

自動自律機械施工への取組に向けた課題とエコシステムの構築

4つの課題と解決策に向けた取組み

株式会社 大林組

○ 杉浦 伸哉

1. はじめに

2024年4月に発表された「i-Construction2」の中で、省人化というキーワードを中心とし、三本の柱として「施工のオートメーション化」「データ連係のオートメーション化」「施工管理のオートメーション化」が掲げられている。

2018年に発表された i-Construction は主に「生産性の向上」に力点が置かれていたが、今回の施策では、生産性向上の次の視点として「省人化」が明確に打ち出されたことが記憶に新しい。

その「省人化」を進めるにあたり、この自動自律施工機械を活用した取組に注目が集まってきたことは理解できるが、その取組を技術開発の領域から、現場施工での利用に定着させるためには、多くの課題をクリアしなければならないと筆者は考えている。

本論文ではこの課題を整理し、その課題をどのような観点で誰がクリアすることが可能なのかを示すことで、特殊な人や組織のみが使える技術としての位置づけではなく、業界としてのデファクトスタンダード技術として使える環境を構築できればと考えている。

昨今、協調領域と競争領域の分離が様々な部分で叫ばれているが、本報文は協調領域としての部分としてお考えいただければ幸いである。

2. 現状の課題

自動自律施工機械を業界標準にするためには4つの課題をクリアする必要があると考える。

図1を見ていただきたい。こちらの図は主に最新技術を施工現場などで利用する場合、技術開発的に試すフレームワークとして考えたのではなく、技術をつかって施工現場での生産性向上や省人化を行うために必要なフレームワークとして考えた図である。

はじめに技術課題について述べてみたい。新技術を現場で使うためには、まず現場で求めている課題を解決するための「技術課題」が明確であり、その技術が課題を解決できるものでなければならないと考えている。

次に、その技術がある場合は、この技術を最大限効率的に利用するための施工方法やそれを使うための運用方法を明確にすべきである。これは言い方を変えると「工法開発」とも言えるかもしれないが、この工法開発が今回 i-Construction2 で求められている「省人化」を実行するためには重要な部分だと感じている。

さらには、これらの「技術」と「工法」を定常的に、安定的に利用するためにはどのように収益がきちんとでるビジネスモデルに作り上げることができるか、という課題があり、これをクリアできなければ、PoC から脱却出来ないであろう。

最後に、今回のような最新技術を使うにあたり重要な「安全基準」や業界全体として最低限共有項として考えておかねばならないガイドラインについて述べたい。これら4つの課題とそれを解決するための、考え方や示唆を以下述べていきたい。



図1 最新技術の現場適用時に考えるべき4つの課題

3. 課題解決に向けた4つの柱

3.1 技術課題について

重機を自動自律で稼働させるためには、以下の技術課題があると考えている。

- ① 製造メーカー(OEM)が強みをもつ DBW(Drive By Wire)の開示
- ② 複数の重機を制御するための FMS(FleetManagementSystem)の開発
- ③ 建設プロセスをデジタルで管理 CMS(ConstructionManagementSystem)の開発
- ④ 複数のセンサーデータを統合活用する センサーフュージョン
- ⑤ 自律機能の 品質管理・品質保証

上記5つの課題を研究開発段階から、施工利用に耐えられるような進化させ、最終的に産業界に提供することで常にこれらの技術を安心して使える環境を構築することが重要だと考える。その観点で図2を見ていただきたい。

この図は何が技術開発レベルなのか、どこからが次のステップに進んでいるのか等を示した図である。

縦軸には機械種類（例えばエクスカベータとかドーザといった機械の種類）と台数を表現し、横軸には、開発している機能の稼働状況や施工場所、操作主体となる組織を記した。

この二軸の表現の中で、機械制御がどのようなレベルとなれば使えるようになると、施工会社は考えるのかということを技術開発、工法開発、事業開発というエリア分けをして表現している。

実施工として「使えるのではないか」と思えるレベルはどこかという議論があるが、レベル3以上から右のエリアに入るものは「使える」と思える技術になるのではないかと想定している。実際に施工現場での利用を調査してみるとほぼこのレベル3

以上のものがそれに当たる。実際の利用については、最低でもレベル4以上もしくはレベル5以上でなければ難しいと感じるが、まずはこの技術の可能性を確認する上ではレベル3以上が妥当だと判断する。

3.2 工法課題

技術課題をクリア出来たとしても、このような最新重機を使いこなすための使い方、「施工工法」が重要な鍵になると考えている。

- ① 費用対効果の見込める初期投資と利用者の利益が出せる工法
- ② 自律運転を前提とした新しい施工計画の作成（安全対策、工区割、歩掛の向上、休憩なし、24時間駆動など）
- ③ 工事に合わせた自律建機工法の開発
- ④ 効率を高める多様なステークホルダーの全体コーディネート

主にこれらの技術を使って省人化を出す側の考えが重要である。ここで一番重要な考え方は「プロセスを変えずにこの技術を使う事を考える」かこれらの最新技術を理解した上で「プロセスをどのように変えて施工を行うことが可能かを考える」かの違いだと思っている。

鉱山業界でこの技術をいれた場合の話を現地の関係者と長く会話をしてきたが、このような最新技術を使いこなしている担当者は「人と同じ動きをして単なる人の代わりをするのではなく、どうやったら省人化して効率化をあげられる使い方ができるのか」を利用者側が工夫できるかが重要だ、と言っていたのが印象的だった。

この自動自律機械施工を人の代替え技術として使う技術としての意識が強い間は、利用するための環境を工夫するといっても単に業務改善レベルにとどまってしまう可能性が高い。抜本的な省人化技術として使うためには、利用者側の相当な意

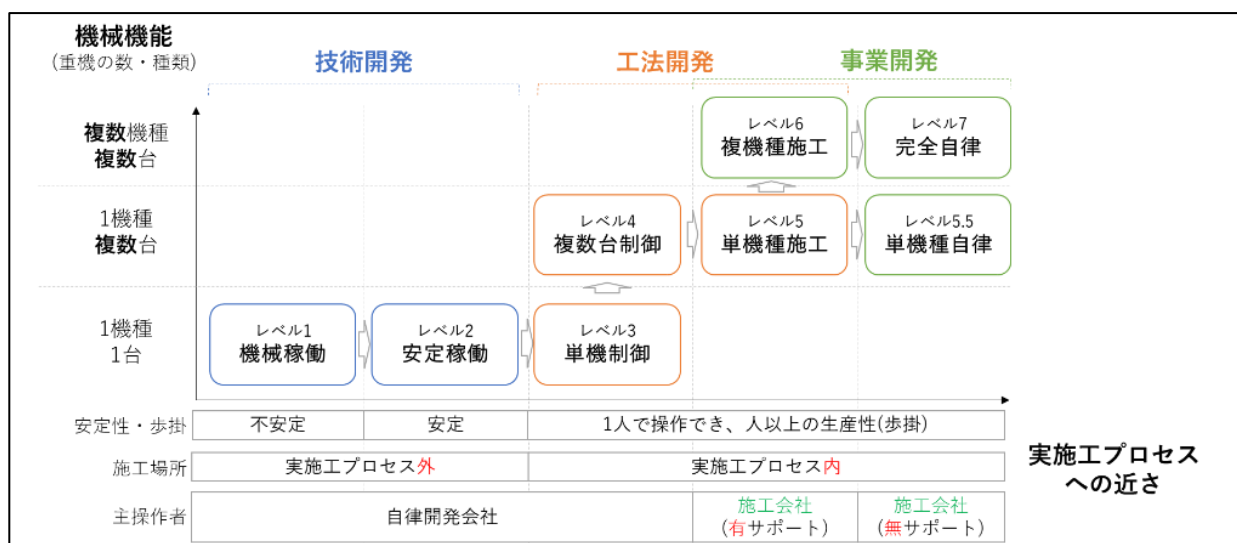


図2 技術開発から事業開発までの技術変遷相関図

識変革が必要であろう。このようなマインドを持つ人もしくは組織が肝である。多様なステークスホルダを全体コーディネート出来る人材も必要となると思われる。

3.3 事業課題

技術と工法をクリア出来たとして、結果的にこの業界のデファクトとして使える環境を構築するためには、持続可能な事業性を意識し諸問題への解決をすべきであると考ええる。

- ① 自律運転事業が持続可能であること
- ② 初期投資に見合った利益が得られること
- ③ 事業をするために必要な十分な組織能力があること（HWメンテ、SWメンテ、現場プロセス変更、規制）
- ④ 継続的な成長をする事業拡張性を創り上げることが出来る環境を構築出来ること

長くこの部分の課題で、特に大きな問題がコストであったが、この5年ほど世界の状況をみながら各企業と個別会話を進めている中で、コスト問題については大きな変化が見られてきた。図3を見ていただきたい。第3象限はまだまだ技術開発レベルの取組でこの段階ではコストは度外視、技術が確立できるのかという観点で対応していた企業が多く2021年4月現在で第3象限に多く存在していたが、技術の進化と開発会社が自らの技術が本当に産業界で使ってもらえるのかという観点で意見を聞いて改善するだけではなく、自らが利用産業界に「請負業」として契約をし、その中でコスト低減の課題などを見つけクリアする「Tech Enable Company」として活動したことにより2025年4月には第1象限に移動している企業が出てきた。このトレンドが今後も続くと考えられるがやはりプロセスを深く理解出来るところまでは難しいため、このコスト

を含めた事業継続の為の課題をクリアするには施工会社の存在が重要である。

3.4 規制（安全）課題

最後の大きな課題の1つは、利用するための環境を技術提供者や利用者ではない、第三者として安全をだれがどのように考えるのかという点である。

- ① 自律運転を製品として実用化するための製品側のガイドラインの構築
- ② 自律運転を実利用するための利用側のガイドラインの構築
- ③ 各国で安全の方向性を示している行政側のガイドラインの構築

何事もそうであるが、新しいツールを単に業務改善レベルで使うのではなく、新技術や新工法として扱うためには、なにがしかのガイドラインや基準を求める人や組織が多い。

製品提供側の主に安全に関するガイドラインについてはすでに製品製造提供者に課せられているガイドラインや基準があり、提供リスクを明確化し、残留リスクを利用者に示すという観点で、この考えは一般化されている流れである。

それに比べ、利用者側のガイドラインとして特に安全については、日本において現存する労働安全衛生法を中心とした、労働安全がしっかり構築されており、それが逆に新しい技術の利用を阻害してしまう場合も多く報告されている。

それらを全体としてクリアするため、行政側の主に安全の考え方が明確になる必要があるが、新しいツールや技術の利用が、通常の労働安全を前提とした内容を凌駕する場合、新しいものの見方や発想をもとに新しい安全を定義する必要があると感じる。

その新しい安全の定義は、建設業界のみの課題で

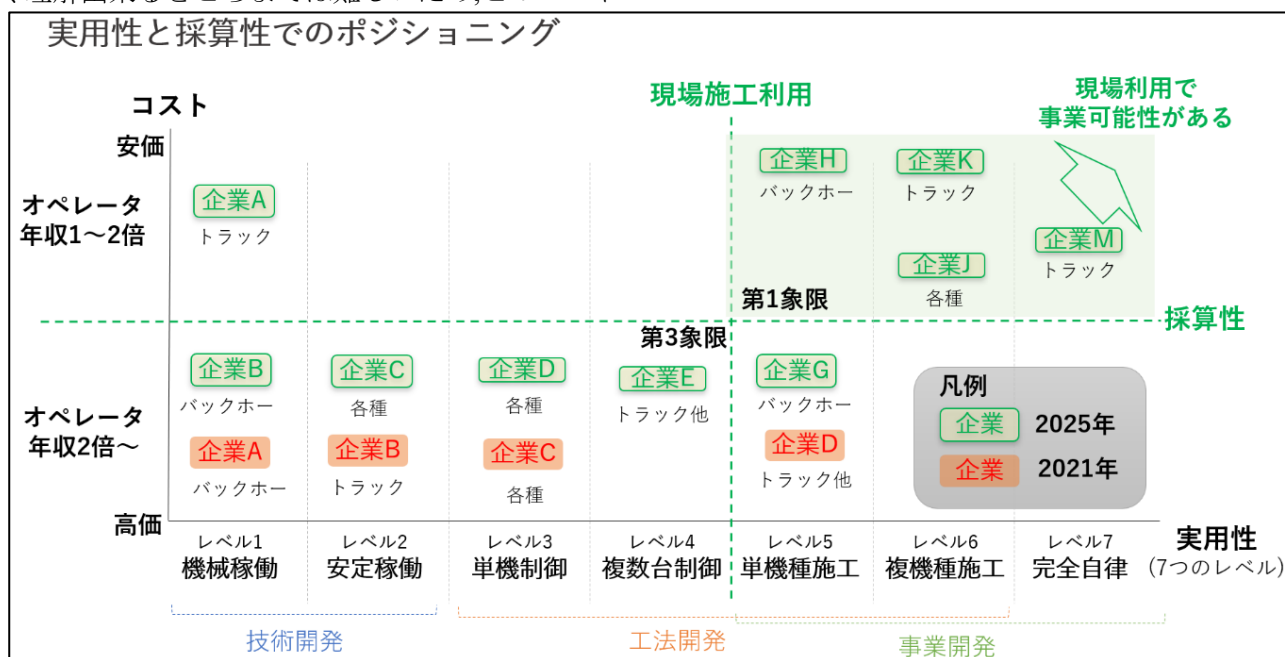


図3 技術レベルとコストの相関図

はなく、実は産業ロボットを中心として進める安全にも課題として現在上げられており、昨今この分野の議論が広く行われている。

キーワードは「協調安全」であり、この定義をどこまで作り上げることができるかが今後の大きな鍵となるであろう。その対応を含め、現在、一般社団法人セーフティグローバル推進機構の建設委員会を中心として、現在議論が進められている。

さらに安全だけではなく、これらの技術を賢く使うための利用者ガイドラインとして、海外における鉱山業界団体（図4）が「GUIDELINE FOR THE IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS SYSTEMS IN MINING」（図5）という資料を出している。

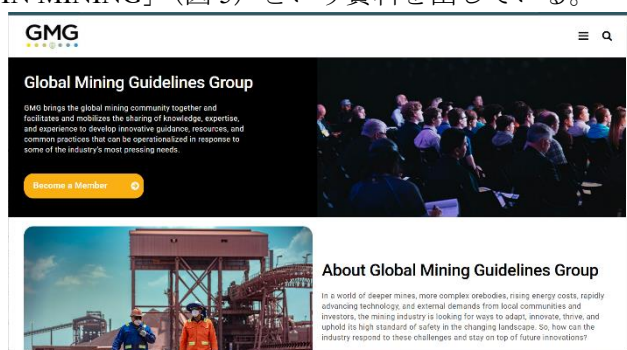


図4 Global Mining Guidelines Group のサイト

<https://gmgroup.org/>

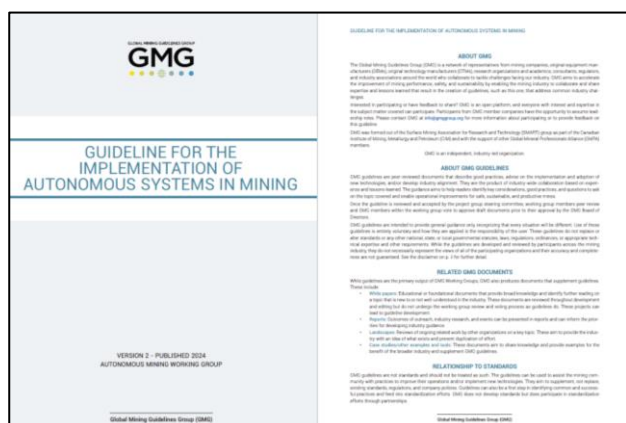


図5 GMG のガイドライン

https://gmgroup.org/wp-content/uploads/2024/08/GUIDELINE_Implementation-of-Autonomous-Systems-1.pdf

自動自律重機を利用する為に、誰がどのような観点で何を理解していく必要があるのかがまとめられている資料である。このようなガイドラインを参考に日本の建設業から建設分野におけるガイドラインを作っていくことが必要ではないかと思われる。

4. エコシステムのあり方について

これらの4つの課題をクリアするために、それぞ

れの課題解決を進める動きが各所で進められているが、市場でこの技術が使われるようにするためには、以下の標準化が重要ではないかと考えている。

図6はその概念を示しているものであるが、日本でも SIP で進められている OPERA の取り組みの拡張版である。自動自律施工の重機を開発している OEM や Startup が多く、現在稼働している自動自律重機とペアで動いている CMS や FMS, TMS などとの連携を相互利用できる様な API がなければ、利用者が利用目的毎にそれらのハードソフトを有する関係者と協議をしなければならないという非効率な業務を行うことになりかねない。

ハードソフト提供者を主眼において、システムの関連性を語るのではなく、利用者視点で、市場を拡大することも視野にいて、業界全体としてこの分野の成長を進めていく必要がある。

そのためにも、各企業や利用企業のそれぞれが自分だけがよければという発想を捨て、関係者全員が OEM やソフトの関係性を意識せず、利用することを主眼にツールが使えるエコシステムを構築すべきである。

データのエコシステムとしては ISO15143 が提唱され、実装も進み始めているので、同様な動きも今後は業界あげて取り組んでいくべきであろう。

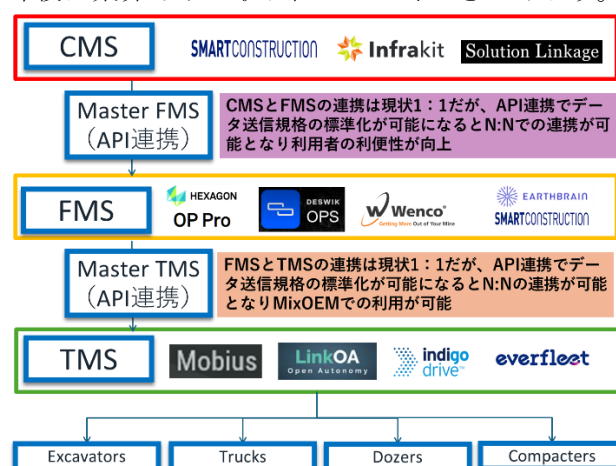


図6 ハードソフトのエコシステム構造図

5. まとめ

一般的にはイノベーションが起こることで、新しい価値をもたらすビジネスが産まれると言われていたが、この技術については、多くの課題をクリアする必要がある、その課題をクリアするためには、エコシステムの構築が重要である。

技術を正しく公平な観点で評価し、その評価結果を全体最適で組み合わせ、建設業界全体で日本の建設インフラ構築を進めための真の省人化技術として推進していきたいものである。