

データ利活用型の現場管理システムの開発

T-iDigital Field

太田 兵庫・片山 三郎・石井 喬之

建設業が直面する働き方改革・生産性向上の課題に対して、CPSの概念を導入した現場管理システムを開発した。工事関係者が「いつでも」「どこでも」「すぐに」施工状況を共有することにより、遠隔から迅速かつ確かな現場施工管理、施工支援を可能とした。また、データ利活用型の計8つのアプリケーションを用意してコンクリート打設の効率化、遠隔立会、クレーン衝突防止などを試行し効果を得た。現場に応じてネットワークのインフラ整備や、有効なアプリケーションを開発する必要があるものの、データの収集・活用範囲が広がっていくことで更なる施工管理・検査の効率化が期待できる。本稿では、CPSを活用して建設業の課題解決を試みた現場管理システム T-iDigital Field（以下「本システム」という）について報告する。

キーワード：CPS, Society5.0, 働き方改革, 生産性向上, 施工管理, 遠隔立会, コンクリート, クレーン

1. はじめに

建設業界における労働者の担い手不足や高齢化が深刻化する中、2024年に改正労働基準法が建設業にも適用され月当りの残業が原則45時間に規制されるなど労働環境が著しく変化しており、労働力不足の解消に向けた働き方改革や生産性向上は喫緊の課題である。また、それらに加えて技術者への知識や情報の共有、技術の伝承の不足が顕在化している。

一方で、近年CPS（Cyber-Physical Systems）を活用した社会課題解決が各国で提唱され、その実績も報告されつつある。CPSとは現実（フィジカル）空間における様々なデータをセンサとネットワークを通じて仮想（サイバー）空間に収集し、データの分析・解析を行い、その結果を現実（フィジカル）空間にフィードバックすることで、産業システムの全過程に対して効率化することを目的とするものである¹⁾。

我が国においても同様に、内閣府では第5期科学技術基本計画で、サイバー空間とフィジカル空間とを融合させた取組みにより、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組みを更に深化させつつ「Society5.0」として強力に推進するとされている²⁾。「Society5.0」では、「データ」「情報」「知識」の三つが社会変革を駆動する動力源となるとされている。このデータ駆動型社会としては、二つの意味合いを持つ

として、一つ目は、大量で多様なデータを使って人が意思決定することで、社会を動かしていくという意味であり、もう一つは、人が介在することなしに、データが自動で社会を動かしていくという意味であるとされている³⁾。

また、国土交通省においても「インフラ分野におけるDXの推進について」や「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」が発表されている。

しかしながら、施工管理においては、現場で確認しなくてはならない管理項目が多岐に渡り、これらを遠隔で監視できる手法が十分に整備されてないことが挙げられる。また、計測技術の高度化に伴いデータを活用したアプリケーションの開発が進められつつあるものの、それぞれのアプリケーションが管理項目に応じてデータ取得から表示まで独立しているため、大量で多様なデータを活用するまでには至っていない。

本稿では、CPSを活用して前述の建設業の課題解決を試みた現場管理システムについて報告する。ダムや造成、建築現場を対象として、現場各所、あるいは人や機械にセンサやカメラを設置し、現場内に構築したネットワークによりデータを収集、統合して、施工管理者が分かりやすい情報に可視化することで、発注者、施工管理者、専門工事業者などの工事関係者の生産性向上、働き方改革に貢献する取組み事例である。

2. 建設業へのCPSの導入

上述したCPSの考え方を建設技術開発へ導入することを試みている(図-1)。まずは施工中のデータを、各種センサやカメラ、GNSSセンサなどを使ってサイバー空間に吸い上げ、デジタル化する。次にデータを分析し、この時点でロスやリスクがあれば、作業方法の改善、ロス・ムダの削除を行い現実空間に戻す。更に、分析の結果、最適化された施工方法のうち、どの部分を省力化、省人化すれば良いか検討し、効率的な技術開発方針を検討する。最後に、ロボット化して省人化すべきとなれば、そのロボットの設計・最適化された施工方法から導いて作成したアルゴリズムの妥当性を検証するためにサイバー空間でシミュレーションを行う。

3. 本システムの開発

これらの考えを現場管理システムとして落とし込んだものが、現在の本システムである。各種センサやネットワークを活用して現場施工に関する様々な情報を収集する基盤を整備し、現場に合わせたアプリケーションを展開・拡張することによる生産性の向上と、データを分析・共有することが可能なプラットフォームの構築を試みた。工事マネジメントプラットフォームはデータ層、プラットフォーム層、アプリケーション層に分かれる。

データ層で集められた現実空間における施工データ(現場映像や重機位置データ等)や作業員データ(作業データ、生体データ、コミュニケーションデータ等)、

公開データ(気象、環境データ等)は基盤層に集積され、統合・加工してアプリケーションの形でユーザー(全作業所、本社・支店、発注者、協力業者等)に提供される。

ユーザーの利用情報はアプリケーションを通じてプラットフォームへフィードバックされ集積されることによって更に利活用されることが可能となる。アプリケーション層の詳細については次章以降で述べる。図-2に工事マネジメントプラットフォームの概念図を示す。

4. データ利活用型現場管理アプリケーション

プラットフォームに集積したデータを分析・活用し、現場管理の支援ができるように開発・試行したアプリケーションは現在、図-3に示す8種類である。これらのアプリケーションは(1)基本アプリケーション、(2)進捗管理アプリケーション、(3)安全管理アプリケーション、(4)品質管理アプリケーションに大別される。各アプリケーションは以下の通りである。

①②クラウドカメラシステム及びウェアラブルカメラシステム

カメラ映像をクラウドで介して遠隔地にリアルタイムに現場状況を共有できるシステム

③コミュニケーションツール

可視化された現場を遠隔地からコミュニケーションを取り指示や意思決定を迅速に行うシステム

④打設支援システム

コンクリート打設の注文から荷下しままでをデジタル化することによって効率化、進捗管理をするシステム

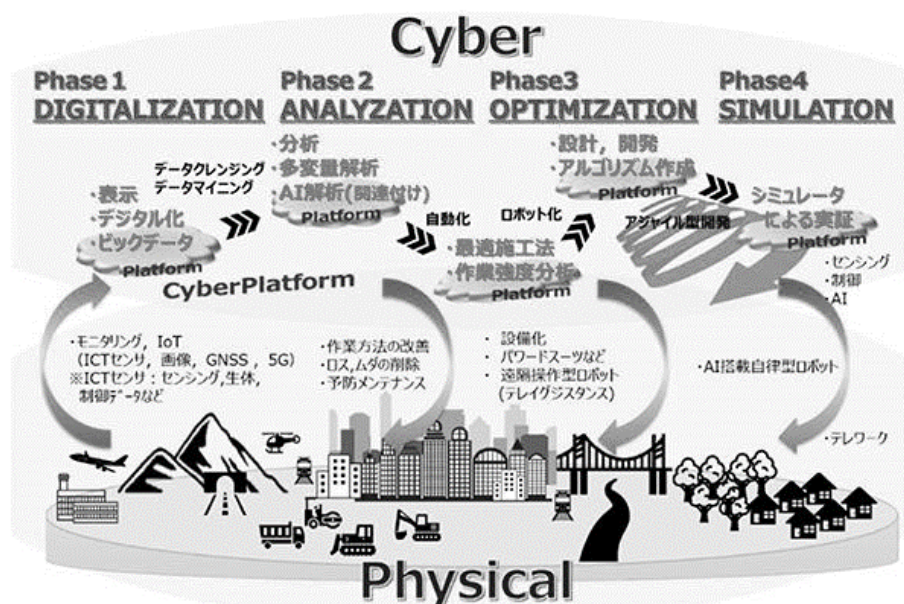
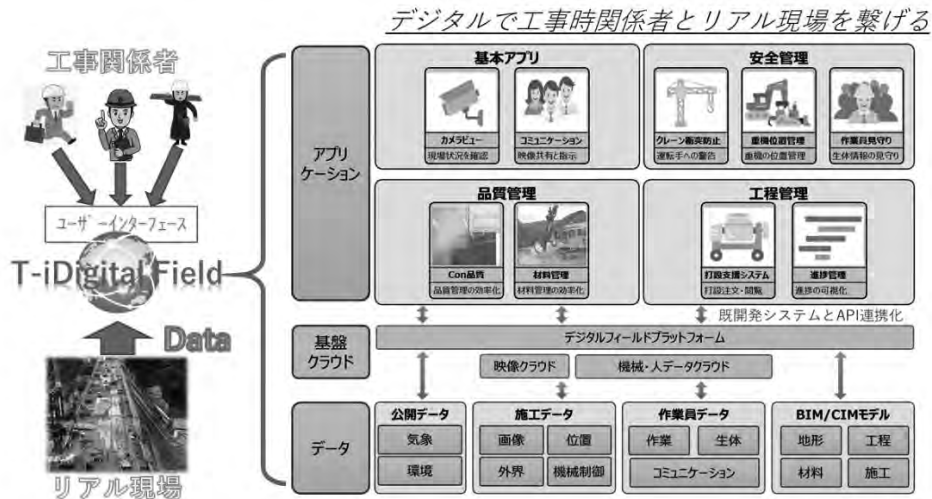


図-1 CPSの概念を導入した建設技術開発手法のイメージ



図一 工事マネジメントプラットフォームの概念図



図三 データ活用型現場管理アプリケーション

- ⑤ クレーン衝突防止システム
クレーン同士の接触や吊荷下近傍にいる作業員にクレーンの接近をアラートで知らせるシステム
- ⑥ 作業員見守りシステム
作業員の心拍や熱中症の危険度を監視して体調不良などを早期判断し発見するシステム
- ⑦ 建設機械・作業員位置動線管理
建設機械・作業員の位置情報を記録、表示しゾーニングや状況把握に活用する
- ⑧ T-iBlast DAM
コンクリート骨材を採取する原石山での良材と廃棄材の種別判定をするシステム

5. データ活用方法と効果の具体例

(1) 現場の遠隔管理

①②③の基本アプリケーションを使用して、工事関係者がいつでも、どこでも、すぐに施工状況を共有できるようにした。カメラによって事務所から現場の状況がリアルタイムでわかり、現場に行ったときは一つの視点からしか見られなかったものが複数同時や俯瞰など様々な視点から見られる利点がある。コミュニケーションツールによって現場・事務所双方から一斉に指示や質問などの連絡を取ることができる。現場にいる者にとっても、広大な現場のいくつかの状況を確認したいときにも使うことができる。例えば盛場にて積場の状況を見たい時などである。筆者のような本支店にいる者でもこれらのアプリケーションを使用して現場の状況を容易に把握し、コミュニケーションができるようになった。

(2) コンクリート打設の効率化

①③④を使用して多配合で複雑なダムコンクリートの注文、出荷、運搬、打設、記録までを全てオンライン上でおこない、予定数量、進捗状況、予定終了時間、打設効率などの情報を遠隔地にいても誰でも同じ進捗情報を見ることができるようにした。システムの概要を図-4に示す。サイバー空間のモデル上にコンクリートを運搬するダンプトラックの位置をリアルタイムで再現し、またそのダンプトラックがどの配合のもの運搬しているかも併せて表示させた。施工管理者とプラントが従来電話や無線で行っていた注文や状況確認を、このシステムを使うことにより、円滑かつ正確に共有することができるようになった。また各配合のコンクリートの予定数量、注文数量、出荷数量などと合わせて進捗や終了時間なども表示するため、施工管理者の分析業務や関係者の状況把握も支援する。

(3) 遠隔立会

ダムの監査廊内に構築したネットワーク環境とカメラ①②を利用して、基礎処理ボーリングの検尺立会を試行した。図-5に発注者の遠隔立会状況を示す。現地に赴くことなく事務所内にて立会を行うことにより、発注者職員の移動時間や現場での待ち時間を削減することが出来た。発注者職員からは検尺立会はカメラで適用可能との見解を得た。

また、コンクリート試験室での品質管理において、全数立会となっているものを録画確認とすることで発注者職員の時間外労働を削減した。

(4) クレーン衝突防止システム

⑤クレーン衝突防止システムは、⑦建設機械・作業員位置動線管理にも使用しているスマートフォンや



図-5 監督員による遠隔立会状況



図-6 クレーン衝突防止システムの表示例

GNSS 端末からの位置データを活用したものである。クレーンと人およびクレーン同士の衝突防止を目的としており、オペレーターや作業員に音や表示で注意喚起する(図-6)。従来は接近警報装置やレーザーセンサーなど専用用途の機器を用いていたところを、取得した位置データを活用した。警告範囲の設定変更も容易であり、記録も可能である。

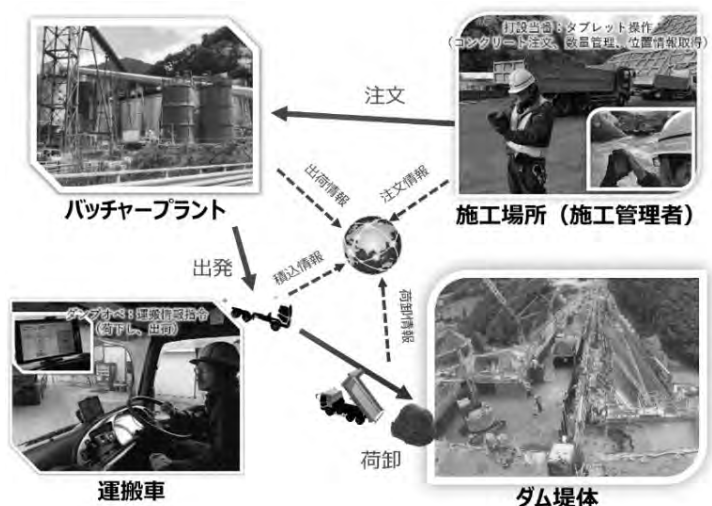


図-4 打設支援システム概要 (左: モニタ表示, 右: 全体概要)

6. 開発における課題

上述のように本現場管理システムは一定の効果がみられた。しかし、あらゆるデータの活用が容易にできるわけではない。本開発における課題を以下に記す。

(1) ネットワーク構築

今回実施したようなカメラやセンサからのデータを収集するためには情報通信網が不可欠である。建設現場は人里離れていたり人が入る前であったりするため、公共の通信網が十分でない場合がある。そのため専用にネットワークを構築する必要がある。実際に今回実証したうちの山間部の現場では携帯電話キャリアの通信網も乏しく、データの収集や活用のために光ケーブルや有線、無線LANでネットワークを構築した。また、ビル建設現場などの屋内やトンネルなどの地下空間でも新たなネットワークが必要になる。さらに建設現場ならではの刻一刻と状況が変化していくのに合わせて盛替える必要がある。

(2) 機器の選定および設置・撤去

カメラやセンサなどの各種機器は日進月歩であり安く性能の良いものがリリースされるのは喜ばしいことではあるが、使ってみないと分からないことがある。画一的でない現場の使用環境（昼夜、防水防塵、稼働時間など多岐にわたる）も影響しているが、期待した機能を発揮できない場合がある。機器の専門業者であっても建設現場で使用することに対するノウハウが豊富とは言いきれない。さらにこれらもネットワークと同様に設備を維持管理していかなければならない。

(3) アプリケーション開発・選定

アプリケーションを新たに開発もしくは既存のものを選定するにあたっては現場のニーズを理解して進めなければならない。現場の役に立つアプリケーションでなければ使ってもらえない。使われなければデータを収集することもできなくなる。建設現場からのニーズは限定的であり、例えばクレーン衝突防止システムだけは採用するが、他のアプリケーションは不要という場合もある。それでもデータ利活用型のシステムの構築を徐々に進めていくべきである。また、開発したアプリケーションを別の現場に転用する場合でもそのまま使えるわけではなく、現場に応じてその都度カスタマイズを施さなければならない。

7. おわりに

今回のアプリケーションでのデータの活用は、冒頭に記したような仮想空間から現実空間へのフィードバックといった域のデータの活用までは至っていない。しかし、データの収集・活用範囲が広がっていくことで更なる効果を発揮できるものと考えている。

まず、今回で移動や確認に費やしていた時間を削減することができたように、更なる時間短縮、効率化が期待できる。このようにICT技術で置き換えられることは実行に移していかなければならない。生産性向上はもとより、目前に迫った残業上限の45時間は常にリスクを抱える建設現場にとってはあまりにも短いと筆者は感じている。しかし我々はそれを成し遂げなければならない。

また、このような映像やデータの活用で見る目や得られる情報を増やすことで、技術者の施工管理を支援することが可能となる。現場同士や本支店とつながることでコミュニケーションを促し、経験豊富な技術者の知見を活用することで「助け合う」「教え合う」ことができる。

さらに、得られた膨大なデータが施工記録として保存され、次の現場や他の現場に活かすことが可能となる。

そして、施工者だけではなく検査を行う発注者にもメリットがある。移動・業務時間の削減から検査の合理化、維持管理に向けた情報の集約が可能になるであろう。

JICMA

《参考文献》

- 1) NSF, Workshop in Cyber-Physical Systems, Research Motivation, Techniques and Roadmap, 2006
- 2) 内閣府, 第5期科学技術基本計画, 2016
- 3) 日立東大ラボ, Society5.0 人間中心の超スマート社会, p.35, 2019

【筆者紹介】



太田 兵庫 (おた ひょうご)
大成建設
技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
ダム・地盤チーム
課長代理



片山 三郎 (かたやま さぶろう)
大成建設
技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
ダム・地盤チーム
チームリーダー



石井 喬之 (いしい たかゆき)
大成建設
技術センター 生産技術開発部 スマート技術開発室
ダム・地盤チーム