

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23229

研究課題名（和文）全国規模エージェントシミュレーションの為に街区毎の特徴を保持する個人属性の合成

研究課題名（英文）Synthesized individual attributes considering city blocks for real-scale agent-simulation

研究代表者

原田 拓弥（HARADA, Takuya）

青山学院大学・理工学部・助教

研究者番号：70847201

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、町丁目より細かい粒度で、住所の番地に該当する街区の特徴を反映した人工社会を合成する。そのために、街区レベルの統計表と整合する日本全国の個人属性の合成と、合成した世帯を街区内の建築物へ割り当てた。実験結果から、主に一軒家の分類である低層住宅は95.2%、主にマンションの分類である中高層住宅は72.9%の精度で用途を推定できた。また、京都府京都市伏見区を対象に従来手法と提案手法を比較したところ5%精度向上した個人属性の作成に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題により生成された個人属性データベースは他の研究者への提供を予定している。個人属性データの提供により、他の研究者が感染症や経済政策など、様々な社会問題をシミュレーションする際に、シミュレーション内に生成する個々人の属性の設定に時間をかける必要がなく、シミュレーション設計や分析サイクルを早めることができる。これにより、急を要する社会問題への対策を迅速に分析することができる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we synthesize an artificial society that considers city blocks. For this purpose, we synthesized individual attributes across Japan consistent with the city block-level statistics.

We also assigned the synthesized households to buildings within the city block. The experimental results show that we could estimate the use of houses and apartment buildings with 95.2% and 72.9% accuracy, respectively. In addition, a comparison of the proposed method and the conventional method for Fushimi Ward, Kyoto City, Kyoto Prefecture showed that the proposed method succeeded in creating personal attributes with 5% improved accuracy.

研究分野：社会システム

キーワード：合成人口 リアルスケール社会シミュレーション データベース 深層学習 離散最適化

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、年齢・性別・居住地・所得属性などをもつ人工的な個人からなる、日本全国1億人規模の人工社会を合成し、他の研究者へ提供している。人工社会の合成では、複数の統計表から得られるマクロな情報からマイクロなエージェントの属性を推定している。しかしながら、居住地属性の合成では、町丁目レベルの統計表までしか考慮されていない。そのため、一軒家と思われる建築物に10世帯以上居住する人工社会が合成されている。

本研究課題では、町丁目より細かい粒度で、住所の番地に該当する街区の特徴を反映した人工社会を合成する。そのために、街区レベルの統計表と整合する日本全国の人工社会の合成と、街区の境界を推定し、合成した世帯を街区内の建築物へ割り当てる。

本研究成果を他の研究者へ提供することで、他の研究者に負担をかけることなく、地理的要素を含むシミュレーションを従来手法より高い精度で実施できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、町丁目より細かい粒度で、道路や鉄道、河川などで囲まれた街区の特徴を考慮した人工社会を合成し、他の研究者へ提供することである。本研究により、山岳部など町丁目の領域が広大な地域や一軒家と共同住宅が混在する地域においても従来手法より現実社会の特徴を反映した人工社会を合成できる。そのため、エージェントの自宅からある場所までの距離や経路などの地理的要素が含まれるシミュレーションを精緻に実施できる。

本研究の学術的独自性と創造性は、日本における人工社会を唯一他の研究者へ提供している点である。人工社会の提供により、他の研究者がエージェントの属性の設定に時間をかける必要がなく、シミュレーションに取り組む研究者の負担を軽減できていると考える。申請者が提供する人工個票を用いた研究が実施され始めており、本研究成果を提供することにより、人工社会を差し替えるだけで、シミュレーションの精度を高めることができる。

3. 研究の方法

本研究では、町丁・大字より細かい粒度で、住所の番地に該当する街区の特徴を反映した人工社会を合成する。そのために、(1)街区レベルの統計表と整合する日本全国の人工社会の合成と、(2)街区の境界を推定し、(3)合成した世帯を街区内の建築物へ割り当てる。

人工社会の合成では、複数の統計表から得られるマクロな情報からマイクロなエージェントの属性を推定している。しかしながら、これまでの手法における居住地属性の合成では、町丁・大字レベルの統計表までしか考慮されていない。したがって、共同住宅と一軒家が混在する町丁・大字においては一軒家と思われる建築物に10世帯以上居住する人工社会が合成されていた。

令和元年度は(1)街区レベルの統計表と整合する日本全国の人工社会の合成に取り組んだ。そのために、探索手法の1つである **Simulated Annealing** 法を用いて、国勢調査 小地域集計に掲載されている基本単位区別の世帯数や男女別や町丁・大字別の人口分布などの統計表と人工社会から上述の統計表と同様の人工統計表を作成し、実統計表と人工統計表の統計量の差を最小化する手法を開発した。具体的には、まず、基本単位区別の世帯数の統計表を用いて、市区町村単位で合成された世帯へ所属する初期の基本単位区を設定する。次に、2世帯をランダムに選択し、所属する基本単位区を入れ替えることで、統計表と整合する人工社会を合成した。開発した手法を用いて、大阪府高槻市を対象とし、パラメータの調整を行なった。パラメータの調整後、日本全国1741市区町村において開発した手法を用いた合成を実施した。

令和2年度は(2)街区の境界を推定に取り組んだ。そのために、国土交通省 国土地理院が提供する基盤地図情報の道路淵データなどを用いて、道路で囲まれた街区の境界ポリゴンを推定した。推定した街区の境界ポリゴンと総務省統計局で閲覧した基本単位区地図を比較したところ、複数の街区を結合し、1つの境界が構成される場合や1つの街区の中に複数の基本単位区境界が含まれる場合が存在した。

令和3年度は(3)合成した世帯を街区内の建築物へ割り当てに取り組んだ。国土地理院が提供する基盤地図情報には日本全国の建築物のデータが公開されている。しかし、その用途情報は含まれていない。そのために、深層学習を用いて、航空写真から建築物の用途を推定し、推定した用途を考慮し、合成した世帯を建築物への割り当てを試みた。具体的には、まず、深層学習のうち、画像の各ピクセルをクラスへ分類する **Semantic Segmentation** を実現するモデルの1つである **U-Net** を用いて、図1左の航空写真を図1右の土地利用を表す画像への変換方法を学習した(図2)。ここでは、建築物の用途の推定を目的にしているのに対して、**U-Net** の出力は画像と同サイズの確率値である。すなわち、航空写真の1ピクセル毎に、どのクラスと推定したかの確率値が出力される。



図 1：航空写真（左）とその土地利用図（右）

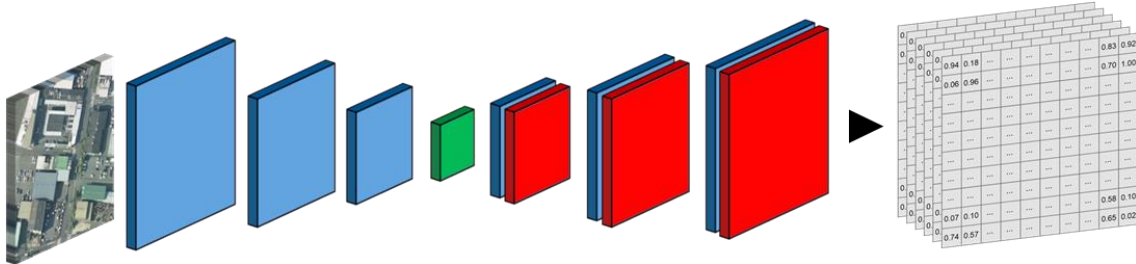


図 2：U-Net を用いた土地利用クラスへの変換

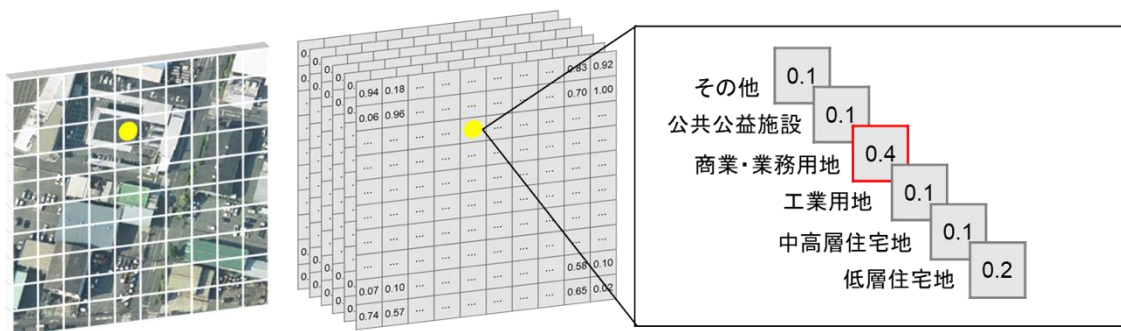


図 3：U-Net 出力を用いた建物の重心による用途の推定方法

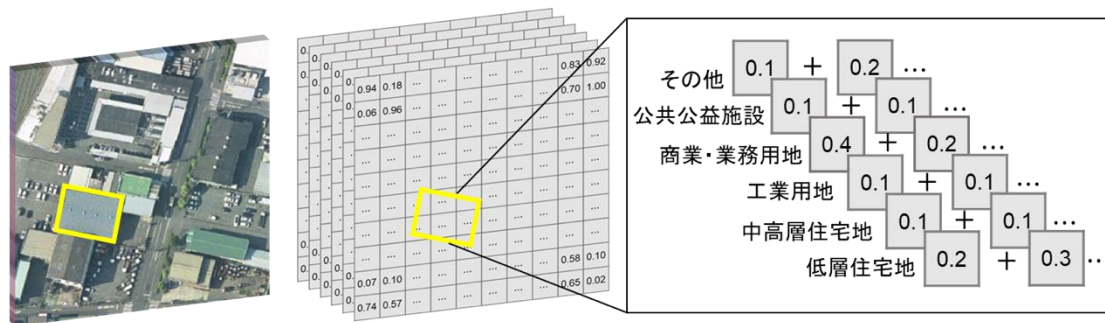


図 4：U-Net 出力を用いた建物ポリゴンによる用途の推定方法

この確率値を用いて、航空写真に写る各建物の用途を推定する。具体的には、出力された確率値と建物の緯度経度情報を用いて、建物ごとにどの用途か判定した。判定方法として、建物の重心座標を用いる方法と、建物ポリゴンを用いる方法の2種類を試した。建物の重心座標を用いる方法では、建物ポリゴンの重心点を算術平均により算出し、重心と対応するU-Netの出力を取り出し、最も値が大きいクラスを建物の用途とする。一方で、建物ポリゴンを用いる方法では、建物のポリゴンに含まれる頂点座標を用いて、U-Netの出力のうち、ポリゴンデータに含まれる確率値をすべて取り出す。その後、クラス毎に取り出した確率値を合計し、その値が最も大きいラベルを用途とした。

建物の用途の推定後、推定した用途に基づき、合成人口へ居住する建物を割り当てる。基本的には、主に一軒家の用途である低層住宅と判別される建物には1世帯、主にマンションの用途である中高層住宅と判別される建物には複数世帯を割り当てる。地域によっては、中高層住宅が無く、合成人口の世帯数よりも低層住宅が少ない場合がある。その場合は、低層住宅に複数世帯を

表 1：建物用途の正解率

データ	正解率
訓練（首都圏+中部圏）	0.845
テスト（近畿圏）	0.829

表 2：訓練データの混同行列

実際	予測					
	低層住宅	中高層住宅	工業用地	商業・業務地	公共公益施設	その他
低層住宅	0.948	0.005	0.003	0.016	0.001	0.027
中高層住宅	0.122	0.742	0.005	0.088	0.019	0.023
工業用地	0.287	0.007	0.520	0.112	0.019	0.054
商業・業務 用地	0.462	0.016	0.080	0.380	0.016	0.045
公共公益施 設	0.169	0.027	0.037	0.109	0.597	0.062
その他	0.154	0.005	0.009	0.017	0.006	0.809

表 3：テストデータの混同行列

実際	予測					
	低層住宅	中高層住宅	工業用地	商業・業務地	公共公益施設	その他
低層住宅	0.952	0.005	0.004	0.023	0.002	0.014
中高層住宅	0.113	0.729	0.006	0.117	0.020	0.015
工業用地	0.181	0.010	0.586	0.169	0.019	0.035
商業・業務 用地	0.373	0.024	0.070	0.485	0.018	0.031
公共公益施 設	0.133	0.042	0.028	0.131	0.620	0.046
その他	0.281	0.010	0.014	0.039	0.016	0.640

表 4：最寄り駅までの距離統計との絶対誤差

最寄り駅までの距離	従来手法	提案手法	宅地利利用動向調査
200m 未満	0.019	0.018	0.015
200m 以上 500m 未満	0.055	0.055	0.060
500m 以上 1000m 未満	0.084	0.077	0.080
1000m 以上	0.010	0.004	0.004
合計	0.168	0.154	0.159

割り当てる。

4. 研究成果

本研究では、航空写真として電子国土基本図と建物の用途として宅地利利用動向調査を用いた。宅地利利用動向調査は首都圏、中部圏、近畿圏のみ調査されている。そこで、航空写真から建物用途を推定する際には、首都圏と中部圏を学習に使用し、近畿圏を使用して評価を行った。建物単位での正解率を表 1 に、その際の混同行列を表 2 と表 3 に示す。表 3 から主に一軒家の分類である低層住宅は 95.2%、主にマンションの分類である中高層住宅は 72.9%の精度で用途を推定できている。

この用途に基づき、建物へ世帯を割り当てたデータと従来手法の精度を比較するため、京都府京都市伏見区を対象に住宅土地統計の最寄り駅までの距離別世帯数の統計表と比較した結果を表 4 に示す。表 4 から、従来手法より 5%精度向上した合成人口データの作成に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 原田拓弥	4. 巻 30
2. 論文標題 リアルスケール社会シミュレーションのための個人属性の合成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 経営システム誌	6. 最初と最後の頁 68-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 原田拓弥, 村田忠彦	4. 巻 58
2. 論文標題 市区町村の統計表を考慮した都道府県単位の個票データの合成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 原田拓弥, 村田忠彦, 高橋真吾	4. 巻 58
2. 論文標題 仮想都市の統計情報による合成人口データの評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 江尻雄一, 中村理沙子, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 社会シミュレーションによるAED使用率向上のための施策の有効性の検討
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第23回社会システム部会研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福嶋竜希, 山崎幹矢, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 現実に即した社会シミュレーションの実現ーPix2Pix を用いた建物の用途の判別を通じて
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第23回社会システム部会研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江尻雄一, 中村理沙子, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 住宅内におけるAED利活用向上のためのシミュレーション分析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田拓弥
2. 発表標題 確率的手法による合成人口への属性付与ソフトウェアの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 江尻雄一, 原田拓弥, 大内紀知, 村田忠彦, 佐々木美絵
2. 発表標題 住宅内心停止へのAED利活用促進に向けた社会シミュレーション分析 相模原市を対象として
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第24回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋竜希, 山崎幹矢, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 Pix2Pixを用いた建物の用途判別における土地利用ラベルの簡素化 - 合成人口の改良に向けて
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第24回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田拓弥, 村田忠彦
2. 発表標題 国勢調査結果を用いた全ての一般世帯と施設などの世帯を含む全世界の合成
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第24回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋竜希, 山崎幹矢, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 pix2pixを用いた建造物の用途判別精度向上のための複数点による判定
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第24回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村田忠彦, 原田拓弥
2. 発表標題 日本の全人口合成データ配布システム
3. 学会等名 第35回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口菜, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 現実に近い社会シミュレーション実施のためのpix2pixを用いた建造物の用途の判別
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田拓弥, 村田忠彦
2. 発表標題 出生コーホートによる出生数を考慮した人口個票の合成
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田口菜, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 現実に近い社会シミュレーション実施のための pix2pixを用いた建造物の用途の判別
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第22回社会システム部会研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田拓弥, 高橋真吾, 村田忠彦
2. 発表標題 仮想都市の統計情報を用いて合成した合成人口の評価
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第22回社会システム部会研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村田忠彦, 原田拓弥
2. 発表標題 エージェントベースリアルスケール社会シミュレーションのための模擬個票に基づく人口データの合成
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田拓弥, 伊藤崇
2. 発表標題 コロナ共存社会模索のための実規模シリアスゲームの検討
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江尻雄一, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 合成人口とAEDオープンデータを活用した相模原市のAEDカバー率の分析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第26回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福嶋竜希, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 合成人口の精緻化に向けたU-Netを用いた建物用途推定
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第26回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木祐哉, 江尻雄一, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 全国規模AED設置状況の分析に向けたオープンデータの公開状況の調査
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第26回社会システム部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江尻雄一, 原田拓弥, 大内紀知
2. 発表標題 AED使用率向上のための社会シミュレーション分析による直線距離と道路距離の比較
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第27回社会システム部会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八木祐哉, 江尻雄一, 原田拓弥, 大内紀知, 村田忠彦, 佐々木美絵
2. 発表標題 日本全国の市区町村を対象としたAED設置情報の公開状況に関する分析
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 第27回社会システム部会研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------