

Blue Earth

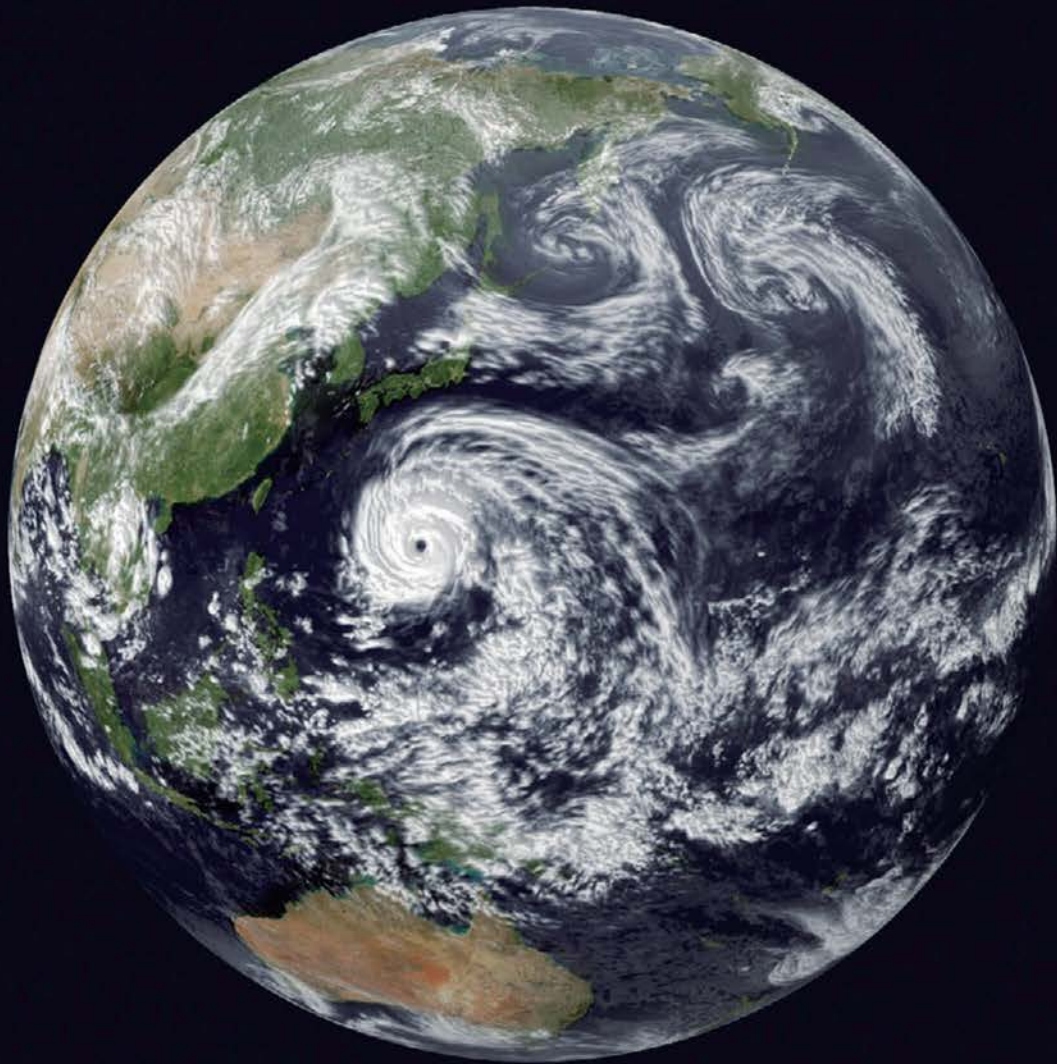
海と地球の情報誌

ISSN 1346-0811
2013年11月発行
隔月年6回発行
第25巻 第5号
(通巻127号)

127

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球シミュレータで Blue Earthをめぐる



沈み込むプレートの行方

横浜高校 サイエンス・パートナーシップ・プログラム

カクレクマノミ

1 **特集**
**地球シミュレータで
Blue Earthをめぐる**

22 **Aquarium Gallery**
長高水族館
めぐる命のつながり——カクレクマノミ

24 **研究の現場から**
JAMSTECで地学と出会った
横浜高校 サイエンス・パートナーシップ・プログラム

28 **Marine Science Seminar**
沈み込むプレートの行方
大林政行
地球内部ダイナミクス領域 地球深部活動研究プログラム
地球深部構造研究チーム 主任研究員

32 **BE Room**
編集後記
「Blue Earth」定期購読のご案内
JAMSTECメールマガジンのご案内

裏表紙 **Blue Earthをめぐる**
世界で2番目に深いホライゾン海淵へ
南太平洋・トンガ海溝

地球シミュレータで Blue Earthをめぐる

スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」は、
これまで見ることのできなかった“Blue Earth”地球の姿を
コンピュータのなかに描き出してきた。
地球シミュレータで再現されたBlue Earthを
めぐる旅に出よう。

海がBlue Earthの 気候を左右する

世界各地の気候・気象を左右する大きな要因の1つが海水温の変化だ。たとえば台風が発生・発達するには、海面水温がおおむね28℃以上であることが必要といわれている。異常気象をもたらすエルニーニョも、太平洋熱帯域の海水温の分布が変化する現象だ。JAMSTECでは、海洋大循環モデルOFESを使用して、地球全体のさまざまな海域の海流や海水温を再現する研究が進められている。

海洋最大の渦、 アガラスリング

膨大な熱を輸送し大気との熱交換を通じて気候に影響を及ぼす海洋循環は、気候変動を理解する鍵だ。海洋表層では、暖かい海水がインド洋からアフリカ南端を經由し、大西洋の暖かいメキシコ湾流となる。アフリカ大陸の南端では、アガラスリングという渦が暖かい海水を大量に輸送している。

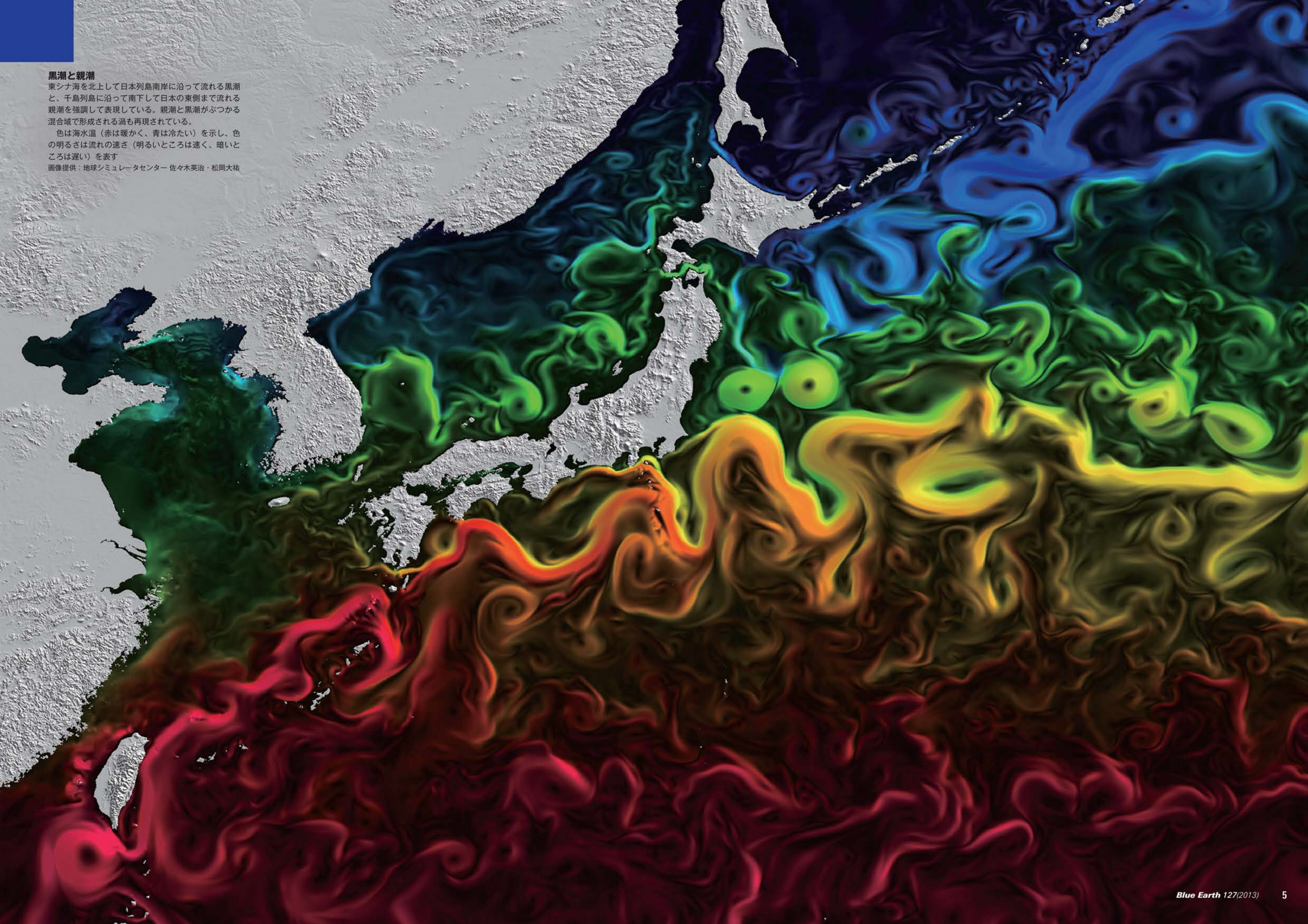
色は海水温（赤は暖かく、青は冷たい）を示す
画像提供：地球シミュレーションセンター 佐々木英治・木田新一郎・松岡大祐

黒潮と親潮

東シナ海を北上して日本列島南岸に沿って流れる黒潮と、千島列島に沿って南下して日本の東側まで流れる親潮を強調して表現している。親潮と黒潮がぶつかる混合域で形成される渦も再現されている。

色は海水温（赤は暖かく、青は冷たい）を示し、色の明るさは流れの速さ（明るいところは速く、暗いところは遅い）を表す

画像提供：地球シミュレーションセンター 佐々木英治・松岡大祐



地球温暖化を予測する

温暖化はどこまで進むのか。それを予測することが、地球シミュレータの大きな使命だ。この画像は、1900年の気温を基準（0℃）に、2100年における気温変化を示したもの。「経済成長優先でグローバル化が進み、化石燃料と新技術をバランスよく用いる社会」を想定して計算した結果、1900年から

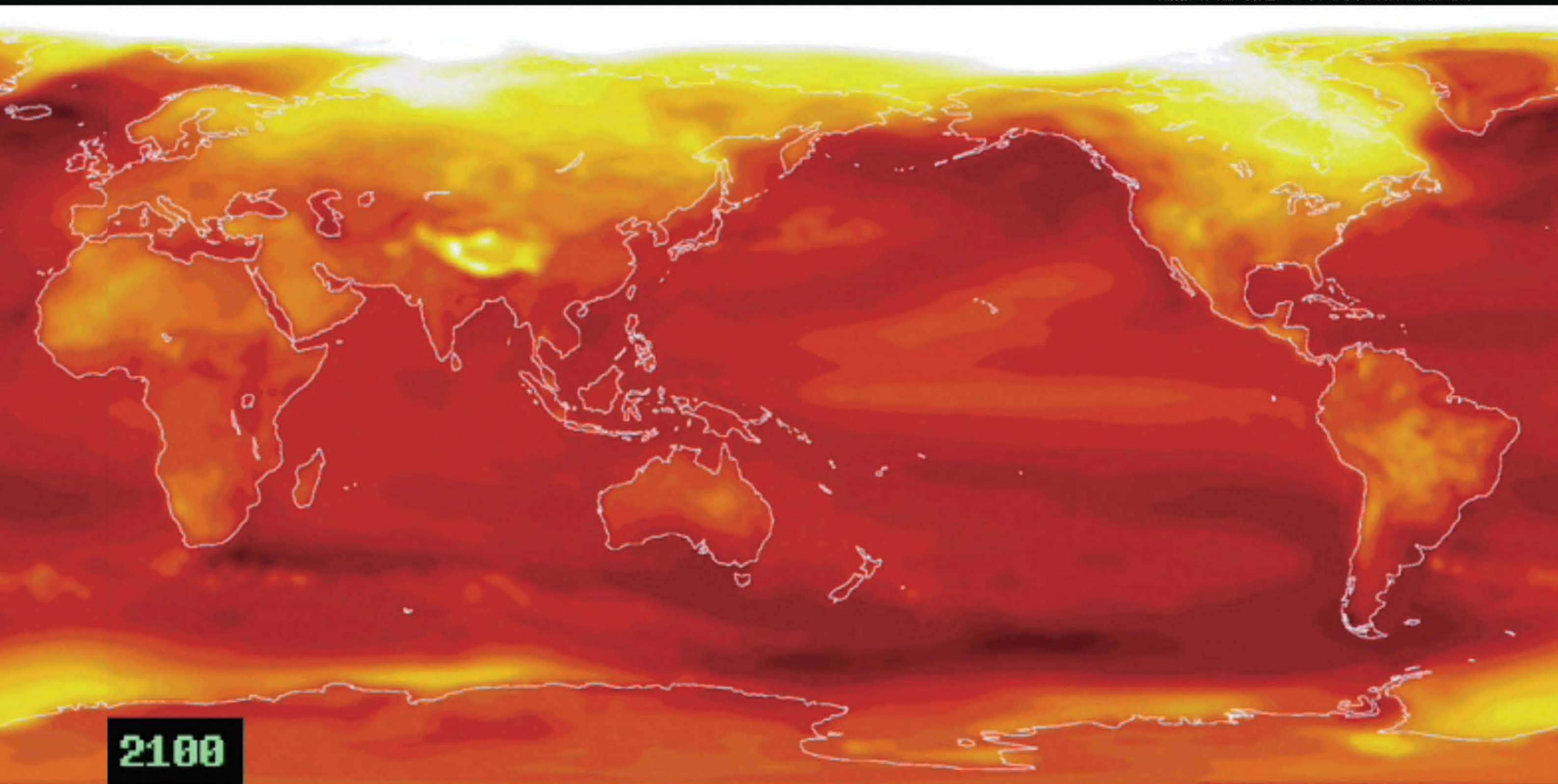
2100年までに地球の平均気温は5℃上昇した。

分布を見ると、気温上昇は均一ではなく、地域によって大きく異なることが分かる。全般に海上より陸上で上昇が大きく、北半球の高緯度域全域の上昇が著しいことが見て取れる。しかし、この気候モデルは、まだ開発の途上だ。たとえば、温暖化によ

る植物分布の変化は、光合成による二酸化炭素の吸収量や気候にも影響を与えるはずだ。そのようなさまざまな影響を気候モデルに組み込んで温暖化の予測精度を向上させること、そして温暖化した地球で気候がどのように変化するのか、具体的に描き出す研究が行われている。

2100年の気温上昇

10℃以上の気温上昇を示す白い領域が北極域に広がっている。北極海は現在、夏でも海氷に覆われているが、その面積は急速に減少している。このまま温暖化が進めば、21世紀中ごろには夏季の北極海の海水は消滅するという予測もある。海水が減少すると、太陽光を反射せず、熱を海がより多く吸収して温暖化がさらに進む
画像提供：人・自然・地球共生プロジェクト K1 (AORI/NIES/JAMSTEC/MEXT)



2100

温暖化予測に重要な全球の雲を再現する

地球温暖化により巨大台風や集中豪雨は増えるのか？ そのような予測を行うには、全球の雲を精度よく再現する必要がある。しかし、従来モデルでは解像度が粗く、雲をうまく再現することができなかった。全球雲解像度モデルNICAMは、3.5km四方ごとに計算を行うことで、台風や集中豪雨をもたらす梅雨前線などを再現することができる。

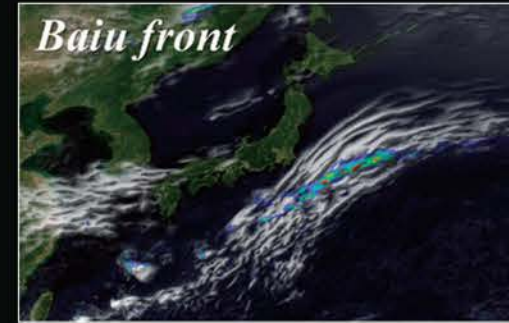
雲には、太陽光を遮り温暖化を抑える「日傘効果」と、地表の熱を閉じ込めて温暖化を促進する「温室効果」があるが、その効果は雲の高度によって異なる。雲を詳細に再現できるNICAMは、温暖化の予測精度の向上に役立てられている。

画像提供：地球環境変動領域 大内和良、
地球シミュレータセンター 松岡大祐

NICAMにより再現された2004年6月1日の全球の雲（濃い白）と大気下流の流れ（薄い白の筋）

NICAMにより再現された雲の分布と降水量

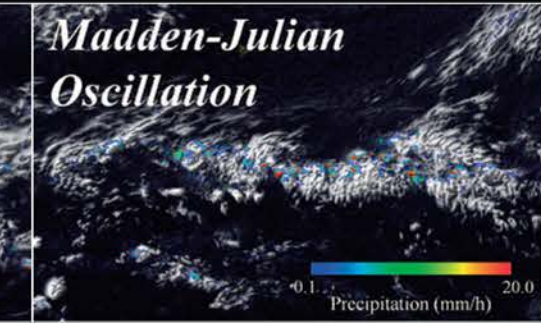
梅雨前線



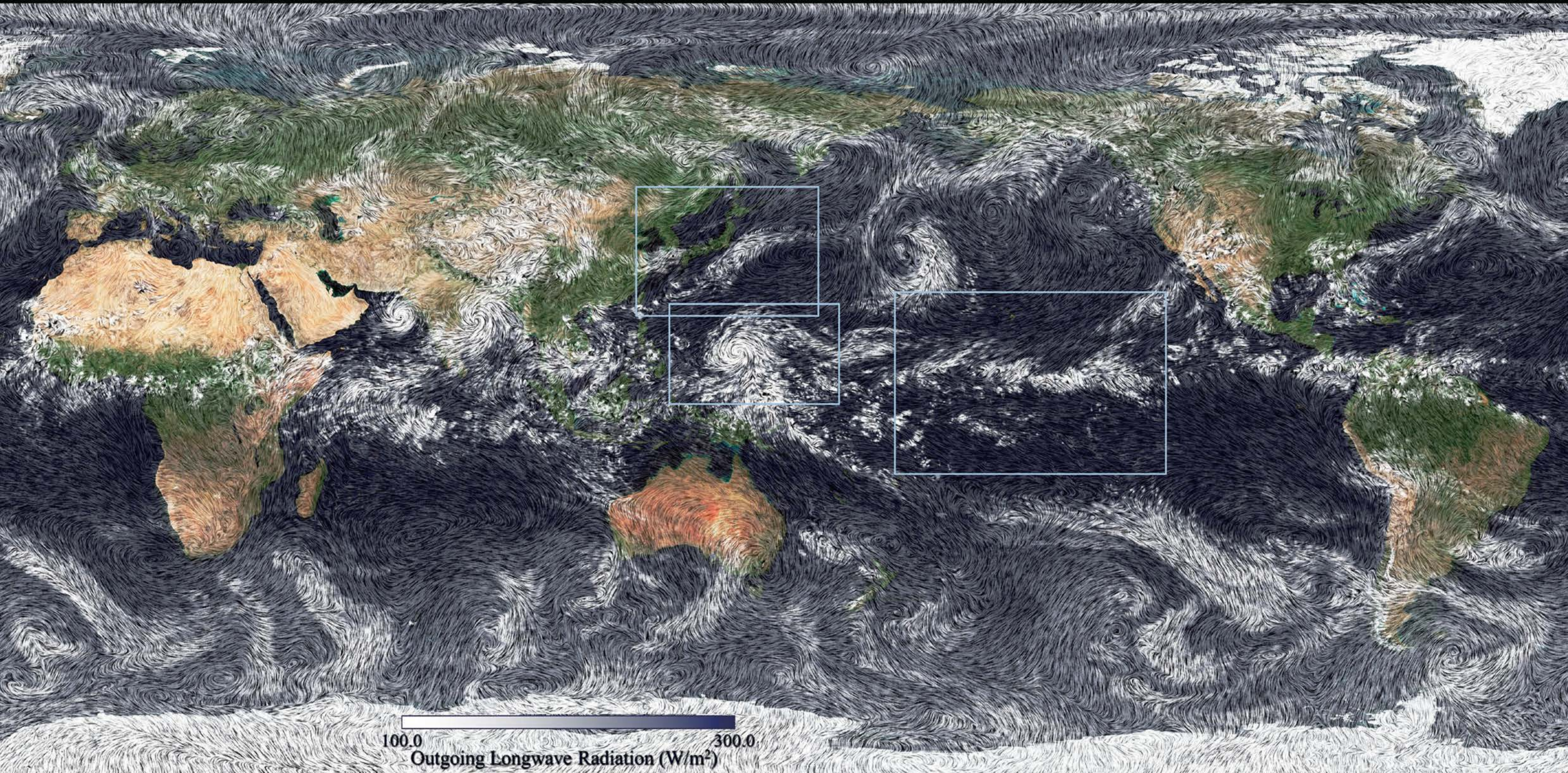
台風



マッデン・ジュリアン振動 (MJO)



熱帯の巨大な積乱雲群と相互作用する大気の流れの分布が約1~2ヵ月かけて東向きに地球を一周する現象



雲の精密なシミュレーションに挑む

雲の発生・発達過程の再現は、さまざまな気象シミュレーションのなかでも難易度が高い。

エアロゾルと呼ばれる大気中の微細なごみに、水蒸気が凝結して微小な水滴ができる。それらが集まって雲が発生する。雲をつくる水滴は $1\mu\text{m}$ ~ 1mm と1,000倍のサイズの違いがあり、それらが衝突を繰り返しながら成長して、大きな雨粒となっ

て地表へ降り注ぐ。その過程はとても複雑だ。また、 1m^3 あたり約10億個含まれる水滴1個ずつをくまなく計算することは、計算量が膨大なものとなり、事実上不可能である。そこで、雲を効率よく精密に再現する「超水滴法」や「ピン法」を用いた研究が進められている。

海上で発達する積雲

大気海洋結合モデルMSSGと、水滴の大きさを考慮したピン法によるシミュレーション。海上での雲の発生・成長過程を再現するとともに、水滴の大きさに応じた光の散乱を計算することで、雲や虹の見え方も忠実に表現している

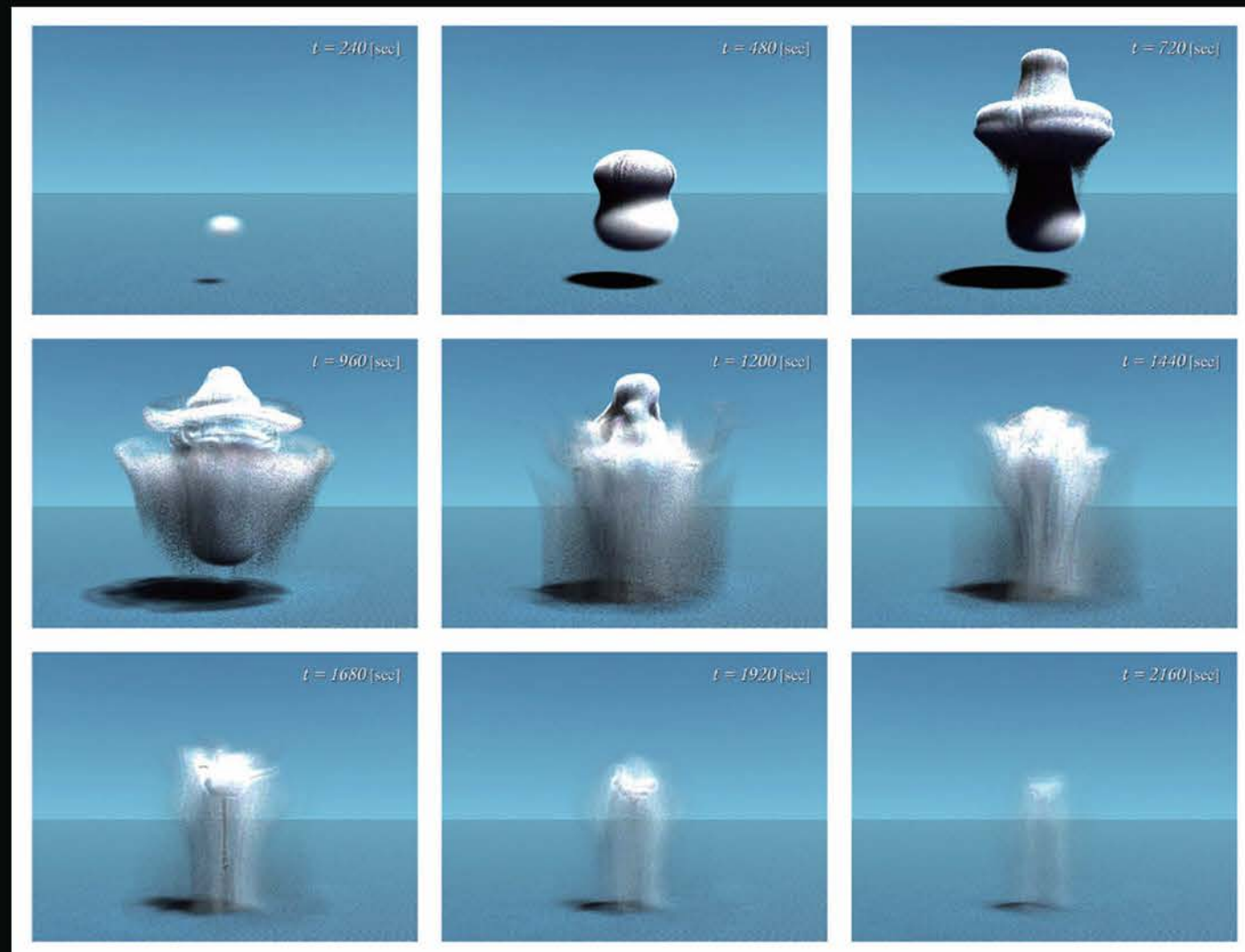
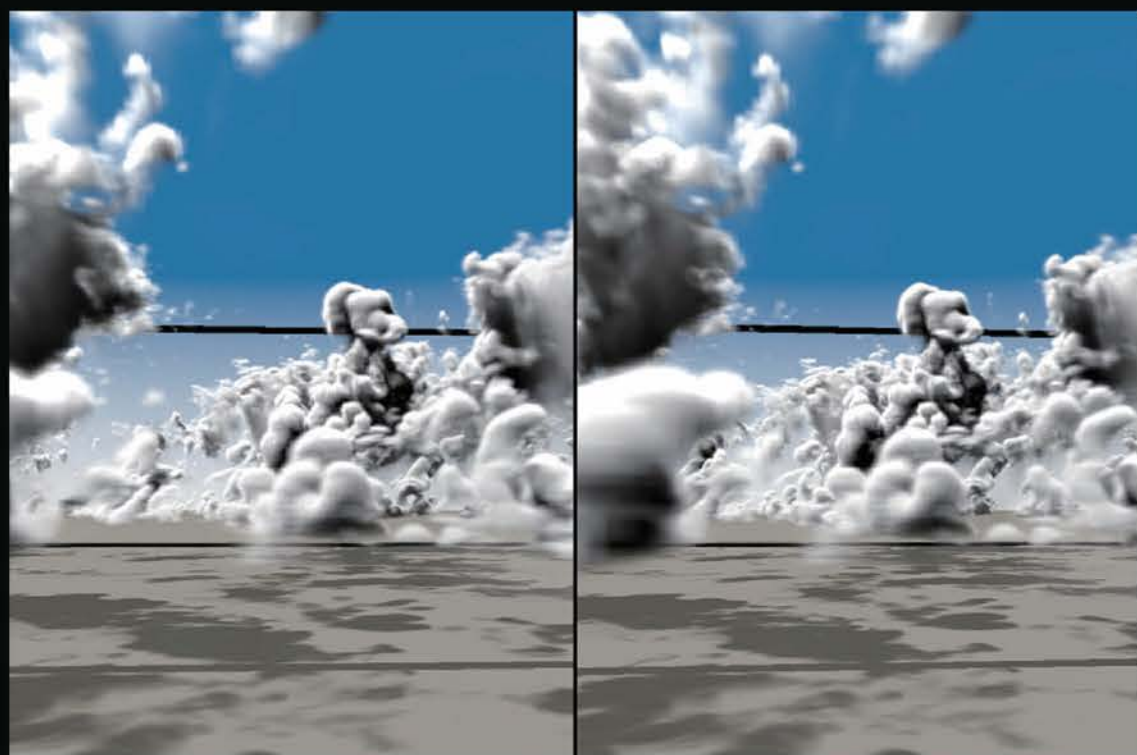
画像提供：地球シミュレーター
ター 大西 領



積雲の立体視画像

右目で左図、左目で右図を見る交差法による裸眼立体視を行うことで、積雲の三次元的な分布を把握することができる

画像提供：地球シミュレーター
ター 松田景吾



積雲の発生・成長・衰退過程 膨大な数の水滴の振る舞いを効率的に計算する超水滴法を用いることで、海上の積雲の発生から成長、衰退までを物理法則に基づきシミュレーションした。また、光の複雑な散乱を計算して写実的に雲を表現することで、従来の手法では捉えることのできなかった雲の特徴を見いだすことができる
画像提供：地球シミュレーター 荒木文明

霧の発生予測

2008年12月の朝5時ごろ、南アフリカ・西ケープ州にあるテーブルマウンテンにおける霧の発生を、大気海洋結合モデルMSSGでシミュレーションしたもの。良質のブドウの育成には、霧が欠かせない。霧の発生シミュレーションを用いて最適な栽培地や栽培方法を探る研究が進められている
画像提供：地球シミュレーター 高橋桂子



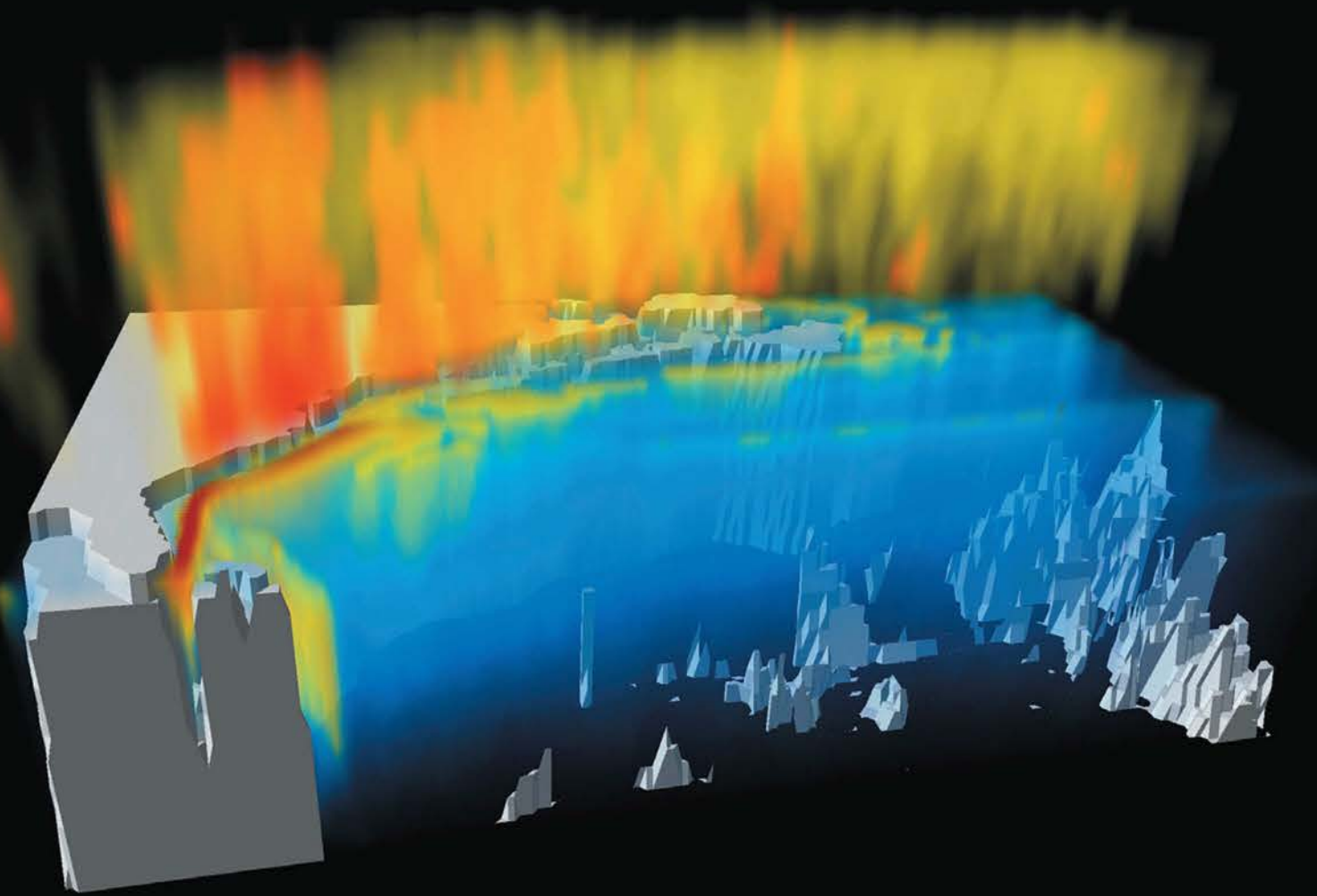
観測とシミュレーションで現象を解明する

左の画像は、メキシコ湾流が大気に生み出す巨大上昇流が高度1万mに達している様子を描いている。それにより、遠方の気候にも影響を及ぼしていることが分かった。これは衛星観測データとシミュレーションを組み合わせることで発見された現象だ。

右の2枚の画像は、2011年台風12号を再現したもの。この台風は、紀伊半島にとどまって集中豪雨をもたらし、深層崩壊と呼ばれる大規模な土砂崩

れを引き起こした。シミュレーションでは、台風が紀伊半島付近にとどまり多量の雨を降らせた様子は再現できたが、とどまっていた期間は実際よりも短くなった。それは、シミュレーションに用いた観測データが100km四方ごとと精度が粗かったことが原因だと考えられる。

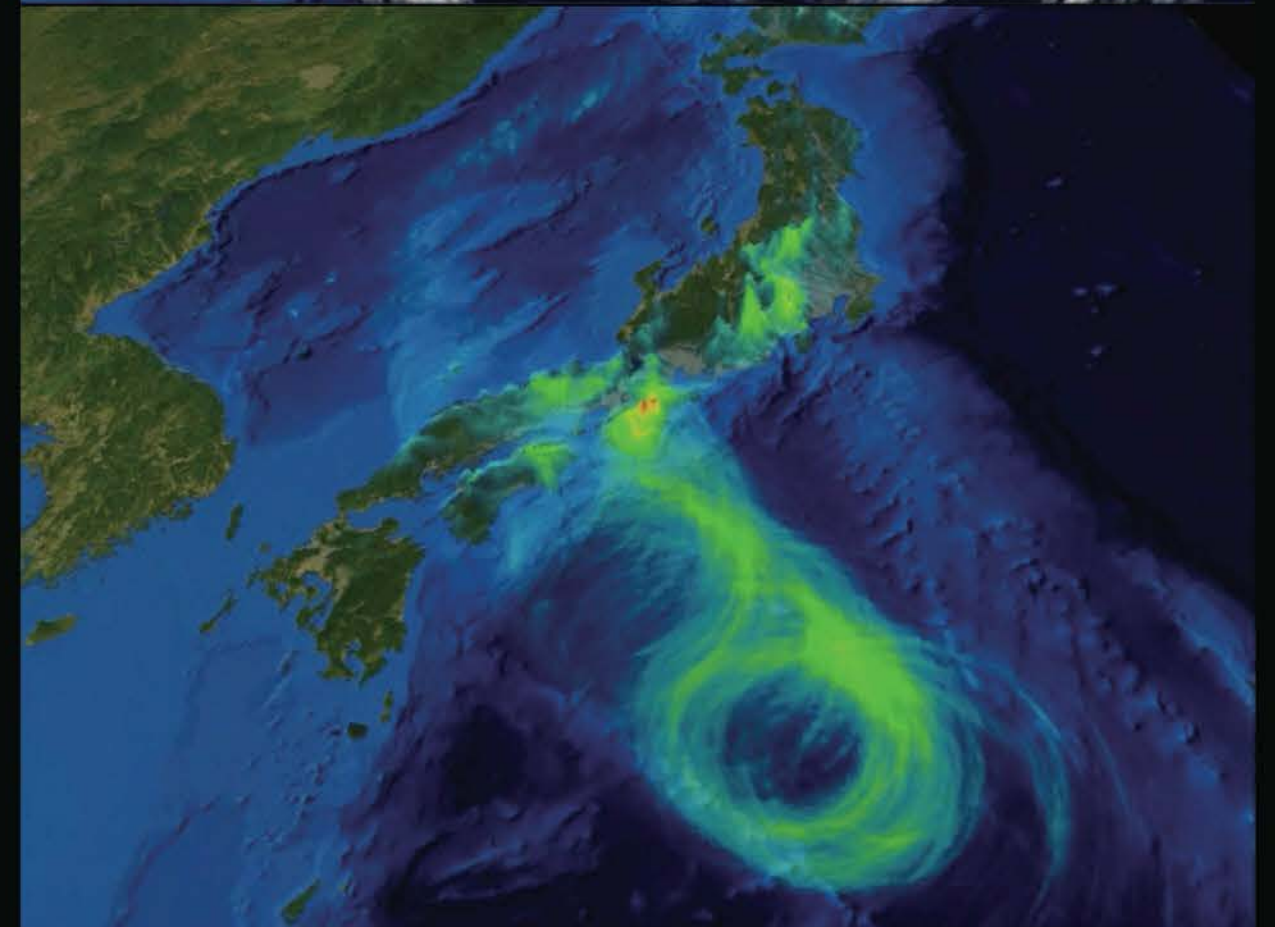
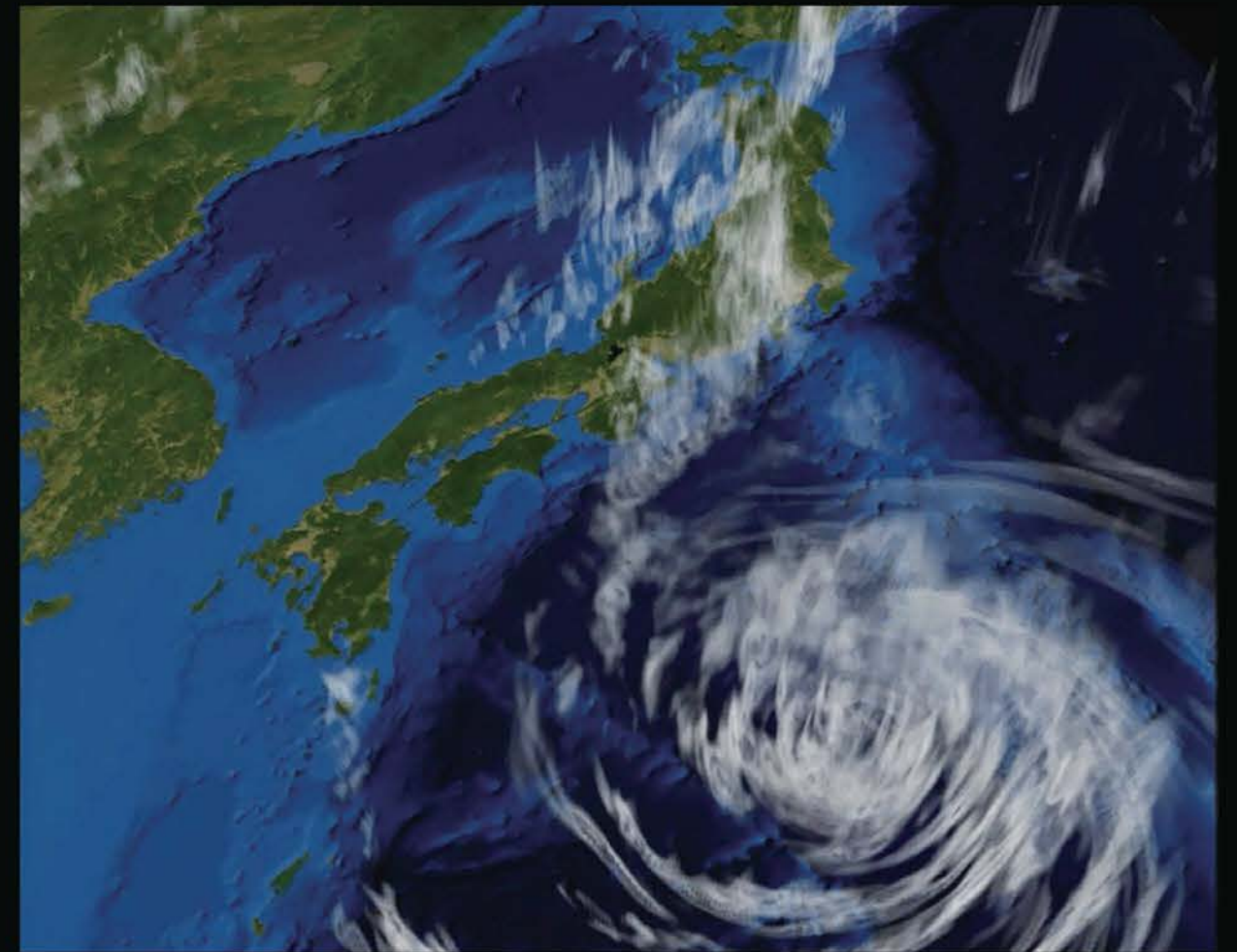
さまざまな現象のメカニズムを解明して予測するには、観測とシミュレーションの精度を共に向上させる必要がある。



メキシコ湾流が大気に生み出す巨大上昇流

北大西洋を北上するメキシコ湾流が、熱帯から大量の熱を中緯度域へ運んで大気中へ放出することで、巨大な上昇流が生じている。大気海洋結合モデルCFESのシミュレーションにより、年平均した大気の上昇風速と水平海流速度（いずれも赤いほど速い）を示している

画像提供：地球シミュレータセンター 吉田 聡・荒木文明・川原慎太郎



深層崩壊をもたらした2011年台風12号

大気海洋結合モデルMSSGによるシミュレーション。上画像の白色が発達中の台風の雲分布、下画像の海上および陸上のカラーは、2011年8月31日1時から9月2日8時までの積算降水量を示す。紀伊半島の赤色の地域で積算降水量が特に多かったことが分かる

画像提供：地球シミュレータセンター 高橋桂子

シミュレーションの成果を社会に発信する

シミュレーションの成果を、さまざまな分野の研究やビジネス、防災、都市設計などに役立てるには、分かりやすい表現で情報発信を行うことが必要だ。

地球シミュレータセンターでは、Webサイト「EXTRAWING（エクストラウィング）」を運営し

ている。可視化技法とGoogle Earth™のリアルな景観を組み合わせることにより、シミュレーションの世界を縦横無尽に飛び回るように観察することを可能にした。

<http://www.jamstec.go.jp/esc/extrawing/index.html>

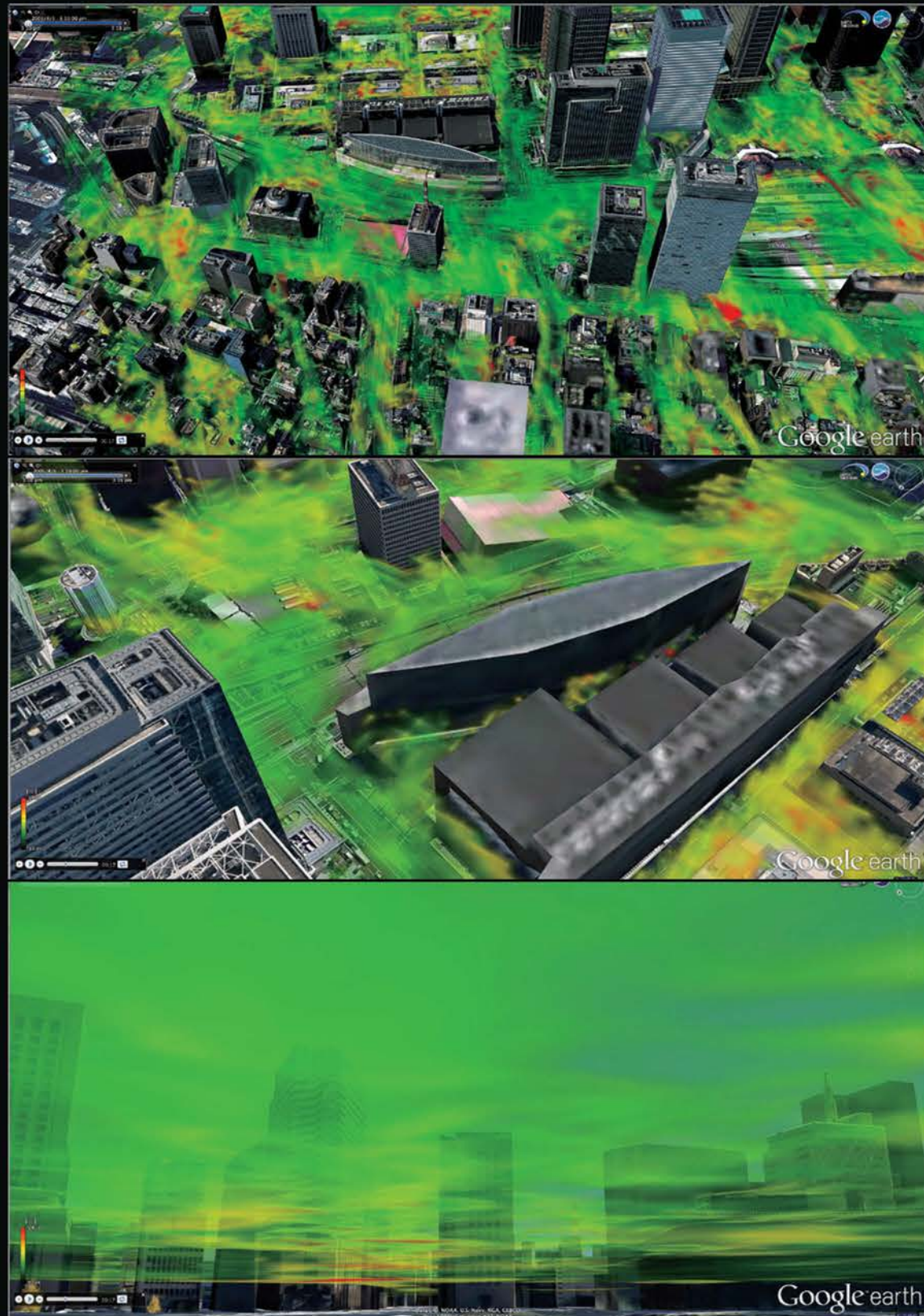
ヒートアイランド現象

2005年8月5日15時ごろの東京駅付近の風の流れと気温を大気海洋結合モデルMSSGで予測したもの。緑色が32℃、赤が35℃に相当する。

都市部の気温が郊外に比べて高くなるヒートアイランド現象の日中における要因として、①ビルからの冷房の排熱が多いこと、②ビルやアスファルト表面は日射で暖まりやすいこと、③ビルにより風の流れが悪いこと、が挙げられる。それら3つの要因を考慮して気温を予測した。

このようなシミュレーションにより、熱がたまりやすい原因を分析して、ビルの配置変更や緑や水辺空間を増やすことで気温がどの程度下がるかを予測し、都市設計に役立てることができる

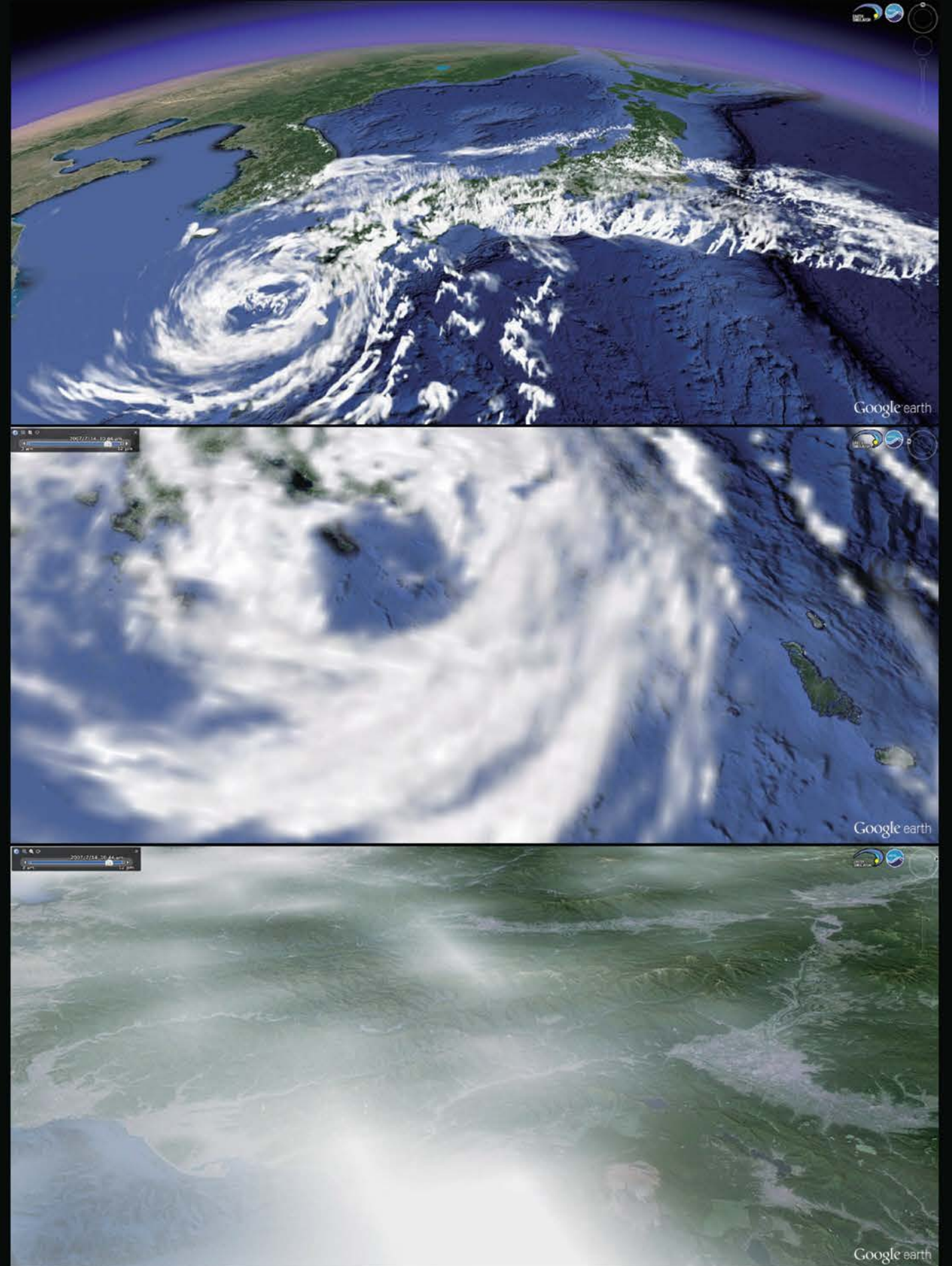
画像提供：地球シミュレータセンター 高橋桂子



大型台風

2007年7月14日の台風4号と梅雨前線の様子を大気海洋結合モデルMSSGで再現したもの。この台風は、最大瞬間風速が56.3mと7月に発生した台風としては観測史上最強を記録。梅雨前線が活発化して沖縄から東北にかけて記録的な大雨を降らせ、大きな被害をもたらした。この画像は、台風や梅雨前線の構造を捉えるために、濃い雲の領域を強調するとともに、高さ方向の構造を5倍に拡大して表示している

画像提供：地球シミュレータセンター 高橋桂子



シミュレーションを防災に役立てる

東北地方太平洋沖地震の発生から2日後、地震の強い揺れと津波をシミュレーションにより再現した動画がテレビで全国放映された。それにより私たちは、マグニチュード (M) 9.0という超巨大地震の発生で日本列島周辺に何が起きたのかを理解することになった。

近い将来、南海トラフでも巨大地震が起きる可能性が高い。最大でM9.1の規模の地震と、30mを超える大津波が発生する可能性も指摘されている。国の被害想定によれば、今後、何も対策を取らなかった最悪のケースで死者が32万人に上るといふ。そのような最大規模の地震・津波に備え、災害を確実に減らすために、地球シミュレータによる予測研究が進められている。

2011年東北地方太平洋沖地震の地震の揺れと津波の同時シミュレーション

地震による地殻変動で太平洋岸の海岸線が沈降、そこに津波が押し寄せた。地震発生から30分後には、太平洋沿岸の広い地域に津波が到達したことが分かる

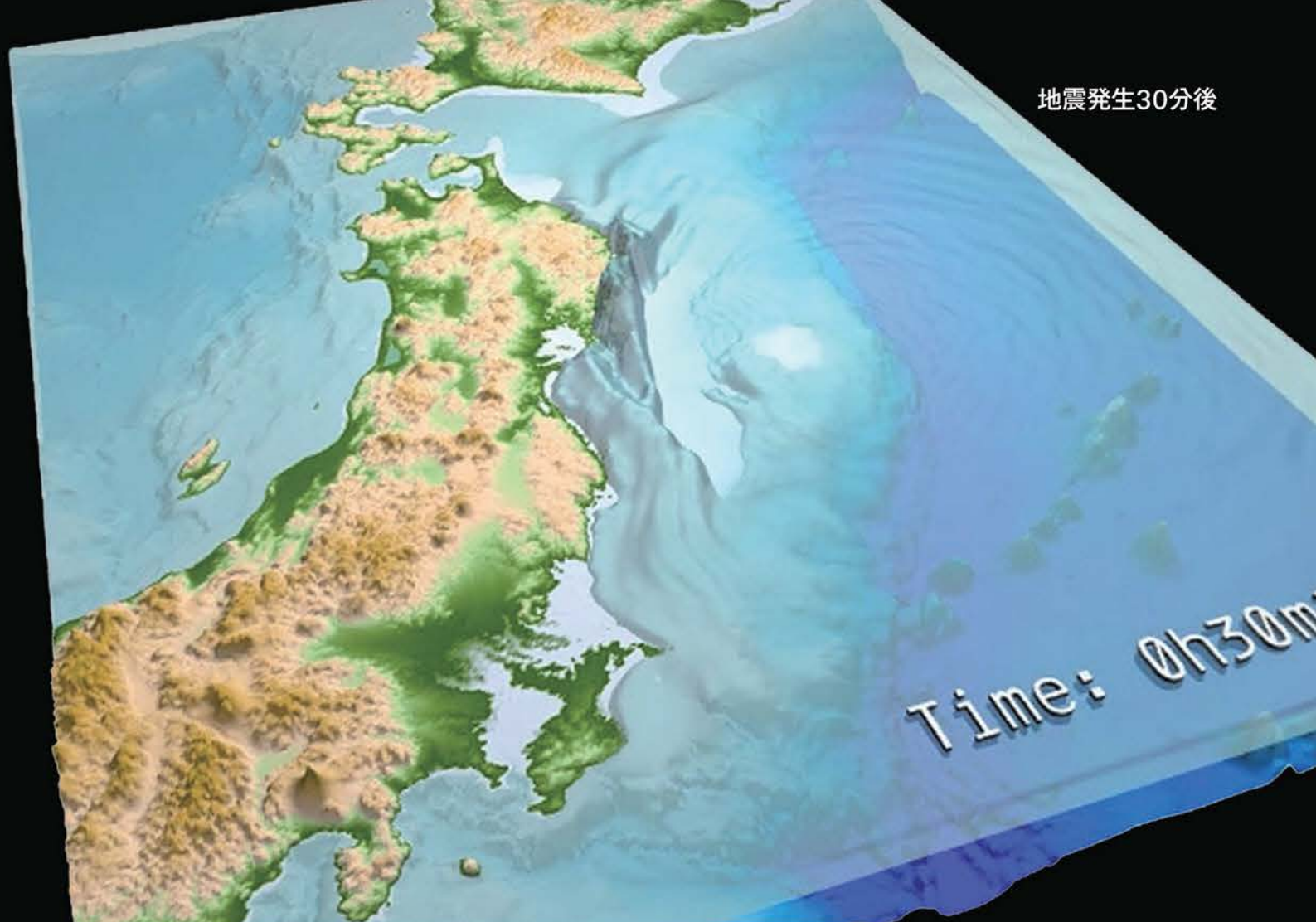
画像提供：東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター 古村孝志、東京大学地震研究所 前田拓人

南海トラフ巨大地震の津波シミュレーション

南海トラフで発生する最大規模の地震を想定し、それによる津波をシミュレーションした。震源域の駿河湾から日向灘の周囲の広い範囲に大津波が到達する。震源域が陸地に近いため、早いところでは5~10分で沿岸に津波が到達する

画像提供：東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター 古村孝志、東京大学地震研究所 前田拓人

地震発生30分後



地震発生10分後



超巨大地震の波が全球表面と内部へ伝わる

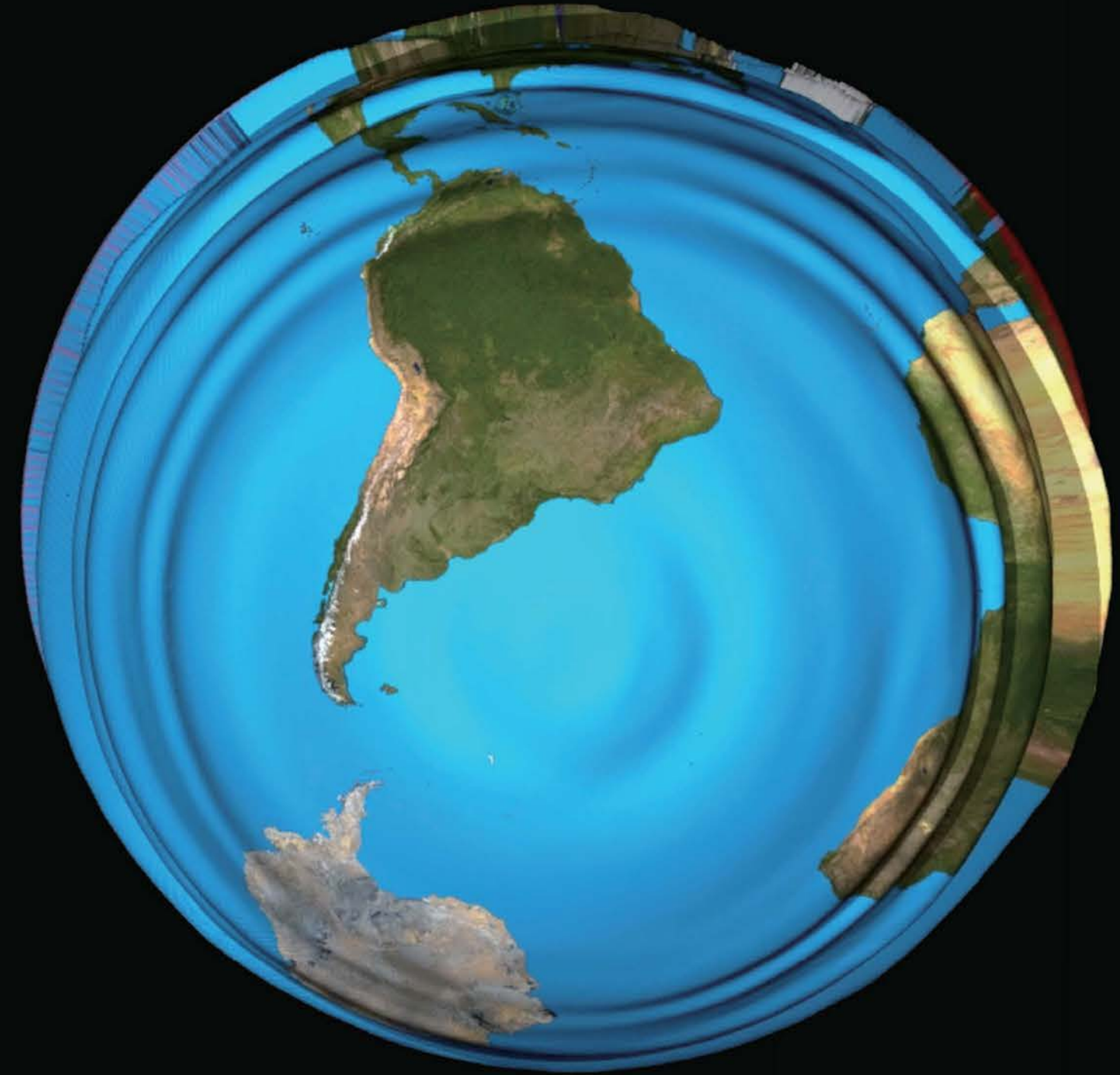
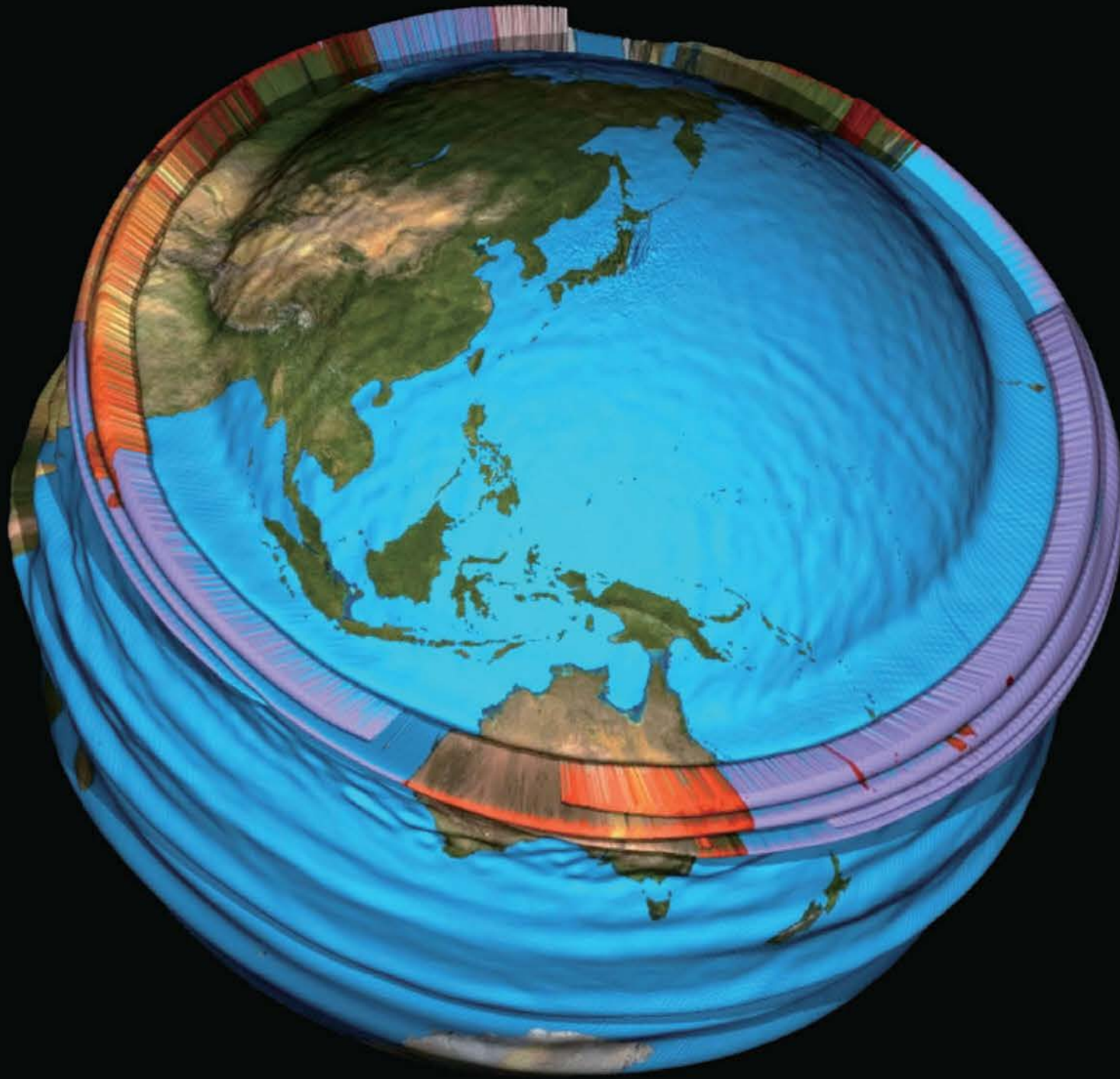
2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震。マグニチュード9.0という超巨大地震の地震波は、全球表面と内部へ伝わった。この画像は、その地震波伝搬の様子を、地球上のさまざまな場所で観測されたデータと震源で起きた破壊をモデル化してシミュレーションしたもの。震源からの地震波の広が

り方は同心円に近い(左)。震源の反対側では、同心円からわずかにずれた形で地震波が集まる。

このようなシミュレーションと観測データを照合することで、地震の発生メカニズムや地球内部の様子を詳しく探ることができる。

東北地方太平洋沖地震の地震波伝搬シミュレーション

地震波の上下変動を強調し、変異が特に大きいところは赤色で表示している
画像提供：地球情報研究センター / 地球内部ダイナミクス領域 坪井誠司、地球内部ダイナミクス領域 古市幹人、地震津波・防災研究プロジェクト 中村武史



地球中心部の核から宇宙へ

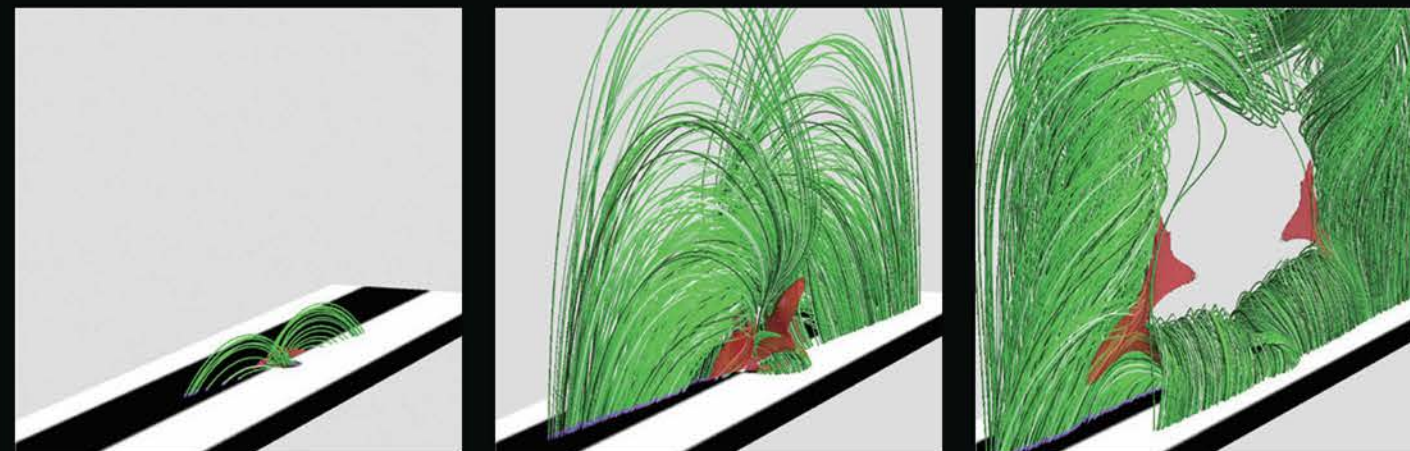
マントル層の下にある地球中心部には、主に鉄から成る核（コア）がある。核は液体の外核と固体の内核に分かれている。外核の液体鉄は、温度の高い内核に暖められて対流している。それにより、地球磁場が生み出されている。

地球磁場は、地球を取り巻くように分布しており、宇宙空間を飛び交う宇宙線や太陽風などの高エネルギー粒子から地球を守るバリアの役目をしている。そのバリアのおかげで、地球には厚い大気が存在し続け、海の表層や陸上でも生物が生息すること

が可能になったと考えられている。

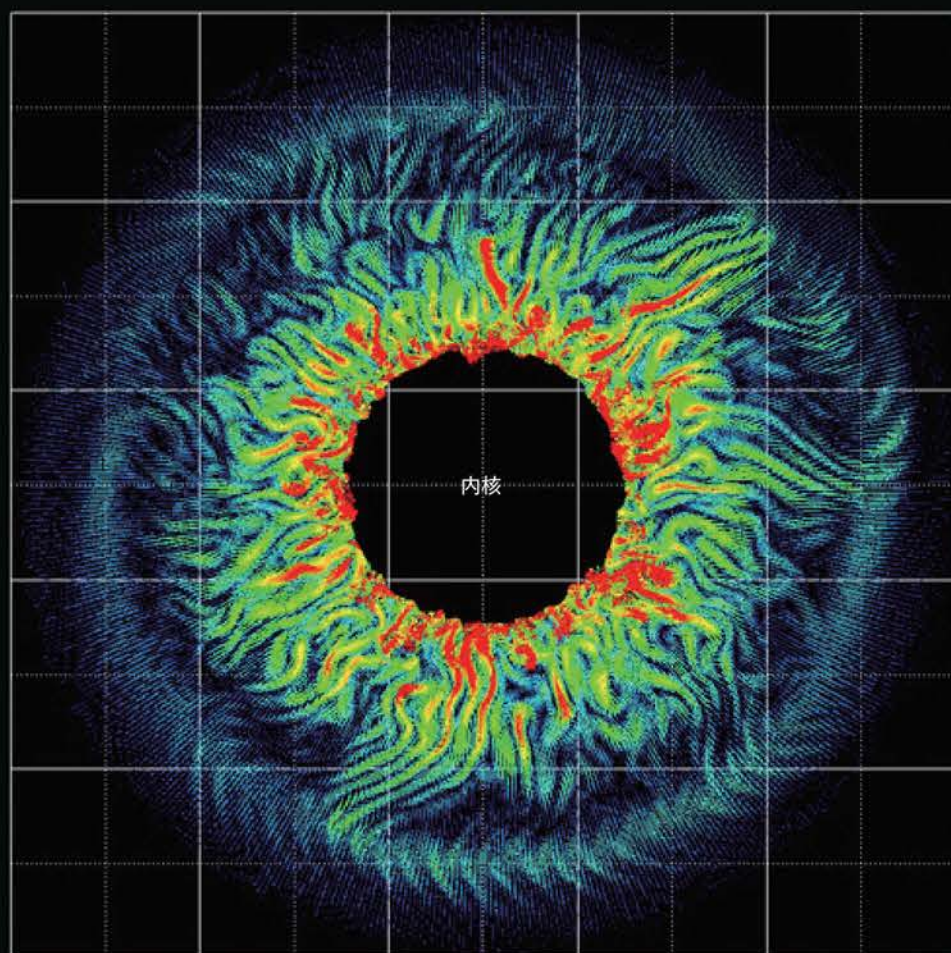
ただし、外核で液体鉄がどのように対流して、地球磁場が生み出されているのか、よく分かっていない。外核の液体鉄は、水のようにさらさらした状態で、小さな渦がたくさんできているはずだ。それを再現するには、非常に高い解像度で膨大な量の計算を行う必要があり、現在のスーパーコンピュータでも、その実現は難しい。

地球シミュレータにより、外核の対流と地球磁場の発生を精度よく再現する研究が進められている。 **BE**



太陽フレアのシミュレーション

太陽表面で起きる巨大な爆発現象である太陽フレアによって、地球にも影響を与える激しい太陽風の乱れが発生する。太陽フレアの発生原因を探る研究も、地球シミュレータを駆使して進められている。緑色のラインは磁力線、赤は高温プラズマの加熱部分 画像提供：システム地球ラボ 草野完也

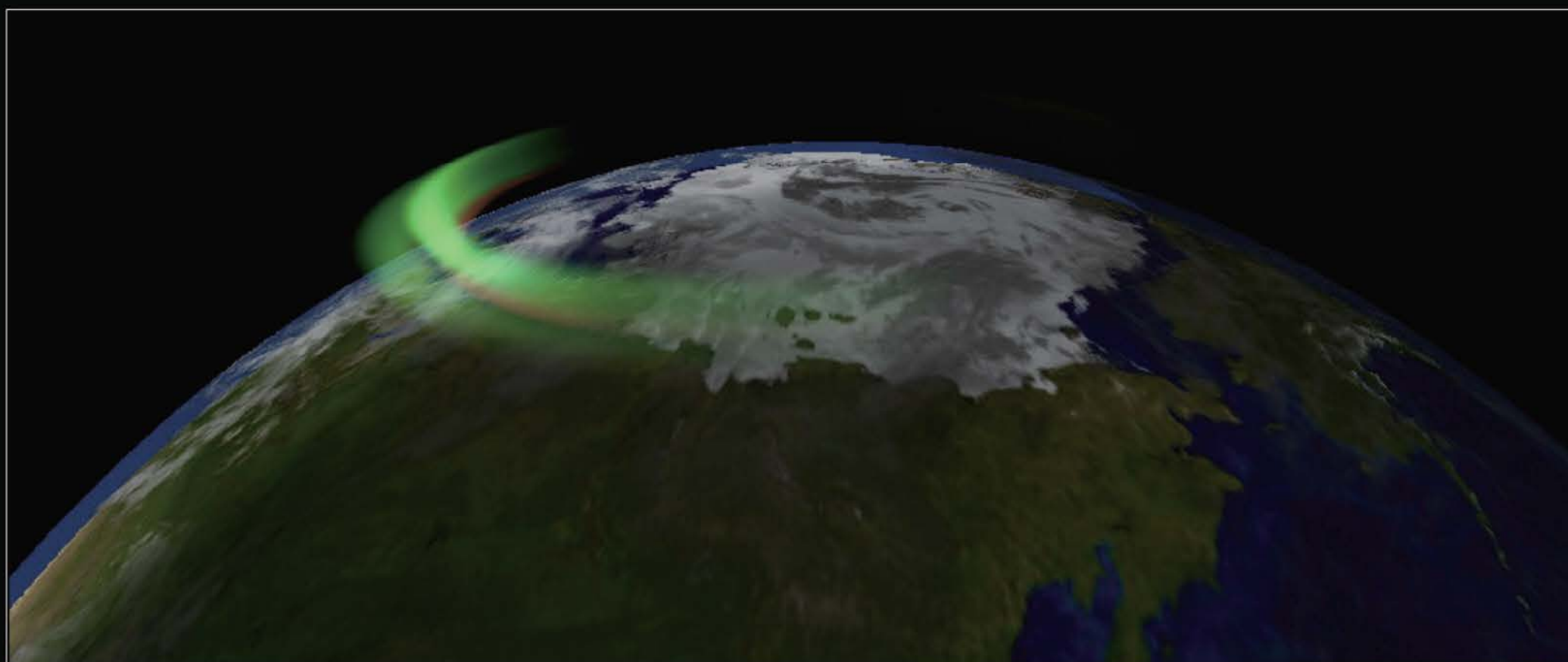


外核の赤道面上における流体鉄の流れ

流体鉄の流れが、赤は速い場所、青は遅い場所。非常に細いジェット状の構造が対流運動の基本構造になっていることが、従来よりも高い解像度のシミュレーションで初めて明らかになった
画像提供：地球内部ダイナミクス領域 宮腰剛広、神戸大学 陰山 聡

オーロラのシミュレーション

太陽風は、秒速数百kmの速さで地球へ吹き付けるプラズマ（イオンと電子の塊）である。その一部は地球磁気圏に侵入し、電子が超高速に加速されて大気中の窒素分子や酸素分子と衝突して発光を引き起こす。それがオーロラだ。オーロラを再現するには、太陽風の100万トンのプラズマの流れと、オーロラを引き起こす1個ずつの電子の運動を、同時に計算する必要がある。その計算量は膨大なものとなり、地球シミュレータをもってしても事実上、計算は不可能だ。そこで、プラズマのなかからオーロラを引き起こす電子が加速される場所と時間を探し出し、その部分の電子の運動を追跡して、その結果をプラズマ全体の動きに連動させる「連結階層シミュレーション」により、オーロラを忠実に再現した
画像提供：兵庫県立大学 大野暢亮、地球シミュレータセンター 杉山 徹、神戸大学 陰山 聡





水族館には、クマノミ類の繁殖に関わる班、お客さまへの解説の充実化やイベントを企画する班、生きもの研究を行う班があり、それぞれ活発に活動をしている



産卵したカクレクマノミ。卵は初めオレンジ色をしていて、次第に黒っぽくなる。カクレクマノミはなせイソギンチャクに刺されないのか？ 素朴な研究テーマで挑んだ2011年の日本学生科学賞では、見事に環境大臣賞を受賞した。写真は、そのときにヘアとして実験に参加したカクレクマノミ。右が雌。長高水族館発足当時から10年以上繁殖研究で活躍し、受賞の翌日、それを見届けるかのように、2個体とも一緒に亡くなった

県立高校の一角に、月に一度、第3土曜日にだけ開館する水族館がある。長高水族館。愛媛県大洲市長浜町は、実は四国で初めて水族館が誕生した町である。水族館は町のシンボルであったが、老朽化のため、1986年に惜しまれながら取り壊された。しかし町民の水族館復活への思いは強く、1998年、町全体を水族館にしようという運動が起きた。その中核として誕生したのが、日本初の高校生が運営する水族館、「長高水族館」だ。

長高水族館はそれ以来、地道に活動を続けている。自慢は数百匹のカクレクマノミ。映画『ファインディング・ニモ』で一躍有名になったカクレクマノミは、丈夫で比較的飼いやすいことから、海水魚を飼うときの第一の選択肢となる。

長高水族館では、カクレクマノミの繁殖ペアが発足当時から飼育されていて、繁殖や研究を支え続けた。このペアの子孫たちが、いまでは水族館の水槽を飾っている。多くが体長4~5cmのなか、ペアの雌の大きさは9.2cm、雄が7cmほど

とひとときわ大きい。カクレクマノミは性転換をする魚で、生まれながらに両性の生殖腺を持つが、1つのグループで成熟するのは2個体だけである。つまり、最も大きな個体が雌に、2番目に大きな個体が雄になる。もし、このグループの雌がいなくなれば、順位が繰り上がり、雄は雌に性転換し、その次に大きな個体が雄となる。

ペアは1回の産卵で数百個程度の卵を産み、卵は8日目にはふ化する。どれほどの数がふ化して成魚にまで成長できるかは、餌によるところが大きい。淡水魚に比べ、小さな身体で生まれてくる海水魚は、どれだけ丈夫な身体を親たちの段階からつくってあげられるかが重要だ。水族館では、親や稚魚の餌になる動物プランクトンのシオミズツボウムシはもちろん、その餌になる植物プランクトンのクロレラ（ナンノクロロプシス）から育てている。クロレラの飼育は温度管理が難しい。そのクロレラのでき次第で、ウムシのできが変わる。ウムシ次第でカクレクマノミの生存率が変化する。めぐる関係

性のなかで、すべてが育まれていく。

水族館運営のすべてを生徒が行う。発足当時は自然科学部でスタートしたが、いまでは水族館部と名を変え20名ほどで活動している。150種2000個体以上の生きものの管理や、一般公開時は来館者への生きものの解説を行う。新入生のときにはたどたどしかった生徒が、日ごとにたくましく変わっていく。命に日々触れ、その環境について考え、月に1度の一般公開で人とのコミュニケーションを学ぶ。それが社会で生きていく力となる。日々の行動が生きものたちを輝かせ、人を喜ばせる。その実感が、生徒たちの顔つきを変えていく。小さな生きものたちの命のつながりのなかで、人も大きく羽ばたいていく。

取材協力：重松洋、門田将和 / 長高水族館・愛媛県立長浜高等学校理科教諭・水族館部顧問

同じ時期に生まれたカクレクマノミ。産卵後、卵だけを別の水槽に移してふ化させる。稚魚はあまりに小さくてふ化後の回収は難しく、また成魚に食べられてしまうため、稚魚は吸い込まれてしまうため、フィルターを使用せず、エアレーションのみの小さな水槽で育て、餌として、シオミズツボウムシをクロレラとともに与える

取材協力 辻井典子 横浜高校 教諭
 海洋研究開発機構 地球内部ダイナミクス領域
 仲西理子 技術研究副主任 山下幹也 技術研究副主任
 桑野 修 研究員 木村純一 チームリーダー
 柳澤孝寿 主任研究員 田中 聡 主任研究員
 藤江 剛 技術研究副主任
 海洋研究開発機構 地球深部探査センター
 小俣珠乃 技術主任

JAMSTECで地学と 出会った

横浜高校 サイエンス・パートナーシップ・プログラム

2013年7月29日、横浜高校の生徒18人が、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 横浜研究所を訪れた。サイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) 特別講座「深海コアと丹沢付加体から見える岩石サイクル～海溝型巨大地震のメカニズム～」の始まりだ。ホンモノを体験したい生徒と地学の面白さを知ってほしい研究者。2つの思いが出会った5日間を紹介する。

■ 横浜高校とJAMSTECの連携

「学校で配布された特別講座の案内を見て、こんな貴重な体験ができるのなら参加しなければいけないと思い、旅行の予定をキャンセルして来ました」「父が地学関係の仕事をしています。父がどのようなことを学び、それを仕事にしたのかを理解できたかと思っています」「東北地方太平洋沖地震のような規模の地震が起きたときに自分の身を守れるように、地震についての知識を少しでも付けたいと思い、参加しました」「理科の辻井先生に誘われて……」

講義に入る前に参加動機を聞くと、さまざまな答えが返ってきた。参加生徒は1年5人、2年9人、3年4人。文系の生徒もいる。共通しているのは、普段できない体験をしたい、新しいことを知りたい、という好奇心、探究心である。

サイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) とは、科学技術振興機構 (JST) が理科教育を推進するために運営している事業である。小・中・高校が、大学や研究機関と連携して講座を企画して応募する。採択されると、JSTから経費が支援される。今回の特別講座は、横浜高校とJAMSTECが企画し、2013年度のSPPに採択され、実施に至ったものだ。

■ 地震波探査実習——寒天を用いた地震波探査実験

SPP特別講座「深海コアと丹沢付加体から見える岩石サイクル～海溝型巨大地震のメカニズム～」は、1・2日目の地震波探査実習と、3・4日目の地質学実習、5日目の生徒発表から成る。簡単に内容を紹介します。

1日目はJAMSTECの横浜研究所で行った。まず、地震波探査について説明。地震波探査とは、人工的に地震を起こして地下の地層の境界を伝わって返ってきた地震波を観測するこ

とで、海底下の構造を探る技術である。説明の後、この日のために考案した地震波探査の実験装置を用いて実習を行った。かたさの異なる2層の寒天を偏光板で挟み、背後から光を当てる。寒天の上面を小さなハンマーでたたくと、その振動、すなわち地震波が寒天を伝わっていく。偏光板を使うことで、寒天のひずみがしま模様となって見ることができる。地震波が伝わる様子を高速ビデオカメラで撮影し画像を解析した波形を使って、寒天を伝わる地震波の速度と、上の層の厚さを求めよ、というのが課題だ。4班に分かれ、生徒たちは波形や数式と格闘。寒天の厚さを実測して答え合わせをして、解説。そして、「海域での地震波探査による地下構造解析」についての講義が行われた。実習で学んだ方法が最先端の研究につながっていることが紹介され、1日目を終了した。

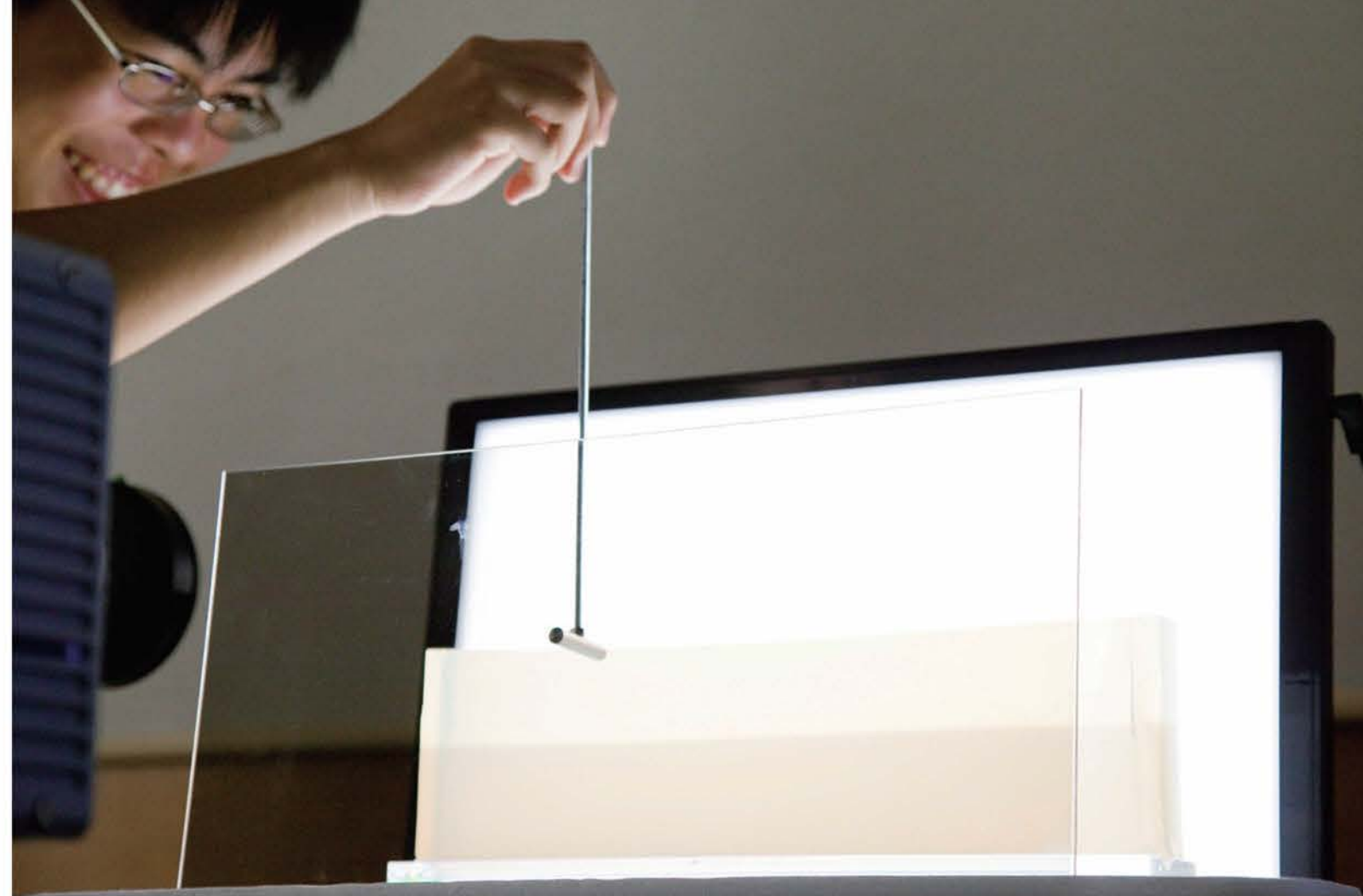
2日目は、JAMSTECの横須賀本部にて実施。「日本列島の形成」と「海洋プレート沈み込みに伴う海溝型地震研究」についての講義の後、地震計と観測波形を見ながら地震計の原理を学んだ。その後、海底地震計の整備風景を見学。海底地震計の装置に触りながら、その仕組みについて説明を受けた。

■ 地質学実習——丹沢巡検

3日目は丹沢巡検へ。巡検とは、地表に出ている地層や岩体を見に行く野外実習のことである。ユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界の一部ではないかと考えられている神縄断層において、断層を挟んで分布している、堆積岩から成る足柄層群と、火山活動に伴ってできた凝灰岩から成る丹沢層群の地層を観察。その後、中川温泉や西丹沢自然公園で丹沢結晶片岩や丹沢深成岩体、トータル岩を観察。中川温泉では、酒匂川の河原に下りて砂や鉱物の採取を行った。

4日目は、横浜高校の理科室にて実施。前日の巡検ルートを地図で確認し、採取した試料の確認・ラベリングを行い、地質図を作成した。そして、酒匂川の河原で採取した砂や鉱物を顕微鏡で観察。さらに、相模湾の深海底から採取されたコア (堆積物の円柱試料) を肉眼で観察した。観察結果と地層の成り立ちについて考察を行った後、「日本列島の歴史」についての講義を行い、4日目を終了。

翌日の発表に備え、生徒は校内の学習センターに宿泊し、



寒天を用いた地震波探査実習のひとコマ (撮影：藤牧徹也)

班ごとに発表の準備を行った。プレゼンテーションソフトウェアを使い、撮影した写真や資料を取り込んでスライドをつくっていく。就寝が12時を過ぎた班もあった。

そして最終日。各班、工夫を凝らしたスライドを使いながら、緊張しつつも発表を行っていった。参観に来た教諭からの鋭い質問にたじろぐ場面もあったが、自分たちなりの言葉で切り抜けた。最後に横浜高校とJAMSTECの担当者がそれぞれあいさつをし、5日間の特別講座が無事終了した。

■ 世界初。寒天を使った地震波探査の実験装置

5日間を振り返り、横浜高校の担当者である辻井典子教諭は、「120%の成功」という。横浜高校がSPPとして特別講座を実施するのは2011年度に次いで2回目だ。辻井教諭は、2013年度の応募にあたって、JAMSTECと連携して地震をテーマにした講座ができないかと、地球深部探査センター (CDEX) の小俣珠乃さんに相談を持ち掛けた。2012年の年末ごろのことだ。

小俣さんは、河川や海岸で砂を採集し、その地域の地質の成り立ちを知るとともに世界中の砂のデータベース作成を目指すプログラム「Sand for Students」を担当し、中高生を対象にしたアウトリーチ活動の経験が豊富だ。「SPPとして『Sand for Students』を実施したことがあり、そのときと同じ内容を提案することも不可能ではありません。しかし、そのプログラムで伝えられることは、地震研究の取り組みのほんの一

部です。地震研究の現状とJAMSTECの研究活動をもっと複合的に見せることができないかと考えました。そこで注目したのが、地震波探査でした」と小俣さん。「地震波探査は地震の発生メカニズムの解明研究などに重要な技術ですが、中学の理科や高校の地学の教科書ではほとんど扱われていません。この探査方法と研究内容について多くの人に知ってもらうことは、JAMSTECにとっても重要だと考えたのです」

小俣さんは、海域での地震波探査による地下構造解析を専門とする地球内部ダイナミクス領域 (IFREE) の仲西理子さんに相談。「最初はJAMSTECで高校生向けのサマーキャンプでも行っている屋外での地震波探査実習をやるかと思いました。ハンマーで地面をたたくことで生じる地震波を複数の地震計で記録し、データを持ち帰って解析するというものです。でもせっかくの機会なので、もう少し直感的に地震波が伝わる様子を生徒に見せたいと考え直しました。そこで、ミニチュア版の地震波探査実習をやるかと決めたのです」と仲西さん。ところが、壁にぶつかった。「岩石や木材、プラスチックなどを使って実験しても、地震波の伝わる速度が速過ぎて実感できないのです。地震が伝わる速度が遅い物質はないかと、周りの人に相談して回りました。そんなとき、桑野修さんが『寒天を使ったらどうか？ 横波の伝播速度が遅いし、波が伝わる様子が見えますよ』と教えてくれたのです。まさに救われた気分でした」

桑野さんの専門は実験地震学で、さまざまな実験装置を考

「深海コアと丹沢付加体から見える岩石サイクル～海溝型巨大地震のメカニズム～」

2013年7月29日～8月2日

1日目 地震波探査実習 (JAMSTEC横浜研究所)

- ・地震波探査実習
- ・講義「海域での地震波探査による地下構造解析」

寒天の上の面をハンマーでたたき、たたき方で波のかたがかわってしまうので、緊張する一瞬だ。左は実験装置を考案した桑野修さん



波形を並べた画像を印刷し、地震波の速度と層の厚みを求める。線を引くのもとても慎重だ

1秒間に1,000枚撮影できる高速度ビデオカメラで撮影し、波形を記録する



波が伝わる様子がし模様として肉眼でも見える。下の層は寒天がかたく、波の伝播速度が速い。波は層の境界で屈折して返ってくる

班ごとに研究者からの助言を受けながら解析を進める。奥は柳澤孝寿さんと仲西理子さん



2日目 地震波探査実習 (JAMSTEC横須賀本部)

- ・講義「日本列島の形成」
- ・講義「海洋プレート沈み込みに伴う海溝型地震研究」
- ・施設見学



仲西さんによる講義風景



地震計の仕組みについて振り子を使って学習中。左は田中聡さん



海底地震計の整備場を見学

案しているアイデアマンだ。「私は、寒天と偏光板を使って、断層の破壊の速度を調べる実験をやっていました。波と同じくらいの速度の破壊を観察していたので、寒天をたたけば波が伝わる様子も見えるはずだ、とひらめいたのです。かたさを変えて地震波速度が異なる2層にすれば波は境界で屈折し、地震波探査で地下構造を調べるのと同じことができるはずです」と桑野さん。「いろいろなかたさの寒天をつくらたり、壊さずに寒天を立てる技を磨いたり、波がよく観察できるたたき方を検証したり、解析プログラムをつくらたり、試行錯誤の結果、寒天を使った地震波探査の実験装置が完成しました。もちろん世界初です」

生徒たちの反応は想像以上だった。「実は、この実習は大学4年生が行う内容なんです。でも、難しい計算を投げ出すことなく取り組んでいましたね。答え合わせをすると、『違う！くやしいなあ』『計算をやり直してみよう』、そんな言葉が飛び交っていました。あんなに一生懸命になるとは思いませんでした」と桑野さん。「高速度ビデオカメラの画像をスロー再生して波が伝わる様子を見て、『わ～！』『おお！』という声が上がっていました。興味を持ってもらう上で、視覚的に分かるという効果は大きいですね」と仲西さん。「そして、一生懸命計算したことが実際の解析では計算機が一瞬でやってしまう、ということを知ったときの、みんなのあぜんとした表情。申し訳ないと思いつつ、楽しませていただきました」

実習では、IFREEの研究者がティーチング・アシスタント

(TA)として各班に加わり、助言をした。専門用語が多いTAの説明を理解できずに、生徒がぼかんとしている場面もあった。それについて辻井教諭は、「研究者の雰囲気肌を感じ取ることができて、とてもよかったと思います。甘やかしては駄目で、難しい言葉を聞いたときに自分なりに考えて理解する力を付けることが必要です。生徒にとって、よい刺激になったと思います」という。最終日の生徒発表では、「寒天を3層や4層にしたらどうなるのかなど、いろいろな実験をしてみたい」というコメントもあった。実は、桑野さんも同じことを考えているという。ライバル出現だ。

■ 大地の大きさ、地球の営みを感じてほしい

小俣さんは、地震波探査ともう1つ、どうしてもこの特別講座で行いたい実習があった。それが丹沢巡検だ。「中・高校生が地学の知識や思考力を競い合い、日本や世界の仲間と交流を深める『地学オリンピック』というコンテストがあり、JAMSTECもその活動を支援しています(『Blue Earth』122号参照)。その活動のなかで、複雑な計算が得意な生徒たちでも、地層の問題の得手不得手はまた別、という印象を持ちました。地層のでき方を理解するには、教科書で繰り返し勉強するだけでなく、実際に見るのが一番です。そこで、さまざまな断層や岩体を観察できる丹沢巡検を加えました」と小俣さん。

辻井教諭は、「3日目の丹沢巡検から、生徒たちの様子が大

3日目 地質学実習 (丹沢)

- ・神断層の観察
- ・足柄層群と貝化石などの観察
- ・中川温泉にて丹沢結晶片岩と丹沢深成岩境界層の観察
- ・砂と重鉱物の採取
- ・西丹沢自然公園にてトータル岩の観察



河原で梶掛け。比重の大きい鉱物だけを取り出す。みんな夢中だ



最後に記念撮影

地層を確かめながら進んでいく

4日目 地質学実習 (横浜高校)

- ・採取試料の確認・ラベリング
- ・実習場所の地質図作成
- ・採取した重鉱物の顕微鏡観察
- ・深海底から採取したコアの肉眼観察
- ・講義「日本列島の歴史」



丹沢巡検で採取した石を確認。左は小俣珠乃さん



コンピュータ室で遅くまで、明日の発表のためのスライドづくり

採取した石を実体顕微鏡で観察

5日目 生徒発表 (横浜高校)



班ごとに緊張しながらの発表

(1日目の写真撮影：藤牧徹也)

●特別講座のフォトレポートをwebで公開中!
http://www.jamstec.go.jp/j/pr/ssh_spp/

きく変わりました。生徒同士の距離が近くなり、積極的になったように感じます」という。生徒発表では、「丹沢の実習は歩いて疲れましたが、身近に断層があつて驚きました」「砂から重鉱物だけをより分ける梶掛けがとても面白く、はまってしまいました。また行きたいです」というコメントもあった。巡検は、十分な安全対策などが必要で、一般の方を対象に実施する場合、JAMSTEC側にも大きな負荷がかかる。しかし小俣さんは、こう語る。「実際に歩いて地層や岩体を見て、砂を採取し、それを観察することで、大地の大きさ、地球の営みを感じてほしいのです。万全の準備をした上で、今回のような講座に巡検を取り入れていきたいですね。実は今年の地学オリンピックの国内研修の巡検も丹沢で行いました」

■ 人生を変えるような体験を

講座終了後のアンケートから、感想をいくつか紹介しよう。「初日の計算は頑張ってもできずに悔しかったけれども、寒天の実験はとても楽しかった。またこのような機会があれば、参加したいと思います」「地学について興味がいっそう湧きました。もっと地学を勉強してみたいと思います」「辻井先生のお誘いで……という消極的な参加理由でしたが、誘っていただく価値以上のものがありました。印象に残ったのは、全部です」「将来につながるようなものが見つかりました」

辻井教諭は今回の講座を振り返り、「人生を変えるような体験を中学や高校時代にすることが必要です。横浜高校では理

科の授業でもできるだけ実習を取り入れています。しかし、学校で提供できる体験には限界があります。今回、JAMSTECと連携させていただいたことで、生徒たちにとって、まさに人生を変えるような体験となったことでしょうか。参加した生徒たちがどういった進路を選ぶのか、楽しみです」と述べた。

「地震災害と隣り合わせの日本に住んでいるからこそ、特に若い世代の人たちには、地震が起きる地下の構造について関心を持ち、必要な知識を身に付けてほしいと思います。これまでも私の専門である海域での地下構造探査について、機会を見つけて講義をしてきました。分かりやすく工夫しているつもりですが、講義だけでは限界があります。今回、実習がいかに重要かが分かりました。これからも、身近な材料で手軽に実験ができるレシピをつくり、どんどん情報発信をしていきたいと考えています」と仲西さん。寒天を使った地震波探査の実験装置は現在、特許出願中だ。学校の授業などで簡単に実験ができるように、キット化を目指している。

「JAMSTECでは地震や気候変動など私たちの生活に関係することを研究しています。そうした現象の仕組みを知っていると、自然災害が起きたときに自分の身を守ることもつながります。私たちには、研究成果を社会、特に中高生など若い世代に発信する義務があるのです」と小俣さんは語る。「今回のようなJAMSTECならではの講座をできるだけ多く実施したいですね。受け入れることができる件数は限られてしまいますが、学校からの問い合わせをお待ちしています」

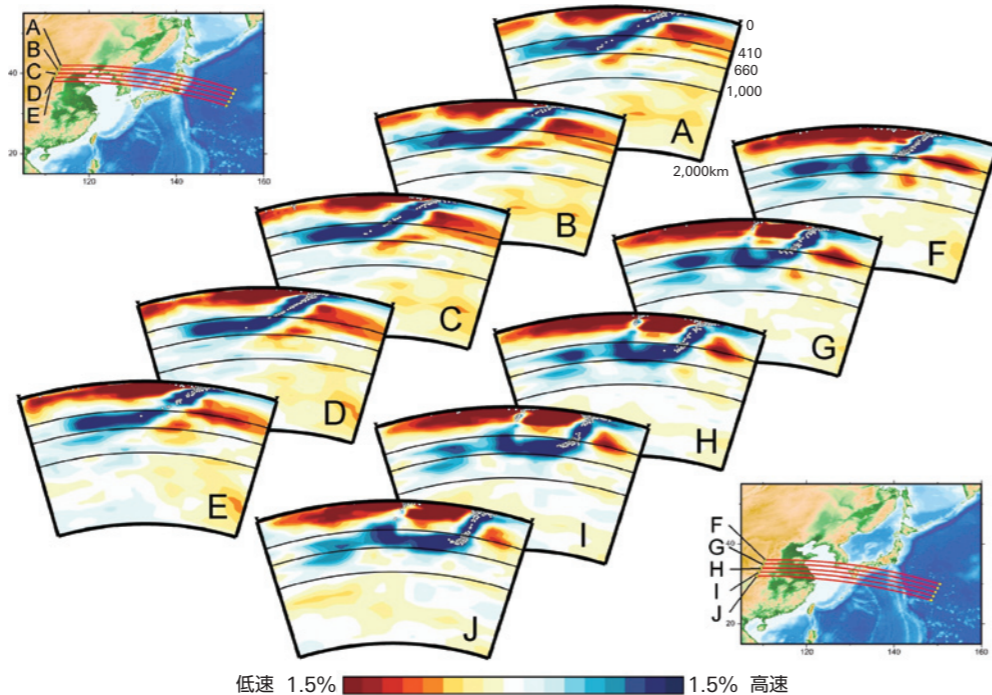
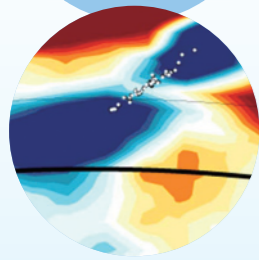


図1 日本列島周辺の地震波トモグラフィ

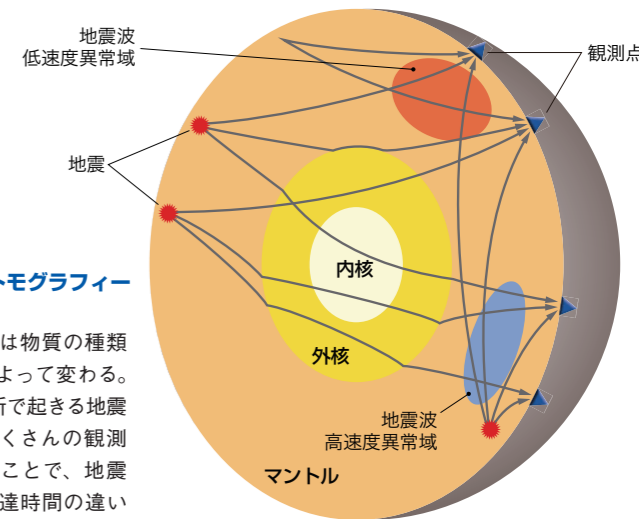
地表から深さ2,000kmまでの地震P波の伝搬速度異常の断面図。暖色系は地震波の低速度領域、寒色系は高速度領域である。沈み込んだプレートであるスラブは低速度異常として表れる。日本海溝、伊豆・小笠原海溝から斜めに沈み込んだスラブは、深さ660km付近で横たわっている

図2 日本列島周辺のプレート



図3 地震波トモグラフィの原理

地震波の速度は物質の種類や状態などによって変わる。さまざまな場所で起きる地震の地震波をたくさんの観測点で観測することで、地震波の経路と到達時間の違いから、地震波の低速度領域や高速度領域を描き出す



地震波速度	平均より速い	平均より遅い
物質の状態	かたい	やわらかい
かたさ	冷たい	熱い
温度	大きい	小さい
密度	流れ	下降
		上昇

沈み込むプレートの行方

第162回地球情報館公開セミナー 2013年4月20日開催



地球内部ダイナミクス領域
地球深部活動研究プログラム
地球深部構造研究チーム 主任研究員
大林政行

おおばやし・まさゆき。1966年富山県生まれ。博士(理学)。1997年、名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了。東京大学地震研究所中核的研究機関研究員、科学技術特別研究員を経て2001年、JAMSTEC研究員。2011年、第28回「とやま賞」受賞

地震の発生場所は偏っている

地震が発生した場所を地図にプロットしていくと、地震は地球上のどこでも同じように起きているわけではないことが分かります。地震が起きる場所は線状に分布し、震源が深い地震のほとんどは日本列島周辺を含む環太平洋地域で起きています。地震の発生場所に、なぜこのような偏りがあるのでしょうか。

地球上は十数枚のかたいプレートで覆われています。プレートには海洋プレートと大陸プレートがあり、海洋プレートは海底にある海嶺でつくられ、それぞれの方向に1年に数cmの速度で移動しています。プレート同士が接するところでは、擦れ違ったり、沈み込んだりしています。大きな地震はそのようなプレート境界で、また深い地震はプレートが沈み込んでいる場所で発生します。だから、地震の発生場所には偏りがあるのです。

日本列島周辺は4つのプレートがひし

めき合っています(図2)。太平洋プレートが、日本海溝で東北日本を載せた北米プレートの下に、また伊豆・小笠原海溝でフィリピン海プレートの下に沈み込んでいます。フィリピン海プレートは、南海トラフで南西日本を載せたユーラシアプレートの下に沈み込んでいます。

では、海溝で沈み込んだプレートは、どこに行くのでしょうか。

地震波トモグラフィとは

沈み込んだプレートは「スラブ」と呼ばれます。地震波トモグラフィという技術を使うと、地球の内部構造、そしてスラブの様子を見ることができます。

トモグラフィ (tomography) とは、断面という意味のギリシャ語「tomos」と、イメージ法という意味のギリシャ語「graphy」を組み合わせた造語です。病院でCT (Computed Tomography: コンピュータ断層撮影法) 検査を受けたこ

日本の中には太平洋プレートやフィリピン海プレートが沈み込んでいます。沈み込みに伴って蓄積されたひずみが解放されることで、2011年の東北地方太平洋沖地震のようなプレート境界型地震が起きます。これらの沈み込んだプレートは、どこへ行くのでしょうか。CTスキャンで人体の断層画像を撮るように、地震波を使って地球の内部構造を調べることができます。海洋研究開発機構 (JAMSTEC) では海底に地震計を設置して、地球のなかを詳しく調べようとしています。沈み込んだプレートがどのような姿になっているかを紹介しましょう。

とはありますか。CTは、X線をいろいろな方向から照射して人体の断面の画像を得るものです。人体はX線を通しやすい部分と、通しにくい部分があります。人体を通過してきたX線の強さをセンサーで捉えてコンピュータで処理することで、人体の内部を見ることができます。

人体の内部を見るように、地球の内部を見ることができればいいですね。しかし、X線は地球を通過できません。そこで、地震によって発生する地震波を使います。地震波は震源から同心円状に広がり、地球内部を伝わって地球の裏側にも届きます(図3)。地震波の速度は、物質の種類や状態などによって変わります。また、異なる物質の境界では屈折したり反射したりします。地震波トモグラフィは、こうした地震波の特徴を利用して地球の内部構造を見る技術です。

周りより地震波の速度が遅い(速い)領域があったとしましょう(図3)。そこを

通ってきた地震波は、そこを通らずに来た地震波より遅れて(早く)観測点に到達します。さまざまな場所で起きる地震について、たくさんの観測点で地震波の到達時間を観測して解析することで、どこに地震波の低速(高速)度領域があるのか、地球内部の構造を描き出すことができます。

そうだ、海へ行こう

しかし、地震波トモグラフィには大きな欠点があります。CTはX線源とセンサーが制御されているため人体をすべての方向から均一に観察できます。しかし、地震波トモグラフィの場合、X線源に対応する地震が発生する場所には、地域的な偏りがあります。また、センサーに対応する観測点が設置されている場所は陸地、しかも先進国が中心で、分布に偏りがあります。これでは、地球の内部構造を詳しく見ることはできません。

この欠点をカバーするには、どうした

らいいでしょうか。そこで、「そうだ、海に行こう」というわけです。JAMSTECでは、西太平洋など観測点が少ない海底に高感度の広帯域地震計を設置して観測することで、地震波トモグラフィの解像度を上げて、地球内部の構造を明らかにしようとしています。

広帯域地震計とは、速い振動から非常にゆっくりした振動まで広い周波数の範囲の地震動を観測できる地震計です。海底地震計は、深海の大きな圧力に耐えることができるチタン製の球のなかに地震計と記憶装置、バッテリーが入っています。船から海面に下ろし、重りの重さで自由落下させて海底に設置します。

海底地震計は設置後、1~2年間観測し、その間のデータは記録装置に蓄積されます。観測の終了時期になると、設置した海域に再び行き、船から重りの切り離し信号を送ります。海底地震計の音響受信機がその信号を受け取ると、切り離し装置が駆動して重りが切り離され、浮上してきます。海面に出ると、点滅装置とラジオ・ビーコンで自分の位置を船に知らせます。船はそれを見つけて回収し、データを取り出して解析します。

深海底は風による波の影響もなく、とても穏やかだと思われるかもしれませんが、

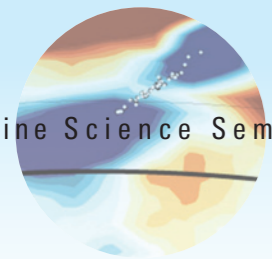


図4 第2世代高感度広帯域海底地震計

従来型は地震計がチタン球のなかに入っていたが、第2世代では地震計が海底の堆積物に突き刺さる形状になっている。無人探査機を使って地震計とチタン球を分離して設置することで、海水の流れによる雑音が軽減される。東京大学地震研究所開発

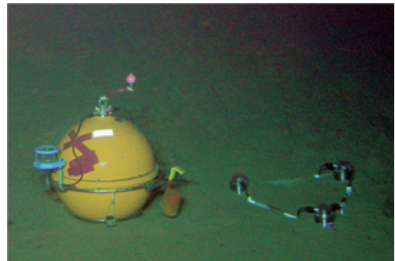
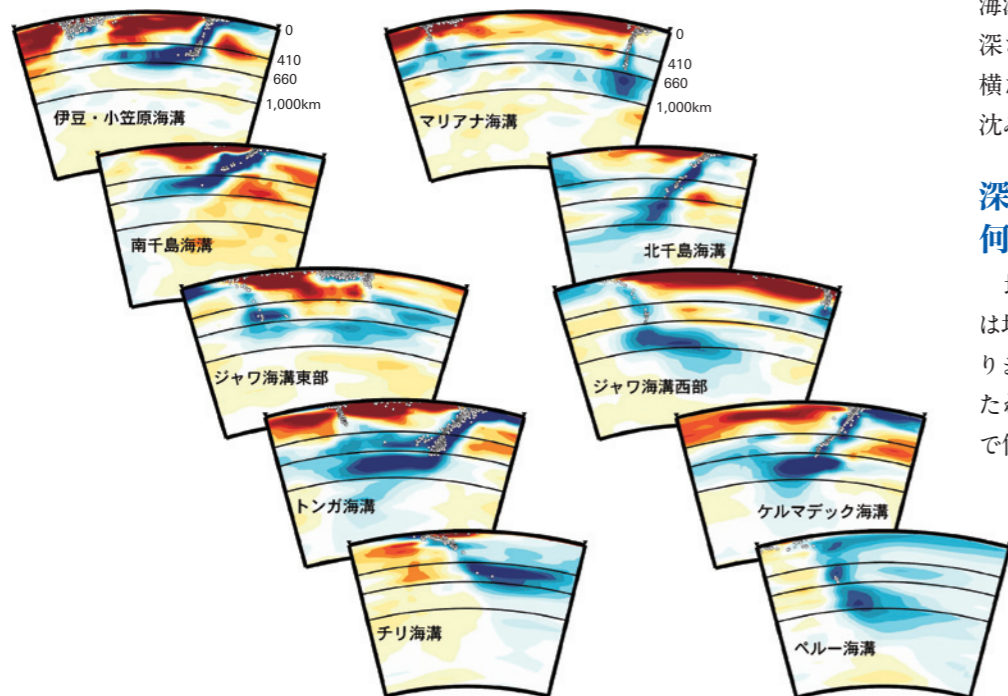


図5 さまざまなプレート沈み込み帯の地震波トモグラフィ

地表から深さ2,000kmまでの地震P波の伝搬速度異常の断面図。左は、深さ660kmの上に横たわるスラブが見られる例。右は、深さ約1,000km付近で滞留しているスラブの例



しかし実は、潮汐などによって毎秒数cmほどの流れがあります。それがチタン球を揺らし、観測データの雑音となることが問題になっていました。

そこで、第2世代の海底地震計も活躍しています(図4)。この海底地震計は、チタン球を船から自由落下させる点は同じですが、地震計のセンサー部分がチタン球の外に出ていて海底の堆積物に突き刺さって安定するようになっています。さらに、海底地震計が着底した場所に無人探査機を潜航させて、船上でビデオカメラの映像を見ながら無人探査機のマニピュレータを操作し、記録装置やバッテリーが入ったチタン球をセンサー部分から分離し、離れた場所に設置します。センサーとチタン球をつなぐケーブルも埋設します。これで雑音を大幅に抑えることができるようになりました。この海底地震計は、回収にも無人探査機を使います。

沈み込んだプレートが見えた

地震波トモグラフィによって見えてきたスラブの姿を紹介しましょう。地震波トモグラフィでは、地震波速度のわずかな違いを検出して地球の内部構造を画像化します。地震波速度は、物質の種類や状態などによって変わります。かたい場合、冷たい場合は地震波速度が速くなり、やわらかい場合、熱い場合は地震波速度が遅くなります(図3)。地震波速度が平均より速い領域は寒色系、遅い領域は暖

色系の色で表します。一般に温度が低いと密度が大きくなり、温度が高いと密度が小さくなるので、地震波速度の速い場所は下降、遅い場所は上昇の流れがあると考えることができます。

図1は、地震波トモグラフィで見た日本列島の下の構造です。北から南まで10枚の断面図で示しています。青で示された地震波の高速度領域が目をつけます。これが、沈み込んだ太平洋プレートです。太平洋プレートは東太平洋中央海嶺で生まれ、1年に約10cmの速度で移動して1億5000万年ほどかけて日本海溝までやって来ます。その間に冷やされるため周囲より温度が低く、地震波が速くなるのです。日本海溝、伊豆・小笠原海溝から斜めに沈み込んだプレートは、深さ500kmくらいで横向きになり、深さ660km付近に横たわっています。

ほかのプレート沈み込み帯も見てみましょう。図5は、左側に深さ660kmより上で横たわるスラブ、右側に深さ1,000km付近で横たわっているスラブをまとめたものです。たとえば、伊豆・小笠原海溝では深さ660km付近に横たわっていますが、その南のマリアナ海溝では垂直に沈み込んで深さ660~1,000kmくらいにたまっていきます。千島海溝では、南側はスラブが深さ660km付近に横たわっていますが、北側は深さ1,000kmまで達していますが、深い部分は水平に曲がっているように見えます。インドネシアのジャワ海溝や南太平洋のトンガ海溝・ケルマデック海溝、南米のチリ海溝・ペルー海溝でも、深さ660km付近で横たわっているところ、横たわりながら深さ1,000kmくらいまで沈み込んでいるところなどがあります。

深さ660kmで何が起きている？

地震波トモグラフィからスラブの姿は場所によってさまざまであることがわかりました。しかし、深さ660km付近で横たわる傾向にあるようです。深さ660kmで何が起きているのでしょうか。

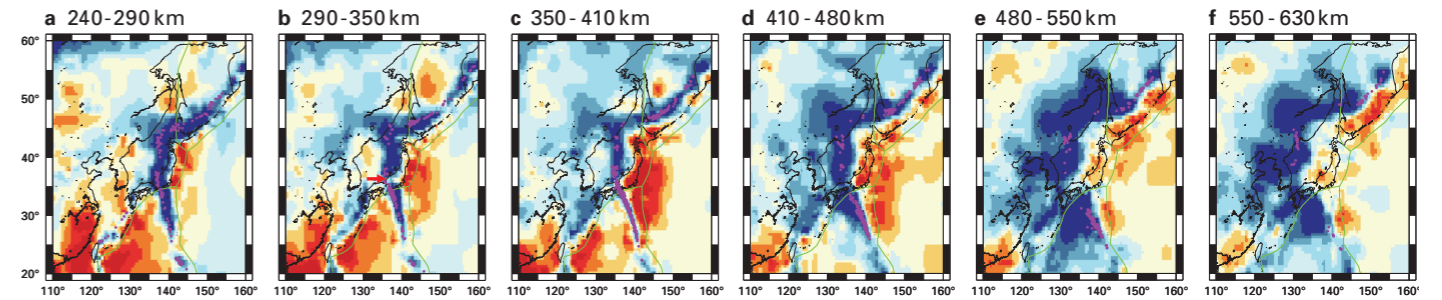
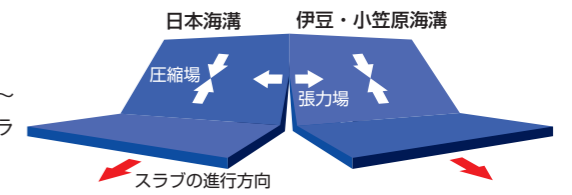


図6 日本列島の下で発見されたスラブの裂け目

寒色系は地震波の高速度領域で、スラブに対応している。紫点は震源。深さ300~700kmにわたってスラブに隙間がある(矢印)。これは、くの字に曲がっているスラブが横たわるためにできた裂け目だと考えられている(右図)



地球は半径が約6,400kmで、層構造になっています。表面を覆っている地殻は、厚さが数~数十kmです。地殻の下がマントルで、深さ660kmまでを上部マントル、深さ約2,900kmまでを下部マントルと呼びます。そして、中心に核があります。地殻とマントルは岩石でできています。核は金属でできていて、中心側の内核は固体、外核は液体です。

地球内部は、深くなるほど圧力と温度が高くなります。深さ660kmでは約24万気圧、約1,800Kに達していると考えられています。マントルの主な岩石はかんらん石と輝石ですが、この圧力・温度になると、かんらん石は2つの物質に分解される相転移を起こし、輝石は結晶構造が変わる相転移を起こします。この現象は高温高压実験によって確かめられています。マントルの物質は、上部マントルと下部マントルの境界である深さ660kmを境に相分解・相転移によって低圧相から高圧相に転じ、密度が大きくなるのです。

スラブは、周りのマントルと比べると低温で密度が大きいため深く沈み込みます。しかし、深さ660kmまで達すると低温であるがために相分解・相転移を起こすことができず、低圧相の物質のままです。高圧相になった周りより密度が小さくなってしまったため、さらに沈み込むことを妨げられます。だから、スラブは深さ660km付近に横たわるのです。

スラブの裂け目が見えた

西太平洋などに海底地震計を設置したことで地震波トモグラフィの解像度が向上し、スラブの詳細な姿も見えてきました。図6は日本列島周辺の地震波トモ

グラフィーで、深さごとに示しています。青がスラブです。図6(b)を見ると、青い領域に隙間が見えます。隙間は、近畿地方の下にあたる深さ300kmから黄海の下にあたる深さ700kmにわたってあります。これは何でしょうか。

太平洋プレートは、日本海溝で北米プレートの下に、伊豆・小笠原海溝でフィリピン海プレートの下に沈み込んでいます(図2)。その合合点は「く」の字に曲がっています。そのまま沈み込んでいくのであればいいのですが、沈み込んだプレートは深さ660km付近で横たわります。くの字に曲がったプレートは、そのままでは横たわることができません。横たわるためには、裂けて隙間をつくる必要があります。スラブのなかでは深発地震が発生していますが、地震波トモグラフィで見えた隙間の領域は地震の空白域に一致しています。そうした理由から、地震波トモグラフィで見えた隙間は、スラブの裂け目だと考えています。

スラブのなかで発生する地震を詳しく解析すると、どのような力が働いているかを知ることができます。その結果、スラブには沈み込む方向に平行な圧縮する力が働いていますが、深さ350kmの亀裂の先端付近では水平方向の引っ張る力が働いていることがわかりました(図6)。これは、現在もスラブの亀裂が進行していることを意味しています。

スラブの崩落とプレート運動

高温高压実験から明らかになった相転移・相分解による密度変化などを取り入れてコンピュータ・シミュレーションを行うと、地震波トモグラフィで見えてい

るのと同じように、スラブは深さ660km付近に横たわります。そして、やがて下へ落ち始めます。千島海溝の地震波トモグラフィを見ると、スラブの一部が深さ660kmより下に伸びている様子が見えます(図5)。これは、スラブが高圧相に転じて密度が大きくなり、落下しているところではないかと考えています。

海溝で沈み込んだプレートは深さ660km付近に滞留し、やがて落下していくのです。2006年に公開された映画『日本沈没』は、滞留したスラブ(メガリス)の崩落に伴って日本列島が引きずり込まれるというものでした。実際は日本列島が載っている大陸地殻はとても軽いので、スラブの崩落に伴って地球内部に引きずり込まれてしまうことはありません。しかし、スラブの崩落はプレートの動きに影響を与えていると考えられています。

太平洋プレートは、中生代には北に向かって移動していました。現在は北西に向かって動いています。その変化は、5000万~4000万年前という比較的短期間で起きたようです。それは、スラブの崩落によって引き起こされたのではないかと説もあります。

地震波トモグラフィによって、スラブは深さ660km付近で変形しながら、またそのために、ときには裂けながら沈み込むという地球内部の複雑なダイナミクスが明らかになってきました。地球内部のダイナミクスを知ることは、過去・現在・未来のプレート運動とそれに伴う諸現象を理解する上で重要です。地震波トモグラフィの解像度を高めていくことで、沈み込んだプレートの行方、複雑な姿を追っていきたいと思っています。 BE

編集後記

特集「地球シミュレータでBlue Earthをめぐる」は、いかがだったでしょうか？ アガラスリングや黒潮などのシミュレーション結果を示すカラフルなグラフィックが印象的だったと思います。

「地球シミュレータ」の生みの親である初代地球シミュレータセンター長の三好 甫先生（2001年没）は、昔から海洋研究開発機構（JAMSTEC）のような海洋の研究機関にこそ超大型スーパーコンピュータ（スパコン）が必要であることを熱心に説かれていました。その理由の1つは、広大な海洋の大きさに比べて観測点があまりに少ないことにあります。海洋で最も観測点が多いとされるARGOシステムでさえ、せいぜい100km四方に1点です。このような、空間や時間的にスカスカ（離散的）な観測点を使って広大な海洋と大気との相互作用のような連続的な現象を理解するためには、数学的な手法によるコンピュータシミュレーションが非常に重要とされています。そのために、「地球シミュレータ」のような大きな計算機資源が必要とされるのです。編集子は1990年代の終わりごろ、JAMSTECの2代目のスパコン導入の責任者でした。当時の小さなスパコンですら円滑に計算資源を運用していくために研究者との綿密な調整が必要でしたし、セキュリティーなども万全にすることが求められました。現在の「地球シミュレータ」の規模を考えると、研究者を支えて大きな結果を出すために日々不断の努力を重ねてこられている地球シミュレータセンターのスタッフの方々に敬意を表したいと思います。

さて、3ヵ月間にわたって国立科学博物館で開催されていた特別展「深海―挑戦の歩みと驚異の生きものたち―」は、入場者数約60万人という大成功を収め10月6日に無事閉幕しました。編集部としては、このような大きなイベントに協力するだけでなく、今後も地道に『Blue Earth』などを通して読者の方々に海洋・地球科学に対する理解をより深めていただけるように努力をしていくつもりです。（T. T.）

『Blue Earth』定期購読のご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>

1年度あたり6号発行の『Blue Earth』を定期的にお届けします。

■ 申し込み方法

EメールかFAX、はがきに①～⑥を明記の上、下記までお申し込みください。

- ① 郵便番号・住所 ② 氏名 ③ 所属機関名（学生の方は学年）
 - ④ TEL・FAX・Eメールアドレス ⑤ Blue Earthの定期購読申し込み
- *購読には、1冊300円+送料が必要となります。

■ 支払い方法

お申し込み後、振込案内をお送り致しますので、案内に従って当機構指定の銀行口座に振り込みをお願いします（振込手数料をご負担いただけます）。ご入金を確認次第、商品をお送り致します。平日10時～17時に限り、横浜研究所地球情報館受付にて、直接お支払いいただくこともできます。なお、年末年始などの休館日は受け付けておりません。詳細は下記までお問い合わせください。

■ お問い合わせ・申込先

〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
海洋研究開発機構 横浜研究所 広報部 広報課
TEL.045-778-5378 FAX.045-778-5498

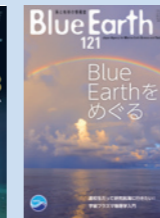
Eメール info@jamstec.go.jp

ホームページにも定期購読のご案内があります。上記URLをご覧ください。

*定期購読は申込日以降に発行される号から年度最終号（130号）までとさせていただきます。
バックナンバーの購読をご希望の方も上記までお問い合わせください。

■ バックナンバーのご紹介

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/publication/index.html>



*お預かりした個人情報は、『Blue Earth』の発送や確認のご連絡などに利用し、独立行政法人海洋研究開発機構個人情報保護管理規程に基づき安全かつ適正に取り扱います。

賛助会（寄付）会員名簿

平成25年11月1日現在

独立行政法人海洋研究開発機構の研究開発につきましては、次の賛助会員の皆さまから会費、寄付を頂き、支援していただいております。（アイウエオ順）

株式会社IHI	株式会社カイショー
あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	株式会社海洋総合研究所
株式会社アイケイエス	海洋電子株式会社
株式会社アイフエンタープライズ	株式会社化学分析コンサルタント
株式会社アクト	鹿島建設株式会社
株式会社アサツディ・ケイ	川崎汽船株式会社
朝日航洋株式会社	川崎重工業株式会社
アジア海洋株式会社	株式会社環境総合テクノス
株式会社アルファ水工コンサルタンツ	株式会社関電工
株式会社安藤・間	株式会社キュービック・アイ
泉産業株式会社	共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社
株式会社伊藤高圧瓦斯容器製造所	共立管財株式会社
株式会社エス・イー・エイ	極東製薬工業株式会社
株式会社エスイーシー	極東貿易株式会社
株式会社SGKシステム技研	株式会社きんでん
株式会社NTTデータ	株式会社熊谷組
株式会社NTTデータCCS	クローバテック株式会社
株式会社NTTファシリティーズ	株式会社グローバルオーシャンディベロップメント
株式会社江ノ島マリンコーポレーション	KDDI株式会社
株式会社MTS雪氷研究所	京浜急行電鉄株式会社
有限会社エルシャンテ追浜	鉱研工業株式会社
株式会社OCC	株式会社構造計画研究所
沖電気工業株式会社	神戸ペイント株式会社
オフショアエンジニアリング株式会社	広和株式会社

国際気象海洋株式会社	友友電気工業株式会社
国際警備株式会社	清進電設株式会社
国際石油開発帝石株式会社	石油資源開発株式会社
国際ビルサービス株式会社	セコム株式会社
株式会社コベルコ科研	セナーアンドバーンス株式会社
五洋建設株式会社	株式会社損害保険ジャパン
株式会社コンボン研究所	第一設備工業株式会社
相模運輸倉庫株式会社	大成建設株式会社
株式会社化学分析コンサルタント	大日本土木株式会社
佐世保重工業株式会社	ダイハツディーゼル株式会社
サノヤス造船株式会社	大陽日酸株式会社
三建設工業株式会社	有限会社田浦中央食品
三洋テクノマリン株式会社	高砂熱学工業株式会社
株式会社ジーエス・ユアサテクノロジ	株式会社竹中工務店
JFEアドバンテック株式会社	株式会社竹中土木
株式会社JVCケンウッド	株式会社地球科学総合研究所
財団法人塩事業センター	中国塗料株式会社
シチズン時計株式会社	中部電力株式会社
シナネン株式会社	株式会社鶴見精機
シーフロアーコントロール	株式会社テザック
清水建設株式会社	寺崎電気産業株式会社
ジャパンマリンユナイテッド株式会社	電気事業連合会
シュルンベルジェ株式会社	東亜建設工業株式会社
株式会社昌新	東海交通株式会社
株式会社商船三井	洞海マリンシステムズ株式会社
一般社団法人信託協会	東京海上日動火災保険株式会社
新日鉄住金エンジニアリング株式会社	須賀工業株式会社
須賀工業株式会社	鈴鹿建設株式会社
鈴鹿建設株式会社	スプリングエイトサービス株式会社

東洋建設株式会社	深田サルベージ建設株式会社
株式会社東陽テクニカ	株式会社フジクラ
トビー工業株式会社	富士ゼロックス株式会社
新潟原動機株式会社	株式会社フジタ
西芝電機株式会社	富士通株式会社
西松建設株式会社	富士電機株式会社
株式会社ニシヤマ	芙蓉海洋開発株式会社
日油技研工業株式会社	古河電気工業株式会社
株式会社日産クリエイティブサービス	古野電気株式会社
株式会社日産電機製作所	株式会社マックスラジアン
ニッサイマリン工業株式会社	松本徽章株式会社
日本SGI株式会社	マリメックス・ジャパン株式会社
日本海洋株式会社	株式会社マリン・ワーク・ジャパン
日本海洋掘削株式会社	株式会社丸川建築設計事務所
日本海洋計画株式会社	株式会社マルトー
日本海洋事業株式会社	三鈴マシナリー株式会社
一般社団法人日本ガス協会	三井住友海上火災保険株式会社
日本興亜損害保険株式会社	三井造船株式会社
日本サルヴェージ株式会社	三菱重工業株式会社
日本水産株式会社	株式会社三菱総合研究所
日本電気株式会社	株式会社森京建築事務所
日本ヒューレット・パカード株式会社	八洲電機株式会社
日本マントル・クレスト株式会社	郵船商事株式会社
日本無線株式会社	郵船ナブテック株式会社
日本郵船株式会社	ヨコハマゴム・マリン&エアロスペース株式会社
済中製鎖工業株式会社	
東日本タグボート株式会社	
株式会社日立製作所	
日立造船株式会社	

JAMSTEC メールマガジンのご案内

URL <http://www.jamstec.go.jp/j/pr/mailmagazine/>

JAMSTECでは、ご登録いただいた方を対象に「JAMSTECメールマガジン」を配信しております。イベント情報や最新情報などを毎月10日と25日（休日の場合はその次の平日）にお届けします。登録は無料です。登録方法など詳細については上記URLをご覧ください。

海と地球の情報誌 Blue Earth

第25巻 第5号（通巻127号）2013年11月発行

発行人 鷲尾幸久 独立行政法人海洋研究開発機構 広報部

編集人 満澤巨彦 独立行政法人海洋研究開発機構 広報部 広報課

Blue Earth 編集委員会

制作・編集協力 有限会社フォトンクリエイト

取材・執筆・編集 立山 晃（p1-21）／鈴木志乃（p24-31、裏表紙）／坂元志歩（p22-23）

デザイン 株式会社デザインコンピビア
（AD 堀木一男／岡野祐三／飛鳥井羊右）

ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/>

Eメールアドレス info@jamstec.go.jp

*本誌掲載の文章・写真・イラストを無断で転載、複製することを禁じます。

独立行政法人海洋研究開発機構の事業所

横須賀本部
〒237-0061 神奈川県横須賀市夏島町2番地15
TEL. 046-866-3811（代表）

横浜研究所
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173番25
TEL. 045-778-3811（代表）

むつ研究所
〒035-0022 青森県むつ市大字関根字北関根690番地
TEL. 0175-25-3811（代表）

高知コア研究所
〒783-8502 高知県南国市物部乙200
TEL. 088-864-6705（代表）

東京事務所
〒100-0011 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号
富国生命ビル23階
TEL. 03-5157-3900（代表）

国際海洋環境情報センター
〒905-2172 沖縄県名護市宇豊原224番地3
TEL. 0980-50-0111（代表）

世界で2番目に深いホライゾン海淵へ——南太平洋・トンガ海溝

2013年10月7～20日、有人潜水調査船「しんかい6500」と支援母船「よこすか」は南太平洋トンガ海溝における調査を実施。これは、2013年1月から行っている世界一周航海「QUELLE 2013」の最終ステージである。

トンガ海溝のホライゾン海淵の最深部は、水深1万850m。世界第2位の深さである。この海域における有人潜水船による調査は世界初だ。今回の調査では無人のランダーを用いて、ホライゾン海淵の水深1万805mと6,250mで、底生生物の採取、堆積物の採泥、堆積物中の溶存酸素量の測定、ハイビジョンカメラ撮影などにも成功。深さが世界1位のマリアナ海溝チャレンジャー海淵でJAMSTECが繰り返し行ってきた調査結果と比較することで、超深海の環境や生物が場所によって異なっているのかを検証していく。

「しんかい6500」は11月初旬に南太平洋ケルマディック海溝の調査を終了し、12月上旬に帰国する予定だ。約1年間に及んだ「QUELLE 2013」が幕を閉じる。



世界初、トンガ海溝への潜航を開始する「しんかい6500」



大型の赤いエビと設置中のトラップ



海溝海側斜面、水深6,254m。大型の赤いエビが遊泳している。背景はれきまじりの泥
ホライゾン海淵の海底、水深10,850m。カイコウオソコエビの仲間が群舞し、
海底にはセンジュナマコの仲間が動き回っている（赤丸）



ホライゾン海淵の陸側斜面の崖、水深6,121m。ヒトデが堆積岩に付着している



超巨大ヨコエビ。全長24cm。
ホライゾン海淵の海側斜面の
水深6,250mで採集

「QUELLE 2013」特設ページ
<http://www.jamstec.go.jp/quelle2013/index.html>