

自律型ロボットマニピュレータによる 軌道探索及び障害物回避制御

7T-7

生田目勝義† 佐野朋基‡ 志田晃一郎† 藤川英司† 山田新一†
†武蔵工業大学 ‡石川島播磨重工業(株)

1. はじめに

これまでロボットは、特に産業の分野で発展してきた。これは、工場内の流れ作業が単純なくり返し作業で、現在のロボットが能力を最も発揮できる作業だからである。しかし、近年、産業用ロボットに続く次世代ロボットとして、時々刻々と変化する環境の中で自らその場の状況を判断し、目的の作業を行う自律型ロボットが考えられ、ロボットに自律性を持たせるために、様々な方法が研究されている。

本研究では、ロボットマニピュレータの自律化を実現するために重要な課題である障害物回避問題を取り上げ、高速かつ円滑にマニピュレータを動作させる方法を提案する。

2. 制御対象

本研究では制御対象として3自由度を持つ多関節型ロボットマニピュレータを使用する。ロボットマニピュレータの構造図を図1に示す。

本研究ではマニピュレータの状態は全て理想状態とする。

次に、ラグランジェ(Lagrange)法[1]により求めたn自由度ロボットマニピュレータの運動方程式を示す。

$$R(\theta)\ddot{\theta} + \frac{1}{2}\dot{R}(\theta)\dot{\theta} + S(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + B\dot{\theta} + g(\theta) = \tau \quad (1)$$

(1)式の左辺第1項は慣性項であり、行列 $R(\theta) \in R^{n \times n}$ を慣性行列と呼ぶ。第2項と第3項

Path Planning and Collision Avoidance control of an Autonomous Robot Manipulator

† Katsuyoshi Namatame, ‡ Tomoki Sano, † Koichiro Shida,

† Hideji Fujikawa, † Shin-ichi Yamada

† Musashi Institute of Technology 1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo, 158, Japan

‡ Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

は、遠心力とコリオリ力からなる項である。第4項は摩擦項であり、第5項は重力項である。そして、右辺の各要素は一般化力であるが、この多関節マニピュレータの場合、 τ_i は第i関節に対応するモータによって生成された関節駆動トルクに相当する。

目標姿勢 $\theta^0 = (\theta_1^0, \dots, \theta_n^0)^T$ が与えられたとき、 θ_i^0 を目標入力とした負帰還に速度の負帰還と重力項を含めた制御則

$$\tau = g(\theta) - K_u(\theta - \theta^0) - K_p\dot{\theta} \quad (2)$$

をプラントへの入力とする。ただし、 K_u は比例ゲイン、 K_p は微分ゲインである。

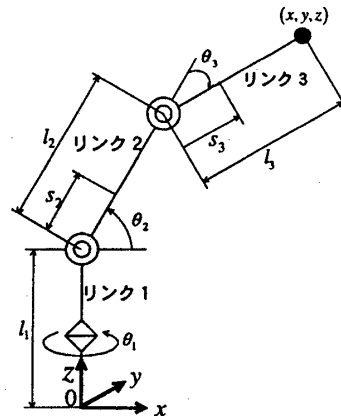


図1. 3自由度ロボットマニピュレータ

3. 経路探索

本研究では、マニピュレータの行動計画を行うために安全かつ最短な経路を探索する方法として、最適化の部分に遺伝的アルゴリズム(以下GAと記す)を用いた障害物回避の経路探索法を提案する。

提案するアルゴリズムは、まず、障害物とマニピュレータの存在する3次元の作業空間を $100 \times 100 \times 100$ の空間内に存在するとする。経路は、

この空間内から障害物に干渉しない点をGAに改良を加えた手法を用いて選び、これらを始点終点間の中間点として定義する。本研究で用いた改良型GAのアルゴリズムは以下のとおりである。

Step 1 対象のモデル化

遺伝子の記号は、作業空間内の X, Y, Z 座標の3つのデータを合わせ持ち、記号列は、経路を表し、経路を決定する10個の中間点と始点、終点を含む12個の記号からなる。

Step 2 集団の発生

Step 1 のコーディング方法により30個の遺伝子を発生させる

Step 3 各遺伝子の評価

発生された遺伝子の集団が環境に適応できるか、適応の度合いを決める以下のような適応度関数を設け、環境へ適応できるよう対応付けを行う。

$$f(\cdot) = Af_1 + Bf_2 + Cf_3 + flag \quad (3)$$

Step 4 交叉

前世代の中からランダムに対となる個体を取り出し、交叉を行う。

Step 5 淘汰及び増殖

最も評価の高い個体を下位にコピーする。

Step 6 突然変異

コピーされた評価の高い個体に以下の3種類の方法で突然変異を起こす。

Mutation 1 個体中からランダムに位置を決め、そこから連続した3個の中間点の座標を作業空間内からランダムに決めなおす。

Mutation 2 個体中からランダムに位置を決め、その中間点と隣りの中間点の座標を入れ替える。

Mutation 3 個体中からランダムに中間点を取り出し、その各座標に1, 0, -1のいずれかをランダムに加える。

Step 3 から Step 6 の遺伝子操作を各遺伝子に対し行う。この一連の操作を行うことで次世代

の遺伝子を得ることができる。そして、この操作を繰り返し遺伝子に加えることにより世代交代を行わせ、遺伝子集団のパフォーマンスを向上させる。その結果、遺伝子集団の中からより評価の高い遺伝子を求めることができる。

4. 軌道追従制御

本研究では、3.の探索法によって求めた経路を用い、マニピュレータ先端部の移動距離を基準にして、オンラインで軌道計画を行い、その軌道に追従する制御シミュレーションをサンプリング周期を10[msec]として行った。また、さらに、制御アルゴリズムに制御を行っている途中で新しく障害物が発見されることを想定し、それに対応するアルゴリズムを付加してシミュレーションを行った。この結果を図2.に示す。

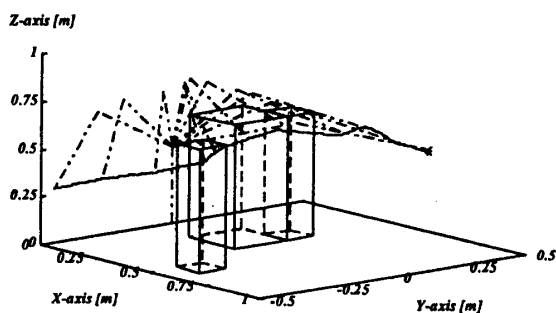


図2. 障害物回避シミュレーション

図2.に示す結果では、軌道追従中新たに発見された障害物を回避し、最終的な目標である終点に到達することができている。

5. おわりに

本研究ではロボットの自律化に主眼を置き、ロボットマニピュレータの自律化において重要な課題である障害物回避問題を実現するために有効な一手法を提案することができた。

参考文献

- [1] 有本卓, ロボットの力学と制御, 朝倉書店, 1990.