

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

〈CDIT座談会〉

海洋のi-Construction ~機械化・自動化の先にある情報化の推進~

浦 環 氏〔九州工業大学社会ロボット具現化センター特別教授 東京大学名誉教授〕

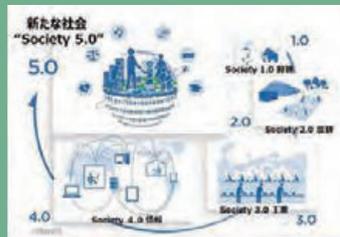
岩波 光保 氏〔東京工業大学環境・社会理工学院教授〕

栗山 善昭 氏〔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所長〕

高橋 重雄 (司会) 〔一般財団法人 沿岸技術研究センター 代表理事・理事長〕

〈特集〉

海洋におけるICT技術の活用



表紙写真

読者の皆様に機関誌「CDIT」の発信する情報を、よりダイレクトにお伝えするために、毎号ご紹介する記事内容より写真等の一部抜粋・掲載しております。記事内容ともども毎号新しくなる表紙写真にもご注目ください。

○特集 P.30	○特別講演 P.35	○座談会 P.5	○座談会 P.5
○座談会 P.5	○特集 P.24	○座談会 P.5	○座談会 P.5
○特集 P.18	○座談会 P.5	○座談会 P.5	

3

新春所感

金 和明 一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会長
石井 啓一 国土交通大臣

5

CDIT座談会

海洋のi-Construction

～機械化・自動化の先にある情報化の推進～

ゲスト

浦 環氏

九州工業大学社会ロボット具現化センター特別教授 東京大学名誉教授

岩波 光保氏

東京工業大学環境・社会理工学院教授

栗山 善昭氏

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所長
(司会)

高橋 重雄

一般財団法人 沿岸技術研究センター 代表理事・理事長

14

特集

海洋におけるICT技術の活用

14

SIP 次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画) の成果

浦辺 徹郎 東京大学名誉教授 内閣府SIP「次世代海洋資源調査技術」
プログラム・ディレクター

18

海中ロボット技術の発展と将来

浦 環 九州工業大学社会ロボット具現化センター 特別教授

20

港湾工事における生産性向上の取り組み

野呂 茂樹 国土交通省 港湾局 技術企画課 港湾工事安全推進官

24

港湾空港生産性向上技術センターのとりくみ

吉江 宗生 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

28

CIMモデルを活用した港湾工事の紹介

安達 昭宏 国土交通省 近畿地方整備局 舞鶴港湾事務所 所長

30

ロボットフリートによる海底調査の無人化を目指して

Team KUROSHIO

34

特別講演 コースタル・テクノロジー 2018

人工知能の最新研究と応用

講演者 川村 秀憲氏 北海道大学大学院情報科学研究科 教授

38

民間技術の紹介

港湾棧橋用プレキャスト床版「SLJスラブ」

オリエンタル白石株式会社

40

沿岸レポート

40

第6回 日韓沿岸技術研究ワークショップの報告

岡田 理 一般財団法人沿岸技術研究センター

41

濱口梧陵国際賞授賞式

高野 誠紀 一般財団法人沿岸技術研究センター

42

CDIT News

新春所感



新年のごあいさつ

釜和明 一般財団法人 沿岸技術研究センター 評議員会長

平成31年の新春を迎え、謹んでお慶びを申し上げます。

一般財団法人沿岸技術研究センターは、昭和58年の設立以来、沿岸域や海洋の開発、利用、保全及び防災に関する数多くの調査、研究を行うとともに、技術の普及・啓発等に積極的に取り組んで参りました。昨年創立35周年の記念講演会「洋上風力発電の展望」と交流会を開催しましたところ、多くの皆様のご参加をいただきました。これもひとえに関係各界の皆様方の温かいご支援、ご協力の賜であり、改めて感謝申し上げます。

来年はいよいよ東京オリンピック・パラリンピックの年となります。また昨年11月には2025年大阪・関西万博の開催が決定しました。今年はラグビーワールドカップも予定されており、一層の交流と発展が期待される所です。

訪日外国人旅行者数は、東京オリンピック・パラリンピックが開催される平成32年の政府目標4000万人に対して、平成30年の3119万人は前年比250万人増と8.7%伸びています。また、クルーズ船の利用状況を見ると、平成30年にクルーズ船が日本の港湾に寄港した回数は前年比5.9%増の2928回となりました。

玄関口となる港湾・空港においても更なるサービス水準の向上が必要です。クルーズ船の大型化に対応した国際クルーズ拠点の整備も進められています。今後とも日本の観光資源に磨きをかけることが重要であり、外国人旅行者の皆様には日本での質の高い滞在と文化を大いに楽しんでいただきたいと思っております。

一方、自然の力が猛威を振るい、災害は激甚化しております。6月には大阪府北部地震、7月には西日本豪雨災害、9月には台風21号により関西国際空港の閉鎖や大阪湾高

潮災害、そしてその翌日には北海道胆振東部地震による電力ブラックアウトなどが発生しました。被災された皆様には心よりお見舞い申し上げますとともに、1日も早い復旧・復興を祈念申し上げます。

再生可能エネルギーの導入に向けては、当センターの35周年記念講演会にも大きな関心が寄せられ、国の取組にも進展が見られました。一般海域の利用促進に関する法律が11月に成立し、大規模な洋上風力発電事業が動きつつあります。昨年3月にまとめられた技術基準の統一的解説に基づいて、日本の沿岸域に特有な台風や地震・津波に対する安全性の確保が重要です。当センターの洋上風力研究室においても一層の取組を推進する必要があります。

グローバル経済には各国の事情により不安定な要因がありますが、日本経済は堅調に推移しています。国土交通省においては、社会全体の生産性向上につながるストック効果の高い社会資本の整備・活用や新市場の開拓を加速する取り組みが進められています。

当センターでは、沿岸災害の激甚化対応や海洋開発への期待に応えるため、「官・学・民」の技術力を結集し、沿岸域保全及び防災に関する技術開発や技術支援に重点的、積極的に取組み、全国の港湾、空港関係者のご要望に応じた質の高いサービスを提供し、ひいては、我が国の成長力強化と国際社会の発展に貢献すべく努力を重ねて参りたいと考えています。

最後に、平成から新しい元号となる本年が皆様にとりまして実り多き年になりますこと、また、皆様の益々のご健勝とご多幸を心から祈念いたしますとともに、重ねまして当センターへの一層のご支援とご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。新年のご挨拶とさせていただきます。



新年の挨拶

石井 啓一 国土交通大臣

平成31年という新しい年を迎え、謹んで新春の御挨拶を申し上げます。

昨年10月に第4次安倍改造内閣が発足し、引き続き、国土交通大臣の任に当たることとなりました。本年も国土交通行政に対する皆様の変わらぬ御理解と御協力を宜しくお願い申し上げます。

昨年も平成30年7月豪雨、台風21号、北海道胆振東部地震など、各地で多くの自然災害が発生しました。これらの災害により犠牲となられた方々に対して謹んで哀悼の意を表しますとともに、被害にあわれた方々に心よりお見舞い申し上げます。被災地の方々が一日も早く元の暮らしを取り戻していただけるよう、引き続き総力を挙げて取り組んでまいります。

東日本大震災から本年の3月で8年が経過します。被災地では復興への確かな歩みが見られますが、今もなお多くの方々が避難生活を続けられています。平成32年度までの復興・創生期間の総仕上げに向け、一刻も早く生活や生業が再建できるよう、引き続き、全力で取り組んでまいります。

気候変動の影響により更なる頻発・激甚化が懸念される自然災害等から国民の安全・安心を確保することは、国土交通行政の重要な使命です。昨年の一連の災害を踏まえ、政府は重要インフラの緊急点検を行い、12月14日、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」をとりまとめました。国土交通省としてこれに集中的に取り組む、ソフト・ハードの両面からの災害時のインフラ機能の確保等に万全を期してまいりたいと思います。

また、危機管理面での対応、交通の安全・安心確保への対応等に引き続き、しっかりと取り組んでまいります。

人口減少・超高齢化社会を迎えた我が国では、働き手

の減少を上回る生産性の向上によって潜在的な成長力を高め、新たな需要を掘り起こすことは極めて重要です。そのため、国土交通省のあらゆる分野で進められている「生産性革命」を更に推進し、本年を生産性革命「貫徹の年」と位置づけ、成果として結実させていきます。

昨年の訪日外国人旅行者数は6年連続過去最高を達成し、初めて3000万人を突破しました。本年も、「明日の日本を支える観光ビジョン」に掲げた2020年4000万人、その消費額8兆円等の目標達成に向けて、真の観光立国が実現できるよう取り組んでまいります。

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の開催は、東京をはじめ各地域の魅力を発信する絶好の機会です。大会の開催がいよいよ来年に迫ってきましたが、海上警備を含むセキュリティ対策、首都地域の防災対策や渇水対応の強化、円滑な輸送の確保など、大会の成功に万全を期してまいります。また、訪日外国人旅行者、障害者、高齢者等にとっても安全・安心なユニバーサルデザインの街づくりや「心のバリアフリー」に取り組む、未来志向の交通・まちづくりを積極的に推進します。

さらに、昨年11月には、2025年国際博覧会の大阪開催が決定されました。世界に日本をアピールする絶好の機会であり、我が国経済にとっても大きな意義を有するものと考えています。今後、会場へのアクセス環境の整備等、政府一丸となって必要な取組を進めてまいります。

国土交通省は、本年もその強みである現場力を活かし、諸課題に全力で取り組む所存です。国民の皆様の一層の御支援、御協力をお願いするとともに、本年が皆様方にとりまして希望に満ちた、大いなる発展の年になりますことを心から祈念いたします。



海洋のi-Construction

～機械化・自動化の先にある情報化の推進～



浦環

九州工業大学
社会ロボット具現化センター
特別教授
東京大学名誉教授



岩波光保

東京工業大学
環境・社会理工学院教授



栗山善昭

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
所長



高橋重雄(司会)

一般財団法人
沿岸技術研究センター
代表理事・理事長

はじめに

高橋▷今日は沿岸技術研究センター機関誌CDITの座談会のためにお時間を頂き、誠に有り難うございます。司会・進行を務めさせていただきます理事長の高橋でございます。どうぞ宜しくお願い申し上げます。今日は、九州工業大学の浦先生、東京工業大学の岩波先生、港湾空港技術研究所の栗山所長をお迎え、「海洋のi-Construction」と題してお話をお聞きしたいと思います。

国土交通省におかれましては、2016年に「生産性革命本部」が設置され、3年目に当たる本年を「生産性革命 深化の年」と位置づけ、ICT技術（情報通信技術）の導入によるi-Construction等、生産性向上に向けた各種取組みが推進されています。

沿岸部や港湾を含む「海洋」の世界では、陸上と異なるフ

ロンティアを相手にしなくてはならなかったことから、以前より、様々な技術革新を経て課題の克服が、すなわち、ICT技術の導入、i-Constructionへの取組みが行われてきたと思います。

最近では、国が主導し府省連携の下、「海洋」に関する科学技術を担う産官学の機関が一丸となって「海洋資源調査技術」の開発（SIP：戦略的イノベーション創造プログラム）、すなわち、先進的なICT、i-Constructionのための技術開発が進められています。

本座談会においては、これら「海洋」全般の動向を踏まえながら、今後普及が見込まれる最新の技術を意識しつつ、沿岸部や港湾におけるICT技術活用の将来像について議論できたらと思います、企画をいたしました。

本日はよろしくお願ひ申し上げます。

それではまずICT技術とのこれまでのかかわり、そして現在のお立場などについてご紹介いただきたいと思います。最

初に浦先生からお願いします。

浦▷九州工業大学の浦でございます。私は九工大に行く前に東大で40年ぐらい海中ロボットの研究開発に取り組みました。自律型海中ロボット（AUV：本誌p18～19の記事参照）がメインですが、遠隔操縦器なども勉強しました。

港湾関係では特に印象に残っているものが二つあります。30年ぐらい前に港湾技術研究所が6本足ロボットを創っていて、その研究開発部署の方々と情報交換する中でいろいろ教えてもらったというのが一つです。



アクアロボ2号機(1987年、防水型実験機900kgf、試験場所：横須賀港、大阪南港、釜石港)

二つ目はこれも20年ぐらい前ですが、石垣島に水中バックホウのオペレーションを見学に行きました。人が乗って水中で操作するバックホウですが、その当時は2社による二つの形式があったと思います。それぞれ私が主宰している海中海底工学フォーラムで紹介してもらい、今後の問題点などを議論しました。これが具体的な沿岸あるいは港湾の作業に関係することです。随分昔の事なのでその後どうなっているのかと思っていたのですが、先日お聴きしたところではあまり進歩していないような印象でした。



水中バックホウ実機(平良で稼働中の機体)

高橋▷ありがとうございます。続きまして栗山所長、お願いします。

栗山▷よく言われていることですが、i-Constructionは大きく二つの分野に分かれるのではないかと思います。一つはいわゆる3次元データの活用と呼ばれていますが、地形のデータを調査、設計、施工、維持管理まで一気通貫で利用していくことです。そちらに関しては岩波先生が委員長をしている委員会（港湾におけるICT導入検討委員会）も開催されていますし、例えば深淺データをつくるにしても、ナローマルチビームで取ったときに1cm²あたり幾つぐらいのデータがあったら大丈夫だという基準も、岩波先生が委員長をしている委員会や国土技術政策総合研究所がやっております。

もう一つは、先程、浦先生におっしゃっていただいた施工などに関する技術開発で、港湾空港技術研究所は主としてこの分野を推進してきました。音響ビデオカメラの開発、また遠隔操作型の無人潜水機（ROV：本誌p30の記事参照）を使った栈橋の上部工の裏を点検するシステム、あるいは離島での施工管理や調査に使うための機材を砂浜から海に入れていくクローラーの開発や水中バックホウのマシガイダンスシステムの開発などを行っています。詳しくは後でご紹介させていただければと思っております。

高橋▷続きまして岩波先生、お願いします。

岩波▷ICT技術とこれまでの関連で言いますと、私はかつて港湾空港技術研究所で港湾施設の設計や維持管理などを研究していましたが、当時、ICT技術はあまり進んでいませんでした。最近ではCIM（Construction Information Modeling）も出てきていますが、私が勤めていたころは、そういうものはまだ出ていませんでした。むしろ維持管理にICT、IT技術を使えないかということで、構造物にセンサーを埋めてモニタリングし、そのデータを遠隔で見ながら維持管理できないかというのをやっていました。当時はICT技術が十分発展していなかったこともあり、また、そもそも構造物の劣化もよく判っていなかったもので、いろいろトライしましたがあまりうまく行きませんでした。

その後大学に移ってから、先程、栗山所長にご紹介いた





いたICTの委員会に参加し、そこでいろいろな最近の施工や設計のICT技術の活用のお話を聞かせていただきました。そして時代も随分変わったなと思うとともに、ただICTを入れれば良いのではなくて、そもそも何のためにICTを入れようとしているのかというところを、もう一度考える必要があると思っています。

海洋へのICTの導入は、人が近づけないところにロボットに行ってもらおうということと、これから人手が少なくなるとか、熟練工がいなくなる、あるいは作業の安全性をもっと高めていかなければ新規の作業員が入ってこないということがあるので港湾工事にICTを導入していくという話です。ですから海のほうの未知を探究するICTの話と港湾工事の作業の安全確保や効率化のためのICTの話は少し違うのかなと思っています。私が携わらせてもらっているのは後者の港湾工事へのICTの導入です。国土交通省の委員会は始まって3年目ですので、まだICTの導入に一生懸命になっていますが、当初の目標をもう一度確認して、何のためにやっているのかというところで軌道修正ができたらいいなと思っていますところ

海洋における機械化・自動化と情報化の違い

高橋▷ありがとうございました。お話にもありましたようにそもそもICTやITとは何か、ということがあまり定義されていなくて、機械化や自動化と混同されているような気がします。

港湾空港技術研究所がこれまで携わってきたのはどちらかというと機械化や自動化で、一方、今、世間で話題となっているのは、情報通信技術を用いた設計、施工、維持管理などのいわゆる情報化で、そこは少し違うような気がします。

栗山所長はどうお考えですか。

栗山▷i-Constructionというと定義が結構広く、機械化とか自動化も入ってくるし、情報化もその一部だと思います。

高橋▷最近言われているICTとかIT、i-Constructionは「機械化・自動化の先にある情報化」、つまり情報を使った施工や情報化した設計として捉えられているように感じます。

岩波先生はどうお考えですか。

岩波▷これまでであれば、あくまでも施工作業としての機械化・自動化ですが、現在議論されているi-Constructionでは、勿論その部分もありますが、施工のICT化というよりは3次元で設計し、その3次元データを使ってそのまま設計、施工、維持管理まで行うというのが大きな柱となっていると理解しています。

国土交通省が目指しているのは、3次元データを使った設計、施工、維持管理の連携が一つですが、他にも様々な目標があります。

プレキャスト部材を使って構造物の標準化を図ってコストを下げるとか、発注時期を平準化して作業が特定の時期に集中しないようにすることで、建設業自体の働き方を変えて魅力を上げ、未来永劫続くような産業にしていこうというのが究極の目標となっています。だからi-ConstructionとICTの活用はちょっとレイヤーが違う話で、すぐにi-Constructionに置き換えてしまうのはちょっと違うのではないかと思います。

新しい技術をどのように海の現場で使うか — 実績づくり

浦▷私は自分を機械屋だと思っているのですが、機械化・自動化するというのは容易なのですが、それだけではもう世の中は許してくれなくて、それをどう情報につなげていくかという努力をしなくてはならなくなっています。

自分で言うのもおかしいですが、機械屋だけに任せていると、いつまで経っても、モノをつくって「ああ良かったね」で終わってしまう。これを止めるためには現場で使って、かつ情報を出して、それを広げていく努力をしなければいけないと思います。

そういう意味では、港湾空港技術研究所は、港湾という現場を持っていて、それが出来るのでうらやましいと思います。大学はそういう現場がないから、例えば海中のことは自然科学者の人たちと組んでやらないと評価されないところがありますが、国土技術政策総合研究所や港湾空港技術研究所は、現場を持っている点でとても条件が整っているから、もう少しやって欲しいなと期待しています。

栗山▷確かに地方整備局とは密接に連携を取りながらやらせていただいています。先ほど浦先生からお話があった水中バックホウですが、今はマシンガイダンスと言って、潜水士が海の中に入って操縦席でモニターを見ながら操作するような取組みをしています。いままでは丁張といって、どのレベルまで均すかという糸を張る作業を潜水士がやっているの



すが、これは結構手間のかかる作業でして、潜水士の水中作業時間が長くなるという問題があります。

それで丁張の部分をつまみだけ簡略化できないかということで、バックホウの先端にセンサーをつけて、今はこの高さにある、平らにしなければいけないマウンドの目標の値はここだ、もう何センチ平らにしないといけないのかという事を、モニターを見ながらできるように開発を進めていて、だいぶ進捗しています。

そしてこれが現場でどこまで使えるかということを実証するために、沖縄などでテストをしています。民間企業や国土交通省、沖縄総合事務局とも連携し、使い勝手をヒアリングし、それをフィードバックして修正することも行っています。

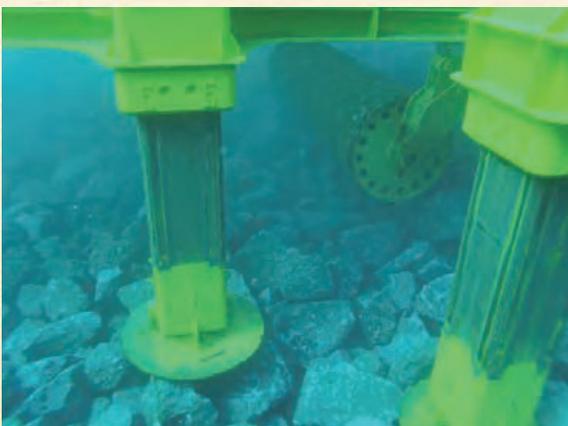
浦先生におっしゃっていただいたように、現場でいろいろテストができるというのは我々の大きな強みですね。

浦▷それはとても良い事ですね。これらの取組みが更にスピードアップ化されることを期待します。

例えば、東日本大震災の津波で壊れてしまった釜石の湾口防波堤ですが、施工当時であった15年くらい前に、3分の2位までケーソンを据え付けた時点で、私どもの水中ロボット「トライドッグ1号」を潜らせたことがありました。



釜石湾口防波堤施工の様子



釜石湾口防波堤施工の様子(水中：捨石均し機)
(東北地方整備局釜石港湾事務所提供)

深いところは水深30mにマウンドを嵩上げて、その上にケーソンを置いています。そのマウンドがどうなっているの

かという調査です。

水中ロボットは音響技術が非常に重要です。ここ20~30年の音響技術は大変に進歩し、例えば海底地形図を0.5度という精度で求めることができるようになってきました。

その調査の際、港湾建設技術について現場の人からもいろいろとヒアリングしましたが、音響技術はだいぶ発展しているものの、なかなか現場では使われていないという話がありました。

それはなぜかという、港湾建設は国の発注事業なので契約書に記載されていることしかできない、契約書に音響を用いた調査についても盛り込まれていなければ可能なのにとの事でした。

言い換えると、昔は音響技術が良くなかったから、結局潜水士が潜ってきちんと出来形を調べなくてはならなかったわけですね。当時の音響技術では潜水士の目視確認レベルには到底追いついていませんでした。

ところが、いまの水平分解能は0.5度まで分かるような性能で、技術は進歩しているけれども、その進歩が十分に勘察されていない気がします。

私が携わっている海中鉱物資源や石油資源の開発でも同じような事が起こっています。新しい技術の実績をつくるには実際の工事で使われることが重要であり、実績をどうやって積み上げていくのか、現場がすぐ目の前にある港湾建設においてはとても大事だと思います。

ICTなりi-Constructionも、理想だけを言っている、実際に使われないと実績にならないので、今後この点がどのような仕組みになっていくのかというところに注目しています。その意味では、建設現場を活用できる国土技術政策総合研究所や港湾空港技術研究所には期待をしているところです。

栗山▷港湾空港技術研究所は、民間企業と連携する仕組みを持っており、これは旨く活用されているのではないかと思います。機械に限らず、地盤とか構造とか水中の部分も民間企業と共同研究を行い、特許の取得なども含め様々な工法が開発されています。

したがって仕組みそのものは、これで十分というわけではないけれども、ある程度のものを持っていると思います。

ただし、開発をさらに進めていくためには、お金と人材が必要になります。

我々は、国土交通省本省やその出先機関である地方整備局や沖縄総合事務局から受託研究という形でお金をいただいています。外部資金もありますが、予算の規模からいくと国の出先機関からの予算が大きな部分を占めます。

ただし、国の出先機関はさまざまな課題をたくさん抱えており、i-Constructionだけに集中投資をするのはなかなか難しいのが現状です。

2年半程前にi-Constructionが始まって、本来は強化しな



ければいけない分野の一つではありますが、そう簡単に資金、人材とも強化できず、我々としてももどかしく感じています。

新しい技術の現地実証実験

浦▷現場での実績という観点で、良い事例として京浜港の山内ドックを活用した実規模での実証実験が思い出されます。その際は、私どもも関東地方整備局や港湾空港技術研究所にお世話になったのですが、いろいろなことが決まるのがすごく早かったです。ああいうスピード感がいろいろなところで出てくると良いですね。順番待ちで2~3年経たないと山内ドックは使わせてもらえないんじゃないかと思っていたのですが、半年後ぐらいに使って良いことになって、あれは素晴らしいと思いました。全てのことがああいうふうにならないですか？



京浜港山内ドック(長さ83m、底幅22.5m、深さ8.5m)

栗山▷何かを利用するという仕組みづくりはだいぶ充実してきていると思いますし、早く対応しようとする風潮ではあると思います。

浦▷山内ドックでの実証実験で私がすごく良かったと思うのは、技術革新の中の音響装置の性能ですね。一般の人が見て



いる前でデモができていたのがとても良いと思いました。

このような迅速な動きは実績づくりに繋がりますので、今後同じような事例が増えることを期待しています。

岩波▷浦先生のご指摘にもありましたが、やはり実績がないと使われないとか、基準がないとか、契約書に記載されていないから使えないということが、公共工事にはどうしてもあると思います。

ただし、i-Construction政策を推進していくためには、それを言っていたら全然話が進まないですね。

現在、港湾局のi-Construction委員会では、社会実装をいかに早く進めるかということを重視しています。

まず最初に取り組んだのは、浚渫工へのICTの導入です。この中では、工事に入る前に行う事前の測量で、いままではシングルビームで水深を測っていたものをナローマルチビームで一気に測ってしまえば効率的ですが、これまでは基準がないということで使われていませんでした。

今回は、基準の案をつくり、それを使ったモデル工事、実証工事を国土交通省が指定しています。

多少お金がかかるし、いろいろなリスクもあると思いますが、実証工事、モデル工事という位置づけで前に進めています。

年間数十件の工事を発注しているようですので、実績を積んで欲しいと思います。そして改良すべき点があれば、すぐに技術開発にフィードバックするという方針で取り組んでいますので、新しい技術がすぐに現場で使えるような仕組みづくりはだいぶ改善されてきているのではないかと思います。

ただし、こんな問題点があったから次はこういう新しいものでやろうとなった時に、そのことが技術開発にフィードバックできているかが重要になります。

例えば、浚渫工であれば、浚渫土量の計算ソフトの良いものがあれば簡単にできるのにそうしたソフトが開発されておらず、使い勝手があまり良くなって逆に人手がかかってしまうとか、本末転倒になっている部分もあります。

問題点が出てくるのはわかっているので、ただ民間企業の技術開発に任せるのではなくて、その解決策について、国や横須賀の研究所も一緒に考える仕組みが必要だと思いますが、その辺がまだ十分にはできていないような気がします。

高橋▷ベースの技術はあり、かなり高いレベルにあるとみなして良いけれども、実用化するためには行政的にもう一工夫必要だということですね。

岩波▷測深の技術という意味ではかなり良いものがあっても、それを浚渫工事の中に導入しようと思うと違う問題が出てきて、それをうまく解決できていないということです。

高橋▷i-Constructionをもっとやりやすくするための技術も必要で、その技術についても開発する必要があるということですね。

岩波▷要素技術としてはありますが、それを工事や業務で使



うには、もう少しカスタマイズする必要があると思います。特に、港湾工事はその辺りがまだ足りないような気がします。

高橋▷ そのためには山内ドックのような実験場があるのはすごく有利だと思うので、もっと活用するとか、そこにもう少しお金をかけるとかが大事ですね。

岩波▷ こんなことを言うてはいけないかもしれませんが、今はi-Constructionの取組みで手一杯になってしまっています。次は何をやっていくのか、足りないのはどこかという、もう少し大きな視点が追いついていなくて、とにかくモデル工事や実証工事から問題点を洗い出すというところに労力を注ぎ込み過ぎているような気がします。

i-Construction：海と陸との違い

高橋▷ 海のi-Constructionは陸のi-Constructionに比べて進んでいるのか、遅れているのかという視点ではいかがですか？

岩波▷ 進んでいると思います。もともと浚渫で海底をナローマルチビームで見るということは普通にやっていたので、いまでも丁張をやっている陸上の世界に比べれば、そもそもの技術レベルは海洋、港湾のほうがかなり進んでいると思います。

ただ、いままでは当たり前に使すぎてしまっていて、各社あるいは各個人が持っている技術だったので、それを全国標準的にやっていこうというときに、あまりにも進みすぎているがゆえに問題点がどこにあるのかわからないとか、標準化しにくいという逆の問題が出てきてしまっているのかなという気がします。

浦▷ 例えばロボット技術では、海の機械化は進んでいるのか遅れているのかというと、本質的に人間は海の中へは行けなくて、ロボットや遠隔操縦器、あるいはリモートセンシングで音響を使っているの、その点では進んでいると思います。

陸上の遠隔操縦で行っている重機は危険地帯でしか使われないけど、遠隔操縦の水中機械は世界中どこでも使っていますね。浅いところはまだ潜水士の世界かもしれませんが、すごく進んでいます。

問題は、i-Constructionの3次元化とかセンサーはかなり良くなってきたのに、それを次につなげていくソフトウェアの開発が遅れているところです。日本人はベース機械をつくるのは好きですが、例えば家庭用自動清掃ロボットのルンバのようなものはなかなか自分達では出来ません。ここは日本の弱いところで、このような事をi-Constructionという名前でやっていかなくてはいけないと思います。

ハードウェアが完成したら、それを利用して良いソフトウェアをつくらないと利用が進まないの、その点がとても大事だと思います。だから行政側はソフトウェア開発に力を入れて欲しいし、それがi-Constructionに効いてくるのではないかと思います。

岩波▷ 冒頭で3次元データを設計、施工、維持管理に一貫して使って初めて意味があるという話がありましたが、浚渫で取った3次元データで工事としては終わっても、その後は、当然ながら、航路なり泊地を管理しなければいけません。

その管理をするときにデータをどう活用するのかという点ですが、今はまだ繋がっていないんですね。

工事は工事、設計は設計になってしまっていますが、繋がることで大きなメリットが出てくるはずですよ。

維持管理、航路の管理も考え、もっと先行投資をしようという話になればいいんですが、「いまここに投資すると、これにも役に立つから、もっと投資しても意味があるじゃないか」という点が少し足りていないように思いました。

栗山▷ いま岩波先生のところで研究されているのは、データの標準化とか統一化ですね。

岩波▷ それも一つです。

ユーザーの立場に立ったソフトづくり

栗山▷ 浦先生の言われるソフトの開発というのはどのような部分でしょうか。

浦▷ 標準化したデータをそこに入れ込んで、そのデータを使いやすくするのがソフト開発だと思います。アメリカと日本のデータベースを比べると、アメリカのデータベースはとても使いやすいのに、日本のデータベースは使いにくくて、「できた」と発表されても、その後は一体どうなっているんでしょうか、ということが多いような気がします。

データを使う人たちがソフトの開発に関与せず、データをつかった人がソフトの開発をするので、ユーザー目線でデータを見ていないんですね。



ユーザー側とデータをつくる側が共同で良いソフトを開発するような案件に予算を投入するべきだと思います。

栗山▷建築業界ではBIM(Building Information Modeling)など、3次元のデータを使いこなしていますね。同じような概念を、土木業界ではCIM(Construction Information Modeling)と言っていますが、ソフト次第で、これが出来る、あれは出来ないというように、相当ソフトに依存している面があるように思います。

港湾関係者がソフト開発に非常に貢献しているかというところでもなくて、ソフト会社がつくったもので良いものを何とか探して利用するというのが現状です。浦先生が言われたように、ユーザーの目線でソフト開発に関与していくことが大切だと思います。

高橋▷それはi-Constructionを推進している国土交通省が中心となって進めていって欲しいですね。

岩波▷結局CIMを導入するとすると、全部3次元で設計しなければならなくなるので、設計する人は仕事が増えるだけだからやりたがらないんですね。

でもトータルで見ると、3次元で設計すれば施工もそのままデータを活かせるし、そこに施工のデータを入れれば維持管理する人もそのまま使えるなど、関係者全てが受益できます。そのためにも、各セクターから少しずつ資金や人材を集めて、最初のCIMの設計ソフトをつくるべきだと思います。

ただし、現状は設計、施工、維持管理にミシン目が入ってしまっていて、CIMは全部設計の人に押し付けてしまっているのが現状です。だからなかなか進まないし良いものができてこない。

そもそも、インプットされるデータも、設計、施工、維持管理それぞれの段階で欲しいデータは別々となるので、本来は共通したところだけやれば良いかもしれないのに、とにかく全部データを入れてしまうということになっています。

結局、ただモノが大きくなって終わり、という感じになってしまっています。

高橋理事長がご指摘のとおり、旗振役が全体を見て、「今は大変だけど、いずれ楽になるから、もう少し皆で協力してやろう」という雰囲気をつくったほうがいいと思います。国土交通省でもi-Construction推進のため、様々なワーキンググループをつくって、それぞれの得意なところを集めて、良いものをつくっていかうとしていますので、今後の展開に期待しているところです。

機械化・自動化の先にある情報化、そして実用化

高橋▷海の場合は、機械化とか自動化は以前よりかなり進んでいて、レベルは高いけれども、情報化というか、i-Constructionに結びつけるところでやらなければいけない

ことがたくさんあるような気がします。

実際に関与していないと判らないところが多いので、民間の方や実務をやっている方々が、経験から来る意見を取りまとめて行政に渡していく必要があると思います。

岩波▷私が委員長をしているICT導入検討委員会の関連では、調査・設計、施工、監督・検査のワーキンググループがつくられていて、国土交通省の主導で検討が進められています。そこには行政側だけでなく、建設会社、コンサルタント、調査会社など様々なメンバーが入って検討を行っています。

高橋▷海の世界では、従来より機械化や自動化を推進してある程度のレベルには達していますが、SIPなどでは、もう少し先の新しい技術に挑戦しようとしているわけですね。それらの多くは港湾のi-Constructionにつながる技術ではないかと思いますが、今後はどのような技術活用が考えられますか。

浦▷私が期待しているのはROVによる高度な作業です。それと港湾で役に立つと思われるのはASV(長期観測型自律航行無人艇)です。

今、IMO(国際海事機関)では一般の船の無人化に向けた検討も行われており、検討すべき課題はまだ多数あるのですが、無人化された船で港湾区域を調査するというのも次の段階ではあると思います。

栗山▷前回のSIPでやらせていただいたのは、無人船ではないですが、ROVにカメラを積んだものです。栈橋の下から裏を見るのは、非常に大変な作業で干潮のときにボートで行くか、あるいは満潮のときに潜水士が潜って、そこで浮上して上を見なければいけないので結構手間がかかります。

ROVを使って、栈橋の上で操作しながら走らせて、カメラで写真を撮れば、後でそれを解析することによってかなりの省力化が図れるし、安全性の視点からもかなりの向上が見込まれます。

夜間でも作業ができるので、かなり効率が上がることから、SIPのスキーム内でずいぶん検討させていただきました。ほとんど完成品に近いものができていて、実証試験を5カ所で行い、実用化の少し手前まで来ています。

浦▷栈橋や羽田空港D滑走路の水中部点検などは自動化していかないと苦しいですね。

高橋▷港湾に限らず海洋全般のICT技術の活用という視点でトピック的なものとしてどのようなものがあるでしょうか。

岩波▷まず、水中の可視化が挙げられます。

それが可能になると、工事也非常に安全かつ効率的にできるし、維持管理の調査もいままで見られなかったものが見えるようになるので、長寿命化や補修技術にも上手く繋げやすくなると思います。

次に、実際の作業です。

先程、水中バックホウの話がありましたが、海の中は水の抵抗がありますので、陸上ほど細かい動きや滑らかな動きが

できていないと思います。水中の可視化ができて、海中の状態がよく判って、例えば維持管理であれば、穴が開いているから直そうという際に、自動化、無人化やロボット化で対応できればと思います。もし目と手が手に入れば水中作業はかなり改善し、これまでとは大きく違う世界になるのではないかと期待しています。

栗山▷「できるだけ無人化」というのが大きな方向だと思います。

水中バックホウも、現時点では潜水士が水中の操縦席に入ること想定しているのですが、将来的には、船の上からコントロールすることが可能になればと思います。

現時点はマシンガイダンスですので、マシンコントロールまで持っていきたいと思います。あらかじめプログラムしておけば、あとは勝手にやってくれるというのはかなり先になるでしょうが、できるだけ人が関与しなくなるというのが大きな方向だと思います。

浦▷現時点では、ケーソンのマウンドをつくるのは昔からのやり方で、潜水士が均すことを前提としていますが、水中バックホウが均すことを前提にして、出来形も少し違う工夫があれば、もっと水中バックホウが使いやすくなると思います。

人間がやりやすい形をしているマウンドを、ロボットがやりやすい形にデザインし直すことはできるでしょうか。

栗山▷それは可能だと思います。ただし、その際はケーソンにも少し工夫が必要です。凹凸しているマウンド上にケーソンを置く場合などは、例えばケーソンの床を厚くするなどの工夫が必要かもしれません。

浦▷建設プロセスも含め、将来の港湾建設はこうなるだろうといったイメージはありますか。

栗山▷まだ具体的なものはありませんが、岩波先生が言われたような、調査段階から一気通貫で3次元データを活用するためには、もちろんソフトなどの課題もありますが、施工の方法を変えてより省力化させると、それに合わせた設計法が出てくるかもしれないと思います。

高橋▷基礎技術は結構あるので、それを実際に活用できるよ

うな工夫も必要ですね。この件についてもi-Construction委員会で検討しているのですか。

岩波▷まだそこまでの検討は行っていませんが、マウンドをいままで通りつくって潜水士が入って検査をして、その上にケーソンを載せるという作業に、ICT技術を導入していこうとしても限界があって、本当の意味でICT技術の最大限活用というのはたぶんできないと思います。

従来のやり方に当てはめるのではなく、ICT技術を全面に出して、潜水士などは不要ですという前提であれば、全く違うものが出来上がると思います。

そうするとマウンドはガタガタで、ケーソンはどっしりしたものができるかもしれませんが、潜水士が本当にいなくなったら、そのようなものをつくらざるを得なくなります。

しかし、早くできても、コストが高くなると、いまの予算制度や会計制度上は許されないとと思うので、機械で実施すれば安全に出来ます、ただコストは2倍ですという概念を受容できる社会になるかどうか重要だと思います。

浦▷技術の発達につれ、ICT技術を活用した新しい港湾建設の時代はそれほど遠くないと思います。潜水士の人件費は安いので、現状ではコストのかからない水中バックホウでないと太刀打ちできませんが、将来、潜水士のなり手が少なくなっていき、最終的には人が水中に入ることが無くなってしまふという発想で次の世代に繋げていくことが必要だと思います。

栗山▷コスト面では、工期が短くなるというメリットはあります。人が水中に入る際には安全性の確保が必要ですが、機械だったら少々海が荒れていても作業ができるので、場所によってはだいぶ工期が短くなります。その点ではプラスですね。

例えば、太平洋に面している鹿島港は年間を通じてうねりがあるって、工事できる期間に限られます。そのような場所で機械を活用できるとなると、工期が短くなるメリットが大きいです。

洋上風力発電推進に向けたICT技術の活用

高橋▷ICT技術の将来展望といった視点で何かございませんか？

浦▷一番期待しているのは洋上風力発電です。洋上風力発電では、実際にエネルギーを生産しなくてはならないし、きちんとメンテナンスをする必要性も大きいので、ICT化を推し進める良いチャンスだと思います。これまで実施していない新しいプロジェクトですので、ICT技術を導入しやすいと思います。

沿岸部と沖合では、それぞれ違う技術が必要だと思いますが、計画段階からロボットで建設することを前提にして計画





着床式洋上風力発電の例
(公益社団法人日本港湾協会提供)

をたてていくことが大事ではないかなと思います。

特に、沖合の風力発電では、遠隔操作式の無人バックホウの活用を推進して欲しいと思います。

新しいプロジェクトであり、これまでの縛りがないので、様々な新しいことを取り入れやすいのではないかなと思うし、とても期待しています。

岩波▷まさにそうだと思います。港湾も含め、海洋では機械化・自動化が進んでいても情報化がまだであるというのは、これまでは人の手でやるのが大前提で、いままで通りやろうという概念が大前提にあるからだと思います。

ICT技術ありき、無人化ありき、という視点でものを考えると、もしかしたら防波堤や岸壁の形も変わるかもしれませんが、港湾の形も変わるかもしれません。

ただし、今すぐに導入していくというのは、これまでの経験上難しいと思います。

だから洋上風力発電のような新しいプロジェクトで、人手をかけず、ICT技術ありきで、一気にやってみるとするのは面白いと思います。

あとはマウンドを均して、最後に潜水士がプラスマイナス何センチの均し精度を見るという正確さです。

ナローマルチビームを導入しようとしています。まだ精度はナローマルチビームのほうが負けています。完全に置き換えることはまだできないので、いろいろと検討しているところなんです。

のべ何十人もの潜水士に危険な作業をやらせてもらってプラスマイナス5cmの精度を出すのと、機械を10秒だけ入れて測り、精度が半分なのと、果たして、どちらが本当に我々にとって望ましい状態なのか悩ましいところです。

マウンドだけではなく、その上に載せるケーソンもありますから、どちらが良い悪いは一概に言えませんが、ナローマルチビームで10秒測ったものを前提とするのであれば、ケー

ソンの形も変えるぐらいの覚悟で検討を進めていってもいいかもしれません。

ただし、いままでどおりつくったものと、マウンドはガタガタでもケーソンはしっかりしているものと、防波・防災機能の視点で同じものと考えて良いのかについては不明です。実際につくって比較してみないと判りません。AI（人工知能技術）のように、これからいろいろなシミュレーションをたくさんやって証明できるのであれば、新しい設計法や施設についても考えていくべきではないかと思っています。

日本の人口は今後30年で半分になると言われており、従来の手法でやり続けると絶対に破綻するはずなんです。だから新しいことをチャレンジングにやっていくことは絶対に必要だと思っています。

一方で、本当に潜水士の要らない世の中にしてしまってもいいのか、確かに危険作業だから、なるべくやらないほうがいいのは分かるのですが、本当に不要という世界にしてしまってもいいのかという疑問はあります。

そのバランスを取るの是非常に難しいので、一つのモデル工事が欲しいと思いますが、洋上風力発電のように、いままで経験のない事業でやってみるのも面白いというお話は、目からうろこという感じを受けました。

高橋▷海洋におけるi-Constructionについては、機械や電気のみならず、情報、通信などの幅広い分野の技術を土木技術に柔軟に取り組みんでいくことにより進歩していくのではないかと思います。

関係機関との連携が今まで以上に大切になりますので、沿岸技術研究センターとしてもICTに関する最新の動向を踏まえつつ、港湾・海岸施設の技術的な検討や、防災・減災に関する調査研究等の事業を更に充実させ、i-Constructionの推進に貢献していきたいと思っています。

本日は、大変貴重なお話を頂き、本当に有り難うございます。





SIP次世代海洋資源調査技術 (海のジパング計画)の成果

浦辺 徹郎 東京大学名誉教授
内閣府 SIP「次世代海洋資源調査技術」プログラム・ディレクター

海洋資源とは？

海底熱水活動は1970年代末に初めて発見され、直ちに海洋科学研究の対象となった。それは大洋中央海嶺軸において循環海水がマグマで熱せられ、海底面上に温泉のように噴出したものであったが、水圧による沸点上昇のため温度が300℃前後に達するという特徴がある。このような高温の温泉水つまり熱水は、銅、亜鉛、金、銀、ほかのレアメタルを金属イオンとして溶解・運搬する能力が高い。熱水が海水と接して冷却されると、含んでいた金属とイオンを硫化物として沈殿する。その後の40年間の調査で沈殿した金属量が多いものが見つかるようになり、それらは海底熱水鉱床と呼ばれると同時に、新資源として注目を集めた。

ほぼ同じ頃、海山の露岩域にコバルトリッチ・クラストも発見され、その資源的意義が検討されるようになった。コバルトリッチ・クラストは、1960年代に既に海底資源として認識されていたマンガン団塊と同様の鉱物組成を示し、冷たい深層海水から非常にゆっくり沈殿してできた鉱床である(表1)。海底熱水鉱床と合わせて3種類の海底資源が経済的・技術的観点からとりわけ注目を集めているのである。ちなみに深海底の鉱物資源はこの3種以外にも知られており、今後とも基礎研究を通じて新たな発見がなされる可能性が高いことも指摘しておく必

要があるだろう。

表1にあるように、マンガン団塊、コバルトリッチ・クラスト、海底熱水鉱床の分布は遍在するものの、沿岸国の大陸棚内、一定の条件下で承認される大陸棚の延長部、さらにその外側の深海底のいずれにも存在する。ここで大陸棚とは、低潮時の陸地から200海里(370.4km)までの海底およびその下と定義される。この大陸棚の範囲が排他的経済水域(EEZ)のそれと一致することから、大陸棚とEEZが混同されることがあるが、本来独立した概念であった。誤解を恐れずにいえば、日本のEEZ内の水産資源は日本のものとは言い切れないが、大陸棚における海底資源開発には沿岸国の主権的権利が認められており、日本の法律により開発することができるのである。一方で、沿岸国の主権的権利が及ばない深海底におけるそれらの資源は、国連海洋法条約の下に設けられた国際海底機構(ISA)によって管轄されており、採掘規則についてそこで検討がなされている段階にある。正式合意にはまだ時間がかかるので、大陸棚内にある資源の開発が先行するのではないかと考えられている。

日本の大陸棚の海洋資源

日本には国土面積の12倍を超える広い大陸棚があり、資源形成にとって好ましい地質条件と、豊かな鉱物資源ポテンシャルがある。そこには、海底熱水鉱床とコバルトリッチ・クラ

表1 主要な3種の海底資源の比較(Petersen et al. 2016などを改編)

	マンガン団塊	コバルトリッチ・クラスト	海底熱水鉱床
地質環境	堆積物に覆われた深海底	古い海山の上面と斜面	大洋中央海嶺、島弧火山
形状	ノジュール(球形)	岩石表面をアスファルト様に被覆	硫化物マウンド、潜頭性鉱床
水深(メートル)	3000—6000	1000—3000	1000—4000
海域区分(公海底、大陸棚、延長大陸棚)	38億km ² (81%, 14%, 5%)	1.7億km ² (46%, 44%, 10%)	3.2億km ² (58%, 36%, 6%)
主要金属資源	ニッケル、銅、マンガン、コバルト	コバルト、ニッケル、マンガン、銅	銅、亜鉛、鉛、金、銀
随伴金属資源	モリブデン、リチウム、チタン	チタン、レアアース、白金、モリブデン、ピスマス、リン	ガリウム、ゲルマニウム、インジウム、アンチモン
推定資源量	211億トン(ハワイ南方のみ)	75.3億トン(北西太平洋のみ)	6.0億トン(中央海嶺軸分のみ)
代表的品位	銅、ニッケル: 2.4%、コバルト 0.2%	銅、ニッケル: 0.5%、コバルト 0.7%	銅 3%、亜鉛 9%、金 2ppm、銀 100ppm
環境フットプリント	150 km ²	25 km ²	<0.2 km ²

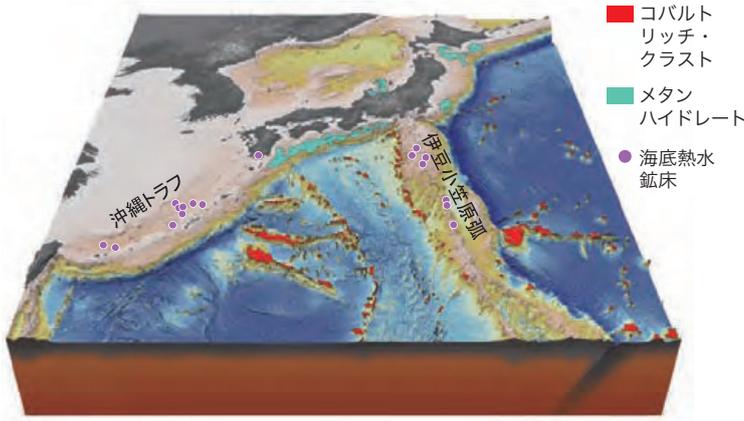


図1 日本周辺の海底資源の分布

(海底熱水鉱床は著者、コバルトリッチ・クラストは白井朗、メタンハイドレートはMH21計画のHP、そして作図は岸本清行による)

ト鉱床が数多く知られている(図1)。前者は日本周辺の海洋性島弧のマグマ活動がもたらした海底熱水活動に伴うもので、沖縄トラフと伊豆小笠原弧に見られる。後者は広い海域に分布するが、金属含有量などの観点からもっとも有望なのは伊豆小笠原弧の東側の北西太平洋の海山域である。なお、海のジパング計画では、この海域の西端にあたる茨城沖の拓洋第3海山および福島沖の磐城海山等にもコバルトリッチ・クラスト鉱床が全面的に存在していることを発見し、その生成年代や金属濃集の分布とメカニズムについて明らかにした。

ただし、海のジパング計画では3種類の海底資源の中でもっとも早く開発されると多くの専門家が合意している海底熱水鉱床に技術開発努力を集中した。ただし、得られた技術は広く海洋資源開発、環境影響評価および資源安全保障にもつながるのであり、海底熱水鉱床に限定されない。

SIP「次世代海洋資源調査技術(海のジパング計画)」とは?

表記計画は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の下

に2014年に開始された「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」課題の1つである。この課題はタイトル通り海底鉱物資源の調査(探査)技術を開発するもので、以前から海洋資源の生産技術を開発している(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構JOGMECとの連携の下、民間による海底資源調査産業を育成することを目的としていた。

計画の技術開発目標として、われわれは「水深2,000m以浅の海域において、海底下30mにある潜頭性鉱床を検出する技術体系を確立する」と設定した。ここで潜頭性鉱床というのは、海底面上に姿を顕していない鉱床のことで、これまで世界にそれを探す技術は開発されていなかった。海洋資源調査技術はこのように未踏技術であり、他のSIP課題と比べると、ゼロからのスタートであった。

そのことも一部関係したかも知れないが、計画の2年度終了時に非常に厳しい年次評価を受けた。そこで、メンバーの皆様のご協力を得て厳しくテーマを絞り込み、かつマネジメント体制の見直しを行った(図2)。さいわい技術開発のスピードアップが達成され、最終的には所期の計画以上の成果と技術移転を達成することができたことは、海に関わる人々の底力が発揮されたのだろうと感謝している。以下にこの点をおさらいしてみよう。

「統合海洋資源調査システム」の開発と実証

広い大陸棚の海底下に潜在している鉱床を特定するためには、広大な面積から効率良く海域を絞り込む技術、つまりターゲットング手法を開発する必要があった。陸上においてはそれらはさまざまな探査手法として存在するが、厚い海水柱によって隔離された深海への応用は容易ではなかった。そこで、本計画に先駆けて行われた文部科学省「海洋資源利用促進技術開発

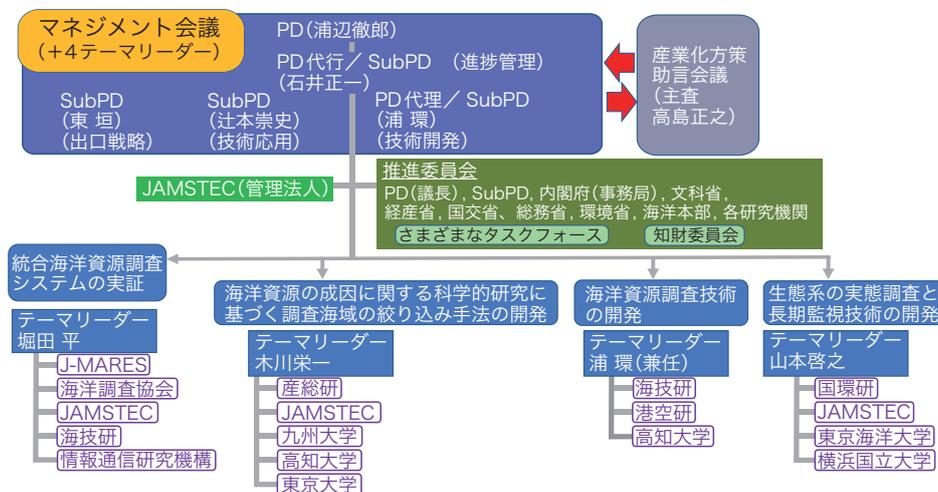


図2 SIP「次世代海洋資源調査技術(海のジパング計画)」のマネージメント体制と参加機関

プログラム（いわゆる基盤ツール）」のセンサー開発の成果などを利用して、世界に先駆けて高効率・低コストの「統合海洋資源調査システム」を確立する目標を立てた。その際、もっとも力になったのが独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との連携であった。JOGMEC-SIP連絡会など実務者レベルでの話し合いが数多く持たれ、将来のユーザとしてのJOGMECのニーズを共有して研究開発の方向が決定された。

上記の方針にそって研究開発した技術・手法を、民間調査会社が自らの資源（人材、機材、経験）を活用してサービス事業として提供できるように普遍化したのが「統合海洋資源調査システム」である（図3）。計画3年目の平成28年度には、このシステムを沖縄トラフHAKUREIサイトに適用して有効性を検証した。ここはJOGMECにより詳細な資源量評価がなされていた場所であったが、実証の過程で、海底下30mにある潜頭性鉱床が検知できることが明らかになり、一同大いに気づけられた。平成29年度には、まだ全貌がよく分かっていない沖縄トラフごんどうサイトにおいて、後述する自然電位調査、地震波探査、重力調査等を行った。引き続いて行われた海底設置型掘削装置によるサンプリングと検証により、堆積物に覆われた硫化物鉱体と、さらにその下にある熱水変質帯の検知が可能であることが分かってきた。つまり、2つの既知鉱床で方法の有効性が証明されたのである。

そして、計画最終年度の平成30年度には、鉱床の存在が未確認の海域において、当該システムの概査→準精査→精査のステップ別調査法を適用し、海底下40mにある鉱化帯を発見することができた。この段階で、鉱体のバリエーションと、そこから得られるさまざまな取得データとの関係性が体得され、手法の“熟成”がなされた。陸でも海でも、単一万能の資源探査法

はないが、今回世界で初めて、海域の諸制約を克服して、深海底において数多くの調査手法を柔軟に組み合わせることができる「絞り込み」システムが開発されたのである。以下にその中核的な技術について概観してみよう。

「統合海洋資源調査システム」の手法とは？

本システムの最大の特徴は、段階別に概査→準精査→精査と調査海域を絞り込んでいくことにある。概査段階では、足の速いプラットフォームである船舶や自律型海中ロボット（AUV）を使った、海底地形調査、熱水ブルーム検知、地磁気調査などが中心となる。この段階で、海底熱水鉱床を伴う特徴的な火山地形や鉱床生成時の熱水変質に伴う地磁気異常などの有無を調査する。

準精査段階では、AUVを用いた高解像度の海底地形・地質調査、自然電位探査、電磁探査（比抵抗分布）、深海曳航式地震探査法などを行う。AUVを用いると、10-20cm程度の分解能で微細海底地形情報が得られるので、この時点で熱水チムニーや硫化物マウンドがその形態から捉えられることがある。この手法は海底面上に姿を現していない潜頭性鉱床には用いることができないが、それにもっとも威力を発揮するのが自然電位探査法である。これは、海底面下の鉱床が自然の電池のように電界を持つ性質を利用するもので、陸上ではSP（self potential）法と呼ばれる。ただし、この手法は信号とノイズの区別が難しく、1960年代に提案されたものの、現在ではほとんど使われていなかった。ひょうたんからコマで、海底では自然電位探査法が安価で効率が良く、anomaly-huntingに最適な手法であることが明らかになった（Kawada and Kasaya, 2017）。この手法は、さまざまな電磁探査法と併せて、主力の調査法となっている。

精査段階では、有索無人探査機（ROV）や海底設置型機器などの足の遅いプラットフォームを用いた、ZVCS地震探査（J-MARES）、重力探査（海洋調査協会）などの手法が活躍し、垂直方向の詳細な情報を得ることになる。今回のシステム検証の結果、このZVCS地震探査手法により海底熱水鉱床の上面と下面が反射波として検知できることが分かってきた。その結果と重力探査を組み合わすと、おおまかな鉱石量を推定することも夢ではなく、その後の稠密ボーリング計画の立案に大きく寄与することが期待される。

「統合海洋資源調査システム」のコスト

上にも述べたように、物理探査は複数



図3 統合海洋資源調査システムの概要



手法を組み合わせ、漏れなく効率的に絞り込みを行えることに意義がある。鉱床はたとえ同じメカニズムで生成したものであっても、それぞれ異なった個性を持つからである。

このように説明すると、そんな面倒なことをせず、直接ボーリングしてしまえば良いのではないかと、という人もいるだろう。陸上では、ジュニアカンパニーと呼ばれる小規模の探査コンサルタント会社が、系統的な地球物理探査による絞り込みをせず、勘と意思でボーリングを開始することがある。多くのジュニアカンパニーがあるオーストラリアでは、やみくもにボーリングを行い、兆候がないと鉱区を放棄して次に移る、いわゆるヒット・アンド・ラン方式がとられた地域もある。

しかし、“見逃し”をする可能性が高いこのような手法は、取るべきでないし、実際海洋においては取ることができない。ボーリングのメートル当たり単価が陸上の100倍以上かかるからである。そのため、概査～精査に至る段階では、ボーリングという手段を使わず、物理探査によってターゲティングを行うことが効率的なのである。統合海洋資源調査システムを用いて十分対象を絞り込んだ後は、金属含有量（品位）や鉱石の性質を細かく知るためのボーリングが欠かせないが、対象エリアをあらかじめ絞り込めることにより、ボーリング数を劇的に減らすことが可能となるのである。

さらに、海洋調査のコスト高を生む原因がある。陸上の平地地ではトラックに機材を積みどこにでも行けるが、海域では常に傭船をしなければならず、やはり移動コストが一日当たり陸上の100倍以上となるのである。ただし、陸上探査から海洋探査へパラダイムシフトさせるというSIPの出口戦略を達成するためには、そのような海のコスト高の要因は克服しなければならない。もし陸上とのコスト競争が可能になれば、陸上における銅・金などの非鉄金属探査に使用されている年間1.1兆円の投資額（MinExコンサルタント2017資料）の一部を、海にシフトさせられる可能性が出てくるからである。

そこで、われわれは1件あたり5億円を統合海洋資源調査システムのコスト目標として設定した。陸上での探査プロジェクトの平均予算額は非常に幅が広いが、中規模の探査プロジェクトの場合平均5億円前後と考えてよいからである。この目標を達成するためには、傭船期間（シップタイム）を何倍も有効活用するアイデアが必要になる。そのコア技術として取りあげたのが次に述べるAUV複数機同時運用であった。

シップタイム有効利用のコア技術： AUV複数運用

本計画のAUV複数機同時運用システムは、全自動海洋資源調査ないしはスマート調査として世界で初めて実現できたコ

ア技術である。これは、やはり自律型ロボットである洋上中継器（ASV）一台を使用して複数のAUVを監視・誘導するもので、その間、母船は別の調査を行うことが可能となる。われわれがこだわったのは、国内で修理・改良が可能な、国産の機器でそれを成功させることであった。さいわい、本計画で建造した5台のAUVを同時運用することに成功し、その技術目標は達成することができた（海上技術安全研究所）。ただし、実際の調査現場では、運用だけではなくさまざまなセンサーを搭載した複数AUVによる調査が、計画の範囲内で確実に実施されることが重要であるので、より少ない台数での運用となるだろう。

次にそれを民間移転するためには、オペレータの養成、搭載センサーによるデータの取得と解析などクリアすべき課題が多い。そこで、平成30年10月に、JOGMEC担当者の同乗の下、伊豆の熱水域において民間企業による調査航海を実施し、民間事業化が可能であることを確認した（海洋調査協会）。

さらに、調査で得られた膨大なデータを速やかに解析して、現場にフィードバックすることも効率化に大きく寄与する。それを阻んでいたのが、海域における通信能力の低さであった。これまで海上での商用衛星通信の速度は500kbpsであったが、本計画では船上であっても十分な精度で衛星追尾を実現できる小型アンテナを開発し、10Mbpsの通信速度を達成した（情報通信研究機構）。この高速衛星通信技術はその後の航海で多用され、大容量観測データの伝送や、陸上とのTV会議などに活用された。これにより、データ解析の専門家や人件費の高い技術者を船に乗せる必要がなくなり、コスト面でも大きな寄与となった。

さらに詳しい探査技術の内容について知りたい方は、その手順を示した「海底熱水鉱床調査技術プロトコル」という小冊子（和文・英文）を公表しているので、興味のある方はダウンロード（https://www.jamstec.go.jp/sip/pdf/resultList2017_p_j.pdf）して頂きたい。

海のジパング計画のこれから

本計画は2019年3月末をもって終了する。出口戦略はほぼ達成され、日本の大陸棚で海底熱水鉱床探査を実施しているJOGMECによってその技術が活用される見通しはあるものの、海外における調査の市場はまだ存在していない。海底資源探査は将来の資源問題を解決する幾つかの対策の1つに過ぎないが、いずれ訪れる資源の安定供給をめぐる想定外の事態に備え、日本が出遅れることの無いよう、今後とも関係方面のご理解とご支援をお願いしたい。



海中ロボット技術の発展と将来

浦 環

九州工業大学社会ロボット具現化センター特別教授 東京大学名誉教授

1. 自律型海中ロボット開発の黎明期から「にわか」AUV信者隆盛に至るまで

1984年、私が自律型海中ロボット（AUV：Autonomous Underwater Vehicle）の研究開発を始めた頃、まともに動ける（仕事ができる）AUVは、ワシントン大学APL（Applied Physics Laboratory）の「SPURV」（1957年建造、図1参照）とIFREMER（当時はCNEXO）の「Epaulard」ぐらいであった。それから35年、今では雨後の竹の子のようにAUVが作られ、海中技術に関係する人達は「AUV」「AUV」と連呼している。SPURVの開発から既に60年、長い開発の歴史を感じさせる。

米国海軍（正確にはONR）がSPURV開発の資金を出し、1979年までに7台のSPURVを使っている。ONRは、その後「REMUS」と名付けられたAUVの開発に力をいれ、ノルウェーの「Hugin」と並ぶ、世界のトップAUVを完成させている。

米国海軍に遅れること50年、日本の海上自衛隊もようやくAUV開発に興味を示すようになった。自衛隊がAUVを持っていても、その働きはロケットのように派手でなく、一般人には見えにくいので、自衛隊のAUVが何をやっているかがなかなか分からない。このことは、日本全体としてのAUVの開発にとっておおいに問題である。

一般的に言って、ロボットは動けばよいものではなく、動かなければならない。それもロボットの利点を生かした働きをせねばならない。AUVは海中で働くので、海中という環境を理解

してロボット開発をし、働かせながら開発を進めていくことがなければ、ろくなロボットはできないのである。

2. フィールドロボット

鉄腕アトムをシンボルとしてロボット先進国を自負していた日本のロボットたちは、2011年3月11日、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故がおこったときに、人の行けない高い放射線の中で活躍するであろうと期待されたが、見事に裏切った。千葉工業大学が開発していた「Quince」が原子炉建屋内の調査活動をして、名誉をなんとか挽回はしたが、痛手は深い。役に立つフィールドロボットの難しさを示したのである。陸上はさておき、海中では、Quinceのような遠隔操縦機の利用は30年以上も前から日常茶飯事におこなわれている。1995年には1万メートルを超える長いケーブルにつながれたROV「かいこう」が世界の海の最深部10,911メートル深度に到達し、技術の高さを世界に示した。

なぜ、陸上ロボット（工場内で働くマテハンロボットを除き移動ロボットに限定している）がたいした仕事ができず、ROVやAUVなどの海中ロボットがちゃんと仕事をしているのであろうか。答えは簡単である。深い海の中へは人間が直接行くことができず、ROVやAUVはニッチを持つものに対し、陸上では人間が仕事をやってしまいロボットがいなくても事が足りるからである。そこで研究開発者は、つつい奇をてらってしまい、実用からほど遠い世界へと埋没してしまう。必要は発明の母であり、技術者だけの興味で開発がおこなわれると、母のいない発明になってしまうのである。

3. フィールドロボット開発の肝

研究室内から飛び出して自然環境の中で働くロボットの開発は、与えられた機械的な仕様を備えたロボットを開発すればよいということではない。フィールド環境の圧力に耐えなければならない。造船用語では、これを『「堪航性」がある』という。



図1 ワシントン大学のやりきるロボット「SPURV」



海中ロボットの場合には、支援船から投入され、仕事を終えて支援船に揚収されるまでを安全に行うことができれば堪航性があるといえよう。ひっくり返りやすい二足歩行ロボットの場合は、自分で立ち上がってやり直すことができなければ、堪航性はなく、役に立たない。大切なのは「歩くこと」ではなく、「歩かき」ことである。「歩かき」ことができることを証明するには、「歩かき」以外に道はない。

ROVやAUVのように海に潜るロボットは「潜りきる」のだが、これを証明するには、船を借り、外洋にでかけて、海況を読み、潜航を繰り返さなければならない。外洋に出かけるには多大な経費がかかるので「潜りきる」チャンスは少ない。一度やりそこなうと、次のチャンスは一年後、ということはざらである。そのために、準備はしっかり行う必要があり、また、部品が壊れたときに外洋の船上で修理したり、予備品に取り替えたりする準備も重要である。

やりきるロボットを研究開発することが、フィールドロボット開発の肝である。この肝が盛り込まれたロボットの仕様書作り、あるいは研究計画作りをしなければならない。「やりきる」には、何をやりきるのかを定義しなければならない。これはミッションとよばれ、ミッションを定義することがロボット開発の第一歩である。しかし、開発を始めるときに、「アレもしたい」「コレもしたい」や、「アレをやらせたい」「コレもやらせたい」という多くの人達が出てくる。それらを取り込もうとすると、やることが多すぎてやりきることができずに、何もしない何でもできないロボットができあがってしまう。外野からのアレコレを切り捨て、ミッションを明確にすることが、フィールドロボット開発の第一歩の成功のための秘訣である。

4. 大学の研究者の不参加

大学の研究者や学生が研究開発に加わり、イノベーションを作り出さなければ、その分野の発展は期待できない。大学の研究者は、当然ながら先駆的なことをしたがる。先駆的なことでは、論文が書けない。作り上げたロボットが、たとえ仕事をやりきったとしても、それが先駆的でなければ、大学の研究者は評価されない。フィールドロボットは、「やりきる」ことが重要なので、「先駆的」は二の次になりがちになる。先駆的なロボットが好きな大学の研究者が、やりきるロボットの研究開発をおこなうことは難しい。

AUVやROVについては、3節で述べたように、「潜りきる」ことが大変なので、大学の研究者が研究開発に参加することはさらに難しくなる。したがって、大学の先駆的ロボット研究は、それだけやっていると予算がつかず、推進は難しい。



図2 東京大学のやりきるロボット「r2D4」



図3 先駆型ロボット「Twin-Burger」



図4 先駆型ロボットからやりきるロボットに変身した「Tuna-Sand」、「Tuna-Sand 2」と「ほぼりん」(左から)

解決策はある。やりきるロボットと先駆的ロボットの二頭立てで研究開発を進めることである。

筆者らは1984年からAUVの研究開発を始めて、航行型AUVとホバリング型AUVの研究開発を進めてきた。1節で紹介したSPURVやREMUSは航行型AUVで、やりきるロボットの代表例である。筆者らは2003年に航行型AUV「r2D4」(図2参照)を作り、多くの潜航をやりきってきた。1992年に作ったホバリング型AUV「Twin-Burger」(図3参照)は先駆的AUVの嚆矢であり、「Tri-Dog 1」を経由して「Tuna-Sand」さらには「ほぼりん」(図4参照)へと花開いていく。ホバリング型AUVがその存在を認められたのは、Tuna-Sandが2010年にメタンハイドレート地帯調査でベニズワイガニ群集を観測したからである。このとき、先駆的ロボットは、やりきるロボットへと変身した。Twin-Burger開発から約20年の年月が経過していた。

5. 港湾工事におけるロボット

陸上工事だけでなく、海中工事今後IoT化が進んでいく。海中工事の一種である港湾工事は、浅いだけあって通信・エネルギー供給用のケーブルを繋ぎやすく、水中バックホウなどのROV(遠隔操縦機)は使いやすい。つまり、深海工事に比較して港湾工事は格段にIoT化しやすい。課題は水中機、すなわちフィールドロボットにある。この開発は、3節に述べたように、やりきるロボット開発でなくてはならない。さらには、今後の発展を担う大学の研究者を含めて、先駆的ロボットが並行しておこなわれるならば、さらに望ましい。予算に限りがあるから、一方だけをやればよい、と考えられがちであるが、それは間違いである。



港湾工事における 生産性向上の取り組み

野呂 茂樹 国土交通省 港湾局 技術企画課 港湾工事安全推進官

1. はじめに

国土交通省では、人口減少時代においても経済成長を実現させるため、労働者の減少を上回る生産性の向上を目指し、平成28年3月、大臣自らが本部長となり「国土交通省生産性革命本部」を設置、省を挙げて「生産性革命」に取り組んでいる。

その施策として、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場の創出を目指し、建設現場の測量から設計・施工、維持管理に至る建設プロセス全体を3次元データで繋ぎ、

2025年度までに建設現場の生産性を2割向上させることを目指して、i-Constructionを推進している。

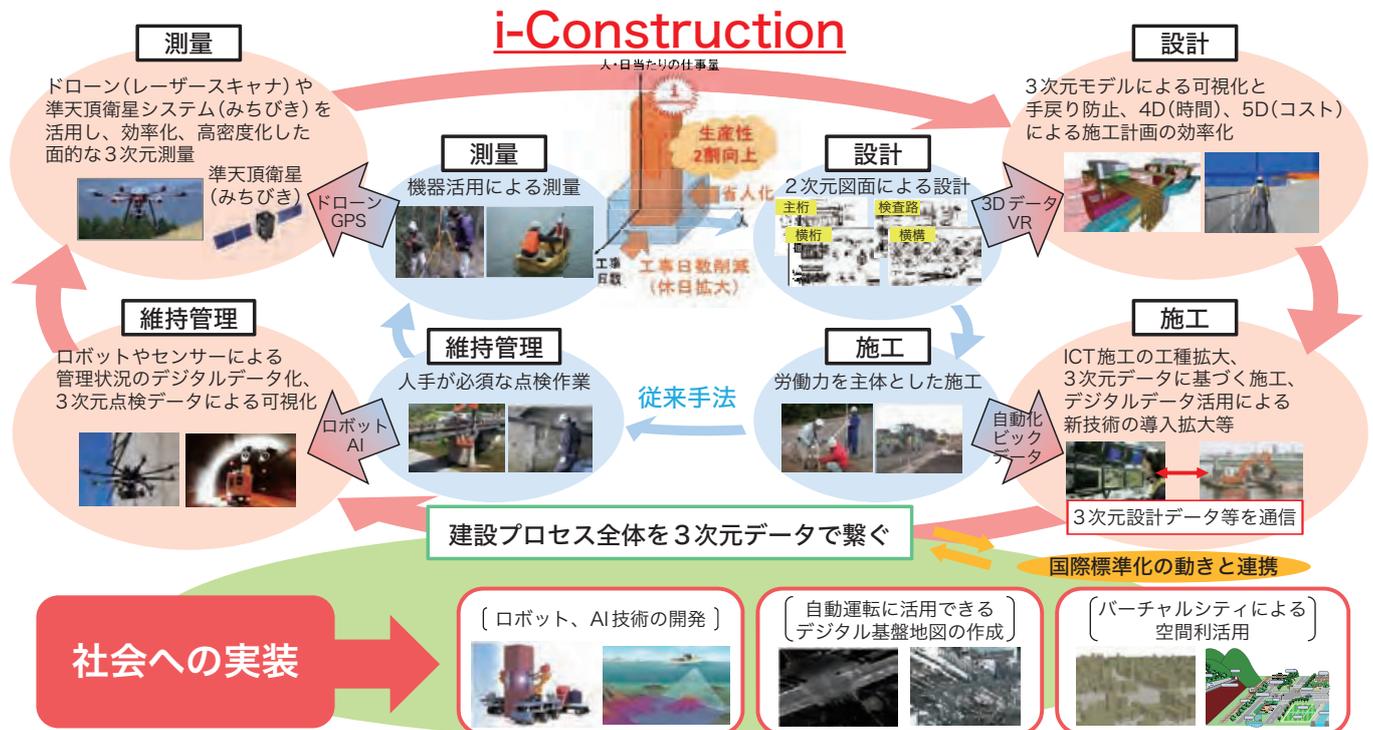
平成31年は生産性革命「貫徹の年」と位置付け、i-Constructionなどの施策を積極展開する方針である。

2. 港湾工事におけるICT施工の導入

港湾工事におけるi-Constructionの取り組みの一つとして、港湾の建設現場にICTを導入し生産性向上を目指している。

港湾局は、平成28年6月、学識経験者、関係業界団体、関

- Society5.0においてi-Constructionを「深化」させ、建設現場の生産性を2025年度までに2割向上を目指す
- 平成30年度は、ICT施工の工種拡大、現場作業の効率化、施工時期の平準化に加えて、測量から設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体を3次元データで繋ぎ、新技術、新工法、新材料の導入、利活用を加速化するとともに、国際標準化の動きと連携



※「i-Construction推進コンソーシアム(第3回企画委員会)」(H30.6.1)資料より



係行政機関等からなる「港湾におけるICT導入検討委員会（委員長：東京工業大学 岩波光保教授）」を設置し、測量から設計、施工、検査に至る一連のプロセスにおいてICTを活用した情報の3次元化を進めるための検討を行うとともに、ICTの導入に向けて必要なシステムや基準類等整備の検討を行っている。

一方、平成28年4月に策定した「港湾の技術開発にかかる行動計画」においても、ICTを活用した効率化に向けた取り組みとして、施工、維持管理、海洋開発等のあらゆる場面においてICTを活用した新技術の現場への導入を積極的に実施することを、その方針として掲げているところである。

以下、港湾におけるICT導入の推進等に関する取り組みを紹介する。

3. 港湾工事におけるICT活用の現状

港湾工事の現場においては、情報技術の進展の中で、安全で確実な施工管理を行うことにより生産性を高めていくという大きな流れは進展してきており、特に、比較的規模の大きい航路浚渫工事に用いられる作業船は、既にGNSS（全世界的衛星測位システム）を装備したのも多く見られ、施工管理にICTを取り入れることにより施工箇所の可視化が進んでいるものも多い。

また、水中の測量技術についても、海底地形を3次元で面的に精度良く把握出来る機器（ナローマルチビーム等）の普及や海中の状況を把握出来る航空レーザー測深機、陸上の3Dレーザスキャナ、無人機航空写真撮影（UAV）等もそれぞれのツールを組み合わせた活用も含め、ICTを活用する土壌は既に構築されていると言える。

4. ICT浚渫工の実施

ICTを活用した工事は、浚渫工事を皮切りに実施しており、平成29年度は、一部の浚渫工事を対象にICTを活用した3次元測量を実施したが、平成30年度は、本格運用として、ほぼ

全ての浚渫工事で3次元測量を実施している。

また、建設会社が保有する浚渫船には、浚渫作業中に、3次元データ（現況・計画地盤）やソナー等を併用して、リアルタイムに目標浚渫深度や施工深度（掘り跡）をPC等画面上に表示（可視化）し、画面表示に従って施工することで過不足無く効率的に掘削することができるシステムを搭載しているため、平成30年度は、これらのシステムを活用する試行工事を実施し、施工部分のICT化の標準化に向けた基準類の整備を行っている。

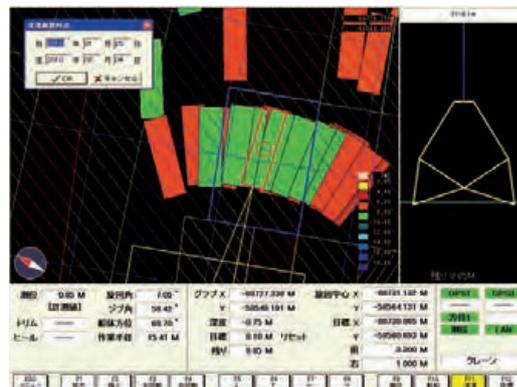
5. ICT浚渫工における生産性の向上

浚渫工で行われる出来形測量において、マルチビーム測深を用いることで、通常海上保安庁が海図や水路通報を発行するために進んでいた水路測量を、施工の出来形測量に一本化することが可能で、通常工事竣工後に別途行っていた水路測量の実施を省略し、重複作業の一本化で時間とコストを削減することで生産性の向上に寄与するものと考えている。施工の出来形測量を水路測量成果として活用するため、各種基準類を水路測量側に合わせた実施要領類作成し、平成30年度より運用している。

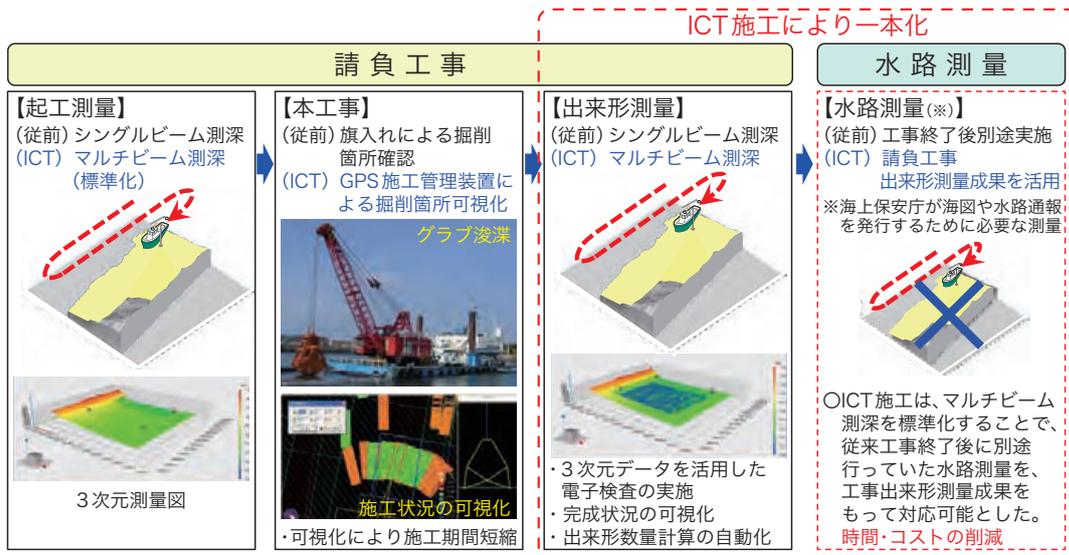
6. ICT活用工種の拡大

ICT浚渫工からの拡大として、港湾構造物工事への導入を考えている。現状の工事現場を見てみると、捨石の投入やブロックの据付位置の目標設置や指示等を削減・軽減し、施工の効率化を図るシステムとして、捨石投入船や起重機船のブーム先端にGPSを搭載し、目標位置をリアルタイムでPC等画面上に表示しオペレータに提供する作業船位置誘導管理システムや、建設機械を用いて、基礎捨石面の均しを行う捨石の機械均し機が活用されている。

機械均し方式は、自動追尾式TSとGPSを活用して位置管理を行うことで、大水深において高精度での大量急速施工が可能になる。

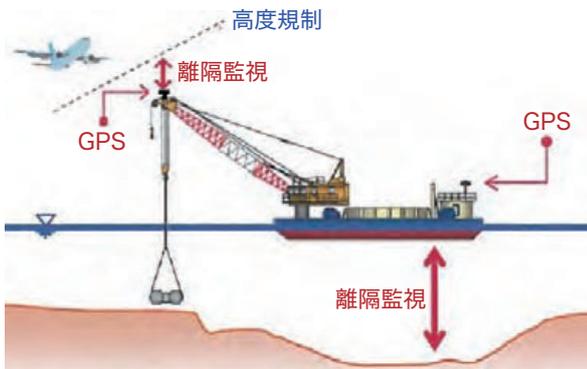


グラブ浚渫船と施工管理装置による施工状況可視化画面



このことから、平成30年度はICT浚渫工以外の工種として、既に技術としては確立しているが、標準化されていない捨石投入やブロック据付、捨石機械均しについても試行工事を行い、平成31年度からの本格導入に向けた基準類を整備する予定である。

せて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的としている。最新のICTを活用して建設生産システムの計画、調査、設計、施工、管理の各段階において情報を共有することにより、効率的で質の高い建設生産システムを構築し、ミスや手戻りの大幅な減少、単純作業の軽減、工程短縮等の施工現場の安全性向上、事業効率及び経済効果に加え、副次的なものとして、よりよいインフラの整備・維持管理による国民生活の向上、建設



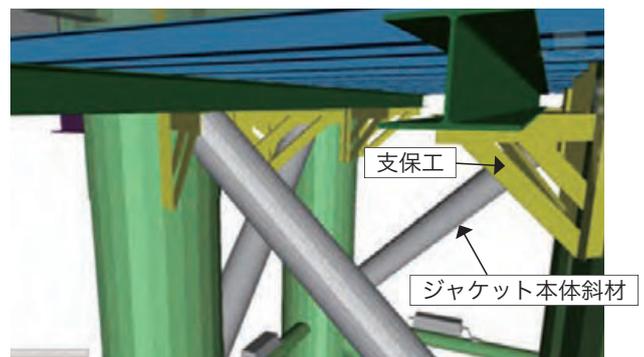
作業船位置誘導管理システム



捨石機械均し機



栈橋のCIMモデルイメージ



3次元モデルによる部材干渉状況の確認

7. 港湾構造物へのCIM (Construction Information Modeling / Management) の導入

CIMは、CIM導入ガイドライン(案)において、計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展さ



業界に従事する人のモチベーションアップ、充実感等の心の豊かさの向上が期待されている。

陸上工事では、橋梁工事などにおいて既に導入されており、合意形成の迅速化や施工計画・施工条件の確認等に効果があることも実証されている。

港湾構造物においては、栈橋構造のように、複雑な構造になっている施設には有益であると考え、平成30年度はCIM作成業務を実施し、その結果を踏まえてCIMガイドラインをまとめる予定としている。

8. 新しい仕組みづくり

これからの港湾におけるi-Constructionの取り組みの核となるものは、調査から設計、施工管理、検査そして維持管理のフェーズまでの3Dデータの受け渡しと、そのデータを活用できる仕組みづくりである。このために重要となるのは以下の3つの取り組みである。

① 3Dデータ受け渡しの環境整備

まず一つ目は、3Dデータ受け渡しのための環境整備である。3Dデータを調査から維持管理の各フェーズまで受け渡すためには、そのためのソフト面・ハード面の環境を整備する必要がある。ソフト面の環境整備のために不可欠なことが、発注や検査などで現在使われている基準や要領の新設・改訂である。従来から用いられている発注や検査の基準や要領は、3Dデータに対応したものとなっていないため、調査や工事で3Dデータを取得しても、その成果の受け渡しは、2次元の図面等で行うことが前提となっており、調査や施工管理で使われている3Dデータを次のフェーズに受け渡しする仕組みが存在しない。また、これらの基準や要領の整備と併せて、ハード面の環

境整備として、3Dデータを取り扱える性能をもったPCや大量なデータをやり取りできる記憶媒体などの整備も必要である。これらの整備により、データを受け渡しできる環境(プラットフォーム)を整えることが出来る。

② アプリケーションやコンテンツの整備

二つ目は、受け渡してきた3Dデータを活用して効率的な業務を行うためのソフトの整備である。例えば、3Dデータを用いて、港湾工事独自の考え方を取り入れた数量計算や、工事の出来形の確認・評価などが行えるアプリケーションソフトの開発・整備は、業務の効率化には欠かせない。また、防波堤や岸壁などに用いられる各種資材等の仕様等を整理したコンテンツ(部品)の整備も重要である。

これらの開発・整備にあたっては、官民の役割分担や民間の協力及び競争により進められるものと考えている。ノウハウを持った港湾関係の法人やコンサルタントの協力や開発競争により、より質の高いものができることを期待したい。

③ 人材の育成

三つ目は、新しい仕組みを支え利用する人材の育成である。特に、新しい基準や要領の内容を理解した上で、3Dデータを取り扱える人材が育たなければ、この仕組みは機能しない。このためには、発注側と受注側の両方に、3Dデータを取り扱うことができ、かつ、港湾独自のアプリケーションソフト等を使用する技術者が必要である。このため、発注者及び受注者を交えた研修等、技術者を育成する取り組みも進めていく必要がある。

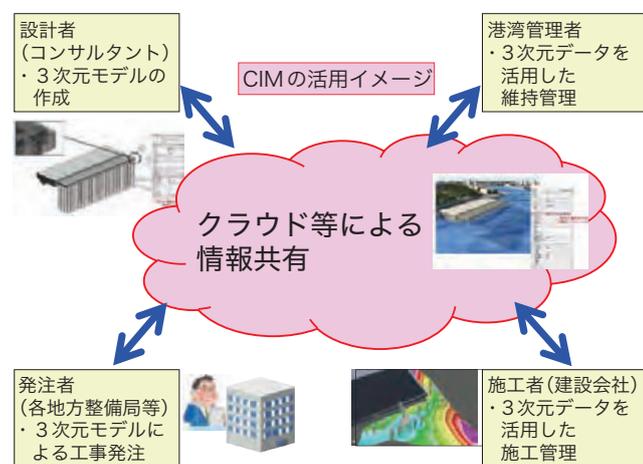
9. おわりに

今回の生産性革命が単にコストダウンの取り組みに終わらないようにすることが重要である。今回の生産性革命は、将来予想される労働者・技術者の不足の状況の中でも良い品質のものを作る仕組みを整備することであり、業務の効率化を通じて労働生産性を上げる取り組みである。

i-Construction推進の過程では、ICT導入のための先行投資も必要であり、今後の港湾工事現場のために今乗り越えていかなければならないと考えている。

我が国の港湾開発は戦後の経済復興とともに飛躍的に進んだが、その中で積み重ねてきた港湾整備の技術や経験を整理し、調査、設計、発注(積算)、出来形確認や完成検査等の仕組みが整えられてきた。

このような仕組みに、近年飛躍的に進展しているICTやCIMを取り入れ、今後10年先、20年先の港湾の未来の現場のあり方を模索する作業が、港湾における生産性向上の取り組み、すなわちi-Constructionの取り組みである。



データ受け渡しプラットフォームイメージ図



港湾空港生産性向上技術センター のとりくみ

吉江 宗生 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

はじめに

当センターは、時の政策を受けて設立されて早3年になる。その間、センター所属の各研究者によりさまざまな研究開発が営まれるとともに、生産性向上の技術検証として、現場での試験が多く実施されていることから、ここに概要を紹介するものである。

1. 調査・施工等の省力化と安全性の向上

(1) 水中建機を活用した海中部の施工技術の高度化

土木現場の生産性を向上するために、i-Constructionを進めるにあたっては、機器の研究開発が必須である。同時に開発した機器の運用や経済的な考察が十分行われる必要がある。機器に関しては、過去の知見を活かしながらも、事業現場の声をよく聞くとともに、熟練した現場の作業者の今後の作業内容が変更されることに対する練度の喪失を防ぐ必要がある。

これらを踏まえて、産・官・学の連携（共同研究を含む）及び事業現場のご協力を得る体制を組んで、水中建機を活用した海中部の施工技術の高度化のテーマについて取り組んでいるところである。この中の、「産」はかねてから水中バックホウによる施工実績が多い極東建設株式会社および、i-Constructionを推進する（一財）港湾空港総合技術センターとの共同研究を実施している。「官」はそうした現場が多い沖縄総合事務局港湾空港部である。また、「学」の連携については、琉球大学と実施している。そして、開発した機器の現場試験を、事業現場を受け持つ国の事務所及び受注建設会社の協力を得て実施している。

2018年度は京浜港ドックでの大型水槽実験により搭載予定の音響プロファイラの精度や運用上の検討を行い、同年度内に事業現場で捨て石均し作業の試験を実施する予定としている。

現在のシステムは、マシンガイダンスと呼ばれる運転席の潜水士の支援システムとなっている（図-1）。現状の水中バックホウによる均し作業では、バックホウのオペレーターの他にもう1人の潜水士が丁張り作業を行っている。バックホウのオペレーターは水糸ともう1人の潜水士の指示を見ながら均し作業を実施する。沖縄の海でも、陸上に比べると水中の視界は悪く、この丁張り作業は盛り替え回数が増えてしまうため、改善が望まれる。マシンガイダンスでは、目標高さ、バックホウのリアルタイムの動きおよび刃先位置が3DのCGで表示されるので、丁張り作業が不要となり、オペレーターはCG画面で施工状況を判断して操作ができるため、生産性が向上すると考えている。音響プロファイラは、施工箇所の状況を計測して3D表示することにより（図-2）、オペレーターがこれまでの作業と今後の作業について、計測結果として確認作業をするために搭載するものである。

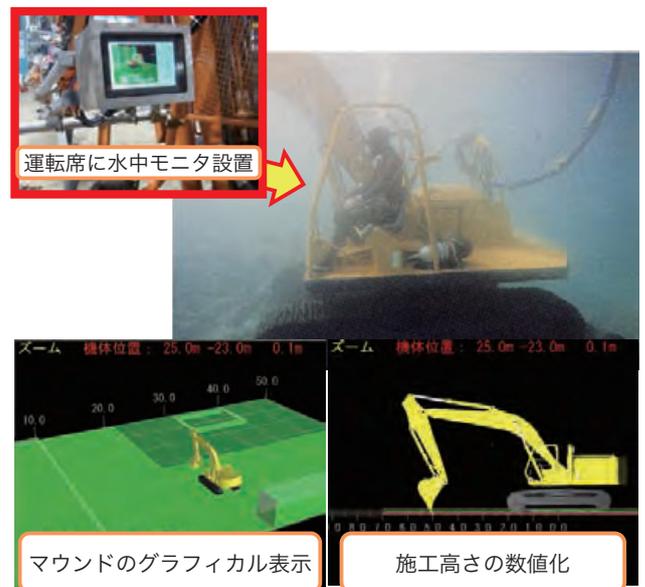


図-1 CGによるマシンガイダンス

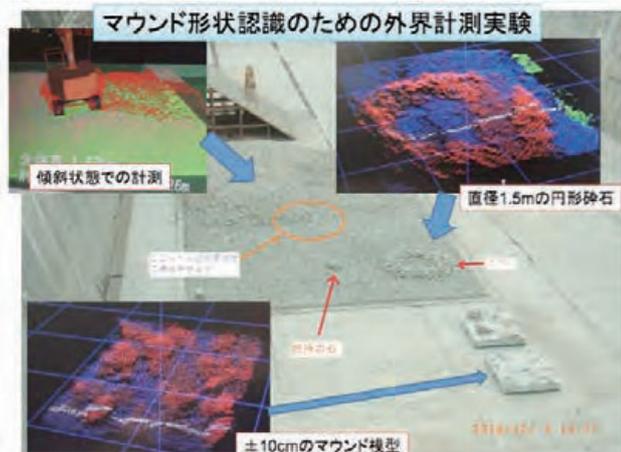


図-2 音響プロファイラによる外界計測による作業の確認

2019年度からは、さらにこのシステムを遠隔操作とする研究開発に移行する予定である。しかしながら、遠隔操作では、バケットをうまく使った均し作業をするには効率が下がると考えられることと、本均し精度(±10cm)を確保するために、琉球大学と均し専用のアタッチメントを開発しているところである。このアタッチメントを均し面にあてがう単純な操作で均しができることを目指している。なお、遠隔操作にすることで、支援船は必ずしも必要でなくなること、潜水限界の海象条件よりも厳しい海象条件で施工できること、船舶と水中の作業員がつかないで作業する場合は、夜間作業の安全性が向上することなど、まさに生産性の向上に資する技術となる。

(2) 水中音響ビデオカメラ

東京湾のように濁りの多い海域でも、対象物の画像を捕らえられる水中音響ビデオカメラは、内閣府のSIP事業(2014-2018年度)として、また、(一財)港湾空港総合技術センター、神奈川大学との共同研究として研究開発を進めている。SIPではJAMSTECを始め様々な連携が組まれており、(一社)海洋調査協会が運用について検討するなど、現場の声と産・官・学の連携した体制として取組み、さらに出口戦略の一環として関東地方整備局、九州地方整備局との連携により現地試用のための検討に着手したところである。

研究開発の中で、浅海域用の音響ビデオカメラは人が保持できるサイズへの小型化を実現しており、今後工種や現場条件によって前述の水中バックホウの遠隔操作システムにも搭載される予定である。現在は港湾に関わる施工や維持管理への利用など、海底資源調査のみならず様々な用途について、その運用方法とともに検討を進めている。

2. 常時・非常時に亘る施設の点検技術の高度化

(1) マルチコプター等による点検

a) 消波ブロックの移動量調査

マルチコプター、いわゆるドローンを用いた点検により、効率性、安全性、経済性の確保を狙った研究開発として、消波ブロックの移動、沈下(図-3)の定量的な点検への活用を研究している。マルチコプターにより撮影した画像を解析し、3Dモデルとし、3次元的な変形量を解析するものである(図-4)。

2017年度までは、マルチコプターに搭載されたGNSSは単独測位のもので、一般的な仕様であった。このため高さ方向の計測精度が悪く、既知点情報(GCP: Ground Control Point)として高精度なRTK-GNSSを用いた測量点などを設けて補正する必要がある。しかしながらGCPを数多く設けることは、マルチコプターを用いることによるメリットを大きく損なうことになってしまう。

高知港沖防波堤は、陸上から離れているため、船でGCPを取得しに行かなければならない。マルチコプターによる点検作業の容易化のメリットが大きいため、陸上のGCPを使用した



図-3 消波ブロックの変形・沈下



図-4 マルチコプター(UAV: Unmanned Autonomous Vehicle)の取得写真からモデリング

補正で、どの程度の精度が得られるかを検証した。その結果、陸上に近い側の南防波堤では水平誤差50cm、鉛直誤差10cm以下で計測可能であった。しかしながら、陸上から遠い東第一防波堤では精度が出なかった。このため、2018年度は500m上空での広範囲の撮影画像を含めた解析により、精度の検証を実施中である。

b) 係留施設の地震時変位計測

地震直後は、港湾は物資の輸送のため重要な役割を担うことから、係留施設の被災程度を迅速に計測し、使用の可否を判断する必要がある。このため、マルチコプターや固定翼式のドローンなどで計測できれば、被災直後の点検を安全に効率よく実施することができる。そこで、図-5のように岸壁に地震時の変位を摸した岸壁模型を設置し、回転翼式と固定翼式のドローンによる画像計測を実施した。なお、固定翼式ドローンはRTK-GNSS搭載モデルである。

その結果、GCPを設置した場合、誤差は、回転翼式で23mm、固定翼58mmとなった。GCPの設置により、地震後

の被災状況を把握する目的では、UAVの計測精度は十分である。しかしながら、地震直後においては地殻変動や地盤の側方流動等によりGCPを設置できない場合も考えられ、その場合には、回転翼式の結果は1m以上の差異となった。これに対して固定翼の変位差は65mmであり、GCPが無くても一定の変位計測精度が確保された。

(2) ROVを活用した点検支援技術の高度化

栈橋式岸壁では、上部工の劣化状況の点検のため、小舟に乗った作業員が、栈橋下から目視及び写真撮影により点検を行っている。水面から上部工までの間隙が狭くて小舟が入れない場合は、潜水士による作業となる。そこで、半没水式のROVにオペレーションのための支援システムやレポート作成に利便性の高いソフトウェアを組み合わせたシステムを開発(図-6)し、効率的で、夜間作業も可能であり、個々の撮影箇所データの自動付与された写真画像データが合成されて栈橋上部工の3Dモザイクイメージ(図-7)も出力できることを検証した。現場実証は既に5箇所(清水港, 名古屋港, 川崎港,

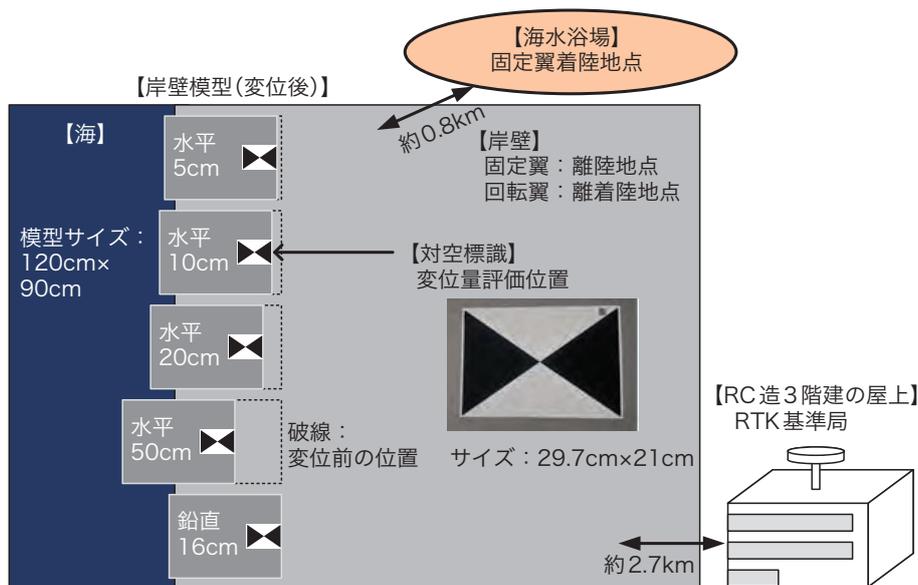


図-5 地震変位を摸した岸壁模型の設置イメージ



図-6 開発したROV



図-7 3Dモザイクイメージ



CIMモデルを活用した 港湾工事の紹介

安達 昭宏 国土交通省 近畿地方整備局 舞鶴港湾事務所 所長

1. はじめに

人口の減少や少子高齢化が予想される中、港湾工事の分野においても労働力不足は深刻な課題となっており、港湾整備と維持管理を持続的に行っていくためには、生産性向上や働き方改革を推進する必要がある。このため、国土交通省ではICTの活用による生産性向上を目指す「i-Construction」に取り組んでいるところである。

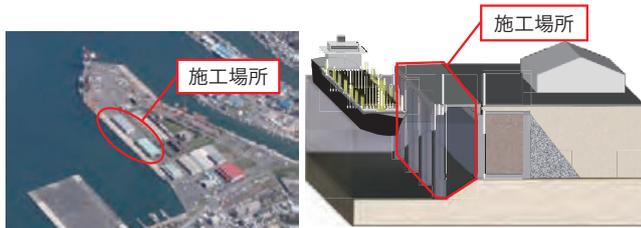
その取り組みの一環として、舞鶴港湾事務所では、臨港道路（上安久線）の整備や岸壁の老朽化対策事業においてCIM（Construction Information Modeling/Management）を導入している。本稿では、供用中の岸壁においてCIMモデルを活用した設計・施工について紹介する。

2. 施工場所の概要

京都舞鶴港の第2ふ頭における栈橋式岸壁の老朽化対策事業において、CIMモデルを活用した設計・施工を導入した。なお、CIMの導入に際してCIM導入ガイドライン（案）（舞鶴港編）を作成し、今回の試行業務・工事において、ガイドラインの課題点などを抽出することとした。

今回CIMモデルを試行する工事は、栈橋上部工の剥離、剥落や鉄筋露出など老朽化が深刻な状況になっている栈橋部を撤去し、新たに栈橋を構築する工事である。

新設する栈橋は、荷役作業への影響低減や生産性の向上などの観点から、上部工の一部をプレキャスト化することとした。なお、当該工事は、平成30年8月16日から平成31年3月22日迄の工期で現在施工中である。



京都舞鶴港第2ふ頭

施工場所(断面図)

3. CIMモデル活用の概要

京都舞鶴港で実施したCIMモデルの活用は、老朽化した既存構造物を撤去し、新しく栈橋を築造する工事となるため、撤去する栈橋の詳細な測量及び撤去に必要な図面の3次元化は省略し、新設する栈橋において3次元モデルを作成することとした。

1) 設計時

3次元モデルの作成にあたっては、事前に鉄筋の干渉や施工計画の検討など、3次元化することで効果が期待できるか否かを検討し、プレキャスト梁・床版の配筋図は、3次元化モデルの対象から除外した。なお、プレキャスト梁・床版については、現場打ちコンクリート部との干渉チェックや運搬・据付の検討に使用するため、外殻と張り出し筋部分を3次元化モデルとして作成した。

2) 工事施工時

工事施工時は、荷役業者等との関係者協議や施工計画の検討、出来形管理などにおいてCIMモデルの活用を行った。

事前測量は、点群データが必要な箇所はハンディー型3Dスキャナーによる測量を実施し、大まかな地形で十分な箇所は国土地理院の電子データを活用した。

また、建物等周辺の状況が把握しやすいようドローンによる写真測量を実施し、それらのデータを基に3次元データによる施工計画を立案するとともに、3次元データを活用して関係者への説明を実施した。

施工計画の検討は、事前測量により得られた3次元データ及び設計段階に作成したCIMモデルにより、仮設備計画、運搬経路、施工手順など、事前の詳細検討や作業の安全確認を実施す



CIMモデルによる施工計画の検討

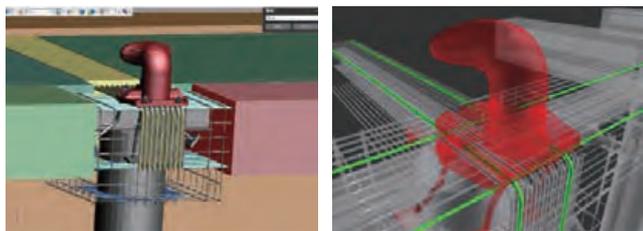


ることで、手戻りや危険な作業の事前把握が可能となった。

また、今回の工事では、電子黒板及びタブレット端末を導入し、出来形管理資料とクラウドで同期することにより、作業量が減少するなど効率的な施工管理が実施できた。

4. CIMモデル導入の効果

設計時においては、CIMモデルの作成により、プレキャスト部材の張り出し筋と現場打ちコンクリート部分の配筋が干渉することが判明し、修正を行うことができた。また、係船柱のアンカーが上部工の配筋と干渉しないか否かを容易にチェックすることができた。



鉄筋の干渉チェック

杭頭部分はプレキャスト梁と杭が接合する部分となるため、高配筋でかつ複雑な構造になっている。このため、



作業手順の打合せ状況

通常は陸上にて仮組による手順確認を実施しているが、CIMモデルを活用したことにより、CIMモデル上で手順を確認し、実作業員や関係者に対して動画などを活用して説明を行うことが可能となった。これにより、関係者全員の意思が統一され安全性の向上につながるものと考えられる。

工事施工時においては、ハンディー型3Dスキャナーによる測量を行ったことから、工事区域周辺の上屋の軒下空間や架空線の位置、高さが3次元データ（点群データ）として取得でき



3Dスキャナーの点群データによる架空線との離隔確認

たため、プレキャスト部材運搬時の架空線の離隔に関する安全対策や、隣接する上屋周辺での施工検討など、事前に詳細な施工検討が可能となった。

また、事前測量等にハンディータイプの3Dスキャナーを導入したことにより、手に持って歩くだけで3次元の点群データが得られることから、通常の測量に比べ測量人員及び測量時間

が短縮した。

CIMモデルを活用した関係者調整では、2次元データによる説明に比べ、相手に理解してもらいやすく、分かりやすいと高評価であった。



3Dスキャナーによる計測状況



関係者協議の状況

5. CIMモデル導入の課題

CIMモデル導入の課題として、3次元の点群データを用いて出来形管理を行う際、ファイルサイズが非常に大きいこと、法線の出入りに関して点群データから角となる部分が自動的に抽出できないため、手動で設定する必要があるなどの課題が分かった。

CIMモデルの導入にあたっては、3次元化する範囲、ドローンによる写真測量&写真撮影、国土院の電子地図、3Dスキャナーなど、必要性（効果の程度）を十分検討したうえで、測量方法の選定や3次元化する範囲を決定することが重要である。

また、港湾工事共通仕様書を適用できないため、出来形管理や検査に使用できるよう、出来形管理基準等の策定が必要である。

6. おわりに

今回、供用中の岸壁において、CIMを活用した設計・施工を試行した結果、課題はあるもののCIMの活用は、生産性の向上、技術者不足や働き方改革に対して非常に有効な手段である。

今回の試行工事は、受発注者共に初めての経験であったため、従来の施工方法、施工管理は熟知していても、CIMモデルによる施工管理の経験がなく、専門的内容を理解するには相当な時間を要することが分かった。

今後、多くの技術者がCIMを活用した設計・施工に取り組めるよう、説明会（勉強会）の開催など様々な方策を講じる必要がある。また、測量データや、配筋図（配筋図チェック等）とCIMモデルの連携による出来形管理手法など、生産性向上に資する更なるシステム開発が求められる。



ロボットフリートによる 海底調査の無人化を目指して

Team KUROSHIO

1. はじめに

Team KUROSHIOは、無人探査ロボットを使って超高速・超広域な海底探査を行う国際コンペティションに日本から唯一挑戦している産官学の共同チームです。このコンペティションのミッションは、無人で水深4,000mの海底を超高速かつ超広域に探査し、海底地形図を作成すること。2018年12月にギリシャ共和国・カラマタ沖で行われたRound2実海域競技(決勝)の概要についてご報告します。

2. 未だ知られていない深海底

深海底を見たことがある人はあまり多くないと思います。池の水であればぜんぶ抜くこともできますが、海水をぜんぶ取り除くことは不可能ですから、実際に潜って見に行くしかありません。

いまや月や火星の表面でさえ、高精度に見ることが出来る時代ですが、実は我々が住んでいる地球の海底地形は大雑把にしかわかっていません。ましてや、その海底面に何があるのか、どのような生物が生きているのか、ごくごく限られた人間が、

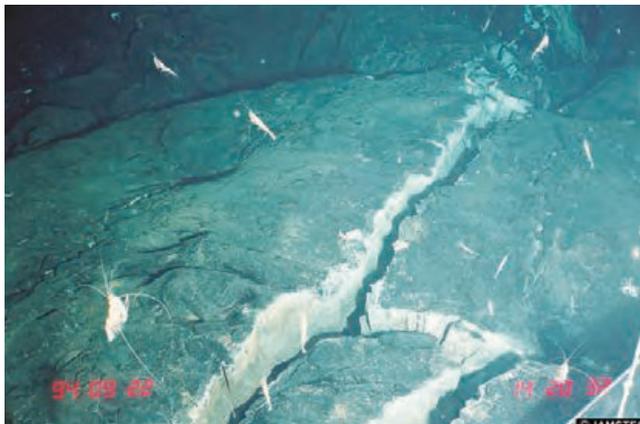


図1 東太平洋海嶺の亀裂

極めて狭い場所をのぞいた結果に過ぎないのが現状です。詳細な海底地形図は、面積比にして10%程度しか明らかになっていないのです。

3. 世界初！ 無人探査ロボットによる海底探査コンペティション

そのような現状のなか、2015年12月に世界初の無人探査ロボットによる超高速・超広域の海底探査コンペティション「Shell Ocean Discovery XPRIZE：シェル オーシャン ディスカバリー エクスプライズ」の開催が発表されました。このコンペティションは、米国の非営利組織であるXPRIZE財団が主催、石油業界大手のRoyal Dutch Shellがメインスポンサーで、総額700万ドルの賞金が用意されています。

参加チームに課せられたミッションは、有人支援母船を使用せず、全ての機材を40ftコンテナ(L：W：H=12,192mm：2,438mm：2,591mm)1つ分の容積に納めるという制約のもと、無人探査ロボットを使って24時間以内に最低250km²、目標は東京ドーム1万個分に相当する500km²の海底地形図を作成すること、さらに海底の特徴的な画像を10枚以上撮影することです。

これは、現行の技術レベルを遥かに凌駕する非常に厳しい課題設定です。現在の技術で海底地図を作るためには、一般的に、海洋調査船に多くの専門家が乗り込み、船からソナーによる音波を用いた海底調査を行います。しかしながら、この方法ではソナーと海底との距離が離れるにつれて精度が落ちるため、深海底では細かな地形を読み取ることができないという課題があります。さらなる詳細な地図を作るためには、ソナーと深海底とを接近させる必要があるため、ソナーを搭載した海中ロボット(AUV：Autonomous Underwater Vehicle)を海洋調査船から展開し、深海底近くまで潜らせて地図を作成する必要があります。

現在行われている一般的なAUVによる海底調査は、支援母



図2 コンペティションスケジュール



図3 2018年3月のTeam KUROSHIO記者会見

船とAUVをセットで運用しており、その調査海域の広さは1日に10km²程度といわれています。また、揺れる支援母船に長期間滞在することは、不慣れな人にとっては船酔いなどの高いストレス環境にさらされることにもなります。そのため、専用船舶とAUVを使った海底地形調査には、膨大な時間とコストがかかってしまいます。

一方、オイル・ガス資源開発では、数100km²もの広大な海底からオイル採掘ポイントを決定する事前調査の工程におけるコストを低減するために、ロボットのみ無人システムでラフなマッピングを行うシステムが市場レベルで求められています。この市場ニーズを具体化したものが、このコンペティションの課題として設定されており、1日でAUVが調査可能な範囲を大きく上回り、さらに支援母船無しでの調査を行うという、全く新しいシステムを構築する必要がありました。

このコンペティションは2015年に開催が公表され、技術提案書審査、Round1 技術評価試験、Round2 実海域競技という3つの関門があり、決勝となる「Round2」まで僅か3年間という新しいシステムを開発する期間としては極めて短い設定がなされました。

世界中から32チームがエントリーし、日本からはTeam KUROSHIOを含めて3チームがエントリーしました。

4. Team KUROSHIOの航跡

Team KUROSHIOの始まりは4人の若手研究者からでした。2015年12月にShell Ocean Discovery XPRIZEの開催が公表されると、中谷武志(JAMSTEC)、大木健(JAMSTEC)、西田祐也(九州工業大学)、ソートン・ブレア(東京大学)という20-30代の研究者が参加を決意しました。4人はそれぞれの所属機関の上司らを説得し、資金や機材を調達し、4人の活動やビジョンに賛同する仲間を増やしてきました。この地道な活動が奏功し、無人探査ロボットの研究開発・オペレーショ

ン等を行ってきた研究機関・大学・民間企業が結集したオールジャパン体制が構築されました。

参画機関は8機関。国立研究開発法人海洋研究開発機構、国立大学法人東京大学生産技術研究所、国立大学法人九州工業大学、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所、三井E&S造船株式会社、日本海洋事業株式会社、株式会社KDDI総合研究所及びヤマハ発動機株式会社から、総勢30名以上の若手研究者・技術者が集いました。

このオールジャパンチームの名称は、日本を代表し世界でも知られている暖流の黒潮にちなみ、熱く、そして力強いトレンドを日本から起こしていきたいという想いを込めて、「Team KUROSHIO」としました。

その後Team KUROSHIOは、第1関門である技術提案書審査を2017年2月に通過、技術開発と実海域試験を繰り返して技術を磨くことにより、第2関門であるRound1 技術評価試験を2018年3月に通過することができました。この時点で、決勝となるRound2に進むことができたのは僅か9チーム。その後さらに1チームがリタイアしたため、Round2は8チーム



図4 国内8機関による研究開発コミュニティの構築



図5 Round2に進出した8チーム(XPRIZE財団HPより)

で開催されることとなりました。Team KUROSHIOはアジアから唯一、Round2に残ったチームとなりました。

5. Team KUROSHIOの戦略

Team KUROSHIOがRound2に挑んだ戦略は、無人の船型海上ロボットである「洋上中継器 (ASV : Autonomous Surface Vehicle)」が、海底地形データを取得する複数のAUVを岸壁から調査海域まで曳航し、その後無人でAUVの切り離しを行う。切り離されたAUVは、搭載されたバラストの重量とスラストの推進力で海底からの高度約100mの水深まで潜航し、あらかじめプログラムされたルートを航行する。ASVは、海中音響通信により航行しているAUVを監視すると

ともに、陸上の管制局に衛星通信でASVとAUVの航行状況を伝える、というものです。海底地形データはAUV内のSSDに記録され、AUVを揚収した後にSSDを回収し、解析のうえマッピングデータ化を行います。

技術開発のポイントとしては、①水深4,000mで24時間以上航行できるAUVを複数用意すること、②複数AUVを1台のASVで無人曳航・展開・監視すること、③複数AUVが取得した海底地形データを48時間以内にマッピングデータ化すること、の3点が挙げられ、Round1 技術評価試験を実施する前から技術開発を進めてまいりました。

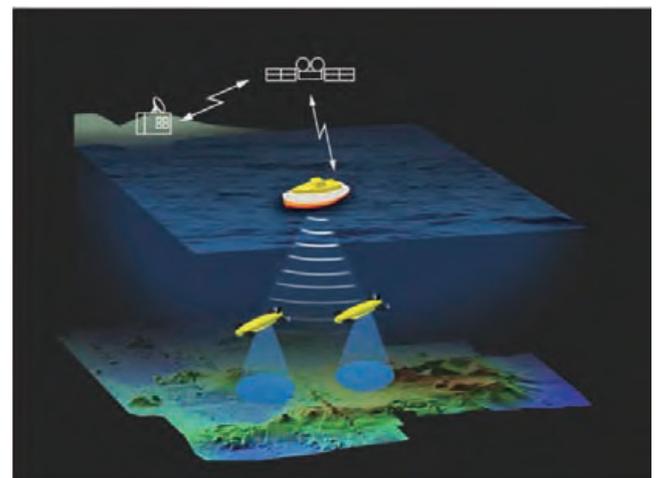


図7 Team KUROSHIO戦略図

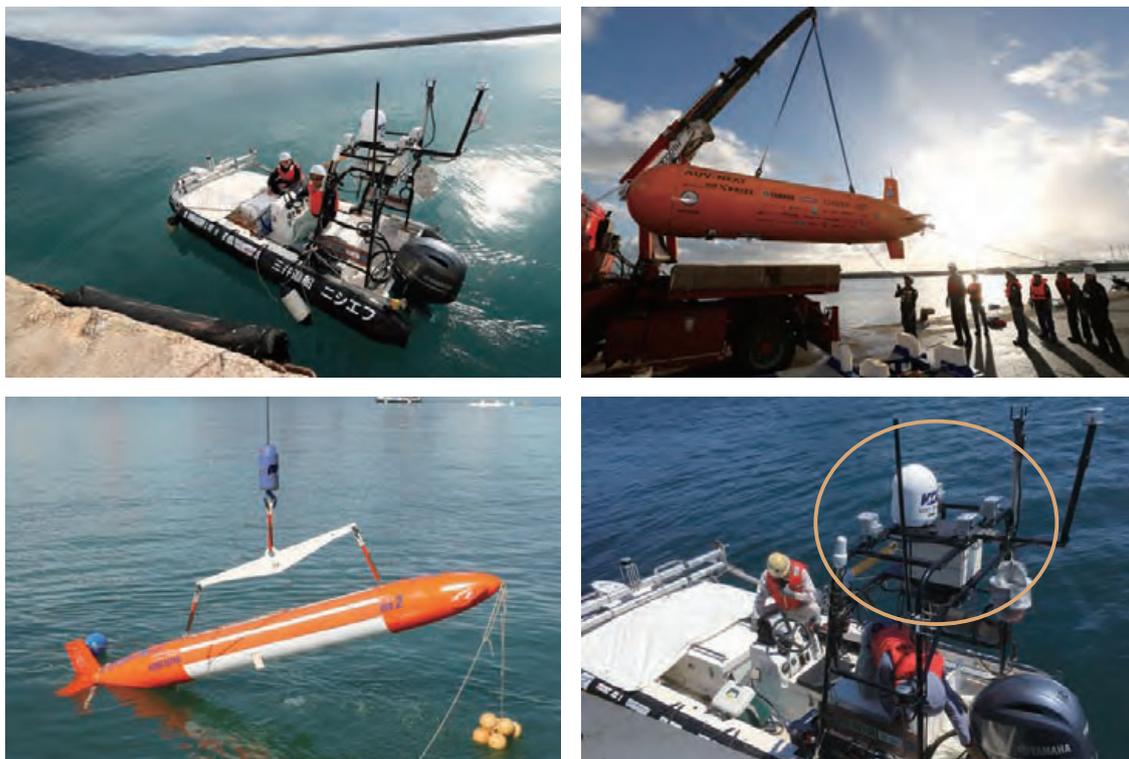


図6 (左上)ASV、(右上)AUV-NEXT、(左下)AE-Z、(右下)ASVに搭載された通信機器



6. いざ、Round2（決勝）へ

2018年9月、決勝となる「Round2実海域競技」は2018年11-12月にギリシャ共和国・カラマタ沖で開催されることが発表されました。世界のライバルは米国3チーム、欧州4チーム。Team KUROSHIOに割り当てられたRound2実施期間は2018年12月9-19日の11日間となりました。

Team KUROSHIOは、12月5日よりヤマハ発動機株式会社のギリシャ販売代理店である「Motodynamics社」の整備場を借り受けて現地での機材整備を行ったうえで、12月9日に決勝会場となるカラマタに移動し、Round2本番を行いました。

12月のギリシャは雨季にあたり、カラマタでは晴天と雷雨が繰り返す難しい海況の中で決勝本番が実施されました。12月13-14日に実施した初回のトライでは、調査海域の直前にてAUVの切り離しがうまく動作しないというトラブルに見舞われました。主催者であるXPRIZE財団との協議によりリトライが認められ、修理のうえで再度競技に臨むことが許可されました。

12月16-17日に実施したリトライでは、大きなトラブルなく制限時間を最大限に活かすことができ、カラマタ沖の海底地形データを獲得することができました。その後の解析により、定められた解像度を満たすマッピングデータを作成することができました。

そして、2018年12月19日 日本時間22時50分にXPRIZE財団へのデータ提出を完了し、Round2の全日程を終了しました。

7. おわりに

今回の Shell Ocean Discovery XPRIZE Round2では、Team KUROSHIOが現在でき得る最大限のパフォーマンスを発揮できたと考えています。当チームへご支援いただいた全ての方々に対して深く感謝申し上げます。

私たち Team KUROSHIOは、賞金獲得を目的としてコンペティションに参加したのではありません。この挑戦を通じて海中・海底探査の技術を飛躍的に向上させ、今や誰もが利用しているインターネット通販のように、誰でも簡単に海中・海底のデータを得られるシステムの構築を目指しています。このシステムの実現を「One Click Ocean (ワンクリックオーシャン)」構想として掲げ、海上海中ロボットを用いて調査を無人化し、安価にそして気軽に海底調査を行うことができる将来を描いています。

例えば、定期的に海底の詳細地形図を作成することができれば、地震のトリガーとなり得るプレートの動きがわかるようになるかもしれません。また、実は発見されていない活発な海底火山が見つかる可能性もあるでしょう。新種の生き物と遭遇するかもしれません。思いも寄らないビジネスが生まれることも考えられます。

この構想は未だ途上でありますが、今回の挑戦を通じて培った技術とオペレーションをさらに発展させて、日本発の調査技術として世界へ展開できるよう、技術開発を進めて参ります。



図8 (左上) 12/16の出港時、(右上) 12/17のAUV帰港、(左下) ASV帰港、(右下) マッピングデータ提出の写真

特別講演

人工知能の最新研究と応用

ご講演者：北海道大学大学院情報科学研究科 教授 川村秀憲氏



講演日：2018年11月21日(水) 於：星陵会館

(本稿は、コースタル・テクノロジー2018の特別講演を抜粋し、編集した内容となっています。)

●AIブームが起こった3つの要因

本日は、人工知能の昨今の状況と、最新の事例として我々の研究室が進めている研究についてご紹介できればと思います。

人工知能という言葉は1956年にダートマス会議で初めて使われました。人工知能を研究している研究者の夢である、本当に人間のように考える機械を「強い人工知能」と言います。それに対して「弱い人工知能」は表面的に人間の知能の一部の代わりをする機械を言い、昨今流行っているAIはこの「弱い人工知能」の意味で使われています。弱いと言っても、今のディープラーニングをベースとする画像認識は、精度としては人間の認識以上です。

なぜこんなブームがにわかに起こったかという、3つ要因があります。1つは、ビッグデータが容易に集まる状況になってきたということです。例えば今は世の中にたくさん防犯カメラがあって、そのデータが使えるとか、You TubeやInstagram、Facebook、Twitterなどにテキストや画像や動画がどんどんアップされています。それからIoTという言葉も出てきているように、あらゆるところにセンサーを付けて、それをネットワークに吸い上げるということも、どんどん実用化されています。

2つめが、GPUがAIに転用できることが分かったということです。GPUはGraphics Processing Unitといって、コンピュー

タゲームなどの3Dの精巧なグラフィックをリアルタイムで描写するために膨大な計算処理を行うものです。GPUはゲーム用につくっているので、高価だといってもほとんど手頃な値段で世界中に量産されており、数を確保するのも容易です。これがAIの計算に転用できるということに気づいた研究者がいて、次に出てくるディープラーニングをこの上で動かすということが一気に盛んになりました。

この3つが合わさって、大学の研究室のようなところでもAIの研究がぐんぐんと進められるようになりました。

●ものすごい速さで進むAIの技術革新

AIが囲碁で世界チャンピオンに勝ったという話題があります。2015年ごろ、将棋については羽生さんに勝てる能力を持っていると言われていたのですが、囲碁も2016年ぐらいに世界チャンピオンに勝てるようになりました。

どういう仕組みかというと、例えば白石は1、黒石は-1、置かれていないところは0というふうにインプットします。出力は、最初のバージョンでは「一番可能性の高いところに石を置く」ということです。囲碁は膨大な棋譜がオンラインに残っているので、人間の強いプロが打ったときに、どこに石を置いたかというのを学習させます。それをずっとやっていくと、大体7、8割くらい人間の打つ場所と同じようなところに打てるようになります。でもそれだと、人間より強くなることはできないですね。そこで十分学習できたと思ったら、今度は自分対自分の対戦をして、その時のお手本は、勝ちに繋がったかどうかで差し手を調整します。それをものすごい計算量をかけてやった結果、AlphaGo Zeroの最新のバージョンでは、もう人間の棋譜などいらず、コンピュータ同士対戦して人間に勝てるレベルになっています。

AIの研究がなぜこんなに進んでいるかというもう1つの理由は、AIをつくるための基本的なソフトウェアが無料で公開されていることです。例えばGoogleが開発しているTensorFlowですが、Googleが世界中の優秀な研究者を集めてつくり、無料で公

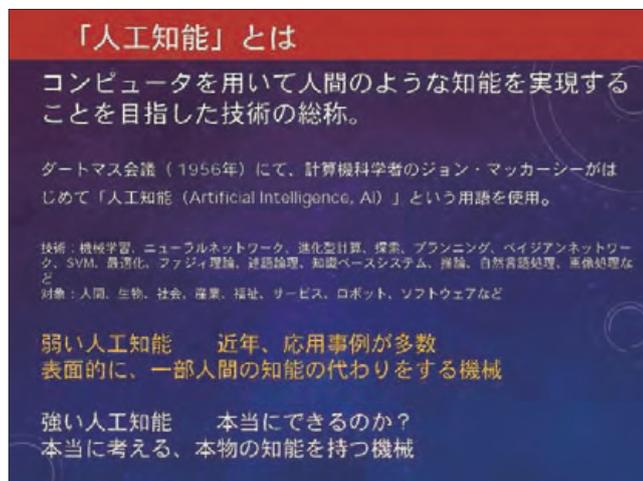


図1

開しています。

また、AIの成果についてもものすごい勢いで世界中に公開されています。AIの技術革新はすごく速いので、すごいものができたと思ってそれを囲い込んで特許を取ろうとしても、1ヶ月後にはもっとすごいものが出てくるし、1年後には技術が陳腐化しているかもしれない。そういうスピード感で進んでいるので、囲い込むことは意味がなくなってきました。そうすると世界中の研究者が、いち早くできたことをどんどんオープンにしていて、皆に知ってもらうことで自分の能力や評価を高める。それを読んだ人がまたキャッチアップしていくというようなサイクルで進んでいるのです。

●世界におけるAI開発の状況

世界のAIに関する投資額の推計を見ると、政府関係では、日本の770億円はアメリカの5千億円、中国の4.5千億円に比べて少し見劣りします。民間でみると、アメリカはGoogle、Amazon、Microsoftなど民間企業が年間7兆円以上AI開発に投資しており、日本は6千億円で到底かきません。中国は日本と大体同じぐらいの投資額で、日本はこれまでの貯金もあるし、まだまだ中国には勝てそうに見えますが、実はもう日本は中国のAI技術には多分勝てないと思います。

今年の4月にスウェーデンでAIのトップカンファレンスがあったので、私もそこに参加しました。そこで発表するためには厳正な査読があって、本当にいい研究をした人しか発表できません。最近の発表件数では、中国が46%で、欧米を合わせても35%しかなく、日本からの発表は2.4%しかありません。日本はいるのかいないのか分からない状況になっています。

それからもう1つは、中国は1党独裁で色々なことができます。何も無い荒野に自動運転の車ありきの都市をいきなりつくってしまったります。または街中にある監視カメラを、全部AIで解析して誰がどこにいるかというのを見ていて、犯罪者がいたらすぐ捕まえるなどということもリアルにやっています。プライバシーがあるのかないのか分からないぐらい、ビッグデータを使い倒すことができる。

これは非常に脅威で、例えば中国では無人コンビニがすごく発達しています。お店には、LINEみたいなWeChatとかで入ると、どう動いたか、何を買ったか全部記録され、支払いもそのアプリ上で完結します。自分の買い物の記録なども全部データとして吸い上げられている。中国は今ほとんど現金決済がないので、買い物の全データが吸い上げられて、研究用に知らないうちに転用されていたりもする。発表件数も多いし、データも多いということで、中国のAIは今ものすごく進んでいます。

●日本が目指す Society 5.0

日本はどこを目指すのかということで、Society 5.0ということを行っています。これはサイバー空間、インターネットなどの情報空間と、リアルな世界をちゃんと繋いで、色々なことを効率化したり便利にしたりしようということです。背景には少子高齢化でどこも人が確保できず、このままだと産業、ビジネスが保たないという背景があると思います。

日本はなかなかITとかAIに人が合わせるといことはできなくて、レガシーだったり、人が決めたルールに合わせようとする。アメリカだと色々なビジネスツールなどは、つくって皆に展開していったときに、ビジネスのやり方を人がツールに合わせるといことをやりますし、だからこそ効率がいいのですが、日本は一生懸命ベンダーにそれぞれ違うことを言いつくらせようとする。

そういう感じで不効率が起きているわけですが、それだと保たないということで、Society 5.0はそういうところをAIやIoTで考え直さなければいけないという瀬戸際に我々は来ているし、やっていかないと、中国などには全然対抗できなくなるということです。技術革新もありますが、社会をリデザインして効率性を上げていくような時代に来ているのかなと思います。

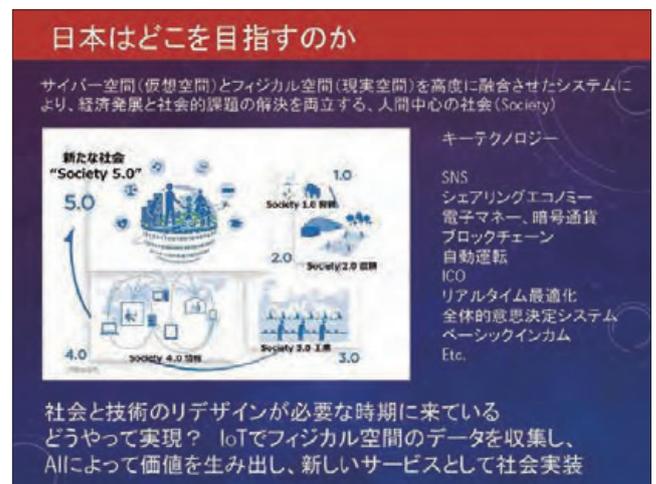


図2

●社会課題に対するAIのアプローチ

実感としてAIはどういう形で社会課題にアプローチしているかをまとめると、3つになります。

今すごく話が多いのは、これまで人がやってきた仕事をAIに置き換えるというものです。人のコストが上がったり、後継者がいなくなったりして、なんとか人に置き換えたい、という話です。これは簡単で、例えば今まで10人かけてやってきた仕事があり、その人件費をずっと払ってきた。AIの開発は高いという話になっても、10人の仕事の代わりにできるとなれば、結構な予算を簡単にペイ

することができます。例えば製品検査をカメラ画像からやるなどというのはすごく話が早くて、こういうのはなかなか目に見えない裏側の世界ですが、色々なところで沢山案件が進行しています。

2つめに、これまで人がやろうと思ったらできなかつたのだけれども、ビジネス的な規模でやろうとするとペイしない、不可能だという仕事が、AIを使うことでだんだんビジネスとして成り立つようになった。例えば製品検査でも、人間の件費は高いので抜き打ちで検査していた、というようなことはよくあると思うのですが、それを全数検査すると検査要員だけで500人いないととても間に合わない。でもAIは1秒間に何人分もできるとなれば、全数検査が可能になりますよね。

3つめはAIを使うことで、全く思いもよらなかつた新しいことをやるケースです。これはいわゆるイノベーションと呼ばれるものです。結果的に「あれはイノベーションだ」と言うことはできるかもしれませんが、「イノベーションを起こしてくれ」というオーダーを出されても、なかなか起こせませんよね。そういう意味では、3つめのお話を頂くと、非常に我々は困るわけですが、イノベーションは起こすことはできないけれど、そういうものが生まれてくる土壌をつくって、芽を摘まないという環境を整えていくことから始めないといけません。これに関しては、AIだろうが、IoTだろうがイノベーションをつくっていくエコシステムを整えるということが大事です。

●AIはハサミとか火のようなツール

AIはハサミとか火とか、そういうものと一緒のツールなので、正しく使えば役に立つし、間違ふと世の中のためにもならない。AIを社会や人と調和させながら、どうやって皆の幸せに貢献するように使うかということを研究室のテーマとして掲げています。

事例を少しお話しします。図3はKDDI総合研究所と一緒に共

同研究している、ラジコンを自動運転させてその行動をAIで学習させるというものです。1台の車を正確に走らせるような自動運転の研究は、我々が今からやってもキャッチアップできないので、世の中に自動運転の車がたくさん普及したときに、その車はどういうコミュニケーションをとりながら、安心、安全、効率性を実現するのかというものです。

コースの真ん中に信号のない交差点があって、ルールでは内側が優先で外側は必ず止まります。全然譲らないとなるとものすごい渋滞が発生して効率が落ちるようなコースになっています。16台いるのですが、ひどいときだと13台くらいが止まって、人間だったらクラクションをバンバン鳴らしている状況になります。そうなったときに、真ん中の車がちょっと譲ってあげて1台でもグッと動くと、デッドロックが解消されて、一気に交通が通るといことが起こりえます。

人間も渋滞の合流地点などで、ルールではこちらが優先だといっても、いつの間にか交互にやっていたりすると思うのですが、そういうことがAIの中で生まれてくるのか。自分がとにかく早く行ければいいとなると、絶対譲らないとなるのですが、目的を皆で共有して、社会全体の効率性を上げていこうという目的を与えてAIを学習させます。

するとAIは、自分が優先でもちょっと譲ってあげよう、ということができるようになります。自動運転の車が社会に普及したときには、当然5Gで全部繋がって、車同士色々なことを話しながらやるでしょう。その時は人間がプロトコルを与えたとしても、必ずしも想定された状況ばかりではないから、色々な不測の事態も含めてAI同士がきちんと学習の中から折り合いをつけなければなりません。そのためにはどんな基礎技術が必要かという研究です。

図4は北海道ガスと共同研究のロードヒーティングシステムです。雪の多い北海道では、大きい駐車場だったり、お年寄りだっ



図3

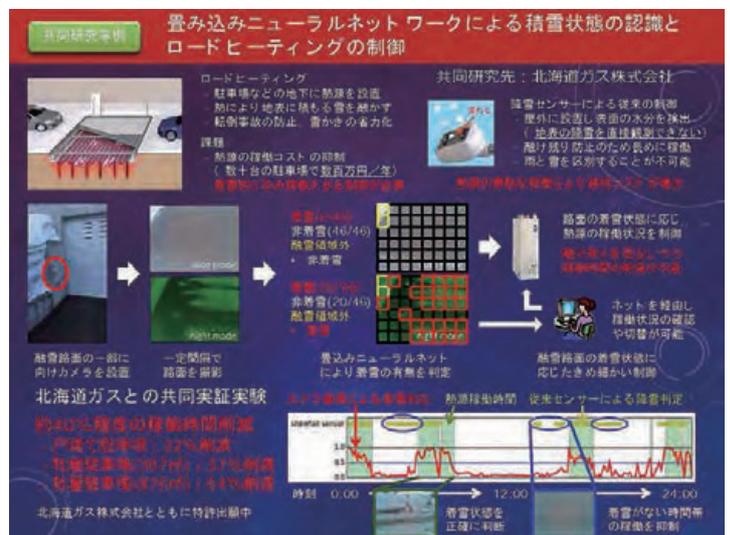


図4

たり、雪かきが大変なので、道路を温めて雪を溶かす装置です。今普及しているのは空中センサー方式で、雪が降るとヒーターで雪が解ける、溶けて濡れると電気抵抗値が変わるのでボイラーをオンにして路面の雪を溶かします。これはフィードフォワード制御で、路面状態を直接確認しているわけではないので、余計な時間ボイラーを運転することになり、無駄が多くなっています。

そこで私たちは、カメラ画像から着雪を確認して、ボイラーをオンオフする装置をつくりました。白くなってくると雪が降ったとわかるのでボイラーを動かします。これがどれくらい節約になるかという、ボイラー性能はそのままに、大体50%くらいガス代をカットできます。これが北海道中ならどれだけ節約できるか、そして今まで導入できなかったところに導入できる道が拓けてきます。

他にも色々ありますが、最後にAIで俳句をつくる話を紹介します。NHKの「凄ワザ！」という番組で、松山のプロの俳人と対決して、一応「人類が勝った」という落ちですが、実は俳句を詠んで言葉を上手に使ったり、評価したりすることで、AIのスキルアップになると考えています。

●AIとビジネスシーン

こんなにAIが流行ってきて、我々はどんなことを考えてビジネスをしていったらいいのですか、という質問を受けることが多いので、まとめてみました。

1つめ、頭に入れておいて頂きたいのは、AIに関しては“川上と川下のみが勝ち組に”という言葉は強いですが、真ん中にいる人たちは結構厳しいということです。川上というのはGoogleとかAmazonとか世界中にプラットフォームとしてAIをつくらしている会社です。彼らは世界中を相手にしているので、ものすごい予算をかけて、超優秀な研究者を集めてきて、つくったものを世界中に安く広げていく、そういうプラットフォーマーです。それは当然無くなりません。どんどん重要性が増していきます。

一方で、色々な課題を現場で解決するというのは、日本に沢山あります。例えばAmazonがつくったAIを使って、そういう現場とか地方とか、その課題に向き合っていくところで解決する。これまでだと、色々なシステムをつくるのに、大手ベンダーに頼むことはよくあったと思うのですが、大手ベンダーだからといってAIの能力が高いのかという話になります。日本のメーカーも一生懸命日本製のAIをつくら、プラットフォーム化していますけれども、果たしてこの先、IBMやAmazonやGoogleに勝てるかという、同じようなものでは絶対に勝てないわけです。そう考えると真ん中のところはだんだん戦いが厳しくなっていくって、一方で、現場で課題を解決している人のニーズというのは大きく

なっていくということを意味しています。

2つ目は、最先端のAIはどんどん日々進歩しているので、その知識がないと、それを組み合わせて課題解決することはできないので、とにかく最新情報“最先端のAI叡智”をキャッチアップしていくことが大事だ、ということです。

3つ目の“演繹的のものづくりから帰納的のものづくりへ”は、これまでのITシステムは、最初に要件定義して、ウォーターフォール型で、この設計図通りに、何ヶ月後に納品です、言ったとおりにつくらないとおかしいですよ、というつくり方でした。けれどもAIを使ったものづくりは、事前に精度98%のものをつくって下さいといっても、できるかどうかかわからないわけです。AIを使って何かやりたいとなったときには、上から目線で「俺たちが発注してやるんだから」という形で進めるのは無理で、二人三脚で、トライアンドエラーも一緒にやるような、そういう形のものづくりにこれから移行していきますよということです。

4つ目は、高度なAIを使ったものづくりは、やはり職人芸的な技術で、暗黙知の世界に入ってくるわけですね。そう考えるとAIを使いこなす人になるためには、沢山色々な事例をやってみて、やる前に「これはうまく行きそう」とか、「これはちょっとまずい」とかという“AIものづくりの暗黙知”をきちんと学んでいかないといけないということです。

5つ目ですが、そういうことをやっていくと、とても^{にんげつ}人月とか時間でいいものをつくるということではできなくなっていきます。例えばプロのデザイナーとかアーティストというのはそうだと思うのですが、10時間かかったからいくら、というチャージはしないですね。どんどん能力やスキルが上がっていくと、プロフェッショナルとして、他の人だったら1年かかるものを、自分たちなら2週間でできるとか、そういうことはざらに起こります。そうすると、「あなたたちは2週間分ね」とチャージされても全然成り立たない。頼む側もそういうことを理解していかないと、AIやる人も育てられないし、お願いをきいてもらえない、そういうふうにどんどんものづくりが変わっていきます。

この先大きく色々なことが変わっていくので、それをうまく使いこなしながらビジネスをやらなければいけない、ということをお話しして、私の講演を締めたいと思います。どうもありがとうございました。

【川村 秀憲氏 プロフィール】

2000年3月 北海道大学大学院工学研究科 システム情報工学専攻
博士後期課程期間短縮修了

2016年 同大学教授(現在に至る)

1999~2000年 日本学術振興会DC特別研究員

2007~2008年 日本学術振興会海外特別研究員、ミシガン大学客員研究員
情報処理学会、人工知能学会、日本オペレーションズ・リサーチ学会、観光情報学会などの会員。観光情報学会理事。株式会社調和技研取締役。

港湾栈橋用プレキャスト床版「SLJスラブ」

オリエンタル白石株式会社

架設時に継手部の鉄筋を収納できる段部を有する接合面と、エンドバンド継手を採用したプレキャスト床版で、施工性の向上と継手長の低減が図れることから、港湾栈橋の床版などの施工において活用が期待される。

概要

近年、国際競争力の強化、インバウンド促進、老朽化した設備の更新などから、港湾栈橋の急速な整備が求められている。港湾栈橋の床版の施工において、工期短縮、品質向上、省力化などを図るには、プレキャスト床版を用いることが効果的である。

従来、港湾栈橋にプレキャスト床版を用いる場合には、プレキャスト床版相互の接合方法としてはRC構造が一般的であり、鉄筋の継手構造としては重ね継手またはループ継手が用いられている。しかしながら、重ね継手は、継手長が30φ程度であることから接合部の幅が大きくなる。一方、ループ継手は、継手長が15φ程度と重ね継手に比べて短くなるが、鉄筋の曲げ半径の制約から床版厚が必要以上に厚くなる場合もある。さらに、ループ継手は接合部の横方向鉄筋の配置が容易でなく、特に港湾栈橋で用いられる床版に特有な2方向に接合部があるプレキャスト床版では、施工性や工程短縮上の課題となっている。

SLJ (Short Lapped Joint) スラブは、上記の課題を解決するために開発されたもので、プレキャスト床版相互の接合部に、
(1) 架設時に横方向鉄筋を収納できる「段部を有する接合面」
(2) 鉄筋の先端に鋼管を圧着した「エンドバンド鉄筋」を用いたRC継手構造「エンドバンド継手」を設けたプレキャスト床版である。

SLJスラブの港湾栈橋への適用イメージを、図-1に示す。

SLJスラブの特徴

SLJスラブの接合部の概要を、図-2に示す。SLJスラブの接合面は、補強用の横方向鉄筋の収納空間である段部を有する構造とし、段部は45°の勾配を標準としている。さらに、接合部の鉄筋の継手には、エンドバンド継手を採用している。

エンドバンド継手に用いるエンドバンド鉄筋は、鉄筋の先端に鋼管を圧着したもので、鋼管端面に作用する支圧力と鉄筋の付着力との複合作用による定着機構を有している(図-3)。鋼管は、SD345の鉄筋の降伏耐力以上で鋼管が抜出さない寸法および圧

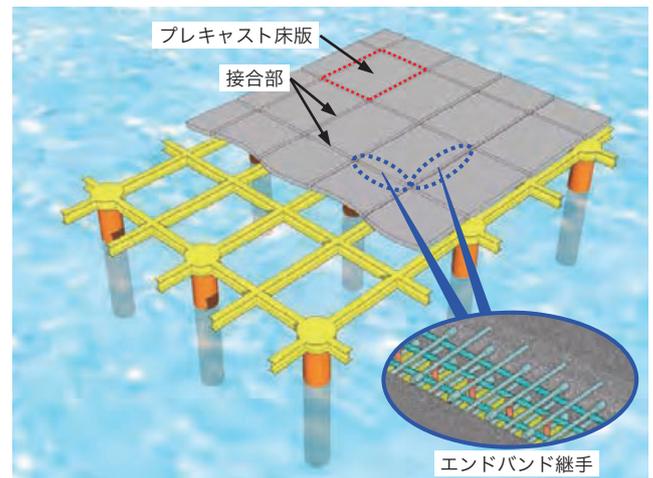


図-1 SLJスラブの港湾栈橋への適用

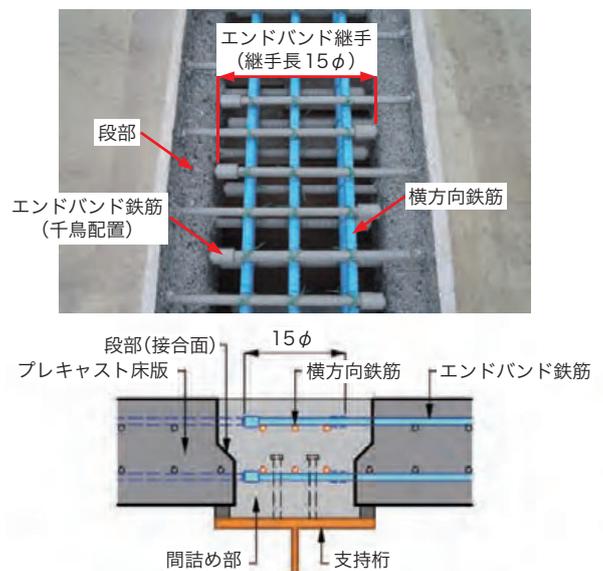


図-2 SLJスラブの接合部

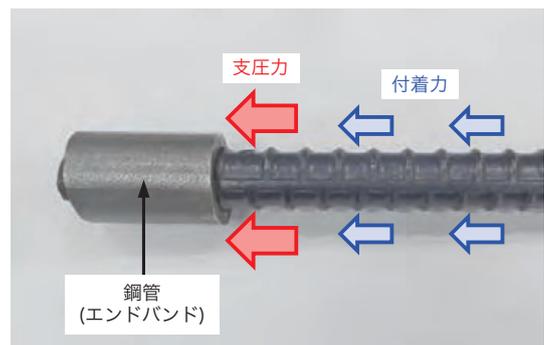


図-3 エンドバンド鉄筋

着強さとしている。現在、普通鉄筋、エポキシ樹脂塗装鉄筋、ステンレス鉄筋の使用が可能であり、呼び径16mm、19mm、22mmの鉄筋に対応している。

エンドバンド継手は、このエンドバンド鉄筋を千鳥配置して、補強用の横方向鉄筋を継手内に直交方向に配置したRC構造の継手である。なお、プレキャスト床版が2方向PC構造の場合は、エンドバンド鉄筋を機械式継手でプレキャスト床版内の鉄筋に接続することで、PC鋼材の緊張空間を確保する必要があるポストテンション方式の定着面にも使用できる。

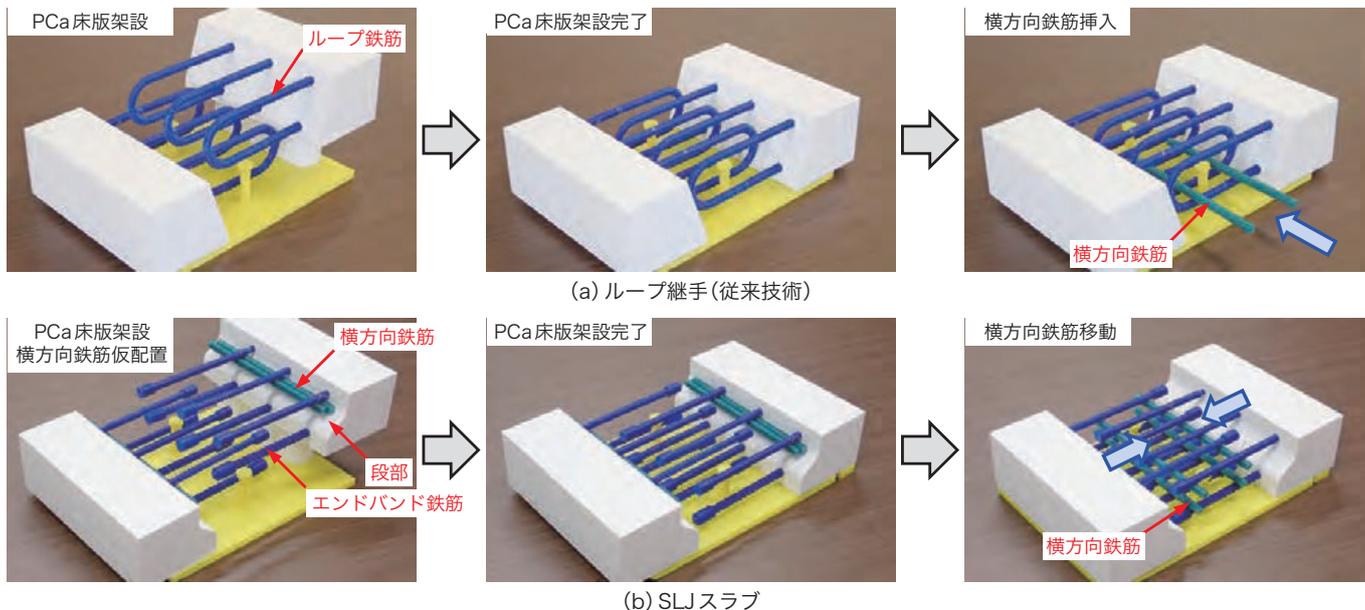


図-4 プレキャスト床版の架設と接合部の横方向鉄筋の配置手順

SLJスラブの施工性

従来技術であるループ継手とSLJスラブでの、プレキャスト床版の架設と接合部の横方向鉄筋の配置手順を、図-4に示す。

ループ継手では、ループ鉄筋内が閉ざされた空間となることから、横方向鉄筋は、プレキャスト床版架設後に横方向から挿入する必要がある。一方、SLJスラブでは、予めプレキャスト床版の接合面の段部に横方向鉄筋を仮配置し、プレキャスト床版架設後に所定位置に移動することで横方向鉄筋を容易に配置することができる。さらに、継手部にエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる場合には、ループ継手に比べて、横方向鉄筋の配置時に塗膜が損傷するリスクが少なくなる。

SLJスラブの力学的性状

SLJスラブでは、その力学的性能を確認するために、エンドバンド鉄筋の定着機構確認試験、接合部の曲げ性能試験、押抜きせん断試験、定点載荷疲労試験および輪荷重走行試験を実施している。

エンドバンド継手の継手長と曲げ性能との関係を確認した試験結果を、図-5に示す。継手長が10φ程度まででは継手部の鉄筋がかぶりコンクリートを押し出す脆性的な破壊が生じるが、継手長を15φとすることで、従来用いられている重ね継手(継手長30φ)と同等の曲げ耐力およびじん性が確保されている。

輪荷重走行試験(写真-1)での、走行回数と活荷重変位との関係を、ループ継手の場合と比較して図-6に示す。走行試験中の活荷重によるたわみは、従来技術であるループ継手と同程度であり、十分な疲労耐久性を有する結果となっている。

これらの一連の試験より、設計基準強度36N/mm²以上のコンクリートに対して、エポキシ樹脂塗装鉄筋の場合も含め、継手長15φを確保すれば一般のRC構造と同等の安全性が確保されることが確認された。

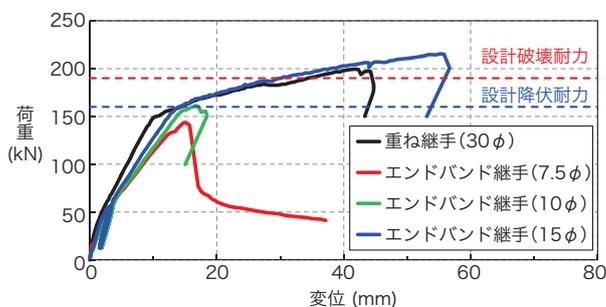


図-5 接合部の曲げ性能試験結果



写真-1 輪荷重走行試験

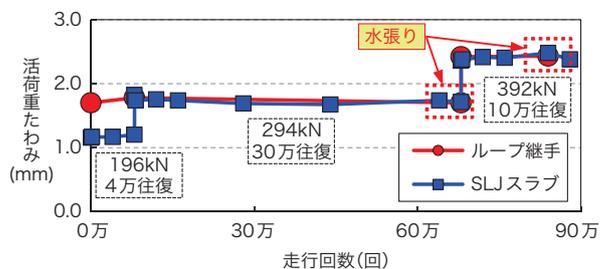


図-6 輪荷重走行試験結果の比較

SLJスラブの適用実績

SLJスラブは、施工の容易性や床版厚の低減などから、道路橋では床版取替え工事などで30数件の施工実績がある。港湾構造物でも、栈橋の維持管理橋での実績がある。



国際

沿岸レポート

第6回日韓沿岸技術研究 ワークショップの報告

一般財団法人沿岸技術研究センター
主任研究員 岡田理

1. はじめに

韓国海洋科学技術院 (KIOST)、国立研究開発法人港湾空港技術研究所 (PARI)、一般財団法人みなと総合研究財団 (WAVE) および一般財団法人沿岸技術研究センター (CDIT) は、年1回の合同ワークショップを通じて、沿岸防災、沿岸域管理、沿岸環境及び技術開発の4分野において、技術交流を行っています。第6回目となる今年は福岡での初めての開催となりました。韓国側からは総勢15名の方に参加していただきました。釜山からは飛行時間が35分と言うことで、東京からの飛行時間よりもずいぶん短い時間でした。12月10日から12日までの3日間、ワークショップの他、関門海峡及び響灘洋上風力発電設備の視察を行いました。

2. ワークショップ

ワークショップには、KIOST、PARI、WAVE、CDITの他、橋本九州大学教授、中川九州大学教授、九州地方整備局等、50名程の参加があり、1) Coastal Disaster and Response、2) Coastal Management、3) Coastal Environment、4) Technical Developmentの4セッションで、3編ずつ計12編の報告がありました。Coastal Disaster and Response のセッションでは、グリーンインフラを用いた耐津波設計に関する研究において、マングローブの根の模型(3Dプリンタ製作)を用いた水槽実験や、実物のマングローブに津波を作用させた水槽実験を行っており、非常に興味深い発表内容でした。また、Coastal Environment のセッションでは、浚渫土の長距離輸送に関する研究において、パイプラインに圧縮空気、電磁場、らせん状のノズルを用いて、浚渫土を長距離輸送する計画の紹介がありました。一日を通じて、参加者は大変関心を持って聴講していた様子で、予定の質疑応答時間を超過するほど活発な討議が行われました。

テーマごとの個別の報告の他にも、WAVEの細川顧問

による基調講演の「Beneficial use of dredged material, rehabilitation of ecosystem on constructed tidal flat」では、浚渫土を活用した干潟生態系の再生に関する研究内容をご紹介いただきました。また、KIOSTの李責任研究員による特別講演「Tidal Energy Development and Environmental Effects」では、韓国の潮流発電の現状と将来をご紹介いただき、韓国における再生可能エネルギーへの期待の大きさを感じました。閉会後には、講演者および関係者一同による記念撮影が行われ、和やかな雰囲気で行われることが出来ました。(写真1)



写真1 講演者および関係者一同

3. 関門海峡及び響灘洋上風力発電施設の視察

期間中、関門海峡(写真2)及び電源開発(株)若松総合事業所の視察を行いました。関門海峡では、下関市側から国際航路としての要衝を大型船が行き交う様子を一望しました。電源開発(株)は、2年前まで響灘洋上風力発電設備(写真3)の実証研究を担当しており、現在も引き続き実証研究で使用した洋上風車の運転、維持管理を行っています。事業所では銅スラグを混入した消波ブロックの説明と、響灘洋上風力発電設備に関する説明がありました。参加者は電源開発担当者へ多数の質疑を行い、皆それぞれが高い関心を持って見学しました。



写真2 関門海峡



写真3 響灘洋上風力発電設備

4. おわりに

ご講演頂いた皆様、並びに視察においてご協力を頂いた電源開発(株)若松総合事業所の峯所長代理、露木総括マネージャー等の職員の方々に厚く御礼申し上げます。お陰様で大変有意義であったとともに、沿岸域の研究開発に携わる日韓の技術者交流が友好的かつ着実に進められていることを改めて実感したワークショップとなりました。また、KIOSTの金院長、安名誉研究委員にも大変お世話になりました。ここに記し、謝意を表します。



国際

沿岸レポート

濱口梧陵国際賞 授賞式

一般財団法人沿岸技術研究センター
研究主幹 高野 誠紀

わが国の津波防災の日である11月5日が、2015年12月の国連総会において「世界津波の日」に制定されました。これを機に、国土交通省、内閣府政策統括官（防災担当）等の皆様からのご後援をいただき2016年創設された「濱口梧陵国際賞」は、津波防災をはじめとする沿岸防災技術分野で顕著な功績を挙げた国内外の個人又は団体を表彰するものです。

第3回目となる今回の受賞者は、沿岸災害の減災において津

波・高潮や不規則波浪に関する研究に貢献した間瀬肇京都大学名誉教授兼特任教授、陸上に遡上する津波の複雑な現象の究明と世界各地の津波災害の現地調査によりその実態の解明に貢献したHarry Yeh米国オレゴン州立大学教授、及び南海トラフの地殻活動を大規模かつ高精度に観測する世界で初めての地震・津波観測監視システム（DONET）を構築したDONET開発グループ（代表；金田義行 海洋開発研究機構首席技術研究員／香川大学地域強靱化研究センター長）の2名1団体です。

授賞式は、11月7日（水）に海運クラブにて開催され、塚田国土交通副大臣、二階自民党幹事長／国土強靱化推進本部長より来賓のご祝辞、濱口梧陵国際賞選考委員会の河田恵昭委員長（京都大学名誉教授／関西大学教授／人と防災未来センター所長）による受賞者と受賞理由のご紹介の後、塚田国土交通副大臣から受賞者の皆様に表彰盾が贈呈されました。

授賞式とそれに引き続き行われた記念講演会、レセプションには、二階自民党幹事長をはじめ国会議員の皆様、在日チリ共和国大使館、在日米国外務館、濱口梧陵氏ゆかりの地の和歌山県広川町長、濱口家のご子孫の濱口道雄様の他、多くのご来賓にご臨席をいただきました。

(※)濱口梧陵氏は、150年ほど前の江戸時代末期の安政南海地震で自らの資産を投げ打ち村人の命を津波から守った人物。



間瀬教授



Yeh教授



金田代表



授賞式

NEWS 01

コースタル・テクノロジー 2018の開催

平成30年11月21日 [10:00~17:05]、星陵会館2Fホールにおいて、コースタル・テクノロジー2018を開催しました。平成29年度に当センターが実施した調査・研究等に関する12テーマの報告をはじめ、特別講演として、北海道大学大学院情報科学研究科の川村秀憲教授をお招きし、「人工知能の最新研究と応用」についてご講演いただきました。当日は、技術者・研究者・行政関係者など多数の参加があり、大盛況のうちに幕を閉じました。

研究発表につきましては、当センターのホームページ (URL <http://www.cdit.or.jp/>) をご覧ください。



当センター研究員による報告



講演される川村教授

NEWS 02

新技術情報提供システム (NETIS) 登録申請
支援事業を始めました

国土交通省が運営するNETISには、民間において研究・開発された新技術が登録されていますが、登録に当たっては地方整備局等に申請する必要があります。当センターでは、民間による登録申請を支援する事業を始めました。詳細につきましては当センターのホームページ (URL <http://www.cdit.or.jp/>) に掲載しています。

NEWS 03

海洋・港湾構造物維持管理士会 (MEMPHIS会)
第17回講演会

海洋・港湾構造物維持管理士会主催、当センター共催による講演会及び現場見学会が、5月横浜、7月仙台に続き、次のとおり開催されました。

・第17回講演会：平成30年11月6日 (松山)、7日現場見学 (松山港、来島海峡大橋)

各講演会には100名以上の方が参加され、大盛況のうちに終了いたしました。

来年度も、講演会を予定しておりますので、ご参加をお待ちしております。

第17回講演会 (松山) のプログラム

- 「愛媛県内の港湾に関する最近の話題」
国土交通省 四国地方整備局 松山港湾・空港整備事務所長
亀岡 知弘 様
- 「本州四国連絡橋の保全」
本州四国連絡高速道路株式会社 保全部次長 福永 勲 様
- 「維持管理に係るコンサルタントの役割」
中電技術コンサルタント株式会社 海域設計グループ主査
近藤 良 様
- 「用語解説 電気防食」
日本防蝕工業株式会社 技術研究所長 田代 賢吉 様
- 「港湾空港技術研究所における維持管理に関する取組み」
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構造研究領域構造研究グループ 主任研究官
川端 雄一郎 様
- 「アセットマネジメントの課題と実現」
高知工科大学 経済・マネジメント学群・大学院起業家コース 教授/高知工科大学 社会マネジメントシステム研究センター所長 那須 清吾 様

NEWS 04

平成30年度 第1回CDITセミナー

平成30年9月5日 (水) 当センターにてCDITセミナーを開催しました。

働き方改革をテーマに、参加者は熱心に聴講していました。終盤には活発な質疑応答が行われ盛況のうちに終了しました。

講師：(株) アルティスタ人材開発研究所 代表取締役

玄間 千映子 氏

テーマ：労働から「朗働」へー仕事の生産性と、働き方ー

民間技術評価事業・評価証授与式の開催

平成30年11月27日(火)に沿岸技術研究センターにおいて、民間技術評価事業・評価証授与式をとり行いました。

今回は、平成30年度上期の表彰で、善功企九州大学名誉教授を委員長とする「港湾関連民間技術の確認審査・評価を行い、その結果を踏まえて、以下の3件について評価証を授与しました。

●新規(1件)



オリエンタル白石株式会社殿
港湾栈橋用プレキャスト床版「SLJスラブ」

●更新(2件)



五洋建設株式会社殿 ライト工業株式会社殿
「曲がり削孔工法(リアルタイムで誘導する曲線ボーリング)」



関門港湾建設株式会社殿
ブレード&フラットグラブ工法-高精度で効率のよい仕上げ掘り及び薄層浚渫-

上記の1件の新規技術につきましては、本文の38~39ページで内容を紹介しております。

沿岸技術研究センターは、今後の誌面づくりに反映させるため、皆様のご意見ご感想をお待ちしております。詳細は沿岸技術研究センターHPをご覧ください。

URL:<http://www.cdit.or.jp/>

【編集後記】

2019年5月1日より新元号の予定で、平成最後の機関誌となります。今号では、海洋におけるICT技術の活用について特集いたしました。国土交通省では、ICT等を導入することにより、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取組であるi-Constructionを進めています。私もICT技術についていけるように勉強していきたいと思っております。(Y)

平成31年度 「海洋・港湾構造物 設計士 資格認定試験」の予定

●設計士補試験、設計士筆記試験

申込受付期間：4月~5月頃

試験日程：7月上旬頃

試験場所：東京、大阪、福岡(3会場を予定)

●設計士面接試験

申込受付期間：9月中旬~10月中旬頃

試験日程：12月上旬~中旬頃

試験場所：東京(1会場を予定)

詳細については決まり次第、当センターホームページ(URL <http://www.cdit.or.jp/>)上に掲載します。

根入れを有するケーソン工法の技術マニュアル

近年、船舶の大型化や大規模地震の切迫に伴って、港湾の施設(栈橋、岸壁、防波堤)の大水深化や耐震強化が図られています。

根入れを有するケーソン工法は、海底以深に剛性が大きい躯体を根入れすることで、土圧や波圧に対してケーソンの底面地盤だけでなく、躯体側面の地盤を利用して抵抗します。これにより、特に大水深においても粘り強い構造の港湾施設の構築が可能であります。

また、根入れを有するケーソン工法に用いられるニューマチックケーソン工法は、橋梁基礎や地下容器として多くの実績を有し、臨港道路等の橋梁では海上施工の実績も数多くあります。

今回、これまでの実績や知見をもとに、港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成30年 日本港湾協会)に適合するよう検討を加え、「根入れを有するケーソン工法の技術マニュアル」を発刊することになりました。本マニュアルでは、根入れを有するケーソン工法が適用できる港湾施設(栈橋・岸壁・防波堤)の偶発対応施設としての設計照査手法、あるいは施工に関わる注意点・留意点についても詳述されております。

販売時期：平成31年3月頃

販売価格：6,000円(税別)

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

発行 一般財団法人 沿岸技術研究センター
〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2 新橋エス・ワイビル5F
TEL. 03-6257-3701 FAX. 03-6257-3706
URL <http://www.cdit.or.jp/>
2019年1月発行