

「2016 年度からの土木業界における i-Construction における 取組みと建設機械技術の動向」

日本大学大学院理工学研究科 ○ 久保田 雄基
日本大学理工学部 関 文夫

1. はじめに

新たな社会を指す、第5期科学技術基本計画において我が国が目指すべき未来社会の姿として、2016年1月内閣府は「Society5.0」¹⁾を提唱した。国土交通省は建設現場における生産性向上を目的とし、測量、設計、施工、検査、維持管理に至る全ての事業プロセスで、情報化を前提とした新基準「i-Construction」²⁾を2015年12月より導入した。建設業の就業者は年々減少の傾向にあり、高齢層の割合が増加している傾向にある。2019年の建設業就業者の年齢構成は、55歳以上の高齢層が176万人で全体の35.3%を占めた。高度経済成長期に建てられた構造物は老朽化され、補修や建て直しの構造物が増えてきている。今後建設業においては、ICT技術を用いて生産性の向上が迅速に求められてくる。

本研究では、ICT関連技術が土木工事現場においてどのように発展を遂げてきたかの調査を行い、今後の動向を分析する。

2. ICT技術のニーズ及びシーズ

2013年に国土交通省の建設ロボット懇談会「提言」とりまとめについて(案)の「ニーズ・シーズ調査結果について」³⁾より、i-Construction導入前にICT技術が要求されていた分野を分析することで、i-Construction導入時に求められていたICT技術の動向の検討を行った。

ニーズ調査は、発注者36名、施工業者8社に対して実施。シーズ調査は、懇談会委員8名、建設機械メーカー5社、機械・電気メーカー5社に対して実施していた。

表-1よりニーズに関しては、建設機械関連、墜落・転倒、点検作業、簡易型遠隔装置の4つの項目に対して高い関心が寄せられている。少子高齢化問題や労働生産性の向上に関してよりも、安全性の向上に関しての関心が強いことが分かる。

シーズに関して、メーカーからは収益面からの見た魅力があまりないことが分かる。企業は収益性も考慮し生産台数を検討するため、収益性の魅力がないと思われる技術は後回しになってし

まう。BIM/CIMなどのICT関連の部署は出世の妨げになってしまうとの声も上がる中、国の政策によって意識改革が行われなければ、ICT技術普及の妨げになると考えられる。

また、技術面の評価に関しては、道路修繕、鋼橋上部、建設機械関連、簡易型遠隔装置の4つの項目に対して技術的に可能、確実性が高いことが分かる。建設機械関連、簡易型遠隔装置の2つに関してはニーズもあり、今後さらなる新技術が求められ、開発が進められると想定される。

表-1 ニーズ・シーズ調査結果について³⁾

項目	ニーズ調査結果			シーズ調査結果					
	関心の高さ			技術面の評価			収益面から見た魅力		
(1)少子高齢化(熟練者不足)	a	b	c	a	b	c	a	b	c
鉄筋工	33%	56%	10%	31%	62%	8%	9%	64%	27%
型枠工	28%	51%	21%	15%	46%	38%	0%	50%	50%
左官工	16%	56%	28%	23%	31%	46%	0%	50%	50%
(2)労働生産性の向上	a	b	c	a	b	c	a	b	c
道路修繕	26%	63%	11%	50%	40%	10%	14%	71%	14%
舗装	27%	62%	12%	17%	33%	50%	0%	44%	56%
道路改良	31%	49%	20%	21%	71%	7%	27%	64%	9%
トンネル(NATM)	22%	56%	22%	21%	71%	7%	17%	50%	33%
管渠・護岸	20%	60%	20%	21%	71%	7%	27%	55%	18%
道路維持	30%	31%	37%	27%	55%	18%	0%	63%	38%
管渠工	11%	68%	21%	18%	64%	18%	0%	50%	50%
鋼橋上部	8%	62%	31%	67%	17%	17%	0%	44%	56%
河川維持工	5%	68%	27%	10%	70%	20%	0%	67%	33%
橋梁下部	16%	42%	42%	25%	58%	17%	11%	56%	33%
コンクリート橋上部	12%	46%	42%	27%	55%	18%	13%	50%	38%
(3)施工現場の安全確保	a	b	c	a	b	c	a	b	c
建設機械関連	49%	49%	2%	64%	29%	7%	25%	58%	17%
墜落・転倒	54%	34%	12%	10%	70%	20%	0%	50%	50%
倒壊・土砂崩落	39%	55%	5%	25%	50%	25%	11%	44%	44%
自動車関連	37%	56%	7%	36%	57%	7%	0%	82%	18%
飛来・落下	33%	59%	8%	21%	57%	21%	0%	70%	30%
(4)社会資本の老朽化	a	b	c	a	b	c	a	b	c
点検作業	62%	32%	5%	25%	67%	8%	11%	78%	11%
補修作業	35%	38%	26%	10%	70%	20%	14%	57%	29%
更新工事	25%	46%	29%	14%	43%	43%	20%	40%	40%
(5)地球温暖化問題	a	b	c	a	b	c	a	b	c
	14%	57%	29%	-	-	-	-	-	-
(6)国際展開	a	b	c	a	b	c	a	b	c
	12%	71%	18%	-	-	-	-	-	-
(7)多発する災害	a	b	c	a	b	c	a	b	c
状況把握	41%	53%	6%	42%	50%	8%	0%	89%	11%
応急復旧	43%	51%	6%	8%	83%	8%	0%	78%	22%
簡易型遠隔操作装置	50%	46%	4%	62%	31%	8%	10%	70%	20%
東海・破壊構造物撤去	40%	52%	8%	23%	46%	31%	10%	70%	20%

赤太文字：最も値が高い項目

* ニーズ調査は、発注者36名、施工業者8社に対して実施
シーズ調査は、懇談会委員8名、建設機械メーカー5社、機械・電気メーカー5社に対して実施

【凡例】関心の高さ 【凡例】技術面の評価 【凡例】収益面から見た魅力
a, 非常に重要 a, 技術的に可能、確実性も高い a, 技術開発を行う魅力がある
b, 重要 b, 技術的には可能であるが、確実ではない b, 他の条件次第
c, あまり重要でない c, 技術的に困難 c, 魅力がない

3. i-Constructionの動向

日経コンストラクションの建設テック掲載の「ニュース i-Construction」⁴⁾より、2016年度から2019年度における175件のi-Constructionに関する

記事を調査し、適用分野（10分野）、工程（5工程、全体）、企業種（12種類）を定義付け、各記事をそれぞれ分類することで ICT 技術の動向を分析した。

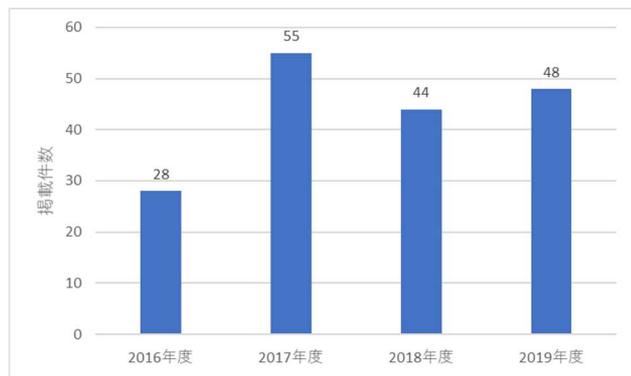


図-1 年度別掲載件数

2016年から本格的に「i-Construction」が本格的に開始したため、2017年度に前年度から倍増し、55件の記事が確認された。

3.1 適用分野

表-2の通り10分野（土工、橋梁、水道・河川、港湾、道路、トンネル、ダム、事故防止、災害復興・対策、その他）に分類し、調査を行った。「その他」に関しては、複数分野に跨る内容やコンクリート工などの分野が多い結果だった。掲載件数としては土工、トンネル、橋梁の順になった。また、2017年度の掲載記事が一番多く、2016年度から本格的に i-Construction の運用が開始され、多くの ICT 技術が開発・商用される流れになったためと推測できる。

表-2 ICT技術適用分野調査結果

適用分野	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計
土工	5	7	6	7	25
橋梁	2	5	7	11	25
水道・河川	2	2	3	1	8
港湾	2	3	1	2	8
道路	1	4	2	3	10
トンネル	3	12	4	10	29
ダム	2	4	1	2	9
事故防止	1	1	4	2	8
災害復興・対策	1	3	2	0	6
その他	9	14	14	10	47
合計	28	55	44	48	175

3.2 工程

工程に関しては5つの工程（測量・現況把握、設計・施工計画、施工・出来高管理、出来形管理・検査、維持管理・点検）と工程全体に分類し、調査を行った。「施工・出来高管理」と「維持管理・点検」に関する ICT 技術が多いことが分かった。

「施工・出来高管理」は作業員の減少や高齢化問題を抱えており、「維持管理・点検」は高度経済成長期の建設された老朽化の構造物が多い問題が、この2工程における技術が多い傾向になったと推測できる。

表-3 ICT技術適用工程調査結果

工程	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計
測量・現況把握	3	3	3	5	14
設計・施工計画	2	6	5	2	15
施工・出来高管理	7	20	11	16	54
出来形管理・検査	3	3	1	5	12
維持管理・点検	4	14	18	16	52
工程全体	9	9	6	4	28
合計	28	55	44	48	175

3.3 企業種

企業種は12種類（建設業、ソフトウェア、測量機器メーカー、道路会社、測量会社、国・地方自治体、大学、研究所、重機メーカー、部品、材料、建設コンサルタント、その他）に分類した。建設業とその他で50%を超える結果となった。国・地方自治体は2016、2017年度の掲載件数が多く、2018年度以降は i-Construction も定着し、民間企業の技術提案が増加したため減少したと推測できる。その他企業種は電気会社やロボット会社など多種多様な分野が確認できた。BIM/CIM や i-Construction を推進するには多くの分野の技術が必要なので、年々増加傾向にあると推測できる。

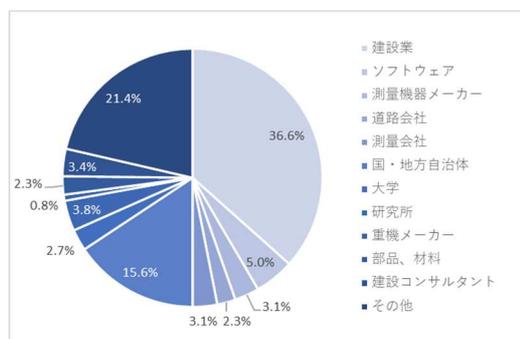


図-2 企業種別割合

表-4 ICT技術企業種別掲載件数

企業種	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	合計	割合
建設業	11	33	24	28	96	36.6%
ソフトウェア	1	5	3	4	13	5.0%
測量機器メーカー	2	1	2	3	8	3.1%
道路会社	0	3	0	3	6	2.3%
測量会社	1	4	2	1	8	3.1%
国・地方自治体	15	15	7	4	41	15.6%
大学	0	0	3	4	7	2.7%
研究所	0	4	4	2	10	3.8%
重機メーカー	0	1	0	1	2	0.8%
部品、材料	0	1	1	4	6	2.3%
建設コンサルタント	0	3	3	3	9	3.4%
その他	5	16	17	18	56	21.4%
合計	35	86	66	75	262	100.0%

4. 測量技術の動向

測量技術は年々進化を遂げている。建設業においてとても重要な役割を持っており、構造物の計画から完成後の調査まで幅広く用いられる。本研究では、国土交通省が掲載している2017年「ICT土工事例集」⁵⁾より、各工程における適用技術の調査を行った。

4.1 調査内容

「ICT土工事例集」に掲載している104件の事例より、起工測量と出来形計測に適用された測量技術の調査を行った。

起工測量に関しては、空中写真測量(UAV)と地上型レーザースキャナー(TLS)の2つの技術が適用されていた。

出来形計測に関しては施工管理・自主管理の点で用いられている技術もあったが、起工測量と比較し、多くの計測方法が適用されていた。起工測量に適用された技術のUAVとTLS測量の技術は、出来形計測においては全体の約60%で、その他の計測方法も多く適用されている結果となった。(表-5参照)

表-5 起工測量及び出来形計測における計測方法の比較

計測方法	適用件数(回)		平均施工数量(m ³)	
	起工測量	出来形計測	起工測量	出来形計測
UAV	66	21	31,707	38,871
TLS	40	19	32,699	30,598
締固め回数管理		15		39,886
TS		2		19,700
GNSS		4		5,825
施工履歴データ		4		16,238
ステレオカメラ		1		42,900
合計	106	66	-	-

4.2 起工測量

起工測量において、平均施工数量がUAV測量に関しては約31,700m³、TLS測量に関しては約32,700m³という結果になった。UAVとTLSを用いる施工数量の条件はあまりなかった。TLSは施工範囲が広い場合、据替の手間があるが、UAVは気候や施工場所によって飛行が不可能なことがあるので、UAVとTLSの平均施工数量の差異がほとんどないと推測される。

4.3 出来形計測

出来形計測においては、すべての事例に対しての適用が確認できなかった。また、自主管理としての出来形計測も数件確認された。そのため「出来形管理要領(案)」には掲載がない計測方法も確認された。

盛土の締固め作業が含まれる工事内容については、締固め回数管理が15件確認された。また、バックホウの爪先施工履歴データの管理も切土工に対して4件の実績があった。今後の出来形管理要領案の検討内容に含まれているが、施工中にデータ取得できることは、工事完了後の測量の工程を省くことが可能となり、生産性の向上につながる技術となる。

トータルステーション(TS)やGNSSによる点の管理も合計6件確認されたが、従来の点の管理より、面での管理が主流になってくると推測される。

5. ICT建機の動向

施工においてICT建機の活用は年々増加傾向にある。建設業の高齢化は深刻な問題で、法面整形などの高い技術を持つ職人は減少傾向である。ICT建機の活用はオペレータ歴が浅くとも、熟練の技術を持つ職人と同等レベルの施工が可能となるので、今後の建設現場において多く導入されることが推測される。

5.1 ICT建機の導入

上記の測量技術の調査と同様に、「ICT土工事例集」よりICT建機の適用台数を調査した。

表-6 ICT建機の適用台数

ICT建機	適用台数(台)
ICTバックホウ	86
ICTブルドーザ	31
転圧管理ローラ	13

表-6より、ICTバックホウが104件の事例の内、86台の適用が確認できた。また、出来形計測において締固め回数管理を行う現場も複数確認され、ICTブルドーザ及び転圧管理ローラの適用現場も増加傾向にあると推測される。締固め回数管理に関しては、自主管理にも適用している現場も複数件確認された。

5.2 ICTバックホウの市場変遷

上記で記した通り、ICTバックホウが建設機械市場では先行している。本調査では、ICT建機の市場導入の傾向を調査する。

ICTバックホウは大きく別けて2DMG(マシンガイダンス)、2DMC(マシンコントロール)、3DMG、3DMCの4つの機能に分類される。MCは油圧の制御がかかるが、MGはオペレータの技術は必要となる。3Dに関しては3次元設計データが必要となる。

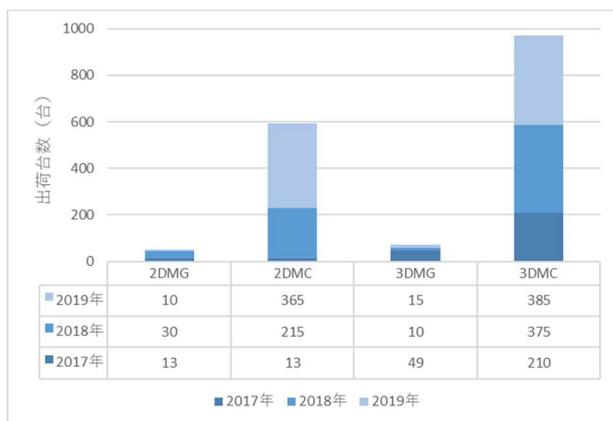


図-3 ICTバックホウ 2D/3D 別出荷台数推移

図-3は「ICT建機市場の将来展望」⁶⁾より建設機械メーカー主要5社（コマツ、住友建機、日立建機、コベルコ建機、キャタピラー）の合計出荷台数の推移である。各社ともMC機能のICTバックホウの出荷台数が多い傾向である。

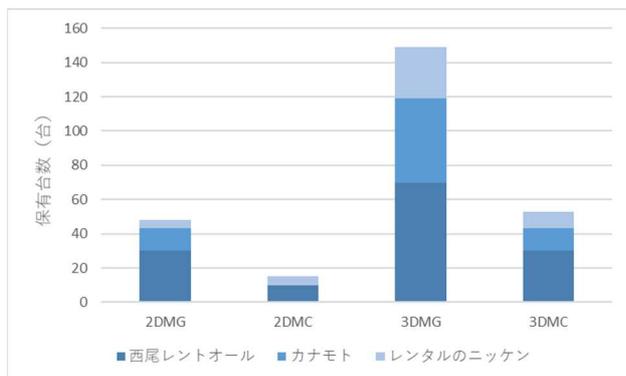


図-4 広域レンタル会社 ICTバックホウ保有台数

図-4は広域レンタル会社の主要3社（西尾レントオール、カナモト、レンタルのニッケン）の合計保有台数である。レンタル市場では、建設機械メーカーの出荷傾向とは逆にMG機能の保有台数が多い傾向である。

この保有台数の傾向より、実際に現場で使用される機能がMGで、現状では丁張り等の工程を行い熟練のオペレータの補助の役目を果たしていると推測できる。

6. まとめ

i-Constructionの動向に関しては、「施工・出来高管理」と「維持管理・点検」に関連した技術が全体の60%以上を占めた。企業種では、その他業種の技術が年々増加傾向にある。ニーズ・シーズは、建設機械関連および簡易型遠隔装置において、関心の高さや技術面の評価が高く、施工工程においての技術が求められていることが分かる。起工測量においてはUAVとTLSの技術のみであった。

施工数量に関しては大きな違いはないことが分かった。出来形計測はUAV、TLSだけではなく、転圧管理などの面管理とTSやGNSSの点管理も採用されていた。ICT建機は重機メーカーと広域レンタル会社の間で、MC機能とMG機能の普及において販売・普及戦略の乖離がみられた。

7. おわりに

ICT建機の普及もあり、安全性向上や生産性向上の観点から「施工・出来形管理」の技術が増えた。また「維持管理・点検」も高度経済成長期に建設された構造物の老朽化より、新技術の開発が進んでいる。ニーズ・シーズは建設機械関連において、オペレータの人材不足や高齢化の問題が関心の高さと技術面の評価が高いと推測できる。また昨今のコロナ禍において、テレワークの推進が急増する中、遠隔装置システムはさらに技術開発が進むと見込まれる。測量技術は出来形計測において、多様な技術が用いられており、中でも転圧締め管理や施工履歴データといった、施工中の計測技術が求められていることが分析結果から分かる。ICT建機は測量機器メーカーなどからもレトロフィットの製品の開発が進んでおり、今後も急速に拡大していくと推測できる。

建設業界もICT化が進み、他業種の参入が多くなってきている。建設業から他業種への人材の流出も見られる中、建設業界の人材不足は今後も問題となると予想できるが、ICT技術の更なる発展で生産性及び安全性の向上を期待する。

参考文献

- 1) 内閣府, Society 5.0 : https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html (閲覧日: 2020.6)
- 2) i-Construction : <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> (閲覧日: 2020.7)
- 3) 国土交通省, 建設ロボット懇談会「提言」とりまとめについて(案), pp.3, 2013.3
- 4) 日経クロステック, 建設テック「ニュースi-Construction」: https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00107/?ST=ch_contech (閲覧日: 2020.8)
- 5) 国土交通省, ICT土工事例集 : https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000028.html (閲覧日: 2020.7)
- 6) 株式会社富士経済, 「ICT建機市場の将来展望」—「i-Construction」動向とICT建機(2D/3D)の方向性と普及拡大策一, pp.30~85, 2019.12