

動的環境におけるエージェントの組織構造に関する一考察

3C-7

黒田俊哉

世木博久

伊藤英則

名古屋工業大学

1 はじめに

能力の限られた多数のエージェントが、それらの協調によってある問題を解決するものとして、マルチエージェントモデルがある。

本研究では、これまでに自然界のアリをエージェントとみなしたモデルを定義し、エージェントが協調を行うために交換する情報を得る手段を複数持つことがモデル全体に与える影響、またエージェントが交換する情報に誤差が含まれる場合の情報の処理方法などについて評価を行ってきた [1], [2]。

本稿では、これまでに用いてきたモデルを、異なる役割を持つ複数種のエージェントが一つの集団に存在するという形となるように拡張し、そのモデル上で、エージェントが協調を行っていくための条件、協調を行うのに適したエージェントの集団の組織構造が満たす条件などを評価していくことを目的とする。

2 モデルの定義

本稿では、自然界のアリをエージェントとみなしたモデルを定義する。このモデルでは、平面上に多数のエージェント、巣、餌場、エージェントの外敵、およびエージェントによっておかれた複数のフェロモンが存在する。

2.1 情報の定義

このモデルにおいて情報 (V) とはエージェントと餌場、フェロモンで決まるベクトル、あるいはエージェントと外敵、フェロモンで決まるベクトルのことであり、情報の有効時間とはエージェントがその情報を記憶可能な時間のことである。

2.2 フィールドの定義

フィールドは、仮想的に存在する平面の一部分であり、その形状は正方形である。これは以下のような4項組で定義される。

$$Field = \langle L, H, F, U; P_i \rangle$$

L : フィールドの辺長,

$H = (H_x, H_y)$: 巣の座標,

$F = (F_x, F_y)$: 餌場の座標,

P_i : フェロモン ($0 \leq i \leq n$).

フェロモン P_i はエージェント (以下 A , 後で定義する) によってフィールド上に置かれたものであり、以下のような4項組で定義される。

A Consideration Concerning Agents' Organization Structure in Dynamic Environment

Toshiya Kuroda, Hirohisa Seki and Hidenori Itoh

Nagoya Institute of Technology

Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466, Japan

$$P_i = \langle C, R_t, T_d, V \rangle$$

$C = (C_x, C_y)$: 中心の座標,

R_t : 時刻 t における広がりの半径,

T_d : 強さの減少時間間隔,

V : 持っている情報.

任意の位置でのフェロモン P_i の強さは、 P_i の中心との距離 r_i と時間 t の関数 $Int_i(r_i, t)$ で与えられる。例えば時刻 t_0 にフェロモン P_0 が存在し、ある位置 Q との距離が $r_0 (\leq R_{t_0})$ であるとする、次式が成り立つ。

$$Int_0(0, t_0) = C_0,$$

$$\forall r \leq r_0 \quad Int_0(r, t_0) \geq Int_0(r_0, t_0),$$

$$\forall r > R_{t_0} \quad Int_0(r, t_0) = 0,$$

$$R_{t_0+T_d} < R_{t_0},$$

$$Int_0(r_0, t_0 + T_d) < Int_0(r_0, t_0).$$

また、時刻 t_0 における Q での総合的なフェロモンの強さ $INT(t_0)$ は

$$INT(t_0) = \max_{0 \leq i \leq n} (Int_i(r_i, t_0))$$

という関数で与えられる。

さらに、位置 Q におけるフェロモン P_i が持っている情報 V は A がフェロモンに与える物であり、その A が餌を運ぶタイプであれば Q から餌場に向かうベクトルであり、 A がパトロールをするタイプのものであれば外敵から Q に向かうものであると定義する。

図1にフィールドのイメージを示す。

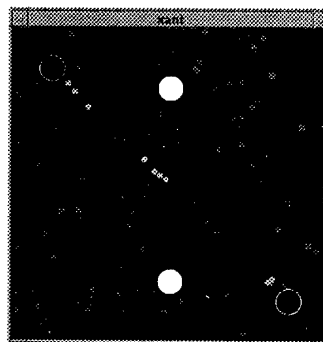


図1: フィールド

2.3 エージェントの定義

以下のような9項組で定義されるエージェント A_i がフィールド上に存在する。

$$A_i = \langle T, CL, C_t, E_t, S, V, M_t, T_r, T_p \rangle$$

T : タイプ,

CL : クラス,

$C_t = (C_x, C_y)$: 時刻 t における座標,
 E_t : 時刻 t における体力,
 S : 移動の速さ,
 V : 視界の広さ (距離で表す),
 M_t : 時刻 t におけるメモリ内容,
 T_r : 巣で休憩する時間,
 T_p : フェロモンを置く時間間隔.

エージェントのタイプ T は、そのエージェントが果たすべき役割を示し、以下の2つに分類される。

1. forager: 巣に餌を運ぶ
2. patrolling agent: フィールド内をパトロールし、外敵を監視する

エージェントのクラスとは、そのエージェントが持っている他のエージェントとのコミュニケーション能力を示すものであり、表1に示されるように分類される。

表1: エージェントのクラス

クラス名	定義
クラス0	コミュニケーション能力を持たない
クラス1	フェロモンを介して可能

エージェントの移動の速さ S は、エージェントのタイプおよび状況によって変化する。パトロールするのは餌を運ぶものよりも速く移動することができ、餌を運ぶものは餌を持っていると移動の速さが遅くなる。

エージェントの視界の広さ V はエージェントを中心とした半径 V の円形の範囲であり、この範囲内に存在する物体をエージェントは感知することができる。パトロールするエージェントのみ $V > 0$ となる。

エージェントの持つメモリは以下のような3項組で定義される。

$$M_t = \langle K_t, G_t, t_{rem,t} \rangle$$

K_t : 時刻 t における知識の記憶の集合,
 $\forall t' > t \quad K_t \rightarrow K_{t'}$ を満たす。
 G_t : 時刻 t における情報の記憶の集合,
 $t_{rem,t}$: 時刻 t における情報の記憶可能時間,
 $t_{rem,t} \leq T_m$: 最大記憶可能時間,
 $t_{rem,t+1} = t_{rem,t} - 1$,
 $\forall g \in G_t \quad g \notin G_{t+t_{rem,t}}$ を満たす。

2.4 外敵の定義

外敵 EN は以下のような4項組で定義される。

$$EN = \langle C_{EN}, S_{EN}, V_{EN}, M_{EN} \rangle$$

$C_{EN} = (C_{EN_x}, C_{EN_y})$: 座標,
 S_{EN} : 移動の速さ,
 $V_{EN} = V_{EN_r} > 0$: 視界の広さ,
 M_{EN} : メモリ,
 $K_{EN} \in M_{EN}, K_{EN}$: 知識.

外敵 C_{EN} は、 $S_{EN} = 0$ であり、その場を動かない。また自分を中心とした半径 V_{EN_r} の範囲内に存在するエージェントを感知することができ、そのエージェントをフィールド上から消滅させることができる。

2.5 環境の定義

本モデルでは、フィールド、エージェント、フェロモンおよび外敵全てを含めた状態のことを環境と呼ぶ。

3 シミュレーション結果

図2に環境の変化としてエージェント自身の大きさが変化したとき、クラス1のエージェントを用いた場合のシミュレーション結果を示す。図2の縦軸は目標の達成度 $A_c (0 \leq A_c \leq 1)$ であり、これが大きいほどよく目標を達成できたことを示し、横軸は全エージェント中 forager エージェントの含まれる割合を示しており、右にいくほど forager エージェントの含まれる割合は大きい。

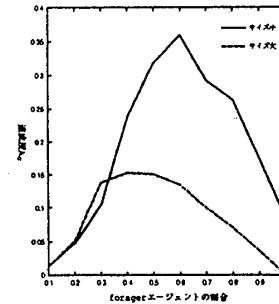


図2: シミュレーション結果

図2によると、エージェントの大きさが大きい場合、小さい場合、それぞれ達成度が最大となるようなエージェントの構成が存在することがわかる。また、forager エージェントは一度他のエージェントとのコミュニケーションに成功すると、以降連続して成功しやすくなる傾向がある。エージェントの大きさが大きくなることによりよりコミュニケーションをとりやすくなることから、エージェントの大きさが大きくなると、大きさが小さい場合に比較して、全エージェント中 forager エージェントの占める割合が小さくなったときに A_c が最大となる傾向を示すことがわかる。

4 おわりに

本稿では、自然界のアリをエージェントとみなしたモデルを定義し、実際にそのモデル上でシミュレーションを行い、環境の変化がエージェントの組織構造に与える影響などについて評価を行った。

参考文献

- [1] 黒田俊哉, 伊藤英則, 世木博久: “短期記憶を持つアントアルゴリズムの評価”, 第48回情報処理学会全国大会 (1994).
- [2] T. Kuroda, Y. Hoshino, H. Itoh, H. Seki: “A Communication Efficiency Evaluation of Multi-Agents with Short Term Memory”, Proceedings of 3rd IEEE International Workshop on Robot and Human Communication (1994).