

第6回ロボフレ委員会講演内容 ～ゼネコン業界の垣根を撤廃して結束～

講師：建設RX コンソーシアム事務局・㈱竹中工務店 井上竜太、記録：RRI 西垣戸貴臣

概要：働き方改革によって建築現場も土日はきっちり休むようになる。法定外時間労働の上限規制も始まる。こうした労働力減少の未来が見える待たなしの状況下で、ゼネコン各社がこれまで業界になかった協調領域を作った。開発した技術を使う人は協力会社の職人であり、異なるゼネコンの現場を渡り歩く。開発したロボットやツールは職人の道具の部分。この道具を一緒に開発して一緒に使おうという考え方である。こうした考え方のもと、コンソーシアムの分科会活動を通じて、各社が協力しあって以下のような取り組みをしている。1) 技術の相互利用：これまで各社が独自に開発した自動化技術（コンクリート施工・墨出し等）を持ち寄って総合評価して改良点を纏めている。2) 市販ツール活用：建設以外の分野で使われているツールの改良点を洗い出し、ゼネコンが束になってメーカーに改良を依頼している。3) 現場が大助かりになる技術の開発：夕方搬入された資材が朝には所定の階の所定の現場に届くエレベータ連携自動搬送機、屋上の50mのタワークレーンへの昇降が不要になる遠隔操作技術、作業者の代わりに自動で目的地まで行って自動計測して自動帳票化するシステム（照明の照度・空調の風量）。

こうした共同評価・開発を通じて、これまで各社で孤独に開発をしていた技術者同士の会話が始まった。まだまだ課題は多い。協力体制を維持しながら開発を継続する。

1. はじめに

労働力不足の波は建設業界でも深刻になりつつある（図1）。働き方改革によって現場も土日はきっちり休むようになる。2024年4月から法定外時間労働の上限規制が始まる。労働力不足は益々深刻な問題になる。現場の年齢構成をみると、労働者の30%以上が55歳以上となっている（図2）。この人たちがいなくなると、現場は立ちいかなくなる。こうした状況下で、ロボット化・DX化は建設業界でも必須の課題になっている。

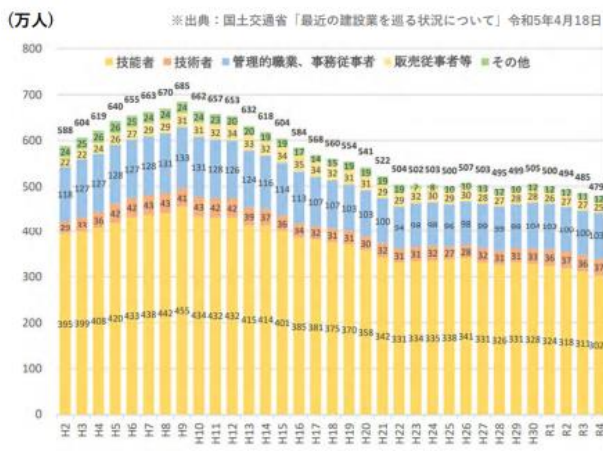


図1 建設業就業者数の推移

1980年代～1990年代、この業界にもロボットブームが起きた。いろんな工事用ロボットが開発された。しかし水平展開はなされず、継続して活用された例は無い。なぜか？ いくつかの反省事項がある（図3）。これらは真摯に反省をして改良して行く必要がある。

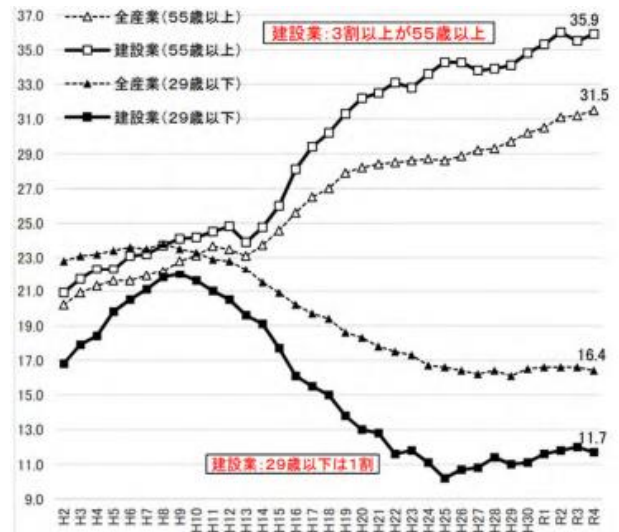


図2 建設業就業者の高齢化

※出典：国土交通省「最近の建設業を巡る状況について」令和5年4月18日

一方で、当時と今では決定的な違いがある。人手不足という点は同じ。当時はバブル景気に沸いており、仕事が多くて人手不足の状態であった。

過去の建設作業ロボットの課題

1. 軽量化、小型化
2. 操作の無難化
3. 事前準備、盛替え、後始末の簡単化
4. 電源のバッテリー化、コードレス化
5. 低価格化
6. メンテナンスの簡単化
7. 操作性向上、走行性能の向上
8. 経費者の育成
9. 施工品質の向上



1. 単一作業のみの効率化ではダメ
2. 適用のための制約条件が多いとダメ
3. 操作が面倒ではダメ
4. 動力源の供給に手間がかかるとダメ
5. ニーズ保有者と開発者の要求レベルが違うとダメ
6. 請負契約等によりロボット費用負担元が不明確だとダメ
7. できれば安全にはお金を掛けたくない
8. 法規制があるとダメ

9. 開発品のフォロー体制 (改良・改善)
10. オープン型の開発体制 (展開速度UP) (業界の生産性向上)

図3 過去のロボット開発の反省

その後バブルがはじけて、仕事量が減少し、ロボットを導入しなくても人がやれば良いという状態になった。しかし今は本当に人が居ない。就業者がどんどん減少する未来も見えている。待たなしの状態に陥った。

本稿ではこうした課題感から、ライバル社同士の壁をやぶり、一致団結して立ち上がった建設 RX コンソーシアムの取組みを紹介する。本稿の構成は、次のようである。第 2 章において建設 RX コンソーシアムの目的・組織構成を説明した後に、第 3 章で中心的な活動である分科会活動を具体的に紹介する。第 4 章では開発のポイント・各社の壁を取り払うことができたポイントおよび今後の方向性について述べる。最後の第 5 章はまとめである。

2. 建設 RX コンソーシアムの目的と体制

2-1. コンソーシアムの目的

コンソーシアムの大きな目的は、「施工ロボット等を、協力会社がどこのゼネコンの現場でも使えるようにする事」及び、「同業他社間での技術開発の重複を無くす事」である。

ロボットを使うのは、協力会社の現場の人。例えば竹中工務店で今日働いた人は、明日は清水建設で働くかも知れないし、鹿島建設で働くかも知れない。彼らは違う現場を渡り歩く。似たようで違うロボットを使うのはたいへんである。道具と同じなので共用したい。どの現場でも使えるようにしたい。こういう共通の目的の元に各ゼネコンが会社間の壁を取り払い、一致団結した。待たなしの状況の中で、バブルの頃には考えられないような協力体制が生まれた。

2020 年に 3 社でスタートし、2021 年には 16 社。2022 年々には 73 社。2023 年の総会では 213 社になった (図 4)



図 4 会員数の推移

2-2. コンソーシアムの組織構成

正会員は、大手 5 社、準大手 10 社、中堅 14 社からなる。これ以外に、大企業からベンチャーまで、保険会社・商社も含むあらゆる業界からなる協働会

員 214 社 (2023 年 1 2 月時点) が参加している。

総会は年に 1 回、幹事会は年に 3 回、運営委員会は月に 1 回開催される。

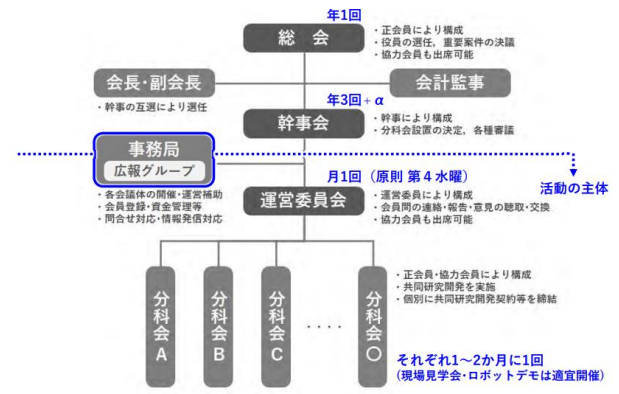


図 5 体制

3. 分科会活動

最も重要な活動母体は分科会である。1~2 か月に一回開催され、それぞれのテーマで技術開発、現場見学会、ロボットデモ等を行っている。

表 1 に、12 の分科会の名称と活動内容を示す。なお、番号は設置順である。以下、それぞれの分科会の活動内容を紹介します。

表 1 分科会の取り組み内容

No	分科会名	主催会社	正会員数	協力会員数
1	資材の自動搬送システム	竹中	18	14
2	タワークレーン遠隔操作	竹中	10	6
3	作業所廃棄物対応技術	竹中	12	5
4	コンクリート施工効率化	清水	14	7
5	墨出しロボット	竹中	16	9
6	照度測定ロボット	鹿島	7	17
7	生産BIM	清水	22	19
	設備小分科会		13	14
8	相互利用可能な技術	清水	12	4
9	市販ツール活用 WG1 ドローン WG2 バイタルセンサ WG3 アシストスーツ	鹿島	17	16
			12	12
			12	8
10	風量測定ロボット	鹿島	4	13
11	AIによる安全帯不使用検知システム	清水	10	10
12	ICT技術による配筋検査の効率化	大林	(募集中)	(募集中)

(1) 資材の自動搬送システム分科会

準備作業を効率化し、主作業に携わる時間を増やしたいという要望から立ち上がった分科会である。エレベータ、搬送ロボットが連携し、夕方資材が搬送されると、朝には所定の階に資材が運ばれているという状態を目指して進めている。現状ではこの作業を朝一斉に行うため、エレベータ渋滞が発生し、実際の作業に取りかかれるのは朝礼の 1 時間後という事も発生している。こういう部分の効率化に効果があると見込んで実証実験を続けている。例えば竹中で作ったロボットを他社の現場に持って行って実証するなど、各種のロボットを他社の各種の現

場に持ち込んでクロス評価するなどの実験を実施している。

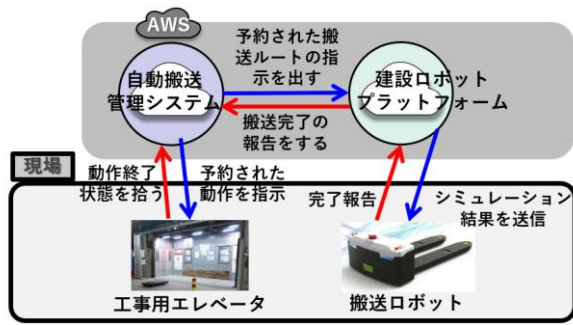


図6 資材の自動搬送システム

(2) タワークレーン遠隔操作分科会

ビルの最上階に設置されるタワークレーンのオペレータは運転席まで支柱のタラップを50m昇って作業を開始し、トイレも食事も持ち込んで終日上空に拘束される。ご高齢の方には厳しい職場。これを解決すべく、例えば地上階からモニターを見ながら操作するといった遠隔操作の技術を開発している。実際には地上階からの操縦に加えて、大阪から名古屋のクレーンを操縦する等、低遅延の技術の効果を実証している。

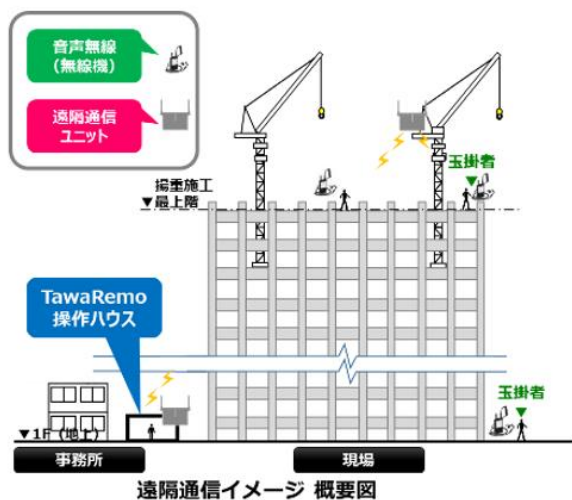


図7 タワークレーンの遠隔操作

(3) 作業所廃棄物対応技術分科会

作業現場ではいろんな廃棄物が出てくる。こうした中で、例えば AI の分別アプリを使ってタブレットで対象物を撮影すると、「これは廃プラです」といった情報を作業者に与えてくれる等によって分別の効率化を図っている。

産業廃棄物は、コンテナ一杯でいくらかという形でコストがかかる。そこで、コンテナ内の廃棄物を機

械的に圧縮してコンテナにたくさんごみを詰めるといった技術の開発も行っている。

廃棄物コンテナの回収は、現場監督が現場を巡回し、コンテナがいっぱいになっていたら回収の手配がなされるという形で行われている。これに対して、センサでコンテナの状態を監視し、アラームが鳴ったら手配するなどと言った効率化のための開発も行われている。これによって、事務作業をやっている人でも回収の手配ができ、現場監督の負荷をさげる効果も期待されている。

(4) コンクリート施工効率化分科会

コンクリート施工は建築現場の根幹をなす工事であり、それぞれの会社が効率化のための機械を個々に開発してきた。これらをみんなで持ち寄って、それぞれの機械の長所・短所を議論しながら、より良い技術を組み合わせて省人化施工システムの構築を行っている。

図8に各社がコンクリート施工ロボット持ち寄った比較会の様子を示す。22社が参加して実際にコンクリート施工を実施した。異なる作業着、異なるヘルメットの作業着が一堂に会することは今までなかった。便利なもの、静音化の工夫をしたもの、電動化したもの等、各社で開発したものを披露し、全員でこれらを比較検討して結果を現在取り纏めている。



図8 各社のコンクリート施工ロボを持ち寄った比較会

(5) 墨出しロボット分科会

コンクリート施工が終わると、次は墨出しと呼ばれる工程が始まる。配管の穴の位置、床の束（つか：荷重を支える短い柱）の位置等を墨で床に書く作業である。これまで職人が行っていた作業をロボットが代替する。レーザセンサで自己位置を推定し、1-2mmの精度で墨で床に目印を書き込む。各社が開発しているロボットを比較し、性能を分析中である。

(6) 照度測定ロボット分科会

建物が完成したら、電気設備工事の品質確認の一環として照明の照度を全機測定する必要がある。現在この作業は二人一組で実際に照明の場所に行き、一人が測定してもう一人がメモを取るという体制で実施している。窓の外から明かりが入ると誤差が出るので、この作業は夜間作業となっている。また測定作業終了後は事務所に戻って帳票作成作業を行う必要があり、過酷な作業になっている。これを測定から帳票作成まで自動化するものである。

自動で照明の場所に行って真下を通過し、止まることなく走り続けて照度を測定する。障害物があれば自動で回避して測定を継続する。このようにして停止することなく自動で照度を測定してデータを貯め、最終的に帳票を自動作成して出力する。



図9 照明測定ロボット

(7) 生産BIM分科会

BIM (Building Information Modeling) は、建築物の3Dモデリング、設計図、それに伴った施工のための情報を作成するソリューションである。この分科会では、設計で使っているBIMを施工でも使う、或いは、ロボット・IOTとBIMの連携、ロボットにBIMをどう使ってもらうかを考える等の議論を実施しており、各分科会にヒアリングしながら、ビルのモデルのあるべき姿を議論している。

(8) 相互利用可能な技術分科会

建設RXコンソーシアムの中で開発した技術だけでなく、過去に各社が開発してきた各種ロボット・自動化技術の相互利用を促進するための方策を議論している。

例えば掃除ロボットの例を紹介する。これまで各社で開発してきた5つのロボットをコンクリート

施工後の現場で走らせて比較した。みんなで動画をとったり、ごみの集積性能を比較したり、お互いの技術をオープンに見せ合って議論する会を実施した(図10)。



図10 お掃除ロボットの性能比較会

(9) 市販ツール活用分科会

建設業向けではない形で製品化されたものを建設業でもうまく使えないかという議論を3つの分野で実施している。

・ドローンWG:

実際に物を積載するものや、カメラを搭載して種々の測定を行うものなど、各種のドローンが製品化されている。これらのいろんなドローンを試して、建設現場向けに使うにはどこを改良した方が良いか等を議論して整理している。ゼネコン1社が要望を出してもドローンメーカーさんも対応に困るが、ゼネコンが束になって要望を出すと、メーカーも対応しやすい。今では協力会員に入っているドローンメーカーもいる。

・バイタルセンサ活用WG:

スマートウォッチなど、市販のバイタルセンサが種々製品化されている。ここでは一例として、こういうバイタルセンサを現場の作業員の熱中症予防等の健康管理に活用すべく、メーカーさんとも議論しながら実証実験を続けている例を紹介する。

11現場、400名の作業員にリストバンド型バイタルセンサを着けてもらって実験を行った。アイスノンのような冷却材を朝の朝礼の時間に握ってもらい、こういうプレクーリングを実施した場合としなかった場合で深部体温がどう変わるかを測定し、プレクーリングの効果を検証した(図11)。これによって、安価な冷却材で熱中症のリスクを下げられそうだというデータが見えたといった効果が出てきている。

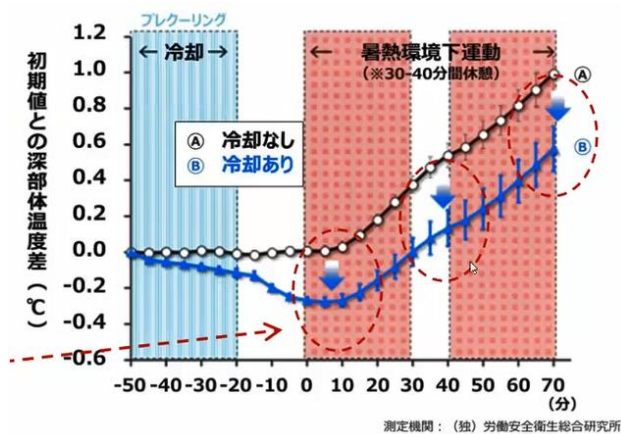


図 1-1 プレクーリングによる深部体温上昇促成効果

・アシストスーツ WG :

建設業に特化したもの、介護用のもの等、あらゆるタイプのアシストスーツが販売されている。これらを試着して評価する会を実施した。実際に職人に試着した状態で作業をしていただき、評価をしていただいた。現在その結果を纏め中である。

(10) 風量測定ロボット分科会

建物が完成したら、全ての空調の風量を測定する必要がある。今は、作業員が直接全ての空調の場所に行き、台の上で風量を測定し、事務職戻ってから帳票を作成しており、膨大な時間がかかっている。これを自動で行うロボットである。図面に従って障害物を避けながら自動的に天井エアコンの場所に行き、エアコンにフードを被せて、そこから出ている空気の風量を自動で測定する。



図 1-2 風量測定ロボット

4. 開発のポイント・各社の壁を取り払うことができたポイントおよび今後の方向性

4-1. 開発のポイント

以上述べて来た取り組みにおける重要なポイントは以下だと考えている。

- (1) ロボット開発に関するポイント
 - ・徹底的に作業者の立場に立って考える。
 - ・自動化を求めすぎて複雑な機構とせず、作業員が用意に取り扱えるものとする。
 - ・高度な技術を有する作業は人に任せ、機械は単純な作業によるサポートに徹する。
 - ・技能を要しない作業は、最大限機械化を図る。
- (2) ICT技術開発に関するポイント
 - ・目の前の明らかなニーズに愚直かつ迅速に答えて行く。
 - ・できるところから開発を進め、早く現場に導入する。
 - ・導入結果から、改善点や新たな改善点を抽出する。
 - ・その時点での最新技術を利用して、大胆に改良を加えて行く。

4-2. 各社の壁を取り払うことができたポイント

(1) なぜ協力しあえるのか？

コンソーシアムには正会員29社、協力会員9社の計38社のゼネコンが入っている。今まではライバルであり競争してきた。しかし冒頭で述べた通り、2024年問題は各社に共通のシビアな課題であり、待ったなしの状態である。また、若い人に入ってほしいという危機感も各社共通である。建設業全体の魅力を上げないと危ないという共通の危機感が大きなモチベーションになっている。

もう一つのポイントはこれまでゼネコン業界になかった協調領域である。開発した技術を使う人は協力会社の職人であり、異なるゼネコンの現場を渡り歩く。開発したものは職人の道具の部分。この道具を一緒に開発して一緒に使おうという考え方である。昔は各社競争して、例えば使い易いノコギリを開発し、他の現場では使わせなかった。しかしそれでは効率が悪い、各社を渡り歩く人の共通の道具をみんなで協力して開発しようという考え方に変化した。この部分を協調領域と考えて、違う部分で競争しようと考え始めたことが大切なポイントである。

(2) 失敗を共有できるか？

各ゼネコンが同じような装置を開発して来た。そうしたなかで、みんな同じような失敗をしてきた。これまではそういう事を話し合う事はなかったが、襟を開いて話し合ってみると、お互いに同じ失敗をして来ましたねという事が良く分かってきた。コンソーシアムの枠組みができたのでこういう会話を

することができるようになった。

前章で述べた性能比較会等を通じて、技術者同士が工夫点を質問したり紹介したりといった会話が増えた。同じような悩みを持つ技術者同士の会話が増えた。自社内の論理を取り払って、他社同士で率直に課題を指摘できる土壌ができた。お互いに同じようなところで躓いて、同じような失敗をしていることを認識しあった。「そうなんです、実は…」という会話が増えた。失敗を共有しあえる土壌ができた。

4-3. 今後の方向性

コンソーシアムができて2年。ようやくいろんな成果が出てきた。そろそろビジネスとして成立できる状態にもっていききたい。いろんな職人に使ってもらいようにしたい。まだまだ半分以上は開発途上。現場を変えていくための課題の氷山の一角に過ぎない。一步一步解決していきたい。

5. まとめ

労働力不足の波は建設業界でも深刻になりつつある。働き方改革によって現場も土日はきっちり休むようになる。法定外時間労働の上限規制も始まる。こうした労働力減少の未来が見える待ったなしの状況下で、コンソーシアムを通じてゼネコン各社が協力しあう体制ができた。

コンソーシアムでの共同開発はこれまでゼネコン業界になかった協調領域である。開発した技術を使う人は協力会社の職人であり、異なるゼネコンの現場を渡り歩く。開発したツールやロボットは職人の道具の部分。この道具と一緒に開発して一緒に使おうという考え方である。

こうした考え方のもと、コンソーシアムの分科会活動を通じて、各社が協力しあって以下のような取り組みをしている。

(1. 資材の自動搬送)

夕方資材は到着すると、翌朝にはそれらが所定の階の所定の場所に届くためのエレベータ連携自動搬送システムの開発。

(2. タワークレーンの遠隔操作)

屋上から更に50mの昇降が必要であり、現状では朝登れば夕方まで降りて来られない。これを解消できる遠隔操作システムの開発。

(3. 産業廃棄物対応システム)

AIで廃棄物を分別したり、ごみが溜まったことを自動で知らせるシステムの開発。

(4. コンクリート施工、墨出し自動化)

各社で取り組んできた根幹の技術を見せ合って互いに評価して改良する会の実施。

(5. 照度測定、風量測定)

人が現場に行って計測してメモして帳票化しているものを自動化。自走して自動計測して自動で帳票化するシステムの開発。

(6. 生産BIM)

こうした自動化の取組にフィットするBIMの開発。

(7. 市販ツール活用)

建設以外の用途で開発されたドローン・バイタルセンサ・アシストスーツを評価し、1社でなく、ゼネコンが束になってメーカーに改善要望を出す工夫。

(8. 技術の相互利用)

コンソーシアムで開発した技術だけでなく、これまで各社で個別に開発してきた技術を比較して相互利用する工夫。

まだまだ半分以上は開発途上。引き続きどうぞよろしくお願いたします。取組を継続する。



ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会
Robot Revolution & Industrial IoT Initiative