

# 本年度の取り組みについて

---

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)機械機能要件の策定	無人エリアにおける自動施工機械の機能要件			
	c)基準類の整備	施工管理や監督・検査等に係る基準類			
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> コーディネートする人材が存在している
	③開発環境整備	a)OPERA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	
試行工事		上記に関する試行工事を随時実施			<技術> 地域を基盤とする建設会社が導入できる汎用的な <u>自動化システムが入手可能</u>

- 直轄工事において安全ルールver1.0(R6.3策定)が実工事において実行されていることを確認する、4件の自動施工技術が実装されている実工事を選定
- 試行を踏まえ、安全ルールver.2.0を策定予定。

## 成瀬ダム堤体打設工事

発注者：東北地方整備局

施工者：鹿島・前田・竹中土木特定建設工事共同企業体

概要：自動ダンプ、自動ブルドーザ、自動振動ローラ等が自動運転を行い堤体CSG打設を行う。



## 成瀬ダム原石山採取工事

発注者：東北地方整備局

施工者：大成・佐藤・岩田地崎特定建設工事共同企業体

概要：自動ダンプが骨材ストックヤードからプラント投入ホッパーまで自動運転し、骨材を運搬する。



## 霞ヶ浦導水石岡トンネル新設工事

発注者：関東地方整備局

施工者：株式会社 安藤・間

概要：シールドトンネルの掘削土砂を自動バックホウによりダンプ(有人)に自動積込みを行う。



## 浅間山火山砂防（地蔵川砂防堰堤工事）

発注者：関東地方整備局

施工者：渡辺建設 株式会社

概要：堰堤材料(砂防ソイルセメント)をバックホウ(有人)により積込みを行った後、自動キャリアダンプによる運搬を行う。



- 台形CSGダムのCSGを、複数台の自動ブルドーザ21t級・自動振動ローラ11t級を使用して敷均し・締固めを自動施工。
- 汎用の振動ローラ、ブルドーザ、ダンプトラックを改造し、自動運転に対応。
- 現場から400km離れた神奈川県の実験フィールドの3名のITパイロットが、3機種14台もの自動化建設機械を昼夜連続で管制。
- 自動化施工導入時にリスクアセスメントを実施し、作業手順に反映。同一機種および異機種間の自動建設機械同士は互いの位置情報に基づく接触防止機能を有している。また外界センサと非常停止システムを搭載することで安全性を担保している。安全ルールver.1.0に適合している。

## - 工事情報 -

- ◆ 工事名: 成瀬ダム堤体打設工事(第2期)
- ◆ 発注者: 東北地方整備局 成瀬ダム工事事務所
- ◆ 受注者: 鹿島・前田・竹中土木JV
- ◆ 主な工事内容: 本体基礎掘削  
堤体CSG打設  
堤体コンクリート打設



鹿島建設㈱のHPより抜粋



自動振動ローラ11t級



管制室から自動化重機に指示を出す

自動施工によるCSG打設状況

- ダム堤体の原料となる骨材原石(台形CSG骨材)を、積込場から排土場まで重ダンプトラック(リジッドタイプ)55t級による資材運搬作業を自動化。
- 積込場から排土場までの全長約400m区間を自動走行。排土場では5箇所ある投入口のうち指定された投入口に排土。
- 安全ルールver.1.0に沿ってリスクアセスメントの結果に基づき、自動建設機械にはLiDARセンサと非常停止システムを搭載する、GNSS 情報により走行経路逸脱時はシステム上で停止することで接触防止対策を実施。

## - 工事情報 -

- ◆ 工事名: 成瀬ダム原石山採取工事(第2期)
- ◆ 発注者: 東北地方整備局 成瀬ダム工事事務所
- ◆ 受注者: 大成・佐藤・岩田地崎JV
- ◆ 主な工事内容: 原石山表土処理工、堤体工、コンクリート骨材製造工



ダンプトラック自動運転 概要図



① 骨材原石の積込み

①骨材原石の積込み



② 自動走行 (排土場へ)

②自動走行



④ 投入口選択

④投入口選択



⑥ 排土

⑥排土



⑦ 自動走行 (積込場へ)

⑦自動走行

- シールドトンネルの掘削土砂を自動バックホウ(コベルコ建機が開発)によりダンプ(有人)に自動積込みを行う。
- 安全ルールver.1.0に沿って、リスクアセスメントを実施し、無人エリア・中継エリア等のエリア分けを現場内で設定。
- 実現場への適用は安藤ハザマとコベルコ建機が共同で実施し、安藤ハザマにて実現場運用を実施。

## - 工事情報 -

- ◆ 工事名: R5霞ヶ浦導水石岡トンネル(第3工区)新設工事
- ◆ 発注者: 関東地方整備局 霞ヶ浦導水工事事務所
- ◆ 受注者: 株式会社安藤・間
- ◆ 主な工事内容: 泥水シールド工法 仕上り内径3.5m  
施工延長 4,880m  
セグメント 2次覆工省略型



操作タブレット画面

⇒ タブレットにインストールしたシステムにより自動運転の設定を行うことが可能



遠隔操作席

⇒ 自動運転から遠隔操作に切り替えて作業が可能



自動バックホウ積込み状況

- 浅間山直轄火山砂防事業の緊急対策工事では、噴火活動に応じて作業員の安全確保の観点から遠隔操作式建設機械等を使用・活用した無人化施工を実施。
- R6地蔵川第一砂防堰堤工事では、砂防ソイルセメント製造後、キャリアダンプによる堰堤材運搬を自動施工。
- 自動運転システムには、大林組と日立建機日本が開発した技術を採用し、キャリアダンプの運搬ルート・放土位置を指定し、積込位置と放土位置の間の往復と放土位置でのダンプ動作を自律運転にて行った。

## - 工事情報 -

- ◆ 工事名: R6地蔵川第一砂防堰堤工事
- ◆ 発注者: 関東地方整備局 利根川水系砂防事務所
- ◆ 受注者: 渡辺建設株式会社
- ◆ 主な工事内容: 砂防堰堤・  
ソイルセメント・コンクリート工



キャリアダンプ放土状況



キャリアダンプ自動運転装置 概要



自動施工の位置関係図

- 試行対象の4現場に対してアンケート調査とヒアリング(一部、現場視察)を実施
- 安全ルール記載内容については、概ね各項目について対応しているとの回答
- 施工者と機器開発者・提供者が協調して現場実装を実施
- また、現場毎にリスクアセスメントを実施。

## エリア設定について

Q.当該工事で設定したエリアの種類や大きさは、安全ルールに対応していますか。

- 無人エリア、有人エリア等のエリア分けを現場内で実施
  - ・安全を確保できる十分な面積も確保している
  - ・無人、立入禁止エリアは、バリケードで区画
  - ・エリアを明示することにより認識可能にしている
  - ・逸脱、侵入防止対策を現場内のルールと機械機能とシステム等の組合せにより実施
  - ・接触防止対策は、センサーとシステムにより実施

## リスクアセスメントについて

Q.リスクアセスメントは実施されましたか。

- 動化施工導入時にリスクアセスメントを実施し、作業手順に反映している。また施工状況が変化した際には再検討を実施している。
- 自動施工計画時にリスクアセスメントを実施、ルールに対応

 **リスクアセスメント**を実施  
**機器提供側のリスクアセス**も必要

## 機械的な機能について

○ 人・障害物検知機能について

- レーザースキャナやICタグと磁界を利用した検知機能
- LiDARセンサにて障害物・人を検知して停止する機能搭載

○ 無線通信網について

- 日建連『建設現場ネットワークの構築と運用ガイドライン』に即して通信網を構築
- 無線会社にて現地調査を実施し使用可能なチャンネルを選定

○ 自動と搭乗の切替スイッチ他について

- 搭乗操作が可能であるためキャビン内に切替スイッチを具備

○ 表示灯の具備について

- 表示灯を具備している、表示灯の情報は現場内で掲示板にて周知

○ 自動建設機械の自動停止について

- 通信が途絶した時には自動停止(エンジンは停止しない)
- 遠隔操作が可能な管制システムにはエンジン始動・停止と非常停止システムが具備されている

- 今年度、安全ルールver2.0及び機械機能要件の策定を目的に、検証フィールドにおける自動施工機械の現場検証を実施。
- 本年7月に公募を開始し、21者からの応募を受付(昨年度は17者)
- 各フィールドにおいて現場検証を実施した。

## 公募結果一覧

実施者 (◎は代表者)	現場検証の内容
◎ハイテクインター、ジツ中国、中電工、土木研究所	建機の自動化・自律化運用に向けた超低遅延映像伝送技術およびレジリエントな無線通信技術
◎不動産トラ、カイト	地盤改良現場の無人化施工システム
◎アス・プランテック	ハイブリッドラジコン草刈機RJ705 「神刈」
◎植村建設、アーキト	掘削積込に係る建設機械による遠隔操縦での施工
◎ARAV	建設機械の後付自動運転・遠隔操作システム Model V/E
◎廣瀬	積込、残土処理に係る建設機械の遠隔施工システム
◎金杉建設、モア・オートメーション	自律走行式草刈り機
◎日本ヒューム	Pile-ViMSys (パイルヴィムシス)
◎大林組、大本組、日本工業大学	Full Auto Pneuma (フルオートニューマ)
◎カイト、富士建、湯澤工業	建設機械無人化施工システム
◎ORAM、中和コンストラクション、ティール・エス、アクティオ	後付け遠隔施工機械の作業効率向上に関する制御技術
◎技研製作所	自動運転とリアルタイムデジタルツインによる杭圧入施工の遠隔管理システム
◎青木あすなる建設、西尾レイトール、ワイクシア	自動化・遠隔化施工ヤード(有人区域・無人区域)の明示技術
◎日立建機	遠隔、自動化対応油圧ショベルの搭載機能紹介
◎DeepX、利ソノ外白石	ニューマチックケーソン工法における自動運転建機の自動停止技術 および 建機の衝突防止技術
◎世紀東急工業、ARAV	アスファルトフィニッシャの遠隔操作および自動操舵技術
◎ワズ、クワダコーポレーション	除雪用機械の自動制御
◎日本基礎技術	グラウンドアンカー工事他の削孔作業に係る建設機械の自動運転システム
◎タノ、竹中工務店、アルト	建設作業に係る建設機械の遠隔地操作システム
◎大成建設、大成ロテック、リトシステムズ	キャリア回線を使用した建設機械の超遠隔施工を支援する技術
◎三洋テックニクス、コーテック、東北大学	土砂碎石運搬に係る建設機械の自動走行システム

- 直轄工事において安全ルールver1.0(R6.3策定)を実工事において調査
- 各現場において自動施工の内容に応じて実施している安全方策について調査
- 実工事での試行や今後の当面の目指す姿を踏まえ自動施工における安全ルールを改定



R6年度自動施工試工事

実施者 (おは代表者)	現場検証の内容
○ 国土交通省、国土院、中電工、土木研	建機の自動化・自律化運用に向けた超伝導通信伝送技術およびレジリエントな無線通信技術
○ 不動社、おたけ	地盤改良機の無人化施工システム
○ 丸山建設、アール	ハイブリッドラジコン車対機R705 「神代」
○ ARV	掘削機に依る建設機械による遠隔操作での施工
○ 藤井	建設機械の走行自動運転・遠隔操作システム Model W/E
○ 金村建設、EP、オトボック	積込、掘削に依る建設機械の遠隔操作システム
○ 日本トム	自律走行式集めり機
○ 大林組、大本組、日本工業大学	Pile-VMSys (パイルヴィムシス)
○ 住友、高土建設、遠望工業	Full Auto Pneuma (フルオートニューマ)
○ ORAM、中畑カクカク、アール、土木研	建設機械無人化施工システム
○ 技研製作所	後付け遠隔施工機械の作業効率向上に関する制御技術
○ 青木あすなろ建設、西尾のりた、いけのぶ	自動運転とリアルタイムデジタルツインによる掘削工事の遠隔管理システム
○ 日立建機	自動化・遠隔化施工ヤード(有人区域・無人区域)の明示技術
○ DeepX、おたけ、白石	遠隔、自動化対応遠征シヨベルの搭載機能紹介
○ 世紀東洋工業、ARV	ニューマチッククレーン工法における自動運転建機の自動停止技術 および 建機の衝突防止技術
○ 住友、カクカク、アール	アスファルトフィニッシャの遠隔操作および自動操縦技術
○ 日本基礎技術	掘削用機械の自動制御
○ 野村、竹中工務店、7E	グラウンドアンカー工事他の掘削作業に依る建設機械の自動運転システム
○ 大成建設、大成建設、アール、土木研	建設作業に依る建設機械の遠隔操作システム
○ 三洋カクカク、アール、東北大学	キャリアンダを使用した建設機械の超遠隔施工を支援する技術
	土砂砕石運搬に依る建設機械の自動走行システム

R6年度 建設機械施工の自動化・遠隔化技術現場検証

- 自動施工を工事現場に本格的に導入している直轄工事を安全ルールの試行工事として調査を実施
- 安全ルールver.1.0を現場に適用した際の、現場への適用性や実態との齟齬や課題などをヒアリングを通して検証
- 自動化技術や遠隔化技術の開発に取り組む主体に対して「建設機械施工の自動化・遠隔化現場検証」を実施し、同様にヒアリングと意見交換を実施

自動施工計画時にリスクアセスメントを実施。リスクアセスメントの結果に基づき、LiDARとGNSS 情報により走行経路逸脱時は停止することで接触防止対策を図っている。

自動化施工導入時にリスクアセスメントを実施し、作業手順に反映している。また施工状況が変化した際には再検討を実施している。

自動施工に関係する施工者・開発者等の意見をふまえ、  
 「自動施工における安全ルール」中の  
リスクアセスメントに関する箇所について追記し改定

- 令和6年3月に安全ルールver1.0を策定。
- 令和6年度、自動施工の実工事や現場検証などを踏まえ、安全ルール（機械の機能要件含む）の必要な改定を実施。
- 今後も技術動向・使用実態をふまえ、適宜必要な改定を行う。

## 安全ルール（改定）

### 3. 3 リスクアセスメント（施工者側）

- 1) リスクの特定
- 2) リスク評価
- 3) 除去または低減するリスクの優先度の決定
- 4) 保護方策の決定
- 5) 計画への反映・実施
- 6) リスクアセスメントの追跡

- ※ 製造者等、販売者等、施工者等及び使用者が緊密に連携して実施
- ※ 製造者等及び販売者等から提供を受けた使用上の情報も加味してリスクアセスメントを実施
- ※ リスクアセスメントの実施にあたっては、「機械の包括的な安全基準に関する指針」（厚生労働省）（H19.7.31）、ISO12100（JIS B 9700）を適宜参照

使用上の情報の提供

### 5. リスクアセスメント（機械供給者側） **新設**

- 1) リスクアセスメントの実施
  - ・使用上の制限等の機械の制限に関する仕様の指定
  - ・機械に労働者が関わる作業における危険源の同定
  - ・それぞれの危険源ごとのリスクの見積
  - ・適切なリスクの低減が達成されているかどうかの検討
- 2) 保護方策の実施
  - ・本質的安全設計方策の実施
  - ・安全防護及び付加保護方策の実施
  - ・使用上の情報の作成

- ※ 製造者等、販売者等、施工者等及び使用者が緊密に連携して実施
- ※ 製造者等及び販売者等から提供を受けた使用上の情報も加味してリスクアセスメントを実施
- ※ リスクアセスメントの実施にあたっては「機械の包括的な安全基準に関する指針」（厚生労働省）（H19.7.31）、ISO12100（JIS B 9700）を適宜参照
- ※ 電子制御等によりリスクを低減するための措置（機能安全）を実施する場合には、「機能安全による機械等に係る安全確保に関する技術上の指針」（平成28年厚生労働省告示第353号）

# 【①-a)、b)】機能要件の現場検証

- 選定した21の技術に対して、現場検証を実施し「自動施工における安全ルール」や「機能要件」に関して意見交換とヒアリングを実施
- 自動・遠隔施工技術を開発・現場に導入・運用する技術者から機能要件に対しての意見を聴取
- 様々な技術が存在し、機械の機能要件に関する議論を継続して実施。

## 非常停止機能

- ・遠隔操作機械から離れた状態で監視員などが緊急停止できる装置を具備すべき
- ・緊急で機械を動かす必要があると思うので有人で対応できる緊急時に機能も必要と考える
- ・エンジン停止しても電源供給だけはそのまま続けられる様、工夫する事が望ましい
- ・装置に関する記載は不要、実現すべき機能や運用方法だけで良いと考える
- ・制御信号とは別の通信方法を持つことが求められる

## 表示灯

- ・運転の状態および重機が稼働できる状態か否かを表示灯の色や点灯点滅パターンにより明示すべき
- ・赤青(緑)黄の三色を使う事が望ましい。点灯/点滅方式を共通化し、他のシステムに切り替え
- た際も認識違いが起こらない様にするのが望ましい
- ・表示する情報の内容やその色については、統一された規定を設けるべきと考える
- ・現状の回転灯の色や数には各社の独自性があり、回転灯だけで全社の動作状態を判別可能な人は少ないのではないかと考える

## 逸脱・侵入防止対策

- ・位置管理・共有システムによる監視を実施
- ・LiDARセンサー・カメラを用いた自律接触防止を搭載
- ・機器の使用前に実機の位置座標を確認する機能を具備
- ・位置管理対象を明記するべきである。例えば、他の機械や作業員に対する位置情報を想定
- ・(エリアを監視するために)俯瞰カメラは必須である。
- ・監視カメラの防水性や防塵性は、IP55と同等以上が望ましい。画素数の指定(200万画素以上)

## 連絡用の通信、無線通信網

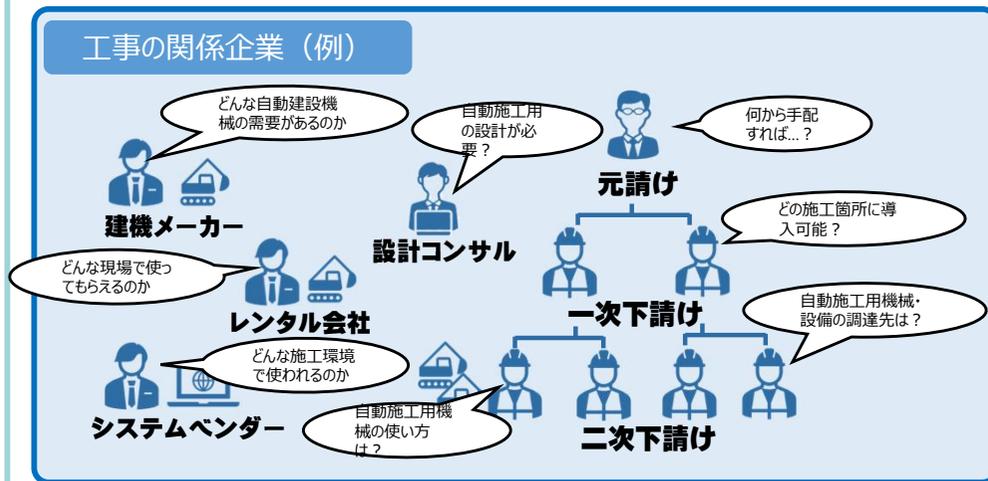
- ・双方向音声通話を必須とし、最低限現場写真をメール、通話アプリ等で送信できる環境の構築が望ましい
- ・使用する連絡装置は、IP55以上のものが望ましい。連絡装置は、連絡に際し、即時性を有することが望ましい。
- ・通信の暗号化やハッキング対策が必要
- ・トラブル時に緊急連絡が必要の為、通信関係の基準は必要と考える

➡ 機能要件については、引き続き**継続議論**

- 自動施工の導入にあたっては、通常の施工に関する知識はもとより、自動建設機械や運用するシステム、通信設備等に関する知識が必要であり、中小建設会社にとってはハードルが高い。
- 施工・自動建設機械・システム・通信設備等の知識・情報を持ち、各関係者との調整を担うことが可能な人材を「**自動施工コーディネーター**」として育成し、自動施工の導入が進んでいない中小の建設企業への普及促進を図る（**人材育成プログラムの作成**）。

## 現 状

自動施工を導入しようとした場合・・・

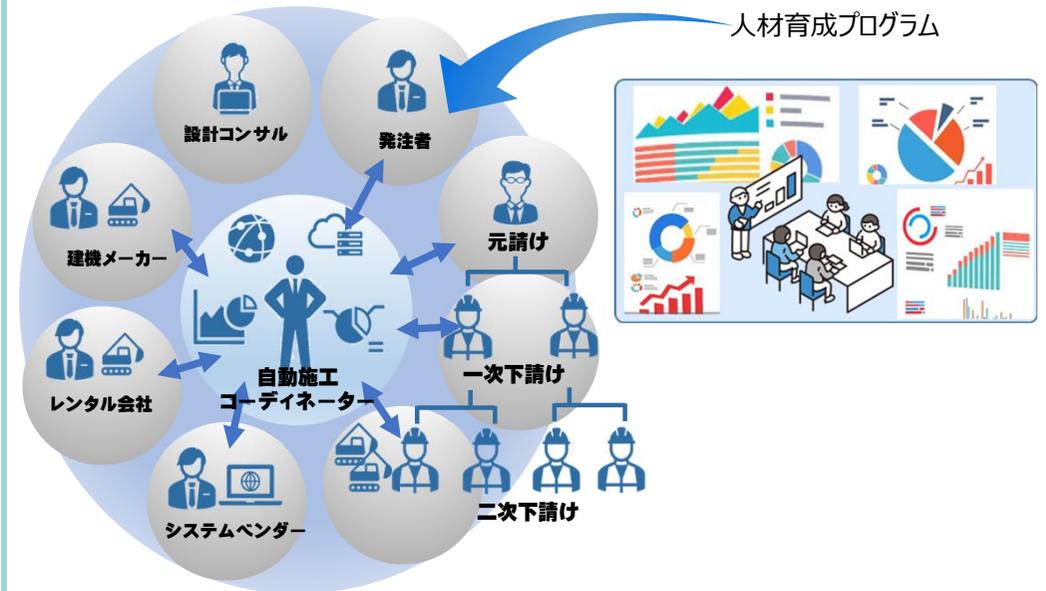


自動施工は通常の建設工事と異なる分野（機械・通信・システム等）の高度な知識・技術が必要であるため、自動建設機械が開発されたとしても、中小の施工業者が工事に導入するには高いハードルがある。

➡ 施工・機械・システム・通信等、自動施工に関する横断的な専門知識を持つコーディネーターの役割を担う人材の育成が不可欠。

## 自動施工コーディネーターの育成

自動施工コーディネーターのイメージ



- 今後、**自動施工コーディネーター**を企業内等で人材育成するための**人材育成プログラム**を作成する。
- 今年度は、自動施工コーディネーターが**自動施工の導入に必要となる知識・スキル**を調査・整理。

- 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に関する調査を実施
- 製造業のFAシステムのSierに求められるスキルに関する文献調査や、自動施工の実施経験のある施工者や自動施工技術の開発企業(建機メーカー、システムメーカー)を対象にヒアリング調査を実施。
- 自動施工の開発・導入に関わる人材に必要なスキルは、自動施工技術(建設機械の車体、自動運転や制御技術)の他、施工や施工管理技術、それらに係る法規制に関する事項の知識等幅広い知識が求められる。

## 【自動施工コーディネーターに必要な知識・スキル調査結果】

以下の自動施工技術・施工に関する幅広い知識・スキルが必要

- ・ コンセプト立案(自動化の範囲と施工効率や省人化などの設定)
- ・ 自動施工に対応した施工計画(作業工程や安全エリアの設定)
- ・ 日々の運用(機器の準備設定、管制)
- ・ 自動施工に対応した施工管理  
(無人エリアの出来形管理、品質管理手法)
- ・ 機器トラブル時の対応
- ・ 安全や関係法規に関する事項
- ・ 自動施工技術に関する知識・スキル(※)

### (※)自動施工技術に関する知識・スキル

- ・ 建設機械の車体、自動運転や制御技術、通信技術などの専門知識
- ・ 施工現場の環境条件や建設機械の活用方法に関する施工に関する知識
- ・ 安全や法規に関する事項
- ・ 上記の技術(者)をインテグレーションできるスキル

### <調査手法>

○直轄工事において、自動施工を実施する施工会社およびシステム・機械を提供するシステム会社・建設機械メーカーにアンケート調査を実施

### ○調査対象

施工者 2社

建設機械メーカー 4社

システム会社 2社