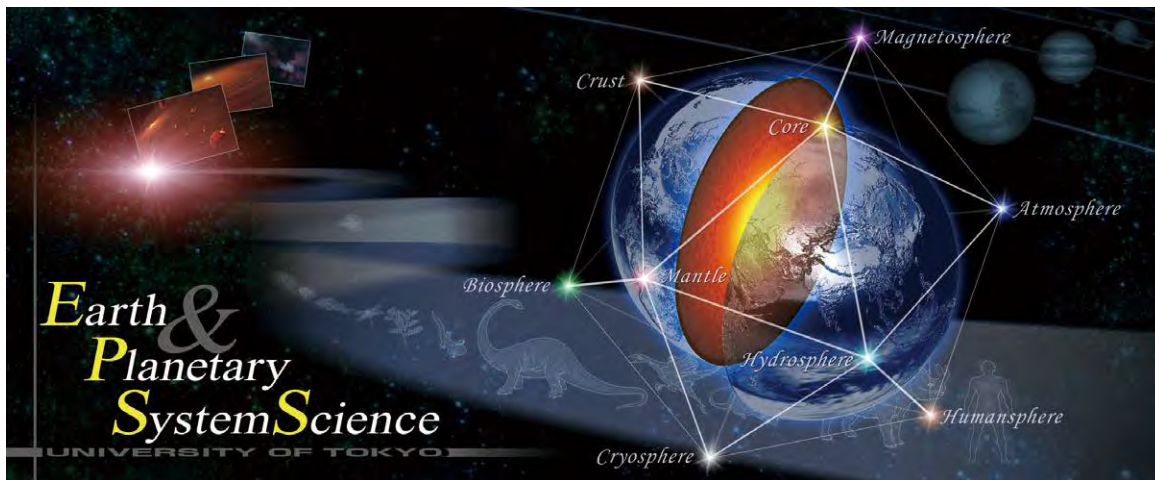


■ 地球惑星システム科学講座



■ 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。太陽以外の恒星のまわ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

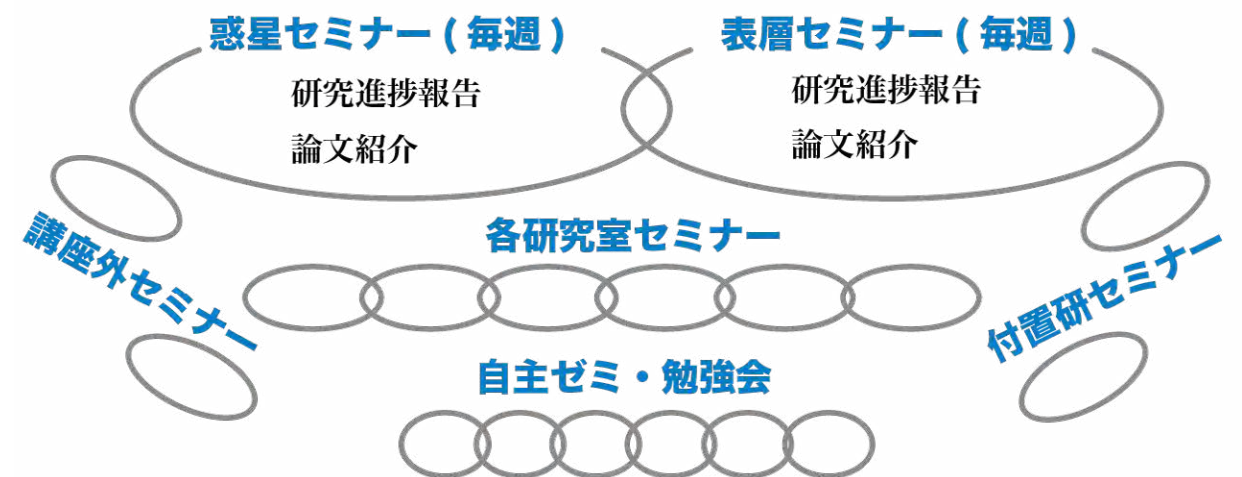
惑星地球システムは、内的・外的の作用により、複数の安定状態を行き来してきました。そうした安定状態（モード）間のジャンプは、様々な時間スケールで起きています。例えば、過去数十百万年間に繰り返した氷期・間氷期変動、数百～数千年スケールで繰り返すモンスーン変動なども地球システムモード間のジャンプとして説明できます。また、約2億5千万年前に起きた地球史上最大の大量絶滅を引き起こした環境変動も、内的要因による惑星地球システムのモードジャンプという視点で捉えることができるかもしれません。惑星地球システムが地球史を通じて経験した変動の規模や様式、変動の時間スケールを地質調査や試料分析で求め、変動の仕組みやそ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

地球惑星システム科学セミナー（月1回）

学内外の研究者によるサイエンスの最先端
博士中間発表(6-7月), 修士中間発表(9月)



講座合宿

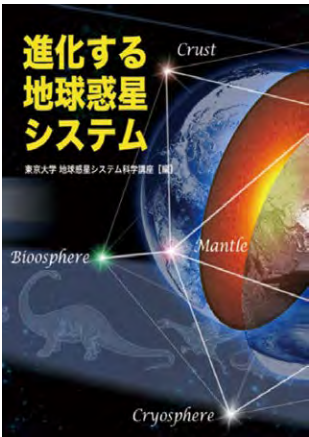
各研究グループの現場を体験， 研究分野の交流



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系統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．

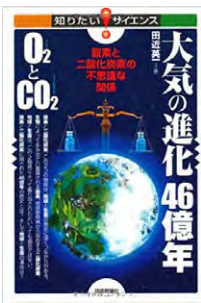
東京大学出版会・四六判・縦組み・ソフトカバー・256 頁
税込 2,625 円（本体 2,500 円） ISBN 4-13-063703-7

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 - 酸素と二酸化炭素の不思議な関係-

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



**気候変動を理する
古気候学が変える地球環境観**

多田隆治 著
みすず書房 318 頁
2013 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んですか？

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er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ういう点でしょうか？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おこなっています。

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を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。基幹講座の全院生

数は、2016年度は、修士課程院生18名、博士課程院生15名でした。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。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「大学院入学を希望される皆さんへ」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過去問に掲載されていますので、参考にして下さい（ただし、英語については平成21年度入学志願者向け試験からTOEFL-ITPに変更になりましたので、過去問は参考になりません）。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。

- ・2018 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：
生駒大洋 e-mail：ikoma@eps.s.u-tokyo.ac.jp; phone：03-5841-4293

■ 教員リスト

基幹講座教員

生駒 大洋	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	12
河原 創 △	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	14
茅根 創	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	16
高橋 聡 △	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	18
橘省吾	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	20
田近 英一	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	22
茂木 信宏 △	理学系研究科 地球惑星科学専攻	---	24
△助教			

協力講座教員

今西 祐一	地震研究所	---	26				
歌田 久司	地震研究所	---	27	黒田潤一郎	大気海洋研究所	---	35
中井 俊一	地震研究所	---	28	横山 祐典	大気海洋研究所	---	36
山野 誠	地震研究所	---	29	磯崎 行雄	総合文化研究科	---	37
森 俊哉	理学系研究科 地殻化学実験施設	---	30	小河 正基	総合文化研究科	---	38
須貝 俊彦	新領域創成科学研究科	---	31	小宮 剛	総合文化研究科	---	39
山室 真澄	新領域創成科学研究科	---	32	小口 高	空間情報科学研究センター	---	40
佐野 有司	大気海洋研究所	---	33	中村 尚	先端科学技術研究センター	---	41
阿部 彩子	大気海洋研究所	---	34	小坂 優	先端科学技術研究センター	---	42



生駒 大洋 [Masahiro Ikoma]

E-mail: ikoma@eps.s.u-tokyo.ac.jp/ Tel: 03-5841-4293
Room: 理学部 1 号館 704 号室

研究分野 惑星形成、惑星内部構造、系外惑星大気、原始・初期地球

メッセージ 我々の暮らす地球、そして我々自身を、宇宙というスケールで客観的に見つめ、自分たちの存在について考える。系外惑星の発見は、それを科学として行うことを可能にしました。次々に発見される多様な惑星、それとともに修正を余儀なくされる理論——我々の宇宙観は、今まさに大きな転換期を迎えています。それは、21世紀前半という限られた時代に生きる我々だけに与えられた贈り物です。この幸せをできるだけ多くの人と分か合いたいと思っています。とにかく進展が早く、先の読めない研究分野ですので、主体的に物を考え、勇気のある人を待っています。

研究内容の紹介

宇宙には無数の恒星があります。そして、太陽はその中の一つの標準的な恒星に過ぎません。このことはすでに多くの人が知っています。それでは、太陽を中心とするシステム(太陽系)は、宇宙の中で標準的な惑星系なのでしょうか？更に、我々の住む地球はどのようなのでしょうか？こうした問題は、これまではサイエンス・フィクション(SF)が取り扱う問題でした。しかし、すでに数千個の系外惑星系の存在を認知している我々現代人は、実在の対象との比較によって、サイエンスとしてこの問題に取り組むことができます。私の研究室では、宇宙にある1つの惑星系の中に存在する1つの惑星として地球を位置づけ、その特殊性と普遍性を知るという目標の下、太陽系形成進化論の一般化、さらに地球型惑星の表層および内部の進化も含めた総合的な理解を目指しています。

太陽系および系外惑星系の形成過程の研究

太陽系は8個の惑星から成る惑星系です。内側に岩石を主体とする4つの地球型惑星(水星・金星・地球・火星)、その外側に水素ガスを主体とする巨大な木星型惑星(木星・土星)、そしてさらに遠くには、主に氷が集まってできたと考えられる海王星型惑星(天王星・海王星)が存在します。

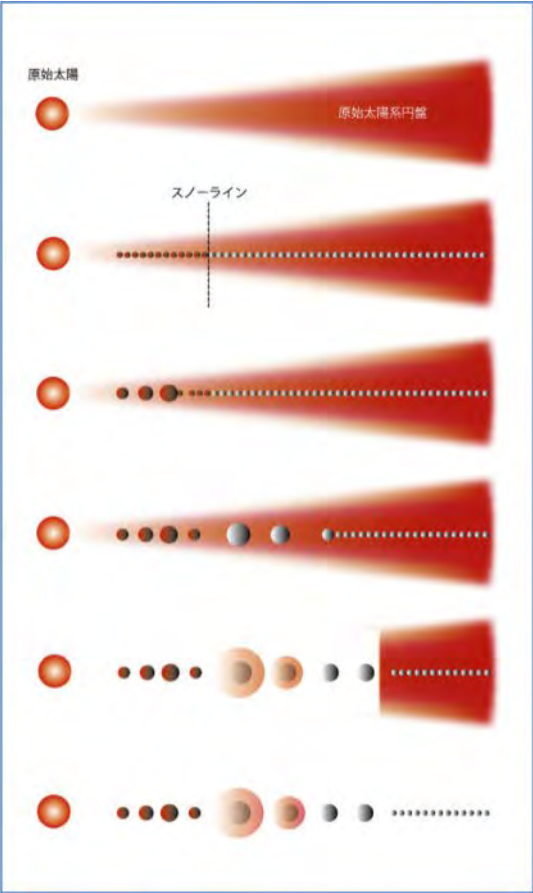
こうした太陽系の形態は、次のように形成されたと考えられてきました。惑星は、原始太陽を取り巻く「原始太陽系円盤(あるいは、原始太陽系星雲)」と呼ばれる水素を主体とする円盤状のガス雲で誕生します。その円盤の中で同時に存在する固体成分(岩石や氷)が集まり、惑星を形成します。また、外側で巨大になった固体天体(固体コア)は、その強力な重力によって円盤ガスを捕獲し、木星型惑星が形成されます。最終的に、原始太陽系円盤が晴れ上がり、太陽系の形成は終わります。

こうした描像は、1980年代後半～90年代前半に理論的に考案されました。一方、それ以後の望遠鏡観測や惑星探査

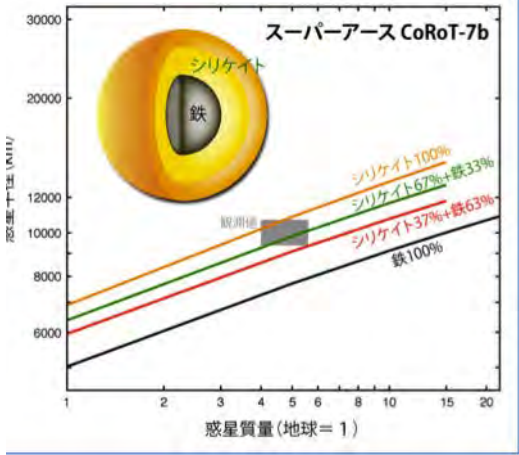
機による観測データによって、上記の太陽系形成理論の修正および精密化が求められています。また、近年の系外惑星の発見によって、木星型惑星が中心星の近傍に存在するなど太陽系とは似ても似つかない惑星系の存在が明らかになりました。私の研究室では、太陽系の現在の形態と太陽系外惑星の多様性を整合的に説明するために、惑星形成過程の重要なプロセスを精査し、統一的な理論の構築を目指しています。

太陽系惑星および系外惑星の内部構造の研究

惑星の内部には、惑星の起源を知る上で重要な情報が隠され



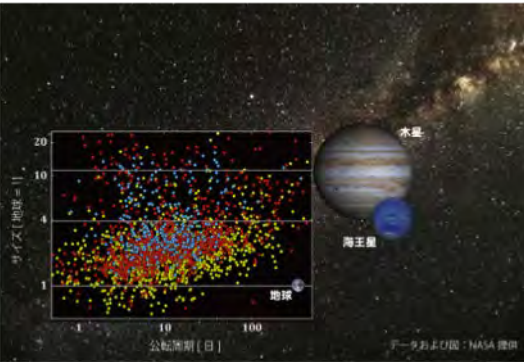
ています。例えば、木星型惑星の中心に存在すると推測される固体核の質量は、木星型惑星の形成過程に対する理解を大きく左右します。太陽系の木星と土星に関しては、惑星探査ロケットによって、(惑星の質量と半径だけでなく)発熱量や慣性モーメント、大気組成などが測定されています。私の研究室では、惑星の内部構造をコンピューター・シミュレーションによって解き、理論的に導かれる値と観測値を比較することで、内部構造の推定を行っています。そして、推定された内部の情報を手がかりに、惑星の起源の解明を目指しています。



また最近では、系外惑星の内部構造も「見える」時代になりました。それは、系外惑星が恒星前面を通過(トランジット)する際に生じる恒星光度の見かけの減少から惑星のサイズが分かるようになったからです。実際に私は、日本のすばる望遠鏡が初めて検出した系外巨大惑星 HD149026b や欧州宇宙望遠鏡 CoRoT によって検出された人類初のスーパーアース CoRoT-7b の内部構造モデリングを手掛けました。これまでの調査によれば、系外惑星の組成は多様で、太陽系には見られない惑星が存在することが分かっています。このように系外惑星の内部構造モデリングと形成論を組み合わせることで、系外惑星系に見られる多様性の起源を探り、太陽系と異なる原因を研究しています。

系外惑星の特徴付け

系外惑星について、これまで質量や半径、公転周期などの情報しか取られていませんでした。しかし最近では、惑星表面をかすめる透過光や惑星自身が放つ放射光、恒星からの光



の惑星による反射光が観測され始めています。これらの観測量を理論的に解析すれば、惑星の大気組成や温度分布、表面物質の特性などの情報を得ることができます。私の研究室では、大気構造・組成の理論的モデル化によって観測提案を行い、さらに系外惑星の観測グループと共同して、すばる望遠鏡や岡山 188cm 望遠鏡などを用いて実際に観測し、系外惑星の大気や表層の情報を読み取る研究に取り組んでいます。

地球型惑星の大気および海の起源

生命の存在を議論するために、大気と海の使用は外すことができません。特に、太陽系においては、地球だけが表面に海を持っており、海は地球を特徴づける重要な要素です。また、地球と金星を比較しても分かるように、同じ地球型惑星でも、その大気組成は大きく異なります。

一方、最近の系外惑星の観測結果をもとに系外惑星の構造を解析すると、海や大気を持つ系外惑星は宇宙には豊富にあるように見えます。私の研究室では、阿部研究室と共同して、太陽系だけでなく系外惑星系も視野に入れた地球型惑星の海および大気の形成過程の研究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

【修士論文】

- ・ヘイズを持つ系外惑星の大気透過分光モデリング
- ・溶融岩石惑星の大気特性と検出可能性
- ・ホットネプチューンの光蒸発による質量散逸
- ・赤色巨星まわりの惑星の潮汐軌道進化と飲み込み
- ・光蒸発による原始惑星系円盤の散逸

【博士論文】

- ・巨大ガス惑星の形成と内部構造

講義

- ・惑星系形成論(隔年)
- ・系外惑星特論
- ・地球惑星システム学基礎論

セミナー

地球惑星システム科学セミナー

地球惑星システム科学講座全教員が担当するセミナーです。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。

地球惑星科学コロキウム

固体地球科学・惑星科学(永原研, 栗田研, 阿部研, 田近研, 杉田研, 宮本研, 生駒研)に関する博士課程院生の研究発表を主体とするセミナーです。

惑星地球Ⅰセミナー

惑星科学一般に関して、修士課程学生・博士課程学生が各自の研究発表や議論を行うセミナーです。



河原創 [Hajime Kawahara]

E-mail: kawahara@eps.s.u-tokyo.ac.jp/ Tel: 03-5841-8332
Room: 理学部 1 号館 721 室

研究分野 太陽系外惑星

メッセージ 太陽系外惑星の探査といえば、ロマンチックな研究に思われるかもしれませんが、しかし、例えば次世代の地球型系外惑星の観測を目指した装置では、惑星より 1 ～ 100 億倍明るい恒星の影響を取り除いて初めて惑星の観測ができます。また、その結果、得られる観測データも非常に限られたものです。今後、太陽系外惑星で生命探査や惑星科学を行なうには、厳しい観測条件をクリアできる賢い装置を考える、さらに、乏しいデータからいわば暗号解読をして様々な情報を引き出す、といったことが必要です。このような難しい課題にチャレンジし、次世代の太陽系外惑星科学と一緒に目指しませんか？

研究内容の紹介

太陽以外の恒星を回る惑星である太陽系外惑星 (系外惑星) が初めて発見されたのは 1995 年のことである。近年では、生命の存在に重要な、液体の水が表面に存在しうる惑星の候補までが報告されるようになった。いまや系外惑星は、天文学が扱う一天体という枠組みを超え、生命が宿りうる場所は地球の他に存在するのか、その母体である惑星系はいかに形成されるのか、という普遍的な問いに答えうる学際的な対象となりつつある。とはいえ、惑星そのものの性質について本当に分かっていることはまだ限られている。惑星質量・半径や一部の大気検出が恒星の間接的観測を通じて行われているのが現状である。惑星自体の光を直に観測する「直接撮像」を利用できるようになったとしても、近傍の地球サイズ

の惑星は、月面に置かれたビー玉程度の見かけである。このビー玉の模様を空間分解するのは絶望的であり、すなわち惑星は小さな点にしか見えない。この観測量の乏しさこそが、系外惑星の惑星形成・進化の解明や系外惑星での宇宙生物学的アプローチの本質的な障壁となっている。

私の研究テーマは、系外惑星観測の乏しい観測量からうまく情報を引き出し、系外惑星で惑星科学・宇宙生物学を可能にする方法論、いわば系外惑星でのリモートセンシング法を構築すること、また国内外の系外惑星の将来観測計画に装置設計の段階から関わることで、将来の系外惑星サイエンスで何ができるのかを探っていくことである。

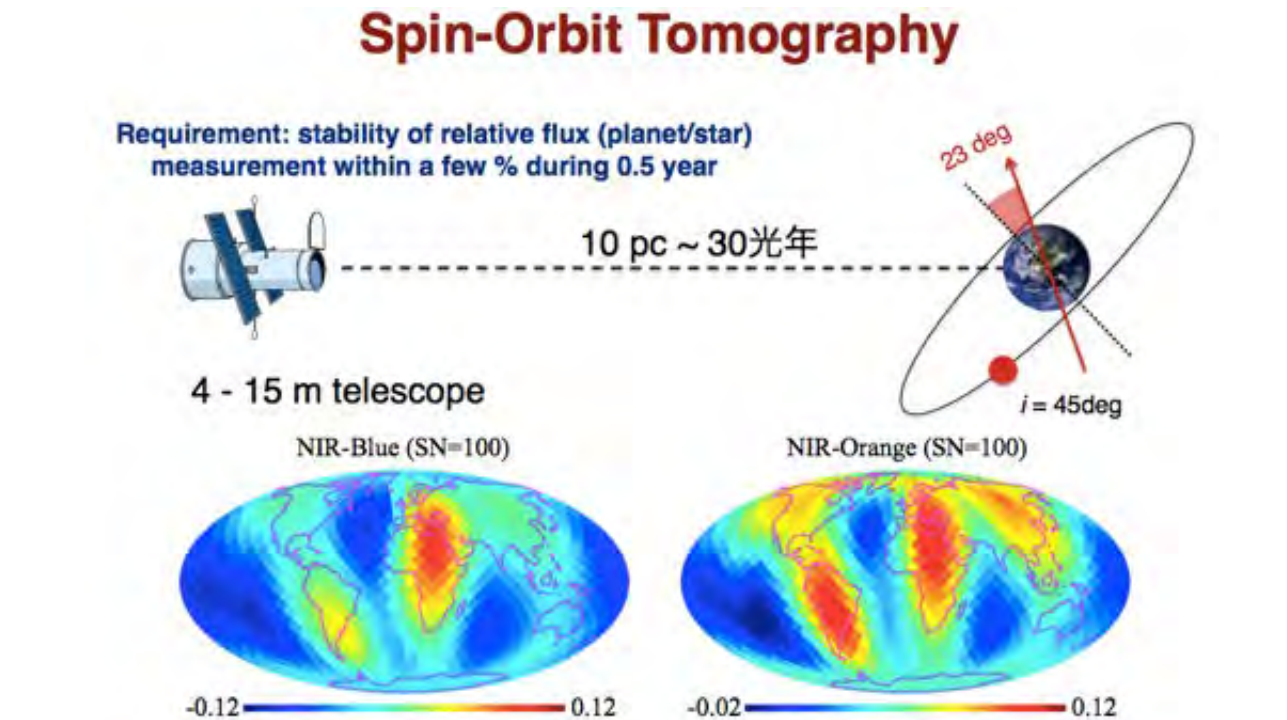


図 1：30 光年の位置に地球を置いて、反射光を半年観測した場合に再構成される惑星マップ。左は砂に敏感な色で、右は植生に敏感な色で再構成した場合を表す。

1) トモグラフィーを用いた系外惑星のマッピング法

恒星の強い光を遮蔽し、惑星自体の光を直に観測する直接撮像は将来の地球型系外惑星探査の要であると考えられているが、これをもってしても惑星表面を空間分解したイメージを直接得ることはできない。直接撮像で得られるのは、惑星表面の昼側面からの反射が積分された「光る点」である。例えば地球なら大陸・雲部分は明るく海洋部分は暗いが、自転・公転運動によって光が当たる表面部分が移動するため、その部分の表面組成に応じて光度の時間変動が起きる。この惑星光の時間変動から、逆に惑星表面の二次元反射率分布をトモグラフィーの技法を用いて復元する方法 Spin-Orbit Tomography (SOT) を考案した。近傍星周りに地球と同じ惑星を置き、光度変動をシミュレーションした結果、次世代衛星計画程度の性能で、大陸や雲 (年平均) の二次元マップが再現できることが確かめられた (図 1 参照)。大陸の存在は、少なくとも地球上では栄養塩の供給の観点から生命にとって極めて重要であると考えられており、将来の生命探査における表層環境調査の重要な方法論となるであろう。

2) データサイエンスとしての系外惑星

近年、系外惑星発見を目指した専用人工衛星や地上望遠鏡プロジェクトで大量のデータが蓄積されつつある。特に 2009 年に打ち上げられたケプラー衛星は、恒星の前を惑星が通る時におこる減光 (トランジット減光) を検出するために 20 万もの恒星の光を 4 年にわたって計測した。このような大量のデータから惑星のシグナルを抽出する研究を行っている。これはデータサイエンスとしての側面が大きく、超並列計算のできる GPU を使い、機械学習的な手法や古典的な目による方法などとりいれ惑星探査を行っている。図 2 には我々が発見し長周期トランジット惑星の例を示している。このような火星から木星の領域にどのような系外惑星が存在するかは未だにあまりよくわかっておらず、楽しい課題である。

3) 大型地上望遠鏡を用いた生命の探査を目指した方法論や装置開発

系外惑星研究における究極的目標の一つは生命探査であろう。しかし、天文学的なリモート観測から惑星上の生命に迫ることは容易ではなく、様々なアプローチを総動員して挑まなくてはならない。現在のところ、生命由来のシグナルとして最も有望視されているのが、生命の代謝活動由来の気体、特に水を用いた光合成からでる副産物である酸素分子である。これまで欧米を中心として、太陽型星周り地球型惑星を人工衛星により直接撮像し、酸素吸収線 $0.76 \mu \text{ m}$ を検出しようという計画が検討されてきたが、まだ実現の見通しは立っていない。私たちは、酸素探索の新たな切り口として、30m クラスの地上望遠鏡による酸素 $1.27 \mu \text{ m}$ 探索を提案している。この方法では主に晩期型周り地球型惑星での酸素探索が可能であり、衛星ミッションと相補的である。そし

て、Thirty Meter Telescope (TMT) 計画における系外惑星直接撮像装置で、実際に検出可能性があることを示した。これは 2020 年代に到来することが期待される系外惑星生命探査の開始時期に向けた先駆的な仕事であると言える。また直接撮像装置 SEIT はまだ初期設計段階であり、京都大学、国立天文台、北海道大学等に在籍するメンバーらと装置仕様の議論・研究を継続的に行なっている。現在は、本郷にあるビックバンセンター内のクリーンルームで装置の一部を開発中である。

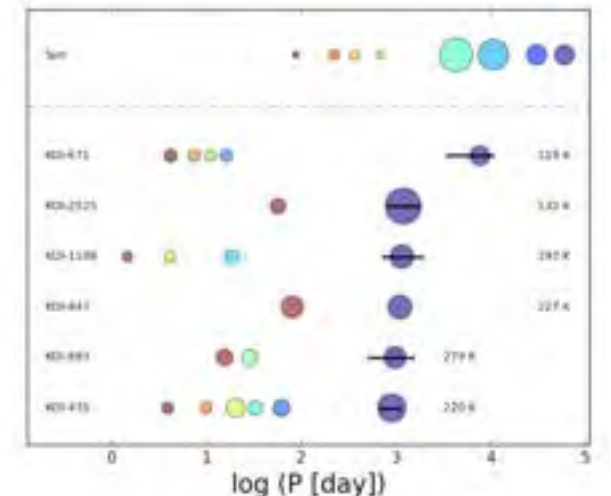


図 2：ケプラー衛星では、太陽系よりもはるかにコンパクトにまとまった惑星系がたくさん見つかった。われわれはそのようなコンパクト複数系外惑星系の外側、周期数年のところに海王星から木星程度のガス惑星を複数発見した。これはケプラー衛星の取得した約 8,000 天体の中から、単一トランジット現象という稀で発見しにくいシグナルを探したことによる成果である。



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/>

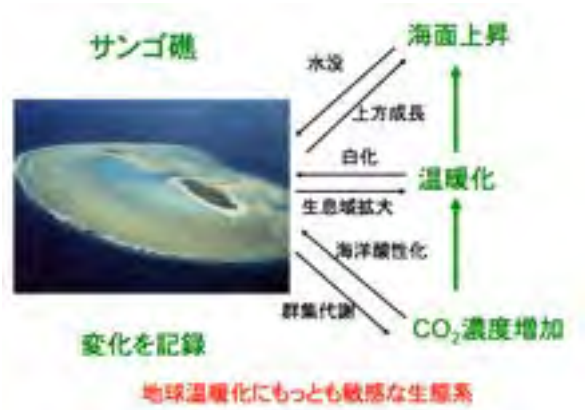
研究分野 サンゴ礁学, 地球規模変動

メッセージ 2016 年夏, 琉球列島のサンゴ礁が大規模に白化しました(右写真). 日本最大のサンゴ礁海域である石西礁湖

では 90% 以上のサンゴが白化し, その多くが死亡しました. 2016 年の白化は, 1998 年, 2010 年に続く地球規模のイベントの一部で, オーストラリアのグレートバリアリーフでは北部の 700km にわたってサンゴ礁が白化し, 2017 年にもさらに中部の 500km が白化しました. 白化は高温によって起こり, 今世紀の温暖化でサンゴ礁は死滅してしまうことが危惧されています. 地球環境変化によって, 地球生態系は地球史上 6 回目の大量絶滅の危機にあると言われています. 地球環境変化にもっとも敏感に応答しているサンゴ礁のサンゴ礁の危機を理解し, その対応策を提案することは, 人間がもたらす 6 回目の大量絶滅を避けるための我々地球科学者がなすべき責務であると考えています.

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.



海洋の炭素循環:

サンゴ礁は, 高い群集代謝(光合成, 呼吸, 石灰化)によって, 大きな CO2 フラックス (大気と海水との CO2 のやり取り) を持っています. 一方, 大気 CO2 濃度上昇によって, 石灰化抑制や溶解が予想されています. 本研究室では, 海洋の炭酸系の測定可能なパラメーター (CO2, アルカリ度, 全炭酸, pH) のすべてを連続的に高精度で測定できるシステムを開発することに成功しました. これを用いて, サンゴ礁の群集代謝に伴う CO2 フラックスや, CO2 濃度増加に伴う群集代謝と溶解過程を, 現場と実験室で測定して, CO2 循環におけるサンゴ礁の役割を評価します.



海面上昇によって水没する環礁州島:

環礁州島は, サンゴ礁の上に打ち上げられた砂礫が作る標高 1 ~ 2 m の低平な島です. 島の形成と維持にはサンゴや有孔虫などの生物が石灰質の殻をつくる生物過程や, 砂の移動・堆積過程, 海面変動, さらににはそこに住む人々の伝統的な土地・植生管理を総合的に解明することが必要です. 考古学者と協力して, 地形調査や発掘された遺物の分析, 堆積物, サンゴ年輪の分析など地球環境学的な調査・分析を行い, 地形形成や環境変動と人間居住の関係, 人々の資源利用の歴史を探ります. さらに, 現在の人間活動がサンゴ礁にどれくらいの負荷を与えているかを, リモートセンシング, 堆積物やコアの分析, 島の経済調査に基づいて評価し, 生態工学的な環



礁州島再生の方策を提案します.

国内の州島を対象として, サンゴが成長しサンゴ礁の土台をつくり, サンゴが礫になって州島をつくる過程を解明して海面上昇に対してサンゴなどの生物の力を活用して, 州島を維持する生態工学を提案し, ツバルなどの太平洋の小島嶼国と, 沖ノ鳥島や南鳥島など我が国の遠隔離島への適用を進めています.



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.



高橋 聡 [Satoshi Takahashi]

E-mail: stakashshi@eps.s.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-4573
Room: 理学部 1 号館 C 棟 852 号室
Personal website: http://satcy.ninja-web.net

研究分野 古生物学, 地球化学

メッセージ 私たち生命が暮らす地球のシステムを理解するには、過去の地球の歴史を知ることが重要です。なかでも、過去に地球環境が劇的に変動した時期には地球環境の潜在性を知る多くのヒントが隠されていることでしょう。何より地球の歴史や生命の歴史は驚きに満ちています。好奇心と情熱をもったみなさんの参加を待っています。一緒に謎を解き明かしましょう。

研究内容の紹介

私は、地層中の堆積物に残された過去の生命環境の変動記録を解説・理解することを目的に、過去数億年前の堆積岩を古生物学的・地球化学的手法を用いて研究しています。特に、地球生命の大量絶滅を引き起こした劇的な環境変化とその生命活動の反応、絶滅事変後の回復過程の時空間的広がりを明らかにすべく研究活動を行っています。

これまで行ってきた研究を次に紹介します。

1. 岩手県北東部、北部北上帯の地質学的研究

北部北上帯の葛巻―釜石亜帯と安家―田野畑亜帯の境界（岩泉構造線）が位置する地域を地質調査し、地質図、コノドント化石年代、砂岩組成分布を明らかにしました。両亜帯を区分する根拠のひとつであった砂岩組成は、従来考えられていたように断層（構造線）を挟んで明瞭に区別されるわけではなく、境界付近では砂岩組成が必ずしも区分の根拠にはならないことが明らかになりました。



コノドント器官の化石

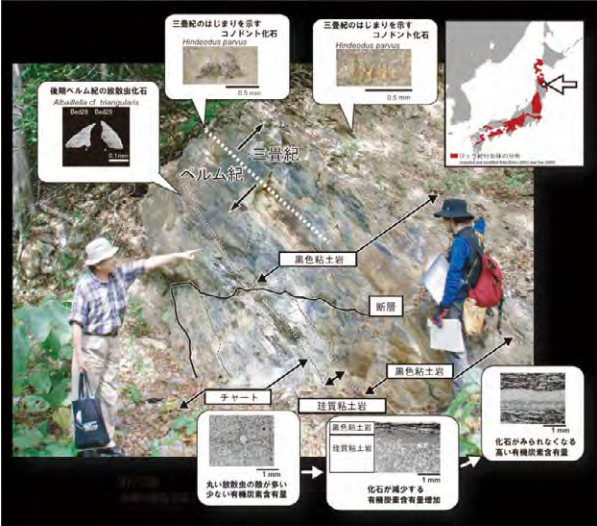
2. 日本に残る後期ペルム紀―前期三畳紀の深海堆積物の化石年代層序・地球化学的研究

数回起きた生物の大量絶滅の中でも、約 2 億 5 千万年前のペルム紀―三畳紀の間で起きた大量絶滅は最大規模のものです。私は、日本に残る深海堆積物を用いて、史上最大の大量絶滅が起きたペルム紀末からその回復期である前期三畳紀のパンサラッサ海（古太平洋）の低緯度遠洋域における古環境変動記録の復元に取り組みました。

ペルム紀―三畳紀境界層の研究（岩手県北部）：

岩手県北部北上山地に位置する連続地層セクションにおいて放散虫とコノドントの化石を検出し、後期ペルム紀―前期三畳紀と前期三畳紀 Smithian 期の地層セクションを見出し

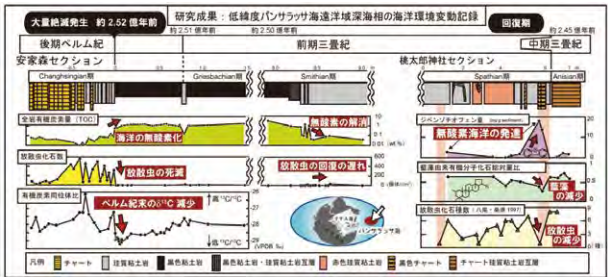
ました。同地層セクションの分析により、ペルム紀末の全岩有機炭素量の増加と放散虫化石の極端な減少が同時に起き、Smithian 期では有機炭素量は減少するも放散虫化石数の回復はそれよりも遅れることを明らかにしました。また、同セクションの連続的な有機炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) を示し、ペルム紀末大量絶滅時のシグナルである炭素同位体比の減少 (2‰) をとらえました。この変動記録には浅海域で報告されてきた嫌気性細菌などの増殖が原因と考えられる $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ の増加がみられず、遠洋域においては大量絶滅期前後も通常の光合成による一次生産が続いていたと考えられます。さらに、この $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ の減少とともに硫化物硫黄同位体比が 10‰ 減少することを明らかにし、大量絶滅時の遠洋海域においても硫化水素の大量酸化が起きた可能性も示されました。さらに、当時の詳細な酸化還元環境の変動記録復元のため、同セクションの元素組成の分析をすすめています。



前期中期三畳紀境界層の研究（愛知県西北部）：

愛知県と岐阜県の境を流れる木曽川流域の地質を調査し、桃太郎神社セクションと名付けられた地層連続セクションの

化石年代を、前期三畳紀 Spathian 期から中期三畳紀 Anisian 期に確定しました。これもコノドントと放散虫化石の検出によるものです。そして、同セクションの堆積物から可溶性有機物を抽出し、前期三畳紀末に起きた藍藻類の生産量と放散虫の多様性の減少をとまなう無酸素海洋発達の証拠を得ました。史上最大の絶滅事変後生命環境の回復を遅らせた原因はこのような溶存酸素に乏しい海洋環境の頻発である可能性が示されました。



3. ニュージーランド北島に位置するペルム紀―三畳紀の深海堆積物の研究

ニュージーランド北島に分布する地層には、ペルム紀―三畳紀の南半球中緯度遠洋域のパンサラッサ海の記録が残されています。わたしは、ニュージーランド北島に分布するペルム紀―三畳紀の深海堆積物を用いて、コノドント化石の検出、炭素・硫黄同位体比の分析を行っています。この研究は、日本の微化石研究者とニュージーランドの研究者が長年協力して行ってきた国際的地質研究グループに高橋が加わったものです。

最近の研究で、私はオークランド東に位置するワイヘケ島にみられるペルム紀―三畳紀の境界層セクションから硫化鉱物に由来する硫黄を抽出し、硫黄同位体比の変動曲線を明らかにしました。その結果、硫黄同位体比は大量絶滅が起きたペルム紀の終わりに大きく減少することが示され、この海域にも同位体比的に軽い硫黄の流入（硫化水素が有力）の影響が及んでいたことが明らかになりました。また、このワイヘケ島に分布する地質の延長を追跡し、コノドントの化石年代を用いて、周辺の島々の化石年代を明らかにしています。

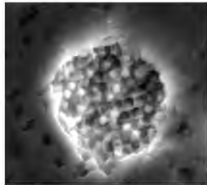
院生との共同研究が考えられる研究テーマ

(1) ペルム紀―前期三畳紀の深海地層の年代層序の復元

史上最大の大量絶滅が起きた約 2 億 5 千万年前（ペルム紀―三畳紀）の深海の地層は、ほかの地域と比較できる詳しい時間軸の情報が不足しています。この研究課題では東北地方で新たに発見されたペルム紀―三畳紀境界層を調査・分析し、地層の厚さ 1cm が何年間を記録しているのか、堆積速度を解明します。（手法：コノドント・放散虫の化石年代の解明、炭素同位体比変動曲線の復元、地層の堆積リズムの解析、堆積物中の微量元素濃度の測定など）

(2) 前期三畳紀の遠洋域海洋環境の復元

2 億 5 千万年前の大量絶滅事変以後約 500 万年の間（前期三畳紀）は地球環境が不安定であったことが知られています。この課題では、日本の深海地層のサンプルを分析して、当時の海洋溶存酸素環境など海洋環境変動の証拠を探します。得られた情報を世界のデータと比較し、生命環境の回復を遅らせた環境悪化のメカニズムを考察します。（手法：岩石研磨面にみられる硫化鉱物の観察、炭素同位体比、硫黄同位体比変動曲線の復元、光合成生物の有機分子の抽出など）



貧酸素環境を示す硫化鉱物

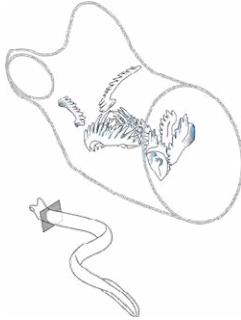
(3) ジュラ紀前期の海洋無酸素発生時の遠洋域環境の解明

ジュラ紀前期トアルシアン期（約 1 億 8 千万年前）には、世界の広範囲な海域で溶存酸素が不足していたことが分かってきました。この課題では、日本に残る当時の深海地層を調査・分析し、この時期の遠洋域の溶存酸素環境の変化や物質収支の変動を解明し、海洋の貧酸素化のメカニズムに知見をもたらします。（手法：炭素同位体比、硫黄同位体比変動曲線の復元、堆積物中の微量元素濃度の測定）



日本に残る深海地層(チャート)

参考図書 「微化石」 科博叢書 13 巻



講義 野外調査実習, 環境学実習, 岩石組織学実習

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）：多田・田近・茅根・茂木・高橋の教員が担当するセミナーです。研究グループのメンバーが 研究の計画や進行状況を報告しあい、活発に議論を行います。

・地球惑星システム科学セミナー：地球惑星システム科学講座全教員が担当するセミナーです。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。



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る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ます。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
- ・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
- ・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す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古環境変動、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 22 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）。

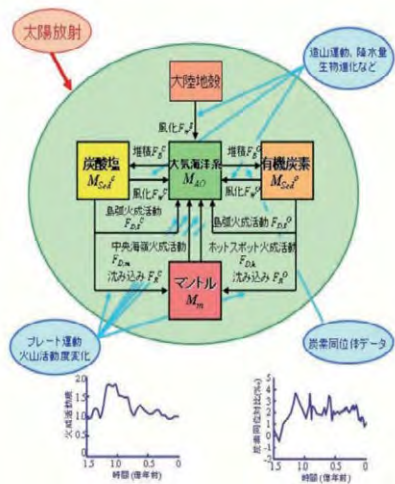


図1 炭素循環システムモデリング (Tajika, 1998).

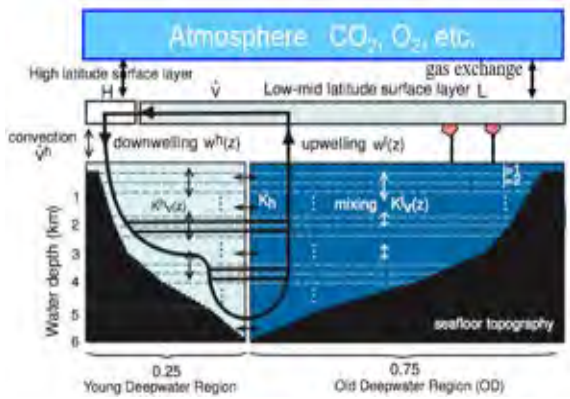


図2 海洋生物化学循環モデリング (CANOPS モデル; Ozaki and Tajika, 2013).

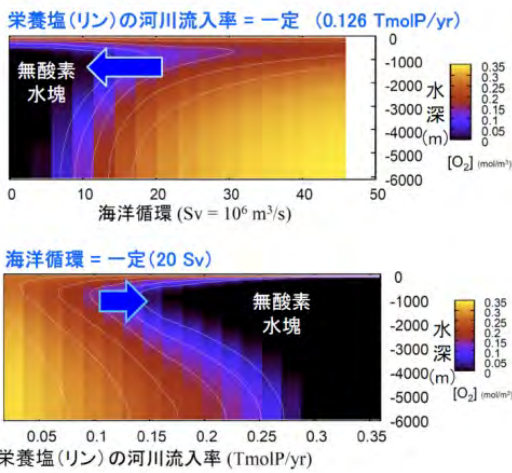


図3 海洋生物化学循環モデルを用いた海洋無酸素イベントの数値シミュレーション。海洋循環が停滞するか栄養塩の河川流入率増加によって生物生産が増加すると無酸素水塊が発達する (Ozaki et al., 2011)。

(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、水衛星の内部海環境、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）。

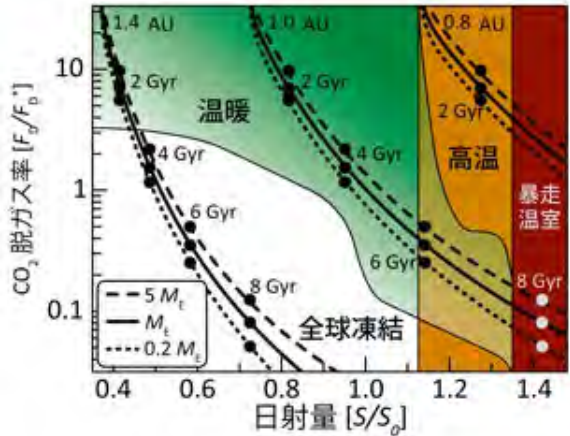


図4 ハビタブルゾーンにおいて地球の軌道要素を変えた場合の惑星の気候進化。地球の熱進化の結果、二酸化炭素の脱ガス率が低下し、一方で恒星進化の結果、太陽光度は増加するため、右下がりの進化トラックとなる (Kadoya and Tajika, 2015)。

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 (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 (2013) 「アストロバイオロジー-宇宙に生命の起源を求めて」(山岸明彦編)(分担執筆), 化学同人, 344pp.

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

セミナー

表層セミナー

多田・田近・茅根・関根・高橋・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

阿部・田近・杉田・生駒・関根・河原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/>

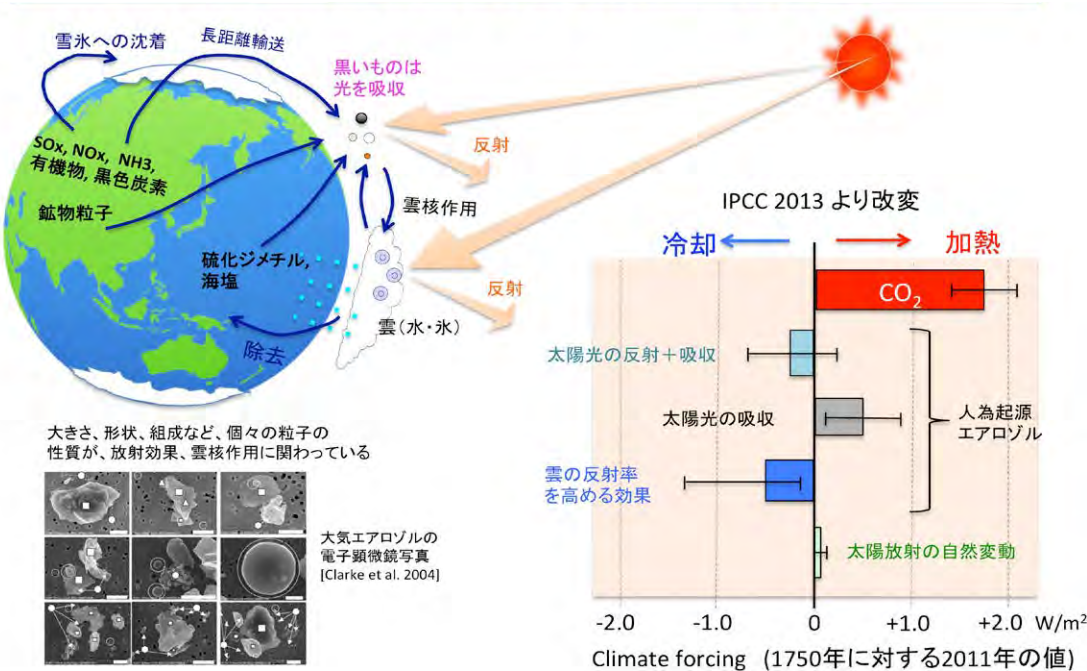
研究分野 大気微量物質による気候変動（エアロゾル、実験、観測）

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、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、実大気中で何が起きているのか、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、何倍も変わってしまうからです。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)

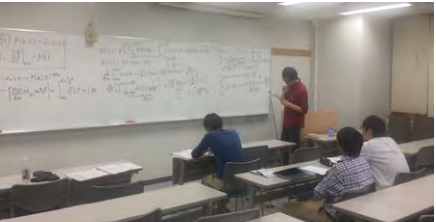


写真 2. 輪読会の様子 (2015/05/08)



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）が見えすぎて、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合わせると、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



歌田 久司 [Hisashi Utada]

E-mail: utada@eri.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5841-5722
Room: 地震研究所 3-33 号室

研究分野 固体地球電磁気学（グローバル、リージョナル、ローカル）

メッセージ 地球の内部構造や内部で起こっている現象を、マルチスケール・電磁気・診るをキーワードに研究を行っています。私達のグループは、地震研の中だけでなく外国を含む他大学の研究グループとの共同研究を盛んに行っています。観測が好きな人、データ解析が好きな人、シミュレーションが好きな人、器械いじりが好きな人、南洋リゾートが好きな人、山が好きな人、海が好きな人など、歓迎します。

研究内容の紹介

(1) グローバルスケールの研究：太平洋域の 9 ケ所での地球磁場観測と、海底ケーブルを使った地球電場観測（図 1）を行っています。これによって、コアのダイナミクスやマントル深部の構造（図 2）の解明を目指しています。地球電場観測装置という、新しい観測システムの開発も行っています。

Submarine cable network in the Pacific to measure the electric field of the Earth

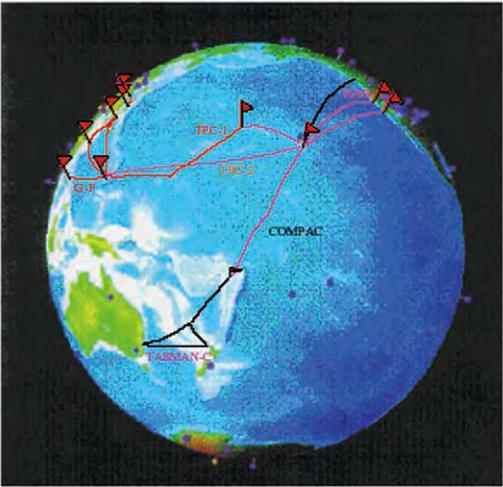


図 1 太平洋の海底ケーブルネットワーク

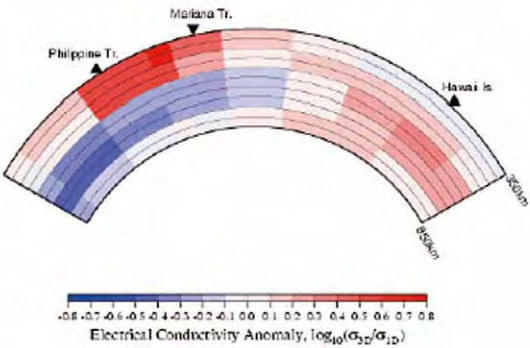


図 2 ハワイとフィリピンを通る断面のマントルの電気伝導度分布

(2) リージョナルスケールの研究：このスケールの研究で最近力を入れているのは、日本周辺海域と東アジア地域における定常観測網による観測と、陸域および海底（図 3）における機動観測です。地震グループや高音高圧実験グループと協力して、マントルにどのくらい水が分布しているのか？アセノスフェアの原因は部分溶融か？などの問題に取り組んでいます。



図 3 海底電磁力計（OBEM）

(3) ローカルスケールの研究：火山の状態監視の実用的なシステム開発を行っています。他に、海流と地球磁場のカップリングという古くから知られている現象の新しい視点での研究など。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・地球磁場変動データによるコア表面流の推定
- ・マントル遷移層の 3 次元電気伝導度分布
- ・電磁法による火山の状態監視システムの開発

セミナー

・海半球セミナー、地球電磁気セミナー



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

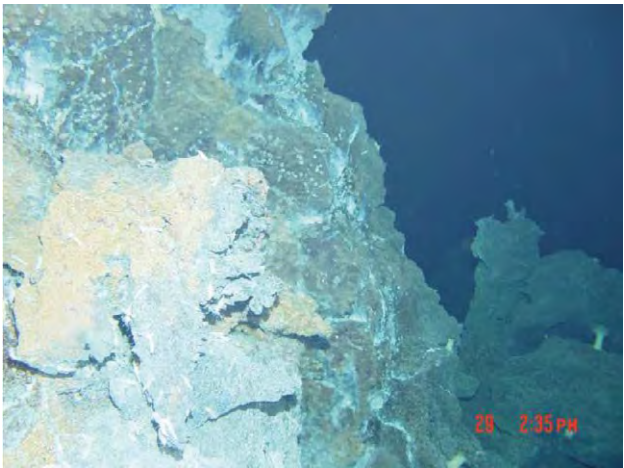
メッセージ 新しい分析技術の開発に挑戦し、新しい切り口で、地球内での物質循環や、そのタイムスケールを明らかにすることを目指しています。現在は、海底熱水系の硫化鉱物の年代測定や南太平洋の火山島の火山岩が地球 中心のコアの化学的な痕跡を残しているかなどに取り組んでいます。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

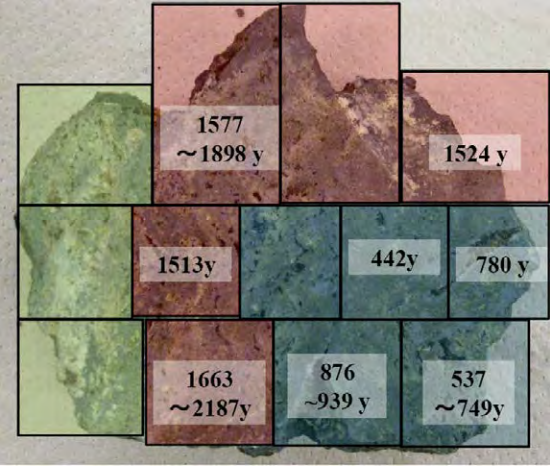
- U-Th-Ra 放射非平衡による島弧火山マグマ活動のタイムスケールの研究
- ベリリウム 10 をトレーサーとした沈み込み帯での物質循環の研究
- 斜長石の局所同位体分析による鉱物の成因の研究
- Hf 同位体比によるコマチアイトマグマの成因の研究
- リチウム同位体トレーサーによる沈み込み帯の流体移動の研究
- タングステン同位体を用いた、コア・マントル相互作用の物質科学的検証
- メタンハイドレートが分解して生成した炭酸塩の年代測定
- 断層破碎帯の炭酸塩鉱物の年代測定
- スズ同位体比による青銅器の繰り返し鋳直し使用の検証
- 海底熱水鉱床の硫化鉱物の年代測定

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

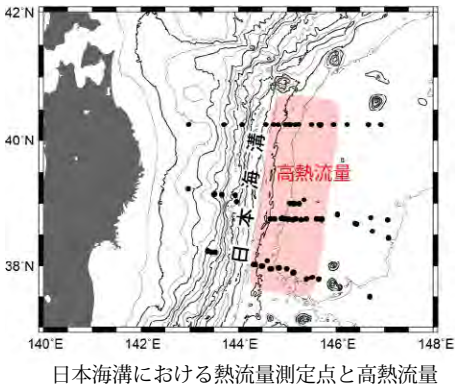
地下の温度構造を推定するには、地表面から流出する熱量（地殻熱流量）を知ることが必要です。私達は、海域を中心に熱流量の測定を行いながら、数値モデルも用いて地下温度構造を求めようとしています。

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

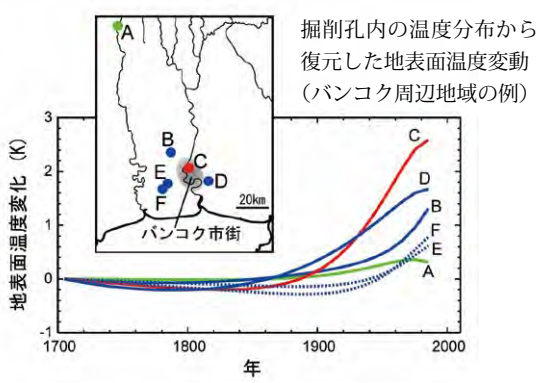


海域での熱流量測定（この装置を海底に突き刺す）



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



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

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。

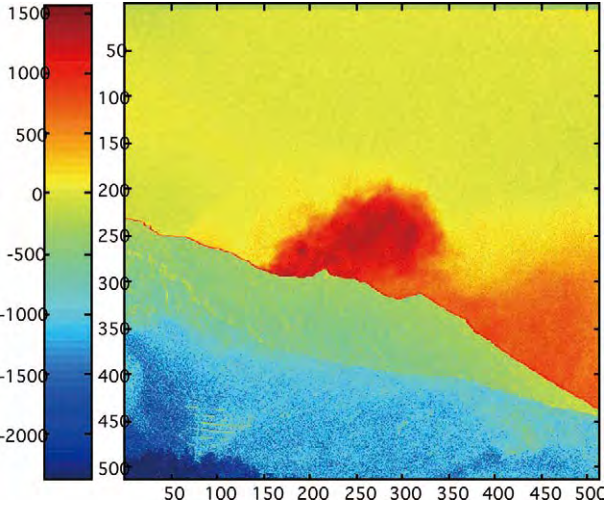
上述した分光学的観測手法だけでなく，土壌ガス放出量測定や噴気ガスサンプリングを含むいろいろな観測手法を駆使した火山性流体の研究を通して，火山活動の理解に一步でも近づくことを目指しています。

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）



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



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，氷期一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。

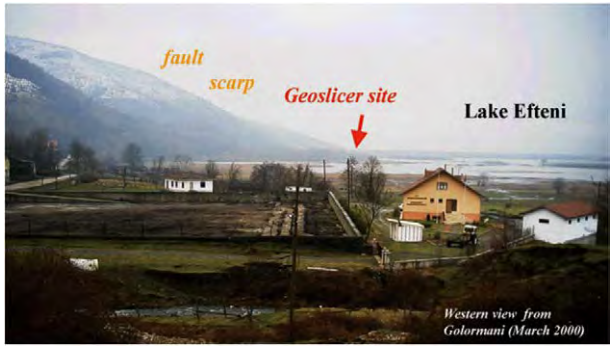
山地の侵食過程の研究：マスマーブメントによる斜面変動，谷の発達による起伏形成について研究している。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

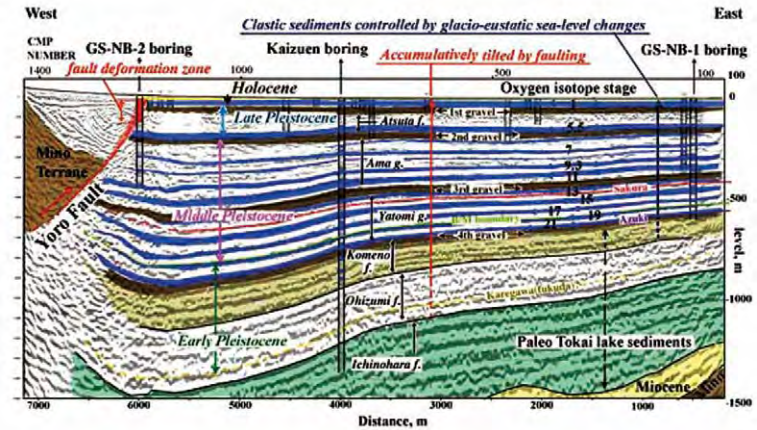
- ・完新世海水準変動に対する濃尾平野の地形の応答
- ・ボーリングコアの解析からみた桑名断層の完新世活動史
- ・火山体の崩壊に伴う大規模土砂移動と流域の地圏環境変動
- ・中期更新世以降の関東平野の古地理復元

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@k.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-4770
Room: 新領域創成科学研究科

研究分野 生物地球化学・古陸水学・水圏環境学

メッセージ 10～1000年スケールでの水圏環境の変動とその原因を、主に生元素分析と炭素・窒素安定同位体比分析を用いて解析し、結果を踏まえて問題の解決法を提案しています。各水域の地元研究機関との共同研究などを通じて、他機関との交流がとて活発な研究室です。

研究内容の紹介

栄養物質に乏しいサンゴ礁では窒素固定と呼ばれる代謝によって窒素が供給され、それにより高い生物生産が保たれていることを、世界で初めて窒素安定同位体比を分析して示しました。また、高度経済成長期までの日本の湖沼では、人間が水草を肥料用に採取することで望ましい環境を保っていたことを明らかにしました。シベリアのある湖沼では5000年間の古環境を解析し、気候変動に伴う水位変動によって水草の種類が変わり、それが原因で水質が変化したことを証明しました。

他にも様々な水域で研究を展開しています。詳しくはホームページ（上記）をご覧ください。

一般向けの著書：山室真澄ほか（2013）「貧酸素水塊－現状と対策」生物研究社

考えられる修士論文のテーマ

安定同位体比を使ったバイカル湖生態系の解析：

バイカル湖は世界最大の淡水湖沼で、地球の湖沼に存在する淡水の4分の1を有しています。そのバイカル湖では近年、経済発展に伴う人為的汚染が起こっている可能性が懸念されています。バイカル湖では10年前に日本の研究者によって、様々な生物の炭素・窒素安定同位体比が調べられています。本研究では当時と同じ場所で同じ生物を採集して安定同位体比を比較することで、生態系にどのような変化が生じているかを解析します。

宍道湖柱状堆積物試料による堆積環境の解析：

日本ではダムによって洪水や土砂災害が減少する一方で、河道が氾濫しないことによる樹林化が各地で生じています。島根県を流れる斐伊川では、近年になって大きなダムができました。このダムによって土砂供給が減ったり河道が樹林化することで、最下流にある湖沼でどのような環境変化が生じたかを、柱状堆積物試料を採取して鉛・セシウム同位体を測って年代を決め、生元素濃度や安定同位体比を分析して解析します。

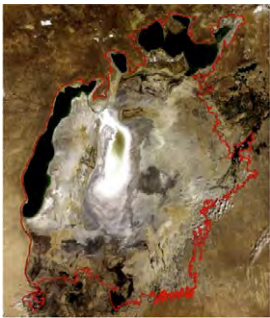
アラル海の古生態解析：

アラル海は人為的な影響で、面積が急激に減少しました。

そして干上がった湖底から、12～14世紀のものと考えられる遺跡が発掘されました。このことは、アラル海は自然な環境変動によっても、過去に大きく水位を下げていたことになります。そのような変動に対して生態系はどのように応答してきたかを、柱状堆積物試料を用いて解析します。



1962



2009



上の写真は1962年と2009年のアラル海の衛星写真、下の写真は湖底から発掘された遺跡。いずれも Krivonogov et al. (2014) Gondwana Research 26 284–300 から引用。



佐野 有司 [Yuji Sano]

E-mail: ysano@aori.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-6100
Room: 柏キャンパス大気海洋研 511 号室

研究分野 同位体地球化学・海洋化学

研究内容の紹介

希ガス元素をトレーサーとした島孤および海洋の物質循環の研究：希ガス元素は化学的な活性が低いため、海洋循環を調べるための良いトレーサーとなる。希ガスのうち、特に質量数3のヘリウム（³He）は地球深部の始原的なマントル物質に極めて敏感な同位体である。ヘリウム同位体比（³He/⁴He）を用いることで、海嶺の火山活動と海洋循環のモデルについて、重要な制約を与えることができる。さらに島孤の火山ガスを分析し、沈み込み帯の物質循環やテクトニックな環境を研究している。

イオンプロープ法を用いた古海洋の研究：海洋生物の作る硬組織（サンゴや有孔虫殻、動物の骨や歯）の化石中には、それらの生物が生きていた時代の海洋環境・地球表層環境の情報が保存されている。イオンプロープ法（NanoSIMS）を用いることで、石灰石や燐灰石の微量元素や安定同位体比を測定し、水温・塩分・栄養塩・酸化還元状態など海洋の古環境を

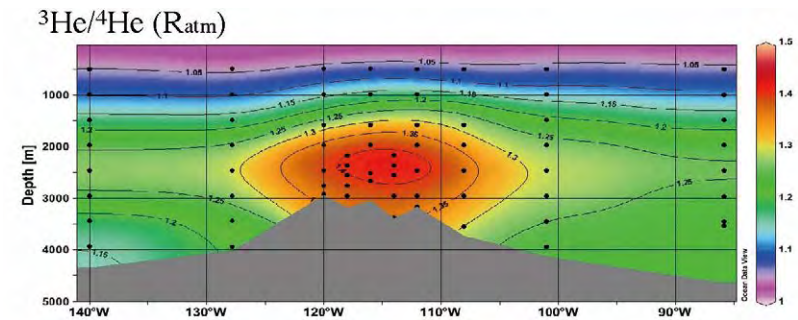
地質時代（数千年～数十億年）にわたって復元する。そのためナノスケールの分析法の開発も行っている。また、始原的隕石から惑星海洋の起源に関する情報を引き出す試みを始めた。

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

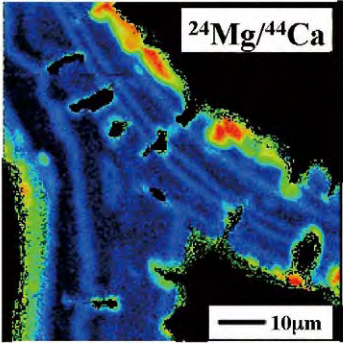
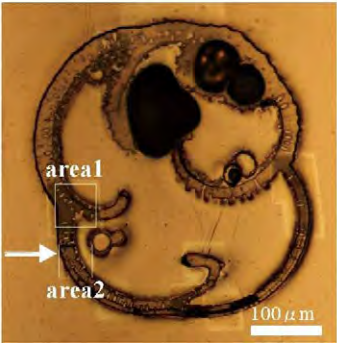
- ・ヘリウム-3をトレーサーとした島孤および海洋の物質循環の研究
- ・有孔虫殻やサンゴ骨格、魚の耳石、恐竜の歯化石中の年代測定と微量元素地球化学・海洋古環境復元
- ・消滅核種を用いた始原的隕石の年代測定と揮発性成分の研究

セミナー

- ・大気海洋物質循環セミナー
- ・同位体地球・海洋科学セミナー



南緯25度における海水中のヘリウム-3の濃度異常の等高線。この結果から、海嶺直上における南北方向の深層水の流れが推定された。（Takahata et al., 2005: GRL 32, L11608）



イオンプロープ法による浮遊生有孔虫殻の微量元素分析。左図のarea1を直径1 μmに絞った酸素の一次イオンビームをスキャンして得た二次イオンイメージが右図である。この結果から海洋表層の古水温や有孔虫の生活様式が推定できる（Kunioka et al., 2006; G-Cubed 7, Q12P20）。



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るとしています。

(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。

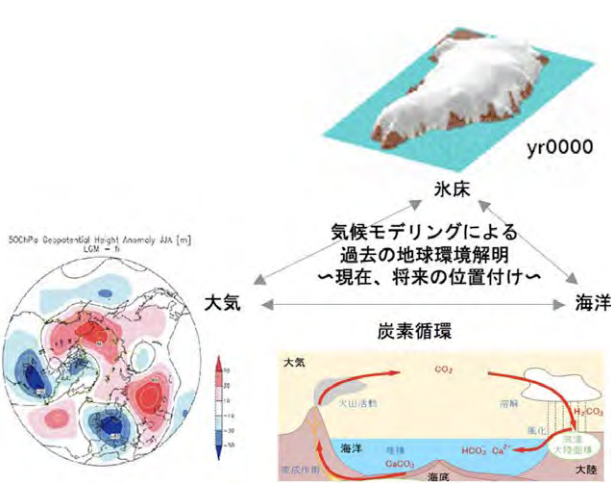
(3) 氷期のあいだや氷期から間氷期の移行期に気候が急激に変動したことが知られていますが、このような急激な気候変化は大気、海洋、氷床間のプロセスに関連した非線形現象による可能性が高まっています。将来予測についても映画「デイアフタートゥモロー」が反響を起こしていますが、将来と過去の気候変化の共通点、相違点を、数値実験に明らかにしていくことが重要です。また気候の安定性や多重性を数値モデルを用いて明らかにすることを通じて、将来の気候変化に

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: kurodaj@jamstec.go.jp / Tel: 046-867-9620
Room: 海洋研究開発機構フロンティア棟 403-2
Personal website: 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 JAMSTEC で研究しましょう。

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）
- ・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（今後の研究）
- ・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（今後の研究）

主要論文

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 黒田潤一郎, 鈴木勝彦, 大河内直彦, 白亜紀における大規模火山活動と地球環境変動のリンク, 地学雑誌, vol. 119, p. 534-555, 2010.

6. 黒田潤一郎, 吉村寿紘, 川幡穂高, Francisco J. Jimenez-Espejo, Stefano Lugli, Vinicio Manzi, Marco Roveri, 海盆の蒸発 ～蒸発岩の堆積学とメッシニアン地中海塩分危機～, 地質学雑誌 (印刷中)



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あ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).



磯崎 行雄 [Yukio Isozaki]

E-mail: isoazaki@ea.c.u-tokyo.ac.jp / Tel: 03-5454-6608
Room: 総合文化研究科 16 号館 826A 室
Personal website: <http://ea.c.u-tokyo.ac.jp/earth/Members/isoazaki.htm>

研究分野 生命史, テクトニクス

メッセージ 好奇心にカツを入れよう！ 科学に「愛」を！

研究内容の紹介

惑星地球に特徴的な生命の進化史を固体地球の進化と対応させて解明することを目指している。主に以下の 4 つのテーマについて研究中。いずれも野外調査を基本とし、さらに室内での様々な分析を通して研究を進めている。これまでの対象フィールドは、アメリカ合衆国, カナダ, 英国, クロアチア, エストニア, ロシア, 中国, オーストラリア, 日本など。

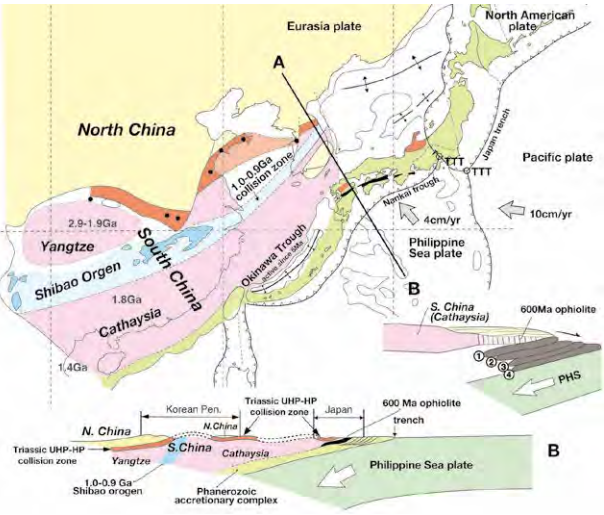
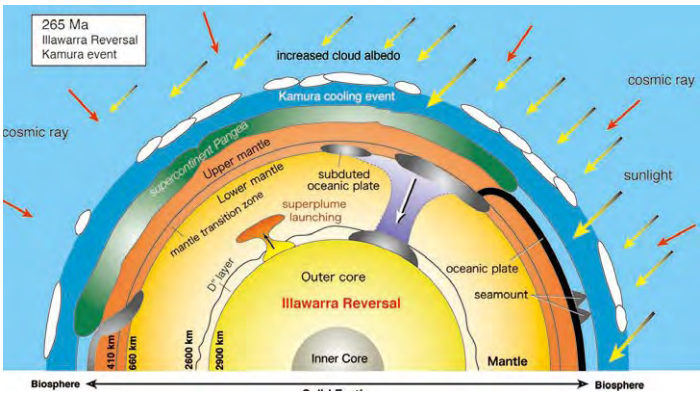
- (1) 古生代・中生代境界 (2.5 億年前) での史上最大の生物大量絶滅事件の原因の解明
- (2) 先カンブリア時代-カンブリア紀からオルドビス紀の動物多様化事件の原因探求
- (3) 化石生物の巨大化と光合成共生-冥王代解明のためのポスト冥王代研究

- (4) プレート沈み込みでできる造山帯 (例：日本を含むアジア大陸東縁、北米西岸) の内部構造および起源・成長史の解明

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- ・古生代・中生代大量絶滅境界層の研究
- ・エディアカラ・カンブリア紀化石の研究

セミナー ・駒場地球科学セミナー (毎週火曜午前 11:30 スタート Everybody is welcome!)：固体地球および地球生命進化史に関する研究発表およびレビュー



(上) 増強版ブルームの冬仮説 (Isozaki, 2009)
(下) 新しい日本周辺のテクトニクス図 (Isozaki et al., 2010)



研究分野 地球の進化

研究内容の紹介

惑星探索の進展に伴い月・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。

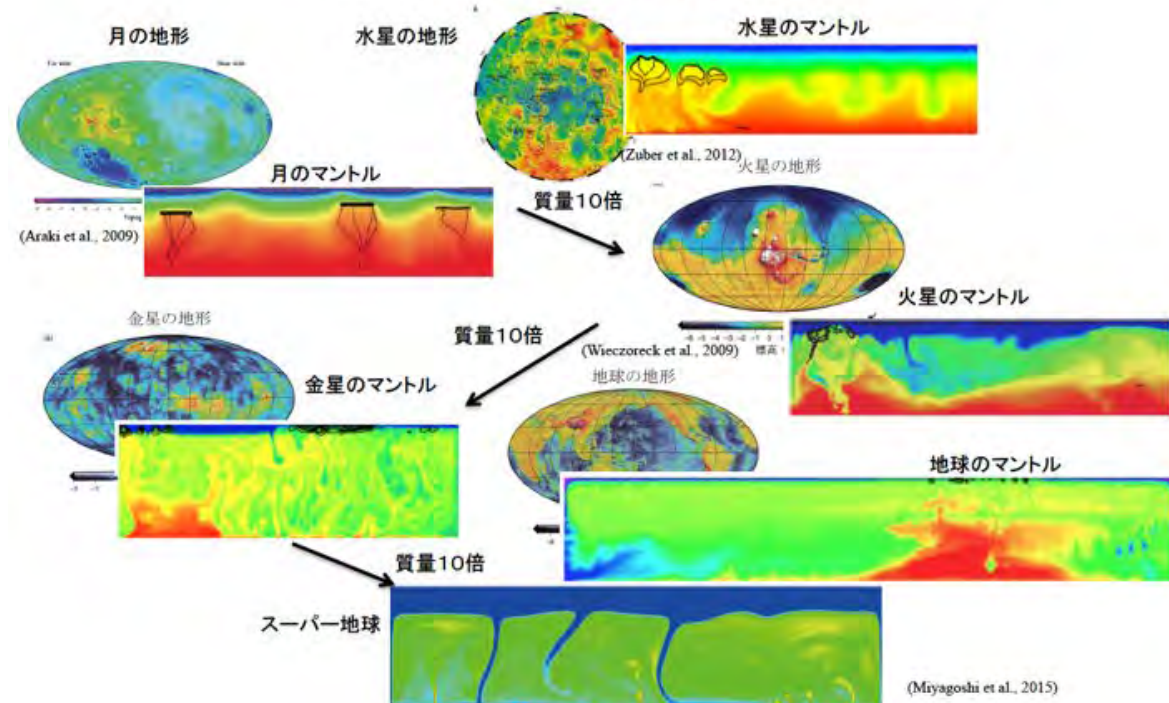
小河正基、地球型惑星の内部進化：火星からスーパー地球まで、日本物理学会誌、69 (12), 860-869, 2014。

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

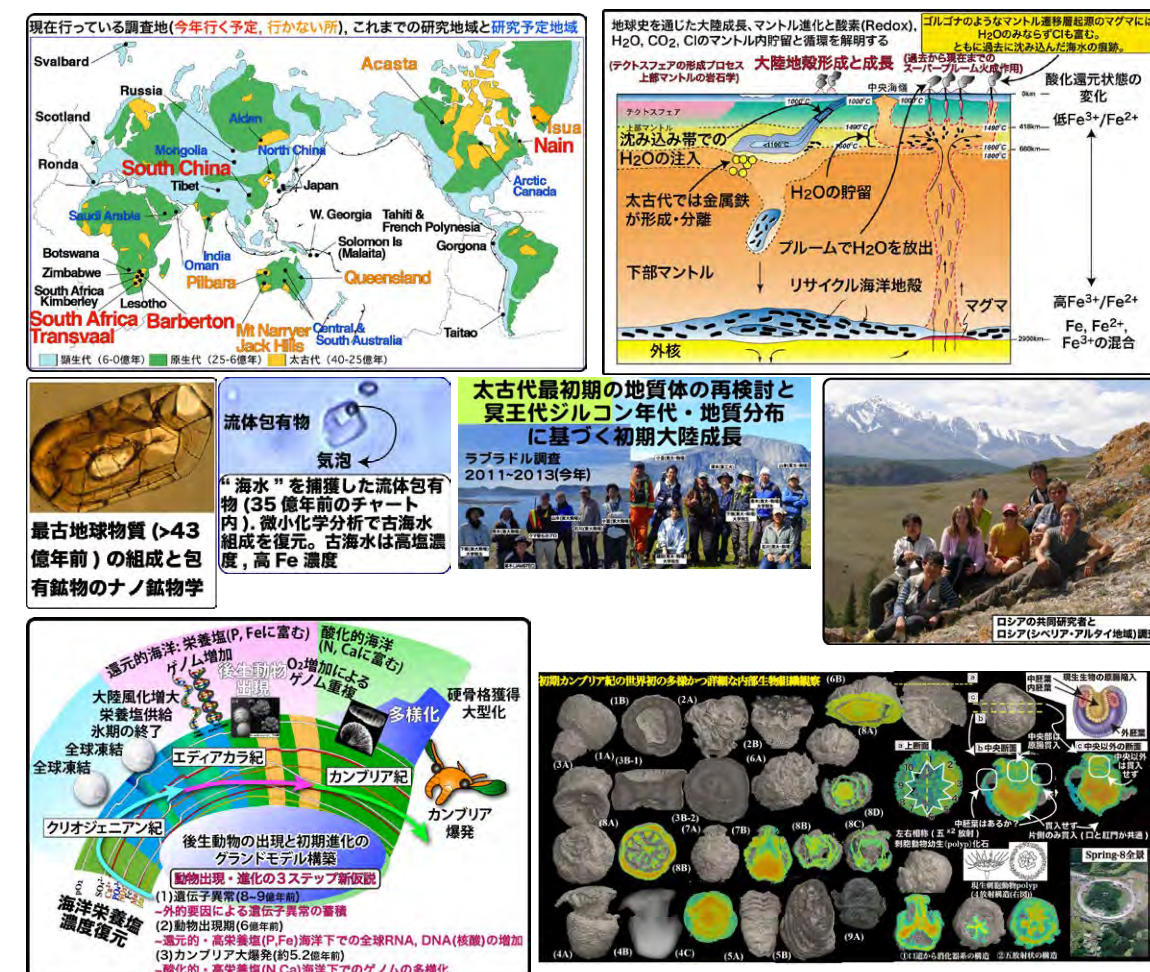


研究分野 地球型惑星の惑星内部・生命環境進化解読, 地質学, 岩石学

研究内容の紹介

(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説, (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説と動物出現

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。





小口 高 [Takashi Oguchi]

E-mail: oguchi@csis.u-tokyo.ac.jp / Tel: 04-7136-4301
Room: 空間情報科学研究センター
Personal website: <http://ogu.csis.u-tokyo.ac.jp>, <http://oguchaylab.csis.u-tokyo.ac.jp/>

研究分野 地形学, 地理情報科学, 水文学, 環境科学

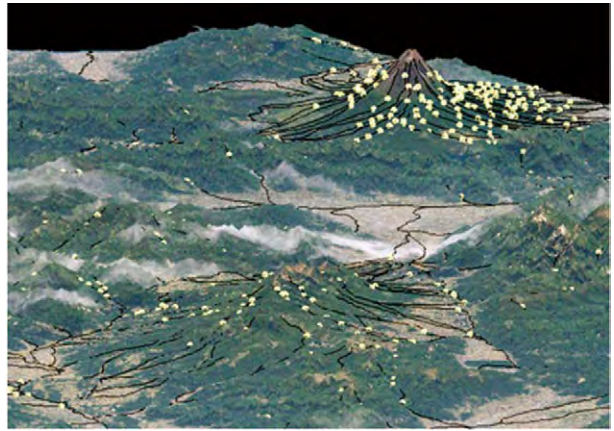
メッセージ 地理情報システム (GIS) は Google Earth やカーナビにも応用されている技術であり, 多様な情報処理能力と分析機能を持っているため, 自然や社会に関する研究で広く活用されています. 私は日本の GIS 研究の中心的な組織である, 東京大学空間情報科学研究センターに所属しています.

研究内容の紹介

私の研究室では, 主に GIS を用いた地球科学の研究を行っています. 特に地形学 (Geomorphology) の研究に重点を置いており, 地形の形態や分布にみられる法則性と, 地形の形成過程に関する検討を行っています. また, 河川水質, 考古環境, 人口分布などの地理学一般に関する研究も進めています. 研究対象地域は海外 (英国, シリアなど) を含み, 海外研究者との共同研究や交流も重視しています.

最近指導した修士論文・博士論文のテーマ

- 日本の山地流域における河床遷急区間の分布と形成
- 高解像度 DEM を用いた流域の縦・横断面形と水系構造の解析
- 日本中部における河川水中の浮流物質濃度の時空間的多様性
- 高解像度 DEM を用いた開析谷の非対称性の分析ー武蔵野台地と大宮台地を例としてー

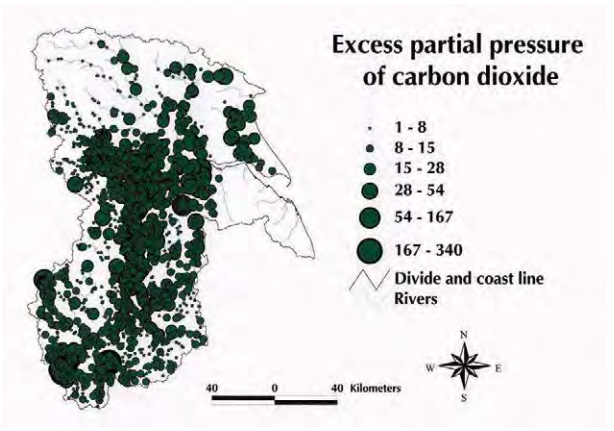


デジタル標高モデルから自動抽出した富士山・八ヶ岳周辺の河川遷急区間 (河床が相対的に急勾配の区間)

- 地すべり土塊と滑落崖の地形特性ー山地内および山地間での比較ー
- GIS を用いた地すべり地形の傾斜特性解析
- 火星の火山における標高・傾斜・水系密度の関係
- 扇状地の末端における地形勾配の急変に関する定量的検討
- 関東～中部日本における河川水質の空間分布とその規定要因
- 大規模網状砂床河川の流路形状変化ー GIS と RS によるバングラデシュ, プラマプトラ川の研究

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



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)



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伴う自然気候変動や付随する異常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に関わる力学的・物理学的・化学的研究課題に, 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. 地球気候に関わるこれらの研究課題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.

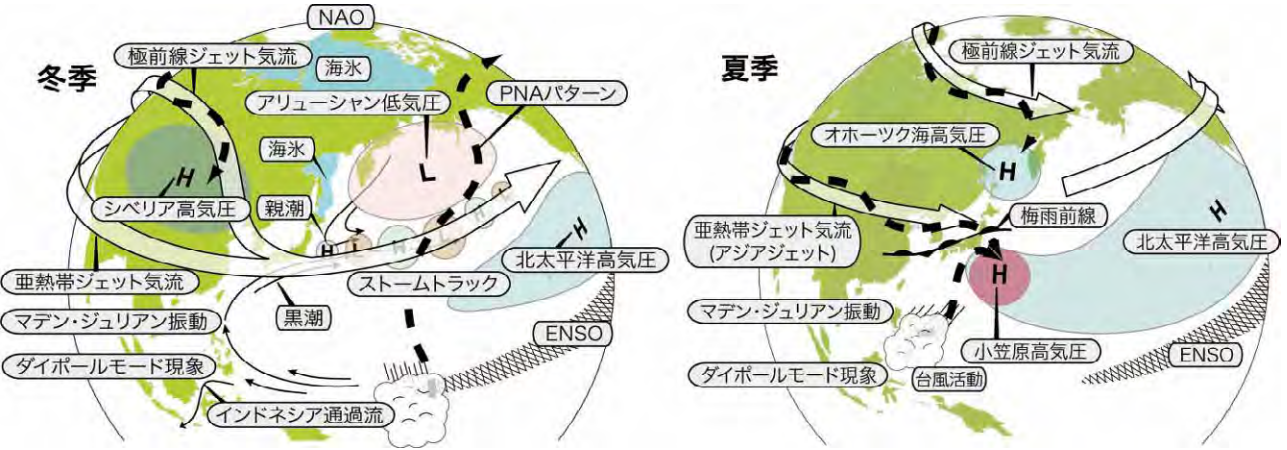
大気海洋相互作用と気候系の自然変動:

亜熱帯・中高緯度の大気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), さらに

にはアリューシャン低気圧の変動を含む北太平洋大気海洋系の 10 年規模変動にどう寄与するかを数値モデリング・データ解析から探求しています. また, 梅雨前線・秋雨前線に伴う対流性降水や下層雲の形成に, 黒潮・親潮との熱・水蒸気交換が果たす役割も研究しています.

地球温暖化に伴う気候変化と自然気候変動:

人為起源の地球温暖化に伴い, 海洋や海水とともに大気大循環系の振舞が如何に変化し, それに付随して自然気候変動がどのような変調を被るかを, 気候予測シミュレーションの解析を通じて調査しています. また, 自然変動の存在が気候変化の予測に不可避免的に与え得る不確実性にも着目しています. 一方, 中緯度大気海洋結合の観点から, 温暖化や水期・間水期サイクルに伴う大気・海洋循環の変化や水循環の変化について, 気候シミュレーションデータの解析を進めています.





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用い、国内外の研究者と協力して研究を進めています。

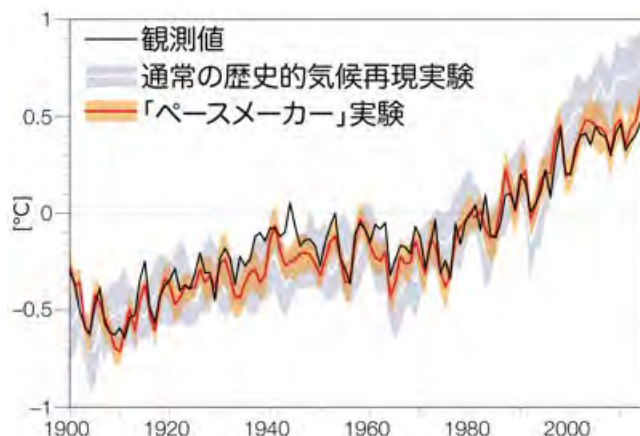
東アジアに異常気象をもたらす遠隔影響パターンの力学と予測可能性

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

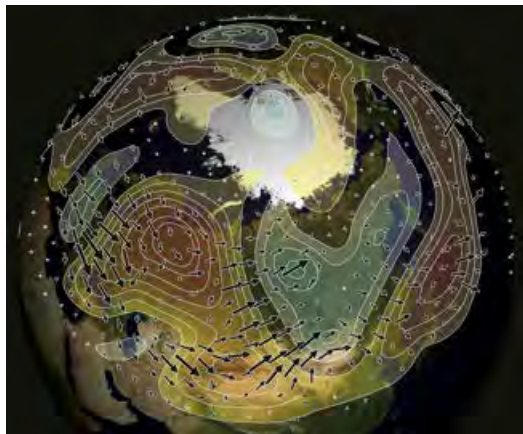
の遠隔影響パターンについて、その実態・メカニズムの解明や数ヶ月前からの季節予測可能性の評価に取り組んできました。このような気候の自然変動が、地球温暖化によって将来どのような変動を受けるかも調べています。さらに最近、冬の東アジアに異常気象をもたらす遠隔影響パターンのメカニズムと予測可能性の研究にも取り組んでいます。

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立的に揺らぎます。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。



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。