

地球内部ダイナミクス 地球内部の流れをデータ解析と 数値シミュレーションにより探る

スタッフ

教授
准教授

中田 正夫
吉田 茂生

地球の内部ではさまざまな運動が起こっています。たとえば、外核内の流れによって地球の磁場が出来ています。マンツルの流れは、プレート運動や地震などの現象と関連しています。火山の噴火や火山に伴う温泉は、私たちも目にするのできる流れです。地球惑星科学の授業を受けたことのない方も、こういった現象についてテレビや新聞等を通してある程度知っていると思います。しかし、実際どのような流れが地球（あるいは惑星）の内部で生じているのか、それがどのように観察される地学現象に関係しているかなど、私たちが理解していないことがたくさんあります。

当研究分野では、地球内部のさまざまなダイナミカルな現象を理解するために、以下のような研究を行っています。

(1) 地球の回轉變動からみるマンツルの流れ や固体地球の変形

現在の地球の形（ジオイド）は、回轉平衡形から赤道方向に少し余分に膨らんだ形をしています。これは、中部太平洋とアフリカのマンツル深部に巨大上昇流が存在することと、マンツルの粘性率（マンツル物質の流れにくさを示す物性パラメータ）が深さ方向に増加することに関係していると考えられています。このため、現在の地球は、地球回轉という観点からは、非常に安定した形をしています。しかし、地球の長い歴史（地球史）においては、マンツル対流の形態や大陸の分布は変化しているはずでず。つまり、マンツル対流や大陸分布の変化に対応して、地球の自轉軸は移動（極移動）している可能性があります。実際、現在の自轉軸はカナダのハドソン湾方向にほぼ 10cm/年で移動していることが観測されています。これらの極移動を、3次元マンツル対流シミュレーション（図1）やオイラー方程式（コマの運動を支配する方程式）に基づき調べています。

また、アイススケートの演技を見て分かるように、体の形を変えると回轉角速度が変化します。過去 100 万年レベルでの氷期・間氷期サイクルに伴う氷床・海水の表層質量の再分配と、それに対応したゆっくりとした固体地球（主にマンツル）の変形により、地球の自轉角速度や自轉軸の位置は変化しています。つまり、これら

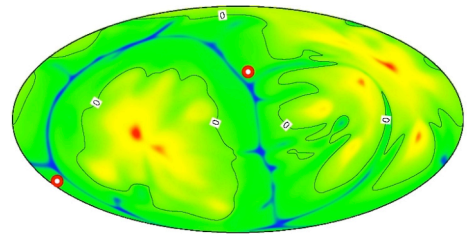


図1 マンツル対流と地球の自轉軸 黄色い色はマンツルの上昇流、青は下降流、赤丸は自轉軸を示す。上昇域をアフリカと中部太平洋域と考えると、これらの結果は現在のマンツル対流形態と自轉軸の関係と調和的である。

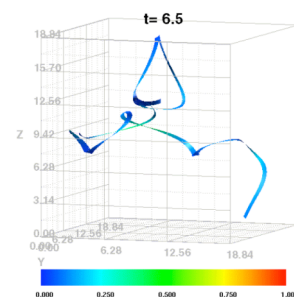


図2 螺旋状の流れによって、もともとまっすぐだった磁力線がどのように変形するかを計算した結果。磁場生成の基礎的なメカニズムを解き明かすための研究より。

の現象は地球を揺さぶり、マンツルの粘性率を調べる機会を我々に与えています。

このようないろいろなタイムスケールの地球回轉變動を調べることにより、マンツルの流れや固体地球の変形の研究を進めています。

(2) 地球のコアのダイナミクス、マンツル対流のコアへの影響

コアは直接見ることはできませんが、磁場の変化や地震波の伝わり方を通じて、中で起きていることを間接的に推測することができます。

(2a) 地球の外核では地球磁場が作られています。このメカニズムは、近年の数値シミュレーションの発達によってだいぶ解明されてきましたが、結果の解釈は依然として難しいという状況です。その解釈に寄与するような基礎過程の研究をしています(図2)。

(2b) 外核の流れはマンツル対流の影響を受けています。そのことによって磁場のパターンとマンツル対流のパターンを比較することによって推測できます。おそらく、マンツル下部の熱境界条件の不均質が外核の中に流れを引き起こしているのだらうと考えられています。その基礎過程を研究しています。

(2c) 内核の内部の地震波の伝わり方が方向によって異なることから内核の中にも流れがあるのではないかと考えられるようになってきました。私たちは、それが外核の対流によって引き起こされていると考えています。そのメカニズムを研究しています(図3)。

(3) 火山噴火や熱水循環のダイナミクス

火山噴火や熱水循環(温泉水の流れ)は、地下のダイナミクスを直接感じさせてくれる現象です。流れが相変化や化学変化の影響を大きく受けています。

(3a) プリニー式噴火(大規模で長く続く噴火)において噴煙柱ができたり火砕流が起こったりする条件の違いを研究しています。

(3b) 海底火山の近くには温泉が湧いています。この水を熱水、その水の流れを熱水循環と呼びます。熱水は、元をたどると海水なのですが、流れてくる途中で石と反応したり、海水が薄い塩水と濃い塩水に相分離したりすることによって、いろいろな組成の熱水が出来ます。それから、場所によっては地下に熱水だまりがあることも確認されています。そこで、硬石膏の沈殿物により熱水だまりができるようすの数値シミュレーションをしました(図4)。

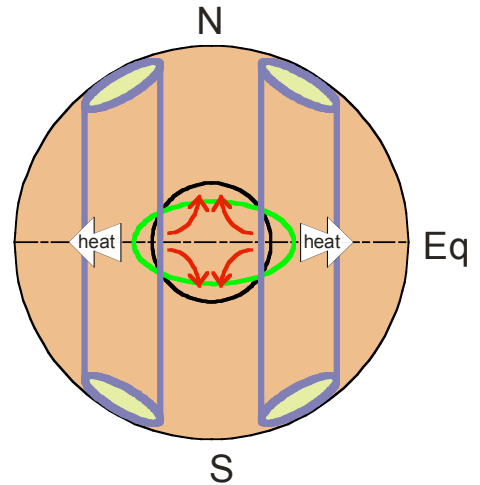


図3 外核のロール状流れの影響で、内核の中には赤道から極へ向かうような流れができると考えられる。外核に図のような流れがあると、赤道方向に熱が奪われる。そうすると内核は赤道方向に成長する。ところが重力があるために内核内には球に戻ろうとするような流れが出来る。

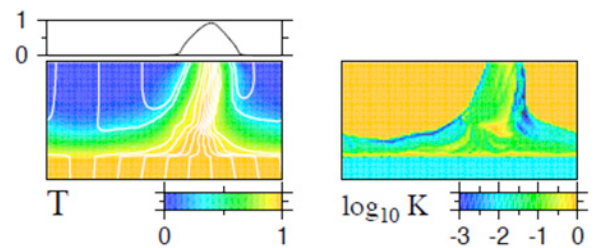


図4 海底熱水循環のシミュレーションで硬石膏の沈殿物によって熱水だまりができたようす。左の図の色は温度分布、白い線は流線である。左上のグラフは海底に噴出する流体の温度を示す。右の図は、沈殿物の量を示す。青いほど沈殿物が多くたまっていることを示す。