

ここまできた！最先端技術を活用した生産性向上

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
施工・管理分野の生産性向上に
関する研究開発

プログラムリーダー：技術推進本部長
研究期間：令和4年度～令和9年度

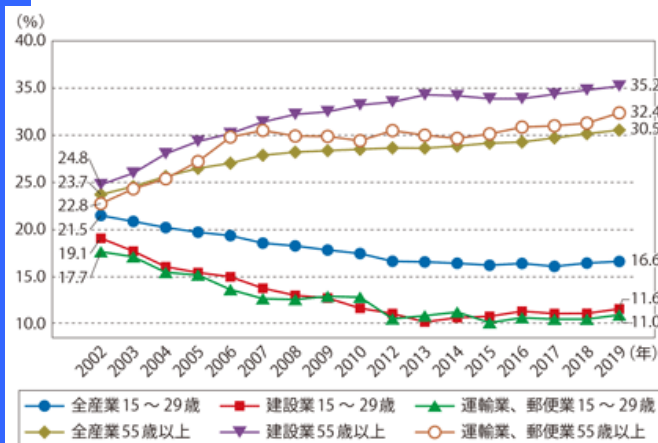
研究の背景・必要性

我が国が迎えている少子高齢化に伴う、建設労働者の高齢化や人手不足の深刻化により、建設現場の生産性向上が求められている。（図1）

国土交通省において「i-Construction」や「インフラ分野のDX」として、デジタル技術の活用等による建設生産システム全体の生産性向上を図り、人手不足や老朽化などの社会的課題への対応を進めている。特に、DXにおいては、手続きのデジタル化のみならず、ビジネスモデルの変革の要素が強く求められている。

また、コロナ禍において、非接触・リモート型の働き方への転換が注目されている。

こうした状況を踏まえ、社会情勢の変化に対応するため、最新のデジタル技術を活用することで、インフラの施工・管理分野での生産性向上を徹底的に進める必要がある。



(注) 2011年は、東日本大震災の影響により全国集計結果が存在しない。
資料) 総務省「労働力調査」より国土交通省作成

図1 産業別の就業者の年齢構成の推移

【インフラ分野のDX】

○社会経済状況の激しい変化に対応し、インフラ分野においてもデータとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に社会資本や公共サービスを変革すると共に、業務そのものや、組織、プロセス、建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革し、インフラへの国民理解を促進すると共に、安全・安心で豊かな生活を実現

「行動」のDX

どこでも可能な現場確認



「知識・経験」のDX

誰でもすぐに現場で活躍



「モノ」のDX

誰もが簡単に図面を理解



社会資本や公共サービス、組織、プロセス、文化・風土、働き方の変革

インフラへの国民理解の促進と安全・安心で豊かな生活を実現

プログラム目標と達成目標

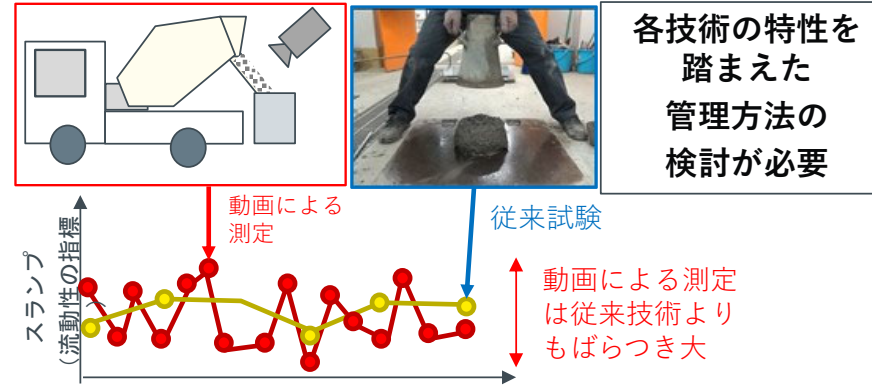
プログラム目標	達成目標
施工・管理分野にデジタル技術を用いた革新的な生産性向上のための技術の確立	(1)最先端デジタル技術を用いた省人化のための技術の開発
	(2)最先端デジタル技術を用いた工程改革のための技術の開発

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



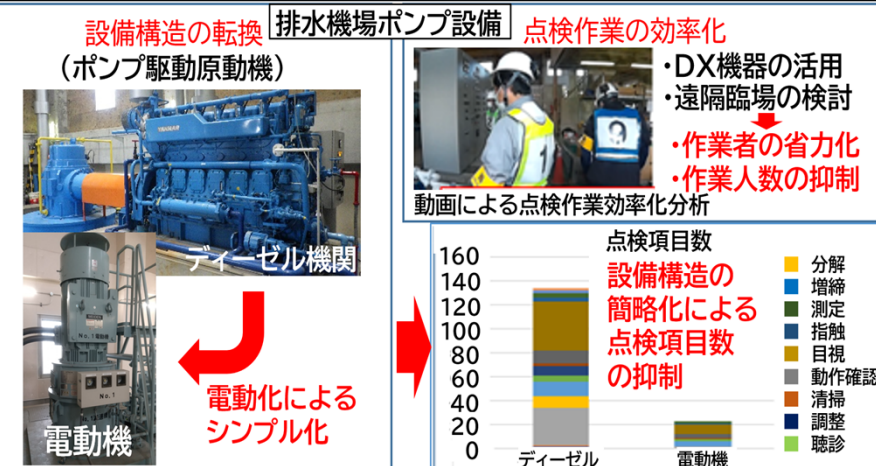
動画等を用いたコンクリートの流動性の管理方法の検討例

施工データ活用による締固め工・その他工種の生産性向上



施工中データを収集・活用し生産性向上を図る

設備点検効率化による土木機械設備点検の生産性向上

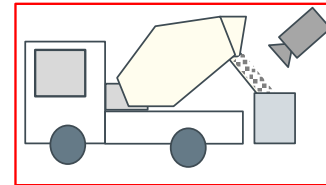


研究開発プログラムを構成する4つの主要研究

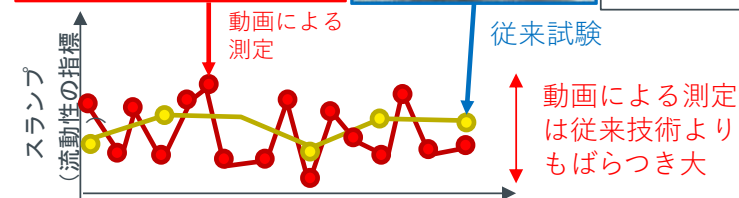
自動化による土木施工の生産性向上



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

本日は自動施工研究の内容について紹介します

- 研究の背景
- 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

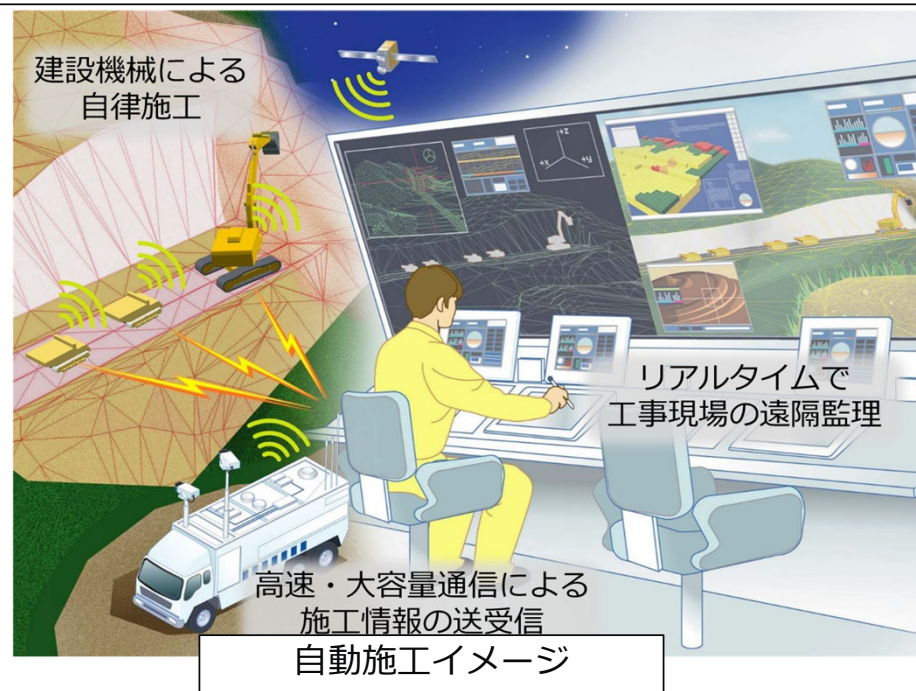
検作業効率化分析



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。



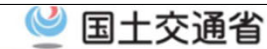
土木建設業界の課題である「担い手不足解決」に向けて、下記の効果が期待される

- 建設業における生産能力の飛躍的な向上
- 中長期的な担い手の確保のための魅力ある建設業の構築

研究の背景

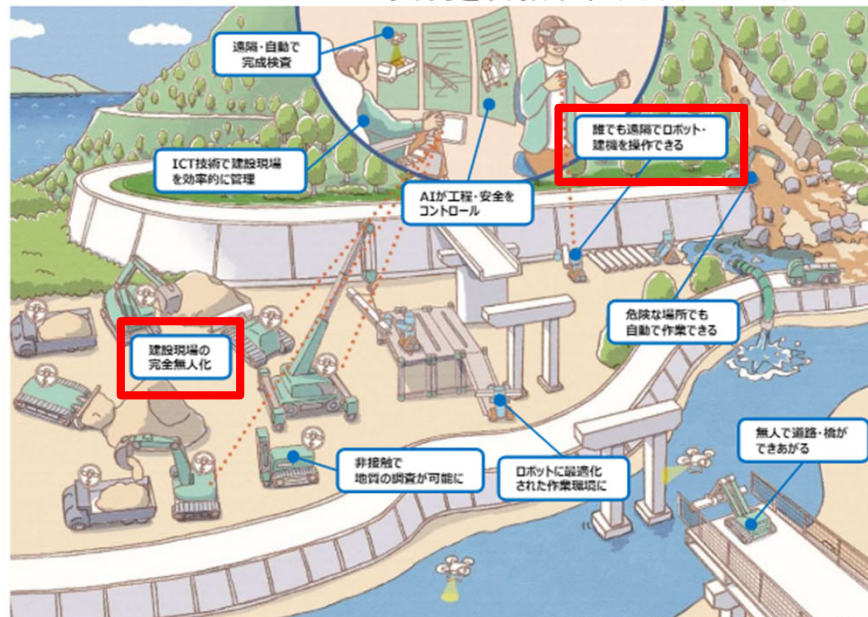
令和6年4月に策定された**i-Construction2.0**でも「**建設現場の完全無人化**」が実現を目指す社会のイメージとして示されている。

i-Construction 2.0（建設現場のオートメーション化）



- 建設現場の生産性向上の取組であるi-Constructionは、2040年度までの**建設現場のオートメーション化**の実現に向け、i-Construction 2.0として取組を深化。
- デジタル技術を最大限活用し、少ない人数で、安全に、快適な環境で働く生産性の高い建設現場を実現。
- 建設現場で働く一人ひとりの生産量や付加価値を向上し、国民生活や経済活動の基盤となるインフラを守り続ける。

i-Construction 2.0で実現を目指す社会（イメージ）



第5期技術基本計画を基に一部修正

i-Construction 2.0: 建設現場のオートメーション化に向けた取組 (インフラDXアクションプランの建設現場における取組)

i-Construction 2.0 で**2040**年度までに 実現する目標

省人化

- ・人口減少下においても持続可能なインフラ整備・維持管理ができる体制を目指す。
- ・2040年度までに少なくとも省人化3割、すなわち生産性1.5倍を目指す。

安全確保

- ・建設現場の死亡事故を削減。

働き方改革・新3K

- ・屋外作業のリモート化・オフサイト化。

①建設機械単体の部分自動化

MG/MCとして普及している。

マシンガイダンス・マシンコントロール：GNSSなどにより機体の位置を推定し，設計データに基づいて建設機械の作業器（ブルドーザのブレードや油圧ショベルのバケットなど）位置をガイドしたり自動的に制御したりする。オペレータは搭乗する。

②建設機械単体の全体自動化

建設機械単体の一連動作（油圧ショベルであれば、掘削・旋回・放土など）をプログラム等で自動化したもの。基本的にオペレータは搭乗しない。

世界各国の大学やロボット関係スタートアップ企業、建設機械メーカーなどが多数取り組んでいる。（日本・中国・米国・欧州など）

一部市販化もされている

③複数建機による施工の自動化

複数の機械により、一つの施工現場全体を自動化するもの。

他機械との連携が可能。

日本の大手ゼネコン（鹿島建設、大成建設、大林組）などがダム現場等に限定して実現している

日本・世界における自動施工の研究開発状況まとめ



現状の研究開発状況の把握と、これからの研究開発方向の予想を行うため、レベル表で整理

参考文献：

- Hirokuni Morikawa, Takashi Otsuki: Study on the Level Concept of Autonomous Construction in Mechanized Construction, ISARC2020, pp.1114-1121
- Genki Yamauchi, Taro Abe, Daisuke Endo, Takeshi Hashimoto, Keiji Nagatani, Proposal of a Benchmark Indicator for Automated Construction Technology, ISARC2025, pp. 1605–1608

		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 (試験施工やダム建設工事等)			
	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					

今後の研究開発動向（予想）

現状の研究開発状況の把握とこれからの研究開発動向

参考文献：

- Hirokuni Morikawa, Takashi Otsuki: Study on Automated Construction, ISARC2020, pp.1114-1121
- Genki Yamauchi: Indicator for Automated Construction Technology

導入ハードルの低減

導入メリットの最大化

社会実装レベル上昇への課題

- 自動・遠隔施工に対応した法令，基準等の整備
- 導入サポート企業，人材の育成
- 導入コストの低減
- 施工効率の向上（コストメリットの向上）
- 働き方改革手法の提案（従業員満足度向上。従業員確保への貢献）
- 再利用性の向上（コストメリットの向上）

		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 (試験施工やダム建設工事等)			
	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						
		さらなる研究開発の推進		自動施工レベル上昇への課題		
				- 研究開発の効率化（協調領域の明確化） - 大学，異業種参入の活性化 - 研究開発者の相互連携 - 熟練技能の可視化と保存		

自動施工レベル上昇への課題

- 研究開発の効率化（協調領域の明確化）
- 大学，異業種参入の活性化
- 研究開発者の相互連携
- 熟練技能の可視化と保存

今後の研究開発動向（予想）

現状の研究開発状況の把握とこれからの研究開発動向

参考文献：

- Hirokuni Morikawa, Takashi Otsuki: Study on Automated Construction, ISARC2020, pp.1114-1121
- Genki Yamauchi: Indicator for Automated Construction Technology

導入ハードルの低減

導入メリットの最大化

社会実装レベル上昇への課題

- 自動・遠隔施工に対応した法令，基準等の整備
- 導入サポート企業，人材の育成
- 導入コストの低減
- 施工効率の向上（コストメリットの向上）
- 働き方改革手法の提案（従業員満足度向上。従業員確保への貢献）
- 再利用性の向上（コストメリットの向上）

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
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: 作業補助				油圧ショベルMG	振動ローラMG

土木研究所では、赤枠課題を解決するために下記の取組を実施している

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

自動施工レベル (ACL)

複数
作業
適用

複数
作業
適用

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

さらなる研究開発の推進

自動施工レベル上昇への課題

- 研究開発の効率化（協調領域の明確化）
- 大学，異業種参入の活性化
- 研究開発者の相互連携
- 熟練技能の可視化と保存

1. 自動施工技術基盤OPERAの整備

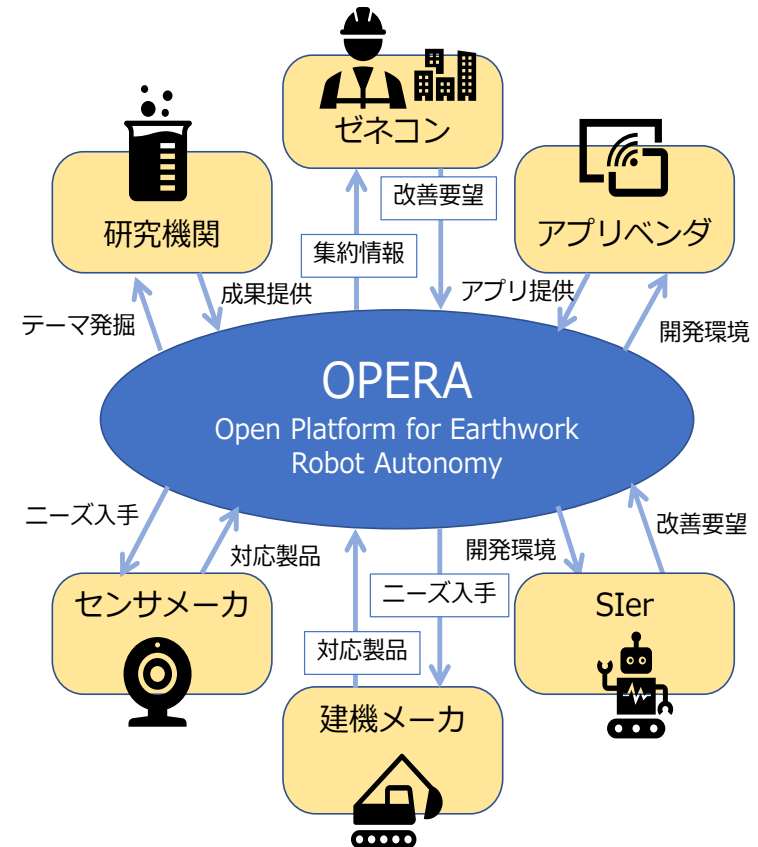
OPERA Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

土木研究所が整備し公開する、自動施工に関する研究を行う「場」

- 構成要素であるハードウェア、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を土木研究所が用意し、民間企業や研究機関等が自由に研究を行うことができる。
- 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であり、オープンイノベーションを生む土壌となる。また、異業種からの新規参入拡大も期待できる



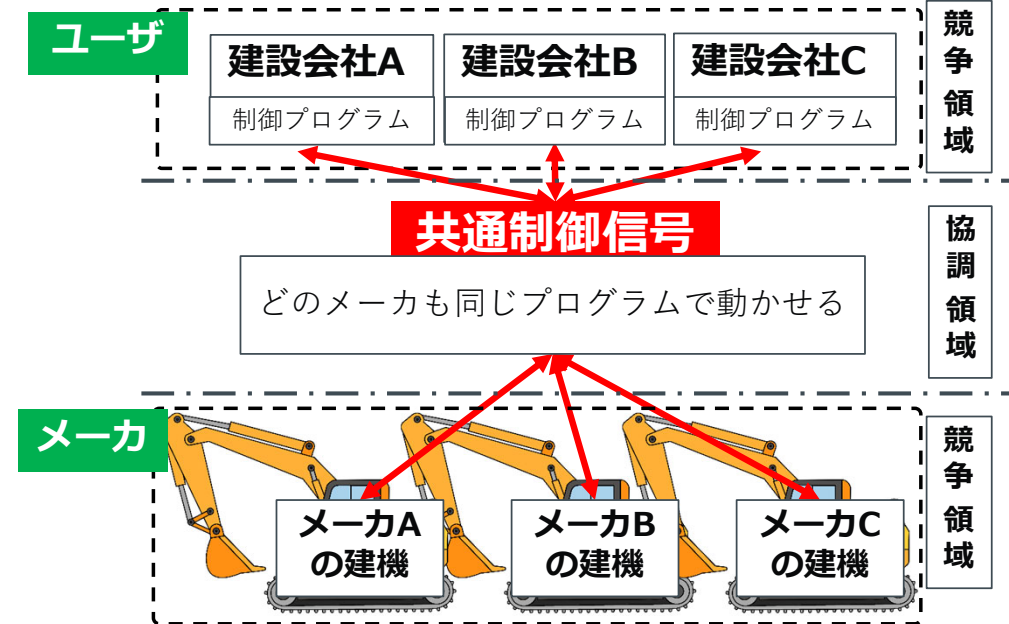
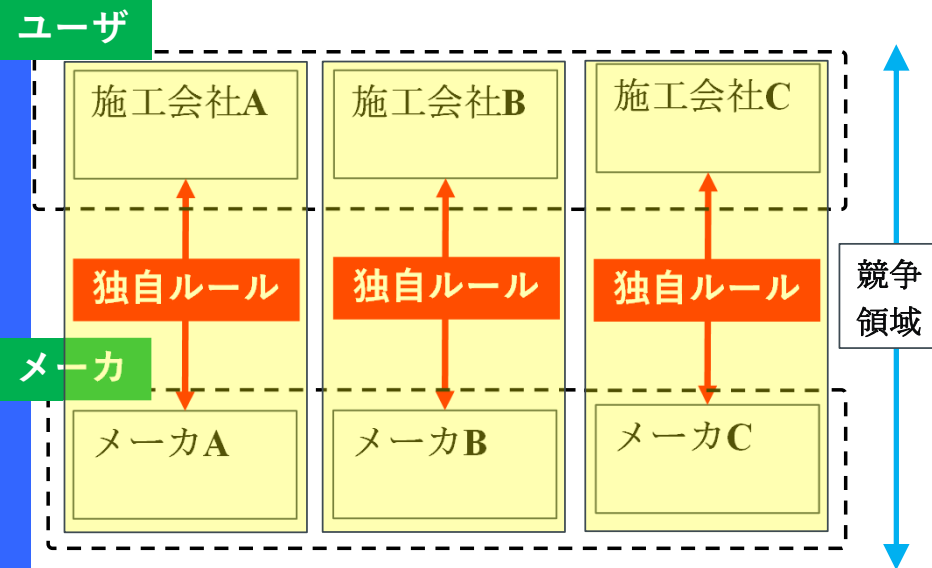
自律施工技術基盤OPERAの構成図



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**



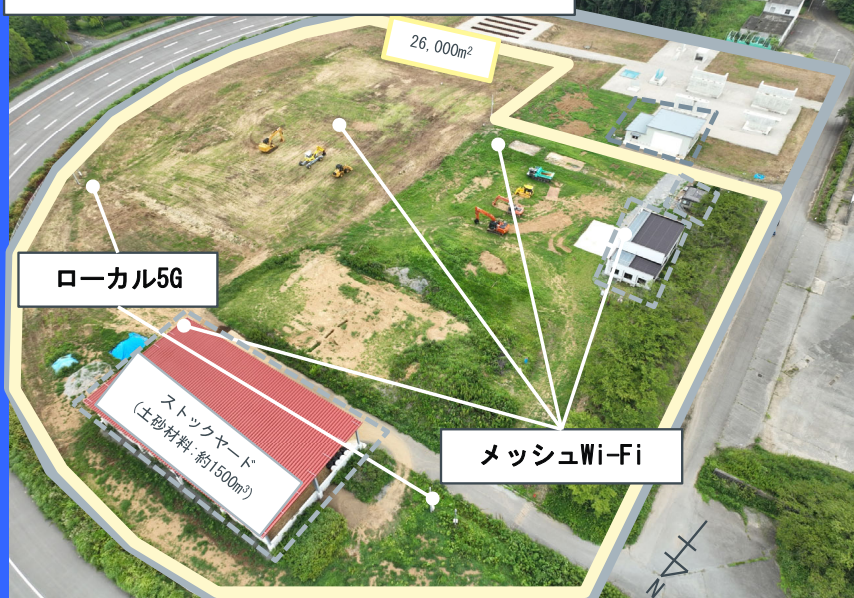
- 信号部分の検討を省略して研究開発を行うことが可能
- 現場やメーカーが異なっても開発成果の再利用が容易
- メーカーが異なる機械間の相互連携が容易

- OPERAには必須のもので土研独自案として既に関発されている（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。

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

航空写真：国土技術政策総合研究所提供



実験フィールド

自動運転対応建設機械群



12t ショベル



11t クローラダンプ



20t ショベル



9t ブルドーザ



10t振動ローラ



11t全旋回型クローラダンプ

OPERA対応建設機械

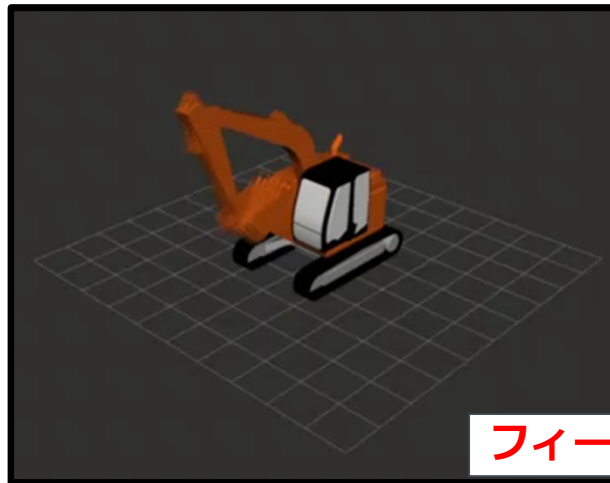
今後の計画

- インフラ設備の拡充（測定施設、土工実験ピットなど）
- 各建設機械の環境認識能力の向上（センシング技術の向上）

土研取組の現状 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

シミュレータ検証

自動施工用のプログラム
(=開発対象)



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

シミュレータ



繰り返し試行

実機検証



フィードバック

今後の計画

- 拡充機種モデル化（ブルドーザ、振動ローラなど）
- 建機/土砂の相互作用の緻密化

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200日（2024年度）
- OPERAを活用した自動施工研究に関する論文72編（2025年9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9月現在）

ID	共同研究者名	研究概要
1	ハイテクインター（株）	次世代規格の無線通信等と組み合わせた建機遠隔操作の技術適合性の評価確認
	（株）ジツタ中国	
	（株）中電工	
2	（株）IHI	OPERAの共通制御信号に対応する無線通信モニタリングシステムの開発
3	（株）奥村組	チルトローテータを搭載した油圧ショベル自動運転技術の開発
4	酒井重工業（株）	OPERAの共通制御信号に対応した自律走行式ローラの開発
5	早稲田大学	あらゆる現場に対応可能な作業状態識別システムの開発
6	日立建機（株）	OPERAに対応した建設機械の遠隔/自動化システムの開発
7	（株）フジタ	油圧ショベルの自動掘削アルゴリズムを開発と評価手法の検討
	（株）DeepX	
8	清水建設（株）	OPERAを活用した施工タスク自動化の検討
9	（株）加藤組	遠隔化施工において、施工効率およびコスト面での生産性の検討評価
	ORAM（株）	

研究成果例 1

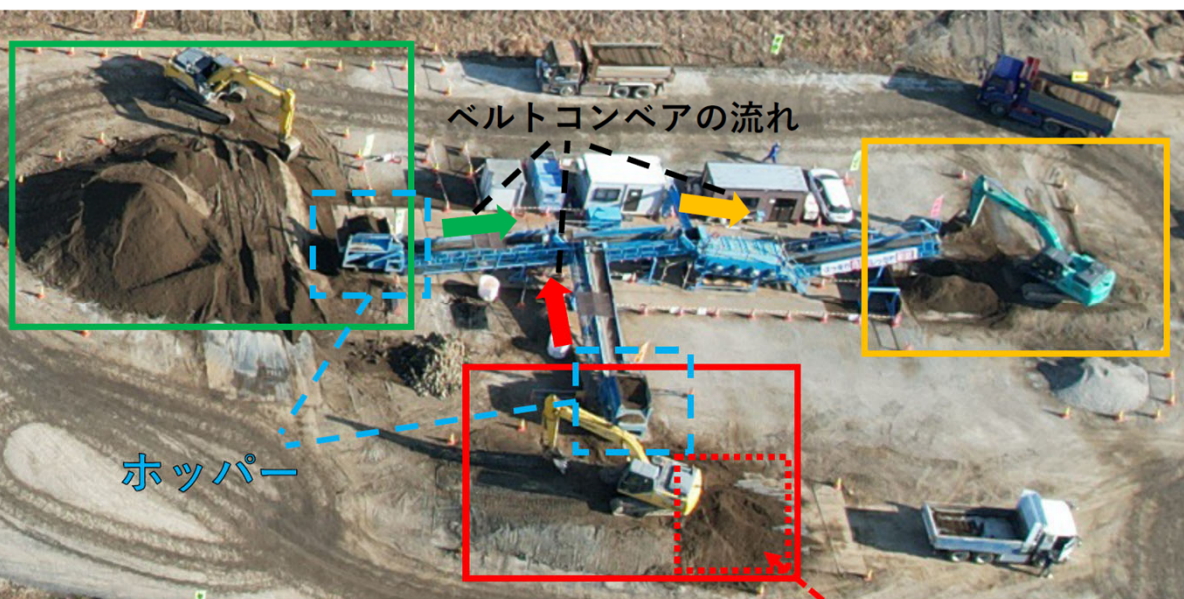
清水建設との共同研究

(OPERAを活用した施工タスク自動化の検討)

本研究では、施工計画に基づいた建設機械の動作計画や制御を実現するシステムの開発を目標としている。2025年には、開発したシステムを活用し、実現場（土砂改良現場）での油圧ショベルの自動化（ホッパーへの投入作業）を実現した。

b : 砂質土

c : 改良土



a : 粘性土

土山

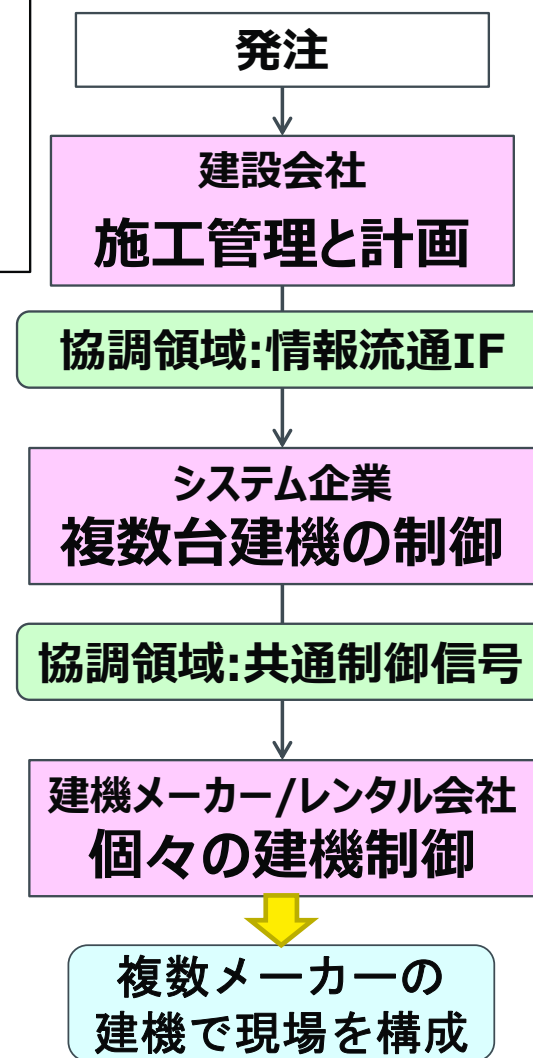
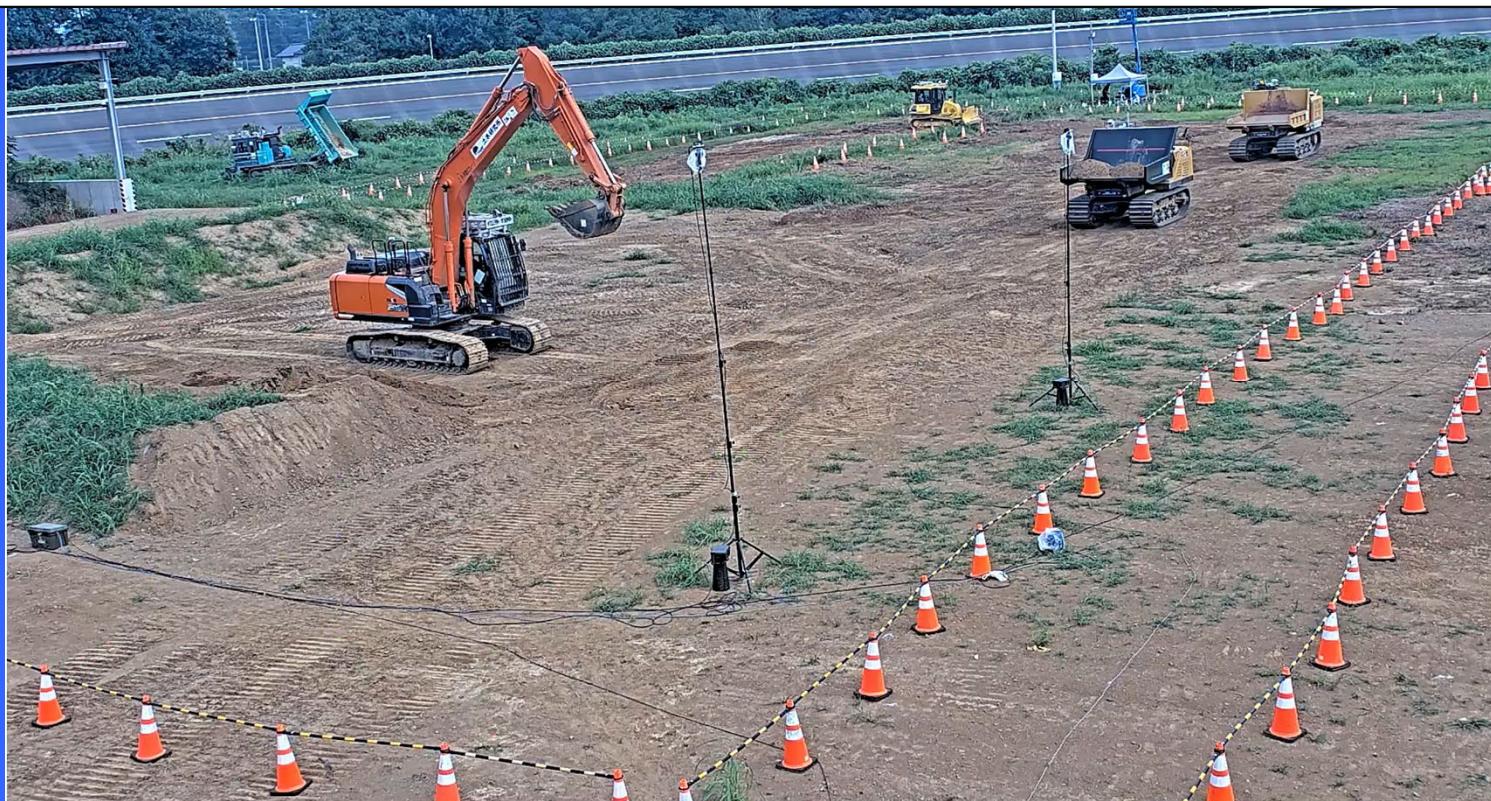


SIPスマートインフラマネジメントシステムの構築

(a-1建設生産プロセス全体の最適化を実現する自動施工技術の開発)

筑波大学永谷教授をリーダーとする本プロジェクトに土木研究所も参加。

本プロジェクトでは、土木研究所が提案している共通制御信号と共に、もう一つの協調領域として「情報流通インターフェース」を提案している。これにより自動施工の汎用化が推進される。



主な研究成果文献等

自動施工レベル表に関する文献

- Genki Yamauchi, Taro Abe, Daisuke Endo, Takeshi Hashimoto, Keiji Nagatani, Proposal of a Benchmark Indicator for Automated Construction Technology, ISARC2025, pp. 1605–1608, 2024.

OPERA開発に関する文献

- 山内元貴、遠藤大輔、鈴木裕敬：自律施工の促進と普及を目的とした自律施工技術基盤OPERAの提案、建設機械施工、Vol.74、No.7, 2023.
- 橋本毅：自律施工技術基盤（土研OPERA）の整備状況について、建設マネジメント技術, No.9, pp.16-20, 2023.
- 遠藤大輔、松坂要佐、山内元貴、橋本毅：自動建設ロボット開発のためのオープンソース型物理シミュレータの研究, 令和5年度建設施工と建設機械シンポジウム, 2023.
- Daisuke Endo, Yosuke Matsusaka, Genki Yamauchi, Takeshi Hashimoto, Research on an Open Source Physical Simulator for the Autonomous Construction Machinery Development, ISARC2025, pp. 1303–1306, 2024.

研究成果例 1 に関する文献

- 笠原侑一郎、高野智也、秋成光太、八條貴誉、木村駿介、深瀬勇太郎、宮下裕貴、横島喬、阿部太郎、遠藤大輔、橋本毅、永谷圭司、山内元貴、倉爪亮：土工現場向けCPSプラットフォーム ROS2-TMS FOR CONSTRUCTIONの開発ープラットフォームの概要と適用事例ー、建設ロボットシンポジウム、2024.
- 高野智也、笠原侑一郎、秋成光太、八條貴誉、木村駿介、深瀬勇太郎、宮下裕貴、横島喬、遠藤大輔、阿部太郎、橋本毅、永谷圭司、山内元貴、倉爪亮：土工現場向けCPSプラットフォーム ROS2-TMS FOR CONSTRUCTIONの開発ー第9報 土砂改良作業への適用事例ー、建設ロボットシンポジウム、2024.

研究成果例 2 に関するWebSite

- <https://sip-icas-project.org/2025/08/28/press-2/>