

研究開発項目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

Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅳ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みにつ いて

➤ テーマ名

- 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

➤ 目標(基本計画)

- 本研究開発は、的確にインフラに維持管理を行う**ロボットを開発する**。なお、開発するロボットは、事業終了後**2年以内の実用化**を目指した、妥当なコストを考慮したものとする。

➤ 目標についての確認

- 開発システムの**市場性**や**経済効果**を期待するのは、第一目的ではない。
- **社会課題であるインフラ維持管理に的確に対応するシステムを開発**するのが目的である。
- 開発するロボットが対象インフラにおいて活用が開始され、**社会貢献等に資**することを**実用化・事業化**と考える。

達成目標

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。

中間目標

本研究開発項目は、平成27年度末(非破壊検査装置は平成28年度末)までに、概ねの研究開発を終了することを中間目標とし、以降は実用化開発、実証実験を中心に実施する。

社会課題に対応するシステムを開発することが目的

(1) 実現場での実現性・実用性が見込まれる技術を開発

- 現場で役に立つシステムを開発。
- ユーザ要求に基づく実用的な運用方法とその目標値を達成目標として設定。

(2) コア技術(※)の開発及びそれを用いたシステムを構築し現場で実証実験を実施

- 現場を支援するための技術を開発し、現場で動作させ評価する。
- 実用化開発と実証試験を行える体制構築。

(※)ロボット技術ではロボットを指す

(3) 技術を開発するメーカーとそれを受取るユーザを含む開発体制 ユーザが実用性を評価し、抽出した課題を連携して研究開発

- 現場でシステムを使用するユーザをチームに含め、ニーズや現場を提供。
- 実証フィールドを用いた実証試験と検証評価を行いつつ技術の改良を進める。

- **ステージゲートを実施(前述)**
 - 本プロジェクトを継続し、最終目標の達成可能性の高い実施者を厳密に選別

- **追加公募を実施(前述)**
 - 本プロジェクトに新規参加し、最終目標の達成可能性の高い実施者を公募で採択
 - プロトタイプを保有、現場動作の実績等で厳しく評価

- この結果、**最終目標の達成可能性の高い実施者**により後半のプロジェクトが構成できている

現在までの成果：

開発中のロボットシステム(プロトタイプ)一覧

橋梁点検用ロボット



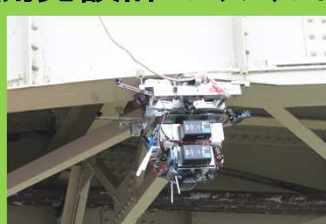
真空吸着型
開発設計コンサルタント



飛行・懸架型
川田テクノゾーズ



懸垂型
富士フィルム



磁力吸着型
★熊谷組

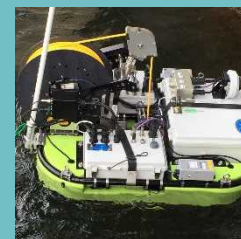


飛行型
★ルーチェサーチ



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



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



走行型
大林組

<トンネル災害>



移動型
三菱重工

【③-(1)-1】 川田テクノロジーズ(株)コンソ

マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発

★:2016年度追加採択課題

★【③-(1)-2】 ルーチェサーチ(株)コンソ

小型無人ヘリを用いた構造物点検技術開発

【③-(1)-3】 富士フイルム(株)コンソ

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の研究開発

★【③-(1)-4】 (株)コンジビル調査設計ソ

橋梁桁端部点検診断ロボットの開発

【③-(1)-5】 (株)開発設計コンサルタントコンソ

インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発

★【③-(1)-6】 (株)熊谷組コンソ

磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検システムの開発

【③-(1)-7】 (株)キュー・アイコンソ

可変構成型水中調査用ロボットの研究開発

★【③-(1)-8】 朝日航洋(株)

河川点検を効率化・高度化するフロートロボットの開発

【③-(1)-9】 国際航業(株)コンソ :前半は東北大学

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の開発

【③-(1)-10】 (株)日立製作所コンソ

災害調査用地上/空中複合型ロボットシステムの研究開発

【③-(1)-11】 (株)大林組コンソ

遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボットの研究開発

【③-(1)-12】 三菱重工業(株)

引火性ガス雰囲気内探査ロボットの研究開発

【③-(2)】 (国研)産業技術総合研究所コンソ

超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発

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
川田テクノロジーズ



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

【③-(1)-1】
川田テクノロジーズ(株)
コンソ

【③-(1)-2】
★ルーチェサーチ(株)
コンソ

【③-(1)-3】
富士フィルム(株)コンソ

【③-(1)-4】
★ジビル調査設計(株)
コンソ

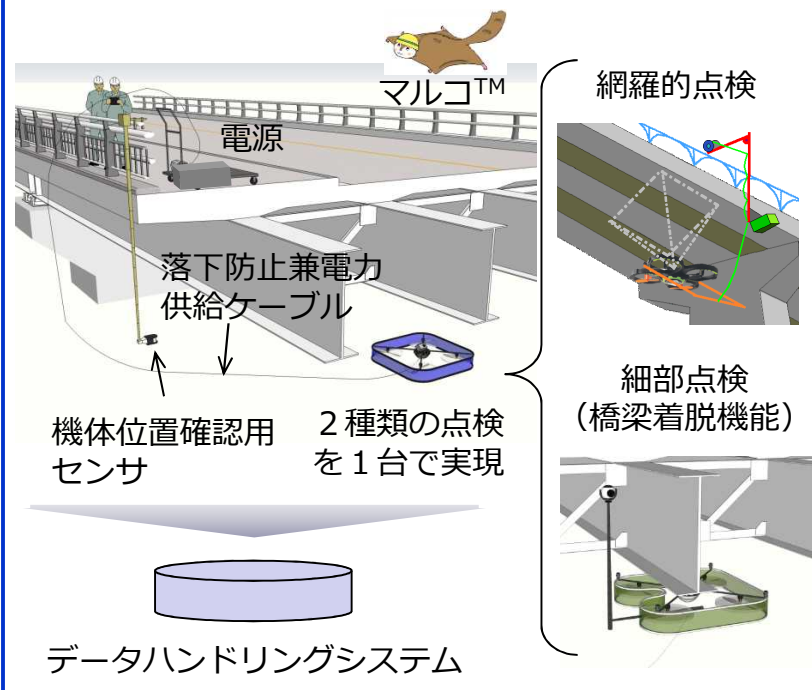
【③-(1)-5】
(株)開発設計コンサル
タントコンソ

【③-(1)-6】
★(株)熊谷組コンソ

【③-(1)-1】マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発 【川田テクノロジーズ(株)コンソ】

目標及び研究開発の概要

- コンクリート橋及び鋼桁橋の下面の定期点検をマルチコプタを用いて支援するシステムを開発・実用化する。
- 網羅的点検と細部点検（橋梁着脱機能）の2種類の点検が可能。
- 非GPS環境下でも操縦を容易にするシステムを開発することで、橋上からの装置の運用を可能とする。



研究開発の成果

- 網羅的画像取得用マルチコプタと橋梁着脱型マルチコプタを別々に開発し、実証試験を実施した。
- H27年度に実施された国交省実証試験にて、「課題解決を前提に試行的導入に向けた検証を推奨する」という評価を得た（網羅的画像取得用マルチコプタ）。



網羅的画像取得用マルチコプタ



橋梁着脱型マルチコプタ



得られた画像とそれを処理した例

実用化・事業化に向けた見通し・取組み

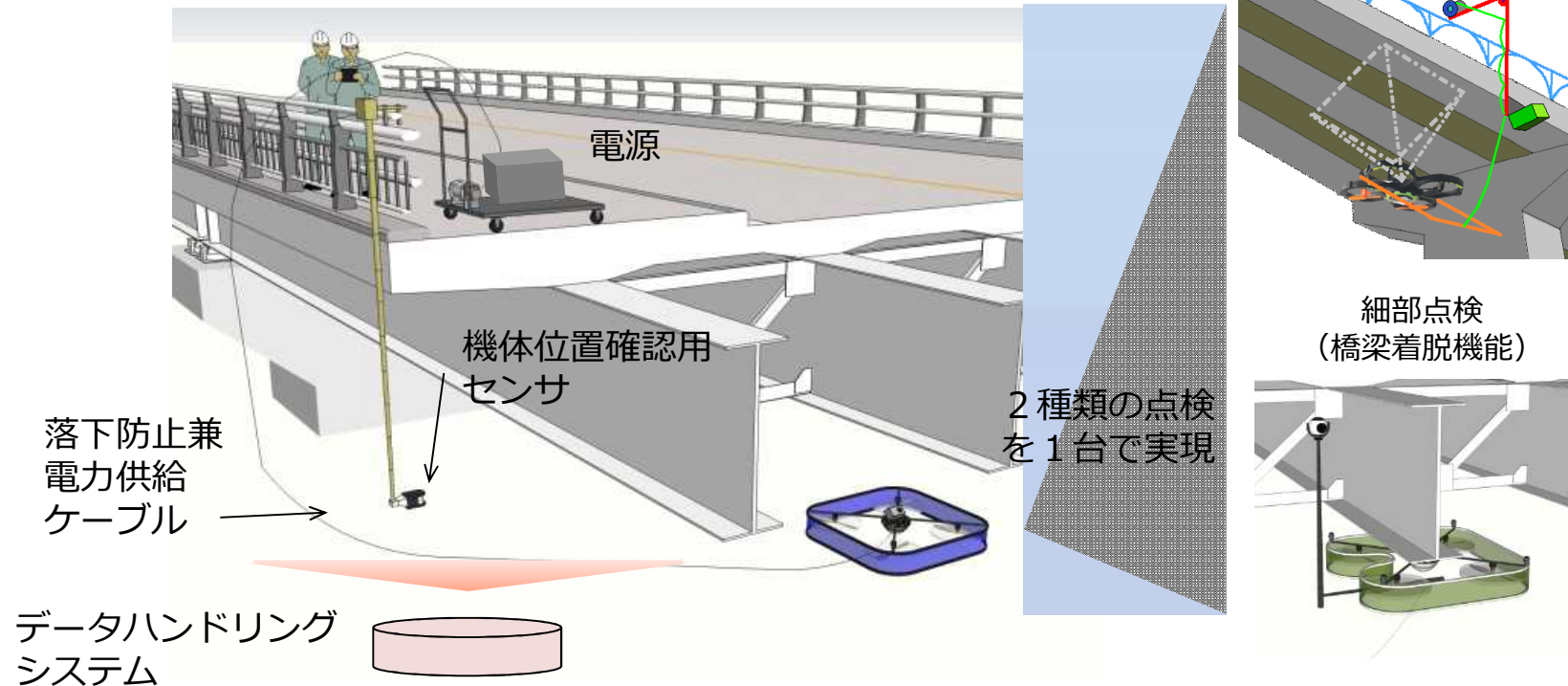
- 助成期間中に、装置本体、周辺機器、データハンドリングソフトウェアの開発、実証試験、評価、改良まで行う。
- 助成期間終了後は、開発品を用いた点検事業及び開発品の製造販売の2種類の事業展開を研究開発実施者が分担して行う。このうち、まず、開発品を用いた点検事業を優先して実施する。

概要



マルコ™ は、マルチコプタを利用した橋梁点検支援システム。
本研究開発によって以下の課題を克服し、システムの実用化を図る
ことで、橋梁維持管理の効率化、全橋点検の実現に貢献。

- ・ 橋梁特有の環境条件（非GPS,強風）での運用性の向上
- ・ 視認性の悪い部分へのアクセス性の確保
- ・ 運用時の安全性の確保



これまでの開発内容



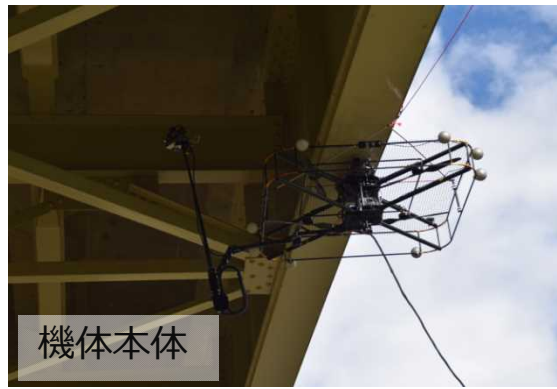
各機能を個別に開発し、実証試験を実施、機能・性能・課題を確認。

網羅的画像取得用マルチコプタ



機体本体

橋梁着脱型マルチコプタ



機体本体

機体制御技術



四角形の自動ルート飛行を実現（最大風速：7m/s）

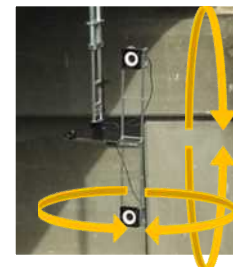
外部カメラからの機体誘導技術



係留装置



ポジショニングシステム



強制的な外乱に対し、抑制効果があることを確認

外乱抑制制御技術

H27国交省実証試験の内容と結果

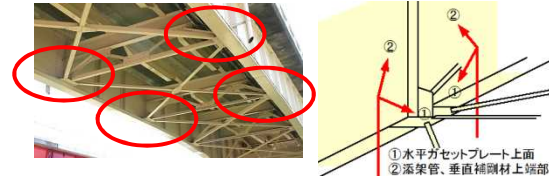
網羅的画像取得用マルチコプタ



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。得られた画像から3次元化処理。



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。地上からでは目視できない部分にカメラを近接させることに成功。



「課題解決を前提に試行的導入に向けた検証を推奨」の評価を取得
(網羅的画像取得用マルチコプタ)

予定

- 2つの機能の統合した機体を開発し、実用化する。
- 機体安定制御システムを実用化し、機体の運用を容易にする。
- データハンドリングシステムを開発し、調書作成にかかる手間を削減する。

【③-(1)-2】 小型無人ヘリを用いた構造物点検技術開発【ルーチェサーチ(株)】

目標及び研究開発の概要

コンクリート構造物のひび割れ検出率
(幅0.2mm以上に着目)

■平成28年度末 75%以上

■最終年度末 90%以上

点検
ロボット



制御・
モニ
ター



研究開発の成果

■平成27年度国土交通省 現場検証結果
(I: 試行的導入に向けた検証を推奨する)

ひび割れ検出率 61%

静岡県
「蒲原高架橋」
現場検証



実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

目標達成のため、さらに実用化・事業化に向けて、以下を重点的に開発予定。

- プロペラガード装着
- 可変ピッチプロペラ
- 合成画像作成の効率化

- ①プロペラガード装着
- ・ 構造物に接近
 - ・ 操縦者の不安解消
 - ・ 第三者に与える安心感

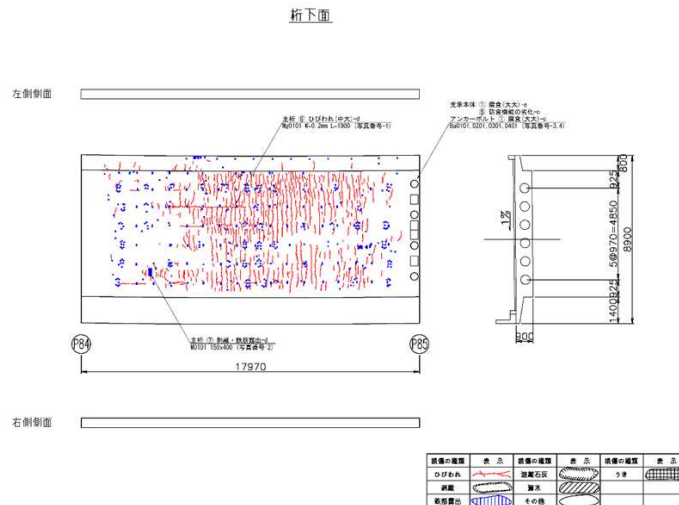


- ③合成画像作成
- ・ 半自動化
 - ・ 汎用ソフト活用

- ②可変ピッチプロペラ
- ・ 下降時の姿勢安定
 - ・ 操縦者の不安解消



蒲原高架橋下り
 第85径圏



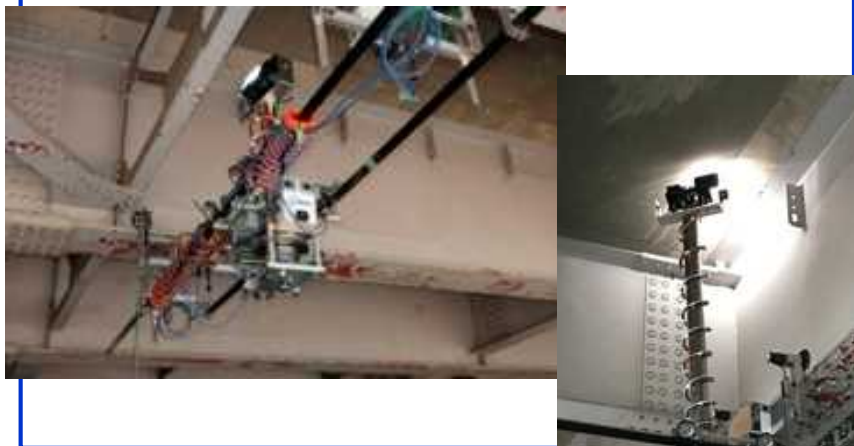
ひび割れ検出率 61%の判定根拠
 ⇒
 重点対策により検出率向上

ロボット点検による損傷抽出図（蒲原高架橋）

【③-(1)-3】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の研究開発 【富士フィルム(株)コンソ】

目標及び研究開発の概要

- 計測精度
 - ・床版ひび割れ図作成支援、ひび幅検出率0.2mm90%, 0.1mm50%
- 業務量
 - ・半自動(スクリプト)操作で点検時間15分/格間
 - ・部材・要素番号の自動認識
 - ・点検調書作成支援ソフトは、国交省・地方自治体両方の点検要領に対応
- 現場人員
 - ・3名で設置時間20分、撤去時間15分
- 安全対策
 - ・実用化 に向け安全性、回収性検討



研究開発の成果

- 約0.1mm～0.2mm幅のひび割れ損傷画像を対象に、検出率85%、誤検出率30%(当社評価基準)
- 床版撮影時間を約4分(手動)から2.5分に短縮。鋼部材撮影時間(手動)との合計時間、約12.5分。
- 手動8.5分/格間を数秒/格間に短縮。
- 国交省橋梁定期点検要領に加え、地方自治体の調書様式に対応済み。
- 架台のユニット化及び重量の軽減、撮像装置周辺のケーブル整線により目標達成した。
- 命綱を用いた落下防止機能及び車輪の逸脱防止機能を追加し、性能評価中。

実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- システムの基本構成を確定、基本機能は達成。
- 今後は実用化に向けたブラッシュアップのため、実際のユーザーである建設コンサルタントに参加してもらう現場実証実験を重ねていく。
- H28年7月川崎市で実施済み。H28年度中に岩見沢市、伊勢原市、埼玉県内にて実施を計画中。
- これら実証実験により、現場で使ってもらえるシステムに仕上げていく。

1. 「想定した標準構造下での基本機能完成」の為の改良

1. 対象橋梁種増を目的とした懸垂・走行部のモジュール化を開始(車輪タイプ)
2. フランジ幅変化に対応した可変ガイドローラの改良
3. 設置撤去時間短縮のためのワンタッチ着脱機構開発
4. 軽量化(1モジュール18kg以下)

2. スクリプト動作による半自動運転

1. ロボット座標獲得:トータルステーションから座標獲得(橋梁座標系にて)
2. スクリプト動作対応したロボット側ファームウェアの改造

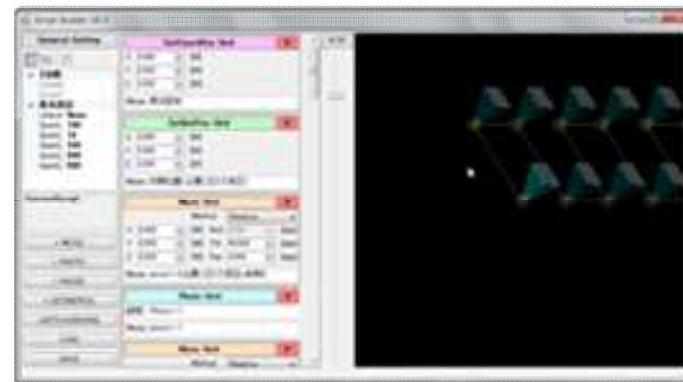


- 1.1. 車輪型
- 1.2. フランジ幅追従
- 1.3. ワンタッチ着脱
- 1.4. 移動速度調整
- 1.5. 18kg/モジュール



2.1. トータルステーションによる座標獲得

座標獲得画面(左図)



2.2. スクリプト動作による半自動運転

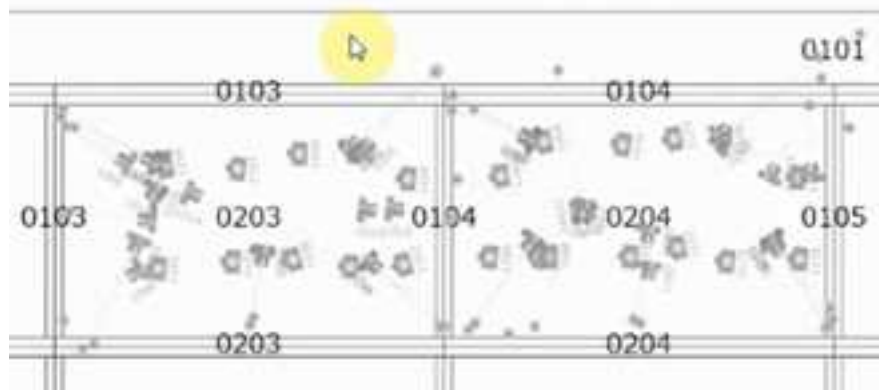
スクリプト動作計画画面(左図)

1. 道路橋定期点検要領対応

国交省橋梁定期点検要領に加え、地方自治体の調書様式に対応

2. 点検調書作成業務の効率向上

1. 点検箇所の下図へのマッピングに対応。
2. 部材・要素番号の自動/手動登録手段搭載
 - 1) 写真と部材名、要素番号の自動割り付けを実現。
 - 2) 手動8.5分/格間→自動数秒/格間



カメラ位置と撮影箇所を表示可能



撮影画像を部材・要素番号の自動割り当て

検査箇所			
橋梁管理番号	橋梁ID	橋梁名	撮影機
107号			
橋梁ID	1		
橋梁番号	1		

検査箇所			
橋梁管理番号	橋梁ID	橋梁名	撮影機
107号			
検査番号	1		
撮影番号	1		
撮影日時	2018/08/01		
撮影機	24		
撮影機メーカー			

道路橋定期点検要領に対応

1. NEDOと川崎市が締結した「次世代産業の推進に関する協定」の取組みの一環として実施

場 所 : 上子橋(丸子橋公園内:川崎市中原区上子通1丁目408-32)

橋梁形式: 2径間連続非合成鋼鈹桁橋(橋長: 48.5m(24.25m×2) 幅25.0m)

実施概要: 橋梁ロボットが桁下を移動し、部材の写真撮影・録画を行い、データを収集

2. 今年度さらに、岩見沢市、伊勢原市、埼玉県内で実施予定



写真: 上子橋側面



写真: 実証実験状況

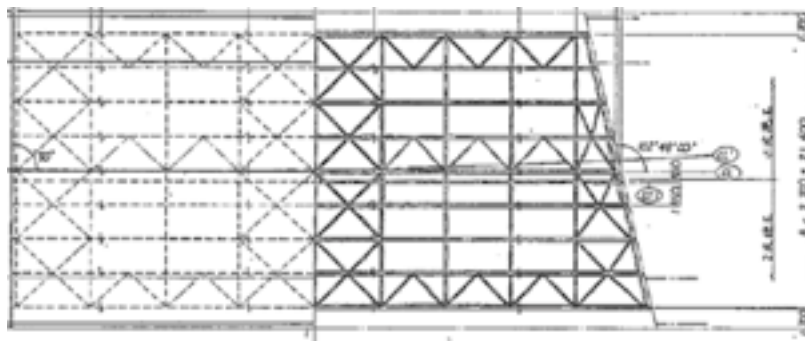


図: 上子橋平面図

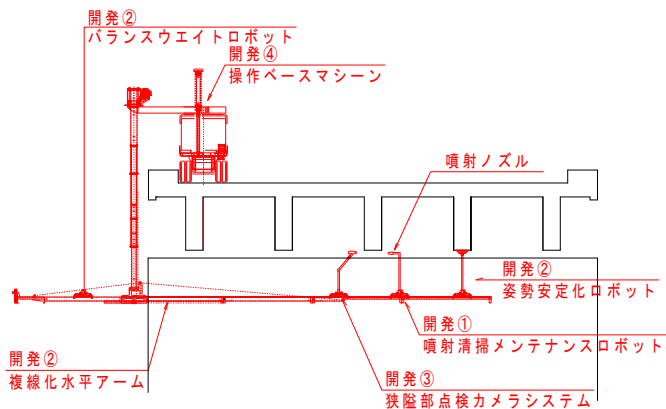


写真: 橋梁ロボット移動状況

【③-(1)-4】 橋梁桁端部点検診断ロボットの開発【ジビル調査設計(株)コンソ】

目標及び研究開発の概要

- 開発目標は、橋梁点検作業において、特殊な点検仮設方法が必要となる橋梁を対象に、重要点検箇所である「橋梁桁端部」の点検を含む橋梁全体点検作業を「安全」「効率的」「低コスト」「高精度」に実施可能となるロボットシステムの開発。
- 開発概要は、橋梁桁端部の人間の目が届かない狭隘空間に挿入して点検可能な自由度を持たせたロボットアームによる狭隘部点検カメラ要素技術及び、狭隘部の点検障害物を除去する噴射清掃メンテナンス要素技術を開発する事で、効率的かつ高精度に桁端部の近接目視点検を支援・補完。



研究開発の成果

- 開発開始後1.5ヶ月での研究開発成果は、要素技術設計に必要な設計条件を得るための各種室内実験及び実橋条件を実施。



高圧噴射実験（大学構内）



高圧噴射実験（実橋）

実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- 開発者がエンドユーザーを兼ねるメリットを生かし、日常業務を通して橋梁管理者・点検実務者の両方からの要望を速やかに反映させながら開発を進める。
- 福井県の協力を得て、実橋による実証実験を繰り返しながら問題点を抽出・改良し、現場に強い実用的なロボットの開発を行う。

- 橋梁管理者(地方自治体)の点検業務へのニーズは、橋梁の健全性に影響を与える**進行性のある損傷の早期発見**と**健全性の正確な診断**。
- 橋梁の健全性に影響を与える進行性のある**損傷の多くは桁端部で発生**。(図1)
- 桁端部は狭隘空間と点検障害物で**近接目視が困難な箇所**である。(図2)
- 一般的な橋梁点検手法の使用が困難となる橋梁では**特殊点検仮設方法**となるため、**点検費用・点検手間が2倍以上に増大**する。(図3)



■ 橋梁桁端部の損傷例（点検実施者 ジビル調査設計）

- 県市町村管理の橋梁896橋で実施した定期点検による結果。
- 橋梁桁端支承に進行性の損傷がある橋梁数は、137橋（全体の15%）。
- 137橋中57橋（全体の42%）で土砂の堆積による機能障害が発生。

◎ ロボット技術で桁端部の点検を行う場合、**土砂堆積物・付着物の除去**を行い、**支承周辺の状態を正確に点検**するための技術が必要。

◎ 桁端部周辺の鋼製主桁は、湿潤状態の継続や凍結防止剤の影響で鋼材腐食の劣化が顕著に認められる。**鋼材母材の板厚減少**を点検するには、**劣化した塗膜を除去**が必要。

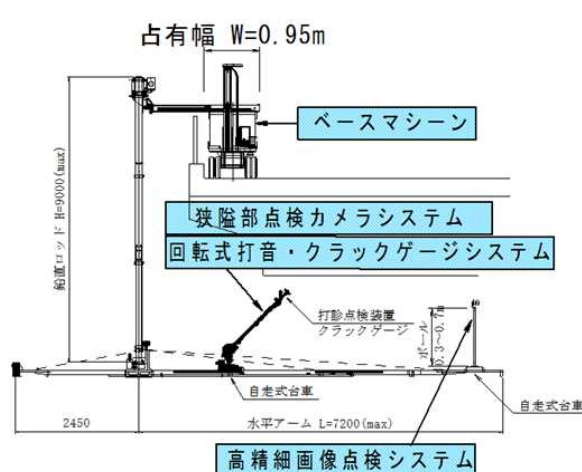


■ 開発目標

- ・開発目標は、一般的な橋梁点検仮設方法の使用が困難で、**特殊な点検仮設方法が必要となる橋梁を対象に**、その重要点検箇所である、**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」**に実施可能となるロボットシステムの開発。
- ・開発内容は、桁端部の人間の目が届かない狭隘空間に挿入して点検可能な**自由度を持たせたロボットアームによる狭隘部点検カメラ要素技術**及び、狭隘部の点検障害物を除去する**噴射清掃メンテナンス要素技術**を開発し、効率的かつ高精度に桁端部の近接目視点検を支援・補完。

■ 開発ベースロボット

- **橋梁点検カメラシステム「見る・診る」(タイプ27)**をベースロボットとする。
- 次世代社会インフラ用ロボットで**「試行的導入に向けた検証を推奨する」**と評価。
- **点検実績**は、「橋梁点検車の使用が困難な橋梁」の点検を主に**250橋**。



■ 新規開発ロボット

開発①: 噴出清掃メンテナンス要素技術

開発②: 片持ち型水平アーム安定要素技術

②-1: バランス安定要素技術及び、横揺れ制御要素技術

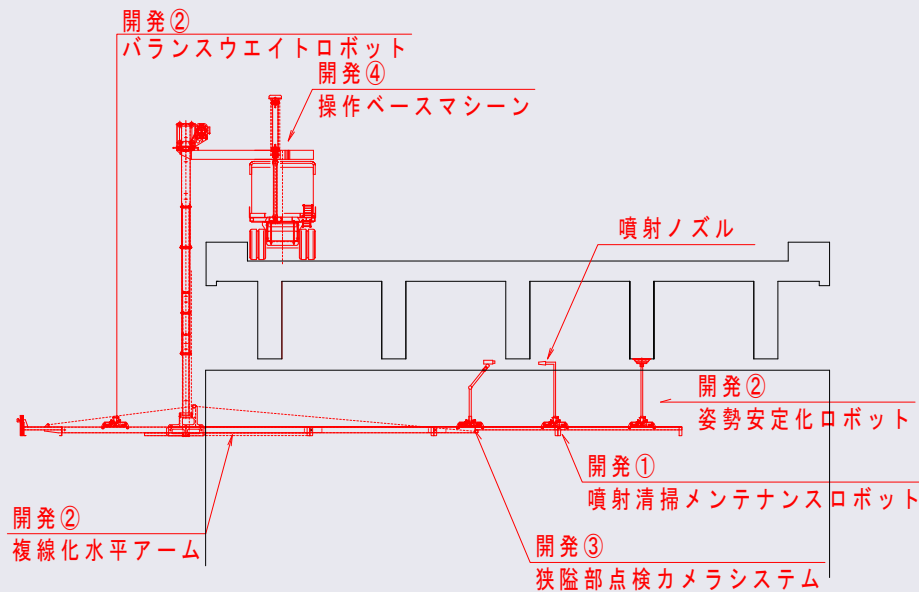
②-2: 複線化水平アーム

②-3: アーム連結部高強度化

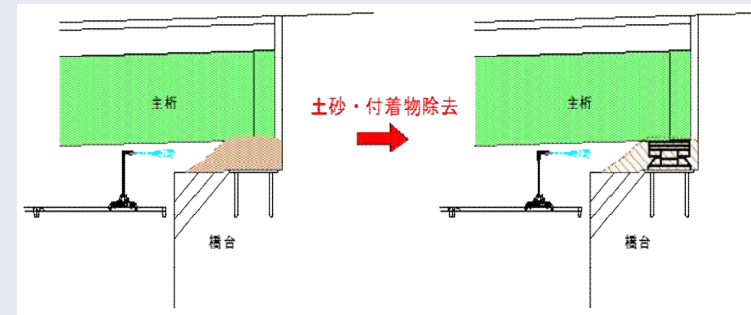
開発③: 狭隘部点検カメラ要素技術

開発④: 操作ベースマシーン

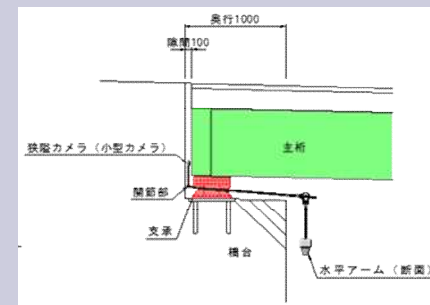
新規開発ロボット概要



開発① 噴出清掃メンテナンス要素



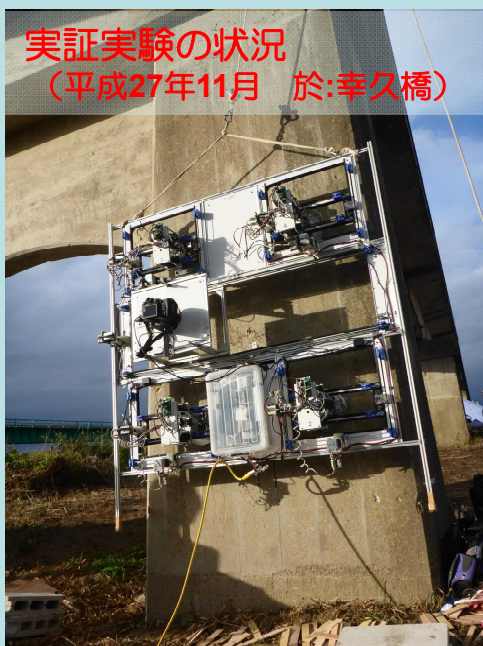
開発③ 狭隘部点検カメラ要素



【③-(1)-5】インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発【開発設計コンサルタントコンソ】

目標及び研究開発の概要

- 橋梁の下部構造であるコンクリート製橋脚の精査に適用。
- 『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を目標。
- 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計測移動を行ってデータを取得。



ALP諸元	
・高さ	1,600mm
・幅	1,700mm
・厚さ	750mm
・重量	54.5kg
・パッド性能(1基)	真空度 -80kpa

研究開発の成果

- ALPを3点支持移動方式に改良し、上下・左右の安定移動を実現するとともに、中央部マニピュレーターによる高解像度画像の安定撮影が可能。
- 取得した画像を用いて精密写真測量解析を行い、0.2mmのひび割れが認識できる3次元モデルの作成ができることを検証。

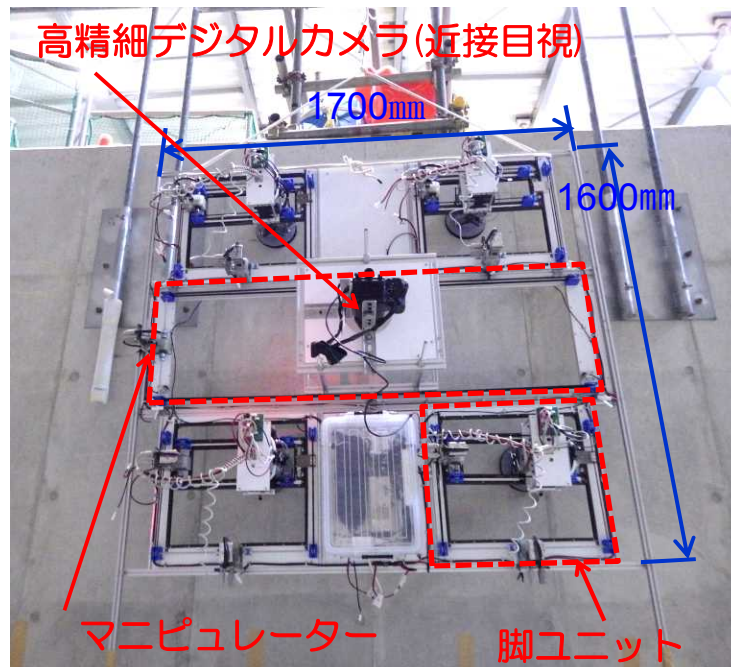


実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- 助成期間中に、高さ約20m・幅約5m（面積約100m²）の橋脚の壁面に適用することを指向。
- 移動速度を現状の2倍に向上し、一日7時間程度連続して調査稼働できる安定性と耐久性を確保。
- 接触調査が可能であることから、打音装置や非破壊検査装置の搭載を目指す。

研究開発の概要と目標

- 当社が開発しているロボット『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、測定を実施するものであり、橋梁の下部構造であるコンクリート製橋脚に適用することを目指している。
- 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解像度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。



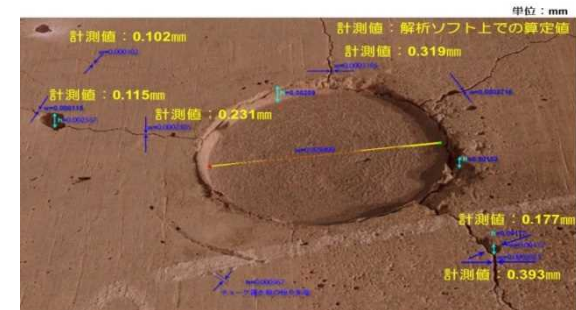
改良型ALP

- 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 $\phi 210\text{mm}$
内シール部 $\phi 160\text{mm}$
真空度 -80kpa

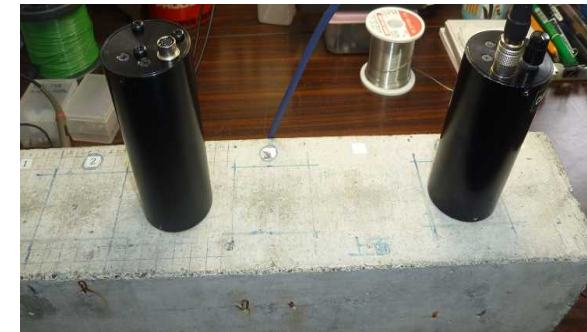
研究開発の成果

- 『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、拡張性の高い構造となっている。
- 走行は、3本の脚を吸着させて全体をしっかりと保持した状態(3点支持)で、脚を1本ずつ脚を移動させてから、最後に全体を移動させ、移動が終了したらロボットを静止して、姿勢が安定した状態で測定装置を水平に移動させて測定を行っている。実際現場検証実験でも確認されたが、かなり安定した走行状態で、高精細の画像を撮影することが可能となり、画像を用いた精密写真測量解析により作成した三次元モデルは、幅0.2mm以上のひび割れが判定可能な精度を有していることが判明した。
- ソレノイド磁石により鉄心で壁面を打撃し、発生した音から壁面の健全性を判定する打音装置を開発し、表面から5cm程度のやや深い位置にある内部空洞まで判定できることが判明した。更に、最新の小型電磁波レーダを用いて、鉄筋位置における塩化物イオン量を推定する手法を開発し、実構造物における検証試験で、従来法に対しても遜色のない精度で推定できることが判明している。

画像解析結果



打音装置

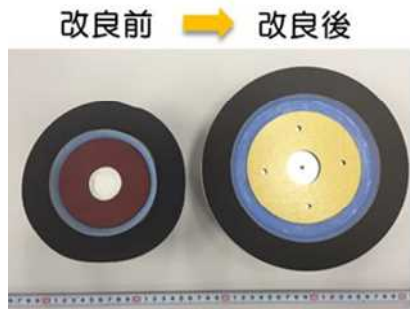


電磁波レーダ

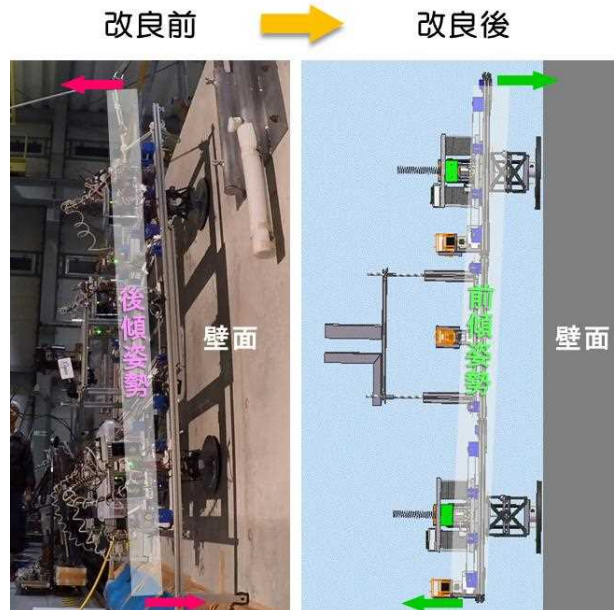


実用化・事業化に向けた見直し・取り組み

- 『ALP』は、当面高さ約20m・幅約5m（面積約100㎡）の鉄筋コンクリート製橋脚の壁面に適用することを指向しており、最終的な現場機能検証を、橋脚と構造的にほぼ同じであるJ-POWERが保有するダム洪水吐ゲートピア側壁で行うことを予定している。
- これを実現するために、移動速度としては高さ20m一往復（幅にして2m）を一日で調査できること、また安定性・耐久性として一日7時間程度連続して稼働できることを目指している。
- 調査中は一日中連続して電力を供給することが必要であることから、電力供給併用ケーブルを用いた安全装置の実現と、風雨等の天候急変に対するカバーリング等の最低限の耐水対策を施すことを目指している。



耐久性・強度の向上



姿勢制御の強化



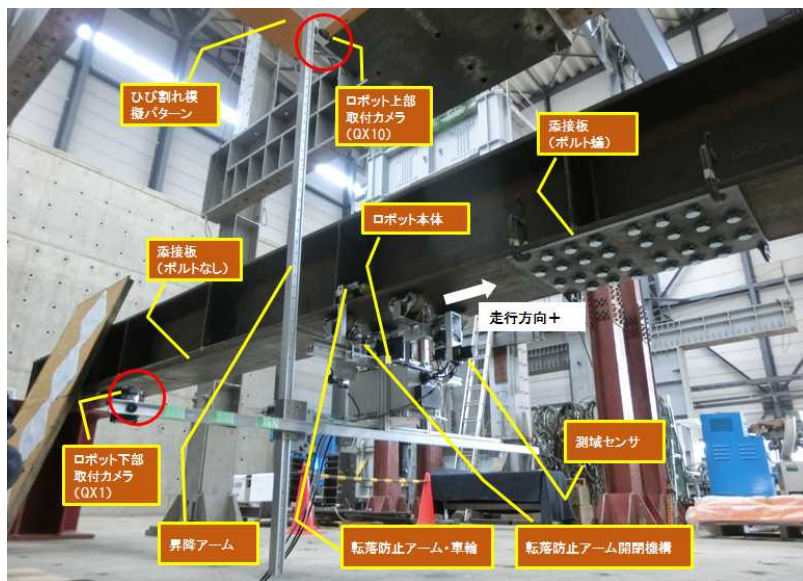
洪水吐ゲートピア

【③-(1)-6】磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検システムの開発【(株)熊谷組コンソ】

目標及び研究開発の概要

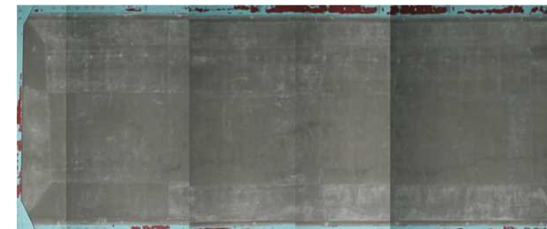
本研究開発は、①磁石走行式ロボットによる移動機構の確立、②狭隘箇所での撮影に資するロボットアームの開発を目的として、以下の研究を進めるものである。

- 磁石走行式ロボットの改良
- 非健全部等の撮影を可能にするロボットアームの開発
- コンクリート床版のひび割れ展開図をリアルタイムに作成



研究開発の成果

- ロボット走行機構の確立: 添接部における各種のボルトパターンでの走行実験を実施中
- 概略展開図の作成: 主桁1支間分(30m程度)の床版の概略展開図を作成するソフトを開発中
- ロボットアームの開発: 点検員が近づけない環境下においても、床版に近接するアームを開発中



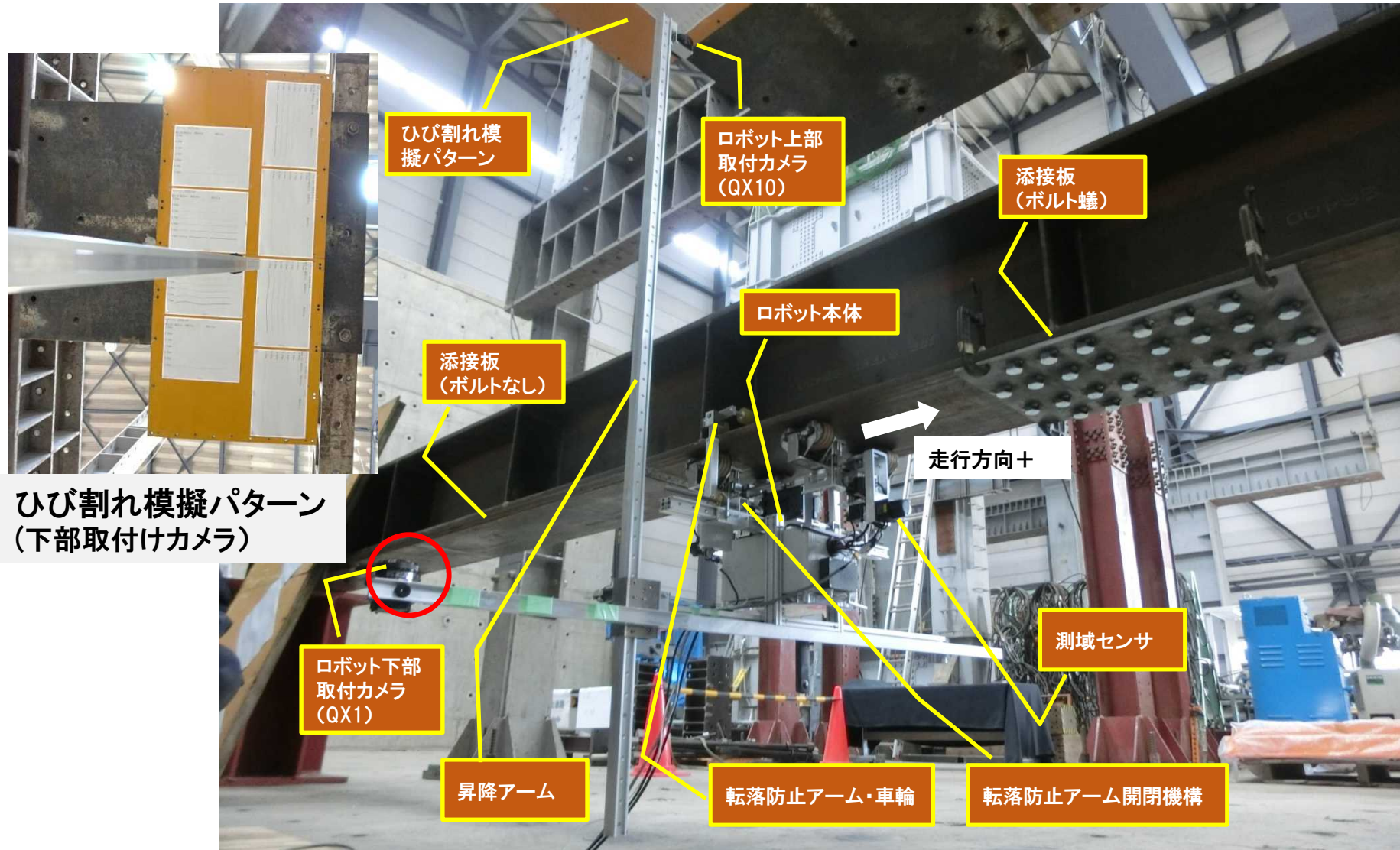
開発中ソフトで作成した概略展開図

実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

道路管理者・道路維持管理会社のニーズ調査を基に、ユーザー課題の解決を行うロボット実用化を目指す

- 落下防止ネットの外からでも調査可能な技術
- RC床版の概査展開図の作成時間を短縮する技術
- 配管背面や桁端部等の損傷部位把握困難箇所での点検調査可能な技術
- 死角が少ない損傷マップや展開図が作成可能なロボットアームを開発

■ロボットの添接部走行試験と搭載カメラによる2.4m上空のひび割れ模擬パターン撮影実験

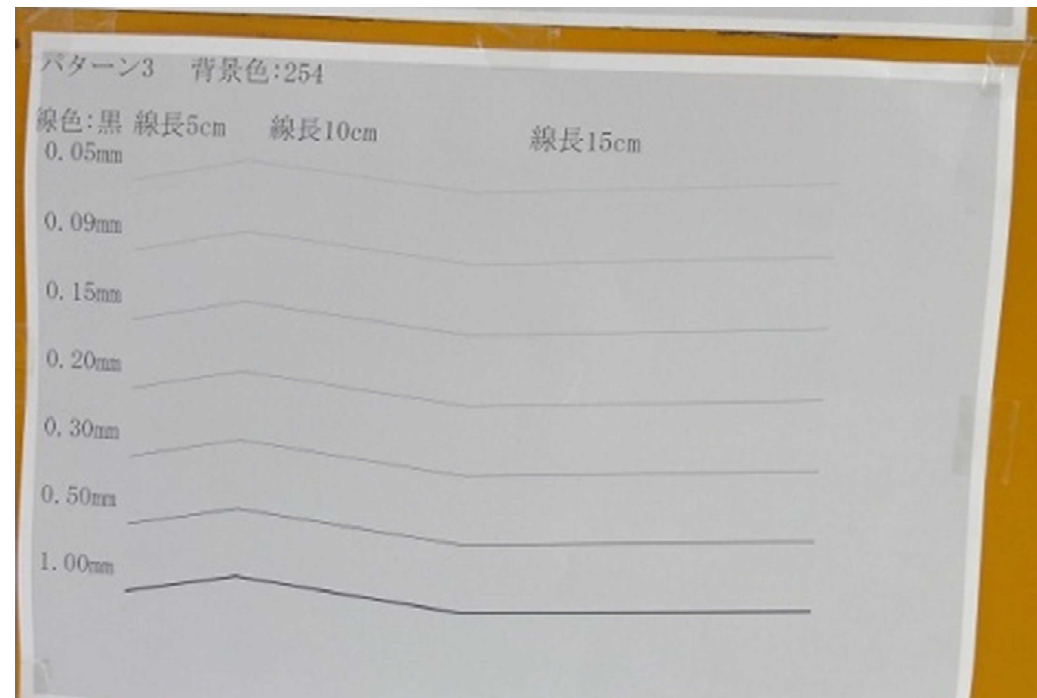


カメラ位置(模擬床版からの撮影距離:0.5m)



■撮影画像

ロボット上部取付カメラ(QX10)による撮影



0.1mm程度の線については十分に識別可能である

■ ソフトウェア実行イメージ

①床版下部を撮影する
(ロボット搭載デジタルカメラを遠隔操作)

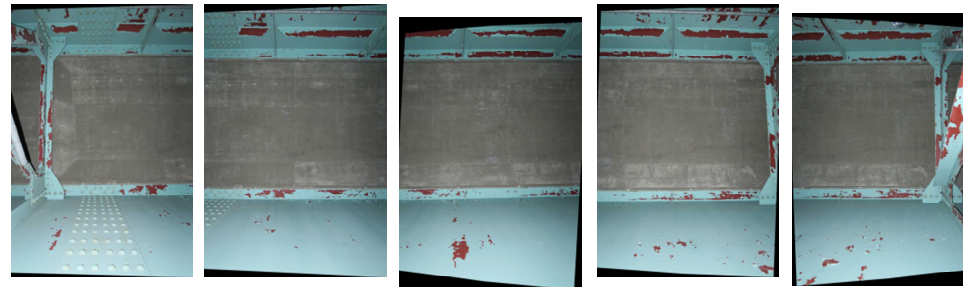


床版下部全体イメージ

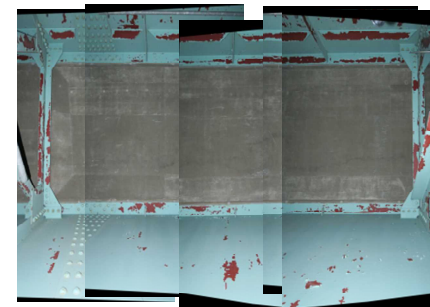
床版下写真 (※手持ち撮影によるサンプル画像)



②撮影画像毎にひずみ補正処理を実行する



③補正画像を結合する



④床版部分画像を
切出す (※手作業)



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

【③－(1)－7】
(株)キュー・アイコンソ

【③－(1)－8】
朝日航洋(株)

【③-(1)-7】可変構成型水中調査用ロボットの研究開発【(株)キュー・アイコンソ】

目標及び研究開発の概要

開発目標: 水中近接目視代替技術の開発

[概要]

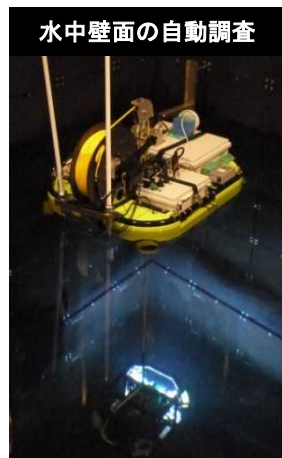
H26年度～H27年度 委託事業内容

本システムは、水上ロボット、水中ロボット、操作インターフェースを基本構成とする可変構成型であり、各種アタッチメントを用いることで、ダムおよび河川の調査に柔軟に対応する。

ダム調査時は水上ロボットと水中ロボットをケーブルで接続した構成を基本形態とする。河川調査時は水上ロボットの喫水部を河川用に交換し、音響イメージングソナーを装着した構成を基本形態とする。

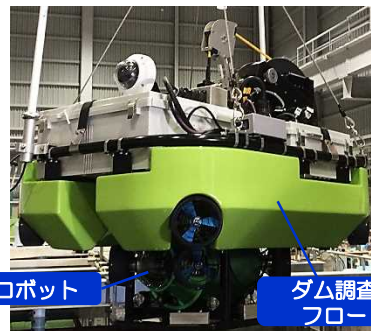
[特徴]

- 本システムの水中壁面自動調査機能を使用することで、潜水土による調査と比較し、格段に高効率な調査を行う。
- 自動調査映像から一枚の堤体広域マップを自動生成でき、要補修箇所の把握と履歴管理が可能。
- 水上機の位置は目視可能であり、ダム堤頂等の環境との相対位置により、正確な水平位置を把握する。また水上機から巻出したケーブル長さをカウントすることで、正確な水中撮影位置を記録する。
- 水中ロボットにマニピュレータ、回転ブラシ、近接用ガイドアームを装着し、点検箇所の清掃や触診を行う。
- 音響イメージングソナーデータの3Dモデリングにより、3次元地形地図を生成する。



研究開発の成果

- H26年度～H27年度 委託事業にて可変構成型ロボット実験機を開発。

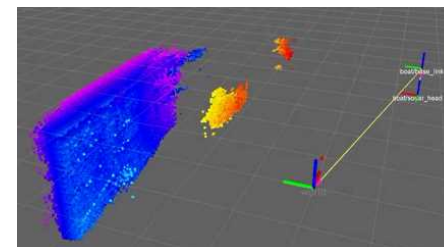


ダム調査構成機



河川調査構成機

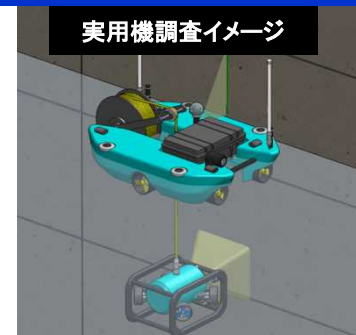
- 実験水槽において、自動調査機能を評価、水中壁面の広域画像を取得した。[スライド2参照]
- 国土交通省 広島県弥栄ダム現場検証にて、堤体面目地、ゲート構造物の精細画像を取得。[スライド3参照]
- 実験水槽にて、水中音響イメージングソナーによる3次元地図を取得。



ソナーによる3次元地図

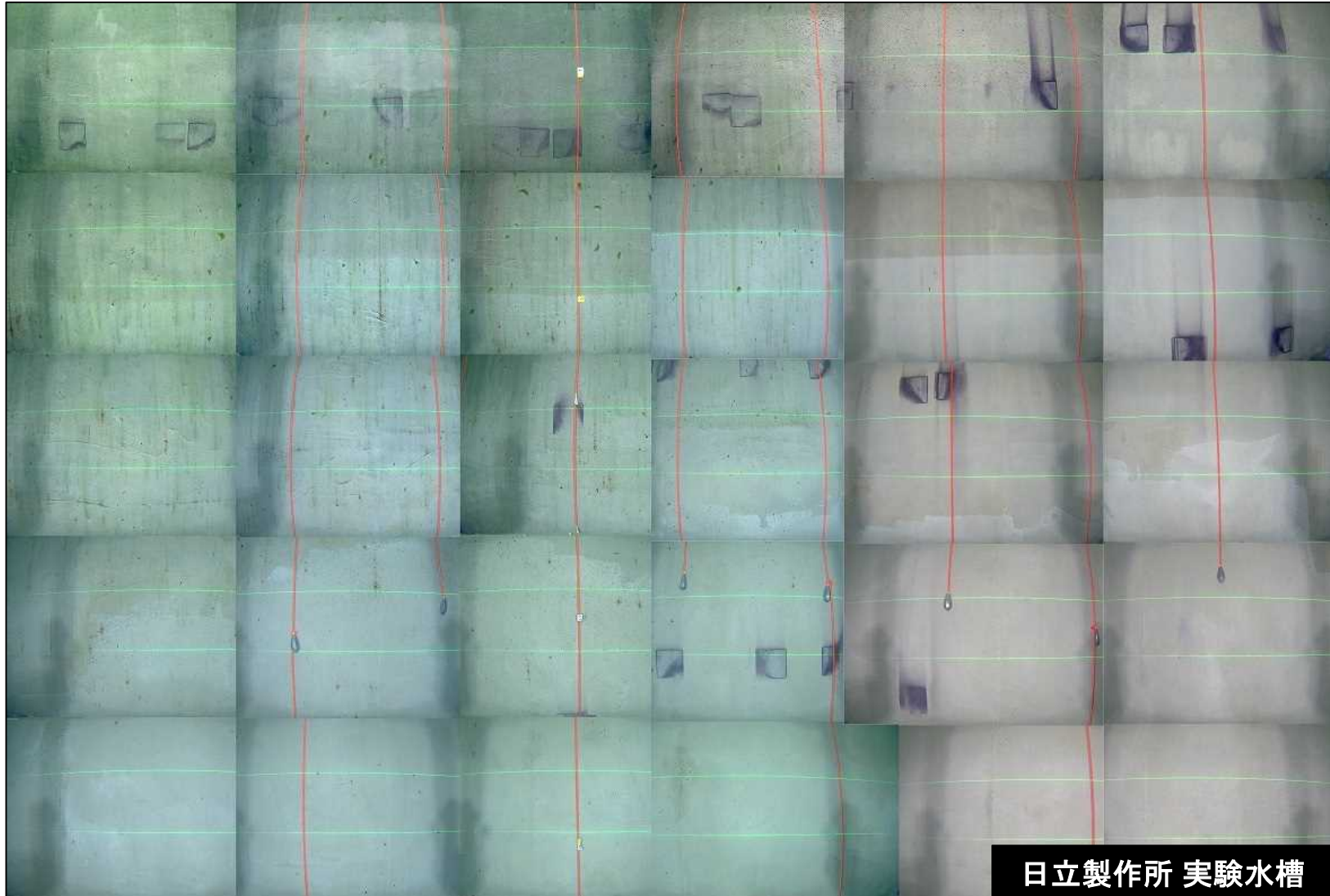
実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- 平成28年度より助成事業へ移行。ダム調査用ロボットシステム、および水中音響イメージングソナーの実用機開発を行う。
- 実用機の新方式調査に対応した高効率スラスト、高精度計測機能等の新規要素技術を開発中。[スライド4参照]
- H30年度～H31年度での事業化が目標。販売ルート・保守点検体制を確立する。



自動調査機能 取得データ例

水中壁面に沿って自動的に航行し広範囲の映像を取得。
映像を切出し1枚の広域画像を合成した。

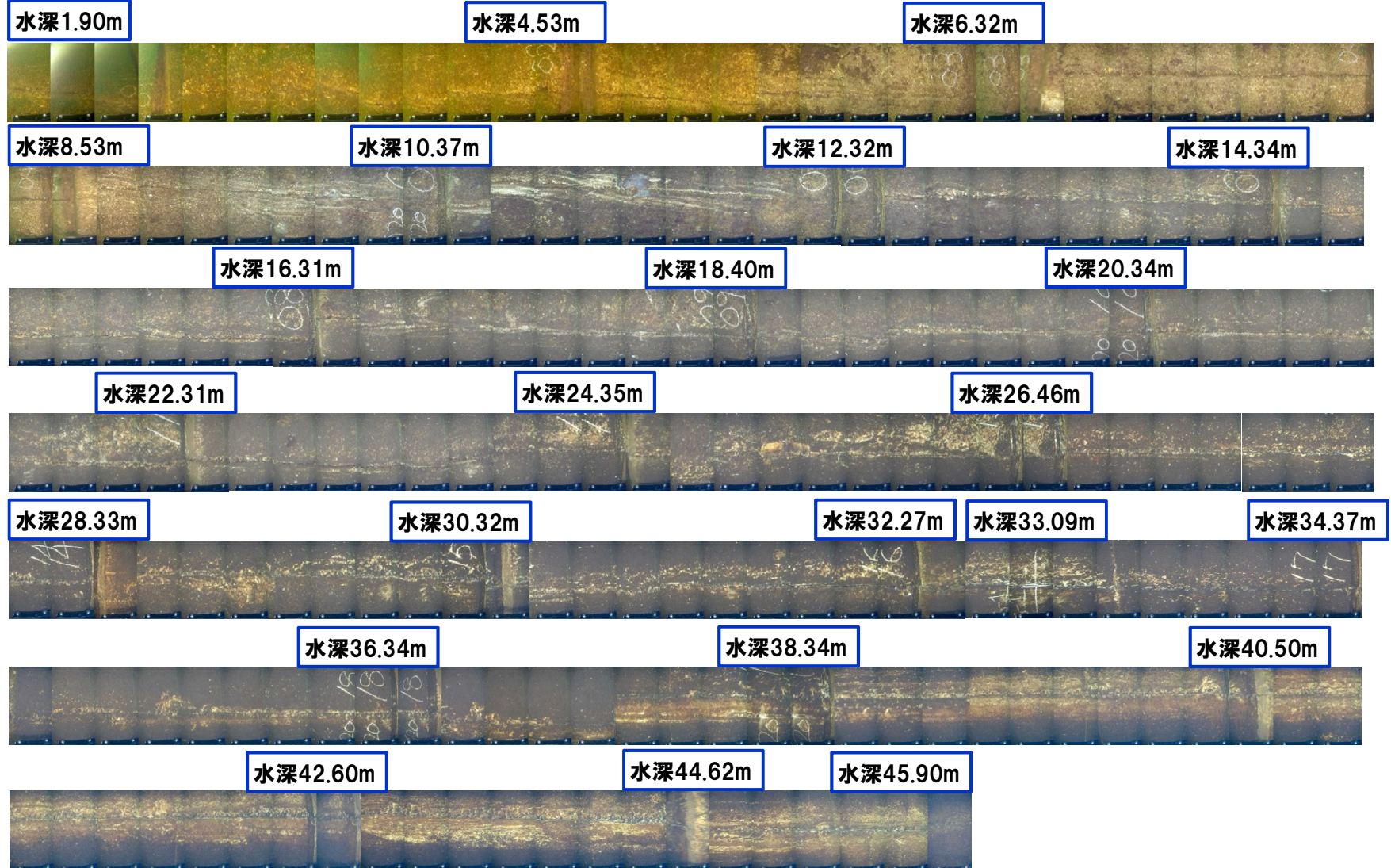


日立製作所 実験水槽

ダム調査の取得データ例

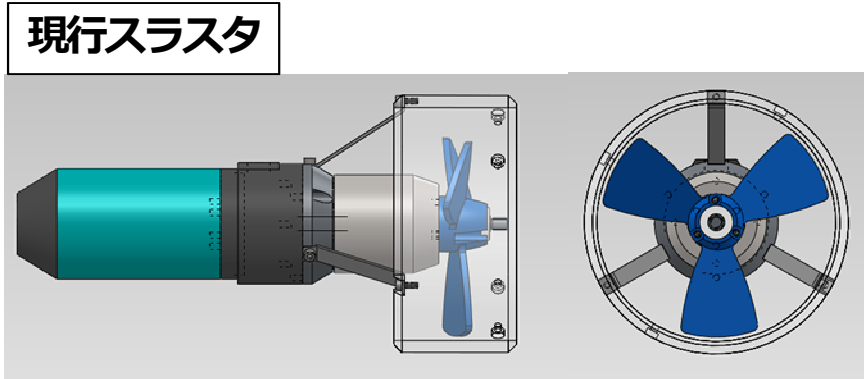
弥栄ダム コンクリート継ぎ目の開き調査

コンクリート堤体面の目地に沿って垂直に降下しながら撮影。大深度での詳細映像を取得した。

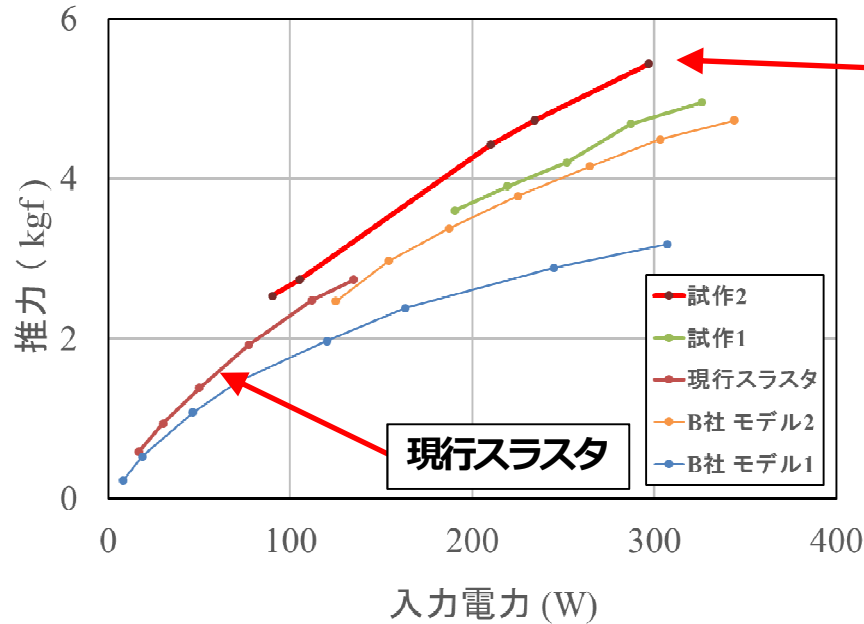
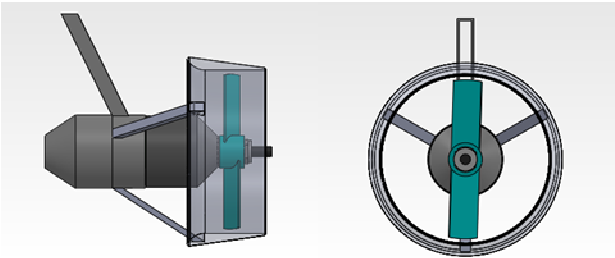


高効率スラストの開発

実用機の航行性能の向上、及び小型・軽量化を実現するため、小型・高効率なスラストを開発中。



開発スラスト(イメージ)



“試作2”開発スラスト
推力5kgf以上
1kgfあたり48W以下
を達成

現行スラストに対し、

- 約18%効率化 (入力100W時)
- 約180%高出力化

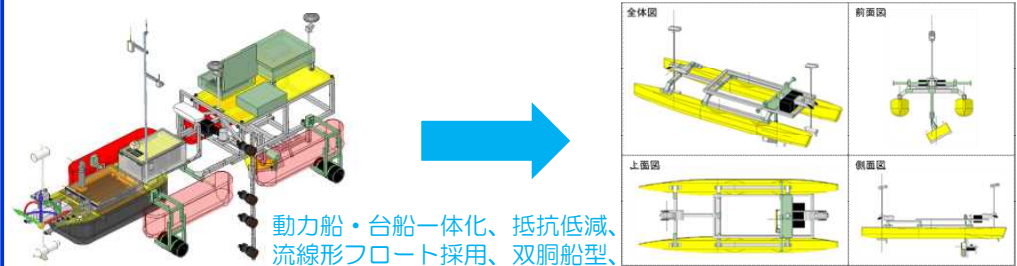
【③-(1)-8】 河川点検を効率化・高度化するフロートロボットの開発【朝日航洋(株)】

目標及び研究開発の概要

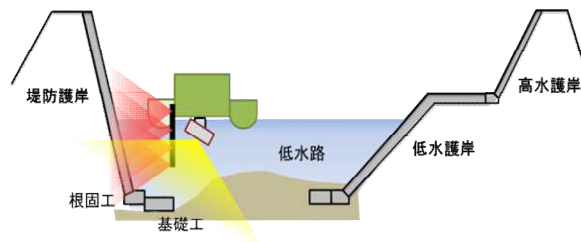
平常時の河川において、航空測深システムによる堤体・河道・河床全体の広域概査点検で把握困難な、橋梁下や護岸側面、深部河床の精査点検を可能にするフロートボート型ロボットの開発



研究開発の成果



平成27年度に国土交通省「次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入の推進」で試行的導入の推薦を受けたロボットの改良として、**搬送・現地偽装の省人化に適し、流速に対応した、機動性・安定性の高い機体設計**とした。



機体側部の光学カメラ:
護岸構造物の目地の開き、クラック、腐食、欠損、等の確認

機体下部の音響測深器:
河床の洗掘や堆砂、護岸構造物のはらみ出し、傾斜、基礎部の沈下、陥没、流出、等の確認

構成技術

点検対象

水中点検フロートロボット	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 河川構造物本体の変状 ✓ 構造物周辺の洗掘、堆積 ✓ 河床全体の洗掘、堆積
航空測深システム(ALB)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 河道全体の地形 ✓ 堤体の変状
大型除草機MMS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 堤体の微細な変状

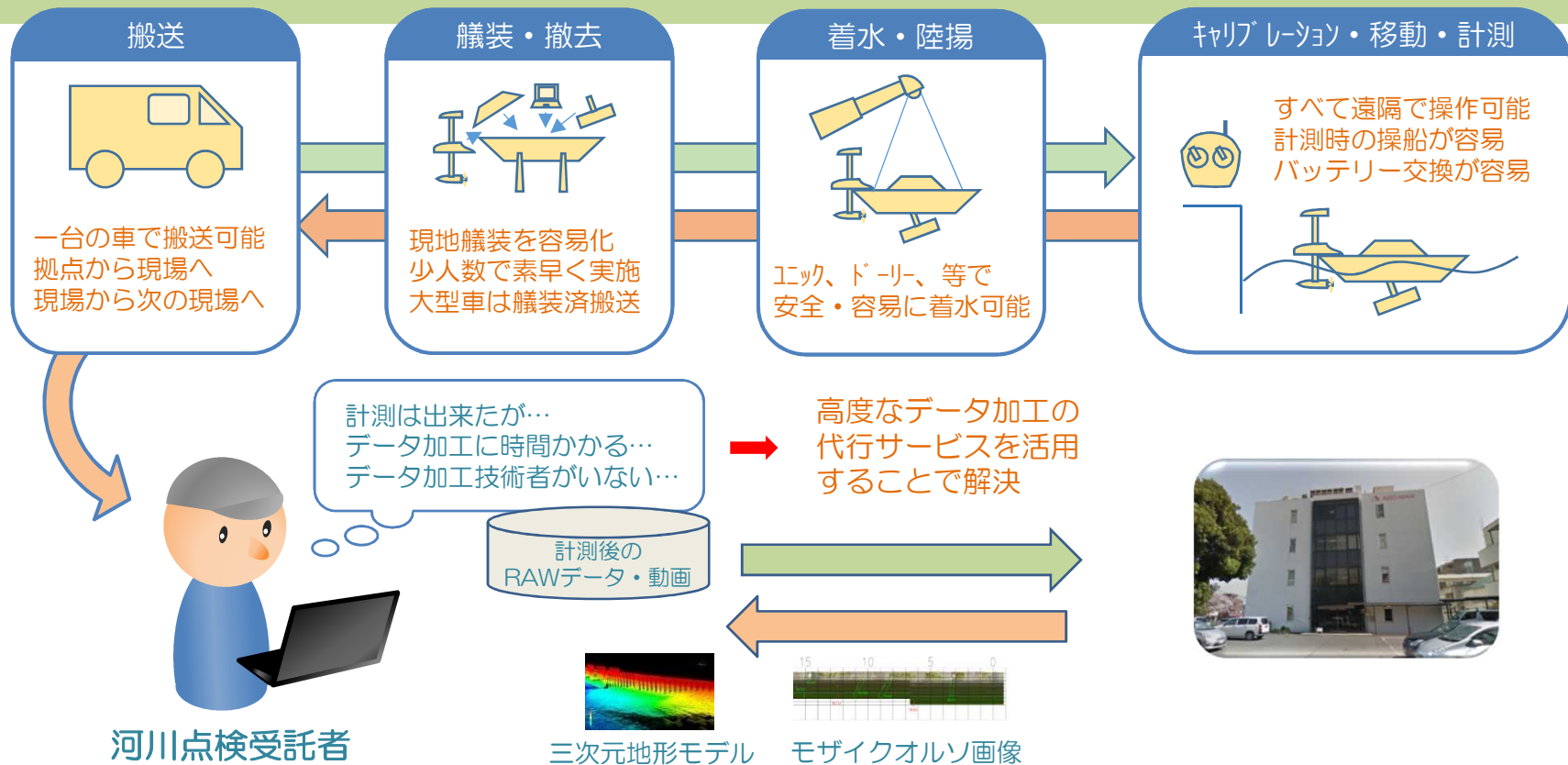
実用化・事業化に向けた見通し・取組み

- 実用化・事業化に向け、国土交通省「次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入の推進」の試行的導入に参画
- 一般認知度の向上を目指し、各種学会、展示会、にて発表

朝日航洋は当該ロボットを使って河川点検を実施するユーザーでもある。

➡ ユーザー視点から使いやすさ・効率化を追求し、ロボット・システム開発を進めている。

※ 写真は新しい機体の走行性能実験の様子@群馬県神流湖（フロート、バッテリー、GPS、船外機×2、音響測深器モックアップ）



長大な河川の高度な維持点検を実現する。 → 誰もが安全に一定品質の計測ができる事を目指す。

フロートおよび船外機2台を簡易的に組合わせた走行性能実験
@群馬県神流湖では、3.5ktの速度と、サイドスラスタと同等以上の回頭・スライド性能を確認している。

準備・確認



PCでキャリブレーション・
測線指定・出来高確認

操船（移動・計測）



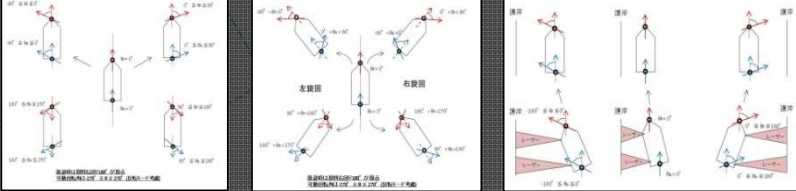
無線操縦機で
機体をコントロール



タブレットで
操船支援画面の表示

H28/8 ~ H29/3 前後2台の船外機を制御するプログラム開発


無線操縦機で最適な操作が可能となるよう、計測方法によって制御プログラムを切り替える。（護岸モード、橋梁モード、等）



H28/10~11
荒川（サイトビジット）、京浜港、で実証実験
H28/11~12
国土交通省試行的導入 新潟県信濃川で調整中

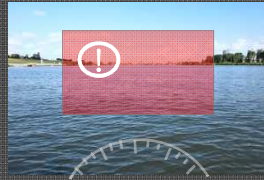
H28/10 ~ H29/9 操船支援システムの開発

航行支援



前方画像、方位、速度、推進方向、
測線、護岸離隔距離、前方深度、等を
視認性が高い形でリアルタイム表示

安全対策



警告画面の表示と警告音の発信
（衝突危険、座礁危険、バッテリー減、
通信範囲外接近、等）

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



走行型
大林組

<トンネル災害>



移動型
三菱重工

【③-(1)-9】

国際航業(株)コンソ

【③-(1)-10】

(株)日立製作所コンソ

【③-(1)-11】

(株)大林組コンソ

【③-(1)-12】

三菱重工業(株)

【③-(1)-9】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の開発 【国際航業(株)コンソ】

目標及び研究開発の概要

火山地域の災害の中でも、発生確率が高く、小規模でも被害の拡大が予測される土石流災害に着目し、高精度の土石流予測シミュレーションを実施するためのセンシング技術の開発と実用化を行う。具体的には、

- ・地形データの収集技術の開発
- ・遠隔からの地表調査技術の研究開発
- ・透水性・雨量計測技術の研究開発

を行い、これらの情報を基にした高精度な土石流予測のためのシミュレーションシステムの構築を目指す。



研究開発の成果

本研究開発では、これまでに、様々な火山環境（桜島山，浅間山他）において、地形データの収集技術、地表調査技術に関する開発と、開発したシステムの実証試験を行い、システムの改良を進めてきた。そのため、現状でも、十分実用に耐え得る火山調査システムとなっている。（図は、桜島で取得した三次元地形図である。）



実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

国際航業：火山噴火時には、本研究で開発した各種調査機器を用いて災害対策に役立つ様々な情報を提供すること、平常時には、開発した技術を基に、火山噴火を想定した各種災害の予測・調査を行うこと。

エンルート：開発した無人飛行機やロボット、各種センサーなどの機器を製造・販売し、火山噴火時に対応できる体制の整備を支援すること。

桜島昭和火口の直上より4K画像を取得することに成功 (2014年~2015年 国土交通省 現場検証)

桜島火山南岳・昭和火口の経年変化を抽出

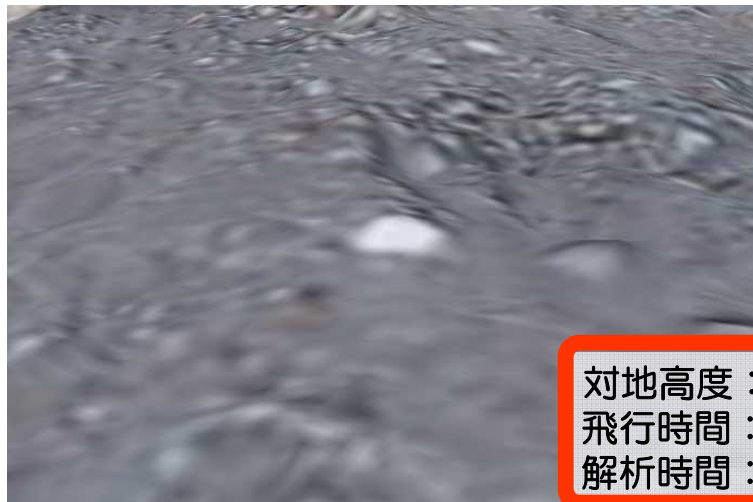


昭和火口西側にて、
火口壁底部の西側へ
の拡張の可能性

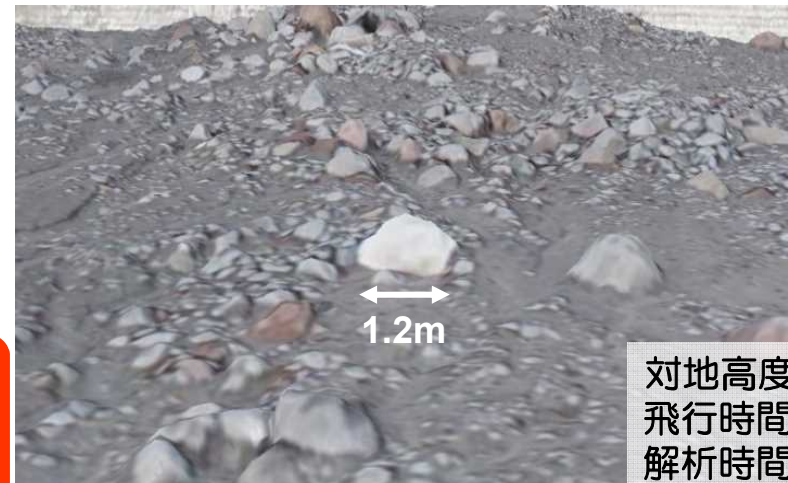


高度別・解析時間別 3次元モデルの比較

使用PC：Mac Pro (Intel XeonE5-1650 v2 3.5GHz メモリ64GB)



対地高度：150m
飛行時間：15分
解析時間：30分



対地高度：150m
飛行時間：15分
解析時間：900分



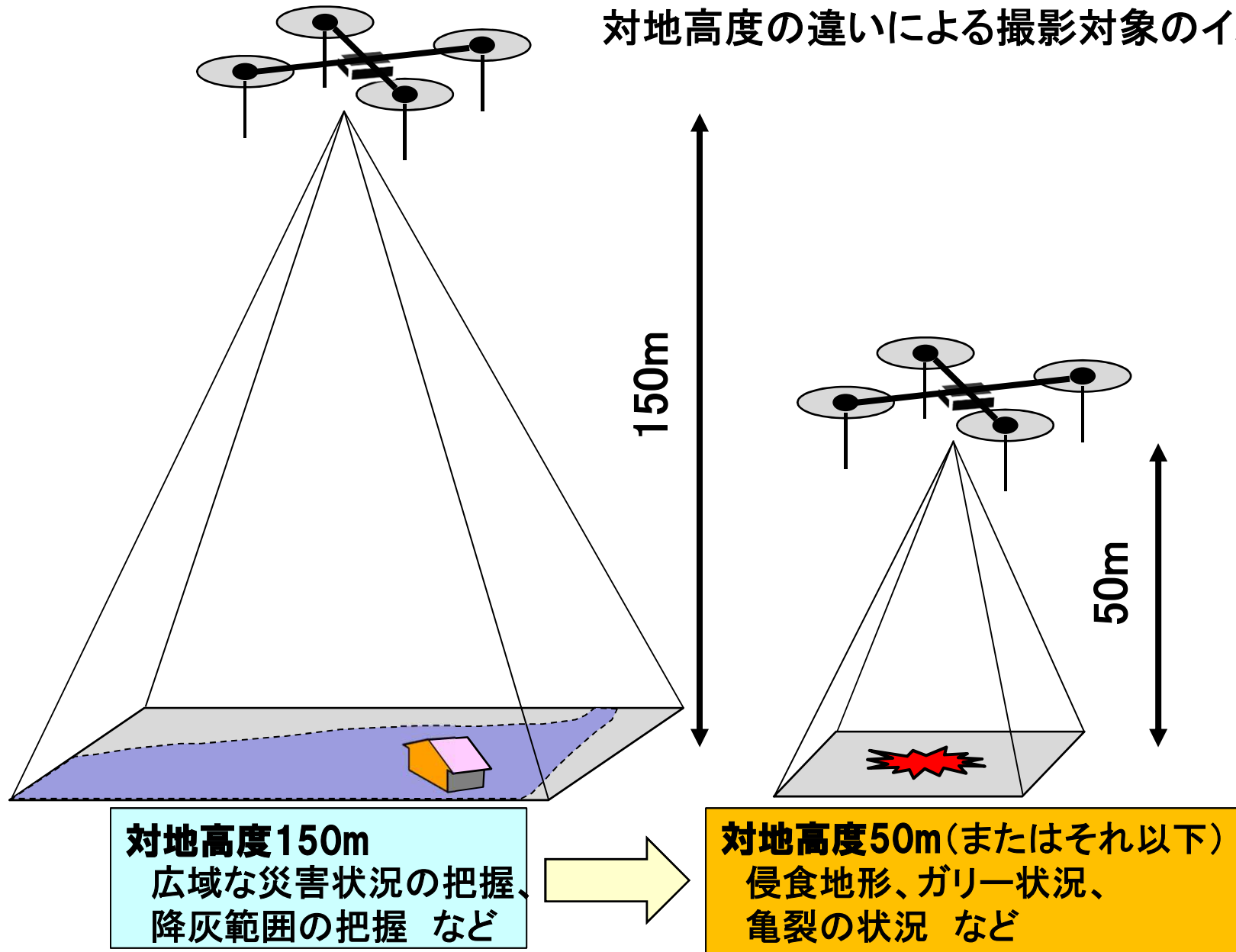
対地高度：50m
飛行時間：50分
解析時間：90分



対地高度：50m
飛行時間：50分
解析時間：50時間以上
(図の範囲だけなら30分)

範囲の絞り込み

対地高度の違いによる撮影対象のイメージ



【③-(1)-10】災害調査用地上／空中複合型ロボットシステムの研究開発 【(株)日立製作所コンソ】

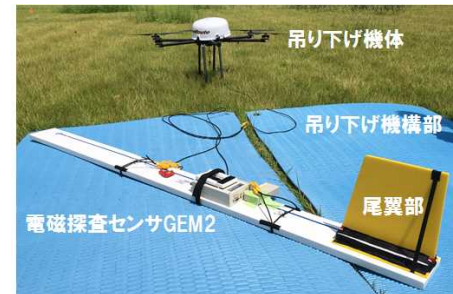
目標及び研究開発の概要

- 災害対応初期段階から災害現場の地形情報や地質情報などの状況把握を実現
 - ・ 無人調査プラットフォーム車両システム
 - ・ 無人調査プラットフォームヘリシステム
 - ・ 災害調査情報の可視化及び災害情報DB
- 災害対応初期段階から災害現場の状況把握を地上、空中から効率的に実現
- 防災システムを介した情報共有で、管理者が的確な判断を実施可能なシステムを実現



研究開発の成果

- 高い走破能力を持ち、長時間の運用と作業が出来る無人プラットフォーム車両システムを開発
- 広範囲の災害調査を効率的に行う無人プラットフォームヘリシステムを開発
- 情報共有に必要な災害調査情報の可視化及び災害情報DBを開発



実用化・事業化に向けた見通し・取組み

- 国土交通省TEC-FORCEが全国配備する事業
- 製品あるいは構成品を消防／防衛などの災害対応機関、自治体、指定公共機関、インフラ会社などへ販売する事業
- 国交省や自治体等が発注する観測業務サービス、観測結果を利用した工事プランニングサービス事業

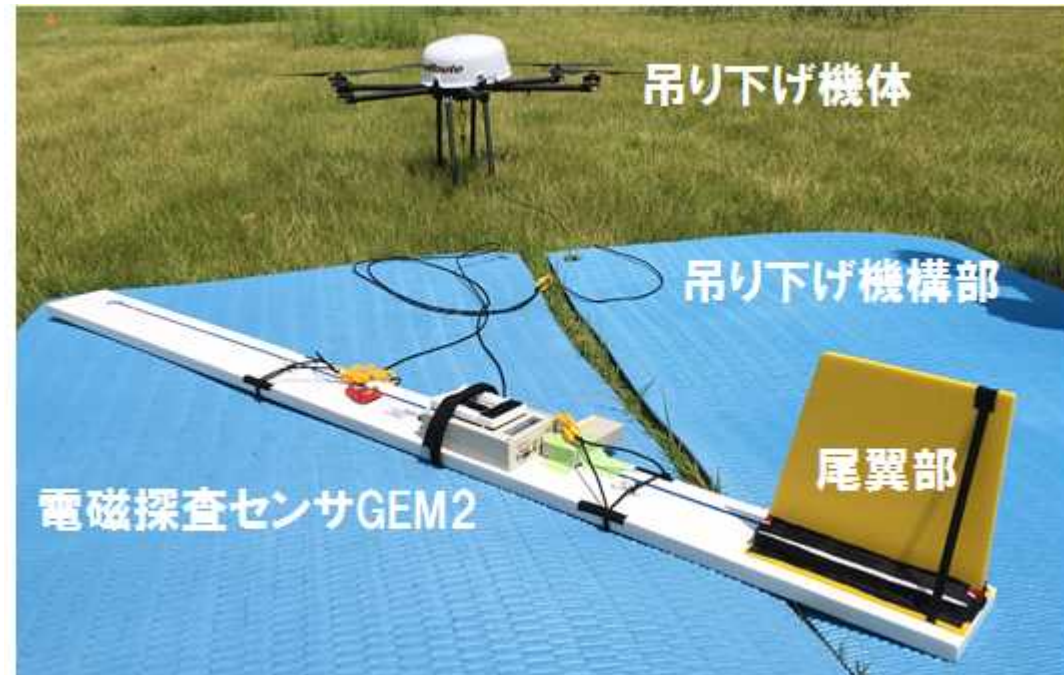
項目	従来対応	開発システム
状況把握 (初動) と計測	 <p>ヘリコプターから目視確認</p> <p>帰還後、データをとりまとめ</p> <p>デジタルカメラによる写真撮影 レーザー距離計で天然ダム形状の計測</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認・計測精度、取得画像精度が悪い ● 情報共有に時間を要する 	 <p>UAVIによる画像・映像取得</p> <p>地上解析装置</p> <p>災害対策本部</p> <p>2Dモザイクング</p> <p>3Dモデリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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
継続監視	 <p>CCTV</p> <p>崩壊検知センサー</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入りができない</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 安全確認後でなければ立入りができないため、設置に時間を要する 	 <p>UAV</p> <p>投下装置</p> <p>地滑り検知ノード</p> <p>係留ヘリ車両</p> <p>UGV</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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

項目	従来対応	開発システム
<p>物性把握</p>	 <p>人によるサンプリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 安全確認後でなければ立入りができないため採取に時間を要する 	 <p>UGV によるサンプリング</p>  <p>UAV による電磁探査</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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>	 <p>←LP 測量</p> <p>TS 測量→</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	 <p>3D モデリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 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



無人プラットフォーム車両システム

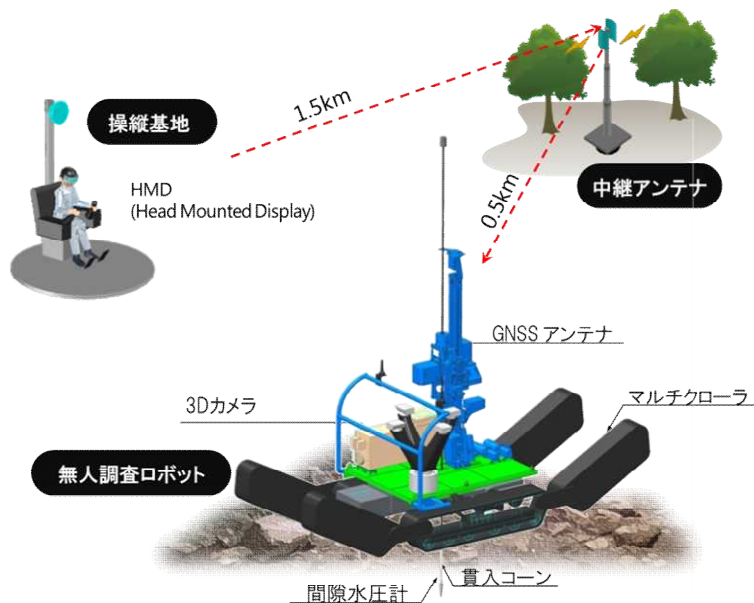
無人プラットフォームヘリシステム(電磁探査用)



【③-(1)-11】 遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボットの研究開発【(株)大林組コンソ】

目標及び研究開発の概要

- 土砂崩落現場等での情報収集および地盤調査を遠隔操作により行うロボット
- 散在した岩塊の乗越え、崩落土砂の泥濘地を走破し、車載の試験装置により、堆積土砂の地盤性状を調査する
- 長距離・低遅延の無線通信装置、及び目視に近い3D画像取得技術により、俯瞰画像無しで遠隔操作を可能とする



研究開発の成果

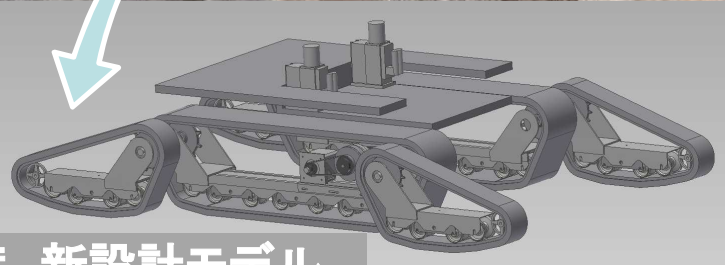
- 平成27年度に、ロボットの試作機を完成
- 同27年度の実証試験により、各要素技術毎に掲げた目標は達成済み
- 平成28年度以降、事業化を見据え、耐久性および信頼性を高めたモデルを開発・製作中



実用化・事業化に向けた見通し・取組み

- 本ロボットを国土交通省の各地方整備局等に配備し、土砂崩落災害時における初動調査を支援する
- 各要素技術は、他のインフラ維持管理用ロボット技術等との融合も期待される

■ マルチクローラ型走行装置の採用



接地圧低減
段差乗り越え性能確保



■ **トラバース機構**の付加
転倒角**45°** 以上確保

■ TORSOロボット（3Dカメラ+6自由度ロボットヘッド）の採用



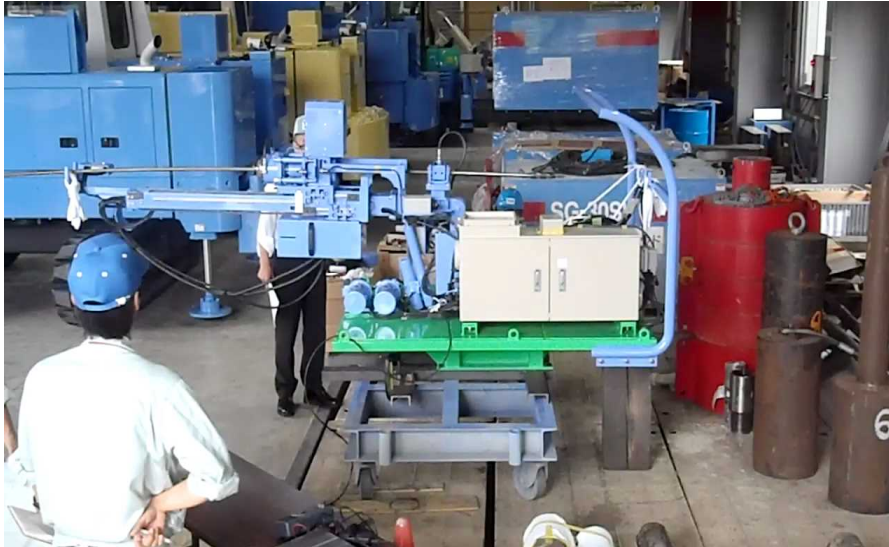
俯瞰画像が不要

**2D全方位画像も併用
⇒3D酔いのリスク低減**



27年度 プロトタイプ

■ スウェーデン式サウンディング方式を採用 ロッド継足しはしない⇒可倒式リーダー



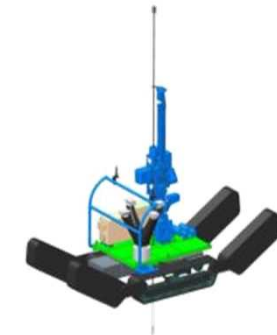
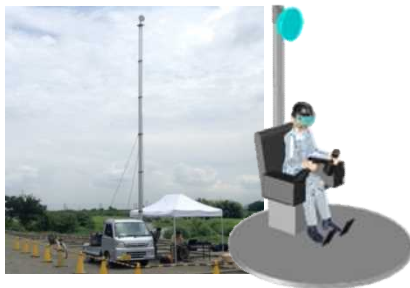
JIS規格の試験
半自動化された既製品有

■ 通信距離・回り込み効果が期待できる**2.4GHz帯**を採用 最長**2km**の長距離通信の実現のため**無線中継**

基地局

中継局

移動局



【③-(1)-12】引火性ガス雰囲気内探査ロボットの研究開発【三菱重工業(株)コンツルグ】

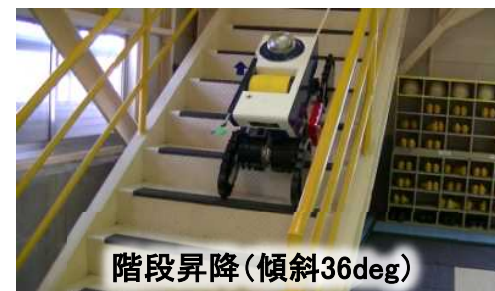
目標及び研究開発の概要

- 遠隔操作により人に代わって引火性ガスの有無や崩落状態を探査する**走行型ロボットの開発**
- 国際整合防爆指針(Ex2015)に適合した**防爆性能の付加**
- 防爆型式検定の取得
- 取扱い性向上を目指した**小型・軽量化(質量60kg)**
- 光ファイバケーブルリール(1000m)の開発およびケーブル送出し量より自己位置を推定する機能の開発



研究開発の成果

- 国際整合防爆指針(Ex2015)に適合した防爆性能を持つ**探査ロボット(質量60kg)を開発**
- バッテリ式移動ロボットとしては**国内初となる防爆型式検定を取得**
- 社内にコースを設定し、走行試験を実施。走破性および操作性を確認中



実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- 防爆ロボットの**プレス発表実施**し、一般に広く情報を発信
- インフラ検査・維持管理展に出展し、成果を普及
- **海外石油化学系から問合せ**があり、ニーズ調査中
- 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実施予定

防爆ロボットの開発

強化ガラスドームPTZカメラ
無線LANルータ+アンテナ
強化ガラス(ガス検知カメラ)
強化ガラス(後方カメラ+照明)
メインCPU
内圧保護監視基板
内圧保護用圧力センサ
強化ガラス(前方カメラ+照明)

左後 **右前**

項目	仕様
外形寸法 (サブローラ収納時)	L710×W420×H540 mm
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	1.5時間
耐環境性	IP47相当(防爆4X要)
通信	有線1000m 無線100m

**光ファイバケーブルリール
(1000m対応 千葉工大開発)**
**光ファイバテンショナ
光LAN変換器**
耐圧バッテリーケース
**8直列
リチウムイオン電池**
導電性ゴムサブローラ×4
**メインローラ sprocket
(導電性ゴムメインローラは未装着)**

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	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
製造者	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
品名	移動ロボット
型式の名称	MHI-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
対象ガス又は蒸気の 爆発等級及び点火度	II B+H ₂ T4 Gb
規格	適用基準 工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針) JN10SH-TR-46-1,2 及び F3:2015 バッテリーパック リチウムイオン二次電池 製造者 三菱重工株式会社 型式 MHI-bat-Ex 電圧 DC29.6V 容量 15Ah 入出力信号 無線LAN 10mW/2.4GHz 最低動作圧力 3kPa
使用条件	耐圧防爆接合部の諸寸法については、取扱説明書を参照すること。
型式検定合格番号	第 TC22032X 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
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで
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。 平成28年 7月 8日	
型式検定実施者 公益社団法人 産業安全技術協会長	

プレス発表@三菱重工品川本社(2016年07月12日)



掲載:

- ・朝日新聞、産経新聞、日経新聞 他
- ・Response(<http://response.jp/article/2016/07/13/278418.html>)
- ・NIKKEI Robotics(2016年8月10日発行 第14号) 他多数掲載

インフラ検査・維持管理展(7月20日~22日)出展



お客様の反応

- ・ 防爆って何。爆弾処理？
- ・ 凄いね。構造はどうなってる？
- ・ 1台いくら？
- ・ 海外石油化学系からの問合せ複数(後日)

走破性能プレ試験①

試験条件

- ・明暗：昼間(明るい)
- ・通信：無線
- ・操作：目視

試験結果

- ・走行距離：約430m
- ・走行時間：約41min

コース完走！

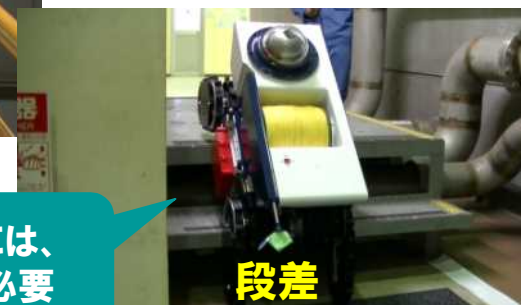
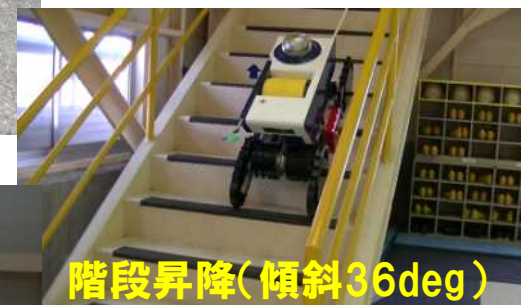


次回 プレ試験②

- ・時期：9月下旬
- ・明暗：夜間(ロボットの照明点灯)
- ・通信：有線(光通信)
- ・操作：遠隔



走破性能試験③



無線、目視操作では大きな問題なく試験完了。

※段差乗越えには、操作の習熟が必要

非破壊検査装置



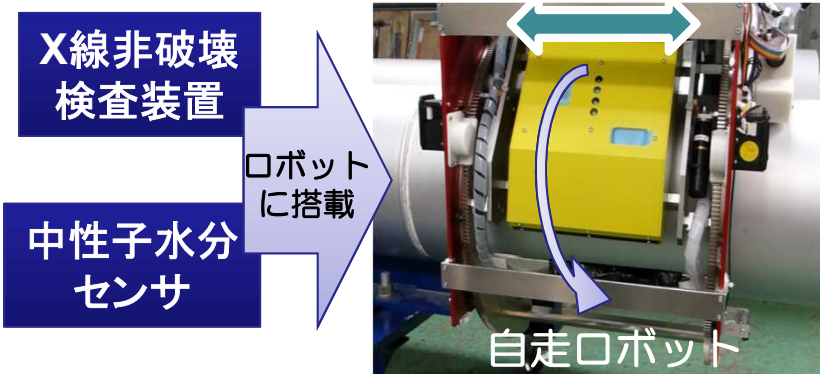
産総研

【③－(2)】 (国研)産業技術総合研究所コンソ

【③-②】超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発【(国研)産総研コンソ】

目標及び研究開発の概要

- 効率的なインフラ維持管理を実現するため、自走ロボットに搭載できる小型・軽量・長寿命の超小型X線及び中性子センサを用いた非破壊検査装置を開発する。
- 開発したX線や中性子の線源および検出器等をプラント配管の直線部を移動できるロボットに搭載した非破壊検査システムを開発し、その有効性を実証する。
- 現場での安全な運用を実現するための安全機構を開発する。



研究開発の成果

- ロボットに搭載でき、ロボット用の電池で駆動する中性子水分センサ、管電圧200kV以上の高エネルギーX線源、高エネルギーX線対応検出器等の非破壊検査技術を開発。
- 開発した中性子水分センサを配管自走ロボットに搭載し、化学プラントの現場で目標とする性能を確認するとともに、計測の高い再現性を確認した。

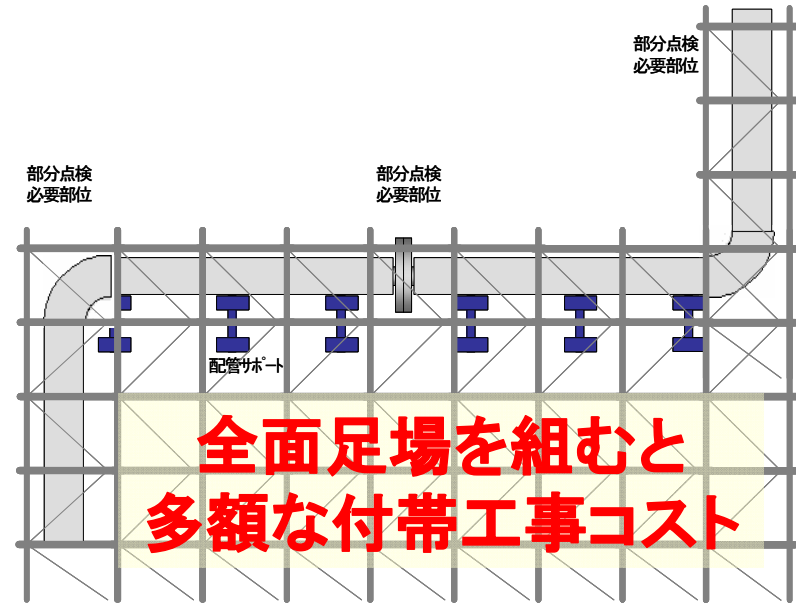


化学プラント現場での動作検証試験

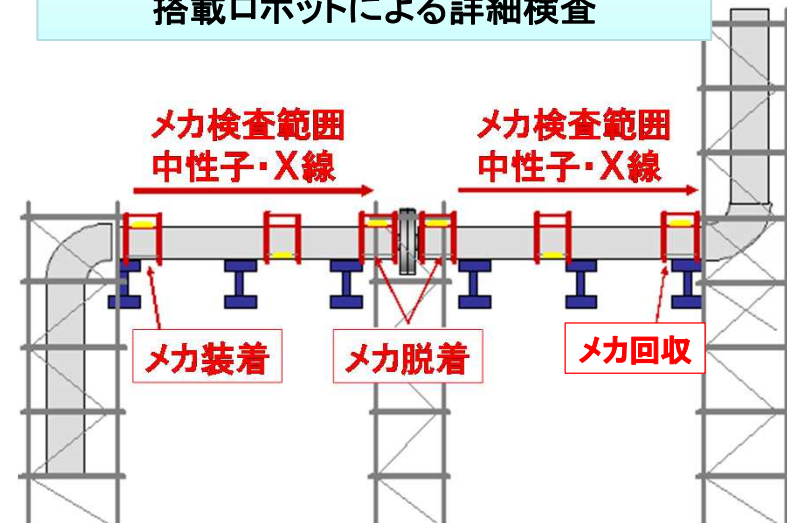
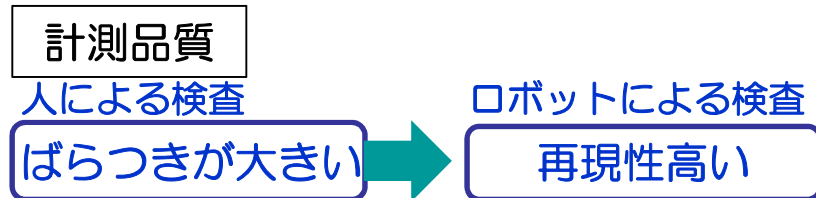
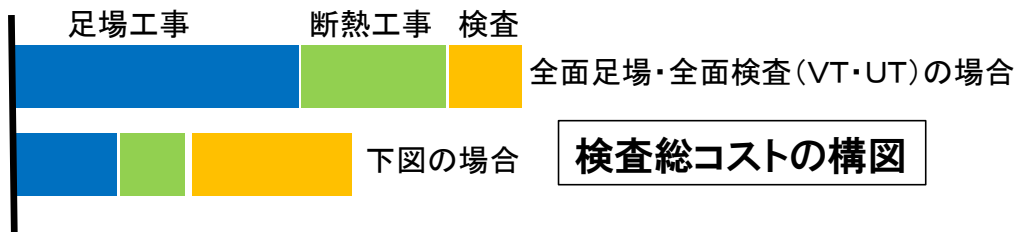
実用化・事業化に向けた見通し・取り組み

- 開発した技術は、プラント配管検査の実用化・事業化に必要な能力があることを確認した。
- 日立パワー社が、国内外の想定ユーザー企業とプラント配管検査装置の実用化・事業化に向けた具体的検討を開始。
- 開発したX線非破壊検査の基礎技術をX線新技術に関し、産業化コンソーシアム研究会等で応用を検討して広く横展開する予定。

産業インフラ：検査箇所が膨大
プラント配管の維持・管理
特に**水平部の維持・管理**が必要



中性子水分センサ搭載ロボットによるスクリーニング検査＋X線非破壊検査装置搭載ロボットによる詳細検査

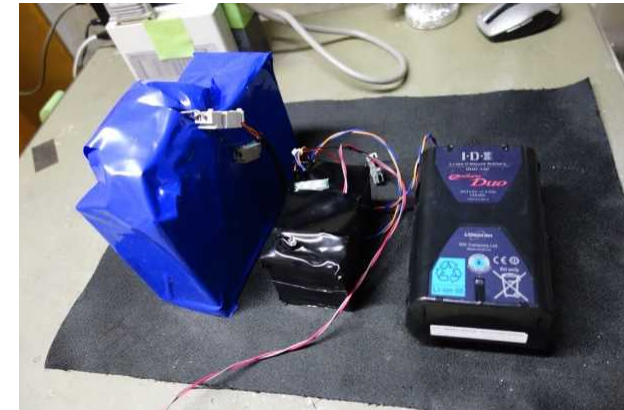


● X線源

- カーボンナノ構造体電子源を用いた200kVヒータレスX線源

消費電力 40W以下 3時間以上連続動作可能
出射レート 1パルス/秒/ユニット 以上

筐体厚70mm 重量2.5kg以下



ロボット用バッテリーで動作する200kVX線源

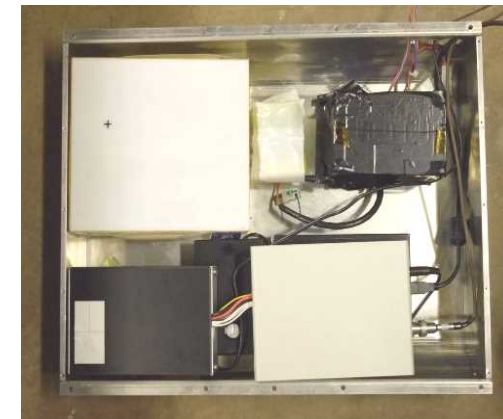
● 検出器

- CdTe X線検出器：素子厚 1mm、0.1mmピッチ
素子サイズ24mm×44mmの検出器を開発
画像取り込みスピード 1秒/ユニット以下

- 高エネルギー対応大面積X線検出器の要素技術
開発

10cm角の隔壁シンチレータ式検出器の試作機
を開発

- ロボット搭載ヘリウム3中性子検出器を開発する
とともに、中性子シンチレータ式検出器を試作し、
水分センサ用検出器としての性能があることを確認



ロボット用筐体に収めた200kVX線源と
CdTe検出器



中性子水分センサ搭載非破壊検査 自走ロボット

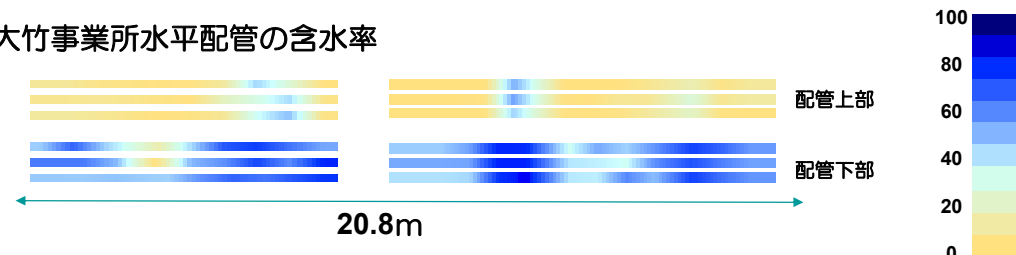
目標:スクリーニング計測100m/日



二ヶ所の化学プラント
現場にて実配管の
水分計測検証試験を実施



大竹事業所水平配管の含水率



100m:約300分での現場運用が
でき、作業者よりも再現性の高い計測が
できることを実証

現在までの開発成果(まとめ)

全13テーマにて概ねの研究開発を終了しプロトタイプを完成(中間目標達成)。

コンソ名	点検・調査分野	プロトタイプ完成	形式	備考
川田テクノロジーズ	橋梁点検	○	飛行	
★ルーチェサーチ	橋梁点検	○(所有機)	飛行	追加採択
富士フィルム	橋梁点検	○	懸架	
★ジビル調査設計	橋梁点検	○(所有機)	アーム	追加採択
開発設計コンサルタント	橋梁点検	○	吸着	
★熊谷組	橋梁点検	○	吸着	追加採択
キュー・アイ	水中点検	○	潜水	
★朝日航洋	水中点検	○(所有機)	水上航行	追加採択
国際航業	災害調査	○	飛行	
日立製作所	災害調査	○	複合	
大林組	災害調査	○	走行	
三菱重工業	災害調査	○	走行	
産業技術総合研究所	非破壊検査	○	パイプ跨座	

出口指向の開発体制

システム導入を意識したユーザを巻き込み、成果普及を見据えた活動を継続

コンソ名	ユーザの設定	実証試験に参加のユーザ
川田テクノロジーズ	○	大日本コンサルタント
ルーチェサーチ	○	建設技術研究所、広島市
富士フィルム	○	首都高技術センター、地方自治体
ジビル調査設計	○	ジビル調査設計、福井市
開発設計コンサルタント	○	電源開発
熊谷組	○	西日本高速エンジニアリング
キュー・アイ	○	ノダック、神奈川県
朝日航洋	○	朝日航洋(自社内点検部署)
国際航業	○	国際航業(自社内点検部署)
日立製作所	○	八千代エンジニアリング
大林組	○	大林組(自社事業)
三菱重工業	△	消防
産業技術総合研究所	○	三菱化学

防爆型式検定の取得【三菱重工業】

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	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
製造者	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
品名	移動ロボット
型式の名称	MHI-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
対象ガス又は蒸気の爆発等級及び点火度	II B+H ₂ T 4 Gb
規格	適用基準 工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針) JN10SH-TR-46-1, 2 及び 3:2015 バッテリーパック リチウムイオン二次電池 製造者 三菱重工業株式会社 型式 MHI-bat-Ex 電圧 DC 29.6 V 容量 1.5 Ah 入出力信号 無線 LAN 10mW/2.4GHz 最低動作圧力 3kPa
使用条件	耐圧防爆接合部の諸寸法については、取扱説明書を参照すること。
型式検定合格番号	第 TC22032X 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
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで
	平成 年 月 日から 平成 年 月 日まで

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。
 平成28年 7月 8日

ルーチン試験適用

型式検定実施者 公益社団法人 産業安全技術協会長

プレス発表@三菱重工品川本社(2016年07月12日)



- 掲載:
- ・朝日新聞、産経新聞、日経新聞 他
 - ・Response(<http://response.jp/article/2016/07/13/278418.html>)
 - ・NIKKEI Robotics(2016年8月10日発行 第14号) 他多数掲載

インフラ検査・維持管理展(7月20日~22日)出展



- お客様の反応
- ・ 防爆って何。爆弾処理？
 - ・ 凄いね。構造はどうなってる？
 - ・ 1台いくら？
 - ・ 海外石油化学系からの問合せ複数(後日)



数テーマが既に高評価。その後も課題解決で達成可能性が高い。

コンソ名	参加実績	評価(※)	備考
川田テクノゾース	○橋梁	Ⅱ	
ルーチェサーチ	○橋梁	I	「I 試行的導入に向けた検証を推奨する」
富士フィルム	○橋梁	要素検証	実証施設が古い設計で、稼働対象構造でなかった
ジビル調査設計	○橋梁	I	「I 試行的導入に向けた検証を推奨する」
開発設計コンサルタント	○橋梁	要素検証	
熊谷組	○橋梁	要素検証	
キュー・アイ	○水中	要素検証	個別評価項目は★★★並み。ただし「要素検証」として評価外
朝日航洋	○水中	★★★	河床★★★。護岸★★。
国際航業	○災害	★★★	「活用を推奨する(地形データの取得)」
日立製作所	○災害	★★★	「活用を推奨する(無人航空機による調査)」
大林組	○災害		「課題が解決されれば活用を推奨する」
三菱重工業	×		

※橋梁分野はⅠ,Ⅱ,Ⅲ評価(最高位はⅠ)、水中・災害分野は星で評価(最高位は★★★)

	H26	H27	H28	計
特許出願(うち外国出願)	4	7(2)	3	14件
学会発表・講演	10	33	11	54件
論文	7	8	7	22件
新聞・雑誌等への掲載	18	14	12	44件
展示会への出展	8	23	10	41件

※平成28年度8月末現在

最終目標を達成できる可能性はあるか

- ・開発はおおむね順調
- ・現場で実用化試験を実施しているコンソもあり可能性大

最終目標に向けて、課題とその解決

(1) 安全性・操作性・安定性・耐久性の向上

- ・実証試験の中で改良を図る
- ・動作実証試験の奨励と委員評価の機会を増加

(2) 幅広いユーザによる動作実証

- ・一般の建設コンサルタントによる実用性評価が必要
- ・実用性評価会の設定をH27及びH28年度に計画中

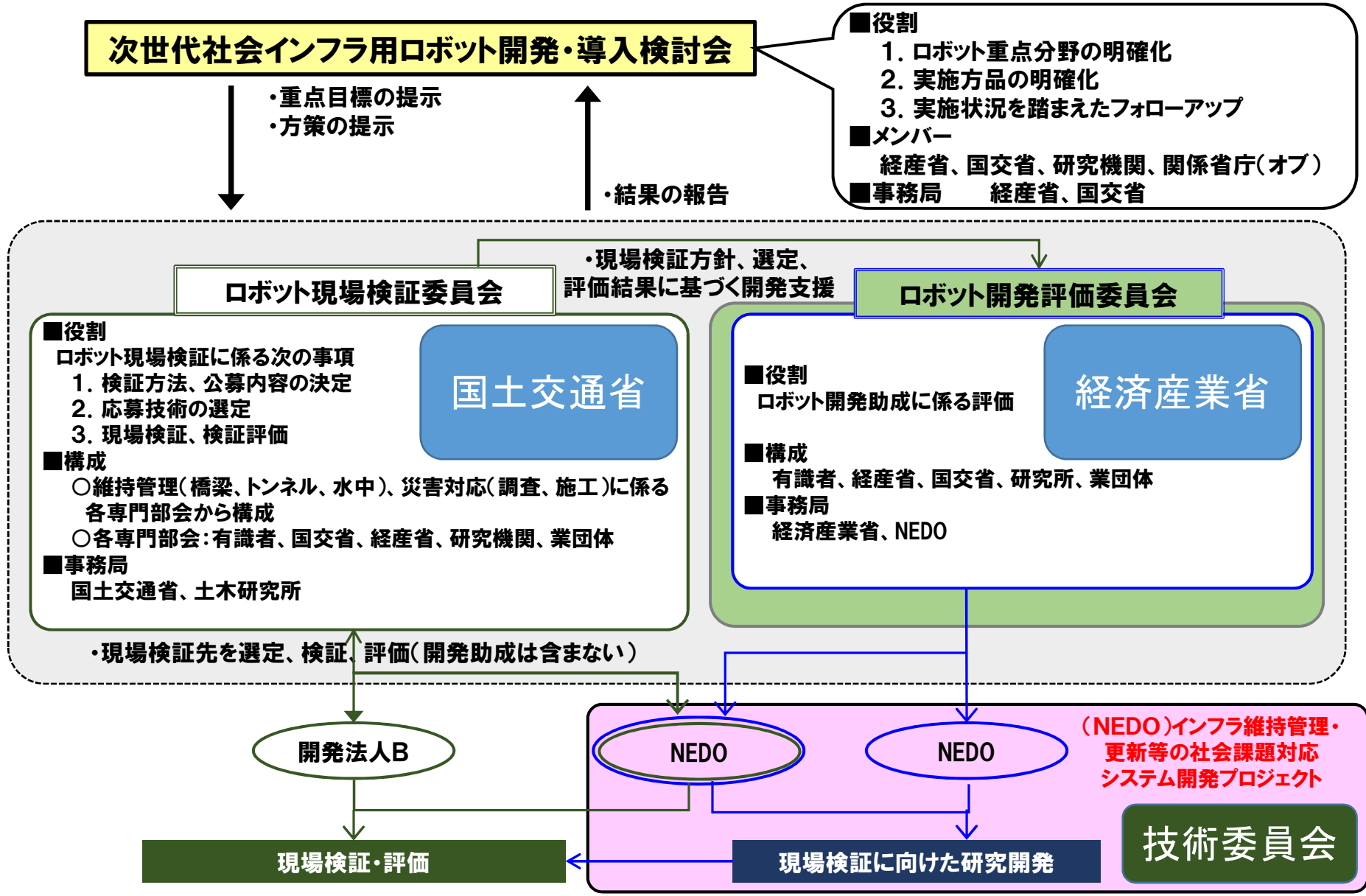
研究開発項目③インフラ維持管理用ロボット技術・ 非破壊検査装置開発

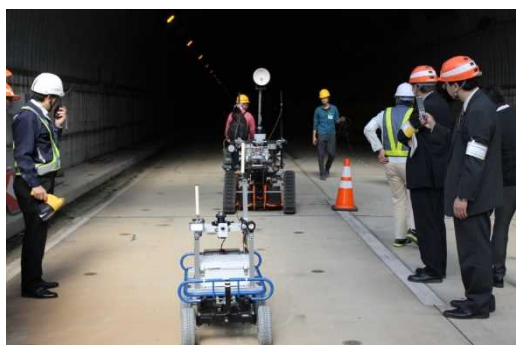
Ⅲ. 研究開発成果について

Ⅳ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みにつ いて

出口指向の開発体制

国土交通省のロボット現場検証委員会と連携し、出口指向の開発体制





- 国交省のロボット現場検証委員会と連携し、**インフラ点検の監督省庁の意見を取入れて**システムを開発している
- **システム導入を意識したユーザをチーム内に含む**体制とし、成果普及を見据えた開発
- **想定される導入現場で動作を検証し、ユーザにより評価しながら**実用的技術を開発

➡ **社会課題（インフラ維持管理）に的確に対応し、現場に導入されるシステムの開発**

出口指向の開発体制

システム導入を意識したユーザを巻き込み、成果普及を見据えた活動を継続

コンソ名	ユーザの設定	実証試験に参加のユーザ
川田テクノロジーズ	○	大日本コンサルタント
ルーチェサーチ	○	建設技術研究所、広島市
富士フィルム	○	首都高技術センター、地方自治体 日建コンサル、ミクニヤ
ジビル調査設計	○	ジビル調査設計、福井市
開発設計コンサルタント	○	電源開発
熊谷組	○	西日本高速エンジニアリング
キュー・アイ	○	ノダック、神奈川県
朝日航洋	○	朝日航洋(自社内点検実施部署)
国際航業	○	国際航業(自社内点検実施部署)
日立製作所	○	八千代エンジャリング
大林組	○	大林組(自社事業)
三菱重工業	△	消防
産業技術総合研究所	○	三菱化学



橋梁点検車

<http://www.ndsinc.co.jp/3/9/3.html>



他のインフラ点検ロボット
<http://www.denso.co.jp/ja/news/newsreleases/2016/160408-01.html>

競合技術

• 従来型橋梁点検車

車線規制が必要。操縦に熟練者が必要。
取得データの蓄積性、客観性、継続観察性が不足。
普及しているため現在のところは操縦者が存在。

• 他のインフラ点検ロボット

ドローン展やインフラ維持管理展において数社が発表。
道路管理会社による構想提案や大学による試作が大半。
企業の提案もあるが試行的なもの。

他のインフラ点検ロボットに対する優位性

- 国交省連携による導入可能性の向上。実績蓄積。
- 現場実験時のロボット／インフラ専門家の指導による実用性開発の加速。
- 実ユーザ参加による機能・性能・操作性の向上。

(1) 安全性・操作性・安定性・耐久性の向上

- 開発中であり、実証試験の中で改良を進める。

(2) 関係省庁におけるロボットによる定期点検等の導入

- 現状は支援業務のみで使用。（撮影用や定期点検以外の観察等）
- 国交省に点検実績や取得データで協力。早期実現を目指す。

(3) 実績と社会的認知への努力

- 実証試験場所を提供して実績を重ねる。
関係省庁を仲介して、現場を実施者に紹介。
- 想定ユーザや社会への情報開示や見学会の実施。

(後半に入り)現在、**全チームが**実用化開発を推進している

75

コンソ名	実施	実験場所	実験フェーズ	備考
川田テクノロジーズ	○	新鬼怒橋 他	動作実証	
★ルーチェサーチ	○	福山市三曲橋 他	基本検証(所有機)	追加採択
富士フイルム	○	首都高葛西橋梁 他	実用化試験	
★ジビル調査設計	○	福井市板垣橋 他	基本検証(所有機)	追加採択
開発設計コンサルタント	○	幸久橋、船明ダム 他	動作実証	
★熊谷組	○	NEXCO中日本橋梁他	動作実証	追加採択
キュー・アイ	○	弥栄ダム、城山ダム他	実用化試験	
★朝日航洋	○	新田リバーステーション他	基本検証(所有機)	追加採択
国際航業	○	富士大沢扇状地他	実用化試験	
日立製作所	○	産総研北サイト 他	動作実証	
大林組	○	雲仙普賢岳、相模原市	動作実証	
三菱重工業	○	自社構内模擬環境	基本検証	
産業技術総合研究所	○	三菱レイオン大竹事業所他	動作実証	