

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26380277

研究課題名(和文) 社会シミュレーションのための統計データからのエージェント生成に関する研究

研究課題名(英文) Study on Synthesizing Agents' Attributes from Statistics for Social Simulations

研究代表者

村田 忠彦 (Murata, Tadahiko)

関西大学・総合情報学部・教授

研究者番号：30296082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は、社会を構成する市民を仮想空間内に合成し、社会シミュレーションを実施するためのプラットフォームを構築することである。個々の市民の属性を自治体から取得することができれば、実データを用いた社会シミュレーションを実施することが可能となるが、個人情報保護の観点から、自由にそのような属性データを引き出すことは難しい。そこで、本研究では、政府がe-Statなどで公表している統計データを用いて、社会シミュレーションのための市民属性の推定法を提案した。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we propose a platform for real-scale agent-based social simulations by synthesizing attributes of each citizens in a virtual space. If it is easy to utilize citizens' attributes kept in local governments, it is also easy to develop such a platform for social simulations. However, the utilization of citizens' attributes is not easy to keep their privacy. Therefore we proposed a method to synthesize citizens' attributes using statistics that are released by governments.

研究分野：社会シミュレーション

キーワード：社会シミュレーション 市民属性合成手法 統計 シミュレーテッドアニーリング 並列計算

1. 研究開始当初の背景

本研究課題の目的は、社会を構成する市民を仮想空間内に合成し、社会シミュレーションを実施するためのプラットフォームを構築することである。研究開始当初には、500世帯から1000世帯程度の世帯数で、日本の全人口の統計データと同じ特徴をもつ世帯の合成に取り組んでいた。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、合成する世帯数を実統計レベルにするとともに、並列計算機を用いて合成の高速化に取り組むことである。

3. 研究の方法

まず、同じ統計的性質をもつ集団の構築法として、SA法と進化計算手法を用いた手法の改善に取り組み、実統計データとの不一致度を最小化し、計算時間の短縮に取り組む。具体的には図1のような9種類の世帯の合成を行う。

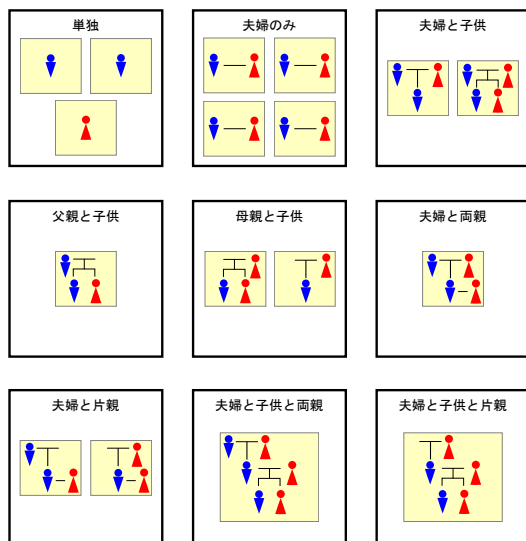


図1：合成対象の9種類の世帯

本研究課題で提案する手法では、生成する人口の統計と実統計との不一致度を最小化することを目的とするが、従来手法では、世帯を構成する構成員の年齢を変更することにより最小化が行われていた。そこで、不一致度の原因となっている統計の項目に着目した。具体的には、実統計の項目に対して増加していることによる不一致度と、減少していることによる不一致度を入れ替えることにより、不一致度の減少を試みた。この際、ある一つの統計に関しては不一致度の減少を行うことができるが、他の統計に関しても不一致度が高まらないように考慮する必要がある。本研究では、男女の年齢分布の不一致度のみに着目し、不一致度の減少を試み、他の統計に対する影響を考慮した。

次に、実人口と同じ規模の市民の属性の合成に取り組み、35万世帯、100万人規模の山形県の市民属性の合成を行った。実スケ

ールの市民の属性を生成するため、初期解生成手法と、遷移解生成手法を提案し、より精緻な生成を行うために9つの統計データから21統計に増やして、市民属性の生成を行った。

合成する人口の規模が大規模化することにより、合成にかかる時間が増加するため、並列計算機を用いた手法の開発に取り組み、計算時間の短縮を試みた。並列計算を用いた人口の合成では、各ノードに小規模の人口の合成が行われるが、その際、統計データをどのように分割するかが課題となる。本研究では、単純に分割する方法と、調整して分割する方法の2つを提案し、調整手法が優れていることを示す。

4. 研究成果

まず、本研究で取り組んだ不一致度の低減手法を用いることにより、従来手法と比較して、有意差5%で、不一致度の平均値を小さくすることに成功した。これにより、不一致度の原因となる統計データに着目し、その不一致度を直接的に低減することにより、全体の不一致度を低減することにつながる事が判明した。

次に、大規模な人口の合成を行うための提案手法により、従来手法と比較して、90%以上の不一致度の低減を行うことに成功した。これは、従来手法が、実スケールではなく、少数の世帯数を対象にして、比率を用いて手法の開発が進められていたため、初期解の生成時点で大きな誤差が含められていたことが原因であった。今回、属性の合成対象を実人口と同じにするために、計算機のメモリを効率的に利用する方法を考案し、実際の統計のデータを比率に変更することなく、実データのまま、属性の合成に用いることにより、大幅な不一致度の低減を実現することに成功した。

大規模な人口合成にかかる計算時間を短縮するための並列計算機の利用において、並列度を高めるほど、実統計データとの不一致度が大きくなってしまったため、並列化の方法の改良に取り組み、調整分割手法を提案した。その結果、並列度が高いほど、不一致度が大きくなる傾向は残るものの、単純な並列化に比べて、8分割では約5%、64分割では約15%、512分割では約40%、不一致度を低減することに成功した。

表1と表2に、それぞれの不一致度と計算時間を示す。表1から分割なしと比較して、分割することにより不一致度が高まることわかる。ただし、単純分割と比較して、提案した調整分割により、分割数が増えるほど、不一致度が大きく低減することがわかる。一方、表2から並列計算機を用いることにより、6倍から8倍の高速化が実現できていることがわかる。本研究では、6コア8スレッドの環境で並列化を行ったため、約8倍が上限となるが、並列計算機の性能を活かしながら、

不一致度の低減に取り組むことができた。分割数が多くなるほど、不一致度が大きくなるという本質的な問題が残っているため、継続して、不一致度の低減に取り組む必要がある。

表 1：512分割，64分割，8分割での不一致度

		単純分割	調整分割
512 分割	Av	78,144.3	49,254.6
	SD	352.97	591.0
64 分割	Av	19,812.0	16,876.5
	SD	491.6	594.3
8 分割	Av	8,908.2	8,472.7
	SD	567.43	494.9
分割 なし	Av	5,463.9	
	SD	845.8	

表 2：512分割，64分割，8分割の計算時間（秒）

		単純分割	調整分割
512 分割	Av	1,206.7	1,201.7
	SD	30.4	22.5
64 分割	Av	1,307.4	1,274.8
	SD	52.8	9.6
8 分割	Av	1,455.3	1,412.9
	SD	53.4	25.5
分割 なし	Av	9315.0	
	SD	106.9	

本研究課題の研究成果を、関係する学会に報告することにより、すでに特定自治体の人口の合成結果を活用したいという依頼をうけ、共同研究が開始されている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 13 件)

- 1) 柘井大貴, 村田忠彦, 統計データからの市民属性復元のための進化計算と SA による 2 段階最適化, システム制御情報学会論文誌, Vol. 30, No. 6, 2017. (採録決定) **査読有**
- 2) 杜逆索, 村田忠彦, 公的年金制度における 47 都道府県の所得代替率に関する考察, システム制御情報学会論文誌, Vol. 29, No. 9, pp. 422-431, 2016. **査読有**
- 3) Tadahiko Murata, Takuya Harada, Daiki Masui, Modified SA-based Household Reconstruction from Statistics for Agent-Based Social Simulations, Proc. of IEEE International Conference on System, Man & Cybernetics: SMC 2016 (Budapest, Hungary, Oct. 9-12, 2016), pp. 3600-3605, 2016. **査読有**
- 4) 原田拓弥, 村田忠彦, 柘井大貴, 並列計算を用いた SA 法による大規模世帯の復元, 計測自動制御学会第 10 回社会システム部会研究会資料 (石垣島, 3 月 16-18 日, 2016), pp. 49-54, 2016. **査読無**

- 5) 杜逆索, 村田忠彦, 公的年金制度における都道府県別の所得代替率と世帯タイプの関係に関する研究, 計測自動制御学会第 10 回社会システム部会研究会資料 (石垣島, 3 月 16-18 日, 2016), pp. 65-72, 2016. **査読無**
- 6) Daiki Masui, Tadahiko Murata, A two-fold simulated annealing to reconstruct household composition from statistics, Proc. of IEEE International Conference on System, Man & Cybernetics: SMC 2015 (Hong Kong, China, Oct. 9-12, 2015), pp. 1133-1138, 2015. **査読有**
- 7) Nisuo Du, Tadahiko Murata, Comparing income replacement rate by prefecture in Japanese pension system, Proc. of 11th Conference of the European social simulation association (Groningen, The Netherlands, Sep. 14-18, 2015), Paper ID: 113, 13 pages, 2015. **査読有**
- 8) Tadahiko Murata, Daiki Masui, Designing simulated annealing and evolutionary algorithms for estimating attributes of residents from statistics, Proc. of IEEE International Conference on Evolutionary Computation (Sendai, Japan, May 25-28, 2015), pp. 2476-2481, 2015. **査読有**
- 9) 杜逆索, 村田忠彦, 公的年金制度における都道府県別の所得代替率に関する研究, 計測自動制御学会第 8 回社会システム部会研究会資料 (宮古島, 3 月 13-15 日, 2015), pp. 163-166, 2015. **査読無**
- 10) 柘井大貴, 村田忠彦, エージェント属性復元における Simulated Annealing を用いた世帯構成の最適化, 計測自動制御学会第 8 回社会システム部会研究会資料 (宮古島, 3 月 13-15 日, 2015), pp. 167-172, 2015. **査読無**
- 11) 柘井大貴, 村田忠彦, 統計データを用いたエージェント属性生成における誤差最小化のための進化計算手法, 進化計算学会進化計算シンポジウム 2014 講演論文集 (広島, 12 月 20-21 日, 2014), 8 pages, 2014. **査読無**
- 12) Tadahiko Murata, Daiki Masui, Estimating agents' attributes using simulated annealing from statistics to realize social awareness, Proc. of IEEE International Conference on System, Man & Cybernetics: SMC 2014 (San Diego, USA, Oct. 5-8, 2014), pp. 717-722, 2014. **査読有**
- 13) 柘井大貴, 村田忠彦, 統計データとの誤差最小化のための SA によるエージェント属性復元, 計測自動制御学会第 7 回社会システム部会研究会資料 (小樽, 9 月 8-9 日, 2014), pp. 47-52, 2014. (計測自動制御学会社会システム部会奨励賞受賞) **査読無** (賞考慮時に**査読有**)  
[学会発表] (計 15 件)

- 1) Tadahiko Murata, Real-Scale Social

- Simulation: Challenges and Perspectives, IEEE SMC Society Executive Committee Workshop (Kyushu University, Fukuoka, Japan, June 9, 2017). 招待講演
- 2) Nisuo Du, Tadahiko Murata, Nation Wide Pension Simulation by Household and Prefecture, Booth 3364: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 16 (Salt Lake City, USA, Nov. 14-17, 2016), 2016.
  - 3) Takuya Harada, Tadahiko Murata, Accelerating Reproducible Social Simulations by GPGPU, Booth 3364: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 16 (Salt Lake City, USA, Nov. 14-17, 2016), 2016.
  - 4) Daiki Masui, Tadahiko Murata, Households Generation for Agent-Based Social Simulations, Booth 3364: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 16 (Salt Lake City, USA, Nov. 14-17, 2016), 2016.
  - 5) Tadahiko Murata, Awareness Computing Using Large-Scale Social Simulation - Challenges and Perspectives -, ICMLC & ICWAPR 2016 (Maison Glad Jeju, Jeju Island, South Korea, July 12, 2016). 招待講演
  - 6) Du Nisuo, Tadahiko Murata, Income Replacement By Prefecture In Japanese Pension System, Booth 2439: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 15 (Austin, USA, Nov. 16-19, 2015), 2015.
  - 7) Takuya Harada, Tadahiko Murata, Reproducible Simulation Model Using CPU and GPU, Booth 2439: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 15 (Austin, USA, Nov. 16-19, 2015), 2015.
  - 8) Daiki Masui, Tadahiko Murata, Comparing Households in Artificial Population for Verifying Accuracy of Reconstruction Method, Booth 2439: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 15 (Austin, USA, Nov. 16-19, 2015), 2015.
  - 9) 村田忠彦, 大規模社会シミュレーションの課題と展望, 計測自動制御学会社会システム部会第10回研究会, 2016年3月17日 (大濱信泉記念館, 沖縄県). 招待講演
  - 10) 原田拓弥, 村田忠彦, 異種計算機環境における再現性のあるシミュレーションモデルの提案, 計測自動制御学会第9回社会システム部会研究会資料, 2015年8月27-28日, (富士通株式会社本店, 富士通研究所, 神奈川県). 2015.
  - 11) 栢井大貴, 村田忠彦, 統計データからの人口データ復元における世帯の比較手法の提案と復元精度の検証, 計測自動制御学会第9回社会システム部会研究会資料, 2015年8月27-28日, (富士通株式会社本店, 富士通研究所, 神奈川県). 2015.
  - 12) Tadahiko Murata, Yasuharu Ukai, Social Simulation Using/Creating Big Data, 2015 International Workshop on Complex Systems and Their Modeling, Control, Scheduling, and Security Management, Macau, China, October 13, 2015. 招待講演
  - 13) Du Nisuo, Tadahiko Murata, Income Replacement Ration and Marital Relationship in Pension System Using Agent Simulation, Booth 3939: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 14 (New Orleans, USA, Nov. 17-20, 2014), 2014.
  - 14) Takuya Harada, Tadahiko Murata, Speed Up Large-Scale and Multi-Trial Agent-Based Simulation Using GPGPU, Booth 3939: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 14 (New Orleans, USA, Nov. 17-20, 2014), 2014.
  - 15) Daiki Masui, Tadahiko Murata, Reconstruct of Agents' Attributes by Simulated Annealing for Minimizing Errors from Statistics, Booth 3939: IEEE/ACM International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis: SC 14 (New Orleans, USA, Nov. 17-20, 2014), 2014.
- [その他]  
ホームページ等  
<http://www.res.kutc.kansai-u.ac.jp/~murata/>
- ## 6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
村田 忠彦 (MURATA, Tadahiko)  
関西大学・総合情報学部・教授  
研究者番号: 30296082
  - (2) 研究分担者  
鵜飼 康東 (UKAI, Yasuharu)  
関西大学・ソシオネットワーク戦略研究機構・非常勤研究員  
研究者番号: 70098101