データ利活用による現場管理システム「T-iDigital® Field」の開発と導入効果

大成建設(株)　正会員　○石井　喬之
同上　片山　三郎
同上　三谷　一貴
同上　宮本　真吾

１．背景・目的

建設業を含む産業界では労働人口の減少や高齢化が進み，労働力不足と技術伝承が喫緊の課題となっている．これに対し，その解決策として建設現場のデジタル化が進行しており，建設機械の自動化のみならず，現場施工の品質管理や安全管理，脱炭素対策等への幅広い応用にも期待されており，その一部は実用化されている．一方で各種計測技術についても高度化が進んでおり，より詳細で膨大な計測データの取得が可能となっている．

現在普及しているデジタル化技術の多くは，データの取得から利用までを導入目的に応じてその都度検討し設計がなされる独立のシステムである．そのため，目的別のデジタル機器やシステム構築に要する多大なコストや労力がシステム導入の際の大きな障壁となり，デジタル化が進展しない大きな要因となっている．また，取得したデータを効率的かつ効果的に扱う手法が確立されておらず，データの相互活用や包括的な利活用が実現できていないのも現状である．よって，今後のデジタル化技術には，多種多様な目的に応じたビッグデータの共有や，データの相互活用を可能とする「データ連携プラットフォーム」の構築が不可欠である．

このような現状を踏まえた上で，建設業界におけるデータ連携プラットフォームを構築し膨大なデータの中から有用なデータを効率的に取得する手法を確立し，対象とする建設現場ごとのニーズや課題に応じたアプリケーション形成によるデータ利活用型の現場管理システム「T-iDigital Field」を開発した．そこで本論ではT-iDigital Field のシステム概要と，トンネル工事においてデータ連携プラットフォーム上に施工データを集積し，リアルタイムで現場の状況を可視化することによる生産性向上効果について報告する．

２．CPS の概念を導入した技術開発手法について

CPS（Cyber-Physical Systems）の概念は 2006 年米国の NSF（National Science Foundation）によって提唱され [1)]，現実空間における様々な情報をセンサとネットワークを通じて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している．CPS の概念を導入した技術開発手法のイメージを**図-1** に示す．まず，現実空間にお

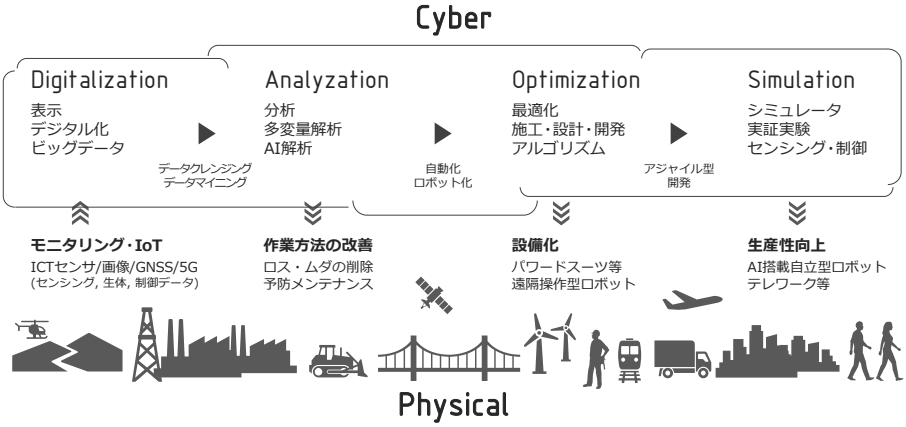


図-1　CPS の概念を導入した技術開発手法のイメージ

キーワード　データ利活用，データ連携，CPS，アプリケーション，サイクルタイム
連絡先　〒245-0051　神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1　ＴＥＬ045-814-7229

ける施工状況を ICT によりデジタルデータ化しサイバー空間上に上げる．次にデジタル化されたデータを分析することで，各データの関連性や影響評価を行う．この結果，施工方法にロスやムダが無いかを見直す一方で，最適化された施工方法や自動化の検討を行う．検討された結果をサイバー空間上でシミュレーションを行い，生産システム全体として最適化されることを確認し現実空間での運用に結びつけることで生産性向上を実現していくものである．

３．T-iDigital Field の概要

図-2 に T-iDigital Field（以下，本システムと称す）の概要を示す．本システムは，CPS の概念に基づく技術開発手法を実現するため，建設現場内に点在するヒト・モノ・コトのあらゆるデータを統一的に収集し，加工・統合して目的に応じた複数のアプリケーションにより形成されているデータ連携プラットフォームを活用した現場管理システムである．本システムは，データ層と基盤クラウド層，およびアプリケーション層の三層構造となっており，データ層では建設現場における施工状況データ（画像，位置，機械制御，外界データ等）や作業員データ（作業，生体，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）を IoT 機器などにより取得する．次に，取得したデータはネットワークを通じて基盤クラウド層に集積される．そして，基盤クラウド上に集積された様々なデータをアプリケーション層にて工事関係者が判断に活用できる情報に加工・統合して可視化する．アプリケーション層では，ユーザーとデータを繋ぐインターフェースの部分となっており，生産性向上の実現に向けた最も重要な部分である．すなわち，アプリケーションを見やすく，使いやすくすることで情報伝達の齟齬を低減し，関係者間の連携を円滑に，生産性向上に寄与できるかに影響する．また，アプリケーション層は同一のデータ連携プラットフォーム上に集積しているデータを活用しているため，様々なニーズや課題に応じたアプリケーションを追加開発することが可能である．アプリケーションを活用したユーザーの判断などの利用情報は再びデータ連携プラットフォームを介してデータ層に集積されることでデータ利活用型の現場管理支援を行うことも可能である．

データを取得する IoT 機器はメンテナンスや故障を極力回避するため，屋内外での耐久性試験を行いながら，万が一の故障時においての迅速に交換できるよう廉価な製品にて構成している．

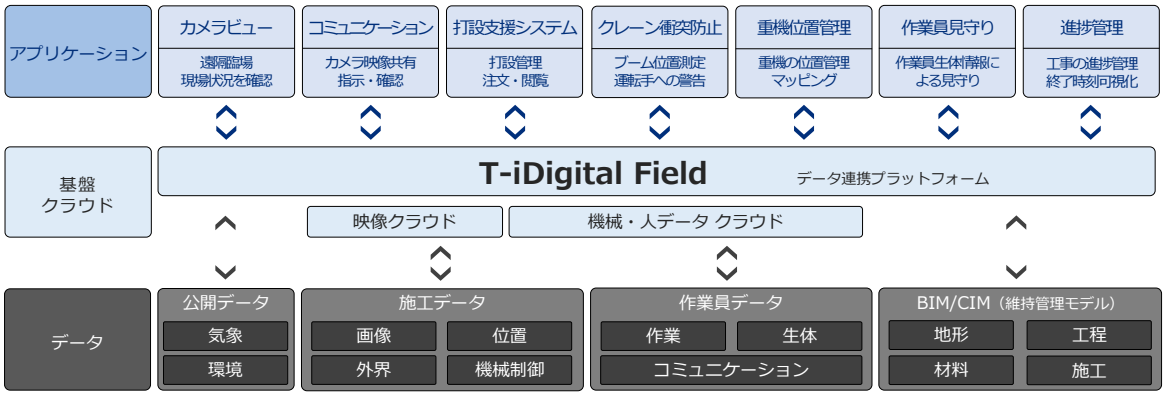


図-2　T-iDigital Field 全体概要図

４．アプリケーションの概要

本システムで実装したアプリケーションの例として，マップアプリケーションと山岳トンネル工事向けの現場管理支援アプリケーションであるサイクルタイム管理アプリケーションについて以下に説明する．

(1) マップアプリケーション

本アプリケーションは，建設機械と人の位置情報および稼働情報を集約し，工事現場のどこで，だれが・ど

の建設機械が，稼働しているかを可視化・記録することができる（図-3）．これら位置情報と稼働情報は，他のアプリケーションを構築する上でも利用することができ，基盤情報として集約している．

(2)サイクルタイム管理アプリケーション

山岳トンネル工事では，トンネル最先端の箇所である切羽において大型建設機械を用いて，削孔，装薬，発破，ずり出し，吹付け，支保工の建込み等の作業が繰り返し行われる．山岳トンネル工事の生産性を向上させるためには，各作業に要する時間（サイクルタイム）を正確に把握し，そのサイクルタイムを常に短縮していくことが求められる．しかし，従来のサイクルタイム計測は作業ごとの所要時間をストップウォッチや野帳を用いて職員が現地で記録していたため多大な労力が必要となり，かつ継続的な計測は不可能であった．そのため，これまでは生産性向上に取組むための検討データが欠如していた．

これに対して，本システムでは切羽で稼働している建設機械を識別判定し，自動でサイクルタイムを計測することができる(図-4)．具体的には，切羽にてダンプトラックとホイールローダーが稼働している場合は「ずり出し」作業，コンクリート吹付け機が稼働している場合には，「吹付け」作業といった判定を行う．このような各サイクルタイムを比較することで，施工班ごとの所要時間の差や建設機械の導入台数による差などが可視化され，ムダやロスを顕在化させることでサイクルタイムを短縮化検討する際のバックデータとすることができる．



図-3　マップアプリケーション例



図-4　サイクルタイム管理アプリケーション例

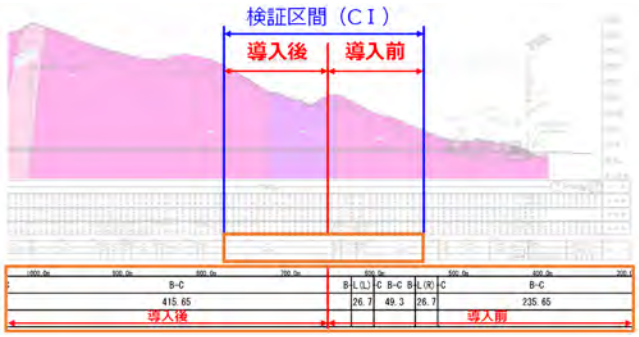


図-5　システム検証時の掘削区間

5．アプリケーションの導入効果

本システムの有効性を検証するため，（仮称）上曽トンネル本体工事（桜川工区）（茨城県・桜川市）において効果検証を行った．本検証は，トンネル掘削工事における 1 サイクルのサイクルタイムを取得し，システム導入前後の平均サイクルタイムを比較することとした．ここで，比較条件を合わせるため，本検証は図-5 に示すような支保パターンが同一で，掘削延長が近い区間で行った．また，検証期間は導入前後ともに 3 か月間とした．

表-1 にシステム導入前後における平均サイクルタイムと延べ掘削長を示す．システム導入前では平均サイク

表-1　システム導入前後の平均サイクルタイムと 3 ヶ月の掘削長

	導入前 (2021. 10-12)	導入後 (2022. 1-3)	向上率(%)
平均サイクルタイム(分)	417	375	11
3ヶ月の掘削長(m)	314. 2	336. 0	7

ルタイムが 417 分であり，延べ掘削長は 314.2m であった．これに対してシステム導入後の平均サイクルタイムは 375 分であり，延べ掘削長は 336m であった．システム導入前後の平均サイクルタイムと延べ掘削長を比較すると，平均サイクルタイムは 11%短縮し，延べ掘削長は 7%向上した．主な要因としては，サイクルタイムを正確に把握することで，各作業のムダの改善を行えたことや，施工班ごとの得意/不得意作業が明確になり，現場教育へ反映できたことなどが挙げられる．

６．まとめ

データの相互活用を可能とする「データ連携プラットフォーム」を構築することで現場ニーズに合ったアプリケーションを作成でき，有用な情報をユーザー側に提供することによる生産性の向上効果を確認できた．

ここで，本システムである T-iDigital Field により，以下に示す 2 つの合理化を達成したものと考える．

(1)取得データ

目的に応じたデータを取得するだけではなく，建設機械や人の位置と稼働情報に着目し，施工管理者の判断に資する情報に加工することで，現場ニーズに合った可視化を実現した．

(2)可視化機能

データ連携プラットフォーム内で効率的にデータを加工し有用化した情報をアウトプット可能なアプリケーションを開発したことで，今後の他工種の現場ニーズにも合わせたアプリケーションの拡張ができる．

建設現場のあらゆるモノをデジタルデータとして取り扱うことで，これまで個別に収集・管理されてきたデータ全体を統一的に管理することができ，さらには，発注者や本支店，他の現場等，離れた場所でもデータを共有することが可能となる．データ連携の円滑化は CPS の好循環を生み，データ利活用型の施工管理に発展していくものと期待できる．今後もシステムの改良やアプリケーションの拡張を行いながら，本システムを様々な工種の現場に適用を増やし，土木業界の発展に寄与していきたい．

≪参考文献≫

1) NSF,Workshop in Cyber-Physical Systems,Research Motivation, Techniques and Roadmap, 2006
2) 名合ら，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，CPS の概念を導入した土木技術開発手法について（その１），VI-308，2019
3) 石井ら，土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，デジタルツインによる現場可視化技術の開発（その１），VI-633，2020
4) 片山ら，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，データ利活用によるトンネル施工支援システムの開発，VI-805，2022