

建築生産技術における 開発協調による生産性向上 (建設 RX コンソーシアム)

清水建設株式会社 生産技術本部 副本部長 さかもと 坂本 しんいち 眞一

1. はじめに

高齢化による熟練技能工の減少や3K（危険・汚い・きつい）環境下での新規入職者の減少などの建設業界の労働力不足は、これまでになく深刻な状況となっている。この危機的な状況に対して、2015年3月の日本建設業連合会が公表した長期ビジョンや、2016年9月の第1回未来投資会議において「建設現場の生産性をi-Constructionにより2025年までに20%向上させる」という方針が出され、ゼネコン各社を中心として生産性向上技術の開発が加速している。さらに、2024年4月に控えた「働き方改革関連法」で時間外労働が厳しく制限される中で、建築現場における生産性向上は業界全体として避けては通れない課題となっている。

本稿では、このような背景の下で、建設RXコンソーシアムが設立されるに至った経緯や設立趣旨、ならびにその組織について述べるとともに、現時点での取り組み事例を報告する。

2. 建設RXコンソーシアムの概要

(1) 設立経緯

2019年12月、鹿島建設株式会社と株式会社竹中工務店は、建設業界全体の生産性向上や魅力向上を目指した技術連携を開始した。その後、2020年10月には清水建設株式会社加わり、3社の技術連携として既に開発された技術の相互利用や新たな技術開発を進めるとともに、こうした取り組みを広く業界全体に展開するための準備が進められた。

このような経緯の下、3社の技術連携開始から約1年後の2021年9月22日に建設RXコンソーシアムが設立され、実質的な業界連携としての活動が開始された。

(2) 設立趣旨

建設施工に活用する施工ロボットやIoTを活用した施工支援・施工管理のためのソフトウェア・アプリの開発は、ゼネコン各社がそれぞれ開発を進めることは非効率であり、過大な開発コストが発生することも少なくない。また、実際に施工ロボットやIoTアプリ等を使用する協力会社にとっては、ゼネコン各社がそれぞれの仕様で開発した施工ロボットやIoTアプリ等の操作の習

熟に時間を要することが新たな課題となっている。

そこで、建設業界を担う法人およびこれに協力・支援する法人が中心となって、施工ロボットやIoTアプリ等の開発と利用に係るロボティクストランスフォーメーション（Robotics Transformation（ロボット変革））の推進について協働して資本の集中・技術集約を図り、作業所におけるさらなる高効率化や省人化、建設業界全体の生産性および魅力向上を推進するために建設RXコンソーシアムを設立した。本コンソーシアムの中に設置される分科会において、ロボット技術やIoT関連アプリケーションにおける技術連携を相互に公平な立場で進めつつ、技術の共同開発や既開発技術の相互利用を推進する。

(3) 組織

本コンソーシアムは、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。2022年8月23日時点では会員企業数は112社、うち正社員は25社である。

本コンソーシアムの組織は、図-1に示すように、総会、役員会である幹事会、日々の活動を推進支援する運営委員会、なら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、9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。

3. 分科会活動

現在活動中の9つの分科会は、下記のとおりである。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。さらに、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試行型の参加も認めている。

(1) 分科会1：資材の自動搬送システム

参加企業は、共同開発型14社、試行型9社、検討中3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、時間短縮などである。

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と、参加企業間での開発・試行・フィードバックを通じた自動搬送システムの実用化を図ることである。

分科会は、下記の3WGで構成されている。

- ・WG1：各社搬送装置と建設ロボットプラットフォームと自動搬送管理システムの連携WG
- ・WG2：搬送ロボット単体試行WG
- ・WG3：各種ロボットと建設ロボットプラットフォーム連携WG

WG1では、図-2に示すような搬送計画自動スケジューラー、搬送予約調整、搬送指示および実績収集を司る「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、運行制御や状態管理を行う「建設ロボットプラットフォーム（RPF）」からの制御下で、搬送ロボットおよび仮設ELVが連動した自動搬送の実現を目指している。

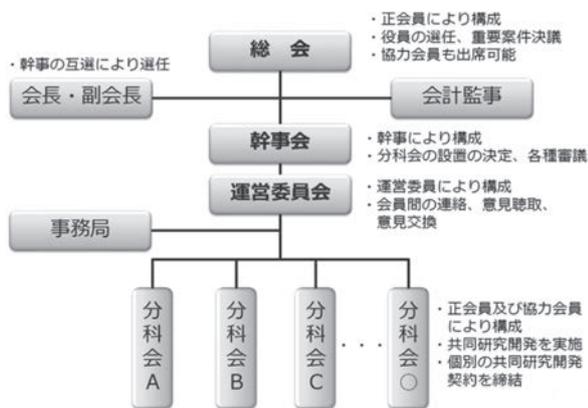


図-1 建設RXコンソーシアムの組織

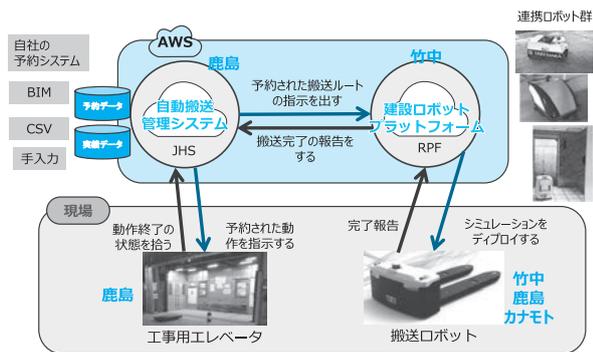


図-2 自動搬送システム

WG2では、図-3に示すような清水建設のロボットおよび鹿島建設・竹中工務店のロボットの単体試行とフィードバックを予定している。

WG3では、これまで各社が開発してきた各種ロボットをRPFと連動させ、BIMを使った作業

指示・運行制御・状態管理の実現を目指している。システムのイメージを図-4に示す。

(2) 分科会2：タワークレーン遠隔操作

参加企業は、共同開発型4社、試行型3社、検討中5社である。2022年度は鹿島建設、竹中工務店に加えて、清水建設、株式会社鴻池組の作業所に適用を予定している。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、その課題解決を目指し、図-5に示すような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。タワークレーンに複数台のカメラを設置し、その映像を見ながら地上で遠隔操作ができるシステムの



図-3 自動搬送ロボット

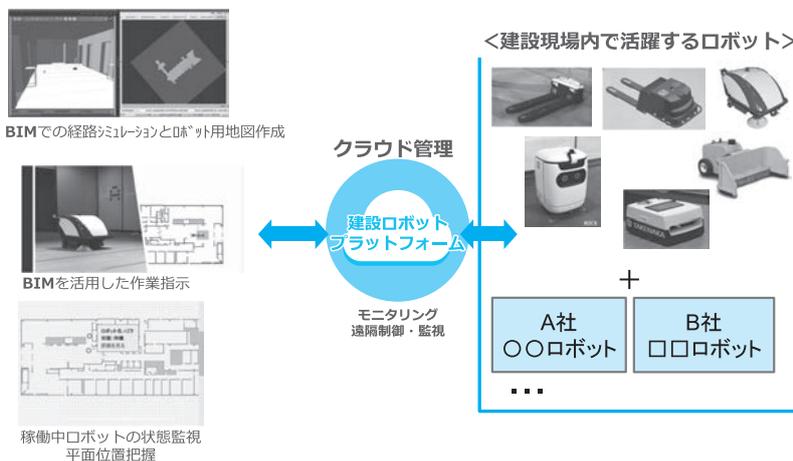


図-4 各種ロボットが連携できるRPFの開発



図-5 TawaRemo®

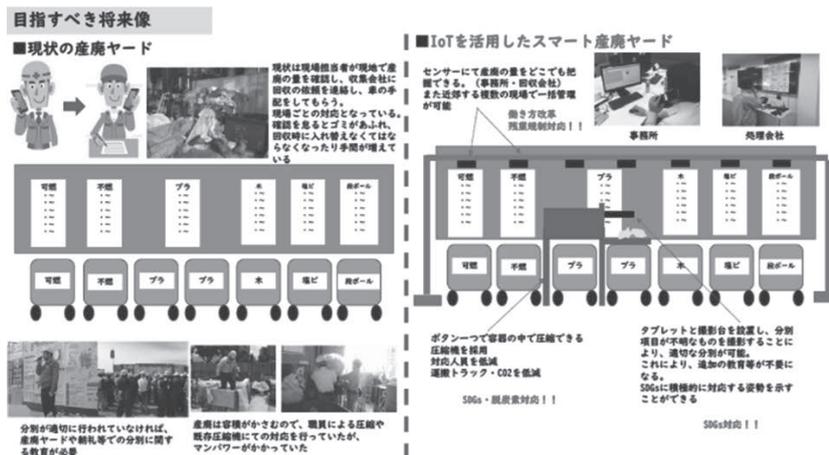


図-6 作業所廃棄物の AI 分別処理技術

開発を行っており、地上にコックピットを配置すれば、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行えるようになる。また、同一箇所に複数のコックピットを配置できることから、多数の若手オペレータに対して、熟練オペレータ1名による指導教育も行え、熟練から若手への技術伝承ならびに若手の技量向上の一助にもなる。

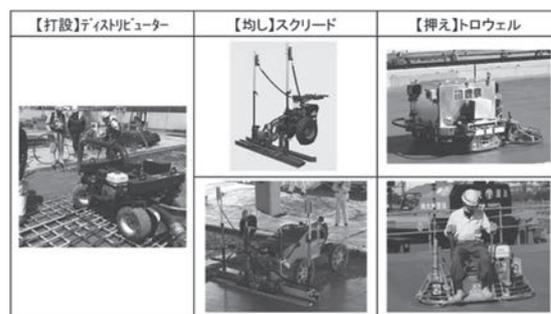


図-7 各社のコンクリート仕上げロボット

(3) 分科会3：作業所廃棄物の AI 分別処理

参加企業は、共同開発型3社、試行型4社、検討中10社である。分科会の主な狙いは、図-6に示すような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する技術の開発である。

産業廃棄物の量をセンサーで計測できるようにし、事務所でモニタリングができ、量が多くなると自動で圧縮できる機能をつけている。また、画像による分別も可能である。開発技術の共同利用によりコストダウンを図り、2022年度中の実用化を図る。

(4) 分科会4：コンクリート系ロボット

分科会が始まった段階であり、現在、17社が参加を検討中である。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ているコンクリート工事の合理化や機械化である。

図-7に示すような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活用方法を協議する予定である。合わせて、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関連テーマに関しての意見交換を進めていく。

(5) 分科会5：墨出しロボット

分科会が始まった段階であり、現在、18社が参加を検討中である。分科会の主な狙いは、墨出し業務の省人化の実現である。

墨出しロボットについては、複数社が図-8に示すような実用段階のロボット開発を行っている。既設置の親墨を基準とし、墨出し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てフィードバックを得ながらさらなる改良改善を行う。

開発したシステム（試作機）



図-8 墨出しロボットの一例



図-10 生産 BIM 開発項目とスケジュール

(6) 分科会 6：照度測定ロボット

参加企業は、共同開発型 4 社、試行型 3 社、検討中 19 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。

図-9 にロボットの概要を示す。居室内を自動で走行して照明の照度を計測し、設計性能が確保できていることを調査、記録するための装置を共同で開発する。関係者による実機見学会、実機操作体験会を行い、意見交換を重ねた上で開発項目を検討する。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す。

(7) 分科会 7：生産 BIM

本年度より分科会が始まった段階であり、現在、28 社が参加している。

図-10 に開発項目とスケジュールを示す。生産 BIM を対象に、幹事会社 3 社が先行して検討した内容を一部公開し、ゼネコンやサブコンが協調すべき下記の項目についての意見交換や各社の要望の収集を行い、より汎用性の高い内容にブラッシュアップしていく。主な活動内容は下記のと

おりである。

- ・生産および維持管理のための BIM に対するワークフロー整理
- ・特機情報のデジタル化による施工、専門工事会社とのデータ連携
- ・BIM データ活用のための共通コード化等
- ・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

(8) 分科会 8：相互利用可能なロボット

分科会が始まった段階であり、現在、21 社が参加を検討中である。

図-11 に対象とするロボットの一例を示す。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。各社からの指摘、改善要望があれば、継続した機能改善に活かし、利用者目線での商品開発を行うことによって、コストダウンや汎用的な技術に発展させることを目的とする。

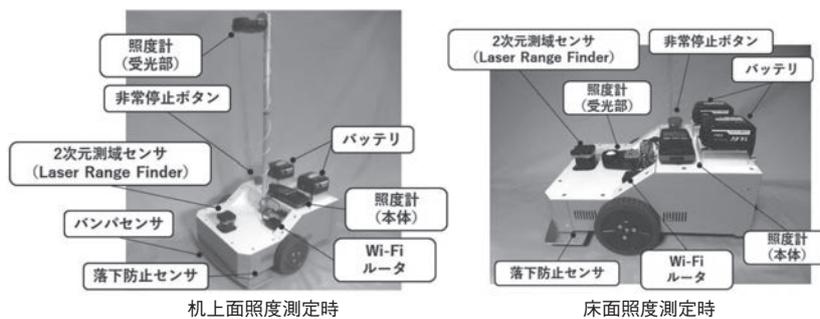


図-9 照度測定ロボット



掃除ロボット AX キューイン



自動追従台車
かもーん



アシスト台車
アップロー



高所作業車
建トウン

図-11 相互利用可能なロボットの例



WG1: ドローン WG2: バイタルセンサ WG3: アシストスーツ

図-12 各WGで扱っている市販ツール

(9) 分科会9：市販ツール活用

参加企業は、正会員17社、協力会員11社、合計28社である。現在、図-12に示す3つのWG（WG1：ドローン、WG2：バイタルセンサ、WG3：アシストスーツ）にて活動を実施中である。

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。その結果を踏まえ、建築現場でより効果の高い製品に改良を促していく。

4. 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コストダウンにつながる技術であること、②どの現場でも同じように使えるユーザーインターフェイスになっていること、③施工ロボットの使用を前提とした施工計画が行われていること、④安全対策が講じられていること、が必要であると考えられる。

①コストダウンについては、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。建築現場では何千何万の作業（プロセス）によって工事が進められる。一つ一つのプロセスの改善の

積み上げが全体の生産性向上につながる。そのプロセスごとに効果的なロボットや機械の在り方があり、コンセプトづくりには、開発者側だけではなくユーザーである職人さんたちの意見も反映されるべきである。また、実際にアセンブルしていく際には1社の技術だけではなく、建設以外の他分野の最先端の技術の組み合わせが必要となる。出来上がったプロトタイプロボットや機械は、いろんな現場で適用をして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はずである。

②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）が使うものであるため、ゼネコン各社の現場でロボットの使い方が違っているのは非効率である。建設RXコンソーシアムでは、共通のロボットプラットフォームの構築を目指しており、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ロボット施工計画については、ロボットの展開においては、ロボットの稼働を前提とした施工計画が必要である。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ことや、オペレータがロボットを使い切れなくて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多い。最適なロボット施工計画手法の開発も必要である。

④安全対策については、現状、建設現場にロボットを導入した場合の具体的な規制は無く、ロボットが異常稼働した場合においても、人がいる領域と隔離する方法しかない。具体的には、空間を完全に分離する方法や、ロボットと人が稼働する時間を分ける方法がとられている。

個別技術の開発に加えて、上記のような横断的・共通的な課題に対しても、建設RXコンソーシアムでは議論も行う予定である。