

建築現場におけるロボット導入ガイドライン

2024年6月 初版

一般社団法人 日本建設業連合会
建築技術開発委員会 技術研究部会
建築ロボット専門部会

目次

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 第1章 | 本ガイドラインの位置付け | 4 |
| 第2章 | 建築ロボットの導入フロー | 11 |
| 第3章 | 導入計画 | 13 |
| 第4章 | 建築ロボット導入に向けた環境整備 | 37 |
| 第5章 | 現場導入 | 48 |
| 第6章 | 導入効果検討 | 61 |
| 第7章 | 参考情報 | 68 |
| 付録 | 用語集 | 79 |
| | 参考資料 | 83 |

まえがき

近年、建設業界では技能労働者の高齢化、新規入職者の減少等による労働力不足に対応するための生産性向上が喫緊の課題となっています。これに対し、日本建設業連合会では様々な施策を推進しているところです。それら施策の中で建設工事作業へのロボット導入による効果が期待されていますが、各社とも経験が少なく、また、実際に建設現場へ導入できるロボットがまだ少ないことから、どこから手を付けたらよいのかわからない状況かと思われまます。

このような状況を少しでも改善し、建設現場でのロボット導入の敷居を低くし、ロボット活用を拡大し普及に寄与するため、建築ロボット専門部会では、「建築現場におけるロボット導入ガイドライン」を作成しました。

このガイドラインは、建設現場でこれからロボットを導入したいと考えている担当者が参照し、ロボットを自分の工事・作業に使うために、何を、どのようにすればよいのか、計画・管理の参考としてもらおうとするものです。

これらによって建設現場でのロボット導入が進むことができるなら幸いです。

一般社団法人 日本建設業連合会
建築ロボット専門部会 主査 宮口 幹太

「建築現場におけるロボット導入ガイドライン」執筆者一覧

導入ガイドライン WG 委員

| | |
|-------|---|
| 松井亮夫 | 株式会社浅沼組 戦略企画本部 技術研究所 調査研究グループリーダー 兼 戦略事業推進部 |
| 安保篤康 | 株式会社安藤・間 技術研究所 先端技術開発部 建築施工ロボティクスグループ 担当部長 |
| 井田慎太郎 | 株式会社大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 主任 |
| 立野哲也 | 株式会社鴻池組 大阪本店 建築技術部 部長 |
| 荒井秀之 | 佐藤工業株式会社 技術センター 生産推進部 部長 |
| 町田智之 | 大末建設株式会社 事業戦略本部 事業戦略部 部長 |
| 瀬川柳太郎 | 大日本土木株式会社 建築本部 建築技術部 部長 |
| 草野敏宏 | 東洋建設株式会社 建築事業本部 建築部 課長 |
| 鈴木信也 | 戸田建設株式会社 技術研究所 施工革新部 主管 |
| 敏謙俊介 | 株式会社ナカノフードー建設 生産イノベーション推進部 技術教育室 副参事 |
| 林 徹 | 株式会社長谷工コーポレーション 技術推進部門 技術研究所 統括室長 |
| 中村 聡 | 東急建設株式会社 技術研究所 ロボティクスグループ グループリーダー |
| 宮口幹太 | 株式会社竹中工務店 技術研究所 未来・先端研究部 建設革新グループ 主席研究員 |

第1章 本ガイドラインの位置付け

第1節. 本ガイドラインの目的

本ガイドラインは、建築ロボットの現場導入を検討、計画、準備、実施する時に加え、導入後の効果検証を行う時に参考となる情報を、各種の建築ロボット導入事例をもとに取り纏めたものである。

建築ロボットにかかわる建設会社（現場および内勤部署）、専門工事会社、協力会社が、ロボットが導入可能な現場条件、導入のメリット、検討から導入までの流れ、導入に必要な現場の環境整備と費用、導入効果の求め方などを本ガイドラインで確認し、目的に沿った最適なロボット導入を実施できることを目的としている。

第2節. 本ガイドラインが調査対象とするロボット

本ガイドラインでは、実際の現場に導入した建築ロボットを①既存の技術を高度化したロボット、②新しい技術や手法をベースにしたロボット、③販売・レンタル可能なロボット、④協力業者が持ち込み導入したロボット、⑤小中規模の現場にも導入可能なロボット、⑥現場環境整備を行い導入したロボットの6つに分類し、対象となる建築ロボットを選定した（表 1-1）。加えて、選定したロボットの現在の実用化レベルについても表 1-1 に記載する。

表 1-1 調査対象の建築ロボット分類と名称

| 分類 | 対象ロボット | 調査ロボット名称 | 実用化レベル | | |
|----|--------------|-----------------------------|--------|----|------|
| | | | レンタル | 販売 | 現場実証 |
| ① | 搬送ロボット | Robo-Carrier（清水建設） | | | ○ |
| | | スクイニー（竹中工務店、鹿島建設） | | | ○ |
| | 遠隔操縦 | TawaRemo（竹中工務店） | | | ○ |
| ② | 床仕上げロボット | T-iROBO Slab Finisher（大成建設） | | | ○ |
| | 検査ロボット | ひび割れ検査ロボット（安藤ハザマ） | | | ○ |
| ③ | 清掃ロボット | KEMARO K900（大林組、PLiBOT） | ○ | ○ | |
| | 搬送ロボット | かもーん（竹中工務店、レンタルのニッケン） | ○ | | |
| ④ | 鉄筋結束ロボット | トモロボ（建ロボテック） | | | ○ |
| | コンクリート打設ロボット | リバイプロボ（フロアエージェント） | | | ○ |
| ⑤ | 墨出しロボット | SumiROBO（日立チャネルソリューションズ） | ○ | ○ | |
| ⑥ | 遠隔監視ロボット | SpotMini（竹中工務店） | | | ○ |
| | 多能工作業ロボット | Robo-Buddy（清水建設） | | | ○ |

表 1-1 に記載した建築ロボットを対象に開発者や導入担当者、レンタル会社などへヒアリングを行い、実際に行った導入計画、導入に向けた環境整備、現場導入時の管理方法、ならびに導入効果の検討について取り纏め、その内容を第 3 章から第 6 章にかけて記載した。参考情報として表 1-1 に記載した建築ロボットの概要を表 1-2 に示す。また、各章における建築ロボットのヒアリング内容や回答の有無について一覧表にまとめたものを表 1-3 から表 1-6 に示す。

本ガイドラインに掲載している内容および費用、歩掛等については、本ガイドライン完成時（令和 6 年 5 月 31 日）のものである。

なお、本文中の※が記載されている用語については、用語集の当該番号を参照のこと。

表 1-2 調査対象ロボットの概要

| ロボット名 | Robo-Carrier (清水建設) | スクイニー (竹中工務店・鹿島建設) | TawaRemo (竹中工務店) | T-iROBO Slab Finisher (大成建設) | ひび割れ検査ロボット (安藤ハザマ) | KEMARO K900 (大林組、PLiBOT) |
|-----------|---|--|---|---|---|---|
| 画像 |  |  |  |  |  |  |
| 寸法 | W:2000mm × D:1400mm × H:1930mm | L:1420mm × W:750mm × H:450mm | — | L:1400mm × W:800mm × H:400mm | W:835mm × D:1150mm × H:1197mm | W:720mm × D:790mm × H:350mm 稼働幅：900mm |
| 本体重量 | 1,160kg | — | 専用コックピット：300kg (簡易：50kg) | — | 52kg (分割時：29.5kg・22.5kg) | 32kg |
| 搬送重量 | 990kg | 1,000kg | — | — | — | — |
| 作業スピード | 移動速度：3.6km/h(60m/min) | 移動速度：3.6km/h (60m/min) | — | — | 検査速度：約300㎡/h | 清掃能力：1000㎡/h |
| センシング | 3D距離計測カメラシステム、LiDAR | カメラ、LiDAR | Web カメラ | — | カメラ、LiDAR | LiDAR、3D カメラ、車輪回転計測センサ |
| 制御方式 | 自動 (SLAM)、手動 (タブレットアプリ) | 自動 (SLAM)、手動 (タブレットアプリ) | 遠隔操作 | 遠隔からリモコン操作 | SLAM | タブレット端末またはリモコンによる操作 |
| 移動装置 | 車輪 | 車輪 | — | コテ回転 | 車輪 | 車輪 |
| 通過可能段差・勾配 | 15mm | 20mm | — | — | — | 最大勾配：12% |
| 通信機能 | 統合管理システム (クラウド) | LTE (docomo、au、softbank) | 4Gアクセスプレミアム回線 (閉域ネットワーク)、5G、KCL (Kanamoto Creative Line) | 産業用無線リモコン | タブレット、Wi-Fi | Wi-Fi |
| 電源 | バッテリー (4時間稼働 デューティ比50%時) | バッテリー (8時間稼働) | — | バッテリー (約3時間稼働) | バッテリー (8時間稼働) | バッテリー (5時間稼働) |
| エレベータ連携 | あり | なし | — | なし | なし | なし |
| 備考 | 安全装置：障害物検知センサ、非常停止ボタン、警告灯・警報器、パンパセンサ | — | 長距離の遠隔操作 (クレーン設置場所の敷地外の遠隔) は実証実験段階 | コテ回転数：20~150rpm (可変式) 安全装置：非常停止スイッチ | 撮影画像からAIにより最小幅0.1mmのひび割れ検出 | 水たまりの上も走行可能 ごみタンク容量：35L |



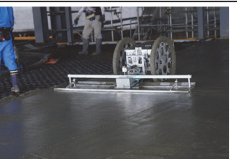
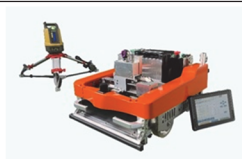

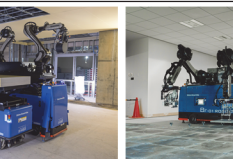
| ロボット名 | かもーん (竹中工務店、レンタルのニッケン) | 鉄筋結束トモロボ (建ロボテック) | リバイプロボ (フロアエージェント) | SumiROBO (日立チャネルソリューションズ) | SpotMini (竹中工務店) | Robo-Buddy (清水建設) |
|-----------|---|--|---|---|---|---|
| 画像 |  |  |  |  |  |  |
| 寸法 | L:1200mm × W:800mm × H:360mm (荷台部) | L:690mm × W:630~930 (可変) mm × H:600mm | ボード幅：2000mm | L:680mm × W:550mm × H:390mm | L:1100mm × W:500mm × H:610mm (オプション非搭載時) | 天井用：L:2400mm × W:800mm × H:2600mm アシスト用：L:2100mm × W:800mm × H:2100mm |
| 本体重量 | 205kg | 38.5kg | 126kg | 約30kg (バッテリー約5kg含む) | 32.7 kg (バッテリー含) | 天井用：2100kg アシスト用：1115kg (資材満載時：1980kg) |
| 搬送重量 | 最大600kg | — | — | — | 14kg | アシスト用：最大石膏ボード60枚 |
| 作業スピード | 移動速度：最高4.5km/h | 結束タクト2.0秒/1カ所(200mmピッチ) | 締固め時間：12分/100㎡ | 走行速度：360mm/秒 墨出し作業：38.8㎡/h (123㎡/190min) | 歩行速度：最大1.6m/s | 天井用：8分2秒/ボード1枚 |
| センシング | 光学式センサ | 磁気センサ | — | 測域センサ、自動追尾型測量機 (トブコンLN-100) | 赤外線ステレオデプスカメラ、IMU、オプション (PTZ camera、ステレオカメラ、LiDAR) | LiDAR、レーザセンサ |
| 制御方式 | 自動追従、手動操縦 | 本体コントロールパネル、スマートフォンアプリ(オペロボ使用時) | リモートコントロール | コントロールアプリ (タブレット端末) | 自律移動、タブレットアプリ | タブレットアプリ |
| 移動装置 | 車輪 | 車輪 | 車輪 | 車輪 | 4足歩行 | メカナムホイール |
| 通過可能段差・勾配 | 最大勾配：4.5° | 最大勾配：5% | — | 最大段差：20mm、最大勾配：7° | 最大段差：300mm、最大勾配：±30° | 段差不可 |
| 通信機能 | — | — | — | Wi-Fi | Ethernet / Wi-Fi 2.4 GHz | — |
| 電源 | バッテリー (4時間稼働、充電時間約9.5時間) | バッテリー (11時間稼働) | リチウムイオンバッテリー (充電式) | バッテリー (約5時間稼働) | バッテリー (1.5時間稼働) | バッテリー (4時間稼働) |
| エレベータ連携 | なし | — | — | — | なし | なし |
| 備考 | 安全装置：非常停止スイッチ、接触停止センサ | 対応鉄筋サイズ：D10~29 配筋ピッチ100~300mm内で25mmごとに対応 安全装置：接触センサ、パンパセンサ、端面検知センサ | — | 印字位置精度：±0.6mm以内 印字サイズ：約φ120mm | 動作環境 -20~45°C | 石膏ボードサイズ：910 mm × 1820 mmのみ |

表 1-3 各章ヒアリング内容の一覧（3章－1）

| 章 | 節の内容 | Robo-Carrier | スクイニー | TawaRemo | T-iROBO Slab Finisher | ひび割れ検査ロボット | KEMARO K900 | かもーん | トモロボ | リハイブロボ | SumiROBO | SpotMini | Robo-Buddy | | |
|----|-------------|------------------|----------------|----------|-----------------------|------------|-------------|------|------|--------|----------|----------|------------|---|--|
| 3章 | 理場要求 | 低コスト | ○ | | | | | | | ○ | | | | | |
| | | 監督署への届出、確認 | ○ | | | | | | | | | | | ○ | |
| | | 仮設材や容器の手配 | ○ | | | | | | | | | | | | |
| | | 現場工程の影響を抑える | ○ | | | | | | | ○ | | | | | |
| | | 最適な現場の選定 | ○ | ○ | | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| | | 現場職員や作業員の手間が増えない | ○ | ○ | | | | | | ○ | | | | | |
| | | 通信環境の整備 | | | ○ | | | | | | | | | | |
| | | 技術者の常駐 | | | ○ | | | | | | | | | | |
| | | 品質の確保 | | | | ○ | | | | | | ○ | | | |
| | | 安全の確保 | | | | | | ○ | | | | ○ | | | |
| | | セットアップの容易さ | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | 手厚いサポート体制 | | | | | ○ | | ○ | | | ○ | | | |
| | | 取り扱い説明 | | | | | | | | ○ | | ○ | | | |
| | | 対象物・対象作業 | 資材搬送（垂直） | ○ | | | | | | | | | | | |
| | | | 資材搬送（水平） | ○ | ○ | | | | | ○ | | | | | |
| | | | 揚重作業 | | | ○ | | | | | | | | | |
| | | | コンクリート床仕上げ | | | | ○ | | | | | | | | |
| | | | ひび割れ検査 | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | | 清掃作業 | | | | | | ○ | | | | | | |
| | 鉄筋結束 | | | | | | | | | ○ | | | | | |
| | コンクリート均し作業 | | | | | | | | | | ○ | | | | |
| | 基準マークの地面印字 | | | | | | | | | | | ○ | | | |
| | コンクリート高さ計測 | | | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 巡回業務の遠隔化 | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | 現場管理（安全、予実） | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | 測量 | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | 天井ボード貼り | | | | | | | | | | | | | ○ | |
| | OAフロア設置 | | | | | | | | | | | | | ○ | |
| | 機種選定の考慮事項 | | ロボット動作内容 | ○ | ○ | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | | 動作スピード | ○ | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | |
| | | | 安全センサの充実度 | ○ | | | | | | | | | ○ | | |
| | | | 必要な操作オペレーターの人数 | | ○ | | | | | | ○ | | | | |
| | | | ロボットの大きさ | | | | ○ | | | | | | | | |
| | | | ロボットの重量 | | | | ○ | | | | | | | | |
| | | ロボットのコスト | | | | ○ | | | ○ | | | ○ | | | |
| | | AIの精度 | | | | | ○ | | | | | | | | |
| | | 画像の取得方法 | | | | | ○ | ○ | | | | | | | |
| | | ユーザーインターフェース | | | | | ○ | | | | | | | | |
| | | 現場の大きさ | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | SLAMの適用可能性 | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | 現場作業との干渉 | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | ロボットの操作性 | | | | ○ | | | ○ | | | | | | |
| | | レンタル費用 | | | | | | | ○ | | | | | | |
| | | 自動化レベル | | | | | | | | | ○ | | | | |
| | | 導入効果 | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | | |
| | | 導入実績 | | | | | | | | | | ○ | | | |
| | | 運搬方法 | | | | | | | | | | ○ | | | |
| | | 雨天時の使用 | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | 自動エレベータの設置 | | | | | | | | | | | | ○ | | |
| | 通信環境の要否 | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | | | | ○ | ○ | | |

表 1-5 各章ヒアリング内容の一覧（4章、5章）

| 章 | 節の内容 | ヒアリング内容 | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|-----------------|----------|----------|-----------------------|------------|-------------|------|------|--------|----------|----------|------------|-----|--|
| | | Robo-Carrier | スクイニー | TawaRemo | T-iROBO Slab Finisher | ひび割れ検査ロボット | KEMARO K900 | かもーん | トモロボ | リバイブロボ | SumiROBO | SpotMini | Rebo-Buddy | | |
| 4章 | 環境整備 | 通信環境 ※凡例参照 | W/C | C | W | | W | A | | A | | A | W/C | W | |
| | | 段差部への対策 | | | | | ○ | ○ | | | | | | ○ | |
| | | 地ばい配線の回避 | | | | | | ○ | | | | | | | |
| | | 現場動線・区画 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | |
| | 運用体制 | 体制構築 ※凡例参照 | 開 | ロ | | 開 | 開 | 施 | | 協 | | 施 | | | |
| | | 現場環境整備 ※凡例参照 | 元 | | | | | 施 | | | | | | | |
| | | 作業指導 ※凡例参照 | ロ | ロ | | 製 | | ロ | | 製 | 製 | | | | |
| | | 作業管理 ※凡例参照 | ロ | | | 製 | 施 | 施 | 施 | 施 | 施 | | | | |
| | 安全管理 | 操作 ※凡例参照 | 施 | 協 | | 協 | 協 | 協 | 協 | 協 | | 施協 | 開 | 開協 | |
| | | メンテナンス ※凡例参照 | ロ | 協 | | | 製 | ロ | レ | | 製 | | | | |
| | | 作業員名簿 | ○ | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | | |
| | | 連絡体制表 | ○ | | | | | | | | | | | | |
| | | 新規入場教育 | ○ | | | | | | | | | | | | |
| | | 作業計画書・実証計画書 | ○ | ○ | | | | | | | ○ | | | | |
| | | 始業前点検表・日常点検表 | ○ | | ○ | | (○) | ○ | ○ | ○ | (○) | | | (○) | |
| | | 安全ミーティング | ○ | ○ | | | ○ | | | | ○ | | | ○ | |
| | | リスクアセスメント | ○ | ○ | | | | | | | ○ | | | | |
| | | 現場内への周知 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 各種契約 | レンタル契約 | ○ | ○ | | | ○ | | | ○ | | | | |
| | | | 製造会社との契約 | ○ | ○ | | | | | | | | | | |
| 秘密保持契約 | ○ | | ○ | | | | | | | | | | | | |
| 保険 | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | | | | | ○ | | | |
| 5章 | 点検方法 | 定期点検の実施 | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | | 作業前点検の実施 | ○ | | | | ○ | | ○ | ○ | | | | | |
| | | 専用の点検表あり | | | | | | | | ○ | | | | | |
| | | 点検不要 | | | | | | | | | ○ | ○ | | | |
| | 稼働条件 | 開発中のため定めていない | | | ○ | ○ | | | | | | | ○ | | |
| | | 稼働ルートの周知 | ○ | | | | | | | ○ | | ○ | | | |
| | | 稼働ルートの区画 | | ○ | | | ○ | | ○ | | | ○ | | ○ | |
| | | 夜間使用を前提とした使用 | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 周囲を含む安全配慮 | 開発中のため定めていない | | | ○ | ○ | | | | | | | ○ | | |
| | | KY活動 | ○ | ○ | | | ○ | | | | ○ | | | | |
| | | 稼働ルートの周知 | ○ | | | | | | | | ○ | ○ | ○ | | |
| | | 導入時に周知会を実施 | | | | | ○ | | | | ○ | | | | |
| | 運転・操作 | 夜間使用を前提とした使用 | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | | 開発中のため定めていない | | | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| | | 専用オペレーターによる運転 | | | ○ | | | | | | | | | | |
| | | 作業員教育による運転 | | | | ○ | ○ | | | ○ | ○ | | | | |
| | 運転教育 | 自動走行のため操作者不要 | | | | | | | | | | | | | |
| | | ロボット提供側による教育あり | | | | | | | | ○ | ○ | | | | |
| | | 専用オペレーターのため教育不要 | | | | | | | | | | | | | |
| | | 開発中のため定めていない | | | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| ランニングコスト | リース・レンタル料 | ○ | | | ○ | | | | ○ | ○ | | ○ | | | |
| | 基本料金 | | | | | | | | - | | | | | | |
| | 保証サービス保険 | | | | | | | | ○ | | | | | | |
| | 専用オペレーター費 | | ○ | | | | | | - | ○ | | | | | |
| | 作業員労務費（教育による運転） | | | | | | | ? | ○ | ○ | | | | | |
| | 教育費用（ロボット提供会社による） | | | | | | | | ○ | ○ | | | | | |
| | 通信環境が必要 | | ○ | | | | | | - | | | | | | |
| | 消耗品あり | | - | | ○ | ○ | - | | ○ | | ○ | | | | |
| 返納コスト | 開発段階で算出していない | | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 整備費 | - | - | | | | | | | - | | | | | |
| | 修理発生時のみ | - | - | | | | | | | | ○ | | | | |
| | 保管費 | | | | | ○ | | | | | | | | | |
| | 維持管理費 | | | | | ○ | | | | | | | | | |
| | 運搬費 | ? | ○ | | ○ | ○ | ? | | ○ | | | | | | |

凡例

W：インフラとしてのWi-Fi、C：セルラー回線、A：アドホックモードでのWi-Fi

開：開発部門、ロ：ロボット管理部門、施：施工管理、協：協力会社、製：製造元（含輸入代理店）、レ：レンタル元

(○)：一般的な管理項目として実施、?：不明、-：特になし

表 1-6 各章ヒアリング内容の一覧（6章）

| 章 | 節の内容 | Robo-Carrier | スクイニー | TawaRemo | T-iROBO Slab Finisher | ひび割れ検査ロボット | KEMARO K900 | かもーん | トモロボ | リバイプロボ | SumiROBO | SpotMini | Robbo-Buddy | |
|----|----------|---------------------------------|-------|----------|-----------------------|------------|-------------|------|------|--------|----------|----------|-------------|---|
| 6章 | 導入効果算出 | 従来工法との比較 | ○ | ○ | - | - | ○ | | ○ | | ○ | ○ | | |
| | | コスト比較 | | | - | - | ○ | | | | | ○ | | |
| | | 省人化、生産性向上 | | | - | - | ○ | | | ○ | | ○ | | |
| | | 作業環境向上（作業負荷の低減等） | | | - | - | | | | | | | | |
| | | 環境負荷低減（CO2削減効果等） | ○ | | - | - | | | | | | | | |
| | | 品質向上 | | | - | - | | | | | ○ | | | |
| | | 社外への技術アピール | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 利用者ヒアリング | 率直な感想（使用感、操作性） | | | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | 運用実績の確認 （仕事量、タイムスケジュール等） | ○ | | - | | | ○ | | | | | | |
| | | 実際の効果 （コスト、生産性、時間、疲労軽減） | ○ | | - | | | | ○ | ○ | | ○ | | |
| | | 不具合時の対応の振り返り、 システム改善点、運用面の課題 | ○ | | - | | ○ | | ○ | | | ○ | | |
| | | 適用の可能性 | | | - | ○ | | | | | ○ | | ○ | ○ |
| | 導入コスト低減 | 稼働率や稼働時間の向上 | ○ | | - | | | ○ | | | | ○ | | |
| | | 建築ロボットのコスト低減 | ○ | ○ | - | ○ | | | ○ | | | ○ | ○ | ○ |
| | | 付帯費用低減 | ○ | | - | | | | | | | | | |
| | | 活用方法によるコスト低減 | ○ | ○ | - | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | |
| | | 社会環境整備 | ○ | | - | ○ | | | | | | | | ○ |

凡例

○：実施、-：回答なし

第2章 建築ロボットの導入フロー

第1節. 建築ロボットの導入フローについて

本節では、実際の現場において建築ロボットを導入する際の注意点や検討から導入までの流れ等について、図 2-1 に示す。

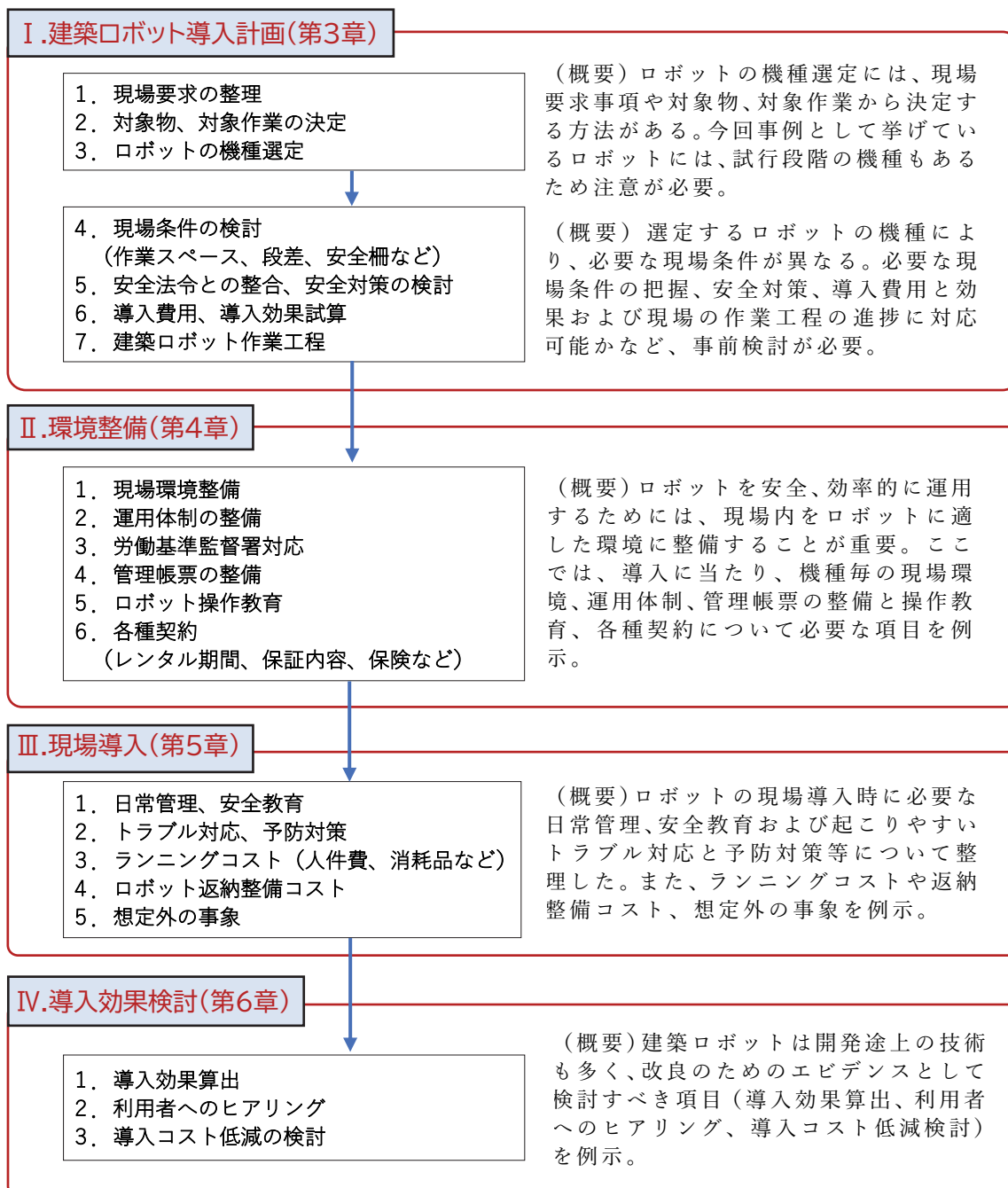


図 2-1 建築ロボットの導入フロー

第2節. 建築現場におけるロボット活用の安全指針との関連性

建築工事における安全施工については、建築基準法、労働安全衛生法その他関係法令等において定めているが、建築現場におけるロボット活用の安全指針は「建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する基本的な計画」（令和5年6月13日策定）に記載の、建設工事従事者の安全及び健康に関する意識の啓発に係る自主的な取組みとして、本導入ガイドラインと同様、一般社団法人日本建設業連合会主体のもと、建築ロボット関係事業者間において検討を行っている。

建築現場におけるロボット活用の安全指針で検討されているリスクアセスメントフロー案と、本導入ガイドラインで検討した建築ロボットの導入フローの関連性について、図2-2に示す。

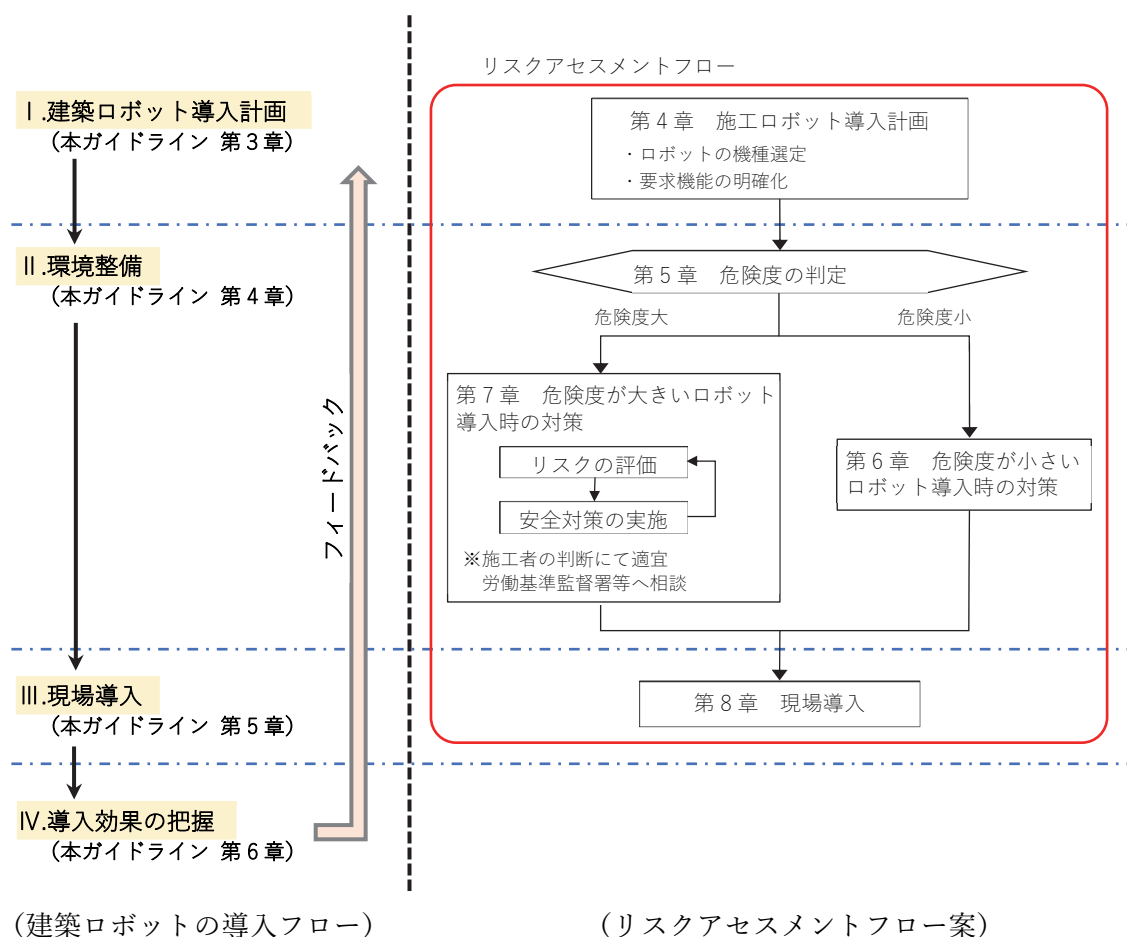


図2-2 建築ロボットの導入フローとリスクアセスメントフロー案との関連性

第3章 導入計画

第1節. 現場要求の整理

建築ロボットを現場に導入する際に、現場の要求事項を十分に確認する必要がある。以下に各ロボットの現場要求をまとめたものを示す。

表 3-1 各ロボットにおける現場要求例

| ロボット名称 | 導入計画時の現場要求例 |
|-------------------------------------|---|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・現場手間の低減と低コスト化 ・労働基準監督署への確認、法定申請等の必要性の有無の確認 ・ロボット導入に必要な仮設材の種類と手配 ・ロボットの搬入から稼働の日程調整 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・スクイニーの適用条件を満たしている現場の選定 ・導入することで現場職員の手間が増加しないこと ・スクイニーは BIM※⁵ からの地図を使用しており、段差に関する現場からの要望は少ない ・導入前に現場で使用する運搬容器の要望を確認 ・搬送資材との相性の確認 |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・通信切断時の早期復旧を可能にするため、無線と有線の2系統を準備すること ・導入当初は、トラブルがあれば直ぐに対応ができるよう技術者を常駐させること |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・品質的に通常施工と同等にすること |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・開発部門またはロボット開発業者が検査一式を実施すること |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・安全に運用できるかの確認 ・設定が容易にできるかの確認 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・試用期間中における手厚いサポート ・開発機械はまだ発展途中の場合があるため、現場が不便を感じた場合に即時対応すること ・事前に実機を用意し取り扱い説明を行うこと |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ロボットの運用に対して鉄筋工の手間が掛からないこと • 現場工程に影響が無いこと • ロボットの操作手順を鉄筋工へ指導すること |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 要求品質を確保できること • コスト調整 |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 事前打合せの実施 • 作図やロボット操作のレクチャ等のサポート範囲の確認 • 現場関係者に対するロボットの概要説明、作図の概要説明 • ロボットの稼働に対する必要な具体的安全対策の提示 |
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 施工計画書の作成と労働基準監督署への説明 |

第2節. 対象物、対象作業の決定

現場へのロボット導入に関して、ロボットが実施する作業の範囲や対象を把握したうえで導入を検討することとなる。以下に各ロボットの作業対象及び作業者を示す。

表3-2 各ロボットにおける対象物・対象作業例

| ロボット名称 | 対象物、対象作業の例 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> 資材搬送（垂直・水平） 物流施設におけるプラスターボード^{※6}、軽量鉄骨材の水平運搬作業 軽量鉄骨材は長尺物（L=6.4m）の水平移動 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> 資材の水平移動 対象材料は、最大幅2mまでのボード、ダクト、内装材、耐火被覆の岩綿材、短いECP^{※7}、廃材等 カゴ台車、NRボックス^{※8}、専用パレット、平押し台車、リン木を敷いて直置きなど |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> 建設現場でのタワークレーンを用いた揚重作業全般 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> コンクリート床仕上げ施工 対象となる作業員は、土間工（コンクリート床仕上げ施工を実施する作業員） |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> 作業：コンクリート床面のひび割れ検査 人：墨出し工またはゼネコン職員 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> 現場の中のエリアの一部の清掃作業 日常の清掃を対象に1台1台が割り当てられたエリアを清掃 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> 左官作業者が使用するモルタルなど重い材料、個数が多い材料などの軽微運搬 その他に仮設資材の運搬 搬入口が狭く、搬入が難しい600kgまでの運搬 |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> 平場なスラブ筋の結束 直交するD10～D29（太径は重ね本数に制限あり）の交点部の結束 開口補強などの斜め筋は結束できない |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • コンクリート均し作業 |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 主にゼネコン（からの指示で測量会社の専門家が実施している間仕切り等に使用する逃げ墨を描くために、基準となるマークを地面に印字する作業 • 主に設備会社毎（からの指示で多能工）が実施している機器据え付け位置の基準となるマークを地面に印字する作業の代替 • 主にゼネコン（からの指示で測量会社の専門家が実施している打設後のコンクリートの高さ計測の代替 |
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 職員の巡回業務の遠隔化。安全確認や予実確認（自律走行）等 • 測量（試行のみ） • 作業所職員からのヒアリングや、ロボットの実施可能な範囲から決定 • 階段を使用したフロア間移動 • アームは搭載せず、カメラで実施できる内容 |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 天井ボード（石膏ボード）貼り • OAフロア設置 |

第3節. ロボットの機種選定

現場導入するロボットの機種を選定する際に、同様のロボットとの性能や機能などの比較を行う必要がある。以下に本ガイドラインで対象としたロボットを導入する際に検討すべき項目について記載する。

表 3-3 各ロボットにおける機種選定の検討項目

| ロボット名称 | 機種選定の検討項目 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> • どのような動作をするか（長尺物が運搬できるか、運搬時の回転の有無など） • 走行スピードや動作速度により作業歩掛りを考慮、安全センサ類の充実度など |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> • 作業員 3~4 人と ELV（エレベータ）オペレーター1人で間配っていた材料をスクイニー1台と ELV オペレーター1人 操作オペレーター1人で ELV の空いている夜間作業で行うことが可能 • 積み込みの高さは、安定が保てれば特に制限は無い |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> • 遠隔操作する揚重機を作業所に本格導入した事例がないため、検討項目なし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> • ハンドトロウエル^{※9}との比較 <p>検討内容は大きさ、重さ、コスト、自律動作性能、操作性能等</p> |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> • ドローンや他のひび割れ検出 AI との比較 • 画像の取得方式と、AI の精度、表示方法 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> • 1000m²/h の清掃能力でカバーでき、SLAM^{※10} マップの構築で歪み等が発生しない程度の大きさの現場 • マッピング可能（4 隅に壁があり、床面がフラットである、天井の止水が終わっている、など）な現場 • 別作業との支障が発生しないこと |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> • 台車を使用した従来運搬方法との比較 • 高齢の作業員でも、操作が容易であること • 使い勝手とレンタル費用の確認 • 事前にデモプレゼンをおこない操作感と使い勝手を確認頂き採用か否かを決定 |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 配筋ピッチ@100~300、かぶり 30 以上、スパーサは鉄筋交点を交すこと • スラブの端部に「スライダー」をセットしておけば自動で折り返して結束 • 壁の差し筋があると隣のスラブへロボットが移動できない • 現時点では結束できない箇所があるとロボットが止まるが、飛ばして結束するように改良する予定 |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 施工面積は約 1000 m²/台。バッテリーの効果や使用方法を工夫すればポンプ車 1 台の打設範囲の施工も可能 |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 事前準備ボリューム（図面作成等）、現場での操作性、精度、作業スピード、作業範囲、導入の前提条件、安全性の考慮、導入効果、金額、実績等（日立回答） • 導入にあたり、運搬方法、雨天時の使用可否を検討 |
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 安定性、転倒リスクが少ないこと • ELV は使用しない |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ELV の有無 • 通信環境（Wi-Fi）が必要 |

第4節. 現場条件の検討（作業スペース、段差、安全柵など）

ロボットを導入する際に検討が必要な作業スペース等の現場条件を以下に示す。

表 3-4 各ロボットにおける現場条件

| ロボット名称 | 現場条件の検討 (作業スペース、段差、安全柵など) |
|-------------------------------------|---|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事中 ELV 入口の踏み板の種類と角度、現場内段差及びスロープの有無 ・ 一般的な床の耐荷重とロボットの目標自重確認 ・ 条件を満たした通信環境：事前の電波測定でそのままでは作業不可の場合は、作業所と対策検討を実施 ・ ロボット自体の搬入出方法：1/20 以下の勾配でなければ自走ができないため、検討を実施 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業の想定として、夕方から夜間での資材搬入出、段差、降雨、水たまり、粉塵がないこと ・ 外部建具および耐火被覆が施工済みであること ・ その他、LiDAR^{※11} 誤動作防止のため腰より低いガラス面には、シート貼りが必要な場合あり ・ 通信環境は基本 LTE で docomo、au、softbank の中から適する SIM を選定 |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・ 通信環境を導入前に事前調査を行い、操作者については作業所とは別の場所で事前に運転操作を体感 ・ タワークレーンの組立作業が夜間作業のため、組立の進捗に合わせて昼、夜と作業時間の調整必要 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・ 段差がないこと ・ 差し筋やスリーブが少ないこと ・ 作業床が平坦であること ・ 開口部や外周には落下防止し措置が施されていること |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・ 段差、勾配および降雨の影響がないこと |

| | |
|---------------------------------|---|
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ロボット稼働時間は夜間のため、作業調整（資材の仮置き等の調整：作業終わりにロボット周りにモノを置かない、地這配線をしない、など） • 現場環境としては、フラットかつ上方・横方向から雨が入らない程度であれば十分 • 通信環境については、ロボット自身がアクセスポイントになるため特に環境構築の必要はなし |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 搬入スペースが必要 |
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ロボット重量が約 38kg なので手運びできる作業通路があれば搬入可能 • バッテリーで 12 時間稼働でき、鉄筋結束カートリッジを 2 時間に 1 回交換すれば 1 日稼働が可能 • 平場のスラブ筋結束が対象で段差部は作業できない • ロボット本体のローカル Wi-Fi でスライダーと連動するので現場の Wi-Fi 環境は必要ない |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 最初の導入なので万が一の不具合に備えて竣工後隠れる部分に採用 |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <ul style="list-style-type: none"> • ロボットの導入効果が見込める作業量の確保（空調、電気など複数業者による共同利用） • 作業実施日の数日前までに、設計図面を確定させる調整 • 各設備会社の墨出し位置図面の集約 • ロボットが走行できるエリア・日程の確保（従来の作業工程の組み換え。コンクリート打設、養生明けの障害物が無い状態でロボットを使用） • 広い施工エリアを資材置き場にせず、見通しが良い状態を確保する計画 • 稼働中に上階からの水漏れなどが無いようにする作業調整 |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <ul style="list-style-type: none"> • PoC (Proof of Concept) を実施するにあたり、幅 1m の動線の確保 • 雨天時は実施しない。日照の影響はなかった • 通信環境 (Wi-Fi、LTE) を整えた。研究所の職員が操作。期間は 1 週間程度 • 昼間に走行、作業していないエリアでの走行 (立入禁止) |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 床が平坦であること • 広いスペースが必要 (壁から 1m 以内は作業不可のため、事務所ビル・工場等に適している) |

第5節. 安全法令との整合、安全対策の検討

建築ロボットを導入するにあたっては、ロボットごとに異なった安全対策が必要となる。ここでは、ロボットごとに整合が必要な安全法令の名称、またロボット自身又は周囲の環境において自主的に実施した安全対策の検討を示す。

まず、安全法令との整合においては、「労働安全衛生法」との整合が基本となってくるが、その他にも搬送系の Robo-Carrier は「JIS D6802-1997（無人搬送車システム-安全通則）」や、製造物という観点から T-iROBO Slab Finisher では「PL法（製造物責任法）^{※1}」との整合なども行われている。また、TawaRemo のように、事前に監督署へ届出が必要なケースもあるので注意が必要となる。

更に、「産業ロボットの 80W 規制^{※2}」により Robo-Buddy のように産業用ロボットみなされるか否かで安全対策が変わってくるケースもある。

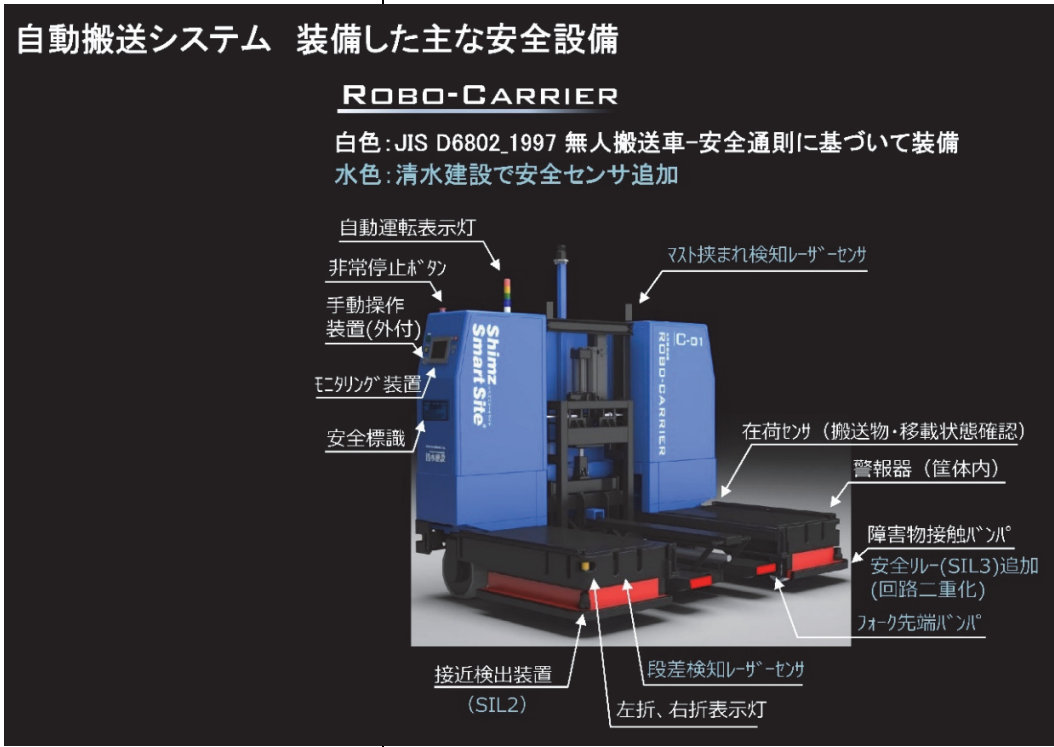
次に、安全対策の検討においては、共通する対策として【緊急停止】【他作業員・障害物との衝突防止】などロボット自身に対する対策、更にはロボット自身ではなく周りの環境に対策（落下防止策の設置、作業時間をずらす調整など）も必要となってくる。基本的にはどのロボットもそのロボットなりのリスクアセスメントを考慮して自主的に安全対策を実施していると言える。

表 3-5 各ロボットにおける安全適合、安全対策

| ロボット名称 | 安全法令との整合、安全対策の検討 |
|---|--|
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier (開発企業)</p> | <p>・導入に当たり、【JIS D6802-1997（無人搬送車システム-安全通則）】により検討、JIS D6802-1997 は建設現場を想定していないため、リスクアセスメントを元に自主的に、追加する下記のような安全装備を検討</p> <p>【マスト挟まれ検知レーザーセンサ】 レーザー変位センサをマストに設置し、マストリーチ作動中にレーザー距離が変わらないかで障害物を検知</p> <p>【障害物接触バンパ安全リレー】 障害物バンパセンサが確実に作動するように回路を二重化、また SIL3 規格のリレーを用いることで安全性を UP</p> <p>【フォーク先端バンパ】 フォーク先端にもバンパセンサを追加</p> |

【段差検知レーザーセンサ】

レーザー変位センサを荷台から地面に向かって照射し、[小さなギャップで段差又はスロープあり]、[大きいギャップで地面に孔又は障害物あり]と検知し非常停止



【搬送ロボット】

Robo-Carrier
(導入企業)

- ロボットが制御不能になった場合のフロア端部からの落下防止対策を検討し、落下防止中木（単管バリケード+鋼管足場板）を必要箇所に設置、これに前述した障害物バンパセンサが接触することでロボットが緊急停止



- Robo-Carrier の設置圧に対する耐床荷重を自主検討
- 他作業員の安全性を考慮し、早朝および作業終了後に施行を実施

| | |
|---|---|
| <p>【搬送ロボット】 スクイニー</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 基本的には【労働安全衛生法】のみを検討結果、LiDAR が 270 度の認識範囲で進行方向を認識し、半径 1m に人等が検知されるとロボットが停止 • 材料を置くと死角になる場合があるため、材料置き場はマーキングのうえ立入禁止措置が必要 • 詳細なリスクアセスメントをもとに必要と思われるセンサ類を追加 |
| <p>【遠隔操縦】 TawaRemo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • クレーン構造規格や安全規則等の内容を確認し、操作レバーなどの装置は実際のタワークレーンで使用されている物を活用 • 製造及び設置運用に関する関係各所への説明内容についてはクレーン協会、厚生労働省と協議中 |
| <p>【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 非常停止ボタン |
| <p>【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 自主的に障害物検知（衝突防止機能）、遠隔監視機能を実装 |
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 数十キロのロボットで、夜間運用のため人災リスクが十分に低いため、特に検討はなし |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 労働安全衛生法や特別な安全対策が不要な機械のため、特に検討はなし（通常の台車と同じ安全対策でよく、ロボットだからといって特別なものは必要なし） • 地面が凸凹状態だったため、荷物落下対策の為にラッシングベルトがかけられるか否か確認 |
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 労働安全衛生規則 第三十六条 第三十一号 <ul style="list-style-type: none"> ① マニピュレータ非搭載 ② トモロボの原動機（モーター）の定格出力は 35W なので 80W 以下 ③ トモロボは固定シーケンスで一つの単調な繰り返し動作（前後走行、上下動） • 試行・導入実施の実績によると、あらかじめ労働基準監督署や発注者（施主）に相談や届出をしたようなケースは見当たらない |

| | |
|------------------------|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • 安全対策として、走行自由度を限定し人との協働作業が可能に、また走行方向に障害物・人・開口を検知すると停止するセンサを装備 • 検討を行った自主的な対策 リスクアセスメントシートに従い点検するメーカー指定の点検シート 操作や安全対策を分かりやすく載せたクイックマニュアル 誰でも解るように手が挟まれる可能性がある箇所は「危険シール」で表示 異常があると上部の表示灯が緑から赤に変わり停止 |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> • センサ技術等により対策されているため、安全法令対策はなし • 非常停止装置及びセンサによる人感装置にて安全対策 |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> • 安全な作業エリアの確保が必要（作業エリアの区画、落下防止対策としての柵の設置、夜間稼働中の監視カメラの設置） |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> • ロボット保険（東京海上日動）への加入、賠償保険&動産保険に加入 • 監督署には未届、公道走行は警察からの許可が下りなかった • 自主的な安全対策として、人検知機能開発（カメラ）、緊急停止ボタン（無線+本体）の設置 |

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 【産業ロボットの 80W 規制^{※3}】により、区画やバリケード（エリアセンサ^{※3}）、カラーコーンで可か、また 80W 規制の緩和からリスクアセスメント実施による安全柵無しの運用を検討したが、エリアセンサをパフォーマンスレベル（PL）^{※4}=D、E レベルとできなかったために柵を設置、また非常停止ボタンを押すのは作業所職員とした、このロボットは移動ロボットであるため、作業所では研究開発時と異なり柵などの区画が困難 • 自主的にバンパセンサやエリアセンサを設置し、移動装置は AGV（Automatic Guided Vehicle 無人搬送車）の JIS 規格を遵守 |
|-----------------------------------|--|

第6節. 導入費用、導入効果試算

建築ロボットの導入に必要な費用の内容とその費用負担について、更に導入前に行った導入効果をどのような指標で試算したかについて以下に示す。

導入費用に関して、総じて運搬費、リース料、操作人件費、サポート人件費、電気代などが共通にあげられる。ロボットによっては Robo-Carrier のように現場に Wi-Fi の整備による費用などが発生するケースもある。費用の負担においては基本的には現場の負担となるが、現状ではロボットを実証実験、検証、試行を目的に導入するケースが多く、費用の全てもしくは部分的に開発費などで負担している。

導入効果の試算については、省人化・生産性向上を目的に、在来方法との比較や労働者の負担軽減を目的に試算を行っている。

なかでも、トモロボは導入費用、導入効果試算どちらも明確になっており、導入費用においては費用負担の考え方など、導入効果試算においては自社のシミュレータで効果の試算が確認出来ることから実績もあり、特に導入しやすいロボットであると考えられる。

表 3-6 各ロボットにおける導入費用、導入効果

| ロボット名称 | 導入費用および導入効果試算の例 |
|----------------------------------|--|
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier</p> | <p>< 導入費用試行導入時の例 ></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット搬入出相番費 搬入 2 人工 搬出 2 人工 • ロボット搬入出使用機材費 チェンブロック、ブルマン等 • ロボットリース料 約 20,000 円/日・台 • 労務費 搬入・導入支援、取扱指導 約 130,000 円/日（試行導入時の参考） • ロボット運送費 搬入 11t ユニック 1 台 搬出 11t ユニック 1 台 • Wi-Fi 整備工事 材工、設置調整 1 式 • ロボット操作員の人件費 |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・現場安全対策費 ・その他費用（実験用備品費） ・施工場所の照明設備、その他電気料金 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入前の導入効果として、省人化・生産性向上を在来工法との比較により試算 |
| <p>【搬送ロボット】</p> <p>スクイニー</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工場所の照明設備、その他電気料金 ・工事用 ELV リース代・電気代 階をまたぐ運搬時 ・ロボット運送費 ・ロボット操作員の教育費・人件費 ・期間中のロボットメンテナンス費用 ・ロボットの LTE 通信費用 ・運用に必要な資材費 リン木、専用パレット、カラーコーン ・ロボットの保険費用 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入効果の試算は実施せず、スクイニー1台＋工事用 ELV オペレーター1名＋操作オペレーター1名にて、工事用 ELV が空いている夜間作業を行うことをコンセプトとしており、まずはこのコンセプトの達成が目標 |
| <p>【遠隔操縦】</p> <p>TawaRemo</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入開発費 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転手の身体的負担軽減を目的に試算 |
| <p>【床仕上げロボット】</p> <p>T-iROBO Slab Finisher</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> ・検証段階のため、自社の開発費にて導入。将来的にはリース、販売による業者負担を検討 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・省力・省人化、CO2削減 |

| | |
|---------------------------------|---|
| <p>【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット運送費 • ロボット整備費 • ロボット導入支援人件費 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 生産性向上・コスト削減について従来方法と比較して試算 |
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> • 施工場所の照明設備、その他電気料金 • ロボット運送費 • ロボット月額振替費 • サポート部門人件費（説明会・2月に1回程度のサポート） • 運用に必要な資材費（コーン・トラバー） <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 工数では定量的な試算はなし、定性的には不慣れで工数が減らないかもしれないという試算あり、その他、粉塵が減ることで作業環境の向上や、狭隘部や負担がかかる作業姿勢の改善を想定 |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> • 施工場所の照明設備、その他電気料金 • ロボットリース料 基本管理料 5,000 円 [100,000 円（本体）+9,000 円（保険料）] /月 • ロボット運送費 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 労働者の負担削減を目的に導入したため、具体的な数字はないが作業者の負担が減ったという意見あり |

| | |
|----------------------------|--|
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <p><導入費用> ※金額は2024年2月時点の概算価格</p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボットリース料（メーカー概算価格） <ul style="list-style-type: none"> 【結束トモロボ単体（細径 D10～16）】 <ul style="list-style-type: none"> 1週間パック： 89,000円 1ヶ月パック： 263,000円 3ヶ月パック： 750,000円 【結束トモロボ単体（太径 D16～29）】 <ul style="list-style-type: none"> 1週間パック： 118,000円 1ヶ月パック： 299,000円 3ヶ月パック： 853,000円 【自動結束システム DUO 結束トモロボ（細径 D10～16）】 <ul style="list-style-type: none"> 1週間パック： 133,500円 1ヶ月パック： 394,500円 3ヶ月パック： 1,125,000円 【自動結束システム DUO 結束トモロボ（太径 D16～29）】 <ul style="list-style-type: none"> 1週間パック： 177,000円 1ヶ月パック： 448,500円 3ヶ月パック： 1,279,000円 【現地説明】 <ul style="list-style-type: none"> オペレーター研修（2時間）： 50,000円 出張費： 実費 【ロボット運送費】 香川～ <ul style="list-style-type: none"> トモロボ： 24,700円～65,400円 手動スライダ－： 2,360円～5,300円 自動スライダ－： 24,700円～65,400円 • 操作人件費（鉄筋会社負担となるケースが多い） • ロボット充電用電気代 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 建ロボテックのシミュレータで、導入時の作業時間、作業量の試算が可能 |
|----------------------------|--|

| | |
|--------------------------------|--|
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所の照明設備、その他電気料金 <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 従来工法と比較した【省力化】 目標値は 1,000 m²従来工法 10～11 人工をリバイプロボ 5 人工へ ・ 従来工法と比較した【自動化】 従来工法より 3 倍の加速度にて高周波が与えられるため、ひび割れ抑制につながる締固め効果が 3 倍向上 <p>※(株)フロアエージェント HP より引用</p> |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工場所の照明設備、その他電気料金 ・ 墨出し用図面の作成にかかる人件費 ・ 操作員の人件費 ・ ロボットリース料（1ヶ月利用の参考価格） 【SUMIROBO リース料】：350,000 円 ※補償・基本料・消耗品含む ・ 杭ナビ^{※12}リース料】：115,000 円 ※補償・基本料、三脚等を含む、自社で杭ナビを保有なら不要 ・ 【データ変換クラウド利用料】：60,000 円 ※データ変換作業がクラウド上で利用者にて対応が可能に ・ 【搬入費】：一式、搬入場所・状況による <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入前の導入効果として、生産性向上を指標に試算 |

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット購入費用（実証費用を含む）を研究所が負担 <p>【実証費用（期間：5日間）】</p> <p>輸送費：60,000円</p> <p>交通・宿泊費：225,000円（3人分）</p> <p>人件費：720,000円</p> <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 研究開発としての導入 |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <p><導入費用></p> <ul style="list-style-type: none"> • 施工場所の照明設備、その他電気料金 • ロボット運搬費（7tトラック2台） • 材料費・材料運搬費（作業させる工種に応じて） • 人件費（研究員、職人など） <p><導入効果試算></p> <ul style="list-style-type: none"> • 工数を1人工分との生産性において試算 |

第7節. 建築ロボット作業工程

建築ロボット導入における作業工程（導入検討、準備、導入、片付け）の予定と実施、また発生した差異とその理由を以下に示す。

表 3-7 各ロボットにおける作業工程

| ロボット名称 | 建築ロボット作業工程 |
|---|--|
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier (開発企業)</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討：6ヶ月 ・ 導入準備：2週間 ・ 導入フォロー：1週間 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 工事用 ELV の準備には工事用 ELV が非稼働となるため、現場都合により予定通りに工事用 ELV 改造時間が確保できないなど作業日数に差が生じるケースあり |
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier (導入企業)</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討：2ヶ月 ・ 現場整備期間：1日（搬入日当日に整備） ・ 導入（稼働）期間：3日間 ・ 片付期間：1日（搬出日同日に片付） ・ 導入フォロー：1週間 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2台稼働での予定がトラブルにより1台稼働となったが、Robo-Carrier の特徴である横走行（カニ歩き）を活かした運搬経路により旋回等の動きが省略され、当初の予定よりも作業歩掛りが伸びたことにより、1台で予定数量を予定期間内に完了 |

| | |
|---|--|
| <p>【搬送ロボット】 スクイニー</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入にかかった期間 ・ 導入検討：2ヶ月 ・ 導入準備：1週間 ・ 導入：2～6ヶ月（現場により差異あり） ・ 片付：1日 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 大きな相違なし |
| <p>【遠隔操縦】 TawaRemo</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討：2ヶ月 ・ 導入準備：3週間 ・ 導入：8ヶ月 ・ 片付：1日 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 予定通り |
| <p>【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討：1ヶ月～半年 ・ 導入準備：1ヶ月程度 ・ 導入：当日実施 ・ 片付：導入日に片付 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 予定通り |
| <p>【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討：1ヶ月 ・ 導入準備：1週間 ・ 導入：1～2ヶ月（検査面積による） ・ 片付：1日 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入作業日数の予定と実際の差異は、現場工程による前後を理由として1～2週間程度 |

| | |
|---------------------------------|--|
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入準備（試験走行+発送）：2～3日 ・導入：半日 ・片付（発送）：トラック手配含めて1週間 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・予定通り |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入検討：1日 ・導入準備：1日 ・導入：3ヶ月 ・片付：1日 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・予定通り |
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <p><導入に予定すべき期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・導入検討：図面を見せれば、建ロボテックの営業担当者がロボット運用の可否や範囲を即断 ・契約・準備：1～2週間 ・片付：手運びできるので即日で可能 |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・調整：1ヶ月（在来均しからロボットに変更） <p>※ロボット所有の(株)フロアエージェントとの調整による</p> <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・最初からロボット導入で計画していれば特に在来との工程差はなしと予想 |

| | |
|----------------------------------|--|
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <p><導入に予定すべき期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討（事前打合、作業工程調整）1～6ヶ月 ・ 準備（作図）：1日～6ヶ月 ・ 導入：3日～7ヶ月 ・ 片付（レンタルの返却）：1日 <p><導入作業日数予想される差異の原因></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 天候（雨）による中断が無ければ計画通りだが、雨天中断の場合は床面乾燥のため2～3日の遅延を予想 ・ 図面変更の場合、墨出位置に変更が生じる際はCAD 図面の変更作業が必要になるため半日程度の遅延を予想 |
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 導入検討・準備：2～3ヶ月 ・ 導入：1週間程度 ネットワーク構築に時間を要す <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 検証中ではあるが、故障もなく余裕をもって対応したので遅延はほぼなし |
| <p>【多能作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <p><導入に予定した期間></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 搬入：1日 ・ 立ち上げ：1日（2日で使用可能に） ・ マップ作成：1～2日 <p><導入作業日数の予定と実際の差異></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 予定通り |

第4章 建築ロボット導入に向けた環境整備

建築現場においてロボットを安全に、また効率的に運用するためには、現場内設備や運用体制など、現場内外において事前に整備しておくことが重要である。本章では、第1章に掲載されたロボットの導入事例の調査より抽出された各項目について説明する。

第1節. 現場環境整備

建築ロボットを期待通りに動作させるためには、現場内をロボットに適した環境へと整備することが重要である。多くの建築ロボットに共通して必要な環境について、以下に示す。

表 4-1 各ロボットにおける現場環境整備例とその理由・補足

| ロボット名称 | 現場環境整備 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fiを整備（導入現場ではセルラー回線の電波が弱かったため） • 搬入用クレーンの設置（ステージからの動線の勾配がロボットの許容値を超えるため） • 墨出し（資材荷取り位置の設定のため） |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi不要（セルラー回線で通信するため） • 動線・区画の整備（資材置場はマーキングのうえ立入禁止に） • カーテンウォール^{※13}の養生（LiDAR^{※11}の検知精度向上のため） |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> • 無線・有線と二重系統で通信を整備 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> • 開口部や外周には落下防止措置が施されていること |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> • 動線・区画の整備（検査場所の確保） |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi整備不要（本体がアクセスポイントになるため） • 地這配線の撤去 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> • 動線・区画の整備（走行経路の確保） |

| | |
|---------------------------|--|
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi 整備不要（本体がアクセスポイントになるため） • 動線・区画の整備不要（走行経路が限定されるため） |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> • 動線・区画の整備（走行エリアの確保と清掃） |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi の整備（セルラー回線も使用可能） • 動線の確保 |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi の整備 • 段差部の解消 • 動線・区画の整備（安全柵の設置：パフォーマンスレベル^{※4}を E とできないため） |

第2節. 運用体制の整備

建築ロボットにおける施工は、人による施工とはプロセスが異なり、そのプロセスに合わせた管理体制を構築する必要がある。以下にロボット別の運用体制を示す。

表 4-2 ロボット運用時の体制構築例

| ロボット名称 | 運用体制整備 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> 体制構築：開発部門（本社、技術研究所） 現場環境整備：施工管理（元請） 作業指導：ロボット管理会社 作業管理：ロボット管理会社 操作：協力会社（揚重センター、多能工）（導入試験時は元請） メンテナンス：ロボット管理会社 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> 体制構築：ロボット管理部門（機材センター） 作業指導：ロボット管理部門（機材センター） 操作：協力会社（不在時は機材センター職員） メンテナンス：協力会社 |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> 特になし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> 体制構築：開発部門（技術センター） 作業指導：ロボット製造会社 作業管理：ロボット製造会社 操作：開発時はロボット製造会社、現場導入時は土間工を予定 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> 体制構築：開発部門 作業管理：施工管理 操作：協力会社（清掃工） メンテナンス：ロボット管理会社 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> 体制構築：施工管理（元請） 現場環境整備：施工管理（元請） 作業指導：ロボット管理部門 作業管理：施工管理（元請） 操作：協力会社（雑工） メンテナンス：協力会社（雑工） |

| | |
|----------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・作業管理：施工管理（元請） ・操作：協力会社（左官工） ・メンテナンス：レンタル元 |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・体制構築：協力会社（鉄筋工） ・作業指導：ロボット製造会社 ・操作：協力会社（鉄筋工） ・メンテナンス：不要 |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・作業指導：ロボット製造会社 ・作業管理：施工管理（元請） ・操作：ロボット製造会社 ・メンテナンス：ロボット製造会社 |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> ・体制構築：施工管理（設備サブコン） ・操作：施工管理（設備サブコン）・協力会社 ・残作業：設備業者の墨出有識者 |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> ・操作：開発部門（技術研究所） |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> ・操作：開発部門・協力会社（材料供給） |

第3節. 労働基準監督署および労働安全衛生法規への対応検討

現場導入する建築ロボットに必要な安全対策を確実に講ずるため、労働基準監督署（労基署）への届出や相談が行われている。ただし、本ガイドラインでの事例調査においては、いくつかの理由（研究開発中など）によって届出や特別教育が行われていない現状があるが、ロボットの能力や実用化レベルに応じて労基署へ相談することが必要である。以下に各ロボットの対応状況を示す。

表 4-3 各ロボットにおける労働基準監督署および労働安全衛生法規への対応検討例

| ロボット名称 | 労働基準監督署および労働安全衛生法規への対応 |
|-------------------------------------|---|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | ・特になし（研究開発部門立ち合いのもと、試行日数が短い） |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | ・特になし（研究開発部門主体で導入） |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | ・TawaRemo の計画書を届出 ・一般的にクレーンは労基署へ届出が必要 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | ・特になし（研究開発部門主体で導入） |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | ・特になし（研究開発部門主体で導入） |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | ・特になし（倉庫・工場向けの小型市販品） |
| 【搬送ロボット】 かもーん | ・特になし |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | ・特になし（労働安全衛生規則第 36 条 31 号の判断による） |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | ・特になし |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | ・特になし |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | ・特になし（研究開発部門主体で導入） ・発注者に相談の事例はあり |
| 【多能作業ロボット】 Robo-Buddy | ・工事計画に記載したため労基署へ説明を実施（現場施工管理側で対応） ・指摘は特になし |

第4節. 安全管理

建築ロボットを安全に使用するためには、事故を未然に防止するための対策が重要である。導入計画あるいは施工計画策定時に整備することが望ましい管理帳票を以下に示す。

表 4-4 環境整備時の安全管理

| ロボット名称 | 環境整備時の管理帳票 |
|-------------------------------------|---|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業員名簿 ・ 連絡体制表 ・ 再下請け通知書 ・ 新規入場者教育シート ・ 移動式クレーンによる作業計画書（使用者、当日の平面計画、有資格者の記入等） ・ 始業前点検表 ・ 安全ミーティング・始業前点検実施報告書（リスクアセスメントシート） |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・ 実証計画書（導入前） ※作業員名簿、作業打合せ簿、工程含む ・ 始業前の動作確認は行うが始業前点検表は作成していない |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・ 日常点検表 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作成検討中 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業員名簿（現場支援者を記載） |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 特になし（雑工に管理を依頼） ・ サポート部門（ロボット保有元）が点検表を作成中 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・ 定期点検表（参考資料①） |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業員名簿 ・ 始業前点検表 ・ ロボット運用に関する資料の作成と周知会の開催 |

| | |
|---------------------------|--|
| 【コンクリートロボット】 リバイブロボ | ・通常の土間作業の範囲内になるため、施工要領書及び各現場の帳票に従って作業を実施 |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | ・特になし |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | ・特になし |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | ・特になし |

第5節. ロボット操作教育

建築ロボットを安全かつ効率的に使用するためには、ロボットの性能を十分に発揮することとともに、操作ミスによる事故を防止することが重要である。そのためには、現場導入時にロボットの操作者が正しい操作方法を習得するための教育が必要である。以下にロボット別の操作教育を示す。

表 4-5 ロボットの操作教育

| ロボット名称 | 環境整備時の操作教育 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット運用担当関連会社へ依頼し、操作者に対し1日実施 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・現場で専任した操作者に対し2日間実施 ・運用例として、協力会社の中から操作者を1～2名育成し、自動運搬対象資機材の運搬は業種に関わらずその操作者が専任で操作するなど |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・実際の操作者となる土間工など協力会社への教育内容及び時間は検討中 ・操作方法の教育担当者、教育方法も含めて検討中 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット開発会社が、操作者1～2名に対し半日実施 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット搬入時にサポート部門1人が現場職員1人に対し半日程度実施 ・搬入後は、現場職員から操作者に対し実施 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・レンタル会社が使用者1名に1時間実施 |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・建ロボテックが鉄筋工の職長に対し実施 ・実務体験型とWEB方式から選択可 ・[実務体験型] <ul style="list-style-type: none"> ・座学1.5時間、実習2時間 ・教育完了後に「トモロボオペレーター」として登録される ・[WEB方式] <ul style="list-style-type: none"> ・ウェブ上での指導で2時間 |

| | |
|---------------------------|---|
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・フロアエージェントの担当者が現場作業員と監督に対し施工前に 30 分程度実施 |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> ・レンタル会社が操作者 1~2 名に対し 2~3 時間程度実施 |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> ・研究所員が操作するため教育は実施していない ・ラジコン操作は 1 日あれば習得可能 |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> ・試行段階のため使用者への教育は実施していない |

第6節. 各種契約（レンタル期間、保証内容、保険など）

建築ロボットを現場に導入する場合、レンタル・リースのほかにロボットそのものを購入するケースがある。何れの場合も、取引を円滑に遂行しトラブルを未然に防止するための契約書が重要となる。また、ロボットの運搬や現場での使用時など様々な場面で故障・破損の可能性があり、想定外の損害を低減するために保険への加入が望ましい場合がある。以下に各種契約例を示す。

表 4-6 ロボット導入時に実施した契約例

| ロボット名称 | 実施した契約例 |
|-------------------------------------|---|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット開発会社やレンタル会社との契約書（レンタル期間、料金、費用負担、使用場所、支払方法） ・秘密保持契約（清水建設との契約） ・動産保険 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・共同研究開発契約（ロボット開発会社） ・保証内容は、レンタル会社、メーカーと個別に契約書を締結 ・費用負担は人件費を除いて均等割 ・2年でロボット作製費用が回収できる相当のレンタル料を設定 ・ロボット保険（現場が変わる都度加入） ・秘密保持契約 ・賠償保険、被験者同意書などは特になし |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・現ロボットはまだ開発段階のため、開発における共同研究開発契約のみ実施 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・レンタル会社との契約書（レンタル費用）、ロボット保険 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・社内保有の工事機械のため、社内書類ですべて完結 ・保険は一般の工事保険、運送保険で対応 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |

| | |
|---------------------------|--|
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> • 建ロボテックとの契約（レンタル期間、費用負担、権利責任の範囲） 「トモロボオペレーター」としての登録 |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> • 特になし（通常の左官工事契約と同様） |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> • レンタル契約書（保険含む） • 印字された墨の位置はロボットの使用者に責任があり、墨の位置が誤っていたことで損害が生じても、原則としてレンタル会社は責任を負わない |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> • ロボット保険、賠償保険、動産保険 |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> • 動産保険 |

第5章 現場導入

建築現場にロボットを導入するにあたり、日常管理や安全教育、トラブル対策や予防対策、電気代や人件費および消耗品などのランニングコスト、ロボット返納整備コスト、想定外の事象への対策について検証することが求められる。本章では第1章に掲載されたロボットの導入事例調査より抽出された各項目について説明する。

第1節. 日常管理、安全教育

建築ロボットを導入するにあたり、日常管理や安全教育に必要な項目を事前に取り決め実施することが重要である。調査ロボットで実施した管理について以下に示す。

表 5-1 各ロボット日常管理、安全教育の例

| ロボット名称 | 現場導入時の日常管理、安全教育 |
|----------------------------------|--|
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 手動運転方法 • トラブルシューティング <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 現場内搬送ルート状況の確認 • 作業間連絡調整会議（職長打合せ）において他作業との工程や安全の調整 • 管理指導する作業員、及び通信機器を整備する作業員に対し、現場状況の説明や作業所ルール等の説明 • 朝礼、昼礼、工程調整会議にて、ロボット稼働について全作業員に周知 |
| <p>【搬送ロボット】 スクイニー</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 採用事例は活動時間が夜間のため同じフロアでも昼間の作業員には説明していない <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 動作確認とメンテナンスをおこなう • 作業間連絡調整会議（職長打合せ）において他作業との工程や安全の調整 • 操作者が打合せの状況によりルート変更など対応。 |

| | |
|---|---|
| <p>【遠隔操縦】 TawaRemo</p> | <p><安全教育の例> ・特になし</p> <p><日常管理の例> ・始業前点検を実施</p> |
| <p>【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher</p> | <p><安全教育の例> ・実施時に操作における注意点を口頭で説明</p> |
| <p>【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット</p> | <p><安全教育の例> ・操作者および現場担当職員に対し、機能説明を含めた説明会を実施</p> <p><日常管理の例> ・他作業との工程調整</p> |
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <p><安全教育の例> ・地這配線のリスクについて説明 ・本体の持ち上げ禁止(30kg以上あり作業員の負傷リスクを考慮) ・本体が落下しないように走行範囲を段差際に設定しない</p> <p><日常管理の例> ・メンテナンス(ごみ箱、センサ、フィルタの清掃) ・夜間運用で充電ステーションに戻れないロボットを戻す</p> |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <p><安全教育の例> ・レンタル会社職員が作業員1名に約1時間の操作指導を実施</p> <p><日常管理の例> ・始業前点検の実施</p> |

| | |
|--------------------------------|--|
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット提供会社がおこなう操作者の教育の中に安全教育が含まれている • 実務体験型：座学 1.5 時間、実習 2 時間で教育完了後に「トモロボオペレーター」として登録される。※登録者：160 名（2023.11.01 現在） • WEB 方式：WEB 上での指導で 2 時間 <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット提供会社から提供された「始業前点検」と「動作チェックシート」「リスクアセスメントシート」の記入 • メンテナンスフリー（2 時間に一度結束線カートリッジ交換） |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 作業員に機能や操作方法、機械の管理の説明を含めた安全講習を実施した <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 他作業との工程調整した • ロボットのメンテナンス（施工後の洗浄は念入りに）、バッテリーの充電を行う |
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 現場担当者がロボット作業日の朝礼時で作業員全員を対象に実施エリアの告知と特徴を説明した <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 水濡れを防ぐ保管場所の確保 • インクの乾燥防止（インクカートリッジを長時間放置しない） |

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットの周囲に人が集まらないよう周知した <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <p><安全教育の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし（資格を持った社員が操作） <p><日常管理の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・始業前点検、KY活動、工程調整 ・充電（1日2回程度） |

第2節. トラブル対応、予防対策

建築ロボットを導入するにあたり、予想されるトラブルを抽出して対策を考えることが重要である。調査ロボットで発生したトラブル事例と対策を以下に示す。

表 5-2 各ロボットのトラブル対応、予防対策

| ロボット名称 | 現場導入時のトラブル対応、予防対策 |
|----------------------------------|---|
| <p>【搬送ロボット】 Robo-Carrier</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 長距離輸送だったためか、搬入後2台のうち1台の Robo-Carrier のリフト下キャスターが格納できなくなり、1台で実施した⇒開発企業担当者が修理を施したが直らなかった • 床コンのこぼれ突起に Robo-Carrier の車輪が乗り上げたことで、大きな揺れが生じ、バンパセンサが反応し一時停止した⇒突起物の清掃を実施した • 資材荷取時、カメラセンサの撮影失敗により一時停止した⇒リスタートで解決した • 資材の荷下ろし時に Robo-Carrier のフォーク先端が隣接するパレットに接触した⇒資材間の設定クリアランスは10cmとしていたが、設置精度のズレが重なり接触したと考えられる今後はクリアランスを20cmで設定する • カメラセンサマーカータンク損傷によるマーカータンク撮影失敗、搬送ルートに仮置資材があり移動等があった <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 自己位置測定のために周囲の壁等をスキャンするため、可動物（ブルーシート等）を撤去または固定した • 工事用 ELV 雨養生、現場内電波状況改善、現場内スロープの改善等をおこなった |

| | |
|---|---|
| <p>【搬送ロボット】 スクイニー</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 起動不可⇒PC シャットダウンを遅延することで対策した • 鍵の紛失があった • 搭載パソコンが故障した • 一番多かったのが充電不可⇒バッテリーを専用品から汎用品に変更して対応した • バッテリーは連続駆動で4時間だが夜間搬入作業時間は8時間のうち機械が止まっている時間もあるので、途中で充電することなくほぼ対応できている。※充電は手動でおこなう <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 前述の詳細なりスクアセスメントを実施した |
| <p>【遠隔操縦】 TawaRemo</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 特になし <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |
| <p>【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボットの破損 <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 部品交換 • ロボット製造会社の社員が同行し対応 |
| <p>【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 操作ミスによりロボットが損傷した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • ロボット保険の加入や同じトラブルを繰り返さないよう関係者への周知を徹底した |

| | |
|---------------------------------|---|
| <p>【清掃ロボット】 KEMARO K900</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 充電ステーションに戻れない時に手動で戻した • 大きなものや長いものを回収して動けなくなり手動で戻した • Wi-Fi アクセスポイントにアクセスできず本体やタブレットを再起動した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 大きなものや長尺ものを残置しないように周知した • センサを清掃して誤作動を防いだ |
| <p>【搬送ロボット】 かもーん</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 充電ケーブルが外され朝からの使用ができない問題が発生した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 充電ケーブルを外さないよう朝礼で周知した |
| <p>【鉄筋結束ロボット】 トモロボ</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 表示灯が赤点灯となりエラー状態となって停止したため、建ロボテックの担当者がテレビ電話で状況を確認し再起動の方法を指導した • 電子回路トラブルで停止したため、建ロボテックの担当者がすぐに駆けつけ（香川→関西）修理&代替機で対応した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 建ロボテックが配線経路の改善とコネクター変更を実施した |
| <p>【コンクリートロボット】 リバイプロボ</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 特になし <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |

| | |
|-----------------------------------|--|
| <p>【墨出しロボット】 SumiROBO</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・小さな開口部を検出したため作業が停止した ・小さな段差により走行不能状態になった ・測量器の遮蔽により作業進捗の停滞が発生した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・稼働監視を兼ねて、同一フロアにて作業者を配置する計画を策定した ・雨による作業の中断に対応するため、墨出しエリアの雨の影響を受ける外周部を先行して施工することで、雨天でも可能な限り作業を継続できるよう進めた |
| <p>【遠隔監視ロボット】 SpotMini</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮設階段を踏み外したため人力で復旧した <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロボットが落下しないように落下防止ネットを設置した |
| <p>【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy</p> | <p><トラブル対応の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし <p><予防対策の例></p> <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |

第3節. ランニングコスト（人件費、消耗品など）

建築ロボットを導入するにあたり、ランニングコストの検証が重要である。調査ロボットで発生したランニングコスト（ロボット本体費用、基本レンタル料金を含まず）の項目について以下に示す。

表 5-3 各ロボットのランニングコスト

| ロボット名称 | 現場導入時のランニングコスト |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> • Robo-Carrier リース料金 • 専用パレットリース料金 • 搬出入時の備品（ブルマン、チェーンブロック） |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> • 安全対策費（カラーコーン設置） |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> • メンテナンス費 • コテや円盤、バッテリー等の消耗品 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> • 消耗品（ストロボ等）、メンテナンス人件費、保管費 |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> • 職員（現場・ときどきサポート部門）人件費、雑工人件費 |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> • 基本管理料 ¥5,000 • 保険料 ¥9,000/月 |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> • 操作者の教育費は実務体験型と WEB 方式の 2 種類があり料金は異なる • 操作は軽微のため費用は鉄筋工のトン単価に含む <p><消耗品など></p> <ul style="list-style-type: none"> • 消耗品は結束線カートリッジ • 故障や傷害の補償サービス保険に加入するか選択可能（但し、自動運転による事故はスタートボタンを押した人の責任） • 購入とレンタルの 2 種類あり <p>レンタル期間は「1 週間パック ¥ 89,000～（税抜き・送料別途）」「1 ヶ月パック ¥ 263,000～（税抜き・送料別途）」の 2 種類あり</p> |

| | |
|---------------------------|---|
| 【コンクリートロボット】 リバイブロボ | <ul style="list-style-type: none"> • ロボット操作をコンクリート押えまでで契約した（在来より若干割高い） |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> • インク代 |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> • 消耗品費（SDカード、カメラ等） • 保険 |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> • 特になし |

第4節. ロボット返納整備コスト

建築ロボットを導入するにあたり、返納整備コストの検証が重要である。調査ロボットで発生した返納整備コストの項目について以下に示す。

表 5-4 各ロボットの返納整備コスト

| ロボット名称 | 現場導入時のロボット返納整備コスト |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・ロボット運用会社が返却時検査で確認・損傷部あれば請求 |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・返納整備費なし ・千葉に倉庫があるため、大阪の現場だと数十万の輸送費がかかる |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・現場実証段階のため対象外 |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・現場検証段階のため対象外 ・運搬費 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・運搬費 ・保管費 ・維持管理（メンテナンス）費 ・返納整備費あり |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・返納整備費なし |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・返納整備費あり |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・返納運送費（発送拠点の四国、東京、北海道） ・九州を増やす予定あり |
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・返納整備費なし |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | <ul style="list-style-type: none"> ・修理が発生した場合のみ返納整備費が発生 |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | <ul style="list-style-type: none"> ・機体一括購入費用（メーカーの本体補償 200万円/年に加入） ・軽微な故障（カメラ基盤）はあった。アメリカで修理。5年で2～3回程度 |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | <ul style="list-style-type: none"> ・現場実証段階のため対象外 |

第5節. 想定外の事象

建築ロボットを導入するにあたり、想定外の事象について事前に対策を検討しておくことが重要である。調査ロボットで発生した想定外の事象について以下に示す。

表 5-5 各ロボットの発生する想定外の事象

| ロボット名称 | 現場導入時の想定外の事象 |
|-------------------------------------|--|
| 【搬送ロボット】 Robo-Carrier | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| 【搬送ロボット】 スクイニー | <ul style="list-style-type: none"> ・打合せと違う規格の台車が来たためロボットが停止した ・耐火被覆等の作業と重複した ・ルート上に水溜まりがあった |
| 【遠隔操縦】 TawaRemo | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| 【床仕上げロボット】 T-iROBO Slab Finisher | <ul style="list-style-type: none"> ・現場保管時の破損 ・運搬時の破損 ・リモコン機器を外部に放置したことでの雨水による破損 |
| 【検査ロボット】 ひび割れ検査ロボット | <ul style="list-style-type: none"> ・精密機械にも関わらず一般の機械や工具と同じように雑に扱われる |
| 【清掃ロボット】 KEMARO K900 | <ul style="list-style-type: none"> ・当初予定より SLAM^{※10} のマッピングする回数が多い（想定：エリアあたり最初1回、実際：数日に一度） ・PP バンドや糸くずのような絡まりやすいゴミが多い ・水たまりは対応可能だが多すぎるとロボットからオーバーフローする |
| 【搬送ロボット】 かもーん | <ul style="list-style-type: none"> ・特になし |
| 【鉄筋結束ロボット】 トモロボ | <ul style="list-style-type: none"> ・使えないと説明している場所で使おうとする（直進しかできないのに無理に横移動させて車輪を壊す） ・結束機をロボットから外して、手持ちで利用される ・取り扱いが乱暴である |

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| 【コンクリートロボット】 リバイプロボ | ・特になし |
| 【墨出しロボット】 SumiROBO | ・搬入経路が狭く稼働場所までの運搬が困難であった |
| 【遠隔監視ロボット】 SpotMini | ・特になし |
| 【多能工作業ロボット】 Robo-Buddy | ・特になし |

第6章 導入効果検討

第1節. 導入効果算出

表1-5に示した建築ロボットの導入効果を把握するために実施したアンケート調査結果のなかで各社が従来工法との比較を実施している項目を下記に示す。

- ・コスト比較
- ・省人化、生産性向上、
- ・作業環境向上（作業量の低減、作業負荷の低減等）
- ・品質向上

建築ロボットを導入する場合、高機能・多機能を求めると導入コストが従来よりも高くなる事が多く、普及が進んでいない問題がある。現在普及が進んでいる建築ロボットは、機能を絞り、コストを抑えて大量の繰り返し作業に使用しているケース多い。

建築ロボットが普及するためにはコスト低減が重要な課題である。建築ロボットの動作環境を整えて、建築ロボットに必要な機能を絞ったロボットの開発や建築ロボットの稼働時間を増やして、従来工法よりも消化高を増やすなどの工夫も必要である。

また、建設業は深刻な技能労働者不足が進んでおり、建設業が魅力的な職場になるために、作業環境向上も重要であると考えられる。現状は各社がコストを負担し、普及促進を行っている段階であるが、建設業界全体で普及促進を進めていく必要がある。

日本の技能労働者は年々減ってきており、時間外労働時間短縮のために公共工事設計労務単価は年々上昇している※。建設業界の高齢化と技能労働者不足は深刻化しており、2024年4月からは残業時間規制も本格化してくるため、建築ロボットの必要性も高まり、普及促進が進んでいくと考えられる。

※：日本建設業連合会 HP 建設業デジタルハンドブック

4.建設労働 労働賃金・公共工事設計労務単価の推移(2023年6月更新)

<https://www.nikkenren.com/publication/handbook/chart6-4/index.html#link07>

第2節. 利用者へのヒアリング

表 1-5 に示した建築ロボットの利用者にヒアリングした事項についてのアンケート調査結果において、ヒアリングの対象者は建築ロボットの操作者、管理者、作業依頼者、現場監督員（ゼネコン、サブコン）である。

建築ロボット導入後のヒアリング実施事項を下記に示す。

- ・率直な感想（使用感、操作性）
- ・運用実績の確認（仕事量、タイムスケジュール等）
- ・実際の効果（コスト、工程削減、疲労の軽減度合）
- ・不具合時の対応の振り返り、システム改善点、運用面の課題
- ・生産性、コスト、時間
- ・適用の可能性

建築ロボットのステークホルダーは、建築ロボットのオペレーター、作業の発注者、建築ロボットの製作会社、運用メンテナンス会社、現場監督員等が考えられる。建築ロボットの関わり方は立場によって異なるが、ヒアリングの目的は現状の確認（生産性、コスト、操作性等）と課題の確認である。

建築ロボットは誰でも簡単に扱え、導入準備のハードルが低い方が普及しやすい。実際に現場で活用し、課題を洗い出し、改善を繰り返していく事が重要である。

第3節. 導入コスト低減の検討

表1-5に示した建築ロボットのロボット導入コスト低減に必要な事項について、アンケート調査結果で回答のあった建築ロボットの導入コスト低減に必要な事項を下記に示す。

- 1) 建築ロボットの稼働率や稼働時間の向上
 - ・運用効率を上げるために、現場内で事前調整・周知で、ロボットが稼働していることを作業関係者全員が認識していることが重要
 - ・各社での積極的活用による操作員やレンタル費用の低減
 - ・作業所間での共有利用による長期的な継続利用
 - ・協働型ロボットを使用する場合の作業者とロボットの作業分担の決定
- 2) 建築ロボットのコスト低減
 - ・建築ロボット製作費用の低減（機能や性能の絞込等）
 - ・外国企業の積極的な導入による生産コスト低減
 - ・建築ロボットの量産化、拡販
- 3) 建築ロボットの付帯費用低減
 - ・自律運転ロボットの監視員無しでの稼働
 - ・5Gなど通信環境の充実
（通信環境が必要なロボットの場合、通信会社の5G等の電波環境が悪い場合、現場毎に無線通信環境を整備する費用が発生）
 - ・サーバー使用料の改善
 - ・工事用ELV各階の電動外扉の改善
- 4) 活用方法によるコスト低減
 - ・複数業者で活用することによるレンタル費の分散
 - ・複数拠点を設けることによる運搬費の削減
 - ・建築ロボットの操作者の拡充
 - ・一式工事の契約によるコスト低減
- 5) 社会環境整備
 - ・業界全体でイメージアップを図る意思、盛り上げ
 - ・補助金支給等インセンティブを与える認可機関、実施機関

建築ロボットの稼働率が上がる環境を整備することで費用対効果の向上が期待できる。

建築ロボットは比較的高価な物が多いため、建築ロボット自体の費用低減が求められている。また、建築ロボットを動かすために、監視員、通信環境、付帯設備等の環境が必要である場合は別途費用がかかってくるため、それらのコス

ト低減も必要となる。そのため、複数社の活用による費用の分散、建築ロボットの複数拠点による運用による運搬費の削減等も必要となる。

その一方で建築ロボットを導入した場合、コストメリットが低い場合も多く、普及促進の阻害となっている。そのため業界全体でイメージアップを図る意思、盛り上げが必要である。また、補助金支給等インセンティブを与える認可機関、実施機関も必要となると考えられる。

第4節. 導入費用、導入効果試算

建築ロボットの導入に必要な費用の内訳とその費用負担について、更に導入前に行った導入効果試算をどのような指標で試算するかについて以下に示す。

導入費用に関して、総じて運搬費、リース料、操作人件費、サポート人件費、電気代などが共通にあげられる。ロボットによっては Robo-Carrier のように現場に Wi-Fi の整備による費用などが発生するケースもある。費用の負担においては基本的には現場の負担となるが、現状ではロボットの実証実験、検証、試行を目的に導入するケースが多く、費用は全額もしくは開発費などで部分的に負担している。

導入効果の試算については、省人化・生産性向上、在来工法との比較や労働者の負担軽減を目的に試算を行っている。なかでも、トモロボは導入費用、導入効果試算どちらも明確になっており、導入費用においては費用負担の考え方など、導入効果試算においては自社のシミュレータでの効果の試算が確認出来るなど実績もあり、特に導入しやすいロボットであると考えられる。

建築ロボットの導入効果試算の参考例として、墨出しロボットの活用事例における費用対効果算出例を次ページに示す。今後の建築ロボットの導入効果試算の参考になれば幸いである。

墨出しロボットの活用事例における費用対効果算出例

1. 現場活用事例

1.1 試算条件

用途 : 事務所ビル
 フロア面積 : 1460m²
 階数 : 12階
 墨出しスケジュール : 1フロアを1週間で墨出し (12週間、約3ヶ月)

1.2 想定条件

電気 70点の従来作業時間→4.35時間/2人
 空調 50点の従来作業時間→5.25時間/2人
 →墨出しロボットの利用により、前準備・後片づけの2.5時間/1人で、実現

1フロア当たりの作業時間

| 墨出し対象 | 墨出し作業配分 (1フロア) | 従来作業 延べ時間 | 墨出しロボット 利用作業延べ時間 | 工期中の 削減時間 |
|------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| 空調設備のみ | 50点/365m ² ずつ4回 | 21.0時間 | 10.0時間 | 132時間/3ヶ月 |
| 電気設備のみ | 70点/365m ² ずつ4回 | 17.4時間 | 10.0時間 | 89時間/3ヶ月 |
| 電気・空調設備 一括で実施 | 120点/365m ² ずつ4回 | 38.4時間 | 10.0時間 | 340時間/3ヶ月 |

2. コスト比較

2.1 空調設備のみで使用した場合のコスト比較

| 項目 | 数量 | 単価 | 金額 |
|----------------------------|---------|-------------|-------------|
| 従来工法 | | | |
| 測量技師 | 15.75 日 | 40,000 円/日 | 630,000 円 |
| 測量補助員 | 15.75 日 | 24,200 円/日 | 381,150 円 |
| 小計① | | | 1,011,150 円 |
| 墨出しロボット | | | |
| 墨出しロボットシステム、 測量機 (レンタル) | 3.00 月 | 525,000 円/月 | 1,575,000 円 |
| 測量補助員 | 15.00 日 | 24,200 円/日 | 363,000 円 |
| 小計② | | | 1,938,000 円 |
| 小計①-小計② | | | -926,850 円 |

※墨出しロボットの稼働率：48日÷90日=53%

2.2電気設備のみで使用した場合のコスト比較

| 項目 | 数量 | 単価 | 金額 |
|---------------------------|---------|-------------|--------------|
| 従来工法 | | | |
| 測量技師 | 13.05 日 | 40,000 円/日 | 522,000 円 |
| 測量補助員 | 13.05 日 | 24,200 円/日 | 315,810 円 |
| 小計① | | | 837,810 円 |
| 墨出しロボット | | | |
| 墨出しロボットシステム、 測量機（レンタル） | 3.00 月 | 525,000 円/月 | 1,575,000 円 |
| 測量補助員 | 15.00 日 | 24,200 円/日 | 363,000 円 |
| 小計② | | | 1,938,000 円 |
| 小計①-小計② | | | -1,100,190 円 |

※墨出しロボットの稼働率：48日÷90日=53%

2.3電気・空調設備で一括で使用した場合のコスト比較

| 項目 | 数量 | 単価 | 金額 |
|---------------------------|---------|-------------|-------------|
| 従来工法 | | | |
| 測量技師 | 28.80 日 | 40,000 円/日 | 1,152,000 円 |
| 測量補助員 | 28.80 日 | 24,200 円/日 | 696,960 円 |
| 小計① | | | 1,848,960 円 |
| 墨出しロボット | | | |
| 墨出しロボットシステム、 測量機（レンタル） | 3.00 月 | 525,000 円/月 | 1,575,000 円 |
| 測量補助員 | 15.00 日 | 24,200 円/日 | 363,000 円 |
| 小計② | | | 1,938,000 円 |
| 小計①-小計② | | | -89,040 円 |

※墨出しロボットの稼働率：48日÷90日=53%

2.4電気・空調設備で一括で使用し、同規模の2現場で使用した場合のコスト比較

| 項目 | 数量 | 単価 | 金額 |
|---------------------------|---------|-------------|-------------|
| 従来工法 | | | |
| 測量技師 | 57.60 日 | 40,000 円/日 | 2,304,000 円 |
| 測量補助員 | 57.60 日 | 24,200 円/日 | 1,393,920 円 |
| 小計① | | | 3,697,920 円 |
| 墨出しロボット | | | |
| 墨出しロボットシステム、 測量機（レンタル） | 3.00 月 | 525,000 円/月 | 1,575,000 円 |
| 測量補助員 | 30.00 日 | 24,200 円/日 | 726,000 円 |
| 小計② | | | 2,301,000 円 |
| 小計①-小計② | | | 1,396,920 円 |

※墨出しロボットの稼働率：96日÷90日=106%

3.コスト比較結果の考察

- ・電気・空調設備一括で使用した方が、費用対効果が高くなる。
- ・単一の現場使用では、墨出しロボットの稼働率が低い為、複数現場で活用する事により、墨出しロボットの稼働率が向上し、費用対効果が高くなる。

4.コストに表れないメリット

- ・墨出し精度が良い。
- ・色々なイメージを印字できる。
- ・誰でも墨出し作業ができる。（技能に左右されない）
- ・墨出し作業日のズレにも対応できる。（誰でも操作可能）
- ・作業結果をデジタルで管理できる。
- ・ゼネコン及びサブコンの現場担当者が墨出し作業を実施する現場では、現場担当者の残業時間削減に大きく貢献できる。

5.まとめ

- ・墨出しロボットの稼働率は、複数会社や複数の現場で利用する事で向上し、費用対効果も高くなる。
- ・コストに表れてこない良いところもたくさんあるので、今後の技能労働者不足に対応していくためにも、このようなロボットの導入が必要である。

6.その他留意事項

墨の位置がずれていて、機器等が間違った位置についた場合、どこの会社が責任を取るのかを事前に確認してから使用するのが良い。

墨出しロボットは測量機ではなく、墨出し作業をしているだけである。墨の位置精度は、測量機側で保証する必要があり、測量機の校正記録等で担保している。人がコンベックスで計測して、マジックで墨を出しをした場合、マジックに責任があるわけではなく、マジックで墨を書いた人に責任がある。従って、墨出しロボットを使用した場合も、墨出しロボットを利用した人に責任が発生すると考えられる。

取り扱い説明書に準じて適切に墨出しロボットを利用し、墨の位置の確認を行う事が大切である。

第7章 参考情報

第1節. 関係法令

本ガイドラインで対象とした建築ロボットに関連する法令やガイドライン等を以下に示します。ここに掲載した法令やガイドライン等については、本ガイドライン作成時（令和6年3月）のものであるため、実際のロボット導入時には最新の法令やガイドラインを参照のこと。

【産業用ロボット関連】

① 安全衛生規則 第三十六条 第31号 [特別教育を必要とする業務－産業用ロボット]

「マニプレータ及び記憶装置（可変シーケンス・固定シーケンス制御装置）を有し、記憶装置の情報に基づき、マニプレータの伸縮・屈伸・上下移動・左右移動若しくは旋回の動作又はこれらの複合動作を自動的に行うことができる機械で、研究開発中のものその他厚生労働大臣が定めるものを除いたもの」と定義されている。また、厚生労働大臣が定める機械を次のように定めている。

- 一 定格出力（駆動用原動機を二以上有するものにあつては、それぞれの定格出力のうち最大のもの）が80W以下の駆動用原動機を有する機械
- 二 固定シーケンス制御装置の情報に基づきマニプレータの伸縮、上下移動、左右移動又は旋回の動作のうちいずれか一つの動作の単調な繰り返しを行う機械
- 三 前二号に掲げる機械のほか、当該機械の構造、性能等からみて当該機械に接触することによる労働者の危険が生ずるおそれがないと厚生労働省労働基準局長が認めた機械

- ・ 労働安全衛生規則第三十六条第三十一号の規定に基づく厚生労働大臣が定める機械

https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=74084000&dataType=0&pageNo=1

【搬送ロボット関連】

① JIS D 6802 [無人搬送車及び無人搬送車システムの－安全要求事項及び検証]

無人搬送車及び無人搬送車システムの製造者に対する無人搬送車システム自身の安全要求事項及び検証手段について規定。無人搬送車を安全に運転できる運転区域を準備するための最低限の要求事項や資格作業者の定義と必要な教育

訓練について規定している。2022年2月のISO 3691-4発行に伴い改正。無人搬送車システムの導入検討段階から設置運用までの安全確保に関する一般事項は改正によりJIVAS A10に移管された。

無人搬送車とは、自動で走行し、荷など人以外の物品の搬送を行う機能をもつ車両で、道路交通法に定められた道路では使用しないものを対象とし、人が運転する産業車両を自動化した車両タイプ、積載形及びけん引形、経路誘導式や自律移動式の無人搬送車（AGV）、自律走行ロボット（AMR）が含まれる。関連規格としてJIS D 6801〔無人搬送車システムに関する用語〕がある。

- ・ JIS D 6801

https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=JIS+D+6801%3A2019

- ・ JIS D 6802

https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=JIS+D+6802%3A2022

② ISO3691-4 「Industrial trucks- Safety requirements and verification -

Part 4:Driverless industrial trucks and their systems」

無人搬送車システムの安全要求事項及び検証に関する国際規格。AGV やシステムにおける人検出装置、動作モード、ブレーキシステムなどの安全要求レベル（PLr: Required Performance Level）を定めている。また、使用環境におけるリスク低減（リスクアセスメント）や機能の妥当性確認の手順について記載。

- ・ ISO3691-4

https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=ISO+3691-4%3A2023

③ JIVAS A10 [無人搬送車及びシステム—製造業者及び使用者の運用のためのガイドライン]

一般作業員、見学者など、無人搬送車に関する特別な訓練及び教育又は特別な知識のない全ての人を対象として、無人搬送車の導入準備及び運用段階における安全確保、運用について制定。運転区域の指定通路の歩行や制限区域、隔離区域への立入り禁止、保護具の着用などの注意事項を記載。

- ・ JIVAS A10

<http://www.jiva.or.jp/safety/standardization.html>

【溶接ロボット】

① JARAS 1012 [建築鉄骨溶接ロボットの型式認証における試験方法及び判定基準]、JARAS 1013 [建築鉄骨溶接ロボットの型式認証基準]

一般社団法人日本ロボット工業会がロボットの型式（製品機種の溶接基本仕様）に対して規格に準拠した製品の適合性に関する認証制度。2023年12月の時点で6社100機種の建築鉄骨溶接ロボットが型式認証されている。

・ JARAS 1012、JARAS 1013

<https://www.jara.jp/system/kenchiku/detail.html>

【全般】

① JIS B 9700 [機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減]

機械類の設計における安全性の達成の方法論やリスクアセスメント及びリスク低減の原則、用語を規定している。また、機械のライフサイクル（仕様検討、製造、改造、運搬・解体、廃棄など）の間の危険源の同定、リスク見積り及びリスク評価、また、危険源除去又は十分なリスク低減を準備するための手順が示されており、機械（ロボット）の使用者に対しても運用にあたってのリスク低減プロセスや保護方策（組織、追加安全防護物の準備及び使用、保護具の使用、訓練など）が求められている。関連規格としてISO 12100 [機械類の安全性]がある。

・ JIS B 9700

https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsyo_id=JIS+B+9700%3A2013

② JIS B 8433 [ロボット及びロボティックデバイス－産業用ロボットのための安全要求事項－第1部：ロボット、第2部：ロボットシステム及びインテグレーション]

産業用ロボットの本質的安全設計、保護方策及び使用上の情報の要求事項及び指針を規定している国際規格 ISO 10218-1 [ロボット及びロボット装置－産業用ロボットの安全要求事項－第1部：ロボット] 及び、基本的なハザード及び危険状態を規定し、それらに関連するリスクを除去又は低減させる要求事項を示している ISO 10218-2 [ロボット及びロボット装置－産業用ロボットの安全要求事項－第2部：ロボットシステム及び統合] を基に、技術的内容及び構成を変更することなく作成された日本工業規格。

ロボットの作業エリアを安全柵で隔てることなく人との空間を共有する協働

ロボットに対する設計者、製造者、設置者が実施すべき安全要求事項を規定している。また、協働ロボットシステムを使用する事業者がリスクアセスメントに基づく措置を実施し、産業用ロボットに接触することにより労働者に危険の生ずるおそれが無くなったと評価できることを要求している。なお、評価結果は記録、保管が必要である。

「はさまれ、墜落等の物理的な作用」の危険性について産業用ロボットのマニピュレータ等の力及び運動エネルギーに留意が必要であり、産業用ロボットが人に接触するときの力と運動エネルギーは ISO/TS 15066 で規定する値以下にすることを規定している。

関連規格として ISO/TS 15066:2016 [Robots and robotic devices — Collaborative robots] がある。

また、関連資料として平成 25 年 12 月 24 日付 基安安発 1224 第 1 号「産業用ロボットに係る労働安全衛生規則第 150 条の 4 の施行通達の一部改正に当たっての留意事項について」及び基発 1224 第 2 号「労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行等について」がある。

- ・ JIS B 8433-1
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=JIS+B+8433-1%3A2015
- ・ JIS B 8433-2
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=JIS+B+8433-2%3A2015
- ・ ISO 10218-1
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=ISO+10218-1%3A2011
- ・ ISO 10218-2
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=ISO+10218-2%3A2011
- ・ ISO/TS 15066
https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0090/index/?bunsho_id=ISO%2FTS+15066%3A2016

③ 機能安全活用実践マニュアル —ロボットシステム編— [中央労働災害防止協会]

産業用ロボットを用いて統合システムを検討する場合に、リスクアセスメントから始まる機能安全設計の手順、機能安全による制御システムの安全目標設

定と実現方法、及びそれら手段の試験と安全性評価についてまとめている。事例や演習を交えながら実践的な安全対策が記載されている。

<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyoku-anzeneiseibu/0000197860.pdf>

④ 機械の包括的な安全基準に関する指針 [厚生労働省]

すべての機械に適用できる包括的な安全確保の方策に関する基準をしめした指針。機械の設計・製造者と使用事業者ともにリスクアセスメントと保護方策の実施を規定している。機械の使用事業者には追加の保護方策として、作業標準・マニュアルの整備、訓練・教育・監督、個人用保護具の使用などを求めている。

指針には使用者業界団体として社団法人 日本建設業団体連合会（現 一般社団法人 日本建設業連合会）が記載されている。

<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-11201000-Roudoukijunkyoku-Soumuka/0000021042.pdf>

⑤ 産業用ロボット導入ガイドライン [経済産業省 中部経済産業局・名古屋工業大学 産学官連携センター]

主に中小企業向けに産業用ロボット導入のステップ（手順）と検討事項をとりまとめている。

https://www.chubu.meti.go.jp/b21jisedai/report/robot_introduction_guideline/guideline.pdf

【電波利用】

① 無人移動体画像伝送システム（ロボット用無線局）

平成 28 年 8 月の電波法無線設備規則等の省令改正によって、無人移動体画像伝送システムとしてロボット（ドローン）の高画質で長距離な映像伝送を可能にするメイン回線用周波数に 2.4GHz 帯及び 5.7GHz 帯の周波数が確保された。また、これらのバックアップ回線用周波数として 169MHz 帯が整備された。

使用可能な最大空中線電力が 1 W となり 5km 程度の長距離通信も可能になった。無人移動体画像伝送システムは陸上移動局又は携帯局として無線局免許の所得が必要で、無線局の運用（操作）にも第三級陸上特殊無線技士以上の資格が必要となる。

無人移動体画像伝送システム回線の周波数帯利用について、ロボット（ドロー

ン)の運用者側が主体となった関係者間の運用調整・連絡及び障害発生時等の対応を目的として、(一財)日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM)が関係者間の運用調整手続きの簡素化が可能な場の提供を行っている。

- ・無人移動体画像伝送システム(ロボット用無線局)の一部運用変更について
(総務省総合通信基盤局 電波部移動通信課)

https://www.soumu.go.jp/main_content/000823534.pdf

- ・一般財団法人 総合研究奨励会 日本無人機運行管理コンソーシアム

<https://jutm.org/about/>

第2節. ロボット保険

建築ロボットを導入するにあたり、ロボットを使用するユーザー側が手配すべき保険として、動産総合保険、利益保険/営業継続費用保険、傷害総合保険、労災総合保険、請負賠償責任保険がある。

●動産総合保険

ロボット本体の破損、火災、盗難、水濡れ等で生じた損害を補償
保険料は、保険金額、動産の種類、保管場所、運送危険等をもとに決定

●利益保険/営業継続費用保険

ロボットによって施設や機械設備等が火災、破裂・爆発、破損、外部からの物体の落下等により損害を被った場合に、休業損失や営業活動を継続するために必要な費用を補償
保険料は、保険金額・施設の構造・担保危険等により個別に決定

●傷害総合保険

従業員等が急激かつ偶然な外来の事故によって身体障害（死亡、後遺障害、負傷等）を被った場合に、死亡保険金・後遺障害保険金・入保険金・手術保険金・通院保険金としてあらかじめ定められた金額で補償
保険料は、保険金額および職種等をもとに算出

●労災総合保険

企業の従業員が業務遂行中あるいは通勤途上で災害に遭遇した場合に、政府労災保険の給付が決定された労働災害について、政府労災に上乗せして給付する災害補償金が支払われる保険
保険料は、事業種類、過去の損害率、事業場数と、被用者数または賃金総額に基づいて個別に決定

●請負賠償責任保険

工事中の不測の事故によって生じた、第三者の身体や財物の損傷に対して支払う損害賠償金や争訟費用等を補償
保険料は、支払限度額・自己負担額の設定、請負工事（作業）の種類、年間売上高、領収金等によって決定

建築ロボットの現場導入によって生じるロボット本体、ユーザー（企業、従業員）、施設、第三者に対するリスクに備えた保険商品が存在する。加えて、工事現場が加入する工事保険が適用される範囲も存在するため、導入する現場条件や必要性に応じて各種保険への加入を検討する必要がある。しかし、各種保険を個別に加入するには煩雑な手続きが必要となるため、建築ロボットの現場導入

で生じる様々なリスクを包括的に補償するパッケージ商品が販売されている。
代表的なパッケージ商品を以下に示す（令和 5 年 12 月時点）。

- ・ あいおいニッセイ同和損害保険：タフビズ事業活動総合保険
- ・ 損害保険ジャパン：ビジネスマスター・プラス
- ・ 東京海上日動火災保険：超ビジネス保険
- ・ 三井住友海上火災保険：ビジネスプロテクター（建設業用）

第3節. 導入支援事業

建設ロボットに関する導入支援制度、開発助成事業として以下のようなものがある（令和5年12月時点）。

表 7-1 導入支援制度

| 種別 | 名称 | 所管 | 概要 | 金額等 | 対象 |
|------|-------------------------|---------------|---|------------------------|--|
| 補助金 | ものづくり・商業・サービス生産性向上促進補助金 | 独) 中小企業基盤整備機構 | 生産性向上に資する革新的サービス開発・試作品開発・生産プロセスの改善を行うための設備投資 | 一般型通常枠 | 補助金 |
| 税制優遇 | 先端設備等導入制度 | 各自治体(中小企業庁) | 一定期間内に販売されたモデルで、生産性が旧モデルと比較して1%以上向上する建設機械、ICT施工機器等 | 固定資産税の特例 | 資本金1億円以下、従業員1000人以下の中小企業 |
| 税制優遇 | 中小企業経営力強化税制 | 中小企業庁 | 経営力向上計画に基づいて新たな設備を取得し、指定された事業にそれを利用すると、即時償却または取得価格の税額控除 | 即時償却または取得価格の最大10%の税額控除 | 資本金または出資金1億円以下、従業員1000人以下 |
| 融資 | IT活用促進資金 | 日本政策金融公庫 | IT化への対応を促すために、IT関連の設備投資に必要な資金を融資する制度 | 2億7千万円まで特別利率③ | 電子計算機、周辺装置、端末装置、被制御設備、多軸産業用ロボット装置など関連設備の取得に必要な不可欠なもの |

| | | | | | |
|-----|--------------------------------|-------|--|-----------------------------|--------------------|
| 補助金 | ロボット導入支援補助金 | 神奈川県 | 「さがみロボット産業特区」の取組で商品化されたロボットの導入経費を補助 | 導入経費の1/3、上限100万円、直接貸与の場合も有り | 県内に事務所または事業所を有する法人 |
| 補助金 | 中堅・中小企業の賃上げに向けた省力化等の大規模成長投資補助金 | 経済産業省 | 中堅・中小企業が、持続的な賃上げを目的に、足元の人手不足に対応するための省力化等による労働生産性の抜本的な向上と事業規模の拡大を図るために行う工場等の拠点新設や大規模な設備投資に対して補助 | 補助上限50億円 | 補助金 |

表 7-2 開発助成事業

| 種別 | 名称 | 所管 | 概要 | 金額等 | 対象 |
|-----|---------------------|---------------|---|---|-----------------------------------|
| 助成金 | 建設技術研究開発助成制度 | 国土交通省 | 建設分野の技術革新を推進するため、国土交通省が示したテーマに対して民間企業や大学等の先駆的な技術開発提案を公募し、優れた技術開発を選抜・助成する競争的研究費制度 | 一般タイプ：最大 1000 万円/年、最大 2 年 中小スタートアップ企業タイプ：500 万円(1 年目)、1000 万円(2-3 年目)、最大 3 年 | 大学、研究機関、民間企業 |
| 助成金 | 社会実装コンテストにおける研究開発助成 | 先端建設技術センター | 「建設現場実装プロジェクト」(国土交通省) 支援の一環として、東京工業高校専門学校が主催する社会実装教育フォーラム建設分野での「社会実装コンテスト」にて同プロジェクト支援委員会から推薦された工業高校専門学校を対象に助成 | 2 万円/チーム × 100 チーム、クラウドファンディング募集あり | 工業高校専門学校 |
| 助成金 | 革新的ロボット研究開発等基盤構築事業 | NEDO 経済産業省 | ロボット実装モデル構築推進タスクフォースが設置された「施設管理」、「小売」、「食品」分野において「ロボットフレンドリーな環境」を構築するための開発を支援、少なくとも各分野 2 テーマ | 2/3 助成、上限記載ないが参考例では全体金額で 1000 万円(うち助成はその 2/3) 未満 | ロボットユーザー企業、あるいはロボットユーザーを中心とした団体組織 |

付録 用語集

※1：PL法（製造物責任法）

製造物の欠陥によって生じた生命、身体又は財産の損害に対して、製造物の不良や欠陥が原因だと証明できた場合、被害者が製造業者等に損害賠償を求めることができることを規定した法律 [平成六年法律第八十五号]

※2：産業ロボットの80W規制

産業用ロボットとは、人の代わりに工場などで組み立て作業などを行う機械装置の総称で、日本工業規格（JIS）では「自動制御され、再プログラム可能で、多目的なマニピュレータであり、3軸以上でプログラム可能で、1か所に固定して又は移動機能をもって、産業自動化の用途に用いられるロボット」と定義されている。

また、労働安全衛生法（安全衛生規則 第36条第31号）では、「マニピュレータ及び記憶装置（可変シーケンス・固定シーケンス制御装置）を有し、記憶装置の情報に基づき、マニピュレータの伸縮・屈伸・上下移動・左右移動若しくは旋回の動作又はこれらの複合動作を自動的に行うことができる機械で、研究開発中のものその他厚生労働大臣が定めるものを除いたもの」と定義されている。しかし、「駆動用原動機の定格出力が80W以下の機械」、「固定シーケンス制御装置の情報に基づきマニピュレータの一定の動作の単調な繰り返しを行う機械」、下記の項目に該当する機械で労働者に危険が生ずるおそれがないと認められたものは産業用ロボットから除外される（労働省労働基準局長通達 基発339号、基発340号）。

1. 円筒座標型の機械(極座標型又は直交座標型に該当するものを除く)で、その可動範囲が当該機械の旋回軸を中心軸とする半径 300 ミリメートル、長さ 300 ミリメートルの円筒内に収まるもの
2. 極座標型の機械(円筒座標型又は直交座標型に該当するものを除く)で、その可動範囲が当該機械の旋回を中心とする半径 300 ミリメートルの球内に収まるもの
3. 直交座標型の機械(円筒座標型又は極座標型に該当するものを除く)で、次のいずれかに該当するもの
 - (1) マニピュレータの先端が移動できる最大の距離が、いずれの方向にも 300 ミリメートル以下のものであること
 - (2) 固定シーケンス制御装置の情報に基づき作動する輸送用機械で、マニピュレータが左右移動及び上下移動の動作のみを行い、マニピュレータが上下に移

動できる最大の距離が 100 ミリメートル以下のものであること

4. 円筒座標型、極座標型及び直交座標型のうちいずれか 2 以上の型に該当する機械にあつては、上記 1 から 3 までに規定する要件のうち該当する型に係る要件に全て適合するもの

5. マニプレータの先端部が、直線運動の単調な繰り返しのみを行う機械(昭和 58 年労働省告示第 51 号本則第 2 号に該当するものを除く)

労働安全衛生規則 第 150 条の 4 の規定によって、産業用ロボットに接触することにより危険が生ずるおそれがあるときは、さく又は囲い等を設けることとなっていた。2013 年 12 月 24 日付基発 1224 第 2 号通達により、産業用ロボットと人との協働作業が可能となる安全基準が明確化され、リスクアセスメントに基づく措置を実施し、産業用ロボットに接触することにより労働者に危険の生ずるおそれが無くなったと評価できるときはさく又は囲い等を設ける必要がなくなった(80W 規制の緩和)。また、国際標準化機構 (ISO) の産業用ロボット規格 (ISO 10218-1 [JIS B 8433-1] 及び ISO 10218-2 [JIS B 8433-2]) に定める措置を実施した場合もさく又は囲い等を設ける必要がない。

※3：エリアセンサ

予め設定したエリア内の人や物体を検知するセンサで、光線や音波を発信しその反射もしくは透過を検出することで物体を検知する。

※4：パフォーマンスレベル (PL)

機械の安全機能 (Safety Function) を実行する部分を「制御システムの安全関連部」と呼び、この安全関連部の能力を規定するために用いられる区分レベルを「パフォーマンスレベル (PL)」と呼ぶ。このレベルは A～E に設定され、A のリスクが最小で E が最大となる。

※5：BIM (Building Information Modeling)

建材や設備など 3 次元オブジェクトを基にして、コンピューター上に建物の 3 次元モデル作成する設計手法。3 次元モデルにコストや仕上げ、管理情報などの属性データを付加し、計画、調査、設計、施工、維持管理の各段階において関係者間の情報共有、建築生産・管理システムの効率化・高度化を図ることが期待されている。

※6：プラスターボード

プラスターを芯材としてボード用紙で被覆し、成形した板状の建築材料。住宅や

オフィスなど、建築物の壁や天井の内装材として使用される。石膏ボードとも呼ばれている。一般的にサイズ 1,820mm×910mm(3×6 版)、厚さ 9.5mm、12.5mm、15mm が使用されている。

※7：ECP (Extruded Cement Panel 押出成形セメント板)

オフィスビルや工場、倉庫などの外壁・間仕切壁などに用いる材料で、セメント・ケイ酸質原料および繊維質原料を主原料として中空を有する板状に押出成形し、オートクレーブ養生したパネル。軽量で強く、耐火性、耐候性に優れている。最大長さ 5,000mm、幅 600mm または 900mm、厚さ 60mm が一般的に使用されている。

※8：NR ボックス

キャスター付きの建設副産物専用回収容器。日本通運が提供する石膏ボードや木くず、紙くずなどを対象とした収集運搬サービスに使用している。

※9：トロウエル

ブレードを回転させ打設した土間コンクリートを平らにする（ならず）機械。広い面積のコンクリート仕上げ作業に適していて、人がコテで仕上げを行うよりも効率的かつ綺麗にならずことが出来る。トロウエルには手持ち（ハンド）式と機乗式のタイプがあり、動力源としてエンジン式とバッテリー式の2種類がある。

※10：SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

センサを搭載した移動体が周囲の環境をセンシングし、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術。

※11：LiDAR (Light Detection and Ranging)

対象物に光を照射し、その反射光を光センサでとらえ距離を測定する方法または装置。

※12：杭ナビ

株式会社トプコンが販売するトータルステーション（型式：LN-150）の名称。杭ナビに電源を入れるだけで自動整準し、スマートフォンやタブレット端末からの操作で簡単に自動追尾されたプリズムの座標を取得できる。

※13：カーテンウォール

建築物自身の軽量化や地震の際にガラスが飛散することを防止することを目的に高層建築

物で使用される軽量で取り外し可能な外壁。建物が受ける力を支持しない非耐力壁であるため金属パネルや板ガラスなどの材質で作ることができ、全面ガラス張りの建物などに採用されている。

参考資料①

かもーん 定期点検表



・点検や整備を怠ると故障や事故の原因となります。本製品の正常な機能を維持するために、下表を参考に定期点検を行って下さい。

・始業点検は毎回、月次点検は1ヶ月に1回行って下さい。

| 項 目 | | 点検内容 | 点検時期 | | 備 考 | |
|---|----------------|---------------------------------------|---|----|-----|--|
| | | | 始業 | 月次 | | |
| 電気系 | バッテリー | バッテリー状態 | 十分な充電残量があること | ○ | ○ | |
| | | 充電状態 | 正常に充電完了まで充電できること 充電時に機器周囲の加熱、ヒューズ切れなどがないこと | | ○ | |
| | 電源ランプ | ランプ表示 | ランプが緑色に点灯すること | ○ | ○ | |
| | レーザセンサ | 状態 | 破損等や表面に汚れがなく、電源ランプ（青）が点灯すること | ○ | ○ | |
| | モード表示灯 | 状態 | 亀裂、断線等の破損がなく、正しく点灯すること | ○ | ○ | |
| 操作系 | ブレーキ | ブレーキ解放 | 解放時に台車を手で押すことができること | ○ | ○ | |
| | | 駐車ブレーキ | 走行停止時にブレーキがかかること | ○ | ○ | |
| | | | 確実に停止を維持できること | ○ | ○ | |
| | ジョイスティックコントローラ | 状態 | 破損等がないこと | ○ | ○ | |
| | | 機能 | ランプが点灯し、スイッチが正しく機能すること | ○ | ○ | |
| 安全装置 | 非常停止 | 停止状態で非常停止スイッチを押すとシステム電源が切れる、または入らないこと | ○ | ○ | | |
| | バンパースイッチ | 亀裂、断線等の破損がないこと | ○ | ○ | | |
| 停止状態でバンパースイッチに接触するとシステム電源が切れる、または入らないこと | | ○ | ○ | | | |
| 走行系 | 車輪 | 状態 | 車輪に亀裂、変形、摩耗がないこと | ○ | ○ | |
| | | 回転 | 異音なくスムーズに回転すること | ○ | ○ | |
| 車体系 | 台車本体 | 状態 | 曲り、歪み、衝突跡等がないこと | ○ | ○ | |