

2019年全国家計構造調査 標準誤差の推定方法について

令和 3 年11月25日

総務省統計局

本議題の概要

- 2019年全国家計構造調査においては、複数の調査方法による結果を統合集計していることから、その標準誤差の推定に当たっては従来の方法（理論式）の適用が困難
- そこで、複数あるブートストラップ法のうち、適切な手法を選択する必要
- 今回の分析は、前回（第16回）消費統計研究会にて提案いただいた Bernoulli Bootstrap (Funaoka, et al. (2006)) を用いて、これまでの調査結果における標準誤差を試算し、手法の妥当性・適用可能性を検証するもの

今回の試算の主な内容

試算① 平成26年全国消費実態調査

- Bernoulli Bootstrap による標準誤差の算出
- 公表値（理論式）、Rescaling Bootstrap（前回研究会で提示したもの）との比較

試算② 2019年全国家計構造調査（2014年遡及結果、2019年結果）

- Bernoulli Bootstrap による標準誤差の算出

Bernoulli Bootstrap (BBE) の概要

- Funaoka, Saigo, Sitter, Toida (2006) で提唱

ブートストラップ法による層化多段抽出を行う調査における標本誤差の算出



従来の手法 : Mirror-Match Bootstrap (Sitter, 1992a)

Rescaling Bootstrap (Rao and Wu, 1988) など

⇒ 1 段目の抽出率が高い場合、単純な仕組みで計算することは難しい



1 段目の抽出率が高い場合でもそのまま適用可能なブートストラップ法を開発
Bernoulli Bootstrap (BBE)

- 同論文内で平成 9 年全国物価統計調査の分位点推定に適用

- 大規模店舗は層化 2 段抽出、小規模店舗は層化 3 段抽出
- 人口の多い市は全て調査、人口の少ない市町村は都道府県内のブロックごとに抽出



標本抽出の構造に近い全国家計構造調査にも適用可能ではないか

BBEの詳細（層化3段抽出の場合）

第1段：層 h から抽出する第1抽出区分のサンプルサイズ n_h ，層 h からの抽出率 f_{1h}

第2段：第1抽出区分 hi から抽出する第2抽出区分のサンプルサイズ m_{hi} ，抽出率 f_{2hi}

第3段：第2抽出区分 hij から抽出する標本のサンプルサイズ l_{hij} ，抽出率 f_{3hij}

ステップ1

層 h から $n_h - 1$ 個の第1抽出区分をランダムに復元抽出した集合を $\widetilde{PSU}_h$ とする。層 h に含まれる第1抽出区分 hi ($i = 1, 2, \dots, n_h$)について、以下の確率 p_h

$$p_h = 1 - \frac{1}{2} \frac{1 - f_{1h}}{1 - n_h^{-1}}$$

でそのまま残し、確率 $1 - p_h$ で $\widetilde{PSU}_h$ からランダムに選んだ他の第1抽出区分と入れ替える。

ステップ2

第1抽出区分 hi から $m_{hi} - 1$ 個の第2抽出区分をランダムに復元抽出した集合を $\widetilde{SSU}_{hi}$ とする。ステップ1でそのまま残した区分 hi に含まれる第2抽出区分 hij ($j = 1, 2, \dots, m_{hi}$)について、以下の確率 q_{hi}

$$q_{hi} = 1 - \frac{1}{2} \frac{f_{1h}}{p_h^{-1}} \frac{1 - f_{2hi}}{1 - m_{hi}^{-1}}$$

でそのまま残し、確率 $1 - q_{hi}$ で $\widetilde{SSU}_{hi}$ からランダムに選んだ他の第2抽出区分と入れ替える。

ステップ3

第2抽出区分 hij から $l_{hij} - 1$ 個の標本をランダムに復元抽出した集合を $\widetilde{USU}_{hij}$ とする。区分 hij に含まれる標本 $hijk$ ($k = 1, 2, \dots, l_{hij}$)について、以下の確率 r_{hij}

$$r_{hij} = 1 - \frac{1}{2} \frac{f_{1h}}{p_h^{-1}} \frac{f_{2hi}}{q_{hi}^{-1}} \frac{1 - f_{3hij}}{1 - l_{hij}^{-1}}$$

でそのまま残し、確率 $1 - r_{hij}$ で $\widetilde{USU}_{hij}$ からランダムに選んだ他の標本と入れ替える。

BBE と他の手法の比較

- Saigo (2010) で BBE を含めた 4 種類のブートストラップ法を比較

- Bernoulli Bootstrap
- Mirror-Match Bootstrap (BMM) : Sitter (1992a)
- Rescaling Bootstrap (BRS) : Rao and Wu (1988)
- Without-Replacement Bootstrap (BWO) : Sitter (1992b)

⇒ 2 パターンの母集団から層化 3 段抽出を行ったサンプルを用意
4 種類のブートストラップ法で分散及び分位点を推定



- 1 段目の各層の相関が小さい場合、手法ごとの結果に大きな違いはなし
- 1 段目の各層の相関が大きい場合
 - BRSでは推定値の偏りが大きくなる可能性
 - 他の手法での偏りは同程度だが、BBEは推定結果が不安定な可能性
 - BMM, BWO は比較的安定的な結果となるが、計算が複雑
- 前回（第16回）の研究会では BRS の一種で試算を実行
カナダ統計局と同一の手法であり、BBEなど他の手法に比べて計算量が少ないものの、結果精度についてはBBEなど他の手法との比較を行う必要

全国家計構造調査の各抽出段階における抽出率

平成26年調査

抽出段階	抽出対象	標本数	(実際の) 抽出率
都道府県	調査市	(全ての市を調査)	—
	調査町村	1 都道府県あたり 1～17町村	第一四分位 : 0.19 中央値 : 0.25 第三四分位 : 0.34
調査市町村	調査単位区	1 市町村あたり 2～66単位区	第一四分位 : 0.010 中央値 : 0.014 第三四分位 : 0.023
調査単位区	調査世帯	1 単位区あたり 二人以上の世帯 : 11世帯	第一四分位 : 0.10 中央値 : 0.12 第三四分位 : 0.13
		1 単位区あたり 単身世帯 : 1 世帯	第一四分位 : 0.02 中央値 : 0.04 第三四分位 : 0.06

町村では1段階目（町村抽出）の抽出率が高いためBBEの適用が必要

市では1段階目（単位区抽出）の抽出率が低いためBBEを適用する優先度は低い

全国家計構造調査の各抽出段階における抽出率

2019年調査

抽出段階	抽出対象	標本数	(実際の) 抽出率
都道府県	調査市	(全ての市を調査)	—
	調査町村	1 都道府県あたり 1～20町村	第一四分位 : 0.20 中央値 : 0.26 第三四分位 : 0.38
調査市町村	調査単位区	1 市町村あたり 1～90単位区	第一四分位 : 0.004 中央値 : 0.007 第三四分位 : 0.011
調査単位区	調査世帯	1 単位区あたり 二人以上の世帯 : 10世帯	第一四分位 : 0.09 中央値 : 0.14 第三四分位 : 0.21
		1 単位区あたり 単身世帯 : 2世帯	第一四分位 : 0.05 中央値 : 0.09 第三四分位 : 0.15

平成26年調査と同様の傾向

町村では1 段目（町村抽出）の抽出率が高いためBBEの適用が必要

市では1 段目（単位区抽出）の抽出率が低いためBBEを適用する優先度は低い

試算①：平成26年調査結果へのBBEの適用

※各抽出段階における抽出率の計算には平成22年国勢調査結果を使用する。

二人以上の世帯

- 市：層化2段抽出に BBE を適用
市別に調査単位区抽出 → 調査世帯抽出
- 町村：層化3段抽出にBBEを適用
都道府県別に町村抽出 → 調査単位区抽出 → 調査世帯抽出

単身世帯

- 市：市別に層化1段抽出の BBE を適用
1 調査単位区から1世帯のみ抽出しているため、市別に調査世帯抽出
- 町村：層化2段抽出にBBEを適用
都道府県別に町村抽出 → 調査世帯抽出

特殊処理

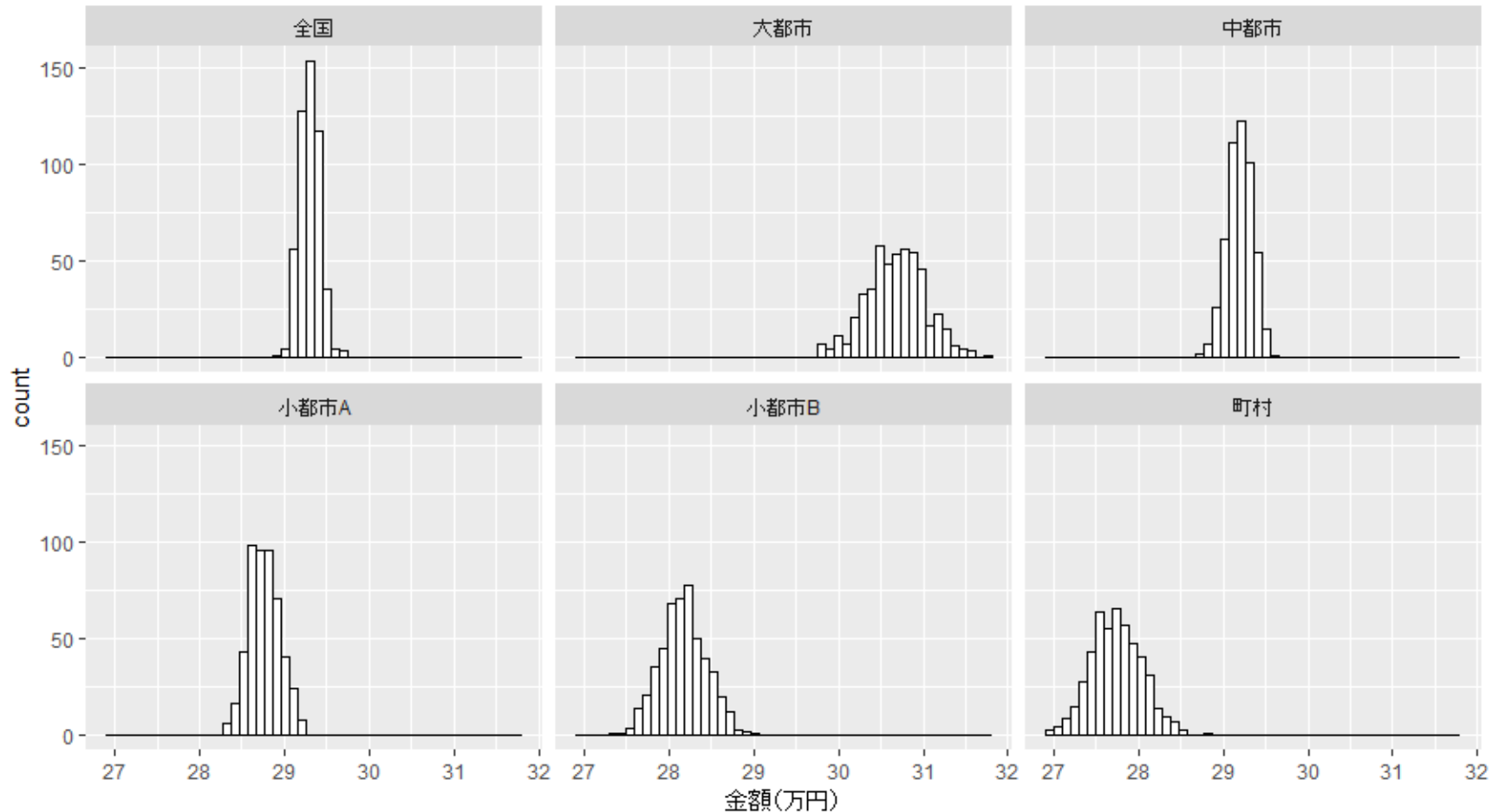
- 各抽出段階において抽出対象が1つしか存在しない場合、別の区分と統合する
例：京都府福知山市は、調査年に起きた豪雨災害などの影響で、集計上の調査単位区が1つのみ
⇒ 同じ都道府県内経済圏に属する舞鶴市と統合して調査単位区抽出を実行

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



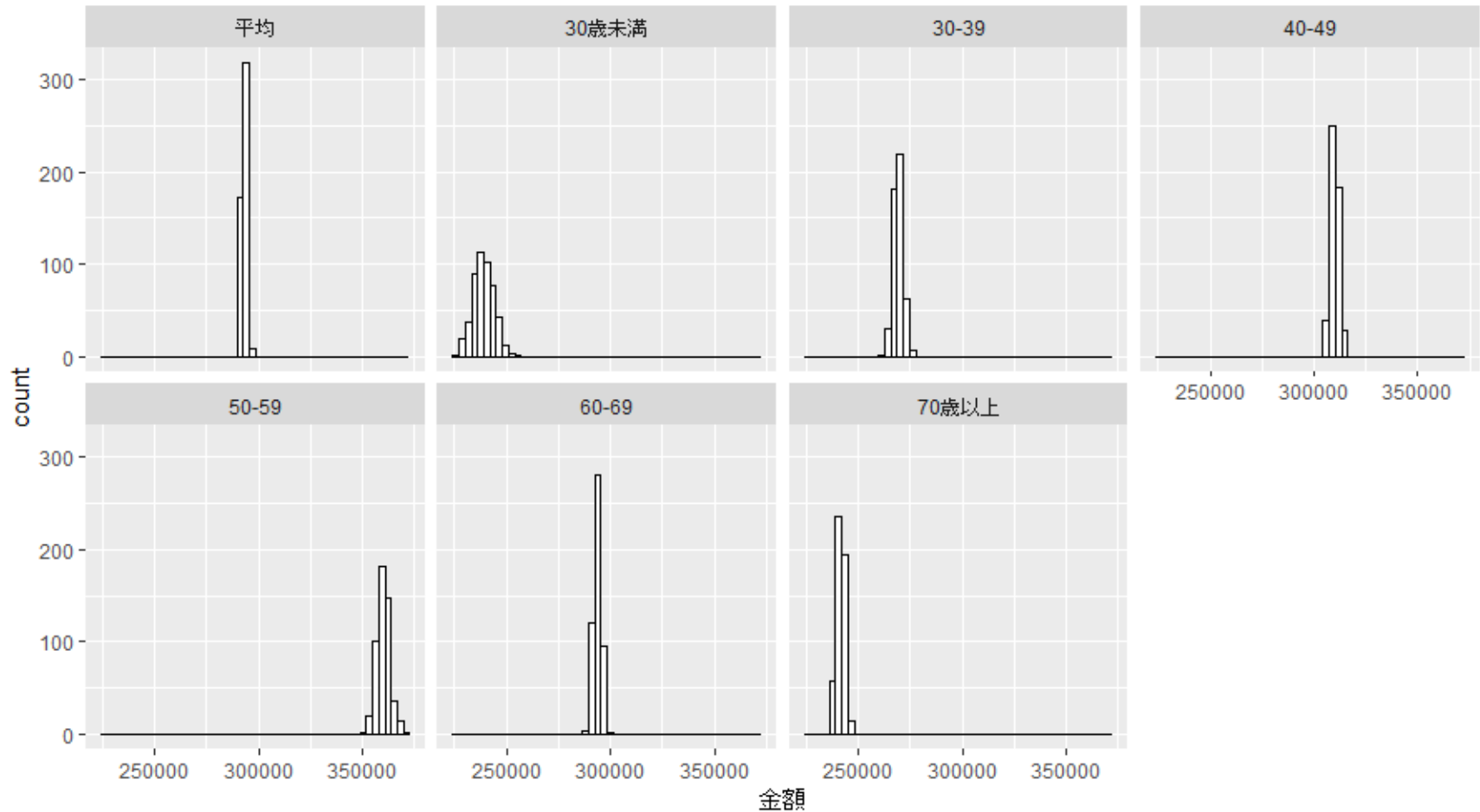
おおむね正規分布に近い形であり、分布の標準偏差を、標準誤差の推定値と見なす。

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：世帯主の年齢階級別



試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

消費支出（二人以上の世帯）

注1 塗りつぶし箇所の数値は現時点での試算値であり、
公式の結果ではないことに注意

(B=500)

世帯属性		集計世帯数 注2	平均値注2 (円)	ブートストラップ 平均のバイアス (円)		標準誤差率 (%)		
				BRS	BBE	公表値	BRS	BBE
平均		49,647	292,882	—	116	0.4	—	0.40
勤労者世帯		27,075	313,747	—	78	0.5	—	0.50
都市階級	大都市	6,197	306,579	▲ 35	95	1.1	1.09	1.13
	中都市	20,370	291,864	▲ 45	47	0.5	0.51	0.51
	小都市A	12,607	287,551	6	74	0.6	0.67	0.61
	小都市B	6,048	281,404	▲ 49	95	1.0	1.02	0.96
	町村	4,425	277,263	—	175	1.3	—	1.09
世帯主の年齢階級	30歳未満	963	239,092	—	▲ 153	2.0	—	2.11
	30～39	5,552	269,090	—	111	0.8	—	0.87
	40～49	9,415	310,159	—	▲ 151	0.7	—	0.64
	50～59	9,346	359,718	—	274	0.9	—	0.87
	60～69	12,674	293,804	—	10	0.7	—	0.62
	70歳以上	11,697	241,300	—	156	0.7	—	0.81

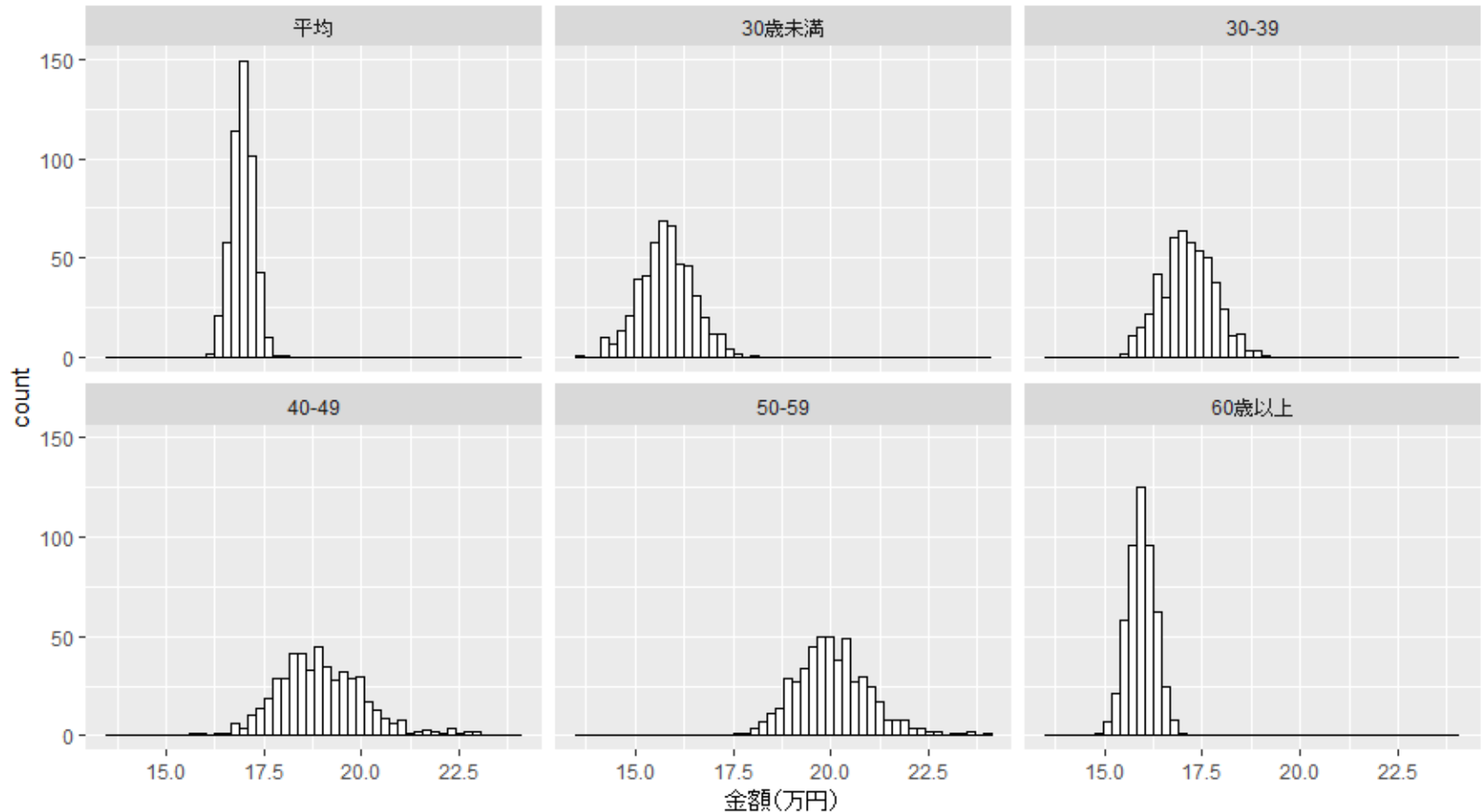
注2 「小都市B」及び「町村」の集計世帯数及び平均値は集計用個別データから計算、他の平均値は公表値

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

消費支出（単身世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：年齢階級別



二人以上の世帯と同様に、おおむね正規分布に近い形となっている。

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

消費支出（単身世帯）

注1 塗りつぶし箇所の数値は現時点での試算値であり、
公式の結果ではないことに注意

(B=500)

世帯属性		集計世帯数	平均値 ^{注2} (円)	ブートストラップ 平均のバイアス (円)	標準誤差率 (%)	
				BBE	公表値	BBE
平均		4,561	169,545	20	1.5	1.7
勤労者世帯		1,440	183,179	275	2.0	2.4
年齢階級	30歳未満	201	157,796	181	2.9	4.3
	30～39	204	171,004	163	3.9	3.9
	40～49	283	189,880	▲ 177	4.9	6.0
	50～59	503	200,437	▲ 93	3.6	4.8
	60歳以上	3,372	159,352	▲ 65	2.1	2.1

注2 年齢階級別の集計世帯数及び平均値は集計用個別データから計算

サンプルサイズの大きな区分ではおおむね一致。

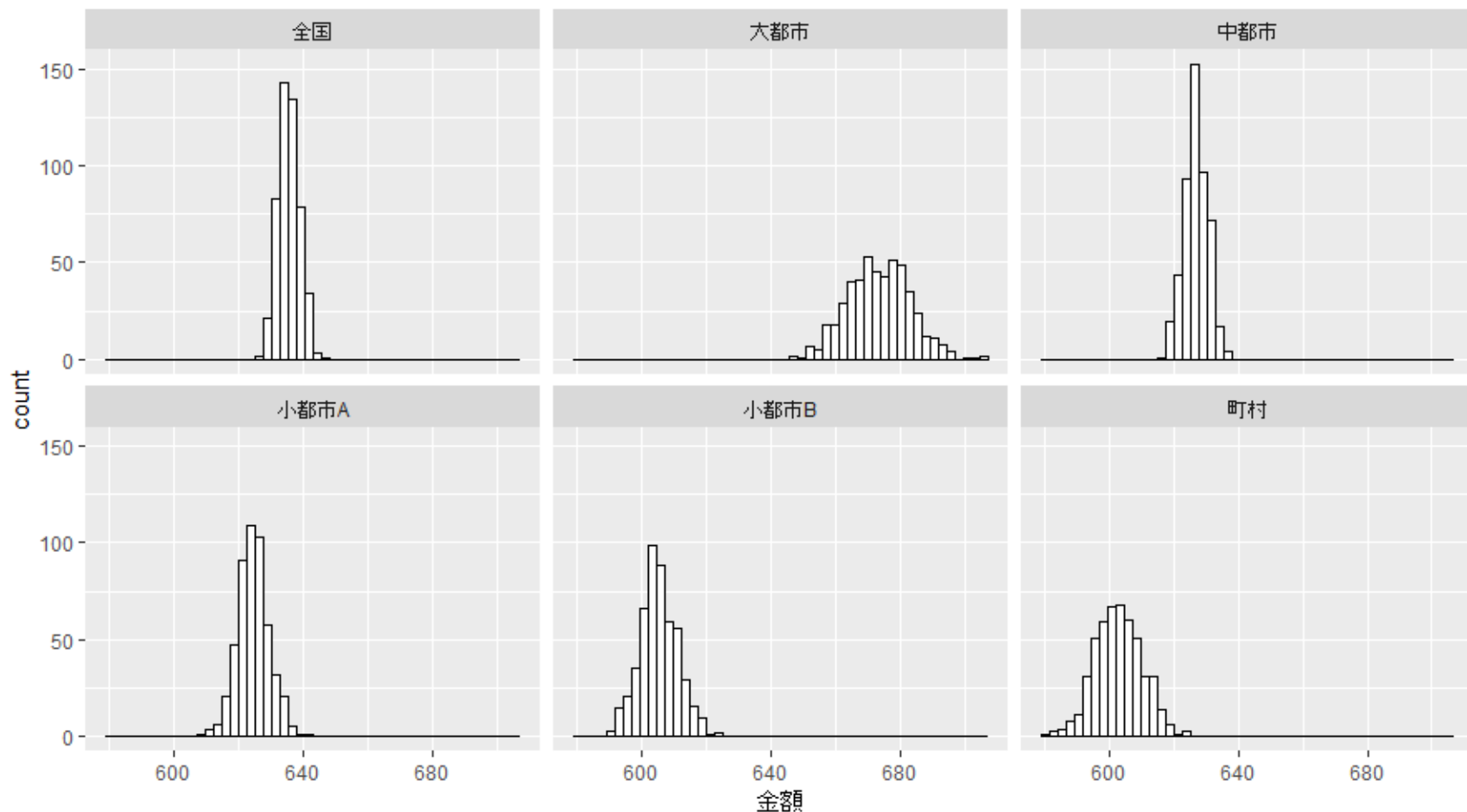
一方でサンプルサイズの小さな区分では公表値に比べて誤差が大きくなる傾向が見られる。

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

年間収入（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



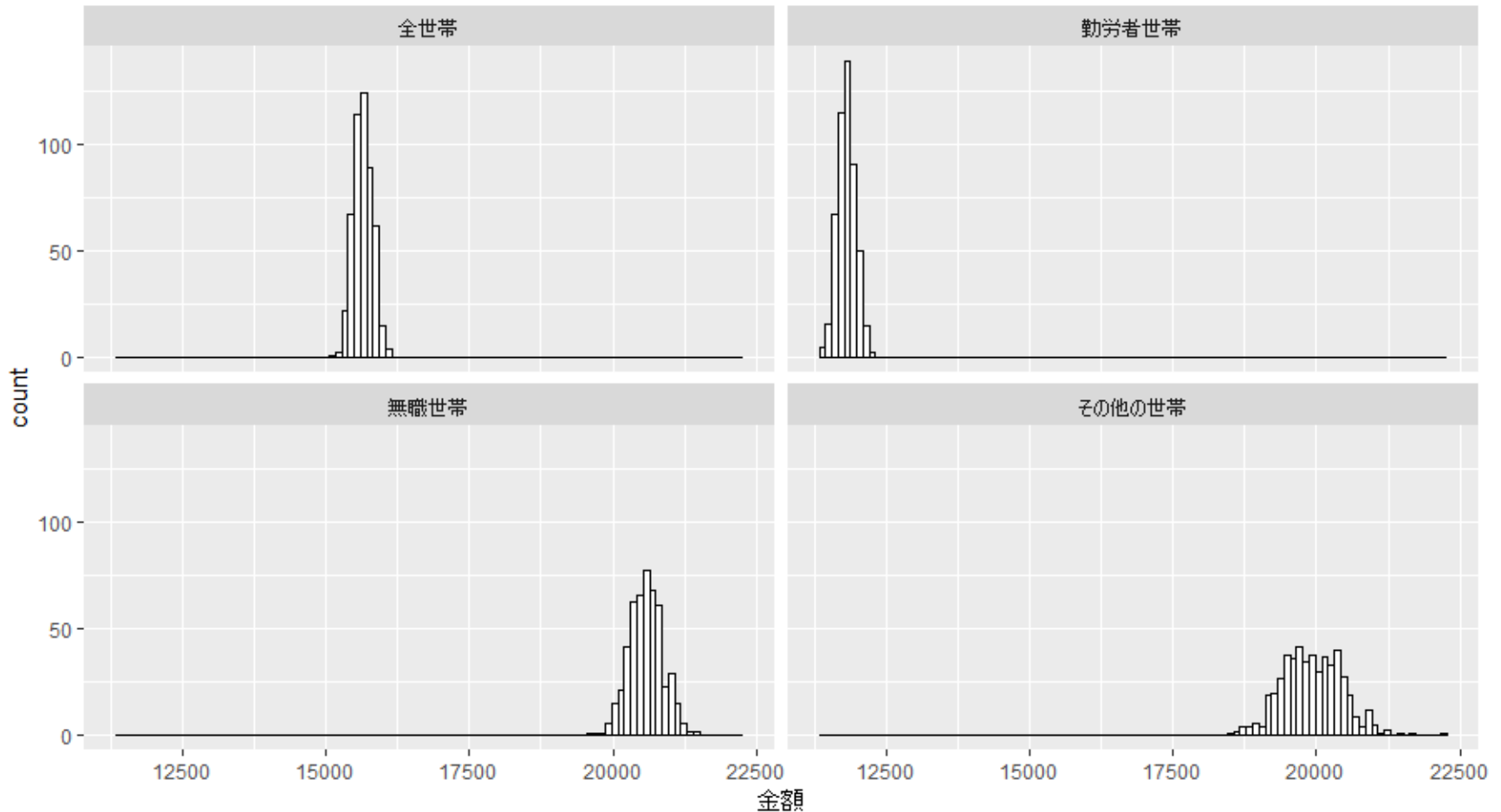
消費支出と同様、正規分布に近い傾向

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

貯蓄現在高（二人以上の世帯）

（B=500）

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：世帯区分別



全世帯、勤労者世帯については消費支出や年間収入と同様の傾向

試算①結果（平成26年全国消費実態調査結果）

年収・貯蓄（二人以上の世帯）

注1 塗りつぶし箇所の数値は現時点での試算値であり、
公式の結果ではないことに注意

(B=500)

項目	世帯属性		集計世帯数 注2	平均値注2 (千円)	ブートストラップ 平均のバイアス (千円)	標準誤差率 (%)	
					BBE	公表値	BBE
年間収入（家計収支に関する結果）	平均		49,647	6,352	3	0.5	0.50
	勤労者世帯		27,075	7,022	2	0.4	0.46
	都市階級	大都市	6,197	6,728	6	1.3	1.46
		中都市	20,370	6,265	1	0.6	0.58
		小都市A	12,607	6,242	3	0.7	0.78
		小都市B	6,048	6,055	▲ 3	1.0	0.97
		町村	4,425	6,021	5	1.3	1.22
	世帯主の年齢階級	30歳未満	963	4,608	1	1.5	1.62
		30～39	5,552	6,003	4	0.8	0.92
		40～49	9,415	7,263	▲ 0	0.7	0.75
		50～59	9,346	8,403	2	0.8	0.80
		60～69	12,674	6,037	4	1.0	1.09
		70歳以上	11,697	4,637	3	1.0	1.07
貯蓄現在高	平均		47,621	15,649	▲ 8	1.1	1.03
	勤労者世帯		26,078	11,813	▲ 6	1.2	1.30

注2 「小都市B」及び「町村」の集計世帯数及び平均値は集計用個別データから計算、他の平均値は公表値

試算②：2019年調査結果への適用

※各抽出段階における抽出率の計算には平成27年国勢調査結果を使用する。

二人以上の世帯

- 抽出方法は平成26年調査結果と同様
- 基本調査＋特別調査、簡易調査について、それぞれ独立に抽出

ただし、基本＋特別調査と簡易調査を分離して標本設計を行っている関係上、1つの調査単位区しか抽出されていない市町村が平成26年調査より多く存在するため、完全な標本設計どおりの再抽出を行うことは難しく、複数の市町村の統合が必要。

単身世帯

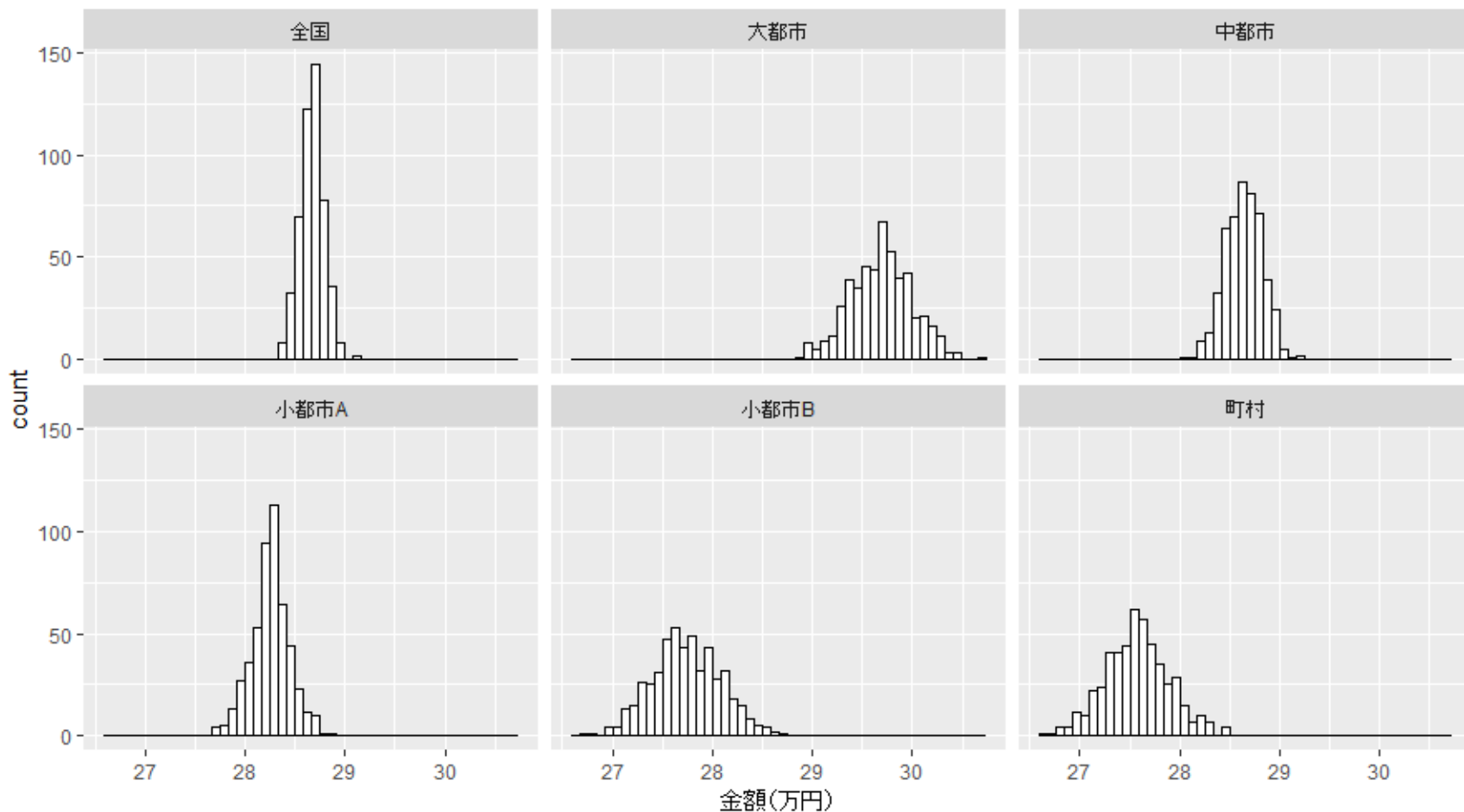
- モニター調査を除き、抽出方法は平成26年調査結果と同様
調査単位区あたりの標本世帯数が2世帯となっており、二人以上の世帯の場合と同様に抽出することも可能だが、結果的に集計対象が1世帯となっている場合も多く、統合する単位区が多く発生するため、便宜平成26年と同様に行う。
- モニター調査：都道府県別に単純なブートストラップ法を適用
- 基本調査＋特別調査、簡易調査、モニター調査について、それぞれ独立に抽出

試算②結果（2014年遡及集計結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



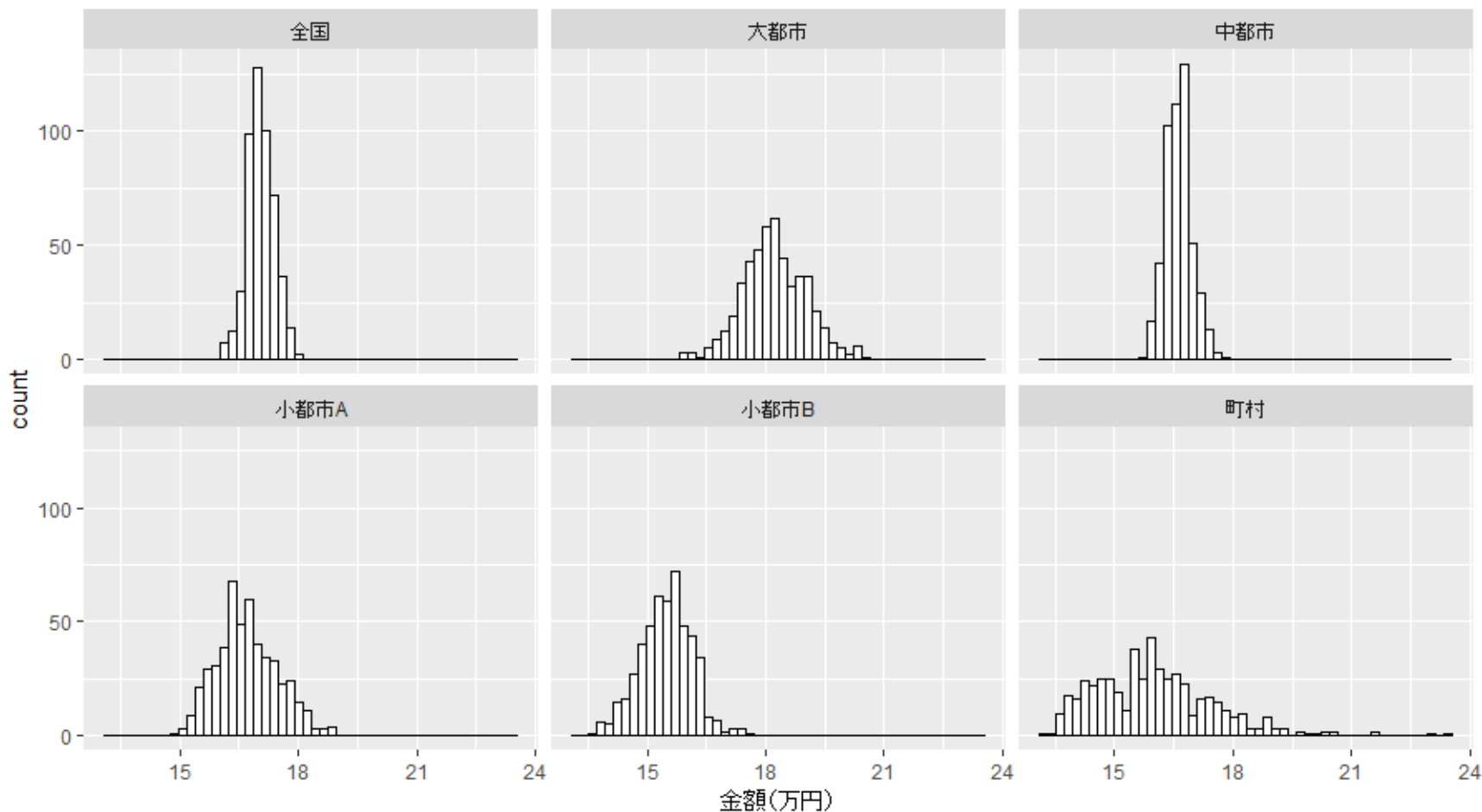
平成26年調査データを使用した場合と大きくは変わらない。

試算②結果（2014年遡及集計結果）

消費支出（モニター含む単身世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



一部の区分で正規分布から外れた分布となっている → リサンプリングを増やすことで安定？

試算②結果（2014年遡及集計結果）

消費支出

注 塗りつぶし箇所の数値は現時点での試算値であり、
公式の結果ではないことに注意

(B=500)

世帯属性			集計世帯数 (概数)	平均値 (円)	ブートストラップ平均の バイアス (円)	標準誤差率 (%)	(参考) 平成26年調査と 形式的に同じ計算 を行った場合の 標準誤差率 (%)
			公表値	公表値	BBE	BBE	
二人以上の世帯	平均		49,950	286,684	16	0.42	—
	都市階級	大都市	6,250	296,688	140	1.03	(1.08)
		中都市	20,490	286,297	49	0.64	(0.60)
		小都市A	12,680	282,586	▲ 20	0.67	(0.69)
		小都市B	6,070	277,480	▲ 74	1.23	(1.09)
		町村	4,450	275,933	▲ 229	1.15	(1.37)
単身世帯	平均		6,460	170,587	▲ 245	1.98	—
	都市階級	大都市	1,420	180,720	▲ 444	4.42	—
		中都市	2,470	166,787	▲ 402	1.99	—
		小都市A	1,450	165,040	61	4.61	—
		小都市B	600	154,835	643	4.27	—
		町村	510	173,033	▲ 455	8.84	—

単身世帯では集計世帯数と比較して誤差が大きい

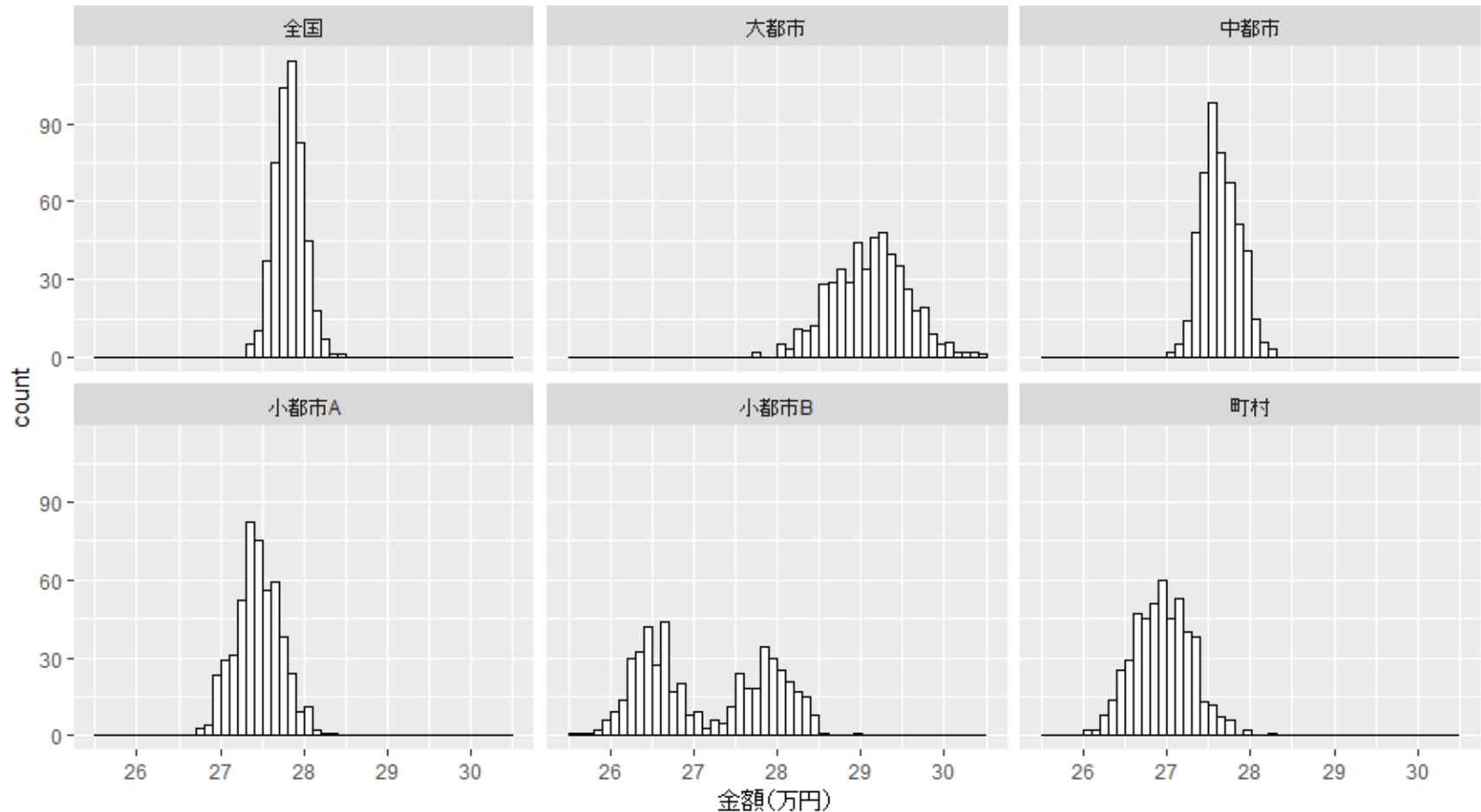
→ 2014年遡及集計ではモニター世帯数が少ない県が存在することが要因か

試算②結果（2019年結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



小都市Bで正規分布から大きく外れた結果

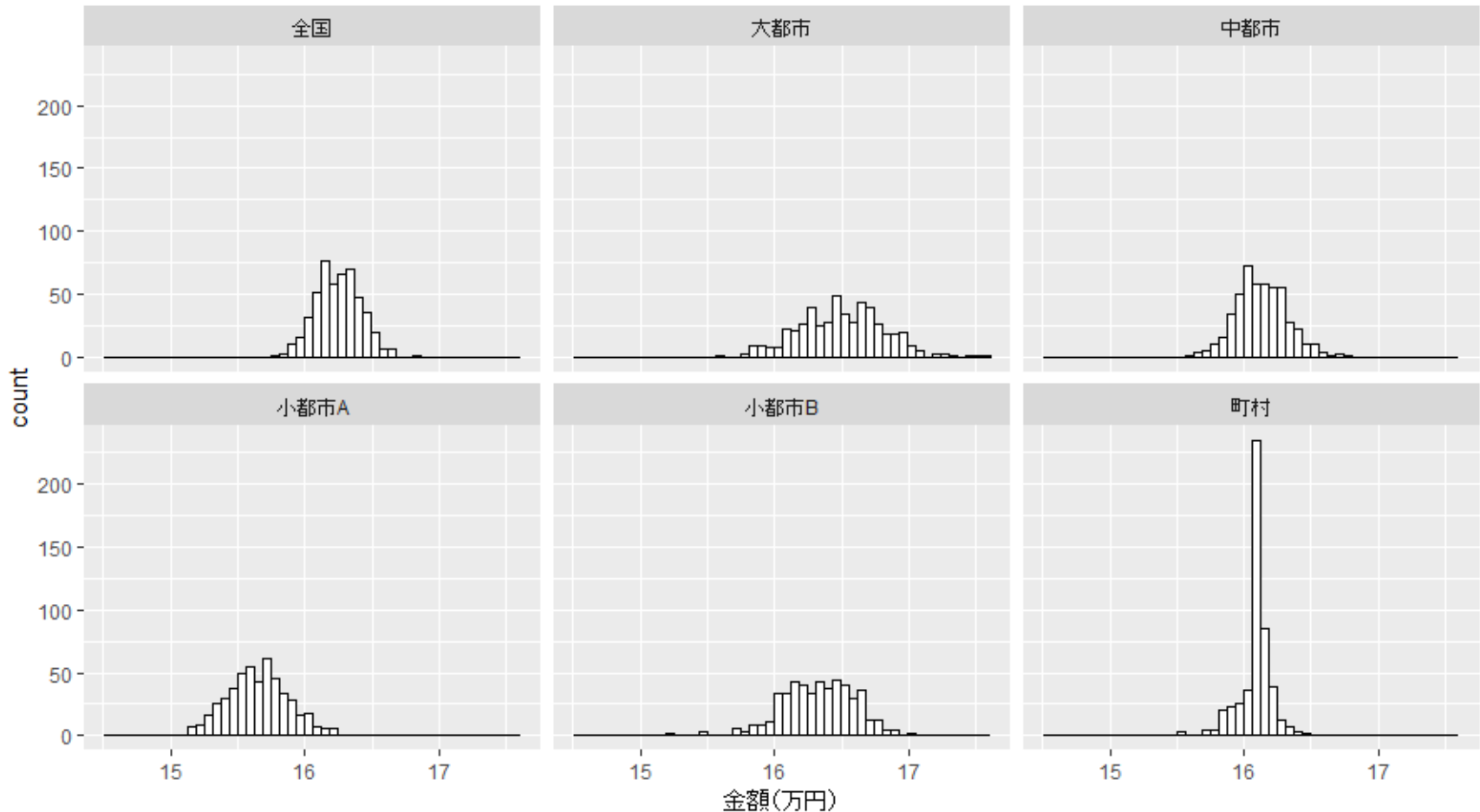
→ 支出金額・乗率共に大きい世帯が少数存在することが原因とみられる。

試算②結果（2019年結果）

消費支出（モニター含む単身世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：都市階級別



単峰ではあるが、正規分布からは外れた分布が見られる

試算②結果（2019年結果）

消費支出

注 塗りつぶし箇所の数値は現時点での試算値であり、
公式の結果ではないことに注意

(B=500)

世帯属性			集計世帯数 (概数)	平均値 (円)	ブートストラップ平均の バイアス (円)	標準誤差率 (%)	(参考) 平成26年調査と 形式的に同じ計算 を行った場合の 標準誤差率 (%)
			公表値	公表値	BBE	BBE	
二人以上の世帯	平均		31,930	279,066	▲ 850	0.62	—
	都市階級	大都市	3,690	291,143	▲ 72	1.56	(1.56)
		中都市	13,020	276,443	▲ 76	0.78	(0.76)
		小都市A	6,980	274,505	▲ 18	1.00	(0.94)
		小都市B	4,900	272,222	▲ 642	2.80	(1.54)
		町村	3,350	269,643	▲ 120	1.29	(1.90)
単身世帯	平均		8,370	160,154	2,308	1.02	—
	都市階級	大都市	1,480	164,319	629	1.91	—
		中都市	3,220	163,022	▲ 1,760	1.16	—
		小都市A	1,800	152,954	3,517	1.50	—
		小都市B	1,070	153,002	10,049	2.03	—
		町村	800	151,337	9,483	0.79	—

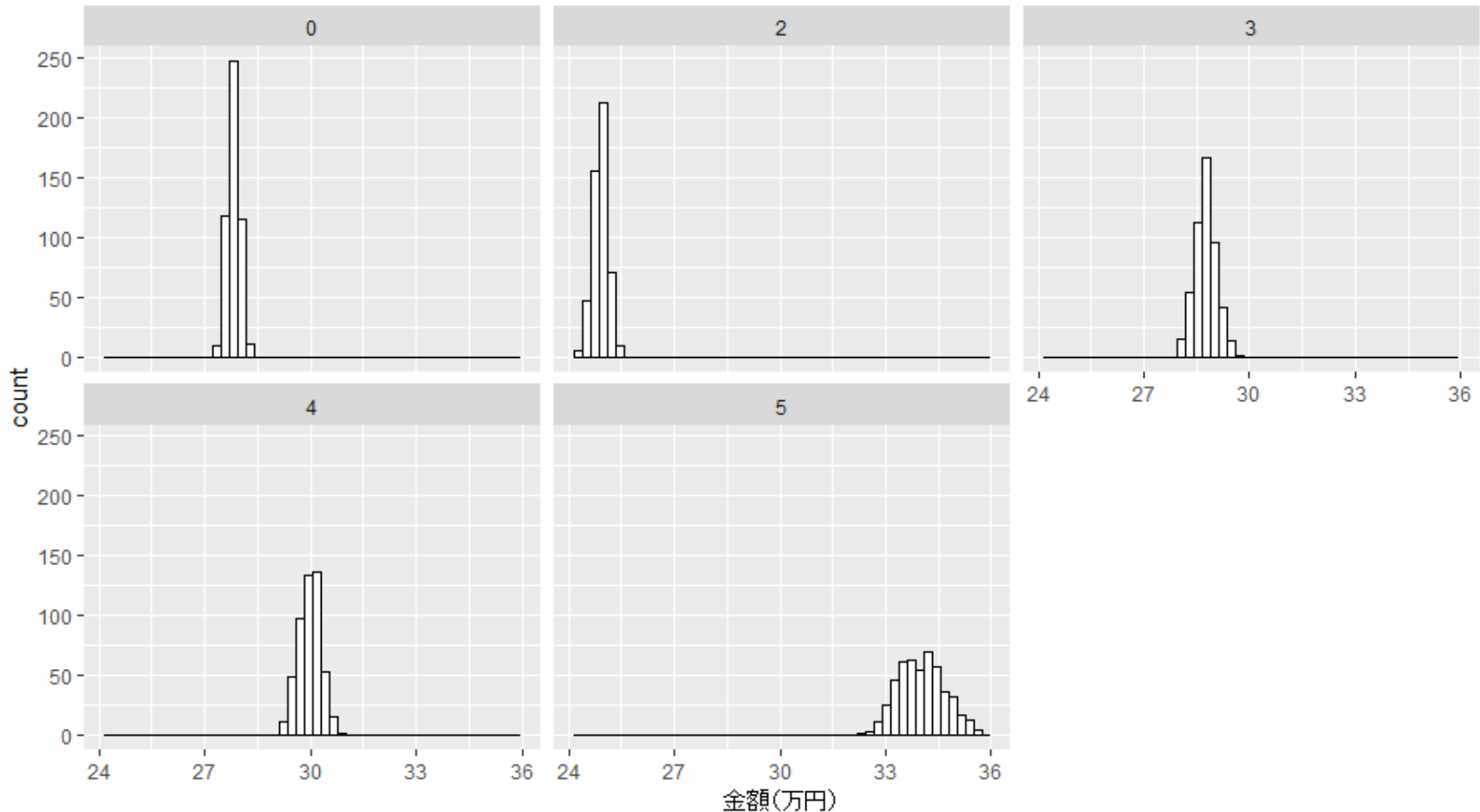
正規分布からの歪みが大きい区分で、集計世帯数と比較して誤差が過大又は過少の傾向

試算②結果（2019年結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：世帯人員階級別



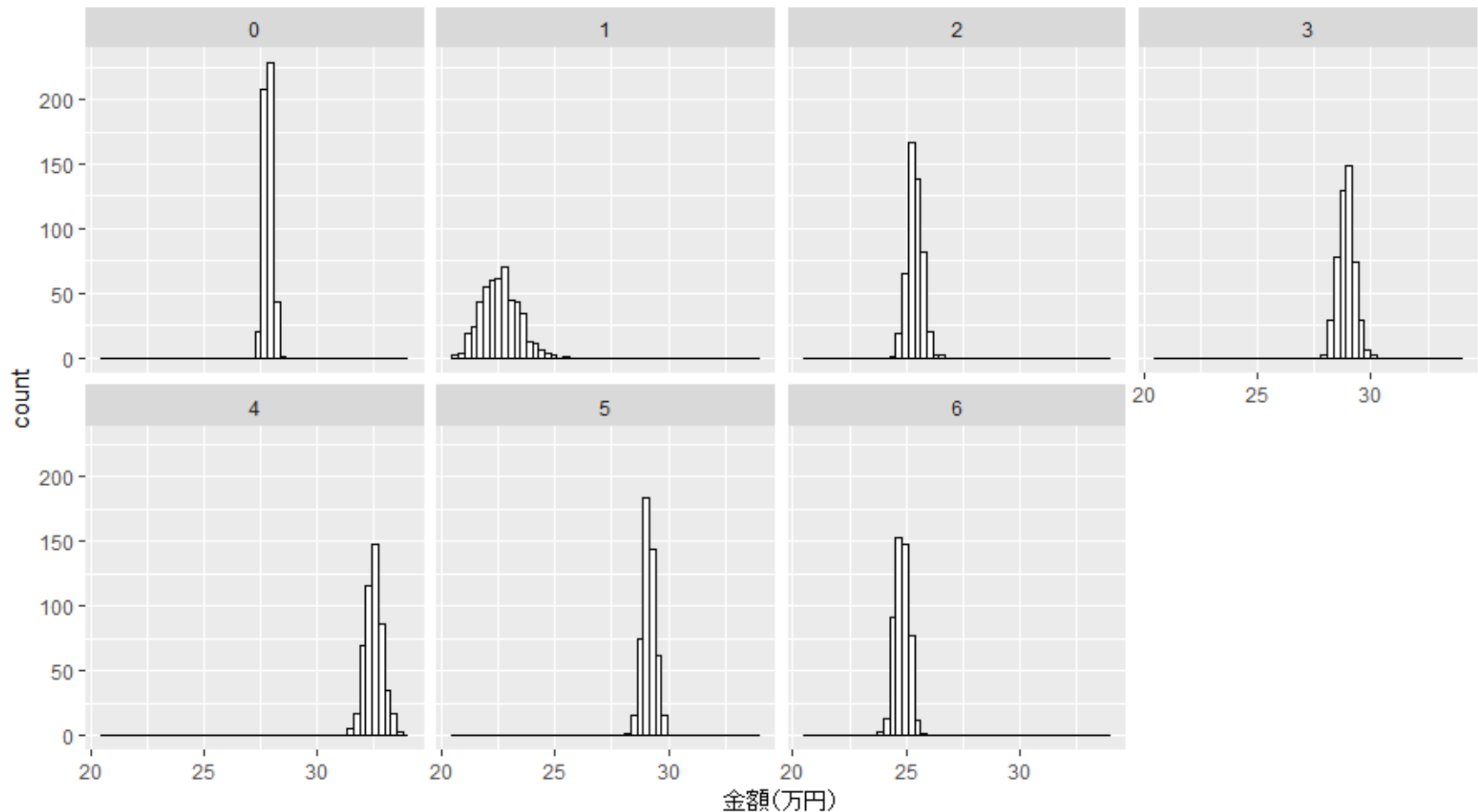
都市階級別であったような、大きな分布の歪みは見られない。

試算②結果（2019年結果）

消費支出（二人以上の世帯）

(B=500)

ブートストラップ標本平均の分布図（BBE の結果）：世帯主の年齢階級別



世帯人員階級別と同様に、大きな分布の歪みは見られない。

→ 乗率補正と同じ区分については、適切に推定ができている可能性

結果のまとめ

- 全国家計構造調査結果の誤差集計方法として、Funaoka, et al. (2006) における Bernoulli Bootstrap による方法を検討
- 平成26年結果における試算では、二人以上の世帯について、町村以外の都市階級別で公表値をほぼ再現する結果。また、カナダ統計局が採用している手法による試算結果とも整合的。単身世帯についてもサンプルサイズの大きな区分では公表値をほぼ再現。

⇒ 2019年調査において、Bernoulli Bootstrap は十分適用可能と考えられる。

- 2014年遡及集計結果における試算では、二人以上の世帯については大きな問題は見られないものの、単身世帯については集計世帯数に比べて誤差が過大になる傾向が見られた。
- 2019年結果における試算では、都市階級別結果について、ブートストラップ標本平均の分布が大きく歪んでおり、誤差が過大又は過小になっていると考えられる区分が一部で見られた。
一方で、世帯人員階級別や世帯主の年齢階級別結果については、ブートストラップ標本平均の分布が大きく歪んだ区分は見られなかった。

公表へ向けた今後の方針（案）

- 2019年全国家計構造調査結果の誤差集計に用いる手法として、Bernoulli Bootstrap を採用する。
 - ※ モニター調査については単純なブートストラップ法による
 - ※ リサンプリング後のウェイト補正は行わない
 - ※ 標準誤差以外の統計量（信頼区間など）の推定は行わない
- ただし、誤差集計に係る集計区分については十分に検討する必要
- また、平均値の分布に大きな影響を与える世帯の処理方法について検討する必要

（考えられる方法）

- 該当する世帯がブートストラップサンプルに含まれる確率を小さくすることで、ブートストラップ平均の分布に与える影響を小さくする（一種のパラメトリック・ブートストラップと言えるか）
- 該当する世帯を、「外れ値」として元のデータから除いた上で、ブートストラップを行う
- その他

参考文献

- Funaoka, F., Saigo, H., Sitter, R.R. and Toida, T. (2006) "Bernoulli Bootstrap for Stratified Multistage Sampling", Survey Methodology, 32, 2, 151-156
- Rao, J.N.K and Wu, C.F.J (1988) "Bootstrap and other methods to measure errors in survey estimates", Canadian Journal of Statistics, 16, Supplement, 25-45
- Saigo, H. (2010) "Comparing Four Bootstrap Methods for Stratified Three-Stage Sampling", Journal of Official Statistics, 26, 1, 193-207
- Sitter, R.R. (1992a) "A resampling procedure for complex survey data", Journal of the American Statistical Association, 87, 755-765
- Sitter, R.R. (1992b) "Comparing three bootstrap methods for survey data", Canadian Journal of Statistics, 20, 135-154