

建機メーカーが描く ICT 建機施工を中心とした建設現場の未来 「スマートコンストラクション」の導入

四 家 千佳史・小野寺 昭 則・高 橋 正 光

建設業界では、労働力不足が深刻な問題となっている。そのような状況下で、必要な品質を確保しつつ、一定の工事量を消化するためには、建設生産システムの省力化・効率化・高度化を通じた生産性の向上が必要となる。この課題に対し、ICTを活用した建機等で建設現場の生産性や安全性を向上させる新サービス「スマートコンストラクション」（以下「本サービス」という）の提供を始めた。

キーワード：情報化施工，ICT 油圧ショベル，ICT ブルドーザー，UAV 測量，ステレオカメラ

1. はじめに

1992年度のピーク時には約84兆円あった建設投資は、2010年度には約44兆円まで落ち込んだものの、震災復興、2020年東京五輪、および、老朽化したインフラの更新などのニーズもあって、現在、建設投資は増加傾向へと転じている。しかし、それまでの建設投資の急激な減少等によるダンピング受注や下請け企業へのしわ寄せなどを背景に、建設技能労働者の減少及び高齢化の進行、新卒就業者の減少といった労働力不足が深刻な問題となっている。実際、建設業就業者数は、1997年度の685万人をピークに2014年度には505万人とピーク時から26.3%の減となっている。

そのような状況下でも、建設産業は、インフラの整備や維持管理などを担っていかねばならず、かつ、現場では生産性の向上、安全性の向上（危険作業の緩和）も求められている。

これらを受けて、建設作業の担い手の確保・育成を進めていくと同時に、建設機械の無人化・ロボット化などが推し進められている。

2. 建機メーカーの取り組み

このような様々な課題を抱える建設現場の問題解決には、建設会社だけでなく、それらに関与する各メーカーの努力も必要である。建機メーカーは、最新の技術を搭載した建設機械を建設現場に提供するだけでなく、その建機を最大限に活用できる仕組みをも提供しなければならないと考える。そこで、ICTを活用した建機などで建設現場の生産性や安全性を向上させる

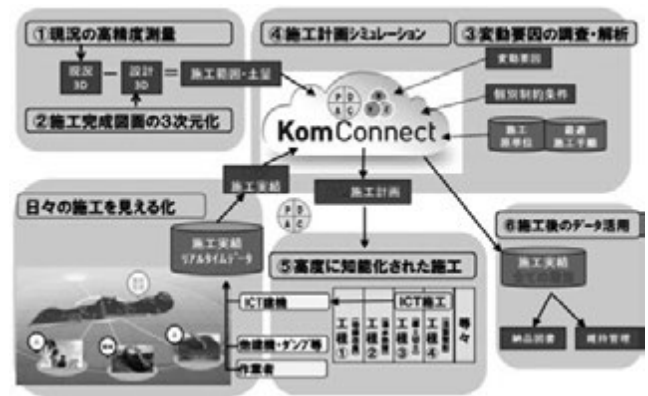


図-1 本サービス俯瞰図

新サービスの提供を始めた（図-1）。

本サービスは、建設現場で施工に携わる、全ての人・機械・モノを、ICTで有機的につなげることで、現場の生産性を大幅に向上させ、安全でスマートな現場を実現させるのがねらいである。

2013年よりICTブルドーザー、昨年10月よりICT油圧ショベルなどのICT建機を導入した。ICT建機による自動制御によって、経験を問わず非熟練オペレータでも熟練オペレータのような精度での作業が出来るようになった。また、従来施工と比べて丁張設置や検測などの作業工程を大幅に削減することにもなった。

しかしながら、建設業界全体では、ICT建機による情報化施工の普及は、思いのほか進んではいない。

従来施工での前工程には、現場に設計面を示すための丁張の設置作業などがあるが、ICT施工では、建機が稼働するのに必要な施工用の3次元データを作成する作業のみとなり、現場での作業工数を削減でき

る。しかし、後工程については、工事完了後の納品図書の全てのフォーマットが情報化施工に沿ったフォーマットに変更されておらず、折角 ICT 建機で施工しても、ICT で得られたデジタルデータを以前のフォーマットへ落とし込む手間が発生してしまっている。そのため、ICT 建機を導入したメリットが薄れてしまう傾向にあった。

そこで、ICT 建機を現場に提供するだけでなく、ICT 建機の能力を最大限に活かすために、顧客視点に立ち、前述した前工程・後工程もソリューションとして提供することとした。

建機メーカーが、施工全体のソリューションまでも手がけたいと考えるのは、将来にわたり顧客にとって、なくてはならない存在になることを目指しているからである。そのためには、顧客の現場をより深くまで理解し、顧客の現場に新しい価値を創造する「イノベーション」を起こし続けることが最も重要だと考える。現場で得られた施工ノウハウが技術・製品の進化を促し、すぐに現場へと反映されていく。常に新たな価値を生み出し続ける好循環が日本の建設業界が求める真のソリューションにつながっていくと確信する。

そのために、建機メーカー自らも現場に入り、工事に関わる方、現場で作業される方から現場ならではの知見を教わりながら、建機メーカー自身も進化していくことで、未来の現場を顧客と一緒に実現していきたいと考える。

以降に、これらを実現するためのソリューションを紹介する。

3. UAV による高精度現況測量

近年、ICT を用いた現況測量として、トータルステーションや 3D レーザースキャナーなどが普及してきたが、まだまだ人手と時間がかかってしまっている。

そこで、広範囲の施工現場を短時間で、かつ、少ない人手で高精度な測量を実現できる無人ヘリ（以下「UAV」という）による 3 次元測量（写真—1）が有効であると考え。昨今、UAV が急速に普及しており、様々な分野での活用が見込まれ、航空法の改正など法整備も進んできている。

ここで、UAV による現況測量の手法を紹介する。事前に作成した飛行経路の情報を UAV へ転送することで、UAV は計画された飛行経路を逸脱することなく自動で飛行し、かつ、自動的に写真撮影を行う。空撮した写真をクラウドサーバへアップロードすると、撮影した写真からステレオマッチングの原理を用い



写真—1 UAV 測量

て、3次元の点群データを自動的に生成する。さらに、その写真に写り込んだ樹木や人工物などは土量計算に不必要な点群データとなるため、自動的にフィルタリングして、現況面のみの点群データ（現況 3 次元データ）に加工する。

土木工事における従来の施工では、施工前に設計図面を基に各測点の測量を行い、平均断面法やメッシュ法にて施工土量の算出を行ってきた。これからは、施工現場の現況が容易に、高精度な 3D データに自動で生成され、人の手だけでは決して実現できなかった線的ではなく面的な現況把握が短時間でできるようになり、より正確な施工土量の算出が可能となる。

4. 施工計画図面の 3 次元化

ICT 建機を稼働させる上で不可欠なのが、3次元の施工図面データである。その施工図面データを基にブルドーザーのブレードや油圧ショベルのバケットの刃先の管理を行う（図—2）。また、前項の測量で得られた現況 3 次元データと施工計画 3 次元データの差分を自動で計算し、施工する範囲や施工する土量を正確に把握することができる（図—3）。



図—2 ICT ブルドーザー 3次元施工データ

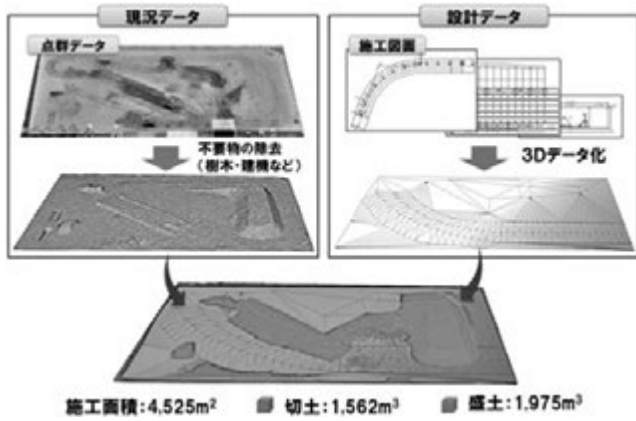


図-3 土量算出方法

5. 変動要因の調査・解析

建設現場の施工効率を左右する要因として、天候や湧水等の想定外の地盤状態などいくつか挙げられる。一般に、設計段階でボーリング等による地盤調査が実施されるが、必ずしも十分な調査数ではないことも少なくない。また、設計の変更があった場合、必要な箇所の地盤情報があるとも限らない。そこで、今まで建設現場の不確実性要因となってきたものを、事前に把握するための簡易的ツールを提供できないか、少なくともプロポーザル的な資料作成の材料となり、地盤調査の追加実施を促せるような手法を提供できないかを現在研究中である。

現場の不確実性要因を明確にすることによって、工事を進めていく過程で起こりうる問題を予測し、問題発生時の影響を最小限にとどめるよう施工計画への反映が可能となる。

6. 施工計画シミュレーション

建設会社では、蓄積された実績や個人の経験値を基に、自社のシステムや表計算ソフトなどを用いて、施工計画・見積・実行予算などを作成してきた。しかし、これから次々と建機メーカーから提供される新型機の性能を盛り込んだ計画書等の作成は、それらの情報収集などを含み時間がかかる作業となる。また、ほとんどの現行システムでは、施工途中での計画の見直し等に多くの手作業による作業工数を費やすこととなる。

そこで、必要な情報を常に提供でき、それらを考慮した必要建機台数・作業日数などを盛り込んだ実行予算が確認できるシミュレーションの提供が不可欠と考える。

ここまでに紹介した3つのソリューションを合わせれば、正確な施工範囲と施工土量を把握し、その箇所

の詳細な地盤情報を得ることが出来、より精度の高い施工計画が出来るようになる。

さらに、建機メーカーならではの工場生産で培ってきたノウハウを用いて、無駄のない最適な建機の選定からコスト計算や工期算出を、短時間に複数のケースにおいて行い、工期を最短にした場合やコストを最小に抑えた場合などの顧客のニーズに合ったシミュレーション結果を提供することが可能となる(図-4)。

また、情報化施工の核となる施工現場で稼働するICT建機から得られる日々の施工進捗量をフィードバックさせ、施工計画を見直すこともできるようになる。



図-4 シミュレーション結果 工程算出

7. 知能化されたICT建機による施工

現在、ICT油圧ショベルとICTブルドーザーを現場に提供している。

ICT油圧ショベルは、アームを動かす際にブームの位置を自動的に制御し、設計面を深掘りすることなく正確にバケットの刃先が設計面をトレースする「自動整地アシスト」(図-5)とアームやブーム、バケットを動かす際、設計面を傷つけないように自動停止させる「自動停止制御技術」を兼ね備えて、効率のよい掘削作業等が行えるようになった。



図-5 自動整地アシスト

ICTブルドーザーは、ブレードの操作を自動で行い、ブレードが目標位置に自動で下がり、粗掘削から仕上げ整地作業まで行える。さらに、ブレードにかかる負荷荷重が設定限界値を超えると、ブレードの位置を自動制御し、シュースリップを最小限に留める機能も備えており、設計掘削面へのダメージを軽減させ、作業効率も向上する（図—6）。



図—6 シュースリップ

これら ICT 建機を使用することで、建機周りでの人による補助作業が少なくなり、重機による事故も減少することとなる。

また、急な設計変更などが発生した場合などに対しては、顧客の現場を直接サポートするためのサポートセンタを新設し、図面の変更に伴う施工データの変更やトラブル等に迅速に対応している。

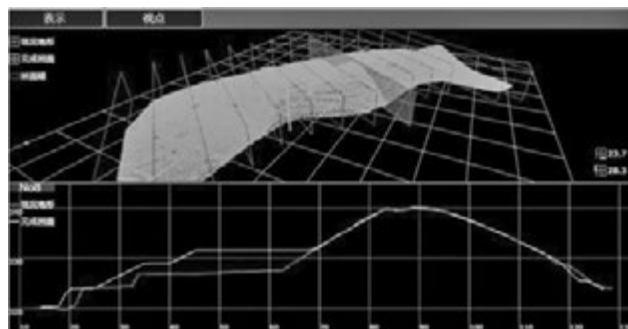
8. 日々の施工の見える化

本サービスによって現場で実現したいものは、ここで紹介した技術を個々に使うだけではなく、現場で稼働する全ての建機、現場作業員、現場で動かされる土など、現場に存在する全てのものを ICT で有機的につなげ、日々の施工を「見える化」することである。そうすることにより、現場にある全てのものの動きを、全て情報化し、その情報を基に、PDCA（Plan～Do～Check～Action）を実行し、その都度、見直しをかけ、常に最適な施工計画を現場へ提供していくことができる。

そして、これらを実現するためには、全ての技術を一元管理できるシステムが不可欠となる。

そこで、現場内のどこでも、どの端末からでも接続可能なクラウドサービス「KomConnect」を提供する。

ICT 建機による稼働データは、クラウドサービスに転送され、日々の施工の進捗状況に反映される。進捗図は切土部分・盛土部分と色分けで表示され、2次元・3次元表示に対応し、任意の断面での進捗も確認可能となる（図—7）。



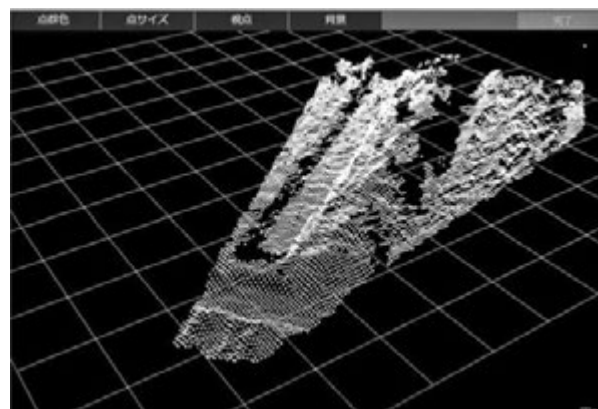
図—7 施工進捗断面表示

しかし、当然のことながら、ICT 建機以外の建機も現場内で稼働する。これらの施工情報は、ICT 建機と同じシステムで取り扱うことができない。そこで、ICT 建機以外の建機による施工の進捗をステレオカメラ搭載の ICT 建機にて管理する。

油圧ショベルのキャビン内に搭載されたステレオカメラにて、施工箇所を撮影することにより（写真—2）、3次元の点群データ（図—8）に変換することができ、ICT 建機にて施工した出来形データに加えることにより、現場内の全ての施工結果を把握することが可能となる。



写真—2 ステレオカメラでの現況写真



図—8 3次元点群データ

9. 施工実績データの活用

ICT 建機を使用することにより、現場における建機の稼働実績および施工実績が自動でクラウド上に蓄積され、それらを活用して、様々な帳票を自動作成できるようになれば、日々のルーチンワーク的な書類整理等が省力化され、現場担当者は、より一層現場の運営に集中でき、さらなる効率化が図れるようになると思われる。

10. おわりに

ICT の利活用で施工現場に存在する「人・機械・材料（モノ）」の全てがつながることができれば、施工の効率化、省力化、安全性向上等が図れる。

今までとは違った ICT を駆使した建設現場運営が若い人たちの関心へとつながり、建設業の魅力向上となれば、建設業全体の就業者数の増加にもつながると考える。

将来、これらのソリューションが一步一步進化していくことによって、完全無人化の建設現場が実現できると信じる。

JCMA

【筆者紹介】

四家 千佳史（しげ ちかし）
 ㈱小松製作所
 執行役員
 スマートコンストラクション推進本部
 本部長



小野寺 昭則（おのでら あきのり）
 コマツレンタル㈱
 代表取締役社長



高橋 正光（たかはし まさみつ）
 ㈱小松製作所
 スマートコンストラクション推進本部 事業企画部
 GM



橋梁架設工事の積算 ——平成 27 年度版——

■改訂内容

1. 鋼橋編

- ・ 送出し設備における説明文、写真の追加
- ・ 少数桁橋の足場工及び防護工の一部改定
- ・ プレキャストPC床版工、場所打ちPC床版工の一部改定

2. PC橋編

- ・ 門構移動装置の新規掲載
- ・ ポストテンション桁製作工他、各工種の適用範囲の明確化
- ・ 横組工 地覆・高欄施工足場の記載
- ・ 緩衝ゴム設置工 新規掲載 ほか

3. 橋梁補修編

- ・ 足場タイプ別詳細作業内容の掲載
- ・ 落橋防止システム工の一部改定

- ・ ストップホール工の新規掲載
- ・ 塗替塗装 素地調整工の改定
- ・ はく離材による塗膜除去作業の注意点の新規掲載

■B5判／本編1,201頁（カラー写真入り）
 別冊197頁 セット

■定価

一般：9,720円（本体9,000円）
 会員：8,262円（本体7,650円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※送料は会員・一般とも 沖縄県以外600円

注1) 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会
 （電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

■発刊 平成27年5月21日

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>