

トンネル走行型計測でのボケ画像低減に関する基礎実験

三井住友建設（株） 正会員 ○塩崎 正人
 山口大学大学院 正会員 工博 河村 圭
 三井住友建設（株） 正会員 千葉 史隆

1. はじめに

構造物の長寿命化を図る目的から維持管理の重要度が増している。トンネル構造物においては、デジタルビデオカメラやレーザー計測機器を搭載し、走行しながら坑内を撮影・計測するシステムの運用が始まっている（写真-1）。走行型計測の場合、供用中のトンネルにおいても交通規制が不要なため、交通量の多い幹線道路において特に有効な計測手法である。

この走行型計測は、30～80 km/h で乗用車等の車両を走らせながら撮影を行う。軌道上を走行する場合を除き、完全に直進走行することは難しく、蛇行運転となることがある。筆者らが過去に実施した計測では、レーザー距離計で直進性を確認しながら運転を行ったが、結果的には左右に30 cm程度の蛇行が起きたり。

蛇行が生じた場合、カメラの撮影距離が変化する。特に望遠撮影では被写界深度が浅くなることから、ボケ画像が発生する可能性が高くなる。ボケ画像から正確に変状を抽出することは困難であり、これを低減させる工夫が必要である。このたび工業用カメラのひとつである「被写界深度拡大カメラ」を用いたボケ画像の低減に関する基礎実験を行い有用性を確認した。その結果について報告する。



写真-1 走行型撮影装置【分解可搬型】

2. 被写界深度拡大カメラ

被写界深度は『ピントを合わせた部分の前後のピントが合っているように見える範囲』を指し、絞り値 F 、レンズ焦点距離 f 、撮影距離 s および許容錯乱円直径 δ で決定する。一般的に式(1)で表される。

$$D = D_n + D_f \quad (1)$$

$$D_n = \frac{\delta F s^2}{f^2 + \delta F s} \quad (2)$$

$$D_f = \frac{\delta F s^2}{f^2 - \delta F s} \quad (3)$$

被写界深度 D は、式(2)で表される前方被写界深度 D_n と、式(3)で表される後方被写界深度 D_f を合算した範囲であり、 F が大きく、 f が短く、 s が長い場合に被写界深度の範囲は深くなる。

この被写界深度を、一般的なカメラより深く撮影できるカメラとして開発されたものが被写界深度拡大カメラである。今回は、リコー株式会社製の被写界深度拡大カメラ EV-G200C1（有効画素数：200 万画素）を使用した。これに専用レンズ EL-CC3543-2M（焦点距離：35 mm）

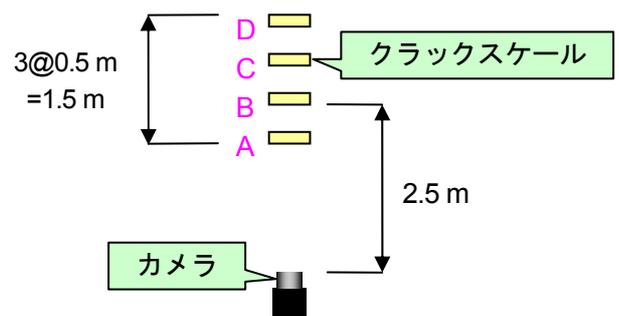


図-1 実験機材設置のモデル図



写真-2 実験状況（右）とターゲット（左）

キーワード：トンネル，走行型計測，デジタルビデオカメラ，被写界深度，ボケ画像

連絡先：〒105-0041 東京都中央区佃 2-1-6 三井住友建設（株）技術本部第3技術部 TEL 03-4582-3121

E-mail：MasandoShiozaki@smcon.co.jp

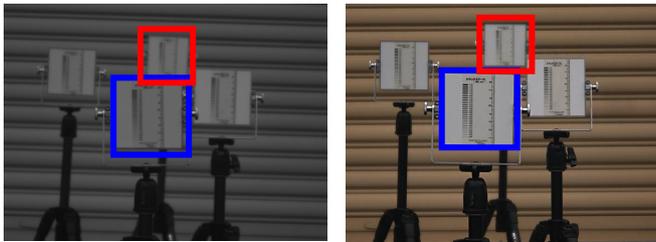


写真-3 撮影画像
工業用カメラ（左）と被写界深度拡大カメラ（右）

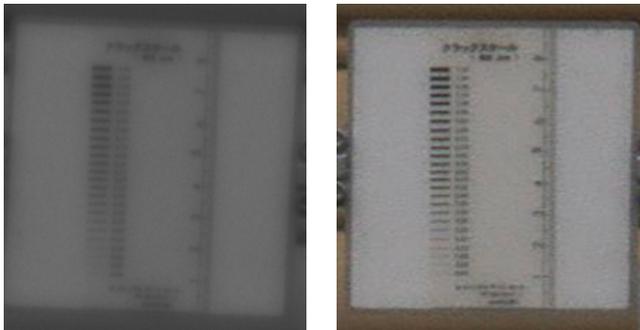


写真-4 赤枠部（ターゲットD）拡大

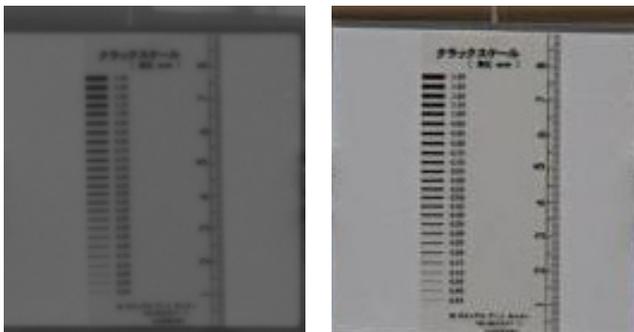


写真-5 青枠部（ターゲットA）拡大

を装着している。

3. 被写界深度の比較実験

被写界深度の比較用機器として、リコー株式会社製の工業用白黒カメラ FV-G200B1（有効画素数：200 万画素）に 35mm レンズを装着したものを使用した。クラックスケールを貼付したターゲットを三脚に固定し、ターゲット同士が重ならないよう、奥行き方向に 0.5 m ずつ離して計 4 枚配置した。このターゲット全てが写るように撮影を行った（図-1、写真-2）。カメラのピントは距離 2.5 m にあるターゲット B に合わせた。これは前後のピントの合う範囲について確認するためである。同じ条件の下 2 種類のカメラで撮影を行った。なお、今回の撮影条件での画素分解能は 0.31 mm/pixel である。

4. 実験結果

2 種類のカメラで撮影した画像を写真-3 に示す。写真-4 はターゲット D を拡大したものであり、写真-5 はターゲット A を拡大したものである。ターゲット B にピントを合わせた場合、一般的な工業用カメラではタ

表-1 クラックスケール認識

	工業用カメラ 【FV-G200B1】	被写界深度拡大カメラ 【EV-G200C1】
ターゲットA	0.20 mm	0.15 mm
ターゲットD	×	0.40 mm

ーゲット D にはピントが合わずボケ画像となるが、被写界深度拡大カメラでは、文字まで視認することが可能である。一方で、ターゲット A に関してはどちらのカメラでも文字の視認可能であった。

表-1 は、クラックスケール認識結果である。2 種類のカメラを比較した場合、前方被写界深度には大きな差がなかったが、後方被写界深度において被写界深度拡大カメラの方が精度良く認識できた。被写界深度拡大カメラの場合、奥行き 1.5 m 程度をピントの合う範囲として撮影することが可能である。

5. おわりに

被写界深度拡大カメラを使用した場合、今回の撮影条件ではピントの合う範囲が 1.5 m 程度に拡大した。ピントが合うことにより、蛇行運転による撮影ミスを低減することが可能となる。一方で、画素分解能については撮影距離に応じて変化する。ピントが合っている画像であっても、点検時に想定した抽出精度を得られないケースが考えられる。

今後は、一般的なトンネルでの撮影距離 2.5~4.0 m を想定した画素分解能の変化と、条件に合った適切なカメラ・レンズの組合せ選定について実験を進める計画である。

謝辞：本研究にあたりご支援頂きましたリコー株式会社の澤木太郎様およびリコーインダストリアルソリューションズ株式会社の磯崎文彦様に感謝の意を表します。

本研究は、平成 25 年度独立行政法人科学技術振興機構研究成果展開事業 A-STEP フィージビリティスタディシリーズ顕在化タイプ【AS2511142H】における成果の一部である。ここに関係各位への感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 塩崎正人, 掛橋孝夫, 加藤健一, 菊地典明, 河村圭: デジタルビデオカメラを用いた車載型計測に関する基礎実験, 第 67 回年次学術講演会, CS8-019, 2012 年 9 月。