

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姿勢制御方法の検討

有明工業高等専門学校 正会員 ○岩本 達也
 熊本高等専門学校 葉山 清輝
 熊本高等専門学校 正会員 入江 博樹
 熊本高等専門学校 正会員 松家 武樹

1. はじめに

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。橋梁下面の点検には、図 1 に示す橋梁点検車（ブリッジカー）、クレーン車などの点検車両、ドローンによる撮影や、L 型のアーム型カメラを使った撮影などが行われている。点検車両は台数が限られ人件費も大きく、停車スペース確保のため車線規制が必要である。ドローンによる撮影は熟練した操縦者が必要であり、操縦者と別に点検者が必要である。簡便なアーム型カメラについては、任意箇所の撮影に困難があり、カメラの荷重を支えるのに労力を要するため、カメラの操作者と点検者の二名が必要となる。このようなことから、橋梁の目視点検においては、点検装置の改善の必要があると考えられる。

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考案し試作し、動作確認を行ったので報告する。

2. レールカメラの概要

本研究で開発したレールカメラの概略図を図 2 に示す。レールは、垂直に配置したロッドに片方を回転自由で接続され、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。さらに、ロッド上部に GPS 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。



図 1 ブリッジカー

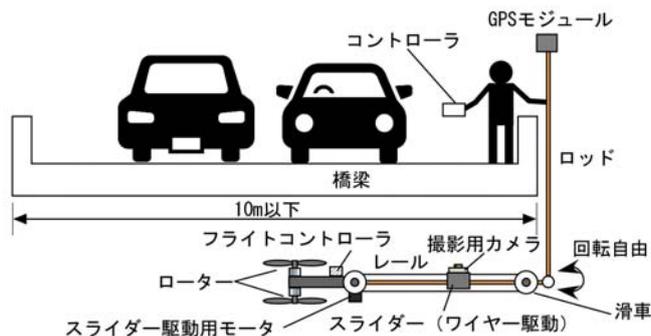


図 2 レールカメラの概略図

3. レールカメラの試作

考案したレールカメラの動作確認を行うため、小型の試作機を製作した。試作したレールカメラを図 3 に示す。試作機は、長さ 1m のカーボンパイプにドローン用のフライトコントローラ¹⁾ (FC) と R/C 受信機を搭載し、ラジオコントロール (R/C) により操作できるようにした。姿勢制御においては、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。

校内棟間の渡り廊下で動作試験を行った結果を図 4 に示す。レールがほぼ垂直にぶら下がっている初期状態から R/C 送信機のスロットルをあげると、レールが水平になるまでローターの出力が上がり、その後はエレベータ操作でレールの角度を加減できた。カメラをレール上で左右に移動すると、カメラがローターに近づく

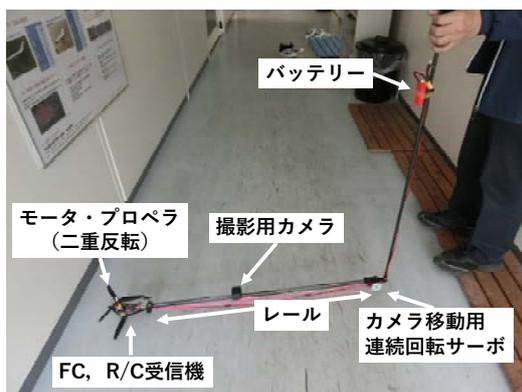


図3 レールカメラの試作機

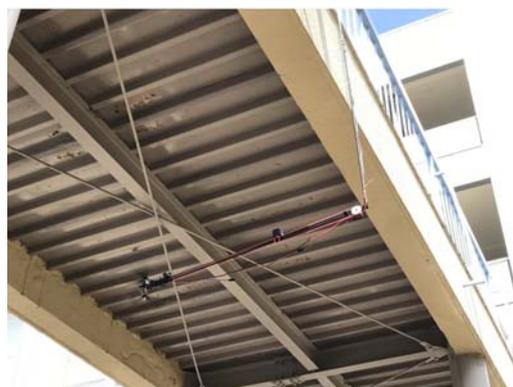


図4 動作確認の様子

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た。しかしながら、レールが水平になるまでのスロットル操作においては、調整が難しく、操作量が小さいと目標角度に到達せず、また操作量が大きすぎるとオーバーシュートやハンチングが確認された。

4. フライトコントローラとエンコーダを利用した姿勢制御方法の検討

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に設置したエンコーダを利用した姿勢制御方法を検討した。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で、次の手順で動作する。始動ボタンが押されたら、ある角度に達するまでスロットルを上げていく (seq.1)。ある角度に到達したら目標角度に対してエレベータ操作による ON-OFF 制御でピッチを追従させる (seq.2)。目標角度は一定時間ごとに5度ずつ更新させた。角度が90度を超えたら、FCの飛行モードを安定化モードに切り替えて、水平を維持させる (seq.3)。停止ボタンが押されたら、これまでの逆の手順でレール角度を徐々に下げ、ローターの回転を停止させる。図5に動作確認用のシミュレータを示す。シーケンス制御のコントローラは、マイコン (arduino) を用いた。動作確認結果を図6に示す。図6より、初期状態から水平姿勢の維持、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。

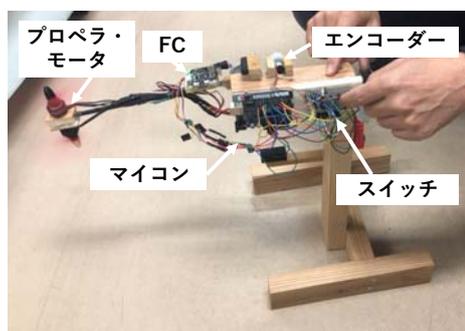


図5 動作確認用シミュレータ

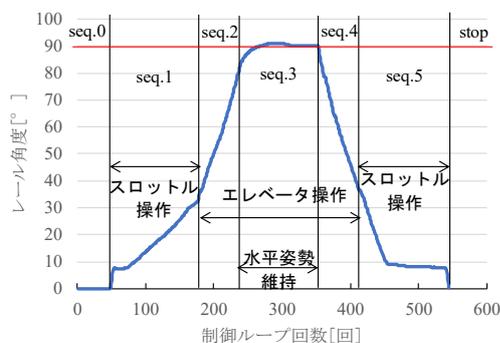


図6 動作確認結果

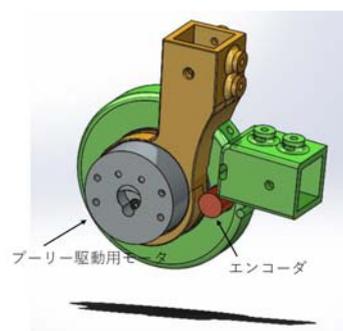


図7 設計したヒンジ部

5. レールカメラの長尺化の検討

目標とする橋梁の幅は10m以下であるため、5mまでの長尺化を検討した。レールカメラは片手で操作可能とするために、手持ち重量1kg以下(総重量2kg以下)を目標とする。レールおよびロッドにはマグネシウム(AZ31)の角パイプ(140g/m)を採用する。また、ヒンジ部やスライダー等の各部品は軽量の構造とした。図7に設計したヒンジ部を示す。

6. 終わりに

提案するレールカメラを試作し、姿勢制御方法の動作確認ができた。今後はレールおよびロッドを長尺化し、実構造物での性能検証を実施する予定である。

謝辞 本研究は、(一社)九州建設技術管理協会の支援を受けて実施した。

参考文献 1) LibrePilot, <https://www.librepilot.org/>