

世界に貢献する港湾空港技術

PARI

港湾空港技術研究所

VOL.60

JULY 2025

Airport

Technology

2 __ Front Line - 特集 -

海洋開発を支援する新たなインフラ技術
マルチビームデータクラウドの可能性

6 __ Focus On 研究活動の最前線へ

UEP（海中電界）センサを活用した電流密度計の開発
海洋鋼構造物に適用される電気防食システムの
検査省力化に挑む

AI ターミナルシステムとシミュレータの連携
コンテナターミナルオペレーションの
最適化を目指して

8 __ Close Up 現場からの報告

～広島港海岸江波地区での実例をもとに～
地震観測・常時微動観測における
ビッグデータ活用の可能性

10 __ Front People 研究者の広場 挑戦する研究者たち

港湾分野における機械工学出身の
研究者の役割とは

14 __ CROSS LINE 国際交流レポート

デンマークの洋上風力発電に関する
情報収集・現地調査に参加しました

15 __ TOPICS

港空研 TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）が
国土交通大臣表彰を受けました

松本さゆり港湾空港生産性向上技術センター副センター長が
海洋音響学会「業績賞」をダブル受賞しました

Port

今号の見どころはコチラ



スマートフォンでアクセス

海洋開発を支援する新たなインフラ技術

マルチビームデータクラウドの可能性

今号のテーマは、港湾におけるi-Construction（※1）・インフラDX（※2）に関する研究。

港湾インフラの整備・維持管理に、いままでに必要なのがDX技術の導入です。

本特集で注目するのは、2025年度より浚渫工事の起工測量において試験導入されることになった、

マルチビームソナーによる深淺測量データをクラウド処理する新システム。

研究開発の概要を、開発者である港空研 港湾空港生産性向上技術センターの

松本さゆり副センター長に取材するとともに、

各関係協会の方々にお集まりいただき、今後の展開への期待や要望などを伺いました。



全国浚渫業協会
技術委員(前 業務運営委員会委員長)
桐原弘幸さん
(京浜港湾工事株式会社 常勤顧問)



一般社団法人 日本埋立浚渫協会
技術部会 部会長
山下 徹さん
(五洋建設株式会社 土木部門 専門副本部長)



一般社団法人 海洋調査協会
鬼頭 毅さん
(海洋エンジニアリング株式会社
代表取締役社長)



一般社団法人 日本埋立浚渫協会
ICT-WG リーダー
加藤直幸さん
(東洋建設株式会社 土木事業本部
新規事業推進部 部長)



一般社団法人 日本潜水協会
会長
高橋 宏さん
(三国屋建設株式会社 代表取締役社長)



港湾空港技術研究所
港湾空港生産性向上技術センター
松本さゆり 副センター長

※1 測量から設計、施工、検査、維持管理に至る全事業プロセスでICT（情報通信技術）を活用し、生産性向上を図ることを目指した、国交省の取り組み。
※2 DXはデジタルトランスフォーメーションの略。デジタル技術を活用することで業務効率化や改善を図り、社会全体を変革する取り組み。デジタル改革。

作業にかかる時間が 飛躍的に短縮

海底地形の3次元深浅測量を効率的に行える音響観測機器、マルチビームソナーが、浚渫工事の出来形検査で使用されるようになったのは2020年。その後、適用工種の拡大がさまざまな検討され、導入は年々増加の方向にあるといえます。

松本「時代とともに半導体技術が躍進し、マルチビームソナーに搭載される半導体も時流に乗って、データ量は膨大に。解析するPC技術も向上しているので、とにかくデータをたくさん取ろうという流れですね。ただ、そうすると、高精細な画像が得られるというメリットの一方で、解析にかかる時間や労力の負荷が甚だしく大きいというデメリットも生じます」

船上でマルチビームソナーの装置を取り付けデータを収録。電子媒体にコピーして持ち帰ったデータを解析し、結果を出す、というのが従来の手法。ノイズ除去などに多くの時間をとられ、面積にもよるものの、解析時間だけで最短でも2、3日。データ収録から一連の作業を終えるまで、およそ2週間もかかるのだとか。

松本「この時間を短縮するために開発したのがマルチビームデータクラウド(AIMS:Acoustic IMaging or Survey cloud)です。測量自体は従来通りマルチビームソナーを船に取り付けて行いますが、そのデータは、船からクラウドに逐次アップ

が可能。クラウド上に準備された解析ソフトがリアルタイムで解析を行い、船上にいながらビジュアルで概略を確認できるシステムになっています。事務所等で後処理を行う場合も、データは既にクラウド上にアップされていますから、インターネットを使ってPCからアクセスするだけです。解析フローが準備されているので、収録したデータを指定して、開始ボタンを押せば、自動的に作図まで。もちろん、データを普通にロードし、後処理にだけシステムを

使うこともできます。どちらでも、いかようにも使っていたただける内容になっています」
港空研で独自開発したA-ノイズ除去機能を搭載することで、解析にかかる時間も大幅短縮。
松本「従来の手法で2.5日かかっていた解析が、AIMSでは10分で終わったという実績があるんですよ。AIMSによる水深値と従来法の平均差分は、2〜3cm程度に収まることは確認できています」
このAIMSの開発は、海洋音響学会の2024年度業績賞を受賞し

ています(※3)。

ケースバイケースで使える 3段階の処理システム

研究開発環境のクラウドは引き続きAIMSの名称ですが、国土技術政策総合研究所(国総研)のクラウドサーバーに移設して運用向けに準備されたものに関しては「マルチビームデータクラウド処理システム(MBC)」という名称に。2024年度には複数回の試験工事が実施され、

2025年6月1日より、全国の浚渫工事の起工測量で試行工事に使用されます。

松本「例えば、測量しながらリアルタイムで状況確認をする、といった使い方もできるでしょう。この一番シンプルなりリアルタイム処理機能は即時的に測量状況確認を行うものですがA-ノイズ除去機能の適用ができます。データ収録後に本格的に解析を行う後処理機能の他に、音波8探信毎にA-ノイズ除去機能を含む解析を行う、インスタント処理機能も用意しました。3段階で結果が示

AIMS船上処理システム

- ・MBES、GNSS、IMUデータ受信
- ・上記データの収録
- ・同データの逐次送信
- リアルタイムモード:生データ送信
- 準リアルタイムモード:点群データ送信
- ・通信途絶時のデータ補填

AIMSリアルタイム処理システム

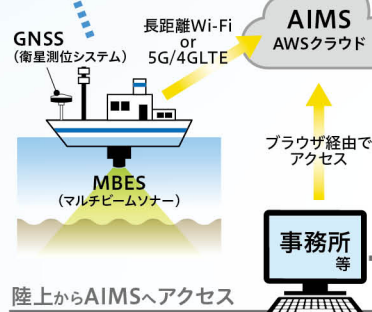
- ・リアルタイムモードのデータ(生データ)受信
- ・準リアルタイムモードのデータ(点群データ)受信
- ・上記データの保存
- ・解析～図化まで、自動化
- ・AIノイズ除去機能により、ノイズ除去自動化
- ・点群データの2D・3D表示

1-2秒程度の遅延で図化

AIMS後処理システム

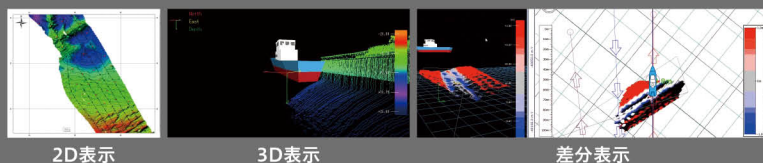
- ・AIMS上のマルチビームデータ
- ・解析～図化まで、自動化&高速化
- ・AIノイズ除去機能により、ノイズ除去自動化
- ・CUBE処理搭載
- ・手動ノイズ処理
- ・ICT浚渫、数量計算、出来形管理対応
- ・上記データの保存

解析時間1/120で図化

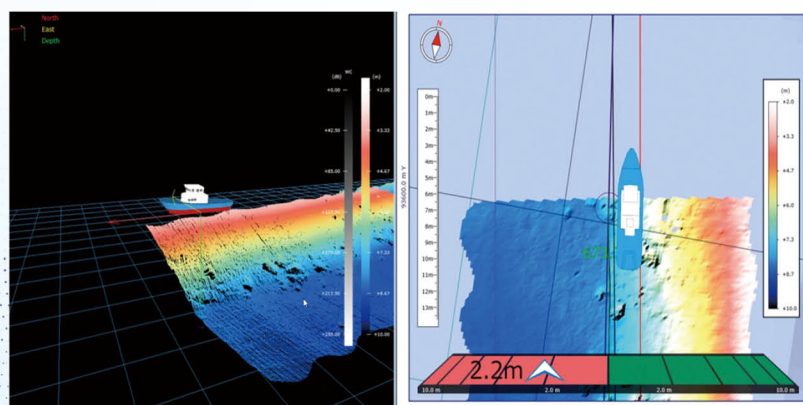


陸上からAIMSへアクセス

- ・要ログイン、パスワード
- ・AIMSリアルタイム処理システム:AIMS上の仮想ウィンドウ画面をリモートで閲覧可
- ・AIMS後処理システム:AIMSの後処理ソフトウェアで解析、図化



マルチビームデータクラウド(AIMS:Acoustic IMaging or Survey cloud)の概要図



AIMSの船上処理システムとリアルタイム処理システムを使用した計測事例
(マルチビームソナーで測量を実施中に、陸上のPCに表示された水深のカラーコンタ図。
左:俯瞰図、右:上面図)

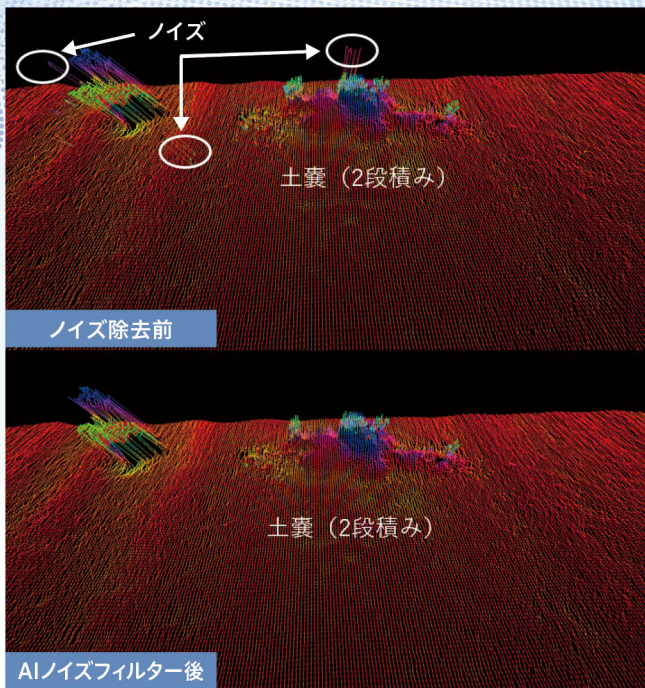
※3 同じく松本副センター長による「音響灯台方式による高精度水中測位システム」とのダブル受賞。(本誌15ページ参照)

せる形になっていたので、適宜、ケースバイケースで使っていただけだとは思っています。一番シンプルなりアルタイム処理機能は、例えば測量開始前や測量中にデータ取得状況の確認をするイメージ。インスタント処理機能は、精査しなくてもいいけれどすぐに解析結果が見たいというケース、例えば災害対応などで活躍するイメージ。日々の施工管理などにも役立つのではないだろうか」

災害時の活用にも期待

山下「実は、試行工事で実際にマルチビームクラウドを使っていたくつかの現場にヒアリングしてみたんです。そうしたら、システムを動かす

にあたっては、専門性のある方ではないと難しいという意見もありました。最終的にはボタン一つで、誰でもデータをクラウドに転送できるようになるのかどうか。いまはまだ過渡期と捉えているのではありませんか？」
松本「過渡期ですね。実は今回の試行工事で明らかになったこともいろいろあって。マルチビームソナーの機種と収録ソフトウェアの組み合わせによって、データ収録の仕方やデータ形式が違ったりして、一番最初のデータアップロードのところでつまづくケースが多かったんです。そのケアをきちんとしようということ、いまマニュアルの整備をしているところ。ビデオを作るなどして、よりわかりやすい導入のスタイルを用意しようとしています」



マルチビームソナー測量+ AIMS による AI ノイズ除去の解析事例

鬼頭「リアルタイム処理のオペレーターは、現地でもリモートでできるんですよ。なら、例えば災害時、業務艇はあってもマルチビームソナーは付いている、技術者は現地に行かれないけど船長はいる、といったような場合にも使えますね」
松本「そうですね。あと、現場に技術者が行くとしても、測量したデータが逐次クラウドに上がっていったら、技術者が測量場所から港へ戻る間に、現場に行っていない技術者に解析を進めてもらいうこともできる。能登半島地震のときそれができたら、どれだけラクだったろうという声もいただきました」

桐原「災害時の通信は衛星を使わないとだめでしょうね」
松本「そうですね、スターリンク

(※4)などの衛星通信の利用が必要ですよ。ただ、マルチビームクラウドのシステムには、現段階では含まれていません。このシステムは災害時に有効との認識はあるものの、具体的な使い方については決まっていないんです。ただ港湾局とは、実際に災害が起きてから考えるのでは遅いので、こういう想定ならこういう使い方ができるといったシナリオを作って、みなさんと議論したほうがいいんじゃないかという話をしています」

新しい使い方を模索

松本「リモートの話が出ましたが、さらにもうちょっと進んで、リモコ

ンボートの利用というケースも十分考えられるのかなと思っています。リモコンボートやROV(※5)に取り付けて測量しようという話ですね。既にお声掛けはいただいています。そういった周辺技術を使って、より新しい使い方を模索していく、そういうストーリーもあるんじゃないかと」

鬼頭「リモコンボートは、いま弊社でも運用していますけど、基本は東京の事務所がハイエースの中でオペレートしているので、たぶん、すぐできると思いますよ」
松本「なるほど、リモートで動かし

ているということは通信機能は持っているわけですね。リモコンボートを使うメリットは何ですか？」
鬼頭「一番大きいのは、事故があったても人身事故にならないということです。海洋調査協会からすると、測量船が要らなくなるのでは困りますけどね」
松本「必要に応じて、ですよ。ど

うしても人が行けない場所、行きづらい場所もありますから。潜水協会さんにとってはどうですか？」
高橋「潜水士が直接このクラウド処理を使用することはないかもしれませんが、今後間接的に関係してくると思います。潜水作業はどのように活用できるのかを考える場にしたいと思っています。今日は参加しました。マルチビームで測ったデータと、潜水士が実際に水中で行う作業が、協働することが私の描くイメージです」

松本「広範囲で状況把握するのはマルチビームに任せて、ピンポイント

でやっぱり人が行かないと、という場所では、潜水士さんが水中で作業するという感じでしょうか。リモコンボートとか小型のもので、潜水士さんも現場で測ることができると、作業環境の把握という意味で有利かなと思います」

高橋「とくに基礎工の捨石など、自分たちが投げた石の状況が、早いタイミングで広範囲で図化できると、均し作業が円滑になり、そこで生産性が高まっていく可能性があります」

山下「いまは人手不足だから、そういう効率上がるほうを潜水士のみなさんが望んでいるということでは？」
高橋「潜水士は比較的ベテランの方が多いので、熟練した技術をもとに作業を行っています。若い潜水士の方々が、新しい情報技術を取り入れることによって、ベテラン潜水士でなければできなかった作業を代わって行うことができれば、効率が上がって、若手潜水士の価値も高まるでしょうね」

人材育成の契機にも

山下「建設業全体として、若い人を呼び込むには苦労していますが、こういうICT関係とかは、たぶん若者の興味を引くはず。そういう材料としてもどんどん使って、注目度を上げていくことが大事なのかなと思います」

加藤「これを機に、DXということとやり方まで全部変えてしまおうか、そういうことをやっていかないと

※4 低軌道周回衛星を活用した高速インターネットサービス。高速かつ低遅延のデータ通信を実現し、ネット未接続の地域や災害時にも利用できる。

※5 遠隔操作で動くカメラ搭載の水中ロボット。



と。例えば測量業務なら、従来は船を借りて機材を取り付けることから始まって、走行中は機材を上げて、現地に着いたら機材を下ろして測り、また上げて帰ってくる。そういうのではなくて、鬼頭さんがおっしゃるように、リモコンボートをトラックで運んで行って下ろすだけ。あとは遠隔操作で測って、処理はA-1が行うというようなイメージを伝えれば、若者だって、やってみようと思うんじゃないかな。DXのX(変革)を、みんなで考えたらいいんじゃないでしょうか」

松本「じゃあ、コンテスト企画とかもあり得ますかね。例えば『このA-1MSを使って素敵なプロジェクトを募集します!』とか、そういうのを私が投げかけて、一定期間システムを開放してトライアルをしていたら、成果を取りまとめて公表していただく……みたいな。そうしたら、みなさん関心を持って参加していただけたらするんじゃないか」

高橋「いいですね。おっしゃるとおり触れる機会があれば、便利さは理解できません」

松本「まず触ってみて、よさをわかっていたら。できればなるべく若手の方に参加していただいて、口コミで広めてもらうとか。それ楽しそうですね。楽しいことをやったほうがいいですよ!」

山下「普段見えない海底が見えるって、絶対に面白いはずですからね」
松本「使ってくれるのを待ってるだけでは、たぶん誰も使えないし、使わない。それではもったいないので、

ちょっと試して使ってもらえるような企画を考えてみますね。学びもあり、遊び心もあり、経験もできて、ネットワークにもなるような」
加藤「このマルチビームクラウドのシステムを、そこでブラッシュアップするとかね」

松本「きっと使うというんな意見が出てくると思うので、それを集約できるといい機会になれば、こちらとしてもありがたいです」

さらなる 省力・省人化に向けて

桐原「いまネットに上がっている写真で判定するシステムとか、そういうのを全部A-1MSと組み合わせると、本当の自動化になると思う。それを進めてほしいんですよ。浚渫後すぐ判定して、出来形をマルチクラウドで測って、さらに衛星測位システムとも合体させられれば、あとは機械的な自動化だけです。それと、ぜひとも日本製のマルチビームソナーを出してほしい。やっぱり自国のものがないのはまずいんじゃないかな。メーカーが国内なら修理が必要なきも安心だし、業者も買いやすくなると思います」

鬼頭「自動化の波は止められないし、建設や潜水の方と同じように、測量調査船に乗って仕事をする人が少なくなっているのは確か。うまく使って、どうやって安全に省人化していくかというところを、あらためて考えなければと思いました」

高橋「今日お話を聞いていて、このようなデータ処理技術が生まれたことで、現場管理時間の改善ばかりでなく、さまざまな活用方法が生まれてくるのではないかと可能性を感じました。時間をかけて取得していた情報が短時間で入手でき、若い人にも響く魅力ある仕事に繋がっていくそうだという期待感も持いました」
加藤「測るところが省人化できても、出来形として評価するところが省人化できなければ意味がない。そのためには機械の精度もそうですが、制度も変えていく必要が出てくるでしょう。そういったところまで、今後みなさんと一緒に議論していければと思いますね」

松本「まずはみなさんがラクに、欲しい結果にアクセスできるというところを目指してこの技術を作ったので、受け入れていただけたらいいですね。それから、新しい使い方がこれから出てくるんじゃないかというのも、本当にそのとおりだと思っています。浚渫で使うというところに対してはきちんと答えが出ているけれど、横展開していくような、まだまだ多くの可能性を秘めているということを、実際に現場にいらつしやるみなさんからコメントをいただけて再認識できました。あと、やはり人材育成とか、新しく入ってくる人に向けてのPRということに関しては、まだ全然アクションが足りていなかった。技術ができて終わり。じゃない。ここからまた、みなさんと手を携えて頑張っていきたいと思っています」



UEP（海中電界）センサを活用した電流密度計の開発

海洋鋼構造物に適用される電気防食システムの検査省力化に挑む

近年着々と導入が進む洋上風力発電施設。その支持構造物のうち鋼製浮体に対して、防食システムの検査方法をいかに省力化するか課題に。現在、うみそら研・東京理科大学・島津製作所の三者が共同で開発を進めているのが、UEP センサを活用した検査方法です。東京理科大学の研究室を訪ね、開発のキーマンである橋本永手さんと構造研究領域の山路 徹領域長の二人に、研究のあらましと、今後の展望取材しました。



東京理科大学
創域理工学部 社会基盤工学科
講師 橋本永手さん
(港湾空港技術研究所 構造研究領域 客員研究員)

港湾空港技術研究所
構造研究領域
山路 徹 領域長
(材料研究グループ長)

電気防食とは、鋼材に微弱な電流を流し続けることで腐食反応を抑制する方法。海洋鋼構造物の電気防食工法においては、防食電流密度は初期値100 mA（ミリアンペア）/m²（清浄海域の場合）で設計され、時間が経過すると50%程度に減少して定常値になるのだとか。

橋本「維持管理のためには、海中での電流の動きを測る必要がある。それは前々から思っていたことですが、そういう計器は存在しなかったんです」

山路「最初、海技研（海上技術安全研究所）が、浮体式洋上風力発電施設の検査にUEPセンサが使えないかということで、島津製作所と連携して研究を始めていたんです。で、われわれも雑談の中でそんな話を聞いて、いまは港空研も加わり『うみそら研』として、橋本さんのいる東京理科大学も含めた三者で連携して進めています」

橋本「そのUEPセンサというものを使うと、すごく微小な電位差も測定できると海技研の人から聞いて、これはわれわれが取り組んでいる電気防食の研究とマッチングできそうだなと。最初はちよっとお邪魔するくらいの気持ちでいたんですけど、面白そうなので、ガッツリ食いついちゃった感じです（笑）」

おそらく世界初となる実構造物での電流密度分布の測定

電気化学の分野では、電圧というのはmV（ミリボルト）くらいの単位で測定するのが一般的。橋本「それがUEPセンサだと、1000倍精度がいい。μV（マイクロボルト）くらいまで測れるので、これまで電気化学分野の常識では測定できなかったさまざまな現象が捉えられるというのが、UEPを使う一番のメリットです」

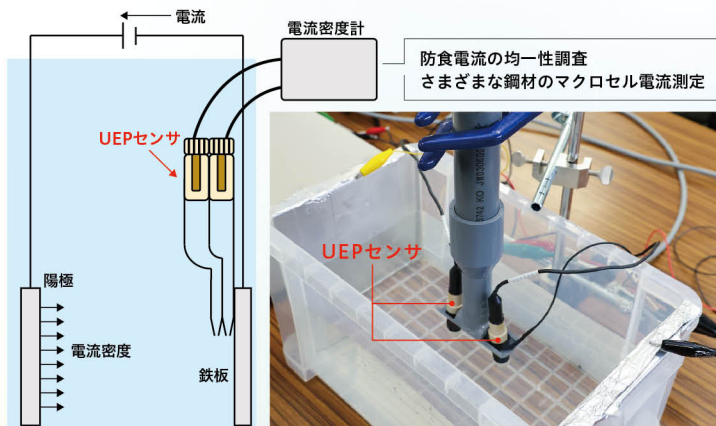
当初から、このセンサを使えば電位差自体の測定は可能。

橋本「ただ、電気化学として興味があるのは電位差だけでなく、やっぱり電流密度。鋼材があるとしたら、そこに単位面積あたりどれほどの電流が入り込んでいるかを知りたいわけです。それは電流であって電位差ではないという

ことで、変換が必要に。その変換方法を開発した、というのがまず一つ。さらに、そのアイデアを試したとき問題となったのが、時間経過とともに電位にずれが生じてしまうというUEPセンサの特性。これに対しては、いまだぐらいい動いてしまったかを把握し補正する技術も開発しました。で、実際に電気防食の現場に行って測ってみたい、というところが現在地。深度方向に測ってみると、電流が鋼管杭に対してある程度均一に入っている様子がしっかり測定できたんです。僕の知る限りでは、実構造物で電流密度分布を測ったケースというのは、世界でもこれが初めてなんじゃないかと思っています」

山路「通常この手の測定って、実構造物と測定器を線で繋いで導通を確保してから、もう一つの計測用センサを構造物に近づけたり離したりして測るという形になるんですけど、UEPだと導通をとらずに測れるというのもメリット。センサだけを構造物に近づければいいんです」

橋本「だからたぶん、ROVにも載せやすくなる



UEPセンサによる電流密度測定方法の概要

海中を再現した試験の様子

りますね。あと、鋼材の電流密度が測れると、消耗速度とかもわかるはずなので、現時点の防食性能の評価だけでなく、もう一歩進めて、寿命予測の高度化にも役立てられるんじゃないかなと思っています」

山路「電気防食用の流電陽極の消耗量の調査をする場合も、いまだと潜水士さんが潜って、付着している牡蠣殻などを落としてから寸法を測るしかない。港湾に近い場所なら人が現地に行くことは比較的簡単ですけど、沖合にある浮体式洋上風力発電施設ともなると、現地に人が行くのも大変なので、ROV等を使って検査することが基本になるでしょう。ROVに載せる前提でいろんな測定ができそうなので、可能性を感じますね」

維持管理にとどまらない新たな展開にも期待

電流密度が高いほど電流防食が効いている、などという単純な話ではないのが、難しいところ。

橋本「きちんと電気防食ができていっていると、徐々に必要な電流は小さくなっていくんですけど、ただ、それが最初から小さいと、そもそも電気防食できていないということになってしまいます。流れている電流で電気防食の良し悪しを判断するのは難しいんですけど、そこも研究したいところですね」

山路「実構造物で電流密度を調べる方法ができたら、電気防食の設計手法も高度化できそうです」

橋本「いまは、やっと測れるようになったというスタート地点。ここからいろいろ考えていきたい」

山路「この研究は、海技研との連携がなかったら生まれなかった。うみそら研として一緒にあったメリットが生きたと思いますね」

橋本「姉妹研究所みたいなポジショニングがいいですね。私は港空研に丸3年在籍して、2024年度から大学に戻ったわけですが、とくに、いろんな分野に関わっていきたい私みたいなタイプの研究者には、この体制はびたつとはまった。そのおかげというのは、すごくあると思います」

コンテナターミナルオペレーションの最適化を目指して

世界中の港湾が、労働環境の改善や、より効率的なオペレーションを目指して、デジタル化・自動化に向かうなか、日本の港湾でもさまざまな施策が打ち出されています。

「その一つが、国交省が取り組んでいる『ヒトを支援するAターミナル』。AーIoT（※1）の技術を活用して、港湾の生産性や労働環境を向上させようという施策です。その一環として、Aーを使ったコンテナ蔵置場所の最適化システムが開発されています」と、犬塚秀世主任研究官。

当該システムはひととおり完成しており、実際の現場に適用した場合にどのくらいの効果があるのか、という問題が発生し得るのかといったことを、これから定量的に評価していく段階にあるのだとか。

「港空研ではかねてよりコンテナターミナルのシミュレータ（※2）を開発して、ターミナル内のレイアウトや運用を仮想的に再現し、解析を実施してきました。そのシミュレータを、国交省が開発したAターミナルシステムと組み合わせることで、システムの効果を確認・評価するといった研究に取り組んでいるところです」

単にAーシステムの効果を検証するだけでなく、シミュレーションの結果を実際のオペレーションの参考に

してもらったことも狙いだといいます。

「シミュレーションと修正を重ねることで、より効果的な、より効率のいいオペレーションを、ある程度確定させられたらと。ゆくゆくは、実際のコンテナターミナルを舞台に、そのシミュレーションを使ったオペレーション支援をやっていければと考えています」

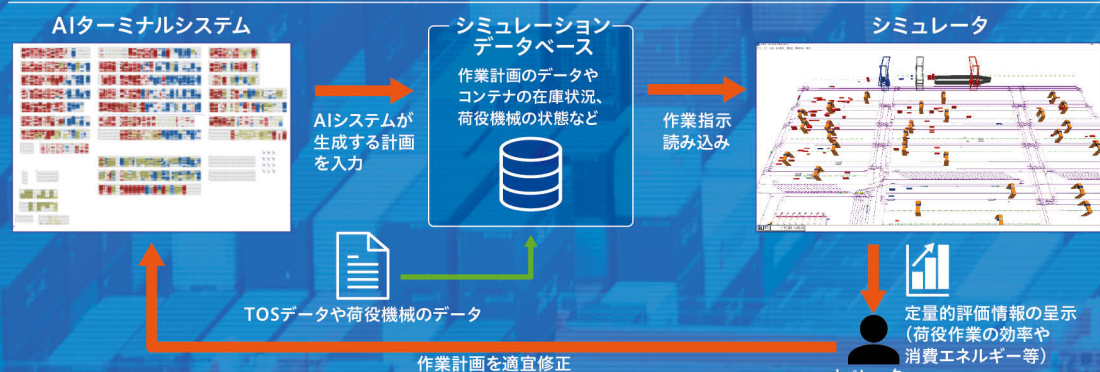
ターミナル運用に関するより詳細なデータ入手が課題に

Aターミナルシステムとシミュレータの連携には、まだ技術的な課題も。



インフラDX研究領域
サイバーフィジカル研究グループ
犬塚秀世 主任研究官

AIターミナルシステムとシミュレータの連携



2010年以降、世界の港湾は「スマートポート」を標榜し、自動化、環境負荷低減、デジタル化に向けて、進化を続けています。国際競争力の維持・強化のために、日本の港湾においてもスマート化は必須。頼みとする熟練者の将来的な減少など、深刻な人手不足も課題となるなか、AIなど情報技術による支援ツールやソリューションの開発は急務です。コンテナターミナル運用における多様な意思決定をサポートするシステムの研究開発や評価に取り組む、犬塚秀世主任研究官に取材しました。

「二つのシステムの間をどう繋いで情報を連携させるか。データベースを使うなど方法はいろいろありますが、実際のコンテナターミナルにおいてもリアルタイムで情報を正しく共有して、しっかりとシミュレーションが動くような、信頼性の高いシステムを作るといのがなかなか難しく。あと、そもそもシミュレーションが現実のオペレーションをどれだけ正確に再現しているかという問題もあります。いま結果をみていくと、現実のほうが運用の効率が高かったりする。おそらく型にはまったシミュレーションのロジックではうまくいかないようなところも、実際のオペレーションでは、現場の人が工夫して回しているのでしょう。シミュレーションの精度を検証し、その向上に取り組むことが重要です」

そのためには、実際のコンテナターミナルオペレーションに関する詳細かつ長期間のデータが必要。実はこれが大きな課題。「おもに現在稼働しているTOS（ターミナル・オペレーション・システム）のデータを使っているのですが、そのデータは限定的で、これだけでは実際のオペレーションの詳細を十分に把握できません。そこで鍵になるのがIoTデバイスの活用。私たち

がいま取り組んでいるのは、コンテナクレーンの制御信号データを取得し、さまざまな分析を行うこと。より正確な情報が得られますし、例えばクレーンの消費エネルギーの特性を分析することで、シミュレーションのアウトプットのひとつとして詳細な消費エネルギー予測を出すといったことも、今後可能になると思います」

まず現場を深く知り
支援システムの開発に繋げる

日本の港湾は、熟練者の判断によって高い生産性を維持してきたという特長があります。「なのでやはり、まずは地道にターミナルに通い、彼らがどういう考え方でオペレーションしているかをきちんと調べないと。手段としては、聞き込みはもちろん、定点カメラなどを使って情報収集するということも考えられるでしょう。その上で機械学習を使う必要があるのかもしれませんが、技術が先にあるというより、まず現場を知ることが大事だと考えています」

サイバーフィジカル研究グループという名称は、近年注目を集めているサイバーフィジカルシステム（※3）から。「コンテナターミナルのオペレーションにおいても、私は将来的にそこを目指したい。実際のターミナルから収集した情報をもとに、サイバー空間にそのターミナルを再現して、その中で最適なオペレーションを計算したうえで、その結果をもってフィジカルのコンテナターミナルを制御できるような、そんなシステムを、いつか実現させたいです」

※1 Internet of Thingsの略。モノのインターネット。さまざまなモノに通信機能を持たせ、インターネットを経由してモノ同士が通信、データ収集などを行う仕組みのこと。
※2 物流シミュレーションソフト「AutoMod®」をカスタマイズしたもの。3Dでコンテナターミナルの様子を再現、確認することができる。
※3 現実世界（フィジカル）で収集した多様なデータを仮想空間（サイバー）に取り込み、分析・解析した結果を現実世界にフィードバックすることで、最適化を図る仕組みのこと。CPS。

～広島港海岸江波地区での実例をもとに～

地震観測・常時微動観測におけるビッグデータ活用の可能性

全国の港湾では、港湾地域強震観測（※1）などの整備により膨大な数の地震観測データや、各港湾のサイト増幅特性（※2）を把握するための常時微動観測（※3）データが蓄積されています。今回は、ビッグデータ研究グループの菅原法城主任研究官とともに広島港湾空港技術調査事務所（広島技調）を訪ね、広島港でのデータ活用の事例や、将来的な可能性などについて、細川浩志調査課長と北浦直子技術開発課長にお話を伺いました。



国土交通省 中国地方整備局
広島港湾空港技術調査事務所
調査課長
細川浩志さん



国土交通省 中国地方整備局
広島港湾空港技術調査事務所
技術開発課長
北浦直子さん



港湾空港技術研究所
インフラDX研究領域
ビッグデータ研究グループ
菅原法城 主任研究官

過去のデータの活用により 経済的な設計に見直し

地震観測や常時微動観測で得られた膨大な記録はまさにビッグデータであり、サイト増幅特性の把握や各港湾のサイト増幅特性のゾーニングマップの作成、強震動予測に用いる位相波としての利用などで実務設計に活用されるほか、地震発生後に港湾施設を復旧させるための設計などにも用いられます。さらに、これらのデータに基づいて作成されたサイト増幅特性のゾーニングマップは、施設配置などの計画段階にも活用できるとされています。

菅原「港空研では地震動研究グループを中心に港湾地域強震観測網の運営を行い、私が所属するビッグデータ研究グループも連携して強震観測記録のデータを活用する研究に取り組んでいます。整備局の現場担当者と一緒に連絡を取り合いながら業務を進めるなかで、先進的な取り組みやデータ活用の優良事例について知ることもしばしばです。広島港での近年の事例があれば教えてくださいませんか」

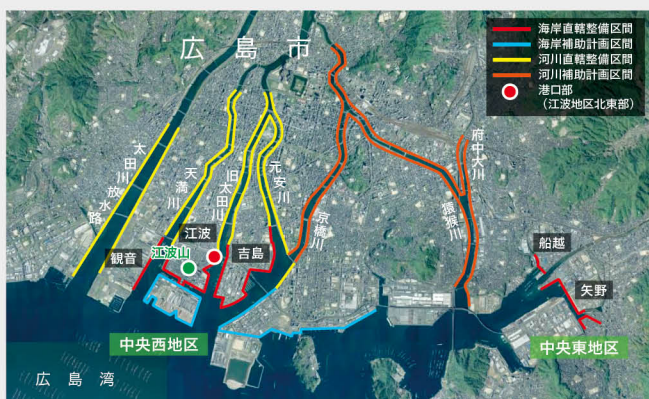
細川「広島港海岸の江波地区北東部護岸では、昨年、過去に実施した観測データをもとに新たに常時微動観測を行い、サイト増幅特性の見直しを行った結果、当初の整備計画よりも経済的な設計を行うことができました」

広島港海岸は、南向きで地盤高も低いことから、たびたび高潮の被害を受けています。また、太田川のデルタ地域に発達した市街地は、埋立などによって発展しており、地震に対して脆弱な地域。高潮による浸水や大規模地震後の液状化、それに伴う堤体変状、さらには津波による被害の軽減を図

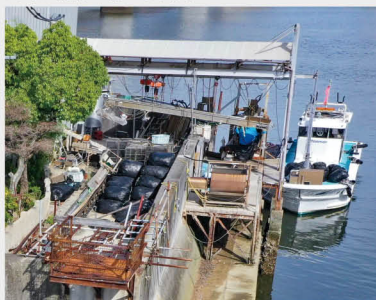
るため、護岸や堤防の嵩上げなどを行う改良整備が2005（平成17）年から進められてきました。

整備区間の総延長は12・7km。これまで強震観測や常時微動観測に基づいて地震動が設定され、整備が進められてきました。このうち、江波地区北東部では平成元年頃に整備した護岸があり、大規模地震時に矢板基礎の安定性が確保できないことから矢板の前面の地盤改良が計画されていました。しかし、護岸をまたいで水産加工会社があるため夏場の期間しか施工できず、また港口部付近は水域が狭小なことから施工が困難となっていたといいます。

北浦「当初の計画では、水産加工会社前面の基礎地盤も改良しなければなりませんでしたが。そこには水揚げ作業専用のホイストクレーンもあり、夏場以外は常に稼働している状態。なるべく地元の方の生業を邪魔しないよう



広島港海岸整備の概要図



江波北東部・港口部の水産加工会社に設置されたホイストクレーン

にいうのもあって、設計を見直すことになったんです」

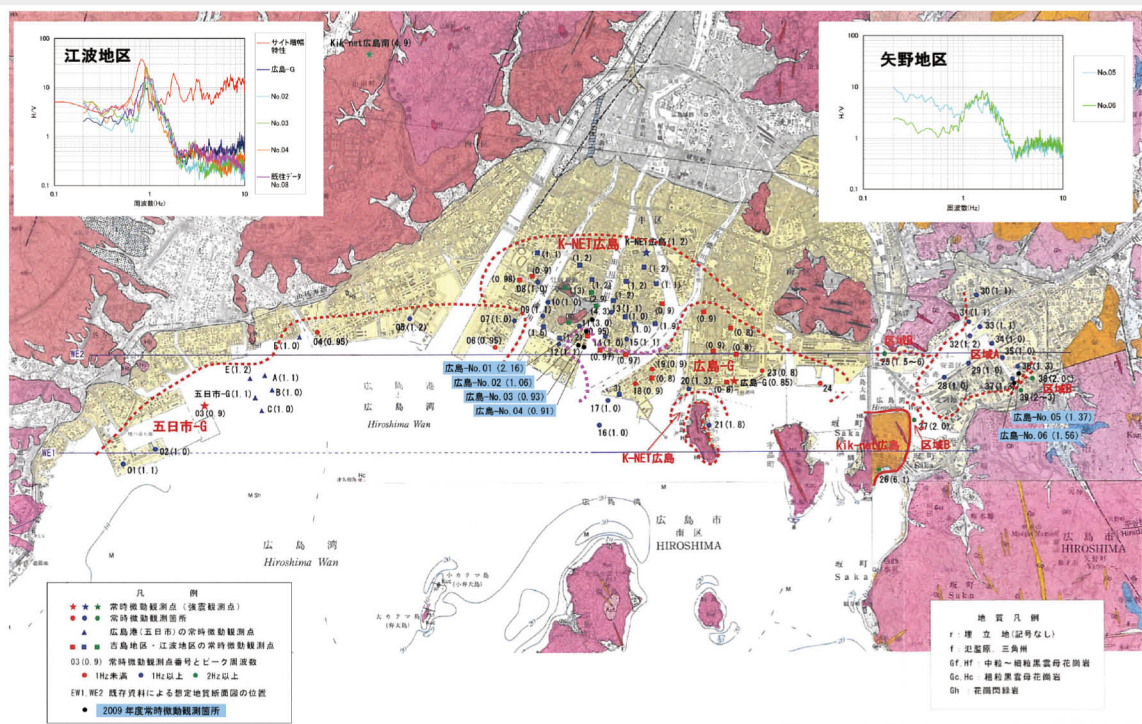
広島港の常時微動観測の記録を遡ると、初めて行われたのは2007（平成19）年の観測。

細川「当時の私たちにまだ常時微動観測の知見が乏しく、全整備延長が長いこともあり費用と時間を考え、約300～500m間隔で実施しました」

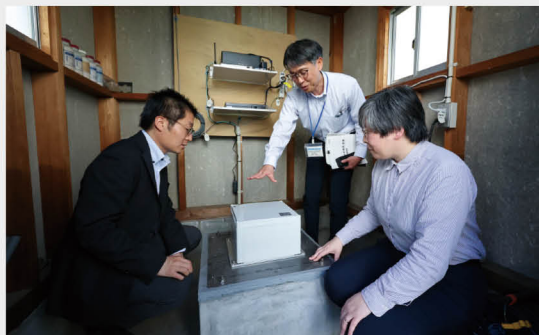
その後、2009（平成21）年に行われた江波地区の臨時の地震観測による地震動データ収集・整理と設計地震動の検討では、近隣にあつて岩盤が露頭している江波山が観測値に影響している可能性があることや、海側から江波山に向かって急激に基盤が浅くなっていることがわかったといえます。さらに、臨時観測点付近は基盤構造の急変部にあたり、地震動は海側の深い構造と陸側の浅い構造の両方の影響を受けていることが考えられるという結果が報告されました。これを受け2010（平成22）年に、広島技調でさらに臨時の地震観測点を追加して地震動を設定し、改良設計を実施。そして、該当箇所の整備に差し加った昨年、過去のデータをもとに現在の知見で設計見直しの余地があるか検討を行うため、同地区の複雑な地盤構

※1 港空研の前身である運輸省港湾技術研究所が中心となり1962年に開始した全国の港湾の地震観測。現在は全国70の港湾の167地点で観測が行われている。
<https://www.eq.pari.go.jp/kyosin/>

※2 堆積層によって地震波が増幅される度合を周波数ごとに示したもの。地盤の構造や性質によって、地震の揺れが大きくなるかどうかを測る指標。地震観測より簡便な観測が可能。国土技術政策総合研究所（国総研）港湾施設研究室のホームページで全国各港の情報が公開されている。



常時微動観測の実施状況 広島港全体をゾーニングした図。(2010年時)★は常時微動観測点と強震観測点、●▲■は常時微動観測点。ピンク色とオレンジ色は硬い土地、灰色は江戸時代の干拓地、黄色は明治以降の埋立地を表す。



広島港湾・空港整備事務所敷地内に設置された地震計

成や該当箇所が比較的江波山に近いことに着目し、過去の常時微動観測結果を全て確認・分析したところ、周囲より少しピーク周波数が高い箇所(基盤が浅く固い箇所)が断片的に存在する可能性が出てきたといえます。

北浦「このデータを参考に港空研の野津特別研究主幹(地盤・構造研究担当)に相談をしたら、『この範囲ならもう少し狭い間隔で常時微動を観測して細かくゾーニングすれば、経済的な改良断面にできるかもしれない』というアドバイスをいただいた。その結果、計画していた地盤改良を断片的にしないで護岸の改良が可能になったことがわかり、現場の負担もかなり減りました。過去のデータがなければ気づけなかったと思います」

菅原「2010年当時の設計が今回見直したもので安全側になされていたのは、いまよりも情報が少なかったからかもしれないですね。インフラ施設は安全性が重要なので、地盤の震動特性などの詳細な情報がない中で設

計しようとする、どうしてもわかっていない情報の中で安全側に設計するしかなかったのだと思います。今回は、新たに明らかにしたその土地の特性に合わせて地震動を設定したことにより、もつと経済的な設計ができたということだと思います。現場と研究所が連携し、データが活用された非常に良い事例だと思います」

北浦「地方自治体で整備される港でもレベル1、2地震動(※4)やサイト増幅特性などを取り入れることが前提になっています。国総研のホームページに公開されている情報を見た方から、過去の常時微動観測データについて問い合わせをいただくこともあって、データは腐らないといいますが、何年も前の観測結果にいまもニーズがあり、実際の設計に活かされているというのは驚きですし、ありがたいなと思います」

現場のニーズに応えるためにデータ活用の将来的な可能性

細川「今回の件で、とくに護岸や臨港道路など延長の長い施設の整備において、地震に強く、かつ過大にならない最適な設計を行うためには、精緻なゾーニングが重要だということがわかりました。ただ、ゾーンの境目をどこに設定するかは非常に難しく、設計コンサルさんでもなかなか判断できないところがあります」

菅原「他の整備局からもそういった相談は多いです。ゾーニングマップを作成する段階でも、実際の設計や施工のときに困らないというような視点を含めることも非常に重要だと感じています。また昨今は、地震動以外にも波浪や地盤の情報、施設の劣化や海洋環境の

情報などもあり、今後さらに蓄積されていくと思いますが、そういったデータの蓄積・活用に関して、現場ニーズや港空研へ期待することはありますか」

細川「中国地方整備局もA-1の活用を検討し始めたところなので、そのあたりも協力をいただけたらと考えています」

菅原「最近ビッグデータやAIなどのムーブメントもあり、データを溜める技術はずっと進んでいます。重要なのはそれをうまく使うこと。今後は単に溜めるだけではなく、溜めたデータをうまく活かすツールや、溜めた情報量をそのまま活かすみたいなこともますます重要になってくると思います。港空研は地震動だけでなく地盤、コンクリートなどの材料、波浪、海洋環境などといった広い分野の研究者がいて各々データを持っているので、そうした多岐にわたる分野とも連携しながら進めていけたらと思います」

北浦「公開されていない空港の情報も得られるようになるのではないかと思います。昨年の能登半島地震の際、能登空港では盛土で造られた箇所が大きな被害を受けました。広島空港も盛土で造られているので、能登半島地震クラスの地震が発生した際に持つかどうかの確認をしたいと考えています。また、広島は土砂災害の多い土地なので、例えば豪雨の後に地震が起きた場合はどうなのか、複合的な災害についてもアドバイスをいただけたらと思っています」

※3 風や波、交通機関などの影響で常に地盤に生じている微小な振動(常時微動)の観測。

※4 レベル1地震動: 構造物の設計で考慮される地震動のうち、構造物供用期間中に発生する可能性が高く、レベル2地震動よりは小さい地震動。
レベル2地震動: 構造物の設計で考慮される地震動のうち、対象地点で想定される最大クラスの地震動。

港湾分野における 機械工学出身の 研究者の役割とは

港湾施設に関する研究は、土木工学の範疇にあることがほとんど。

港空研でも自ずと土木工学出身の研究者が多数派に。

そんななか新技術の研究開発に取り組むインフラ DX 研究領域は、
機械工学のバックボーンを持つ研究者が多いのが特長です。

昨年度まで当領域を率いていた産業防災研究所 理事の吉江宗生さん同席のもと、
港湾インフラの整備・維持管理におけるその役割を振り返るとともに、
今後の研究や研究者像について意見を交わしました。

港湾空港技術研究所

藤田 勇 特別研究主幹
(先端情報システム研究担当・
インフラDX研究領域長)

港湾空港技術研究所
インフラDX研究領域
サイバーフィジカル研究グループ
平林丈嗣 グループ長

NPO法人 産業防災研究所
理事 吉江宗生さん

港湾空港技術研究所
インフラDX研究領域
メタロボティクス研究グループ
田中敏成 グループ長

港湾空港技術研究所
インフラDX研究領域
メタロボティクス研究グループ
喜多司 主任研究官

港湾土木の現場への 機械力導入の挑戦

藤田 われわれ港空研の4人は機械工学出身、吉江さんだけ土木工学出身なんですよね。でも吉江さんは、長年この機械技術の部門を束ねてきた。むしろ「機械屋」は自分のことはよく見えなかつたりしますから、バックグラウンドが「土木屋」で、かつ行政にも詳しい方から、われわれにこういうことを期待するのかもしれないところを語ってもらえればと思って、今日はお呼びした次第です。じゃあ、まずシニア研究者から、これまでの研究や実務を振り返りましょうか。

田中 私自身はずっと、水中ロボット関係をやってきました。現場に機械力を導入するといったとき、一般のみなさんは、ロボットが人の代わりに働いてくれたらラクになるねと考えるかもしれませんが、現実にはなかなかそうはいかなくて。それは、われわれが相手にするものが半ば自然環境だから。

例えば、波や流れがある環境で機械を使おうとしたとき、思うようには動いてくれないわけですね。誰もが操縦スキルを上げられるわけではないし、機械の能力が高くなりすぎるとコストもかかる。ではどうするのか。求められるのは、賢いロボットとか自動で動くロボットとかではなく、人間が基本的

に操作する形をとりつつも、細かい調整をしてくれたり、複雑な動きを多少自動でカバーしてくれるようなロボット。人間のオペレーションを助けるような形でロボット技術が使えるようになれば、現場に機械装置を導入しやすくなるんじゃないかという観点で、これまでやってきました。いまやっている橋上部工点検用ROV（遠隔操作で動くカメラ搭載の水中ロボット）なども、そういう考え方が基本にあります。

平林 私は旧運輸省第二港湾建設局横浜機械整備事務所の出身で、3年間そこで技術開発的なことをやって、それから港空研、当時の運輸省港湾技術研究所に來たんです。その後、機械整備事務所はなくなつて、横浜港湾空港技術調査事務所がその役割を担っていますが、実質的にはもう機械技術の開発のようなことはあまり行われていないんですよ。私はここで、自分の手と足を動かして、現場に行ったり実験したりしながら、水中バックホウなど機械的なことをやれているので、港空研に來てよかったなという思いはあります。

藤田 私がこの研究所に入つて20余年経ちますけど、初めの頃は正直、ここで機械系の研究つてできないんじゃないか？と思つていた部分はありました。でもしばらく経つて、自分は研究者じゃなくてエンジニアでいいやと腹をくくってみると、結構この分野にも、機械的な要素技術を使わないと解

決できない課題はあるな、と気づかされて。その一つが油濁対策。油回収機の開発ですね。紹介してくれたのは吉江さんなんですけど、その中に、自分がそれまでに培ってきた技術的なバックグラウンドが活用できるところを見出した。で、いまに至るまで、それに取り組み続けているという感じですよ。

も土木工学の中の交通工学だったの、そういう意味では土木からは少しずれた感じのものではあつたんですよ。それで港空研に入つてみたら、メインは波と地盤というので驚いて、機械の分野の部門に配属されてさらに驚いて。油回収機をつくれといわれて、また驚くわけですよ。それでも、私がやっていた交通工学は人間工学みたいな部分もあるのでそこを繋

げて、現場の人間がマニュアルを見ないで使えるような油回収機をつくらうと。わからないことは全部、当時の機械職のみなさんに聞いて、それで構想を練つて、開発を進めたという経緯があります。

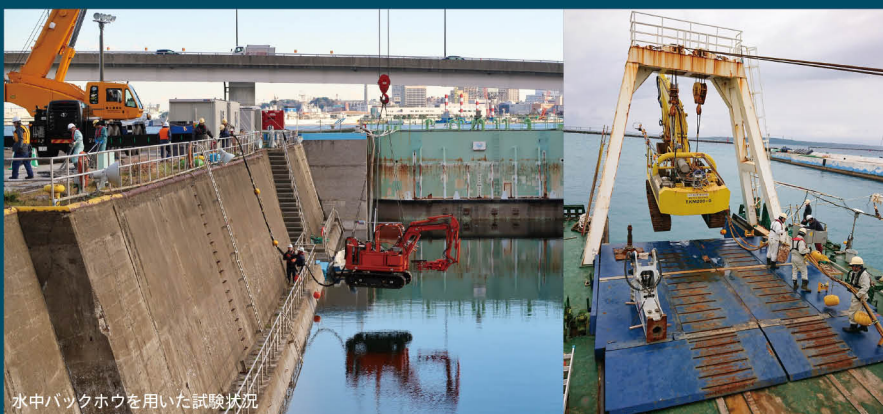
土木工学と機械工学の間を繋ぐ役割を

藤田 土木工学と機械工学の違いって、港湾分野だとどのへんにあるのかなと考へてみたんですよ。土木の研究は、それがすべてでないにしても、港湾技術基準というものがあり、そこに新しい技術を入れていくというところを目指している。で、港湾構造物の設計耐用年数が50年となっているように、50年とか100年っていうスパン

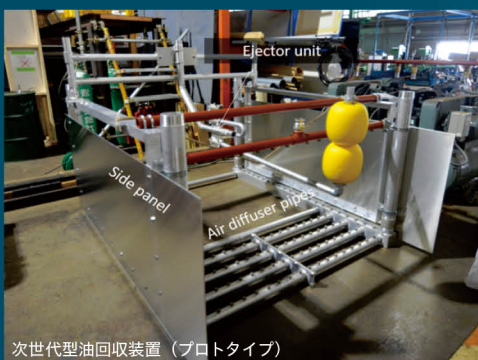


栈橋上部工点検用ROV

ROVによる港湾施設（栈橋上部工）撮影の様子



水中バックホウを用いた試験状況



次世代型油回収装置（プロトタイプ）

で物を見ている部分があるんです。それに対して機械のほうは、目の前の課題をすぐ解決せよという視点なんですよ。そこがずいぶん違うなと思って。

吉江 自分もそうですが土木の人は、土木的な知識として波とか流れのことが常に頭にあるんですけど、他の工学分野の人は研究開発時に、そういうことを思いつかないところがありますね。一方で、土木の人の頭からは、目の前の課題の解決のためにあらゆる手段を使うという考え方、例えばセンサを付けて解析し、何らかの物理的な所作をもって解決するといった考え方が、すばつと抜けている。いま情報科学の分野でDXということが盛んに言われますが、日本の土木は、その部分が抜けたままでDXを見ているんじゃないかと心配しています。とにかく大量のデータが必要で、データを取るにはセンサが不可欠なのに、肝心のセンサを付けることはあまり考えていない。なぜならセンサは5年も経てば取り替えなければいけないから。50年とか長いスパンでものをみる土木の感覚では、除外されてしまう



(機械力学・材料力学・流体力学・熱力学) が基礎になるんですけど、そういったところのいろいろな分野の知識を持って臨めば、眼前にある課題の解決に繋がっていく。そのなかで、なにがしかの新しい知見というものが見つかったりもするんです。

深刻化する人手不足を 解消するために

平林 水中の作業の人手不足というのは結構前から言われていますが、近年かなり深刻化しているというのはありますね。とくに潜水士さんは非常に少なくなってきた。やはりそういう手作業だった部分を機械力に置き換えていく必要はあると思います。

田中 業界全体が人手不足で、人材を集めなければいけませんから、若い人たちに興味を持ってもらえるように、一生懸命活動しているところではあります。例えばA-1技術などが活用できる現場も港湾には多いので、そういう

た切り口でも人が集まってくれたらいいなと思いますね。

平林 でも、そういうA-1とかDXとかをやっている人は、現場の労働者にはならないですよ。だからわれわれは、誰でも使いこなせるように、ユーザーインターフェース的な部分まで考えて機械をつくり込む必要があるわけで。DX系の人材が集まっても、人手不足の解消には直結しないと私は思いますよ。

田中 技術を開発する人と、それを使う人が、同じ人である必要はないんですよ。例えば技術を使って人手不足を補ったり、機械を経由して技術が伝承できたりすれば、業界全体が持続可能なものになると思う。いろんな役割の人に入ってきてもらいたいです。

喜夢 例えばDX系のことを専門でやっている人が、この業界に入ってくるかといえば、私は入ってきづらいと思う。その一方で、いまはもう誰もがタブレットを扱えたりとか、そういう意味では専門家でなくてもDXなどの技術への親和性は高くなっていますよね。入ってくる人数は増えなくても、入ってきた人はそういった技術

を使えるわけで、私たちが技術を提供する意味は、より大きくなっていく気がします。あと、海洋土木の業界に機械系の仕事があるとアピールしていくことは、非常に大事だと思っています。たぶん学生さんも土木に対して、自分たちの勉強してきたことが繋がるイメージがなかったり、そもそも海洋土木という分野が知られていなかったりすると思うんですよ。

藤田 その時代によって、先端的な機械工学の研究というのは変わっていきますよね。いまはミクロな方向に行っていると思うけど、われわれはもうちょっとマクロな、古典的な機械工学で物事を解決するという立ち位置だと思っているので、そういう面でも学生さんが入ってきづらいかもしれません。

喜夢 私は大学では造船工学を専攻していたので、機械工学と言われても実はあまりピンとこなくて。でも海洋土木のための機械工学という意味なら、造船も近いところはあるかなと思っています。まず、課題解決に向けて提案していくという考え方が似ている。あと、造船の場合は、先ほど話に出た4大力学とは違って構造力学と流体力学が



メインになるので、そういった意味で、より土木との親和性は高そうですね。だから、造船学科からこういうところに入ってきていただくのもありかなと思いますね。

新しい技術をつまく活用して さらなる展開を目指す

藤田 最近ではセンシングみたいなことをデジタルでやろうと思うたら、かなりラクにできる時代になりましたよね。

平林 昔すごく苦労して機体の制御とかしていたところが、本当に小さなセンサでできるようになって。しかも安価なんですよ。でもそうすると、いままでやってきたことは何だったんだ？って（笑）

藤田 技術の民主化とでも言いましょうか、誰にでもできる時代になってきている感じがしますよね。それとあわせて2022年にはChatGPTっていう大規模言語モデルが出

てきて。ああいうものを活用すると、もう本当に、人間がプログラムを書くなくてもできちゃうっていう……。われわれがやっているメカトロ系（メカトロニクス／機械工学と電子工学を組み合わせた技術分野）のエンジニアリングも、これからその影響をすごく受けることになるでしょう。たぶん土木よりも機械のほうが、その恩恵は受けやすい気がします。だから、そういうものをどんどん活用して、古典的な機械工学の中に新しい技術を入れていくことで、また輝いたものに見えてくれれば嬉しいなという気はしていますね。

田中

いままで苦労してゼロから立ち上げていたところに、労力を割かなくてよくなりつつありますね。例えばオープンソースとして基本的な部



分が公開されていたりして、誰かがつくってくれているものが、場合によってはフリーで使えたりもする。もちろんそれは、その技術をステップアップさせる礎になるよう、みんなに協力してもらうために公開されているものではあるのですが、うまく利用すると、無駄を減かせてもらったような形になるんですよ。われわれとしても、そういったところはうまく使わせてもらいながら、新しいことに対応していきたいと思っています。そして、この研究所にすることですごく感じるのは、例えば新しくつくった道具とか、思いついて開発した技術とか、そういったものを試す現場が用意されているという利点。これは、機械や電気をやっていて道具をつくるような人たちにとっては、相当魅力的に見えるんじゃないでしょうか。港湾とか空港とかという形ではある程度制限されるかもしれないけれど、自分たちが提案した、思いついた、つくり上げたものを、フィールドに出て実証できて、さらに言えば誰かの役に立つとするならば、こんなに嬉しいことはないなと思います。

大事なのは 大きな夢を共有すること

吉江 いま足りていないのは、大きな目標みたいなものを語る人なんじゃないかな。ちよつとバカみたいに見えるくらい、大きな構想とか。本来一番そういうことを考えようのが土木工学の人間なんですけどね。世の中をこう変えたっていう、その目標をみんなで共有することが大事。例えば、港湾自体を一つの「ロボット」にできないかと考えて、私はかつて、メタロボティクス研究グループというのをつくりました。

田中 その名前をつけられた側なんですけども（笑）。ロボットそのものだけでなく、港あるいは港湾と情報をやりとりしながら知的に機能させられるような、港全体でロボット化していくような、そんなシステムができるんじゃないかと。構造側の専門の方々と協力しながら、いろいろ試していけたらと思うたりしています。

吉江 数ある土木インフラのなかで、港湾と空港はインテリジェンスな空間になり得ると思うんですよ。都市機能を持っていて、環境においてもキーポイントになっているので、あらゆる視点でコンテンツができ、ロボット化が考えられる。まあ、夢なんですけどね。そういうものを共有できれば、いろん

な人が集まってくるんじゃないかな。夢を共有したいですね。

喜夢 確かに、自分も含めて、大きな夢を語っている人はいないですね。ただ、例えばサイバーポートとか、常にいろいろな政策が示されていて、その中でセンシングをしようという流れはあるので、そこに乗っかる形でなら自分たちも提案していけると思います。

平林 吉江さんみたいにパットと上のほうを見ている人がいる一方で、われわれ機械職はグッツと手元の細かいところに集中しちゃう。それも非常に楽しいし、技術開発とはそういうものだと思います。夢を語る人と現実を見る人が、やっぱりバランスよくいる必要があるんですよ。

藤田 3年くらい前、吉江さんに「DXを使った新しい価値の創造」とか、何をやればいいのかわからないようなテーマを設定されて、困ったもんだと思ったけど（笑）。その後さつきも言ったように大規模言語モデルなどの登場で状況が一気に展開して。港空研なりのDXのコンテンツがそこに収まってきたつある。そう考えると、慧眼だったんだという印象ですね。

平林 吉江さん命名の、メタロボティクスもそうですけど、私のところの研究グループ名のサイバーフィジカルも、いまはまだ説明が必要。でもきつと10年後くらいには一般的な名称になるんじゃないでしょうか。そうなることを目標に、私も頑張ろうと思います。



打ち合わせの様子(デンマークエネルギー庁)



洋上支援船(SOV船)(エスピアウ港)



自己昇降式作業台船(SEP船)(エスピアウ港)



グループフォト(オーデンセ港)

仮置きされている洋上風車のタワー部(エスピアウ港)
左から2人が米山特別研究主幹、4人が加島グループ長

デンマークの洋上風力発電に関する 情報収集・現地調査に参加しました

2025年3月10日〜12日、デンマークで行われた洋上風力発電政策や技術課題の情報収集および現地調査に、国土交通省港湾局海洋・環境課からの依頼により、米山治男 特別研究主幹と加島寛章 海洋利用研究グループ長が参加しました。

国交省港湾局海洋・環境課では、日本における浮体式洋上風力発電の導入促進に向け、港湾の役割や機能のあり方の検討、基地港湾等のインフラ整備、EEZ(排他的経済水域)での洋上風力発電施設設置を可能とする法制度の整備、浮体基礎の組立・設置等の海上施工における技術的課題の検討などに取り組んでいます。とくに、デンマークとは、洋上風力発電の導入促進に向けた港湾の機能や役割、EEZへの展開、海洋空間計画(MoP: Marine Spatial Planning)について、これまで定期的に打ち合わせを行っています。

今回は、デンマークエネルギー庁、デンマーク交通庁、水理技術コンサルタント企業、浮体基礎・風車タワー製造企業、洋上風力発電コンサルタント企業を訪問し、これまでの日本・デンマーク間の協力における浮体式洋上風力発電の導入促進と港湾の役割について情報共有が行われました。また、浮体式洋上風力発電専用のガイドライン策定およびプロジェクト建設のタイムラインの必要性や、浮体基礎の大量生産(低コスト化)を実現するための製作方針(月産数等)および効率的な基礎組立方法、現地海域への運搬方法、浮体基礎の形状検討、日本の企業や大学との連携関係などについて関係者と意見交換を行うとともに、水理技術コンサルタント

加島グループ長のコメント

本調査では、デンマークにおける洋上風力発電導入の進展にともない、基地港湾が単なる物流拠点にとどまらず、計画段階から施工・運用・保守に至るまでの全フェーズにおいて「洋上風力産業の中核拠点」として機能している実態を確認することができました。とくに、行政制度やインフラ整備の前提が日本とは異なる点があるものの、建設タイムラインに応じた港湾機能の役割分担や、複数のプロジェクト間における岸壁・ヤードの利用調整といった高度な運用が実現されている点は、日本における基地港湾の整備・管理に対する有益な示唆が得られました。

今後、港空研として、こうした海外の先進的な知見と自らの技術的蓄積を融合し、国際標準化や共同研究課題の創出に加え、複数事業者による港湾同時利用への対応を見据えた利用調整支援ツールの開発や、基地港湾の機能高度化に役立つ実践的な技術支援へと展開していくことを考えています。

企業では、波浪数値モデルや平面水槽などについて説明を受けました。加えて、オーデンセ港およびエスピアウ港、洋上支援船(SOV船: Service Operation Vessel)を調査し、ブレードやモノパイル基礎等の風車各部材の配置・運用・運搬方法、将来の導入促進や風車規模の大型化を見据えた港湾の拡張プラン、洋上風車ハブ港としての運用方法(風車産業とその他用途の区域分けや、英国ドワイト・オランダ等のグローバル市場を見据えた港湾サービス)などについて情報収集を行いました。

港空研 TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）が 国土交通大臣表彰を受けました



国土交通省幹部と TEC-FORCE 代表者



左から河合所長、小濱地震防災研究領域長、鈴木特別研究主幹

2025年3月5日に開催された「TEC-FORCE全国大会」において、港空研TEC-FORCEが、令和6年能登半島地震の応急活動等により、国土交通大臣表彰を受けました。

港空研TEC-FORCEは、2024（令和6）年1月1日に発生した能登半島地震において、国土技術政策総合研究所（国総研）と連携し、港湾施設の被災状況の現地調査を行うとともに、現地調査結果や当該施設の設計図書等に基づき、岸壁等の利用可否判断や応急復旧工法についての技術支援を行いました。また、検潮記録や波浪データの解析を行い、津波による防波堤等の被災メカニズムの解

析を行うとともに、復旧設計のための臨時地震観測の実施や、能登半島全体の復旧・復興の促進に向け港湾の復旧を早急に進めるため、北陸地方整備局が設置した国、石川県、七尾市、研究所（港空研・国総研）および業界団体からなる「能登半島地震被災港湾施設復旧技術検討会」に参加し、技術的な支援を行うなど、総力をあげて地方公共団体への支援を行いました。

これらの活動により、被災地の早期復旧に大きく貢献するとともに、被災自治体等から大きな信頼を得るなどの功績が認められ、今回の受賞に至りました。

松本さゆり港湾空港生産性向上技術センター副センター長が 海洋音響学会「業績賞」をダブル受賞しました



松本副センター長

（2024年）海洋音響学会「業績賞」を受賞しました。

「業績賞」は、海洋音響学会賛助会員である企業に所属する技術者および技術者のグループによる海洋音響技術に関する優秀な技術開発業績を選び、その貢献者に贈呈されるものです。

港湾空港生産性向上技術センターの松本さゆり副センター長が、「マルチビームデータクラウド（AIMS：Acoustic IMaging or Survey cloud）の開発」と「音響灯台方式による高精度水中測位システム」の2つの技術開発により、第49回

開発した「マルチビームデータクラウド（AIMS）」は、マルチビームソナーによる深淺測量の解析を高速・自動で行う新システムです。市販品の専用解析ソフトと開発したAIノイズ除去機能をAWS（Amazon Web Services）クラウドに搭載したもので、大容量並列処理による高速化とノイズ除去の自動化の双方を実現しました。また、「音響灯台方式による高精度水中測位システム」は、港湾工事で必要とされる水中の移動体の測位を高精度に行えるシステムです。従来の水中測位システムは船上に搭載されるため、船体動揺に加えて各装置の持つ誤差や不均一な音場、近隣の構造物等からの外乱による測位精度の低下が課題となっていました。本システムでは、水中に測位基準点および送波器を持つ音響灯台と測位対象物に受波器を備える新たな方式を採用し、この課題を解決しました。

これらの成果が、音響技術的に新たな成果であるとともに、昨今の港湾土木のICT・DX化において、非常に有用な技術であることが評価されました。



デジタルトランス
フォーメーション

港湾DXとPort4.0

港湾は海と陸を繋げる結節点であり、私たちの生活に必要な不可欠である物流を支える重要なインフラです。近年、港湾の世界でもDX(デジタルトランスフォーメーション)という言葉をよく聞くようになりました。DXとは、デジタル技術を活用し、業務の効率化や生産性向上などを旨としたビジネスモデルの変革のことです1)。また、港湾DXが広がる中で、Port4.0という言葉が登場してきました2)。Port4.0は、IoT(Internet of Things) (※1) やロボット、AIといった新たな技術の活用を軸とする第4次産業革命 (※2) のコンセプト3) を、港湾の世界にも広げようというものです。

日本における取り組み例としては、目視によるコンテナのダメージチェックをシステムにより迅速化し、作業員の負担を軽減する事例や、港湾関連データ連携基盤を構築し、港湾施設の構造や維持管理状況、港湾物流情報など港湾のさまざまな情報をデジタル化することによって情報共有をスムーズにするといった事例があり4)、港湾DXの進展により、港湾の安全性の向上や業務の効率化といったさまざまな効果が期待できます。

港湾空港技術研究所サイバーフィジカル研究グループでは、港湾DXやPort4.0の時代における新たなコンテナターミナルに向けた研究に取り組んでいます。例えば、コンテナターミナルのシミュレーションによる評価解析(右図)や、シミュレーションを活用したコンテナターミナルの運用支援技術の開発等を実施しています。シミュレーションによりコンテナターミナルの様子をコンピュータ上で再現し、実際のコンテナオペレーションにおけるさまざまな意思決定や効率的なオペレーションに役立つことを目指しています。

※1 モノのインターネット。さまざまなモノに通信機能を持たせ、インターネットを経由してモノ同士が通信、データ収集などを行う仕組みのこと。

※2 IoT、AI、ビッグデータなどを活用することによって経済や社会の構造が大きく変化する時代のこと。

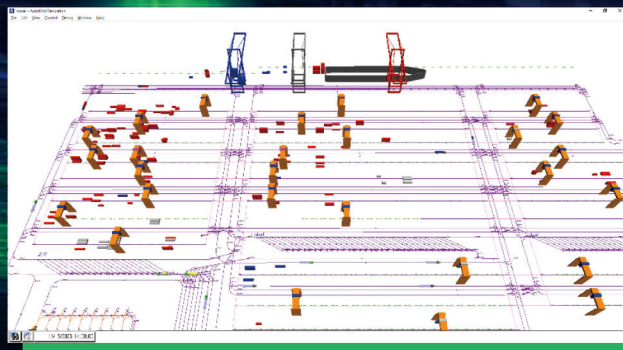
研究者が解説します!



インフラDX研究領域
サイバーフィジカル研究グループ
犬塚秀世 主任研究官



インフラDX研究領域
サイバーフィジカル研究グループ
ノバエス マチアス チアゴ 専任研究員



コンテナターミナルのシミュレーションの例

- 参考文献 1) 経済産業省, デジタルガバナンス・コード2.0
2) Behzad Behdani, Port4.0: a conceptual model for smart port digitalization, Transportation research Procedia, 74, 346-353, 2023.
3) 総務省, 平成29年度版情報通信白書, 第3章 第4次産業革命がもたらす変革
4) 国土交通省, 港湾におけるDXを通じた抜本的な生産性の向上, https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk3_000031.html

本誌に関するご意見・ご感想などはこちらまで



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
Port and Airport Research Institute (PARI)

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL: 046 (844) 5040 FAX: 046 (844) 5072 URL: <https://www.pari.go.jp>

