

就業形態を考慮した合成人口の労働者への所得の割当て

○杉浦翔 村田忠彦 原田拓弥 (関西大学)

Income Allocation to Workers in Synthetic Populations Considering Working Types

*Sho Sugiura, Tadahiko Murata and Takuya Harada (Kansai University)

概要— 本論文では、合成人口の構成員に所得を割り当てる手法を提案する。合成人口とは統計を基に家族構成とその構成員の属性を合成した個票データである。合成人口に所得を割り当てる手法として、杉浦らは先行研究で Simulated Annealing (SA) 法を用いて、就業状態別、産業分類別の所得を割り当てる手法を提案している。先行手法では、合成人口にこれらの属性を割り当てるため、国勢調査の3種類の統計を用いて労働者人口の調整処理を行ったうえで、実統計（賃金構造基本統計調査と毎月勤労統計調査）に近似した個票データを合成している。本論文では、先行研究の手法に対して就業形態、企業規模の属性を加えることで、先行手法の改善を図る。Simulated Annealing (SA) 法を用いて就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の属性を割り当て、各個票の性別・年齢・産業分類に応じて所得を割り当てる。提案手法の結果と実統計の平均所得とを比較したところ、先行研究よりも実統計の平均所得に近似した人口データを合成できた。

キーワード: 合成人口, Simulated Annealing, 賃金構造基本統計調査, 所得の割当て

1 はじめに

Microsimulation (MS) や Agent-based Simulation (ABS) といった社会シミュレーション技法を用いる研究者から、シミュレーションの対象となる個人の属性の合成手法が注目されている。都市や国、複数の国家の社会シミュレーションを行う際は、それらの集団に所属する個人の属性や、親族関係など個人間の関係性に関する情報が必要である。これらの情報を設定するため、政府が作成した統計に基づいて、個票データを合成する手法が研究されている。本論文では、個人の属性の1つである所得の属性を各個票に割り当てる手法を提案する。本論文の提案手法で合成した個票データを用いることで、地域差を考慮した個人・世帯単位の経済活動を含む社会シミュレーションへの応用が期待できる。

社会シミュレーションにおいて、政府が公開している統計に基づいて個人の属性を与え、それらの属性に基づいた意思決定や行動モデルを関連文献の成果をもとにして構築する試みが行われている^{1, 2, 3}。統計からの個票データの作成（以下、合成）は、合成する個票の数に比べて、利用可能な統計の数が圧倒的に少ないため、合成された個票データの人口構成が真の人口構成と同等であると主張することは難しい。このように、合成される人口が真の人口ではないことを踏まえて、個票データを合成する手法を Synthetic Reconstruction Method (SR 法, 合成的再構成法)、合成される複数の個票データを Synthetic Population (合成人口) と呼ぶ。

統計に基づく、個々の構成員の人口データの合成に関する研究の歴史は古く、Synthetic Reconstruction Method (SR 法)⁴ として知られている。当初提案されていた SR 法では、個票データのサンプルをもとに、Iterative Proportional Fitting Procedure (IPFP)⁵ を用いて人口データを合成している。その後、人口データを合成する手法は数多く提案されているが、基本的には個票データのサンプルを用いたアルゴリズムとなっている。Barthelemy ら⁶ は、IPFP の弱点として、個人に関する統計と世帯に関する統計のどちらかに適合す

る合成ができたとしても、両方に適合する合成が困難であることを指摘している。この問題を解決するため、Barthelemy ら⁶ や Gargiulo ら⁷ は、サンプルを用いない SR 法を提案している。Lenormand & Deffuant⁸ は、サンプルを用いる手法とそうでない手法の比較を行い、後者が個人と世帯をよりよく合成できることを示した。

これらの海外の研究では、それぞれの国において利用可能な統計と世帯構成の特徴に基づいた手法が開発されている⁷。日本の統計を用いた手法として花岡⁹ は個票データのサンプルを用いた合成手法を提案している。一方、池田ら¹⁰ はサンプルを利用せず、SA 法を用いた合成手法を提案している。

本論文では、日本の統計を対象にした池田ら¹⁰ の、SA 法によるサンプルを用いない手法を基礎とした合成手法を用いる。池田らは Fig. 1 の家族類型を対象に、SA 法を用いて9種類の統計（男女別人口分布、父子年齢差、母子年齢差など）への適合を目的とした世帯集団（人口データ）を合成する SA-based SR 法¹⁰ の提案を行った。家族類型とは、国勢調査で定義された一般世帯¹ を家族構成により区分した分類である。池田らの手法により、個々の世帯の各構成員とその年齢を合成することができる。

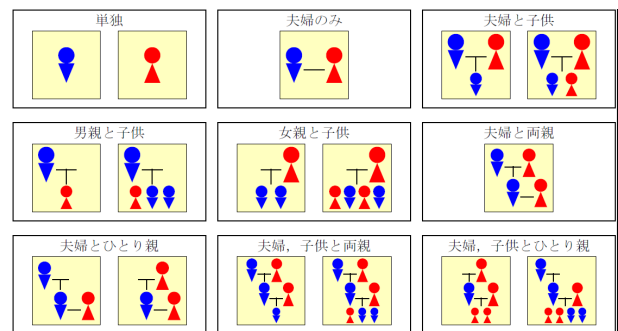


Fig. 1: 合成対象の家族類型

¹ 住居と生計を共にしている人々の集まりまたは一戸を構えて住んでいる単身者、間借り、下宿、独身寮に住んでいる単身者の世帯である¹¹。

さらに、Murata & Masui は池田らの SA 法¹⁰⁾ の改善により合成人口の統計値と実統計の差を削減し^{12, 13)}、単純な局所探索法と SA 法の比較を行った¹⁴⁾。しかし、池田らや柘井らの合成手法は日本の実統計の世帯数を 500 世帯や 1,000 世帯に縮小した手法であった。

Murata ら¹⁵⁾ は、合成人口を実際の世帯数まで拡大するために、SA 法の拡張を行った。合成人口の統計と実統計との間の誤差を削減するために、初期解集団の合成方法を提案し、家族類型ごとに世帯を合成するためのより適切な実統計を採用した。また、SA 法を用いた最適化の過程で生成される解集団の遷移手続きについても提案している。人口データの初期化手続きや解集団の遷移手続き、実統計の増加に伴う評価手続きの変更という 3 つの修正を行うことで、山形県の人口約 100 万人 (約 35 万世帯) の人口データの合成において、柘井ら^{12, 13)} の手法を用いた場合の誤差を 1/6 まで削減することに成功している。

本論文の構成は以下の通りである。2 では、SA-based SR 法¹⁵⁾ について概説する。3 では、実統計に基づき就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の属性を説明する。4 では、合成人口の各労働者へ月収を割り当てた結果を示す。5 では、提案手法の考察、および今後の課題について言及する。

2 SA-based SR 法の概要

本論文では、池田ら¹⁰⁾ で提案された実統計に基づく人口合成手法を、実スケールの世帯構成が合成できるように拡張した Murata ら¹⁵⁾ の手法を用いて人口データの合成を行う。

合成人口は、世帯とその構成員からなる。池田ら¹⁰⁾ は、人口社会保障研究所¹⁶⁾ が作成した実統計および総務省の人口動態調査¹⁷⁾ を用いて日本の全世界帯の 95% を網羅する家族類型 (Fig. 1 を参照) の合成を行っている。

各世帯の構成員は年齢、性別、家族類型、世帯内の役割の 4 つの属性を持つ。世帯内の役割は、所属する世帯内の役割を表す。たとえば、「夫婦と子供」の世帯の場合は 3 つの役割 (夫, 妻, 子供) がある。親族関係は、親一子と夫一妻の相互関係を表すための属性であり、一般的な家系図で記述される人と人を繋ぐ線を表現している。

Murata ら¹⁵⁾ は、次のような SA 法を用いて合成人口と、実人口からとられた複数の統計 (実統計) との総誤差の最小化を行っている。

Step 1. 人口データの初期化

Step 2. 探索回数が規定数に達すれば探索を終了

Step 3. 人口データ内の個人をランダムに 2 人選択し年齢を入替え

Step 4. 解の遷移判定

Step 5. 探索回数を更新して SA の温度を冷却

Step 6. Step 2 に戻る

Step 1 では、家族類型別の世帯人員数に関する統計を用いて初期人口データの合成を行う。

Step 3 では、年齢入替え法を用いて、性別と家族類型をランダムに選択し、選択された属性を持つ世帯構成員の年齢を入れ替える。本ステップは、合成された人口データの統計と実統計との差を最小化するために

行われる¹⁵⁾。具体的には次のような手続きで年齢の変更を行う。

Step 3.1. 性別と家族類型をランダムに 1 つだけ選択

Step 3.2. 選択した性別、家族類型の世帯の構成員をランダムに 2 人選択

Step 3.3. 選択した世帯の構成員の年齢を入替え

Step 4 では、式 (1) の目的関数¹⁵⁾ を用いて、実統計との差を最小化するように人口データの合成を行う。

$$f_s(A) = \sum_{j=1}^{G_s} |c_{sj}(A) - R_{sj}| \quad (1)$$

ここで、 A は合成人口、 s は統計の ID、 G_s は統計 s の項目数、 $c_{sj}(A)$ は合成人口 A での統計 s の j 番目の項目における個人の人数、 R_{sj} は統計 s の j 番目の項目における実数である。統計間の誤差を評価するために、世帯構成員の間の年齢差や各家族類型の人口分布に関する 21 種類の実統計 ($s = 1, \dots, 21$) を用いる¹⁵⁾。

本論文では、日本の都道府県で最も人口の少ない鳥取県を例として、市町村単位の人口合成を行い、所得の割当てを行う。本論文の手法は、各都道府県に対して公開されている同種の統計を用いて、すべての都道府県に対して適用可能である。

3 就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当て

鳥取県の合成人口を取得した後、合成世帯の各構成員に就業状態、就業形態、産業分類、企業規模を割り当てる。各世帯の労働者の所得は、平成 22 年の賃金構造基本統計調査 (Basic Survey on Wage Structure, BSWs) を用いて割り当てる。BSWS は、日本全国の 16 大産業において 5 人以上の常用労働者²⁾ を雇用する民営事業所と 10 人以上の常用労働者を雇用する公営事業所を対象とする標本調査である。BSWS では日本の賃金構造の実態を把握するために、事業所の属性、労働者の性別、雇用形態、就業形態、年齢、決まって支給する現金給与額を含む所得状況など計 18 項目を調査している。BSWS の労働者の所得は産業分類、性別、就業形態、企業規模別に集計されている。そのため、就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の属性を世帯構成員へ割り当てるために、以下の 4 種類の統計を用いる。

(a) 労働者数 (性別、年齢 (1 歳階級)、家族類型 (17 種類) 別)³⁾

(b) 労働者数 (性別、年齢階級 (5 歳階級)、家族類型 (5 種類)、産業分類別)⁴⁾

(c) 労働者数 (性別、市町村、産業分類別)⁵⁾

(d) 労働者数 (性別、就業形態、企業規模別)

ここで、(a), (b), (c) は実統計の値、(d) は実統計^{6,7,8,9)}

²⁾ 期間を定めずに雇われている労働者、1 か月を超える期間を定めて雇われている労働者、もしくは日々又は 1 か月以内の期間を定めて雇われている労働者のうち、4 月及び 5 月にそれぞれ 18 日以上雇用された労働者をいう¹⁸⁾。

³⁾ 文献¹⁹⁾ の産業等基本集計 (鳥取県) 一表 15 を参照

⁴⁾ 文献¹⁹⁾ の産業等基本集計 (鳥取県) 一表 16-1 を参照

⁵⁾ 文献¹⁹⁾ の職業等基本集計 (鳥取県) 一表 4-2 を参照

⁶⁾ 文献²⁰⁾ の一般労働者 (鳥取県) 一表 1, 3 を参照

⁷⁾ 文献²⁰⁾ の短時間労働者 (鳥取県) 一表 1, 2 を参照

⁸⁾ 文献²⁰⁾ の臨時労働者一表 1 を参照

⁹⁾ 文献¹⁹⁾ の産業等基本集計 (都道府県別) 一表 15 を参照

Table 1: 鳥取県の労働者数（家族類型別，2010年）

家族類型	a (17[家族類型])	b (5[家族類型])	c
1) 単独世帯	a1)	27,129	N/A
2) 夫婦のみ世帯	a2)	36,949	N/A
3) 夫婦と子供世帯	a3)	96,838	
4) 男親と子供世帯	a4)	3,383	b3)
5) 女親と子供世帯	a5)	19,512	119,733
6) 夫婦と両親世帯	a6)	5,310	
7) 夫婦とひとり親世帯	a7)	8,779	
8) 夫婦，子供と両親世帯	a8)	25,717	
9) 夫婦，子供とひとり親世帯	a9)	29,346	
10) 夫婦と他の親族世帯	a10)	945	
11) 夫婦，子供と他の親族世帯	a11)	6,206	b4)
12) 夫婦，親と他の親族世帯	a12)	3,507	99,964
13) 夫婦，子供，親と他の親族世帯	a13)	13,010	N/A
14) 兄弟姉妹のみ世帯	a14)	985	
15) 他に分類されない世帯	a15)	6,159	
16) 非親族を含む世帯	a16)	2,246	b5)
17) 施設等の世帯	a17)	1,311	2,246
		Not Included.	N/A
		287,332	286,021
			ct) 287,332

から推計して得られる値である。これらの統計と、2のSA-based SR法により合成された性別、年齢、家族類型を用いて、3.3で各労働者へ就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当てを行う。

3.1 家族類型別，市町村別，産業分類別の労働者数の調整

家族類型別，市町村別，産業分類別の労働者数の調整手続きは著者らの先行研究²¹⁾にしたがう。Table 1に、統計(a)，(b)，(c)の家族類型別の労働者数を示す。統計ごとに家族類型を区別するために、(a)の労働者数をそれぞれ a_1, \dots, a_{17} ，(b)の労働者数をそれぞれ b_1, \dots, b_5 と定義する。また、(c)の労働者全体の人数を ct と定義する。Table 1の $a_1, \dots, a_9, b_1, \dots, b_4$ の一部はFig. 1の各家族類型に対応しており、例えば a_1 はFig. 1の単独世帯に該当する。Table 1の b_4 はFig. 1の「夫婦と両親」の世帯(a_6)，「夫婦とひとり親」の世帯(a_7)，「夫婦，子供と両親」の世帯(a_8)，「夫婦，子供とひとり親」の世帯(a_9)以外に a_{10}, \dots, a_{15} を含んでいる。提案手法ではFig. 1の家族類型のみを取り扱うため、 b_4 から a_{10}, \dots, a_{15} を除く必要がある。

(b)の値を以下の手順で調整する。

(b-1) (a)の家族類型 a_6, \dots, a_9 と(b)の家族類型 b_4 との差を以下のように算出する。

$$30,812 = b_4 - (a_6 + a_7 + a_8 + a_9) \quad (2)$$

(b-2) Table 2に示す労働者数の分布(性別、産業分類)の各項目の全体に対する割合に応じて、 b_4 から a_{10}, \dots, a_{15} の労働者数30,812人を控除する。

(b-2)のTable 2は、正確には性別、年齢階級別(5歳階級)、産業分類別の労働者数である。したがって、30,812人分の労働者を性別、年齢階級別(5歳階級)、産業分類別の各項目から、その割合に応じて控除する。30,812人分の労働者を控除した統計(b)を(\hat{b})と表記する。

(c)の労働者の総数は(a)と同じである。しかし、統計(c)には、家族類型別の労働者数が与えられていないため、 a_{10}, \dots, a_{17} に該当する労働者を ct から控除

Table 2: 労働者数(性別・産業分類別，Table 1の b_4 の内訳)

産業分類	男性[人]	女性[人]
A 農業，林業	7,616	5,968
B 漁業	331	54
C 鉱業，採石業，砂利採取業	22	2
D 建設業	6,521	1,226
E 製造業	8,359	6,397
F 電気・ガス・熱供給・水道業	314	66
G 情報通信業	525	259
H 運輸業，郵便業	3,288	546
I 卸売業，小売業	7,083	7,664
J 金融業，保険業	844	1,269
K 不動産業，物品賃貸業	449	371
L 学術研究，専門・技術サービス業	1,260	698
M 宿泊業，飲食サービス業	1,527	2,979
N 生活関連サービス業，娯楽業	1,104	1,932
O 教育，学習支援業	1,812	2,530
P 医療，福祉	2,456	10,538
Q 複合サービス事業	762	652
R サービス業(他に分類されないもの)	3,061	1,753
S 公務(他に分類されるものを除く)	2,702	1,139
T 分類不能の産業	1,931	1,954
合計($b_4=99,964$)	51,967	47,997

する必要がある。そこで、(c)の値を以下の手順で調整する。

(c-1) 家族類型(a_1, \dots, a_9)と他の家族類型との差を以下のように示す。

$$34,369 = ct - (a_1 + a_2 + \dots + a_8 + a_9) \quad (3)$$

(c-2) Table 3に示す労働者数の分布(市町村・産業分類)の各項目の全体に対する割合に応じて、 ct から a_{10}, \dots, a_{17} の労働者数34,369人を控除する。

(c-2)のTable 3は、正確には性別、市町村、産業分類別の労働者数である。したがって、34,369人分の労働者を性別、市町村、産業分類別の各項目から、その割合に応じて控除する。34,369人分の労働者を控除した統計(c)を(\hat{c})とする。

Table 3: 労働者数（男性，市町村・産業分類別，Table 1 の ct の内訳例）

産業分類	鳥取市 [人]	...	江府町 [人]
A 農業，林業	3,005	...	283
B 漁業	195	...	2
C 鉱業，採石業，砂利採取業	12	...	0
D 建設業	6,063	...	143
E 製造業	8,433	...	102
F 電気・ガス・熱供給・水道業	395	...	2
G 情報通信業	975	...	2
H 運輸業，郵便業	2,740	...	65
I 卸売業，小売業	7,121	...	96
J 金融業，保険業	1,294	...	6
K 不動産業，物品賃貸業	609	...	6
L 学術研究，専門・技術サービス業	1,645	...	14
M 宿泊業，飲食サービス業	1,844	...	29
N 生活関連サービス業，娯楽業	1,326	...	6
O 教育，学習支援業	2,650	...	28
P 医療，福祉	2,709	...	25
Q 複合サービス事業	425	...	17
R サービス業（他に分類されないもの）	3,198	...	47
S 公務（他に分類されるものを除く）	3,621	...	67
T 分類不能の産業	4,623	...	15
合計（男性労働者数=156,232人）	52,883	...	955

3.2 就業形態別，企業規模別の労働者数の調整

(\hat{d}) の労働者数は，賃金構造基本統計調査^{6,7,8}，および国勢調査⁹ を用いて算出する。なお，一般労働者¹⁰ の統計⁶，および短時間労働者¹¹ の統計⁷ は鳥取県単位の統計，臨時労働者¹² の統計⁸ は全国の統計である。したがって，臨時労働者数は全国規模の値から鳥取県に該当する人数を推計する必要がある。

(\hat{d}) の値を以下の手順で推計する。

- (\hat{d} -1) 国勢調査⁹ に基づき，全国に占める鳥取県の男女別労働者数比率を算出
- (\hat{d} -2) 臨時労働者数⁸ に基づき，鳥取県の男女別労働者数を推計
- (\hat{d} -3) (a) の労働者総数に占める性別，就業形態別の労働者数を推計
- (\hat{d} -4) (a) の労働者総数に占める性別，就業形態，企業規模別の労働者数を推計

(\hat{d} -1) では，国勢調査⁹ における9種類の家族類型に該当する労働者のうち全国の労働者数，および (a) の労働者数に基づき，全国に占める鳥取県の男女別労働者比率を算出する。国勢調査⁹ によると，平成22年において9種類の家族類型に該当する全国の労働者数は男性が32,463,841人，女性が23,812,478人である。また，(a) によると，鳥取県の男女別労働者数は男性が138,825人，女性が114,138人である。これらの値から全国に占める鳥取県の労働者比率を算出した結果，男性が約0.43%，女性が約0.48%であった。

(\hat{d} -2) では，臨時労働者数⁸ および (\hat{d} -1) で算出した労働者比率に基づき，鳥取県における性別，企業規模別の臨時労働者数を推計する。推計結果を Table 4 に示す。なお，臨時労働者数は全国に占める鳥取県の労働者比率にしたがうと仮定する。

(\hat{d} -3) では，(a) の男女別労働者数および標本調査^{6,7,8} の労働者数（性別，就業形態別）に基づき，Table

¹⁰短時間労働者以外の労働者をいう¹⁸。

¹¹1日の所定労働時間が一般の労働者よりも短いまたは1日の所定労働時間が一般の労働者と同じでも1週の所定労働日数が一般の労働者よりも少ない労働者をいう¹⁸。

¹²「常用労働者」に該当しない労働者（日々または1か月以内の期間を定めて雇われている労働者のうち，4月または5月に雇われた日数がいずれかの月において17日以下の労働者）をいう¹⁸。

Table 4: 鳥取県における臨時労働者数（性別，企業規模別）の推計結果

性別	企業規模	労働者数 [十人]		換算比率 [%] (鳥取県/全国)
		全国	鳥取県換算	
男性	5~9人	1,674	7	約0.43%
	10人以上	16,350	70	
女性	5~9人	2,721	13	約0.48%
	10人以上	26,167	125	

Table 5: 鳥取県における労働者数 (\hat{d})（性別，就業形態，企業規模別）の推計結果

性別	就業形態	企業規模	標本調査 [十人]	国勢調査 [人]	
男性労働者数					
			6,488	100.00 %	
		小計	5,957	91.82 %	
一般労働者	5人~9人		433	7.27 %	
			$F_{m,small}$	9,265	
	10人以上		5,524	92.73 %	
			$F_{m,large}$	118,198	
			小計	454	7.00 %
			P_m		9,714
短時間労働者	5人~9人		33	7.27 %	
			$P_{m,small}$	706	
	10人以上		421	92.73 %	
			$P_{m,large}$	9,008	
			小計	77	1.19 %
			T_m		1,648
臨時労働者	5人~9人		7	9.09 %	
			$T_{m,small}$	150	
	10人以上		70	90.91 %	
		$T_{m,large}$		1,498	
女性労働者数					
			5,878	100.00 %	
		小計	4,197	71.40 %	
一般労働者	5人~9人		258	6.15 %	
			$F_{f,small}$	5,010	
	10人以上		3,939	93.85 %	
			$F_{f,large}$	76,487	
			小計	1,543	26.25 %
			P_f		29,962
短時間労働者	5人~9人		99	6.42 %	
			$P_{f,small}$	1,922	
	10人以上		1,444	93.58 %	
			$P_{f,large}$	28,039	
			小計	138	2.35 %
			T_f		2,680
臨時労働者	5人~9人		13	9.42 %	
			$T_{f,small}$	252	
	10人以上		125	90.58 %	
		$T_{f,large}$		2,427	

5 の $F_m, F_f, P_m, P_f, T_m, T_f$ を推計する。

(\hat{d} -4) では，Table 5 の $F_m, F_f, P_m, P_f, T_m, T_f$ と標本調査^{6,7,8} の労働者数（性別，就業形態，企業規模別）の割合を掛け合わせることで，Table 5 の企業規模別労働者数 $F_{m,small}, \dots, T_{f,large}$ を推計する。ここで， m は男性， f は女性， $small$ は企業規模が5~9人の事業所に従事していることを， $large$ は企業規模が10人以上の事業所に従事していることを表す。例として，Table 5 によると国勢調査における男性の一般労働者数 F_m は127,463人，標本調査における男性の一般労働者数は企業規模5~9人で433人（7.27%），企業規模10人以上で5,524人（92.73%）である。（）内の値は，標本調査における男性の一般労働者数に対する比率である。標本調査における男性の一般労働者数の企業規模別の割合と国勢調査における男性の一般労働者数を掛け合わせることで，国勢調査に占める男性のうち，一般労働者で企業規模が5~9人の労働者数 $F_{m,small}$ は9,265人， $F_{m,large}$ は118,198人と求められる。

3.3 SA-based SR法を用いた就業状態，就業形態，産業分類，企業規模の割当て

3.1の(a), (b), (c), 3.2の(d)の調整後の統計を用いて，2のSA-based SR法で合成した人口データの各世帯構成員に就業状態，就業形態，産業分類，企業規模の属性をSA法を用いて割り当てる。(a)の性別，年齢，家族類型別労働者数に基づき，就業状態を合成人口の世帯構成員に割り当てる。就業中の世帯構成員に対して，3.1の(b)の産業分類別労働者数にしたがって20産業分類（Table 1のA~T）の中から1つを割り当て，3.2の(d)の就業形態，企業規模別労働者数にしたがって就業形態，企業規模を割り当てる。(a), (b), (d)にしたがって就業状態，就業形態，産業分類，産業分類を世帯構成員に割り当てるため，その割当て結果

は、3.1 の (c) の市町村別・産業分類別の労働者数とは異なる可能性がある。(a), (b), (c), (d) と合成人口の統計との差を最小化するために、以下の SA-based SR 法を適用する。

- Step 1.** (a), (b), (d) を用いて人口データを初期化
Step 2. 探索回数が規定数に達すれば探索を終了
Step 3. 性別、年齢、家族類型に関係なく、2人の世帯構成員をランダムに選択し、就業状態、就業形態、産業分類、企業規模を入替え（未就業を含む）
Step 4. 解の遷移判定
Step 5. 探索回数を更新して SA の温度を冷却
Step 6. Step 2 に戻る

Step 1 では、市町村、家族類型、世帯、年齢でソートされた個票データに対して、(a), (b), (d) を用いて就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当てを行い、人口データの初期解を合成する。具体的には次のような手続きで就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当てを行う。

- Step 1.1.** (a) を用いて性別、年齢、家族類型別の労働者数に達するまで、割当て対象の項目に該当する世帯構成員へ就業状態を割当て
Step 1.2. (b) を用いて性別、年齢階級、家族類型、産業分類別の労働者数に達するまで、割当て対象の項目に該当する世帯構成員へ産業分類を割当て
Step 1.3. (d) を用いて性別、就業形態、企業規模別の労働者数に達するまで、割当て対象の項目に該当する世帯構成員へ就業形態、企業規模を割当て

就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の属性の割当ては、人口データの個票番号順に行う。そのため、個票データの初期解には、個票番号が最初のものほど労働者が多く、特定の産業分類に特定の就業形態や企業規模が偏りやすい傾向がある。

Step 3 では、就業状態、市町村に関係なく、2人の世帯構成員を選択する。具体的には次のような手続きで就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の入替えを行う。

- Step 3.1.** 性別、年齢、家族類型に関係なく、2人の世帯構成員をランダムに選択
Step 3.2. 選択された2人の世帯の構成員のうち少なくとも1人が未就業の場合、以下の α の属性を入替え。選択された2人の世帯の構成員がともに就業中の場合、入替えを行う属性を α, β からランダムに1つ選択し入替え
 α . 就業状態、就業形態、産業分類、企業規模
 β . 就業形態、企業規模

選択された2人の世帯の構成員がともに就業中の場合、就業形態、企業規模のみ入れ替えるという選択肢を用意する。これにより、初期解に含まれる産業分類、就業形態と企業規模の偏りを解消することができる。

Step 4 では、以下の関数 $f(A)$ を用いて、就業状態、就業形態、産業分類を含む合成人口の評価を行う。

$$f(A) = \sum_{x=1}^2 \left(f_a^x(A) + f_b^x(A) + f_c^x(A) + f_d^x(A) \right) \quad (4)$$

$$f_a^x(A) = \sum_{ft=1}^9 \sum_{ag=15}^{85} \sum_{wk=1}^2 \left| c_{ft,ag,wk}^{a,x}(A) - R_{ft,ag,wk}^{a,x} \right| \quad (5)$$

$$f_b^x(A) = \sum_{ft=1}^4 \sum_{ag=1}^{15} \sum_{i=1}^{20} \left| c_{ft,ag,i}^{b,x}(A) - R_{ft,ag,i}^{b,x} \right| \quad (6)$$

$$f_c^x(A) = \sum_{tw=1}^{19} \sum_{i=1}^{20} \left| c_{tw,i}^{c,x}(A) - R_{tw,i}^{c,x} \right| \quad (7)$$

$$f_d^x(A) = \sum_{st=1}^3 \sum_{cs=1}^2 \left| c_{st,cs}^{d,x}(A) - R_{st,cs}^{d,x} \right| \quad (8)$$

ここで、 A は合成人口、 $c^{s,x}$ は A から算出された統計 s の性別 x における値 ($s = \{ (a), (b), (c), (d) \}$ および $x = (\text{男性}, \text{女性})$)、 $R^{s,x}$ は実統計 s の性別 x における値、 $f_s^x(A)$ は実統計の値 $R^{s,x}$ と A から算出された統計値 $c^{s,x}$ との間の絶対誤差を示す。式 (5) から式 (7) において、 ft は家族類型、 ag は年齢 (1 歳階級もしくは 5 歳階級)、 wk は就業状態 (就業非就業)、 i は産業分類 (20 分類)、 tw は市町村 (19 区分) を示す。また、式 (8) において、 st は就業形態 (一般労働者、短時間労働者、臨時労働者)、 cs は企業規模 (常用労働者が 5~9 人もしくは 10 人以上) を示す。

3.4 就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当て結果

3.1 と 3.2 の (b), (c), (d) の労働者数の調整手続きの後、合成人口の各世帯構成員へ就業状態、就業形態、産業分類、企業規模を割り当てた。3.1 と 3.2 で提案した (b), (c), (d) の労働者数の調整手続きの有効性を確認するために、以下の3つの手法の比較を行う。

家族類型を調整しない手法 3.1 の (b), (c) の調整手続きを行わず、(d) の就業形態を考慮しない手法。式 (6) については調整前の統計 b の値を、式 (7) については調整前の統計 c の値を用いて最適化を行う。式 (8) については式 (4) の最適化関数に含めず、参考の値として計測する。

就業形態を考慮しない手法 3.1 の (b), (c) の調整手続きを行い、(d) の就業形態を考慮しない手法。式 (8) については式 (4) の最適化関数に含めず、参考の値として計測する。

提案手法 3.1 の (b), (c) の調整手続きを行い、(d) の就業形態を割り当てる手法

Table 6 に、式 (5) から式 (8) の誤差を最小化した結果を示す。 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ はそれぞれ、合成人口の統計の (a), (b), (c), (d) との誤差を意味する。本論文では、それぞれの手法で 10 回ずつ試行を行っており、Table 6 では 10 回試行の試行平均と標準偏差を示している。

Table 6: $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の試行平均・標準偏差の比較 (10 試行平均)

	家族類型を調整しない手法		就業形態を考慮しない手法		提案手法	
	試行平均	標準偏差	試行平均	標準偏差	試行平均	標準偏差
$f_a^x(A)$	469.2	(1.89)	463.0	(3.47)	476.8	(3.03)
$f_b^x(A)$	31,277.6	(1.80)	472.0	(3.98)	490.6	(7.53)
$f_c^x(A)$	34,833.4	(0.92)	464.6	(3.52)	470.4	(2.54)
合計	66,580.2	(2.75)	1,425.0	(6.19)	1,437.8	(7.11)
$f_d^x(A)$	52,486.0	(0.00)	52,486.0	(0.00)	464.0	(0.00)
$f(A)$	119,066.2	(2.75)	53,911.0	(6.19)	1,901.8	(7.11)

(b), (c) の調整手続きの有効性を確認するために、家族類型を調整しない手法と就業形態を考慮しない手法それぞれの誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$ の比較を行う。Table 6 から、就業形態を考慮しない手法の誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$ の試行平均は家族類型を調整しない手法の誤差と比較してそれぞれ約 98.7%, 約 1.5%, 約 1.3%まで減少する。また、就業形態を考慮しない手法の誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$ の総和は家族類型を調整しない手法の誤差と比較して約 2.1%まで削減されることがわかる。

Fig. 2 は家族類型を調整しない手法の 10 回の試行の中で、誤差の総和が最小であった試行における誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の推移を示す。Fig. 3 は就業形態を考慮しない手法の 10 回の試行の中で、誤差の総和が最小であった試行における誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の推移を示す。Fig. 2 と Fig. 3 の横軸はともに探索回数を表し、総探索回数は 1 人当たり探索回数 s (本研究では $s = 500$) と鳥取県の人口 498,334 人により求めている。Fig. 2 と Fig. 3 の比較から、家族類型別、市町村別、産業分類別の労働者数を調整することにより、実統計 (b), (c) に対しても最適化が行えるようになることがわかる。

これらのことから、3.1 で提案した (b), (c) の労働者数の調整手続きは誤差の削減に有効であると考えられる。

(d) の就業形態、企業規模別の労働者数による影響を確認するために、就業形態を考慮しない手法と提案手法それぞれの誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の試行平均の比較を行う。Table 6 から、提案手法の誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$ の試行平均は就業形態を考慮しない手法の誤差と比較してそれぞれ約 103.0%, 約 103.9%, 約 101.2%まで増加する。また、提案手法の誤差 $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$ の総和の試行平均は就業形態を考慮しない手法の誤差と比較して約 100.9%まで増加するが、誤差 $f_d^x(A)$ を含む提案手法の誤差の総和は就業形態を考慮することにより、約 3.5%まで削減されることがわかる。なお、家族類型を調整しない手法と就業形態を考慮しない手法では、就業形態と企業規模の属性割当ての最適化が行われていないため、誤差 $f_d^x(A)$ はランダムにそれらの属性が割当てられた場合の誤差である。

これらのことから、提案手法により (d) を用いて就業形態と企業規模を割り当てることにより、実統計との誤差を大きく減少できることがわかる。

4 各労働者への月収の割当て

3 で SA-based SR 法を用いて人口データを合成し、各世帯構成員へ就業状態、就業形態、産業分類、企業規模を割り当てた。割り当てた属性および性別、年齢と、2010 年 6 月に実施された賃金構造基本統計調査 (BSWS) ^{6,7,8} を用いて、労働者を含む各世帯に月収を割り当てる。月収の割当て結果の有効性を確認するために、提案手法で得られた産業別平均月収 (10 回試行平均) と、賃金構造基本統計調査 (BSWS) ^{6,7,8} および鳥取県の毎月勤労統計調査 (Monthly Labour Survey, MLS) ¹³ の産業別平均月収との比較を行う。こ

¹³文献 ²²⁾ の第 8-2 表~第 8-15 表を参照

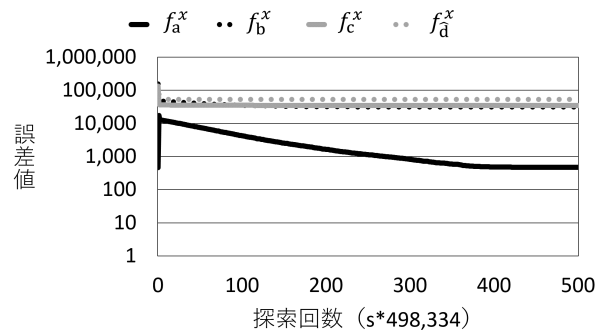


Fig. 2: $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の推移 (家族類型を調整しない手法)

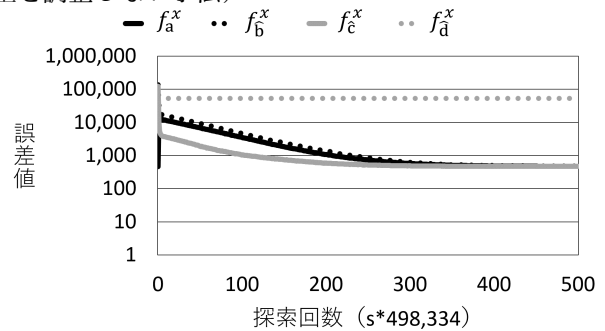


Fig. 3: $f_a^x(A)$, $f_b^x(A)$, $f_c^x(A)$, $f_d^x(A)$ の推移 (就業形態を考慮しない手法)

こで、MLS は、BSWS とは異なる企業で調査が行われている。提案手法では月収として BSWS の値を用いるため、BSWS と提案手法の平均月収を比較することで割当ての一致度を確認することができる。また、月収の割当てで用いなかった MLS と提案手法の平均月収を比較することで、合成された平均月収の妥当性の評価を行う。

Table 7 は実統計 (BSWS もしくは MLS) の産業別平均月収および提案手法の産業別平均月収を示す。実統計および提案手法の産業別平均月収は就業形態ごとに異なる。Table 7 の第 4 列と第 7 列は、提案手法により得られた平均月収の統計値に対する実統計の平均月収との誤差率を示す。MLS では「C 鉱業、採石業、砂利採取業」と「K 不動産業、物品賃貸業」については平均月収が公開されていないため、Table 7 の中では「N/A」と表記している。

Table 7 によると、提案手法の産業別平均月収に対する実統計の産業別平均月収との誤差率は、BSWS の一般労働者では「M 宿泊業、飲食サービス業」の -7.3% から「P 医療、福祉」の 8.8%まで、短時間労働者の平均月収の誤差率は「O 教育、学習支援業」の -4.8% から「G 情報通信業」の 16.2%まで、臨時労働者の平均月収は「F 電気・ガス・熱供給・水道業」の -36.4% から「O 教育、学習支援業」の 18.1%まで変化していることがわかる。また、MLS の常用労働者の平均月収は「O 教育、学習支援業」の -16.2% から「M 宿泊業、飲食サービス業」の 48.7%まで変化していることがわかる。

Table 7 における誤差率の主な要因として、BSWS を用いて月収を割り当てる際に BSWS の統計値を一部変更していることが挙げられる。BSWS の一般労働者、臨時労働者の統計では産業分類、性別、年齢階級、企

Table 7: 就業形態、産業別の平均月収（10 試行平均，提案手法）

産業分類	一般労働者			短時間労働者		
	B S W S	合成人口	%	B S W S	合成人口	%
A 農業，林業	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ¹	N/A ¹	-
B 漁業	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ¹	N/A ¹	-
C 鉱業，採石業，砂利採取業	248,407	251,649	1.3	0	0	0.0
D 建設業	253,350	265,726	4.9	130,280	145,064	11.3
E 製造業	245,282	243,798	-0.6	100,090	104,676	4.6
F 電気・ガス・熱供給・水道業	444,381	426,523	-4.0	0	0	0.0
G 情報通信業	350,420	346,876	-1.0	119,985	139,372	16.2
H 運輸業，郵便業	282,942	272,366	-3.7	111,001	109,602	-1.3
I 卸売業，小売業	234,775	224,531	-4.4	86,821	86,827	0.0
J 金融業，保険業	302,447	306,506	1.3	111,165	120,546	8.4
K 不動産業，物品賃貸業	240,057	228,537	-4.8	100,722	99,624	-1.1
L 学術研究，専門・技術サービス業	301,240	285,394	-5.3	110,182	121,649	10.4
M 宿泊業，飲食サービス業	206,534	191,465	-7.3	64,166	66,650	3.9
N 生活関連サービス業，娯楽業	226,956	212,412	-6.4	90,453	93,443	3.3
O 教育，学習支援業	332,654	319,453	-4.0	121,485	115,690	-4.8
P 医療，福祉	240,802	262,051	8.8	101,047	100,350	-0.7
Q 複合サービス事業	245,206	235,680	-3.9	111,879	108,197	-3.3
R サービス業（他に分類されないもの）	214,431	209,009	-2.5	78,812	79,772	1.2
S 公務（他に分類されるものを除く）	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ¹	N/A ¹	-
T 分類不能の産業	N/A ²	N/A ²	-	N/A ²	N/A ²	-

産業分類	臨時労働者			常用労働者		
	B S W S	合成人口	%	M L S	合成人口	%
A 農業，林業	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ³	N/A ¹	-
B 漁業	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ³	N/A ¹	-
C 鉱業，採石業，砂利採取業	100,969	111,514	10.4	N/A ³	226,771	-
D 建設業	110,075	107,201	-2.6	237,469	253,729	6.8
E 製造業	84,158	88,049	4.6	223,582	222,899	-0.3
F 電気・ガス・熱供給・水道業	90,385	57,524	-36.4	414,935	385,687	-7.0
G 情報通信業	86,838	80,955	-6.8	290,870	319,192	9.7
H 運輸業，郵便業	81,036	76,775	-5.3	239,439	256,477	7.1
I 卸売業，小売業	58,636	65,161	11.1	184,873	200,978	8.7
J 金融業，保険業	89,651	69,914	-22.0	303,741	273,456	-10.0
K 不動産業，物品賃貸業	78,097	78,673	0.7	N/A ³	208,907	-
L 学術研究，専門・技術サービス業	77,153	92,524	19.9	282,899	263,167	-7.0
M 宿泊業，飲食サービス業	50,199	55,701	11.0	112,213	166,868	48.7
N 生活関連サービス業，娯楽業	62,182	66,897	7.6	157,132	189,793	20.8
O 教育，学習支援業	86,523	102,201	18.1	338,610	283,628	-16.2
P 医療，福祉	184,523	169,843	-8.0	227,143	226,090	-0.5
Q 複合サービス事業	61,536	53,991	-12.3	247,507	216,072	-12.7
R サービス業（他に分類されないもの）	83,454	82,417	-1.2	193,287	190,625	-1.4
S 公務（他に分類されるものを除く）	N/A ¹	N/A ¹	-	N/A ³	N/A ¹	-
T 分類不能の産業	N/A ²	N/A ²	-	N/A ²	N/A ²	-

BSWS：賃金構造基本統計調査（平成22年，鳥取県）^{6,7,8}MLS：毎月勤労統計調査（平成22年，鳥取県）¹²N/A¹：「A 農業，林業」「B 漁業」「S 公務（他に分類されるものを除く）」はBSWSに含まれない。N/A²：「T 分類不能の産業」は内訳が不明であるため，算出できない。N/A³：「A 農業，林業」「B 漁業」「C 鉱業，採石業，砂利採取業」「K 不動産業，物品賃貸業」「S 公務（他に分類されるものを除く）」はMLSに含まれない。

業規模別に，短時間労働者の統計では産業分類，性別，企業規模別に平均月収を算出するための情報が公開されている。一方で，該当する属性に労働者が存在しない，もしくは一部項目の無回答などにより月収の算出ができないものが存在する。提案手法では，BSWSで調査対象者がいない属性を持つ合成人口の労働者に対して同一属性内での最低賃金を，一部項目の無回答などにより月収の算出ができなかった属性を持つ労働者に対して月収として0を労働者に与えている。したがって，BSWSの統計値を一部変更していることが誤差率を生む要因の一つであると考えられる。

誤差率を生む別の要因としては，実統計（BSWS，MLS）および提案手法の平均月収を算出する際の計算方法が考えられる。Table 7における実統計や提案手法の産業別平均月収は，月収が0である労働者を考慮して算出した値である。そのため，月収が0である労働者を含む産業では，月収が比較的安く算出されている。特に，「C 鉱業，採石業，砂利採取業」と「F 電気・ガス・熱供給・水道業」に従事する短時間労働者は合成人口に存在するが，実統計で，月収が0となっているため，Table 7では平均月収が0となっている。これに伴い，常用労働者の平均月収も比較的安く算出されて

Table 8: 就業形態別の平均月収の比較 (10 試行平均)

	就業形態を 考慮しない手法		%	提案手法	
	BSWS	MLS		BSWS	MLS
一般労働者	251,420	248,436	-1.2	249,578	-0.7
短時間労働者	90,014	-	-	99,338	10.4
臨時労働者	93,787	-	-	95,703	2.0
常用労働者	222,679	248,708	11.7	225,210	1.1

いる。

Table 8 は就業形態を考慮しない手法と提案手法で得られた平均月収と、実統計 (BSWS および MLS) の平均月収を比較したものである。Table 8 の第 4 列と第 6 列は、各手法により得られた平均月収に対する実統計の平均月収との誤差率を示す。Table 8 の結果から、提案手法により、就業形態と企業規模を考慮して、所得を与えることにより、一般労働者の所得の BSWS との誤差を小さくすることができた。さらに、MLS との誤差は、就業形態を考慮しない手法では 11.7% であったが、提案手法では 1.1% になり、誤差の割合を減らすことができた。

このことから、提案手法により就業形態別の平均月収を割り当てることで、就業形態を考慮しない手法よりも良い所得の割当てを実現できることがわかる。

5 おわりに

本論文では、SA-based SR 法を用いて、合成人口の各労働者へ月収を割り当てる手法を提案した。まず、SA-based SR 法により鳥取県の世帯数に相当する合成人口を合成を行った。つぎに、市町村、性別、家族類型、年齢に関連した 4 種類の実統計に基づき、世帯構成員へ就業状態、就業形態、産業分類、企業規模の割当てを行った。最後に、新たに割り当てた属性と賃金構造基本統計調査 (BSWS) を用いて合成人口の各労働者に月収を割り当てた。産業分類ごとに月収を集計した結果、提案手法により、就業形態を考慮しない手法と比較して BSWS や毎月勤労統計調査 (MLS) にさらに近似した平均月収を持つ人口データを合成することができた。提案手法では、BSWS を用いて合成人口の各労働者に月収を割り当てた。BSWS では平均月収を性別、家族類型、年齢別に公開しているため、合成人口の統計と実統計との誤差が 0 であったとしても、所得の分散まで表現できない。そのため、同一の属性を持つ個票データで月収の分散を考慮する方法は今後の課題である。提案手法による平均月収と実統計の平均月収を比較することにより、月収が高く推計される産業と低く推計される産業があることがわかった。今後、産業ごとにどのような違いがあるのかを検討する必要がある。

参考文献

- 1) 木村, 濱野, 塩飽: 地理情報システム (Geographic Information System; GIS) を用いた島根県における救急搬送カバー率に関する検討, 日本農村医学会雑誌, **60**-2, 66/75 (2011)
- 2) 市川, 出口: 感染症実用シミュレーションにおける仮想都市構築法の違いによる結果への影響分析-日常生活スポット内包セル型仮想都市モデルの必要性-, 計測自動制御学会論文集, **49**-11, 1012/1019 (2014)
- 3) 山田, 石川, 阿部, 藤井, 吉村: マルチエージェント交通流シミュレーションにおける交通量の不確実性評価, 日本シミュレーション学会論文誌, **9**-1, 1/9 (2017)
- 4) A. G. Wilson, C. E. Pownall: A new representation of the urban system for modeling and for the study

of micro-level interdependence, *Area*, **8**-4, 246/254 (1976)

- 5) W. E. Deming, F. F. Stephan: A least squares adjustment of a sampled frequency table when the expected marginal totals are known, *The Annals of Mathematical Statistics*, **11**, 428/444 (1940)
- 6) J. Barthelemy, P. L. Toint: Synthetic population generation without a sample, *Transportation Science*, 266/279 (2012)
- 7) F. Gargiulo, S. Ternes, S. Huet, G. Deffuant: An iterative approach for generating statistically realistic populations of households, *PLoS One*, **5**-1, e8828.doi:10.1371/journal.pone.0008828 (2010)
- 8) M. Lenormand, G. Deffuant: Generating a synthetic population of individuals in households: Sample free vs sample-based methods, *J. of Artificial Societies and Social Simulation*, **16**-4, 9 pages (2013)
- 9) 花岡: 公的統計「匿名データ」を用いた小地域単位での地理空間分析の可能性: 空間的マイクロシミュレーションによる地理的な合成マイクロデータの生成, 人文地理, **64**-3, 195/211 (2012)
- 10) 池田, 喜多, 薄田: 地域人口動態シミュレーションのためのエージェント推計手法, 計測自動制御学会第 43 回システム工学部会研究会, 11/14 (2010)
- 11) 総務省: 国勢調査 - 用語の解説, <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2000/kihon1/00/yougo.htm> (#)
- 12) T. Murata, D. Masui: Estimating agent's attributes using simulated annealing from statistics to realize social awareness, *Proc. of IEEE International Conf. on System, Man & Cybernetics*, 717/722 (2014)
- 13) D. Masui, T. Murata: A two-fold simulated annealing to reconstruct household composition from statistics, *Proc. of IEEE International Conf. on System, Man & Cybernetics*, 1133/1138 (2015)
- 14) 柘井, 村田: 統計データからの市民の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, **30**-6, 216/227 (2017)
- 15) T. Murata, T. Harada, D. Masui: Comparing Transition Procedures in Modified Simulated-Annealing-Based Synthetic Reconstruction Method Without Samples, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, **10**-6, 513/519 (2017)
- 16) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計), <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Popular/Popular2013.asp?chap=0> (#)
- 17) 厚生労働省: 平成 22 年人口動態調査 - 表 9-14 初婚夫妻の年齢差別にみた年次別婚姻件数及び百分率 (各届出年に結婚生活に入り届けたもの), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001101829> (#)
- 18) 厚生労働省: 賃金構造基本統計調査で使用されている主な用語の説明, www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/chingin/yougo-01.html (#)
- 19) 総務省: 平成 22 年国勢調査, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200521&tstat=000001039448&tclass1=000001047544&tclass2=000001047545> (#)
- 20) 厚生労働省: 平成 22 年賃金構造基本統計調査, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450091&tstat=000001011429> (#)
- 21) 杉浦, 村田, 原田: 賃金構造基本統計調査に基づく世帯合成人口の労働者への所得, 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2017, 6 pages (2017)
- 22) 鳥取県: 平成 22 年毎月勤労統計調査地方調査, <http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=154105> (#)

: 2018 年 1 月アクセス