

自律施工技術開発促進に向けた 土木研究所の取組 および デモンストレーション

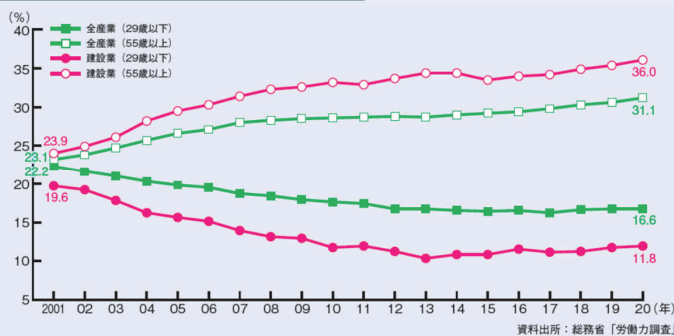
2021/11/24-26

土木研究所 先端技術チーム

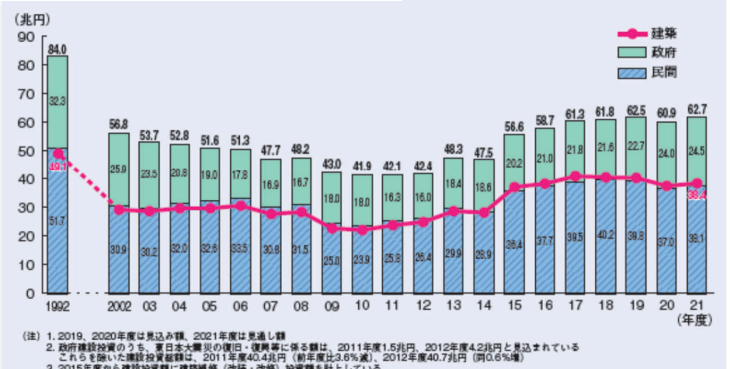
1

本研究の背景 1 : 建設業における現状の課題

■ 建設業就業者の年齢別構成比の推移



■ 建設投資の推移



建設業ハンドブック2021（一般社団法人日本建設業連合会）より

- ・ 高度経済成長期を支えてきた熟練技能者が近年中に大量リタイア（現就労者の大幅減少）
- ・ 少子高齢化に伴い次世代の建設産業を担う人材確保が困難（新規就労者の減少）
- ・ 建設工事の国内総量は横ばい

労働者一人当たりの生産性を大幅に向上する必要がある

2

土木研究所における取組

- 労働者1人で複数台の建設機械の運用を可能とする自律施工



国土交通省Web Siteより

自律施工の普及拡大へ向け以下の2点へ取り組んでいる

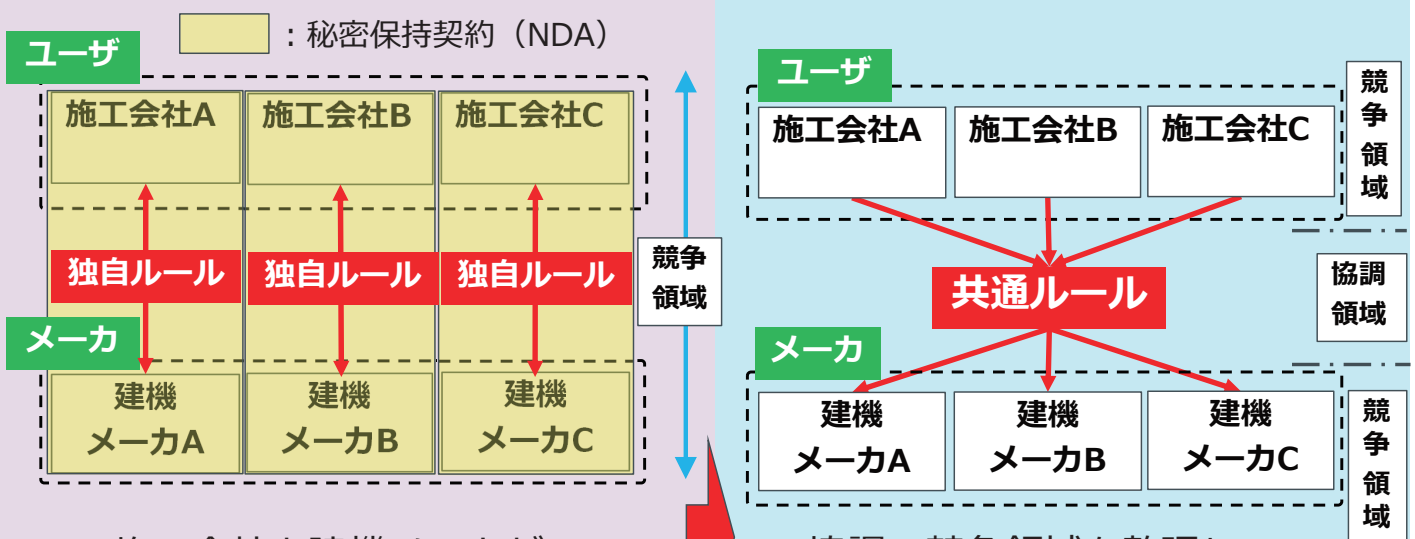
1. 協調領域の提案
2. 自律施工技術基盤（プラットフォーム）の整備

土木研究所における取組1

協調領域の提案：建設機械の制御信号の共通化

従来の自律施工技術開発の枠組み

提案する枠組み



- 施工会社と建機メーカがNDAに基づく開発グループを構成
- メーカが異なると機械相互の連携が困難

- 協調、競争領域を整理し 研究開発の重複を防ぐ
- 同一現場で複数メーカの連携が容易

協調領域を定めることで開発投資の重複を防ぎ、企業間の連携/競争がしやすくなる

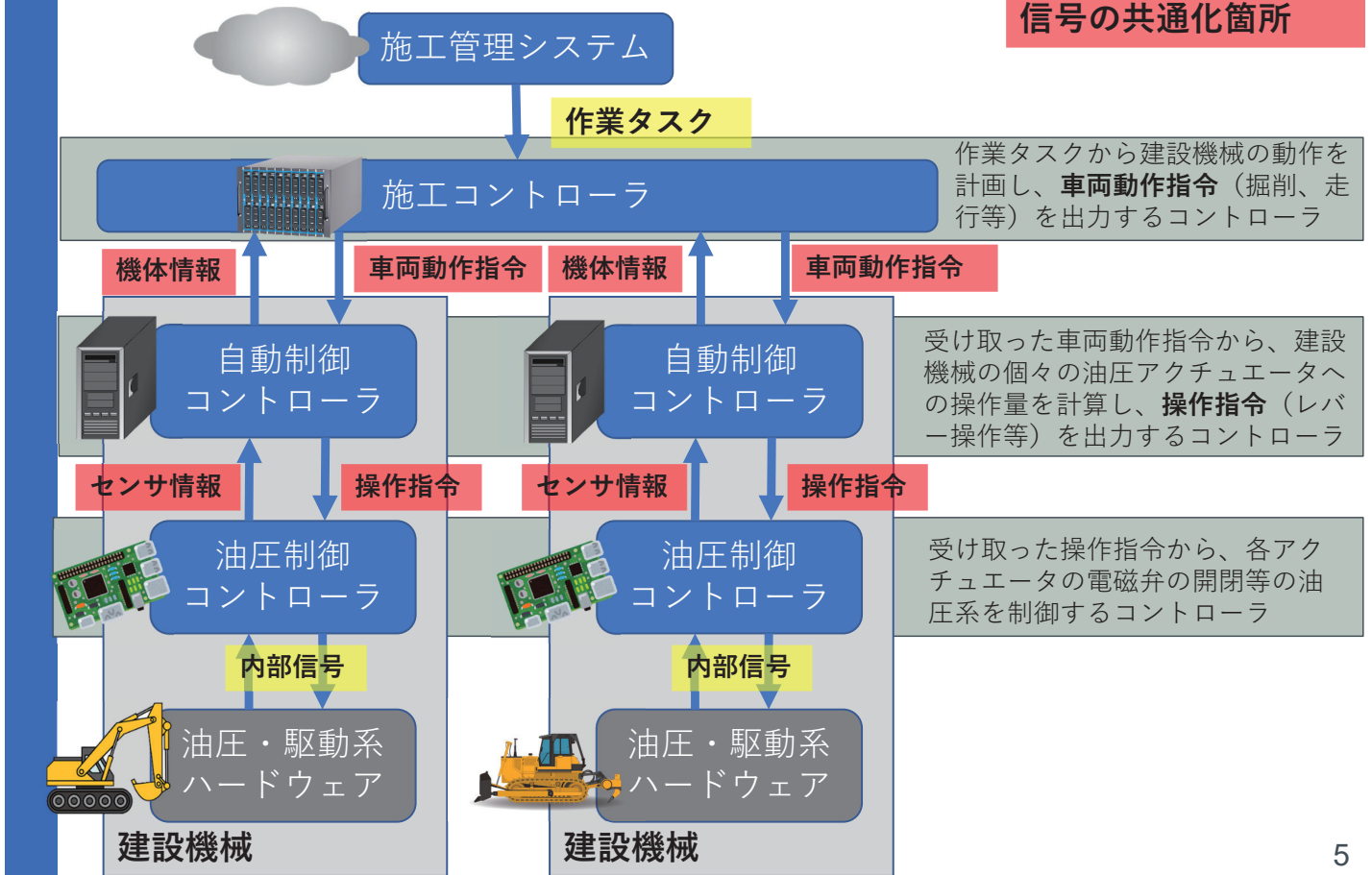
土木研究所における取組1



協調領域の提案：建設機械の制御信号の共通化

信号の非共通化箇所

信号の共通化箇所



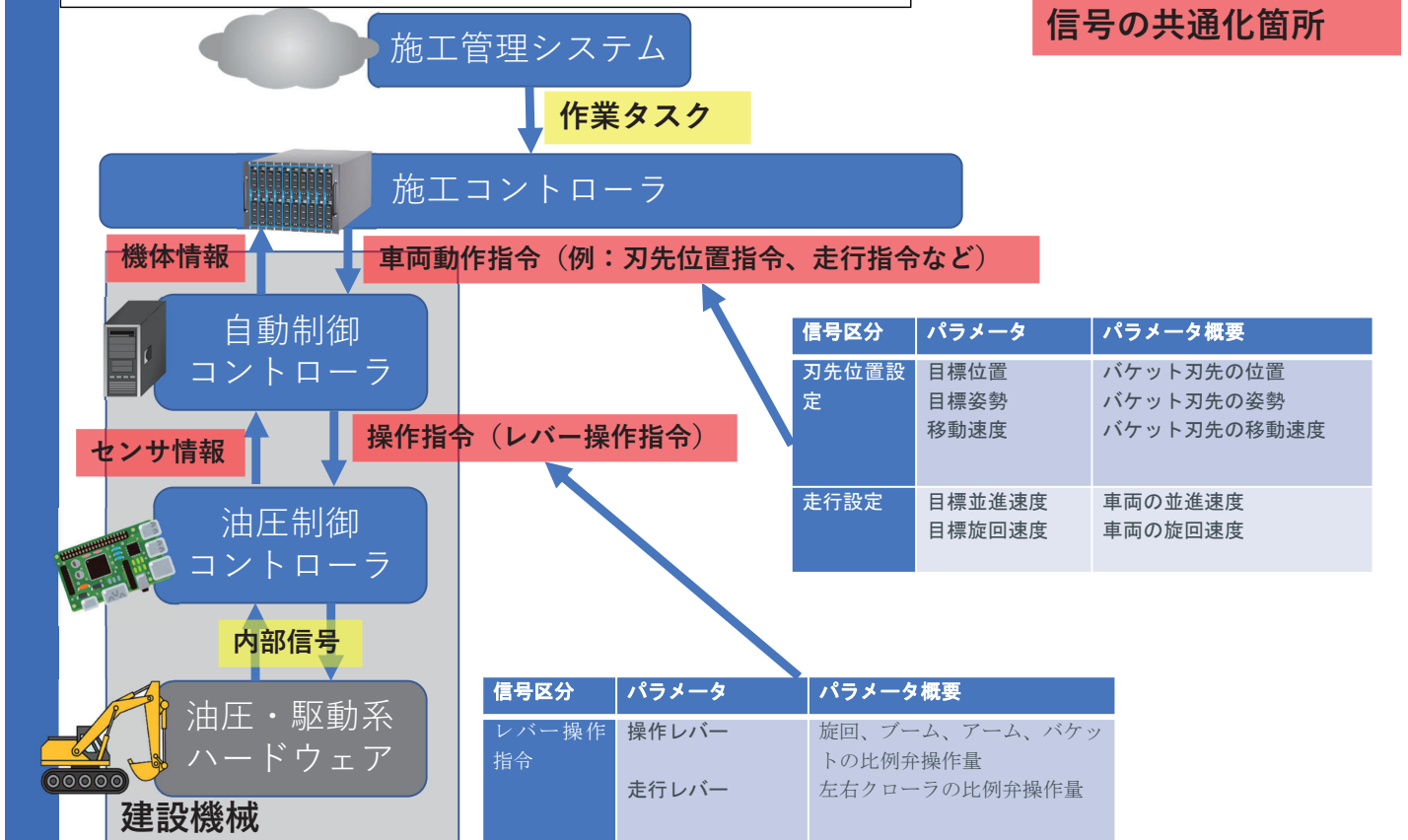
土木研究所における取組1



協調領域の提案：建設機械の制御信号の共通化

信号の非共通化箇所

信号の共通化箇所

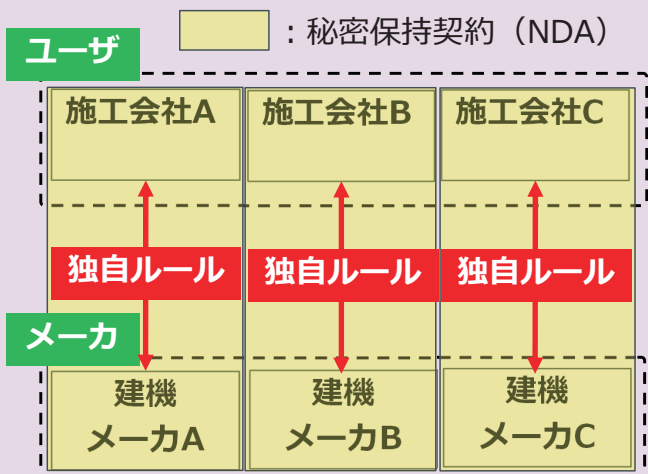


共通制御信号の原案を提示（詳細は別紙参照）

土木研究所における取組2

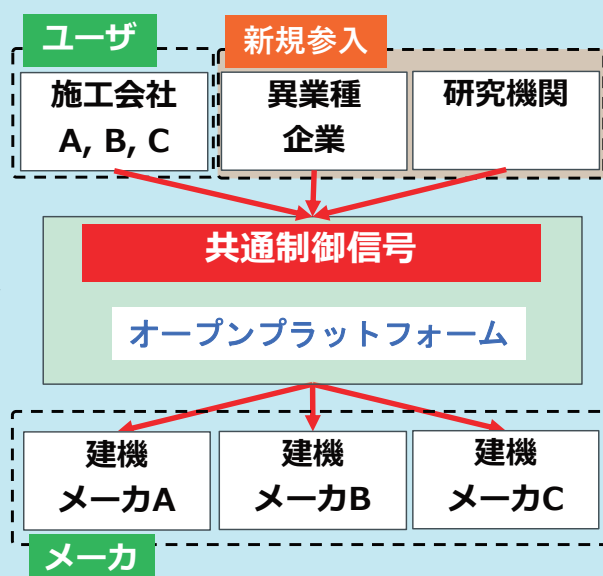
情報開示型の自律施工技術基盤（オーブンプラットフォーム）の整備

従来の枠組み



- 各グループに所属しないと研究開発に参画できない
- 独自ルールに最適化していくと開発成果物の横展開が難しい

提案するオーブンプラットフォーム



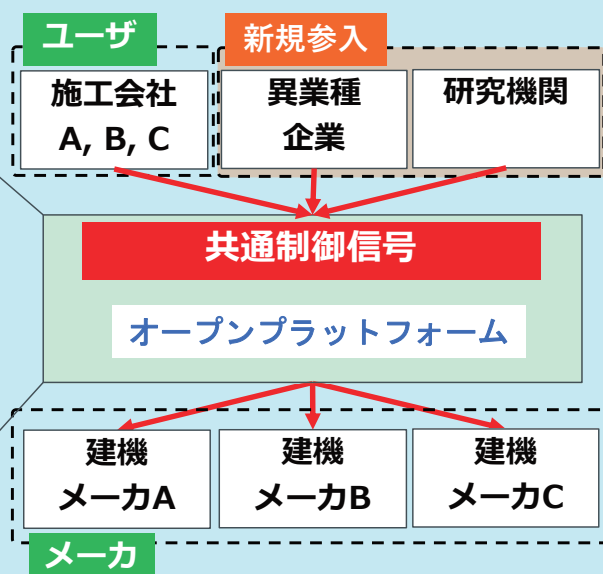
- 研究機関や異業種の参画が容易となるため新技術導入が進む
- 開発成果物の再利用性が向上する

共通制御信号をコアにしたオーブンプラットフォームにより新技術導入を加速する

土木研究所における取組2

情報開示型の自律施工技術基盤（オーブンプラットフォーム）の整備

提案するオーブンプラットフォーム



オーブンプラットフォームは

- ① 共通制御信号
- ② 実環境
(電子制御化された建設機械+フィールド)
- ③ シミュレータ
- ④ ミドルウェア

にて構成される

- 研究機関や異業種の参画が容易となるため新技術導入が進む
- 開発成果物の再利用性が向上する

共通制御信号をコアにしたオーブンプラットフォームにより新技術導入を加速する

オープンプラットフォーム (仮称)OPERA

OPERA : **O**pen **P**latform for **E**arthwork with **R**obotics and **A**utonomy

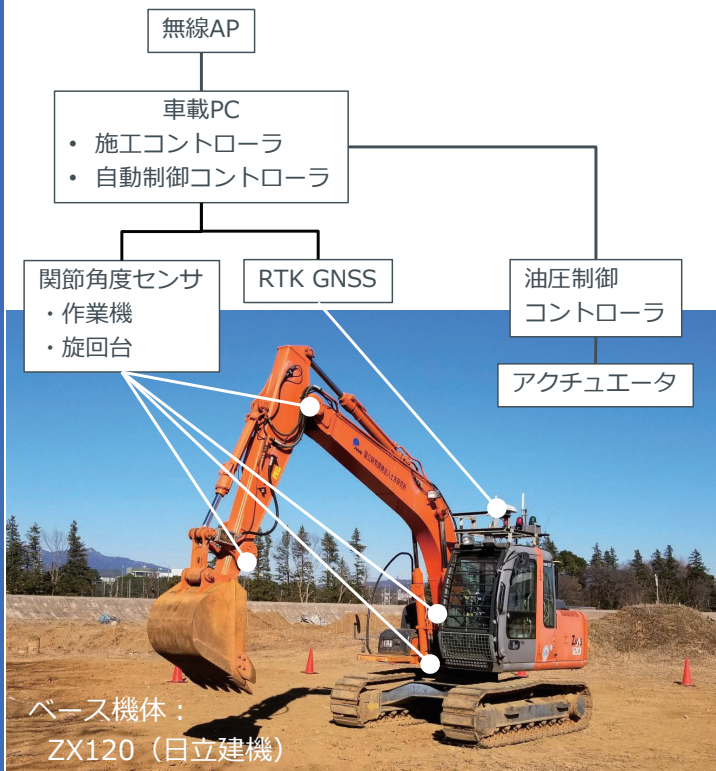
施工管理システム



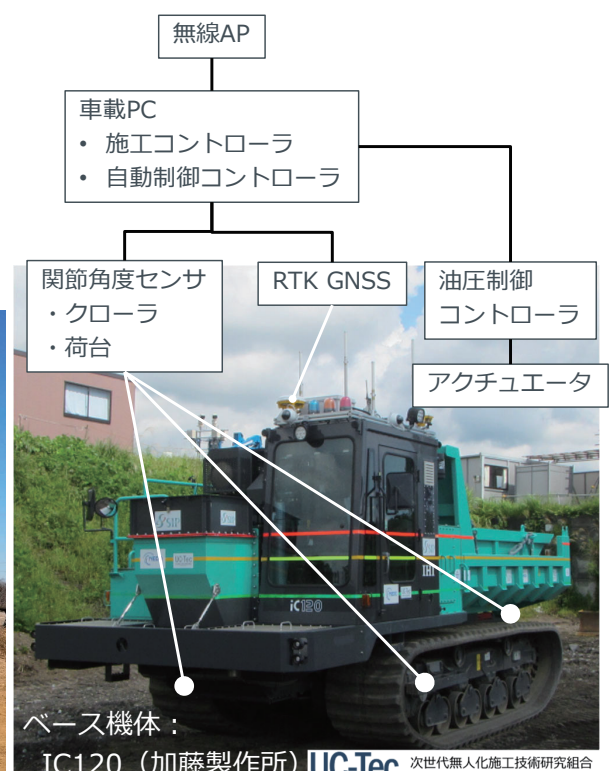
共通制御信号をコアにしたOSSベースの標準開発プラットフォームである

実環境: 電子制御化された建設機械

■ 油圧ショベル



■ クローラダンプ



現時点では上記2機種を使用可 対応機種は今後拡張予定

実環境：フィールド

- 敷地面積2.6万m²(国総研保有敷地2万m²含む)を有する土エフィールドを活用し、実機を使った施工技術の研究開発、実証試験が可能
- フィールド全域でローカル5G(4.8~4.9GHz帯)による無線通信を提供(本デモでは未使用)



- ① ローカル5G基地局
- ② スtockヤード：実験用土砂 (1,500m³)
- ③ 遠隔操作/監視室

【主な想定用途】

- [1] 自律施工技術の研究開発成果の検証
- [2] 先進的な通信環境（5G等）を活用した遠隔操作技術の検証
- [3] 民間企業、大学等が開発した最新技術の実大施工実験
- [4] 様々な地形条件下における施工機械の性能検証

▲ 国総研試験走路北ループ内を南側から見た俯瞰図
国土技術政策総合研究所提供

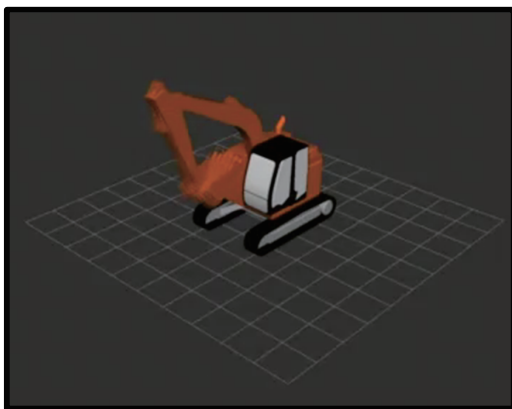


国土技術政策総合研究所、土木研究所内に整備した建設DX実験フィールドを活用

シミュレータ

シミュレータ検証

自律施工用のプログラム
(=開発対象)



フィードバック



繰り返し試行

実機検証




Powered by **VMC** Motion Technologies, **MID** Academic Promotions

シミュレータを活用し繰り返し試行が容易
開発したプログラムは変更せずに実機上で動かすことが可能

シミュレータ

vtc_unity(https://github.com/Field-Robotics-Japan/vtc_unity)を参考に構築

建設機械モデル



環境モデル

- ・ 地形データ
- ・ 土砂モデル

センサモデル

- ・ Lidar
- ・ GNSS(未実装)
- ・ IMU (未実装)
- ・ . . .

選択・組み合わせ



自由にモデルを組み合わせて、シミュレータを構成可能
シミュレータのモデルごとに独立に開発が可能

(仮称) OPERAの活用例

● 開発成果物の実検証



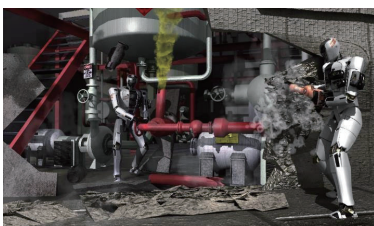
● 共通制御信号等の情報入手

項目	制御信号	制御信号の定義
設定	目標位置	図-2 ⑤の位置(X, Y, Z)
	目標姿勢	図-2 ⑥の姿勢(クォータニオン)
	移動速度	目標位置、目標姿勢への移動速度
作業機操作指令	動作指示	作業機操作の開始/停止指令
	目標角度	下部走行体に対する旋回体の目標角度
上部旋回操作設定	回転速度	旋回体の回転速度
上部旋回操作指令	動作指示	上部旋回操作の開始/停止指令
	目標速度	油圧ショベル走行時の目標速度
走行設定	目標速度	油圧ショベル走行時の目標速度
	動作指示	走行の開始/停止指令

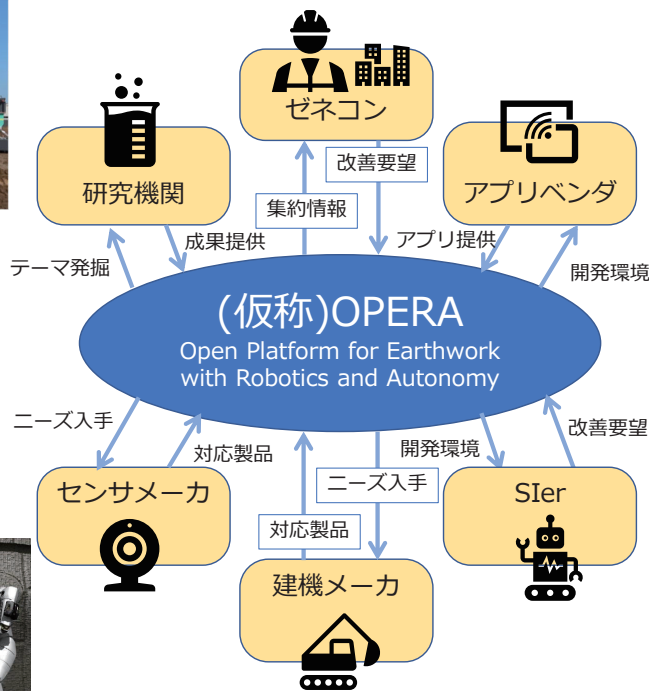
● 意見交換用の掲示板



● 自律施工チャレンジ



出典: DARPA 「DARPA Robotics Challenge」
<https://www.darpa.mil/program/darpa-robotics-challenge>



● 開発環境の入手

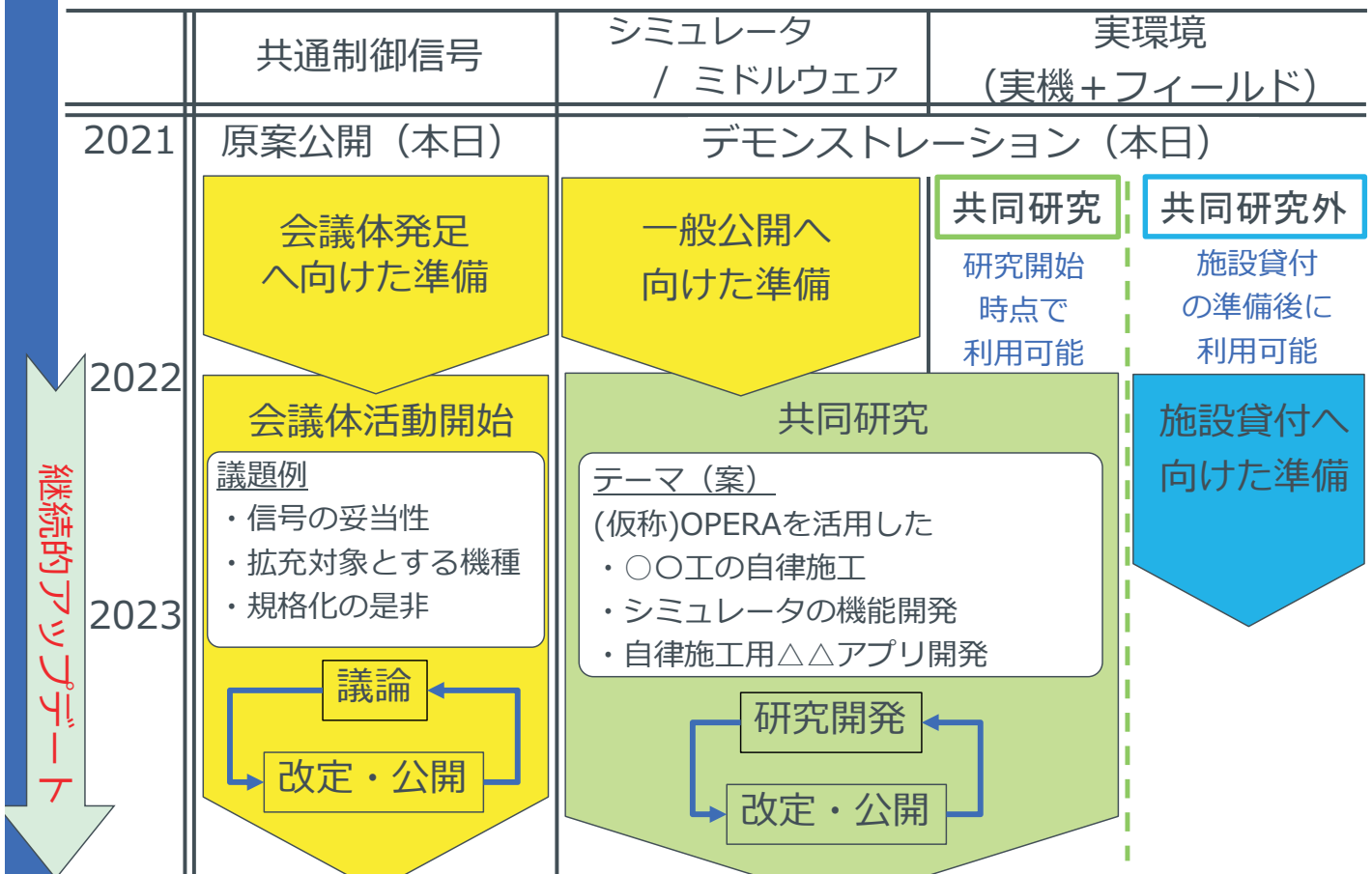


● 開発成果物の反映



利用者が必要な周辺の技術/情報を適宜流用することで開発対象にリソースを集約できる

今後のすすめ方（案）



改定結果は逐次公開する（会議体や共同研究への参画は(仮称)OPERAの利用要件ではない）

15

自律施工デモンストレーションの概要

（仮称）OPERAが提供する電子制御化された建設機械とフィールドを用いた自律施工

目的

- ① 「共通制御信号」と「（仮称）OPERA」を利用することで
 - ・利用者ができるようになること
 - ・自律施工への技術参画が容易となること
 を参加者にご理解いただく
- ② デモンストレーションに参加いただいた皆様との意見交換を通じて
土木研究所の今後の研究方針を定める参考としたい

工種 土砂の掘削・積込・運搬作業

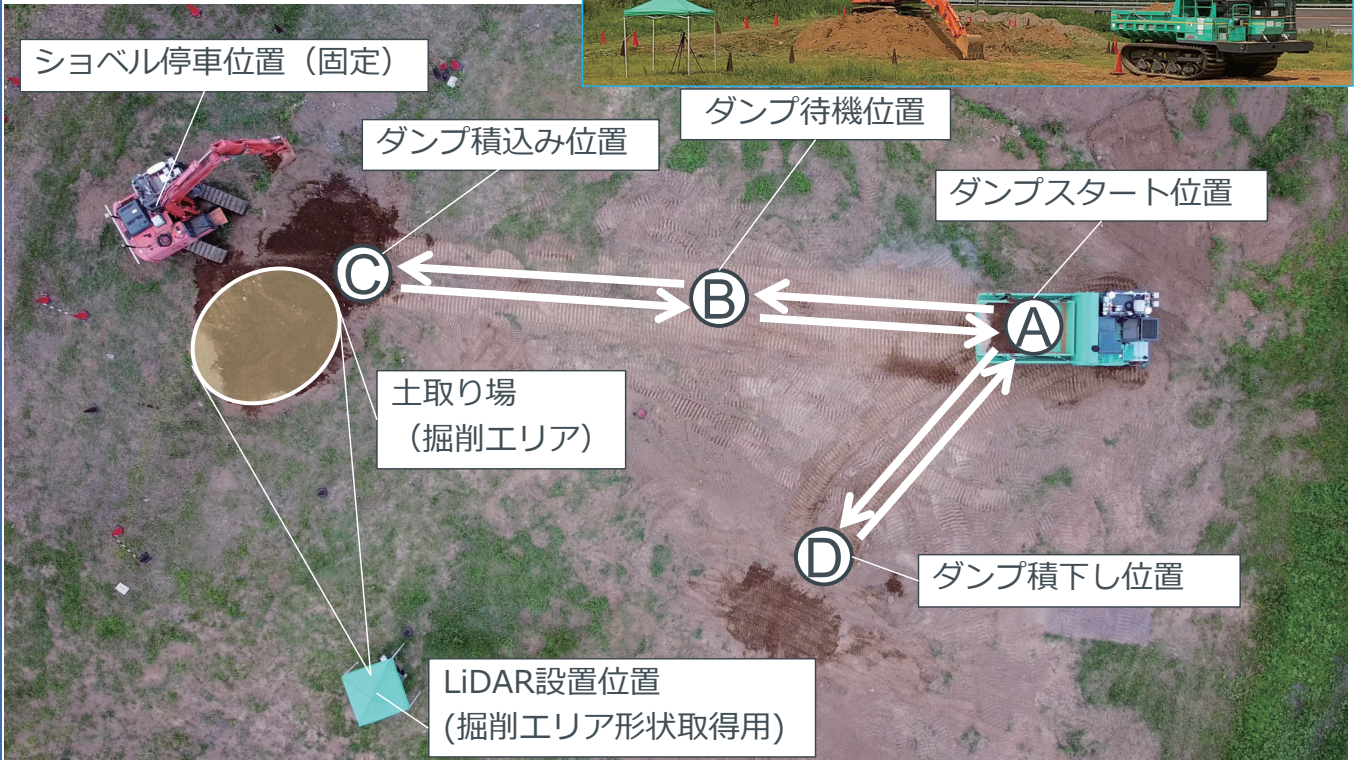
（選定理由）

- ・広く行われる代表的機械土工であるため自律化できた場合のメリットが大きい
- ・作業後の形状/品質要求が少ないケースがあり、実現が比較的容易

自律施工デモンストレーションの課題設定

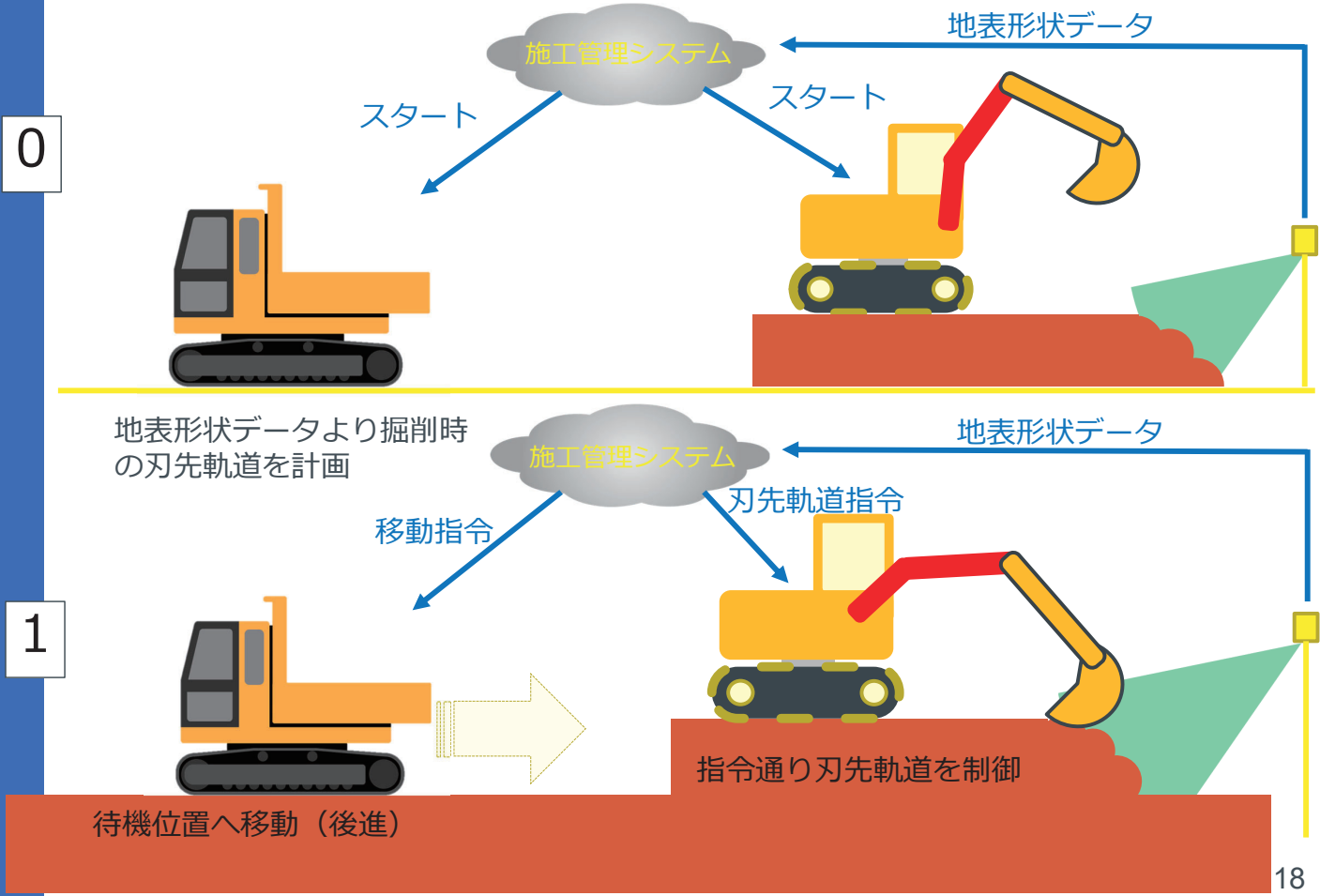
ショベルとダンプトラックを用いて、土取り場の土砂を別の場所へ移動させる

■ 各機器/地点のレイアウト



土砂の掘削・積込・運搬を実現するショベルとダンプトラックの自律施工

自律施工デモの動作フロー (1/3)



自律施工デモの動作フロー (2/3)

2

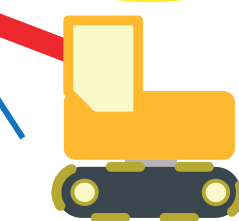
待機位置から
積込位置へ移動 (後退)



施工管理システム

移動指令

掘削完了報告



積込位置まで
バケットを移動し
完了報告&待機

両重機の位置情報から
相対位置を計算

施工管理システム

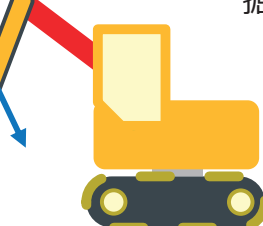
移動完了報告

積込指令

指定位置へ積込開始
指定された回数 (3回)
掘削⇔積込みを繰り返す

3

積込位置に到着し
完了報告&待機



19

自律施工デモの動作フロー (3/3)

4

地表形状データより次回掘削時
の刃先軌道を計画

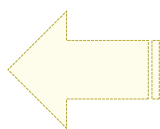
施工管理システム

移動指令

積込完了報告

地表形状データ

放土位置へ移動



積込完了の
報告&待機

5

施工管理システム

積下ろし指令

刃先軌道指令



指令通り
刃先軌道を制御

荷台アップ&ダウン

20

お願い

デモンストレーションの時間中は下記のご協力をお願いします

- ① ネットワーク接続端末（携帯電話、PC、タブレット等）
をお持ちの方：
すべての**端末のWiFi接続機能をOFF**にしてください
(WiFi接続機能のOFFの仕方が判らない場合は電源OFF)
- ② モバイルルータをお持ちの方：
モバイルルータの電源をOFFにしてください

使用しているネットワーク機器と干渉することがあり
建機の動作が不安定となることがあるため

21

本発表に関する問い合わせ先

国立研究開発法人土木研究所

技術推進本部 先端技術チーム

E-mail :

sentan[at]pwri[dot]go[dot]jp

※[at]を"@"、[dot]を"."へそれぞれ置き換えてください

電話番号 :

029-879-6757

住所 :

茨城県つくば市南原 1 - 6

本日の資料は後日以下のWebサイトに掲載予定です

<https://www.pwri.go.jp/team/advanced/index.html>

22