

画像処理を用いたトンネル壁面画像展開図作成における結合エラー補正に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○古賀 通博

山口大学大学院 学生会員 松本 潤児

山口大学大学院 正会員 河村 圭

三井住友建設株式会社 正会員 塩崎 正人

1. はじめに

点検員によるトンネルの目視点検は、人的誤差および長時間の交通規制という問題を有する。このため、撮影車両を用いた点検による作業の高速化、また高精度化が強く期待されている。著者らは、撮影車両より取得されたコンクリート壁面の連続撮影画像より、トンネル壁面画像展開図を自動で作成するソフトウェアの研究・開発を進めている¹⁾。本研究では、特に、トンネル延長方向の自動画像結合における結合エラーの補正手法を提案する。

2. トンネル壁面画像展開図作成

2.1 トンネル壁面画像展開図作成の流れ

図1には、撮影装置を示す。本研究の撮影では、車両に設置された6台のカメラと3台の照明からなる撮影装置を、車両側面から車両上方までスライドさせ、往路の3か所を撮影した。トンネル壁面画像展開図作成は、まず、本装置により得られた各カメラの撮影動画をキャプチャし、カメラごとで連続撮影画像を連結する。次に、カメラごとの連結画像を円周方向へ結合し、撮影箇所ごとの連結画像を作成する。最後に、撮影箇所ごとの連結画像を結合し、トンネル壁面画像展開図を作成する。

2.2 延長方向結合位置探索

カメラごとのトンネル延長方向の自動画像結合処理では、車両走行方向に撮影して得られたキャプチャ画像に対して、連続する前後画像ごとに類似度を計算し、結合位置探索を行う。この結果をもとに前後画像の結合を行う。図2には、延長方向結合位置探索のイメージ図を示す。類似度の計算対象範囲は前後画像の重なり領域とし、類似度をSSD(Sum of Squared Difference)を用いて求める¹⁾。ここで類似度とは、前後画像の重なり領域がどの程度類似しているかを定量化するものであり、SSDの値が小さいほど類似度が高いと判断する。

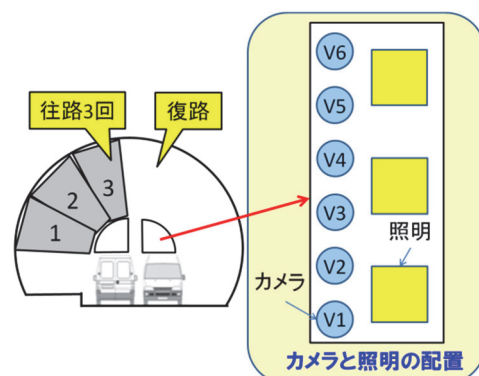


図1 撮影装置

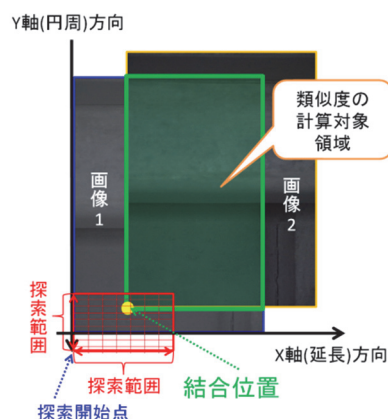


図2 延長方向結合位置探索処理

2.3 補正手法

前述の結合位置探索処理では、結合位置の誤検出が発生する場合があるため、本研究では、以下の結合位置の補正手法を提案した。

STEP1: 1次補正として、式(1)および式(2)に従って延長方向画像移動量(図2における探索開始点から結合位置までの延長方向の移動距離)を補正する。

$$M_{li} = \begin{cases} m_i & \text{if } |S_1 - m_i| \leq T_1 \\ M_{l(i-1)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$S_1 = \frac{x}{y \times z} \quad (2)$$

ここで、式(1)中の M_{li} は STEP1 終了時の画像移動量(pixel)、 i は注目画像間組番号、 m_i は1次補正前の画

キーワード トンネル, 点検, 画像処理, 展開図作成, コンクリート

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院 理工学研究科 TEL 0836-85-9534

E-mail: p029ff@yamaguchi-u.ac.jp

像移動量(pixel), T_1 はしきい値を示す. また, 式(2)中の S_1 (pixel)は画像移動量の推定値であり, x , y , および z は, それぞれ撮影車両の想定速度(mm/s), 画像のフレームレート(fps), また撮影時の設定分解能(mm/pixel)である.

STEP2: 2 次補正として, 式(3)および式(4)に従って延長方向画像移動量を補正する.

$$M_{2i} = \begin{cases} M_{1i} & \text{if } |S_{2i} - M_{1i}| \leq T_2 \\ S_{2i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$S_{2i} = \text{med}(M_{1(i-k)}, \dots, M_{1i}, \dots, M_{1(i+k)}) \quad (4)$$

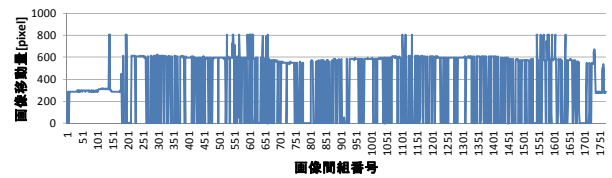
ここで, 式(3)中の M_{2i} は STEP2 終了時の画像移動量(pixel), M_{1i} は STEP1 終了時の画像移動量(pixel), S_{2i} は式(4)より求まる中央値(pixel), T_2 はしきい値を示す. また, 式(4)は移動メディアンであり, $2k+1$ (k は整数)のフィルタサイズで中央値を求める. なお, STEP2 は, 複数回実施可能である.

3. 実験結果

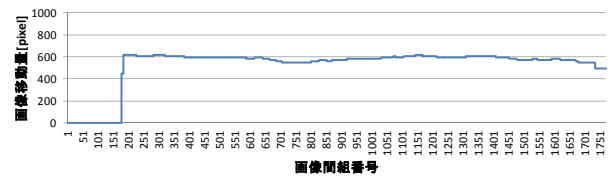
図 3 には, 撮影箇所 1 のカメラ 1 における補正実施前および補正実施後の延長方向画像移動量グラフを示す. 本グラフの横軸の画像間組番号は, 結合処理を行う前後画像を 1 組とした組番号である. 本結果より, 補正実施後は, グラフの波形がなめらかに推移するように補正された. なお, 図 3(b)では, 画像間組番号 0 から 170 付近までの画像移動量が 0 となっているが, これはトンネル外部が撮影された箇所であるため, 展開図作成の結合精度には影響しない. 続いて, 図 4 には, 補正実施前および補正実施後の各撮影箇所またカメラごとの延長方向累積移動量グラフを示す. 本結果より, 撮影箇所 3 では, 補正実施前は, カメラごとの累積移動量の最長と最短の差が 200,000pixel 以上であったが, 補正実施後は 50,000pixel 程度まで小さくなった. この画像移動量の差を画像 1 枚あたりに換算すると, 115pixel から 25pixel まで小さくなっている. また, 他の撮影箇所でも同様の傾向が見られ, 撮影箇所ごとの差も小さくなったことから, 結合精度の向上が確認できた.

4. おわりに

本研究で提案した補正手法を実施することにより, 本実験では全ての撮影箇所またカメラの画像で結合ミスが改善された. 今後は, さまざまなトンネル壁

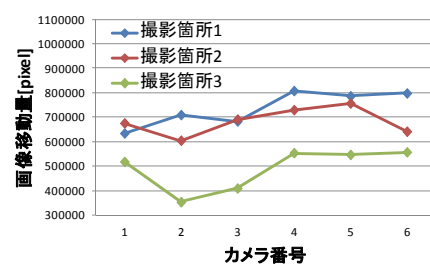


(a) 補正実施前の結果

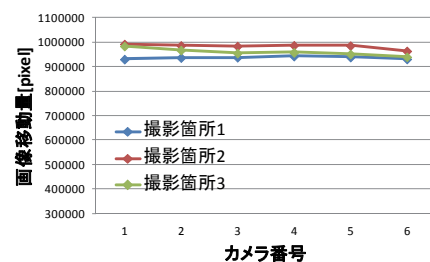


(b) 補正実施後の結果

図 3 画像移動量グラフ(撮影箇所 1, カメラ 1)



(a) 補正実施前の結果



(b) 補正実施後の結果

図 4 各撮影箇所またカメラの累積移動量グラフ

面の画像に対して本補正手法を実施し, 本手法の汎用性を検証することが必要である.

謝辞: 本研究にご協力頂いた株式会社テクノフラッシュの車田茂美氏, 菊地典明氏, 本多健治氏に心から感謝の意を示します. また, 本研究は, JST 研究成果展開事業 A-STEP フィージビリティスタディ採択課題 AS2511142H の一課題として実施したものである.

参考文献

- 1) 河村圭, 松本潤児, 塩崎正人, 本多健治, 中村秀明: トンネル壁面連続撮影画像からの画像展開図作成に関する研究, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.39, pp.131-134, 2014