

場形成情報を用いた粘菌の組織的行動モデル

4 C-7

工藤雅則 横井浩史 嘉数侑昇

北海道大学工学部

1. はじめに

マルチエージェント系による組織的行動の仕組みに関する基礎研究として粘菌という生物のアメーバ様運動のモデル化を試みる。アメーバ様運動の実現には体の各部が柔軟に変位しつつ系としてまとまりを持った運動の実現を如何に図るかが課題となる。このことをここでは簡単に系の整合性を図るという。横井ら[2]は VPM を用いたが、事前に試行錯誤を伴う問題向きパラメータの設定が必要であった。そこで、(a)実行時、動的に整合性を計算する仕組み、且つ(b)エージェントの情報処理量の軽減という2つの目的を持ち、粘菌の細胞集合[1]に見られる“場における情報生成”という概念を VPM に採用し拡張する。この様にマルチエージェント系によるアメーバ様運動の実現を計画し、現在システムを実装中である。本稿ではその概要を報告する。

2. 場形成情報：整合性のための情報

細胞性粘菌ではそれを構成する遊離細胞群が集合するとき、各細胞が細胞外に数種類の化学物質を放出し、これらが反応し合い、場に形成される化学物質濃度の空間パターンに依存して細胞群の行動パターンが決定される。

ここでは、この形成される化学パターンを抽象化して場形成情報として扱う。従って、場形成情報の概念を以下のように定義する。

A Model of Organizational Behavior of Slime Mold
Using the Information Formed by Field

Masanori Kudo
Hiroshi Yokoi
Yukinori Kakazu
Hokkaido University
Sapporo, Hokkaido, Japan

場形成情報：各エージェントが場に素情報(要素的情報)を放出し、これらの素情報群が相互作用ルールに基づいて自己組織化したマクロな情報。

3. 形成場付きVibrating-Potential Method

Vibrating Potential Method (以下VPM) とは式(1)の形式を持つ場 $H(r, t, \phi)$ を入力とする情報処理ユニット群で構成される情報処理システムである[2]。

$$H(r, t, \phi) = \sum_{i=1}^n (h_i(r, t)\psi(\phi) + w_i(r, t)\chi(\phi) + f_i^a(r, t)\zeta(\phi)) \quad (1)$$

ここで、

$H(r, t, \phi)$: 全体場

r : 位置ベクトル, t : 時間

ϕ : 全体座標軸, i : ユニット番号

$h_i(r, t)$: ポテンシャル関数

$w_i(r, t)$: ユニットから場への出力波動

$f_i^a(r, t)$: 形成場関数, a : 化学物質の種類

$\psi(\phi), \chi(\phi), \zeta(\phi)$: ユニットの種類に固有な座標軸

4. 形成場モデル

粘菌の細胞集合[1]とのアナロジーから、素情報として拡散性の化学物質、マクロ情報の形成メカニズムとしてこれらの化学反応の仕組みに着目する。化学物質 $a \in A$ に関して以下のように定式化した。

$$\frac{\partial f_a(r, t)}{\partial t} = \nabla^2 [f_a(r, t) - \text{diss}_a + R_a(r, t) + \text{Source}_a(r, t)] \quad (2)$$

ここで、

$f_a(r, t)$: a の濃度

diss_a (dissipation): a の散逸量

$R_a(r, t)$: a と $b \in A, b \neq a$ の反応関数

$Source_i(r, t)$: a の湧き出し関数

これで2つの目的(a), (b)が達せられる理由は,

- (a). 形成される濃度パターン(場形成情報)は実行時, 動的に変化し, これを使ってエージェントは動的な行動判断を取ることが出来る.
- (b). (2)式の処理は場で行われ, エージェントの情報処理的負担はかからない.

形成場でのユニットの行動様式は現在検討中.

5. 計算機実験

系に高度な整合性が要求されるという理由から, ここでは, 本モデルに階段状障害物の乗り越えを行わせた結果を示す. 実装状況は以下のとおり.

ユニット: 60個 エサ: 1個

$h_i(r, t)$: yes $w_i(r, t)$: yes

$f_i^*(r, t)$: yes, but ユニットの行動様式が未定義

図1にユニット群の動作状態を示す. 左の列はユニット群の相対的位置関係, 右の列は各場の状態を示す. 左右に隣り合う2コマは同時刻である.

6. 考察

図1最後のコマにある様にユニット群は2つに分断する(整合性を失う). 場形成情報(形成場)の適切なフィードバックと情報処理によりユニット群の分断を防ぐ可能性を示唆する.

7. おわりに

本稿では粘菌型マルチエージェント系の組織的行動モデルの構築を試みた結果,

1. (a)実行時, 動的に整合性を計算する仕組み, (b) エージェントの情報処理量の軽減, の2つの目的を設定し,
2. この為に場形成情報の概念を提案し,
3. ユニット群による階段状障害物の乗り越え実験を通してその必要性を示した.

参考文献

- [1] 前田みね子, 前田靖男, 『粘菌の生物学』東京大

学出版会, 1978.

- [2] 嘉数侑昇, 横井浩史, "波動場を用いた自律的情報処理に関する基礎研究(障害物回避問題へのアプローチ)" 日本機械学会論文集(C編) 59巻 564号(1993-8), 他.

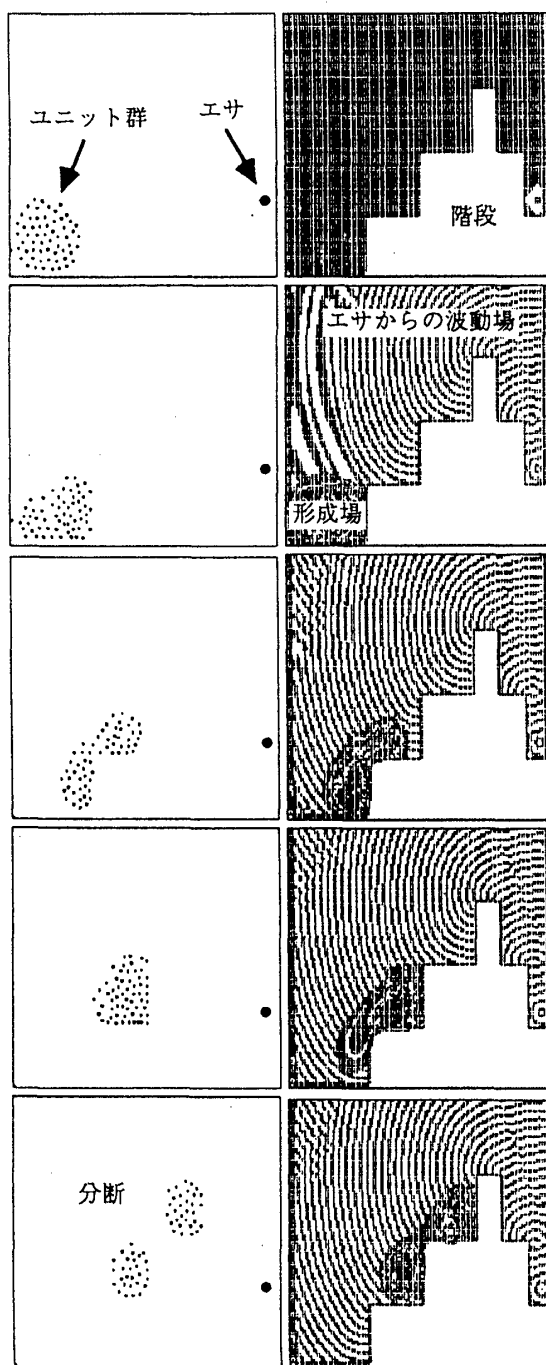


図1 階段状障害物の乗り越え(左=ユニット群の状態, 右=場の状態)