

建設施工における自動化体系および自動化レベルの提案

(国研) 土木研究所 正会員 橋本 毅 (国研) 土木研究所 正会員 山田 充
 (国研) 土木研究所 正会員 山内 元貴 (国研) 土木研究所 正会員 新田 恭士
 芝浦工業大学 非会員 油田 信一

1. はじめに

近年我が国の建設業界では、就業者の高齢化が急速に進行しており、近い将来に100万人以上の熟練技能者が一挙にリタイヤすることが推測される。熟練技能者と非熟練技能者の生産能力差は、モータグレーダを使用した路盤材料敷き均し工を例として行った比較研究成果⁽¹⁾によると、熟練技能者（経験15年以上）の生産能力（時間当たりの施工土量）は非熟練技能者（経験10年未満）の約2.1倍となっており、熟練技能者の大量リタイヤは、建設業界の大幅な生産能力低下を引き起こす恐れがある。この問題を解決する一つの手段として、ロボット技術を建設施工へ適用し、生産性を向上させることが期待されている。すなわち、ロボット技術を用いて建設施工の自動化を図り、非熟練技能者の生産能力向上や、建設施工現場省人化の実現が期待されている。この建設施工自動化研究をさらに効率的に推進するためには、(a)ロボット技術にかかわる研究者・(b)建設分野にかかわる研究者、(c)建設機械メーカーに所属する技術者、(d)施工業者に所属する技術者、(e)発注者といった異なる業種に所属する研究者・技術者がお互いに協力し、同じ目標に向かって研究開発を行うことが重要である。しかしながら、いわゆる異なる文化や立場に所属する場合、同じ単語でもイメージするものが同じとは限らないため、全員の「研究目標と方針の具体的なイメージ」を統一することが必要である。

そこで筆者らは、①建設施工自動化研究の将来像と、②その目標を体系的に分解し研究目標の具体化を図るための「建設施工自動化体系図」、③および現状技術の達成度を把握し研究方針を決定するための「建設機械自動化レベル」を策定することを試みた。これにより、研究目標と方針の具体化が可能となり、建設施工自動化研究が促進されることが期待できる。本稿ではその検討した案を示す。

2. 検討内容

2.1. 将来像の設定

本検討にて設定すべき建設施工自動化の将来像は、前章でのべた背景から考えて、建設施工における一人当たりの生産能力を上昇させたものでなくてはならない。そこで、建設施工現場に必要な人員が最低限（もしくは無人）となり、遠隔的な

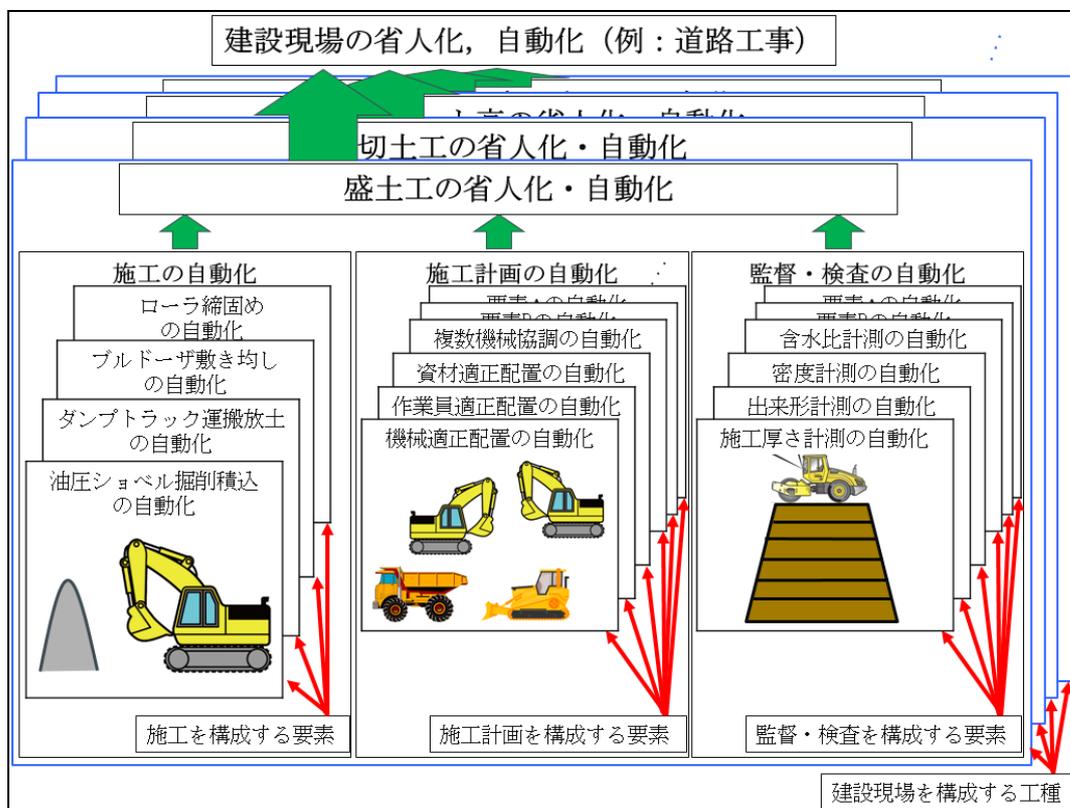


図1 建設施工自動化体系図 (案)

キーワード 建設機械, 建設施工, 自動化, 体系図, レベル

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 (国研) 土木研究所 先端技術チーム TEL 029-879-6757

どから指令（操作ではなく）を発信するだけで施工が自動で行われる状態（「建設工事現場の省人化・自動化」）、を将来像とすることとした。

2.2. 建設施工自動化体系図の検討・提案 研究するべき項目を具体化するためには、前節で述べた将来像を体系的に分解することが必要である。建設工事（土木工事）には、盛土工、切土工、法面工、地盤改良工など様々な工種が存在し、建設工事現場はその工事に必要な複数の工種によって構成されている。また、工種は大きく分けて「施工」「施工計画」「監督・検査」によって構成されており、さらに各々にはそれぞれ構成している要素がある。例えば「施工」は、各種建設機械や人による作業によって構成されており、「施工計画」ならば機械、作業員、資材などの適正配置や適正な発注・複数機械の協調などによって、「監督・検査」ならば各種計測と合否判定などによって構成されている。「建設工事現場の省人化・自動化」を実現するためには、この分解された各作業の自動化からそれぞれ実現していくことが必要となり、そしてこれらが具体的な研究目標になる。以上の検討をまとめた「建設施工自動化体系図（案）」を図1に示す。

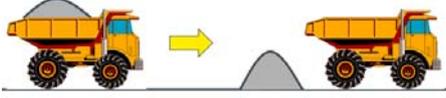
2.3. 自動運転レベルの検討・提案 筆者らは「建設機械自動化レベル」を提案するために、まず同様な自動化レベルをすでに策定している「自動車自動運転レベル（米国自動車技術会 SAE J3016⁽²⁾）」を参考とすることとした。そして、自動車自動運転レベルにある項目を建設機械に適合するように置き換え、個々のレベルの検討を行うこととした。具体的には下記のように置き換えを行った。

①「車両運動制御」→「建設機械制御」②「対象物・事象の検知及び応答」→「高効率施工を行うための検知と判断」③「動的運転タスクの継続が困難な場合の応答」→「自動運転が困難な場合への対応」④「限定領域」→「現場条件限定」。この置き換えた項目を基に、例として「ダンプトラックによる運搬・放土」作業の「建設機械自動化レベル（案）」を表1に示す。

参考文献

- 1) 橋本ら：MC 導入による施工時間および生産性などへの効果について、平成 28 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集，pp.59-64，2016.
- 2) JASO テクニカルペーパー：自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義，JASO TP 18004，2018.

表1 建設機械自動化レベル（案）（ダンプトラックによる運搬・放土）

レベル	定義	建設機械制御	高効率施工を行うための検知と判断	自動運転継続が困難な場合への対応	現場条件限定
	例：ダンプトラックによる運搬・放土 				
0	自動化なし	運転者	運転者	運転者	あり
1	各動作自動化（個別でよい）	運転者とシステム	運転者	運転者	あり
	「積込場所へ移動」「放土位置へ移動」「放土」各動作自動化（個別） 「積込場所」「放土場所」「経路」「放土完了判断」などは人が指示してもよい				
2	一連動作自動化	システム	運転者	運転者	あり
	「積込場所へ移動」「放土位置へ移動」「放土」一連動作自動化 「積込場所」「放土場所」「経路」「放土完了判断」などは人が指示してもよい				
3	高効率施工を行うための検知と判断の自動化	システム	システム	運転者	あり
	高効率施工を行うための、「最適な積込場所」「最適な放土場所」「最適な経路」「放土完了」などをシステムが判断し実行する				
4	トラブル対応の自動化	システム	システム	システム	あり
	例：移動中の障害物、荷台からの荷こぼれ、移動中の経路逸脱、など				
5	現場条件限定の開放	システム	システム	システム	なし
	例：地形（広さや傾斜など）、地盤（固さや表面状態など）、対象材料（種類や含水比など）、天候、など				