



大阪大学 理学部 物理学科
宇宙地球合同卒業研究発表会

2017年1月28日(土)

10:00 ~ 15:50

大阪大学大学院理学研究科

F棟 102号室

卒業研究会発表プログラム(発表7分、質疑応答3分)

午前の部

1. 10:00~10:30 座長：常深教授

諸本成海	(寺田研)	.....	4
市場達矢	(中嶋研)	.....	4
原田啓多	(近藤研)	.....	5

2. 10:30~11:10 座長：寺田教授

山下純子	(中嶋研)	.....	5
河崎滉平	(芝井研)	.....	6
大川耀平	(近藤研)	.....	7
田中宏和	(佐々木研)	.....	7

～休憩～

3. 11:20~12:00 座長：長峯教授

合田翔平	(芝井研)	.....	8
斉藤龍之介	(近藤研)	.....	9
山口智子	(中嶋研)	.....	10
五十嵐優也	(佐々木研)	.....	10

4. 12:00~12:30 座長：芝井教授

上坂怜生	(中嶋研)	.....	11
牧野謙	(長峯研)	.....	11
新述隆太	(寺田研)	.....	12

午後の部

5. 13:30~14:00 座長：川村教授

前菌大聖	(寺田研)	.....	12
佐伯駿	(長峯研)	.....	13
宮崎翔太	(芝井研)	.....	14

6. 14:00~14:40 座長：中嶋教授

廣本健吾	(近藤研)	.....	14
石橋悠太	(佐々木研)	.....	15
猿楽直樹	(常深研)	.....	15
幸田泰明	(長峯研)	.....	16

～休憩～

7. 14:50~15:20 座長：近藤教授

鳥海篤	(川村研)	.....	16
山崎留歌	(常深研)	.....	17
岡本和斗	(佐々木研)	.....	17

8. 15:20~15:50 座長：佐々木教授

古市拓巳	(常深研)	.....	18
市村拓也	(川村研)	.....	18
藤岡光	(寺田研)	.....	19

月隕石 NWA2977 の U-Pb システムティックス

諸本成海 寺田研究室

Key words : 月隕石、U-Pb 年代測定法、NanoSIMS

月の進化の歴史を探るうえで、月隕石は重要な研究対象の1つである。本研究では、2005年に北西アフリカで発見された斑れい岩質の月隕石 NWA2977 中の、天体衝突等のインパクトによる溶融～冷却の過程を経て作られる構造「ショックメルトベイン」に着目した。一般に、リン酸塩鉱物の U-Pb 系は閉鎖温度が高く二次的な変成の影響を受けにくく、もし影響を受けても形成・変成の2つの年代情報を得られるという利点がある。そこで、高い空間分解能をもつ2次イオン質量分析計 NanoSIMS を用い、メルトベイン内外に存在するリン酸塩鉱物の U-Pb 年代分析を行った。

その結果、NWA2977 のリン酸塩鉱物の形成年代は約 31 億年と求まり、これは先行研究の結果とおおむね一致する一方、有意な変成を示すデータ点は得られなかった。このことから、ショックベインは形成されたものの、リン酸塩鉱物の U-Pb 放射壊変系を乱すほどの熱変成は受けていない可能性が明らかになった。

炭質物の熱熟成におけるメカノケミカル効果の実験的検証

市場達矢 中嶋研究室

Key words : 地震、断層、炭質物、分光分析

断層に含まれる炭質物の熟成度は、地震時の摩擦発熱、ひいては剪断応力などの滑りパラメータの推定にあたり、極めて重要な情報である。ビトリナイト反射率に代表されるように、熟成度は最高履歴温度と強い相関があることが報告されているが、断層では地震時に、剪断に伴う結晶構造の変化などが生じるため、これらが熟成度の変化に影響する可能性がある。そこで本研究では、炭質物の熱熟成におけるメカノケミカル効果に着目し、摩擦・加熱実験による地震性滑りの模擬および実験前後試料に対する分光分析を実施した。

実験には、亜炭と石英を混合した試料を用い、摩擦試験機にて剪断ダメージを与えた。次に、これらの前後試料を用いて、100～1000℃の高温処理を施した。その後、顕微ラマン分光器および顕微赤外分光器を用いて、炭質物の分子構造分析（熟成度評価）を実施した。その結果、剪断に伴うメカノケミカル効果が、炭質物の熱熟成反応を促進することが明らかになった。

低温高圧下光学観察装置の開発と H₂O の相境界 観察

原田啓多 近藤研究室

Key words: 氷衛星、ダイヤモンドアンビルセル、ラマン分光法、ペ

ルチェ素子

木星や土星の幾つかの氷衛星では、近年の探査機の観測結果などから内部に H₂O の海の存在が示唆されている。その詳しい内部構造や進化過程を推測する上で、H₂O や更に塩を含む系が低温高圧下においてどのように振る舞うのかを理解することは重要である。H₂O の相図は古くから低温実験・高圧実験や熱力学的制約によって決められているが、実験装置・温度圧力履歴・反応速度などにより、実際に観察される相が相図と大きく異なるという研究結果が多数報告されている。本研究では、ダイヤモンドアンビルセルと顕微観察及びラマン分光法などを用いて H₂O の状態を観察するため、低温恒温水槽とペルチェ素子を用いて高圧下、-50℃領域までの光学観察ができる装置を開発している。幾つか予備的な高圧低温下での H₂O の観察も行ったので、その経過を報告する。

長野県北部神城断層における 変形構造および鉱物学的特徴

山下純子 中嶋研究室

Key words : 活断層, 活動性評価, 非晶質微粒子

2014年に発生した長野県北部地震 (M_w 6.2) では、神城断層が約 10 km に渡って活動し、多くの建物が崩壊するなど甚大な被害が生じた。この断層の地震時の挙動および活動性の評価を検証すべく、東北大を中心として、断層のトレンチ合同調査が行われた。本研究は、この一環として、断層から試料を採取し、変形構造の観察および鉱物組成の分析を実施した。

結果、断層の中軸部 (スリップゾーン) では顕著な剪断による構造が観察されないにもかかわらず、多くの微粒子 (数 10~100 nm 径) が認められ、石英の鉱物相対量比の減少 (約 20 wt.%) がみられた。さらに、活断層の新しい活動性評価手法として提案されている非晶質成分の増加 (約 30 wt.%) が検出された。未固結な堆積岩に発達かつ封圧の低い地表付近の地震断層でも非晶質微粒子が生成しうることは、その手法の広い汎用性を示唆する。

重力マイクロレンズ現象による惑星イベント MOA-2016-BLG-142 及び MOA-2016-BLG-339 の解 析

河崎滉平 芝井研究室

Key words : 重力マイクロレンズ、太陽系外惑星

我々MOA(Microlensing Observations in Astrophysics)グループでは、ニュージーランドにある Mt. John 天文台で口径 1.8m の MOA-II 望遠鏡を用いて、重力マイクロレンズ現象を利用し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、ソース天体がレンズ天体の前を横切った時に、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、観測者からソース天体が増光して見える現象である。レンズ天体が単星の場合、増光曲線は対称的になるが、伴星を有していると、特徴的な非対称性が現れる。この増光曲線のフィッティングを行うことで、主星と伴星の質量比や射影距離などの物理量を求めることができる。重力マイクロレンズ現象は主星の明るさによらないため、太陽から遠く離れた星や、褐色矮星、惑星も観測可能である。

本研究では、MOA-2016-BLG-142 及び MOA-2016-BLG-339 の 2 つのイベントをフィッティングにより解析した。

高压相転移における剪断応力の効果

大川耀平 近藤研究室

Key words : ダイヤモンドアンビルセル、剪断応力、オリビン、相
転移

沈み込むスラブやマントル対流の場では、鉱物にある剪断応力(変形)が生じることが示唆されており、深発地震や選択配向の原因として考えられている。過去に行われた高压下の変形実験はマルチアンビルプレスを使用した実験が主流であったが、本研究では、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた一軸圧縮によって試料に剪断応力を発生させ、高压相転移における剪断応力の効果を観察するための基礎技術開発を行った。本実験ではくさび形のかんらん石単結晶 2 枚を重ねて DAC の試料室に封入し、試料接触面に剪断応力が働くように試みる。今回はスラブでの温度条件を考慮し、1000K 以下での温度制御に優れた外熱装置を DAC に組み合わせて比較的低温での相転移条件を探ったので、その結果を報告する。

宇宙風化作用における単体の硫黄の影響

田中宏和 佐々木研究室

Key words : 宇宙風化作用、反射スペクトル

宇宙風化作用とは、大気のない天体表面で見られる光学的性質の変化のことであり、反射スペクトルの①暗化 (全体的に反射率が低下すること)、②赤化 (短波長領域での反射率が長波長領域に比べてより低下すること)、③吸収バンドが弱くなることが見られる。このような変化は、太陽風の照射や微小隕石の衝突などによるナノ鉄微粒子の生成が原因で引き起こされる。また先行研究より、硫化鉄には宇宙風化を促進する効果があることが示唆されている。これに関して、宇宙風化の過程で単体の硫黄が光学的性質に影響を与えている可能性を考える必要がある。本研究では、かんらん石粉末に硫黄微粒子 (粒径 45-75 μm) を添加した試料に対して真空中で宇宙風化を模したパルス強度 5 mJ のナノ秒レーザーを照射する実験を行い、反射スペクトル (波長範囲 250-2500 nm) の変化を分光器によって測定した。ここでは得られた結果として、単体の硫黄が反射スペクトルの変化に対して与える影響の報告、及び照射後の試料における硫黄の状態についての考察を行う。

トランジット分光測光装置のための 高安定光源システムの開発

合田翔平 芝井研究室

Key words : トランジット分光、測光精度、光モニター回路

太陽系外惑星の大気分光の手法の一つであるトランジット分光を用いて、惑星大気の組成を決定するために必要な分光測光精度は、分子の種類および波長によって異なる。我々は、その中でオゾンや二酸化炭素、メタンといった、生命の環境に影響を及ぼす分子を対象としている。M型星周りを公転する地球型惑星の大気から中間赤外線にあるオゾンを検出する場合、必要な精度は、 10^{-5} である。

我々は、上記の仕様を満たす観測装置を室内において実現することを目標としている。その観測装置の実現において重要なシステムの一つが長時間にわたって一定の光量を放射する光源である。その光源システムにおいて必要な仕様は、光源の温度は1500Kで、1時間にわたって、10万分の1の揺らぎに明るさの変動を抑えることである。

本研究では、明るさの変動を抑えるために、光源の明るさをリアルタイムに測定して制御するシステムを設計した。これまでに、光源部分の光学系およびフォトダイオードの回路の製作を行い、また光源の温度と光源の揺らぎの測定を行った。本発表では、そのシステムの設計と製作、評価について報告する。

水星外核条件下での Fe-Ni-S-Si 融体の音速・ 密度測定

齊藤龍之介 近藤研究室

Key words: 音速、密度、水星外核、軽元素、鉄合金

地球型惑星の外核には、Fe, Ni を主成分とし、その他軽元素 (H, C, O, S, Si など) が入っていることが予想されている。液体外核の成分の解明には、物理観測から得られる縦波速度、密度といった物理量が重要になる。水星は還元的な惑星と考えられているため、核中の軽元素として Si が有力視されてきた (Malavergne et al., 2010)。また 2011 年に打ち上げられた水星探査機 MESSENGER により、水星表面に 1-4wt% の S が発見され、最近では水星核中の軽元素として S も注目されつつある。こういった結果から、水星核中に入る軽元素の候補として、S, Si が有力な候補になっている。

これまでの高圧下での液体鉄合金の音速あるいは密度測定では、Fe-S, Fe-Si 系での測定は報告されているが、S, Si を同時に入れた組成での測定はこれまでに報告されていない。よって本研究では、水星外核条件で、Fe-Ni-S-Si 及び Fe-Ni-S 融体の音速、密度を超音波法と X 線吸収法により測定した。今回の発表では、4.5GPa までの音速・密度にあたる軽元素の効果を報告する。

水分減少に伴う生体組織の電気物性変化の解析

山口智子 中嶋研究室

Key words: 電気インピーダンス測定, ジャガイモ,

水分減少, キャパシタンス, コンダクタンス

生体組織には水が多く含まれ, 生命活動の維持に大きな役割を果たしている. しかし, 水の減少に伴う生体組織中の変化を詳しく調べた研究は少ない. 本研究では, 半分にしたジャガイモを2日間自然乾燥させ, 片方を電子天秤によって重量を, もう一方は電気インピーダンスを30分ごとに計測した. 電子天秤によるジャガイモの重量は, 48時間で52gから43gまで指数関数的に減少した. 電気インピーダンス測定では1Hz~10MHzの周波数範囲でインピーダンス Z と位相 θ を計測した. これらをコンダクタンス G とキャパシタンス C に変換して, 1kHz, 100kHz, 1MHzでの水分減少に伴う変化を調べた. その結果, 水分減少に対して低周波数側の G は変化が小さかったが, 高周波数側の G は大きく減少した. 細胞膜はキャパシター, 細胞内液, 細胞外液は抵抗とみなす等価並列回路モデルを用いて, $C-\Delta C$ プロットを解析したところ, ジャガイモは最初2つの誘電緩和を持つ水溶液1/細胞膜/水溶液2の三層構造だったが, 水分減少後には誘電緩和を1つだけ示す水溶液1/細胞膜/水溶液1の二層構造へ変化したと考えられる.

かんらん石の画像分光観測における 表面状態の影響

五十嵐優也 佐々木研究室

Key words: かんらん石, 反射スペクトル

かんらん石は月形成初期のマグマオーシャンから集積してマントルを形成した主要鉱物の一つと考えられている. 月表面にはかんらん石の露出している地域が存在していることが月探査機「かぐや」の観測より示唆されている. 小型月着陸計画(SLIM)では, 着陸候補地点の一つとしてかんらん石露出地域が提案されており, 分光カメラでの観測が計画されている. 月表面の可視・近赤外反射スペクトル観測にあたっては, レゴリスから岩石まで, 様々な表面状態でのかんらん石反射スペクトルに対応しておくことが重要である. 本研究では表面状態の要素の中で表面の粗さに着目した. 地球のかんらん石を含む岩石を加工して, 表面の粗さが異なる岩石片を用意し, これらの反射スペクトルの観測を行った. 実験で得られたスペクトルデータより, 月表面かんらん石結晶の分光カメラ観測からかんらん石の化学組成について有意なデータが得られるかについて検討を行った.

不凍タンパク質の冷却赤外分光測定

上坂怜生 中嶋研究室

Key words : 不凍タンパク質、減衰全反射赤外分光法

地球は過去に3度全球凍結したと考えられており、その直後に生物は爆発的な大進化を遂げている。この全球凍結期を生き延びた生物は、凍結に対抗する何らかの機能を持った可能性がある。

不凍タンパク質とは、 0°C 以下で形成された氷の微結晶に結合し氷の成長を妨げる機能を持つとされるタンパク質であるが、これらの物質がどのように氷の成長を阻んでいるかという具体的なメカニズムは解明されていない。そこで本研究では、不凍活性を持つと考えられているタンパク質の官能基とそれらに結合する水分子の水素結合の状態などを、冷却減衰全反射(ATR)赤外分光測定法によって明らかにすることを試みた。今回は主に測定装置の製作と改良について報告する。また、室温(約 20°C)から -10°C 程度までの純水と不凍ペプチド溶液の赤外スペクトルの変化例を示し、液体水から氷への変化の指標として $3200\text{cm}^{-1}/3400\text{cm}^{-1}$ ピーク比を紹介する。

Tri-axial star の安定性

牧野謙 宇宙進化(長峯)グループ

Key words : 中性子星、シミュレーション

超新星爆発の際に、爆発によって吹き飛ばされた物質の一部が中心核に降着する現象により中心に存在する中性子星を Tri-axial neutron star に変形させる可能性が示唆されている。Tri-axial neutron star とは相対論的重力と圧縮性の状態方程式に支配されたヤコビ楕円体の一般化である。Tri-axial neutron star は理論的に存在の可能性が示唆されているが、実際に存在するかは分かっていない。Tri-axial neutron star は強い重力波を出すことが予想されており、観測することによって中性子星の中心核の状態方程式についての発見が期待されている。そこで本研究では Tri-axial neutron star は、少なくとも10回転程度は安定であることを明らかにした。

月面のレゴリスサンプリング法の開発

新述隆太 寺田研究室

Key words: 月極域 月面水 同位体比 レゴリス

近年リモートセンシングによる月の水の調査が行われており、月には微量ながら水が存在するということが分かってきた。地球には水が豊富にあるが、地球と似た成分で構成され地球の近くにある月には微量でしか水が存在していない。惑星はどこから水を供給され、保持し、そして水はどのように逃げていくのか。それを探るためには同位体比を調査することが必要不可欠である。そこで私たちは実際に月面に無人機を着陸させ、レゴリス中に含まれる水を採取し「その場」で観測をすることを目標としている。

今回は月面砂のサンプリング方法と月の砂の性質について発表を行う。サンプリング方法としては砂にヘリウムガスを噴射し巻き上げて回収し、そこから水分を抽出するという方法を用いる。実験ではヘリウムでなく圧縮空気を用いる。その際に砂に含まれる水分量や周辺温度による砂の硬度、圧縮空気とヘリウムでの差異などの観点から、想定される採取量のデータを発表する。

火成岩の一軸圧縮で発生する 電流の温度依存性

前菌大聖 寺田研究室

Key words: 地震前電磁気現象、TEC、分極、正孔励起

地震に先行する電磁氣的現象として、電離層における電子密度(TEC)の異常が報告されている(Heki, 2011)。この原因として、震央付近の地殻に表れるマクロな電気分極が考えられ、その分極メカニズムは、圧電補償電荷説、過酸化架橋の正孔励起説、間隙水の移動による流動電位説などが提唱されている。正孔励起説(Freund, 2006)は、火成岩の圧縮によって、鉱物中の酸素過剰欠陥部分に正孔が励起し、濃度拡散で移動する説であり、継続時間の長い電磁気異常や地電位差異異常を説明できる点で注目されている。この正孔濃度は、温度を上げると増えることが予想される。本研究では、火成岩を一軸圧縮したときに発生する電流の温度依存性を調べた。3×6×10cmの斑レイ岩を120℃まで加熱し、約5MPaを加え、岩石両端間の電流を測定した。結果として、圧縮中に流れる電流は50~100℃の範囲で6~60pAと、10倍程度増える傾向が見られた。

楯円銀河 NGC 1275 の サブパーセクジェット的时间変化

佐伯駿 宇宙進化グループ (長峯研)

Key words : AGN、ジェット

ペルセウス座銀河団に存在する NGC1275 は近傍の楯円銀河で、中心の活動銀河核 (AGN) から噴き出すジェットが観測されている。これまで 2005 年ごろに始まった AGN 活動に伴うサブパーセクスケールのジェット的一方 (AGN の南側) のみが観測されていたが、最近北側のジェットも検出されたという報告があった。

しかし 1990 年代後半に、北側のジェットの位置に光点が検出されていたことがあり、北側のジェットとされる構造が、実はジェットではなく、その場所に固定された変光する構造 (例えば降着円盤の穴) が存在する可能性が残る。

そこで本研究では VLBA のアーカイブデータを調べ、少なくとも 2011 年から 2015 年までは光点が存在しないことを確認した。解析結果から 1990 年代の光点の明るさの上限は、8mJy/Beam であり、今回発見された光点は 22mJy/Beam であることがわかった。

さらに南側のジェットの運動についても調べたところ、2015 年から運動の向きが急に変わったことがわかった。

本発表ではこれらの観測結果の解釈についても議論する。

系外惑星候補重力マイクロレンズイベント MOA-2015-337 の解析

宮崎翔太 芝井研究室

Key words: 重力マイクロレンズ法、系外惑星

私が所属する MOA (Microlensing Observations in Astrophysics) グループはニュージーランドにあるマウントジョン天文台において重力マイクロレンズ現象を用いた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、観測天体（ソース天体）から来る光がそれよりも手前の天体（レンズ天体）の重力によって曲げられることで一時的に増光されて観測される現象である。観測される増光の時間変化を表す光度曲線は、レンズ天体が単星の場合は対照的な形となるが、それが連星系、惑星系を持つ場合は特徴的な形になる。得られる光度曲線を解析することにより主星と伴星の質量比を求めることができ、惑星を検出することにつながる。

今回、2015 年に MOA グループが発見した MOA-2015-BLG-337 という重力マイクロレンズイベントの解析を行った。解析の結果、このイベントのレンズ天体は、距離 6.7kpc にある主星が $1.1M_{Jup}$ 、伴星が $3.9M_{\oplus}$ の質量を持つ惑星系であることがわかった。

レーザー衝撃圧縮を受けた鉱物中の圧力減衰

廣本健吾 近藤研究室

Key words: クォーツ、隕石衝突、衝撃変成

地球型惑星に対する隕石衝突は 10km/s を超える超高速衝突となる。衝突地点での物質の圧力、温度は数百 GPa、数万 K にも達し、惑星形成やクレーター形成を考える上で衝突時、物質に衝撃波がどのように伝搬しているかを評価することは大変重要となり、本研究では、鉱物中を伝搬する衝撃波の圧力減衰を評価することを目的とする。先行研究において、大型レーザー装置（激光ⅩⅢ号）を用いて隕石衝突に相当する圧力を生成し、衝撃圧縮を受けた鉱物の回収実験が行われている。ここでは回収された鉱物の内、未解析の鉱物（クォーツ）について分析を行った。クォーツ内部の変成状態を光学顕微鏡、ラマン分光、X線回折などを用いて観測したので、その結果と今後の展開について報告する。

Li₂O-GeO₂ 系の高温高压での相関係

石橋悠太 佐々木研究室

Key words : 高温高压、相関係

超高压力下でのマグマの物性を知ることは、マグマオーシャン等の地球の進化・分化過程や現在のマントルダイナミクスに与える部分熔融の影響を考える上で大変重要である。しかし、高温高压力下での液体の研究には、実験技術的な困難が多く残っている。我々のグループでは、シリケートのアナログ物質である GeO₂ 系 (LiO₂-GeO₂ 系) 液体の高温高压力下での局所構造変化を調べてきた。現在、次のステップとして、高压力下での局所構造変化に伴う粘性変化を、落球法を用いて測定する試みを始めている。この粘性測定を行うには、まず LiO₂-GeO₂ 系の高温高压での相図の決定が不可欠である。本研究では、試料の作製から高压実験環境の整備までを行った。得られた結果から、1 気圧での相図との違いや、その他の圧力・温度での相関係変化の予測などを行った。

X線天文衛星「すざく」による

大質量X線連星 IGR J16318-4848 の観測

猿楽直樹 常深研究室

Key words : 大質量X線連星、コンパクト天体

近年、硬X線から軟ガンマ線帯域をカバーする INTEGRAL 衛星によってX線連星が複数発見されている。これらは青色超巨星を伴星に持っており、伴星からの高密度の星風により、コンパクト星付近から放射されるX線が強い吸収を受けていると考えられるが、その形成、進化や環境については未解明な点が多い。IGR J16318-4848 は銀河系円盤部に位置しており、大質量X線連星の中でも最も強い吸収を受けている天体である。そのスペクトルはべき乗放射と鉄とニッケルの特性X線によって説明されている。ここではすざく衛星による IGR J16318-4848 の長時間観測データを用い、鉄輝線の中心エネルギーやその強度を精密に測定した。その結果から、連続X線の放射源を取り巻く物質の電離状態の調査を行い、そこから得られた天体の情報について報告する。また、連星系を構成するコンパクト星が中性子星かブラックホールかを決定づけるため、X線放射の周期解析を行った結果についても議論を行う。

N体シミュレーションの merger tree を用いた 早期宇宙の巨大ブラックホールの成長について

幸田泰明 長峰研究室

Key words: black hole: high redshift - massive,

dark matter: simulation, method : semi-analytical

赤方偏移 $z \sim 6$ に巨大ブラックホール (MBH) が発見された。このブラックホールはビッグバンから 0.8Gyr で誕生し成長したことになる。これは、理論的にも観測的にも興味深い謎であり、多くの研究がなされている。たとえば、MBH とダークマターハロー (DMH) の関係の議論がある。一方、DMH の成長については Millennium simulation などの N 体シミュレーションで計算されている。そこで、本研究ではこれらの大規模シミュレーションから構築された DMH merger tree を用いて MBH の成長を研究した。その結果、赤方偏移 12 から 14 の間に Direct collapse モデルで MBH の種 ($10^5 - 10^6$ Msun 程度) が生成されれば、観測されている質量の MBH に $z=6$ までに 10^8 Msun 程度までは合体により成長できることが分かった。

拡散律速凝集モデルにおける川の分岐角度分布

鳥海 篤 川村研究室

Key words: 拡散律速凝集モデル、シミュレーション、分岐角度分布

地下水脈が土壌を浸潤することで成長するという川の成長モデルに基づく先行研究では、川の分岐角度分布は $72^\circ = 2\pi/5$ にピークを持つことが分かっている。また原による前年度の卒業研究から、日本の全ての川の成長は先行研究の仮説を満たしているわけではないが、分岐角度分布には 75° 付近にピークがあることが分かった。

そこで本研究ではそれらを踏まえ、分岐角度の普遍性を調べるためにランダムウォークを用いた拡散律速凝集モデルによる川の成長のシミュレーションを行った。そして、長さの短い支流から順に切っていくという「繰り込み」的操作を施しながら、分岐角度分布に普遍性があるのかを確認した。その結果、サイズの小さい系で有限サイズ効果は見られるものの 60° 付近にピークを持つ分岐角度分布に収束した。このランダム性のみを持たせた拡散律速凝集モデルの場合における結果は、分岐角度分布のピーク値の下限を与えると考えられる。

反射鏡を使用しない高解像度 X 線撮像法の検討

山崎留歌 常深研究室

Key words : X 線撮像、フレネル回折、タルボ効果

X 線天文衛星の角度分解能は、Chandra 衛星搭載の反射望遠鏡が達成した 0.5 秒角が最高である。これをこえることは容易ではなく、実際、2028 年打ち上げ予定の超大型 X 線天文台 ATHENA でも角度分解能は 5 秒角である。我々は、数マイクロピッチの回折格子と X 線撮像分光検出器だけを組み合わせた単純な形式の X 線撮像装置を提案している。格子の射影像（影絵）あるいはタルボ効果による干渉像を撮影し、得られた多数の像を格子ピッチで重ね合わせるにより光源(=天体)プロファイルを測定する。今回、フレネル回折で平行光に対する X 線プロファイルを計算した。5 マイクロピッチ、開口率 0.2 の格子を検出器から 25cm の距離（波長 0.1nm 付近の X 線に対するタルボ距離）に置くと、バンド幅 10% くらいの範囲の波長域で、角度分解能 0.8 秒角を達成できることがわかった。4 倍の 1m の距離では 0.2 秒角が期待できる。一方、25 マイクロピッチの格子、25cm の距離では、さらに広い波長域で射影像として角度分解能 4 秒角が得られる。

海洋調査において採取された氷様物質から メタンハイドレートを選別する手法の開発

岡本和斗 佐々木研究室

Key words : メタンハイドレート、生成年代推定

メタンハイドレートは、水分子が形成するカゴ状構造の中にメタン分子が取り込まれた包接水和物で、体積の約 170 倍のメタンを包蔵することからエネルギー利用が期待され、調査や研究がなされている。海洋調査によって採取された氷様物質（通常これをメタンハイドレート試料という）は数 mm 程度のメタンハイドレート粒を含む間隙水やハイドレート分解水の凝固した氷であった。天然メタンハイドレートの分析を行うには未分解のメタンハイドレートのみを取り出す必要がある。昨年、メタンハイドレートが安定な低温高压条件下で観察可能な容器が開発された。しかし加圧ガス注入時に断熱圧縮の効果で装置内の温度が上昇し、氷だけでなくメタンハイドレートも溶解するという課題があった。本研究では、液体窒素により加圧ガスを容器へ導入する直前で一度冷却し、ガス流入量も調節することで、その課題を解決することに成功した。さらに氷様物質からメタンハイドレート粒を取り出すための最適な条件について検討を行った。

2型活動銀河核 NGC4945 の X線スペクトル変動

古市拓巳 常深研究室

Key words : 2型 AGN、統一モデル、トーラス

銀河中心にある数 10 万～数 10 億太陽質量の超巨大ブラックホールへの降着現象である活動銀河核 (AGN) には可視光輝線や X 線スペクトルで分類される 2 つの型がある。AGN の統一モデルにおいては、分子雲トーラスによって覆われている中心ブラックホールが見える 1 型と隠されている 2 型と考えられている。2 型 AGN の X 線スペクトルは、トーラスで吸収されつつ透過してきた成分、トーラスで反射された成分、電離ガスで散乱された成分で構成される。本研究では、代表的な 2 型 AGN NGC4945 のすざく衛星による 2005 年から 2011 年の計 7 回の観測データを解析し、これらの成分の時間変動から中心ブラックホールの活動とトーラスの幾何学について制限を付ける。

モンテカルロシミュレーションを用いた ハニカム格子磁性体における強誘電性の研究

市村拓也 川村研究室

Key words: XY モデル、マルチフェロイック物質、スピングラス

マルチフェロイック物質は、通常は独立な電気的自由度と磁気的自由度が密接にカップルした物質であり、応用面からも近年注目を浴びている。最近、阪大基礎工の山口、木村らによって、ハニカム格子磁性体 $Ni_xMn_{1-x}TiO_3$ において、 x が小さい領域の容易面内反強磁性相 (AF 相) に加えて、 x が大きい領域のスピングラス相 (SG 相) においても磁場誘起の強誘電性が観測されることが報告されており、当研究室ではその発現機構に興味を持って研究している。本研究では、それぞれの相に対応する積層ハニカム格子 XY モデルに、Kitaev 型の磁気異方性と交換相互作用のボンドランダムネスの効果を取り入れ、AF 相から SG 相までについて系統的に誘電分極の有無を調べた。モンテカルロシミュレーションの結果、容易面内 AF 相では、ランダムネスのない AF 相を扱った先行研究と定性的に一致する結果を得た。発表では、得られた相図や SG 相における強誘電の有無、そして実験結果との整合性について議論したい。

始原小天体有機物の天体重爆撃模擬実験

藤岡 光 寺田研究室

Key words : 天体重爆撃 隕石 彗星 有機物

約 41~38 億年前の天体重爆撃期に、地球外有機物が生命の材料として初期地球に供給されたと考えられている (Chyba and Sagan, 1992)。先行研究では、氷天体の模擬物質のガス銃衝撃実験で、アミノ酸が合成されるという報告 (Furukawa et al. 2008, Martins et al., 2013) があるが、ガス銃で発生可能な衝撃速度は、地球脱出速度には及ばない。そこで、本研究では高強度レーザーを用いた炭素質隕石、模擬彗星氷の超高圧衝撃実験を行い、ガスクロマトグラム質量分析計で分析することにより、衝撃による小天体中有機物の組成変化を明らかにした。

その結果、炭素質隕石中の多環式芳香族炭化水素については、20 GPa では、ナフタレンが減少したこと以外は衝撃前とほとんど組成が変わらなかったが、50 GPa, 400 GPa では、ピレン、フルオランテンの濃度が増加し、ビフェニル、アントラセン、フルオレノンの濃度は減少した。脂肪族炭化水素については、50 GPa, 400 GPa で短鎖分子 ($C_{14}\sim C_{17}$) の濃度が減少し、長鎖分子 ($C_{18}\sim C_{24}$) の濃度が相対的に増加した。模擬彗星氷については、ジフェニルメタンやアルキル尿素と推定される化合物が検出された。本結果は、衝撃が有機物の芳香環の縮合や炭素鎖の重合を促進、生命起源に至る化学進化の出発物質になりえた可能性を示唆する。