

# 倒立振子を搭載した自律移動ロボットの経路計画に向けたダイクストラ法と A\* アルゴリズムの比較検討

## Comparison of Dijkstra's algorithm and A\* algorithm for path planning of an autonomous mobile robot with the cart-pole

1245060 西 祐希 (Soft Intelligent SoC 研究室)  
(指導教員 星野 孝総 准教授)

### 1. はじめに

近年、人の日常生活支援を目的としたロボットの研究・開発が盛んに行われている。特に、人にサービスを提供するロボットは、安全で親近感のある自律移動機能が求められている。自律移動ロボットにおいては、ロボットが任意の環境で安全に動き回ることを可能にする技術が研究されており、その主な問題の一つとして、目的地までの最短経路を探索する経路計画が挙げられる。

倒立振子は、それ自体が不安定なシステムであり、この種のシステムの安定性を保ちつつ、目的地に向かって走行させることは、ロボット工学において興味深いテーマである。

倒立振子を搭載した移動体を制御することは、車輪の揺れや動きをコントロールすることであり、高度な無人搬送車の制御や自動車の乗り心地の向上にもつながり、さらに経路計画を組み合わせることで、さらなる安全性や効率化を追求することが可能であると考えた。

また、本研究では、これらを実現するために、ロボットのシステムを Robot Operating-System(ROS)を用いて作成した。

### 2. 倒立振子の安定制御

倒立振子の安定制御システムを構築するにあたり、台車型倒立振子を使用した。倒立振子とは、支点よりも重心が高い位置にある振り子のことであり、そのままでは倒れるところを、台車を動かすことによって振り子が倒れないように制御する。

制御方法としては、図1に示すように、現在の系の状態をフィードバックし、目標値との比較を行い、それらを一致させるように訂正動作を行う、状態フィードバック法を用いた。次の入力には現在の状態量にゲインをかけた値となる。そのゲインを適切に選択するために、極配置法を用いた。

また、安定制御の仕様を決めるため、2つのシミュレーションを行った。

#### ①MATLAB/simulink シミュレーション

極配置法において、システムの動きを決める極の配置を決める目的で行う。

シミュレーションを行った結果、極  $\lambda = [-1.0 -1.5 -2.0 -2.5]$  の時、安定性と応答性のバランスが取れていることが確認できた。

#### ②Gazebo シミュレーション

物理エンジンを搭載したシミュレーションであり、より現実に近いシミュレーションを行うことができる。ここでは、倒立振子の長さや安定性の関係性や復帰するための限界の初期の傾きを調べることを目的とし、0.25m、0.5m、1.0m の長さの倒立振子を調べた結果、1.0m の倒立振子を使用したものが安定し、約 0.15rad の傾きからの復帰が可能であることが確認できた。

### 3. 経路探索

#### 3.1 SLAM

SLAM は、自己位置推定と地図作成を同時に行う技術である。自己位置推定とは、車輪の回転量などからロボットが存在するマップ上の位置を推定することである。その推定した位置を元に、レーザ距離センサなどの観測器のデータから地図の作成を行う。

図1に実際に使用した環境と、SLAM を用いて作成された

地図を示す。右は、コストマップと呼ばれ、移動可能領域、移動不可領域、未知の領域をそれぞれ白、黒、グレーで表している。

#### 3.2 ナビゲーション

ナビゲーションは、与えられた環境内で、ロボットが現在の位置から目標とする位置まで移動する機能である。その時に用いるのが経路探索であり、静的障害物に対応するグローバル経路計画と動的障害物に対応するローカル経路計画が使用される。本研究では、グローバル経路計画に着目し、その代表的な2つのアルゴリズムの比較を行う。

##### ① ダイクストラ法

初期ノードから近接するノードを順番に調べていき、最小コストとなる経路を探索する。探索した経路が最適な経路となる。

##### ② A\* アルゴリズム

ダイクストラ法に加えて、目的ノードとの距離などから推定できるコストを使用しながら、合計のコストが最小となるような経路を探索する。探索時間を短くすることができるが、必ずしも最短経路になるとは限らない。

### 4. 倒立振子を搭載した自律移動ロボットによる経路探索

ロボットに自分自身の姿勢の安定を保ちつつ、指示に従って二次元平面上を走行させるためには

- (a) ロボットの姿勢(バランス)の制御
- (b) ロボットの並進速度と位置の制御
- (c) ロボットの中心まわりの回転速度と方位の制御

従来、この種の移動体の制御方法として(b)と(c)を分離して制御することが行われてきた[1]。そこで、本研究では(a)と(b)を組み合わせた姿勢と速度制御と(c)のロボットの方位の制御を分離して行うことにした。

経路計画を行い、軌道を生成する navigation パッケージによって算出された速度と角速度のうち、速度を、倒立振子を制御した状態での最終目標速度  $v_d$  となるように設定する。つまり、倒立振子を搭載した自律移動ロボットの目標となる状態は、振り子の傾き  $\theta = 0$ 、速度  $v = v_d$  である。

### 5. おわりに

本研究では、倒立振子を搭載した自律移動ロボットの経路計画に向けた、2種類のグローバル経路計画の比較を行った。今後は、ROS の特徴を活かし、そのままのプログラムを用いて現実世界での実験との比較を行うことが期待できる。

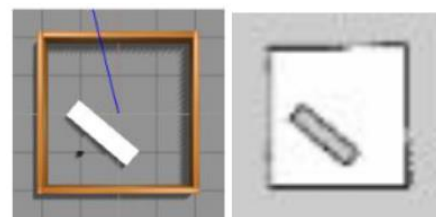


図1. 使用した環境と地図

### 参考文献

- [1] S.Iida,S.Yuta, "Vehicle command system and trajectory control for autonomous mobile robot",p212-217, 1991.