

世帯情報に基づいた電力需要量推定モデルの評価

Evaluation of power consumption estimation model based on household information

田原智史 *¹
Tomofumi Tahara

内田英明 *¹
Hideaki Uchida

藤井秀樹 *¹
Hideki Fujii

吉村忍 *¹
Shinobu Yoshimura

*¹ 東京大学大学院工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

Abstract: An electric power demand estimation model based on household information is proposed in this paper. The effect of transition of electric power systems being discussed today will emerge as the change of household electricity demand. The objective of this research is to develop a model which can output area-wise electricity demand curve from the sum of household-wise demand. The proposed method is based on a multi-agent-based household transition model and a household energy consumption database. The simulated result shows rough agreement with the measured values of the monthly electricity demand.

1. はじめに

1.1 背景

日本の電力システムは大きな転換を迎えている東日本大震災を契機に、エネルギー供給が制約され、集中型エネルギーシステムの脆弱性があらわになった。また、化石燃料の枯渇に対する懸念や環境への配慮から、大規模集中型エネルギーシステムから分散型エネルギーシステム [1] への転換が求められるようになった。分散型エネルギーシステムに向けて、再生可能エネルギー、蓄電池、熱源機等の機材を地域の特色に合わせて活用し、効率的なエネルギーの運用しようとする試みが見られ、現在様々な研究が行われている。

またわが国では、再生可能エネルギーの普及促進や電力自由化の影響から、従来需要家側であった主体がより一層発電し、電力の授受が盛んに行われるようになることが予想される。このような電力体制では、電力需要構造はより一層複雑化するが、マクロな予測では、複雑化に伴うパラダイムシフトに追従できない可能性が高いため、従来の電力需要予測では対応することができない恐れがある。地域の特徴、人口動態、発電方式等、様々な情報も利用して予測できるモデルが開発されれば、将来的に蓄電池の配置等電力システムを構築する政策決定を容易にする手段となり得る。

1.2 世帯推移シミュレータ

山際らは、世帯が持つ内部住民状態をライフイベントに伴い遷移させることで、都市の世帯数推移を再現・予測できる世帯推移シミュレータを開発した [2]。このシミュレータは、都市の意思決定主体を「世帯」という単位で考え、その世帯を構成する住民状態を内部変数として持つモデルとなっており、政策立案の検証に有用なモデルとなっている。本研究では、将来的な EV の普及や蓄電池の配置が地域の電力需要にどのような影響を与えるかについての検討を可能とするために、人口動態の変化を予測することができるこのシミュレータを活用する。本研究の位置付けを図 1 に示す。図 1 における人口動態シミュレーションが山際らが開発した世帯推移シミュレーションにあたる。本研究で開発するモデルは、そこから得られた世帯情報

(世帯数、世帯種割合) を入力データとして、電力需要量を推測する片方向連成モデルとなっている。

1.3 既存研究

家庭部門のエネルギー需要推定モデルにおいて、経済指標や統計データを用いたマクロ傾向を分析するもの [3] から住民の行動を実測調査に基づいてモデル化して時間別の電力需要を再現するモデル [4] まで多岐にわたる。前者は、全体の電力需要予測や政策決定の評価に有益ではあるが、個々の世帯や時間帯別の電力需要までを予測することはできないという問題がある。一方で後者は住民の行動まで再現することでよりミクロな電力需要まで再現することはできるが、住民の行動を網羅的に再現するために必要なデータが現時点で入手可能とは言えず、未知パラメータの増大、検証の困難さが依然として課題となっている。今後電力システムの転換により、電力需要が個々の世帯の影響を大きく受けることを考慮すると、電力需要を決定する要素数を抑えつつも、個々の世帯や時間帯別の電力需要まで予測可能なメソスコピックモデルがより一層必要になることが考えられる。

1.4 本研究の目的

本研究では、森田らの研究 [5][6] を参考に、複雑化する将来の電力発需要量に大きく影響すると考えられる家庭部門の電力需要を予測できるシミュレータの構築を目的とする。このシミュレータは、人口動態の変化、過去の電力使用量のデータ、平日・休日、発電方式を考慮して、それぞれの地域の特性を示すような情報を組み込み、時間別の電力需要曲線を予測できるモデルとなっている。また、将来的な電力需要の変動を予測し、電力システムにおける政策決定に有用な知見を提供することを目的とする。

2. 提案手法

2.1 モデルの概要

図 2 に電力需要推定モデルのフローチャートを示す。本研究では、電力需要に大きな影響を与える要因を、世帯情報(世帯数、世帯種割合)、月、平日・休日、発電方法の 4 種類に絞り、これらを元に 15 分ごとの電力需要量を出力する。

連絡先: 田原智史, 東京大学大学院工学系研究科, 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, 03-5841-6994, t.tahara@save.sys.t.u-tokyo.ac.jp

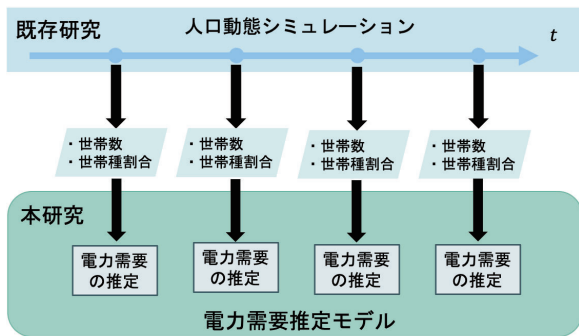


図 1: 開発モデルの位置付け

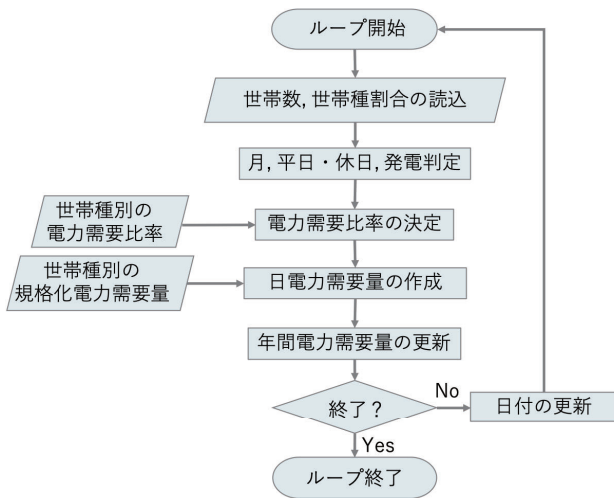


図 2: 電力需要推定フローチャート

2.2 世帯種

世帯・住民シミュレーションモデルはマクロモデルとミクロモデルとメゾモデルに大別される。マクロモデルは世帯や住民を集合体として扱い、その集合体の状態分布を遷移させることで世帯動態の再現するモデルである。このモデルの特徴は、少ないパラメータで多様な世帯動態の予測を可能にするが、行動主体である世帯・住民への影響や個々の住民の挙動までは考慮することができないという問題がある。一方ミクロモデルは、各住民・世帯を個別に扱い、住民・世帯毎の状態を遷移させることで、マクロモデルでは考慮が難しい行動主体である世帯・住民への影響や微視的な個々の住民の挙動を表現することができる。しかしこのモデルでは、複雑な社会現象を表現するために、未知パラメータや計算時間を増大化、パラメータ推定や妥当性の検証が困難であるという問題を抱えている。そこで山際は、各住民・世帯を個別に扱いながらも世帯の状態を単純化させることで、個々の世帯への影響を考慮可能にし、パラメータ推定・妥当性検証が容易であるメゾモデルシミュレータを開発した。このシミュレータでは、住民の現在状態を年齢区分毎に集約した内部状態として世帯に持たせることで、メゾスコピックな世帯エージェントを定義している。これにより、住民に関する未知のパラメータ数を抑制しつつ、住民の遷移状態に作用する政策の影響を反映した世帯動態の再現が可能となる。住民状態の表現には 4 種類の年齢区分と 3 種類の状態を用いる。それぞれ以下の通りである。

● 年齢区分

- － 子供 (0～19 歳)
- － 青年 (20～39 歳)
- － 中年 (40～59 歳)
- － 老年 (60 歳～)

● 状態

- － 状態 1: 世帯に存在していない
- － 状態 2: 世帯に存在し、かつ未婚である
- － 状態 3: 世帯に存在し、かつ既婚である

以上のようにして定義した年齢区分と状態の組み合わせから、全ての年齢区分で状態 1 である場合と、子供の年齢区分のみ状態 2 である場合の 2 通りを除いた 52 通りの内部状態が以下の 6 種類の世帯種に対応している。

- 単身世帯
- 夫婦のみ世帯
- 夫婦とその子供世帯
- 片親とその子供世帯
- 夫婦とその親世帯
- 三世帯世帯

本研究では、上述した世帯推移モデルを参考に、世帯エージェントを 6 種類の世帯種に割り振った。世帯内の住民の行動は考慮しておらず、世帯種が電力需要の傾向を決定し、それぞれ特徴のある電力需要比率と規格化電力需要量を内部変数として持たせている。また各世帯は、世帯の人数は明示的には考慮しておらず、各世帯種が持ち得る世帯人数を満たす世帯のデータを確率的に割り当てている。

2.3 発電方式

本研究では、世帯種毎にオール電化世帯と普通世帯に振り分けている。オール電化世帯とは、冷暖房、調理、給湯を使用するために電気を使っている世帯のことを表す。普通世帯とは、これらを電気以外のエネルギー源を使っている世帯のことを表す。これは、オール電化世帯はエコキュートを設置していることが多く、深夜の安価な電力を使って給湯を利用するために時間帯別の電力需要曲線に大きな差異が見られることから、世帯種毎に発電方式を 2 種類設定した。

2.4 電力需要量の算出方法

電力需要量は (1) 式で算出される。 $E_{i,T}$ は世帯 i の期間 T の電力需要量 [kWh]、 T は区間 t_1 から区間 t_n までの和、 e_i は世帯 i の規格化電力需要量 [kWh]、 $r_{i,k}$ は世帯 i の区間 k における電力需要比率 [ratio] である。図 3 は (1) 式、(2) 式を示した簡易図である。なお、本研究では $T = 24[\text{hour}]$ $k = 15[\text{min}]$ 、 $n = 96$ と設定している。

$$E_{i,T} = e_i \sum_{k=t_1}^{t_n} r_{i,k} \quad (1)$$

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1} + t_n \quad (2)$$

規格化電力需要量は世帯種、月、平日・休日、発電様式別に、ある日の 1 時間あたりの平均電力需要量とした。本モデルでは、日ごとの平均電力需要量を出し、その集めた数値の平均と分散に従う正規分布に基づいて規格電力需要量を出力する。

電力需要比率は、ある区間 k における電力需要量を規格化電力需要量で割った値のことである。本研究で扱う消費電力使

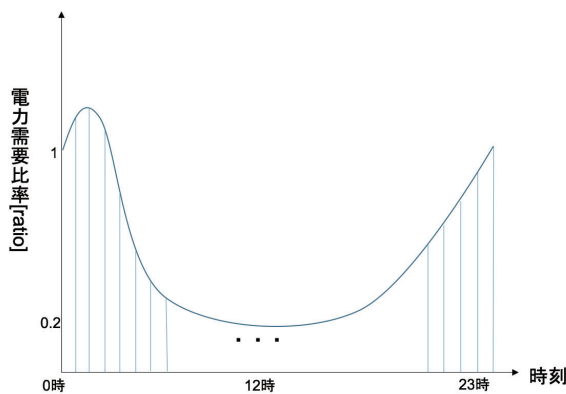


図 3: (1) 式を説明した簡易図

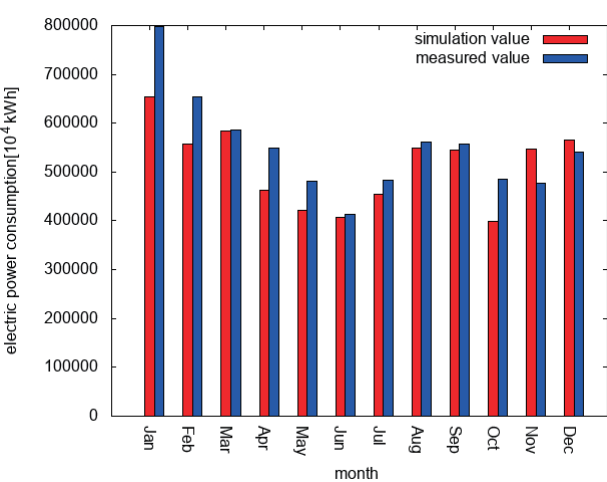


図 4: 月ごとの電力需要量の比較

表 1: パラメータ

パラメータ	値
単身世帯割合	0.310
夫婦のみ世帯割合	0.185
夫婦とその子供世帯割合	0.345
片親とその子供世帯割合	0.077
夫婦とその親世帯割合	0.052
三世帯世帯割合	0.052
オール電化普及率	0.042

用量のデータベース [7] には、15 分ごとにある世帯で使用した電力量が記載されている。このデータベースを元に、世帯種、月、平日・休日、発電様式別に、電力需要比率を平均値として算出し、固定値として出力する。

3. 数値実験

3.1 実験設定

本研究では、電力事業連合会による電力需要実績 [8] に掲載されている東京電力の電力供給量と関東圏に住んでいる世帯を対象にシミュレーションを行った電力需要量を比較する。本来は、世帯推移シミュレータから得られた世帯情報を利用するが、今回は検証のために実データを利用しており、世帯数は 2000 年と 2005 年の関東圏全域における世帯数の平均値として、1684 万世帯を採用する [9]。またタイムステップは 1 日とし、1 年分である 365 ステップのシミュレーションを実施した。

3.2 パラメータ設定

パラメータは世帯種割合とオール電化普及率であり、表 1 の通りである。オール電化普及率は 2009 年の関東圏における普及率を採用した [10]。本研究では、簡単のため各世帯種均等にオール電化普及率を割り振った。

3.3 結果

図 4 は、2003 年における月ごとの電力需要量における実測値とシミュレーション結果を示したものであり、図 5 は、図 4 におけるシミュレーション結果を世帯種別に示したものである。図 4 において、夏期と冬期における電力需要量の増加傾向は実測値と一致しており、電力需要の特性を示しているといえる。図 5 においても、世帯種毎の月別電力需要量の増減にばらつきが見られるものの、季節単位での傾向は実測値と一致した。

表 2: 月ごとの電力需要量における誤差の比較

月	誤差 [%]	月	誤差 [%]
1 月	-18.1	7 月	-6.3
2 月	-15.0	8 月	-2.6
3 月	-0.4	9 月	-2.2
4 月	-15.9	10 月	-18.2
5 月	-12.5	11 月	14.2
6 月	-1.4	12 月	4.3

表 2 は図 4 の実測値とシミュレーション結果における誤差を表したものである。全体として実測値より下方に出力され、大きな誤差の月として、1 月、4 月、10 月等が見られた。

このような誤差が現れた原因として、消費電力使用量のデータベース [7] の世帯数が 20 世帯程度であり、個々の世帯の影響を受けやすいことが考えられる。電力使用量のデータをより集めることでより精度の高い出力結果になることが考えられる。

4. まとめ

本研究では世帯数、世帯属性の特徴を考慮した電力需要推定モデルを開発した。月、平日・休日、発電方式を考慮し、月別の電力需要量の傾向を表す推定モデルを作成した。今後の課題として、時間帯別消費電力需要量に与える変数を刷新した精度の向上や時系列解析導入による精度の向上が挙げられる。また電力の使用量は価格の影響や経済状況の影響も受け、年ごとに一人当たりの電力使用量も変動するため、このようなマクロな変動も考慮することができれば、より精度の高いモデルへとなるだろう。今後の展望としては、蓄電池、再生可能エネルギーの普及率を考慮した電力需要推定モデルへの改良が期待される。蓄電池、再生可能エネルギーの普及の仕方は人口動態と密接に関わっており、普及の仕組みをモデル化できれば、電力システムの変革を実行する際の意思決定に有益となるモデルへとなるだろう。

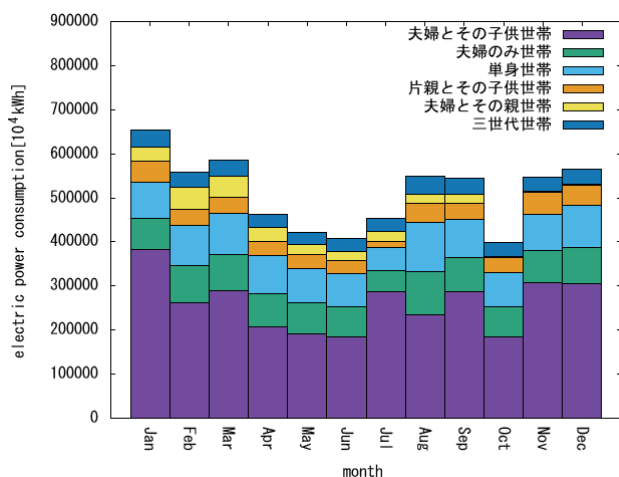


図 5: 世帯種別の月ごとの電力需要量

参考文献

- [1] 資源エネルギー庁, “分散型エネルギーについて”, http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/006/pdf/006_05.pdf
- [2] 山際康平, 藤井秀樹, 吉村忍, “メゾスコピックモデルを用いたマルチエージェント世帯推移シミュレーション”. 人工知能学会論文誌, Vol. 32, No. 5, pp. 1- 10. 2017.
- [3] Bentzen J, Engsted T, “A revival of the autoregressive distributed lag model in estimating energy demand relationships”, Energy, Vol.26, Issue 1, pp. 45- 55. 2001
- [4] J.Widén and E.Wäckelgård, “A high-resolution stochastic model of domestic activity patterns and electricity demand”, Appl. Energy, Vol.87, p.1880. 2010
- [5] 森田圭, 真鍋勇介, 加藤丈佳, 舟橋俊久, 鈴置保雄, “消費電力量と世帯属性の分類に基づく世帯群の合計消費電力量推定に関する一検討”, 電気学会論文誌, Vol.136, No.6, 2016.
- [6] 森田圭, 真鍋勇介, 加藤丈佳, 舟橋俊久, 鈴置保雄, “数百世帯規模の家庭の平均電力需要特性の評価”, エネルギー資源学会論文誌, Vol.38, No.1, 2017
- [7] (社) 日本建築学会, 住宅内のエネルギー消費量に関する調査研究委員会:住宅におけるエネルギー消費量データベース, <http://www.arg.ne.jp/node/2198>
- [8] 電力事業連合会, 電力需要実績, <http://www.fepc.or.jp/library/data/demand/2010.html>
- [9] 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計), <http://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2014/gaiyo/data.asp>
- [10] 富士経済, “エネルギー需要家別マーケット調査要覧 2010 住宅分野編”