

ポスター

ポスター3

医療データ分析2（公衆衛生・検診等）

2018年11月23日(金) 15:10 ～ 16:00 J会場(ポスター) (2F 多目的ホール)

[2-J-2-3] 家庭の消費電力推移により推定した睡眠時間とバイタルデータとの関連

○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, 2.九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点）

はじめに：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り、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。一方、睡眠は心身の健康維持に重要であり、その不足は心身への何らかの変化を反映し、その蓄積により様々な病的変化が生じることが示唆されている。そこで本研究では、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し、その睡眠時間とバイタルデータとの関連性を見出すことを目的とした。方法：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 36.3 ± 11.1 才）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。消費電力は自宅の分電盤に設置した電力計から10分毎にインターネットで自動送信される。データ取得前(2013年9月)、2014年1月と8月に生活習慣やエアコンの台数、メーカー型番に関する質問票に自己記入式で回答を得た。結果：消費電力推移から睡眠時間を推定するプログラムを作成し、月毎に推定睡眠時間の平均値を求めた。バイタルデータとの関連について、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(各々 $p=0.045$, $p=0.010$)。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($p=0.030$)、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(各々 $p=0.041$, $p=0.041$)。睡眠時間と消費電力の関連について、2013年12月の睡眠時間は同月の消費電力と負の相関が認められ($p=0.002$)、年齢と性別で調整後も負の相関が認められた($p=0.004$)。その他の月では有意差は認められなかった。結語：家庭の消費電力推移から推定した睡眠時間は、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。

家庭の消費電力推移により推定した睡眠時間とバイタルデータとの関連

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、^{*2} 九州大学先端融合医療レドックスナビ研究拠点

Association between vital data and sleeping hours estimated by time-course of home electricity usage

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

^{*1} Daiichi University of Pharmacy, ^{*2} Innovation Center for Medical Redox Navigation Kyushu University

Home electricity usage is suggested to reflect users' life-style because it is necessary that we use home electric appliances to perform daily activities in home. Lack of sleep is believed to arise from something unusual of body and mind, and its accumulation might result in various pathological changes. In this study, using home health support network system that can automatically record home electric usage, it is aimed to find out association between vital data and sleeping hours estimated by time-course of home electricity usage. Body weight, blood pressure, steps, and home electricity usage of seventy-five (48 of man and 27 of women) that is a single-person household were collected from October 2013 to September 2014. They answered the self-completed questionnaire of life-style (smoking, intake of alcohol, vegetable and fruit, and physical activities), and numbers and model number(s) of air conditioner. The daily sleeping hours were estimated from the time-course of electricity usage for the day and the monthly averages were determined to analyze association with vital data. The sleeping hours of November 2013 and February 2014 were negatively correlated with BMI after the adjustment of age and gender ($p=0.045$ and $p=0.010$, respectively). While, the sleeping hours of July 2014 was positively correlated with BMI ($p=0.030$) and those of August 2014 and September 2014 were positively correlated with body fat after the adjustment of age and gender ($p=0.041$).

Keywords: home electricity usage, health support network system, sleeping hours

1. 結論

自宅では様々な種類の家電製品を使用して日常生活を送っていることから、電力消費はその居住者の生活様式を反映していると考えられる¹⁾。電力消費の時間推移については、高齢者の日々の電力消費の時間推移を監視して異常値が検出された際には遠方の家族に通知するなどの遠隔見守りに応用されている²⁾。我々は、電力使用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³⁾。これまでに、在宅健康支援ネットワークシステムを用いて、健常者のバイタルデータ(体重、血圧、血中脂質)や生活習慣(飲酒・喫煙習慣、野菜・果物摂取、運動習慣、消費電力量)との関連性について調査し、消費電力量はバイタルデータや生活習慣と何らかの関連があり、その関連に気温の影響が示唆されることを報告してきた⁴⁾。

一方、睡眠は心身の健康維持に重要であり、その不足はバイタルや生活習慣、精神状態に影響をもたらす、その蓄積により様々な病的変化が生じることが示唆されている⁵⁾。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。

2. 目的

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

睡眠時間を推定し、その睡眠時間とバイタルデータとの関連性を見出すことを目的とした。

3. 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。

3.1 データ収集

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。在宅健康支援ネットワークシステムは血圧計、体重・体組成計、歩数計、電力計、タブレット PC で構成されている³⁾。血圧・体重・歩数の測定データは、測定毎に Bluetooth 無線通信によりタブレット PC へ送られる。その後、WiFi ルータを介し、インターネット回線でデータセンターへ送信される。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 無線通信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。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。消費電力は自宅の分電盤に設置した電力計から 10 分毎にインターネットで自動送信される。データ取得前(2013 年 9 月)、2014 年 1 月と 8 月に飲酒・喫煙習慣、野菜・果物摂取、運動習慣、平日と休日の平均睡眠時間、腹囲、血中脂質、高血圧や糖尿病の病歴、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(研究開始時に、年齢、性別、教育歴も併せて回答)し、体重・血圧・歩数・消費電力量を毎日測定した。

3.2 データ解析

電力値は10分毎に収集されるため、1日あたり $10 \times 6 \times 24 = 144$ 点のデータが蓄積されていく。睡眠時間の推定方法を図1に示す。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。仕事などによる不在時間を睡眠時間と誤って推定する可能性を低減するため、平日・休日を問わず夜間に睡眠をとることを前提に、ある日の睡眠時間を推定するために探索する時間帯は、その前日の20時より当日の昼12時まで(データ数96点)とした。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点 i を表す。次に、参加者の質問票の回答結果から睡眠時間は270分から720分の範囲であったことから、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である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。

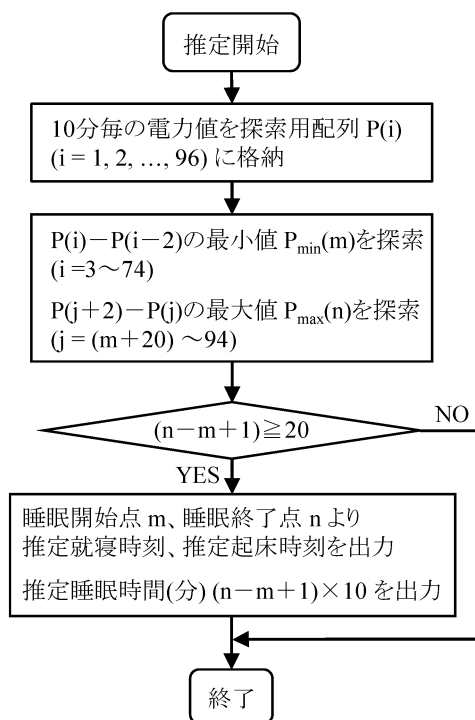


図1 本研究における睡眠時間の推定方法

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。

4. 結果

4.1 参加者の特徴

本研究の参加者の特徴を表1に示す。消費電力量や脈拍は男女間で有意差は認められなかった。また、本研究に参加した男性は女性よりも年齢、BMI や収縮期血圧が高値であり、体脂肪率が低値であった。

表1 参加者の特徴

	男性	女性	p 値
人数	48	27	
年齢 (歳)	39.8 ± 11.0	30.1 ± 8.3	0.0002
消費電力量 (Wh)	32095.4 ± 19534.5	27290.4 ± 18548.8	0.3156
BMI	24.5 ± 4.7	20.4 ± 2.3	0.0004
体脂肪率 (%)	22.8 ± 7.0	26.7 ± 4.4	0.0205
収縮期血圧 (mmHg)	124.7 ± 11.8	110.5 ± 10.2	0.0000
脈拍	73.2 ± 9.0	75.1 ± 12.7	0.5073

4.2 睡眠時間の推定

2013年10月21日(月)の20時から翌日の20時までに於ける、参加者の消費電力推移と睡眠時間推定の一例を図2に示す。

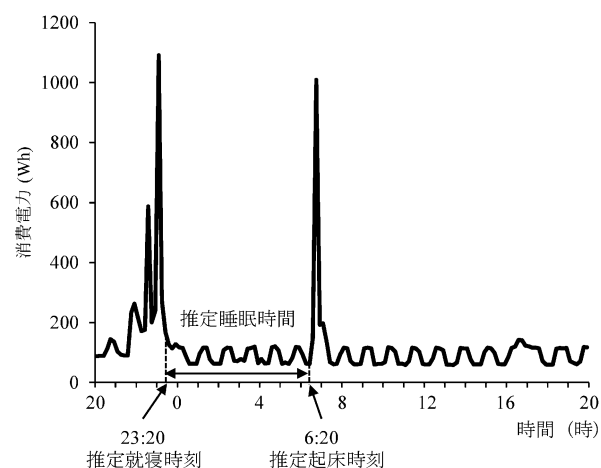


図2 参加者の消費電力推移と睡眠時間推定の一例

消費電力の波形から、21時頃から23時過ぎまでは自宅で夕食を食べるなど何らかの活動を行い、0時あたりで就寝し、6時過ぎに起床して朝食を食べるなど何らかの活動を行った後、7時過ぎに外出したことが窺える。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分と質問票に回答していた。

2013年10月の1ヶ月間における参加者の睡眠時間の推定成功回数を調べたところ、図3のように、5~9回が最も多く、平均11.3回であった。ただし、出張や旅行などで1日以上不在にした日も含まれている。参加者全体の推定睡眠時間の分布を図4に示す。450分以上480分未満が最も多く(14名)、平均495分であり、大部分は6~10時間の範囲内であった。また、参加者の質問票に記入された平日と休日の平均睡眠時間に平日と休日の割合を考慮して平均睡眠時間を算出し、推定した睡眠時間の月平均値との差を求めた。この差が大きいほど、質問票に回答した睡眠時間と比べて、推定した睡眠時間の方が長いことを意味する。図5に示すように、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。また、差が 180 分以上の 4 名のうち 3 名は推定成功回数が 4 回以内、差が -150 分未満の 1 名は推定成功回数 5 回であった。

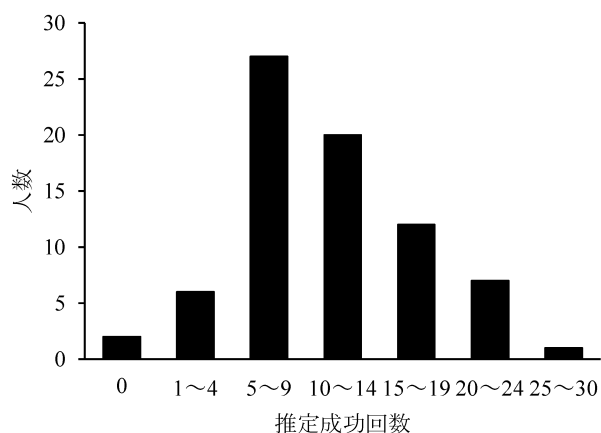


図 3 睡眠時間の推定成功回数

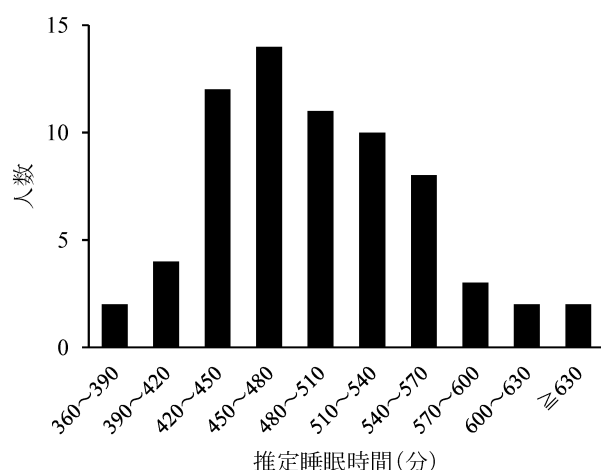


図 4 推定睡眠時間の分布

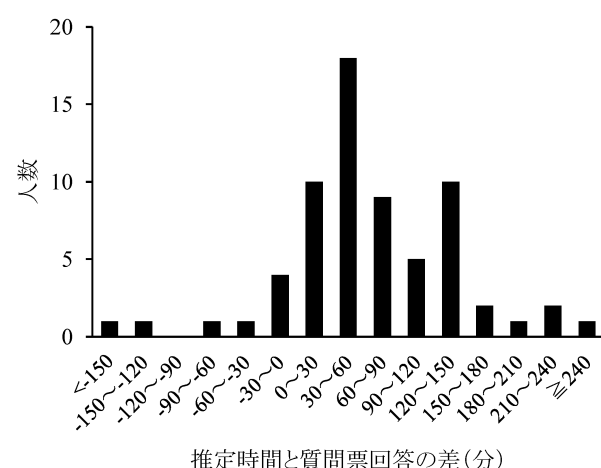


図 5 今回推定した睡眠時間と質問票回答との差

4.3 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(表 2)。

表 2 推定睡眠時間とバイタルデータとの関連

	非標準化係数	95%信頼区間	P 値
2013 年 11 月 BMI	-0.18	-0.035, 0.000	0.045
2014 年 2 月 体脂肪率	-0.025	-0.049, 0.000	0.048
2014 年 2 月 BMI	-0.021	-0.037, -0.005	0.010
2014 年 7 月 BMI	0.016	0.002, 0.031	0.030
2014 年 8 月 体脂肪率	0.036	0.001, 0.070	0.041
2014 年 9 月 体脂肪率	0.035	0.002, 0.068	0.041

※年齢、性別で調整済

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 (各々 $P = 0.045$, $P = 0.010$)。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 ($P = 0.048$)。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 ($P = 0.030$)、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 (各々 $P = 0.041$, $P = 0.041$)。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も認められなかった。

4.2 推定睡眠時間と消費電力との関連

これまで、我々は消費電力量とバイタルデータや生活習慣との関連について解析してきた。しかし、睡眠時間自体が消費電力に影響を及ぼしている可能性がある。つまり、消費電力が少ない(多い)のは睡眠時間が長い(短い)ことに起因していることが懸念される。そこで、月平均推定睡眠時間と同月の月平均消費電力量との関連について統計学的解析を行ったところ、2013 年 12 月の睡眠時間は同月の消費電力と負の相関が認められ ($P = 0.002$)、年齢と性別で調整後も負の相関が認められた ($P = 0.004$) (表 3)。その他の月(2013 年 10 月、11 月と 2014 年 1 月~9 月)では有意差は認められなかった。

表 3 推定睡眠時間と消費電力との関連

	非標準化係数	95%信頼区間	P 値
2013 年 12 月 消費電力量	-137.5	-230.3, -44.6	0.004

※年齢、性別で調整済

5. 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。今回は、睡眠時間の推定精度の検証に、参加者の質問票の回答結果を用いた。平日と休日の平均値を自己申告したものであるため、正確ではない可能性がある。在宅健康支援ネットワークシステムに通信機能付き加速度センサーや睡眠パッドを付加することで、睡眠時間の収集も可能になり、推定精度の検証も向上するが、コストや通信方式等の面から導入が困難で

あった。加速度センサーや睡眠パッド等を用いた推定精度の検証は今後の課題であるが、参加者によっては、これらを装着することにより正常な睡眠に影響を与えバイアスとなる可能性もあるため、注意が必要と思われる。また、夜間も昼間と同様の電力消費が見られ、目視では睡眠時間の判断が困難な場合のほとんどにおいて、推定不可能と判定された。よって、目視で明らかに推定困難と判断できる場合は適切に除外されており、ある期間(例えば1カ月)の推定睡眠時間の平均値をとることで、実際の睡眠時間に近い平均推定値が得られるものと考えられる。今後、信号波形解析や機械学習等の手法を導入し、推定精度の向上を目指す。

本研究では、推定睡眠時間とBMIまたは体脂肪率との間に統計学的関連性が認められた。睡眠不足によりレプチン分泌量が減少し、食欲増進と脂肪代謝異常を誘発し、肥満や2型糖尿病、脂質異常症のリスクが増加する可能性が示唆されている。特に、冬季では活動量も低下するため、冬季において、睡眠時間はBMIまたは体脂肪率と負の相関を示した可能性が考えられる。

以前に消費電力量と精神的健康スコア (Patient Health Questionnaire-9)との関連性を検討したところ、季節を問わず、年齢、性別で調整後に消費電力量は睡眠障害のスコアと正の相関を示した ($P = 0.053$)⁶⁾。また、睡眠障害のスコアは質問票の回答から求めた睡眠時間と負の相関傾向を示した ($P = 0.089$)。よって、睡眠時間が減少したために消費電力量が増加した可能性が考えられた。しかし、1年間のうち2013年12月以外のほとんどの月では、睡眠時間と消費電力との間に統計学的有意差は認められなかった。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。

6. 結論

家庭の消費電力推移から推定した睡眠時間は、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。

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 2011 ; 15(5) : 758-66.
- 2) Tsukamoto S, Hoshino H, Tamura T. Easily installable wireless behavioral monitoring system with electric field sensor for ordinary houses. Open Med Inform J 2008 ; 2 : 49-57.
- 3) 安川圭司, 石原由紀夫, 平山ふみ ら: 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 2013 ; 33 (Suppl.) : 1226-9.
- 4) 安川圭司, 石原由紀夫, 平山ふみ ら: 在宅健康支援ネットワークシステムを用いた家庭の電力使用量とバイタル・生活習慣との関連性の検討. 医療情報学 2016 ; 36 : 73-8.
- 5) Colten HR, Altevogt BM, editors. Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem. Washington (DC): 2006.
- 6) 安川圭司, 石原由紀夫, 平山ふみ ら: 電力使用量と精神的健康スコアとの関連性についての検討. 第36回医療情報学連合大会論文集 2016 ; 36 (Suppl.) : 878-81.