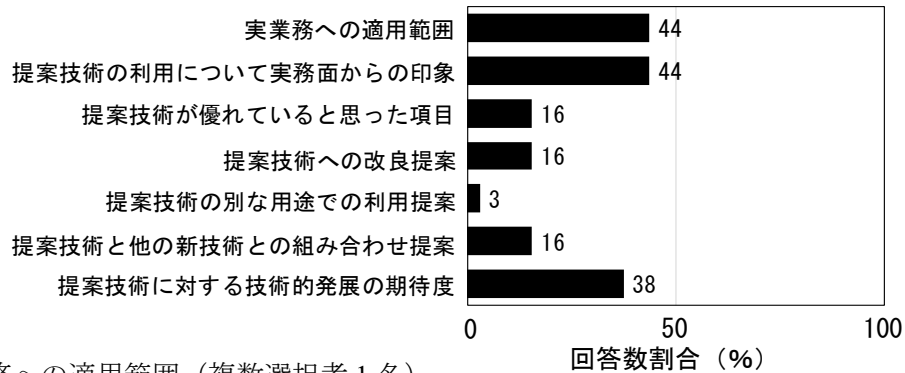


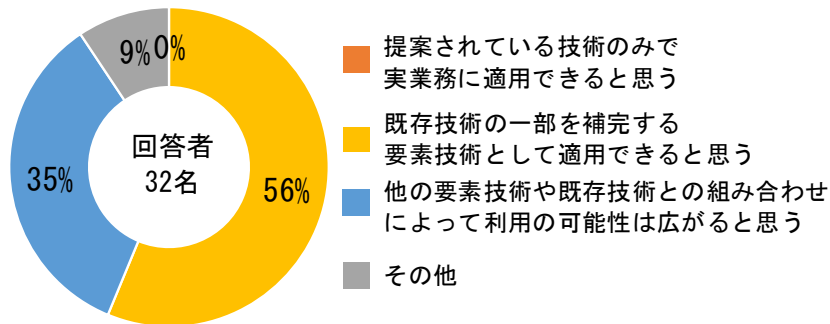
橋梁・トンネル打音点検飛行ロボットシステムの研究開発（西沢俊広）

1. 選択質問に対する回答

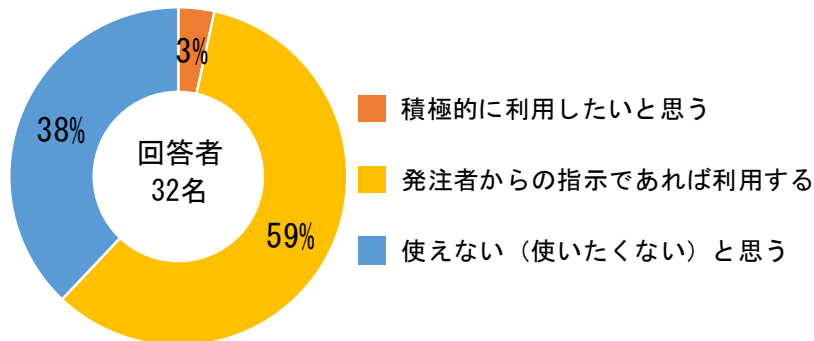
0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（回答者 32 名，複数選択）



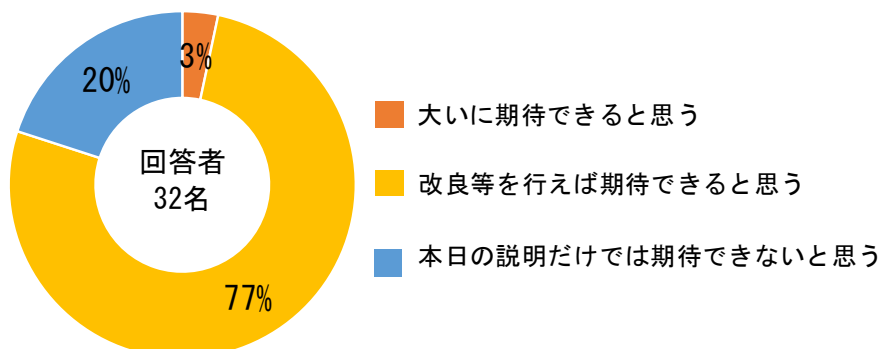
1. 実業務への適用範囲（複数選択者 1 名）



2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（複数選択者 0 名）



7. 提案技術に対する技術的発展の期待度（複数選択者 0 名）



2. 意見のまとめ

好 評 価	【利便性】 周辺機器による自動操作
	【利便性】 打撃ハンマーの打撃間隔が小さい
	【利便性】 TS を利用することで機体の簡単な操作の実現
	【システム】 打音の音声分析システム
	【システム】 タブレットによる操作
課 題	【ソフト】 自動飛行とプロポの併用
	【ソフト】 TS で視通しできない場所での点検
	【ハード】 点検構造物に近づく動きが遅い
	【ハード】 飛行姿勢の安定性
	【ハード】 橋梁床版下面の打音点検
	【運用】 有線での飛行のため樹木などの障害物対策
要 望	【利用提案】 山間部や、住宅密集地、河川等での現地踏査、被災時の緊急点検
	【改良提案】 高所の剥落危険部を落とす機能があればよい
	【改良提案】 会社などから現場の映像を確認できるように
	【改良提案】 径間毎にでも自動操縦で行えないか
	【他の新技術との組み合わせ】 計測できる機会はワンタイムと考えて打音点検+画像解析を同時にできるように

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験時）

平成 29 年 7 月 8 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

①橋梁・トンネル打音点検飛行ロボットシステムの研究開発

開発者：西沢俊広（日本電気株式会社）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（2017/4/12）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。
(27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。(10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。(2人)
- 未記入: (3人) [計: 32名]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）で表記する。

未記入は※とした。

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(14人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(1人) |
| 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象(13人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(5人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(5人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(12人) |
| 4. 提案技術への改良提案(5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。(0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。(18人)
- 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。(11人)
- その他 (3人)
 - 実物を見た印象として、ドローンによる打音検査は現場への適用は難しいように思われる。
 - 使用は限られた環境下だけになると思われる。
 - ⇒対象構造へ接触するまでの時間を短くできないか。
- 未記入 (2人)

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。(0人)
- 発注者からの指示であれば利用する。(17人)
 - 自動制御であるからなのか、点検構造物へ近づく動きが牛歩戦術的な印象を受けた。近

づくまでは手動操縦で、ほぼ近接した時点で自動制御としてはどうか？

逆に、TS、3D スキャナ、赤外線(?)と、色々な計測装置を付け過ぎている感じがあり、位置計測だけなら、TS2 台体制のみで済み、データ処理が早いのではないかと思う。

→水面上から高さのある橋脚を有する橋梁において、橋脚柱の点検に有効だと思われる。

ただし、天候面での制約が多く、既存技術と比較して時間がかかることが想定される。

→UAV を使用するためには、関係機関への事前の飛行計画の提出と承認が必要である。飛行ルート近縁の土地所有者に対して周知も必要と思われる。上記の手続と周知が必要なことから、請負からの提案ではなく、「発注者からの指示」の形の方が実施しやすい。

⇒この手法しか適用できない現場であれば提案する。代替案がある現場では、発注者からの指示があれば利用する。

⇒実用面での精度などについて、今回の説明だけでは不明な部分もあり、現段階では、実証試験をしながら実務するのはコスト的に厳しいと思われるので、発注者の指示であれば利用したい。今後、技術・規定等が確立していくと思うので、将来的には積極的に利用したい。

⇒橋梁点検は近接目視点検が原則であるため、どうしても近接目視が不可能で、発注者からの要望がないと利用は困難であると思われる。

⇒打音の感触が分からないので、信憑性が不確かだと感じた。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(10人)

→安定感がなく、天候に左右されやすい。

→風による影響が大きい。

→打音検査の調査範囲を広げる場合の、作業時間が不明である。

→トータルステーションの設置に手間がかかりそうである。

→弊社は材料系商社の立場であり、点検業務とはほぼ関わりがない。

→使えそうな部位・場所が限られる。

→ドローン技術全般に言えることだが、打音に関して言えば、できない部位も多数ある。

既存技術の補完として利用しても、一般には既存技術で不可能な箇所を補完できるような期待する。そのため、この技術でもダメな場合、更に新たな補完技術で点検を行わなければならないかもしれないため、時間や段取りが果たして上手くいくかどうか。

→TS で位置情報を取得する発想は良いと思うが、TS で視通しができない場所では点検できないと思う。

→効率が悪いように思えた。

⇒打音検査の評価方法が少し疑問。雨の日やコンクリート面がぬれているときはどうか。

□ 未記入 (5人)

3. 提案技術が優れていると思った項目

→オペレータによる無線操作ではなく、周辺機器により場所を捉えて自動飛行する機能。

→点検時間の短縮。

→打音点検の集音性能。音にフィルターをかけるなどの配慮。

- 高橋脚などの打音点検に優れる。
- 風がない状況では、打音が適切に行われていると思えた。
- 打撃ハンマーでの打撃間隔が早く、機体操縦次第では、短時間で広い面積の打撃検査を行えるのではないかと思う。
- 人でないため、ロープアクセスと比較すると安全である。
- 点検車両と比較して交通への影響が少ない。
- 打音を音声分析して聞かせているところ。
- 打音機の機構と打音データの解析技術が優れている。
- TS を利用することで機体の簡単な操作を実現している。
- 各務原大橋のように、下部工が水中にあるもの、水部が流水のもの、橋面下部から地表面までの高さが 8m を越えるところがあるもの等の、高所作業用車両の使用が困難なもの、作業足場の設営が困難なもの、等の作業員による点検作業が困難なものなどの状況の場合に、目視点検と打音点検を補助する仕組みとして優れていると思います。
- 本研究による UAV の使用目的は、打音点検のスクリーニングである。最終的な変状の有無の判断は作業員による打音点検の確認結果となっている。
- ⇒タブレットによる操作。
- ⇒仕組みが明快で分かりやすい。

4. 提案技術への改良提案

- 多少の強風であっても安定して打音できるように、飛行姿勢を安定させて欲しい。
- 打音場所を正確（ピンポイント）に指定したい。
- 橋脚の裏側に回りこめる等の点検範囲の拡大。
- 上面を叩く機能の追加。
- 人が近寄れない箇所の点検。
- 時間短縮（橋脚の裏側の点検）
- 小型化
- プロポも併用できるようにし、ある程度の位置までは手動で操作したほうが、作業効率が向上するのではないか。
- 岐阜県が整備している GIS に載る位置データで提供してほしい。岐阜県は県内全域の地図情報を統合した GIS システムを運用している。同 GIS にインフラメンテナンスの情報を載せることで、自治体を含めた関係者間で共有し、見える化ができると思う。また、同 GIS に載せることで、過去の点検データと現在の点検データの照合から、劣化の速度の変化や、異常及び変状の検出を明確にかつ容易にできると思う。
- ⇒損傷探知機能。
- ⇒打音調査範囲（コンクリート深さ）の明確化。
- ⇒防水・防滴性の向上。
- ⇒有線での飛行のため、河川敷では問題ないが、山間部が多い岐阜では、木の枝などを避ける機能が必要だと感じた。
- ⇒マッピングなどの位置情報の取得。

- ⇒調書作成の機械化。
- ⇒ディープランニングの精度の向上。
- ⇒風速 8m/s 目標とあるが、根拠を明確にして欲しい。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

- 山間部や、住宅密集地、河川等での現地踏査。被災時の緊急点検。
- ⇒高所の剥落危険部を落とす機能があればよいと思う。
- ⇒橋梁定期点検に使用するのではなく、緊急点検、詳細点検、補修設計前の損傷確認などであれば利用可能（費用面が問題）と思う。
- ⇒建築物への適用。

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
- 社内などから現場の映像を確認できる技術。
 - あまり詳しくないが、AE 法との併用。
 - ドローンが構造物に接している状態での姿勢制御技術は、他の開発技術の方が優れているように思う。
 - 写真撮影を行うために、カメラを載せかえる必要がある点が若干気になった。せつかくなので打撃状況を可視化（記録）できるようにした方が良いのではないかな？
 - 基本的に操縦者から見えない箇所で点検作業を行うことが目的なので、構造物を見て確認できることが重要では？
 - 3D スキャン等で構造物の形状を座標化して把握しながら、径間毎にでも自動操縦で行えないかな？
 - 打音解析の仕組みを、他の打音計測システムの研究と技術協働してはいかがか。
 - 打音の音響解析に至っていない研究があるので、それとコラボしては如何でしょうか。
 - RTK 測量技術との組み合わせ
 - ⇒壁面接触性に関して安定している。富士通のドローンと打音機を組み合わせではどうか？
 - ⇒高所部に剥落防止剤の塗布（スプレー式）が出来ると良い。

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。(1 人)
- 改良等を行えば期待できると思う。(23 人)
 - 点検時にリフト車が転倒するなどの大規模な事故が起こるリスクが軽減されると思った。
 - ドローン本体を有視界で運転できない箇所での点検への適用。
 - 目視不可範囲での飛行が可能になれば大いに期待できる。
 - 機体の軽量化。

- 耐風性を向上させて欲しい。
- 操作にかなりの熟練度が必要と思われる。
- 会社で臭気に関する分析に少し携わっているが、分析方法の中には化学的なものだけでなく、多人数の人間の五感（臭気に関しては臭覚）により統計をとるという方法が使用されることもある。この技術は、今までの点検の個人の技術と機械の技術の融合であり、今後の技術の進歩が非常に楽しみである。
- 打音部を構造物に接触させるための UAV 操縦技術に熟度が必要と思われる。UAV の操作に要求されるスキルを下げる飛行制御ソフトの開発と、平行して UAV 操作の操縦訓練スクールの開設が必要と考える。
- TS による UAV のポジショニングの説明が不明。TS で UAV の何を計測していたのか？ TS の基準の座標をどのように決めたのかが不明であった。また、大きな機体の UAV のどこを計測しているのか不明である。研究成果で説明されている位置計測が、今回のフィールド試験で、どのようにされているのか分からなかった。
- 現状の水平方向の打音点検がある程度可能になったと思われるので、次は上方向での打音点検が可能にする機構の開発を進めてはどうか。
- 岐大 SIP 実装で報告された UAV による打音機構の中で、本研究の打音機構が一番強い打音衝撃を持っていると思う。この機構を画像によるひび割れ検出に優位性がある他の研究に技術連携をしてはどうか。
- この研究は打音点検に特化した研究で開発が進められている。この研究の UAV は給電方式なのでペイロードは大きく飛行時間も長いので、他の画像解析で優位性のある研究のシステムを搭載して、打音点検+画像によるひび割れなどの変状点検機構を組み合わせるはどうか。
- ⇒耐風安定性および点検スピードの向上に期待する。
- ⇒悪天候での運用が安定して行えると実用性が出てくると思う。また、今回の説明だけでは分からなかったが、点検の時間や精度についてももう少し聞けると良かった。
- ⇒一日あたりどれくらいの面積を打音できるのかによる。

- 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(5人)
 - 桁橋など狭いところでの点検作業に不安を感じる。
 - 非 GPS 環境での位置計測についての説明が不十分で理解できなかった。
 - どこを目指しているのかが分からない。定期点検の代替なのか、打音点検の代替なのか？
 - 2段階点検に向けたスクリーニング手法は、ありえないと思う。
- 未記入 (3人)

8. その他（自由な意見を記入してください）

- 画像の補正作業や画像からの損傷の判別（解析）に、高度な技術が伴わなければ良いと思う。
- 打撃面に接触した後、その壁に吸い付くような固定方法が追加できないか？ さらに吸い付いたまま打撃面上での移動が出来るような装置が追加できないか？
- 音を加工（ロータ音の除去）しているとのことだが、果たしてどの程度の加工かが分からない

いため、使用に不安が残る。また、ハンマー部がセンサにより壁面と一定距離を保てるとの説明であったが、風により機体が安定せず、センサの反応からハンマー部が伸縮するまでのラグで壁面とハンマーの距離が本当に一定距離を保っているのか不安である。

→定期点検要領の損傷 26 項目をドローンでの点検調査で人が近接目視で行うのと同様以上の精度で a~e を特定できるもの、できないものを明確にすべき。

→良い条件のもとでフィールド試験が実施できたが、UAV 計測の困難さを再認識した。UAV を実用化するためには、(打音+画像)が必須と考える。

①当日の天候は変化がある気象条件であったが、我々が河川での計測で通常体感する気象条件であった。晴天と曇天が交互に出て、コントラストが強く出る状況であり、明部と暗部の違いで画像の記録に影響が出ていた。

前日の降雨の影響で水位は上昇し水面幅は拡大していた。橋脚部が完全に水部にあり、流速も早いので、UAV が墜落した場合の回収は困難である。

雨天から晴天への変化により風が全体的にやや強めに吹く。風速は河川の中央部では早く、堤防部では遅い。また地表部では遅く、2~3m上空から早い。対象部に UAV を近接するためには、操縦者のスキルに強く依存する。特に橋梁のような大きな構造物の付近は、風向と風速の変化が大きいため、UAV の飛行に大きな影響を与える。今回のフィールド試験で、離着陸付近とその上空部及び水面部では風速と風向が大きく異なるため P2 橋脚への打音試験を断念している。計測できる機会はワンタイムと考えて打音点検+画像解析を同時にする必要があると、再認識した。

②UAV による点検作業を行うためには飛行に関する諸手続と点検・計測の準備が必要である。

- ・ 諸手続の手間
- ・ 点検実施に必要な要員の配置。橋上、UAV の操作員、点検員、全体の安全監視員等の多くの人員が必要となる。

UAV による点検を、打音と画像に分けた場合は、天候の変化により打音か画像かの 1 つのみの点検になり、別の日程で再計測となってしまう。これは実務上非常に作業効率を下げることになるので、同時計測が必須と考える。

⇒作業スペースが必要であるため、昭和時代に建設された橋梁への適用は困難だと思う。

⇒UAV の機体性能の向上は目ざましいものがあるが、ソフト面の整備が必要だと思う。適用する範囲を明確にして、現在の定期点検要領に対象構造物、適用範囲などを明記できるようになれば、大いに期待できると思う。

⇒作業員の負荷とコスト低減に役立つ技術なので、期待している。

⇒全体的に言える事だが、樹木等の障害物があるのが一般的であり、障害物対策を考えて欲しい。また、橋面からの操作が多いと思うので、橋の下が見えない状態での操作を実施して欲しい。

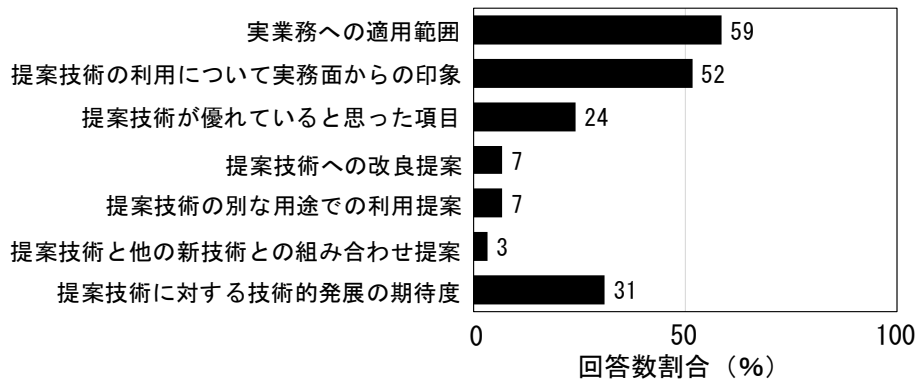
⇒コンクリート表面に剥落防止工や表面被覆工を施した箇所の剥離や浮きの点検では、パールハンマーで表面をこすって確認する方法で作業を行っており、そのような機能があるとよい。

⇒たたき点検の音(異音)の判別方法がわからない。周りとは違うところを拾う(異常とする)のは技術的判断ではない。キャリブレーションが必要なのではないかと。以上

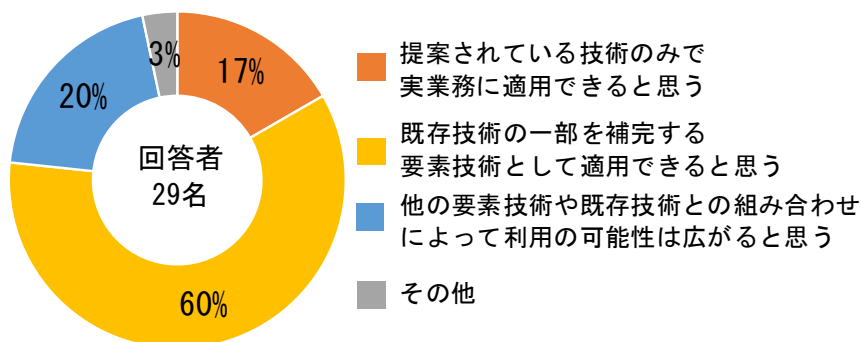
二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近近接画像を取得可能な橋梁点検支援 ロボットシステムの研究開発（沢崎直之）

1. 選択質問に対する回答

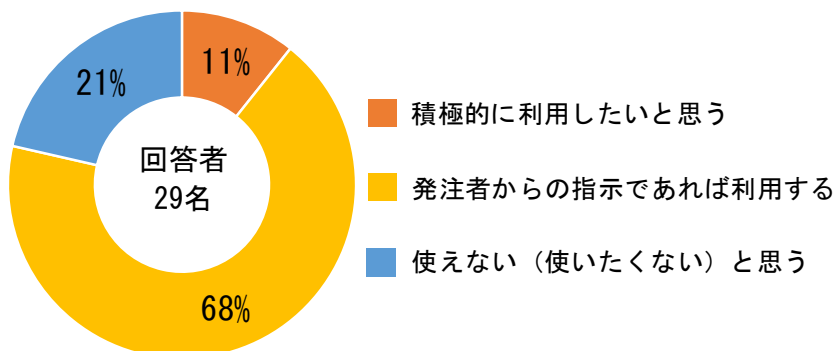
0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（回答者 29 名，複数選択）



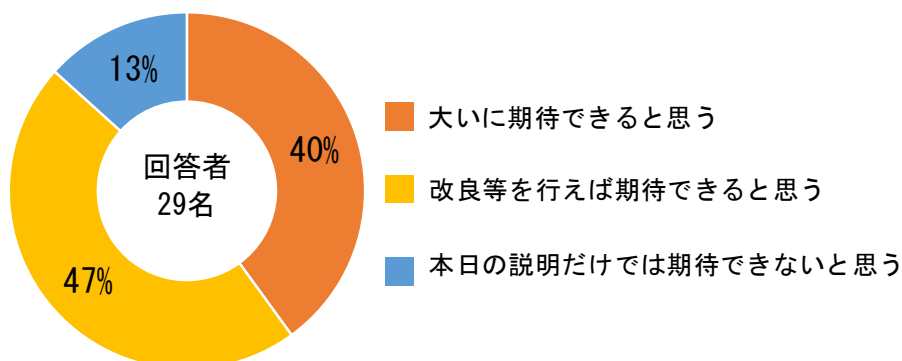
1. 実業務への適用範囲（複数選択者 1 名）



2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（複数選択者 1 名）



7. 提案技術に対する技術的発展の期待度（複数選択者 1 名）



2. 意見のまとめ

好 評 価	【利便性】点検を非常に短時間で行うことができる
	【利便性】点検調書が現場でほぼ作成できる点
	【利便性】車輪が大きいので、安定している
	【利便性】タブレットの活用により過去の点検結果が直ぐに確認できる点
	【システム】点検対象の近接画像を確実に取得することが期待できる
課 題	【ハード】使えそうな部材・場所が限られる
	【ハード】風の影響が大きく不安定である
	【ハード】目視で確認できない場所への操作
	【ハード】水平面の安定した動き
	【ハード】有線システムの為、山間部の多い岐阜で枝葉を上手く避ける工夫が必要
	【ハード】無線でを使用した場合の電池の使用時間が短い
要 望	【改良提案】打音検査機能
	【改良提案】写真からひび割れ幅の読み取り、損傷マップの作成
	【改良提案】壁高欄や防護柵の側面を橋軸方向に進める機能
	【改良提案】支承のまわりに土砂がある場合やボルトの緩み等の点検
	【他の新技術との組み合わせ】シュノーケルカメラや打音機構

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験時）

平成 29 年 7 月 8 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発

開発者：沢崎直之（富士通）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（H29.04.12）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。（17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。（10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。（2人）
- 未記入：（3人）[計：32人]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）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(17人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(2人) |
| 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象(15人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(1人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(7人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(9人) |
| 4. 提案技術への改良提案(2人) | 8. 未記入(3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。（5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。（18人）
- 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。（6人）
- その他（1人）
→実物を見た印象として、ドローンによる打音検査は現場への適用は難しいように思えた。
- 未記入（3人）

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。（3人）
→点検（撮影）操作状況を見る限りスムーズに飛行し、3台のカメラで一度に2～3mの幅を撮影するということが、点検が非常に短時間で行うことができ、点検業務として有効と思われた。
→二輪マルチコプタの運動・安定性能は良好であり、点検対象の近接画像を確実に取得す

ることが期待できる。

⇒ドローン使用が有効な部位・部材の点検を一部代替する点はいいと思う。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(19人)

→大規模橋梁に対して利用できる範囲は広いと思うが、部材が小さいような小規模橋梁には近接しづらい。

→機材の動きが一定でなくても、撮影データに影響（撮影方向の相違やデータの不足）が生じていないのか不明で、画像処理に手間がかかりそうであると感じた。

→発注者やコンサルへの高所箇所点検の提案は可能である。

→使えそうな部位・場所が限られる。

→打音ができないことから、既存技術との併用（+α）が必要と思われるため。

⇒対象物から一定距離を保つように人の操作に頼るところが多く、点検漏れなどが発生しそう。

→垂直面の点検には活用できると思う。

⇒高橋脚などの現場で提案する価値はある。代替案がある場合は発注者からの指示があれば利用できる。

⇒3D-CAD は魅力だが、それを使いやすくする制度改正が必要だと思う。一方向だけの移動だと、使える場所が限られると思う。

⇒ハイピアの側面点検に特化するのであれば利用できそう。

⇒今のところ、点検の実務については、補修・補強工事の現場状況確認程度になる。

⇒実用面での精度などについて、今回の説明だけでは不明な部分もあり、現段階では実証実験をしながら実務をするのはコスト的に厳しいと思われるので、発注者の指示であれば利用したい。今後、技術・規定等が確立していくと思うので、将来的には積極的に利用したいと思う。

→現行基準では点検の代替とならない。補修設計時の調査には使用できそうであるが、適切な積算がなされるかが不安で、持ち出しになりそう。

→もう少し小型化できれば、適用可能な箇所が広がると思う。

→車輪が大きいので、安定している。横方向の移動に更なる工夫を期待する。

→ドローン全般に言えることだが風の影響が大きく不安定である。

→UAV を使用するためには、関係機関への事前の飛行計画の提出と承認、飛行ルート近縁の土地所有者に対して周知が必要と考える。これらのことから請負からの提案ではなく、「発注者からの指示」の形の方が実施しやすいと考える。

⇒橋梁点検は近接目視が原則であるため、発注者からの要望がないと利用が困難であると思う。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(6人)

→風による影響が大きいと思ったから。

⇒飛行ロボットの機動性の向上が必要と感じた。下部工に対して有効な技術と感じたが、エッジ付近の情報収集が容易に行えるのかということと、飛行ロボットのサイズが大きくなったので上部工への適用性が気になった。

⇒1 次スクリーニングとしては使用が可能であると考えますが、飛行安定性に不安が残ること。河川内での作業が不可能なこと。

→効率が悪いように思えた。

⇒高いところで風速 5m/s 以上など普通にあるのではないのか。

□ 未記入 (5 人)

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

→大きな車輪を構造物に接触させているので、機体が安定した距離で撮影できる。

→大きい車輪を付けているので、垂直・天井面等の平面的な箇所であれば、測定し易いと感じた。

→一定距離を確保して撮影するという方法は、後のデータ処理（写真ラップ縮尺の統一性）がスムーズに行えると思う。

→ロープアクセスに比べて安全。橋梁点検車両に比べて、交通への影響がない。

⇒1 次スクリーニングとして考えると、高所に簡単にアクセス出来る。

⇒点検足場が不要。

⇒寸法が既知の車輪を写し込むことで、ひび割れの寸法を測定できる。

⇒二輪式であるため、衝突や墜落に対する安全性が向上する。調査部位や範囲によって機体サイズを選択することで、調査効率がよい。車輪被覆材料の工夫により、風や表面不陸に対する安定性がよい。

⇒3D-CAD が使える。有線による電源供給。逆に、電池だと使用時間 10 分と短く感じる。風に強そう。

⇒UAV による近接目視ができるため、大掛かりな点検車などの必要がなくなることが優れている。

→大型二輪のため、移動が早い。

→点検調査が現場でほぼ作成できる点。タブレットの活用により過去の点検結果が直ぐに確認できる点。

→各務原大橋のような場合に、目視点検と打音点検を補助する仕組みとして優れていると思う。大型及び小型のラインナップにより、橋の構造で使用する UAV の選択により画像撮影可能範囲が広がったこと。

⇒ターゲットが分かりやすく、明確である。

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

→写真からひび割れ幅の読み取り、損傷マップの作成。

→壁高欄や防護柵の側面を橋軸方向に進める機能。

→風が多少あっても、安定した動き。

→適用できる範囲の拡大。

- 打音機能の追加。
- 水平面の動きが不安定と思われる。車輪が大きすぎないか。
- ⇒狭隘部への接近方法に改良が必要。
- ⇒有線であるが、川のなかにケーブルを垂らしてしまうと、流されてしまうのではないか。橋の上から、うまく操作する方法が欲しい。
- ⇒動きの速さで広範囲の点検で時間短縮が可能だと思う。
- ⇒機体の横移動時の姿勢調整操作性の向上、それに伴う時間のロスの低減。給電・通信ケーブルの重量軽減。
- 点検、調書作成に係る作業メニューとその費用、および具体的な点検、調書作成例を示してほしい。
- ⇒無線で使用した場合の、電池の使用時間が延びれば汎用性は向上すると思う。
- ⇒有線システムの為、山間部の多い岐阜で枝葉を上手く避ける工夫が必要だと思う。
- ⇒点検手法が点検マニュアル等の法基準の遵守事項となるような対策ができるかよと考える。検査の自動化はできないか。マッピング等の位置情報の取得はできないか。
- ⇒目視で確認できない場所への操作。例えば、橋面上に居ながら桁下の調査をする場合の機能。
- 小型化。
- 岐阜県が整備している GIS に載る位置データで提供してほしい。同 GIS にインフラメンテナンスの情報を載せることで、自治体を含めた関係者間で共有し見える化ができることや過去の点検データと現在の点検データの照合から、劣化の速度の変化や、異常及び変状の検出を明確にかつ容易に出来るかと思う。
- ⇒最大風速 5m/s では使えないと思う。雨天時 NG では使えないと思う。

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

- トンネルやカルバート、および建物外壁などの点検にも活用できる。
- 山間部や住宅密集地、河川等での現地踏査。被災時の緊急点検。
- ⇒表面改質剤の散布。ドローンにエアホースを設置して、支承周りの清掃。高層ビルのガラス窓ふき。
- ⇒防水防滴性の向上。
- ダム、モルタル吹き付け面、法枠等、大型構造物や法面構造物のスクリーニング調査。
- 環境測定において、高さのある煙突から排ガスを採取・測定があるが、このようなものにも活かせないかと思う。
- ⇒橋脚定期点検で使用するのではなく、緊急点検、詳細調査、補修設計前の損傷確認などであれば利用可能（費用面が問題）と思った。

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

- 社内などから現場の映像を確認できる技術。

- 鉄筋探査機の搭載。
- 同じ位置で留まるときの姿勢制御は、他の開発技術のほうが優れていると思う。
- 打音検査機能。
- ⇒検査面との定距離制御を活かして塗装が出来るかもと感じた。
- デンソーが開発されたシュノーケルカメラの装着
 - 全天球カメラ+シュノーケルアダプターを搭載することで、本研究の特徴的な二輪構造により近接しにくい箇所の画像撮影が可能になると考える。
 - 小型タイプも、前述の別機構の装着により、画像撮影箇所が広がることで、スクリーニングの目的でも、点検員が目視確認する作業が軽減できると考える。
- NECが開発した打音機構を搭載することで、ワンフライトで打音+画像の計測が可能になる。搭載する打音機構は、今回説明があった NEC の機構が、二輪マルチに載せやすいように思える。

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。(12人)

- 小型機材の開発も進められているため。
- タイヤがついている為、躯体と接触すればある程度一定距離を撮影できるので使い易いと感じた。ただ風が5m以下との記載があるので、風対策で改良を願いたい。
- 橋脚(垂直面)、床版下面(水平面)を共に観測できる機構で、広い範囲での活用が見込めることができると思う。
- 機体が大きいため適用できる橋梁、点検部位が制限されるが、適用範囲内では効率的に詳細な点検画像が取得できるので将来的には近接目視の代替となることが期待できる。
- ⇒形状取得の機能性は高いと思う。また、スクリーニングには、役立つと思う。
- ⇒ハイピアに特化すれば有線の長さまでの高さで利用可能と感じた。
- 大きな面を効率的にスクリーニング調査するのに適していると思う。
- ⇒UAVの機体性能の向上は目覚ましいものがあるが、ソフト面の整備が必要だと思う、適用する範囲を明確にして、現在の定期点検要領に対象構造物、適用範囲などを明記できるようになれば、大いに期待できるようになると思う。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(14人)

- 点検時にリフト車が転倒するなどの大規模な事故が起こるリスクは軽減されると思う。
- 適用範囲の拡大。自動化。ドローン本体を有視界で運転できない箇所での点検。
- 打音機能を追加するとより期待できる。打診棒の先を取り付けることも可能ではないか。
- ⇒飛行安定性と駆動時間、作業スピードの改善が必須だと考える。
- 水平面の安定した動き。
- ⇒有線であるが、川のなかにケーブルを垂らしてしまうと、流されてしまうのではないか。

橋の上から、うまく操作する方法が欲しい。

⇒人間による近接目視が軽減され、複数人での状況確認も出来ると思うため大いに期待できると思う。今後、橋梁のすべての箇所に入り込んだ撮影が出来ると、人間による点検の補助ではなく、すべてをまかなえるようになることを期待する。

→車輪の直径が大きすぎて、支承高が低い場合に見られない箇所が発生しそう。もう少し直径を小さくできないか。

→大型・小型の組み合わせにより、適用範囲が広がると思う。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(4人)

→使用の前提条件が多いため、このままでは期待できないと考える。現状の近接画像の撮影はある程度可能になったと思われるので、次は打音点検が可能にする機構の開発を進めてはどうか。岐大 SIP 実装で報告された UAV による打音機構の中で、本日説明いただいた NEC の打音機構が一番強い打音衝撃を持っていると思う。この機構と技術連携してはどうか。この研究の UAV は給電方式なのでペイロードは大きく飛行時間も長いので、打音点検+画像によるひび割れなどの変状点検機構を組み合わせはどうか。

⇒支承を見るというのはすごくいいと思ったが、

- ・沓モルタルや台座のたたき点検は？
- ・支承のまわりに土砂があったら？
- ・ボルトの緩みは？

改良の余地があればぜひ取り組んでほしい。

□ 未記入 (3人)

8. その他 (自由な意見を記入してください)

→画像の補正作業や画像からの損傷判別 (解析) に、高度な技術が伴わなければ良い。

→撮影は非常にスムーズに行えると思うが、撮影を動画で行うために、いかに人間の手を借りずに静止画への変換処理ができるようになるかが、点検作業の効率アップに繋がると思う。動画撮影の位置情報とキャプチャー処理の効率化に期待したい。

⇒樹木等の障害物があるのが一般的であるため、障害物対策を考えて欲しいと思う。また、橋面からの操作が多いと思う。橋の下が見えない状態での操作を実施して欲しいと思う。車輪で安定させるタイプなので打音ではなく、転がして空隙を見つけるタイプの装置の方が良さそうに感じる。

→さらに小型化し、様々な部材が入り組んだ空間内も自由に移動が可能になればと思う。別の技術との組み合わせになってしまうが、調査面に取り付くまではドローンで、取り付いた後は別駆動に切り替えることで、風の影響を受けずに調査できればよい。

→本日は良い条件のもとでフィールド試験が実施できたが、UAV 計測の困難さを再認識した。UAV を実用化するためには、(打音+画像) が必須と考える。

- ①当日の天候は変化がある気象条件であったが、我々が河川での計測で、通常体感するような気象条件であり、晴天と曇天が交互に出て、コントラストが強く出る状況であり、明部と暗部の違いで画像の記録に影響が出ていた。

前日の降雨の影響で水位は上昇し水面幅は拡大していた。橋脚部が完全に水部にあり、流速も早いので、UAV が墜落した場合の回収は困難である。

雨天から晴天への変化により風が全体的にやや強めに吹く。風速は河川の中央部では早く、堤防部では遅い。また地表部では遅く、2～3m上空から早い。対象部に UAV を近接するためには、操縦者のスキルに強く依存する。特に橋梁のような大きな構造物の付近は、風向と風速の変化が大きいため、UAV の飛行に大きな影響を与える。今回のフィールド試験で、離着陸付近とその上空部及び水面部では風速と風向が大きく異なるため P2 橋脚への試験は行われていない。計測できる機会はワンタイムと考えて打音点検+画像解析を同時にする必要があると再認識した。

②UAV による点検作業を行うためには飛行に関する諸手続と点検・計測の準備が必要である。

- ・ 諸手続の手間
- ・ 点検実施に必要な要員の配置。橋上、UAV の操作員、点検員、全体の安全監視員等の多くの人員が必要となる。

UAV による点検を、打音と画像に分けた場合は、天候の変化により打音か画像かの 1 つのみの点検になり、別の日程で再計測となってしまう。これは実務上非常に作業効率を下げることになるので、同時計測が必須と考える。

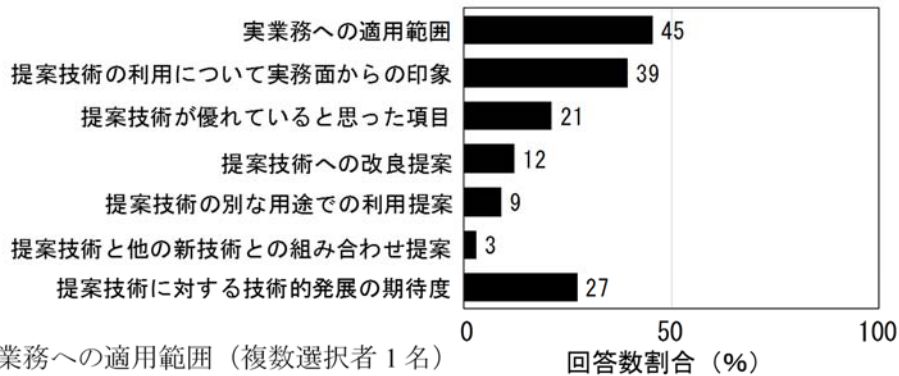
以上

近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発

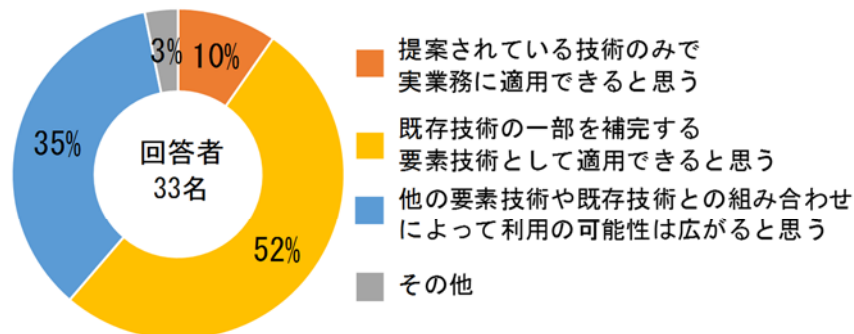
(和田秀樹)

1. 選択質問に対する回答

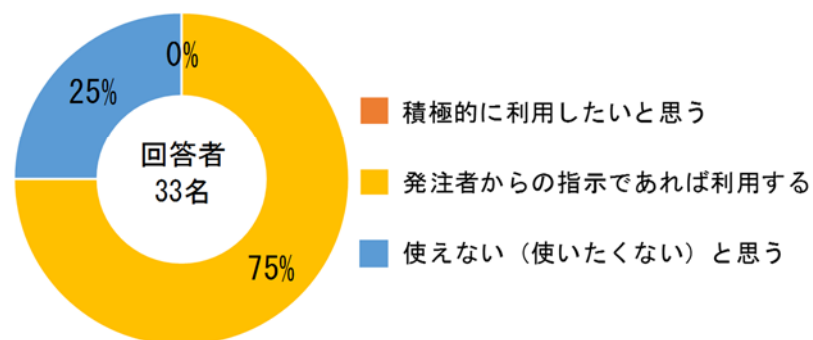
0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（回答者 33 名，複数選択）



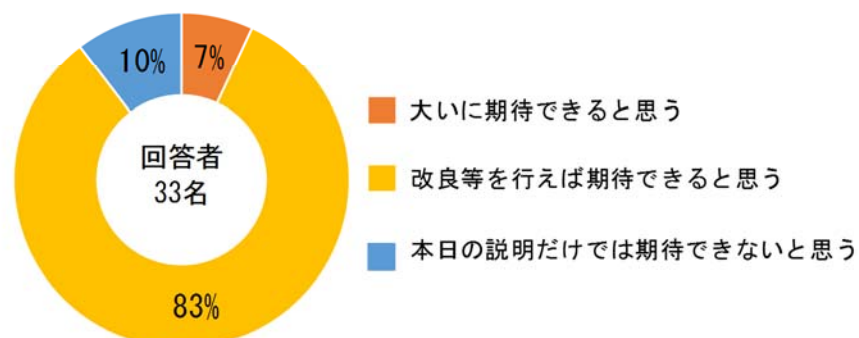
1. 実業務への適用範囲（複数選択者 1 名）



2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（複数選択者 0 名）



7. 提案技術に対する技術的発展の期待度（複数選択者 0 名）



2. 意見のまとめ

好評価	【ハード】 UAV で打音検査が可能な点
	【ハード】 駆動車輪搭載により安定した飛行，走行性能を確保。近接画像の取得および打音検査を実現
	【ハード】 安定した距離での撮影，等間隔・一定の打撃力で打音することが可能である点
	【ハード】 打音点検範囲が広く，音を信号（波）で拾う技術に長けている
	【利便性】 大掛かりな点検車等の必要がなく，ロープアクセスと比べても安全
課題	【ハード】 風による影響が大きく，風に対する安定性に不安
	【ハード】 UAV のサイズが大きく，適用範囲が限られる
	【ハード】 打音機構の配置位置が中央であり，狭所や端部での打撃が行えない
	【ハード】 打音ハンマー，集音マイクの信憑性が問われる
	【ハード】 機能的には優れているが，ドローン本体の強度，耐久性に不安がある
	【ハード】 風による影響が大きく，風に対する安定性に不安
要望	【改良提案】 UAV を目視できない箇所での操作性の向上
	【改良提案】 隅角部の打音点検の方法確立
	【改良提案】 山間部での枝葉落下防止の網等，障害物への対策
	【改良提案】 風に対する安定性の向上
	【改良提案】 調査部位や範囲にしたがって機体サイズを選択したい

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験時）

平成 29 年 7 月 8 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発**開発者：和田秀樹（新日本非破壊検査株式会社）**

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（2017/4/12）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。（18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。（8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。（3人）
- 未記入：（4人）[計：33名]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）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(15人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(3人) |
| 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象(13人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(1人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(7人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(9人) |
| 4. 提案技術への改良提案(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。（3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。（17人）
- 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。（10人）
- その他（1人）
→実物を見た印象として、ドローンによる打音検査は現場への適用は難しいように思えた。
- 未記入（3人）

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。（0人）
- 発注者からの指示であれば利用する。（21人）
→小規模施設での利用が難しいと感じたため。
→弊社は材料系商社の立場である為、点検業務とはほぼ関わりがないが、発注者やコンサルにも営業に行くので、高所箇所点検の提案は可能である。
→使えそうな部位・場所が限られるため。
→打音不可範囲があることから、既存技術との併用（+α）が必要と思われるため。
→水平面で起伏の少ない場所で活用できる。

- 機能的には優れているが、ドローン本体の強度、耐久性に不安がある。
- 現在のドローン機体はプロトタイプ的であり、実用性を向上させる必要がある。
- 現行基準では点検の代替えとならない。
- 補修設計時の調査には使用できそうであるが、適切な積算がなされるかが不安で、持ち出しになりそう。
- 実際にピストンが打撃している箇所が限定されているため、すべての面に対応できない。
- 車輪が小さいが為のデメリットが勝っていたように感じた。
- 横移動が苦手と感じた。
- 打音ハンマー、収音マイクの信憑性が問われる。
- UAV を使用するためには、関係機関への事前の飛行計画の提出と承認が必要。
 - ・飛行ルート近縁の土地所有者に対して周知も必要と考える。
 - ・上記の手続と周知が必要なことから、請負からの提案ではなく、「発注者からの指示」の形の方が実施しやすいと考える。
- ⇒橋梁点検は近接目視点検が原則であるため、どうしても近接目視が不可能で、発注者からの要望がないと利用が困難であると思う。
- ⇒対象物から一定距離を保てるが人の操作に頼るところが多く、点検漏れなど発生しそう。
- ⇒既存の技術に代わって積極的に提案できる場合が少ないと思う。
- ⇒ハイスペックで、実業務に適用できる気がするが、コストが気になる。
- ⇒バブル期には曲面を採用した橋梁構造があったり、傾斜を付けていたりする構造も多いので、多少の変形には対応できるような工夫が必要と感じた。
- ⇒今のところ、点検の実務については、補修・補強工事の現場状況確認程度になる。
- ⇒実用面での精度などについて、今回の説明だけでは不明な部分もあり、現段階では、実証実験をしながら実務をするのはコスト的に厳しいと思われるので、発注者の指示であれば利用したい。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（7人）

- 風による影響が大きいと思ったから。
- 打撃機構がドローン中心部に配置されており、ドローンの機体カバーが大きいため、狭所や端部での打撃確認が行えない。
- （どこかのお掃除ロボットのように）三角形に配置するとか、フレーム四つ角に打撃機構を配置できれば、端部も打撃できるのではないか。4つのマイクがそれぞれ独立して音声解析をしているので、離して配置しても良いかと思う。
- 効率が悪いように思えた。
- ⇒飛行ロボットの機動性の向上が必要と感じた。
- ⇒飛行ロボットのサイズが大きくなったので、適用性が気になった。（2人）
- ⇒飛行安定性に不安が残ること。
- ⇒河川内での作業が不可能なこと。

□ 未記入（5人）

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
- UAV で打音検査が可能な点。(5人)
 - 飛行が一番安定していると思った。
 - 駆動車輪搭載により安定した飛行、走行性能を確保し、その結果、近接画像の取得および打音検査を実現している。
 - 車輪を構造物に接触させている為、機体が安定している。(2人)
 - 有線飛行で、距離の制限があるものの、音声解析が即座に実施でき、異常が確認されれば直ぐに再確認が取れることは、現場点検においては非常に有益であると思う。
 - 安定した距離での撮影、等間隔・一定の打撃力で打音すること。(2人)
 - 打音解析技術も優れている。(2人)
 - 広い範囲で打音調査が行える。
 - タイヤ機動で、打撃システムが4箇所ついているので、点検速度が早そうである。
 - ドローンのプロペラは揚力だけの利用に限定し、近接状態での移動に駆動輪を利用している。
 - ロープアクセスに比べて、人ではないから、安全である。
 - 点検車両に比べて交通影響がない。
 - 水平面での安定した動作と打音機能。
 - 機能が分かりやすい。
 - 操作不能となった場合の安全性に配慮がされている。
 - 位置情報の確実性。
 - 打音検査で4連ピストン式は、点検効率が良いと思う。
 - 他の技術と比べ打音点検の範囲の広さ、音を信号(波)でひろう技術。ただし、マイク等の不具合等が不安である。
 - 各務原大橋のように、水の流れが速い河川内にある下部工や、橋面から桁下の地表面までの高さが8mを越えるような下部工等で、高所作業用車両の使用が困難な場所、作業足場の設営が困難な場所等の、技術者による点検作業が困難などの状況で、目視点検と打音点検を補助する仕組みとして優れていると思うが、現状機能は以下のような課題がある。
 - ①本研究によるUAVの使用目的は、打音点検のスクリーニングと画像であるが、フィールド試験では画像の解析結果をリアルタイムで提示するまでには至っていない。
 - ②最終的な変状の有無の判断は、点検員による打音点検及び目視の確認が必要である。
 - 壁面を走行させることで、所定のルートや場所を辿らせやすそう
 - ⇒1次スクリーニングとして考えると、高所に簡単にアクセスできる点。
 - ⇒構造物によっては、近接目視点検に必要な足場が不要となる可能性がある。
 - ⇒打音点検も可能であることにより、正確に損傷の検出が期待できる。
 - ⇒ひび割れや空洞の検出精度が高い。
 - ⇒UAVによる近接目視、打音点検ができるため、大掛かりな点検車などの必要がなくなることが優れていると思う。

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

→風に対する安定性の向上（4人）

→UAVを目視できない箇所での操作性の向上（例えば橋面上から桁下を調査する場合等）（3名）

→橋面上の人員を無くすことはできないか。歩道のない橋も多い、橋の下等ではダメか。（2人）

→ひび割れ幅測定、損傷マップ作成。

→UAV本体がある程度の大きさのため、大断面であれば良いが、T桁等になると進入できないのではないか。

→垂直面への適用、水平面以外での利用、垂直面での安定した動作（5人）

→うきのたたき落としと、防錆スプレーの噴射。

→ハードの改良を進めて実用性を高めてほしい。

→ピストン配置の自由度。

→岐阜県が整備しているGISに載る位置データで提供してほしい。岐阜県では、県内全域の地図情報を統合したGISシステムを運用している。このGISにインフラメンテナンスの情報を載せることで、自治体を含めた関係者間で共有し、見える化ができると考える。また、このGISに載せることで、過去の点検データと現在の点検データの照合から、劣化の速度の変化や、異常及び変状の検出を明確にかつ容易にできると考える。

⇒ディープランニングの精度の向上。

⇒隅角部の打音点検の方法確立。

⇒調査部位や範囲にしたがって機体サイズを選択すると使いやすい。

⇒防水防滴性の向上。

⇒有線で操作者が橋梁の下だと、結局、適用できる範囲が限られてしまい、コストパフォーマンスも低いと感じる。

⇒山間部での枝葉に落下防止の綱が障害になると感じた。

⇒点検手法が点検マニュアル等の法基準の遵守事項となるような対策ができるとよい。

⇒検査の自動化。

⇒調書作成の機械化。

⇒マッピング等の位置情報の取得。

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

→トンネル点検。

→山間部や住宅密集地、河川等での現地踏査。

→被災時の緊急点検。

→弊社ではAcoustic Emission技術を活用した診断評価を行っている。理論上、AE技術では交通雑音等にとらわれず、評価を行える。AEではセンサーを壁面等に密着させなければ計測できないが、このようなものと共同・合作ができれば面白いと思う。

→走行機能を活用して建築物や大型ガスタンクの点検等にも利用できるのではないか。

⇒橋梁定期点検で使用するのではなく、緊急点検、詳細調査、補修設計前の損傷確認などであれば利用可能（費用面が問題）と思った。

⇒橋梁以外の構造物や建築物

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

→社内などから現場の情報を確認できる技術。

→A E法との組み合わせ。

→鉄筋探査機の搭載

→打音検査の装置は、他の開発技術のほうが優れていると思う。

→垂直面にも車輪と打音機能があると良い。

→シュノーケルカメラ（デンソーUAVの機能）の装着。全天球カメラ+シュノーケルアダプターを搭載することで、本研究の特徴的なUAV構造により近接しにくい箇所画像撮影箇所が広がると考える。

⇒剥離部の叩き落とし機能

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。(2人)

⇒UAVの機体性能の向上は目ざましいものがあるが、ソフト面の整備が必要だと思う。適用する範囲を明確にして、現在の定期点検要領に対象構造物、適用範囲などを明記できるようにすれば、大いに期待できると思う。

⇒張出床版の点検が可能であるため。

改良等を行えば期待できると思う。(24人)

→点検時にリフト車が転倒するなどの大規模なリスクは軽減される。

→小型化、コンパクト化が必須と思う。(4人)

→風でも安定して稼働できるように、飛行安定性を確保する。(4人)

→端部の打音も可能なように改善する。

→水平面以外（側面）でも利用できるように改善する。(2人)

→有視界でコントロールできない場所での点検が可能にする。

→浮きのたたき落としができれば、より期待できる。

→機体構造をもう少し頑丈なものにする必要あり。

→駆動輪搭載による安定した飛行、走行性能を有し、高品質の画像と打音データが取得できるなど基本性能に優れている。しかし、現段階では機体の実用性に不安があり、今後機体の強度、耐久性の向上を進めてほしい。

→ピストンの配置について、平面的な自由度だけでなく、上下位置についても自由度を広げ、色々な構造物の形状に対応ができればと思う。

- 躯体に接触してからの移動に改良を期待する。
- ⇒ 作業スピードの改善
- ⇒ 改良を行い実用レベルで使えるようになれば、大いに期待できると思う。
- ⇒ 今後は、既存の人間による点検の補完ではなく、とって変われる技術として改良を行って頂けるとありがたい。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(3人)

→ どこを目指しているのかが分からない。今の「定期点検」の代替なのか、打音点検のみの代替なのか、2段階点検に向けたスクリーニング手法なのか(3つ目に関してはあり得ないと思うが)。

→ 使用の前提条件が多いため、このままでは期待できないと考える。岐大 SIP 実装で報告された UAV による打音機構の中で、本日ご説明いただいた NEC の打音機構が一番強い打音衝撃を持っていると思う。この機構と技術連携をしては如何か。また、本研究の UAV は給電方式なのでペイロードは大きく飛行時間も長いので、打音点検+画像によるひび割れなどの変状点検機構を組み合わせるかどうか。

□ 未記入(4人)

8. その他(自由な意見を記入してください)

→ 定期点検要領の損傷 26 項目を、ドローンでの点検調査によって技術者が近接目視で行うのと同様以上の精度で a~e 判定をできる項目とできない項目を明確にすべきである。

→ ドローンでも同等にできることと、ドローンでしかできないことに特化したらどうか。点検要領の改訂につながるのではないか。

→ 垂直面に対応できないと利用価値が低い。

→ 画像の補整作業や画像からの損傷の判別(解析)に、高度な技術が伴わなければよいと思う。

→ 車輪をクローラ型にし、クローラ幅内にピストンが配置できれば、叩きたい場所に走行ラインを合わせやすいことや、ドローン部とクローラ部との配置組み合わせによって、対応できる構造物の形状のバリエーションが広がるのではないかと思う。

→ 本日は良い条件のもとでフィールド試験が実施できたが、UAV 計測の困難さを再認識した。UAV を実用化するためには、(打音+画像)が必須と考える。

① 当日の天候は変化がある気象条件であったが、我々が河川での計測で、通常体感する気象条件であり、晴天と曇天が交互に出て、コントラストが強く出る状況であり、明部と暗部の違いで画像の記録に影響が出ていた。

前日の降雨の影響で水位は上昇し水面幅は拡大していた。橋脚部が完全に水部にあり、流速も早いので、UAV が墜落した場合の回収は困難である。

雨天から晴天への変化により風が全体的にやや強めに吹く。風速は河川の中央部では早く、堤防部では遅い。また地表部では遅く、2~3m 上空から早い。対象部に UAV を近接するためには、操縦者のスキルに強く依存する。特に橋梁のような大きな構造物の付近は、風向と風速の変化が大きいため、UAV の飛行に大きな影響を与える。今回のフィールド試験で、離着陸付近とその上空部及び水面部では風速と風向が大きく異なるため P2 橋脚への

試験を回避した技術もあった。計測できる機会はワンタイムと考えて打音点検+画像解析を同時にする必要があると、再認識した。

②UAVによる点検作業を行うためには飛行に関する諸手続と点検・計測の準備が必要である。

- ・諸手続の手間
- ・点検実施に必要な要員の配置。橋上，UAVの操作員，点検員，全体の安全監視員等の多くの人員が必要となる。

UAVによる点検を，打音と画像に分けた場合は，天候の変化により打音か画像かの1つのみの点検になり，別の日程で再計測となってしまう。これは実務上非常に作業効率を下げることになるので，同時計測ができる本研究は有効性が高いと考える。

⇒道路法による5年に一度の近接目視点検にドローン等の活用が認められることが前提となる。

⇒全体に言える事だが，樹木等の障害物があるのが一般的。障害物対策を考えて欲しい。

⇒橋面からの操作が多いと思う。橋の下が見えない状態での操作を実施して欲しい。

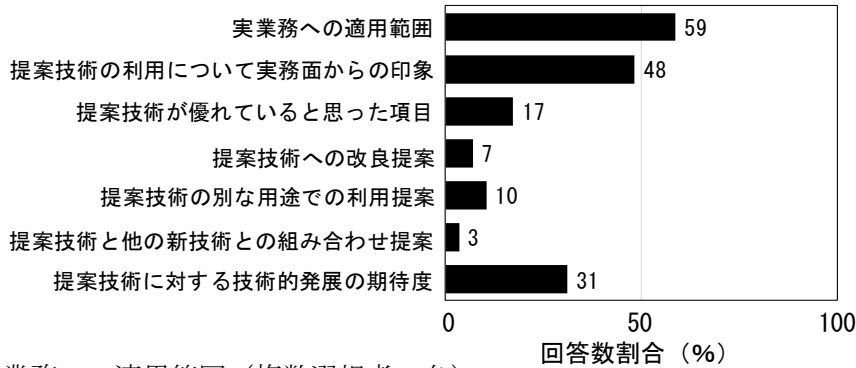
⇒車輪で安定させるタイプなので，打音ではなく，転がして空隙を見つけるタイプの装置の方が良さそうに感じる。

以上

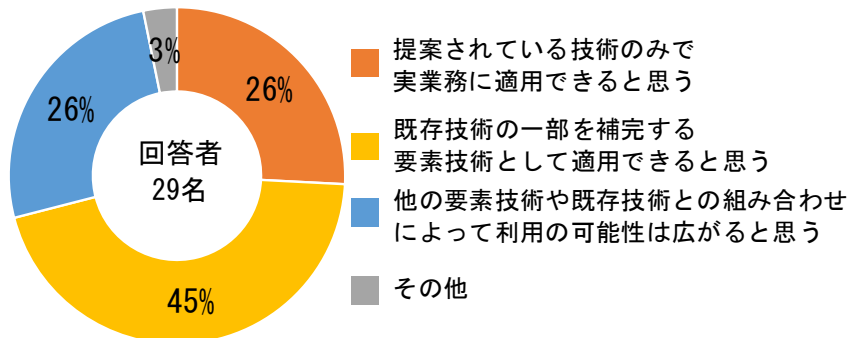
橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生（藤原保久）

1. 選択質問に対する回答

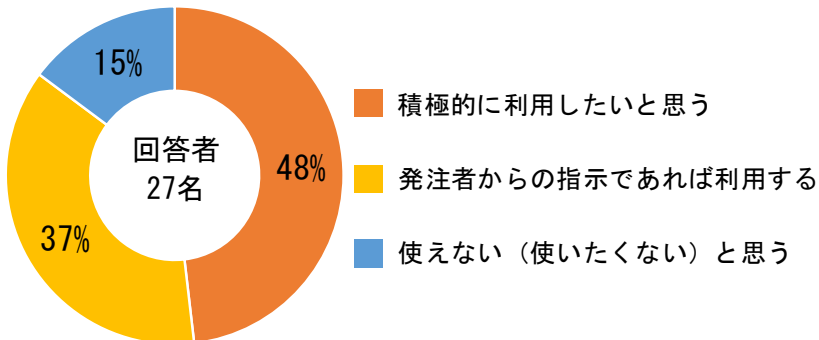
0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（回答者 29 名，複数選択）



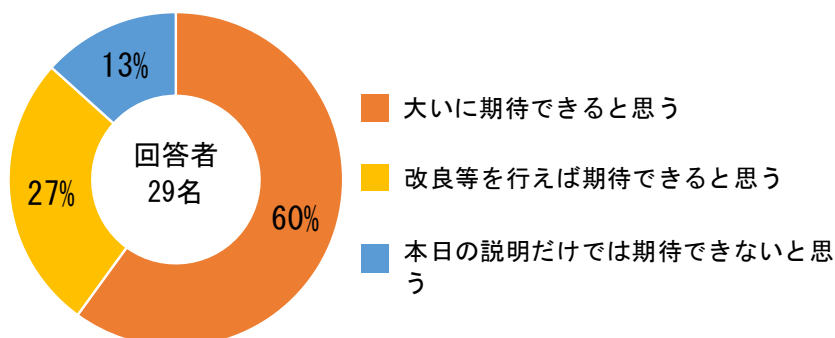
1. 実業務への適用範囲（複数選択者 2 名）



2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（複数選択者 0 名）



3. 提案技術に対する技術的発展の期待度（複数選択者 1 名）



2. 意見のまとめ

好評価	【ハード】簡便なシステム，アクセス困難な部位の劣化進行のモニタリングに利用可能
	【ハード】点検観測によるひび割れ進行の可視化ができる点
	【ハード】ドローンに比べ気象条件に対する優位性，安定性（撮影等）
	【ハード】近接と全景の写真撮影が容易にでき，同じ場所での情報が対比できる事
	【利便性】熟練操作者等が必要ないので便利
	【利便性】タブレット操作が可能
課題	【ハード】打音できないため，既存技術との併用（+α）が必要
	【ハード】点検の実務については，補修・補強工事の現場状況確認程度
	【ハード】強風時に揺れが大きいため剛性の確保
	【ハード】点検箇所範囲が広い場合，スピードアップが必要
	【ハード】現状では障害物があると使用できない
	【制度】点検手法が点検マニュアル等の基準の遵守事項となるような対策
要望	【改良提案】軽量化
	【改良提案】低価格でオープン販売に期待
	【改良提案】補修補強後の効果の検証
	【改良提案】360度全周カメラの搭載による狭隘部の撮影
	【使用法提案】水（漏水など）の状況や塗装，塗膜の状況を定量的にデータが取れると良い

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験時）

平成 29 年 7 月 9 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生

開発者：藤原保久（三井住友建設株式会社）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（2017/4/12）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。
（18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。（8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。（7人）

[計：33人]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）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(17人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(3人) |
| 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象(14人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(1人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(5人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(9人) |
| 4. 提案技術への改良提案(2人) | 8. 未記入(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。（8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。（14人）
- 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。（8人）
- その他（固定型のカメラでは、効率が悪いように思えました。）（1人）
- 選択なし(4人)

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。（13人）

→モニタリングが必要という橋では利用したいと思うが、それほど需要があるかどうか分からない。コスト次第かもしれない。少なくとも他社のような「点検」技術ではない。

→懸垂式は点検のスクリーニング技術として使用可能であるため。

→とり急ぎ点検しなければいけない箇所で、有効に使えるようである。

→簡便なシステムであり、アクセス困難な部位における劣化進行のモニタリングに利用できようである。

→コストパフォーマンスが良さそうで、近接目視の規定が変われば、使ってみたい。

→点検車が使用できない場合にある程度の代替えとなり得るが、金額面での不安が残る。

- 近づける場所においても点検の効率化が図れる技術である。(点検時における野帳への記入、その後の調書作成整理作業の効率化)
- 特別な技術が必要ではなく、本日のフィールド試験の中では一番受け入れやすい。
- 本システムは、既存のカメラによる画像解析の応用である。
- 画像の解析技術は既に確立されているため、解析技術に対する評価は高い。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(10人)

- 機材の設置に、手間がかかりそうである。
- 弊社は材料系商社の立場であるため、点検業務とはほぼ関わりがないが、発注者やコンサルにも営業に行くので、高所箇所点検の提案は可能である。
- 打音ができないことから、既存技術との併用 (+α) が必要と思われる。
- 橋梁側面などの点検には有効である。
- 今のところ、点検の実務については、補修・補強工事の現場状況確認程度になる。
- ⇒死角になる部分があるように思われ、結局、他の方法を利用しないと点検が終わらない可能性がある。他の高コストな方法の利用を低減できるものとして、発注者が認めて頂ければ利用できる。
- ⇒実用レベルで使えそうなので、発注者の指示があれば利用したいと思う。
- ⇒橋梁点検は近接目視点検が原則であるため、どうしても近接目視が不可能で、発注者からの要望がないと利用が困難である。
- ⇒近接目視を行えない箇所での点検を受けたことがあるが、結局ロープ点検にした事があった。やはり近接目視でなければとの理由である。そのため、発注者がカメラ点検でも良いとお墨付きを頂ければぜひ使用したい。

□ 使えない (使いたくない) と思う。(4人)

- 一度の設置に時間がかかりそうだったため。(懸垂型)
- 点検ロボットを用いることで現行の方法より作業性が向上するのか疑問である。
- 効率が悪いように思えた。
- 定点観測を必要とする場面がなかなか想像できない

□ 選択なし(6人)

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

- 定期的なデータを取るために、点検車や交通規制や足場などがいらぬ点。(2人)
- 点検観測によるひび割れ進行の可視化ができ、写真上で長さやひび割れを測定できる点。(4人)
- 撮影機能、持ち運び・取り回しの良さ。(3人)
- 近接と全景の写真撮影が容易にできること。同じ場所での情報の対比ができること。(2人)
- ドローンであると、熟練した操縦者が必要であるが、点検ロボットカメラであると市販されている機材である程度、揃えられそうで熟練度合は低くてよいと思えた。(4人)
- 可搬であることで、災害時に有効であった実績は高いと思われる。
- ロープアクセスに比べて安全であり、点検車両に比べて交通影響がない。(2人)

- 箱桁橋内部や配水池天井面の撮影が可能である。
- ⇒ドローンによる撮影に比べ、気象条件に対する優位性、安定性がある。
- ⇒撮影した写真の処理技術（色調補正、クラックスケールの表示等含む）。（5人）
- ⇒タブレット操作が可能な点。（3人）
- ⇒経過観察が必要な損傷については、大変よい技術であると思う。

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
- ひび割れだけでなく、水（漏水など）の状況や塗装、塗膜の状況なども定量的にデータが取れると利用の幅が広がると思う。（2人）
- 補修補強後の効果の検証とかに利用できるよくなるよ。
- 懸垂型に関して、角度をつけたズームの撮影よりL字型に伸ばせる方が良さそうだった。
- 軽量化。
- 价格的に低価格でオープン販売に期待する。（2人）
- 機器の台数確保と、導入教育の実施。
- つり下げ時に移動台車があると良い。（2人）
- 防水機能の追加。
- 三脚の設置に手間が掛かるし、現地状況により定点上に設置できない場合もあり、GNSSのローバーのように、ポータブルにできるとよい。
- 岐阜県が整備しているGISに載る位置データで提供してほしい。岐阜県は県内全域の地図情報を統合したGISシステムを運用しており、このGISにインフラメンテナンスの情報を載せることで、自治体を含めた関係者間で共有し、見える化ができると思う。また、GISに載せることで、過去の点検データと現在の点検データの照合から、劣化の速度の変化や、異常及び変状の検出を明確にかつ容易に出来ると思う。
- ⇒点検手法が点検マニュアル等の法基準の遵守事項となるような対策ができるよ。
- ⇒検査の自動化、調書作成の機械化、マッピング等の位置情報の取得はできないか。（2人）
- ⇒損傷検知の機能。
- ⇒調査ができる範囲と、できない範囲を明確にする。
- ⇒懸垂型、高所型のみでは、点検不可能な箇所があると思われるので、別のタイプの支持材も準備した方がいいと思う。

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
- 硫化水素等で問題になる下水処理施設での点検。自走式等開発されれば、危険な暗渠作業の酸欠状態も回避出来るので便利と思う。
- 山間部や住宅密集地、河川等での現地踏査。被災時の緊急点検。
- 橋梁点検だけでなく、道路法面点検にも利用できる可能性を感じた。
- 橋梁点検だけに限らず、構造物の変状のモニタリングに広く活用できると思われる。
- 建築物、大型機械での適用。

- 建築物，大型船舶など。劣化・損傷のメカニズムの解析等の精密な調査。
- ⇒橋梁定期点検で使用するのではなく，緊急点検，詳細調査，補修設計前の損傷確認などであれば利用可能（費用面が問題）と思った。

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

- 社内などから現場の情報を確認できる技術。
- 腕の長い，打音棒と組合せると適用範囲が広がる。既存の点検ルールにうまく組込む仕組みづくり。
- 赤外線カメラとの併用。
- 360度全周カメラの搭載による狭隘部の撮影。
- ⇒UAVで死角無く撮影した画像を処理し，損傷を検知する方法はないのか。
- ドローンとの組み合わせ。
- 図化まで自動的にできるシステムを開発されているところがあるので，それと合わせて使えるとよい。（各務原のNEXCOの展示でみかけた。）

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。(18人)

- 鋼橋の塗替計画とか，コンクリートの長寿命化とか，長期的修繕計画を作る際に，このモニタリング技術を活用するといいいのではないかな。そういう面からもアピールできると思う。
 - 熟練操縦者等が必要ないので便利。
 - データの記録とデータベースの使用感が良ければ，かなり期待できると思う。
 - 点検車の使用頻度が減り，規制や点検車の事故が軽減できる。(2人)
 - 従来技術を拡張した簡便なシステムで，実用性も高く実務への導入も比較的容易である。
 - 実務的で期待が持てる。
 - 点検作業の負担軽減に寄与できる可能性は大きい。
 - 橋の下が河川敷であれば，かなりの完成度が期待できると思う。
 - 使用が可能な橋梁は限定的である。他の形式の橋梁への適用は困難と思う。
 - 懸垂型の使用で足場，作業用車両，ゴンドラ，UAV等を使用しないで，橋梁及び橋脚，橋台の側面の撮影が可能な技術である。この技術による撮影で，点検の要求を満たす橋梁であれば効果的である。期待できる機能は，以下のとおりである。
- ① カメラの位置を可変にできる
 - ② RTK-GPS方式で，カメラに座標を取り付けたことで，cm単位の位置精度でカメラの位置を再現できる。
 - ③ カメラのパン及びチルトの機能を使用することで対象物の位置を再現できる。
カメラのパンの計測精度が0.1度，計測角度30度，距離が10mの場合に想定される

- 誤差： $(\sin 30 - \sin 30.1) \times 10\text{m} \approx 2\text{cm}$ となり、画像で位置を把握できる精度を持つ。
 ⇒適用する範囲を明確にして、現在の定期点検要領に対象構造物、適用範囲などを明記できるようにすれば、大いに期待できると思う。
 ⇒写真撮影・クラック幅の検出により点検への適用が可能だと思う。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(8人)

- 点検の重点箇所の確認等で負担の軽減が図れると思う。
 →機材の軽量化。
 →過去の写真等は当然、当該システムで撮影が行われていない。それらのデータと当システムで撮影したデータを連動（関連付け）できれば、期待大と思われる。
 →強風時にかなり揺れるため、もう少し剛性が必要と思う。
 ⇒点検車が入れない橋梁での利用価値はあると思う。
 ⇒実用性があると思うので、実業務で使った例があると今後導入しやすい。また、アームを延ばすことである程度の部分を撮影できるが、回り込まないと撮影できない部分もアームが折れて操作できるようになると撮影できるので改良していただけるとありがたい。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(4人)

- 今の時点ではターゲットがあまりないかもしれない。
 →叩き点検ができないため。

□ 選択なし(4人)

8. その他（自由な意見を記入してください）

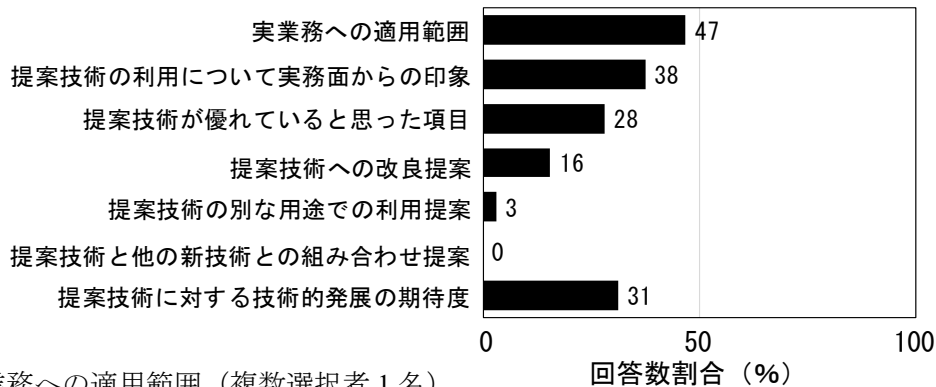
- 画像の補整作業や画像からの損傷の判別（解析）に、高度な技術が伴わなければよいと思う。
 →近接目視点検の前点検として十分活用できる。
 →障害物があると使えないのが現状だと思う。今回のような、径間が全て見渡せる状態の橋梁の方が少ないと思う。先端部のカメラが、リモコンで 50cm 程度前後左右に移動できる装置を伴っていると、より使いそうに感じる。
 →タブレット上でのカメラ方向の操作性が素晴らしいと思った。ポールユニット以外のものとこのシステムを組合せれば、さらに近接困難な箇所への適用性が広がると思う。
 →技術は確かなので、活用できるシチュエーションが見つかることを期待する。
 ⇒横方向のアームオプションなどあればよい。任意の点に設置しての損傷部位の再現性がどれほどのものか疑問に思う。
 ⇒点検箇所範囲が広いと、カメラ 1~2 台では作業効率があまりよくないと思うので、スピードアップのための工夫が必要と思う。

以上

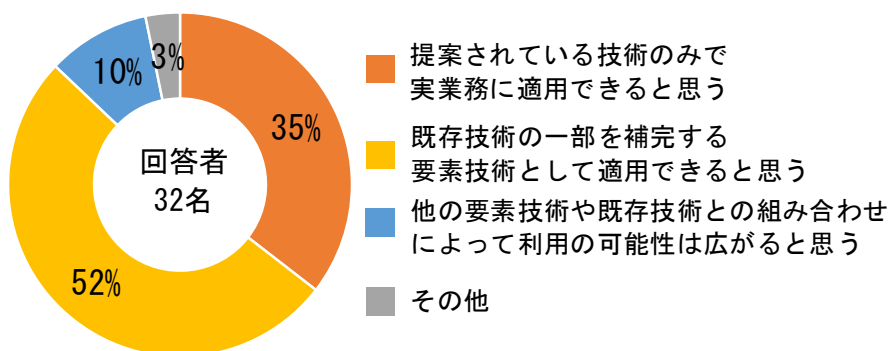
橋梁など道路インフラの点検支援システムの研究開発（加藤直也）

1. 選択質問に対する回答

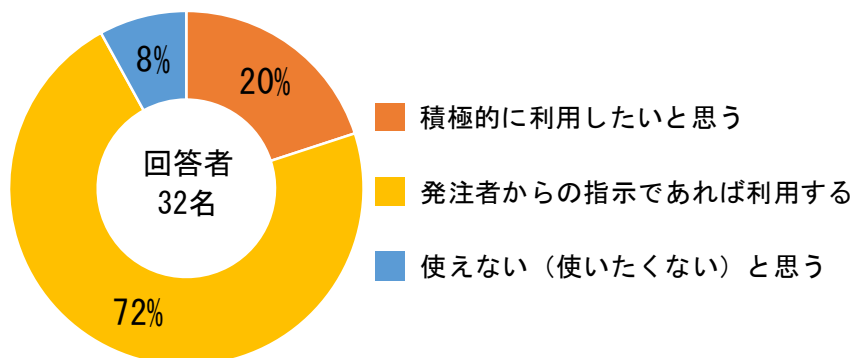
0. フィールド試験に参加して、影響を受けたところ（回答者 32 名，複数選択）



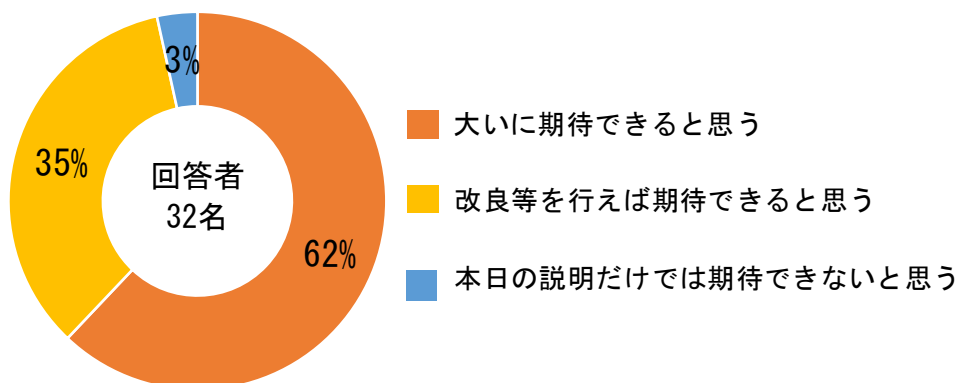
1. 実業務への適用範囲（複数選択者 1 名）



2. 提案技術の利用についての実務面からの印象（複数選択者 0 名）



3. 提案技術に対する技術的発展の期待度（複数選択者 0 名）



2. 意見のまとめ

好 評 価	【ハード】機体制御が安定している
	【ハード】天球撮影機能を搭載している
	【ハード】可変ピッチプロペラを搭載している
	【システム】飛行から点検，データ処理が一連のシステムとして構築されている
	【システム】点検時の人員配置など全体の効率性が考慮されている
課 題	【ソフト】画像処理方法が不明
	【ソフト】機体操縦者の育成
	【ソフト】非 GPS 環境下での対応の充実
	【ハード】飛行時間が5分と短い
	【ハード】橋梁床版下面の打音
	【運用】機体オペレータの削減
要 望	【利用提案】本システムに適した橋梁や不適な橋梁の提示
	【利用提案】橋梁以外の土木構造物や建築物への利用
	【改良提案】調書作成の自動化および位置データの取得
	【改良提案】樹木などの障害物対策
	【他の技術との組み合わせ】AIの搭載，打音機構の搭載

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート（フィールド試験時）

平成 29 年 7 月 9 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

⑤橋梁など道路インフラの点検支援システムの研究開発

開発者：加藤 直也（デンソー）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトのフィールド試験（2017/4/12）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。
（17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。（9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。（2人）
- 未記入：（4人）[計：32名]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）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(15人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(1人) |
| 2. 提案技術の利用についての実務面からの印象(12人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(0人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(9人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(10人) |
| 4. 提案技術への改良提案(5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。（10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。（16人）
- 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。（3人）
- その他（1人）
⇒姿勢の制御が安定しているので、打音検査にもトライして欲しい。
- 未記入（2人）

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。（5人）
→飛行体制からデータ処理とその評価が、すでに一連のシステム化ができており、点検作業に即戦力として期待できると思う。
- 発注者からの指示であれば利用する。（18人）
→画像処理作業の方法が不明である。
→有視界飛行しかできないので、適用範囲が限られる。
→打音ができないことから、既存技術との併用が必要と思われる。

- 機能的には優れているが、飛行時間が5分では短すぎる。
- 点検対象から一定距離を自動的に保ちながら比較的安定して点検画像を取得できるので、定期点検前のスクリーニングに利用できそうである。
- 見えない箇所が無いかが不安である。
- 自動点検が可能になれば、かなりの省力化が図られ、スクリーニング調査に有効である。
- 今回のドローンの中では安定性が比較的良かったと思われるが、操縦技術・メンテナンス等の問題から、導入にはそれなりの時間がかかると思う。
- 橋梁点検は近接目視点検が原則であるため、どうしても近接目視が不可能で、発注者からの要望がないと困難である。
- UAVを使用するためには、関係機関への事前の飛行計画の提出と承認が必要であり、飛行ルート近傍の土地所有者に対しての周知も必要と思う。このような手続と周知が必要なことから、受注者側からの提案ではなく、「発注者からの指示」の形の方が実施しやすいと思う。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（2人）

- 風による影響が大きいと思う。

□ 未記入（5人）

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

- 機体が安定しており、360° 写真が撮れる。
 - 短時間で多くの情報を取り込んでいるところ。
 - 天球撮影機能、損傷解析機能
 - 可変ピッチプロペラ利用による姿勢制御。
 - 点検時のスピードと、用途をスクリーニングに割り切った説明。
 - 写真データからのクラック検出は、大変魅力的だと思う。
 - ロープアクセスと比較して安全であり、点検車両と比較して交通影響がない。
 - 人員の配置など、全体的な効率性もすでに考慮されている。
 - 実用レベルで使えそうなので、発注者の指示があれば利用したいと思う。
 - 将来目標として、非 GPS 環境下での対応も検討している。
 - 可変ピッチは、機体の安定にかなり貢献していると思う。
 - 各務原大橋のように、水の流れが速い河川内にある下部工や、橋面から桁下の地表面までの高さが 8m を越えるような下部工等で、高所作業用車両の使用が困難な場所、作業足場の設営が困難な場所、等の技術者による点検作業が困難なものなどの状況で、目視点検と打音点検を補助する仕組みとして優れていると思う
 - ①本研究による UAV の使用目的は、画像による目視点検のスクリーニングであり、最終的な変状の有無の判断は、作業員による目視点検の確認結果となっている。
 - ②潜望鏡式カメラのアタッチメントにより、UAV が入れない箇所の撮影が可能になり、画像撮影可能範囲が広がっている。
- ⇒1 次スクリーニングとして考えると、高所に簡単にアクセスできる点。

- ⇒360° 全周カメラ搭載による狭隘部の撮影が可能。
- ⇒トータルステーションでの位置制御。
- ⇒狭いところを撮影する工夫。
- ⇒操作マニュアルや手順書にしたがって調査すること。
- ⇒自動点検や、測定も超音波やアコースティックなど多岐に渡り、優れている。
- ⇒近接目視において、通常回り込まないと確認できない部分も撮影できるため、すべてを点検出来ることが優れていると思う。また、機体の準備、撮影の時間が少なく、実用レベルで使えると感じた。

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

- 写真からひび割れの測定、損傷マップの作成、自動飛行、自動撮影。
- 風に対する安定性。
- 変状箇所のマーキング。
- 操縦者の育成。
- 打音機構の追加。
- バッテリーの改善で飛行時間を最低でも 20 分にして欲しい。
- 本システムに最も適した橋梁の立地条件、点検部位など、あるいは逆に適用できない橋梁の諸条件を提示していただきたい。また、点検、調書作成に係る作業のメニューとその費用及び具体的な点検事例を示していただきたい。
- 「非 GPS 環境下での対応」を充実していただきたい。
- 点検手法が点検マニュアル等の法基準の遵守事項となるような対策が出来ると良いと思う。
- 調書作成の機械化。
- マッピング等の位置情報の取得。
- 岐阜県が整備している GIS に載る位置データで提供してほしい。岐阜県は県内全域の地図情報を統合した GIS システムを運用しており、この GIS にインフラメンテナンスの情報を載せることで、自治体を含めた関係者間で共有し、見える化ができると思う。また、GIS に載せることで、過去の点検データと現在の点検データの照合から、劣化の速度の変化や、異常及び変状の検出を明確にかつ容易にできると思う。
- ⇒点検精度の信頼性向上。
- ⇒多径間の橋への確実な適用性の向上。
- ⇒防水・防滴性能の向上。

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

- トンネル点検。
- 浅橋などの裏面点検（水面が近いので無理かも）。
- 山間部や住宅密集地、河川等での現地踏査。被災時の緊急点検。
- 橋梁などの道路インフラだけでなく、他のインフラ（港湾、空港など）にも検討の範囲を広

げていただきたい。

→全天球カメラ+潜望鏡式アタッチメント機構の汎用化。SIP では、UAV によるカメラ撮影の研究が多く行われている。その UAV に本研究のアタッチメントが附加されることで応用範囲が広がり、UAV による計測事例が盛んになると思う。UAV の市場を拡大するための 1 つのツールとして汎用化を進めてはどうか。

⇒橋梁以外の土木構造物、建築物での利用。

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

→AI の搭載

⇒打音点検についても対応できると良い。

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。(18人)

→スクリーニングを行う作業の能力が高いと思われる。

→打撃タイプのドローンも見学したが、劣化は、まず目視で確認できることが多いので、初回点検では打撃まで行う必要はないと感じた。

→垂直面、水平面と安定した飛行ができ、画像処理など今後期待ができる。

→スクリーニングに特化したところが良いと思う。(スクリーニングがドローンのメリット)

→もう少し小型になると良い。

→ドローンの安定性、操縦の簡素化、メンテナンス性等を考慮したら一次スクリーニングの調査には利用できると思う。

⇒UAV の特徴が活かせる範囲での点検項目の充実を期待する。現在は、法の規制が有るため飛行に自由度がないが、安全面や防犯面を高めることで規制緩和が進むと実現性は更に高まると思う。市街地でも使用できるようになって欲しい。個人的には一部代替ではなく、代替技術として確立されることを期待している。

⇒ビッグデータと人工知能を活用して、一定のシステムを構築してしまいそうな勢いを感じた。

⇒他の技術と比較して、仕組みが一番簡潔であるが、実用性は一番高いと感じた。

⇒技術は素晴らしいと思う。オペレータの人数を減らすことができれば更に使いやすくなるのではないかな。

⇒適用する範囲を明確にして、現在の定期点検要領に対象構造物、適用範囲などを明記できるようにすれば、大いに期待できるようになると思う。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(10人)

→点検時にリフト車が転倒するなどの大規模な事故が起こるリスクを低減できると思う。

→有視界飛行ができない場所での活用。

→現時点では TS との関連付けの試行中ということであるが、クラックの位置情報は経過観察を行う上では重要な要素なので、是非とも完成させて欲しい。

→UAV は使用の前提条件が多いためこのままでは期待できないと考える、改善が必要と思われる事項は、以下の項目である。

①現状の近接画像の撮影は、ある程度可能になったと思われるので、次は打音点検が可能にする機構の開発を進めてはどうか。

②岐大 SIP 実装で報告された UAV による打音機構の中で、本日ご説明いただいた NEC の打音機構が一番強い打音衝撃を持っていると思うので、この機構と技術連携をしてはどうか。

③この研究の UAV はバッテリー方式なのでペイロードは大きくできない。また飛行時間も短いので、無駄のない飛行計画を事前に立てることが必要となる。打音機構が軽量化できて、飛行時間に影響しない改良を行い、打音点検+画像によるひび割れなどの変状点検機構を組合せたらどうか。

⇒天球カメラで撮影されているため、ひびなどの異常確認をする際、撮影のひずみを後補正することになると思うが、うまく補正できるのであれば良いが、実用レベルの精度で簡単に補正する機能（ソフト）が有ると良いと思う。また、打音点検についても同時にできると良いと思う。開発中だとは思いますが、自動航行による自動撮影ができるともっと良い。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

→2段階点検に向けたスクリーニング手法はありえないと思う。

□ 未記入 (2人)

8. その他（自由な意見を記入してください）

→画像の補正作業や画像からの損傷の判別解析に、高度な技術が伴わなければ良いと思う。

→説明が丁寧で、よく理解できた。

→一次スクリーニングの調査に絞っており、必要最低限の機能に収まっているため、使い勝手の良い印象を受けた。

→定期点検要領の損傷 26 項目をドローンでの点検調査で人が近接目視で行うのと同程度の精度で a~e を特定できるもの、できないものを明確にすべきである。

→ディープランニングは 100%の検出率でなければ、それで点検結果を出してはいけないと思う。

→損傷や対策のランクは、構造的や環境性など個々の条件で判断は各々変わってくる。安易に判断・分別できるものではない。点検要領にしたがって「損傷判定」はある程度定量的に分別できるので、まずはそこから行なうべきではないか。

→港湾施設の場合、栈橋（鋼管杭式）のコンクリート製上部工が非常に劣化しやすいため、点検診断の主対象となっている。ただ、非 GPS 環境下であるため、機器の制御、取得画像の位置情報の特定が難しいという課題がある。センサーの技術が完成すれば、栈橋下のような環境（ただし、上部工と海面の距離が数m程度確保される場合）でも使えるように思った。

→機器のリースの安価での提供制度の早期確立を期待している。

→弊所では、港湾でのドローンの適用を検討中である。なお、機器開発は行っておらず、どの

ような場合にメリットがありそうかを検討し、上記の栈橋以外でも十分に適用の可能性はありと考えている。

→本日は良い条件のもとでフィールド試験が実施できたが、UAV 計測の困難さを再認識した。UAV を実用化するためには、(打音+画像)が必須と考える。

①当日の天候は変化がある気象条件であったが、我々が河川での計測で、通常体感する気象条件であり、晴天と曇天が交互に出て、コントラストが強くなる状況であり、明部と暗部の違いで画像の記録に影響が出ていた。

前日の降雨の影響で水位は上昇し水面幅は拡大していた。橋脚部が完全に水部にあり、流速も早いので、UAV が墜落した場合の回収は困難である。

雨天から晴天への変化により風が全体的にやや強めに吹く。風速は河川の中央部では早く、堤防部では遅い。また地表部では遅く、2~3m上空から早い。対象部に UAV を近接させるためには、操縦者のスキルに強く依存する。特に橋梁のような大きな構造物の付近は、風向と風速の変化が大きいため、UAV の飛行に大きな影響を与える。今回のフィールド試験で、離着陸付近とその上空部及び水面部では風速と風向が大きく異なるため P2 橋脚への試験を回避した技術もあった。計測できる機会はワンタイムと考えて打音点検+画像解析を同時にする必要があると、再認識した。

②UAV による点検作業を行うためには飛行に関する諸手続と点検・計測の準備が必要である。

- ・諸手続の手間
- ・点検実施に必要な要員の配置。橋上、UAV の操作員、点検員、全体の安全監視員等の多くの人員が必要となる。

UAV による点検を、打音と画像に分けた場合は、天候の変化により打音か画像かの1つのみの点検になり、別の日程で再計測となってしまう。これは実務上非常に作業効率を下げることになるので、同時計測が必須と思う。

⇒画像をアップにした場合に不鮮明ではと思ったが、思いの外、映像が鮮明であった。

⇒近接目視点検の前点検として採用できれば生産性が向上する。

⇒全体的にいえる事だが、樹木等の障害物があるのが一般的である。障害物対策を考えて欲しいと思う。また、橋面からの操作が多いと思うので、橋の下が見えない状態での操作を可能として欲しい。バッテリーによる稼働時間の制約はかなり影響があると思う。

以上