

斜張橋ケーブル点検ロボットの装置回転を考慮した撮影画像結合手法の提案

山口大学大学院 学生会員 ○長谷川 瑛士 山口大学大学院 正会員 河村 圭
山口産業株式会社 非会員 長谷川 達哉 三井住友建設(株) 正会員 塩崎 正人

1. 背景と目的

近年、斜張橋の高齢化に伴い、その維持管理の重要性が増している。斜張橋の維持管理を行う上で重要な点は、構造上の主部材である斜張橋ケーブル(以下、斜材とする)の機能保持が挙げられる。このため、著者らは、斜材点検ロボットの開発を行っている。本点検ロボットの特徴は、斜材に装着し、UAVを用いて斜材最上部まで装置を引き上げ、降下中に斜材保護管表面を撮影する点、また、撮影した動画から斜材保護管表面の展開図(以下、撮影画像展開図とする)を作成し、動画および撮影画像展開図から点検者が損傷の点検を行う点である。なお、本研究は、点検ロボットによる、撮影および画像結合を行うシステム(以下、点検記録システムとする)の開発を目的とする。具体的には、既存の点検記録システム¹⁾では、予備実験において、撮影中に点検ロボットが回転すると正確な連結画像を作成することができないという課題があったことから、本研究では、点検ロボットの回転を考慮した画像結合手法を開発した。

2. 点検ロボット

図1には、点検ロボットを示す。点検ロボットの開発条件は、装置の構成を安価かつ軽量にすること、1度の撮影で斜材保護管全周の撮影を行うこと、さらに、その撮影動画から撮影画像展開図を作成することである。これら条件を満たすために、本点検ロボットでは、ミニPCとUSBカメラ、移動量計測装置を用いた。斜材保護管全周の撮影は、USBカメラ4台により行う。また、移動量計測装置により測定した移動量を用いて、撮影した画像の結合を行う。ここで、移動量とは、「斜材延長方向移動量である移動距離」および「斜材円周方向移動量である移動角度」より構成される。なお、測定した移動量は、移動量記録ファイルに保存される。

3. 開発内容

以下には、撮影画像展開図作成までの流れを示す。(1)斜材保護管全周を撮影する。(2)撮影した動画をキャプ

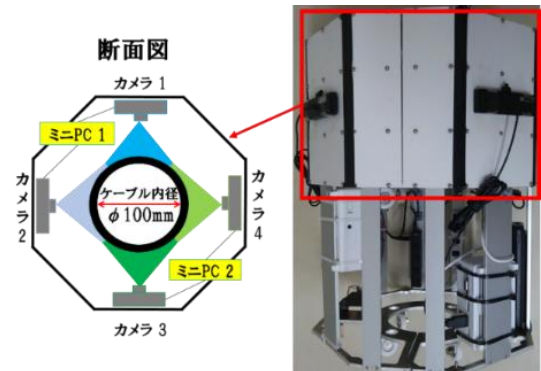


図1 点検ロボット

チャ画像に変換する。(3)USBカメラ1台ごとのキャプチャ画像を結合し、斜材保護管1/4周の連結画像を作成する。(4)カメラごとに作成した斜材保護管1/4周の連結画像を結合し、斜材保護管全周である撮影画像展開図を作成する。本研究では、(1)から(3)までを対象とし、4つの処理で実装した。以下に各処理について記述する。

3.1 録画処理

斜材保護管を撮影した動画ファイルを生成する。この際に、動画ファイルを構成している静止画像の保存時間の記録を行う。

3.2 キャプチャ処理

撮影した動画ファイルからキャプチャ画像を作成し、保存する。

3.3 移動量の抽出・変換処理(提案手法)

キャプチャ画像間の移動量を求める。具体的には、各キャプチャ画像間の移動量を、移動量計測装置が記録した移動距離(mm)および移動角度(°)から求める。求めた値を、画像内移動量(pixel)に変換し、ファイルに保存する(結合位置座標ファイル)。

既存の点検記録システムの問題点として、移動角度の画像内移動量への変換が未実装であったことが挙げられる。よって、本研究では、移動角度を画像内移動量へと変換する手法を実装した。具体的には、画素分解能とケーブル外径により、移動角度の pixel 変換を行う。

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

E-mail:t060ff@yamaguchi-u.ac.jp

ここで式(1)および式(2)には、移動距離および移動角度のpixel変換式をそれぞれ示す。

$$\text{延長方向移動量} = \frac{a}{\sigma} \quad (1)$$

$$\text{円周方向移動量} = \frac{b}{\sigma} \times \frac{\pi R}{360} \quad (2)$$

a は移動量計測装置が測定した移動距離(mm)、 b は移動量計測装置が測定した移動角度($^{\circ}$)、 σ は画素分解能(mm/pixel)、 R はケーブル外径(mm)である。

3.4 結合処理

キャプチャ画像および画像内移動量を用いて、画像結合を行う。具体的には、各キャプチャ画像に対応した移動量を結合位置座標の情報を用いて結合する。

4. 実験

4.1 概要

本実験では、提案手法の有効性を検証するために撮影中に人為的に点検ロボットを回転させ、撮影を行う。また、結合精度を確認するために、撮影対象の斜材保護管に方眼紙(1マス 40mm×40mm)を貼り付ける。本実験は、撮影した動画から、「角度移動を考慮した手法を実装した点検記録システム(提案手法)」および「未実装である既存の点検記録システム(既存手法)」それぞれで、連結画像を作成し、結合精度の比較検証を行う。

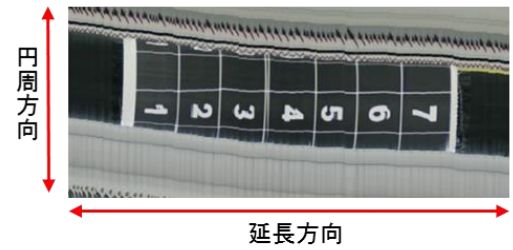
4.2 実験手順

本実験は以下の手順で行う。なお、本実験では、STEP1およびSTEP2をミニPCで行い、STEP3はデスクトップPCで処理を行う。

STEP1:(記録開始) 録画処理の実行および移動量計測装置の起動を行う。

STEP2:(点検情報の記録) 録画処理により、動画ファイルおよび静止画像保存時間を記録する。また、同時に移動量計測装置が、起動からの累積時間、点検ロボットの移動距離および移動角度を記録する。なお、撮影の際に点検ロボットの移動および回転は、人の手によって行う。動作終了後は、移動量計測装置を停止する。また、同時に録画処理が停止する。

STEP3:(連結画像作成) 撮影によって取得した、動画ファイル、静止画像保存時間および移動量記録ファイルを用いて、連結画像を作成する。本実験では、提案手法連結画像および既存手法連結画像を作成する。



(a) 提案手法連結画像



(b) 既存手法連結画像

図2 結合結果

4.3 実験結果

図2には、(a)提案手法連結画像および(b)既存手法連結画像を示す。(b)の連結画像では、方眼の線が湾曲し、実際の状況と異なる連結画像となっている。しかし、(a)の連結画像は、撮影時に発生した点検ロボットの回転に対応した移動角度の情報を適切に処理することで、方眼の線は直線に近くなっている。よって、提案手法を用いた点検記録システムでは、点検ロボットの回転による影響を受けない連結画像の作成が可能である。しかし、斜材保護管表面(曲面)を撮影しているため、斜材円周方向における画像の端部と中央部で、画像中の方眼の大きさに差がある。このことから、正確な連結画像を作成するためには、曲面の補正を行った画像を用いて、結合を行う必要がある。

5. まとめ

本研究では、移動量計測装置によって測定した角度を、画素分解能とケーブル外径の値を用いることで、画像間の回転移動量に変換した。変換した画像間の移動量に基づき、画像結合を行うことで、撮影中の点検ロボットに回転が発生した場合においても、回転による影響がない連結画像の作成を可能とした。

参考文献

- 1) 河村圭, 長谷川達哉, 塩崎正人: 斜張橋ケーブル点検ロボットにおける点検記録システムの基礎研究, 土木情報学シンポジウム講演集, Vol.41, pp.59-62, 2016