

ノート

# 電力変動からの操作機器推定アルゴリズム

武田 有志\*<sup>1)</sup> 後濱 龍太\*<sup>2)</sup> 岡野 宏\*<sup>3)</sup>

## Algorithm to estimate the operating equipments by power fluctuation analysis

Yuji Takeda\*<sup>1)</sup>, Ryuta Atohama\*<sup>2)</sup>, Hiroshi Okano\*<sup>3)</sup>

キーワード: 電力変動解析, 操作機器推定

Keywords: Power fluctuation analysis, Operating equipment estimation

### 1. はじめに

総務省統計局の調査では, 65 歳以上の人口が 2025 年に全体の 48.0% になると予想されている。これに伴い, 数多くの高齢者安否確認システムが開発されている<sup>(1)</sup>。大別すると, これらのシステムは水道や電気等の使用量を測定するライフライン型, ZigBee 等を活用した無線端末型に分かれる。ライフライン型では, 各家庭に 1 台の装置を取り付ければ良いが, 1 時間等の単位時間使用量で表されることが多く, 生活パターンを掴むには粒度として不十分である。一方, 無線端末型では, 機器や部屋に取り付けることで様々な観測を可能にするが, 端末導入費用や通信網の構築など, 設置コストに課題が残る。

本稿では今後の HEMS (Home Energy Management System) を見据えてライフライン型の問題を解決するため, 分電盤での電力変動から操作機器を推定する手法を提案する。

### 2. システム構成

**2.1 電力解析環境** 図 1 は電力変動を解析して, 操作機器を抽出するためのシステムを示している。分電盤の電力線 U (+100 V) と W (-100 V) には, 各々電流プローブ (以下, CT) が取り付けられており, 現在の電流量は端子台および A/D 変換器を通じて小型 PC へと渡される。小型 PC には, (a) 電流量のデータから実効値 (RMS) および 50 Hz 奇数次高調波を周期 20 msec で連続記録する機能, (b) 電流量の立上りを検知し, 類似度を求めて操作機器を分類する機能が備わる。ここで記録周期 20 msec は, 家庭用電力の周波数 50 Hz に対して 1 周期ごとに全て解析できることを意味する。

PC のハードウェア基盤には, Intel Core i7 4770R (3.2 GHz, 6 MB キャッシュ), メモリ 16 MB, SSD 256 GB が搭載されており, ソフトウェア基盤には, Windows 7 Professional,

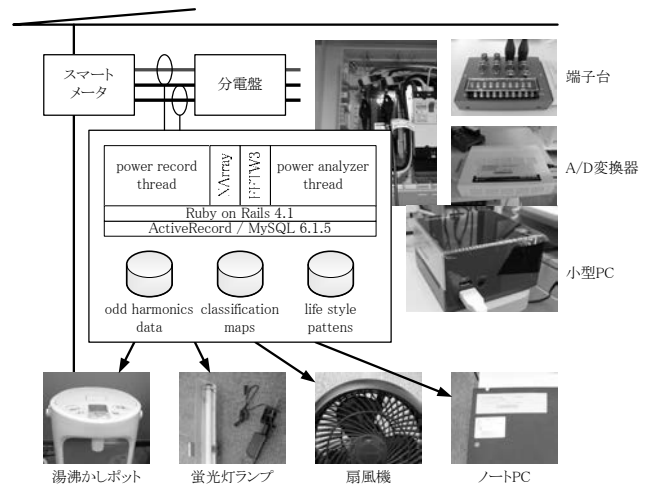


図 1. システム構成

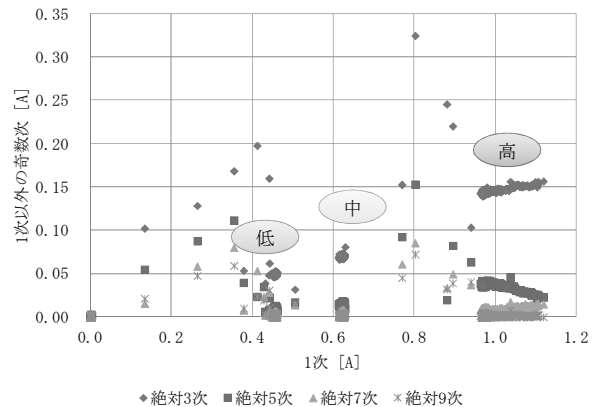


図 2. 周波数解析による 1 次と奇数次の相関

MySQL, Ruby on Rails が搭載されている。RMS 計算, 高速フーリエ変換 (FFT) 解析, ノイズ除去等にはリアルタイム処理が必要であるため, 行列計算と FFT 解析を高速化するライブラリとして NArray, FFTW3 を用いている。

**2.2 機器推定方法の検討** 各機器の推定を行う前段階として, ヒトによって直接操作される機器に対し, 電力消費がどのような特徴を持つのかを周波数解析した。図 2 は,

事業名 平成 26 年度 基盤研究

\*1) ロボット開発セクター  
\*2) 生活技術開発セクター  
\*3) 城東支所

扇風機の風量を切の状態から高・中・低・切に切り替えてFFT解析をかけ、横軸を1次の係数、縦軸を奇数次の係数でプロットしたものである。この結果、動作切替直後の関係性は低いが、一定時間経過すると1つの点、あるいは、電力消費が変わっても特定のカーブに落ち着くことがわかった。これらの関係性は、湯沸かしポット、蛍光灯ランプ、ノートPCについても見られた。

### 3. 機器推定アルゴリズム

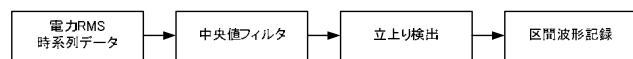
**3.1 機器開始の検出** 2.2の推定方法の検討から、機器の開始に対する波形の記録方法は図3(a)とし、実際に記録する区間波形は図3(b)とした。この記録方法の特徴は、電力消費の立上り開始前のレベル $P_B$ を記録しておき、立上りが完了した後の時系列レベル $P(t)$ から $P_B$ を減じるものである。その結果、電源投入直後のばらつく区間を排除して、その後の短い区間で起こった奇数次の係数増分が区間波形として記録される。

通常、電気信号の立ち上りは、あらかじめ設定した閾値を超えることによって検出される。しかし、任意の機器が動作している環境下では、基準値が常に変動する。そこで、今回はラグランジュ補間を使用し、直前の2値で予想された次の値が、大きく異なる場合に検出するものとした。

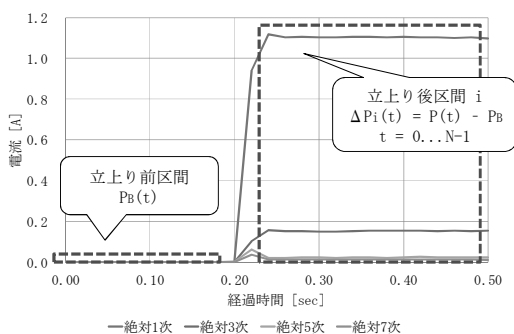
**3.2 機器との対応付け** 機器との対応付けには、記録された区間波形との類似度により行う。しかし、各家庭の分電盤配下には、埋込型ヒータや電灯といったコンセントプラグを取り外しての測定ができない機器が存在する。また、現場で機器を一つ一つ取り外して学習させるのでは、設置コストに問題が生じる。

そこで、機器との対応付けには3.1で取得した区間波形を一定時間かけて測定し、図4に示すように区間波形のユークリッド距離での類似度(値が小さいほど高い類似性)を求めて分類する。すると、どの機器がいつ、どの位の頻度で動作したのかを導き出すことができ、複数の機器を取り外さずに学習させることができる。

**3.2 推定アルゴリズムの評価** 図5は、本アルゴリズムを評価するため、あらかじめ記録した2.2の電力波形を任



(a) 区間波形記録までの流れ



(b) 記録される区間波形

図3. 時系列データからの波形記録

順序	機器	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	対応
1	A	0.02	0.98	0.15	0.02	0.15	0.50	0.98	0.02	0.02	0.15	0.99	0.49	0.15	0.51	A
2	B		0.00	0.83	0.98	0.81	0.90	0.15	0.98	0.98	0.80	0.02	0.93	0.81	0.89	B
3	C			0.02	0.15	0.02	0.57	0.83	0.15	0.15	0.02	0.85	0.58	0.02	0.57	C
4	D				0.00	0.15	0.50	0.98	0.00	0.00	0.15	0.99	0.49	0.15	0.51	A
5	E					0.00	0.57	0.82	0.15	0.15	0.00	0.82	0.58	0.00	0.57	C
6	F						0.02	0.91	0.50	0.50	0.57	0.92	0.02	0.57	0.02	F
7	G							0.00	0.98	0.98	0.81	0.15	0.93	0.81	0.90	G
8	H								0.00	0.00	0.15	0.99	0.49	0.15	0.51	A
9	I									0.00	0.15	0.99	0.49	0.15	0.51	A
10	J										0.00	0.82	0.58	0.00	0.57	C
11	K											0.00	0.95	0.83	0.91	K
12	L												0.00	0.58	0.02	F
13	M													0.00	0.57	C
14	N														0.00	F

図4. 区間波形の類似度に基づく機器の分類

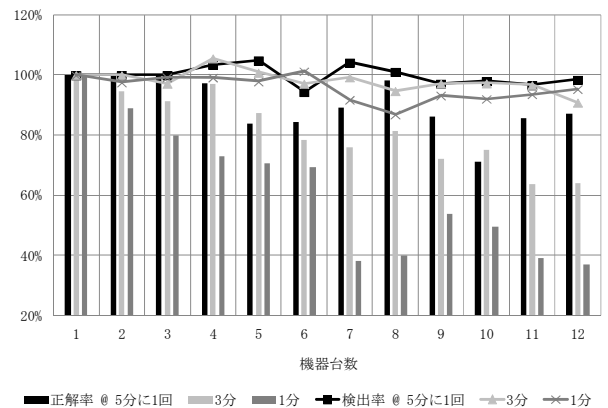


図5. 機器動作頻度を変化させたときの検出率と正解率

意の機器数と任意の時刻で合成し、3.1による機器開始の検出率と、3.2による分類された機器での開始時刻の正解率を示している。検出率については概ね100%となっているが、機器増加に伴う電力波形の重なり具合によって、過剰に検出される場面があった。また、正解率については、機器増加に伴って下降する傾向にある。結果として、現在のアルゴリズムでは、3分に1回の頻度で動作する機器が5台以下であれば正解率80%になることが分かった。

### 4. まとめ

本稿では、分電盤での電力変動から操作機器を推定するアルゴリズムを提案した。推定アルゴリズムの性能評価に当たっては、各機器の波形自体に実データを用いているが、ソフト的に合成しているため、実環境での更なる実験が必要である。また、近年では本稿のように機器を推定するシステム<sup>(2)</sup>があり、今後も注目していく必要がある。

(平成28年7月11日受付, 平成28年7月28日再受付)

### 文 献

- (1) 神奈川県ホームページ:「センサー・機器等による高齢者の見守り・安否確認サービス実施企業」  
<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f470004/> (2016.07.04 閲覧)
- (2) 中野 幸夫, 上野 剛:「電気の使用方から独居高齢者を見守るシステム:その1:世帯の総負荷電流から居住者による電気機器の直接操作の有無を推定する方法」, 電気学会論文誌C, Vol.135, No.5, pp.471-480 (2015)