

機械の無人運転における安全確保等に関する専門家検討会 (一社)日本建設機械工業会提出資料

令和7年12月19日

1. 無人運転機械の開発・普及状況について
2. 無人運転機械が使用され、または想定されている作業について
3. 無人運転機械の制御方式や技術水準について
4. 無人運転機械に関する国際規格・国内規格、各国の規制等の状況や動向について
5. 労働災害防止の観点から必要な措置について
6. 無人運転機械を設計する上で各社が想定している前提条件
7. 今後の検討に際しての要望

- 参考 1. 各種公開情報リンク一覧
参考 2. 日本建設機械工業会の概要

※会員アンケート概要

- 実施時期：2025年12月8日時点
- 対象者：建機工会員（掘削機械メーカー、道路機械メーカー）
- 回答社数：6社

1. 無人運転機械の開発・普及状況について

主に掘削機械、道路機械、鉱山機械の取扱いがある会員数社にヒアリングを行い、遠隔運転・自律運転毎に表にまとめると以下の通り。（会員各社公開情報。リンク先は別紙参照）

運転種別	機種	上市済	開発中	
			実証段階	研究開発段階
遠隔運転	油圧ショベル	○	○	○
	ブルドーザ	○		
	ホイールローダ	○		
	クローラキャリア	○		
	モービルクラッシャ	○		
自律運転	油圧ショベル		○	○
	ホイールローダ			○
	ダンプトラック	○		
	クローラキャリア		○	
	振動ローラ	○		

（出典：会員アンケート）

2. 無人運転機械が使用され、または想定されている作業について

1. 遠隔運転

○作業内容

- ・一般土木では、土砂の掘削及び積込など
- ・鉱山での砕石では、ガラの小割や積込など

○作業環境

- ・災害復旧現場や、二次災害の可能性のある危険区域、高温、悪臭、騒音などオペレータの健康被害の可能性のある現場、鉱山などの僻地
- ・施工及び施工エリア間の移動
- ・機械の周辺には人が侵入しないよう、コーンとコーンバーで無人エリアを設定。ただし、積込時のトラックは有人の場合もある。

2. 自律運転

○作業内容

- ・土砂の掘削及び積込作業の他、プラント系現場での繰り返し作業
- ・盛土の締固め作業において、ブルドーザ等で敷きならされた平坦な路面環境での施工

○作業環境

- ・人が入ることのない隔離された無人施工エリアでの施工および走行
- ・国交省の安全ルールに基づき、エリア定義を実施。人と機械が混在しないように運用

(出典：会員アンケート)

2. 無人運転機械が使用され、または想定されている作業について

○実際に機械が使用されている一例（会員各社公開情報。リンク先は別紙参照）

①土木工事



②災害復旧



③産業廃棄物処理



④砕石



⑤製鉄



⑥鉱山



3. 無人運転機械の制御方式や技術水準について

1. 遠隔運転

(油圧ショベルの例)

機械の制御方式		後付け比例弁による油圧介入方式
技術水準	操作性	<ul style="list-style-type: none"> 作業に必要なとなる機械周囲の音をフィードバック 作業に必要なとなる作業中の微細な振動をモーションシートによりフィードバック
	利便性	可動式メインカメラ採用により一定範囲の視界性
	安全性	よそ見検知やオペレータ顔認証機能により誤操作防止

(その他の例)

- ・現場で使用する通信帯域下での低遅延通信技術

2. 自律運転

(油圧ショベルの例)

機械の制御方式		後付け比例弁による油圧介入方式
技術水準	利便性	現場周囲環境に適した動作軌跡とするためのティーチングプレイバック方式
	安全性	レーザバリアなど外部検知システムとの連携した停止機能

(その他の例)

- ・GNSS、IMU、LiDARを組み合わせた位置/姿勢/環境認識による自律施工
- ・予め計画した経路を指定条件（転圧回数・速度・振動モード）にて施工または走行。経路に沿って走行できるように自動で走行と操舵を制御
- ・障害物検知による緊急ブレーキ機能の搭載
- ・車両と遠隔操作装置との通信が途絶した場合に自動停止機能

(出典：会員アンケート)

- 令和6年度、建設機械工業会の委託調査事業として「令和6年度 土木・建設施工における遠隔化・自動化に関する海外動向調査」を実施した。（概要P7～P11）
- 調査を実施した結果、遠隔化・自動化施工に関する海外各国の法制度・規制等は発見できなかったが、関連制度面では、AI・サイバーセキュリティ対応を含む機械安全ルール全般についての国際標準規格見直しの動きがあることが明らかになった。
- 国際標準規格の見直しとして、2027年1月20日に全面適用される欧州機械規則がある。
- 欧州機械規則の現行機械指令からの変更点として、リスクの高い機械に対する認証の強化、自律的な機械に対する遠隔監視機能の必須要件化、サイバーセキュリティ対策などがあり、考慮が必要

1. 国際基準の検討状況

国際基準の 検討状況

欧州機械規則 の発行

- 現行の欧州機械指令(2006/42/EC)が、欧州機械規則(2023/1230/EU)へ移行される
 - ・ 現行の欧州機械指令(2006/42/EC)は、2006年に制定され、2009年12月29日から運用開始されている
 - ・ 欧州機械規則は2023年12月30日に発行され、移行期間の3年半を経て、2027年1月20日に全面適用される
 - ・ これまでの「指令」(Directive)はEU加盟各国が自国の裁量で運用する制度であるが、新たに適用される「規則」(Regulation)はEU加盟各国に強制的に適用される制度である
- 欧州機械規則は、現行機械指令と比較する際の変更点は主に次である：
 - ①安全コンポーネントの適用範囲の拡大、②安全機能のテスト要件の追加、③リスクの高い機械に対する認証の強化、④新しいデジタル技術によってもたらされるセキュリティリスク要件の追加、⑤自律的な機械に対する遠隔監視機能の必須要件化、⑥サイバーセキュリティ対策、⑦AI利用時の意思決定方法、⑧人間と機械のインタラクション、⑨環境及び持続可能性の配慮設計、⑩適合評価手続きの明確化

欧州機械規則 の発行による ISO改定の 動向

- ISOのA規格(基本安全規格)のISO12100の改定プロセスが実施中であり、国際標準草案 (DIS) が2024年12月に発表され、その後12週間の公開コメント期間に入っている。公開次第、移行期間なしで即座に適用される
- ISO12100の改定が完了した後、下位のB規格 (グループ安全規格) 及びC規格 (個別製品安全規格) の改定が順次行われる見込みである
 - ・ TC127(土工機械)が管掌しているISO規格はISO12100の下位であるC規格に該当するため、ISO12100改定完了から、TC127が管掌するISO規格までの改定には数年を要する見込みである

各国基準改定 の状況

- ISO A規格の12100が公開された後、JIS含め各国の改定プロセスが開始する見込みであり、改定が完了するまでには数年を要すると想定される

2. 各国施策等

遠隔化・自動化 施工等を進める 政府政策	EU	<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>2021年から2024年にかけて、EUの研究革新プログラムHorizon 2020から総予算1,600万米ドルの資金提供を受けた「NEXGEN SIMSプロジェクト」において、持続可能で効率的な鉱山オペレーションを目指した各種取組みを実施している</u> <ul style="list-style-type: none"> ・ 当プロジェクトでは、生産効率向上、エネルギー使用量削減、環境負荷低減、生産コスト削減、作業者の安全性向上などの各種取組みを実施している
	中国	<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>国家レベルの政策で施工の自動化・無人化を推進しているが、最新の政策は土木及び鉱山の無人化に注力しているように見受けられる</u> ■ <u>中央政府においては、ある特定の部門が遠隔化・自動化施工を推進しているのではなく、関連する各部門において、それぞれが管掌している遠隔化・自動化施工の取組みを推進している</u>
現場に適用される 具体的な法制度、規制、 標準制定状況		<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>本調査の範囲では、各国において遠隔化・自動化施工の実施を目的とした法制度・規制、及び標準・規格は見当たらなかった</u>
事故発生時の対応策		<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>本調査の範囲では、各国において遠隔化・自動化施工を目的とした事故対応案や実際の事故事例は見当たらなかった</u> ■ 参考として自動運転自動車の事故に関する各国の文献を調べた結果、事故発生時には強制保険制度を活用し被害者への賠償を行った後、過失の分担に応じてメーカー等へ求償する仕組みを検討する動きが各国で見られる

出典：建機工「令和6年度 土木・建設施工における遠隔化・自動化に関する海外動向調査」より抜粋

3. 欧州機械規則のポイント

- 現行の欧州機械指令(2006/42/EC)は、2006年に制定され、2009年12月29日から運用開始されているが、欧州機械規則は2023年12月30日に発行され、移行期間の3年半を経て、2027年1月20日に全面適用される
- これまでの「指令」(Directive)はEU加盟各国が自国の裁量で運用する制度であるが、新たに適用される「規則」(Regulation)はEU加盟各国に強制的に適用される制度である

機械規則 (EU) 2023/1230の主なポイント

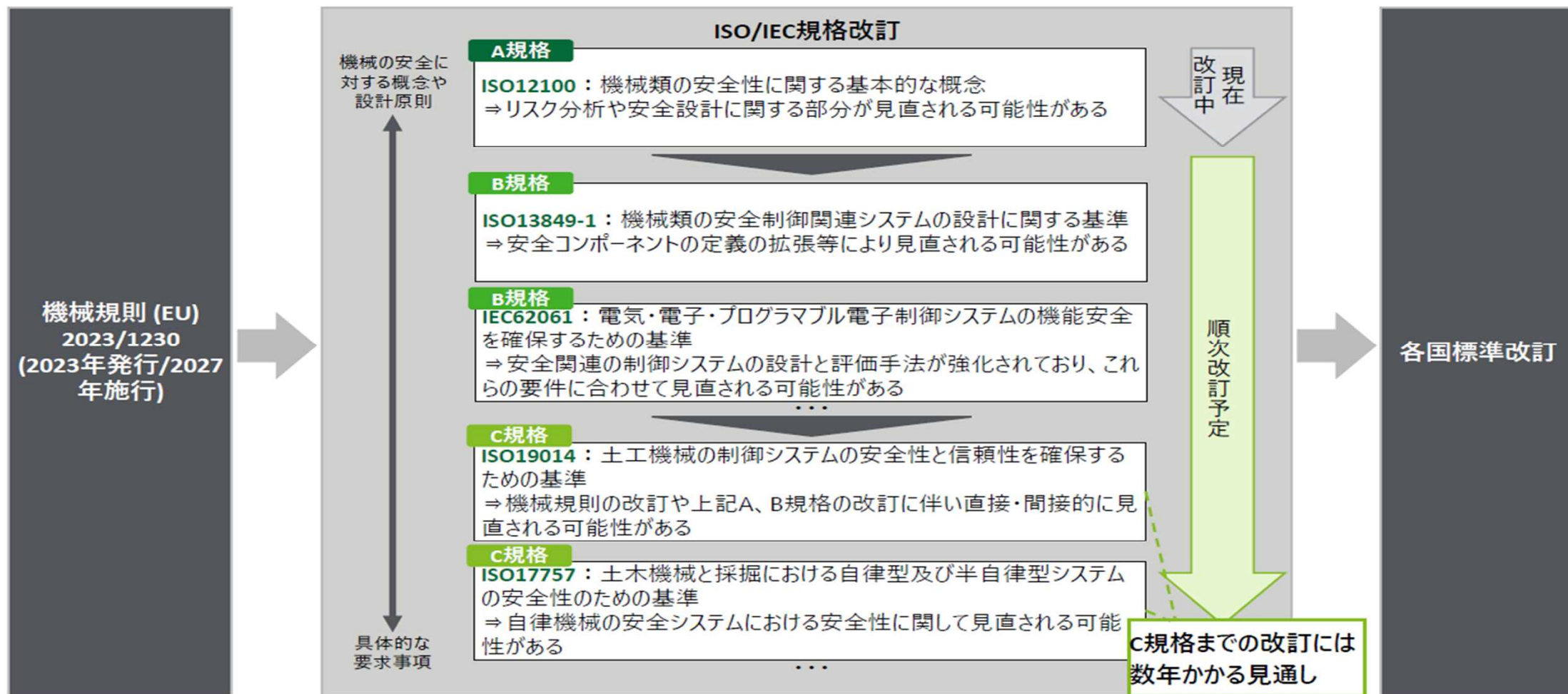
- 1 安全コンポーネントの適用範囲の拡大**
安全コンポーネントの定義には、物理的な性質のコンポーネント、デジタルコンポーネント、および/または混合コンポーネントに加えて、ソフトウェアが含まれるようになった
- 2 安全機能のテスト要件の追加**
機械のユーザーが安全機能をテストできるようにすることが要求されたことにより、制御システムの設計段階から、安全機能の検証可能性を考慮する必要がある
- 3 リスクの高い機械に対する認証の強化**
リスクの高い機械が定義され、そのような機械は第三者機関 (通知機関 (notified body)) による認証が必要となる
- 4 新しいデジタル技術によってもたらされるセキュリティリスク要件の追加**
インターネットに接続された機械のセキュリティを確保するための基準を提供することになった
- 5 自律的な機械に対する遠隔監視機能の必須要件化**
自律的な機械は、遠隔で識別し、操作できる監視機能を持たなければならないようになった
- 6 サイバーセキュリティ対策**
一般的なリスクを超えて、新しい規制はセキュリティのレジリエンスやサイバー脅威への保護に関連する特定の項目を導入する可能性がある
- 7 AI利用時の意思決定方法**
機械がAIを使って意思決定する場合、リスク評価と透明性について、新しいコンプライアンス要件が生じる可能性がある
モデルが環境や意思決定にどのように反応するか予測が難しいため注目されている
- 8 人間と機械のインタラクション**
人間と機械が協働する際の強化された安全対策が含まれる可能性がある
- 9 環境及び持続可能性の配慮設計**
機械製造と運用において、機械の設計段階から環境に配慮した設計を行うことが推奨され、エネルギー効率やリサイクル可能性などが重視される
- 10 適合評価手続きの明確化**
新しい安全要件に対する適合評価の手続きが明確化され、製造者や輸入業者が遵守すべき手順が詳細に規定されることにより、適合評価の透明性と一貫性が向上

出所： <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1230/oj/eng> 及び有識者インタビューに基づいて作成

出典：建機工「令和6年度 土木・建設施工における遠隔化・自動化に関する海外動向調査」より抜粋

4. 欧州機械規則改訂による影響

機械規則 (EU) 2023/1230の改訂による影響

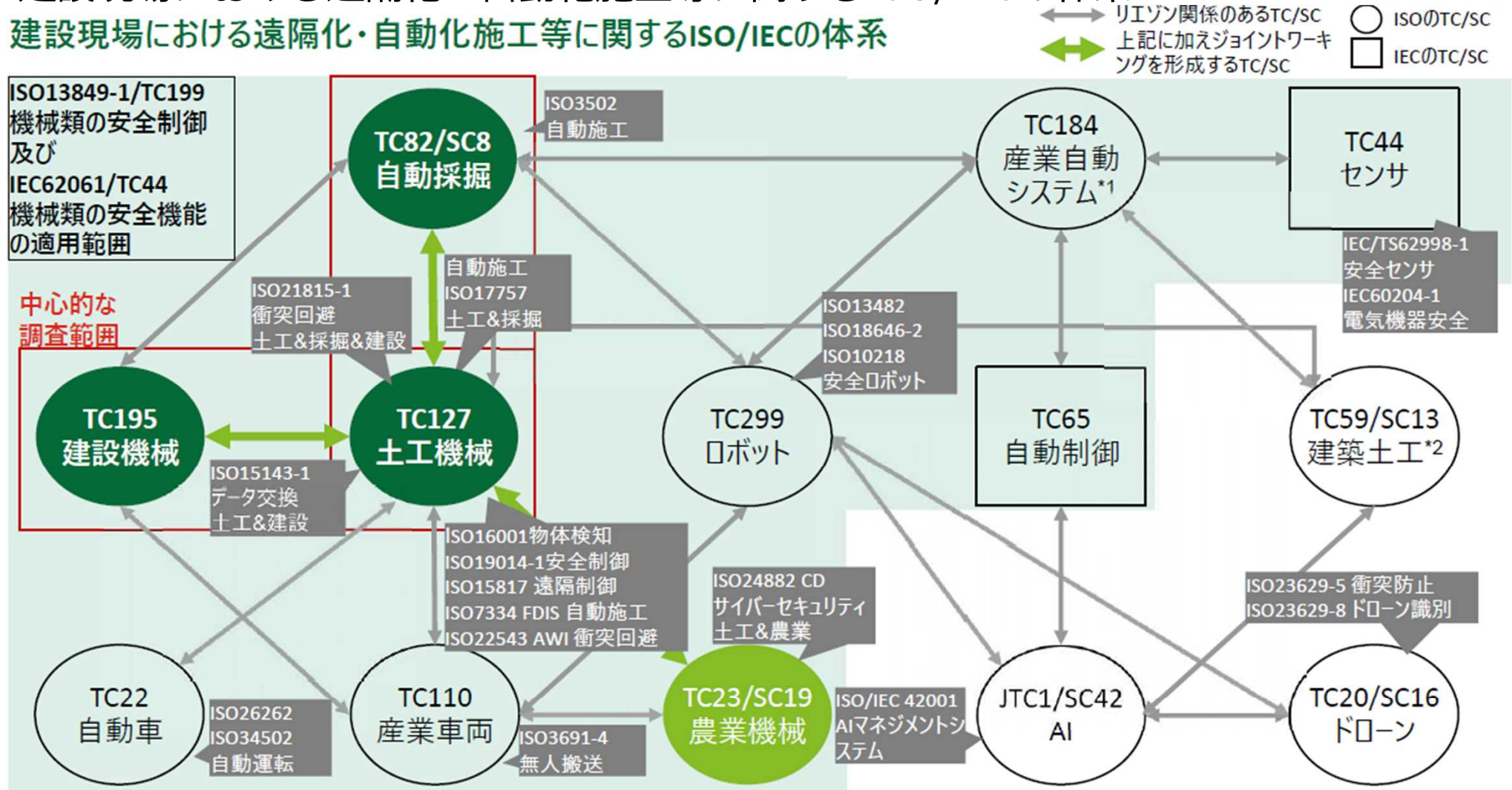


出所： <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1230/oj/eng> 及び有識者インタビューに基づいて作成

出典：建機工「令和6年度 土木・建設施工における遠隔化・自動化に関する海外動向調査」より抜粋

5. 建設現場における遠隔化・自動化施工等に関するISO/IECの体系

建設現場における遠隔化・自動化施工等に関するISO/IECの体系



【TC】技術委員会を指す【SC】技術委員会の下部組織で分科会を指す、*1：産業オートメーションの標準化を担うTC、*2：建設情報のデジタル化と標準化を担うSC
 【リエゾン】一般的には、連携、協業といった意味を持つが、本件では異なるTCや外部組織との間で情報交換を行う関係を指すことが多い
 【ジョイントワーキング】本件では、2つ以上のTC/他の標準化機関が共同で特定のプロジェクトや標準を開発する関係を指すことが多い
 ※ただし、上記はあくまで一般的な定義であり、具体的な作業内容や組織間の関係性により意味合いが異なる場合があるため、詳細は別途確認が必要である
 参考：ISO Technical Committees < <https://www.iso.org/technical-committees.html> >

5. 労働災害防止の観点から必要な措置について

5-1. 他の機械等との衝突、周辺作業員への接触防止

(作業場所の立ち入り禁止、誘導員の配置、合図、自動接触検知・停止機能等)

1. 無人工リアの設定・運用

- ・ 無人運転においては建設機械側のみでの完全な接触防止は困難であることから、施工側における無人工リアの設定方法（物理的な柵やコーン等）、立ち入り禁止措置の徹底が必要。

2. 建設機械側の対応

- ・ エリア逸脱時、通信途絶時等の際の停止措置
- ・ 接触防止装置（カメラ、センサー等）の装備

3. 施行者・作業員側の対応

- ・ 現場判断による機械の緊急停止（無人工リア近傍にいる作業員を含む）
- ・ 現行の安衛法(151～160条等)は有人運転(実搭乗)を前提としたものであり、それらの見直し

4. 上記の明確化、運用の整合性確保

- ・ 上記の1から3については、無人運転に関するガイドライン等により明確化されたい。その際、国交省の安全ルールと厚労省安衛法等の関連規則を整合的かつ一体的整備・運用されたい。

(出典：会員アンケート)

5. 労働災害防止の観点から必要な措置について

5-2. 運転操作性の確保

(視認性の確保、通信エラー・セキュリティー (ハッキング防止)対策 等)

1. 建設機械側

- ・ 視認性、画像、位置情報等に関するガイドラインの整備、明確化

2. 通信基盤側

- ・ 通信品質 (遅延・信頼性) に関する基準の整備、明確化

3. 関連制度の整備、導入支援

(1) 関連制度の整備、明確化

- ・ 無人建機機械に関する特定自主検査の検査方法、項目、資格についての検討 (遠隔運転の際の事前習熟の必要性)

(2) 通信インフラ整備等への支援

- ・ 稼働現場の状況を踏まえ、中継施設や通信品質確保、ローカル5G・Wifi・衛星通信等の通信インフラ導入支援と必要に応じた規制緩和
- ・ 周囲への影響等に鑑みサイバーセキュリティー対策への支援も重要

(出典：会員アンケート)

5. 労働災害防止の観点から必要な措置について

5-3. 停止時・トラブル時の安全確保

(逸走(暴走) 防止装置、通信遮断時における荷の落下防止操作等のミニマムリスク操作 (MRM) 等)

1. 無人工リアの設定・運用

- ・ 無人運転においては建設機械側のみでの完全な接触防止は困難であることから、施工側における無人工リアの設定方法 (物理的な柵やコーン等)、立ち入り禁止措置等の安全ガイドラインの策定、適切な運用。

2. 建設機械側の対応

- ・ 通信途絶時の際の緊急停止措置、自動システムとは別系統の緊急停止措置
- ・ メーカーによる差をなくすため、緊急停止方式の標準化 (ボタンやスイッチの色等)

3. 施行者・作業側側の対応

- ・ 現場判断による建設機械の緊急停止 (無人工リア近傍にいる作業者を含む)
- ・ 緊急停止後、人が建設機械に接近する際の安全確認手順
- ・ 無人運転ができない環境での建設機械の代替移動、回収手段の確保

4. 上記の明確化、運用の整合性確保

- ・ 上記の1から3については、無人運転に関するガイドライン等により明確化されたい。その際、国交省の安全ルールと厚労省安衛法等の関連規則が整合的かつ一体的に運用されたい。

(出典：会員アンケート)

5. 労働災害防止の観点から必要な措置について

5-4. 運転者（操作者）に求められる技能の確保

（無人運転に対応した免許・技能講習の再設計）

1. 既存の資格・技能講習との連携の確保

- ・ 現状の技能講習に特別の教育を付加的に受講することにより、現状の資格に加え無人運転資格を取得できる等、既存の制度との連携の確保。
- ・ その際、必要となる免許・技能講習の要件の明確化。（例）無人運転の技術内容、リスクへの理解等

2. 資格新設の場合の対応

- ・ 性別、年齢、障害の有無等によらず多様な人材が資格を取得できるような配慮

3. 国をまたいだ運転操縦への対応

- ・ 国内から海外、またその逆の場合の運転操縦に関する資格の適用範囲の明確化、国内基準の整理、国際的連携の実施。

（出典：会員アンケート）

6. 無人運転機械を設計する上で各社が想定している前提条件

1. 基本的考え方

- ISO/TC127の設計原則等の国際安全設計原則に準拠

2. 複数企業から示された前提条件

(1) 周辺状況

- 通信状態が良好であること（通信不安定下では無人運転不可）
- 有人機と同様、全体システムとしての安全性はユーザ責任であること。
（建設機械側は受信した指令に対し正しく作動することが責任範囲）

(2) 機械自体

- 遠隔、現場双方から緊急停止手段があること
- 無人運転から有人運転へ切替可能であること(緊急時及びリカバリー時)

（出典：会員アンケート）

7. 今後の検討に際しての要望

1. 検討体制、実施体制

- 広く安全に関する学識者、専門家、専門団体などの参画のもと、建設・土木、労働安全、通信基盤、セキュリィー対策等を所管する関係省庁は相互に、またメーカー、ユーザー等と幅広く密接に連携し、迅速に対応されたい。
- 制度の策定のみならず運用の面でも各省庁間、自治体間等関係者間で整合性のあるものとされたい。

2. 検討の際、留意いただきたい点

(1) 関連法規間の整合性確保、明確化

- 無人施工（自動・遠隔施工）において機械単体での安全確保には限界があり、施工計画、エリア管理、運用等に関するルールを一体的に規定することが重要と考える。
- 建設機械側に必要となる装置、機能等に関してはガイドライン等により明確化されたい。
- それらの策定、運用において省庁間、自治体間等関係者間でも整合性のあるものとされたい。
（国交省の安全ルールと安衛法規の整合性、一体的運用の確保等）

(2) 他分野及び国際的整合性の重視

①他分野の動向、整合性

- 建設土木分野における制度を検討するにあたり、物流分野、農業分野、自動車、通信分野など関連分野における制度、技術動向との整合性を重視されたい。

7. 今後の検討に際しての要望

②国際的整合性の確保

- 国内法規・技術との整合性のみならず、労働・機械安全、自動運転、通信などに関する欧州機械規則やISO等の国際法規・規格との整合性や、グローバルな技術動向等を踏まえた制度とされたい。
(2027年1月から全面適用される欧州機械規則には、A Iが行った意思決定へのリスク評価の確立、サイバーセキュリティ対策、高リスク機械の認証整備等も含まれていることに留意されたい。)

(3) 安全確保に関する責任範囲及び分担の明確化、リスク軽減の方策の検討

①責任範囲及び分担の明確化

- 無人施工は、建設機械、通信設備、計画策定・施工関連システム、付帯固定設備などの多くの要素からなるため、安全確保及び事故後（人身、物損）に関する責任範囲及び分担が明確になるよう、ガイドライン等に記載されたい。

②リスク軽減方策の検討

- 施工者のリスク負担を軽減する適切な保険制度、自動車の無人運転の際の保険のあり方を踏まえた保険の整備等も検討されたい。

7. 今後の検討に際しての要望

3. 規制の内容、規制水準

(1) 多様性を踏まえた規制制度

- 工事の態様、建設機械の種類、運転制御方式、周辺環境(有人・無人等)は多様であるため、これらの違いを踏まえた規制内容とされたい

(2) 適切な水準の検討・導入

- 規制の水準は、現状を踏まえ無人施工の実現、機器の導入・運用、新規参入促進等の側面からも過度・過剰でなく、適切なものとされたい。

(3) 有人運転を前提とした関係法令等の見直し

- 現在の国交省安全ルール、厚労省の安衛法等については無人運転に適した内容に見直しをされたい。

4. 導入支援策の検討・実施等

(1) 初期投資負担の軽減

- 施行者の初期投資負担を軽減するため、建設機械、関連システムや通信インフラの導入、サイバーセキュリティ対策等に関する補助金や税制による大胆な支援策を実施されたい。
- 評価における加点等、公共工事における導入支援策を実施されたい。

(2) 必要に応じた関連規制の整備・緩和

- 通信・技術基準の明確化、関連規制の緩和

(出典：会員アンケート)

1. 遠隔運転

○上市

- ・ 遠隔操作ソリューションに対応した油圧ショベルRBTシリーズを発売（日立建機）
- ・ K-DIVE（コベルコ建機）
- ・ ブラジル ICTブルドーザー遠隔操作＋自動ブレード制御 Teleoperation（コマツ）
- ・ Smart Construction Teleoperation（コマツ）
- ・ 遠隔操作システムの導入（コマツ）
- ・ 建設機械向け遠隔操作システムを搭載した移動式DXオフィス販売開始（コマツ）
- ・ 水陸両用ブルドーザー ラジコン操作Line of sight（コマツ）
- ・ モービルクラッシャ ラジコン操作Line of sight（コマツ）

○開発・実証

- ・ ウクライナに遠隔操作コックピットを導入し実証試験（コベルコ建機）
- ・ 超大型油圧ショベル遠隔操作システム（コマツ）
- ・ 水中施工ロボット（コマツ）
- ・ earthbrain5GRemoteSolutions（コマツ）

○活用事例

- ・ 遠隔操作システム重機の体験会（コマツ）
- ・ 遠隔（ラジコン操作可）ブルドーザー 地雷除去（コマツ）
- ・ 経済産業省 建機遠隔操作システムの視察（コマツ）

参考 1. 各種公開情報リンク一覧

2. 自律運転

○上市

- ・ 自動化・自律化、遠隔操作化の実現を加速（コマツ）

○開発・実証

- ・ 土工用振動ローラ自律転圧システムの開発（日立建機）
- ・ ホイールローダ自動掘削積込システムの開発（日立建機）
- ・ 施工システムと油圧ショベルの連携による自動施工（日立建機）
- ・ 施工中の工事現場で、自動運転ショベルを長期安定運用（コベルコ建機）
- ・ 「未来の現場」の実現に向けて数々の新技術を展示（コマツ）
- ・ 建設・鉱山機械の自動化開発（コマツ）
- ・ 建設機械施工の自動化・遠隔化技術による現場見学会を開催（コマツ）

参考2. 日本建設機械工業会の概要

名称：	一般社団法人日本建設機械工業会(建機工) Japan Construction Equipment Manufacturers Association(CEMA)
設立：	1990年4月
目的：	本会は、我が国建設機械産業の健全な発展を図り、もって我が国経済の発展と国民生活の向上に資することを目的とする。
会長：	山本 明(コベルコ建機株式会社 代表取締役社長)
会員：	正会員 60社 賛助会員 59社(令和7年5月現在)
規模：	(1)国内での生産額（出荷金額2024年度） 3兆3,958億円 国内：1兆0,674億円 海外：2兆3,284億円(輸出比率68.6%) (2)世界全体での日本企業の出荷額（2024年） 世界上位50社計36.0兆円のうち、国別では米に次ぐ2位の7.5兆円（20.9%） 出所：建設機械出荷金額統計(建機工)等
組織：	運営委員会、経営高度化委員会、流通サービス委員会、技術製造委員会、国際委員会、イノベーション委員会の6委員会で構成。 2015年6月にイノベーション委員会を設置し、2020年度より同委員会で建設機械の自動化・自律化に関する検討を開始。



○建設機械産業の将来ビジョン「20年後の建設現場」

○動画リンク：

<https://www.youtube.com/watch?v=EQS5xX1R84w>