

# ANNコントローラーを用いたマルチエージェントの架橋行動獲得に関する基礎研究

Basic research about bridge construction action of the multi-agent used the ANN controller

黒瀬 剛\*<sup>1</sup>      山田 孝治\*<sup>2</sup>      遠藤 聡志\*<sup>2</sup>  
Tsuayoshi KUROSE      Koji YAMADA      Satoshi ENDO

\*<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科情報工学専攻  
The Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus

\*<sup>2</sup> 琉球大学工学部情報工学科  
The Department of Information Engineering, University of the Ryukyus

The social insect has only simple intelligence at each. but In a group, they move intricately. Complicated group action is realized by performing pheromone communication. The army ant which performs a concerted action carries out the simulation of the action which constructs a bridge. An agent autonomous study of the action by the genetic algorithm and a neural network.

## 1. はじめに

社会性昆虫である蟻や蜂は個々では単純な知能しか持たないが、集団として見ると知的で複雑な群行動を行なっている。蟻においては、フェロモンを媒介にしてコミュニケーションを行なっていることが知られており、それが高度な群行動を行うのに大きな役割を持っていると考えられている。特に、フェロモンの働きに注目しフェロモンを媒介にしたコミュニケーションがどのように生み出されるかを調べるため、自律的に学習させる研究があり、中道ら [1] はマルチエージェントでのコミュニケーションの発生を蟻の採餌行動をモデルとし、進化的アルゴリズムとニューラルネットワーク [2, 3] を用いて蟻の行動選択機構を進化し、観測した。その結果として、採餌行動においてコミュニケーションが発生し、またその有効性が述べられている。石渡ら [4] は軍隊蟻の架橋現象を取り入れたフェロモントレイルによる採餌行動のシミュレーションを行ったが、架橋が行われる条件などは恣意的に決定している。以上を踏まえて本研究では軍隊蟻の架橋現象をモデルとしてフェロモンコミュニケーションを用いた協調行動獲得実験を行い、軍隊蟻の架橋行動をモデル化し、フェロモンの働き及び橋の形状を解析することを目的とする。軍隊蟻の架橋現象とは、軍隊蟻がそのままでは進めないような場所を通過するために、集団で結びつき即席の橋を作り強引に移動する行動である。

## 2. 研究内容

集団行動をとる移動体をエージェントとし、問題空間を高さ、横がある多層グリッド空間としたマルチエージェントシミュレーションを行う。問題空間となるフィールドには、移動可能空間、スタート、ゴール、エージェントなどのオブジェクトがある。エージェントは制限ステップ内にフィールドを左から右へ集団で移動する。またエージェント達はお互いに連結することができ、お互いに影響を及ぼさないフェロモンをコミュニケーションの手段として分泌することができる。エージェントはフェロモンや、周辺の環境など認識できる情報を各エージェントが共有する行動選択機構を用いて選択する。シミュレ

ーションを繰り返し行い、選択機構を機械学習させることで協調行動を獲得させ、フェロモンの働き及び形成された橋の形状を解析する。また、環境に依存しない汎用的な行動獲得のために、フィールドの形状を競合共進化を用いて進化させる。

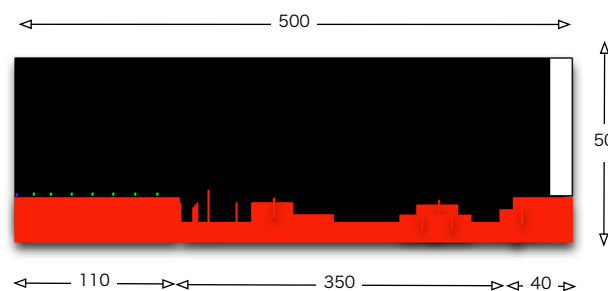


図 1: フィールド全体図

## 3. 実験内容

### 3.1 フィールドの設計

フィールドは行動空間、フェロモン  $f_a, f_b$  がそれぞれ分泌され拡散する空間の 3 層の構造で構成されており、行動空間の構成要素として、通常行動セル、グラウンドセル、スタートセル、ゴールセルで構成されている。通常行動セルは、エージェントが移動可能セルであり、グラウンドセルはエージェントが移動できないセルである。スタートセルはエージェントを生成するセルであり、ゴールセルはエージェントが侵入すると、ゴールした事とし、エージェントを消滅させるセルである。フィールドを構成する空間は全て高さ 50 セル、横 500 セルで構成され、左橋の x 軸を 0 とし、通常行動空間の横 110~460 セルの範囲でグラウンドセルが縦に重なるセルの数を遺伝的アルゴリズムで進化させる。その他は高さを 30 セルとする。

### 3.2 エージェントの振る舞い

全てのエージェントは以下の振る舞いを 1 ステップに順に行う。また振る舞いは 3 層のニューラルネットワークの出力により決定される。

連絡先: 黒瀬剛, 琉球大学大学院理工学研究科情報工学専攻,  
workpoor@eva.ie.u-ryukyu.ac.jp

- $f_a$  のフェロモンの分泌の有無
- $f_b$  のフェロモンの分泌の有無
- 上下左右いずれかへの移動, または停止

エージェントの移動は, 他のエージェントまたは, グランドセルに接する通常行動セルに限定して移動できる.

ニューラルネットワークの入力層の入力は以下のように定義する.

$$I = \{H, R, B, L, HR, HL, BR, BL, F_a, F_b\}$$

$$H, R, B, L, HR, HL, BR, BL, = \{1, 0\}$$

$$F_a, F_b = \{1, 0\}$$

$H, R, B, L$  はエージェントの上, 右, 下, 左方向に適応しており,  $HR, HL, BR, BL$  は右上, 左上, 右下, 左下方向に対応している. その方向の通常行動空間に他のエージェントまたはグランドセルがあれば, 1 が入力される. また  $F_a, F_b$  は 2 種類のフェロモン  $f_a, f_b$  を参照しており, エージェントの同一座標のフェロモンがあれば, 1 が入力される. 出力層のニューロンは  $W_{1..10}$  で定義し, 閾値を超えたら 1 を出力する.  $W_{1..8}$  はエージェントの上, 右, 下, 左及び各ななめ方向への移動に対応しており  $W_{9..10}$  はフェロモン  $f_a, f_b$  の分泌の有無に対応している. 複数の出力があった場合ランダムで 1 つの出力を選択する. また 1 つも出力がなかった場合, 行動しない.

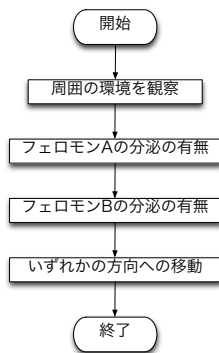


図 2: エージェントの行動

### 3.3 フェロモンの振る舞い

エージェントは 2 種類のフェロモン  $f_a, f_b$  を, それぞれフェロモン分泌フィールド上の位置  $(x, y)$  に分泌することができ, それが徐々に蒸発し拡散していく. またフェロモンは互いに影響を及ぼさない. フィールド上のフェロモンを  $P(x, y)$  と表わし, また現在のステップは  $t$ , フェロモンの分泌量を  $P_{max}$  で表すと. 蒸発と拡散の式を以下のように表される.

$$P^{t+1}(x, y) = P^t(x, y) - \alpha * P^t(x, y) + Q \quad (1)$$

$$P^{t+1}(x, y) = P^t(x, y) + \beta * (P^t(x-1, y) + P^t(x, y+1) + P^t(x+1, y) + P^t(x, y-1) + 5P^t(x, y)) + \alpha * P^t(x, y) \quad (2)$$

$$Q = \begin{cases} \text{フェロモンを分泌する} = P_{max} \\ \text{フェロモンを分泌しない} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

### 3.4 学習方法

#### 3.4.1 エージェントの行動学習

3 層のニューラルネットワークの各重み, 閾値, 各フェロモンの蒸発係数, 拡散係数, フェロモンの分泌量を遺伝子型にし, 進化的アルゴリズム (GA) を用いて学習させていく. 遺伝子の集団サイズは  $N$  とし, ニューラルネットワークを構成する遺伝子型の初期値は  $[-0.5, 0.5]$  の一様乱数とし, フェロモンの蒸発係数, 拡散係数, フェロモンの分泌量を  $[0.0, 10.0]$  の一様乱数とする. 遺伝子の評価値は制限ステップ  $t_{max}$  までにエージェントがゴールセルへ到達した数の合計とする.

#### 3.4.2 フィールドの形状学習

フィールドの行動空間の 110 ~ 460 セルの間で高さをを遺伝子型にし, 学習させていく. 集団サイズは同じく  $N$  であり, 初期値は  $[10, 30]$  の乱数とする. 評価値は制限ステップ  $t_{max}$  までにエージェントがゴールセルへ到達出来なかった数の合計とする.

## 4. 予備実験

予備実験として,  $N = 1000, t_{max} = 3000$  とし, フィールドの形状を変化させずに, エージェントの行動選択機構のみを GA で学習させた. その結果, 常に右上に移動可能であれば移動する動きが発現した

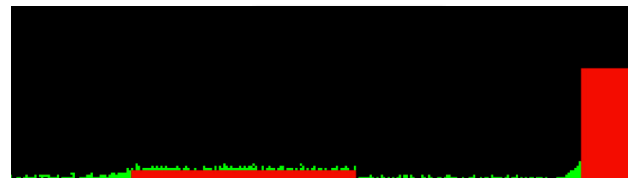


図 3: 実験結果

## 5. まとめ

予備実験では, フィールド形状進化させていないために行動機構が単一のフィールドの対して最適化しており, その動作は各個体が段差を常に乗り越えようとする動きとなった. その結果として全体の動きとして, 障害の前では階段上に重なり, 乗り越える動きとなった. またその動きにフェロモンの働きは認められなかった.

フィールドを競合共進化させる提案手法の実験結果は当日報告する.

## 参考文献

- [1] 中道義之: フェロモン・コミュニケーションの起源に関する進化シミュレーション 第 11 回 MPS シンポジウム, 2011
- [2] 白石 陽介: 4 足歩行における障害物回避の歩行動作獲得 第 22 回インテリジェント・システム・シンポジウム, 2012
- [3] 進化計算を用いた複数ロボットによる行動学習に関する取り組み 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013
- [4] 石渡 裕之: 第 2 回進化計算フロンティア研究会, 2009