

小型無人機（ドローン）を用いた橋梁点検手法に関する基本的研究

埼玉大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○春田 大二郎
 埼玉大学大学院 理工学研究科 正会員 党 紀

1. はじめに

日本では、高度経済成長期から多くの橋梁が建設され、建設から 50 年を経た老朽橋梁が増えている。全国的に増えつつある老朽橋梁に対し、点検技術者が不足しており、点検作業の効率化が今後の重要な課題である。この問題の対策として、ロボットなどによる点検技術の開発が推進されており、近年小型無人機（ドローン）を活用する技術が注目されている。現在、企業や大学などにより点検用のドローンの開発が進められているが、専用機の開発はコストがかかり、安価で汎用なドローンを利用して点検を行う手法が望ましい。

そこで、こういった汎用ドローンには、高性能のデジタルカメラが搭載されているのは一般的であり、スマートデバイスによる制御される場合、高画質の画像情報がスマートデバイスに送られ、その画像情報による構造物の劣化や損傷の検知が可能となっている。スマートデバイスのアプリケーションにより、地震被害調査や維持管理などの目的別のドローン点検手法の開発が簡易で安価になると考える。

本研究では、ドローンの橋梁構造の点検システムの検討を目的として、ドローンの制御アプリケーションを開発し、ドローンの機体性能の検証実験と実験データを用いた点検のシミュレーションを行った。

2. スマートデバイスによるドローンの制御

本研究では、ドローンの実験機体として Parrot 社製の BebopDrone を使用し、制御デバイスには、iPhone6 を用いる。図-1 に実験機体を示す。デバイスに iPhone6 を用いるため、アプリケーション開発には iOS アプリケーション用プログラミングソフトである Xcode を使用し、開発言語は Objective-C とした。BebopDrone には Parrot 社の提供する SDK があり、本研究では SDK を参考にアプリケーション開発を行った。本研究では、点検業務に向けたドローン制御アプリケーションのひな型として、ドローン制御に必要な基本性能のみを持ったアプリケーション開発を行い、動作指示のボタンと、ドローンのバッテリー残量とドローンのカメラ映像を表示する機能を搭載させた。図-2 にアプリケーション内のドローン制御画面を示す。

3. 検証実験

本研究ではまず、ドローンの積載重量の検証実験を行い、その結果を元にバッテリー選定を行う。その後、選定したバッテリーを用いて飛行時間の検証実験と風の強さによる飛行への影響の検証実験を行う。実験は全て、埼玉大学構内の体育館で行う。

積載重量の検証実験では、純正バッテリー(117g)を接続したドローンに、100gごとに重りを搭載させ、離陸を試みる。これによって、離陸可能な積載重量を測定する。実験結果としては、300gの重りを載せた場合、ドローンは離陸することができなくなったため、実験機体のペイロード（バッテリーの重量込みで、積載可能重量）は317gであることが分かった。この結果より、純正バッテリー(容量1200mAh, 重量117g)とTeraバッテリー(容量2500mAh, 重量163g)の二つのバッテリーを選定し、その後の検証実験を行っていく。純正バッテリーについては個体差の有無を確認するため2つを用いて検証実験を行う。



図-1 BebopDrone

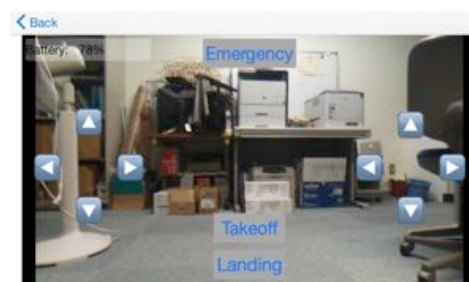


図-2 アプリケーション内のドローン制御

キーワード ドローン, 橋梁点検, 目視点検, 小型無人機, スマートデバイス

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区大字下大久保 埼玉大学大学院 Tel/Fax 048- 858- 3558

選定したバッテリーごとに、表-1 に示したように、ホバリング直線移動、旋回運動、上下移動の4つの動きパターンに対して、満充電からバッテリー残量5%以下となる時間を測定する。検証実験の結果を図-2 に示す。この結果より、純正①においてホバリングのみが他の動作と比べ長時間飛行になっており、誤差が生じているが各動作における飛行時間は同程度であると予測される。また、①と②の結果から、同容量バッテリーでは飛行時間は同等であるが、幾らか誤差が生じることがわかる。

4. 風の強さによる飛行への影響の検証実験

風の強さによる飛行への検証実験は、扇風機によって発生させた風をホバリング状態のドローンへ当て、飛行状態を目視で観測する。飛行時間の検証実験で用いた①と③のバッテリーを用いる。結果としては、①のバッテリーの場合、風速4.0m/s以下では非常に安定し、風がない状態と同等のホバリング状態を維持した。③のバッテリー場合、風速4.0m/s以下では水平の揺れに加え、左右に傾きはしたものの、自動修正をしつつその場でのホバリングを続けた。

5. 実験データを用いたシミュレーション

実験のデータを元に、実在する橋のドローンによる点検の計画と要する時間をシミュレーションする。前述した検証実験のデータより、各運動パターンの速度の速度をそれぞれ2.0m/s(直線), 50rad/s(旋回), 0.40m/s(上下)とし、風速を0.0m/sとする。日本初めての高減衰ゴム支承を使用した山あげ大橋を対象橋梁とし、大規模地震が発生し、長年使用されたゴム支承の状況を緊急に把握するための点検を想定している。

シミュレーションは2つの点検パターンを考える。橋脚ごとに行う単独点検をパターン①とし、区間ごとに行う連続点検をパターン②とする。また、ドローンは橋脚と1.5mの距離を保ち飛行すると仮定し、飛行時間の検証実験で用いた単一動作のみを用いて目視点検を行うものとする。図-3 に各パターンの点検イメージ図を示す。純正バッテリーについては、①と②の平均速度を用いて計算する。

シミュレーションによる計算結果を図-4、図-5 に示す。図-4 より、単独点検については、どの橋脚においてもバッテリーの種類に関わらず、一度の飛行で点検が可能であることが分かった。また、図-5 より、純正バッテリーでは、A2 から P4 までの橋脚を一度の飛行で点検可能であり、Tera バッテリーでは、A2 から P1 までの橋脚を一度に点検することが可能であることが分かった。これらより、Tera バッテリーを用いて A2- P1 間を点検したのち、純正バッテリーを用いて A1 を点検することで、合わせて15分程度で橋梁全体の支承部の点検が可能であることがわかる。

6. まとめ

ドローンの各動作の飛行時間は同程度であり、バッテリー重量が160g以下であれば、飛行への影響は少なく、風速4m/s以下では安定した飛行が可能である。また、シミュレーションより、風速0m/sの状況では15分程度で山あげ大橋全体の支承部の点検ができると推測でき、従来の手法と比べ、比較的短時間であると言える。

表-1 飛行実験の実験計画

動作	バッテリー	動作	バッテリー
ホバリング	純正①	旋回運動	純正①
	純正②		純正②
	Tera		Tera
直線移動	純正①	上下運動	純正①
	純正②		純正②
	Tera		Tera

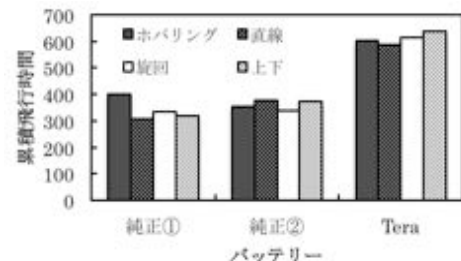


図-2 飛行時間の検証実験の結果

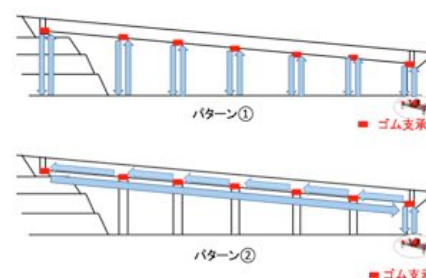


図-3 ドローンを用いた点検イメージ図

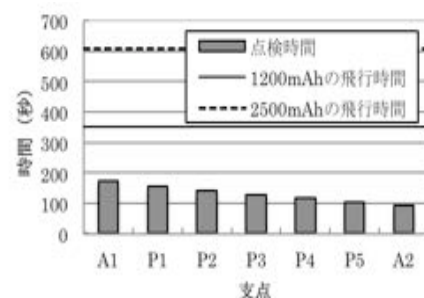


図-4 パターン①の計算結果

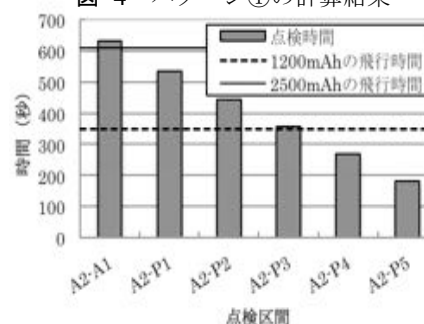


図-5 パターン②の計算結果