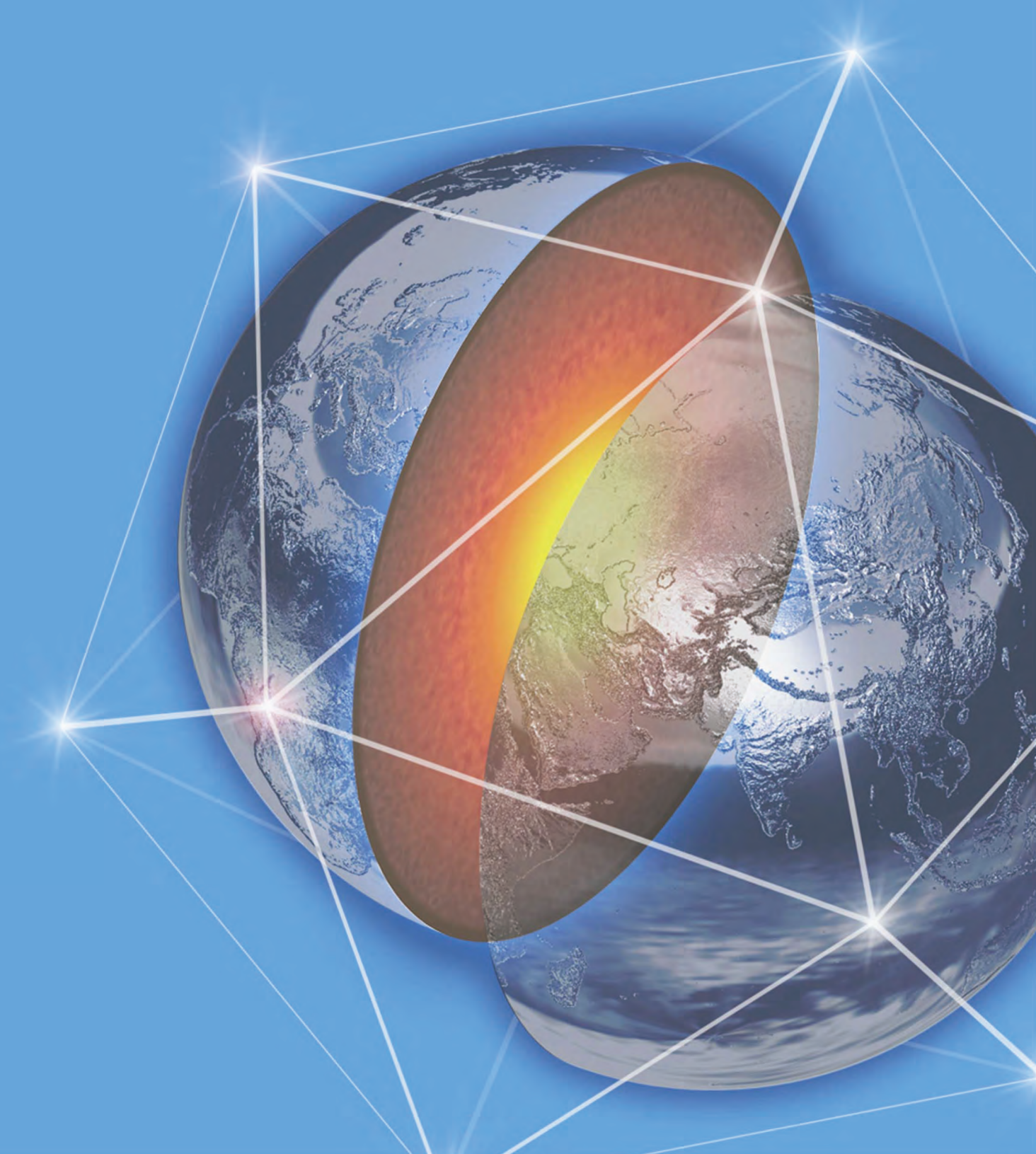


東京大学 大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻

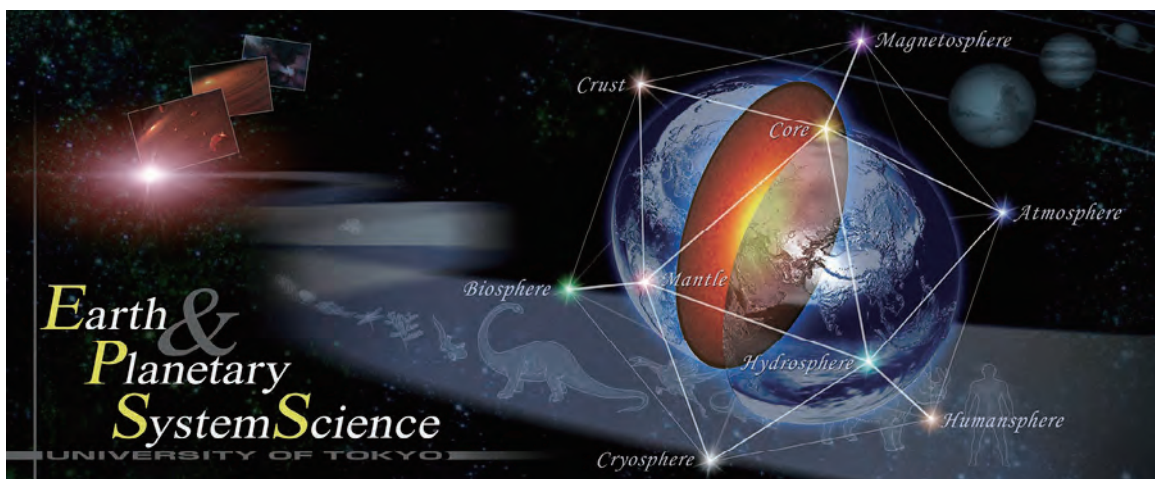
地球惑星システム科学講座

*Earth &
Planetary
System Science*

UNIVERSITY OF TOKYO



地球惑星システム科学講座



地球や惑星をひとつのシステムとして捉える

私たちは地球や惑星をひとつの巨大複合システムとして捉え、その構造や挙動、それらの時間発展をシステム科学的立場から理解する新しい研究体系「地球惑星システム科学」の構築を目指しています。地球惑星科学が対象とする太陽系空間、地球や惑星の電磁気圏、大気圏、水圏、生物圏、固体圏などの領域では、それぞれ異なる物理・化学・生物過程が現象を支配しており、これまでは領域別に研究されてきました。しかし、これら各圏は、様々なフィードバック過程を通じた多圏間相互作用によって、互いに影響を及ぼし合っていることが明らかになってきました。したがって、地球や惑星をひとつのシステムとして捉え、系統的かつ総合的に研究する分野“地球惑星システム科学”の確立が必要とされています。

これまでの学問体系に収まらない新しい分野

地球惑星システム科学は、今までの学問体系の中に納まりきれない非常に新しい分野です。複雑な現象やシステムを研究するために、からまりあった“原因と結果”の糸を解きほぐすのではなく、さまざまな要因の間の“相互関係”に着目し、“全体としての働き”を理解しようとしています。そのためには研究対象や手法を異にする、多様な研究者の集まりが必要で、グループを構成するスタッフの出身も地理学、地質学、惑星科学、固体地球物理学と幅広く、研究手法も野外調査、観測、室内実験、分析、計算機シミュレーションと多岐にわたっています。しかも単に集まっているだけ、というものではなく、日常的に議論をし、相互作用をする有機的な結合の集団です。これによって一つ一つの現象に複眼的視野を確保し、地球惑星システムを統一的に理解したいと考えています。



■ 私たちが取り組んでいること

地球惑星システムの形成

地球惑星システムを構成する諸要素やサブシステムはあらかじめ決まったものではなく、新しく形成され、時間的に変化していきます。このような地球惑星システムのふるまいは通常のシステム科学にはない特徴です。私たちは宇宙での固体物質形成、それらを材料とした分子雲からの原始惑星系円盤形成、円盤内での惑星の形成、惑星表層での海・大気の形成、内部でのコア・マントル形成といったサブシステムの分化の結果として起こる地球惑星システムの形成、時間発展およびその普遍性・特殊性を実験、分析、理論、モデリングの手法を用いて理解することに取り組んでいます。

系外惑星システムの多様性

惑星は、太陽系に固有のものではありません。太陽以外の恒星の周りにも惑星の存在が確認されており、その数はすでに数千個におよびます。しかも、発見された惑星系の形態は実に多様であることが知られています。私達は、惑星形成過程の理論シミュレーションや観測データ解析に基づいた大気および内部組成推定などによって、惑星系というシステムの多様性の起源を探り、そこから太陽系の普遍性・特殊性を理解することに取り組んでいます。

地球表層環境システムの動態

地球表層環境システムの重要な構成要素の1つは、生物圏です。その一部だった人間によって、地球環境は変化しつつあり、生物圏は変化の影響を受けるとともに、フィードバックしています。地球表層環境システム変動に対する生物圏の応答を、野外調査・観測や試料の分析、モデルを通じて解明し、私たち自身の未来を考える上で重要な地球規模変動の正確な予測と対応につなげたいと考えています。

地球大気環境システムの変動

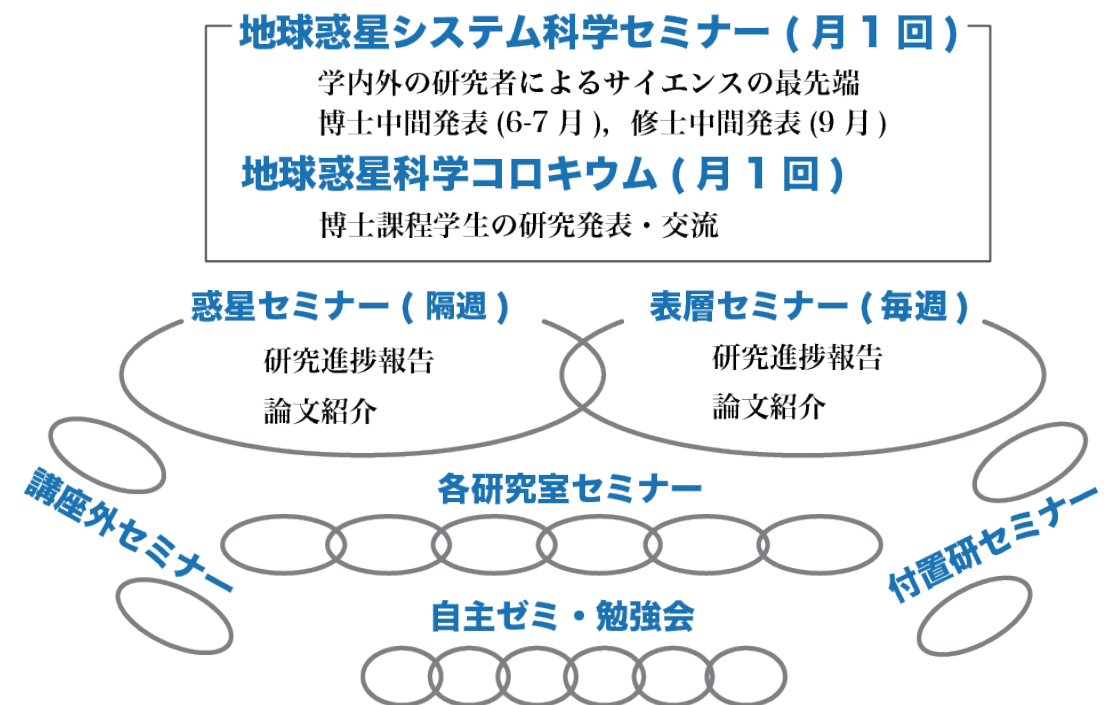
太陽から地球に入射する可視光と地球から宇宙に放出される赤外光のエネルギーのバランスにより地球の平均気温が決定されるため、放射収支は気候変動の重要な因子です。太陽・地球放射を散乱・吸収するエアロゾル・雲・温室効果気体の物理的・化学的特性やその挙動に関する知見は気候（気温、降水）や表層システム（大気・海洋、雪氷圏、生命圏など）の変動の理解に不可欠です。最先端の技術による測定（室内実験・野外観測）と、数値モデルと組み合わせて、地球表層環境の変動の要因、特に人間活動の影響を解明し、その変動の正確な予測につなげます。

惑星地球システムの変動

惑星地球システムは、内的・外的的作用により、複数の安定状態を行き来してきました。そうした安定状態（モード）間のジャンプは、様々な時間スケールで起きています。例えば、過去数十万年間に繰り返した氷期・間氷期変動、数百～数千年スケールで繰り返すモンスーン変動なども地球システムモード間のジャンプとして説明できます。また、約2億5千万年前に起きた地球史上最大的大量絶滅を引き起こした環境変動も、内的要因による惑星地球システムのモードジャンプという視点で捉えることができるかもしれません。惑星地球システムが地球史を通じて経験した変動の規模や様式、変動の時間スケールを地質調査や試料分析で求め、変動の仕組みやその要因を理解することを目指しています。

■ 大学院教育セミナー

深い専門知識と広い視野、柔軟な思考を養う研究指導体制



講座合宿

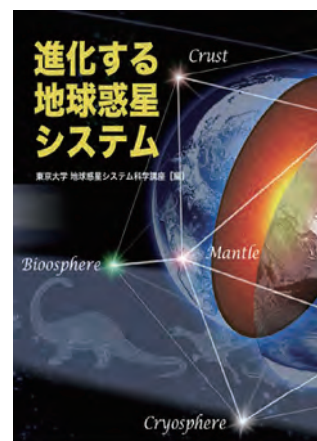
各研究グループの現場を体験，研究分野の交流



2015年に実施した合宿の様子

※詳しくは東京大学地球惑星科学専攻ウェブマガジン12号をご覧ください。

■ 読む地球惑星システム科学



進化する地球惑星システム 東京大学地球惑星システム科学講座編

当講座スタッフによる書き下ろし！これまでの地球惑星科学の限界をうち破り，総合的に地球と惑星の進化と現象を理解しよう．太陽系の誕生から現代の地球環境問題まで，あらゆる時間スケール・空間スケールの対象をシステム的にとらえる新しい学問への入門書．2004 年 5 月初版刊行，2005 年 5 月重刷，2006 年 8 月第三刷発行．

東京大学出版会・四六判・縦組み・ソフトカバー・256 頁
税込 2,625 円（本体 2,500 円） ISBN 4-13-063703-7

地球惑星システム科学とは何か	阿部 豊・田近 英一・茅根 創
太陽系の原物質とその進化	永原 裕子
地球惑星システムの誕生	阿部 豊
冷却する地球の進化	栗田 敬
スノーボールアースー凍り付いた地球	田近 英一
カンブリア紀における生物の爆発的進化の謎	ジョセフ カーシュビンク
二億年の地球のリズム	浜野 洋三
天体衝突と地球システム変動	多田 隆治
アイスエイジの気候変動 - 氷期と間氷期の繰り返し	横山 祐典
地球の水とアジアモンスーン	松本 淳
地球温暖化に対する生命圏の応答	茅根 創
進化する地球惑星システム科学	茅根 創・田近 英一・阿部 豊



地球環境 46 億年の大変動史

田近 英一 著
化学同人 228 頁
2009 年



大気の進化 46 億年 O₂ と CO₂ ー 酸素と二酸化炭素の不思議な関係ー

田近 英一 著
技術評論社 232 頁
2011 年



生命の星の条件を探る

阿部 豊 著 解説 阿部彩子
文藝春秋 238 頁
2015 年



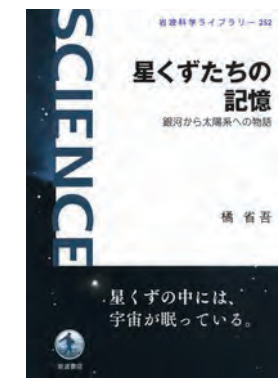
系外惑星探査 地球外生命をめざして

河原 創 著
東京大学出版会 273 頁
2018 年



系外惑星の事典

井田 茂，田村 元秀，
生駒 大洋，関根 康人 編集
朝倉書店 356 頁
2016 年



**星くずたちの記憶
銀河から太陽系への物語**

橘 省吾 著
岩波書店 128 頁
2016 年



地球・惑星・生命

日本地球惑星科学連合 編集
(編集委員 田近 英一，橘 省吾)

東京大学出版会 280 頁
2020 年



**凍った地球
スノーボールアースと
生命進化の物語**

田近 英一 著
新潮社 195 頁
2009 年

■ 講座 Q&A

地球惑星システム科学分野について

Q.「システム全体の挙動を解析する」という研究はどのように行われてきましたか（行おうとしていますか）？

地球惑星システム科学はまだ発展途上で、地球や惑星というシステムが誕生してから現在までの全体としての挙動を完全に記述するところまでは至っていません。しかし、これまでに、システムを構成する要素（サブシステム）の挙動やサブシステム間の相互作用の解明として、惑星表層システムに生命存在可能条件を持続させるのに必要な条件の検討、地球や火星の気候の安定状態の解析、地球内部の活動が表層活動に影響を与えた証拠の探索、太陽系や地球システムが長期間・短期間にどのように進化・変動したかの実証的検証などをおこなってきました。私たちは、個別対象の研究をおこなう際も、それが地球惑星システム全体や他のサブシステムにどのように影響するかという視点を常に持ちつつ、研究をおこなっているため、これまでの研究を通じて、地球や惑星のある挙動を理解するために考慮する必要のあるシステムの切り出し方や、システムの安定性をつくりだすサブシステム間の相互作用が何かなどが明らかになりつつあります。このように常に全体の働きを考えると意識を持った研究者間の相互作用によって、システム全体を記述する方法を産み出すことができないだろうかと期待しています。また、この科学的営みに大学院生や若い研究者が多く参加してくれることを私たちは望んでいます。

Q.幅広い分野をやっているということで「広く浅く」の「浅く」になってしまわないですか？

私たちの研究対象は実に多様ですが、個人個人はそれぞれ深く極めた研究対象や研究手法を持ち、そこに軸足をしっかりと置いています。その上で、日常的な議論を通じて、互いの研究背景や手法を理解し合い、多圏間相互作用を考慮したシステム科学の構築を目指しています。地球や惑星をシステムとして捉えるためには、対象を広く多角的に捉えることが重要で、幅広い知識や様々な分野での研究への理解が要求されますが、「広く浅く」だけでよいとは考えておらず、必ず何か自分の武器となる研究手法や対象を身に付けた上で、地球惑星システムを考えてもらいたいと思っています。

Q. 地球惑星システム科学をおこなうにあたって必要であると考えられることは何ですか？また、今、何を主に勉強しておけばいいですか？

地球惑星システムにおけるサブシステム間相互作用を理解するためには、それぞれのサブシステムの科学の理解が必要です。地球惑星科学は、物理学、化学、生物学などの上に成り

立つ学問なので、どのようなサブシステムの科学を理解するためにも物理や化学といった基礎学問を習得しておくことが望まれます。研究対象によって、必要とされる基礎学問が異なるので、各教員にお問い合わせ下さい。また、地球惑星システム科学では、地球や惑星の存在やその安定性、変動を相対視し、普遍性や特殊性を論じることを目指しているため、研究対象を深く見つめる目とともに、俯瞰的に捉える目も持つ必要があります。このような視野の切替ができることは重要だと思います。さらに、地球や惑星で起こる様々な現象に興味を持ち、積極的に知識を吸収することも重要です。

Q. 多様な要素を扱っているという点が特徴とのことですが、他の講座との違いはどのような点でしょうか？例えば宇宙惑星科学講座との決定的な違いは何でしょうか？

私たちの講座の研究対象は、地球惑星科学専攻の他講座（大気海洋科学、宇宙惑星科学、固体地球科学、地球生命圏科学）と重なりがあるため、地球惑星システム科学講座においておこなわれている研究が、他の講座いずれかにおいてなされていても少しもおかしくありません。私たちは多様な研究対象の科学を個別に深めることもおこないながら、他の要素との相互作用を考え、多圏相互作用の結果としての地球や惑星の振る舞いを理解することを常に念頭に置いています。これが他の講座との違いだと考えています。例として、宇宙惑星科学講座との違いについてですが、宇宙惑星科学講座では惑星探査を中心として、現在の太陽系や惑星を徹底的に理解するという重要な研究をおこなっていますが、地球惑星システム科学講座では、太陽系や地球を個別の対象としてではなく、太陽系や地球の誕生やその後の地球の進化を、宇宙や惑星系における様々な相互作用の結果として捉え、システムの誕生や進化が普遍的であったか、特殊なものであったかを理解することを目的とし、理論的な検討や実験による物質分化を支配する反応の定式化などを進めています。

Q. 社会とはどのように関わっていますか？

理学における学問と社会との関わりは多様ですが、地球惑星科学はその研究成果に対する社会的期待の大きなものです。とりわけ、地球表層環境については、全地球的な課題に直接関連しています。例として、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)にも取り上げられている気候変動に伴う海水準の変動に関する研究、環境変動に対する生態系の応答に関する研究、地球温暖化で破壊が懸念される環礁島の保全に関する研究などが挙げられます。これらの研究の中では、現地の研究者や政府関係者（大統領とも！）とも交流を持ち、研究成果を積極的に還元しています。固体地球や惑星に関するシステ

ム科学的研究は時間・空間スケールが、社会とは大きく異なるため、直接的な還元は難しいですが、「地球や人類が宇宙に希有な存在であるのか、それとも普遍的な存在であるのか」と言う根源的疑問に対して、地球惑星システム科学から見た答を提供することで、知的好奇心をくすぐり、新しい科学の芽を育むことができるのではないかと考えています。若い人たちにこの分野のおもしろさを伝えるために、私たちは講座全体で、普及書“進化する地球惑星システム”を出版するとともに、メンバーの多くが、講演会や出版物などを通じ、普及活動を積極的にこなっています。

進路について

Q. 修士課程修了後にはどういった進路がありますか？

年度によるばらつきがありますが、10-50%程度の人が博士課程に進学します。主な就職先は、専攻の入試情報ページで紹介されているように、官公庁や製造業、情報産業が多くなっています。博士号取得後は、多くの場合、国内外の研究機関で任期付研究員（ポスドク）のポストに就きます。博士号取得後数年の間に、新たな研究テーマを発掘したり、博士課程でおこなった研究を深めるなどして、研究の幅や奥行きを広げ、常勤の研究職を目指すことになります。海外でポスドクとして国際的な研究に関わる方も多くおられます。ポスドク以外には、関連分野の企業に就職された方もいます。

Q. 研究者を目指していますが、この分野の研究者になるのは難しいでしょうか？

私たちは博士課程院生が一人前の研究者としての実力を備えられるように、研究グループでの日常的なセミナーや、院生生活の節目節目でおこなわれる講座全体での研究発表会を通じて、教育をおこなっています。

最近は、自然科学の分野では、博士課程を修了した人は、ポスドクとして一定の期間、さらに研究を続けるのがほとんどのケースです。ポスドクのポジションは比較的豊富にあり、いくつかのポスドクの地位を続けることも多くなっています。ポスドクは任期がありますが、新しい考え方や技術を身に付けたり、個人の研究時間を比較的自由に持てる場合には自身の研究テーマや方向性についてじっくり考えたりもできる貴重な機会です。その後、常勤研究者の職に就けるかどうかについては、ポスドクの間に、いかに研究能力を高め、研究業績を上げるかが最も重要です。逆に言えば、自身の研究能力と研究に対するあくなき情熱が、研究者への道を開くといえます。このような個人の能力という内的条件に加えて、その分野に就職先があるかという外的条件も満たされないとなりません。地球惑星システム科学は新しい学問分野ですが、地球惑星科学において今後ますますその重要性が増していく

と考えています。こうした地球惑星システム科学講座の特性を活かして、院生時代に多角的な視野と深い見識を身に付けて、将来は研究者として成功されることを私たちは願っていますし、そのための教育を進めています。

講座について

Q. 内部進学者と外部進学者の比率はどうなっていますか？

年度によるばらつきはありますが、当講座の場合、過去5年を平均すると入学者の半数程度が外部進学者です。

Q. 各教員は一人で複数のテーマをもって研究しているのですか？また、院生も複数のテーマで研究するのでしょうか？
地球惑星システムの全体像を把握するために、各教員は複数の研究テーマを持って研究しています。大学院生は通常、その内のひとつのテーマに関連する内容の研究をおこなうことになります。もちろん、余力のある方は複数のテーマに挑戦することもできるでしょう。

Q. 協力講座教員の方はどの程度、講座全体の活動に携わっていますか？また、基幹講座教員や他の協力講座教員とどの程度、共同研究をおこなっていますか？
協力講座教員は講座の教育・研究活動の様々な形で携わっています。地球惑星システム科学セミナーでの講演、参加しての議論や講演者の紹介の他、共同でおこなう個別セミナーもあります。また、教員間の共同研究もおこなわれており、大学院生も指導教員だけでなく、他の教員からの指導を受ける機会もあります。

Q. フィールド調査や学会発表に出掛ける際に、学生の費用負担はどの程度でしょうか？
研究グループや時期などによって様々です。全額援助される場合もあれば、一部援助となる場合もあります。詳しくは各教員にお問い合わせ下さい。

Q. 副指導教員とはどういうことですか？

研究指導を主に受ける指導教員に加えて、大学院生活全般において様々なサポートしてくれる教員として各大学院生に1名の副指導教員が付きます。指導教員とは別の観点でアドバイスが必要な場合や、指導教員には相談しづらいことがある場合など、遠慮なく相談できる相手です。

Q. フィールド調査、解析、理論（モデリング）の各研究室でのバランスを教えてください
研究グループごとに研究手法のバランスは異なっているので、教員紹介ページの研究内容をぜひ参考にしてください。

また、各教員にお問い合わせ下さい。どのグループに所属するかによって、修士課程の間に皆さんが軸足を置く研究手法は変わることになりますが、他の研究手法に関しても、日常的なセミナーや地球惑星システム科学セミナーを通じて、研究の進め方や考え方を学んでいただくことが可能ですし、私たちはそれを期待しています。

Q. フィールド調査が多い研究室では年どのくらい調査に行くのですか？修士院生も現地調査（海外も含む）に参加できますか？

各研究グループの年間予定や研究テーマにも依りますが、時間の取れる夏休みの期間にフィールド調査に行くことが多くなります。短期の調査は、学期中でもおこなうことがあります。フィールド調査で修士論文を書く場合には、自身で調査をおこなった上で考えることが何よりも重要ですから、調査には院生も当然、参加します。テーマによっては海外調査もあり、これまでも修士論文のための調査として、米国、カナダ、南アフリカ、中国、東南アジア、パラオなどに院生が出掛けしています。具体的なことは、各教員にお問い合わせ下さい。

Q. 公的機関や企業との共同研究や、他の講座との共同研究はおこなっていますか？

各教員は、国内および海外の複数の研究機関や企業と様々な共同研究をおこなっています。その共同研究の枠組みで、大学院生も他研究機関の研究者と共同研究を行う可能性があります。詳細については各教員にお問い合わせください。また、研究や教育に関して他講座と協力しておこなうこともあります。他講座の教員と共同で主催しているセミナーもあり、講座を越えて、多様な視点で教育をおこなっています。また、地球惑星システム科学セミナーは、専攻や附置研究所すべてにオープンでおこなっており、他講座や研究所から講演テーマに応じて、様々なバックグラウンドを持つ研究者が参加し、活発な議論をおこなっています。

大学院生活について

Q. 現在、他分野を専攻しています。修士課程から地球惑星科学分野の研究を始める際に苦労することなどありますか？
他分野から入学した場合、地球惑星科学分野出身者よりも物理や数学、生物学が得意だったり、化学分析の技術を持っていたりと、逆に強みであることも大いにありますので、決して苦労ばかりではありません。自分の武器を有効活用してください。とは言え、他分野から入学すると、最初のうちは地球惑星科学に関する基礎的知識が乏しいという不利を感じることもあるかと思います。そのため、地球惑星科学専攻では、修士課程の科目の一部は、一般基礎科目として学部と共通の

講義となっており、入学後に基礎的知識を学ぶことが充分可能です。また、一般基礎科目以外の学部講義を受講して、修士修了の単位とすることも可能になっています（ただし、修了単位に認定される学部講義の単位数には限度があります）。

Q. 院生は毎日こういったスケジュールで研究を進めていますか？

日々の研究時間の配分については、個人差があり、明確な回答は難しいので、修士2年間について概観してお答えします。修士課程修了に必要な講義・演習の単位数は16で、多くの院生は修士1年の間に単位を取得し、修士2年の期間は研究に集中しようとしています。そのため、修士1年の間は講義が毎日1つ程度あるのが一般的です。また、講義以外に、研究グループや講座単位のセミナーや勉強会が週に2-3回あります。それ以外の時間を活用して、研究をおこないます。学外の活動としては、毎年5月には地球惑星科学分野の最大の学会である日本地球惑星科学連合（JpGU）の年会が開催され、秋には個別分野学会の年会があります。研究の進展に応じて、学会発表をおこなったりします。フィールド系院生の場合、春や夏の長期休暇の時期を利用して、野外調査に出掛けることになります。

Q. 院生生活の中で、他の研究機関との関わりはどの程度ありますか？

研究テーマにもよりますが、他の研究機関の装置を使って実験や分析をすることや他機関の先生にアドバイスをいただくことがあります。他の研究機関に出向いて、セミナー発表をしてアドバイスをもらったり、研究の幅を広げたりすることは将来の財産になるので、積極的に外部機関と関わりを持つことをお勧めします。

Q. 研究を進めるにあたって求められる最低限の物理学・化学・数学等の知識の目安を教えてください

所属する研究グループによって異なります。理論や数値モデルを用いて、地球惑星システムを研究する場合には物理学の修得は必須です。実験や観測の研究をおこなう場合には、一般教養課程程度の物理や化学は必要ですし、分析を主とする場合にも、一般教養課程程度の化学の知識があることが望めます。フィールド調査を主とする場合でもある程度の理系科目の知識は必要と考えてください。詳しくは各教員にお問い合わせ下さい。

Q. 研究室には何人ぐらい学生がいるのですか？

日常的な教育や研究指導がおこなわれる研究グループ単位では、院生数はグループごとに異なります。地球惑星システム

科学セミナーや、修士論文、博士論文の中間発表などは、講座の全院生を対象におこなっています。

Q. 研究テーマは、すぐに具体的に決まるものですか？

研究グループや院生個人の興味や学部における教育内容によって変わってきます。研究テーマをじっくりと自分で考えたいという希望にも応えることができる場合もありますので、各教員にお問い合わせください。

Q. 研究と並行してアルバイトをしている学生はいますか？

授業や研究で忙しく、アルバイトを長時間おこなうのは難しいと思いますが、家庭教師など比較的時給の高い職種でアルバイトをおこなっている院生はいます。また、ティーチングアシスタント（TA）として、学部授業や実習、実験の補助をおこなう学生もいますし、日本学生支援機構の奨学金を受けている院生もいます。修博一貫教育プログラムである国際卓越大学院プログラムのコース生に採用された場合（修士1年の6月頃に申請）、卓越リサーチ・アシスタントとして、

修士1年の秋から経済的支援を受けることができます。博士課程院生には、日本学術振興会特別研究員に選ばれて、研究奨励金（給料）と研究費をもらい、研究に集中できる権利を得ている院生もかなりいます。

入試について

Q. それぞれの先生に入試科目の指定はありますか？

受験要求科目を指定している教員もいます。地球惑星科学専攻のウェブページ「大学院入学案内」で確認してください。

Q. 大学院入試に向けて、どのような勉強をしていくことが望めますか？

地球惑星科学専攻のウェブサイトにも過去問が掲載されていますので、参考にして下さい。ただし、2022年度実施の入試から、筆記試験の実施方式が変わったので、注意してください。入試対策は、試験に受かるための勉強ではありますが、その後の研究の基礎力を培うためにもなるものです。しっかり頑張って勉強してください。

■ 私たちはこんな人を求めています

さまざまなバックグラウンドや特技・特徴を持った人の参入を望んでいます。大学入試は平均点の世界でしたが，大学院や研究においては各自が自分の特性を最大限発揮することが重要です。野外調査や実験，分析，計算機シミュレーションなど多様な研究手法の中から自分を活かせる手法を選択し，システムとしての地球や惑星の形成・進化・安定性・変動・動態などについて研究をおこないたいと考えている学生さんを，私たちは大いに歓迎します。また，これまで地球惑星科学が専門ではなかった学生さんも，地球惑星科学に興味を持ち，システム科学的な研究したいと考えているならば，大いに歓迎します。これまで深めてきた物理学，化学，生物学などの知識と経験を大きな武器として存分に活かすことを期待しています。修士論文ではなにか一つのテーマに集中した研究をおこなう場合が多いと思います。それによって，自分の得意分野や手法を確立することができるでしょう。しかし，地球や惑星をシステムとして捉えるためには，多角的視点を持つことが重要で，そのためには多くのことを学ぶ必要があります。自分の研究テーマ以外のことも興味を持って積極的に吸収するような能動的な人を私たちは求めています。私たちスタッフは全員研究と教育に情熱をもち，新しい研究分野の開拓や大学院生との共同研究による学問の発展を楽しみにしています。

■ ぜひ話を聞きに来てください

このパンフレットでは地球惑星システム科学講座の基幹講座教員と協力講座教員の研究内容を紹介しています。ぜひ興味を持った教員と直にあって，話を聞いてみてください。 [自分の研究のこと](#)， [大学院での研究・教育について](#)， [より具体的にお話します](#)。同時にその研究グループの大学院生などからも話を聞かれることをお奨めします。自分の興味・希望がまだ漠然としているときには，ガイダンス担当教員へ連絡をください。皆さんの関心のあるテーマに応じて，コンタクトをとったらよい教員を紹介します。

- ・2022 年度地球惑星システム科学講座教務・ガイダンス担当教員：
瀧川 晶 e-mail：takigawa@eps.s.u-tokyo.ac.jp

■ 教員リスト

基幹講座教員

池田 昌之	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	12
茅根 創 *	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	14
瀧川 晶	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	16
橘 省吾	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	18
田近 英一	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	20
茂木 信宏 △	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	22
△助教 現在，助教2名公募中です			

協力講座教員

今西 祐一	地震研究所	---	24
中井 俊一 **	地震研究所	---	25
山野 誠 **	地震研究所	---	26
森 俊哉	理学系研究科 地殻化学実験施設	---	27
須貝 俊彦	新領域創成科学研究科	---	28
山室 真澄	新領域創成科学研究科	---	29
阿部 彩子	大気海洋研究所	---	30
黒田 潤一郎	大気海洋研究所	---	31
横山 祐典	大気海洋研究所	---	32

吉森 正和	大気海洋研究所	---	33
小河 正基 **	総合文化研究科	---	34
小宮 剛	総合文化研究科	---	35
小口 高	空間情報科学研究センター	---	36
中村 尚 *	先端科学技術研究センター	---	37
小坂 優	先端科学技術研究センター	---	38

*2023 年度に博士課程の大学院生を指導対象として受け入れません
**2023 年度に大学院生を指導対象として受け入れません



池田 昌之 [Masayuki Ikeda]

E-mail: iikeda.masayuki@eps.s.u-tokyo.ac.jp/koma@eps.s.u-tokyo.ac.jp/ Tel: 03-5841-4575 Home Page : <https://sites.google.com/site/masayukiikedaswebsite>
Room: 理学部 1 号館 733 室

研究分野 古気候・古海洋学, 地球環境・生命共進化学, 地質学

メッセージ 現在の”異常気象”や”自然破壊”は、地球史から見てどれほど特殊、ないし普遍的なのか？生物はどのように絶滅を回避し、進化、適応してきたか？このような問いに答えに近づきたいと思い、過去の地球環境と生態系の歴史の解説や、その変動メカニズムの解明を目指しています。専門は地質学ですが、地球化学や古生物、数値計算など多角的なアプローチが必要です。自分の得意分野を深めつつ、何でも自学自習する意欲ある方をお待ちしております。

研究内容の紹介

現在は地球史上 6 回目の大量絶滅とも言われますが、実際に地球温暖化は観測記録の範囲を越え、未知の領域に入りつつあります。一方、過去の大量絶滅でも大規模な火山活動で化石燃料は燃焼し、現在以上に環境が激動したことが明らかになってきました。さらに、生物の絶滅や進化は環境変動に応答すると共に、物質循環を介して地球環境にも影響を及ぼします。しかし、生態系と地球環境の相互作用は極めて複雑な上、ある域値を超えると不可逆的に一気に変化が加速するフィードバックの可能性など未解明点が多く残されています。

地質時代の環境動態は、地層や化石、それらの化学組成から復元しますが、変動の「継続期間」を見積もらなければ、「変動速度」や「移動（伝播）速度」を推定出来ません。大量絶滅の起きた時代では誤差が数 100 万年もある時代が多く、年代の不確実性が環境復元の弊害でした。地層の年代は放射年代に加え、地層の縞々に刻まれた古環境変動のリズムから、地球軌道要素（ミランコビッチサイクル）や太陽活動の周期性を検出する「天文年代層序（後述）」により、年～万年単位の年代目盛が構築されています。これにより高分解能で環境変化や物質・生物の移動（伝播）の速度を推定し、そのメカニズムの解説が行われています。

本研究室では、急激な環境変化や生物の大絶滅・大進化の実態を復元し、そのメカニズムの解明に向けて、国内外の地質調査と化石・化学分析・数値計算を行っています。特に、日射変化や火山活動が地球環境や物質循環、生態系に与えた影響を検討しています。

(1) 大絶滅の環境解説 ～激変する地球環境の生態系への影響、相互作用の解明～ 地球史上繰り返す温暖化の度に、全

球的な環境変化、特に海洋酸性化や海洋無酸素化に伴う大絶滅が起きました。イベント毎に環境変化の規模や時間スケールが異なり、その一般性と特殊性の解明を目指します。最近注目している三畳紀末絶滅は、現在と同規模の急速な温暖化が大西洋を跨いだ広域火成活動によって進行し、陸の温暖化や水循環の変化、海洋酸性化や貧酸素化によって、ワニや裸子植物、アンモナイトの系統が多く絶滅し、荒廃地でシダが増加した直後、恐竜が繁栄します。日本の深海層からも陸からの風成塵（ダスト）の増加や、海洋酸性化や貧酸素化の影響が復元されており、全球的な影響を読み解いています。

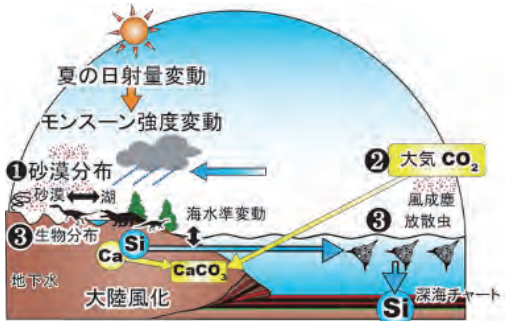


図 1：地球軌道変化が地球環境に与える概念図 (Ikeda et al., 2017)。

(2) 大進化の地球環境への影響解説 ～新たな生態系の地球環境との相互作用の解明～

生物、特に植物は陸域の水循環や風化に影響を与え、炭素循環を介して気候をも左右します。シルル紀の陸上植物や白亜紀の被子植物の初期進化が地球環境に与えた影響について、陸域・海洋の物質循環変動史と化石記録から、そのプロセスとメカニズムを検討しています。

新たな種が進化し、その分布を拡大する過程で、特に乾燥域や氷雪域は生物地理的な障壁となります。そのため、湿潤化や温暖化が分布拡大の駆動力になった可能性があります。

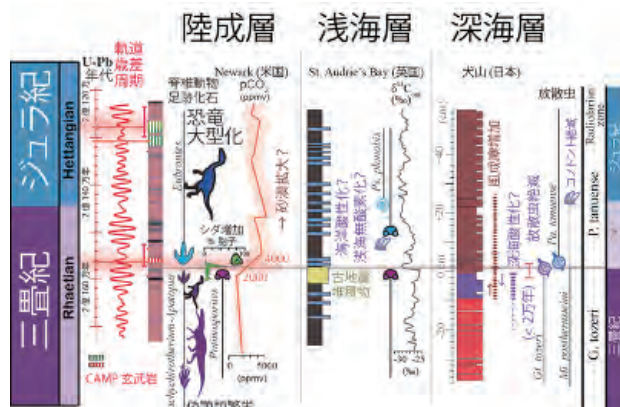


図 2 三畳紀／ジュラ紀境界における陸 - 浅海 - 深海の層序対比 (Ikeda et al., 2015)。

これは植物に限らず、恐竜や哺乳類のような動物にも影響した可能性があります。動物は植物の種子を拡散させ、植物は蒸散により水循環を活発化するため、相互作用したかも知れません。

日射変化はモンスーンや氷床に作用し、全球的な物質循環を介して湿潤化や温暖化を促すため、生物の大進化や分布拡大にも様々な影響を与えたのではないかと考えています。

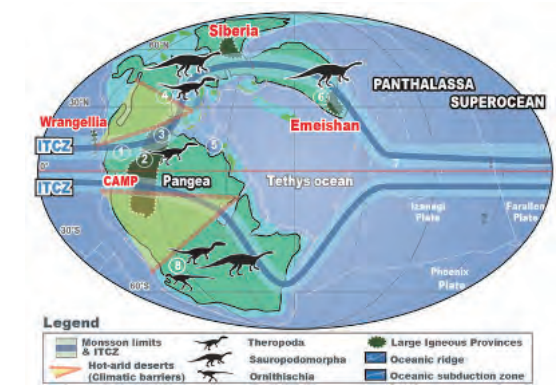


図 3 三畳紀の大陸配置と恐竜の初期進化 (Ikeda et al., 2017 改)。南半球で誕生した恐竜類は乾燥域（黄色部分）を超えて、徐々に分布を北上した。

研究手法

地質学的手法 (野外地質調査や陸域・海洋での掘削により得られる堆積物から、過去の環境や生態系を復元) が主要な研究手法です。特に、私は天文年代層序という観点から、高解像度で地層の柱状図を作成し、鉱物、化学組成、化石から古環境を推定し、その周期性から、ミランコビッチサイクルや太陽活動の変化に伴う日射変化の周期性を検出します。これにより、年 - 万年単位の年代目盛を構築し、「濃度」を「速度」に変換して、その変動メカニズムを解明します。同時に、日射変化を推定でき、日射が地球環境や生態系に与えた影響を解説できます。さらに天体力学計算結果と比較することで、太陽系天体運動のカオス的挙動の制約や地球 - 月系の潮汐進化といった地球軌道変化自体の制約も行っています。

最近は、黄鉄鉱（パイライト）や赤鉄鉱（ヘマタイト）、燐灰石（アパタイト）、石英（シリカ）、風成塵、有機質微化石（花粉・バイオマーカー）に注目した堆積岩岩石学的・地球化学的・古生物学的な手法により海洋や湖の酸化還元度や pH 指標の変化、酸素や珪素の同位体比変動や元素組成による水温や生物生産、風化の変化の推定、微化石や植物化石に注目した炭素循環の有機地球科学的研究等も進めています。他グループとの共同研究についても積極的に取り組んでおり、最新の化学分析や室内実験を行います。こうして得られた“物証”を説明する気候変化、物質循環変化を物質循環モデルや大気 - 海洋大循環モデルなどの数理モデル研究を用いて検証し、温室効果ガスや軌道要素などが、モンスーンやエルニーニョ等を介して、どのようなプロセスで地球環境に影響したか、各プロセスにどの程度不確実性があったかを検討します。これらによって、従来より一桁高い時間分解能での地球環境史・生命史の解説を進め、未知のフィードバックプロセスが表層環境や生態系の変動に与えた影響を模索しています（詳細は HP を参照）。

講義

野外調査実習、環境学実習

セミナー

地球システム変動コロキウム（通称：表層セミナー）

田近・茅根・狩野・後藤・池田・茂木の各教員が担当する、地球表層環境変動等に関するセミナーです。

地球惑星システム科学セミナー

地球惑星科学の分野の最先端の研究を内外の研究者に紹介して頂き、活発な議論を行います。

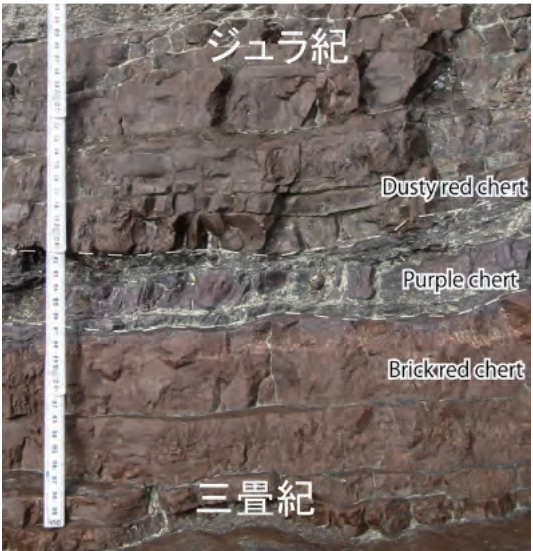


図 4 層状チャートの堆積リズム（縞々）に刻まれた天文学的周期 (Ikeda and Tada, 2020)



茅根 創 [Hajime Kayanne]

E-mail: kayanne@eps.s.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-4573

Room: 理学部 1 号館 C 棟 633 号室

Personal website: <http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~coral/>

研究分野 サンゴ礁学, 地球規模変動

キーワード 地球温暖化, サンゴ礁, 海洋酸性化, 炭酸系計測, 適応策, 緩和策, 環礁

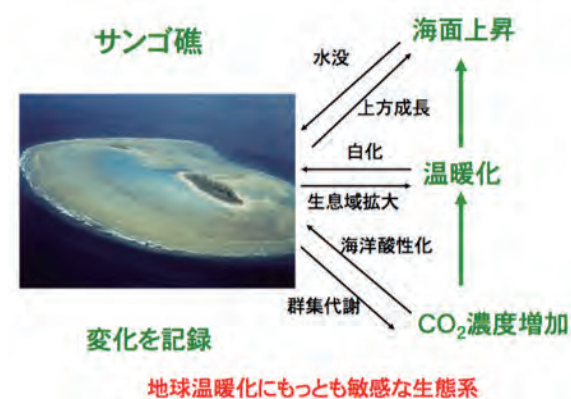
メッセージ すでに様々な形でその影響が表れている地球温暖化は, 2050 年には生態系と人間社会により広範に重篤な危機をもたらすことが予想されています。地球規模変動は,

実態解明・予測から, 適応・緩和策の提案・実行が必要な段階に入りました。サンゴ礁は, 炭素循環に関わり, 温暖化による白化, 海面上昇による水没と, 地球温暖化シナリオのすべての要因に, もっとも敏感に応答する生態系・地形です。その応答に基づいて適応・緩和策を提案し試験を行います。



研究内容の紹介

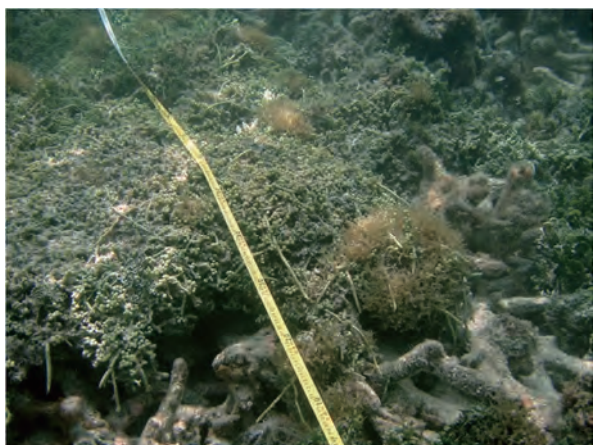
サンゴ礁は, 様々な階層で生物と地形, 人が相互作用しあう共生・共存系です。現在このサンゴ礁は, ローカルな環境ストレスと地球温暖化によって, 劣化・破壊の危機にあります。サンゴ礁は, CO₂ 濃度上昇, 温暖化, 海面上昇という, 地球温暖化シナリオのすべての要因の影響を真っ先に受けます。地球温暖化に対するサンゴ礁の応答を, フィールドと実験室において解明して, サンゴ・サンゴ礁自身が記録している環境変動・人間活動影響の記録を読み取り, 複合ストレスに対する応答モデルを構築します。それに基づいて, 適切なストレス制御と再生策を提案し, 人とサンゴ礁の新たな共生系を構築することを目指します。研究は, フィールドをベースに観測・試料採取を行い, 実験室で採取試料の分析を行います。



フェイズシフトと温暖化応答：

健全なサンゴ礁（写真上）が, 様々なストレスによって藻場（写真下）に代わってしまう, フェイズシフト（生態系の

相転移）が, 様々なサンゴ礁で確認されています。一方で, サンゴ礁はストレスに対して適応する力もっています。現在・過去のサンゴ群集分布と環境との関係に基づいて, フェイズシフトのプロセスや閾値, 復元力を明らかにします。また, サンゴの適応能力を, 白化前後の群集の観察や実験から明らかにして, 将来の温暖化に対する応答を予測します。



恩納村におけるサンゴ養殖



モズク養殖

サンゴの石灰化とモズクの光合成が共役している。



連続pH-アルカリ度計

Measurement time: < 5 min
Sample volume: < 10 mL
Relative uncertainty: < 0.1 %

沖縄県恩納村では, サンゴと藻類（モズクなど）の生産を同じリーフで行って, 両者の共役機能を経験的に活用しています。共役効果を, 新たに開発した炭酸系の計測システムで現場計測して評価する。

サンゴー藻類の共役による海洋酸性化・地球温暖化緩和：

サンゴの石灰化は CO₂ 増加に働きますが, サンゴ体内の共生藻と大型藻類の光合成は CO₂ を減少させ, 酸性化を緩和します。しかしその効果は, 呼吸・分解によってネットでは 0 になってしまうため, 生産された有機物の行方と処理が問題とされてきました。わが国では藻類を食料として生産する文化があり, その活用によって社会経済的な利益を伴う温暖化緩和策になります。開発を進めている炭酸系の計測システムによって, フィールドで共役効果を検証します。

海面上昇に対する環礁州島の生態工学的維持

ツバルなどの環礁は, サンゴ礁の基盤の上にサンゴ礫や有孔虫砂が打ち上げられた, 標高 1 – 2 m の州島が国土を造っています。海面上昇に対して国土を維持するために, サンゴや有孔虫の生態過程, 礫や砂の打ち上げという物理過程, それが固化する化学過程を解明し, その最適化と促進技術を開発し, 海面上昇に対して州島とサンゴ礁海岸を維持する生態工学技術を構築して, 環礁国への適用をはかります。



海面上昇による水没を, 護岸とサンゴなどの生態系との組み合わせで守る適応策を提案・試験する。

高温耐性サンゴの種苗と生態系修復

地球規模変動と海岸の開発によって破壊の危機にあるサンゴ礁を, 将来にわたって維持するために, サンゴ増殖・移植技術の確立が不可欠です。サンゴの生態研究に基づいて, 高温に強いサンゴを卵から種苗し, 稚サンゴを育て, 現場に移植して, 面的にサンゴ礁を再生する技術の開発に取り組んでいます。



卵から稚サンゴを育て, 高温耐性サンゴを種苗する。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・フィールド調査に基づいて, 地球温暖化, 酸性化, 海面上昇に対するサンゴ礁の応答の解明。
- ・サンゴ礁の状態や, 温暖化, 酸性化の状態を評価するための計測システムの開発と, その現場試験。
- ・サンゴの増殖や移植によるサンゴ礁の修復・再生技術の開発。サンゴなどの生物による海面上昇に対する州島の維持技術の開発。

講義 環境生態学, 地球生態学および実習, 地球環境学, 自然地理学, 人間環境システム学

セミナー

- ・地球表層セミナーと地球惑星システムセミナー。論文講読では, 関係するタイトルの新着論文の紹介を定期的に行います。



瀧川 晶 [Aki Takigawa]

E-mail: takigawa@eps.s.u-tokyo.ac.jp/ / Tel: 03-5841-4523

Room: 理学部 1 号館 C 棟 734 室

研究分野 宇宙鉱物学, 実験宇宙物理化学, 銀河物質循環学

メッセージ 我々の太陽系は、天の川銀河のなかに所属する一つの惑星系です。銀河系をみわたすと、地球にありふれた鉱物と似た物質が小さな塵としてあらゆるところに存在します。若い星の周りにも、年老いた星の周りにも、太陽くらいの年齢の星の周りにも、そして、分子雲や星間空間とよばれる場所にもみられます。

1 ミクロンほどの小ささであっても、この宇宙塵は偉大なメッセンジャーです。遠くの星で何がおこっているのか、46 億年前に太陽系ができたときに何がおこったのかを記録していることがあるのです。この宇宙塵を通じて、銀河物質循環を理解し、一世代前の恒星から太陽系の形成までを物質科学的に理解したいと思って研究をしています。

しかし、宇宙塵に残された情報を引き出すのは容易ではありません。実験室に小さな宇宙空間を作り、ときには大型望遠鏡を使って宇宙塵ができる場を観測し、そして電子顕微鏡の中で、隕石中のナノメートル以下の小さな構造を分析します。最新の技術を使って小さな塵に耳を傾けると、太陽が生まれるより前の歴史の切れ端がみえてきます。好奇心と探究心をもって、銀河を見渡し、太陽系の歴史を駆け、太陽が生まれる前の世界を探求しませんか？

研究内容の紹介

進化末期の恒星は、宇宙空間に大量のガスや鉱物や有機物などの固体微粒子（宇宙塵）を放出します。これらの宇宙塵は、星間空間を漂い、やがて次世代の惑星系の原材料となります。銀河系において、物質は形を変えながら星から星へと世代を超えて、受け渡されていきます。これを「銀河物質循環」とよびます。太陽系もこの銀河物質循環の中の一つのサブシステムです。太陽系のガス円盤をつくった分子雲の物質は、一世代前の恒星からの放出物でできていると考えられています。銀河物質循環において、太陽系は他の恒星・惑星系と比べて、特殊なのでしょうか、それともごくありふれているのでしょうか？そして、太陽より一世代前の恒星から太陽系までの歴史は、ひとつづきに理解することができるのでしょうか？この問いに答えるために、(1) 銀河物質循環の一般的描像の解明、と(2) 太陽系原材料物質の形成と進化の解説、の2つに挑戦しています。

(1) 銀河物質循環の解明

恒星の周りや星間空間、分子雲といった宇宙塵がみられる環境は銀河物質循環のサブシステムです。ここでの宇宙塵形成と変質過程の一般的描像を明らかにすることが重要です。そのために、年老いた恒星（赤色巨星や超新星爆発）や若い恒星（原始惑星系円盤）での宇宙塵形成環境を模擬した実験装置を開発し、代表的な宇宙塵であるケイ酸塩や酸化物鉱物や非晶質珪酸塩の形成や化学反応実験をおこなっています。分子雲や星間空間を模擬した宇宙塵形成実験装置を立ち

上げ、近年注目を浴びている低温での宇宙塵形成実験にもとりくんでいます。

これまでに、結晶質の珪酸塩や酸化物の蒸発・凝縮速度を結晶異方性まで含めて初めて実験的に決定し、結晶の形状に依存した赤外スペクトルを理論計算しました。これにより、長く議論されていた酸化的漸近巨星分枝星の半数近くから検出されていた $13\ \mu\text{m}$ にピークをもつ輝線の起源が、低過飽和比条件で凝縮したコランダム（結晶質のアルミニウム）であると初めて同定しました。誘導熱プラズマ装置を用いて、星周急冷条件を模擬した実験をおこない、これまで広く受け入れられてきた非晶質アルミナは星周条件では形成しづらく、Si を 10% ほど含む遷移アルミナが形成し、観測をよく説明することを示しました（図1）。

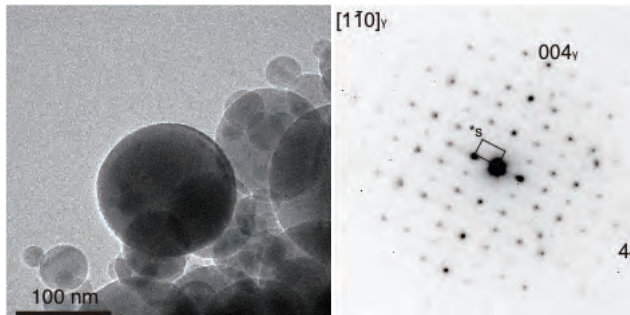


図1 透過型電子顕微鏡で撮影した誘導熱プラズマ装置で合成した星周塵模擬粒子（左）。中央の Al_2O_3 粒子はこれまでに報告されたことのない結晶構造をもつ（右）

さらに、進化末期星におけるダストの形成過程や環境を調べるために、アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 (ALMA) を用いた電波観測をおこなっています。進化末期巨星であるうみへび座 W 星における AlO 、 SiO 分子の分布を初めて詳細に明らかにし、アルミナダストが効率的に凝縮し、質量放出風加速の引き金とること、珪酸塩ダストを形成する SiO の大半がガスとして残されることを示しました（図2）。

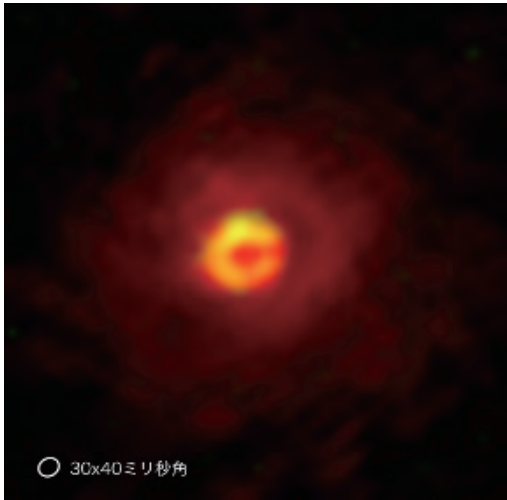


図2 ALMA 望遠鏡で観測したうみへび座 W 星のガス分布。明るい部分が AlO 分子、暗い部分が 29SiO の分布。 AlO 分子が恒星近傍で塵を形成している (ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), Takigawa et al. 2017)。

(2) 太陽系原材料物質の形成と進化の解説

太陽系の原材料が実際どんなもので、どのような種類があって、どこでどうやってできて、どうやって太陽系形成場にたどり着いたのか、具体的に調べる必要があります。太陽系は他の惑星系と大きく違うのは、我々が隕石や彗星塵を手にすることができるからです。隕石や彗星塵の一部には、太陽系が形成したときの状態をほぼそのまま残しているものがあります。そのような試料を調べると、太陽系がまだ原始惑星系円盤と呼ばれるガスと塵の円盤であったところに作られた塵の生き残りや、太陽ができるより一世代前に年老いた星で作られた宇宙塵の行きの残りがみつかります。

これまでに、始原的普通コンドライトから進化末期星ダストの生き残りであるプレソーラー Al_2O_3 粒子をみつけ、プレソーラー Al_2O_3 粒子が不規則な表面構造に特徴付けられていることを示しました。さらに、漸近赤色巨星でコランダムが直接凝縮し、太陽系まで生き残った証拠を示すプレソーラーコランダム粒子を初めて発見しました（図3）。進化末期の恒星でつくられた宇宙塵が太陽系にたどり着く前には、星間イオンのなどの粒子線や宇宙塵同士の衝突などの破壊過程を生き残らねばなりません。そのために、星間空間

での粒子線照射を模擬した実験をおこなっています。たとえば、コランダムに対して He^+ 、 H^+ イオン照射実験をおこない、プレソーラー粒子の表面構造が、星間空間や初期太陽系における粒子線照射で形成したダメージ層に由来することを示しました。

図3 隕石からみつかった赤色巨星でガスから成長した証拠をもつ半自形プレソーラーコランダム (Takigawa et al. 2018)。

研究手法

宇宙塵の形成や変質に関する実験的研究を軸に、興味や関心に応じて隕石の分析や天文観測に応用することも可能です。下記以外にも、研究を発展させるために必要であれば、新しい手法に挑戦していきます。

真空装置を用いて宇宙環境を模擬し、宇宙塵の形成や変質を実験的に研究しています。宇宙塵の形成実験は、世界的にもおこなえる研究室は少なく、多様なテーマでの研究が可能です。誘導熱プラズマ装置、抵抗加熱型真空炉、分子線エビタキシー装置を用いて、星の周りでの高温環境や、分子雲での低温環境を模擬した実験が可能です。エネルギー線照射実験は、宇宙研に設置した低エネルギーイオン照射装置や若狭湾エネルギー研究センターのイオン注入装置などを用います。新たな実験装置の製作や装置改造などにも積極的に取り組んでいます。

宇宙塵そのものを分析するために、目的に応じて種類の異なる電子顕微鏡を駆使します。隕石試料や実験生成物は、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、集束イオンビーム加工、透過型電子顕微鏡、粉末 X 線回折、フーリエ変換型赤外分光などの装置を用いて分析します。

宇宙塵形成場の観測は、チリにあるアルマ望遠鏡をもちいます。自分で申請書を書いて観測時間の獲得を目指すこともできますし、共同研究としてデータ解析をおこなうことも可能です。

セミナー

地球惑星システム科学セミナーと惑星科学セミナーに加えて、研究グループ（橘・瀧川）で進捗報告や教科書の輪読をするセミナーを毎週おこなっています。



橘 省吾 [Shogo Tachibana]

E-mail: tachi@eps.s.u-tokyo.ac.jp/ Tel: 03-5841-4430

Home Page：https://shogo-tachibana.webnode.com/

Room: 理学部 1 号館 836 室

研究分野 宇宙化学（地球惑星システムの形成と進化）

メッセージ 宇宙誕生以来、銀河、恒星、惑星といった様々なシステムが形成されてきました。宇宙の歴史はシステム形成の歴史であり、太陽系、地球、私たち生命もその一部です。太陽系や、多様な太陽系惑星のなりたちや進化を、宇宙でのシステム形成史の中で理解したいと考えています。「物質（元素、同位体、分子、鉱物、およびそれらの間の化学反応）」を研究の中心に据え、構造形成の物理過程を、化学や物質科学から理解することをめざし、原子や分子の時空間スケールと宇宙の時空間スケールを常に行き来しています。

研究内容の紹介

太陽系や惑星の形成・進化を理解するための鍵を握る化学反応を実験で明らかにし、地球外物質の分析、観測、探査から得られる情報と合わせ、宇宙におけるシステム形成プロセス、システム形成史に太陽系を位置づけることを目標に、国内外の研究者や大学院生と協力して、以下のような研究を進めています。

初期太陽系円盤化学進化：惑星形成の初期条件

誕生直後の太陽の周囲を取り巻いたガスと塵からなる初期太陽系円盤（原始惑星系円盤）の化学構造とその変動は、その後に起きた多様な惑星形成の化学的初期条件となったと考えられます。原始惑星系円盤で起こりうる様々な化学反応(マグネシウムケイ酸塩や金属鉄の凝縮・蒸発、ガスとケイ酸塩鉱物との化学反応・同位体交換反応など)の速度や、その物理化学条件依存性を室内実験で調べ、初期太陽系円盤の化学構造の再現をめざしています。最近では太陽系最初期のケイ酸塩ダストの円盤での残存条件を実験で決定しました。また、始原隕石コンドライトと地球型惑星の化学組成の関係にも興味

味をもっています。

分子雲の化学条件：太陽系誕生環境

恒星は分子雲とよばれるガスの塊の収縮によって形成されます。アルマ望遠鏡による天文観測で、恒星誕生の場に化学的多様性があることが発見されました。この化学的多様性が星・惑星系形成プロセスと関連していることもわかってきました。では、太陽系誕生の場の化学条件はどのようなものだったのでしょうか。分子雲の化学環境がどのように惑星系にもたらされるのかを分子雲を再現した有機分子形成実験を進め、太陽系の初期化学環境を制約したいと考えています。この取り組みの中で、分子雲で紫外線照射を受けた非晶質氷が50-150 K という低温にも関わらず、液体状の物性を示するという興味深い発見をしました。

宇宙でのダスト形成・進化：星・惑星系の材料

進化末期の恒星の放出する恒星風の中でつくられる固体微粒子（塵）は、星間空間を経て、新たな星・惑星系の材料と

なります。様々な天文観測データから、銀河スケールでの物質循環や塵の形成・進化の情報を抽出するために、晩期型星周でのダスト形成実験や、原始惑星系円盤でのケイ酸塩ダストの熱進化に関する室内実験をおこなっています。Mgに富む輝石に近い組成をもつ非晶質エンスタタイトダストの結晶化が、原始惑星系円盤の物理化学条件に大きく依存しないことがわかり、ダスト観測から原始惑星系円盤のダスト熱進化を読み解く指標として使えることを示しました。

始原隕石コンドライト構成物質の形成：初期太陽系円盤の構造と進化

太陽系初期進化の記憶は始原隕石コンドライトを構成する多様な物質に残されています。これらの物質の形成条件は初期太陽系円盤の物理化学環境を反映しています。初期太陽系円盤で形成された太陽系最古の物質（難揮発性包有物）の組織や鉱物組成、同位体組成を説明する温度やガス密度を実験で決定し、初期太陽系円盤の物理化学条件を明らかにしたいと考えています。最近では、コンドライトの主要構成物質であるコンドリュール（初期太陽系円盤で急冷されたケイ酸塩メルト）の形成プロセスを理解するため、金属鉄・硫化鉄の組織から冷却速度を見積もる手法の開発にも成功しました。

太陽系小天体探査：地球・海・生命の材料物質を求めて

地球表層システムを特徴付ける液体の水（海）と生命の材料がどこから来たのか、いまだはっきりしませんが、ひとつの可能性は小惑星です。小惑星が海や生命の材料をもたらした可能性を調べるための最良のサンプルを求める探査にも関わっています。「はやぶさ2」サンプルリターン探査では2020年末に地球に届けられた小惑星リュウグウ試料の分析によって、地球の海と生命の材料に関わる新たな情報を引き出すことをめざして、分析をおこないました。また、サンプルから情報を読み解くために必要な辞書づくりとしての室内実験（例えば、小惑星を模擬した有機分子の水熱合成実験）もおこなっています。

地球惑星システムで起こる化学反応の速度論

地球惑星システムでは、正のフィードバックで新たなシステムが形成され、負のフィードバックでシステムは安定化します。また、システム自体も時間とともに変化していきます。時間とともに移りゆくシステムの中では、様々な化学反応を通じて、系の形成・維持・進化が起きますが、その理解には化学反応の速度論的理解が必要となります。地球惑星システムで起こる化学反応の中でも、様々な場での物質輸送に関わる元素の拡散現象について、原子レベルでの理解をめざした実験をおこなっています。その中で、大学院生とともにケイ酸塩ガラス（マグマの模擬物質）における水の拡散メカニズムを統一的に説明するモデルをつくることができました。

一般向け書籍

橘 省吾 (2016) 星くずたちの記憶 ― 銀河から太陽系への物語（岩波科学ライブラリー）、岩波書店。

大学院生と取り組んできた(取り組んでいる)研究テーマ

【修士論文】

- ・非晶質ケイ酸塩ダスト結晶化への原始惑星系円盤ガスの効果
- ・太陽系最古の物質（難揮発性包有物）の形成条件
- ・分子雲氷から昇華する揮発性有機分子の化学的特徴
- ・小天体内部での可溶性有機分子合成反応
- ・原始惑星系円盤でのダスト化学反応モデル
- ・難揮発性包有物構成鉱物中の酸素自己拡散
- ・ケイ酸ガラス中の水の拡散メカニズム

【博士論文】

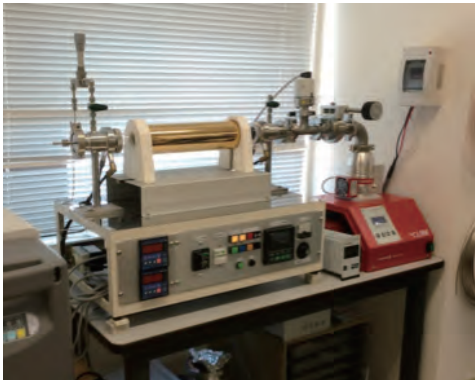
- ・非晶質ケイ酸塩ダストと原始惑星系円盤ガスとの酸素同位体交換速度論（太陽系酸素同位体進化）
- ・太陽系最古の物質（難揮発性包有物）の酸素同位体進化から制約する原始惑星系円盤ガス密度
- ・始原隕石主要構成物質コンドリュールの冷却速度計
- ・金属鉄の硫化速度論
- ・ケイ酸塩ガラス中の水の拡散の原子レベルでの理解（地球内部水輸送への貢献）

講義

- ・宇宙惑星物質科学 I

セミナー

- ・地球惑星システム科学セミナー
- ・惑星セミナー
- ・宇宙化学・宇宙鉱物学セミナー





田近 英一 [Eiichi Tajika]

E-mail: tajika@eps.s.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-4516

Room: 理学部 1 号館 732 室

Personal website: <http://www.astrobio.k.u-tokyo.ac.jp/tajika/>

研究分野 地球惑星システム進化学, 地球環境・生命共進化学, 比較惑星学, アストロバイオロジー

メッセージ 地球惑星環境の変動と進化の研究には広い視野とさまざまな知識が必要です。従来の学問分野や手法にしばられない柔軟な思考と知的好奇心がとても大事です。必要であれば、何でもどんどん自分で勉強することが求められます。まず学部生時代には基礎学力をしっかりと身につけ、研究に活かせる得意分野を何かひとつは作っておくようにしてください。数学・物理・化学・生物・地学, なんでも構いません。大学院で一緒に研究できることを楽しみにしています。

研究内容の紹介

地球や惑星の環境はどのように成立し変動・進化してきたのでしょうか？ 生命活動には液体の水の存在が必須だと考えられていることから、地球のような「海惑星」の成立条件を解明することは、太陽系外惑星系に第二の地球が存在する可能性を探るためにも必要不可欠です。

私にとっては、地球のように生命が生存・進化することが可能な惑星の条件を理解することが究極的な目標で、そのためにまず地球環境とその進化・変動に関する理解を深めること、そしてそのような知見に基づいて地球以外の惑星をシームレスに理解することが重要であると考えています。

このような考えに基づき、本研究室では、地球や惑星の表層環境の進化及び変動について、「地球惑星システムにおける熱輸送と物質循環」という視点から、主として数値シミュレーション及び理論的な研究を行なっています。

現在の関心は、地球環境と生命の共進化、地球環境の安定性と変動性、地球史における炭素循環と大規模地球環境変動、地球大気の進化、地球や惑星の熱進化、天体衝突と地球環境変動、火星環境の変動と進化、太陽系外惑星系におけるハビタブル（生命生存可能）惑星の存在条件などです。具体的には、以下のような研究課題を推進しています。

(1) 地球環境と生命の共進化 ～地球環境の変動と進化, 生命進化との関わりを明らかにする～

地球史を通じた地球環境の進化や変動、地球環境と生命の共進化、とりわけ生物の大量絶滅が生じたと考えられているスノーボールアース（全球凍結）イベント、小惑星衝突イベント、海洋無酸素イベントなどの大規模地球環境変動イベントを、気候モデルや物質循環モデルを組み合わせた地球シス

テムモデリングによる数値シミュレーションや理論解析に基づいて明らかにしたいと考えています（図1）。また、フィールド調査や岩石試料の化学分析に基づいて、当時の地球環境変動の実態解明にも挑みたいと考えています。

最近とくに注目しているテーマは、大気海洋系の酸素濃度上昇史・変動史と生命進化との関係の解明です。生物にとって環境中の酸素濃度変化は生死に関わる問題であり、生命進化にとって最も重要な要因のひとつであったと考えられます。とりわけ約 23 億年前に生じた大酸化イベント（酸素濃度の急激な上昇イベント）に生物がどのように適応進化したのかについて、代謝酵素の遺伝子配列の分子系統解析から明らかにしようとしています。また、大気海洋系の酸化還元環境の変動について、私たちの研究室で開発した海洋生物化学循環モデル CANOPS(図2)や微生物生態系モデリングによって明らかにしたいと考えています（図3）。

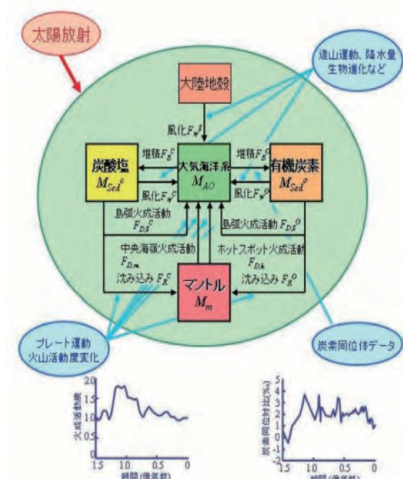


図1 炭素循環システムモデリング (Tajika, 1998).

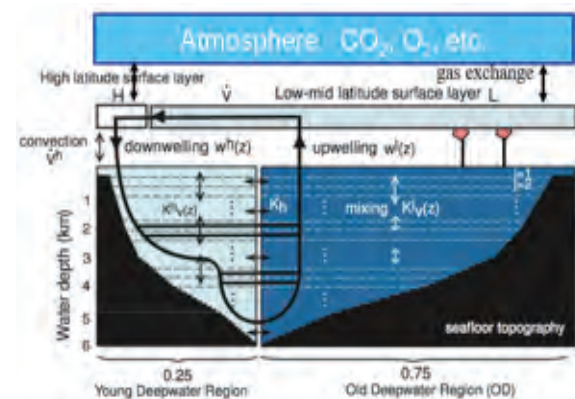


図2 海洋生物化学循環モデリング (CANOPS モデル; Ozaki and Tajika, 2013).

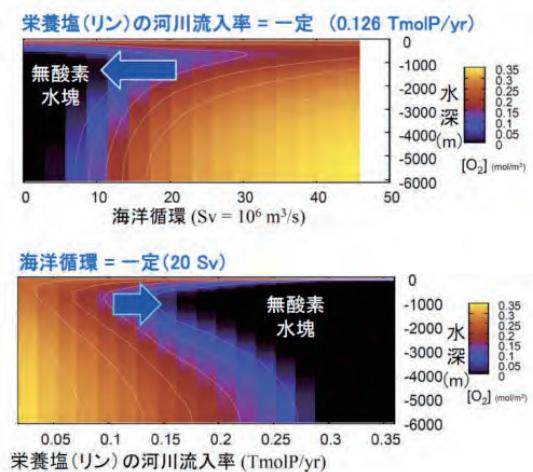


図3 海洋生物化学循環モデルを用いた海洋無酸素イベントの数値シミュレーション。海洋循環が停滞するか栄養塩の河川流入率増加によって生物生産が増加すると無酸素水塊が発達する (Ozaki et al., 2011)。

(2) ハビタブル惑星の進化 ～太陽系及び太陽外惑星系における惑星環境を明らかにする～

火星や金星など太陽系における地球型惑星の表層環境システムの挙動特性や進化、過去の気候変遷、氷衛星の内部海環境、太陽系外惑星系における地球型惑星の表層環境進化や生命生存可能惑星（ハビタブル・プラネット）の存在条件、生命生存可能性（ハビタビリティ）などについて、数値シミュレーションや理論解析に基づいて明らかにしたいと考えています。

とくに、地表面付近の水が凍結した全球凍結惑星のハビタビリティの解明や、惑星の気候がその進化とともにどのように変わっていくのかをあらわす「気候進化トラック」という新しい概念でさまざまな惑星の気候進化について調べるとともに、太陽系外惑星の天文観測による検証可能性についても検討していきたいと考えています（図4）。

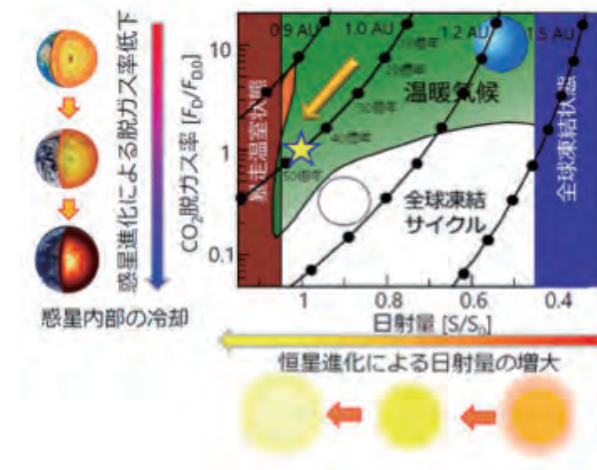


図4 ハビタブルゾーンにおいて地球の軌道要素を変えた場合の惑星の気候進化。地球の熱進化の結果、二酸化炭素の脱ガス率が低下し、一方で恒星進化の結果、太陽光度は増加するため、左下がりの進化トラックとなる (Kadoya and Tajika, 2015)。

研究手法

計算機を使った数理的手法（数理モデリング、数値シミュレーション、データ解析など）が主要な研究手法ですが、目的や研究課題に応じて他の研究室や研究機関との共同研究として、フィールド調査、化学分析、室内実験、遺伝子の分子系統解析などにも積極的に取り組んでいます。

一般向けの参考書

- 田近英一 (2019) 知的生きかた文庫「46 億年の地球史」三笠書房, 253pp.
- 田近英一 (2015) 「宇宙生命論」(海部宣男他編) (編集, 分担執筆), 東京大学出版会, 212pp.
- 田近英一 (2011) 知りたいサイエンス「大気の進化 46 億年 O2 と CO2 -酸素と二酸化炭素の不思議な関係」技術評論社, 232pp
- 田近英一 (2009) 新潮選書「凍った地球・スノーボールアースと生命進化の物語」新潮社, 196pp.
- 田近英一 (2009) DOJIN 選書「地球環境 46 億年の大変動史」化学同人, 228pp.

大学院講義

地球惑星環境進化学, 地球史学 (学部大学院共通)

セミナー

表層セミナー

田近・茅根・狩野・後藤・池田・茂木の各教員が担当する、地球表層環境変動等に関するセミナーです。

惑星科学セミナー

橘・杉田・田近・瀧川ほかの各教員が担当する、惑星科学やアストロバイオロジーに関するセミナーです。

茂木 信宏 [Nobuhiro Moteki]



E-mail: moteki@eps.s.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-4550

Room: 理学部 1 号館 850 号室

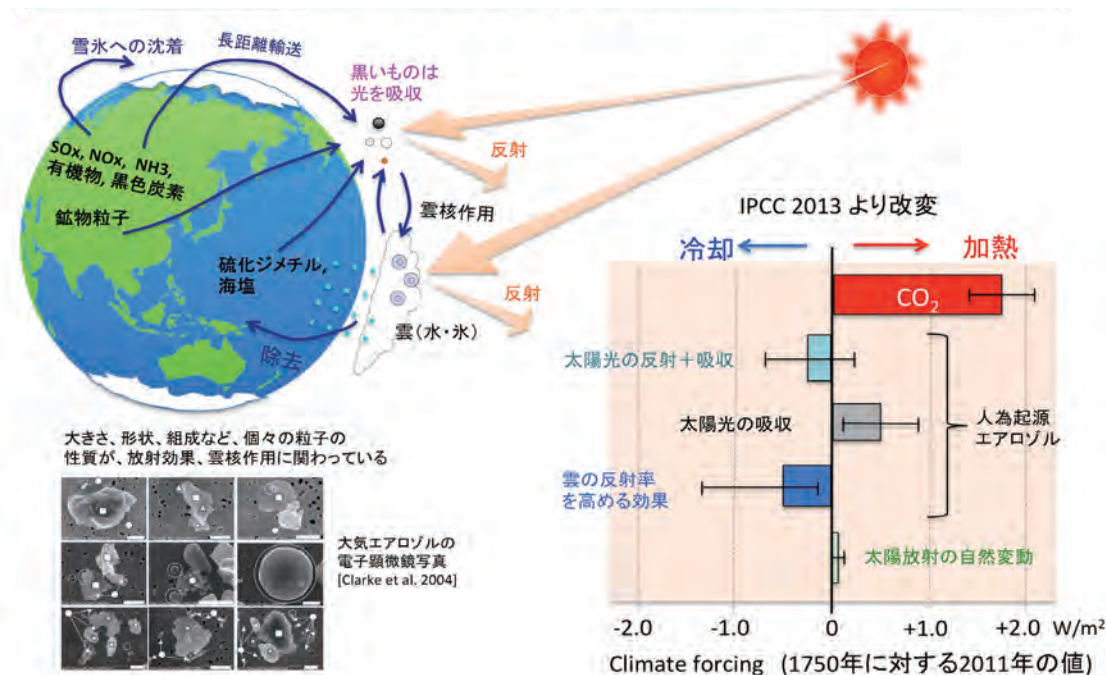
Personal website: <http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp/~moteki/>**研究分野** 大気微量物質による気候変動（エアロゾル、実験、観測）**メッセージ** 人為的な放出により気候変化をもたらす大気微量物質として、CO₂ やメタンなどの温室効果気体はよく知られています。一般には広く知られていないかもしれませんが、同じく人間活動に起因して増大しているエアロゾルも、太陽光の散乱・吸収や、雲の生成を通じて気候系に大きな影響を及ぼしています。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）に集約された最新の知見（第 5 次評価報告書）によれば、気候予測のシミュレーションの不確実性の大きな

部分は、エアロゾルが気候系に及ぼす影響がよくわかっていないことに起因するとされています。私は、エアロゾルが気候系に影響を及ぼす素過程を、室内実験や直接観測により 1 つ 1 つ明らかにすることを目指しています。気候変動問題へ取り組む意欲があり、かつ自ら手を動かす実験・観測を好む学生さんを歓迎します。複合的な学問なので出身学部・学科は問いません。

概要

大気微粒子（エアロゾル・雲）は、気候系に影響を及ぼす素過程が、気体分子やマクロな流体に比べてずっと複雑です。微粒子のうち、白っぽい（可視波長で透明な）成分からなるものは太陽光を散乱し、負の放射強制力を持ちます。一方、黒っぽい成分を含む粒子は太陽光を吸収し大気を加熱するため、温室効果ガスと同様に正の放射強制力を持ちます（直接効果）。雲粒は、吸湿性の高いエアロゾルを凝結核として生成し、氷晶（すなわち氷雲）のうち多くの割合は、固体エアロゾルを氷晶核として生成します（エアロゾルの雲核作用）。雲核の増加に伴い雲粒の数濃度が増えると、雲は太陽光をより効率的に反射します（間接効果）。雲核として雲粒に取り込まれたエアロゾルは、その雲粒から生じる雨や雪によって

大気中から除去されます（湿性除去）。エアロゾルの大気寿命や輸送距離は、湿性除去のされやすさに依存して変わります。気候変動の科学的理解・予測のためには、物理・化学過程をできるだけ忠実に表現し、過去の観測データにより検証された気候モデルによる数値実験が重要な手段です。しかし、上に述べたようにエアロゾルが気候に影響を及ぼす物理・化学的な機構はとても複雑であるため、実大気中で何が起っているのか、観測でも定量的なことはよくわかっていません。観測できていないパラメータや現象を、現実のシミュレーションが目的のモデルに安易に組み込むことは許されません。私は、大気微粒子が気候系に影響を及ぼす素過程を実験・観測によって 1 つ 1 つ定量的に解明していく研究を行っています。

**1. 黒っぽいエアロゾルの放射特性**

人為・自然起源の黒っぽいエアロゾルの代表であるブラックカーボン（黒色炭素）は、化石燃料や森林火災によって発生し、メタンに匹敵、あるいはもしかすると CO₂ の次に大きな正の放射強制力をもつと推定されています。しかし、実大気中のブラックカーボンがどの程度太陽放射を効率的に吸収しているのか、定量的なことは分かっていません。それは、単位質量当たりのブラックカーボンによる光吸収効率は、①波長に対する大きさ、②複素屈折率、③形状、④個々の粒子内における他の白っぽいエアロゾル成分との混ざり方、⑤雲粒の内部に存在するか否か、という、直接観測によってしか分からない 5 つの因子に依存して、何倍も変わりうるからです。これら 5 つの光吸収支配因子の観測データが得られれば、電磁気学理論によって光吸収量を計算する事ができます。私たちは、上記の光吸収支配因子を観測によって明らかにするために、単一粒子レーザー誘起白熱法という分析法の開発を行い、人為起源エアロゾルの放出量と濃度が特に大きい東アジア域において地上・航空機観測（写真 1）を行っています。また、観測された光吸収支配因子から大気放射効果を評価するために、ブラックカーボンを含んだ粒子や雲粒の光吸収・散乱過程を高精度・高速に理論計算する手法の開発を行っています。最近では、ブラックカーボンだけでなく、自然起源の黒っぽいエアロゾルの代表である、鉄含有鉱物粒子についても同様の研究をしています。光による粒子計測や放射計算の手法を新たに開発したり、既存の手法を使いこなすためには、数学と物理学についての一定レベルの基礎知識が必要とされます。そのために毎週、輪読会「光散乱・放射伝達ゼミ」を行っています。今年の輪読本は、Rothwell and Cloud (2009) Electromagnetics, 2nd edition です。

2. エアロゾルの湿性除去

大気下層（大気境界層）に溜まっている汚染空気が雲・降水を伴う湿潤対流を経験すると、その汚染空気に含まれるエアロゾルのうち、一部は湿性除去され、残りは上方（自由対流圏）に輸送されます。この湿潤対流に伴う湿性除去 / 鉛直輸送は、エアロゾルの大気寿命や輸送距離を最も強く支配する過程であるため、気候モデルにおいて定量的に再現できるようにすることが大切です。しかし、この過程については、これまでに観測的知見がほとんどありません。私たちは東アジア域における航空機観測により、境界層内のブラックカーボンを含む粒子のうち、より粒径の小さな粒子が高効率で自由対流圏に運ばれる傾向があることを見いだしました (Moteki et al. 2012, GRL)。この現象についてより定量的な観測データを得て、その結果を気候モデルにおける湿性除去 / 鉛直輸送過程の計算に反映することが重要です。私たちは今、各々の湿潤対流セルにおいて、どのようなエアロゾルがどれだけ

の効率で湿性除去されるのかを観測から解明することを目指しています。そのために、東大理学部 1 号館屋上にて、大気中のエアロゾルと降水に含まれるエアロゾルを高時間分解で同時観測するシステムを作り、定期的に集中観測を行っています。



写真 1. 航空機観測の機内の様子 (2013 年夏)



写真 2. 輪読会の様子 (2015/05/08)



写真 3. 理学部 1 号館屋上での観測 (2014 年夏)

講義

大気科学観測実習、地球惑星環境学基礎演習 II、地球環境化学実習

セミナー

- 地球システム変動コロキウム（通称：表層セミナー）
- 地球惑星システム科学セミナー
- 気候物質科学セミナー
- 光散乱・放射伝達ゼミ

今西祐一 [Yuichi Imanishi]

E-mail: imanishi@eri.u-tokyo.ac.jp/ Tel: 03-5841-5721

Room: 地震研究所 2 号館 215 室

研究分野 重力観測から見る地球ダイナミクス

メッセージ 重力は、地球や月・惑星などの構造やダイナミクスに根源的な影響を与えているものです。地球の重力加速度を精密に測る技術をつきつめていくと、その時間変化から、質量分布の変化つまり物質の動きが手に取るように見えてきます。実際、あまりにも多くのもの（とくに水の影響）が見えずぎて、信号の分離に苦労しているほどです。精密観測の現場にただよう独特の緊張感を共有できれば幸いです。

研究内容の紹介

地上の重力加速度の大きさがおよそ 9.8ms^{-2} であることはよく知られていますが、この値は場所によって異なるだけでなく、時間とともに変化しています。重力の源はまわりの物質から及ぼされる万有引力ですから、重力の時間変化を測れば、地球の内外における物質の移動が見えてくるわけです。

地震研究所では、重力加速度の絶対値を正確に測るための「絶対重力計」と、時間変化をより精密に測るための「超伝導重力計」を保有しています。超伝導重力計では、超伝導コイルに流れる永久電流が作る磁場によって超伝導物質でできた中空の球が浮いており、その球の動きから重力変化を測ります。極低温の環境で動作するため、熱雑音や材料のクリープなどが低減され、究極の感度と安定性が実現されています。

私たちは現在、松代（長野県）と神岡（岐阜県）のトンネル内で、超伝導重力計による観測を行っています。2012 年からは石垣島（沖縄県）での観測も開始しました。超伝導重力計は、地震から地殻変動にいたる非常に広い周波数範囲をカバーしますので、多様なアプリケーションが考えられます。なかでも興味深いのは、2011 年東北地方太平洋沖地震のあと継続している地殻変動にともなう重力変化がいままさに記録されつつあり、GPS などのデータとも組み合わせ、地震の余効変動や粘弾性的変化についての貴重なデータが得られると期待されます。

一方、超伝導重力計の感度の高さと、途中の物質によって遮蔽されない重力という観測手段の特性とを考えると、遠方で起きる微小な変化をとらえることはこの装置ならではのチャレンジングなテーマだと言えます。地上に住む人間からみてある意味でもっとも遠い場所は、地球の中心です。地球の中心にある流体核で起きる運動をとらえるべく、世界各国の研究機関とも協力して観測・解析を行っています。

具体的な研究テーマとしては以下のようなものが考えられます。

- ・地震にともなう重力変化の観測
- ・絶対重力計との組み合わせによる地殻変動の観測
- ・気圧観測ネットワークによる大気圧の荷重効果のモデリング
- ・地下水の流動の観測とモデリング
- ・積雪による荷重効果の観測とモデリング
- ・琉球弧で発生するスロースリップイベントの観測
- ・地震で励起される地球自由振動の解析
- ・衛星重力観測と地上重力観測との比較
- ・地球深部で起きる流体運動の検出



スーパーカミオカンデで知られる神岡（岐阜県）のトンネル内に置かれた超伝導重力計

講義

地球力学

セミナー

地球計測セミナー

地震研究所・地球計測系研究部門が中心となって行っているセミナーです

中井 俊一 [Shun'ichi Nakai]

E-mail: snakai@eri.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-5698

Room: 地震研究所 419 号室

研究分野 地球化学, 分析化学

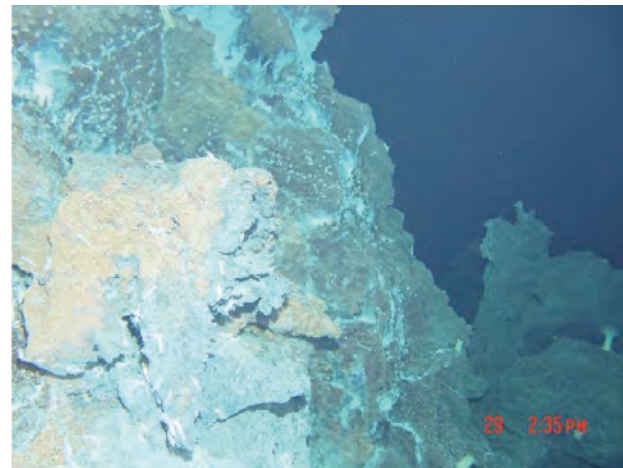
メッセージ 新しい分析技術の開発に挑戦し、新しい切り口で、地球内での物質循環や、そのタイムスケールを明らかにすることを目指しています。現在は、海底熱水系の硫化鉱物の年代測定や南太平洋の火山島の火山岩が地球 中心のコアの化学的な痕跡を残しているかなどに取り組んでいます。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・U-Th-Ra 放射非平衡による島弧火山マグマ活動のタイムスケールの研究
- ・ベリリウム 10 をトレーサーとした沈み込み帯での物質循環の研究
- ・斜長石の局所同位体分析による鉱物の成因の研究
- ・Hf 同位体比によるコマチアイトマグマの成因の研究
- ・リチウム同位体トレーサーによる沈み込み帯の流体移動の研究
- ・タングステン同位体を用いた、コアーマントル相互作用の物質科学的検証
- ・メタンハイドレートが分解して生成した炭酸塩の年代測定
- ・断層破碎帯の炭酸塩鉱物の年代測定
- ・スズ同位体比による青銅器の繰返し鋳直し使用の検証
- ・海底熱水鉱床の硫化鉱物の年代測定

セミナー

- ・宇宙地球同位体科学セミナー



南マリアナトラフの熱水活動域で採取された硫化鉱物のクラスト（左）とその断面の U-Th 放射非平衡年代。20cm の断面が 1000 年以上の時間をかけて成長したことが分かる。





山野 誠 [Makoto Yamano]

E-mail: yamano@eri.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-5720

Room: 地震研究所 1 号館 705 号室

研究分野 地球熱学（地下温度構造）、テクトニクス

メッセージ 「地下の温度構造はどうなっているのか？」これは、地震・火山からマントル対流に至るまで、地球の中のことを考える際に基礎となる問題です。私達は、いろいろな手法で地下温度構造を調べ、そこで何が起きているのかを研究しています。海や陸のフィールドでの観測、データ解析、モデル計算などに興味のある人を歓迎します。

研究内容の紹介

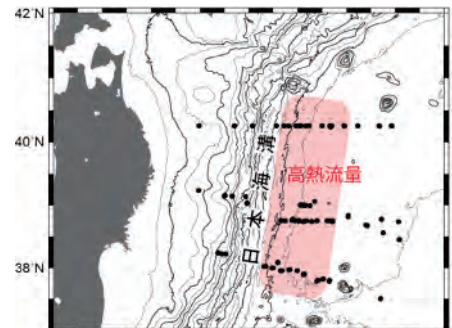
地下の温度構造を推定するには、地表面から流出する熱量（**地殻熱流量**）を知ることが必要です。私達は、海域を中心に熱流量の測定を行いながら、数値モデルも用いて地下温度構造を求めようとしています。

プレート沈み込み帯の温度構造：

現在の主な研究対象は、**南海トラフ**や**日本海溝**に沿った沈み込み境界です。これらの海域での熱流量測定やモデリングにより、プレート境界で発生する**巨大地震の震源域の温度構造**を求め、そこで起きている現象についての情報を得ることを目指しています。例えば、三陸沖日本海溝の東側では、古い太平洋プレートとしては異常に高い熱流量が広範囲で観測されました。南海トラフでも、熱流量の地域性と地殻構造や地震活動の関係が明らかになってきました。これらの熱流量



海域での熱流量測定（この装置を海底に突き刺す）



日本海溝における熱流量測定点と高熱流量

分布の成因と、それが地震発生過程とどのように結びつくかを調べるため、より詳しい観測やモデル計算を進めています。また、水深の浅い海域で熱流量を測定するには、海底水温変動の影響を取り除くことが必要であるため、**新しい長期温度計測装置やデータ解析手法の開発**も行っています。

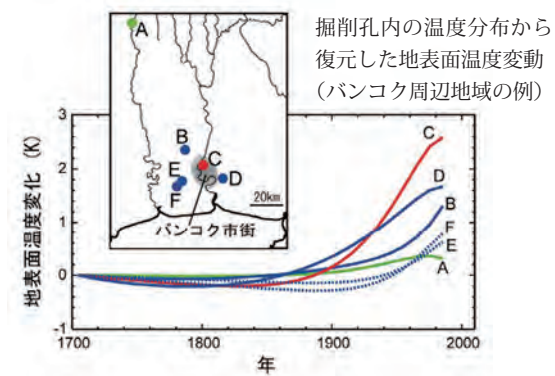
この他、以下のような研究も行っています。（<http://eri.ndc.eri.u-tokyo.ac.jp/hamamoto/index.htm> を参照）

地球熱学的手法による気候変動の復元 地表面温度の変動が地下温度分布に影響を及ぼすことを利用し、掘削孔内の温度分布から地表面環境の変動を復元する。

背弧海盆の温度構造と形成・発達史（日本海など）

活断層近傍の温度構造と地下水の流動

付加体の温度構造とガスハイドレート相境界の深度分布



掘削孔内の温度分布から復元した地表面温度変動（バンコク周辺地域の例）

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・長期温度計測による浅海域における地殻熱流量測定—南海トラフ沈み込み帯への適用—
- ・オホーツク海デリュギン海盆の熱構造と発達史

セミナー

- ・海半球セミナー



森 俊哉 [Toshiya Mori]

E-mail: mori@eqchem.s.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-4649

Room: 地殻化学実験施設（化学東館 104）

研究分野 火山学・火山化学（キーワード：火山性流体，ガス放出量，ガス化学組成，噴火機構，遠隔測定，土壌ガス）

メッセージ 火山活動を化学的な視点から研究しています。特に、火山性流体（火山ガスなど）の新しい観測手法の開発・確立や、フィールドでの観測的研究を中心に火山の研究

を進めています。フィールドでの火山観測や研究に興味のある学生を歓迎します。

研究内容の紹介

火山から放出する揮発性成分の化学組成や放出量は、地下のマグマや熱水系の状況と密接な関係を持っている。このため、噴火を含めた火山活動を理解する上で火山ガスは重要な研究対象です。我々はこれまで、火山性流体の新しい観測手法の確立・開発研究を中心に行ってきました。赤外分光法を応用した火山ガス化学組成の遠隔測定法の開発では、世界に先駆けて火山ガス噴煙中の複数成分の組成比の測定に成功しています。国内の複数の研究グループと共同で小型紫外分光計を用いた火山ガス SO₂ 放出率測定装置の開発に携わりました。現在、小型紫外分光計を用いた装置は、三宅島からの SO₂ 放出量観測に使用されています。最近では、火山噴煙中の SO₂ の分布を可視化・映像化する方法の開発に成功し



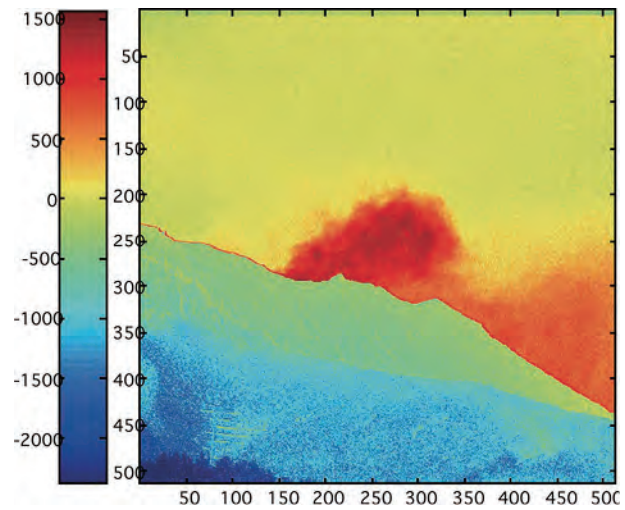
阿蘇中岳第一火口での赤外分光放射計を用いた火山ガス化学組成の遠隔測定の様子

ました。この可視化手法により、ガス放出率の短時間変動を詳細に測定できるようになり、ガス放出と火山性地震との関連や噴火活動に伴う火山ガスの挙動などの解明に向けて研究を進めています。

上述した分光学的観測手法だけでなく、土壌ガス放出量測定や噴気ガスサンプリングを含むいろいろな観測手法を駆使した火山性流体の研究を通して、火山活動の理解に一步でも近づくことを目指しています。

セミナー

- ・地殻化学コロキウム（毎週金曜日 16:30-18:30 化学本館 2 階講義室 1202 号室）



可視化した桜島火山の火山噴煙中の二酸化硫黄カラム量分布 (ppmm)



須貝 俊彦 [Toshihiko Sugai]

E-mail: sugai@k.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-4771

Room: 新領域創成科学研究科

研究分野 第四紀の古環境復元, 地形発達史, 地殻変動, 地盤災害

メッセージ 自然災害や環境問題が深刻化しています。自然と調和した持続的土地利用をはかるには、過去数十万～数百年間に生じてきた地学現象の理解が不可欠です。河川作用や地震活動などによって、地表が変化してきた歴史やその地域性を、地形や表層堆積物を使って明らかにすることに興味があります。

研究内容の紹介

環境変動と平野・盆地の埋積過程の研究:濃尾平野, 関東平野, 四国, カンボジア, カザフスタンなどにおいて、氷期―間氷期や完新世の気候変動・海（湖）面変化・地殻変動が、土砂移動や河床変動、地形形成に与えた影響を研究している。逆に地形や堆積物からこうした変動を復元する手法についても研究している。

活断層による古地震研究:トルコの北アナトリア断層や日本の養老断層、深谷断層を対象として、トレンチ調査やボーリング掘削調査、変動地形調査を行い、断層の活動履歴とセグメンテーションを研究している。



山地の侵食過程の研究:マスマーブメントによる斜面変動、谷の発達による起伏形成について研究している。

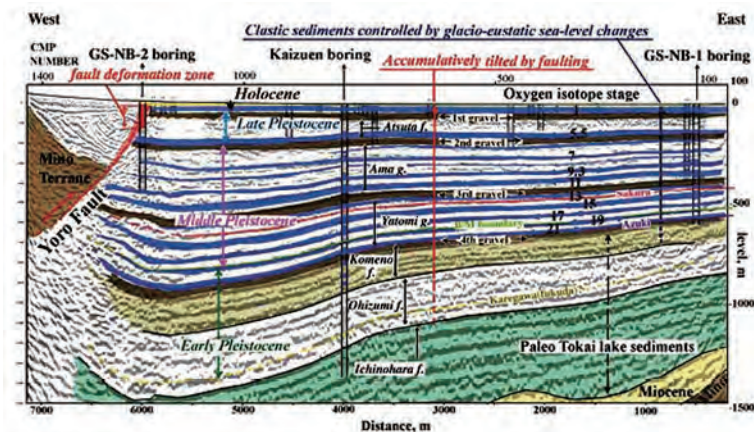
最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・完新世海水準変動に対する濃尾平野の地形の応答
- ・ボーリングコアの解析からみた桑名断層の完新世活動史
- ・火山体の崩壊に伴う大規模土砂移動と流域の地圏環境変動
- ・中期更新世以降の関東平野の古地理復元

セミナー

- ・新領域創成科学研究科自然環境コースの自然環境動態学演習と合同で、学生の発表を中心に行う。

トルコ、北アナトリア断層系 1999 年 Duzce 地震断層。1999 年 8 月の Izmit 地震発生から約 3 ヶ月後の 11 月に Duzce 地震が発生した。Efteni 湖の湖畔には縦ずれ 2.6m、右横ずれ 2.7m の地表地震断層が出現した。



濃尾平野の地下構造（地質調査所速報による）。海成層と陸成層の互層が、みごとに発達している。図の左端には低角逆断層の養老断層が認められる。



山室 真澄 [Masumi Yamamuro]

E-mail: yamamuro@edu.k.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-4770

Room: 新領域創成科学研究科環境棟 562 室

研究分野 水圏環境学

メッセージ 私が過ごした頃の理学部地理学教室は、学生を指導しないという放任主義を採っていました。おかげで多毛類（釣り餌にするゴカイの仲間）と水質の関係という、当時の地理学教室の先生方全員にとって専門外のテーマで卒論を書きました。やりたいことを自由に研究したい学生さんが今でもおられるのでしたら Welcome です。

研究内容の紹介

身近な水域（河川、湖沼、沿岸域）を中心に、人間が水界生態系にどのような影響を与えているかを研究しています。主な手法は化学分析で、LC/MS/MS、GC/MS、IRMS を使っています。留学生が多いので、ゼミは原則英語です。IRMS を使って炭素・窒素安定同位体比を分析した研究として、サンゴ礁では窒素固定系が卓越していて、正味の生産が行われていることを世界で初めて示しました 1)。これはサンゴ礁生態系が二酸化炭素を吸収していることを示唆します。LC/MS/MS を使った研究では、ネオニコチノイド系殺虫剤を分析しています。島根県の宍道湖という湖ではこの殺虫剤が水田で使用されて流入、魚の餌となっていた節足動物を激減させたことでウナギ・ワカサギ漁が壊滅的になったことを示しました 2)。

- 1) Yamamuro, M. et al. (1995) Carbon and nitrogen stable isotopes of primary producers in coral reef ecosystems. Limnology & Oceanography, 40 (3), 617-621
- 2) Yamamuro, M. et al. (2019) Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields, Science 366(6465), 620-623

自身でやりたいテーマが見つからない学生さんへのご提案

① 地球温暖化の湖岸部水温への影響

日本の一部の湖沼では近年になって水温が上昇しています。根拠となったデータは沖合の湖心でモニタリングされており、夏季の湖岸での連続データはありません。当研究室では日本で 2 番目に大きい霞ヶ浦の湖岸で予備調査を行い、湖岸部の一部では湖心部よりも有意に高温になっていることが分かりました。どのような条件だと湖心より高くなるのか？仮説を立て、それを検証する方法までご自身で考えてみて下さい。

② マイクロプラスチックの水圏での挙動

マイクロプラスチック問題として日本では海洋生物への影響を重視していますが、世界ではむしろ陸水域での影響を

懸念しています。2019 年には WHO が「Microplastics in drinking-water」と題した報告書を出版しています。飲用水にマイクロプラスチックが混入するルートの一つは降水です。降水も含めてマイクロプラスチックがどのように水圏を移動するのか、某物質を使って解明できると考えています。



霞ヶ浦湖岸に設置した水温ロガーを回収



回収したロガー。破損を防ぐため手作りで防護した。



阿部 彩子 [Ayako Abe-Ouchi]

E-mail: abeouchi@aori.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-4405

Room: 柏キャンパス総合研究棟 310 号室

研究分野 気候力学・気候変動論・古気候学・古環境シミュレーション

メッセージ 地球史に興味がありながらシミュレーションや数値実験といった地球科学の新たな研究手法を開拓したい人はぜひ相談にいらしてください。

研究内容の紹介

地球の表層環境変動が地球史上過去から現在の様々な時間スケールで変遷を遂げていることがわかってきています。私たちの研究室ではこのような過去から現在の地球の表層環境変動のメカニズムを、シミュレーションなどの数値モデリングや数値実験手法を用いて明らかにすることを目標にしています。このような数値実験を通じて気候モデルによる将来の気候変化予測の信頼性を高めることも目指しています。またさらに地球環境の安定性や多重性を調べたり、地球と生命の共進化の研究に寄与することに関心があります。現在は、地球温暖化の数値実験と過去の氷河期や温暖期などの気候や環境のシミュレーションを、大気・海水・海洋大循環モデルや氷床力学モデルや植生モデル等を結合した気候システムモデルを用いて行っています。必要となったら結合モデルにコンポーネントを加えたり、簡素化したりしながら、それらのモデルを開発することも重要な研究活動です。とくに氷床モデルについては南極やグリーンランド氷床の再現を通じて独自開発を進めてきました。具体的なテーマは以下のようなものです。

(1) 氷期-間氷期サイクルとして気候、海水準、二酸化炭素などが、約十万年周期的に変動することが知られていますが、これを数値モデルにより再現してメカニズムを解明していこうとしています。

(2) とくに 2 万年前の最終氷期と現在や約 9 ～ 6 千年前の温暖期のコントラストについて大気海洋大循環モデルを用いて詳細に気温や降水量や大気海洋循環変化を解析したり観測データと比較し、モデルを検証しています。将来の温暖化予測の実験とあわせて比較解析しています。

(3) 氷期のあいだや氷期から間氷期の移行期に気候が急激に変動したことが知られていますが、このような急激な気候変化は大気、海洋、氷床間のプロセスに関連した非線形現象による可能性が高まっています。将来予測についても映画「デニアフタートゥマロー」が反響を起こしていますが、将来と過去の気候変化の共通点、相違点を、数値実験に明らかにしていくことが重要です。また気候の安定性や多重性を数値モデルを用いて明らかにすることを通じて、将来の気候変化に

ついて「後戻りのできない」現象の定量的把握をすすめようとしています。

(4) 白亜紀のように現在よりずっと温暖な気候やスノーボールアースのような気候をモデルの中で再現しそのような気候変化条件や気候の安定性を解析することも行っています。大陸配置や山岳などの境界条件に対する気候の応答についても数値実験を通じて調べていきます。以上のような研究を、気候システム研究センターや地球惑星システム講座の様々な分野の研究者と協力しながら行っています。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

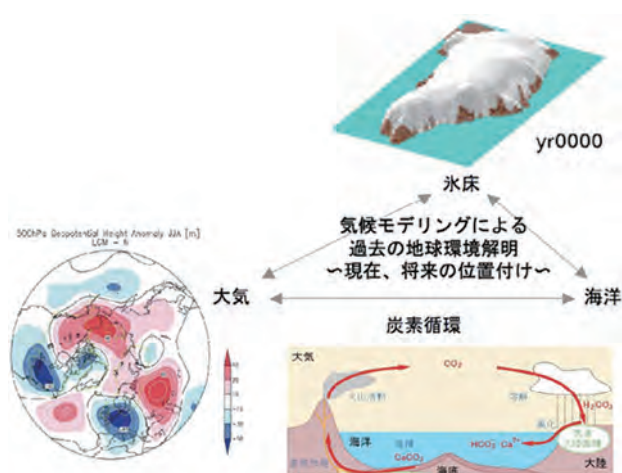
【博士論文】

- ・氷床力学モデルの開発と南極氷床変化のシミュレーション
- ・大気海洋結合気候モデルによる海水の気候形成に果たす役割
- ・6 千年前の緑のサハラの再現実験と大気循環過程の重要性
- ・植生の気候形成における役割に関する研究

【修士論文】

- ・大気海洋氷床結合モデルによる気候の軌道要素に対する応答実験 他

セミナー ・気候コロキウム ・気候システムセミナー



黒田 潤一郎 [Kuroda Junichiro]

E-mail: kuroda@aori.u-tokyo.ac.jp, uni-kuroda@g.ecc.u-tokyo.ac.jp,

Tel: 04-7136-6120

Room: 大気海洋研究所大気海洋研究棟 750

Personal website: : http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/kuroda/kuroda_labo_HP/index.html,
<http://www.jamstec.go.jp/res/ress/kurodaj/>,
<https://publons.com/researcher/2322106/junichiro-kuroda/>,
<https://researchmap.jp/kurodaj>http://www.jamstec.go.jp/ifree/j/members/info/5-2-017_kuroda.htm

研究分野 海洋地質学・古海洋学・地球化学

メッセージ 堆積物や蒸発岩を使って「太古の海洋の姿」を探る研究に興味がある人、一緒に研究しましょう。

研究内容の紹介

私は深海掘削で得られた堆積物や陸上に露出する堆積岩を用いて、その地球化学的指標から海洋無酸素事変や生物大量絶滅や塩分危機といった Extreme events の原因やトリガーの解明を目指して研究を行っています。また、新しい古環境指標の開発も目指しています。具体的には、以下のトピックに興味を持っています。

- ・白亜紀の海洋堆積物の Pb 同位体比や Os 同位体比を用いた海洋無酸素事変と、巨大海台形成に伴う大規模火山活動のリンクの解明
- ・三畳紀-ジュラ紀の海洋堆積物の Os 同位体比を用いた三畳紀末大量絶滅と中央大西洋火成岩区形成に伴う火山活動のリンクの解明（愛媛大学との共同研究）
- ・白亜紀-古第三紀境界の Os 同位体比や白金族元素組成を用いた白亜紀末隕石衝突イベントの詳細プロセスの解明
- ・中新世～鮮新世の地中海および北大西洋堆積物の Os 同位体比を用いた地中海-大西洋の海水交換（循環）の変遷と、メッシニアン塩分危機の成因解明
- ・赤道太平洋コアを用いた第四紀 Os 同位体組成の変遷史とその意義
- ・タイの岩塩コアを用いた白亜紀の海水組成の復元への挑戦

主要論文

1. Junichiro Kuroda, Hidetoshi Hara, Katsumi Ueno, Thasinee Charoentitirat, Teruyuki Maruoka, Takashi Miyazaki, Akira Miyahigashi and Stefano Lugli, Characterization of sulfate mineral deposits in central Thailand, Island Arc, vol. 26, article no. e12175, doi: 10.1111/iar.12175, 2017.
2. Junichiro Kuroda, Francisco J. Jiménez-Espejo, Tatsuo Nozaki, Rocco Gennari, Stefano Lugli, Vinicio Manzi, Marco Roveri, Rachel Flecker, Francisco J. Sierro, Toshihiro

Yoshimura, Katsuhiko Suzuki and Naohiko Ohkouchi, Miocene to Pleistocene osmium isotopic records of the Mediterranean sediments, Paleoceanography, vol. 31, no. 1, p. 148–166, doi: 10.1002/2015PA002853, 2016.

3. Junichiro Kuroda, Masaharu Tanimizu, Rie S. Hori, Katsuhiko Suzuki, Nanako O. Ogawa, Maria L.G. Tejada, Millard F. Coffin, Rodolfo Coccioni, Elisabetta Erba and Naohiko Ohkouchi, Lead isotopic record of Barremian-Aptian marine sediments: implications for large igneous provinces and the Aptian climatic crisis, Earth and Planetary Science Letters, vol. 307, p. 126–134, doi:10.1016/j.epsl.2011.04.021, 2011.

4. Junichiro Kuroda, Rie S. Hori, Katsuhiko Suzuki, Darren R. Gröcke, and Naohiko Ohkouchi, Marine osmium isotope record across the Triassic–Jurassic boundary from a Pacific pelagic site, Geology, vol. 38, p. 1095–1098, doi:10.1130/G31223.1, 2010.

5. Junichiro Kuroda, Nanako O. Ogawa, Masaharu Tanimizu, Millard F. Coffin, Hidekazu Tokuyama, Hiroshi Kitazato, and Naohiko Ohkouchi, Contemporaneous massive subaerial volcanism and Late Cretaceous oceanic anoxic event 2, Earth and Planetary Science Letters, vol. 256, p. 211–223, 2007.

6. Junichiro Kuroda, Naohiko Ohkouchi, Teruaki Ishii, Hidekazu Tokuyama, and Asahiko Taira, Lamina-scale analysis of sedimentary components in Cretaceous black shales by chemical compositional mapping: Implications for paleoenvironmental changes during the Oceanic Anoxic Events, Geochimica et Cosmochimica Acta, vol. 69, p. 1479–1494, 2005.



横山 祐典 [Yusuke Yokoyama]

E-mail: yokoyama@aori.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-6141

Room: 柏キャンパス大気海洋研 711 号室

Personal website: <http://ofgs.aori.u-tokyo.ac.jp/~yokoyama/>

研究分野 同位体地球化学・気候変動学・海面変動・サンゴ骨格気候学・南極氷床・太陽活動復元・加速器質量分析

メッセージ 私は気候変動を含んだ、様々な時間スケールの地球の表層プロセスについて、そのメカニズムの解明を物理・化学的手法を用いて研究しています。地球科学は自分の生

活している環境がどのようにして形成されたのか、それらが今後どのように変動していくのかを考えていく学問であるともいえ、一つの手法だけではなく幅広い知見をもって、研究テーマに取り組んでいくことが大切です。フィールドでのサンプリングから実験室での分析、そしてそれらのデータの解析といった一連の流れを行うことで初めて現象の定量的な取り扱いが可能となります。IPCC 第5次報告書にも関わり、将来の気候変動予測の向上のための気候変動データの高精度復元に取り組んでいます。また国際プロジェクトも積極的にすすめており、欧米やアジアの研究機関との共同研究、EU の研究プロポーザルの審査員なども務めていることから、海外からの客員研究員受け入れも積極的に行っています。国際統合深海掘削計画のグレートバリアリーフプロジェクトでは首席研究員をつとめ、国際研究チームを率いた研究を行うことになっています。

研究内容の紹介

過去 200 万年の地球表層は、氷期―間氷期といった 10 万年スケールの変動や、太陽活動等に起因した数十年―数百年スケールの変動などを繰り返して来ています。雪氷圏―磁気圏―大気圏―海洋そして固体地球の相互の関わりと、気候変動のメカニズムを解明するための高精度―高時間分解能の試料をフィールドにて採取、実験室にて同位体をメインにした分析、そしてデータ解析・モデルによる考察などを行っています。

(1) 南極の環境変動：地球上の約 70%の淡水を蓄えている南極氷床は、地球温暖化に伴う融解によって、海面上昇など、グローバルな気候変動を引き起こすことが危惧されています。南極氷床は安定なのか、氷床コア、岩石分析そして海洋堆積物を使いこれらのことを明らかにしようとしています。

(2) 中―低緯度の環境変動：赤道域、特に西赤道太平洋は、表層水の温度が高く、地球のヒートエンジンとしての役割を果たしています。この地域の変動によって引き起こされる ENSO やモンスーン変動などについて、サンゴ試料や海洋堆積物そしてモデルを用いて研究しています。

(3) 太陽活動と地球磁場変動：宇宙線と大気との相互作用によって生成される核種は、過去の地球磁場変動と太陽活動の変化を記録しています。氷のコア、湖の堆積物、木材の年輪などを通してこれらの変動機構の解明について明らかにしようとしています。

(4) 固体地球の変化と表層環境変遷：氷期に存在した氷床は、厚さ 3 km にもおよび表層環境に様々な影響をもたらしたと考えられます。その後、氷という巨大な“荷重”がとりさられることにより、地球は変形し海水準の変動などを引き起こ

しました。山脈の形成―と気候との関係についての研究や過去の津波の年代決定とテクトニクスとの関係についての研究などもスタートさせています。



低緯度から高緯度までを対象にサンプリングを行うとともに、化学分析による定量的な気候変動の復元を行う。堆積物とサンゴを使った私たちの研究から、過去の気候変動について、地球の公転軌道要素の変化による日射量変動、大気二酸化炭素変動、地球表層気温、氷床量変動、海洋循環などの関係が明らかになってきました。これらは世界に先駆けて行った研究であり、それぞれ Nature (2000, 406, 713-716) と Science (2009, 324, 1186-1189) に発表されました。

参考文献：

横山祐典, 氷期―間氷期スケールおよび Millennial スケールの気候変動の研究：同位体地球化学的・地球物理学的手法によるアプローチ, 地球化学, Vol.38, p.127-150 (2004).

横山祐典 海洋循環が鍵を握る急激な気候変動～海面下のサンゴサンプルがもたらす重要な古気候情報～ Ship&Ocean News Letter 106 p.6-7 (2005).

横山祐典 地球温暖化と海面上昇・氷床変動・海水準上昇・地殻変動.「地球史が語る近未来の環境 第2章」. 1 159-178. 東京大学出版会 (2007).

横山祐典 放射性炭素を用いた気候変動および古海洋研究. 真空, 50, 486-493 (2007).



吉森 正和 [Masakazu Yoshimori]

E-mail: masakazu@aori.u-tokyo.ac.jp

Tel: 04-7136-4380

Room: 柏キャンパス 総合研究棟 209 室

Home Page：<https://ccsr.aori.u-tokyo.ac.jp/~masakazu/>

研究分野 地球温暖化、極域気候変動、古気候モデリング、全球気候モデル

メッセージ 現代の深刻な環境問題の一つである地球温暖化は、『自然』という枠組みの中で変動してきた気候システムが、人間活動という『外部』からの刺激に対してどのように応答するかという、本質的理解が試される地球科学的課題でもあります。私の研究室では、全球気候モデルを主な研究ツールとして使用し、様々な時間スケールにおける気候変動メカニズムの解明を目指しています。気候システムの一部分のみに注目するというよりは、構成する大気、海洋、海水、陸面、(植生、氷床)といったサブシステム間の相互作用や複雑に絡み合うプロセス間の連動性を解明することによって、統合的な理解を得ることに重きを置いています。細部にも注意を払いつつ俯瞰的な視野に立ち、多階層、マルチスケールの複雑系の理解に挑戦することに興味のある学生と一緒に研究できることを楽しみにしています。

研究内容の紹介

環境影響やその対策を考える上で基礎情報となる気候の将来予測は、地球全域をカバーする数値気候モデルを中心に行われます。しかし、様々な要因により不確実性があります。私の研究では、その不確実性を低減するべく、主に気候モデルを使って、気候感度と気候フィードバック、極域の温暖化メカニズムの理解、中・高緯度の気候変動と熱帯降水分布のテレコネクション・メカニズムの解明、過去に起きた気候変動メカニズムの理解とそれを基にした将来の気候変動に関する知見の提供、気候とグリーンランド氷床や南極氷床との相互作用の理解、過去と将来の気候変動における植生分布変化の役割の解明などに取り組んでいます。

(1) 気候感度と気候フィードバックの理解の深化

温室効果ガスが増えると、気温はどのくらい上昇するのでしょうか？この素朴な疑問に答えるために、地球のエネルギー収支に影響する水蒸気、気温構造、雪氷、雲といった気候フィードバック・プロセスを一つ一つ理解し定量化していくとともに、複数プロセスの連動性の解明も目指します。

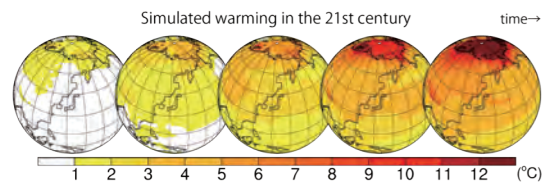


図1 数値ミュレーションのイメージ図

(2) 極域の気候変動メカニズムの解明

地球温暖化と一口に言っても、地球上どこでも同じスピードで暖くなるのでしょうか？雪氷の存在など他地域と様相が大きく異なる極域では、一般に大きな気候変化が生じることが知られています。過去や将来の極域における気候変動メカニズムの解明を目指します。



図2 北極域温暖化増幅に寄与するフィードバック・プロセスの季節進行(北極海)を表す模式図(吉森 2021)。

(3) 過去の気候変動の理解・将来予測への貢献

過去の気候・環境変動の謎を解明することは、それ自体たいへん興味深い課題です。加えて、過去を知ることは、人類が経験したことのないほど大きな将来変化について考えるのにも役立ちます。単に鏡に映る未来像を地球史の中に探すのではなく、変動メカニズムの理解が過去と将来を結ぶ架け橋になると考えています。過去の温暖期はもちろん、氷期のような寒冷期の研究も通して気候システムの普遍的な理解を目指します。

■研究手法：シミュレーション・数値実験・データ解析

コンピュータの中に数理的に作られた仮想の地球、全球気候モデルを主な研究ツールとして利用しています。工夫を凝らしたさまざまな数値実験を通して、コンピュータで再現された現象のメカニズム解明に取り組んでいます。また、観測データや過去の気候復元データを利用して気候モデルの信頼性評価にも取り組んでいます。

■講義：気候物理学入門、地球環境学、地球惑星環境学基礎演習 II、古環境学

■参考文献

吉森正和ほか (2012): 気候感度 Part 1: 気候フィードバックの概念と理解の現状. 天気, 59(1), 5-22.
吉森正和ほか (2012): 気候感度 Part 2: 不確実性の低減への努力. 天気, 59(2), 91-109.
吉森正和ほか (2012): 気候感度 Part 3: 古環境からの検証. 天気, 59(3), 143-150.
吉森正和 (2021): 北極域の気候変動研究の現状と今後の展開. 気候システムニュース No.8, 1-4.



小河 正基 [Masaki Ogawa]

E-mail: cmaogawa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5454-6612

Room: 総合文化研究科 16 号館 801B 室

研究分野 地球の進化

メッセージ 地球やその他の固い地面を持った惑星（地球型惑星）がなぜ現在見られるような形になったのかという素朴な疑問に答えたい人を歓迎します。ただし、学部1、2年生で習う力学・熱力学は修得している事を希望します。

研究内容の紹介

コンピューターのなかで、や系外惑星の内部進化をモデル化してその変動の大枠を統一的に理解するというテーマで研究しています。

惑星探査の進展に伴い月・水星・火星・金星・地球はお互いに全く異なる顔つきをし、異なる進化の歴史を辿ってきたが、また同時にその差異はある程度惑星サイズに応じた系統性を持っていることも明らかになりつつあります。この系統性を手掛かりに、力学・熱力学の法則や岩石物性の知識を総動員してこれらの惑星の進化のモデルを構築し、その進化を支配している素過程を系統的に解明する事を目的としてマントル対流や火成活動の数値シミュレーションを行っています。また、近年多数発見されつつある太陽系外の地球型惑星へのモデルの拡張も試みています。以下に、その成果をまとめた図を示します。詳しくは以下の参考文献を参照してください。

参考文献

小河正基, 地球型惑星の内部進化, パリティ, 第28巻第10号, 48-51, 2013.

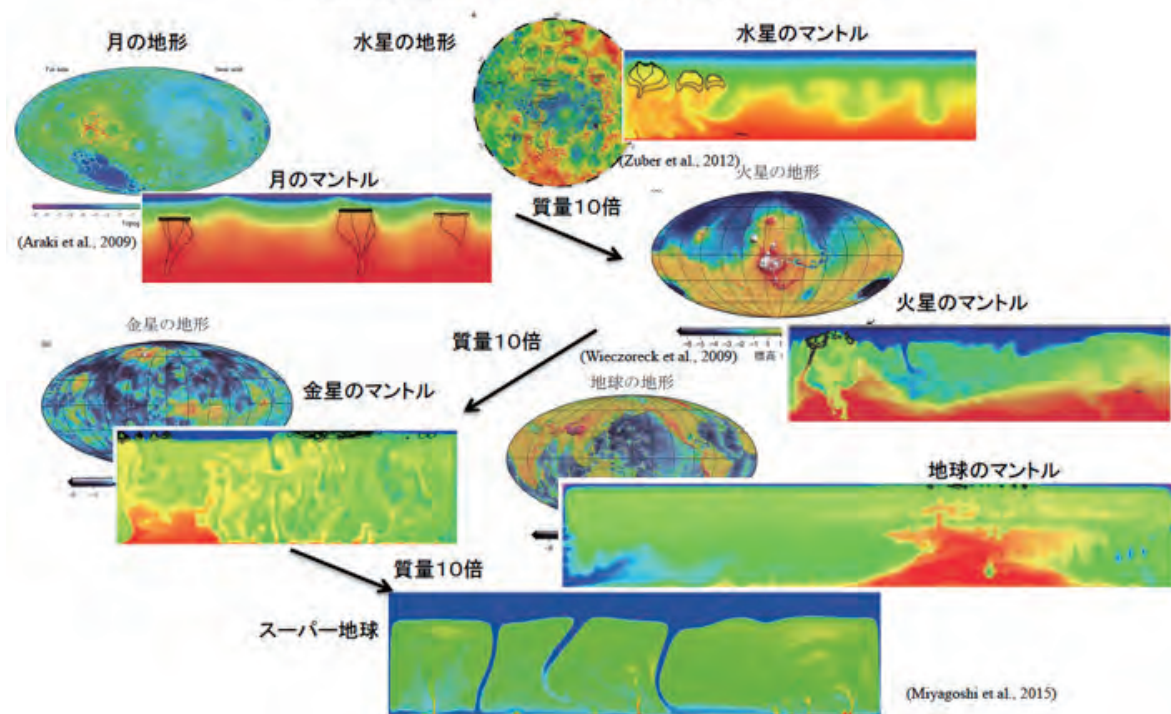
小河正基, 地球型惑星の内部進化: 火星からスーパー地球まで, 日本物理学会誌, 69 (12), 860-869, 2014.

小河正基, 地球型惑星内部物理学の最近の進展, 地学雑誌, 124(1), 1-30, 2015

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・金星のマントル対流の数値シミュレーション
- ・地球のマントルの2段階進化の数値シミュレーション
- ・月のマントル対流の数値シミュレーション

様々な惑星のマントル対流の数値モデル



小宮 剛 [Tsuyoshi Komiya]

E-mail: komiya@ea.c.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5454-6609

Room: 総合文化研究科 16 号館 826B 室

Personal website: <http://ea.c.u-tokyo.ac.jp/earth/Members/komiya.html>

研究分野 地球型惑星の惑星内部・生命環境進化解読, 地質学, 岩石学

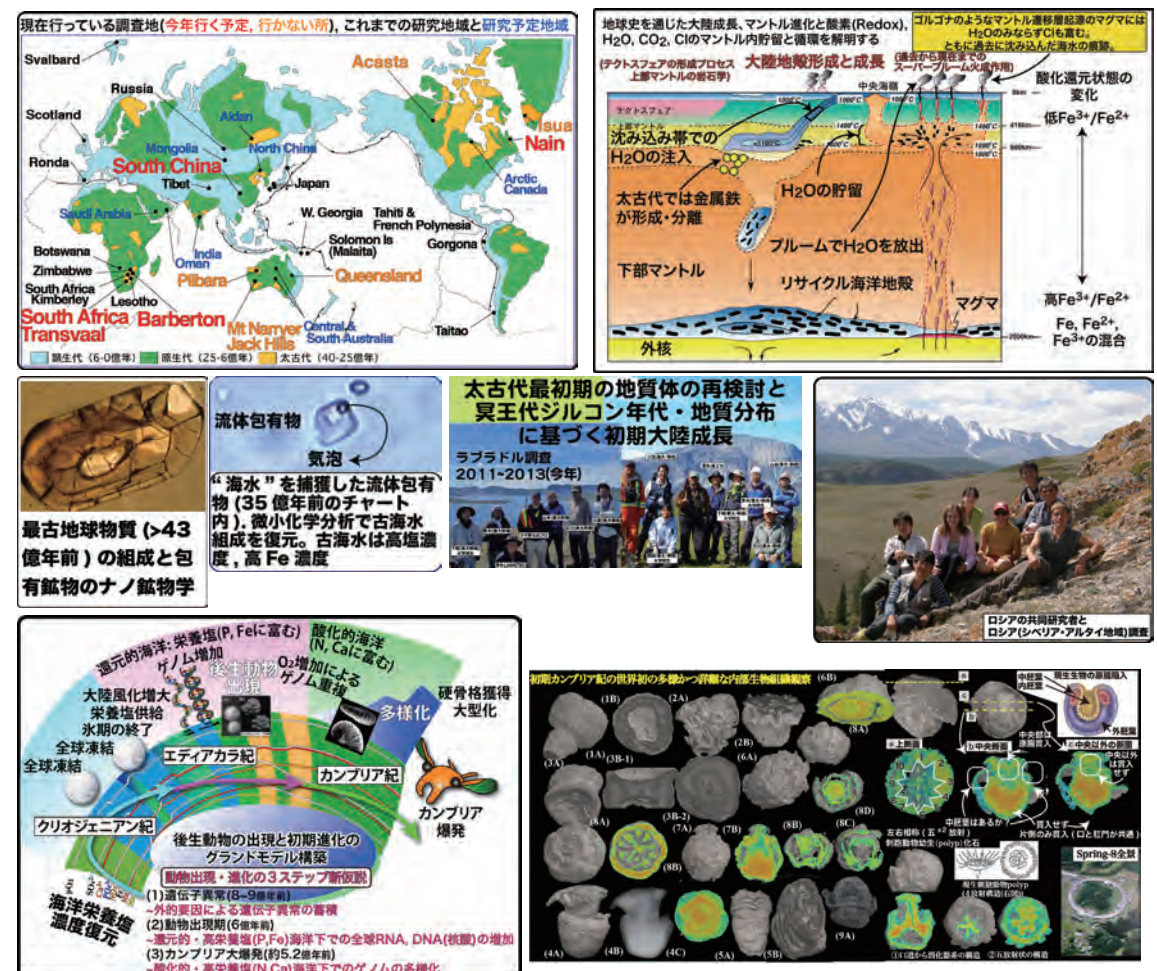
メッセージ 小宮研では物質学的手法 (岩石などの試料分析・解析) で地球・生命進化史を解読する研究を進めており、①地質調査、②岩石や化石採取、③鉱物観察と組成分析 (変成岩・火成岩岩石学)、④岩石試料の分析 (地球化学)、④化石試料の観察や分析 (Spring-8などの先端機器を用いた化学古生物学研究) と言った一連の研究を通して、総合的に地球史を解読することを目指している。

研究内容の紹介

地球型惑星進化の解明に向け、地球内部と生命環境の両面から46億年の進化を物質的に解読

(1) 地球最古物質 (冥王代ジルコン) のナノ鉱物学が拓く冥王代地球解読, (2) 最古の堆積岩が存在するカナダ・ラブラドルの地質と冥王代マントルと海水組成復元, (3) 最古生命の生息場の地球化学的復元, (3) 全球凍結の開始と終結の原因の解明, (4) 全球凍結からカンブリア大爆発にかけての多元素・多同位体解析による環境解読と動物出現

の原因の解明, (5) 最古動物胚・幼生化石の三次元像解析と後生動物初期進化解読, (6) 化石の化学組成マッピングと化学古生物学研究, (7) マントル進化と大陸成長率の解読, (8) 過去のブルーム岩の岩石学, (9) 海水組成の経年変化解読と生命進化, (10) 太古代や原生代の堆積岩の地球化学研究に基づく表層変動と生命進化, (11) 顕生代の表層環境解読と海洋循環, (12) 地球内部ダイナミクス進化 (海水と酸素の地球大循環), 等。





中村 尚 [Hisashi Nakamura]

E-mail: hisashi@atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5452-5145
Room: 駒場Ⅱキャンパス先端科学技術研究センター 3号館 410号室
Personal website: <http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/>

研究分野 気候力学・大気大循環論・大気海洋相互作用

メッセージ 私が所属する先端科学技術研究センター「気候変動科学分野」は、大気海洋循環系の中村研究室と同センター(旧)地球大気環境科学分野の竹川研究室とが合併して、2011年4月に新設された研究組織です。大気海洋循環系の形成・維持過程やその変動に気象とそれらの予測可能性、将来の温暖化や古気候、さらには地球規模の大気環境問題など研究課題に、データ解析、数値シミュレーション、実験や現場観測を通じて取り組んでいます。に興味を抱く大学院生を歓迎します。

研究内容の紹介

異常気象の力学：

異常気象をもたらすのは、各季節を特徴づける地表の大規模高・低気圧の勢力の変動と関連する上空の偏西風ジェット気流の持続的蛇行（ブロッキング現象を含む）です（下図）．日本に暑夏・冷夏・寒冬・暖冬をもたらす大気循環異常のみならず，世界各地に異常気象を生起させる対流圏循環異常のメカニズムとその予測可能性を，海洋・海水変動や成層圏循環の異常との関連も含めて探求しています．

大気海洋相互作用と気候系の自然変動：

- 亜熱帯・中高緯度の気象循環系の形成とその変動特性を、大気海洋相互作用の観点から再検証する全国規模プロジェクト「気候系の Hot Spot」を推進しています。特に、海洋からの熱や水蒸気の供給が、移動性高低気圧活動を通じて、偏西風ジェット気流の形成や「環状モード変動（北極振動・南極振動の本質）」の活動（成層圏・対流圏結合変動を含む）、さら

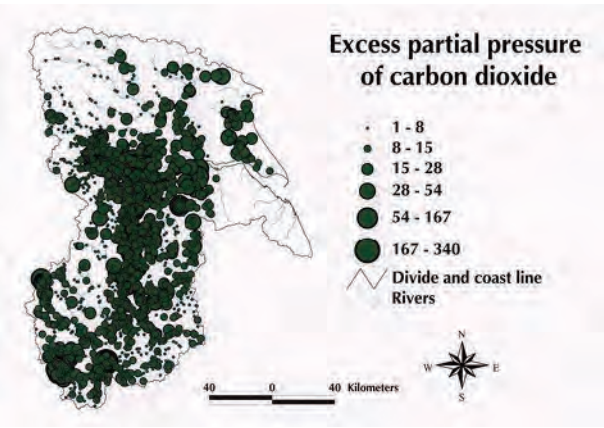
セミナー

- ・地理情報科学セミナー：研究紹介，論文紹介，および活発な議論を主に英語で行っています

Figure 1 consists of two schematic diagrams of the Earth's atmosphere and oceans, illustrating the seasonal differences in atmospheric circulation patterns. The left diagram is labeled '冬季' (Winter) and the right diagram is labeled '夏季' (Summer).

冬季 (Winter): This diagram shows the North Pacific region. Key features include the Siberian High (シベリア高気圧) and the Aleutian Low (アリューシャン低気圧). The North Pacific High (北太平洋高気圧) is also indicated. The diagram shows the movement of air masses, including the Subtropical Jet Stream (亜熱帯ジェット気流) and the Storm Track (ストームトラック). It also depicts the influence of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Pacific Decadal Oscillation (PDO) on the climate system.

夏季 (Summer): This diagram shows the North Pacific region. Key features include the North Pacific High (北太平洋高気圧) and the Subtropical High (亜熱帯ジェット気流). The diagram shows the movement of air masses, including the Subtropical Jet Stream (亜熱帯ジェット気流) and the Storm Track (ストームトラック). It also depicts the influence of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Pacific Decadal Oscillation (PDO) on the climate system.



東部イングランドの河川水質データ解析（英国生態学・水文学研究所との共同研究）



小坂 優 [Yu Kosaka]

E-mail: ykosaka@atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5452-5144

Room: 駒場 II キャンパス先端科学技術研究センター 3 号館 409 号室

Personal website: <http://www.atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp/>

研究分野 気候変動・異常気象・気候力学

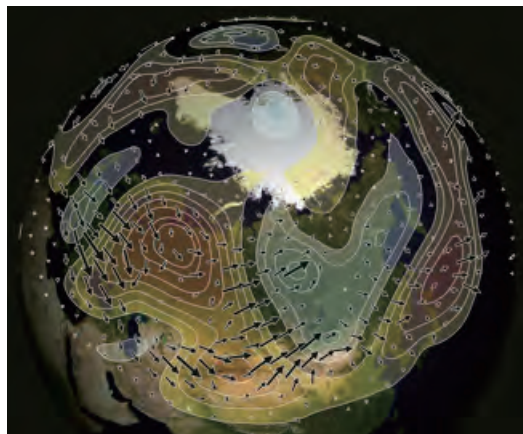
メッセージ 私たちのグループは、大気と海洋の大循環やそれらの相互作用に着目し、気候の成り立ちや気候変動・変化のメカニズム、さらに気候変動と変化の相互作用の理解に挑んでいます。このようなテーマに理論・データ解析・数値実験により取り組んでいく大学院生の皆さんをお待ちしています。

研究内容の紹介

私たちのグループは、1000km～それ以上の大規模な大気循環の形成や、その数週間～数十年スケールでの気候自然変動のメカニズム・大気海洋相互作用・予測可能性について研究しています。この研究は、様々な現象がなぜ特定の空間構造を持ち、特定の季節に（あるいは季節を問わず）卓越し、特徴的な時間スケールを持って変動するかという問いに答えることを目指し、さらにそれらの地域気候影響や予測可能性に挑みます。特にこれまで、夏季の東アジアに異常気象をもたらすような遠隔影響（テレコネクション）パターンの形成メカニズム・影響評価・予測可能性・数十年規模の自然変動や地球温暖化に伴う長期変動の解明に取り組んできました。加えて最近、人為起源地球温暖化と十年規模の自然気候変動との干渉によって引き起こされる全球規模及び地域的な気候変動についての研究を進めています。観測データの統計解析・力学診断に加えて、様々な理想化力学モデルや全球大循環モデルも使い、国内外の研究者と協力して研究を進めています。

東アジアに異常気象をもたらす遠隔影響パターンの力学と予測可能性

数週間以上持続する異常気象はよく、遙か数千 km も離れた地域からの「遠隔影響」によってもたらされます。私たちは我が国を含む東アジアの夏に異常気象をもたらすいくつか

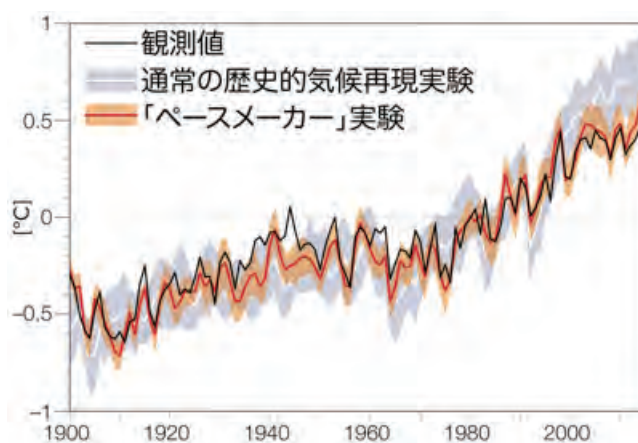


2010 年 8 月上旬に日本列島に記録的熱波をもたらした対流圏上層のロスビー波列。

の遠隔影響パターンについて、その実態・メカニズムの解明や数ヶ月前からの季節予測可能性の評価に取り組んできました。このような気候の自然変動が、地球温暖化によって将来どのような変動を受けるかも調べています。さらに最近、冬の東アジアに異常気象をもたらす遠隔影響パターンのメカニズムと予測可能性の研究にも取り組んでいます。

人為起源地球温暖化と自然気候変動の競合

気候は人為起源影響への応答としてだけでなく、自然変動によって自発的に揺らぎます。このような自然気候変動モードの中には、10～20 年の長さで全球平均気温を変化させるものもあり、百年規模の人為起源気候変化に作用して地球温暖化を加速したり停滞させたりします。私たちはこのような温暖化の加減速の要因の特定や、十年規模の地域気候変化・変動への影響の解明に取り組んでいます。



気候モデルを用いた「ペースメーカー実験」による、20 世紀以降の全球平均気温変動の再現。