

## 斜材ケーブル表面の画像展開図自動作成における曲面展開に関する研究

山口大学 学生会員 ○橋本 祐弥

山口大学 正会員

河村 圭

三井住友建設(株) 正会員

塩崎 正人

### 1. 背景

斜張橋の維持管理では、橋桁を支える斜材ケーブル(以後、斜材と記す)の機能保持が重要項目として挙げられる。従来の斜材の点検方法には、高所作業車を用いた目視点検、および特殊高所技術による目視点検がある。しかし、これらの点検方法には、安全確保が重要になることや点検に時間がかかるといった問題がある。そこで筆者らは、斜材点検の効率化を図るため、ロボットを用いた点検システムの開発を進めている。本点検システムは、点検ロボットにより斜材表面を撮影した動画から斜材表面全周を写した画像展開図の作成を行うことを特徴としている。ここで、点検ロボットの外観を図1の(a)に、点検ロボットの断面図を図1の(b)に示す。本点検ロボットは、斜材を覆うような形となっており、一度の昇降で斜材表面全周を撮影できるように、カメラは4台搭載されている。画像展開図の作成は、撮影した動画のキャプチャ画像を結合することで行われる。しかし、キャプチャ画像をそのまま使用して結合した場合、正確な展開図を作成することができない。ここで、斜材に方眼紙(1マス10mm×10mm)を巻いて撮影した画像を図2に示す。図2の画像を見ると、太枠で囲われた17番の列の領域と21番の列の領域は、実際は同じ面積であるはずだが、画像上では違う大きさで映されていることがわかる。このような問題を解決するために、展開図作成において画像結合を行う前に、キャプチャ画像すべてに対し、斜材曲面の展開を行う画像処理を施す必要がある。そこで本研究では、展開図自動作成に向けての研究として、撮影した動画のキャプチャ画像に写る斜材の曲面展開手法の提案を行う。

### 2. 射影変換

著者らの研究では、斜材曲面の展開を行うには、幾何学変換手法の一種である射影変換を利用す

キーワード 斜張橋, 維持管理, 画像処理

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:b052vg@yamaguchi-u.ac.jp

ることが有効であると示された。射影変換のイメージを図3に示す。画像処理における射影変換とは、変換前画像の4点の座標からなる任意の四角形を変換後画像の4点の座標からなる別の四角形に変形す

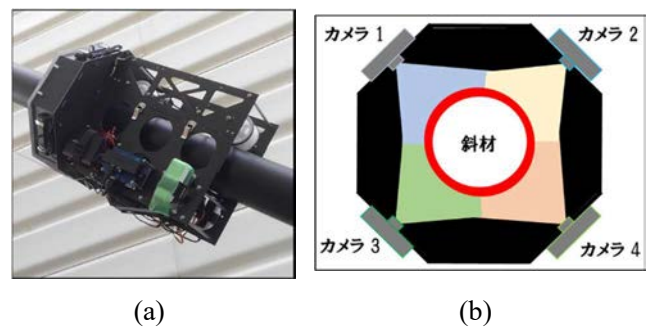


図1 点検ロボットの外観および断面図

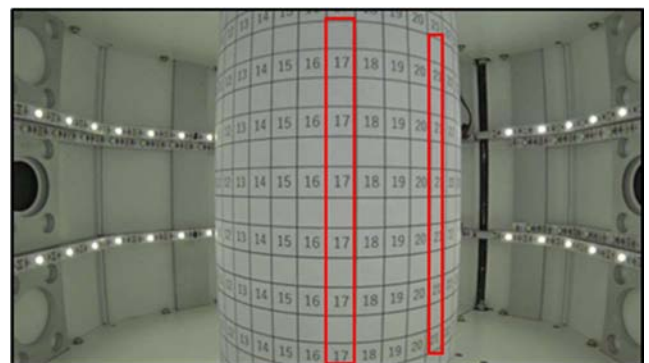


図2 斜材に方眼紙を巻いて撮影した画像

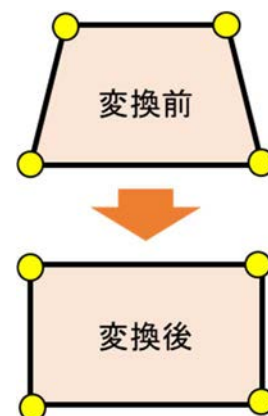


図3 射影変換のイメージ

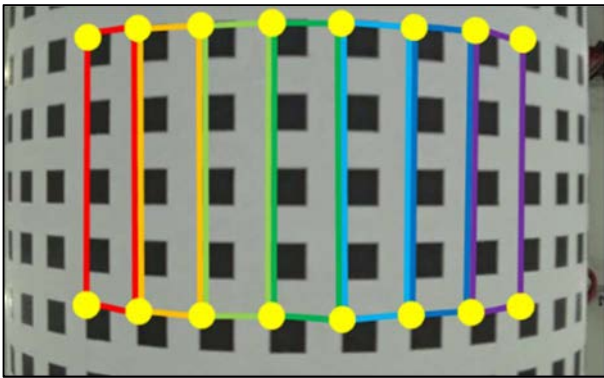


図4 射影点の選択例

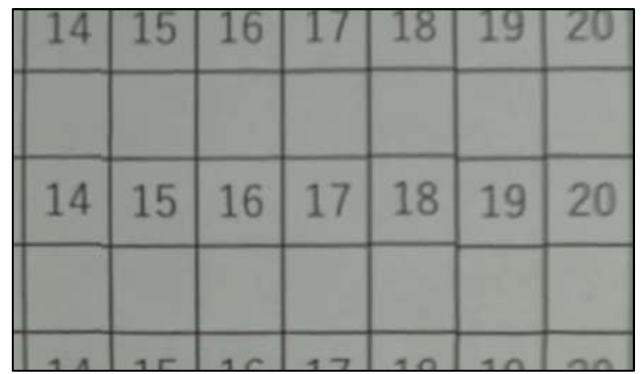


図5 補正画像

る手法である。ただし、文献1の曲面展開手法では、射影変換に利用する点（以後、射影点と記す）の検出手動で行っていたため、作業に時間がかかるという課題が残された。そこで、本研究では、キャプチャ画像中の斜材曲面の展開を自動化する手法を提案する。

### 3. 曲面展開手法

本研究では、斜材曲面展開の自動化を図るために、パターン用紙に写された特徴のコーナー検出を用いた場合の射影変換による曲面展開手法を提案する。以下では、本手法を4つのSTEPにわけて解説する。  
STEP1：（パターン用紙撮影）図4に示すように、斜材にパターン用紙を巻いて撮影を行う。なお、パターン用紙には、1マス5mm×5mmの大きさのドットが5mm間隔で印刷されている。

STEP2：（コーナー検出）STEP1で撮影した画像を利用し、ドットのコーナー検出を行う。なお、コーナー検出にはHarrisのコーナー検出法を用いる。

STEP3：（射影点選択）STEP2で得られた点の中から射影変換に利用する射影点を選択する。図4には射影点の選択例を示す。本研究では、補正したい領域を短冊状にわけて、わけた領域それぞれを射影変換することにした。

STEP4：（射影変換）STEP3で選択した点を用いて射影変換を行う。図4中の太枠内の各四角形をそれぞれ射影変換した画像を結合することで補正画像が完成する。

### 4. 精度検証

本章では、上記の提案手法を用いて曲面展開を行った画像の補正精度を検証した。図5に提案手法を用いて曲面展開を行った補正画像を示す。補正画像の大きさは441×256pixelである。本研究では、提案

手法のSTEP3（射影点選択）までは直径114mmの斜材にパターン用紙を巻いて撮影した画像を用い、STEP4（射影変換）では、補正精度の確認ができるように、方眼紙を巻いて撮影した画像を用いた。

図5の画像には、射影変換した領域の結合部分と考えられる箇所に最大2pixelのズレが見られる。これは実寸で0.31mmのズレを意味する。さらに精度の検証を行うために、図5の画像を二値化した画像から、理想とする大きさの方眼を写した正解画像を引いた差分画像を用いて精度を検証した。なお、差分画像からは、画像全体に小さなズレが存在することがわかったが、そのズレは最大でも3pixelであった。これは実寸で0.47mmを意味する。以上より、本手法は、ズレが1mm以下で納まる程度で曲面展開可能であることが示された。

### 5. まとめ

本研究では、斜材表面の画像展開図作成のために、点検ロボットが撮影した動画のキャプチャ画像に写る斜材の曲面展開手法の提案を行った。精度検証の結果より、パターン用紙のコーナー検出を用いた場合の射影変換による曲面展開は、ズレが1mm以下で納まる程度の精度で可能であることがわかった。

今後の課題として、射影点の選択を自動で行う手法を開発する必要がある。また、斜材の外径が変わるなど、実験条件が変わった場合でも、本手法で曲面展開が良好に行えるか検証する必要がある。

### 参考文献

- 1) 河村圭, 長谷川瑛士, 塩崎正人: 斜材ケーブル点検ロボットの展開図作成のための射影変換による円周曲面の補正手法の提案, 土木学会論文集F3, Vo.174, No.2, p.1\_113-1\_120, 2018.