

## 局所情報によるロックインモデルの構築

辻岡 卓・山本 耕司

Cell Automaton Simulation for Lock-in Phenomena

Suguru TSUJIOKA, Kohji YAMAMOTO

## ABSTRACT

Recently, the lock-in phenomena are observed in economic scene. These phenomena can be explained not by traditional economic theories but by network externality and path dependency. Operating system software market is mentioned as the typical example of this phenomenon.

In this study, we developed a agent based simulation model for lock-in phenomena. The simulation algorithm is based on cell automaton model. Our developed model showed reproducibility of lock-in phenomena.

KEYWORDS : lock-in phenomena, cell automaton model, path dependency, network externality

## 1. はじめに

近年、企業間でデファクト・スタンダードを巡る対決が頻繁に行なわれている。2006年10月時点現在までに確認されている有名な例を以下に示す。

- a. QWERTY vs DSK (キーボードのキー配置)
- b. VHS vs  $\beta$  (ビデオテープの保存形式)
- c. Windows vs Macintosh (OS)

これらの対決の雌雄を決した要因は、各製品の機能では無く、パス・ディペンデンス（：様々な非常に小さな要因、偶然）による初期優位性と、そこから発生したネットワーク外部性に存在している。そして、このようにデファクト・スタンダードが他の同種製品のシェア拡大を許さない状態をロックイン状態と呼ぶ。

ロックイン状態の大きな特徴であるネットワー

ク外部性は「特定の主体が、財・サービス（以下、商品と記す）を採用した際、同商品を採用している他の主体がコストを必要とせず、効用を得ることが出来る状態にあること」と定義される。つまりネットワーク外部性が存在するならば、購買主体は他の主体と同様の商品を採用することが効用増大に繋がるといえる。

今後、ロックイン状態になる可能性の存在する製品として携帯電話が挙げられる。日本における携帯電話キャリアは現状3社でシェアを分け合っている。これらのキャリアを運営する通信会社は全て、同キャリア間での通話やメールのやり取りの際には通信費を低減するというサービスを採用している。またメールのやり取りの際に使用される絵文字は各キャリア間で互換性が無い。つまり購買主体にとっては通信を行なう相手と同じキャリアを選択することが効用増大につながる。また、通信会社もこれを購買主体に周知することでシェアを拡大しロックイン状態に持ち込もうという意図が見える。

以上の例に限らず今後様々な商品の提供主体がロックイン状態を目指すことが容易に予想できる。このことよりロックイン状態に至るメカニズムの

2006年10月15日受付, 2006年11月15日最終受付  
 辻岡 卓 四国大学経営情報学部情報学科  
 Suguru TSUJIOKA, Member (Faculty of Management and Information Science, Shikoku Univ., Tokushima, 771-1192 Japan).  
 山本耕司 四国大学大学院経営情報学研究所  
 Kohji YAMAMOTO, Member (Graduate School of Management and Information Science, Shikoku Univ., Tokushima, 771-1192 Japan)  
 四国大学経営情報研究所年報 No.12 pp.15-20 2006年12月

解明は経済活動上、非常に有意義であるといえる。そこで本研究ではロックイン現象を再現し、その分析を行なうことを目的として、2次元セルオートマトンモデルによる購買活動シミュレーションモデルを構築した。本研究構築モデルにおいて各セルは現実世界の購買主体に対応し、自身の近傍に位置するセルと同種の商品を採用することで自身の効用最大化を目論む。このような空間局所性に注目したエージェントモデルとしてはSchellingの分居モデル<sup>1)</sup>や田村の空間配置型IPD<sup>2)</sup>をはじめとして様々な研究が行なわれており、前者は都市・民族問題に対して、後者は公共財供給問題に対して、非常に有効な示唆を与える結果となっている。またセルオートマトンを社会現象の分析に用いた例としては渡辺らの都市空間の構成過程再現モデル<sup>3)</sup>があり、現実社会に対して高い再現性を示している。

## 2. 構築モデルの概要

構築モデルは  $n \times m$  マスのセルから構成される2次元セルオートマトンモデルであり、本稿ではセルの状態が2値の場合、及び3値の場合について述べる。各セルは周囲8マス（ムーア近傍）に配置されたセルの状態により自身の状態を遷移させる。この状態遷移ルールについては次節で述べる。

各セルの状態は現実世界の購買主体がどの商品を採用するかに対応しており、セルの位置関係は現実世界における各主体間の物理的、社会的距離に対応している。ここでの社会的距離とは主体間の直接の関わりよりも広い意味であり、同世代や同文化に属する主体であればセルの位置関係は近いものとなる。

### 2-1. 状態遷移ルール

現実社会で、ネットワーク外部性の存在する様々な商品がロックイン状態に至る過程において、各購買主体は周辺の主体の採用している商品を知覚し、周辺の主体と同様の商品を採用すると考えられる。この際、周辺の各主体がそれぞれ異なる

商品を採用している場合、各購買主体は最も多く採用されている商品を自身も採用すると考えられる。

以上より構築モデルにおいて各セルは以下の2ルールによって各時点の状態遷移を行なうこととした。

- a. ムーア近傍に位置する8セルにおいて、最も多く存在する状態と同様の状態に遷移。
- b. 最多である状態が複数存在する場合<sup>例1)</sup>、確率的に状態を選択し、遷移する。

例1) 図1-1の場合、中央のセルは次ステップには確率50%でAに遷移し、確率50%でBに遷移する。また図1-2の場合も同様である。

A	B	B
A		A
B	A	B

図1-1 保持する状態が2値の場合

C	B	B
A		A
C	A	B

図1-2 保持する状態が3値の場合

## 3. シミュレーション結果

前章で述べた構築モデルを基にシミュレーションを行なった。次節以降で述べるシミュレーションは全て以下の条件に沿っている。

### 2次元空間の構成

:  $50 \times 50$ の2500セル。ただし、上下左右端はループすることとした。

### シミュレーション終了条件

: 全セルの状態が安定した時点

### 試行回数

: 各10回

### 3-1. 状態が2値、初期配置が均等の場合

現実世界で頻繁に観察できる2商品間のシェア争いをシミュレーションすることを目的として、セルの状態がA, Bの2値で遷移する場合のシミュレーションを行なった。シミュレーション条件は以下のとおり

セルの初期状態：(A, B) = (1250, 1250)

初期配置（初期状態分布）：ランダム

初期配置例（図2-1）とシミュレーション結果例（図2-2）を以下に示す。



図2-1 2値同数の場合の初期配置例

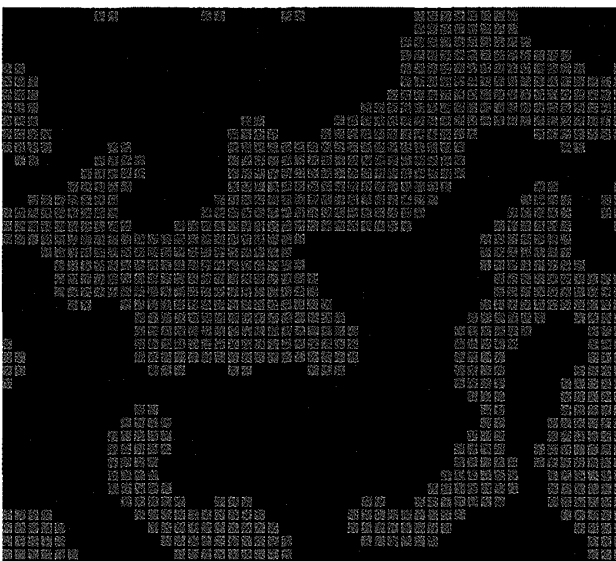


図2-2 シミュレーション結果例  
(12ステップ経過で終了)

図2-1, 2-2において緑色のセルが状態A, 黒色のセルが状態Bを表している。個々のセルにおいて前述した状態遷移ルールを適用した結果、同状態のセルが群を形成する様子が見取れる。

図3に10回の試行それぞれの場合についてA状態のセル数推移を示す。ただし見易さを考慮し、20ステップ時点で系が安定していない試行でも最高20ステップまでしか示していない。どの試行においても1250セルを中心に誤差9%以内に収まっていることが解る。また、シミュレーション終了時の状態Aのセル数は平均で1254.33、標準偏差は59.87であった。以上の結果より初期状態が同数かつ初期配置がランダムの場合、ロックイン現象が発生する可能性は低いことが理解できた。

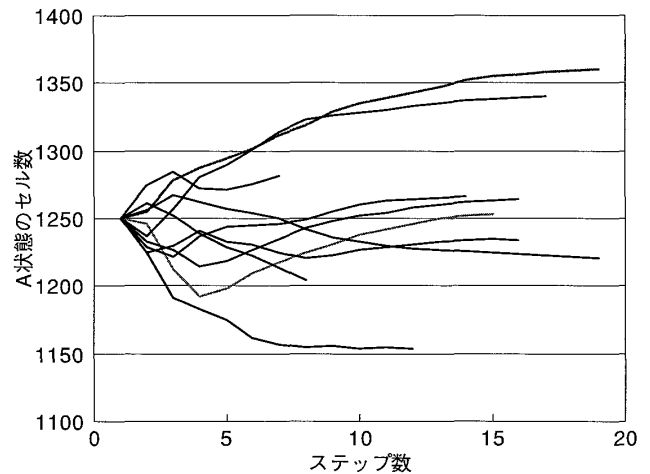


図3 各試行のA状態セル数推移

### 3-2. 状態が2値、

初期配置に微量な差が存在する場合

次に構築モデルにおけるパス・デイペンデンスとネットワーク外部性の再現性を確認するため、以下の条件でシミュレーションを行なった。

セルの初期状態：(A, B) = (1300, 1200)

初期配置（初期状態分布）：ランダム

10回の試行において得られたA状態セル数推移を図4に示す。状態Bとの初期状態の差は9%未満と微小であったにも関わらず、状態Aの優位性はシミュレーション終了時まで保たれ、最高

で76%以上の優位差を生む結果となった。また、シミュレーション終了時の状態 A のセル数は平均で1483.22、標準偏差は81.79であった。以上の結果より構築モデルにおいて任意のパス・ディペンデンスの発生と、そこから生ずるネットワーク外部性が確認できた。

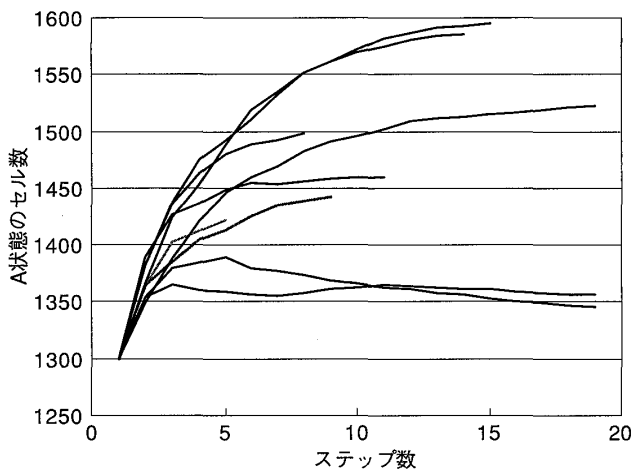


図4 各試行の A 状態セル数推移

### 3-3. 状態が 3 値の場合

日本の携帯電話市場をはじめとして、3商品もしくはそれ以上の商品がデファクトスタンダードを巡ってシェア争いを行なう例は多数存在する。これを分析するためのツールとして構築モデルに3値以上の状態を保持させることは有用である。また、状態の関係が非対称になるなど、数理的特性も変化することから、多様な条件下でのシミュレーションが可能になる点からも意義がある。そこで、セルの保持する状態が3値の場合についてシミュレーションを行なった。3番目の状態をCとする。以下にシミュレーション条件を示す。

セルの初期状態：(A, B, C) = (1250, 750, 500)

初期配置 (初期状態分布) : ランダム

初期配置例を図5-1に、シミュレーション結果例を図5-2に示す。図5-1, 5-2において緑色のセルが状態 A, 赤色のセルが状態 B, 黒色のセルが状態 C を表している。図5-2から見て取れるように状態 A が大勢を占める結果となった。図

6に各状態の全セルに占める割合の推移を示す。ただし、これらの割合は10回の試行の平均値より算出された平均値である。また、図6には30ステップ経過時までの割合を示しているが、それより以前に系が安定し、シミュレーションが終了した試行や、30ステップ以後も状態遷移を続けていた試行も存在した。



図5-1 3値の場合の初期配置例

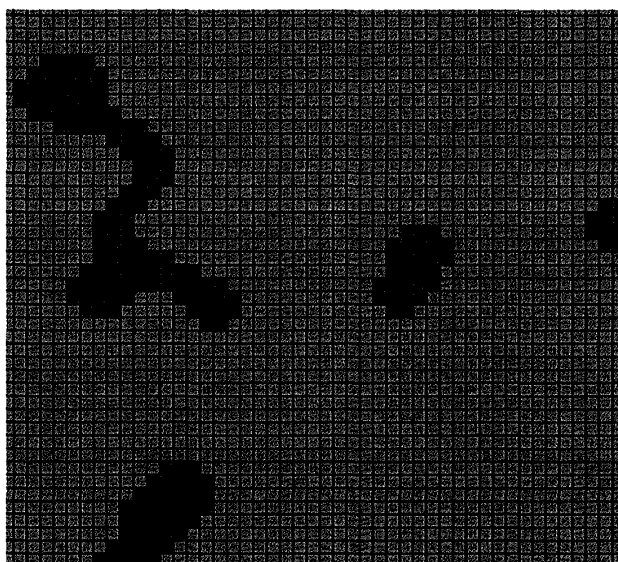


図5-2 シミュレーション結果例 (22ステップ経過で終了)

図6より見て取れるように10ステップ経過時点で既に系はほぼ安定しており、状態 A が85%以上の割合を獲得する結果となっている。状態 A の初期セル数は全体の50%であり、これは 3-1

節で行なったシミュレーションと同じ条件である。しかし、最終的に獲得・増加した割合は30%以上異なる。これは本節のシミュレーションにおいて状態B、Cの初期配置数が少なく、このため局所において大勢を確保することが出来なかつた為であると考えられる。

また、図5-2より得られる気づきでは、状態Cが群として安定している状態は、状態Bの群に接しているもしくは状態Bと一つの群を形成している場合である。これは10回の試行を行なう中で数多く見られ、状態Cが存続するためにより有効なパターンであると考えられる。

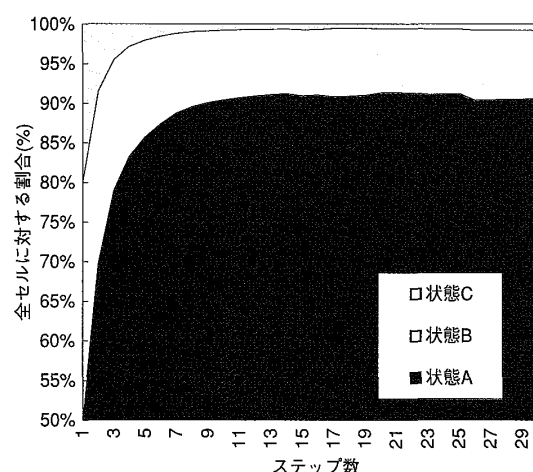


図6 各状態の割合推移

#### 4. まとめと今後の予定

本研究では、2次元セルオートマトンモデルを用いて商品がロックイン状態に至る過程をシミュレーションした。構築モデルでは状態遷移ルールとして近傍の状態と同様の状態を指向するという非常に単純なルールのみを採用したが、パス・ディペンデンスとネットワーク外部性というロックイン現象の要因を再現できた。

本研究モデルのシミュレーション結果を以て人間の営む経済活動を理解できるというのは早計であり、現実社会のロックイン現象の分析に用いるためには実証的分析とのフィッティングが必要である。しかし、シミュレーションの目的は現実社会の精緻な再現では無く、現実社会の裏側に潜ん

でいるメカニズムへの洞察を得るツールと考えることも出来る。

以上を踏まえて今後、本構築モデルをベースに様々な拡張を行い、分析を継続していく予定である。拡張可能性を以下に示す。

#### コストの導入

：現実社会において購買主体は現在の商品から他の商品に変更する際には金銭・時間・手間が必要となる。本論の構築モデルでは各セルは状態遷移を行なう際に何らコストを必要としない。よってコストの導入、又は状態遷移ルールに閾値を導入するなどの拡張が考えられる。

#### 近傍距離の拡張

：本論の構築モデルではムーア近傍に配置されたセルを現実社会における（物理的・社会的に）身近な存在のメタファとして用いている。これを第1近傍、第2近傍…と拡張することにより、知覚距離・交流距離により商品群がどのように変化するかを分析できる。

#### 個性の導入

：本論のモデルでは画一的にムーア近傍を参照することとしていた各エージェントの知覚・交流ルールに加え、状態遷移ルールを各エージェント毎に異なるルールとすることで様々な購買主体の混在した、より現実社会に近いシミュレーションを行なうことが出来る。

またGAを用いた学習ルール<sup>4</sup>の導入も有効であると考えられる。

#### 初期配置の操作

：同状態のセルを密集させることで、小数の購買主体からなるコミュニティを形成することが出来る。密集した群は状態遷移で全滅する可能性が低く、特定の商品に対する熱狂的なファン層を表現できる。

## 謝 辞

本論のモデル構築に関して四国大学経営情報学部講師である戸川聡氏に数多くの有意義なご助言を頂きました。ここに記し感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Schelling, T.C. (1971), "Dynamic Models of Segregation", *Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 1, pp. 143-186
- 2) 田村 誠 (2002) 「社会ゲームと進化」, 『コンピュータの中の人工社会』, 構造計画研究所, 第6章 pp. 91-105
- 3) 渡辺公次郎, 大貝彰, 五十嵐誠. (2000) 『セルラーオートマタを用いた市街地形態変化のモデル開発』, 日本建築学会計画系論文集第533号, pp. 105-122.
- 4) S.Tsujioaka, K. Yamamoto (2006) "Evaluation of the Dealings Form in an Artificial Fruit and Vegetable Market II", *Agent-Based Modeling Meets Gaming Simulation*, Vol. 2, pp. 139-147