

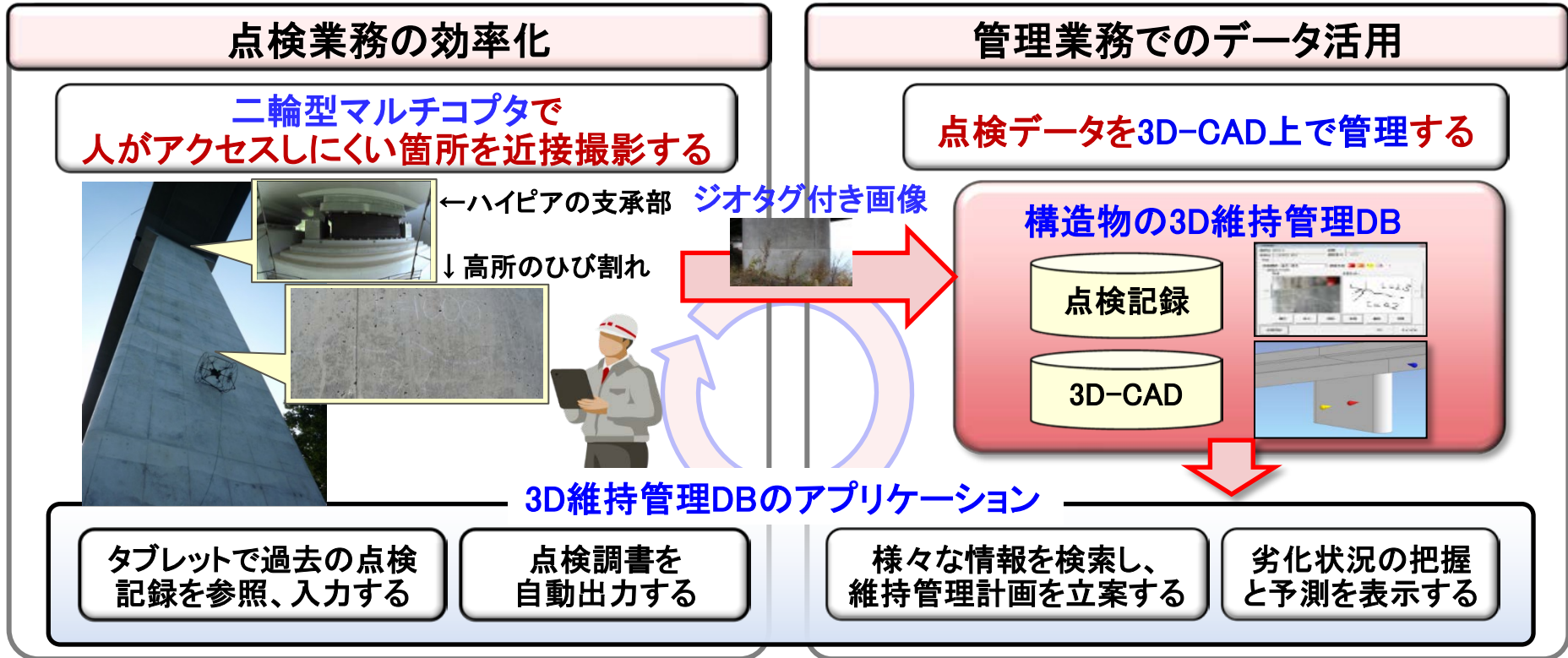
- 研究開発項目 : ロボット技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発
- 研究責任者 : 富士通株式会社 沢崎 直之
- 共同研究グループ : 富士通株式会社、名古屋大学、東京大学、北海道大学、株式会社ドーコン



# 研究開発の目的・内容



人による点検が困難な箇所を近接撮影する点検用ロボットシステムと、点検データを3D-CAD上で一元管理して様々な用途に活用可能な点検データ管理システムを開発し、維持管理業務全般の省力化・高度化の実現を目指します。



# 現状の成果① 点検ロボットシステムの開発

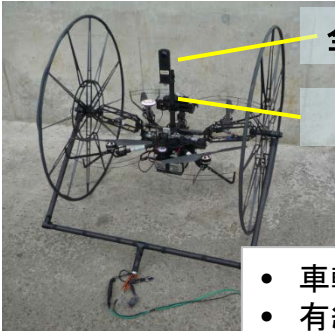



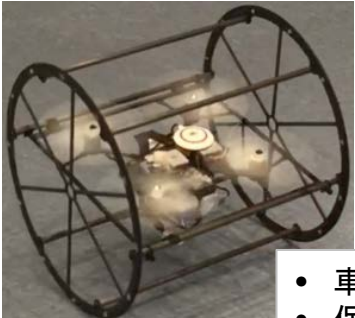

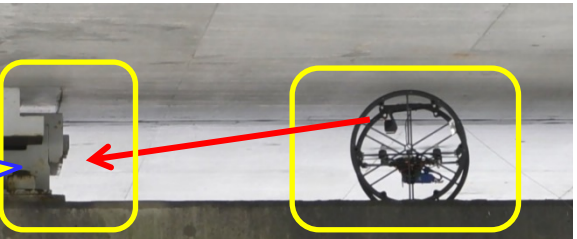
橋梁の橋脚や床板に接触し、走査しながら近接画像を取得可能な点検用ロボットの試作

## ①大型二輪型マルチコプタ機構の開発

➤ 約40mのハイピアで橋脚・支承の近接撮影ができきることを確認(風速5m/s以下)

## ②小型二輪型マルチコプタ機構の開発

➤ 約50cmの支承部に進入して近接撮影できることを確認(風速2m/s以下)

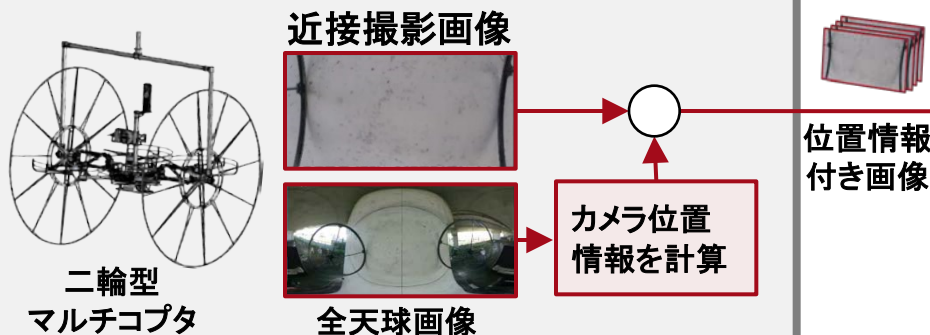
種類	ターゲット
<p>①大型二輪型マルチコプタ</p>  <p>全方位カメラ 近接カメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>車輪直径80cm</li> <li>有線給電・映像伝送</li> </ul>	<p>【対象】高さ30m以上のコンクリート橋</p> <p>【活用方法】従来はロープアクセスで点検していた箇所に素早くアクセスし、有線映像伝送でリアルタイムに状態把握</p>   
<p>②小型二輪型マルチコプタ</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>車輪直径40cm</li> <li>保護フレーム付き</li> </ul>	<p>【対象】高さ45cm以上の支承部</p> <p>【活用方法】橋脚の上に載って多方向から支承部を撮影</p>  

# 現状の成果② 点検データ管理システムの開発

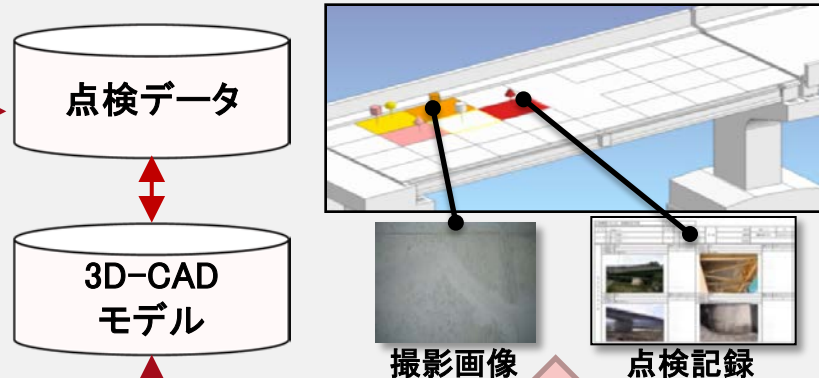
長期保存に耐え、点検データの高度活用が可能な点検データ管理システムの開発

- ①全天球カメラを利用したSFM(Structure from Motion)に基づく、近接画像へのジオタグ添付技術の原理試作
- ②国際標準(IFC)準拠の橋梁対応規格を検討し、3次元上で点検記録を管理するDBを試作
- ③レーザー計測や写真計測から、現況の橋梁の3Dモデルや3D-CADを生成する技術の開発
- ④現場のタブレット等で過去記録の参照や損傷状況を簡易に入力可能なアプリケーションの試作

## ①近接画像へのジオタグ(位置情報)添付



## ②点検記録を管理する3D維持管理データベース



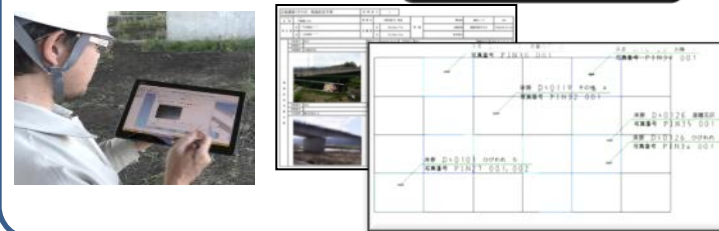
## ③3D-CADモデル生成技術



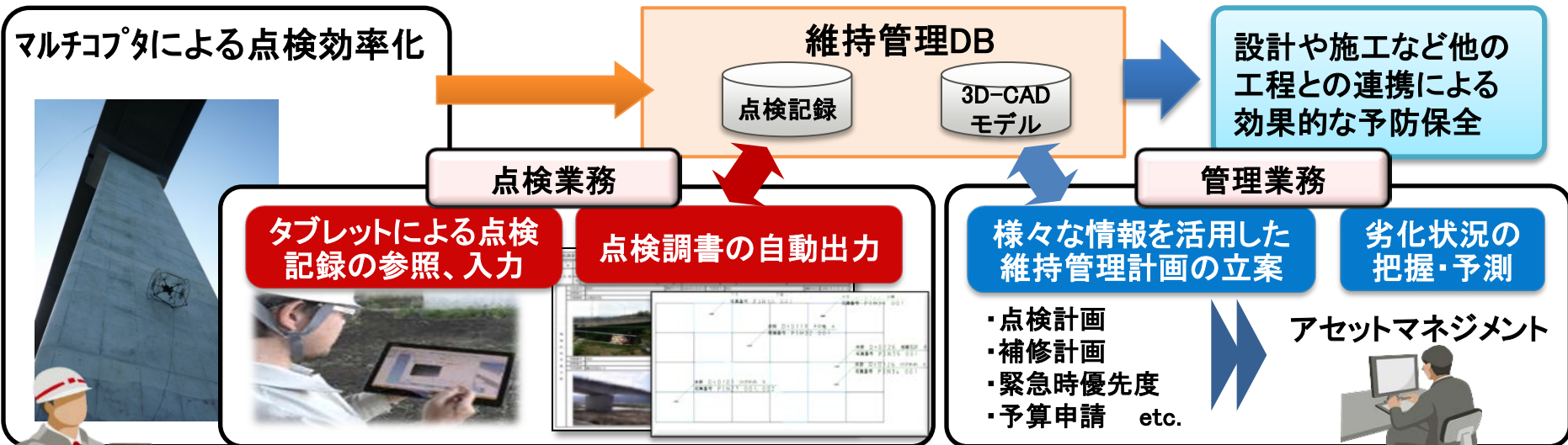
## ④点検データ活用アプリケーション

タブレットで過去の点検記録を参照、入力する

点検調書を自動出力する



- マルチコプタによる高橋脚コンクリート橋梁の橋脚、支承部、床版の近接撮影技術の開発
  - 実業務に適用可能な耐風性能を実現し、かつ安全に遠隔操作可能な機構、制御技術の確立
- 点検結果などデータを活用し、橋梁管理業務を効率化する技術の開発
  - 橋梁構成部材のCADモデル化支援、経年変化自動検知など、高度活用に向けた基本技術を確立



	点検業務における利点		管理業務における利点
<b>省力化</b>	○経年状況を容易・確実に現場で参照可能 ○入力負担の軽減。	◎点検調書作成工数の大幅低減 ○過去データの参照・統計等の流用が容易	○点検・補修計画立案の合理化と容易化 ○予算要求の説得性・納得性の高い合理的な根拠の提示が可能
<b>品質向上</b>	○経年状況から要注視箇所を漏れなく点検可能 ○点検者の経験・スキルによるバラツキ低減	○ヒューマンエラー極少化 写真と損傷位置の紐付け自動化 ○作成者の経験・スキルによるバラツキ低減	○より現実に近い精度の高い点検・補修計画が合理的に立案できる →安全担保と費用対効果の最大化の両立

# SIP 維持管理技術のアピールシート

平成 29 年 1 月 13 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)

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 (沢崎直之)

## 2. 技術の特徴

人による点検が困難な箇所画像を近接撮影する点検用ロボットシステムと、点検データを一元管理し、様々な用途に活用可能な点検データ管理システムを開発し、維持管理業務全般の省力化・高度化の実現を目指す。

- ① 二輪型マルチコプタで人がアクセスしにくい箇所を近接撮影することで点検業務の効率化を実現。
- ② 点検データを 3D-CAD 上で管理。タブレットで点検記録の参照、入力、点検調書の自動出力ができる。様々な情報を検索し、維持管理計画を立案、劣化状況の把握と予測ができる。

### 【開発者からのコメント】

- ・ 二輪型マルチコプタは、①ハイピア橋梁向けの大型機、②支承など狭隘部向けの小型機の二種類を開発
- ・ 近接撮影した損傷画像に自動で撮影位置を付与する「ジオタグ添付技術」を開発。また、ジオタグ付きの画像を 3D-CAD モデル上で参照できる技術を開発。
- ・ 3D レーザースキャナで取得した点群データから半自動で橋梁の 3D-CAD モデルを生成する技術を開発。

## 3. 岐阜県内での想定される活用方法

- ① 従来の足場建設、または高所作業車や橋梁点検車が必要な高所のアクセスしにくい箇所に活用。

### 【開発者からのコメント】

岐阜県内の橋梁の特徴をご教示頂ければ幸いです。

## 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づけているが、ドローンによる点検を認めるかが大きな問題である。
- ② 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】

- ・ 開発中の機体は搭載カメラによる「近接撮影」しか行えず、打音、触診は行えないという制限があります。

## 5. 活用に向けての課題

- ① ロボットの活用が可能な点検方法を明確化する。
- ② 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・認証するしくみをつくる。
- ③ 自治体の多様な条件に適合可能であり、従来手法よりもコスト面等で優位であることを示す。

## 【開発者からのコメント】

- ・ 今後、点検業務でロボットの適用可能なユースケースやコストメリットをより具体化する必要があると考えています。
- ・ 富士通コンソの技術の特長は取得した点検データ（損傷写真）を 3D-CAD モデル上で管理できることですが、3D 電子データの納品を認めて頂く制度が必要です。

## 6. 課題の解決策

- ① 国土交通省へのヒアリング
- ② 多様な条件を反映した実証フィールド試験の選定
- ③ ロボットの活用が可能な点検手法の検討とマニュアル作成
- ④ 飛行技術研修

## 【開発者からのコメント】

- ・ 橋梁点検ロボットが満たすべき性能基準が必要と考えております。

## 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】

## 8. 本 SIP 技術の開発状況および開発完了時期

## 【開発状況】

- ・ ハイピア向け大型マルチコプタの原理試作を完了。ハイピア橋梁を含む複数のコンクリート橋梁で現場実証を実施。リアルタイム有線映像伝送、有線給電技術を開発。
- ・ ケーブル巻取り装置など、運用支援技術を現在開発中。

## 【開発完了時期】

2019年3月を予定

## 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。

## 10. 技術の適用範囲や精度

- ① 使用可能な橋梁タイプに対する制限  
平坦な面から構成される橋梁が対象。複雑な形状の橋梁は想定外。
- ② 風速の制限  
現在、大型機の耐風性能は 5m/s 程度
- ③ バッテリ運用の場合の連続使用時間の制限  
大型機をバッテリ給電で運用する場合の連続使用時間は 10 分程度

## 11. これまでの実績・成果等

実構造物での試験により結果を確認している。

## 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)  
検討中
- ② 利用時のコスト  
検討中
- ③ 利用者への教育  
検討中
- ④ 測定機器のメンテナンス体制  
ドローンメーカーによるメンテナンスを想定
- ⑤ この装置以外で、利用者側で準備すべき機器等  
 準備すべき機器 (→発電機、タブレット端末)
- 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  
検討中

## 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

平成 29 年 3 月 27 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（沢崎直之）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2017/1/13）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。  
（6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。（0人）
- [合計：12人]

以下、MA の意見を（→）で、オブザーバーの意見を（⇒）で表記する。

## 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。（2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。（4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。（4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）
  - 適用できる橋梁形式には制限があるが、詳細な近接画像と位置情報が同時に収集でき、点検・診断の高度化、効率化が期待できる。
  - 有線による送電ができるので、現場での稼働効率が良好そうである。
  - 簡単にアクセスできない箇所の定期的なモニタリングに利用できる。
  - 詳細調査前のスクリーニングに利用できる。
  - ⇒近接目視をドローンでも良いという国の許可が必要である。法定点検の実施要領を見直して使えるようにしたら良いのではないか。
  - ⇒飛行時間（実稼働時間）が長いため、現場作業の効率化等さまざまな改善が図れる。
- 発注者からの指示であれば利用する。（5人）
  - UAV 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。
  - 1方向（高さ方向）にのみ移動可能ということが問題だと思う。決められた箇所だけの点検であればよいと思うが、通常点検対象は多量であり効率化は大きな要素であると思う。横にできるだけスムーズに移動できる機能が必要である。
  - アクセス困難箇所において、実務として利用できると思われる。施工前点検のスクリーニング機器としては優れている。
  - ⇒予備調査、踏査段階では発注仕様によらず有効だと思う。

競合技術が多そうなので、技術的な強みと弱みを理解した上で活用したい。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（1名）

⇒本システムによる点検結果の信頼性の担保、打音点検やマーキングの人手に代わる技術があれば良い。

### 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

→近接画像と位置情報を同時に収集する点検ロボットシステムであり、3D 維持管理データベース構築技術を有している。

→有線による電源供給と DB 作成。

・有線による電源供給で、バッテリー駆動の場合の飛行時間の制約が無い。

・DB 構築から CIM 連携までのシステムで、アセットマネジメントに一連で提供できる。

→3D モデルとして記録が可能である。（3人）

→調査対象から一定の距離を保つことができる点で優れている。（3人）

→事前点検としてスクリーニングできるところが優れている。

⇒足場や点検者が不要な“手軽感”＝安価。

⇒被写体に接していることで風に強そうな点。

⇒有線飛行の利点の活用。

### 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

→点検・診断システムとして期待できるので、実装に向けての開発、試行実績の積み重ねを加速して頂きたい。

→コンクリートの浮きを探査できる機能を追加していただきたい。

→岐阜県が整備している県域統合型 GIS システムに調査箇所をアップしたい。

・座標を緯度経度で提供してほしい。

・連続画像作成に苦慮しているようだが、他の SIP 提案研究で連続画像作成ができているものがあり、それらの技術を採用してはどうか。

・DB の構成を標準化し、他社の点検結果を組み込めるようにする。

→行動範囲が限定される（長さがある平面）ところを改良して、機動性をアップしてもらいたい。

→ひび割れ幅の計測技術の追加。

→ひび割れ長さを復元するための位置情報の取得。

→自動操縦機能。

→抽出したひび割れが有害なものか否かの情報があると良い。例えば、ひび割れ幅の情報は有効である。

⇒近接写真の問題。

⇒3次元 CAD 化したデータにどの箇所かを示したらどうか。

⇒自動化の技術。（方向・画像解析）

- ⇒実装に対する枠組みの整備，実装後のフォロー。
- ⇒具体的点検対象に応じてカスタマイズする方法。
- ⇒橋梁点検においては，現在近接目視が義務化され，そもそも支援ロボットシステム自体がこれにとってかわることができないため，同点検にロボット点検をどう位置づけていくかが課題となっている。その中で支援ロボットシステムによる橋梁点検が位置づけられれば，有効に機能すると考えられる。また，これらのロボットシステムは，各社，様々な手法が出てきているため，コストパフォーマンス及び，各種システムを比較した上での特異性，特徴などをアピールする必要がある。
- ⇒横移動操作の自動化（「移動量を入力するだけで OK」になると良い）。

## 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，カルバートの点検に適用できるのではないか。
- コンクリート構造物の表面点検。
  - ・ダム，堰堤，コンクリート擁壁等の車輪が接地できて植生が無い場所・構造の表面の変状を点検。
  - ・高層ビルなどの壁面調査。タイルやモルタルの劣化による剥落が今後増加するので，その分野での展開はどうか。
- 既存の図書がない橋梁における 3D-CAD による復元。
- 既存構造物の形状取得（高所等のアクセス困難部では特に有効である）。
- ⇒高層の構造物の点検。
- ⇒震災等の緊急調査にも有効。

## 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

- コンクリートの浮きを非接触で探査するレーダー技術。
- ハンマー付き（打音検査可能）ドローン。
- 他の画像加工技術と組み合わせる。
  - ・岐阜大学が，本 SIP のプロジェクトで発表された研究から，組み合わせを仲介したらどうか。
  - ・複数の企業が作成した橋梁点検，トンネル点検等のデータを取り込めるような DB 仕様を開発していただきたい。
- ひび割れ等の損傷について，数量の自動取得ができると実務として大変楽になる。
- ⇒画像判別を AI 化し，打音解析データも導入すれば，精度の良い点検が可能となる。

## 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。（4人）

- ロボット点検・診断およびデータベース構築技術に総合性と先進性があり、今後の発展が期待できる。
- 現場でのタブレットによる過去の記録の参照や、損傷状況の入力が簡易にできるなど、現場での作業性に配慮されている。
- スクリーニング技術として大変優れている。
- ⇒点検のロボット化が図りやすい。データの3次元化も有効である。
- 改良等を行なえば期待できると思う。(7人)
  - 画像接合技術の改善，二輪に適した点検対象の選択。
    - ・橋梁の構造により、適した UAV を選択して使用する。
    - ・ユーザーは成果として見やすい画像の出力を持つシステムを選択すると思う。本研究で実装化を進めてユーザーを確保するためにも、画像処理セグメントについて外部との協力体制を進めていただきたい。
  - 現場に合わせて、車輪の大きさや幅を変更できれば可能性が広がると思う。
- 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(0人)

## 8. その他（自由な意見を記入してください）

- 打音判別する技術者の感応判断力が本システムで置換可能とは考えられない。あくまで、技術者の補完機能として考えている。
- 国はインフラメンテナンス技術で海外進出を進めている。市場を国外に求めるために、DBの仕様を国際規格に準拠させていただきたい。1社だけでなく、オールジャパンの技術として売り込めるようなDBシステム開発を期待する。DBを押さえれば、継続的に受注が確保できると思う。東南アジアでは、インフラの劣化速度が非常に速く、外国企業による過去の建築に対して批判的な視点が出てきつつある。モノを作ることでは価格競争に負けてしまう。システム（コト）を作るほうが良いポジションをとれると考える。
- ドローンによる点検はいろいろ研究されていると思うが、ドローン本体だけでなく撮影データをどのように処理して、どんなアウトプットを行い、どのように使うかというところまで、具体的に示すことが求められていると思う。
- 実装するカメラについて、現状の非破壊検査技術にはサーモカメラなど、撮影することで点検できる技術もあるかと思うので、そのようなカメラを実装すれば、点検効率も向上すると思う。
- 自動で鉛直に昇る機能が備われば、橋脚の倒れなどを確認することで、震災後の状況や地盤の緩みなどの把握も可能になるのではないかな。
- ⇒掃除機の「ルンバ」のように、空中でのドローン走行ができないか。
- ⇒画像判別 AI を追加して、学習させたら良いのではないかな。
- ⇒多様な点検対象に適用するには、車輪の大きさをはじめ、カスタマイズの余地が大きいとよいのではないかな。設計→建設→保守と一貫して統合的にデータ管理されると保守管理の品質向上につながる。
- ⇒落下しても第三者被害のない場所における有線飛行なら、夜間飛行や計器飛行（視界外飛行や桁の上から橋脚の点検を行う作業等）も可能なように点検規定を変えられると良い。