

## ステレオカメラによる3次元計測技術のトンネル出来形管理への適用

大成建設株式会社 技術センター 正会員 ○古賀 快尚, 谷 卓也, 水野 史隆

## 1. はじめに

山岳トンネル工事の掘削工では、支保工の仕上がり面に対して基準高・幅・高さ・線形に対する余裕量といった項目の出来形管理を行っている。一般にはレベル測量やスチールテープによる計測、TSによる測量が行われているが、測量には複数の人手が必要で、作業が重機・車両の往来がない場所および時間帯に限定されることや、詳細な出来形を確認するために複数点の測量を行っている。そのため、迅速な計測と省力化を実現する技術が望まれている。これらの課題を解決する計測器として3DLSが注目されているが、導入費用が高額なため日常的な出来形管理へ普及するに至っていない。そこで、安価かつ自動運転を支援する技術として普及が進んでいるステレオカメラによる3次元計測技術を、支保工仕上がり面の出来形管理へ適用し、3DLSやTSと作業時間を比較検証した。本稿では、出来形評価結果や省力化の見込み、今後の課題について述べる。

## 2. ステレオカメラを主とした計測ユニットの構成

ステレオカメラとは、2つのカメラで構成された距離計測が可能な機器であり、カメラで撮影した画像を利用するため、面的に測距が可能である。図-1に示すステレオカメラの測距原理により、視差を利用して物体までの距離を計測する。図-2、図-3に計測ユニットの外観と構成、表-1にステレオカメラの仕様を示す。出来形計測のシステムとしてはステレオカメラ・ラインレーザー・ジャイロセンサーを格納したカメラボックスと制御用のタブレット、周方向を計測するための回転雲台、機械座標を測量するためのプリズムで構成されている。

## 3. 現場実験と出来形評価

ステレオカメラによる3次元計測技術の有効性を検証するために、道路トンネル現場で支保工仕上がり面の計測実験と出来形評価を行った。実験はDIII, DI, CIIの3つの支保区分を含む延長151.7m区間で行った。図-4に測定結果を示す。この点群データと設計3Dモデルの法線方向の差分を算出して、出来形評価を行った。なお、設計モデルと点群データの差分を計算するにあたり、格子サイズ(≒1マスあたりの計算範囲)と格子内の点群について設定を行う必要がある。今回は格子サイズを0.15m×0.15m×0.15m、点群については格子内の平均値を設定した。図-5に出来形評価結果を示す。図-5のカラーコンターの緑色は設計に近い値を、青色は設計より大きい値を示しており、設計覆工厚さに対する余裕量(以下、

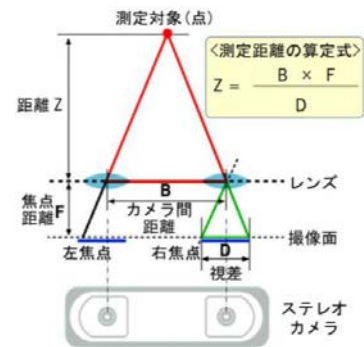


図-1 ステレオカメラの測距原理



図-2 計測ユニットの外観



図-3 計測ユニットの構成

表-1 ステレオカメラの仕様

項目	値	備考
基線長	100mm	
解像度	1280×960	
視野角	50°	
距離検出範囲	1m～30m	
測距精度	3%	5m離れ時
フレームレート	15fps or 30fps	選択可能

キーワード 山岳トンネル, 出来形管理, ステレオカメラ

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設技術センター TEL: 045-814-7221

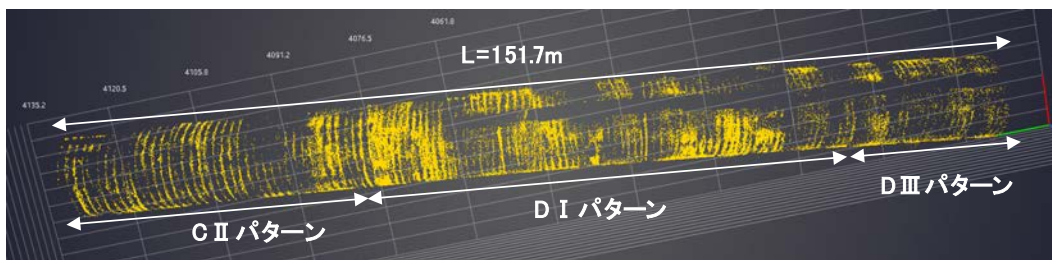


図-4 支保工仕上がり面の計測結果

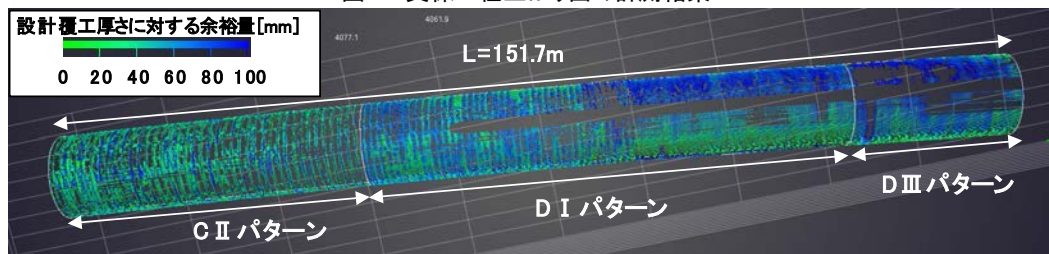


図-5 出来形評価結果

表-2 支保区分別設計覆工厚さに対する余裕量

支保パターン	D III	D I	C II
延長 [m]	26.7	77.0	48.0
平均余裕量 [mm]	50	46	24

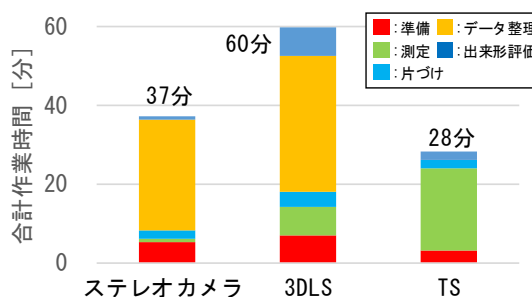


図-6 合計作業時間の比較

余裕量とする)は概ね20~80mm程度であることが面的に確認できる。表-2に支保区分別平均余裕量を示す。これより支保区分別余裕量は、DIII:50mm, DI:46mm, CII:24mmである。このトンネルでは設計に対して+50mmの余裕量を設けて施工しており、DIII・DIは評価結果が整合する。CIIに関しては、支保工仕上がり面を凹ましており、図-4の点群データが主に鋼製支保工面を捉えている。そのため、鋼製支保工面と設計面の差分を算出しており、余裕量が24mmと小さく評価されたと考えられる。

#### 4. 出来形管理の省力化への見込み

ステレオカメラと3DLS, TSを用いて、延長10mあたりの出来形管理を対象に作業時間を比較した。図-6に現場計測~出来形評価の合計作業時間を示す。ステレオカメラと3DLSは面的に計測が可能であるため、TSと比較して現場計測時間が短く優位性がある。特にステレオカメラは計測時間が1分程度であり、省力化に有効であることが確認できた。データ整理や出来形評価に関しては、TSは既存のトンネル測量システムを使っており、リアルタイムに確認できるため優位性がある。点群データはノイズ処理等が必要であるが、ステレオカメラから出力した点群データ容量が軽いため、3DLSと比較して処理しやすく作業時間に差が出た。点群データによる出来形評価については、3DCADと点群データ処理ソフトを組み合わせしており、今後の専用ソフトの開発により省力化が期待できる。

#### 5. まとめ

支保工仕上がり面の出来形管理にステレオカメラによる3次元計測技術を適用した。計測データと設計3Dモデルを用いて出来形を評価した結果、施工の目標値と整合する結果が得られた。またステレオカメラによる計測は現場計測の省力化に有効で、点群データを用いた出来形評価ソフトの開発により出来形管理業務の大幅な省力化が期待できる。今後、測定精度やデータ処理方法を検討し出来形管理への適用性を詳細に評価したい。

#### 参考文献

- 1) 実吉敬二, 今井宏人: ステレオカメラの測距原理と衝突予測のアルゴリズム, トランジスタ技術 2019年3月号, pp.47-48, 2019.