

確率的傾斜法を用いた粘菌型自律歩行ロボットの歩行効率化

Efficient Walking of an Amoeba-inspired Autonomous Walking Robot

Using Stochastic Gradient Ascent

北大量集センター¹, アメーバエナジー², 慶応大³, [○]大沼柊¹, 斉藤健太¹, 葛西誠也¹, 青野真士^{2,3}

RCIQE, Hokkaido Univ.¹, Amoeba Energy², Keio Univ.³ [○]S. Onuma¹, K. Saito¹, S. Kasai¹, M. Aono^{2,3}

E-mail: onuma@rciqe.hokudai.ac.jp

1. はじめに

近年、未知環境で想定外の事態に対応可能な自律歩行ロボットの活躍が期待されている。我々はこれまでに、単細胞ながら高度な計算能力をもつ生物粘菌に着想を得た最適化問題解探索システム[1]を応用し、ロボットの自律的歩行および障害物突破能力の創発に成功した[2]。ロボットの次の課題は、自律的に運動を洗練させ行動を効率化する能力の獲得である。本研究ではロボットの歩行効率化のために、強化学習を取り入れた新たな粘菌型自律歩行アルゴリズムを提案する。

2. 粘菌型自律歩行アルゴリズム

粘菌型自律歩行アルゴリズムは、転倒や後退しないことを制約（バウンスバックルルールと呼ぶ）とみなし、ロボットの脚曲げ方向と角度から、可能な動作を探し出す。このアルゴリズムは安定状態（解）に到達すると試行錯誤しなくなり、ロボットは行動を停止する。そのため、転倒や後退しない範囲で、一定の確率 w でバウンスバックルルールを解除する制約（以下 R 制約と呼ぶ）を実装することで、ロボットは常に試行錯誤し、多種多様な運足の生成が可能になる。R 制約はアルゴリズム中に 20 個存在し、 i 番目の R 制約に対応する確率（重み）を w_i と表す。

3. 確率的傾斜法による学習

粘菌型自律歩行アルゴリズムはロボットに常に試行錯誤させるため、ロボットは蛇行を繰り返し目的地到達に時間を要する。要素動作の選択確率を逐次改善する確率的傾斜法[3]にもとづき R 制約の重み w_i を学習することで、前進歩行に至る運足の生成確率を上昇させることが可能になると考えられる。この学習ではロボットが蛇行せずに前進することを目的関数とし、 w_i を学習する。

図 1 に確率的傾斜法を導入した粘菌型自律歩行

アルゴリズムの概要を示す。ここで、図中 1~4 の一連の動作を 1 ループとする。4 足ロボットの各脚先端の接地センサの情報をもとに、バウンスバックルルールと R 制約 w によって次の運足を決定する。このとき、ロボットの目標地点に対するヨー角 θ_{yaw} を計測し、次式によって w を更新する。

$$w_i(t+1) = \begin{cases} w_i(t) + a & (\text{if } |\theta_{yaw}| < \theta_{th}) \\ w_i(t) - a & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 θ_{th} は蛇行の有無を判断する閾値、 a は i 番目の R 制約に対応する重み $w_i(t)$ の変化幅である。 θ_{yaw} が θ_{th} より小さければ蛇行していないと見なし、 w_i を大きくする。反対に θ_{yaw} が θ_{th} より大きければ蛇行していると見なし、 w_i を小さくする。 w_i が大きければそのルールが指定した運足は選択されやすいが、 w_i が小さければその運足は選択されにくい。したがってロボットは転倒や後退を避けながら、前進歩行する運足の選択確率が上昇する。これによって蛇行のない洗練された歩行が可能になると考えられる。

【参考文献】

- [1] M. Aono *et al.* COMM. ACM 50, pp.69-72 (2007).
- [2] K. Saito *et al.*, Proc. IEEE ISMVL, p.127 (2018).
- [3] H. Kimura *et al.*, JJSI 11, pp.761-768 (1996).

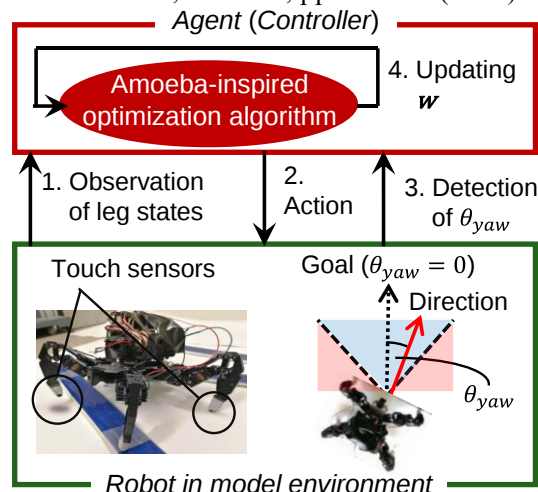


Fig.1 Amoeba-inspired autonomous walking applying stochastic gradient ascent.