

このプレスリリースには、[ジュニア向け解説ページ](#)があります。

[ジュニア向け解説](#)



2010年 2月 11日  
独立行政法人海洋研究開発機構  
国立大学法人神戸大学

## 地球シミュレータにより地球外核内の新しい対流構造を発見

### 1. 概要

独立行政法人海洋研究開発機構(理事長 加藤康宏)地球内部ダイナミクス領域の宮腰剛広研究員と国立大学法人神戸大学(学長 福田秀樹)大学院工学研究科の陰山聡教授らは、地球シミュレータを用いた計算機シミュレーションにより、地球外核の新しい対流構造を発見しました。

今回発見した対流構造は、これまでに分かっていたシート状の形をした、動径方向の流れ成分が卓越する構造(参考:[平成20年8月28日付けプレス発表](#))よりマントルに近い領域において、ほとんど経度方向(西向き)の成分しかもたない帯状の流れが卓越する構造です(図1)。

この新たな発見は、地球環境と密接に関係する地球磁場生成のメカニズムの解明に向けた基盤的なシミュレーション研究として大きな一歩であると言えます。

本成果は、2月11日付けの英国科学雑誌ネイチャーに掲載されます。

なお、本研究は三菱財団助成金及び独立行政法人日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究(C)課題名:「インヤン格子の開発とその応用」(科研費番号17540404)の助成を得て行われたものです。

タイトル: Zonal flow formation in the Earth's core

著者名: 宮腰剛広、陰山聡、佐藤哲也

### 2. 背景

地球表面から深さ約3000km~5000kmの部分は、外核と呼ばれており、そこは数千度で熔融状態になった流体鉄が主な成分であると考えられています。地球の内側から外側へ行くほど温度が下がっていくので、この流体鉄は対流運動(注1)を起こしていると考えられています。

よく知られているように、磁場中を電気伝導体が動くと起電力が発生し、電流が流れます。地球は磁場を持っているので、流体鉄がその中を対流運動によって動くと電流が流れます。その電流がもし元々ある磁場を強めるように流れれば、このサイクルを繰り返す事により磁場は散逸されず維持出来るようになります。発電機の事をダイナモと呼びますが、ここから転じて地球外核内で起電力を発生させ地球磁場を維持する機構の事を地球ダイナモと呼びます。

しかしながら、地球ダイナモの詳しいメカニズムはよく分かっておらず、特に地球外核は粘性率が低く、流体運動をシミュレーションしようとする、より高い解像度が要求されるので、計算の困難さは飛躍的に増大しているのが現状です。

そこで、独自に考案した「インヤン格子(注2)」と呼ばれる新しい計算格子を使用し、地球シミュレータを用いて、これまでで最も高解像度で地球ダイナモの計算機シミュレーションを行いました。その結果、これまでたくさんの円柱状の渦の集まりになると考えられていた地球外核の対流構造は、実はカーテンのように薄いシート状であることが明らかになりました。

### 3. 研究結果の概要

今回、さらに高解像度シミュレーションを行った結果、外核の対流構造はこれまでに分かっていたシート状の形をしたものだけでなく、特徴の違う2種類の流れから成る2重対流構造を形成する事が分かりました。外核の中でも内核により近い領域では、動径方向の流れ成分が卓越し、細かい上昇と下降運動が交互に並ぶ流れ(3次元的にはシート状の流れ)が形成されるのに対し、マントルにより近い領域では、経度方向の流れ成分が卓越し、西向きの帯状流れが形成される事が分かりました(図2)(3次元的には、帯状の流れが南北に一樣に形成されているという、円筒状の構造になります(図3))。

また、マントルにより近い領域は空間スケールの大きい流れが支配的であるのに対し、内核に近い領域ではスケールの小さい流れが支配的であるとともに、流れが大きく、強いダイナモ(発電機)作用が生じることが分かりました。

このような帯状の流れを伴う2重対流構造は、今回行った低粘性の領域において特に顕著に現れてくることも分かりました。

#### 4. 今後の展望と課題

コンパスを持つと地球が磁場を持つことを実感しますが、日常生活では地球磁場のありがたみはなかなか実感しにくいものです。しかし地球磁場は、太陽から押し寄せる強烈な荷電粒子の高速流(太陽風)や、宇宙線と呼ばれる高エネルギー粒子が地球の大気に直撃するのを防ぐ役割も果たしています。もしも地球磁場がいまこの瞬間に消えてしまえば、地球環境にも何らかの影響がでるでしょう。すくなくとも体内コンパスで方位を測っているハトやある種のバクテリアが「困惑」することは間違いありません。このように地球の奥底にある対流運動が生み出す磁場は、地球環境と密接な関係があることから、それを解明することは重要なテーマと言えます。

また地球表層環境とマントル活動、マントル活動と地球中心の流体核(外核)はお互いの境界を通じて関係し合っており、地球内部の動的挙動(ダイナミクス)を統一的に理解する上でも外核の挙動の解明は重要です。

しかしながら、地球の外核内の流れや磁場の構造を、直接観測出来る手段は今のところ存在しません。従って今回発見された二重対流構造が、現実の地球外核に存在するかどうかを直接確認する事は出来ませんが、従来のものよりもより現実の地球に近づけたモデルで計算を行った結果、これまで分かっていなかった新たな対流構造が発見されたことは、地球ダイナモの解明に向けた基盤的研究として大きな一歩であると言えます。

今後は地球中心核にある対流運動だけでなく、それらの運動とマントル活動がどのように関係し合っているかなど、地球内部の動的挙動(ダイナミクス)の解明に向けて研究を進めていきます。

##### 注1 対流運動

重力中に置かれた流体の下の方を暖め、上の方を冷やす時に見られる現象で、熱と重力の作用により流体が自然に流れを作る現象。身近なところでは、鍋の味噌汁や風呂のお湯で見ることができる。

##### 注2 インヤン格子

球を合同な二つの部分(「イン」と「ヤン」)に分け、それらを別々に計算し、相補的に組み合わせることで球全体を解くという格子系。野球の硬球が二つの合同な布を組み合わせられていたのと同じ。

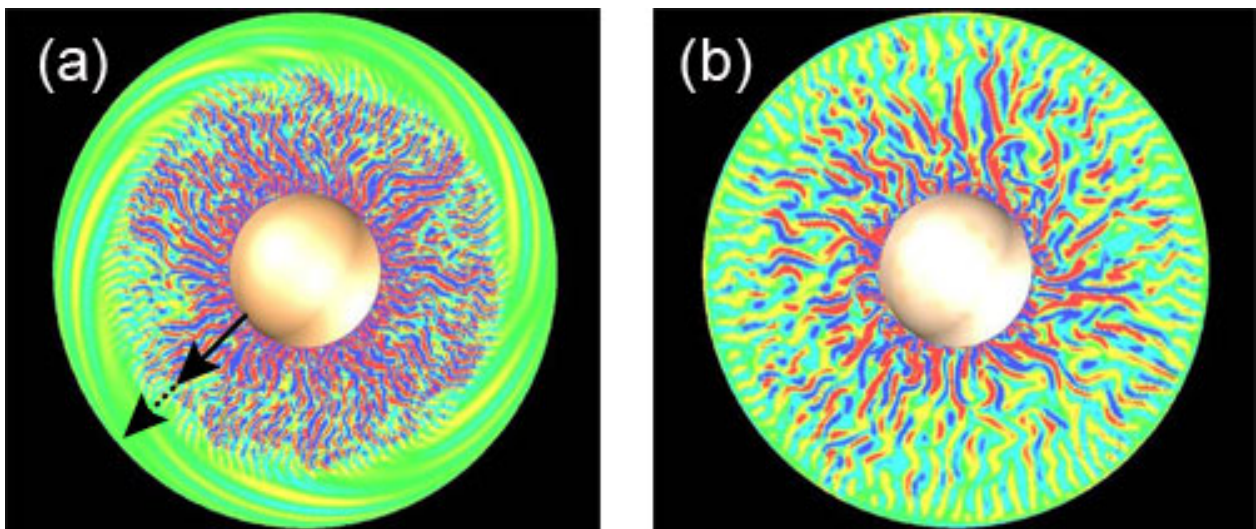


図1. 外核内の対流構造。北極側から見た赤道面上の、渦度の回転軸方向成分を表す。赤が正、青が負の値を示している。(a)は低粘性モデルの場合。対流構造はある距離まで、動径方向に細長く伸びた、空間スケールの小さいシート状の構造を示す(実線の矢印部分)が、そこから対流構造が大きく変化し、経度方向に沿った構造が卓越した、空間スケールの大きい構造が形成され

ている(破線の矢印部分)。(b)より粘性が高い場合のモデル。aで見られるような、2重対流構造は見られない。

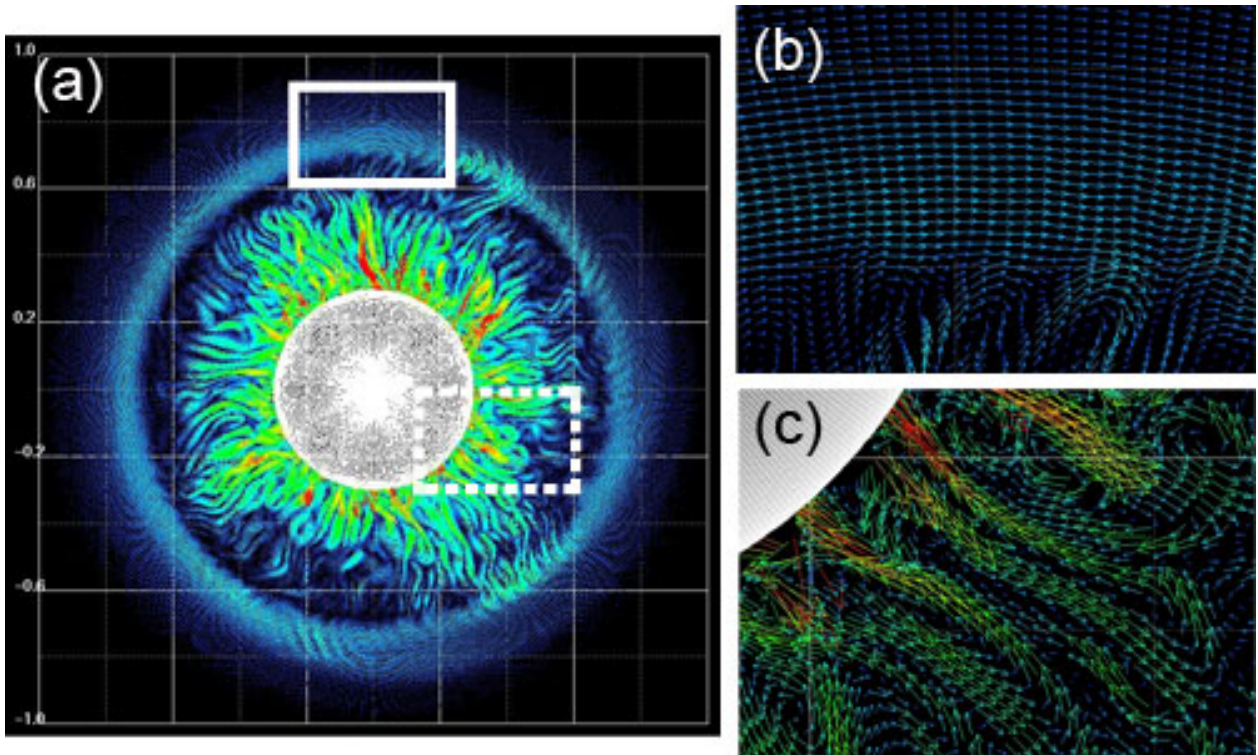


図2. 低粘性モデルの場合の、流れ場の様子。特徴の異なる2種類の流れから成る2重対流構造が形成されている。(a)北極側から見た赤道面上の流れの様子を、色のついた矢印の集合で表した。中心の白い球は内核。(b) a.での白い実線枠内を拡大したもの。マントルに近いこの領域では西向きに経度方向の流れが卓越している事が分かる。(c) a.の破線枠内を拡大したもの。内核に近いこの領域では、動径方向の向きの流れが卓越している。

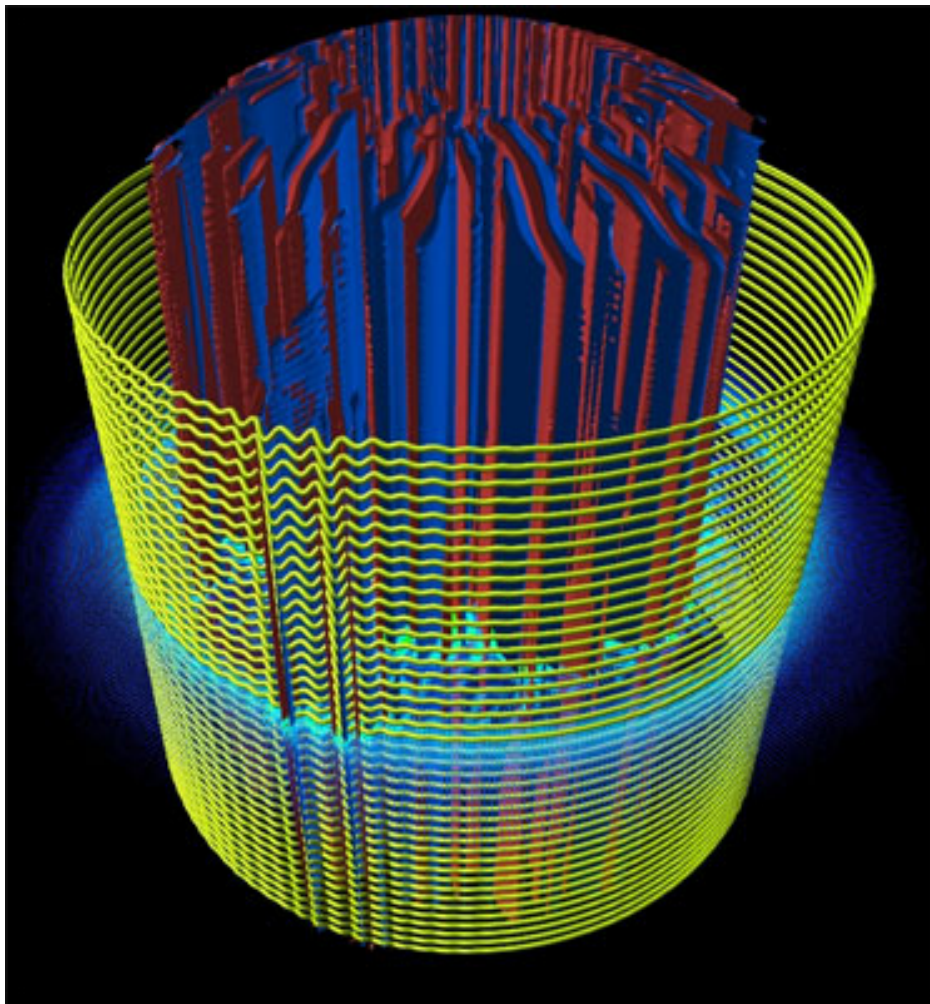


図3. 対流の3次元構造。図の上方向が北極側を、下方向が南極側を表す。赤と青の面はそれぞれ、渦度の回転軸方向成分の正、負の値の等値面を表す。図1aの、赤、青に対応している。図1で赤道面で見ると細く絞られた流れに見えていたものが、3次元的には回転軸方向に構造がほとんど変化しない、薄いシート状の流れになっている事が分かる。黄色い線は流線を表す。シート状流の外側では経度方向の流れ(帯状流)が卓越し、シート流をぐるりと取り囲むような流れが形成されている事が分かる。シート流と同様に、回転軸方向には流れ構造はほとんど変化せず、3次元的には円筒状の帯状流が形成されている。

【関連記事】 [神戸大学 工学研究科 研究ニュース](#)

お問い合わせ先:

(本研究について)

独立行政法人海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域  
 地球内部ダイナミクス基盤研究プログラム マントル・コア活動研究チーム  
 研究員 宮腰 剛広  
 国立大学法人神戸大学大学院工学研究科  
 教授 陰山 聡

(報道担当)

独立行政法人海洋研究開発機構  
 経営企画室 報道室長 中村 亘  
 国立大学法人神戸大学  
 広報室 広報マネージャー 杉山 知之