i-net Vol.64 2023年5月発行

2023 May Vol.64

建設・環境技術レポート&トピックス

I-NET

人と地球の未来のために――
いであ株式会社

Contents

新たな取り組み

02 二次元ウエスタンブロットによる未知アレルゲンの特定
04 海の次世代モビリティ実証実験 ～ズワイガニ資源量推定におけるAUV活用～
06 豊かな海を保持するための栄養塩の連続観測

Working Report

08 BIM/CIMを活用した橋梁設計
10 近接目視が困難な橋梁点検への新技術（ロボット×AI）の活用

Column

生物多様性の新たな世界目標「昆明・モントリオール生物多様性枠組」
～2030年ネイチャーポジティブを目指して～

人類を支える自然環境の安定性が、気候危機と生物多様性の損失という2つの危機によって揺るがされようとしています。地球の持続可能性の確保は、世界的な最優先課題です。

この課題に対して、1992年のリオサミットで生まれた双子の条約、気候変動枠組条約と生物多様性条約にもとづき各国で取り組みが進められています。気候変動対策の分野ではパリ協定において、世界の平均気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする目標が採択されました。同目標のもとで国内においては、2050年カーボンニュートラルを目指して対策が進められています。生物多様性の分野では、2022年12月に開催されたCOP15(第15回締約国会議)第二部において、愛知目標の後継となる新たな世界目標「昆明・モントリオール生物多様性枠組(Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework)」(以下、GBF)が採択されました。

GBFでは、2050年ビジョンとして愛知目標と共通の「自然と共生する世界」を掲げたうえで、「人々と地球のために生物多様性の損失を止め、反転させ回復軌道に乗せること」(ネイチャーポジティブ)を2030年までのミッションとして位置づけて、そのための緊急的な行動の目標(ターゲット)が合意されています。

ターゲットには、1)劣化した生態系の30%を再生・復元、2)陸域と海域の少なくとも30%以上の保全(**30by30目標**(サーティ・バイ・サーティ))、3)侵略的外来種の導入・定着率の半減、4)自然が持つ調整力の減災等への活用、5)ビジネスにおける生物多様性への影響評価・情報公開の促進、6)官民で少なくとも年間2,000億ドルの資金の確保などの23項目が盛り込まれています。さらに、各国はCOP16までにGBFを踏まえた国家戦略を策定し、COP17までに実施状況を報告すること、また、その進捗を評価するためのレビューメカニズム構築を進めることが合意されました。

GBFの採択を積極的に支持したわが国は、その実現のうえでも率先した取り組みが求められます。政府は、早速2023年3月に生物多様性国家戦略を改定(閣議決定)しました。新たな国家戦略のもと、生物多様性の関係施策を今後総合的に推進して、国内において2030年ネイチャーポジティブの達成を目指すことはもとより、国際的な支援を通じて地球規模での目標達成への貢献も期待されています。

当社は、これまでも生物多様性分野において幅広い技術を活かして実績を積み重ねてまいりました。GBFに関しても、30by30アライアンス※1メンバーとして、目標達成の鍵となる国内OECM※2制度創設に向けた検討に携わりました。また、保護地域の指定管理、希少種保全対策、外来生物対策、自然再生事業の分野、深海を含む海域から陸域までのあらゆる生態系の調査・モニタリングの分野、民間企業等の生物多様性関連取り組みへの支援の分野等に、大学や国研究機関の協力を得ながら、国内外で取り組んできました。これらの幅広く豊富な経験と培ってきた技術を活かして、人と地球の未来のために、2030年ネイチャーポジティブ達成に貢献すべく、今後とも積極的に取り組んでまいります。

※1 30by30目標達成に向けた取り組みを進めるため、賛同、協力する企業・自治体・団体からなる有志連合
※2 Other Effective area-based Conservation Measures 保護地域以外で生物多様性保全に資する地域

30by30

いであ株式会社は30by30アライアンスメンバーです

Point

細胞中のタンパク質の二次元マッピングを行う大型二次元電気泳動と、抗体を用いて特定のタンパク質を検出するウエスタンブロットを組み合わせた「二次元ウエスタンブロット」でアレルギー原因物質(以下、アレルゲン)を特定する手法を、他社に先駆けて分析メニューに加えました。

二次元ウエスタンブロットによる未知アレルゲンの特定

食品・生命科学研究所 池庄司 博文、山縣 彰、角井 良太、大房 健

はじめに

アレルゲンを含む加工食品・添加物は、食品表示法(2013年6月公示)にもとづくルールに従って表示されています。えび、かに、小麦、そば、卵等8品目の特定原材料は表示義務があり、アーモンド、いか等20品目は特定原材料に準ずるものとして表示が推奨されています(2023年4月時点)。

しかし、これらの原材料に含まれているアレルゲンは、全てが特定されているわけではありません。加えて、28品目以外にもアレルゲンを持つ食品が存在し、これらは食生活の移り変わりとともに変化していくと考えられています。そこで、未知のアレルゲンを特定する技術が必要となります。

アレルゲン分析方法の比較

アレルゲンの分析方法はさまざまです(表1)。コロナ禍でよく目にするようになった抗原検査キットは、抗原の有無を簡単に判定する商品です。

ウエスタンブロットは、SDS-PAGEによりタンパク質を大きさ(分子量)で分離して抗原を特定する分析法です。しかし、同じ大きさのタンパク質も多数存在しており、分離は不十分です。

表1 アレルゲン分析方法の比較

	抗原検査	ウエスタンブロット	2Dウエスタンブロット
時間	数分	2日	5日
コスト	低	中	高
使用場面	簡易検査キット・臨床検査	臨床検査・研究	研究
抗原の分離方法(分離可能な種類数)	なし	分子量(数百種類)	電気的性質 分子量(数千種類)
検査1回の処理数	多	約12	2
未知のアレルゲンの特定	×(適さない)	△(成功率が低い)	○(可能)

これらに対し、二次元ウエスタンブロット(以下、2Dウエスタンブロット)は、電気的性質(等電点)と分子量の二つを組み合わせて細胞中のタンパク質を分離し、高解像度に二次元マッピングして、抗原抗体反応でアレルゲンを特定します。

2Dウエスタンブロットの手順

2Dウエスタンブロットの手順イメージを図1に示します。具体的な手順はYouTube上のいであ株式会社〔IDEA Consultants, Inc.〕公式チャンネルにアニメーションと実写で解説しておりますので、以下に掲載のURLまたはQRコードからご覧ください。

https://youtu.be/37k-gcjglo4

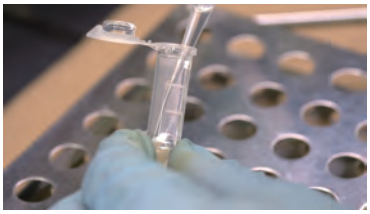
2Dウエスタンブロットの分析メニュー化

2Dウエスタンブロットを用いた論文は継続的に発表されていますが、数は多くありません。その理由として

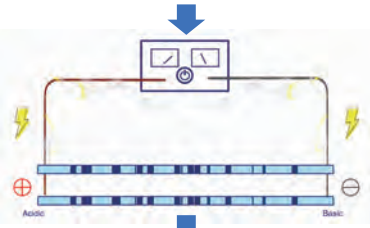
- 二次元電気泳動に習熟が必要
- ウエスタンブロットに習熟が必要
- サンプルごとに適切な前処理が必要
- 市販の全自動ウエスタンブロットの機械が2Dウエスタンブロット用の大型の規格に対応していない
- 試薬が多量・高額になる(特に1次抗体)
- 設備が高額になる(特に質量分析計)

等があります。

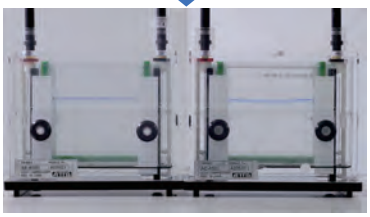
当研究所で分析メニュー化できたのは、20年来のタンパク質分析の経験と設備によります。



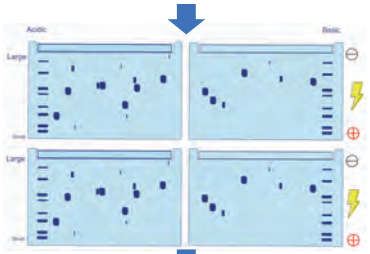
【前処理】
サンプルを可溶化



【IEF】
通電し分離(一次元)



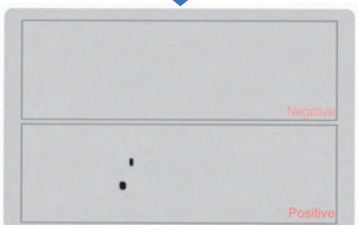
【SDS-PAGE】
IEFで分離した結果を
分子量の違いにより
さらに分離
(二次元)



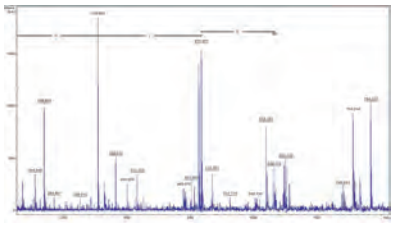
【2D-PAGE】
等電点、分子量の
二軸でタンパク質を
マッピング

【膜転写】
マッピングされた
タンパク質を膜に
転写

【抗原抗体反応】
膜に抗体を加え
抗原と反応させる



【露光】
反応したタンパク質
を撮影・検出



【質量分析】
検出されたタンパク質を
質量分析計で同定

図1 2Dウエスタンブロットの手順イメージ

2Dウエスタンブロットによる実績

いずれも依頼分析のため、当記事では詳細を伏せますが、下記の実績があります。

・アルツハイマーの原因となるタンパク質の特定※
・ヒト粘膜組織に対するアレルゲンの特定
・根菜Aに存在するアレルゲンの特定
・果実Bに存在するアレルゲンの特定

※京都大学医学部中神由香子先生ご依頼の研究成果として Nature Scientific Report (DOI:10.1038/s41598-020-63776-0) に掲載され、謝辞に社名を記載していただきました。

おわりに

2Dウエスタンブロットは、アレルギー分野以外に下記のお客様に対してサービスを提供できると考えています。

・加工食品を扱う食品会社
・製薬会社
・生化学分野の研究機関

さらに、当研究所はタンパク質だけでなく遺伝子や化学関連の分析も行っており、総合的な分析プランの提案も行っていきたいと考えています。

【用語】

免疫反応:食品、ウイルス、花粉等が体内に入ってきたときに排除する反応

アレルギー反応:免疫反応の一部で、自分の体を傷つけてしまう反応

抗原:食品、ウイルス、花粉等体内に侵入してきた異物

アレルゲン:抗原のなかでアレルギーの原因になるタンパク質

抗体:抗原に特異的に結合して体内から除去する、免疫グロブリンと呼ばれるタンパク質。本記事の場合はアレルギー症状を患う人の血清を指す

IEF(等電点電気泳動):タンパク質の電気的性質を利用して分離する分析方法

SDS-PAGE(ポリアクリルアミドゲル電気泳動):タンパク質の分子量差を利用して分離する分析方法

2D-PAGE(二次元電気泳動):IEFとSDS-PAGEを組み合わせて二次元で分離する分析方法

ウエスタンブロット:電気泳動の分離能と、抗原抗体反応の高い特異性を組み合わせて、特定の抗原を検出する分析方法

二次元ウエスタンブロット:二次元電気泳動とウエスタンブロットを組み合わせて、特定の抗原をより高精度に検出する分析方法

Point

海の次世代モビリティは、省人化や水中の可視化等を可能にし、社会経済の発展と海洋の持続可能な利用・開発・環境保全を進めるうえで重要な技術です。当社は海の次世代モビリティ技術の社会実装を検証する実証事業に参加しました。

海の次世代モビリティ実証実験
～ズワイガニ資源量推定におけるAUV活用～

環境調査事業本部 外洋調査部 高島 創太郎、長野 和則、高月 直樹、井上 昇悟

※本実証実験は、国土交通省総合政策局海洋政策課による「令和3年度 海の次世代モビリティの利活用に関する実証事業」の助成を受けたものです。

はじめに

次世代モビリティは、先端テクノロジーを活用した進化型の移動手段です。海でもAUV、ROV、ASVなど、海中または海上を無人で移動する「海の次世代モビリティ」の開発と実用化が進展しています。海の次世代モビリティは、わが国の沿岸・離島地域における海域利活用の課題解決や、海洋産業の発展につながる重要な技術です。

国土交通省総合政策局海洋政策課では、海の次世代モビリティの活用を促進するため、2020年11月より「海の次世代モビリティに関する産学官協議会」を立ち上げ、検討を開始しました。2021年7月には海の次世代モビリティ技術の社会実装を検証することを目的として、実証事業の公募を開始しました。

実証実験の背景および目的

福井県では、近年ズワイガニの漁獲量が減少していることから(図1)、水産業基本計画(2020-2025年)の重点戦略にズワイガニの資源増大を掲げています。ズワイガニ資源管理・漁場造成のため、魚礁を設置した保護礁区域(以下、保護礁)を設けて雌ガニや稚ガニを保護し、海底を作澪(さくれい)する等の事業を行っています。

現行のトロール網による資源量調査(以下、トロール調査)は、採捕個体数と曳網面積から評価する面積密度法が採用されていますが、保護礁内部は曳網できないこと、網の目合いよりも小さな個体は採捕できないことから、保護礁内部のカニや稚ガニの情報は資源量推定に考慮されていません。また、作澪効果の評価には作澪箇所の詳細観測が必要ですが、これまでの曳航式カメラによる調査では海底近くからの撮影となり、作澪箇所やその周辺の俯瞰的な映像が得られず、詳細が把握できません。資源量推定方法の精度向上を図るため、保護礁や作澪効果の評価手法の確立が求められています。

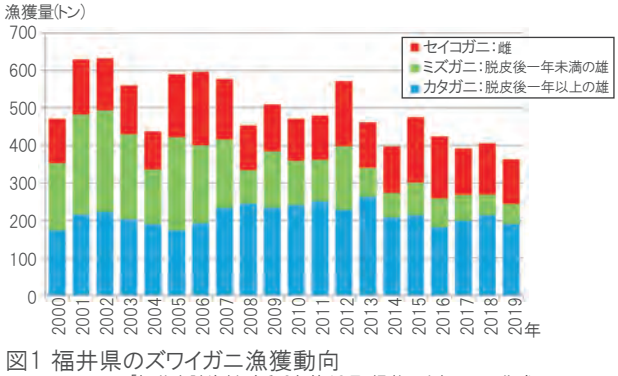


図1 福井県のズワイガニ漁獲動向
「福井水試資料 令和2年第10号」掲載図を加工して作成

そこで、ホバリング型AUV「YOUZAN」(図2)を用いた調査を提案しました。ホバリング型AUVは海底環境を乱すことなく海底に接近し、一定の高度と速度で詳細に海底を撮影して、海底環境を可視化できます。また、画像解析によりサイズ測定や雌雄判別が可能であるため、水産資源の基礎データを効率よく取得できます。福井県水産試験場が抱える課題を解決するため、ホバリング型AUVを用いたズワイガニの資源量調査を提案し、実証事業として採択されました。

項目	仕様
寸法	長さ1.3m×高さ0.77m×幅0.7m
重量	275kg
最大潜航深度	2,000m
巡航速度	0.2～0.3m/s
最大航行速度	0.62m/s
最大潜航時間	8時間
スラスター	水平4機、垂直2機
写真撮影	スチルカメラ2機、LEDフラッシュ4灯
動画撮影	4Kカメラ、常時点灯LED2灯 ROVモードカメラ
観測項目	プロファイリングソナー（海底地形）、濁度計、水温・塩分計、pHセンサー、障害物検知ソナー、地形観測用カメラ・レーザー

図2 ホバリング型AUV「YOUZAN」

保護礁内部でホバリング型AUVによる調査を行い、撮影された個体数から資源量を推定しました(図3)。また、作澪箇所においても調査を行いました。

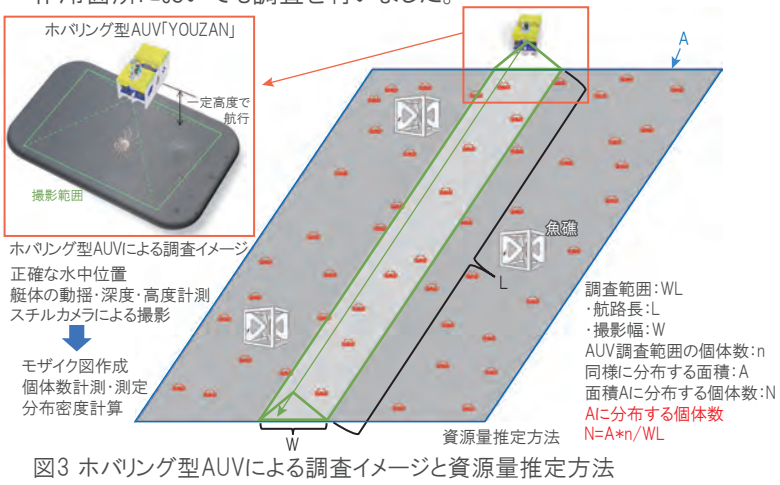


図3 ホバリング型AUVによる調査イメージと資源量推定方法

実証実験結果

2021年9月に福井県若狭湾の水深250mに設置された保護礁の内部で、ホバリング型AUVによる調査を実施しました。調査した保護礁周辺はズワイガニの漁獲量が減少しており、漁業関係者から調査の要望が高い海域です。保護礁内部で2回潜航して計3,188m²を調査し、ズワイガニ10個体を撮影しました(図4)。生息密度は31匹/haでした。調査時期は異なりますが、トロール調査による保護礁外部の生息密度は11匹/haであり、内部の生息密度が高い傾向でした(表1)。また、甲幅別の生息密度をみると甲幅35mm以下の非常に小さな稚ガニが確認され、保護礁外部では確認されなかった漁獲対象サイズとなる甲幅90mm以上の雄ガニの生息も確認されました(図5)。

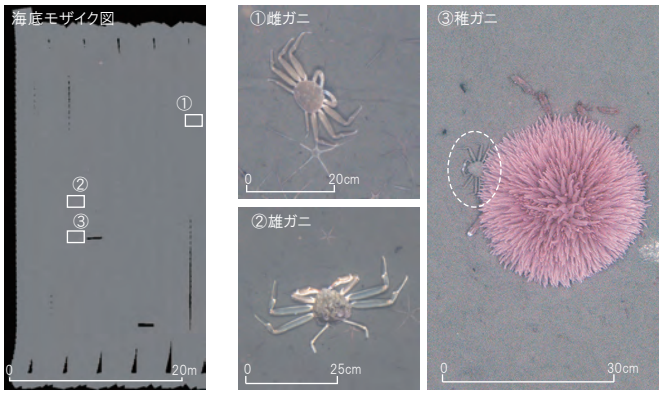


図4 保護礁内部で撮影されたズワイガニの例

表1 保護礁内部と外部の調査結果の比較

調査内容	調査時期	海域	調査面積(m²)	個体数(匹)				生息密度(匹/ha)
				計	雄ガニ	雌ガニ	稚ガニ	
AUV調査	2021年9月	保護礁内	3,188	10	3	2	5	31
トロール調査※	2021年6月	保護礁外	22,930	26	0	0	26	11

※トロール網による採捕結果を、曳航式カメラ画像で補正

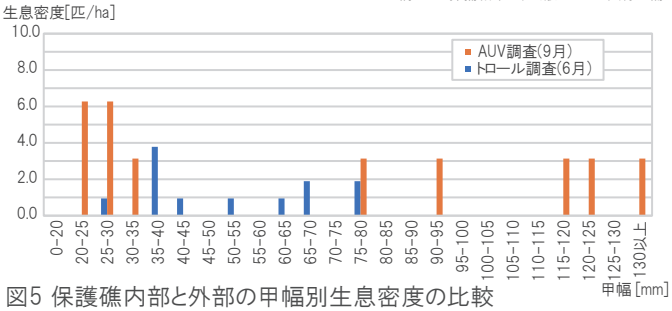


図5 保護礁内部と外部の甲幅別生息密度の比較

作澪箇所を撮影した画像では、ズワイガニの生息が確認され(図6)、稚ガニも多数生息していました。また、有用底生生物であるカレイ類(アカガレイ、ヒレグロ)も確認され、他の底生水産資源調査への適用も可能であることが示唆されました(図7)。

ホバリング型AUVを用いた調査によって、トロール調査では得ることができない海底可視化情報が得られ、資源量推定において非常に重要な実際の分布状況と生息密度の基礎データを得ることができました。これらの成果より、ホバリング型AUVが資源量推定の精度向上につながる有効な調査ツールであることが検証されました。

図6 作澪箇所に生息するズワイガニ

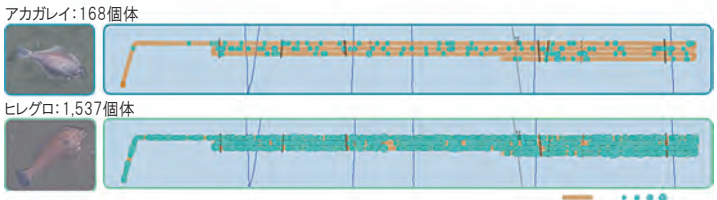


図7 作澪箇所における有用底生生物の確認例

実証実験の課題

本実証実験により新たな知見が得られましたが、ズワイガニの生息状況の全てが把握できた訳ではありません。ホバリング型AUVの有効性をさらに高めるためには、時期を合わせた調査を実施してトロール調査の採捕率と比較する検証が必要です。また、保護礁や作澪の効果を検証するには、定期的にモニタリングを行って統計的なデータを蓄積する必要があります。

おわりに

実証実験の結果、私たちはこの技術が実用化の前段階に達していると評価しています。しかし、トロール調査との比較検証、データの蓄積の必要性等の課題もみつかりました。それらを解決し、効率的なズワイガニの資源管理手法を確立することで社会実装が達成でき、近い将来、海の次世代モビリティの活躍により、水産資源の持続可能な利用や操業管理が可能となることを期待しています。

本実証実験に共同実施者としてご参加いただいた福井県水産試験場、漁業資源調査船「福井丸」、東京大学生産技術研究所、九州工業大学社会ロボット具現化センター関係者の皆様、有識者としてご参加いただいた株式会社ディープ・リッジ・テクの協力に謝意を表します。

【用語】
AUV:Autonomous Underwater Vehicle 自律型水中ロボット
ROV:Remotely Operated Vehicle 遠隔操作型水中ロボット
ASV:Autonomous Surface Vehicles 自律型無人ボート
作澪:ズワイガニ等の隠れ家となる微小構造を海底に造成するために溝(澪筋(みおすじ))を掘ること

Point

近年、日本沿岸域における漁獲量の減少が問題となっています。原因の一つとして貧栄養化が挙げられており、変化が大きい栄養塩の詳細な動態を把握する技術が求められています。当社で取り組んでいる新たな栄養塩の測定技術である硝酸塩の連続観測技術を紹介します。

豊かな海を保持するための栄養塩の連続観測

名古屋支店 環境調査・化学部 小川 竜平、高辻 裕史、一柳 昌史、名古屋支店 環境技術・生態部 生駒 歩、
環境創造研究所 生物部門 風間 崇宏

はじめに

栄養塩とは、植物プランクトンや植物が生育するために必要な物質で、窒素、リン、ケイ素および微量金属類のことを指します。栄養塩が海や湖沼で過剰になると、植物プランクトンの大量発生による赤潮などの問題を引き起こします(富栄養化)。一方、栄養塩が不足すると、生物の生産性が低下します(貧栄養化)。

近年、日本沿岸で漁獲量の減少や漁獲物の品質の低下が確認されています(例　瀬戸内海:ノリ、イカナゴ、浜名湖:アサリ、クルマエビ、伊勢湾:ノリ、アサリ、イカナゴ)。さまざまな原因が考えられますが、貧栄養化による栄養・餌不足との関連が研究者の間で注目されています。栄養塩と生物生産の関係性を捉え、適切な栄養塩濃度を議論するためには、栄養塩を連続的かつ定量的に測定して、詳細な動態を把握する必要があります。

連続観測技術

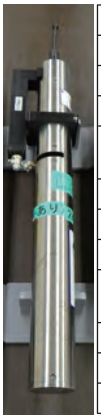
(1)一般的な水質分析と連続観測

水質分析には、採水した水を室内で分析する採水分析と連続観測があります。連続観測とは現地に測定機器を設置し、長期間(数時間～数か月単位)の水質を一定間隔(数秒～数時間単位)で連続して測定する技術です。採水分析では採水したタイミングの測定値しか得られないのに対し、連続観測では降雨や潮汐等による経時的な水質の変動や、採水作業が難しい荒天時の水質も把握することができます。

水温、電気伝導度(塩分)、溶存酸素量、濁度、蛍光強度(クロロフィルa)、光量、流向流速等の項目は、機器測定の技術が確立され、連続観測が汎用化されています。

(2)栄養塩の連続観測

栄養塩に関しては採水分析が一般的でした。硝酸塩は海水に溶存する窒素の代表的な化合物です。近年、硝酸塩の紫外域における分光特性を利用した測定技術の開発と製品化が進み、国内の水産試験場等の研究機関や大学で導入されています。当社でも硝酸塩計SUNA V2(SEA-BIRD SCIENTIFIC社製)を民間企業で初めて導入しました(図1)。



材質	チタン
耐深度	500m(標準)、100m(ワイパー付)
重さ(空中)	3.9kg(標準)、4.8kg(ワイパー付)
大きさ(寸法)	624mm×φ63mm(標準)
確度	測定値20μM未満:2μM(0.028mgN/L) 測定値20μM以上:読取値の±10%
濁度操作レンジ	0～625NTU
精度(3σにおける)	0.3μM
検出限界	0.3μM
ランプ時間1時間ごとのドリフト	＜0.3μM
波長レンジ	190～370nm
ランプの種類	連続波、重水素ランプ
ランプの寿命	900時間

図1 硝酸塩計SUNA V2の仕様

SUNA V2は、幅広い環境条件で硝酸塩(ここでは硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の合算値)を高精度で測定することができ、軽量でさまざまな環境で設置することが可能です。使用にあたっては、下記に注意する必要があります。

- 生物が付着すると測定精度が低下するため、長期間の設置時には対策が必要
- CDOM(有色溶存有機物)や濁りの影響を受けて高い値を示すことがあるため、採水分析による値との比較、補正が必要

SUNA V2を使用した連続観測によって硝酸塩の変動を把握するとともに、他の水質項目の連続観測を同時に行って関係性を把握する取り組みを行いました。

硝酸塩の連続観測の事例

(1)浜名湖における事例

浜名湖は静岡県浜松市と湖西市にまたがり、遠州灘とつながる汽水湖です。アサリやクルマエビ、カキ等を対象とした漁業が盛んに行われていますが、近年はアサリの不漁が特に深刻な状況です。浜名湖の主要なアサリ漁場にSUNA V2と水温・塩分計を設置し、2021年11月20日の7時00分から12時40分まで10分間隔で連続観測を実施しました。結果を図2に示します。

硝酸塩は約6時間の観測において、最小値と最大値で10倍程度の変動が確認されました。また、水温・塩分と硝酸塩との間には反比例の関係が確認されました。9時以降の下げ潮から干潮の時間帯に、より栄養塩が豊富な河川水の影響を受け、硝酸塩が高くなったことが推測されます。

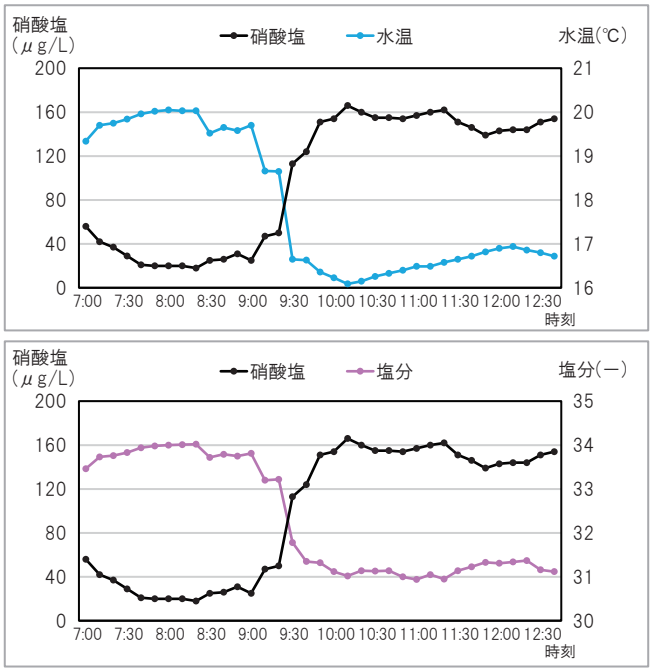


図2 浜名湖における観測結果
（硝酸塩と水温・塩分の関係、測定深度0.5m）

(2)伊勢湾における事例

海岸線が愛知県と三重県に囲まれる伊勢湾では、豊富な水産資源を利用した漁業が広く行われていますが、ノリ、アサリ、イカナゴの漁獲量の減少や漁獲物の品質の低下が問題となっています。特にノリ養殖では栄養塩の影響が重要視されています。2022年2月24日から3月10日まで伊勢湾の湾央付近にSUNA V2を設置し、30分間隔で硝酸塩の連続観測を実施しました(写真1)。また、塩分と、植物プランクトン量の指標となるクロロフィルaの連続測定を同時に実施しました。結果を図3に示します。

浜名湖の観測結果と同様、硝酸塩は1日のなかで大きく変動していました。また、硝酸塩と塩分・クロロフィルaは

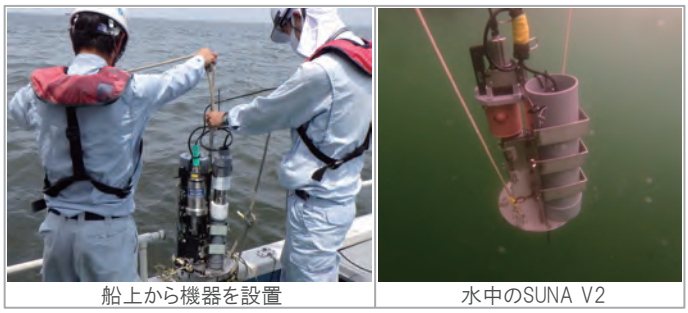


写真1 伊勢湾の調査風景

反比例の関係にある傾向が確認されました。潮汐等の影響もあり一概に判断はできませんが、硝酸塩とクロロフィルaとの反比例の関係については、栄養塩を消費して植物プランクトンが増殖する実態を捉えている可能性があります。浜名湖における観測結果とともに、このような水質の変動や一次生産との関係性が把握できたことは、連続観測による大きな成果と考えられます。

おわりに

SUNA V2を使用した連続観測を実施することにより、従来の採水分析だけではわからなかった経時的な変動や他項目との関係を捉えることができ、水域の状況を把握できる結果が得られたと考えられます。

このような観測結果の知見の蓄積により、貧栄養化している海を改善し、豊かな海を保持するための栄養塩濃度の具体的な検討に繋がり、実際の改善施策にも寄与することが期待されます。

また、今回は水産分野での活用を紹介しましたが、本技術はシミュレーション予測の精度向上や排水モニタリングといったさまざまな分野で活用できると考えられます。そのため、お客様のニーズに沿った本技術の適用方法をご提案してまいります。

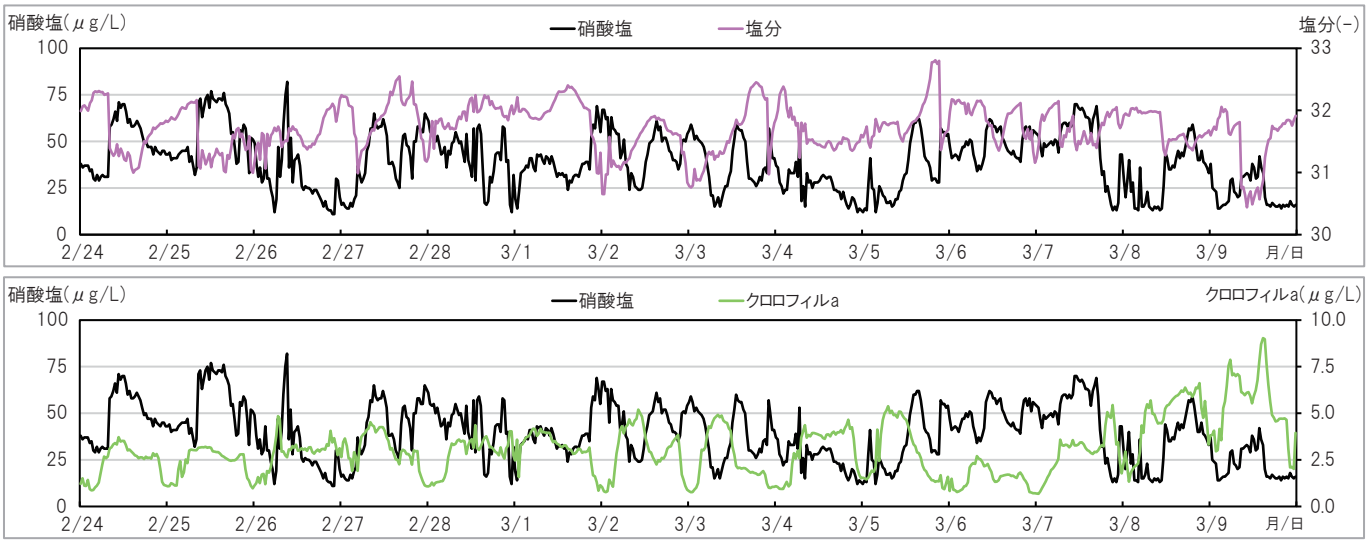


図3 伊勢湾における観測結果(硝酸塩と塩分・クロロフィルaの関係、測定深度2m)

BIM/CIMを活用した橋梁設計

九州支店 道路橋梁部 岡村 梨乃、佐藤 裕二、堀川 聖太、九州支店 河川水工部 杉本 博幸、
社会基盤本部 道路橋梁事業部 橋梁部 佐藤 圭悟

国土交通省では、建設事業全体の生産・管理システムの効率化・高度化を図るためi-Constructionを推進しています。その一環として3次元モデルを活用するBIM/CIMがあります。橋梁の設計段階でBIM/CIMを活用し、上部工架設計画および下部工施工計画の確認、嵩上げによる周辺道路への影響把握等を行った事例について紹介します。

※活用事例1は国土交通省九州地方整備局北九州国道事務所、活用事例2は九州地方整備局川内川河川事務所からの委託業務のなかで実施しました。

はじめに

BIM/CIM※(ビムシム)は、計画、調査、設計から施工、維持管理の各段階に3次元モデルを導入し、一連の建設生産・管理システムの効率化・高度化を図る取り組みです。当社は積極的にBIM/CIMを活用しています。

※ Building/Construction Information Modeling,Management

活用事例1(橋梁詳細設計)

対象橋梁は、福岡都市圏と筑豊地域を結ぶ国道201号八木山(やきやま)バイパスの路線内に計画する弁分(べんぶん)高架橋(Ⅱ期線、A1橋台～P6橋脚(橋長L=472.1m))です。すでにⅠ期線が供用中で、高架下は農道や市道、県道等が交差しており、小中学校の通学路となっています。弁分高架橋は、飯塚市の市街地に建設されることから、施工時には狭小空間および近接構造物との取り合いを考慮した安全で確実な施工計画が必要であったため、BIM/CIMの活用を提案しました。

(1)狭あい箇所での下部工施工計画

限られた施工ヤードに重機や資材の配置が必要となる下部工施工において、BIM/CIMを活用した施工ステップ動画を作成し、狭あい部での施工が可能であることを確認しました。事例は、場所打ち杭施工における70t吊りクローラクレーンおよび資機材の配置の妥当性、クレーンブームの旋回範囲に近接するⅠ期線と住宅との離隔の確認を行ったものです(図1)。

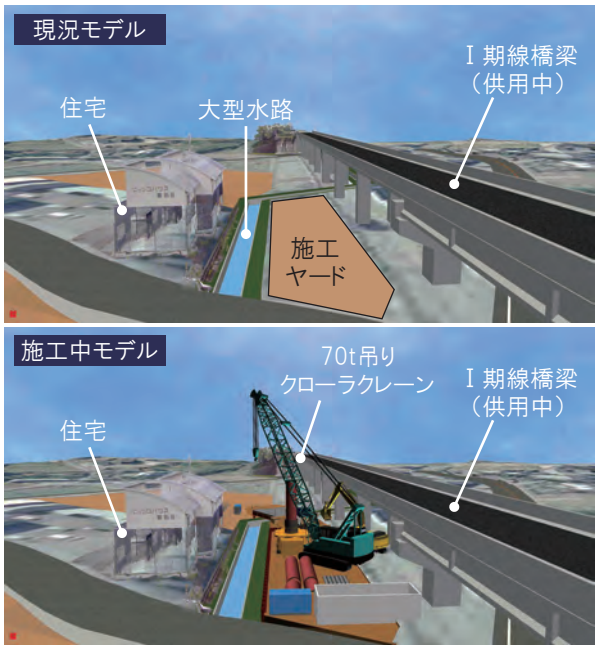


図1 施工ステップの概要

(2)建物が近接する市街地における架設計画

550t吊りトラッククレーンによる桁架設において、旋回する桁と近接するⅠ期線橋梁および建物との干渉が懸念されました。BIM/CIMを活用して、桁の吊り上げ、旋回、設置の動画を作成し、架設時の安全性を確認しました(図2)。

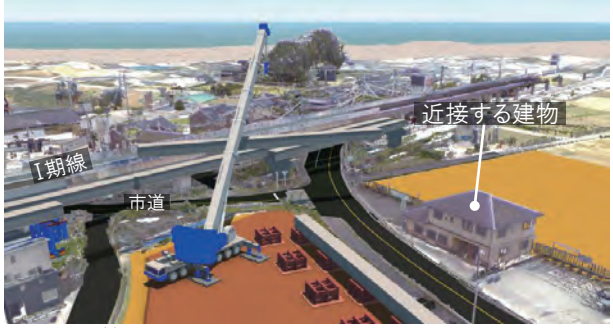


図2 架設検討

(3)交差点部の視認性確認

交通量の多い県道および市道のT字路交差点部の現状は一時停止制御であり、市道からの見通し線も確保されていますが、Ⅱ期線の橋脚が設置されることで市道からの視認性が低下し、事故を誘発する可能性があります。そこで走行シミュレーション動画を作成して走行車両からの視認性を検討し、問題がないことを確認しました(図3)。

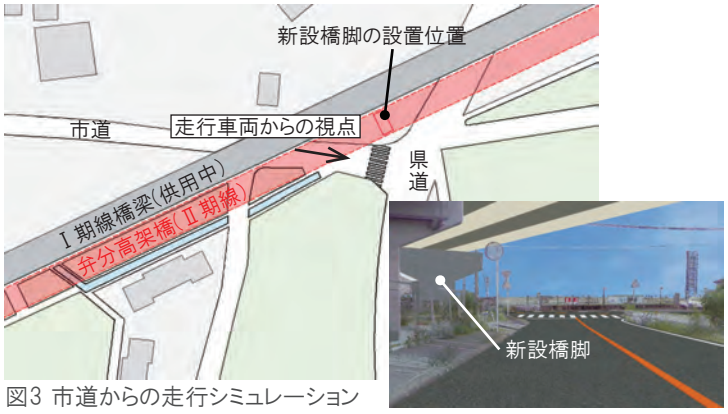


図3 市道からの走行シミュレーション

(4)景観検討

完成後の景観性について、主桁の色彩を4パターン作成し、走行シミュレーションによる外部景観(ドライバーからの視点)の検討を行いました(図4)。協議資料にBIM/CIMを用いた視覚要素を取り入れることで、協議が円滑に進みました。

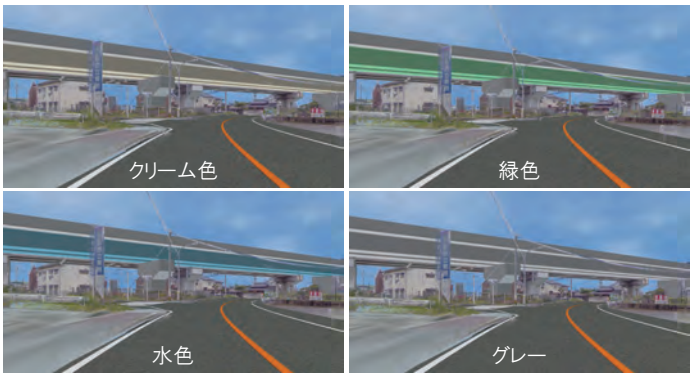


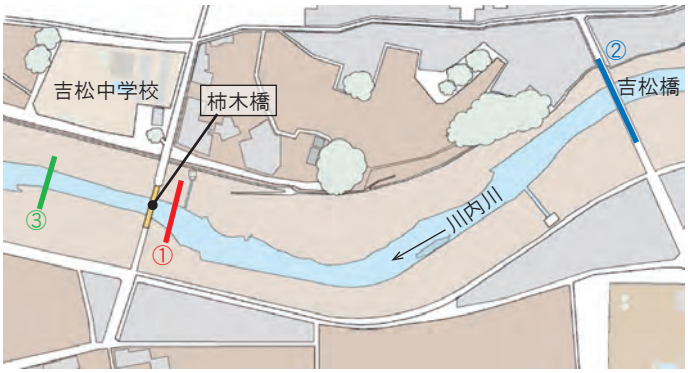
図4 景観検討資料

活用事例2(橋梁予備設計)

対象事例は、川内(せんだい)川に架かる柿木(かきのき)橋の架替え設計です。柿木橋の右岸側には吉松中学校があり通学路に指定されています。架替え工事期間中は、通学路および地域住民の利便性を確保するため、迂回路の計画が必要でした。迂回路検討および左右岸の取付道路への影響把握等に、BIM/CIMの活用を提案しました。

(1) 迂回路検討

柿木橋の架替えによる迂回路検討案①～③(図5)について、ルート選定、迂回路の線形、工事用看板の設置場所等を3次元モデルで表現し、走行シミュレーションを実施しました。これらを動画にし、地元説明会の際に工事中の通行イメージをわかりやすく伝えるツールとして発注者に提出しました(図6)。



案① 柿木橋上流側に仮橋を設置し迂回路として利用
案② 吉松橋を迂回路として利用
案③ 下流側に新設(迂回路不要)

図5 迂回路検討案

図6 迂回路走行シミュレーション動画(案①)

(2) 嵩(かさ)上げによる民家への影響把握

新設の柿木橋は現況より路面高が上がるため、その影響が左右岸の周辺の道路までおよびます。そこでBIM/CIMを活用し、架替え後の周辺道路の高さ関係を視覚的に確認しました。路面高が上がることにより道路から宅地への乗り入れ部勾配が変化し、排水施設が必要となることを確認できました(図7)。

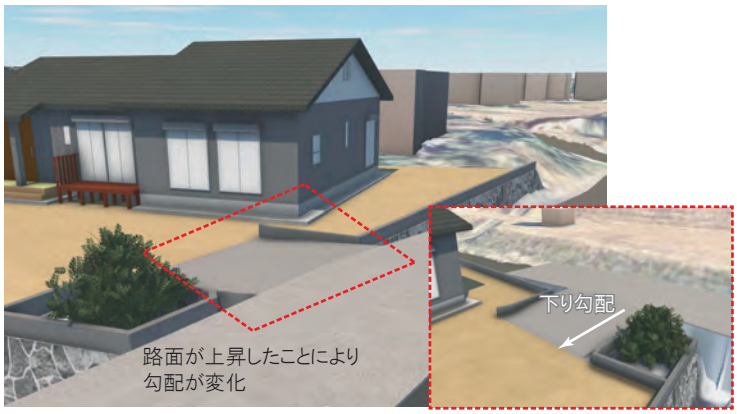


図7 道路から宅地への乗り入れ部勾配の確認

おわりに

弁分高架橋の設計(活用事例1)は、主に橋梁計画、施工計画においてBIM/CIMを活用しました。柿木橋の設計(活用事例2)では、BIM/CIMの視覚要素を取り入れた協議資料を作成しました。

上記2業務は設計の初期段階からBIM/CIMを活用することで、計画の妥当性確認、検討プロセスにおける手戻り防止につながったとともに、施工時および完成後の姿がイメージしやすくなり、円滑に協議を行うことができました。特に道路管理者および住民説明会において、設計対象箇所、周辺の地域一帯を再現したBIM/CIMの活用は、協議の円滑化に非常に有効であると考えます。

今後、AR(拡張現実)を併用し、合同現地踏査で携帯端末を利用した完成形のイメージ共有や地下埋設物の確認等を積極的に取り入れていきます。

近接目視が困難な橋梁点検への新技術(ロボット×AI)の活用

社会基盤本部 道路橋梁事業部 橋梁部 渡邊 凌、榎本 順一、石井 勇貴、
社会基盤本部 インフラメンテナンス技術センター 森永 哲也

ロボットやAIといった新技術を橋梁点検に活用することにより、点検の品質および安全性を向上させるとともに、現場の省力化や費用の削減、点検後の調書作成に要する労力が削減できます。
当社では最新技術を活用した点検方法を提案し、橋梁点検の効率化に取り組んでいます。

※本業務は、国土交通省関東地方整備局長野国道事務所からの委託で実施しました。

はじめに

近年、老朽化する土木構造物の維持管理が大きな課題となっています。橋梁定期点検では5年に1度、損傷の有無や進行等の状態把握を技術者の近接目視※により行うことが基本とされていますが、近接目視を代替するロボットやAI等、点検作業を支援する新技術の導入が国土交通省により促進されています。

また、近接が困難な橋梁は確実な損傷の把握がされていないケースがあります。仮設足場を設置する点検では、安全性のリスク、労力や費用の増大も問題となります。点検における品質・安全性の向上、労力・費用低減の観点から、新技術の積極的な活用が求められています。

本稿では、近接目視が困難な橋梁の点検でロボットとAI画像解析を活用した事例について紹介します。

※橋梁やトンネルなど土木構造物の点検法の一つ
足場や高所作業車などを利用して、触診や打音検査ができる距離まで近づき、施設の損傷状態や変状を詳細に調べること

対象橋梁の状況と点検実施における問題

点検した橋梁は竣工後24年経過した谷あいに位置する沢をまたぐコンクリート橋です。橋梁の上部に道路上の積雪を防ぐための覆工(スノーシェッド)が設置され、橋梁の前後はトンネルとなっています(写真1、図1)。

写真1 対象橋梁

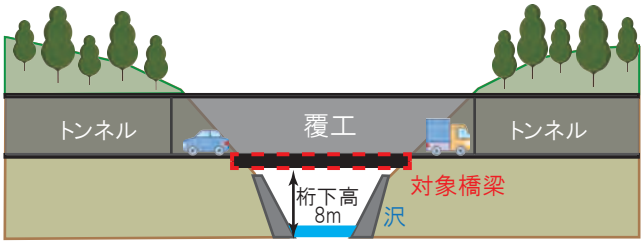


図1 対象橋梁と周辺の概要

現地には以下の制約があり、近接が困難でした。

①桁下高が8mと高いため、梯子で地上から近接することができない
②桁下が沢であるため、高所作業車がアクセスできない
③覆工が障害となり、橋梁点検車(写真2)が適用できない

写真2 橋梁点検車

そのため前回(5年前)の点検では、沢に仮設足場を設置して点検が行われていました(図2)。しかし、仮設足場設置による点検では以下の問題があります。

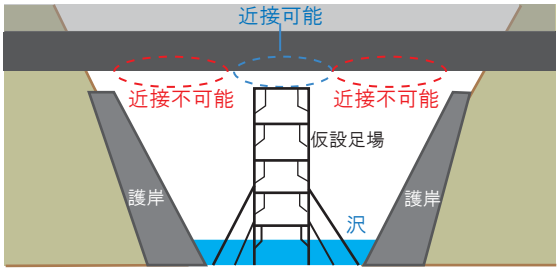


図2 仮設足場設置による点検

①仮設足場設置の労力・費用が大きい
②高低差が大きい箇所の仮設作業は安全性のリスクが高い
③近接可能範囲は仮設足場を設置した桁の中央4m程度に限られ、大部分が近接目視できない
④仮設足場資材搬入時・撤去時は橋梁を含むトンネル区間1.5kmの道路交通規制が必要となる

上記の問題を解決し、確実に点検を実施する方法として、新技術の活用を検討しました。

点検方法の検討と選定

対象橋梁の損傷状況は、橋梁を撮影し、AI画像解析によりコンクリートのひび割れを検出することでを把握できると考え、国土交通省により取りまとめられた「点検支援技術性能カタログ」をもとに点検方法を検討しました。

点検支援技術を活用して橋梁に近接する方法としてはドローンの使用が考えられます。しかし、ドローンは狭あい箇所へ近接する場合、衝突を回避するための最低限の離隔が決められています。狭あいな箇所が多い対象橋梁には使用できませんでした。

そこで、橋梁の桁下にワイヤを張り渡し、カメラを搭載したロボットがワイヤに沿って移動しながら撮影する「ワイヤ吊り下げ型目視点検ロボット Rope Stroller」(NETIS:KT-190079-VR)を選定しました(図3)。

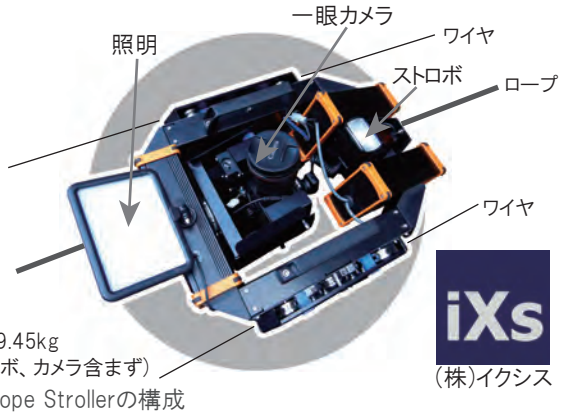


図3 Rope Strollerの構成

ロボットによる点検方法と特徴

Rope Strollerによる点検は、ロボットの操作者と撮影を行うソフトの操作者の2名で行います。ロボットは2m/分程度で移動しながら、1mごとに静止して撮影します(図4)。Rope Strollerには以下の特徴があります。

①ワイヤに架設されるため落下の心配がない
②姿勢センサ搭載により対象に正対して撮影可能
③重量が軽く扱いやすい

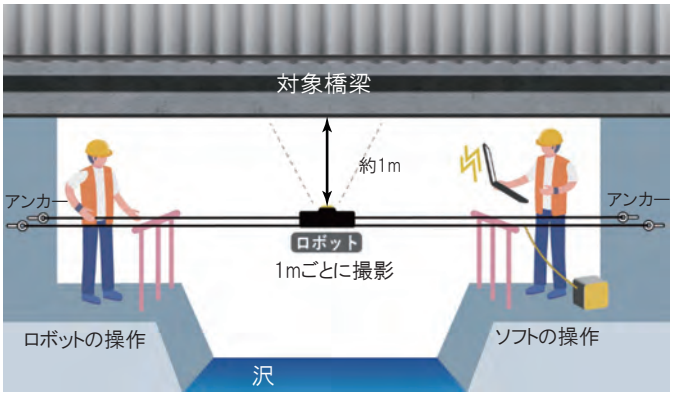


図4 Rope Strollerによる点検のイメージ

AIによるひび割れ検出

撮影したコンクリートの表面画像からひび割れの発生状況を確認するためにAI画像解析でコンクリート表面のひび割れを検出してCADに書出し、ひび割れの位置や形状が分かる図面を作成しました(図5)。

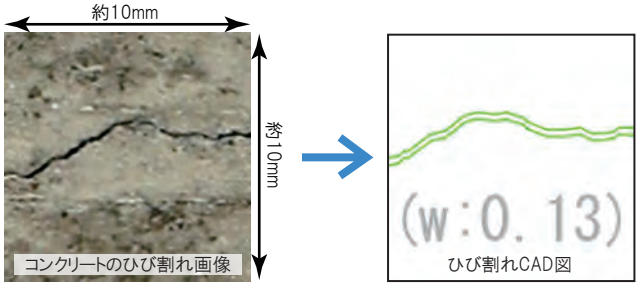


図5 AIによるひび割れ検出結果

ロボット・AI活用の効果

ロボット・AIの活用で、仮設足場設置による点検(前回の点検方法)と比較して、品質・安全性の向上、労力・費用の低減、内業の効率化を図ることができました(表1)。

表1 新技術活用のメリット(前回点検との比較)

	前回点検(他社実施) 仮設足場設置 × 近接目視	今回点検 いであ株式会社 ロボット × AI 画像解析
品質	損傷確認できない箇所がある	全体の状態把握が可能
安全性	仮設・交通規制のリスクが高い	仮設・交通規制のリスクなし
労力	15 人 5 日 交通規制あり	6人 2日 交通規制なし
費用	220万円	110万円
内業	オペレーターが損傷図を作成	AI が損傷図を自動作成

おわりに

本事例では、従来手法では人の近接目視による点検が困難であった橋梁に対して、ロボット・AIを活用することにより確実に損傷の状況が把握できました。また点検にかかる費用の低減、現場の省力化や安全性の向上にもつながりました。

現在、橋梁の点検を支援するロボットやAIは、情報技術の発展に伴い飛躍的に進歩し続けています。当社は、多様な技術を組み合わせて従来の手法にとらわれない適切な点検方法を提案し、点検業務の高度化に貢献いたします。

CORPORATE DATA

社会基盤の形成と環境保全の総合コンサルタント

商号	いであ株式会社
創立	1953(昭和28)年5月
本社所在地	東京都世田谷区駒沢3-15-1
資本金	31億7,323万円
役員	代表取締役会長　田畑 日出男 代表取締役社長　田畑 彰久
従業員数	1,065名(2023年4月1日現在、嘱託・顧問を含む)

当社は2023年5月2日に創立70周年を迎えました。これからも人と地球の未来のために貢献してまいります。

事業内容

■建設コンサルタント事業
河川・海岸・港湾・道路・橋梁の整備・保全、交通・都市・地域計画、防災・減災対策

■環境コンサルタント事業
環境調査、環境評価・環境計画、自然環境の保全・再生・創造、環境化学分析、環境リスク評価、廃棄物・有害化学物質対策、食品分析、衛生検査、生命科学

■情報システム事業
情報基盤の構築支援、防災・減災システム開発、気象・健康・生活情報の提供・配信

■海外事業
インフラマネジメント、環境保全・創出

お部屋の健康診断

PCR検査法によるDNA診断

綿棒でふき取って送るだけ(送料無料)

お申し込みは、Webショップから

https://lifecare.ideacon.co.jp/

診断報告書例

ホコリや汚れの中に存在するダニ・花粉・カビ・バクテリア・トコジラミ・ヒゼンダニのDNA量を測定して、お部屋の衛生状態を評価します。

お客様の状況に合わせた診断プランを用意しております。

Life Care Service
いであライフケアサービス

そのほかにも身近な問題や課題を解決するさまざまなサービスを提供いたします。

本社	〒154-8585	東京都世田谷区駒沢 3-15-1	電話:03-4544-7600
社会基盤本部	〒158-0094	東京都世田谷区玉川 3-14-5	電話:03-6805-7997
国土環境研究所	〒224-0025	神奈川県横浜市都筑区早渕 2-2-2	電話:045-593-7600
環境創造研究所	〒421-0212	静岡県焼津市利右衛門 1334-5	電話:054-622-9551
食品・生命科学研究所	〒559-8519	大阪府大阪市住之江区南港北 1-24-22	電話:06-7659-2803
亜熱帯環境研究所	〒905-1631	沖縄県名護市字屋我 252	電話:0980-52-8588
大阪支社	〒559-8519	大阪府大阪市住之江区南港北 1-24-22	電話:06-4703-2800
沖縄支社	〒900-0003	沖縄県那覇市安謝 2-6-19	電話:098-868-8884
札幌支店	〒060-0062	北海道札幌市中央区南二条西 9-1-2	電話:011-272-2882
東北支店	〒980-0012	宮城県仙台市青葉区錦町 1-1-11	電話:022-263-6744
福島支店	〒960-8011	福島県福島市宮下町 17-18	電話:024-531-2911
北陸支店	〒950-0087	新潟県新潟市中央区東大通 2-5-1	電話:025-241-0283
名古屋支店	〒455-0032	愛知県名古屋市港区入船 1-7-15	電話:052-654-2551
中国支店	〒730-0841	広島県広島市中区舟入町 6-5	電話:082-207-0141
四国支店	〒780-0053	高知県高知市駅前町 2-16	電話:088-820-7701
九州支店	〒812-0055	福岡県福岡市東区東浜 1-5-12	電話:092-641-7878
山陰事務所	〒690-0061	島根県松江市白潟本町13-4	電話:0852-21-4032
システム開発センター	〒370-0841	群馬県高崎市栄町 16-11	電話:027-327-5431
IDEA R&D Center	Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand		
富士研修所	〒401-0501	山梨県南都留郡山中湖村山中字茶屋の段 248-1 山中湖畔西区 3-1	
営業所	青森、盛岡、秋田、山形、いわき、茨城、群馬、北関東、千葉、神奈川、相模原、富山、金沢、福井、山梨、伊那、長野、岐阜、恵那、静岡、富士、菊川、豊川、三重、桑名、滋賀、神戸、奈良、和歌山、鳥取、岡山、下関、山口、徳島、高松、北九州、佐賀、長崎、熊本、宮崎、鹿児島、沖縄北部		
海外事務所	ボゴール(インドネシア)、ロンドン(英国)		
連結子会社	新日本環境調査株式会社、沖縄環境調査株式会社、東和環境科学株式会社、株式会社Ides、株式会社クレアテック、以天安(北京)科技有限公司		

i-NET
MAY 2023 Vol.64 (2023年5月発行)

編集・発行:いであ株式会社　経営企画本部企画広報部
〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1
TEL. 03-4544-7603 , FAX. 03-4544-7711
ホームページ. https://www.ideacon.co.jp/

人と地球の未来のために――
いであ株式会社
お問い合わせ先
E-mail:idea-quay@ideacon.jp

Carbon Offset for 208g-CO2/copy
Waterless Printing. Naturally.
TOYO INK nonVOC
ENERGY GREEN この冊子の印刷にはバイオマス発電設備で発電されたグリーン電力を使用しています。冊子6,000部の印刷に使用する電力は125.47kWhと計算しています。