

重機搭載レーザー計測システム ～共通データ環境と API 連携で監督・検査を効率化～

上原 広行[※]

概 要

ICT施工を通じた3次元データの利用は進んでいるが、現場確認やデータの書面化が必要とされており、受発注者の双方に業務上の負担が生じているのが現状である。このたび、ICT土工の施工管理データを直接クラウドに送信し、監督員が遠隔で段階確認ができるシステムを試験的に導入し、監督・検査の効率化を実証した。本システムは、ICT土工向けに開発した重機搭載レーザー計測システムと、「i-Constructionシステム学寄付講座」協調領域検討会の施工WGが開発した共通データ環境「R-CDE」をAPIにより連携したものである。この結果、国土交通省の道路改良工事において、ICT土工の出来形段階確認を従来の実地・書面による確認から共通データ環境「R-CDE」上で実施できるようになった。本報では、その有効性が確認された事例について報告する。

Laser measurement system on heavy machinery —Common data environment and API linkage for efficient supervision and inspection—

Abstract

Although the use of 3D data through ICT construction has been advancing, on-site confirmation and documentation of data are still necessary, creating an operational burden for both ordering parties and contractors. To address this, a system that transmits ICT earthwork construction management data directly to the cloud has been trial-introduced, enabling supervisors to perform stage checks remotely. This trial demonstrated the potential for improved efficiency in supervision and inspection.

The system links a heavy machinery-mounted laser measurement system, developed for ICT earthwork, with the shared data environment "R-CDE" via an API. "R-CDE" was created by the construction working group of the "i-Construction System Studies Endowed Chair" collaborative domain study group.

As a result, in road improvement projects by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, as-built stage inspections of ICT earthwork can now be performed on the R-CDE common data environment, replacing the traditional on-site and documented inspections. This paper reports on a case study in which the effectiveness of this system was confirmed.

キーワード：ICT、3D計測、道路工事、レーザースキャナ、
監督・検査、共通データ

※ 土木本部土木エンジニアリングセンター

§1. はじめに

国土交通省はこれまで進めてきたi-Constructionの取り組みを深化し、更なる抜本的な建設現場の省人化対策を「i-Construction 2.0」として、3つの柱に基づいて、建設現場のオートメーション化を実現するためのロードマップを策定した。とくに「データ連携のオートメーション化」では、現場データの活用による書類削減（ペーパーレス化）、施工管理の高度化、監督・検査の効率化を推進することが急務となっている。

当社は「i-Constructionシステム学寄付講座（東京大学）」に参画し、ICTの高度化と普及に関する技術の共同研究を推進している。このたび、協調領域WGで開発されたブロックチェーンを活用した共通データ環境「R-CDE」¹⁾と、当社の独自ICT技術である重機搭載レーザー計測システムをAPIにより連携し、施工管理データをリアルタイムで発注者と共有できるシステムを構築した。この技術を令和5年度玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事において現場試行し、監督・検査の効率化に寄与する効果を把握する取り組みを実施した。

§2. 重機搭載レーザー計測システムの概要

本システムは、重機に搭載されたレーザースキャナを用いて、移動しながら現場内の任意位置で面状の出来形座標を取得するシステムである。重機オペレータは、バックホウに搭載したGNSSと2Dレーザースキャナ（表1参照）を用いて、重機を巡回して法面の出来形を計測し、土工事の法面整形工事を行う。従来の地上型レーザースキャナを用いた測量は、機器の盛り替えに時間がかかるという課題があるが、このシステムは自己位置を高精度で測位し、移動しながらの計測が可能となる。これにより、重機オペレータは作業中に出来形座標を取得可能なため、従来の丁張と補助員による計測機器を用いた方法で行っていた出来形確認作業が不要になる。本技術の導入により、計測作業が軽減され、施工の簡素化と効率化が期待できる（図1参照）。なお、本技術はNETIS登録技術である（登録番号KT-200138-A）。

表1 レーザースキャナ仕様

測定範囲	レーザー計測距離3m～15m
測定視野	上方向45°～下方向75° 水平方向90°
測定頻度	25Hz
測定速度	12万点/秒の3Dデータ取得



図1 重機搭載レーザー計測システム

§3. 共通データ環境「R-CDE」の概要

R-CDE（Reliable Common Data Environment）は、ブロックチェーン技術を活用した受発注者間の共通データ環境を指す。この取り組みは、i-Constructionの推進を目的として東京大学に設置された寄付講座に基づいており、産業界、学术界、政府が連携して技術的な検討を行うi-Constructionシステム学寄付講座で共同研究開発が進められている。協調領域検討会は2022年3月に同講座内に設立され、各分野の協調領域について作業部会（WG）に分かれて検討が行われた。本現場試行は、協調領域検討会の活動の一環として実施された。下記に特長を示す。

- ①施工管理におけるデータ改ざん防止
ブロックチェーン技術を活用し、保存データの信頼性を確保。
 - ②データの集中管理
改ざんが防止された施工管理データを一元的に管理し、関係者が共通データをいつでも確認。
 - ③ICT施工に関連する各種ソフトとのデータ連携
測量機器から取得したデータや解析ソフトで生成されたデータを、APIを利用して直接連携することが可能。
- これらの機能により、実地確認や検査、帳票化を行うことなく、データを活用した施工管理のワークフローを実現できる（図2参照）。



図2 共通データ環境を活用した監督・検査の効率化

§4. API 連携の概要

現在、複数現場で使用中の重機搭載レーザー計測システムは、重機に取り付けたレーザースキャナを用いて移動しながら法面の形状を三次元的に測定する技術で、日常の出来形測量省人化を目指して開発された。

しかし、計測後に重機PCに保存された生データの管理については、USBメモリなどによるデータ移行に依存せざるを得ず、次の4つ課題が生じていた。①計測データ管理（データの検索手間、誤って古いデータを使用など）の手間、②容易に計測データの改ざんが可能なデータ自体の信憑性、③データ移行の際、現場と事務所での移動時間に時間を要する。④データのセキュリティ管理。

今回、重機側に保存された生データは、WebAPIを通じて「R-CDE」に入力、具体的には運転席のPCからアップロード操作を行うことでネットワーク送信される。「R-CDE」はWebブラウザを介してアクセス可能であり、点群などの大規模な数値情報や設計情報の保存・閲覧、ブロックチェーン技術を利用した出来形検査システムによる検査依頼、受付、検査承認の機能を備えている。これにより、発注者と施工者のシステム間で出来形データが共有され、実地確認や検査を行うことなくデータを活用した施工管理のワークフローが実現された。

§5. 従来の段階確認・立会の課題

従来の段階確認における課題として、ICT施工によるデータ活用が進展する中で、現場での段階確認・立会やデータの書面化（帳票作成）が求められ、発注者と受注者の双方にとって負担となっている。具体的には、発注者側では、①複数現場での立会における時間調整が困難、②立会にかかる時間が長い（事務所から現場までの移動を含む）、③提出された各種書面整理や保管に多くの時間を要することが挙げられる。

一方、施工者側では、①帳票作成に時間がかかること、②立会の準備や待機時間が発生すること、③ICT施工に使用するさまざまなソフトウェアのデータを一元的に管理することが難しいといった課題が存在している。

§6. API 連携を用いた監督・検査

API連携を用いた監督および検査のワークフローは、以下のSTEP1～4に従って実施される。このワークフローの流れと各役割分担を表2に示す。

STEP 1：重機にレーザースキャナを搭載し、3D計測を行うことで施工中の出来形管理を実施（図3参照）。
STEP 2：重機から直接共通データ環境「R-CDE」に計測データを送信することで、出来形計測作業を省略する（図4参照）。
STEP 3：ブロックチェーン機能を備えた共通データ環境「R-CDE」により、保存されるデータの真正性が保証され、改ざんのない施工管理データを一元的に管理し、関係者間で共通のデータをいつでも確認できる（図5参照）。

表2 API 連携のワークフロー

重機レーザー計測と共通データ環境(R-CDE)連携のフロー			
システム利用時のワークフロー		作業所	
		本社	現場
発注者	新規ユーザー登録・アカウント作成/企業設定	○	○
	新規現場を作成 契約項目の登録	○	○
施工者	重機LSIによる出来形計測 ・オペレータによる3D計測 ・ヒートマップで出来形確認	○ (オペレータ)	
	API連携(R-CDEアップロード)		
	ファイルのアップロード ①点群データ ②設計三次元モデル	○ (オペレータ)	
	解析範囲選択 出来形評価・ヒートマップ生成 検査依頼	○ ○ ○	
	検査受付 検査承認		○ ○
	改ざんチェック 測定規格値チェック		



図3 STEP1 施工しながら出来形管理



図4 STEP2 共通データ環境へデータ通信

STEP 4：監督員は、この共通データ環境「R-CDE」で出来形データを確認することで、現地に赴くことなく検査を行うことが可能となる（図6参照）。

§7. 現場試行の目的と対象プロセス

共通データ環境「R-CDE」を活用したAPI連携の現場試行目的と対象プロセスは下記に示す。

- API連携のワークフロー（表2参照）で本当に立会や帳票の省略が可能か、検査・監督業務の高度化に寄与するか、R-CDEで対応できない業務は何かなど、懸念点や課題を抽出し整理する。
- 従来の業務プロセスと将来のワークフローを比較することで、将来的に削減が見込まれる時間工数を定量的に把握する。

現場試行の対象プロセスは法面出来形検査に関連し、検査当日作業だけでなく、施工者による出来形計測、出来形管理図表作成、立会準備など、前後作業も含むものとする。

§8. API 連携の特性と効果

重機に搭載されたレーザー計測技術と共通データ環境を活用したAPI連携の特性とその効果について説明する（図7、図8参照）。

- 簡単な後付け：バックホウに2Dレーザースキャナを取り付け、旋回することで法面の出来形を3Dで計測する。
- 計測作業の不要化：施工中にオペレータがいつでも計測を行い、現場でヒートマップを確認することが可能となる。
- 臨場と帳票化の削減：監督員が改ざん防止機能を備えた共通データ環境「R-CDE」において法面の出来形データを確認することで、検査に関連する臨場や帳票化の省略が実現する。

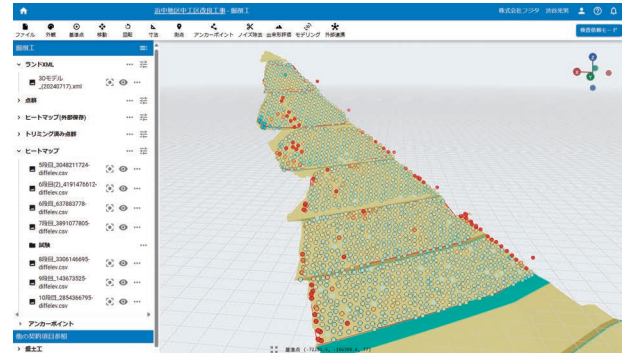


図5 STEP3 共通データ環境で解析

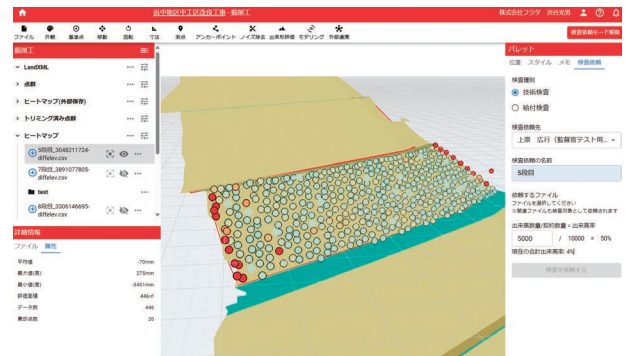


図6 STEP4 共通データ環境で合否判定

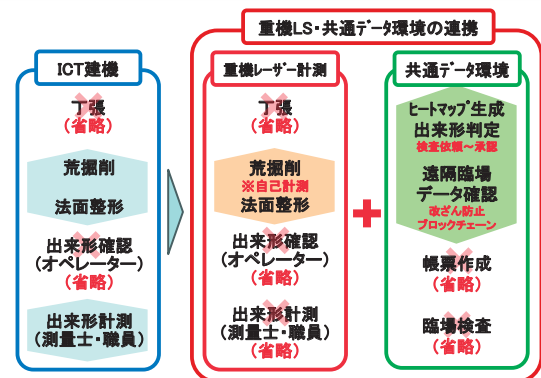


図7 API 連携技術の効果（ICT 建機との比較）



図8 共通データ環境の現場試行（ビフォーアフター）

§9. 現場試行の成果

現場試行は、国土交通省中国地方整備局が発注した玉島笠岡道路浜中地区中工区改良工事における土工事を対象とし、中間技術検査での時間削減効果について現場職員・検査官にヒアリングを通じて評価した。R-CDE導入前後における時間削減効果の試算結果を表3、表4に示す。

<定量評価>

受注者側では、出来形計測から検査にかかる時間のうち、合計で23%業務時間を削減（表3参照）できることが確認された。この内訳は、出来形の計測から解析にかけてのデータ保存手間削減、管理図表出力における帳票の削減、検査準備における自主検査の臨場の削減、実地検査における出来形寸法確認の業務削減が含まれ、効率化を実証した。発注者側では、検査準備から検査後にかかる時間の合計で5.5%業務時間削減（表4参照）という結果で、受注者側と比較して小さな効

表3 R-CDE 導入前後の時間削減効果（受注者）

<受注者側>

	担当者	導入前の業務		導入後の業務		削減 時間 人分
			人分		人分	
出来形計測	係員	重機LS 精度確認計測～ データ保存	460	計測データ の保存 手間削減	380	-80
出来形解析	主任	データ処理～ 管理図表出力	75	帳票削減	45	-30
検査準備	係員	自主検査～ 資料印刷	315	臨場削減	170	-145
書面検査	現場代理人 監理技術者	施工計画確認～ 品質書面確認	320		320	0
実地検査	現場代理人 監理技術者 係員	現場往復～ 実地検査 (出来形、出来栄)	180	実地検査 出来形 臨場削減	120	-60
検査後	監理技術者	資料送付	30		30	0
業務合計			1,380		1,065	-315
						削減率 23%

※業務時間について導入前はヒアリング、導入後は推定値

表4 R-CDE 導入前後の時間削減効果（発注者）

<発注者側>

	担当者	導入前の業務		導入後の業務		削減 時間 人分
			人分		人分	
検査準備	検査官	事前資料確認	90		90	0
書面検査	検査官	施工計画確認～ 品質書面確認	160		160	0
実地検査	検査官	現場往復～ 実地検査 (出来形、出来栄)	60	実地検査 出来形 臨場削減	40	-20
検査後	検査官	工事評点査定	55		55	0
業務合計			365		345	-20
						削減率 5.5%

※業務時間について導入前はヒアリング、導入後は推定値

果となった。この要因は、技術検査の項目に出来栄えなど数値で測定できない要素が含まれ、これらの項目については実地での確認検査が必須なためである。

<定性評価>

検査を担当した関係者によると、施工が全て完了した後ではなく、受発注者間による確認がR-CDE上で逐次可能であるため、施工管理の品質向上が期待される。また、現場状況を簡単に高頻度で共有できるため、若手育成に貢献し、技術伝承が促進されるという意欲的な意見が挙げられた。

§10. おわりに

今回試験的に導入した重機搭載レーザー計測システムとR-CDEの連携により、受発注者間の情報管理と共有作業における効率化が実証された。長期的には建設現場で実装が進む個々のICT新技術が、このように共通データ環境として活用できるWebAPIと連携することで3Dデジタルデータのプロセス横断的な活用がさらに進展することが期待される。

今後の課題として、本連携技術は臨場削減による効率化の効果が大きいですが、出来形管理に限定されているため、品質管理の観点から帳票やワークフロー削減を実現できるシステムへの改善が求められる。そのためには、ICT土工以外の工種や品質管理に拡張、かつ有効なデジタルデータ取得解析を実現する新しいアプリケーション開発体制を構築することが重要である。今後もAPI連携のメリットを最大限に活用しつつ、現場検証を通じて改良を重ね、施工管理と監督検査のさらなる効率化と生産性向上を図る所存である。

参考文献

- 1) 松下文哉・小澤一雅：施工管理情報の非改竄性を担保するブロックチェーンを用いた出来形検査システム、土木学会論文集F4、Vol.77、No.1、1-11、2021

ひとこと



上原 広行

「i-Construction 2.0」の「データ連携のオートメーション化」を果たすために、今回の取り組みは、重要な役割を担っていると思います。今後も引き続き、施工管理と監督検査のさらなる効率化と生産性向上へ向けて取り組みます。