

全方位映像を用いた道路横断管内部の展開画像作成手法の提案

佐々木 亮輔[†]星野 心^{††}奥川 雅之[†]澤野 弘明[†][†] 愛知工業大学^{††} サンリツオートメーション株式会社

1 はじめに

高速道路等の道路下には、道路路面に降った雨や雪を排水するために、道路横断管（以下、横断管）と呼ばれる配管が通っている。横断管では経年劣化や土砂が流れることにより内部に損傷が生じて、高速道路の陥没事故や形状変化の発生につながる危険性がある。そのため、横断管では定期的な検査が必要である [1]。本研究では、横断管内部の特徴が類似している下水管の検査方法を参考にする。下水管の検査方法には、検査員が配管内に直接侵入する目視検査と、カメラを用いて配管内を撮影する映像検査がある。研究対象である横断管の口径は 800 から 1,200 mm であり、狭い横断管に入ってから作業は検査員の身体的負担となる。また、横断管の崩落や有毒ガスが発生している危険性もある。そこで、検査員の狭い横断管内に直接侵入する作業による身体的負担の軽減と、検査員の安全性向上を目的として、映像検査を本研究の対象とする。

撮影にドローンを使用する映像検査方法 [2] が、新田らによって提案されている。ドローンを用いた撮影では配管内の堆積物や水流の影響を受けにくい、新田らの研究では口径 1,500 mm 以上の配管が対象のため、横断管の検査には適さない。そこで、研究対象である口径 800 から 1,200 mm の横断管に入るサイズの撮影用ロボットに、カメラを搭載して横断管内部を走行しながら撮影するアプローチをとる。また、検査員は撮影される横断管内の映像をすべて確認する必要があるため、撮影される映像から一枚の展開画像を作成して、損傷箇所を検査員に提示する手法を提案する。本稿では、横断管と類似している環境で撮影された映像を用いて展開画像作成実験を行い、考察する。

2 提案手法

2.1 撮影方法

本節では、展開画像を作成する前段階として、横断管内の撮影方法について述べる。入力動画の撮影には図 1 に示す、サンリツオートメーション株式会社が製作されているロボットを用いる。ロボット上部に搭載



図 1: 撮影用ロボット

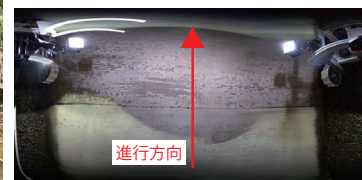
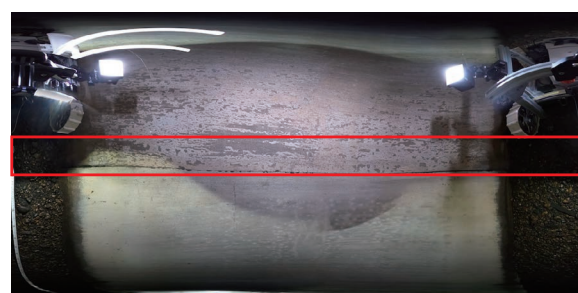


図 2: 上方視点映像



上方視点映像



ROI 映像

図 3: ROI 映像

されている GoProMax により横断管内の全方位動画が撮影される。また、横断管を腹開き状に切り開いた展開画像の作成のため、図 2 に示すように映像中心をカメラ上部に固定した上方視点映像へと変換する。

2.2 展開画像作成手法

本節では、2.1 節で得られた上方視点映像を用いて展開画像を作成する手法について述べる。はじめに、図 3 の赤枠に示すように、上方視点映像においてカメラと横断管壁面の距離が最も小さくなる、カメラの真横から真上に当たる領域を切り出して ROI 映像を取得する。

取得した ROI 映像から展開画像を作成するため、隣接フレーム間での撮影用ロボットの移動量を推定する。隣接フレーム間での移動量の推定には、AKAZE を用いた特徴点マッチングを使用する。特徴点マッチングの結果には、類似した特徴量による外れ値が存在する。この外れ値は移動量推定の際の誤差発生の原因となることから、除去する必要がある。外れ値削除の条件として、特徴点マッチングにおいて対応する 2 特徴点間のユークリッド距離 L pixel と、2 特徴点間を結ぶ線分

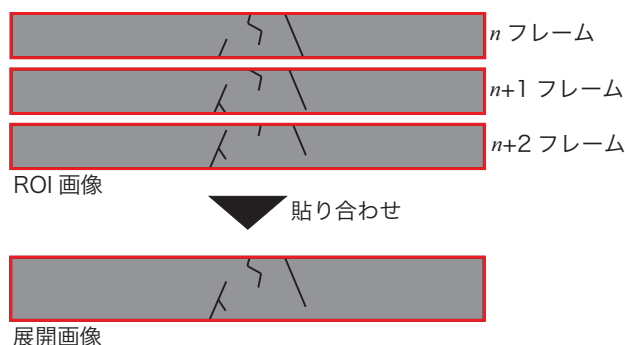


図 4: 展開画像作成手法

と x 軸の成す角 R deg に閾値を設ける。外れ値を削除して、残ったマッチング結果から L の中央値を求めて、隣接フレーム間の移動量とする。また、隣接フレーム間で特徴量が少ないために、十分なマッチング結果が得られない場合があり、移動量を推定する際の誤差が大きくなる可能性がある。そのため、マッチング数に閾値 N を設けて、 N 以下の場合は移動量を補間することで誤差の発生を低減させる。ここで、撮影用のロボットは直線的に動いているという前提のもと、慣性が働くことで注目フレームでは直前の数フレームと同様の動きをしていると仮定できる。そこで、直前 M フレーム分の移動量の平均値を補間移動量として使用する。

最後に、推定される移動量、または補間移動量をもとに、図4に示すように隣接フレームの位置をずらしながら貼り合わせることで、横断管内部の展開画像を作成する。また、移動量が負の場合、画像情報が失われないように貼り合わせは行わないこととする。

3 実験と考察

本節では、横断管と環境が類似している配管内で撮影された映像を用いて展開画像の作成実験を行い、その考察について述べる。実験には、口径が900 mm、堆積物の少ない状態の配管を用いた。映像本数は8本であり、評価区間となる配管の物理距離は2,440 mmである。各映像から作成された展開画像の、評価区間におけるユークリッド距離を画像内から目視で求める。求めたユークリッド距離から平均値、最大値、最小値を算出し、平均値を真値とした場合の最大誤差、及び真値に対する誤差割合を求める。ここで、外れ値削除の条件は $-20 < L < 20$ 、 $-10 < R < 10$ とし、移動量補間の閾値 $N = 50$ 、フレーム数 $M = 5$ とした。算出結果を表1に示す。表1に示すように、評価区間の平均値は2,902 pix、最大値は2,868 pix、最小値は2,932 pixであった。平均値を真値とする場合の最大誤差量は34pixであり、真値に対する誤差割合は1.2%である。

表 1: 評価区間における画素数

平均 (pix)	最小 (pix)	最大 (pix)	誤差 (%)
2,902	2,868	2,932	1.2

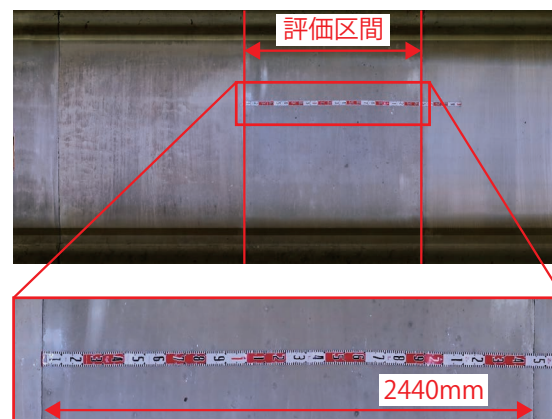


図 5: 展開画像作成結果の例

また、作成された展開画像を図5に示す。実験の結果、作成された展開画像は主観的に視認性が高く、評価区間については誤差の小さい画像が得られた。

4 おわりに

本稿では、全方位映像を用いた道路横断管内部の展開画像作成手法について述べ、類似した環境で撮影された映像を用いて実験を行った。実験の結果、配管壁面の視認性が主観的に高く誤差の小さい展開画像が得られた。今後の課題として、撮影用ロボットの進行方向に対して横方向の移動量を用いた展開画像の作成と、撮影用ロボットが後退した際の処理の実装が挙げられる。

謝辞

実験実施にあたってはサンリツオートメーション株式会社のご協力をいただいた。ここに記して深く感謝する。

参考文献

- [1] NEXCO: “高速道路の維持管理と更新について”, 社会資本整備審議会, 第47回国土幹線道路部会, p. 15 (2021)
- [2] 新田和宏, 酒井和也, 浦部幹夫, 細田暁, 深谷歩: “産学官共同連携によるドローンを用いた管路調査技術の実用化に向けた取り組み”, 第54回下水道研究発表, pp. 1-3 (2017)