

## 36. 転圧施工履歴データを活用した土量管理システムの開発

### ICT データ活用による建設現場の生産性向上に向けた取り組み

西松建設株式会社

○ 黒田 卓也

吉野 修

戸田建設株式会社

本木 章平

株式会社奥村組

高尾 篤志

#### 1. はじめに

ICT を利用した機器の普及が進み、多くの工事現場で利用され、膨大なデータを取得している。しかし、建設現場のさらなる生産性向上・品質確保のため、ICT 施工のプロセスの中で得られる施工履歴データを利活用する取り組みが進められている。ICT 土工における ICT 締固め機械では、転圧回数管理のために記録している位置情報を活用し、出来高管理に適用することが期待されている。

しかし、盛土転圧管理システムから出力される施工履歴データの利活用にあたっては、データが膨大で複雑であるため、対応する現場職員など担当者の専門知識や技術が必要となる。また、取得したデータに不具合があると、その対応に専門技術や時間を使って対処する必要があり、担当者の負担が大きくなる。

そこで筆者らは、施工履歴データの利活用、およびそれに関わる作業を自動化し、クラウドサービスに集約することにより、職員の作業なく土量管理が可能なシステムを構築した。そして、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. 転圧施工履歴データの利活用

盛土転圧管理システムは、締固め管理に用いられ、広く普及している。本システムを搭載した ICT 締固め機械は、転圧回数管理のため、GNSS により転圧施工時に X,Y,Z 座標を取得している。盛土転圧管理システムから出力される転圧施工履歴データには、座標値、転圧日時、転圧回数、材料情報等が記録されている。

締固め機械が移動した走行軌跡は、施工日毎の出来形形状を表している。そのため、転圧施工履歴データに記録された位置情報を利活用することにより、計測・測量の作業なく日々の盛土形状を取得することができ、施工土量を算出することが可能になる (図-1)。

しかし、転圧施工履歴データはデータが膨大で

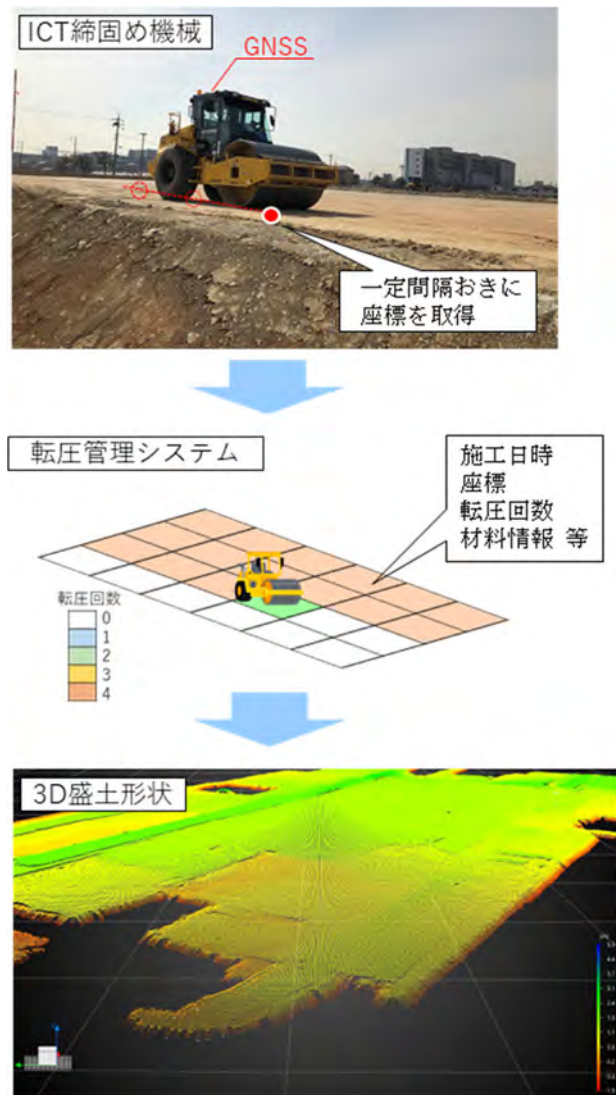


図-1 転圧施工履歴データによる盛土形状の取得例

複雑であり、データ取得時の異常値や不足値を含んでいるため、利活用には多くの作業手間を要するとともに、専門の知識や技術が必要である。また、データ様式が各社の転圧管理システムごとに異なる

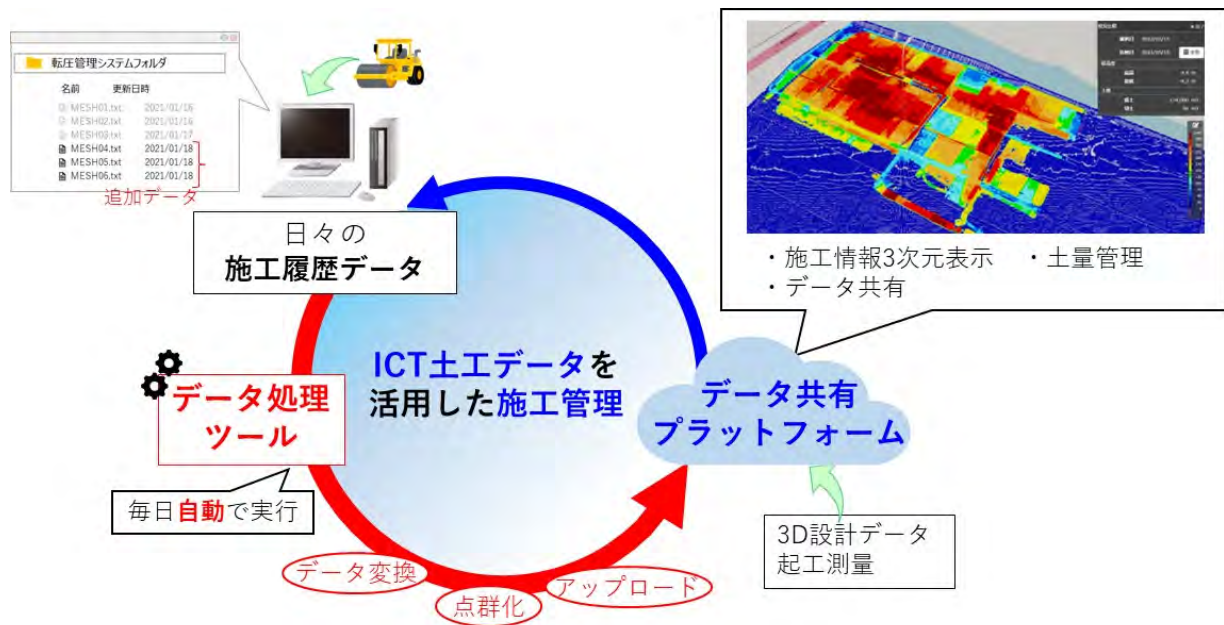


図-2 転圧施工履歴データを活用した土量管理システムの概要

っており、走行軌跡データや施工範囲をメッシュ状に記録した形式で出力される。走行軌跡データは1秒間隔等で記録された締固め機械の位置情報データであり、利活用の利便性向上のためには、これらを統一した様式に変換し、標準的な方法で処理できるようにする必要がある。

### 3. 施工履歴データを活用した土量管理システム

#### 3.1 開発システムの概要

本システムは、広く普及している盛土転圧管理システムから出力された転圧施工履歴データを活用して、3Dでの施工状況確認および日々の土量管理をクラウド上で実現するものである（図-2）。処理ツールを用いて、異なるデータ形式への対応、データ不具合のチェック、補正処理を行い、クラウドサービスへの転送を行う。クラウドではデータの保管、利活用が一元管理でき、インターネットを利用することでいつでも、どこからでもアクセスすることが可能である。

#### 3.2 システム構成

本システムは、データ処理ツール、クラウドサービスにより構成されている。

データ処理ツールは、転圧施工履歴データの利活用に関わる処理を行い、クラウドにアップロードする機能を有する。

データ共有プラットフォームとなるクラウドサービスは、3Dデータの保管、測量データと比較した土量算出機能を有する。

#### 3.3 データ処理ツール

データ処理ツールは、所定のフォルダ内に追加された転圧施工履歴データを読み込み、利活用可

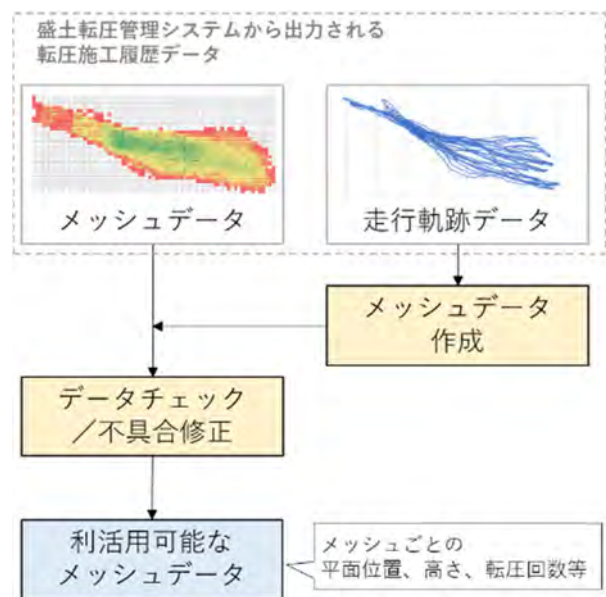


図-3 転圧施工履歴データの処理フロー

能な形式に変換し、クラウドサービスにアップロードするものである。

転圧施工履歴データはメーカーによって、走行軌跡データや施工範囲をメッシュ状に記録したメッシュ形式のデータ、あるいは両方で出力される。本システムでは、図-3に示す流れで施工履歴データを変換しており、取り扱いを容易にするため座標、転圧回数他の項目を含む所定の仕様のメッシュデータに統一している。転圧施工履歴データの出力形式として、走行軌跡データのメッシュデータの処理フローを図-4に示す。



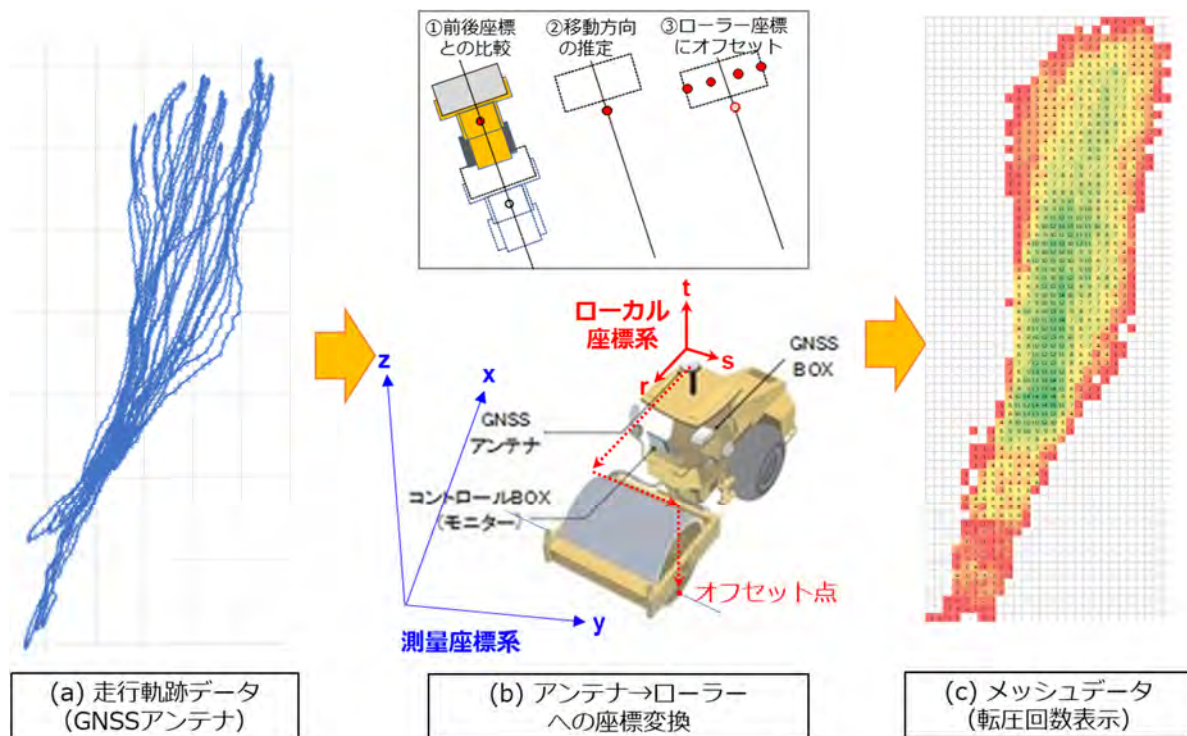


図-4 走行軌跡データの処理フロー

#### (1) 走行軌跡データのメッシュデータ化

データ形式のうち走行軌跡データは、1秒間隔等で記録された位置座標データであり、盛土形状を再現するには、メッシュ毎の最新の標高を集計したメッシュデータに変換する必要がある。本ツールでは、GNSSで取得した位置データを締め機械のローラー接地位置にオフセットし、その位置のメッシュの転圧回数としてカウントする。また、メッシュの高さは、各メッシュ内の移動履歴のうち最後に記録されたものとしている。データは平面位置、高さ、転圧回数他の項目を含む所定の仕様でメッシュデータに統一する。

#### (2) データチェック・補正処理

メッシュ状に記録されている転圧回数・高さをチェックして、周辺の高さと比べて極端に高さが違うなど異常値や不足値(図-5)がないか、スクリーニング検査を行う。異常値や不足値があった場合は、近傍のメッシュデータを用いて補間・修正を行う。

#### (3) 点群データ化、クラウドアップロード

上記手順により、統一された様式となった転圧施工履歴データを土量管理に利用するため、点群データ形式に変換し、クラウドへのアップロードを行う。

### 3.4 現場での運用フロー

日々の施工終了後にツールを自動実行するように設定することで、職員はクラウドにアクセスするだけで、土量の管理としてその結果をすぐに利

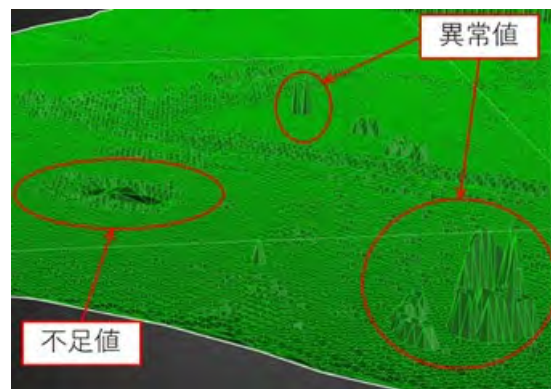


図-5 転圧施工履歴データの異常値・不足値

用することが可能となる。Web画面上で3Dデータを閲覧可能であり、いつでも、どこからでも盛土施工状況を確認することができる。

## 4. 現場実証

東海太田川駅西土地区画整理事業における造成工事において、当技術の現場実証を行った。本現場では、空中写真測量を活用した出来高管理を1回/月で実施していることから、空中写真測量との比較による土量算出の精度検証および生産性向上の効果の確認を行った。

### 4.1 現場での運用

システムは図-2に示す流れで運用した。現場作業終了後に、振動ローラーの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

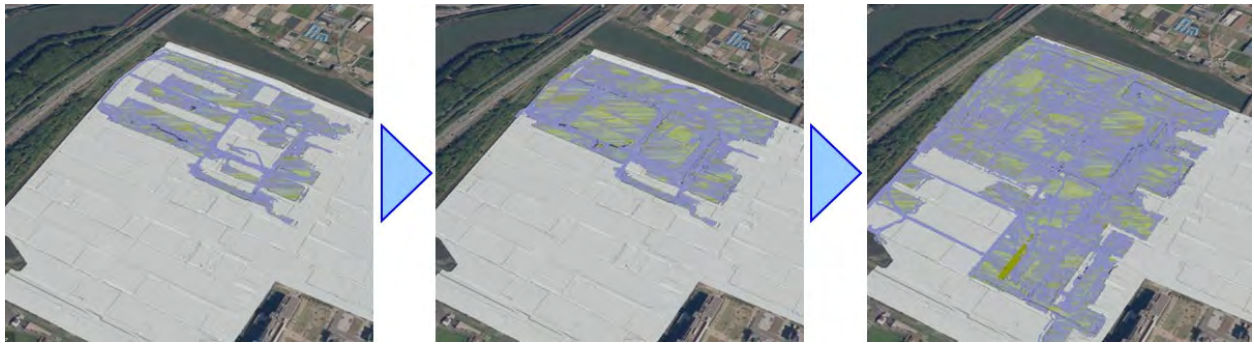


図-6 転圧施工履歴データから作成した盛土 3D 形状による進捗確認

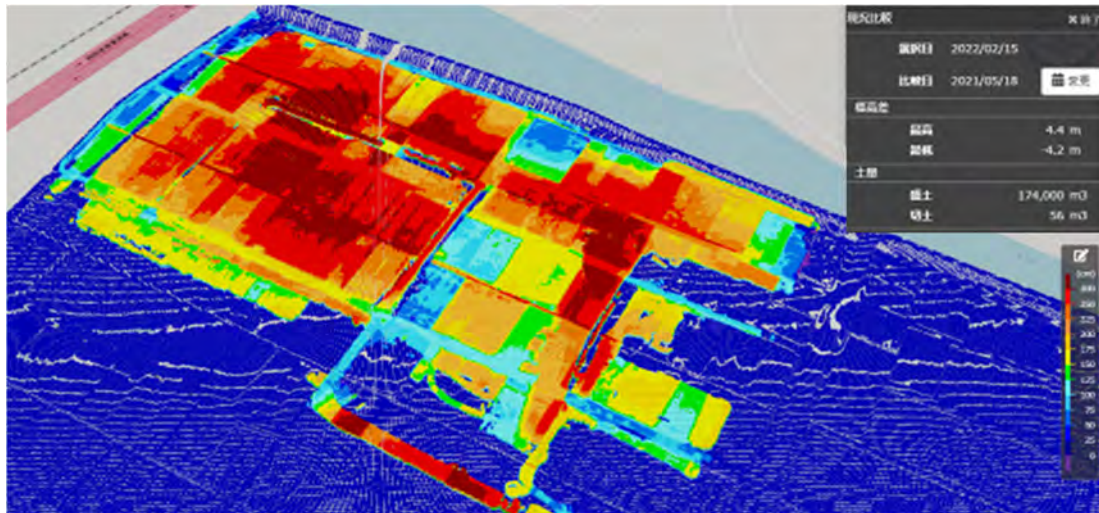


図-7 転圧施工履歴データによる盛土量の算出

し、データ変換、クラウドへのアップロードを行う。本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 3D 化ができることを確認した。これにより、データ処理完了後にクラウドにアクセスするだけで、施工日毎の盛土進捗状況を把握することが可能となった（図-6）。また、クラウド上に集約された施工日毎の施工履歴データから、日々の土量算出が可能となった（図-7）。

#### 4.2 土量の精度検証

空中写真測量との比較による土量の精度検証を実施した。なお、検証に先立って、空中写真測量の精度検証を実施し、空中写真測量の精度に問題がないことを確認した。

空中写真測量と、転圧施工履歴データから算出した土量を比較した結果、転圧施工履歴データから日々算出した土量は概ね誤差 5%程度の精度であった（図-8）。そのため、本システムにより算出した土量は、日常の土量管理には十分な精度であると判断した。ただし、転圧施工履歴データから算出した土量は、空中写真測量と比較して土量を少なく評価することが明らかになった。

土量の差異の要因分析のため、それぞれの計測

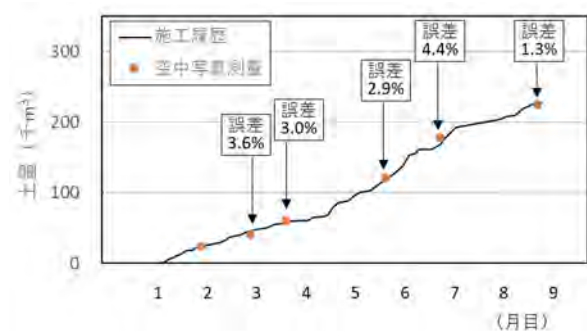


図-8 土量の精度検証結果

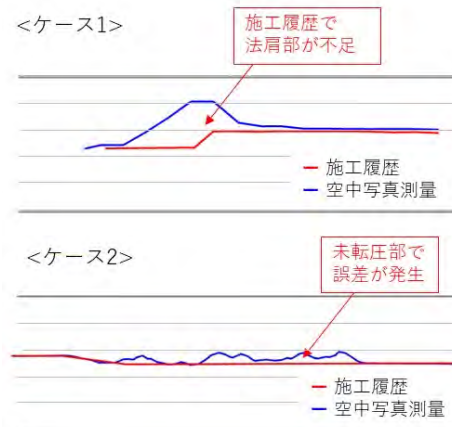


図-9 土量不一致の要因



方法で得られた盛土形状を断面で比較した結果を図-9に示す。断面形状の比較より、締固め機械が走行できない法面部、転圧未施工個所で差異が生じていることにより、空中写真測量と比較して施工履歴データから算出した土量が少なくなっていることが明らかになった。

### 4.3 法面補間の実施

法肩部や法面部は、締固め機械が走行できず、小型機械やバックホウなど他の手法により締固めを行うため、締固め機械の転圧施工履歴データだけでは法面部の土量が不足することが確認された。日々の土量管理の精度向上のため、法面補間方法を構築し、再度検証を行った。本システムは日々の土量管理を目的としており、より簡便に法面補間できる方法として、法面を自動補間するツールを構築した。

#### (1) 法面補間ツールによる不足法面の補間

本ツールは、転圧施工履歴データが欠損する盛土法面部の形状を補間するため、法面が不足する箇所を抽出し、不足部分に標準形状の法面を補間するものである(図-10)。

#### (2) 処理フロー

本ツールは、前述のデータ処理ツールにより出力されたメッシュデータを利用する。転圧施工履歴データより、盛土面全体のメッシュデータを作成し、隣接メッシュ同士の標高差を比較して、法面形状が不足し段差となっている箇所を抽出する。抽出された法面不足箇所に対し、標準断面の法面形状を補間することにより、不足する法面土量を簡易に補うものである。本作業は、転圧施工履歴データを活用して、処理ツールにより自動処理を

行うことから、追加計測や解析の作業なく法面土量を補間することが可能である。

#### (3) 法面補間結果

法面補間ツールにより、法面補間を行った結果を図-11に示す。補間により、盛土外周部をはじめとして、法面形状を再現することが可能となった。

断面で比較すると、法面補間前は、空中写真測量と比較して転圧施工履歴データから再現した盛土形状の法面部分が不足していた。しかし、法面補間ツールによる補間後は、不足する法面形状を、ほぼ同一の形状で再現することが可能となっている。

表-1に、法面補間前後における土量の誤差を示す。法面補間前は概ね誤差5%程度だったのに対し、補間後は概ね誤差3%以内で土量を算出することが可能となった。よって、本現場では、法面補間

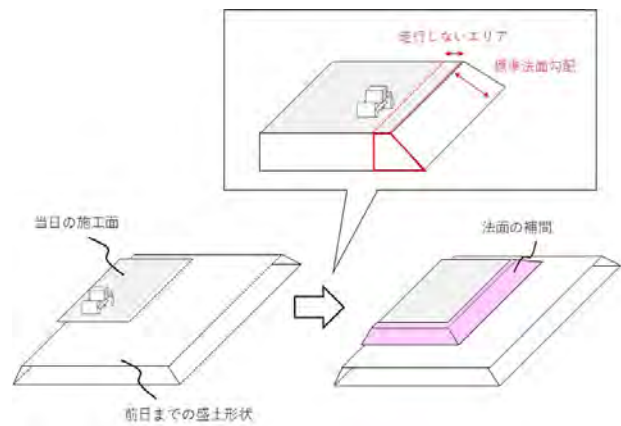


図-10 法面補間ツールの概要図

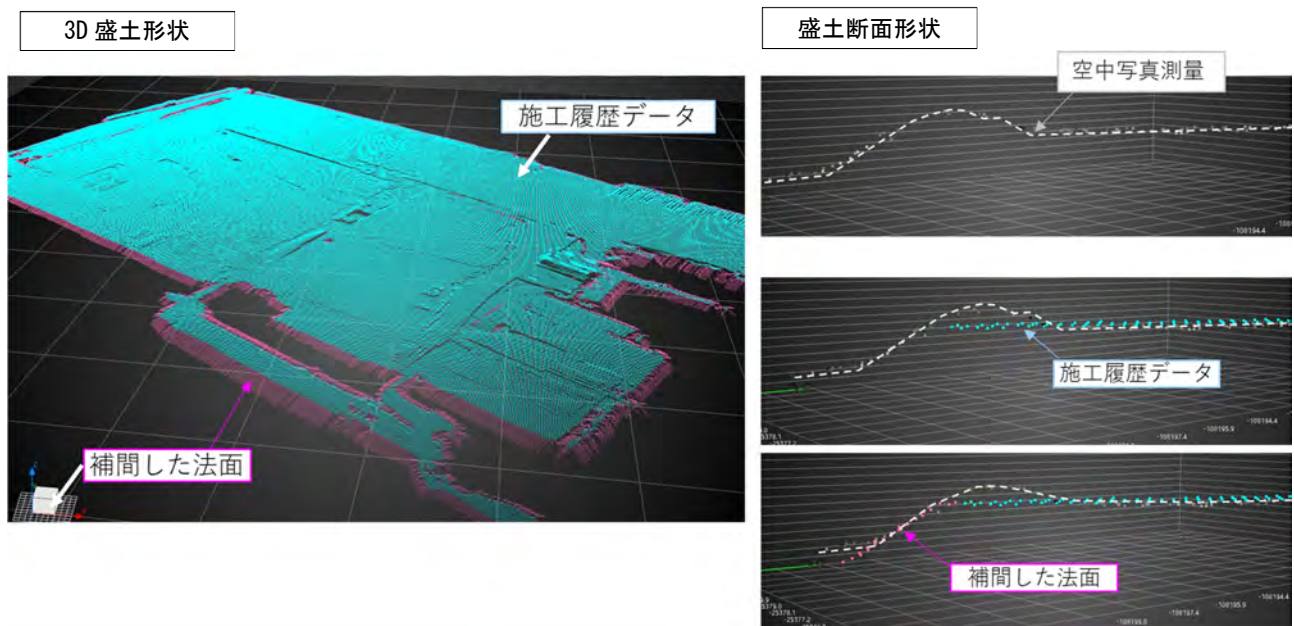


図-11 法面補間後の3D盛土形状の比較

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。

#### 4.4 生産性向上の検証

空中写真測量による土量算出手法と本手法で、作業時間の比較を実施した（図-12）。

空中写真測量は、計測作業（対空標識設置～UAVによる撮影）が必要となる。転圧施工履歴データを活用した土量管理では、施工時に記録されたデータを利活用するため、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とができる。また、従来の転圧施工履歴データを活用した土量管理では、データ処理に手間を要していたが、データ処理ツールの活用により解析時間を短縮することが可能となる。なお、処理は自動で行われるため、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。

#### 5. まとめ

ICT 土工における盛土転圧管理システムは、盛土品質管理の効率化のため多くの現場実績があるが、更なる施工管理の高度化・効率化を目指し、取得している施工履歴データの新たな利活用を検討した。また、現場実証を行い、本システムによる土量管理の検証と、生産性向上の効果を確認した。その結果、以下の成果が得られた。

- (1) 本システムを用いて、そのデータから三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制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。

最後に本システムは、西松建設、戸田建設、奥村組の三社共同研究の成果の一部である。

表-1 法面補間前後における土量算出精度の検証

月	空中写真測量	法面補間前		法面補間後	
	土量m3	土量m3	誤差	土量m3	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%

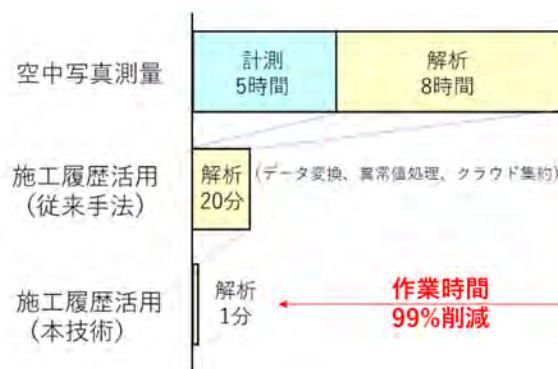


図-12 作業時間の比較