

技術論文

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）

Construction jobsites of the future developed by construction equipment manufacturer in centering intelligent Machine Control equipment (Introduction of SMARTCONSTRUCTION)

四 家 千佳史
Chikashi Shike
小野寺 昭 則
Akinori Onodera
高 橋 正 光
Masamitsu Takahashi

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。

Labor shortage has become a serious problem in the construction industry. To meet a certain amount of construction work while ensuring the necessary quality under such circumstances, it is required to improve productivity through enhancing streamlining, efficiency, and sophistication of the construction production system. In response to this issue, we have launched a new service “SMARTCONSTRUCTION” (hereinafter “this service”) that helps improve productivity and safety at construction jobsites through construction equipment utilizing Information and Communication Technology (ICT).

Key Words: 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なければならず、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新サービスの提供を始めた（図 1）。

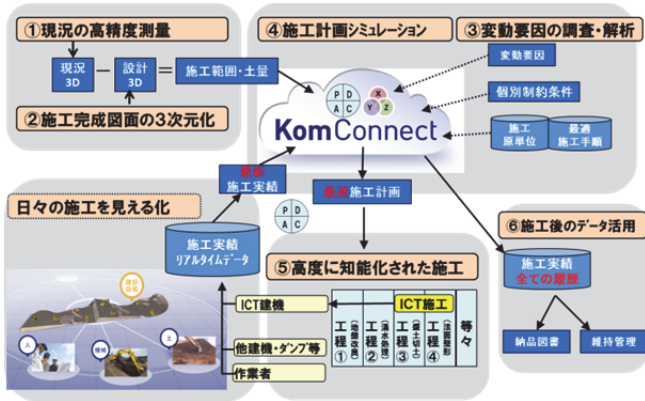


図1 「スマートコンストラクション」俯瞰図

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(図2)が有効であると考えられる。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。



図2 UAV測量

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3)。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4)。



図3 ICTブルドーザー3次元施工データ

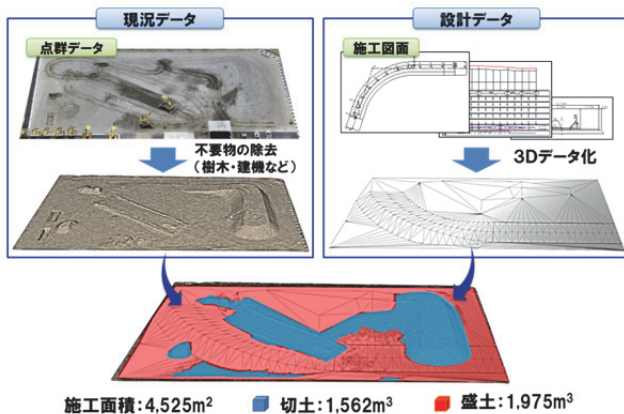


図4 土量算出方法

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。

ここまでで紹介した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5)。

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。

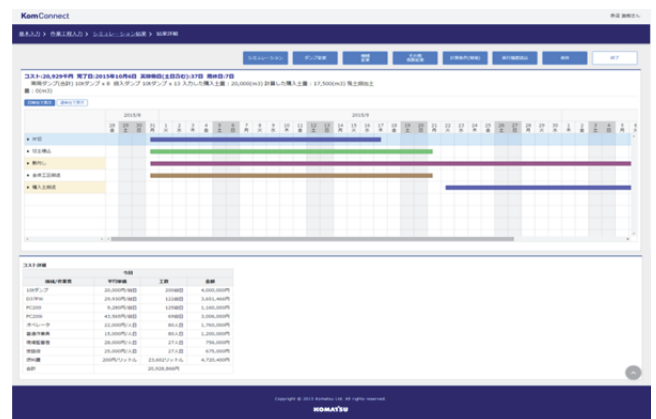


図5 シミュレーション結果 工程算出

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 6)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。

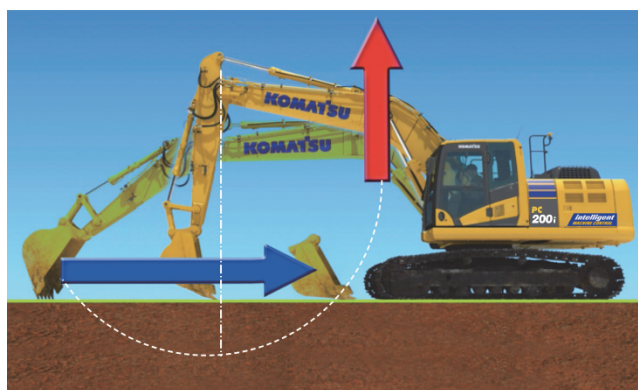


図 6 自動整地アシスト

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 7)。

1. ブレード負荷が増大すると
2. シュースリップが起らないように自動でブレードを上げ、負荷をコントロールします。
3. 常に抱えられる最大の土量で効率よく施工できます。

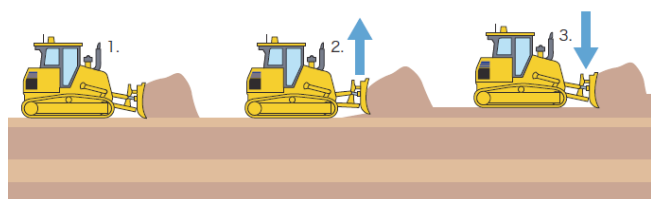


図 7 シュースリップ

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 8)。

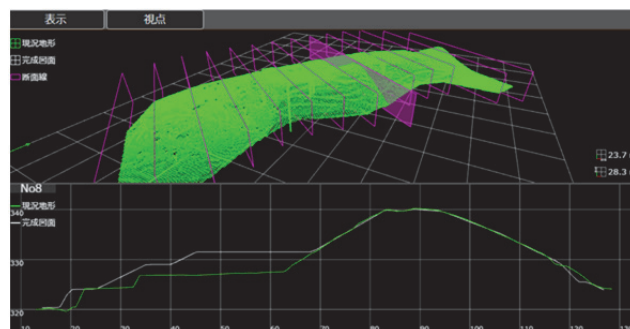


図 8 施工進捗断面表示

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(図 9)、3次元の点群データ(図 10)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。



図9 ステレオカメラでの現況写真

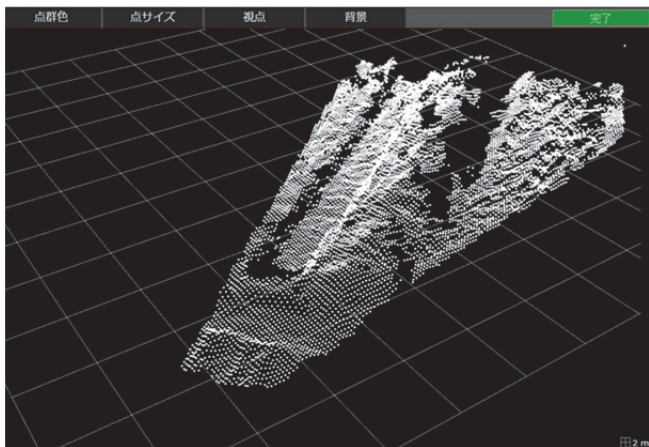


図10 3次元点群データ

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。

筆者紹介

Chikashi Shike
し け ち か し
四 家 千 佳 史

コマツ 執行役員
スマートコンストラクション推進本部
本部長

Akinori Onodera
お の で ら あ き の り
小 野 寺 昭 則

コマツレンタル 代表取締役社長

Masamitsu Takahashi
た か ほ し ま さ み つ
高 橋 正 光

コマツ
スマートコンストラクション推進本部
事業企画部
企画グループ GM

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う。

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。