

NURBS 曲線を用いた移動ロボットによる移動物体追従制御

Tracking Control of Mobile Robot for Moving Target by NURBS Curve

80222823 立松憲明 (Noriaki Tatematsu) Supervisor 大西公平 (Kouhei Ohnishi)

1 緒言

過去の移動物体追従問題に対する手法は、オンラインで獲得した移動物体の位置情報から直接ロボットの指令値を生成するものであった。しかし移動ロボットは非ホロノミックな拘束をうけるため、その制御においては滑らかな軌道を生成することが最も好ましい。そこで本稿では、軌道生成に基づいた移動物体追従制御法を提案する。

2 NURBS 曲線

移動ロボットの軌道生成には一般的にスプライン曲線がよく用いられる。本稿では、軌道の振動がなく、2階微分までが連続になることで十分滑らかな曲線を描くことができる3次のNURBS(Non Uniform Rational B-Spline)曲線を軌道生成に用いる。移動物体の位置を制御点とすることで移動物体の情報をロボットの軌道に反映させ軌道生成し、その軌道上にロボットを制御する、この繰り返しで追従動作を実現する。また本稿では、以下の二つの追従動作について考察する。

- 常に動いている物体に対してなめらかに移動ロボットを追従させる
- 移動ロボットを移動物体から常に一定距離以内に制御する

図2に制御系全体の構成図を示す。

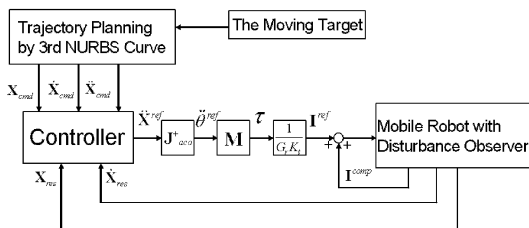


図 1: 制御系の概念図

3 追従動作 (1)

3.1 移動物体の位置の認識

NURBS 曲線はその構成要素の中でも主に制御点によってその形状が決まる。ここでは移動物体の軌道をロボッ

トの軌道に反映させるために移動物体の一定時間間隔毎の位置を制御点とした。

3.2 コントローラ

NURBS 曲線の軌道パラメータを時間とみなし、その情報から予見制御器を構成した。制御系の構造は、元の制御系に目標値の予見フィードフォワード補償を付加したものとなる。(1)式さらに移動物体と移動ロボットを軌道パラメータを使って時間的に拘束する。

$$\ddot{\mathbf{X}}_{ref} = K_p(\mathbf{X}_{cmd} - \mathbf{X}_{res}) + K_v(\dot{\mathbf{X}}_{cmd} - \dot{\mathbf{X}}_{res}) + \ddot{\mathbf{X}}_{cmd} \quad (1)$$

3.3 補助制御点

生成した軌道のつなぎ目において、補助制御点を配置することにより、移動ロボットの指令値を連続にする。

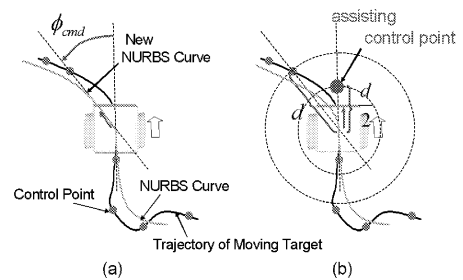


図 2: 補助制御点

3.4 シミュレーション

図3の移動物体の動きに対して、0.5(s), 1.5(s) 毎で制御点を獲得した場合のロボットの軌道を図4,5に示す。二種類の制御点の配置の仕方では、移動ロボットの軌道に対する移動物体の動きの反映度に違いが現れていることが確認できる。また制御点を0.5(s)周期で配置して生成した軌道上に、先述のコントローラでロボットを制御したシミュレーションを図6に示す。

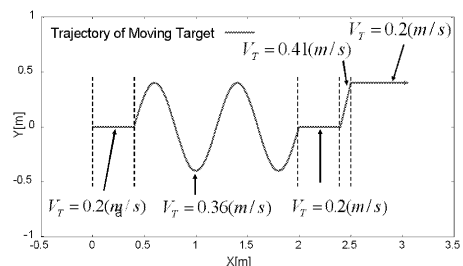


図 3: 移動物体の軌道 (1)

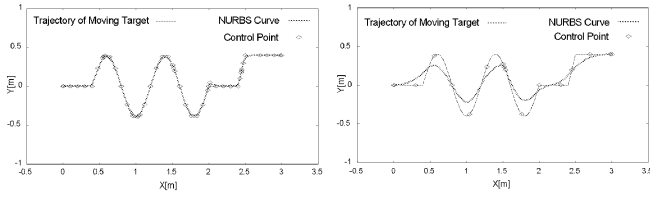


図 4: 0.5(s) 間隔

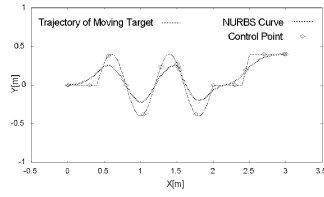


図 5: 1.5(s) 間隔

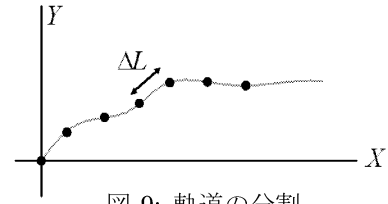


図 9: 軌道の分割

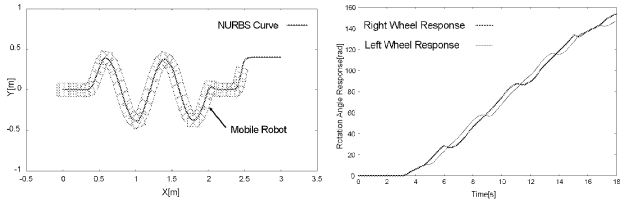


図 6: 0.5(s) 間隔

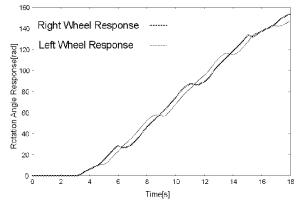


図 7: 1.5(s) 間隔

図6,7から生成した軌道上にロボットを滑らかに制御できていることがわかる。

4 追従動作 (2)

4.1 移動物体の位置の認識と軌道の評価

一つ目の制御点の位置から一定距離間隔毎の移動物体の位置を制御点として獲得することで、移動物体と移動ロボットの距離と曲線の長さを評価する。図8にこの方法で得た制御点7個によって生成した軌道とその幾何的關係を示す。NURBS 曲線の持つ凸包性より、図の軌道の長さを L とすると、式 (2) が成り立つ。

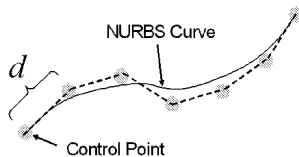


図 8: 軌道の評価

$$L \leq 6d \quad (2)$$

4.2 追従手法

一定個数の制御点が獲得された時点でロボットを生成された軌道上に $V_R(m/s)$ で制御する。この方法により移動物体との距離が $6d(m)$ 以内に保たれる。また、この手法においても軌道を滑らかにつなぐために前章で述べた補助制御点を配置する。

4.3 コントローラ

軌道上に移動ロボットを一定速度 $V_R(m/s)$ で制御するために、式 (3) に従って軌道を区切って指令値を生成する。(図8) ここでも、未来の指令値を使って予見制御器を組む。

$$\Delta L = V_R \times 1sampling \quad (3)$$

4.4 シミュレーション

図9の移動物体の動きに対して、提案手法でロボットを制御した結果を図11,12,13 示す。なお $V_R = 0.3(m/s)$, $d = 0.1(m)$ とする。図12より、ロボットの速度は動きはじめに多少のオーバーシュートが見られるものの $0.3(m/s)$ で制御できていることがわかる。これによって移動物体との距離も $6d(m)$ すなわち $0.6(m)$ 以内に保たれている。

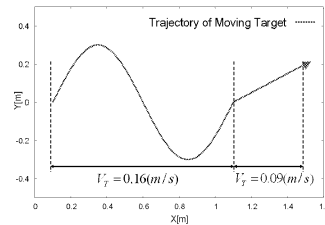


図 10: 移動物体の軌道 (2)

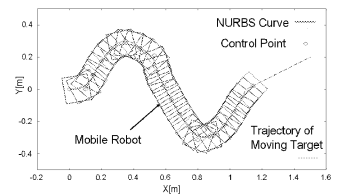


図 11: ロボットの応答 (2)

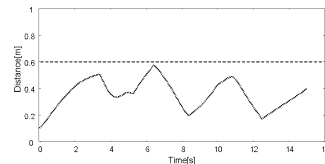


図 12: 移動物体とロボットの距離

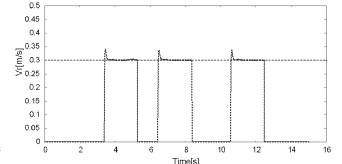


図 13: ロボットの速度

5 結論

移動物体追従制御において、その移動物体の位置情報を制御点として獲得し、軌道生成に基づいてロボットを制御する方法を提案した。その際、二つの追従動作について検討し、それらを満たすような制御系を考案、そしてその有効性をシミュレーションによって確認した。

参考文献

- [1] 立松憲明, 大西公平, "移動ロボットによる移動物体追従制御", 電気学会産業計測制御研究会資料, Vol.2, pp65-68,2003.
- [2] N. Tatematsu and K. Ohnishi, "Tracking Motion of Mobile Robot for Moving Target Using NURBS Curve", IEEE Conf., ICIT'03, pp.245-249.