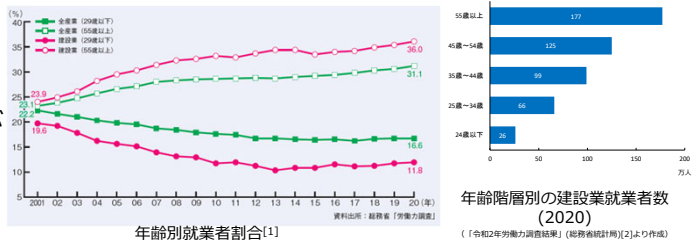


研究の背景・目的

- 土木業界の人手不足に対する生産性の飛躍的向上のため自律施工のニーズが高まっている
- 民間主導の開発では、NDAが締結された複数の開発グループが乱立しグループ間の連携・協力なく研究開発投資が重複する
- 異なるメーカーの建機間の相互連携が困難であり特定メーカーの建機しか扱えない自律施工技術に終始してしまう



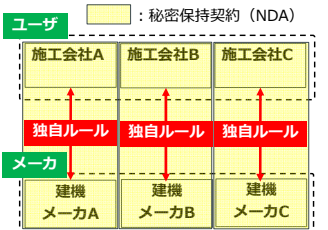
情報共有型の技術基盤 (オープンプラットフォーム) を整備

自律施工のための研究開発成果物の再利用性を向上し研究機関や中小ベンチャーの参入障壁を低減することで自律施工の社会実装を加速する

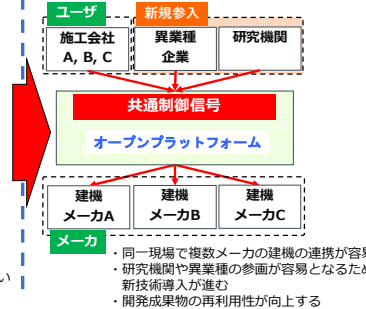


自律施工の将来イメージ[3]

従来の開発の枠組み



提案する開発の枠組み



- メーカーやシステムが異なるため相互連携が困難
- 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されると成果物の横展開が難しい
- 同一現場で複数メーカーの建機の連携が容易
- 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

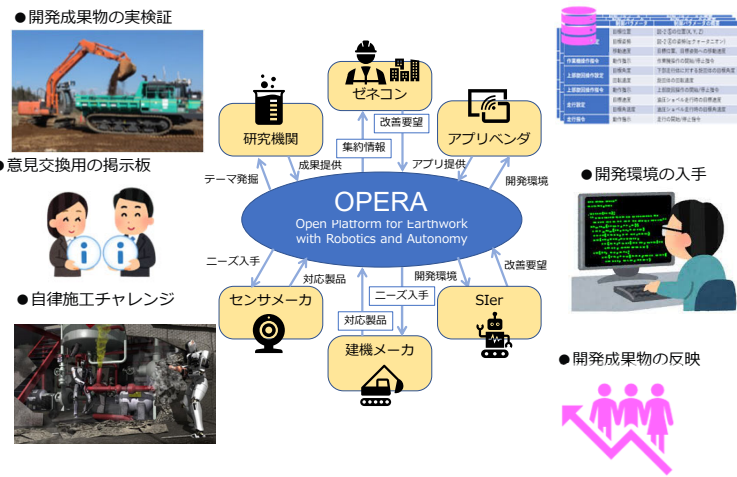
オープンプラットフォーム OPERA

OPERA : Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

構成要素/提供物



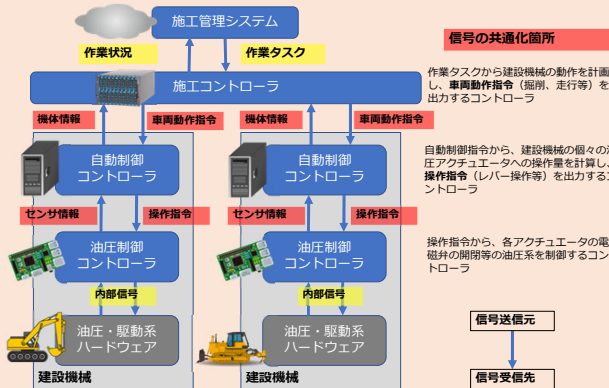
利活用イメージ



Open Source かつ Open Access (誰でも利用可能)なOpen Innovation のためのエコシステムを目指す

共通制御信号

想定する自律施工システムの構成



共通制御信号として“情報化施工のためのデータ交換標準(ISO15143)”を基に油圧シヨベルの共通制御信号について情報モデル/データ辞書の原案を作成

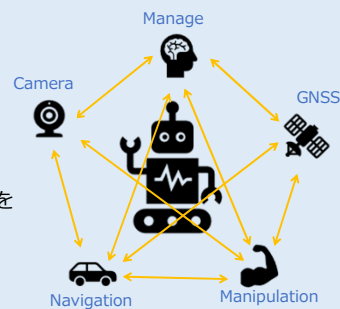
信号区分	パラメータ	パラメータ概要	
対先位置設定	目標位置	バケット刃先の位置	
	目標姿勢	バケット刃先の姿勢	
	移動速度	バケット刃先の移動速度	
走行設定	目標並進速度	車両の並進速度	
	目標旋回速度	車両の旋回速度	
信号区分	パラメータ	パラメータ概要	
レバー操作指令	旋回、ブーム、アーム、バケットの比列分操作量	← 油圧シヨベルの車両動作指令の一例	
	走行レバー	左右クローラの比列分操作量	← 油圧シヨベルの操作指令の一例

ミドルウェア

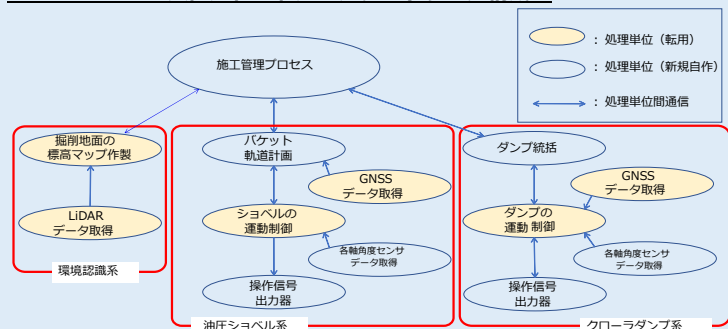


ミドルウェアにROS[4]を採用することでロボット用のソフトウェアライブラリ群を転用可能にし、開発を効率化する

- 開発成果物の再利用性向上
- 自律分散系のシステム統合が容易



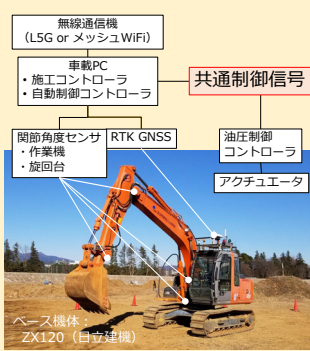
ROSのプロセス間通信を利用したソフトウェア構成例



既存パッケージを転用し油圧シヨベル、クローラダンプ、環境認識系のソフトウェアを開発し、施工マネージャが全体を統括する構成

ハードウェア

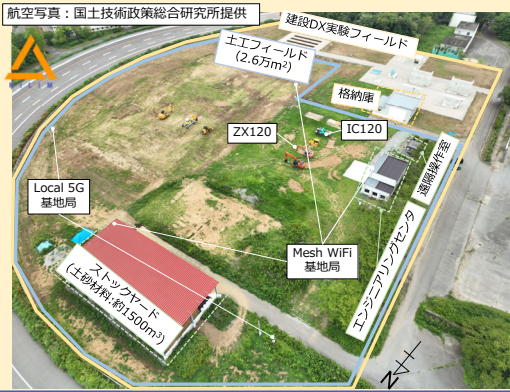
●実機-1:油圧ショベル



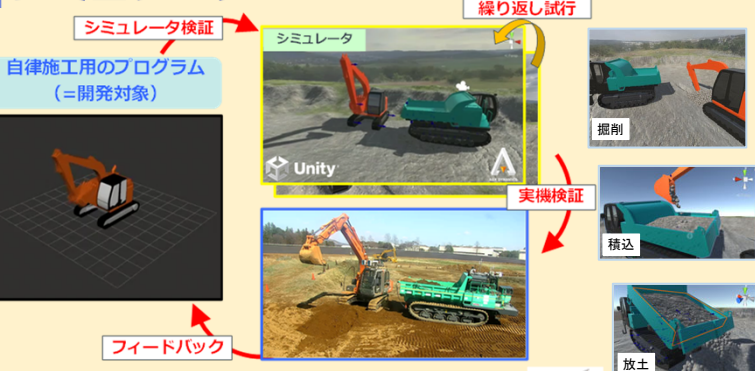
●実機-2:クローラダンプ



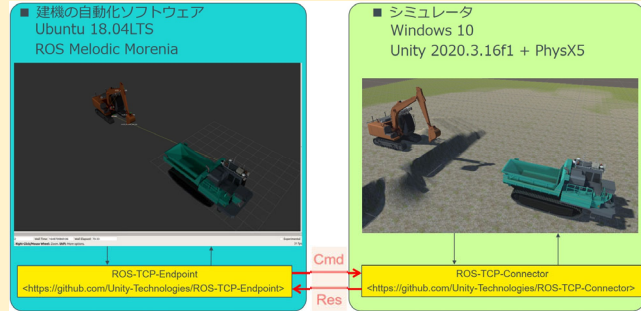
●試験場: 建設DX実験フィールド @ 茨城県つくば市 土木研究所/国土技術政策総合研究所構内



シミュレータ



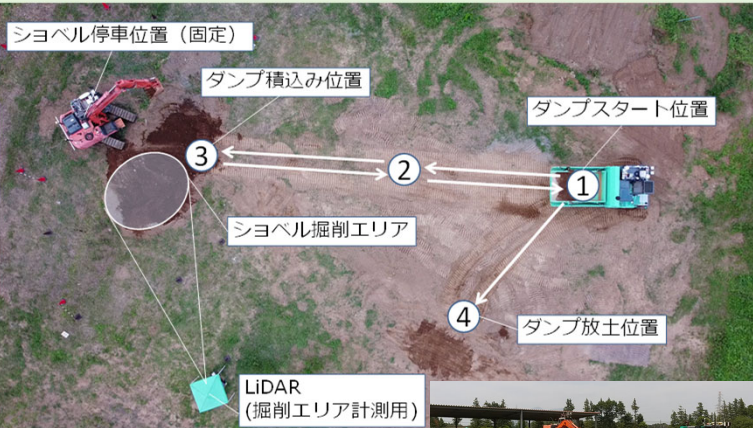
Unity^[5]をベースに建機と土砂の挙動を模擬するリアルタイムシミュレータ



共通制御信号 実機との切替を容易とする

OPERAを活用したアプリケーション例: 土砂の掘削&運搬

■自律施工 (掘削・積込・運搬) の実験セットアップ



自動運転のショベルとダンプトラックおよび地形計測用のLiDARからなるシステムにより行う

■実験結果



OPERAを基に油圧ショベルとクローラダンプ、LiDARを用いた掘削・積込・運搬の自律施工を実現 (ソフトウェア開発人工: 2人×3か月)

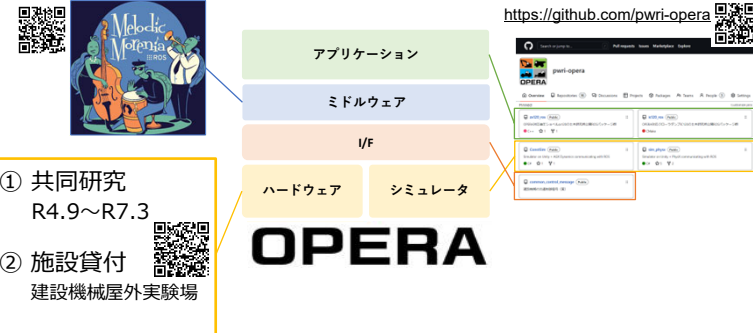
OPERAの利用方法

●ROSのインストール

<http://wiki.ros.org/melodic/Installation>

●GitHub上に公開

<https://github.com/pwri-opera>



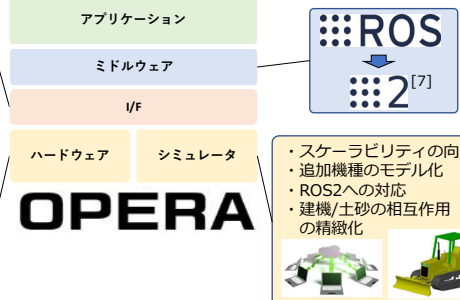
- ① 共同研究 R4.9~R7.3
- ② 施設貸付 建設機械屋外実験場

今後の方針

- ・関連メーカーとの共同研究
- ・『建設機械施工の自動化・自律化協議会』^[6]との連携
- ・内容のブラッシュアップ
- ・規格化を視野に進める

- ・対応機種の拡充
- ・インフラ設備の拡充
- ・インターネット経由のアクセス性確保

- ・外部組織との共同研究
- ・ROS2への対応
- ・追加機種向けのアプリケーション開発



- ・スケラビリティの向上
- ・追加機種のモデル化
- ・ROS2への対応
- ・建機/土砂の相互作用の精緻化

まとめ

- ・オープンソースソフトウェア型の取組として、自律施工技術基盤『OPERA』の開発を進めており、プロトタイプが完成した
- ・OPERAは利用者の目的に合わせ、対象と範囲を任意に選択した上で誰もが利用可能である
- ・利便性を向上するためOPERAの拡張を進めることで、利用者とフィードバックを増やし、継続的な改善サイクルを生み出す

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 専門研究員 遠藤 大輔

茨城県つくば市南原1-6 Tel. 029-879-6757 E-mail: endou-d177cl@pwri.go.jp



[1]建設業ハンドブック2021. https://www.nikkenren.com/publication/pdf/handbook_2021.pdf
 [2]労働力調査 (基本集計) 2020年 (令和2年) 平均結果の要約, 概要, 統計表等. <https://www.stat.go.jp/data/roudou/rirei/nen/ft/pdf/2020.pdf>
 [3]国土交通省:ロボット・AI技術. https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000028.html
 [4]ROS, <https://www.ros.org/>
 [5]Unity, <https://www.unity.com>
 [6]建設機械施工の自動化・自律化協議会, <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001487424.pdf>
 [7]ROS2, <https://docs.ros.org/en/humble/index.html>