新学術 核ーマントル共進化ニュースレター
No. 7
平成31年2月28日発行

平成27-31年度　文部科学省 科学研究費助成事業
新学術領域研究

核ーマントルの相互作用と共進化
～統合的地球深部科学の創成～

CoreMantle Evolution

02-11　各研究班の研究トピック
02-03　下部マントル条件下での弾性波速度測定
～マイクロメートル精度の試料と超音波による挑戦～
04-05　サモア・ホットスポットの地下で見つかった異常
～地球深部で散乱された地震波の解析～
06-07　BEAMS（Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structure）
～私たちの惑星を太古から支えているもの～
08-09　岩石化学組成の統計的取り扱い
～地球ニュートリノ観測の高度化に向けて～
10-11　磁場で探る地球深部ダイナミクス
～核－マントル相互作用と地球ダイナモの解明～
12-13　新人紹介
14-15　イベント報告
16　受賞・国際教育



肥後　祐司

高輝度光科学研究センター
利用研究促進部門
回折・散乱Ⅰグループ極限構造物性チーム

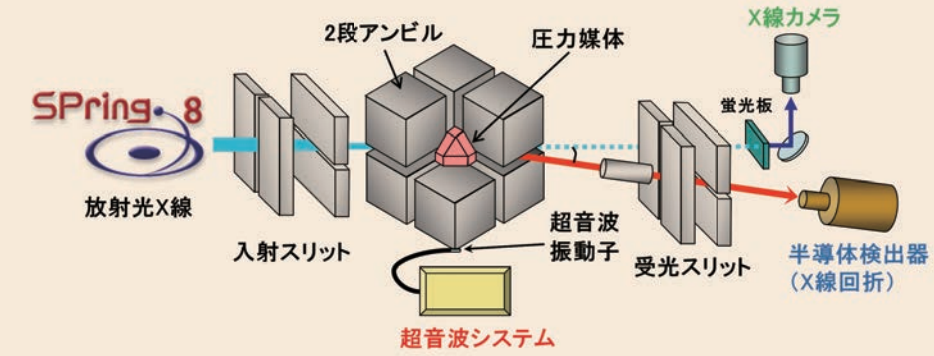
下部マントル条件下での弾性波速度測定

見えないから見たい！人類のこの欲求は巨大な望遠鏡を宇宙に飛ばし、原子一個を見ることができる顕微鏡を生み出してきました。しかし、我々の住む地球の足元はその 0.5%の深さも直接見ることができません・・・。地球は岩石と金属の巨大な塊であるため、可視光はもちろん透過せず、地球深部を透過できるのはニュートリノなどの一部の素粒子と地震波しかありません。このうち地震波は膨大な観測データの蓄積と、情報処理による 3D 可視化技術によって、近年高分解能な地震波速度分布のトモグラフィー画像が得られるようになっています（例えば、ニュースレター本号 6-7 ページ記事参照）。こうしたトモグラフィー画像で示される地震波速度の不均質は地震波が遅い部分は高温で、速い部分は低温部分という温度の違いとして一般に解釈されています。しかし、どのような種類の岩石がどのような化学組成で、割合はどれくらいか？また、結晶の向きはランダムなのか、特定の方向に選択配向しているのか？など、地震波速度データだけでは地球深部がどのような物質で構成されているかの問いに答えられません。この問いに答えるためには、地震波速度データとマントル鉱物の物性を繋ぐ高温高圧条件下でのマントル鉱物の弾性波速度データが欠かせません。

我々はこれまで、川井型高圧発生装置（ニュースレター No. 6 参照）と超音波測定システム（図 1）を用いて、マントル遷移層条件下までのマントル鉱物の弾性波速度測定に成功してきました。本学術領域研究では、更に下部マントル条件下まで実験範囲を拡大しようとしています。下部マントルは地球全体の体積の約 6 割を占め、マントル対流やマントルプルームなど、全地球ダイナミクスの主な舞台となっており、非常に重要な研究領域です。しかしながら、下部マントル構成鉱物の化学組成や熱弾性的特性は十分に明らかになっておらず、マントル対流やプルームの駆動力については未だ不明な点が残っています。

我々が採用する超音波法は、その測定原理は非常に単純です。試料の長さを超音波が透過する時間（トラベルタイム）で割るだけで弾性波速度を得ることができます。測定原理が単純ゆえに高い精度の弾性波速度を得られますが、下部マントルに相当する超高圧条件下で取り扱える試料サイズはおおよそ 1mm以下に制限されるため、トラベルタイムは数百ナノ秒と非常に短く、測定に使用する超音波の周波数は数十 MHz と実際の地震波と比較すると 6 桁以上高い周波数で測定する必要があります。仮に 1 %程度の速度測定精度を確保する為には、数マイクロメートル以下の試料長さ決定精度と、数ナノ秒のトラベルタイムの決定精度が必要となります。下部マントル条件下での弾性波速度の精密測定はこうした試料長さと超音波のトラベルタイムの精密決定が肝となります。

高精度測定を実現するために、我々は兵庫県にある大型放射光施設「SPring-8」の高フラックス・低発散角の放射光 X 線を利用しています。試料の上下端に挿入した非常に薄い金箔（厚さ 2.5μm）を高圧プレスのすぐ横に設置した X 線カメラで観察することで、試料の X 線吸収像から高圧下の試料長さを高精度で測定します（図 1）。



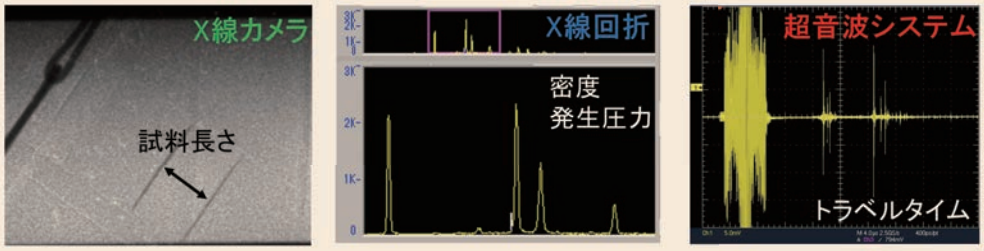
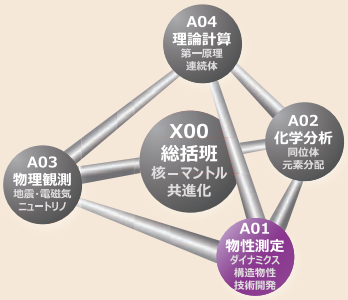


図 1．弾性波速度測定システム。

研究項目トピック



研究項目A01：物性測定

核とマントルの構造と運動を支配する鉱物学的・物質科学的実験データを、地球深部に相当する高温高圧条件のもとで実験的に収集します

～マイクロメートル精度の試料と超音波による挑戦～

試料のトラベルタイムは、ニオブ酸リチウム（$LiNbO_3$）などの超音波振動子を高周波電気信号で超音波を発生させて、測定します。図 2 に示すように、超音波振動子は高温高圧に晒されない 2 段アンビルの外側に貼り付けますが、アンビルとバッファーロッドの境界では超音波をとても反射しやすいため、ほとんどの超音波はアンビル表面で反射してしまい、試料からの超音波エコーは非常に微弱となります。そこで、新たに高い信号対雑音比（S/N）で試料の超音波エコーを捉えるシステムを開発しました。クロック周波数 4.2GHz の高性能波形発生器で数サイクルのサイン波形を発生させます。この信号の電圧は 2V 程度と弱いため、電圧増幅器でピーク電圧を 70V まで増幅させて、超音波振動子を強く振動させます。この電気増幅器では信号が入力した時のみ ON となり、それ以外の時間は OFF となります。マイクロ秒レベルで増幅器の ON-OFF を切り替えることで、ノイズレベルを低く抑えることができます。超音波振動子で発生した超音波は 2 段アンビルを伝播し、圧力媒体内部のバッファーロッドを介して、試料に超音波が伝わります。試料の両端で反射した超音波は再びバッファーロッド・アンビルを伝搬して、超音波振動子で再び電気信号に変換されます。超音波エコー信号はデュプレクサー（入出力信号分離装置）によりオシロスコープに入力され超音波波形が観察されます。こうした、超音波パルスの発信と受信を 1 秒間に 1000 回ほど繰り返し、これらのデータを平均化処理して、更に S/N を向上させています。このようにして得られた波形が図 3 です。

本技術開発により、下部マントル最上部およそ 800km の深さに相当する 29 万気圧（29GPa）での弾性波速度測定が可能になりました。今後、下部マントル構成鉱物について様々な化学組成や温度圧力条件で弾性波速度測定データを蓄積することで、地震波による観測データとのより精密な比較が可能となります。これにより、今後、下部マントルの化学組成や構造により強い制約がかけられるようになることを期待しています。

更に焼結ダイヤモンドアンビルを利用して、下部マントル最下部に相当する約 135 万気圧（135GPa）までの超音波測定技術の開発を進行中で、更なる技術開発により下部マントル全領域の精密弾性波速度測定も夢ではありません。

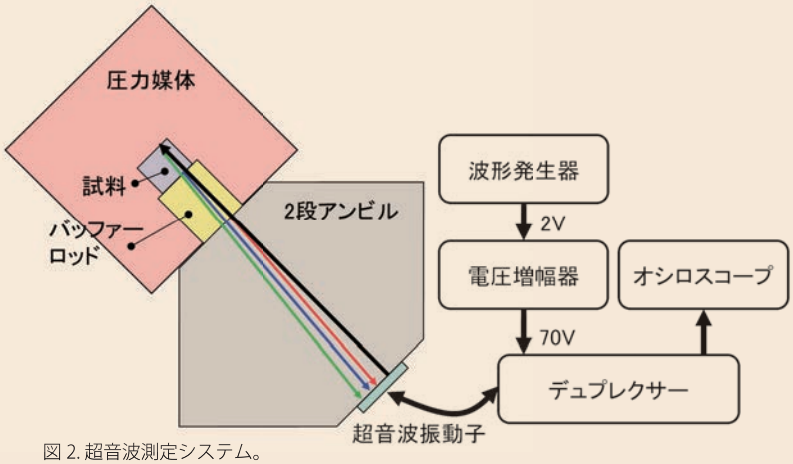


図 2. 超音波測定システム。

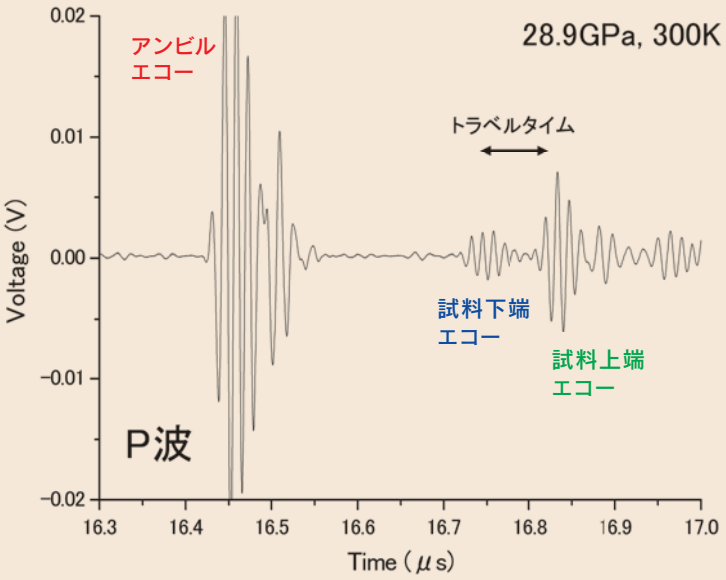


図 3. 29 万気圧（29GPa、300K）での超音波エコーのデータ例。赤・青・緑字のエコーは図 2 の赤・青・緑線に対応。



金嶋　聰

九州大学
大学院理学研究院
地球惑星科学部門

サモア・ホットスポットの地下で見つかった異常

地球深部の大規模な構造は、地震波トモグラフィーと呼ばれる方法によって地震波速度の地域による違い（地震波速度不均質）として、明らかにされています（例えば、ニュースレター本号 6-7 ページ記事参照）。対象を下部マントルに限ると、地震分布や観測点に関する条件が良い場合には、およそ 500 kmよりも大きな規模の地震波速度異常は、ある程度高い信頼度を伴って解像されていると考えてもよいでしょう。本稿では、より小さな規模（1 ～ 100 km）の異常（ここでは小規模不均質構造と呼びます）を検出する地震学的な研究について述べます。

周囲と比べて地震波速度や密度が著しく違っている様々な形状の領域（小規模不均質構造）に P 波あるいは S 波が入射すると、その領域から新しい波が現れるような現象が見られます（小規模不均質構造が二次的な波源として振る舞う、と言います）。この種の現象には、性質の異なる二つの媒質の境界面における反射や変換（S 波から P 波へあるいは P 波から S 波へ）と呼ばれる現象も含まれますが、ここでは総称して散乱と呼ぶことにします。地球深部を伝わる色々な波の散乱を観測して、トモグラフィーでは分からない小さな規模の不均質構造を描き出す試みが行われています。散乱波は、その種類ごとに探索しやすい領域が異なっており、また波長や散乱形態も様々であることから、異なった空間スケールや物性の不均質を反映します。従って、それらの結果を巧く総合することができれば、不均質構造の実像をより具体的かつグローバルに明らかにすることができると期待されます。

マントルの性質が一様ではない（不均質である）ことを証拠立てるもう一つの柱として、ホットスポットの火山岩の同位体分析を始めとする地球化学的な研究があります。これまでに粒子スケールから 10000 kmに及ぶ、様々なスケールの化学的不均質構造がマントルに存在することが明らかにされています。ホットスポットの火山活動を引き起こしている上昇流（プルーム）は下部マントル最深部に起源を持つと考えられています。プルームがマントル内を上昇する際に周囲のマントル物質や一度マントルに沈み込んだ地殻物質等の色々な組成の物質が巻き込まれて、それらが小規模な不均質構造を形成していると考えられています。このようなプルーム内部の不均質構造を地震学的手段で検出できれば、マントルの物質循環の根幹にかかわる問題に重要な情報が得られるのですが、技術的な困難さもありこれまでほとんど行われていなかったといってよいでしょう。

さて、トンガ・フィジーの沈み込み帯で起きる深発地震を、アメリカ西海岸、アラスカ、日本に設置されている地震計ネットワーク（地震計アレイ）で記録した地震波形には、P 波に遅れること 20 ～ 150 秒後に後続波がしばしば観測されます。環太平洋全域の深発地震帯において普遍的に観測されるこの種の後続波は、下部マントルの上部～中央の不均質な構造の起源を持つ SP 散乱波（散乱体によって S 波から P 波へ変換された波）という波であると解釈されます（図 1）。この散乱波は時には最初に到着する P 波の 10%を超す大きな振幅を示すこともあります。各種の散乱波の中で、SP 散乱波はその信号が時として極めて明瞭であり、散乱波源の特定の精度も高いという長所を備えています。卓越周期 1 ～ 2 秒（10 km程度の波長に対応）を持つ入射 S 波が非常に効率よく散乱（変換）されることから、下部マントル中に弾性的性質（密度、地震波速度）の顕著に異なる岩体が接している場所が多数あることが証明されます。性質の異なる二つの岩体間の境界部分は 1 ～ 10 kmという狭い幅を持っていなければならないことが実証されるだけでなく、両岩体の隣接する領域が少なくとも 50 ～ 100 kmの拡がりを持っていることも推測されます。

サモアのホットスポットは、太平洋の大規模 S 波低速度領域（Large Low Shear Velocity Province: LLSVP）と呼ばれる、下部マントル最下部からおよそ 1000 kmも立ち上がっている低 S 波速度（S 波速度が 3%近く遅い一方バルク音速はやや速い）の特異な領域の南端付近にあります。今回見つかった下部マントル散乱体の多くはその LLSVP の中心から見て南側に位置します。また、サモア・ホットスポットより東側、南緯 10 度より南では散乱体は減る傾向が見られます（図 2）。一方、サモア・ホットスポットの西側でも南緯約 10 度より北に行くと散乱体は減るように見えますが、それは今回用いたトンガ・フィジーの地震と観測点の位置から生じる見掛けの特徴であると考えています。

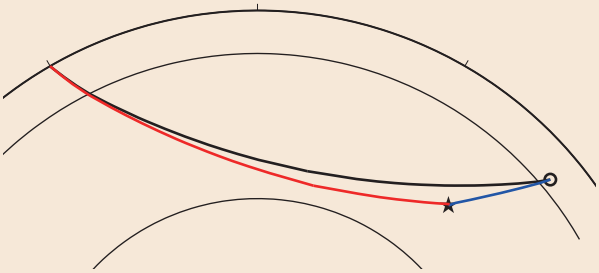
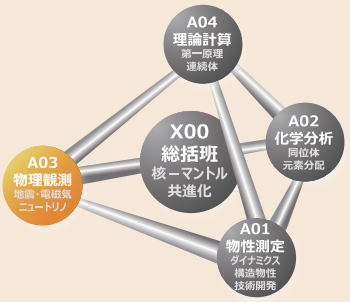


図 1. SP 散乱波の波線。白丸が震源、星印が散乱体。散乱体で S 波（青線）から P 波（赤線）に変換される。黒線は最初に到達する P 波の波線。

研究項目トピック



研究項目A03：物理観測

地震・電磁気・地球ニュートリノの観測技術を駆使し、核とマントルにおける物質の移動と変形などに関する実証データを取得します

～地球深部で散乱された地震波の解析～

今回注目するのは、サモア・ホットスポットの下 900 kmから 1200 kmの深さに、一連の顕著な散乱体が東西に延びて分布している様に見える点です（図 2AーB および図 3）。同地域のより浅い領域についてはまだ確かな結果が得られていません。深さ 600 km付近には沈み込むプレートと関係がありそうな構造が見られますが、地表に現れているサモア・ホットスポットの火山に直接つながる最上部マントルの火道と直接関連しそうな散乱体は、これまでに筆者が試みた SP 変換波の解析では見つかっていません。深発地震を用いた SP 変換波の解析という手段が、最上部マントルの探索にはあまり有効でないことにもよるのでしょうが、さらなる解析が必要です。尚、アフリカの下にあるもう一つの LLSVP の底付近に小規模な散乱体があるとの報告が、別の研究者によってなされています。これは PKP 先駆波を用いた研究であり、今回の SP 散乱波を用いた方法では太平洋 LLSVP の底付近の散乱体は見つけられません。LLSVP の周辺には上昇流に巻き込まれた不均質物質からなる散乱体が多いかどうかなど、今後のさらなる解析によって明らかになることが期待されます。

サモア・ホットスポット下で検出された下部マントルの「小さな」不均質は何を表わしているのでしょうか？下部マントル深部の「大きな」不均質（LLSVP）の解釈の一つとして、それはマントル対流によって掃き寄せられたパイルと呼ばれる塊であり、その上部から地表につながる小さなプルームが生じるという説が唱えられています。しかし、他の研究者によるマントル対流モデルによれば LLSVP の中央からプルームが生じる場合もあり、どれが正しいか確定的なことはまだ言えないようです。LLSVP と関連のあるホットスポット下のプルームは下部マントルにおいてはどの様な形状をしており、またプルーム物質はどのような物性を示すのでしょうか。サモア・ホットスポット下の深さ 900 km付近に見つかった散乱体の一群は、ほぼ鉛直で西北西ー東南東方向に幅 200 km程度の拡がりを持つ緩やかに曲がったシート状（火山学的にはダイク状とも呼びます）に分布するように見えます（図 2、図 3）。あるマントル対流のシミュレーションでは、LLSVP のようなマントル最下部の大規模な熱化学組成的異常領域から、シート状に水平方向に伸びた複数の嶺（リッジ）を形成しながら上昇流が生じ、その様なシートから円柱状のプルームがより浅いマントルに上昇する傾向が見られます。サモア・ホットスポット下の深さ 900 ～ 1100 kmの東西に並ぶ散乱体（図 2）はこの様なリッジ的構造を見ているのでしょうか。想像の種は尽きません。

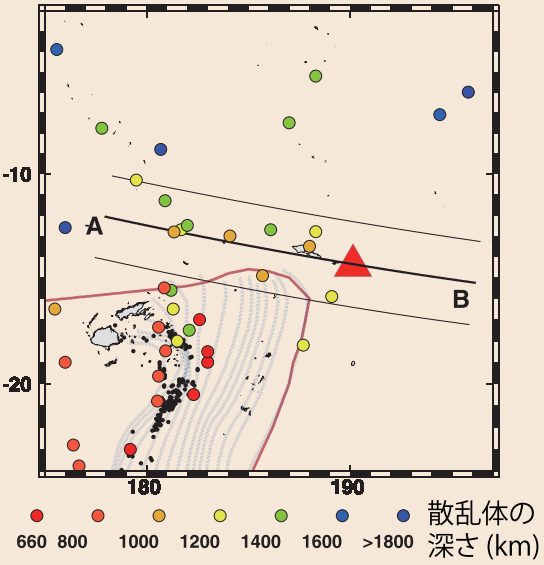
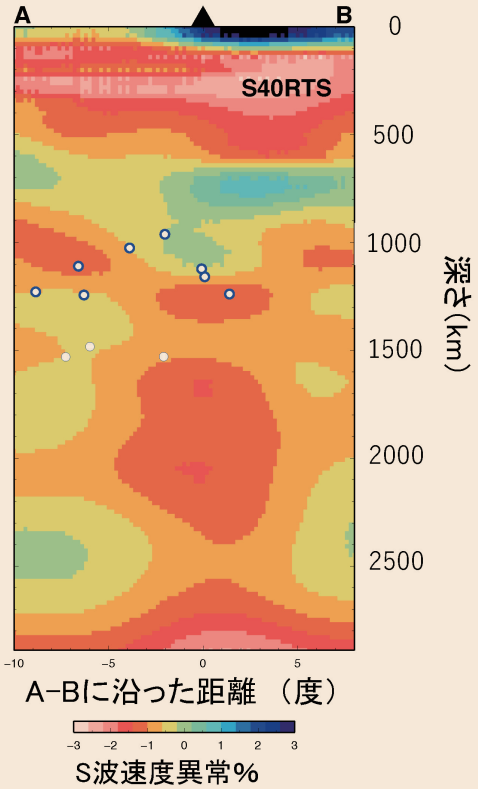
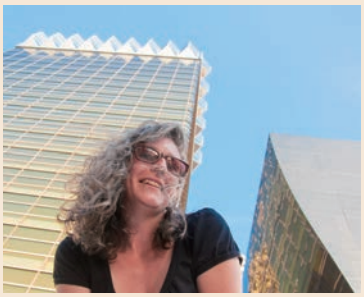


図 2. サモア・ホットスポット周辺の地図。赤い三角がサモア・ホットスポットの位置を示す。色付きの円は下部マントル SP 散乱体の水平位置を表わす。深さを表わす色については図の下の凡例を参照。550 kmより深い地震の震央を黒点で、沈み込むプレート（和達 - ベニオフ帯）の等深線を青線で、海溝の位置を茶色の太線で示す。ホットスポットの移動軌跡（トラック）に近い大円 AB に沿って図 3 の断面図を描く。

図 3. S 波トモグラフィー断面図の一例と検出された散乱体位置。図 2 の AB に沿った断面図。図 2 の AB を挟む二本の細い線の内側の散乱体の位置を青丸で示す。太い青線で囲った丸は本稿で注目する散乱体。黒い三角はサモア・ホットスポットのおよその位置。





Christine Houser
東京工業大学
地球生命研究所

BEAMS (Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structure)

1. 惑星形成の謎

惑星形成に関する手掛かりは、岩石でできたマントルと溶けた鉄でできた核が出会う深部に隠されています。核―マントル境界には、岩石と金属がどちらも溶けていて重たい金属鉄が中心に沈んだ頃の、とても古い状態が残っているかもしれません。プレートテクトニクスによって海洋地殻は更新され、大陸地殻は成長や移動していくので、惑星の表面は常に変化しています。しかし、マントルの深い領域は、原始惑星の衝突で月ができた時代より以前の、いわば手つかずの状態で残っているのかもしれないのです。地球深部への旅は時を遡る旅に似ているとも言えます。

2. 下部マントルの探検

人類が掘り進んだ穴は、最も深いところでも地表から約 10km までしか達していませんが、地球体積の 55% を占める下部マントルのてっぺんですら約 660km もの深さにあり、さらに下部マントルは深さ約 2890km の核―マントル境界まで拡がっています。わたしたちにとって運が良いことに、地震から発生した地震波はとても小さい振動として伝わり、世界中の地震計で記録されます。地震の研究者は、地球の表面を伝わる波や P 波や S 波、それらが地球内部で反射した波の記録を集め、地球深部の岩石の特性を導きだします。私は図 1 に示すような地震波を使い、地球内部の 3 次元の地図を描いています。そこには、図 2 で青い色で表される地震波が速く伝わる領域を見つけることができます。それは、周りのマントルを構成する岩石より冷たくて重いので地表から核―マントル境界まで落ちていく、いわゆる沈み込む海洋プレートを表しています（スラブ、Slab と呼ばれます）。一方、図 2 では赤色で表される地震波が遅く伝わる領域も見つけることができるでしょう（大規模 S 波低速度領域、Large Low Shear Velocity Province: LLSVP と呼ばれます）。そこは、温度が高くて軽いので核―マントル境界から上昇してくる物質でできていると考えられ、ついにはホットスポット火山を作ります。私の研究は、これら地震波が速いところと遅いところが地球の進化に果たす意味を明らかにすることを最終的な目標にしているのですが、今注目しているのは、そのどちらでもない、図 2 で見える空白の領域に当たる普通のマントルです。

3. 下部マントルとは

太陽と太陽系天体の組成から、全地球の組成を導き出すことができます。例えば、地殻と核を構成していると考えられる要素を差し引いてみましょう。残った組成がマントルに相当すると考えられますね。スーパーコンピューターや高温高圧実験でマントル深部にある鉱物の状態を再現し、地震波の伝わる速さを求めることができます。その結果を実際の地震波の観測から求められた数値と比べてみましょう。下部マントルは、主にペロフスカイト（最近、ブリッジマナイトと命名されました）と呼ばれる鉱物から構成されていることがわかってきました。下部マントルは、ブリッジマナイトが 80% 以上を占めています。それはケイ素と酸素原子に囲まれたマグネシウム原子（その約 10% は鉄に置き換えられます）から成り、化学式では $(Mg, Fe)SiO_3$ と表現さ

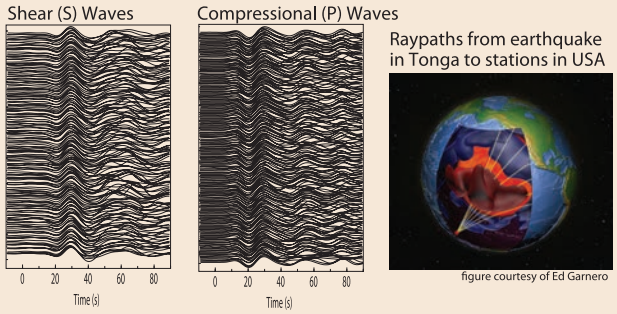


図 1. S 波（左）、P 波（中）の波形例、（右）トンガで発生した地震波がアメリカまで伝わる際の伝播経路。

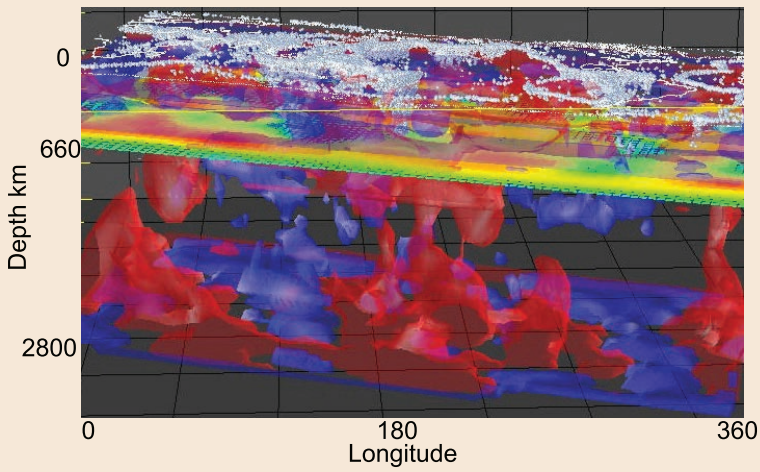
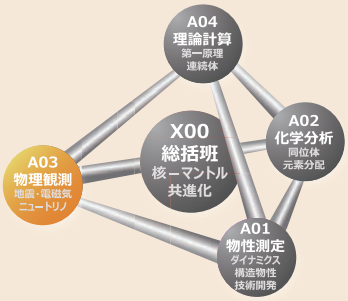


図 2. 地球のマントル内の速度分布を南からみた断面透視図。地震波が速く（遅く）伝わる部分を青く（赤く）表現している。地表面近くの白い球は、地震の震源。上部マントルと下部マントルの境界である 660km 不連続面の凸凹を、黄色が平均、浅い（深い）場合を赤（青）で示す。青い領域は、冷たい海洋プレートであり、数億年前から沈みこみ下部マントルに達し地球を冷やす。赤い領域は、未解明な部分もあるが、多くはハワイやアイスランドのような場所で火山活動を引き起こす上昇流（マントルプルーム）に関係している。

研究項目トピック



研究項目A03：物理観測

地震・電磁気・地球ニュートリノの観測技術を駆使し、核とマントルにおける物質の移動と変形などに関する実証データを取得します

～私たちの惑星を太古から支えているもの～

れます。下部マントルを構成する鉱物の5%未満は、カルシウム・ペロフスカイト（$CaSiO_3$）ですが、カルシウムイオンはマグネシウムや鉄よりずっと大きいため、その分子構造はずいぶん違います。残りは酸化マグネシウム（マグネシウムの約10%は鉄に置き換えられます）(Mg, Fe)O です。これはフェロペリクレースと呼ばれ、ブリッジマナイトよりずいぶん柔らかい鉱物であると考えられています。鉱物の名前はずいぶん面倒ですが、下部マントルを構成する鉱物は地殻や上部マントルよりはずいぶん単純です。

4. 下部マントルの理解

20年前まで、科学者は下部マントルと上部マントルが全く違う化学組成をもつ別の領域であるのか、それともよくかき混ぜられているか、言い換えれば、海洋プレートが下部マントルまで沈み込んでいるのかいないのか、についてずっと議論していました。しかし、図2のような地震トモグラフィーと呼ばれる、地震波が速く伝わる領域と遅く伝わる領域を示す3次元のマントル地図を見ると明らかなように、海洋プレートは上部マントルを突き抜け下部マントルに達し、さらには核―マントル境界まで連なっている部分があるように見えます。コンピューターの性能が上がるにつれて、プレートや柱状の上昇流（プルーム）がどのようにマントル内を循環するのかを示すモデルがますます洗練され、マントルがよくかき混ぜられていると考えられるようになりました。しかし、このマントルの均質混合モデルでは、地球内部には他の部分と混じり合うことのないリザーバーまたは大きな岩石領域が数十億年もの間存在し続けているはずだという、地球化学的な研究から示されているモデルとは一致しません。このことが、地球化学者と地球物理学者の間の意見の違いを生んできました。そのため、地球化学と地震学と地球の動的進化を満足するモデルの構築が長年望まれてきたのです。

5. BEAMS モデル

そこで私たちは、「ブリッジマナイトが豊富な古代マントル構造」(Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structure, BEAMS) モデルと呼ぶ下部マントルの進化に関するシナリオを作りました。このモデル（シナリオ）では、古代の下部マントルは、ほぼ全体がブリッジマナイトで構成されていたものとして出発します。最初の2、3億年で、冷たくて重いけど柔らかい物質（沈み込むプレートはより多くの柔らかいフェロペリクレースでできているからです）が、硬いブリッジマナイトへ沈み込み始めます。この物質は核―マントル境界で温められ、高温で軽くなってブリッジマナイトを突っ切ってふたたび上昇します。一度このような運動が始まると、その後30億年間にわたって活発なプレートテクトニクスとして継続します。岩石は既存の弱い部分に沿ってのみ沈んだり上昇したりするので、古代のマントルの残りの部分は比較的影響されることはありません。初期の研究では、よりケイ素の多いブリッジマナイト鉱物を通過する地震波の伝播速度はあまりにも速く、地震学の観測とは一致しませんでした。しかし、マントルを構成する岩石の高温高圧（2500ケルビン、130万気圧）における原子の振る舞いをコンピューターでシミュレートできる最近の技術を用いると、以前の見積もりは速すぎること、やや温かいブリッジマナイトで構成される平均的なマントルに囲まれた、フェロペリクレースをより多く含む高温ならびに低温の弱線における地震波速度は、実際の地震波速度の深さ変化や3次元地震波速度の分布パターンとよく一致することがわかりました。BEAMSモデルでは、沈み込むプレートやプルームを取り囲む平均的なマントルが、地球化学でいう始原的リザーバー（揮発性成分が抜け出していない埋もれた岩石領域）であり、これまで一度もホットスポットや島弧、海嶺などで溶融したことのない領域であり、地球形成時からの化学組成を保存している領域なのです。すなわち、どうやって地球化学と地球物理学を統合するかという問いに対する答えは目の前にありました。それは、普通の下部マントルだったのです。

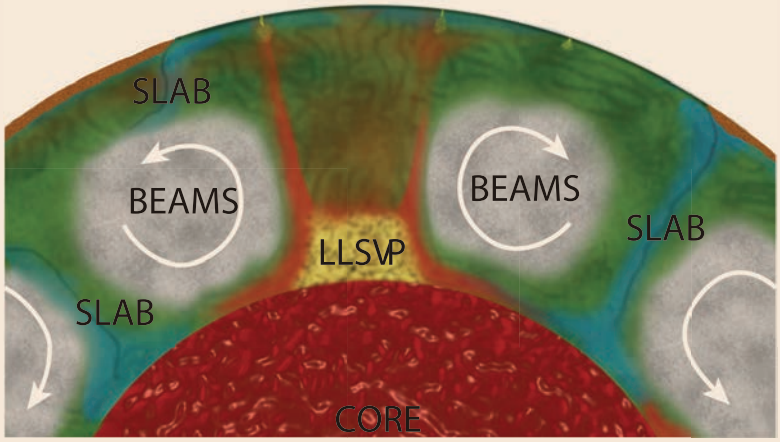
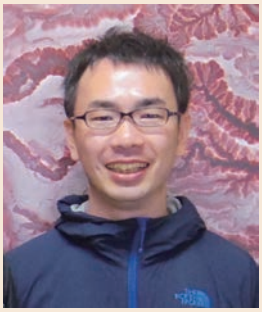


図 3. BEAMS モデルの概念図。「ブリッジマナイトが豊富な古代マントル構造」(Bridgmanite Enriched Ancient Mantle Structure; BEAMS) は大規模 S 波低速度領域 (Large Low Shear Velocity Province: LLSVP) と沈み込むプレート（SLAB）に取り残された領域。



上木　賢太

海洋研究開発機構
地球内部物質循環
研究分野



竹内　希

東京大学
地震研究所
海半球観測
研究センター



岩石化学組成の統計的取り扱い

我々は、神岡 (岐阜県飛騨市) に設置されている反ニュートリノ観測施設「KamLAND」で観測される地球ニュートリノを用いて、地球深部の元素の存在量を直接観測する研究を進めています。地球ニュートリノは、地球内部に存在するウランやトリウムなどの放射性元素の崩壊で放出されます。地球ニュートリノ観測によって深部マントルや核の放射性元素の存在量を直接知ることで、プレート運動や火山活動をもたらすマントル対流の原動力の解明や、地球の形成や進化の歴史までも遡ることが可能になると期待されます。

このように、我々の地球ニュートリノ観測の目的は、地球深部の情報を得ることにあります。一方、地表からおよそ深さ 30km までを占める地殻を構成する岩石には、地球ニュートリノをもたらすウランやトリウムがマントルの岩石と比べて高濃度で含まれているため（図 1 を参照）、地球ニュートリノから地球深部の情報を得るためには、神岡での観測値から日本列島地殻由来のニュートリノの寄与を引き去る必要があります。そのために我々は、日本列島地殻のウランとトリウムの存在量と、その 3 次元空間分布を推定する研究を進めてきました。日本列島地殻のウランとトリウムの存在量と空間分布を知ることで、日本列島の地殻全体から放出される地球ニュートリノ量を精密に見積もることが可能となります。この値を KamLAND での観測値から引き去ることで、地球深部由来のニュートリノ、ひいては地球深部のウランやトリウムの存在量を高精度で見積もることが可能になるのです。

そのためにまず我々は、日本列島の地震波速度構造および地質学的情報を用いた新しい手法で、日本列島下の地殻の 3 次元岩石分布地図を作成しました（詳しい内容はニュースレター No. 6 をご参照ください）。次に岩石種ごとの元素濃度の情報が得られれば、日本列島地殻の 3 次元元素分布を求めることが可能となります。我々は、様々な文献から、日本列島を構成する岩石の化学組成を収集しました。さらに日本列島各地で捕獲岩を採取し、化学分析を行いました（詳細はニュースレター No. 3 をご参照ください）。

図 1 に、岩種ごとのウランとトリウムの濃度を示しました。これらの多数のデータを岩石分布地図と統合して日本列島地殻の 3 次元元素分布地図を作るためには、それぞれの岩石種ごとの化学組成を数理的に記述し、データを統合して予測を可能とするモデルを構築する必要があります。そのために我々は、岩石種ごとの化学組成を確率密度関数として扱うことにしました。確率密度関数として捉えると言うことは、無作為にある岩石を一つ拾ったときにその岩石が取る元素濃度の確率を数式で記述するということになります。このような発想を取る際には、一般的に地球科学では正規分布や対数正規分布が用いられてきました。一方我々は新たに、「ガンマ分布」と呼ばれる確率密度関数を用いることを提案します。図 2 に、ガンマ分布、正規分布、対数正規分布と、実際のデータの頻度分布を比較した図を示します。このように、岩石の元素濃度は、岩石種によって様々な頻度分布の形状を示します

たとえばマントルを構成するかんらん岩は非常に偏りや尖りの強い分布であるー方、堆積岩は対称に近い形状です。下部地殻を構成するはんれい岩や上部地殻を構成する花崗岩は両者の中間の形状を示します。図 2 を見ると分かるように、ガンマ分布の第 1 の利点として、対称に近い形も偏った形もよく再現するという点があげられます。さらに、ガンマ分布を用いたモデリングの第 2 の利点として、元のデータの平均値を再現する、という点が挙げられます。ガンマ分布を用いることで、元のデータの持つ特徴を最大限に生かしたモデリングが可能となるのです。

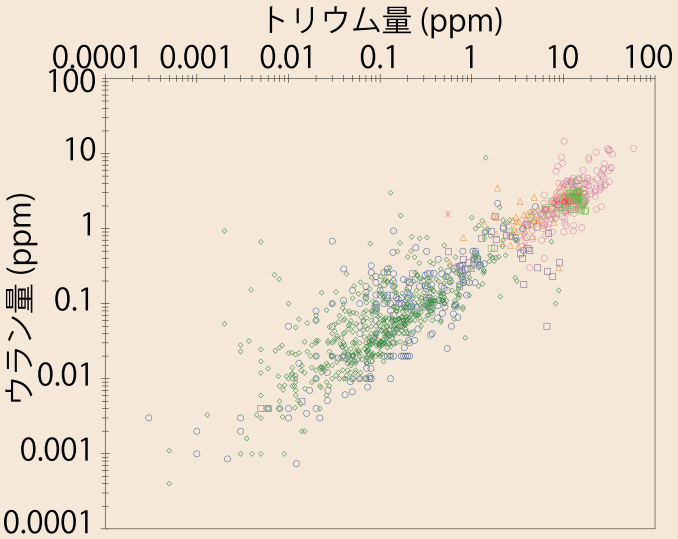


図 1. 様々な岩種のウランとトリウムの濃度。濃度は ppm（百万分率、1ppm=0.0001%）で示されている。シンボルの形と色で、岩石の種類を示した。緑色の菱形はマントルを構成するかんらん岩、それ以外のシンボルは日本列島の地殻を構成する岩石である。

研究項目トピック





飯塚　毅

東京大学
理学系研究科
地球惑星科学専攻



榎本　三四郎

ワシントン大学
物理学科

東京大学
国際高等研究所
カブリ数物連携
宇宙研究機構

～地球ニュートリノ観測の高度化に向けて～

このようにして、岩種ごとの組成確率密度分布モデルを得ることができました。このモデルと岩石 3 次元分布地図を用いることで、ばらつきや誤差も考慮した日本列島の 3 次元ウラントリウム分布、そして日本列島地殻由来の地球ニュートリノ量の推定が可能となりました。図 3a に、地表での熱放出量に換算された地殻内部のウランとトリウムの分布を示します。現時点ではまだ推定の誤差（図 3b) は大きいですが、今後研究が進んで、地殻を構成する岩石の分布や化学組成の空間変化を我々が理解することで、この幅は小さくなっていくと期待されます。

化学組成の確率モデル化の研究を進めるうちに、ガンマ分布での統計モデル化を通して、岩石形成に関する重要な情報を得ることができることが分かってきました。図 2 に示した岩石種は「形状パラメーター」と呼ばれる、ガンマ分布の形状を示す値（図中の k という値）の順番に並んでいます。k の値が小さい左上の岩石ほど非対称な形状、大きい右下の岩石ほど左右対称の形状を示しています。このように k という客観的な数字で表される分布の形状に着目して岩石種を並べると、その順序は、マントルを構成するかんらん岩から、かんらん岩の溶融で生じた玄武岩質マグマが固化したはんれい岩、はんれい岩の溶融や玄武岩質マグマの分化で生じたマグマが固化することで生じた花崗岩を経て、これらのすべての岩石が風化されて生じた砂や泥が混ざり合い固まった堆積岩に至るという、いわゆる「岩石輪廻」と呼ばれる順序となっていました。つまり、元素濃度の確率密度分布の形状が、岩石の成因や進化に関わる情報を持っているようなのです。なぜ分布の形状から岩石の進化に関わる情報が得られるのでしょうか？この疑問は、ガンマ分布の数学的性質から説明できます。数式の意味を考えると、k の値は、岩石が生成するために被ったプロセスの数や、岩石生成までに被った混合の回数を意味するのです。つまり、岩石進化の過程を k の値、すなわち分布の形状が反映していたのです。この結果は、適切なモデリング手法を用いることで、モデル構築のみならず、データの裏に隠れた構造の抽出、すなわち岩石生成のプロセスを知ることができるということを意味します。ニュートリノを用いた研究のために岩石の化学組成を厳密に取り扱うことで、岩石の進化に関する情報までも得ることができました。新学術領域という場で、地質学や地球化学の枠に閉じず広いコラボレーションを行うことによって、新しい研究が続々と進展しつつあります。

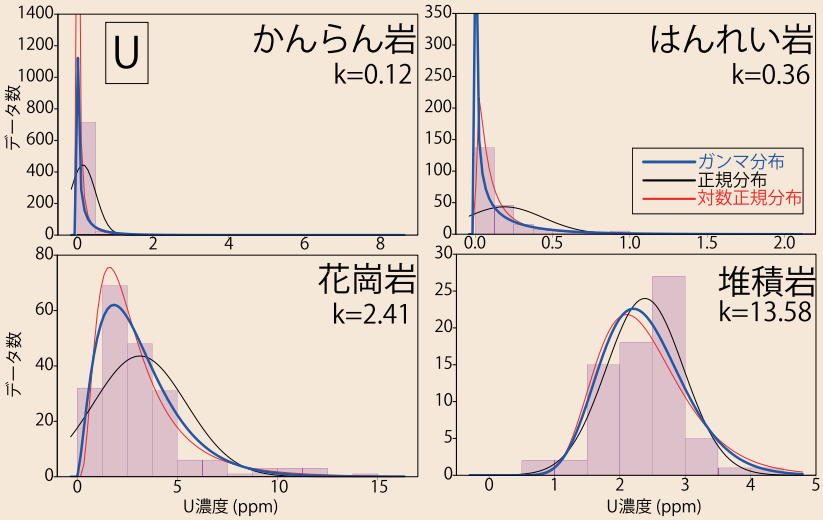


図 2. 岩種ごとのウラン濃度の頻度分布（桃色）およびモデル化した確率密度分布（実線）。縦軸はデータ数、横軸は濃度 (ppm) を表す。実線の色はガンマ分布（青線）、正規分布（黒線）、対数正規分布（赤線）を示す。図中に示した k という数値は、ガンマ分布の形状を表す「形状パラメーター」と呼ばれる値である（本文参照）。

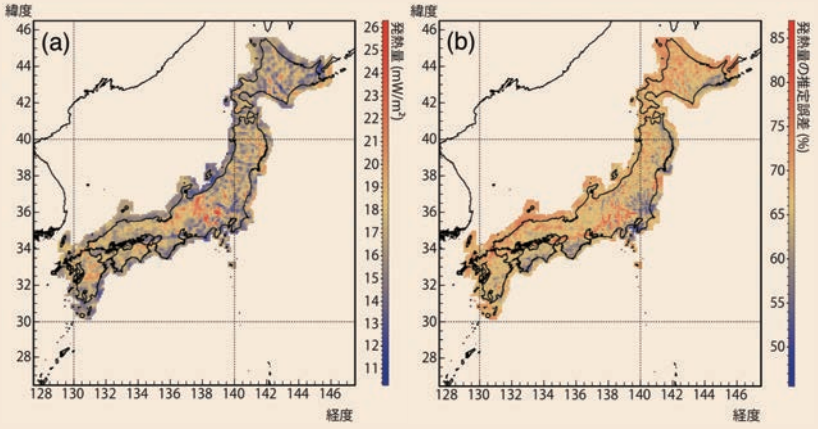


図 3. (a) 推定された地殻内のウランとトリウムの総量。地殻内のウランとトリウムの崩壊熱の総量に換算して示されている。(b) 発熱量の推定誤差。



高橋　太

九州大学
大学院理学研究院
地球惑星科学部門

磁場で探る地球深部ダイナミクス

磁石が北を指す性質（指北性）は古くから知られています。1600 年にイングランドの物理学者ウィリアム・ギルバートが自らの著書「De Magnete」において、地球が巨大な磁石であるとして、この指北性を説明しました。地球が持つ地球規模の磁場を地球磁場あるいは地磁気と呼びます。ハレー彗星で知られるエドモンド・ハレーは、地球磁場の研究もしていました。1701 年、彼は大西洋海域で地球磁場の方向を測定して地磁気の偏角（北極星が指す真北と方位磁石が指す磁北のずれ）の地図を作成しました。当時、地球磁場の情報を頼りに方位を知ることは安全な航海にとって非常に重要でした。さらに、著名な数学者であるカール・フリードリヒ・ガウスは 19 世紀前半ではありますが、当時得られた観測値と高度な数学理論と解析技術（名前だけ挙げておきますとポテンシャル論と球面調和解析）を駆使して、地球磁場の原因が地球の内部にあることを示しました。このように、歴史に名を残している偉大な科学者達が地球磁場の魅力（磁力？）に引き付けられていたことは意外に知られていません。こんにちでは、ガウスが示した通り、地球磁場を作りだしている源は地球内部の外核であることが分かっています。

地球の核は鉄を主成分としており、液体状の外核とさらに深部の固体状の内核に分けられます。導体である鉄には電流が良く流れ、電流が流れることによって磁場が作られます。導体である液体が磁場中を対流運動すれば、電磁誘導の法則によって電流が流れて、新たな磁場が作られます。地球の外核でもこのような電磁誘導現象が起こることによって、地球磁場が生成・維持されていると考えられており、こうした一連の過程をダイナモ作用と言います。地球のダイナモは過去 30 億年以上前からはたらいており、その間、常に地球磁場を維持し続けてきました。見方を変えると、地球磁場とその歴史を知ることによって、地球中心部のダイナミクスや進化史を推定することに繋がるとも言えます。とは言え、何事も言うは易く行うは難し、であり様々な問題点があります。今世紀になって、人工衛星による全球的な地球磁場観測が本格化し、かつてないほど詳細な地球磁場データが得られるようになっています。一方で、地球磁場の直接的な絶対観測は、前述のガウスが 1830 年代にその原理を発案して以降に始まったもので、観測期間は 200 年間にも達していません。30 億年間以上もの期間存在している地球磁場に対して、直接観測の期間はあまりにも短いため、より長い時間スケールにおける過去の地球磁場の振舞いを知るには、岩石に記録された古地磁気学的記録を用います。古地磁気学によって、より古い時代の地球磁場を復元することが可能ですが、技術的な課題に加えて、火山岩や海洋底堆積物から得られるデータは時間的にも空間的にも離散的で偏ったものであるため、充分な解像度を得る事が難しくなります。このように、磁場観測および、古地磁気学では、時間スケール、空間スケールに対する制約が常についてまわります。

以上の点を踏まえ、我々はＭＨＤ（Magneto-Hydro Dynamics：磁気流体力学）の理論に基づく数値モデリング（いわゆるダイナモシミュレーション）というアプローチをとっています。もちろん、ダイナモシミュレーションにも多くの問題点はありますが、外核全体における流れ場、磁場と熱構造を得ることが出来るので、ダイナミクスを理解する上で非常に有効な手法です（図１）。磁場凍結という理論によると、磁力線は核の流れとほぼ一緒に動くと考えることができます。また、核の対流渦は自転軸に沿った方向に伸びた構造になり、時計回り渦と反時計回り渦が対になって現れることが知られています。こうした渦の運動が磁力線を集めて引き伸ばしたり、折り畳んだりすることによって磁場を強化し、新しい磁場を絶えず作り出していると考えられています。

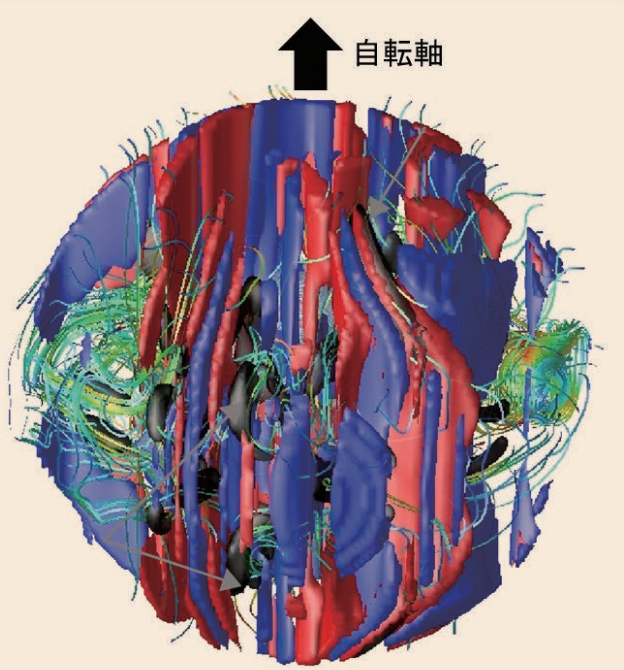
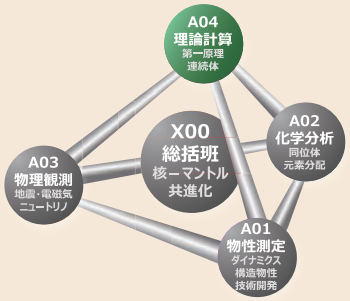


図 1. ダイナモシミュレーションによる外核内の対流と磁場のようす。赤青の領域は反時計回り渦と時計回り渦をそれぞれ表す。磁場は磁力線によって表している。黒色の領域は特に磁場の強い場所を示す。

研究項目トピック



研究項目A04：理論計算

第一原理計算や連続体シミュレーションにより解釈・モデル化し、実験や観測をサポートします

～核 - マントル相互作用と地球ダイナモの解明～

地球惑星科学においてダイナモシミュレーションがカバーするべき対象は様々ですが、我々は「核 - マントル境界」とその近傍を主要なターゲットとしています。特に、地震波や地球磁場観測によって検出された核ーマントル境界直下の異常な領域に着目しています。この領域は外核が対流していない安定成層と考えられており、成層の起源や厚さ、強さを規定することによって、地球内部の化学組成や進化過程をひも解く足がかりとすることを目指しています。核の対流は、核が冷却することで駆動される熱対流と、内核が固化する際に放出される酸素や硫黄等の軽元素によって駆動される組成対流の二種類が存在します。したがって、安定成層の起源としては熱的なもの、組成的なものまたは両者の混在と考えられます。ダイナモシミュレーションでは安定成層の種類、厚さ、強さをパラメータとして与えます。地震学的に推定された安定成層の厚さは最大で 400 km ほど（図 2 の厚い場合では 500 km）、電磁気学的に推定された厚さは 140 km ほど（図 2 の薄い場合）です。これらの厚さの場合に、どのような磁場が核の外から観測されるかを見てみましょう。ダイナモシミュレーションによると安定成層の種類によらず、厚い場合は薄い場合に比べて磁場が弱くなっています（図 2 上下）。その原因としては二つ考えられます。一つには、対流していない層では核外に出ていくような新たな磁場が作られないため、もう一つは、安定成層中を磁場が通過する際には、短い周期で変動する成分ほど対流層の表面から離れると速やかに減衰してしまうためです（表皮効果と呼ばれます）。減衰の度合いは熱的な場合に比べて組成的な場合のほうが大きいように見えます（図 2 左右）。また、組成的安定成層の場合は、磁場の形態が地球磁場で見られるような双極子磁場（棒磁石が作る磁場：図 2 の左側のように赤道付近を境に磁場の方向が逆になる）とは大きく異なっています。ここで示した結果によれば、安定成層の厚さは比較的薄く、熱的な起源であるほうが地球磁場に近い磁場が作られていることになります。薄い安定成層は地球磁場観測とは整合性がありますが、一方で地震波観測から得られた厚さの層は何を表しているのでしょうか。本稿では、熱対流のみ、あるいは組成対流のみが寄与する場合だけを考えていましたが、どうやら両者による寄与が重ね合わさった場合を考える必要がありそうです。この場合、両者の寄与の割合が新たなパラメータとなります。これには、例えば理論計算班の中川貴司さんの核ーマントル結合熱化学進化モデルのシミュレーションを利用することができます（ニュースレター No.4 参照）。核の熱化学進化史計算や第一原理計算、物性測定との連携が目下の課題となります。

一方、核ーマントル境界近傍は、核側の直下のみならず、マントル側の直上にも大規模 S 波低速度領域（Large Low Shear Velocity Province: LLSVP、ニュースレター本号 6-7 ページ記事参照）、超低速度帯（Ultra-Low Velocity Zone: ULVZ）といった地震波速度異常が見られる地域があります。こうした地域は核とマントル間の熱輸送や物質輸送の不均質構造を反映していると考えられるので、外核の対流にも影響があると推測されます。こうした核ーマントル境界近傍の構造や核内部のダイナミクスがダイナモ作用を通じて、外部で観測される磁場シグナルとしてどのような形で顕れるのか、ダイナモシミュレーションを用いて鋭意研究中です。マントルと核を含む地球内部の進化過程とダイナミクスに関する統一的議論の展開において、ダイナモモデルの立場から貢献できるよう、日々計算結果を眺めております。

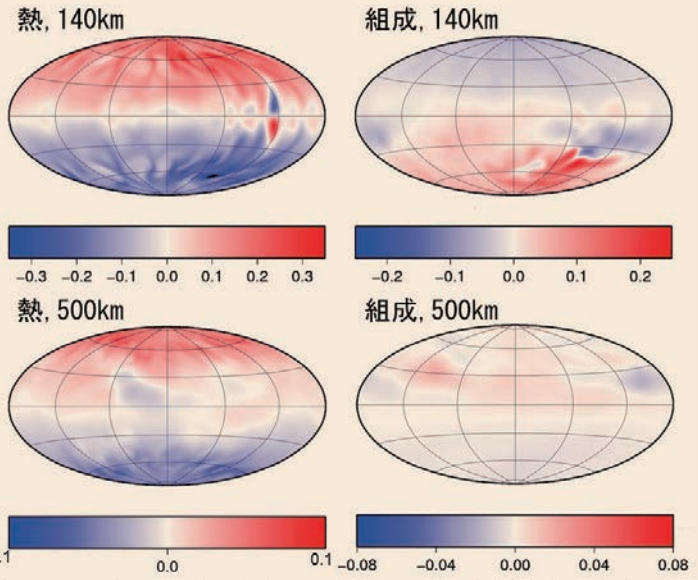


図 2. 核ーマントル境界での磁場動径成分の分布。左上：薄い熱的安定成層の場合；右上：薄い組成的安定成層の場合；左下：厚い熱的安定成層の場合；右下：厚い組成的安定成層の場合。磁場の値は無次元としている。

栗林貴弘　東北大学准教授

計画研究A01-2　構造物性班

2018 年 4 月から、構造物性班に加わりました東北大学大学院理学研究科地学専攻の栗林です。専門は、鉱物学・鉱物結晶学で、「地球科学的マクロな現象に対して、マクロとミクロをつなぐ鉱物学・鉱物結晶学」を目指して、単結晶 X 線回折法による結晶構造解析をメインに研究活動を行っています。近年は、特に含水素鉱物の水素の振る舞いに着目した研究を進める中で、J-PARC の超高圧中性子回折装置 (PLANET) において粉末中性子回折実験を行い、X 線では区別が難しい水素位置や Mg-Al-Si の席選択性についての結晶化学的な研究を進めています。本プロジェクトでは、マントル深部鉱物の構造における軽元素 (Al や H) の席選択性とその物理的性質への影響や、新規に合成される Al_2O_3-SiO_2 系鉱物の構造決定などの研究を進めていきたいと考えております。



山田明寛　滋賀県立大学助教

計画研究A01-2　構造物性班

2018 年度より構造物性班の分担者として参加させて頂くことになりました。私は，博士課程よりマグマ (珪酸塩融液) の構造について，放射光 X 線をツールとした実験的研究を行ってきました。マグマは地球内部の構成要素としては決して主要な物質ではありませんが，鉱物や岩石とは流動性や反応性などの物性が大きく異なるため，地球惑星の進化や現在の活動に大きな影響を与えていると考えられます。マグマなどの高温融液に関する実験は難易度も高く，信頼性の高い結果を得ることは簡単ではありません。しかし，だからこそやりがいのある研究分野であるとも言えます。現在は，マグマと構造的な類似点の多い珪酸塩ガラスに関する高圧その場観察実験も行っています。地球深部のマグマの構造、物性測定の点から当研究プロジェクトの推進に貢献したいと思います。どうぞよろしくお願いします。



石川晃　東京工業大学准教授

計画研究A02-1　同位体班

2018 年度より同位体班（A02-1）の研究分担者として、新学術領域に参画することになりました。私は地質学・岩石学・微量元素地球化学・同位体年代学を専門としており、地球深部に由来する天然岩石試料の記録情報を読み解くことにより、固体地球圏の大半を占めるマントルの化学構造やダイナミクスに制約を与える研究を進めてきました。近年は、隕石衝突や核—マントル化学反応の鋭敏なトレーサーとなる「強親鉄性元素」に着目し、様々な地質試料から高精度データを取得する分析手法の開発に成功しました。本プロジェクトでは、冥王代から現世に至るマントル組成を反映する岩石（玄武岩、コマチアイト、マントル捕獲岩、固体貫入岩体）の系統分析から、地球マントルに含まれる強親鉄性元素存在度や同位体組成変動を復元し、核—マントル境界領域で生じている現象とその進化過程に関する「地球史標準モデル」を構築することを目標としています。



新メンバー

山本裕二　高知大学教授

計画研究A03-1　地震・電磁気観測班

地球磁場の時間進化の解明は、まだまだ途上にある状況です。最も基本となる地磁気極性反転史についても、その連続時間変遷は、わずか過去約 1 億 6000 万年前までの期間についての解明に留まっています。さらに、地磁気強度の変動については、その連続時間変遷の概略の確度をもった解明は、わずか過去約 200-300 万年前までの期間についてのみに留まっているという状況にあります。私は、過去の地磁気強度、すなわち古地磁気強度の変動の解明に大きな興味を抱き、関連研究に取り組んできています。古地磁気強度は、おもに火山岩や海底堆積物が保持している残留磁化を分析することで推定することが可能です。火山岩からは、形成時の瞬間的な古地磁気強度絶対値の推定が可能である一方、海底堆積物からは、情報量が豊富な古地磁気強度連続変動の推定が可能ですが、推定できるのは強度の相対値のみに留まるという制限があります。火山岩と海底堆積物の長所・短所を組合わせながら、地震・電磁気観測班の一員として、古地磁気強度連続時間変動の解明に取り組んで参ります。



松島政貴　東京工業大学助教

計画研究A03-1　地震・電磁気観測班

2018 年度より A03-1 核ーマントルの地震・電磁気観測班の研究分担者としてこの新学術領域に参加することになりました。ただし、ニュースレター No. 2 の記事にもあるように、2016ー2017 年度は「地磁気データで明らかにする核ーマントル結合の時空間変動」という題目で公募研究として参加していました。電磁気観測の班に所属していますが、観測そのものを行うのではなく、地球表面や地球観測衛星で観測されたデータから得られる地磁気モデルを使用しています。マントルの電気伝導度は小さいので絶縁体と仮定すると、ポテンシャル場で表される地磁気の分布を核表面まで下方接続することができます。核表面の地磁気の空間分布および時間変化から核表面付近の流れを推定できます。過去 1840 年ー2015 年にわたる詳細な地磁気モデル（COV-OBS.x1）を使い、流れの空間分布および時間変化を調べることにより、マントル最下部が核表面付近の流れに及ぼす影響等を議論することができると考えています。



竹広真一　京都大学准教授

計画研究A04-1　理論計算班

2018 年度より A04 -1 理論計算班の研究分担者として本新学術領域に参加することになりました。専門は地球流体力学です。もともとは木星土星にみられる表面の縞状構造と風に惹かれて回転球殻熱対流の研究をしておりましたが、1995 年に九州大学地球惑星科学科に赴任してから惑星内部の研究に踏み込み、2003 年に京都大学数理解析研究所に赴任した現在では、地球の内外核の流れと構造や惑星磁場ダイナモ問題などのさまざまな地球惑星内部の流体力学的なテーマに取り組んでいます。単なる数値シミュレーションではなく、なぜそうなるのか、という問に対して簡明に答えることを心がけて研究しています。分担研究では、内核あるいはマントルとの相互作用により外核の流れがどのように影響され、さらには中心核の構造形成に寄与しているのかを考察し、領域研究に貢献したいと思っております。



第3回若手研究集会

2018 年 8 月 22 日〜24 日にかけて、第 3 回若手研究集会を新潟県佐渡島にて開催しました。第 2 回に引き続き多くの学生から参加登録があり、総勢 20 名のうち約半数の 11 名が学生となりました。また愛媛大学、東北大学、岡山大学、新潟大学を始めとして、東京大学、東京工業大学、九州大学、海洋研究開発機構など様々な大学・研究機関から参加がありました。

初日の東京大学・地震研究所の竹内希准教授による招待講演「地球の密度構造・減衰構造」では、地震波という伝播時間と強度の情報を持つ観測値から、どのような理論によって地球深部の密度構造・減衰構造が決定されるのかをわかりやすく解説いただきました。

2 日目・3 日目には高圧地球科学、古地磁気学、レオロジー、地球化学など多岐にわたる分野の若手研究者の発表が行われ、学生・若手研究者から初歩的な質問や専門的な議論が飛び交いました。3 回目の若手研究集会となりましたが、どの若手研究者の発表もこれまでの研究集会とは異なった研究成果であったり、革新的な発展のある成果であり、次世代を担う研究者として大いに期待できる発表会となりました。また夜間にはポスターセッションを開催し、大学院生による研究成果発表を行いました。

2 日目午後には、若手研究集会初の試みとなる野外巡検が佐渡ジオパークのガイドのもと行われました。気温 35 度を越える猛暑日でしたが、佐渡島に特徴的に産出するピクライト質玄武岩という、いわゆる宝石のペリドットと呼ばれる緑色の鉱物を含む岩石の露頭を見学しました。続いて佐渡金山の坑道を見学し、金山の歴史やその成り立ちを勉強しました。

3 日目は台風が近づいていたため帰宅が危ぶまれましたが、予定通り 15 時過ぎに本土へ到着し、解散の流れとなりました。

本集会を開催するにあたり、新潟大学の学生には事前・当日にお手伝いいただき、総括班からは参加した学生へ旅費支援をいただきました。また、コスモツーリスト新潟店の湯沢様、佐渡ジオパークの貞包様にもお力添えいただき、皆様のおかげで、若手研究集会を有意義な会とすることができました。この場を借りてお礼申し上げます。（青山 慎之介 / 新潟大学）







A04-1理論計算班インターンシップ

2018 年 6 月 25 日から 7 月 26 日にかけて、愛媛大学にて、計画研究 A04-1 理論計算班による第一原理計算の初歩に関するインターンシップを開催いたしました。コンピューターを用いて固体の相転移、弾性特性や融解に関する基礎的な数値実験を行い、計算結果の解析を通じて、鉱物物性シミュレーションの初歩的な手順を習得しました。原子レベルから物質の性質を評価する方法やこれを地球惑星深部研究へ適用する方法を学ぶことにより、地球深部物質についてより理解が深まったと、初学者はもとより理論計算分野の以外の研究者にも好評でした。



A04-1理論計算班研究集会

2018 年 8 月 5 から 7 日にかけて、高知県しもなの郷にて、A04-1 理論計算班研究集会が開催されました。A04-1 理論計算班のメンバーだけでなく地震・電磁気観測班や同位体班など他の研究班を含めた 14 名（うち学生 5 名）の参加者があり、山間の静かな環境の中、活発な議論が交わされました。本研究集会は合宿形式をとっているため、学会等では見られない突っ込んだ質問や、研究手法の細部に関する質問が飛び交い、密度の高い貴重な 3 日間となりました。この研究集会によって最新の研究成果だけでなく、それぞれの専門分野に関する幅広い知識が共有できたと思います。



イベント

A01-2,A02,A03-1合同班会議

今回の合同班会議は昨年の項目 A02 化学分析の 2 班（同位体班と元素分配班）と A03-1 の地震・電磁気観測班に加え、A01-2 構造物性班が新たに参加して、2018 年 10 月 18 日～ 20 日に東北大学理学部で開催されました。

化学分析の 2 班からは、マントル温度の急激な低下、イオウ同位体比の激変、太古代の火山岩（コマチアイト）に含まれる白金族元素の一つであるルテニウムの濃度の変化などがほぼ同時期の 25 億年前に起こったことが独立に報告され、出席者の関心を大いに惹きつけました。まだ、統一的な解釈は慎重に行われるべきですが、マントルが一度にかき混ぜられるような大事件（マントルオーバーターン）の可能性などが話題になりました。また、タングステン同位体比に見られる正の異常については、測定上の問題があることが報告され、正のタングステン同位体比から示唆されていたマントル深部のリザーバーという仮説への疑念が紹介されました。一方、高圧下ではヘリウムやアルゴン、さらには水までが鉄に溶けやすいという第一原理計算の結果の報告や、構造物性班による含水ブリッジマナイトの報告と合わせ、核が揮発性物質のリザーバーとなりうる可能性で大いに議論が盛り上がりました。

地震・電磁気観測班からは、独自の観測データも取り込んだ解析結果として、西太平洋下のマントル最下部における S 波速度高速度域と低速度域の詳細な分布が報告されました。高速度域はイザナギ・プレートという今はもうマントルに沈み込んでしまった古いプレートの残骸、S 波低速度域はこれまで考えられていた大きな異常物体の塊ではなく、やや規模の小さいマントル上昇流の一群で形成されているという解釈が示されました。一方、150 年近い磁場のデータから推測された地球核表層の流れ場からは、マントル最下部の地震波速度異常との関連を示唆するものはほとんどなく、核―マントル境界における熱的影響が小さいことが示唆されました。

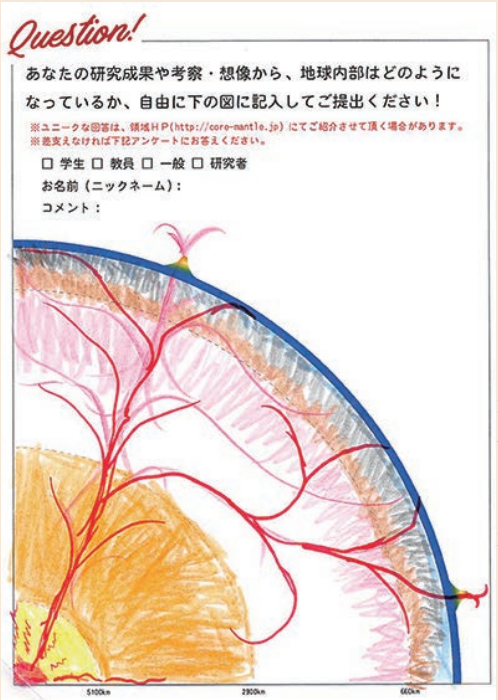
物性測定の構造物性班を中心としたセッションでは、P 波速度と S 波速度の地震学的手法による観測値と高温高圧条件下での実測値と理論による推定値や精度の比較、今後の課題なども話題になりました。一方、測定・観測する際の周波数が違うことに関し、地球深部における地震波減衰と地震波速度周波数依存性を説明する物理モデルの改善が今後の課題であるとの指摘がありました。







地球の中身はどうなってるの？　（アンケート結果）



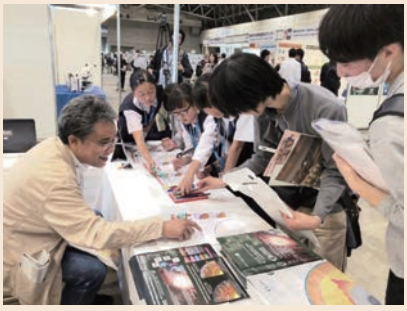
2018 年 5 月 20 日～ 25 日幕張メッセにて開催された JpGU2018 の本領域の展示ブースでは「地球の中身はどうなってるの？」というアンケートを実施いたしました。小学生の方から、中・高・大学生や一般、研究者の方まで、たいへん多くの方々にご意見を頂き、ユニークな回答もたくさん飛び出しました。

ユニークな作品や領域メンバーにお気に入り投票の結果はホームページにて公開しています。

https://core-mantle.jp/archives/3827

たくさんの楽しいご意見を頂きました。ご協力ありがとうございました。

最も人気が高かった作品。地球の中心には核＝心臓があり、地球内部には血管が張り巡らされ、脈を打っている、という斬新なご意見でした！領域メンバーのコメント：「核が心臓だったらもっと親近感が湧くと思う。地球の気持ちになってサンプリングする。」「地震は脈動なのでしょうか？」



ブースの様子。

Core Mantle coevolution Award

受賞

Alvin Van Valkenburg Award

太田健二［東京工業大学理学院地球惑星科学系，A01-1ダイナミクス班］

2018 年 7 月 15 日～ 20 日にかけてアメリカニューハンプシャー州ホルダーネス・スクールにおいて開催された高圧ゴードン会議において、A01-1 ダイナミクス班の太田健二准教授が Alvin Van Valkenburg Award を受賞され、19 日に受賞式及び受賞講演が行われました。

この賞は、ダイヤモンドアンビルセルの開発・高圧力科学の先駆者である Alvin Van Valkenburg 博士を記念したもので、高圧科学、特にダイヤモンドアンビルセルを用いて優れた研究を行っている若手研究者に授与されるものです。

今回の太田准教授の受賞は、地球中心核の条件での鉄の電気・熱伝導率の測定の研究成果が特に評価されたものです。



アメリカ鉱物学会(MSA)フェロー

土屋旬［愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター，A04-1理論計算班］

理論計算班の土屋旬准教授が、このたびアメリカ鉱物学会（Mineralogical Society of America, MSA）のフェローに選出されました。

MSA は 1919 年に設立され、アメリカを中心に世界各国に会員を有する鉱物科学分野の国際的学会組織です。フェローの称号は鉱物科学関連分野における顕著な研究業績を有する研究者に与えられ、毎年、選挙により全会員数の 0.5% 以下の会員に授与される規定になっています。今回のフェロー選出は、土屋旬准教授の地球深部条件下での鉱物中の水素や水の挙動に関する第一原理計算に基づく理論的研究において、国際的に優れた業績を挙げていることが高く評価されたものです。



Inge Lehmann Medal

深尾良夫［海洋研究開発機構，領域アドバイザー］

本領域のアドバイザーを務めている深尾良夫特任上席研究員が、アメリカ地球物理学連合（American Geophysical Union, AGU）から 2018 年度の Inge Lehmann Medal を授与されました。

このメダルは、1936 年の内核発見に代表される、地球深部構造研究に大きな貢献を果たした Inge Lehmann 博士を記念するもので、「地球マントル・核の構造・組成・ダイナミクスの理解に目覚ましい貢献」が認められる研究者に対し年 1 名のみに授与されます。

今回の深尾アドバイザーの受賞は、沈み込んだプレートが上部マントルと下部マントルの間にあるマントル遷移層で滞留していること（スタグナント・スラブ）や常時自由振動の研究成果が特に評価されたものです。



Core Mantle coevolution International Activities

国際教育

国際セミナー

"On the role of dislocation climb for the convection of planetary interiors "、Patrick Cordier 教授（Universite Lille 1）、11/5、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター

国際レクチャー

"Rheology of Deep Earth Materials"
Patrick Cordier 教授（Universite Lille 1）、11/5-6、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター



平成27-31年度 文部科学省 科学研究費助成事業 新学術領域研究
核ーマントルの相互作用と共進化～統合的地球深部科学の創成～
事務局 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター 〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5
Tel: 089-927-8165 E-mail: contact@core-mantle.jp Home Page: http://core-mantle.jp/