

マルチエージェントモデルにおける協調的行動の創発

3N-2

日浦章英 山田雅之 世木博久 伊藤英則
名古屋工業大学

1 はじめに

能力の限られた多数のエージェントが、それらの協調によってある問題を解決するものとして、マルチエージェントモデルがある。

本研究では、エージェント同士が、接触またはローカルな視覚と通信手段しか使えないような状況において協同作業をする場面を想定した。このようなローカルな情報のみの極めて単純な協調動作にもかかわらず、エージェント間に秩序が自己組織化された。

2 モデルの定義

本稿では、自律型の移動ロボット (Khepera) をエージェントとみなしたモデルを定義する。このモデルでは、平面上に多数のエージェント、基地、荷物の山が存在する (図 1)。エージェントは 1 回に、あらかじめ決められた距離を移動し、これを 1 ステップとする。また移動中に他のエージェントと衝突しそうな際には回避行動をとる。このようにしてエージェントがフィールド上を動き回り荷物の山 (光っている) を発見すると、荷物を 1 個拾う。荷物を拾ったエージェントが基地に戻ると得点が入る。この得点の大小が、一定ステップ内にどれだけの荷物を基地に運ぶことができたかを示す。

2.1 Khepera

Khepera は直径 56mm の円形で、8 個の赤外線近接センサ兼、光センサと、2 個の車輪を持つ自律移動ロボットである。それぞれのセンサは、物体または光源に対する距離と角度をもとに 0~1023 の整数値を出力する。車輪は左右独立に回転することが可能で、車輪の回転による移動速度は 8mm/sec 単位で前後に指定できる。

2.2 情報の定義

このモデルにおいて情報とはエージェントと荷物の山、エージェントと基地、あるいはエージェント同士によって決まるベクトルのことである。また情報の有効時間とはエージェントがその情報を記憶可能な時間のことである。

2.3 フィールドの定義

フィールドは、仮想的に存在する平面の一部であり、その形状は長方形である。これは以下のような 3 項組で定義される。

$$Field = \langle L, B, P \rangle$$

$L = (L_x, L_y)$: フィールドの辺長,
 $B = (B_x, B_y)$: 基地 (Base) の座標,
 $F = (P_x, P_y)$: 荷物の山 (Heap of burdens) の座標.

図 1 にフィールドとエージェントのイメージを示す。エージェント中の \cdot は進行方向を示す。

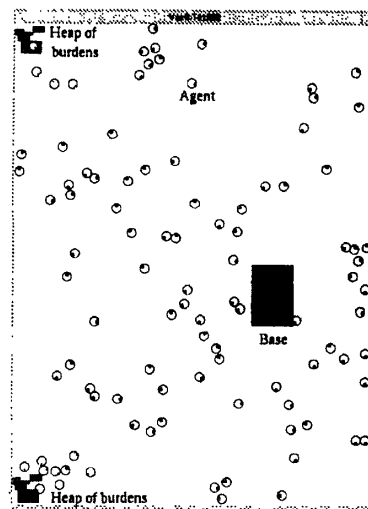


図 1: フィールド

2.4 エージェントの定義

以下のような 5 項組で定義されるエージェント A_i がフィールド上に存在する。

$A_i = \langle C_t, D_t, S, V1, V2 \rangle$
 $C_t = (C_x, C_y)$: 時刻 t における座標,
 D_t : エージェントの向き,
 S : 移動の速さ,
 $V1$: 赤外線センサの値,
 $V2$: 光センサの値.

赤外線センサの値 $V1$ はエージェントを中心とした半径 $V1$ の円形の範囲であり、この範囲内に存在するエージェントとコミュニケーションできる。光センサの値 $V2$ はエージェントを中心とした半径 $V2$ の円形の範囲であり、この範囲内に存在する荷物の山を感知することができる。

エージェントの行動モデル (TYPE) を数種類考えシミュレーションを行なったが、本稿では代表的な 3 つのモデルについて比較検討する。以下にその基本アルゴリズムを簡単に示す。

- TYPE 1 : エージェントは協調動作を行わず、フィールド上をランダムに動き回る。光センサで荷物の山を感知すると、その方向へ進む。行きた

い方向に進めない場合はそれ以外の方向に対してランダムに移動する。

- TYPE 2: 通常は TYPE 1 に同様である。しかし荷物を持っていないエージェントは、荷物を運搬中のエージェントを感知して、その進行方向と逆方向に荷物の山があるという情報を受けとる。エージェントは有効時間内に、衝突回避するか新たな情報を受けない限り、ここで受けとった情報に従って進む。
- TYPE 3: 通常は TYPE 1 に同様である。しかし荷物を運搬中のエージェントは近接する荷物を持たないエージェントに荷物を渡す。荷物を受けとったエージェントは、どのエージェントから荷物を受けとったかをメモリに記憶しておき、受けた荷物をその相手にすぐ返してしまうことはない。

3 シミュレーション結果

各タイプに対してシミュレーションを行なった結果、TYPE2 と TYPE3 は比較的簡単な行動規則にも関わらず協調動作を行なわない TYPE1 に比べて高い得点を得ることができた。

まずシミュレーションにおけるエージェント間の秩序形成の例を示す。ランダムに動く TYPE 1 (図 2) ではエージェント数が増えると、荷物の山を発見し一斉にそこに集まってしまうため、身動きがとれなくなってしまっている。また仮にそこから脱出できたとしても基地周辺で大渋滞が起こる。しかし、TYPE 2 (図 3) ではエージェントは列を形成した。荷物の山から遠いエージェントでも荷物を基地に持ち帰る途中のエージェントとコミュニケーションをとることにより荷物の山の方向を大体知ることができる。よって非常に効率良く荷物の山に向かうことができると考えられる。

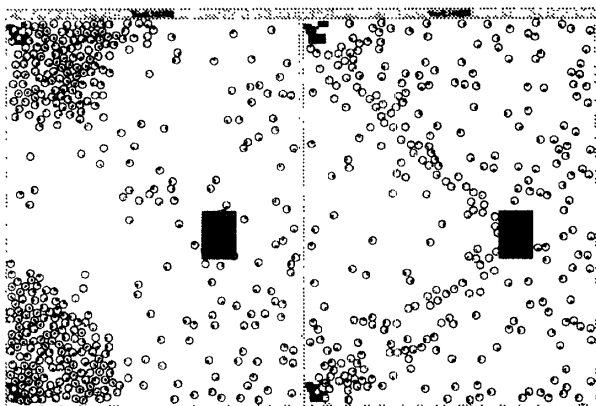


図 2: TYPE 1

図 3: TYPE 2

TYPE 3 (図 4) では、シミュレーション上の荷物の受渡しの様子を見ることができる (図 5)。エージェント間の線分が受渡し中であることを示す。これにより TYPE 1 において荷物の山に集中して身動きがとれなかったエージェントでも他のエージェントに荷物

を渡すことができるので、全体的に得点が高くなる (図 6)。またエージェントの中にはキャッチボールのような動作をしながら基地に荷物を運ぶものや、バケツリレーのような行動をおこすものも見られた。

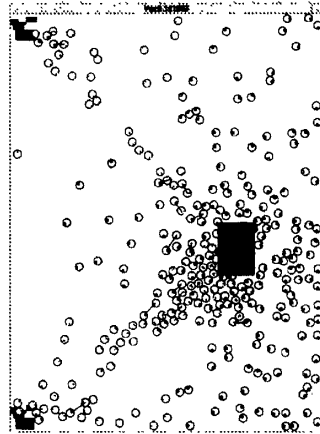


図 4: TYPE 3

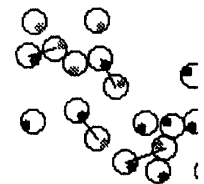


図 5: 荷物の受渡し

図 6 に TYPE1 と TYPE3 において、エージェント数、光センサの値を変化させて 1000 ステップ実行したときの得点の変化を示す。

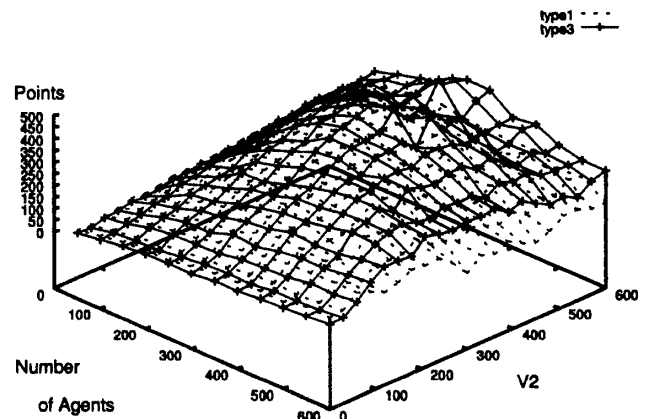


図 6: シミュレーション結果

4 おわりに

本稿では、特に集中制御や高度な戦略を持たないローカルな情報のみの協調動作により全体的な秩序を自己組織化するための一手法を提案し、実際にそのモデル上でシミュレーションを行ないその有効性を確認した。

参考文献

- [1] A. Hiura, T. Kuroda, K. Itoh, M. Yamada, H. Seki, H. Itoh: "A Study on Various Agents' Organization Structure in Dynamic Environments", Proceedings of 20th International Conference on Computers & Industrial Engineering, pp.1107-1110, Vol.2 (1996).