

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

准教授

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、私たちが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とか、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。

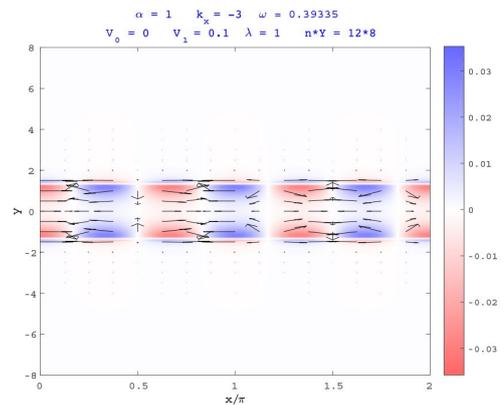


図1 外核最上部の安定成層内に発生する波のパターン。縦軸は緯度方向で中央が赤道、横軸は経度方向。波はある緯度の範囲内にトラップされる。

(1) 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ができませんが、磁場の変化や地震波の伝わり方を通じて、中で起こっていることを間接的に推測することができます。

(1a) 外核の一番外側には成層が安定な層がある可能性があります。もしそのようなものがあれば、観測される磁場にはその影響が大きく出てくるはずですが。そこで、そのような成層内部のダイナミクスの基礎過程として、波動伝播の性質を調べています (図1)。

(1b) 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2)。

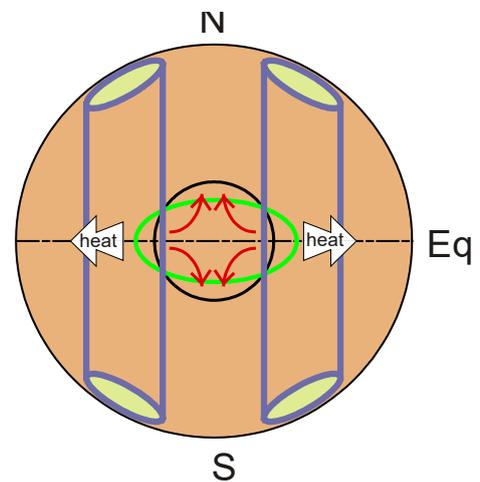


図2 外核のロール状流れの影響で、内核の中には赤道から極へ向かうような流れができると考えられる。外核に図のような流れがあると、赤道方向に熱が奪われる。そうすると内核は赤道方向に成長する。ところが重力があるために内核内には球に戻ろうとするような流れが出来る。

(1c) 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。

(1d) 外核の流れはマンテ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テ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、マンテ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ろうと考えられています。その基礎過程を研究しています。

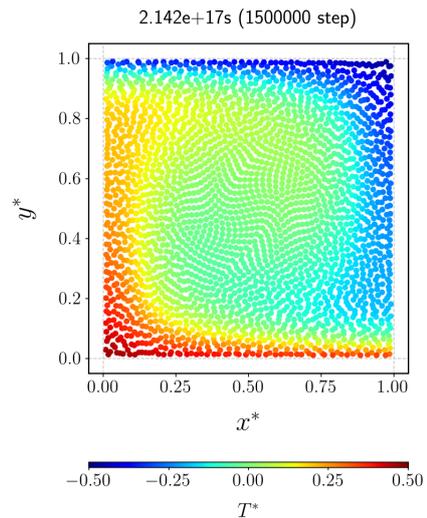


図3 SPH法による熱対流計算の結果。色は温度を表す。下面を温めて、上面を冷やすことで対流を起こしている。粒の一つ一つが計算ノードで、流れとともに動く。この計算では、時計回りの対流が出来ている。

(2) コア形成のシミュレーションを目指した数値計算法の開発

地球ができた時にコアが形成される過程のシミュレーションを目指して、粒子シミュレーション法の一つであるSPH (smoothed particle hydrodynamics) 法の改良を行っています (図3)。微惑星が原始地球に衝突するのと同時にコアができてゆく様子を数値計算できるようにすることが目標です。

(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) 爆発的噴火において、噴火が断続的に起こるメカニズムを理論的に研究しています。泡とマグマの相対運動が重要な役割を果たしていることがわかってきました。

(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)。

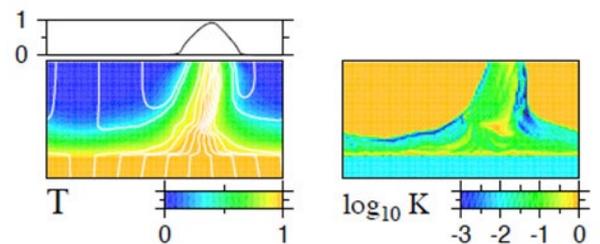


図4 海底熱水循環のシミュレーションで硬石膏の沈殿物によって熱水だまりができたようです。左の図の色は温度分布、白い線は流線である。左上のグラフは海底に噴出する液体の温度を示す。右の図は、沈殿物の量を示す。青いほど沈殿物が多くなっていることを示す。