

# 自律施工技術基盤（土研OPERA） の整備状況について

土木研究所 技術推進本部 橋本 毅

# Contents

1. OPERAとはなにか？
2. OPERAに含まれる「共通制御信号」とはなにか？
3. なぜOPERAを整備するのか？  
(OPERAの狙い)
4. OPERA整備の現状と今後の計画

# 1. OPERAとはなにか？

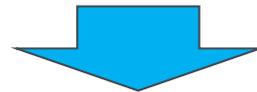
# OPERA

## Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

(直訳) 土木施工における自律施工のオープンプラットフォーム

オープン：ここでは、研究開発に必要なツールや情報を公開していることと、だれでも自由に参加できること、を指しています。

プラットフォーム：ここでは、研究開発を行う基盤のこと（「場」とも言えます）を指しています。



**誰でも自由に参加できる、自律土工施工のための研究開発基盤。  
研究開発に必要なツールや情報が公開されている。**

# 自律施工技術基盤（OPERA）の構成

自律施工技術基盤OPERAは、ハードウェア、シミュレータ、共通制御信号、ミドルウェア、一部のアプリケーションより構成される。



OPERAのスコープ

自律施工技術基盤OPERAの構成図

# 自律施工技術基盤（OPERA）の活用イメージ

誰でも自由に利用でき、ステークホルダー間をつなぐオープンプラットフォームを構築する。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。異業種からの新規参入も容易となり、オープンイノベーションを生む土壌となる。

実証実験



意見交換（出会いの場）



自律施工チャレンジ



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

共通制御信号や実装例の  
情報収集

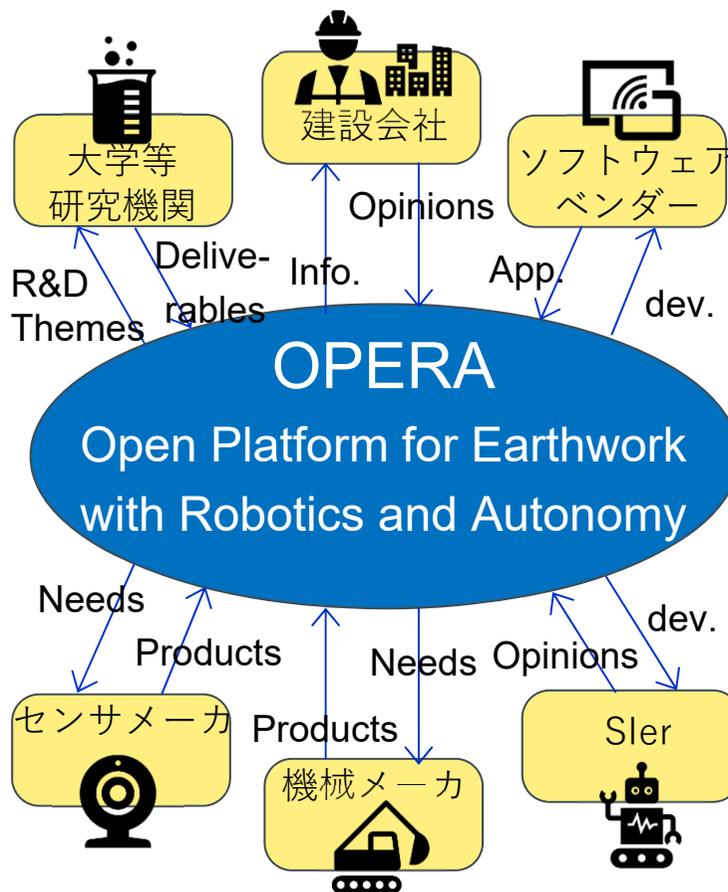
Classification	action	stim	value	name	definition text	data source	value domain name
Vehicle Cmd	bucket	position	pos	pos_X_1	Target bucket tooth X position	System	length_0
	end	pos	pos_X_2	pos_Y_1	Target bucket tooth Y position	System	length_0
				pos_Y_2	Target bucket tooth Z position	System	length_0
	quaternion	quat_w_1	quat_w_1	quat_x_1	Target bucket tooth orientation (X quaternion)	Dev	int_number_1
				quat_y_1	Target bucket tooth orientation (Y quaternion)	Dev	int_number_1
				quat_z_1	Target bucket tooth orientation (Z quaternion)	Dev	int_number_1
				quat_s_1	Target bucket tooth orientation (S quaternion)	Dev	int_number_1
	speed	moving_velocity_1	speed	speed	Target bucket tooth moving speed	Dev	int_number_1
				rotation	Target translation speed of a vehicle	Dev	int_number_1
	rotation	angular_velocity_1	rotation	rotation	Target rotational speed of a vehicle	Dev	int_number_1
rotation				Target rotational speed of a vehicle	Dev	int_number_1	



開発環境の配布

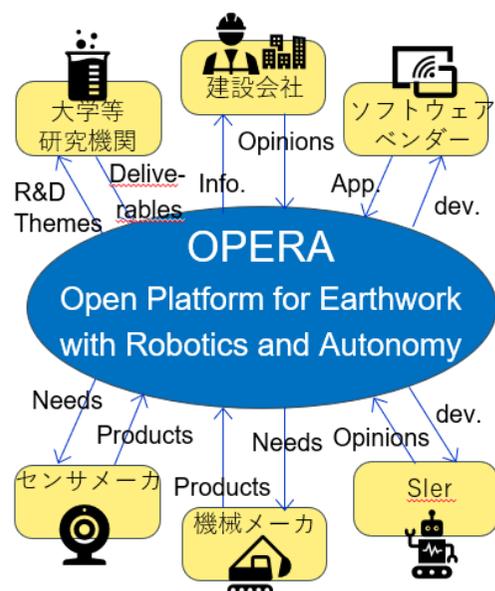


開発成果物の反映



# OPERAでできること（例）

- 例 1：ソフトウェアベンダーや大学など（これまで建設業から遠かった方含む）  
自律施工ソフトウェアの開発をOPERAシミュレータ、建設機械を活用して実施できる。
- 例 2：建設機械メーカー  
開発した自律施工対応建設機械などをOPERAで開発してあるソフトウェアを用いて検証できる。
- 例 3：センサメーカーなど  
開発したセンサなどをOPERAで開発してあるソフトウェア、建設機械、シミュレータを用いて検証できる。
- 例 4：全員  
開発成果を持ち寄り、ビジネスパートナーを探ることができる。

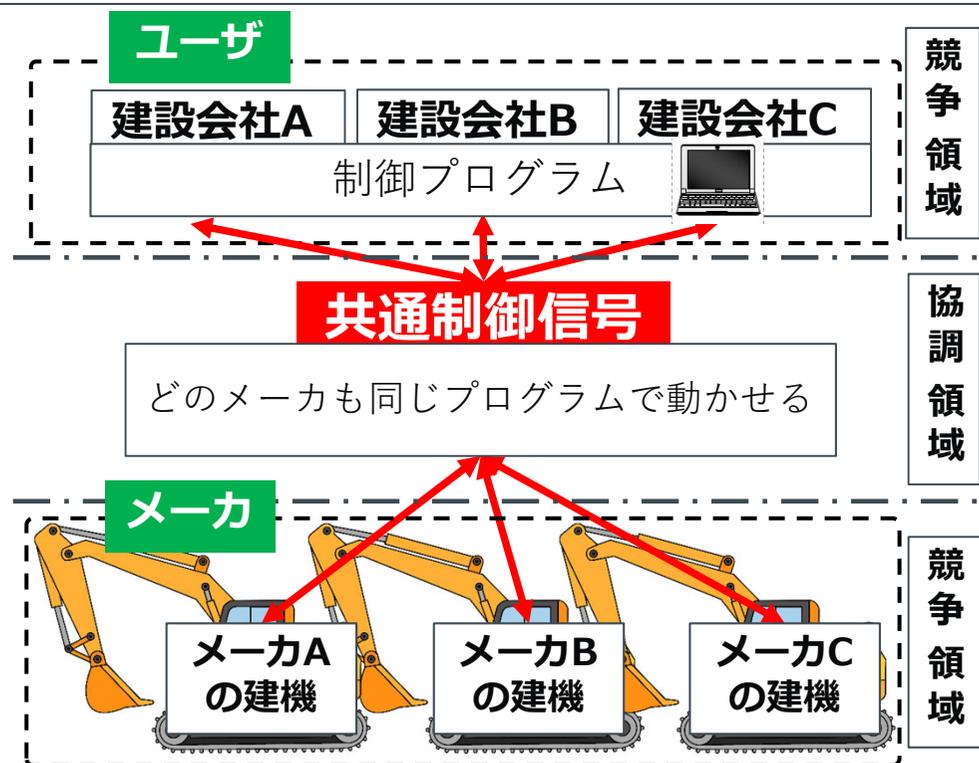


# OPERA

## 2. OPERAに含まれる「共通制御信号」とはなにか？

## 共通制御信号

建機メーカーや機種が異なる場合でも同一のプログラム等で制御が可能となるよう制御信号を統一したもの。または統一するためのルールのこと

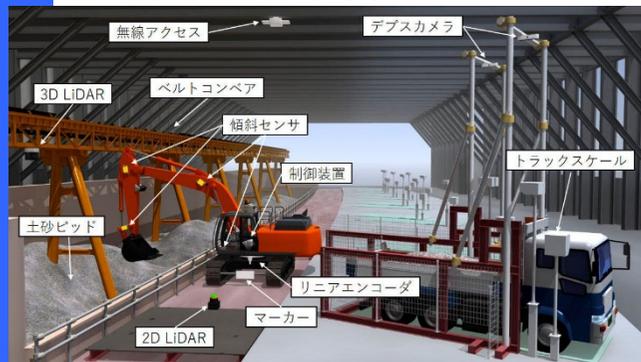


- 現場やメーカーが異なっても開発成果の再利用が容易
- メーカーが異なる機械間の相互連携が容易

**OPERAには必須のもので組み込まれている  
業界全体のルールにできればもっとよい**

### 3. なぜOPERAを整備するのか？ (OPERAの狙い)

## 現在の自律施工例



大林組WebSiteより (2019年～)



鹿島建設提供 (2017年～) 大成建設WebSiteより (2021年～)



様々な現場で実用化するためには、さらなる研究開発の加速化が必要。

しかし現在自律施工の研究開発促進にはいくつか課題がある。

その中でも **土木研究所では、下記2課題について解決するため OPERAの整備を開始した。**

- 1. 異業種、大学などの本分野への参入を拡大する**
- 2. 協調領域を明確にし、研究の重複を防ぐ研究開発体制を整備する**

## 課題 1 : 異業種、大学などの本分野への参入を拡大する

自律運転を実現するためには、これまでの建設業界プレイヤーだけではなく、ロボット、制御、ソフトウェア、システム、などの**異業種や、大学などの研究機関の参入が有効**である。

しかし、それらの方々が参入する際に障壁がある。

### 参入するための障壁

- 建設機械が入手できない
- 入手できても自律運転用に改造しなくてはならない
- 広いフィールドを持っていない
- 建設業界のことをなにも知らない
- ゼネコン、建機メーカーなどで開発体制を組んでおり、参入の仕方がわからない
- etc...

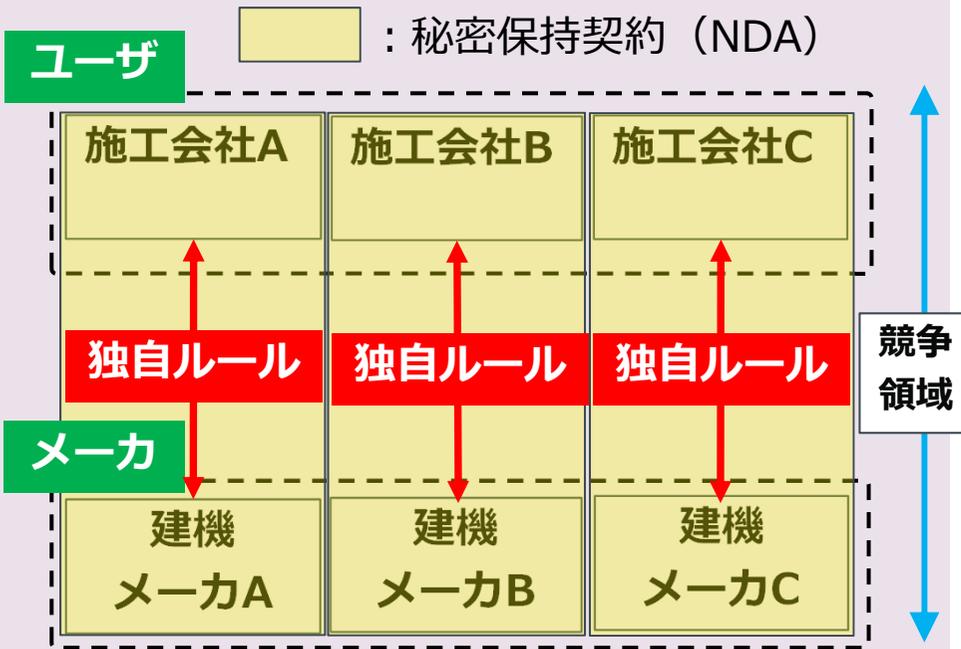


**土木研究所にてOPERAを整備することで、様々なプレイヤーが自律施工の研究開発を開始することができる。**

**また、OPERAではこれまでの建設業プレイヤー・異業種プレイヤーなどとの出会いの場としても活用可能。**

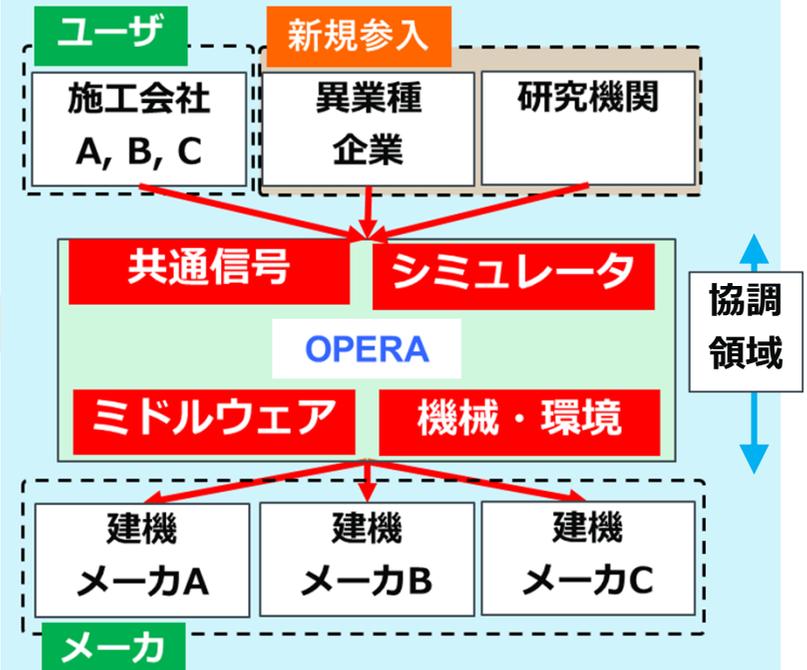
## 課題2：協調領域を明確にし研究の重複を防ぐ研究開発体制を整備する

### 現在の自律施工研究開発体制の枠組み



- 施工会社と建機メーカーがNDAに基づく開発グループを構成
- メーカーが異なると機械相互の連携が困難
- 個々での開発が行われており研究の重複が発生

### 提案する自律施工技術基盤OPERA



土木研究所から、協調領域（共通制御信号）を内包し、様々なプレーヤと連携することが可能な研究開発基盤としてOPERAを提案する。

土研では、OPERAのようなオープンな基盤によって研究の重複などが防げると考えている。

## 参考資料

### 「建設業のためのロボットに関する調査報告書」（日建連：2020） による建設ロボット開発での課題点

#### ① 多種多様な建設現場環境や作業内容に対応できる柔軟な建設ロボットの開発

多様な建設現場環境や作業内容でも利用可能な作業性を有した、全天候型ロボット技術の確立が求められる。

#### ② 自動化を念頭においた法令・規制の整備

産業用ロボットを参考に、建設業界においても人間とロボットの協働に向けた法整備を進めていく必要がある。

#### ③ 協調領域の明確化と技術の標準化による研究開発体制の整備、それによる開発コスト削減

建設業界においては個社での技術開発が目立つため、研究の重複が起こっており費用対効果を得ることが難しくなっている。協調領域を明確にして、同業者による共同開発を含めた産学官連携による技術開発体制を整備し、技術の標準化・共通化による開発・運用コストの削減が必要である。

## OPERA 土研の狙い

- OPERAは前述の2課題を解決するために土研が考案し、整備しているオープンな研究開発基盤である。
- 土研では、OPERAのようなオープンな基盤が自律施工の研究開発を効率的に加速化するのに有効と考えている。
- 民間企業、大学などにOPERAを活用して研究開発をしていただき、OPERAの有効性を検証したい。
- 土研主体で自律施工技術そのものを開発する計画はない。民間企業等の活動を加速させることを考えている。
- OPERAの思想が土研以外にも広まり、同様の研究開発体制が構築されることで、さらに研究が加速されると考えている。土研としてはノウハウは積極的に公開する。
- 共通制御信号はOPERA整備と並行し、業界全体の取組にできないか、活動を開始している。

アプリケーション

ミドルウェア

共通制御信号

ハードウェア

シミュレータ

# OPERA

## 4. OPERA整備の現状と今後の計画

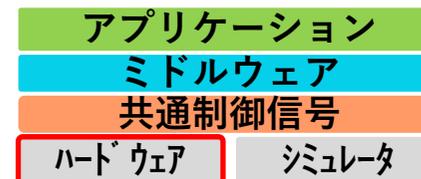
# 自律施工技術基盤OPERA現状

## ハードウェア（実験フィールドおよび建設機械）

敷地面積2.6万m<sup>2</sup>を有する建設DX実験フィールド（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

無線通信システム、RTK GNSS、監視用カメラ、インターネット等のインフラ設備を整備

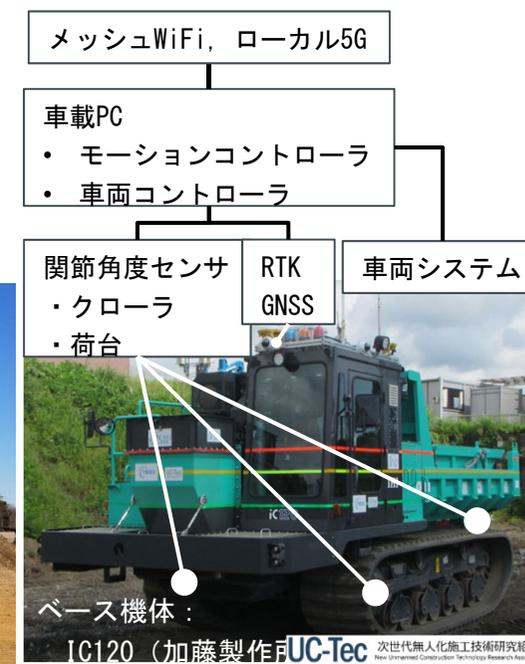
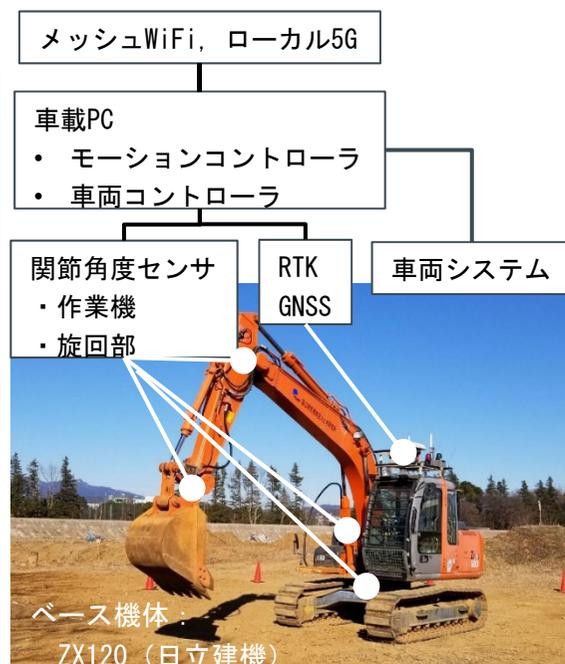
OPERAに対応した油圧ショベル、クローラダンプを整備



## OPERA



実験フィールド

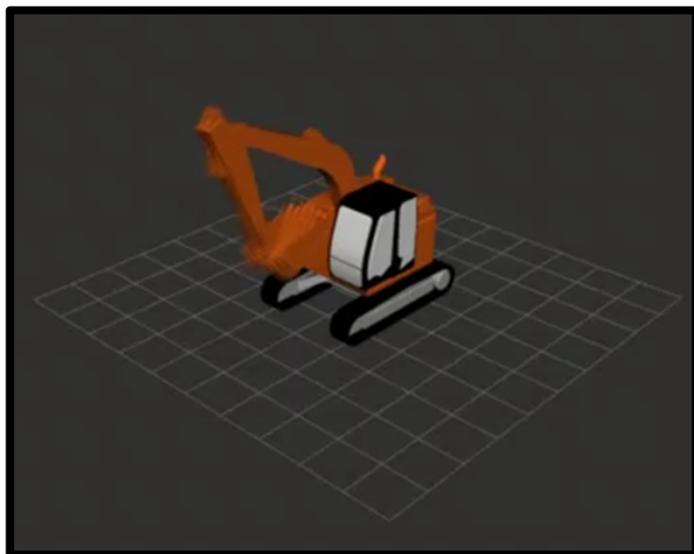


OPERA対応建設機械

# 自律施工技術基盤OPERA現状 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)



実機検証



フィードバック

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

# 今後の計画

- ・ 業界全体のルールとするため  
関連メーカーとの共同研究を  
開始
- ・ 国交省『建設機械施工  
の自動化・自律化協議会』  
との連携
- ・ 規格化の検討



- ・ 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での  
アクセス性の確保



## OPERA

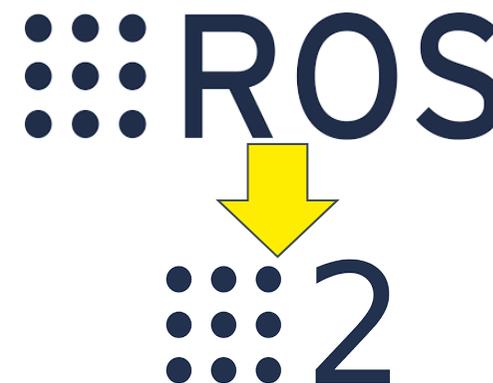
ハードウェア シミュレータ

共通制御信号

ミドルウェア

アプリケーション

- ・ 外部組織との共同研究 (2022年10月より14者と開始)
- ・ ROS2への対応
- ・ 追加機種向けの  
アプリケーション追加



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



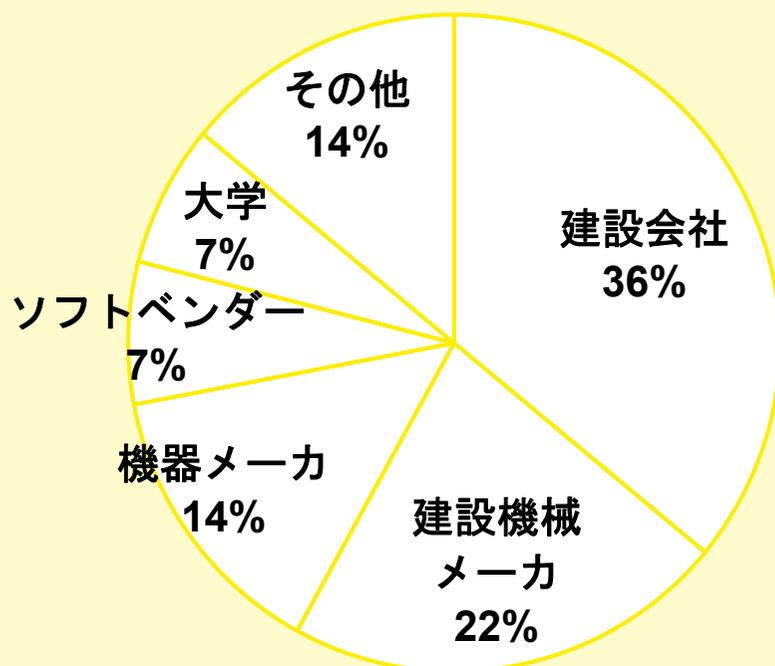
利用者の利便性向上のため、このような方針で継続的に開発を進めていきたい

## OPERAを活用した共同研究

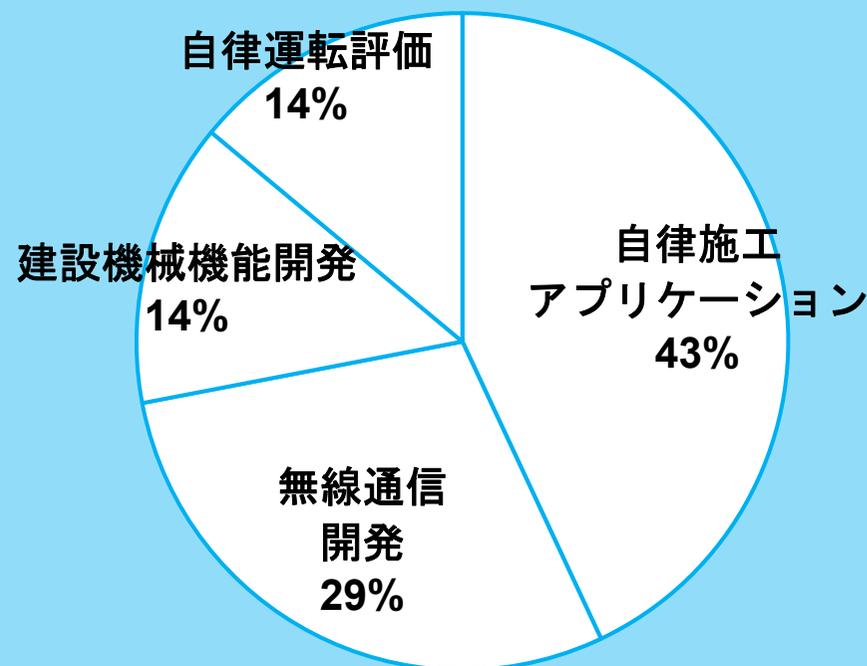
OPERAを公開後、2022年9月に10団体(14者)と共同研究を開始  
共同研究では、OPERAを活用し、

- 自律施工のユースケースの検討
- 自律施工等の新技術の開発

共同研究先

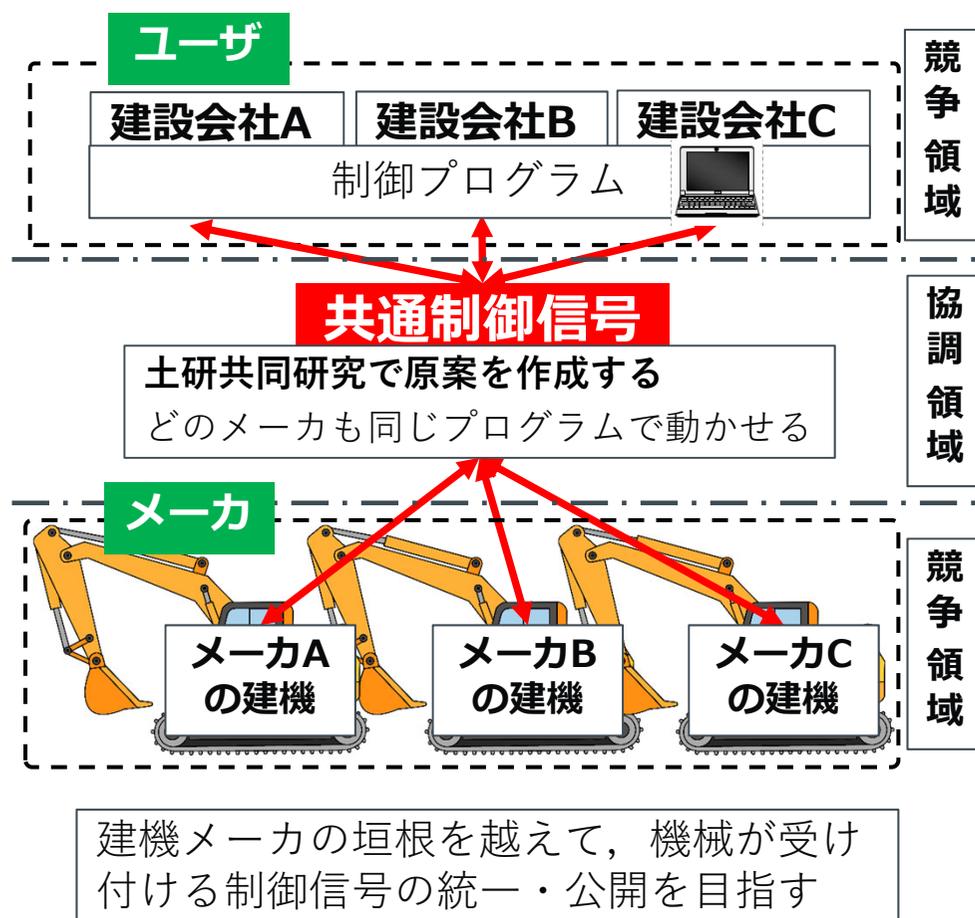


共同研究テーマ



## 共通制御信号に関する共同研究

共通制御信号を建設業全体のルールとすることが可能か、建設機械メーカーと協議する場として共同研究を立ち上げた。まずは油圧ショベルを対象とし、2023年3月より開始。

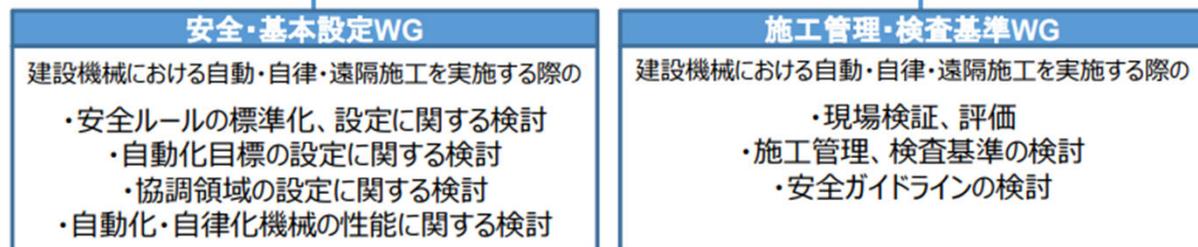


# 参考資料

国土交通省HP：  
 建設機械施工の自動化・自律化技術，  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_tk\\_000049.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html)

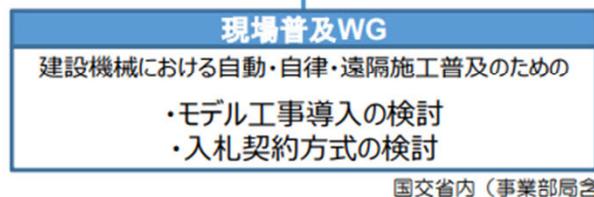
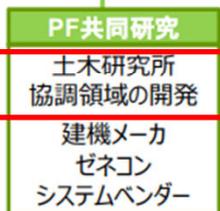
## 建設機械施工の自動化・自律化協議会

学識者：建設施工関係、ロボット関係、機械関係  
 関係団体：建設関連団体、建設機械関連団体、ロボット関連団体  
 行政機関：国交省、厚労省、経産省、各研究機関



国交省・厚労省・研究所・  
建設関係・建機関係

国交省・経産省・研究所・  
建設関係・建機関係・建設分野以外



**ご清聴ありがとうございました。**