

異業種技術開発連携を推進する 建設RXコンソーシアムの取組み

(一財) 建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

建設の担い手確保が叫ばれて久しい。この間、働き方改革と生産性向上に向けて官民一体となって努力を重ねている。

かつて1980年代後半には、建設業の3K（きつい・汚い・危険）対策として溶接ロボットや鉄骨建て方自動化などの開発に各社競って取り組んでいた。現在は、建設従事者の高齢化と若手の就業離れの危機的状況下で、新4K（給与・休暇・希望+かっこいい）を標榜した建設業界挙げての活動がスタートしている。

建設キャリアアップシステム（CCUS）の定着を梃子^{てこ}に、建設技能者としての技能・経験を客観的に評価して処遇改善を図り、建設ロボット等による生産力向上によって労働力の質・量を高める動きが急である。令和6年4月からの罰則付き時間外労働上限規制適用により、改善圧力が迫っている。

このような環境のもと、2019年12月に鹿島建設と竹中工務店がロボット施工・IoT分野の技術提携をスタートし、2020年10月には清水建設が加わった。この3社を核に全16社からなる「建設RX¹コンソーシアム」（以下、「RXコンソーシアム」という）が2021年9月に発足した。

本レポートでは、RXコンソーシアムの活動を通して、ゼネコン・専門工事業者・メーカーとの協働による建設新技術の開発を推進する建設業界

の変革への動きを探ってみたい。

2 何故コンソーシアムなのか

公共建設工事では、不特定多数の企業が対応し得る標準的な工法を採用した設計で発注する必要があり、開発技術や海外からの導入技術の普及、普遍化を目的に工法研究会や技術協会が組織され、対応していた。

コンソーシアムとは、「共通の目的を持つ複数の組織が協力する共同体」であり、1972年度創設の総合技術開発プロジェクトが産学官連携のコンソーシアムにより官主導で実施され、新構工法技術開発などの成果を上げている。2016年からは、i-Construction委員会のもと、官民連携により、建設現場の生産性革命が、また、最近はDXが進展中である。

民間の建設ロボット開発では、学会での研究開発者間の情報交流はあるが、開発成果の利用は当事者に限られるのが通常で、開発技術の適用先と開発コストの回収に苦しんでいる。

RXコンソーシアムは、「活動を通じて、建設業界全体の生産性および魅力を向上させ、就労者のワークライフバランスの向上と処遇の改善を図り、若年層の就労を促進するとともに協力会社の負担を軽減し、社会の持続的発展および国民生活の安定・向上に貢献してまいります。」という考えのもとで、個々の企業への開発成果の反映ではなく、メーカー・専門工事業者・施工会社を含む業界、関係社会への成果展開を図るための共同体として設立されている。

1 ロボティクス・トランスフォーメーション (Robotics Transformation)

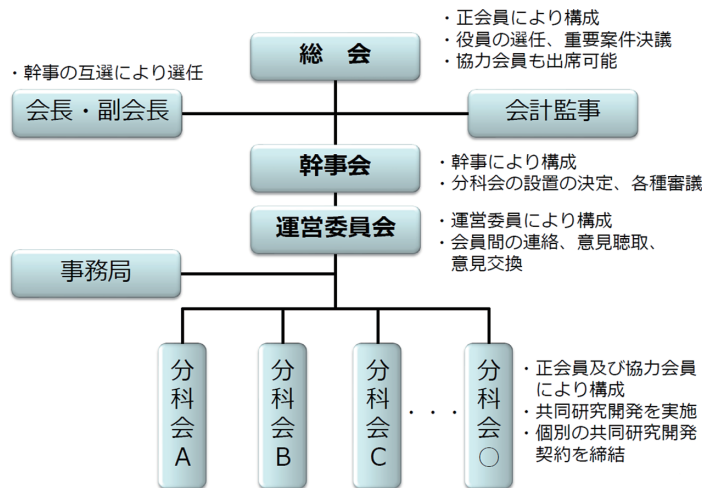


図1 建設RXコンソーシアムの組織

3 RX コンソーシアムの組織

RXコンソーシアムは、自社に研究開発組織を有する一定規模以上のゼネコンである正会員と、協力会員で構成されている。2023年6月30日時点で正会員は29社、協力会員は187社の延べ216社である。

RXコンソーシアムの組織は、図1に示すように、総会、幹事会、日々の活動を推進支援する運営委員会、並びに実際の共同開発や相互利用を行う各分科会で構成される。

分科会で取り組むテーマは、運営委員会で協議し幹事会で決定されるが、原則として各会員の自由意思に基づいて参加を希望すれば分科会に入ることができる。現在、自動搬送やタワークレーンの遠隔操作など、九つの技術の開発を行う分科会が立ち上がっており、活動が本格化している。

4 共同研究開発の実施例

現在活動中の10の分科会は、表1のとおりである。分科会での役割分担や費用負担などの具体的な活動は、各分科会に所属する会員の議論に委ねられている。更に、分科会では、開発費を負担して共同開発の立場で参加する「共同開発型」と、開発費を負担せずに各社での現場試行の結果を分科会にフィードバックすることで成果に貢献する

表1 分科会一覧

No	分科会名
1	自動搬送システム分科会
2	タワークレーン遠隔操作分科会
3	作業所廃棄物のAI分別処理分科会
4	コンクリート系ロボット分科会
5	墨出しロボット分科会
6	照度測定ロボット分科会
7	生産BIM分科会
8	相互利用可能なロボット分科会
9	市販ツール活用分科会
	WG1 ドローン
	WG2 バイタルセンサ WG3 アシストスーツ
10	風量測定ロボット分科会

「試行型」の参加も認めている。

以下に、10分科会の活動概要を記す。

【分科会1 自動搬送システム】

参加企業は29社である。分科会の主な狙いは、自動搬送による生産性向上、計画的な搬送による人員削減、時間短縮である。

主な開発展開方針は、各社がこれまで開発してきたシステム・ロボット・搬送装置間でフレキシブルな連動を実現し、ロボット等をどのゼネコンの現場でも使えるようにすることである。

現在、搬送計画自動スケジューラー、搬送予約調整、搬送指示及び実績収集を担う「自動搬送管理システム (JHS)」と、同システムからの指示を受けて、各種ロボットの搬送経路をBIMと連動させて自動生成し、運航制御や状態管理を行う「建設

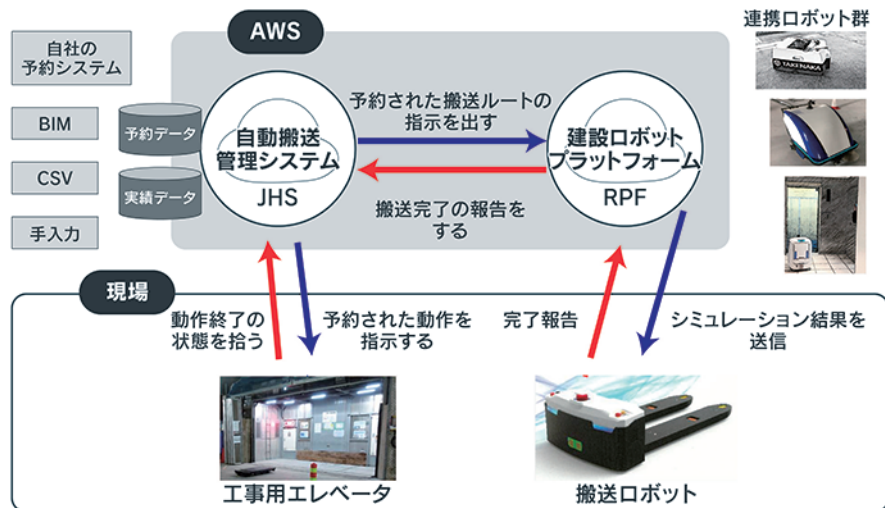


図2 自動搬送システム

ロボットプラットフォーム (RPF) からの制御下で、搬送ロボット及び仮設EVやEVシャッターが連動した自動搬送の実現を目指している (図2)。

【分科会2 タワークレーン遠隔操作】

参加企業は14社である。分科会の主な狙いは、タワークレーンのオペレータへの身体的負担の軽減や作業環境の改善である。

本分科会では、タワークレーン遠隔操作「TawaRemo[®]」の開発を行い、作業所への展開を進めている (図3)。タワークレーンに設置された複数台のカメラで取得した映像を見ながら、地上のコックピットで遠隔操作ができるシステムである。そのコックピットは、前述映像のほか、荷重などの動作信号、異常信号を表示するモニター、クレーン操作のレバーとフットスイッチを備えた操縦席、現地クレーンの振動と傾きを同期再現する振動台で構成される。更に、クレーンの始業前点検 (目視点検) を始めとする各種操作をコックピットから行うことができる。

作業事務所や遠隔地のコントロールセンターなどで、場所にとらわれずタワークレーンの操作ができるため、同一箇所から複数の現場のタワークレーンも操作可能である。

【分科会3 作業所廃棄物のAI分別処理】

参加企業は、18社である。分科会の主な狙いは、



地上の専用コックピット

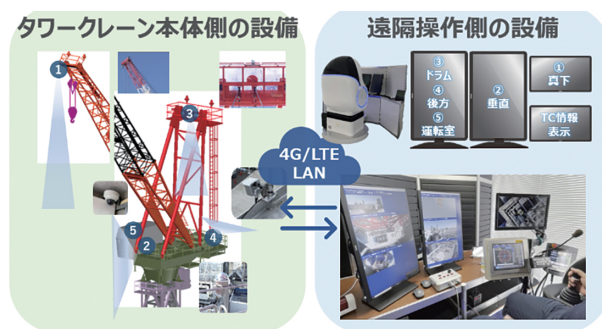


図3 TawaRemo[®]

建築現場内の廃棄物をAIによって自動分別し、圧縮減容によって環境負荷を低減、産廃センサーで管理手間を軽減する技術の開発である (図4)。

画像認識AIを用いて廃棄物を簡単に分別判定できるシステムを構築し、更に産業廃棄物の量をセンサーで計測することで、量が多くなると自動で圧縮できる機能をつけている。その状況を事務所でもモニタリングが可能である。



図4 作業所廃棄物のAI分別処理技術

【分科会4 コンクリート系ロボット】

参加企業は17社である。分科会の主な狙いは、ポンプ圧送・分配、打設、締固め、仕上げなど様々な作業から構成されるコンクリート工事の合理化・機械化である。

各社がこれまで開発を進めてきたコンクリート仕上げロボットを中核として、これらの技術の改良改善や相互利用を進めている（図5）。あわせて、騒音・振動を抑制し周辺環境に配慮した機械の開発にもチャレンジしている。分科会では、コンクリート打設前の配筋、各種検査、残コン処理など、より幅広い改善の余地のある内容について意見交換が進んでいる。



【打設】ディストリビューター

【均し】スクリード



【押し】トロウエル

図5 コンクリート系ロボット

【分科会5 墨出しロボット】

参加企業は24社である。分科会の主な狙いは、墨出し業務の省人化の実現である。

既に複数社の墨出しロボットが実用段階である（図6）。既設置の親墨を基準とし、墨出用の図面に基づいて自動的に間仕切り壁などの子（小）墨を床面上に描画する墨出しロボットを、参加企業各社の作業所において試行を繰り返し、そのフィードバックを得ながら更なる改良

改善を行っている。



図6 墨出しロボット

【分科会6 照度測定ロボット】

参加企業は27社である。分科会の主な狙いは、照度測定業務の合理化である。

建物竣工前の設備機能検査の一つに照度測定がある。照度測定は外光の影響を受けない夜間を実施する必要があり、また測定エリアが広いため、建設現場における時間外労働時間増加の一要因となっている。この照度測定作業を自動化するロボットを共同で開発・改良する（図7）。

予め入力した図面データを基にロボットが自走し、照度測定及び測定結果帳票作成を自動化することで照度測定業務全体を合理化するものである。実機見学会、実機操作体験会、現場試行を行い、意見交



図7 照度測定ロボット

換を重ねた上で開発・改良項目を検討する。多くの意見を基に、ロボットの機能向上はもとより、利用が増えることによるコスト低減の実現を目指している。

【分科会7 生産BIM】

参加企業は、31社である。分科会の主な狙いは、ロボットやIoTの制御へのBIM連携である。

設計BIM を受けた施工BIM、維持管理BIM へのデータフローの整理と、施工者から専門工事会社へのデータ連携について検討している（図8）。また、BIM データを建設ロジスティクスで活用するための共通ルールやコード整備について議論し、業界への提言を行う。更に、本コンソーシアムの他の分科会と協調して、ロボット制御やIoTとBIMデータの連携活用を促進し、施工現場におけるBIM 活用を拡張する。

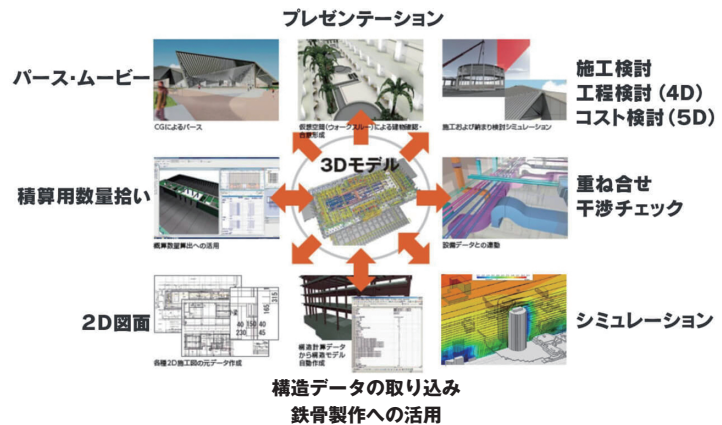
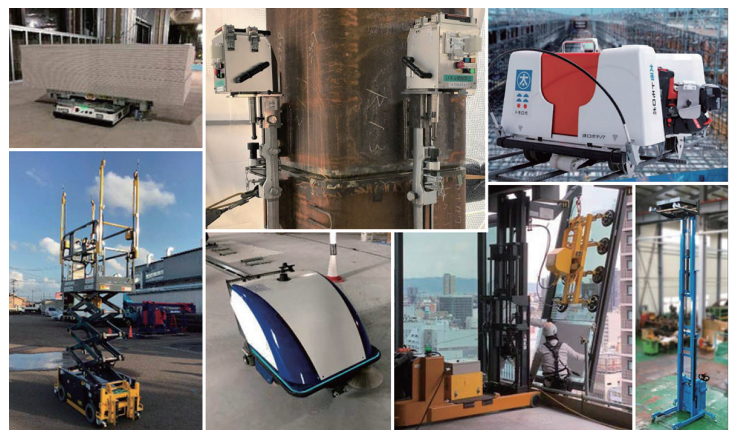


図8 ロボットやIoTの制御へのBIM連携

【分科会8 相互利用可能なロボット】

参加企業は21社である。分科会の主な狙いは、既存技術の汎用化である。

レンタル会社を通して運用されている製品も含め、各社が開発済のロボットや機械装置を対象として、各参加企業の作業所での試行を通じて技術のブラッシュアップを行う（図9）。参加各社からの指摘、改善要望を有効に活用し、利用者目線での継続した機能改善を行うことで商品開発を進める。その結果として、コストダウンされた汎用的な技術に発展させることを目的としている。



上段左から、水平搬送AGV「T-CART（ティーカート）1000」、鉄骨柱の自動計測・建入れ調整システム、鉄筋結束「トモロボ」
下段左から、次世代型高所作業車「建トウン」、清掃ロボット「AXキューーン」、外装材ハンドリングロボット「カーテンウォーカーEV」、天井内設備材料取付専用機「アップロー」

図9 相互利用可能なロボットの例

【分科会9 市販ツール活用】

本分科会は3WGから構成され、その参加企業は、WG1：ドローンが30社、WG2：バイタルセンサーが24社、WG3：アシストスーツが20社である。

本分科会では、市場調査と分析を通して市販技術をリスト化し、製品仕様や特徴、現場利用評価等の情報を参加企業で共有・一元化する。その結果をRXコンソーシアムの要望としてとりまとめ、



ドローン 熱中症予防バイタルセンサー アシストスーツ

図10 市販ツール

建築現場でより効果の高い製品として汎用化されるように、ベンダーに改良を促していく。

【分科会10 風量測定ロボット】

参加企業は15社である。分科会の主な狙いは、風量測定業務の合理化である。

建物竣工前の設備機能検査の一つに風量測定がある。風量測定はすべての制気口（吹出口）を対象に実施する必要があるため、建物の規模によるが測定数が膨大となる。また、風量測定フードを天井面まで持ち上げる必要があるため身体的負担も大きく

なる。これらを改善するために、風量測定作業を自動化するロボットを共同で開発・改良する(図11)。予め入力したBIMデータを基にロボットが自走し、風量測定及び測定結果帳票作成を自動化することで風量測定業務全体を合理化するものである。実機見学会、現場試行を行い、意見交換を重ねた上で開発・改良項目を検討する。多くの意見を基に、ロボットの機能向上はもとより、利用が増えることによるコスト低減の実現を目指している。



図11 風量測定ロボット

5 今後の展望

施工ロボットやIoTアプリの使用によって生産性向上を実現させるためには、

- ① コストダウンに繋がる技術
- ② どの現場でも同じユーザーインターフェイス
- ③ 施工ロボットを前提とした施工計画
- ④ 安全対策

が必要であると考えられる。

①の「コストダウンに繋がる技術」については、開発前にコストを含めた技術のコンセプトづくりが重要となる。建築現場の全体の生産性向上に繋がる何千何万のプロセス毎に効果的なロボットや機械のあり方があるため、メーカーやユーザーの意見を技術に反映し、改善改良を続けていけば、技術の質や稼働率が高まり価格も安くなる。

②の「どの現場でも同じユーザーインターフェイス」については、施工ロボットは現場内で働く技能者(職人)が使うため、ゼネコン各社の現場で操作画面や操作方法が違うのは非効率である。共通のロボットプラットフォームの構築を目指し、簡単なユーザーインターフェイスを共有化する

ことで、どの現場でも同じようにロボットを動かす構想で開発が進められている。

③の「施工ロボットを前提とした施工計画」については、ロボットの能力を引き出すことができる環境を準備することが重要である。現状では、ロボットの稼働範囲を考慮した施工計画になっていないため、稼働率を上げることができない状態となっている場合がある。最適なロボットによる施工計画手法の開発も見据えている。

④の「安全対策」については、現状、建設現場にロボットを導入する場合の規制がない。ロボットが異常稼働した場合に備え、現場では人がいる空間と隔離したり、稼働する時間を分ける方法を取っている。

RXコンソーシアムの狙いは、建設業界に留まらず、幅広い参加者による活動を通じて、ユーザーからのニーズを整理してベンダー側の保有技術やサービスと組み合わせ、技術開発コストの集中と開発期間の短縮を図ることである。そして、その規模を持つRXコンソーシアムという組織への参加会社自体がユーザーやサービス提供者となることで、施工ロボット・IoTアプリ等の導入を促進すると同時に価格が下がり、普及を加速させることが自らの手により可能なのである。

2023年6月には新たに、大林組、大成建設が幹事会社になるとともに、参加会員は保険会社、商社、コンサル会社など幅広い業種が想像していた以上のスピードで増えている。様々な業種から有用な具体的技術・サービスを建設業に取り入れることで、生産性向上、魅力向上を更に推進していくことを強く期待したい。

本レポートをまとめるにあたり、建設RXコンソーシアム 掛谷誠様(鹿島建設(株)建築管理本部建築技術部)には多大なるご協力をいただきました。

ここに感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 「建設RXコンソーシアム」ホームページ
<https://rxconso-com.dw365-ssl.jp/index.html>
- 2) 『建設マネジメント技術』2022年9月号, (一財)経済調査会