

マルチエージェントシミュレーションを用いた 空間的競争の研究に関する検討

Investigation for Spatial Competition using Multi-Agent Simulation

三浦政司, 白石秀壽

Masashi Miura, Hidetoshi Shiroishi

鳥取大学

Tottori University

Abstract: Conventionally, the research for spatial competition originating from Hotelling model has been treated as analytic optimization problem in game situation. On the contrary, our research intends to deal with more complex and diverse situations by introducing agent-based modeling and simulation to the research for spatial competition. This paper will introduce the agent simulator which we've developed as a prototype.

1. はじめに

小売業の立地競争や製造業者の製品差別化による競争を扱う空間的競争モデルの研究では、線分市場における最小差別化原理を導出した Hotelling のモデル[1]を源流として、様々なモデル化と分析が行われてきた。本研究では、ゲーム的状况における最適化問題を解析的に解くというアプローチで行われてきた従来の空間的競争モデルの研究に対して、エージェントベースなモデル化とシミュレーションを導入することで、より複雑で多様な状況・現象を扱うことを目指す。

2. エージェントモデル

本節では、線分市場を扱った Hotelling のモデルを 2 次元に拡張した Tabuchi のモデル[2]に基づき、2 次元市場空間における 2 つの企業の空間的競争のエージェントモデルを考える。このモデルにおけるエージェントは、2 次元空間 (x, y) の市場に均一に分布する N 人の消費者と、同じ空間内に立地し、販売する同種の財に対してそれぞれ価格 p_1 と p_2 を設定している企業 1 および企業 2 である。

2.1 消費者の企業選択

市場空間内に分布する各消費は、各企業に設定された価格と、自身からの距離によってそれぞれの企業から財を購入する際のコストを評価し、コストが小さい方の企業から財を 1 単位だけ購入する。 i 番目の消費者の位置を (x_i^c, y_i^c) 、企業 1 と企業 2 の立地

をそれぞれ (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) とするとき、 i 番目の消費者から見た各企業のコストは、適当な定数 t を用いて下記のようになるとする。

$$\text{企業1: } p_1 + t(x_i^c - x_1)^2 + t(y_i^c - y_1)^2$$

$$\text{企業2: } p_2 + t(x_i^c - x_2)^2 + t(y_i^c - y_2)^2$$

上記のコスト関数に基づき全ての消費者が企業を選択した結果、各企業の利益は価格とその企業を選択した消費者数の積として算出される。各企業はそれぞれの利益を最大化するよう戦略的に行動し、立地選択と価格設定からなる 2 段階ゲームを行う。ここで、2 段階ゲームの代表的な解法である後ろ向き帰納法[3]をベースとして企業の行動モデル考える。

2.2 価格設定

まず、両企業の立地を所与としたときの価格設定を考える。計算負荷を考慮し、企業 1 と企業 2 が取り得る価格の組み合わせの全てとそれぞれにおける利益を算出する代わりに、企業 1 と企業 2 が交互に価格を更新し、更新による価格変化が一定の範囲に収まったところを均衡状態として扱う。このとき、消費者エージェントから見た留保価格を更新価格の候補とすることで、少ないステップ数で均衡状態周辺に到達するよう工夫する。企業 1 の価格を更新するときには、まず企業 2 の価格を固定したときの各消費者から見た企業 1 に対する留保価格、すなわち企業 1 を選択する上限の価格を算出する。こうして得られた留保価格の集合を企業 1 がとる価格の候補として利益計算を行い、最も高い利益を与える価格

を企業1の更新価格として採用する。同様にして企業2の価格更新を行い、更新による価格変化が一定の範囲に収まるまでそれを繰り返す。

2.3 立地選択

次に、立地の選択を考える。全てのあり得る立地の組み合わせを調べる代わりに、市場空間の中に N_s 個の立地候補点を取り、企業が交互に立地選択を繰り返すとする。まず、企業2の立地を固定したときに企業1が立地を選択する。このとき、立地となる候補の点のそれぞれに対し、企業1がその点を選択した状況下で2.2節に示した価格設定プロセスを行う。全ての立地候補点に対して価格設定プロセスを実行した後、企業1に最も高い利益を与える候補点を立地点として採用し、そのときの価格設定結果として得られる均衡状態の価格を、企業1および企業2の価格として設定する。こうして選択された企業1の立地に対して、同様のプロセスで企業2が立地を選択する。企業がこのような交互の立地選択と価格設定を繰り返すことでシミュレーションが進行する。シミュレーション全体の流れを図2に示す。

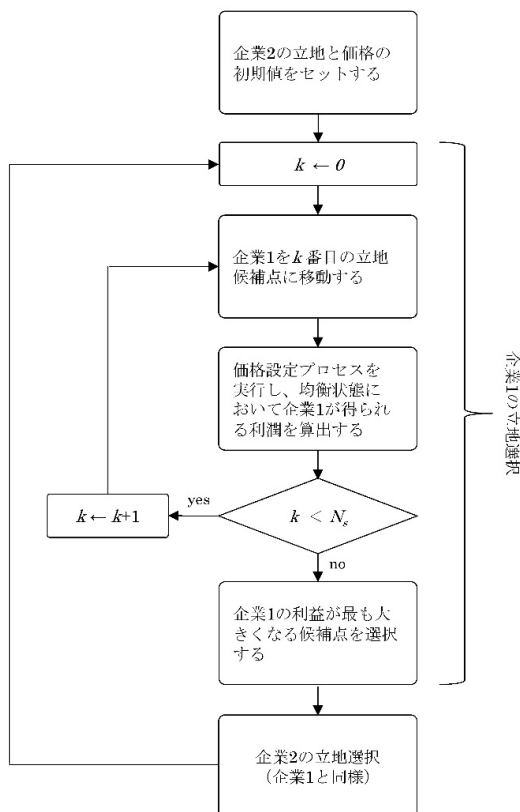


図1 シミュレーションの流れ

3. シミュレーション

前節で示したような形でエージェントモデルへと拡張した2次元空間競争モデルを用いて、マルチエージェントシミュレーションを構築した。図2にシミュレーション結果の一例を示す。青と赤の四角のマーカがそれぞれ企業1と企業2を表す。点線は、各消費者と、それぞれが選択した企業を結ぶものである。×印で示した初期位置に対して、長方形空間の長手方向(x軸方向)にお互いから遠ざかるように移動していることが分かる。一方y軸方向には同じ位置を保っている。これは[2]の研究で示された結果に一致する。

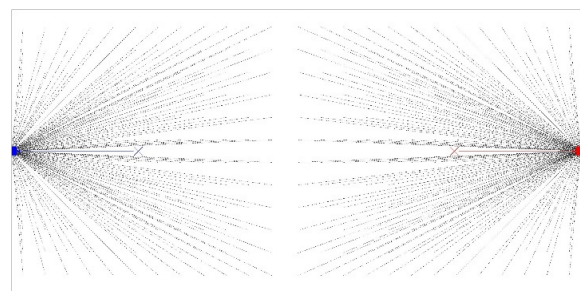


図2 シミュレーション結果

4. 今後の展望

本研究では、2次元の空間的競争モデルをエージェントモデルに拡張し、マルチエージェントシミュレーションを構築した。今後は、構築したシミュレータを用いて、従来の解析的なアプローチでは解くことのできなかつた複雑な状況をモデルに組み込み、様々な状況における空間的競争について調べていくことを目指す。例えば、消費者の分布が一様でなかったり、時間変化したりする場合、消費者による企業選択のモデルが多様な場合、市場空間における企業の移動範囲が何らかの要因で制限される場合などが考えられる。

参考文献

- [1] Hotelling H.: Stability in Competition, *Economic Journal*, Vol. 39, No. 153, pp. 41-57, (1929)
- [2] Tabuchi T.: Two-stage Two-dimensional Spatial Competition between Two Firms, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 24, No. 2, pp. 207-227, (1994)
- [3] Aumann R. J. : Backward Induction and Common Knowledge of Rationality, *Games and Economic Behavior* Vol. 8 No. 1, pp. 6-19, (1995)