

進化型マルチエージェントによる協調荷押し行動獲得に関する一考察

Emergence of Cooperative Behavior by Evolutionary Multi-Agents

摂南大学 片田 喜章, 西村 和晃

Y. Katada and K. Nishimura

Setsunan University

Abstract In recent years, a number of researchers have applied evolutionary computation techniques to the design of cooperative homogeneous multi-agent systems. However, further research is needed to investigate the effect of the environment on the evolution of multi-agent systems for tasks which require cooperative individuals. This paper investigates performances of the systems consisting of two agents on a cooperative transport task varying environmental conditions. The results suggest that the existence of advantages for cooperation between agents facilitates the evolution of this kind of system.

1 はじめに

近年,多くの研究者が協調行動の獲得を目的とし,マルチエージェントシステム(以下MAS)のコントローラ的设计に人工進化を適用している[1].しかしながら,この進化型MASの協調行動を促す問題設定については十分に議論されていない[2].

本研究では,進化型ニューラルコントローラを搭載した2台のエージェントによる協調荷押し問題において,計算機実験により,どのような問題設定において協調行動が現れるかについて検証を行う.

2 進化手法

進化型MASの基礎的な方法論的課題として,いかにシステムを構成して複数エージェントを評価するか,がある.均質なエージェント群を扱う場合,単一の個体集団を用いて,1つの個体をエージェント全てに複写する方法(以下,遺伝子複写)を採用する場合が多い[1][2].そこで本稿ではさらに,単一の個体集団を用いて1つの遺伝子型をエージェント数に応じて均等分割し,それぞれに適用する方法(以下,遺伝子分割)を提案する.

3 問題設定

1で述べたように,どのような問題設定において協調行動が現れるかについて調べるために,設定に関して複数の選択肢を用意した.タスクの概略とともに以下に示す.

図1に2台の移動エージェントによる協調荷押し問題の概略を示す.環境の左端に置かれたエージェントは中央に置かれた荷物(半径: $R_s = 300$ または $R_l = 450$)をより早く右端まで移動させることを目的とする.

エージェントのセンサは2種類の設定を仮定する.1つは他エージェントと荷物を同一入力として扱う距離セ

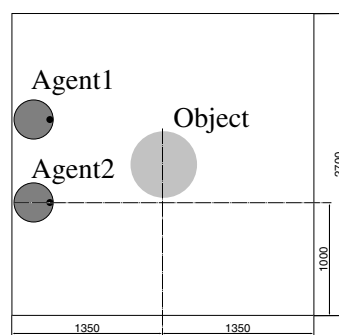


図 1: 協調荷押し問題

ンサ(S_o)であり,もう1つは他エージェントとの距離を測るセンサと荷物との距離を測るセンサの両方をもつ($S_{a\&l}$).ここで, $S_{a\&l}$ の入力数は S_o の2倍となる.エージェントの移動機構を左右二輪独立駆動型と仮定し,移動量は幾何学モデルにより計算する.

本実験では,エージェント同士が協調することによる「利益」の有無を移動速度の最大値として次のように明示的に設定する.利益あり:(通常移動時: V ,1台で荷物を押す場合: $V/2$,2台で荷物を押す場合: V),利益なし:(すべて同じ速度: V).

4 計算機実験

4.1 実験設定

エージェントの制御器として,中間層・出力層が相互結合されたANNを用いる.入力ノード数は $N_s \in \{7, 14\}$ (距離センサ数),中間ノード数は $N_h \in \{1, 3, 5\}$ と変化させる.出力ノード数は $N_o = 2$ (左右モータ:周速度はノードの出力値に3で述べた移動速度の最大値をかけたもの)とする.

エージェントの初期姿勢をそれぞれ $45[^\circ]$ ずつ変えた試行を64回行い,次の適応度関数を用いて適応度を計

算する: $Fitness = \sum_{i=1}^{NumTrials} (1 - Step_i / MaxStep) / NumTrials$. ここで, $NumTrials$ は試行回数 (64) であり, $MaxStep$ は 400 とする.

進化手法として Simple GA (以下 SGA) および ANN を設計する問題に対しその有効性が確認されている Operon GA [3] (以下 OGA) を用いる. 以下, GA の各パラメータは [3] における推奨値を参考に設定している. ANN の結合荷重を変数とし, 我々の研究グループで提案している遺伝子長をできるだけ短くすることができる簡易コーディング (SCEANN [4]) を用いる. 遺伝子長は, 遺伝子複製では $L = (N_h + N_o)(N_s + N_h + N_o)$ ビット, 遺伝子分割では $L = 2(N_h + N_o)(N_s + N_h + N_o)$ ビットとなる. SGA では遺伝的操作として点突然変異のみを用いる. 両 GA ともに点突然変異率を $1/L$ とする. OGA では遺伝的操作として点突然変異に加えて 5 つの遺伝的操作を用いる [3]. 選択法としてトーナメント選択を用い, エリート戦略 (保存数:1) を適用する. SGA ではトーナメントサイズを 2 に, OGA では 6 に設定する. 個体数を 25, 世代数を 100 とし, 問題設定変数のそれぞれの組み合わせ (表 1, a-d, a'-d' 参照) について独立に 10 試行を行う.

4.2 実験結果と考察

本実験では, 2 台のエージェントがともに荷物に接触した状態で荷を右端まで移動させる行動のことを協調行動と定義する. この定義に従い, 現れる行動を次式を用いて検証する: $CoopeRate = \{100 \cdot Step_{coop} / Step(\text{タスク遂行時}), 0(\text{タスク未遂行時})\}$. ここで, $Step_{coop}$ は 2 台で荷を押ししたステップ数であり, $Step$ はタスク遂行までにかかったステップ数とする. $CoopeRate$ が 10% 以上の場合にその行動は協調的であると見なす.

最終世代で最大適応度を示した個体を用いて MAS を構成した場合の初期姿勢に対する協調行動の出現率を各試行について平均したものを図 2,3 に示す. 遺伝子複製を用いた場合, $S_{a\&l}$ を搭載する方が出現率が高くなっている. また, 協調することの利益がある方が協調行動が多く見られることが分かる. 荷物の大きさについては特に差は見られない. 遺伝子分割を用いた場合, 利益がある場合では $S_{a\&l}$ および S_o を搭載する場合でも出現

表 1: 問題設定の分類

| | R_s, S_o | R_l, S_o | $R_s, S_{a\&l}$ | $R_l, S_{a\&l}$ |
|------|------------|------------|-----------------|-----------------|
| 利益なし | a | b | c | d |
| 利益あり | a' | b' | c' | d' |

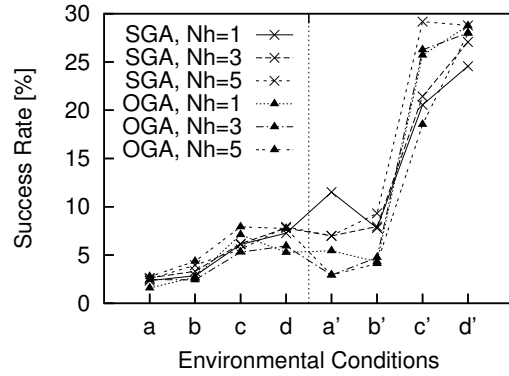


図 2: 遺伝子複製による平均協調行動出現率

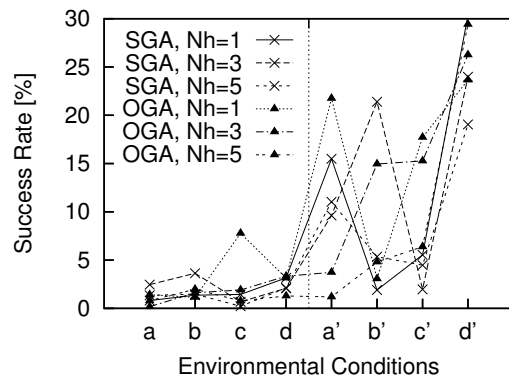


図 3: 遺伝子分割による平均協調行動出現率

率が高くなっている. GA の種類・中間ノード数による傾向は見られない.

5 おわりに

本稿では, 2 台の進化型エージェントによる協調荷押し問題において, どのような問題設定において協調行動が現れるかについて検証を行った. 今後, 本実験の結果をもとにエージェント数増加に伴う協調行動の現れ方を調べていきたい.

参考文献

- [1] M. Dorigo, V. Trianni et al.: Evolving self-organizing behaviors for a swarm-bot; *Autonomous Robots*, 17(2-3), pp. 223-245 (2004)
- [2] M. Quinn: A Comparison of Approaches to the Evolution of Homogeneous Multi-Robot Teams; *Proc. of the the 2001 Congress on Evolutionary Computation CEC2001*, pp. 128-135 (2001)
- [3] 片田, 大倉: ニュートラルネットワークを含む適応度景観における遺伝的アルゴリズムの進化ダイナミクス-進化ロボティクスでの検証, *システム制御情報学会論文誌*, Vol. 21, No. 2, pp. 31-39 (2008)
- [4] 片田, 高田: 簡易コーディングを用いた進化型ニューラルコントローラのパフォーマンス評価, *第 34 回知能システム・シンポジウム資料*, pp. 149-154 (2007)