

# JST 戦略的創造研究推進事業 (CREST・さきがけ・ACT-I) 国際強化支援策 共同研究実施報告書

平成30年3月27日

所属機関名 大阪大学  
職 名 教授  
提案者氏名 下田 吉之

JST 戦略的創造研究推進事業 国際強化支援策の支援により実施した共同研究について下記の通り報告します。

## 1. 実施概要

JST との関係	事業種別	■ CREST □ さきがけ □ ACT-I
	研究領域名	分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開
	研究課題名	分散協調型エネルギー管理システムのためのエネルギー需要シミュレーションモデルの開発
提案名	【和文】 エネルギー需要モデル開発に関する共同研究	
	【英文】 Joint research on energy demand modelling	
実施期間	2017年4月～2018年3月	
提案の目的 <sup>※1</sup>	<p>大阪大学では住宅を対象とするエネルギー需要モデルを開発している。住宅のエネルギー需要の動的な挙動を模擬するために重要となるのが住宅居住者の生活行為、エネルギー消費機器の操作である。これらのモデル化手法に関連して以下の2つの国際共同研究を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 連携研究者：Selin Yilmaz (Institute for Environmental Sciences, University of Geneva) これまでに開発されてきた複数のモデル化手法を共通のデータ、利用文脈の下で精度を比較し、モデル化手法の基本的な性質を理解した。</li> <li>● 連携研究者：Chien-fei Chen (CURENT, University of Tennessee) 開発したエネルギー需要モデルの応用として、洗濯乾燥機、食器洗い乾燥機を用いたデマンドレスポンスによる電力需要の調整力を推計した。</li> </ul>	
実施内容・成果の概要 <sup>※1</sup>	<p>二つの共同研究の実施内容、得られた成果は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Selin Yilmaz との共同研究では、共通のエネルギー消費計測データに基づいて複数のモデルを精度・モデルの性質の観点から比較することができた。これにより、データの利用可能性などのモデル利用文脈によって、使用すべきモデルの選択指針を得ることができた。論文の成果は Journal of Building Performance Simulation に投稿した。</li> <li>● Chien-fei Chen との共同研究では、共同で実施したアンケート調査の結果を分析するとともに、アンケートで得られたデマンドレスポンスやエネルギーマネジメントに関する回答を全国民に拡張し、問題の対象である電力システムの単位でその効果・意義を定量的に評価する方法を開発した。現在、共同で論文を執筆中である。</li> </ul>	

<sup>※1</sup> 本企画の目的、実施内容・成果の概要は箇条書きで簡潔にまとめてください。

## 2. 実施報告

- ① 提案の実施内容とその成果を詳細に記載してください。
- ② 提案を実施して得られた成果がご自身の JST 研究課題へどのような効果をもたらしたのかを記述してください。

大阪大学では住宅を対象とするエネルギー需要モデルを開発している。住宅のエネルギー需要の動的な挙動を再現するために重要となるのが住宅居住者の生活行為、エネルギー消費機器の操作の模擬である。大阪大学と国際連携パートナーである Selin Yilmaz (Institute for Environmental Sciences, University of Geneva) はそれぞれ異なるアプローチのモデルを開発している。大阪大学が開発するモデルと、Selin Yilmaz が開発するモデル、さらに他の研究者が開発しているモデルを加えて、手法間の相互比較を実施した。ここではモデル開発に使用可能なデータ、モデルの適用先などの条件を合わせ、モデルが開発される文脈を共通化することによって、モデルの仕様の差異がもたらす影響を定量的に評価可能とした。以下に検討対象としたモデル開発の文脈を示す。

- 個々の機器の電力消費の合計値として住宅の電力需要を表現する積み上げ型のモデルの開発を想定した。また、モデル化の対象機器は洗濯乾燥機とした。
  - 計測により約 300 世帯において利用されている洗濯乾燥機の時刻別の電力消費量が利用可能であることを想定した。なお、計測データを提供した世帯の属性情報は利用可能ではないものとした。
  - コミュニティスケール、と都市圏スケールで電力消費量を推計するものとした。
- なお、上記の計測データとして、支援経費で購入した電力消費量データを用いている。

この結果、モデル化手法について得られた知見を以下に示す。なお、得られた成果は Journal of Building Performance Simulation に投稿済みである。

- 文献レビューにより、機器別のエネルギー消費を推計するモデルには大きく 4 つの種類があることを明らかにした。4 つのモデルは、モデル化に実測されたデータから時刻別の機器稼働確率を算出し、時刻別に乱数を与えて機器の稼働を再現するデータ駆動型モデルと、人の時間の使い方を表す生活時間データを用いて機器の稼働を模擬する生活時間データベースモデルに分類される。生活時間データベースモデルでは、時刻別行為実施確率に基づいて機器稼働確率を算出するモデル、同様に時刻別機器稼働確率を算出するが世帯構成員の在宅状況を考慮するモデル、時刻別の機器稼働確率を使用せずに、世帯構成員全員の生活行為を模擬し、それに伴う機器稼働の生起を模擬するモデルに分類される。
  - データ駆動型モデルは個々の世帯の電力消費の挙動を正確に模擬することが可能である。一方、生活時間データベースモデルは平均的な挙動を模擬することができるものの、世帯間のばらつきや、世帯内での稼働時刻の集中を模擬することができない。
  - データ駆動型モデルを開発するために必要な実測データの取得には大きな費用が必要となるため、世帯構成などの要因がエネルギー消費にもたらす影響を模擬することができない場合が多い。一方、生活時間データベースモデルは、生活時間データでは世帯構成などの多様な因子が付与されていることから、モデルにおいてその影響を考慮することが可能である。この点では、世帯構成員全員の生活行為を模擬するモデルが最も優れている。
  - 上記のような性質により、データ駆動型モデルでは地域差などを再現することができない。一方、生活時間データベースモデルでは、世帯構成等を設定することによりコミュニティや都市圏の単位でエネルギー需要を推計することができる。
- このように、モデル化手法とモデルの精度・性質の関係について体系的な整理を行うことができた。このように複数のモデルを同じ条件の下で比較した研究はこれまでに実施されておらず、エネルギー需要研究に大きく貢献すると考えられる。また、これらの成果は、大阪大学が開発するエネルギー需要モデルの設計指針を与えるものとなり、今後の開発計画を再検討することができた。

University of Tennessee の Chien-fei Chen との共同研究では、開発したモデルの応用を研究した。本研究では上記の生活時間データベースモデルのうち、個々の世帯構成員の生活行為を模擬するモデルを用いて、洗濯乾燥機を用いたデマンドレスポンスへにより調整可能な電力需要を推計した。まず、2016 年度に共同で実施したアンケート調査によって世帯構成や年齢、就業状況などの属性情報と、デマンドレスポンスへの参加意思、参加時の洗濯乾燥機、食器洗い乾燥機の使い方に関する選好の対応関係を収集した。次に、この関係を模擬する統計モデルを開発した。上記の生活時間データベースモデルにより都市圏単位で特定機器の電力消費を模擬する場合、対象とする地域に居住する世帯を生成し、各生成世帯に属性情報を付与する。この情報を電力消費モデル、デマンドレスポンスへの参加意思、使い方の統計モデルに入力することにより、各生成世帯によって提供される電力消費の調整力を推計することができる。また、世帯別の調整力を対象全世帯で合計することによって、対象地域全体における調整力を定量化することができる。共同研究ではこの手法を確立した。また、確立した手法を関東地方に適用し、住宅用洗濯乾燥機、食器洗い乾燥機によるデマンドレスポンス調整力を定量化した。山口准教授は University of Tennessee に 3 月 23 日から 3 月 30 日まで滞在し、共同で論文を執筆した。この間、University of Tennessee においてセミナーを開催し、電気工学をはじめとする研究者とその有効性について議論した。

本共同研究は、開発モデルの応用可能性を示す有効なものであった。共同研究者の Chien-fei Chen は社会学の専門家であるが、社会科学の分野では上記のモデルのように、社会の問題の単位で定量的な評価が行われることがまれであり、それを可能としたことに意義があると考えられる。これを可能としたのは人の行動を模擬したことであり、共同研究により人の行動を模擬する大阪大学開発モデルの有効性を確認することができた。

### 3. 感想及び JST への要望事項など

支援により具体的な国際共同研究を 2 つ実施することができました。いずれも共同での論文執筆につながり、また、継続的な国際共同研究の実施が見込まれます。心より感謝申し上げます。