

# リアルスケール社会シミュレーションのための 仮想の個票への位置情報付加手法の精緻化

## Modified Projection of Synthesized Households on Buildings for Real-Scale Social Simulation

2187009



研究代表者 青山学院大学 理工学部 助教 原田 拓 弥  
(助成受領時：関西大学 総合情報学研究所 博士後期課程)  
共同研究者 関西大学 総合情報学部 教授 村田 忠彦

### [研究の目的]

国家的また国際的な災害対策や経済政策において、より精度が高く、きめの細かい対応が求められている。これらの分析と将来の可能性を可視化する社会シミュレーションへの関心が高まっている [1]。これまでの多くの社会シミュレーションではモデルを単純化せよという Keep It Simple, Stupid (以下、KISS 原理) [2] に基づいてモデル化されていた。しかし、KISS 原理に基づくモデルは抽象度が高すぎるため、現実社会の複雑な現象の詳細な分析は困難であると指摘されている [3]。そのため、可能な限り忠実に現実社会を模倣するモデルを用いた社会シミュレーションが期待されている。

このようなモデルを実現するエージェントの意思決定には様々な課題がある。その課題の1つがエージェントの属性の設定である。エージェントの属性の設定に政府や行政の実データを用いることができれば、現実社会と整合する設定が可能である。しかし、これらのデータは個人情報保護やプライバシーの観点から利活用が困難である。このような状況から、政府統計をはじめとする利用可能な情報から、仮想的な属性を持つ個人で構成される人工社会を合成し、その人工社会の中でどのような事象が発生するかを観察する社会シミュレーションが行われるようになってきている [4]。

人工社会を合成する研究や人工社会を用いたシミュレーションは世界中でされているが、合成された人工社会データの公開はアメリカ合衆国やイギリスなどごくわずかである。また、人工社会を合成するプログラムが公開されている場合もあるが、人工社会を合成する手法は対象とする地域において利活用可能な情報や特徴に基づいて手法が開発されており、他の地域への適用は留意が必要と指摘されている [5]。そのため、人工社会を用いた社会シミュレーションの実施には、人工社会の合成とシミュレーションモデルの構築が必要であり、新規参入の大きな障壁となっている。

本課題では、日本の人工社会データ (以下、合成データ) を合成するために、合成された市区町村単位の世帯構成データ [6] を地図上の建築物へ割り当てる手法の精緻化に取り組む。従来手法 [7] では、市区町村単位の世帯構成データを町丁・大字ごとの統計表に整合するように割り当てた後に、町丁・大字 (以下、町丁目) ごとの建築物へ一様に割り当てている。そのため、一軒家と共同住宅が混在する町丁目では、一軒家に 10 世帯以上割り当てることがあった。本課題では、このような割り当てを避ける手法を開発する。また、合成データを他の研究者へ提供するために、第三者提供可能な情報のみを用いる。

## [研究の内容, 成果]

## 1. 世帯構成データの合成 [6]

世帯構成データの合成手法 [6] では, 統計情報を基に作成した世帯構成データを, 複数の統計表に適合させる手法である。文献 [6] では, 個人の年齢や親子の年齢差の統計情報に対する, コンピュータ上で合成した世帯構成データから作成した人工統計表と実統計表との差 (以下, 誤差) を計算し, 探索手法の1つである Simulated Annealing 法 (以下, SA 法) を用いて誤差を最小化している。

## 2. 世帯構成データの地図への割り当て [7]

世帯構成データを地図へ割り当てる手法は, 以下の手続きにより構成されている。

- 1) 町丁目別, 家族類型別, 世帯人員別世帯数の統計表の推計する。
- 2) SA 法を用いて世帯構成データの各世帯を町丁目へ割り当てる。
- 3) 町丁目ごとに各世帯を建築物へ割り当てる。

従来手法 [7] では, 建築物データとして国土地理院が提供している基盤地図情報を用いている。基盤地図情報は地理情報を効率的に活用するために整備された電子地図であり, 道路や建築物, 河川などのデータが日本全国すべての地域を対象に整備されている。本課題も建築物データとして基盤地図情報を用いる。

世帯構成データの各世帯を町丁目へ割り当てる際には, 次式を用いて, 国勢調査 小地域集計の町丁目別, 男女別, 人口分布に整合するように SA 法を用いて最適化している。

$$\min. f(A) = \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^{G_s} \sum_{p=1}^P |v_{sj}^p(A) - R(r_{sj}^p \times m_s^p(A))| \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{k=1}^{P_i} H_{pik}(A) = B_k, i=1, \dots, I \quad (2)$$

ここで,  $A$  は世帯構成データ,  $S$  は統計表の数,  $G_s$  は統計表  $s$  の項目数,  $P$  は町丁目の数,  $v_{sj}^p(A)$  は町丁目  $p$  を対象に合成データ  $A$  から

統計表  $s$  と同様の形式で作成する人工の統計表の項目  $j$  の値,  $r_{sj}^p$  は実統計表  $s$  の項目  $j$  の値,  $m_s^p(A)$  は  $r_{sj}^p$  の補正值, 関数  $R$  は四捨五入する関数である。また,  $I$  は制約条件の数,  $P_i$  は  $i$  番目の制約条件  $p_i$  の数,  $H_{pik}(A)$  は合成データ  $A$  の特徴  $k$  に関する  $p_i$  番目の値,  $B_k$  は特徴  $k$  に関する統計量を表している。

## 3. 提案手法

提案手法では以下の手続きにより世帯構成データを地図上へ配置する。なお, 手順1と2は従来手法 [7] と同様である。

- 1) 町丁目別, 家族類型別, 世帯人員別世帯数の統計表を推計する。
- 2) SA 法を用いて世帯構成データの各世帯を町丁目へ割り当てる。
- 3) SA 法を用いて世帯構成データの各世帯を基本単位区へ割り当てる。
- 4) 基本単位区ごとに各世帯を建築物へ割り当てる。

基本単位区とは, 国勢調査における最小の地域単位であり, 道路や河川などで区分けされたおおむね街区単位である。

## 3.1 基本単位区への割り当て

町丁目別の統計表である国勢調査 小地域集計では, 世帯を一般世帯と施設などの世帯に分けて記載されている。しかし, 基本単位区ごとの世帯数の男女別の人口が記載された基本単位区集計では, 全世帯が合わせて記載されている。施設などの世帯は建物や棟を世帯の単位とするため, 100人以上居住する世帯が存在する。世帯構成データ [6] は居住人数が16人以下の一般世帯のみを対象としている。そのため, 本課題では, 基本単位区集計から施設などの世帯と予想される世帯を取り除く調整をした。

調整後の基本単位区集計を用いて, 次の手順により町丁目を割り当てた世帯構成データを基本単位区へ割り当てる。

- 1) 基本単位区別の世帯数を用いて, 町丁目  $p$  に居住する世帯を町丁目  $p$  に含まれる基本

- 単位区へランダムに割り当てる。
- 2) 町丁目  $p$  内の異なる基本単位区に居住する2つの世帯をランダムに選択し入れ替える。
  - 3) 目的関数  $f(A)$  を更新し、メトロポリス法により解を遷移判定する。
  - 4) 既定の探索回数未満の場合、2) に戻る。
  - 5) 最適化対象の町丁目  $p$  を更新し1) に戻る。

### 3.2 建築物への割り当て

基本単位区別に世帯構成データを建築物へ割り当てるためには基本単位区へ割り当てられた建築物データが必要となる。しかし、基盤地図情報の建築物データは緯度経度情報のみ記載されており、町丁目や基本単位区情報は保持されていない。また、町丁目の境界データは公開されているものの、基本単位区の境界データは電子データとして公開されていない。基本単位区境界に関する情報は境界の重心点のみ公開されている。そのため、本課題では、基盤地図情報の道路線データを用いて街区境界（街区ポリゴン）を作成し、基本単位区の重心点を用いて街区ポリゴンを基本単位区へ割り当て基本単位区ポリゴンを作成し、建築物データへ基本単位区を割り当てた。

本課題では、以下の手順により基本単位区ポリゴンを推計した。

- 1) 道路線データから街区ポリゴンを抽出する。
- 2) 町丁目の境界線が抽出した街区ポリゴンを分断する場合、抽出した街区ポリゴンを分割する。
- 3) 以下の手順により街区ポリゴンへ基本単位区を割り当て、基本単位区ポリゴンを作成する。
  - (ア) 基本単位区の重心点が街区ポリゴンの内側にある場合、その街区へ基本単位区を割り当てる。
  - (イ) 街区ポリゴンと基本単位区の重心点が12.5 m 以下の場合、最も近い街区ポリゴンへ基本単位区を割り当てる。
  - (ウ) 町丁目  $p$  内に基本単位区を割り当て

ていない街区ポリゴンが存在する場合、町丁目  $p$  内の最も近い街区ポリゴンと結合する。

- (エ) 基本単位区を割り当てていない街区ポリゴンを最も近い街区ポリゴンと結合する。

世帯構成データを地図上へ割り当てる際には、上記の手順により作成した基本単位区別の建築物データを用いて、基本単位区ごとに建築物へ一様に割り当てた。

## 4. 実験結果

本課題では平成27年度の大阪府高槻市を対象とし、10試行取り組む。高槻市における本課題の対象世帯は145,125世帯、その人口は330,437人である。世帯構成データの合成では、探索回数1人あたり100,000回と設定し合成した。高槻市の世帯構成データを合成した際の統計表との誤差は10試行とも0であった。

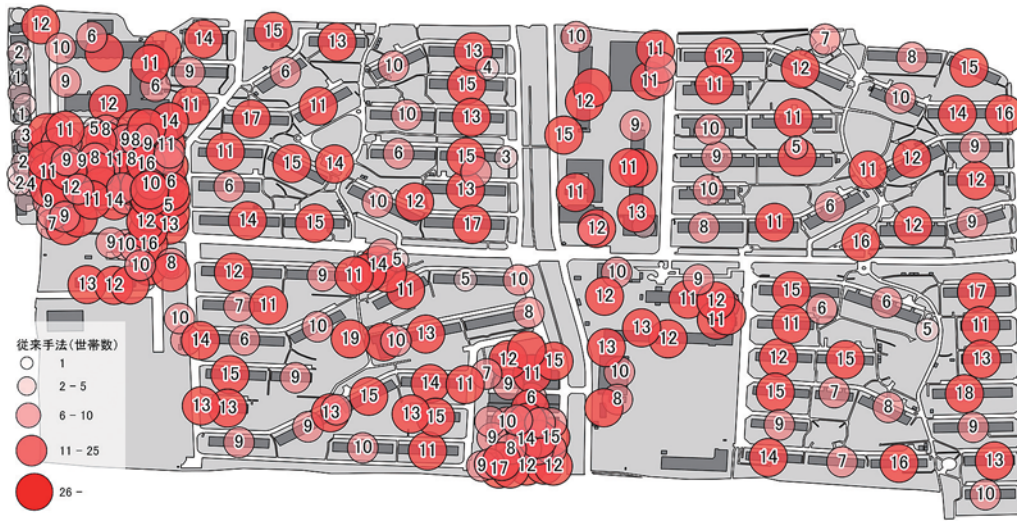
世帯構成データを町丁目と基本単位区へ割り当てた10試行の結果を表1に示す。探索回数は1世帯あたり1,000回と設定した。なお、高槻市の町丁目数は382、基本単位区数は8,074である。

世帯構成データの各世帯を地図上へ割り当てた結果を図1に示す。一軒家からなる街区（図1西部）を比較すると、従来手法は建築物あたり約10世帯割り当てているのに対して、提案手法は3世帯程度の割り当てとなっている。また、共同住宅からなる街区（図1中央部から東部）では、従来手法は10世帯前後の割り当てに対して、提案手法では最大で約50世帯割り当てている。加えて、提案手法は人が居住していない街区（図1南部）への世帯の割り当てを避けることができている。

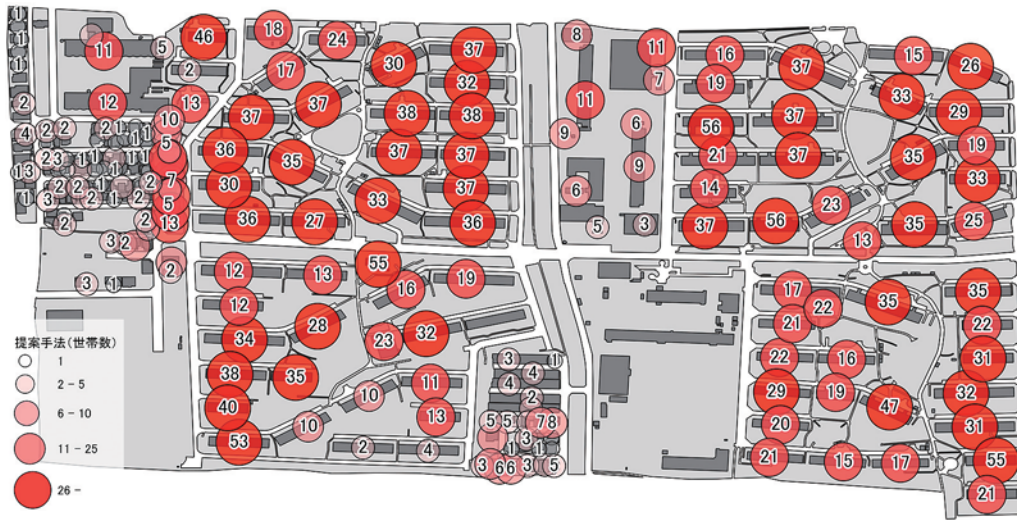
表1 町丁目・基本単位区への割り当て結果

	誤差	偏差	時間 (s)
町丁目	1,628.0	41.2	470.7
基本単位区	1,234.0	57.1	250.0





(a) 従来手法



(b) 提案手法

この地図は国土地理院の基盤地図情報を使用した。

図1 建築物への割り当て結果 (図中の円内の数字は割り当てた世帯数である)

[今後の研究の方向, 課題]

本課題では、世帯構成データの各世帯へ居住する基本単位区属性を割り当てることで、合成データへ建築物を割り当てる手法の精緻化に取り組んだ。しかし、推計した基本単位区境界と合成データの精度の検証ができていない。今後、精度の検証を実施し、より現実と整合するために手法の改良に取り組む。

[参考文献]

[1] J.M. Epstein, R.L. Axtell: *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up*, MIT Press, 1996  
 [2] R. Axelrod: *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press, 1997  
 [3] 寺野隆雄: エージェントベースモデリング: KISS 原理を超えて, 人工知能学会誌, Vol. 18, No. 6, pp. 710-715, 2003  
 [4] 市川 学: 医療分野におけるリスクマネジメント 地理情報分析と社会シミュレーション技術を用いた検討, 計測と制御, Vol. 57, No. 6, pp. 407-412, 2018  
 [5] F. Gargiulo, S. Ternes, S. Huet, G. Deffuant: An

- Iterative Approach for Generating Statistically Realistic Populations of Households, *PLOS ONE*, Vol. 5, No. 1, pp. 266-279, 2010
- [6] T. Murata, T. Harada, D. Masui: Comparing Transition Procedures in Modified Simulated-Annealing-Based Synthetic Reconstruction Method Without Samples, *SICE JCMSI*, Vol. 10, Issue 6, pp. 513-519, 2017
- [7] T. Harada, T. Murata: Projecting Household of Synthetic Population on Buildings using Fundamental Geospatial Data, *SICE JCMSI*, Vol. 10, Issue 6, pp. 505-512, 2017
- [成果の発表、論文等]
- [A] 原田拓弥, 村田忠彦: 基本単位区集計を考慮した位置情報属性追加手法の検討, 計測自動制御学会第17回社会システム部会研究会, pp.8-9, 2018
- [B] 原田拓弥, 村田忠彦: 基本単位区集計を用いた位置情報属性追加手法の精緻化, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2018, 6 pages, 2018