

単身世帯の消費電力推移による睡眠時間の推定

安川 圭司^{*1, 2}、小山 輝征^{*1}、松下 寛^{*1}、大坪 由佳^{*1}、石原 由紀夫^{*2}、平山 ふみ^{*2}、
小山 進^{*1}

^{*1} 第一薬科大学薬学部、^{*2} 九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点

Estimation of sleeping hours by time-course of home electricity usage in single household

Keiji Yasukawa^{*1,2}, Teruyuki Koyama^{*1}, Hiro Matsushita^{*1}, Yuka Ohtsubo^{*1},
Yukio Ishihara^{*2}, Fumi Hirayama^{*2}, Susumu Koyama^{*1}

^{*1} Faculty of Pharmaceutical Sciences Daiichi University of Pharmacy,

^{*2} Innovation Center for Medical Redox Navigation Kyushu University

抄録：自宅で日常生活を送るには電力の消費が必要不可欠であることから、その消費電力推移は生活習慣を反映していると考えられる。睡眠時には電力消費行動が抑えられ消費電力が低減することから、睡眠時間を推定可能と考えられる。本研究では、消費電力を自動的に記録・閲覧できる在宅健康支援ネットワークシステムを用いて、消費電力の推移から睡眠時間を推定することを目的とした。また、その睡眠時間とバイタルデータとの関連性についても検討した。福岡近郊在住の単身世帯 75 名（うち男性 48 名、女性 27 名）を対象に 2013 年 10 月から 1 年間、体重、血圧、歩数、消費電力を毎日測定した。消費電力推移から睡眠時間を推定したところ、睡眠時間の推定可能回数は平均 11.3 回/月、推定睡眠時間の平均値は 495 分であった。月毎に推定睡眠時間の平均値を求め、バイタルデータとの関連性を調べた結果、BMI や体脂肪率と統計学的関連を示し、その関連は季節により異なる可能性が示唆された。

キーワード 消費電力、睡眠時間、在宅、健康支援

1. はじめに

自宅にいるとき、テレビや冷蔵庫、エアコン、洗濯機、掃除機など様々な家電製品を使用することから、その電力消費は居住者の生活スタイルを反映していると考えられる¹⁾。我々は、電力消費が生活様式を反映するのであれば、その蓄積（消費電力量）は、これまでの生活習慣を反映しており、健康とも深く関係している可能性があるのではないかと考え、体重・血圧・歩数や消費電力を自動的に記録・閲覧できる在宅健康支援ネットワークシステムを構築した²⁾。睡眠時には電力消費行動が抑えられ消費電力が低減すると考えられることから、1 日における消費電力推移の波形から夜間における消費電力の低い時間帯を抽出することで、睡眠時間を推定可能と考えられる。本研究では、消費電力を自動的に記録・閲覧できる在宅健康支援ネットワークシステムを用いて、消費電力の推移から睡眠時間を推定することを目的とした。また、その睡眠時間とバイタルデータとの関連性についても検討した。

2. 方法

本研究は、九州大学大学院医学研究院臨床研究（観察研究）倫理審査委員会の承認を得て行った。

1) データ収集

(1) 参加者への同意

福岡近郊在住の単身世帯 75 名（うち男性 48 名、女性 27 名）（平均年齢：男性 39.8±11.0 才、女性 30.1±8.3 才）を対象に研究を実施した。参加者には説明文書を用いて口頭で説明した後、同意書への署名により同意を得た。2013 年 10 月から 1 年間、体重、血圧、歩数、消費電力を毎日測定した。また、データ取得前（2013 年 9 月）、2014 年 1 月と 8 月に生活習慣、平日と休日の平均睡眠時間、腹囲、血中脂質、エアコンの台数、メーカー型番に関する質問票に自己記入式で回答した。

(2) 消費電力データの収集

電力計は親機と子機から成り、子機を分電盤へ接続し、親機を WiFi ルータへ有線で接続する。子機において 10 分毎に使用電力 (W) が測定され、ZigBee により親機へ送られる。その後、WiFi ルータを介しデータセンターへ送信される。

(3) データ解析

本研究では、20 時以降の夜間から翌日の昼 12 時までの時間帯で 180 分を超える消費電力低下状態を解析における睡眠時間と定義した。なお、参加者の質問票の回答によると、睡眠時間は 270 分から 720 分の範囲であった。まず、10 分毎の電力値を探索用配列 $P(i)$ ($i = 1, 2, \dots, 96$)

に格納した。次に、就寝中にエアコンなどが動作している場合には電力消費が一定値ではなく、1時間程度の周期で上下に変動することから、このような一時的な電力消費による推定誤差の可能性を低減するため、隣接2点間ではなく、2点離れた電力値 ($P(i) - P(i-2)$) を比較し、その最小値 $P_{\min}(m)$ と最大値 $P_{\max}(n)$ を探索した。ここで、 m, n はそれぞれ最小値と最大値をとるときの点 i を表す。次に、190分以上の睡眠時間、すなわち $(n-m+1) \geq 20$ であれば、睡眠時間の推定が可能と判定して就寝時刻や起床時刻も併せて出力し、満たさない場合は推定不可能とした。上記の方法により推定された睡眠時間とバイタルデータとの統計学的関連性を検討するため、IBM SPSS Statistics Version 20.0 を用いて統計解析を行った。

3. 結果

1) 睡眠時間の推定

2013年10月21日(月)の20時から翌日の20時までにおける、参加者の消費電力推移と睡眠時間推定の一例を Fig. 1 に示す。

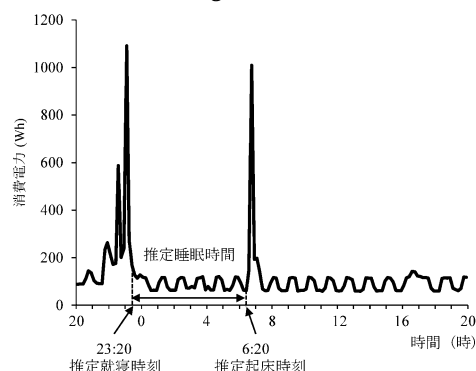


Fig. 1 参加者の消費電力と睡眠時間推定例

この消費電力推移に対して睡眠時間の推定を実行したところ、23時20分に就寝して6時20分に起床し、睡眠時間は420分であると推定された。また、この参加者は平日における平均睡眠時間は390分と質問票(同月9月実施分)に回答していた。次に、夜間にエアコンなどの電力消費が比較的少ない10月のデータを用いて検証を実施した。2013年10月の1ヶ月間における参加者の睡眠時間の推定可能回数を調べたところ、平均11.3回であった。参加者全体の推定睡眠時間は平均495分であった。推定睡眠時間と質問票回答の差は30分以上60分未満が18名と最も多く、全体的にプラスの値を示す人数が多かったことから、実際の睡眠時間よりもやや長めに推定される傾向があることが示唆された。

2) 推定睡眠時間とバイタルデータとの関連

本手法により推定した睡眠時間の平均値を月ごとに求め、同月におけるバイタルデータの月平

均値との統計学的関連性を調べた。2013年11月と2014年2月の睡眠時間は、年齢と性別で調整後、同月のBMIと負の相関が認められた(非標準化係数 $B = -0.18$, $P = 0.045$ (11月)、 $B = -0.021$, $P = 0.010$ (2月))。また、2014年2月の睡眠時間は、年齢と性別で調整後、同月の体脂肪率と負の相関が認められた($B = -0.025$, $P = 0.048$)。一方、2014年7月の睡眠時間は、年齢と性別で調整後、同月のBMIと正の相関が認められ($B = 0.016$, $P = 0.030$)、2014年8月と9月の睡眠時間は、年齢と性別で調整後、同月の体脂肪率の正の相関が認められた($B = 0.036$, $P = 0.041$ (8月)、 $B = 0.035$, $P = 0.041$ (9月))。その他の月においては相関関係が認められなかった。また、収縮期血圧など他のバイタルデータとの関連性は認められなかった。

4. 考察

本研究では、単身世帯における消費電力推移の波形から睡眠時間の推定を試みた。消費電力が20分程度で最も減少した点を睡眠開始、最も増加した点を睡眠終了とした単純な方法であるため、就寝前に消費電力が緩やかに減少する場合や起床後に消費電力が徐々に増加するような場合では、実際の睡眠時間よりも長く推定されたと考えられる。本研究では夜間に睡眠を取ることを前提としている。あらかじめ1ヶ月程度消費電力推移と行動パターン(自宅での活動、睡眠と外出)を対応づけてパソコンに学習させ、睡眠時の消費電力パターンを認識させることで、シフト勤務で必ずしも夜間に睡眠を取らない職業の場合も対応可能と思われる。また、一時的に来訪者や同居者がいる場合等では、消費電力からの推定は困難になることがある。今後、睡眠時間の推定精度を向上させ、消費電力量との関連について検討を進める予定である。

5. 結語

単身世帯における消費電力推移の波形から睡眠時間の推定が可能であり、その推定睡眠時間はBMIや体脂肪率と統計学的関連を示した。

参考文献

- [1] Berenguer M, Teyssier H, Bouzid MJ, et al: Building an Index of Activity of Inhabitants From Their Activity on the Residential Electrical Power Line, IEEE Trans Inf Technol Biomed, 15(5), 758-766, 2011
- [2] 安川圭司, 石原由紀夫, 平山ふみ他: 生活習慣病の予防のための在宅健康支援ネットワークシステム -4ヶ月間利用による効果-, 第33回医療情報学連合大会論文集, 33 (Suppl.) 1226-1229, 2013