

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 4 月 5 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（2017/2/22）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。
（12 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。（7 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：24 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(11 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(11 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(7 人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(13 人) |
| 4. 提案技術への改良提案(6 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。（1 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。（12 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（1 人）
- 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。（3 人）
→ドローンと駆動車輪の組み合わせにより、安定した打音検査および近接目視を実現している。また、有線による電源供給により長時間の点検が可能である。
→更なる技術開発が進み近接目視の点検作業が、点検者の代わりになり行えることが条件。
- 発注者からの指示であれば利用する。（13 人）
→UVA の安全対策マニュアルに、第三者への規制が明記されており、行政の理解と協力が必要になるため。
・今回は人道橋を対象にしたため、通行車両への規制対応は不要であった。しかし、大

多数の橋梁は車両の通行を前提としており、橋面での規制とそのため必要となる要員が必要である。また、安全対策費が通常の場合に比べて増額になると思う。

- ・当初の発注仕様書に UAV による計測方法が明記されていないと、安全対策費の増額及び規制のための十分な調査時間確保に支障が出る恐れがあるので、「発注者からの指示により」選択をせざるを得ないと考えます。

→側面のたたき点検や、添架物に近接した部分での利用ができないため、一般的な橋梁点検では、点検車などを利用した従来技術による点検を併用せざるを得ない。そのため、作業効率が悪いと思われるので、この技術を集中して利用できるような業務に利用することを考えたい。

→すでに把握されている変状、かつ適用可能な部分において、変状が拡大していないかを確かめる場合に適している。

→初回点検の場面では、この技術のみで所定の項目を（桁側面などにおいて）点検することができない。

→近接目視の点検技術の代替えにはまだまだ不足する点が多い。実際に飛行している姿をみると、運転技術にかなり不安が残る。（橋面上からの飛行は無理そう）

→実際にピストンが打撃している個所が限定されているため、すべての面に対応できない。

→この技術のみでは、点検業務を完結できず、かえって手間がかかってしまいそう。

→打音対象がフラットであれば、打音（うきの発見）に対する必要条件是満たしていると感じた。実装するのであれば、中空床版橋、コンクリート箱桁橋、ボックスカルバート頂版での使用が望ましい。

⇒まだ改良の余地があると思う。

⇒解決すべき課題はあるものの技術的に問題はないが、現状では制度面（点検要領）で利用が困難であり、発注者からの指示がなければ使用できないと考える。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（4人）

→打音までできるのは画期的だと思うが、上面のみではなく側面に対しても打音できると効果が上がると思う。この技術により、足場設置個所を少なくすることが期待できるが、側面の打音ができなければ、結果的にはすべてに足場が必要になるため、費用を抑えることができない。

⇒実装する上での手順としては、レベル1として河川敷からの操作で使えることをアピールし、その後にレベル2として車道あるいは歩道から画面を見ての操作に移行させるのが現実的と思う。

⇒打音検査に改善の余地あり。

⇒近接目視、打音検査として適用は可能であるが、水平面のみでの打音調査適用や端部付近での適用が困難なことなど、限定的な適用範囲となることから採用は難しい。結局、垂直面や端部調査のため足場等が必要となり、橋梁点検全般としての採用は難しい。このレベルの打音調査は、簡易であるが故、一次スクリーニングなどの適用が考えられるが、橋梁形式、架橋状況などにより橋梁での調査範囲が限定されるので、調査方法の一部という扱いしかできない。コンクリート橋では適用部分もあるが、トンネル点検には適用が難しい。近接目視としては、鋼橋では桁内構造が複雑で、ウェブ面、下フランジ

下面での点検にしか適用できないなど限定的である。

□ 未記入 (2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

- 大きな搭載能力。現在の仕様でペイロードが約 7kg と大きいこと。搭載能力が大きいため、多様な計測システムの取付けが可能となっている。
- 長い計測時間を確保
 - ・有線による電源供給で、計測時間の長時間化を確保したこと。
 - ・長時間化により異常箇所があった場合に、①その場で、②点検を継続して(時間をかけて)③綿密に点検することが可能となっている。
- 構造面に密着して画像撮影が行えるので、解像度が高い。写真撮影とたたき点検が同時にできること。
- ドローンの浮力とタイヤの駆動力を併用したことで、点検機器の姿勢が安定している(5人)
- 打音機器をドローンに装着した点。
- 打音における異音を感知できる機能。
- 機能がわかりやすい。
- 操作不能となった場合の安全面に配慮がされている。
- 位置情報の確実性。
- 打音により、浮きの判別ができるようになった点。
- ドローンの上部にタイヤをつけ桁下を走行できるようにし、変状の観察と同時に打音検査等を行う技術。
- UAV を検査面に押し付けることで、点検箇所との距離が一定に保たれる。それにより、撮影精度が良好になること、撮影した変状のサイズの確認が容易になることが素晴らしい。
- ドローンと駆動車輪を組み合わせた点検システム、および打音と画像の解析技術が優れている。
- ドローンの上部にタイヤを設置し、打音検査が実施できる機能。
- GPS なしでドローンを安定飛行させる技術。
- ドローンへの電源供給装置。
- ⇒ドローンの飛行位置精度が理論上 10cm 程度となる点。別の計測手法により早期に評価結果を提示してほしい。ほぼリアルタイムでの打音の結果＝スペクトル結果を表示している点。早期に異常、正常、要確認の結果までを判定できるようにしてほしい。
- ⇒有線による長時間稼働、大きなペイロードによる拡張性。
- ⇒マルチカメラによる、点検箇所の立体的な確認。
- ⇒打音検査を用いた技術が優れている。
- ⇒プロペラによる揚力を打撃反力としているところ。複数同時打撃。ノイズ除去。
- ⇒打音と近接目視の機能を備えている点。

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

→岐阜県は GIS を整備しているので、自動追尾方式の TS による UAV の計測と座標付けを提案する。これにより、調査場所や内容が公開できる項目については公開したい。

- ・そのためには、国家座標の取付けが必要である。
- ・GNSS を UAV に搭載しても、計測場所が橋の桁や橋の下面のため、GNSS の良好な受信ができないため、自動追尾方式の TS による計測を提案する。

→側面でのたたき点検機能。点検調書作成機能（フィールド試験では確認できなかったため、充実しているかもしれない）。

→V 字谷にかかる RC 床版橋の下面点検など、橋梁点検車や足場の利用が必要な場面で、経済的・時間的に有利になる条件を明確にすること。

→防水性。

→橋の上面からの操作。

→点検ルートや打音検査位置を cm 単位で把握、位置を復元できる機能。

→小型化。

→ピストン配置の自由度。

→側面への適用。

→フランジ幅が細い場合、駆動輪が逸脱しないように気を遣うし、狭い箇所に入る必要がある場合には、左右方向のガイドが桁等に接触し、スムーズな移動を妨げているように思える。これらを解消する目的で、上方に左右方向の移動を制限するガイドを装着することができたり、既存のガイド(カバー?)側面にローラーを付けると良いのではないかと。

→目標設定の 250m² は少なすぎると感じる。発注者によっては、1 日最大 120m(960m²)進める事を想定している。肩叩き機並に打音回数をもっと増やすことができれば、それだけ高速、広範囲の点検が可能になると思う。

→垂直面での打音検査も実施できれば、更に活躍の幅が広がると思う。

→拝見したところ、表面付近の変状は調査可能かと思われるが、ある程度より深い位置の変状が確認できないのではないかと。マイクを検査対象物に接触させ感度を上げてはどうか。

→点検システム（機体）が貧弱で衝撃により壊れやすい印象を持った。機体の頑強性を向上させてほしい。また、鉛直面の点検機能を早期に実現してほしい。

→垂直面の打音検査が今年の夏にも可能となるため期待が持てる。

→電源供給方法の無線化、防水性能の追加。

→落下補助ロープの廃止。

→暗い箇所等、写真では見えづらくなってしまいう部分での工夫。

→作業の少人数化。

⇒有線供電で 1 時間程度の連続稼働が可能としているが、今回の実験では、電源部が熱を持つと冷却されるまで稼働できないなどの課題も確認できた。電源部の余裕度を再度見直しして頂き、連続 1 時間の安定的稼働を実現してほしい。

⇒コンクリート粉や剥がれた塗膜等の機器への侵入対策。ケーブルの延長を延ばし、ケーブルを途中で支える子機を一緒に飛ばすことで行動範囲をさらに広げられる（子機の操縦を自動

- 化できるとさらに良い)。機体の軽量化。
- ⇒打音検査の信頼性の向上。
- ⇒コンクリートの浮きの範囲をマーキングできると良いのではないか（橋軸方向には範囲が特定できるが、橋軸直角方向には難しいと思われる）。
- ⇒解析後の打撃音の映像内への可視化。

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

→UAV のプラットホーム化。

理由：

- ・大きなペイロード，有線による電源供給
- ・ペイロードが大きいことで，計測装置の載せ換えで多様な計測が可能となる。
- ・プロペラなどの回転部が構造物等に直接触れないようにする防護機構が，回転ジンバル等の特殊な構造では無いので汎用性が高い。

→コンクリート橋以外の構造物。

→メッセンジャーワイヤーやパイロットロープの架設作業（比較的重量のある物を運べるため）。

→パワーがある上に飛行時間に制限がないので，超音波探傷器を積載して鋼床版の亀裂調査をさせてはどうか。

⇒打音のために壁面に接触しながらの撮影技術を有効に生かして，橋梁の撮影に特化させる。

また，ビルなどの壁面の点検に活用する。

⇒橋以外の構造物や建築物への展開も効果的と思われる。様々な機器の追加搭載が期待される。

⇒マンションなど建築物のタイルの浮き調査，ダムや砂防堰堤の躯体調査。

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

→自動解析ソフト開発

○打音データから，その場で異常の有無を判別するソフトの開発。

これがあると，打音点検を複数回行うことで，計測精度の向上が図れる

○レーザースキャンデータの自動解析

動画を撮った直後に映像による異常箇所を赤線で囲うなどして表示してはどうか。その結果を点検者がみて，その場で再度変状箇所を中心に丁寧な打音と目視の点検を行う

◎UAV による点検には，国の指針による通行規制の申請と事前準備が必要である。現場を離れると次の点検までの日数がかかるので，その場での評価が重要である。事務所で詳細な見直しをする前に，現場で可能な限り十分な内容のデータを取得できることが重要と考える

→クラックスケールの表示機能。

→剥落部分の叩き落とし機能があると更に良い。

→高精度のカメラと解析ソフトとの連動が望ましい。今後，ソフト面での技術開発が必要と感じた。

- 打音検査において一定箇所しか打音できないので、ピストンの小さな位置を自由に移動できるような技術を組み合わせることができれば、より効率的に活躍できると感じた。
- 押し付けて調査する間の安定性が優れるため、3D スキャナを搭載して近接不可箇所の 3D データを採取してはどうか。
- 打音検査できる箇所が限られているため、自由に移動できるとより実用的になる。
- ロボットカメラ技術（三井住友）との組み合わせを検討したらどうか。
- ⇒NEC の打音点検システムとの組み合わせを検討したらどうか。
- ⇒赤外線スキャナーを装着し、橋を立体的に把握する。
- ⇒3D ソフト（Maya 等）で損傷状況の確認まで行えるようにする。
- ⇒ひび割れ解析技術。

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。(3人)

- 予備調査として事前調査が可能である点が期待できる。予備調査段階で損傷・変状の抽出が多ければ多いほど詳細点検の精度は増し、時間も短縮できる。
- 本システムが適用可能な橋梁においては、比較的高い実用性を示している。さらに、機体の改良などにより適用範囲が広がることを期待できる。
- ⇒点検技術者による点検量、損傷検出能力には限界がある。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(16人)

- ⇒今のままでは様々な課題があり、すぐには活用しにくい点もある。従来の橋梁点検（準備～点検調書作成）を一度実施して課題を洗い出し、改善をすぐにでも実施してほしい。
- 開発コンセプトは素晴らしいので、多くの実証試験を経て機能をアップして頂ければ、利用しやすくなると思う。
- 第三者被害予防装置への対応改良。インフラが高齢化すればするほど危険性が高まり、打音技術の進展は不可欠であるため。
- すべてに打音ができるわけではないので、費用面での有利性が薄まる。ただし、画像については一定の距離を保ち映像が撮れることと、ガードがあることから狭い場所でも入っていきけること、走行性能がありまんべんなく撮影できること、第三者からみてちゃんと撮影しているという印象を受けるので安心できるなどの利点がある。
- 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。
- 対象条件を選ばずに、ひび割れ等損傷が帳票に整理でき、打音解析結果も反映できれば、期待できる。
- 桁高の高い橋等で人の手が届かない箇所では点検車等が不要となるため、低コストで規制も最小限で点検できる事が期待できる。
- 更なる技術開発が進み、近接目視の点検作業が点検車の代わりとなり、低コストで規制

も最小限でできることが期待できる。

→作業の少人数化。

⇒拡張性・伸び代がかなり大きいと期待している。

⇒現時点では信頼性に欠けるが、研究を重ねることで信頼できるツールになると思われる。

⇒垂直面への適用，隅部への適用等の問題点。

⇒垂直面での打音検査機能がほしい。

- 本日の説明だけでは，期待できないと思う。(1人)
- 未記入(5人)

8. その他（自由な意見を記入してください）

→測定時間が長く取れるので，対応にゆとりができる。有線による電源供給により，1回のフライトでの計測時間を長時間とれる。時間の余裕があることから，帰着時刻を意識せずに点検作業に集中できる。操縦者が視点を変えると，異常なしとして通過した個所に，変状が見えてくることがあると考える。飛行時間に余裕があるので，その場合でも再度の測定ができることから，点検作業の全体の品質の向上が図れる。

→プラットフォーム機能を充実させる。

- ・本実装化 SIP で多様な UAV の研究がされている。飛行本体の開発に費やしている時間と経営資源を，本 SIP に搭載可能な計測用アプリケーションの開発に向けてはどうか。
- ・UAV 開発者は，他社による計測機器の搭載を意識して，部品や仕様の共通化を図ることで，日本のインフラマネジメント分野での UAV 基盤の提供者としての地位を築くことを目指してはどうか。

→打音を，操縦者若しくは打音結果を評価する者が直接聞いて判断することは困難と考えられる。その理由は，周囲にノイズが存在するためである。音源から評価者までの距離があるため，ノイズに埋もれてしまう。今回の実験では，ノイズ音が小さい事を確認したが，試験対象が人道橋であり，エンジン音や走行時に音を出す車両がないため打音が聞こえた。しかし，一般的な橋梁では車両のエンジン音，排気音，走行音，車の風切り音，伸縮装置部を通過するときの段差の音等が存在する。また，今回は水面が点検個所から遠いため，余り感じなかったが，川の音，風の音，UAV 本体の音，電源供給用発電機の音などが，打音を聞きにくくするノイズとして存在している。

スピーカーを通じて音を聞くこともできるが，それはマイクからスピーカーまでの経路で，伝達できない周波数の振動が削除されたもので，いわば二次的な音源である。ノイズの影響を削除して打音の振動をそのまま評価する解析ソフトの開発は必須と考える。

→SIP 実装では，打音の自動解析を研究テーマにしているものが複数あるので，その技術の取り込みが必要と考えられる。

→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，対応が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のかと思う。

以上

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 4 月 6 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

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：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（2017/2/22）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。
（11 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。（7 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）

[計：24（記載無：4）人]

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(11 人) | 5. 提案技術の別な用途での利用提案(0 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(3 人) |
| 3. 提案技術が優れていると思った項目(6 人) | 7. 提案技術に対する技術的発展の期待度(8 人) |
| 4. 提案技術への改良提案(6 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。（11 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。（2 人）
- その他(1 名) （記載無：2 人）
- トンネルの打音検査には有効だが、橋梁には不向きと感じた。

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。（9 人）
- 現在使用している打音点検の棒の柄を長く伸ばしたもので、既存技術の延長。
- 点検車輛が近接できない部位のたたき点検に利用できる。
- ほぼ実際の打音点検レベルに達している。
- 操作が単純で、非常に軽く、使いやすいため、すぐ試してみたいと思った。
- 現時点で梯子を使用した打音点検の代替えとなり得る。（許可が得られれば）
- ポール打検機は、高所の打音検査の効率化に大いに役立ち、また機器の機構が簡素で取り扱いも容易であるなど実用性が高い。
- ⇒打音検査への適用というはっきりした目的を持ったシステムであり、すぐにでも現場での適用が可能である。今回はポール打検機のみの実装であり、橋梁に対しては、架橋状

況により適用できない部分もあるかもしれないが、次回の飛行ロボットに期待する。8m以下での条件下では、橋梁だけでなく、トンネルでの点検にも大いに役立つのではないかと。特に緊急点検等現場で利用したいシステムである。

⇒打音検査の適用範囲拡大に伴い、例えば橋梁点検車が必要であった橋梁でも、桁下へのアプローチが可能な橋梁であれば、橋梁点検車を使用する必要がない。

⇒トンネル、跨線橋（鉄道を跨ぐ橋）、跨道橋の緊急点検で活用できると思う。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(10人)

⇒点検員の補完的な使い方ではあるが、打音の診断結果に対する信頼性が不明である。

打音の診断に対するこれまでの実績や信頼性を示すべきである。

⇒橋梁点検以外にも汎用打音点検査機として活用できそう。

→単純明快な使い方ができる点で、利活用がイメージしやすい。

→地上6mは梯子作業で対応可能な範囲である。仮にうきを判別しても、後から他の損傷・変状に対応する必要が出て来るため、コスト面での優位性は確保できないと感じた。

→打音エネルギーが点検ハンマーでの打撃と比較して小さく、少し深い位置の変状の検出が難しいのではと感じた。

⇒コンクリートの浮きなどをチェックする打音検査は音だけでは判断しきれない事もあり技術者がチェックハンマーでたたいた感触などにより判断する事もある為、音だけの判断となると、信頼性にかけるのではないかと考えられる。

⇒足場が必要な場所で、しかも下から届く場所が限られると思われる。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(1人)

→人の目で見て気になる場所を打音すると思うが、気になる場所の選定について、例えば、8m弱くらいの高さを点検する際に、目視で分かるのかどうか不安である。

(記載無：4名)

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

→既存の打音点検技術の改良なので、技術者が対応しやすい。

⇒準備から点検調書作成までを網羅している点。

→かなり離れた位置からでも、たたき点検ができること。

⇒仕組みが簡潔で、準備や操作も扱いやすいため、導入時のハードルが低い。

⇒チョークでのマーキング機能。

→ドローンを無理やり使うことに、拘りすぎでない点。

→開発した要素技術を、それぞれ商品化しようとするアプローチ。

→少し高い所の打音点検には、使用できるレベルである。

→仕組みが単純明快で、「点検技術者の腕を伸ばせる道具」ということで、すぐに誰でも簡単に使用できること。

→打音をマイクで拾い、解析できる点。(人間の判断よりも正確かも?)

→打検機センサーのヘッドの機構に工夫がある。

⇒手の届かない箇所であっても、容易に点検を行うことができる。

- ⇒目的に特化した機能で、目的を限定すればとても優れた技術である。
- ⇒現行の点検要領に基づく点検が可能。
- 簡易的な装置で、手の届かない位置の画像による目視と、打音による検査ができる。(例えば、緊急的な点検で活用できる。)

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
- 実現場で試行したい。現在多くの市町の橋梁点検を行っており、多種多様な橋梁があるので、本打音棒を実作業で試行して、有効性・改善点を見つけ出して、研究責任者にフィードバックしたい。
- ⇒岐阜県内で試験した点検員からのコメントを記載してほしい。
- ポール打検機のレンタル体制。
- 打音点検位置の位置情報を記録し、分布図などを作成する機能。
- ⇒現実的な金額を希望。低額なら自治体や点検業者に多数購入してもらえる可能性がある。
- オーバースペックにならないようにし、適切な価格でレンタルできること。
- 橋梁点検車のバケットから届かない部位と、橋下（地面）から届かない部位で仕様を分けたほうが良いのではないか。
- チョーク、カメラと打音機能を同時に搭載するより、分離した方が使いやすい場面もあると思われる。
- ドローンに搭載しないのであれば、背中に背負った電子機器類が必要でない場面があるように思われる。
- 打音検査のハンマー方向を自由に設定できること。
- 電池の軽量化。撮影機能の追加。
- カメラの向きを自由に操作できるようにしてほしい。
- ポールに打音スイッチがついていた方が使いやすい。タブレット上で撮影方向を調整したい。
- 検出した音を人が判断し音の解析は補助的に使用するとのことでしたが、検出した音の解析から変状をマッピングするシステムにしたほうが、点検者の個人差等が出なくて調査結果として信頼できるものになるのではと思う。
- 打検機の価格を可能な限り低く設定してほしい。機能面ではポールの持ち手付近に機械的手動スイッチを設けてほしい。タブレット画面上のスイッチはポールを持った点検者が操作しにくい。
- 防水機能の追加。一人作業のし易い機能の追加。軽量化。マーキングの改良。(向き、防水性、チョーク強度)
- ⇒機材の小型化、軽量化。
- ⇒低コストでの提供。1台20万円くらいなら利用する。

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
- 実作業での試行したのちに提案します。

- ⇒建築物等への適用。
- コンクリート橋以外の構造物。

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
- 実作業での試行の経緯のなかで見出したい。
- ⇒今回は点検員の手が届かない所を対象にしているが、手の届くところにも使えるように工夫が必要と感じる。
- たたき落としの機能がほしい。
- 三井住友建設の橋梁点検ロボットカメラのタブレット上でのカメラ操作部分と組み合わせることができれば、さらに使えると思う。
- 打音した際に異常音があった箇所、現状は取り付けたチョークで手動マーキングをしているが、自動的に桁等にマーキングできる機能があれば作業者の負担軽減が図れると感じた。
- ドローンに搭載した場合、手持ちによる検査と同等以上の結果が得られると適用性がさらに高まる。
- ⇒打音状況の画像化との組み合わせ（打音状況写真+打撃音の映像合成）。
- 検査データの出力・蓄積など。

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。(11人)

- 今回のフィールド試験では、打音棒だけということであるため、使える道具として評価している。
- 打音点検位置の位置情報を記録し、経年変化をモニタリングする機能。
- ⇒音響解析による定量評価が実現するよう期待する。
- 岐阜県では、第3者予防措置点検を5年に1回実施している。その中間点検として十分に使用できるレベルである。(一部の橋梁のみ)
- 誰でも簡単に操作でき、軽くて使いやすい道具だと思います。問題はコストだけだと思います。
- 装置が簡便で実用性が高く、点検作業の効率化に有用である。また、ドローン搭載による点検ロボットへの発展が期待できる。
- 近接目視の点検作業の実施において、点検車の変わりとなることが条件。
- ⇒現状では、やや装置規模が大きいように思うが、実用面での問題は小さいと思う。
- ⇒手が届かない箇所のスクリーニングとして活用できると思う。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(6人)

- 流水部や跨線、跨道などの、人が下に入れない場所での点検方法を確立できれば、かなり有用になると思う。

→自動点検し、帳票整理まで機械化できると期待できる。

⇒点検者の手の届かない箇所の点検が行える事で、費用の削減が行える。また、改良を重ねる事で、より信頼性の高い製品になることが期待できる。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

→

(記載無：6名)

8. その他（自由な意見を記入してください）

→全国で橋梁点検作業が進行中であり、本県においても多くの自治体が橋梁点検を発注している。限られた点検技術者の作業負荷を軽減することが必須である。

→今回のフィールド試験で有用性を感じている。次の問題はコストである。多くの機構を附加しているので、作業を通じて発生する機構の劣化、損傷のしやすさ、それらを含めた全体の維持コストの把握が研究開発者に求められていると思われる。背負った機構部の軽量化と、耐久性の強化が重要なポイントになると思われるので、試行によるフィードバックを考えてはどうか。

⇒本テーマは「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」であり、飛行ロボットを用いた試験を実施してほしかった。打音点検については、その活用方法や現場での課題が不明であり、これらを明確に提示してほしい。特に、打音点検の領域（どこを打音点検するのか？）の設定から、その打音した箇所を記録するなど、ポール型で実現している機能を飛行型にした際、どのように実現するのか知りたい。

→開発した要素技術を切り売りできるように商品化して、適切な価格設定をしていただきたい。

→機器の軽量化が必須である。

(以上)

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 4 月 6 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説明会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。
（12 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。（6 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。（6 人）

〔計：24 人〕

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(14 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(14 人) | 6. 提案技術と他の新技術との組合せ提案(4 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(7 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。（9 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。（10 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。（2 人）
- その他(0 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。（6 人）
- 大変実務的であり、技術の完成度が高い。
- モニタリングが必要な状況は多岐にわたり、もう少し軽量化するなどの技術の進展があれば大いに活躍の場があると感じる。
- 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）
- すでに当社は購入し、数橋で使用している。
- 打音検査が行えないため、要領に定められた点検での使用は難しい。
- 補修設計の調査において損傷数量を確定させる際、計測能力を発揮できる。
- ⇒スキャナによる解析や、クラックゲージによる計測ができ、近接目視と同等の性能がある

と思われる。

→タブレットによるデジタルカメラの操作性、および点検画像の視認性は良好であり、点検作業の効率化、高度化に有用である。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(10人)

⇒まだ中途半端な開発・製品であり、どこまで使えるのか分からない。制約事項などを明らかにすることが必要と感じる。

→このシステムが必要となる案件が、具体的にイメージできない。現場を選ぶと思われる。

→高所型は、橋梁下に立ち入ることが前提なので、採用可能なケースが少ないと思われる。本技術のみでは、点検業務が完了しない。

⇒近接目視と同等とは認定されていない。

⇒制度面（点検要領）の問題もあるが、河床にアプローチが可能な橋梁は限定的であり、どうしても橋側面からの観測・計測となり、不可視部ができる可能性がある。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(3人)

→実験的な手法に見える。使用できない条件が多い。

- ・設置可能な場所は、水部ではないところに限定される。

- 試験フィールドは P3 まで水が無かったが、水がある場所では設置できない。

- ・防水機能がないため雨天時の計測ができない。

- ・岐阜県域統合型 GIS に載せられない。スキャナーにより橋の形状を作成できるが座標を取付ていない。

- ・国家座標が無い現状では、スキャナーで得た座標で経年変化を把握することができない。

⇒定点観測を必要とする場面がなかなか想像できない。

⇒近接目視としての仕組みとして、精度的に十分であり、市販の機材を利用したシステムであることから、コストパフォーマンスも高いものと思われる。しかし、これだけの仕組みをどのような点検・診断に活用するのかが提案されていないため、今すぐ実務に適用することがイメージしにくい。

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

→スキャナーが小型で可搬できること。設置可能な条件の場所があれば、車両等から離れた場所でも使用できる。

⇒レーザ等により対象物までの距離を計測している。

→クラックスケールの表示機能があり、実務面での配慮がされている。

⇒色調補正、クラックスケールの表示機能がある。

→ハードウェアについて拘りがなく、既存周辺技術の進展によって変更できる。

→毎回同じ場所からのモニタリングができる。

→タブレット上での操作ができ、カメラ画質、角度補正精度が高い。

→カメラ性能が高いため、一度撮影すれば編集時にズームしても細部の確認が可能で、画像の劣化に気を使う必要がない。

→クラックスケールなどが画面上に出てくるため、画面で見えていてもクラックの大きさを確認

しやすい。

- ハード面もさることながら、使い手の立場に立ったソフト面での充実が印象的だった。
- ⇒タブレットでの操作により、簡単にカメラの操作が行う事ができる。定点観察が行いやすく、構造物の損傷がわかりやすくなる。
- ⇒カメラの倍率（タブレット上でのアップ）に合わせスケールが連動している。正面，斜面が判別できる。
- ⇒映像の解析・補正技術
- ⇒点検記録の作成補助として役立つと思う。
- カメラとレーザー距離計の組合せにより、画像データに寸法情報が取得できる。写真による画像からタブレットなどに表示されるクラックスケールにより寸法が計測できる。
- ⇒クラックゲージにより、現場でのひび割れ計測ができる。
- ⇒橋梁の変状がより鮮明で分かりやすく、記録媒体に残るため優れている。
- タブレット端末によるカメラ操作，および点検画像の処理技術が優れている。
- ⇒非接触計測において、データを変換・補正をして計測するのではなく、ゲージ自体を変換するという発想がいい。ただし、変換自体がブラックボックスであり感覚的な確認ができないことなど、データチェックという点で課題はあると思う。
- ⇒橋梁の変状が記録媒体で残り、解析に役立つと感じた。

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
- 国家座標を取り付けて、岐阜県域統合型 GIS に載せたい。県はこのシステムを整備しているので、点検したものをこのシステムに載せて関係者に情報の共有を図りたい。
 - 広幅員の橋梁での橋面上からの撮影機能の充実。
 - ⇒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るため、GNSSのローバーのような感じで、ポータブルにできるとよい。
 - 事例集（点検部位に適した、機器選定ノウハウ）があると助かる。
 - 機器の小型化による操作性の向上。
 - 橋軸直角方向へ伸びるポールを装着できると良い。
 - 赤外線カメラ搭載に向けて積極的に動いて頂きたい。打音検査の代替検査として認められているため、詳細点検での使用に向け期待できる。
 - ⇒ポールを上げなくても、下方からの撮影で計測できれば効率がいいと思う。
 - 防水機能の追加，ポールの伸縮機構の改良。
 - ⇒橋梁側面からのモニタリング。
 - 河川上では懸垂型となるが、橋軸直角方向への対応。点検調書に必要な展開図の作成ソフトへの連動。
 - ⇒発注者の立場としては、コスト面やデータの容量が重いなどの理由ですぐに提案技術が活用できるかは疑問である。
 - 機材の提供価格を可能な限り低く設定してほしい。また、点検者が点検画像をリアルタイムで確認できるよう眼鏡型モニターを接続できるオプションを付けてはどうか。

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

⇒レーザ等により、橋梁の3Dモデルまで作成することを検討してはどうか。

⇒建築物、大型船舶などの点検での利用。劣化・損傷のメカニズムの解析等の精密な調査での利用。

→赤外線カメラを併用して吹付コンクリートのモニタリングでの利用。

→①民間建築物の調査に利用可能。

(工場での天井配管検査、高層ビルの看板、エレベータワイヤー検査など)

②生物の生態調査に利用可能(高所に巣を作る鳥など)。

→舗装面のクラック調査。

⇒橋梁点検だけでなく、日々の変状を把握できるので災害等に関しても利活用できると思う。

(2人)

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

→画像技術のとりこみ。

・SIP実装では、画像の統合の研究発表が複数ある。自社による開発だけをめざすのではなく、発表事例からの応用を考えてはどうか。

・岐阜大学は「お見合い」の仲介を積極的に提案してはどうか。

→最終的にはドローンに搭載するのが望ましい。

→飛行ロボットとの組合せ。

・橋梁点検車との組合せ(例)今回のフィールドP4~P5が調査可能。

⇒多数の画像が採取されており、角度補正もできるのであれば、SfM (Structure from Motion) により、直接三次元モデルを生成できるのではないかな。

⇒打音とたたき落としの機能が組み合わせるとなお良い。

→既存の点検技術、例えばロープアクセスなどを併用することにより、本システムの適用範囲が広がるのではないかな。

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)

→これまでの点検では、損傷の進行度合いを把握することが難しかったが、この技術が普及すれば、損傷の進行度合いを診断基準に取り入れることができるようになると思う。

→ソフト販売と、カメラ固定治具、カメラ類を選択しながら利活用できるようになれば助かる。

→岐阜県内の古い鋼橋RC床版では、疲労によるひび割れが発生している。モニタリングに

より更新時期を見極める時期がもうすぐくると思われる。その時期になるまで、ひび割れの進展に関するモニタリングに利用できる可能性が高い。

→点検作業の負担軽減に寄与できる可能性が大きい。

→ドローンへの搭載を大いに期待している。

⇒今後、近接目視という規定が変更されることがあれば、より一層の活躍が見込まれる。

⇒この技術が近接目視と認識されれば、大いに期待されます。

→画像データのなかで寸法計測できるシステムが優れている。

⇒危険箇所の抽出が可能であると思うので、人が近接する箇所を少なくすることができる。足場設置費が抑えられる。また、3D画像による見える化により、誰にでもわかりやすくなる。併せて、経過観察が簡単にできると思われる。

→高精度な点検画像の取得および処理技術は優れており、今後点検冶具の改良および他技術との組み合わせにより適用性の向上が期待できる。

□ 改良等を行えば期待できると思う。(5人)

→解析手法の自動化の推進

- ・画像解析から劣化ポイントを自動抽出するソフトの開発。
- ・レーザースキャンデータの編集作業の自動化と、劣化箇所の自動抽出ソフトの開発。
- ・設置機構は市販の汎用品を採用している。高く伸ばした状態での安定性を重視するので、合理的な構成と思える。この部分は、軽量化や遠隔操作による機構の取付等が改善のポイントと思われる。

⇒目視点検を支援するものであり、やはり打音試験など非破壊試験の併用が必要ではないか。

⇒記録媒体でのデータ容量の圧縮が必要。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

□ 選択なし(1人)

⇒近接目視の点検作業の実施において、点検車の変わりになることが条件。

8. その他(自由な意見を記入してください)

⇒カタログからは、点検におけるどのような課題が解決できるのかが不明である。ひび割れ幅を計測と記載されているが、単に画面上にクラックスケールを重畳させているのみで計測ができるとは思えない。

点検に際しての制約事項が何かあるのか。たとえば、径間30mの場合、何箇所で計測を行えばいいのか？ その場合の笠木への取り付け・移動にどの程度の時間が掛るのか？ 幅員6m、径間30mのコンクリート橋であればどの程度の点検時間で何ができるのか？ までを記載することが必要である。さらに、システム構成について、一式としてどのような機器構成が必要なのか？ 点検に何人必要かなども記載してほしい。

⇒技術は確かなので、活用できる機会を探したい。

→タブレット上でのカメラ方向の操作性がすばらしいと思った。ポールユニット以外のものこのシステムを組み合わせれば、さらに近接困難な箇所への適用性が広がると思う。