

自動施工技術基盤OPERAの整備・活用

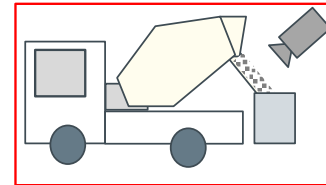
国立研究開発法人 土木研究所
技術推進本部 上席研究員
橋本 毅

研究開発プログラムを構成する4つの主要研究

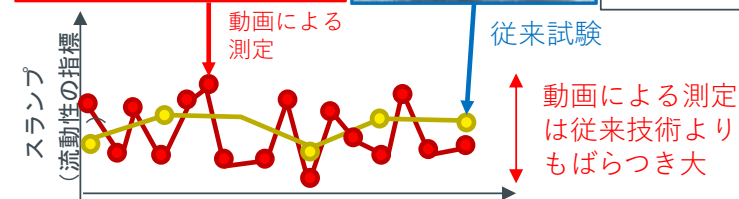
自動化による土木施工の生産性向上



省人化に寄与する材料や評価試験方法の活用によるコンクリート工の生産性向上



各技術の特性を踏まえた
管理方法の検討が必要



動画等を用いたコンクリートの流動性の管理方法の検討例

自動施工研究の内容について紹介します

- 日本，世界における研究開発状況
- 今後の研究開発動向（予想）
- 土木研究所の取り組み



木機械設備点検上

検作業の効率化

- ・DX機器の活用
- ・遠隔臨場の検討
- ・作業者の省力化
- ・作業人数の抑制

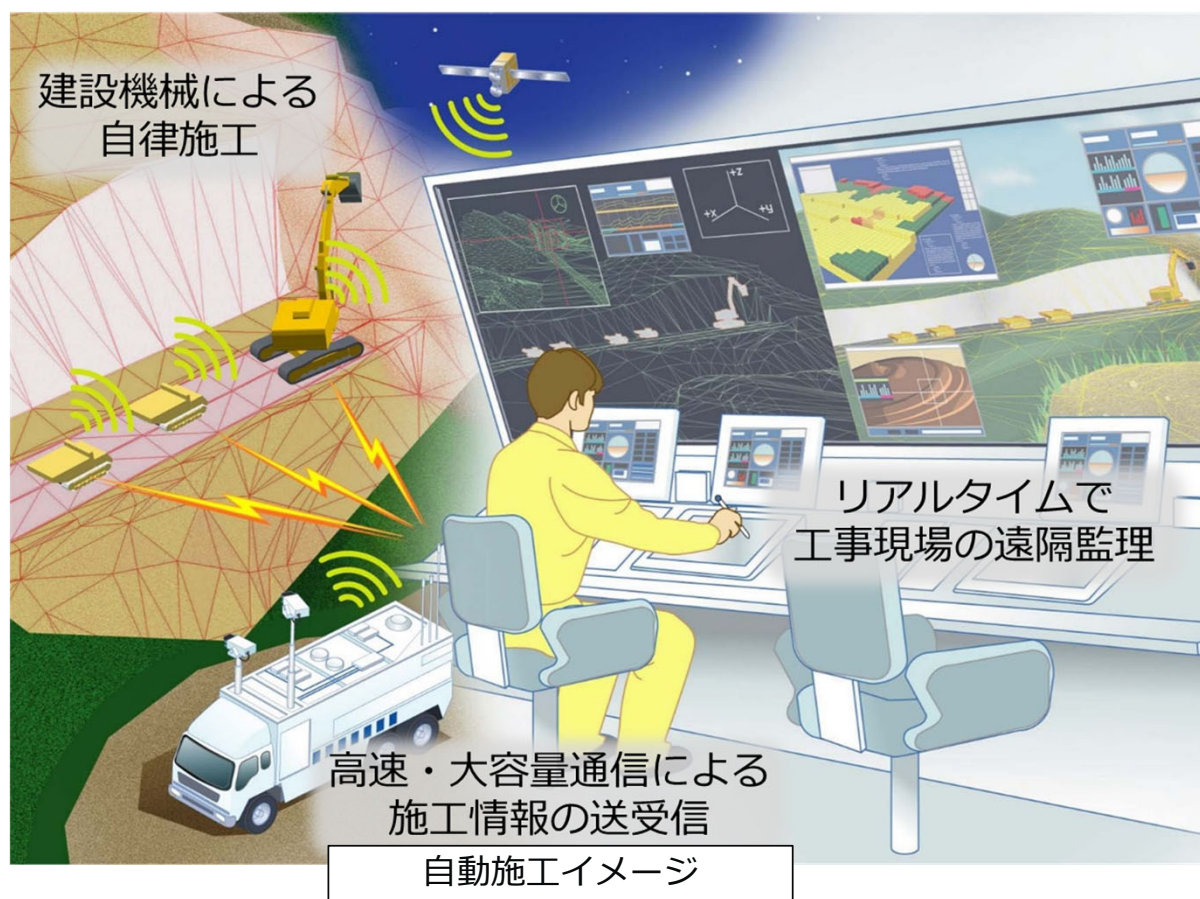
検作業効率化分析



自動施工とは

条件が与えられると、各建機の動作をシステムが自動生成すると共に、**各建機をシステムが操縦し、自動で工事を実施する。**

人間は最低限の人数で、工事全体の監視を行うことが主な役割となる。



自動施工の現状

自動施工の現状を2軸で表すことを考えた

縦軸：ISO7334などと同様な技術レベルとして自動施工レベル（ISOとはちょっと変えている）

横軸：技術の成熟度合いを表す指標として市場への普及度合いとして社会実装レベル

		社会実装レベル (SIL)				
		レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル (ACL)	レベル0：非自動運転					
	レベル1：作業補助					
	レベル2：機械単独の部分自動化					
	レベル2.9：機械単独の全体自動化					
	レベル3：複数自動機械による自動施工 作業指示：人 適用現場：限定的な現場					
	レベル3.5：複数自動機械による自動施工 作業指示：人 適用現場：一般土木施工現場					
	レベル4：複数自動機械による自動施工 作業指示：システム 適用現場：一般土木施工現場					
	レベル5：複数自動機械による自動施工 ODD等のすべての限定が解除					

参考文献：

- Genki Yamauchi, Taro Abe, Daisuke Endo, Takeshi Hashimoto, Keiji Nagatani, Proposal of a Benchmark Indicator for Automated Construction Technology, ISARC2025, pp. 1605–1608

自動施工の現状

自動施工の現状を2軸で表すことを考えた

縦軸：ISO7334などと同様な技術レベルとして自動施工レベル（ISOとはちょっと変えている）

横軸：技術の成熟度合いを表す指標として市場への普及度合いとして社会実装レベル

		社会実装レベル（SIL）				
		レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル（ACL）	レベル0：非自動運転			遠隔施工		
	レベル1：作業補助				油圧ショベルMG	振動ローラMG
	レベル2：機械単独の部分自動化			油圧ショベルMC		ブルドーザMC
	レベル2.9：機械単独の全体自動化	自動運転油圧ショベル				
		自動運転ダンプトラック				
		自動運転ローラ				
	レベル3：複数自動機械による自動施工 作業指示：人 適用現場：限定的な現場		複数機械による自動施工			
	レベル3.5：複数自動機械による自動施工 作業指示：人 適用現場：一般土木施工現場					
レベル4：複数自動機械による自動施工 作業指示：システム 適用現場：一般土木施工現場						
レベル5：複数自動機械による自動施工 ODD等のすべての限定が解除						

参考文献：

- Genki Yamauchi, Taro Abe, Daisuke Endo, Takeshi Hashimoto, Keiji Nagatani, Proposal of a Benchmark Indicator for Automated Construction Technology, ISARC2025, pp. 1605–1608

今後の研究開発動向の予測



	社会実装レベル (SIL)				
	レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル (ACL)	レベル0 : 非自動運転		遠隔施工		
	レベル1 : 作業補助			油圧ショベルMG	振動ローラMG
	レベル2 : 機械単独の部分自動化		油圧ショベルMC		ブルドーザMC
	レベル2.9 : 機械単独の全体自動化	自動運転油圧ショベル			
		自動運転ダンプトラック			
		自動運転ローラ			
	レベル3 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 限定的な現場	複数機械による自動施工			
	レベル3.5 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル4 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : システム 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル5 : 複数自動機械による自動施工 ODD等のすべての限定が解除				

自動施工レベルは技術の優劣を表しているわけではなく自動化の範囲を表しているだけ。
すべての現場で無理に施工現場全体の自動化を目標とするのではなく、現場のニーズに応じた最適な自動施工レベル技術を選定・導入することが重要。（すなわち ）

今後の研究開発動向の予測



	社会実装レベル (SIL)				
	レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル (ACL)	レベル0 : 非自動運転		遠隔施工		
	レベル1 : 作業補助			油圧ショベルMG	振動ローラMG
	レベル2 : 機械単独の部分自動化		油圧ショベルMC		ブルドーザMC
	レベル2.9 : 機械単独の全体自動化	自動運転油圧ショベル 自動運転ダンプトラック 自動運転ローラ			
	レベル3 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 限定的な現場	複数機械による自動施工			
	レベル3.5 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル4 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : システム 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル5 : 複数自動機械による自動施工 ODD等のすべての限定が解除				

今後の課題

- ① 自動施工に対応した法令，基準等の整備
- ② メリットが最大となる技術と現場の選定
- ③ オープン・効率的な研究開発環境の整備
- ④ AI活用の推進
- ⑤ 自動施工対応型建設機械の普及
- ⑥ 企業の役割分担と導入サポート人材の育成

今後の研究開発動向の予測

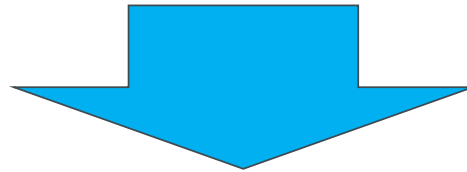


	社会実装レベル (SIL)				
	レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル (ACL)	レベル0 : 非自動運転		遠隔施工		
	レベル1 : 作業補助			油圧ショベルMG	振動ローラMG
	レベル2 : 機械単独の部分自動化		油圧ショベルMC		ブルドーザMC
	レベル2.9 : 機械単独の全体自動化	自動運転油圧ショベル 自動運転ダンプトラック 自動運転ローラ			
	レベル3 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 限定的な現場	複数機械による自動施工			
	レベル3.5 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : 人 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル4 : 複数自動機械による自動施工 作業指示 : システム 適用現場 : 一般土木施工現場				
	レベル5 : 複数自動機械による自動施工 ODD等のすべての限定が解除				

- 今後の課題**
- ① 自動施工に対応した法令，基準等の整備
 - ② メリットが最大となる技術と現場の選定
 - ③ オープン・効率的な研究開発環境の整備
 - ④ AI活用の推進
 - ⑤ 自動施工対応型建設機械の普及
 - ⑥ 企業の役割分担と導入サポート人材の育成

自動施工を一般土木工事に拡大させるためには、以下が効果的と考えられる。

- ① 数多くある中小建設企業による施工に研究開発対象を拡大。
- ② 大手企業や中小企業、スタートアップ等が参加・連携できるオープンな研究開発環境の整備。
- ③ 研究開発を効率的に行うための協調領域の提案。



そのため、土木研究所では、以下の2つの取組を実施。

1. 自動施工技術基盤OPERAの整備

オープン（研究開発に必要な情報が公開されている）な研究開発環境を整備し、研究開発の加速化を図る。

2. 協調領域として「共通制御信号」の提案

民間企業や研究機関等が協調できる領域として「共通制御信号」を提案し研究開発の効率化を図る。

1. 自動施工技術基盤OPERAの整備

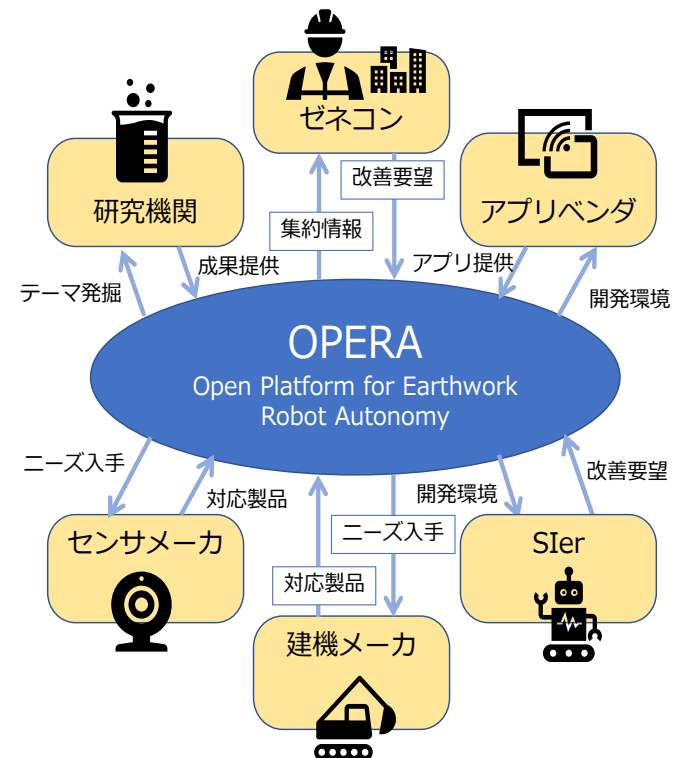
OPERA Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

土木研究所が整備し公開する、自動施工に関する「研究用オープンプラットフォーム」（対象は土木工事）

- 自動施工用に改造した建設機械群、実験フィールド等を土木研究所が提供し、建設機械やフィールドを持たない企業や大学・研究機関等も研究を行うことができる。
- 中立機関である土木研究所が用意する場であるため、スタートアップ等も含めた様々な関係者が参加可能であり、彼らと連携することでオープンイノベーションを創生することができる。また、人材育成にも活用できる。
- OPERA内では協調領域を提案しており、特定の施工会社や建設機械メーカー等に左右されない研究が可能である。そのため成果を幅広い現場で活用できる。



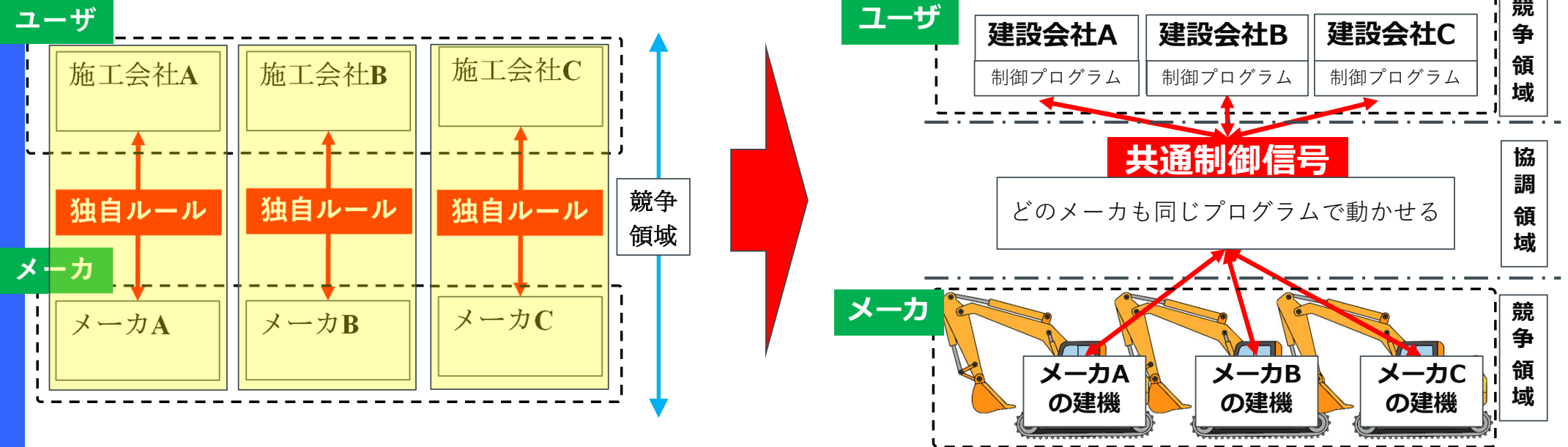
自律施工技術基盤OPERAの構成図



2. 協調領域として「共通制御信号」の提案

共通制御信号（協調領域）とは

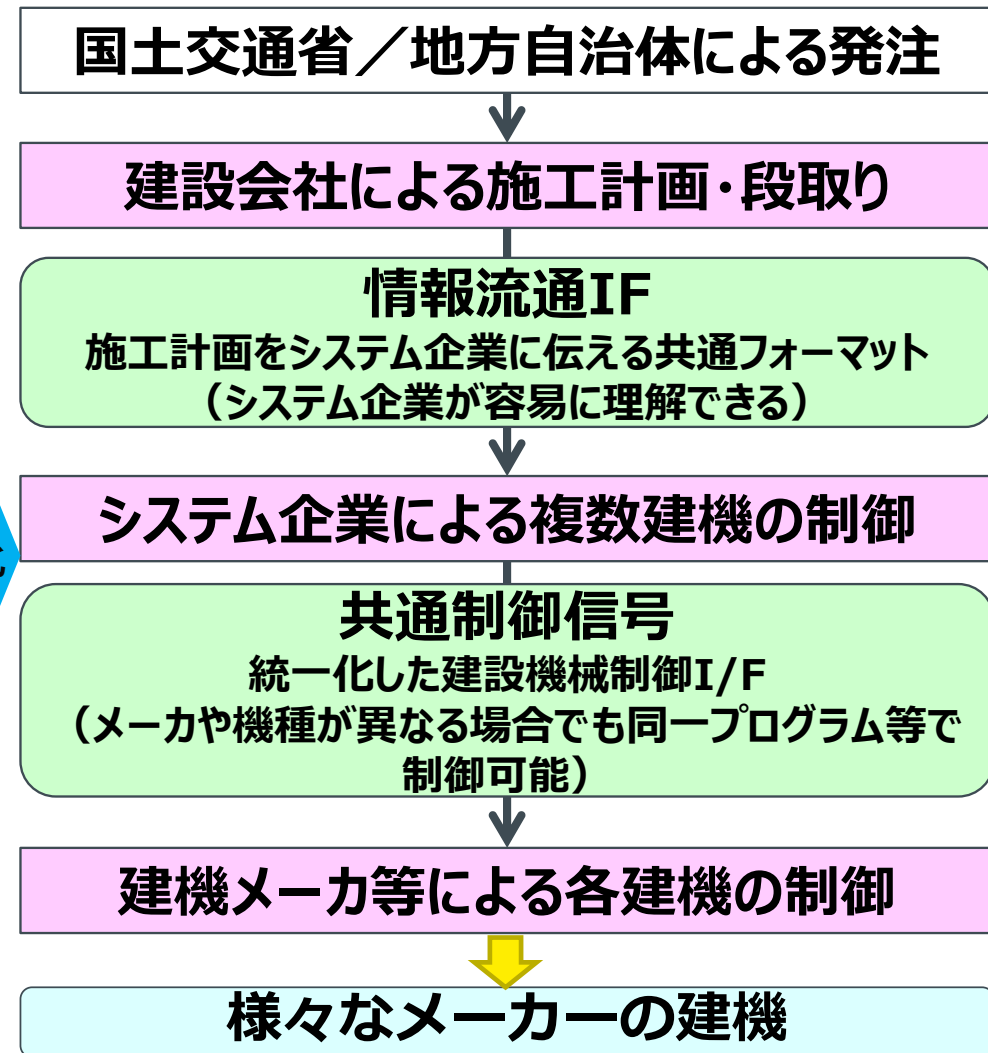
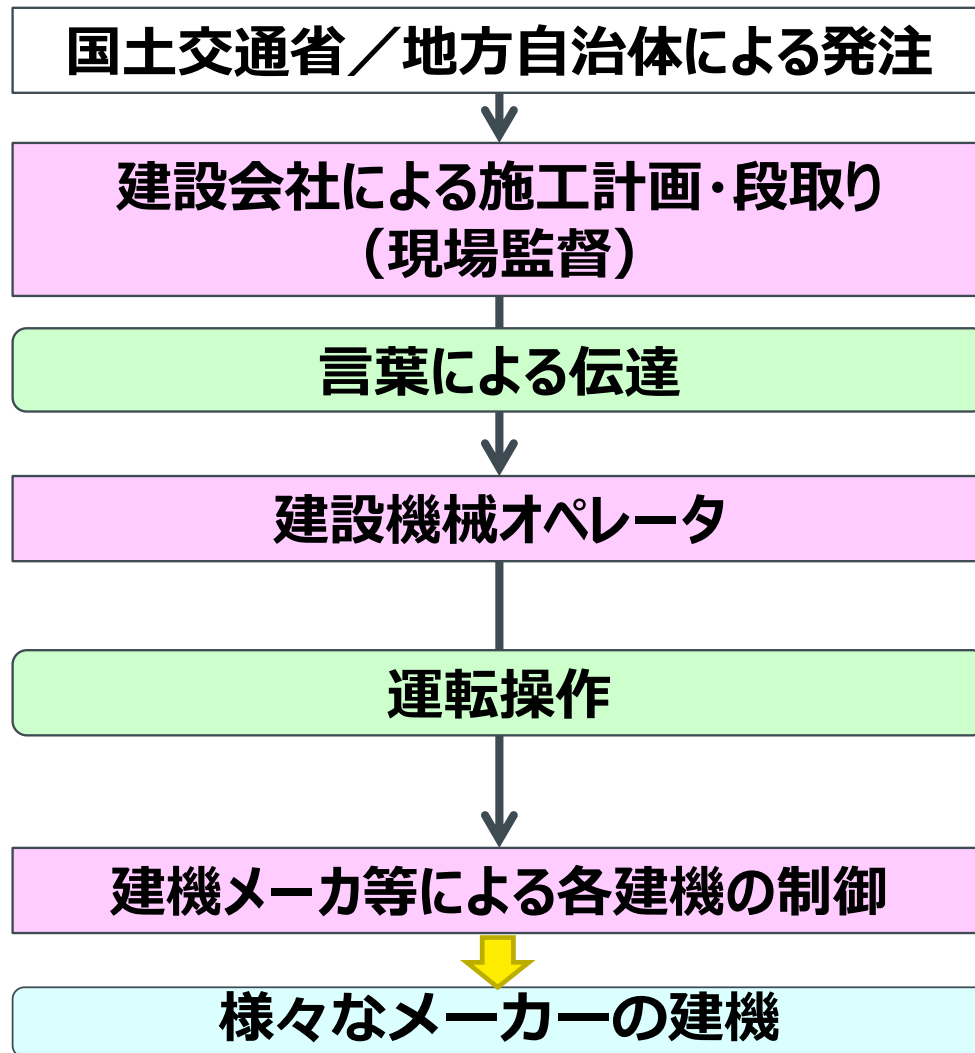
建機メーカーや機種が異なる場合でも**同一のプログラム**等で制御が可能となるよう建設機械を動作させる**通信I/Fを統一化**したものの



- 信号部分の検討を省略して研究開発を行うことが可能
- 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には必須のもので土研独自案として既に関済されている（多種多様な建設機械を運用するため）
- ユーザやメーカーが協調すべき領域と土研では考えており，業界全体のルールにできれば研究開発がさらに加速される
- 土研独自案をベースとして建機メーカーとメーカーが同意できる共通制御信号案を構築中。

協調領域は一つではないかもしれない

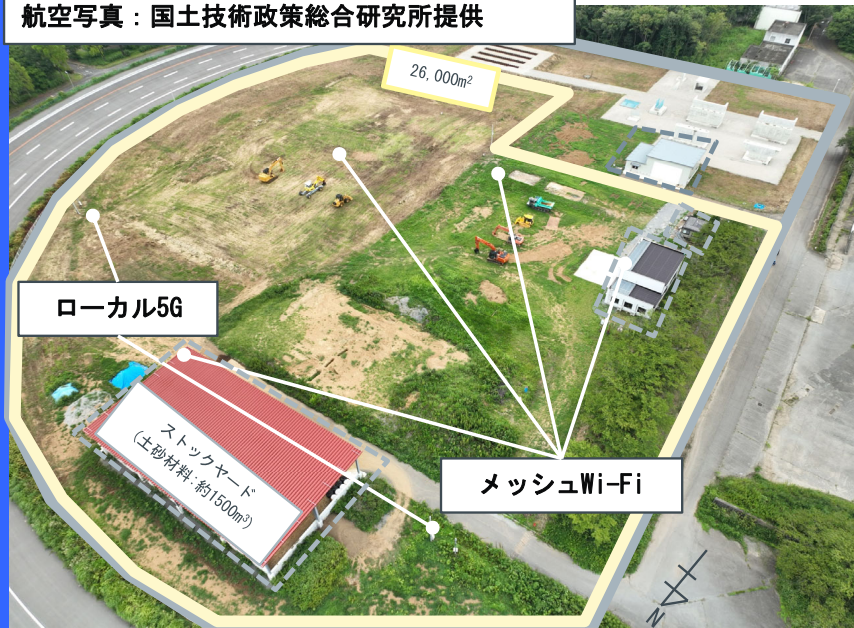


 : 競争領域
 : 協調領域

整備状況 ①OPERA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m²を有する建設DX実験フィールド（土工フィールド）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
- 材料ストックヤード、RTK GNSS、インターネット、建機給油場等のインフラ設備を整備
- 無線通信システムは、メッシュWi-Fi、ローカル5Gを整備
- OPERAに対応した油圧ショベル、クローラダンプ、ブルドーザ、振動ローラを整備
- シミュレータも整備しており、モデルベースの開発が可能

航空写真：国土技術政策総合研究所提供



実験フィールド



12t油圧ショベル



20t油圧ショベル



11t旋回型不整地運搬車(2台)



9tブルドーザ

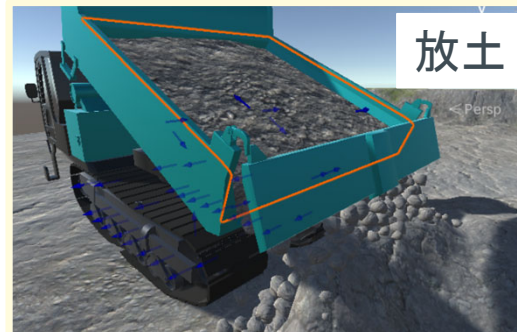
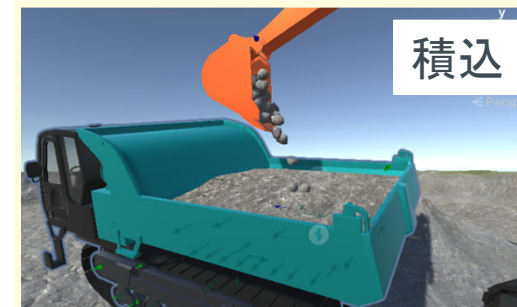
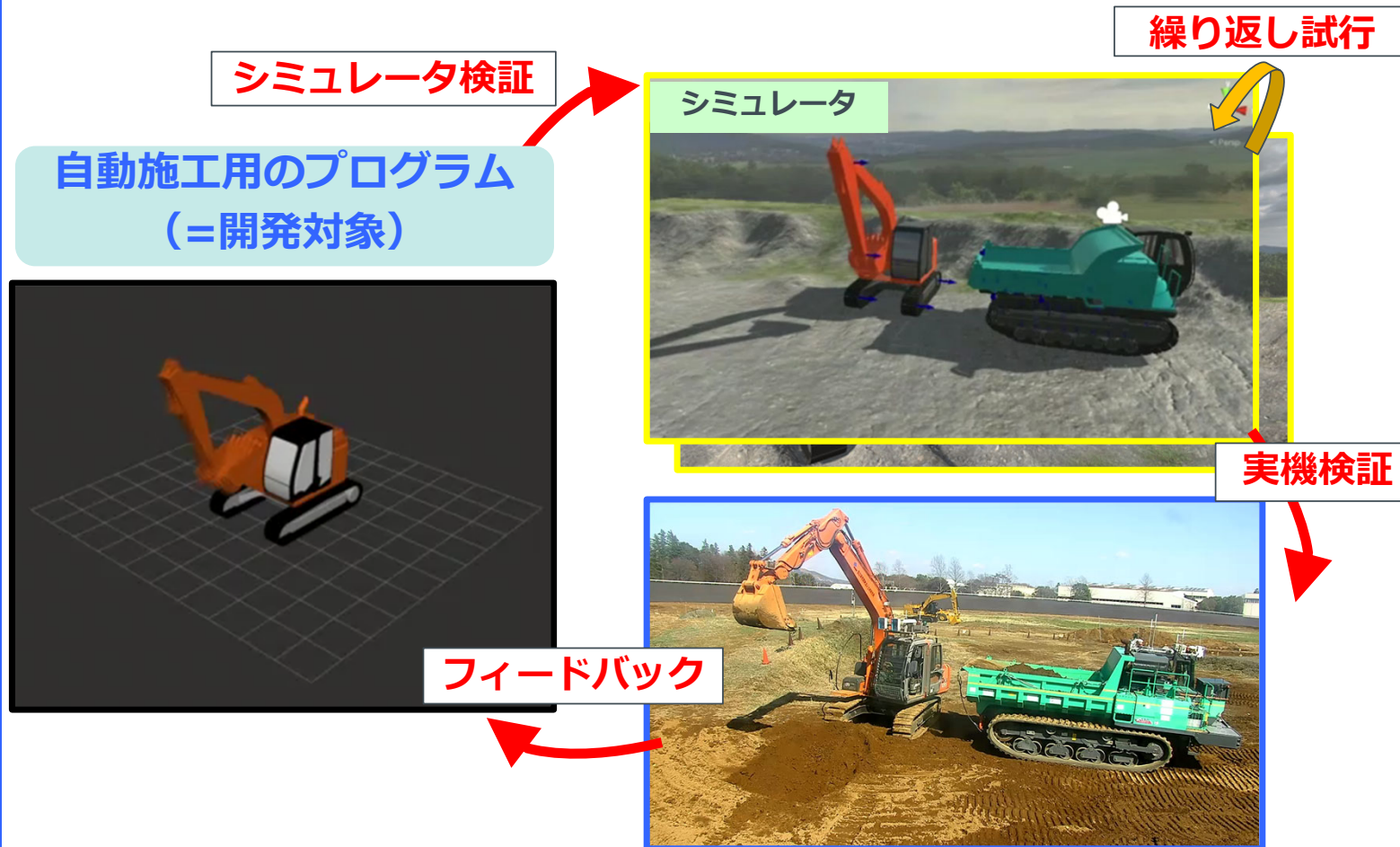


10t振動ローラ

OPERA対応建設機械

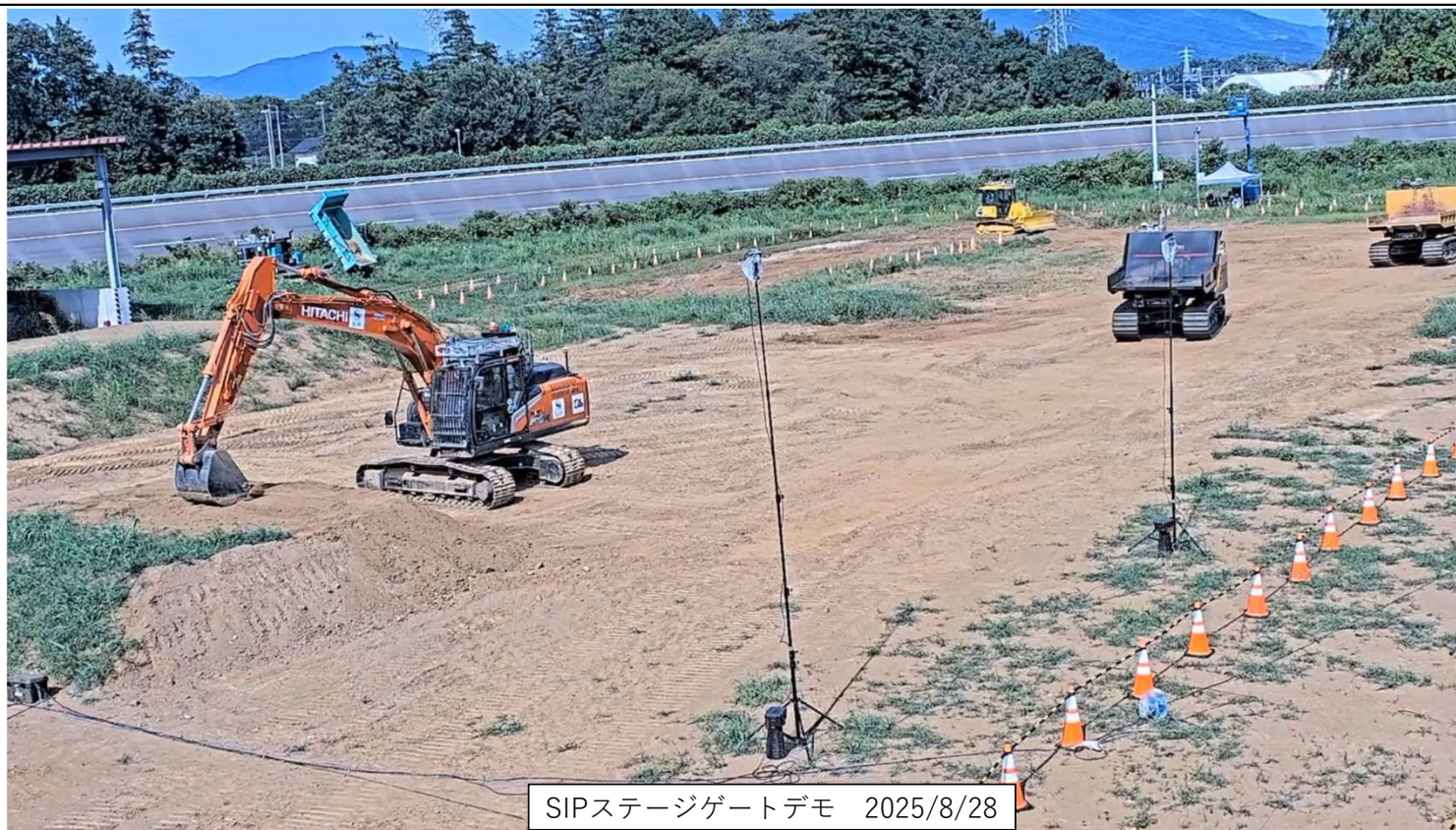
整備状況 ②OPERAシミュレータ

- ハードウェアに対応したシミュレータを整備。



活用状況

- SIP、BRIDGEなど、**外部資金による研究プロジェクトで活用**している。
- 令和4年8月から、大手や地域の**建設会社、建機メーカ、異業種、スタートアップ、大学などからなる9グループ13者と共同研究を開始。**
- OPERAを活用した建設DXフィールド稼働日数：約215日（2025年1月～12月：稼働率89%）
- OPERAを活用した自動施工研究に関する論文85編（2025年12月現在）
- OPERAを活用した公開デモンストレーション5件（2025年12月現在）



今後の研究開発動向の予測

		社会実装レベル (SIL)				
		レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
自動施工レベル (ACL)	レベル0 : 非自動運転			遠隔施工		
	レベル1 : 作業補助					
	レベル2 : 機械単体の部分自動化				油圧ショベルMG	振動ローラMG
	レベル3 : 作業指示・監視の自動化					ダンプトラックMG
	レベル4 : 作業指示・監視・制御の自動化					

自動運転建設機械は（自動運転自動車、産業用ロボット等に比べ）周辺環境のが多様で時間による変化が大きい。また土砂等の挙動を予測することは困難である

このような条件下で効率的な自動運転を実現するためには、

- ① 周辺環境（物理世界）を正確に把握し
- ② 把握した環境に応じ建設機械を制御することが必要である。

AIの活用が有効と考えられる

今後の課題

- ① 自動施工に対応した法令，基準等の整備
- ② メリットが最大となる技術と現場の選定
- ③ オープン・効率的な研究開発環境の整備
- ④ AI活用の推進
- ⑤ 自動施工対応型建設機械の普及
- ⑥ 企業の役割分担と導入サポート人材の育成

「建設分野におけるフィジカルAI戦略」(仮称) たたき台

令和8年7月31日

5. 重点的に取り組む対象分野

当面は、現場ニーズや技術成熟度を踏まえ、効果が期待される分野から重点的に推進

土木施工

- (1) 機械施工（土工等：掘削、運搬、敷き均し、積み込み等）



- (2) 現場の人力作業（鉄筋：配筋・結束・圧接等、
型枠：組立・解体等、現場補助等）



- (3) 現場内小運搬（場内運搬）



維持管理

- (4) 構造物点検（道路、河川等構造物等）



- (5) 巡視・点検（河川巡視、道路巡視等）

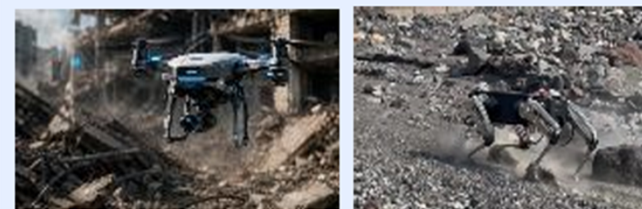


- (6) 除草、除雪、清掃（車両系機械、人力作業）



災害対応

- (7) 災害調査（広域調査、詳細調査）



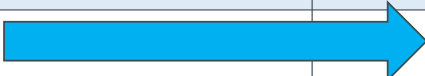
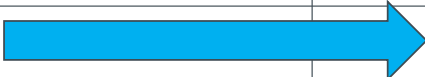
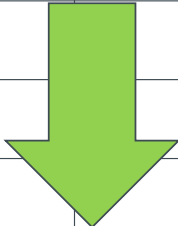
- (8) 災害復旧
（土砂撤去、整地、運搬、軽作業、道路啓開等）



今後の研究開発動向の予測



自動施工レベル (ACL)

社会実装レベル（SIL）				
レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
		遠隔施工		
			油圧ショベルMG	振動ローラMG
		油圧ショベルMC		ブルドーザMC
自動運転油圧ショベル				
自動運転ダンプトラック				
自動運転ローラ				
	複数機械による自動施工			
				

- 今後の課題**
- ① 自動施工に対応した法令，基準等の整備
 - ② メリットが最大となる技術と現場の選定
 - ③ オープン・効率的な研究開発環境の整備
 - ④ AI活用の推進
 - ⑤ 自動施工対応型建設機械の普及
 - ⑥ 企業の役割分担と導入サポート人材の育成

一般的な市販の建設機械を購入しても、自動運転を行うことはできない。
（そもそも、電気制御化（By Wire化）されている機械も最近までほとんどなかった。）

現状では、ユーザ（制御システム作成者等）が都度改造を行っている。

- ・電気制御化機械を改造し制御信号を受け取れるようにする
- ・後付けキットを操作レバー等に取り付ける



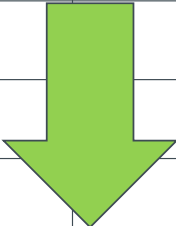
非効率であり、普及の障壁である。

近年、一部のメーカーやレンタル企業から、ユーザ側の信号を受け取って自動運転が可能な建設機械がリリースされている。

このような動きが広がることを期待したい。（ビジネスとして成り立つことが重要）

今後の研究開発動向の予測

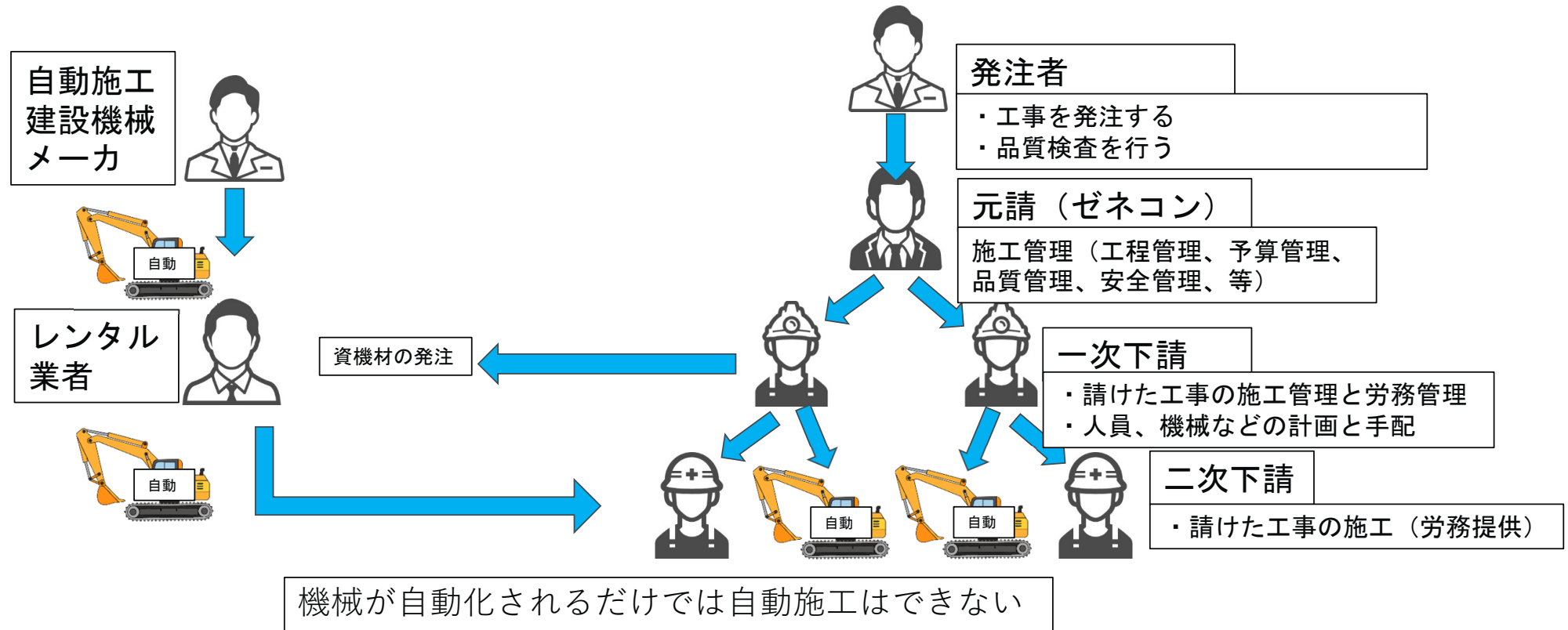
自動施工レベル (ACL)

社会実装レベル (SIL)				
レベル1: 研究開発	レベル2: 試験施工現場 での実証	レベル3: 技術の上市	レベル4: 市場シェア5%以上	レベル5: 市場シェア20%以上
		遠隔施工		
			油圧ショベルMG	振動ローラMG
		油圧ショベルMC		ブルドーザMC
自動運転油圧ショベル				
自動運転ダンプトラック				
自動運転ローラ				
	複数機械による自動施工			
				

今後の課題

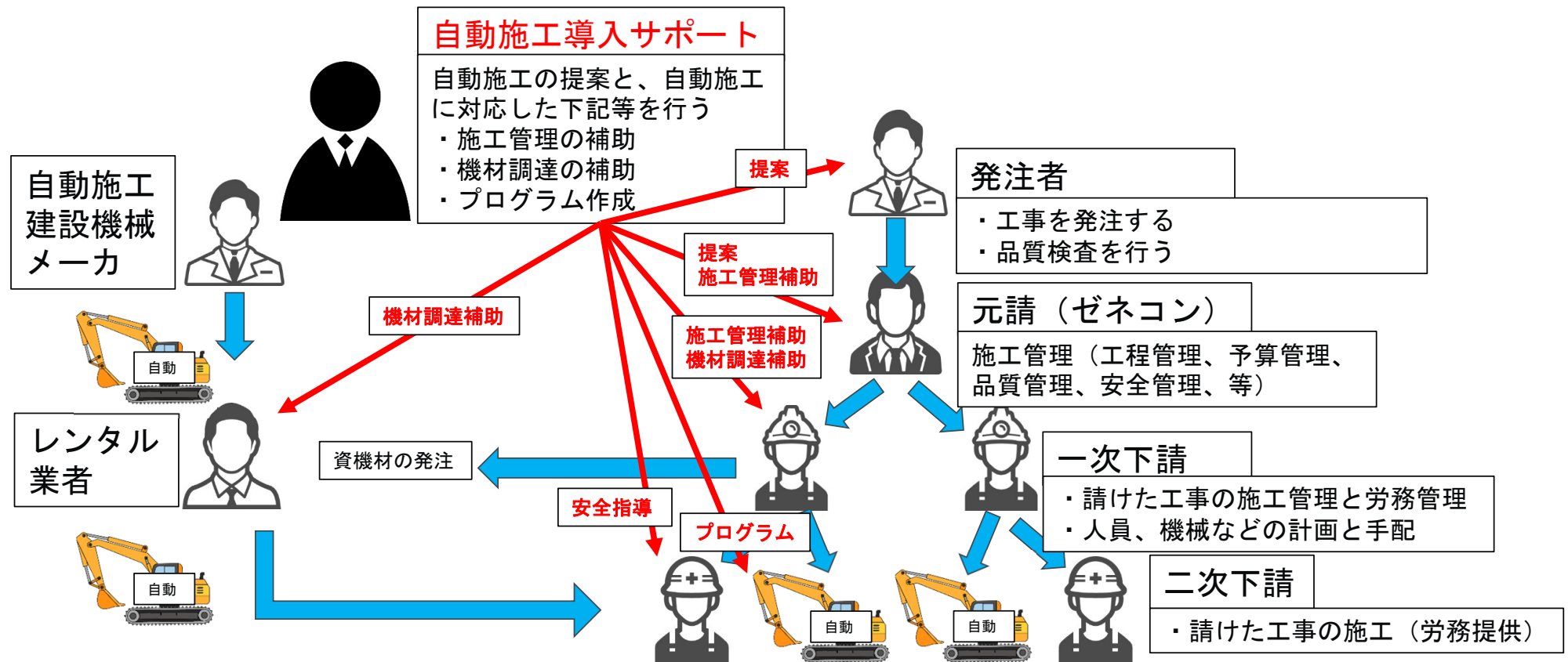
- ① 自動施工に対応した法令, 基準等の整備
- ② メリットが最大となる技術と現場の選定
- ③ オープン・効率的な研究開発環境の整備
- ④ AI活用の推進
- ⑤ 自動施工対応型建設機械の普及
- ⑥ 企業の役割分担と導入サポート人材の育成

建設業における現状の役割分担



「課題②」メリットが最大となる技術と現場の選定」や制御システムの開発、自動施工用機材の調達・管理などを誰が行うのか？

建設業における現状の役割分担



現場に対応した自動施工導入計画を立案できて、それに対応した施工計画を立てられて、必要な機器の手配ができて、自動運転プログラムを作成できる人（業者）を作る！！

そのようなことが出来る人材が不足している！！

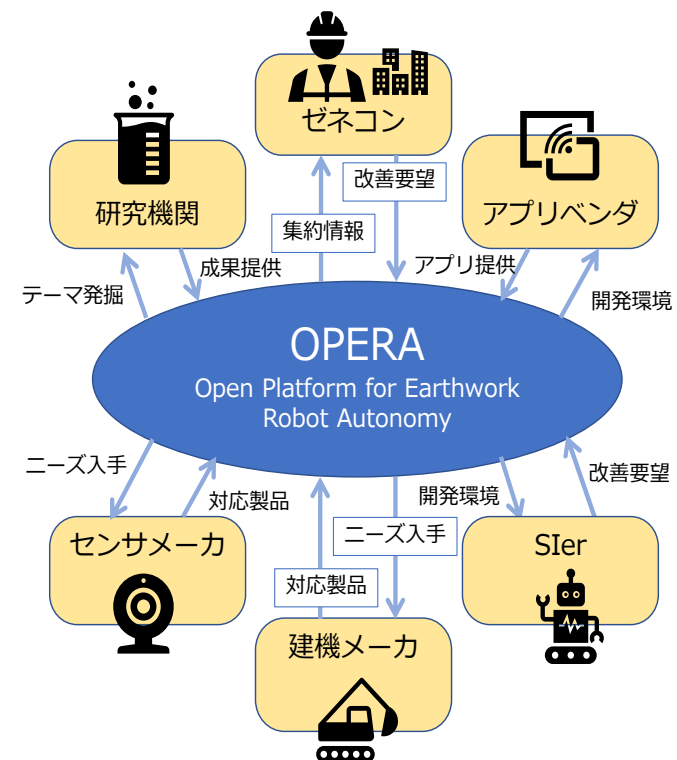
人材育成が急務である

OPERAは人材育成にも活用可能

- OPERAを活用した研究に参加することで、自動施工に関する技術を習得できる。
 - ・ 共同研究参加企業・大学の一員として
 - ・ 土木研究所交流研究員（民間企業等からの受入れ研究員）として
 - ・ オープンな情報を利用し個人として
- 大学生を対象とした教育プログラムを構築（SIPの成果として）
- ハッカソン（自動運転ソフトウェア開発イベント）を実施予定（SIPの成果として）



自律施工技術基盤OPERAの構成図



OPERAは人材育成にも活用可能





CONSTRUCTION × ROBOTICS × SIMULATION

自動施工ハッカソン



未来の建設現場を、あなたのコードで動かそう。

ROS 2 × OPERA で、建設機械の自動化ソフトウェア開発に挑戦する実践型ハッカソン！
土木研究所が整理・公開する自動施工技術基盤「OPERA」の動力学シミュレータを
活用し、油圧ショベルやクローラダンプの自動化ソフトウェア開発を体験します。

 参加費無料

 最大30名

 個人参加OK

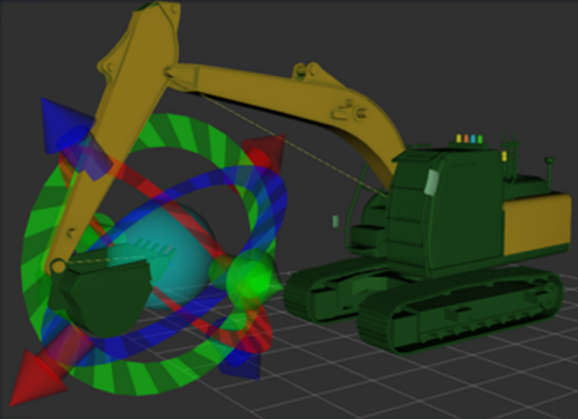
 最大3名チームOK

 建設分野未経験者も歓迎

 ROS 2・Python / C++ 経験者向け

 ROS 2 / ロボット制御

 OPERA / 建設機械シミュレーション





ROS 2 × OPERA

/// 開発課題：油圧ショベル・クローラダンプの自動化に挑戦 ///

OPERAは人材育成にも活用可能



開催日時

2027年
2月18日(木)～19日(金)



募集期間

2026年
10月1日(木)～
11月30日(月)

※定員に達し次第、予告なく
受付を終了する場合があります



会場

国立研究開発法人
土木研究所
ICHARM棟1F講堂



参加対象

- ・大学・高専・研究機関・企業等に所属する方
- ・ロボット・自動化・建設DXに興味のある方
- ・自動施工のソフトウェア開発スキルを向上させたい方
- ・建設分野未経験者も歓迎

当日の内容

1

OPERA動力学
シミュレータの
操作体験



2

チームで
ソフトウェア開発



3

成果発表・
デモンストレーション



参加要件

- ・Linux環境の基本操作
- ・ROS 2 の基本知識
- ・PythonまたはC++のコーディング経験
- ・Ubuntu 22.04 LTS以上のノートPCを持参

推奨：Git / Docker / シミュレータ利用経験



参加申込はこちら >>>>

応募フォームからお申込みください

申込締切：2026年11月30日(月)



主催：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



お問い合わせ：sentan@pwri.go.jp

ご清聴ありがとうございました。

