

家庭電力データからのライフパターン分析に関する検討

Proposal of Lifestyle Analysis from Household Electricity Consumption Data

白井 佑^{*1} 服部 俊一^{*2} 高間 康史^{*1}
Yu Shirai Shunichi Hattori Yasufumi Takama

^{*1}首都大学東京大学院システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

^{*2}一般財団法人電力中央研究所
Central Research Institute of Electric Power Industry

This paper aims to analyze the lifestyle of residents from household electricity consumption data. Improvement of QOL (Quality Of Life) of elderly has attracted attention in a super-aging society. It is known that the lifestyle of a person directly affects his / her health and QOL. Therefore, understanding a lifestyle is expected to be useful for providing various support for improving QOL, such as recommending adequate actions and daily habit. As a means for understanding residents' lifestyle, this paper focuses on household electricity consumption data, which gets to be available with the spread of smart meters. The result of analyzing lifestyles from actual electricity consumption data by focusing on essential actions such as awakening meal is reported.

1. はじめに

本稿では QOL 向上や健康維持のための行動推薦への応用を目的として、家庭から得られる電力からライフパターン分析を行う。近年高齢者の孤立化・孤独死問題から、高齢者の QOL (Quality Of Life) の向上が重要視されている。代表的な QOL の定義の 1 つとして Bert は身体的状態、心理的状态、社会的交流、経済的・職業的状态、宗教的・霊的状态を提唱している [Bert 96]。このうち、本稿では、身体的状態、心理的状态、社会的交流に着目する。3 要素の向上に伴い、睡眠促進、心理的ストレスの軽減、地域に関する魅力の再発見・再認識等が期待できるとされている [総務省 06]。また、ヘルスプロモーション活動展開に関するプリシード・プロシードモデル [Lawrence et al. 97] では、行動・ライフスタイルが健康、QOL に直接影響するとしており、ライフパターン分析に基づき、居住者へその改善につながる行動推薦を行うことで、QOL の向上が期待できる。

本稿では分析対象として、家庭電力データに着目する。近年、スマートメータの普及に伴い家庭電力データの活用の 1 つとして、QOL の向上や健康維持の観点から居住者の行動推定や、ライフパターン分析に利用する研究が行われており、エネルギー消費は生活行動に強い依存傾向があることが指摘されている [Robert et al. 53]。居住者の行動、ライフスタイルに関する新たな知見を得るために、生活行動を抽出し、これを特徴量としてクラスタリングを行う。狛江市の独居高齢者の負荷電流のデータセットを分析した結果について示す。

2. 関連研究

Wilhelm らはを目的とした電力データを用いた居住者の在・不在判定手法を提案している [Wilhelm et al. 15]。1 日を 15 分間隔で区切り、各区分における消費電力の最小、最大、平均、標準偏差、絶対差の和、自己相関、オンオフ変化の検知数、最大と最小の差などを特徴量として用いている。これらを元に在・不在判定を行った結果、最大で 94% の判定精度が得られたとしている。

連絡先: 高間康史, 首都大学東京大学院システムデザイン研究科, 〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6, ytakama@tmu.ac.jp

富越らは省 CO2 効果を目的とした省エネ行動提案ツールを提案している [富越ら 13]。冷暖房・給湯・照明他の 3 つのエネルギー使用量に応じて居住者への省エネに最適な行動を推薦する他、用途ごとのエネルギー使用量の推計を行う。50 世帯に対してケーススタディを行った結果、ツール導入により室内環境への満足度低下を抑えつつ、省エネ効果が得られたとしている。

3. 分析手法

人間の行動は必需行動、拘束行動、自由行動の 3 つに大別できるとされている [NHK 放送文化研究所 11]。必需行動は睡眠、食事、療養・静養といった必要不可欠性の高い行動であり、2011 年の社会生活基本調査 [総務省 11] では全国の起床・就寝の行為者率は 99%、朝食・夕食は 80% を超えている。起床時にはテレビを付ける、冷暖房を付ける等といった人為的な電力消費を行い、就寝時にはテレビを消す、照明の電源を切る等の行為で電力消費が変化することが想定される。また、食事に関しても、調理に伴いレンジ、ポット等の高消費電力の家電が複数使われることが想定される。従って特定の時間での総負荷電流の変化に着目する事で、必需行動である睡眠と食事の時刻を推定することは可能と考える。

食事は原則朝・昼・夜にとることを想定し、睡眠は起床、就寝のみとし昼寝などは対象としない。これらの条件から、起床、朝食、昼食、夕食、就寝の 5 種類の行動を、総負荷電流の変化から読み取りやすい必需行動として推定し、これらの時刻を特徴とみなしてライフパターン分析を行う。

3.1 データセット

本稿では狛江市に住む 1 人暮らしの高齢者 11 世帯の総負荷電流データ [中野ら 10] を用いた。分電盤に取り付けた端末によって世帯毎の総負荷電流を 1 分毎に計測したものであり、2008 年 10 月 1 日から 2009 年 9 月 30 日までの 1 年間の総負荷電流を取得している。

3.2 起床・就寝の特徴量抽出

Chen らの手法 [Chen et al. 13] を用いて、1 日毎の在・不在判定を行う。得られた在・不在判定結果を元に起床・就寝の時刻を推定する。社会生活基本調査 [総務省 11] を参考に、起床および就寝の想定時刻を定め、その範囲内で検出する。午

前 4 時から午前 9:59 時までの間で、不在から在宅に変化した時刻の中で、1 番早い時刻を起床時刻とする。また、午後 8 時から午後 23:59 時の間で在宅から不在に変化した時刻の中で、1 番遅い時刻を就寝時刻とする。上記を満たす時刻が存在しなかった場合、起床・就寝時刻は未検出とする。

3.3 朝食・昼食・夕食の特徴量抽出

Chacko らの手法 [Chacko et al. 12] を参考にして抽出したピーク検出回数を元に、食事時刻の推定を行う。

世帯番号 j の、2008 年 10 月 1 日から x 日目における、午前 0:00 を起点として m 分目における 1 分間の総負荷電流を i_{jxm} とする。各 i_{jxm} について、前の時刻との差分 Δi_{jxm} を求める。

世帯 j の x 日目における差分 Δi_{jxm} の集合を Δi_{jx} 、世帯 j の差分集合を Δi_j とし、 Δi_j の正の値である要素の平均を閾値 thd_j として求める。サイズ w [分] のスライド窓を Δi_{ix} に適用し、 l 番目のスライド窓において、閾値 thd_j を超えた Δi_{jxm} の数をピーク検出回数 PC_{jxl} とする。朝食は午前 9:59 まで、昼食は午前 10:00 から午後 3:59 まで、夕食は午後 4:00 以降に行われると仮定し、朝食・昼食・夕食の時間範囲における PC_{jxl} が 5 回以上の集合 M_{jx} 、 L_{jx} 、 D_{jx} を求め、各集合における最大値に対応した時刻をそれぞれ朝食、昼食、夕食時刻とする。条件を満たす窓が存在しない場合は該当する時刻を 0 とする。

3.4 クラスタリング

3.2, 3.3 節で求めた起床・朝食・昼食・夕食・就寝時刻の特徴量を元に、k-means++ [David 07] を用いて分析を行う。全世帯のデータを対象としてクラスタリングを行い、Elbow 法によりクラスタ数を 10 と決定した。このクラスタ数を用いて世帯ごとに求めたクラスタリング結果に基づきライフパターン分析を行う。

4. 分析結果

全世帯に共通する性質として、就寝時刻が全国よりも早い傾向があった。これは、居住者が高齢者であるためと考える。また、世帯間の比較では、ほとんどのクラスタで同じ主行動が抽出されている世帯と、クラスタによって抽出された主行動に違いがみられる世帯に大別された。前者に属する世帯の例を表 1、後者に属する世帯の例を表 2 に示す。表において、2010 年の食事のピーク時刻 [NHK 放送文化研究所 11] と 2011 年の起床・就寝の平均時刻 [総務省 11] の差が 30 分以内を緑、30-60 分以内を黄、60-90 分以内を赤、それ以上を無色としている。表 1 に示すタイプの世帯では、いつも自宅で朝食・昼食・夕食をとる傾向があることがわかる。一方、表 2 に示したタイプの世帯では、食事の時刻が抽出されていないクラスタも多く、外出を含めた多様なライフパターンが見られることがわかる。

5. おわりに

本稿では QOL 向上や健康維持のための行動推薦への応用を目的として、家庭電力データのライフパターン分析を行った。特徴量として各日の起床・朝食・昼食・夕食・就寝の時刻を推定し、その結果を用いてクラスタリングを行った結果、自宅で 3 食とる傾向にある世帯と、多様なライフパターンが見られる世帯に大別できることを示した。今後の計画として、現状では起床・就寝時刻の抽出の欠損、朝食と起床時刻の矛盾などの問題があり、主行動推定精度の向上が必要と考える。

表 1: 世帯番号 2 のクラスタ別平均行動時刻

	起床	朝食	昼食	夕食	就寝
C21(30)		7:13	12:19	18:26	
C22(10)		5:30	13:20	21:59	21:09
C23(21)					
C24(33)	5:35	5:57	13:34	22:21	
C25(25)	5:33	5:51	12:34	18:12	
C26(22)	5:40	6:56	11:49	21:30	22:16
C27(42)	6:27	8:25	11:29	22:25	
C28(33)		7:20	12:08	22:11	
C29(22)			13:12	20:09	
C210(35)	6:48	8:52	12:41	18:23	

表 2: 世帯番号 3 のクラスタ別平均行動時刻

	起床	朝食	昼食	夕食	就寝
C31(121)				19:56	
C32(73)					
C33(67)			14:14	19:14	
C34(20)			13:15		
C35(6)	4:22		9:16	18:39	21:55
C36(25)		8:43		19:54	
C37(31)		9:20	12:06	19:39	
C38(11)		8:54			
C39(9)		9:42	11:20		
C310(2)		5:04	12:43		22:52

参考文献

[Bert 96] Bert Spilker, Quality of Life and Pharmacoeconomics in Clinical Trials, Lippincott Williams & Wilkins; Subsequent, 1996

[総務省 06] 総務省自治行政局過疎対策室, 田舎と都会の「縁」づくり 地域力を高める自治体間交流のすすめ 過疎地域・都市間における自治体間交流に関する調査 報告書概要版, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/c-gyousei/2001/kaso/pdf/chosa_10.pdf, 2006 (2018/2/3 現在)

[Lawrence et al. 97] Lawrence W. Green, Marshall W. Kreuter, 神馬 征峰 (訳), ヘルスプロモーション-PRECEDE-PROCEED モデルによる活動の展開, 医学書院, 1997

[Robert et al. 53] Robert L. Thorndike, Who belongs in the family?, PSYCHOMETRIKA, Vol.18, Issue 4, pp. 267-276, 1953

[Wilhelm et al. 15] Wilhelm Kleiminger, Christian Beckel, Silvia Santini, Household Occupancy Monitoring Using Electricity Meters, UbiComp'15, pp. 975-986, 2015

[富越ら 13] 富越大介, 伊香賀俊治, 川久保俊, 藤崎浩太, 居住者行動とエネルギー使用量の分析に基づく省エネ行動提案 ツールの構築, 日本建築学会技術報告書, 第 19 巻, 第 42 号, pp. 655-660, 2013

[中野ら 10] 中野幸夫, 上野剛, 小泉一夫, 秋元勇雄, 石田吉晴, 独居高齢者見守りシステムの実用化-狛江市における実証試験, 電力中央研究所報告 R 研究報告 (09014), pp. 1-16, 巻頭 1-3, 2010

[Chen et al. 13] Dong Chen, Sean Barker, Adarsh Subbaswamy, David Irwin, Prashant Shenoy, Non-Intrusive Occupancy Monitoring using Smart Meters, BuildSys'13, pp. 1-8, 2013

[総務省 11] 総務省統計局, 平成 23 年社会生活基本調査, <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/>, 2011 (2018/2/3 現在)

[Chacko et al. 12] Chacko J. Deepu, Zhihao Chen, Ju T. Teo, Soon H. Ng, Xiefeng Yang, Yong Lian, A Smart Cushion for Real-Time Heart Rate Monitoring, BioCAS2012, pp. 53-56, 2012

[NHK 放送文化研究所 11] NHK 放送文化研究所, 2010 年国民生活時間調査, <https://www.nhk.or.jp/bunken/summary/yoron/lifetime/pdf/110223.pdf>, 2011 (2018/2/3 現在)

[David 07] David Arthur, k-means++: The advantages of careful seeding, Proc. of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithm, pp. 1027-1035, 2007.