

土木構造物の点検に対する移動ロボットの利活用検討

日本工営(株) 正会員 ○太田 敬一

(株)revot 霜村 瞭

芝浦工業大学 鈴木 薫, 松日楽 信人

1. 本検討の概要と目的

2012年12月に発生した中央自動車道笹子トンネルの天井板落下事故を契機に、国土交通省では2013年を「社内インフラメンテナンス元年」と設定し、「インフラ長寿命化計画（行動計画）」を策定、それに基づき道路や橋梁など土木構造物の老朽化対策に関する取り組みを推進している¹⁾。その一環として、内閣府の主導の下、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）が2014年より開始、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」などの課題に基づいた技術開発が推進された²⁾。技術開発の成果は、例えば橋梁点検にロボットを利活用する際に有意性等について取りまとめた報告がなされており³⁾、今後の社会実装へ向けた取り組みが期待される。

土木構造物などのインフラの点検にロボットを利活用する際の身近な事例の1つとして、UAVの利用が挙げられる。UAVの技術を活用することで、人が近づけない高所や遠方の状況を把握できるため、点検の効率化に役立てることができる。また画像解析やAIを用いた点検結果に基づく亀裂等の損傷箇所の自動抽出の技術は、関連するソフトウェア技術が年々進化しており、ハードウェア技術と合わせ、今後、益々社会実装が進むと考えられる。

ロボット技術は、近年のUAVに見られるように、ホビーベースのものであれば比較的安価で使い易い技術となつつある。一方、産業用途のロボットは信頼性の高い挙動を示すものの、導入に際しては高額であること、また多種多様な土木構造物の点検での利用となると、複数のメーカーのロボットを導入することになり、そのオペレーションや管理はロボットの数の分だけ必要となる。更に近年のコロナ禍や人手不足の環境では、現場にあるロボットを遠隔で操作し映像を得て状況を確認する等の需要が高まりつつあるものの、複数のロボットを統合的なシステムとして運用するには、開発規模が大きくなりがちである。

そこで本稿では、上記の課題に対する1つの解決策として、先ずロボットを遠隔操作するための通信プロトコルを設定し、次にロボット側にこのプロトコルを実行するユニット化されたハードウェアデバイスを具備し、遠隔側からこのデバイスにアクセスし操作する技術を複数のロボットに試行的に導入したので、その結果を報告する。

2. 移動ロボットの動作方法の概要

移動ロボットの遠隔操作には、Robot Service Network Protocol（以後、RSNP）というインターネットを介したロボットサービスを提供する通信プロトコルと、このプロトコルに従い通信を提供するRSNPユニットを利用した⁴⁾。通常、ロボット製造メーカーが異なる場合、それぞれのロボット毎にコントローラー等があり、オペレーションの際はそれぞれのコントローラーを用いて操作するため、ロボットが複数ある場合は煩雑となる。これを解消するために、これらのコントローラーを統合する開発は可能であるが、高額な開発費が必要となること、また各ロボットのバージョンアップに伴う仕様の変更の都度、改修が必要となるなど、メンテナンスの点からも課題がある。

一方、RSNPユニットを利用することで、製造メーカーの異なる産業用途からホビー用途までのロボットを同じプラットフォーム上で操作可能である。メーカーが異なっても基本的な操作はプラットフォーム上で統一できるため、オペレーションの負荷は軽減できる。また各ロボットにはRSNPユニットを取り付けるだけで利用できるため、ロボットの入れ替えに際しては特別な開発は不要で、ユニットの取り外しと取り付けのみ対応できることから、メンテナンス性もよい。

更にRSNPユニットはインターネットへの接続を前提として設計されており、現場に通信環境があればロボ



図-1 本試行に用いた2台の移動ロボット

ットの遠隔操作は可能である。そこで今回は図-1 に示した製造メーカーの異なる 2 台の移動ロボットに、この RSNP ユニットとインターネットに接続するためのルーターを取り付け、ロボット側では移動指示の受信機能、カメラ映像の配信機能、ロボットの位置の配信機能を設定した。遠隔地側ではロボットの移動指示の配信機能、ロボットのカメラ映像と位置の受信機能を設定し、それらをパソコンのブラウザ画面上で操作、表示するインターフェース機能を設定した。

3. 移動ロボットの遠隔操作の結果

図-1 に示した 2 台の移動ロボットを用いて、遠隔地側からインターネットを介し遠隔操作を行った。図-2 はその結果を示したものである。移動ロボット A と B は現場に見立てた幅 3m 程の通路に配置し、遠隔操作により予め設定した目的地点へ移動させた。移動中の状況を把握するため、カメラの映像とロボットの位置情報を現場から遠隔地へ配信し、遠隔地側ではプラットフォームとなるパソコンのブラウザ上にカメラの映像、現場の地図にロボットの位置を表示させた。このようにロボットに RSNP ユニットを取り付けることで、遠隔地側でロボットを操作すること、ロボットのカメラの映像の取得、および位置の把握ができることを確認した。



図-2 移動ロボットの動作状況と遠隔地側での受信状況

このようにロボットに RSNP ユニットを取り付けることで、遠隔地側でロボットを操作すること、ロボットのカメラの映像の取得、および位置の把握ができることを確認した。

ロボットへ移動操作は、遠隔地側のブラウザ上に設定した遠隔操作卓で操作した。現在の操作卓は A から F までの目的地点の位置を登録したボタン、ロボットの前進、後進、左右の移動のボタンを配置しており、このボタンを遠隔地側から押すことで現場のロボットに移動指示が送信され、ロボットを移動させることができる。その結果ロボットが移動し、現場側からのフィードバックとして現場のロボットの移動状況を示す位置情報とロボットに具備したカメラ映像が遠隔地側へ配信される。移動指示、位置情報、およびカメラ映像は全てインターネットを介して送受信される仕組みであるため、インターネットが利用できる環境であればどこでも使用可能である。

図-3 は屋外実験場での移動ロボットの様子を示したものである。図-2 は数メートル程度の通路内での動作確認であったが、実験場は 10m 以上の空間を有する範囲であり、このような場所でも問題なく動作することを確認した。

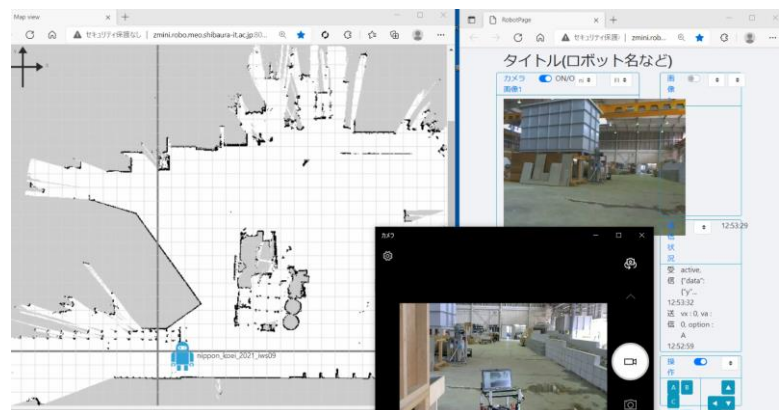


図-3 屋外実験場での実施状況

4. 今後の課題と展望

今回用いた移動ロボットには、映像を撮影するカメラの他、ロボットの周辺の障害物や壁などを検知するレーザー測定機、走行距離を画像から計測するトラッキングカメラを搭載しており、これらはロボットの性能を決める。よって今回試行導入した移動ロボットを用いた今後の土木構造物の点検の社会実装に向け、現場で求められる仕様に基づき、必要な性能を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ, 社会資本の老朽化対策情報ポータルサイト
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/03activity/03_01_03.html (参照日 2022 年 3 月 30 日)
- 2) 内閣府ホームページ, 戦略的イノベーション創造プログラムのサイト
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html> (参照日 2022 年 3 月 30 日)
- 3) 新田他, 「橋梁点検におけるロボットの有意性と社会実装のための性能評価法の検討」, 日本ロボット学会誌, Vol. 40, No. 1, pp. 35-53, 2022 年
- 4) 加藤宏一郎, 中村幸博, 松日楽信人, 成田雅彦, RSNP ユニットを用いた複数台ロボットの遠隔操作実験, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 (Robomech2021), 1P1-G03, 2021 年