

# 自動施工の取組について

---

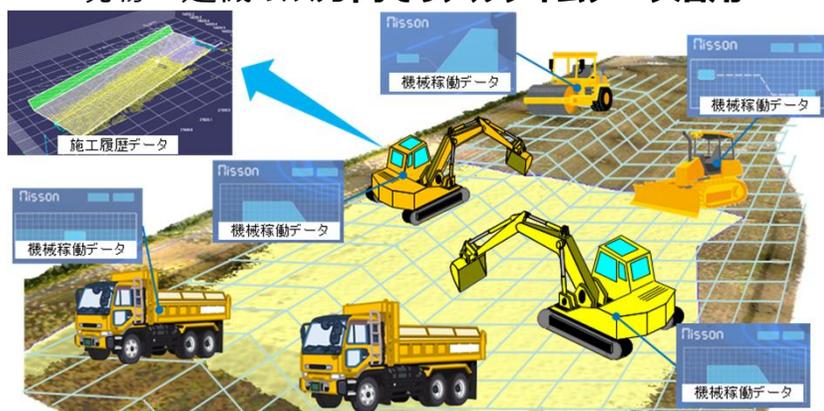
- 建設現場をデジタル化・見える化し、建設現場の作業効率の向上を目指すとともに、現場取得データを建設機械にフィードバックするなど双方向のリアルタイムデータを活用し、施工の自動化に向けた取組を推進する。

【短期目標】現場取得データをリアルタイムに活用する施工の実現

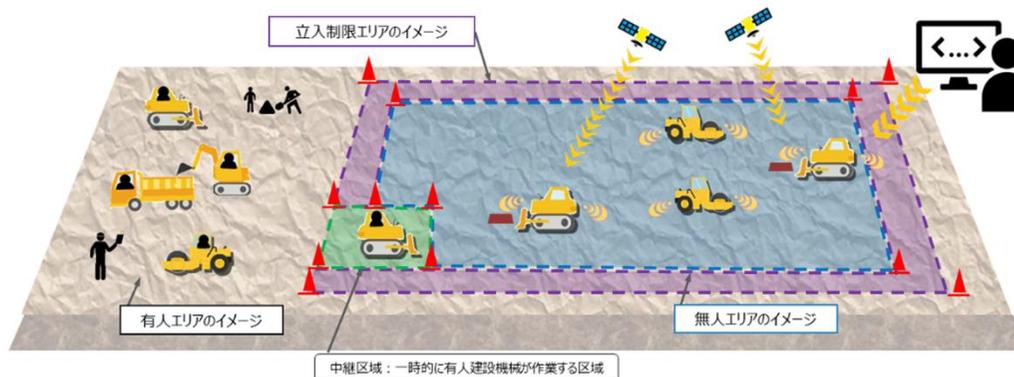
【中期目標】大規模土工等の一定の工種・条件下での自動施工の標準化

【長期目標】大規模現場での自動施工・最適施工の実現

現場↔建機の双方向でリアルタイムデータ活用



自動施工の導入拡大に向けた基準類の策定



## <ロードマップ>

短期（今後5年程度）

中期（6～10年後程度）

長期（11～15年後程度）

実現

自動施工

安全ルール、施工管理要領等の技術基準類の策定

ダム施工現場等での導入拡大

大規模土工現場での導入試行

導入工種の順次拡大

人材育成(自動施工コーディネーター、遠隔施工オペレーター育成)・技術開発

遠隔施工

砂防現場における活用拡大

通常工事における活用拡大

施工データの活用

データ共有基盤の整備(土砂運搬など建機効率化)

施工データを活用した施工の最適化

AIを活用した建設現場の最適化

新たな施工技術

チルトロータータ等の新たな施工技術の普及・導入促進、技術基準・要領類の整備

技術の一般化、新たな施工技術の導入普及促進

大規模現場での自動施工の実現

最適施工の実現

注)技術開発状況に応じ随時見直し

		R6年度	R7～R8年度	R9～R10年度	当面の目指す姿
①導入環境整備	a)安全ルールの策定	施工現場における安全に関するルール	安全ルール(改訂版)の運用		ダム施工現場等以外の大規模土工現場での導入    <導入環境> 工事に係るルール・基準類が整備されている
	b)機能要件等の策定	無人エリア等における自動施工の要件			
	c)基準類の整備	工事発注に係る基準要領類			
②人材育成	a)自動施工コーディネーター育成	自動施工の導入をコーディネートできる人材の育成	人材育成プログラムの作成等	人材育成	<人材> 自動施工を現場に実装するために <u>地域を基盤とする建設会社に対して</u> <u>コーディネートする人材が存在している</u>
	③開発環境整備	土木研究所にてオープンな研究開発用プラットフォーム OPERAを整備	共通制御信号の原案の策定等	OPERAの整備・運用	
	b)自動施工シミュレータ等	施工計画支援			<技術> 地域を基盤とする建設会社が導入できる <u>汎用的な自動化システムが入手可能</u>
試行工事		上記に関する試行工事を随時実施			

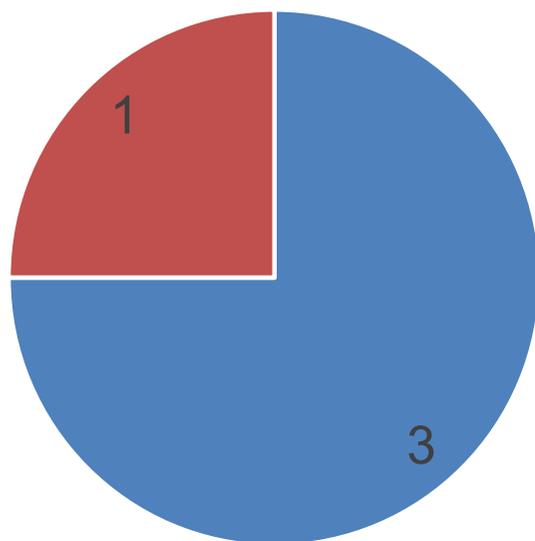
# 機能要件等について

---

○ 令和7年度は、国土交通省発注工事において9件(令和6年度は4件)の工事において自動施工を実施。※今年度実施件数はR8.3時点集計。予定含む。

○ ダム以外の現場での活用が拡大。中期目標に向けて着実に進展。

## 令和6年度(4件)の工事種別



■ ダム工事 ■ 砂防

## 令和7年度(9件)の工事種別

※今年度実施件数はR8.3時点集計。予定含む。

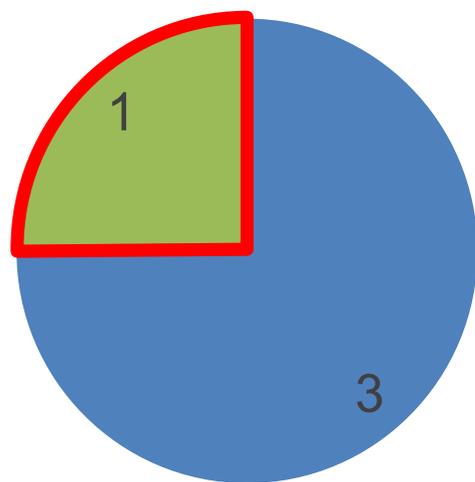


■ ダム工事 ■ 河川工事  
■ 道路工事 ■ 海岸工事

○ 大手ゼネコンに加えて、R7年度は地域建設業での自動化の取組が進展  
⇒ 公共工事においてあらゆる担い手が自動施工に取り組むための環境整備(=基準類整備)が必要 ※今年度実施件数はR8.3時点集計。予定含む。

※ なお、R6及びR7年度の試行工事においては安全ルールを参照の上、特段の労働安全上の重大な事故は確認されなかった。

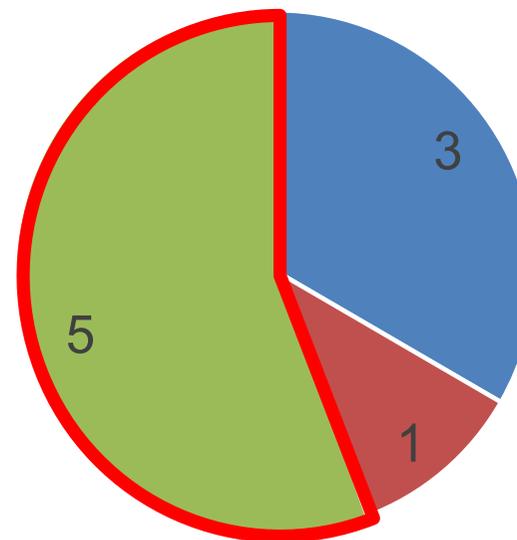
令和6年度の受注者の  
等級区分(一般土木工事)



■ A等級 ■ C等級

令和7年度の受注者の  
等級区分(一般土木工事)

※今年度実施件数はR8.3時点集計。予定含む。



■ A等級 ■ B等級 ■ C等級

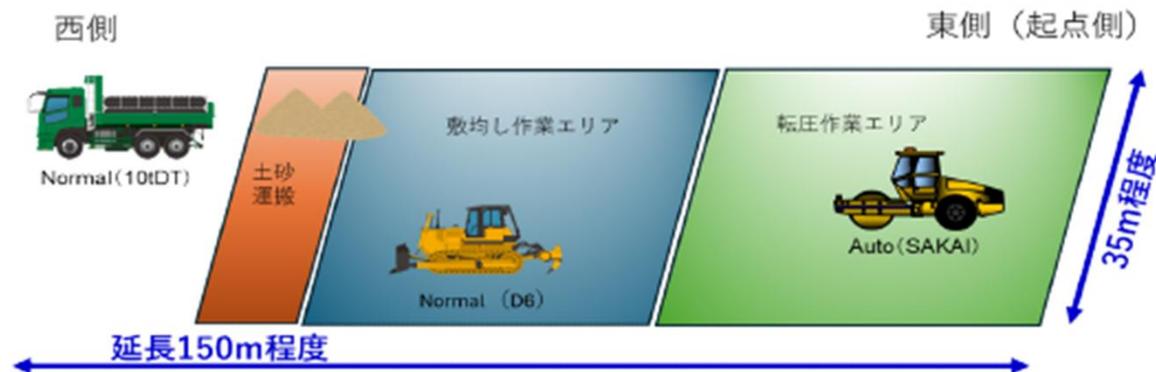
※今年度実施件数はR8.3時点集計。予定含む。

※JVの場合は代表企業の等級による

工事名:令和5年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事 ※今年度実施工事  
受注者:株式会社フジタ  
発注者:中国地方整備局 岡山国道事務所  
施工内容:延長1,100m(うち自動施工延長150m、幅35m)、掘削13万m<sup>3</sup>、盛土24万m<sup>3</sup>  
自動施工内容:自動運転振動ローラを使用した路体盛土の転圧締固めを実施。

※無人エリアは物理的に区域を明示

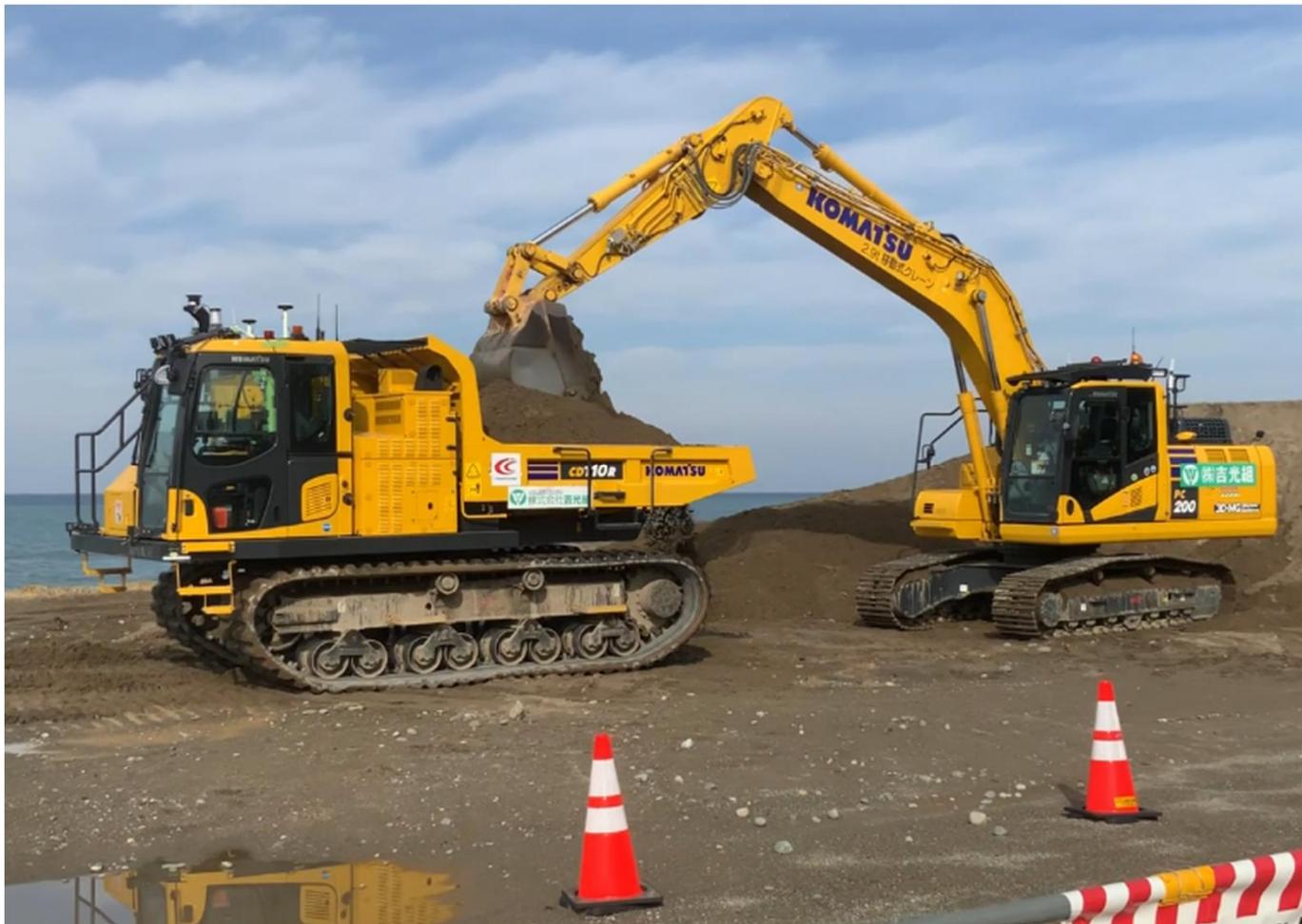
株式会社フジタ提供画像



## ②自動施工の実例(無人エリア設定の例)

工事名:R6小松養浜工事  
受注者:株式会社吉光組  
発注者:北陸地方整備局 金沢河川国道事務所  
施工内容:海岸土工 養浜材投入V=15,800m<sup>3</sup>  
自動施工内容;遠隔施工バックホウで積込し、自動運搬クローラダンプで運搬・投入

※無人エリアは物理的に区域を明示

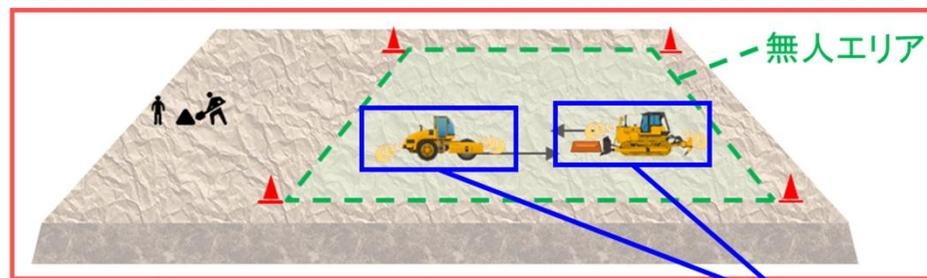


## <自動施工の混在の有無に基づくカテゴリ分け(イメージ)>

現在

カテゴリ	名称	エリア	建設機械	安全に関するルール
3	自動施工 (エリア分けによらない)	同一空間 (混在)	無人／混在	今後検討
2	エリア分けされた自動施工	無人エリアを設定	無人エリア内は無人	自動施工の安全ルール(策定) 無人エリアにおける要件(今後)
1	I C T 施工	有人のみ	I C T 建機 (MC、MG)	既存法令等
0	有人施工	有人のみ	有人	

## <現在の安全ルールのカテゴリ(=カテゴリ2相当)>



自動施工の安全ルール  
(R6.3策定、R7.3改定)

無人エリアにおける要件  
(令和7年度から今後検討・整理)



基準類に反映  
(仕様書等に位置付け)

※第6回協議会 永谷委員提供資料より事務局作成

自動施工レベル		社会実装レベル				
自動施工レベル	名称	1：大学ラボ、研究機関等の研究開発	2：試験施工現場での実証	3:技術の上市	4:マーケットシェア5%以上	5:マーケットシェア20%以上
0	非自動運転			建設機械 遠隔操作		
1	作業補助				油圧ショベル マシンガイダンス	振動ローラ 締固め管理
2	機械単独の部分自動化			油圧ショベル マシンコントロール		ブルドーザ マシンコントロール
2.9	機械単独の全体自動化	油圧ショベル等 自動運転	油圧ショベル等 自動運転	ダンプトラック 自動運転 (鉱山)		
3	<u>複数自動機械による自動施工 (タスク指示は人) (限定現場でのタスク指示体系化)</u>		複数機械での自動施工 (ダム現場限定)	複数機械での自動施工 (ダム現場限定)		
3.5	<u>複数自動機械による自動施工 (タスク指示は人) (一般土木施工でのタスク指示体系化)</u>		SIPの研究目標			
4	<u>複数自動機械による自動施工 (タスク指示はシステム)</u>					
5	<u>複数自動機械による自動施工 (すべての限定が解除)</u>					

# 基準類の策定について

---

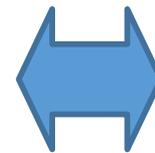
## 汎用機械の施工計画への組み込み

- ・汎用機械を「自動施工モジュール」として捉え、既存の施工フローに適用することで、部分的な自動化・遠隔化を推進
- ・「汎用の自動化モジュールを既存の施工計画に組み込む」ことで、実現場の実装を推進
- ・ガイドライン案を作成

### 【施工フローの細分化】

積算体型ツリーを参照し、当該工種の種別と細別に従い、作業単位に分類、自動化をしたい使用機械と動作を決定する。

例：基面整形、積み込み、敷均し、転圧などの作業

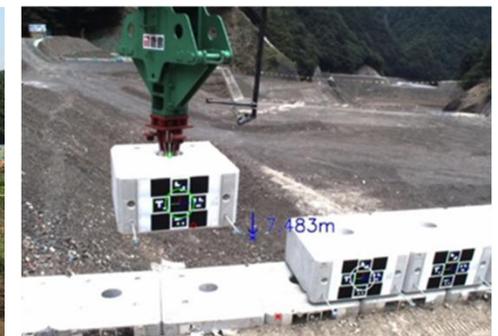


### 【自動施工モジュールのマッピング】

細分化した作業単位について、市販されているモジュールで、自社現場に適用が可能な自動化モジュールを選定する。

例：自動ダンプ、自動ブルドーザ、自動バックホウ、自動振動ローラなど

施工フロー 施工計画書のフロー	自動化を望む 作業単位 自動化動作を選択	計画上の 使用機械 市場にある自動化可能機 械を選定
盛土材搬入	運搬	クローラダンプ
	盛土材集約	BH
	盛土材整形	BH
基面整正	基面整形	BH
	整正	ブルドーザ
巻だし	積み込み	BH
	運搬	クローラダンプ
	敷均し	ブルドーザ
転圧・締固め	転圧	土工ローラ



# 【参考】作業単位の分類の考え方

## 積算体系ツリーにおける体系階層の定義と分類

積算体系ツリー 【レベル0 事業区分：河川改修】

レベル1 工事区分	レベル2 工 種	レベル3 種 別	レベル4 細 別	レベル5 規 格
築堤・護岸	河川土工	掘削工	掘削 —土砂等運搬 —河床等掘削 —軟弱土等運搬 —整地 —転石破砕 —押土(ルーズ) —積込(ルーズ) —人力積込	【土質, 施工方法, 押土の有無, 障害の有無, 施工数量】 【土質】 【・・・・】 【土質】 【作業区分】 【火薬使用の有無】 【土質】 【土質, 作業内容】 【土質, 作業内容】

表. 体系階層(レベル)の定義

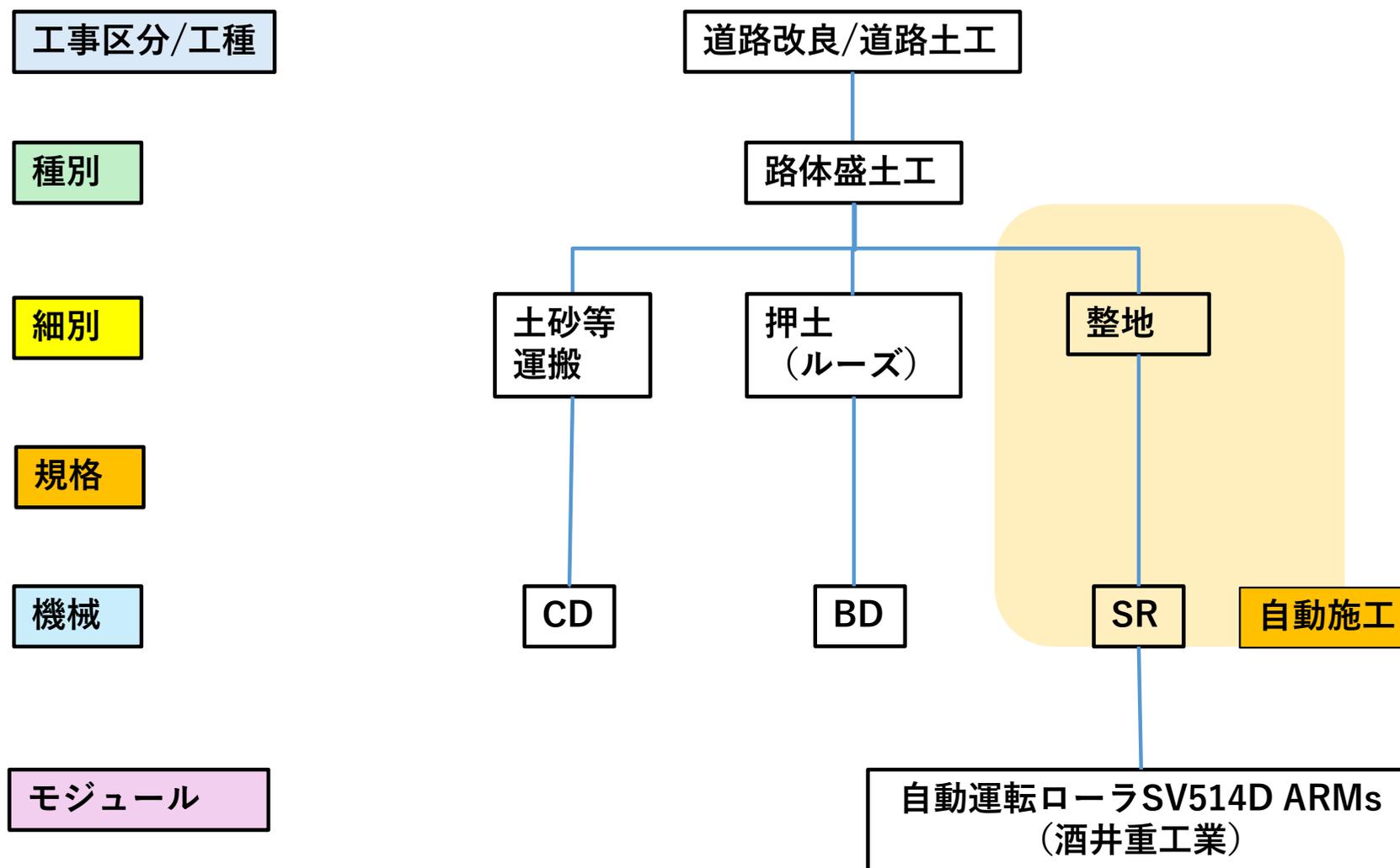
レベル	名 称	内 容	補 足 説 明	備 考 (例)
レベル0	事業区分	予算制度上および事業執行上の区分を中心とした区分	工事数量総括表には表示されない。発注時の支出予算科目を示す	河川改修 道路新設・改築
レベル1	工事区分	工事発注ロットおよび発注者を考慮してレベル0を分割したもの	通常、1件の工事として発注される区分	築堤・護岸 道路改良
レベル2	工 種	レベル1を構成する要素のうちで、一定の構造を持つ部位を施工するための一連作業の総称	複数の工事区分で共通に行われる工種については、主体となる工事区分で体系化している	法面工 地盤改良工 擁壁工
レベル3	種 別	体系全体の見通しをよくするため、レベル2とレベル4をつなぐレベル区分	工種によっては、表示しない場合もある。また、可能な限り、施工順序に従った構成とする	作業土工 場所打擁壁工
レベル4	細 別	工事を構成する基本的な単位目的物もしくは単位仮設物であって、単位とともに契約数量を表示するレベル	検取対象となる単位目的物と検取対象とならない単位仮設物がある。積算・見積り時にはこのレベル項目が価格算出の基本となる	コンクリート 鉄筋
レベル5	規 格	レベル4を構成する材料等の客観的な材質・規格ならびに契約上明示する条件等	レベル4に付随して表示するレベルで、総括表では原則としてレベル4と同行に記述されるレベル	24-8-25-N (コンクリートの規格)
レベル6	積算要素	レベル4の価格算定上の構成要素であって、基本的には契約上明示しないもの	費用構成としての積算項目と、積算上の最小構成単位としての歩掛項目から構成されている	【積算項目】 自工区外への運搬費 【歩掛項目】 ダンプトラック運搬

掘削工 (ICT)	掘削 (ICT)	掘削 —土砂等運搬 —河床等掘削 (ICT) —河床等掘削 —軟弱土等運搬 (ICT) —軟弱土等運搬 —整地 —転石破砕 —押土(ルーズ) —積込(ルーズ) —人力積込	【土質, 施工方法, 障害の有無, 施工数量】 【土質, 施工方法, 押土の有無, 障害の有無, 施工数量】
盛土工	路体(築堤)盛土 路床盛土 土砂等運搬 整地 押土(ルーズ) 積込(ルーズ) 人力積込 土材料 排水材設置(水平排水材)	【施工幅員】 【施工幅員】 【土質】 【作業区分】 【土質】 【土質, 作業内容】 【土質, 作業内容】 【・・・・】 【・・・・】	
盛土工 (ICT)	路体(築堤)盛土 (ICT) 路床盛土 (ICT) 土砂等運搬	【・・・・】 【・・・・】 【土質】	

- 既存の様々な施工計画等に関わるシステムは積算体系に合わせて作成されることが多く、共通言語的な分類として一定の浸透がされている。
- これを踏まえ、自動施工モジュールの施工フローにおけるマッピングのため、施工フローの細分化の手法を積算体系と平仄をあわせることとする。

積算体系ツリー	工事区分 レベル1	工種 レベル2	種別 レベル3	細別 レベル4	規格 レベル5						
施工フローの細分化	工事区分／工種		種別	細別	規格			使用機械	モジュール (個別製品)		
実際の工事の例	砂防堰堤	砂防土工	掘削工	掘削	掘削方法	障害の有無	土砂区分	バックホウ	.....		
					オープンカット	障害無し	土砂				
					オープンカット	障害あり	軟岩				
					...	...	...				
				積込(ルーズ)	土質、作業内容			...	...		
				土砂等運搬	土質			ダンプトラック	自動運搬システム		
					土砂						
					...						
				...	...			...	...		
			盛土工	路体(築堤)盛土	施工幅員			ブルドーザ	各社システム		
					4.0m以上						
					...			...	...		
					...			...	...		
			.....								

工事名：令和5年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事（岡山国道事務所）  
使用機材：10tダンプ、MCブルドーザー、振動ローラ



令和5年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事にて、自動運転振動ローラを使用した路体盛土の転圧締固めを実施。指定された速度で、既定の転圧回数および指定のレーン数分、レーンチェンジしながら転圧を行う、転圧管理システムも備えている。

工事区分/工種	種別	細別	規格	使用機械	使用モジュール
道路改良/道路土工	路体盛土工	土砂等運搬	土砂	DT (従来)	従来
		押土 (ルーズ)	土砂	BD (従来)	MC
		整地	敷均し (ルーズ) 標準 (10,000m <sup>3</sup> 以上) 障害無し	SR (自動)	自動振動ローラ

工事名: 令和5年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事

施工内容: 延長1,100m(うち自動施工延長150m、幅35m)、掘削13万m<sup>3</sup>、盛土24万m<sup>3</sup>

使用機械: 振動ローラ1台、ブルドーザ(MC)、10tダンプトラック

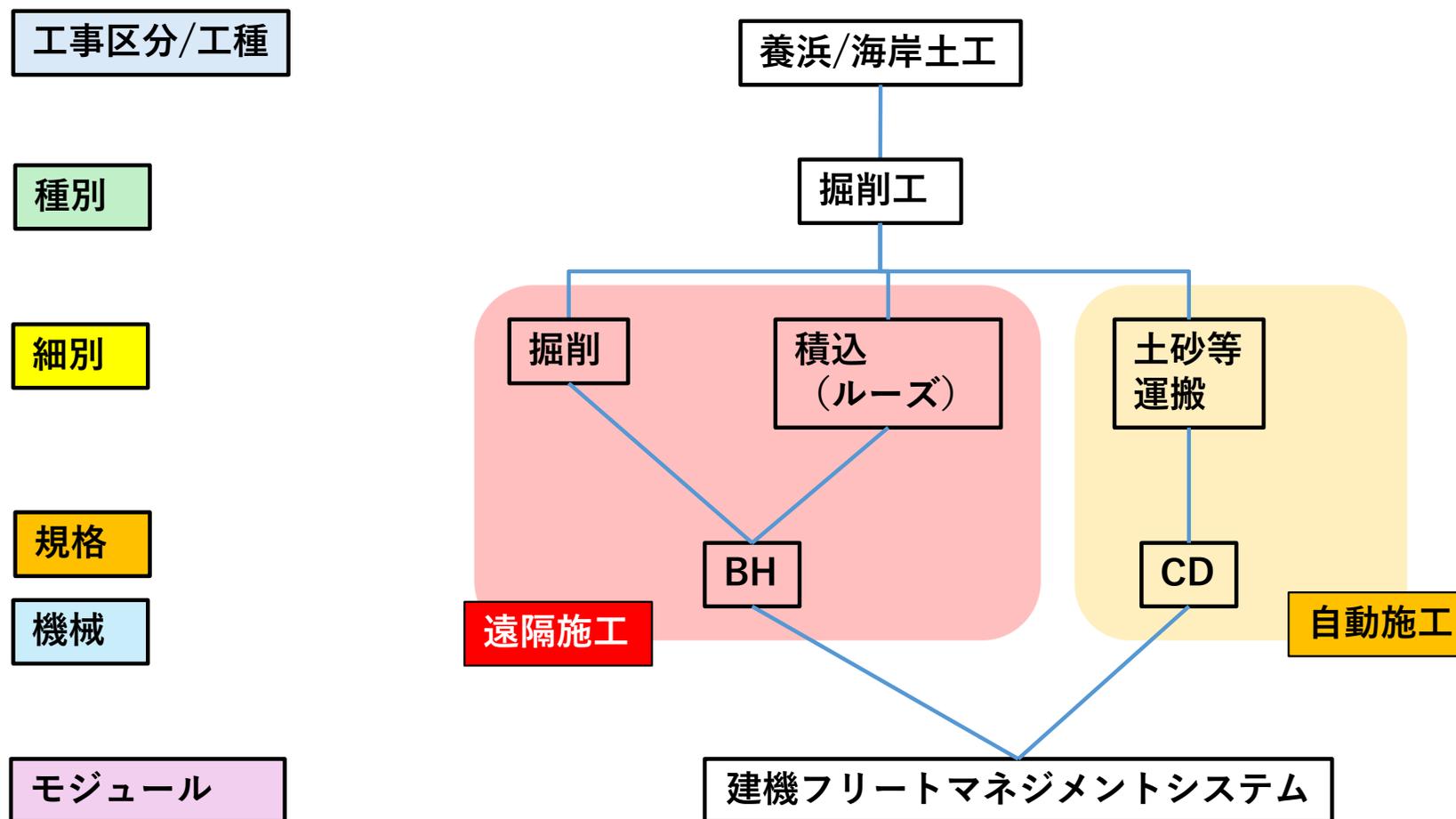
施工方式: 転圧管理システム上でGNSSのFIXを確認し、自動運転を開始。エリア内の転圧が完了後、自動/遠隔の切り替えが可能な移動操作室と共にエリアを移動した。

実施目的: 省人化、省力化を図るため

企図した効果: 現場への通勤時間削減、複数台建機の1人運用による省人化、人間と経験を選ばずにムラがない安定した施工結果



工事名：R6小松養浜工事（金沢河川国道事務所）  
使用機材：遠隔操作バックホウ、自動運転クローラダンプ



## R6小松養浜工事

約1万6000m<sup>3</sup>の養浜材の投入工事。遠隔、自動施工範囲は、全土量のうち、1割程度の1580m<sup>3</sup>ほどが対象。日当たり200m<sup>3</sup>程度の目標であったが、少し届かないくらいの施工量となっている。施工時間は従来より1.5倍程度。1週間ほどでオペは慣れた。通信はLTE回線、場内はWiFi構築。

工事区分/工種	種別	細別	規格	使用機械	使用モジュール
養浜/海岸土工	掘削工	掘削	土砂 オープンカット 押土無し 障害無し 5000m <sup>3</sup> 未満	BH (遠隔)	建機フリートマネジメントシステム
		積込 (ルーズ)	標準 岩塊・玉石	CD (自動)	
		土砂等運搬	標準 土砂 (岩塊・玉石混じり土含む)		

### 工事名:R6小松養浜工事

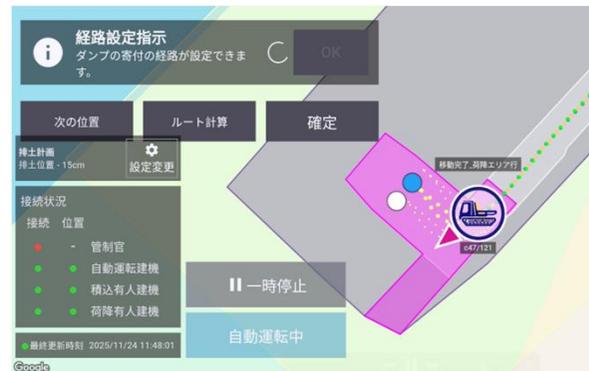
施工内容:海岸土工 養浜材投入V=15, 800m<sup>3</sup>

使用機械:遠隔バックホウ1(積込)→クローラダンプ1台(運搬、投入)

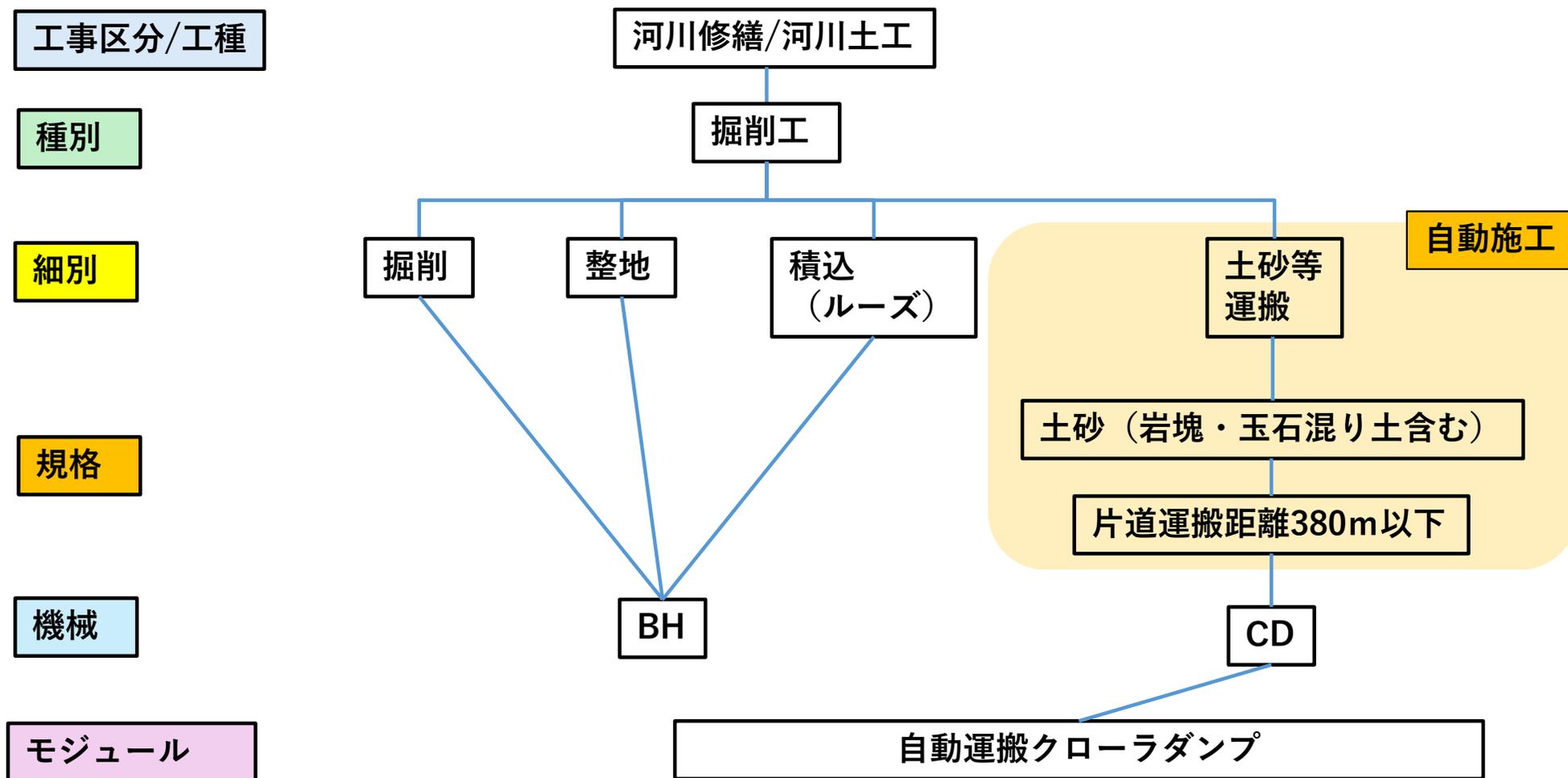
施工方式:積込オペが、バックホウとクローラダンプ(自動施工)を操作する。遠隔BHでクローラダンプへ積込後、同じオペレータがクローラダンプの発進指示、指定場所へ自動走行して荷下ろし。

実施目的:省人化、生産性向上、安全性向上、作業中止基準の見直しを図るため

企図した効果:1人で2台稼働することによる省人化効果、冬季の強風・寒冷な環境下(波浪による越波リスクがある現場)において、暖房の効いた室内コックピットでの作業を実現し、労働環境と安全性が劇的に向上



工事名：令和6-7年度 物部川下ノ村地区河道掘削外工事（高知河川国道事務所）  
使用機材：掘削箇所：バックホウMG(0.8m<sup>3</sup>)【有人】、整地箇所：バックホウ(0.5m<sup>3</sup>)【有人】、  
土砂運搬：クローラダンプ(11t)【自動】



令和6-7年度 物部川下ノ村地区河道掘削外工事(高知河川国道事務所)にて、河道掘削によって発生した土砂の場内運搬を、自動運転・走行機能を有するクローラダンプで行った。河川中洲の土砂等を有人バックホウで、自動クローラダンプに掘削・積込し、整地個所に排土する。

工事区分/工種	種別	細別	規格	使用機械	使用モジュール
河川修繕/河川土工	掘削工	掘削	土砂 オープンカット 押土無し 障害無し 5000m3未満	BH (従来)	従来
		積込 (ルーズ)	標準 土砂		
		整地	敷均し (ルーズ) 標準 (10,000m3未満)	BH (従来)	従来
		土砂等運搬	土砂 (岩塊・玉石混り土含む) 片道運搬距離380m以下	CD (自動)	自動運搬クローラダンプ

工事名:令和6-7年度 物部川下ノ村地区河道掘削外工事

施工内容:河川土工、掘削工、土砂等運搬、クローラダンプ、4900m3

使用機械:掘削箇所:バックホウMG(0.8m3)【有人】、整地箇所:バックホウ(0.5m3)【有人】、土砂運搬:クローラダンプ(11t)【自動】

施工方式:自動走行クローラダンプにて、土砂等の運搬を行う。

実施目的:新技術での施工に挑戦するため

企図した効果:単純往復の土砂運搬などの人が疲れやすい・飽きやすい作業の代替、操縦者熟練度依存の低減

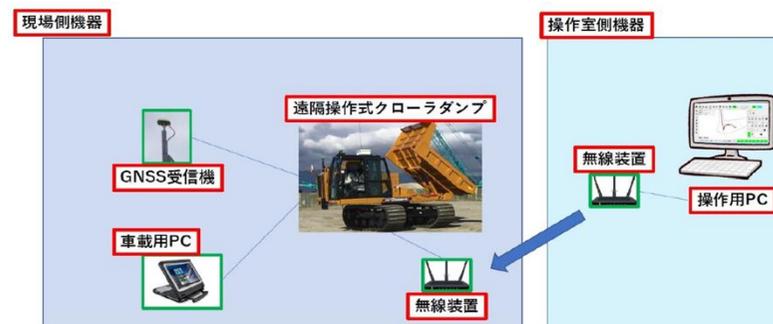
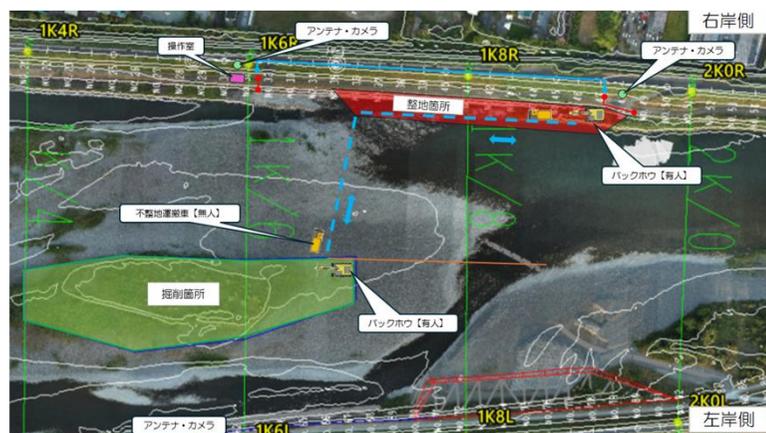


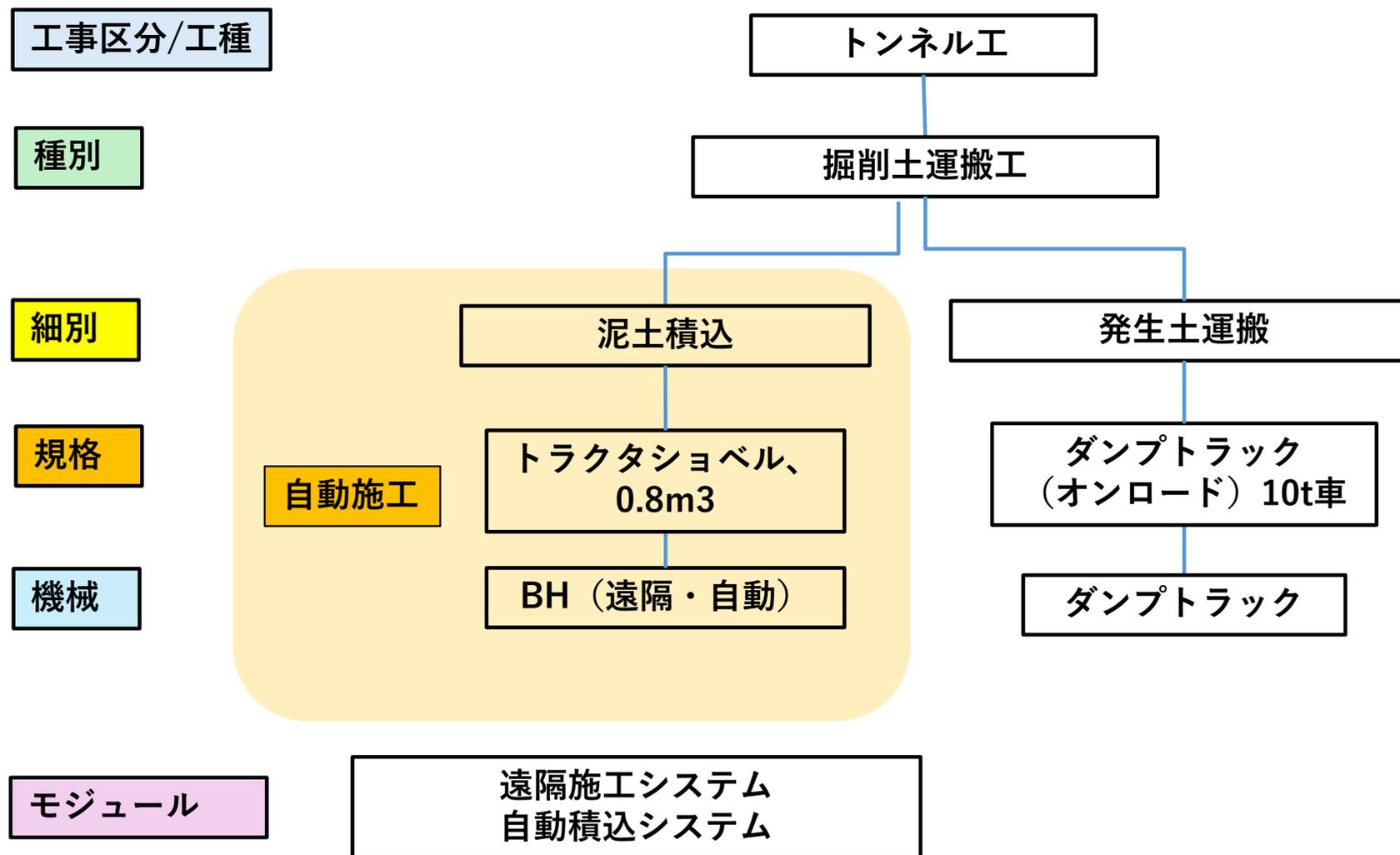
図-4

- ①全て手動で作成する「設計モード」と、
- ②予め走行ルートを実際に走らせ走行ルートを記憶する「ティーチングモード」があります。

工事名：R5霞ヶ浦導水石岡トンネル(第3工区)新設工事

施工内容：霞ヶ浦導水事業の一環として石岡トンネルのうち、第3工区を泥水式シールド工法にて掘削・築造。シールド機の掘削土を、搬出するための積込にシステムを導入。

使用機械：バックホウ(遠隔施工システム、自動積込システム)

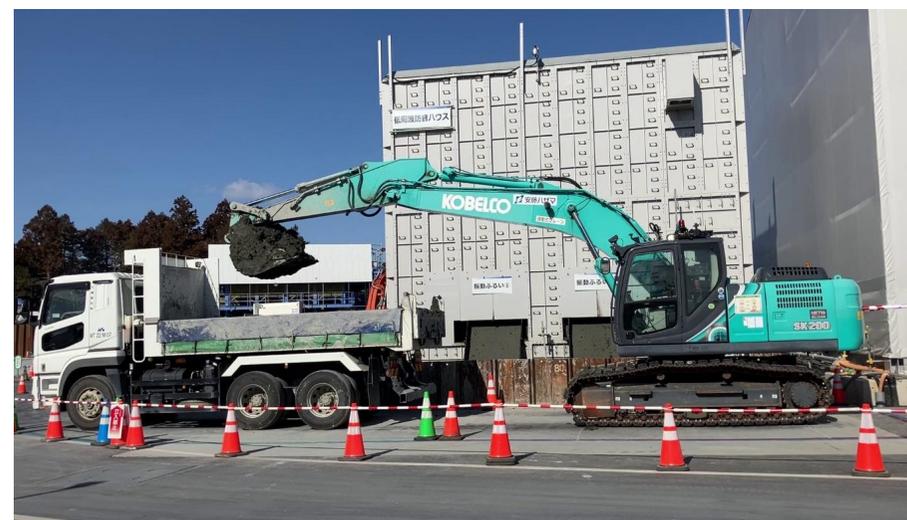


R5霞ヶ浦導水石岡トンネル(第3工区)新設工事にて、シールド掘削土の1次処理場土砂ピットの泥土積み込み作業を自動化施工で行った。システム母体は市販品である遠隔施工システムを採用。

工事区分/工種	種別	細別	規格	使用機械	使用モジュール
トンネル工	掘削土運搬工	泥土積込	トラクタショベル、 0.8m <sup>3</sup>	BH (自動操作)	遠隔施工システム 自動積込システム
		発生土運搬	ダンプトラック (オンロード) 10t車	ダンプトラック (従来)	従来

**工事名:**R5霞ヶ浦導水石岡トンネル(第3工区)新設工事  
**施工内容:**霞ヶ浦導水事業の一環として石岡トンネルのうち、第3工区を泥水式シールド工法にて掘削・築造  
**使用機械:**バックホウ(遠隔施工システム、自動積込システム)  
**実施目的:**安全性、生産性の向上を図るため  
**企図した効果:**事故リスク削減、生産性の向上

- ①自動運転のティーチング  
↓  
・遠隔操作によるティーチング
- ②ダンプ到着  
↓  
・機械停止状態でダンプ誘導
- ③自動運転によるダンプ積込み  
↓  
・無人エリアで自動運転
- ④ダンプ搬出  
↓  
・機械停止状態でダンプ誘導
- ⑤遠隔操作による整地、寄集め作業  
↓  
・自動→遠隔へ切替えて作業
- ⑥2台目のダンプ到着、積込み  
以降繰り返し

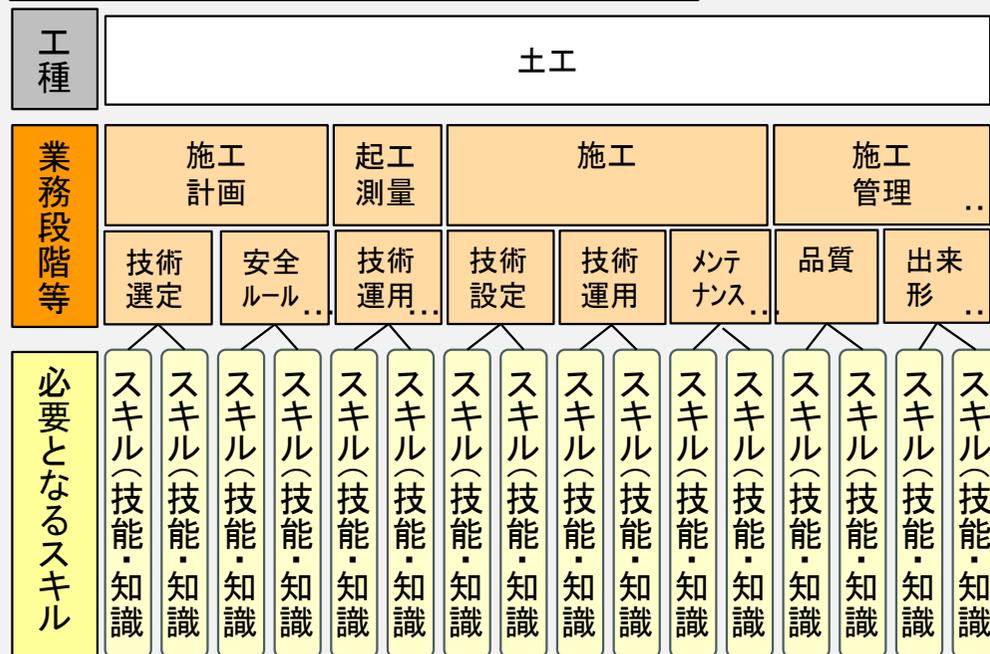


# 人材育成について

---

- 自動施工に必要な専門知識を持つコーディネーターの役割を担う人材(自動施工コーディネーター)育成を目的として自動施工の導入に必要なスキル(技能や知識)に関する調査を実施
- 自動施工コーディネーターに必要なスキルの整理は、施工者や開発者を対象としたヒアリング調査を実施し整理。スキルの整理にあたっては、各工程や各業務段階など施工を体系化し整理
- 上記の自動施工に必要なスキルとなるスキルの整理結果を踏まえて、自動施工コーディネーターに必要な基礎知識(自動施工技術、施工方法、施工管理方法、事例等)を整理したテキスト(素案)を作成予定

## 施工の体系化と必要なスキルの整理



- 業務段階別など施工(自動施工)に関する実施内容を体系化
- 施工において自動施工技術を活用するために必要となるスキル(能や知識)を整理技

## 自動施工に関する基礎を整理したテキスト(素案)の作成

### 自動施工の基礎 テキスト (仮称)

#### 【記載内容案】

- 自動施工の導入の背景
- 土木施工と自動建機
- 自動施工技術
- 関連法令(安全ルール)
- 自動施工に必要なとなるデータ
- 自動施工技術による施工
- 自動施工の施工管理
- 自動施工の事例
- 電波・情報セキュリティに関する事項

- 情報化施工の基礎知識を整理したテキストの先例があり、同様に自動施工コーディネーターに必要な自動施工の基礎知識を整理
- 従来施工・ICT施工との違いや適用工程を解説
- 自動施工技術や業務段階ごとの実施内容等を紹介

1章 自動施工の導入の背景	1.1 建設業と取り巻く社会的な背景 1.2 i-Constructionとの関係 1.3 自動施工の目的と期待される効果
2章 オートメーション化に係る基礎知識	2.1 建設現場におけるオートメーションの考え方
3章 土木施工と自動施工・遠隔施工	3.1 土工の施工手順と用いられる建設機械 3.2 自動施工技術・遠隔施工技術の現状 3.3 自動施工の実現に求められるスキル
4章 自動施工技術と基本的な構成要素	4.1 遠隔施工と自動施工の違い 4.2 機械制御 4.3 通信技術 4.4 自動施工に必要なとなるデータ 4.5 センシングと活用技術
5章 関係法令・安全ルール	5.1 関連する関係法令 5.2 安全ルール策定
6章 情報セキュリティに関する留意事項	6.1 情報セキュリティに関する留意事項
7章 自動施工に関する施工計画	7.1 自動施工の施工計画書（例） 7.2 遠隔施工の施工計画書（例）
8章 自動施工技術による施工事例	8.1 自動施工事例 8.2 遠隔施工事例 8.3 自動施工+遠隔施工事例
9章 自動施工の出来形・品質管理に関わる事例	9.1 出来形管理事例 9.2 品質管理事例
10章 施工計画のシミュレーション事例	

## 土工の施工手順と用いられる建設機械

- 土工の施工手順
- 土工で用いられる主な建設機械



図 土工の施工手順

## 自動施工技術・遠隔施工技術の現状

- 適用工種(土工、ダム堤体工、ケーソン工等)
- 適用技術(バックホウ、クローラダンプ、アーティキュレートダンプ、ブルドーザ、締固めローラ)

表 自動施工・遠隔施工の適用機械と作業例

適用建設機械	適用作業	自動化・遠隔化
バックホウ	掘削、積込	自動化・遠隔化
クローラダンプ	運搬	自動化・遠隔化
アーティキュレートダンプ	運搬	自動化・遠隔化
ブルドーザー	敷均し	自動化・遠隔化
締固めローラ	締固め	自動化・遠隔化

## 自動施工の実現に求められるスキル

- 従来施工との違い
- 自動施工・遠隔施工に係る求められる人材とその役割



図 ICT活用工事に係る人材の技能と自動施工に係る人材の技能の違い  
表 自動施工・遠隔施工に係る求められる人材とその役割例

施工段階	役割
自動施工・遠隔施工の企画	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動施工・遠隔施工技術の導入箇所の選定</li> <li>自動施工・遠隔施工活用のコンセプトと期待する効果の設定(自動施工の範囲の設定、施工効率や省人化などの効果の設定)</li> </ul>
自動施工・遠隔施工技術の調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動施工・遠隔施工建機の開発、調達</li> <li>自動化・遠隔化にあたる付帯設備の調達(コックピット、ネットワーク環境等)</li> </ul>
施工計画段階	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動施工・遠隔施工を最適に運用するための作業計画立案</li> <li>リスクアセスメント</li> <li>安全エリアの設定</li> <li>関連法規の調査</li> </ul>
施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動施工・遠隔施工建機の運用条件提示</li> <li>施工計画データ(運土計画等現場マネジメントに関わるデータ)の作成</li> <li>施工計画データ(建機の動作パスなど建機の稼働に関わるデータ)の作成</li> <li>通信機器の設置</li> <li>安全エリアの設定</li> <li>自動運転・遠隔操作システムのセッティング</li> <li>管制室での監視・運用</li> </ul>
施工管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工状況(サイクル、土量等)の確認</li> <li>出来形管理</li> <li>品質管理</li> </ul>
自動施工機器の運用(設定・メンテナンス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>建機の日常点検</li> <li>自動施工機器不具合時の対応(不具合の程度に応じて担当へ引継)</li> </ul>

## 遠隔施工と自動施工の違い

- 遠隔施工と自動施工の違いを説明

## 機械制御

- 自動制御技術の代表構成(作業装置の制御・運転、単独制御、複数制御等)
- 遠隔制御技術の代表的な構成 CANを通じた制御、サロゲートを搭乗しての制御等)



## 通信技術

- 5G/ローカル5G/LTE
- Wifi/メッシュWifi
- 省電力無線
- スターリンク
- 通信技術に関するトラブル事例



## 自動施工に必要なとなるデータ

- 施工計画データ(運土計画等現場マネジメントに関わるデータ)
- 施工計画データ(建機の動作パスなど建機の稼働に関わるデータ)

現場マネジメントに関するデータ

(例)自動施工の運土計画  
(どのエリアの土をどの経路で、どこに運搬するか等)



自動建機の機械管理に関するデータ

(例)運土計画に基づいて、施工ステップなどの作業手順や目標形状を踏まえた建機の動作パスを生成する

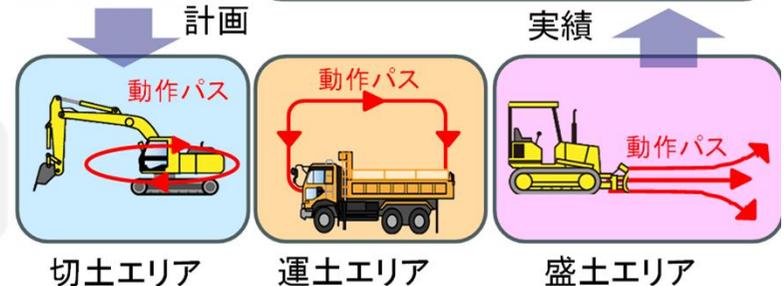


図 自動施工に必要なとなるデータ

- 測位(GNSS、IMU等)
- 地形、建機、車両、人等の状態認識(画像、ライダー、赤外線等)



## 自動施工の施工計画書(例)

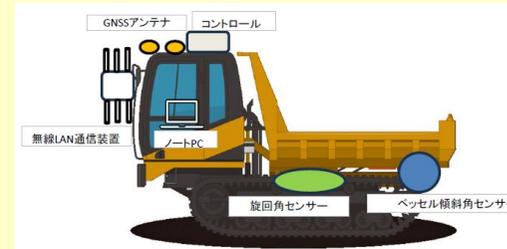
1. 工事概要
2. 計画工程表
3. 対象工種
4. 施工フローチャートと施工方法
4. 使用機械と使用システム
5. 配置計画
6. 安全管理計画
  - エリアの設定と面積
  - 逸脱・侵入防止対策
  - エリアの監視
  - エリアの区割
  - 接触防止対策
  - リスクアセスメント
7. 出来形管理計画
8. 品質管理計画

自動施工の  
施工計画書

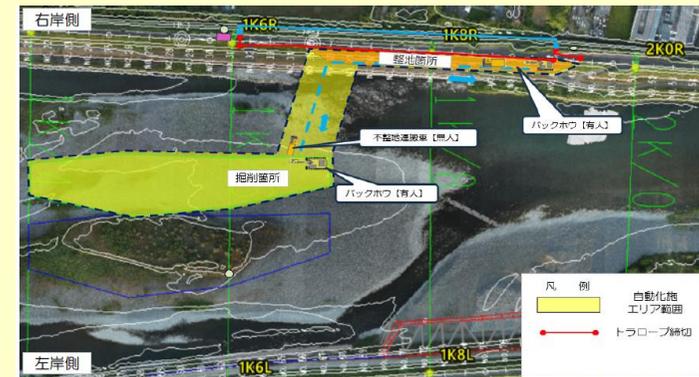
## 7.2 遠隔施工の施工計画書(例)

## 自動施工事例

- 工事概要
  - 河道掘削によって発生した土砂の場内運搬を、自動運転・走行機能を有するクローラダンプで行った。河川中洲の土砂等を有人バックホウで、自動クローラダンプに掘削・積込し、整地個所に排土する。
- 使用機械とシステム
  - 自動クローラダンプ



### ■ 安全エリア



### ■ 活用効果や課題

## 8.2 遠隔施工例

## 8.3 自動施工と遠隔施工組み合わせた施工事例

# OPERAの取組について

---

# 自動施工技術基盤OPERAの 開発進捗と今後の展開

2025年度の取組報告

土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム

- 自動施工技術基盤OPERAの概要
- 2025年度OPERAアップデート
- OPERA研究成果、利用状況
- OPERA活用事例
- 自動施工技術教育プログラムの開発概要
- 今後の開発方針

# 自動施工技術基盤OPERAの概要



## OPERA : Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

建設施工の自動施工技術の研究開発を加速させるためのオープンプラットフォーム  
誰でも利用できる「研究開発の場」を提供



自動施工技術基盤OPERA構成要素



自動施工技術基盤OPERA活用イメージ

### OPERAの特徴

- ・ 共通制御信号による機種非依存化
- ・ モジュール化されたROS2ベースアーキテクチャ
- ・ 実機・シミュレータ統合によるMBD開発環境の提供
- ・ オープンソースによる継続的发展

### オープンソース戦略

ソフトウェアをGitHubで公開。  
異業種からの参入を容易にし、開発成果の再利用性を大幅に向上させます。

# 2025年度OPERAアップデート 実証実験環境について



## 実証実験環境のアップデート

Hardware

### 屋外無線環境の高速化

屋外に設置されたメッシュWiFiを11nから11ac対応品へアップデート。帯域幅の拡大により、通信速度と安定性が大幅に向上。

11n



11ac



実証実験フィールド



## 自動走行ソフトウェア実装

Software

### クローラダンプの自動走行制御

クローラダンプの自動走行機能をROS 2 Navigation Stack (Nav2)ベースで構築。経路計画および経路追従機能を実装。



自動運転クローラダンプ

# 2025年度OPERAアップデート シミュレータ機能拡張



## Operaシミュレータ(PhysX) 機能強化

### 3D形状データ取り込み機能の追加

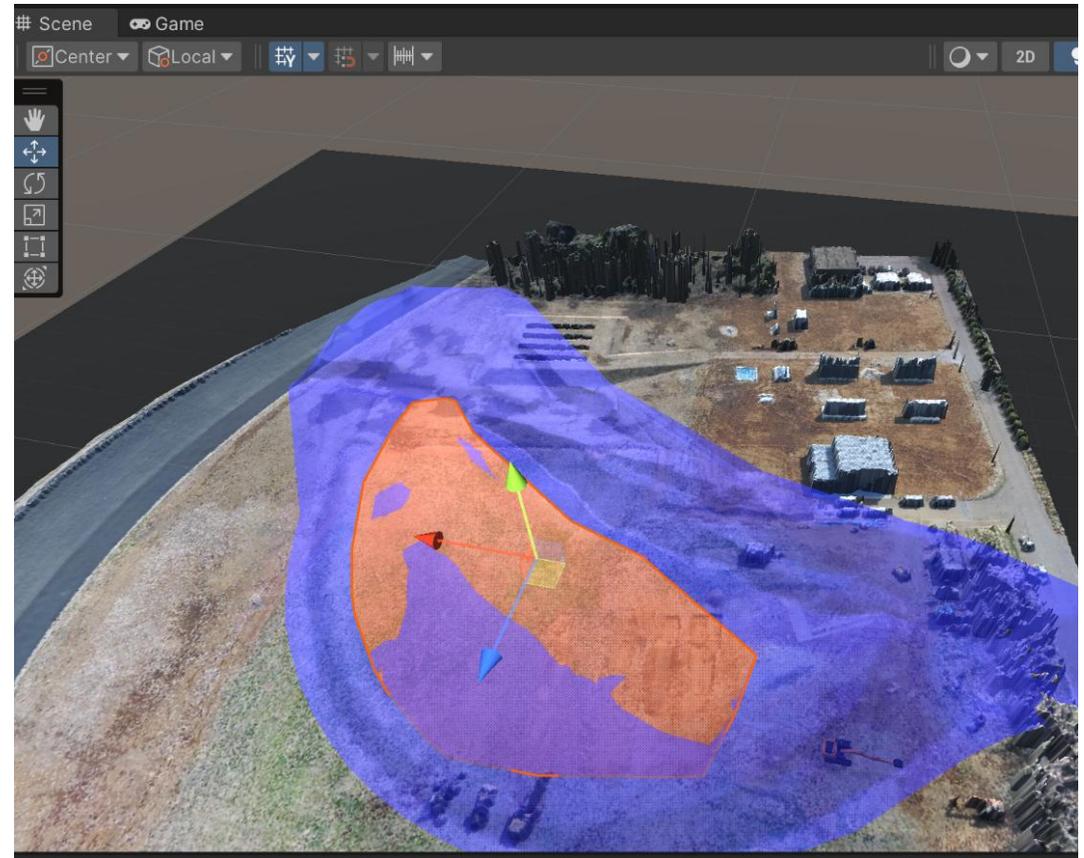
外部の3D点群データや設計データを地形として直接取り込む機能を実装。

### 点群データの活用

点群をハイトマップとして取り込み、シミュレーション用地形(Terrain)を自動生成。解像度や分割数の調整も可能。

### J-LandXML対応

設計図面として重畳表示。「Object to Terrain」機能により、当たり判定のある地形へ変換可能。



3D形状データ(点群、J-LandXML) の取り込み機能

## 📅 実験フィールド利用状況



年間 **228** 日 (見込み)

高水準で活用が継続 

R6年度に引き続き、R7年度も228日(見込み)と高水準で活用。  
共同研究等で年間150日以上が稼働中。

## 📄 公表論文・報告書数



これまでのOPERAに関連した研究成果公表数  
(令和8年2月時点)

### 主な公表先

土木学会

機械学会

ロボット学会

計測自動制御学会

ISARC

IEEE

建設ロボットシンポジウム

民間企業、大学等との共同研究により、現場実装に向けた技術開発が着実に進められている。

# OPERA活用事例：自動施工技術研究開発



R7.6 土砂改良工事における  
ホッパーへの土砂積込の自動化



R7.8 共通制御信号による自動建機連携  
(土研、民間企業が独自開発した自動建機の協調)



R7.6 低軌道衛星および低遅延エンコーダによる建機2台の遠隔操縦実験



R7.8 ダム堆砂除去工事における  
遠隔建機による土砂掘削・運搬

## プログラムの目的

ROS技術者が3日間の座学、講習でOPERAを活用した自動施工技術開発をスタートできること

OPERAを活用して自動施工技術開発の基礎が学べる教育プログラムのプロトタイプを構築。ロボット技術者が建設機械特有の知識とOPERAの利用方法を効率的に習得できる。

### 対象者

ROS2(Robot Operating System)に関する基礎知識を有した技術者・研究者

## プログラム構成と内容

期間：3日間

建設機械ロボティクス基礎：  
建設機械の構造、運動学

OPERAシミュレータを利用した開発実習：  
自動走行、自動掘削機能開発の演習

## ROS技術者から自動施工技術開発者へ



### 前提知識 (Pre-requisite)

ROS2の基礎知識、Linux操作、プログラミングスキル



### 座学・基礎 (Day 1)

OPERA概論、建設機械に関する基礎知識、油圧ショベルの運動学



### シミュレーション演習 (Day 2)

Operaシミュレータ上での動作確認、ナビゲーション、掘削動作の実装



### シミュレーション演習 (Day 3)

Operaシミュレータ上での複雑なタスクの実装

R8年度に複数の大学(研究室)やSIP参画企業に対して、教育プログラムを実施予定

- 
- 共通制御信号の対応機種拡大
  - BIM/CIM連携
  - シミュレータ機能拡充
  - MATLAB/Simulink連携

- 建設分野は担い手不足やインフラ老朽化、災害の激甚化・頻発化などで厳しい状況に直面。そこで、AIやロボット等を活用した「フィジカルAI」による省人化・効率化が期待されるが、実用化には現場の課題と先進技術をうまく結びつけることが重要
- 建設分野へのフィジカルAI技術の導入に向け、**産学官による検討**を通じて重点対象分野を定め、実装が見込まれる技術の**現場実証・評価、データ標準化・収集、自動施工技術基盤の高度化**とともに、**業務プロセスの改革も視野に入れ**、フィジカルAIの研究開発・活用を推進

・本取組の推進に向け、産学官関係者参画のもと、建設分野におけるフィジカルAI技術の活用に向けた WGをR8.2に開催し議論を加速  
 ・また、多様な分野の企業・機関が集うピッチイベントをR8.3に開催し、技術シーズと現場ニーズの共有も実施予定

## 重点対象分野(イメージ)

### ■ 土木施工

(自動施工、運搬、施工管理など)



自動施工の高度化



運搬作業の自動化

### ■ 維持管理

(除草、除雪、点検など)



除草作業の自動化



除雪作業の自動化

### ■ 災害対応

(現地調査、運搬など)



現地調査の自動化



運搬作業の自動化

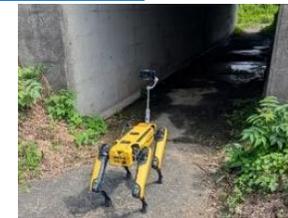
## 実施内容(イメージ)

### ■ ロボット系開発・導入方策

フィジカルAIを建設分野で導入するため、

- ・従前の業務プロセスの改善
- ・人の作業をロボットが自律・半自律で行うインフラマネジメント
- ・直轄現場での実証及び評価

に取り組むとともに、開発促進のため、作業データや現場データの標準化、技術基準類およびデータ連携基盤を整備



### ■ 建設機械系開発・導入方策

・既存の建設機械（車両系も含む）にAIやセンサーを組み込み、人が認識・判断している作業を補完・代替

・土研が整備・公開している自動施工技術基盤（OPERA※）を活用し、AIの実装を含む技術開発を促進し、自動化建設機械の高度な自律化を実現



※Open Platform for Earthwork with Robotics and Autonomy

### ● 対象とする技術の実装時期

- 短期 (1～3年)** : 既存技術を念頭に、現場で導入・効果を確認し早期に実用化
- 中長期 (5～10年)** : 将来的に現場を大きく変える可能性のある技術で、研究開発・実証を重ねて段階的に実用化

# 自動施工シミュレータについて

---

- 自動施工の導入にあたっては、初期コストやシステム等の運用コストが必要である一方、施工の効率化や現場の省人化等の効果があるため、トータルで導入の要否を判断することが必要であるが、自社で技術や機材を所有していない中小建設会社にとってはハードルが高い。
- 自動施工を導入した場合のコストや効果を試算可能な「自動施工導入シミュレータ」を開発し施工業者に提供することにより、これまで自動施工の導入に踏み切れなかった中小の建設企業への普及促進を図る。

## 現状



従来施工

自動施工

自動施工が導入可能な箇所は？

導入コストは？

施工効率は？

省人化率は？

機械台数は？

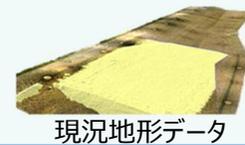
自動施工を導入した場合のメリット・デメリットを定量的に評価・判断する手段がないため、導入を断念

各工事現場において、施工者が自動施工の導入の検討を容易に行えるツールの開発・提供が必要

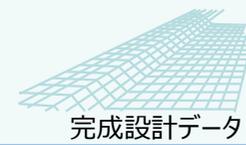
## 自動施工導入シミュレータの開発

各工事現場の施工内容や施工数量、地形条件等の条件を入力することで、従来施工や自動施工に必要な人員、建設機械、費用等を算出可能な「自動施工導入シミュレータ」を開発。

### 入力条件イメージ



現況地形データ

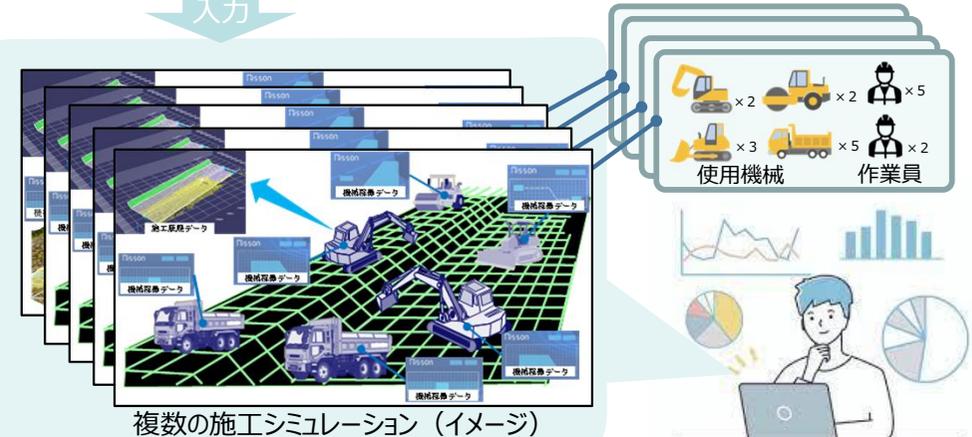


完成設計データ



運搬ルート

入力



複数の施工シミュレーション (イメージ)

最適稼働・最適配分を検討

- 自動施工シミュレーターを用いた建設現場の最適稼働・最適配分を目的に、FA(ファクトリーオートメーション)が進む製造業向け生産計画シミュレーターを、実際の建設工事(土工事)の施工計画において試行を実施。試行では、シミュレーションモデル作成や受発注者ヒアリング調査を通じた適用可能性と課題を整理
- 今年度は、**土木分野におけるシミュレーターに具備すべき機能要件を整理**。シミュレーションの入力条件、評価指標、建設機械の形状や挙動、3次元可視化機能等を検討予定。

## 実工事における試行と適用可能性の調査

R6年度 単一工事(土工)を対象とした試行

**A工事**

掘削のモデル化 | 運搬のモデル化 | 盛土のモデル化

掘削の場合 (ブレーカー) | 掘削 (ハンクホウ) | 積込 (ハンクホウ・ガンフトラック) | 運搬 (ガンフトラック) | 荷下 (ガンフトラック) | 敷均し (ブルドーザ) | 締固め (振動ローラー)

土砂掘削の場合 (ハンクホウ) | 土砂掘削 (ハンクホウ)

稼働日数: 1日 | 所要日数: 1日 | 運搬距離: 1 km | 運搬速度: 30 km/h | ブルドーザ: 1台 | 振動ローラー: 1台

## R7年度 複数現場(土工)を対象とした試行

**A工事** | **B工事** | **C工事**

他現場からの土砂搬入を想定したシミュレーションモデルの構築

掘削 | 場内運搬 | 盛土

実現場における検証を重ねることで、様々な現場条件における施工計画シミュレーションの効果や課題を整理

## 土木分野におけるシミュレーター(SIM)に具備すべき機能要件の整理

### ■ 評価指標の整理

日当たり施工量		日数		稼働率	
日付	盛土量	名前	値	ブルドーザ	振動ローラー
1	2025-03-10(月)	稼働日数	12	83.86%	
2	2025-03-11(火)	所要日数	16		84.00%
3	2025-03-12(水)				
4	2025-03-13(木)				
5	2025-03-14(金)				
6	2025-03-17(月)				
7	2025-03-18(火)				
8	2025-03-19(水)				
9	2025-03-20(木)				
10	2025-03-21(金)				
11	2025-03-24(月)				
12	2025-03-25(火)				

シミュレーターを活用した施工効率の最大化、ボトルネックの特定、リソースの最適配置に向けて、定量評価するために必要となる建設機械の稼働率や日当たり施工量、所要日数等の評価指標を整理

### ■ 3次元可視化機能の整理

ダンプ→搬送機

ブルドーザー・バックホウ等の建設機械→アーム型ロボット

建設機械の形状や挙動の再現

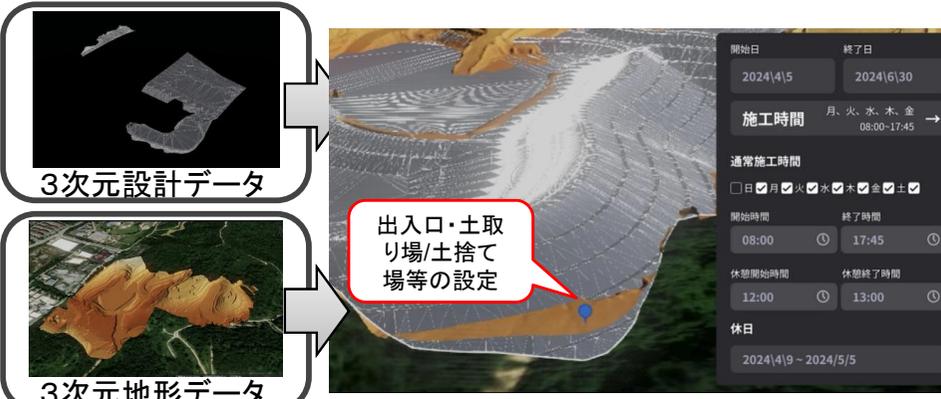
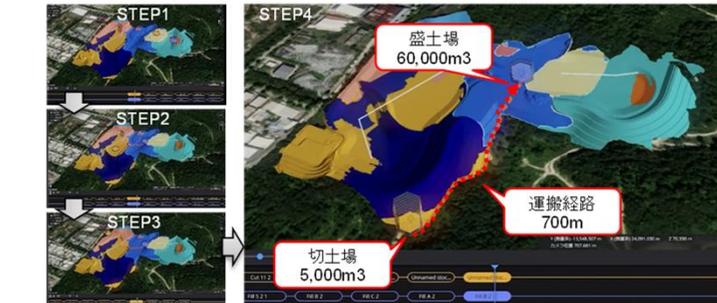
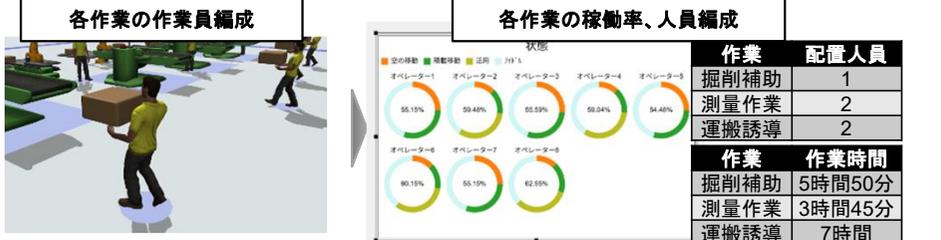
地形変化の再現

製造業向けSIMの可視化機能

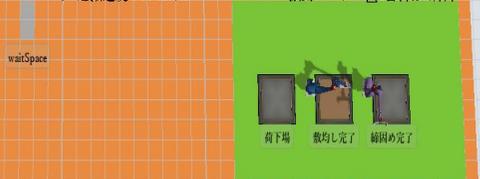
土木分野向けSIMの可視化機能イメージ

機能例	機能の説明
運土計画 (現場条件の設定)	3次元地形データや3次元設計データを用いたシミュレーションにより、自動的に運土計画(掘削位置や盛土位置、運搬路)を立案する機能
運土計画 (施工の区画計画)	土配先・施工順序を立案する機能。複数の施工手順や運土量・距離を比較できる。
機械編成計画	運土計画や施工手順を踏まえた建設機械データを用いたシミュレーションにより、最適な機械編成計画(建機能力、台数等)を立案する機能
作業員の編成計画	最適な機械編成計画と合わせて、作業員の編成計画(作業員の動きや人数等)を立案する機能
シミュレーション機能	シミュレーションを実施し、稼働率や日当たり施工量を評価する機能
	<b>■稼働率</b> シミュレーションにより、各機械の施工能力の余剰や不足を評価するために、各建機の稼働率(稼働、非稼働等の割合)を見える化する機能
	<b>■日当たり施工量</b> シミュレーションにより、運土計画や機械編成計画に基づいて施工量を評価するために、各工程の施工量や各建機の施工量を見える化する機能
	<b>■運搬の周回数</b> シミュレーションにより、ダンプトラックなどの運搬の日当たりの運搬量を評価するために、指定した経路における各ダンプトラックの周回数を見える化する機能
	シミュレーションを実施し、稼働率や日当たり施工量を評価する機能
	<b>■運搬の滞留状況</b> シミュレーションにより、ダンプトラックなどの最適な運搬経路(交差点が多い経路、離合できず、退避が多い経路)を評価するために、運搬の滞留状況を見える化する機能
	<b>■稼働日数・所要日数</b> 運土計画、機械編成計画に基づいた、所定土量に対する施工日数を評価するために、稼働日数・所要日数を見える化する機能

# 自動施工シミュレータに関する機能要件(素案)

<p><b>機能例</b> 運土計画 (現場条件の設定)</p>	<p><b>機能の説明</b> 3次元地形データや3次元設計データを用いたシミュレーションにより、自動的に運土計画(掘削位置や盛土位置、運搬路)を立案する機能</p>	<p><b>イメージ</b></p>  <p>3次元設計データ</p> <p>3次元地形データ</p> <p>出入口・土取り場/土捨て場等の設定</p> <p>開始日 2024(4)5 終了日 2024(6)30          施工時間 月、火、水、木、金 08:00-17:45          通常施工時間  <input type="checkbox"/>日 <input checked="" type="checkbox"/>月 <input checked="" type="checkbox"/>火 <input checked="" type="checkbox"/>水 <input checked="" type="checkbox"/>木 <input checked="" type="checkbox"/>金 <input checked="" type="checkbox"/>土 <input checked="" type="checkbox"/>          開始時間 08:00 終了時間 17:45          休憩開始時間 12:00 休憩終了時間 13:00          休日 2024(4)9 ~ 2024(5)5</p>																																																								
<p>運土計画 (施工の区画計画)</p>	<p>土配先・施工順序を立案する機能。複数の施工手順や運土量・距離を比較できる。</p>	 <p>STEP1</p> <p>STEP2</p> <p>STEP3</p> <p>STEP4</p> <p>盛土場 60,000m<sup>3</sup></p> <p>運搬経路 700m</p> <p>切土場 5,000m<sup>3</sup></p>																																																								
<p>機械編成計画</p>	<p>運土計画や施工手順を踏まえた建設機械データを用いたシミュレーションにより、最適な機械編成計画(建機能力、台数等)を立案する機能</p>	 <p>①掘削(掘削・積込)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名前</th> <th>値</th> <th>表示単位</th> <th>詳細</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>掘削バックホウの台数</td> <td>1台</td> <td></td> <td>掘削バックホウの台数になります。</td> </tr> <tr> <td>掘削バックホウの作業時間</td> <td>1分</td> <td></td> <td>バックホウの稼働時間になります。</td> </tr> <tr> <td>掘削バックホウの掘削量(土砂)</td> <td>0.80 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>土砂の場合のバックホウの掘削最大値になります。</td> </tr> <tr> <td>掘削バックホウの掘削量(軟岩)</td> <td>0.80 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>軟岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。</td> </tr> <tr> <td>掘削バックホウの掘削量(硬岩)</td> <td>0.80 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>硬岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。</td> </tr> <tr> <td>掘削バックホウの掘削土量</td> <td>10 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>掘削バックホウの掘削土量になります。</td> </tr> </tbody> </table> <p>②運搬</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名前</th> <th>値</th> <th>表示単位</th> <th>詳細</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ダンプ台数</td> <td>2台</td> <td></td> <td>ダンプの台数になります。</td> </tr> <tr> <td>ダンプ積載量(土砂)</td> <td>5 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>土砂の場合のダンプ最大積載量になります。</td> </tr> <tr> <td>ダンプ積載量(軟岩)</td> <td>5 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>軟岩の場合のダンプ最大積載量になります。</td> </tr> <tr> <td>ダンプ積載量(硬岩)</td> <td>5 m<sup>3</sup></td> <td></td> <td>硬岩の場合のダンプ最大積載量になります。</td> </tr> <tr> <td>運搬距離</td> <td>0.70 km</td> <td></td> <td>積込場所から下りし場までのダンプが運搬する距離になります。</td> </tr> <tr> <td>運搬速度</td> <td>20 km/h</td> <td></td> <td>ダンプの運搬速度になります。</td> </tr> </tbody> </table>	名前	値	表示単位	詳細	掘削バックホウの台数	1台		掘削バックホウの台数になります。	掘削バックホウの作業時間	1分		バックホウの稼働時間になります。	掘削バックホウの掘削量(土砂)	0.80 m <sup>3</sup>		土砂の場合のバックホウの掘削最大値になります。	掘削バックホウの掘削量(軟岩)	0.80 m <sup>3</sup>		軟岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。	掘削バックホウの掘削量(硬岩)	0.80 m <sup>3</sup>		硬岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。	掘削バックホウの掘削土量	10 m <sup>3</sup>		掘削バックホウの掘削土量になります。	名前	値	表示単位	詳細	ダンプ台数	2台		ダンプの台数になります。	ダンプ積載量(土砂)	5 m <sup>3</sup>		土砂の場合のダンプ最大積載量になります。	ダンプ積載量(軟岩)	5 m <sup>3</sup>		軟岩の場合のダンプ最大積載量になります。	ダンプ積載量(硬岩)	5 m <sup>3</sup>		硬岩の場合のダンプ最大積載量になります。	運搬距離	0.70 km		積込場所から下りし場までのダンプが運搬する距離になります。	運搬速度	20 km/h		ダンプの運搬速度になります。
名前	値	表示単位	詳細																																																							
掘削バックホウの台数	1台		掘削バックホウの台数になります。																																																							
掘削バックホウの作業時間	1分		バックホウの稼働時間になります。																																																							
掘削バックホウの掘削量(土砂)	0.80 m <sup>3</sup>		土砂の場合のバックホウの掘削最大値になります。																																																							
掘削バックホウの掘削量(軟岩)	0.80 m <sup>3</sup>		軟岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。																																																							
掘削バックホウの掘削量(硬岩)	0.80 m <sup>3</sup>		硬岩の場合のバックホウの掘削最大値になります。																																																							
掘削バックホウの掘削土量	10 m <sup>3</sup>		掘削バックホウの掘削土量になります。																																																							
名前	値	表示単位	詳細																																																							
ダンプ台数	2台		ダンプの台数になります。																																																							
ダンプ積載量(土砂)	5 m <sup>3</sup>		土砂の場合のダンプ最大積載量になります。																																																							
ダンプ積載量(軟岩)	5 m <sup>3</sup>		軟岩の場合のダンプ最大積載量になります。																																																							
ダンプ積載量(硬岩)	5 m <sup>3</sup>		硬岩の場合のダンプ最大積載量になります。																																																							
運搬距離	0.70 km		積込場所から下りし場までのダンプが運搬する距離になります。																																																							
運搬速度	20 km/h		ダンプの運搬速度になります。																																																							
<p>作業員の編成計画</p>	<p>最適な機械編成計画と合わせて、作業員の編成計画(作業員の動きや人数等)を立案する機能</p>	 <p>各作業の作業員編成</p> <p>各作業の稼働率、人員編成</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>作業</th> <th>配置人員</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>掘削補助</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>測量作業</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>運搬誘導</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>作業</th> <th>作業時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>掘削補助</td> <td>5時間50分</td> </tr> <tr> <td>測量作業</td> <td>3時間45分</td> </tr> <tr> <td>運搬誘導</td> <td>7時間</td> </tr> </tbody> </table>	作業	配置人員	掘削補助	1	測量作業	2	運搬誘導	2	作業	作業時間	掘削補助	5時間50分	測量作業	3時間45分	運搬誘導	7時間																																								
作業	配置人員																																																									
掘削補助	1																																																									
測量作業	2																																																									
運搬誘導	2																																																									
作業	作業時間																																																									
掘削補助	5時間50分																																																									
測量作業	3時間45分																																																									
運搬誘導	7時間																																																									

機能例	機能の説明	イメージ
<p>シミュレーション機能</p>	<p>シミュレーションを実施し、稼働率や日当たり施工量を評価する機能</p> <p>■稼働率 シミュレーションにより、各機械の施工能力の余剰や不足を評価するために、各建機の稼働率(稼働、非稼働等の割合)を見える化する機能</p>	<p>各建機の稼働率</p> <p>①掘削(掘削・積込) ②運搬 ③盛土(敷均し・締固め)</p> <p>稼働率32% 余裕あり</p>
	<p>■日当たり施工量 シミュレーションにより、運土計画や機械編成計画に基づいて施工量を評価するために、各工程の施工量や各建機の施工量を見える化する機能</p>	<p>各工程の日当たり施工量</p> <p>掘削量/日 約383m<sup>3</sup></p> <p>敷均し量/日 約373m<sup>3</sup></p> <p>運搬量/日 約375m<sup>3</sup></p> <p>各機械の日当たり施工量</p> <p>運搬量/日・台 約125m<sup>3</sup></p>
	<p>■運搬の周回数 シミュレーションにより、ダンプトラックなどの運搬の日当たりの運搬量を評価するために、指定した経路における各ダンプトラックの周回数を見える化する機能</p>	<p>各運搬機械の周回数</p>

機能例	機能の説明	イメージ												
<p>シミュレーション機能</p>	<p>シミュレーションを実施し、稼働率や日当たり施工量を評価する機能</p> <p>■ 運搬の滞留状況 シミュレーションにより、ダンプトラックなどの最適な運搬経路(交差点が多い経路、離合できず、退避が多い経路)を評価するために、運搬の滞留状況を見える化する機能</p>	<p>運搬経路上の滞留箇所の表示</p>  <p>青色表示 速度が遅くなり滞留している</p>												
	<p>■ 稼働日数・所要日数 運土計画、機械編成計画に基づいた、所定土量に対する施工日数を評価するために、稼働日数・所要日数を見える化する機能</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1290 863 1576 1098"> <p><b>機械編成計画</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 積込バックホウ 2台</li> <li>② 掘削バックホウ 2台</li> <li>③ ダンプトラック 4台</li> <li>④ 盛土ブルドーザ 1台</li> <li>⑤ 振動ローラー 1台</li> </ul> </div> <div data-bbox="1704 863 1991 1018"> <p><b>日数</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名前</th> <th>値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>稼働日数</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>所要日数</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table> <p>実稼働日数 16日</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">➔</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1290 1102 1576 1342"> <p>稼働日数: 1日 所要日数: 1日</p>  <p>掘削場所 (バックホウ) 積込バックホウ 滞留場所 (ブローカー)</p> </div> <div data-bbox="1576 1102 2085 1342"> <p>運搬距離: 1 km 運搬速度: 30 km/h</p> <p>ブルドーザ 1台は1日 振動ローラー 1台は0日</p>  <p>荷下場 敷均し完了 締締め完了</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">➔</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1290 1358 1576 1533"> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 積込バックホウ 2台</li> <li>② 掘削バックホウ 3台</li> <li>③ ダンプトラック 5台</li> <li>④ 盛土ブルドーザ 1台</li> <li>⑤ 振動ローラー 1台</li> </ul> </div> <div data-bbox="1704 1358 1991 1469"> <p><b>日数</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>名前</th> <th>値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>稼働日数</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>所要日数</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table> <p>実稼働日数 12日</p> </div> </div>	名前	値	稼働日数	16	所要日数	22	名前	値	稼働日数	12	所要日数	16
名前	値													
稼働日数	16													
所要日数	22													
名前	値													
稼働日数	12													
所要日数	16													

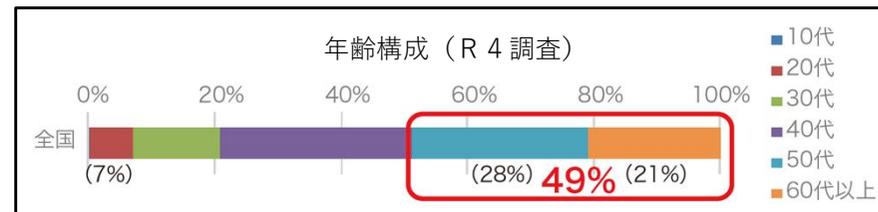
# その他

---

- 今後の除雪作業の省力化・安全性向上に向けて、除雪作業装置を自動化する除雪機械の開発・導入を推進している
- 令和4年度以降、北海道開発局、東北・北陸地方整備局において実現場に配備し、実証試験を実施している

## <除雪作業における今後の課題>

- ・オペレータの担い手不足
- ・熟練オペレータの減少(技術伝承の課題)

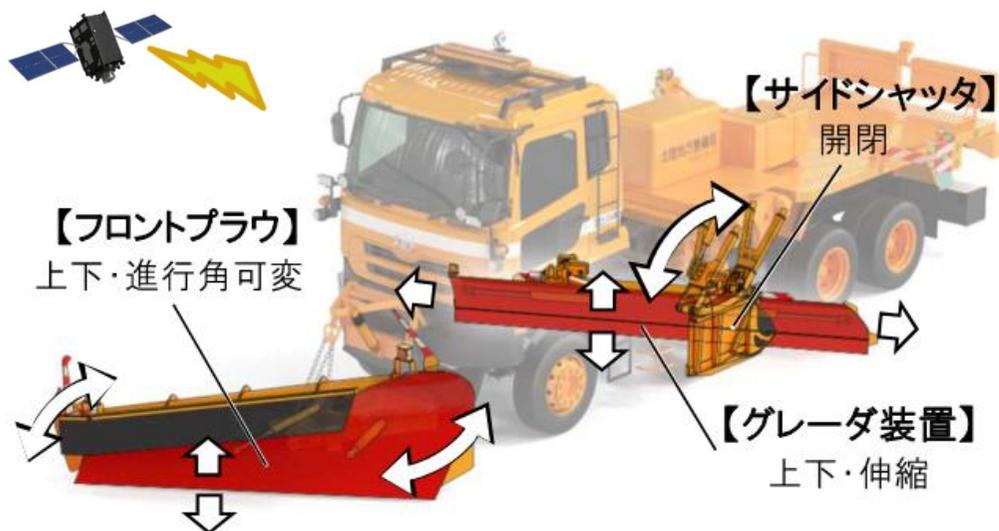


国道除雪作業従事者の年齢構成

## <現在の自動化技術の概要>

- ・高精度な位置情報に紐づけ、予め設定された動作を自動で再現する技術を開発
- ・除雪トラック、除雪グレーダ、ロータリ除雪車、小形除雪車の作業装置の自動化に取り組んでいる

## ●準天頂衛星「みちびき」を活用した自動化技術

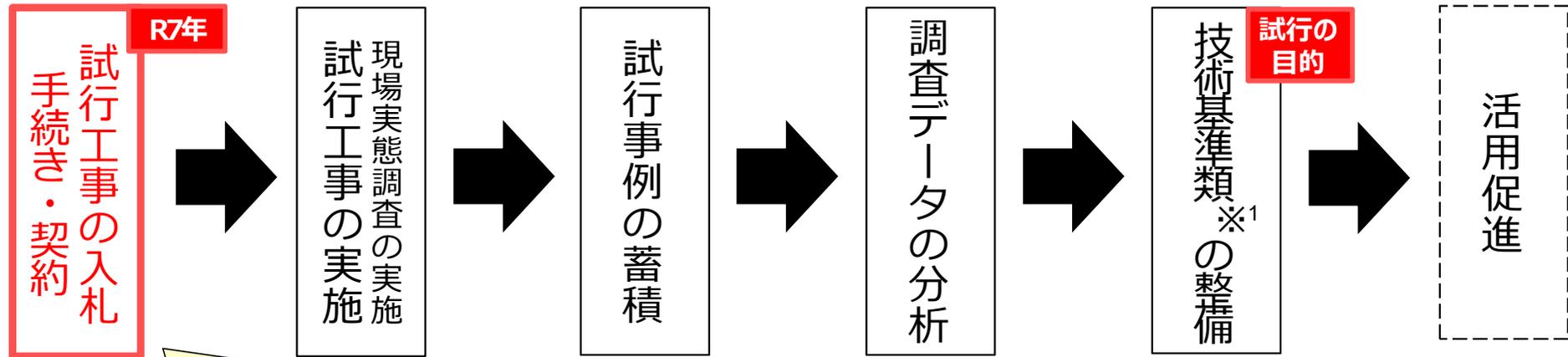


(例) 除雪トラックにおいて自動動作する装置



自動化を進めている除雪機械

## 1. 試行工事による自動施工技術等の普及・促進の進め方(案)



- 試行工事は総合評価落札方式「技術提案評価型SI（エスイチ）型<sup>※2</sup>を活用
- 技術基準類の整備に有効となる技術向上提案テーマを設定

※1 実施要領、積算基準、管理基準等  
 ※2 一定の範囲内で適切に費用計上する（当面、予定価格の5%の範囲内）ことを前提として技術提案を求める方式

## 2. トンネル施工の自動化技術の今後の進め方(案)

