

# 無線センサタグの RSSI による 自動停止と走行アルゴリズム

坂口聖弥<sup>1</sup> 李根浩<sup>1</sup>

**概要:** 日本の社会インフラは高度経済成長期に建設されたものが多く、耐用年数を過ぎるものが加速度的に増加しつつある。このように老朽化した構造物による事故を防ぐためには、定期的な検査が必要であるが検査に必要な人員は超高齢社会や建設業就業者減少といった問題により不足していることが現状である。

そこで、4 輪移動型自動打音検査ロボットによる検査の効率化と省力化を目指す。ロボットは、測域センサを用いて壁面を検知し壁面に沿いながら自動走行し、壁との距離や形状に応じて旋回を行う。また、検査点とロボットに無線センサタグを設置することで、RSSI による走行停止と検査点におけるロボットの自動検査を行うことを目的としている。

**キーワード:** 無線・モバイルネットワーク-すべて、インテリジェントビークル、社会活動支援-すべて

## RSSI-based Automatic Stop and Running Algorithm for Wireless Sensor Tag

SEIYA SAKAGUCHI<sup>†1</sup> GEUNHO LEE<sup>†1</sup>

**Abstract:** Many of Japan's social infrastructures were constructed during the period of rapid economic growth, and an increasing number of them are reaching the end of their useful life. Periodic inspections are necessary to prevent accidents caused by these aging structures, but the number of personnel required for inspections is insufficient due to social problems.

Therefore, a four-wheeled mobile automatic percussion inspection robot was developed to improve inspection efficiency and reduce labor requirements. The robot automatically travels along the wall surface using a range-finding sensor and turns according to the distance and shape of the wall. The robot also has a wireless sensor tag installed to enable RSSI-based robot travel and inspection operations.

**Keywords:** Wireless and Mobile Networks - all, Intelligent Vehicles, Social Activity Support - All

### 1. はじめに

検査に必要な人員の削減や労働力の補完という社会的な需要の高まりから、検査の効率化だけではなく、検査の自動化もまた強く求められている。検査を構成する要素の内、「移動」「信号入力」「信号取得」の三要素に関してはデータを取得するために必ず検査現場で行う必要がある。しかしながら、四つめの「解析」要素に関しては、必ずしも現場で行う必要はなく、機材や施設が整った場所に取得したデータを持ち帰ることによっても実施することが可能である。つまり、社会インフラの検査において「移動」「信号入力」「信号取得」の三要素を統合的に自動化することができれば、検査現場で実施する必要がある作業の自動化につながり、最終的に検査業務の自動化に大きく貢献することができると考えられる。

そこで本論文では、検査の効率化、省力化を目的として無人打音検査ロボットの走行アルゴリズム提案と ESP-NOW による RSSI 取得の基礎実験について提案する。ロボットは、これまでコントローラー操作による走行を行

っていたが、測域センサの値から壁面との距離や車体角度の算出を行い自動走行する。また、無線センサタグの RSSI については、基礎実験を通して自動停止を行うことの有効性を検証する。

### 2. 測域センサと無線センサタグを用いた自動走行

1 章で述べた社会問題を解決するために、本研究では打音検査ロボットに測域センサと無線センサタグを搭載する。測域センサを、図 1 (a)のようにロボットの前方左右に設置し壁から最も遠いセンサ  $S_R$  と壁面間を一つの辺と捉え、壁面を垂直の一边に捉えた際、 $S_R$  が測定する範囲である  $\alpha$  角度分先の壁面までの一边を斜辺とするとロボットと壁面との角度変化に関する直角三角形を生成することができる。また、図 1 (b)に示すように壁面に向かってロボットが近づく際、ロボットと壁面との角度の関係は、壁面を中心とした際に、正の方向に角度  $\theta$  が発生すると考えられる。逆に、壁から離れようとする際には負の方向に  $\theta$  が発生する。加えて、壁面と最も近いセンサであるセンサ  $S_L$  は壁面距離を測定し角度だけでなく、壁面距離にも応じた走行性能を行うことが可能である。

<sup>1</sup> 宮崎大学  
University of Miyazaki

また、自動走行に関しては測域センサを用いるが、測域センサのみでは打音検査点を把握することは困難である。そのため、検査点把握のため無線センサタグの RSSI を利用する。具体的には、ロボットに RSSI 受信用センサタグを搭載し、各検査点に送信用センサタグを設置することで、ロボットが検査点に近づくにつれ RSSI が増加することを利用する。この時、RSSI がしきい値を超えた際に、ロボットが検査点に到達したこととする。使用する無線センサタグは、Espressif Systems 社製 ESP32-DevKitC 評価ボードを使用する。RSSI については、ESP32 を使用するため ESP-NOW といった通信方式を活用する。これにより、簡易かつ十分に情報を取得することが可能である。

### 3. 基礎実験

提案した走行アルゴリズムと RSSI による走行停止に関する基礎実験を行った。まず、走行アルゴリズムについてはボードを台形のように設置した仮想壁面を、測域センサを搭載したロボットを用いて走行実験を行った。実験の目的は、走行アルゴリズムが機能しているのか測域センサが仮想壁面を読み取れているのかを目的に実施した。結果を図 3 に示す。図 2 は実験場を上空から平面で見た際に、ロボットが走行した軌跡となっている。緑線がセンサ R の軌跡であり、赤線がセンサ L の軌跡となっている。結果から、ロボットが壁面を認識しつつ、角度に応じた走行、旋回を行っていることを確認した。

RSSI の基礎実験では、ESP-NOW を用いた RSSI の送受信が可能なのか、距離に応じて変化しているのかを目的に実験を行った。図 3 に受信機を送信機側に近づけていった際のばらつきを示す。この箱ひげ図から、20 cm、10 cm といった近距離における RSSI が卓越していることが確認された。また、各地点でのばらつきも少ないため本研究では RSSI を取得するための通信方式については ESP-NOW を使用することとする。

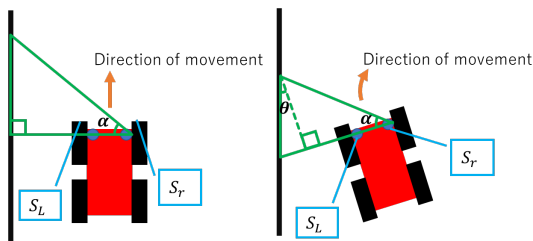


図 1 (a) ロボットが直進する場合 図 1 (b) ロボットが右旋回する場合  
 図 1 ロボットと壁面との姿勢角度の関係

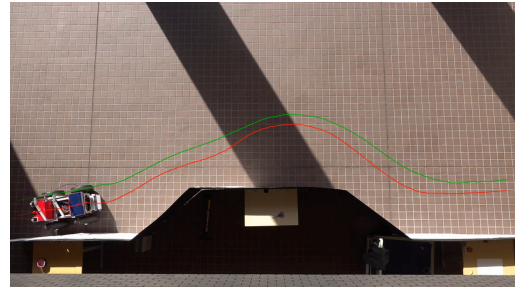


図 2 仮想壁面を走行するロボットの軌跡

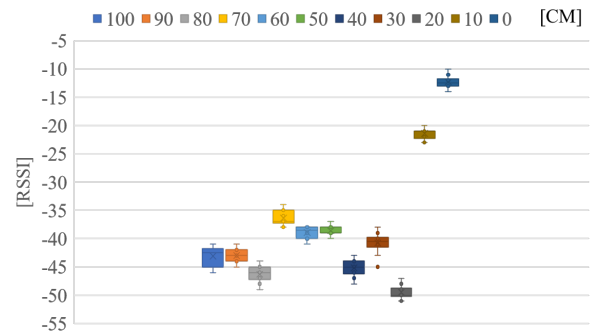


図 3 受信機を送信機側に近づけた際の RSSI 変化

### 4. おわりに

本研究では、無人打音検査ロボットの無人化による検査業務の自動化および検査の効率化、省力化を目的としてロボットの走行アルゴリズムの提案と RSSI 取得方法の有効性を示した。実験では、走行アルゴリズムによって壁面を読み取りつつ旋回走行を行っていたことを確認した。また、ESP-NOW による RSSI 取得実験では、距離に応じた減衰も確認された。今後は、検査業務の 3 要素である「移動」「信号入力」「信号取得」を RSSI によるロボットの統合的な制御を行い、実際のインフラ環境において評価実験を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- [1] “土木工事設計要領”，国土交通省，九州地方整備局，(2018),pp.7-13.
- [2] Hashiguchi, T., Lee, G., and Li, C., “Development of robot-assisted acoustic inspection for social infrastructure”, Proceedings of the 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics (2021), pp.264-267.
- [3] Mizuguchi, T., Lee, G., and Li, C., “Development of estimation scheme for direction of signal arrival in concrete structures”, Proceedings of the 27th International Symposium on Artificial Life and Robotics (2022), pp.396-399.