The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	国民生活シミュレーションに基づく住宅・業務施設のエネルギー需要予測
Author(s)	山口, 容平
Citation	サイバーメディアHPCジャーナル. 2021, 10, p. 49-52
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/83289
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

国民生活シミュレーションに基づく住宅・業務施設のエネルギー需要予測

山口　容平
大阪大学 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻

1. はじめに

地球温暖化・気候変動対策として二酸化炭素排出量の大幅削減、早期のカーボンニュートラルの実現が議論されるようになった。これを実現するためには、省エネルギー技術、再生可能エネルギーの普及、電化、水素化などによるエネルギーの転換、再生可能エネルギー等カーボンフリーエネルギー源の出力に合わせた時間的・量的な需要の調整（エネルギー管理）を推進する必要がある。これらの対策は個々の技術としての有効性は確認されているものの、総体として将来におけるエネルギーシステムがどのような構成をし、それをいかに運用すべきか、その結果としてどの程度の二酸化炭素が排出されるか、また、経済的にどの程度の水準で各種エネルギーサービスが提供されるのか不明確である。このような検討を支援するためには、様々な技術の変化が同時に生じた将来を模擬することができるシミュレータの開発が有効であると考えられる。近年は高い時空間解像度で気象データが提供されるようになり、それらを活用して再生可能エネルギーの発電量の推計等が行われている。一方、エネルギー需要については実態データが広く公開されておらず、データ駆動型のシミュレータは確立されていない。加えて、各種省エネルギー技術が多数導入される将来を想定するためには、手法間の相互作用や、気象など各種条件に対する依存性、人々のライフスタイルなど各種条件を考慮する必要があり、データ駆動型のモデルには機能面で限界がある。建築分野では物理現象論に基づく理論駆動型のモデルが開発されており、一定の進展がみられる。一方、それらを高い時空間解像度で広く展開するためには、気象条件をはじめ、建築、機器・設備、人々の生活行動や建物の運用などに関する膨大なデータが必要となり、技術的に十分な確立がなされていなかった。

このような背景から、著者の研究室では、住宅、業務施設のエネルギー需要を高い時空間解像度で推計するための方法を開発している。以下では住宅のエネルギー需要推計について説明する。詳細は文献[1]に詳しい。

2. エネルギー需要の推計方法

図 1 に推計方法の概要を示す。図に示すように推計方法は大きく、世帯の生成、エネルギー需要推計のための属性情報の付与、世帯を単位とするエネルギー需要推計の 3 つの過程に分類される。

世帯の生成生成過程では、e-Stat[2]に公表されている国勢調査データに基づき、計算対象の地域に居住する全世帯について表 1 に示す世帯の属性及び住宅仕様の組み合わせを決定する。国勢調査データは小地域と言われる住所の町丁目単位のデータが利用可能であることから、小地域を計算単位とした。本モデルでは表 1 の項目を表す確率分布を算出し、一様乱数によりランダムサンプリングすることで生成する。サンプリングは非復元抽出とした。

表 1：推定する世帯属性・住宅仕様

項目			分類
世帯属性	構成	類型	単独、夫婦のみ、核家族、片親世帯(母子、父子)、三世代世帯(両親、片親)
		人数	1-8 人
		年齢	0-104 歳の 5 歳ごとの年齢区分
	就業・就学形態		フルタイム、パートタイム、小学生、中学生、高校生、短大・専門学校・大学生、その他
	職種		管理職、専門職、事務職、販売業、サービス業、保安職、農林漁業、製造業、運輸業、建設業、運搬・清掃・包装業、分類不能の職業
住宅仕様	建て方		集合、戸建
	所有の関係		持ち家、公営・都市再生機構・公社の借家、民営の借家、給与住宅、間借り
	延床面積		0-19 ㎡、20-39 ㎡、40-59 ㎡、60-79 ㎡、80-99 ㎡、100-119 ㎡、120 ㎡以上

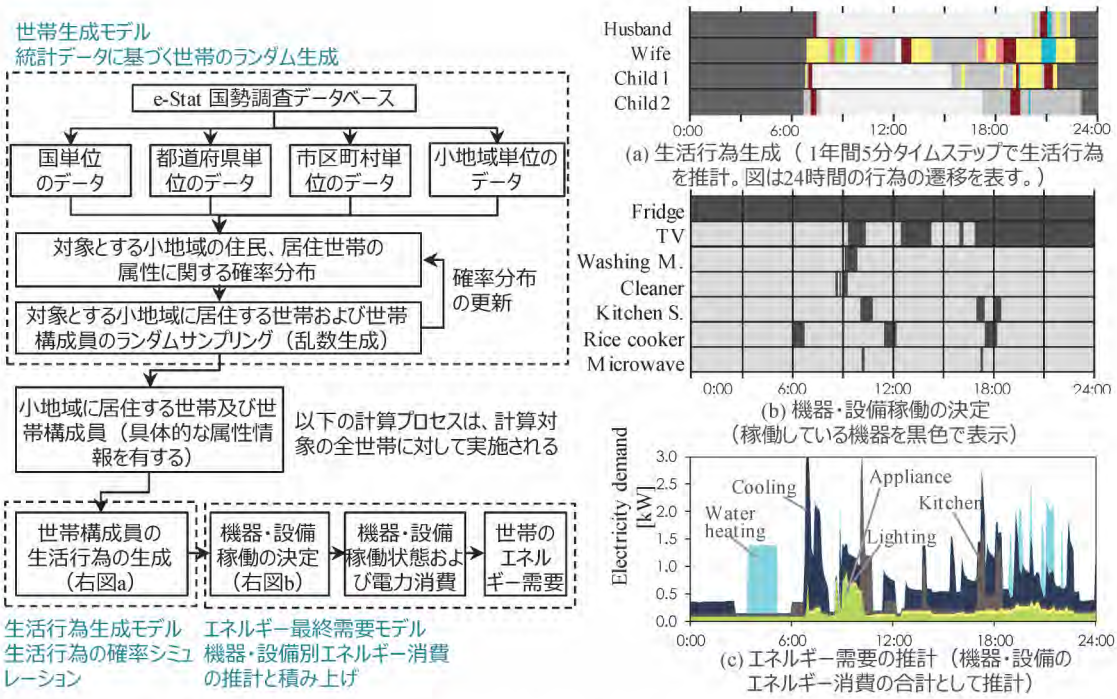

図 1：モデルの概要（左）およびモデルによるエネルギー需要推計手順（右）

次に、生成した世帯に対して住宅の間取り・熱性能、機器・設備の所有状況、生活行動の特性といったエネルギー需要推計パラメータを付与する。これらの条件は世帯生成過程で決定した世帯属性、住宅仕様、加えて、居住地域情報に関連付けて割り当てる。この結果として、世帯の属性や居住地域の影響がエネルギー需要推計結果に反映されることとなる。

エネルギー需要の推計には著者の研究室で開発している Total Residential End-use Energy Simulation (TREES) モデル[3][4]を用いた。本モデルでは、まず、世帯構成員の生活行為を 5 分間隔で生成する。世帯員別の生活行為は睡眠、仕事、外出、テレビ視聴など約 40 種別に分類されており、計算対象日の生活行為の推移が確率生成される[5]。次に生成された生活行為に伴って操作される機器の稼働を決定し、機器の仕様に基づいて決定される機器別エネルギー消費の総和として世帯のエネルギー需要を決定する。テレビや洗濯機などの機器は生活行為と機器稼働の関係を行為実施時稼働確率により規定し、稼働の有無をランダムに決定する。同様に、世帯構成員の在室状況に基づいて照明、空調機器の稼働を決定する。照明では、日射量、住宅仕様を考慮して室内の自然照度を推計して照明の点灯の必要性を判定し、対象室に設置されている照明の仕様に基づいて点灯時、消灯時の電力消費量を算出する。空調についても同様に自然室温を推計して稼働判定する。空調機器が稼働する場合、快適性条件を満足するために空調機器が製造する熱量を推計し、その熱量を製造するためのエネルギー消費量を算出する。なお、エアコンでは熱製造効率の外気温依存性を考慮する。給湯用途では、給湯行為として洗顔、入浴、炊事（後片付け）、風呂の湯はりを考慮し、各行為に伴って生じる給湯水量と給湯温度を決定する。次に、給湯行為が生じた時刻における上水温度から給湯熱需要を求める。また、浴槽の熱収支から追い炊きの熱量を算出する。上水温度は外気温の関数として与えている。最後に、給湯熱需要に対応する給湯設備の稼働を決定し、給湯設備の仕様に基づいて給湯設備のエネルギー消費を定量化する。

上記の通り照明、空調、給湯用のエネルギー需要を定量化するために気温、湿度、日射量等の気象データを用いた。これら気象データは AMATERASS[6][7]を用い、広域を網羅するデータセットから市区町村の領域からデータを切り出して与えた。これらの高解像度気象データは AMATERASS web[8]にて可視化されている。

3. エネルギー需要の推計結果

上記の通り小地域を単位としてエネルギー需要の推計が可能であるが、本節では市区町村別に推計した電力需要を示す。ここでは全国の市区町村別に500 世帯をランダムにサンプリングし、電力需要の世帯平均値を算出した。図 2 に冬期代表日 2017 年 2 月 7 日、夏期代表日 2016 年 8 月 9 日における世帯当たり電力需要推計結果を示す。図では 4 時、7 時、15 時、20 時、23 時の推計結果を表している。図ではカラーバーで電力需要の大きさを表している。結果の可視化は NICT の AMATERASS web[8]によるものである。なお、冬期、夏期では異なるカラーバーが使用されているので注意されたい。

冬期代表日の結果を見ると、4 時において日本海側の地域と四国において比較的高い電力需要がみられる。これらの地域では多く電気温水器が利用されており、深夜電力による蓄熱が行われている。これに対して、関東地方、近畿地方では電力需要が小さ

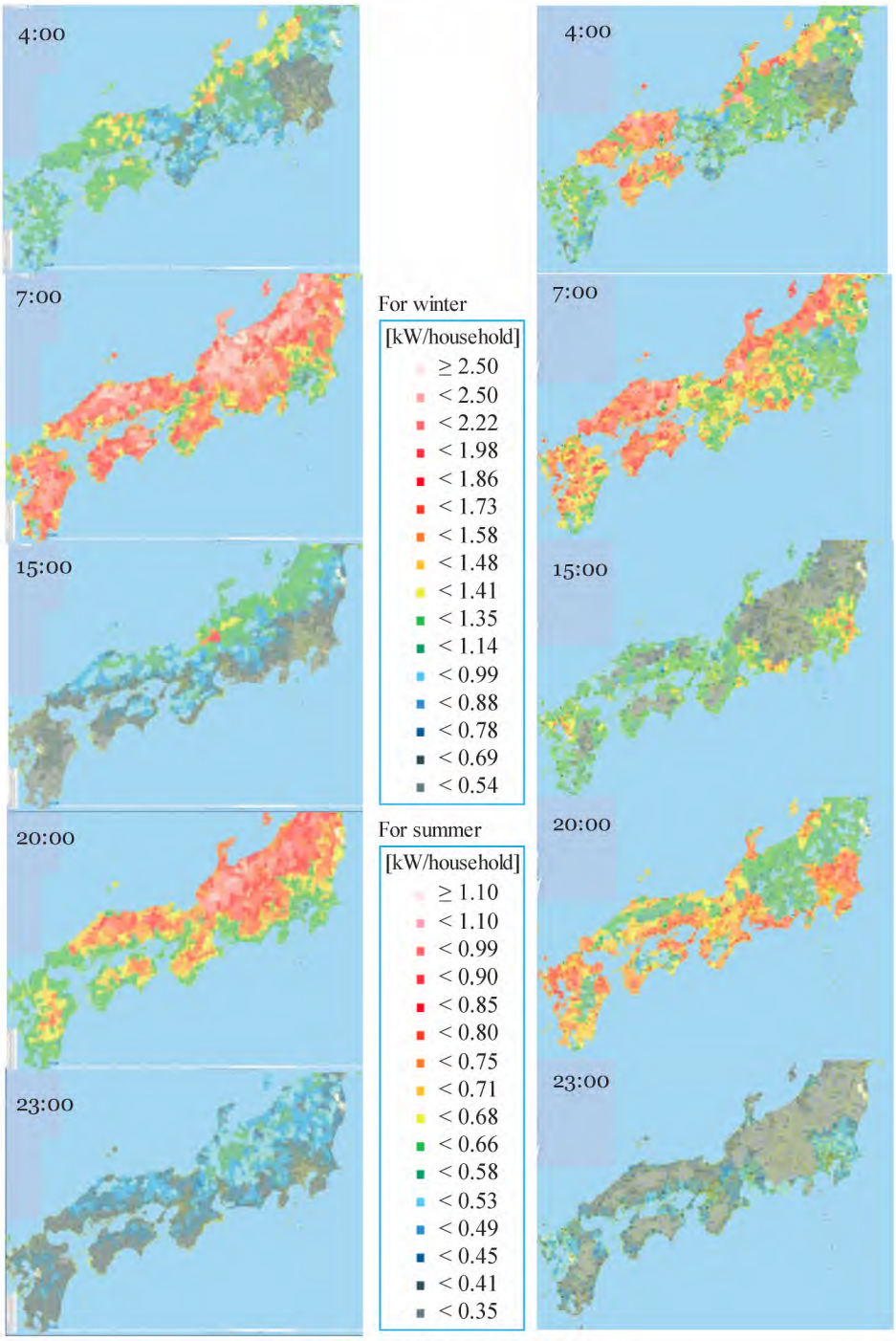

図 2：市区町村別の平均電力需要

（左）冬期代表日 2017 年 2 月 7 日（右）夏期代表日 2016 年 8 月 9 日

い。これは都市ガスインフラが利用可能であり、ガス給湯器の比率が高いためである。4 時から 7 時にかけて多くの地域では電力需要が増加する。これは人々が起床し多くの機器が使用されることに起因する。そのほかの時刻も含めて、人口密度が低い地域において電力需要が高く、人口が集中している地域では電力需要が低い傾向がみられる。図において電力需要が高く表示されている地域はその周辺よりも外気温が低く、このような分布が形成された主たる要因は気象条件にある。ただし、図には示していないが、北海道では東北地方よりも電力需要が小さくなった。これは暖房、給湯において灯油など電気以外が主たるエネルギー源として使用されていることに起因する。

夏期の結果を見ると、冬期とは逆の地域分布がみられ、15 時、20 時、23 時では人口集中地域の電力需要が高い。これは冷房用電力需要の大小に起因する。人口密集地域では外気温が高く、夜間であってもエアコンが使用されている。また、若干であるが都心部では就寝時間が遅く、23 時の結果にはその影響も現れている。このような要因により地域的な差異が形成されている。

4. おわりに

これまで建築分野では気象条件、住宅の仕様、給湯・暖房設備の種別、人々の行動が住宅のエネルギー需要に対して大きな影響を持つことを明らかにされてきた。しかし、それらの条件が日本全国でどのように組み合わされ、エネルギー需要が形成されているか明らかにされていなかった。AMATERASS による高時空間解像度の気象データとエネルギー需要推計モデルを組み合わせることにより、日本全国を対象として、気象条件、住宅ストック、設備・機器ストック、世帯・人口の集積状況を反映し、いかなるエネルギー需要が形成されているか定量化することが可能となった。また、NICT による可視化により影響因子の時空間的な関係性を理解することができた。今後は、現在の時間断面だけではなく、冒頭に述べたように様々な技術変化が同時に起こった将来の時間断面を想定したエネルギー需要推計を行うこと、業務施設を対象とする推計を行うことを予定している。

謝辞

本報告に説明したエネルギー需要推計を大阪大学サイバーメディアセンターで実施するにあたり、大阪大学サイバーメディアセンターの先生方に技術的に支援していただきました。ここに謝意を表します。

本報告は竹中栄晶氏、村田健史氏と著者の研究室の共同研究に基づいています。両氏の協力に謝意を表します。また、この研究は JST CREST（JPMJCR15K4）、JSPS 科研費（20H02312）の助成を受けて実施したものです。

参考文献

(1) Y. Yamaguchi et al. Proc. 16th IBPSA Conf., 2326–33. doi:10.26868/25222708.2019.211024. (2019)

(2) 総務省統計局，2010 年国勢調査, http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/ (2020.05.22 閲覧)

(3) A. Taniguchi, A., et al. Energy and Buildings **112**, 80–92, (2016)

(4) 杉山みなみ他，日本建築学会環境系論文集 85, 289-98. doi:10.3130/aije.85.289. (2020)

(5) Y. Yamaguchi et al. J. Building Performance Simulation 10, 565–581. (2017)

(6) H. Takenaka et al. J. Geophys. Res. 116, D08215, doi:10.1029/2009JD013337. (2011)

(7) 太陽放射コンソーシアム, 2020: http://www.amaterass.org/ (2020.05.22 閲覧)

(8) NICT, 2020: AMATERASS Web, https://amaterass.nict.go.jp/index.html (2020.05.22 閲覧)