

惑星ラボからこんにちは! その6 ~大阪大学惑星物質学グループ~

佐々木 晶¹, 佐伯 和人¹, 木村 淳¹

1. 宇宙地球科学専攻について

大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻は、これまでの伝統的な天文学や地球惑星科学とは異なった学際科学としての「宇宙地球科学」の構築を目指すべく設立された、全国にも類を見ないユニークな専攻です。「ビッグバンから生命活動まで」をキーワードに、宇宙・惑星・地球を舞台に起こる様々な自然現象や、その極限状態を研究対象とします。特に、物理的手法を基盤としたアプローチが特長で、理論宇宙物理学、X線天文学、赤外線天文学、同位体地球惑星科学、地球惑星物理学、太陽系科学、ソフトマター物理学、非平衡物理学などをベースに、8つのグループを単位として教育・研究活動を展開しています。多くの場合、ひとつのグループは3~4人の教員で構成されています。

惑星科学に関係するグループとしては、惑星物質学グループ(佐々木研)、惑星科学グループ(寺田研)、惑星内部物質学グループ(近藤研)の3つがあり、2017年には協力して日本惑星科学会秋季講演会を開催しました[1]。このほかにも、太陽系外惑星を主たるターゲットとする赤外線天文学グループや、原始惑星系円盤のシミュレーションを行っているグループ、天体表面レゴリスの挙動を研究するグループもあります。詳しくは専攻のホームページ(<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>)をご覧ください。か、「宇宙

地球科学専攻」で検索してみてください。

本稿では、惑星科学グループと惑星内部物質学グループの内容を簡単に紹介した後、我々の惑星物質学グループの紹介をしたいと思います。

惑星科学グループのリーダー寺田健太郎氏は、もともと大阪大学のX線天文学のグループの出身で、質量分析計を用いた同位体惑星科学を専門としています。そのほか、ミューオンを用いた隕石の非破壊分析や、最近では月のクレーター年代の見直しといった面白い仕事もしています。准教授の山中千博、横田勝一郎、植田千秋の各氏は、電子スピン共鳴、プラズマ粒子計測、磁性粒子の挙動の専門家です。山中氏は、JAXAの月極域探査計画(LUPEX)のレーザー水分析計のPI、横田氏は火星衛星探査計画(MMX)のイオン質量分析機のPIでもあります。また、本年(2022年)からは同位体宇宙科学の研究者である福田航平氏が着任しています。



図1: 大阪大学豊中キャンパスの正門柱の向こうに見えるのが、宇宙地球科学専攻棟。大阪モノレール柴原阪大前駅から徒歩7分ほどです。

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻
sasaki.sho.sci@osaka-u.ac.jp



図2:大阪大学豊中キャンパスのメインストリート。

惑星内部物質学グループは、主としてダイヤモンドアンビルセルなどの高圧実験装置や(阪大レーザー研の)高出力レーザーを使った実験により、地球や天体内部の進化を研究してきました。リーダーの近藤忠氏は名古屋大学の出身で惑星各分野にも興味を持っており、水星の金属核の研究や、氷天体内部海での氷成長への電磁気的な影響の研究を行っています。昨年(2021年)には愛媛大学から西博之氏が加わり、今後はマンツルのレオロジーや地球内部の水循環もテーマになっていくと思います。

2. 惑星物質学グループについて

2.1 研究紹介

われわれ惑星物質学グループは「太陽系探査」をキーワードにし、理論・実験・観測などさまざまなアプローチから研究活動を行っています。以下に、当グループに属する惑星科学分野の教員のそれぞれの研究内容を紹介します。

佐々木晶

宇宙風化作用:月、小惑星、水星といった大気の無い固体天体表面では、主に微小隕石の衝突、太陽風、そして紫外線の照射によって表面物質の光学物性が変わり、反射スペクトルが変化します(赤化、暗化、吸収帯の弱化)。この宇宙風化作用という現象は、ナノ鉄微粒子の生成が主原因と考えられています。パルス幅がナノ秒程度のパルスレーザーを用いると、宇宙風化作用に特有なスペクトル変化をシミュレーションできます。これまで、水星表面を模擬した硫化物を加えたサンプルや、小惑星Psycheを模擬



図3:宇宙風化作用実験設備。

して鉄/シリケート比の大きなサンプルへの照射実験も行っています。また、はやぶさ2のターゲット小惑星リュウグウを想定して炭素質シミュラントおよびCM炭素質コンドライトへのレーザー照射実験を行いました。さらに、サンプルに紫外線を長時間照射するシステムの構築を行い、月高地を模擬したカンラン石と斜長石(および混合物)への照射実験を行ってパルスレーザー照射の結果と比較しました。

ダスト計測器開発:2018年秋に打ち上げられた日欧共同水星探査ミッション「ベピコロンボ」には、日本のグループが開発した、ピエゾ素子を用いたダスト計測器MDM(Mercury Dust Monitor)が搭載されています。さらに、2024年に打ち上げ予定の火星衛星探査計画MMXには、火星周囲のダスト環境を明らかにする目的で、大面積のダスト計測器CMDM(Circum-Martian Dust Monitor)が搭載され、千葉工大やJAXA等と共同で開発を進めています。そのほか、はやぶさ、はやぶさ2など、惑星探査データを用いた研究を行っています。熱疲労による小惑星表面の岩塊の割れ目の方向の研究や、表面地形からの小惑星の内部密度分布の推定、火星地下温度構造の計算などを行いました。基本的には、学生の興味に合わせたテーマを与えるようにしています。

佐伯和人

月惑星探査と地球の火山観測に関する研究をしています。両者はそれぞれ別のテーマとして実施していますが、宇宙探査技術が上がることによって近いうちに融合するでしょう。月惑星探査関連では、月探査に古くから関わっています。もともと学生時代は隕石を研究する鉱物学者だったので「はやぶさ」計画に誘



図4: 2018年秋の大学祭「まちかね祭」では研究室で出展し、お汁粉と珈琲をふるまいました。

われたのが宇宙探査に係わるきっかけでした。しかし自然現象としてはマグマの分化による天体の進化に惹かれていたので、「はやぶさ」計画を離れ、月周回衛星「かぐや」の地形・地質カメラのグループに入れてもらいました。もっとも、「はやぶさ」でもAMICAというカメラのフラットフィールド補正をする簡易積分球は私が考案したものが使われています。現在は、小型月着陸実証機SLIMに搭載されるマルチバンドカメラ(MBC)や、月極域探査計画(LUPEX)に搭載される画像分光カメラ(ALIS)の開発リード(とりまとめ役)をさせていただいています。前者は月のマントル組成を推定するためのカメラで、後者は月表面の微量の水を検出するためのカメラです。火山観測では様々な観測手法の開発をしています。特にやりがいがあったのは、防災につながる研究です。カメルーンのニオス湖という火山湖では1986年に湖水に溶け込んだ二酸化炭素が一気に発泡(湖水爆発)して麓の住民1746名が亡くなるという大惨事がありました。未来の湖水爆発を防ぐために、湖水の二酸化炭素濃度を水中音速を利用して簡単にモニターする方法を開発しました。月惑星探査にせよ地球の火山観測にせよ、なかなか行けないところに新しいアイデアの観測装置を開発して持ち込むという手法は共通です。そして、研究の成果が、人類の宇宙進出や、人類と火山の共存のために良い道筋を示すものになれば良いと考えています。学生のテーマも新しい観測手法や地学現象を再現する装置の開発など、サイエンスとものづくりを絡めたものが多いです。また、希望する学生には宇宙観測機の開発に参加したり、

火山観測に参加したりなど、他の研究機関の方々と共同で作業する経験もしてもらっています。

木村淳

固体天体の表層地質や内部構造の起源と進化、大気との相互作用などに着目した研究を行っています。その理論的なアプローチとして例えば、氷天体の地下海を含めた内部構造とその長期進化や、氷殻や高圧氷マントルといった固体氷層の対流運動などに関するモデル計算を、研究室所有のワークステーションを用いて行っています。観測の情報が外まわりのものに限定されがちな地球外天体に対して、その内部の様相や現在の姿へ至るまでの歴史を推し測り、天体を持つ多様性やそれを支配する素過程の理解を目指します。学生の学位論文に関連する最近の具体例としては、内部の熱進化に関するモデル計算をベースに、冥王星衛星カロン表面の拡張性断層の成因、海王星衛星トリトンの窒素噴出の熱源、木星衛星カリスト内部の不完全分化と地下海の存在といったテーマのほか、準惑星エリスや天王星衛星の内部構造進化などの問題に取り組んでいます。また、冥王星の大気・表層間の物質循環をモデル化した表面の反射率分布変化や、多層(相)系高圧氷マントルの対流ダイナミクスに関する理論計算なども行っています。基本的な物理・化学を共通項として物質や環境の相違をある程度自由に操り、天体全体の挙動をひとつのシステムとして見通せるのは、モデル計算やシミュレーションならではの強みと面白さです。ただしモデルは所詮モデルであり、観測的情報に立脚したフィードバックが不可欠ですから、そのための具体的な手段として探査機によるその場調査があり、望遠鏡を使っての遠隔観測があります。我々は2023年に打ち上げが予定されている木星圏探査機JUICEや、2027年打ち上げ予定の土星衛星タイタンのドローン調査であるDragonfly計画などに参加しており、搭載機器の開発や、期待される科学データの解釈に資する理論モデルの構築を行っています。例として、土星衛星タイタン内部のクラスレート層と熱史や脱ガスへの影響や、木星衛星ガニメデの潮汐変形と強制秤動に関するモデル計算などがあります。また最近では、地上望遠鏡を用いた観測的研究も積極的にいき、主に氷天体の大気・表層の物質化学的な



図5: 2017年日本惑星科学会秋季講演会の懇親会でも好評を博した「惑星焼き」。上から火星, 月, 天王星, 金星(のつもり)。木星は縞模様や大赤斑の再現が極めて難しい。

理解や時変動の捕捉を目指しています。大阪大学は独自の天文台を所有していないため、北海道大学附属天文台との共同研究体制のもとで撮像・分光観測を行っています。目的のためには手段を選ばず、の姿勢で可能な限りの多様なアプローチを採りながら、学生の興味と好奇心に根ざした研究活動を目指しています。

このほか惑星物質学グループには、高圧実験(とワイン)を専門とする大高理氏がいて、ジャーナメントを使ったシリケートマグマのアナログ実験を行っています。

2.2 学生教育

大阪大学では、学部では物理学科として過ごし、大学院は物理学専攻と宇宙地球科学専攻に分かれます。実際は、学部3年生の年度末に卒業研究のための研究室配属を決めるのが、大きなタイミングになります。物理学科の学生のうち約3分の1が、宇宙地球科学専攻の研究室を選びます。多くの学生が修士課程に進学しますが、4年で就職したり海外を含む他大学の大学院へ進む学生もいます。逆に、阪大以外の大学や、本研究室以外から我々の研究室へ進学

してくる学生も少なくありません。例年、JpGU(日本地球惑星科学連合)大会後の5月末か6月初めに、4年生や外部からの入学生の指導教官を決めます。学生の希望や興味を重視しつつ、4年生の場合は教員がなるべく分担して卒業研究のケアをするようにしています。大学院の場合は学生の希望を優先するため、1人の教官に希望者が集まることもあります。日常的には研究室全体のセミナーを週一回開いて教員全員で学生を指導する体制を取りつつ、教科書や論文の輪読会などを自主的に開催しています。

2022年4月現在、我々のグループには学部4回生が4名、博士前期(修士)課程が10名、博士後期(博士)課程が2名所属しています。大学院生のうち5名は、大阪大学以外の出身です。

3. さいごに

佐々木が、国立天文台から大阪大学に異動した時に、何人かの先生から「阪大の宇宙地球は学部教育が物理と一緒に(学生は)物理がよくできる」と伺いました。大学院生を指導していて、それをちらっと感じる場合があります。一方で、統計力学や量子力学の単位を落として、卒業の危うい学生もいることは事実です。修士課程の大学院の入試は2回あり、8月末の1回目の入試は物理学専攻と一緒にいきます。10月末の2回目の入試は、多様性のある学生を求める観点から地球科学や天文の問題も小論文として出題されます(入試科目などは2024年入学者より変更予定)。学生の中には(決して胸を張れることではないですが)、1回目の入試で落ちて2回目によく合格する人もいます。もはや「物理ができる」は、我々の研究室にとって条件ではありません。当研究グループについてもっと詳しく知りたい方は、ホームページ(<http://www.astroboy-jp.com/>)をご覧ください。

参考文献

- [1] 佐々木晶, 2017, 遊星人 26, 192.