

自動打音検査を目的とした移動型ロボットに 搭載するマニピュレーターの開発と制御

平江海人¹ 李根浩² 魚住龍太郎³ 川津駿斗⁴ 山川健伸⁵

受付日 2024 年 2 月 7 日, 採録日 2024 年 2 月 7 日

概要: 日本の土木インフラが急速に進んだ高度経済成長期から半世紀が過ぎ、老朽化による事故が増加傾向にある。事故防止を目的としてトンネルにおける打音検査の効率化・自動化のため打音検査ロボットの開発を行う。ロボットには移動、信号入力、信号取得の機能を持たせる。本論文で開発したマニピュレーターは並進機構で壁面に検査ユニットを押し付けることで、打撃信号を十分に壁面へ入力し、応答信号を確実に取得する。開発したマニピュレーターの有効性を検証するために、マニュアル操作で傾斜実験や打音実験を行った。また最終的な検査の自動化のため、MATLAB でシミュレーションを行い、PD 制御が可能であることを示した。

キーワード: 音楽情報-すべて, 遠隔操作・遠隔ロボット, インテリジェントビークル

Development and Control of Manipulator for Mobile Robot for Automatic Hammering Inspection

KAITO HIRAE¹ GEUNHO LEE² RYUTARO UOZUMI³
HAYATO KAWAZU⁴ KENSHIN YAMAKAWA⁵

Received: February 7, 2024, Accepted: February 7, 2024

Abstract: In response to Japan's aging civil infrastructure leading to an increase in accidents, we've designed a robotic system for efficient tunnel impact testing. The robot, equipped with movement, signal input, and acquisition functions, features a manipulator using a translational mechanism to ensure accurate signal input and acquisition by pressing against tunnel walls. Manual incline and impact experiments validated its effectiveness, while MATLAB simulations demonstrated the feasibility of implementing PD control for automated inspection.

Keywords: Music Information-All, Remote control and remote robotics, Intelligent Vehicles

1. 緒言

私たちの住む日本のインフラは、その多くが高度経済成

1 宮崎大学
University of Miyazaki
2 宮崎大学
University of Miyazaki
3 宮崎大学
University of Miyazaki
4 宮崎大学
University of Miyazaki
5 宮崎大学
University of Miyazaki

長期に集中的に整備がされている。インフラの建造ラッシュであった 1950 年代から 1970 年代にかけての高度経済成長期から 50 年を過ぎた日本では、各種インフラの老朽化が進んでいる[1]。特に橋梁やトンネルなどの老朽化は笹子トンネル崩落事故などの深刻な事故を引き起こす要因となっている。定義不足な点検項目や、杜撰な検査などの問題もあるが要因となったのはコンクリートとボルトのアンカーが老朽化していたという点である。加えて、元旦から発生した能登半島地震では、これまで見送られてきたインフラ整備の怠慢によって、耐震仕様ではない低い規格の道路であっ

たことが指摘されている。そこで、政府も老朽化対策について対策を講じているが、問題が生じている地方自治体のインフラ整備における予算縮小や、人員不足などが大きな問題となっている。

そこで本研究では人が行う検査を代替できる自動打音検査を目的とした移動型ロボット[2].を提案する.本論文では特にロボットに搭載するマニピュレーターの開発について述べる.

2. マニピュレーターの可動

2.1 平行クランク機構によるマニピュレーターの可動化

マニピュレーターの可動化を目指すにあたって、どのようにして動かすかを考える.本研究開始当時には、マニピュレーター基部の可動部にモーターを仕込むことで可動化させる予定であった.しかしマニピュレーター及び打音検査ユニットの重量が嵩み、モーターによる回転を実装できないことが判明したため、回転機構の実装は一時見送った.その後ボールねじを用いたリニアアクチュエーターでモーターのパワーを捻出し、平行クランク機構を押すことで稼働させる機構を考案した.機構のモデルを構築し、検証する.

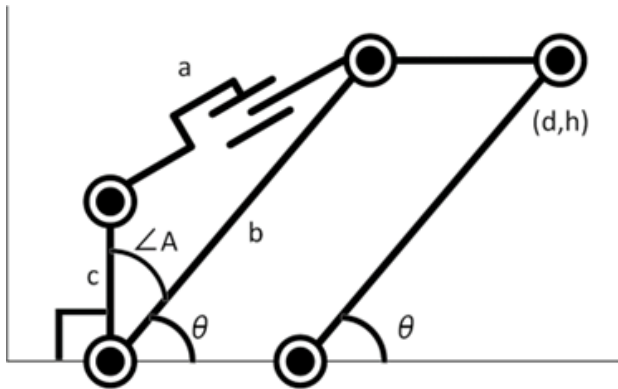


図 1 マニピュレーター可動機構のモデル
Figure 1 Manipulator moving mechanism model

モーターの回転数 n 、ボールねじのリード L 、リニアアクチュエーターの最短長さ a_0 、マニピュレーター全長 b 、保持台高さ c より、リニアアクチュエーターの伸縮長 Δa は

$$\Delta a = nL \tag{1}$$

リニアアクチュエーターの全長 a は

$$a = a_0 + \Delta a \tag{2}$$

となる.

角度 A は余弦定理より

$$A = \cos^{-1} \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} \tag{3}$$

保持台 c は車体に対し垂直に設置されているため角度 θ は

$$\theta = 90^\circ - A \tag{4}$$

マニピュレーターのフレームは平行四辺形なので、手先位置 (d,h) は

$$d = b \sin \theta \tag{5}$$

$$h = b \cos \theta \tag{6}$$

となる.このモデルはリニアアクチュエーターの回転数のみの制御で手先位置が決定される. シミュレーションの結果を図 2 に示す.

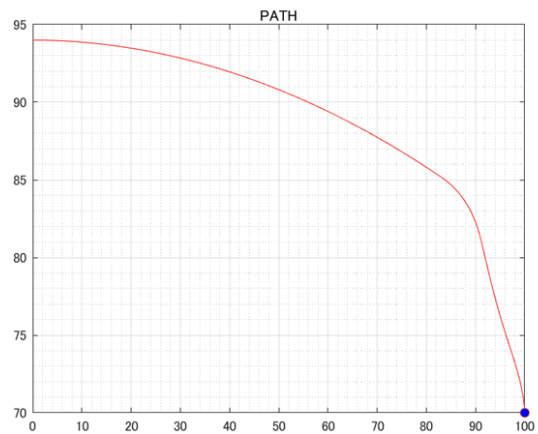


図 2 手先位置の移動軌跡
Figure 2 Locus of movement of fingertip position

2.2 可動マニピュレーターの実装

マニピュレーターは後部に傾斜用のリニアアクチュエーターを、上部には検査ユニットを並進させるためのリニアアクチュエーターをそれぞれ備える.これらのリニアアクチュエーターはステッピングモーターとボールねじを用いている.また傾斜マニピュレーター先端には壁面との接触を防止するための超音波センサを備える.マニピュレーター中部前方にはマニピュレーターの傾斜角度を測定するポテンションメーターを設置している.検証用台車に取り付けた状態

(図 2(a)) と移動用プラットフォームに取り付けた状態 (図 2(b)) を示す.またマニピュレーターと移動プラットフォームは Bluetooth 接続を介してスマートフォンで操作を行うことが可能である.操作の様子を図 3 に示す



図 3 実装したマニピュレーター(左)と搭載状態(右)
Figure 3 Mounted manipulator (left) and mounted state (right)

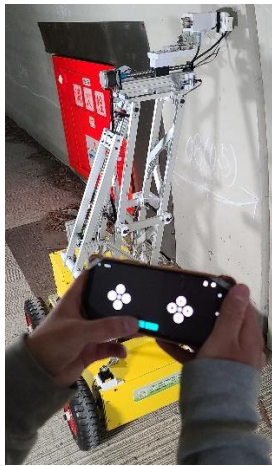


図 4 スマートフォンによるロボットの操縦
Figure 4 Controlling a Robot with a Smartphone

3. 評価実験

車体に取り付けたマニピュレーターをマニュアル操作で 45 度まで傾斜させたのち、定位置に戻す動作を行った。動作の様子を図に示す。またマニピュレーターに取り付けたポテンションメーターの値を図 4 に示す。この実験から、マニピュレーターが 45 度の傾斜を行い、それをリニアアクチュエーターで引き戻すことができることが確認された。また新造した移動プラットフォームは上部に備えたマニピュレーターが大きく傾斜しても、それを問題なく支えることができると確認できた。



図 5 マニピュレーターの傾斜の様子
Figure 5 View of Manipulator Inclination

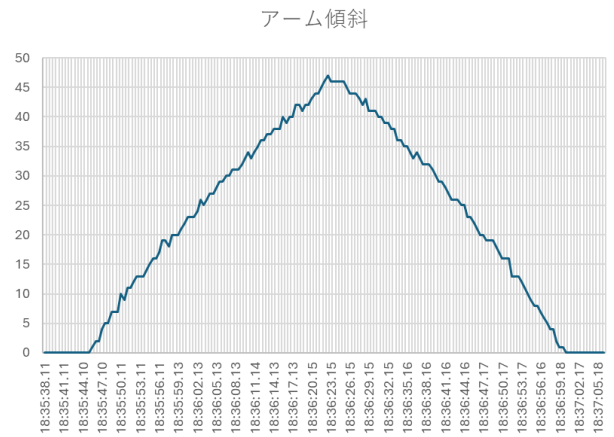


図 6 ポテンションメーターの値
Figure 6 Potentiometer Value

4. 結言

本研究では人の行う打音検査を代替させるため、自動打音検査を目的とした移動型ロボットに搭載するマニピュレーターの開発と制御を行った。その結果として、平行クランク機構とリニアアクチュエーターを用いたマニピュレーターの傾斜機構の有効性が確認された。今後はマニピュレーターと車体を統合的に制御し、動作の自動化を行うことで、自動検査の実現を目指す。

謝辞

本研究は、「公益財団法人 宮崎県建設技術推進機構」から研究資金の支援を一部受けたものである。

参考文献

[1] “令和 5 年度版国土交通白書”, 国土交通省, (2023), pp.121.
[2] Kaito Hirae, Geunho Lee, Chunhe Li, Seiya Sakaguchi, and Ryutaro Uozumi, “Implementation and feedback controller of mobile platform for pampering inspection robot”, Proc. International Conference on Design and Concurrent Engineering & Manufacturing Systems Conference 2023 (JSME iDECON/MS2023), pp.29.1-4, 2023