

群パターンの集合形成に関する研究

旭川高専

○Lim Hert Chyin

渡辺美知子

古川正志

要旨

マイクロマシン群等は大きなロボットや人の入れない場所で決められた仕事を自律的に群が作り出すパターンにより実行可能である。本研究ではこうした機能を実現するために、ランダムに走行する多数のマイクロマシン群が最小限の通信手段を用いて群パターンを生成する方法を提案し、そのシミュレーション結果を報告する。

1 はじめに

個々の機能・性能に制限があるマイクロマシンを複数用いることにより、複雑な作業に対応することを想定し、多数のマイクロマシンを所望のパターンに自律的に集合させる制御および局所的情報交換の手法については、人工生命を端緒として現在その開発が始まったばかりである。また、マイクロマシンはその大きさから、容易に狭窄部に侵入させることによって、プラント、発電施設等の運転停止を必要としない保守・点検作業等への実際的な応用も考えられる。本研究ではこのようなマイクロマシン群のパターン生成手法を提案し、数値計算シミュレーションによってその有効性を確認する。

2 マイクロマシンにおける制限事項

複数の要素による協調作業に関する研究としては、いわゆるマルチエージェントの研究がある。本研究で前提とするマイクロマシンは高度な通信・センシング機能を持たないので、任意パターンを形成するには、制限事項が存在する。逆に、この制限事項によって、簡単で、安いマイクロマシンを手に入れることが可能である。群マイクロマシンの制御を行うにあたって、下村等¹⁾は以下の制限事項を挙げている。

一様性: 一般にマイクロマシンの構造は簡略であるため、特化によりマイクロマシンに高度な能力を付与することは困難である。従って群を成形する個々のマイクロマシンの機能、構造は同一とする。

局所性: 寸法上の制約により、高度で複雑な通信を行うことは困難である。このためマイクロマシン間の通信は、通信先を特定しない局所通信に限定する。

相対性: 通信機能と同様にマイクロマシンに高度なセンシング能力を付与することは難しく、自己の絶対位置をフィールド上で検出することは困難である。従って各マイクロマシンは既知のランドマーク、あるいは他マイクロマシンからの相対位置のみを検出可能とする。

連続性: 遠距離の情報通信が困難なので、マイクロマシン

ができるだけ他のマイクロマシンに近づいて、情報を受信する。よって、生成したパターンは切れる場所がなく、連続である。

本研究においても、これらを制限事項の前提とする。

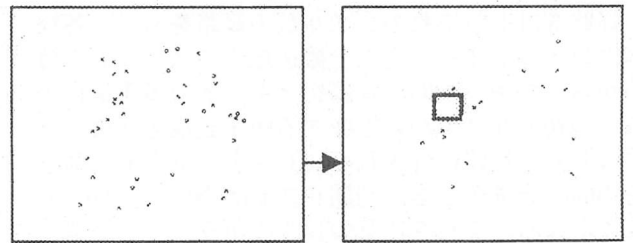


図1 パターン形成 (N=40)

3 任意パターン形成アルゴリズム

本研究ではシミュレーションを通してパターン生成を実現するためにマイクロマシンの移動する範囲を 500×500 ピクセルのマップに制限し、マイクロマシンの大きさを 5×5 ピクセルにする。提案するアルゴリズムの概略は以下である。複数の自律的に移動するマイクロマシン（以下エージェントと呼ぶ）をランダムにマップ上に置き、移動方向もランダムとする。任意のパターン形成データを持っているエージェント（コア）は「勧誘信号」を発信して、近づいているエージェントを勧誘する。勧誘されたエージェントはパターン成形の一部、つまり接続エージェントとなる。ついで、接続エージェントがサブコアになり、コアから形成データをもらい、新しい信号を発信し、また他のエージェントを勧誘する。信号の発信範囲は 31×31 ピクセルとする。以上の過程を繰り返して、サブコアからのデータの転送がなくなるまで続ける。詳しいパターン形成の手順は以下に示される。

1. 複数列の形成データを持たせるコアを基準点に置く。
(一列の形成データには分枝がなく連続的な一本の線のパターン形成情報がある)
2. ランダム方向に移動しているエージェントは常に生存信号を発信する。エージェント数を N と

- おく。
3. コアは発信範囲で生存信号を探索する。発信範囲に生存信号があれば、そのエージェントの絶対位置を見つけ、勧誘信号を発信する。勧誘信号には次に行くべき位置（パターンマップ上の位置(p. x, p. y)）とそのエージェントの絶対位置(b. x, b. y)が持たせる。
 4. その位置を含む勧誘信号を受信したエージェントはその位置に一定の距離に移動しながら、生存信号を発信し続ける。移動距離は以下の様に与える。

$$l = \text{abs}(p. x - b. x), \quad m = \text{abs}(p. y - b. y)$$

$$b. x = b. x + (p. x - b. x) / l$$

$$b. y = b. y + (p. y - b. y) / m \quad (1)$$
 但し、 l が 0 の場合ならば、X 軸の移動を無視し、 m が 0 の場合ならば、Y 軸の移動を無視にする。
 5. エージェントが目的地に着くまで 3 と 4 の手順を繰り返す。
 6. 目的地にエージェントが着いて、パターン形成の接続エージェントになると、コアから一列の形成データ（一番上のデータの要素だけ除く）を受け取り、サブコアとなる。
 7. サブコアはコアと違い、一列のデータのみを持つ。またサブコアはコアと等しい役割を持ち、近づくエージェントに勧誘信号を発信する。
 8. 3～6 の手順をデータがなくなるまで繰り返す。但し、サブコアがコアの役割を果たす。
 9. パターン形成データの情報によって、サブコアがコアになる指令がある場合、そのサブコアがコアになり、自分の位置を基準にして、新しい複数のデータをもろう。パターンが完成するまで 2 からの手順を繰り返す。

4 数値計算シミュレーション

本研究で提案したパターン形成アルゴリズムの有効性を検証することを目的として、本アルゴリズムに基づく群マイクロマシンの動作シミュレータを UNIX 上に構築した。各エージェントは独立した子プロセスとし、エージェント間の通信は共有メモリに対する読み書き動作としてモデル化した。また、本シミュレータではフィールドサイズ、エージェント数、勧誘信号の到達距離のパラメータを変更可能とし、群マイクロマシ制御ソフトウェアの動作確認、制御用パラメータと実際の群挙動との対応関係の把握を容易に行うことを可能とした。

エージェントを今後実機で実現するために、シミュレータは小型移動ロボット、VACCINE を前提とした。VACCINE は赤外線センサ 2 つとフォトフレクタセンサ 4 つを持ち、2 つの DC モータで動作する市販のロボットである。

シミュレーション結果を図 2 に示す。エージェントに勧誘信号、生存信号およびコア、サブコアを導入することより、以下のことが実験的に確かめられた。(1)段階的にパターン形成にかかる時間が改善される。(2)一番目コアの基準位置を決めるだけで、形成したパターンの位置を任意に変える。これらの手法によって、有効にパターン形成を可能にすることを確認できた。

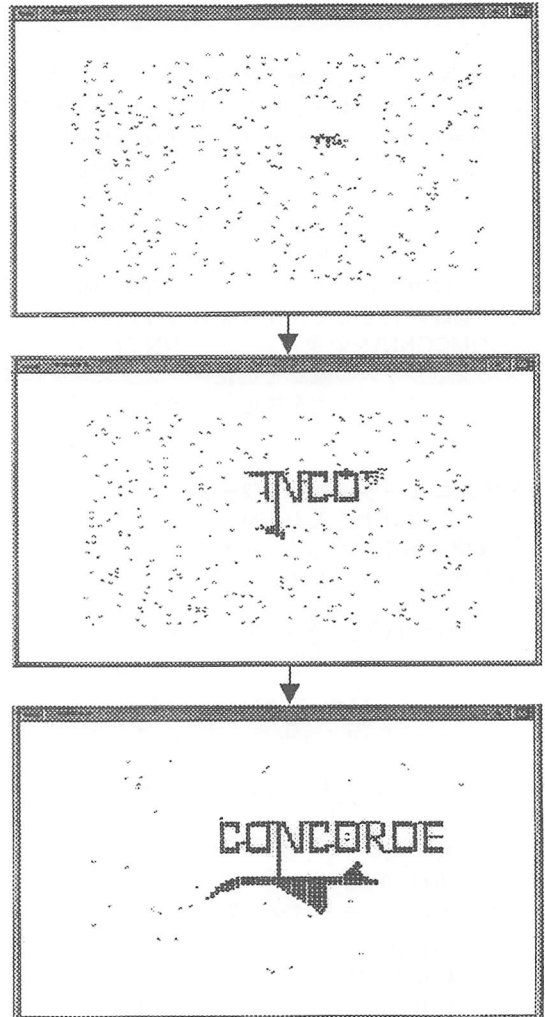


図 2 (N=350)

5 終わりに

複数のマイクロマシを用いて、任意の複雑パターンを形成するための手法を提案しシミュレーションにより、その手法の有効性と検証結果について報告した。

参考文献

- 1) 下村芳樹, マイクロマシ群のための集合パターン形成法, ロボティクスメカトロニクス講演会'00, 2000.
- 2) 下村芳樹, マイクロマシ群のための集合パターン形成法, 2000 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 2000.
- 3) 山下雅史, 自立分散ロボットにおける共有知識の創発, 計測と制御・第 38 巻・第 10 号, 1999.