



家庭CO2統計を活用したエネルギー最終需要モデルの高度化と精度向上

2021年7月1日

大阪大学 大学院工学研究科

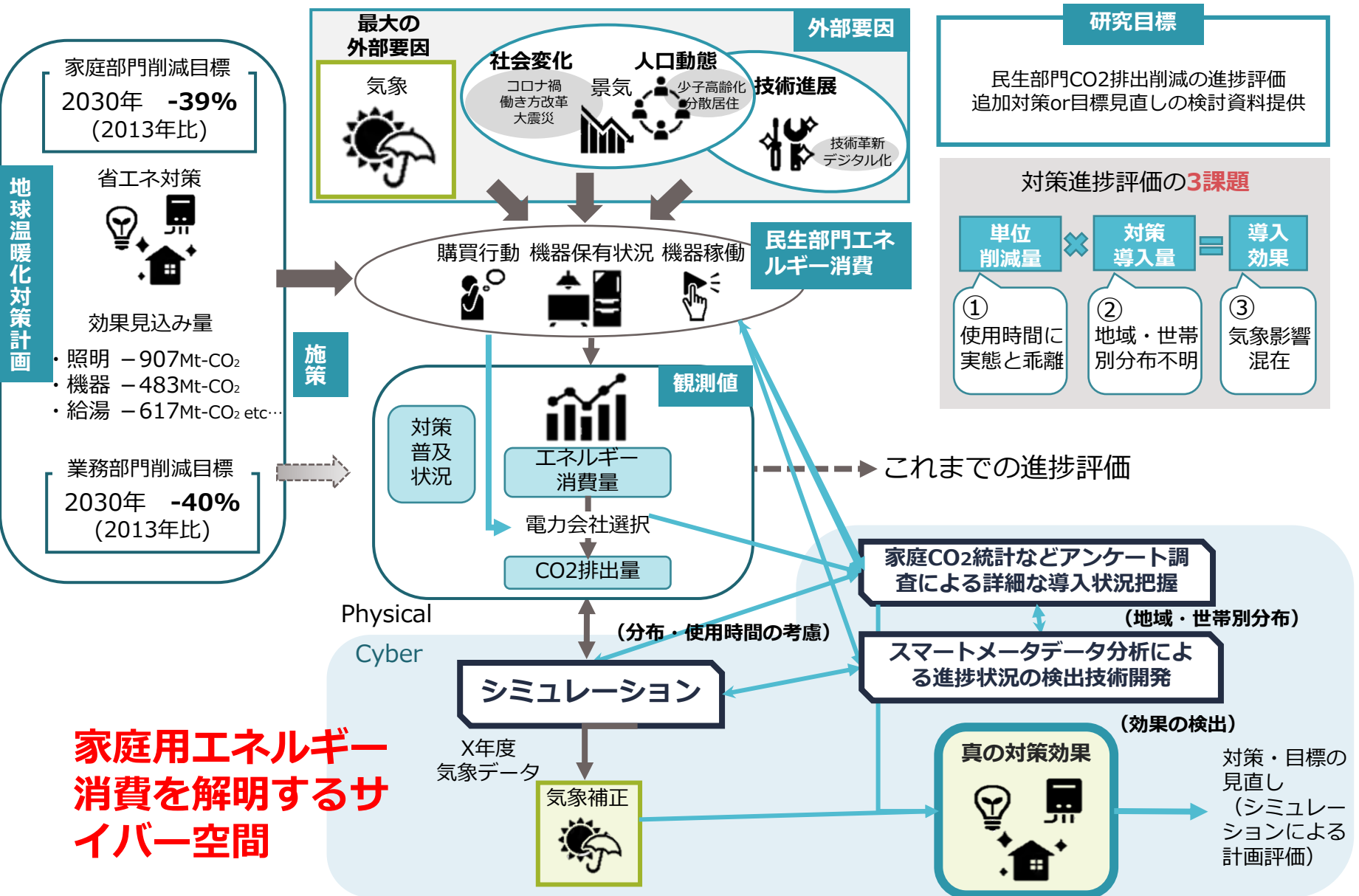
下田 吉之



研究の目的

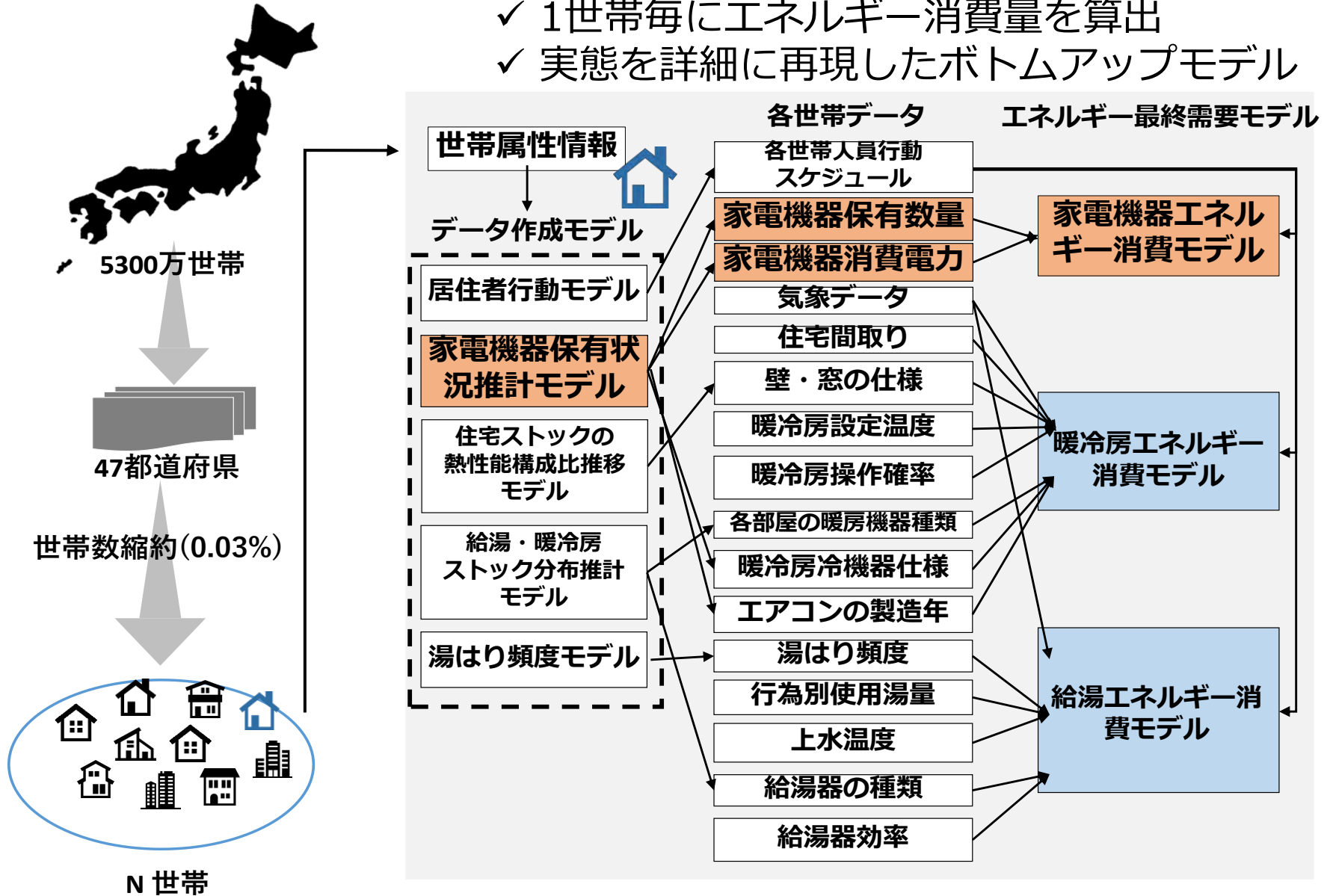
- **シミュレーションの入力条件を決めるための家庭CO2統計利用。**
 - 機器保有状況のばらつきの再現
- **統計調査対象世帯に需要モデルを適用**
 - 需要モデル精度検証(ばらつきの再現)
 - 統計とモデル間の誤差要因分析
- 本研究の内容は的場他：家庭CO2統計とエネルギー最終需要モデルを用いた世帯間エネルギー消費差異の成因に関する研究（エネルギー・資源学会論文誌41巻5号）で発表済みです。

研究の全体像



TREES(Total Residential End-use Energy Simulation)

- ✓ 1世帯毎にエネルギー消費量を算出
- ✓ 実態を詳細に再現したボトムアップモデル



家庭CO2統計の活用

◆ 家庭部門のCO2排出実態統計調査 [家庭CO2統計]:環境省

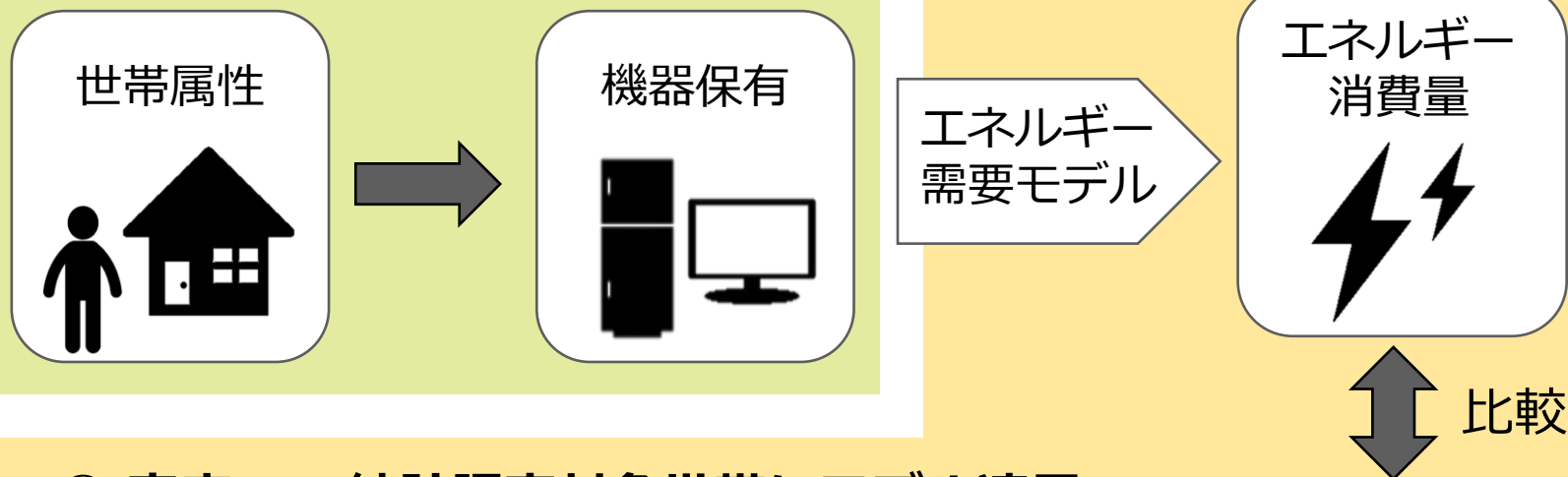
対象地域：日本全国

調査時期：2014年10月～2015年9月の毎月

調査世帯数：16402世帯（集計世帯数：11632世帯）

調査内容：世帯属性、機器保有状況、エネルギー使用量等

① 機器保有状況ばらつきの再現



② 家庭CO2統計調査対象世帯にモデル適用

- ・ モデルの精度検証
- ・ 世帯間の消費差異発生要因の明確化

家電機器保有状況予測モデル開発

各世帯における機器保有状況の把握

① 機器保有状況ばらつきの再現

世帯属性情報

- **地域情報**

居住エリア
都市規模



- **居住者情報**

世帯人数、家族構成
世帯年収、世帯主年齢

- **住宅情報**

住宅形式、住宅所有
延べ床面積、建築時期



機器保有状況

- 保有台数
- 製造時期
- サイズ
- (種類)



対象機器：テレビ・冷蔵庫

手法：多項ロジスティック回帰分析

$$\log \frac{p_i}{p_0} = \alpha_i + \beta_{i1}x_1 + \beta_{i2} + \cdots + \beta_{in}x_n$$

結果 | 機器保有状況予測モデル

◆ 冷蔵庫保有台数回帰分析

	偏回帰係数		p値		偏回帰係数		p値
北海道		0.53	***	高齢者あり		0.60	***
近畿		-0.25	*	三世代		0.75	***
四国		0.21		世帯年収_1000万円以上		0.28	**
九州		0.28	**	世帯主年齢_40代以下		-0.87	***
大都市		-0.18	*	居室数_6室以上		0.54	***
小都市		0.28	***	集合		-0.93	***
世帯人数_1人		-1.39	***	建築時期_1970年以前		0.43	***
世帯人数_2人		-0.58	***	延床面積_120.150m2		0.26	**
世帯人数_5人以上		0.27	*	延床面積_150.200m2		0.63	***
子供の数_0人		0.56	***	延床面積_200m2以上		1.13	***

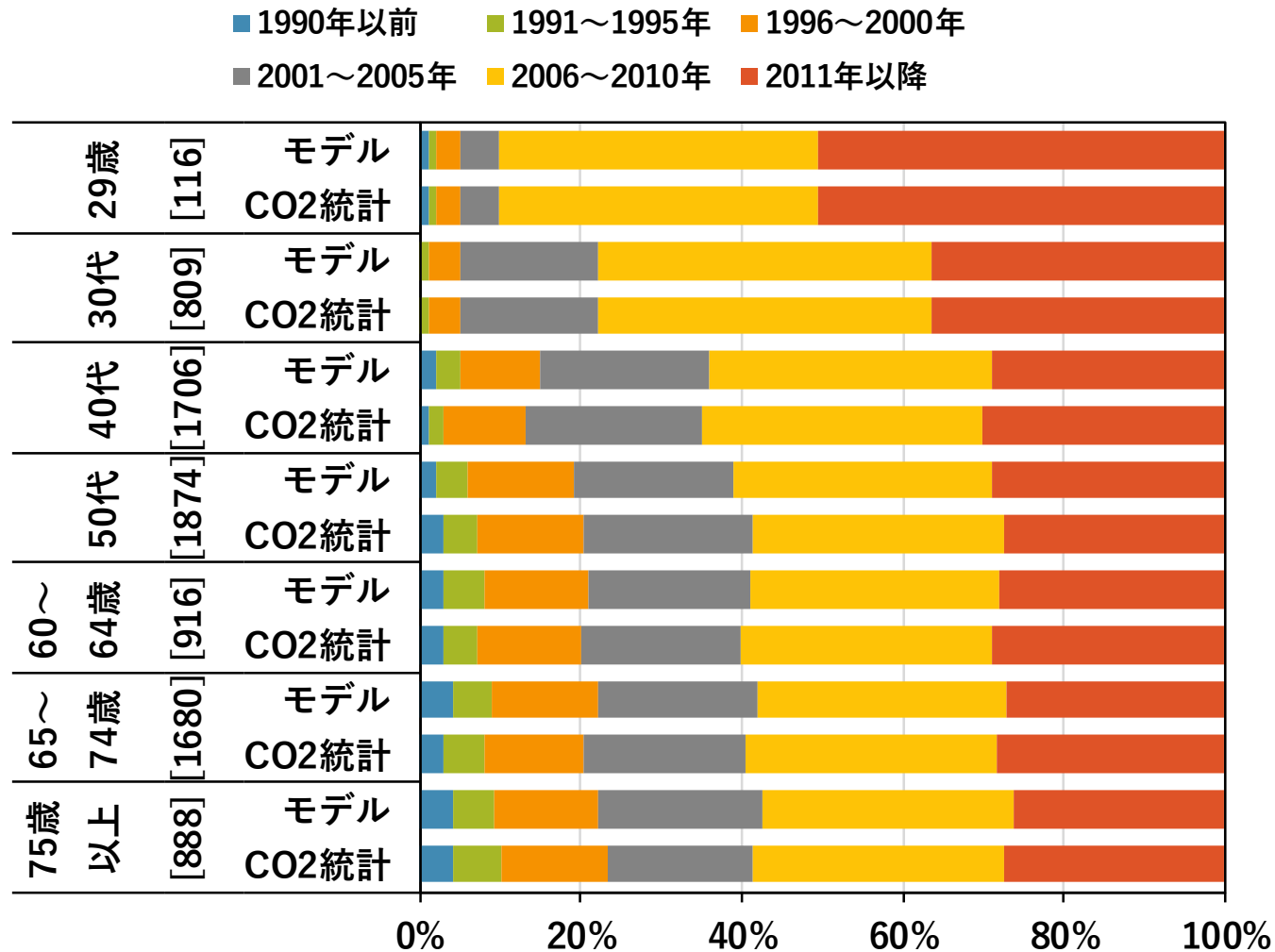
保有台数が増加する傾向にある要因

- 世帯人数が多い
- 高収入
- 延床面積が大きい



設置可能な部屋数や
同時に使用する人数に
より変化

世帯主年齢別冷蔵庫1台目製造時期



(※[]内数字:カテゴリーサンプル数)

結果 | 機器保有状況予測モデル

◆ テレビ製造時期回帰分析

	2001～2005年		2006～2010年		2011年～	
	偏回帰係数	p値	偏回帰係数	p値	偏回帰係数	p値
(Intersept)	0.84 ***		2.62 ***		2.06 ***	
沖縄	0.16 *		0.15 *		0.18 *	
十歳未満あり	0.2 *		0.24 **		0.19 *	
世帯年収_250万円以下	-0.15 *		-0.16 **		-0.05	
世帯年収_250.500万円	-0.15 *		-0.2 ***		-0.16 **	
世帯主年齢_39歳以下	-0.02		0.12		0.11	
世帯主年齢_65.74歳	-0.02		-0.06		-0.11 *	
世帯主年齢_75歳以上	-0.05		-0.13 **		-0.11 *	
賃貸その他	0.1		0.14		0.24 ***	
建築時期_1981.1990年	-0.17 **		-0.05		-0.06	
建築時期_2001年.2005年	0.38 ***		0.22 **		0.21 **	
建築時期_2006年.2010年	0.08		0.32 ***		0.14	
建築時期_2011年以降	0.02		0.17		0.37 ***	
延床面積_40.60m2	-0.17 *		-0.06		-0.05	

製造時期が古い傾向にある要因

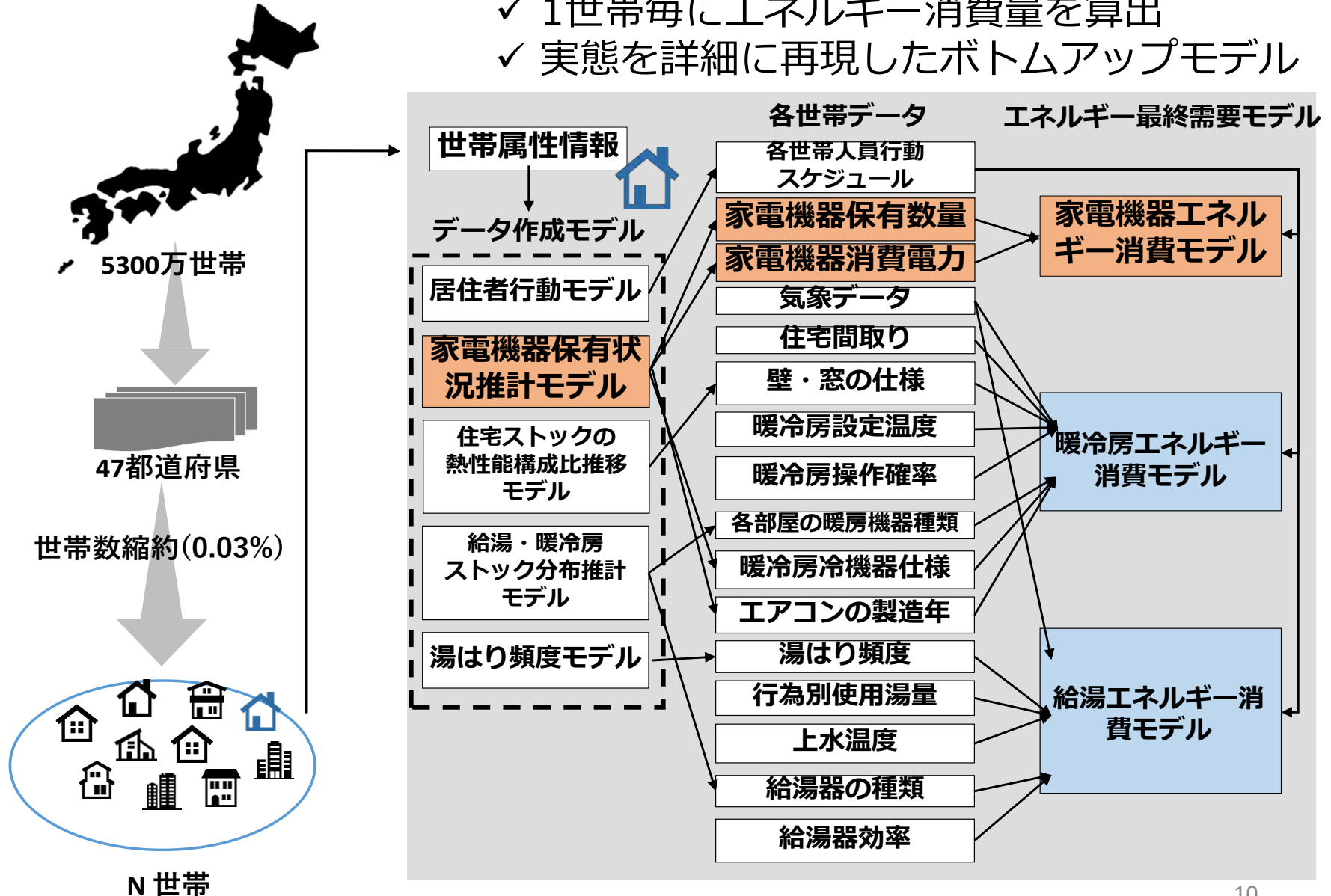
- 低収入
- 高齢者(65歳以上)の存在
- 住宅の建築時期が古い



機器買い替えに消極的
買い替えのタイミング
の有無(引越し等)

TREES(Total Residential End-use Energy Simulation)

- ✓ 1世帯毎にエネルギー消費量を算出
- ✓ 実態を詳細に再現したボトムアップモデル

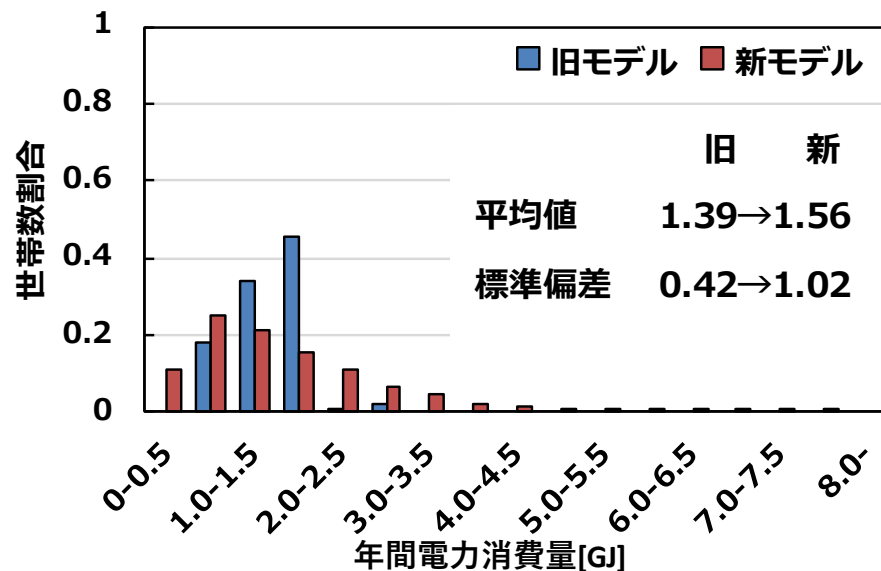


機器保有考慮による効果

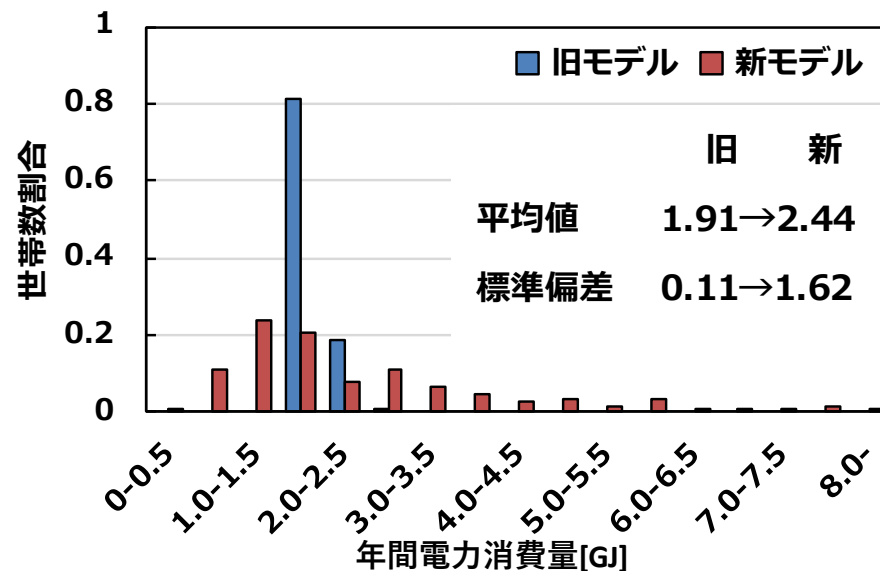
旧モデル：都道府県別ストック平均効率

新モデル：機器保有状況予測モデルによる予測性能

テレビ



冷蔵庫



多消費世帯の特徴

- ・ 保有台数多い
- ・ 製造時期古い



以前に比べて
機器消費電力のばらつき
を再現可能となった

多消費世帯の特徴

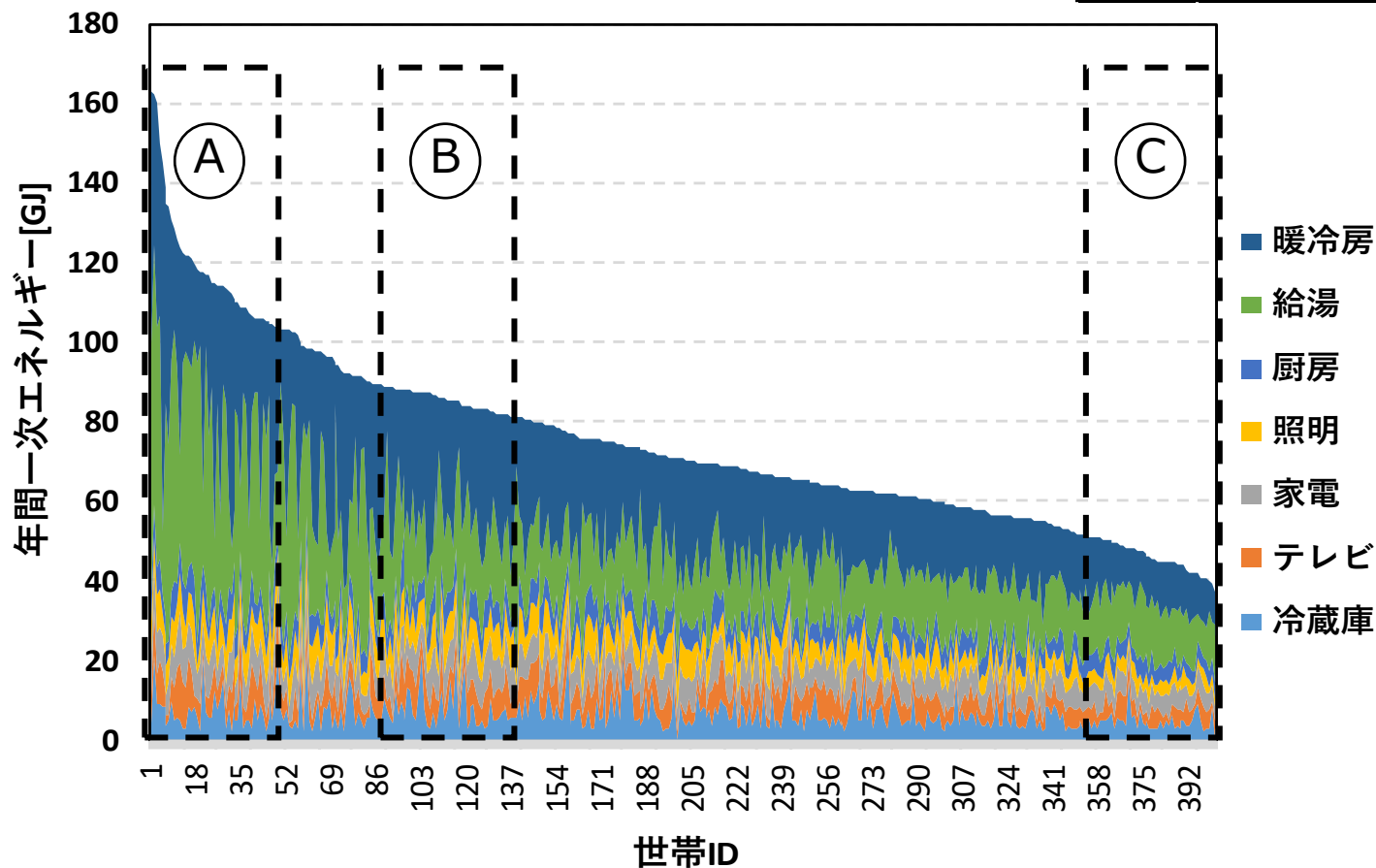
年間一次エネルギー消費量内訳(消費量の大きい世帯から降順に並び替え)

➡世帯IDのより小さい世帯を**多消費世帯**と定義

対象：近畿地方2652世帯

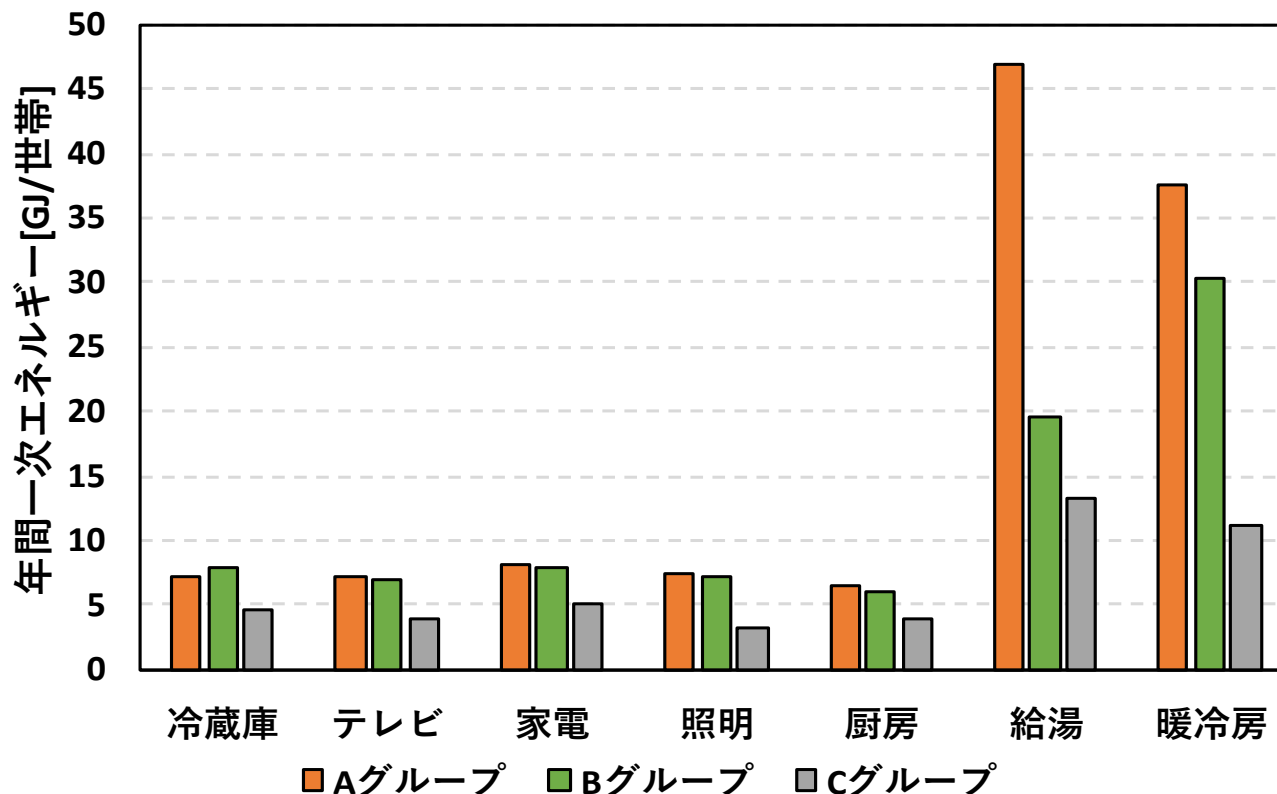
4人世帯のみ抽出(403世帯)

①	上位45世帯
②	上位91~135世帯
③	下位45世帯



多消費世帯の特徴

◆ 各グループ用途別エネルギー消費量の世帯平均値



Aグループ

- すべての用途でエネルギー消費量大
- 給湯用途の影響大(電気温水器)

Bグループ

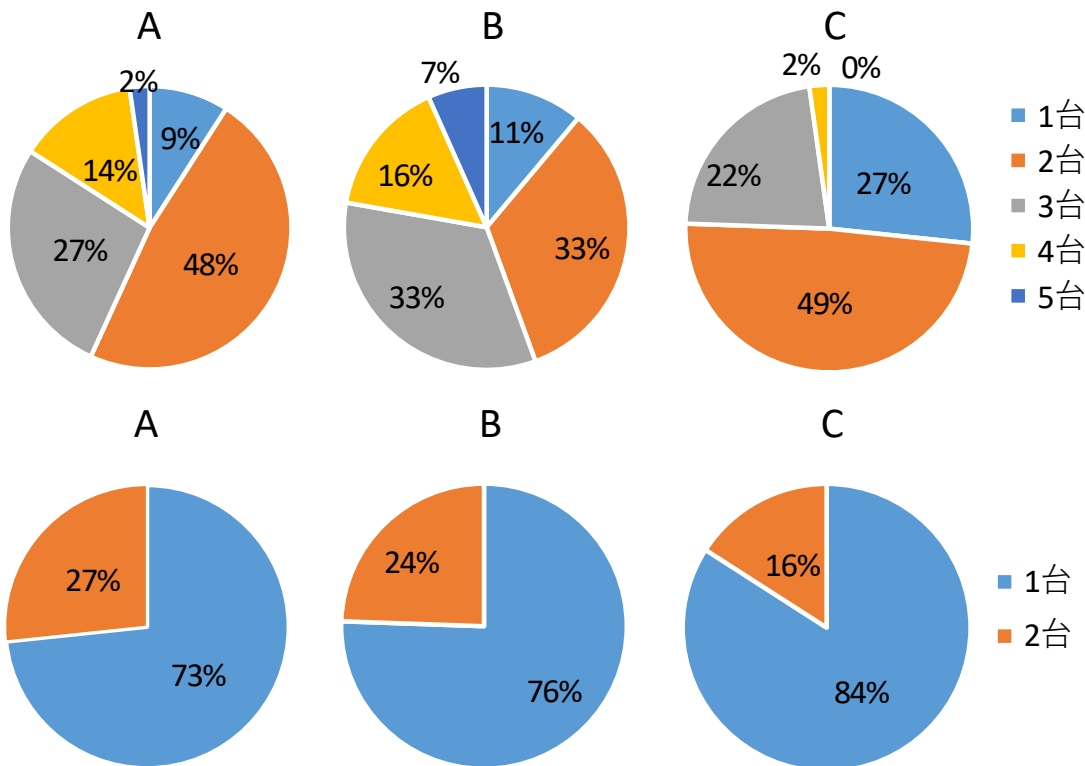
- 給湯以外はAと大きな差はなし
- 機器の保有や使用により占める割合大

Cグループ

- すべての用途でエネルギー消費量小

多消費世帯と機器保有数量の関係

◆ テレビと冷蔵庫のグループ別世帯平均保有数量



テレビ

✓ A,Bグループ
半数前後の世帯で
保有台数3台以上

✓ Cグループ
7割以上の世帯は2台以下

冷蔵庫

✓ A,Bグループ
2割以上の世帯が2台保有

- ・ 基本的に24時間稼働
- ・ 電力消費量が大きい



全国の冷蔵庫2台所有を解消すると…

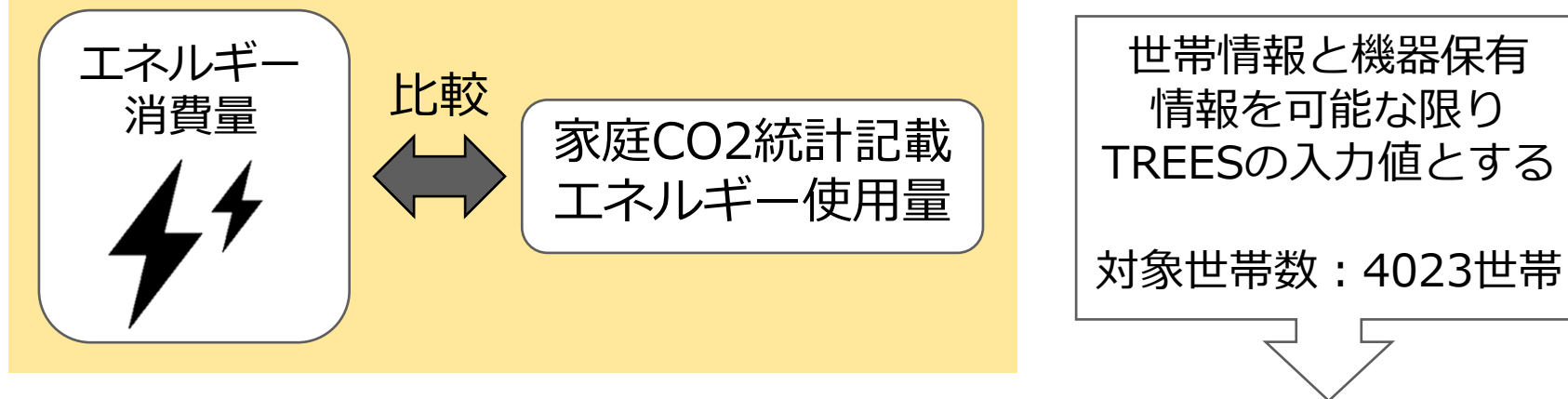
45.3PJ/年

削減

➡我が国の家庭部門全エネルギー消費量の**1.5%**に相当

計算条件

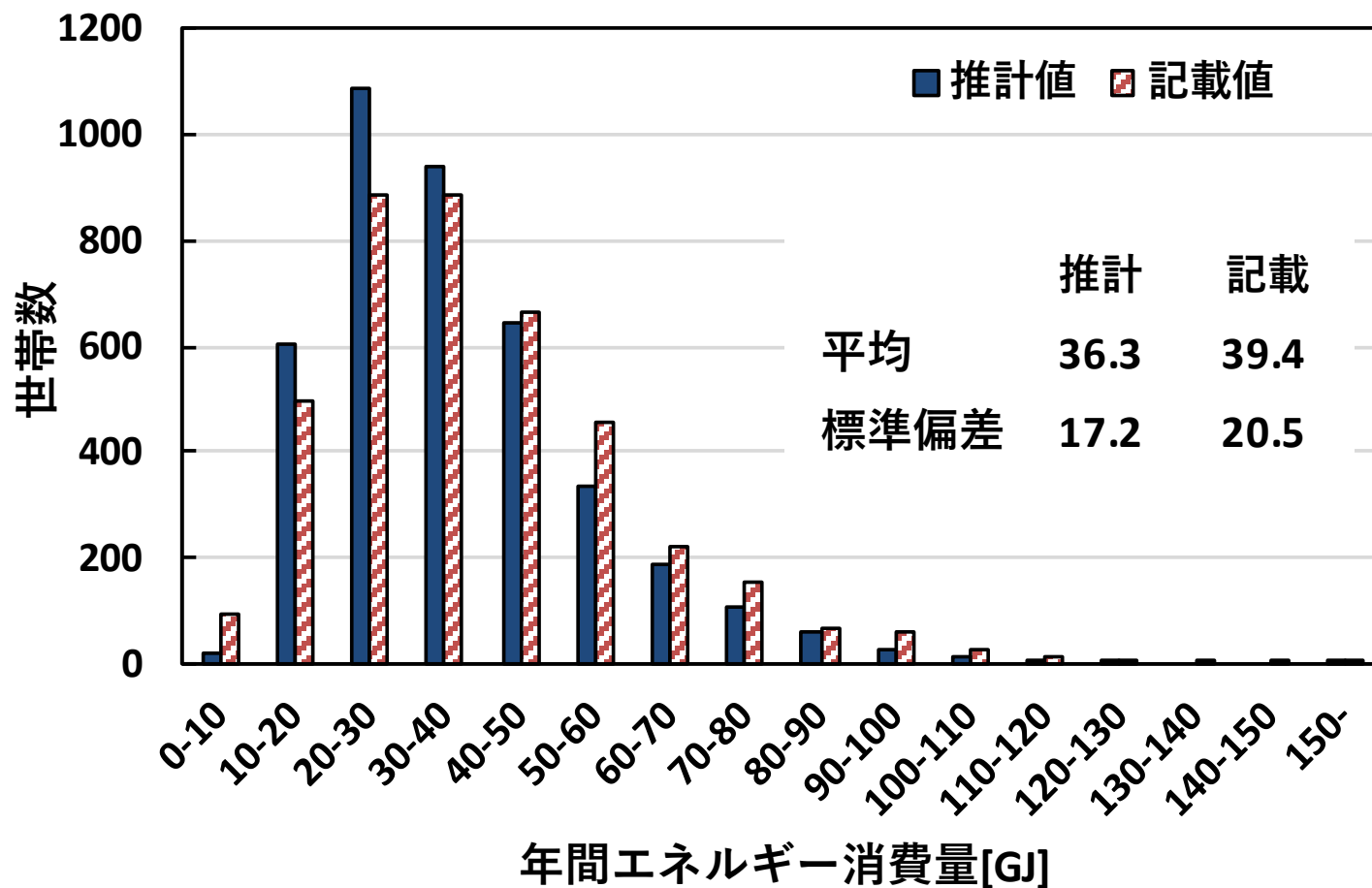
② 家庭CO2統計調査対象世帯にモデル適用



項目	TREES入力値
テレビ・冷蔵庫	回答された保有状況(台数・製造時期・サイズ)
エアコン	エアコンモデルにより推計
その他機器	機器ストックモデルにより推計
コンロ・給湯器使用種類	使用コンロ,使用給湯器として回答した種類
暖房機器	最もよく使用すると回答した種類
断熱性能, 湯はり頻度	各推計モデルにより推計

結果 | 分布のばらつき再現

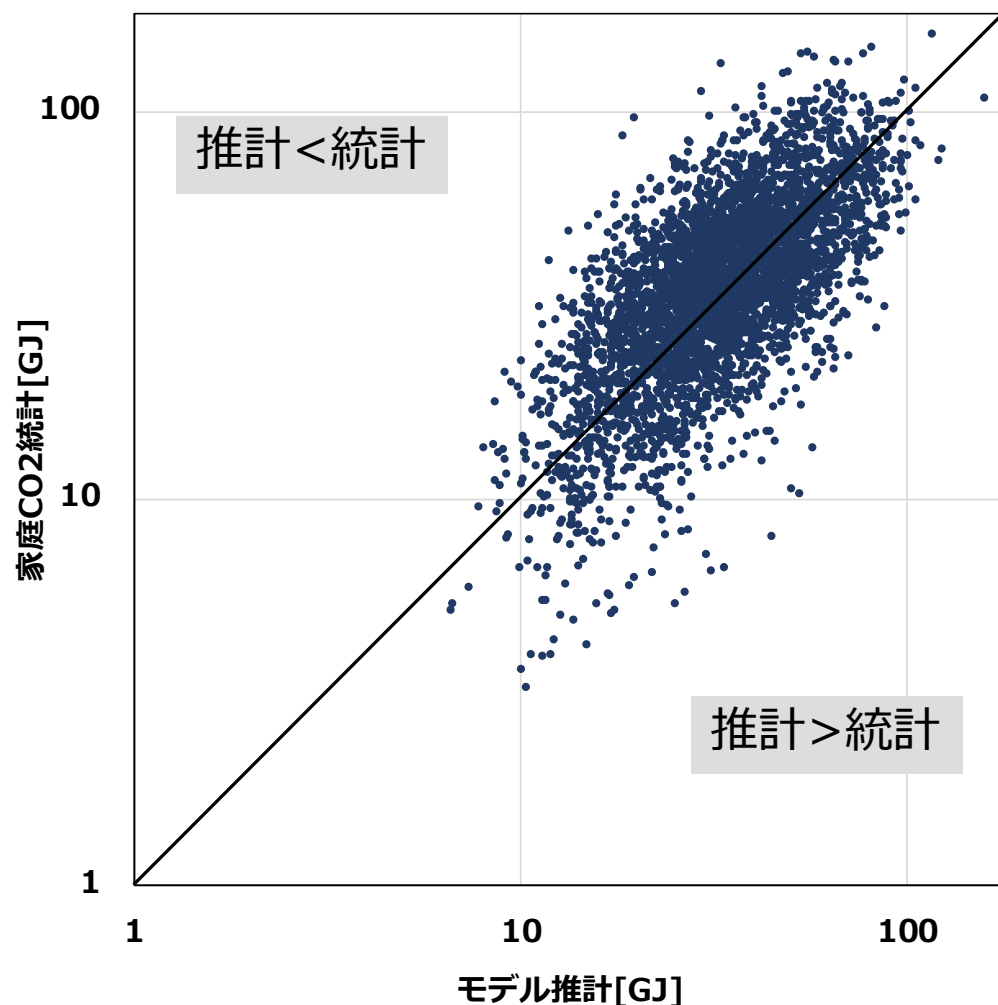
推計結果はCO2統計記載値より平均値・標準偏差ともに小さい
⇒【要因】家庭以外のエネルギー消費(融雪・農業用)が含まれている



全体的なばらつきは概ねよく再現できている

結果 | 世帯毎の一致性

世帯単位でも精度よく推計可能



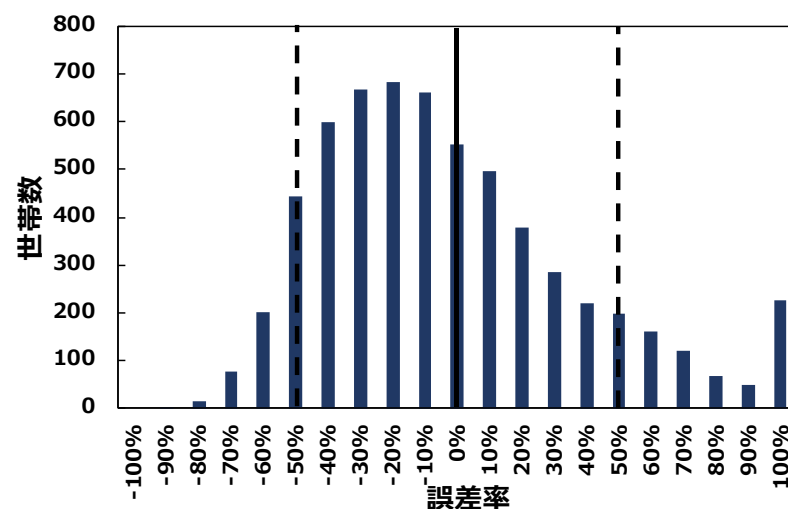
指標

$$\text{誤差率}[\%] = \frac{\alpha - \beta}{\beta} \times 100$$

α : TREESによる推計値

β : 家庭CO2統計記載値

⇒約8割の世帯が
誤差率±50%以内



仮説 | 3つの誤差要因

誤差要因の評価により明らかにしたいこと

シミュレーションモデルによるエラー
または
モデルでは表現しきれない実社会の非合理的なエネルギー消費の実態

① 燃料系機器による過小推計の可能性

…エネルギー源(電気・石油・ガス)と誤差率の関係

② 居住者行動による差

…個人の意識や習慣の違い

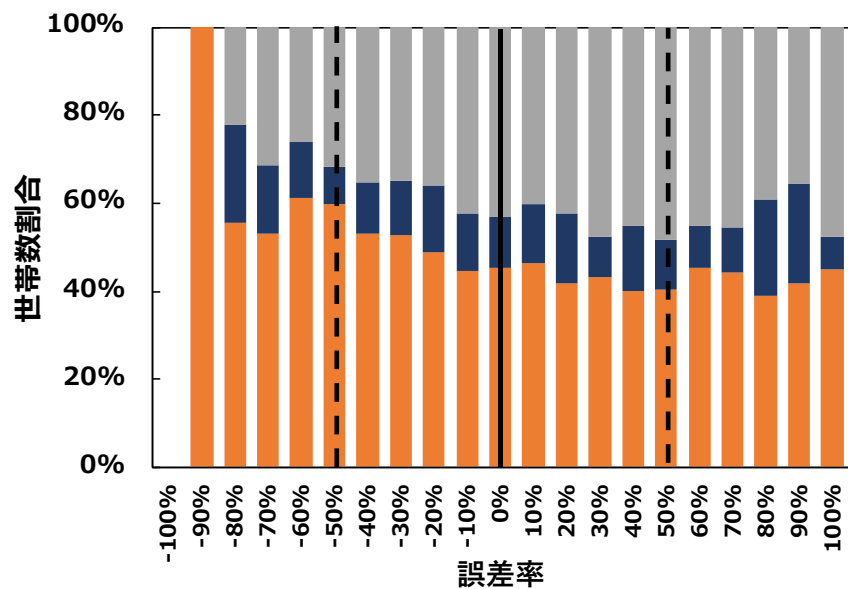
③ モデル未考慮機器の存在

…保有率増加傾向にある,使用状況不明機器

考察 | 誤差要因①

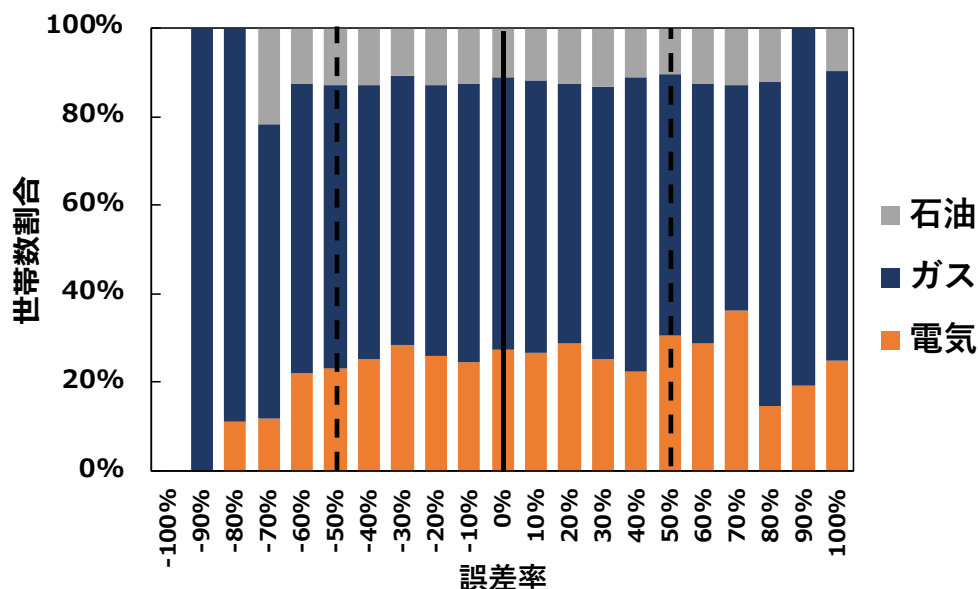
誤差率別機器のエネルギー源割合

暖房機器



← 推計<統計 ■ ■ 推計>統計 →

給湯機器



← 推計<統計 ■ ■ 推計>統計 →

◎機器の燃料種による顕著な差は見られない

➡誤差の大きな要因は

暖房・給湯の使用機器におけるモデルのエラーではない

考察 | 誤差要因②

誤差率によるグループ分け

- A. 過小推計(誤差率-50%以下) 212世帯
- B. 誤差小(誤差率 $\pm$ 50%以内) 3283世帯
- C. 過大推計(誤差率+50%以上) 528世帯

家庭CO2統計アンケート情報

◆湯はり日数

夏季/冬季 1週間のうち浴槽に湯をはる日数[回/週]

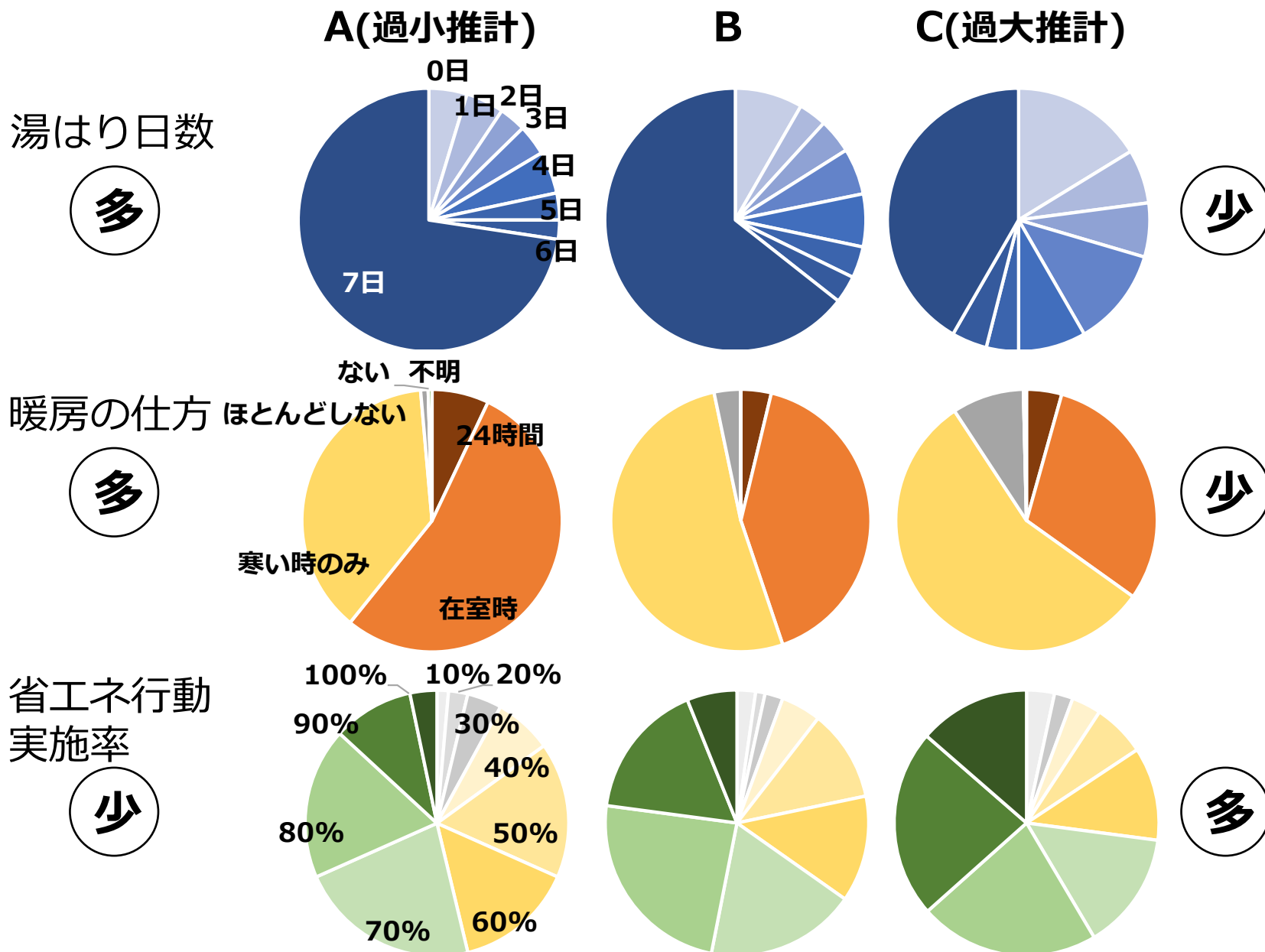
◆暖房の仕方

(1: 24時間暖房する 2: 在室時は暖房する 3: 寒いと感じた時のみ暖房
4: ほとんど暖房しない 5: 暖房機器はない 6: 不明)

◆省エネ行動実施率

入浴やお湯の使い方、照明・家電の使い方等 全18項目
各項目について(実施している/実施していない/該当しない/不明)
実施している項目数の割合

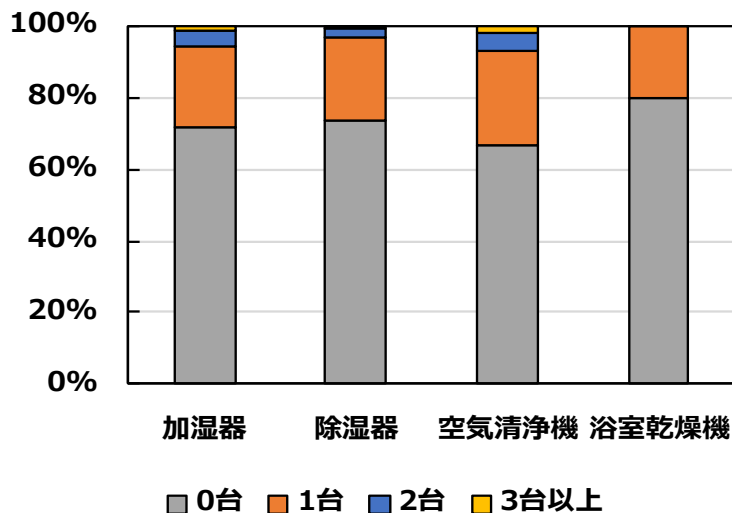
考察 | 誤差要因②



考察 | 誤差要因③

◎家庭CO2統計において調査対象であるTRRES未考慮機器

種別	機器名
住宅機器	食器乾燥機
生活家電	浴室乾燥機, 空気清浄機, 加湿器, 除湿器
デジタル機器	インターネットルーター
調理機器	ガスオーブン, ウォーターサーバー



保有率は2~3割と高くはない

⇔ ・長時間コンセントに接続されている可能性
・正確な使用状況は不明

➡今後さらに調査, 検討が必要

検証結果

- ① **燃料系機器による過小推計の可能性** ×
➡誤差率と機器のエネルギー源に特徴的な傾向なし
- ② **居住者行動による差** ○
➡多消費世帯は総じて消費を増やす行動を多く取る傾向
モデルでは表現しきれない**最大の誤差要因**
- ③ **モデル未考慮機器の存在** △
➡未特定分になる可能性
今後さらに使用状況の調査、検討が必要

⇒本研究で示したように、家庭CO2統計は
世帯間のエネルギー消費の差異発生要因の解明に
必要な要素が揃っているところに大きな意義。