

研究開発小項目 (4) - (B) 維持管理ロボット・災害対応ロボットの開発

研究開発テーマ名

「橋梁・トンネル点検用打音検査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）

日本電気株式会社

株式会社 自律制御システム研究所

独立行政法人 産業技術総合研究所

一般財団法人 首都高速道路技術センター

平成26年 11月5日(水)

研究開発の目的

高所作業車等を利用した従来の打音検査の課題を解決するため、飛行ロボットを活用した点検システムを開発する。

従来の打音検査の課題

- ① 高所作業車による長時間の車線規制
- ② 高い橋脚等の足場設置が困難
- ③ 人による災害後の点検が危険



飛行ロボットにより解決

- ① 車線規制時間の大幅短縮
- ② 死角など点検困難箇所への対応
- ③ 危険な場所での人の作業不要

純国産飛行ロボット開発の意義

事故発生時のトレースが可能⇒安全性向上
海外製ホビー用ラジコンでは安全性担保困難



	即応性	安全性	運用適応度				コスト
	観測までの時間	人の近づけない状況	観測場所の変更	高所対応	暗所・夜間の観測	観測・観察手段	
高所作業車 	○	○～×	○	△	△	◎	△
	現地到着までの時間必要	崩落等危険区域では危険有り	車両通行・停車可能な場所	数m～十数m程度(高所作業危険性)	作業員の安全確保優先	光学センサ以外の検査(打音検査・歪測定等可能)	数千万円/台 高所作業者運転資格必要
小型飛行ロボット (マルチローターヘリ) 	○	◎	◎	◎	○	○	○
	現地到着までの時間必要	遠隔地からの操作が可能	飛行接近方向の変更により対応可	数10m～100m以上上昇可能(トンネル立坑等の観測にも対応可)	赤外線センサ等搭載センサ変更により対応	搭載センサ交換により目視・打音検査に対応(センサー交換可)	5～10百万円/set(目標)

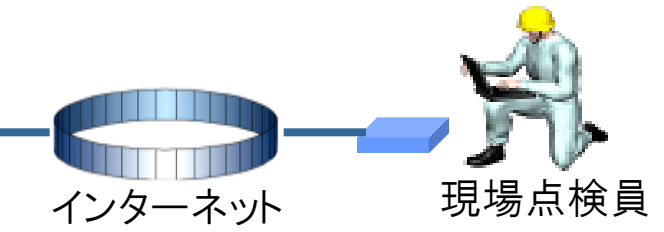
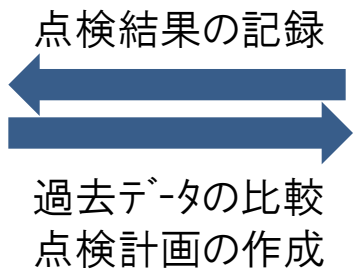
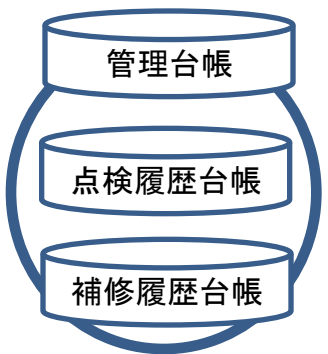
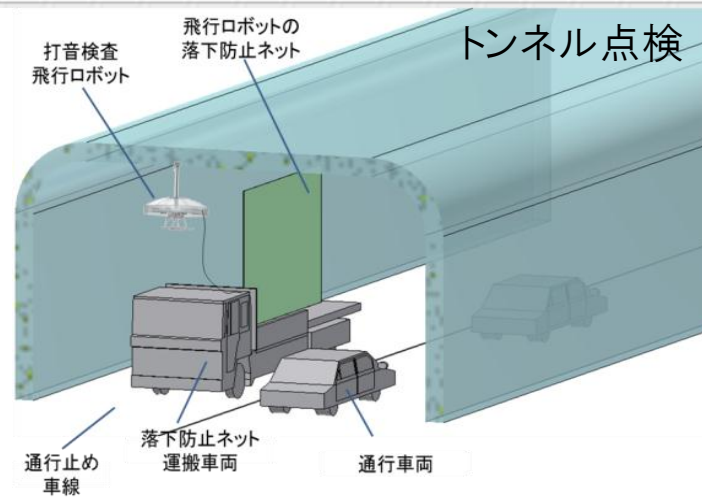
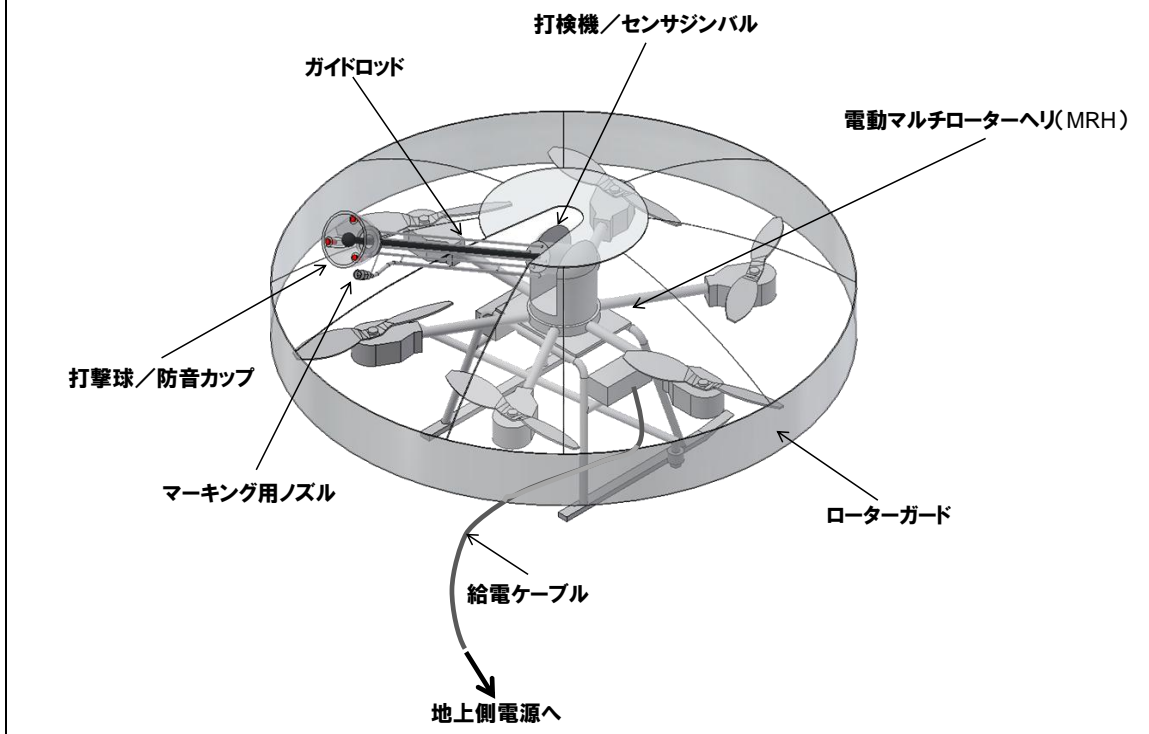
研究開発の内容(1/7)

橋梁・トンネル点検における打音検査のニーズ／制約を洗い出し、
打音検査飛行ロボットのシステム要件を設定、研究開発内容を決定。

想定されるニーズ、制約	システム要件	研究開発の内容
打音検査のための壁面、道路附属物等への接近、視点位置の変更	GPSが使用できない環境(高架下、トンネル内)で人が到達困難な場所・高所等に対し、点検・補修機器を運搬する	(1) 点検用飛行ロボットの 飛行制御機能
作業員の高所での作業リスクの軽減	対象物の距離維持と壁面追従移動	
打音検査のための位置制御	劣化等変化の検知可能な打検・打音収集機の搭載 ・打検機・光学センサの搭載 ・ノイズ抑圧	(2) 無人機搭載用 打音検査機器による 打音検査機能
人力による打音検査の代替手段の提供	異常が疑われる箇所のマーキング 打音情報・位置時系列データ比較可能な管理機能の付与	
異常検知箇所の管理 検査結果が膨大となり管理困難	多角的な安全検証と運用実証 運用安全機能(落下防止ネット等)の付与	(3) ロボット活用に伴う 運用改善
運用の安全	運用時間延長	
運用負荷軽減 運用域の拡大	操作の簡略化	

研究開発の内容(2/7) – システム全体のイメージ

橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボット



研究開発の内容(3/7) - 飛行制御機能

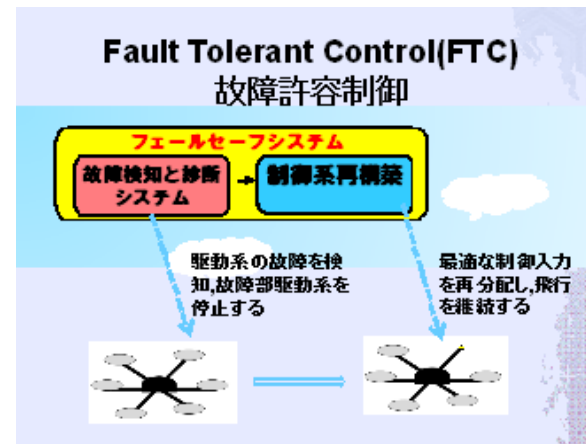
研究項目

- 非GPS環境でのロボットの移動性確保
- ロボットの壁面、橋梁構造物に沿った自律移動
- 打検機を壁面に適切に押し当てるための飛行制御
- SLAMによる自己位置推定と3D環境地図生成

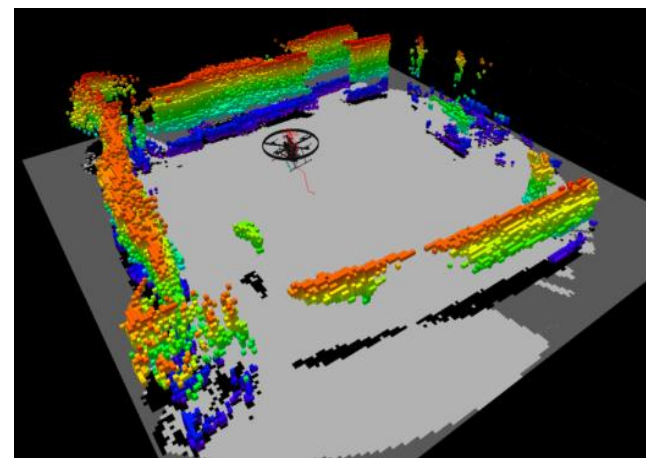


飛行ロボットプラットフォーム

ミニサーベイヤ- MS-06LA
プロペラガード直径:110cm
機体本体重量 :2.5kg
パイロット :7kg
飛行時間 :15分
屋内外自律飛行可能
原子炉建屋内調査などにも利用



故障許容制御システムの構築



レーザーレンジファインダによる障害物検知

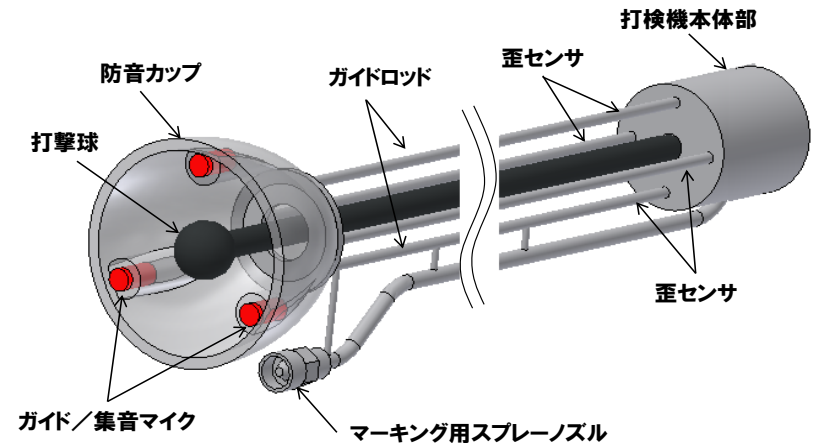
研究開発の内容(4/7) – 打音検査機能

研究項目

- 小型打音検査機の開発
- ロータのノイズに阻害されない聴音方式
⇒ 防音カップ、ノイズ抑圧技術の開発
- 変状を識別する音響解析技術の開発



打音検査機



ノイズ抑制機能付 小型打音検査機

研究開発の内容(5/7) – 打音検査機能

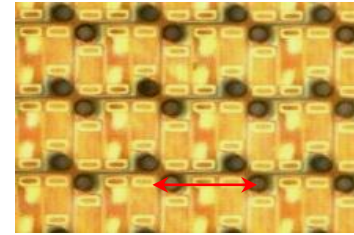
研究項目

・打音検査位置決定のための映像取得と理解

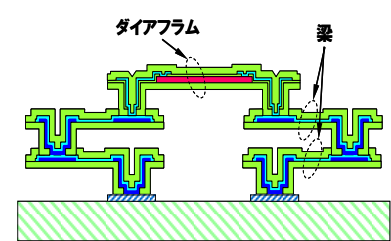
ジンバルに搭載した小型赤外センサにより、検査候補箇所を選定し、打音位置を決定する。



小型可視・赤外センサジンバル



撮像素素 12 μ m

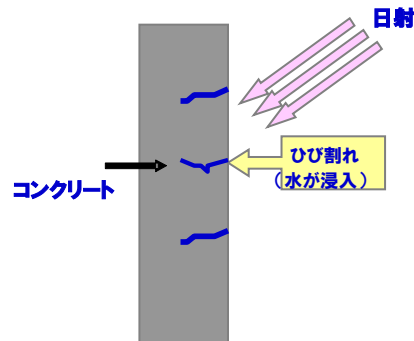


画素断面

NEDO赤外撮像MEMSセンサの実用化開発の成果

小型・軽量・高感度赤外センサ

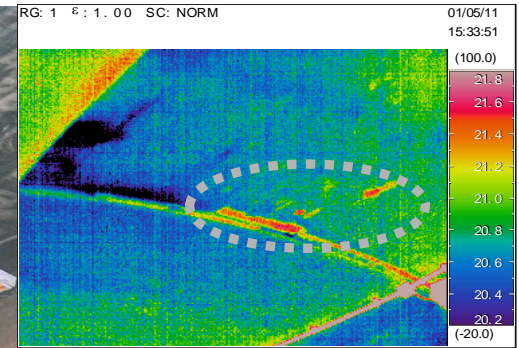
熱分布変化による変状検出手法



ひびへの水の浸入
剥離部の空気層
↓
熱分布が変化
↓
赤外センサにより検出



可視像



熱画像

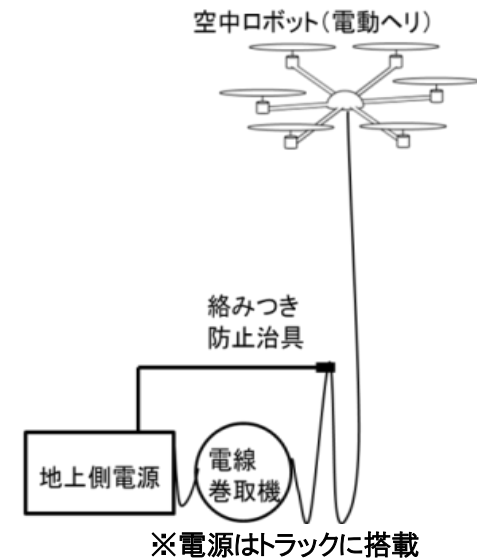
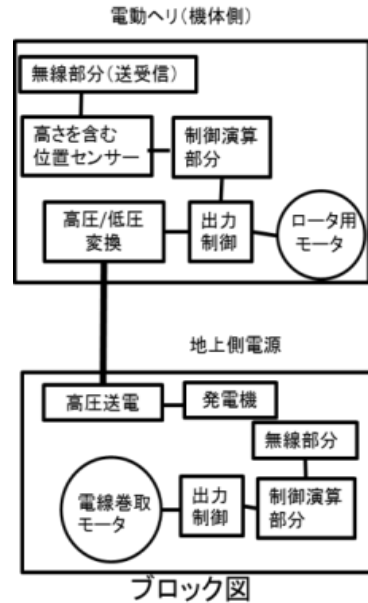
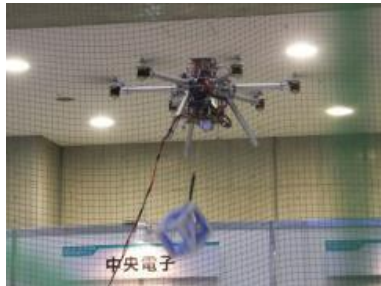
Avio提供

研究開発の内容(6/7) - 運用改善

研究項目-運用のしやすさ向上

- ・システム運用の事前調整の簡略化
- ・有線給電による時間無制限飛行

有線給電の様子



研究項目-システム安全性の検証

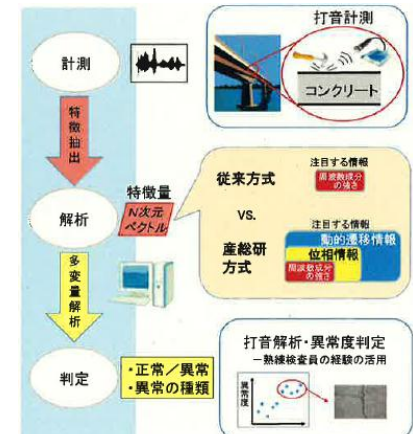
- ・環境認識性能、障害物接近性能、衝突安全性等に関する運用の安全検証
- ・模擬環境下での運用検証



高精度空間位置計測装置



EMC試験用電波暗室

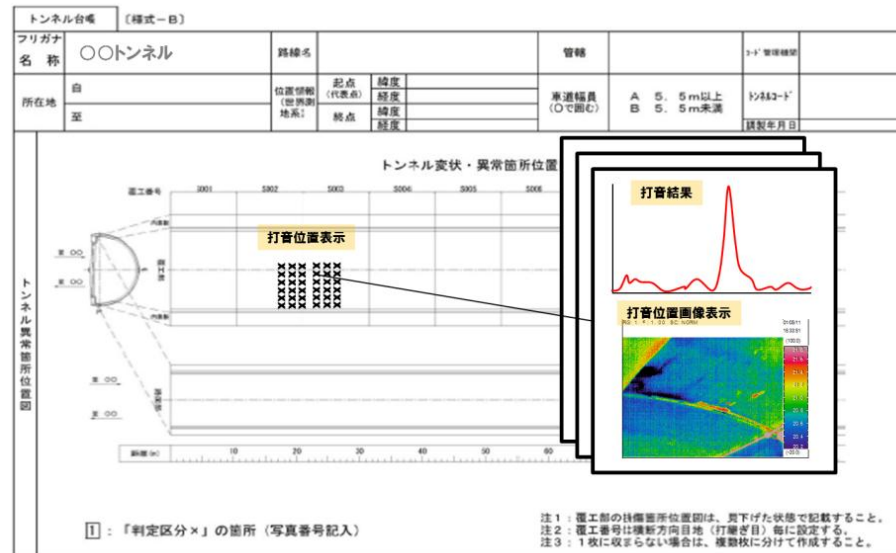


IT化研究開発の概要

研究開発の内容(7/7) – 報告書作成支援

研究項目

- 撮影した画像の施工目地、照明器具の位置から画像を結合
- 飛行ロボットの位置特定と打音検査結果の重畳
⇒インフラ点検事業者によるトンネル展開図、橋梁点検図の作成を支援
- 過去の点検データとの比較、検証の支援



トンネル展開図への打音検査結果の記録

事業化に向けた計画

<戦略>

初期ユーザとして、道路を保全する官庁、機関向けに試験販売。
 サンプル評価機により市場創出し、量産化に移行。

事業化計画

項目	～H28	～H30	～H32	～H34	H35
開発	初期モデル 開発完了▲	量産化 運用評価完了▲			
生産		サンプル評価機 生産開始▲	事業判断 量産開始▲	増産▲	
販売			サンプル評価機販売	量産機販売	

安心・安全な社会の実現に向け、インフラ維持管理を支える
 橋梁・トンネル点検ロボットシステムの開発を推進、事業化を完遂します！