

[水産業と情報処理]

9 海岸工学における 漁船ビッグデータの活用



岡辺拓巳 | 豊橋技術科学大学大学院 工学研究科

海岸工学と沿岸環境の計測

海岸工学は1950年頃に誕生した比較的新しい学際分野である。土木工学の一分野であり、海岸・沿岸域の保全や開発、防災を主として扱っており¹⁾、水産業とも密接に関係する。

海岸工学で実施する調査・観測では、沿岸域の水質や環境、流体の諸量をデータ化する。波高計、流速計や水質センサ、測量機器を用いて、波や流れ、水質や地形を把握する。近年、情報技術の発展とともに小型なセンサ類や通信機能を備えた計測機器が用いられるようになってきた。これによって環境を大量にデータ化できるようになり、従来型の観測では解明が困難であった沿岸域の諸現象を紐解くことが可能になってきた。沿岸域のビッグデータ (Coastal Big Data²⁾、ここでは多様性ではなく量に主眼を置く) の研究とその活用は活発化する流れにあり、海岸工学における情報処理技術の重要性はさらに高まっている。

本稿では、海岸工学で研究・開発が進められてきた、沿岸域で高い時空間分解能のデータを取得する計測手法を紹介する。また、筆者らが取り組んでいる漁業と協働した海底地形モニタリングの研究を紹介し、その今後を展望する。

沿岸域のモニタリングデータの高密度化

海岸の地形測量は人的作業を伴うため、時空間分解能の高い地形データを取得することは困難である。日本では海岸管理者 (国や自治体) が限られた範囲を年に1回程度測量するのみで、海岸地形の短期的な

変化が不明であった。Argus技術³⁾は、ビデオカメラによって連続撮影された砂浜の画像を分析して砂浜地形や離岸流などを定量化する手法であり (図-1)、高い時間密度の面的な地形データを得ることができる。このモニタリング技術は1980年頃から開発が進み、イメージセンサの高解像度化、記憶メディアの大容量化や通信環境の高速化によって高性能なリモートカメラを用いたシステムが構築できるようになった。これにより、砂浜幅 (陸から水際までの距離) の減少速度や季節的な変動特性が明らかになり、海岸管理に活かされるようになった。現在では、多くの海岸でモニタリングカメラが設置されている。

津波も海岸工学における重要な研究テーマである。2004年のスマトラ島沖地震で発生した巨大津波は、避難の状況や市街地の浸水過程などが多量に撮影・公開され、世界中の人々が映像を目にした。これはカメラ付き携帯電話の普及によるところが大きい。その後も沿岸域を襲った津波や高潮がスマートフォンで撮影され、その映像はインターネットを通じて誰でも閲



■ 図-1 愛知県表浜海岸の時間平均画像。水際線や砕波帯 (波が砕ける領域) の位置を把握できる

覧できるようになった。研究者は空間的に多地点の映像データを分析することで、陸域での津波の挙動や遡上速度が明らかになり、津波の数値計算を実データで検証できるようになった⁴⁾。情報処理技術が津波研究と沿岸防災力を向上させている。

従来型の能動的な調査・観測では、沿岸域の環境を大量にデータ化することは容易ではない。そこで、対象領域で活動する船舶や人を通じたセンシングによって、受動的なモニタリングを実現する取り組みも行われている。代表的な事例は、定期航路を運航するフェリーで潮流をモニタリングする研究である。船底に ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler: 超音波ドップラー流向流速計) を設置して、水深方向に多層の流向・流速を航路に沿って収集する。フェリーの定期運航が計測データを生成するため、高頻度の潮流モニタリングが可能となる。東京湾⁵⁾をはじめとして、日本および海外で数多くの潮流観測網が構築されている。これにより、湾の海水交換量を把握できれば、湾内の長期的な環境変化が予測できる。また黒潮蛇行のモニタリングにも活用されている。

米国サンディエゴで 2017 年より本格的な活動が始まった Smartfin プロジェクト⁶⁾ は海岸を利用するサーファーを通じて、海域の環境をモニタリングする取り組みである。サーフボードに取り付けられるフィンの中に水温センサや GPS を組み込み、サーフィン中の位置と海水温を取得する仕組みである。海で活動するサーファーをセンサノードとして見立てると、空間的に多くの受動的計測が可能となり、沿岸環境のビッグデータを生成することができる。各地のサーファーがこのプロジェクトに参加することで、世界規模で海岸近傍の海水温データが継続的に蓄積されることも大きな魅力である。ウミガメやサンゴといった沿岸の生態系保全に役立つデータとなるだろう。

これらのように、沿岸域の環境データを時空間的に高密度に取得するためには、計測装置の高度化に加えて、それらを受動的なモニタリング手法へ適用することが鍵を握っている。海を日常的に利用する人は、海が

直面している環境問題に対する関心も強い。また、海を頻繁に行き交う移動体も、環境計測に対して大きなポテンシャルを有している。これらの人々や産業の活動から受動的に得られる環境計測データが、環境保全や防災に対して大きな価値を持つことを理解してもらい、モニタリングにおける協働体制を構築することが、沿岸域でビッグデータを生成するために不可欠である。

漁業と協働する海底地形モニタリング

世界各地で進行する海岸侵食は、根本的な解決がきわめて困難な環境問題である。主な発生要因は、ダムや港といった人工構造物が漂砂(河川や海での土砂の流れ)を阻害することである。また、温暖化による海面上昇は砂浜の減少を加速させることが指摘されており、これに伴う環境や防災、経済的な損失は今後さらに増大すると考えられる。

海岸侵食の対応には、人為的な土砂供給で砂浜を回復させる方法と、人工構造物による方法がある。日本では後者の対策が用いられ、構造物で海岸を防護してきた。その結果、侵食対策(構造物)が漂砂を阻害し、新たな海岸侵食を生む悪循環が生じてしまい、各地で海岸の人工化が進んだ。その反省から、現在では総合的土砂管理が取り入れられるようになってきた。これは、広域な漂砂系における管理者間の連携を図り、山から河川、海岸に至る土砂の流れを最適化する仕組みである。

総合的土砂管理では、土砂のフラックス(流れる量と方向)を順応的に管理するが、時空間的に幅広い漂砂現象を扱うため、土砂の観測技術は重要である。沿岸では、広域の土砂動態を継続的にモニタリングできる技術が求められている。なかでも、海域の地形計測には大きなコストを要する高精度な音響測深技術が標準的に用いられるため、地形が頻繁に変わる浅海域の地形情報を追跡できない。そのため、土砂管理の基礎情報となる地形データを高頻度に計測する測量技術が必要であった。

筆者らの沿岸漁業と協働して海底地形をモニタリングする取り組みは、計測精度を落とすことでモニタリングのトータルコストを下げ、広域性や継続性を高めることを出発点としたアイデアである(図-2)。土砂管理には高精度な海底地形が常に必要ではない。土砂の堆積・侵食の長期傾向を把握するなど、目的によっては精度の劣る地形情報でも十分活用できる。また、浅海域は土砂が活発に移動するため、地形を広域に把握することが欠かせない。長期にわたる継続した管理のためには、コストが抑制された技術であることも重要である。このことから、浅海域で連日のように操業する漁船から水深データを収集することで、海底地形を広域・高頻度に計測する低コストな観測手法を構築するに至った。漁船の設備を利用することから、初期コストおよび運用コストがきわめて低いことや、受動的に地形データが収集できることもこれらのニーズを満たす理由となった。

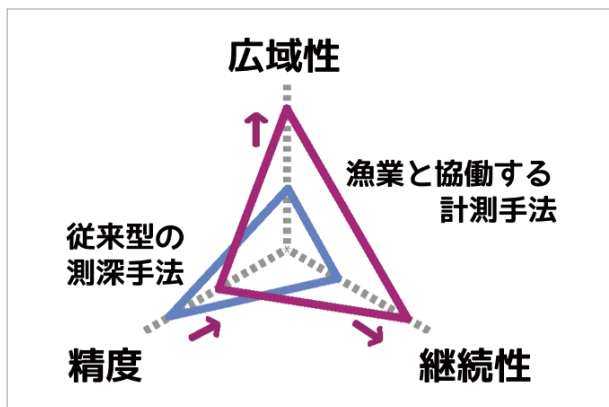
筆者らは、静岡県の遠州灘および駿河湾で操業しているシラス漁船(図-3)やその他の漁船と協働し、浅海域を対象とした海底地形モニタリング手法を構築してきた。2007年から取り組みを始め、2018年は47隻からデータを収集している。筆者らは、これらの漁船から得られる情報を漁船ビッグデータと呼んでいる。漁船に設置されている魚群探知機から水深データを、GPSプロッタやGNSS(Global Navigation Satellite System)から位置データと時刻データを取得しローガー

へ記録する。この水深データに対し、潮位などを補正して漁船が航行した範囲の海底地形を生成することができる。

静岡県のシラス漁は3月から翌年1月までが漁期であり、魚群を追って漁船が移動するため、広範囲の地形情報を取得できる。好漁時には高頻度に出漁し、浅海域で網を曳いて操業することから、浅海域の地形が高頻度に取得できる。また、複数の漁業協同組合と協働することで、広範囲の海域で地形データを取得することができる(図-4)。しかし、操業しない海域(水深2~3メートルより浅い水際や構造物の近くなど)の地形データは得られないため、別の推定手法や計測で補うことも必要になる。

漁船ビッグデータはさまざまな時空間での解析が可能である。時間的な水深差から地形変化量を把握する方法は、最も基本的な分析である(図-5)。これから土砂の輸送量を推算し、管理領域に不足している量を把握することで、別の海域から土砂を人工的に移動させる対策などに結びつけられる。このほか、漁港内外の水深も日常的に取得できるため、漁業に支障をきたす航路や港口部の土砂による埋没を定量的に監視できる。この情報を活用すれば、^{しゅんせつ}浚渫(浅くなった海底の土砂を取り除くこと)など港内の水深管理を効率良く実施することが可能となる。

漁業コミュニティとの協働は、海岸や漁港の管理(行政)と利用(漁業者)といった、とすれば対立しが



■図-2 沿岸漁業と協働した海底地形計測の特徴



■図-3 早朝の遠州灘で操業するシラス漁船

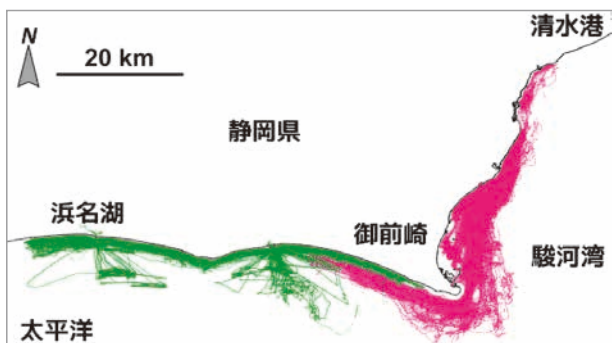
ちな従来の構図ではなく、地域の漁業者と行政が海岸環境を持続的に保全するための新たな姿を示すものである。当地の沿岸漁業の特色と海岸管理に必要な計測技術の要件が適合することで、総合的土砂管理におけるユニークかつ効果的なモニタリング手法を構築することができる。

漁船ビッグデータ研究の今後

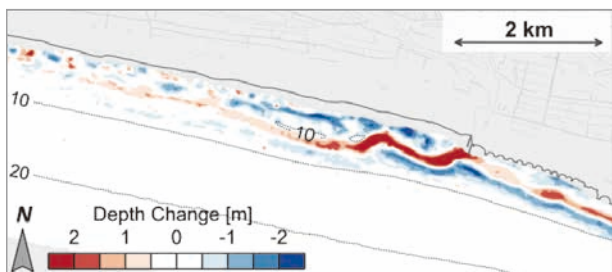
IoTの発展により漁船ビッグデータをリアルタイムに収集することが容易になってきた。港湾管理では、台風通過後の貨物船の入港判断において水深モニタリングのニーズがあり、データ収集や分析の速報性を高める必要がある。また、前述したような航路埋没のモニ

タリングは、漁船航行の素早い安全対策に結びつくため、漁業者からも漁船ビッグデータの収集・活用への期待が高まっている。

筆者らは、地形変化シミュレーションと漁船ビッグデータを同化し、海底の地形変化を精度良く予測する研究プロジェクトを2018年度より開始した。この手法により、海底地形の将来予測だけでなく、過去の地形データセットも充実させることができる。これを津波シミュレーションに利用すれば、防災力の高い海岸地形が明らかとなり、南海トラフ地震に備えることも可能となる。今後は環境面だけでなく防災面での活用にも注力していく。漁船ビッグデータだけでなく、さまざまな沿岸域の環境がビッグデータとなることで、日本だけでなく、世界各地の沿岸で環境保全や防災力の向上が加速的に進むことが期待される。



■ 図-4 遠州灘と駿河湾で操業する漁船の航跡。緑は2017年冬季に太平洋側で操業する漁船から、赤は2018年春季に駿河湾で操業する漁船から取得した



■ 図-5 2014～2016年にかけて生じた水深変化。灰色は陸地を含めたデータのない領域を示す

参考文献

- 1) 合田良實：海岸工学—その誕生と発展—, ISBN-13: 978-4-7655-1684-6 (2012).
- 2) Millie, D. F., Weckman, G. R., Young, W. A., Ivey, J. E., Fries, D. P., Ardjmand, E. and Fahnenstiel, G. L. : Coastal 'Big Data' and Nature-inspired Computation : Prediction Potentials, Uncertainties, and Knowledge Derivation of Neural Networks for an Algal Metric, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 125, pp. 57-67 (2013).
- 3) Holman, R. A. and Stanley, J. : The History and Technical Capabilities of Argus, Coastal Engineering, 54, pp.477-491 (2007).
- 4) 佐貫 宏, 竹森 涼, 田島芳満, 佐藤慎司: ビデオ映像と数値シミュレーションに基づく河川津波の氾濫解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 69(2), pp.I_196-200 (2013).
- 5) Yanagi, T. and Sanuki, T. : Variation in the Thermohaline Front at the Mouth of Tokyo Bay, Journal of the Oceanographical Society of Japan, 47(4), pp.105-110 (1991).
- 6) Smartfin Website : <https://smartfin.org/>
(2018年10月31日受付)

■ 岡辺拓巳 okabe@ace.tut.ac.jp

豊橋技術科学大学大学院工学研究科修士課程建設工学専攻修了。博士(工学)。2012年より豊橋技術科学大学大学院工学研究科助教。(国研) 防災科学技術研究所水・土砂防災研究部門客員研究員。