

データ利活用型 ICT 土工管理システムによる 現場の生産性向上を実証

土工事における施工管理の効率化および高度化に向けた取り組み

高 尾 篤 志・本 木 章 平・黒 田 卓 也

ICT 建設機械や UAV の普及により土工事において様々なデータが取得可能となっている。しかし、それらのデータを活用するために、専門の知識や膨大なデータを処理するための労力が求められる場合もある。取得されたデータを十二分に活用し、土工事の施工管理の効率化を行うためにデータ利活用型 ICT 土工管理システムを開発した。このシステムは、ICT 土工において取得されるデータをクラウド上のプラットフォームに集約し、データ処理や管理の効率化、工事進捗や品質等の土工事の管理項目におけるデータ利活用の推進を行うものである。システムを現場施工管理に適用し、土量管理の精度検証、および作業効率化の検証を行った。

キーワード：ICT 土工、締固め管理システム、転圧施工履歴データ、土量算出、トレーサビリティ

1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction の施策により、建設現場における ICT (Information and Communication Technology) の全面的な活用による建設生産システム全体の生産性向上に向けた取り組みが推進されている。この取り組みにより、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) やレーザースキャナ、ICT 建設機械等の導入が進み、施工や施工管理等の現場作業の省力化・効率化について、一定の導入効果が得られている¹⁾。

一方で、UAV や ICT 建設機械等の導入により、建設現場において、従来の施工管理情報に加えて、ICT 建設機械の 3 次元設計データ等の導入時に必要なデータや ICT 活用後に取得される多種多様なデータを扱うことが必要となった。それらのデータ処理には専門の知識が必要であり、膨大なデータが取得されることもあり、データの処理等に多くの労力を要する場合もある。そのため、UAV や ICT 建設機械等の様々な ICT を活用する近年の土工事において、施工履歴データ等の導入した ICT 機器により取得されるデータを十二分に活用できていない。

これらの土工事における課題解決のため奥村組、戸田建設、西松建設は、3 社共同研究において、データ利活用型 ICT 土工管理システム (以下、本システム) を開発した。本システムは、ICT 土工において取得されるデータをクラウド上のプラットフォームに集約し、データ処理や管理の効率化、工事進捗や品質等の

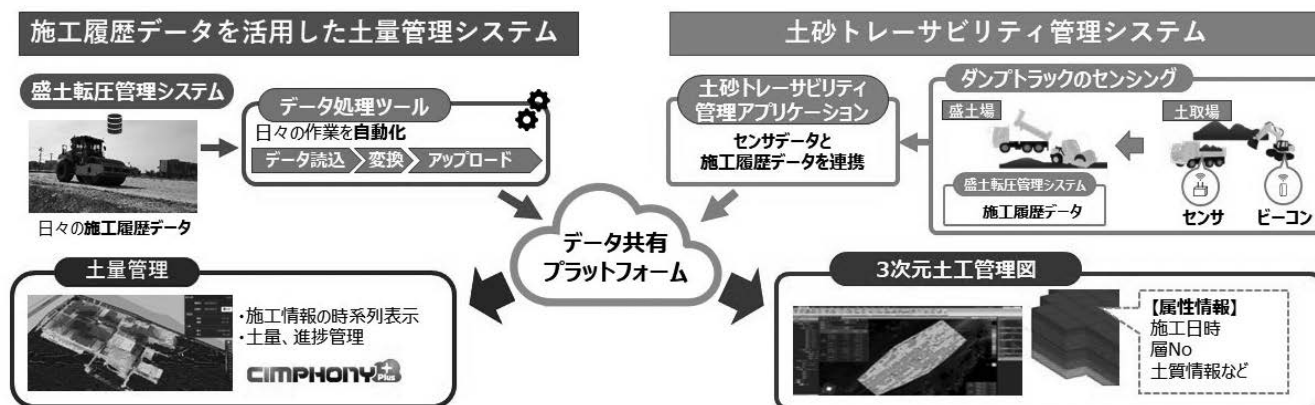
土工事の管理項目におけるデータ利活用の推進を行うものである。プラットフォーム上のデータを現場事務所や本支社等の関係者が共有し、関係者間で連携して、出来高 (土量) 管理および品質管理等に活用する。本システムを現場施工管理に適用し、土量管理の精度検証、および作業効率化の検証を行った。

2. データ利活用型 ICT 土工管理システムの概要

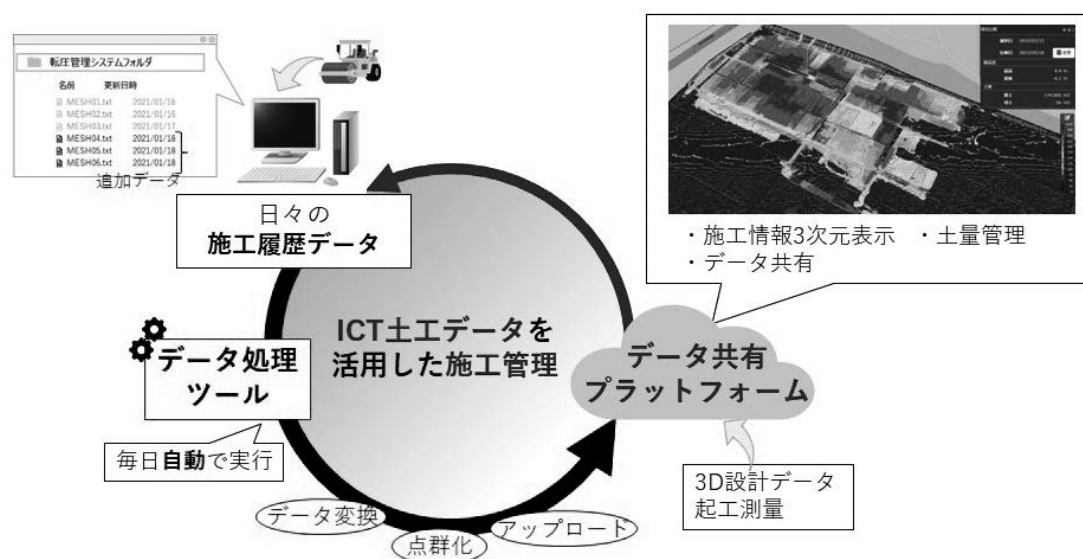
本システムは、①データ共有プラットフォーム²⁾、②転圧施工履歴データによる土量算出³⁾、③土砂トレーサビリティ管理システム⁴⁾の 3 つのシステムで構成されており、ICT 土工において取得される施工データをデータ共有プラットフォームにアップロードしてデータ処理・共有し、各管理項目に対して効率的にデータを利活用するものである。図 1 に本システムの全体概要を示す。今回、データの利活用の対象として、盛土工事における出来高管理、品質管理に着目し、3 次元計測データ、3 次元設計データ、転圧施工履歴データに加えセンサによって取得する盛土材の土取り位置および荷下ろし位置のデータをプラットフォームにおいて共有した。

(1) データ共有プラットフォーム

従来、ICT 土工で得られるデータは専用のソフトウェアを使用して現場事務所等のパソコン上にデータ



図ー1 データ利活用型 ICT 土工管理システムの概要



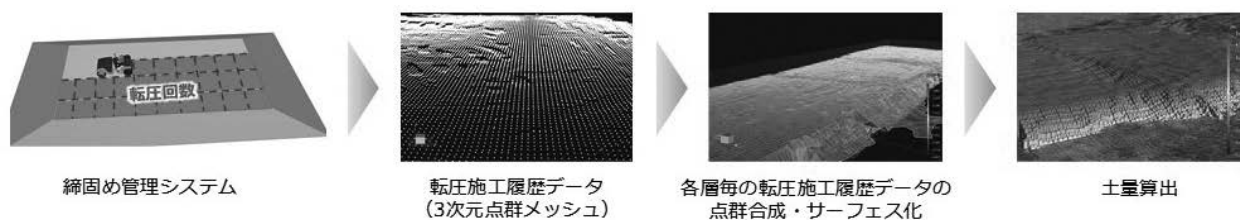
図ー2 転圧施工履歴データを活用した土工管理システムの概要

を保存し、データの利活用を行っていた。これらのデータをクラウド上へアップロードすることで、誰でもどこからでもデータを閲覧し利活用可能とする。

データ共有プラットフォームとして、3次元データが扱えるクラウドサービス「CIMPHONY Plus（福井コンピュータ社）」を利用した。GNSS（Global Navigation Satellite System）を利用した締固め管理システムにより取得した転圧施工履歴データ等は、クラウドサービスのデータ样式に応じた変換処理をした後、CIMPHONY Plusへアップロードを行う。この一連の作業をソフトウェアにより自動化し、定期的にアップロード動作を実施する（図ー2）。現場職員はクラウドサービスを利用してすぐにデータを閲覧・利活用できる。またGNSSを利用した締固め管理システム内に含まれる設計形状のメッシュデータやローラーの軌跡データ等を共通フォーマットの点群テキストデータとして取り扱うことで、複数社の転圧施工履歴データを同じように取り込むことができ、汎用性も高い。

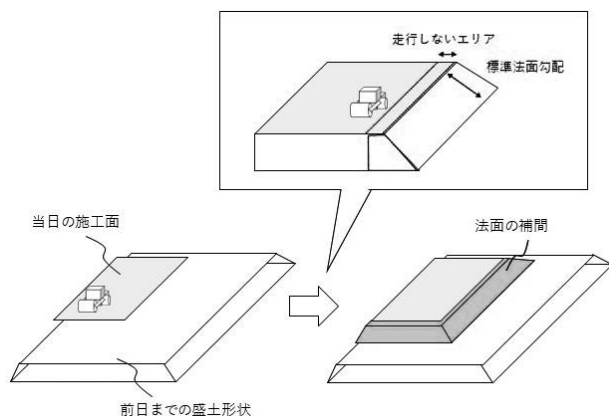
（2）転圧施工履歴データによる土量算出

盛土の品質管理方法の一つに「TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理システム」を用いた方法があり、TSやGNSSにより取得された締固め機械の平面位置座標（x座標、y座標）を用いて、締固め機械（振動ローラーやブルドーザ等）による転圧回数の面的な管理が行われている。同時にこのシステムでは、施工履歴データとして振動ローラーの鉄輪下面位置やブルドーザの履帯下面位置の高さ（z座標）を含めた3次元位置座標を取得している。転圧施工履歴データには、UAVによる写真測量や地上型レーザースキャナによる測量等では取得される樹木等の不要な地形データが含まれないため、土量算出における点群処理が簡素化される。さらに、メッシュ化（0.25 m × 0.25 m 又は 0.5 m × 0.5 m）されたデータであるため、データ容量が軽量で扱いやすいのも特長である。メッシュ化された転圧施工履歴データを使用することで転圧箇所における盛土表面形状のサーフェス（面）が作成できる。転圧



図ー3 転圧施工履歴データを活用した土量算出の概略図

施工履歴データから作成したサーフェスデータを用いて、3次元測量データ又は以前の転圧箇所における転圧施工履歴データと比較することで、その間の盛土量を算出でき、測量をせずとも容易に転圧後の盛土量を算出することが可能である（図ー3）。また、法肩部や法面部などの締固め機械が走行できず、転圧施工履歴データが取得できない箇所については法面を自動補間するツールを構築し、データを補間する（図ー4）。

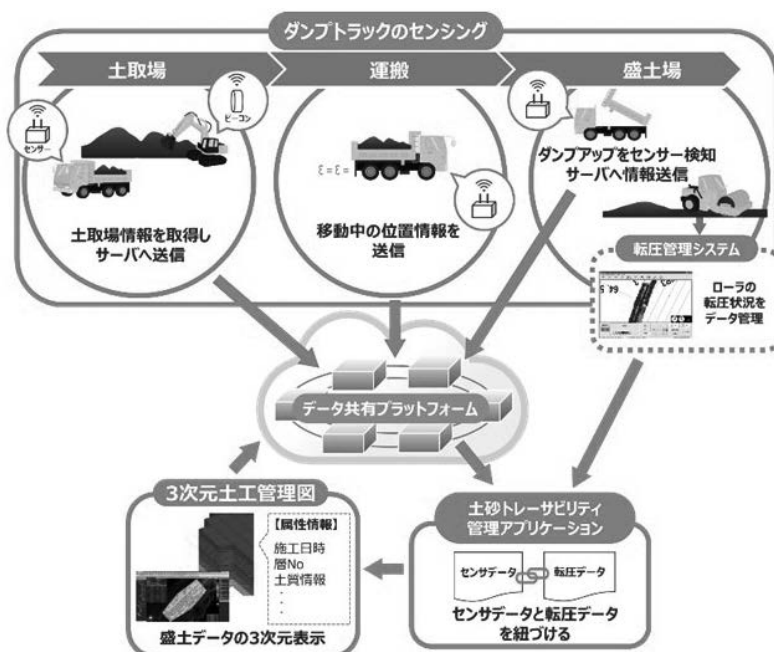


図ー4 法面補間ツールによる補間イメージ

(3) 土砂トレーサビリティ管理システム

土砂トレーサビリティ管理システムは、「どの土」を「どの場所」に盛土したかを自動で記録可能なシステムである（図ー5）。土砂運搬ダンプトラックのセンシングを行うダンプアップ検知センサ、転圧施工履歴データとセンサのデータの関連付けを実施する土砂トレーサビリティ管理アプリケーションによって構成されており、トレーサビリティデータとしてどの土取場から施工箇所の盛土場に運搬したかを3次元土工管理図として記録する。3次元土工管理図では、物体の形状を立方体のような空間格子の集合によって表現するボクセルモデルを使用し盛土形状を表す。モデルを構成する各ボクセルは土質情報によって色分けされており、属性情報として施工日や転圧管理データ等を保持している。

土取場の判別には積込機械もしくは土取場に設置したビーコンを使用しており、積み込み作業時にダンプアップ検知センサが設置されているビーコンの信号を受信し、その識別子を荷下ろし情報と合わせてクラウドへ送信し保管する。転圧施工履歴データとの関連付



図ー5 土砂トレーサビリティ管理システムの全体図

けの際に、保管されたビーコンの識別子情報も参照し、属性情報として土取場の情報（土質情報）の付与を行う。

3. 現場実証

神奈川県、愛知県、京都府の造成現場において本システムを適用し、適用効果の実証を行った。

(1) プラットフォームにおけるデータ運用

現場作業終了後に、振動ローラーの転圧施工履歴データを回収すると、指定した時間に自動処理ツールが動作し、データ変換、クラウド上へアップロードが実行されたことを確認した。適用現場の転圧施工履歴データの出力形式は走行軌跡データであったが、メッシュデータに変換し、日々の施工状況の3次元化ができることを確認した（図—6）。プラットフォーム上のデータ活用により、施工日毎の盛土進捗状況の把握や日々の土量算出が可能となった。

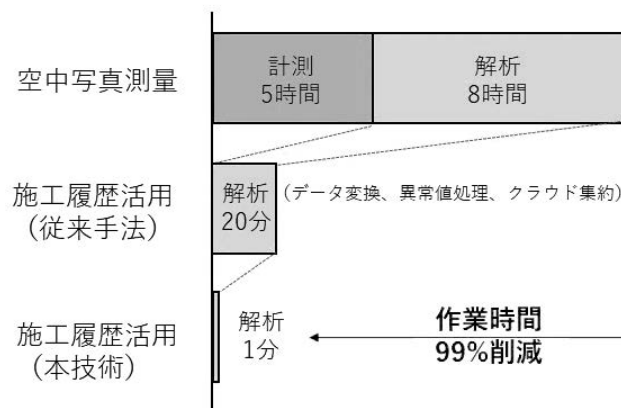
(2) 土量算出の精度検証

転圧施工履歴データより算出した土量を空中写真測量の結果と比較し土量算出の精度検証を実施した。表—1に、土量の算出結果を示す。転圧施工履歴データから算出した土量は概ね誤差5%程度の精度であり、その後法面部等の補間を行うことで概ね誤差3%以内で土量が算出できた。よって、本現場では、法面補間まで実施することにより、日々の土量管理を高い精度で行うことが可能となった。

空中写真測量による土量算出と本手法で、作業時間の比較を実施した（図—7）。空中写真測量は、計測作業（対空標識設置～UAVによる撮影）が必要であるが、本手法では、施工時に記録されたデータを活用するため、計測作業が不要となる。点群データを取得するための解析作業も、データ処理ツールの活用により、空中写真測量と比較して大幅に時間を削減するこ

表—1 土量算出精度

月	空中写真測量	法面補間前		法面補間後	
	土量 m ³	土量 m ³	誤差	土量 m ³	誤差
1月目	40,408	37,531	7.1%	40,697	-0.7%
2月目	61,389	58,416	4.8%	61,530	-0.2%
3月目	120,980	116,339	3.8%	119,399	1.3%
4月目	178,280	168,726	5.4%	172,281	3.4%
5月目	224,668	221,224	1.5%	222,813	0.8%

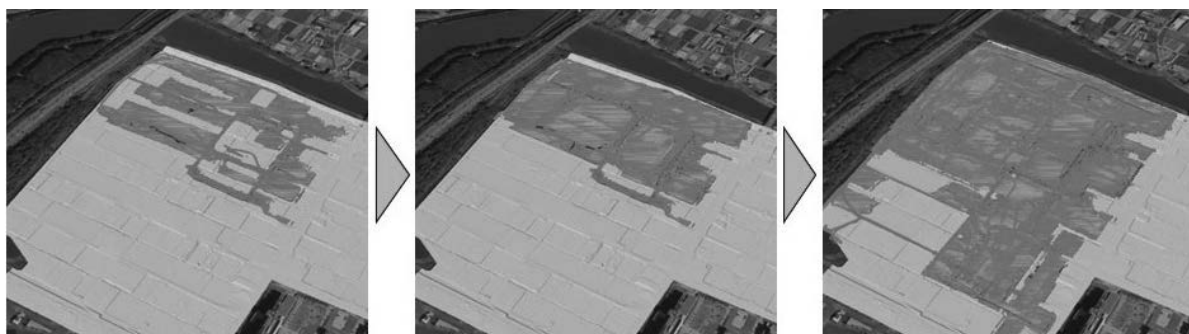


図—7 作業時間の比較

とができる。また、データ処理は自動で行われるため、従来の転圧施工履歴データを活用した土量管理において発生していたデータ処理作業が必要なく、現場職員による作業は発生しない。結果として、空中写真測量と比較して土量算出にかかわる作業時間を99%削減することが可能となった。

(3) 土砂トレーサビリティデータの作成

土砂トレーサビリティ管理システムについて、約14 haの造成現場の中、200 m × 300 mの範囲の施工に対して締固め管理システムを設置したローラーを使用し検証を行った。締固め管理システムより出力した転圧施工履歴データとダンプトラック10台に設置したダンプアップ検知センサのデータを結合し、3次元



図—6 転圧施工履歴データから作成した盛土3次元形状

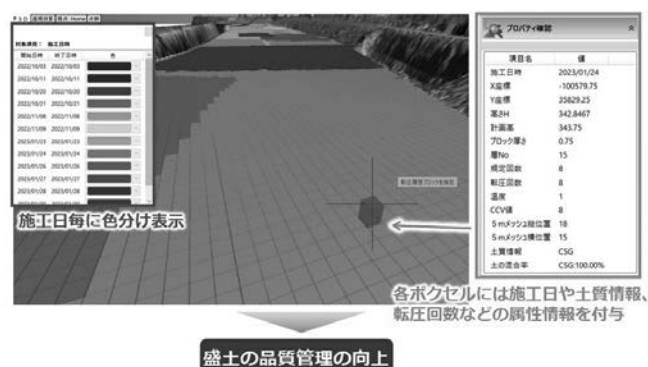


図-8 盛土材料のトレーサビリティデータ (3次元土工管理図)

土工管理図の作成を実施した。今回の施工では、場内で改良した土砂の場内運搬と場外から搬入しそのまま盛土する2つのパターンがあり、場内と場外の各1箇所に土取場を設定した。土取場の判別を行うため、改良土の積込に使用するバックホウにビーコンを設置し、場内運搬の判別を行った。場外から搬入する土砂については、1箇所の土取場からの搬入であったため、搬入車両が入場する現場ゲートにビーコンの設置を行った。

設置したセンサにより荷下ろし位置を特定し、管理アプリケーションを使用して荷下ろし情報の3次元データを自動的に作成した。作成した3次元データを3次元CADソフトウェアに取り込み、土質情報毎に着色されたボクセルモデルの形式でデータを出力し、土質情報の可視化ができていたことを確認した(図-8)。可視化した3次元モデル上において属性情報として荷下ろし情報を確認することができた。

これにより、盛土材の記録と管理が効率化されるとともに、盛土のトレーサビリティ強化を図り、品質管理の高度化が可能となる。また、土工管理図を作成するための記録員を配置する必要がなくなり、1人/日程度の人員を削減する効果が期待できる。

4. おわりに

ICT 土工における管理業務の省力化・効率化を目的に、データ利活用型 ICT 土工管理システムを開発し、現場適用を行った。その結果、以下の成果を得られた。

- ①本システムを用いて、ICT 土工において取得されるデータから3次元的に盛土の状況の把握および日々の土量管理が可能となった。
- ②転圧施工履歴データの処理およびクラウドへのデータ集約の自動化により、現場職員は日々の施工後にクラウド画面を確認するだけで、施工土量を把握す

ることが可能となった。

- ③本システムによる算出土量の精度は、空中写真測量と比較して5%程度の誤差であり、日常の土量管理に十分な精度であることを確認した。さらに法面補間を行うことにより、概ね誤差3%以内で土量を算出することが可能であった。
- ④空中写真測量と比較して土量算出にかかわる作業時間を99%削減することが可能であり、かつ計測・解析の作業なく土量管理が可能となった。
- ⑤土工管理図の作成に必要な土質情報および盛土位置の情報を自動的に記録でき、データ整理や入力等の手間を増やすことなく、施工履歴の確認等に利用することが可能なトレーサビリティデータを作成することが確認できた。
- ⑥土砂トレーサビリティ管理システムを使用し、盛土の土質情報を3次元土工管理図の形式で管理することで、システムやセンサにより取得したデータのBIM/CIM等への展開も期待でき、土工事におけるトレーサビリティ管理の高度化へ寄与できる。

JICMA

【参考文献】

- 1) 国土交通省, 「ICT 施工の普及拡大に向けた取組」, 第13回 ICT 導入協議会資料, 2021
- 2) 佐藤靖彦 他, 「データ利活用型 ICT 土工管理システムの開発 (その1) - システム概要とデータ共有プラットフォーム -」, 土木学会第76回年次学術講演会, VI-195, 2021
- 3) 本木章平 他, 「データ利活用型 ICT 土工管理システムの開発 (その2) - 転圧施工履歴データによる土量算出手法 -」, 土木学会第76回年次学術講演会, VI-195, 2021
- 4) 高尾篤志 他, 「データ利活用型 ICT 土工管理システムの開発 (その3) - 土砂トレーサビリティ管理システム -」, 土木学会第76回年次学術講演会, VI-195, 2021

【筆者紹介】

高尾 篤志 (たかお あつし)
 ㈱奥村組
 ICT 統括センター イノベーション部
 i-Construction 推進課
 主任



本木 章平 (もとき しょうへい)
 戸田建設㈱
 技術研究所 施工革新部
 主管



黒田 卓也 (くろだ たくや)
 西松建設㈱
 技術研究所 土木技術グループ
 主任

