

時間スプライン近似法を用いた自律移動ロボットの軌道追従制御

80023120 宮田 淳一

指導教員 村上 俊之 助教授

1 概要

運送業で用いるカートや車椅子などの自律走行が可能となれば、操縦者の負担が減少するであろう。そのとき、カートや車椅子が急な速度変化を起こした場合には、スリップなど不安定な状態になってしまう。そのような危険な状態を回避するために追従軌道を滑らかな速度変化で追従する必要がある。速度変化を滑らかにするために時間スプライン近似法を提案し、そのスプライン近似法の実現方法を述べる。

2 仮想冗長マニピュレータを用いた軌道計画法

障害物が存在する場合、回避軌道の生成は短時間で終わらなければならない。ここで、仮想的な冗長マニピュレータの障害物回避を利用した軌道生成法を提案する。5リンクの冗長マニピュレータを元に、ポテンシャル法とコンプライアンス制御で障害物回避を実現する。移動ロボットの軌道は、マニピュレータのリンクで構成される。

3 時間スプライン近似法による軌道追従

3.1 時間スプライン近似の概要

従来の軌道の幾何スプライン近似では位置の変化は滑らかにできるが、速度変化までは考慮されていない。この問題を解決するために、時間を変数とする時間スプライン近似を提案する。時間スプライン近似式は次のようになる。

$$x = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x \quad (1)$$

$$y = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y \quad (2)$$

時間スプライン近似は次のようなシステムで構成されている。まず1サンプリングタイムに移動する距離を速度から計算し、与えられた軌道を計算された距離で区切る。最後に区切られた点を用いてスプライン近似を行う。

3.2 スプライン係数の計算法

移動ロボットの速度指令値から1サンプリングタイム ΔT に移動する距離 ΔL が求められる。

$$\int \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} dt = \Delta L \quad (3)$$

得られた ΔL を用いて、与えられた軌道を分割する。この軌道を分割した分割点を用いてスプライン近似を行う。この時間スプライン近似を用いることにより未来の速度、加速度を指令値として入力でき、予見制御が可能となる。

3.3 予見制御の構築

ロボットに入力される加速度参照値は、予見制御を用いて計算される。このとき用いる指令値は現在の位置、1サンプリングタイム後の速度、2サンプリングタイム後の加速度の各指令値が必要となる。これは、時間スプライン近似を用いたことにより、容易に計算できる。

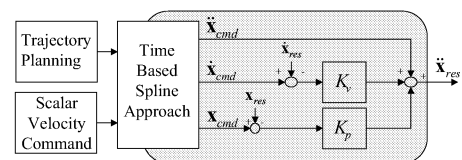


図 1: 予見制御

4 シミュレーション

提案した手法を用いてシミュレーションを行った。仮想マニピュレータを用いた軌道生成と、その軌道と時間スプライン近似を用いた移動ロボットの軌道追従の結果を示す。左が仮想マニピュレータによる軌道生成法、そして右がその軌道を移動ロボットが追従した時の位置応答値である。

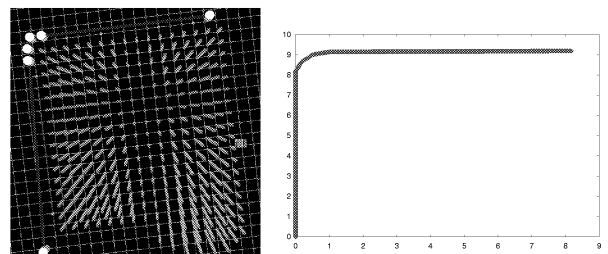


図 2: 軌道計画と軌道追従

5 実験

本章では、提案手法の有効性を示すため、本論文で提案したシステムにて実験を行った。そのシステムと結果を示す。

5.1 実験結果

Fig.3に実験結果を示す。エンコーダから得たモータの回転角度から、位置応答値を得た。また左右両輪の回転角応答値を Fig.4、5に示す。

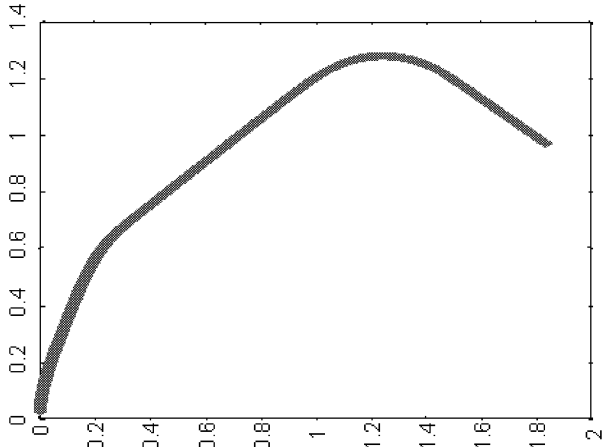


図 3: Position Response(Experiment)

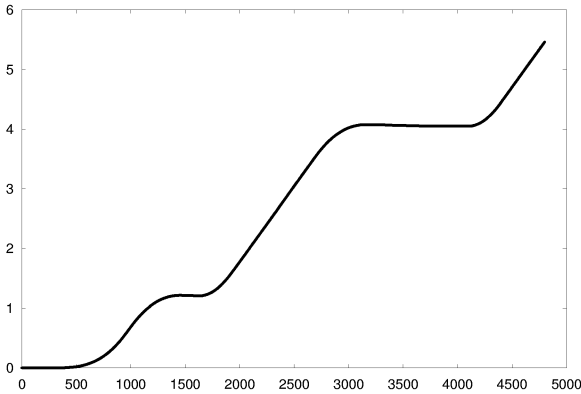


図 4: Rotation Angle Response(RIGHT)

5.2 検討・考察

Fig.3から、仮想マニピュレータを用いた軌道計画法は障害物を回避する軌道を生成していることが分かる。冗長な仮想マニピュレータで軌道計画を行い、冗長度を利用することで余裕を持った軌道計画ができていると考えられる。

また、Fig.3から、移動ロボットは生成された軌道を追

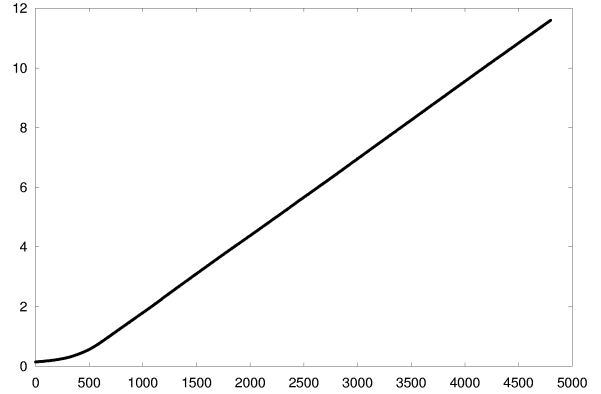


図 5: Rotation Angle Response(LEFT)

従していることが分かる。Fig.4、5から、事前に入力された位置、速度、加速度指令値で構成された予見制御により、位置だけではなく速度、加速度変化が滑らかにすることができていることがわかる。

以上のことより、本論にて提案する時間スプライン近似法による軌道追従制御の妥当性を確かめた。

6 結論

本研究では仮想マニピュレータを使用した軌道計画を行い、時間スプライン近似を用いた移動ロボットの軌道追従制御を実現した。時間スプライン近似法を用いることにより、移動ロボットは滑らかな移動が実現できた。提案した手法をシミュレーションで確認した。

参考文献

- [1] J. Miyata, T. Murakami, K. Ohnishi, "Determination of Time Based Spline Trajectory and its Application to Continuous Circular Path Planning in Mobile Robot" 5th Franco-Japanese Congress 3rd European-Asian Congress Besancon 2001 - France, pp.231-235, 2001