

- 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

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

1

現状の成果①

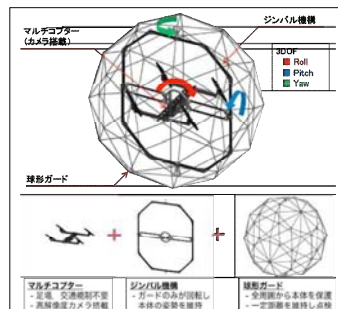


点検用球殻ドローンの開発 (東北大学)

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)

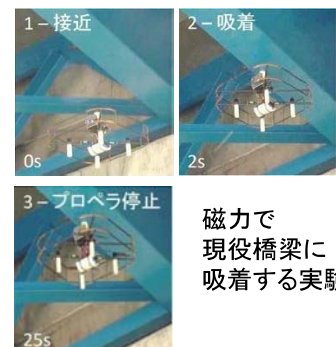
通信中継用吸着ドローンの開発 (東北大学)

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

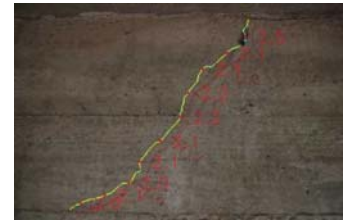
損傷位置・程度の判定を支援する機能の開発 (東北大学、リコー)

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



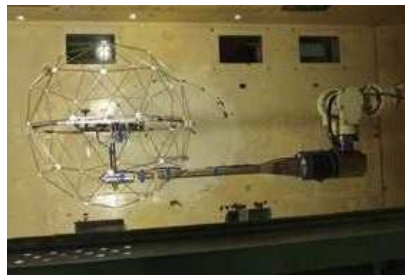
コンクリート橋のひび割れの長さ・幅の検出

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

戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

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

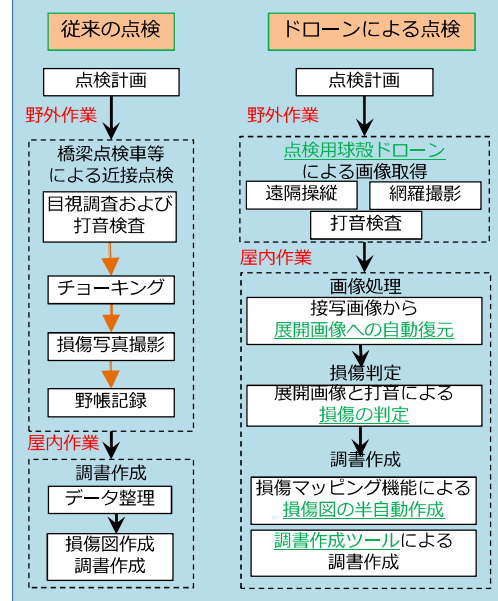
【本技術の社会実装イメージ】

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付けているが、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の条件（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】