

新築住宅に導入されたHEMSの 省エネ効果に関する実証研究

2021年8月2日

○ 平山 翔 株式会社 住環境計画研究所
中村美紀子 株式会社 住環境計画研究所



株式会社住環境計画研究所



1.はじめに

背景・目的

2.方法

2.1 評価対象とするHEMSの概要

2.2 分析対象データ

2.3 準実験手法の検討

2.4 CBPSによる傾向スコアの推定

2.5 IPW推定量を用いた選択バイアスの調整

3.結果

3.1 傾向スコアと共変量調整の結果

3.2 省エネ効果の推定結果

3.3 結果の考察

4.まとめ



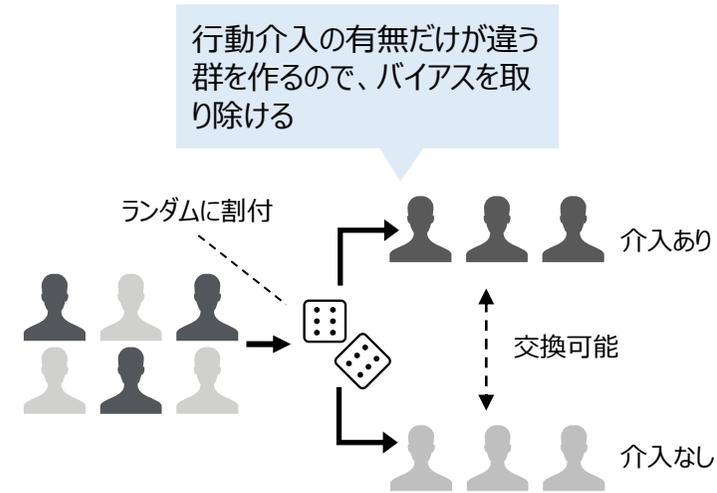
1.背景・目的

背景

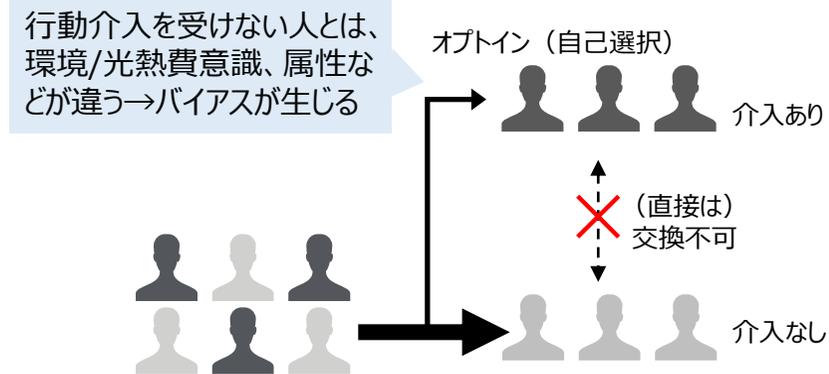
- 脱炭素化に向けて、消費者の行動変容の重要性が増す
- HEMSや情報提供などの行動介入による効果を**バイアスなく推定するためには、ランダム化実験（RCT）が理想的**
- 他方で、HEMSやエネルギー小売事業者による情報提供サービスなどが社会実装されているが、**実験によらない施策の省エネ効果検証の方法論が確立されていない**
- 観察研究（実験ではない）データに基づく検証手法を検討し実証事例を増やすことは、今後の脱炭素化の政策検討に資する

目的

- **HEMSを導入した北海道の新築戸建住宅における電気・ガスの省エネ効果を実証分析**することを目的とする



理想的なランダム化実験（RCT）のイメージ



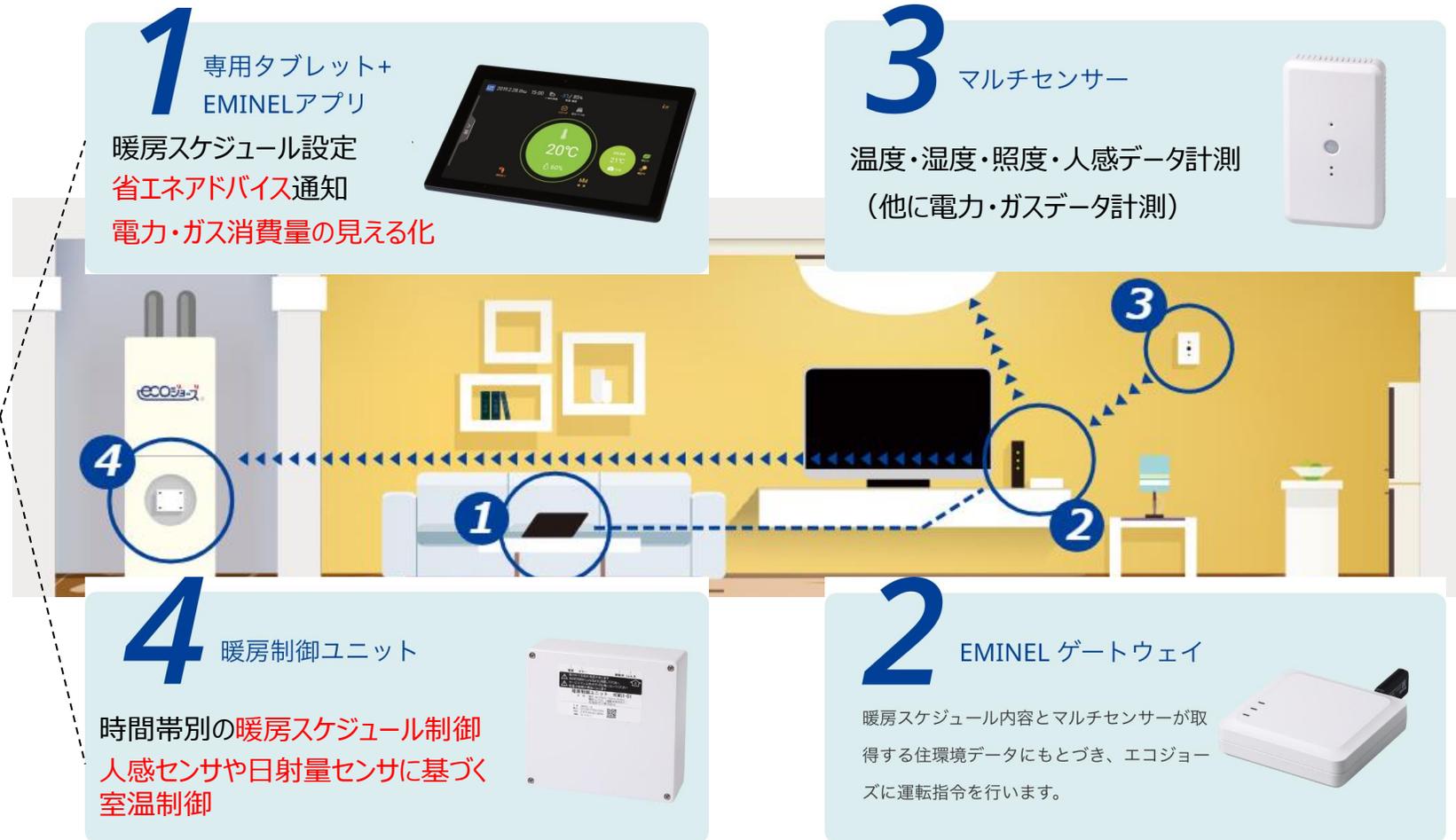
HEMS等の情報介入には自己選択バイアスがある



2.1 評価対象とするHEMSの概要

- 北海道ガスが開発・展開する寒冷地の暖房管理に着目したHEMSを対象とする
- 2018年のサービス開始以来，北海道の新築戸建住宅を中心に採用が進む

情報提供と
暖房制御で
省エネ促進



評価対象とするHEMSの概要



2.2 分析対象データ

- HEMSを導入した112世帯と、HEMSを導入していない111世帯を比較分析

そもそもHEMSを導入する確
率が高い家が多そう

そもそもHEMSを導入する確
率が低い家が多そう

介入群 (HEMSあり)

対照群 (HEMSなし)

分析 対象 世帯

- HEMS導入あり
- 112世帯
- 新築戸建て (2018~2019年築)
- 北海道ガスが電気・ガス供給
- ガスセントラルヒーティングシステム採用

- HEMS導入なし
- 111世帯
- 新築戸建て (2018~2019年築)
- 北海道ガスが電気・ガス供給
- ガスセントラルヒーティングシステム採用

利用 可能 データ

アウトカム：エネルギー消費量

- 1年間の月別の電気・ガス消費量 (2020年4月~2021年3月)

共変量：属性情報

- 世帯人数
- 居住地域 (札幌, 千歳, 函館, 北見, 小樽)
- 電気契約容量 (20~60A)
- 住宅延床面積 (70~150 m²)
- 建築時期 (2018年、または2019年)
- 厨房熱源 (IHダミー)



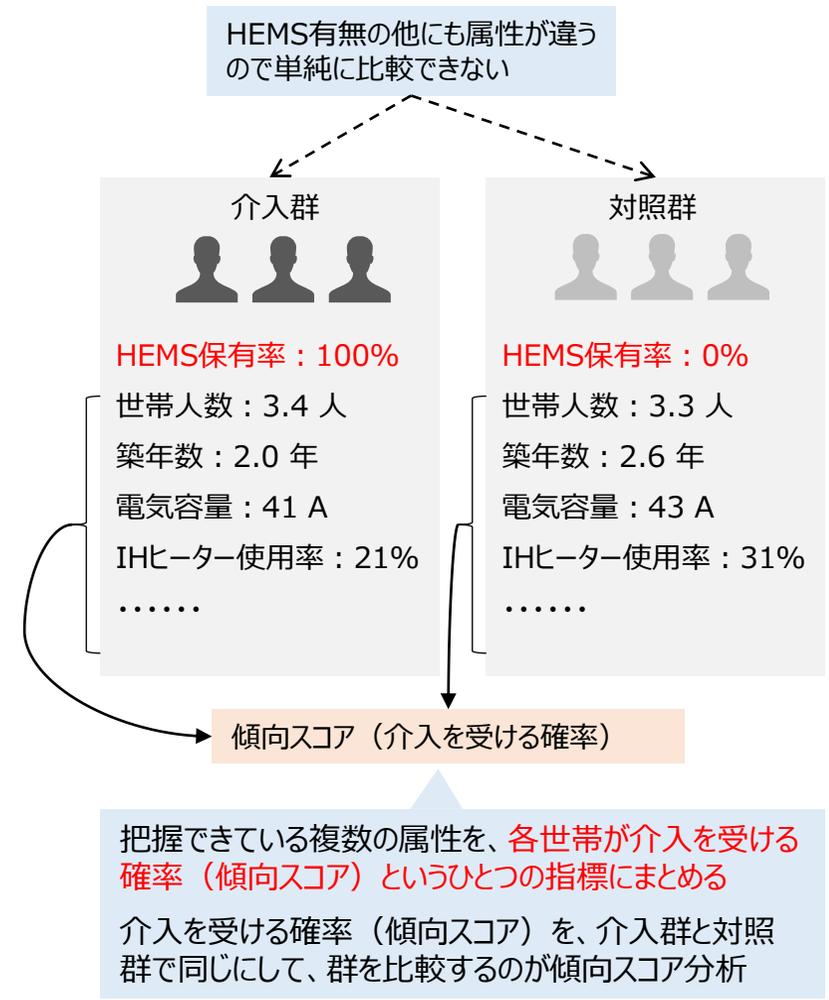
2.3 準実験手法の検討

分析データの特徴

- ① HEMSを導入世帯が新築であるため、対策後のエネルギー消費量を最もよく説明する**対策前の消費量（ベースライン消費量）**が取得できない
- ② 介入群と対照群で共通で把握できている**属性データが少ない**

準実験手法の検討

- 各種準実験手法のうちデータの制約から**傾向スコア**を用いて介入効果を推定する
- 傾向スコアとは、観察された共変量で条件付けたときに**介入が行われる確率**
- 共変量が一致するサンプル同士による層別化マッチングと比べ、「介入割り当てと潜在結果変数は共変量を条件付けると独立」という仮定のもと、推定した**傾向スコアのみを調整すれば因果効果を推定できることが利点**



傾向スコア分析のイメージ



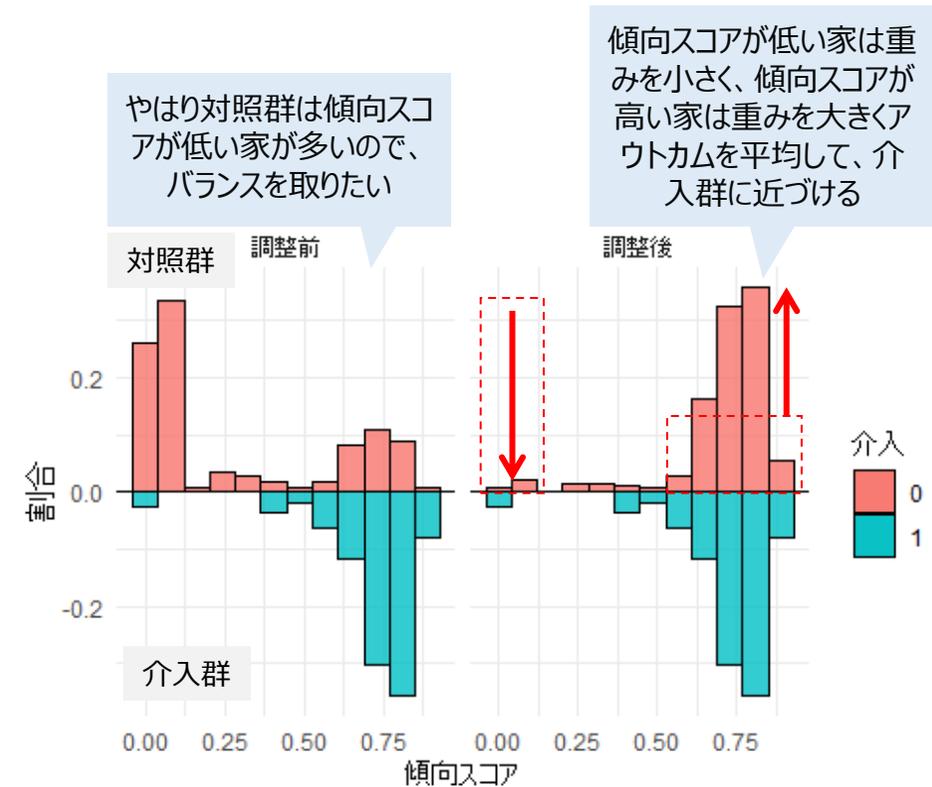
2.4 傾向スコアによる分析方法

CBPSによる傾向スコア推定

- 全世帯で共通して取得できた6変数を共変量とした
- 共変量バランスをとりながら傾向スコアを推定する
Covariate Balancing Propensity Score (CBPS) を用いた

IPW推定量を用いたバイアス調整

- 傾向スコアによる逆確率重み付け法 (IPW) を用いる
- IPW法ではアウトカムを**傾向スコアの逆数で重み付け推定することで選択バイアスを補正**
- 推定対象は介入群における平均介入効果 (ATT)、つまりHEMSを導入した世帯が仮に導入しなかった場合と比べた効果



IPW推定法のイメージ



3.1 IPWによる共変量調整の結果

- 調整前で差が見られた世帯人数，電気契約容量，2018年築ダミー，IHダミーについて，調整後は0.1未満に調整された

傾向スコアによる属性調整結果

	調整前			調整後		
	対照群	介入群	ASAM	対照群	介入群	ASAM
傾向スコア	0.28	0.72	2.85	0.71	0.72	0.08
世帯人数	3.26	3.42	0.16	3.38	3.42	0.04
地域ダミー						
札幌	0.74	0.80	0.06	0.84	0.80	0.04
小樽	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04	0.00
千歳	0.08	0.04	0.04	0.05	0.04	0.00
函館	0.11	0.03	0.08	0.03	0.03	0.00
北見	0.04	0.09	0.05	0.05	0.09	0.04
電気契約容量	42.52	41.43	0.14	41.42	41.43	0.00
住宅延床面積	112.97	114.11	0.08	113.16	114.11	0.06
2018年築ダミー	0.60	0.03	0.58	0.03	0.03	0.00
IHダミー	0.31	0.21	0.10	0.21	0.21	0.01

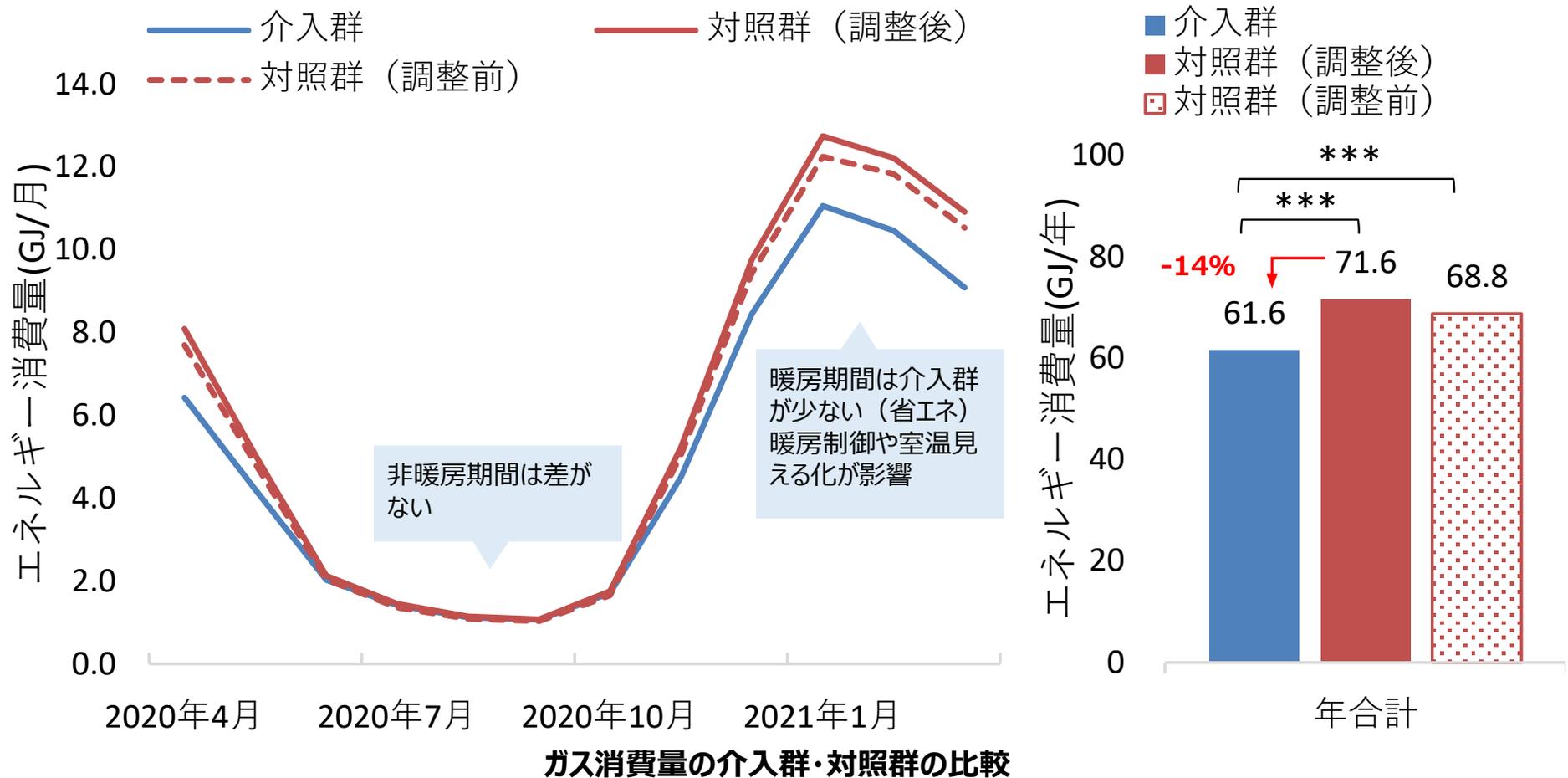
差が見られた属性もIPWでバランス調整された

(注) ASAM : 標準化平均差、0.1以下であれば共変量バランスが取れていると見なされる



3.2 省エネ効果の推定結果 (1) ガス消費量

- 暖房期間 (4~5月, 11~3月) は介入群が対照群を下回る
- 対照群 (調整後) と比較して年合計の**ガス消費量は14%減** ($p < 0.001$)

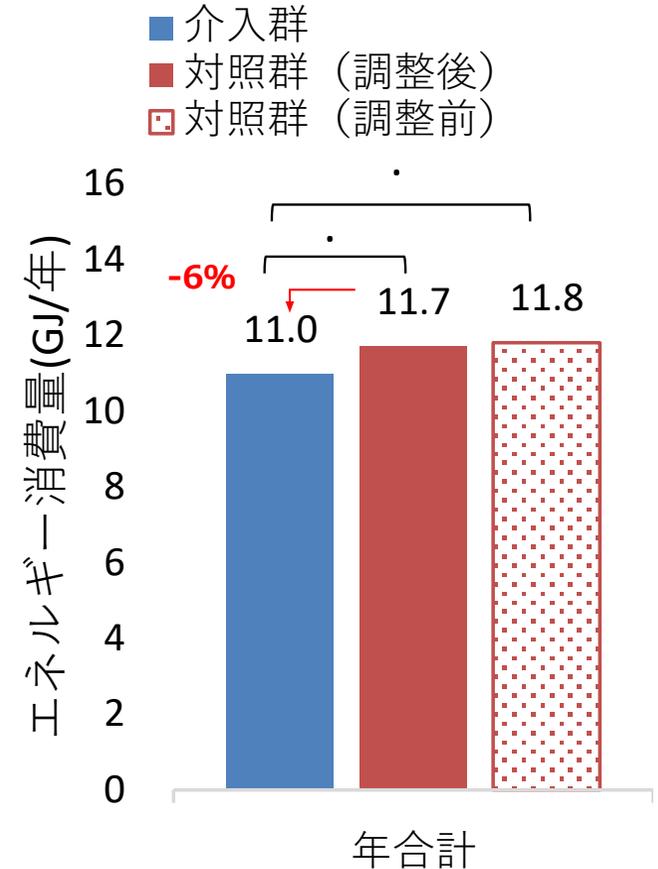
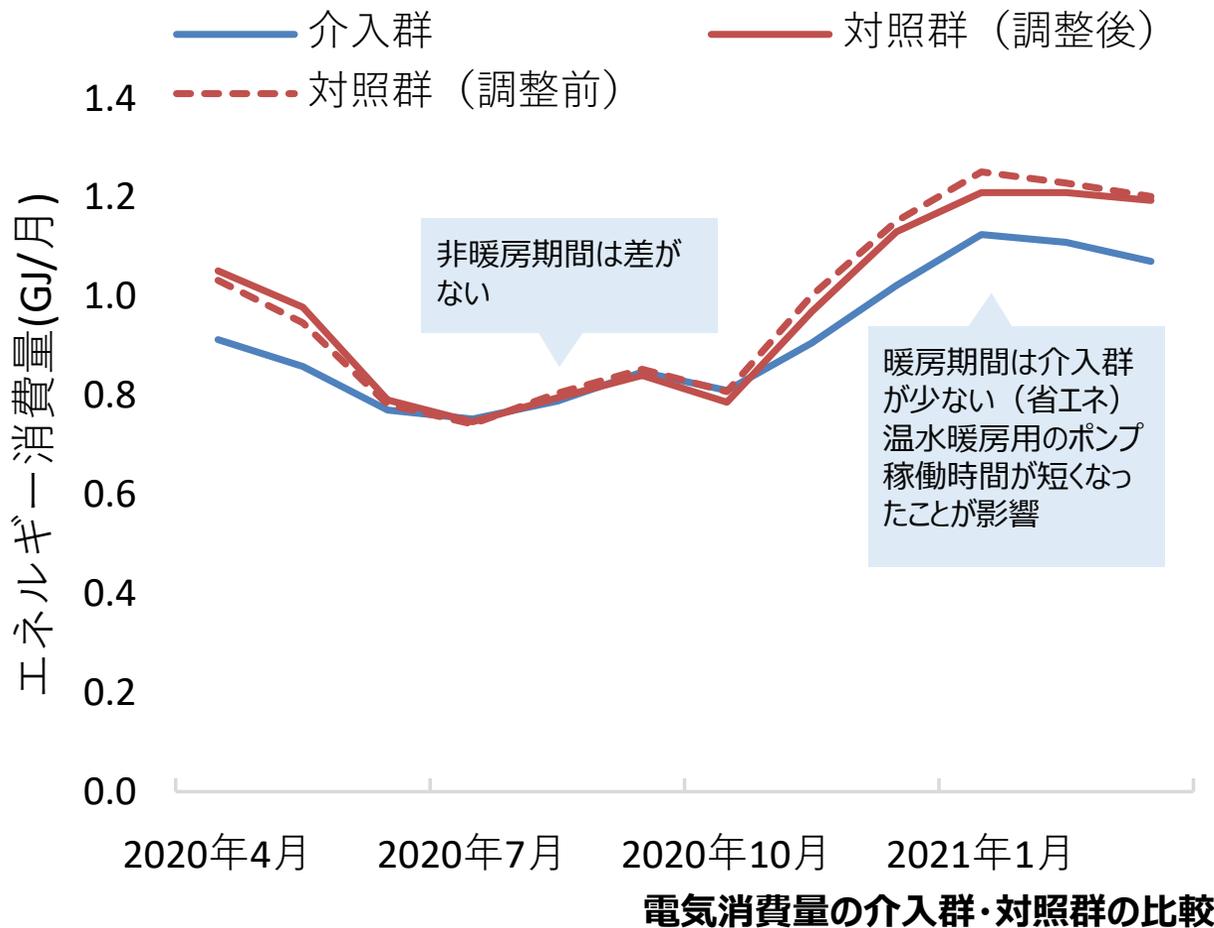


(注) *** : $p < 0.001$, ** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, . : $p < 0.1$



3.2 省エネ効果の推定結果 (2) 電気消費量

- 暖房期間 (4~5月, 11~3月) は介入群が対照群を下回る
- 対照群 (調整後) と比較して年合計の**電気消費量は6%減** ($p < 0.1$)

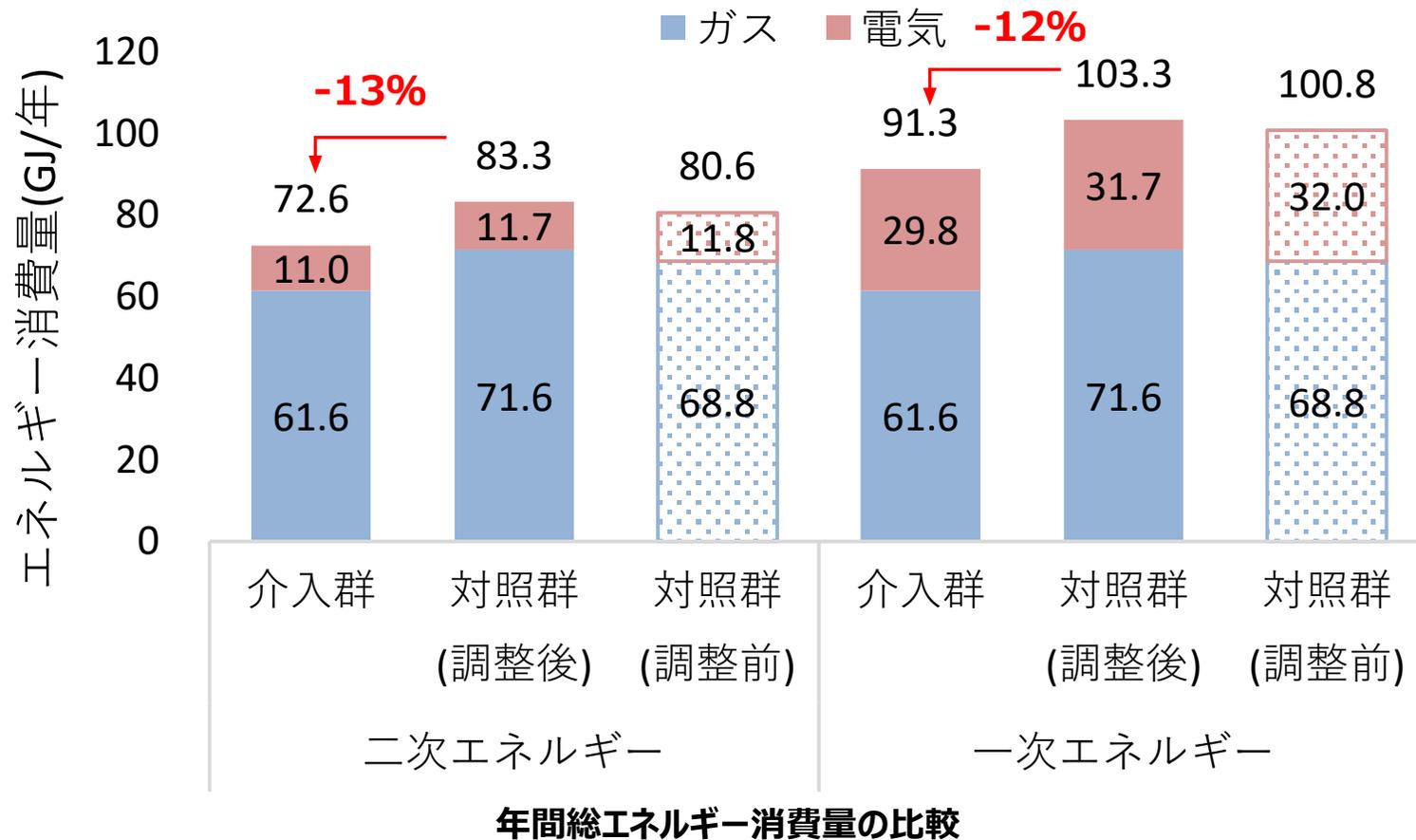


(注) *** : $p < 0.001$, ** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, . : $p < 0.1$
電力は二次エネルギー換算



3.2 省エネ効果の推定結果 (3) 総エネルギー消費量

- 介入群は対照群と比較して、二次エネルギー消費量で13%減、一次エネルギー消費量で12%減





3.3 結果の考察

既往研究との比較

- 調査対象としたHEMSの実証機をRCTで評価した既報¹⁾²⁾³⁾の検証結果は、年間ガス消費量は-2.6~-2.8%
- 本分析結果は-14%と、**既報より大きく推定された**
- **HEMSの機能差や導入対象世帯の違いに加えて、未調整のバイアスが影響した可能性**

外的妥当性

- 本分析では、対照群の属性を介入群に合わせて調整することで省エネ効果を推定
- 地域（北海道以外など）や住宅形態（集合住宅など）、暖房システム、既存住宅に導入した場合など条件が異なる場合の効果については新たな研究が必要

1) 平山 翔, 鶴崎 敬大, 中村 美紀子, 若狭 純一, 徳田彩佳. (2018). 暖房制御と見える化システムを備えた省エネサポートシステムの開発(1)介入初年度の省エネ効果と暖房の使い方変化. 第34回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンスプログラム

2) 平山,他4名; 暖房制御と見える化システムを備えた省エネサポートシステムの開発 (その1) ~ (その3), 2017年度日本建築学会大会学術講演梗概集,2017.8

3) 平山,他4名; 暖房制御と見える化システムを備えた省エネサポートシステムの開発 (その4) ~ (その6), 2018年度日本建築学会大会学術講演梗概集,2018.8



4. 結果まとめと今後の課題

まとめ

- 北海道の新築戸建住宅を対象に、HEMS導入世帯と非導入世帯の属性を傾向スコアにより統制することで、HEMSの省エネ効果を実証的に分析した
- HEMS導入世帯では観察可能な属性が類似した世帯と比べて冬期にガス・電気の消費量が減少し、省エネ効果はガスで14%、電気で6%
- 電気とガスを合計した総エネルギー消費量に対する削減率は13%減（一次エネルギー消費量で12%減）
- 一定の仮定のもとではあるが観察可能な属性データで条件付けることにより、実証的にHEMSの省エネ効果を推定できることを示すことができた

今後の課題

- 属性情報や既存住宅への展開が開始された場合には介入前のベースライン消費量などを共変量に追加すること、分析対象世帯数を増やすことにより、推定精度の向上を図ることができると考えられる