

小型無人機(UAV)を用いた橋梁点検における必要性能と評価法の検討

埼玉大学 学生会員 ○遠藤 広大
 埼玉大学 正会員 党 紀
 埼玉大学 正会員 八木澤 順治

(株)共同技術コンサルタント 正会員 松永昭吾
 (株)共同技術コンサルタント 非会員 黒木隆二
 (株)共同技術コンサルタント 非会員 今村等

1. はじめに

現在, 日本には約70万橋の道路橋が存在する. 高度経済成長期から多くの橋梁が建設されており, 建設後50年を経た老朽橋が増加化している現状がある. 故に, 点検業務は維持管理を行う上で更に重要性を増す. しかし, 橋梁の維持管理に携わる土木技術者は減少している. 解決策として新技術や手法が開発提案されている. その中の目視を支援する技術としてUAVに着目し, 手法の一般化を図るために市販されている汎用化UAVに焦点を当てる.

本研究では橋梁点検における近接目視点検を支援するUAVの必要性能を評価するために, 専用の実験機を用いなくとも最大風圧抵抗を概算し, UAVの性能を簡易的に評価できる指標を提案する. 指標の作成とその検討を目的とし, 推力と動作別飛行可能時間の差異について検証し, UAVの課題である耐風性能を実験より求め, 最大風圧抵抗の簡易推定を設定し, UAVを用いた橋梁点検における必要性能指標を提案する. 本研究では, 実験機体として①Dobby(198g), ②Bebop Drone(400g), ③Mavic Pro(734g), ④Phantom4(1384g)を用いた.

2. 基本性能実験

(1) 動作別飛行可能時間の検証

埼玉大学構内の体育館で行った. ホバリング, 直線移動, 鉛直移動, 旋回運動の4つの動作に対して満充電から残量の限界(ドローンが自動着陸する)までの時間を計測する. 実験概要を図-1に, 検証結果を図-2に示す. ②については過去の検証実験の結果¹⁾を用いた. 超小型の①において多少の差異を確認したが, その他についてはどの動作も同程度の飛行時間であり動作による飛行時間への影響はないと言える. つまり, 動作の違いによる飛行時間への影響を考慮せずに点検・飛行計画することが可能である.

(2) 推力の計測

4つの機体について計測した推力値を表-1に示す.

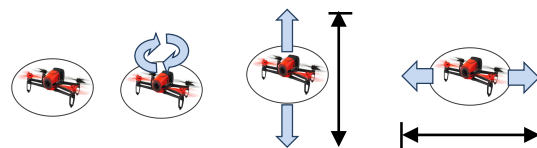


図-1 動作別飛行可能時間の検証実験概要

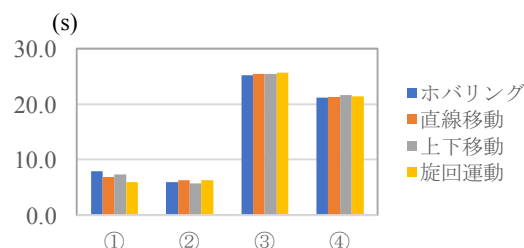


図-2 動作別飛行可能時間の検証実験結果

表-1 推力の計測結果

	①	②	③	④
推力(g)	386	768	1680	2842

3. 耐風性能実験

実験は埼玉大学構内工学部建設第1実験棟にある風洞機を用いて行なった. 風動機より発生させた風をホバリング状態のUAVに当てて, 安定しているか否かを, 安全区域を設定し, その中で5秒間ホバリングできたら風速に対して耐力を有するとする. ただし, 目視観測で機体に過剰な揺れや操作が困難であると判断した場合は, 範囲内でホバリングをしても不安定・危険と判断する. 実験の概要を図-3に, 検証結果を表-2に示す. 超小型の①②より小型の③④の方が優れた耐風性能を示している.

この結果と相関がもっとも強かった要素は純推重比 R_p (Pure Push-to-Weight Ratio), 「重量/(推力-重量)」であった. この関係を図-4に示す. これより最大風圧抵抗 W_r は式(1)で表すことができる. 決定係数 R^2 は0.891であった.

$$W_r = -11.5R_p + 15.2 \quad (1)$$

キーワード UAV, ドローン, 小型無人機, 橋梁点検, 目視点検

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

4. 性能評価

(1) 性能指標の設定

UAVを橋梁点検に用いる際に必要だと考えられる性能は、一般化を望む上で使いやすさを示す「操作性能: Op 」, 課題点である耐風性能を含む「安全性能: Sf 」, 近接目視を支援するための「撮影性能: Vs 」の3つである。これらに含まれる要素と配点について表-3に示す。

操作性能に関しては, UAVのホバリング可能時間を元に, その他の要素についても評価・算出を行う。安全性能に関しては, 式(1)を用いた最大風圧抵抗と障害物検知機能の有無より評価・算出を行う。撮影性能に関してはジンバルのみ, その有無で評価を行い, その他の項目については性能についてのそれぞれ基準を設けて評価を行う。

性能指標 P を式(2)で表す。

$$P = Op + Sf + Vs \tag{2}$$

(2) 評価式の適応

式(2)を用いて, 試験対象の4機体に対して性能指標 P を算出した。その結果を表-4に示す。これより小型な①②のUAVでは性能値が全体的に低くなっていることがわかる。一方で, 小型の③④については, 高くなっている。④は実橋梁に対して点検を行い, 得られた映像や画像なども鮮明であり有効性も示した。その機体④の性能値が68点であるので, 68点前後が橋梁点検を行う際に必要とされるUAVの性能値であると考えられる。点検対象橋梁の規模や状態, 点検環境によっては評価の基準は前後することもありうる。

5. まとめ

本研究では, 基本性能実験と耐風性能実験を用い, 汎用小型無人機(UAV)4種類の橋梁点検のための基礎性能を把握した。実験で得られた最大風圧抵抗 W_r と純推重比 R_p の相関が得られ, 簡易的な推定式を設定することができた。なお, 今回設定した性能評価指標を用いた場合には68点前後の評価を得ることができれば, 橋梁点検に向いたUAVだと言える。

参考文献

1) 春田大二郎, Ashish SHRESTHA, 党紀: 汎用小型無人機(ドローン)を用いた橋梁点検に関する基礎的研究, 2016/3.

2) J. Dang, D. Haruta, A. Shrestha, K. Endo, S. Matsunaga, A. Kasai and X. Wang : Arial Patrol for Bridge Routine and Post Earthquake Emergency Inspection using Small Aerial Photography UAV, 5th International Symposium on Advances in Civil and Environmental Engineering Practises for Sustainable Development, 2017.

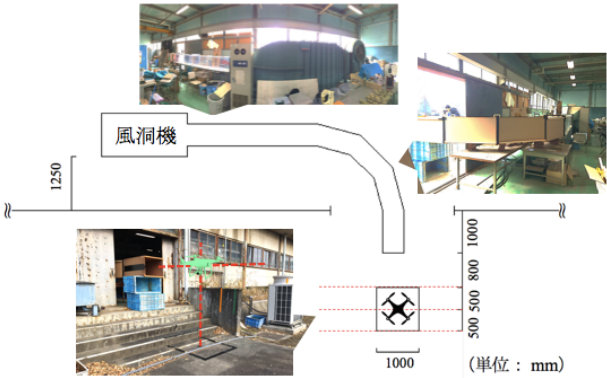


図-3 耐風性能実験概要

表-2 耐風性能実験結果

	①	②	③	④
最大風圧抵抗(m/s)	2.5	2.8	6.0	5.0

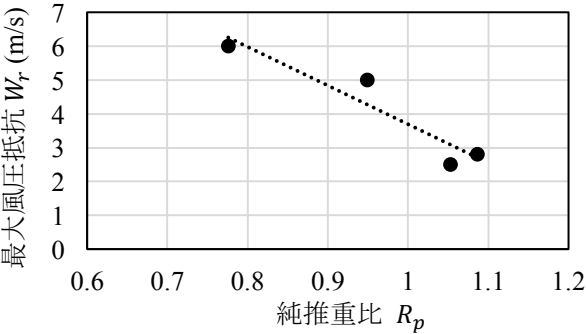


図-4 $W_r - R_p$ 関係図

表-3 性能指標要素

操作性能: Op	30	点検可能時間	15
		FPV	5
		最大伝送距離	5
		最大飛行速度	5
安全性能: Sf	35	最大風圧抵抗	25
		障害物検知機能	10
撮影性能: Vs	35	静止画 最大画素数	10
		動画 最大画素数	10
		ジンバル	5
		IOS感度	5
		シャッタースピード	5

表-4 性能指標算出結果

	Op	Sf	Vs	P
①	13.8	7.4	17	38.2
②	13.1	6.1	14	33.2
③	23.8	26.1	25	74.9
④	22.4	20.6	25	68