

情報化施工の展望と新技術

柿本 亮 大

近年、あらゆるデバイスがインターネットに接続している。情報化施工の機器も例外ではない。インターネットにつながる情報化施工によって、建設現場の生産性が向上する。遠隔アシスタントによるサポートとデータの共有。施工の進捗状況をリアルタイムに管理。ダンプ運行状況の把握。社内または現場内で稼働する建機状況の一元管理。インターネットにつながる情報化施工を実現するクラウドサービスの一例として Trimble Connected Community・VISIONLINK（以下「建機・情報化施工管理システム」という）を紹介する。さらに実際の現場で運用し明らかとなった活用効果についてまとめる。

キーワード：情報化施工，マシンコントロール・ガイダンス，インターネット，土工，土運搬，運用サポート，施工管理，建機管理

1. はじめに

(1) 技術トレンド

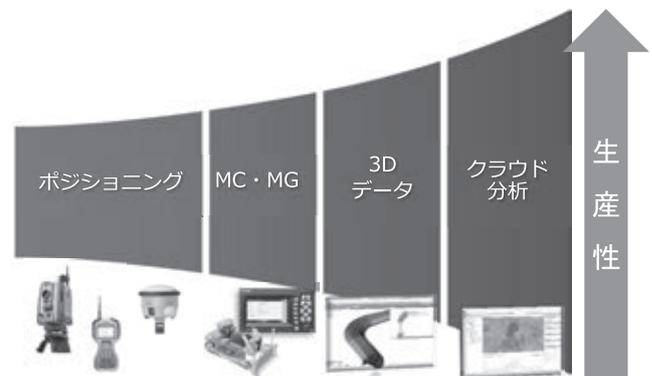
近年、あらゆるモノがインターネットに接続し、新たな価値を生み出している。インターネットに接続されるデバイスは、2000年から2011年にかけて1.4年で2倍のペースで増加し10億台に達した。2020年までに50億台に及ぶ試算もある*¹。背景にある技術トレンドとして、センサーの小型化・高精度化、3D・デジタル画像といった高度な画像処理、データ処理能力の高速化、低コストのクラウド環境、ビッグデータの分析などが挙げられる。

情報化施工に関わるプロダクトもこの流れを汲んでいる。ポジショニングやセンサーによる制御、3Dデータ処理の技術に加えてクラウドへの接続やビッグデータ処理といった技術の進歩によって建設現場の生産性はさらに向上する（図一）。

(2) ネットワーク指向の情報化施工

情報化施工の各機器がインターネットに接続されることで①遠隔コミュニケーション、②データの共有、③データの分析が可能となる（図二）。測量機のコントローラや車載ゲートウェイは、SIMカードによ

る携帯通信、またはWi-Fiネットワークによってインターネット接続する。各機器とクラウドが双方向に通信し、事務所からモニタリングやデータ共有が可能となる。また、現場で得られたデータの分析結果を工事



図一 情報化施工の技術トレンド



図二 ネットワーク指向の情報化施工

*1 The Internet of Everything
How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World Cisco IBSG
<http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/loE.pdf>

関係者が参照する。

2. ネットワーク指向により解決されるべき課題

以下に示す4つの項目について、解決されるべき主な課題を示す。ここに示す課題を解決するツールとして3章で建機・情報化施工管理システムを提案する。

(1) 運用サポート

通常、情報化施工技術を現場へ導入する場合、運用担当者が情報化施工に関わるサポートやデータ管理を行う。運用担当者の所属は、建設会社や測量会社など、現場によって様々である。

近年は情報化施工の機材をレンタルして現場へ導入する建設会社も多い。その場合、レンタル会社の担当者で現場の運用担当者が協力して日々の運用を支える。

運用担当者が多忙を極めている要因を下記に挙げる。

- ・現場導入時の指導やトラブルシューティングの技術スキルや経験を持った技術者の不足
- ・技術者は複数の現場を担当していることが多い（技術者不足のため）
- ・現場と事務所など各拠点への移動時間が長い
- ・問い合わせやトラブル対応、設計データの入れ替えなどのために頻繁に現場へ出向くことがある

多忙さは現場へのサポート品質の低下を招き、情報化施工の導入効果を十分に引き出せないことに繋がる。

(2) データ管理

設計データ作成に必要なCADファイルは、データサイズが1ファイルあたり10メガバイトを超えることもある。そのため、電子メールで受渡しできないデータもあり、USBメモリやDVDなどによるデータのやりとりは、非常に不便で管理も煩雑である。

また、機器の故障に備えて各種設定情報をバックアップし、常に最新のデータを保管する必要がある。

バックアップデータの取り忘れや紛失があるとトラブル復旧に時間がかかる。

(3) データ活用

施工管理者が土工事の進捗状況を把握する方法として、ダンプトラックの数量集計、トータルステーションやレベルを用いた出来形計測などがある。一方、マシンコントロール・ガイダンス（以下、MC・MG）におけるブレードやバケットの座標値はシステムによって管理されている。座標値の履歴が進捗管理へフィードバックされる仕組みがあれば、施工管理者の作業は大幅に軽減され、より綿密な管理が可能となる。

(4) 施工視点での建機モニタリング

建機のメンテナンス情報や現在位置を管理する建機管理システムが建機メーカーによって提供されており、建機の細部にわたる情報をモニタリングすることができる。

一方で施工管理の視点から建機モニタリングを考えると、建機メーカー問わず現場内に配置されている建機の位置や稼働といった基本情報、施工に関わる情報は統合的に管理される必要がある。

3. 建機・情報化施工管理システムの提案

ネットワーク指向の情報化施工を実現するツールとして、建機・情報化施工管理システムを提案する。

(1) 建機・情報化施工管理システムの概要

建機・情報化施工管理システムは、PCや測量機とそのコントローラ、MC・MGのコントロールボックスといった各種デバイスをクラウドで一元管理するサービスである（図—3）。具体的には遠隔アシスタントやデータ同期、ファイル共有といった機能を提供する。また、MC・MGのデータを分析処理し、ユーザーは施工管理に必要な情報を確認することができる。仕



図—3 建機・情報化施工管理システムの概要

上り高さや土量算出、ダンプ運行管理といった機能を提供する。

(2) デバイスのインターネット接続

(a) 測量機

トータルステーションやGNSS測量機は、付属のコントローラがインターネットへ接続する(図-4)。コントローラは、SIMまたはWi-Fiルータによって通信する。



図-4 コントローラ

(b) MC・MG

車載ゲートウェイSNM940を利用してMC・MGのコントロールボックスがインターネット接続する(図-5)。SNM940はSIMまたはWi-Fiルータによって通信する。またGPSモジュールを搭載しているため単体で2m程度の精度で位置座標を取得できる。



図-5 車載ゲートウェイ

(3) サービスプラン

目的に応じてサービスプランを選択し建機・情報化施工管理システムを利用することができる。安心サポートプランでは、MC・MGの遠隔アシスタントやクラウドへのデータ同期、建機位置の確認などが可能となる。3D見える化プランでは、安心サポートプランで提供される機能に加えて、施工進捗管理が可能となる。GNSSやトータルステーションといった測量機向けのデータにつながるプランでは、コントローラでインターネットを利用でき、観測データや杭打ち点などをクラウドで管理できる(表-1)。

(4) 期待される効果

2章で挙げた課題に対して、建機・情報化施工管理

表-1 サービスプラン一覧

対象	プラン名
MC・MG向け	安心サポートプラン
	3D見える化プラン
測量機向け	データつながるプラン
建機全般	2D見える化プラン
	建機管理プラン

システムを利用することによる改善効果を下記に示す。

(a) 運用の安定

オペレータからのトラブル連絡に対する一次対応として、遠隔アシスタントを利用できる(図-6)。これにより、原因を切り分けしたうえで現場へ向かうことができるうえ、軽微な対応で済む場合は遠隔アシスタントと電話のみで対応することも可能となる。また、設計データの入れ替えや細かな導入指導も遠隔で行うことができる。



図-6 遠隔アシスタントの様子

これにより、現場の運用担当者やレンタル会社担当者の移動時間が短縮される。トラブル発生から復旧までの時間も短縮されるため、現場の安定運用につながる。

(b) 新たな進捗管理

MC・MGのデータを自動的に集約・分析し、施工の進捗管理に必要な情報を施工管理者に提供する。施工管理者は、建機・情報化施工管理システムの画面で施工の高さ分布、設計と実績の差異、概算土量、転圧回数分布などを確認できる(表-2)。

ほぼリアルタイムで進捗状況を確認できるため、より綿密に状況を把握し、無駄のない施工へとつながる。

また、ダンプトラックの移動履歴からダンプ土量を自動集計、車両別のサイクルタイムを計測することができる(表-3)。建機・情報化施工管理システムでは、ダンプトラックと積込用バックホウに搭載されたSNM940のGPS位置情報から両車両の接近を判断し積込イベントとして記録する。また、ダンプアップの

表一 2 3D 進捗管理

確認項目	従来	建機・情報化施工管理システム	
高さ	レベルや TS で高さを日々チェック	・高さ分布 ・断面図 (設計と実績)	
土量	出来形計測からスライス平面図を作成、面積集計	・概算土量算出 (フィルタ条件によって日別、重機別など)	
締固め管理	帳票作成ソフト	転圧回数、温度分布	

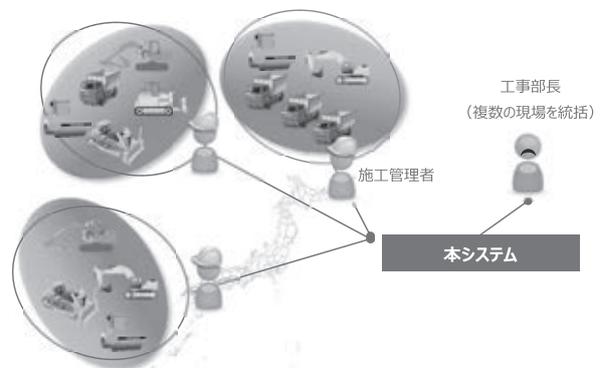
表一 3 ダンプ運行管理

確認項目	従来	建機・情報化施工管理システム	
ダンプ土量	ダンプ日報から集計	位置情報から切土量、盛土量を集計	
サイクルタイム	ダンプ日報から集計	車両別のサイクルタイムを集計	

信号を SNM940 に取り込むことで排土イベントを記録する。これによって、オペレータの操作なしで自動的に搬出先ごとのダンプ運搬土量やサイクルタイムを管理できる。サイクルタイムの算出については、日単位、週単位、月単位など指定された日時で集計することができる。

(c) 現場単位の建機管理

建機メーカーが提供する建機管理システムが、建機のメンテナンスに必要な車両の詳細情報を管理するのに対して、建機・情報化施工管理システムでは建機の位置や稼働状況といった施工管理の視点から必要な情報を管理する。現場内で稼働する建機に車載ゲートウェイを搭載することで、建機メーカー問わず全車両一元管理することができる(図一 7)。また、複数の現場の進捗状況や建機の稼働状況を俯瞰的に確認することができる。



図一 7 建機・情報化施工管理システムによる建機管理

4. 現場の導入事例

(1) 現場概要

(株)中田建機(北海道斜里町)のご協力で下記の 2 現

表一 4 現場概要 1

現場名	北海道横断自動車道 A 改良工事
概要	掘削 140,000 m ³ 他 延長 5 km
稼働重機	バックホウ 3DMG (0.7 m ³ クラス) 1 台 バックホウ 3DMG (0.4 m ³ クラス) 2 台 バックホウ 1.4 m ³ クラス 1 台 バックホウ 1.9 m ³ クラス 1 台 ブルドーザー 70 t クラス 1 台
ダンプトラック	ダンプトラック 25 台 内 SNM940 装着 7 台

表一 5 現場概要 2

現場名	旭川紋別自動車道 B 改良工事
概要	掘削 90,000 m ³ 他 延長 1 km
稼働重機	バックホウ 3DMG (0.7 m ³ クラス) 1 台
	バックホウ 0.4 m ³ クラス 1 台
	バックホウ 0.7 m ³ クラス 2 台
ダンプトラック	ダンプトラック 12 台



図一 8 拠点の位置関係

表一 6 距離と移動時間

	本社～ A 改良工事	本社～ B 改良工事	A 改良工事～ B 改良工事
距離	130 km	105 km	75 km
時間	2 時間 30 分	2 時間 10 分	1 時間 30 分

場にて建機・情報化施工管理システムを導入した(表一 4, 5)。同社の建設 ICT 推進部 部長 富山仁尊様に対し、導入効果に関するヒアリングを行った。

現場と事務所の位置関係を以下に示す(図一 8)。拠点間の距離は 100 km 以上、移動時間は 1 区間あたり 2 時間を超える(表一 6)。

(2) データ管理への活用

通常、担当者は設計データを事務所のパソコンで作

成し、USB メモリに保存して、建機に搭載されたグレードコントロールシステムへ登録する。また、建機の設定情報が変更されるとバックアップを USB メモリに保存する。従来手法の課題として、データの登録や更新に担当者が建機まで移動するため、移動時間がかかるということがあげられる。

建機・情報化施工管理システムを使用すると事務所のパソコンから遠隔でデータを更新できる(図一 9)。通常は完成形状の設計データを施工の最初から最後までグレードコントロールシステムに登録して使用する。これに対して本現場では、設計データ更新する労力が減ったため、前日までの施工状況や当日の作業効率、ミス防止を考慮した設計データを日々作成して更新した。設計データに関しては、2014 年 6 月 24 日から 7 月 21 日までの約 1 ヶ月間で 1 台あたり 9 回更新され 19 個の設計データが送られた。設定情報のバックアップについても USB へ保存しなくても建機・情報化施工管理システムへ自動で保存されるので、保存し忘れのミスを防ぐことができた。



図一 9 データ同期画面

本現場では、現場から事務所(中田建機)まで片道 2 時間 30 分かかるため、担当者は遠隔でデータを更新することで往復 5 時間の移動時間を節約することができる。

(3) サポート活動での活用

建機・情報化施工管理システムの遠隔アシスタントを使うことでトラブル発生時に管理者が現場にいない場合でも、システムの画面に遠隔でアクセスし、衛星の状態やセンサーの診断画面、各種設定内容を確認することができる(図一 10)。これにより、遠隔でトラブルを解決できる場合や原因を事務所で確認したうえで現場へ向かうことができ、問題解決までの時間を短縮することができた。



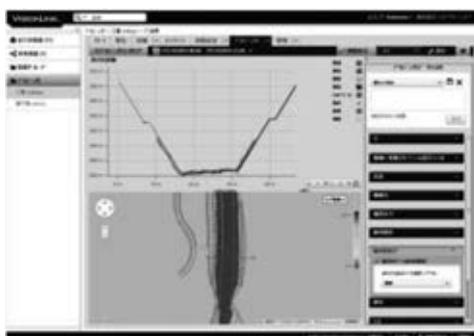
図一10 遠隔アシスタント画面

(4) 施工進捗管理への活用

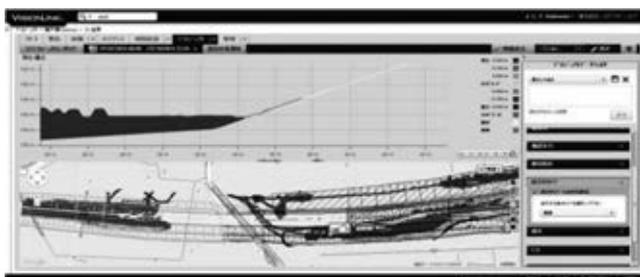
従来、掘削や盛土の施工の進捗は、レベルやトータルステーションを使用して現場を測量し、その結果を表計算ソフトやCADソフトに入力・集計することで定量的に把握されている。

測量やデータ入力、集計といった作業を伴うため、進捗をリアルタイムに把握するには人手がかかり難しい。

建機・情報化施工管理システムではグレードコントロールシステムを使用した掘削や盛土の出来形を数分から数時間以内には確認することができる。施工結果は自動的に収集されるので追加作業も必要ない。施工結果を日付や使用した設計データ、高さの種類（一番高い、低い、取得時間が最初、最後）などで選択表示して帳票出力することで、週間の施工履歴を管理することができた。また、設計データに対して規格値の範囲内で仕上がっている法面整形の箇所を着色することで面的な品質管理にも活用できた（図一11、12）。



図一11 出来形確認画面



図一12 出来形確認画面2

(5) ダンプトラック運行管理への活用

従来、ダンプ運搬土量やサイクルタイムを算出するには、ダンプの積込み・荷降ろし場所と回数が記入された運転手の日報を集め、表計算ソフトで集計する必要がある。

建機・情報化施工管理システムでは、ダンプ積込み・荷降ろし位置やダンプ運搬土量、サイクルタイムをリアルタイムに確認することができる（図一13）。建機・情報化施工管理システムはダンプトラックに搭載された車載ゲートウェイから送られてくる位置情報やダンプアップの信号を基に積込みと荷降ろしの位置と時間をモニタリングしている（図一14）。当初予定していたサイクルタイムと建機・情報化施工管理システムで確認できる実績値を比較することで最適なダンプ台数を判断することができた。また、他工区や場内など搬出先別の運搬土量を算出することで施工の進捗を把握することができた。



図一13 土量確認画面

5. 今後の展開

(1) モニタリング範囲の拡大

施工の視点から、建機の状態をモニタリングするセンサー類の製品リリースが見込まれている。それら製品は建機・情報化施工管理システムへ繋がり、MC・MGのデータと共に一元管理されることを前提に開発されている。

TRIMBLE LOADRITE は、バックホウやホイール

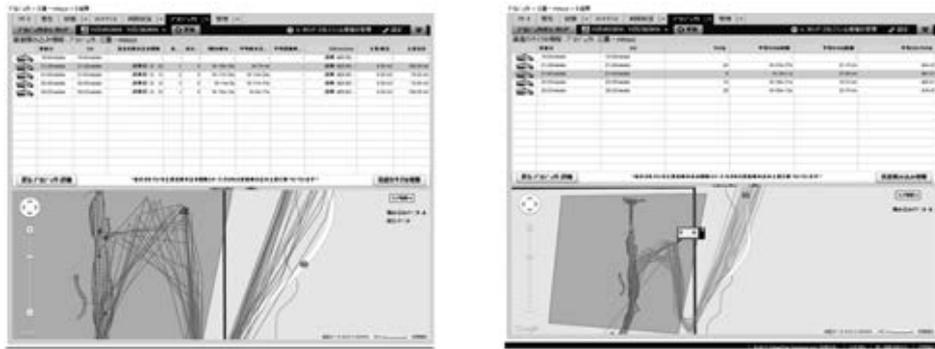


図-14 ダンプサイクルタイム確認画面

ローダーなどのバケットで抱えた内容物の重さをモニタリングするシステムである。例えば、積込み用バックホウに搭載することでダンプトラックへの過積載を防ぐことができる(図-15)。モニタリングされた運搬の履歴は建機・情報化施工管理システムで管理することができる。

TRIMBLE Tire Pulse は、タイヤの空気圧や温度などをモニタリングしタイヤの破裂などを未然に防ぐシステムである。データは建機・情報化施工管理システムへ送られ、異常がないか監視することができる(図-16)。



図-15 TRIMBLE LOADRITE

6. おわりに

今後の活動としてこれらシステムの普及に向けた取り組みを進める。Trimble Connected Community, VISIONLINKをはじめ「建設現場をネットワーク指図にかえる技術」の情報共有を目的としたユーザーコミュニティを発足する。主な活動内容として、インターネット掲示板による製品情報の提供、情報交換、地域ごとの勉強会の開催などを予定している。これらの活

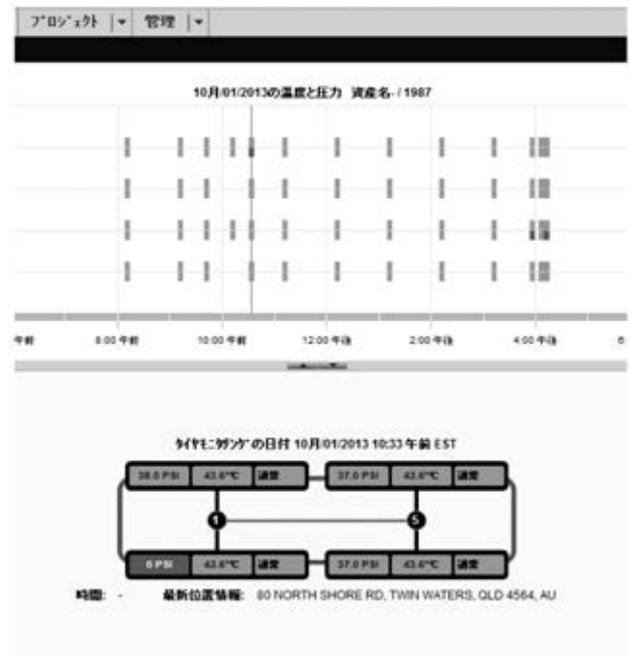


図-16 タイヤ監視画面

動がネットワーク技術の普及につながり、建設現場の生産性向上を支援できることを期待する。

謝辞

本稿を執筆するにあたり協力をご快諾頂きました(株)中田建機 代表取締役社長 中田尊徳様に深く感謝申し上げます。

JICMA

[筆者紹介]

柿本 亮大 (かきもと りょうた)
 (株)ニコン・トリプル
 ICT 営業部セールスエンジニア

