海と地球の情報誌

# Blue Earth

vol.178

Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

ISSN 1346-0811
2026年10月発行（通巻178号）




## 海洋地球デジタルツイン

Ocean-Earth Digital Twins




生成 AI で作成

# 海洋・地球の“今と未来”をつなぐデジタルツイン

コンピュータ上のサイバー空間で、現実空間を再現・予測する技術「デジタルツイン」。
JAMSTECは、海洋・地球・生命に関する膨大かつ多様な観測・分析データを活用し、先端シミュレーションやAI技術を駆使して擬似的な地球を再現し、将来変動の予測や社会課題の解決に役立てる「海洋地球デジタルツイン」を進めている。
こうした取り組みによって得られた研究成果は、外部の企業や研究機関との連携によって社会実装されつつある。
この特集では、データ科学、数理科学、計算科学を横断的に活用する「情報地球科学」によって、次々と新たな成果が生み出されつつある海洋地球デジタルツインの“今と未来”を展望するとともに、JAMSTECの多くの研究者・技術者が所属部門を超えて協力し、新たな価値を生み出そうとする姿を紹介する。

## INDEX BlueEarth 178(2026)


04 現実と計算を融合し、将来変動の予測と社会課題解決へ
**「海洋地球デジタルツイン」が開く明日**

06 海域火山噴火に伴う軽石の行方を予測する
**異分野の研究者が軽石漂流シミュレーションで実態に迫る**

08 2025年大阪・関西万博期間中の熱中症リスク予測に活用
**解像度1mで街の気象を再現できる「微気象シミュレーション」**

10 「海の上の風車」浮体式洋上風力発電施設を固定するアンカー開発に活用
**粒子一粒一粒の動きをシミュレーションする「DEPTH」**

12 AIを活用して、気候予測データと地域の知見を統合し、自治体や企業の意思決定に役立てる
**気候変動対策の立案をサポートする「気候特化型AI」開発**

14 船舶の安全な航行に向けた「船舶DX」プロジェクトも始まる
**「極端気候・海洋デジタルツイン」で、極端気象の発生など幅広く予測**

16 回遊魚のカツオが好む海域を探し出せ
**東京都と調査研究し、好適漁場推定手法を開発**

18 研究推進に欠かせない「縁の下の力持ち」
**デジタルツイン基盤としての「CEIST」「GODAC」**

20 アジア諸国と連携して海洋情報を活用し、深刻化する環境問題に挑む
**海洋地球デジタルツインの「アジアハブ」構想が始動**

22 科学者と市民をつなぐプラットフォーム構築を目指す
**JAMSTECの資産を生かした「海洋地球デジタルツイン」の将来構想**



制作協力：株式会社ミュール
アートディレクション：前田和則／取材・執筆：川口敦子（p04-07,12-15,18-19, 22-23）、上浪春海（p08-09,20-21）、斉藤勝司（p10-11,16-17）／編集：川口敦子、滝田よしひろ、宮川篤子、泉沢まり子／デザイン：野田尚志／イラスト：丹治美佐子（p05）




実際の波の画像とデジタルで再現した波の画像を並べた「海洋地球デジタルツイン」のイメージ図 生成AIで作成

## 現実と計算を融合し、将来変動の予測と社会課題解決へ

# 「海洋地球デジタルツイン」が開く明日

**サイバー空間で、まるで「双子（ツイン）」のように現実空間を再現・予測する技術「デジタルツイン」。海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）は、現実の観測・分析データと先端シミュレーションやAI技術を融合した「海洋地球デジタルツイン」を推進している。その特徴は何か。そして、どんな成果が海洋地球科学の明日を切り開こうとしているのだろう。**

取材協力：JAMSTEC 情報地球科学研究部門長　石川 洋一

## 観測結果をサイバー空間に再現し、社会課題解決に貢献する

JAMSTEC情報地球科学研究部門が推進する「海洋地球デジタルツイン」とは、JAMSTECが実施してきたさまざまな観測の結果を、サイバー空間に再現する試みのことだ。具体的には、研究船や探査機、人工衛星などによる膨大かつ多様な観測・分析データを活用し、スーパーコンピュータを用いた先端シミュレーションやAI技術によって擬似的な地球を再現し、社会課題の解決に貢献することを目指している。

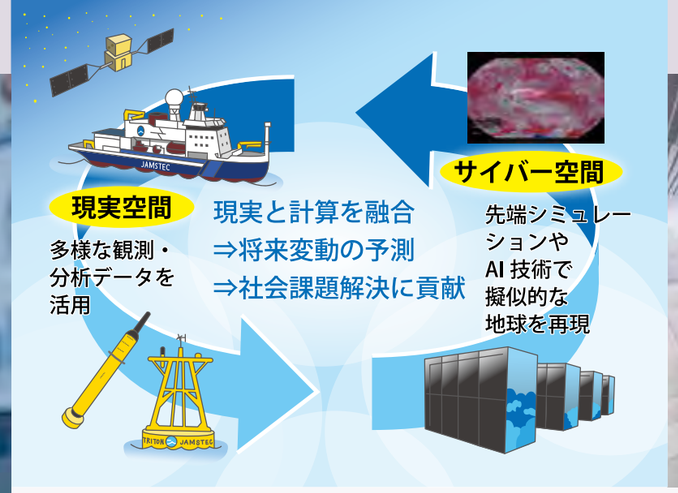
近年、デジタルツインは、ビルの建設状況を可視化したり、自動車の形状による空力性能の最適化を分析したりするなど、幅広い産業で活用されている。ただ、こうした限られた空間を扱う事例に比べると、JAMSTECが扱う海洋や地球の規模は大きく、挙動も複雑だ。このため、いかに高速計算が可能な計算機であっても、海洋や地球をそのまま全て再現するのは困難だ。

情報地球科学研究部門長の石川洋一さんは「計算機で計算可能な空間は、地球そのものと比べるととても狭いですから、例えば太平洋の全ての海水に含まれる成分を分子レベルで再現しようとしたところで、それは不可能です。海洋地球デジタルツインを進める上でまず重要になるのは、膨大かつ多様なデータから社会で役立つ新たな価値を見つけ出す視点なのです」と話す。



海洋研究開発機構の報告会「JAMSTEC2026」で講演する石川洋一さん

社会で役立つ新たな価値を見つけ出すためには、現実社会にある課題を探り、その解決のために何が求められているのかを研究者が意識することが肝要になると石川さんは指摘する。




海洋地球デジタルツインの概念図




「地球シミュレータ」の第4世代（ES4）

「誰が、どんな目的で計算機の中に現実空間を再現したいと考えているのかを把握した上で、その出口の姿と従来のサイエンスとのギャップを埋めていく研究こそが、われわれには求められているのです」

## 地球環境、地震・火山、生態系、資源などの研究課題を横断

研究船に乗って海の観測や探査を行うイメージが強いJAMSTECにおいて、情報地球科学研究部門の研究者の活動の場は、もっぱら「陸の上」だ。データ科学・数理科学・計算科学を横断的に活用する「情報地球科学」によって、物理・化学・生物過程の変化や相互作用を緻密に表現し、得られた知見を具体的な事例へ落とし込み、科学的根拠に基づく付加価値の高い情報として発信するのが主な業務だ。

だが、海洋地球デジタルツインを進めるのは情報地球科学研究部門の研究者にとどまらない。JAMSTECのさまざまな研究者がそれぞれの所属部門を超えて協力し、新たな価値を生み出そうとしている。例えば、軽石漂流シミュレーション（6〜7ページ参照）は、地震火山研究部門の研究者と情報地球科学研究部門の研究者が部門横断でつくったものだ。海洋地球デジタルツインは、JAMSTEC内部の地球環境、地震・火山、生態系、資源といった一連の研究課題を横断しているのだ。




「JAMSTEC 2026」での講演風景

また、軽石漂流シミュレーションと漁場推定モデルには共通の基礎技術があり、海洋ごみの輸送モデルにも使えるなど、海洋地球デジタルツインはさまざまな研究課題を有機的につなぐ役割も果たしている。「JAMSTEC内で、それぞれの技術を再利用したりブラッシュアップしたりしていく環境ができあがりつつあります。さらに今後、世界の研究機関と協力しながら研究のネットワーク化が進んでいけば、海洋や地球に関する多様な情報を検索・集積・保管する公開サイトのようなものもできるのではないかと期待しています」（石川さん）

## ニーズとシーズのマッチングが可能になった

海洋地球デジタルツインのもうひとつの特徴は、生み出された研究成果がJAMSTEC外部の企業や研究機関との連携によって社会実装されつつあることだ。外部との連携が進んだ理由については、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ（ES）」を使ったシミュレーション技術の向上、AI技術の急速な進展も相まって利用者のニーズに応える成果が次々と出てきたことや、科学研究の成果とプロセスを公開して誰もがアクセス可能な状態にする「オープンサイエンス」に関するルールづくりが進んだことも大いに関係している。

「例えば『天気予報を見て、外出時には傘を持っていきましょう』というのはデジタルツインの最も基礎的な使われ方で、昔からこうしたニーズはありましたが、技術の進展に伴って、ようやく今日、さまざまな分野でニーズとシーズのマッチングができるようになったのです」と言う石川さん。

「私自身、2018年にアカイカ漁場の予測システムを共同開発し、漁業者に使ってもらえるサービスを頑張って組み上げたときには、自分の研究が直接、社会につながったという感覚がありました。研究成果を広く社会に還元しようというこれまでの流れがあってこそ、現在の海洋地球デジタルツインがあるのだと思います」

次ページから、さまざまな研究課題が有機的につながり合った研究事例を紹介していこう。

海域火山噴火に伴う軽石の行方を予測する

# 異分野の研究者が軽石漂流シミュレーションで実態に迫る

**海岸で時折見かける、穴ぼこだらけの「軽石」。大量に漂着すると、海運や水産業、観光業に影響を及ぼす。海にある火山の噴火に伴って放出された軽石はいつ、どこに、どのぐらい漂着するのか。海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）地震火山研究部門の研究者と、情報地球科学研究部門の研究者が、シミュレーションを通じてその実態に迫ろうとしている。**

取材協力：JAMSTEC 地震火山研究部門
固体地球物質科学センター長 桑谷 立

JAMSTEC 情報地球科学研究部門 アプリケーションラボ
海洋生物デジタルツイン研究開発グループリーダー 西川 悠

## きっかけは、行方不明になった観測装置だった

日本は国内に111もの活火山（気象庁による選定）を有する「火山大国」で、活火山のおよそ3分の1は海域に存在している。海域火山※1の噴火に伴って放出された軽石※2が海流に乗って流され、海岸に漂着する事例は国内外で報告されている。

岩石学の専門家である地震火山研究部門の桑谷立さんと、海洋物理学の専門家である情報地球科学研究部門の西川悠さんは、ほかのさまざまな分野の研究者と連携しながら、軽石の漂流や漂着について共同で調べるJAMSTECの研究者だ。

2人がタッグを組むようになったきっかけは、実は軽石ではない。小笠原諸島の西之島に設置した「OBEM（海底電位磁力計）」という観測装置が行方不明になり、沖縄・西表島で発見された際、「なぜそんなところにあったのか」と驚いた桑谷さんが、西川さんに協力を依頼したのが発端だった。

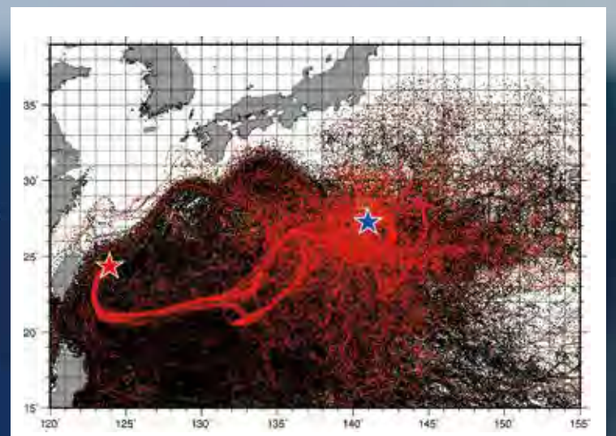
西川さんが、過去の海流データを利用して時間をさかのぼって漂流経路を計算すると、西表島から出発させた2,000の仮想的な粒子のうち、138の粒子は西之島に到着することが示された。「小笠原から沖縄への漂流は『ものすごくレアではない』との結果で、漂流・漂着現象は面白いと開眼しました」という桑谷さんが次に目を付けたのは軽石の漂流だった。

## 軽石漂流は「しばしば起こる出来事」だ

2021年8月、小笠原諸島にある海底火山「福徳岡ノ場」が噴火し、同年10月には沖縄県へ、11月には伊豆諸島などへの軽石漂着が確認され、桑谷さんは本格的に軽石の漂流現象の解明に取り組むことを決めた。沖縄県では船舶の航行に支障が出たり、漁船が操業を控えたりする事態となり、回収された軽石はおよそ11万$m^3$にも及んだ（2023年5月時点）。まさに災害といってよい規模だった。

漂着の報告以降、JAMSTECは宇宙航空研究開発機構（JAXA）の人工衛星データを加えた軽石漂流シミュレーションを実施した。予測結果は随時公開され、国や沿岸自治体、漁業関係者などにも活用された。桑谷さんは「次に起こるかもしれないイベントに迅速に対応するには、噴火前に適切なハザード評価を行うことが欠かせません」と言う。

そこで、桑谷さんと西川さんは、過去数十年の海流データを使って、さまざまな漂流シナリオをシミュレーションする研究に取り掛かった。過去100年間に軽石大量放出の記録がある火山を対象に、もし噴火が起こったら、いつ、どのくらいの軽石が、離島や船舶の航行密集地帯、港湾など重要インフラ設備のある場所に漂着するかを計算したのだ。



西表島（赤い星印）から出発させた粒子の漂流シミュレーション。2,000の仮想的な粒子（黒色）のうち、138の粒子（赤色）が西之島（青い星印）に到着した。

太平洋を漂流する軽石筏（2021年8月16日海上保安庁撮影） 写真提供：海上保安庁



その結果は2023年に論文として発表され、すぐに現実の成果に結びついた。2023年1月、気象庁が小笠原諸島ベヨネース列岩（明神礁）の噴火警報を発表した際に、西川さんらは既に計算していた漂流シミュレーション結果を活用。警報発表からわずか4日後、起こりうるシナリオを火山噴火予知連絡会に報告したのだ。

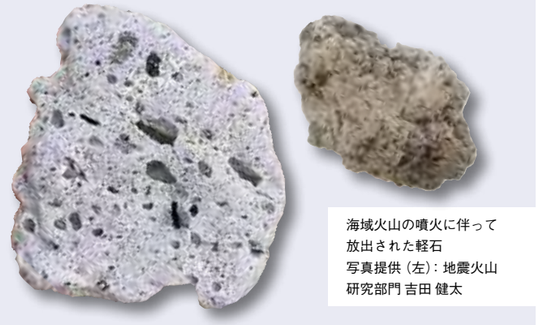
「この100年間、日本近海でも軽石漂流を伴う噴火が繰り返し観測されており、その頻度からすると軽石漂流は『しばしば起こる出来事』といえます。軽石がどこかの海岸に大量に漂着して物流などに支障が生じると、私たちの生活には大きな影響が生じます。ですから軽石漂流の迅速な予測技術開発が必要になるのです」（西川さん）

## 適切な対応には「三段構え」のシステムを

2人は軽石漂流・漂着によって生じる事態に適切に対応するため、「三段構え」のリスク対応システム構築を提案する。それは、①噴火前のシミュレーション、②噴火直後の評価パターン予測、③大量漂流時の高精度な漂流予測の3つだ。桑谷さんは「行政や自治体などのステークホルダー（関係者）が、法律や減災対策を整備するには時間がかかります。まずは噴火が起きる前にどんな可能性があるのかを知ってもらうことが大事です」と言う。

また、噴火直後に漂流予測をしようとしても、統計解析に十分な量の軽石を流そうとすると既存の計算方法では60日間の予測に丸1日かかってしまう。西川さんは「噴火直後にいち早く推定結果を見てもらうために、統計数理研究所と連携して噴火時に最も似ている海況を過去から探し、噴火直後の軽石の動きを即時的に示すシステムを開発し、現在は公開準備中です」と話す。

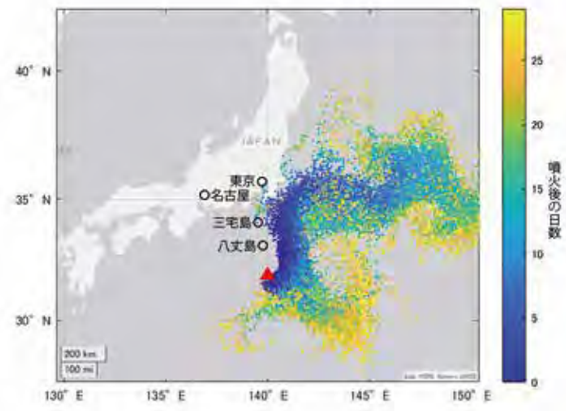
さらに実際に大量の軽石漂流が確認された場合には、その後どういう経路をたどるかを予測するために高精度な物理シミュレーションを行い、海上安全や減災対策に役立ててもらう準備を進めている。シミュレーションは主に海流データを使うが、風の影響をどのように考慮するかについて研究は途上で、船舶の航行に大きな影響を与える「軽石筏（いかだ）※3」の規模も計算上表現できていないなど、課題も残る。岩石学と海洋物理学という異分野の融合による研究は「大変なこともあるが、発見が多くて面白い」と口をそろえる2人の共同研究は、これからも続く。


海域火山の噴火に伴って放出された軽石
写真提供（左）：地震火山研究部門 吉田 健太

※1. 海域火山
火山体の一部が海面上に現れた「火山島」と、海面下に隠れた「海底火山」の総称。姿が見えない海底火山の活動状況を知ることは難しく、軽石が大量に浮いているのが噴火の目印になることもある。

※2. 軽石
火山が噴火したとき、マグマに含まれる水分やガス成分が急速に冷却・減圧され、気泡となった跡ができた石のこと。石の中に気泡があると密度が低くなり、水に浮くものもある。

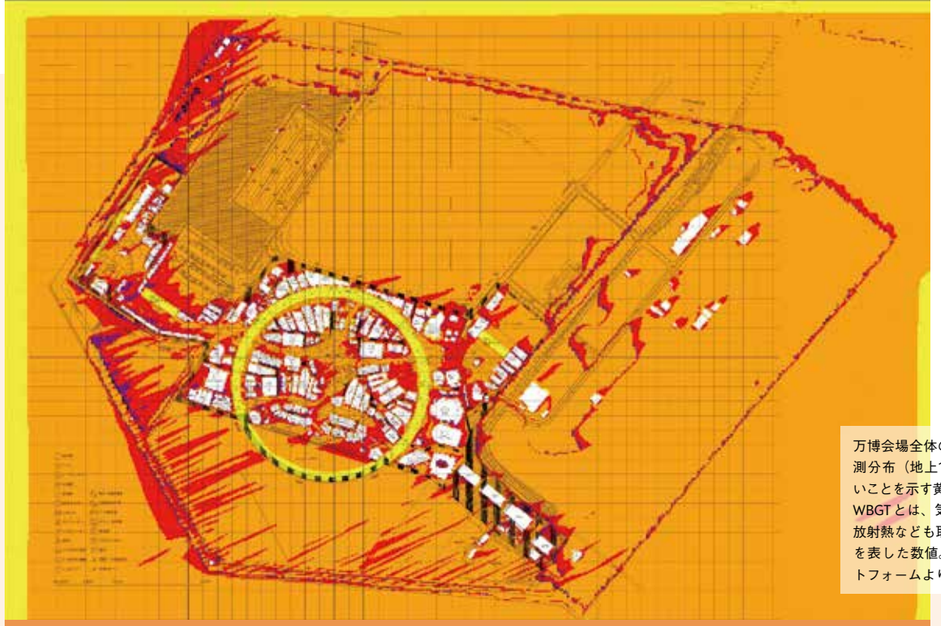
※3. 軽石筏
軽石が海上で集まり、まるでいかだのように漂流するもの。英語では「pumice raft」という。pumiceは「軽石」、raftは「いかだ」を意味する。



2023年1月、小笠原諸島ベヨネース列岩（明神礁）の噴火警報発表の際に、火山噴火予知連絡会に報告した軽石漂流シミュレーションの画像。このとき明神礁は噴火には至らなかったものの、噴火時には有用な情報となった可能性がある。

**軽石の漂流現象とその研究内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**

**西川さんや桑谷さんらによる「海底火山噴火の軽石漂流シミュレーション」が、第53回 可視化情報シンポジウムのアートコンテストで大賞を受賞しました。**




万博会場全体の暑さ指数（WBGT）の予測分布（地上1.5mの高さ）。WBGTが低いことを示す黄色の円形は大屋根リング。WBGTとは、気温だけでなく湿度、風、放射熱なども取り入れて人が感じる暑さを表した数値。（国土交通データプラットフォームより引用）

2025年大阪・関西万博期間中の熱中症リスク予測に活用

# 解像度1mで街の気象を再現できる「微気象シミュレーション」

**仮想空間の中で現実の街の地表付近の気温や湿度、風速などの大気の状態を細かく再現する「微気象シミュレーション」。2025年大阪・関西万博では、その技術を使って熱中症のリスクを予測し、会場の運営に役立てる実験も行われた。その概要を紹介しよう。**

取材協力：　東電設計株式会社
新領域研究開発推進室　本田 和也氏

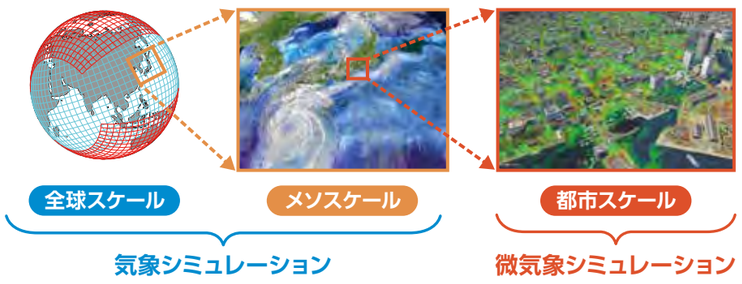
JAMSTEC 情報地球科学研究部門 数理科学・先端技術研究開発センター
計算科学・工学グループ 副主任研究員　松田 景吾

## 地表付近の気象を細かく再現する

気温や湿度、風速などの大気の状態や変化を指し示す「気象」のうち、「微気象」とは地表付近の気象のことを示す言葉だ。一般的には地上の高さ100m程度までの気象のことをいい、地表面や建物、人間活動などの影響を強く受けるのが特徴だ。これまでに海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）は「MSSG（メッセージ）※1」という気象モデルを開発した。MSSGの強みは、全球スケール（地球全体）からメソスケール（水平範囲約2～2,000km）、都市スケール（水平範囲1km以下）までを同時に扱えること。それに加えて、大気と海洋それぞれの計算はもちろん、大気と海洋を結合して計算できるため、応用範囲が広い。

JAMSTEC情報地球科学研究部門の松田景吾さんは、「モデルの構造自体が優れていたのに加えて、全球スケールからごく小さなスケールまでを扱えるような方程式系を採用したのが大きな要因です」と話し、気象モデルを開発した先人の貢献も大きかったと感謝する。

松田さんたちはこの気象モデルを使い、物理法則や熱力学の方程式に基づいてスーパーコンピュータで大気や海洋の変化を計算。仮想空間に現実そっくりの街をつくり、地表付近の気温や湿度、風速などの大気の状態を細かく再現する「微気象シミュレーション」を実現した。最も小さなスケールでは、空間を1m四方のメッシュで区切って大気の状態を計算することが可能という。解像度1mで、街を再現できるのだ。




MSSGは全球スケールからメソスケール、都市スケールまでを扱うことができるマルチスケール大気海洋結合モデルだ。

## 建物、樹木、熱の放射の3要素が予測計算には欠かせない

松田さんは、都市スケールで気象を扱うときには、考慮するべきポイントが3つあるという。それは、①建物の形状、②樹木の影響、③熱の放射だ。

建物が存在すると、そこに風の流れができるのと同時に、建物の壁などでも熱や水蒸気のやり取りが起こる。松田さんたちは、それを再現できるように、建物の壁の材質や壁の内部の熱伝導まで考慮している。また、樹木は風を遮るとともに風を微妙に通過させているため、樹木に葉がどのぐらいあるかによって、大気と熱のやり取りの様子が変わってくる。葉の表面から水蒸気を放出する蒸散も考慮するべき点だ。熱の放射も計算に欠かせない要素の一つで、例えば建物の壁面に斜めから日が当たると、暖まった壁面から赤外線が放射されて、近くにいる人は暑く感じる。

「街の中の被熱環境のシミュレーションをするには、建物、樹木、熱の放射の3つを考慮することが何よりも重要となります。私たちの微気象シミュレーションのシステムは、これら全てに対応する形につくり込まれているのです」（松田さん）




微気象シミュレーションで考慮する建物の影響。建物と大気のやり取りだけでなく、放射の影響も小さくない。




微気象シミュレーションで考慮する樹木の影響。樹木は風を遮ると同時に風を微妙に通過させ、蒸散も行うので、建物とは違う考慮が必要になる。

## 万博会場の熱中症リスク分布予測を期間中毎朝配信

こうした微気象シミュレーションは、2025年大阪・関西万博での熱中症対策にも生かされた。JAMSTECは、都市丸ごとのシミュレーション技術研究組合（担当：東電設計）、筑波大学と共同で、国土交通データプラットフォームを用いて万博会場での熱中症の予測システム※2を開発した。

実際の運用では、2025年7月1日～8月31日までの期間中、万博会場屋外における午前11時から午後3時までの熱中症リスク予測分布を、毎朝午前6時に公益社団法人２０２５年日本国際博覧会協会に配信した。東電設計の本田和也さんは、「一見して熱中症のリスク分布が分かるように、暑さ指数（WBGT）別に色分けした画像にするなどの工夫を施し、大人だけでなく、子どもや車椅子・ベビーカー利用者の熱中症リスクの可視化を試みました。協会では、毎朝のミーティングでこの情報を関係者間で共有し、会場内の巡回に活用するなど運営に生かしたと聞いています」と言う。



提供：２０２５年日本国際博覧会協会

苦労したのは、毎日の計算に膨大な時間がかかったこと。計算にかかる時間を考慮し、今回は空間を5mメッシュで区切って計算したが、それでも毎日の計算には16～20時間ほどかかった。「気象庁の前日の予測値を使って計算したり、会場外に設置した観測機器のデータを使ってWBGTの情報を補正したりするなどの工夫を重ねました。将来的には、AIを活用して計算時間をより短くすることを検討したいと思っています」（本田さん）

万博で使われた微気象シミュレーション技術は、横浜・上瀬谷で開催される「GREEN × EXPO 2027」（2027年国際園芸博覧会）で活用することも検討されている。

今後、微気象シミュレーションはどのような活用が考えられるのだろうか。本田さんと松田さんに一言ずつ語ってもらった。

「私の会社の仕事には、屋外の工事現場に関わるものが少なくありません。現場で働く人に夏の暑さは危険なので、工事の計画にこのシミュレーションを反映する方法を探っています」（本田さん）

「夏の暑さ対策にこのような技術は欠かせないので、広く社会で利用できるようになればいいと思います」（松田さん）

---

※1. MSSG
Multi-Scale Simulator for the Geoenvironmentの略。通称「メッセージ」。気象モデルの開発に当たっては、当時JAMSTECに所属していた高橋桂子さんと大西領さんの貢献が大きい。

※2. 万博会場での熱中症予測システム
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第3期課題「スマートインフラマネジメントシステムの構築」サブ課題D「サイバー・フィジカル空間を融合するインフラデータベースの共通基盤の構築と活用」の一環として開発され、国土交通省のプロジェクトに貢献する形で活用された。

**このページの研究内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**

「海の上の風車」浮体式洋上風力発電施設を固定するアンカー開発に活用

# 粒子一粒一粒の動きをシミュレーションする「DEPTH（デプス）」

**海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）が開発したDEPTH※1 は、粒子一粒一粒の動きをシミュレーションするソフトだ。スーパーコンピュータの計算能力を最大限に引き出し、100億個もの粒子の動きを計算できる。応用先はさまざまだが、ここでは、洋上風力発電設備を固定するアンカーの開発に役立てている例を紹介する。**

取材協力：
東京海洋大学 学術研究院 海洋資源エネルギー学部門 准教授　野村 瞬氏
JAMSTEC 情報地球科学研究部門 数理科学・先端技術研究開発センター計算科学・工学グループリーダー代理　主任研究員　西浦 泰介
JAMSTEC 情報地球科学研究部門 数理科学・先端技術研究開発センター計算科学・工学グループリーダー 上席研究員　古市 幹人



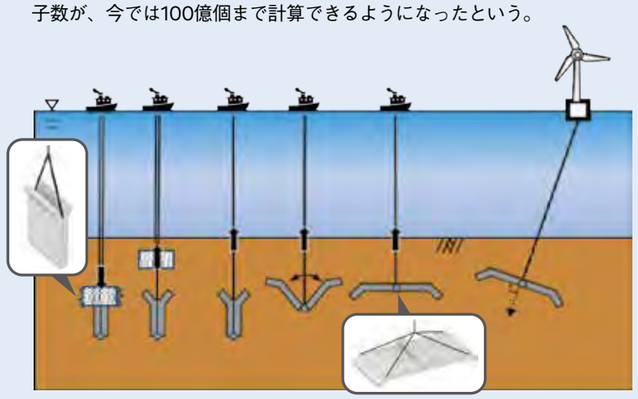
生成 AI で作成

## 「多数」の粒子の動きを「高速」に計算

DEPTHは、計算科学に基づく先進的技術を駆使し、「多数」の摩擦を伴う粒子の動きを「高速」に計算し、シミュレーションするためのソフトだ。JAMSTEC情報地球科学研究部門の西浦泰介さんと古市幹人さんが中心になって開発した。

西浦さんは2010年、粒子の運動を解析するための計算手法であるDEM※2を共有メモリ環境に実装するための並列計算アルゴリズム（課題解決のための計算の手順）を開発した。当時はそれほど数値計算に活用されていなかったGPU※3と呼ばれる演算装置の高い性能に着目し、その性能を最大限に引き出すためのアルゴリズムを開発した。これが高速計算を可能にするブレイクスルーとなり、それまで数日かかっていた計算を1日に短縮させることに成功した。

もう一つのブレイクスルーとなったのが、古市さんが開発した別のアルゴリズムだ。そのポイントは分散メモリ環境における「動的負荷分散」という技術で、例えて言えば、仕事が多すぎる人の仕事量を減らし、仕事が少ない人の仕事量は増やすようなやり方だ。サーバーやコンピュータのどのノード（計算処理を行う構成単位）も同じ計算量・メモリ量になるように工夫したことで、効率的かつ高速な計算が可能になった。こうした一連の技術開発によって、当初は100万個ほどが限界だった粒子数が、今では100億個まで計算できるようになったという。



海底展開式アンカー（ExPLA）の概念図
アンカーは折り畳んだ状態で海底下に設置し、沈み込んだところで引き抜こうとするとチョウの羽が開くように展開する。



DEPTHによるアンカーの展開挙動と地盤に働く力の可視化結果

古市さんは「これまでの粒のシミュレーションは計算コストがとても高く、実用的ではありませんでした。ですが、逆の視点から言えば、そこには技術的な隙間があったということ。西浦さんと一緒に、その隙間を埋める仕事ができたと思います」と話す。

## 自然災害や惑星形成、海底資源開発など幅広い分野で活用

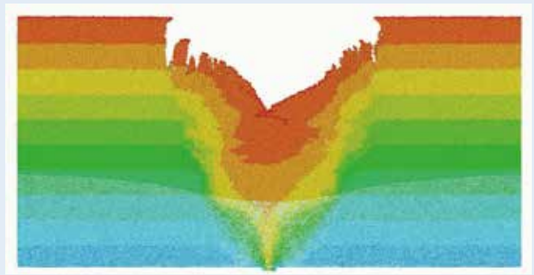
こうして高速計算を実現した西浦さんと古市さんは、「粒子」に加えて、大気や水などの「流体」も計算の対象にすることにも成功した。従来、粒子と流体を計算する手法はそれぞれ別々のものだったが、DEPTHではその両方の手法を利用できるよう、工夫したのだ。

西浦さんは「砂に加えて液体や気体、砂と水が混ざった泥など、さまざまな状態の物質の振る舞いを高速計算して再現できるようになったことで、土砂崩れや津波などの自然災害や惑星形成、地殻の構造発達、地震発生メカニズム、海底資源開発など幅広い分野のシミュレーションで活用できるようになりました」と話す。特に産業分野での応用が盛んで、コンクリートの打設や道路の陥没、セラミックス材料の製造のシミュレーションなどでの利用実績がある。

JAMSTECでは、外部の大学や企業にも使ってもらえるように、商用版のDEPTHを用意している。西浦さんは「ソフトを使ってくれそうな人たちにどんな機能があるとよいかを聞き、CADを利用した条件設定や実行操作の簡略化などアップデートを重ねています」と話す。

産業分野での活用の一例として挙げられるのが、東京海洋大学の野村瞬さんと共同で取り組んでいる、洋上風力発電施設を固定するアンカーの開発だ。

近年、地球温暖化対策の一環として、風力発電に注目が集まっている。しかし、国土の狭い日本で建設用地の確保は難しい。



地盤陥没のプロセスの再現。粒子に働く摩擦力や付着力が絶妙なバランスで働くのをきっかけに、陥没が発生するという。



野村さんが考案した「海底展開式アンカー（ExPLA）」の小型模型

そこで、風力発電設備を洋上に建設する「海の上の風車」の計画が進められている。

だが、実現には「課題がある」と野村さんは指摘する。「遠浅の海であれば、風車を海底に固定する『着床式』を選択できますが、日本を取り囲む海域は、海岸から少し離れただけで急激に深くなるため、洋上の浮体構造物に風車を設置する『浮体式』のほうが経済的だと考えられています。浮体式実現のため、高い把駐力（はちゅうりょく）（地盤に対して引っ張る力）を持つアンカーを海底に設置することが喫緊の課題になっているのです」

## アンカーに加わる力を数値化して設計に役立てる

その課題解決のため、野村さんは浮体式の洋上風力発電設備で用いるアンカーを設計している。野村さん考案のアンカーは「海底展開式アンカー（ExPLA）」といい、まるでチョウの羽のように、2枚の板材をつなげた形をしている。アンカーは折り畳んだ状態で海に沈める。目的地の海底下に埋設したところで引き上げようとすると、まるでチョウが羽を広げるように、砂や泥の抵抗を受けたアンカーは開き、展開する仕組みだ。野村さんは狙い通りにアンカーが展開し、海底の砂や泥に食い込んで洋上施設を固定できるかを調べるため、小型のアンカー模型を用いた実験を行っている。それと並行して西浦さんたちにDEPTHによるシミュレーションを依頼した。

「透明な粒子と液体を混ぜた模擬的な地盤での実験で、アンカーが開くことは確認できましたが、アンカー展開時にどの程度の力が加わるかなど詳しいことは分かっていません。DEPTHのシミュレーションで各部位に加わる力が数値化できれば、今後のアンカー設計に役立てられると期待しています」（野村さん）

※1. DEPTH
DEM based Parallel mulTi-pHysics simulator の略。通称「デプス」。粒子運動をシミュレーションする「DEM」をベースに、スーパーコンピュータの計算能力を生かして並列計算をするソフト。

※2. DEM
Discrete Element Methodの略。砂粒や粉粒などが集まった「粒状体」を構成する粒子間に働く力を計算し、個々の粒子運動をシミュレーションする数値計算手法。

※3. GPU
Graphics Processing Unitの略で、画像処理を行う演算装置として進化してきた。近年はAI学習やビッグデータ解析など幅広い分野で活用されている。

**このページの研究内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**

AIを活用して、気候予測データと地域の知見を統合し、自治体や企業の意思決定に役立てる

# 気候変動対策の立案をサポートする「気候特化型AI」開発

**地球温暖化に伴う気温上昇など、科学的な検証に基づく警告が出されて久しい。だが専門的な知識を持った人材の確保や予算上の問題から、適切な対策を立てることが困難な自治体や企業もある。そこで海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）は、AI技術を使ってより効果的な対策の立案をサポートするための技術開発を進めている。**

取材協力：
JAMSTEC 情報地球科学研究部門 データサイエンス研究プログラム長 松岡 大祐
JAMSTEC 情報地球科学研究部門 アプリケーションラボ 海洋生物デジタルツイン研究開発グループ 特任研究員 伊東 瑠衣
JAMSTEC 地球環境研究部門 環境変動予測研究センター 雲解像モデル開発応用グループ 副主任研究員 杉本 志織

## 対策策定は必須だが、自治体や企業に制約も

AIやデータサイエンスを専門とするJAMSTEC情報地球科学研究部門の松岡大祐さん、気候学を専門とする同部門の伊東瑠衣さん、気象・気候学を専門とする地球環境研究部門の杉本志織さん、専門領域はそれぞれ異なるが、3人には「AIを活用して、海洋地球科学と社会をつなげたい」という共通の思いがある。

目指したのは「気候の専門家AI」の開発だ。近年、地球温暖化に伴う気温上昇や大雨の頻度と強度が増すなど、国内外を問わず、さまざまな気象災害が起きている。行政や企業にとって、気候変動対策の策定は必須となっている。

「ですが、その対策を立てるために必要な専門的な知識を持つ人員や予算に制約がある自治体や企業は多く、適切な対策を立てるのが困難な状況にあります。そこで、AI技術を使うことで、気候変動対策を立案するためのサポートをすることができないかと考えたのです」（松岡さん）

気候学を専門とする伊東さんは「膨大な気候予測データが十分活用されていない」、自治体関係者と対話してきた杉本さんは「自治体の方々が求めているのは端的な答えだが、私たち研究者はそれに対してうまく説明することができていなかった」と、これまで研究者と社会との間の隔たりをそれぞれ感じていた。松岡さんの話を聞き、2人はAIがギャップを埋めるコミュニケーションツールになるかもしれないと感じた。松岡さんが目指す取り組みへの誘いは「渡りに船」だった。



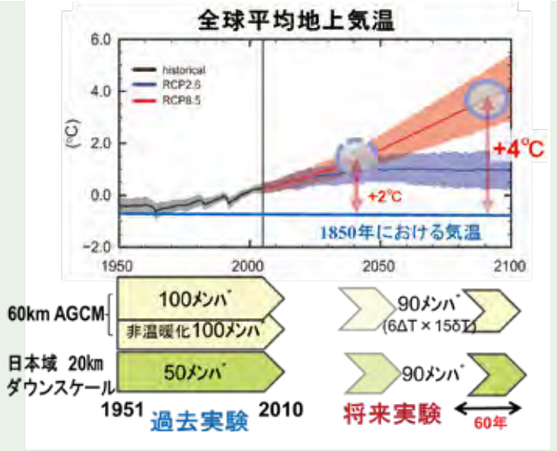
埼玉県熊谷市をケーススタディとし、気温上昇によって熱中症患者がどのぐらい増え、その対策のために緑のカーテンやクーリングスポットをいくつ追加で設置するべきかという課題を「気候の専門家AI」に与えたところ、AIは追加で増える熱中症患者数と、必要な緑のカーテンとクーリングスポットの数を提案してきた。写真は、熊谷市大里庁舎の壁面につくられた“みどりのカーテン”。
写真提供：熊谷市

## 計算機上に100個分の「異世界」をつくる

「気候の専門家AI」の開発に当たり、ベースモデルとして採用したのは、米Meta（メタ）社が開発・公開する大規模言語モデル（LLM※1）「Llama（ラマ）」をベースに東京科学大学が日本語を追加学習させた「Llama 3 Swallow」だ。このモデルに対し、国立環境研究所に登録された気候変動の適応策※2についての各種論文や、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の評価報告書の内容を学習させ、気候特化型AIを育てた。

さらに、気候特化型AIが必要に応じて気候予測データベース「d4PDF※3」からデータを取得する仕組みも整えた。d4PDFはJAMSTECのスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」で構築されたデータベースだ。温室効果ガス濃度や海水温などの計算条件を少しずつ変えた多数の気候予測シミュレーション（アンサンブル気候予測）を同時に行っている。例えて言えば、計算機上に、計算条件が異なる「異世界」をたくさんつくるようなもので、過去60年については100個分、将来気温が4℃上昇する場合には90個分の「異世界」でどんな異常気象が起こるかを、確率的に評価することを可能にしている。

「過去実験については、60年と『異世界』100個分の掛け算で、6,000通りのデータセットがあるといえます。全世界で60kmメッシュ、日本周辺領域で20kmメッシュという高解像度で各地域の極端な大気現象の評価もでき、非常に大きなデータになっています」（杉本さん）




気候予測データベース「d4PDF」の概念図
過去60年については100個分、将来気温が産業革命前の水準に対して4℃上昇する場合には90個分のアンサンブル実験でどんな異常気象が起こるかを、確率的に評価する。
出典：https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/

## 「宝の山」から、必要な部分をカスタマイズ

「気候の専門家AI」のユーザーとして想定されるのは地方自治体や中小企業の担当者だ。そこでは、世界中のありとあらゆるデータではなく、なじみが深い地域の情報こそが求められる。松岡さんらは膨大な気候予測データが集まった「宝の山」から、ユーザーが必要とする部分だけを検索するなど、ユーザーごとにカスタマイズして使えるよう、工夫を施した。

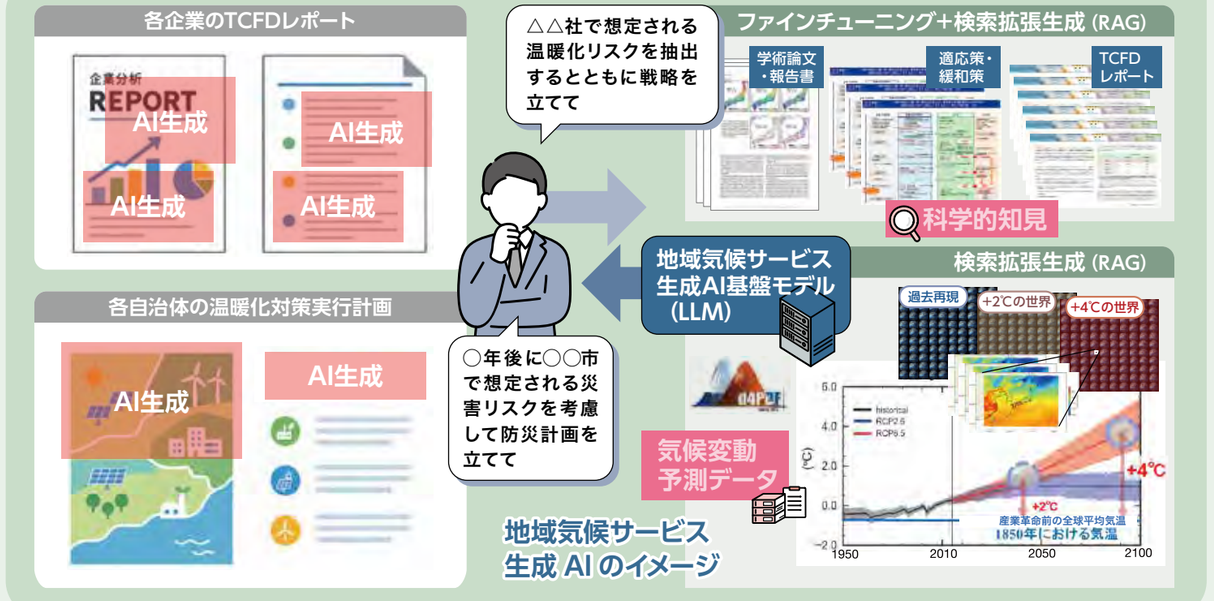
「気候予測データをつくる人と解析する人、それに加えてデータを取り込んでAIに学習させる松岡さんのような人が、JAMSTECの中にシームレスに存在していたからこそ、今回の研究成果は生まれたのだと思います」（伊東さん）

具体的なケーススタディとして、松岡さんらは極端な高温が課題になっている埼玉県熊谷市を対象に、気温上昇によって熱中症患者がどのぐらい増えるのか、その対策のために緑のカーテンやクーリングスポットをいくつ追加で設置するべきかという課題を「気候の専門家AI」に与えた。

AIは、気候予測データから示された気温上昇の幅に合わせ、平均的なケース（5.4℃上昇）では熱中症患者が追加で108人増え、悲観的なケース（7.5℃上昇）では追加で150人増えると予測し、それぞれのケースごとに必要な緑のカーテンとクーリングスポットの数を試算した上でそれらを取りまとめ、費用対効果的に現実的な将来計画を提案してきた。

松岡さんは、将来的には気候特化型AIに続き、海洋ごみに特化したAIや生態系に特化したAIなど複数のモデルを開発し、これらのAI同士を議論させて最適な政策を提案させるようなシステムをつくれないかと考えている。AI技術が開く未来に今後も注目が集まりそうだ。

人間が「温暖化リスクを抽出するとともに戦略を立てて」などとAIに指示すると、気候変動の適応策の各種論文やIPCCの評価報告書（右上）など、特定分野の専門知識やタスクに特化させるためのデータを追加学習（ファインチューニング）したAIが、さらに外部知識を活用する検索拡張生成（RAG）技術の高度化によって、気候変動予測データ（右下）などから必要なデータを検索し、文章の形で回答や提案をする。企業のTCFDレポート（気候関連の財務情報を開示するレポートのこと）や自治体の計画（左側）など、気候変動対策の立案のサポートができるのではないかと期待される。

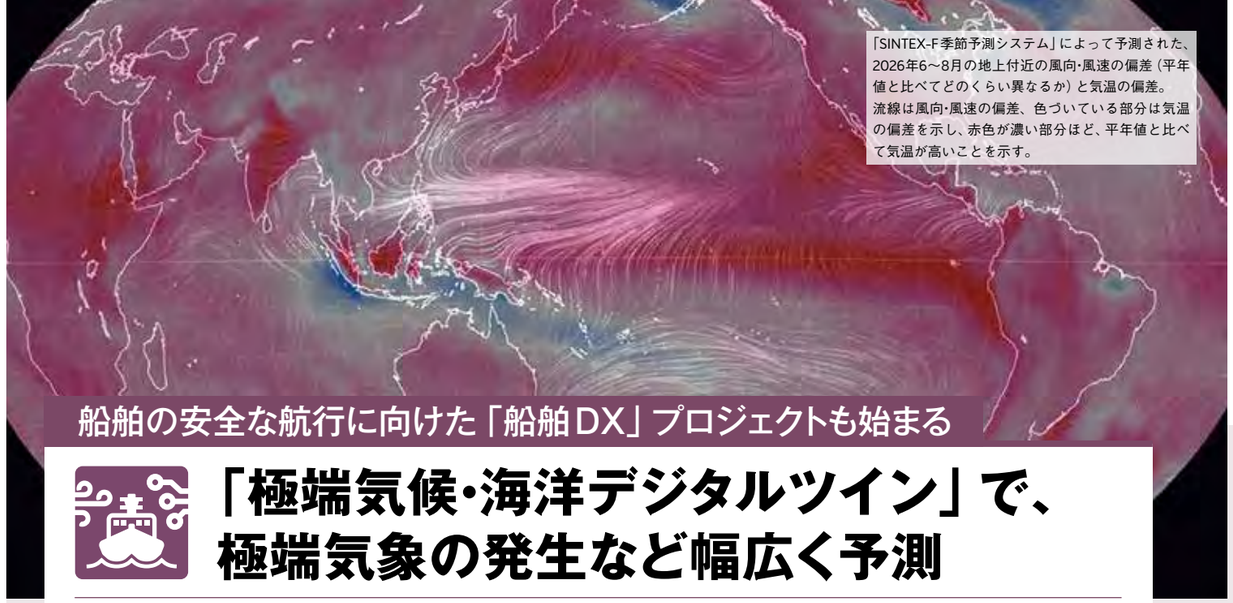



※1. LLM
Large Language Modelの略で、インターネットなどに含まれる膨大な文章やデータを学習し、人間のように自然な文章を理解・生成できる自然言語処理向けAIの一種。

※2. 適応策
すでに現れていたり、将来避けられないと考えられたりする気候変動の影響に対して、人や社会、生態系などへの被害を軽減できるよう対応するための取り組み。これに対し、温室効果ガス排出量を減らし気温上昇幅を抑えようとする取り組みは「緩和策」と呼ばれる。

※3. d4PDF
database for Policy Decision making for Future climate changeの略。文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」のもとで、複数の研究機関が協力して取りまとめたアンサンブル気候予測データベース。

**このページの研究内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**



「SINTEX-F季節予測システム」によって予測された、2026年6～8月の地上付近の風向・風速の偏差（平年値と比べてどのくらい異なるか）と気温の偏差。流線は風向・風速の偏差、色づいている部分は気温の偏差を示し、赤色が濃い部分ほど、平年値と比べて気温が高いことを示す。

船舶の安全な航行に向けた「船舶DX」プロジェクトも始まる

# 「極端気候・海洋デジタルツイン」で、極端気象の発生など幅広く予測

**これまで海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）は数カ月先から数年先の異常気象を探るべく、準リアルタイムで気候や海洋の季節予測を実施し、その結果を社会に公開してきた。その予測範囲は気象にとどまらず、サンゴの白化などの生態系変動予測まで視野に入れている。2025年からは、この技術を船舶の安全な航行や設計に役立てようとする試みも始まった。**


取材協力：JAMSTEC 情報地球科学研究部門 アプリケーションラボ
技術研究開発部門 船舶DX季節予測開発センター長 **宮澤 泰正**

JAMSTEC 情報地球科学研究部門 アプリケーションラボ
極端気候・海洋デジタルツイン研究開発グループリーダー
技術研究開発部門 船舶DX季節予測開発センター
季節予測モデル開発グループ 主任研究員 **土井 威志**


## 海洋観測とシミュレーションの「リレー」で予測

気候の季節予測とは、数カ月先から数年先に干ばつや洪水、猛暑などの天候不順が現れるかどうかを予測する技術だ。JAMSTEC情報地球科学研究部門の土井威志さんらが中心になって「SINTEX-F（シンテックス・エフ）季節予測システム[※1]」を欧州の研究機関と共同開発し、予測の高精度化に努めてきた。

予測は、例えて言えば「海洋観測」を担う選手と、「コンピュータシミュレーション」を担う選手による「リレー」の作業だ。まず重要になるのは、予測開始時点での海水温のデータをしっかり取ること。土井さんは「お風呂を想像すると分かりやすいですが、海水は一度温まると容易なことでは冷めにくい。半年先でもその情報が消えずに温かいことが多く、それが季節の不順を引き起こす『種』の役割を果たすのです」と解説する。

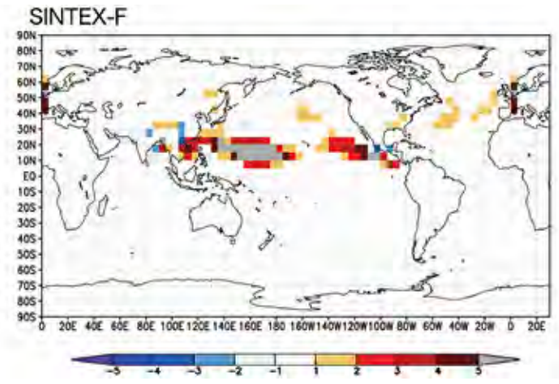
海洋観測で得られた海水温などのデータは、次にコンピュータによるシミュレーションへとバトンを渡される。スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」は観測データを活用して気候モデルで予測計算を実施する。気候モデルは、主に物理法則に従って「10分先」の大気と海洋の相互作用を計算する数式の集まりで構成されている。10分先の計算を積み重ねていくことで、数カ月先や数年先の予測が可能になるのだという。

これまでJAMSTECは気候や海洋の季節予測について、さまざまな研究成果を出してきた。直近では2026年1月時点で、世界各地に異常気象を引き起こすエルニーニョ現象[※2]が2026年夏に発生すると予測。実際に熱帯太平洋で強いエルニーニョ現象が発生した。併せて、同年6月から8月にかけて、日本の南にあたる北西太平洋で熱帯低気圧（台風を含む）の活動が平年よりも活発化することも予測していた。

予測の範囲は、サンゴ礁を含む海洋生態系変動予測にも及ぶ。海水温の上昇によって、海洋生態系において重要な役割を果たしているサンゴの白化（色を失い衰弱すること）が世界的な問題になる中、土井さんは、SINTEX-F季節予測システムを使って九州の南方海上に連なる南西諸島付近のサンゴの大規模白




JAMSTECが目指す科学とユーザーの価値連鎖。海洋観測から極端気候・海洋の季節予測を行い、その情報をエンドユーザーに伝える過程では、中間ユーザーの存在がキーポイントになる。図中のALERA/CLERAは、地球の大気・海洋の状態を再現・解析するための実験的アンサンブル再解析データセットもしくはそのシステムの名称。JCOPEは日本近海の海洋変動予測システム。こうした多様なシステムを駆使して、極端気候、海洋の季節予測を行う。




SINTEX-F季節予測システムを使って2026年5月初旬時点で予測した、夏（6～8月）の熱帯低気圧（台風を含む）の存在頻度の予測。下のバーは、左（寒色）に行くほど平年よりも存在頻度が減り、右（暖色）に行くほど平年より存在頻度が増えることを示している。

化リスクを高い精度で予測できることを示した。米国の海洋大気局（NOAA）でも同様の取り組みがされているが、日本の南海上に関しては、JAMSTECの予測精度が比較的高かったという。さらに、世界初となる地球規模の植物プランクトンの準リアルタイム季節予測の配信を開始した。

## 科学とユーザーをつなぎ、価値連鎖を最大化する視点が欠かせない

土井さんは、予測技術を用いた「極端気候・海洋デジタルツイン」の研究成果を社会に届けるには、科学とユーザーをつなぎ、それぞれの持つ価値連鎖を最大化する視点が欠かせないと力説する。政策・ビジネスの担当者や市民などのエンドユーザーへ最先端の研究成果の価値を最大化して届けるとともに、ユーザーのニーズを研究者側に知らせるために必要なのは、仲介役となる「中間ユーザー」の存在だ。

「季節予測の情報をエンドユーザーまで届けたいと思っても、現実問題として、私たち研究者が直接的にエンドユーザーとつながるのはなかなか難しい。気候や生態系、船舶関係など、さまざまな分野の中間ユーザーとタッグを組み、価値連鎖を網の目のように広げることが重要になります」

中間ユーザーとの連携例として、これまで土井さんらは、民間気象情報会社と気候予測のマーケティング調査を実施したり、




船舶DXの概念図。船舶の開発・設計から建造、運航、気象・海象の予測結果の活用まで一体的に運用する「統合シミュレーション・プラットフォーム」の構築を目指す。
出典：https://www8.cao.go.jp/cstp/anzen_anshin/gaiyou/2_deji.pdf

作物収量、漁獲量、電力需要などの予測に関する共同研究を外部の研究所や大学と行ったりしてきた。これらに加えて、新たに2025年から5年間の計画で始まったのが、内閣府が推進する「経済安全保障重要技術育成プログラム（K Program）」の「船舶DX（デジタルトランスフォーメーション）[※3]」だ。船舶運航技術の研究や開発などの事業を行う日本郵船グループの株式会社MTIを研究代表機関とし、JAMSTECを含めた産学官の10機関が参加している。

## 1カ月から3カ月先を予測し、船舶の運航や設計に生かす

こうした計画が持ち上がった背景には、近年の造船市場において中国や韓国の建造量が増え、これまで高品質かつ高性能な船舶を国内外に供給してきた日本の建造量のシェアが縮小している実情がある。

研究分担者を務める宮澤泰正さんは「日本の造船業は厳しい状況にありますが、従来からあるポテンシャルを生かすべく応援していこうというのが船舶DXの目的です。私たちが磨き上げてきた季節予測の技術が、船舶の安全な航行や効率の良い設計に役立つのではないかと考えています」と話す。船舶DXにおけるJAMSTECの役割は、高精度・高解像度な季節予測技術を実現し、1カ月から3カ月先の台風を含めた極端な気象や海流、波浪の発生確率を予測することだ。SINTEX-F季節予測システムと、気象庁や欧州機関の気候モデルを統合し、それぞれの長所を生かした予測ツールをつくる予定だ。

「科学的な予測をもとにユーザーと双方向で対話し、それぞれの持つ価値をつなげていくこと。これが私たちの目指す海洋地球デジタルツインの姿です」（宮澤さん）

---

※1. SINTEX-F季節予測システム
JAMSTECが欧州の研究機関と共同開発した気候予測システム。世界の気候予測システムのほとんどが数十程度のアンサンブルナンバー（わずかに異なる条件下で同じ予測計算を繰り返した、それぞれの結果）で予測を実施している。その一方で、SINTEX-F季節予測システムは108もの大規模アンサンブルナンバー数でシミュレーションをしており、予測のばらつきが大きい極端な気象（例えば、熱帯低気圧）の予測でも、シグナルの検出や予測の要因分析をしやすいという利点がある。

※2. エルニーニョ現象
太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年よりも高くなり、その状態が1年程度続く現象のこと。世界中の異常な天候の要因となり得ると考えられている。

※3. 船舶DX
内閣府が推進する「K Program」の一つ。2023年に示された研究開発構想「デジタル技術を用いた高性能次世代船舶開発技術及び船舶の安定運航等に資する高解像度・高精度な環境変動予測技術」を受け、株式会社MTIを研究代表機関とする10機関が共同で「持続的で競争力に優れる海事産業のための統合シミュレーション・プラットフォームの構築」を提案。科学技術振興機構に採択され、2025年10月から5年間の計画でプロジェクトが始まった。

**気候の季節予測の詳しい内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**

**K Program「船舶DX」の詳しい内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**



東京都の漁業調査指導船「たくなん」。カツオの試験操業で10年近いデータを蓄積した。

回遊魚のカツオが好む海域を探し出せ

# 東京都と調査研究し、好適漁場推定手法を開発

**東京都小笠原村に属し、日本の最南端・最東端に位置する沖ノ鳥島・南鳥島。その周辺海域にいる回遊魚のカツオが好む海域を探し出そうと、海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）情報地球科学研究部門の研究者と、東京都の職員が3年間に及ぶ調査研究を行った。海洋環境のデータをもとに開発された漁場推定手法とはどんなものなのか。**


取材協力：　東京都 産業労働局 島しょ農林水産総合センター 振興企画室長　**堀井 善弘氏**

JAMSETC 情報地球科学研究部門 アプリケーションラボ所長　**五十嵐 弘道**


## 数理モデルを使い、離島周辺の生物分布の推定を目指す

東京都とJAMSTECは、2022年度から離島の沖ノ鳥島と南鳥島周辺の漁場予測手法の開発に取り組んでいる。沖ノ鳥島は東京都心から南に約1,700㎞、南鳥島は南東に約1,950㎞にそれぞれ位置し、船で行くと片道4日程度かかる。それほど離れた海域で綿密な試験操業を行うのは難しいが、JAMSTECが開発した数理モデルを使えば、生物分布を推定できる可能性がある。東京都産業労働局島しょ農林水産総合センター振興企画室長の堀井善弘さんは、「カツオは全国的に漁獲量が減少傾向にあり、私たちとしてもぜひ一緒に調べたいと考えました。沖ノ鳥島、南鳥島をはじめとする、東京都に属する島々の周囲に設定されているEEZ（排他的経済水域）は、日本のEEZ全体の約38％にも達しますから、EEZの管理上も、この海域が好漁場かどうかを評価することは重要でした」と調査研究の意義を強調する。

## 海洋環境と資源量から「魚が好む海域」を推定

JAMSTECが開発した「好適生息域推定（ハビタット）モデル」は、ひと言で言えば「生きものがどんな場所を好むか」を推定するモデルだ。情報地球科学研究部門の五十嵐弘道さんは「過去にさかのぼって海がどんな環境だったかを再現し、その海域に実際に魚がいたかどうかを調べた資源量のデータを突き合わせることで、魚がどんな環境を好むかを統計的に推定することができます」と話す。海洋環境として、どのような要因を重視するかは魚種や海域によってケースバイケースだといい、沖ノ鳥島、南鳥島におけるカツオの好適漁場推定では、海水温や塩分などの10の海洋環境変数を用いた。




「好適生息域推定（ハビタット）モデル」の概念図。過去の海洋環境データと漁場データなどからモデルをつくり、水産庁や気象庁の海況データを参照して、生きものが好む場所を推定する。

モデルの推定精度を高めるには、正確な漁獲位置と海洋環境のデータが欠かせない。東京都は漁業調査指導船を用いた試験操業による漁獲位置と海洋環境データを10年分ほど所有しており、モデルをつくり込むにあたって、これらのデータが非常に有効だったという。東京都で試験操業に携わる堀井さんは学生時代、JAMSTECに研究生として所属していた。「JAMSTECに研究生として所属していたときの経験が、私の現在の研究への取り組みにおける基本的な考えのもとになっています。今になって、こうして一緒に調査研究をする日が来るとは、縁があったのだなと感じます」と語る。

## 八丈島周辺海域の漁場予測図作成ソフトを実装

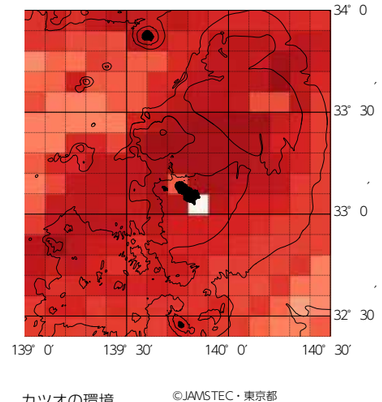
東京都とJAMSTECは2022年度から3年間かけ、モデルの開発と推定精度の向上に取り組んだ。研究を進めるうちに分かってきたのは、海洋環境変数の貢献度が季節ごとに異なっていたことだ。

「カツオは表層を泳ぐ回遊魚ですが、特に春の季節には水深が1,500mぐらいある海域を好むことが分かってきました。こうしたデータに加え、海面から水深200mまでの複数の海水温のデータを考慮しながら改良に努めた結果、モデルの性能が高くなったことを確認できました」（五十嵐さん）

さらに五十嵐さんは、改良されたモデルを使って、カツオ漁が行われている八丈島周辺海域の漁場予測図を作成するソフトウェアを開発し、東京都島しょ農林水産総合センターの八丈事業所（八丈島）のパソコンに実装した。水産庁の海況予測を参照して、次の日のカツオの環境を「良い」から「悪い」まで5段階で評価した予測図を自動作成でき、同事業所の担当者からは「ソフトウェアの操作性はとても良い」との反応があったという。堀井さんは「今後、東京都が保有する漁場推定システムと比較しながらJAMSTECのモデル性能を検証していきますが、今のところ、観測とよく合う結果が出ています」と言う。



東京都の試験操業で捕獲されたカツオ

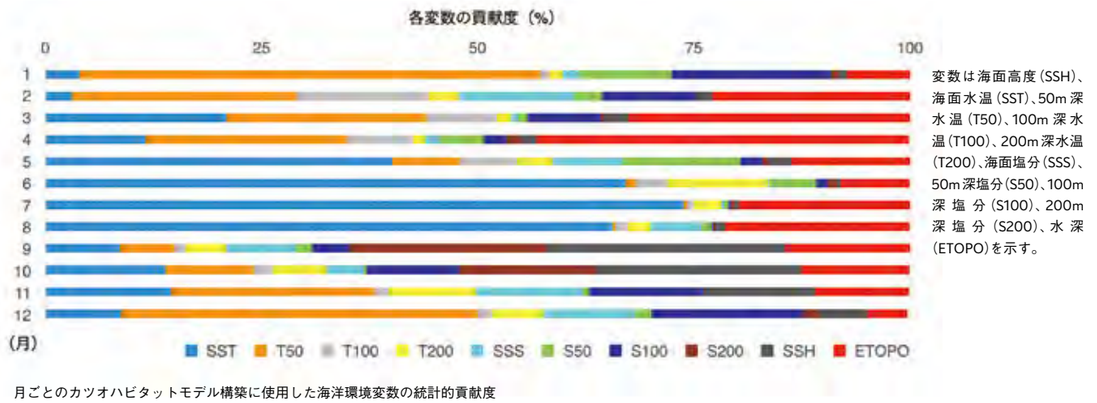



JAMSTECが開発した好適生息域推定（ハビタット）モデルを用いて作成した、2024年5月20日の八丈島周辺海域のカツオ漁場予測図。色が濃いほどカツオの環境が「良い」ことを示す。

ただ、この漁場予測図の公開範囲は検討課題の一つだ。予測図が漁業関係者の間で有効に用いられれば、船舶の燃料費が高騰する中、速やかに好適漁場に向かうことができ、より効率的な漁業が実現するだろう。その一方で、誰にでも見られる形で公開すると、乱獲を誘発する恐れもある。東京都は現在、情報の提供先を八丈島の漁業関係者にとどめており、公開する範囲は慎重に検討するとしている。

また、研究者側にも検討するべき課題は残っている。五十嵐さんは「現在のモデルでは、カツオのエサとなるイワシの分布推定や、地球温暖化に伴う海水温の上昇が考慮に入れられていません。今後も改良が必要です」と話す。カツオに加えて、伊豆諸島で多く捕られているキンメダイが好む場所についても「ハビタットモデル」の開発・改良を進めている。

まるで天気予報が明日の空模様を教えてくれるように、海のデータから魚の好む場所を予想する。そんな技術が、社会実装される日は近いかもしれない。




月ごとのカツオハビタットモデル構築に使用した海洋環境変数の統計的貢献度
縦軸は1月から12月を、横軸は海水温、塩分、水深などの海洋環境変数の貢献度（%）を表す。例えば、4月には「水深」（赤色）の貢献度が高く、6月から8月の夏季には「海面水温」（水色）の貢献度が高いなど、季節ごとに異なることが見て取れる。

# デジタルツイン基盤としての「CEIST（セイスト）」「GODAC（ゴーダック）」

**ここまで紹介してきた「海洋地球デジタルツイン」を通じた研究の推進に欠かせないのは、計算機の運用整備やデータベース管理に携わったり、研究成果を社会に伝えたりする海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）の研究者や技術者たちだ。このページでは、そうした「縁の下の力持ち」たちの仕事を見ていこう。**

取材協力：JAMSTEC地球情報科学技術センター（CEIST）センター長 上原 均
JAMSTEC国際海洋環境情報センター（GODAC）センター長 阿波根 直一

## 技術的なサポートが手厚い「文化」と技術開発への取り組み

JAMSTEC横浜研究所にあるスーパーコンピュータ「地球シミュレータ（ES）※1」には、JAMSTECならではの強みがあると、地球情報科学技術センター（CEIST）センター長の上原均さんは言う。

「JAMSTECならではの強みとは、研究や企業利用を支える技術的なサポートが手厚いことです。プログラムのチューニングや計算の状況監視など、細やかに目配りしてサポートしようと常日頃から心掛けています」

上原さんは、こうした姿勢を「文化」と評し、「初代ES開発の頃から、『日本のために貢献したい』という技術者の強い思いがありました。こうした思いが、今でも雰囲気として残っているように思います」とほほ笑む。技術者の継続的な努力により、現在稼働中のES4のシステム可用率※2は通年で99.7％以上という極めて高い水準を維持している。しかも運用しながら、システム運用やユーザーへのサポートを高度化する技術開発にも取り組んでいる。

CEISTには、大型計算機類の運用・供用と利用者サポートを担う計算機システム技術運用グループと、研究データを活用するためのデータ基盤の開発・運用を担うデータ基盤技術開発グループがある。前者の計算機システム技術運用グループでは、地球環境変動を計算によって予測できるスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」に加えて、計算データや観測データの解析と、研究成果情報の公開に使える計算機「Earth Analyzer（アース アナライザー）」、最大160PB※3の研究データを保存できる「テープストレージシステム」を運用している。

後者のデータ基盤技術開発グループでは、JAMSTECが取得・生成・収集した膨大な研究データを活用するためのデータベースシステムを整備している。特に、深海調査で撮影された生物などの映像や画像データについては、後述するGODACなどの関連部署とも連携している。さらに研究者による新たな科学的知見の発見をAI技術を使って支援することにも取り組んでいる。このデータ基盤技術開発グループが担うデータベースシステムが、研究成果を社会課題解決に結びつけるデータ流通には不可欠である。

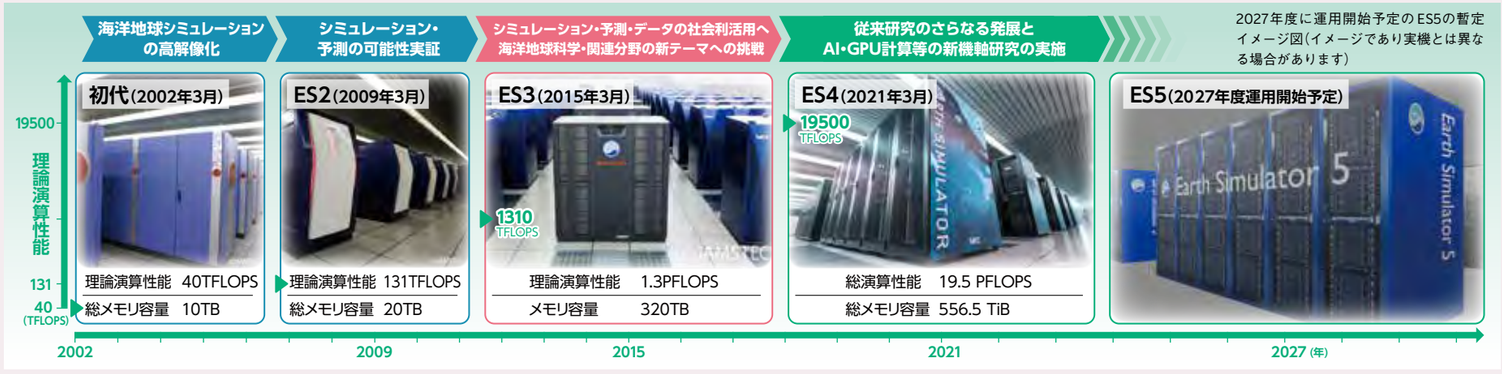
もし仮に、どれか一つでも欠けていればデジタルツインの実現には差し障りが出る。だから「計算能力、解析・公開環境、大容量ストレージ、データベースシステムを通じた社会への発信といった要素が一体となってそろっていることが、デジタルツイン基盤としての役割を果たす上で重要です」と上原さんは言う。

## 最新ES5はGPU増強、ES4と比べて2倍以上高速化

「地球シミュレータ」はJAMSTECの研究活動を根本から支えるだけではなく、国などの研究プロジェクトや我が国の共用基盤の一環として計算資源を提供し、JAMSTEC外を含めた研究コミュニティ全体に貢献する方針で運用されている。

2026年現在、第4世代（ES4）が稼働中だが、2027年度には第5世代（ES5）がお目見えする予定だ。歴代「地球シミュレータ」で初めてGPU※4を導入したES4の経験をもとに、ES5ではさらにGPUを増強する。ES4のGPUより数世代も進んだ新型GPUを搭載したノード（計算機の構成単位）を導入し、急伸するAI需要にも応える。このGPUだけではなく全てのプロセッサが世代交代する影響を受けて数値シミュレーションが高速化する。いくつかの代表的な研究プログラムで性能を測定した結果、ES5ではES4と比べて2倍以上の高速化が可能であることが確認されている。

「『地球シミュレータ』は、海洋地球科学の研究への貢献を重要視した『特化型』の計算機です。これまでに生み出した膨大な計算データを通して、気候変動予測や防災対策構築を支援してきました。これからも、社会の役に立つ存在であり続けたいです」（上原さん）



歴代地球シミュレータの概要

## 調査・研究で得られた貴重な情報をオープン化

CEISTと同様、研究と社会をつなぐデジタルツイン基盤としての「縁の下の力持ち」の役割を果たしているのが、沖縄県名護市にある国際海洋環境情報センター（GODAC）だ。センター長の阿波根直一さんは「GODACには、地域連携の枠組みを活用して研究成果を分かりやすく発信し、海洋科学人材育成を推進するための管理課と、国内外への研究成果情報発信を強化する公開技術情報運用グループがあります」と説明する。GODACは「海洋地球デジタルツイン」の基盤としてJAMSTECのデータセンター機能を集約し、研究の成果とプロセスを公開して誰もがアクセス可能な状態にする「オープンサイエンス」も推進しており、JAMSTEC航海・潜航データ・サンプル探索システム（DARWIN）、深海映像・画像アーカイブス（J-EDI）、海洋生物データベース（BISMaL）など、調査・研究で収集された情報を研究・教育に活用できるようインターネットを通じて世界に発信している。



①



②


③


④

①沖縄県名護市にある国際海洋環境情報センター（GODAC）
②JAMSTECが公開している研究成果関連のデータベース
③GODACに設置されたスタジオでのオンライン講義の様子「マンガンノジュール」について、オンライン参加者に解説している。
④GODACで実施された学習プログラムに参加した学生たち

データセンターとしての役割に加えて、海洋・地球を学んでもらうアウトリーチの機会創出もGODACの重要なミッションだ。沖縄県内の児童・生徒に加えて、国内外の中高生の来館が増えており、修学旅行での利用件数は89件（2025年度）と過去3カ年で倍増、2025年度には個人・団体あわせて計約1万4000人が来館したという。

子どもから大人まで学べる学習プログラムも各種準備しており、「深海について学びたい」「サンゴ礁と海洋環境」「海の生物多様性」といった6つの基本コースのほかにも、参加者の学年や知識に応じてカスタムメードでプログラムを組むこともある。コロナ禍をきっかけに、オンライン授業にも対応するようになった。

「参加した子どもたちの反応は非常に良く、さらに多くの人々に学習プログラムのことを知ってほしいです。学校現場の先生方は忙しく、なかなか海を教材にする余裕がないかもしれませんが、ぜひ私たちのコンテンツを利用してもらえればうれしいです」（阿波根さん）

---

※1. 地球シミュレータ（ES）
Earth Simulator。地球シミュレータ研究開発センター長を務めた三好甫氏（故人）を中心に開発を進めた初代ESは、2002年に運用を開始し、2002年6月から2004年6月まで世界最速（スパコン性能ランキングTOP500第1位、5期連続）であった。また初代ESによる気候変動シミュレーションの成果は、2007年にノーベル平和賞を受賞した「気候変動に関する政府間パネル」（IPCC）の評価報告書にも活用された。地球科学や海洋科学などの領域において多大な成果を上げてきた。計算機は定期的に更新され、2026年現在は第4世代（ES4）が稼働中だが、2027年度に第5世代（ES5）の運用が開始される予定。

※2. システム可用率
システムが故障せずに動いている割合。

※3. PB
「ペタバイト」と読む。「ペタ」は1000兆、「バイト」はコンピュータで扱われる情報量や記憶媒体の記憶容量に関する単位の一つで、1ペタバイトは1000兆バイトとなる。

※4. GPU
Graphics Processing Unitの略で、画像処理を行う演算装置として進化してきた。近年はAI学習やビッグデータ解析など幅広い分野で活用されている。

**CEISTが運用整備する「地球シミュレータ（ES）」の内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます。**

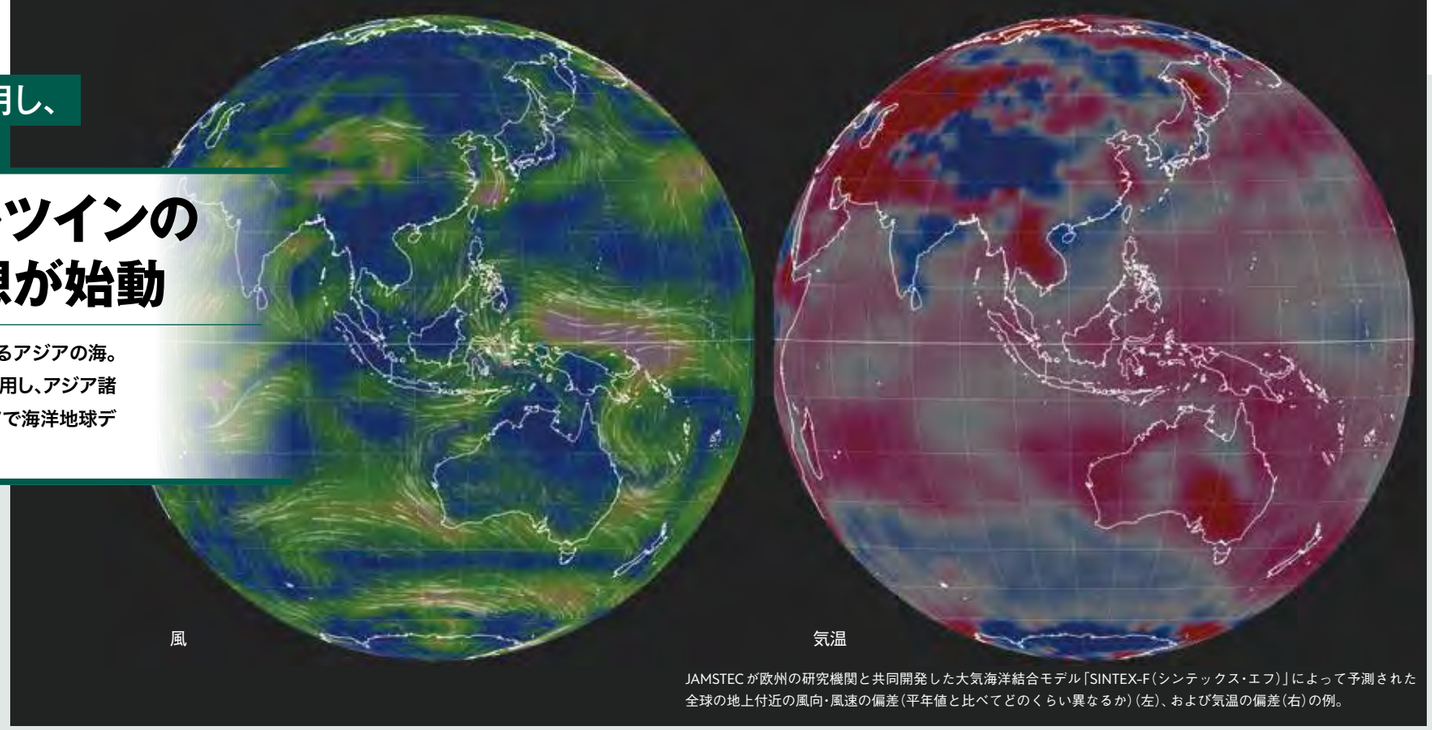
**GODACの学習プログラム・公開データベースの内容は、右記のサイトでさらに深掘りできます**

アジア諸国と連携して海洋情報を活用し、深刻化する環境問題に挑む

# 海洋地球デジタルツインの「アジアハブ」構想が始動

**経済発展の一方で、気候変動や人間活動の影響で環境が悪化するアジアの海。海洋研究開発機構(以下JAMSTEC)が持つ高性能な計算環境を活用し、アジア諸国と連携する構想「アジアハブ」が動き出そうとしている。アジアで海洋地球デジタルツインを進める意義とは何だろうか。**

取材協力：JAMSTEC 情報地球科学研究部門　アプリケーションラボ
極端気候・海洋デジタルツイン研究開発グループリーダー代理
主任研究員
森岡 優志




JAMSTECが欧州の研究機関と共同開発した大気海洋結合モデル「SINTEX-F（シンテックス・エフ）」によって予測された全球の地上付近の風向・風速の偏差（平年値と比べてどのくらい異なるか）（左）、および気温の偏差（右）の例。

アジア諸国が直面する環境問題の例。上から、台風に関連した激しいモンスーンの雨が引き起こした深刻な洪水（フィリピン）。ビーチに堆積した緑藻（フィリピンのボラカイ島）。



写真提供：CherylRamalho / Shutterstock.com



## JAMSTECの高性能計算環境を活用

JAMSTECでは、アジア諸国の研究者と連携して海洋地球デジタルツインを推進する構想が動き出している。その名は「アジアハブ」。「ハブ」には、「中核となる拠点」という意味がある。JAMSTEC情報地球科学研究部門の森岡優志さんは「アジア諸国に日本の技術を移転することで、その国の研究機関が国内の拠点になること、また、その拠点づくりに日本が協力することで、日本がアジアをつなぐ国際的な拠点にもなること、その2つの意味を込めて『アジアハブ』と命名しました」と話す。

具体的には、JAMSTECの強みであるスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」などの高性能計算環境（HPC※1）を活用しながら、アジア諸国と連携して相互にデータやノウハウをやり取りし、アジア諸国とJAMSTECの双方で海洋地球デジタルツインの研究を進める。

森岡さんは、アジア諸国の研究者と意見交換する中で、国によって海を巡る課題はさまざまだと知ったという。

「例えば、頻繁に台風に襲われるフィリピンでは、台風のような極端気象や海面上昇に強い関心が寄せられています。インドネシアは沿岸開発に伴うマングローブ林減少などの環境悪化、タイは海洋プラスチックごみ、ベトナムは水害が漁業へ及ぼす影響などに懸念が示されています。アジアの海は環境問題の『ホットスポット』だと感じました」

## アジア周辺の海域は観測の「空白域」

JAMSTECがこうした構想を進める背景には、アジア周辺の海域が観測の「空白域」になっているとの事情がある。海水温や塩分など各種データを自動で測る「アルゴフロート※2」という観測機器は世界の海に多数投入され、その観測データは無償で公開されているが、アジア周辺の海域には、この観測機器の数が非常に少ない。周辺国との利害関係の調整が難しいことや、水深が浅くて潮の流れが速く観測機器を安定的に稼働できないことなどが理由だという。ただ、アジア諸国には、それぞれ人工衛星や船舶などで観測した海洋データがある。その海洋データを提供してもらい、JAMSTECの地球シミュレータで計算を行えば、従来の海洋観測の空白を埋めるような形で海洋地球デジタルツインを実現でき、アジア諸国の環境問題の解決に資する研究成果を出せるのではないかと森岡さんは考えた。2026年11月には横浜で「DITTO Summit 2026※3」という海洋デジタルツイン（DITTO）に関する国際会議が開催され、アジアハブに関して意見交換する場が設けられる。国際会議には、アジア諸国の研究者も参加する予定だ。

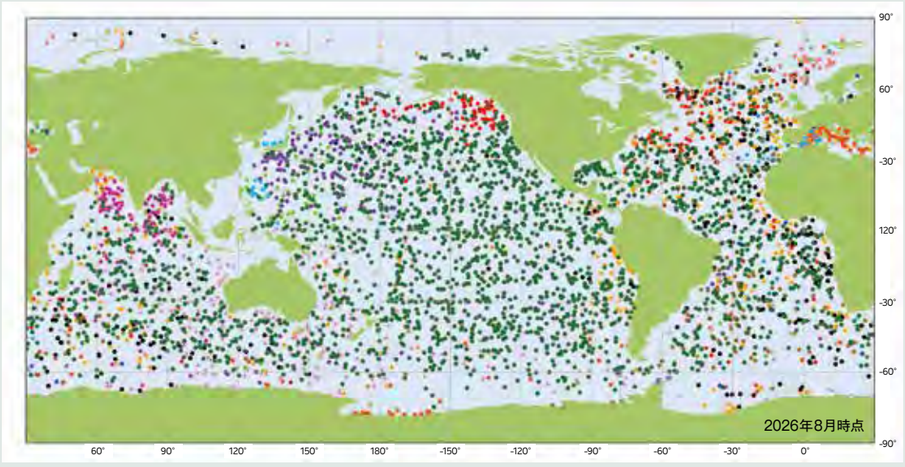
「まずはこの会議で意見交換することから始め、できれば数年以内に、日本と相手国との二国間での共同研究を実現し、成功事例をつくりたい。そしてその輪を広げ、5年から10年かけてアジアハブをアジア圏に広げていきたいです」（森岡さん）



アルゴフロート投入

## 乗り越えるべき壁は「人材」と「資金」

情報地球科学研究部門では、既に全球レベルで風の流れや強さ、気温など気候のシミュレーションを行っている。これをアジアの海で活用できるよう、さらに解像度を細かくしていきたいという森岡さんは「200～300m間隔で、海の流れや海水温、塩分、窒素やリンなどの栄養成分、クロロフィルなど生物の活動を示す指標などを載せたいと考えています」と話す。また、こうした情報を公開し、アジア諸国の漁業者のほか、海上交通や海の安全に携わる官公庁や民間企業、観光業に携わる人々などに広く使ってほしいという。




全世界および日本のアルゴフロート分布状況。紫色の丸（●）は日本が投入したアルゴフロート、ほかの色の丸は日本以外の国が投入したアルゴフロートを示す。アジア周辺の海域には、この観測機器の数が非常に少ないことがはっきり分かる。

「環境政策や防災に関わる官公庁の職員や研究者に届くことも重要ですが、海とともに生活している人たちが自分の手で携帯端末を操作しながら、必要なときに目的に応じて使う。そういう日常使いのツールになればいいなと願っています」

そんなアジアハブを進める上で、乗り越えるべき壁は、「人材」と「資金」だ。まずはJAMSTECの有志で取り組みを始め、アジア諸国で次世代のリーダーとなる研究者を発掘したい考えだ。優秀な人材を日本に招くためには、資金の確保も欠かせず、日本学術振興会や科学技術振興機構、国際協力機構（JICA）などからの外部資金獲得を目指す。

極端気象や海面上昇は世界共通の課題だ。この課題解決に資する研究成果を出して成功事例を見せ、さらにアジア諸国で次世代のリーダーとなる人材を見つけて育て、その人たちが自国で課題を解決できるようにする。森岡さんは、そんな強い信念のもとでアジアハブの構想を進めていこうとしている。

---

※1. HPC
「High Performance Computing」の略。日本語では「高性能計算環境」と呼ばれ、膨大かつ複雑なデータを高速で処理する機能やシステムを指す。

※2. アルゴフロート
水深2,000mから海面までの間を自動的に浮き沈みして水温・塩分などを測定することができる観測機器。2026年8月時点で、4,387台のアルゴフロートが世界の海に投入されており、そのうち、日本は146台を投入した。

※3. DITTO Summit 2026
「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年」のもとで実施される「海洋デジタルツイン（Digital Twins of Ocean）」に関する国際会議。観測、シミュレーション、AIなどのデジタル技術を統合し、海洋の保全、気候変動への強靭性、持続可能なガバナンス、ブルーエコノミーなどを支援するデジタルツインに焦点をあてる。2026年11月11～13日、ワークピア横浜（横浜市）で開催。国内外の大学や研究機関や政府機関、民間企業、NPO/NGOなど約200人が参加予定。

科学者と市民をつなぐプラットフォーム構築を目指す

# JAMSTECの資産を生かした「海洋地球デジタルツイン」の将来構想

**ここまでの研究事例で紹介してきたように、海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）は海洋地球デジタルツイン構築の過程で、多様な分野のユーザーと連携し、付加価値の高い情報を発信しようとしている。これから先にはどんな技術を開発し、その研究成果を社会に届けようとしているのか、将来構想について紹介する。**

取材協力：JAMSTEC
情報地球科学研究部門長　石川 洋一

## AI技術の導入によって「世界は変わった」

詳細な観測データを活用しながらシミュレーション技術などを駆使して地球環境の未来を予測し、その成果を社会に還元する「海洋地球デジタルツイン」を推進していく上で、今後、重要になると考えられているのが、「AI for Science」との融合だ。

近年のAIの急速な進展と社会への浸透を背景に、科学研究の全ての過程にAIが組み込まれる「AI for Science」というアプローチが国内外の研究現場で盛んになっている。これは実験科学、理論科学、計算科学、データ駆動科学に続く「第5のパラダイム（転換）」とも呼ばれる。2026年3月に閣議決定された「第7期科学技術・イノベーション基本計画」は「AIは、もはや単なる研究支援ツールにとどまらず、科学そのものの進め方を根本から変革する基盤技術となりつつある」と指摘した上で、AI for Scienceの急速な広がりによって「研究開発は、少数の天才研究者による発見を中心にした体系から、計算資源・データ・アルゴリズム・人間の知が統合された体系へと転換しつつある」と述べている。

情報地球科学研究部門長の石川洋一さんもこうした実感を抱く一人で、「JAMSTECにおける情報地球科学研究も、AI技術の導入によって『世界は変わった』と思っています。これから先の海洋地球デジタルツインのあり方を語る上でAI for Scienceは欠かせず、組織全体での態勢整備が急務になっています」と話す。

## 研究のセンスを問われる部分は、まだ人間に優位性がある

JAMSTECは海洋地球科学の中核的研究機関として、海洋観測・探査・掘削・シミュレーションなどのデータを豊富に持ち合わせている。こうした「資産」はAIの学習データとしても再活用でき、自治体や企業の気候変動対策の立案をサポートする「気候特化型AI」（12〜13ページ参照）などの開発が進められている。

今後の焦点となるのは、JAMSTECの資産を生かして組織全体がどのようにAI for Scienceを実装し、海洋地球デジタルツインの構築につなげるのかということだ。石川さんは「現時点ではAIを使いこなしている研究者とそうでもない研究者、その両方がいるというのが正直なところです。これまでAIに縁がなかった研究者が短期間で自らデータ解析アプリをつくった事例など、身近なロールモデルを紹介する研修を実施し、AIを『日常の仕事道具』の一つにしたいです」と言う。

また、石川さんはテキスト、画像や動画、音声など複数の異なる情報を統合し、活用できる、海洋地球生命科学特化型AIの研究開発を進めたいという。最終的には、問題解決や目標達成に向けて自律的に動作するAIエージェント※1を構築し、AIの助けを借りた自律的な研究活動を実現することを目指す。ただし、石川さんは「AIは万能だ」とは考えていない。

「AIは、プログラミングやデータの妥当性の確認・検証は得意ですが、新しい研究の着想や仮説の構築といったセンスを問われる部分については、まだ人間に優位性があります。研究者それぞれの持つ現場のノウハウや暗黙知といった自然言語化できない領域も少なからず存在します。AIに任せる定量化可能な問題と、人が介入して判断すべき領域の見極めが重要になってきます」

## LLMやシミュレーションを組み合わせて社会実装につなげる

AI技術の中でも、石川さんは特にLLM（大規模言語モデル）※2に着目しているという。研究者ではない「普通の人」にとっては、一見してどのように解釈すればいいかが分かりにくい画像や情報を、分かりやすい形で言語化できる可能性があるからだ。ただそれと同時に、JAMSTECの豊富な観測データと高性能計算環境を生かした気候や海洋、生態系などに関するさまざまなシミュレーションは、気候分野ではIPCC※3の評価報告書に用いられるなど、これまで多大な貢献を果たしてきた。

「LLMは有力なツールではありますが、物理法則をきちんと表現できるという意味では、シミュレーションにはまだまだかなわない。LLMやシミュレーションを組み合わせて、新しいモデルを構築するとともに、それを活用して社会実装につなげていくことが、今後のポイントになってきます」

海洋地球デジタルツインの将来の姿について、石川さんはこんな未来を描いている。

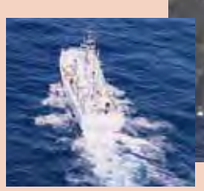
「海洋地球デジタルツインが、科学と市民の距離をより近くするためのプラットフォームとして機能してくれるようになってほしい。市民が科学的な専門性を高めるだけではなく、研究者が市民の観測結果や知見を利用させてもらうという方向もあるでしょう。『研究成果を社会実装する』と頑張らなくても、研究成果を分かりやすく公開することで『知らない間に社会実装されていた』というプラットフォームをつくるのが理想ですね」

※1. AIエージェント
人間の指示に対して、必要な手順を自ら組み立て、画像ツールや予測ツールなどの各種ツールを呼び出しながら作業を進めるAIのこと。
※2. LLM
Large Language Modelの略で、インターネットなどに含まれる膨大な文章やデータを学習し、人間のように自然な文章を理解・生成できる自然言語処理向けAIの一種。
※3. IPCC
Intergovernmental Panel on Climate Changeの略で、日本語訳は「気候変動に関する政府間パネル」。世界気象機関（WMO）および国連環境計画（UNEP）により1988年に設立された政府間組織で、195の国・地域が参加している。









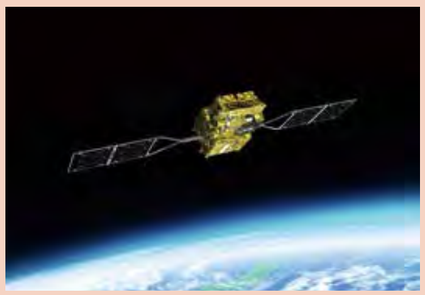




©JAMSTEC/JMU




生成AIで作成



写真提供：JAXA



写真提供：公益財団法人かながわ海岸美化財団

JAMSTEC PARTNERS

賛助会 HPはこちら

## 賛助会（寄附）会員名簿　2026年10月31日現在

国立研究開発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、寄附を頂戴し、支援していただいております。（五十音順）

株式会社IHI
株式会社IHI原動機
株式会社アイケイエス
株式会社アクト
アジア海洋株式会社
株式会社天野回漕店
株式会社アルファ水工コンサルタンツ
株式会社安藤・間
いであ株式会社
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
株式会社INPEX
潮冷熱株式会社
株式会社宇津木計器
海のみらい静岡友の会
エアロトヨタ株式会社
株式会社エス・イー・エイ
株式会社SGKシステム技研
株式会社エスディーピーシービジュアルシステム
NECネッツエスアイ株式会社
株式会社エヌエルシー
株式会社NTTデータCCS
ENEOS Xplora株式会社
株式会社江ノ島マリンコーポレーション
MHIマリテック株式会社
株式会社OCC
王子ホールディングス株式会社
株式会社オーシャンウィングス
岡本硝子株式会社
株式会社OKIコムエコーズ
沖電気工業株式会社
株式会社オフショア・オペレーション
海洋エンジニアリング株式会社
海洋電子株式会社
鹿島建設株式会社
カナデビア株式会社
株式会社カネカ
川崎重工業株式会社
川崎地質株式会社
株式会社KANSOテクノス
株式会社キュービック・アイ
共立インシュアランス・ブローカーズ株式会社
極東貿易株式会社
株式会社熊谷組
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KSP
KDDI株式会社
興研株式会社
株式会社構造計画研究所
広和株式会社
株式会社COAST
コスモス商事株式会社
コスモ海洋株式会社
株式会社コノエ
五洋建設株式会社
相模運輸倉庫株式会社
佐世保重工業株式会社
三洋テクノマリン株式会社
三和化成工業株式会社
株式会社ジーエス・ユアサテクノロジー
JFEアドバンテック株式会社
株式会社紫光技研
静岡市
次世代海洋調査株式会社
シチズン時計株式会社
株式会社SIX VOICE
シナネン株式会社
株式会社島津製作所
清水建設株式会社
清水港振興株式会社
下里製作株式会社
シモダフランジ株式会社
ジャパンマリンユナイテッド株式会社
シュルンベルジェ株式会社
株式会社昌新
株式会社商船三井
商船三井マリテックス株式会社
鈴与株式会社
株式会社スペースワン
セイコーウオッチ株式会社
株式会社静伸工業
株式会社関ケ原製作所
石油資源開発株式会社
セナーアンドバーンズ株式会社
損害保険ジャパン株式会社
ダイキンMRエンジニアリング株式会社
大成建設株式会社
ダイナースクラブ
ダイハツインフィニアース株式会社
有限会社田浦中央食品
株式会社地球科学総合研究所
中部電力株式会社
株式会社鶴見精機
株式会社帝国機械製作所
寺崎電気産業株式会社
株式会社寺本鉄工所
東亜建設工業株式会社
東京海上日動火災保険株式会社
東京製綱繊維ロープ株式会社
株式会社東京チタニウム
トーホーテック株式会社
東北環境科学サービス株式会社
東洋建設株式会社
株式会社東陽テクニカ
株式会社東和製作所
株式会社トヨタコンポン研究所
ナカシマプロペラ株式会社
西芝電機株式会社
株式会社ニシヤマ
日油技研工業株式会社
株式会社ニッスイ
ニッスイマリン工業株式会社
日鉄エンジニアリング株式会社
株式会社日放電子
株式会社日本海洋科学
日本気象株式会社
日本軽金属株式会社
日本サルヴェージ株式会社
日本電気株式会社
日本郵船株式会社
株式会社日本インテリジェントビジネス
日本エヌ・ユー・エス株式会社
日本海洋株式会社
日本海洋事業株式会社
一般社団法人日本ガス協会
日本マントル・クエスト株式会社
日本無線株式会社
野村建設株式会社
株式会社ハイエレコン
株式会社ハイドロシステム開発
濱中製鎖工業株式会社
東日本タグボート株式会社
株式会社ビー・シー・シー
深田サルベージ建設株式会社
富士電機株式会社
古河機械金属株式会社
古河電気工業株式会社
株式会社FullDepth
古野電気株式会社
HELLY HANSEN JAPAN
松本徽章株式会社
眞鍋造機株式会社
マリメックス・ジャパン株式会社
株式会社マリン・ワーク・ジャパン
株式会社マルトー
丸紅エレネクスト株式会社
三鈴マシナリー株式会社
株式会社三井E&S
三井住友海上火災保険株式会社
三菱重工業株式会社
三菱重工マリタイムシステムズ株式会社
三菱造船株式会社
三菱電機株式会社
三菱電機ソフトウエア株式会社
三菱電機ディフェンス＆スペーステクノロジーズ株式会社
行政書士法人 メイガス国際法務事務所
株式会社森京介建築事務所
守谷輸送機工業株式会社
ヤンマーパワーソリューション株式会社
株式会社ユー・エス・イー
郵船商事株式会社
横河電機株式会社
横浜ベイサイドマリーナ株式会社
株式会社落雷抑制システムズ
株式会社ラジアン
株式会社YDKテクノロジーズ
若築建設株式会社


JAMSTEC からのお知らせ

# 地球最後のフロンティア



# 海への挑戦にご支援をお願いします！

**一般寄附金**
JAMSTECの研究開発活動全般をご支援いただく寄附金です。

**使途特定寄附金**
寄附者の方が応援したい特定の活動等を指定してご支援いただく寄附金です。

**募集特定寄附金**
JAMSTECが募集している特定のテーマへご支援いただく寄附金です。
※不定期募集のため募集していない期間もあります。




JAMSTECへの寄附金は「特定公益増進法人」への寄附として**税制上の優遇措置があります。**
詳しくはHPをご覧ください。 https://www.jamstec.go.jp/j/about/support/

**寄附金についてのお問合せ**
事業推進部 連携推進課
kifu-info@jamstec.go.jp


JAMSTEC 国立研究開発法人 海洋研究開発機構
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology


Printed with UV ink VOC Free
FSC www.fsc.org ミックス 紙 | 責任ある森林管理を支えています FSC® C005531





編集・発行／国立研究開発法人海洋研究開発機構 企画部門 事業推進部 広報課
〒236-0001 神奈川県横浜市金沢区昭和町3173-25
制作・編集・デザイン協力／株式会社ミュール