

# ME4 住宅用スマートメータデータを活用した エネルギー最終需要推計モデルパラメータの逆問題解析

Inverse Problem Analysis for Model Parameters of Total Residential End-use Energy Simulation Using Smart Meter Data.

指導教員 下田吉之教授・都市エネルギーシステム領域

28H21024 岸本一将 (Kazumasa KISHIMOTO)

**Abstract:** In promoting global warming countermeasures, a bottom-up energy demand estimation model that simulates the process of determining energy demand is useful for quantifying the effects of each countermeasure. However, since occupant behavior, the input of the model, is based on statistical information which collected through self-reports, it may not reflect the actual situation. So, this problem can be the factor of causing the error. In this study, we improved the accuracy of electricity demand estimation by inverse problem analyzing of each model using residential smart meter measurement data, and calibrated the parameters related to occupant behavior and air conditioning usage. As a result, the error rate was greatly improved, and the smart meter data was able to identify occupant behavior of actual.

**Keywords:** Smart meter, Bottom-up simulation, Occupant Behavior, Cooling, Heating

## 1. 背景・目的

家庭部門において省エネルギー対策を推進していく中で、対策の効果の定量化やその進捗評価には実際のエネルギー消費プロセスを模擬したボトムアップ型のエネルギー需要推計モデルが有用である。ボトムアップ型モデルでは、生活時間データや機器使用に際する各種パラメータ等、多くの入力データが必要であり、その入力データの正確性が推計精度に大きな影響を与える。しかし、入力データの正確性は調査方法や調査期間の制約により限度があるため、推計値と実態との乖離を生む要因となってしまう。本研究では、住宅用スマートメータによる計測データを用いてベイズ最適化による逆問題解析を行い、居住者行動や空調に関するパラメータを較正することで、より再現性の高い推計を実現することを目的とする。

## 2. Total Residential End-use Energy Simulation モデル

本研究では、Total Residential End-use Energy Simulation (TREES) モデルを用いて、家庭部門のエネルギー消費量を推計した。世帯のエネルギー消費量は、気象条件、住宅の仕様、機器の台数及び性能、世帯員の行動によって決定されるが、これらの決定要因は世帯の属性によって異なる。本モデルは、これらの決定要因を世帯毎に設定することで、世帯のエネルギー消費量のばらつきを再現した。また、技術の導入や行動、世帯構成の変化といった様々なパラメータによるエネルギー消費量の変化を定量的に比較することが可能である。

## 3. 逆問題解析の手法

### 3. 1. スマートメータデータの概要

本研究で使用するスマートメータデータは関西電力管内の非オール電化世帯から住宅形式別・世帯人数別で無作為に抽出し、30分値の平均値と標準偏差データを類型ごとに集約したものである。計測期間は2017年4月1日から2019年4月30日である。

### 3. 2. 最適化の概要

本研究では、冷暖房機器の稼働がない中間期において居住者行動についての最適化を行った。最適化

表 1 2人集合世帯における最適化結果・中間期（パラメータ）

|       | 睡眠時間 | 仕事<br>生起確率 | テレビ視聴 |       | 外出    |        | 掃除    |       | 誤差<br>指標 |
|-------|------|------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----------|
|       |      |            | 拡大率   | 平行移動量 | 拡大率   | 平行移動量  | 拡大率   | 平行移動量 |          |
| BAU   | 460分 | -          | -     | -     | -     | -      | -     | -     | 70.6     |
| 最適化結果 | 360分 | 0.99倍      | 1.84倍 | 7.6%  | 1.60倍 | -19.8% | 1.82倍 | -6.2% | 57.1     |

対象行為として、睡眠時間、仕事の有無、テレビ視聴、外出、掃除に関する行為について較正を行うこととした。また、最適化手法としてベイズ最適化を用い、誤差指標には Wasserstein 距離を用いて世帯の電力消費量に関する頻度分布間の差異を評価した。

#### 4. 結果と考察

2人集合世帯における中間期の最適化結果の各パラメータを表 1 に、ロードカーブを図 1 に示す。

「SM」はスマートメータデータ、「BAU」は最適化前の推計値、「BEST」は最適化結果の推計値である。表 1 より、睡眠時間は 100 分減少し、テレビ視聴行為は増加、外出行為は減少している。また、図 1 より、時系列電力消費推計精度が向上しており、特に 0-5 時頃の深夜では非常に精度よく推計出来ており、20 時頃からの電力消費量の低下のタイミングが少し遅くなりスマートメータデータに近い滑らかなロードカーブとなっている。これは睡眠時間の減少による 20 時以降の電力消費量の増加やテレビ視聴行為の増加による電力消費量の増加の影響である。

本研究で得られた結果の妥当性について、図 2 より、ビデオリサーチ<sup>1)</sup>による世帯テレビ視聴率(HUT)により、最適化後のテレビ視聴率は概ね妥当であると考えられる。0-3 時で過大になる要因としては未考慮機器をテレビによる電力消費として表現したと考えられる。特に、就寝時に電力消費が発生しやすい、スマートフォンやタブレット機器の充電などが考えられる。また、熟睡アラーム睡眠統計によると、全体の平均睡眠時間は 352 分である。これは本最適化後の睡眠時間 360 分とよく一致しており、さらに 2 人集合世帯に高齢者の割合が多く、高齢者は比較的睡眠時間が長いことを考慮すると、精度よくパラメータの較正ができていると考えられる。今後の課題としては、睡眠行為とテレビ視聴行為以外の行為についても解の妥当性を検討する方法やデータを新たに取得することで、最適化した行動パラメータの正確性を評価することや、より汎用的で高精度な最適化手法を確立することが挙げられる。

#### 参考文献

- 1) Video Research Ltd : VR Digest+, 2020.02.06,  
<https://www.videor.co.jp/digestplus/tv/2020/02/35857.html>, (アクセス日 : 2023.01.26)
- 2) 株式会社 C2 : 第 1 回熟睡アラーム睡眠統計, 2018.08.01, <https://jukusui.com/topic/149>,  
(アクセス日 : 2023.01.26)

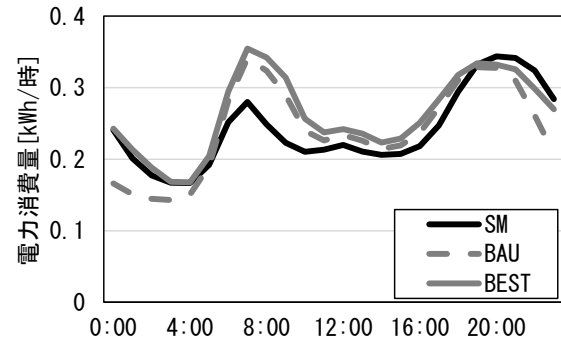


図 1 最適化結果（ロードカーブ）

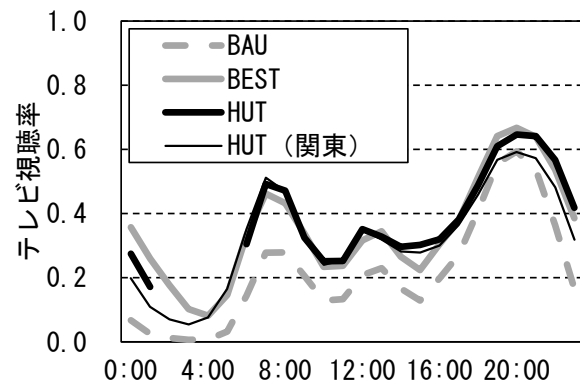


図 2 世帯テレビ視聴率の比較