

マルチエージェント社会における役割分担の生成 ～蟻のコロニーにおける食糧運搬～

6T-10

岩村拓哉† 井庭崇†‡ 武藤佳恭†‡

†慶應義塾大学 環境情報学部 ‡慶應義塾大学 政策・メディア研究科

{ t95104ti, iba, takefuji}@sfc.keio.ac.jp

1 Introduction

本研究では、マルチエージェント社会における役割分担の生成を、動作 - 行動 - 役割 - 役割分担という階層構造の観点からとらえる。ここでは、単純な構造からなる蟻エージェントとコロニーの実験を通じて役割の創発について考察する。

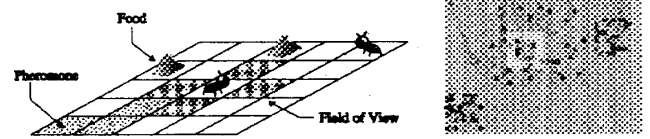


図 1: 蟻エージェントの世界

2 Model

2.1 Environment

蟻エージェントは2次元格子上の環境に配置される(図1)。世界を構成するセルには、「基本セル」と、貯蔵庫領域である「貯蔵庫セル」の2種類がある。基本セルは、蟻、食糧、幼虫、蟻フェロモン、幼虫フェロモンが配置可能なセルで、世界のほとんどを占めている。貯蔵庫領域は世界の中心付近にあり、ロ型をしている。その貯蔵庫セル上には蟻、蟻フェロモン、食糧が配置可能である。ただし、貯蔵庫セルに置かれた食糧はまとめて貯蔵庫領域に蓄えられるので、その食糧は他の貯蔵庫セルから拾うことが可能である。

蟻や幼虫の食べる食糧は、各コロニーの初期化の段階で、世界の各辺の中央付近の4ヶ所と、4つ角の計8ヶ所の中から、ランダムに選ばれた3ヶ所に配置される。また、貯蔵庫の周囲にもまばらに配置する。さらに、貯蔵庫には初期値として食糧が保存されている。食糧は蟻に運ばれて位置が変わることがある。

幼虫は、貯蔵庫領域に囲まれた基本セルに配置する。幼虫は移動できないが、エネルギーが閾値以下になった時、自分のセルに食糧があればそれを食べて回復する。

以上のように貯蔵庫領域の位置以外の環境は、全ての世代、全てのコロニー毎に異なる動的な環境である。

The Emergence of Task Division in Multi-Agent Society,
Takuya Iwamura, Takashi Iba and Yoshiyasu Takefuji
Keio University, 5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa 252

2.2 Ant-Agent

蟻エージェントは、固定的なニューラルネットワークで次のステップの行動を決定している(図2)。ネットワークは入力層、中間層、出力層の3層からなり、それらは隣接する層と全結合している。結合重みは遺伝的アルゴリズムによって世代ごとに更新される[1]。遺伝情報はコロニー内に共通のもので、同じコロニーの蟻エージェントはすべて同じ結合重みをもっている。

入力層には入力ユニットが35個あり、それぞれに以下の条件の真偽によって、0または1が入力される。入力の内容は自分のセルと周囲4セルに食糧、蟻、蟻フェロモン、幼虫、幼虫フェロモンがあるか(Unit 0～24)、エネルギーが閾値以下か(Unit 25)、食糧を持っているか(Unit 26)、貯蔵庫の中にいるか(Unit 27)、巣の方を向いているか(Unit 28)、前回それぞれの動作をしたか(Unit 29～34)である。

ネットワークの出力は6つあり、各ニューロンの出力が閾値を超えると、それぞれ「前に進む」、「右を向く」、「左を向く」、「食糧を拾う」、「食糧を落とす」、「蟻フェロモンを落とす」の動作を行う[2]。蟻エージェントはこのネットワークの出力結果によって、複数の動作を同時に行うことができる。各エージェントは学習を行わず、コロニーに対する進化プロセスによって結合重みが調整される。

また、蟻エージェントは時間経過に伴いエネルギー

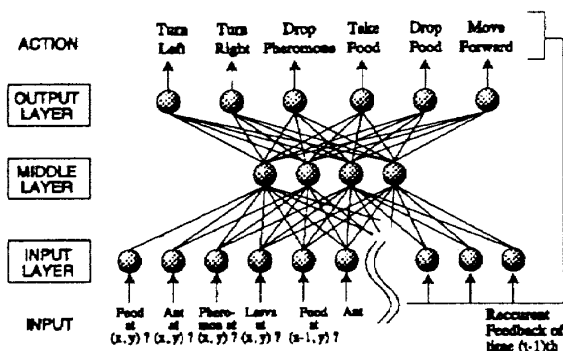


図 2: 蟻エージェントの内部構造

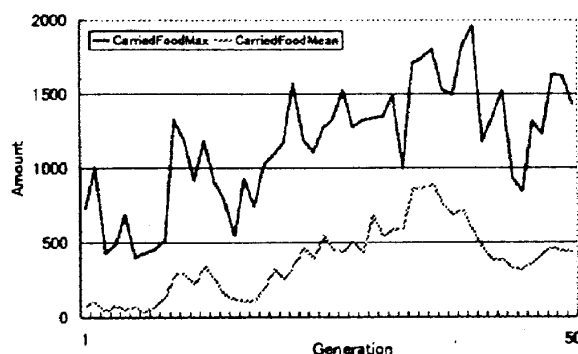


図 3: 食糧運搬量の推移

が減少してしまうため、エネルギー補給を行う必要がある。エネルギーが閾値以下のとき、食糧を持っているか、あるいは食糧が自分と同じセル上があれば、自動的に食糧を消費する。食糧を得ることができないなどでエネルギー値が0になった場合は動かなくなってしまう。

3 Experiment

共同作業では個人の個別行動に対してではなく、目標の達成度が評価関数となる。ここでは行動する蟻エージェントの適応度で淘汰が起きるのではなく、コロニー全体の適応度によってコロニーの遺伝情報の淘汰が起きることとする。適応度は、貯蔵庫に食糧を運ぶ、幼虫へ食糧を運ぶ、蟻エージェント自身がエネルギーを使い果たさない、という点を考慮して計算される。

$$TotalFitness = NestFitness + AntFitness + 2 \times LarvaFitness$$

ここでは 40×40 セルの世界において、蟻が8匹、一世代が300ステップ、コロニー数が50の場合を取り上げる。コロニーを進化させるための遺伝的アルゴリズムでは、2点交叉とトーナメント方式選択を採用し、突然変異率は0.05%とした。

4 Result

基本的な動作を組み合わせることで、行動が生まれ、そしてそれに従って役割や役割分担をすることが観察された。例えば、約5世代ですでに、エネルギーが閾値より下がると食糧を探索し始めるというものが出現した。また、フェロモンを追跡するものや、フェロモンによって隔離されるという減少も現れた。これは発信者と受信者の共進化によって、エージェント自身

がフェロモンというシンボルに意味付けを行っていることに他ならない。また、最初に中心付近から食糧をもって探索に出る(弁当型)という行動や、食糧を拾って貯蔵庫に置くという役割は比較的早い段階で達成された(図3)。

さらに約10世代では、まっすぐ探索して食糧のかたまりがあれば留まるが、なければすぐ貯蔵庫に帰るとい、高度な行動も現れた。さらに異なる方向を分担して探索したり(約10世代)、貯蔵庫の内部にとどまる内役と外にでて餌を運んでくる外役に分れる役割分担も生成された(約40世代)。

また、食糧の配置を固定的にする追加実験では個性があらわれず、配置の位置が変化する複雑な環境にさらすことによって、役割の分担や、効率的な探索が行われるようになることが観察された。

5 Conclusion

本研究では蟻のコロニーの実験により、役割分担やコミュニケーションが単純な動作の組み合わせにより生成され得ることを示した。

同一の動作ルールをもつ個体の集団でも、環境の違いや内部状態の相違によって多様な行動や役割分担を行うことができるのである。

6 References

1. R. D. Beer, Toward the Evolution of Dynamical Neural Networks for Minimally Cognitive Behavior, *FROM ANIMALS TO ANIMATS 4*, (eds) P. Maes, et al., MIT Press, 1996
2. F.H.Bennett III, Emergence of a Multi-Agent Architecture and New Tactics For the Ant Colony Food Foraging Problem Using Genetic Programming, *FROM ANIMALS TO ANIMATS 4*, MIT Press, 1996