

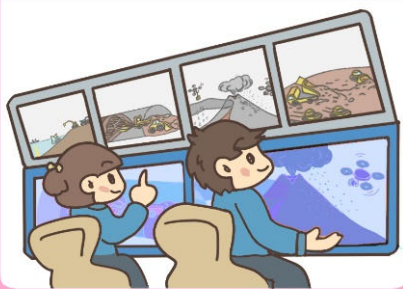


S i P

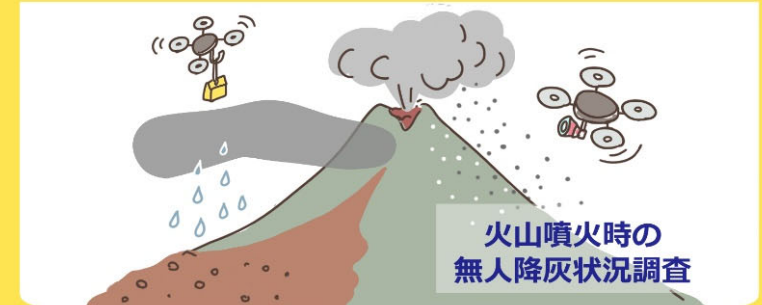
サブ課題A（革新的な建設生産プロセス の構築）の社会実装について

**サブ課題A（研究開発テーマa-1, a-2-1, a-2-2, a-3）
研究開発責任者 永谷 圭司**

遠隔地より現場の モニタリングと動作指示



a-2: 人力で実施困難個所の施工・計測



a-3: トンネル掘削の自動化・無人化



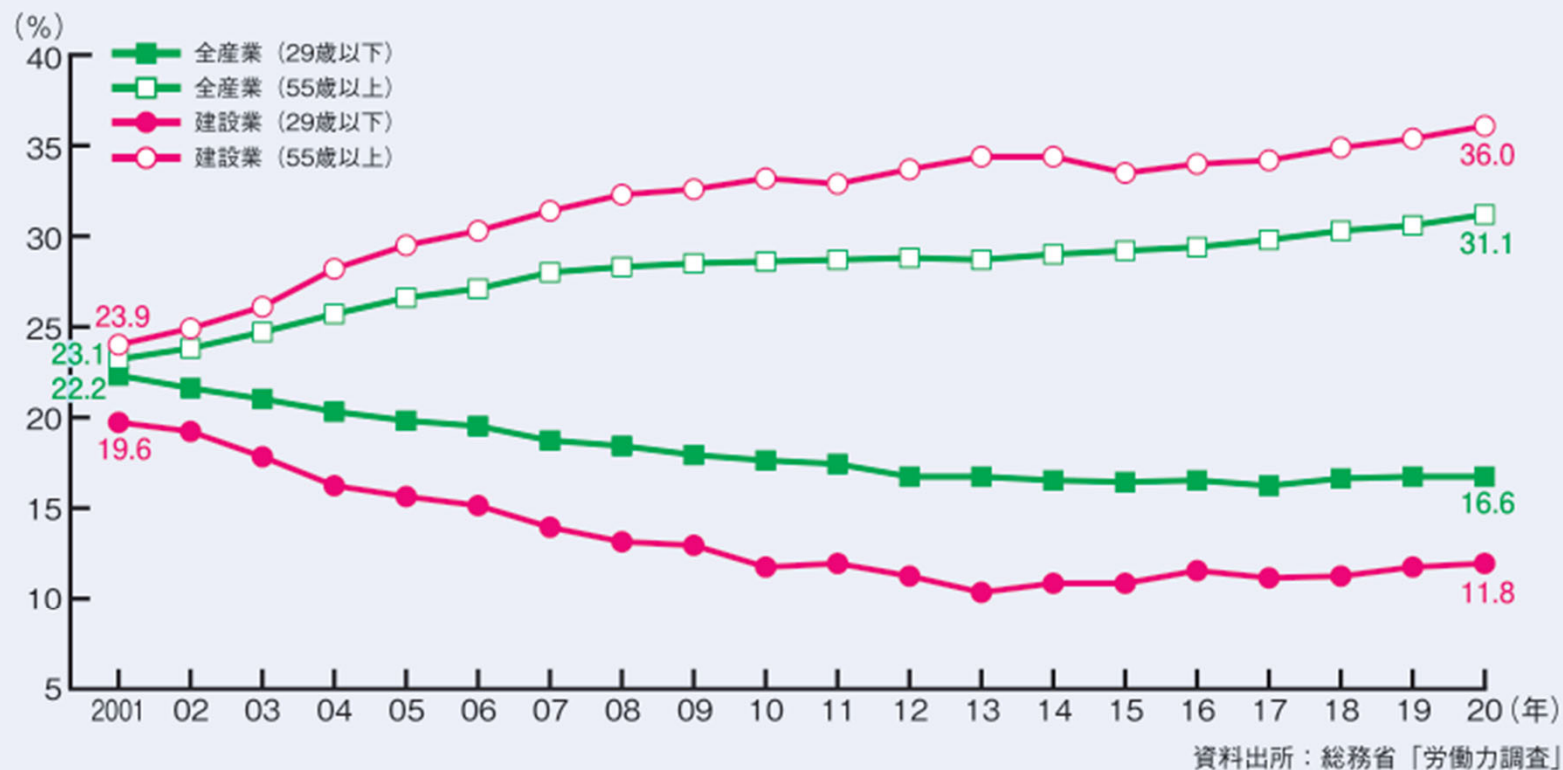
a-1: 施工プロセス全体を自動化する技術



社会背景：

建設業界において、高齢化や人口減少による労働力不足の問題を解決するため、自動施工技術のイノベーションは喫緊の課題。

》建設業就業者の年齢別構成比の推移



建設業就業者は、2020年には55歳以上が36%、29歳以下が約12%と他産業と比べ高齢化が著しく高くなっている。建設業の生産体制を将来にわたって維持していくためには、若年者の入職促進と定着による円滑な世代交代が不可欠である。

社会背景：

これまでのi-Constructionの取り組みをさらに一歩進め、建設現場のオートメーション化を図る「i-Construction 2.0」が策定されました。

i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化～

国土交通省

別紙

【背景】

- ◆2024年度には生産年齢人口が約2割減少
 - ◆災害の激甚化・頻発化、インフラの老朽化への対応増
- インフラの整備・管理を持続可能なものとするため、より少ない人数で生産性の高い建設現場の実現が必要

【i-Construction 2.0 で目指す姿】

<i-Construction>
ICTの活用による支援



<i-Construction 2.0>
自動化・省人化（建設現場のオートメーション化）

【i-Construction 2.0の3つの柱】

① 施工のオートメーション化

② データ連携のオートメーション化
(デジタル化・ペーパーレス化)

③ 施工管理のオートメーション化
(リモート化・オフサイト化)

【目標】 2040年度までに建設現場において少なくとも省人化3割 すなわち、生産性1.5倍に向上
多様な人材が活躍でき、未来へ前向きな新3K(給与、休暇、希望)を建設現場で実現

<施工のオートメーション化のイメージ>

現在



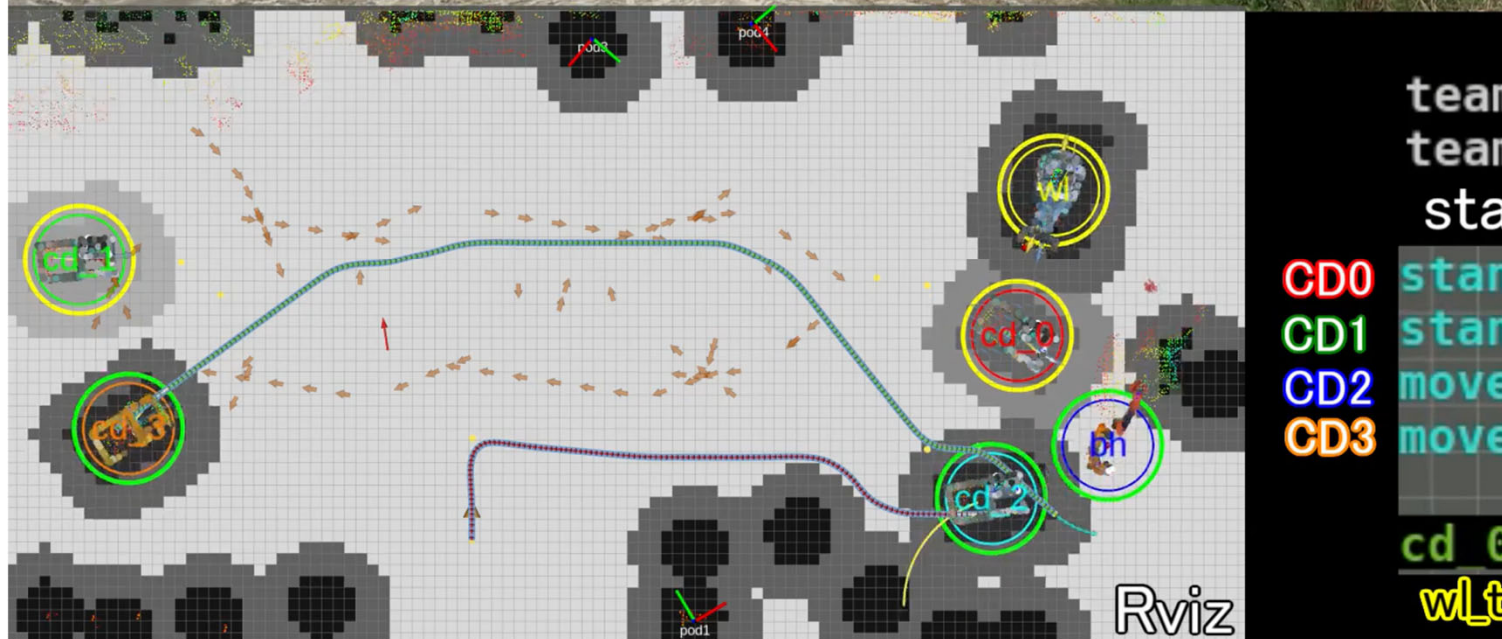
将来の目指す姿

施工の自動化により、一人のオペレーターが複数の建設機械を遠隔で管理



https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_001085.html

Problems:



動作ができ
ても作業が
できない



Moonshot Project

「動作はできているが作業ができない」とは？

- 現状の自動施工デモは、建設機械が**自動で動くところ**にフォーカス。
- どこでどのように動かすか？は、**デモがしやすい**ように、事前に設定。
- 動作が遅い。動きも、**もっさり**している。
（下手なオペさんの動作。）



実際の土工現場は？

- 建設現場は多種多様。（環境変数が多い。）
- 現場監督は、現場に応じて施工計画を策定。
- 現場監督は、作業指示を「**いい感じに**」オペレータに伝える。
- オペレータは**監督の意図を汲んで**作業を実施。

段取り（作業指示）は土工の**8割**



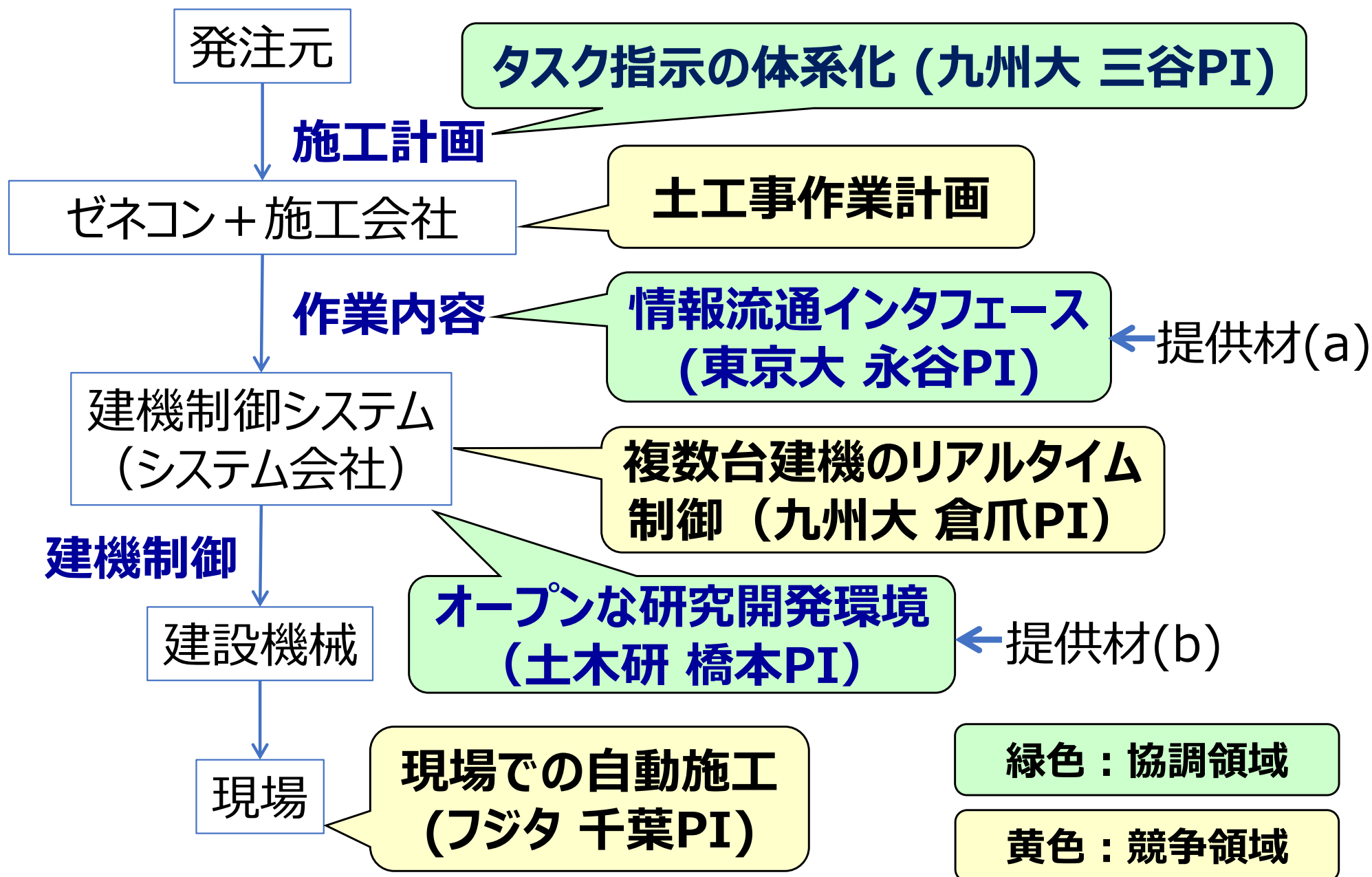
→ **体系化されていない！**

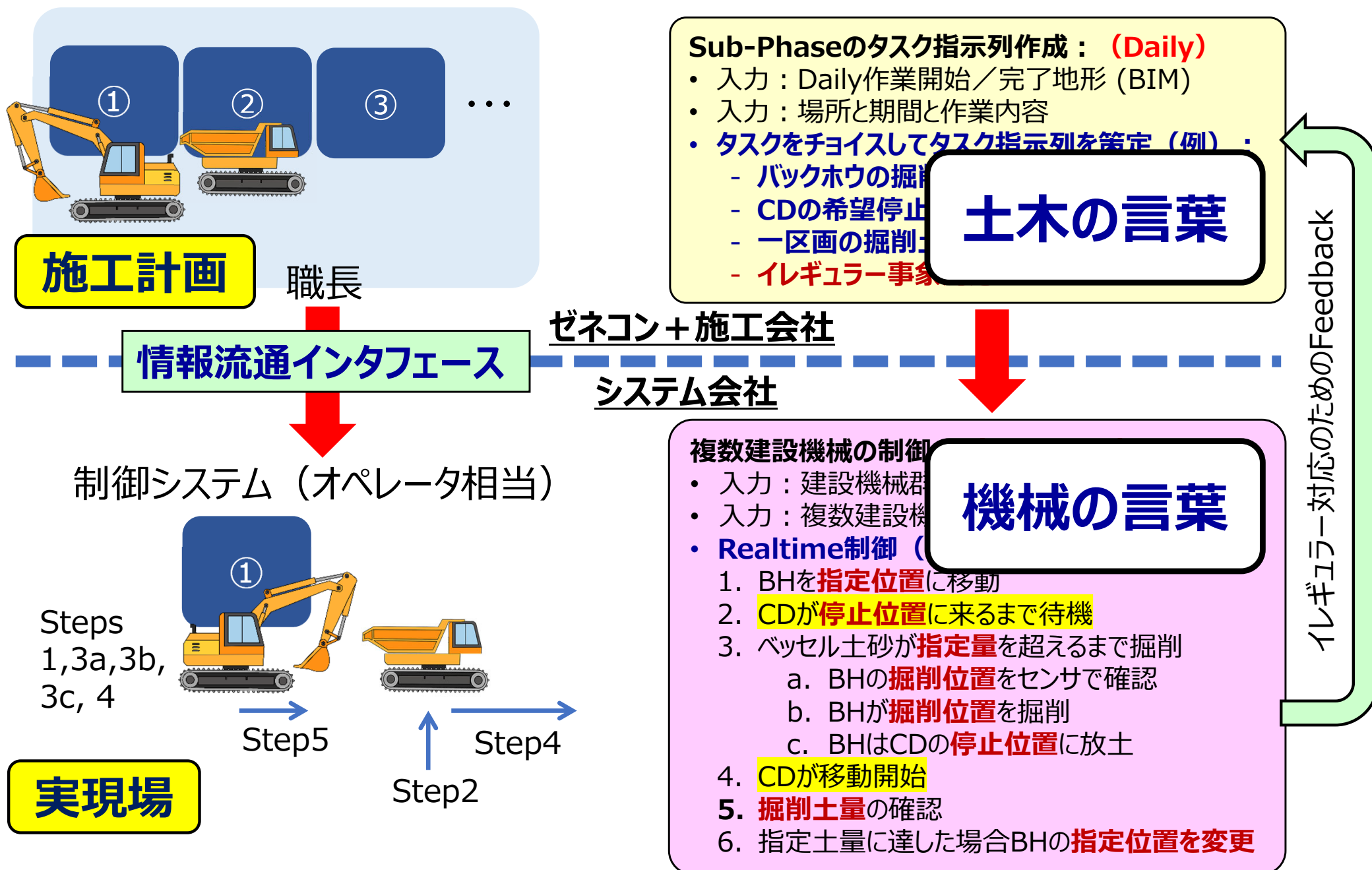
(a-1) 自動施工技術のベンチマーク



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, 研究所等の研究開発	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	熊谷組・フジタ等 (日: 雲仙・熊本など)	
1	作業補助	TOPCON (日) Trimble (日) ライカ (日) CAT (日)	TOPCON (米・欧など) Trimble (米・欧など) ライカ (米・欧など) CAT (米・欧など)		油圧ショベル マシンガイダンス	振動ローラ 締め固め管理
2	機械単独の 部分自動化	オウル大学 (フィン) ETH (スイス)	CAT (豪・南米など) コマツ (豪・南米など) 日立 (豪・南米など)	油圧ショベル マシンコントロール	TOPCON (日) Trimble (日) ライカ (日) CAT (日)	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)		TOPCON (米・欧など) Trimble (米・欧など) ライカ (米・欧など) CAT (米・欧など)
3	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の体系化)	SafeAI (米) BuiltRobotics (米) Baidu (中) Novatron (フィン) ARAV (日) DeepX (日)	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)	鹿島建設 (日: 成瀬ダム)	
3.5	複数自動機械による自動施工 (タスク指示は人) (一般的土木施工でのタスク指示体系化)		SIPの研究 目標	大成建設 (日) 大林組 (日)		SIP 10年後の 目標
4	複数自動機械による自動施工 (タスク指示はシステム)			SIP 10年後の 目標		
5	複数自動機械による自動施工 (すべての限定が解除)					

() 内は使用・開発されている国・地域。自動施工レベルは下記文献を基にレベル3.5を追加した
Hirokuni Morikawa, Takashi Otsuki: Study on the Level Concept of Autonomous Construction in Mechanized Construction, ISARC2020, pp.1114-1121





- ・ **タスク指示の体系化**を行うため、屋外フィールドで「造成工事」の模擬施工を実施し、形式知化・体系化すべきタスク指示を抽出
- ・ **情報流通インタフェース**の仕様検討
- ・ Cyber-Physical System for RTからROS2を介して油圧ショベルを含む建設機械を制御する基本機能
- ・ **オープンな研究開発環境**の構築
- ・ 施工現場における試験施工の実施 → **提案の妥当性の実証**



情報流通インターフェースと自動施工に適した土工事作業計画の事例集

(想定ユーザー：1.ゼネコン／土木施工会社, 2.自動施工のシステム開発業者)

[1.への利便性・価値] 土工事作業計画事例集を参照することで, 高効率の自動施工を実現する施工計画が可能となる.

また, 情報流通インターフェースにより, 施工計画を正確に自動施工システムに伝えることが可能となり, 施工計画に集中できる.

[2.への利便性・価値] 情報流通インターフェースにより, 計画された施工計画を正確に受け取ることが可能となり, 自動施工システムの開発に集中できる.

[社会実装する者] 九州大学／筑波大学／土木研究所

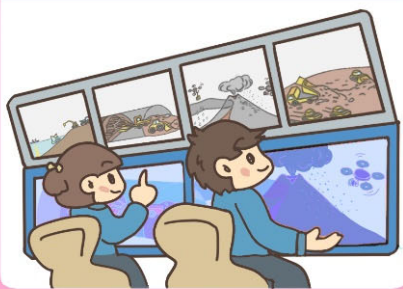
オープンな研究開発環境

(想定ユーザー：自動施工のシステム開発業者／建機メーカー)

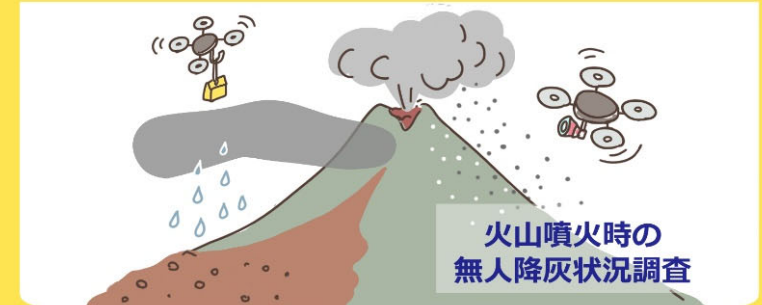
[利便性・価値] オープンな研究開発環境により, 自動施工を実現するための, 建設機械や自動施工システムの研究開発が加速する. また, 他業種からの新規参入も容易になる.

[社会実装する者] 土木研究所

遠隔地より現場の モニタリングと動作指示



a-2: 人力で実施困難個所の施工・計測



a-3: トンネル掘削の自動化・無人化



a-1: 施工プロセス全体を自動化する技術

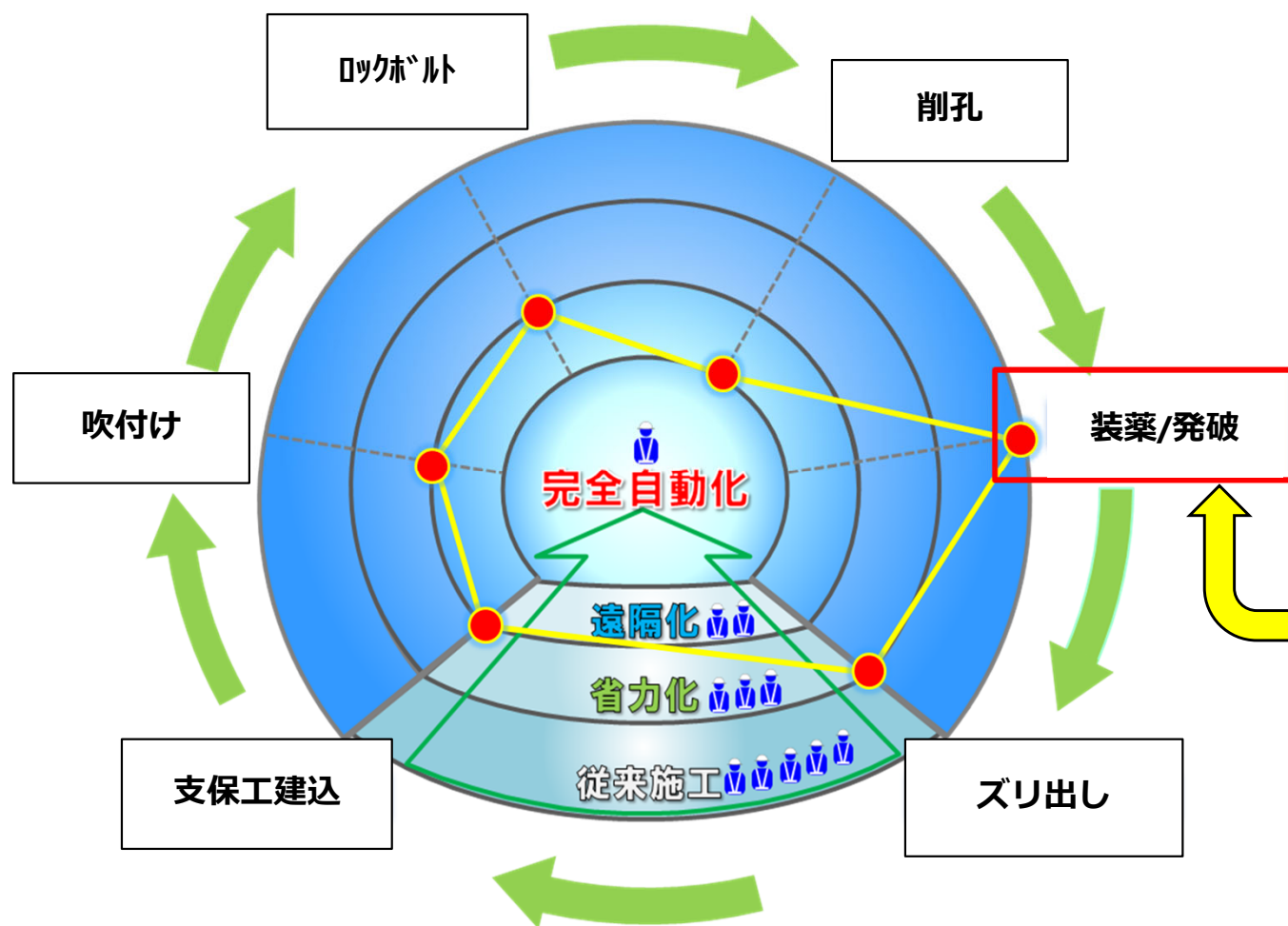


・社会背景：

大手ゼネコンを中心に各サイクルの自動化・遠隔化の技術開発が実施中。

人力作業が必須となる**発破作業(装薬,結線)**が「ボトルネック」。

- ・工事における**死傷事故(切羽作業にて発生)低減**は大きな社会的課題

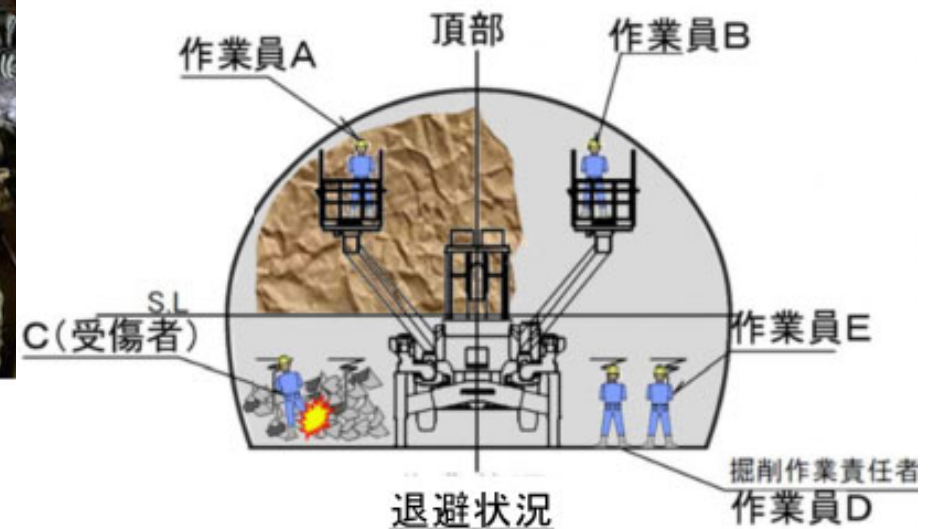


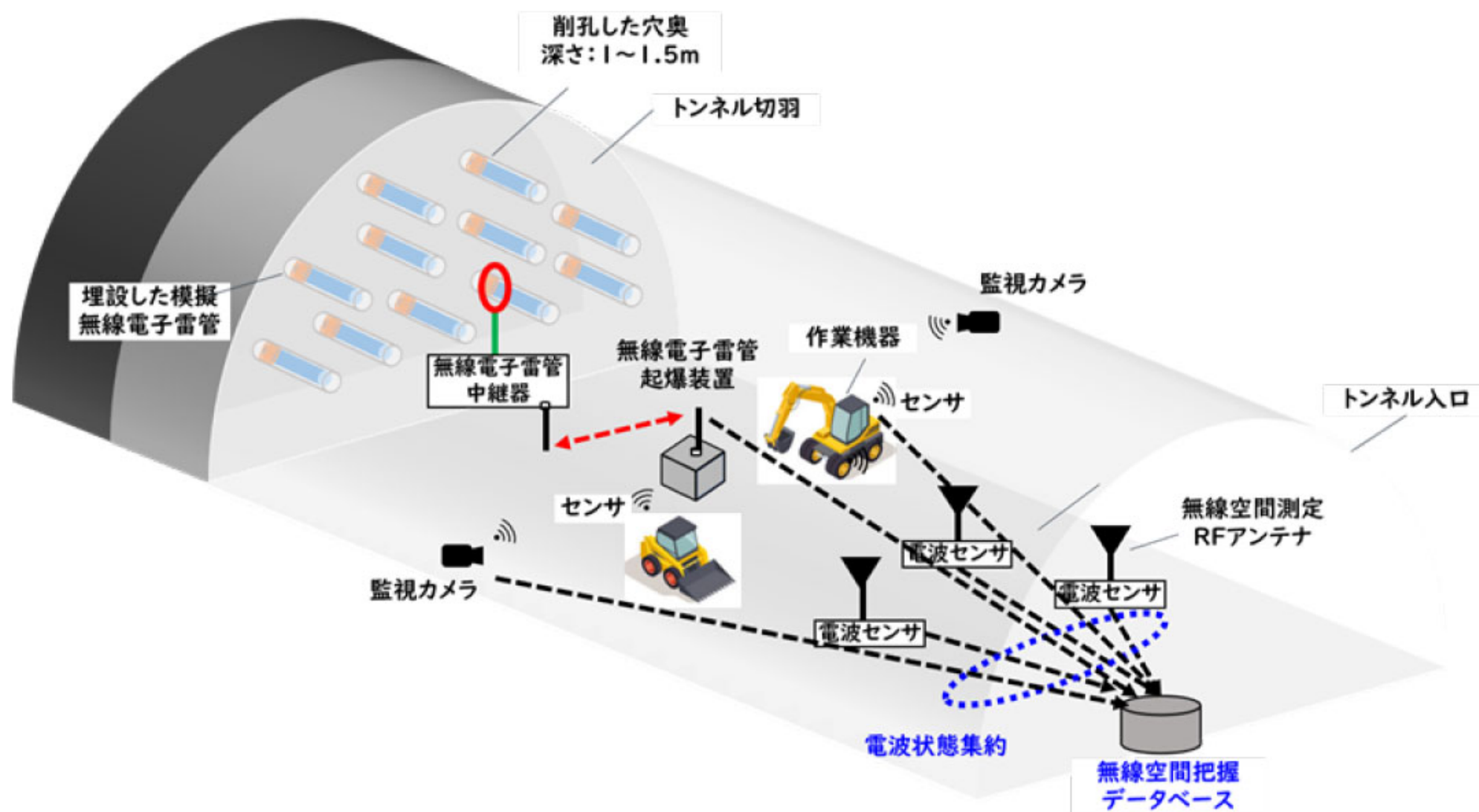
2021年(令和3年) 11月8日

中央新幹線・伊那山地トンネル工事



切羽からの肌落ち
作業員が被災(軽傷)





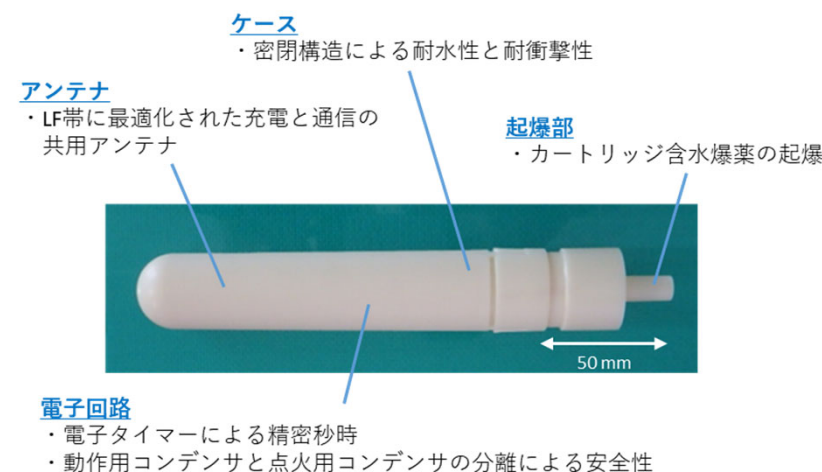
無線電子雷管システムの実用化ならびに電子雷管の標準化を行う。

無線電子雷管システムに対する要求

- (安全性) 機械装填時にも安全な無線雷管
- (信頼性) 確実な起爆と誤作動ゼロの無線雷管
- (コスト) 雷管単価のトンネル価格への影響
- (制 度) 各種法制度への対応



[実現した場合の社会の変化] 「無線電子雷管システム」が社会実装され、一連のトンネル施工の機械化・自動化の技術開発が活発化することで、10年後、現在の人力中心の作業形態が、作業員数を現行の半分以上となる機械化施工中心の工事となる。



- 模擬雷管を用いた公的機関での各種安全性検証試験
- 模擬トンネル, 実トンネルでの通信検証とシステム改良フィードバック
- 利用者(施工業者)と開発者(メーカー)および研究機関がタッグを組むことによる仕様標準化とコスト低減
- 発破および通信に関わる各種制度の課題とSIP開発下における各種組織との協議



提供財

- a. 人力作業による結線作業を省略可能とする**無線電子雷管システム**
- b. トンネル発破の機械装填技術への適用を考慮した**無線電子雷管仕様**

想定ユーザー

- a. **施工会社**（トンネル工事に使用）, 鉱山会社（資源採掘に使用）
- b. 国, 自治体等, トンネル工事の**発注者**（トンネル発注時に指定）

ユーザーに提供する利便性・価値

- a. 工事の安全性向上が可能（切羽直近での肌落ち災害をゼロ）
- b. 使用実績が蓄積され, 工事で一般的に使用されることで, 機械化施工による省力化・省人化が進む

社会実装する者

- （SIP期間）
 - (a) 発破工事を行う者（施工会社, 鉱山会社）
 - (b) 火薬メーカー（開発会社）

- （SIP終了後）トンネル工事の発注者（国, 自治体）

工事安全に関わる法令や制度を担当する国

（国土交通省, 厚生労働省）や建設団体（日建連ほか）

- サブ課題A「革新的な建設生産プロセスの構築」のうち,

- (a-1) 自動施工技術の背景
- (a-3) トンネル発破の自動化・無人化

のテーマについて, それぞれ, 社会的背景, 何が問題となっているか, 提案, 期待される将来像について紹介しました. また, まとめとして, 社会実装のための「提供材, 想定ユーザー, 利便性／価値」を紹介しました.

- 時間の都合上,

- (a-2-1) ダム堆砂調査／堆砂対策
- (a-2-1) 火山調査

については, 今回の発表には含めませんでした.

参考資料

提供財

堆砂測量技術，リアルタイム堆砂面把握技術，陸上掘削および水中浚渫技術，堆砂輸送および洪水吐き排砂技術，これらの技術の活用について「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」に追記・修正．

想定ユーザー

- ・ 全国のダム管理者および河川管理者
- ・ （間接受益者）河川および海岸管理者、河川利用者

ユーザーに提供する利便性・価値

- ・ 低コストかつ高効率な堆砂測量および掘削・浚渫技術の適用による負担軽減（調査コスト半減，作業手間半減）とダム機能の確保・延命
- ・ 間接的には，ダム下流へ制御された積極的な土砂還元の実施による，「流域総合水管理」の観点での河床低下や河道二極化など河道保全に関する課題解決手段としての貢献

社会実装する者

（SIP期間）水資源機構

（SIP終了後）全国のダム管理者（国（国土交通省，農林水産省），水資源機構，都道府県，市町村，電力会社，土地改良区，その他）

提供財

- a. 各種計測デバイス（降灰厚計測デバイス，雨量計測デバイス，浸透能計測デバイス等）
- b. 土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（H28）や火山噴火緊急減災対策砂防計画ガイドライン（R5年）の改定案.

想定ユーザー

- a. 主に災害協定業者【測量会社，建設コンサルタント会社】
- b. 国土交通省地方整備局職員

ユーザーに提供する利便性・価値

- a. 災害協定業者が各種計測デバイスを使用することで、現状では取得困難だった，火口近傍の立入規制区内の降灰厚や降灰の質情報の実測値が取得可能となる.
- b. 上記の結果、国土交通省では、今まで推定で描画していた1cmの降灰範囲が，実測値を基に描画可能となり，溪流抽出の精度が向上する他，抽出溪流の相対的な危険度評価や，土石流発生基準雨量が提供可能となる.

社会実装する者：想定ユーザーと同じ

(a-3)トンネル工事に関する要領・基準類（参考資料）



所管	分類	名称	法令等分類※	発出元
総務省	電波	????		
経済産業省	火薬取扱	火薬類取締法 火薬類取締法施行規則	法律 規則	経済産業省 経済産業省
国土交通省	設計・施工	道路トンネル技術基準（構造編） 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 設計・施工要領（各地方整備局）	基準 基準 要領	国土交通省 日本道路協会 各地方整備局
	積算	国土交通省土木工事積算基準 国土交通省土木工事積算基準書	基準 基準	国土交通省 建設物価調査会
厚生労働省	安全衛生	山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン	ガイドライン	厚生労働省

- ※ 法律 : 国会で制定されるルール
 規則 : 法律に基づいて制定される特定の分野を対象としたルール
 基準 : 特定の分野で最低限満たすべき義務的なルール
 要領 : 特定の分野で手続きや作業の進め方を示す指針
 ガイドライン : 自主的に遵守することが推奨されるルール