

【UC-TEC活動報告】

S I Pプロジェクトにおける研究開発成果

令和5年2月13日

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術

維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発 無人化施工の新展開 ～遠隔操作による半水中作業システムの実現～

研究責任者 : 油田 信一(次世代無人化施工技術研究組合)

研究実施機関: 次世代無人化施工技術研究組合

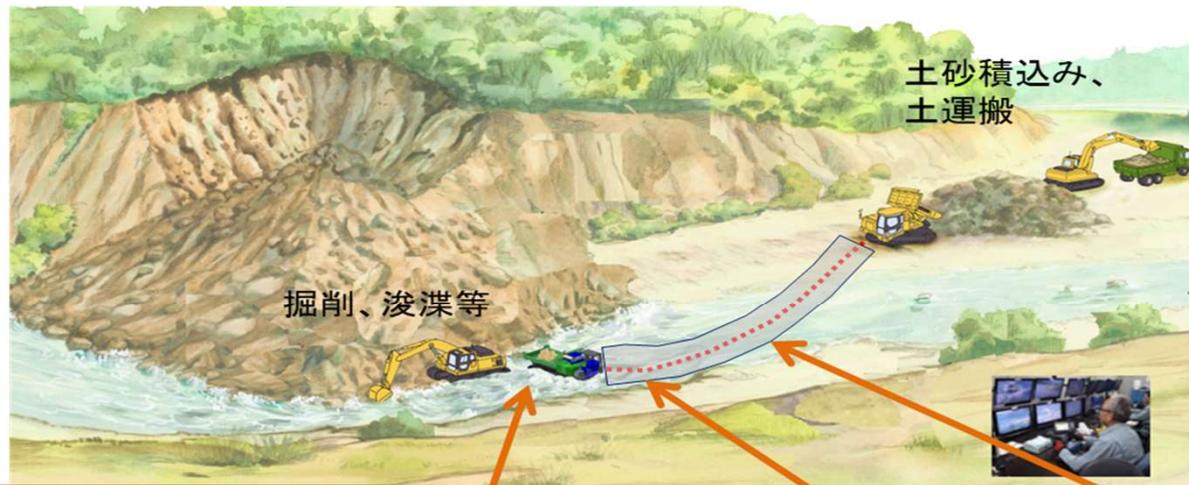
(株)IHI, 青木あすなろ建設(株), (株)大本組, 鹿島建設(株)
(株)熊谷組, (一財)先端建設技術センター, 大成建設(株)
(株)ニコン・トリンブル, (一社)日本建設機械施工協会

研究分担先 : 国立研究開発法人土木研究所, 株式会社IHI

再委託先 : 学校法人芝浦工業大学

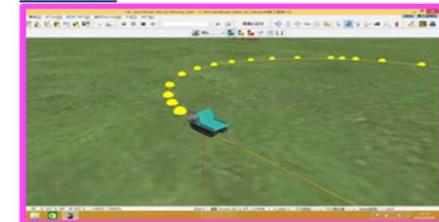
研究開発の目的と内容

- 水深 2m 程度の水際や半水中部で、
一連の施工を達成する無人化施工の実証システムの構築
- 浅水域で稼働する遠隔操作型重運搬ロボットの開発



将来技術

- 遠隔操作性向上技術
- 利用機会拡大のための技術



自動化(反復走行)

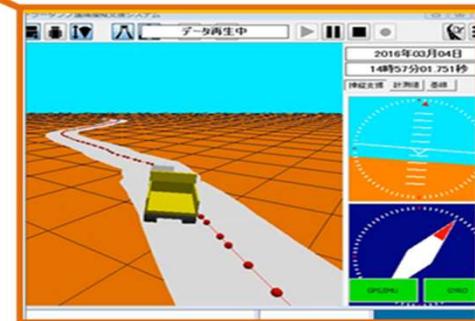
研究開発技術



空間、水中状態把握



防水・気密性・走破性



走行支援ガイダンス

プロトタイプ初号機を用いた各種実験

●水没試験(シュノーケル・防水隔壁の評価, 駆動系冷却性能試験)



写真1 陸上正面



写真2 水深1.5m



写真3 水深1.5mキャビン内



写真4 水深1.8m



写真5 水深1.8mキャビン内



写真6 水深1.8mシェル内

水陸両用重搬送車両 プロトタイプ1号機の開発

【耐水性対策】

- ・ 長時間耐水試験
- ・ エンジン防水ケース対策
- ・ ユーティリティ部水没対策
- ・ 水中内重心、浮力検討

【水中走行性能】

- ・ 水深1.5mで走行
- ・ 積載10トンの試験走行
- ・ 水中内の不陸乗越え試験走行
- ・ 半水中斜路の試験走行



半水中走行実験
(水深1.5m) 2016年1月

□ 遠隔操作型半水中重運搬ロボットと遠隔操作システムの開発

1. 水深1.8mを走行が可能な水陸両用重搬送車両プロトタイプ2号機を開発
2. 遠隔操作のためのガイダンス装置の開発
3. 走破性確保のためのセンシング技術

□ 実証無人化施工システムの構築と統合実験

- ✓ 半水中走行実験・実証(CMI)

□ 実利用・普及に向けた活動

- ✓ 上記実証試験において、国交省関係者等への見学・説明会を実施

遠隔操作式 水陸両用重搬送車両 プロトタイプ2号機の開発

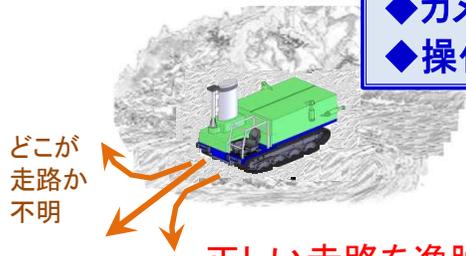
【仕様】

水深	最大2m
積載荷重	10トン
水中速度	3km/h (最大積載時)
水中走行傾斜角	ロール4° ピッチ5.7°
操作方式	遠隔, 搭乗両用
積載物	土砂等
被牽引機能	遠隔操作での油圧ブレーキ解除機構付き
寸法	L6,630mm × W2,840mm × H2,910mm

遠隔操縦による半水中走行実験
(水深1.5m) 2017年3月

遠隔操作のためのガイダンス装置の開発

- ◆カメラ映像の代替要
- ◆操作支援情報の提供不可欠



正しい走路を逸脱⇒スタックし脱出不可



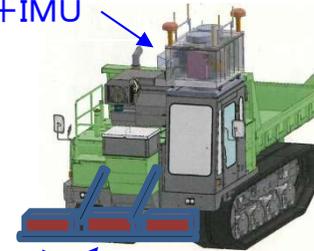
操作ガイダンス画面



非接触型水中探査技術の開発

- ◆水中走行にあたり、映像による情報のみでは走行地盤が見えない

GNSS+IMU

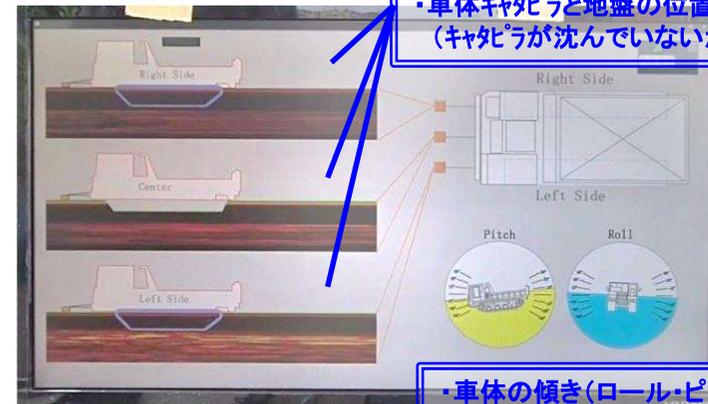


電磁波レーダ

【要求機能】

- 非接触型で濁度に影響を受けにくいセンサー
- 走行ラインの地形の事前把握
- 地盤強度の傾向把握

リアルタイム表示システムの開発



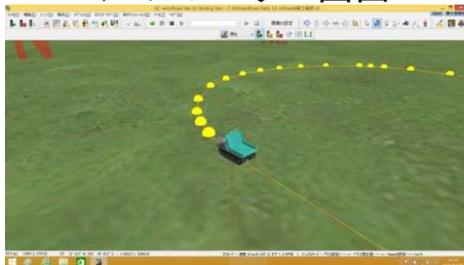
2017年度までの成果

半自律走行システムの開発

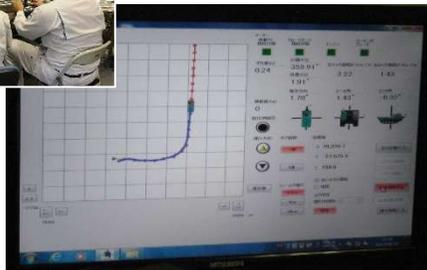
オペレータの操作補助機能として開発

- あらかじめ決定された走行ルートを自動走行する操作支援システムを構築
- 研究過程でシミュレーターを活用し効率的に半自律制御アルゴリズムを開発

シミュレーター画面



フィールドでの検証・評価



統合システムの検証実験

半水中(水深1.8m)走行が可能な実フィールドで繰返し・反復走行実験を実施し検証

- 統合ガイダンスシステム実験、評価
- 機械本体の耐水性対策の検証
- 採用した各種装置、センサ類の効果等の検証
- 遠隔操縦システムの操作性、確実性の検証
- 遠隔操作支援システムの有効性、オペレータの負担軽減効果の検証(カメラ映像の不足を補完し遠隔操作効率向上に寄与/無人化施工初心者に対する幫助性)

2017年12月 奈良県赤谷河道閉塞現場で検証



フィールド実験 実験概要

(1) 実験項目

半水中(水深1.8m)走行が可能な実フィールドで繰返し・反復走行実験を行うことで、以下に示す項目を検証する。

◇統合ガイダンスシステム実験、評価

◇機械本体の耐水性対策の検証

◇採用した各種装置、センサ類の効果等の検証

◇遠隔操縦システムの操作性、确实性の検証

◇遠隔操作支援システムの有効性、オペレータの負担軽減効果の検証(カメラ映像の不足を補完し遠隔操作効率向上に寄与/無人化施工初心者に対する幫助性)

(2) 主要機械一覧

機械名	仕様	台数
重運搬ロボット2号機	<ul style="list-style-type: none"> ・運転質量:17t ・遠隔操作式、車載カメラ ・GNSS-IMU搭載 	1
無線中継車	2tトラック、固定カメラ(複数台)	2
移動式遠隔操作車	10tトラック+コンテナハウス	1
	(W2,300mm×L5,700mm) 固定カメラ	1



重運搬ロボット2号機(半水中走行)



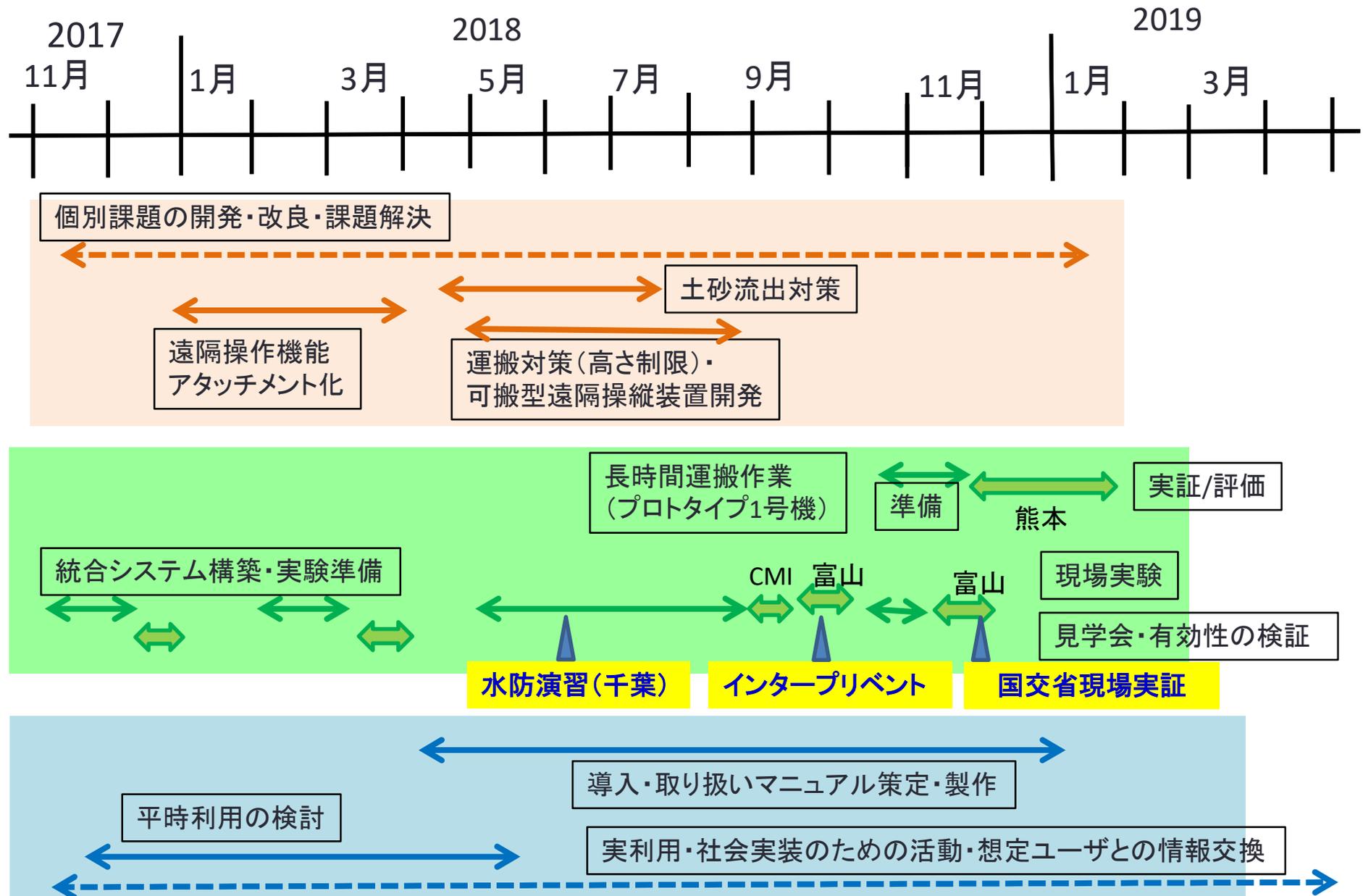
遠隔操作室内のモニタ類

実験エリア(奈良県赤谷地区)、機械配置



実証フィールドその2 システム構成

2018年度 開発・社会実装活動スケジュール



4Gモバイル通信により実験エリア(富山県 常願寺川)と富山市内を接続



富山国際会議場 大手町フォーラム



遠隔操作室



室内状況



富山国際会議場 大手町フォーラム

遠隔操作室

富山河川国道事務所
上滝出張所

実証フィールド実験エリア

富山河川国道事務所
上滝出張所 近傍河川敷

車載カメラ映像 操作支援ガイダンス画面

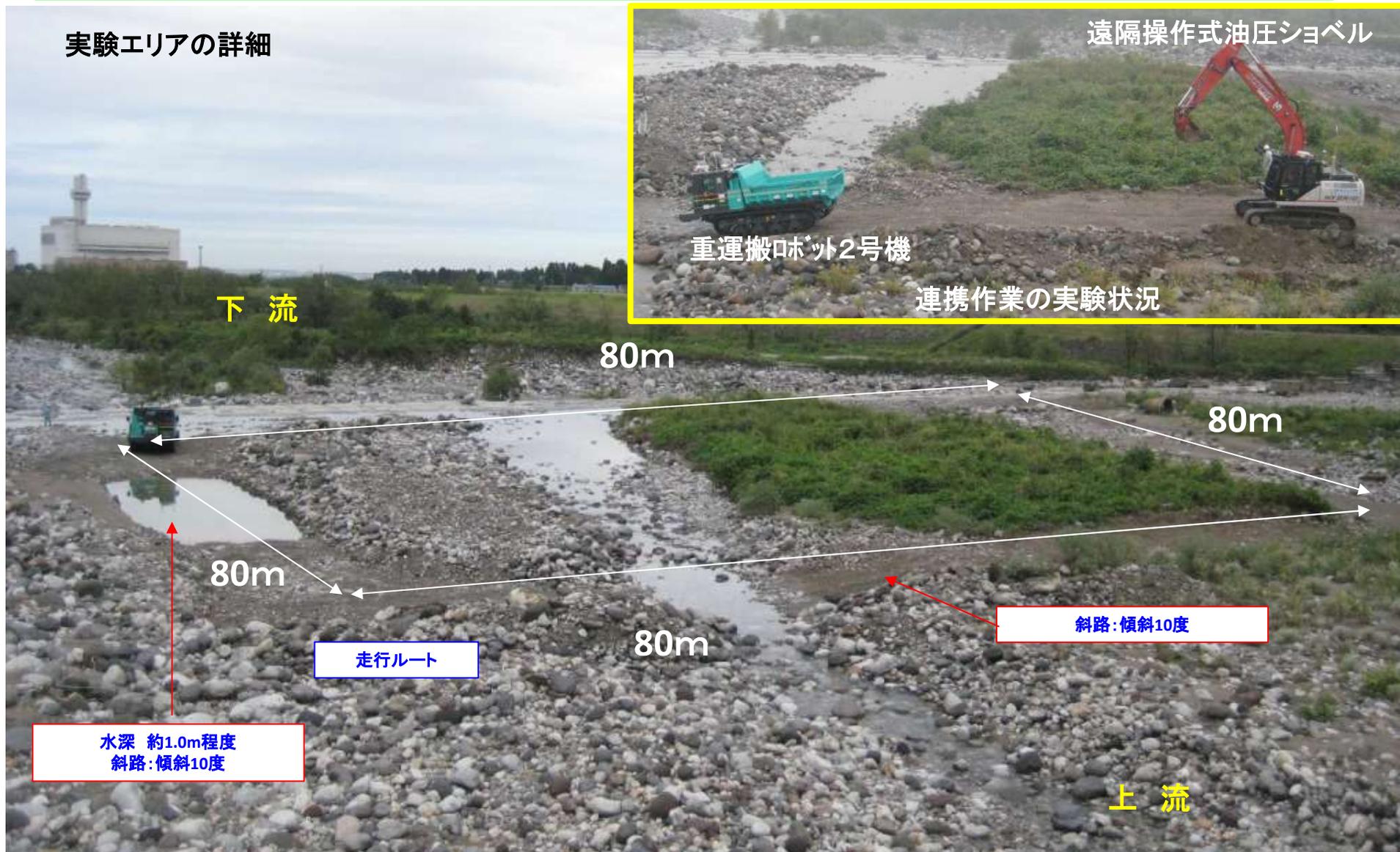
半水中クワ-5DT遠隔操作機

BH搭載カメラ映像 BH遠隔操作機

遠隔操作ブース

実験エリア(富山県 常願寺川)、遠隔操作による油圧ショベルとの連携作業

実験エリアの詳細



2018年度実証フィールド遠隔実験(球磨川)
熊本県内の河道浚渫工事現場における長期間運用実験(11月末~1月末)

- プロトタイプ1号機を用い、搭乗操作にて、2ヶ月間に渡り実作業に適用し、頑健性を確認
- 準平時の施工への利用における効率性/有効性の評価



プロトタイプ1号機を用いた球磨川の堆積土砂掘削・運搬実験

[実験の目的]

1. 開発している半水中重運搬ロボット、及び、その遠隔操作・運用システムの性能の確認・評価
2. 実現場を模した環境での遠隔操作実験による、開発(技術研究組合)メンバーによる、新無人化施工システムに関する、経験の蓄積
3. (国交省の災害対応部局等の)想定されるユーザへ対する開発システムとその可能性の提示・公開と、次の開発に向けた意見収集

[10月までの実験]

1. 施工総研(CMI)における、要素・機能実験

2. 富山県常願寺川河川敷における、土石等の渡河運搬を含む作業実験

- ◆ 併せて、国際インタープリメント2018(富山、10月1-4日)の会場からの遠隔操作のデモを実施

[11月以降の実験]

1. 富山県常願寺川(大川寺駅付近)河川敷(11月下旬)

- ◆ 災害復旧工として、遠隔操作式水陸両用重運搬ロボットが大型土のうを河川横断して運搬し、遠隔操作式油圧ショベルが大型土のうを設置する作業をイメージした施工フローを実施
- ◆ 国土交通省による建設ロボット現場実証評価をうける(現在相談中)

2. 熊本県内の河道浚渫工事現場における長期間運用実験(11月末~1月末)

- ◆ プロトタイプ1号機を用いて、2ヶ月に渡り実作業に適用し、頑健性を確認
- ◆ 準平時の施工への利用における効率性/有効性の評価

【期待される技術開発成果】

◆浅水域で稼働する遠隔操作型重運搬ロボットの開発

◆水深 2m 程度の水際や半水中部で一連の施工を達成する、無人化施工技術の確立、および、具体的なシステム例の構築

◆それを用いた有効性の検証・デモンストレーション

【期待される効果】

◆無人化施工の対応可能範囲の拡大と、我が国の出水災害時への対応力の向上

無人化施工技術の進化・発展のための研究開発を 継続して実施してきた

■ 当面の具体的な活動内容

- 技術開発に特化した主体的な活動
 - ① 高度技術開発
(受託体制の維持を基本)
 - ② 今回の開発システムの
譲渡先との共同研究の継続
 - ③ 開発システムの実利用における
運用支援(維持管理、操作に関する
指導、操作者の提供)



平成30年西日本豪雨災害
(出典: 広島県HP)

■ 他組織との協力

- 参画できる受託研究での継続的活動
- 開発成果の継続的利用(災害時の活用、
平時の定期的実証など)
- 無人化施工及びその技術の向上

(参考) 建設無人化施工協会の活動内容

- 官側の支援、官側からの依頼対応の実施
 - ・機械所在調査、オペレータ育成支援
 - ・マニュアル作成支援、積算基準作成支援
 - ・災害調査支援、コンサル支援
 - ・技術開発、官側との意見交換

開発システムの社会実装の形態の検討

社会実装：重運搬ロボットの、災害対応のための保有・維持体制

- 保有者と使用者
 - 国土交通省／地方整備局／技術事務所
 - 地方自治体
 - 河川管理者
 - 民間会社（工事会社、レンタル会社等）
 - 研究機関（さらなる活用法の開発と評価）
- 活用のための管理体制
 - 保有者：運用時の計画／保管／輸送／定期点検，メンテナンス
 - 使用者：現地取扱い／運用教育（使用方法、安全注意事項）／日常点検

普及と維持のための平時利用との共用化

- 平時の利用法

水陸両用運搬車として使用（主に搭乗操作による）

 - 河川・湖沼の浚渫，護岸工事　／　河川・湖沼・海岸部の防災工事など
- 災害時・平時共用のための体制
 - 半水中用車両と遠隔操作機能を分離して整備　／　災害時には国・地方自治体主導で運用する体制を構築
- 供用、および、生産・販売台数の拡大
 - 平時向けにレンタル、リースの導入　／　海外への展開（運用技術と機械）の可能性