# 高速撮影によるトンネル覆工の変状自動抽出に関する検討

東海旅客鉄道株式会社	正会員	田川	謙一
------------	-----	----	----

東海旅客鉄道株式会社 正会員 伊藤裕一

### 1.はじめに

鉄道各社は ,1990 年頃からトンネル内面を分割して撮影・記録する装置の開発を行っていたが ,最大 10km/h 程度で撮影が可能な装置が実用化され,現在では概ね2年に1回の頻度でトンネルの撮影が行われている1)。 また,道路トンネルにおいて最近実用化された装置では 60km/h 程度で撮影が可能となっている<sup>2</sup>)。

筆者らは,新幹線が走行する営業時間帯に撮影することで,検査周期の短縮を図ることを目的に,高速で走 行する新幹線車輌からトンネル内面を撮影し,変化があった箇所を抽出する技術の検討を行っている<sup>3)</sup>。本報 告は,車輌から試験撮影を2回行い撮影画像の精度・安定性を確認すると共に,変化があった箇所を抽出する 前段として、ひび割れ自動抽出に関する検討を行ったので報告する。

#### 2.新幹線車輛を用いた試験撮影の概要

試験撮影には,JR 東海が所有し最高速度 270km/h で営業時間帯に走行する電気軌道総合試験車(以下, T 4とする)を利用した。撮影は側窓から行い,撮影時の列車速度の相違や列車振動の影響なども含めて評価を

行うため,10日間隔で2回実施した。撮影画像の精度 を検証するため,予め撮影トンネルの内面に縦・横方向 に幅1から3mmまで0.5mm刻みの縞模様を持つ解像度チ ャート(写真1左側)を設置すると共に,既存のひび割 れ周辺をチョークでマーク(写真1右側)した。

#### 3.試験撮影システムの概要

システムの構成を図2に,各機器の仕様を表1に示す。 側窓とトンネル覆工が接近しているため、レンズは魚 眼レンズを選定した。そのため画角中央に比べ端部の分 解能の低下傾向が顕著であるが、画角端部でも線路直角 方向に 1.5mm/画素の分解能が得られる設定とした。事 前に車窓から各トンネルの壁面までの距離を計測した 結果, 絞りをわずか(F4)に絞ることで, 壁面までの 距離は全トンネルで被写界深度内に収まることが確認 できたため,レンズのフォーカスは固定としている。

撮影時の列車速度の相違により線路方向に撮影画像 が歪むことを防止するため,ラインセンサカメラはT4 の車軸に取付けたロータリーエンコーダパルス(車輌が 1.5mm 移動する毎に1パルス発生)により駆動した。使 用カメラの最大ラインレートは 68kHz であるため, 最高 速度 270km/h 走行時でも 1.5mm ピッチのスキャンが可能 である。

撮影した画像データは, Raid0 (2 台以上の HDD を組合 せ,各ディスクに対する読書きのデータ処理を同時かつ並

行に処理し,高速処理を可能にする方法)のHDDにリアルタイムに保存した。

キーワード トンネル検査 高速撮影 ラインセンサ

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 東海旅客鉄道㈱ 技術開発部 TEL 0568-47-5367



照明



図2 システム全体の構成

外部電源

表1 各機器の仕様

項目	会社名	品名	備考
カメラ	DALSA 製	P2-42-02K40	最大ラインレート;68KHz 感度(DN/nJ/cm²);68 10µx10µ 2048画素
レンズ	Nikon製	Nikkor AiAF 16mm F2.8D Fisheye	
照明	日本 PI 製	PCS-UMX350	PIL-50LW 50 広角イン テグレータレンズ、ライトガイド
	RDS 製	575w HMI ユニフォーカス	メタルハライド照明
画像取込みボード	アバールデータ製	APC-3316	
画像記録・画像編集	アバールデータ製	AZP-9100	
画像取り込みPC	Dell 製	PowerEdge 2900	CPU:Quad Core Xeon 1.6GHz

## 4.撮影画像の評価及びひび割れ自動抽出精度

写真3は200km/h走行時における撮影結果,また図4は同画像からひび割れを自動抽出した結果を示す。写真3及び図4には,事前に確認した幅1mm未満のひび割れが撮影・抽出されており,幅1mm 未満のひび割れであっても撮影・抽出できることを確認した。

予めトンネル内面に貼付した6枚の解像度チャートの撮影画像 から,横軸に縞模様の間隔,縦軸に縞模様の黒・白部分の輝度差を とり図5に示す。撮影画像に存在するひび割れを自動抽出するため には,25以上の輝度差が必要であることが別途把握できているこ とから,輝度差25に対応する解像度チャートの分解能は,2.5mm から3.0mmの間であると読み取れる。なお,同図には他に比べ輝度 差が大きいデータが含まれるが,これは反射率が高い解像度チャー ト用紙によるものである。この結果は,更に照度を上げることによ り解像度が向上する可能性を示唆したものと考えられる。

今後,ひび割れ自動抽出後の画像を重ね合わせることにより,ひ び割れの進展を抽出できるか検討を行うにあたり,車輌振動が影響 するか判断するため,以下の検討を行った。撮影画像に含まれるケ ーブル等で列車進行方向の直線状被写体に対し,車輌の振動により 生じる進行方向に直行する成分の座標を取り,フーリエ変換を行っ た結果を図6に示す。縦軸は振動の強度を表し,横軸は振動周期を 表す。同図より,車輌振動の影響は30mmよりも長い長周期側に 集中していることがわかる。長周期の振動については,画像解 析の段階で比較的処理しやすいことが別途判明している。

### 5.今後の展望

現時点で判明している課題としては,照度の向上が挙げられ る。照度の向上にともない,上述したように解像度の向上が見 込める他,レンズの絞りをさらに絞ることで,より被写界深度 を深くすることも可能になり,カメラ配置等と自由度が増す。 また実際のひび割れ抽出結果と解像度チャートから求めた分解 能の相違についても,今後の検討項目である。

### 6.まとめ

高速で走行する車輌よりトンネル内面を 2 回試験的に撮影し た結果,撮影画像の画質及び変状の自動抽出は一定の成果を得た。 近年の撮影画像素子・画像記録システムなどの性能向上は著しく, 近い将来,営業列車等を利用してトンネル内面を撮影できるシス テムが実用化できる見込みは十分にあると考えている。今後は, 前述した課題を解決するとともに,ひび割れの自動抽出ソフトの 開発を進め,検出精度の確認,及び定点の高頻度撮影を行い画像 の安定性の検証も併せて行う予定である。



写真3 高速撮影画像



図4 自動抽出結果





## 参考文献

- 1) 田川 謙一,伊藤 裕一:鉄道トンネルの検査の自動化について,コンクリート工学,Vol.44 No.5 2006.5,pp.82-85
- 2) 例えば,奥野 昇,嶋津 幸一:レーザー光線による覆エコンクリートのひび割れ調査法の高性能化,土木学会論文集,No.788/V-67 2005.5,pp195-200
- 3) 田川 謙一,伊等 裕一:高速走行時におけるトンネル覆工の撮影に関する検討,土木学会第 61 回年次学術講演会第 6 部, pp.537-538 2006.9