

- 研究開発項目：ロボット技術の研究開発
- 研究開発テーマ：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
- 研究責任者：東北大学 未来科学技術共同開発センター 准教授 大野和則
- 共同研究グループ：（株）リコー、千代田コンサルタント（株）、
（一財）航空宇宙技術振興財団、東急建設（株）



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

桁橋や床版橋の近接目視、打音検査を代替するドローン(マルチコプタ)の研究開発

- ・点検車両のアームが届かない橋梁も従来と同程度の時間で点検
- ・点検用の足場作成のコスト・期間を削減
- ・最小限の交通規制で点検業務を実施
- ・損傷箇所に関する調書作成を支援するソフトを開発

研究開発の内容

1. ぶつかっても落ちずに橋梁の奥まで入り込める**点検用球殻ドローン**の開発
2. 構造物に吸着して見通し外の点検用ドローンへの通信を中継する**通信中継ドローン**の開発
3. 点検映像に写った橋梁の**損傷位置・程度の判定を支援**する機能の開発
4. 点検・航空・建設の専門家主導による**性能実証試験**の実施



研究開発成果の最終イメージ

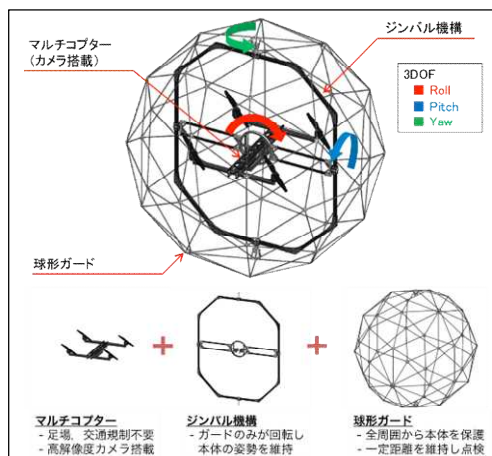
現状の成果①

点検用球殻ドローンの開発 (東北大学)

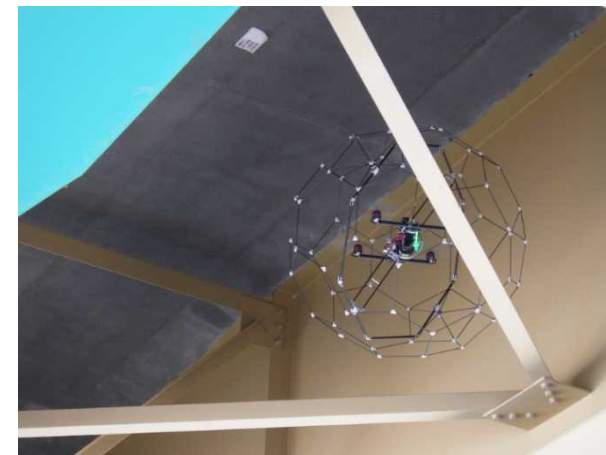
**球殻で保護された
ぶつかっても落ちないドローン**

H27国交省現場検証評価※

- ・従来必要だった人間用の足場や交通規制が原則不要
- ・高解像度カメラで0.2mm幅の損傷(ひび割れ等)を撮影可能



受動回転球殻ドローンの仕組み



橋梁の桁間に入り点検するドローン
(直径0.95m、重量2.5kg)

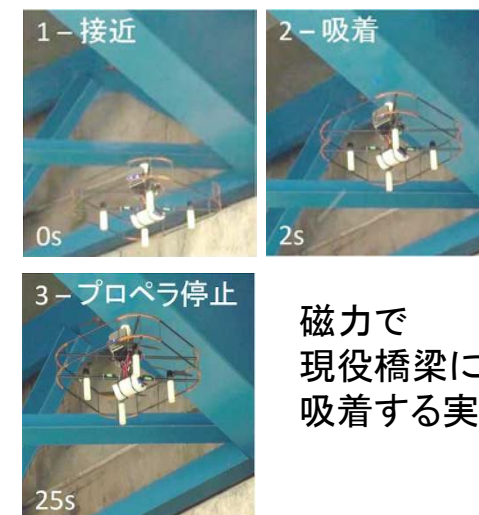
通信中継用吸着ドローンの開発 (東北大学)

**橋梁外部に吸着し橋梁内部への
通信中継を行うドローン**

- ・磁力で橋梁に吸着し、最小限の電力消費で、その場にとどまり通信を中継
- ・点検用ドローンへの通信を確保し通信途絶による事故を予防



通信中継ドローンの運用イメージ



磁力で
現役橋梁に
吸着する実験

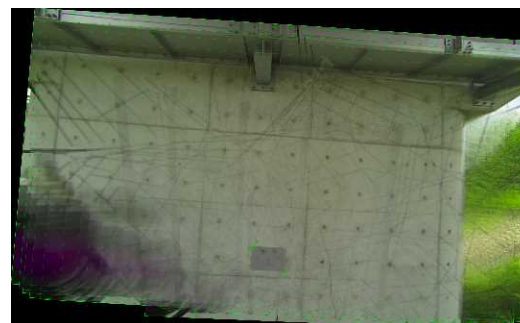
※ <http://www.mlit.go.jp/common/001125338.pdf>

現状の成果②

損傷位置・程度の判定を支援する機能の開発 (東北大学、リコー)

ドローンが接写した映像から 橋梁の展開図を復元し損傷を検出

- ・画像処理により接写映像から橋梁の部位全体をPC上に自動復元
- ・映像中の損傷が部位上のどこかを特定し調書(点検報告書)作成を支援
- ・ひび割れ等の判定をソフトで支援



接写映像から復元した
橋脚全体の展開画像



コンクリート橋の
ひび割れの長さ・幅の検出

性能実証試験の実施 (千代田コンサルタント、航空宇宙技術振興財団、東急建設)

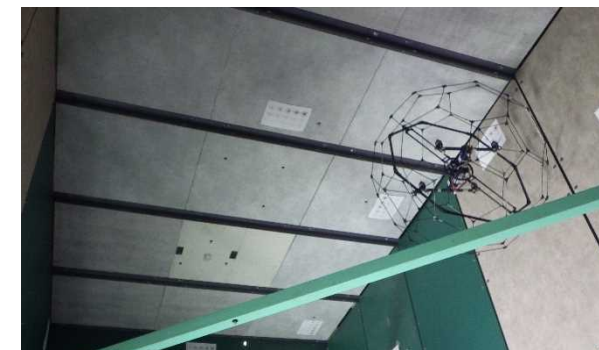
『現場で使える/使いたくなる』ツールとしてのロボット技術を目指し 点検・航空・建設の専門機関が主導する性能実証試験を定期実施



実橋梁での点検試行



風洞での空力性能試験



人工気象室での天候耐性試験

最終目標

[開発の最終目標]

開発項目	最終目標
飛行ロボットを利用した橋梁の損傷箇所の空撮と打音検査	<ul style="list-style-type: none"> 撮影対象:コンクリート橋、鋼橋 点検に必要な機材を1BOX車で運搬 到着後、15分程度で撮影機材の準備 対象に合わせて軽量カメラを複数搭載死角のない映像を取得(可搬重量300g) 1フライト10分程度、連続飛行で空撮 1径間あたり30分~40分で空撮 打音で損傷を確認
展開画像を利用した損傷の種類と箇所の特定と調書の作成	<ul style="list-style-type: none"> 1径間あたり数~十数時間で、複数の撮影映像から展開画像生成 コンクリート橋のひび、鋼橋の腐食など損傷の種類と位置を半自動で書き込み 損傷図、損傷写真作成支援ツールによる一連の点検調書の作成

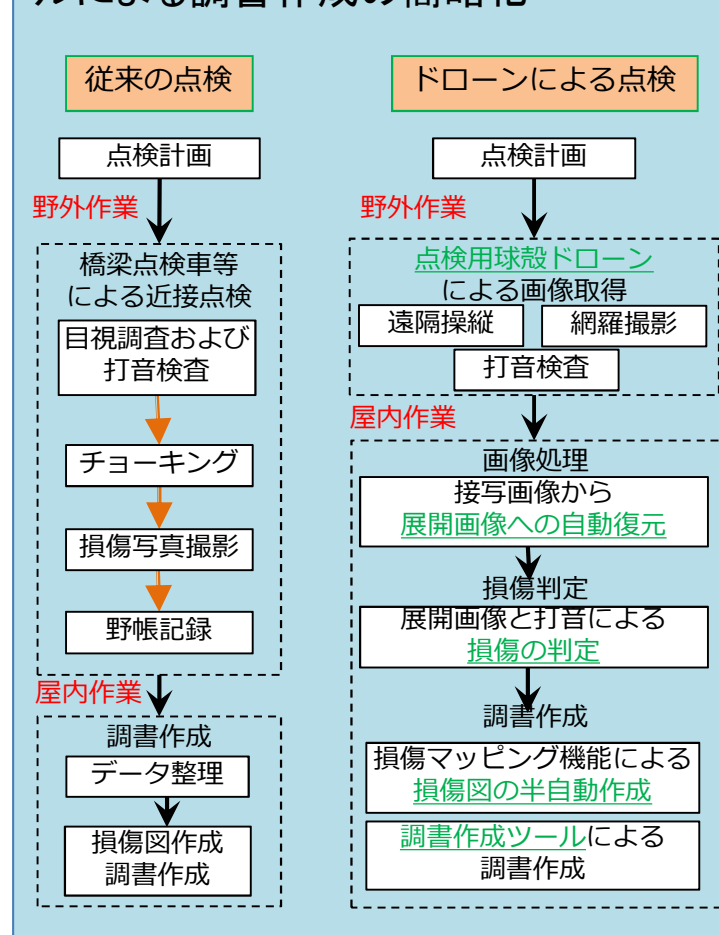
[本技術の社会実装イメージ]

参加企業・組織を中心に下記業務を行う

1. 橋梁点検飛行ロボットの製造、販売、リース、保守
2. 損傷画像解析ソフトの製造、販売、リース、保守
3. 操縦者・インストラクターの教育と資格認定

[橋梁点検を支援・一部代替]

交通規制を伴う点検作業をドローンを用いて点検、画像処理・調書作成ツールによる調書作成の簡略化



SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 28 年 10 月 29 日

説明会参加者の理解を助けるため、SIP ホームページに公開されている SIP 維持管理技術の情報をもとに、メンテナンスアドバイザー (MA) のコアメンバーが事前に出した意見を記載しました。これに、技術の開発者からコメント (囲み部分) を加えていただきました。

1. 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)

2. 技術の特徴

橋梁点検に使うためのドローンの開発である。

- ① 点検車両のアームが届かない橋梁も従来と同程度の時間で点検できる。
- ② 点検用足場設置のコスト、期間を短縮できる。
- ③ 最小限の交通規制で点検業務を実施できる。
- ④ 損傷箇所に関する調書作成を支援するソフトが附属している。

【開発者からのコメント】

直径 960mm 程度であるため、桁内へ進入し調査が可能である。添架管がある場合でも進入可能な場合は、添架管が調査の妨げとなる桁下からの調査とは異なり、確実に点検が可能である。最大風速 10m/sec でも飛行可能であり、山岳部特有の谷地形のような風の強い地域でも適用可能である。

3. 岐阜県内での想定される活用方法

3-1. 法定点検の代替

この技術は、現時点では法定点検の代替になりにくいかもしれないが、この技術のメリットとしては、交通規制を省略できる点があげられる。作業時間や機材が増えても、コスト面での有利性が失われないことが望まれる。自治体の点検においてこの技術を活用しやすくするため、以下の観点から検討してはどうか。

- ① 性能調査：提案されている技術が、従来手法と同等以上の性能を有しているか。
- ② 従来手法の代替としての可能性：提案されている技術が、法定点検の部分的な代替となりうるか。(効率性、コスト面含め)
- ③ 個別技術の組合せ：他の個別技術との組合せにより、法定点検の代替となるシステムを開発可能か。

【開発者からのコメント】

橋種は特にこだわらない。例えば、山間部に多いアーチ橋における床版調査では交通規制を必要とせず、調査が可能である。さらに、長スパンを有する PC 連続ラーメン橋では、目視点検が従来方法と同等に可能である。橋脚についても、ロープアクセス等が不要であり、経済性・安全性から適用性が高い。

3-2 橋梁維持管理での利用

- ① 法定点検の結果、健全性の診断が区分Ⅰ（健全）と対策区分Ⅱ（予防保全の段階）のものを対象として、次回点検に本技術による間接目視点検を導入する。
- ② 本技術を用いた点検で新たな損傷が発見された場合には、点検車（交通規制）を用いた近接目視点検を実施する。

【開発者からのコメント】

0.1mm程度のひび割れは調査・確認可能であるため、維持管理で利用できる。健全な部分も含めた全範囲を調査・記録するため、損傷の進展を過去に遡っての再確認が容易である。

4. 活用に際しての現状での問題点

- ① 法定点検は近接目視点検を義務つけているが、本技術による点検が認められることが大きな課題である。
- ② 法定点検における要求事項（近接目視）を全て満足する技術ではなく、現時点における従来手法の全面的代替の可能性は高くない。
- ③ この分野の開発者達は、当然のことながら、安全性とサービスメニューを差別化することで、自社の優位性を確保しようとしており、開発者相互の足並みが揃わない可能性がある。
- ④ 自治体の点検における施設的条件（施設規模の大小）や地理的条件（平地、山間地）は多様であり、提案されている技術を適用できるケースは限定される可能性がある。

【開発者からのコメント】

有視界外飛行を開発中であり、これが完成すれば、地理的条件に対する制約は減ずると考える。現在は、法律上も有視界飛行が義務付けられているが、技術の進歩が法律を変えることもあり、今後の発展が見込まれる。

パノラマ合成技術は、本コンソの機体での撮影を前提としておらず、他の飛行ロボットでの撮影画像でも合成可能であり、汎用性が高い。

5. 活用に向けての課題

- ① 法定点検で飛行ロボットの活用が可能な点検内容を明確化する。
- ② 法定点検の範囲内に、ロボット点検手法を位置付ける（ロボットによるスクリーニング点検と詳細点検の2段階点検など）。
- ③ ロボットによる個別の調査技術が、従来の調査技術と同等以上の性能であることを、証明・認証するしくみを構築する。
- ④ 自治体の多様な条件に適合可能で、従来手法よりもコスト面等で優位であることを示す。
- ⑤ 比較的健全な橋梁であれば、飛行ロボットによる点検で、「問題が無い」状況を十分に把握できることを証明する。

【開発者からのコメント】

可能な点検内容は、以下のとおりである。

コンクリート部材：浮きを除く全損傷（浮きも確認可能な場合もある）

鋼部材：亀裂・ボルトの緩みを除く全損傷（ただし、トラスなどの棒部材は、全ての部材に沿った飛行が困難であるため、調査不可の場合もある）

6. 課題の解決策

- ① 技術開発者への詳細機能や条件等のヒアリング
- ② 国土交通省へのヒアリング（制度として認められるか）
- ③ 個別技術の精度確認方法の検討
- ④ 多様な条件を反映した実証フィールドの選定
- ⑤ 技術精度のみならず効率性、コストを比較可能な実証実験の実施
- ⑥ ロボットの活用が可能な点検手法の検討とマニュアル（案）作成
- ⑦ 個別提案技術の組合せが可能な開発環境の整備（開発者によるコンソーシアムなど）の検討
- ⑧ 歩掛調査
- ⑨ 飛行技術研修

【開発者からのコメント】

7. これまでに利用されている既存技術

【開発者からのコメント】

- ① 点検車両、ロープアクセス、梯子等を用いた点検技術者による近接目視。
- ② 点検技術者によるたたき点検

8. 本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

【開発状況】

【開発完了時期】

9. 技術の新規性（既存技術との比較）

- 既存技術にはない全く新しい技術である。
- 既存技術をより良くするものである
 - ・ 安全性が向上する。
 - ・ 調査時間の短縮が可能である。（現況比較で 0.6 倍～1.0 倍程度）
 - ・ 調査経費の削減が可能である。（現況比較で 65%～80%程度）

10. 技術の適用範囲や精度

① 可動装置に対する制限

オペレータとの位置関係→現状、目視操作であるため、点検個所が目視可能な位置
 今後、中継機やFPV技術の開発・活用により橋面上からの操作が可能となる。
 周辺状況（住宅地近傍での利用）に対する飛行制限→
 降雨や強風時での制限→最大風速 10m/sec 程度でも飛行できることを風洞試験で確認。
 今後、防水機能を付加する予定である。

② 判別の精度

ひび割れ位置について→ほぼ一致。
 ひび割れ幅について→0.1m程度まで判読可能。ただし、飛行スピードの影響を受ける。

11. これまでの実績・成果等

 室内等での試験により成果が確認されている。

→風洞実験等を行い耐風性や飛行特性の解析を実施し、性能を確認。

 実構造物での試験により結果を確認している。

→関東や東北の自治体が管理する複数の橋梁で点検の実証実験を実施し、有効性を確認。

12. 実業務での利用時の対応

① 検査機器1式の導入コストは、どの程度となるか。（リース or レンタル）

→リース、レンタル双方を検討

② 利用時のコスト

→〇〇万円/（橋面積1000m² 当り）※まだ明確に決まっていない、

③ 利用者への教育

- 利用者教育を整備中
- 取り扱い説明書を準備中
- 専門のオペレータの派遣も検討中

④ 測定機器のメンテナンス体制

→現在構築中

⑤ この装置以外で、利用者側で準備すべき機器等

- 立ち入りを制限するための三角ポールや、看板標識等

⑥ 既存技術では不要であったが、本技術では準備すべき事項・対応など

- 特になし

13. 開発者から特に付記したい項目など

【開発者からのコメント】

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート整理結果

平成 29 年 1 月 9 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説明会（2016/11/05）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。
(14 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。(1 人) 無 (1 人)。
(合計回答者数 25 人)

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

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。(7 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。(3 人)
- その他、記載無 (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。(14 人)

理由

→RC 床版の点検、ハイピアーには活用可能である。

→点検前の点検に利用できる。

→点検調書の作成機能がある。

→点検時間の縮減につながる。

→狭隘部に入り込み点検が可能のため。

→現地点検後の再確認（見落としの有無など）。

⇒ひび割れの検出率があがれば。

→スクリーニングとしての利用は可能。

→ドローンが接写した映像から、橋梁の点検展開図を自動復元できる技術が良い。

→ある程度の点検精度と効率化がすでに確立されているから。

⇒本技術のみで点検を完結することができないが、例えば設計や調査に際して特定の部位や部材のみ撮影して活用するといった使い方には、現状でも十分に耐えられる印象。

⇒機体の逸走や墜落、橋面側への飛び出しによる第三者被害対策が不十分と思われるので、実務において適用できる橋梁は限られる。

→飛行時間が短く逸走距離が短く墜落範囲が狭まる点については有利に働く。

→本システムの完成度は十分ではないが、基本点検程度であれば現状でも実務への導入可能である。

→本システムはドローンを操縦しながら画像による近接目視が可能であり、リアルタイムで点検技術者が損傷状況を見ながら健全度（損傷区分）を判定、記録することができる可能性。現時点で完成度が高く、橋梁点検の一次スクリーンに適している。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(6人)

理由

→飛ばし易そう（扱い易い）。

→使うことを前提とした業務であれば、拒む理由がないため。

→UAVの安全運行にかかる要領等が公開され、地元への周知が必要。受注者側からみると安全確保のハードルを高く設定された印象。11/6にホビーのUAVで操縦者の事故死の件もあることから、閉鎖空間の確保の要求が強まると思われる。安全空間領域の確保の負担は予想以上に大きくなるため発注者の指示が必要。

⇒1フライトの時間が短いのでトータルでの時間が長くなりそう。

⇒現行での点検方法も行う必要があるので2度手間となる。

→法的点検要領によると近接目視が条件となっているがこれが必要でないような点検であれば、十分活用可能。近接目視の代替としての取り扱い次第。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(0人)

理由

□ 記載無 (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

→点検調書の作成まで自動作成ができることで、内業の時間短縮、コストダウンの可能性。(MA1人、オブザーバー1人)

→撮影写真におけるひび割れチェックの展開写真自動化。

⇒1m角の隙間があれば飛行可能（球殻ドローン）。

→球殻によりドローンを保護している点。

→ほぼ点検対象の全体像が明らかにできるため。

⇒全体を示すパノラマ画像をクリックして、詳細画像が確認できるのが良い。

⇒点検大型機械や交通規制を不要とでき、安全性の向上、人員削減、点検コストの縮減が期待。

⇒機械の操作が簡単。

→狭隘な場所や、構造物に近接しないと確認できない箇所近づける。(MA2人)

→UAV技術を画像によるスクリーニング技術と位置づけしたこと。

⇒上向きと横向きのカメラが備わっており、撮影箇所の取り損ねを防止していること。

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

⇒打音検査が同時に実施できることが必要。

→鋼橋の疲労に関するディープラーニングを充実させ、疲労損傷の検出を可能とする。

- 1 フライトの時間をもう少し長いと良い。有線による受電機能を搭載する。
- 桁端部での点検能力の確立。
- サーモグラフィによる浮きの確認。
- ひび割れ幅，欠損寸法の計測。
- ⇒球体のロープを透明にすると良い。
- ⇒暗みの対策。照明をつけるなど。
- 橋面上の交通規制が困難で幅員が広い鋼橋への適用での実績検証。
- ⇒「メリット>リスク」となる場面や条件の明示。
- ⇒機体の逸走や墜落，橋面側への飛び出しによる第三者被害対策の実装。物理的な安全対策。
- GIS に掲載可能なデータの作成。岐阜県は県域統合型 GIS を作成し，(公財) 岐阜県建設研究センターはその GIS データを維持管理している。橋梁点検等の調査結果を本 GIS に載せることで関係機関がデータを共有できるようにしたい。
- 本システムは詳細点検を念頭において仕様が設定されているが，必ずしも詳細な点検成果を必要としない基本点検用に，機能を簡略化したドローンも有用である。点検技術者がモニターより劣化状況を観察して，その場で健全度をほぼ判定するような活用法。
- 実際の近接目視の結果と当技術による損傷判定の比較。

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
- 風速 9.9m 時の安定性を利用して変位測定，吸着してひずみ測定。
 - ダム，擁壁などコンクリート面の点検。
 - ⇒画像処理のパノラマ化は，既存の点検調書の損傷図より，損傷図としての精度向上の可能性があるとされる。
 - ⇒球殻構造で守るということ自体が他の用途に利用可能。
 - ⇒近接撮影を目的とし，対象物に球殻が引っかかる突起がなければ，幅広く利活用できる。
 - 橋梁に限らず他の構造物点検への適用が可能。
 - ⇒洞門の上面検査
 - ひび割れ判定のためのソフトを開発している点は他の用途でも使用できる可能性あり。

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
- 打音検査，ひずみ計測（モニタリング）
 - ⇒うきの範囲を特定できる技術が，ひび割れと同時にできれば床版はすべて点検完了できる。
 - 打音機構及び打音判定プログラムの取込：判定基準の客観化，定量化。
 - 現在の滞空時間では打音計測は困難とは思いますが，画像撮影時にリアルタイムで打音箇所を抽出し打音検査を行うことができると利用範囲が広がる。
 - 打音自動判定プログラムの導入より，打音計測者は計測現場の周囲の雑音の影響を受けない，客観的な判断をサジェスションとしてうけとることができる。

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。(16人)

期待できる項目

→点検前のスクリーニング利用に有効である。

→1回目の点検で健全性ⅠまたはⅡと判定された橋梁の2回目の点検に使える。点検内容も実務レベルに近くて期待。

→自動的にマッピングできる技術。

⇒ひび割れの自動測定。

→目視点検の代替。

→点検対象橋梁の優先順位の検討。

→未検査橋梁（歩道橋，人道橋）の致命的損傷の検出。

⇒システム化されたインフラマネジメントの構築。

⇒点検にとどまらずメンテナンスサイクルの様々な段階での利用。

⇒機体及び制御技術の進歩が第三者被害対策とみなせるまでは、限定的な利用に留まる。

→本技術をスクリーニングによる近接目視抽出に限定。

→球殻保護機構により橋梁の形状の制約を受けずに近接撮影が可能なこと。

→球殻保護機構により操縦者に高い操縦スキルを要求しないので自前での運用が可能。

→打音計測を行わずにパノラマ合成画像解析だけでは劣化個所の抽出を行うため、判定ソフトの依存が大きいため判定精度の向上が必須。

⇒橋梁点検の一次スクリーニング。海外展開可能では。

→ラフな点検として利用できる。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(5人)

改良が必要と思われる項目

⇒打音検査が同時に実施できること。

⇒細部の点検精度の向上(2人)。

→稼働時間の延長。

→ドローンによる点検システムの基本機能は、データ収集もさることながら、現場で「技術者の目，手」の代わりになることが重要で、その他の機能は診断支援と位置付けられるものと考えたい。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

期待できないと思う理由→

□ 記載無(3人)

8. その他、質問など

→使用しているGPSの使用方法は単独測位又はどのような干渉測位を使用していますか？

- CAD データが無い橋の計測場所の位置づけはどのように行いますか？
- 橋ではどのように位置づけを図示しますか？
- 新たに CAD を作成しますか？

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术との組合せ提案（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ャン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、周到的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)