

# 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

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>



November 2017 (初版)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

# 目次

## CONTENTS

はじめに

P01

プロジェクト概要

P02

### 橋梁点検

01:「マルチコプタを利用した  
橋梁点検システム マルコ™」

- 川田テクノロジー株式会社
- 大日本コンサルタント株式会社

P04

02:「小型無人ヘリを用いた構造物点検技術」

- ルーチェサーチ株式会社

P06

03:「磁石走行式ロボット等を活用した  
橋梁点検システム」

- 株式会社熊谷組
- 株式会社移動ロボット研究所

P08

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」

- 富士フィルム株式会社
- 株式会社イクシスリサーチ
- 一般財団法人首都高速道路技術センター

P10

05:「インフラ診断ロボットシステム(ALP)」

- 株式会社開発設計コンサルタント

P12

06:「橋梁桁端部点検診断ロボット」

- ジビル調査設計株式会社

P14

### 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」

- 朝日航洋株式会社

P16

08:「可変構成型水中調査用ロボット」

- 株式会社キュー・アイ
- 日立製作所ディフェンスビジネスユニット
- 産業技術総合研究所

P18

09:「水中音響イメージングソナー」

- 株式会社キュー・アイ
- 日立製作所ディフェンスビジネスユニット
- 産業技術総合研究所

P20

### 災害調査

10:「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」

- 国際航業株式会社
- 株式会社エンルート

P22

11:「災害調査用地上/  
空中複合型ロボットシステム」

- 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

P24

12:「[F]火性ガス雰囲気内探査ロボット」

- 三菱重工業株式会社

P26

主任研究者連絡先

P28

## はじめに

高度成長期以降に整備されたインフラのうち、社会インフラは、今後20年で建設後50年以上経過する施設の割合が加速的に高くなり、適切な維持管理が行われないことにより、崩壊や機能不全が発生し、人命や社会に影響を及ぼす危険が高まっています。我が国の主要なインフラでは、数年毎に定期点検を実施していますが、人材の確保及び人件費の削減により、定期点検間の急激な劣化進行等の異常の把握に課題を残しており、また、定期点検時においても目視点検が困難な箇所も存在します。本プロジェクトでは、的確に社会インフラの状態を把握できるモニタリングシステム及び維持管理を行うロボット・非破壊検査装置を開発し問題解決を目指しています。

また、各種センシング技術やロボットを用いた社会インフラ構造物の維持管理・更新技術を開発するものではありませんが、単なる技術開発ではなく、社会課題に具体的にに対応できるシステムを開発することに特徴があります。このため、開発したシステムを実際の橋やダム湖を利用してフィールド検証・評価をしながら改良を重ねています。

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普及し、実際の現場で役に立つきっかけになれば幸いです。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
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)

安川 裕介



# 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。
- 本事業では、的確かつ迅速にインフラ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・非破壊検査技術等の開発を行います。

### 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

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

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

インフラ構造物の中で、人間の立入りが困難な箇所へ移動し、インフラの維持管理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。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。

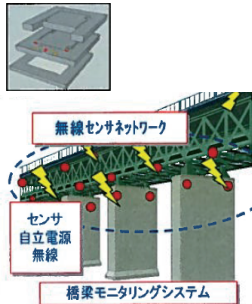
### プロジェクトの実施期間

- ①②③-2 平成26～30年度(5年間)
- ③-1 平成26～29年度(4年間) ただし、途中参加事業者 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

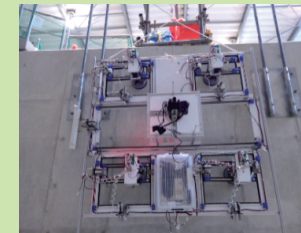
老朽化した社会インフラ  
 ロボットにより橋やダムの点検を効率化、土砂・火山災害の調査

#### 3 ロボットによる点検

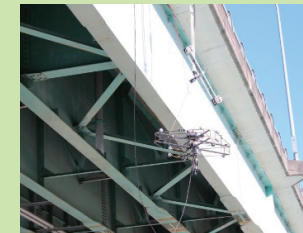


### 開発したロボット一覧

#### 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・懸架型  
 川田テクノロジー



懸垂型  
 富士フィルム



磁力吸着型  
 熊谷組

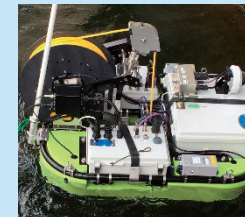


飛行型  
 ルーチェサーチ



アーム型  
 ジビル調査設計

#### 水中点検用ロボット

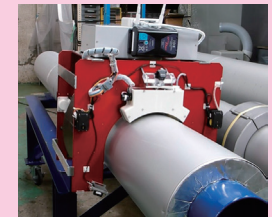


複合型  
 キュー・アイ



水上航行型  
 朝日航洋

#### 非破壊検査装置



中性子センサおよびX線  
 産総研

#### 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

##### <トンネル災害>



移動型  
 三菱重工

# マルチコプタを利用した 橋梁点検システム マルコ™

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

「高橋脚、コンクリート床版橋、鋼桁橋」において、「ドローンを使った写真撮影による点検」では「高橋脚や構造物の陰に隠れた部分(支承部等)の画像の取得が困難である」ということと、普及のためには「従来点検手法と組み合わせた活用を可能にする必要がある」という課題があり、これらを解決するロボットシステムを開発した。

### 開発技術と効果

開発したロボットシステムは、点検員が従来点検と組み合わせ活用できるように、可搬性に優れた機体に操縦支援制御技術を組み込んで、装置の運用の容易化を実現した。実用上の課題への対応としては、安全索により第三者被害を防止する仕組みを考案し、加えて、橋梁点検車上からの運用を実現することで、ロボットシステムの利用の具体案を示した(網羅型)。また、鋼桁橋に磁着して移動し伸長アーム搭載カメラを用いて点検する装置の開発に関しては、遠望観察では撮影不可能な、構造物の陰に隠れた個所の画像の安定的取得を可能にした(磁着型)。

## 解決する課題 ユースケース(適用場面)



高橋脚

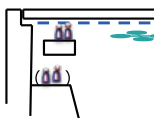


コンクリート床版橋



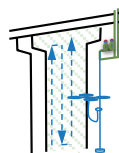
鋼橋

### 場面① 近接目視、チョーキング後の一括撮影(コンクリート部材)



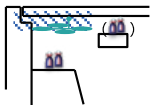
- 現場点検の調書作成を効率化
- 5m×20m程度の橋梁では2時間で撮影

### 場面② コンクリート部材の点検 ※高橋脚、床版橋など

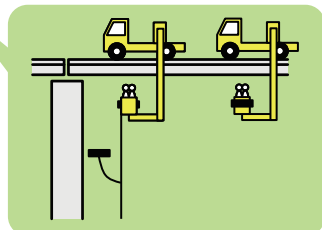


- 橋梁点検車の届かない部所をドローンで撮影
- 撮影速度:5分/100㎡
- 0.2mmのひび割れの100%以上の検出

### 場面③ 鋼桁の細部の撮影

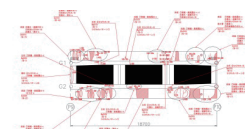


- 橋梁点検車のバケットが届かない範囲の撮影
- 鋼橋の場合鋼桁に磁着しカメラを近接し撮影
- 塗膜割れの確認

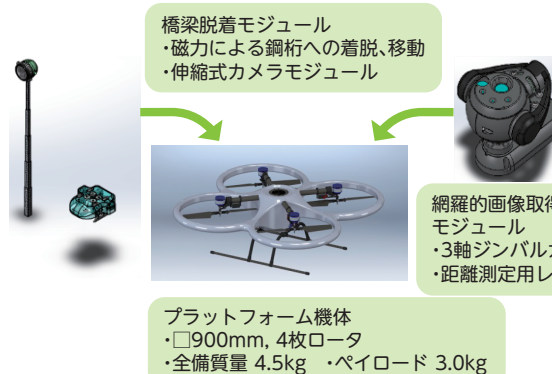


## ●ロボット・システムの概要 技術的特徴

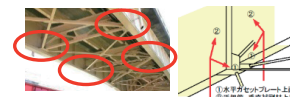
### ■網羅的画像取得用マルチコプタ



あらかじめ計画した飛行ルートに沿って手動飛行し、短時間に高精細な画像を取得。得られた画像を人が目で見て損傷図を作成する。



### ■橋梁着脱型マルチコプタ



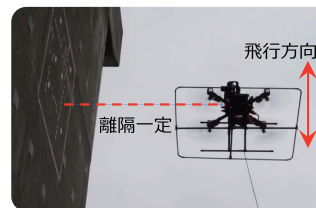
損傷が大きいと予想される箇所に飛行して磁着し、カメラアームを用いて画像を取得。



操縦は次のシステムの支援を受けながら有視界内で手動で行う。

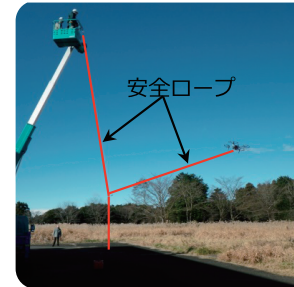
- 超音波センサ、気圧センサを基にした高度制御
- 超音波センサ情報を基にした離隔一定制御
- 速度センサ情報を基にした速度安定制御
- Vision Localization Systemからの位置情報に基づく安定ホバリング
- 機体の逸脱を防ぐ安全装置

### ■離隔一定制御



超音波センサを用いて対象までの距離を計測し、一定離隔で飛行するように制御する。

### ■安全装置



万一の場合でも機体が作業空間内から逸脱することを防ぐ。

## 主要諸元

### マルチコプタ本体

寸法・重量	全長/全幅/全高	900 mm×900 mm×430 mm
	空虚重量	3,100 g (バッテリー除く)
ローター	ローター数	4 基
	ローター直径	15 inch
飛行性能	最大飛行速度	10 m/s
	最大飛行時間	10 分
操縦支援装置		姿勢安定制御
		離隔一定制御(前左上)
		高度制御
		安定ホバリング(水平面内)

### 網羅的画像取得用機体

寸法・重量	全長/全幅/全高	900 mm×900 mm×600 mm
	重量	5,900 g (バッテリー含む)
点検性能	搭載センサ	カメラ(4K動画、壁面正対制御装置付き3軸スタビライザー上に搭載)
	精度	0.1mmひび割れが検出できる画像取得

### 橋梁着脱型機体

寸法・重量	全長/全幅/全高	900 mm×900 mm×500 mm
	重量	7,000 g (バッテリー含む)
点検性能	点検方式	鋼桁橋に磁着後、移動、カメラ搭載アームにより遠望から確認できない部位を撮影
	搭載センサ	カメラ(有効画素数2010静止画、1軸伸縮アーム、2軸ジンバル上に搭載)
	精度	腐食、塗膜割れの検出

# 02 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

### 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。

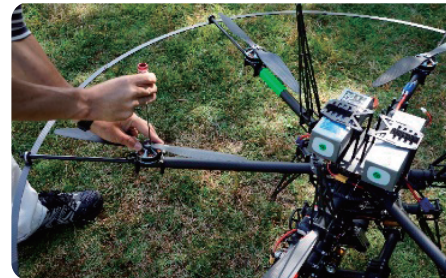
小型無人ヘリを使用して高熟練の操縦士の目視飛行により安定で高精細な表面画像を撮影する。画像をつなぎ合わせた合成画像から、損傷の種類と位置を特定し、構造物点検調査作成を支援するシステムを開発した。



## ロボット・システムの概要 技術的特徴

### プロペラガードの装着

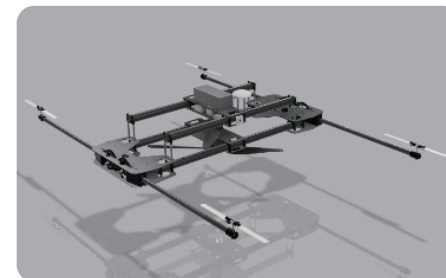
・現場の環境状況や作業者の熟練度に応じて現場で臨機応変にプロペラガードを脱着可能



### 可変ピッチプロペラ

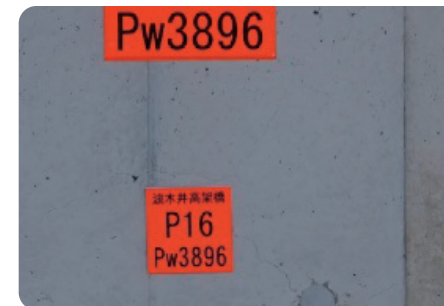
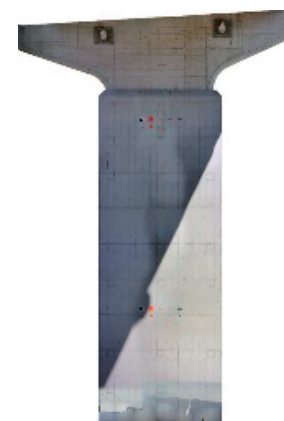
・風の乱流や吹上風に対抗可能な高機動機体の実現

・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×4軸の可変ピッチプロペラの操作により水平、垂直方向へ移動することにより、可変ピッチ構造の小型化を実現した。



### 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	95 x 95 x 50cm	120 x 85 x 35cm
機体重量	6.1kg	3.9kg
搭載可能重量	2.6kg	0.5kg
最長飛行時間	25分	10分
耐風速度	地上風速10m/秒	地上風速10m/秒

# 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、「落下防止養生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「高所作業等の危険作業をする必要があり、落下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「落下防止ネット越しでの走破が可能な磁力吸着機構」により、「落下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)

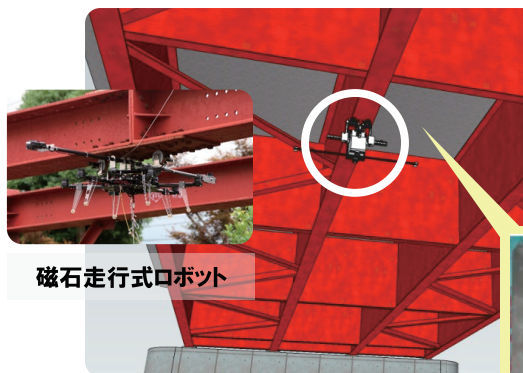
鋼桁の道路橋を対象とし、これらの橋梁床版のひび割れ検出等の点検を、橋下からアクセスして点検部位を撮影可能なシステムを開発した。

従来手法では、橋上から橋梁点検車で点検する場合は橋梁上部の通行規制が必要であったり、橋下から作業員が近寄る場合は橋梁下に足場等を設けることが必要であったりして、準備や後片付けに大きな労力を必要としていた。

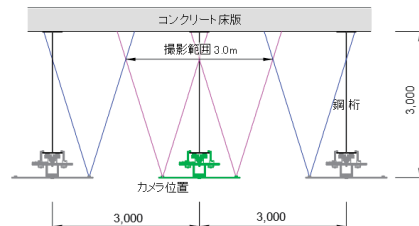
更に、落下防止養生ネットが張られている場合は、作業員が近寄ることがそもそも困難だった。

そこで、鋼桁に磁石で吸着でき、大型で操舵し易い薄型磁石輪を使用することにより走破性・操作性を高めた移動ロボットを開発した。このロボットは、軽量であるため、準備や後片付けが簡便で、ローター推力を併用することで落下に対する安全性も確保している。ロボット側面から張り出したアーム先端のカメラで床版全体を撮影する。

## 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



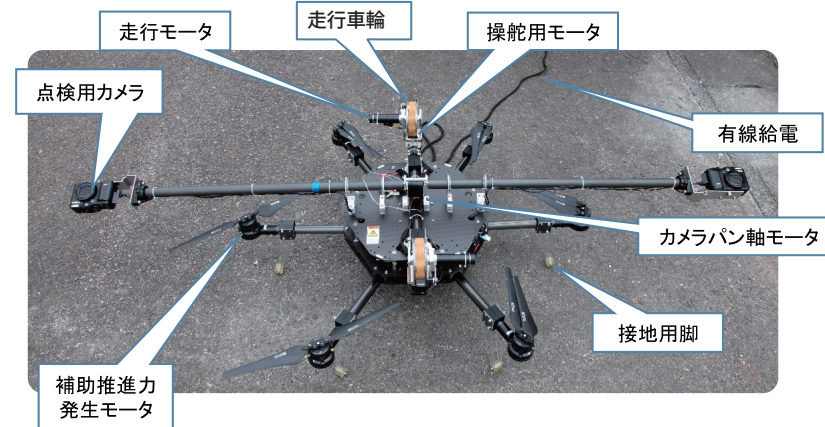
磁石走行式ロボット



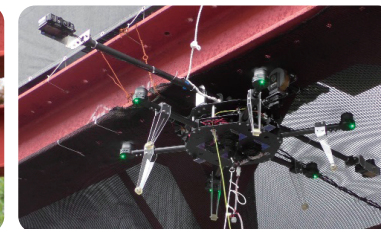
コンクリート床版 概略展開図

## ● 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前後に比較的直径の大きな複合型磁石車輪を装備
- ③添接板の踏破および防護網も安定して走行
- ④前後に独立した操舵機構を採用
- ⑤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
  - ・移動と停止撮影の繰返しをプログラム制御することで操作員の負担軽減
  - 主桁ごとに往復して検査用撮影を実施
- ⑥軽量なためロボットの主桁への取付が簡単



添接板の走行



保護ネットの走行



取得された画像(7枚を合成)

落下防止ネット越しに床版の画像を取得できた。また、床版の画像も鮮明でひび割れ等を確認することができた。

## 主要諸元

寸法・重量	全長/全幅/全高(600×350:280本体)	1,100×1,800
	重量	6,800g
性能	走行速度	30cm/sec
	添接板踏破	20mm
	移動精度	1mm以内
	ひびわれ検出(1,470万画素カメラ)	0.2mm以上

# 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 株式会社イクスリサーチ 一般財団法人首都高速道路技術センター

## 開発技術のポイント

### 適用環境、従来技術と課題

「鋼鉄桁橋の鋼部材・RC床版の点検」において、「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、点検効率の向上、高架下に足場が設置できない橋梁、あるいは通行規制の影響が大きい橋梁での点検への対処」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「鋼鉄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自動点検ロボット」により、「交通規制が不要で、点検員の負担が少なく、経済的な点検が可能であり、安定性、耐候性、精度、自動化等でバランスのとれたロボット点検を実現し、RC床版のひびわれ自動抽出による効率的な調査作成」を可能とする。

## 解決する課題 ユースケース(適用場面)

### 対象

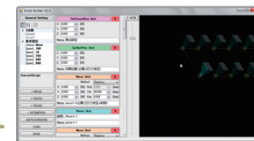
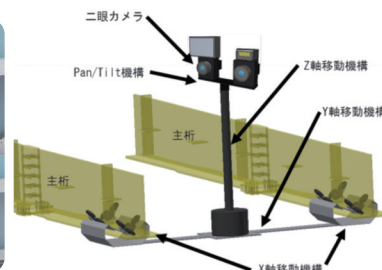
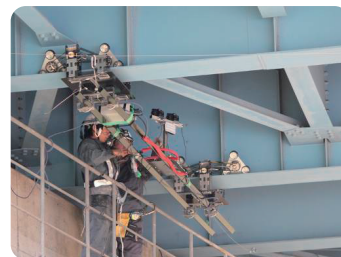
- (1)対象橋梁: 鋼鉄桁橋
- (2)点検対象: 鋼部材及びコンクリート床版
  - ・主桁フランジに懸架するロボット
  - ・床版や鋼部材の腐食や割れ等の損傷多発部位の詳細を撮影
  - ・格間サイズを自動認識して撮影計画を自動作成



### ユーザーニーズと解決手段

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)約9分/格間を実現するロボット・撮影+画像処理のコンビネーション (2)半自動運転により、オペレーターに依存しない、簡便・無駄の無いロボット動作
	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)画像処理技術で実現する床版自動合成、ヒビワレ自動検出機能による効率化
2.品質	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
	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



スクリプト動作による半自動運転

## 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



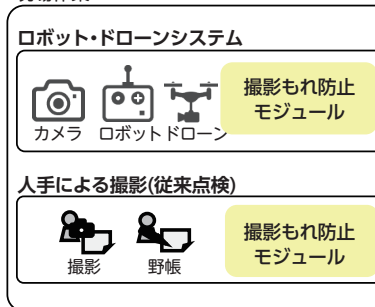
X軸・Y軸駆動部で橋梁下を自在に移動



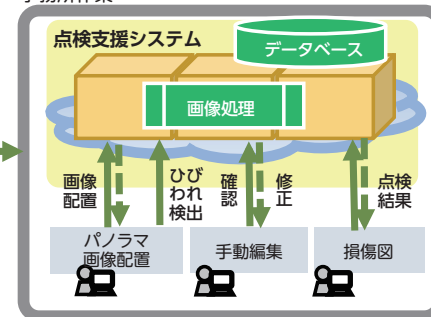
伸縮するZ軸アームでカメラを格間内に伸ばして必要角度から撮影

## 内業システム

### 現場作業



### 事務所作業



床版ひびわれ  
図作成支援

ひびわれ検出率  
0.2mm90%,  
0.1mm50%

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システムを提供

## 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
操作	計測精度	0.1mmのひび検知可能
	操縦方式	有線による遠隔操縦

# 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構造物のコンクリート製鉛直壁面」においては、「高所作業用の足場を設置したり、ロープを用いたクライミングによったりと人間による点検調査を行っているが、足場の設置等に手間がかかったり、落下等の危険性も高い」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、「コンクリート製鉛直壁面を、脚に設置したパッドを真空で吸着させながら移動し、点検対象箇所まで近接して数種類のデータを取得する」ことにより、「足場を設置しなくても安全で経済的な高所における点検作業」が可能となる。

## 解決する課題 ユースケース(適用場面)

コンクリート製鉛直壁面の高い所等の人間が簡単に行くことが難しい箇所において、点検調査で必要とするデータの取得に活用が可能である。吸着パッドにより壁面に吸着して自律移動しつつ、ロボット上の移動架台(マニピュレータ)に搭載したセンサーで詳細な検査が行える。点検調査用に取得できるデータは、高精細画像データ・打音データ・電磁波反射データの三種類である。また、橋脚とほぼ同じ構造のダムの洪水吐ゲートピア側壁等にも適用可能である。



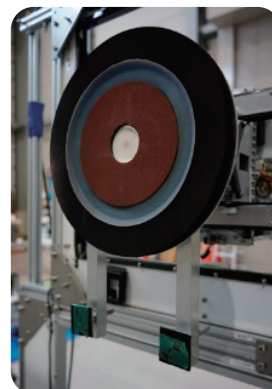
洪水吐ゲートピア

- ・高所作業においては、足場の設置が不要となり、作業を安全に行えるようになる
- ・調査内容が、調査員の技量によらず、規格化されたデータで品質が保たれる
- ・熟練技術者の不足を補える
- ・全体的に効率と経済性を向上させることができる

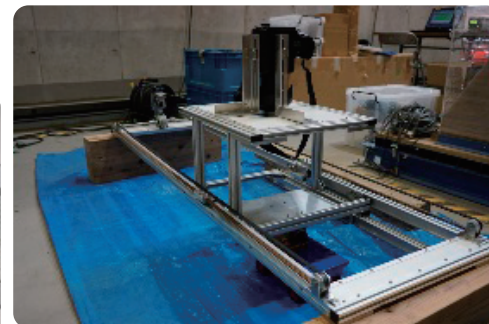


## ロボット・システムの概要 技術的特徴

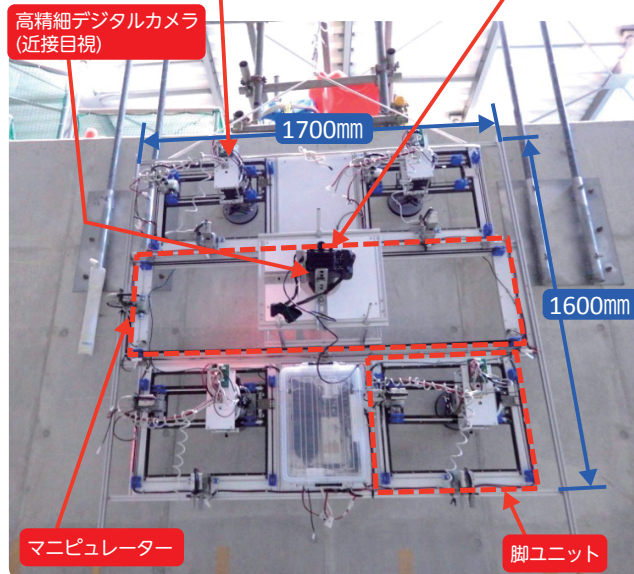
ロボット『ALP』は、真空吸着式パッドを用いてコンクリート壁面に吸着しながら上下・左右に移動し、搭載したカメラ・打音装置・電磁波レーダで、測定を実施する。まず最初に、橋梁の下部構造であるコンクリート製橋脚に適用する。壁面に吸着する機構であることから、打音装置や電磁波レーダを壁面に接触・密着させることができ、0.2mm以上の幅のひび割れを正確に判定できる高精細画像を接近して撮影できる等、国土交通省が「橋梁点検要領」に定める近接調査について、人間とほぼ同等の調査が実施できること、並びに劣化速度が速い要因の一つである塩害について調査できることを目指している。



真空吸着吸盤



統合型マニピュレータ  
(計測器用移動架台)



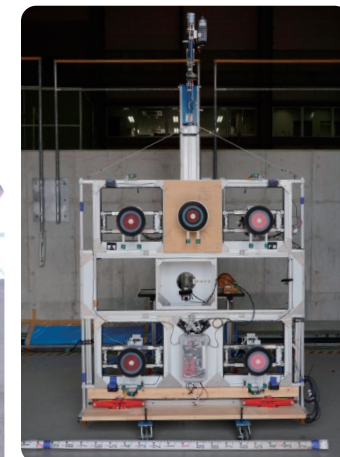
高精細デジタルカメラ  
(近接目視)

1700mm

1600mm

マニピュレーター

脚ユニット



3号機:向上型(開発中)

## 主要諸元

高さ	1,600mm
幅	1,700mm
厚さ	750mm
重量	54.5kg(全体)
走行方式	脚ユニット独立制御

### 3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

『ALP』は、中央部に測定装置を水平に移動させて測定するマニピュレータを配置し、その上下に走行装置を配置した構造となっており、走行装置には壁面に吸着するための機構をユニット化した脚2本を配置している。そのため、搭載する測定装置や測定長さの変更にはマニピュレータの改造で、また重量増加に対しては脚ユニットの個数や配置の変更で対応できる等、拡張性が高い。



# 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、従来の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（架設足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)

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。

側道橋等



トラス橋



点検車が載らない橋



コンパクト台車をベースとする  
アーム懸架型ロボット



橋面上からのアーム懸架

### 点検上の課題を解決



点検障害物(土砂・劣化塗膜等)



点検作業の効率化と安全性向上



人の立入りが出ない  
狭隘部分

## 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。



- ・水平アームの複線化による点検効率化
- ・バランスウエイト台車による安定化
- ・噴出清掃装置による土砂除去
- ・狭隘部点検用多関節アームカメラによる点検困難部の点検



点検障害物  
(土砂・劣化塗膜等)



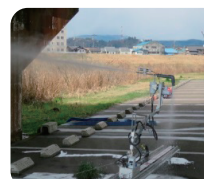
人の立入りが出ない狭隘部分



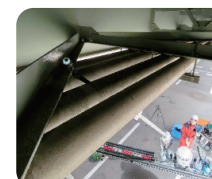
水平アーム上の点検ユニット  
の交換が効率阻害



点検作業の安全性向上が必要



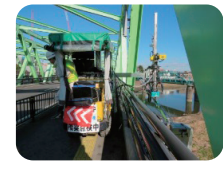
噴出清掃装置  
橋梁桁端部の土砂やほこり  
等の点検障害物  
噴出水により除去



狭隘部点検カメラロボット台車  
点検用多関節アームカメラを  
挿入



懸架ロボットの水平アームの  
複線化、バランスウエイト台車  
複線化による効率化、と水平  
アームのバランス性向上



橋上母機からの遠隔操作  
安全な点検作業環境

## 主要諸元

全長	約 3,500mm
全幅	約 1,240mm(クローラ本体部)
全高	約 2,250mm
重量	想定重量 2,500kg

### 噴出洗浄台車

使用洗浄機	鶴見製作所 HPJ-6150E Max 14.7MPa・15.2L/min
使用洗浄ノズル	いけうち製 CP56 オリフィス径 1.2mm
機械寸法	洗浄機 592×640×635 mm (持ち手含まず)
ノズル可動範囲	噴射洗浄台車 アーム長さ 1,000mm
アーム可動域	水平～約 60°
操作方法	橋上からの有線による遠隔操作
目標視認用カメラ	WATEC製 WAT-240E(G3.8)
画素数	640×480
給水方法	貯水タンクに一度貯めてから、洗浄機への給水

### 狭隘部カメラ台車

使用カメラ	KARL STORZ (WOHLER OEM)製 VIS-350
	画素数 656×492
	レンズ f=2.3mm F=2.5
	視野角 対角 150° 水平 100° 垂直 80°
	光源 LED×12
	感度 0.5 lx
	バッテリー動作時間 60分 (予備 1個で最大 120分)
アーム長さ	1450mm～2450mm 伸長 1000mm
アーム可動角度	0～約 80°
操作方法	橋上からの有線による遠隔操作 ・台車操作盤とカメラ操作盤を用いての操作

# 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

### 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器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

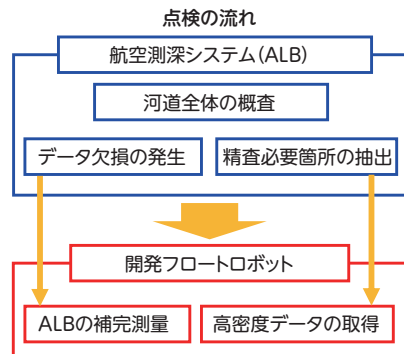
## 解決する課題 ユースケース（適用場面）

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
- ◆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る、効率的かつ高度な河川点検を実現する。

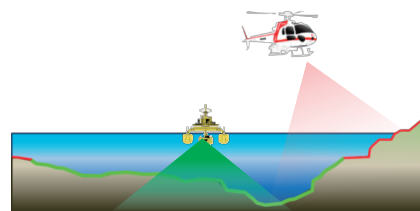
航空測深システム（ALB）とフロートロボットの組合せで河川全体を効率的に点検



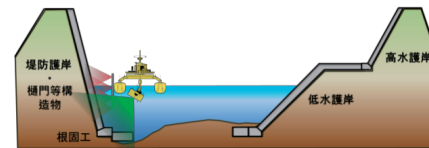
## ロボット・システムの概要 技術的特徴

### 河道（低水路）点検

音響測深器により、ALBで取得不可能な河床の三次元高密度群データを取得

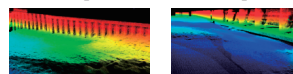


### 河川管理施設点検

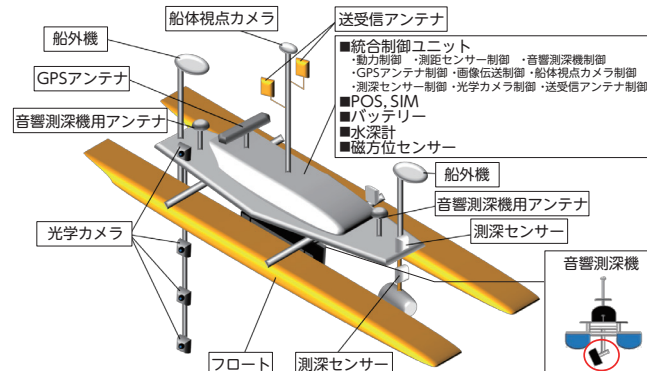


位置情報を付与された3次元点群データ、モザイク画像を作成することにより、異常箇所の位置特定や経年変化の確認が可能

【三次元点群データ】



【モザイク画像】



## 主要諸元

寸法・重量	全長/全幅/全高	4.5m / 1.7m / 2.0m
	重量	315kg ※カメラユニット搭載時350kg
主要搭載物	動力	船外機 × 2
	バッテリー	Li-ION 12V80AH × 2
		Li-ION 24V80AH × 2
対応可能ソナー	SONIC2024 / SONIC2022	

運動性能	最大航行速度	4kt
	対応流速	1.5m/s
測深性能	動作周波数	200~400kHz
	測深分解能	1.25cm
	単一ビーム幅	Sonic2024: 0.5° × 1.0°
Sonic2022: 1.0° × 1.0°		

# 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 日立製作所ディフェンスビジネスユニット 産業技術総合研究所

## 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)



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、以下の基本要件・ユーザーニーズをロボットシステムにより解決する。

### 国交省基本要件

- ①濁水中への対応
- ②高効率/低コスト
- ③高精度な位置測位
- ④多様な現場対応

### ユーザーニーズ(独自調査)

- 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  
[調査器材に関する]
- d. 扱い易く軽量・コンパクトかつ低コスト
- e. 均一な調査品質と調査の自動化・省力化

### 新型機の開発

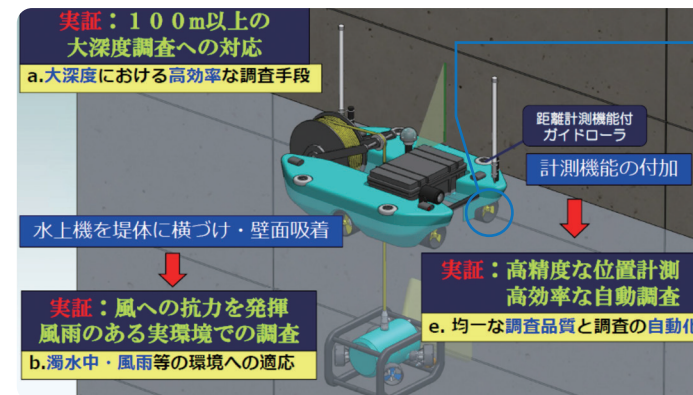
- 軽量化・コスト低減
- d. 軽量・コンパクトかつ低コスト
- c. 現場における幅広い調査への対応



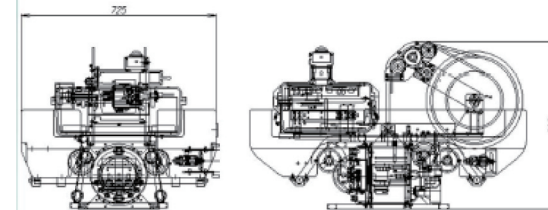
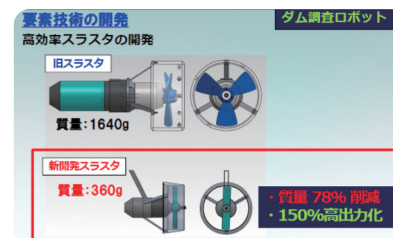
最少運用人員 2名  
ワンボックス車 1台で全設備を運搬

潜水士による水中点検の様子

## ●ロボット・システムの概要 技術的特徴



新開発スラスタ  
・質量360g(78%削減)  
・高出力化150%  
→位置保持力の向上



空中重量:69kg  
(水上機54kg+水中機15kg)  
稼働時間:12時間(見込み)  
速度:1.6ノット(0.8m/秒)  
防水性能:波浪に対する保護(IP65程度)

### 主要諸元

技術開発項目	達成目標
—	連続稼働時間 7時間
—	最小運用人数 2人
水上ロボット	重量 60kg
	寸法 1.0×0.7×0.5m
	運行速度 1.5knot
	重量 20kg
水中ロボット	寸法 0.4×0.35×0.3m
	耐圧深度 130m
	濁度 画像鮮明化技術で対応 濁度5度以上はクリアサイトで対応
操作インターフェース	重量 20kg
D2.水中壁面自動調査技術の開発	調査効率 280m <sup>2</sup> /h(離隔1m)
—	離隔 0.3m~10m
D3.外部環境対応技術の開発	耐風性能 風速8m/secまでは自動調査可能 8m/sec以上は外部補助装置で対応
D4.報告書作成支援プログラムの開発	異常箇所のリアルタイム記録機能 —
—	水中マップ自動生成プログラム — 100m <sup>2</sup> の水中マップを2minで出力する(離隔1m)
—	自動報告書作成プログラム — 70%完成度の報告書雛形を25minで作成する
D5.水中ロボット用アタッチメントの開発	クリアサイト搭載 離隔0.08~0.5mに対応する
—	近接用ガイドアーム 濁度30度の水中において映像取得が可能

## 水中音響イメージングソナー

助成先 株式会社キュー・アイ 日立製作所ディフェンスビジネスユニット 産業技術総合研究所

### ●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「高精度のものでは高額であり、それ以下のものは解像度が不足する」といった課題があった。

#### ■開発技術と効果

開発したロボットシステムは「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 コースケース(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**  
目標:点検用(水中)ロボットの安全航行のために、水中構造物の形状及びロープの状態(有無)を視認可能とする

**[2014.2015年度成果]**

測定精度:左右上下:17cm、距離:26cm  
リアルタイム3D映像取得可能

障害物 壁 ポート ソナー 外観図 ソナー位置

ソナー映像例(日立社内水槽)

安全性確認のためには、高分解能化が必要(障害物(50cm角)は視認できるものの、ロープは視認できず)

NEDO

目的:点検用ロボット投入前の安全性確認のためのスクリーニングが可能であることを実証実験において確認する  
内容:水中にロープ等の浮遊物を設置し、リアルタイム3D映像により確認する

リアルタイム3D映像でロープ等の浮遊物を確認する

ロープ等の浮遊物を設置

ソナーをポートから吊下する

### ●ロボット・システムの概要 技術的特徴

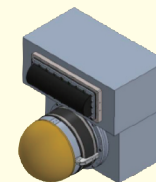
#### ■リアルタイム3Dイメージングソナーの高分解能化

水中音響イメージングソナーの開発(2017年末の達成目標)

- (a) 高分解能化Verの製造試験完了
- (b) 製品信頼性の向上

2016.2017年度版

番号	項目	値
1	ビーム数	64×60本(垂直×水平)
2	ビーム幅	1.0×0.5deg(垂直×水平)
3	視野角	34deg×30deg(垂直×水平)
4	距離分解能	10cm
5	フレームレート	最大10fps
6	撮像距離	5~20m
7	寸法	40×40×40cm(外形)
8	質量	30kg以下



水中音響イメージングソナー  
完成イメージ図(高性能Ver)

#### ■リアルタイム3Dイメージングソナーの高分解能化(2016年度成果)

水中音響イメージングソナーの開発

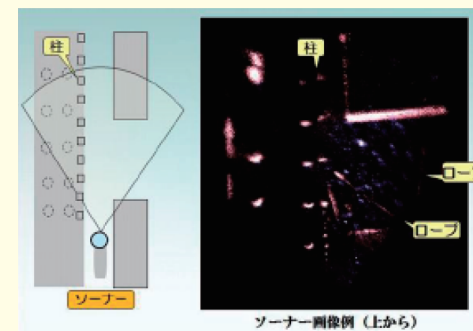
- (a) 高分解能化(試作機)を製造、日立独自に実証実験を実施し、ロープが視認できることを確認
- (b) 完成Verの部品製作・手配完了

2014.2015年度版

番号	項目	値
1	ビーム数	64×30本(垂直×水平)
2	ビーム幅	1.0×1.0deg(垂直×水平)
3	視野角	34deg×30deg(垂直×水平)
4	距離分解能	26cm
5	フレームレート	最大20fps
6	撮像距離	5~20m

2016.2017年度版

番号	項目	値
1	ビーム数	64×60本(垂直×水平)
2	ビーム幅	1.0×0.5deg(垂直×水平)
3	視野角	34deg×30deg(垂直×水平)
4	距離分解能	10cm
5	フレームレート	最大10fps
6	撮像距離	5~20m



実証実験時のソナー画像例(日立独自実施)

# 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 国際航業株式会社 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「土石流発生の可能性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)

### 開発技術の概要

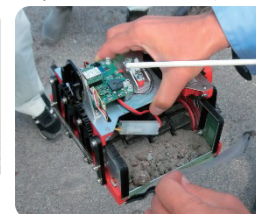


## ロボット・システムの概要 技術的特徴

ドローンによる画像取得、地形情報取得



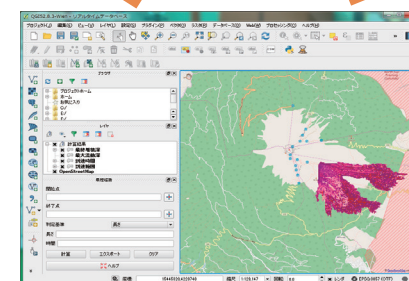
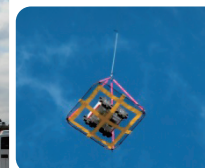
ドローンから吊下して使用する土砂サンプリングデバイス



ドローンから吊下して使用する表面流確認デバイス



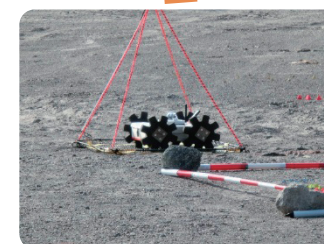
ドローンから吊下する小型移動ロボットによる現場状況調査の状況



土石流シミュレーション



降灰量を上空から観測するための投下型降灰厚スケール



小型移動ロボット(災害現場を撮影/雨量等の計測)

### 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	830g
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

# 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 コースケース(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。**



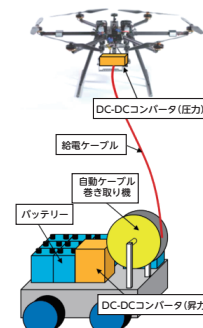
① 発災直後：自律飛行ヘリで災害現場全体の情報収集  
 : 映像⇒リアルタイムで提供⇒2Dモザイクング⇒広域状況地図生成  
 : 画像⇒帰還後3Dモデリング⇒三次元地形解析⇒緊急調査展開(粗い汎用シミュレーション)



## 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)と計測	<p>ヘリコプターから目視確認</p> <p>帰還後、データをとりまとめ</p> <p>デジタルカメラによる写真撮影 レーザー距離計で天然ダム形状の計測</p>	<p>UAVによる画像・映像取得</p> <p>地上解析装置</p> <p>災害対策本部</p> <p>20mモザイクング</p> <p>30mモデリング</p> <p>● 確認・計測精度、取得画像精度の向上 ● 時間短縮、ニアリアルタイムで情報共有</p>
継続監視	<p>BCTV</p> <p>前線技術者による</p> <p>ワイヤセンサー</p> <p>ただし、安全確認後でなければ立ち入りができない</p>	<p>UAV</p> <p>投下装置</p> <p>保留型ヘリ車両</p> <p>UGV</p> <p>地清り検知センサー</p> <p>● 安全確認後でなければ立ち入りができないため、設置に時間を要する ● 災害後、迅速に監視体制に入れる ● ニアリアルタイムでの監視が可能</p>

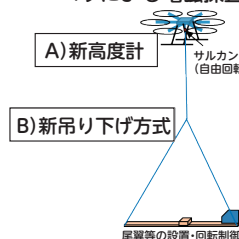
項目	従来対応	開発システム
物性把握	<p>人によるサンプリング</p> <p>● 安全確認後でなければ立ち入りができないため採取に時間を要する</p>	<p>UAVによる電磁探査</p> <p>UGVによるサンプリング</p> <p>● 災害後、迅速に探査・採取が可能</p>
対策検討に必要な詳細地形取得	<p>LP 測量</p> <p>TS 測量</p>	<p>3D モデリング</p> <p>● 測量に時間を要するため、迅速に対策検討が実施できない ● 災害後、迅速に地形を取得できるため、早い段階から対策検討が可能</p>



保留型ヘリシステム



無人プラットフォームヘリによる電磁探査



## 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	940mm(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
性能	速度	20m/s	速度	10m/s	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

# 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

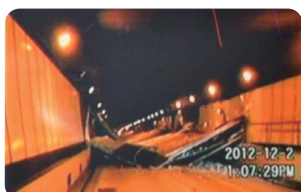
「引火性ガスの発生が予想されるトンネル災害発生時に、救助や災害拡大防止のための現場の状況を確認する」状況において、従来の「消防士等の人が現場に立ち入って確認する手法」では「引火性ガスの充満の可能性による危険性から、ガス濃度が下がるまで立ち入りができず、内部の状況把握に時間がかかる」といった課題があった。

### 開発技術と効果

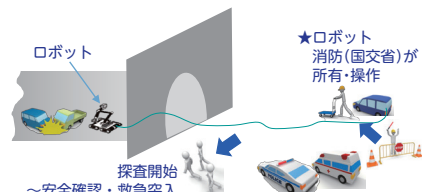
開発したロボットシステムは「防爆検定合格した移動ロボットにより、引火性ガスの有無と内部状況を遠隔操作で確認できる事」により「引火性ガスの発生状況および現場状況を、作業員の安全を確保しつつ、ファーストレスポンドとして迅速・安全に確認する事」を可能とする。

## 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)に適合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板落下事故(2012年12月)



ロボットの市場性	導入における課題	現在の取組
消防 国交省地方整備局など ・トンネル災害	★なにが起こっているからならい災害現場であり、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、地方整備局へPR
消防 警備 ・危険物処理	★防爆検定(公的機関のお墨付き)が必要 ↑取得済	防爆巡回・点検用の防爆ロボットの開発を調査・計画中心(石油化学系)
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)	★防爆として最も厳しい水素ガス対応が必要 ↑対応済	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
原子力防災支援センターなど ・原子力災害への備え		

## ●ロボット・システムの概要 技術的特徴

### ■技術概要

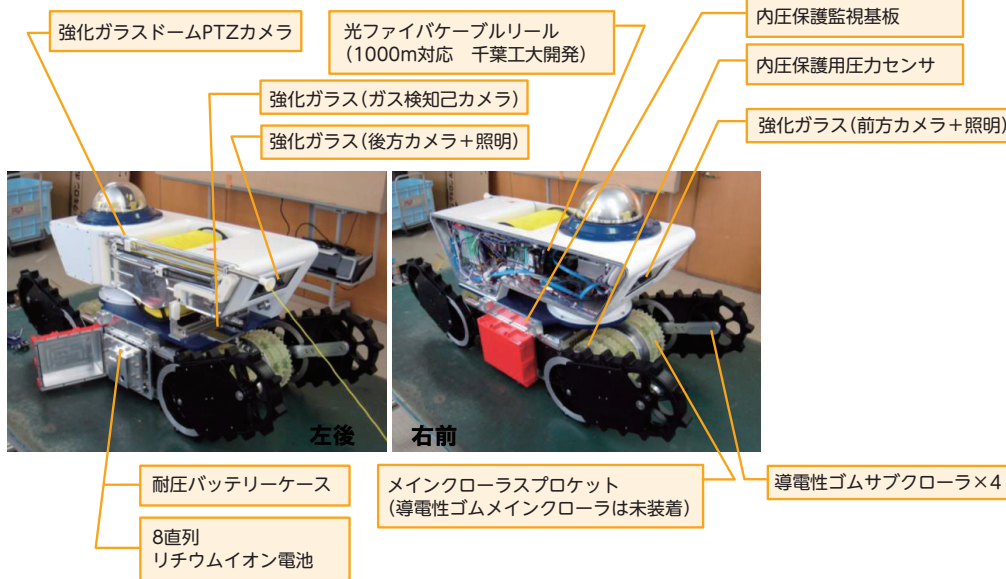
原子力発電プラント事故収束支援活動などで実績のある“桜Ⅱ号”をベースに、防爆性能やガスセンサなどの付加により、トンネル崩落現場において引火性ガスの有無を遠隔操作で探査する技術



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!

防爆構造電気機械器具型式検定合格証	
申請者	三菱重工株式会社 ユニバーサル・産業デザイン 原子力事業部
製造者	三菱重工株式会社 ユニバーサル・産業デザイン 原子力事業部
品名	移動ロボット
型式名称	MII-Wallaby-Ex
防爆構造の種類	本体 内圧防爆構造 (px) バッテリーボックス 耐圧防爆構造
防爆構造は防爆の構造等級及び型式	II B+H L T 4 Gb
適用標準	工業標準化委員会規格 (防爆適合技術指針) JIS B 9910-1:2015
防爆構造の種類	バッテリーボックス リチウムイオン二次電池 製造者: 三菱重工株式会社 型式: MII-Wallaby-Ex 電圧: DC 24V, 6V 容量: 15Ah
入力電圧	無負荷LAN 10mW/2.4GHz
最大動作圧力	3kPa
検査内容	防爆適合部分の点検については、取扱説明書を参照すること。
型式検定合格番号	第 17C220322 号
有効期間	平成28年7月8日から平成31年7月7日まで
更新期間	平成 年 月 日から平成 年 月 日まで
再検期間	平成 年 月 日から平成 年 月 日まで
備考	機械等検定規則による型式検定に合格したことを証明する。
型式検定実施者	公益社団法人 産業安全技術協会

## 主要諸元

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	IP47相当(防爆4X要)
通信	有線1,000m 無線100m

## 主任研究者連絡先

	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	028-687-2217	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	082-209-0230	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	03-3235-8646	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	03-6271-3811	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	0467-85-0816	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	0776-23-7155	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	049-256-7862	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	045-783-1035	matsubara@qi-inc.com
	09	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	050-3155-2186	yasushi.murakami.ac@hitachi.com
災害調査	10	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	042-307-7460	toru_shimada@kk-grp.jp
	11	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	050-3176-5252	kazuhiko.tanimura.ws@hitachi.com
	12	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	078-672-3445	ken_onishi@mhi.co.jp