

GUIDANCE FOR ENTRANCE EXAM

2019.06.08 (SAT)



東京大学 地震研究所 Earthquake Research Institute The University of Tokyo

地震研究所理学系大学院教員 (2020年度大学院生受入可能教員)

2019年5月15日現在

灰色は理学系大学院担当以外

数理	系研	字音	部門
タスペエ	ノハ・ドハ	ノしょ	4171 J

小	屋口	剛博	***	3		
西	田 第	芒	***	5		
亀	伸椅	討	***	7		
地球計測系研究部門						
中	谷 I	E生	***	9		
今	西衫	右一	***			
綿	田原	長吾	***	11		
物質科学系研究部門						
中	井(发 一	***	13		
武	井厚	東子	***	15		
岩	森)	ť	***	17		
安	田享	文	***	19		
平	賀 岳	岳彦	***	21		
災害科学系研	究部	門				
古	村書	孝志	***	23		
楠	楠 浩一					
三	宅引	仏恵				
地震予知研究センター						
山	野割	成	***	25		
上	嶋	成	***	27		
加	藤っ	愛太郎	***	29		
加	納立	青之	***	31		
望	月位	公廣	***	33		
石	山道	達 也	***	35		
火山噴火予知研究センター						
大	湊階	逢雄	***	37		
市	原	美 恵	***	39		
鈴	木 加	准治郎	***	41		
前	野湾	元 米	***	43		
			1			

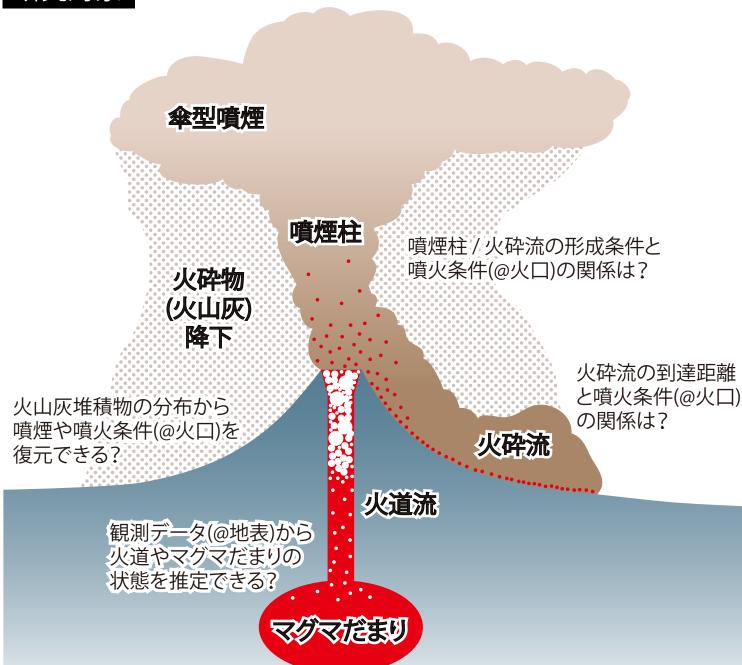
海半球観測研究センター 塩原 肇 45 *** 清水 久芳 47 *** 竹内 希 49 *** 馬場 聖至 51 高エネルギー素粒子地球物理学研究センター 田中 宏幸 53 *** 巨大地震津波災害予測研究センター 市村 強 長尾 大道 Wijerathne Maddegeda 地震火山噴火予知研究推進センター 加藤 尚之 *** 55 吉田 真吾 *** 57 飯高 隆 59 *** 鎌谷 紀子 観測開発基盤センター 小原 一成 61 *** 新谷 昌人 63 *** 篠原 雅尚 65 *** 酒井 慎一 67 *** 地震火山情報センター 木下 正高 69 *** 佐竹 健治 71 *** 中川 茂樹 鶴岡弘

火山モデリング研究グループ (小屋口研究室)

データ同化による火山噴火推移(噴火タイプの遷移等)の予測を行うために,

- ・ 物理過程に関する順問題モデルの開発
- ・ 観測データから順問題のモデルパラメータを決定する数理的手法の開発について研究しています.

研究対象



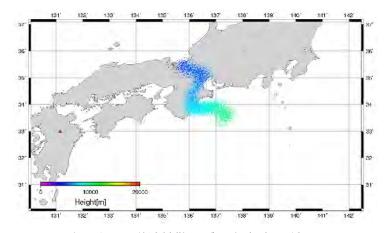
「火砕物(火山灰)降下· 噴煙柱·火砕流」

西條 祥 (修士課程2年)・ Fiodar Perakhozhau (修士課程1年)・ 志水 宏行 (特任研究員)・石井 憲介 (共同研究者, 気象研究所・研究官)・ 鈴木 雄治郎 (共同研究者, 地震研究所・准教授)・小屋口 剛博 (教授)

火山灰堆積物から噴煙・噴火条件(@火口)への逆解析

火山灰の移流拡散モデルの 逆問題を考えることで、地上 の火山灰堆積物分布の観測データから、噴煙の状態や噴火 条件(モデルパラメータ)をす。 定する事を目指しています。 火山灰の逆問題におけるモデル消算子Gの数理的性質を調べ、噴火条件(特に、マグマラットの解析手法を開発しています。

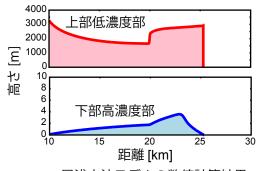




3次元火山灰移流拡散モデル(気象庁)の結果

火砕流の数値シミュレーション

火砕流は粒子濃度の成層構造をもち、これがダイナミクスを複雑にします。この成層構造の影響を評価するために、上部の低粒子濃度部と下部の高粒子濃度部を別々に重力流としてモデル化し、両者の相互作用(粒子のやりとりなど)を境界条件として計算する二層浅水波モデルを開発しました。現在、幅広い条件での数値計算を行い、噴火条件(@火口)と火砕流到達距離の関係について調べています。



二層浅水波モデルの数値計算結果

火山噴煙の3次元シミュレーション

噴煙柱/火砕流の形成条件や,噴煙高度とマグマ噴出率の関係について調べています.

※ 鈴木研究室(地震研・火山センター)との 共同研究を進めています.

「火道流・マグマだまり」

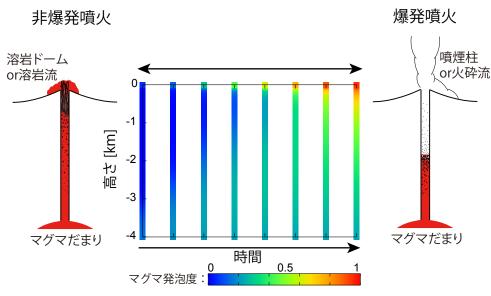
小山健太郎 (修士課程2年)・Kyle R. Anderson (共同研究者, USGS)・小園 誠史 (共同研究者, 東北大学・准教授)・小屋口 剛博 (教授)

火道流の数値シミュレーション

火山噴火の様式は、溶岩ドームや溶岩 流をもたらす非爆発的なものから、巨大 な噴煙柱や火砕流をもたらす爆発的なも のまで、非常に多様です。この多様性が 生じるメカニズムを明らかにするために、 火道内マグマの複雑な上昇過程を再現す る混相流の物理モデルを構築し、その解 析を行っています。

観測データ(@地表)から 火道流・マグマだまりへの逆解析

火道流の物理モデルに基づき、マグマ 噴出率などの観測データから、マグマだ まりの大きさやマグマの揮発成分量など を逆計算で推定する問題に取り組んでい ます.現在、逆問題のもつ数理的性質が 噴火様式に応じてどのように変わるのか について調べています.



火道流の非定常シミュレーションの結果

東京大学地震研究所 数理系研究部門 西田究 大気・海洋現象が引き起こす固体地球の弾性振動現象:

~ 大気・海洋・固体地球を駆け巡る波~

研究方針: 他の人にはノイズ、私には宝の山

私たちは、大量の地震計・気圧計・水圧計などのデータを丹念に解析し、ノイズと思われていた記録の中から新たな振動現象を探り当て、その謎の解明を目指しています。その際、大気-海洋-固体地球の大きな枠組みで現象を捉える事が重要です。 具体的な研究テーマは大きく分けて2つあります。それぞれ、(1)地震以外が引き起こす地球の振動現象の励起メカニズムについての研究、(2)地震以外の地球の振動を使って地球内部構造推定とその時間変化の検出です。

何が地球を揺すっているのか?

常時地球自由振動の発見

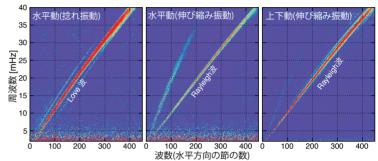
ひとたび大きな地震が起ると長周期の地震波が地球 を何周も伝わる様子を観測することができます。観測 された地震波は定在波の重ね合わせとして取り扱うこ とができ(地球自由振動と呼ばれます)、周波数解析に よって多くの固有周波数を測定することができます。 初めて地球自由振動の存在が検出されたのは1960年 チリ地震時の歪み計記録からでした。それ以降地球自 由振動の観測例は蓄積され、測定された固有周波数か ら地球内部構造を推定する研究がさかんになりました。

チリ地震での検出以前には、大気擾乱など非地震性の現象が地球自由振動を励起する可能性も検討されていました。しかし当時の観測精度が足りず、検出は失敗に終りました (Benioff et al., 1959)。チリ地震での検出以降は、地震活動が静穏な期間のデータは顧みられなくなりました。この Benioff らの試みは約40年後に再び日の目を見ることになります。

太陽では、表層付近の乱流が周期5分程の音波を励起し続けている事が知られています。小林(1996)は同様なメカニズムが、地球・火星・金星に対しても有効ではないか考えました。大気擾乱の大の振動を引き起見積り、大気擾乱が観測可能なレベルの振動を引き起こしていると予想しました。それを受け1998年に名和らは、南極・昭和基地の超伝導重力計のデータを調べて固体地球が振動し続けている現象をデータによるで間体地球が振動し続けている現象をデータによるで間体地球が振動し続けている現象をデータによるでは暗地球自由振動の発見です。南極のデータによるの常いで検出され、その相に続き、世界中の観測点で相次いで検出され、その存在は確定的となりました。現在では600以上の観測点で検出されています。地震波の伝播をみてとれます。発見の際、我々の研究グループを含め日本のグループが主要な役割を果たしてきました。

新たな謎:海の波は地球を捻っている!

励起された地震波を詳しく調べてみると、Rayleigh 波より Love 波が大きい事が分かってきました(上図)。 これは大気・海洋現象が固体地球を捻っていることを 意味しています。直感とは反するこの現象はどのよう



に説明する事が出来るのでしょうか?答は海の凸凹にあります。海の波の波長と海底地形の凸凹の水平スケールが一致すると、結果として固体地球を捻る力が働きLove 波が励起されるのです。このように海洋重力波が励起に深く関わっている事が分かってきました。海底水圧計・地震計の観測から、その励起メカニズムの解明を目指しています。

奇妙な波:Lamb 波は常に地球を駆け巡っている

Lamb 波とは水平方向には音波として振るまい、鉛直方向には静水圧平衡に達している波動です。我々は、アメリカ大陸に展開されている気圧計(300点以上)を解析し、初めてその存在を明らかにしました。カップリングを通じて熱圏の重力波に変換していると予測されています。また周期300秒付近では、固体地球と大気音波が共鳴振動している事も知られています。大気・固体地球全体に興味のある学生大歓迎です。

地震計で大西洋の嵐を追跡する

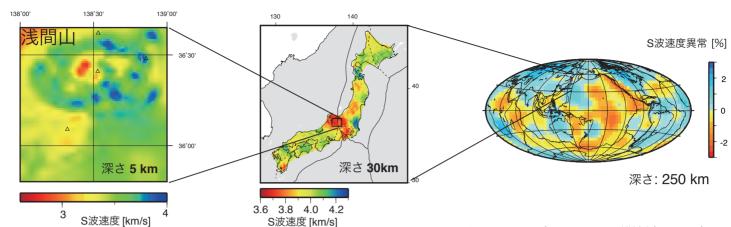
2014 年 12 /9 爆弾低気圧が大西洋で発生しイギリスやアイルランドに被害をもたらしました。その際に海洋波浪により発生した P 波は地球深部を伝播し日本にまで到達しました。現在一歩進め、日本の地震計データから、海洋波浪活動の全球的なモニタリングを目指しています。

現在、どのように大気・海洋現象が固体地球を揺すっているかに関して未解明な点が多く、大気 - 海洋 - 固体地球の大きな枠組みでの研究が進行中です。一緒に謎に迫ってみませんか?

低周波音 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑



"地震"以外の揺れを使って地球内部構造を探る!



地震波干渉法:地震を使わず地球の内部を探る

地球内部の状態を知る上で、地震学的な手法は重要な役割を果たしてきました。地震が引き起す地震波は、固い場所を通ってくる場合には観測点に早く到達し、柔らかい場所を通ってくる場合には遅く到達します。1980年代以降、この到着時間のずれをCTスキャンに似た方法により、地球の3次元的な内部構造が明らかにされてきました(地震波トモグラフィー)。

地震が起きていない期間には、地球は振動してないのでしょうか?実は、地球は常に海の波によって常に揺すられている事が知られています。脈動と呼ばれる周期5秒から20秒程度の地面の振動です。しかし、この振動はは地震観測をする上でのノイズであると長い間考えられてきました。常に色々な方向から到来しているため、"地震"が引き起こした地震波を隠してしまうためです。本当に脈動を使って、地球の内部構造を調べる事はできないのでしょうか?

2004年に Shapiro 達は周期 10 秒程度の脈動を使い、カリフォルニアの地殻構造を推定する事に成功しました。地震波が 色々な方向から常に到来しているという事実を逆手に取り、脈動の伝わり方から地球の内部構造を調べたのです。現在、地震波干渉法と呼ばれる方法です。その後、同種の研究が盛んに行われるようになりました。

我々の研究グループでは、長周期の地震波(常時地球自由振動)を使い、全球的な構造も求めることに成功しました(上図参照)。また日本列島に展開されている地震計データを使って地殻構造を推定し公開しています。地震研・火山センターとの共同研究で浅間山付近のS波速度構造を調べ、マグマだまりのイメージングに成功しました。このテーマでは、地震波干渉法という手法を武器に丹念にデータを調べる事によって、ロー

カル・リージョナル・グローバルに関係無く、全て のスケールの現象に切り込んで行きます。解析手法 の開発自体も大きな研究テーマとなります。

惑震学に向けて

地震を使わずに内部構造を調べられるという事は、 地球以外の惑星の内部構造を探査する上で大きなメ リットとなる可能性があります。他の惑星では地震 活動がどの程度あるか分からない事が多いため、地 震の情報を使わずに内部構造を推定する手法が非常 に大切だと考えられます。今年は Insight mission によ る火星での地震学が幕を開けました。地震を使わな い探査の可能性を探っていく事(惑震学:惑星の震動 学)は重要となってくるでしょう。

時間変化をモニタリング:環境地震学に向けて

地球の内部を調べる際に地震が起こるのを待つ必要が無いというのは、この手法の大きな強みです。 地動ノイズを観測し続けてさえいれば、時々刻々と地球の内部構造の時間変化をモニタリングする事が可能となります。火山噴火や、地震現象にともなう地震波速度構造の検出し、その物理メカニズムを解明することが大きな目的です。今世界的にはさらい、多くの関連研究分野(氷床・水文学・海洋物理学)を巻き込み、環境地震学として新たな研究分野が生まれつつあります。日本には長年のデータの蓄積があります。環境地震学の創出をめざしてみませんか?

メンバー

中島<mark>悠貴</mark> (PD)、髙野 智也 (学振 PD)、Zack Spica (長期招聘)、加藤 翔太 (M1)

興味のある方は、お気軽にご連絡下さい。 研究室の見学等、歓迎です。

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/knishida/knishida@eri.u-tokyo.ac.jp Room 2-409 号室: Tel 03-5841-5723

重力波(熱圏)

トンネル効果

→ Lamb 波 海洋重力波

地形カップリング →常時地球自由振動

Rayleigh 波 Love 波

地震発生のモデリング研究 担当教員:亀伸樹

亀 伸樹 (准教授)、日下部哲也 (D3)、木村将也 (D2) 渡邊信吾 (M1)











地震は地下の断層が破壊することにより起きます。地震の起こり方は、みなさんご存じのようにたいへん複雑です(強い非線形性を持っているようです)。そのため、大地震の発生予測手法を確立するためにはまだまだ難関が待ち受けていることでしょう。私たちは、地震の起こり方はなぜ複雑なのか、どのように複雑なのか、地震の発生の予測は可能かなどに関心を持っています。

亀研では、実験不可能な地震発生過程に対して、地震発生の物理モデルを考え方程式で表し、紙と鉛筆をつかって理論的に、あるいはコンピューターシミュレーション手法を用いて調べ、その背後にある物理機構を解き明かそうとしています。また、観測データと物理モデルを組み合わせて行う「地震天気予報」の数値実験の勉強をはじめました。研究を始めるにあたり、地震学の知識は問いません。物理と数学が好きな人は気軽に研究室を見学しにきてください。2019.05.17 亀

【連絡先】地震研2号館2-403号室 亀 伸樹、見学希望日をメールで連絡ください

E-mail: kame@eri.u-tokyo.ac.jp, Homepage: www.eri.u-tokyo.ac.jp/kame

研究紹介

◎複雑形状断層における地震破壊ダイナミクスの研究(亀)◎

地震発生の最中の高速破壊現象(破壊速度 3000m/s, 破壊継続時間 100 秒)を、数値シミュレーションに基づき評価する研究をすすめています。「現実的な非平面断層形状」をモデル化し、運動方程式の積分方程式計算により高速破壊を模擬し、一旦はじまった動的破壊が断層面上のどこで停止するかを調べます。発生した地震の断層面形状との比較により、地震発生機構の理解を深め、地震の規模・強い揺れの予測に向けた研究をすすめています。

図:断層帯の複雑な幾何学構造を考慮できる画期的な破壊計算手法を開発し、断層破壊が自動的に停止できるモデルを提案しました。これから、大きな地震は、小さな地震とは基本的に異なるということもわかってきました(非線形性に起因します)。



◇不均質媒質中の地震破壊ダイナミクスの研究(日下部さん)◇

最先端の観測研究から地殻不均質と対応する地震発生過程がわかってきま した。一方、地震破壊の理論的研究は均質媒質に限られたままです。そこで 新たに不均質媒質中における動的破壊の解析手法を開発しています。これを 用いて地殻の不均質性がどの程度、地震の破壊過程をコントロールしている か解き明かそうとしています。将来、断層帯周辺の地殻構造から地震発生の 想定シナリオに結びつけることができればと考えています。

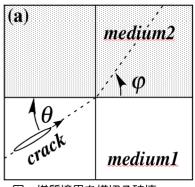
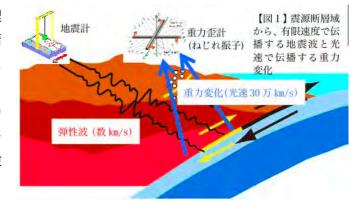


図:媒質境界を横切る破壊

★地震発生に伴う動的重力変化検出の理論的研究(木村さん)★

地震の動的断層破壊に伴う重力ポテンシャルの変動の理 論を学び、地震波より遙かに速く光速度で伝わる重力情 報を用いた地震発生検知の実現可能性をさぐります。ま ず、1) 震源理論:無限均質弾性体における点震源が引き 起こす重力ポテンシャル変動の導出、2) 重力理論:重力 加速度ベクトルの導出と期待値評価、を学びます。デー 夕解析から人類初となる「重力変化による地震発生の検 出」を試みました。図:光速で伝わる地震重力変化の模式図



☆深層学習を用いた地震学データ解析 (H29 地球物理特別研究 4 年西條君+西田先生) ☆

深層学習とは、多層ニューラルネットワークを用いた 機械学習方法である。計算機の性能向上と学習設定の ノウハウの蓄積により、情報工学分野で近年目覚まし い発展を遂げている。深層学習で訓練されたネットワ ークは高い処理能力を持ち、従来機械学習が使われて いなかった分野への応用可能性を有する。現在、地震 学データの解析への適用可能性が世界的なテーマで ある。今回は地震発生検出を試みたが、これからは地 震活動の予測など試していきたい。

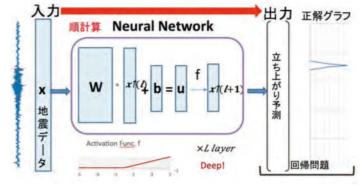


図:地震波形初動検出のための深層学習ニューラルネットワーク

☆巨大地震発生サイクルシミュレーション研究(H27 特別研究員 大谷さん)☆ (現在、産総研活断層火山研究部門地震テクトニクス研究グループ)

プレート運動(10-9m/s)で駆動され繰り返す海溝型巨大地震サイ クル(1000年)のシミュレーション研究をすすめています。現実 的な沈み込み帯構造をモデル化して、これを高速計算できるよう にする大規模計算手法の枠組み(プラットホーム)自体を、新た に開発しています。一見多様とも思える微動・スロースリップ・ 巨大地震のマルチスケールすべり現象の背後にある物理機構を包 括的に理解することにより、地震発生予測への手がかりを得よう としています。図:新たな地震サイクルシミュレーションモデルの模式図

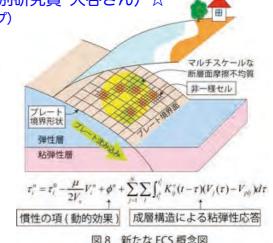


図8 新たなECS概念図

中谷正生 (地球計測系研究部門, 准教授)

e-mail: nakatani@eri.u-tokyo.ac.jp

office: room 2-311, tel: 03-5841-5763 (直通)

研究テーマ: 地震発生予測のための震源破壊物理。特に、小さな地震がたまたま止まらなかったのが大きな地震なのかという問題。



地殻岩石の脆性破壊現象である地震の発生時期や破壊の大きさはどの程度に予測可能か、特に、 大きな地震のおこりやすい物理的状態というものが存在するのか、という興味から、地震発生の 準備過程・破壊の停止機構を、以下のようなアプローチで研究しています。

1. 岩石の摩擦滑りの室内実験

中学・高校で習う、静摩擦・動摩擦だけで、断層が間欠的に急激な滑りを起すという地震の基本的な姿は、だいたい説明できます。しかし、岩石に限らず、ほとんどの材料の摩擦をよくみてみると、いわゆる静摩擦や動摩擦以下の力でもごく低速の滑りがおこり、このことによって、急激な滑りが起る以前にわずかな滑り(プレスリップ)がおこることが期待できます。この微妙な摩擦の性質に着目すると、プレスリップ以外にも、地震後しばらく続く余効滑りや、一種の遅れ破壊現象である余震、さらには、断層には、地震として間欠的に急激に滑るのではなく、定常的にずるずると滑っているものがあることなども説明でき、現在の地震発生論の標準的な構成要素になっています。

このような低速の摩擦滑りは、主に室温での実験で研究されてきましたが、熱水等の環境の影響によって、摩擦の微視的プロセスは大きく変ってしまうことがわかっており、この部分を具体的に解明することがひとつの大きな課題になります。さらに、我々は、断層面に超音波を透過させてその振幅を測ることで、断層面の固着状況を時々刻々モニターする手法を手にしており、今後、熱水環境の実験にもこれを適用して、地震発生の力学に直接的に重要である、500℃程度までの熱水環境下での摩擦滑りの詳細な性質と、その微視的プロセスを明らかにすることを目指しています。

2. 鉱山の地下数kmでの半制御地震発生実験

摩擦の室内実験では、平面に研削した岩石の滑り面を、粗い磨き砂でザラザラにして使い、滑り面の粗さによって、Dcといわれる静摩擦から動摩擦への強度低下に必要な滑り距離がきまることがわかっています。このDcという摩擦パラメータは、急激な滑り(地震本番)がおこる前にどの程度のプレスリップがおこるはずであるかを決める主要な因子であることが、力学的理論から示されています。では、自然の断層の粗さはどの程度ですか?ということになるのですが、自然の断層の形状をはかってみると、その形状はフラクタル、すなわち、より広い範囲をみると、平均的な粗さが大きくなってしまうようなものなので困ってしまいます。

そこで、天然の断層が徐々に載荷され、その断層面のある程度広い範囲(100m程度)がまとまって急激に滑る(M2程度の地震)までのプロセスを、ごく近くで詳細に観察するために、南アフリカの鉱山内の地下1-3.5kmの地点で、様々なセンサーを、断層をとり囲むように多数配置しました。とくに、我々が開発した超高感度の振動センサの大規模なネットワークでは、断層の周囲半径100m程度の領域で、M-4以下までの超微小な破壊イベントを毎日1万個程度検出し、天然の断層面上に強く集中した微小破壊の派手な活動があることを発見しました。活動領域が時間とと

もに拡大していった例や、活動の集中で描きだされた断層面で実際に大きな(M2, 滑り域のサイズ100m)地震がおこった例もみつかっています。また、採掘による載荷の増加に呼応して、断層面のない岩盤の中に、微小破壊の活動が集中して発生する数十mスケールの板状(厚み2-3m)の領域が現われることもみつかりました。大規模な破壊の準備過程で多数の微小な破壊が起るという期待は、自然地震の観測からは否定される大きな流れがありましたが、われわれの発見した微小破壊は、非常に小さなものばかり(b値がとても高い)で構成されており、自然地震の観測からは漏れているだけのことではないかと考えています。こんなデータは、我々しかもっていないので、いままでは、震源分布を正確にプロットするだけで書ける論文の数を稼ぐことに注力していましたが、そろそろ、より高度な活動解析を始めたいと考えています。

3. 不均質と地震の予測可能性

地震予知は原理的に不可能であるという論の大きなバックボーンは、いったんはじまった地震が どこまで成長するかは偶然に支配されるのだから、破壊が始まる以前に、「大きな地震がおこり そうだという特別な状態」ができているはずがない、という考えです。地震がどうやって止るかに ついての理解はまだ黎明期にありますが、種々の観測事実を説明できる有力な説のひとつに、破 壊物性の階層的な分布(大地震で破壊する、タフで大きな固着域の中に、部分的に脆い小さな部 分がある)を仮定するものがあります。このような状況では、小さな脆い部分で始まった地震 が、そこで止まらずに成長して大きな固着域全体を壊す(cascade up)ことが可能で、この場 合、大地震のはじまる前には、小さな地震をおこすための準備だけが整っていればよいことなり ます。しかし、われわれは、JAMSTECと協力して大規模な数値計算を行い、タフで大きな固着 域というものが存在する以上、小さな脆い部分からのトリガに頼らす、大規模な準備過程を経て おこる大地震というものは十分可能であること、また、小さな脆い部分で始まった地震が、大地 震のタフな固着域を壊すためには、大地震の固着域自体がある程度緩み始めている必要があるこ とを示しました。今後、数値実験によって階層構造のふるまいをさらに理解するとともに、実際 の地震活動において、小さな地震と大きな地震がどう共存するか、データをみて考えたいとお もっています。少なくとも、大きな断層の一部だけが壊れるという現象、すなわち、大きな地震 になりそこねた小地震というのは、Gutenberg-Richter則から期待されるよりは、ずっと稀であ ることは明らかです。

4. 物理はともかく、先行現象

古くから、大きな地震の発生が差し迫ったときに、普段はあまりみられないような現象、たとえば、ラジオが雑音で聞こえなくなったり、地下水の化学成分が変ったりということが報告されています。しかし、「地震の前の時期を調べるとこういうことがよく起っていた」という段階に留まるケースが多く、現象があるときとないときで、そのあと地震がおこる確率が違うのか、というところまでは検討されていないものがほとんどです。そこで、様々な「地震先行現象」かもしれないものの観測研究をしている全国の研究者と協力して、それらの現象が地震とどの程度に相関しているか、きちんとした定量的な統計評価をするというプロジェクトを始めています。3. で述べたcascade upのようなことを考えると、先行現象は、地震と百発百中の関係である必要は全くなく、たとえ弱い相関でも統計的に有意なものがあれば、「いまにも地震がおこりそうな特別な物理状態」があるということになりますから、まずは、疫学的アプローチで、統計的に有意な相関のあるものをみつけることが先決であるという考え方です。この件に関しては、物理の苦手な方も歓迎します。(でも、数学、得に確率・統計の苦手な方は不可)

大気も! 海洋も! 固体地球も! ダイナミックな=地球系=を研究

【研究室メンバー】

- ◆ 綿田辰吾(准教授) 修士を GPS、博士をグローバル地震学で取得。不均質地球の自由振動から火山噴火・地震起源の大気波動の研究を経て、最近は津波研究にハマる。
- ◆ Yijing LI(インターンシップ研修生 学部2年生) カリフォルニア州立大学サンタバー バラ校からやってきました。津波や地震波干渉法の基礎と応用を学びます。
- ◆ Sougato CHOWDHURY(インターンシップ研修生 学部2年生) インドのプネ大学 からやってきました。津波や地震波干渉法の基礎と応用を学びます。

【我々が目指す研究】

★ 地球に現れる未知の自然現象を探求する

電離圏・大気圏・海洋・固体地球(マントル・コア)を、弾性力・重力・コリオリカ・電磁気力などで結合した一つの力学系=地球系=ととらえ、地震や火山噴火時に限らず、=地球系=に現れる様々な地球物理現象——地球変形・地殻変動・重力変動や、電離層擾乱、地震波・大気波動(音波・重力波)・津波・海洋潮汐など——を対象とする研究。

【研究テーマの例】

◆ 「津波を使って地震を知る」

巨大地震や海底火山性地震を津波波形か データから津波発生を即時に検知しら解き明かします。太平洋を横断するよう ◆ 「地震は大気や電離層を揺らす」な巨大津波も解析可能となりました。 地震・津波・火山噴火・海洋波浪は

◆ 「新たな津波の解析法の開発」 近年観測されるようになった良質の津波 波形を使う、新たな津波解析手法の開発と 応用研究を進めます。

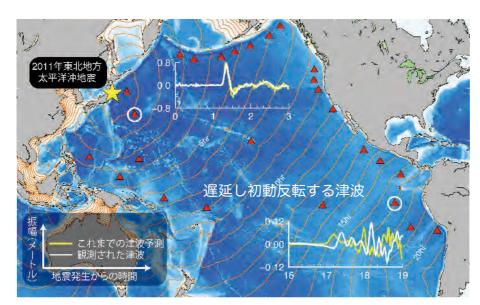
◆ 「津波を宇宙から捕らえる」

地震波に頼らず、人工衛星で測定される各種 データから津波発生を即時に検知します。

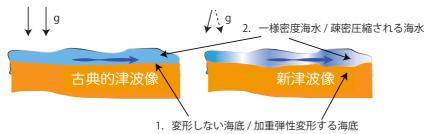
▶ 「地震は大気や電離層を揺らす」 地震・津波・火山噴火・海洋波浪は固体地球 だけでなく、大気中を伝播する音波・重力波 を放出し、電離圏まで揺らします。これら現 象の定量化・モデル化を進めます。

【これまでの研究例】

◆ 「津波で地球が変形!」



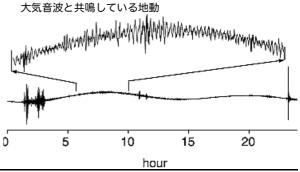
2011年東北沖津波は太平洋 を横断し南米沖合でも観測されました。その到達時間はこれまでの予測より遅れ、津波初動は反転しています。 3. 一定重力 / 津波に伴う質量移動で変動する重力



我々が構築した新津波伝播理論 では、津波で地球は弾性変形し、 重力場も変動します。(左図)

◆ 「火山噴火で大地と大気が共鳴振動!」

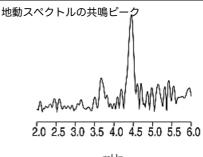
大規模な火山噴火が発生すると、大気低周波音波と長 周期地震波の周期と波長が一致している特定の周期・波長 の地震波が効率よく励起され、大地と大気の共鳴現象が起 こっていることがわかりました。(右図)



【研究スタイル】

★ 全地球がターゲット

陸域を覆う GNSS(GPS)観測網、地震計・傾斜計・気圧計観測網に加え、海域にもこれら観測網が着実に展開しつつあります。さらには合成開口レーダ、人工衛星重力・衛星計測海面高度のような宇宙技術を



利用した全球的連続観測が可能になってきました。これら地球観測データから地球規模の独創的な研究テーマを見つけます。

研究テーマは与えられたものでも、発想豊かに自ら探し出しても構いません。研究遂行に必要な理論や解析技術は、先生や周囲の研究者やネット・文献から学んだ基礎をベースに、 議論しながら発展させ・適応しながら研究を進めます。

研究スタイル 1 データから新現象を発見!

データ(画像・時系列)から相互に関係した新現象を発見し、因果関係を解明します。 研究スタイル2 新現象を説明する新理論の構築!

相互に関係する新現象を理論的に予測します。観測と比較できれば、文句なし。

研究スタイル3 新手法・理論を使った新たな研究分野への展開!

新手法・理論は未利用であったデータの解析を可能とし、新たな研究分野を開拓します。

こんな研究できないか、あんな研究できるのかなど、夢や空想があれば、相談に乗ります。

連絡先は watada@eri.u-tokyo.ac.jp www.eri.u-tokyo.ac.jp/KOHO/STAFF2/watada.html



中井研究室(地震研究所)

地球惑星システム科学講座

連絡先:中井俊一 (03-5841-5698, 地震研 2-419 号室) e-mail;snakai@eri.u-tokyo.ac.jp, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nakai_lab/

地球化学の手法を使って,地球が 45.5 億年の間どう進化してきたか,火山の中で何が起こっているかや,地球内部や表層での物質循環などを探求する研究を行っています. 現在,四重極型の ICP 質量分析装置と同位体比測定用のマルチコレクター型 ICP 質量分析計が設置されています.これらの分析装置を用いて,岩石中の微量元素同位体を測定し,それらをトレーサとして,下記のような研究を進めていきます.



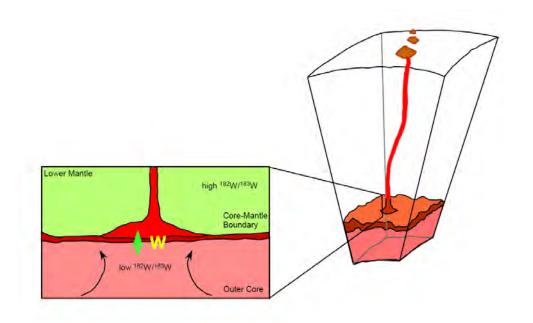


同位体比測定用の ICP 質量分析計(左), 化学処理のためのクリーンルーム(右)

研究テーマの例:



鉱物資源量の推定や海底熱水系での生物の進化を考えるうえで、海底熱水鉱床の活動期間がどのくらい続いているかは重要な情報である。海底熱水鉱床の硫化鉱物をウラン・トリウムの放射壊変を利用した方法で年代測定する手法を開発した。数百年の若い鉱物でも精度の高い年代測定が可能である。



タングステンの同位体比が、コアとマントルで違うことを利用して、深部から 上昇してきたマントルプリュームにコア物質が含まれているかを調べている.

北京出土の青銅器の起源について一雲南から原料がもたらされた可能性一



華北との交流開始に伴い、青銅技術・文化も流入した可能性があり、 古代中国の青銅文化について重要な知見

スズの同位体組成を使い,地球化学,考古学への応用を試みている.鉱石であるスズ石の同位体組成の不均質性,鋳造の際の同位体組成の変化,青銅器の同位体組成の不均質性の比較から,産地の推定に役立つ場合があることが分った.

地震波速度と減衰の研究

~室内実験と理論モデルよるアプローチ~

はじめに

武井研究室

地震学の進歩により、地球内部の地震波速度と減衰の構造が高解像度でわかるようになりました。ところが、岩石の地震波速度がどのように決まっているのかについては分からないことが多く、せっかく得られた地震波構造から欲しい情報が取り出せないのが現状です。地震波の波長は数km~数千kmもあり、歪み振幅は10⁻⁶しかないので、同じ条件で実験的に測定するのが非常に難しかったからです。これまでの私たちの研究から、この未知の問題には、岩石のアナログ物質を用いた実験的アプローチが非常に有効であることがわかりました。特に重要な成果として、岩石の地震波速度や減衰には、その岩石を構成している個々の鉱物の物性のみではなく、鉱物と鉱物の境界である「粒界」の性質が大きく関わっていることがわかったのです。この新しい未知のテーマに実験と理論を駆使して取り組んでみませんか?

室内実験によるアプローチ:アナログ実験

地震学者が地球内部を調べるために使っている地震波の周波数は数Hz~数ミリHzで、その 波長は数km~数千kmもあります。しかし実験室における岩石の弾性波速度測定はメガHz~ ギガHzの高周波(波長は数ミリ~数ミクロン)で行われてきました。昔は、地球内部の地震 波構造の解像度はそれほど高くなく、地球の中がぼんやりと見える程度だったので、周波数の 大きく異なるデータとも比較的良い一致を得てきました。ところが最近の地震学の発展に伴っ て、地球内部の詳細な3次元構造が分かってくると、実験データに基づく地震波構造の解釈が、 地球ダイナミクスや地球化学などの他分野の研究結果と矛盾を生じるようになりました。

私達のグループでは、岩石のアナログ物質として有機物の多結晶体を用いることで、岩石の高温(\sim 1000°C)に相当する温度を室温近傍(20°C)で実現し、1メガHz から 1 ミリHz に及ぶ広い周波数帯域での弾性波速度を調べてその周波数依存性を明らかにすることに成功しました。その結果、岩石の弾波性速度は、メガHzという高周波では鉱物そのものの性質で決まるが、地震波の周波数では粒界の影響を非常に大きく受けることがわかり、粒界の影響を考慮することで、地震波構造を、地球ダイナミクスや地球化学の研究結果と矛盾なく説明できることがわかりました。しかし、実験で捉えられた粒界の力学物性が、どのような物理プロセスによって生じているのか理解できておらず、さらに多くの実験を行って現象の物理に迫ることが重要となります。アナログ実験は、岩石以外の物質を用いて、個々の物質によらない普遍的物理の解明を目指すもので、未知のプロセスの研究に適した手法です。

理論モデルによるアプローチ:岩石はソフトマター

近年の物性物理学では、界面の理解が大きく進展していますが、これらを岩石に応用する 研究はまだ行われていません。岩石粒界を扱う適切な物理モデルを開発する必要があります。 つまり、岩石もソフトマターだったのです。

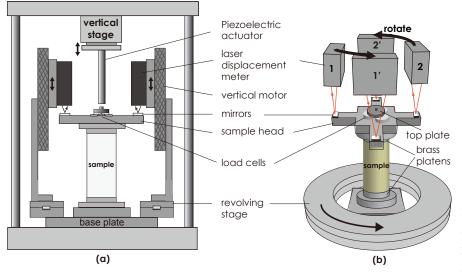
武井 康子(教授)

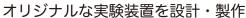
山内 初希 (特任研究員) : 岩石の部分溶融が地震波速度と減衰に与える影響の解明

角田 明博 (M2): 粒界の熱力学モデル

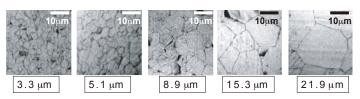
興味のある方、研究室の見学を希望する方、博士論文や修士論文の具体的なテーマを探している方、お気軽にご連絡下さい。 武井メール: ytakei@eri.u-tokyo.ac.jp 電話:03-5841-5770

非弹性実験

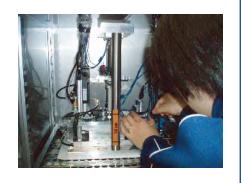




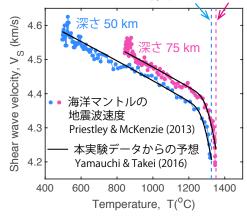
アナログ物質を用いて作成したいろいろな粒径の試料



温度、粒径、メルト量などの様々な条件を変えて非弾性を測定し、 物理メカニズムやスケーリング則を解明して地球に応用する。

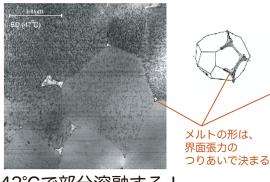


岩石が部分溶融する温度 深さ 50km 75km

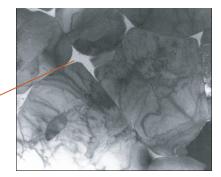


部分溶融の直前に非弾性による 顕著な横波速度低下があること を解明し、海洋マントルの地震 波速度構造の説明に成功。

部分溶融岩石に良く似たアナログ物質

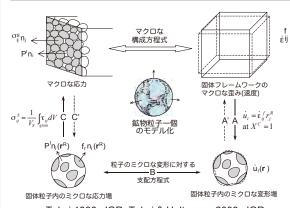


43℃で部分溶融する!



本物の部分溶融岩石(1200℃)

部分溶融岩の物性モデルと変形のシミュレーション

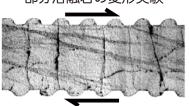


Takei, 2000,

JGR

Takei,1998, JGR; Takei & Holtzman, 2009, JGR

部分溶融岩の変形実験



(Holtzman et al, 2003)

数値シュミレーション

(Katz & Takei, 2013)

アナログ実験から明らかになった部分溶融岩石の力学物性を構成方程式としてモデル化し(左図)、これを用いて固液二相系の剪断変形をシミュレーション。メルトの集まったバンド構造の形成メカニズムを解明。 このようなバンド構造の存在は、速いメルト上昇の説明になるか?

岩森研究室:地球ダイナミクス

岩森 光 (hiwamori@eri.u-tokyo.ac.jp)

惑星「地球」を俯瞰し、様々な手法を用いて、 地球の生立ち・未来の姿、地震・火山などの変動現象の仕組みに迫ります

研究背景

なぜ兄弟惑星と異なり、地球は活発で賑やかなのか?

活発な物質・エネルギー循環とその仕組みの理解は、地震・火山活動、 極度な元素濃集(鉱床形成)や散逸系としての生命活動理解にも重要。

金星、火星



シングルプレート 物質やエネルギーは停滞 地震・火山は不活発 苦鉄質岩石主体

地球

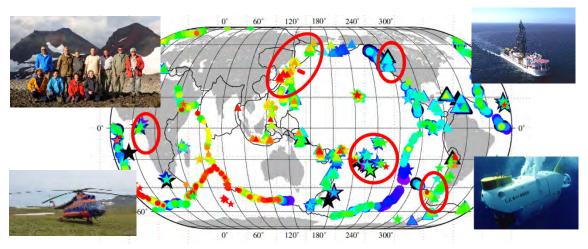


マルチプレート 物質やエネルギーが循環 地震・火山が活発 300強の岩石種 鉱床など極度な元素濃集

研究手法 ・野外調査

(火山・温泉・造山帯、調査船・潜水艦での掘削・採取、海底物理探査) 日本列島火山・温泉、カムチャッカ、チリ、ポリネシア諸島、他

- ・**室内分析** (X 線 分 析 、 レーザー・プラズマ・2 次 イオン+質量分析など)
- データ解析 (大規模統計解析、ベーズ逆解析、独立成分分析)
- ・数値シミュレーション (2次元~全球物質循環・マントル対流) いずれかを深化させる、あるいは複数を組み合わせて取り組む。

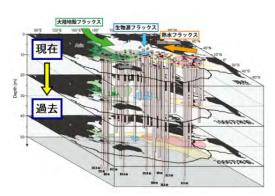


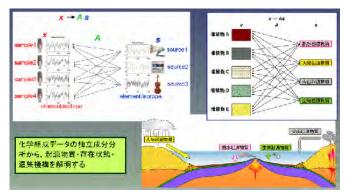
研究テーマ例

固体地球と表層:相互作用の重要性

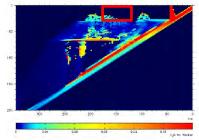


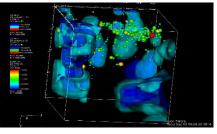
- (1) ・全海洋堆積物から AI で読み解く表層 マントル変動
 - ・新海底資源:超高濃度「REE 泥」の成因解明





- (2) ・沈み込み帯の物質循環:火山-地震の成因の総合研究
 - ・固液2相マントル対流と島弧変動、地殻流体の分布と火山・温泉水の起源

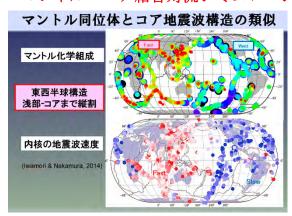


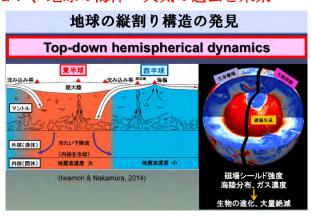






- (3) ・地球内部の大規模組成半球構造
 - ・マントルーコア結合対流シミュレーション、地球の海洋・大気の過去と未来



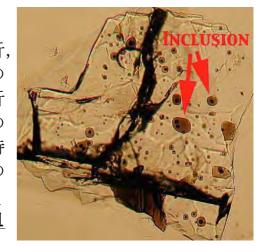


安田研究室 -火山噴出物から読み出すマグマ活動と噴火予測-

http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/KOHO/STAFF2/yasuda@magma.html

マグマは太古の昔から現在に至るまで様々に規模や形を変えながら、私たちの周辺環境の形成に寄与してきました。地球形成期においては、マグマオーシャンと呼ばれる全地球規模のマグマの海での物質分化が現在の地球の層構造を生み出し、その後もマントルで形成された巨大なプルームから分離したマグマは洪水玄武岩と呼ばれる広大な溶岩台地をたびたび地表につくってきました。現在でも、島弧・海嶺・ホットスポットといった多くの場所での火山活動によって、マグマの姿を実感することができます。

様々な自然現象を理解するためには、観測/解析、 実験、理論を組み合わせる必要がありますが、私の 研究グループが主として用いるのは、噴出物の解析 を中心にしてマグマの物理・化学的性質から現象の 本質に迫ろうというものです。最近、特に関心を持っているテーマは、マグマ溜まりと噴火プロセスの 解明で、その武器として選んだのがメルトインク ルージョン(ガラス包有物)や結晶の組成と組 織の解析です。



2000 年三宅島噴火で噴出したマグマ中に 含まれる斜長石の中のガラス包有物.

メルトインクルージョンとは「マグマの缶詰」とも 呼ばれ、マグマ溜まりの揮発性成分量などに関して最も 信頼性が高い情報を保持しています.揮発性成分量は火 山の噴火様式に大きな影響を与えるので、これがマグマ 溜まりの進化や噴火の最中にどのように変化するのか はきわめて重要な問題です.これと、火山噴出物の全岩 組成、結晶の組成や組織、メルトインクルージョン形状、 気泡の大きさ、斑晶に記録された拡散プロファイルなど の情報を組み合わせることにより、マグマシステムの 状態とその変化を知ることができます.

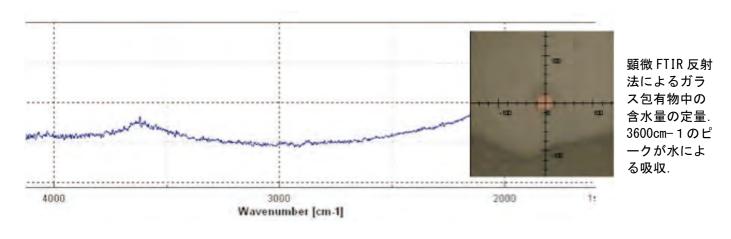


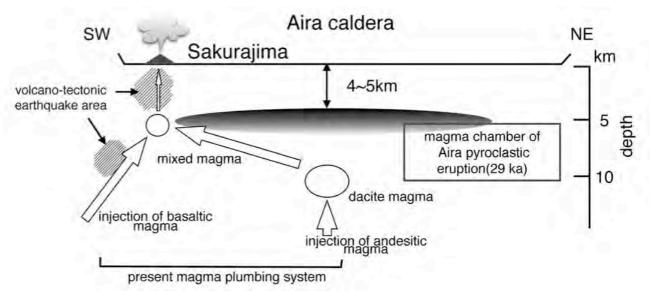
富士宝永噴火の斜長石中のガラス包有物中の気泡.複雑な形状の気泡が含まれる

噴出物を解析するメリットは、時間軸の拡張です。物理観測ではマグマのおかれた現在の情報しか得られませんが、物質の解析によって遠い**過去のマグマ活動**

の実像にも迫ることが可能になります. つまり, 過去から現在に至る流れの中での, **噴火に到るプロセス**の解明が期待できます.

我々の研究グループでは、メルトインクルージョン分析に新しい手法(顕微 FTIR 反射法)を取り入れることに成功し、これまでよりもずっと容易にマグマ中の水の定量が行えるようになりました。また、最新鋭の分析装置(FE-EPMA)の導入によって、これまで得られなかった高い空間分解能での分析が可能となり、斑晶やメルトインクルージョンから、マグマの状態(温度・圧力・含水量)や状態の変化の速度が読み出せる環境がととのいました。現在はこれらの分析機器を駆使して火山噴出物の分析を行い、富士山や桜島等の活動的火山について、その過去から現在までを通してのマグマ活動を明らかにする研究を行なっています。こうした研究は、火山災害を低減するためにも重要であり、次世代火山研究推進事業、課題 C-1「火山噴火の予測技術の開発:火山噴出物分析による噴火事象分岐予測手法の開発」http://www.kazan-pj.jp/research/c#c-1)の中心メンバーとして、西之島や霧島などの最近噴火した火山の噴出物の解析にも取り組んでいます。





2万9千年前の姶良火砕噴火時のマグマ溜りの深度の推定図.

現在の姶良カルデラ深部のデイサイト質マグマ溜りは深さ約 10km に存在するが,姶良火砕噴火時にはかなり浅い所にまでマグマ溜りの上部が広がっていたことが明らかになった.

世界唯一無二の石を作り、地球内部のダイナミックな現象を 実験室で再現する 平賀研究室

superplastic man



圧縮試験

我々は、石を実験室で作ります。「地表」 にある石とは異なり、隙間を極限まで減らし た「地球内部」にある石を用いて、これまで 不可能とされてきた様々な地球内部現象を実験室で再現することが可能になってきました。例えば、超塑性という現象があります。 左図のように、物質が数 100%を超える均 質伸び変形を起こすことを超塑性と呼びま す。残念ながら、「人」は元の長さに戻って しまいましたが、我々は下図のように細粒 緻密化した岩石を合成し、それを高温下で引っ張ったところ(右図)、世界で初めて岩 石の超塑性を示すことに成功しました。

修士の学生が、 軽々と岩石超塑性の発現に成功

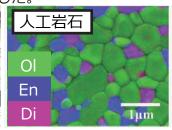


Hiraga, Miyazaki et al. (2010 Nature)

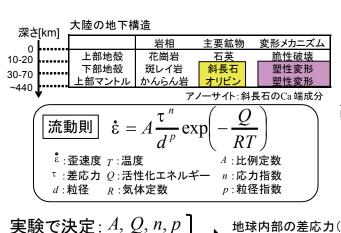
実験後の石を観察すると、様々な特徴的な微細構造が発現しました。それが、 実際の天然の岩石で見られるものと一致し、地球内部で起きている現象を今度 は天然の岩石の構造からひも解けるようになってきました。



上部地殼



トルと地殻の固さは自分が決める



観測で決定: έ, d, Τ

地球内部の差応力(強度)τ 粘性率 $\eta = \tau / \hat{\epsilon}$ を推定

板チョコを両手で折り曲げることを考 えましょう。冷たければパッキリ割れる と思います。逆に温めてあれば割れずに ぐにゃっと曲がると思います。 地球も同じです。冷たい(浅い)部分で

は石はパッキリ割れて地震が起き(脆性 破壊)、深い(温かい)部分ではぐにゃっ と変形します (塑性変形)。

私は下部地殻及び上部 マントルの鉱物を用いて 変形実験を行い、塑性変形を 記述する流動則を実験的に 決定し、実際の地球内部の 流動特性を調べています。



下部地殻物質のレオロジー Implications for the lower crustal rheology: Ghosh(PD)

I pursued my PhD from the Department of Geology, University of Calcutta, India. By training, I am a structural geologist and a modeller. Mostly I prefer to work on experimental modelling of different geodynamic and geological processes and rock deformation. In my research, I try to integrate detailed geological observations with the experimental models to acquire comprehensive insight into the mechanism of mountain building processes.

The strength of the lower crust is largely controlled by pyroxene (mainly diopside) and feldspar, which are the major rock-

forming minerals at such depth. However, the flow laws and rheological behavior (i.e. grain-size dependent and grain-size independent creep) of diopside are still not well established. To meet this gap in our knowledge, we are synthesizing fine-grained diopside aggregate in laboratory condition, which is suitable for high-temperature creep experiments.

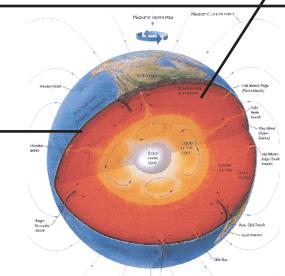
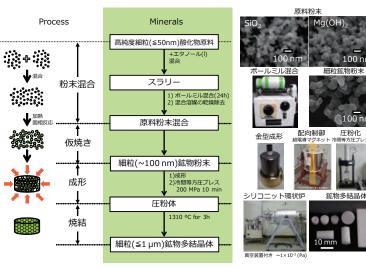


Image from "Earth Story" by S. Lamb and D. Sington

石の匠:小泉さん

地球内部の現象を再現するための試料



地球内部の現象を理解するためには、鉱物や岩石を用い た実験的研究が欠かせません。我々は、試料の粒径を小さ くすることで、実験室実験室では地球内部と比べて、非常 に早いひずみ速度でしか行えないという欠点を補い、地球 に応用できるデータの測定を可能にしています。

我々の開発した試料は、細粒緻密であるだけでなく、

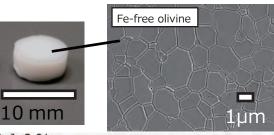
(1) 試料のサイズや鉱物組み合わせなどを自由に選択出来、(2) 変形の集中や、実験の再現性の低下の原因となるク ラックや空隙、不純物が無いという特徴も持っています。 マントル鉱物多結晶体の合成から始め、現在では下部地 殻鉱物多結晶体や、部分溶融岩のアナログ物質、微量元素、貴金属入り試料、格子選択配向 (LPO) を有する試料、 天然岩石粉末を用いた半合成試料など様々な種類の試料合成が可能になり、研究対象領域が拡大中です。

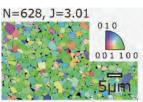
下部地殻鉱物多結晶体 天然粉末から合成 Anorthite (CaAi₂Si₂O₈)

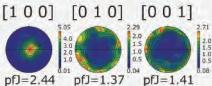




合成マントル岩石 - 無配向体と格子選択配向 (LPO) 体 -

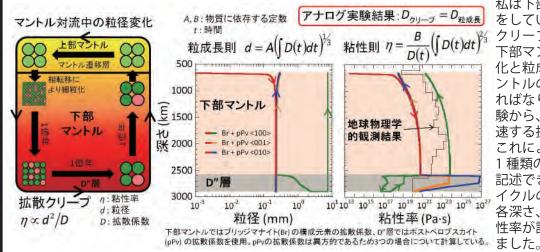






pfJ=1.37

、ルの粘性率は粒成長でどれだけ変わるのか?

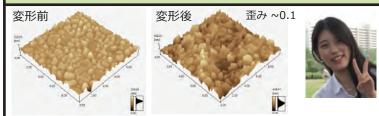


私は下部マントルレオロジーについての研究 をしています。マントルが粒径依存型の拡散 クリープによって変形している時、対流中の 下部マントルの粘性率は、相転移による細粒 化と粒成長に支配されます。従って、下部マ ントルの粘性率推定には粒成長を考慮しなけ ればなりません。私のクリープと粒成長の実 験から、二相系岩石のクリープと粒成長を律 速する拡散係数は等しいことが分かりました。 これによって多結晶体の粒径と粘性率変化が 1種類の拡散係数だけで簡単に

記述できるようになり、1 サ イクルのマントル対流中の、 各深さ、各時点での粒径と粘 性率が計算できるようになり



拡散クリープ下での、格子選択配向 (LPO) の形成における粒子回転の影響: Kim



マントルを構成するカンラン石 (+ 輝石) の拡散クリープは、粒界すべり および粒子回転によって起こります。特に、粒子回転は、カンラン石の特定 粒界の滑りを促進し、カンラン石の格子選択配向 (LPO) を形成すると思われ ています。カンラン石の格子選択配向 (LPO) は、上部マントルで発生する地 震波異方性の原因として挙げられます。

私は実験室で作った人工マントル岩を用いて変形された岩石の粒子回転と 粒子回転に伴う格子選択配向 (LPO) の進化を調べる研究をしています。

マントル中の異方性 ~カンラン石の 結晶軸選択配向から探る~:安藤 (M2)

地球内部のマントル流動により、上部マントル の主要構成鉱物であるカンラン石は結晶軸選択配 向(CPO)を発達させる。CPOの存在は、バルク (岩石) 物性の異方性を生み、例えば、弾性異方性 は地震波速度の異方性として観測されます。

現在、拡散クリープ条件下での CPO はあまり良く 分かっていません。

私は、pure shear の実験を行う為の変形用のダ イスの設計から行い、1回の実験で岩石中の鉱物の すべり面とすべり方向を一気に決定する手法を開発 し、現在様々な変形条件下で実験を行っています。





古 村 孝 志(Furumura Takashi)

Mail: furumura@eri.u-tokyo.ac.jp
URL: http://www.eriu-tokyo.ac.jp/furumura/



日本列島および世界の地震観測データを用いて、地震波の伝播特性から地殻・マントルの不均質構造を推定し、高速スパコンを用いて地震波の伝播を再現・予測して、大地震の災害予測・防災に向けた研究を進めています。

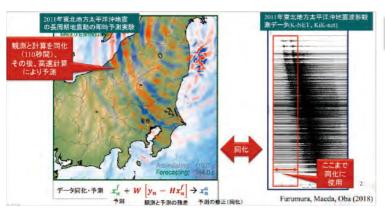
____ 1. データ同化と地震動即時予測

現在、日本列島には数千を越える地震計があり、その一部 は東京大学地震研究所にリアルタイムにデータが配信されて います。

多量の観測データに基づく日本列島の地震波動場の把握と、高速計算による未来の強い揺れの予測の研究を進めています。コンピュータ内部に仮想の地震波動場を作り、刻々と変化する地震観測データとの違いを修正(波動場の同化)します。大地震が発生すると、同化した波動場を初期値として、未来の波動場を高速に計算します。そして、実際の地震の揺れの伝わりよりも速く、未来の揺れを予測します(天気予報の雨雲の動きや台風の進路予測と同じです)。

図は、2011年東北地方太平洋沖地震の観測データを用いたデータ同化・予測実験の結果です。地震発生から110秒間まで宮城〜福島での地震観測データを用いて波動場を同化し、これを初期値として数分後の関東平野の揺れ(長周期地震動)を高速に計算しました。東大情報基盤センターのOakforestスパコンを用いた計算(2048CPU並列計算)により、実際の地震波の伝播より8倍速く計算できることを確認しました。

現在、南海トラフや日本海溝沿いの海底にケーブル式地震・津波観測網の整備が進められており、リアルタイム観測データと高速計算環境をフルに活用した震源過程の即時解析と波動場の同化・予測、そして地下構造の高度推定に向けた研究を進めています。



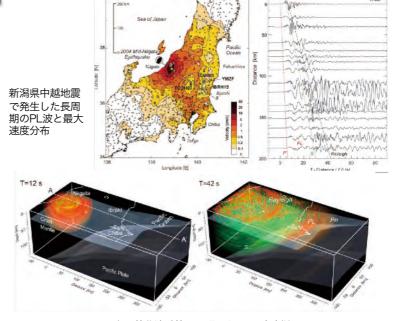
2011年東北地方太平洋沖地震の地震観測データ同化・予測実験。 500点の地震計データと、計算機内部の仮想波動場を同期(同 化)させ、高速計算により未来の揺れの様子を予測しました。

3.PL-phaseとW-phaseの伝播の類似

PL-phase とよく似た、超長周期(100-1,000秒)のW-phaseと呼ばれる波群があります。W-phaseは、大地震において遠地(1000-10,000 km)の地震計記録のP波 \sim S波の間に観測され、震源メカニズム推定と津波警報に広く用いられています。

これは、地殻を伝わるPL-phaseと同様に、上部マントルのを 広角反射によ伝播・干渉して生じる、PL-phaseの時・空間ス ケールを10倍大きくした波動現象として説明できます。このと き、地殻は低速度層の表層の役割を持ちます。

地球では、こうしたスケールの異なる相似の波動現象が、表層、地殻、上部マントルなどの境界で発生するのです。



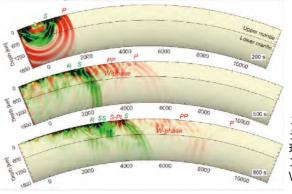
3次元差分法計算で再現した2004年新潟県中越地震の波動伝播とPL波の伝播のようす。

2. 地殻を伝わるPL-phaseと長周期地震

大地震が起きると、関東平野では長周期地震動が強く発生し、超高層ビルを大きく揺すり被害を起こす恐れがあります。その正体は、主にS波の後から到達する表面波です。ところが、2004年新潟県中越地震(M6.8)では、P波の直後からやや大きな長周期(5-10s)のPL-phaseが到来し、地震発生のの直後から長周期地震動の揺れが始まりました。

このPL-phaseはどのように発生・伝播したのでしょう。日本列島の地殻・マントル構造を詳細にモデル化した地震波伝播シミュレーションにより、PL-phaseは地殻を広角反射を繰り返し、長周期の成分が干渉して増幅を起こす過程が確認できました。地表下の低速度の堆積層がP波反射を強め、PL-phaseの生成を助ける働きもわかりました。

速く到着するPL-phaseを監視することで、後から到達する 大振幅の表面波・長周期地震動を予測できる可能性がありま

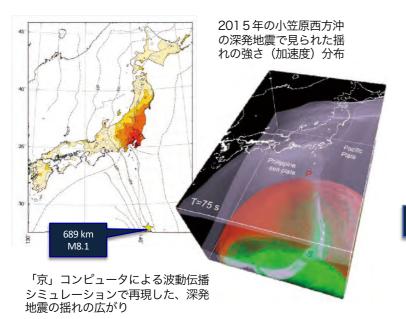


3次元シミュレーションで評価した、 球殻地球の上部マントルを伝播する、 W-phaseの特性。

4. プレート内部構造と異常震域の生成

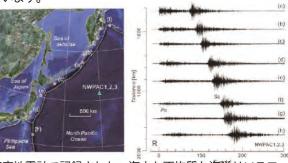
2015年5月30日夜に小笠原西方沖の地下682 kmでM8.1の 深発地震が発生し、関東~東北~北海道の太平洋岸に最大震 度5強の強い揺れが観測され、東京ではガタガタとした揺れ が1分間以上長く続きました。

太平洋岸に沿って延びた特異な震度分布は「異常震域」と 呼ばれ、硬いプレートの中を地震波が遠くまで良く伝わるた めです(地盤による増幅も影響します)。しかし、硬い(地 震波速度が大きい)プレートだけでは、地震波を中に閉じ込 め遠くまで伝えることはることはできません。周囲の(地震 波速度の遅い)マントルに抜け出してしまいます。閉じ込め メカニズムとして、プレート内に硬い/柔らかい岩石が数 kmの短いスケールで互層状態(ラミナ)になっており、そ れによって周波数1~2Hz以上の高周波数地震波が強く前方 散乱を何度も起こしながら、ラミナ中を伝わると考えていま す。プレート内で散乱を繰り返し起こした結果、ガタガタと 長く続く揺れが生まれるのです。こうした不均質プレートを モデル化した地震波伝播シミュレーションを行うと、深発地 震に見られる異常震域と長い揺れの特徴がよく再現できます。



不均質なプレート内部構造と成因

では、沈み込む海洋プレート中に見られる短波長の不均質構 造は、どこで、どうやって生まれのでしょうか?これを解く 鍵が、海底地震観測から見つかりました。東大地震研が北太 平洋上に設置した海底地震計で、日本海溝で起きた地震の揺 れを見ると、P波とS波ともに強い地震波の散乱を示す、い紡 錘形の波形を示していることがわかったのです(これはPo, So波と呼ばれています)。すなわち、プレート内の散乱帯 (ラミナ構造) は、プレートが沈み込んだ後に生まれたもの ではなく、前から存在していたのです。プレートが生まれる 海嶺付近でも同様の観測が見つかりました。さらに調べると、 年代が古く、厚いプレートほどが地震波散乱が強いことがわ かりました。プレートが海嶺で生まれ、海溝に向けて広がり 成長する過程で、アセノスフェアの一部がプレート下部に張 り付くようにしてできているようです。では、ラミナ構造の 本質は何なのでしょう。溶けた岩石でしょうか?それとも岩 石の亀裂?流体?不均質構造の分布から太古のプレート運動 の様子がわかるかもしれません。太平洋の各地の地震波デー タと地震波伝播シミュレーションから、こうした問題に取り 組んでいます。



海底地震計で記録された、海水と不均質な海洋リソスフェア スで散乱して長いコーダが生じた地震波形 (Po/So波) の例

大規模並列計算と可視化

私が地震動シミュレーションを題材に学位論文をまとめたの は二十数年前のことです。当時はコンピュータは遅く、とて も満足のいく計算はできませんでした。「将来コンピュータ 速くなれば・・・」と願ってたところ、本当にそうなりまし た。「京」は、大学院時代の計算機の500万倍の演算性能を 持ちます。数千~数万個のCPUを用いた大規模並列計算のた めの道具=プログラム開発も、サイエンスの実現に向けた重 要な研究テーマです。アクセラレータ(GPGPU)を用いた地 震・津波計算コードの開発も、地震研内外の研究者と協力し て進めています。

研究室メンバーとテーマ

- 原田 智也 (特任助教) 南海トラフ地震の震源評価 (強震動、津波解析、史料解析) *
- 大石 祐介(研究員)海底ケーブル津波計を用いた津波浸水予測と避難シミュレーション *
- 大峡 充巳(修士2)高密度地震観測データ同化に基づく強震動のリアルタイム予測研究

卒業生の研究テーマ&進路

- 「関東平野における長周期地震動生成の特徴的方位変動」、情報コンサルティング会社 向井さん(2017年修士)
- 河本くん (2017年修士) 「表面波伝播の地域的性が気象庁マグニチュード推定に与える影響」、総務省統計局
- 「3次元グリーン関数を用いた震源メカニズムのリアルタイム決定・・」 長尾さん (2016年修士) 情報通信会社
- 「不均質な海底地形がT相の生成及び伝播に与える影響評価」、技術コンサルタント会社
- 干畑さん (2016年修士)
- 竹本さん(2014年博士) 「S波コーダ解析に基づく表層地盤の地震波増幅特性の定量評価」、 気象庁
- 武村さん (2013年博士) 「不均質な地下構造を伝播する不均質な地震動の特性―高密度地震波形解析と 数値シミュレーションに基づく評価」、東京大学地震研究所
- 岩井さん (2012年修士) 「ペタスケール大規模数値計算に向けた地震波動場の自動可視化」
- 「高密度地震観測データ解析と大規模数値シミュレーションに基づく関東平野 早川さん (2008年博士)
- の長周期地震動の生成と伝播に関する研究」、防災環境システムソフト会社 「関東の地震と震度の異常」、ソフトウエア会社 竹内さん(2007年修士)
- 小谷さん(2004年修士) 「濃尾平野の3次元地下構造と強震動」、情報システム会社

地球熱学 (地下温度構造)

山野 誠(地震予知研究センター)

yamano@eri.u-tokyo.ac.jp 03-5841-5720

「地下の温度構造はどうなっているのか?」

これは、地震の発生、火山活動からマントル対流に至るまで、地球の中で起きている あらゆる現象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。

地下の温度を推定するには、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、数値モデル等も用いて、日本列島をはじめとする沈み込み帯の温度構造を求めようとしています。

海域・陸上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を持っている 人を歓迎します。

沈み込むプレートと巨大地震発生帯の温度構造

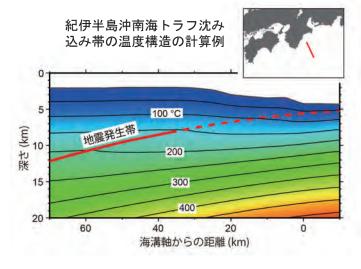
現在の主な研究対象は、日本海溝や南海トラフに沿った沈み込み境界です。これらの海域で熱流量測定やモデリングを行うことにより、プレート境界で発生する巨大地震の震源域の温度構造を求め、そこで起きている現象についての情報を得ることを目指しています。

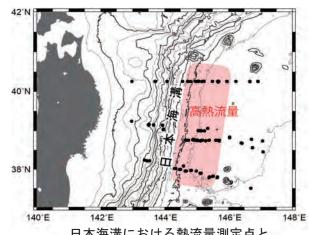
例えば、日本海溝の東側では、沈み込みによる 海洋プレートの変形に伴う、異常な高熱流量地域 を発見しました。南海トラフにおいても、熱流量 の分布と沈み込むプレートの地殻構造の関係が明 らかになってきました。

これらの熱流量異常には、沈み込む海洋地殻の中での水の流れが深く関わっていると考えられます。水と熱の移動と、それらが地震発生帯に及ぼす影響を解明するため、電磁気や地殻構造など、さまざまな分野との共同研究を行うとともに、千島海溝やマリアナ海溝など他の沈み込み帯での調査も進めています。



海域での熱流量測定 (この装置を堆積物に突き刺す)



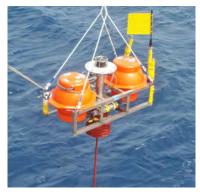


日本海溝における熱流量測定点と 高熱流量が測定された範囲

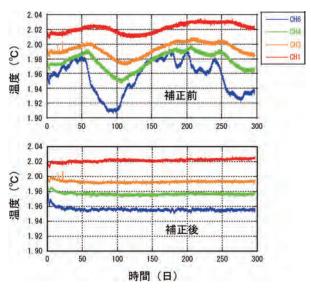
新しい観測機器や解析手法の開発

海域での熱流量測定は、通常、海底堆積物に温度センサーを突き刺すという方法で行います。しかし、水深が浅い海域では、海底水温の時間変動の影響が大きく、この方法は使えません。そこで私達は、堆積物中の温度の長期計測を行い、そのデータから水温変動の影響を除去するという、新しい測定手法とそれに用いる機器を開発しました。この方法により、実際に三陸沖や紀伊半島沖で熱流量の値が得られています。

さらに、より簡便な装置を用いた浅海域での熱流量測定方法や、堆積物中の温度分布の長期計測により海底湧水活動の時間変動を調べる手法の開発も進めています。また、このような長期計測を、他の海底観測と組み合わせて行うことも試みています。



堆積物中の温 度を長期計測 する装置

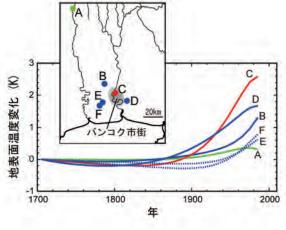


海底水温変動の影響の補正

その他の研究テーマ

地下温度構造や地表面付近での熱輸送に関して、以下のような研究も行っています。

- ・陸域観測井の温度データに基づく地下温度構造推定 地震観測網(Hi-net)などの観測井における温度データを解析し、地表面温度の変動 等の影響を除去して熱流量を求め、その結果に基づいて地下温度構造を推定する。
- ・地球熱学的手法による過去の気候変動の復元 地表面温度の変動が地下温度分布に影響をすることを逆に利用し、掘削孔内の温度分 布から地表付近の環境の変動を復元する(東京、大阪、台湾、タイなどで)。
- ・断層近傍の温度構造と間隙水の流動 海溝周辺に発達する正断層・逆断層付近での熱流量測定とモデル計算により、断層に 沿った間隙流体の流れや温度構造と、その時間変動について調べる。
- ・ 背弧海盆の温度構造と形成・発達史 日本海やオホーツク海などの背弧海盆において熱流量の分布を調べ、背弧拡大による 海盆の形成、拡大後の火成活動、冷却沈降の過程等について研究する。



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)



台湾の観測井での温度測定

上嶋 誠(Makoto Uyeshima)

固体地球科学研究グループ

地震研究所 地震予知研究センター 火山噴火予知研究センター (併)・教授

居室:地震研究所1号館403号室

e-mail: uyeshima@eri.u-tokyo.ac.jp TEL: 03-5841-5739

専門:固体地球電磁気学

1. 教員からのメッセージ

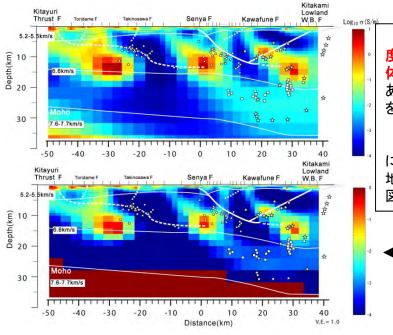
地球電磁気観測・データ解析から、地震・火山などの地球内部変動のダイナミクスを明らかに すべく、研究に励んでいます.

電磁気学で用いることの出来る武器は、**電気伝導度**(電気の流れやすさ)、<mark>磁化、電気的分極</mark>などで、様々な観測手法を用いて、それぞれの構造やその変動を推定します。そのことによって、主として**水・メルト分布、温度やその変化**の情報を抽出したり、<mark>応力変化、地下水流動</mark>の様子をとらえることが可能となります。

現在は、正しく3次元電気伝導度構造を求めるためのインヴァージョン手法の開発や、従来独立していた電磁波ー地震波の同時解釈から、地中の物質・状態に迫るモデリング手法開発を目指しています。また、熊本地震、胆振地震や霧島新燃岳噴火などのイヴェントが起こった際には、それぞれの震源域・火山域での特徴的な電気伝導度構造の抽出や、構造変化を含めた電磁場変動シグナルの検出に努め、力学的情報から独立して、それらの地殻変動のメカニズムに迫ろうとしています。

2. 主な研究のターゲット

- 1) 比抵抗構造インヴァージョン手法の開発,電磁気-地震同時解釈による物質モデルの構築
- 2) 電気伝導度構造解明を目指した地震発生域や火山地帯での電磁気観測
- 3) スロー地震発生域や火山地帯(伊豆諸島等)における電磁気モニター観測

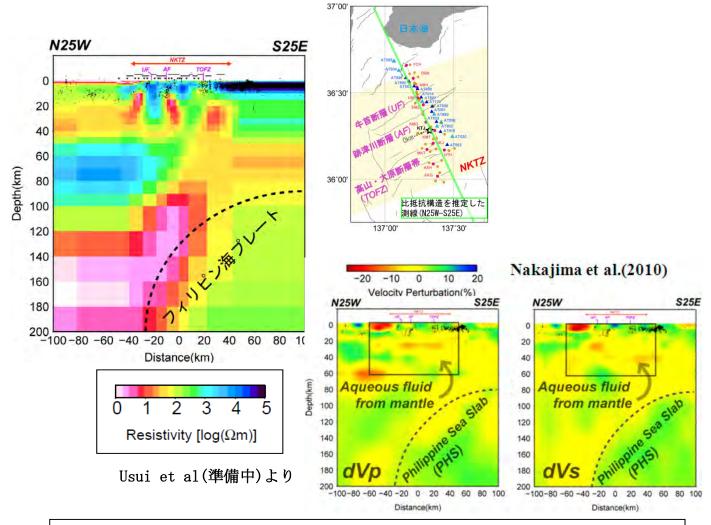


上に東北背弧活動帯で推定した電気伝導 度構造を示し、下にそれから推定した間隙流 体含有量分布を示します(上嶋,2005より). あわせて、微小地震震源(丸)や地震波散乱体 を四角や星で示しています.

ここでの流体分布は、電磁気学的情報のみに基づいて推定を試みていますが、今後、 地震学的情報をあわせることで、その精密化を 図りたいと考えています。

伊豆大島における多項目電磁気観測. 三原山の噴火に至る 準備過程で起こる様々な現象のメカニズムを解明するため, 磁場や電場の変動, 電気伝導度構造変化の検出に努めて います.





新潟-神戸歪集中帯(NKTZ)における電磁気観測

- ・ここでは、岐阜ー富山両県境付近の跡津川断層帯周辺域で実施したネットワークMT法、広帯域MT 法観測(右上図)で取得したデータの解析例を示します。
- ・左には、新たに開発を行ったネットワークMT, 広帯域MT joint inversion解析から得られた、深さ200kmに至る比抵抗断面図を示し、暖かい色ほど電気が流れやすいことを示します。新潟ー神戸歪集中帯に存在する3つの主要な断層直下の下部地殻に局在した低比抵抗域が決定され、そこに連結した間隙水が存在することを示すと共に、そこに脆性変形域が集中していることを示唆します。また、これらの間隙水が、フィリピン海スラブ上部から供給されている様子が地震波速度構造(右下)と共に捉えられています。
- ・ネットワークMT法とは、電話回線を用いて、長基線で地電位差観測を行い、広域的な深部電気伝導度構造の解明を目指す観測手法で、その観測を日本各地やchina東北地区で行ってきたほか、今年度からは、阿蘇を含む中部九州域で、広域深部構造を決定するための新たなネットワークMT観測を開始します。また、四国西部(既設)やヒクランギ(予定)スロースリップ発生域や火山地帯では、水の流動に関連した自然電位の変化、構造の変化を捉えるために、連続観測を実施しています。

3.2019年度の研究室の構成

上嶋誠(教授),畑真紀(特任研究員),臼井嘉哉,南拓人(外来研究員), Ye Tao (客員研究員)

また、様々なプロジェクトにおいて、地震研内の多くの関連研究者や、国内外の大学・ 関連研究機関の研究者と共同研究を進めています。

地震発生過程の研究



加藤 愛太郎(教授)

Aitaro Kato (Prof.)

Mail: akato@eri.u-tokyo.ac.jp

Room: 1st. bldg. 609

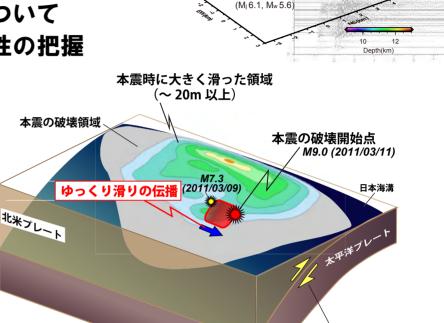
HP: http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/

KOHO/STAFF2/akato.html

1) 地震活動の研究

- ◆ゆっくり滑りと地震発生について
- ◆地震・低周波地震の活動特性の把握
- ♦高精度震源決定

震源域に蓄積されたひずみエネルギーを断 層の滑り(すべり)運動により解放する現 象です。通常の地震では、断層が高速に滑 り(1 秒間に約 1m の滑り) 地震波を放射 することで地表が揺れます。地震のマグニ チュード (M) が大きいほど、地震波の揺れ の強さは大きくなります。近年、ゆっくり 滑りと呼ばれる、ゆっくりと断層が動いて 地震波を放射しないでエネルギーを解放す る特異な現象が世界中で見つかりました。 そして、プレート境界の断層では、ゆっく り滑りと高速な滑りの両方が起きていて、 お互いに影響を及ぼしあうことで複雑な滑 り現象が起きていると考えられています。 私は、国内外で発生した大きな地震の前に 観測された地震活動(前震活動)の解析・ 研究を進めています。例えば、2011年東 北地方太平洋沖地震 (M9.0) や 2014 年チリ 北部地震 (M8.2) の発生前には、地震活動の 移動を検出し、本震の震源近傍でゆっくり 滑りがプレート境界面上で起きていたこと を示唆する結果を得ました。プレート境界 に加えて、2016年熊本地震のような内陸 の活断層においても前震の後に地震活動域 が拡大し本震が発生するという現象が、地 殻変動と同時に起きていたことを見出し た。その他の大きな地震の震源近傍でも、 地震の発生前にゆっくり滑りが起きていた ことを示唆する事例をいくつか発見してい ます。これらの前震活動には、活発なもの から極めて低調なものまで幅広い多様性が 見られ、複雑な様相を呈します。どのよう にしてこのような多様性が生じるのか、 ゆっくり滑りが地震発生にどのように関与 しているのか、といった着眼点で研究に取 り組んでいます。



Strike-slip faulting (F2)

Mainshock

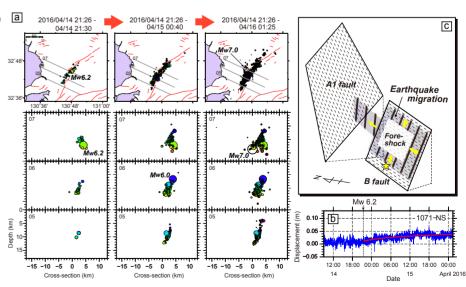
Thrust faulting (F1)

本震やゆっくり滑り時の

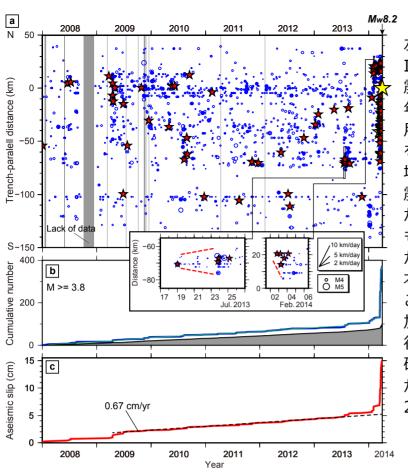
ずれの向き

プレート境界

東北地方太平洋沖地震前に見られたゆっくり滑りの伝播を示唆する地震活動の移動現象の概念図を示す。本震発生時の滑り量が大きな領域よりも深い側で、ゆっくり滑りが起きていたと推定される(Kato et al., 2012, Science)。



熊本地震の前震発生から本震発生直前までの地震活動の時空間発展図(積算図)を示す。断層の走向方向に加えて、断層面の傾斜方向(浅い側と深い側)にも地震活動が拡大していく様子が分かる(Kato et al., 2016, GRL)。右下に、その際の GNSS 観測点の時系列データを示す。



左図)2014年4月にチリ北部で発生した Iquique 地震(M8.2)の発生に至るまでの地 震活動解析をおこなった。2008 年から 2014 年までの波形データと USGS 地震カタログを 用いて Matched Filter 法により震源カタログ を新たに構築した。本震発生の約270日前から、 地震活動度、繰り返し地震から推定される非地 震性滑り量、ETAS モデルの background rate が間欠的に増加し始め、その増分も時間ととと もに大きくなり、本震発生に至ったことが明ら かとなった。また、震源移動現象の発生頻度も 本震発生に向かって増加した傾向が見られた。 これらの解析結果に基づくと、地震性すべりに 加えて非地震性すべりもプレート境界面上で進 行し、本震破壊領域の端で固着が間欠的に緩み 破壊域への応力集中が生じたことで本震の発生 が促進されたと考えられる。(Kato et al., 2016, Scientific Reports).

上記の研究で見られたような、大きな地震発生後に震源域の拡大や余効すべりが起きたからと言って、その周辺でさらに規模の大きな地震(本震)がすぐに発生するかどうかを判断することは、現状ではできません。なぜなら、本震の断層面が最終的に破壊に至るかどうかは、応力載荷の受け手側、つまり、本震の震源域の応力蓄積状況に依存するからです。本震の断層面に応力が十分蓄積されていて臨界状態に近い状況であれば、前震やその余効すべりが引き起こす応力載荷により、短期間で本震の発生が促進されると考えられます。断層の応力蓄積状況を理解することが、今後の重要な課題です。

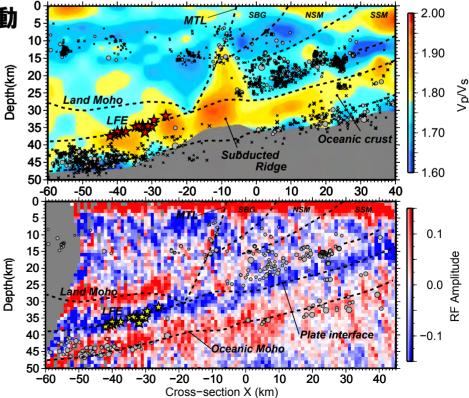
2) 高密度地震観測に基づく地震活動・地下構造の推定

◆内陸地震とリフトの再活動

◆地殻流体と地震発生

右図)東海スロースリップ域において推定された地下構造断面図。S波の速度構造とレシーバ関数構造を示す。東海スロースリップ域には、S波速度が顕著に遅く、ポアソン比の高い領域が沈み込。海洋性地殻内に存在することがわかる。このことは、海洋性地殻内に高圧状態の流体が存在することを示唆する。その深部の低周波地震(LFE)の発生域でもS波速度が依然低い状態であり、流体圧の高い状態が深さ約40kmまで続いていると解釈でき、スロースリップの発生に流体が寄与していると考えられる(Kato et al., 2010 GRL)。

研究室のメンバー(2019/04) 上田 拓(D1) 山名 祐輝(M1) 横谷 直人(M1) PETRELIS François(招聘)



地震に生起する様々な現象を多面的な観測研究により,地震発生過程の 理解を深めるために研究を行っています。地球内部で進行する未知の 地震現象を探求することを重要な研究テーマとしています。

地震 特 地震の不思議や歴史を研究してみませんか? に 歴 然災害 史時代に発生した現象につい 0 研 究を T ます。 て調 べています



KANO, Yasuyuki

E-mail ykano@eri.u-tokyo.ac.jp

Twitter @KanoYasuyuki

www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/ykano/

居所研究 ネ京大学地震学・歴⁴ 史災害

震研究所 震研究所・ 一号館六〇七号室 地 震火山 史料 連携研究機

研究内容

Current Research

過去の地震や自然災害に関する研究

歴史史料(むかしの人が書いたもの。文書や書簡、日記など)の記述にもとづいて、 過去の地震や自然災害について調べる研究をしています。地震などの自然現象につ いて書かれた内容を丁寧に解釈し、観察日時や場所を特定します。地震であれば、 震度などの地震学で扱うことのできる量に換算して、現代の地震学の知識をもとに



地震と地下水に関する研究

大地震が起こる際にたびたび観測・観察される地下水 の変動が、どのようなメカニズムで起こるのかに興味を もっています。

みんなで翻刻とオープンサイエンス

「みんなで翻刻」という市民参加型のオンライン史料解読プ ロジェクトに携わっていて、オープンサイエンスやシチズン サイエンスに興味をもっています。https://honkoku.org/

地震火山史料連携研究機構

この機構は部局を越えた連携のために設置されました。 史料編纂所の研究者(日本史学や人文情報学)と連携して 過去の地震や火山噴火に関する研究を進めています。

「歴史学×地球惑星科学」

文理を問わず、さまざまな研究分野の方との共同研究 や、その基盤づくりをしています。日本地球惑星科学 連合大会で同名のセッションを企画しています。



『地震雷過事親父』(東京大学総合図書館 石本コレクション)を改変

これまでの研究

Selected Works



1854年 伊賀上野地震の際の伏見での局所的な液状化

岡山藩の江戸屋敷と伏見屋敷の間のやりとりがわかる記録を用いて、伊賀上野地震の際に伏見で液状化現象が発生したことをしめしました。同じく岡山藩の伏見屋敷の図面や江戸時代の伏見の地図および地誌、さらに、考古学的な発掘調査の結果なども参考にして、発生地点を特定しました。どうやら湿地だった場所を埋め立てて屋敷を建てたようです[加納(2018)]。さまざまな資料を用いて過去に起きた自然現象の詳細に迫ることができます。



地震の年表をもっと正確に精密に

善光寺地震の前に越後高田で地震があったとされてきましたが、これは、善光寺地震の記録を別の地震と間違えて解釈したもので、実際には存在しない地震であることをしめしました[加納(2016)]。また、『天保雑記』に書かれた天保2年の地震の記述を再検討し、従来は佐賀で発生した地震と解釈されていたのが、実際は会津で発生したものである可能性が高いことをしめしました[加納(2017)]。歴史地震において、前震、本震、余震といった地震活動の推移を考える際には細心の注意が必要です。



東北地方太平洋沖地震による浅部地殻の透水性の変化

岐阜県の神岡鉱山での地下水圧の観測データの分析から、地下水圧は数日から1Hz程度までの幅広い周波数帯域で、ひずみ計のようにふるまうことがわかりました[Kano and Yanagidani (2006)]。また、2011年東北地方太平洋沖地震の際に、地下での透水性が増大したことがわかりました。地球潮汐による変形によって生じる地下水圧変化が透水性によって微妙に変化することを応用した結果です[Kinoshita et al.(2015)]。



地震の際に発生する摩擦熱

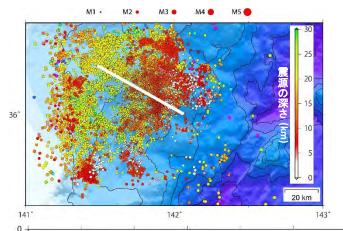
1999年の台湾集々地震で発生した断層摩擦発熱の痕跡を検出しました。地震発生から約5年後、断層を貫いて掘削されたボアホール(井戸)を用いた断層周辺での精密温度観測を実施しました。わずか0.06度の温度異常だったことから、摩擦がたいへん小さかったことが分かりました[Kano et al. (2006)]。2011年東北地方太平洋沖地震のあとでも海底のボアホールで同じように観測を実施しました[Fulton et al. (2013)]。

海域地震学

スロースリップから通常の地震まで

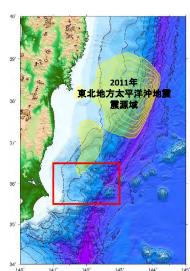
望月 公廣 (准教授) 仲田 理映 (助教) 悪原 岳 (助教)

沈み込み帯のプレート境界では、通常の地震やスロースリップなど、多様な断層すべりが発生していることが知られています. 地震波構造調査や、地震観測を通して、断層すべりとプレート境界面の性質の理解をすすめ、多様な地震の発生メカニズム解明のための研究を行っています.



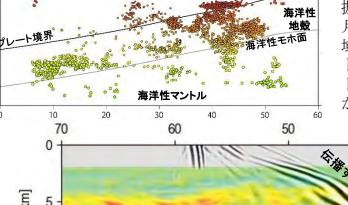
海底面

右図)2011年東北地方太平洋沖地震震源域(linma et al., 2012). 左図)右図中の赤四角内で発生した余震の震源分布. 非常に多のの余震が発生しており, 手動での震源決定では全体像を把握することがむつかしい自動的に地震波到達時刻を検測し, 震源を決定する手法を開発して, 20,000個を超える余震について, その震源を決定した. 左下図)左図中, 白太線に沿った断面への震源の投影.



震源分布の把握

地震の発生メカニズムを理解するうえで、 地震がどこで発生しているのかを正確に把握することは重要です。左の図は、2011年3 月に発生した東北地方太平洋沖地震の震源 域南方における、余震の分布です。プレート境界周辺の、主に沈み込む太平洋プレートの海洋性地殻内で多く発生していることがわかります。



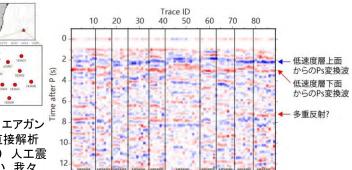
70 60 50 40 30 20 海底面 10 -

沈み込み構造の把握

10

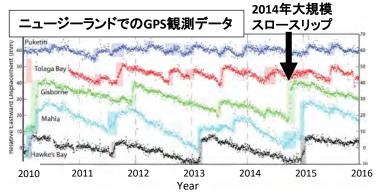
地震波構造調査などを通して,沈み込み帯における詳細な構造を把握し,地震の発生環境を解明するための研究を行っています.

上図)P波速度構造断面と、構造内の地震波伝播シミュレーション. エアガンなどの人工震源から発震され、海底地震計で観測された地震波を直接解析することによって、非常に詳細な構造を把握することができる. 右図)人工震源を用いた構造調査では、S波の速度構造を求めることがむつかしい. 我々は自然地震を用いたレシーバー関数解析によって、詳細なS波構造を求めるための手法開発も進めている.



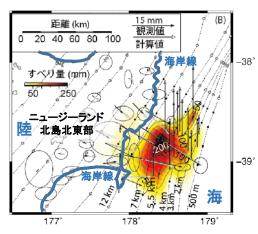
国際共同研究

日本周辺の沈み込み帯を調べていただけでは、沈み込み 帯の全貌解明には至りません。世界の沈み込み帯との比 較研究が重要と考えます。研究目的に適した場所を求め、 世界の研究機関と国際共同研究を進めています。

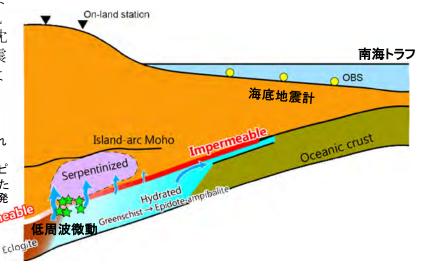


地震発生メカニズムの理解へ

最近の研究によって、海側プレートの沈 み込みによって、多量な水を地球内部ま で運んでいることがわかってきました。 脱 水反応で生成された流体の分布など、沈 みに伴う構造の変化、および多様な地震 の活動分布の詳細な把握を通し、どのよ うなメカニズムで地震が発生するのかを 明らかにしていきます。



左図) ニュージーランド・ヒクランギ沈み込み帯でのGPS観測データ(東西成分). およそ2年という短い周期で, 大規模なスロースリップが発生していることがわかる. プレート境界も浅く, 構造や現象を詳細に把握することが可能な, 最適な場所. **上図**) 2014年に海域下で発生した大規模なスロースリップのすべり量分布. 国際共同による大規模海域観測によって, その詳細が明らかとなった(Wallace et al., *Science*, 2016).



習得可能なスキル

- ✓ フィールド(主に海域)での地震・地殻変動観測や構造調査
- ✓ 人工震源構造調査による地震波構造解析
- ✓ 地震波動場のシミュレーション
- ✓ 環境雑音を用いた地震波構造解析
- ✓ 地震活動解析
- ✓ 海底上下地殼変動解析
- ※上記解析は、その手法開発も含みます。

GPU並列計算による解析

近年、地震観測で取得するデータも膨大な量となってきました。 我々のダループでは、GPUを用いた解析コードの開発を進め、並列計算によって計算時間の短縮化を図っています。



<u>詳しい説明は、</u>

東京大学地震研究所 1-506 准教授 望月 公廣 kimi@eri.u-tokyo.ac.jp

写真)アメリカの調査観測船上にて、水深3000メートルの海底で1年間の観測後に回収された海底圧力計を運ぶ東北大学技術職員の鈴木秀市氏と私(左).

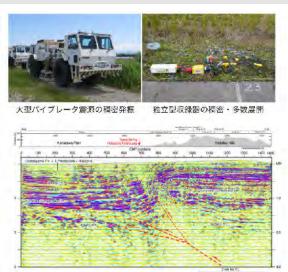
アクティブ・テクトニクス / 活断層 - 震源断層システムの解明 佐藤・石山研究室 地震予知研究センター

http://wwweprc.eri.u-tokyo.ac.jp/members/satow/

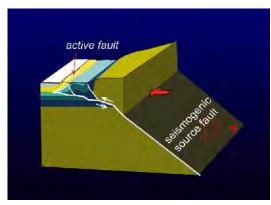
https://sites.google.com/view/t-ishiyama

活断層 - 震源断層システムの研究

地表近傍の地質・地形学的情報から得られる活断層・活褶曲と、地震波を発生する震源断層の関係を明らかにするための研究を行っています。震源断層は日本列島の長い地質構造形成プロセスの中で生み出されたものですから、震源断層の位置や形状などを明らかにしていくことは、日本列島の形成史を具体的に明らかにしていくことに繋がります。活断層 - 震源断層システムの研究には色々なやり方がありますが、現在は、主として構造地質学・変動地形学と反射法地震探査という直接的に地下構造をイメージングする手法を組み合わせて研究を行っています。1995年の兵庫県南部地震以降、大規模な内陸被害地震については、こうした手法で震源断層と地質構造の関係を明らかにしてきました。



森本 - 富樫断層 帯(金沢)浅層 高分解能反射法 地震探査断面



活断層 - 震源断層システムの概念図。とくに褶曲帯では活断層と震源断層の関係は複雑であり、構造探査によるデータ取得が不可欠である

地下 2km 程度までの浅部の構造は、地震研究所が所有している反射法地震探査システムで独自にデータを取得し、解析することができます。また、地震発生層までの地殻構造を明らかにする研究は、探査会社と共同でデータを取得して実施しています。得られた物理探査データは、周辺の地表地質・ボーリングなど地質学的データによって解釈します。これらの断面の妥当性を検討するために、バランス断面法などによる地質構造の解析を経て、最も妥当な活断層 - 震源断層システムの形状を明らかにしています。

近年は、日本海側の大規模な逆断層システムや、富士 川河口断層帯、中央構造線など日本列島のテクトニクス について、観測研究を進めています。



佐藤比呂志 教授*(構造地質学)satow@eri.u-tokyo.ac.jp (1-406 号室 TEL: 03-5841-5737) *2020 年度に退職 石山達也 准教授(変動地形学)ishiyama@eri.u-tokyo.ac.jp (1-407 号室 TEL: 03-5841-5708) 橋間昭徳(特任助教)hashima@eri.u-tokyo.ac.jp 加藤直子(特任研究員)naoko@eri.u-tokyo.ac.jp 大塚浩二(特任研究員) Anne Van Horne (特任研究員) Johan S. Claringbould (特任研究員) 池口直毅 (D3)

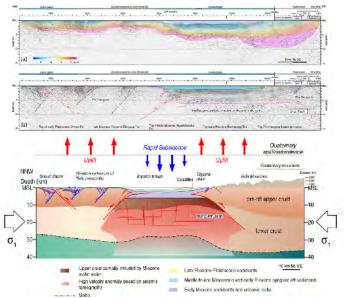
130°E 135°E 140°E 145°E 45°N 海際統合地設構遊探查測線 沿岸反射法地震探查海域 H29 H29 H30 H30 H31 H25 H25 H26 H28 H28H27

日本海の深部構造探査計画

その他

週 1 回のテクトニクス・セミナーを行っています。研究室には反射法解析システム・解釈ソフト・重力解析ソフト・地質構造解析ソフト・GIS など、データ解析に必要な各種ソフトウェアが揃っています。また、研究室 OB は大学・研究機関の研究員のほか、民間企業(電力・石油会社など)で社会人として活躍しています。

深部構造探査による富山トラフの新しい構造解釈





島弧 - リソスフェアーダイナミクスの研究

プレートテクトニクスは大きな成功を治めましたが、変形するプレート内部のダイナミクスについては、様々な謎が残されています。変形するプレート内部のダイナミクスの定量的な理解なくしては、現実的な地震の発生予測も達成できません。このためにはリソスフェアー全体の構造をより高い精度でイメージングしていくことが必要ですし、構成岩石も含めてそれらの物理特性を知る必要があります。また、これら地質学的時間スケールでの長時間での変形を数値実験として再現してくことが重要な課題となっています。現在は、日本海東縁での構造探査や、首都圏での構造探査をもとに研究を進めていますが、将来的にはより総合的なダイナミクスの理解についての研究を進めます。

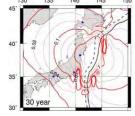
共同研究体制

地殻構造や地震活動については、防災科技研・JAMSTEC・産総研や日本全国の大学研究機関と共同研究を行っており、年数回の集会を開催しいます。このほか、地震研究所の平田 直教授・蔵下英司助教らと、リソスフェアーダイナミクスについては、南カリフォルニア大学の Okaya 准教授やパデュー大学の Freed 教授らと共同で行っています。



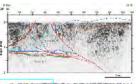
活断層や地震断層の調査もします(2016 年熊本 地震の地表地震断層)





東北地方太平洋沖地震による応力変化や地殻変動の 3次元シミュレーション

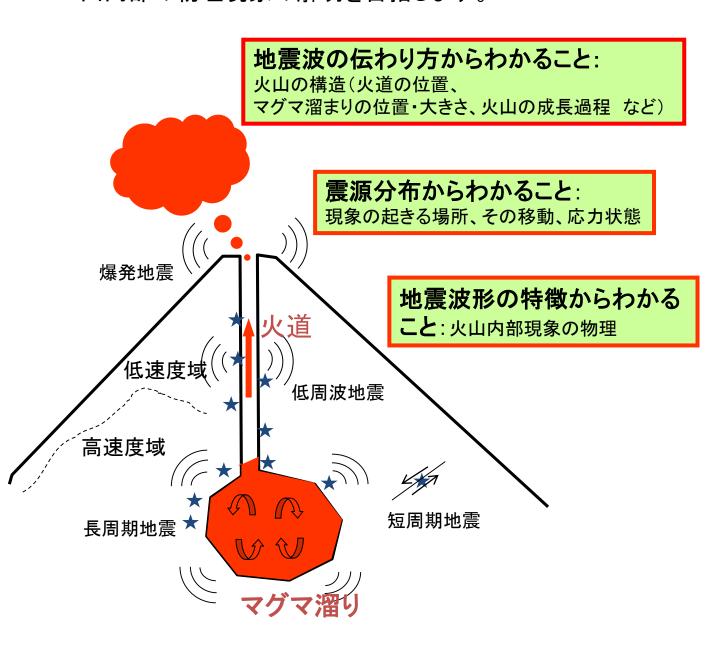
反射法地震探査でイメージング されたウェッジスラスト構造 と、個別要素法による再現実験





地震波形解析による、火山内物理現象の解明 一火山で起きる地震からどんなことがわかるのか一 地震研究所 大湊研究室

火山周辺では様々な種類の地震が発生します。本研究室では、火山周辺での地震観測データの解析から、火山内部の物理現象の解明を目指します。

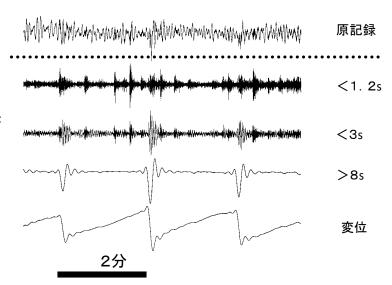


火山で観測される地震にはさまざまな情報が含まれている!

火山で観測される地震波は様々な情報を含んでいます。

右図は、異なる周波数成分毎に 波形の様相が全く異なることを示 しています。

これらの波形から火山内部の物 理現象に関する情報を取り出す ことが本研究室の目標です。



火山研究のサイクル

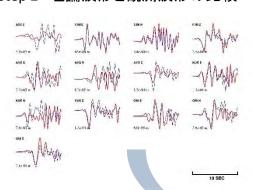
Step1 火山観測



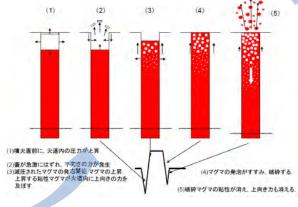




Step 2 理論波形と観測波形の比較



Step3 火山現象の理解



火山に興味があればどなたでもOK. 特に、火山に登ってみたい方、フィールドで観測器をいじることが好きな方、数値計算が好きな方を歓迎します。

連絡先 地震研究所 2号館512号室 大湊隆雄 Tel 03-5841-5810, e-mail <u>takao@eri.u-tokyo.ac.jp</u>

火山噴火のダイナミクスと空振の研究

市原美恵

火山噴火予知研究センター・准教授

Email: ichihara@eri.u-tokyo.ac.jp

URL: http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ichihalab/

1.はじめに

火山の噴火機構や、それに伴う波動現象について、地球科学・工学・物理学の融合的な研究をしています。火山噴火は、基本的には熱流体力学現象と捉えることができますが、マグマには流体と固体の間を遷移する性質があります。「固体の流動」は、マントル対流など固体地球科学の重要課題のひとつですが、火山では、「流体の破壊」が問題となります。その実体について、理論、実験をもとに研究を行っています。また、活動的な火山では、多様な振動現象が地震・地殻変動や空振(音波)として観測されます。フィールドで火山の音を観測しつつ、モデル実験を行い、火山の音の意味を理解しようと試みています。理論・実験・フィールドを三位一体で進めることが私たちの研究室の特色です。

2. 研究概要

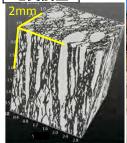
2.1 爆発的噴火のメカニズムの研究

爆発的な噴火では、火道を流れて上昇するマグマが、気泡の膨張によって加速し、どこかでガラスのように粉々に砕ける現象が起こっています。東京農工大学工学部の亀田研究室他と協力し、理学と工学の両方の視点から、マグマの流動と破壊について考えています。また、火山噴出物に残された噴火ダイナミクスの情報を読み解くための、理論・実験・地質調査を組み合わせた研究もしています。

軽石に含まれる気泡の変形過程 (大橋・博士研究+東京農工大学生修論・卒論)

カルデラ形成を伴う大規模噴火ではTube Pumiceと呼ばれる噴出物が見つかっている. Tube Pumiceとは軽石の一種であり、一方向に伸びたチューブ状の気泡形状に特徴がある.. 地質調査・室内実験・数値計算の3軸をベースにして、Tube Pumiceの形成過程を調べている.

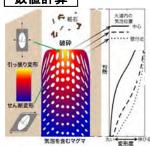
地質調査





New ZealandにあるTaupo火山において、Canterbury大学の研究者と共同して野外調査を行い、軽石の3次元構造解析を進めている。

数値計算



ー次元の火道流モデルと気泡変 形モデルを組み合わせることで、 噴火時の気泡変形をシミュレー ションした、軽石の気泡形状には 噴火最終段階の歪みが記憶され ていることが示唆された。

室内実験 Sample Thermo Camera Video Camera

ポリウレタンフォームの引張実験と変形後の3次元構造解析. 気泡がどの程度伸びるのか, 実験的に検証した.

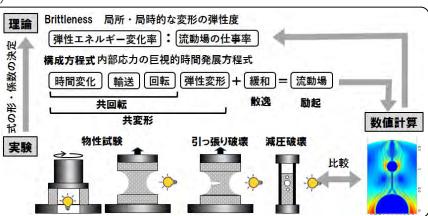
流体の破壊力学を作ろう(参加者募集中)

マグマに限らず、流動から破壊への遷移は、地球科学や工学の多くの現象に関係します。そこで、国内外の機械工学とソフトマター物理学分野の研究者と協力して研究を進めています、現象の見やすい透明の粘弾性物質を用いて実験を行い、理論や数値計算と組み合わせて理解を進めます。2019年度からの新しいプロジェクトです。実験方法もこれから考えるところです。

共同研究者

亀田正治(東京農工大学・エ・機械システム) 桑野修(JAMSTEC・付加価値情報早世部門) 大槻道夫(大阪大学・基礎工)

Valerie Vidal (ENS-Lyon, France)

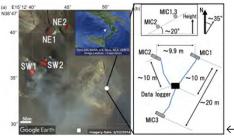


2.2 火山の空振観測と解析方法の開発

空振は、噴火やガス噴出など、火山の表面現象を捉えるのに有効な観測情報です。観測によって意味のあるシグナルを捉えるためには、工夫が必要です。様々なセンサーの比較試験や観測・解析方法の開発を行っています。浅間山・霧島山・西之島・ネバドデルルイス(コロンビア)で定常観測を行う他、常時噴火活動を行っている桜島・ストロンボリ(イタリア)などで、実験的な観測も行います。火山だけでなく、雪崩などの地球表層現象の理解や災害軽減に役立てようと、研究を広げています。

アレイ観測による音源方向推定(山河・博士研究)

音の発生源は、音が火山由来かどうかを知る上で重要である.火山の音の場合、マイクを並べて時間差や位相差から音波の伝播方向を調べるアレイ観測が有効である.この研究では、マイク数、マイク設置間隔が小規模で高性能なアレイ観測を設計し、実施検証を行なった.この研究技術が火山の音の観測技術を発展させることを期待している.



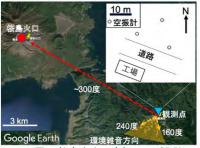


図3. 桜島火山の空振アレイ観測

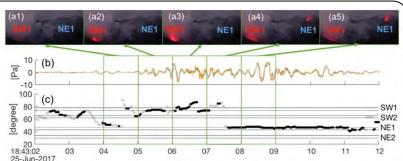


図2. (a)噴火映像, (b)音の波形, (c)推定方向, 横線は火口方向を表している. 振幅の大きな空振が, 18:43:05頃にSW1方向から, 18:43:07過ぎにNE1方向から 伝播して来たのが捉えられた. 対応する火口の噴火が, 映像でも確認された.

」←図1. ストロンボリ火山の火口群と空振アレイの模式図.

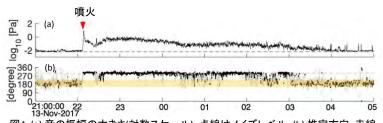
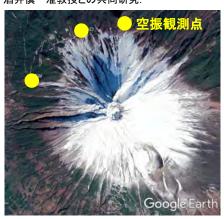


図4. (a) 音の振幅の大きさ(対数スケール), 点線はノイズレベル, (b) 推定方向, 赤線は桜島方向, 橙色枠は環境雑音方向(図3参照). 爆発的噴火の報告(鹿児島気象台火山班)から5時間にも渡って火口から音が伝播していた.

火から氷へ~火山研究の手法を活用した雪崩の研究(池田・修士研究)

雪崩による振動が、空振計や地震計で観測されることが知られている。2018-2019年の冬に、富士山において、空振の試験観測を行い、データ回収を待っている。富士山科学研究所、および、地震研・酒井慎一准教授との共同研究。







富士山青草洞門上に設置された空振点(左)と, 5合目付近に設置された積雪内の温度 勾配測定観測装置(右)

目視に頼ることの多かった雪崩観測を、空振計・地震計を使用することで天候などに妨げられることなく包括的に達成する観測手法を模索中です。これにより雪崩の詳細なメカニズムの解析や予報ができることを目標としています。

3. 現在の研究室

大学院生:大橋正俊(D3)·山河和也(D2)·池田航(M1)·甲斐建(研究生) 外来研究員:桑野修(JAMSTEC·研究院)·栗田敬(名誉教授)·武尾実(名誉教授)

地震研究所 鈴木研究室



スタッフ: 鈴木雄治郎(地震研究所火山噴火予知研究センター・准教授)

学生・ポスドク: 本年度に新たに独立した研究室のため

2020年から学生を募集します。

研究対象: 流体現象・火山噴火現象・乱流現象

例) 噴煙・火砕流・ジェット・渦輪・プルーム

手法: 大規模数値シミュレーション・室内流体実験

所属時に学ぶ内容:

火山学・流体力学・次元解析など プログラミング・並列計算・計算処理(スクリプト)・可視化

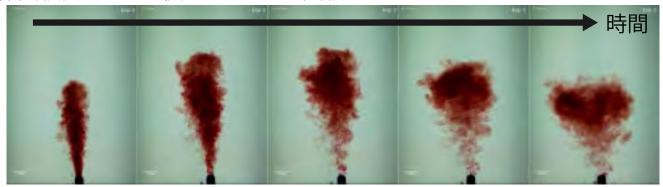
募集内容:火山現象や流体挙動を示す地学現象に興味をもつ学生。

上記の「研究対象」「手法」に限定しません。野外調査を 並行して行いたい場合は、火山センターの教員とともに

指導します。

その他、小屋口研(火山モデリング)や岩森研(地球ダイ ナミクス)との共同研究も行っていますので調整できます。

流体実験例:塩水を使ったサーマル実験



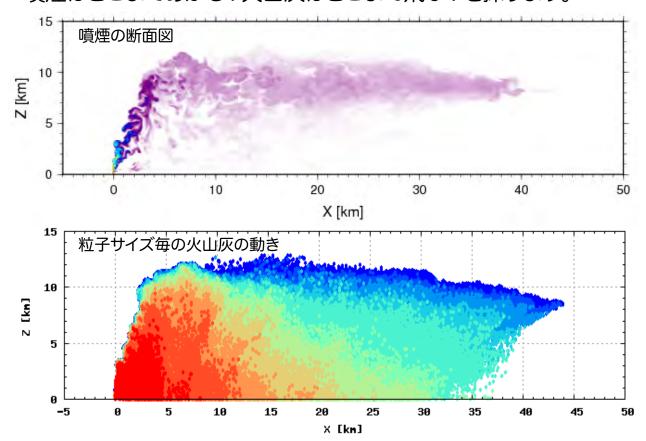
噴出条件と高さの関係を探る。単純な系だけど まだ十分に理解されていない。

> 応用: 桜島のような噴煙 噴煙高度はどうやって決まる?

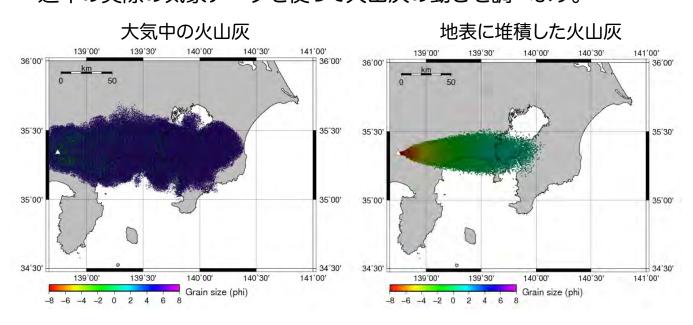


数値シミュレーション例

風がある場での噴煙シミュレーション 噴煙はどこまであがる?火山灰はどこまで飛ぶ?を探ります。



富士山噴火の降灰シミュレーション 近年の実際の気象データを使って火山灰の動きを調べます。



連絡先: 弥生地区 地震研究所2号館416号室

yujiro@eri.u-tokyo.ac.jp

03-5841-5680

(2019/8/1まではパリ出張中ためメールでお願いします。)

HP: http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/yujiro/

火山地質学・火山岩石学研究室

前野 深(火山噴火予知研究センター・准教授) 地震研究所 2 号館 505 号室 fmaeno@eri.u-tokyo.ac.jp Tel: 03-5841-4779

www.eri.u-tokyo.ac.jp/fmaeno



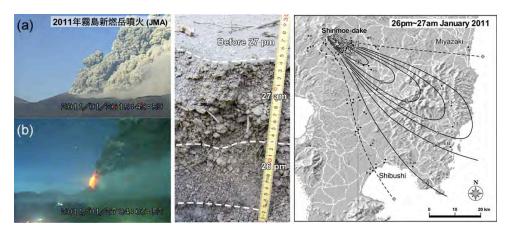
研究テーマ

- 火山噴火に伴う地表現象(噴煙・火砕流・溶岩流/ドームなど)のダイナミクス(地質学・物質科学によるアプローチ)
- 噴火堆積物の形成プロセス・堆積物をもとにした噴火履歴解明
- 超巨大噴火の推移とインパクト
- 地質及び数値解析にもとづく火山性津波の発生・伝搬過程に関する研究

火山噴出物は、マグマが地下深部から上昇、地表へ噴出し、堆積物として残されるまでの様々な物理化学プロセスを記録しています。噴火堆積物の解析により得られる情報は、進行中の噴火の推移やダイナミクスを読み解く上で重要であるとともに、災害現象や将来の噴火について考える上での手掛かりにもなります。また、過去の噴火履歴の構築やマグマ変遷の解明は、様々な火山現象を引き起こすマグマ溜まり一火道システム全体の理解に貢献します。

当研究室では、火山の噴出物や堆積物から得られる地質・物質科学的情報(様々な空間スケールの構造や組織、形態、化学組成などの情報)をもとに、噴火に伴う諸現象(噴煙・火砕流・溶岩流・溶岩ドームなど)や堆積物の形成プロセス、噴火様式や推移の多様性、噴火の履歴を明らかにし、火山と噴火現象の理解を深めようとしています。フィールド調査に加えて、室内での物理化学分析、画像・数値解析などいくつかの手法を組み合わせて研究を進めています。

活動的火山を研究対象としています。近年の国内外の火山噴火(霧島新燃岳,御嶽山,インドネシア・ケルート火山,西之島など)では、堆積物から得られたデータをもとに噴火様式や推移を明らかにし、火山噴火を特徴付ける物理パラメータ(マグマの噴出量や噴出率)を解明してきました。堆積物の保存が良く、文献記録が残されている歴史時代の噴火(伊豆大島,浅間山など)についても、噴火プロセスやマグマ供給系の復元を進めています。

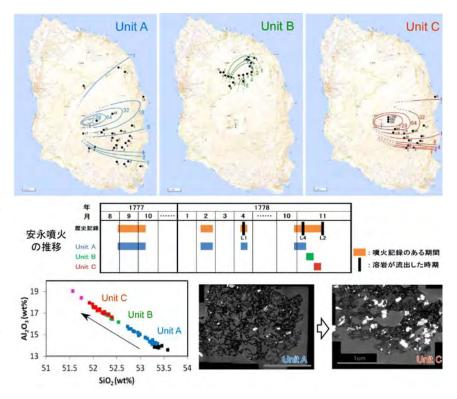


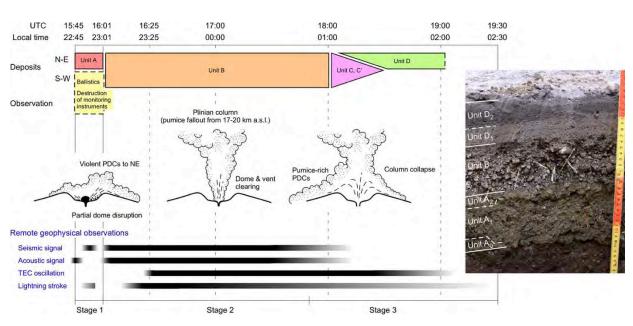
↑ 霧島新燃岳 2011 年噴火では,準プリニー式噴火により軽石や火山灰が広範囲に堆積しました。その噴出量 $(~3\times10^7\,\mathrm{m}^3)$ や噴出率 $(~1\times10^6\,\mathrm{kg/s})$,噴煙高度 $(~7\,\mathrm{km})$ などの物理パラメータを推定し,噴火の規模や強度,推移を明らかにしました。(Maeno et al. 2014, BV など)

一方,新しい噴火だけでなく,現代の人間社会が経験したことのないような規模の噴火,(超)巨大噴火も研究対象としており,噴火の推移や周囲への影響などの諸問題に取り組んでいます。 7300年前に南九州で発生した鬼界アカホヤ噴火は,縄文文化や自然環境に甚大な影響を及ぼしたと考えられていますが,前駆的現象や噴火の時間スケールを含めて未解決の問題が残されており,周囲に残された噴出物の解析が鍵となります。

■ 研究室の体制

- ♦ 前野 深(教員)
- ◆ 池永有弥 (博士課程 1年) 研究テーマ「伊 豆大島火山における 爆発的噴火の推移と メカニズムの解明」
- ◆ 水野 樹 修 士課程 1 年)研究テーマ「浅 間山天明噴火」
- → 伊豆大島安永噴火の研究(池永)。堆積物層序の細分化・再構築,古文書との比較,物質科学的解析を行っの表結果,噴火最盛期が従来の表は月であることが判明。噴き上月であることが判明。すと,1年以上弱い噴火が避ら、1年以上弱い噴火が避ら、1年以上弱い噴火が避ら、1年以上弱い噴火が強続,短期間で最盛期を迎えが後,短期間ですマの性質、大切でしていったことなど,明らかになりつつあります。





↑ 2014年2月にインドネシア・ケルート火山で発生したプリニー式噴火(噴煙高度20km以上)では、前回の噴火で形成された溶岩ドームの破壊が先行して起こり、高速かつ希薄な火砕物密度流(ブラスト)が発生していたことが堆積物の調査からわかりました。地球物理学的観測でも先行する「何か」が捉えられていましたが、噴火堆積物にはその痕跡が明瞭に残されていました。(Maeno et al. 2018, JVGR)

海半球観測研究センター 教授 塩原 肇

- 先端的海域固体地球観測-

主たる連携教官 篠原雅尚教授・望月公廣准教授・一瀬建日助教

海域固体地球観測とは?

地球表面の2/3を占める海域は地球内部の状態や活動を知るために 重要な場所ですが、厚い海水層が存在するため、海底での各種の観測 には開拓的要素が現在でも数多く残っています。そのため、この分野での 研究は、新たな知見を得ることを狙うために必須な先進的観測機器開 発・実際の海域での大規模観測・解析手法の開発など、総合的な視点 での一貫した研究を自ら行える、現在では稀少な分野です。

当研究室では、陸から遠く離れた海底で陸上の広帯域地震観測点と同等な観測を1年以上行える**広帯域海底地震計**を開発し、それを実際に多数使った観測研究を進めています。更に、陸上で行っている観測を海底でも実現させるという考えの下で、世界中でも最も先端的な各種海底観測の実用的機器開発も行っています。特に、今年度からは「光量子技術」に基づく最新型の重力・加速度センサーの国内での独自開発を、海底での単独観測に向けて開始します。

これらの観測・研究では、マントル構造といった地球深部の研究だけではなく、日本周辺で繰り返し発生する大地震の発生の場や詳細な事前・事後の過程を知ることも狙っています。そして、これまでの海底観測技術では見えなかった現象を、最新の広帯域地震・**測地学的手法**により、地震発生の「その場」で調べることにより、地震発生予測の基礎研究にも大きく寄与すると考えられます。

2010年以降、最新鋭の広帯域海底地震計を用いて、広大な大洋域での「普通のマントル」とは何かという課題を解明する、大規模観測研究を 国際協力により継続して実施しています。

写真1 設置(投入) 前の次世代型広帯 域海底地震計 (BBOBS-NX)。オ レンジ色の球型耐圧 容器がデータ記録 部、下にある3つの 筒が繋がったものが 3成分を分離した広 帯域センサー部とな ります。設置する際 には両者を一旦固 定し海面から投入し 着底後に潜水艇で 分離展開作業を行 います。





写真3 BBOBS-NXを潜水艇に頼らず、自律動作可能にしたNX-2Gシステムの長期試験機。2017~2018年に日本海溝近くで設置、無事に回収され、想定していた動作をすることが実際に確認できました。

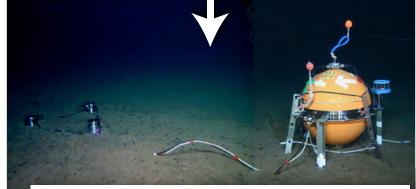


写真2 深海底で観測中のBBOBS-NX

(無人潜水艇「かいこう7000 II」で撮影) 左側にあるのが、3成分を分離した広帯域センサー部で海底面に 潜っています。これにより、陸上観測並の地震記録が初めて取れ るようになりました。また、センサーが安定しており、海底面での 傾斜変動を同時に計測できることも分かってきました。

左のNX-2Gに取り付けた深海ビデオカメラの自撮り動画3本へのリンク



具体的な研究活動項目

広大で未踏な海洋域での地震アレイ観測の実現

海底での長期間連続の地震観測は世界的にも事例が 未だに少ないものです。日本では長年に渡り短期間の海底 地震観測を多数行っており、そこで蓄積した技術を基にし た、1年間以上の連続観測が可能な自己浮上型海底地震 計を開発しました。1997年に東太平洋海膨での試験観測 で能力を実証して以降、長期海底地震アレイ観測をフィリ ピン海・三陸沖・マリアナ・日本海などで実施しています。ま た、日仏共同の長期地震観測を仏領ポリネシア地域で 2002年1月に開始し、この海域初の長期広帯域地震アレイ 観測データを取得しました。この観測研究により初めて、コ ア・マントル境界から地表まで上昇しているように見えてい た巨大なプルームが上部マントルでは細くなっていることを 見いだしました(図1)。これらの観測実績の基に、2005年以 降、大型科研費による大規模海底観測をフィリピン海・太 平洋プレート上などで実施し、多くの研究成果を挙げてい ます。現在は国際協力の下、「太平洋アレイ」計画という、プ レートテクトニクスの根源に迫る観測研究を推進中です。

世界最先端技術での広帯域海底地震計の開発

地球深部内部構造の研究で必要な地震動を記録するに は、数秒以上の長い周期の信号を捉えられる広帯域地震 計を使う必要があります。高性能な広帯域センサーを組み 込んだ自己浮上型広帯域海底地震計を開発し、観測研究 を実施し、これまでの100回以上の観測実績から、深海底 でも広帯域地震観測が出来ることを世界に先駆けて実証し てきました。一方で、問題点も見えてきたため、陸上観測点 に遜色ないデータを得られる次世代の観測機器を開発し、 大幅な性能向上を実現しています(写真1,2)。これを使い、 北西太平洋で「普通の海洋マントル」を解明する観測(特別 推進研究)を2010年から行いました。この研究では、(a)プ レートテクトニクスの鍵となるリソスフェアとアセノスフェア 境界の物理的状態の解明、(b)地球に存在する水の殆どが 広大な大洋域のマントル遷移層内に取り込まれているか、 という現代の地球科学上で重要なテーマを明らかにするこ とを狙っています。このような観測研究が実施可能となった のは、新しい観測機器を開発し、実用的観測への供用が出 来たからなのです。現在は、この高性能な機器を潜水艇を 使わずに運用できる方式へ進化させたもの(写真3、図2)を 開発しています。これが実用化できれば、海域での広帯域 地震・測地学的研究の大きなブレークスルーになります。

海底での地殻変動観測機器の実用的開発

地球表面での固体地球物理学的現象を理解する上で、地震計で捉えられる時間範囲を超えた、より長周期の変動を検出することは重要です。しかし、海域でこの分野はこれまで殆ど進展がありませんでした。そこで、上記の広帯域海底地震計と高精度な水圧計を組み合わせ、地震波から地殻変動の帯域までをカバーする新しい観測機器を独自に開発し、2009年から実地観測を国内外で進めています。また、BBOBS-NX(写真1,2)を応用した海底面での傾斜変動観測の実用化にも取り組んでおり、房総半島沖でのスロースリップイベントをその直上で捉えることに、2014年1月に成功しました。

海底観測用の光量子技術センサー(絶対重力計)の開発

海底での重力計測は一時的なもの以外、可搬型の相対 重力計の制約から実施できていません。活動的火山体など も含め、極限環境下での重力の連続モニタリングを可能と しうる、最新の光量子技術による絶対重力センサーの開発 を、物理学研究者と共に開始しています。実現までにはまだ 時間がかかりますが、精密水圧測定と組み合わせ海底での 上下地殻変動を海洋変動から分離、海底下プレート境界 での物質移動を検出、火山体深部でのマグマ上昇を検知、 などの地震学的研究・防災的発展へとつながるものです。

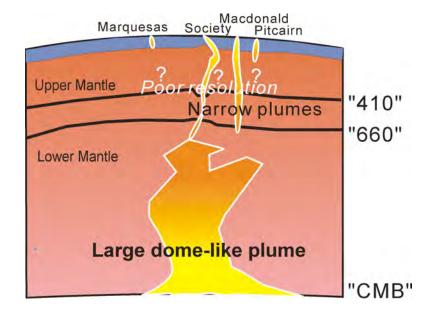


図1 フレンチポリネシアでの日仏共同の海陸長期広帯域地震観測から初めて見いだされた、大規模マントル上昇流のイメージ。

陸上のグローバル観測網での研究結果から、この地域に存在が示唆されていた大規模マントル上昇流(プルーム)でしたが、海域に観測点が無かったため詳細なイメージは不明なままでした。2002~2005年に広範囲で、更に2009年から1年半はタヒチ島周辺でより詳細な観測を実施し、多くの海底観測データを取得しました。その最新の解析結果から、今までの陸上だけの観測からは分からなかった、このようなマントル上昇流の詳細な様子が見えてきました。

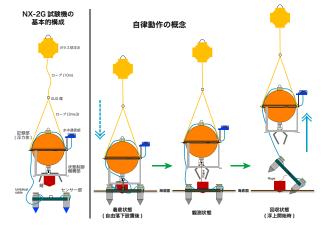


図2 写真1,2のBBOBS-NXを、自律動作させるNX-2Gシステム (写真3)を開発し、長期試験観測を実施、動作を実証しました。

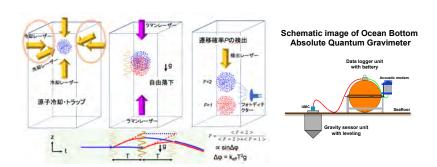


図3 光量子技術による原子干渉計(左)方式の絶対重力計は、陸上用としては実用化されています。他の高精度加速度センサーとのハイブリッド構成にすることで、高安定度・高精度・小型・低消費電力の実用的な海底絶対重力観測システム(右)を構築することを目標としています。

連絡先 内線: 28287 居室: 1号館709号室 メール: shio@eri.u-tokyo.ac.jp

グローバル地球電磁気学 @海半球観測研究センター

メンバー: 清水久芳(教授) shimizu@eri.u-tokyo.ac.jp

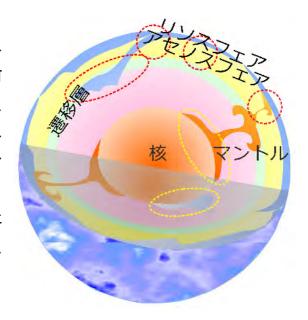
原田 雄司 (外来研究員:マカオ大学)

Li Ruibai (大学院生 D3)

私たちは、電磁気的手法を用いて、マントルのダイナミクスや、マントル-核システムのダイナミクスを解明することを目的とした「観測的研究」を主に行っています。本研究室ではグローバルスケールの地球を扱いますが、目的を達成するには様々なスケールの地球内部構造(電気伝導度構造)や活動を解明する必要があるため、海半球観測研究センターの馬場聖至准教授(海底電磁気学)や地震予知研究センターの上嶋誠教授(地球内部電磁気学)と共同で研究を行っています。

○ マントル遷移層の水と地球の進化

水は大気中や地球表層にのみ存在するのではありません。マントル遷移層は、鉱物結晶中に不純物として含む形で、海に匹敵するほどの水を蓄えている可能性があります。地球内部と表層の間の水の収支は、プレートテクトニクスの始動と発達にも深く関与していると考えられています。では一体どの地域のマントル遷移層にどれだけの水があるのでしょうか?マントルを構成する岩石の電気伝導度は、その中に含んでいる水の量に大きく左右されます。私たちは、マントル遷移層の電気伝導度構造を明らかにして、それをもとに水分布を推定するための観測、データ解析・解釈手法の開発に取り組んでいます。



○マントル深部とマントル一核システムのダイナミクス

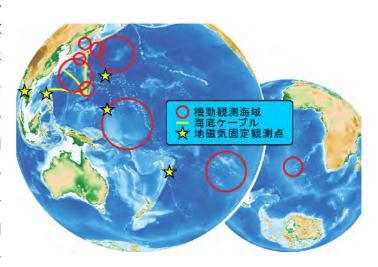
マントルダイナミクスを理解するためには、より深部の情報も必要です。マントル最下部が非常に複雑な構造をもつことは知られていますが、電磁気学的な構造は未だによくわかっていません。この電磁気学的構造を長期間に渡る地磁気と地球電場変動の観測から解明し、また、マントルー核の結合したシステムとして捉えることにより、マントルとマントルー核システムのダイナミクスのさらなる理解を目指しています。

○地磁気変動の予測

「データ同化」という手法を用いて、地磁気の数年スケールの変動予測を試みています。地磁気は様々な時間スケールで変化していますが、それらの変化の原因ははっきりとわかっていないことが多く、特に、一年スケールで変動する「地磁気ジャーク」は、未だ謎につつまれています。地磁気生成モデルでこの地磁気ジャークがどの程度再現/予測できるのか、という観点から、原因となる核内部の変化を捉えることを目標の一つとしています。

○グローバル地球電磁場観測

より深部の構造探査や長期の地磁 気変動に関する研究には、グローバル・スケールでの長期的な観測が必要です。私たちのグループの「売り」の一つは、海底ケーブル(右図の黄色い線)による地球スケールの電位差観測です。この観測では、国際通信業務から引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引退になった海底ケーブルを、何千の引速であるのに用います。アメリカやロシ



アの研究者と協力して西太平洋にケーブル観測網を構築しました。磁場は、世界各地にある地磁気観測所のデータが公開されています。しかし、太平洋地域には地磁気観測所がとても少ないので、私たちが自前でいくつかの定点観測網(図中の)を展開して、海洋研究開発機構(:;< =>?@) と共同して観測を継続しています。

○月や惑星の磁場観測と進化の解明

月や惑星周辺の磁場の解析から、それらの内部構造や進化に関する研究を行っています。また、 既存のデータの解析にとどまらず、新たなデータ取得に向けた人工衛星による観測の立案や開発 にも携わっています。月や惑星の探査には、計画から実現まで非常に長い時間がかかりますが、 これから研究を始める学生の皆さんを含む若い世代の人たちが、新たなデータを用いて成果を上 げてくれる日が来ることを期待しつつ、研究を進めています。



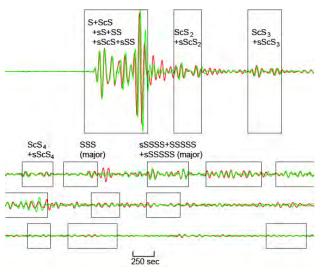
グローバル地震学とは、グローバルスケールの地震波伝播を用いて行う分野です。しかし対象とする問題の空間スケールに本質はなく、グローバルな視点を持って、フロンティアを開拓することを目指しています。新たな解析手法を開発し、これまで得られなかった種類の情報を抽出可能にすることにより、地震学の枠組を広げることを目標としています。

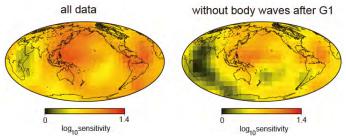


解析手法開発という新たな窓

新たな解析手法を開発することにより、これまでできなかった解析が可能になります。これは地球を覗く新たな窓を 作ることに相当します。モノづくりは頭の中でも行われることを認識して頂きたいと思います。

(1) 効率的な理論波形計算手法開発(長周期地震波形の解析手法)





(左)約4時間長の地震波形データに対する観測波形(赤)及び理論 波形(緑)の比較.何のフェーズが到着しているのかわからないよう な後続波に対しても、波形合わせは可能.

(右)後続波を活用した場合(left)としない場合(right)のデータカバレッジの比較. アフリカや太平洋の下は後続波を解析しないと解像が難しい.

3次元不均質地球に対する理論波形計算を効率的に計算することにより、これまで用いられなかったような後続波からの情報抽出が可能になります。これによりデータカバレッジが改善し、これまで良く見えなかった地域の詳細な構造の議論が可能になります。P-SV 波や異方性媒質への拡張が課題として残されています。

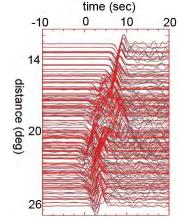
(2) 散乱波伝播計算手法開発 (短周期地震波形の解析手法)

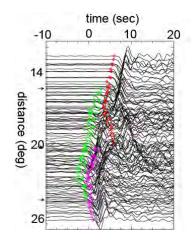
地球の中にはトモグラフィー等では解像しえない短波長不均質があり、短周期地震波形はその影響を強く受けるため、通常の波形解析は困難です。 短波長不均質の影響を統計論的な散乱現象として取り扱うことにより、 短周期地震波動 伝播をシミュレーション可能になり、 地球内部不均質の空間波長スペクトルや減衰の周波数依存性の解明が可能にな

ります.トモグラフィーのような機械的内部構造推定 は課題として残されています.

(3) 走時・振幅計測手法の開発(中周期地震波形の解析手法)

複数のフェーズが同時に到着すると、波形が重なり合い、走時や振幅が計測困難になります。しかし適切な近似を用いた波形合わせを用いることにより、走時解析の簡便性を残したまま走時計測や振幅計測が可能になります。従来の方法では解像が困難であった不連続面近傍の構造を解像でき、地球の層構造・ダイナミクスに対する新たな制約を与えることが可能になります。



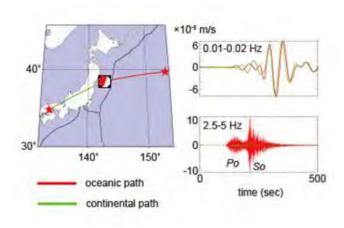


新たな窓から覗く地球

新たな解析手法を用いて地震波形を解析し、地球内部構造の新たな知見を得ることができます。これまで得られなかった種類のパラメータを決定できれば、新たな地球科学を展開できるはずです。

すべては説明できないので, 詳細は http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/takeuchi/study/index.html を参照してください.

(1) 海洋マントル構造の発見的研究



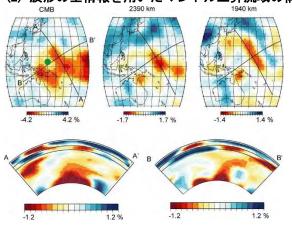
海洋上部マントル (リソスフェア・アセノスフェア) はプレートテクトニクスを具現化している典型的な場でありながら,海洋に観測点がほとんどないことから,非常に解像が困難な地域の一つです.海半球センターでは,太平洋域に広帯域海底地震計を設置して改善を試みていますが,その波形は短周期の波が卓越する複雑なものになっています (左図).

私たちは開発した短周期地震波形解析手法を用い、海洋リソスフェア・アセノスフェアの減衰の周波数依存性を明確にしました. この結果を既存の岩石実験の結果と比較することにより. アセノスフェアの成因にせまることができました.

(詳細は http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/takeuchi/science/index.html を参照.) 減衰構造の地域性(海洋底年代依存性)が明確になれば、さらなる進展が期待できます. 海底地震観測グループと連携しながら、強力に研究を推進していくつもりです.

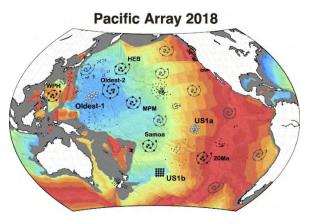
また減衰構造に加え、Vp/Vs 構造はアセノスフェアの成因を強く制約します。これまではP波構造が良くわかりませんでしたが、開発した理論波形計算手法を用い、本センターの広帯域海底地震計記録の長周期地震波形を解析することにより、明らかにする予定です。異方性の正確な推定も重要な課題として残されています。過去の知見がほとんどないので、今後どのような展開を見せるかわかりませんが、発見と考察を繰り返し、一歩ずつ前に進みます。

(2) 波形の全情報を用いたマントル上昇流域の構造推定



地震波形データに含まれる地球内部構造の全情報を活用するため、理論波形と観測波形を直接比較するトモグラフィー (波形インバージョン)を行っています. 開発した効率的な理論波形計算手法を用いグローバル S 波トモグラフィーを実施し、(太平洋やアフリカの下の)マントル対流上昇流域の構造とダイナミクスを関連づけて議論することを可能にしました. 上昇流に関係すると思われる低速度異常がシート状構造をしていることを検出し、日本・ベトナム・インド等のアレイデータを用い、この描像の妥当性を検証しています.

今後の展開



地震学の研究では、新たなデータ取得が重要であることは言うまでもありません。海半球センターでは陸上・海底ともに、多くの意欲的なフロンティア観測を行ってきましたし、今後も続ける予定です。新たなフロンティア観測として、太平洋上に海底地震計のアレイのアレイを設置し、海洋上部マントル構造の年代依存性を明らかにしようとするプロジェクト(Pacific Array 計画)が進行中です。海洋マントル構造の発見的研究の基礎データともなるので、計画立案にも貢献したいと考えています。

海底電磁気学

@海半球観測研究センター



ば ば きょし **教員 馬場 聖 至 (准教授)**

居室 地震研究所 1 号館 707 室 E-mail kbaba@eri,u-tokyo,ac,jp

HP http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/kbaba/

研究員 多田 訓子(外来研究員・JAMSTEC) 松野 哲男(外来研究員・神戸大学)

私たちが行っている研究は、電磁気的観測手法に基づいて、地球内部(主にマントル)を電気 伝導度構造としてイメージングし、そのダイナミクスを議論しようというものです。プレートテクトニクスやマントルダイナミクスを深く理解する上では、地球表面の約 7 割を占める海域での観測が欠かせません。海域での電磁気観測には、海底電位磁力計(OBEM)と呼ばれる機器を 利用します。当センターでは約 20 台の OBEM を運用しています。私たちは、国内・海外の大学・研究機関とも共同して、世界中の様々な海域、多様なテクトニクスを対象に機動的に観測を 実施しており(下図)、世界のマントル電気伝導度構造研究を牽引しています。地球内部構造を 調べる手段としての電磁気学的手法は、地震学的手法とは独立な情報を与えることができるので、近年その重要性が増している一方で、研究者人口は少なく、未踏のフィールド、魅力的なテーマ がたくさんあります。

電磁気観測やデータの解析では、研究対象により当センターの清水久芳教授や上嶋誠教授(地震予知研究センター)、小河勉助教(観測開発基盤センター)、小山崇夫助教(地震火山噴火予知研究推進センター)と連携しています。得られた電気伝導度構造の解釈などには、地震学的手法や鉱物物理学、ダイナミクス計算などの結果と一緒に考察することが重要ですので、当センター内および所内の関連教員とも密に連携して研究を進めます。

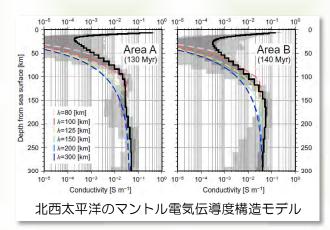


主な研究テーマ

□ 海洋リソスフェア・アセノスフェアとマントル対流

固いリソスフェアが柔らかいアセノスフェアの上を滑って移動するという、プレートテクトニクス理論によって、地球上の地学現象の多くが説明されます。しかし、そもそもなぜリソスフェアがアセノスフェアの上を動くことができるのか、その実態は未だはっきり分かっていません。右図は、北西太平洋の2つの海域で得られた上部マントルの電気伝導度構造モデル(黒線)です

が、この 2 海域は海洋底年代がほぼ同じなのに、リソスフェアに相当すると考えられる低電気伝導度層の厚さが予想よりも大きく違っており、海洋上部マントルの冷却過程がこれまでに提唱されている単純な法則に従っているわけではないことを示唆しています。私たちは、リソスフェア・アセノスフェアの物理的・化学的状態およびマントル対流(プレート運動)に伴う時間的発達について、様々な海域の電気伝導度構造を推定して比べ、地震観測グループとも共同してお互いのデータを総合的に解釈することで、理解を深めようとしています。



今後5年間に予定されている大きな観測研究計画(前ページの図:太赤丸で示した海域)としては、1)マリアナ沖太平洋の最古海盆マントル探査(台湾との共同研究を予定)、2)ハワイ-天皇海山列屈曲(Hawaii-Emperor Bend: HEB)域周辺のマントル探査(ドイツとの共同研究を予定)、があります。特に HEB 探査計画は、海山列屈曲の幾何学的特徴とプレートとプリュームの相互作用を利用してアセノスフェアの実体にせまろうという、新しい視点の観測計画で、是非若い皆さんとも一緒に取り組んでいきたいと考えています。

□ マントル遷移層と水

水は大気中や地球表層にのみ存在するのではありません。マントル遷移層は、鉱物結晶中に不純物として含む形で、海に匹敵するほどの水を蓄えている可能性があります。地球内部と表層の間の水の収支は、プレートテクトニクスの始動と発達にも深く関与していると考えられています。マントルを構成する岩石の電気伝導度は、その中に含んでいる水の量に大きく左右されます。私たちは、マントル遷移層の電気伝導度構造を明らかにして、それをもとに水分布を推定するための観測、データ解析・解釈手法の開発に取り組んでいます。

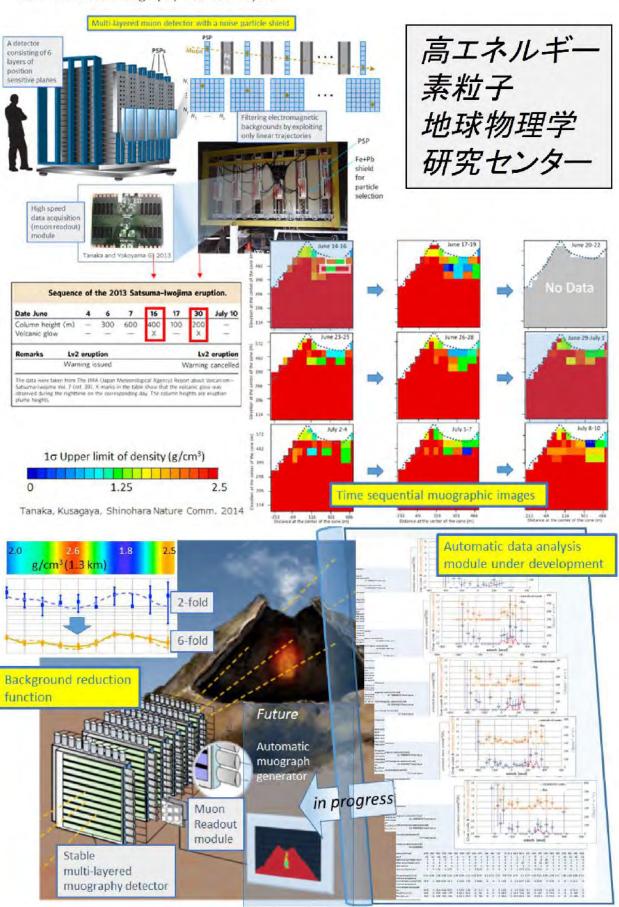
□ 海洋島弧地殻の発達過程

2013 年から 2018 年かけて断続的に活発な噴火活動を起こし、流れ出た溶岩で面積を拡大させた小笠原西之島は、海洋島弧地殻の形成・発達過程を理解する上で、貴重かつ絶好のフィールドです。私たちは、JAMSTEC や気象庁などと協力して 2016 年から島の周囲に OBEM を展開して観測を続けています。今後のデータ蓄積とより詳細な解析によって、西之島下の電気伝導度構造だけでなく、火山活動に関連した地殻変動についても議論ができると期待しています。

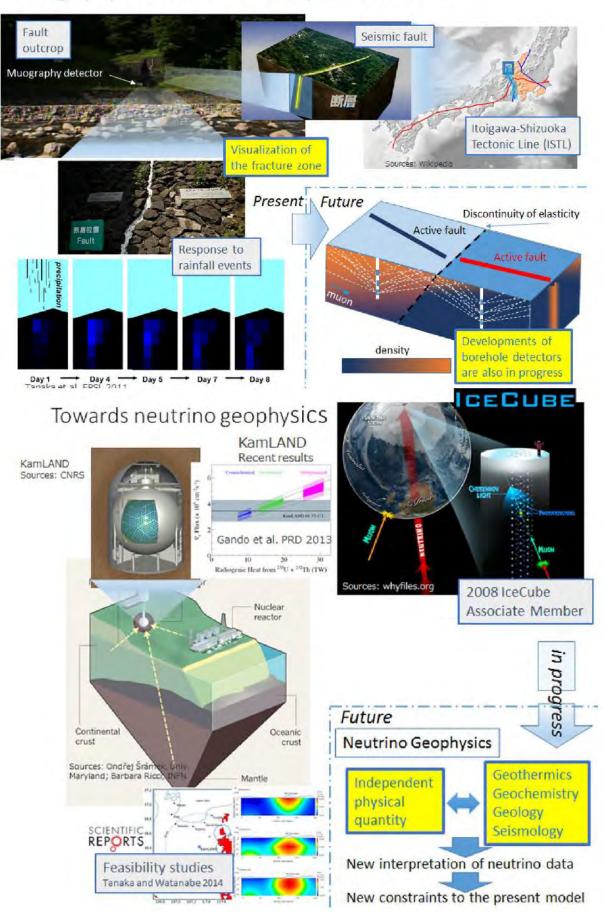
学生の皆さんへ

固体地球科学において電磁気学的手法を用いた地球内部構造研究はマイナーな分野なので、皆さんには馴染みがうすいかもしれませんが、チャレンジ精神があれば全く問題ありません。地震学などメジャーな手法とは異なる視点で地球を見ることで、これまでの常識を覆すような発見もできるかもしれません。皆さんと一緒に研究ができることを心待ちにしています。

なお、このほど私たちは、地球電磁気学研究の国際ワークショップ(EMIW)を日本に誘致して、2022年に開催することが決まりました。日本にいながら世界の最先端の研究成果に触れ、また自分の研究成果を世界に発信する絶好の機会を、皆さんにも享受していただければ幸いです。



Muography to establish a novel picture of faults



断層破壊の力学と地震のモデル化

地震研究所 加藤尚之

(nkato@eri.u-tokyo.ac.jp)

地震は断層の破壊現象ですから、岩石破壊の物理過程を解明しモデル化すれば、地震の発生過程のモデル化に利用できます。私は、岩石の破壊や摩擦の理解に基づいて地震発生のモデルを構築し、地震発生の物理を解明するための研究を行っています。

断層は通常は摩擦により固着していますが、プレート相対運動などにより断層をずらす力がはたらき摩擦力に打ち勝つと、断層が破壊して地震が発生します。このことから、地震の発生過程を理解するためには、岩石の摩擦が重要であることがわかります。岩石の摩擦実験などに基づいて摩擦構成則と呼ばれる摩擦をすべり速度などの関数で表す式が提案されています。摩擦構成則を利用すれば地震発生の数値シミュレーションを行うことができます。シミュレーションでは、地震の発生だけではなく、地震が発生するまでの応力集中過程や、地震が発生した後の断層の強度回復過程など、地震が発生するサイクル全体をモデル化することができます。

図 1 は沈み込み域のプレート境界における大地震のモデルの模式図です. プレート境界には摩 擦力がはたらいていますが、温度などの影響で深さによって摩擦の性質が異なり、浅いところで はプレート境界が固着し、深いところではプレート境界はゆっくりとすべっています. このよう なすべり様式の違いは摩擦構成則のパラメタの違いで表現することができます. プレート境界で のすべり方の違いの結果、固着している領域とすべっている領域の境界では応力集中が生じます. 応力集中が大きくなると, 固着していたプレート境界の浅部が破壊して地震が発生します 1. 破壊 がいつ発生するかを決めるのは、破壊が進展したときに解放される歪エネルギー(エネルギー解 放率)と断層の強さを表す破壊エネルギー(単位面積の破壊面を作るのに必要なエネルギー)と いう量の関係です。プレート境界の深部はいつもすべっていますから応力集中は徐々に大きくな り,エネルギー解放率は時間とともに増大します.図 1 のようなモデルを利用した数値シミュレ ーションと観測データを比較することにより、実際のプレート境界における破壊エネルギーを推 定することができます 2.3). 応力集中の大きさはプレート境界深部の非地震性すべり量とともに大 きくなりますから, エネルギー解放率はプレートの相対運動速度 (V_n) と大地震の繰り返し間隔 (T_r) に依存し、地震発生時のエネルギー解放率と破壊エネルギー (G_c) はバランスしているため です(図2).この方法で推定した大地震の破壊開始点の破壊エネルギーは、地震の規模に依存し て大きくなる傾向が得られました。また、破壊開始点の破壊エネルギーは、断層全体の平均的な 破壊エネルギーよりも小さくなる傾向があります。このような結果を利用して、地震の動的破壊 の発生や伝播の物理過程の理解を深めたいと考えています.

文献

- 1. Kato, N., 2012, J. Geophys. Res., 117, B01301, doi:10.1029/2011JB008359.
- 2. Kato, N., 2012, Earth Planet. Sci. Lett., 353-354, 190-197, doi:10.1016/j.epsl.2012.08.015.
- 3. Xie, Y. and N. Kato, 2017, J. Asian Earth Sci., 134, 55-62, doi:10.1016/j.jseaes.2016.10.013.

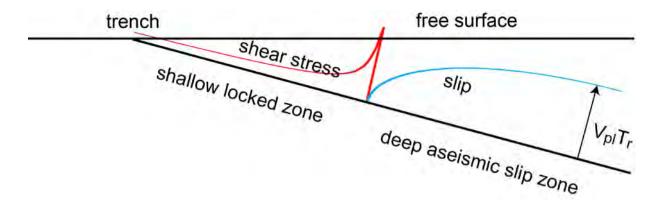


図1. 沈み込み域のプレート境界における、地震発生前の、すべり(青)とせん断応力(赤)の分布の模式図. 深部では定常的な非地震性すべりが発生し、浅部では固着しているため、両者の境界域では応力集中が生じている.

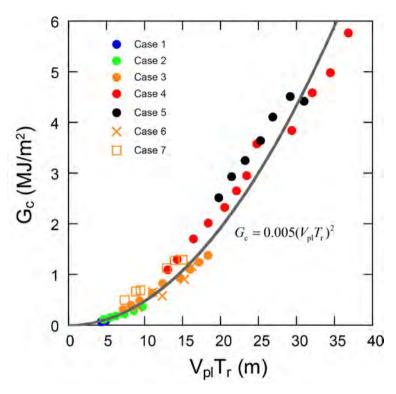


図 2. シミュレーションで得られた、地震発生直前のプレート境界深部における非地震性すべり量 $(V_{\rm pl}T_{\rm r})$ と破壊開始点における破壊エネルギー $G_{\rm c}$ の関係. $V_{\rm pl}$ はプレートの相対運動速度、 $T_{\rm r}$ は大地震の発生間隔.

岩石破壊実験グループ 地震火山噴火予知研究推進センター

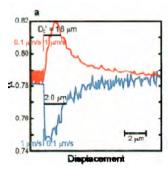
吉田真吾(2-315号室, shingo@eri.u-tokyo.ac.ip) http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOSHIDA-LAB/

当研究グループでは、中谷研究室と協力して様々な実験的研究により、地震発生の物理の解明に取り組ん でいます。地震破壊過程を記述する岩石の摩擦則が、地震発生域における温度圧力条件下でどのように表 わされるのか、またどのような物理化学過程の現れであるのか明らかにしてきました。また、破壊現象とその 他の物理現象(流体移動,電磁気現象)との相互作用、空間的時間的スケーリング、アスペリティの相互作用, 弾性波による摩擦強度のモニターなどの研究を進めています。その他,加藤(尚)研究室と協力して数値シ ミュレーションに基づく地震発生サイクルの研究も行っています。

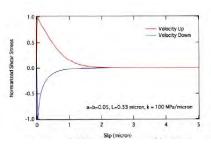
摩擦則の研究

室内実験により求められた、速度・状態依存摩擦則は、 地震発生サイクルの数値シミュレーションなどによく用 いられている.しかし、実験データをそれほど正しく説 明するものではないことも知られている. 例えば, 室内 実験ですべり速度を急に増加、あるいは減少させたとき の摩擦変化を調べると、左図が示すように増加のときと

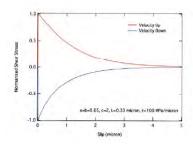
減少のときとでほぼ対称な変化が見られるが、これ までよく用いられている摩擦則では, すべり速度を 増加させたときの方が、長い距離をすべらないと摩 擦が一定値にならない. 本研究室ではそのような実 験データもよく説明できる修正版摩擦則を求めた.



実験データ. Kato & Tallis, 2001.



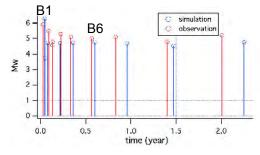
従来の摩擦則による計算結果. す べり速度を増加させたときの方が 摩擦の変化がゆるやかである.



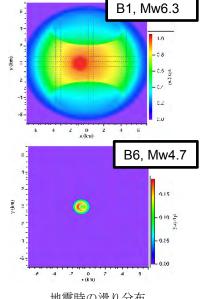
高精度化した摩擦則による計 算結果. 実験データを説明で きる.

釜石沖繰り返し地震のシミュレーション

釜石沖のプレート境界では、2011年東北地方太平洋 沖地が発生する前はM4.9程度の地震が比較的規則的 に発生していたが、東北沖地震後、発生間隔が短く なり、また、マグニチュードが一時的に大きくなっ てM6クラスの地震も発生した. GPSから求められた釜 石沖における余効滑りを与えて、大パッチの中に小 パッチがあると仮定し数値シミュレーションを行 なった結果を示す. 上記の修正版摩擦則を用いた. 本震直後は大パッチ全域で地震が起こる.

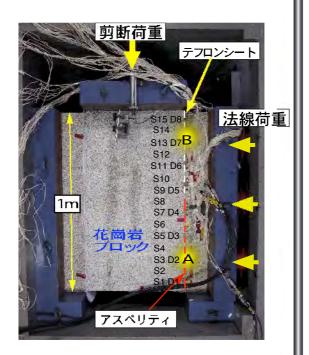


東北地震後のマグニチュードの時系列.



地震時の滑り分布.

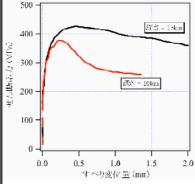
アスペリティと余効すべり



プレートの相対運動は境界でのすべりによって解消される。この解消の仕方には、地震による動的なすべり(@アスペリティ)の他に、地震後のゆっくりしたすべり(余効すべり)などがあり、場所によって摩擦特性が異なるためと考えられている。大型せん断試験機を使った実験により、アスペリティに隣接する領域で余効すべりが起こる現象を再現できる。

巨大地震の震源域での 岩石の破壊特性を調べる実験

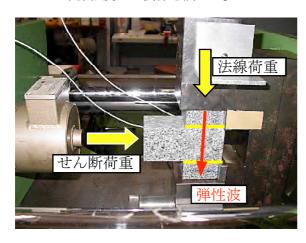




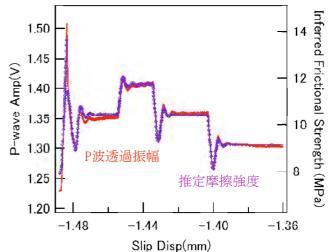
深さ10kmと13kmに相当する環境条件下でえられたせん断応力とすべり変位量の関係。深さ15kmに相当する条件下では、試料は緩やかに壊れる。このような破壊様式は、従来の常温での実験からの外挿では推測することはできない。

弾性波による摩擦強度のモニター

断層面の摩擦強度は面の状態によって決まると考えられているので,面を透過した弾性波の透過率(これも面の状態に依存する)を測定することにより強度を推定できる可能性がある。そこで,すべり面を透過した弾性波の振幅を連続測定しながら摩擦実験を行い,弾性波の透過振幅と摩擦強度との関係を調べた。



2軸せん断試験機による摩擦実験。サンプルブロック (花崗岩)を3つ並べ、真ん中のブロックを滑らせる。 上下のブロックには超音波トランスデューサーが取り 付けられており、弾性波を送受信することができる。



法線応力一定で行った摩擦実験中の, すべり面を 透過した弾性波の振幅と, 応力と速度から推定し た摩擦強度。透過振幅と摩擦強度がほとんど同じ ように変化していることが分かる。

地震発生場の謎に迫る

地震火山噴火予知研究推進センター 飯高 隆 i i daka@er i. u-tokyo. ac. jp http://www.er i. u-tokyo. ac. jp/i i daka/HP/

【研究テーマ】

この研究室では、フィールドにおいて地震の観測を行い、新たなデータをもとに、日本列島の<u>島弧内部の変形過程の解明や内陸地震、海溝型地震の発生メカニズムの理解を目指した研究</u>をおこなっています。

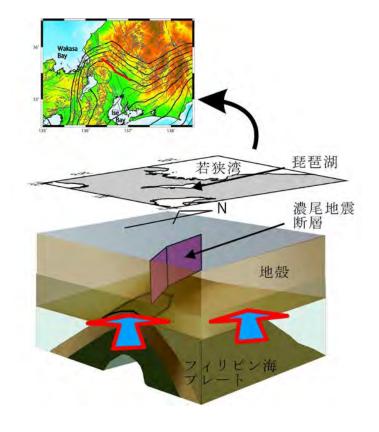
【自然地震観測や構造探査で見る地殻構造】

自然地震観測や人工地震探査とそのデータの解析を通じて、日本列島の地殻構造を描き出しています。特に、断層が存在する地域の地殻構造を詳細に描き出すことによって、内陸地震の発生場を明らかにしていきたいと考えています。

1891 年に発生した濃尾地震(M8)は、日本の活断層で発生した内陸地震としては、観測史上最大規模の地震といえます。この地域で地震観測を行うことによって、その原因を探ってきました。

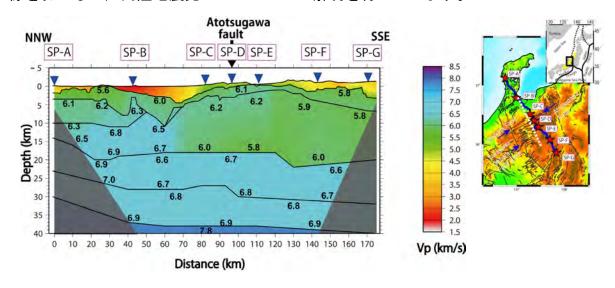
地殻とフィリピン海プレートの接触部分では、応力が集中します。このような特異な構造が、M8という大きな地震を引き起こした可能性を示唆することができました。

右図: 濃尾地震発生域の地 殻・マントル構造の概念図



【断層を描き出す】

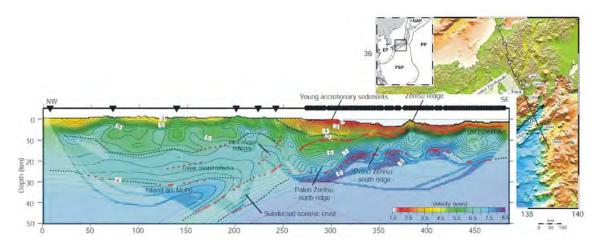
自然地震解析,人工地震解析等さまざまな地震学的手法を用いて,断層の描像をおこない,内陸地震発生メカニズムの解明を行っています。



構造探査によって描き出された跡津川断層周辺の地震波速度構造図

【海溝型地震の解明】【島弧内部の変形過程の解明】

プレートが沈み込んでいる島弧の構造を横断し、海溝から背弧海盆までを明らかにし、地震発生の場を理解する研究を行っています。こうして、島弧内部の変形過程の解明や地震発生のメカニズムの解明をおこなっています。さらに、これらの成果をもとに、地殻・マントルのダイナミクスの解明、大陸及び島弧地殻の形成と進化の解明につなげていきたいと考えています。

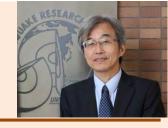


海洋研究開発機構との共同研究によって得られた東海—中部の地殻構造

未知の地震現象を発見する

地震波モニタリング・スロー地震学分野教授 小原一成

地震研究所1号館-508号室, e-mail: obara@eri.u-tokyo.ac.jp



サイエンスの醍醐味のひとつは、新たな現象を発見し、原因を解き明かすことです。地球には未知の現象がたくさん残されており、我々は、地球表面で観測される地震波形データからスロー地震などの様々な現象を発見してきました。本研究室では、これらの現象の成因を探るとともに、多様な解析・可視化手法の開発を通して、新たな現象発見の醍醐味を皆さんと一緒に味わいたいと思っています。

■多様なスロー地震の発見と解明

西南日本にはフィリピン海プレートが沈み込み、陸側プレートとの境界で約100年間隔で巨大地震が発生します。その震源域の浅部と深部で、「スロー地震」と呼ばれる、通常の地震に比べると長周期の振動に卓越する揺れ、あるいは揺れを伴わない地殻変動現象が、この10数年間で次々と発見されてきした。これらのスロー地震同士では相互作用が観測されており、その影響は巨大地震の震源域にも及ぶと考えられます。その意味で、スロー地震とその発生域の不均質構造の解明は巨大地震の発生予測にげるためにも重要です。



所属学生の研究テーマ

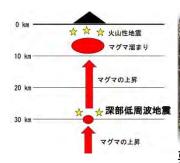
■東北・十勝沖超低周波地震の検出

東北沖・十勝沖では、スロー地震の一種である、超低周波地震が発生しています。超低周波 地震はシグナルが小さいため検出が難しいので すが、私は東北沖・十勝沖に仮想震源グリッド を置いて、それぞれの仮想震源で理論波形を計 算し、理論波形と波形データとの相関係数を計 算することによって、超低周波地震の網羅的検 出を行いました。



■火山性深部低周波地震の検出

火山の地下30 km付近では深部低周波地震と呼ばれる地震が発生しています。この地震は通常の火山性地震が深さ0-5 km付近で発生しているのと比べて明らかに深く、今まで噴火との対応が判明しているのは世界でも数例しかありませんでした。私は、全国の火山地域を対象に、地震波形の相関を用いて、連続データから深部低周波地震を検出する研究を行なっています。また、その波形の特徴についても調べています。





栗原亮 (博士3年)

その他のスタッフ・研究グループ

竹尾明子(助教)

スロー地震はどこで,どの ように起こっているのか、 震源過程や地下構造の推定 を中心に研究を行っていま す. その他, 海底や火山な ど様々な場所の地震計記録 を解析しています. 定常観 測点とは違い自分で観測し た地震計記録はデータの質 が多様で解析も一苦労です. しかし、直上観測でしか見 られない現象もたくさんあ ります. 一緒に観測・デー 夕解析しませんか?

具体的な研究テーマ

- 広帯域地震計を用いた深部超低周波地震の観測・解析
- 広帯域海底地震計記録を用いた海洋プレート構造の推定
- ・ 地震波異方性に基づくプレート運動史の解明
- 短周期地震計を用いた溶岩ドームの構造推定など



具体的な研究テーマ

- スロー地震
- 地震に伴う重力変化

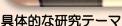
田中優作(研究員)

メインテーマはGNSSデー 夕を使ったスロー地震の研 究です. 多様なシグナルを 含む地殻変動データからス ロー地震の情報を抽出して その特性を調べるというこ とに取り組んでいます。ま た, 「スロー地震データ ベース」の運営スタッフで もあり,多くのスロー地震 カタログを収集・公開する 仕事をしています。 そして サブテーマとして, 学生時 代から続けている地震と重 力の関係性についても研究 しています.

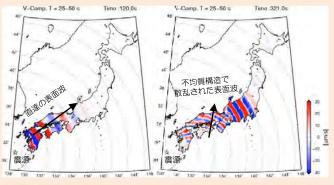


武村俊介(助教)

観測波形解析と地震動シ ミュレーションを両輪とし て, (A) 3次元構造中の 波動場伝播モデリング, (B) 広帯域波動場モニタ リング、(C)地球内部の 不均質構造の推定, (D) プレート境界で発生するス ロー地震の詳細な位置やメ カニズム解の推定などの研 究をしています.



- 日本列島を伝播する地震動のモニタリングと伝播特性の解明
- 観測波形解析とシミュレーションによる地下構造モデルの構築
- 南海トラフで発生する浅部超低周波地震活動の網羅的把握









OB&OG



@東北大

疋田明



@JAPEX







Chastity Aiken @lfremer



Kevin Chao @NW Univ.



高木涼太 の東北大



室浦理 @気象庁

観測機器開発グループ (観測開発基盤センター/地球計測系部門)

メンバー 新谷 昌人(教授) E-mail: araya@eri.u-tokyo.ac.jp 内線 25821, 地震研究所2号館214号室

高森 昭光(助教)、高橋弘毅•大橋正健•勝間田明男•野村麗子(外来研究員)
http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/araya/

●最先端の観測機器で地球と惑星の内部を探査する

私たちは新しい観測機器を開発し、それを用いて固体地球の観測研究を行っています。 従来にない高性能の機器を用いてこれまで知られていなかった現象を観測できれば、新たな知見が得られます。私たちのグループはレーザー干渉計など光を中心とした最先端計測 技術を用いた観測機器を開発し、観測研究を進めています。

たとえば、レーザー伸縮計はレーザー干渉計を用いて高精度に地面の伸び縮みを測る装置ですが、地震計よりもゆっくりとした動きを捉えることができます。これまでの観測で地下深部で生じた地震断層の動きを明らかにすることができました。さらなる高性能化のため長大な1500mの観測装置の建設を進め、2016年に完成して観測を開始しました。また、開発中の小型レーザー地震計は高温環境でも計測することが可能で、火山帯や地下深部の震源近傍での観測を可能にします。この技術を惑星探査に使うことも検討されています。

新しい観測機器の開発には最先端の技術を取り入れることが不可欠です。地球科学の研究機関はもちろん、宇宙線研究所、国立天文台、JAXAなど物理・天文・宇宙分野との共同研究により地球(+惑星)を観測するための新しい手法を開発しています。

●レーザー伸縮計

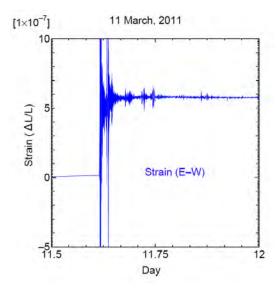
います。

右の写真は神岡鉱山(岐阜県飛騨市)の地下 1000m に設置されたレーザー伸縮計です。伸縮計は、岩盤上の 2 点間の距離を測ることで、地面のひずみを観測します。このレーザー

伸縮計は長さが 100m あります。100m 離れた鏡と鏡の間にレーザー光を往復させて、距離の変化をレーザー光の波長を基準に測ります。使用しているレーザーの波長はたいへん精度が高いもので 10兆分の1の割合しか狂いません。これを使えば、10⁻¹³のひずみ検出能力・・・地球と太陽との間の距離を1.5cm の精度で検知・・・があることになり、実際にこの伸縮計は世界最高の性能が得られて



神岡鉱山(地下1000m)に設置されたレーザー伸縮計



このように高い精度の検出器を地下 1000m という大変静かな場所に設置すると、通常なかなか見えない信号が見えてきます。たとえば、2004年12月に起こったスマトラ島沖地震は震源まで 5000km もありますが、地震による明瞭なひずみ変化を捉えることができました。震源までの距離が数百 km 以内であれば、M6~M7 クラスの地震によるひずみ変化がキャッチできます。これは測地学的に震源や地下構造をしらべる新しい方法で、地震計では捉えられないゆっくりとした断層の動きを観測できます。2011年東北地方太平洋沖地震の際には観測開始以

来最大のひずみ変化がとらえられました (左図)。2016 年には重力波望遠鏡 (KAGRA) 計画 と連携して、神岡の観測トンネル内に長さ 1500m のレーザー伸縮計が建設され観測を開始しました。様々な地殻活動が 100m の装置より明瞭に捉えられており、解析を進めています。

●地球中心から惑星まで

地球科学研究を進めるための根拠となるデータを得るために「観測」は不可欠です。地 震計などいろいろな機器が市販されていますので、それらを使って観測することはできま す。しかし研究をすすめていくと、もっと精度の高いデータが欲しい、あるいはこれまで 測られたことがないあの場所で測りたいと思うようになります。未知の領域をめざすため には、新たな観測機器を開発する必要があります。

私たちが開発を進めているレーザー地震計は地下深い高温環境での精密観測を可能にします。この技術は地球の内部構造を解明するだけでなく、惑星探査への応用も検討しています。精密な地震計をいかにロケット打ち上げの振動や惑星着陸の衝撃に耐えるように作るか。着陸後に長期間安定に観測を続けるには? 当面の課題ですが少しずつ問題を解決しています。開発に困難はつきものですが、それらを克服していくプロセスも研究の醍醐味の一つです。これまで誰も知らない地球・惑星内部を、自ら開発した最高性能の観測機器で解明したいと考えています。



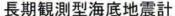
地下深部の高温環境での観測を目指して 開発中の広帯域レーザー地震計。惑星探査 への応用も検討しています。

海底観測から解明するプレート境界型地震

観測開発基盤センター 教授 篠原雅尚 mshino@eri.u-tokyo.ac.jp

日本列島に代表される島弧海溝系は、地球上で最も活動的な領域の一つであり、海洋プレートの沈み込みが各種の現象を引き起こしていると考えられています。海洋プレート沈み込みの詳細を明らかにすることは、島弧海溝系における諸現象を理解するだけでなく、社会生活に重要な地震発生予測などを考える上でも重要です。しかし、沈み込み帯の殆どが海域となっており、その詳細を明らかにするためには、沈み込み帯直近である海域での観測が必要です。観測開発基盤センター海域観測では、海底地震計や海底水圧計を用いて、海域における地震・地殻変動観測からプレート境界における地殻活動や構造の研究を行っています。近年は、トラフ付近で低周波微動や超低周波地震などが発見され、海底観測が期待されています。また、観測を推進させるための海底観測測器の開発・改良も行っています。







1Hz速度型地震計3成分を能動型レベリング装置に搭載し、1年間連続観測可能。50 cmチタン製耐圧容器

水圧計付広帯域海底地震計



360秒広帯域地震計を用いて、精密水圧 計も搭載可能。65 cmチタン製耐圧容器

小型広帯域海底地震計



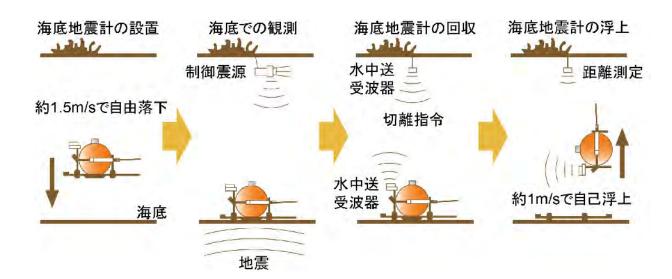


長期観測型海底地震計の地震計を20秒 計に換装して、長周期微動や超低周波地 震を対象に。50 cmチタン製耐圧容器

長期観測型海底圧力計



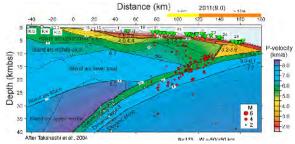
水晶発振子型精密圧力計を搭載し、2年以上の連続観測が可能。50 cmチタン耐圧球



自己浮上式海底地震計を用いた主な現在の研究テーマ

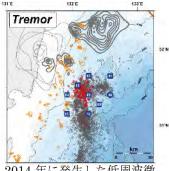
■ 東北沖地震震源域の地震活動モニタリングによるプレート境界の変化

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震は、プレート境界で発生すると思われる最大規模の地震の一つです。地震時にプレート境界が大きく滑り、地震活動の様式が地震を境に変化しました。特に、プレート境界付近の活動が低下しました。プレート境界は、その後、徐々に地震前の状態に戻ると考えられており、それに伴い、地震活動の様子も変化すると予想されています。そこで、地震発生8年後の現在も、余震観測から引き続き、長期型海底地震計を用いた海底地震観測を継続中です。



2013 年から 2014 年における岩手沖の地震分布 (断面図)。地下構造調査の結果と重ねてある。プレート境界で再び地震が発生しているように見える。

■ 日向灘から南西諸島海溝域における低周波微動観測



2014 年に発生した低周波微 動の震央(赤)。灰色は、2013 年の活動。

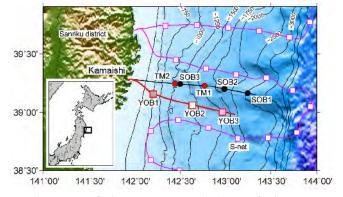
日向灘では、トラフ付近で低周波微動や超低周波地震が発生していることが知られていましたが、発生域直上での観測が行われておらず、その詳細は不明でした。2014年から、長期観測型海底地震計を用いた観測を開始し、微動活動の長期にわたる詳細をとらえることに成功しました。現在も観測は継続中です。これらの活動は、繰り返して同一の場所で発生しており、浅部でのプレート間固着と関係していると考えられます。トラフ付近はプレート境界が浅く、地震時に大きく滑ると津波波源域となることが想定されており、プレート境界の性質を明らかにすることは重要です。

海底光ファイバーケーブルを用いた海底地震観測と技術開発

海域で地震や津波を観測する方式としては、ケーブル式海底観測システムがあります。この方式は、海底でのリアルタイム観測が可能であり、研究だけではなく、防災などにも貢献することができます。現在の海底ケーブル観測システムは、センサの入った耐圧容器に、海底ケーブルを繋ぎ、ケーブルの末端を陸揚げすることにより、測器への電力供給およびリアルタイムでデータを陸上に伝送します。我々はこの方式の改良として、インターネット技術と最新半導体技術を適用して、信頼性を高く保ち、高精度なデータが取得可能なシステムを開発しました。

さらに、近年光ファイバーにレーザー光パルスを送り、その散乱光を観測することにより、

数 m から数十 m 間隔の空間的に極めて高密度な地震観測ができる技術が確立しつつあります。我々は、岩手県釜石市沖にある光ファイバー海底ケーブルを用いて、この観測技術の開発を行っています。海域観測では、観測に用いる測器は、一般には販売されていませんので、自分たちで作る必要があります。新しい測器の開発は、これまで得られなかった種類の観測データを取得し、新しい現象の発見、詳細な現象の把握を目的としています。このように、新しい観測測器開発も研究テーマの一つです。



岩手県釜石市沖の光ファイバー海底ケーブル観測 システムの位置



開発した観測システムの観測点

精密観測地震学 自らが観測したデータで研究する

観測開発基盤センター 酒井 慎一 地震研究所 1 号館 507 号室 03-5841-5745 coco@eri.u-tokyo.ac.jp

なぜ、そこで地震が起きたのか? 地震が発生することに、どんな理由があるのだろうか? 自ら考え、自ら観測し、自ら解析することで、地震の新しい理解をみつけることが目標。

- ・新たな地震観測データを取得する力
- ・地震観測データの裏に隠れている本質を見抜く力
- ・地震観測データから総合的な物理モデルを創り出す力

この3つの力を身につけ、新しい地震観測研究を広げていく。

最近は、国の基盤観測網が充実し、地震観測データが容易に取得できるようになってきた。さらに、 地震研究所には、高品質な観測データが大量に存在し、それらを実際に手に取って解析に用いることが 可能である。この利点を最大限に利用し、地震観測データの持つ力を実感するとともに、自らが地震観 測に参加することにより、地震観測データの質や重みを体感できる。地球で起きている現象(地震)の 何を知りたいのか、その地球物理学モデル構築のためにどんな理論を導けば良いのか、そのためにはど んな解析が適しているのか、どんな観測データが必要なのか、どんな観測をすればそれが得られるのか、 どのような観測技術を開発すべきなのか等を広い視野でとらえる。自ら考え、計画し、国内外の研究者 たちと協力して進められるような、次世代の地震観測研究を切り拓く研究者を目指してほしい。

● 最近の地震観測例(継続中)

- (1) 谷根千の寺社における稠密地震観測(2019-)
- (2) 大阪府北部の地震の合同余震観測(2018-) (図1)
- (3) 長野県小谷村における臨時地震観測 (2016-)
- (4) 首都圏地震観測網 MeSO-net による研究プロジェクト (2002-)

最近行われた地震観測研究

- (1) 北海道胆振地方東部の地震の合同余震観測 (2018)
- (2) 島根県西部の地震の余震観測 (2018)
- (3) 成田国際空港およびその周辺での稠密地震観測(2018-2019)
- (4) 武蔵野台地での超稠密地震観測(2018)
- (5) 鳥取県西部地震震源域における超稠密地震観測(2014-2018) (図2)
- (6) 熊本県・大分県における臨時地震観測 (2016-2018)

● 新たな地震観測技術の応用開発

- (1) 超小型時刻同期システムを導入した地震計の開発 (2017-)
- (2) 汎用的な利用が可能な稠密地震観測網の開発研究(2014-2017)
- (3) 自動販売機を利用した環境観測技術の開発(2011-2013)

2018年6月18日8時頃、大阪府高槻市でM6.1の地震が発生し、周辺地域で震度5強が観測された。 震源域周辺の4ヶ所にテレメータ観測点を立ち上げ京都大学、九州大学と共同で、合計100点以上の観測点を設置した。周辺には、有馬-高槻構造線や上町断層・生駒断層といった活断層があり、今回の地震との関係を明らかにすることが目的の一つである。

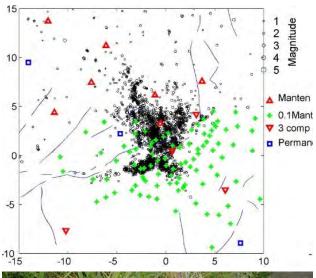




図1 大阪府北部での合同地震観測(上:観測点□△▽+と震源○(飯尾 2019)、下:地震計と収録装置)。

地下の応力状態を知るために地震の発震機構解の 分布を利用することがあるが、その精度向上のため に世界最高超稠密な地震観測網を行った(0.1 満点計画)。場所は、2000年鳥取県西部地震の震源域周辺で、 約 1km 間隔で 1000ヶ所に設置した。地震から 18 年 が経過しているが、まだ多くの余震が発生していて、 それらの分布やメカニズム解を高精度で決めること が可能である。観測点を稠密にしたことで、地下の 構造解析に対する精度も向上し、細かな地質に対応 した構造の違いや地震による揺れの大きさの不均質 も高分解能で得られ、実際の被害分布との詳細な比 較が可能である。

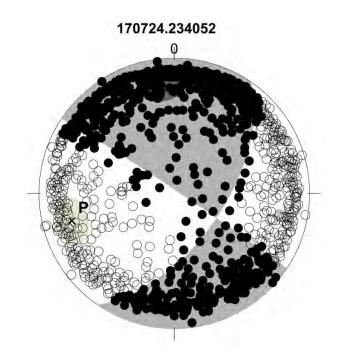


図2 超稠密地震観測で得られた押し引き分布

小型簡便安価な地震計の開発。各家庭に地震計が あれば、その建物がどの程度揺れたのかを知ること ができる。大地震発生後、その記録によって、住み 続けても良い緑色信号なのか、補修が必要だけどし ばらく住んでも良い黄色信号なのか、直ちに退去す べき赤色信号なのかが、建築診断士等の調査を待た なくても、自分で判断することができるようになる 仕組みを研究している。

そのために、小型で安価な地震計を開発している。 無線を利用することで、リアルタイムでのデータ収 集が可能になり、ケーブル工事の必要がなく、設置 可能範囲が拡大した。現在は、消費電力を抑えるこ とが課題である。低出力の電波によって隣の観測点 ヘデータを送り、それをまた隣へ伝送するといった バケツリレー方式で拠点観測点へとデータを集める 手法を開発中である。

[観測固体地球科学分野] 地震火山情報センター教授 木下正高 masa@eri.u-tokyo.ac.jp

地震研究所1号館404号室 Tel 03-5841-5809



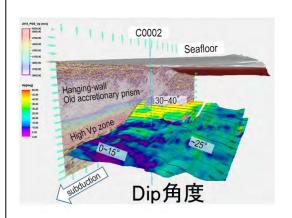
IODP超深度掘削による海溝型巨大地震震源域の「場」に関する研究

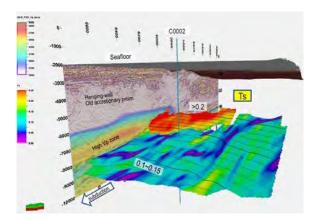
海溝型巨大地震の発生機構解明のため、紀伊半島沖の南海東南海地震断層固着域への科学掘削を主導しています. 掘削による現場計測により, 断層のその周辺の応力・水圧・温度等の情報を得て, 有限要素法や粒子法により地震発生帯の場の再現と時間発展の描像を目指します.

昨年度までで、一応海底下5kmの断層到達を目指した一連の掘削が一段落しました。地震発生帯に興味ある学生さんの参加をお待

南海トラフ地震発生帯断層の形状のばらつきが、滑り傾向度合いに与える影響 (Kinoshita et al, 2018)

地震破壊条件は、地中のある点に働く応力とその点の強度から決まります。プレート境界のような既往断層(弱面)の滑りやすさ (slip tendency) は、その面に働くせん断応力と垂直応力の比で決まりますが、その比は断層面の傾斜角に依存します。つまり断層形状が場所によって変動すると、滑りやすさもまた場所によって変動するはずです。3次元地震探査によって、南海トラフ地震波性帯プレート境界断層の形状が詳細に見えてきました。断層形状を詳細にマッピングし、その傾斜角などから断層面上での「滑りやすさ = slip tendency」分布をマッピングしてみました。





(左)紀伊半島沖南海トラフ地震発生帯断層の形状に、傾斜角をカラーイメージで重ねたもの、図の奥(海側)で断層が立っていることが分かる。また手間の傾斜が小さい部分に、筋状の窪みが見える。

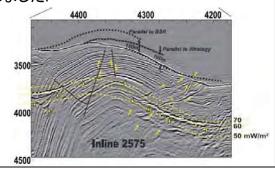
(右)同断層に、滑り傾向(slip tendency)をカラーイメージで重ねたもの、奥側の傾斜が急のところで滑り傾向が大きいことが分かる。

メタンハイドレート下限深度異常から断層活動の推定 (Kinoshita et al., 2011 G-Cubed)

南海トラフなど陸に近い海底堆積物中には、生物が分解してできたメタンが大量に存在します。メタンの生成分解過程は主に温度・圧力で規定されるため、深海底では海底から数百mまではメタンは氷(ハイドレート)として存在し、それ以深はガスになります。このためハイドレート下面深度(音響的反射面=BSRとして検出できます)はおおむね海底に平行です。ところが南海トラフ付加体斜面では、断層をはさんでBSRがずれている場所がありました。断層活動や堆積・浸食作用による急激な深度(圧力)変化が1万年以内に起きると、新たなハイドレート条件に熱的に適応できず、過渡的な現象としてこのようなBSR不連続が観測されうることを示しました。

南海トラフには3次元音波探査データが存在します. それを詳細に検討することで,このようなBSR異常などから断層活動の履歴を推定することが可能になります.

南海トラフ前弧斜面スラスト(黄色矢印)付近のBSR分布(Δ). 逆断層を境にBSR面がずれていることが明瞭に見て取れる。 黄色点線は、深部から一定の熱流量を与えた時に推定される BSR分布.



<u>Kinoshita, M.</u>, G. F. Moore, and Y. N. Kido (2011), Heat flow estimated from BSR and IODP borehole data: Implication of recent uplift and erosion of the imbricate thrust zone in the Nankai Trough off Kumano, Geochem. Geophys. Geosyst., 12, Q0AD18.

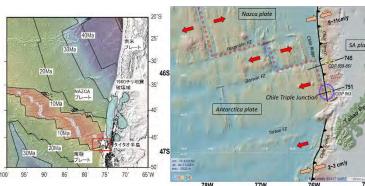
世界一熱いチリ海嶺沈み込み帯はなぜM9地震を起こしたのか: 熱的考察からの挑戦

チリの沖合には、現在拡大中の中央海嶺が沈み込んでいる場所があります。チリ三重会合点と呼ばれています。

1960年のチリ地震(M9.5)は、このチリ三重会合点より南側には伝搬しなかったことがわかっています。1980年に金森博雄先生があ提示した「沈み込むプレートが若く、速いほどMが大きい」という、シンプルな関係が、最近十数年の「古いプレート沈み込み帯」でのM9地震発生により再考を迫られているよに思われます。若くて速く沈み込むプレートは「常に」Mが大きい(破壊域が広い)のか、そしてその物理メカニズムは何か、プレート固着の実態(差応力・断層強度)の理解にもつながるこの問いに対する鍵を握るのが、熱構造です。

提案者らは平成30年度後半,本海域を含む105日の調査航海を実施しました.本研究に関連する調査日数は2週間と短いものでえしたが,チリ海嶺沈み込みの現場で,浅部構造探査・熱流量観測・試料採取を行い,データを得ることができました.

これらのデータと、最新鋭のシミュレーションと併せて、地震の大きさという大きな課題に挑戦しませんか...



チリ三重会合点の東西断面.

チリ三重会合点付近の地形・年齢

巨大地震・津波の研究

佐竹研究室

以下のような研究を行っています.

地震火山情報センター 佐竹健治 教授(所長) 鶴岡 弘 准教授(センター長・准教授)

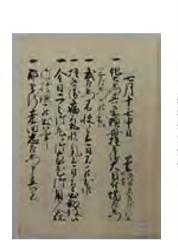
地震研究所

●地球物理学的観測データに基づく現代の地震の発生過程の解明

世界中で発生した巨大地震について,広帯域地震計に記録された長 周期表面波・実体波,震源近傍で記録された強震動データ,GPS や 水準・三角測量などの測地データ,津波データ(波形や遡上高)な どを組み合わせて,その震源過程を明らかにします。これによって, 津波地震,スロー地震など,異常な地震の発生メカニズムも明らか にします。このほか,統計に基づく地震発生予測モデルの時空間的 な高分解能化,高精度化のための研究と,それらを評価する仕組み の研究を行っています。

● 古地震研究と地震の発生・被害予測

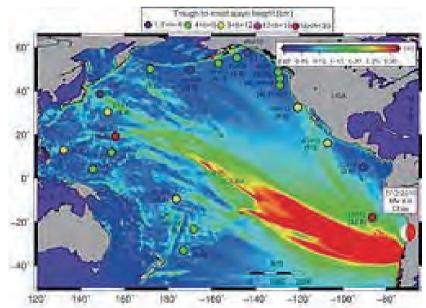
巨大地震はその繰り返し間隔が長いことから,地球物理学的な計器観測記録のみならず,歴史資料に基づく歴史地震学的研究手法,海岸地形や津波堆積物などの地形・地質学的研究手法,さらにはタービダイト分析などの海洋地質学的手法も併せて,過去の地震像を描いていくことが必要です。学内外の研究者・研究機関と協力し,このような「計器観測によらない地震学」を推進していきます。また,過去の地震データに基づいて将来のモデルを構築し,地震動や津波,それによる被害の予測を行います。このように、地質学・自然地理学・歴史学・土木工学などと連携して研究を行っています。





● 国際的な研究

発生頻度の低い巨大地震を調べるためには、日本のみならず海外の調査・研究も重要です。このため、海外の研究者との共同研究も行っています。大学院生・研究員の他に、毎年、多くの外国人教員や研究生が数か月滞在します。このため、研究室のセミナーは英語で行われます。





佐竹健治 教授 (地震研究所 所長)

地震研で大学院学生として学んだあと、東工大、カリフォルニア工科大学、ミシガン大学、地質調査所、産業技術総合研究所を経て、東大に戻りました。この間、地震波・津波の解析による震源過程の研究、古地震調査、海洋調査などを行ってきました。手段によらず地震を研究したい、また国際的に活動したい、という意欲的な学生を歓迎します。

Satake laboratory members 2019

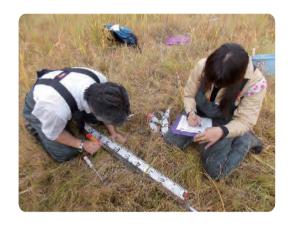
佐竹研究室





Mulia lyan (特任研究員)

Presently I am working on an optimization of tsunami observing systems to accurately characterize the tsunami source. I utilize a combination of numerical simulations and heuristic optimization methods to determine the optima number and spatial distribution of observation points. The research aims to provide a blueprint for deploying future tsunami observing systems.

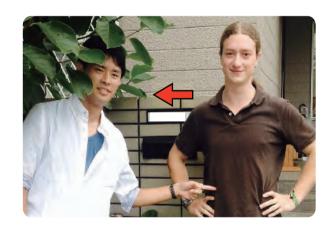


五島 朋子 (特任研究員) 津波堆積物調査から古地震の発生 履歴復元に挑戦しています。世界 中の『津波全史』を解明すること が夢です。地質学的調査・堆積物 の分析に興味のある方はぜひ佐竹 研究室へいらして下さい。



Tungcheng Ho (特任研究員)

My current study is the tsunami source inversion and trans-ocean tsunami simulation for 2011 Tohoku and 1960 Chilean tsunami. When I was in Taiwan, I worked for tsunami hazard and inundation assessment. Welcome to our laboratory.



三反畑 修(博士課程 3年) 海底火山で起こった小さな地震によって発生した大きな津波の原因を探るため、津波・地震・火山の広い知見を探求し研究をしています。佐竹研はとても自由に研究活動ができます。さらに国際色が豊かで、海外の友人もたくさん増えます。人生が豊かになります。



Wang Yuchen (博士課程 1年)

津波データ同化について研究しています. 津波警報システムのためにデータ同化手法の速度と精度を向上させます. さらに, 地球物理の時系列データ解析について興味を持っています. ようこそ! お越しください.



原田智也(特任助教)

現在,津波の数値シミュレーションや歴史資料に残された記録の解読などにより,過去に南海トラフ沿いで発生した巨大地震について研究しています.小笠原諸島における津波痕跡調査も実施しました.



中村亮一(特任研究員)

首都圏の三次元減衰構造と歴史地震の研究を行っています。 時々、史料調査なども行います。

