

UAV を活用した盛土の品質管理手法の提案

立命館大学 正会員 ○小林泰三

国土防災技術㈱ 正会員 藤原美波 中島和俊 土佐信一

福井コンピュータ㈱ 平 浩之

五大開発㈱ 関家士郎

ソイルアンドロックエンジニアリング㈱ 正会員 後藤政昭 正会員 池永太一

1. はじめに

近年、土木・建設分野において、UAV（無人航空機）やレーザスキャナを活用した測量や点検が多く行われるようになった。特に、ドローンと称されるマルチコプター型の UAV は廉価で実用的な機体も多く流通しており、自社で所有する建設業者も多い。著者らは、土木・建設分野でも身近な存在となった UAV の活用法のひとつとして、ドローンを用いた土の締固め品質管理手法に関する研究を進めている¹⁾。本報は、その実用化に向けて、道路工事現場で実施した実証実験の結果の一部を報告するものである。

2. 手法の原理

盛土は一般に、まき出し／敷均しの後、転圧ローラ等によって締固め（転圧）が行われるが、その際、圧縮によって地表面が沈下することになる。ここに提案する技術は、転圧前（敷均し後）と転圧後の地形をそれぞれ UAV 写真測量し、得られる数値表層モデル（DSM：Digital Surface Model）の差分を解析して敷均し厚や転圧による圧縮量などの面分布を求め、それらを締固めの指標として品質管理に利用しようとするものである。

3. 実証実験の概要

本研究では、福井県下の高規格幹線道路の土工現場（路体盛土）において実証実験を行った。図-1 に示すように、既に造成されている盛土の天端（横断幅約 40 m）を基面とし、その中央に新たに造成される盛土：20 m（横断）×30 m（縦断）×0.9 m（高さ：厚さ 30 cm×3 層）を計測対象とした。盛土材は、近隣のトンネル工事の坑口掘削過程で排出される土砂（セメント改良土）である。

UAV 空撮には㈱アミューズワンセルフ社製のαUAV を用いた。搭載カメラはパナソニック㈱社製の DMG-X7（1600 万画素）である。標定点・検証点の設置および飛行条件は、国土交通省の「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）²⁾」に準じた。本実験における空撮条件を表-1 に示す。

4. 結果と考察

図-2 は、転圧による圧縮量を圧縮前の層厚である敷均し厚で除して正規化した圧縮ひずみの分布図である。本盛土では、11 t クラスの振動ローラを用いたが、天候に伴う土質条件の変化から、各層で施工条件を変更した。すなわち、第 1 層では土が軟弱化したため、約半分を施工した段階で転圧を中断し（軟弱化した領域の土を除去）、第 2 層では振動を伴わない自重のみによる静的な転圧（軽転圧）を行い、第 3 層では振動を加えた動的な転圧（重転圧）を行った。図-2 にはこれら各層の施工条件による圧縮量の違いが表現されている。また、それぞれの層にはばらつき（分布）が表現されており、この圧縮ひずみを品質の

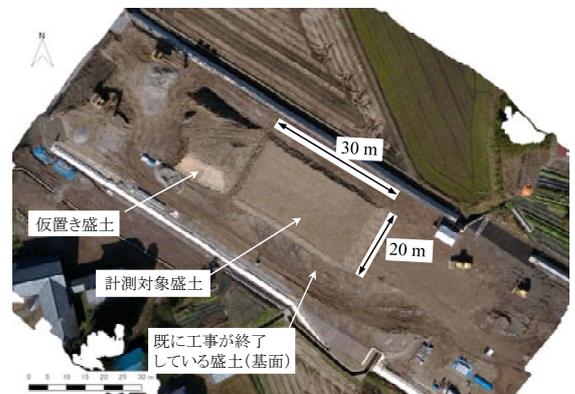


図-1 実証実験現場（道路土工工事現場）

表-1 UAV の空撮条件

項目	条件
対地高度	35 m
移動速度	1 m/s
移動幅	15 m
撮影インターバル	2秒
撮影画像形式	JPEG/RAW
地上解像度	10 mm（計算9.4 mm）
撮影範囲面積	0.5 ha

キーワード：i-Construction、情報化施工、UAV、盛土、締固め、品質管理

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学部 環境都市工学科 TEL 077-599-4183

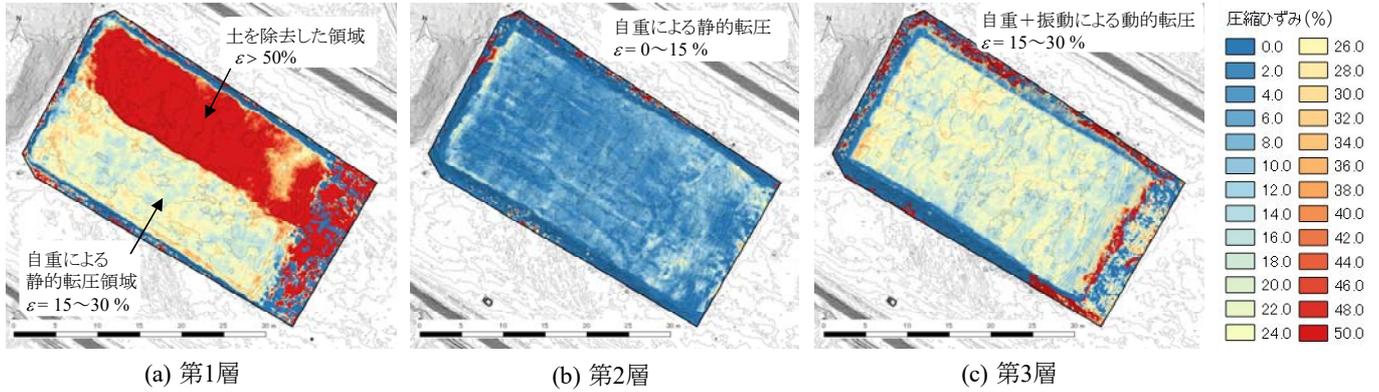


図-2 各層の圧縮ひずみ分布図

指標とみなして閾値を設けることによって、転圧不足や過転圧など不良箇所のピンポイント抽出が可能になる。

図-3 は、転圧面を 50 cm 四方グリッド (2,280 個/面) に分割し、グリッド毎に敷均し厚と圧縮ひずみの平均値を求めて頻度分布として表現したものである。図-2 に示したようなグラフィカルな視覚的表現のみならず、各層の平均値やばらつき (標準偏差) を定量的に把握することが可能となり、確率・統計的な品質管理や構造物の「信頼性」の議論に結び付けられると考えている。

図-4 は、別途 RI 計測器で測定した締固め度 (密度) (24 点) と圧縮ひずみ (RI 測点の周囲 30 cm 四方グリッドの平均値) の相関を示したものである。層毎に着目するとばらつきが大きいのが、盛土全体を見た場合、圧縮ひずみと締固め度 (密度) にはある程度の相関性が確認できる。更なるデータ蓄積が必要であるが、圧縮ひずみが締固めの品質を示す指標のひとつになり得ることを示す結果といえる。

5. おわりに

本報では、実証実験を通じて、盛土施工時の UAV 測量によって敷均し厚や締固めによる圧縮ひずみの分布を面的・空間的にデータ化する手法を提案した。土工における CIM (Construction Information Modeling) の利用価値向上 (盛土内部の情報化) に資する技術として、今後はデータの処理・可視化を行えるソフトウェア開発を行っていきたい。

謝辞：本報は、新都市社会技術融合創造研究会 (事務局：国土交通省近畿地方整備局) におけるプロジェクト研究「3次元データ活用に関する研究」で行った成果の一部を発表するものである。実証実験には、(株)坪内建設、(株)東京測器研究所、国土交通省福井河川国道事務所をはじめ、多くの関係者に協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献：1) 小林泰三、他：UAV (小型無人飛行機) による盛土の品質管理手法の検討、土木学会第 72 回年次学術講演会、VI-748, pp. 1495-1496, 2017. 2) 国土交通省の空中写真測量 (無人航空機) を用いた出来形管理要領 (土工編) (案) : <http://www.mlit.go.jp/common/001179704.pdf>

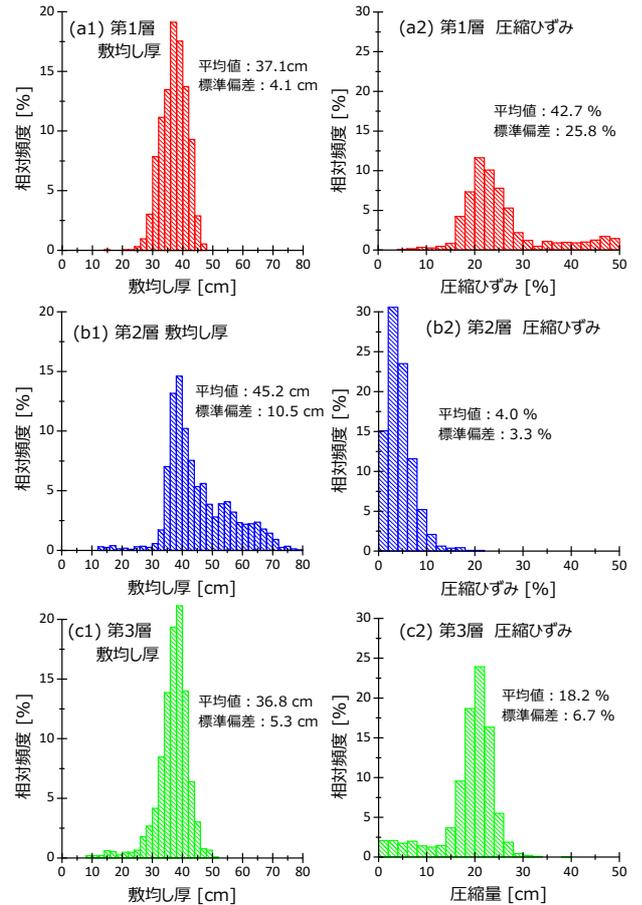


図-3 敷均し厚と圧縮ひずみの頻度分布

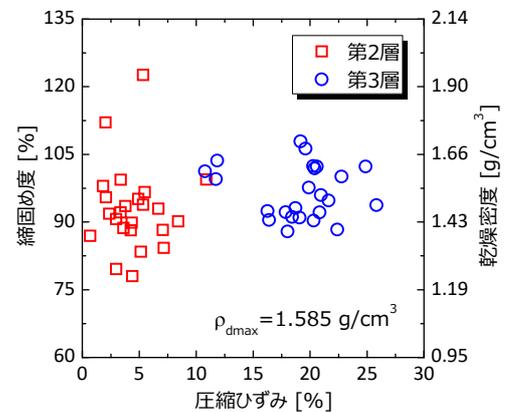


図-4 圧縮ひずみと締固め度 (密度) の相関性