

第42回エネルギー・資源学会研究発表会

メッセージ配信媒体が家庭向けデマンドレスポンス プログラムの節電効果に与える影響の分析

2023年8月1日

○ 平山 翔 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**
- 2. 実証方法**
 - 2.1 実証フィールド**
 - 2.2 メッセージの配信媒体・内容・配信日時**
 - 2.3 効果検証設計**
- 3. 結果**
 - 3.1 メッセージ既読率の比較**
 - 3.2 メッセージ配信による電力削減効果**
- 4. まとめと考察**



1.はじめに

2020年度以降、多数の家庭向けデマンドレスポンス（DR）事業が行われている。

家庭用DRの従来手法に対し、IoTガス機器の給湯器リモコンは**保有世帯全体にメッセージ配信できるため有効なDRのメッセージ媒体になる可能性**があるが、節電効果を調査した研究事例はない。

本研究では、**メッセージ配信媒体による家庭向けDRの節電効果に与える影響の分析を目的に、給湯器リモコンとスマートフォンアプリの比較検証**を行った。

	家庭用DRの従来手法	本実証
主体	小売電気事業者など	小売電気・ガス事業者 (大阪ガス)
対象	DR参加登録世帯（オプトイン ^{*1} ）	IoTガス機器保有世帯（オプトアウト^{*2}） → スケーラビリティが高い
メッセージ配信媒体	メール・アプリなど	給湯器リモコン・アプリ
動機付け	金銭的インセンティブ	メッセージ配信のみ → 節電効果あれば費用対効果が高い
効果検証	前後比較（High 4 of 5など）	ランダム化比較試験（RCT）

*1 オプトイン(opt-in)：プログラム参加を希望する対象者に介入する方式、一般的に参加者あたりの効果は高いが参加率は低い

*2 オプトアウト(opt-out)：プログラム参加を希望しない対象者を除外して介入する方式、一般的に参加者あたりの効果は低い参加率は高い



2.実証方法

2.1 実証対象世帯

大阪ガスの家庭用需要家のうち、**電力消費量が把握可能かつ、IoTガス機器およびガス温水式暖房を利用する43,765世帯**を対象に設定し、節電を促すメッセージ配信による電力削減効果を検証した。

実証時期は、冬季としては7年ぶりに節電要請が行われた**2022年度冬季（1～2月）**である。

対象世帯の抽出条件	
エネルギー契約	大阪ガスと電気・ガス契約する 家庭用需要家
電力消費データ	大阪ガスと電力小売り契約 or IoT対応エネファーム採用
給湯設備	IOTガス機器 (給湯暖房機 or エネファーム)
暖房設備	ガス温水式床暖房を採用
ネットワーク接続	IOTガス機器を無線LANに接続

節電効果を把握するため

メッセージを配信するため



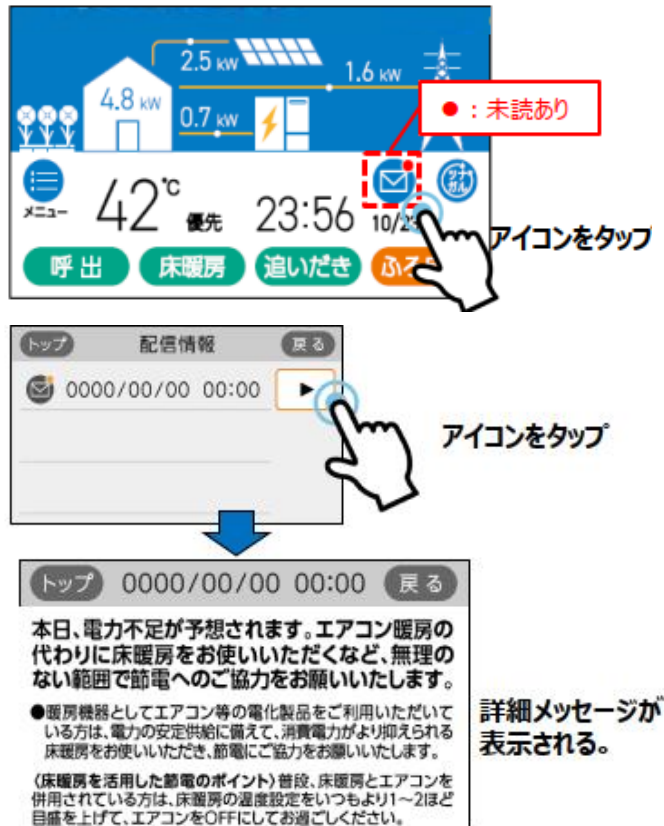
2.実証方法

2.2 (1)メッセージ配信媒体：給湯器リモコンとアプリ

IoTガス機器とは、**無線LANルータ接続**により、ガス・湯使用量の見える化、遠隔ふる湯張り・床暖房操作、大阪ガスからの**情報配信等が可能になる給湯暖房機とエネファーム**。

本研究では、IoTガス機器の**台所リモコンとスマートフォンアプリの2種類を配信媒体として比較検証**した。

給湯器リモコンのメッセージ通知 (イメージ)



スマートフォンアプリのメッセージ通知 (イメージ)





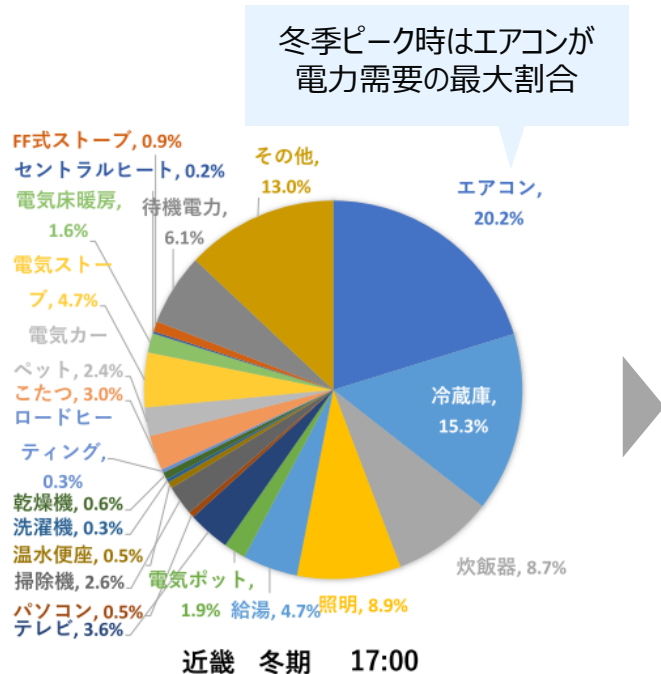
2.実証方法

2.2 (2)配信メッセージの設計

近畿の冬季ピーク時（17時）に、家庭の電力需要のうちエアコンが20%と最大の割合を占めるため、**エアコン等の電気暖房を控え、代わりに床暖房を利用を促す節電協力メッセージ**を設計した。

メッセージ配信媒体の差を検証する目的から、**給湯器リモコンとアプリで同じメッセージを配信**した。節電実績によるインセンティブ付与*¹や、節電対象時間帯の設定は行わなかった。

*1 ただし本検証では報酬付与は行っていないが、対象世帯の一部には経済産業省の補助事業「節電プログラム」の参加世帯も含まれる



ピーク時間における家電別消費電力(近畿)

配信メッセージ配信（給湯器リモコンの例）

トップ
0000/00/00 00:00
戻る

本日、電力不足が予想されます。エアコン暖房の代わりに床暖房をお使いいただくなど、無理のない範囲で節電へのご協力をお願いいたします。

- 暖房機器としてエアコン等の電化製品をご利用いただいている方は、電力の安定供給に備えて、消費電力がより抑えられる床暖房をお使いいただき、節電にご協力をお願いいたします。

〈床暖房を活用した節電のポイント〉普段、床暖房とエアコンを併用されている方は、床暖房の温度設定をいつもより1～2ほど目盛を上げて、エアコンをOFFにしてお過ごしく下さい。

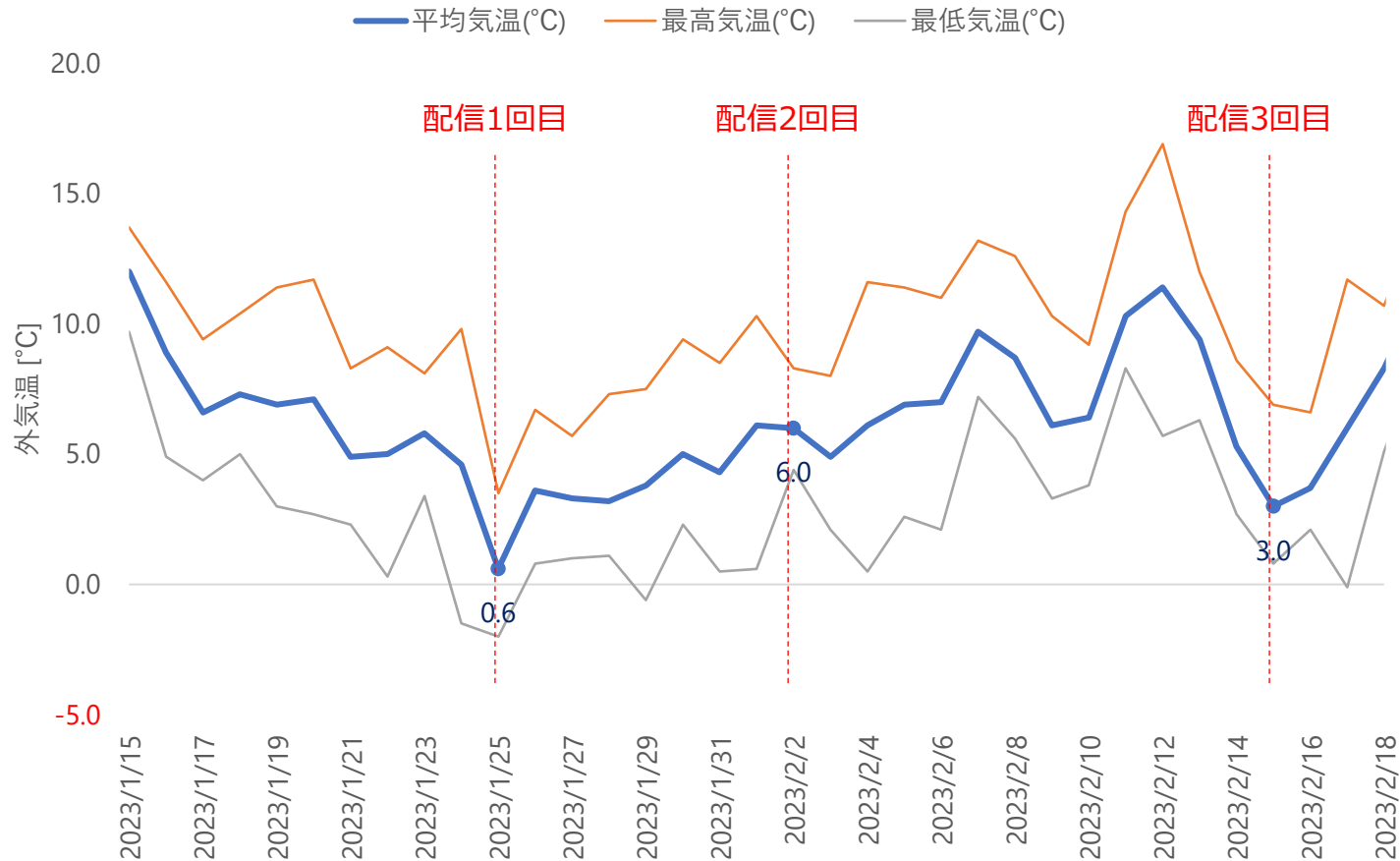
(出所) 資源エネルギー庁「平成30年度電力需給対策広報調査事業 報告書」2020年3月31日



2.実証方法

2.2 (3)メッセージ配信日時

節電メッセージは、2023年1月25日(水)、2月2日(木)、2月15日(水)の午前7時30分に配信した。
配信1回目の1月25日(水)は記録的寒波で大阪の日平均気温は0.6℃（2022年度最低）。



実証期間中の大阪の日平均・最高・最低外気温

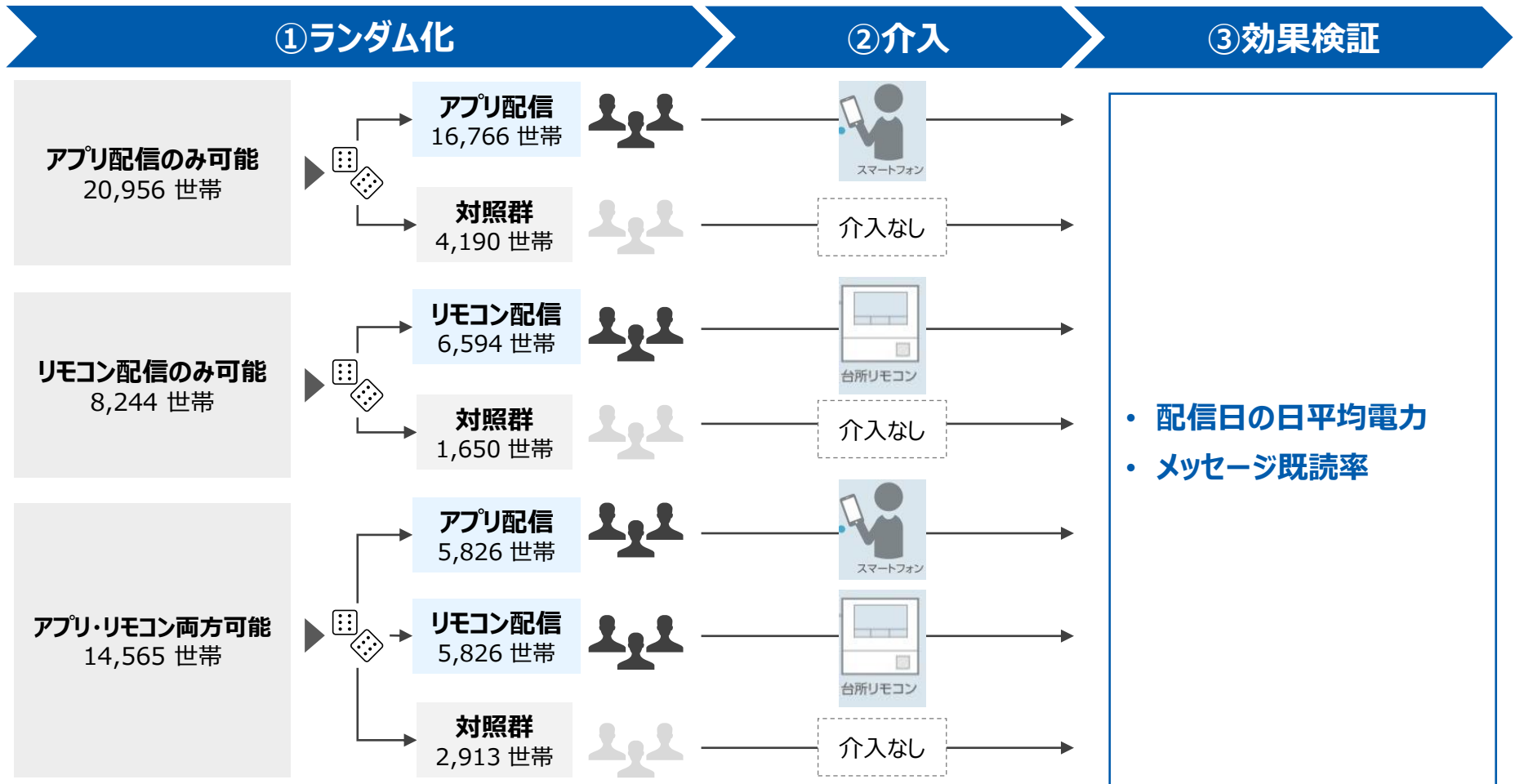


2.実証方法

2.3 効果検証設計：ランダム化比較試験

実証対象世帯を**アプリ配信群**と**リモコン配信群**、**対照群**の3群に分類するRCTを設計した。

検証指標に与える影響が大きいと考えられる**配信チャンネル3層**（アプリのみ群、リモコンのみ群、両方対応群）、**熱源機2層**（給湯暖房機・エネファーム）、**前年同月データ有無2層**の合計12層ごとに、3群にランダム割付する層化ランダム化を実施した。



(注) 実際は配信チャンネル・熱源機・前年同月別に層化ランダム化

配信チャンネル別の層別ランダム化のイメージ



2.実証方法

2.3 効果検証設計：ランダム化結果の共変量のバランスチェック

ランダム割付は1,000ケース実施し、事前を取得した共変量の群間差が最も小さいケースを採用した。配信チャンネルグループ内で群間に共変量の差がないことが確認できている。

ランダム化結果のバランスチェック

	アプリのみ群		リモコンのみ群		両方対応群		
	対照群	アプリ配信	対照群	リモコン配信	対照群	アプリ配信	リモコン配信
n	4,190	16,766	1,650	6,594	2,913	5,826	5,826
前年日電力消費量[kWh/日]	19.5 (9.1)	19.6 (9.0)	21.3 (9.9)	21.2 (10.3)	19.8 (9.3)	19.7 (9.8)	19.6 (9.3)
前年ピーク時電力消費量[kWh/時間]	1.0 (0.5)	1.0 (0.5)	1.1 (0.5)	1.1 (0.6)	1.0 (0.5)	1.0 (0.5)	1.0 (0.5)
前年床暖房使用時間数[時間/月]	212.1 (214.5)	212.4 (212.1)	190.1 (216.5)	183.9 (216.1)	190.2 (216.8)	192.5 (218.3)	192.2 (216.7)
前年床暖房使用日数[日/月]	19.5 (14.3)	19.9 (14.1)	20.3 (14.6)	20.0 (14.7)	20.3 (14.9)	20.2 (14.9)	20.1 (14.9)
前年ピーク時床暖房使用分数[分/時間]	34.7 (25.3)	35.3 (25.0)	27.0 (25.2)	26.1 (25.0)	26.9 (25.2)	26.9 (25.3)	27.1 (25.3)
前年ピーク時床暖房使用日数[日/月]	14.3 (13.2)	14.4 (13.1)	12.6 (12.9)	12.3 (12.8)	12.8 (13.0)	12.8 (13.1)	12.9 (13.1)
前年床暖房設定温度レベル[1~9]	3.5 (1.9)	3.5 (1.9)	3.8 (2.0)	3.8 (2.0)	3.8 (1.9)	3.8 (2.0)	3.7 (2.0)
床暖房系統数	2.4 (0.9)	2.4 (0.9)	2.5 (1.0)	2.5 (1.0)	2.5 (1.0)	2.5 (1.0)	2.5 (1.0)
浴室乾燥機系統数	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)	0.8 (0.4)
ミスト系統数	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)	0.4 (0.5)
登録後経過月数[月]	36.2 (17.9)	36.2 (17.7)	17.8 (8.6)	17.8 (8.7)	16.9 (8.8)	16.7 (8.8)	16.7 (8.8)
燃料電池ダミー[%]	66.5	66.5	80.3	80.3	84.5	84.6	84.6
前年同月データありダミー[%]	61.0	61.0	54.1	54.1	70.1	70.1	70.1
戸建住宅ダミー[%]	73.3	72.8	88.6	88.3	91.2	90.7	90.7
既築住戸ダミー[%]	27.4	26.1	48.1	47.2	52.7	54.1	53.2
電力契約ありダミー[%]	33.5	33.5	19.8	19.9	15.7	15.6	15.6
LPガス使用ダミー[%]	3.8	4.0	3.1	2.8	2.7	2.4	2.2
逆潮流ありダミー[%]	52.5	52.9	55.7	57.6	58.3	59.5	58.7
配信前日電力消費量[kWh/日]	16.8 (8.2)	16.9 (8.3)	19.4 (9.8)	19.3 (10.1)	18.8 (8.7)	19.0 (9.7)	18.9 (9.2)
配信前ピーク時電力消費量[kWh/時間]	0.6 (0.4)	0.6 (0.4)	0.7 (0.5)	0.7 (0.5)	0.7 (0.4)	0.7 (0.4)	0.7 (0.4)

(注) *1 括弧内は標準偏差、*2前年は前年同月、配信前は2023/1/18~2023/1/23の平均値、*3前年ピーク時は17~20時、配信前ピーク時は9~12時



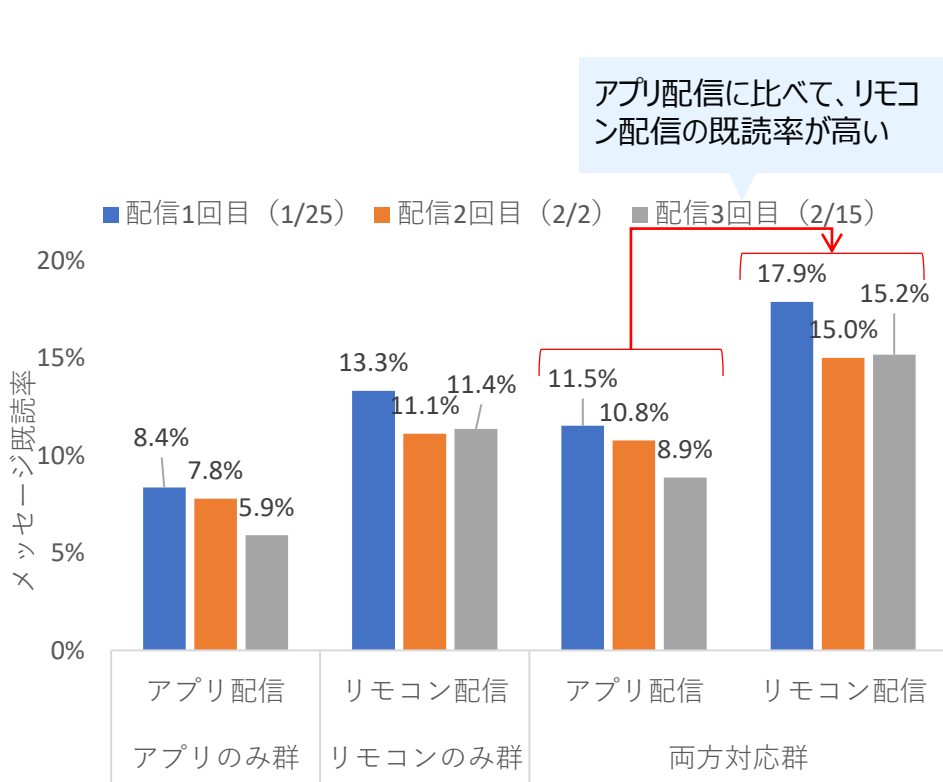
3.結果

3.1 メッセージ既読率の比較

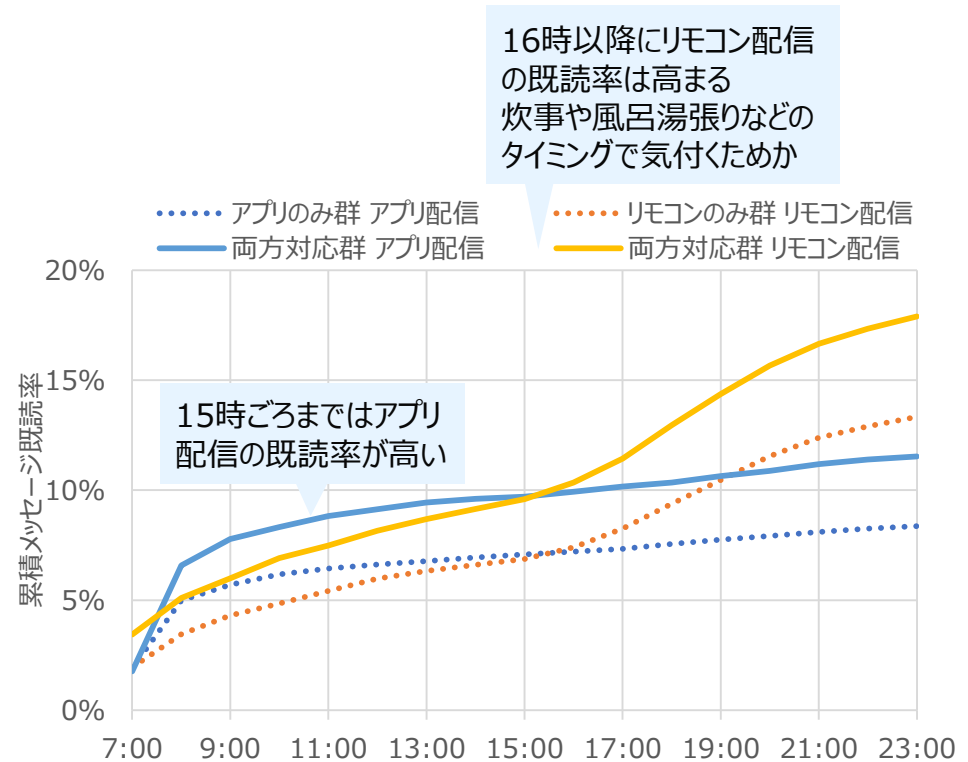
メッセージ配信当日の既読率*はアプリ配信に比べてリモコン配信が高く、アプリ・リモコン両方対応群における比較では**リモコン配信の既読率はアプリ配信の1.4~1.7倍**。

アプリ配信の既読率は配信直後に高まり横ばいで推移するのに対し、**リモコン配信は16~22時ごろにかけて高まる特徴的な傾向**が見られた。

* メッセージ既読率は配信数に対する配信日の23:59までに既読された件数の割合



メッセージ既読率の比較



時刻別の累積メッセージ既読率(配信1回目)



3.結果

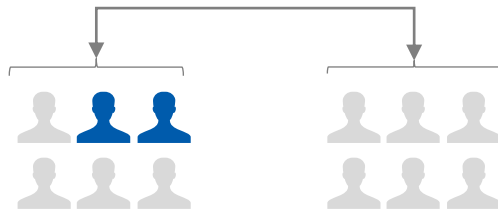
3.2 メッセージ配信による電力削減効果：2種類の効果の推定方法

日平均電力消費量の介入前後差の、配信群と対照群の差（DID*）より平均介入効果を推定した。本分析では、**配信群全体における平均効果（配信効果）**と、配信群のうち**既読世帯における平均効果（既読効果）**の2種類の介入効果を以下の回帰モデルで推定した。

* Difference-in-Difference(DID): 差分の差分法

メッセージ配信効果 (Intension-to-Treat: ITT)

配信群全体と対照群の比較 = 配信した効果



$$\log(Y_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{TreatApp}_{it} + \beta_2 \text{TreatRemo}_{it} + \gamma X_i + \varepsilon_{it}$$

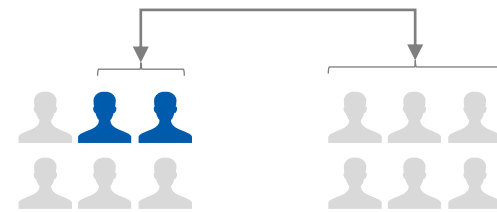
メッセージ配信効果の推定モデル

ここで、

- Y_{it} : 介入後の日付tにおける世帯iの日平均電力消費量、式内では効果を変化率として解釈できるように自然対数変換している
- **TreatApp** : アプリ配信群なら1となるダミー変数
- **TreatRemo** : リモコン配信群なら1となるダミー変数
- β_1, β_2 : 平均介入効果
- X : 検証指標に影響する共変量のベクトル。介入前の日平均電力消費量、ピーク時間帯平均電力消費量、RCT割付時の12層ダミーが含まれる。
- ε_{it} : 誤差項

メッセージ既読効果 (Per-Protocol: PP)

配信群のうち既読世帯と対照群の比較 = 既読した効果



$$\log(Y_{it}) = \alpha + \beta_3 \text{ReadApp}_{it} + \beta_4 \text{ReadRemo}_{it} + \gamma X_i + \varepsilon_{it}$$

メッセージ既読効果の推定モデル

ここで、

- Y_{it} : 介入後の日付tにおける世帯iの日平均電力消費量、式内では効果を変化率として解釈できるように自然対数変換している
- **ReadApp** : アプリ配信が既読なら1となるダミー変数
- **ReadRemo** : リモコン配信が既読なら1となるダミー変数
- β_3, β_4 : 平均介入効果
- X : 検証指標に影響する共変量のベクトル。介入前の日平均電力消費量、ピーク時間帯平均電力消費量、RCT割付時の12層ダミーが含まれる。
- ε_{it} : 誤差項



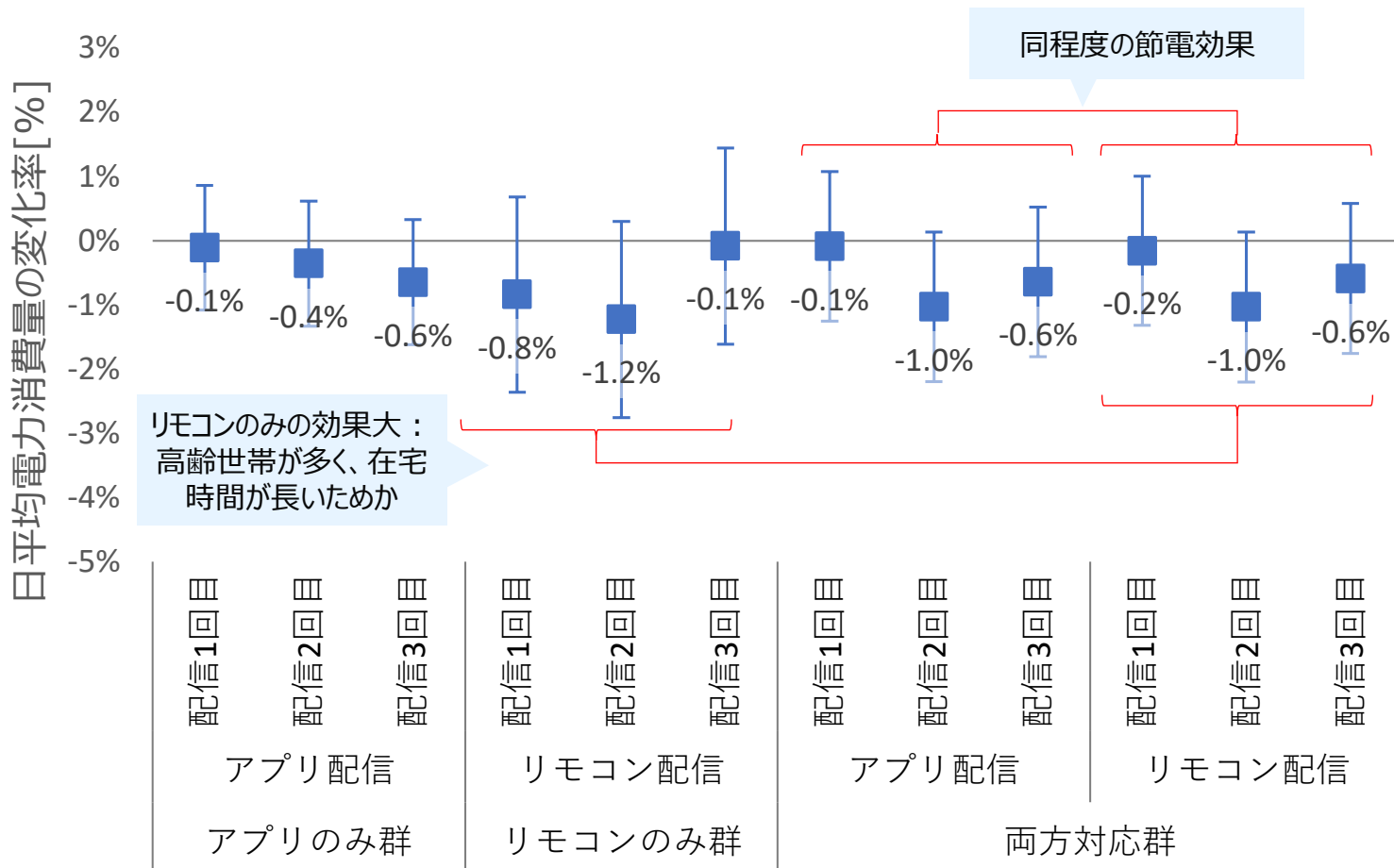
3.結果

3.2 メッセージ配信による電力削減効果：配信効果の推定結果

介入効果は**-0.1%~-1.2%**(-0.02~-0.24 kWh)の**減少傾向** (5%水準で有意差なし)。

両方対応群で比較すると、**アプリ配信とリモコン配信の節電効果は同程度**。

リモコン配信の効果を、両方対応群とリモコンのみ群で比べると**リモコンのみ群で高い傾向**。



(注) エラーバーは95%信頼区間

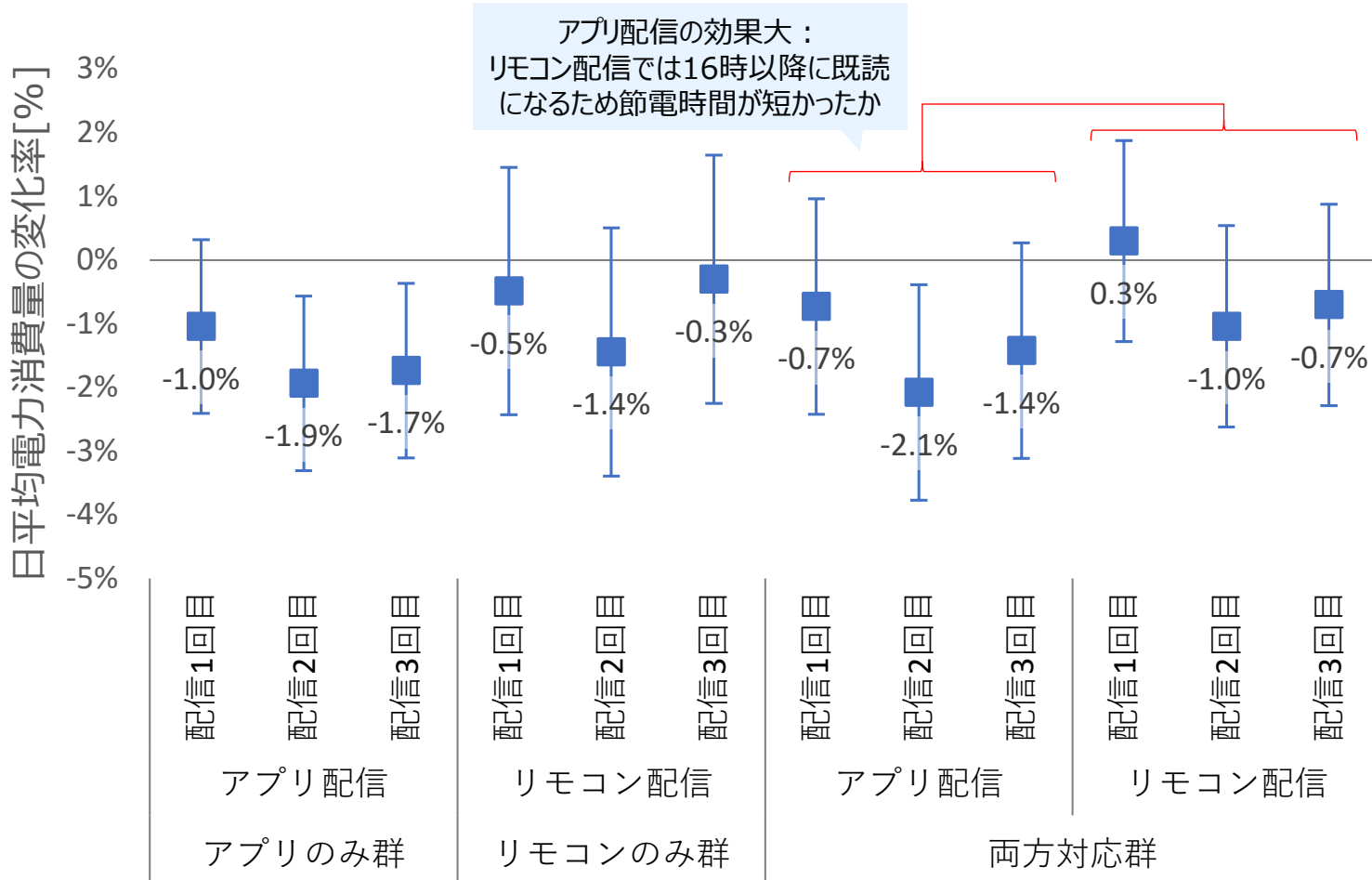


3.結果

3.2 メッセージ配信による電力削減効果：既読効果の推定結果

既読世帯における**介入効果は0.3%～-2.1%** (0.06～-0.39 kWh)、いくつかの条件で統計的な有意差が見られた。

両方対応群で比較すると、**アプリ配信の節電効果が大きい結果**。リモコン配信は16～22時に既読になるため、既読効果が配信日の日平均電力消費量に十分に反映されなかった可能性がある。



(注) エラーバーは95%信頼区間



まとめ

- メッセージ配信の**当日既読率は**、アプリ配信に比べ**リモコン配信が1.4～1.7倍高い**。
- メッセージ**配信効果は-0.1%～-1.2%**で、リモコン配信とアプリ配信で**同程度の効果**。
- 既読世帯における**既読効果は0.3%～-2.1%**で、両方対応群で比較すると**アプリ配信の効果が大きい**。

考察

- 給湯器リモコンによる節電メッセージの配信の節電効果は、アプリ配信と同程度。
→ **給湯器リモコンは、DRメッセージ配信の媒体になり得る**ことが示唆された。
- 本検証結果をもとに、IoTガス機器が普及して近畿圏のガス温水器床暖房世帯全体に給湯器リモコンで節電依頼する効果を推計*すると、1日あたりの削減電力量の総ポテンシャルは 94,245 [kWh/日]に相当する。
- リモコン配信では16時以降に既読率が高まる傾向が見られた。
→ 夕方以降の需給ひっ迫を対象に節電依頼することで効果を高められる可能性あり。

* メッセージ配信の節電効果を0.1[kWh/世帯・日]、近畿圏の世帯数を924万[世帯]（総務省統計局「令和2年国勢調査」）、近畿圏のガス温水器床暖房使用世帯割合を10.2%（環境省「令和3年度 家庭部門のCO2排出実態統計調査」）として試算



株式会社住環境計画研究所

本研究は大阪ガスマーケティング株式会社の協力を得て実施したものである。ここに記して関係諸氏に謝意を表す。