

ステレオカメラを用いた切羽監視システムの開発

Development of tunnel face supervising system by stereo cameras

大江 隆史*, 伴 享*, 小野 知義**, 中田 範俊***, 藤川 保****

キーワード：切羽監視, ステレオカメラ, 安全性の向上, 中心極限定理

研究目的

山岳トンネル工事において、掘削の最先端である切羽では地山が露出しており、その付近では岩石が落下するなどして、「肌落ち災害」と言われる重篤度が高い災害が発生する。この肌落ち災害に関して、平成28年12月には厚生労働省から「山岳トンネル工事における肌落ち災害防止ガイドライン」が公表されており、その中では切羽作業の常時監視を専任とする「切羽監視責任者」を選任するよう定められている¹⁾。しかし、人間の目で捉えることのできる肌落ち現象には限界がある。そこで筆者らは切羽監視責任者の監視を補助することを目的として、ステレオカメラを用いた切羽監視システム（以下、本システム）の開発を行った。

研究方法

本システムは、奥行方向の距離をリアルタイムで計測できるステレオカメラを用いている（写真-1）。システム全体像を図-1、ステレオカメラの仕様を表-1に示す。本システムは、ステレオカメラで距離を計測し、本体PCにてデータの処理を行い、設定した基準値以上の変状が見られた場合に警告音とともにパトランプの色を変化させることによって、付近の人に危険を知らせることが可能となっている。ただし、表-1にある通り、ステレオカメラで得られる距離データはバラツキを持っている。切羽監視を目的とする以上、このような誤差はできる限り減らす必要がある。そこで、計測エリアを任意の大きさで分割し、エリアごとに取得されるデータを1フレームごとに平均化し、さらにそのデータを時間方向にも平均化することでバラツキを抑制した。こうして算出された値を前後一秒で比較し、その差を変位として検出している。



写真-1 ステレオカメラ本体



図-1 システム全体像

表-1 ステレオカメラの仕様

基線長	視差有効画素数	フレームレート	視差検出画角
100mm	1024×720	60fps	約 50°
カメラレンズ	センサー解像度	距離検出範囲	距離精度(奥行方向)
標準	1280×960	1m~30m	3%@5m, 5%@10m

研究結果

動作確認のため、2023年12月に2日間のトンネル坑内環境での動作試験を行った。試験では、これまでの開発で行ってきた試験環境に近い環境と実際の工事作業環境での2種類の動作試験を行った。その結果、工事作業環境での動作試験において、計測対象外エリアの頻発が見られた。そこで、2024年5月に追加の動作試験を行い、その結果としてステレオカメラの露光の設定や平均化する時間を調整することによって、計測対象外エリアの頻発を概ね解消することができた。

今後は、測定環境の変化による設定値の自動調整やドリルジャンボへの搭載による利便性の向上、計測機器・データ処理手法の変更による変位検出能力の向上などを目標として開発を継続する。

1) 厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000149309.html> (2024/10/16 時点)

* 技術センター 土木研究部, ** 札幌支店, *** 土木事業本部 技術推進部, **** 土木事業本部