

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験）整理結果

平成 29 年 1 月 14 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発（大野和則）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（2016/11/29）における参加者の立場

MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
（13 人）

オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。（3 人）

聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。（4 人）

合計：20 人

以下の記載は、MA の回答を（→）で、オブザーバーの回答を（⇒）で表記する。

0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（番号に○印、複数可）

1. 実業務への適用範囲（10 人）
2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（9 人）
3. 提案技術が優れていると思った項目（3 人）
4. 提案技術への改良提案（8 人）
5. 提案技術の別な用途での利用提案（1 人）
6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案（1 人）
7. 提案技術に対する技術的発展の期待度（4 人）

1. 実業務への適用範囲

- 提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。（4 人）
- 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。（13 人）

理由

→現在の技術の目的は「3.4 試験内容①」に「橋梁の点検を支援・一部代替する技術」と明確に説明されています。

・研究提案者は本技術の使用が可能な橋梁について、下記の制約条件を事前に確認して行うことを説明されました。

ア.機体の大きさにより近接できる空間の制約

イ.滞空時間が離着陸を含めて 10 分以内の制約

ウ.操作可能範囲が地上からの目視が可能な範囲による運行という制約

「実証実験の結果」

・上記の制約条件の理由と意味を、フィールド試験で説明しながら撮影作業を実施されました。

・撮影された画像では顕著な劣化、損傷箇所は見られませんでした。画像自体は非常に鮮明でした。

・球殻の目に排水パイプの立ち上り部が入り込むアクシデントがありましたが、オペレー

タの冷静な操作で脱出し、調査を滞りなく継続しました。この操作により橋梁の下部にある障害のリスクの存在とその対処を、実際の事例ということで思いがけず確認することができました。操縦者のスキルの高さも確認出来ました。

- 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(2人)
- その他(3人)
 - この技術のメリットが活かせる部分に特化した開発をした方がよいと思う。
 - 桁端部以外の一般部での適用の優位性有
 - マーキングができるといい

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

- 積極的に利用したいと思う。(11人)
 - 点検車では入りにくい場所でも点検できる。
 - 要実績，ソフト面(調書作成システム)の充実。
 - 他のドローン技術で撮影できないところを観察することができるかもしれない。
 - (試行であっても)実績を重ねて、対外的な PR や運用課題の洗い出し等ができるといい。
 - 点検業務の映像によるスクリーニングには十分利用可能と考える。
(ただし、発注者が近接目視のみ可とする国交省の考え方に固執するとできないが)
- 発注者からの指示であれば利用する。(6人)
 - 飛行時の手続きと点検に制約が発生しそう。
 - 現時点ではフライト時間が短いことや大幅な時間短縮にならないため、積極的に使用することにメリットが感じられない。
 - 国土院が発行したUAVの安全基準案により、請負業者からの提示は難しい。
発注者がUAVの安全確認、安全確保の使用条件を理解することが前提でこの技術を使用したい。
 - 人力(近接目視)の代替えとしての取り扱い次第。
小規模橋梁でも河床から高く、上部規制が厳しい(幅員が狭く通行止め)場合に使いたい。
- 使えない(使いたくない)と思う。(1人)
 - もう少し、という感じ。

3. 提案技術が優れていると思った項目

- 既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等
- 構造物に安全に接近できる点が優れている。
 - 対象物への近接が可能。球かくでドローン本体が守られており、安全。
 - リフト車不要で点検可
 - 障害物に当たっても桁内側まで進入できること。
 - 桁間へ侵入でき、映像として記録できること。
 - 映像を調書作成まで可能にしている。

- ⇒近接調査(至近距離)
- ⇒構造物に接近して画像が得られる。
- ⇒損傷図との連動。
- ⇒パノラマ展開ソフトに将来性を感じた。
- 横構や対傾構，排水装置が普通に配置されていても，それらを回避してドローンが近付けた点が優れていた。
- ドローンを球殻で保護していることから，操作がそれほど神経質にならなくてよいところ
- 完成度が非常に高い
 - ・球殻の構造が持つ効果が高い。
 - ・球殻が硬い構造ではない。壁面にぶつけても球殻が衝撃を吸収するため，壁面からはじかれることがない。
 - ・球殻とジンバルが一体構造ではないため，球殻が壁面にぶつかっても回転翼，カメラが位置を保持して撮影を継続できる。壁面に沿って移動する場合に，球殻は回転するが回転翼，カメラは傾斜せずに水平を保持したまま撮影を継続できる。
 - ・球殻を回転させながら壁面に沿わすことができるので，オペレータは，橋梁の調査対象物の位置と大きさを，「手応えを感じて操作できる」利点がある。
 - ・橋梁の下部にある物体が，付属構造物なのか，鳥の巣等の単なる置かれているものか，の判別が地上からの目視で困難な場合に，球殻部で接触させて，動きの有無で判別が可能かもしれない。
 - ・画像が鮮明。
 - ・上昇する時点から撮影画像が鮮明。「3.4③当該技術を構成する個別技術 2 及び 3 項」は十分可能と思われる。
- 狭いところでも進入できる
- ロボットの飛行・点検状況から，橋梁部材との接触・衝突時の飛行安定性が良好であることが確認できた。
- 従来のドローンの最大の課題である衝突回避の必要が無いため，操縦が比較的楽になる。また，操縦ミスによる破損の可能性がたいへん低くなった。

4. 提案技術への改良提案

- 岐阜県内での実装に際して，充実させて頂きたい項目，機能等
- 狭い所，人が見られない所などにターゲットをしぼる。もう少し小型のドローンで小さな球かくにして，稼働性を高める。また，飛行時間は 20 分以上欲しい。
- 小型化により，桁端部等の調査。
- カメラの 360 度化。小型化。遠隔操作。
- 現場でのリアルタイムの点検をする。下フランジの上面(カメラでは下向き)の点検。
- 自動運転化。
- 長スパンの渡河橋での使用ができるようになれば，価値が上がる。
- ⇒暗所での対応。

- ⇒画像以外のセンサー(赤外線他)を載せられないか。
- 桁下を平行に飛行して撮影することができる箇所については、当該装置を使わなくても早く撮影ができると思うので、併用したほうが効率的になりそうな印象をもった。当該ドローンは、障害物の中に入らないと撮影できない箇所に適していると思うので、小型化と、オペレータが直視できない箇所をコントロール可能な技術が実装される事を期待する。
- 球殻がメッシュ状となっていることから、突起物がある場合などに引っかかりが生じ、操作不能に陥る可能性を払拭できるような機能があると良い。
- エマージェンシーモードの設定
 - ・緊急時、バッテリー低下時、操縦電波ロス時には所定の位置に帰着する機能が必要。
 - ・UAVの安全基準案の発行により安全対策を明確にする必要があります。緊急時には安全を確保した場所に自動的に戻る機能が必要になると考えます。汎用機の分野では、ほぼ標準装備となっているエマージェンシー機能の有無は、今後のマイナスの評価項目になると思います。
 - ・GNSSは橋梁の直下では受信できませんが、目視の操縦範囲を逸脱する状況で、上空視界が取れます。GNSS信号を受信すれば、逸脱した位置を取得することで帰着ポイントへ戻れます。
- 事故の危険性がまだ高そうなので、確実に生還できる方策があると採用もされやすいと思います。
- フィールド試験では目視によるフライト点検が行われた。しかし、目視によるフライト点検が可能な橋梁は限られており、本システムを実装するにあたってのかなり大きな制約になると考える。説明会時アドバイスシートでも要望したが、モニターによる操縦機能の必要性を強く感じた。ぜひ早期に実現して頂きたい。
- 点検後、短時間で現場において撮影画像(出来れば展開図)を確認できるようにして頂きたい。撮影箇所の確認、撮影漏れ防止などのためにぜひ早期に実現して頂きたい。確認画像は処理時間短縮のため解像度を落としてもよいと思う。
- バッテリーでは効率が悪いので、電源供給ができるシステム
- 暗い場所での照明等。
- 報告書等まとめ業務のソフトも説明があると良い。
- 映像の処理にかなりの時間が必要と推定される。現場にいる間に映像の確認がしたい。
- 接触が望ましくないインフラの点検対策。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

- 橋梁に限らず、狭隘な場所。
- 小断面(たとえば下水管の中(酸欠状態の中))点検への利活用。
- 箱桁内の点検作業。
- ⇒体育館屋根裏など。
- 例えば、ハイピアの側面をスキヤニングすることなどができそうである。

→球殻で作業

7.鳥の巣の除去作業。

- ・球殻のロッドを強化して、人力で除去が困難な鳥の巣等を除去。

1.環境アセスメントでレッドデータブック対象鳥獣の営巣場所の確認に使用。球殻で鳥の攻撃を防げると考えます。

→付属装備で作業

7.ハサミ+摘む機能の装着：絶滅危惧樹，樹木の樹冠部で採種，植物の標本採取。樹冠部のサンプル採取は人力で大変な危険と労力で行っています。

1.気象計測機器の装着：CO2 濃度，温度計，湿度計を装着することで，昼間の樹木の持つ CO2 吸収量と夜間の放出量の計測が出来ます。

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

→他のドローンと組み合わせる。役割分担する。

→桁端部等は点検車，一般部は球かくドローンを使用することで，点検の効率化，省力化が図れる。

→自動運転技術との組み合わせ。

⇒赤外線カメラ。

⇒画像以外の各種センサーの搭載。

⇒衛星技術の利活用。

→他のドローンでは撮影できない箇所限定しても優位性が際立つと感じた。

反対に云えば，このドローンを使用しなくても撮影できる箇所では，優位性が小さくなるので，他のドローン撮影技術と併用することが考えられる。

→開発者の最終目標に記載されている打音検査機能の追加。打音の自動解析ソフトとの組み合わせ。他の研究成果と協働してはいかがでしょうか。

→写真から連続図の作成：撮影画像の処理の追加で三次元データを作成する。

- ・航空写真測量の技術を応用し三次元の連続写真を作成する。
- ・この三次元の連続写真から三次元データを作成する。
- ・橋梁の上部は MMS，レーザースキャン等で作成が可能です。橋梁の下部の三次元データを作成することで橋梁の上部下部をシームレスな三次元データが作れます。
- ・I-C が進む上で，今後の橋梁のメンテナンスに三次元データは必要になると思われます。
- ・写真から三次元データの作成は，撮影した画像で，ソフトで処理するものです。現場作業は追加されません。国が進めている，I-C とダイナミックマップ整備の視点から三次元データ作成も視野にいれてはいかがでしょうか。
- ・この三次元データ作成が出来る画像の撮影方法を視野に入れて，カメラの開発，点に座標値の与え方，座標を持つ点の撮影の方法と計画，等を今後の開発に含めてはいかがでしょうか。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、システム化されたインフラマネジメントを構築でき、インフラの事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。(9人)

→交通規制の時間、回数を減らすことが可能。

→若い技術者にやる気をおこさせそうな技術である。

→人が行う詳細点検の前のスクリーニングとして活用できる。

(機体が見えない場所からでも操作できるとかなり有効)

→画像による調査を考えた場合(現在画像以外のセンサーが提案されていない)

点検員の目視同等の結果が得られると思われれます。

点検調査対象の多さを考えると、5年ごとの全数目視点検は困難と思われ、スクリーニング等による段階的調査が必要になると思われれます。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(8人)

→法規制等で利用の制約が多い。

→オペレータが容易に近づけない場所で、ドローンを目的の場所に到達させる機能。

→「桁端部や橋脚付近は目視とする」等、効率的な運用方法の確立。

→ロボットの飛行・点検状況から、飛行・点検時における優れた安定性を確認することができた。モニター画面によるロボット操縦および現場での画像処理などの面を改良すると有用な点検機器になることが期待される。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(0人)

8. その他(自由な意見を記入してください)

→この技術のメリットをどう活かすのか、もう一度考えていただき、点検調書作成ツールではなく、今の技術で不可能なことを可能にする方向で検討していただけると嬉しい。

→DID 地域内での飛行を緩和すべき。技術の拡大を阻害しているので。価格を下げるべき。

→本研究の完成度は非常に高いと思われる。

→将来的には全球カメラの精度が上がり、UAVで搭載・利用可能になると期待します。

→近接目視の代替えとしての扱いであれば、ひび割れ幅の自動検出や、はく離などの劣化も点検できると良い。

→①調査専用車両を使用し、車載発電機から電源を取るなど、周到な調査準備が行われている。

②ドローン機体の整備状態がよく、機体を含めた装置、機器の完成度が高い。

③スタッフの役割分担が明確であり、技術に対する理解度、作業の熟練度が高い。

④橋梁桁下は普段光量不足の箇所が多くあるため、天候不良や暗所にも調査できるように、補助光源として、LEDやカメラフラッシュなど搭載照明、投光器など外部照明を利用することが望ましい。

⑤光量不足の場合は、赤外線カメラと併用し、コンクリート表面の浮きや剥離の検出を検討してほしい。

⑥劣化程度が深刻になった構造物の調査においては、球殻との接触により、コンクリート表

面の水滴，エフロ，コンクリート破片などが落下するおそれがある。また，落下したものは機体装置に接触・付着するおそれがある。

- ⑦本日の技術に限りませんが，ドローン操縦者の訓練時間に関して，私たちの少ない経験では1日ではかなり不足すると感じます。さらに，例えばバッテリー10本を用意し，1日の練習時間は5分/回×10回でもせいぜい1時間程度，その上，バッテリーの充電時間は一般に数時間が要します。これらの理由から，ドローン調査は，機体の貸出ではなくサービスの提供を行う企業が多いようです。

(以上)