6 種類を準備して H, D の同位体の吸収ピークを測定し、 $\delta$  値と吸光度の相関を見た。D, O の濃度は D:  $-188.8\sim 479.3\text{‰}$ , O:  $-27.52\sim -11.03\text{‰}$  で D は大きく濃度を変えた。発表では装置の説明、計測結果と実験した内容及び今後の課題について述べる。

# 正方形粒子の非熱的構造形成

上村拓斗 川村・波多野研究室

Key Words: 非熱的系、構造形成、DEM

熱ゆらぎの効かない十分大きなサイコロのような物体を多数、容器の中に入れ、振動を加えると、各物体の面が徐々に揃い、秩序が形成される現象が観測される。このような非熱的な構造形成を調べるため、先行研究では、円筒容器に同じ大きさのサイコロを多数注ぎ入れたランダムな状態から、容器を左右に回転させることで構造形成の過程や、回転加速度を変えることによる違いを実験によって確認しているが、試行回数が少なく、細かいパラメータの変更が難しかった。

本研究ではシミュレーションを用いて、さまざまな条件下で二次元正方形粒子系の構造形成の様子を調べた。シミュレーションには個別要素法 (DEM) と呼ばれる、多数の粒子の運動を運動方程式に基づいて解析する手法を用いた。各正方形粒子の辺の、容器の底面に対する傾きによるオーダーパラメータを考えることで、先行研究の結果との比較や最密構造形成までの所要時間の分布などを調べた。

# 渦巻銀河 NGC3221 における 鉄輝線放射とその起源

藤本雅弘 松本研究室

Key Words: 渦巻銀河、Fe-K $\alpha$  輝線

我々の住む天の川銀河中心、銀河面に沿って 2keV 以上のエネルギー領域において、広がった X 線放射が観測されている。そのスペクトルには、6.4keV、6.7keV、7.0keV に輝線が存在し、それぞれ中性鉄、ヘリウム状鉄イオン、水素状鉄イオンを起源とする。高階電離鉄は高温ガスの存在を示すものであるが、真に広がった高温ガスなのか、白色矮星などの点源の集まりなのか、今なお判明していない。もし点源の集まりであるならば、他の渦巻銀河においても同様の放射が確認されるはずである。そこで本研究では、すざく衛星による渦巻銀河 NGC3221 の長時間観測 (101.5 ks) データの解析を行った。すざく衛星は 2keV 以上のエネルギー領域においてバックグラウンドが低く安定しているため、暗い広がった放射の観測に適している。本発表では、詳細な解析結果を報告する。

## $H_2O$ - $MgSO_4$ 系の高圧下相境界観察

多田龍平 近藤研究室

Key Words: 氷衛星、硫酸塩、水和物

近年、多くの氷衛星で内部海の存在が示唆されている。内部海には様々な塩類が含まれていると考えられており、その中でも硫酸塩はエウロパやガニメデの内部海の塩として有力候補の 1 つである。高濃度の硫酸塩を含む系では内部海環境で水和物を生じることが報告されている一方、進化史を考察する上で重要な相関係に関しては明らかではない点が多数有る。そこで、本研究では高圧下における硫酸塩水溶液における共晶点より高濃度側の相図を検証することを目的とした実験を行った。高圧発生にはダイヤモンドアンビルセルを用い、硫酸マグネシウム水溶液を室温下で数万気圧まで加圧しながら、相の変化を光学観察すると共に、固液共存領域における各相の密度の相対的な大小関係についても調べた。発表では観察結果から想定される  $H_2O$ - $MgSO_4$  系の水和物出現領域における相関係について報告する。

# ERG 衛星搭載用超高エネルギー電子計測器 XEP の較正

植田晃平 寺田研究室

Key Words: ERG 衛星、地球磁気圏、超高エネルギー電子計測

超高エネルギー電子計測器 XEP は、2016 年 12 月に打ち上げられたジオスペース探査衛星「あらせ」(ERG 衛星)に搭載されているプラズマ粒子観測装置の 1 つである。XEP は半導体検出器(SSD)5 枚とシンチレータ(GSO)で構成され、400keV~20MeV の範囲で電子のエネルギー分布を計測することができる。XEP の構造上、単エネルギー電子の検出スペクトルは広がりを持ち、複数のエネルギーチャンネルのカウントに寄与する。軌道上で検出されるスペクトルは異なるエネルギーの電子からのスペクトルを重ね合わせたものであるため、あるエネルギーにおけるチャンネルカウントと実際に入射した電子数は一致しない。より正確な入射フラックスを知るためには、入射電子のエネルギーと各チャンネルに対する寄与の関係を表す応答関数行列を求める必要がある。本研究では、粒子反応シミュレータプログラム Geant4 を使用することで、入射電子のエネルギーに対して各チャンネルカウントはどのような寄与を受けるのかを求め、SSD 領域における応答関数行列を得ることができた。

# 月面の氷移動メカニズムの解明を目指した 実験装置開発

沖山太心 佐々木研究室

Key Words: 月、水氷、コールドトラップ

近年、月表層に水氷の存在を示す証拠が集まってきている。月表層の氷は、永久影領域にとどまらず、月全球の浅い地下にあるという研究まで報告されている。本研究では、どのように月表面の水分子が移動し、現在の月表層の氷の垂直分布が出来上がっているのかを調べるために、月面の氷移動のメカニズムを解明するための実験装置を開発した。具体的には、月表層を模擬した砂であるレゴリスシミュラントを冷却する部分、水蒸気を発生させる部分、水蒸気を貯める部分、そして真空ポンプからなる。実験では、レゴリスシミュラントを低温な真空環境に置き、水蒸気を注入し、レゴリスシミュラント中の吸着量分布を測定する。これにより、レゴリス中の水分子の移動メカニズムや、レゴリス中の氷の存在量の深度分布を推定したい。本研究では、その実験のための装置開発を行い、試験的な運用を行った。

# 納豆芽胞及び納豆菌の 加熱変化の赤外分光法による解析

武下優香子 中嶋研究室

Key Words: 納豆菌、芽胞、熱耐性、赤外分光

納豆菌は、芽胞と呼ばれる状態になることで高温に対する耐性を持つことが知られており、生物分野での滅菌条件は納豆菌芽胞を死滅させる温度（120℃程度）が目安とされている。しかしながら、このような納豆芽胞の高温耐性の原因は良くわかっていない。

そこで本研究では、顕微赤外分光計に加熱ステージを組み合わせて、納豆芽胞の加熱変化過程を赤外分光観測した。加熱ステージ上のアルミ薄板上に、納豆芽胞を少量のセハンドプレスしたもの、あるいは納豆芽胞を水に懸濁させたものを垂らして乾燥させたものを、室温から 300℃ 程度まで加熱し、赤外スペクトルを測定した。そして、脂質、タンパク質等による吸収帯の温度変化を解析した。また、納豆芽胞と納豆菌の加熱による赤外吸収帯の変化を比較した。これらの結果を報告する。

# 銀河団のガス質量：総質量比とガス温度の関係 ～理論予想の検証とばらつきの原因～

松下友亮 松本研究室

Key Words: 銀河団、ガス質量比とガス温度の関係

数 10-数 100 の銀河の集団である銀河団は、宇宙最大規模の重力束縛系である。銀河間の空間は、数千万度の高温ガスで満たされており、その質量は銀河の質量の総和の数倍に及ぶ。この高温ガスを重力的に束縛しているのは、さらにその数倍の質量の暗黒物質である。X線観測で測定される高温ガスの温度( $T_X$ )は、銀河団の重力ポテンシャルの深さを通して銀河団の規模を特徴づけるもっとも重要なパラメータである。暗黒物質を含めた総質量に対して、高温ガスの占める割合( $f_{gas}$ )も、銀河団の基本パラメータであるが、 $f_{gas} \propto T_X^{0.45}$ というのがこれまでの理論予想であった。しかし、Fujita & Aung 2019 は、質量の小さい天体ほど密度が高くなるという階層的構造形成の特徴を考慮すべきことを指摘し、 $f_{gas} \propto T_X^{0.6}$ の関係になることを予測した。

本研究では、まず重力レンズにより総質量測定が系統的に行われている CLASH 銀河団サンプルに関する X線観測の論文(Donahue et al. 2014)のグラフから、値を読み取り  $f_{gas}-T_X$  関係の検証を試みた。結果的に、同じ  $T_X$  でも  $f_{gas}$  の値がファクタ 2 を超えてばらつき、理論予想の検証が困難であることがわかった。このばらつきの原因に関して考察するとともに、 $f_{gas}$  が大きい銀河団=RXJ1532、小さい銀河団 MACSJ1720 に関して、その特徴を X線観測データの解析から探る。

# 土壌微生物の自己組織化

水森百合子 川村・波多野研究室

Key Words: 自己組織化、微生物、環境規制

農業では「土地がやせる」という表現をしばしば聞くが、これは科学的にはどのような現象なのだろう。土壌の構成要素である微生物は、落葉や排泄物などの有機物を分解して無機物にする。その無機物を栄養として作物は育つ。ゆえに微生物は土壌中の物質を循環させ、農業に適した状態にする役割を果たしているといえる。いくつかの先行研究では、「健康な土壌」という状態を土壌内微生物活動の頑健性という観点から数理モデル化している。

本研究では、微生物が外部環境と相互作用することによって自己組織化する仕組みを数理モデル化した「フラスコモデル」を採用し、そのシミュレーションを試みた。モデルの挙動を通じて、土壌微生物の成長に何が重要であるかを考える。食の安全や生物多様性における観点から、より自然な環境における農業が推進されているが、本考察をそのような実地に生かすべく今後の展望も添える。

# コンクリートの実環境での風化過程の SEM-EDS による分析

田端慶久 中嶋研究室

Key Words: セメント材料、水和、Ca/Si 比

現代文明の構造物（インフラストラクチャー）の中心的存在であるコンクリートは、骨材である岩石とバインダーであるセメント材料を水で練って（養生して）作られている。コンクリートの耐用年数は約 50 年程度と考えられており、近年その劣化が懸念されている。コンクリートの養生過程の研究はされているが、自然環境での長期劣化過程の研究は少ない。

そこで本研究では、実家に使用されてきた年数（材齢）既知のコンクリートブロック 4 点（1970、2002、2010、2019 年製）について、エネルギー分散型蛍光 X 線分析装置付き走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）を用いて低真空非蒸着で測定し、主にマトリックス部の化学組成の経年変化を調べた。中でも、マトリックスのうち  $\text{CaCO}_3$  をあまり含まない部分の化学組成に注目して Ca/Si 比の変化を調べたので、その結果を報告する。

# 重力マイクロレンズイベント MOA-2017-BLG-478 の解析

山崎祐斗 赤外線天文学グループ

Key Words: 太陽系外惑星、重力マイクロレンズ

私の所属する MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) グループは、ニュージーランドの Mt. John 天文台にある口径 1.8m の MOA-II 望遠鏡を用いて重力マイクロレンズ現象を用いた太陽系外惑星探査を行っている。

重力マイクロレンズ現象とは、ある天体(レンズ天体)が観測している天体(ソース天体)と観測者の間を通過するときに、ソース天体の光がレンズ天体の重力場によって曲げられることで増光して見える現象である。レンズ天体に伴星がある場合、伴星によっても増光され特徴的な光度曲線を示すため、これを解析することによって連星系や惑星系の物理量を求めることができる。この方法においてレンズ天体は質量さえあれば良いので、暗い褐色矮星や惑星を検出することもできる。

本研究では、重力マイクロレンズイベント MOA-2017-BLG-478 の光度曲線をモデルフィッティングして、レンズ天体のパラメーターを求めた。

# 大規模構造における宇宙マッハ数

寺口遼 長峯研究室

Key Words: 宇宙論、Power Spectrum、宇宙マッハ数

宇宙マッハ数はある領域の力学的性質を表す指標で、ある領域における Bulk Flow と速度分散の比によって表現される。これはその領域における速度場の「温度」(乱雑さ)を示しており、構造形成の成長度合いと密接な繋がりがあがる。

本研究では、宇宙論的流体シミュレーションコード Gadget3-Osaka を用いて一定の領域における宇宙マッハ数を計算し、 $z=1$  から  $z=0$  における時間進化を計算した。また、重力不安定性の線形理論から導かれる Power Spectrum を用いて宇宙マッハ数を計算し、シミュレーション結果との比較を行った。将来的にはこの計算を利用し、構造形成の非線形成長や、Warm Dark Matter などの Cold Dark Matter 以外のモデルについて制限を加えることを目標とする。



# 小惑星の核-マントル分離メカニズム

三浦巧 近藤研究室

Key Words: 小惑星、核形成、浸透

地球型惑星は主に鉄合金からなる中心核とケイ酸塩鉱物からなるマントルに分離している。地球型惑星のマグマオーシャン下では液体金属鉄が固体マントル中を分離し核形成が起こるが、その分離メカニズムは浸透や重力不安定などが考えられている。また、地球型惑星よりも内部温度、圧力が低い小惑星でも核-マントルの分離している天体が報告されている。小惑星における分離メカニズムとして固体ケイ酸塩へ液体鉄合金の浸透が可能性の一つとしてあげられる。小惑星の内部条件で浸透が実際に起こるかを確認することは小惑星の分化過程を理解するうえで重要である。

本研究では小惑星のマントル物質として斜方輝石、中心核物質として Fe-S (S=40, 50 at%) を想定して、高温高圧下での浸透実験を行った。

浸透実験では Fe-S の層を斜方輝石で挟み層状に配置した。高圧発生はキュービック型マルチアンビルプレスを用いて行い、2.5 GPa、1400~1590°C の圧力温度条件で実験を実施した。回収試料の組織観察・組成分析には SEM-EDS を用いた。組織観察の結果、実験時間内に FeS では斜方輝石への浸透は観察されなかったが、Fe<sub>60</sub>S<sub>40</sub> 試料は浸透が観察された。

本発表では、観察された浸透の時間変化についても報告する。

# 2014 年長野県北部地震を引き起こした 神城断層の摩擦特性と強震動の評価

宮本英 中嶋研究室

Key Words: 摩擦特性、周波数特性、動力学解析

2014 年長野県北部地震を引き起こした神城断層において、断層の摩擦特性と地表付近で観測された地震波との関係を調べることを目的とし、まずトレンチ調査で採取した断層試料の摩擦実験を実施した。回転型高速摩擦試験機にて、軸荷重 1 MPa・すべり速度 55 cm/s と 200 μm/s の条件での実験の結果、低速での摩擦係数 0.495、高速でのピーク摩擦係数 0.708、および弱体化後の定常摩擦係数 0.269、0.288 であった。次に、この実測値を動力学モデルに組み込んで断層から放出される地震波の数値解析を実施した。その結果、約 0.01 Hz - 2.5 Hz の周波数範囲において最低周波数での振幅が最大となり、そこから周波数が増すにつれて振幅が小さくなるような特徴を持つ地震速度波が得られた。一方、観測波形から得られる速度波は 0.1 Hz - 1 Hz の範囲において振幅が最大となり、解析結果と観測波形から得られる地震速度波の周波数特性は一致しなかった。

# 活動銀河核 NGC4593 の中性 Fe-K $\alpha$ 輝線の強度変動から探る巨大ブラックホール周辺の構造

峯田大靖 松本研究室

Key Words: 活動銀河核、光反響マッピング、中性 Fe-K  $\alpha$  輝線

銀河の中には、活動銀河核 (AGN) と呼ばれる中心の狭い領域から母銀河全体の 100-1 万倍強い放射を生成する天体が存在し、そのエネルギー源は中心に存在する  $10^5 \sim 9 M_{\odot}$  もの質量を持つ巨大ブラックホール (BH) への質量降着である。AGN の構造は巨大 BH の成長と密接に関係するため、様々な波長で研究されている。その有効な手段の一つが、異なる波長の連続成分や輝線の強度変動の相関を用いる「光反響マッピング」である。

我々は BH 近傍で生じる連続 X 線と、それが周辺の物質で光電吸収を受けて生じる中性 Fe-K  $\alpha$  輝線の強度相関の有無に着目し、明るい AGN である NGC 4593 の X 線天文衛星「すざく」の観測データを解析した。その結果、連続 X 線が数時間で  $\sim 3$  倍の強度変動を持つのに対し、Fe-K  $\alpha$  輝線は  $\sim 1$  週間もの間ほとんど変動しないことを突き止めた。一方、半年以上の期間では有意な変動が確認できた。さらに、連続 X 線から Fe-K  $\alpha$  輝線への伝達関数を構築し、計算した輝線の強度変動と比較して、BH 周辺の物質の構造に制限をつけた。

# パッチ状硬化層を導入した摩耗モデル

村上朔 川村・波多野研究室

Key Words: 地震、摩耗、セル・オートマトン、パッチ状硬化層

地震についての研究は長年に渡り行われてきているが、地震発生の詳細なメカニズムは未だに解明されていない。その理由の一つは、地震の原因である断層の摩擦には摩擦面の形状、温度、負荷応力等の様々な要因が複雑に関係し合うからである。先行研究では、摩擦・摩耗によって摩擦面表面に著しく硬いパッチ状硬化層が生じることが実験によって示されている。そこで本研究では、固体の摩耗における表面形状の推移を調べることを目的としてセル・オートマトンモデルにそのパッチ状硬化層を実装したシミュレーションを行った。モデルの各種パラメータに対する表面形状の変化過程の違いを、粗さパラメータ等を用いて考察した。

# レーザーポストイオン化 SNMS を用いた サブミクロン局所 U-Pb 年代分析

松本匡能 寺田研究室

Key words : ポストイオン化 SNMS、U-Pb 年代分析、太陽系年代学

地球外物質の局所同位体年代分析は、太陽系の形成と進化を解明する重要な手法である。また、多くの地球外物質は2次的変性作用を受けているため、ウランの2つの放射壊変系から形成年代と変成年代を同時に測定できる U-Pb 年代分析が有効である。しかし岩石中に U や Pb といった微量元素は ppm オーダーでしか存在しないため、SIMS などの従来の質量分析装置では、 $3\mu\text{m}$  以下の小さな鉱物粒における精密な U-Pb 年代分析が困難であった。惑星科学グループが所有する MULTUM-SNMS は、レーザーポストイオン化技術を導入したことにより、サブミクロン領域から SIMS と同程度の情報を得ることが可能である。以上から、MULTUM-SNMS はサブミクロンサイズの鉱物粒に対する局所 U-Pb 年代分析が期待されている。本発表では、ポストイオン化 MULTUM-SNMS の  $1\mu\text{m}$  スケールでの Pb-Pb 年代分析の現状と、U-Pb 年代分析へ向けた今後の展望について報告する。

## PRIME 望遠鏡で用いる望遠鏡制御 PC との 通信試験とプログラムの改良計画

坂尻銀次郎 赤外線天文学グループ

Key Words: 望遠鏡、ソケット通信、コマンド

我々PRIME(PRime-focus Infrared Microlensing Experiment)グループが開発を行っている PRIME 望遠鏡は、2020 年度内に観測開始を予定している主に惑星探査を目的とした近赤外重力マイクロレンズサーベイ観測を行う望遠鏡である。観測の際は、望遠鏡・カメラ・フィルター等の連携をプログラム制御により行うことで、観測効率を上げることが可能になる。望遠鏡制御の命令を制御 PC に与える方法として、制御 PC をサーバーに見立ててクライアント PC を別に設け、2 台の PC 間で決められたコマンドを、ソケット通信を用いて送受信する方法を本望遠鏡では用いる。また、それらのプログラムは MOA(Microlensing Observations in Astrophysics)グループが既に観測を行っている MOA 望遠鏡の観測システムを改良することで制作出来る。

そこで、本研究ではソケットの生成・コマンドの送受信を行う通信専用プログラムを制作してクライアント PC にコンパイルし、コマンドの送受信が正常に作動することを確認する試験を行い、そして MOA の観測プログラムの改良詳細も計画する。

# 小惑星 Gaspra の画像データを用いた 小惑星表面の解析

川上結生 佐々木研究室

Key Words: 小惑星 Gaspra、可視光/近赤外分光、宇宙風化作用

木星探査のために1989年に打ち上げられたGalileo探査機は、1991年に小惑星Gaspraを接近観測した。その際にsolid state imaging (SSI) Cameraにより、8種類の可視光及び近赤外光の画像が撮影された。Gaspraは地上観測などによりS型小惑星であるとされている。S型小惑星の例としては他にGalileo探査機で観測されたIda、NEARシューメーカーにより観測されたEros、はやぶさによって観測されたItokawaがある。特にItokawaは他の小惑星よりも近い位置での観測が行われていたため、宇宙風化作用の議論が活発であった。

今回はGaspraに関して各エリアのスペクトルを調べ、宇宙風化作用の度合いを検討した。また、小惑星Itokawaで議論されていた宇宙風化の度合いと評価するために導入された新しい指数をGaspraに活用した場合にどのような結果になるかを調べた。S型小惑星は波長 $0.9\text{--}1.0\mu\text{m}$ 付近で吸収帯を持つという特徴があり、宇宙風化が進んでいるとこの吸収帯が浅くなる。小惑星Gaspra上の8箇所及びその周辺のスペクトルを領域で比較し、場所ごとにどのような特徴があるのかを調べた。