

遺伝的アルゴリズムを用いた分解加速度制御法の最適ゲイン調整 —探索速度を向上させるための一手法—

永田研究室 E108041 池田 暁彦

1. 目的

分解加速度制御法は、重力項や遠心・コリオリ力項などロボットの非線形性を補償する作業座標サーボ系として提案されてきた。このサーボ系を有効に機能させるためには、位置及び速度の閉ループゲインを最適な値に設定する必要があるが、従来は試行錯誤や遺伝的アルゴリズム(GA)により決定されていた。本研究では、探索範囲の中により細かな探索領域を一時的に設定できるGAを提案する。提案手法を用いて優れたゲインを効率的に探索する方法について検討し、従来のGAを用いた手法との性能比較を行ったので報告する。

2. 内容

シミュレーション実験はPUMA560型マニピュレータの動力学モデルを用いて行った。目標となる軌道は、5秒間でx軸方向に0.073 m直線移動するための位置、速度、加速度を4-1-4次多項式で生成した。ロボットのサーボ系には次式の分解加速度制御法を用いた。

$$\tau = \hat{M}(\theta)J^1(\theta) \times [\ddot{x}_r + K_v(\dot{x}_r - \dot{x}) + K_p(x_r - x) - \dot{J}(\theta)\dot{\theta}] + \hat{H}(\theta, \dot{\theta}) + \hat{G}(\theta) \quad (1)$$

ただし、 $K_p \in \mathbb{R}^{6 \times 6}$ と $K_v \in \mathbb{R}^{6 \times 6}$ はそれぞれ、正定対角な位置と速度のフィードバックゲイン行列である。岡林の手法では、 $K_{vi} (i = 1, \dots, 6)$ に比べて K_{pi} の探索空間が広いにもかかわらず、ともに 8 bit で量子化されていた。このため、本実験では K_{pi} の量子化誤差を小さくするため、 K_{pi} のみ 16 bit で量子化した。したがって、 K_p と K_v の成分で構成される一個体は、 $16 \times 6 + 8 \times 6 = 144$ bit で二値化した。GA 操作の対象となる集団は 100 個体で構成した。評価方法は関節角度と関節角速度を考慮し、交叉率は 20.5%、突然変異率は 7.0%、各ゲインの探索範囲を $50 \leq K_{vi} \leq 220$, $1000 \leq K_{pi} \leq 50000$ で固定した。図 2(a) には 1000 世代までの計算で得られた最小適応度の変化を示す。さて、従来法では探索に要する時間が非常に長いため、これを短縮するために GA の中で各ゲインの探索範囲を変化させる探索方法を提案した。具体的には、最小適応度が一定の世代数で変化しなかった場合、探索させる範囲を変化させ、最小適応度が変化したとき、または設定した世代数で変化がなかったときに元の探索範囲に戻すアルゴリズムである。図 1 にはそのフローチャートを示す。この提案手法を用いて、同様の GA パラメータで 1000 世代の計算を行った結果、図 2(b) のような結果が得られた。

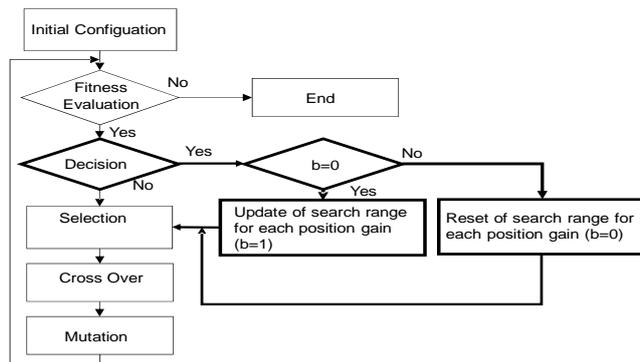


Fig.1 Flow chart of the proposed method.

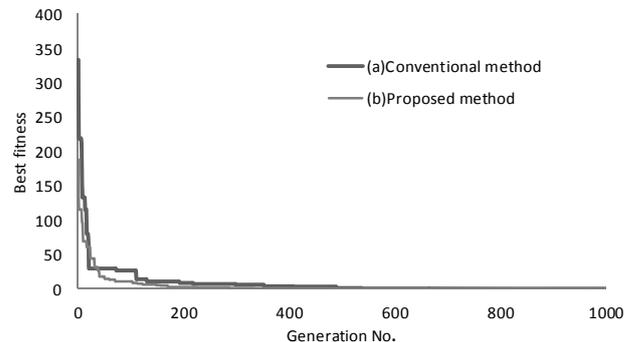


Fig.2 Generation history of the best fitness.

3. 結果

提案手法を用いて位置及び速度のフィードバックゲインの調整を行うことで、これまでのGAを用いたゲイン調整の場合に比べて、軌道追従誤差の少ない優れたゲインを、より早く探索できることが確認できた。今後の課題としては、変化させるタイミングと探索範囲の設定を変更した場合、どのような結果が得られるかについて実験及び考察を行うことなどがあげられる。

