

B-7 HEMS 計測データを利用した 各家庭の電力消費量の類型化及び 家庭における生活パターンの推測

○小澤 裕^{1*}・栗栖 聖²・花木 啓祐¹

¹ 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 14 号館)

² 東京大学先端科学技術研究センター (〒153-0041 東京都目黒区駒場 4-6-1)

*E-mail: ozawa@env.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

近年、急速に進む地球温暖化への対策として、二酸化炭素等の各種温室効果ガスの削減が求められている。しかし、我が国の部門ごとの二酸化炭素排出量経年変化を見てみると、2011 年現在の家庭部門における排出量は 1.89 億 t-CO₂ で、京都議定書の基準年である 1990 年に比べ約 48%増加しており、業務その他部門に次いで 2 番目に増加率の大きい部門となっている¹⁾。こうした状況の中で近年導入が進んでいるのが、HEMS (Home Energy Management System) である。HEMS とは IT 技術を活用して、電力の需要と供給をコントロールするものであり、本システムにより、家庭における電力使用量の可視化や節電及び二酸化炭素排出量削減のための機器制御などが可能となる。本研究では、当システムにより実際の家庭において計測された電力消費量の時系列データ (以下、HEMS 計測データと呼ぶ) を元に、家庭における電力消費量の類型化を行う。これにより抽出された電力消費パターンは、各世帯人員の生活行動の推測や家庭ごとに異なるであろう最適な環境配慮機器 (エネファーム等) の選定などに役立つと考えられる。

2. 分析手法

(1) HEMS 計測データの概要

本研究において分析対象とした HEMS 計測データは、

環境省「平成 23 年度家庭エコ診断効果検証実測調査事業」の中で取得され、本研究のために提供されたデータである。同データは全国各地の 1 人～6 人世帯までの計 352 世帯の家庭における総電力消費量の 1 時間ごとの時系列データである。計測期間は 2011 年 12 月 1 日～2012 年 2 月 29 日であるが、家庭によっては計測失敗等によるデータの欠落もある。各世帯における 1 日の電力消費量の時系列データを 1 サンプルとみなすと計 28,089 サンプルから成るものである。

家庭における電力消費量は地域や曜日、世帯人数によって大きく異なると推測される。また、冬季の電力消費量はエアコン等の暖房器具の使用状況により大きく異なるため、外気温が類似した地域内において議論することが重要である。曜日に關しても平日と土日祝日では生活行動の違いによって、消費する電力量にも大きな違いが生じると考えられる。

そこで、本研究では、上記 HEMS データの中でも経済産業省及び国土交通省の定める、全国 6 つの地域区分²⁾のうち地域 IV (関東から中国四国にかけての主に平野部)に住む 1 人世帯の家庭において平日 (平日であっても年末年始の時期は除外) に計測されたデータを用いて分析を行った。分析の対象とした HEMS 計測データは 33 世帯、計 1,455 サンプルである。

(2) クラスタリング方法の決定

本研究では、HEMS 計測データをクラスター分析に供し、各家庭の電力消費量の類型化を行うこととした。ク

ラスタ分析を行う際、サンプル（ある家庭における 1 日の電力消費量の時系列データを 1 サンプルと呼ぶ）間の距離計測方法や生データの加工の有無が分析結果に大きく影響を与えるため、本研究では複数の手法を用いて HEMS 計測データをクラスタリングし、最適な手法を選定した。

元となるデータは、対象家庭の当該日における 1 時間ごとの総電力消費量（Wh）から成っている。本データに基づく電力消費量パターンの類型化法としては、表 1 に示すような方法が考えられる。距離計測方法に関しては、クラスタ分析で一般的なユークリッド距離の他に、時系列データの距離測定に用いられるタイムワーピング距離（Time Warping Distance）³⁾を用いることが考えられる。ユークリッド距離はそれぞれのサンプルの同時刻の値を対応させて距離を計測するのにに対し、タイムワーピング距離は最適な対応点を探して対応させるため、形が同じで時間のずれた時系列データを同一のものとみなすことが可能となる。

本研究は、生活行動の把握に繋がる、電力消費パターンの類型化を目的としているため、同じ様な生活行動の結果であると考えられる、多少時間のずれた電力消費のサンプルは同じクラスタに分類したい。しかし、本研究で扱う HEMS 計測データのような時系列データをユークリッド距離を用いてクラスタリングする場合、時間ずれを考慮することができず、データをそのまま用いることは適さないと考えられる。そのため、前後 1 時間を加えた 3 時間ごとの移動平均を用いることを検討した。また、タイムワーピング距離の場合には、時間ずれを無視できる点が優れているが、考慮できる時間ずれに限度がないため、例えば 12 時間ずれている同じ形の HEMS 計測データも距離が 0 となり同一のクラスタに分類されてしまうという大きな欠点が存在する。

これらの利点欠点を考慮した結果、HEMS 計測データに 3 時間ごとの移動平均を施したデータをユークリッド距離を用いてクラスタ分析することが最適であると判断した。

表 1 データの類型化手法の長短

	長所	短所
ユークリッド距離		本来関係性のある各時刻の値を無関係の変数として扱ってしまう
タイムワーピング距離	時間ずれのある、同じ形の時系列データを同一クラスタに分類可能	時間ずれに限度がない

3. 分析結果

(1) 各クラスタの平均電力消費量

異なる電力消費パターンが描けていることを考慮し、クラスタ数を 4 と決定した。各クラスタに属するサンプルの各時刻における電力消費量を平均し、図 1 に示した。

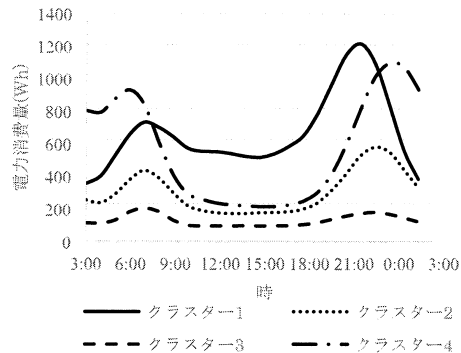


図 1 各クラスタの平均消費量

クラスタ1は7時に約700Whの第一のピークがあり、その後、500Wh 前後の電力を継続して消費し続けた後、18 時頃より消費電力量が増加し、約 1,200Wh の第二のピークが 22 時に見受けられる。クラスタ2 も同じく 7 時に約 400Wh のピークがあり、昼間は約 200Wh の消費量で推移し、19 時頃から消費量が増え始め、23 時に約 600Wh の第二のピークを迎える。クラスタ3 は全体的に他のクラスタよりも消費量が少ない。ピークは 7 時と 23 時頃で両時刻とも消費量は約 200Wh となっている。クラスタ4 はピーク時刻や深夜の消費量に特徴があり、第一ピークは 6 時、第二ピークは 0 時にそれぞれ迎え、深夜もある程度の電力を消費している。

クラスタ2 は朝と夜にピークが存在し、昼間は消費量が少ないことから、昼間仕事で外出し、朝晩在宅しているような、1 人世帯と想像される。また、電力消費量に関しては、クラスタ1 とクラスタ4 が全体的に多く、クラスタ2、クラスタ3 の順になっている。このことから、クラスタ1 や 4 は、所有する家電製品の多い家庭やエアコン等の暖房器具の使用頻度が高い家庭で計測されたデータが含まれていると推測される。クラスタ3 は本来消費量が多くなる朝、夜の消費量が他に比べ極端に少ないことから、朝や夜に不在の時に計測されたものであると考えられる。これらの他にも、いくつか各クラスタの特徴が見受けられ、例えばクラスタ1 は昼間にもある程度の電力を消費していることから昼間も在宅している勤め人や老人宅でのデータであると考えられ、昼間から夜にかけて在宅していることに伴い、夜のピーク時刻

が他よりも早くなっていると予想される。クラスター4は夜のピーク時刻が他よりも遅いため、帰宅する時刻が遅い家庭のものが含まれていると考えられる。

(2) 各クラスターのサンプル数とその他の特徴

各クラスターに属するサンプル数を表2に示した。クラスター2、3に属する電力消費パターンが1人世帯では最も計測されやすく一般的で、クラスター1や4はやや特異的な家庭や日に計測されたものであると考えられる。

表2 各クラスターに属するサンプル数

クラスター	1	2	3	4	計
サンプル数	171	599	477	208	1,455

表3に、各世帯がいずれのクラスターに何割の割合で属するかに基づき、さらにクラスター分析に供した結果を示した。なお、クラスターA～Dに含まれる世帯のクラスター1～4に属する平均割合も下部に示している。

表3 各世帯のクラスター内訳

クラスター	A	B	C	D	計
世帯数	16	7	7	3	33
クラスター1(%)	4	0	12	75	
クラスター2(%)	68	2	28	16	
クラスター3(%)	27	98	2	0	
クラスター4(%)	1	0	58	9	

各クラスターに含まれる世帯数はAが最も多く、次いでB,C,Dの順となった。クラスターAは約7割の日がクラスター2に含まれ、残りの日はクラスター3のような、自宅で消費する電力が少ない生活を送っている世帯である。クラスターBはほぼ毎日クラスター3のような生活をしている。クラスターCはクラスター4を中心にクラスター3以外の消費パターンを示す世帯である。クラスターDは主にクラスター1のような電力消費パターンを示すが、含まれる世帯数は少なく稀な世帯であると考えられる。

次に、HEMS計測データと共に提供された、計測世帯の属性データを元に算出した、クラスターA～Dに含まれる世帯の平均エアコン保有台数及びテレビ保有台数を表4に、また、年収の分布を表5に示す。

表4 各クラスターの平均エアコン・テレビ保有台数

クラスター	A	B	C	D
エアコン (台)	1.25	1.14	1.57	1.67
テレビ (台)	1.06	0.86	1.14	1.67

表5 各クラスターの年収分布

(世帯)	A	B	C	D
未記入	1	2	0	0
500万円以下	5	1	0	0
500万～1,000万円	8	4	6	2
1,000万円以上	2	0	1	1
計	16	7	7	3

特徴的なのは、クラスターBに含まれる世帯、つまり、クラスター3のような電力消費量が少ない生活をメインに送っている世帯は、他のクラスターの世帯に比べ保有しているエアコンやテレビの台数が少ない。逆に電力消費量が全体的に多いクラスター1や4といった生活を送っているクラスターCやDの世帯はAやBに比べ世帯年収が多いように見受けられる。これらは世帯年収や家電保有状況が電力消費量に影響を与えることを示すだけでなく、世帯属性や生活行動の相違に基づくHEMS計測データの類型化が可能であることを裏付けているものであると考えられる。

4. 結論

1人世帯の平日におけるHEMS計測データを特徴の異なるクラスターに分類し、年収といった世帯属性や昼間の在宅有無などの生活行動の相違に基づき、各家庭における電力消費量のパターンを類型化できることを示した。今後、これらの類型結果に基づき、各世帯のより詳細な生活行動の違いを明らかにすると共に、それぞれ家庭に適した環境配慮機器の選定に繋げていきたい。

引用文献

- 1) 環境省「日本の温室効果ガス排出量の算定結果 2011年度（平成23年度）温室効果ガス排出量」
www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html
- 2) 経済産業省・国土交通省「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」
www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/kokuji2.pdf
- 3) 大桃諭, 陳漢雄, 古瀬一隆, 大保信夫, 「タイムワーピングに基づく時系列データの類似検索：次元縮小による効率化」, DBSJ Letters Vol.4, No.1, pp.1-4