

デジタル写真測量による土量計測システム

鹿島 技術研究所 正会員 ○黒沼 出
同 正会員 三浦 悟

1. はじめに

近年のデジタルカメラやパソコンの高性能化、低価格化により、これらを利用したデジタル写真測量技術の各種計測への適用が活発に試みられている。デジタル写真測量技術は、面的な広がりを持つ計測対象を瞬間的に計測（撮影）することを可能とし、またカメラ出力を直接パソコンに入力し画像解析することで計測の自動化を図ることも可能となる。これらの特長を活かし、筆者らは大規模土木工事における土量管理の効率化、高精度化を目的に、ダンプ等の車輻に積載された土砂体積（土量）の計測システムを開発した。本報では基本原理及びシステム構成の概要を述べ、実際に行った検証結果について報告する。

2. 計測原理及びシステム概要

計測原理イメージを図1に示す。高精度に取り付け位置、角度が標定された2台のカメラで解析対象を同時に撮影し、各画像上で対象が写る位置（写真座標）を求める。三次元空間において対象点、レンズ中心、画像上に写る対象点が同一直線上に位置するという条件の基に、各カメラの位置、角度と、各画像上の写真座標から計測対象の三次元座標を解析する。ダンプに積載した土砂表面上の複数の点について、前述の方法により三次元座標を求めることで、土砂表面の詳細な三次元形状を得ることができる。

この原理を応用し、図2に示すプロセスにより土量計測を行う。センサが撮影位置へのダンプ進入を検出すると2台のカメラに同時に撮影信号を送信する。撮影された画像はLAN経由で解析用パソコンに転送され、前述の方法により土砂表面の三次元形状を解析する。その後データベースから呼び出されたダンプ荷台形状との位置合わせを行い、両者の差により土砂体積を計測する。

本システムは以下の特長を有する。

- 低速（約10km/h以下）において車輻を停止させることなく、速度、向きによらずに計測可能
- 地上に設置した基準点を撮影、解析することで、カメラ取り付け位置、角度を自動補正
- 撮影から土量算出まで全自動で処理

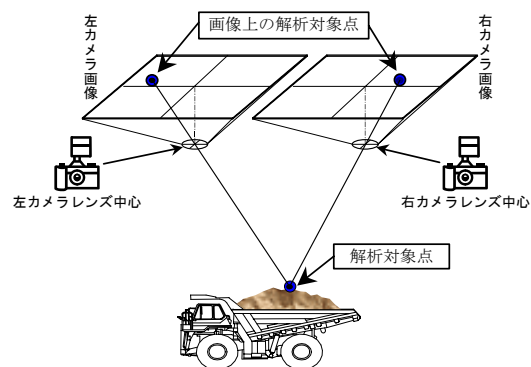


図1 計測原理イメージ

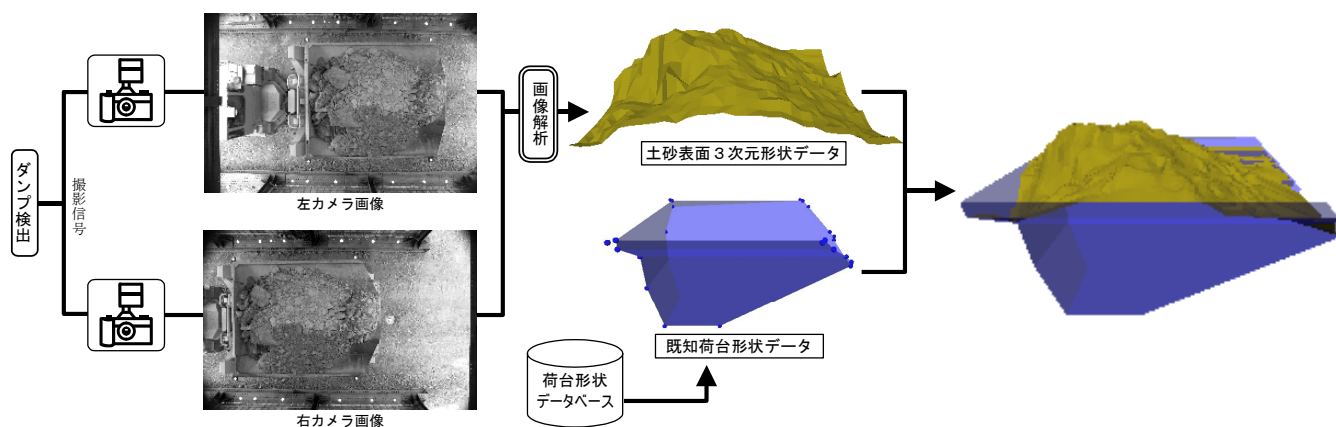


図2 計測プロセス

キーワード 写真測量、デジタルカメラ、形状測定、体積測定

連絡先 〒182-0025 東京都調布市多摩川 1-36-1 鹿島 技術研究所 TEL 0424-89-7150 FAX 0424-89-7184

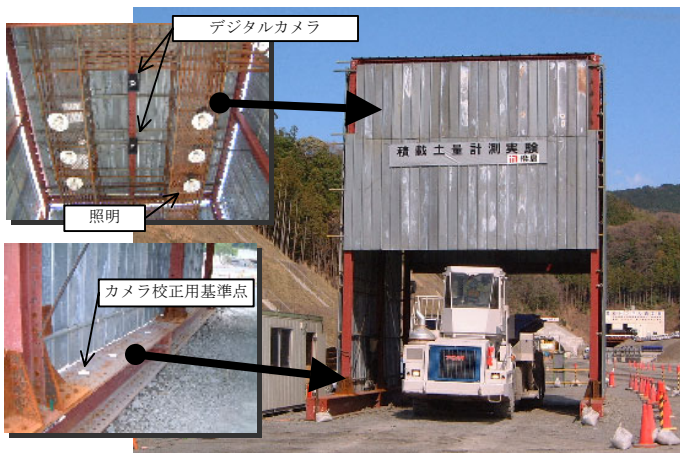


図3 ダンプ計測状況

表1 ダンプ撮影仕様	
カメラ	260万画素デジタルカメラ（画素サイズ 11.8 μ m）
レンズ	焦点距離18mm、絞りF5.6
撮影距離	約5.5m
カメラ間距離	2m
シャッター速度	1/500 sec

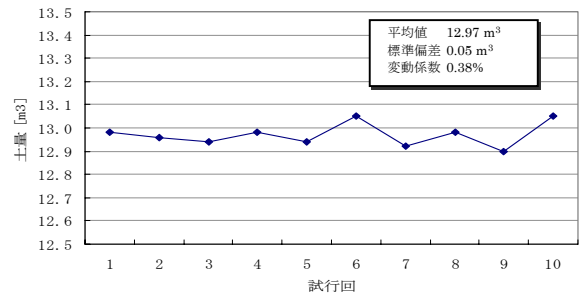


図4 ダンプ繰り返し計測結果



図5 ブリ鋼車計測状況

表2 ブリ鋼車撮影仕様

カメラ	260万画素デジタルカメラ（画素サイズ 11.8 μ m）
レンズ	焦点距離18mm、絞りF5.6
撮影距離	約3m
カメラ間距離	1m
シャッター速度	1/10 sec

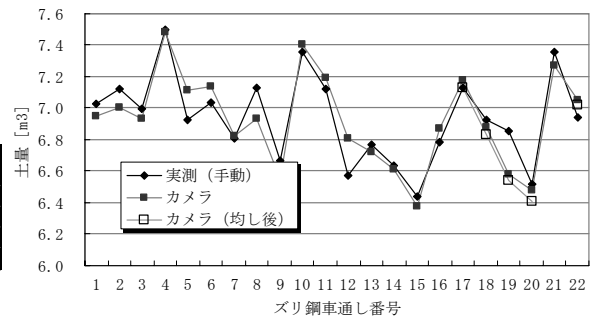


図6 ブリ鋼車計測結果

3. 実証実験

本システムの有効性確認及び精度評価のため、実際のダンプを対象に実証実験を行った。計測状況を図3に、撮影仕様を表1に示す。山岳トンネル工事で使用されるブリ出しダンプ（全長 9.2m、全幅 3.3m、高さ 3.4m、平積み容量 15m³）を対象とし、5km/h 程度の速度でカメラの下を走行させ計測を行った。カメラ位置角度の校正は架台下部に設置した基準点を用いた。土砂表面形状については、100mm 間隔の格子状に三次元位置を解析し形状を求めた。

計測の結果、表面形状精度については、表1から算出される1画素分解精度が水平 5.3mm、標高 20.7mm なのに対し、誤差標準偏差水平 5mm、標高 12mm で計測することができた。また同一ダンプを10回走行させた際の計測再現性については、撮影画像内のダンプ位置は毎回異なるにも関わらず、変動係数 0.38%と安定した計測を行うことができた。両検証結果から土量計測システムとしての十分な精度と安定性を実証することができたといえる。

4. 泥土圧シールド掘削土砂の計測実験

異なる土砂性状への適用性確認のため、泥土圧シールド工事においてブリ鋼車（全長 3.3m、全幅 1.3m、高さ 1.7m：平積み容量 7 m³）に積まれた掘削土を対象に計測を行った。計測状況を図5に、撮影仕様を表2に示す。土砂表面形状は 50mm 間隔の格子状に解析した。実験の簡易化のためブリ鋼車は停止させて計測を行った。計測精度評価としては、本システム計測値と、その後均した土砂表面までの深さをメジャーで計測した実測値とを比較した。また一部のブリ鋼車に対しては、均し後に再度本システムで計測を行い、均し前後での値の変化を比較した。計測結果を図6に示す。

計測の結果、本システムによる計測値とメジャーによる実測値はほぼ一致していた。また均し前後での本システムによる計測値の比較においても、均し後は 0.03~0.05m³（均し前計測値の1%未満）減少しているが、均しの際の圧密を考慮するとほぼ同じ値と判断される。以上から異なる土砂性状においても本システムが安定して計測可能であることが確認できた。

5. おわりに

デジタル写真測量の応用による土量計測システムを開発し、全自動計測において良好な結果を得ることができた。今後は土運船の土量計測や造成工事における地形測量等への適用を図る予定である。