



本プロジェクトで開発したロボットを紹介する動画を
NEDO Channel(ネドチャンネル)に掲載しています。

http://www.nedo.go.jp/library/nedo_channel.html



国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
ロボット・AI部

〒212-8554

神奈川県川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー

TEL.044-520-5241 FAX.044-520-5243

<http://www.nedo.go.jp>



March 2018(初版)



インフラ維持管理・更新等の 社会課題対応システム開発プロジェクト インフラ維持管理用ロボット技術



2018年3月

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

はじめに	p.01
ごあいさつ	p.02
プロジェクト概要	p.03
技術委員一覧	p.05
ロボット開発者の連絡先	p.06

橋梁点検

01:マルチコプタを利用した 橋梁点検システム	p.07
■ 川田テクノロジーズ株式会社	
■ 大日本コンサルタント株式会社	
02:小型無人ヘリを用いた構造物点検技術	p.11
■ ルーチェサーチ株式会社	
03:磁石走行式ロボット等を活用した 橋梁点検システム	p.15
■ 株式会社熊谷組	
■ 株式会社移動ロボット研究所	
04:複眼式撮像装置を搭載した 橋梁近接目視代替ロボットシステム	p.19
■ 富士フィルム株式会社	
■ 株式会社イクシスリサーチ	
05:インフラ診断ロボットシステム(ALP)	p.23
■ 株式会社開発設計コンサルタント	
06:橋梁桁端部点検診断ロボット	p.27
■ シビル調査設計株式会社	

水中点検

07:河川点検を効率化・高度化する フロートロボット	p.31
■ 朝日航洋株式会社	
08:可変構成型水中調査用ロボット	p.35
■ 株式会社キュー・アイ	
■ 株式会社日立製作所	

災害調査

09:土石流予測を目的とした センシング技術ならびに 高精度土石流シミュレーションシステム	p.41
■ 国際航業株式会社	
■ 株式会社エンルート	
10:災害調査用地上/空中 複合型ロボットシステム	p.45
■ 株式会社日立製作所	
■ 株式会社エンルート	
■ 八千代エンジニアリング株式会社	
11:引火性ガス雰囲気内探査ロボット	p.49
■ 三菱重工株式会社	

はじめに

インフラ維持管理・更新等の社会課題
対応システム開発プロジェクト
プロジェクトマネージャー (PM)
(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)

安川 裕介



高度成長期以降に整備された橋・トンネルなどの社会インフラや石油プラントなどの産業インフラは、今後、建設後50年を経過するものが加速度的に増加するなど、老朽化に対する十分な資金と高度な維持管理の専門知識を有する人材の不足が大きな社会課題となっています。そのため、既存インフラの状態に応じて効果的かつ効率的な維持管理・更新等を図る必要があります。また、近年、リスクが高まっている大規模地震や頻発する火山・土砂災害では、現場に人が立ち入れない場合がありますが、迅速な復旧のためには緊急に調査を行う必要があります。

これらの社会課題に対応するために、NEDOは、「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」において、実現場での実用性を重視したシステムを開発してきました。このプロジェクトでは、インフラ構造物の周辺および災害現場で人間の立ち入りが困難な箇所への確かつ迅速に移動し、インフラの維持管理および災害復旧に必要な情報を取得できるロボットの開発と実証実験を行ってきました。

本プロジェクトの推進体制は、安川がプロジェクトマネージャーとして全体統括を、油田教授にはプロジェクトリーダーとして技術指導役の役割分担といたしました。また、ロボット分野やインフラ分野の有識者による技術委員会を設け、技術検討会や現場実験において助成先への専門的な指導・助言を依頼いたしました。

本冊子は、本プロジェクトのロボット分野で開発した成果を紹介するものであり、開発したシステムが社会に広く普及し、実際の現場で役に立つきっかけになればと思っております。

ごあいさつ

インフラ維持管理・更新等の社会課題
対応システム開発プロジェクト
プロジェクトリーダー (PL)
(学校法人芝浦工業大学 SIT総合研究所 特任教授)

油田 信一



「ロボット」には、従来人がやってきた仕事を代替(または支援)して、人による作業の安全化や効率化を図る役割が期待されています。その代表例として、メンテナンスにおける点検や災害現場の調査があります。ここでは、ロボットの役割は、人が到達するのが容易でない所に自ら移動し、現場の状況を観察して情報を取得・記録し、必要な情報を処理して人に伝えることです。このような、フィールドにおける作業ロボットにとって重要なことは、ロボットのために整備されていない「現場」で確実に働くことです。また、ロボットがその役割を果たすためには、ロボット単体の開発のみでなく、ロボットを運用する体制までを含めたトータルシステムとして作りあげられている必要があります。

本プロジェクトでは「実現場での実用性をとくに重視したシステムを開発すること」を目的としました。そのため、ロボット開発者は、施設管理者や点検を行うコンサルタント会社などのロボットを利用するユーザと協力し、ロボットへのニーズ、すなわち、ロボットが達成すべき働きへの要求と、ロボットが働くべき環境とをしっかりと把握することとし、それに従ったシステムの開発を重視しました。そして、できる限りロボットが働くべき実際の環境の中での実験による実証評価を繰り返して行い、それによって開発者が環境と問題を確実に理解し、開発されたシステムの実用性を確保することを方針としました。これに従い、各開発チームは、実際の橋やダム湖、火山や崩落の現場などを利用して開発したシステムのフィールド実験を行い、検証・評価をしながら開発・改良を重ねてきました。

本プロジェクトは、このように、具体的な現場のニーズを対象にシステム開発を進めていること、そして、技術へのニーズ側であるインフラ維持管理等の担当者と、技術シーズ側であるロボット開発研究者が、専門分野間の障壁を越えて協力してきたところに特徴があります。この異分野間のコミュニケーションのもとでの開発がなされたこと自体、本プロジェクトの大きな成果と言えるでしょう。

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応 システム開発プロジェクト

プロジェクト概要

事業の目的

- 橋・トンネル等社会インフラや石油プラント等産業インフラは、今後、建設後50年を経過するものが加速度的に増加する等、それらの老朽化に対する十分な資金と高度な維持管理の専門知識を有する人材の不足が大きな社会課題となっています。そのため、既存インフラの状態に応じて効果的かつ効率的な維持管理・更新等を図る必要があります。また、近年増加している災害現場において、迅速な復旧のためには人の立ち入れない区域で緊急に調査を行う必要があります。
- 本事業では、的確かつ迅速にインフラや災害地域の状態を把握できるモニタリング技術(センサ開発、イメージング技術、高度計測評価技術)、点検・調査を行うロボット技術・非破壊検査技術・災害調査技術の開発を行います。

研究開発の内容

- ① **インフラ状態モニタリング用センサシステム開発** (※1)
インフラ構造物及びその構成部材の状態を常時・継続的・網羅的に把握するセンサシステム開発及びそのセンサシステムを用いたセンサネットワークシステムの構築と実証実験を行う。
- ② **イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発** (※1)
完全自動により取得データからひび割れ等を判別できるデータ処理手法、撮影時の画像ボケや位置ずれを補正でき平面のみならず、奥行き(3D)もわかる画像解析手法を開発し、実証する。
- ③ **インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発**
インフラ構造物周辺および災害現場で、人間の立ち入りが必要な箇所へ移動し、インフラの維持管理や災害調査に必要な情報を取得できるロボットの開発と実証実験を行う。(※2) また、これらのロボットに搭載可能な、小型の非破壊検査装置の開発と実証実験を行う。(※1)

プロジェクトの実施期間

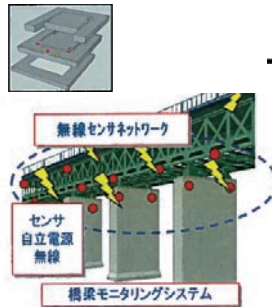
- ※1 平成26～30年度(5年間)
- ※2 平成26～29年度(4年間)または平成28～29年度(2年間)

成果適用のイメージ

1 センシング技術

インフラモニタリングに最適なセンサ開発

- ・手のひらサイズ
- ・10年間ノーメンテナンス
- ・無電源、無線通信



2 画像を活用したイメージング技術



画像技術を活用して、微小変形を検出。奥行き(3D)も検出可能

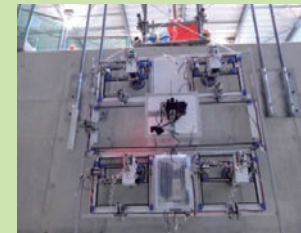
老朽化した社会インフラロボットにより橋やダム の点検を効率化、土砂・火山災害の調査

3 ロボットによる点検



開発したロボット一覧

橋梁点検用ロボット



真空吸着型
開発設計コンサルタント



飛行型
川田テクノロジーズ



懸垂型
富士フィルム



磁力吸着型
熊合組

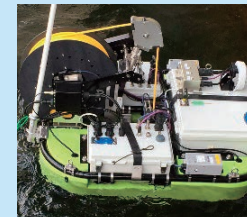


飛行型
ルーチェサーチ



アーム型
ジビル調査設計

水中点検用ロボット



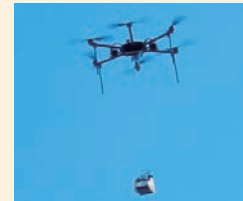
複合型
キュー・アイ



水上航行型
朝日航洋

災害調査用ロボット

<土砂・火山災害>



飛行型
国際航業



移動・飛行型
日立製作所

<トンネル災害>



移動型
三菱重工業

技術委員一覧

氏名	所属	役職	専門
浅間 一	東京大学 大学院 工学系研究科 精密工学専攻	教授	ロボット
伊藤 文夫	日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所	技師長	インフラ
大須賀 公一	大阪大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻	教授	ロボット
木村 嘉富	国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部	部長	インフラ
栗栖 正充	東京電機大学 工学部 機械工学科	教授	ロボット
三治 信一郎	株式会社N T Tデータ経営研究所 事業戦略コンサルティングユニット	産業戦略グループ長・ パートナー	ビジネス
菅野 重樹	早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科	教授	ロボット
田中 樹由	株式会社オリエンタルコンサルタンツ 関東支店 構造部	主監	インフラ
増 竜郎	先端建設技術センター 技術調査部	部長	インフラ

ロボット開発者の連絡先

	事業者名	主任研究者	所属	連絡先
橋梁点検	01 川田テクノロジー株式会社	平井 正之	技術研究所	〒321-3325 栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台 122-1 TEL : 028-687-2217 Email : masayuki.hirai@kawada.co.jp
	02 ルーチェサーチ株式会社	名取 悦朗	技術本部	〒731-0152 広島県広島市安佐南区毘沙門台 4-16-21 TEL : 082-209 - 0230 Email : info@luce-s.jp
	03 株式会社熊谷組	西岡 吉弘	土木事業本部 インフラ再生事業部	〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 TEL : 03-3235-8646 Email : yonishioka@ku.kumagaigumi.co.jp
	04 富士フィルム株式会社	菊池 浩明	画像技術センター	〒107 - 0052 東京都港区赤坂 9-7-3 TEL : 03-6271-3811 Email : hiroaki.kikuchi@fujifilm.com
	05 株式会社開発設計コンサルタント	野嶋 潤一郎	茅ヶ崎技術事業本部 設備保全技術部	〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 TEL : 0467-85-0816 Email : nojima@jpde.co.jp
	06 ジビル調査設計株式会社	毛利 茂則	代表取締役	〒910 - 0001 福井県福井市大願寺 2-5-18 TEL : 0776-23-7155 Email : mouri@zivil.co.jp
水中点検	07 朝日航洋株式会社	清成 研二	空間情報事業本部 東京空情支社 商品化推進室	〒350-1165 埼玉県川越市南台 3-14-4 TEL : 049-256-7862 Email : kenji-kiyonari@aeroasahi.co.jp
	08 株式会社キュー・アイ	松原 修	技術開発部	〒236-0004 神奈川県横浜市金沢区福浦 2-4-7 TEL : 045-783-1035 Email : matsubara@qi-inc.com
	株式会社日立製作所	村上 泰	ディフェンス ビジネスユニット 装備システム本部	〒244-0817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 292 番地 TEL : 050-3155-2186 Email : yasushi.murakami.ac@hitachi.com
災害調査	09 国際航業株式会社	島田 徹	技術本部 防災部	〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 TEL : 042-307-7460 Email : toru_shimada@kk-grp.jp
	10 株式会社日立製作所	谷村 和彦	ディフェンス ビジネスユニット 事業開発センタ	〒244-0817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 292 番地 TEL : 050-3176-5252 Email : kazuhiko.tanimura.ws@hitachi.com
	11 三菱重工業株式会社	大西 献	エネルギー・ 環境ドメイン 原子力事業部 機器設計部	〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1 TEL : 078-672-3445 Email : ken_onishi@mhi.co.jp

マルチコプタを利用した橋梁点検システム

助成先 川田テクノロジーズ株式会社 大日本コンサルタント株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

従来のマルチコプタを使った橋梁の画像取得は、対象部材の画像解像度が均一ではなく、一定指標での評価が必要な点検用として、解像度の一定化に課題があった。
また鋼橋狭隘部の撮影に関しては、マルチコプタが構造物に近接する必要があるため、高度な安定制御の実装に課題があった。

さらに、本技術を含めた従来のロボットシステムにおいては、ロボットシステム単体で点検実務を完結することが困難であるため、従来点検手法と組み合わせた活用方法を検討する必要があった。

開発技術と効果

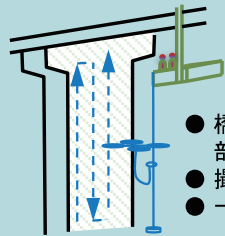
「一定離隔飛行制御」「安定ホバリング制御」「安定上昇降下制御」「カメラ正対制御」「照明装置」を開発・実装することで、一定解像度の画像取得が可能となった。さらにこれらの技術によりマルチコプタの操縦に係る難易度も低下した(高精度画像取得タイプ)。

また、機体に搭載可能な、永久磁石を用いた橋梁着脱・移動/アーム式カメラモジュールを開発することで、鋼桁の狭隘部の撮影が可能となった(橋梁着脱タイプ)。

さらに機体の小型化など、可搬性にも配慮した設計とすることで、システムを点検のツールにすることができ、これにより従来点検手法との組み合わせ活用が可能となった。橋梁点検車上からの運用による高橋脚柱の画像取得にも成功した。

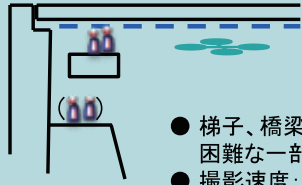
解決する課題 ユースケース(適用場面)

場面① バケットの届かない高橋脚を上部工の点検に用いる点検車から撮影



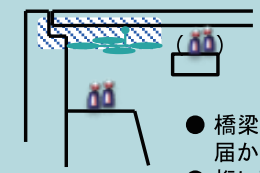
- 橋梁点検車の届かない部所をドローンで撮影
- 撮影速度: 5分/100m²
- 一定解像度で画像取得

場面② 高橋脚、コンクリート製上部工の撮影



- 梯子、橋梁点検車で点検が困難な一部の箇所
- 撮影速度: 5分/100m²
- 一定解像度で画像取得

場面③ 鋼桁の細部の撮影



- 橋梁点検車のバケットが届かない範囲の撮影
- 桁に磁着しカメラを近接し撮影
- 塗膜割れの確認



高精度画像取得タイプ



橋梁着脱タイプ

ロボット・システムの概要 技術的特徴

各モジュール



照明モジュール
・1,440lm×2
・被写体を均一に照射



スタビライザー式カメラモジュール
・4K動画
・壁面正対機能



移動モジュール
・磁力による着脱
・前後/左右旋回



アーム式カメラモジュール
・静止画: 5456×3632
・伸縮長: 800mm

プラットフォーム機体



プラットフォーム機体
・プロペラ4基可変ピッチ
・サイズ: 900×900mm
・全備重量: 5.5kg
・飛行時間: 10分(標準)
・手動操縦

距離センサ
速度センサ
IMU

プロペラ
ガード

高精度画像取得タイプ



全備重量: 7.0kg

橋梁着脱タイプ

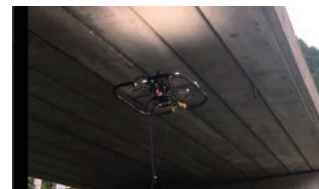


全備重量: 7.2kg

開発したロボットシステムの適用事例



高さ40mを超える高橋脚の画像取得実績



コンクリート床版橋
交通規制が不要に



点検車上からの運用
従来点検手法との組み合わせの一例



鋼桁への適用例
橋梁着脱・アーム式カメラモジュール使用



支承付近の画像

● ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日付	平成 29年 11月17日(金)
場所	草木ランプ橋 (静岡県浜松市)

■ 実験状況

・「人+マルチコプタ」による点検の経済性の確認を目的として、橋梁点検車上から下方に飛行させ橋脚柱の画像を取得した。



実証実験対象橋脚



点検車上に設置されたマルチコプタシステム



マルチコプタシステムを拡張したままバケットを展開



桁下に展開し安全索を設置

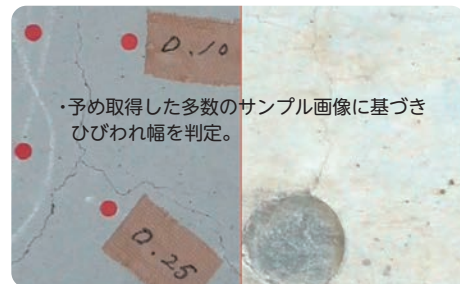


バケットから離陸するマルチコプタ



バケットから離陸し、橋脚柱との離隔を自動的に1mに保持して画像を取得

■ 結果レポート



・予め取得した多数のサンプル画像に基づきひびわれ幅を判定。

ひびわれ幅サンプル画像

判定対象画像



合成全体画像

- ・取得画像を合成した全体画像を用いて損傷を検出。
- ・0.1mm幅レベルのひびわれを検出。
- ※離隔1m飛行時。

● 実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■ 開発品の現状分析

本開発品は、現場レベルでの小改造や工夫を取り込む実用化サイクルの入り口に位置している。今後は、社会実装に向け、開発品およびその運用のブラッシュアップや周辺技術の組込みが必要である。

■ 実用化・事業化に向けた見通し

画像を核としたAI技術などの発展およびそれらの技術の道路橋の維持管理分野への応用が進むことで、本開発品のような画像取得ロボットの重要度やニーズは増々大きくなり、道路橋の定期点検に係る省令、要領などの改正、改訂にも影響を及ぼすと考えられる。近い将来、一定規模の市場が開けると見込んでおり、今後は開発品を用いた点検事業・機体製造・販売・リース事業ならびに要素技術・知財展開などに係る事業化を目指す。国内だけでなく海外への事業展開も視野に入れている。

■ 実用化・事業化に向けた取組み

実用化サイクルを効率的かつ効果的に回すため、オープンイノベーション手法の活用を検討し、開発品およびその運用のブラッシュアップや周辺技術の組込みを行ない、実用化領域まで完成度を高めるとともに、当システムの有効性を広め、市場形成を試みる。

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

三治 信一郎

株式会社NTTデータ経営研究所
事業戦略コンサルティングユニット
産業戦略グループ長・パートナー

本システムは、目視検査が困難である高橋脚などの橋梁を対象に、精細な画像撮影を行うために開発したドローンを用いた検査システムである。ドローンと橋梁点検車の連携は現場での実証実験を通じて得られたアイデアであり、そのアイデアを活かし、現場のニーズをふまえ、運用を考慮したシステムと評価できる。橋梁点検車の作業用バケットから垂下された安全索でドローンの飛行範囲を制限し、センサにより橋梁壁面との離隔を一定に保つことで、安全性と操作性も担保した。現場への導入が進むことで経験をつみ、さらにシステムとしての完成度を高め、活用されることを期待する。

撮影画像の解析については手作業が残るものの、開発中の自己位置推定を組み合わせることで改善し、利便性を向上してもらいたい。

小型無人ヘリを用いた 構造物点検技術

助成先 ルーチェサーチ株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

小型無人ヘリを用いた構造物点検技術開発ではRCコンクリート橋、PCコンクリート橋、及び高橋脚等のコンクリート構造物の点検において既存のマルチコプタにカメラを搭載して撮影する手法では風の乱流や吹上などによる影響を受けやすく、安全に高精細な写真撮影が困難といった課題があった。

開発技術と効果

開発したロボットシステムは短時間で着脱できるプロペラガード、可変ピッチプロペラを有するドローン、オルソ画像作成のために市販の汎用ソフト活用により乱流環境下での高い運動性能と耐候性、安全性を両立させ、高精細な写真を元にした精度の高い橋梁点検を可能とする。

解決する課題 ユースケース(適用場面)

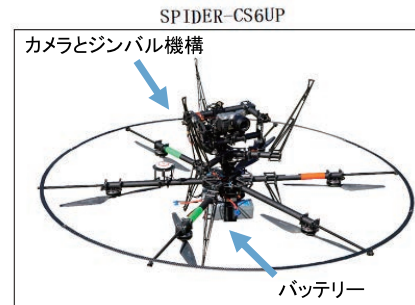
コンクリート構造物、特に、高橋脚やダム堤体下流面等では点検員によるロープアクセス点検工法が一般的だが、現場作業は危険性が高く低効率。小型無人ヘリを使用して、耐風性に優れた安全なシステムを構築し、高熟練の操縦士の目視飛行により安定で高精細な表面画像を撮影する。画像をつなぎ合わせた合成画像から、損傷の種類と位置を特定し、構造物点検調査作成を支援するシステムを開発した。



ロボット・システムの概要 技術的特徴

プロペラガード機

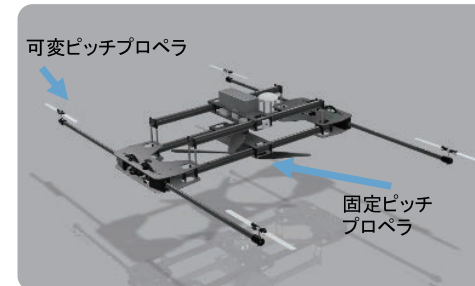
・現場の環境状況や作業者の熟練度に応じて現場で臨機応変にプロペラガードを着脱可能



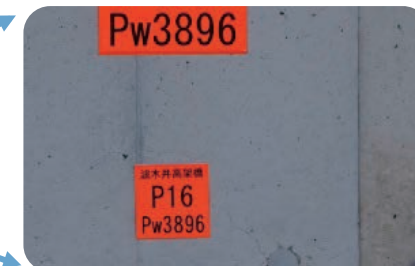
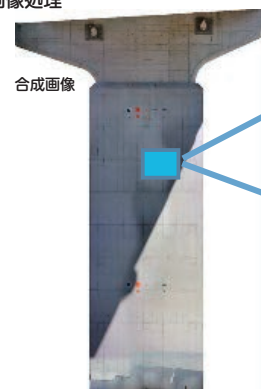
可変ピッチ機

・風の乱流や吹上風に対抗可能な高機動機体の実現

・中心部の2枚の固定ピッチプロペラで機体の浮力を確保し、周囲の2枚X4軸の可変ピッチプロペラの操作による機敏な飛行で、新たな可能性を示した。



合成画像処理



・点検調査には撮影した画像の合成(オルソ画像)が必要。
・市販の汎用ソフトの機能を活かしつつ、原画像の品位を低下させないで参照可能な連携法を開発。これにより損傷の抽出率向上や点検作業全体の効率化が可能。

主要諸元

	プロペラガード機	可変ピッチ機
全長/全幅/全高	950 x 950 x 500mm	1200 x 850 x 350mm
機体重量	6.1kg	3.9kg
搭載可能重量	2.6kg	0.5kg
動力源	リチウムポリマー電池	
耐風性能	地上風速10m/s	

● **ロボット・システムの動作実績** 現場実証実験状況

日付	平成29年12月18日(月)
場所	大積川橋(広島県呉市)

■ **実験状況**

国土交通省現場検証
 ・小型無人ヘリ
 構造物点検
 ・損傷図と点検
 調書作成

湯里高架橋



幸久橋



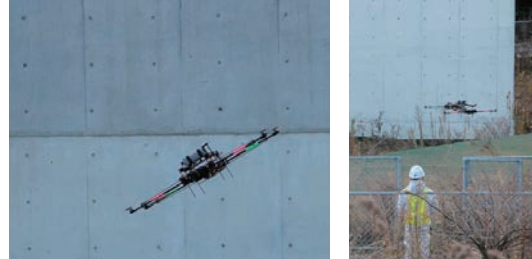
NEDO実証実験
 大積川橋(広島県)
 ・高橋脚をプロペラガード
 機で点検
 ・可変ピッチ機の飛行確認



定離隔飛行による安定撮影

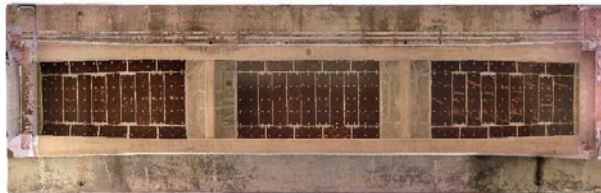


状況次第でプロペラガードを迅速に着脱



可変ピッチ機による機動飛行

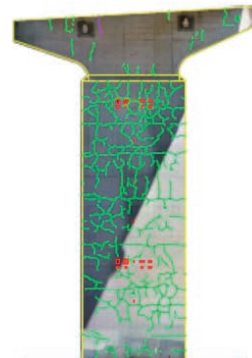
■ **結果レポート**



床版下面の合成画像の例



生成した3Dモデルの例



ひび割れを抽出した損傷図の例

● **実用化・事業化に向けた見通し・取組み**

以下の形態を同時に実施

■ **自社の点検業務における活用**

国交省の現場検証に参画し、次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会橋梁維持管理部会の評価ランク「I」(試行的導入に向けた検証を推奨する)を受けた。
 機体は自社で所有し、現場での画像撮影と事務所での合成画像作成等を一貫して実施することで、自社の点検業務に活用する。

■ **他社への販売**

建設コンサルタント等の点検専門会社に対し、機体と点検システムを販売。販売先には、ロボットハードのみならず、安全飛行と高精度撮影を実現させるためのオペレータの訓練も含める。

■ **民間事業に関わる点検**

構造物点検の対象は、橋梁以外のダム堤体、港湾構造物などの公共性のあるもののほか、民間事業である送電ケーブル、LNG タンク、プラント施設の煙突なども適用が可能である。

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の
 社会課題対応システム開発
 プロジェクト
 ロボット分野 技術委員

伊藤 文夫

一般社団法人
 日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所
 技師長 兼 企画室長

本システムは、高い運動性能と風に対するロバスト性や安全性を両立させながら、精度の高い橋梁点検を実現するドローンシステムである。ジンバル機構上の高精度カメラにより離隔5mにて0.2mm幅のひび割れを捉えており、技術の完成度は高い。高橋脚などのコンクリート構造物の点検という適用場面も明確であり、現場での経験・ノウハウに基づいて運用方法も適切に考えられている。

可変ピッチプロペラと固定ピッチプロペラを組み合わせる新規技術も運動性能向上への効果が大きく、オペレータ育成などの仕組み作りを行い、早期の社会実装に期待する。

磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検システム

助成先 株式会社熊谷組 株式会社移動ロボット研究所

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

従来、はく落防止ネットが設置された鋼桁の道路橋の近接目視点検において調査員による点検では高所作業の危険作業をする必要があり、はく落防止ネットをはずす費用と時間が多大にかかるといった課題があった。

開発技術と効果

開発したロボットシステムは、はく落防止ネット越しでの走破が可能な磁力吸着機構によりはく落防止ネットが設置された橋梁においても、高所作業等の危険作業が不要となるため、仮設足場費用を削減でき、比較的強い風(地上で5m/s~6m/s程度)でも床版の詳細ひび割れ画像の取得を可能とする。

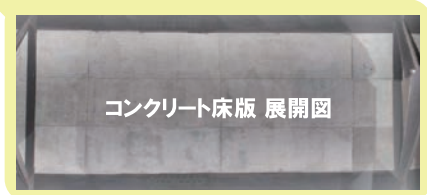
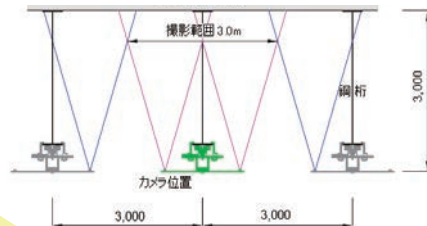
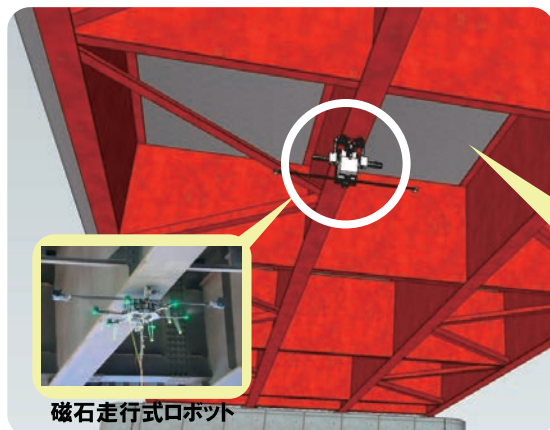
解決する課題 ユースケース(適用場面)

鋼桁の道路橋を対象とし、これらの橋梁床版のひび割れ検出等の点検を、橋下からアクセスして点検部位を撮影可能なシステムを開発した。

開発したシステムは、磁石および吸着補助装置(ローター)で鋼桁に吸着し、大径で薄型の磁石車輪を使用することにより走破性・操舵性を高めた移動ロボットにより、はく落防止ネット越しでも静止した状態での高精細カメラによる床版の詳細ひび割れ画像を取得が可能である。また、軽量であるため地上の作業員3名で取り付け、取り外し、操作が可能である。

対象とする橋梁は、国内にある橋長15m以上の橋梁の38%を占める鋼橋の内、高速道路等の連続高架橋や河川渡河部の単径間および2径間の鋼橋で、特に高速道路等の高架橋において、はく落防止ネットがある場合や横構等の障害物がある場合に威力を発揮する。

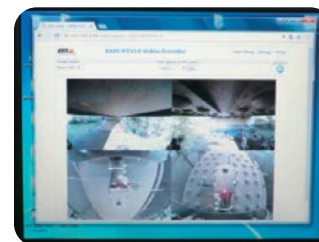
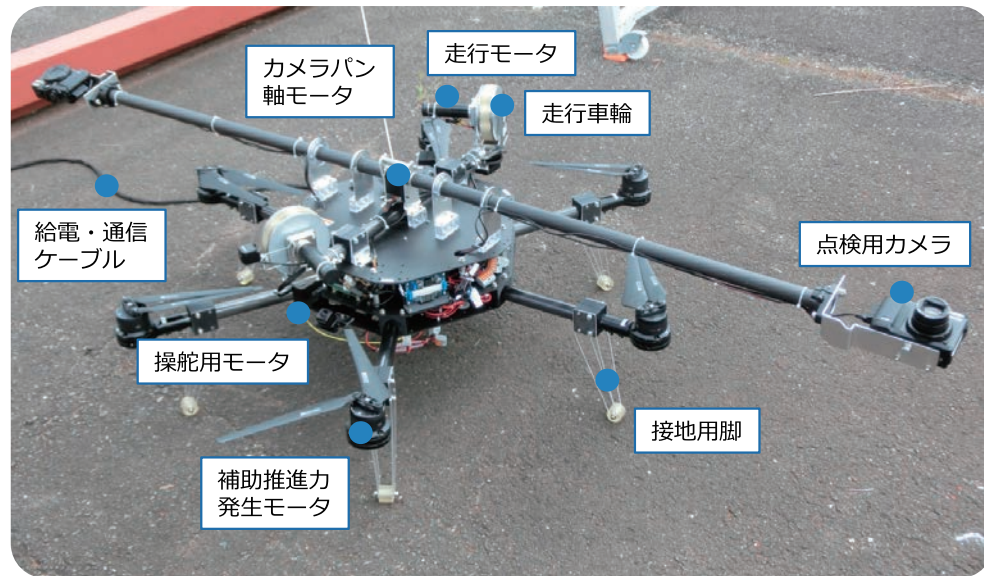
磁石走行式ロボットを活用した点検システムのイメージ



磁石走行式ロボット

ロボット・システムの概要 技術的特徴

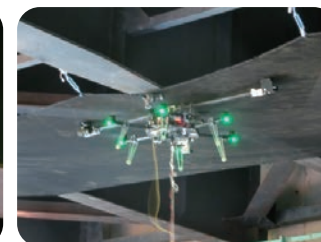
- ①磁石および吸着補助装置(ローター)を用いて鋼桁に安定して吸着
- ②大径磁石車輪により、添接板等のボルト部やネット部も安定して走行
- ③前後に独立した操舵機構を採用
- ④静止した状態での高精細カメラによる床版の詳細ひび割れ画像の取得
 - ・走行用カメラと高精細カメラの画像をモニターで見ながら操作員が任意の位置で停止し床版を撮影
 - ・主桁ごとに径間往復して検査用撮影を行うのが基本動作
- ⑤軽量なため主桁への取り付けが容易



操作用モニター画面



添接板の走行



ネットの走行

主要諸元

寸法・重量	全長/全幅	1,100×1,800mm
	重量	13kg
性能	走行速度	10 cm/s
	添接板等踏破高さ	20 mm
	ひび割れ検出精度(1,470万画素カメラ)	0.2 mm以上

●ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日付 平成29年11月8日(水)
場所 A橋(関東地方)

■実験の目的

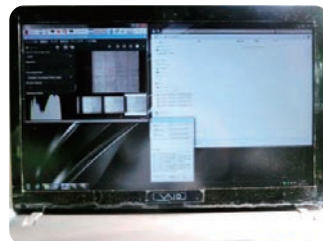
1. 実橋での添接板、はく落防止ネット部での走行安定性の確認
2. 設置、点検検査、撤収にかかる時間の把握
3. 取得した画像からのひび割れ検出の確実性の確認



A橋



はく落防止ネット



高精細カメラ操作画面



主桁への取り付け

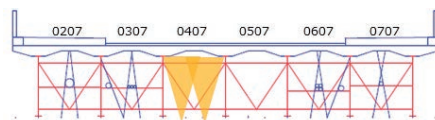
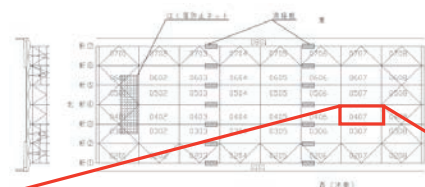


電源(200V発電機、400V昇圧器)

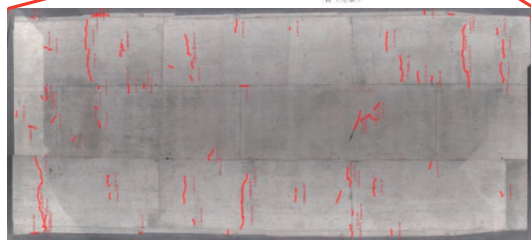


運用(操作員3名)

■結果レポート



カメラ位置



取得した画像からひび割れを検出し、1格間分を自動合成した例

※道路管理者はA橋のひび割れの状況を点検で把握しており、その程度が軽微であることから経過観察中である。

●実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■対象とする橋梁の詳細

- ・高速道路等の連続高架橋は、橋脚高さ5～7m程度。
- ・河川渡河部の鋼橋は、単径間または2径間で、橋長30～60m程度、桁下までの高さや支間長の合計が100mまで。

■実用化・事業化計画

- ・調査・設計・工事が一体となった基本契約方式の案件に適用する場合は自社で使用する。
- ・点検事業者にもロボットをリースまたは販売する。
- ・ロボットの製造は移動ロボット研究所、リースまたは販売を熊谷組グループ会社が行う。

■今後の見通し

- ・製品を利用したサービスの利用法についてユーザーと意見交換を行う。
- ・ロボットによる橋梁点検を促進するため、道路管理者・点検業者へ製品を使用した点検手法を提案する。また、製品による点検手法の教育・普及を図る。
- ・画像合成、ひび割れ検出、展開図作成、点検調書作成の効率化のためのノウハウの蓄積が必要である。

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト・リーダー

油田 信一

学校法人芝浦工業大学
SIT総合研究所
特任教授

従来から、鋼桁の下面に磁石で貼り付けて走行する検査システムには期待が大きかったが、いろいろな条件の発生する実対象を相手に、安定的に動かせることは難しく、特に、添接板の段差を超えた安定な走行や、橋桁に剥落防止ネットが張られているときの走行はできなかった。

本プロジェクトでは、鋼橋のI型桁の下部に磁石によって貼り付けて走行する、永久磁石製の大型車輪を用いた検査ロボットを開発した。このシステムは、浮上用の推力を発生するロータを有しており、添接板やネットのある場合も走行の確実性が担保されて、広い条件の下で、橋桁下面に張り付けて効率よく走行し、床版等の検査を行うことができる。実証実験では、この補助推力により、橋下の地面から飛行して、鋼桁に着脱ができることも示され、容易な設置性が確認された。

計測については床版の詳細な写真が撮影できており、検査用の画像の収集に有効に働きうるシステムである。ただし、実証実験の時点では、剥落防止用の網越しの撮影については十分な性能を提示できなかった。また、ひび割れ検出等の解析機能は試験段階であり、今後の開発が期待される。

ユニークな磁石走行式ロボットが開発されたことは評価できるので、今後も実証実験を継続的に実施しながら、ひび割れの自動検出なども含め、検査システムとしての完成度を高め、実用化を進めてもらいたい。

複眼式撮像装置を搭載した 橋梁近接目視代替ロボットシステム

助成先 富士フィルム株式会社 株式会社イクシスリサーチ

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

鋼鈹桁橋の鋼部材・コンクリート床版の点検において、従来の高架下の足場設置による点検、高所作業車による点検、通行規制を伴う橋梁点検車による点検では点検コストの低減が必要、点検効率の向上、高架下に足場が設置できない橋梁への対処、通行規制の影響が大きいといった課題があった。

開発技術と効果

鋼鈹桁橋の主桁フランジに懸架し、プログラム制御で動作する点検ロボットシステムにより安定性、耐候性、精度、自動化においてバランスよい性能を有し、交通規制が不要で、点検員の負担が少なく、経済的な点検を実現した。更に、コンクリート床版のひびわれ自動検出等を搭載することにより事務所作業の効率化を実現した。

解決する課題 ユースケース(適用場面)

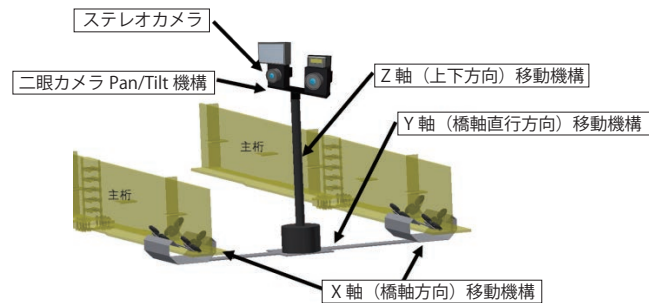
点検対象

- (1)対象橋梁:鋼鈹桁橋
- (2)点検対象:鋼部材及びコンクリート床版
 - ・主桁フランジに懸架するロボット
 - ・鋼部材の腐食やコンクリート床版のひびわれ等の損傷多発部位の詳細を撮影
 - ・橋梁の骨組み構造から撮影計画を自動生成しロボットを半自動運転



課題	解決手段
1.コスト	車線規制削減 (1)フランジ懸垂型ロボットの実現 (2)重量物も搭載可能な上下、パンチルト可能なカメラ搭載部の実現
	効率 (1)「支間長20mの橋梁を半日で点検」を実現するロボット撮影と画像処理 (2)半自動運転により、オペレータに依存しない、簡便・無駄の無いロボット動作
2.品質	作業支援 (1)点検・事務所作業の支援、過去との比較を有する点検・管理ソフトウェア (2)点検調査作成ソフトと連動した点検箇所・部材の自動検出・入力機能 (3)画像処理によるコンクリート床版自動合成、ひびわれ自動検出による効率化
	くまなく点検 (1)上下、パンチルト可能でロバスト性高く、高精細画像(動画、静止画)を提供できる撮像部 (2)ステレオカメラと画像処理技術による、スケール貼付困難位置も含めた正確な測距
3.安全	落下防止 回収容易 (1)安全対策、故障時対策を考慮したロボットシステム

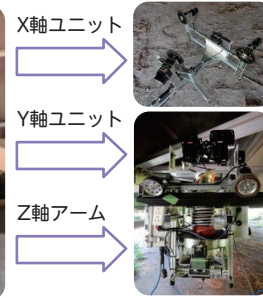
ロボット・システムの概要 技術的特徴



ロボットシステム



開発システム全体



X軸ユニット

Y軸ユニット

Z軸アーム



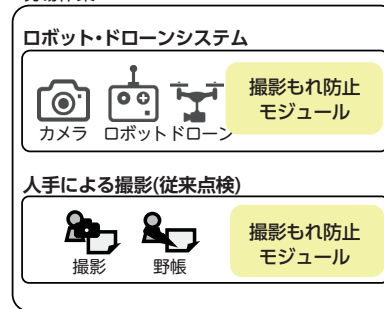
X軸・Y軸駆動部で橋梁下に自在に移動



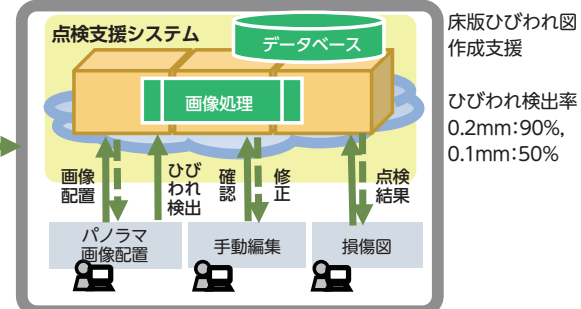
伸縮するZ軸アームで格間内にカメラを伸ばし任意角度から撮影

内業システム

現場作業



事務所作業



撮影画像を解析し損傷を自動検出し、点検調査作成を支援するサービスを提供

主要諸元

寸法・重量	全長/全幅/全高	(W)2,500 x (D) 500 x (H)500mm
	重量	51.6kg
性能	移動速度	20cm/s(橋軸方向)
	カメラ	ステレオカメラ
	計測精度	0.1mmのひび検知可能
操作	操縦方式	有線による遠隔操縦

●ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日付 平成29年12月12日(火)

場所 北陸地方

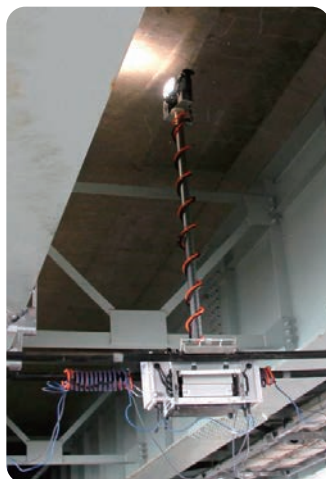
■実験の目的

ロボット設置性・動作確認、点検品質の確認

■実験状況



橋梁外観



桁内部の撮影



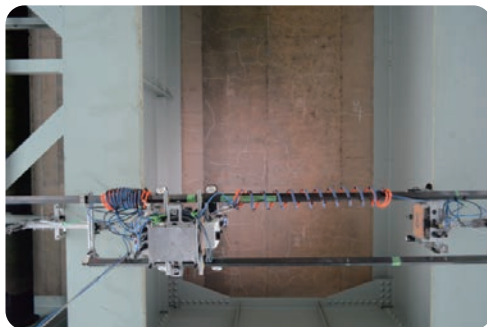
添接板の乗越え走行



隣接桁への架け替え



評価状況

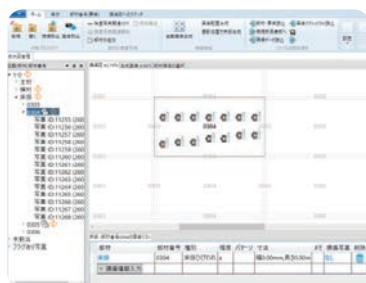


コンクリート床版の撮影



ロボットカメラ画像(上部ウェブギャップ板)

■結果レポート



点検支援アプリケーション



ロボットで撮影された高精細画像に対するひびわれ自動検出の結果

●実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■点検ロボット(株式会社イクスリサーチ)

- ・点検コンサルタント、高速道路会社、レンタル会社にロボットを販売
- ・モジュール化されたロボットのカスタマイズサービス

■損傷検出と点検調書作成支援サービス(富士フィルム株式会社)

- ロボットで撮影された画像データを解析(ひびわれ検出やひび幅計測)し、点検調書の作成を支援するサービスの提供

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の
社会課題対応システム開発
プロジェクト
プロジェクト・リーダー

油田 信一

学校法人芝浦工業大学
SIT総合研究所
特任教授

本システムは、鋼桁橋の床板および鋼部材の点検を目的とした、桁下部のフランジに懸垂して移動し、床版や鋼部材の写真を撮り得る自動検出結果を点検調書形式で出力することができる検査ロボットシステムである。検査画像取得用の機構部は、橋軸方向には桁にぶら下がって着実に走行し、カメラ部を橋軸直行方向・上下方向に動かし、さらにその方位も制御できる、いわば直交型の5自由度ロボットである。また、カメラの視点を計画・制御して、画像を自動的に撮影・収集すること、および、取得画像の解析によるひび割れの検出から、調書作成までもがほぼ自動化できている。また、この画像取得後の解析・処理システムは、それだけで単独に働かせることもできる。適用場所や適用条件など、汎用性の高いシステムであり、検査に当たっての車線規制が不要なことから導入効果は大きく、十分な実用性があると認められる。

ただし、鋼桁橋に対して適用範囲が広いとは言え、橋桁の形状や、添架物など、適用可能な橋梁には制約もある。今後、本システムがとくに有利に働く対象をハッキリさせ、販売、サポート体制を確立し、早期に社会実装を進めていただきたい。

インフラ診断ロボットシステム(ALP)

助成先 株式会社開発設計コンサルタント

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

従来、橋脚やダム堤体等の高さの高い建造物のコンクリート製鉛直壁面の調査は、高所作業用の足場の設置などにより、人間による点検を行ってきた。しかし、足場の設置時間や費用、高所作業の危険性などの課題がある。

開発技術と効果

開発したロボットシステム(ALP)は、コンクリート製鉛直壁面を、脚に設置した真空吸着パッドにより移動し、点検対象箇所に近接して画像撮影・打音検査・鉄筋探査を行って、点検評価に必要なひび割れ・浮き・剥離等の劣化要因を判別するものである。本システムにより、安全で定量的かつ経済的な高所における点検が可能となる。

解決する課題 ユースケース(適用場面)

課題

橋脚やダム堤体等の高さの高い建造物のコンクリート製鉛直壁面において、点検評価に必要な「ひび割れ・浮き・剥離等」の劣化要因を、安全で定量的かつ経済的に調査すること。

解決策

- ・脚に設置した真空吸着パッドによりコンクリート製鉛直壁面を上下左右に移動する走行機構を開発
- ・「ひび割れ・浮き・剥離等」の劣化要因を判別するために、壁面に近接して画像撮影・打音検査・鉄筋探査が可能な測定駆動機構を開発
- ・走行・測定駆動機構を制御し、安定・安全にロボットを運用するためのロボットシステムを開発



適用場面



調圧水槽



取水塔

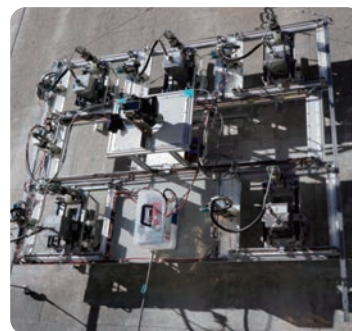


洪水吐

ロボット・システムの概要 技術的特徴

概要

ALPは、真空吸着式パッドを用いて壁面に吸着しながら上下・左右に移動し、近接調査が可能となる機構としている。また、打音装置及び電磁波レーダを壁面に接触させること、また0.2mmのひび割れを判定するための近接画像を撮影すること、が可能である。



写真撮影(画像解析による調査)

ALPに搭載した5,150万画素の高精細デジタルカメラを用い、水平方向に60%以上ラップするよう画像を撮影。精密写真測量の原理を用いて高精度の三次元モデルを作成することにより、幅0.2mmのひび割れを十分な精度でモデル化する。



打音検査

㈱シミックと共同開発した打音装置をALPに搭載し、ソレノイド磁石を用いた打撃装置より発生した反響音を記録。打撃音とその後の第1波反響音の比により、5cmより浅い領域のコンクリートの浮きを判定できる。



電磁波レーダ

小型化された電磁波レーダをALPに搭載して、鉄筋の位置とかぶり(表面からの深さ)を測定する。さらに、鉄筋直上における反射波より電磁波の減衰量を求め、コンクリートの劣化要因のひとつである塩害の評価に必要とされる塩分イオン量を推定する技術が適用可能となる。



主要諸元

〈ALP本体:吸着走行ユニット〉

高さ	1,800mm(本体1,500mm)
幅	1,750mm
厚さ	750mm
重量	約80kg(全体)
走行方式	脚ユニット独立制御
4点支持移動方式	
真空吸着パッド性能(1基)	
外シール部	φ210mm
内シール部	φ160mm
真空度	-80kpa

〈検査装置〉

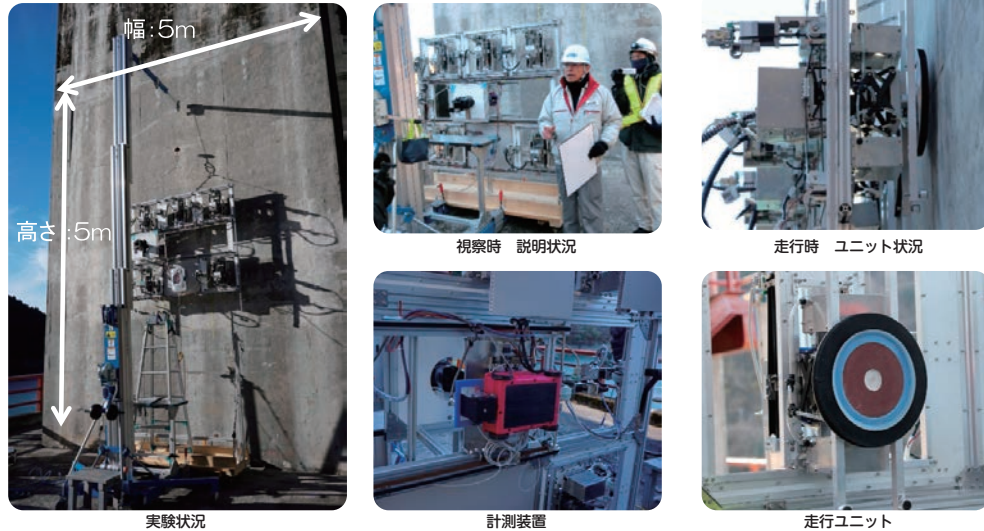
高精細カメラ	
画角	40cm×30cm
Pixel数	8156×6192
打音装置	
形状	φ45mm×106mm
集音	コンデンサーマイク
打撃	ソレノイド駆動のハンマー方式
電磁波レーダ	
周波数	800~3500MHz
鉄筋探査深さ	5~300mm

● ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日付	平成29年12月6日(水)
場所	新豊根発電所取水口 No.1ゲートピア(愛知県北設楽郡豊根村)

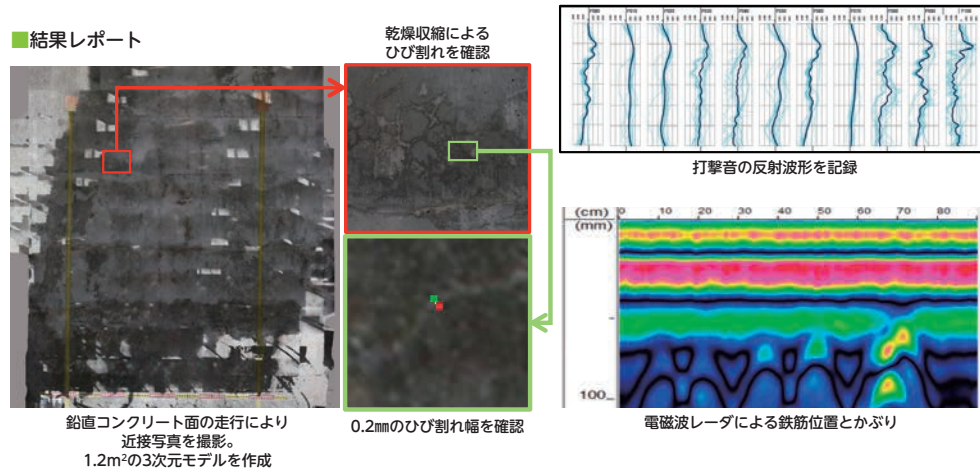
- 実験の目的
- ・現場における走行機構の確認
 - ・現場における計測駆動機構の確認

■ 実験状況



- 実験結果
- ・約20歩約1.2mの走行(上昇)を実施
 - ・2歩上昇(約12cm)する毎に、約10cm間隔の11測点で、高精細カメラによる撮影と打音装置による打音の記録を実施
 - ・同時に、測線全長(1m)の電磁波レーダによる計測を実施

■ 結果レポート



● 実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■ 当初計画

J-POWERが、保有する発電施設への活用を想定している。平成30年度にはJ-POWERと協議の上、適用する対象・方法・機能等を検討し、実用性の実証に向けたロボット開発の基本構想をまとめる予定である。

■ 展開計画

構造物の劣化や延命の必要性、点検の可能性等を踏まえ、設備管理者と調査対象について協議・選定し、適用を図りたい(構想中)。



技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト・マネージャー

安川 裕介

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合
開発機構 主査

本システムは、真空パッドを用いて壁面を移動しながら橋脚やダム堤体などのコンクリート壁面の点検するロボットである。真空吸着しながらの壁面移動は難易度が高く、チャレンジングであるが、確実に改良を重ねることで完成度は上がってきた。今年度の実証実験においても高精細画像、打音データ、電磁波レーダデータが取得でき、吸着ならではの特徴を確認できた。ただ、移動の安定性や速度の点から、現状では、現場への適用性は限定的であると思われる。ただし、開発チームの関連企業が所有する施設では、従来技術では作業員の安全懸念や設備停止に伴うコストの課題が生じるケースがあるため、このシステムの適用を検討中とのことである。今後、このシステムを効果的に適用可能な具体的な利用場面を設定し、活用していくことを期待する。

橋梁桁端部点検診断ロボット

助成先 ジビル調査設計株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

トラス橋や斜張橋、側道橋等の部材が複雑に構成された橋梁等、従来点検方法による点検が困難となる橋梁点検では、特殊な点検方法(架設定場やロープアクセス、大型橋梁点検車)による作業実施で人材・機材不足とコスト高といった課題があった。
一方、これに対処するため開発された従来型アームロボットでは、狭隘部の撮影が困難、あるいは点検障害物となる支承周辺の堆積土砂の除去が困難であり、構造物本体の正確な点検が出来ないといった課題があった。

開発技術と効果

開発したロボットシステムは、橋面上に設置するコンパクトな台車で操作を行うアーム懸架型点検ロボットである。複線型の水平アーム上に狭隘部点検を目的としたフレキシブルアーム搭載型の狭隘部点検カメラロボットと、点検障害物を高圧散水で除去する噴出清掃メンテナンスロボットを搭載する事により狭隘な支承部の清掃と撮影を橋上からのコントロールで交通規制なしに少人数で、短時間で行なうことを可能とする。

解決する課題 ユースケース(適用場面)

開発システムの用途

トラス橋や斜張橋等の部材が複雑に構成された橋梁、および側道橋等、一般的な橋梁点検車の使用が困難で、特殊な点検仮設方法が必要となる橋梁の点検作業。



コンパクト台車をベースとするアーム懸架型ロボット

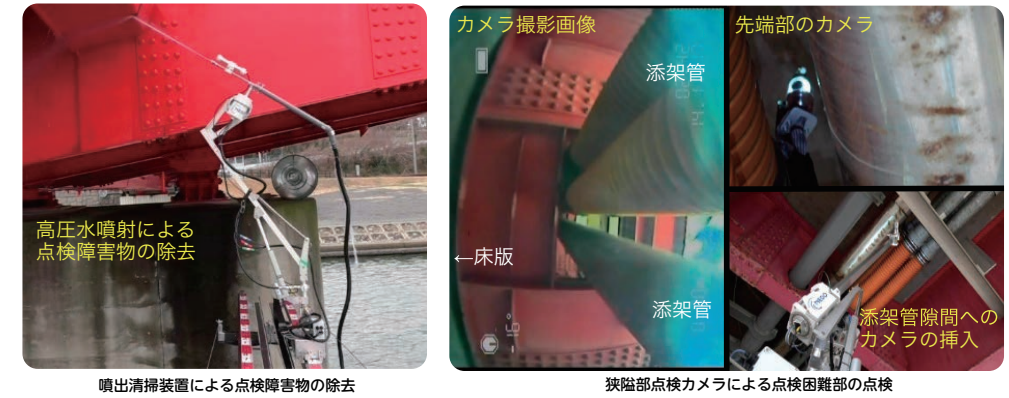


点検上の課題を解決



ロボット・システムの概要 技術的特徴

橋梁点検作業で、特殊な点検仮設方法が必要な橋梁を対象に、橋梁桁端部の点検を含む橋梁全体の点検作業を「安全」「効率的」「低コスト」「高精度」に実施するロボットを開発。



主要諸元

〈ベースマシン〉		〈水平アーム〉	
全長	約 3,500mm	水平アーム長	約7,000mm
全幅	約 1,240mm(クローラ部)	鉛直ロッド長	約7,000mm
全高	約 2,250mm	アーム旋回範囲	約360度
重量	想定重量 2,500kg	アーム落とし最小幅	約800mm

●ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日付	平成29年12月12日(火)
場所	北陸地方

■実験の目的

特殊点検と開発した点検ロボットの作業工数、点検精度を比較する。また、有用性についても検証を行う。

■実験状況



県管理橋梁での委員立会実験 2017/12/12



県管理橋梁での実験 2018/1/5

■結果レポート

作業工数の比較

	従来手法	開発手法	備考
作業状況			従来手法は ロープ アクセス
点検日数	4日	2日 カメラ 6時間 噴射 3時間 狭隘 3時間	50%削減
点検人員	16名 4名×4日	4名 2名×2日	75%削減
撮影画像			損傷の判断が 可能な 画像取得が 可能

●実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■事業化計画

○橋梁定期点検の支援業務に活用

・オペレーター付きのレンタルでの点検業務支援

○対象橋梁

・橋梁点検車の利用が困難な橋梁(トラス橋・アーチ橋・斜張橋・吊り橋) 約 5,500橋

・橋梁点検車の利用で通行止め規制となる橋梁(道路幅員5.5m以下) 約 98,000橋

・歩道占用による点検で車道規制を回避し交通障害を軽減可能な橋梁 約294,000橋

(国土交通省 道路統計年鑑 2014 をベース)

■展開計画

全国ネットワークの構築

・各地方の橋梁に知識を持った建設コンサルタントを技術サービス代理店とした技術提供組織を構築し各代理店の専属オペレーターによるオペ付きレンタルでの点検業務支援

■取組み

全国ネットワークの構築

・NETIS (新技術情報提供システム)登録 QS-170024-A H29.11.7

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の
社会課題対応システム開発
プロジェクト
ロボット分野 技術委員

増 竜郎

一般財団法人先端建設技術
センター 技術調査部 部長

本システムは、橋梁の歩道や側道を移動する小型車両からアームを伸ばして橋梁点検を行う、アーム懸架型ロボットである。床版や狭隘部の状況を遠隔操作カメラにより確認すること、橋梁下面の堆積土砂や表面の汚れ、剥離塗膜などを高水圧噴射で洗浄・除去することが可能であり、現場で求められる機能を幅広く備えている。安定して動作しており、技術の完成度は高い。車道の大きな交通規制を行うことなく橋梁点検可能で、高所作業車やロープアクセスによる点検が困難な箇所(point)の点検を補完するシステムとして有用性が高い。現場への早期投入を期待したい。なお、システム全体の高性能化の一方で、現場ニーズの高い点検項目に特化した『軽量・簡易型』が有効な場面もあると思われる。

河川点検を効率化・高度化する フロートロボット

助成先 朝日航洋株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

長大な河川の地形計測（三次元形状データの取得）では、広域を短時間で、かつ、陸部と水部をシームレスに計測できる航空測深システム（ALB）が有効な手段だが、濁度、深度、遮蔽、等の環境条件により欠測が生じる課題がある。

スポット的（離散狭域）に発生した欠測部を従来は有人スワス測深*で補測していたが、この方式は、効率面、経済面、で費用対効果が薄く、安全面でのリスクも高いといった課題があった。

開発技術と効果

今回開発した河川点検を効率化・高度化するフロートロボットでは、機動性の高い船体に測深機等の計測器をコンパクトに搭載し、操船支援機能や自動航行機能による運用支援を実現することで、効率的・経済的に現場搬入や計測航行が可能となり、河床・護岸の安全かつ効率的なスポット計測を可能とする。

*スワス測深とはマルチビーム測深器を使用して船から扇状にビームを出し、船の直下だけでなく船の側方まで水深の3.5倍くらいの範囲の海底の水深値を測定する測定方法

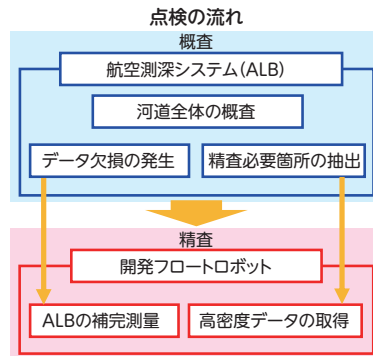
解決する課題 ユースケース（適用場面）

河川法施行令の改正（平成25年12月）により年一回の目視点検が義務化
しかし・・・

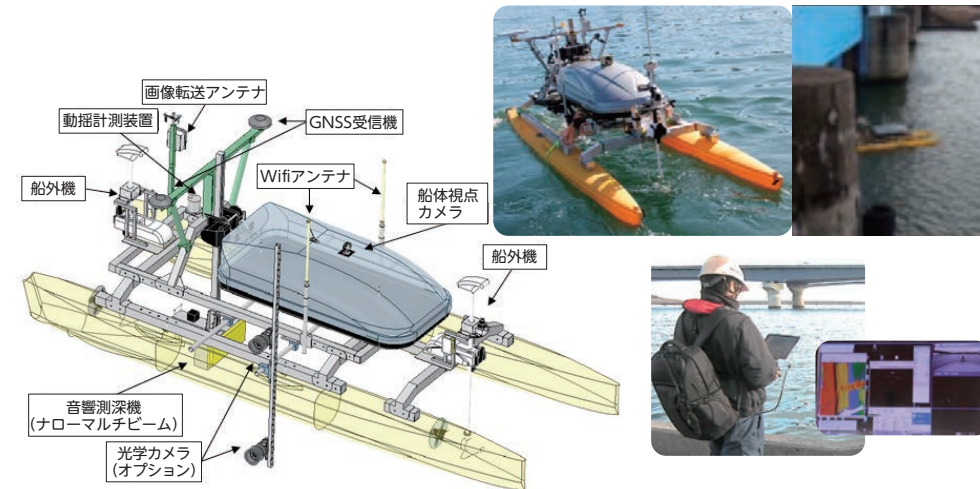
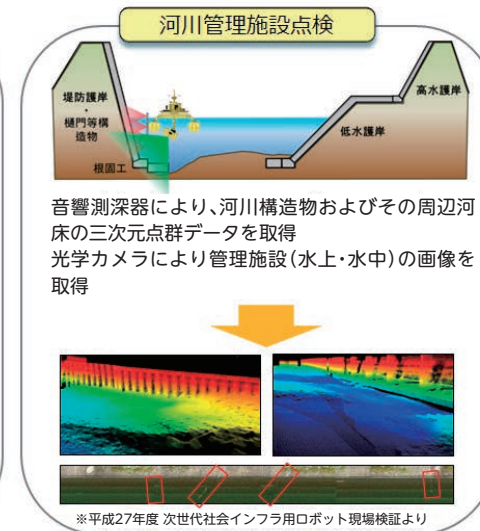
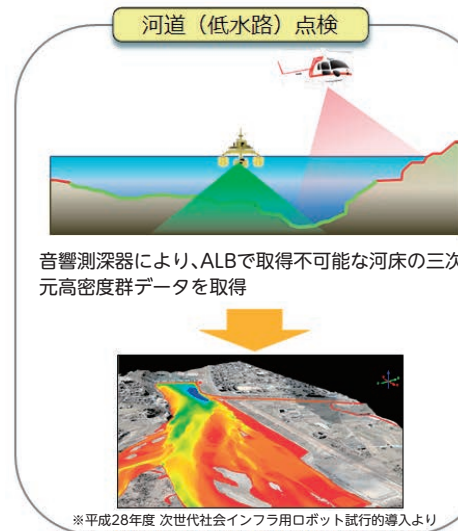
- ◆長大な河川を点検するためには、膨大な労力がかかる。（国交省直轄：8,800km）
- ◆現状の有人スワス計測はコストが高い
- ◆流速のある環境下で、ダイバーによる構造物点検は大きな危険が伴う
浅瀬が苦手
- ◆徒歩による目視点検、船上からの目視点検に依存している

当社の本業である航空測量と本事業で開発するロボットの融合により、効率的かつ高度な河川点検を実現する。

概要：航空測深システム（ALB）と精査：フロートロボットの組合せで河川全体を効率的に点検



ロボット・システムの概要 技術的特徴



主要諸元

寸法・重量	全長/全幅/全高	4550mm / 1695mm / 2000mm	運動性能	最大航行速度	2.0m/s
	重量	315kg ※カメラユニット搭載時350kg		対応流速	1.5m/s
主要搭載物	動力	船外機×2	測深性能	動作周波数	200~400kHz
	バッテリー	Li-ION 12V80AH × 2		測深分解能	1.25cm
		Li-ION 24V80AH × 2		単一ビーム幅	Sonic2024: 0.5° × 1.0° Sonic2022: 1.0° × 1.0°
対応可能ソナー	Sonic2024 / Sonic2022 (R2Sonic社)				

● **ロボット・システムの動作実績** 現場実証実験状況

日付 平成29年12月14日(木)
場所 相模川下流域(神奈川県平塚市)

■ **実験の目的**
ALB概査計測でスポット的に発生した欠測部の補完計測を開発フロートロボットの陸上操作によって、安全にかつ効率的に実施する。

■ **実験状況**



運搬フレームにより4つユニットだけで容易に設置・撤収が可能
(作業者の水上作業なし)



一体型の機体
→ 現地機装工数短縮
整備・進水用移動式台
→ 運搬・準備・進水・陸揚の効率化
準備・撤去工数短縮

音響測深機上下機構
→ 多様な現場条件への対応

水中抵抗を削減した機体
→ 推進力向上

双胴船型・前後スクリュー
→ 安定航行、信地旋回、スライド航行

携帯回線通信
→ 通信距離拡張、通信安定化

操船支援モニタ
→ 計測走行安定化、危険回避

直進維持・自動航行
→ 計測走行安定化、作業負荷軽減



対岸(距離500m程度)の計測航行



パイロットによる操縦の状況

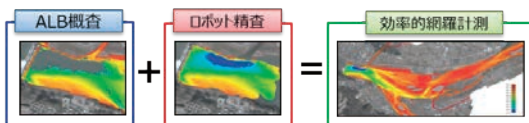
■ **ダム・堰直上流での現場実証**

宇奈月ダム(H29/9/7~8)、信濃川洗堰(H29/10/11)



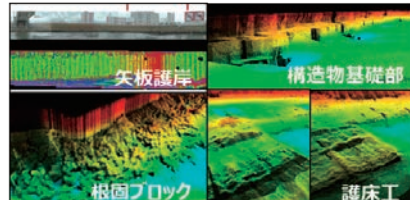
■ **結果レポート** 現場実証: 紀の川(H29/2/17)、信濃川下流(H28/12/5~9)
※平成28年度次世代社会インフラ用ロボット試行的導入として実施

【ALBとの組合せによる河道形状の把握】



位置情報を付与した3次元点群データ、モザイク画像、を使って、水面下の現状や経年変化を捉える。

【河川構造物・周辺河床のスポット点検】



● **実用化・事業化に向けた見通し・取組み**

■ **当初計画**

自社受注のビジネス測量業務に活用する

■ **事業形態**

- ・ロボットの所有は朝日航洋
- ・航空測深システム(ALB)との組合せで地形計測サービスを提供
- ・計測データの解析サービスも込み
- ・平成29年4月に「作業規定の準則」第17条の申請を行い、ALB、フロートロボットともに公共測量として利用可能

■ **展開計画**

- ・航空測量以外の適用領域に展開する。例えば、以下を想定
 - ダム・貯水池等、広域な水域で自動航行による堆砂を測量
 - 港湾の構造物調査、地形調査
 - 水中道路橋脚周辺の洗掘調査
- ・測量や計測の需要に対し、サービスビジネスとして自社運用で提供

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

田中 樹由

株式会社オリエンタルコンサルタンツ
関東支店 構造部 主監

本システムは、音響測深機によって河道形状を三次元的に把握する双胴型のフロートロボットである。水流がある場所においても安定的かつスムーズに計測調査可能であり、搬入・撤収も簡単にできるように工夫されている。航空レーザ測深(ALB)の欠測部分を補完することで河川の調査を高度化・効率化できるものと考えられる。実現場での試行を多くこなしており、現状においても十分実用に供することができるものと評価できる。今後は、耐水流性能や操作性の向上、開発中の自動航行技術を組み込むことによる省人化、河川の点検要領が求める目視点検もカバーするように調査機能の改良・追加などに期待する。最終的には、点検・調査システムとして、河川管理の効率化を目指して欲しい。

可変構成型水中調査用ロボット

助成先 株式会社キュー・アイ 株式会社日立製作所

① ダム調査ロボット (担当: 株式会社キュー・アイ)

● 開発技術のポイント

■ 適用環境、従来技術と課題
 重力式コンクリートダムの堤体上流部の表面点検において、ダイバーによる潜水調査ではダイバー個別の技量差による品質バラツキや、40m以上の大深度の作業には危険が伴い高い点検コストが必要となる事といった課題があった。

■ 開発技術と効果
 開発したロボットシステムは水上機から水中機を分離・垂下するシステム構成と自動動作制御技術を備える事により大深度においても安全かつ安定した品質を低コスト・高効率で実現する事を可能とする。

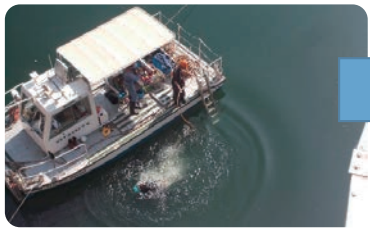
● 解決する課題 ユースケース (適用場面)



重力式コンクリートダム



アーチ式コンクリートダム

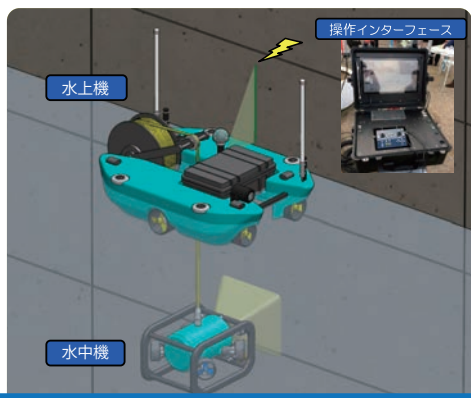


潜水士による水中点検の様子

潜水士により必要に応じ実施されている、ダム堤体水中部の点検 (コンクリートのひび割れ、構造物の錆等) において、以下のユーザーニーズをロボットシステムにより解決する。

- [ユーザーニーズ]
- a. 大深度における安全かつ高効率な調査手段
 - b. 濁水中・風雨等の環境への適応
 - c. 現場における幅広い調査への対応
 - d. 扱い易く軽量・コンパクトかつ低コストな機器
 - e. 均一な調査品質と調査の自動化・省力化

想定ユーザー ・水中点検業者 ・建設業者 ・ダム管理団体

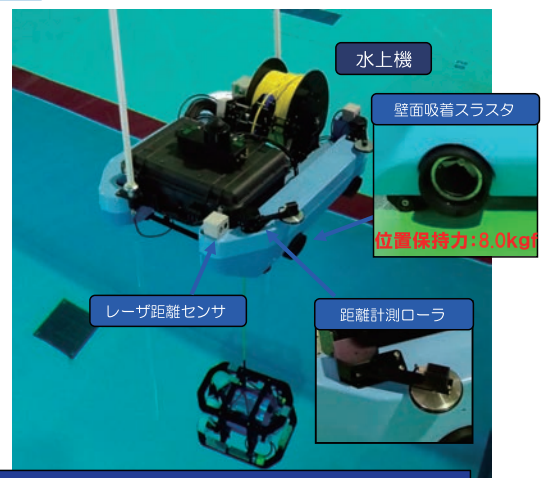


水上機から分離した水中機を自重により垂下させる方式であるため、水中での定点観測、垂直移動観測、水平移動観測とその位置把握が容易である。

● ロボット・システムの概要 技術的特徴

70m以上の大深度調査への対応

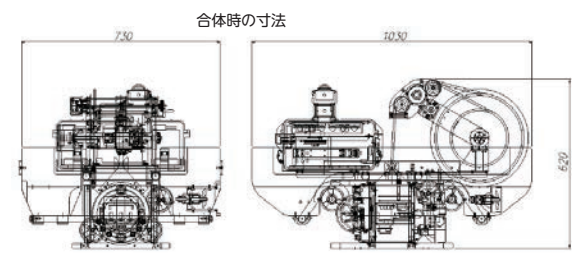
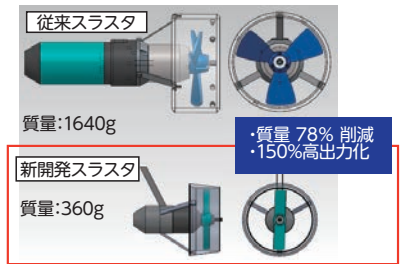
[ユーザーニーズ] ↓
 a. 大深度における高効率な調査手段



- c. 現場における幅広い調査への対応
 - d. 軽量・コンパクトかつ低コスト
- ←
- ・軽量・コンパクトなシステムであり2名で運用可能
 - ・バッテリー内蔵のため電源確保が不要
 - ・無線通信のため陸上操作が可能

- 壁面吸着スラスト 近接撮影用ガイドアーム
 - 壁面への吸着機能により、強風(8m/秒)への抗力を発揮。濁水中においても安定した点検調査が可能
 - レーザー距離センサ 超音波距離センサ 距離計測ローラ
 - ダム壁面に対して一定距離を保ち、正対する制御が可能 水中壁面の自動調査を実現
-
- b. 濁水中・風雨等の環境への適応
 - e. 均一な調査品質と調査の自動化

高効率スラストの開発



主要諸元

技術開発項目		開発成果	
D1.調査プラットフォーム 操作インターフェースの開発	連続稼働時間	—	12時間
	最小運用人数	—	2人
	重量	—	59kg
	寸法	—	1030×730×530H mm
	航行速度	—	1.6knot
	重量	—	19kg
D2.水中壁面自動調査 技術の開発	寸法	—	450×360×250H mm
	耐圧深度	—	130m
	重量	—	20kg
D3.外部環境対応技術の開発	調査効率	—	200ml / h (離隔0.6m時)
	対応可能離隔	—	0.3m~10m
	耐風性能	—	風速8m/sec 環境で調査可能
	防水性能	—	波浪に対する保護 (IP65相当)

②水中音響イメージングソナー (担当:株式会社日立製作所)

●開発技術のポイント

■適用環境、従来技術と課題

水中ロボット点検前の水中環境の安全性確認において、従来のソナーでは3次元リアルタイムで高精度のものでは高額であり、それ以下のものは機能が不足する・解像度が不足するといった課題があった。

■開発技術と効果

開発した水中音響イメージングソナーは高分解能のビーム幅及び距離計測(ビーム幅0.5度、距離精度10cm)を廉価に実現する事により水中安全性確認及び水中構造物の概略形状の把握を容易に実現することを可能とする。

●解決する課題 ユースケース(適用場面)

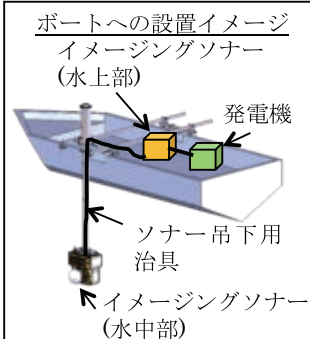
[ソナーに対するニーズ]

- ①点検用ロボット投入前に安全性確認のためスクリーニングしたい
- ②水中構造物点検
定量的に点検したい/作業効率を向上させたい
コスト低減を図りたい/混濁水中でも点検したい

リアルタイム3Dイメージングソナーの開発

[安全性確認のためスクリーニング]

- ①ソナーをボートへ設置する。
- ②安全性確認を要する水中に対し、ソナー映像をボート上でリアルタイムに確認し、安全性を確保

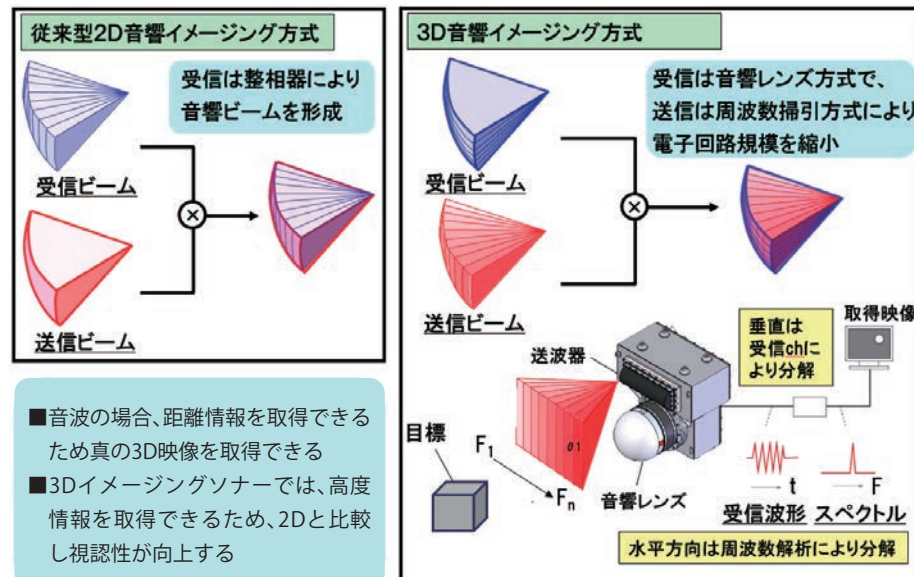


[水中構造物点検]

- ①ソナーをボートへ設置する。
- ②水中構造物点検を要する対象に近づき、ソナー映像をボート上でリアルタイムに確認し、構造物の点検を実施する。



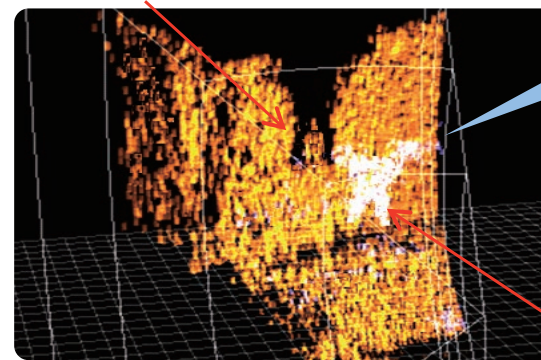
●ロボット・システムの概要 技術的特徴



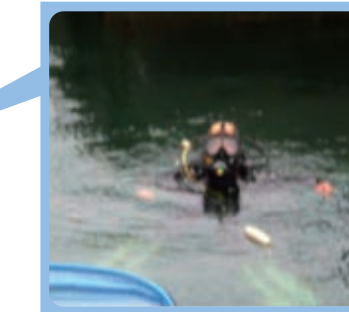
送波器



音響レンズ(受波器)
ダイバーのシャドー(足)



ソナー映像例



ダイバーのエコー

主要諸元

項目	開発成果
周波数	500kHz~1 Mhz
有効レンジ	5~30m
視野角	32度(水平)×30度(垂直)
ビーム幅	0.5度(水平)×1度(垂直) @距離10m)
ビーム数	64本
距離分解能	10cm
フレームレート	10fps
寸法	400mm×400mm×400mm
質量	30kg(空中)
耐水圧	水深10m

■ロボット・システムの動作実績 **現場実証実験状況**

日付 平成 29年 11月1日(水)

場所 豊平峡ダム(北海道札幌市)

■実験の目的
新型機体の自動調査機能、および継目調査時の効率の実証

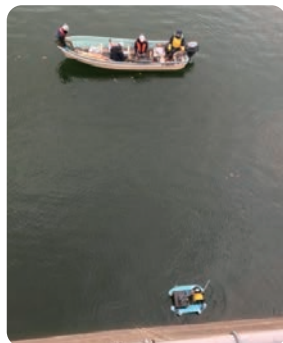
■実験状況



豊平峡ダム



計測中のロボット



調査状況

■結果レポート



調査中の映像 J14垂直継目



モザイク画像 J14垂直継目
[水深0.5m~29m]



平成28年度の実証実験
城山ダム(神奈川県)

ダム調査ロボット

■実用化・事業化に向けた見通し・取組み

■当初計画(平成30-31年度)

自社ビジネス(水中機器の製造・販売)に適用

- ・サンプル出荷と点検デモンストレーション
- ・ダム調査ロボット製造はキュー・アイが行う。
- ・製造したロボットは、水中点検業者であるノダックが点検事業に活用する。(ノダックは水中点検に実績がある有力事業者)
- ・水中音響イメージングソナー製造は日立製作所が行う。
- ・イメージングソナーによる点検デモンストレーションを、各種点検業者に対して実施する。

■展開計画(平成32年度~)

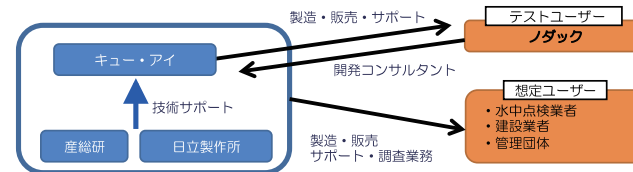
販売の拡大

- ・ダム調査ロボットは水中点検業者、建設業者、ダム管理団体(自治体、電力会社、水道局)への販売を計画している。
- ・水中音響イメージングソナーは、水中点検業者、建設業者、ダム管理団体、警察、防衛省への展開を計画している。

用途の拡大

- ・本ロボットシステムは他の水中構造物の調査にも使用可能であり、コンビナートの蒸留水タンク、その他水槽設備の点検調査等も視野に入れ、普及に取り組む。
- ・水中音響イメージングソナーは、点検用だけでなく、港湾工事の水中施工状況の観察、港湾監視、水中無人機搭載、不法投棄物の水中調査への展開を計画している。

■販売体制



技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

栗栖 正充

学校法人東京電機大学
工学部 教授

本ロボットシステムは、大深度の水中においてもダム堤体のコンクリート面の損傷を調査し、健全性の確認を行うことができる水中調査用ロボットである。水上ロボット・水中ロボットを組み合わせた構成を取ることで、波・風のある環境においても水深60mでの映像を安定に取得できていた。従来の人手による水中点検作業に比べ、安定した品質を確保しつつ安全に作業を行うことができ、かつ大幅な作業時間の短縮も期待できる。機能・性能の改善、現場の点検ニーズの明確化を行いながら、社会実装を目指してほしい。

水中イメージングソナーは小型でありながら、技術的な完成度は高く、リアルタイムで水中の三次元的な音響映像を提示することができるセンサである。点検や調査に先立って行う概査だけでなく、多様な活用が考えられる。早期の製品化を期待したい。

■実験の狙い

安全性確認のための、スクリーニング点検性能の実証



水中音響イメージングソナー

■実験状況



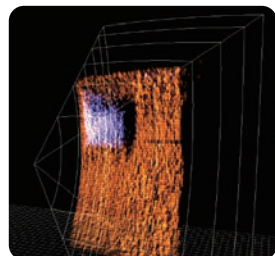
ポートへの設置(人手で可)

水中音響イメージングソナー

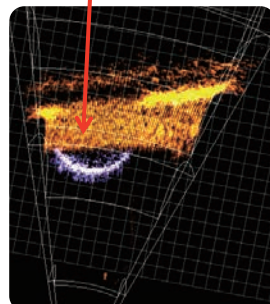
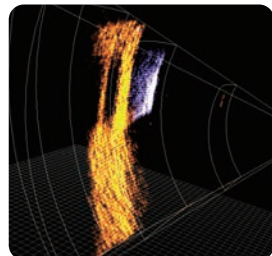


豊平峡ダム

■結果レポート



ソナー映像(堤体部 非常用洪水吐部)



ソナー映像(堤体円柱部)

土石流予測を目的としたセンシング技術ならびに高精度土石流シミュレーションシステム

助成先 国際航空株式会社 株式会社エンルート

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

土石流・火砕流の発生が予測される災害現場において、従来の有人による調査では火山噴火直後に警戒区域が設定されて、火口周辺等の状況を迅速・詳細に調査できないといった課題があった。

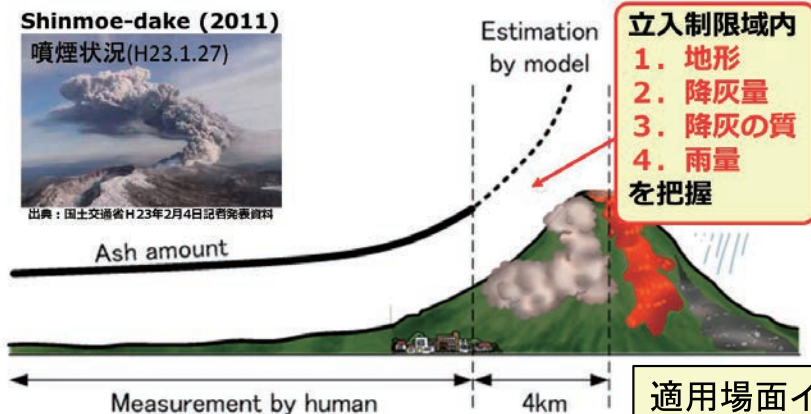
開発技術と効果

開発したロボットシステムはUAVにより立ち入り禁止区域に侵入し、地形計測、土砂採取、表面流発生状況の直接観測により土石流発生に関する情報収集や、氾濫範囲予測に資するシミュレーション精度を向上させることで、被害の軽減や避難情報をより確実に発することを可能とする。

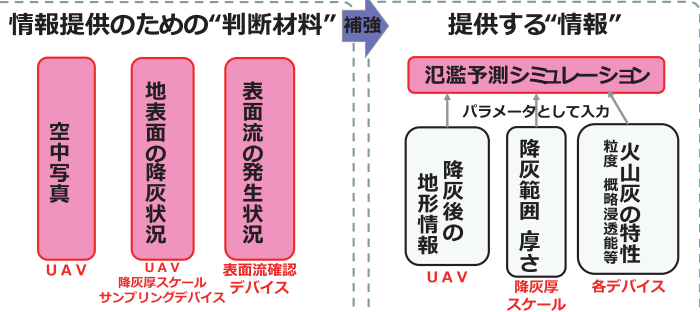
解決する課題 ユースケース(適用場面)

Shinmoe-dake (2011)
噴煙状況(H23.1.27)

出典：国土交通省H23年2月4日記録発表資料



適用場面イメージ

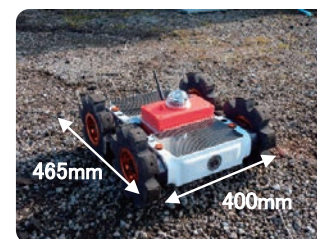
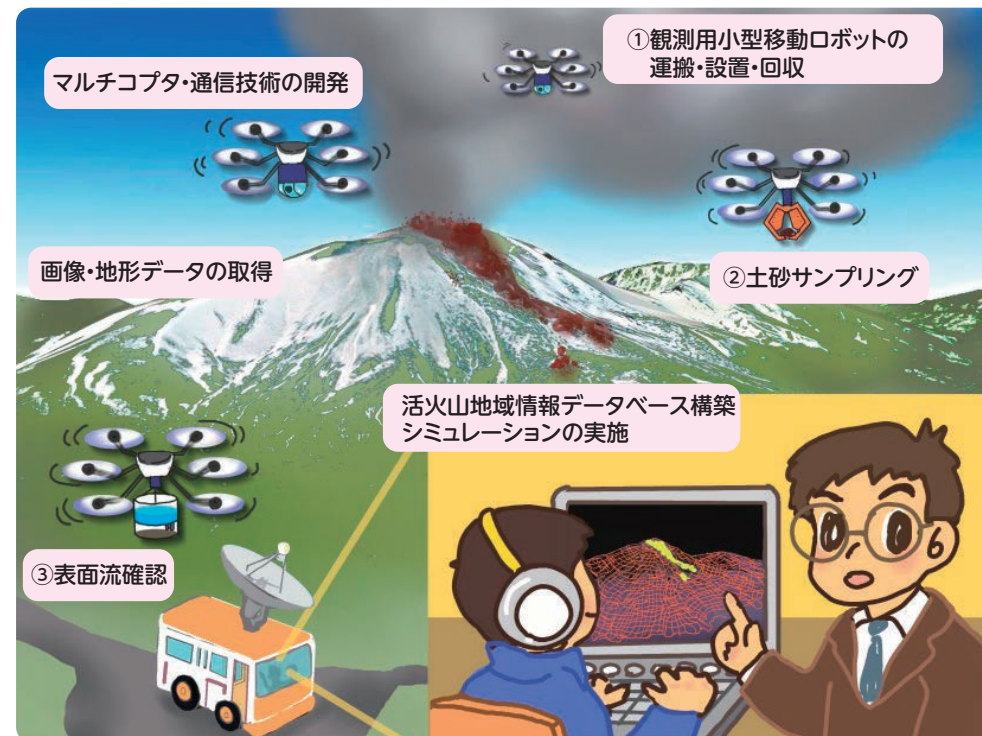


データ利活用イメージ

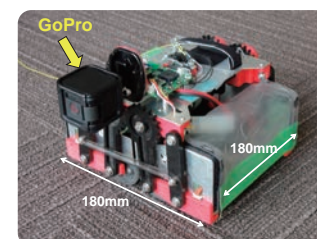
シミュレーションパラメータ・行政の情報提供の判断材料として活用

ロボット・システムの概要 技術的特徴

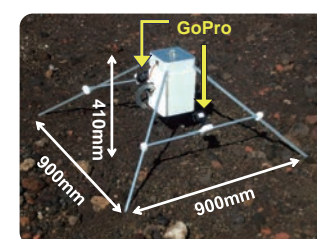
開発技術の概要



①小型移動ロボット



②土砂サンプリングデバイス



③表面流確認デバイス

主要諸元

小型移動ロボット(クローバー)

寸法・重量	全長/全幅/全高	400×465×220mm
	重量	5.0kg
性能	連続稼働時間	約6時間
	最大通信距離	3km(浅間山実績)
	その他	防水機能 センサー搭載可

土砂サンプリングデバイス

寸法・重量	全長/全幅/全高	180×180×90mm
	重量	0.83kg
性能	土砂採取量	50~100g程度/回
	採取可能粒径	0.001~50mm程度
	その他	簡易粒度把握用カメラ搭載

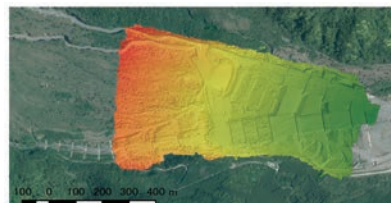
● ロボット・システムの動作実績 現場実証実験状況

日時 平成29年11月24日(金)
場所 雲仙普賢岳(長崎県島原市)

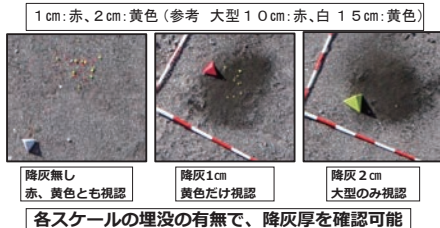
■ 実験の目的

実際の火山噴火の推移を想定し、各デバイスによるデータ取得を実施した。取得したデータを用いて土石流シミュレーションを実施し氾濫範囲を確認した。

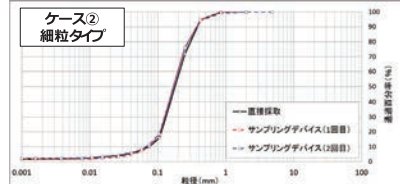
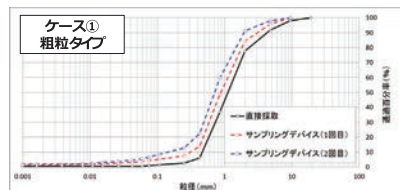
■ 実験状況



地形



降灰量



粒度

粒度	散水後の痕跡	痕跡形状
粗粒 火山灰		クレーター状 (表面流非発生)
粗粒 火山灰		不定形 (表面流発生)

表面流

■ 結果レポート

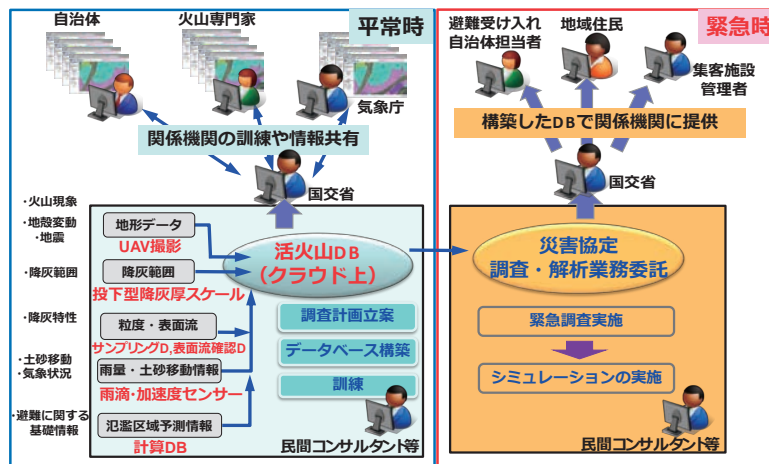


背景図は地理院タイル(オルソ画像)を加工して作成

● 実用化・事業化に向けた見通し・取組み

- ・国際航業等に設置したサーバ内にシミュレーション環境を実現する。
- ・平時は関係機関の訓練や情報共有として、機器を使用し活火山データを提供する。
- ・緊急時には、災害協定に基づいた国交省からの要請に基づき、調査・解析業務を受託し、構築したデータベースで関係機関に情報共有する。

赤字→開発成果の個別活用
青字→開発成果を活用したコンサルティング



技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

浅間

国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科 教授

火山災害の被害を最小限にするためには、土石流の発生の予測が重要である。本プロジェクトでは、火山活動が活発化した際に、立ち入り制限されている火山周辺領域にドローンなどのロボットを派遣し、3次元地形や降灰厚、表面流などを計測したり、火山灰や土砂のサンプルを採取するとともに、それらの情報をもとに土石流の発生を高精度にシミュレートする、実用的な技術開発が行われた。ドローンの災害現場での利用はすでにかなり進んでいるが、本プロジェクトでは、長時間飛行可能なドローン、降灰厚スケール、火山灰サンプリングデバイス、表面流確認デバイスなどの、数多くの新規技術が開発された。これらのデバイスを用い、多様で高精度な情報をシミュレータに入力することが可能になり、従来と比べて詳細な土石流の発生のシミュレーションができるようになった。多くの実証実験を通して改良が加えられ、技術の完成度も高い。実際の災害協定に基づいた活用を検討しており、現場での活用が大いに期待される。

災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム

助成先 株式会社日立製作所 株式会社エンルート 八千代エンジニアリング株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

土砂災害や火山災害の発生現場等の人の立ち入りが困難であった現場において、従来の有人による被災状況計測では、情報収集や監視が困難であり、確度や精度の高い情報が得られなかったといった課題があった。

開発技術と効果

開発したロボットシステムでは、災害発生から変化し続ける現場の状況下でも対応が可能な、空中飛行型の無人ヘリ及び地上移動型無人車両からなる情報収集プラットフォームにより迅速な現場状況の把握と二次災害予測に有用な情報提供を可能とする。

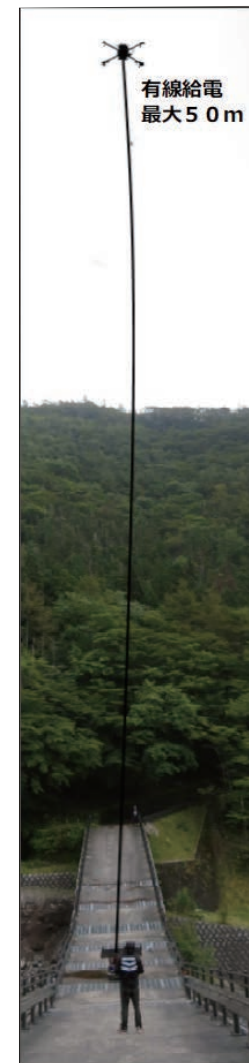
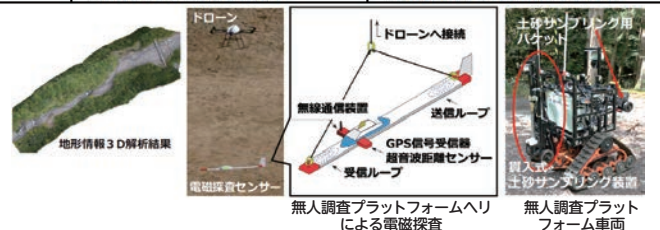
解決する課題 ユースケース(適用場面)

対象とするシチュエーションは、土砂災害及び火山災害
災害が発生した場合、迅速な現場状況の把握と二次災害の予測が求められる。



ロボット・システムの概要 技術的特徴

項目	従来対応	開発システム
状況把握(初動)と計画	 ヘリから目視確認 帰還後、データ解析 ・カメラで写真撮影 ・レーザー距離計で天然ダム形状計測	 UAVによる画像・映像取得 災害対策本部 2Dモザイクング 3Dモデリング
継続監視	 CCTV 崩壊検知センサ ただし、安全確認後でなければ立入り不可 フォトセンサ	 無人調査プラットフォームヘリ 係留型ヘリ 電磁探査センサ 無人調査プラットフォーム車両
物性把握	 人によるサンプリング	 無人ヘリによる電磁探査 無人車両によるサンプリング 無人ヘリによる電磁探査 災害後、迅速に探査・採取が可能
対策検討に必要な詳細地形取得	 GPS地上ステーション TS測量	 GPS、IMU、レーザー LP測量 3Dモデリング



主要諸元

寸法・重量	ヘリ(長距離撮影)		ヘリ(電磁探査用)		無人車両	
	寸法	730mm(モーター対角)	寸法	1500mm(モーター対角)	寸法	1,500×600×1,000mm
飛行重量	3.5kg		飛行重量	8.0kg	飛行重量	250kg
運動	最大距離:30km		運動	最大距離:2km	運動	登坂:35度
速度	20m/s		速度	2m/s以上	速度	8km/h
計測	精度:数10cm以下		計測	解析:地下10m程度	計測	センサ光学、赤外、ガス等

● **ロボット・システムの動作実績** 現場実証実験状況

日付	平成29年10月25日(水)
場所	稲荷川第10上流砂防堰堤付近(栃木県日光市)

■ **実験の目的**

過去に土砂災害が発生し、災害現場が模擬できるエリアでの土砂災害及び火山災害を想定したシステム全体の運用検証を実施し、実用性を評価した。

■ **実験状況**



無人調査車両
CROSDI



電磁探査装置と大形無人調査ヘリ



係留型ヘリと離着装置



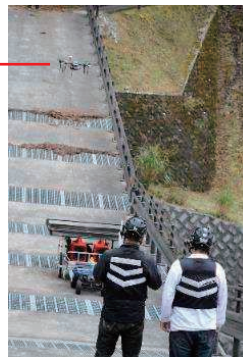
採取された表面土砂



電磁探査の計測状況



最大地上50mから
無線中継
定点観測



離着装置から飛び立つ係留型ヘリ

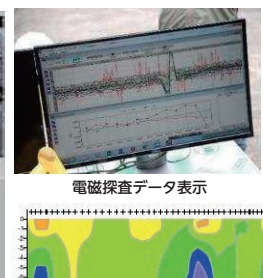
システムが収集した現地の情報を、リアルタイムまたは帰還後の解析により基地で確認
⇒ 国や自治体等の災害対策本部での意思決定に活用する想定



CROSDI遠隔操縦画面



ガスセンサ画面表示

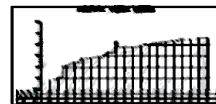


電磁探査データ表示

電磁探査解析結果の例



自律飛行/遠隔操縦の画像表示



3次元地形解析結果の例(断面図)

■ **結果レポート**

- ・無人ヘリによる災害現場全体の情報収集が可能
- ・災害現場全体の状況に基づき、災害現場の情報収集体制を柔軟に構築可能
(無人調査車両・係留型ヘリ・電磁探査などは現地の状況に合わせて適用)

● **実用化・事業化に向けた見通し・取組み**

■ **対象製品**

- ・本事業で開発したシステム一式
- ・本事業で開発した構成サブシステム
- ・本事業で開発したシステム/構成サブシステムを活用した無人機リース・運用・保守サービス

■ **想定マーケット**

- ・国土交通省TEC-FORCE殿が配備する事業やサービス提供事業
- ・自治体、警察、消防、防衛などの災害対応機関が配備する事業やサービス提供事業
- ・公共インフラを保有する指定公共機関が配備する事業やサービス提供事業

■ **事業体制**

- ・製造事業者: (株)エンルート
- ・販売事業者: (株)エンルート、(株)日立製作所、八千代エンジニアリング(株)
- ・運用事業者: (株)エンルート、八千代エンジニアリング(株)
- ・システムの改良・検証: (株)エンルート、産業技術総合研究所、(株)日立製作所

■ **主要方策**

- ・各機関が機器を保有するか、あるいはリースする。
- ・各機関でオペレータを育成するか、あるいは必要に応じ、災害時協定に基づき運用サービスを提供する。

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

木村 嘉富

国土交通省
国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部 部長

本システムは、人の立ち入りが困難な土石流災害現場において、ドローンや無人車両を組み合わせることで即応的に情報収集するものである。災害対応のシナリオに基づいて、土質調査、埋没車両の探査などの計測機能、係留型ドローンによる無線通信中継などが開発されたが、いずれも完成度は高い。災害発生時における初動調査において、従来の方法よりも時間短縮、高精度化が期待される。ある程度適用場面は限定されるが、現場での導入は十分可能であると考えられる。多発する災害現場での活用を期待したい。今後は、登坂能力や段差乗り越え能力の向上、埋没物探査の深さ方向の能力向上などを行い、より広範な現場ニーズに応えられるようになってもらいたい。

引火性ガス雰囲気内探査ロボット

助成先 三菱重工株式会社

開発技術のポイント

適用環境、従来技術と課題

引火性ガスの発生が予想されるトンネル災害発生時に、救助や災害拡大防止のための現場の状況を確認する状況において、従来の消防士等の人が現場に立ち入って確認する手法では引火性ガスの充満の可能性による危険性から、ガス濃度が下がるまで立ち入りができず、内部の状況把握に時間がかかるといった課題があった。

開発技術と効果

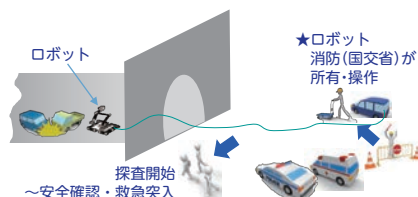
開発したロボットシステムは防爆検定合格した移動ロボットにより、引火性ガスの有無と内部状況を遠隔操作で確認できる事により引火性ガスの発生状況および現場状況を、作業員の安全を確保しつつ、ファーストレスポンドとして迅速・安全に確認する事を可能とする。

解決する課題 ユースケース(適用場面)

引火性ガス雰囲気内探査ロボットの研究開発では、トンネル災害発生時に、従来は、ガソリンやメタンガス等の引火性ガスがトンネル内に充満しているかもしれない、緊急車両や換気装置の到着から安全確認までに、多くの人と時間を要すといった課題があったので、これを解決するロボットシステムを開発した。開発したロボットシステムは**防爆指針(Ex2015)**に適した**防爆性能**を持ち、また、**高い走破性能**により、災害発生時に自身が発火源となることなく、ファーストレスポンドとして内部状況の確認を可能とする。



中央自動車道笹子トンネルでの天井陥落事故(2012年12月)
出典:東山梨消防本部 災害活動レポート「笹子トンネル天井版陥落災害の概要と消防機関の対応について」消防科学と情報 No.112_2013(春季)



ロボットの市場性	導入における課題	現在の取組
消防 消防 国交省地方整備局など ・トンネル災害 消防 ・ガス漏れ 警備 ・危険物処理 化学プラント 石油コンビナート 火力プラント事業者 ・巡回点検 (省力化<監視密度アップ) 原子力防災支援センターなど ・原子力災害への備え	★なにが起こっているかわからない災害現場であり、最も厳しい危険場所0種を要求されるが、現行法律では実現は不可 ★消防は自ら所有し訓練したもののみ現場で使用するため、該当する全消防署に配備する必要がある ↑他省庁やメーカー、近隣の消防が所有し、災害時の管轄消防がレンタル運用するモデルはない	防爆ロボットのプレス発表、展示会出席し、一般に広く情報を発信 消防、地方整備局へPR ★防爆検定(公的機関のお墨付き)が必要、↑取得済 福島原子力発電所や原子力緊急事態支援センターなどへロボットのPR予定

ロボット・システムの概要 技術的特徴

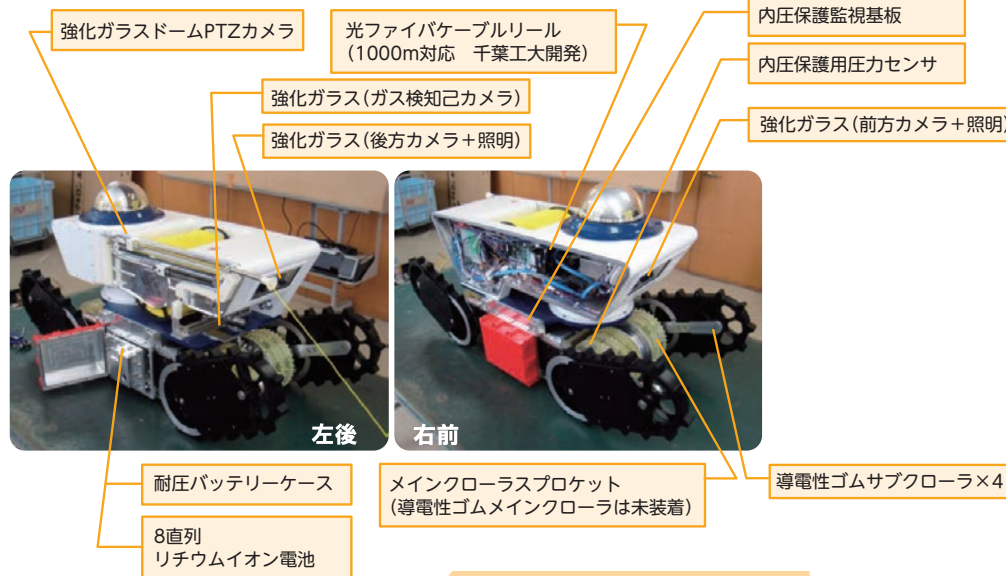
技術概要

原子力発電プラント事故収束支援活動などで実績のある“櫻II号”をベースに、防爆性能やガスセンサーなどの付加により、トンネル陥落現場において引火性ガスの有無を遠隔操作で探査する技術



桜II号[千葉工大開発]

桜II号(防爆仕様)



防爆型式検定合格！
陸上移動ロボットとしては国内初！

申請者	三菱重工株式会社
製造者	三菱重工株式会社
型式	移動ロボット
型式名	MH1-Walker
防爆構造の種類	本機 内圧防爆構造 (p) 1 バッテリーボックス 耐火防爆構造
防爆構造の規格	IEC 60079-14:2011
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用
防爆構造の適用範囲	2011年12月1日より適用

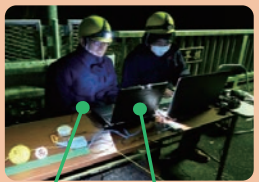
外形寸法(サブローラ収納時)	L710×W420×H540mm
本体質量	60kg
走行速度	1.2km/h
昇降角度	45°
環境情報取得	PTZカメラ、ガス検知器
連続稼働時間	2.5時間
耐環境性	IP67相当(防爆4X要)
通信	有線1000m 無線100m
防爆構造	内圧防爆(本体) + 耐圧防爆(バッテリーボックス)
対象とする場所	ゾーン1
対象ガス、爆発等級及び発火度	II B+H2 T4 Gb (水素を含むガス)
防爆型式検定番号	第TC22032X号

● **ロボット・システムの動作実績** 現場実証実験状況

日時 平成30年 1月17日(水)
場所 青山トンネル・葦尾根トンネル(宮ヶ瀬ダム北岸林道、神奈川県相模原市)

■ 実験状況

操作者:
安全な場所で遠隔操作



オペレーター 操作パソコン

ミッション

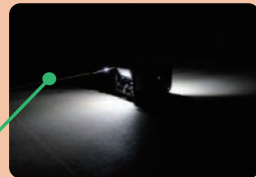
トンネル老朽化により、葦尾根トンネル内にて内壁の一部が崩落し、車両事故が発生。
ガソリンや水素漏洩の可能性があるため、青山トンネル坑口からロボットを進入させ、現場状況を確認(映像取得、引火性ガスの有無の確認)を行う。



■ 試験条件

- ✓目的: 内部状況確認
(車両の画像取得、引火性ガスの有無確認)
- ✓走行距離: 750m以上
- ✓トンネル内: 暗闇
- ✓障害物: 未知

ロボット状況: 搭載する照明のみで暗闇走行



有線通信(光ファイバ)

■ 結果レポート

車両の映像取得
(626m地点)



引火性ガスの有無確認
(ガス検知器反応無し)



障害物踏破
(628m地点)



狭隘部走行
(635m地点)



750m走行
(約1時間で到達)



開発した遠隔操作可能な防爆ロボットにより、少人数、短時間で未知であるトンネル内の状況確認(放置車両や障害物の画像取得、引火性ガスの有無の確認)が可能となった。

● **実用化・事業化に向けた見通し・取組み**

■ **トンネル災害対応だけでは売り切りは困難**

- ・災害はいつ発生するか不明
- ・いつ使用するかわからない機材にお金は掛けられない
- ・ロボットの維持・メンテに継続的にコストが発生



■ **リースによるロボット実用化・普及をリース会社と協議中**

- ・ロボットはリース会社が購入・保持し、リースの形態を取る(販売も可能)
- ・保守メンテはリース会社が実施
- ・ロボット操作は自治体・消防等のユーザが実施する
- ・オペレータの教育・訓練マニュアルを三菱重工業で整備する

■ **別途の研究開発にて、石油プラントや製鉄プラント等の産業プラントにおける巡回点検の日常使いと非常時の災害対応として共用化検討中**

- ・災害調査に限定せず、広く活用領域を検討する
- ・自律移動が可能な防爆移動ロボット開発中

技術委員会メンバーのコメント



インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト
ロボット分野 技術委員

菅野 重樹

学校法人早稲田大学
創造理工学部 教授

本システムは、トンネル災害において初期調査隊(ファーストレスポンド)として状況調査を行うための、高い走破性能と探査性能を有する防爆型の移動ロボットである。トンネル災害では可燃性ガスが充満する危険もあるため、自走式ロボットとして初めて防爆型式検定を取得した意義は極めて大きい。操作性、頑強性に技術課題が残されているものの、過去のトンネル災害を参考にしながら運用シナリオを設定しており、トンネル災害現場に適用可能なロボットとなっている。

実証実験で明らかとなった通信の安定性向上といった技術課題の解決、他の災害現場への適用のための機能追加やオプション設定などにより、早期の実用化を期待したい。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
ロボット・AI部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町 1310 ミューザ川崎セントラルタワー
TEL.044-520-5241 FAX.044-520-5243
<http://www.nedo.go.jp>