

プロジェクト・研究成果の概要(1/2)

プロジェクト:「ひび割れ計測機と飛行ロボットによる橋梁点検支援システムに関する研究」

プロジェクトリーダー

・氏名(ふりがな):山口 隆司(やまぐち たかし)

・所属・役職:大阪市立大学大学院・工学研究科・都市系専攻・橋梁工学研究室, 教授

研究期間:平成 26 年 12 月～平成 27 年 3 月

プロジェクト参加メンバー(所属団体名のみ)

大阪市立大学, クモノスコオペレーション(株), 菱田伸鉄工業(株), 近畿地方整備局 道路部, 近畿技術事務所, 大阪国道事務所

プロジェクトの背景・目的(研究開始当初の背景、目標等)

橋梁の老朽化に伴い, 多くの橋梁に対し, 効率的かつ信頼性の高い点検が望まれている。しかし, 現行の足場や橋梁点検車を使用した点検手法では信頼性が高い一方でコスト, 時間とともに膨大となることから, その実行性が危惧されている。このような背景のもと, 橋梁点検における近接目視点検を補助する役割として Unmanned Aerial Vehicle(以下 UAV:無人航空機)や点検ロボットの活用による橋梁点検の効率化が検討されているが, 実用化され, 実橋に適用されたものは見られないのが現状である。そこで, 橋梁点検に実用化されている, ひび割れ計測機の持つひび割れ位置情報取得機能を独自開発した飛行ロボットの持つ画像取得機能や移動機能により支援・補完させた橋梁点検支援システムの構築を目的とする。

プロジェクトの研究内容(研究の方法・項目等)

本研究での橋梁点検支援システムとは, 図 1 に示すように飛行ロボットの持つ画像情報取得機能と移動・照明機能によりひび割れ計測機にで得られる情報を補完し, ひび割れ計測機による計測結果を精度良くデータベース化し, 経年変化を確認するというものである。この橋梁点検システムの構築のために以下の①～⑦の項目を目標とした。①ひび割れ計測機の橋梁点検全般での使用についての検討, ②ひび割れ計測機の測定不能領域の明確化と対策検討, ③橋梁点検用飛行ロボットの開発, ④各種実証実験および結果検証, ⑤マニュアル作成, ⑥新たな橋梁点検システムの提案, ⑦NETIS 登録とした。橋梁選定の際には, ひび割れ計測機による計測が困難と想定される箇所が残存している橋梁を選定し, 上記の①②の検証を行い, 測定不能領域を明確にした。その後, ③の飛行ロボット開発(特に飛行安定性の確保)を④の実証実験と併行し, 改良を行った。

飛行ロボットの改良では飛行ロボット本体の飛行安定性の向上や, 飛行ロボットへの搭載機器の検討を行っている。飛行安定性の評価については空中での静止時間, 回転角度等で行っている。また搭載機器では, 動画撮影や静止画での画像取得のために撮影機器として 4K ビデオカメラや一眼レフカメラを選定し, 照明機器については, 暗所部位に対して, ひび割れ計測機がひび割れ計測に際に必要な照度を確保できる LED 照明の検討を行った。

実証実験の際の詳細の点検項目を図 2 に示す。点検項目は飛行ロボット, ひび割れ計測機および, 両機器を併用した場合に分類されている。飛行ロボットの検討項目は i) 撮影精度の向上, ii) 安定性・危機回避, iii) 橋梁塗膜画像の取得, iv) 飛行ロボットの飛行位置の把握であり, ひび割れ計測機の検討項目は i) 暗所, 死角となる箇所の把握, ii) 未計測箇所の計測, 両機器を併用した場合については i) 照明機器の性能調査, ii) 撮影画像を合成し, 3D 画像にする画像合成, iii) ひび割れデータと撮影画像の合成である。

提案する橋梁点検支援システムでは特に i) 撮影精度の向上が重要であり, その実現のためには図 2 の飛行ロボットの検討項目にある, ii) 安定性・危機回避の検討が不可欠となっている。

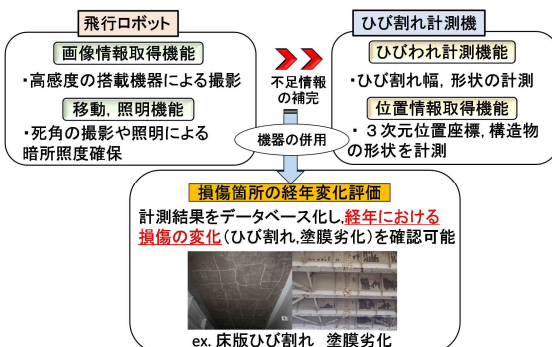


図 1 提案する橋梁点検支援システム

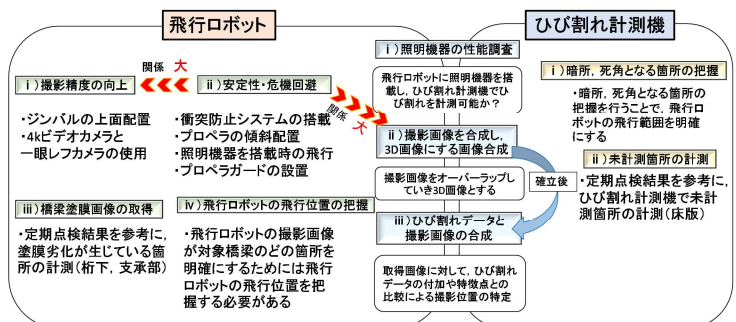


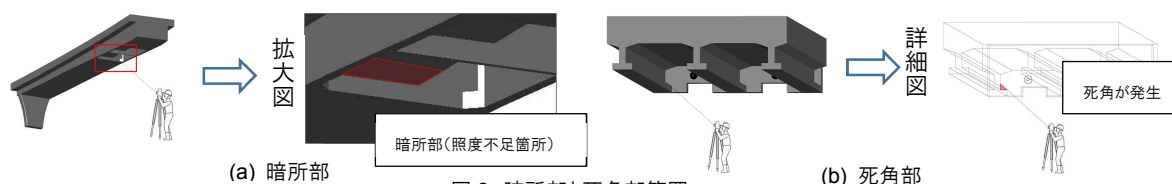
図 2 検討項目

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

● ひび割れ計測機

- ①ひび割れ幅・形状・3次元位置座標を取得し、橋梁の図面(見下ろし図、側面図)の作成が可能となり、図面にひび割れ情報を付加することで損傷図を作成可能
- ②暗所(照度不足箇所等)や死角部分等の計測不可能な範囲の明確化(図3)



● 飛行ロボット(諸元を表1に示す)

- ①機体をカスタマイズすることで機器(4Kビデオカメラ・一眼レフカメラ・照明機器)の性能を検証できた。
- ②ジンバルを機体下面から上面に移設することで機体の写り込みなどを排除した橋梁点検に適した機体構成を実現(図4)
- ③レーザー測域センサを利用した衝突防止システムの開発(※小型 UAV での検証)
- ④プロペラの水平配置から、傾斜配置とすることでより外乱に強い飛行ロボットを実現
- ⑤地上局により飛行ロボットの撮影画像や飛行状態のモニタやログデータの解析が可能(図5)
- ⑥橋梁塗膜の劣化を確認(図6)

表1 飛行ロボット諸元

サイズ(mm)	1320(W.D) 510(H)
機体重量(kg)	7
可搬重量(kg)	3
飛行時間(分)	15



図4 ジンバル上面配置



図5 地上局



図6 橋梁塗膜画像

● ひび割れ計測機+飛行ロボット

- ①飛行ロボット)撮影条件として、フレーム数は1秒間に30枚、飛行速度は1~2km 毎時(歩行速度より少し遅い程度)、撮影高度は1m~4m(※1mの高さからでも図7のような3D画像を得ることができるが、撮影距離の問題で、3D画像からひび割れの確認は困難であることがわかった。一方で4mの位置から撮影するとひび割れの有無を確認できる場合もあった。)
- ②①で得た3D画像にひび割れ計測機から得た、ひび割れデータを付加することで画像内での損傷位置の座標付けが可能となる。また3Dモデルの特徴点と比較することで撮影位置を正確に特定も可能である。

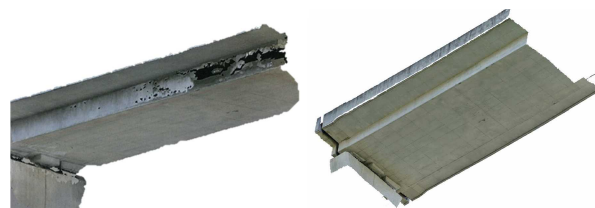
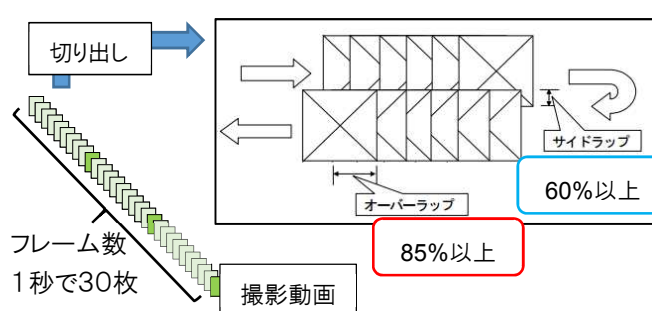


図7 3D画像

➤ 今後の課題・対策

理論的には35mmレンズを装着した一眼レフカメラでは距離2mで幅0.2mmのひび割れを確認することができる。つまり、3D画像でより鮮明にひび割れを発見するには、橋梁から2mの距離まで接近し、撮影する必要がある。また図7で比較するように、飛行ロボットにより取得した(a)の3D画像では支承部付近で画像データが欠損している一方で、(b)では、欠損している箇所は見られない。これは手動での取得の際には撮影環境が安定しており、動画にブレが少ないためである。したがって、精度の良い3D画像の取得には飛行安定性ととも、接近して撮影する際の対策として、衝突防止システムを搭載する必要がある。