

エージェント・シミュレーションの最低解像度の同定

服部恭史 高丸尚教

Minimum Resolution on Agent Simulation System

Yasushi HATTORI Hisanori TAKAMARU

1. はじめに

人工社会の分野において、T.C.Shelling⁽¹⁾が1970年代にマルチエージェント・シミュレーションを用いた初期の分居モデルを発表した。このモデルでは、チェスボードを用いた 8^2 の解像度で実験が行われた。その後コンピュータの発達によりマルチエージェント・シミュレーションが盛んに研究された。その1つのsugarscapeモデル⁽²⁾は、人工社会育成のための環境としてJ. M. EpsteinとR. Axtellによって1996年に提案された。このモデルでは、現在でも 50^2 の解像度で実験が行われている。しかしながら、これらシミュレーションの解像度の設定は、コンピュータの性能上の限界と経験に基づいて行われてきたため、設定に何らかの必然性はなく、又、解像度がどの程度エージェントの挙動に影響を与えるのか議論されてこなかった。そこで、本研究では、様々な解像度で実験を行い、解像度の影響を統計的に受けないための最低解像度の同定を行った。

2. モデル

最低解像度を同定するために、任意の解像度の2次元環境マップ内を自由に行動可能なエージェントが障害物回避を行う単純な問題を考える。本章では、本研究のシミュレータについて述べた後、比較するモデルをエージェントの政策と、領域の切断面の2つに分けて説明をする。

2.1. シミュレータのモデル

本シミュレータは、我々が提案するHolistic Agent Simulation(HAS)⁽³⁾モデルを用いて構築した。

1つ目のエージェントは、2次元マップ上にランダムに配置された環境情報(障害物)をポテンシャル場に変換し提供するEnvironment Agent(以下EA)である。具体的には、障害物を重力点とみなし、重力が空間を歪ませる要領でポテンシャル場を形成する。ただし、障害物から回避するために、障害物を負の重力点として扱った。さらに、1つの重力点から影響を与える範囲を4セルまでとし、すべての障害物の質量は同じとする。複数の重力点が存在する場合は、それらの重ね合わせで表現される。このように形成されたポテンシャル場を提供するのがEAである。

2つ目のエージェントは、EAから提供される情報を利用して単独で行動するMobile Agent(以下MA)である。MAは、近隣の環境情報を取得し、最も障害物が少ない方向を選択する。方向の候補が複数ある場合は、現在の方向を起点として右回り、あるいは、左回りに探索をし、最も先に見付かる候補を選択する。右回り系か左回り系かは、初期にランダムに

与える。MAは、局所的な情報のみで行動するため、局所的な停留点でループ行動に陥る。そこで、この問題を解決するために、MAがセルのアクセス回数を記憶し、ある閾値以上のアクセスをした場合、ループ行動をしていると判断してそのセルへのアクセスを禁止する単純なルールセットを導入した。

マップ構造(セルの形状)は、全方向に対して等距離に扱うことが可能な六方格子を用いた。

2.2. 比較するモデル

まず、MAのモデルを環境情報の取得域の違いから2つのモデルを考える。

1つ目のモデルは、隣接する1セルまでの環境情報を取得する短距離相関モデルである。このモデルは、EAが提供するポテンシャル場を用い最も勾配の低い方向を最適と判断するアルゴリズム⁽⁴⁾である。

2つ目のモデルは、チェスのクイーンの移動方向に、任意の距離だけ情報を取得する中距離相関モデルである。このモデルは、EAから提供される情報を用いなくて直接障害物情報を取得し、最も経路を長く確保できる方向を最適とするアルゴリズムである。

次に領域の接続面における境界条件を考える。大規模なシミュレーションを並列計算機で実装するためには、領域を分割する必要がある。この場合、切断面での境界条件がエージェントの挙動に影響を与えると推測される。そこで、2次元の各軸方向に対して、反射境界、と周期境界の2つを考える。反射境界は、外周に固定された壁を設置することで、MAに閉じた領域を与える。周期境界は、境界をなくすことで、MAに擬似的に開かれた領域を与える。

3. 実験・解析手法

現在のエージェントの評価は、エージェントが目的に到達できたか否かで判断をする至上主義の傾向が強い。しかし、本来エージェントは、未知の問題に対応する能力を自ら獲得することが、重要な目的の1つである。そのためには、エージェントが、行動的多様性を如何に保持するのかを解明することが重要であり、これに対して評価をすべきである。

そこで、エージェントが多様な行動選択が可能であったか否かを時空間の観点から評価する。まず、時間軸の観点で評価するために、MAが行動した時間を測定する。具体的には、MAが活動したステップ数を活動時間とした測定した。次に、空間軸の観点で評価するために、MAがアクセスしたセルの数を活動領域として測定した。得られた活動時間と活動領域を統計処理することで活動状況を解析する。

実験の解像度には、 16^2 , 32^2 , 64^2 , 128^2 , 256^2 を用いた。配置する障害物率は、0% から 98% まで 1% 刻で変化させた。MA は、障害物が存在しない全ての場所に配置し、移動先がなくなる限界まで活動させた。

実験に用いたパラメータを表 3 にまとめる。

解像度	16^2 , 32^2 , 64^2 , 128^2 , 256^2
境界条件	反射境界, 周期境界
MA の戦略	短距離相関モデル, 中距離相関モデル
障害物率	0%~99% 1% 刻み
MA の数	領域内の障害物が存在しないセルの数 解像度 \times (1.0 - 障害物率)

4. 結果

4.1. MA の政策モデル別にみた解像度の影響

短距離相関モデルと中距離相関モデルでの活動時間の結果を述べる。図 1 は、周期境界で、六角マップを用いた場合の解像度別に活動時間を統計処理し、平均を求めたグラフである。上段 (a) は、短距離相関モデルを使用した場合であり、下段 (b) は、中距離相関モデルを使用した場合の結果である。(a)

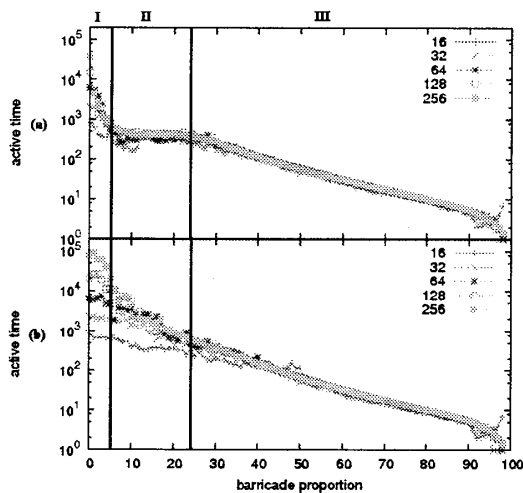


図.1 周期境界における (a) 短距離相関モデルと (b) 中距離相関モデルの平均活動時間の推移

の短距離相関モデルは、MA の挙動の変化によって、(1) 低障害物率 (領域 I), (2) 中障害物率 (領域 II), (3) 高障害物率 (領域 III) の 3 つに分けられる。特に中障害物率は、平衡域が表れる特徴が見られる。同様に、(b) の中距離相関モデルは、(a) の領域 II に見られる平衡域が確認できないが、(a) と同様に 3 つの領域に分割される。

次に 2 つの図を解像度別に比較する。図 1 で障害物率が高い領域 III の場合、 16^2 を除けば、低解像度に多少のばらつきが存在するものの解像度による挙動の違いはみられない。一方、障害物率が低い領域 I は、低解像度にばらつきが多く、活動時間と活動領域が共に低迷することを確かめている。このことから、障害物率が低い場合、低解像度時に挙動の変化が確認で

きないため、少なくとも 256^2 程度の解像度にしなければ、結果が歪む可能性があることを示唆している。

4.2. 境界条件別にみた解像度の影響

次に、中距離相関モデルで、周期境界と反射境界での結果を述べる。図 2 は、中距離相関モデルで、上段 (a) は反射境界、下段 (b) は周期境界で、それぞれの平均活動時間の結果である。

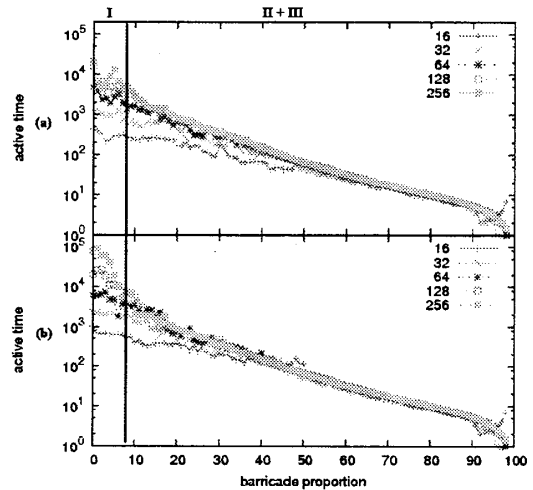


図.2 中距離相関モデルでの (a) 反射境界と (b) 周期境界の平均活動時間の推移

(a) と (b) は、共に領域 III の高障害物率である場合は、ほぼ一定の勾配を維持することが確かめられる。一方、領域 I の低障害物率では、両境界モデル共に傾きが明らかに異なる。高解像度では、境界条件による挙動の変化が顕著になる。これに対し、低解像度では、この変化が小さい。

5. まとめ

本研究は、2 種類の MA と境界条件を用いて解像度による影響を調べた。その結果、低障害物率である場合、全ての条件において低解像度では MA の挙動を十分に表現できないことを明らかにした。低障害物率で、MA が解像度の影響を受けないためには、少なくとも一軸方向に $256 \cdot$ 程度の解像度が必要であると同定した。

さらに、短距離相関モデルでは、障害物率によって挙動が変化し、3 つの領域に分けられた。又、中距離相関モデルにおいても、領域 II に明確な変化が表れてはいないが、こちらも障害物率によって挙動が変化することが確認された。

文献

- (1) T. C. Schelling: Models of Segregation, American Economic Review, Papers and Proceedings, Vol.59, No.2, pp.488-493(1969)
- (2) J. M. Epstein and R. Axtell.: Growing Artificial Societies, The MIT Press (1996)
- (3) 「Holistic Agent Simulation の構築」: 服部恭史, 高丸尚教, IPSJ Symposium Series Series, Vol. 2006, No.12, p139-143
- (4) 「Holistic Agent Simulation の構築」: 服部恭史, 高丸尚教, 平成 18 年度電気関係学会東海支部連合大会
- (5) 「災害避難時における迷いシミュレーション」: 服部 恭史, 高丸 尚教, インタラクシオン 2007
- (6) 「主体と全体からのアプローチによるマルチエージェントの構築」服部恭史, 高丸尚教, 平成 19 年度電気関係学会東海支部連合大会