

建築現場における情報化施工の現状と今後の展望

Current status and future prospects of computerized construction at construction sites

住居学科 武政 美帆子 石川 孝重
Dept. of Housing and Architecture Mihoko Takemasa Takashige Ishikawa

抄 録 建設業界ではICTを利用した情報化施工が普及している。しかし建築現場での活用は土木現場に比べまだ少ない。本研究では、建築現場におけるICT技術の開発及び活用状況について大手建設会社のプレスリリースを対象に調査を行い、現状の把握と今後の発展の可能性を探った。その結果、国土交通省の情報化施工の推進と新たな技術の進化により建設現場でのICT活用が増加していることが分かった。その中で建築現場において最も活用されているのは現場管理に伴うICTである。その他の分野の作業も土木現場における開発を参考に建築現場での活用が期待できることを示した。ICTを現場で活用することで建設業界のイメージを変えることや抱える課題を解決できる可能性を示唆した。

キーワード：建築現場、情報化施工、ICT、プレスリリース、ロボット

Abstract Computerized construction using ICT is spreading in the construction industries. However, the utilization of ICT at construction sites is less than at civil engineering sites. In this study, we investigated the development and utilization of ICT technologies at construction sites for press release of major construction companies, in order to examine the current position and consider future developments. As a result, we found that the utilization of ICT at construction sites has increased over the past few years because of the promotion of computerized construction by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. In addition, ICT is mostly used for the management of construction sites. By comparing ICT used on construction sites with utilization at civil engineering sites, the deployment of ICT at construction sites may be expanded and used for other purposes. Changing the image of the construction industries and solving problems by using ICT on sites is suggested.

Keywords: Building sites, Computerized construction, ICT, Press release, Robot

§1 研究の背景と目的

2015年、国土交通省は生産性向上を目的として建設現場にてICT技術を活用する取り組み「i-Construction」の推進を始めた。従来、工場内での繰り返し作業を伴う製造業に対し、建設業は工事現場が広域・一品受注生産・現地屋外生産・労働集約型生産などの理由から他産業に比べICT化が遅れていた。特に建築現場では、敷地が狭い・反復作業が少ない・技能工の手作業による施工が基本として根付いているなどの理由から土木現場に比べICT技術の活用は難しいと考えられている。しかしICTの現状は進化しており、建設分野への実用化に供する段

階にきているのではないかと考えた。近年の少子高齢化問題に伴う建設業界の労働者不足、若者の入職者減少の中で積極的に情報化施工を行うことで生産性を向上させ、経済成長を持続させる試みになると期待できる。また建設業界における労働事情悪化の改善や安全性・施工精度の向上、品質の確保などの多くのメリットが見込まれる^{1) 2)}。

本研究では建築現場で現在までにどのようなICT技術を開発し活用しているか調査を行い、現状の把握、今後の建築現場におけるICT技術の利活用の可能性に注目する。

§2 調査の概要

2-1 調査方法

現在までに建設業界においてどのようなICT技術の開発・活用が行われているかを把握するべく主にネット調査を行い、それをもとに比較表を作成した。

調査対象は、技術・コスト面で情報化施工に関わるICT開発が優れていると判断した大手建設会社5社とし、表1に示す各社のホームページに掲載されるプレスリリースの開設時から2017年6月または7月までの記事・情報を参考に調査を行った。

表1 対象会社における概要

会社名	対象時期	参考URL
大林組	1995.2～2017.6	https://www.obayashi.co.jp/press/
大成建設	1995.4～2017.7	http://taisei.co.jp/about_us/release/
竹中工務店	1997.1～2017.7	http://www.takenaka.co.jp/news/2017/index.html/
鹿島建設	1995.2～2017.7	http://www.kajima.co.jp/news/press/index-j.html
清水建設	1998.1～2017.7	http://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/

本論文中の図1、図3～8、表2～7は表1に示すURL内の記事・情報より比較表を作成し、それに基づき図表化したものである。

2-2 比較表の作成方法

“名称”，“会社名”，“現場”，“作業内容”，“工程”，“使用する機器”，“総称”，“目的及び効果”，“掲載年月”，“適用場所”，“特徴”，“課題点”，“展望”について対象の記事・情報より記されている言葉または文章を抽出した。記事内で明らかでない箇所は空白または文中より想定できる範囲で記入した。

例えば，“現場”については以下を定め，記入した。

1. プレスリリースページにて「建築現場」及び「土木現場」，「建設現場」の記述に従う。
2. 適用現場より判断できる場合はそれに準ずる。
Ex.マンション→「建築現場」
ダム→「土木現場」
3. 記述がないものは建築現場・土木現場を含む解釈のもと「建設現場」とする。

§3 建設業界におけるICT化の変遷

年代別のICTの開発頻度は図1のようになった。背景として，1980年代に産業用ロボットが普及³⁾し，一品生産や現場生産などの特殊性から自動機械

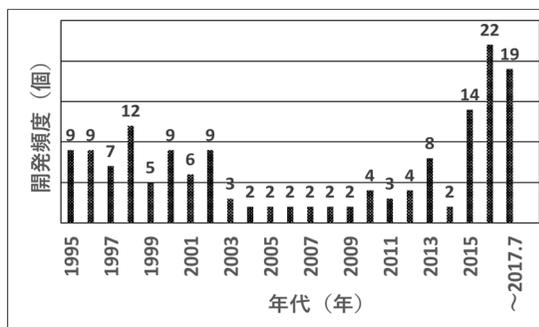


図1 年代別 ICT 開発頻度

などの導入が困難とされていた建設業界においても活用の要請が増えた⁴⁾。また1990年代はインターネットサービスやwebの普及でコンピュータ技術や通信技術が発達し¹⁾，IT革命時代と呼ばれた。

このような影響で時代に合わせ様々な開発が行われてきたが，2003年以降は開発数が減少している。国土交通省が2008年にICT施工技術の普及に向けた「情報化施工推進会議」を，2015年に建設現場の生産性向上を目的としてICT技術を活用する取り組み「i-Construction」の推進を行い，2016年を生産性革命元年と定めた。加えて社会でも様々なICTの新技術が開発され実用性が広がり，現場にも活用し始めたことで，2015年以降開発数が増えているものとする。

元来建設業は，工事現場が広域・一品受注生産・現地屋外生産・労働集約型生産などであり，特に現場でのICT化が難しいとされてきた。建設業界全体の開発数や活用数はまだ多いとは言えないが，増加傾向にあることは確かである。今後の展開が期待される。

§4 建設現場で活用されるICT

現在推進される情報化施工の範囲を図2¹²⁾で表す。

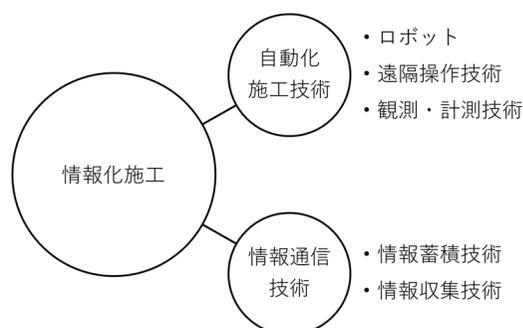


図2 情報化施工の範囲¹²⁾

4-1 自動化施工技術

ロボットや自動化機械は 1990 代から運搬や外装・内装の取り付け・鉄筋の配筋・検査工程で活用されている。加えて 2016 年以降はロボット等の作業の汎用化により鉄骨の溶接・コンクリートの床仕上げ・現場内清掃の工程を自動で行うものが開発された。また重機や測量機器等の遠隔操作技術が土木現場に多く活用されている。

これらにより大変な作業や危険作業を代替し、省力化や安全性の向上を図ることができる。しかし現状、人の手に頼らざるを得ない労働集約型作業も未だに残っており、生産性向上・コスト削減・熟練作業員不足の解消などの面で多くの課題がある⁶⁾。

従来ロボットは作業を代替するだけであったのに加え、近年は人工知能(AI)やIoTを駆使し、所在位置の認識、自立制御、作業動作の記憶や記録を行うことができる。また図3のような作業アシストするサイボーグ型ロボットの導入、力触覚伝達技術を利用した遠隔操作システムなど作業員の支援や技術の再現を行うロボットの開発が行われている。

ロボットスーツHAL 作業支援用(腰タイプ)	力触覚伝達技術を利用した遠隔操作システム
2016.12.09, 大林組	2017.07.20, 大成建設
	
引用:日刊工業新聞:大林組、建設現場にロボスーツ導入「HAL」で作業員負担減。 https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00409864	引用:大成建設:力触覚伝達技術を利用した遠隔操作システムの開発に着手。 http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2017/1439251646817.html

図3 建築現場で利用される新たなロボット

土木現場での遠隔操作では従来、複数台のカメラを利用し、遠近感がつかみにくい状況で作業を行うため、熟練度を要するといった課題があった⁷⁾。しかし2015年に開発されたT-iroboBreaker(大成建設)は破壊したい岩を指定しスタートボタンを押すだけの簡易な操作で建設機械自体が指定された岩までの距離を認識し、割岩作業を行うことができる。よって操作に熟練度が不要となり、誰でも操作可能になった。

測量技術としては従来のレーザーやカメラ、GPS

に加え、ジャイロセンサー、加速度計の機能をもったドローンでの空中測量を可能にした。またそれぞれ測量機器とタブレット端末を連動させることにより自動で配筋状態の計測を行うことや、遠隔操作で測量作業を行うことが可能になったものを図4に示す。

配筋自動判定システム

2012.06.18, 大林組

配筋写真(マーカと背景をセット)



撮影

衛星



GPS

デジタルカメラ



無線転送



アプリケーション搭載



タブレット式PC

引用:大林組:業界初の配筋自動判定システムの開発 <https://www.obayashi.co.jp/press/news20120618>

T-Measure Navi

2016.05.27, 大成建設

①測量点を検挙・測量実行



②測量結果を確認

長距離通信機のアプリ画面(イメージ)



③測量結果を確認

※当社技術センターにおける実証実験状況

作業員1名が携帯端末画面により、①測量点を指定、②測量実施、③測量後誤差を確認

引用:大成建設:大規模構造物の合理化測量工法「T-Measure Navi」を開発。 http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2016/1439214039979.html

図4 タブレットを利用した情報技術

4-2 情報通信技術

パソコンでのインターネット利用で施工作業におけるICT機器と連動し情報管理や解析、またそれだけでなく現場内における事務書類等を電子化し、情報の蓄積を行ってきた。その後、1999年に携帯電話のインターネット接続サービス開始や、2007年以降のスマートフォンやタブレット端末の発売・普及によりインターネット利用は場所の制約から解放され、通信回線が固定から移動体が変わった⁸⁾。これにより今までパソコンで行っていた作業を、タ

ブレット端末が使えることで、さまざまな情報を現場で容易に確認することができるようになった。

例えば、3次元データを活用し設計・計画・管理・記録を行う BIM および CIM の利用やクラウドを利用した現場内・社内及び協力会社との現場情報の共有管理、重機等の位置情報管理が挙げられる。

IC タグやバーコードを利用し、資材の位置情報などを収集していた技術が近年は図5の Bluetooth Low Energy を使った Beacon やコンピュータをより小型化したウェアラブル機器など新たな機器を多く取り入れている。現在の技術として、Beacon は位

置情報を取得するだけでなく、その場所に紐づけられた指示・伝達事項や最新の図面・写真データ等をスマート端末にプッシュ配信することが可能である。ウェアラブル機器は気温の上昇に伴う作業員の熱ストレスを可視化し作業員の体調管理を行うことや、眼鏡型の機器によって墨出し作業での測定の誘導、位置決定を行うことを可能にする。

4-3 今後の展望

今後、自動化施工技術は特定用途ごとの自動化ロボットによる無人化だけでなく、作業員の支援を行うロボットの開発への期待が高まっている。また敷地が広い土木現場での利活用が多い遠隔操作や測量においても、技術の急速な進展もあり狭い敷地であることが多い建築現場での適用が期待でき、そうなれば作業環境の改善が促進されると考える。

情報通信技術で今後、現場での全ての情報をネット上で管理することを想定する。またそれらを眼鏡や時計型のウェアラブル機器で操作できる技術はすでに開発されており、早い段階での実用化が待たれる。しかしながら建設業界では建設主との信頼関係もあり、社外には漏らしてはならない情報が多いこともある。したがってネットからの漏洩やデータの消滅は許されない。業務の効率化は常に求められているが、どこまでICTを信用できるかが重要となり、十分な注意とセキュリティの高さが求められる。

このように現場での改革が促進され、ICT 技術が発展および普及することにより、現場のさらなる情報化技術の利用が促進され、建築現場の環境条件の改善、作業の効率化により労働環境の改善につながることになるだろう。

§5 ICT 開発の目的と活用の効果

5-1 開発目的の変遷

先に作成した比較表をデータベースとしてICT開発の目的に注目した。その頻度を年代別で表したのが表2である。

年を通して“業務効率化”と“安全性の向上”を目的とした開発がなされ、近年のICT開発が行われている中でも頻度が多いことから、情報化施工を行う上での重要な目的、求められる効果であることがわかる。情報化施工の推進が行われた影響か、2012年以降から“生産性の向上”が多く表出する。



図5 ウェアラブル機器と beacon を利用した ICT

表2 年代別 ICT 開発の目的及び効果の頻度

年代	業務効率化	安全性	省力化	時間	コスト	施工精度	品質	生産性向上	省人化	負担軽減	見える化
~1994		1	4		1	1	1		1		1
95	2	4	3	1		2					
96	1	1	1	1							
97	2	1	2								
98	4	3		2	2			1	2	2	
99	2			1							
2000	4	3	1			2	1				
01	2	2	3	2	2	1	1				
02	2	2	3		2		1				
03	2	2	1								
04	1	1									
05	1			1		1					
06	2			1							
07	2	1									
08		1									
09	1						1				
10	1	1			1						
11	3		3								1
12	2	2		1			1	1			
13	1	1		1	2	2					1
14	1	1				1		1		1	
15	3	6	1	2	2	1	2	4	2	1	2
16	1	2	4	1	1	5	4	3	5	3	1
17	7	2	2	4	4	1	2	3	2	1	1

またリーマンショック後の東日本大震災の普及・復興事業の影響で 2011 年から現在まで技能工の不足感が広がっていることや入職者数が減っていること等の影響を受け“省人化”“負担軽減”の目的が挙げられている。加えて近年のタブレットやウェアラブル機器の利用、BIM等のシステム開発などICT技術の発展により“見える化”が提唱され、今後の焦点になると考えられる。

5-2 今後の ICT 活用による効果

ICT の活用により、作業の自動化や通信技術による情報の見える化で、作業の省力化や省人化、時間短縮により業務の効率化を図ることができる。よって作業員の負担が軽減されると共に一人当たりの生産性が向上する。また工期短縮・コスト削減も可能になり、労働者の賃金水準の向上や休暇の取得など労働事情の改善が見込まれる。そして災害防止や体調管理を行えることで現場内の安全性が向上、正確な施工および管理ができることで精度や品質の向上ができ、建築主や社会への信頼性が担保される。他にも、コミュニケーションの向上や人材の育成、環

境配慮としての目的も開発の中で挙がっている。

ICT の活用で得られる効果によっては図 6 のように建設業界における労働力不足等の課題解決、3K イメージの改善、今後の経済成長の持続に欠かせないものとなり、建設業界を明るい未来へ導く鍵になるものと考えられることができる。

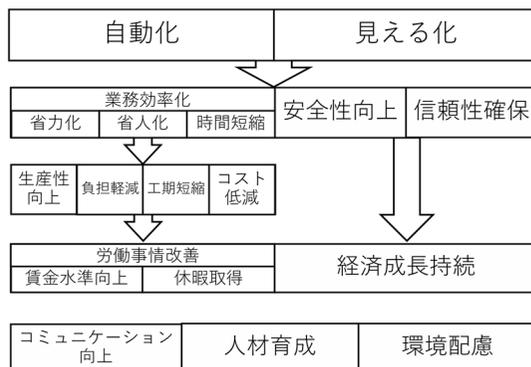


図 6 ICT の活用によって得られる効果の流れ

§6 建築現場と土木現場の比較

建築現場における作業工程を、“計画”、“解体”、“計測”、“杭”、“山留”、“掘削”、“墨出”、“運搬”、“揚重”、“重機作業”、“躯体(鉄筋)”、“躯体(コンクリート)”、“躯体(鉄骨)”、“外装”、“耐火”、“内装”、“設備”、“仕上げ”、“清掃”、“検査”、“管理”、“記録”とし、これらの中での現場ごとの比較を行い、建築現場での ICT の活用状況を分析する。

図 7 は ICT 技術開発の頻度が多い工程順でグラフ化したものである。n は今回調査した現場ごとの ICT 開発の総数を表す。比較表で一つの ICT で一つ

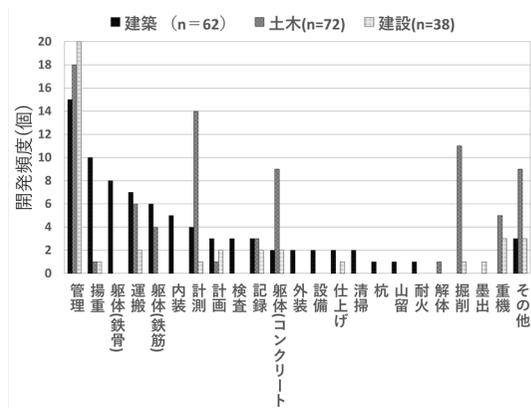


図 7 ICT 開発頻度が多い工程順グラフ

以上の工程に属しているもの、例えば「測量を自動で行い、そこからデータを記録する」という作業内容のICTであれば、「計測」「記録」それぞれの工程における開発頻度に加算する。

6-1 最も開発頻度の高い工程「管理」

図7における建設現場は建築と土木の区別をしていないが、建築・土木どちらの現場でも管理工程でのICT化が最も進んでいることが分かる。先に述べた比較表にて時系列でみても常に管理に関わるICT開発が行われており、需要があることがわかる。

2000年以降のインターネットの普及により、コンピュータや携帯電話端末での自動情報管理、また現場作業員や下請け会社との情報の共有を容易にすることが可能になった。現場全体を通しての管理に加え、各工程に特化したデータの管理を行うものを含む為、汎用性が有り、多くの管理システムが開発されていると考えられる。建築現場・土木現場共通して現場全体を通して行われる管理システムは図8のように大きく3つに分けることができる。

現場情報	施工情報	書類情報
<ul style="list-style-type: none"> ・安全管理 ・廃棄物等の管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工管理 ・品質管理 ・資材管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・帳票・工事写真の記録 ・報告書等の管理

図8 管理システムの分類

「現場情報」ではICカードを利用した作業員の労務管理や重機作業を行う際に建設機械及び工事車両の安全管理、ICタグを利用した重機との接触事故防止を行うものなどが開発されている。近年では、ウェアラブルセンサによる作業員の体調管理、眼鏡型のウェアラブル機器を利用し車両ナンバーを読み取ることで車両情報の管理、beaconを用いた作業員及び重機・資材の位置情報管理に加え、その場所に関連した図面等をスマート端末で確認できるなど、いつでもどこでもスムーズに現場を良好な環境に保ち続けることができる時代になっている。

今後、作業服や時計などに取り付けられたウェアラブルセンサにより作業員の体調を管理し熱中症等の予知や、周辺重機との距離を感知し、音声システム等がその場で案内することで、未然に体調不良や事故を防ぐことで安全性を向上させること。また

AI技術を搭載したロボットによる車両管理が可能になり、人件費の削減に繋がる。ICカードの利用も、今後は顔認証で作業員の出入管理が可能になっていくことでセキュリティ性の高い現場になっていくのではないかと考える。

「施工情報」では近年CIM・BIMが発展し、スマート端末等で設計図および施工図の施工管理を行い、どこでも3次元モデルの確認が行える。またそれらを情報共有することで、リアルタイムな現状確認ができ、広い現場での作業員間でのコミュニケーションが可能となる。

全体を通した工程表等の管理だけでなく、各工程の情報管理に特化したシステムも多くある。先に述べた比較表にて建築現場では現在、運搬・搬送・揚重、躯体、内装、検査工程、土木現場では盛土、計測、コンクリート、掘削・削孔、重機工程にて情報管理を行うICT開発があることがわかった。現場により管理システムが利用される工程は異なる。またこれらの工程は各現場での図7における上位、つまり全体としてのICT開発の頻度の多い工程に入っている。

建築現場での運搬、搬送、揚重の管理は狭い敷地内で効率よく行うことで省力化や時間短縮に繋がるため、運搬状況や保管位置等を管理することが重要となる。躯体（鉄筋）、内装、検査における情報管理システムは、建設業界における偽装問題が発生し世間からの注目を浴びたことなどから、品質・精度の高さを求められ検査やそれらの記録データの管理がより厳重になった。また携帯電話の普及により出先で簡単に情報管理が可能になった。カメラと連携させた配筋検査データのアプリケーションによる管理などを行い、作業の効率化・迅速化を目指している。最近では、新たにAI、ウェアラブルカメラ、音声記録マイク、beaconなどの機器を利用し検査自体を自動で行い、データの記録や位置情報を把握し記録するなど、ICTが行う範囲が広がっている。

土木現場においては敷地の広い中、計測・盛土の範囲やコンクリートの量、重機の使用数が建築に比べはるかに多く、GPSやドローンを利用し、それらの品質管理や施工状況の管理、位置情報管理を目的としているものが主である。

図7の上位の工程において情報管理を行うICTが開発されていることから、現在ICTの開発頻度の少ない工程でのICTが今後増えることで、それらに情

報管理を行う技術が付随すると想定し、今後多くの場面で活用できるのではないかと考える。

「書類情報」では工事事務所で作成する帳票や報告書の様々なデータの電子化を行い、容易に自動作成が可能となった。2011年に大成建設が開発した「Field Pad」ではスマート・タブレット端末を利用し、設計図面に工事写真やメモなどを記録したのから報告書の自動作成まで行える¹⁰⁾。このように施工管理者の事務所内作業を軽減させることで残業等を減らし、建設業界のイメージ改善の一助になるのではないかと期待している。

ICTによる情報管理技術は、現場における様々な場面での多くの情報収集・管理を短時間で行うことで業務を効率化し、作業員の作業量が格段に減少する可能性がある。またスマートフォンやタブレット端末の普及で多くの人々がインターネット利用に慣れており、作業員らのICT情報管理技術の受け入れに抵抗がなくスムーズに活用できるのではないかと考える。

6-2 建築現場で多く活用される ICT

1) 揚重

管理の次にICT化がされているのは揚重工程である。表3は揚重工程におけるICT開発の一覧である。

表3 揚重工程におけるICT開発一覧

No	名前	会社	現場	総称	使用する機器	掲載年月
1	ロボットアーム付資材垂直搬送システム	鹿島建設	建築	ロボットアーム付搬送システム	ロボットアーム、リフト	1995
2	建築資材自動搬送システム	鹿島建設	建築	搬送システム	搬送車、機械	1995
3	POP STAR(揚重編)	大成建設	建築	施工データ管理システム	バーコード	1995.05.11
4	CSMS	大林組	建設	マルチメディア型安全監視システム	映像モニタ画面	1996.01.25
5	クルット	清水建設、株式会社	建築	揚重器具	電気チェーンブロック、モーター	1999.06.23
6	自動化搬送システム	大林組	建築	搬送システム	パソコン、インターネット	2000.12.12
7	web揚重管理システム	大林組	建築	揚重管理システム	インターネット	2000.12.12
8	クレーン衝突防止システム	大林組、西尾レントオール株式会社	建築	衝突防止システム	GPS、パソコン	2007.03.06
9	アクアジャスター®	大林組	土木	水中用吊り荷方向制御装置	無線操作、機械	2013.09.10
10	スマートクレーン	清水建設、HI運輸機械株式会社、シナリ	建築	タワークレーン	タブレット、センサ	2013.12.11
11	揚重管理システム	大林組	建築	揚重管理システム	ICタグ	2016.03.28
12	シミススマートサイト	清水建設	建築	水平・垂直搬送ロボット	ロボット、AI、IoT、タブレット	2017.07.12

る。揚重に関する一連の作業はICT化され、インターネットを利用した搬送計画の自動作成(6)、クレーンを利用する際にGPSを利用した衝突防止(8)、タブレット端末を利用した揚重作業時のフック取り付け等の情報共有(10)、ICタグを利用した自動資材管理(11)などが挙げられる。

敷地の広い土木現場では縦方向での資材の運搬は少ないからか揚重に関するICT開発の例示が少ない。しかし土木現場での運搬工程でクローラクレーンの遠隔操作を行う無人化施工システムが開発されていることから、建築現場での揚重作業の無人化の可能性を探りたい。建築現場は土木現場より敷地が限られているという問題があり、オペレーターの技術が重要になるが、様々な状況下での作業パターンをAI等に記録させることで臨機応変に対応した揚重作業が可能となれば、人間以上の作業性能をもたらすことができるのではないかと考える。

2) 躯体(鉄骨)

表4は躯体(鉄骨)工程におけるICT開発の一覧である。躯体の鉄骨作業では2016年以降、溶接ロボットがいくつか開発されている。1980年代より産業ロボットが普及したことで自動車産業などでは工場で自動溶接ロボットが活用されていることから、建設業界ではかなり遅れを取っている。

柱鉄骨における既往の溶接ロボットは、平板や丸型鋼管のような単純形状の柱以外へは適用が困難だった。その理由としては、既往ロボットで溶接作業を行う場合、前作業として技能労働者(溶接工)の先行溶接や鉄骨に付随する障害物の撤去作業を行

表4 躯体(鉄骨)工程におけるICT開発一覧

No	名前	会社	現場	総称	使用する機器	掲載年月
1	躯体(鉄骨)工事における作業測定	大林組研究所	建築		電算機	1973
2	BEC(Beam Cramp)-800	大林組/レンフローージャパン株式会社	建築	躯体(鉄骨)梁吊り専用クランプ	リモートコントロール	1995.06.14
3	躯体(鉄骨)建方挙動の構造解析・計測システム	竹中工務店	建築	予測解析・計測管理システム	パソコン	1997.05.28
4	HYDECS	竹中工務店	建築	長大スパンスラブの設計施工システム	パソコン	1999.04.27
5	現場上向きロボット溶接工法	大林組	建築	溶接ロボット	ロボット	2016.02.15
6	T-ROBO Welding	大成建設	建築	自動化工法	ロボット	2016.08.25
7	汎用可搬型溶接ロボット	鹿島建設、株式会社横河リフティング	建築	溶接ロボット	ロボット	2017.01.25
8	シミススマートサイト	清水建設	建築	水平・垂直搬送ロボット	ロボット、AI、IoT、タブレット	2017.07.12

い、その後ロボットを設置する等の作業が必要となる。そのため溶接工だけですべての溶接作業を行う場合と比べて作業効率が低下するといった課題があり、広範な普及に至っていない現状がある¹¹⁾。

しかし現在はロボットに障害物を回避する動作を記憶させることや、形状変化を判断し溶接可能(6)になり、溶接作業をロボットのみで行うことができる。よって省人化を図ると共に AI 技術を取り入れたロボットの精密な作業により品質の向上にもつながる。向上き溶接ロボット(5)も開発され、作業員の安全性が向上し、高度な技術が必要であった溶接作業をロボットが行うことで技能工減少対策として若年者でも利用が可能になるなど、生産性の向上につながると考える。

6-3 土木現場で多く活用される ICT

1) 計測

表5は計測工程における ICT 開発の一覧である。計測工程では従来レーザーやカメラ等を用いた開発が多いが、GPS のネットワーク化で作業が容易になったことや、近年のドローンを利用した計測などにより 2010 年以降多くの開発がなされている。土木現場では敷地面積が広い分、ICT の利活用で作業時間を短縮して計測することが特に求められることもあり、開発数が多い。建築現場においても敷地面積は広狭様々であるが、活用が見込まれるケースもあると考えられ、積極的に利用していく必要がある。また建築現場では測量機器に内蔵されたデジタルカメラの映像をタブレット端末と連動させ、端末画面の映像で測量箇所付近の任意の点を選択し、その方向に測量機器を視準させるもの(17)など、簡単な操作で効率的に測量を行うことができる。敷地の広狭関係なく利用できるものも近年開発され始めており、今後のさらなる開発に期待したい。

2) 躯体(コンクリート)

表6は躯体(コンクリート)工程における ICT 開発の一覧である。建築現場では床仕上げ作業を行うロボット(10)などが開発されている。コンクリート作業は広範囲での長時間作業であるため、ロボットを用いた施工が可能になれば労働者の大幅な負担軽減になる。土木現場では、広い敷地の中で施工状況等をいち早く把握できるようタブレット端末のアプリケーションを使用し、コンクリートの練り混ぜ開始から打設終了までの時間、打設区画、品質試験

表5 計測工程における ICT 開発一覧

No	名前	会社	現場	総称	使用する機器	掲載年月
1	躯体(鉄骨)工事における作業測定	大林組研究所	建築		電算機	1973
2	泥酔工法における泥酔の品質管理	大林組研究所	土木	自動計測装置	検出器	1986
3	立体画像計測システム	大成建設	土木	計測システム	レーザー、立体映像	1996.09.11
4	傾斜地対応型GPS走行式地形測量システム	清水建設	土木	傾斜地対応型GPS走行式地形測量システム	windows対応パソコン、GPS	1998.12.24
5	内空変位画像計測システム	清水建設	土木	変位画像計測システム	パソコン、カメラ	2000.01.18
6	動態観測自動システム	大成建設	土木	計測システム	レーザー、カメラ、遠隔操作	2000.03.27
7	ネットワーク型橋梁架設情報管理システム	大成建設	土木	情報管理システム	PHS、ISDN	2000.12.07
8	光ファイバトンネルモニタリングシステム	清水建設、NTTアクセスサービスシステム研究所	建築	モニタリングシステム	センサ	2001.06.08
9	「躯体(コンクリート)製造名人」の全自動製造モデルプラント	大林組	建設	躯体(コンクリート)製造システム	コンピューター、機械	2001.10.18
10	トンネルナビ	大林組	土木	切羽前方探査システム		2010.03.16
11	筋筋自動判定システム	大林組	建築	自動判定システム	タブレット、GPS	2012.06.18
12	放射能測定ゲート「TRUCKSCAN」	大林組、キャンベラジャパン株式会社	土木	測定システム	高精度放射能定量技術	2013.09.18
13	インバート変位計	大林組、キャンベラジャパン株式会社	土木	自動計測変位計	変位計	2015.09.07
14	ドローンを用いた写真測量	鹿島建設、株式会社	土木	ドローン	ドローン、CIM、カメラ	2015.09.25
15	可搬型TRUCKSCAN	大林組	土木	測定システム	測定ゲート	2015.10.15
16	無人動態観測システム	大林組、株式会社岩崎	土木	計測システム		2016.04.14
17	T-Measure Navi	大成建設	建築	合理化測量工法	タブレット、カメラ、遠隔操作	2016.05.27
18	ドローンによるレーザー測量	鹿島建設、株式会社、ルーチェサーテ株	土木	レーザー測量	ドローン、GNSS、レーザー、センサ	2016.06.13
19	ブレンドチェッカー	大林組株式会社加藤建設	土木	品質管理システム	電極	2017.04.04
20	ダム用躯体(コンクリート)締固め管理システム	大林組	土木	管理システム	GNSSアンテナ、パソコン、CIM	2017.05.15

結果などの情報をリアルタイムかつ一元的に管理することが可能なシステム(12)が開発されている。また従来は、締固め時間と熟練オペレーターによるコンクリート表面の目視により完了を判断する方法が一般的であったが、個人の技量と経験に頼る部分が大きいことから、締固め作業にむらが生じることがあった。熟練オペレーターが減ってきていることもあり、オペレーターの経験不足に起因する施工不具合も懸念される¹³⁾ことから、GNSSを利用しダムコンクリートの性状変化を内部から計測してリアルタイムに解析することで締固め作業が完了したことを判定する。同時に完了位置のデータを記録できるシステム(20)が開発されている。

表6 躯体(コンクリート)工程における ICT 一覧

No	名前	会社	現場	総称	使用する機器	掲載年月
1	自動制御式プレッシングクレーン	大林組研究所	土木	自動制御プレッシングクレーン	マイコン, サーボ機構	1986
2	トンネル内画像伝送システム	鹿島建設	土木	トンネル内画像伝送システム	無線による画像伝送, カメラ	1996.04
3	躯体(コンクリート)の充填状況モニタリングシステム	大林組, 株式会社東京測器研究所	土木	モニタリングシステム	センサー, パソコン画面	1995.11.01
4	躯体(コンクリート)情報化施工管理システム	大林組, 株式会社東京測器研究所	建設	施工管理システム	パソコン	1998.04.06
5	躯体(コンクリート)製造名人	大林組	土木	細骨材水浸式計量システム	機械	2000.07.28
6	3次元ダム用躯体(コンクリート)自動運搬システム	大林組	土木	自動運搬システム	機械, ケーブルクレーン, コンピューター	2001.07.11
7	「躯体(コンクリート)製造名人」の全自動製造モジュールプラント	大林組	建設	躯体(コンクリート)製造システム	コンピューター, 機械	2001.10.18
8	躯体(コンクリート)情報共有システム	清水建設	土木	品質管理支援システム	インターネット	2007.08.03
9	ICタグを用いたプレキャスト躯体(コンクリート)部材の品質管理	鹿島建設	建築	品質管理システム	ICタグ, PDA	2010.05.24
10	T-iROBO Slab Finisher	大成建設	建築	床仕上げロボット	ロボット, 遠隔操作	2016.04.18
11	T-CIM®/Concrete	大成建設	土木	CIMシステム	T-CIM	2016.11.22
12	ICTとCIMを活用した躯体(コンクリート)施工管理システム	大林組, 株式会社スカインシステム	土木	施工管理システム	タブレット, アプリ, CIM	2016.12.12
13	ダム用躯体(コンクリート)締め管理システム	大林組	土木	管理システム	GNSSアンテナ, パソコン, CIM	2017.05.15

このように施工だけでなく、品質をより向上できるようなシステムが建築現場には少ないこともあり、今後の展開に期待したい。

3) 掘削

表7は掘削工程における ICT 開発の一覧である。建築現場と土木現場では作業量が異なることは明らかであり、コストの低減や施工精度の向上を目的とした土木現場での活用が現状として主である。従来から作業を容易にする掘削機の遠隔操作や自動化が行われている。またwebカメラを利用しリアルタイムで掘削部分を観察し安全管理、作業管理、地山状況の管理ができる(5)など品質の管理を行うものが多い。近年では地下掘削工事においてライフラインの損傷防止を目的にGNSS位置検知システムとタブレット端末を利用することで地下埋設物を現地の風景画像に投影し、それらの存在や位置を可視化するシステム(10)が開発された。

ICTを活用することで情報が見える化し、安全性や精度が向上する。また経験の浅いオペレーターが

表7 掘削工程における ICT 一覧

No	名前	会社	現場	総称	使用する機器	掲載年月
1	トンネル情報化施工の統合システム	大成建設	土木	統合システム	3次元CAD	1997.03.05
2	HFA-4	大林組	土木	掘削機	遠隔操作, 機械	1997.05.26
3	IDタグを用いたシールドマシン位置検出システム	大林組	土木	位置検出システム	IDタグ	1998.03.10
4	内空変位画像計測システム	清水建設	土木	変位画像計測システム	パソコン, カメラ	2000.01.18
5	ASP	大林組	土木	アプリケーションサービスパイダ・webカメラ		2002.07.19
6	ローラーカッター検知システム	大林組, 株式会社ローイ	土木	検知システム	センサー	2005.01.17
7	トンネルナビ	大林組	土木	切羽前方探査システム		2010.03.16
8	T-iROBO UW	大成建設, 株式会社アクティオ, 株式会社種東建設	土木	水中作業機(遠隔操作)	遠隔操作, 機械	2014.07.28
9	インバート変位計	大林組, キャンベラジャパン株式会社	土木	自動計測変位計	変位計	2015.09.07
10	地下埋設物可視化システム	清水建設, 株式会社システムズ, 茨城工業高等専門学校岡本修准教授	建設	可視化システム	タブレット, GNSS, アプリ	2016.03.15
11	ブレンドチェッカー	大林組, 株式会社加藤建設	土木	品質管理システム	電極	2017.04.04
12	コンピュータを活用したトンネル削孔支援機能	大成建設	土木	削孔支援機能	コンピューター	2017.05.17

容易に作業できるようになったと言える。建築現場での活用が可能となれば、これらの多くの効果を得ることができると期待できる。

§7 まとめ

本論文では、建設業界のICT化の調査を行うことで現在までのICTの活用状況を把握し、建築現場のICT技術の発展の可能性を探った。

情報化施工の推進により建設現場でのICT開発および活用が増加していることが分かった。建築現場におけるICT活用は現在、現場内における情報管理を行うものが最も多い。また多くICTを活用している土木現場と比較し、建築現場でのICT活用の可能性を述べた。ICTを各現場の問題解決のためだけに利用するのではなくICTの能力に注目し様々な作業に活かすことで、さらなる業務の効率化に繋がると考える。

建設現場にてそれらを活用することで生産性の向上、労働者不足に対する人材確保、労働事情改善、経済性の向上など、建設業界の未来に対する多くの示唆を得ることができた。建設現場での情報化施工の普及はここ最近のことであり、今後の発展に期待

できる。

今後、他産業との比較を行うことや現在発展に至らないものについて需要がないものなのか、今後ICT化が可能であるものなのか、今後の建築現場でのICT化助長となる考察を行い、社会に貢献する研究成果を見出す。そして建築現場における明るい未来が来ることを期待する。

引用文献

- 1) 山本彰：特集ICTを利用した建設技術の高度化、大林組技術研究所報 No.78, 2014.
- 2) i-Construction 委員会:i-Construction～建設現場の生産性革命～, 平成28年4月.
- 3) NEDO books 編集委員会, 新エネルギー・産業技術総合開発機構:RT スピリッツ人に役立つロボット技術を開発する, 2009年3月.
- 4) 汐川孝, 永井康淑:自動制御式プレーシングクレーンを用いたコンクリート打設に関する作業調査, 大林組技術研究所 No.33, 1996.
- 5) 浜田耕史, 脇坂達也, 汐川孝, 泉清之, 坂口秋吉:建設ロボット施工シミュレーションシステムの開発(その1) -シミュレーションシステム(ORBIC-1)の概要-, 大林組技術研究所報 No.41, 1990.
- 6) 大成建設:力触覚伝達技術を利用した遠隔操作システムの開発に着手, http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2017/1439251646817.html, 2017年7月20日.
- 7) 大成建設HP:割岩無人化施工システム「T-iROBO O Breaker」を開発, http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2015/1439205192140.html, 2015年10月2日.
- 8) 島田秀明:スマートフォンの普及がもたらす通信業界への影響, http://www.fukoku-life.co.jp/economy/report/download/analyst_VOL242.pdf, 2017年9月30日.
- 9) 独立行政法人 労働政策研究・研修機構:建設労働者に関する分析—建設事業主団体等へのヒアリング調査を中心に—, JILPT 資料シリーズ, No.149, 2015年5月.
- 10) 大成建設:図面データを現場に スマートパッドで工事記録写真などを楽々編集, http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2011/1313973993426.html, 2017年9月30日.
- 11) 大成建設 HP:ロボットによる柱鉄骨の現場溶接工法「T-iROBO Welding」を開発, http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2016/1439223854872.html, 2016年8月25日.
- 12) 日経アーキテクチュア:建設 IT キーワード(2) 情報化施工, <http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/article/it/column/20100722/542408/>, 2010年07月26日.
- 13) 大林組:コンクリートの振動計測による「ダム用コンクリート締固め管理システム」を開発, http://www.obayashi.co.jp/press/news20170515_01, 2017年5月15日.