

1. はじめに

現在、地震や噴火などの自然災害、原発事故などの人的災害など様々な災害が各地で発生し得る。このような災害時において迅速な救命活動および復旧活動が求められる。しかし、被災地にレスキュー隊員が直接立ち入り、これらの作業を行うことは二次災害の発生などが懸念されるためなるべく避けたい。そのため、レスキュー隊員に代わり救命活動や瓦礫の撤去などを行うレスキューロボットの活躍が期待される。しかし、このような災害現場においてロボットが活躍するには、ロボットが通るための道が安定していない不整地や階段環境および踊り場などの狭小空間が存在するといった問題点が挙げられる。そこで、災害時を想定して狭小空間において瓦礫の撤去を行うための研究 [1] やロボットが階段を自動で昇降するための研究などが行われている [2]。

未舗装道路や建設現場、災害現場などの不整地環境における搬送用台車として、クローラー車両が有用である。しかし、クローラー車両を踊り場のような移動空間が限定されている狭小空間で運用する場合、クローラー車両の切り返しが必要となる。

そこで、本研究では特に踊り場旋回に有効な切り返し経路計画に関して研究し、縮尺モデルを用いて検証を行う。

2. 経路計画のシステム

本研究における経路計画のイメージを Fig. 1 に示す。また、研究の流れを以下に示す。

1. 光測域センサにより踊り場の情報を取得する
2. 目標地点 G を決定する
3. 目標地点 G に到達するまでに壁と衝突してしまう場合は切り返し点 M_1 および M_2 を決定する
4. 決定した切り返し点で切り返しを行うための3次補間経路を計画する

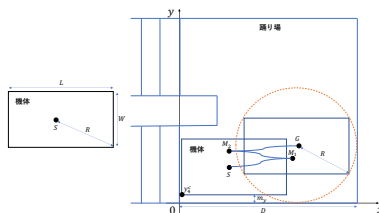


Fig. 1 経路計画の概要

目標地点 G の決定方法について説明する。ロボットは自身の位置および姿勢角の情報を持っている。ロボットの初期位置を $S(x_s, y_s, \theta_s)$ 、最終的に到達したい位置を $G(x_g, y_g, \theta_g)$ とおくと、これらの式はそれぞれ、

$$S = \begin{cases} x_s = \frac{L}{2} \\ y_s = \frac{W}{2} + m_y \\ \theta_s = \text{任意の角度} \end{cases} \quad (1)$$

$$G = \begin{cases} x_g = D - R \\ y_g = R \\ \theta_g = \text{任意の角度} \end{cases} \quad (2)$$

となる。最終的に到達したい位置 G は、超信地旋回を行うために必要なスペースを確保するために、ロボットの旋回半径である R だけ前方および側方の壁から離れた位置である。

まず、切り返し点 M_1 の決定方法について説明していく。切り返し点 M_1 はロボットの端点が壁にぶつからず移動できる位置の中で最も G の位置に近い位置とする。Fig. 2 のように切り返し点 M_1 の y 座標である y_{m1} を 10mm ずつ増やすことで目標地点側に変化させ、その点までの経路を生成していき、初めて $y_4 < 0$ となる経路を生成した点の1つ前の点を切り返し点 M_1 とする。

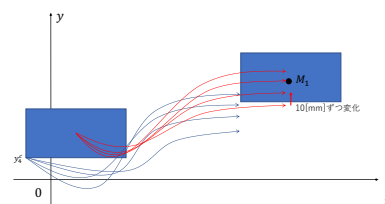


Fig. 2 切り返し点の決定

次に、切り返し点 M_2 の決定方法について説明していく。 M_2 は目標地点 G から逆算することで求める。ロボットが G から M_2 の辺りまでバック走行で移動するとする。その時、ロボットが壁にぶつからずに到達できる中で最も y 座標がスタート地点に近い点を M_2 と決定する。これは、ロボットがスタート地点からなるべく少ない切り返し数で到達したいためである。

M_2 を決定すると、次に、 M_2 から M_1 へ到達できる中で最も y 座標がスタート地点に近い点を求める。

この点より最初に説明した方法で求めた M_1 が大きくなればロボットは1回の切り返しで目標地点まで到達することが可能である。

目標地点および切り返し点が決まれば、ロボットの初期姿勢を $S(x_0, y_0, \theta_0)$ 、終端姿勢を $G(x_f, y_f, \theta_f)$ とおき、これら2点を滑らかに補間する軌道を以下の3次補間式を用いて求める。

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & x_0^3 \\ 1 & x_f & x_f^2 & x_f^3 \\ 0 & 1 & 2x_0 & 3x_0^2 \\ 0 & 1 & 2x_f & 3x_f^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_0 \\ y_f \\ \tan \theta_0 \\ \tan \theta_f \end{bmatrix}$$

3. シミュレーション結果

Fig. 3 に Table 1 の通りの条件で行なったシミュレーション結果を示す。

ロボットと壁との間の距離 m_y [mm]	37.9
初期姿勢角 [deg]	0
終端姿勢角 [deg]	0
ロボットの幅 W [mm]	410
ロボットの長さ L [mm]	635

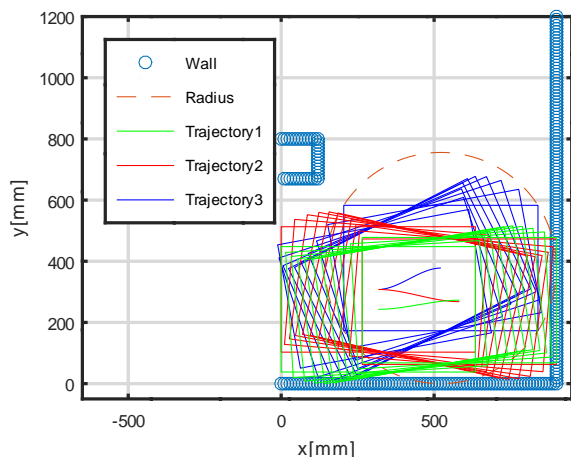


Fig. 3 シミュレーション結果

Fig. 3 より、提案する手法を用いることで踊り場で壁に衝突することなく目標地点に到達し、最終的に到達した位置で超信地旋回に必要なロボットの旋回半径を確保できていることがわかる。

4. 縮尺モデルによる実験

以下の Fig. 4 に縮尺モデルにより実験を行なった結果を示す。条件は以下の Table 2 の通りである。

Table 2 実験条件

ロボットと壁との間の距離 m_y [mm]	43.4
初期姿勢角 [deg]	0.13
終端姿勢角 [deg]	0
踊り場の奥行き D [mm]	900

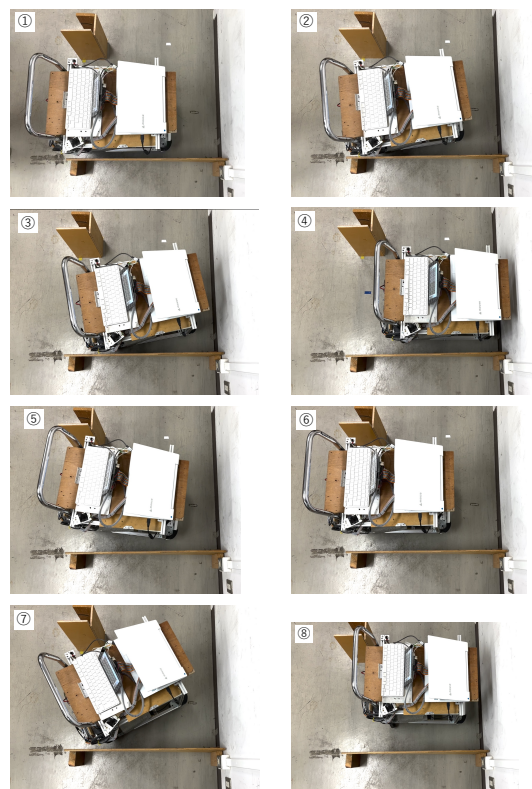


Fig. 4 縮尺モデルによる実験結果

Fig. 4 より、ロボットがシミュレーションの通りに動き壁にぶつかることなく目標地点に到達できていることがわかる。

5. まとめ

提案手法により、踊り場のような狭小空間における自動搬送ロボットの切り返し経路計画の有効性をシミュレーションおよび縮尺モデルを用いた実験により示した。今後、実際に使われている自動搬送ロボットに応用することにより、ロボットが階段環境に適応できるようになり、これまでよりも自動搬送ロボットの活躍が見込める。

参考文献

- [1] 幸村, 桐林, 永谷: 不整地狭小空間における不整地移動マニピュレータの遠隔操作支援システムの構築, 計測自動制御学会論文集, **53**-1, 2/12 (2017)
- [2] 楊, 高橋, チャン, 李: 階段昇降が可能なコンパクトクローラ型移動ロボットの機構, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, **2021-21-2**, 2A1/L09 (2021)
- [3] 滝田, 大川, 伊達, 小林: 階段昇降機能を有するアーティキュレート式8輪車による自律移動ロボットの開発, 交通・物流部門大会講演論文集, **23**-14-65, 231/234 (2014)