

## 自己組織化を用いた区画形成

著者	鈴木 崇弘
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
巻	61
ページ	1-5
発行年	2020-03-24
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00022931">http://doi.org/10.15002/00022931</a>

# 自己組織化を用いた区画形成

## Residential Segmentation using Self-Organization on Rectangle Sections

鈴木 崇弘

Suzuki Takahiro

指導教員 塩谷 勇

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻博士前期課程

*This paper presents a simple lattice model based on evolutionary processes on residential or business street sections/blocks in our towns. The model has two operators: combine and division, where the combine operator joins two or more sections in lattices together to make a single section and the division operator divides a section into two or more sections. The model is driven by the economic activities of buying and selling based on Schelling model. We performed the simulations of the model on computers, and obtained power law distributions on areas from the simulation results. Furthermore, we examined the typical towns in the world and obtained power law distributions from their towns. The power law town indexes between simulations and real towns are almost the same, so we showed that our proposed evolutionary model based on Schelling can explain the real parcel model well in the sense of power law distributions.*

**Key Words** : the boundaries in residential sections, life model and Schelling model.

### 1. はじめに

都市部では整備された区画(人々の生活する土地の集合)が形成されており, 周りの地形や住む人々の資産や経済力, また, 生活上の関係から, 長い年月をかけて少しずつ変化をする. 大きな市街地の開発計画は例外と考えると, 生活から徐々に区画が形成されたと考える事ができる. 本研究では, 区画形成の理由を問うのではなく, 区画の一般的なパターンを再現することを試みる[1-6]. 区画形成には様々な要因があるが, 本研究では, 単純化した区画形成のモデルを提案し, ある意味で人間が長い年月をかけて作り上げたものはどのような特性を持つものであるかを探る基礎研究である. これはちょうど, 長い年月をかけて, 地球上で人類が様々な言語を徐々に作り上げたものと同じものと考えることができ, 自然言語の特性を調べる研究と共通点がある.

本研究では, 区画が経済力の格差の影響を受けて形成されると仮定する. 経済的な格差は Schelling Model[14]に基づき金銭取引から表現する. この経済的な格差が区画を少しずつ変化させ, 形成された区画を評価する.

実際に本研究では, 格子状の区画を初期の区画とし, Schelling のモデルによる経済力の格差を, 進化プロセスをもとに区画に反映させ, 区画形成モデルの提案とシミュレーションを行い, 地図データと比較することで評価を行った. 提案した区画と地図上の区画のサイズを比較する際には下の式(1)をもとに比較する. 式(1)k:定数,x:変数,n:自然数を示す.

$$f(x)=k*(x^n) \quad (1)$$

### 2. Schelling Model

Schelling Model は経済力の格差の表現するモデルである. Schelling Model によって表現した経済力の格差を区画形成に反映させる. はじめに, 各区画に一定金額の資産をランダムに配り, 金銭の取引を行う2つの区画をランダムに選択する. 次に, 選択された2つの区画は一定金額の取引を行い繰り返し替える. 以上の作業から, 経済力の格差を本研究では表現する.

例を用いて説明する. 図1は4つの区画を表し, 資産は各円の大きさに比例していると仮定する. 図1の①は4つの

区画にランダムに資産を配布した初期状態を表している。そして、②,③では金銭の取引を行う2つの区画の選択と、取引の実行を表している。④には②と③の工程を20回繰り返した時の結果を表している。初期状態の①と結果④の円の大きさを比較するとわかるように、4つの区画には経済力の格差が生まれている。

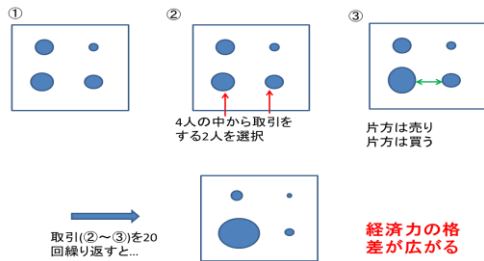


図1 Schelling のモデルによる取引の例

### 3. 区画形成モデル

本研究では Schelling Model を用いて表現した経済力の格差を2つのルール(合併・分断)をもとに区画に反映させる。つまり、2つのルールによって区画が不定期に変化し、その変化の繰り返しによって自己組織化された区画をどのような特性を持つか評価する。本研究では、2つのルールを元にした区画の不定期な変化を進化プロセスと表現する。自己組織化とは、自律的に秩序を持つ集合を作り出す現象をさしている。本研究では、区画を自己組織化させるために区画に2つのルール(進化プロセス)を課した。

#### (1) 進化プロセス

##### a) 区画の合併

隣接する区画をランダムに選択し、その区画同士の所有する資産の格差が一定以上大きくなった時に区画の合併が起きる。はじめに、所有する資産を比較する2つの区画をランダムに選択する。そして、選択された2つの区画の所有する資産に一定以上の格差がある場合は、区画間の境界を取り払う。図28を用いて説明する。図2の2つの区画の所有する資産  $w_0, w_1$  の差が一定値より大きかった場合、区画間の境界を消去する。以上の工程を複数回繰り返す。



図2 区画の合併

##### b) 区画の分断

既に合併している区画をランダムに選択し、その区画が所有している資産がある一定金額を下回っていた場合、合併時に取り払った境界を合併前に戻し、復活させる。図3は2つの区画が合併してできた区画が、進化プロセスによって分断されている。

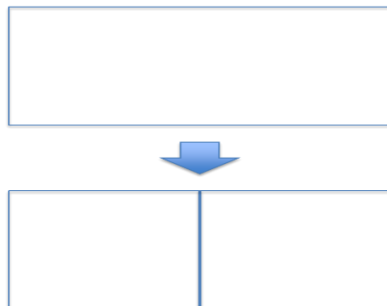


図3 区画の分断

図3のような2つの区画が合併してできた区画が分断される場合は、復活させる境界の選択をする必要は無いが、図4のように3個以上の区画を合併してできた区画を分断させる場合は、復活させる境界の選択が必要になる。このように区画を分断する際に、復活させる境界の選択が必要な場合は区画の重心に最も近い境界を選択する。



図4 3個の区画が合併した区画

##### (2) 区画の価値

以前の研究[1]では、図5のように経済力の格差を区画に反映させるのに、境界の平行移動を採用していた。しかし、移動を繰り返すにつれて、形成される区画の形が複雑で現実的ではなくなってしまった。現実では、複雑な形の土地は価値が同じ面積の土地よりも低くなってしまいう傾向がある。そのため、区画の価値を下げすぎないように本研究の進化プロセス(区画の合併・分断)を採用した。

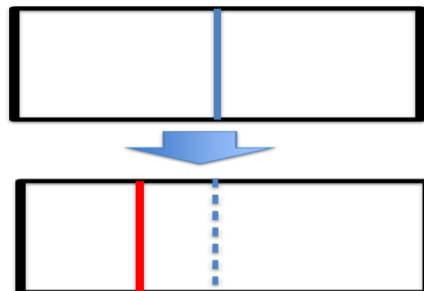


図5 境界の移動

#### 4. 実験

本研究では図6のような格子状の区画(M行 N列)を初期状態として、Schelling Model を用いて表現した経済力の格差を、進化プロセスをもとに反映させる。はじめに、金銭の取引をさせる2個の隣接する区画をランダムに選択し、一定金額を取引させる。この工程を複数回繰り返す。次に、ランダムに2個の区画を選択し、十分な所有する資産の格差があれば区画を合併する。もしランダムに選択された区画の所有する資産に格差がなければ、区画の選択をやり直す。以上の工程を複数回繰り返す、既に合併している区画を1つランダムに選択する。そして、その選択された区画の所有する資産が一定以上低い場合、境界を復活させ区画を分断する。分断する区画に、合併前に存在した境界が複数存在する場合は、区画の重心に最も近い境界を復活させ区画を分断する。この分断の工程を複数回繰り返す、また、はじめの金銭の取引の工程に戻り、全体の工程を複数回繰り返す。最後に、得られた区画をサイズなどに着目し評価する。実験方法の例として3×3の区画を初期状態として、40回のシミュレーションを行った図7を示した。

実際に、本研究では10×10(10行10列)・20×20(20行20列)・30行30列(30×30)の格子状の区画を初期状態とし、全ての区画が所有する初期の資産は50と設定し、一回の取引で2の資産が動くものとした。また、区画の合併は資産の差が15以上ついた場合、区画の分断は合併済みの区画の所有する資産が40未満の時に起こるものと設定し、全体を100万回繰り返してシミュレーションを行った。

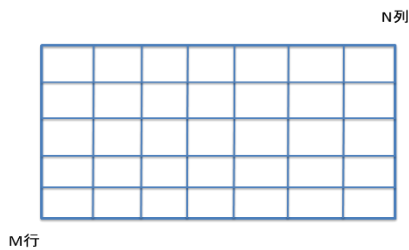


図6 区画の初期状態

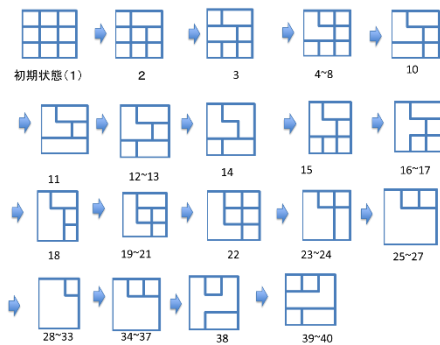


図7 3×3の区画の推移の例

#### 5. 結果

10行10列・20行20列・30行30列・50行50列の格子状の区画を初期状態とし、進化プロセスをもとに100万回シミュレーションを行った結果を報告する。進化プロセスをもとに100万回のシミュレーションを行った区画(10×10・20×20・30×30・50×50)それぞれの形成された区画のサイズと個数に着目した。進化プロセスに従い、自己組織化した区画の結果(20×20)は図8になった。両対数グラフにして区画のサイズに着目してみると図9、図10、図11、図12になった。図9、図10、図11、図12から、それぞれの区画が進化プロセスに従い、区画全体が自己組織化した結果、区画はべき乗分布に近い特性を持つことが示された。

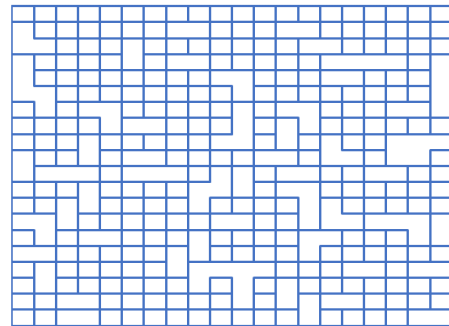


図8 実験後の区画(20×20)

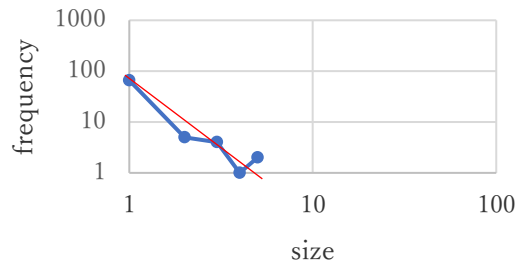


図9 進化プロセスに従い自己組織化した区画(10×10)

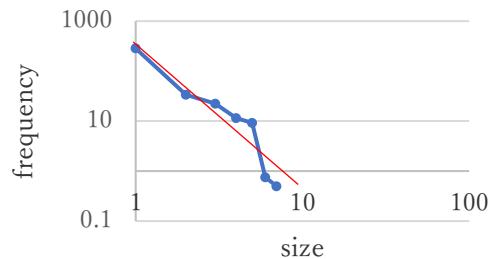


図10 進化プロセスに従い自己組織化した区画(20×20)

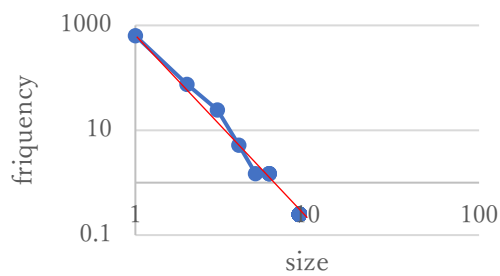


図 11 進化プロセスに従い自己組織化した区画(30×30)

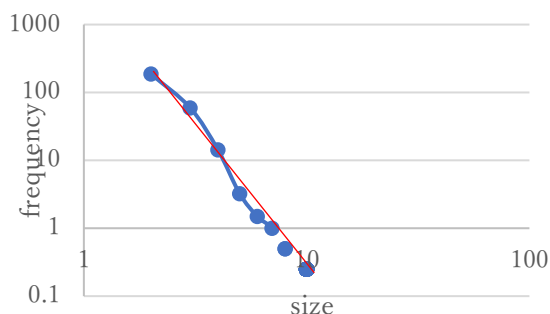


図 12 進化プロセスに従い自己組織化した区画(50×50)

## 6. 評価

本研究で提案したモデルから得られた結果の区画を実際の地図上の区画と比較し評価する。本研究では2つの時代(現代・江戸)の東京駅付近の地図を評価対象とした。評価対象として選んだ地図は図 13, 図 14 である。東京駅付近の地図を現代だけでなく、江戸時代のものも用いる理由はひとつの予測によるものである。それは本研究で提案したモデルがとても単純である為、江戸時代の区画より複雑な要因により形成された現代の区画と似たような特性が出にくいのではという予測である。現代では、単純に一つの区画に関わる人の数も多いし、お金の取引も複雑になっている。つまり、時代による区画の特性の差が存在するのかという点でも評価を試みた。



図 13 東京付近地図(江戸時代)



図 14 東京付近地図(現代)

江戸時代の東京駅付近の地図(図 13)の区画のサイズに着目し得られた結果は図 15, 図 16 である。

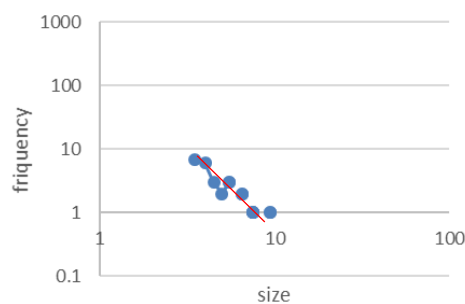


図 15 江戸時代の地図(左)

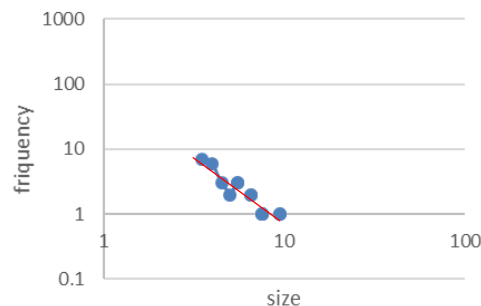


図 16 江戸時代の地図(右)

現代の東京駅付近の地図(図 14)の区画のサイズに着目し得られた結果は図 17 である。

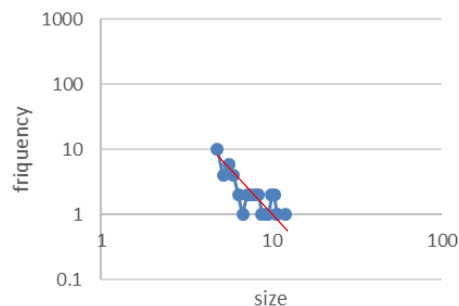


図 17 現代の地図

実際の地図から得られた結果(図 15,図 16,図 17)と本研究で提案したモデルによって得られた結果(図9,図10,図11, 図 12)それぞれのグラフの近似直線の傾きを下の表 1,表 2 のまとめた。

表 1 区画形成モデル

区画	傾き
10×10	-1.92
20×20	-2.02
30×30	-2.11
50×50	-2.28

表 2 実際の地図上の区画

地図	傾き
江戸(左)	-2.01
江戸(右)	-1.90
現代	-2.03

表 1・表 2 から、提案したモデルの特性と実際の地図上の区画の特性に大きな差は見られないことがわかる。また、同じ場所で違う時代の特性の差は見られなかった。

**謝辞:** 本研究を進めるにあたって、指導教員の塩谷勇教授や同学科の教授の方には多大な助言を受け賜りました。深く感謝を申し上げます。また、塩谷研究室の皆さんに大変お世話になり、感謝を致します。

#### 参考文献

- 1) 鈴木崇弘、塩谷勇、境界形成モデル、電子情報通信学会、2018年ソサイエティ大会、金沢大学、N-2-8, 9月11, 2018.
- 2) Yukitaka Kobayashi, Takahiro Suzuki, Mitsuru Usui and Isamu Shioya, Comparison of Power Law of Street Sections/Blocks in Towns, International Journal of Digital Information and Wireless Communications, 9, 1, 50-60, 2019.
- 3) Yukitaka Kobayashi, Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, On Town Border Evolution Model of Residential Blocks, The 8th International Conference on Intelligent Computing and Applications, Melbourne, 2019.
- 4) Yukitaka Kobayashi, Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, A Life Model of Residential Sections/Blocks in Towns, Proceedings of The Fourth International Conference on Electronics and Software Science (ICESS2018), Takamatsu, Japan, 144-152, Nov. 5th-7th, 2018.

- 5) 鈴木崇弘、塩谷勇、街路形成モデルの2つのアプローチ, IEICE, ISS-P-058, student-poster, 2018.

- 6) Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, A General Pattern of Town Streets on Map Spaces, Journal of Advances in Information Technology, 9, 1, 10-14, 2018.

- 7) Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, A General Pattern of Town Streets on Map Spaces, ICICA, Sydney, 2018.

- 8) Tomoya Yamamoto, Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, Fluctuation Effects in Fast Traffic Flow, International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC), 7(3), 173-177, 2017.

- 9) Yuta Tsuruoka, Takahiro Suzuki, Marin Numazaki, Shihoko Tanabe and Isamu Shioya, Accelerated Moving Multi-Agent Behavior on Two Configurations, ICES, 126-131, 2017.

- 10) Tomoya Yamamoto, Takahiro Suzuki and Isamu Shioya, Six Kinds of Traffic Flow in Future Cities, ICES, 1-6, 2017.

- 11) 田邊詩保子, 沼崎まりん, 鈴木崇弘, 塩谷勇, いくつかの形状の確率的移動マルチエージェントの加速度的な安定について (Accelerated Behavior of Stochastic Multi-Agents on Some Configurations), ISS 学生ポスター, ISS-P-144, student-poster, 2017.

- 12) 鈴木崇弘, 田邊詩保子, 塩谷勇, 街路の形成モデル (On a Proposal of Town Street Model), ISS 学生ポスター, ISS-P-64, student-poster, 2017.

- 13) Takahiro Suzuki, Shihoko Tanabe, Isamu Shioya, Accelerated Traffic Model based on Psychological Effects, International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC), 7, 1, 26-34, 2017.

- 14) Thomas Schelling, Dynamic Models of Segregation, Journal of Mathematical Sociology, 1, 143-186, 1971.

- 15) 小林千峻:ストリートマップにおけるべき乗則の特性, 法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻博士前期課程論文, 2020