

補助事業番号 2020M-145

補助事業名 2020年度ローターによる姿勢制御を用いた橋梁点検用レールカメラの実用化補助事業

補助事業者名 有明工業高等専門学校 創造工学科 准教授 岩本達也

1 研究の概要

橋梁の点検において5年に一度の近接目視等の検査が義務付けられているが、点検の経費や人手不足が問題となっている。橋梁点検の低コスト化を実現するために、本研究ではローター推力により水平に姿勢制御されたレールに沿ってカメラが移動できるレールカメラを開発する。レールカメラはアーム型カメラを改良したもので、先端に取り付けられたプロペラにより総重量の約半分を支持するため、支持状態が両持ちとなり構成部品が軽量化できる。このため、点検者は半分の力で保持でき、操作が容易となり、1名でも点検が可能となる。さらに、高精度な点検位置記録システムを構築し、レールカメラの実用化を目指す。

2 研究の目的と背景

全国約73万橋の橋梁のうち、7割以上となる約52万橋が市町村道にあり、建築後50年を経過した橋梁の割合は、10年後には50%と増加する。橋梁は国が定める統一的な基準で5年に一度、近接目視による全数監視を実施しなければならない。中小企業における橋梁の診断においては、現状として足場を組むか登攀技術を持った点検者によるロープワークが主流であり、コストと危険が伴う。また、大型の橋梁の場合、検査も大掛かりとなるため、さらにコストがかかる。市町村の予算に余裕はなく、橋梁の適切な維持管理を実現するためには、検査コストの削減が必要である。また、建設業界においては、慢性的な人材不足となっており、適切な時期に点検するためには作業性を向上させ、作業人員を減らす必要がある。

本研究の目的は、橋梁点検において安全で経済性・作業性に優れた検査方法を提供することである。そこで、本研究では、低コストで簡便に橋梁下面の撮影検査を行うことができるレールカメラを開発した。レールカメラとは、L字のアーム型カメラを改良したもので、先端に取り付けられたローターにより総重量の約半分を支持される。レールは、垂直に配置したロッドに片方を角度可変で接続され、もう片方を二重反転ローターの推力により支持される。カメラはレールに沿って左右方向をモーターで移動できる。レールの重量の半分はローターの推力により支えられており、使用時にはロッドを全荷重の半分の力で垂直下方に保持するだけでよいため、点検者1名での作業が可能となり、橋梁点検の低コスト化が実現できると考えられる。

3 研究内容(<https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab/railcamera>)

(1)レールカメラの製作

本研究で提案するレールカメラの概要を図1に示す。レールカメラは、アーム型カメラにドローンにおける姿勢制御技術を融合させたものであり、特徴として、レールの片方をプロペラ推力で支え

ることでレール部半分とロッドの重量を保持するだけで良い。このように重量を積極的にプロペラ推力で支持するような実施例は他にない。さらに、ロッド上部にGPSモジュールを設置し、各種センサを搭載することで撮影場所の正確な位置情報を記録できる。レールカメラは、ベース機から有線で給電できるためドローンと比較してバッテリーの容量による使用時間の制約がなく、有線であるため航空法の規制も受けない。

製作したレールカメラを図2に示す。レール長さは2.2mとし、先端に二重反転ローター(プロペラ径15inch)を取り付けた。レールカメラは片手で操作可能とするために、軽量な方がよい。そのため、レールおよびロッドには比強度の大きいマグネシウム(AZ31)の角パイプ(20角, 1mあたり140g)を採用した。また、スライダやモータマウントなどの部品は樹脂材料などを用いて軽量な構造とした。カメラなどを含めた総重量は3.6kgであった。また、ドローン用のフライトコントローラ(FC)を搭載しており、上下のローターの推力をFCにより自動で調整し、レールを任意の角度で安定化させることができる。姿勢制御のコントローラは、マイコン(arduino)を用いた。撮影用のカメラは、スライダに固定されたスタビライザーに搭載した。

製作したレールカメラの動作確認を行った。動作確認は、屋外に設置されている模擬橋梁で実施した。動作確認の様子を図3に示す。動作確認では、水平姿勢の状態では、カメラがローターに近づくほど負荷がかかり、逆にローターから遠ざかると負荷が小さくなるが、FCによりレールの水平は維持されており、安定した動作が確認できた。また、カメラによる撮影画像を図4に示す。図4より橋梁下面の様子を撮影できたことが確認できる。

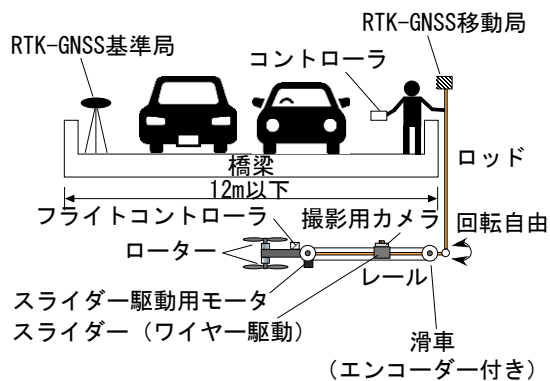


図1 レールカメラの概要

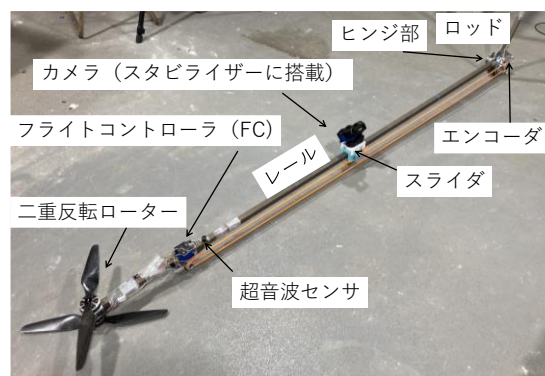


図2 製作したレールカメラ



図3 動作確認の様子



図4 カメラによる撮影画像

(2) ローター推力を利用した姿勢制御システムの構築

ローター推力を利用した姿勢（傾き）制御システムを構築した。レールカメラには、ドローン用のフライトコントローラが搭載されており、レール姿勢の維持には、フライトコントローラの制御機能を用いた。また、初期状態から水平姿勢までの移行を安定して動作させるため、ロッドとレールの接続部（ヒンジ）に設置したエンコーダを利用した制御方法を開発した。図5に制御システムを示す。制御方法は、エンコーダより出力されるレール角度を利用したシーケンス制御を用いた。動作確認の結果を図6に示す。図6より、初期状態（ 0° ）から水平姿勢（ 90° ）の維持、そして停止に至るまでボタン操作のみで安定的に動作することが確認できた。

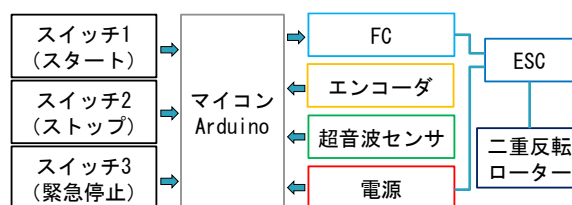


図5 制御システム

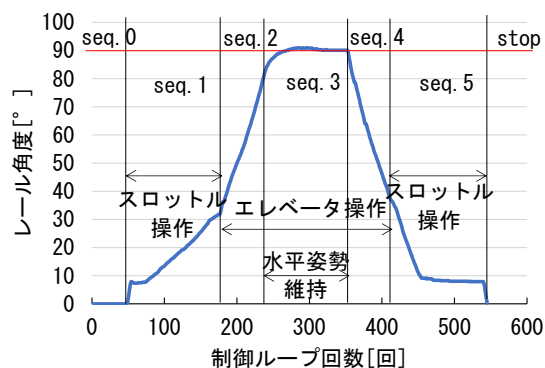


図6 動作確認結果

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で開発されたレールカメラが実用化されれば、効率的に検査を行うことができるため、橋梁点検の低コスト化が実現できる。さらに、検査記録を保存し蓄積することで、AIなどを用いた健全性評価を開発する際の参照データとして活用できる。ひび割れ検出に関するAIはメーカーによる開発が盛んであり、高精度な診断も可能となってきている。そのようなメーカーとのマッチングが成功すれば、熟練作業員による診断が不要な点検方法が実用化され、橋梁検査の低コスト化がさらに加速すると考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでに、コンクリート構造物に対する非破壊検査の効率化に関する研究を実施しており、検

査方法の提案や吸着式壁面検査ロボットの製作を通じて、非破壊検査に関する知見とものづくりについての技術を蓄積してきた。本事業で開発したレールカメラは、軽量で、簡単な操作で橋梁下面の目視ができるため、1名での橋梁点検が可能となる。したがって、従来利用されていた点検車両のような車線規制や足場が不要となるため、低コスト化が実現できると考えられる。今後は、レールカメラを改良し、検査の作業効率の向上と目視点検以外の検査方法の適用に関する研究を推進していきたい。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① 岩本達也, 葉山清輝, 入江博樹, 松家武樹, ローターによる姿勢制御を用いた橋梁点検用レールカメラの試作と長尺化の検討, 日本機械学会 九州支部 第74期 総会・講演会 講演論文集

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

研究紹介リーフレット、紹介動画

<https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab/railcamera>

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 有明工業高等専門学校創造工学科

(アリアケコウギョウコウトウセンモンガッコウソウゾウコウガクカ)

住 所: 〒836-8585

福岡県大牟田市東萩尾町150

担 当 者: 准教授 岩本 達也 (イワモト タツヤ)

担 当 部 署: メカニクスコース (メカニクスコース)

E - m a i l: tiwamoto@ariake-nc.ac.jp

U R L: <https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab>