

F-015

## 振動子を利用した群知能モデル

## Swarm Intelligence Model Using Interaction of Oscillators

松永 惣一郎<sup>†</sup>

Soichiro Matsunaga

鈴木 輝彦<sup>‡</sup>

Teruhiko Suzuki

太原 育夫<sup>‡</sup>

Ikuo Tahara

## 1. はじめに

単純な機能をもつ個体の群から構成され、個体と個体、および個体と環境の間の相互作用により、群全体として機能が創発する仕組みを一般に群知能と呼ぶ。自然界には周期的な振る舞いをするもの、リズムとみなせるものが数多くあり、それぞれの個体同士の相互作用によりリズムが同期し、群れ全体で何らかの新たな機能が生まれるような現象が数多く存在する。そこで振動子の相互作用に着目し、2点間を結ぶ経路を求める機能を有する群知能モデルを提案する。

## 2. 相互作用する振動子

それぞれの個体に振動子として周期的に変化するパラメータ  $\theta$  を導入する。また個体は一定の距離内にいる他の個体と自動的に結合するとする。その結果、個体  $i$  の位相  $\theta_i$  は、次のように変化するとする。

$$\frac{d}{dt}\theta_i = \omega_i + \frac{K}{N} \sum_{j=1}^N \sin(\theta_j - \theta_i) \quad (1)$$

ここで、 $\omega_i$  は、個体  $i$  の周波数であり、後ろの項は相互作用を表している。 $K$  は相互作用の強度、 $N$  は個体  $i$  に結合している個体数であり、これにより結合している個体が、互いの位相差を平均化するような相互作用がおこる。つまりリズムの同期がおこる。図1は最下方の個体の周波数が高い場合の位相の様子である。

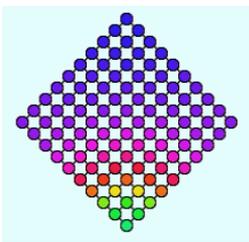


図1: 位相の様子

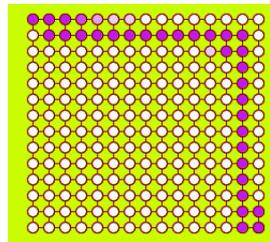


図2: 液体の流れる経路

下方から位相の波が現われている。周波数が高い個体を中心に位相の波が発生する。また逆に周波数を低めると周囲から下方にむけての位相波が発生する。リズムの同期と個体の周波数の違いにより位相波が発生し、群れのなかに方向が生まれる。

## 3. 位相の状態に応じた行動

個体に位相の状態に応じたある行動を行う機能をもたせると、位相波の方向に群が移動する機能が生じる [2]。本研究では、個体間で位相の状態に応じて受け渡しされる液体のような物を考えてみる。個体は保持している液体のパラメータ  $L$  を持ち、0 から上限値  $M$  までの値をとるとする。個体  $i$  から  $j$  への  $L$  の移動を

$$L_{ij} = -D_i * D_j * \sin(\theta_j - \theta_i) \quad (2)$$

とする。D はそれぞれの個体の液体を流す強さのパラメータである。個体はそれぞれ自分の位相がある状態を取るとき (たとえば 0,  $\pi$  等) (2) 式により  $L$  を受け渡すとする。ただし  $L_{ij}$  が負の時は受け渡しを行わないとする。これより群れの中を液体が位相波の方向に流れていく。また D を

$$D_i = f(|L_i|) - rD_i \quad (3)$$

により変化させると液体を多く受け渡している個体はより液体を受け渡すことが可能になり、受け渡し量が少ないとしだいにその力を失っていく。これにより群の中を流れる液体の経路がしだいに限定されていく傾向にある。

図2は左上の個体の周波数を低くし保持する液体を常に減らし右下の個体は周波数を高く設定し保持する液体を増やすものとしたときの様子を示している。その結果右下から左上にかけて位相の波がおこりその流れの方向と同様の液体の流れが生まれた。一定の間に個体が受け渡した液体の量に応じて色を付けて示してある。つまり色が濃くなっている所が液体がもっともよく流れている経路である。(3) 式の影響により経路が一つに絞られているのが分かる。

<sup>†</sup>東京理科大学大学院 理工学研究科 情報科学専攻

<sup>‡</sup>東京理科大学 理工学部 情報科学科

#### 4. 2点間の経路探索

真性粘菌モジホコリの変形体は、迷路を解くことができ、その上最短経路の経路を求めることができることが報告されている [3]。このような2点間の経路を求める機能をもつ群知能モデルを考えてみる。個体の機能として

- 振動子 A と振動子 B の 2 つを持つ。
- 振動子 A の位相差によって液体をやり取りする。
- 振動子 B の位相差によって移動する力の方向、大きさを決める。

とする。また、2点 を S 点 G 点とし S 点に触れている個体は保持する液体  $L$  を増やし振動子 A の周波数を高め、G 点は液体を減らし、周波数を低くする。振動子 A は 3 節までに定義したものであり液体も振動子 A の位相波により受け渡される。振動子 B も (1) 式により定義する。一定時間の間に受け渡した液量が多いほど振動子 B の周波数を高めるものとする。これにより液体がより多く受け渡しされている個体中心、液体がより流れている経路中心に位相の波が現われる。また振動子 B の位相波の向きに個体は移動するものとする。つまり振動子 A の位相波により徐々にスタートからゴールへの経路に液体の流れる経路ができ振動子 B の位相波によりその経路にむかってエージェントが集まりだし最終的にスタートからゴールへの経路にエージェントたちが集まるといったことがおこるのではないかと考えられる。

#### 5. 実験と考察

図のような (1) T 字型迷路 (図 3,4), (2) ドーナツ型迷路 (図 5,6), (3) 複数の経路が存在する迷路 (図 7,8), に対し、初期状態として、個体を迷路に敷き詰めるようランダムに配置し実験をおこなった。その結果、最短経路に群が集まり留まる動きをみせた。2点間を結ぶ経路の中、短い経路上の個体の位相差の方が大きくなるのでより液体が流れやすくなっていき最終的に最短経路が残る傾向にある。

#### 6. おわりに

リズムの同期と位相に応じた行動を行うことにより、2点間の経路を自律的に求める群知能を提案した。今回は、2点間の流れをあらかじめ決めてしまったが、リズムの同期により生まれる流れが状況に応じて自律的に生まれるにはどのようなシステムが必要かということ等が今後の課題である。

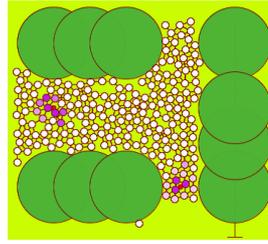


図 3: 迷路 1 開始状態

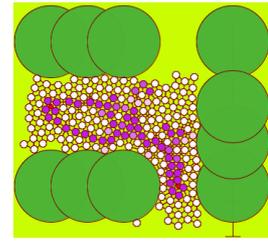


図 4: 迷路 1 最終状態

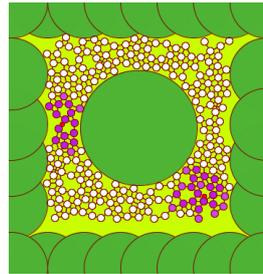


図 5: 迷路 2 開始状態

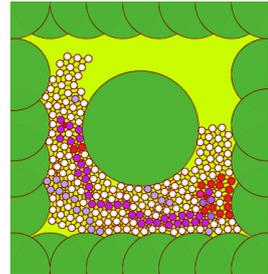


図 6: 迷路 2 最終状態

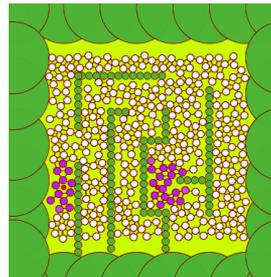


図 7: 迷路 3 開始状態

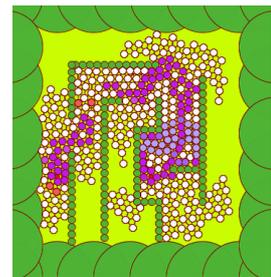


図 8: 迷路 3 最終状態

#### 参考文献

- [1] 蔵本由紀 “リズム現象の世界” 東京大学出版会, 2005
- [2] 清水 正宏, 石黒章夫 “制御系と機構系の有機的カップリングを活用したモジュラーロボットの創発的形態制御” 日本ロボット学会 Vol.23, No.6 pp.718-724 2005
- [3] 毛老篤史, 小林亮, 中垣俊之 “アメーバの迷路解きに学ぼう” 数理科学, No.535, pp.7-11, 2008