

海洋アライアンスシンポジウム

第16回 東京大学の海研究

「データ主導型海洋研究の可能性 – 国連海洋科学の10年の目標達成に向けて –」



要旨集

2021年10月14日(木) 13:00-17:10

オンライン開催

ご挨拶

SDGsの観点から「国連海洋科学の10年」が2021年1月からスタートしました。わが国では、海洋政策を一元的に総合的に実施するための海洋基本法が2007年に施行され、それに基づいた海洋基本計画が5年ごとに見直されています。その中でも、持続可能な海洋の利用と開発が唱えられており、本学の海洋アライアンス連携研究機構においても、2007年から、海洋環境の保全、海洋鉱物生物エネルギー資源の持続的利用、海上交通の安全、海洋権益の確保などの観点を踏まえて、年々と変化する海洋を取り巻く状況に対応した様々な角度から海洋学のあり方が検討されてきました。

昨年の「東京大学の海研究」シンポジウムでは、「海洋プラスチック研究のゆくえ」と題して、正に現代社会が直面している海洋問題である海ゴミ・海洋プラスチックに関わる研究の方向性について議論がなされました。この問題は数十年前から着目されていながら、広く一般に深刻に認識されてこなかった問題です。しかし、人々の琴線に触れる写真や動画が若者を中心に流布されることにより、近年急に海洋から世界の環境問題を考える大きなムーブメントとなりました。つまり、ネット社会で情報の伝達が素早く視覚的に詳細に訴えることが可能になったことが問題を顕在化させたともいえます。

あえて申し上げたいのですが、「国連海洋科学の10年」という掛け声が、海洋を取り巻く何かの局面を、それだけで劇的に変化させることを期待してはいけなく考えています。一方で、不要不急という言葉がよく使われる昨今の中で、市井の方々も必要急用と感ぜざる海洋問題や、費用対効果に厳しい方々にも不思議で夢があり楽しいと思わせるような海洋研究の掘り起こしこそが、科学と社会を結ぶこの掛け声から新たに生まれることに大きな期待を持っており、さらに10年後以降の研究の方向性を決めるための10年であってほしいと願っています。

今回のシンポジウムは、「国連海洋科学の10年」を念頭に、「データ主導型海洋研究の可能性-国連海洋科学の10年の目標達成に向けて-」と題して開催することになりました。コロナ禍において、人流の把握にビッグデータが活用されています。海洋においてもビッグデータを有効に活用していくことによって、これまででは可視化できなかった新たな局面が垣間見えてくることを期待しています。シンポジウムでの講演は多様な観点からの研究の一端ではありますが、視聴される皆様の新たな興味のシードとなることを祈念致します。



木村伸吾

海洋アライアンス連携研究機構機構長
東京大学 大学院新領域創成科学研究科 / 大気海洋研究所 教授

木村伸吾

Shingo Kimura

海洋アライアンスシンポジウム

第16回 東京大学の海研究

「データ主導型海洋研究の可能性 – 国連海洋科学の10年の目標達成に向けて –」

PROGRAM

13:00-13:05 開会挨拶
木村伸吾 (海洋アライアンス連携研究機構機構長 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 / 大気海洋研究所 教授)

13:05-13:15 趣旨説明
道田 豊 (海洋アライアンス連携研究機構副機構長 東京大学 大気海洋研究所附属国際連携研究センター長 教授)

13:15-13:45 「ビッグ・データ&エクストリームスケール・コンピューティング時代の海洋シミュレーション」
羽角博康 (東京大学 大気海洋研究所 教授)

13:45-14:15 「データサイエンス化する生物学と海洋研究への展開」
岩崎 渉 (東京大学 大学院新領域創成科学研究科 / 大気海洋研究所 教授)

14:15-14:45 「防災に資する海域ネットワーク展開に基づく地震津波観測研究」
篠原雅尚 (東京大学 地震研究所附属観測開発基盤センター 教授)

14:45-15:15 「海洋教育におけるリテラシーを高めるための海洋データ・情報の活用 ～防災・減災と気候変動に関する教育へのデータ活用～」
及川幸彦 (東京大学 大学院教育学研究科附属海洋教育センター 主幹研究員)

15:30-16:00 「海運ビッグデータを活用した物流研究の展開」
柴崎隆一 (東京大学 大学院工学系研究科 准教授)

16:00-16:30 「海洋のデータサイエンスを支える情報通信技術」
中尾彰宏 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)

16:30-17:00 「誰でも参加できる海洋観測 –デザインが導く海洋研究の新展開–」
木下晴之 (東京大学 生産技術研究所 特任助教)

17:00-17:10 閉会挨拶
林 昌奎 (海洋アライアンス連携研究機構副機構長 東京大学 生産技術研究所 教授)

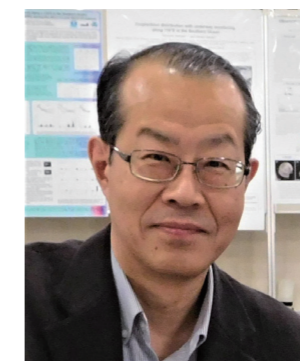
趣旨説明

2017年の国連総会において、2021～2030年の10年間で「持続可能な開発のための国連海洋科学の10年」とすることが宣言され、世界的な感染症流行の中ではありませんでしたが、予定通り2021年に開始されました。同10年では、持続可能な開発目標(SDGs)のうち、特にSDG-14(海の豊かさを守ろう)について、海洋科学を強力に推進することによって社会的課題の解決、ひいてはSDGsの目標達成に向かうこととしています。10年間で達成すべき社会的目標を7つ設定して、その目標のための海洋科学を全世界で推進しようというものです。

私たちが望むような海の姿に向けて、「清浄な海」「健康で強靱な海」「予測できる海」「安全な海」「生産的な海」「誰もが利用できる海」「夢のある魅力的な海」といった社会的目標を達成するために海洋科学を進めることになるわけですが、共通して取り組みが必要ないくつかの課題が浮かび上がっています。例えば、人材育成、観測技術の高度化などが挙げられる中、「海洋データ・情報の共有」も極めて重要な共通課題と認識されています。

海洋学に関する国際協力を進めるユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)では、発足した1960年直後から、海洋データ・情報の国際交換の推進を旗印の一つに据えてきました。各国が取得する貴重な海洋観測データの国際交換を進め、有効活用することで海洋全体の理解を深めようというもので、一定の成果を上げてきています。しかしながら近年は、海洋観測技術の高度化、衛星リモートセンシングの進展、シミュレーション技術の進歩などにより、IOC発足当時とは比較にならない大量のデータ・情報が生み出され、さらに情報通信技術の進歩とあいまって、それらは加速度的に増大しています。海洋も、いわゆるビッグデータの時代を迎えており、情報量の増大は単に量的変化にとどまらず、研究手法や解釈の仕方など海洋科学に質的变化ももたらしつつあります。すなわち、少し前までは海洋研究コミュニティの中ではあまり喧伝されることがなかった「データ主導型サイエンス」の時代が到来しつつある、あるいは一部ではすでにそうした局面に突入しているとみることができます。

本シンポジウムは、東京大学海洋アライアンスが毎年開催している「東京大学の海研究」シンポジウムとして企画されました。上記のような現状認識のもとで、国連海洋科学の10年が開始された機会を捉え、同10年において推進が期待されるデータ主導型海洋研究の動向に関して、本学における最先端の関連研究をいくつかご紹介し、今後の展開について考えてみたいと思います。



道田 豊

海洋アライアンス連携研究機構副機構長
東京大学 大気海洋研究所附属国際連携研究センター長 教授



Yutaka Michida

ビッグ・データ & エクストリームスケール・ コンピューティング時代の海洋 シミュレーション

羽角博康

(東京大学 大気海洋研究所 教授)



1997年東京大学理学系研究科博士課程修了。博士(理学)。東京大学気候システム研究センター助手および助教授、東京大学大気海洋研究所准教授を経て、2003年より現職。海洋の数値モデルを開発しながら、グローバルな海洋循環の形成要因や、海洋と気候の関わりについて研究してきた。近年は、沿岸域におけるローカルな海洋現象とグローバルな海洋環境のつながりを解き明かす数値モデリング研究を目指している。

Hiroyasu Hasumi

海洋の数値シミュレーション研究には50年以上の歴史がある。海洋シミュレーションは、天気予報のように海洋を予測するための道具であり、また海洋現象の科学的理解を深化させるための道具でもある。数値シミュレーションが成し得ることは計算機の能力にももちろん制約される。しかしそればかりでなく、シミュレーションは適切に検証されなければ有用な道具として機能しないため、観測研究や理論研究に基づく科学的理解の進展度合にも制約される。大型計算機の世界では近年、ビッグ・データ & エクストリームスケール・コンピューティング (BDEC) という言葉に代表される、大規模データを利用しながら大量計算を行う科学技術的ニーズに応えるためのシステム開発が進められている。大規模複雑系を対象とする海洋科学はBDECへのニーズが高い分野であり、その中で海洋シミュレーションが果たすべき役割は大きい。本講演では、海洋シミュレーションの歴史を概観した上で、BDEC時代に至ってどのような海洋シミュレーション研究が可能になってきたか、そして私自身がその中でどのような研究を目指しているかについて話したい。

海洋シミュレーションにおいて、計算速度が上がることの最もシンプルかつ有効な活かし方は、解像度を高めることである。海洋シミュレーションとは、海洋の状態を特徴づける水温や流れといった量を得るために、それらの従う方程式を数値的に解く手続きである。このとき、計算機が扱うことができるのは、水温や流れなどの連続的な変化ではなく、それらに関する離散的な有限個のデータに限られる。すなわち、海洋を空間的に有限の大きさを持つ格子に区切り、各格子に対してひとつの水温や流れなどの量が定義され、それらの分布や時間変化を計算することになる。解像度が高いとはこの格子が細かいことを意味し、現象をより詳細に表現できる上、計算の精度も高まる。その一方で、高解像度化によりデータ量が増えるとともに、より多くの計算が必要になる。海洋シミュレーションの黎明期においては、大型計算機の性能は現在のパソコンよりもはるかに劣り、実際の海洋で生じる複雑多様な現象をそのまま再現するようなシミュレーションを行うことはできなかった。そのため、海の形状を単純化したり着目したい以外の要素を排除したりといった「理想化」された状況を設定し、海洋現象のうちのある側面だけを切り出してその性質を理解するという目的での海洋シミュレーションが中心であった。21世紀初頭、当時世界最高速の計算機であった地球シミュレー

々は、海洋シミュレーション黎明期に比べて100万倍以上の計算速度があった。この頃には、複雑多様な海洋現象をそのまま再現し、その結果として、観測では知られていなかった海洋構造をシミュレーションが提示する(図1)という、いわばシミュレーションが新しい現象を発見するという成果が得られるようになってきた。それからさらに20年ほどが経過し、現在世界最高速の計算機である富岳は、地球シミュレータの1万倍以上の計算速度を持つ。

海洋における最も大きい現象である全海洋規模循環は1万km以上の空間スケールを持つが、その循環の形や量は乱流と呼ばれる空間スケール1 m以下の現象が左右すると考えられている。さらには、数千kmスケールを持つ黒潮等の大規模海流、数十kmスケールを持つ渦、沿岸海況を大きく左右する数km以下のスケールを持つ流れなど、様々な規模の現象が興味の対象として存在し、それらが互いに影響を及ぼしあっている。こうして7桁以上にも及ぶ空間スケールレンジにわたって様々な現象が相互作用していることが、海洋を研究する上での難しさであり、また面白さでもある。しかしながら、現実的な現象を扱えるようになってきたとはいえ、これまでの海洋シミュレーションで同時に扱うことができる空間スケールレンジは3桁程度にとどまる。例えば、全海洋規模循環を対象とするシミュレーションでは10 km以下の現象を直接表現することができず、沿岸海域の詳細な海況を対象とするシミュレーションでは外洋域の大規模海流を直接表現することができない。計算機の発達を背景として、海洋シミュレーションにはまだまだ発展の余地が大きい。

近年我々のグループでは、日本周辺の全海域に対して水平解像度500 mを適用したシミュレーションを実施し、その結果によって海洋現象に対するイメージを様々な面で新たにしているところである(図2)。こうした従来にない広領域・高解像度の海洋シミュレーションを実施して結果を解釈する上で、観測の高解像度化も欠かせない要素である。特に、人工衛星による面的な観測において近年進んでいる高解像度化が無ければ、シミュレーションが示す「かつて見たことのない」現象を我々は信用することができないであろう。このような最新のシミュレーションを用いて私自身が現在目指しているのは、ローカルな現象からグローバルな現象までをつないだ海洋の理解であり、より具体的には陸から海洋に供給される物質が大規模な海洋環境にどのような影響を及ぼすかである。陸から海洋へは河川や地下水を通して様々

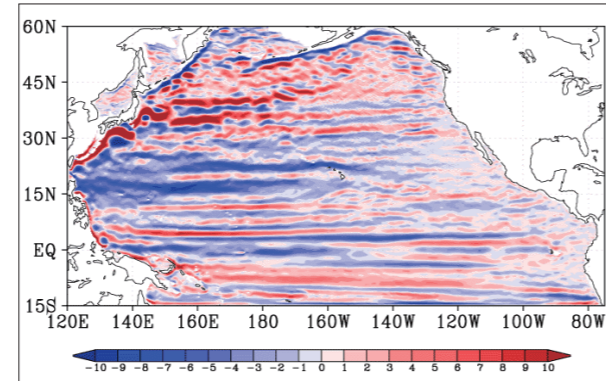


図1: 地球シミュレータで計算された太平洋深層における長時間平均した東西方向の流れ(赤が東向き、青が西向きで、単位はcm/s)

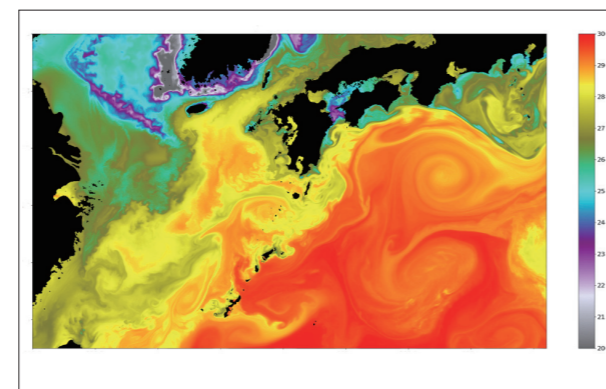


図2: 水平解像度500 mの日本周辺全海域シミュレーションで得られた海面水温の瞬間値(赤が東向き、青が西向きで、単位はcm/s)

な物質が供給されており、人間活動はその供給量を大きく変化させつつある。人間活動に起因するグローバルな自然環境変化としては、大気への二酸化炭素放出に伴う地球温暖化や海洋酸性化がよく知られているが、栄養物質・プラスチック・放射性物質などの海洋に放出される様々な物質も自然環境に大きな影響を及ぼすことが懸念されている。これらの物質は河口でローカルに供給され、海洋に存在する大小様々なスケールをもつ現象を通してグローバルに広がる。さらに、地球温暖化を背景とした豪雨や台風などの頻度・強度増加は、洪水や土砂流出の頻度・強度増加を通して、河川による海洋への物質供給の様相を大きく変えつつある(図3)。こうした現象の実態を解き明かすためにBDECな海洋シミュレーションを進めていきたい。

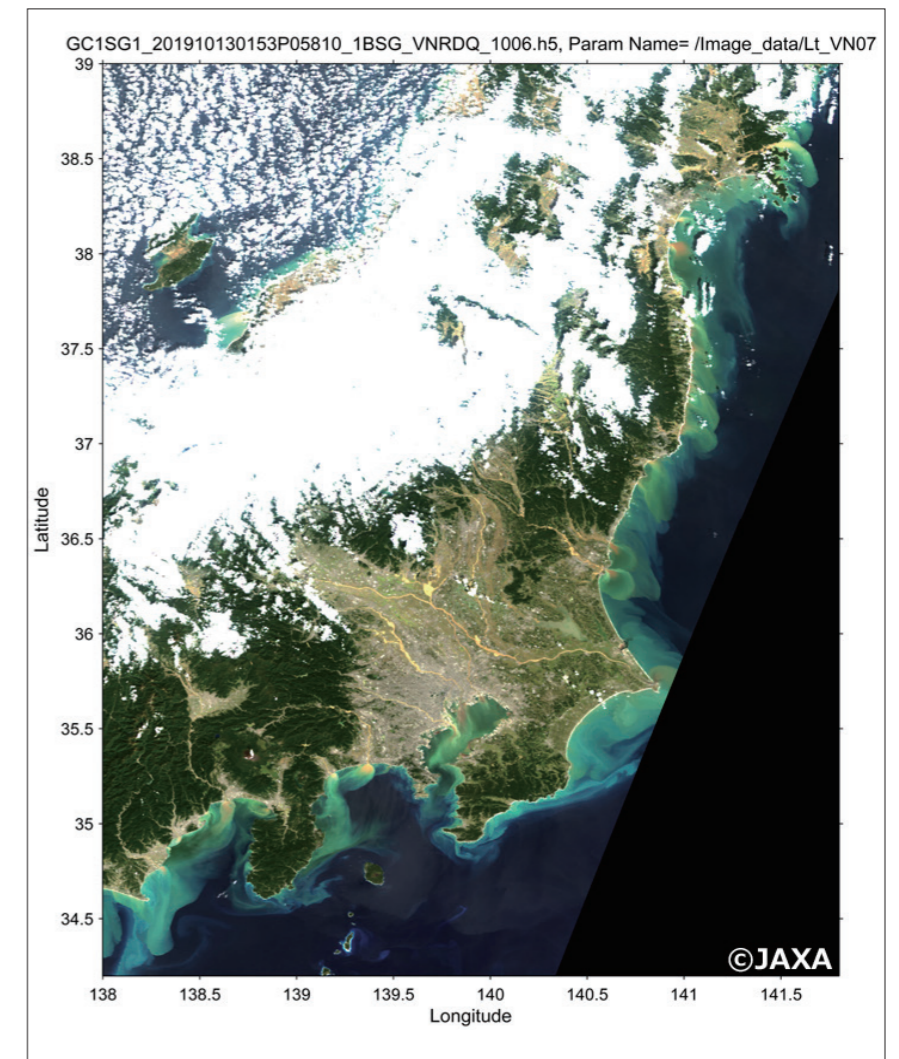


図3: 2019年台風19号通過後に人工衛星「しきさい」で観測された、日本沿岸からの土砂流出(<https://www.eorc.jaxa.jp/earthview/2019/tp191028.html>から転載)。河川中の土砂は、平時には河口のごく近くで沈殿するが、増水時には外洋域まで一挙に運ばれることがある。

データサイエンス化する生物学と海洋研究への展開

岩崎 渉

(東京大学 大学院新領域創成科学研究科 / 大気海洋研究所 教授)



2005年 東京大学 理学部 卒業
 2009年 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 博士後期課程 修了、博士(科学)
 2009年 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 助教
 2011年 東京大学 大気海洋研究所 講師
 2014年 東京大学 大学院理学系研究科 准教授
 2021年 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授(大気海洋研究所 兼務)
 (受賞等)
 2018年 日本進化学会研究奨励賞
 2018年 Oxford Journals-Japanese Society for Bioinformatics Prize
 2019年 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞
 2019年 日本微生物生態学会奨励賞
 2021年 日本ゲノム微生物学会研究奨励賞

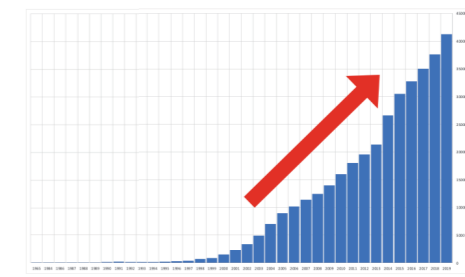
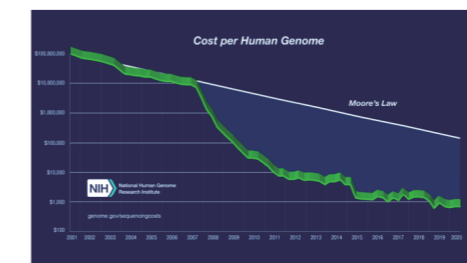
Wataru Iwasaki

近年、生物学分野においては、塩基配列データ・ゲノムデータをはじめとした大規模データが急速に蓄積され続けている。例えば、10年を超える時間と3千億円超を費やしたヒトゲノム解読は、革命的な技術開発により、わずか10万円程度のコストで可能になった。こうした中で、生物学と情報学の融合分野であるバイオインフォマティクス分野が果たす役割は、ますます普遍的なものとなりつつある。すなわち、いかに「ビッグデータ」を活用するかが、生物学のみならず、医学、薬学、農学、環境学などの関連分野や、さらには海洋学においても重要になりつつあるのである。

バイオインフォマティクスとは

- 生物学 (バイオ) と情報学 (インフォマティクス) が融合した学問分野
- いかに「ビッグデータ」を活用するかが生物学の鍵に
- 医学、薬学、農学、環境学、そして海洋学へも広がる

配列解析にかかる費用は10万分の1に バイオインフォ分野の論文数の伸び



<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Data>

内閣府日本学術会議バイオインフォマティクス分科会が2019年11月に発出した提言『持続可能な生命科学のデータ基盤の整備に向けて』でも、以下のように総括・指摘されている。

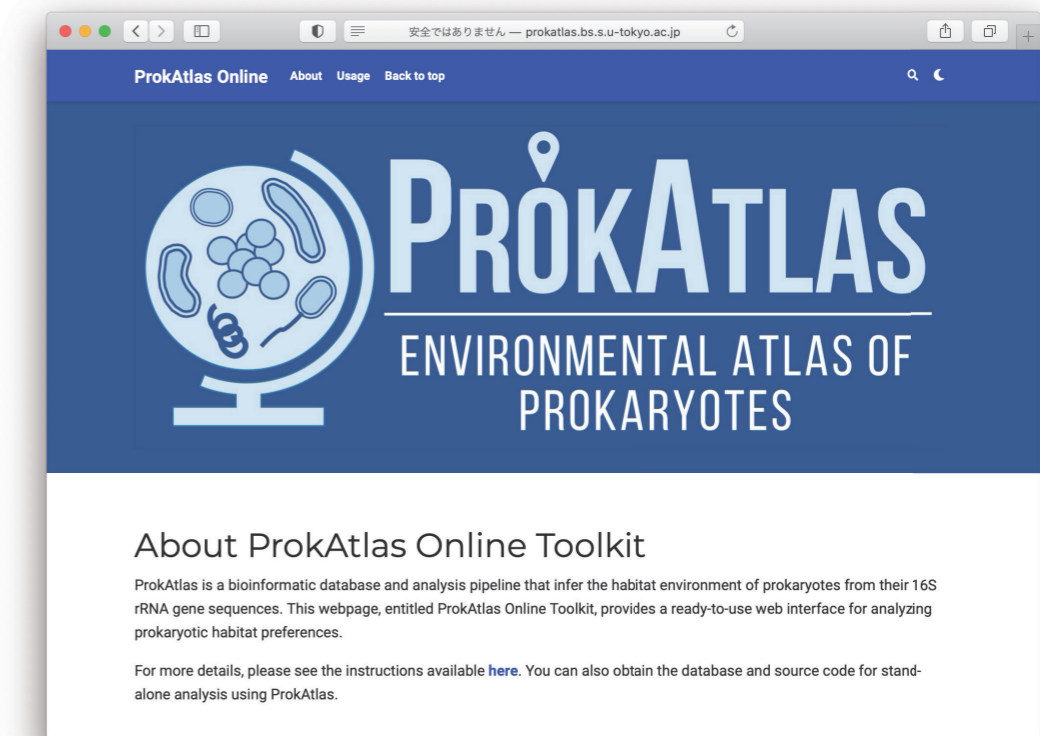
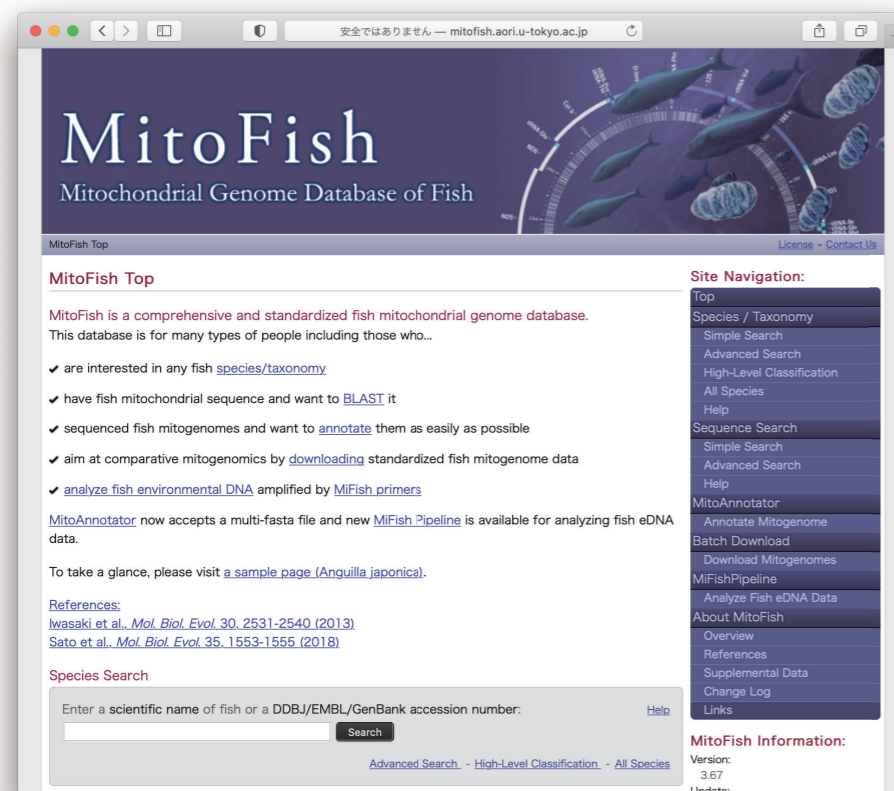
生命科学では、日々、新たな計測や観測の技術が生まれ、新しい種類のデータが日々大量に生み出されている。精密なデータが安価かつ高速に得られるようになり、情報通信技術の発展も相まって、生命科学はビッグデータを基盤とした学問へと大きく変貌しつつある。(中略)多様なデータが迅速かつ安価にビッグデータとして取得できるようになると、研究成果の社会還元が加速されるだけでなく、より社会に根ざした研究が可能になってくる。情報技術と組み合わせることで、専門家以外もデータを登録して研究に参加したり、インターネット上に公開された世界中のデータを日本語で読み解いたりすることも可能になるだろう。バイオ産業においても、ビッグデータは、従来とは異なるアプローチによる知的財産の発掘・獲得という新たな可能性に道を拓く。従来ブラックボックスで制御不可能であったプロセスが予測・制御可能となることで、生産性が向上するだけでなく、時間や費用がかかりすぎて困難であった研究開発も実施可能となる。社会活動の多方面でビッグデータが生み出される中、創造的な組み合わせによる新規ビジネスもあろう。

生命科学の新たな潮流を更に加速し、そこから新たな研究アプローチや学問及び産業を生み出していくには、①大規模で質の高いデータベースの構築やビッグデータ解析技術の開発、②これらのビッグデータ解析を支えるスーパーコンピュータやネットワークの整備、③これからの新たな生命科学やバイオ産業の担い手となる人材の育成や発掘、この3点がいずれも欠かせない。

このような背景のもと、特に海洋学分野においては、具体的な生物学データとして、

- (1) 海洋生物ゲノム・メタゲノムデータ
- (2) 魚類環境DNAデータ

が増大しつつある。私たちはこれまで、こうした海洋学分野における生物学データのバイオインフォマティクス研究に取り組んできた。例えば、魚類ミトコンドリアゲノムデータベースMitoFishは標準データベースとして世界的に認識され、2020年度には世界各国から年間約150,000件のページビュー、報告論文Iwasaki et al. *Mol Biol Evol* (2013)は491回の被引用を達成している (Google Scholarによる)。本講演では、データ解析ツールMiFish Pipeline、微生物メタゲノムデータベースMetaMetaDB/ProkAtlasなど、そのほかの開発したツールについても紹介しつつ、本シンポジウムのタイトルにもなっている「データ主導型海洋研究」の可能性について展望したい。



防災に資する海域ネットワーク展開に基づく地震津波観測研究

篠原雅尚

(東京大学 地震研究所附属観測開発基盤センター 教授)



1986年九州大学理学部卒業、1991年千葉大学自然科学研究科修了(学術博士)。東京大学海洋研究所助手、千葉大学理学部助教授、東京大学地震研究所助教授を経て、2010年より現職。専門は、海底観測地震学、海底観測機器開発。自己浮上式海底地震計やケーブル式海底観測システムなどの開発を行い、得られたデータを用いて、スロー地震を含めた海溝型地震の研究を行っている。2018年から防災科学技術研究所技術統括を兼務(クロスアポイントメント)。

Masanao Shinohara

1. はじめに

日本列島は、プレート境界域に位置しており、海洋プレートが列島の下に沈み込んでいる。この海洋プレート沈み込みに伴い、東北地方太平洋沖地震や東南海地震・南海地震などの巨大プレート境界型地震が発生する。プレート境界型地震の多くは海底下で発生しており、地震発生研究のためには震源に近い海底における観測が必要である(図1)。また、大地震や津波の発生をいち早く捉えて、迅速な情報を発信するためにも海底での観測が重要となる。当初、海底における観測は技術的問題から困難であり、海底は観測の空白域となっていた。その後、技術の進歩により、海底においても地震津波観測が可能となった。近年、海洋観測技術や情報通信技術のさらなる進展により、多数の観測点を海底に展開して地震津波データをリアルタイムで取得できるようになってきた。大量のデータ収集により、そのデータを利用するシミュレーション研究も進捗してきている。本講演では、近年大きな進歩を遂げている海域ネットワークによる地震津波観測及びそのデータを用いた研究や社会への貢献について、紹介する。

2. 海域における地震津波観測

海底において地震をリアルタイムで観測するには、ケーブル式海底地震計が用いられる事が多い。この装置は、地震計センサーの入った耐圧容器を海底ケーブルに繋ぎ、ケーブルの末端を陸揚げすることにより、測器への電力供給およびデータ伝送を行う(図2)。ケーブル式海底地震計は、製造・設置コストがかかる、一度設置すると観測点の移動が困難であるなどの問題点があるが、データをリアルタイム収集可能という大きな利点を持つ。海底における津波の観測には、センサーとして精密圧力計を用いる。海底の圧力は海水層の厚さに対応しており、現在の海底圧力観測では海水面の高さに換算して1 cm以下の変化を捉えることができる。津波の周期が他の要因(波浪など)による海面変動の周期と異なることを用いて、津波を判別する。海底ケーブル観測システムでは、地震計と圧力計の両方を装備し、地震と津波のリアルタイム観測を同時に行うことが一般的である。

日本における海底ケーブル観測システムを用いた地震津波観測は1979年から始まった。当初のシステムはデータをアナログ伝送していたが、1990年代に光ファイバを用いたデジタル伝送方式となり、現在に至っている。2010年以前のケーブル観測システムは、海底観測装置を海底ケーブルで数珠繋ぎ(インライン式)にしており、ケーブル長は長い場合で250 km程度である。1本の海底ケーブルに接続される地震計や水圧計の数も限られていた(図3)。

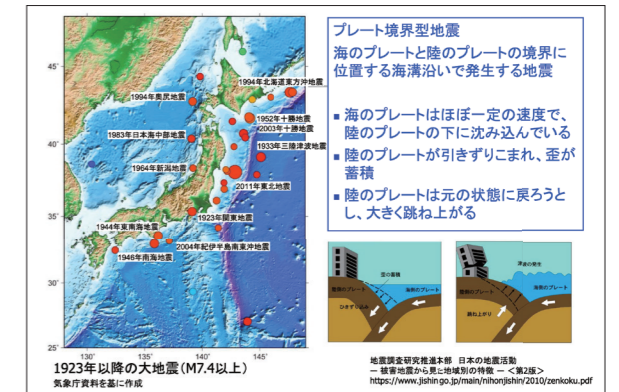


図1:日本周辺の大地震とプレート境界型地震。日本周辺で発生する大きな地震はプレート境界型地震が多く、震源はほぼ海底の下となっている。現象を正確に把握するために、震源にできるだけ近い海底での観測が重要である。

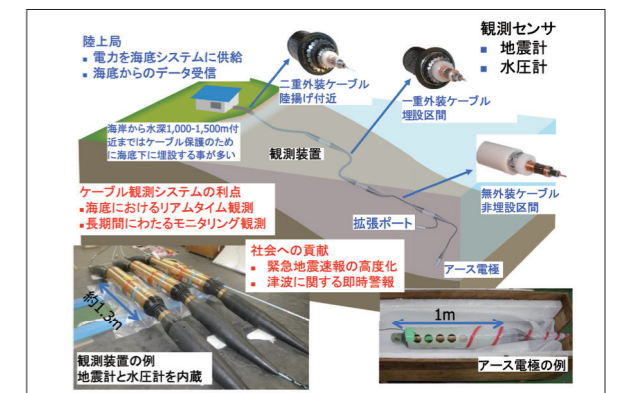


図2:海底ケーブルを用いたリアルタイム地震津波観測システム。給電の一部に海水を用いる場合は、海底ケーブル先端にアース電極を取り付ける。沿岸域では海底下に埋設することが多く、埋設区間では鋼鉄線を用いたケーブルを使用する。陸揚げ付近は鋼鉄線を二重に巻くことが多い。

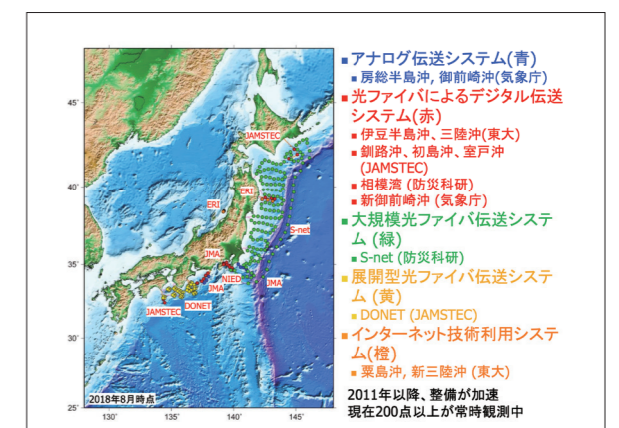


図3:現在日本列島周辺に展開されている海底ケーブル式リアルタイム地震津波観測システム。2010年以降整備済み、現在は200点以上で観測を行っている。四国西部沖及び九州東岸沖にシステムを整備する計画が進んでいる。

3. 大規模海底ケーブルネットワーク

2000年代後半から、設置実績があり信頼性が高い光ファイバ伝送技術を用いた大規模システムの研究開発が開始され、観測ネットワークとして日本近海に展開されるようになってきた(図3)。地震・津波観測監視システム(DONET)は、紀伊半島沖及び紀伊水道に展開された大規模海底ケーブル観測システムである。南海トラフの地震及び津波の常時観測監視を主な目的として、2006年より研究開発が開始された。DONETの特徴は、通信海底ケーブル技術を用いた基幹ケーブルとそれに接続された多項目観測装置からなる展開型ケーブルシステムであることである。基幹ケーブル設置後に水中ロボットを用いて、多項目観測装置を接続する(Kaneda et al., 2015,.)。2011年東北地方太平洋沖地震の発生を受けて、北海道・東北日本の沖合において地震と津波の発生を早期に検知することを主な目的として日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の整備が行われた(Kanazawa et al., 2016)。この観測網には地震・津波を同時観測する総数150観測点が接続されている。設置は、2013年に始まり、2017年に全システムの設置が完了し、データ収集が開始された。海底ケーブルと観測装置は、沿岸域では障害を避けるために海底下に埋設されている。これらのシステム他、多数の観測点を配置できるようにコストを抑えて、柔軟性の高い観測を行えるシステムを目指して、インターネット技術を利用するインライン観測システムの開発も2000年代後半から行われており、最新のシステム(OBCST)は、岩手県釜石市沖(三陸沖)に2015年に設置された(図4)。このシステムは、インターネット技術を用いた通信回線の冗長化による観測の信頼性確保、最新半導体技術を用いたソフトウェアベースの小型観測装置などが特徴である。(Shinohara et al., 2021)。今後大きな地震の発生が想定される南海トラフでは、想定震源域の西側の領域で地震や津波の早期検知のために海底ケーブル地震・津波観測システムの整備が進んでいる(地震調査研究推進本部、2018)。このシステムはこれまでの複数種類のシステムのノウハウや技術を用いたハイブリッド型システムであることが特長であり、今後の整備・運用が期待される

4. 海底ケーブルを用いた分散型音響センシング技術による地震観測

光ファイバをセンサとして用いる分散型音響センシング(DAS)は、空間的に高密度なデータを取得可能であることから海底ケーブルに適用する観測研究が始まっている。DASは、レーザー光を光ファイバに間欠的に送信し、ファイバ内の不均質からの散乱波を観測する事により、ファイバの物理的な振動を検出する。海底ケーブルに沿って、数mから数十m間隔で、70km以上にわたって連続的に観測することが可能である。DASによる海底観測は、これ



図4: インターネット技術を用いた海底ケーブル観測システム。2015年に岩手県釜石市沖に設置された。インターネット技術の導入により、小型化・低コスト化を図る共に保守性も向上した。システムの信頼性は、通信路及び構成機器の冗長化で確保している。

まで「点」であった観測を、「線」での観測に変化させる画期的なものである。

地震研究所は1996年に三陸沖に設置した光ケーブル海底地震・津波観測システムのスペアファイバを用いたDASによる地震観測研究を2019年から開始した。一回の観測は、数日から2ヶ月弱と短期間だが、これまでに6回の観測を行っている。その結果、微小地震を含め観測システム近傍で発生した地震をはじめ、深発地震など多数の地震が観測され(図5)、観測能力もこれまでの海底観測とほぼ同等であることがわかった(Shinohara et al., 2019)。今後は長期観測のためのデータ処理・収録システムの開発により、定常的な観測が実施されることが期待される。

5. 海底地震津波データを用いたシミュレーション研究

現在、海域ネットワーク展開により得られる大量のデータを用いて、地震動や津波の予測研究が進められている。ここでは、防災に直接貢献すると考えられる即時予測に関する研究を紹介する。地震動即時予測は、陸域のデータを用いて2007年から気象庁が緊急地震速報の業務を始めるなど、地震減災に結びつく技術として期待されている(例えば、Hoshihara and Aoki, 2015)。これらの即時予測に海底ケーブルからの地震データを取り込む研究開発・実用化が進んでいる。データの取り込みには特有の困難があるが、海底での地震記録を用いることにより、海域で発生する地震に対しては、より迅速な情報発信が可能となる。また、より正確な揺れの強さと、到達時間の予測に貢献する。津波に関しては、海底の密な津波観測網を用いて、検出した津波波形から津波伝播モデルを構築して、沿岸に到着する前に津波を予測することが可能である(Tsuhima et al., 2012)。このような津波予測技術は震源断面推定の不確実性を避け、より正確な津波予測ができる。近年はさらに数値シミュレーションによる予測結果を稠密な観測網の津波記録と比較することによって精度を向上させる津波データ同化法により、より精度の高い予測の研究が進んでいる(Maeda et al., 2015)。

6. おわりに

海洋観測技術や情報通信技術の進展により、海底において大量の地震・津波観測データがリアルタイムで収集できるようになってきた。これらのリアルタイムデータを用いて、より迅速でより正確な地震動即時予測や津波予測を行う研究が進捗しており、今後の展開が期待される。大量のデータを処理するためにも、リアルタイムのデータ取得が有利である。これらの大量データを用いた解析により、日本周辺での海洋プレート沈み込みについて、より詳細な解明が進むことも期待される。これは、防災に資するばかりではなく、我々が住んでいる地球に対する理解を深めるという観点からも重要である。

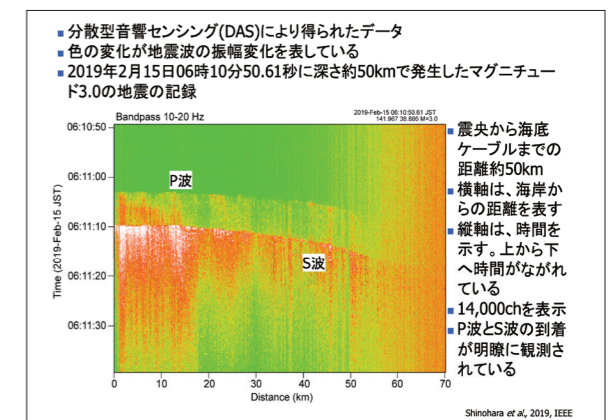


図5: 光ファイバセンシング技術である分散型音響センシングにより得られた地震観測データ。通信用光ファイバ自身をセンサとして利用する技術で、これまでにない空間的に高密度なデータが取得可能である。

文献

Hoshihara, M. and Aoki, S. (2015), Numerical Shake Prediction for Earthquake Early Warning: Data Assimilation, Real Time Shake Mapping, and Simulation of Wave Propagation, Bull. Seismol. Soc. Am., 105, 1,324-1,338, doi: 10.1785/0120140280.

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会海域観測に関する検討ワーキンググループ (2018), 次期ケーブル式海底地震・津波観測システムのあり方について, <https://www.jishin.go.jp/main/suihon/honbu18b/cable20180710.pdf>.

Kaneda, Y., K. Kawaguchi, E. Araki, H. Matsumoto, T. Nakamura, S. Kamiya, K. Ariyoshi, T. Hori, T. Baba, and N. Takahashi (2015), Development and application of an advanced ocean floor network system for megathrust earthquakes and tsunamis, Seafloor Observatories, P. Favali et al., Springer Praxis Books, 643 – 662, doi 10.1007/978-3-642-11374-1_25.

Kanazawa, T., K. Uehira, M. Mochizuki, T. Shinbo, H. Fujimoto, S. Noguchi, T. Kunugi, K. Shiomi, S. Aoi, T. Matsumoto, S. Sekiguchi, and Y. Okada (2016), S-net project, Cabled observation network for earthquakes and tsunamis, SubOptic 2016, WE2B3.

Maeda, T., K. Obara, M. Shinohara, T. Kanazawa, K. Uehira (2015), Successive estimation of a tsunami wavefield without earthquake source data: A data assimilation approach toward real-time tsunami forecasting, Geophys. Res. Lett., 42, 7923-7932, doi: 10.1002/2015GL065588.

Shinohara, M., T. Yamada, K. Uehira, S. Sakai, H. Shiobara, and T. Kanazawa (2021), Development and operation of an Ocean Bottom Cable Seismic and Tsunami observation system (OBCST) in the source region of the Tohoku-oki earthquake, Earth Space Sci., doi: 10.1029/2020EA001359.

Shinohara, M., T. Yamada, T. Akuhara, K. Mochizuki, S. Sakai, T. Kasajima, T. Arioka, M. Hamakawa, and S. Kubota (2019), Distributed Acoustic Sensing measurement by using seafloor optical fiber cable system off Sanriku for seismic observation, OCEANS 2019 Seattle, doi:10.23919/OCEANS40490.2019.8962757.

Tsuhima, H., R. Hino, Y. Tanioka, F. Imamura, and H. Fujimoto (2012), Tsunami waveform inversion incorporating permanent seafloor deformation and its application to tsunami forecasting, J. Geophys. Res., 117(B3), doi:10.1029/2011JB008877.

海洋教育におけるリテラシーを高めるための 海洋データ・情報の活用 ～防災・減災と気候変動に関する教育へのデータ活用～

及川幸彦

(東京大学 大学院教育学研究科附属海洋教育センター 主幹研究員)



地球環境学博士(京都大学)。持続可能な社会の創造に向けて、海を地球環境をつかさどる根幹と捉え、その保全と活用への教育の果たす役割を研究。

文部科学省・環境省「持続可能な開発のための教育(ESD)円卓会議」議長、日本ユネスコ協会連盟理事、元日本ユネスコ国内委員会委員等を務め、ESD国内実施計画を策定に携わるなど、ESD/SDGsを研究・推進する。また、気仙沼市教育委員会副参事、同市立学校教頭として東日本大震災の教育復興プロセスに携わり、その知見を活かしてESD/SDGsの視点からの防災・減災教育の改革に努める。

Ykihiko Oikawa

1. 国連海洋科学の10年と海洋リテラシー

今年、2021年より「国連持続可能な開発のための海洋科学の10年」(以下、国連海洋科学の10年)がスタートした。これは、2015年からキックオフした「持続可能な開発目標(SDGs)」の実現に海洋科学の観点から貢献する役割を担っている。特にSDGsの17の目標の中でも、目標14「海洋と海洋資源を持続可能な開発に向けて保全し、持続可能な形で利用する」の達成に具体的に寄与することが求められている。国連海洋科学の10年の目標としては、①きれいな海(A clean ocean)、②健全で回復力のある海(A healthy and resilient ocean)、③生産的な海(A productive ocean)、④予測できる海(A predicted ocean)、⑤安全な海(A safe ocean)、⑥万人に開かれた海(An accessible ocean)、そして⑦感動的で魅力的な海(An inspiring and engaging ocean)の7つが掲げられている。

これらの目標を海洋リテラシーの観点から整理すると、①～⑤までの各目標を達成に資する海洋科学の各分野の研究成果が、科学者のみではなく、政策決定者やNPO・NGO等の活動家、学校や社会教育施設などの教育者、さらには市民や持続可能な海洋の未来を担う子供たちや学生などあらゆる分野や立場の人々に開かれ、アクセスできるようにすることが重要であり、これこそが、「万人に開かれた海」の姿である。さらに、各人がこれらの海洋科学の知見(情報)やデータを活用しながら海を「感動的で魅力的」なものとして人間の幸福と持続可能な開発の関係性の中で捉え、最終的には、それぞれの立場やミッションに応じて海洋の持続可能な保全と活用に向けて行動を起こすことが求められる。この一連のプロセスによって海洋に関するリテラシーが育成されると考える(図1)。

2. 防災・減災に関する教育への海洋データ・情報の活用～命を守る行動につなげる力

(1) データを分析的・関連的にとらえて防災行動につなげる力

科学的なデータを防災・減災に活用する究極の目的は、災害から「人命を守る」ことである。そのためには、海洋及び防災・減災に関する科学的なデータや情報を適正かつ的確に防災・減災教育に活用し、個々人の知識・理解と判断・行動等のリテラシーを高め、災害時において適切かつ速やかな避難行動ができるようにすることが必要不可欠である。そして、その際に何より重要なことは、災害の特性や状況に応じた避難行動ができるか否かである。

東日本大震災のデータで見ると、被災自治体ごとの津波浸水域と死者・行方不明者数の相関は、必ずしも比例しておらず、大きく



図1: 国連海洋科学の10年と海洋リテラシーの育成

2つのグループに分類される(図2)。1つは津波浸水域が少ないにもかかわらず、死者・行方不明者数が多い自治体のグループで、2つ目は逆に浸水域が広範にもかかわらず、犠牲者が1に比較して少ない自治体のグループである。これは、自治体が位置する地理的条件に由来する。前者は三陸沿岸のリアス海岸部に位置しており、入り江が深く平野部が少ない地形で人口も湾岸部に集積している。この地域は古から津波常襲地域であり、「津波」の名が示す通り波高の高い巨大津波が襲来した。一方、後者は、仙台平野など平野部に位置しており、海岸部は砂浜で入り江が少ない地形で、津波の波高や勢いは三陸沿岸よりは低かったことから犠牲者が比較的少なかったと推測される。反面、平坦で海拔が低いので浸水は広範囲に広がり、徒歩や車での避難が困難であった。

このように、同じ東日本大震災の津波といえども、地理的な条件によって特性や被害状況も大きく異なる。したがって、データや観測情報を比較的に分析して被害を想定し、より早く高台に避難するか(三陸海岸)、その場の高い建物の上階に留まるか(平野部)という判断など、災害時に生きるリテラシーを育成し防災行動につなげる力が求められる(図3)。

(2) データの有効性と限界の認識

2011年の東日本大震災における日本各地の最大震度と津波高のデータが、気象庁より出されている(図4)。各地の最大震度については、観測当時の発表からほぼ変更はないものの、津波の波高については、震災後に気象庁が発表したデータでは最大波高が三陸沿岸の9m前後となっているが、震災直後から実際に襲来した津波の波高とはかなりずれがあるとの指摘がされてきた(図4)。この気象庁のデータは、各地に設置された検潮所や波高計等の観測データによるもので、東日本大震災の大津波はその測定能力を超えたり、湾に設置された波高計が津波で破壊されたりして十分なデータを収集できなかった可能性が高い。

そこで、いくつかの研究者グループは、実際に被災地の海岸線の津波の痕跡を調査し、津波の波高や遡上高を推定した。その結果、津波の波高では岩手県大船渡市で16.7m(2011年)、また津波の遡上高に至っては、岩手県宮古市で40.5m(2011年)、宮城県女川町で43.3m(2012年)との調査結果が出ている。この事例が示すように、科学的データは事実の一部を示すものの、その事象の総体を表現しているとは限らず、限界があることを認識するとともに、それらを補うためのデータや情報によって多角的に考察することが重要である。

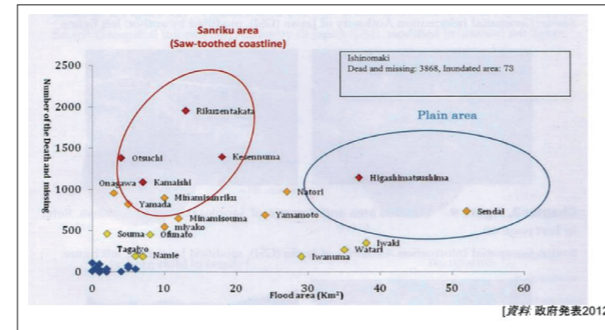


図2: 東日本大震災の市町村別津波浸水域と死者・行方不明者数

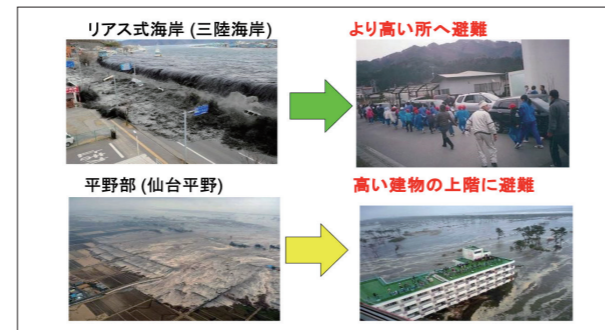


図3: 地理的条件による津波の特徴と避難の仕方

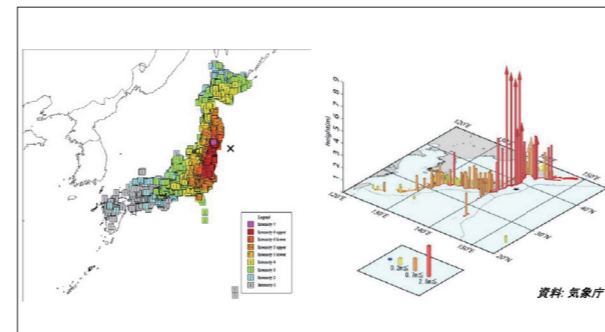


図4: 東日本大震災の震度と津波の高さ

3. 気候変動に関する教育への海洋データ・情報の活用～未来を選択する力

2021年8月9日、「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が、第6次評価報告書を発表した。その中で、「人間の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない。大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている」と断定している。特に「政策決定者向けの要約」では、今後の地球温暖化に伴う海面水位の変化・上昇の予測についても言及している。これまでも海洋と気候変動の関係性については、地球温暖化に起因する海水温の上昇により、海の生態系が影響を受けたり極端気候が加速され自然災害が多発化、激甚化したりすること、また、温暖化に伴う極地や高地の氷床の融解をもたらす海面水位の上昇による島嶼諸国への影響等も指摘されてきた。一方で、海洋が熱や温室効果ガスを吸収して温暖化を緩和しているなど、気候変動の要として機能していることも認識されてきた。

IPCCでは2013年の報告書(図5)に引き続き今回の報告書でも、今後の人類が排出する温室効果ガスの程度によって、将来の気候変動予測にいくつかのシナリオを提示している。このような気候変動に関する科学的データを教育で活用する際に最も重要なことは、これまでの経緯を踏まえて未来を予測し、持続可能な開発に向けて自らの環境行動や生活様式を選択するリテラシーを高めることである。これはすなわち「未来の選択」の力である。

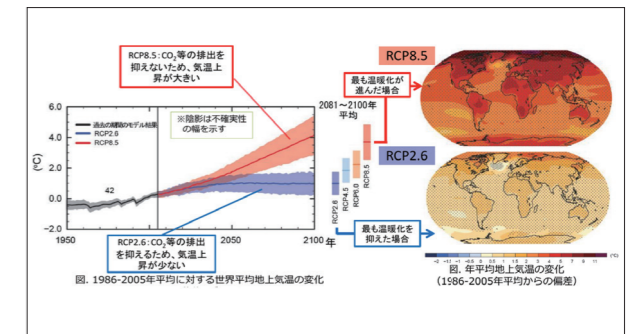


図5: 気候変動(地球温暖化)とその予測 資料: IPCC第5次評価報告書2013

4. まとめ: SDGsの達成に資するリテラシーの育成

海洋は地球環境を司る根幹であり、SDGsの目標14「海の豊かさ」だけではなく、食料やエネルギー、防災・減災、持続可能な生産と消費、気候変動、陸の豊かさなど、ほぼすべての目標達成につながるものである。一方、教育も、目標4にとどまらず、国連の会議でも「教育はすべてのSDGsの基礎」であり、「全てのSDGsが教育に期待」と指摘されているようにSDGs達成の鍵(Key enabler)である。したがって、国連海洋科学の10年の成果を導入しつつ、ここで述べた防災・減災や気候変動をはじめとする、海洋の酸性化や海洋プラスチック問題、生物多能性の問題、そして海洋資源やエネルギーの持続可能な活用などの海洋を取り巻く諸課題の解決に向けた学びを展開し、社会全体で海洋に関するリテラシーを高めていくことが、必然的にSDGs達成への道筋になると考える(図6)。



図6: SDGsの達成に資する海洋に関するリテラシーの育成

はじめに

はじめは船舶同士の衝突回避の目的で各船舶に設置されたAIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) は、その後、各船舶が発信する電波を人工衛星や地上局でも受信できるようになり(図1)、ここ数年はデータの精度もかなり増したこともあって、海事分野のビッグデータとして様々な用途で利用されるようになっていきます。主たる用途としては、AISデータから各船舶の航跡を追跡することで可能となる、不審船探知や排出ガス推計などの環境影響評価、あるいは自動航行も含めた操船の支援などがあげられます。一方で、海運市場の分析や貨物量予測といった海運・物流分野へAISデータを活用するためには、各船舶で輸送される貨物の情報が必要であるため、現時点ではそれほど応用範囲が広がっていません。しかし、逆に言えば、AISデータを活用した海運・物流分野におけるビッグデータ分析は、今後の研究展開の可能性が大きい分野ともいえます¹⁾。そこで本講演では、筆者の研究室で取り組んでいる同分野の研究事例をいくつか紹介したいと思います。

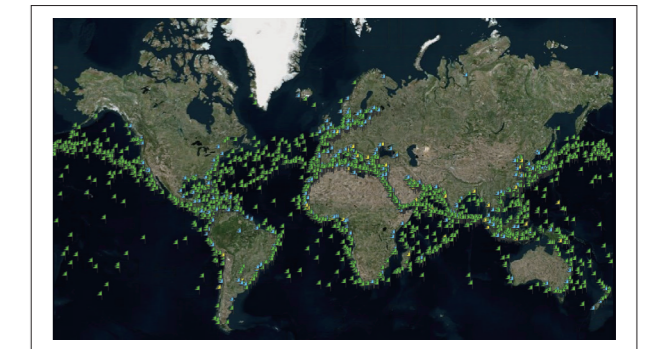


図1: AISデータに基づくコンテナ船の分布 (Seasearcherによる)

海運ビッグデータを活用した物流研究の展開

柴崎隆一

(東京大学 大学院工学系研究科 准教授)



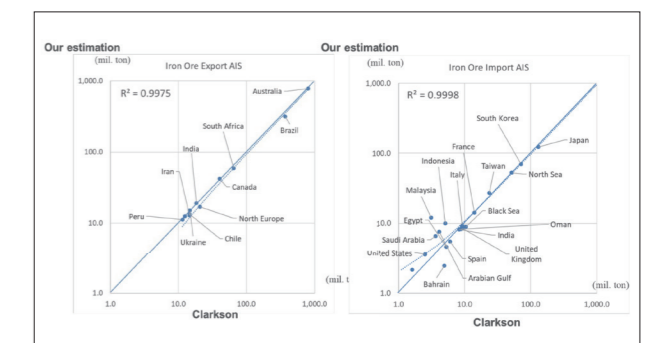
東京大学大学院工学系研究科
レジリエンス工学研究センター／技術経営戦略学専攻 准教授
(システム創成学専攻兼任)

1999年東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻修士課程修了、2000年東京大学助手。
2002年より2017年まで国土交通省国土技術政策総合研究所にて任期付研究員、主任研究官、国際業務研究室長等として勤務、このうち2012年から2015年まで(一財)国際臨海開発研究センターに研究主幹として出向し、JICA等の発展途上国の港湾開発プロジェクトにコンサルタントとして参画、年の半分程度を海外で過ごす。2017年より東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻准教授、2020年より現職。現在の主な研究テーマは、世界各地を対象とした国際物流シミュレーションモデルの構築、AIS等の船舶動静に関するビッグデータを用いた物流分析など。近編著書に「グローバル・ロジスティクス・ネットワーク」(成山堂書店)、「Global Logistics Network Modelling and Policy: Quantification and Analysis for International Freight」(Elsevier)。

Ryuichi Shibasaki

AISデータの特徴と物流量の推計

AISデータは、世界の一定規模以上(300総トン以上の外航船および500総トン以上の内航船)の全船舶を対象に、各時刻における位置(座標情報)、対地速度、対地針路、船首方位など自動取得される動的情報に加え、IMO番号や船舶諸元などの静的情報、および船員がマニュアル入力する喫水や目的地および到着予定時刻などの航海関連情報が含まれる、海事分野のビッグデータです。しかし前出のように、輸送される貨物の内容(バラスト状態も含む)や積載量、積卸地などの情報は含まれず、その手掛かりとなる喫水や航海目的地の情報も船員の手入力のため100%の信頼性はありません。そこで、各国・各港湾の統計や各業界の統計資料など様々な関連資料を収集し、港湾別または港湾内の各岸壁別の取扱品目に関する情報を整備することなどによって、各航海における輸送品目や積載率の推計を行いました^{2),3)}。推計結果を部分的に入手可能な統計情報と比較し、一定の精度があることを確認しました(図2)。

図2: 国別鉄鉱石輸出入量における提案手法による推計結果と実績値との比較 (2016年)²⁾

輸出入ターミナルにおける利用率分析

以下では、得られた推計結果を活用した分析例をいくつか示します。はじめに、LNG(液化天然ガス)の輸出入ターミナルごとに、筆者らが推計した年間の取扱実績と業界のレポートから得られる年間容量を比較しました(図3、いずれも横軸が年間容量、縦軸が年間取扱量の推計値)。これより、まず輸出の方が、輸入に比べ、容量と取扱実績の差が小さいターミナルが多いことがわかります。これは、LNGは、輸出時の液化コストが輸入時の再ガス化のコストよりも大きく投資規模も大きいことや、輸入においては需要の季節的な変動への対応や非常時に備えた余裕スペースの確保が必要であることなどを反映しています。その中で、輸出においても、年の途中で新規開業したターミナル以外にも、数は少ないながらも容量を十分活用できていないターミナルが見られたり、輸入においても特にインドや台湾のターミナルで容量が逼迫している一方で、近年LNGの輸入国から輸出国へ転換した米国では輸入施設を非常に持て余していることなど、ターミナルや国による特徴を把握することができました。

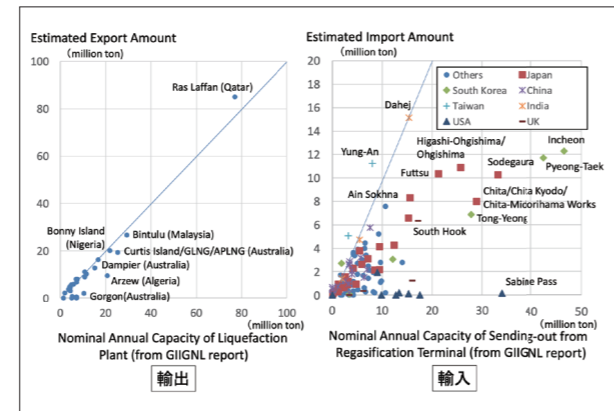


図3:ターミナル別LNG輸出入量の推計結果と容量の比較(2016年)³⁾

機械学習モデルによる週次貨物輸出量の予測

AISデータを用いると、港湾の輸出入貨物量を、リアルタイムに、しかも従来より細かい時間単位で予測することが可能になります。図4に、時系列を考慮した機械学習モデルのひとつであるLSTMを用いて、世界最大の鉄鉱石輸出港であるオーストラリアのPort Hedlandにおける週次輸出量を予測した結果を示します。AISデータからは、対象海域の通航量や各船舶の喫水だけでなく、船舶の過去の寄港履歴なども得られるため、最適な入力変数の組み合わせを試行錯誤的に決定しています。図に示されるように、AISデータから推計された過去の輸出量実績以外のデータを使用しないモデル(LSTM-Baseモデル)に比べて、AISデータから得られる他の指標も活用したモデル(LSTM-AISモデル)において、取扱量実績値の再現精度が大きく改善しました。

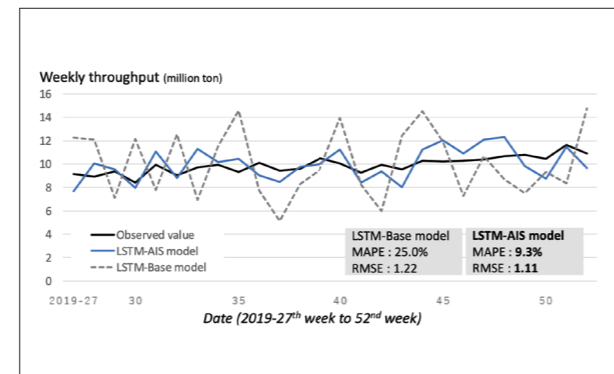


図4:機械学習モデルを用いたPort Hedland(オーストラリア)における鉄鉱石輸出量の予測結果⁴⁾

スエズ運河封鎖の影響

最後に、時事的な分析として、本年3月に大型コンテナ船Ever Givenがスエズ運河で座礁した事故のインパクトをAISデータで計測した例を示します(図5)。上の図は、運河が封鎖されていた6日間のうちに運河周辺で待機していた船舶のみを抽出し、時間の経過とともに待機船舶が増加し、再開後に解消していく様子が

船舶別に示されています。図より、再開後4日程度で、ほとんどの船舶が運河を通過できたことがわかります。これに対し、下の図は、再開後に運河に到着した船も含めた待機船舶数の推移を示します。グラフ左端の座礁前の状況に示されるように、平常時はスエズ運河の通航容量は通航需要に対し十分確保されており、混雑することはほとんどないのですが、図から、再開後2週間ほど混雑が続いていたことがわかります。これは、あまり報道などはされなかったことですが、運河周辺でなく出発港など離れた場所で運河の再開を待っていた船舶も多かったことを示唆しています。

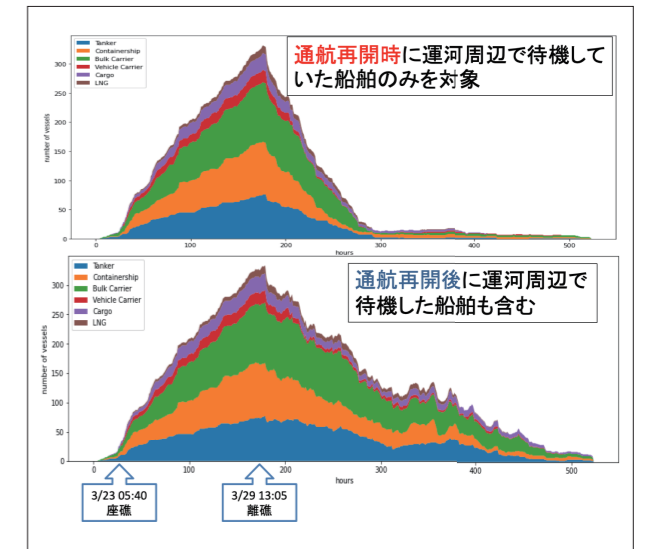


図5:スエズ運河座礁事故による運河通過待機船舶数の推移(両方向合計)

おわりに

本稿では、AISデータを用いた海運・物流分野の分析事例をいくつか示しました。はじめに述べたように、同分野の研究は今後の発展が期待されており、本稿で示した以外にも、筆者の研究室では、AISデータと画像解析技術と組み合わせたターミナルの効率性分析、海上輸送契約データと組み合わせた契約形態別の輸送パターンの分析、海象データと組み合わせた最適な船舶運航パターンの分析や、船舶の排出ガス規制や環境税の導入、代替燃料の普及等の環境政策のインパクト推計など様々な研究に取り組んでいるところです(このうちいくつかについては講演中で簡単に触れたいと思います)。

参考文献

- 1)柴崎隆一,グローバルロジスティクスの論点,ダイヤモンドフォーナリー, Summer 2021pp.44-47 <https://diamond.jp/articles/-/277114>
- 2)Kanamoto, K., Murong, L., Nakashima, M., Shibasaki, R., Can maritime big data be applied to shipping industry analysis? - Focusing on commodities and vessel sizes of dry bulk carriers, Maritime Economics & Logistics, 23, 211-236,2021 (open access)
- 3)Shibasaki, R., Kanamoto, K., Suzuki, T., Estimating global pattern of LNG supply chain: A port-based approach by vessel movement database, Maritime Policy & Management, 47(2),143-171, 2020
- 4)Nakashima, M., Shibasaki, R., Are AIS data effective in real-time forecast of port throughput for dry bulk cargo? -Machine-learning approach, Annual Conference of International Association of Maritime Economists (IAME 2021)

海洋のデータサイエンスを支える情報通信技術

近年、DX（デジタルトランスフォーメーション）という言葉がよく使われるようになってきている。DXとは、IT（情報技術）による物事のデジタル化の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変革する、という概念であると言われている。DXを支える基盤技術は多くあるが、特に、大容量通信により大量のデータを収集しリアルタイムで解析してハイレベルな予測や結論を導き出すデータサイエンス、そして、それを支える情報通信技術の進化が注目を浴びている。

世界同時に発生した新型コロナウイルス感染症への対応として、強靱な情報通信インフラ整備の必要性が再認識されつつある。2020年に商用化された第五世代移動通信システム（5G）は、大容量・超低遅延・超多数接続を実現する革新的な移動通信であるが、さらに今後10年をかけてBeyond5G/6Gと呼ばれる次世代のサイバーインフラへの投資が始まっている。次世代サイバーインフラの構築の狙いは、絶えず生成される社会経済活動における大量のデータを収集して集合知として利活用し、人知を超えた予測により社会経済活動をさらに便利で豊かなものに転換することである。

しかし、データサイエンスや情報通信は、DXを加速するための手段にすぎず、目的は、コロナ禍などの逆境における「社会経済活動の継続」、そして、日本の経済活動を地域から底上げして全体を進化させる「地域創生を起点とする我が国全体の社会変革」へと利活用されるものでなくてはならない。

筆者は、これらの情報通信の革新は、一般事業者、自治体、大学、などが最新の情報通信の運用主体となるローカル5Gに代表される「情報通信の民主化」により支えられていくと考えられる。特に、地域における課題解決や産業振興のために一般事業者が自ら通信を提供することができる画期的な仕組みであり、地域創生への適用と、それによる我が国全体の社会経済活動レベルの底上げへと繋がることが期待されている。

我が国においては、海洋に囲まれた地政学的な環境により様々な海洋資源・海底資源、特に、食文化へ多大な影響を与え、海産物など、海との繋がりが非常に大きい状況がある。しかしながら、これまで、情報通信屋データの利活用は、データ収集を取り巻く環境が不十分であることから、近年になってようやくデータサイエンスや情報通信を海洋の研究開発に利活用する動きが出てきている状況でもある。

筆者は、東京大学と地域の連携協定の締結による地域創生の推進に従事しており、例えば広島県や山梨県や長崎市と、情報学と情報通信技術に係る技術交流及び学術交流のための連携・協力による実証実験を進めている。東京大学が保有する最先端の情報通信技術等を活用することにより地域の産業振興や地域課題の解決につなげるため、東京大学と地域において5G/IoT技術をはじめとする情報通信技術に係る技術交流及び学術交流の促進を行っている。また東京大学は、協定締結により、地域を情報通信技術の実証実験のフィールドとし、こうした技術を活用した産業振興や地域課題の解決に資する東京大学の研究が加速する事を目指している。これらの活動を通して、地域課題解決と産業振興と新たな価値創造による経済発展を推進し、成功モデルケースを確立しようとしている。

本講演では、これらの地域における、特に地域において最新の情報通信を用いる遠隔監視・遠隔制御リモートセンシングなど、5G/IoTセンサーネットワークの応用や機械学習を駆使するデータサイエンスが地域創生に利活用される事例を紹介し、特に海洋へのデータサイエンスの適用や最新の情報通信の利活用の推進の重要性を議論する。次世代の情報通信は、今後もあらゆる産業や社会の隅々において知識集約型の課題解決に適用されていくであろう。

海洋のデータサイエンスを支える情報通信技術

中尾彰宏

(東京大学 大学院工学系研究科 教授)



1991年東京大学理学部1994年同大学院修士課程修了。IBMテキサスオースチン研究所、東京基礎研究所などを経て、プリンストン大学大学院コンピュータサイエンス学科にて修士・博士学位取得。
2005年、東京大学大学院情報学環 助教授に就任。
2014年2月 同教授に就任。
2014年第5世代移動通信推進フォーラム(5GMF)ネットワーク委員長兼任。
2016年学際情報学専攻長兼任。
2019年より情報学環副学環長、東京大学総長補佐兼任。
2020年より東京大学総長特任補佐兼任。同年7月よりスペースICT推進フォーラム 5G/Beyond 5G 連携技術分科会 主査、同年12月よりBeyond 5G推進コンソーシアム国際委員会委員長を兼任。
2021年4月より東京大学工学系研究科に異動(現職)、東京大学次世代サイバーインフラ連携研究機構 機構長を兼任。専門は情報通信。5G/Beyond5G/IoTに関する複数の産学連携プロジェクトのリーダーを務める。

Akihiro Nakao

海中の状況を可視化する仕組み等の実現

地域課題等
海面養殖における海中状況をリアルタイムに把握することの困難さに伴う生産性の低下

実現内容
陸上からの水中ドローンの遠隔操作と海中の状況の可視化や水中ドローンで取得した高精細映像と海面養殖場及びその周辺の環境データ（水温や塩分濃度等）を組み合わせた漁場の環境分析。またキャリア5Gとローカル5Gの同エリアでの利用を想定した電波伝搬特性評価を実施する。
実施地域：広島県江田島市

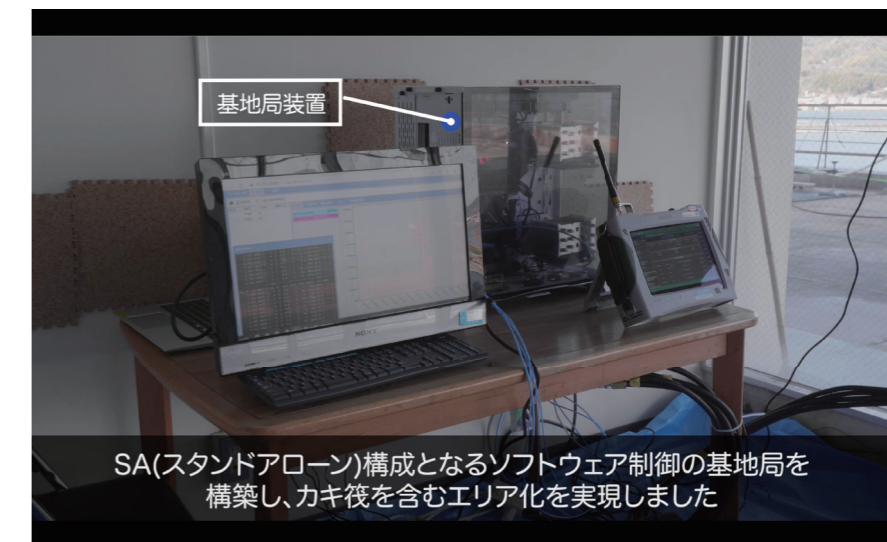
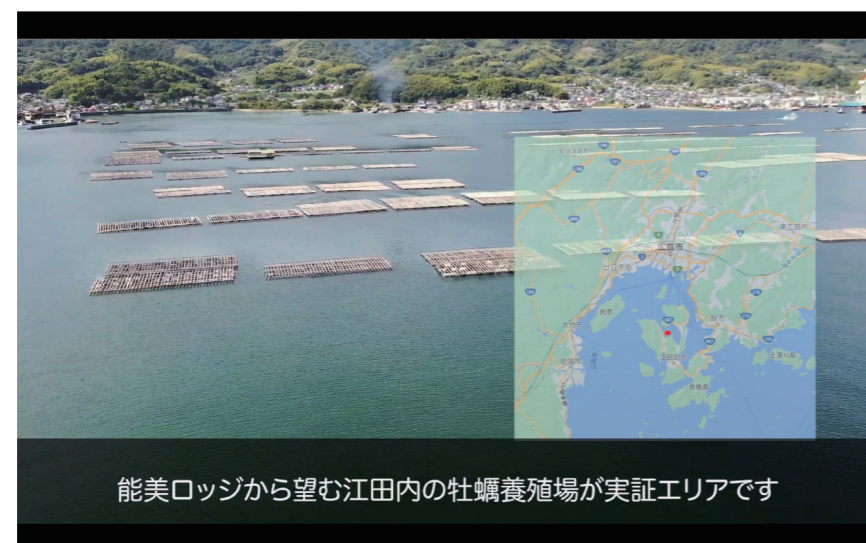
実施計画

実施計画	2020/12	2021/1	2021/2	2021/3
電波検証	実施			
実証		実施		
とりまとめ				実施

実施企業・団体等

- 株式会社レイヤーズコンサルティング（代表者）
- 国立大学法人東京大学
- NECネットワークス株式会社
- 株式会社NTTドコモ

5G技術を活用し遠隔地への高精細な海中映像の伝送、漁場環境の分析、可視化を実現しました



OMNIプロジェクト

気候変動や環境汚染、水産資源などに関わる様々な地球規模の課題を解決するためには、海についてよりよく知ることが重要である。ところが、地表の約7割を占める海洋はその広さゆえに、詳しい観測調査が行われているのは全海域のほんの5%に過ぎない。そこで東京大学生産技術研究所・価値創造デザイン推進基盤では、デザインの力で多くの人々やテクノロジーを巻き込んでいくインクルーシブなアプローチで、多様な海洋データを地球規模で収集しようとする試み、OMNI(Ocean Monitoring Network Initiative)プロジェクトを2017年から始動させた。低コストで大規模に展開、運用でき、誰でも観測に参加してデータを共有できる海洋観測装置や仕組みをデザインして、プロトタイプとユーザーテストを繰り返しながらイノベティブな海洋観測を実現しようとしている。そして大規模な海洋データから新たな価値が創出されることを目指している。

そのためには、誰でも使える観測装置が欠かせない。そこでまずはICTブイ型の観測基の試作に取り組んだ。塩分濃度センサ、水温センサ、GPSモジュールを搭載し、測定データをインターネット上のサーバーに送信する観測ブイを試作し、海洋試験と改良を繰り返した。太陽光パネルとバッテリーで発電・充電しながら動作し、マイコンを中心とする制御回路基板で制御される。電装系のみ水密性の担保されたプラスチック容器に収納され、3Dプリンタで作製された鋳型から成型したポリウレタン製のフロートと、センサ類が取り付けられた塩ビ製のステムの浮力バランスによって水面に浮遊する構造となっており、現行機は第3世代機である(図1)。本格的な装置に比べて機能や精度は劣るもののユーザーフレンドリーで、大半の部材を市販品でまかなうことで低コスト化を実現している。同型の装置をこれまでに20基以上製作し、東京大学の三崎臨海実験所(神奈川県三浦市)や平塚総合海洋実験場(神奈川県平塚市)、逗子海岸(神奈川県逗子市)、ヤマハマリーナ浜名湖(静岡県湖西市)などの沿岸部に浮遊させて試験(図2)を繰り返した結果、最長4ヶ月にわたって観測できることを実証した。

観測データ表示プラットフォームの開発も進められ、ブラウザ上で観測データをリアルタイム表示する簡易的なデータコンソールはすでに運用されている。観測装置の位置がGoogleマップ上に表示され、観測データや位置データが一定時間ごとに更新される。全データはインターネット上で公開され、誰でもアクセスしてライブデータを見ることができる。ウェブサイトも公開し、観測装置やデータに関する情報、関連する活動やイベントともリンクし、必要な情報をユーザーやコミュニティと相互的に共有できるプラットフォームを目指してアップデートを続けている。

誰でも参加できる海洋観測 —デザインが導く海洋研究の新展開—

木下晴之

(東京大学 生産技術研究所 特任助教)



2006年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了(博士(工学))、東京大学生産技術研究所研究特任研究員を経て2009年から同特任助教。2017年から東京大学生産技術研究所価値創造デザイン推進基盤に参画。専門はマイクロ流体の計測や制御。

Haruyuki Kinoshita

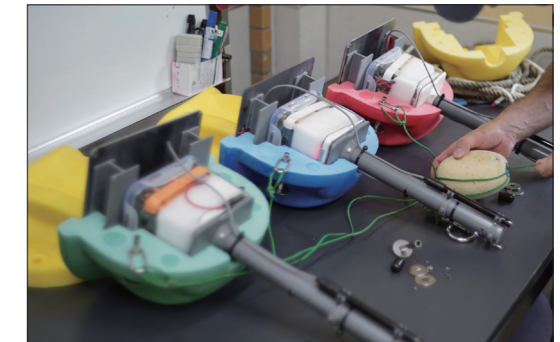


図1:ブイ形状の第3世代OMNI観測基



図2:OMNI観測基の海洋試験を実施(東京大学・平塚総合海洋実験場、ヤマハマリーナ浜名湖)

海洋マイクロプラスチック問題への挑戦

OMNIでは、様々な派生プロジェクトを立ち上げながら活動の場を広げている。2019年度からは東京大学と日本財団が共同で実施する「FSI海洋ごみ対策プロジェクト」に参画し、昨今新たな海洋汚染として注目を集める海洋マイクロプラスチックの拡がりの実態を把握する調査研究に、デザインの視点からアプローチしている。OMNIを基盤に「誰でも海洋マイクロプラスチック調査に参加できる方法や仕組みをデザインしてプロトタイプングすること」をコンセプトに、これまでマイクロプラスチック採取装置の試作やテストを行い、様々なステークホルダーを巻き込むための普及・啓蒙活動を実施してきた。

多様な人々を巻き込んだブレインストーミングやワークショップから始まり、そこから生まれた多くのアイデアをもとにアイデアの発散と収束を繰り返しながらコンセプトを固め、実際にプロトタイプングすることでアイデアを形にしてテストする、というプロセスを繰り返してきた。これまで試作したマイクロプラスチック採取装置は10種類ほどにも上る。海面に浮遊させて海面付近の海水をポンプで吸い込みながら海面近くに浮かぶマイクロプラスチックを内部の網で収集するタイプや、海水をポンプとホースで吸い込んで陸上の網で海中のマイクロプラスチックをこしとって収集するタイプなど、ユニークな装置を多数提案してきた(図3)。試作したプロトタイプの一つは、2020年8月に実施された新青丸調査航海KS-20-13に持ち込まれ、能登半島西側と対馬周辺海域でテストを行う機会に恵まれた。本格的な研究航海において、船上で行われる様々な調査活動を体験すると同時に、OMNIチームが試作した試作機を実際の海域に投入して動作試験を行った(図4)。調査船への乗船とそこでのテストは、試作機へのフィードバックを得るための、次の試作機へのインスピレーションを得るための極めて貴重な機会となった。

多くの人々を巻き込む

海洋観測プロジェクトOMNIの最大の特長は、そのインクルーシブなアプローチにある。専門家や研究者だけでなく、海に関わりを持つ大勢の人々を仲間に取り込んでいくことが、成功へのカギと言える。東京大学・大気海洋研究所とは海洋マイクロプラスチックへの取り組みにおいて密に連携してきた。東京大学・新領域創成科学研究科の早稲田研究室や海洋研究開発機構とはOMNI観測装置を活用した表層流観測プロジェクトを実施しており、日本セーリング連盟の協力を得て相模湾・江ノ島東側海域の観測試験を実施した。ヤマハ発動機とは浜名湖において共同で長期観測試験を実施し、今後の連携を検討している。長崎県(長



図3:マイクロプラスチック採取装置のプロトタイプの一例



図4:試作したマイクロプラスチック採取装置を調査航海で実証試験

崎市、長崎大学、対馬市など)とは、海洋やオープンイノベーションをテーマにしたシンポジウムを共同で開催し、長崎の海を舞台にした地域連携を開始した。

さらに活動の輪を広げるため、渋谷FabCafe(東京都渋谷区)では一般の人たち向けに、逗子開成中学校・高等学校(神奈川県逗子市)や聖学院中学校・高等学校(東京都北区)では中高生を対象に、HATSU鎌倉(神奈川県鎌倉市)では海洋に関心のある地元の人々を対象に、それぞれOMNIワークショップを開催し、一般の人々からの意見やアイデアを吸い上げると同時にOMNIへの参画を促してきた。その後、逗子海岸においては、逗子市や逗子マリン連盟と協力し、海水温測定に特化した観測基を用いて海水浴場の海水温モニタリングを海水浴シーズンを通して実施するに至った。これらの活動を通じて、OMNIに関心を持つ人々や連携パートナーが徐々に増えつつある。

海洋マイクロプラスチックへの取り組みでは、子どもでも実施できる簡単な調査手法をデザインしている。海岸の砂をふるいにかけてマイクロプラスチックを抽出し、採取された試料を指定の用紙上で分類してそれをスマートフォンで撮影し、画像としてサーバーにアップするという単純なプロトコルであるが、現在、試作とテストを繰り返しながら改良を続け、調査イベントでの実践も行っている。逗子市では、地元の小学生らと実際に海岸の砂浜でマイクロプラスチックを探す調査体験会を開催した(図5)。これらの交流を通じて、参加者にOMNIプロジェクトなどへの理解や共感を促すとともに、実践的な調査活動に巻き込む活動を続けている。



図5:逗子海岸で実施した海洋マイクロプラスチック調査体験イベント

今後の展開

OMNIプロジェクトでは、多くの人々を巻き込みながら、デザイナーとエンジニアの協働によって様々な観測装置やツール、プラットフォームが試作され、その機能が実証されてきた。しかしそれらが正解とは限らない。今後、OMNIネットワークをさらに拡大させ、国内外の様々な地域や海域で地元の人々と連携してワークショップや調査体験会など多様な活動に取り組むことで、よりイノベティブなアイデアが生まれ、さらに画期的な装置や手法が登場するかもしれない。OMNIが目指す理想は、それぞれの地域や海域で人々がOMNIのコンセプトに共感し、その場所やコミュニティで独自の海洋観測や調査のプロジェクトが立ち上がり、大規模な海洋データが集まってくることである。その結果、海洋に関するイノベーションや新たな価値が生まれる土壌になると期待している。OMNIプロジェクトはデザインの力を使ってそのきっかけを作っていくべく、これからも活動を展開していく。

謝辞

OMNI観測システムの構築において、公益財団法人山口育英奨学会から学術研究助成を受けた。また、海洋マイクロプラスチックに関する研究活動は、東京大学-日本財団「FSI海洋ごみ対策プロジェクト(2019 - 2021)」の一環として日本財団FSI基金から支援を受けて実施された。さらに、KS-20-13におけるマイクロプラスチック採取試作装置の実証試験において、調査研究船「新青丸」の乗組員各位に協力頂いた。

～これまでの歩み～

