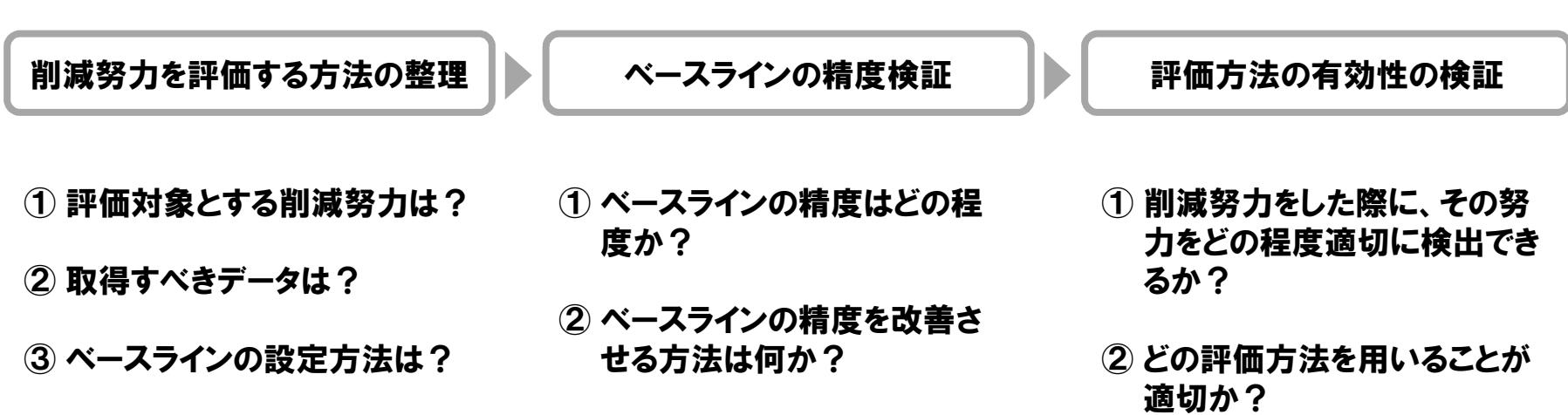

資料2

HEMSデータを用いたCO2削減行動の評価方法の検討について

1. HEMSデータによるCO2削減行動の評価方法の検証方針

- HEMSサービスにおいてCO2削減行動を評価するためには、削減努力を評価する方法を整理する必要がある。
- 整理した手法ごとに、HEMSデータを用いて評価の基準(ベースライン)を設定し、その精度を検証する。
- 設定したベースラインを用いることで、削減努力が正しく評価できるのかその有効性を検証する。



2. 削減努力を評価する方法の整理

2-1 削減努力の種類と評価方法

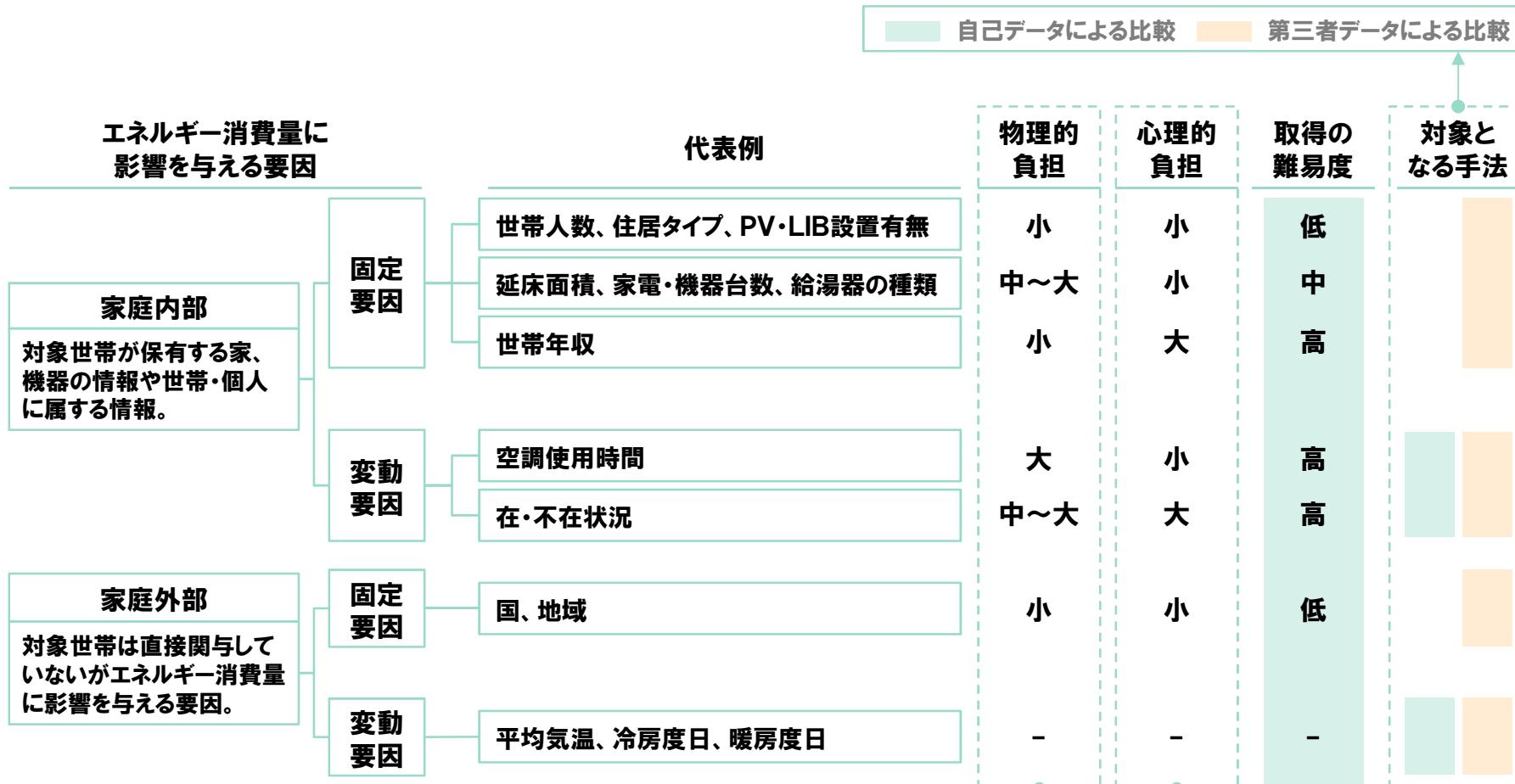
- 評価対象とすべき削減努力は、「①新たな削減努力」と「②継続的な削減努力」の2種類が考えられる。
- ①を正しく評価することで新たな削減努力を生み出し、②を正しく評価することで生み出した削減努力を定着させることが可能となる。
- 削減努力を評価するためには、比較対象が必要であり、①については「自己データ」と、②については「第三者(他者)データ」と比較する必要がある。

評価対象とする 削減努力	比較対象と するデータ	評価方法の説明
CO2削減行動	新たな 削減努力 自己データ	<ul style="list-style-type: none">過去の自分(自己データ)と比較して新たに削減努力ができるかを評価する方法。過去の自己データを用いて、過去と現在を比較し、その差分を削減努力として評価。
	継続的な 削減努力 第三者 (他者)データ	<ul style="list-style-type: none">類似世帯(第三者データ)と比較して継続的に削減努力ができるかを評価する方法。同期間の第三者データと比較し、その差分を削減努力として評価。

2. 削減努力を評価する方法の整理

2-2 取得すべきデータ

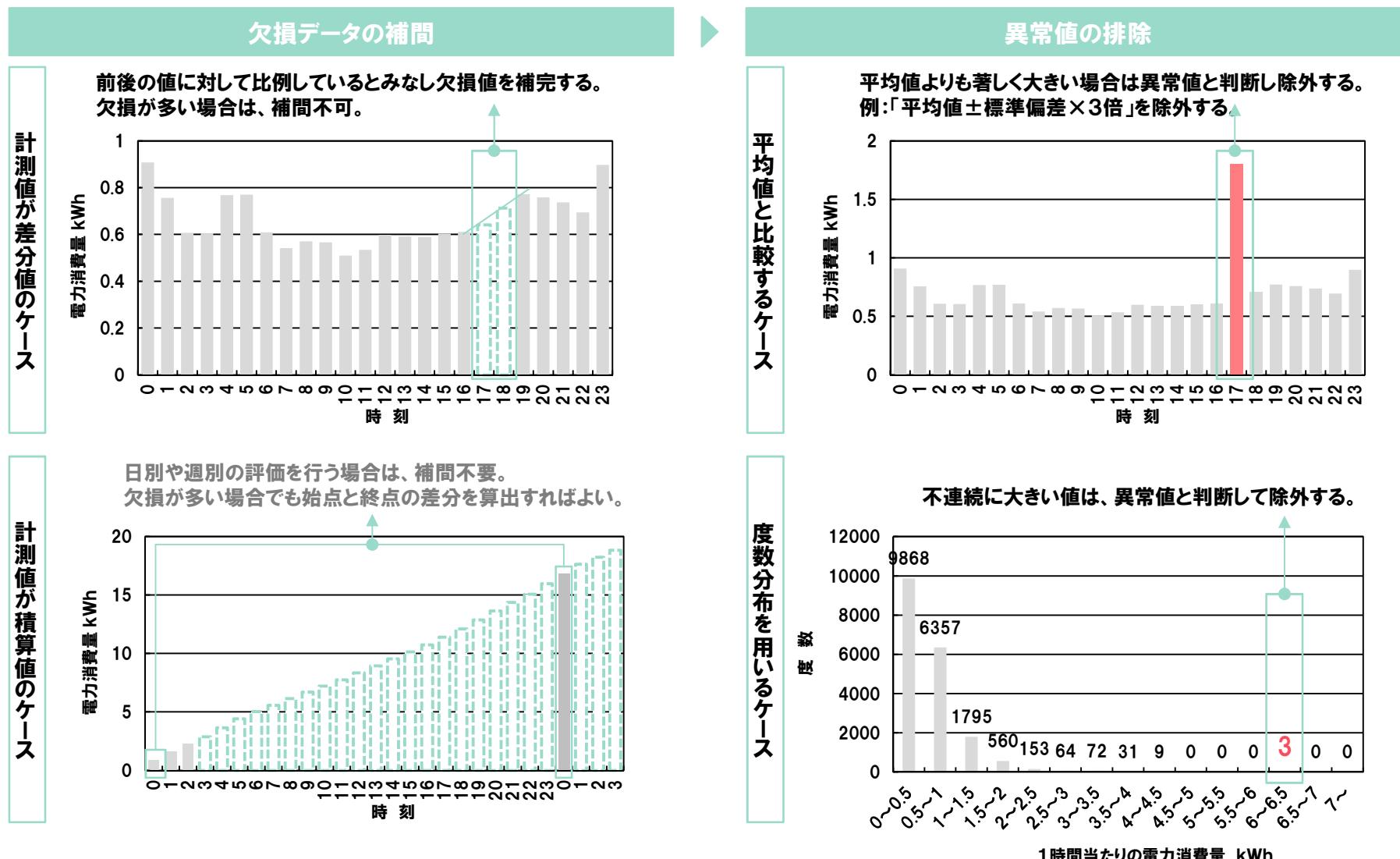
- 取得すべきデータには、エネルギー消費量を把握するための「HEMSデータ」と、「比較条件を統一するためのデータ」の2つがあり、後者についてはエネルギー消費量に影響を与える要因ごとに区分できる。
- 対象となる手法によって取得すべきデータが異なり、その取得難易度も異なる。



2. 削減努力を評価する方法の整理

2-3 HEMSデータのクレンジング方法

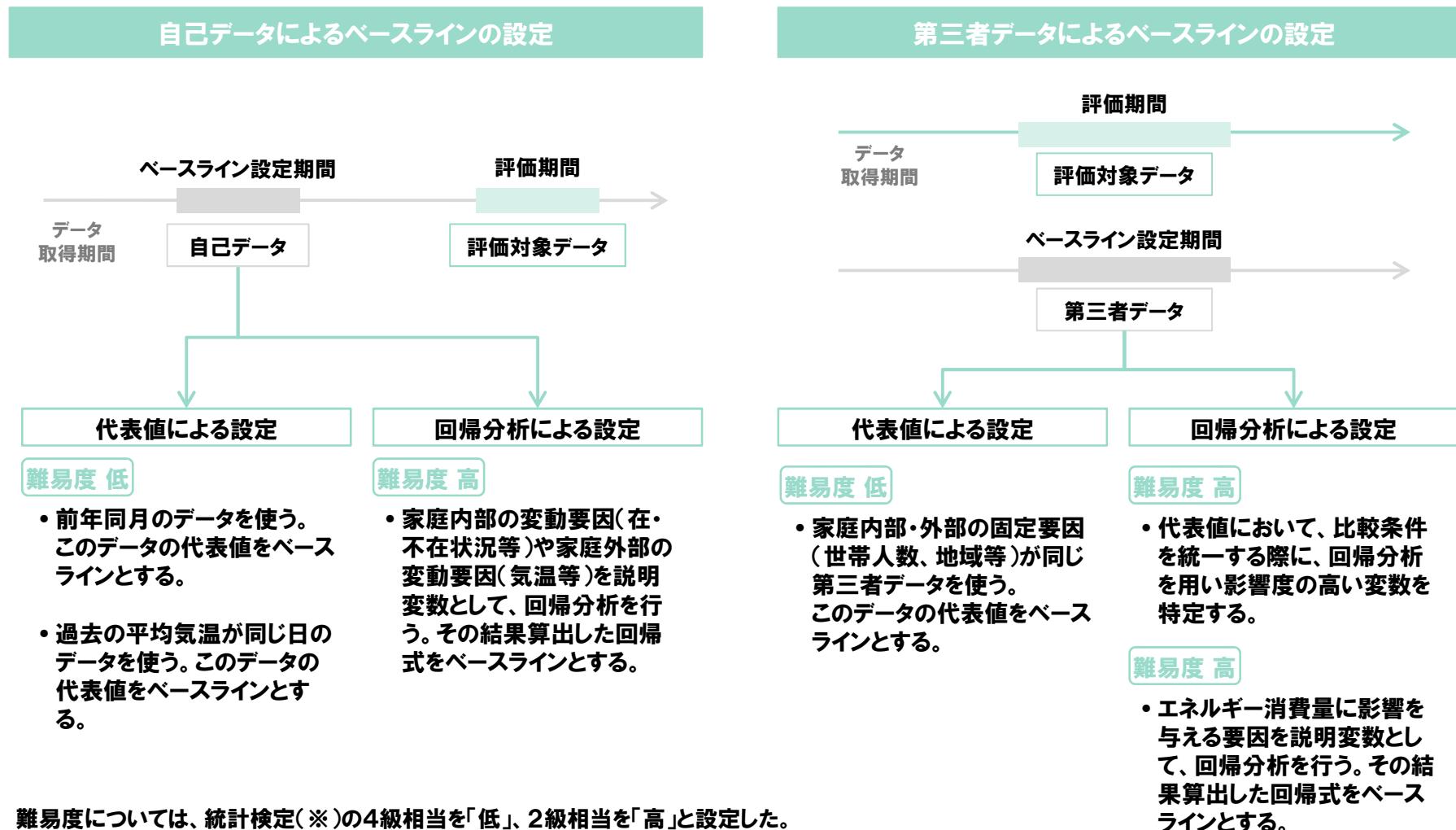
- 取得するHEMSデータには、欠損データや異常値が含まれているケースがあるため、そのクレンジングが必要。
- 本事業では、一般的なケースとしてHEMSデータの時間的粒度を30分または1時間と想定した。



2. 削減努力を評価する方法の整理

2-4 ベースラインの設定方法

- 評価の基準(ベースライン)を設定するにあたり、**代表値(平均値等)を用いる方法**と、**回帰分析を行う方法**があるが、一般的に後者の方が精度が高い分、難易度も高くなる。

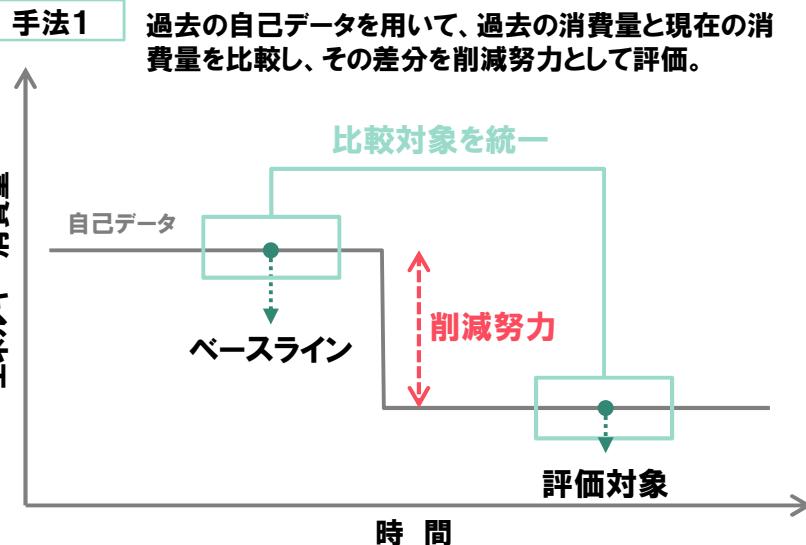


2. 削減努力を評価する方法の整理

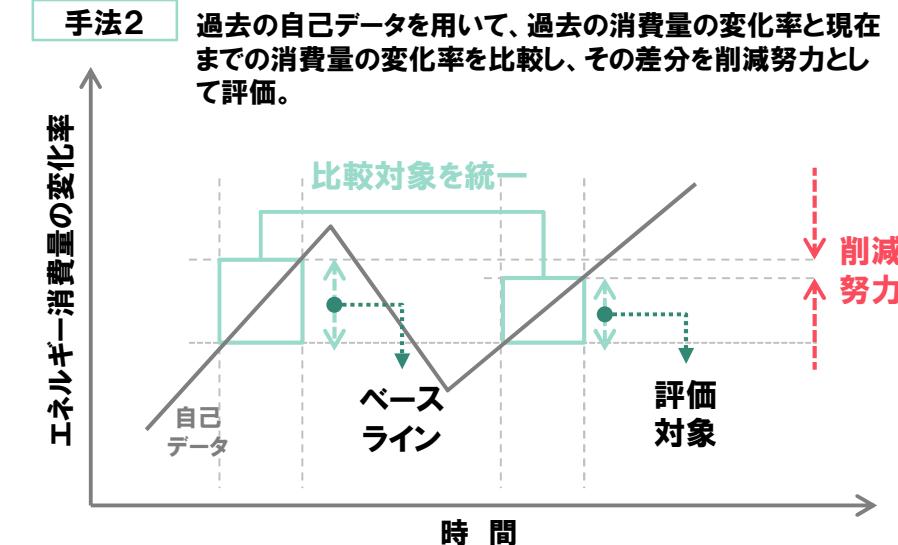
2-5 削減努力を評価する方法

- 削減努力の種類ごとに、「消費量の差分」を比較する方法と「消費量の変化率の差分」を比較する方法があり、以下の4パターン考えられる。

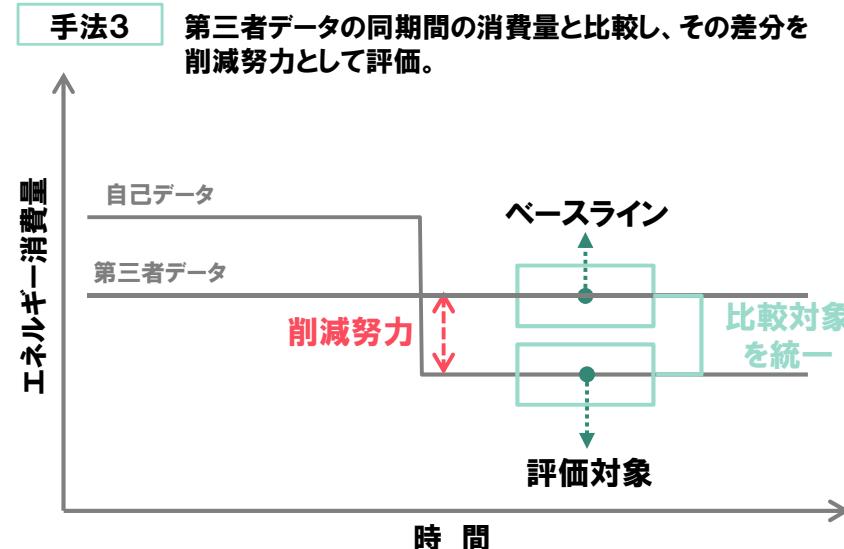
新たな削減努力の評価方法



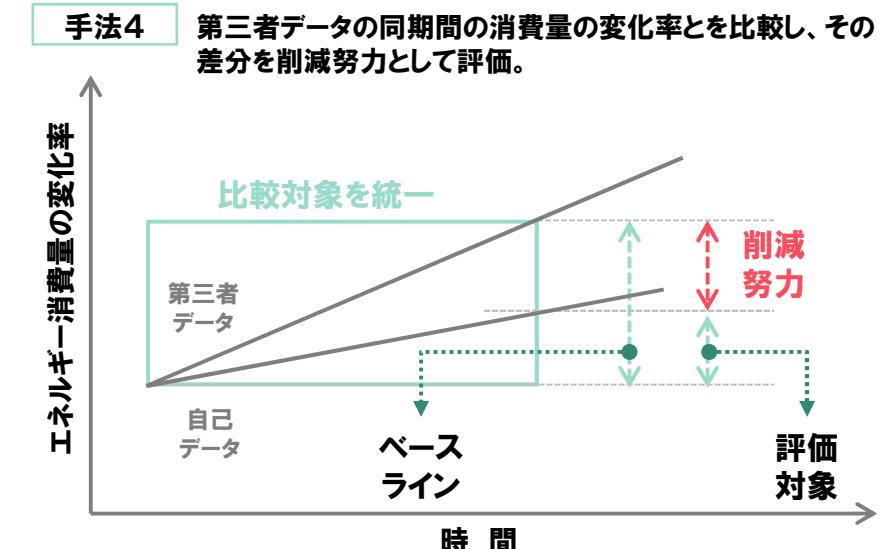
手法2



継続的な削減努力の評価方法



手法4



2. 削減努力を評価する方法の整理

2-6まとめ

- 削減努力を評価する際には、「評価対象とする削減努力」と「ベースラインとの比較方法」に応じて、4種類の手法から選択する。
- これらの4手法について、ベースラインの精度検証と、評価方法の有効性の検証を行う。

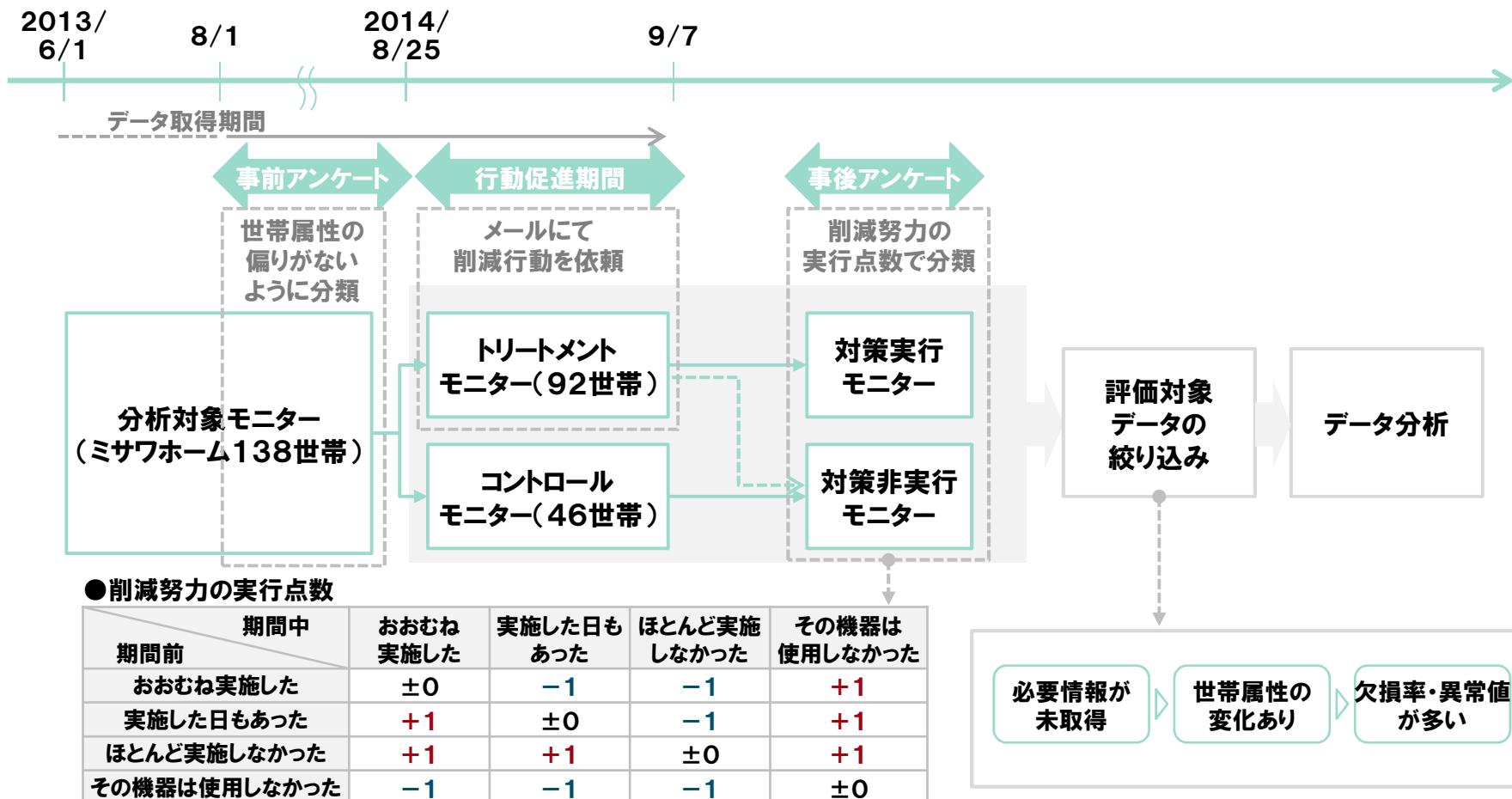


3. ベースラインの精度検証

3-1 分析対象データの概要

(1) 分析対象グループの設定

- ベースラインの精度検証において削減努力が実測データに表れるよう、分析対象モニターのうち、一部の世帯(トリートメントモニター)に対して、**行動促進期間を設定**。
- トリートメントモニターの中で、**実際に削減行動をした世帯を「対策実行モニター」、コントロールモニターも含めた、それ以外の世帯を「対策非実行モニター」として選別**。



3. ベースラインの精度検証

3-1 分析対象データの概要

(2) 分析対象の取得データ項目および取得内容

- 分析対象モニターから取得するデータの項目および内容は、下表の通り。
- 分析対象モニターから「**主幹**」、「**空調**」、「**給湯**」それぞれのデータを取得。

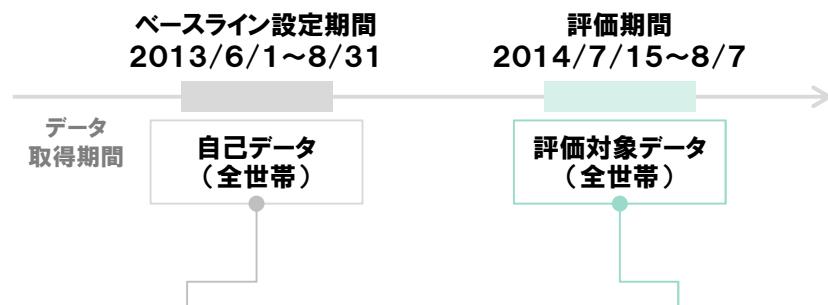
取得方法	項目	内 容
HEMS	主 幹	家庭全体の合計の電力消費量。1時間単位のデータを使用。最長2013年6月～ / 最短2013年8月～。
	空 調	家庭全体の空調の電力消費量。1時間単位のデータを使用。最長2013年6月～ / 最短2013年8月～。
	給 湯	家庭全体の給湯の電力消費量。1時間単位のデータを使用。最長2013年6月～ / 最短2013年8月～。
事前 アンケート	世帯人数	同居している人数。(1人、2人、…、11人以上)
	住居タイプ	(戸建住宅が対象のため)1世帯住宅なのか、多世帯住宅なのか。
	築年数	住宅を建築してからの年数。(1年未満、…、15年以上)
	延床面積	住宅の延床の面積。(50m ² 未満、…、160m ² 以上)
	住宅性能	性能評価の取得有無と省エネルギー対策等級。
	地 域	居住している都道府県。
	所有機器	所有している主要な家電と設備。太陽光発電設備の有無、オール電化有無(給湯器の種類)。
	機器台数	主要な家電(空調等)の所有台数。
	HEMS導入時期	HEMSを導入し、サービスが開始された時期。
期間中 アンケート	省エネ行動	毎日の省エネ行動の取り組み状況について、最短1日毎にYes/No形式のアンケートを実施。モニターに対してウェブアンケートによって取得。
事後 アンケート	世帯構成	家族のライフステージ、世帯主との続柄、同居家族の年齢。
	世帯年収	世帯の年収。(300万円未満、…、2000万円以上)
	家電の利用状況	主要家電の利用頻度。(エアコンの使用時間については、HEMSデータから推定。)
	家電の購入状況	行動促進期間前後の家電の購入状況。
	省エネ行動・意識	省エネ行動に関する金銭的妥当な価格感。
	ペットの飼育状況	室内ペットの有無、ペットの種類、ペット用家電の有無。

3. ベースラインの精度検証

3-2 ベースラインの設定および精度の検証方法

- 分析対象データを用いて各手法ごとにベースラインを設定する。
- 設定したベースラインを用いて、**ベースライン設定期間と評価期間のデータとの比較**を行い、精度を検証する。

自己データによるベースラインの設定(手法1, 2)



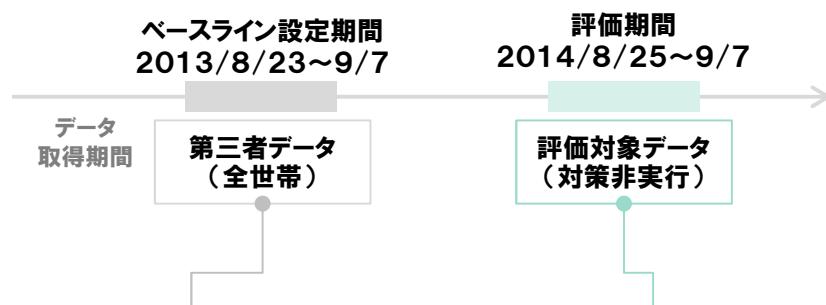
①ベースラインを設定

- 代表値で設定する場合は、同一期間と同一(平均)気温のデータを使用し算出。
- 回帰分析で設定する場合は、気温等を説明変数とし回帰式を算出。

②実測値との乖離率を確認

- ベースラインと評価対象データの乖離率を算出。
- ベースラインの精度を改善する方法を検討。

第三者データによるベースラインの設定(手法3, 4)



①統一すべき比較条件の抽出と回帰式の算出

- 回帰分析によって、消費量への影響度の高い(P 値が有意水準以下の)変数を抽出。
- 回帰分析によって、世帯人口数や延床面積等を説明変数とした回帰式を算出。

②実測値からのはらつきを確認

- 影響度の高い比較条件を統一した場合としない場合のグループ平均(代表値)のはらつきを比較。
- 回帰式によって設定したベースラインと評価対象データの乖離率を算出。(手法3のみ)

3. ベースラインの精度検証

3-3 ベースラインの精度の検証 【自己データによるベースライン設定の精度の評価】

(1) 手法1の精度の評価【代表値】

- 代表値において、主幹・空調では同一気温のデータを使用した方が精度が向上した。
(給湯においても中央値でなく、四分位範囲では精度向上を確認。)
- 主幹・給湯と比べ空調の精度が低い理由として、空調の電力消費量は日々の使用時間に大きく左右されることが一因と考えられる。

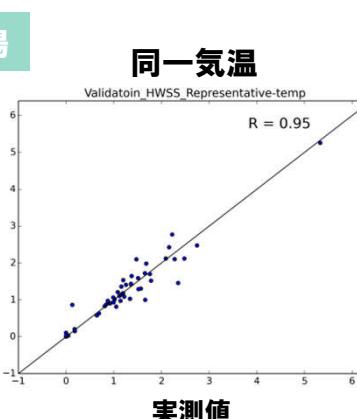
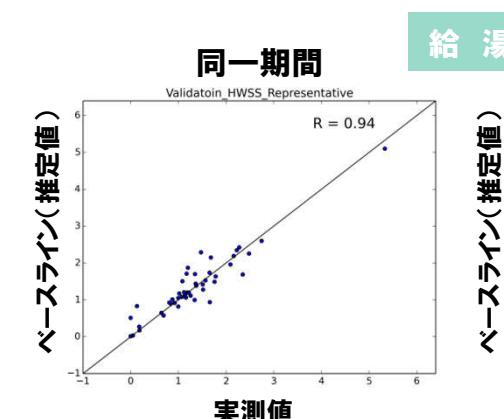
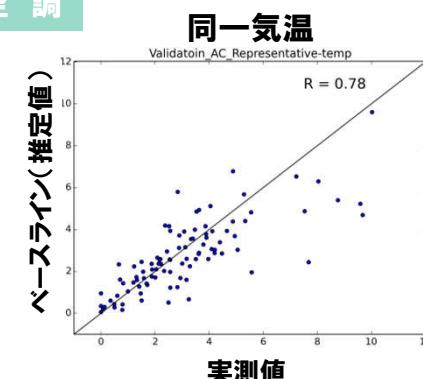
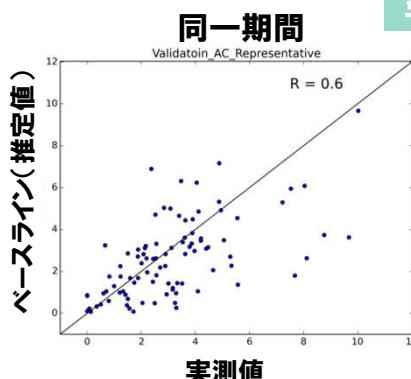
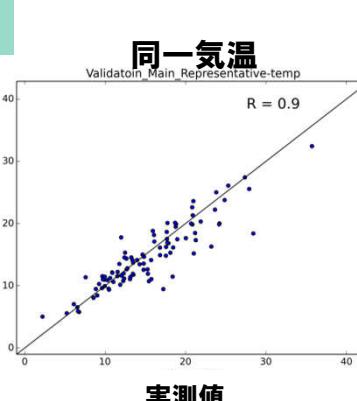
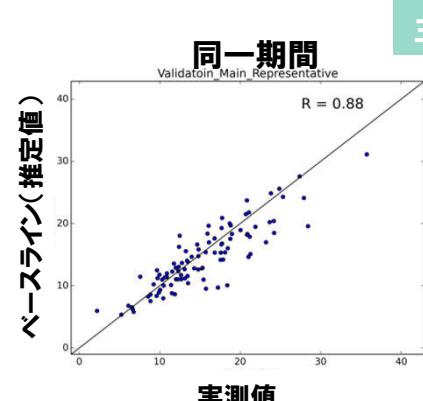
手法1 代表値によるベースラインと実測値の乖離率の中央値 %

回路	同一期間	同一気温
主幹	11.2 → 9.8	
空調	37.3 → 25.5	精度向上(乖離率が低下) 他と比べて空調の精度が低い
給湯	8.2	11.3

※乖離率は各世帯の平均消費量から計算する。

$$\text{乖離率} = |\text{実測値} - \text{ベースライン推定値}| \div \text{実測値}$$

主幹



3. ベースラインの精度検証

3-3 ベースラインの精度の検証 【自己データによるベースライン設定の精度の評価】

(2) 手法2の精度の評価【代表値】

- 代表値において、主幹・空調・給湯の全てで同一気温のデータを使用した方が精度が向上した。
- 手法1と同様、主幹・給湯と比べ空調の精度は低い。
- また、手法1と手法2の精度を比較すると、変化率の差分を比較する手法2のほうが精度が高い。

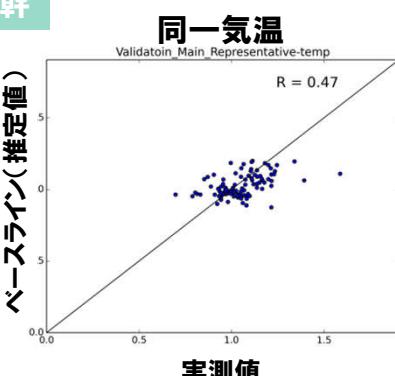
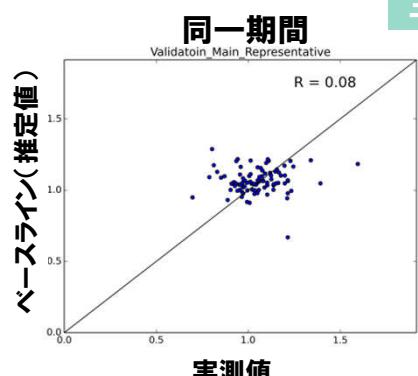
手法2 代表値によるベースラインと実測値の乖離率の中央値 %

回路	同一期間	同一気温
主幹	8.2 → 7.4	
空調	36.9 → 21.8	精度向上(乖離率が低下) 他と比べて空調の精度が低い
給湯	8.9 → 5.7	

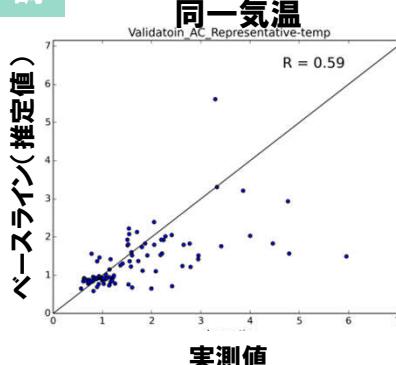
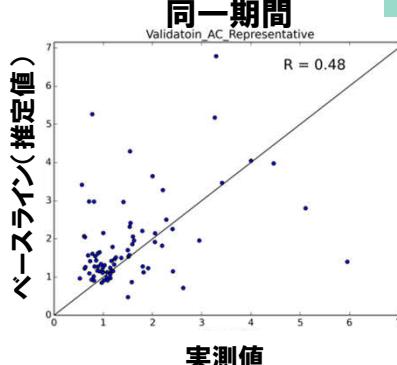
※乖離率は各世帯の平均消費量から計算する。

$$\text{乖離率} = |\text{実測値} - \text{ベースライン推定値}| \div \text{実測値}$$

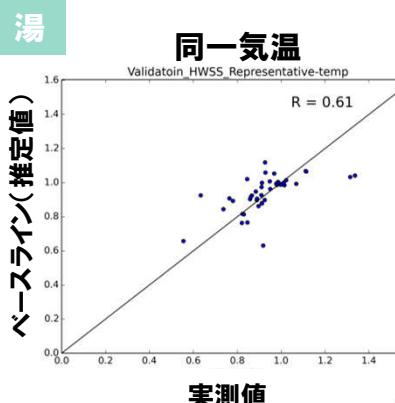
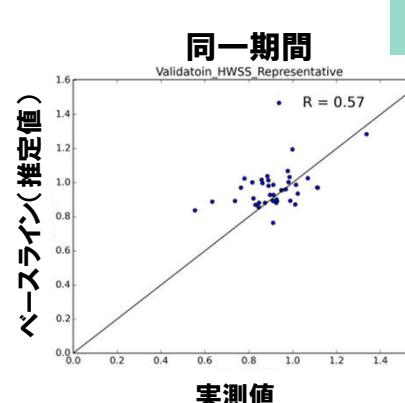
主幹



空調



給湯

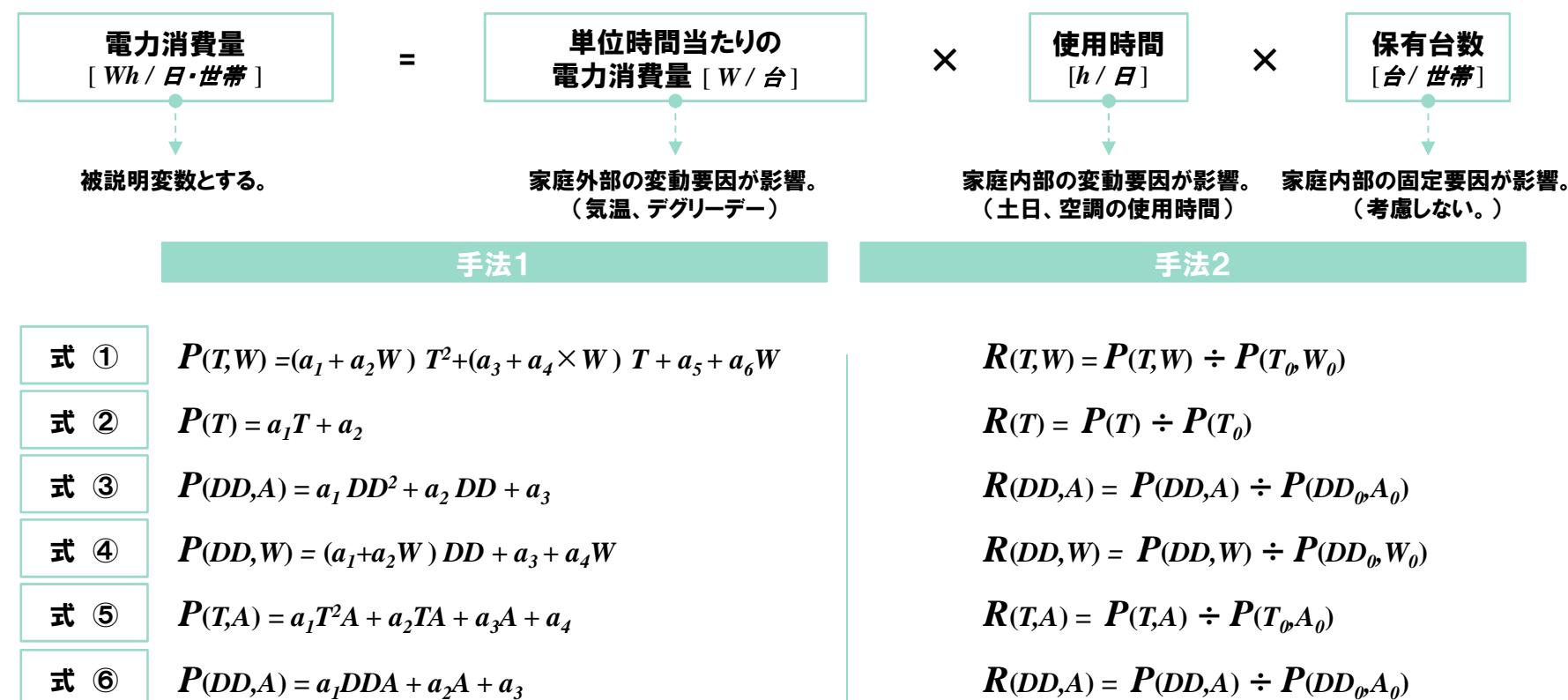


3. ベースラインの精度検証

3-3 ベースラインの精度の検証 【自己データによるベースライン設定の精度の評価】

(3) 手法1・手法2の精度の評価 【回帰分析】

- 手法1・手法2について、回帰分析によって世帯別のベースラインを設定する際には、電力消費量に対する影響を下記のように分解し、変数を設定した。
- 冷房度を採用する式については、AIC(※)を用いることで世帯ごとに20～30℃の範囲で最適な値を使用した。
※AIC(赤池情報量規準):回帰式のモデルの当てはまりの良し悪しを評価するための指標。



P :電力消費量 [Wh / 日・世帯], R :電力消費量の変化率 [%], W :土日ダミー, A :空調使用時間, T :気温 [℃], DD :冷房度 [℃], a :係数

3. ベースラインの精度検証

3-3 ベースラインの精度の検証 【自己データによるベースライン設定の精度の評価】

(3) 手法1・手法2の精度の評価 【回帰分析】

- 代表値より回帰分析の方が精度が向上する場合もあったが、大きな差はなかった。
- 主幹・空調においては、空調使用時間用いるケースで精度向上する傾向が見られる。
- 一方で、冷房度の二次式を用いるケースで精度が低下する傾向が見られる。これは、今年度の平均気温が、昨年度の同時期と比較して低かったため、「空調を利用していたのに利用していないと推定したケース」が多いことが一因と考えられる。つまり、評価対象期間においては、気温とは無関係に空調を使う世帯が多かったということが言える。

		手法1						手法2						
説明変数		①	②	③	④	⑤	⑥	①		②	③	④	⑤	⑥
土日 (ダミー)		○			○					○		○		
空調の使用時間 h/D						○	○			○	○			
平均 気温 ℃	(1次)	○	○			○		○	○					
	(2次)	○				○				○	○			
冷房度 ℃	(1次)			○	○		○			○	○			○
	(2次)			○					○		○			○
乖離率 の中央値 %	主幹	10.0	9.0	11.7	10.7	6.9	7.1	6.0	6.4	7.4	6.2	4.7	5.0	
	空調	26.0	29.5	50.3	30.9	16.1	15.5	21.7	23.1	22.7	22.7	15.0	16.4	
	給湯	11.4	9.7	10.5	9.6	13.3	17.5	5.8	6.0	6.6	6.6	6.1	6.3	

3. ベースラインの精度検証

3-4 ベースラインの精度の検証 【第三者データによるベースライン設定の精度の評価】

(1) 手法3の精度の評価 【代表値】

- 手法3について、比較条件を統一した際のベースラインの精度を検証した。統一した比較条件については、事前に回帰分析を行った上で、影響度の高い(P値が有意水準以下の)変数を選択している。
- 主幹については、**比較条件を統一した場合の方が、ベースラインの精度がやや向上する傾向**が確認できる。
- 空調については、**冷房度の低い(涼しい)区分ではベースライン精度が悪い**。これは、エアコンを使用している世帯と使用していない世帯の差が大きいため、変動係数が悪化してしまったものと考えられる。
- 給湯については、統一すべき比較条件は抽出されなかったが、参考として最もP値が低かった延床面積について統一した場合について分析を行った。

主幹	統一しない	延床面積		オール電化有無		延床面積+オール電化有無			
		平均以上	平均未満	ガス併用	オール電化	平均以上		平均未満	
						ガス併用	オール電化	ガス併用	オール電化
世帯数	66	34	32	31	35	16	16	15	19
ベースラインの消費量 kWh/週	91.7	86.9	96.8	81.3	100.9	83.8	109.8	78.6	93.4
変動係数 %	35.0	35.8	33.8	34.2	32.9	36.0	28.0	32.8	36.4

空調	統一しない	冷房度 ℃				
		平均以上	平均未満	上位1/3	中位1/3	下位1/3
世帯数	60	36	24	20	21	19
ベースラインの消費量 kWh/週	6.4	7.7	4.3	9.7	4.9	4.4
変動係数 %	109.7	93.8	142.0	79.1	124.7	138.7

給湯	統一しない	延床面積	
		平均未満	平均以上
世帯数	42	24	18
ベースライン消費量 kWh/週	11.0	11.6	10.3
変動係数 %	52.0	49.3	66.5

変動係数:
電力消費量の標準偏差 ÷ 平均電力消費量

3. ベースラインの精度検証

3-4 ベースラインの精度の検証 【第三者データによるベースライン設定の精度の評価】

(2) 手法4の精度の評価 【代表値】

- 手法4について、比較条件を統一した際のベースラインの精度を検証した。統一した比較条件については、事前に回帰分析を行った上で、影響度の高い(P値が有意水準以下の)変数を選択している。
- 主幹については、統一すべき比較条件は抽出されなかったが、参考として最もP値が低かった保有機器について統一した場合について分析を行った。
- 空調については、**冷房度の低い(涼しい)区分の精度が悪い**。これは、空調を「使用する世帯」と「使用しない世帯」とでエネルギー消費量の差が大きいためであると考えられる。
- 給湯については、**統一しない場合と比べ、ベースライン精度が向上する傾向が確認できる**。

主幹	統一しない	保有機器		変動係数: 電力消費量の変化率の標準偏差 ÷ 平均電力消費量の変化率		
		ガス併用	オール電化			
世帯数	64	30	34			
ベースラインの変化率 %	86.0	84.4	87.4			
変動係数 %	10.5	9.3	11.3			

空調	統一しない	冷房度 ℃				
		平均以上	平均未満	上位1/3	中位1/3	下位1/3
世帯数	69	36	33	23	24	22
ベースラインの変化率 %	28.6	36.6	19.9	36.3	31.4	17.6
変動係数 %	83.9	57.0	122.8	50.9	98.2	92.8

給湯	統一しない	冷房度 ℃				
		平均以上	平均未満	上位1/3	中位1/3	下位1/3
世帯数	47	27	20	16	16	15
ベースラインの変化率 %	123.7	121.9	126.1	122.8	130.1	117.8
変動係数 %	30.8	19.0	31.2	22.4	28.3	23.7

3. ベースラインの精度検証

3-4 ベースラインの精度の検証 【第三者データによるベースライン設定の精度の評価】

(3) 手法3の精度の評価【回帰分析】

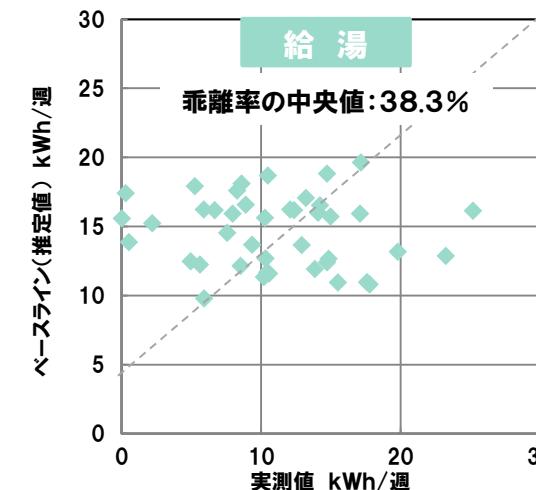
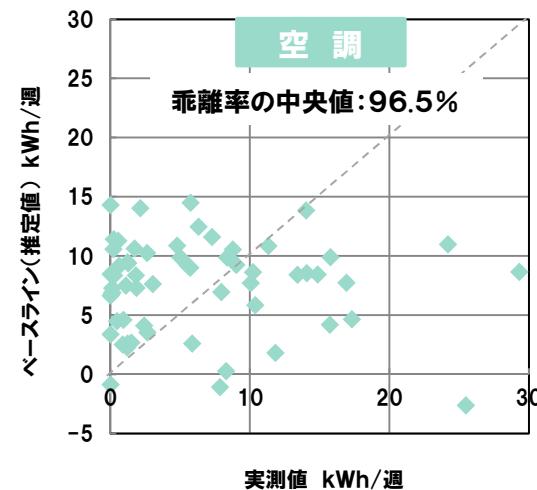
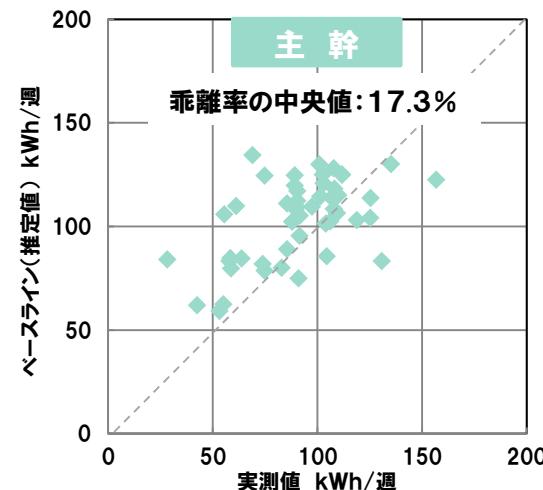
- 対策非実行モニターの電力消費量を回帰分析した結果、主幹では延床面積およびオール電化有無、空調では冷房度日が有意水準5%で確認された。給湯において、有意な変数は抽出されなかった。
- 主幹および給湯と比べ空調の乖離率(※)が大きい理由として、空調の電力消費量は日々の使用時間に大きく左右されることが一因と考えられる。

※ 乖離率: | 実測値 - ベースライン推定値 | ÷ 実測値

$$P = a_1 A + a_2 B + a_3 C + a_4 D + a_5 E + \alpha \quad P: \text{電力消費量 kWh/週}$$

統計的有意性: *** 0.1%, ** 1%, * 5%, . 10%

項目	概要	説明変数	係数 a_n		
			主幹(N=101)	空調(N=97)	給湯(N=48)
定数	-	α	34.99	-10.05	1.273
世帯人員	1人~6人の連続変数	A	2.130	1.421	0.7841
延床面積	45~205m ² の連続変数	B	0.3851 ***	0.0534	0.0469
オール電化有無	給湯器が電化(エコキュートor電気温水器):1, それ以外:0	C	20.45 ***	1.305	—(N=1のみ)
冷房度 ℃	基準温度22℃	D	-1.859	2.346 **	0.2777
20歳未満	20歳未満がいる:1, いない:0	E	-3.259	0.1091	-2.190



3. ベースラインの精度検証

3-5 ベースラインの精度の検証結果まとめ

- 自己データによってベースラインを設定する場合、**気温に関する比較条件を統一することで精度が向上する。**
- 手法1・手法2について、**代表値と回帰分析とでベースラインの精度に大きな差がみられなかった。**
- 手法3・手法4について、**延床面積等の比較条件を統一することによって、より精度が向上する可能性が示唆された。**
- 手法3と手法4を比較すると、手法4のほうが精度が高い。これは、手法4が変化率を比較しているため、**家庭内部の固定要因に関する影響が打ち消された**ということがその理由であると考えられる。
- 全ての手法について、**空調のベースラインの精度が悪い。**これは、空調の電力消費量は日々の使用時間に大きく左右されることが一因と考えられる。

自己データによるベースラインの設定		第三者データによるベースラインの設定							
	手法1		手法2		手法3		手法4		
主幹	代表値	回帰分析	代表値	回帰分析	代表値	回帰分析	代表値	回帰分析	
	乖離率 (※1) %		変動係数 (※2) %		乖離率 (※1) %		変動係数 (※2) %		
	9.8~11.2	6.9~11.7	7.4~8.2	4.7~7.4	28.0~36.4	17.3	9.3~11.3	-	
使用時間に左右されるため、精度が悪い。		変動係数 (※2) %		乖離率 (※1) %		変動係数 (※2) %		-	
空調	25.5~37.3	15.5~50.3	21.8~36.9	15.0~23.1	79.1~142.0	96.5	50.9~122.8	-	
給湯	8.2~11.3	9.6~17.5	5.7~8.9	5.8~6.6	49.3~66.5	38.3	19.0~31.2	-	

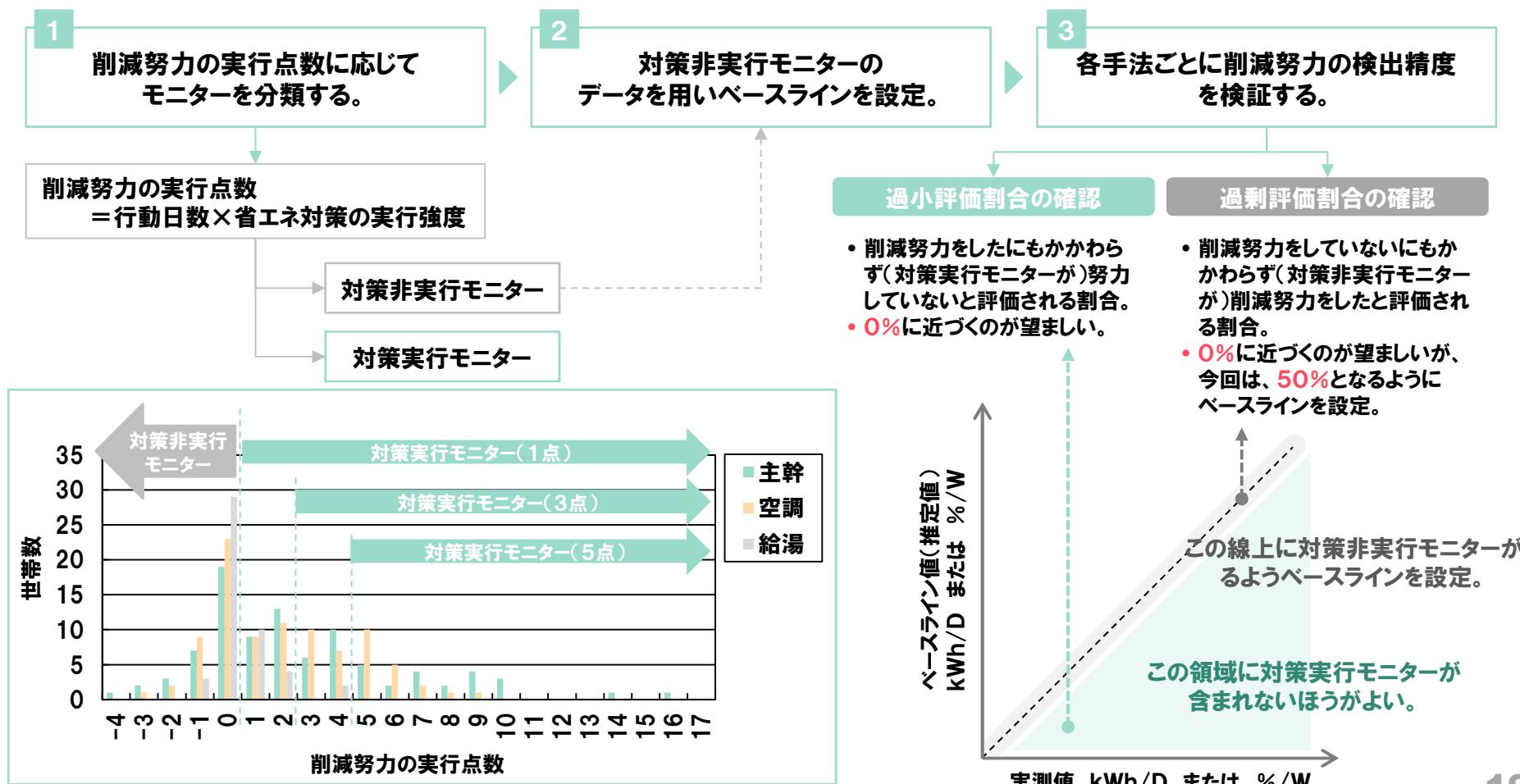
※1: 乖離率: $| \text{実測値} - \text{ベースライン推定値} | \div \text{実測値}$

※2: 変動係数: 電力消費量(または変化率)の標準偏差 \div 平均電力消費量(または変化率)

4. 評価方法の有効性の検証

4-1 ベースラインを用いたCO2削減行動の検出精度に関する検証方法

- 対策実行モニターのデータを用い、「削減努力をどの程度適切に検出できるか?」と「どの評価方法を用いるべきか?」ということについて検証する。
- 検出精度を検証する際には、削減努力の実行点数に応じて対策実行モニターと非実行モニターに分類した上で、過小評価割合と過剰評価割合の2つの指標を用いて検出精度を検証。
- 対策実行モニターについては、実行点数を高いモニターのみ抽出し、検証精度の増減を確認した。



4. 評価方法の有効性の検証

4-2 検出精度の有効性の検証【自己データによる検出精度の評価】

(1) 手法1・手法2の精度の評価

- 主幹について、実行点数の高いモニターのみを抽出しても、検出精度に大きな改善はみられなかった。
- 手法2については、気温の影響を受けやすい空調について、精度が改善している傾向にあるため、本手法において削減努力として表れやすいのは、気温感応度に関する削減努力であると考えられる。
- 全体として検出精度が良くなかったのは、モニターが意識していたほど大きな削減結果が得られなかつたためであると考えられる。

回路		過小評価割合(※1) %			
	実行点数	世帯数	代表値 (同一気温)	代表値 (前年同月)	回帰分析 (式⑤)
手法1	主幹	1	42	59.5	35.7
		3	24	54.2	41.7
		5	13	61.5	30.8
	空調	1	38	36.8	21.2
		3	20	50.0	15.0
		5	8	50.0	0.0
手法2	主幹	1	43	37.2	44.9
		3	24	52.2	52.2
		5	13	50.0	0.0
	空調	1	37	21.1	40.5
		3	20	25.0	31.6
		5	8	12.5	25.0

対応する実行点数以上のモニターを対策実行モニターとした。

回路		過剰評価割合(※2) %			
	実行点数	世帯数	代表値 (同一気温)	代表値 (前年同月)	回帰分析 (式⑤)
手法1	主幹	0	27	33.3	46.2
	空調	0	24	50.0	66.7
手法2	主幹	0	27	55.6	55.6
	空調	0	24	66.7	56.5

対応する実行点数以下のモニターを対策非実行モニターとした。

※赤字:省エネ対策の実効点数を増やすことによって検出精度が向上したケース。

※1:対策実行モニターが努力していないと評価される割合。

※2:対策非実行モニターが削減努力をしたと評価される割合。

4. 評価方法の有効性の検証

4-2 検出精度の有効性の検証【第三者データによる検出精度の評価】

(2)手法3・手法4の精度の評価

- 手法3については、実行点数の高いモニターのみを抽出すると検出精度が改善する。
- 手法4については同様にモニターを抽出すると、特に空調において、検出精度が向上している。手法4において削減努力として表れやすいのは気温感応度に関する削減努力であると考えられる。

手法3		過小評価割合(※1) %							過剰評価割合(※2) %						
		実行点数	世帯数	比較条件					実行点数	世帯数	比較条件				
				統一しない	延床面積	オール電化有無	延床面積+電化有無	回帰分析			統一しない	延床面積	オール電化有無	延床面積+電化有無	回帰分析
主幹	1	49	36.7	32.7	32.7	36.7	42.9		0	66	60.6	59.1	68.2	65.2	77.3
	3	30	33.3	26.7	33.3	36.7	46.7								
	5	13	23.1	7.7	15.4	23.1	30.8								
空調	実行点数	世帯数	統一しない	冷房度(2分割)	冷房度(3分割)	回帰分析		実行点数	世帯数	統一しない	冷房度(2分割)	冷房度(3分割)	回帰分析		
	1	49	46.9	46.9	44.9	44.9		0	60	61.7	56.7	55.0	65.0		
	3	23	52.1	52.2	43.5	39.1									
手法4	主幹	実行点数	世帯数	統一しない	オール電化有無			実行点数	世帯数	統一しない	オール電化有無				
	1	50	34.0	36.0				0	64	50.0	53.1				
	3	22	40.9	40.9											
空調	5	11	27.0	27.0				対応する実行点数以下のモニターを対策非実行モニターとした。							
	実行点数	世帯数	統一しない	冷房度(2分割)	冷房度(3分割)			実行点数	世帯数	統一しない	冷房度(2分割)	冷房度(3分割)			
	1	41	36.6	34.1	31.7			0	69	59.4	56.5	55.1			
対応する実行点数以上のモニターを対策実行モニターとした。		※赤字:省エネ対策の実効点数を増やすことによって検出精度が向上したケース。							※1:対策実行モニターが努力していないと評価される割合。						

5. まとめ

- 自己データによって削減努力を評価する方法は、取得すべきデータが少なく、評価も容易である。ただし、ベースラインの精度について、気温の影響を考慮しても10%程度の誤差があった。傾向として、変化率の差分を比較する手法2のほうが検出精度が高かった。
- 第三者データによって削減努力を評価する方法において、比較条件を十分に統一できベースラインの精度を改善できる場合は手法3を選択し、そうでない場合は手法4を選択するほうが望ましいと考えられる。なお、気温感応度を検出する場合は手法4が有効であると考えられる。

