

# 日常生活行動に紐付けた生体指標の可視化と分析

松井 智一<sup>1,a)</sup> 大西 晃正<sup>1</sup> 三崎 慎也<sup>1</sup> 諏訪 博彦<sup>1,2</sup> 藤本 まなと<sup>1</sup> 水本 旭洋<sup>3</sup> 佐々木 渉<sup>4</sup>  
木村 亜紀<sup>4</sup> 玉田 隆史<sup>4</sup> 丸山 清泰<sup>4</sup> 安本 慶一<sup>1,b)</sup>

**概要：** 宅内における日常生活行動と紐付いたストレスを推定することは、居住者の QoL (Quality of Life) を把握し、向上させる上で重要である。しかしながら、従来のストレス推定手法は、特定の状況下におけるものがほとんどであり、長期間の日常生活行動中におけるストレス推定は行われていない。本研究では、宅内における日常生活行動と紐付いた生体指標を計測することで、家事行動などによるストレスの変動を可視化し、長期間の日常生活における QoL 推定手法の確立に向けた知見の獲得を目指す。生活データとストレスデータを収集するために、2名の被験者に対して、スマートホームにおける約2週間の生活センシングと、ストレス計測アンケートを行った。得られたデータを可視化した結果、日常生活行動および生体指標とストレスの間にいくつかの関係性があることが示唆された。

## 1. はじめに

近年の情報科学分野における研究課題の一つとして、IoT (Internet of Things) や ICT (Information and Communication Technology) の技術を用いて、人々の生活の質 (QoL: Quality of Life) を向上させることが挙げられる。特に、プライベート空間である住まいでは、自分自身で QoL 向上に向けた取り組みが行えることが望ましい。そのため、居住者の QoL 向上に向けた、宅内における生活を対象とした研究が盛んに行われている。例えば、家電の自動制御に向けた宅内の生活行動の認識・予測や住人に適した環境構築に向けた研究など、様々なアプローチでの QoL 向上が試みられている [1], [2]。

QoL 向上のための有力なアプローチとして、居住者の日常生活におけるストレス軽減が挙げられる。ただし、簡易的なストレスチェッカーやアンケートによるストレス評価など、日常生活におけるストレスを測定することは可能であるものの、ストレスの原因を特定することは困難である。日常生活におけるストレスを軽減するためには、生活中的のストレス要因を把握する必要がある。

住人が生活をするうえで、欠かすことができない住居内における行動の一つとして、家事が挙げられる。家事を怠

れば、住人の衛生的、環境的に悪影響を及ぼすことが懸念されるが、家事のオーバーワークは居住者へのストレスが大きい。そこで、日常生活において多くの時間を占める家事に着目し、家事の最中に住人が感じているストレスや負担を記録することができれば、ストレスを軽減し QoL を向上させる宅内サービスが提供できると考える。例えば、仕事帰りで翌日朝早く起きて出かけなければならない場合、負担の少ない家事のみを行うことで、翌日のために備えながら家事を消化することが可能になる。また、家事を行うことに対する考え方を見直すきっかけにもつながる。具体的には、住人が家事の負担を軽減するために、家事の仕方を改善する、新たな家電や家事代行サービスを導入する、夫婦間の家事の分担を見直すなどが考えられる。しかしながら、家事ストレス (負担) を測定するための研究は十分に行われていない。

本研究では宅内における日常生活中に家事を行ったときの生体指標を計測し、ストレスを推定することで、QoL 推定手法の確立に向けた知見の獲得を目指す。奈良先端大に設置されているスマートホームにおいて、2名の被験者に対して約2週間の生活行動データと生体指標の計測、さらに、アンケートによる主観評価を行った。その結果、主観評価と生体指標により推定したストレスは必ずしも一致しなかったものの、各種家事を行っている時には、ストレスの増加傾向が、休息や娯楽の時には、リラックス傾向が見られるなど、日常生活行動と生体指標の間に幾つかの関係性があることが示唆された。

<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

<sup>2</sup> 理化学研究所, RIKEN

<sup>3</sup> 大阪大学, Osaka University

<sup>4</sup> 三菱電機株式会社, Mitsubishi Electric Corporation

a) matsui.tomokazu.mo4@is.naist.jp

b) yasumoto@is.naist.jp

## 2. 関連研究

本研究に関連する既存研究として、QoL 向上のための研究とストレス推定の研究について述べる。生活の質 (QoL) は、生活に対する満足度・質を表す指標である。QoL [3] に関する研究は、もともとは医療における治療後の生活の質を議論する概念として始まっている。現在では医療分野に限らず、ワークライフバランスや幸福度などの一般生活の質などに関する概念としても用いられている。ワークライフバランスは仕事と家庭生活の調和を意味し、仕事による精神的負荷や肉体的な疲労による鬱などを引き起こさないように、家庭生活とのバランスをとることで QoL を向上・改善させようとする考え方である。

特に、人の健康に直結する QoL は、HRQOL (Health Related Quality of Life) と呼ばれており、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・霊的状态などの様々な領域 (ドメイン) に分類して評価される [4]。世界保健機関 (World Health Organization: WHO) は、HRQOL を定量的に評価するために、WHOQOL [5], [6] や、Short Form (SF) [7] など様々な指標を開発している。これらの指標は、紙のアンケート調査票を用いて評価するが、WHOQOL-100 [5] では 6 ドメイン 100 項目、SF-36 [7] では 8 ドメイン 36 項目のアンケートに回答する必要があり、その負担の大きさから、日常的に生活の質を評価することは難しいという課題がある。

この課題に対し、スマートフォンやウェアラブルデバイスの計測データを用いて測定する研究が行われている。Amenomori らは、スマートフォンとスマートウォッチから得られる移動情報や生体情報などを用いて HRQoL を継続的に測定する手法を提案し [8]、少数のアンケートとスマートデバイスからの情報により QoL が推定できることを明らかにしている。Asma ら [9] はネガティブな心理状態を把握するためのハミルトンうつ病評価尺度を、Garcia ら [10] は就業中のストレス状態を把握するための the Oldenburg Burnout Inventory を、Natasha ら [11] は次の日の健康状態、ストレス状態、幸福度を、スマートデバイスを用いて定量的に計測・推定する手法をそれぞれ提案している。また、秋山らは、自律神経のバランス (心的ストレス) をストレス度として定義し、QoL の指標として利用することで、QoL を数値化し、QoL の可視化を行うことを提案している [12]。これらの研究では、スマートデバイスを用いて、ユーザの状態を計測・推定し、ユーザにフィードバックすることで、QoL を改善する。しかしながら、生活における QoL 低下の原因を把握するには至っていない。

QoL 低下の原因の一つとして日常生活におけるストレスが考えられる。人が感じているストレスを推定する方法は多く存在する [13]。その中で、センサで取得した生体情

報からストレスを推定する手法について述べる。

心拍変動は自律神経機能をはじめとする様々な生理機能の指標になることがなることがわかっており、心拍変動解析により精神的なストレスを評価する研究が行われている [14], [15], [16]。心拍変動は小型センサを用いて生体に非侵襲で測定可能であることから、生活に大きな支障をきたすことなくストレスを推定できる。しかしながら、日常生活における行動と関連する情報がなければ、ストレスの原因になっている行動を把握することができず、ストレス状態の改善を行えない可能性がある。

本研究では、宅内における日常生活行動と紐付いた生体指標を計測することで、家事行動などによるストレスの変動を可視化し、長期間の日常生活における QoL 推定手法の確立に向けた知見の獲得を目指す。実験では、被験者 2 名 (学生 2 名) を対象として、事前アンケートと就寝前アンケートを行い、奈良先端科学技術大学院大学のスマートホーム実験設備 (1LDK) にてデータ収集実験を行った。その結果、主観評価と生体指標により推定したストレスは必ずしも一致しなかったが、各種家事によるストレスの増加傾向や、休息や娯楽によるリラックス傾向が見られた。

## 3. 生活行動とストレスの測定方法

生活行動とストレスを関連付けるため、ストレスに関連する生体指標および主観評価、生活行動をそれぞれ測定する。そのための方法を以下で述べる。

### 3.1 ストレスに関連する生体指標

心拍とは心臓の拍動のことであり、心拍の周期的な変動を心拍変動と呼ぶ。心拍変動を解析することによって、ストレス状態を推定することができる [15]。心拍変動解析は様々な方法が提案されている。その 1 つである周波数領域解析に基づく LF/HF 比について説明する。LF は、0.04~0.15Hz の低周波数帯のパワースペクトルであり、血圧変動に伴う交感・副交感神経活動の活性値である。HF は 0.15~0.4Hz の高周波数帯のパワースペクトルであり、呼吸変動に伴う副交感神経活動の活性値である。LF/HF 比は LF と HF の比率であり、交感神経の活性度を示す。リラックスしている状態では、LF、HF はともに出現するが相対的に HF が高くなり、LF/HF 比は低くなる。ストレスを抱えている状態では、HF があまり出現しないため、LF/HF 比が高くなる。したがって、特定の行動を行った際に LF/HF 比が高くなった場合、ストレスがかかっている状態であると推定される。このことから心拍変動はストレス推定において重要な指標であると考えられる。また、心拍間隔 (RRI) や RRI の標準偏差もストレス推定に利用される重要な指標の一つである [17], [18]。豊福ら [19] は RRI のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定手法を提案している。この手法では、RRI の  $n$  番目

表 1 就寝前アンケート

項目	説明
現在の体調 (最高 5) 現在の疲労度 (最高 5) 家事を遂行した満足度や達成感 (最高 5)	現在の状態把握
一番ストレスだった家事 (「洗濯、掃除、料理、皿洗い」の中から 1 つ) 洗濯のストレス (最高 7) 掃除のストレス (最高 7) 料理のストレス (最高 7) 皿洗いのストレス (最高 7)	家事タスクのストレスによる心理的要素
一番疲労 (肉体的・体力的) が大きかった家事 (「洗濯、掃除、料理、皿洗い」の中から 1 つ) 洗濯の疲労 (最高 7) 掃除の疲労 (最高 7) 料理の疲労 (最高 7) 皿洗いの疲労 (最高 7)	家事タスクの疲労による身体的要素
精神的な要求 (Mental Demand): どのくらい、精神的・知覚的な活動を必要としたか? (最高 7) 判断基準: タスクの求める要求が多いことや内容が複雑に感じた場合は負荷が大きい方を選択する	作業負荷の要因特定
身体的な要求 (Physical Demand): どのくらい身体的な活動を必要としたか? (最高 7) 判断基準: タスクに求められる作業量が多く感じた場合は負荷が大きい方を選択する	
時間的な要求 (Temporal Demand): タスクの進行具合や進行速度, タスクが発生するタイミングに対して、どのくらい時間的圧迫感を感じたか? (最高 7) 判断基準: 時間に追われ急いで作業を行なった場合は負荷が大きい方を選択する	
作業成績 (Performance): 目標を成し遂げるにあたり、タスクの設定はどれだけうまく行なっていると思うか? (最高 7) 判断基準: 今回の場合、自分が上手く家事を遂行できたと思ったら満足の方を選択する	
努力 (Effort): 要求されたタスクにどのくらい一生懸命取り組んだか? (最高 7) 判断基準: 作業を行う際に自分なりに工夫を多く強いられた場合は負荷が大きい方を選択する	
不満 (Frustration): タスクを行なっている際に、イライラ、ストレス感、満足やリラックスをどのように感じたか? (最高 7) 判断基準: タスク遂行時にイライラを感じていた場合は負荷が大きい方を選択する	

を横軸,  $n+1$  番目の値を縦軸としてグラフ上にプロットするローレンツプロットを利用して, 対象者の副交感神経の活性化度合いを評価する. 具体的には, プロットされたすべての点を  $y = x$  軸,  $y = -x$  軸に投影し,  $y = x$  軸の原点 (0,0) からの距離の標準偏差を  $\sigma_x$ ,  $y = -x$  軸の原点 (0,0) からの距離の標準偏差を  $\sigma_{-x}$  として, 以下の式から出力された楕円の面積を算出する.

$$S = \pi \times \sigma_x \times \sigma_{-x} \quad (1)$$

ここで, 出力された楕円の面積が RRI の揺らぎの大きさを表しており, 副交感神経が活発になったかを判断する手法として, 利用・評価されている [20], [21]. 以上より, 本研究では, LF/HF 比と RRI を計測し, 可視化や分析することによってストレス推定を行う.

本研究では, LF/HF 比を測定可能なセンサとして胸部装着型心拍センサ Whs-3 を使用する. Whs-3 は Bluetooth 通信対応の心拍センサであり, 心拍のセンサデータをサンプリング周期 1 ms で取得し, そこから算出した LF, HF の値も含めてスマートフォンやタブレット端末に表示・記録することができる.

### 3.2 ストレスに関連する主観評価

実験を行うにあたり, 被験者の主観評価を収集するため, 実験前と就寝前にアンケートを実施する. 被験者は家事を遂行することに対する嗜好や疲労度について回答する. 就寝前に行う各家事にかかったストレスや疲労等に関するア

表 2 事前アンケート

項目	説明
洗濯の好み (最高 5) 掃除の好み (最高 5) 料理の好み (最高 5) 皿洗いの好み (最高 5)	好き嫌いなどの心理的要素
洗濯の得意さ (最高 5) 掃除の得意さ (最高 5) 料理の得意さ (最高 5) 皿洗いの得意さ (最高 5)	慣れているなどの技術の高さ
家事を行う頻度 (記述) 家事の必要性 (最高 5)	普段行う家事のやり方, 順番の決め方

ンケート (7 段階) を表 1 に, 実験前に行う各家事の好みや得意さ等に関するアンケート項目を表 2 にそれぞれ示す.

表 1 の就寝前アンケートは, 作業負荷の要因を可視化するために開発された NASA-TLX [22] を参考に, 家事を行うことをタスクと考え, 1 日を通して行った家事全体に関するアンケートとして作成したものである. NASA-TLX の評価尺度は 6 つあり, 精神的な要求 (Mental Demand), 身体的な要求 (Physical Demand), 時間的な要求 (Temporal Demand), 作業成績 (Performance), 努力 (Effort), 不満 (Frustration) となっている. NASA-TLX は主に作業負荷の要因を特定するために用いられるが, 本実験では, 家事行動全体に対する各種要求を測定するために利用する. アンケートは各実験終了後に行い, 各項目 7 段階で評価を行う.



図 1 日常生活行動記録アプリケーションの操作画面

### 3.3 生活行動

被験者は、タブレット端末用日常生活行動記録アプリケーションを用いて、各日常生活行動の開始/終了時刻を記録した。図 1 に日常生活行動記録アプリケーションの操作画面を示す。各行動のアイコンはボタンになっており、タップすることで行動中か否かの状態を切り替えることができる。アイコンの色が青色の場合は行動が行われていることを、灰色の場合は行動中ではないことを示す。

## 4. 実験

本章では、奈良先端科学技術大学院大学の承認を得て実験を行い(倫理審査番号: 2019-I-9)、日常生活における行動ラベルデータと生体指標データを収集し、収集したデータを可視化することで行動と生体指標変化の関係を明らかにする。なお、本章で取り扱う RRI, LF/HF 比の値は、四分位範囲 (IQR) を利用して外れ値を除去している。また、入浴行動のデータについては、入浴直前から計測機器を取り外すまでの期間、入浴直後にアノテーション用アプリを操作するまでの期間をそれぞれセンシングしている。

### 4.1 実験方法

被験者 2 名 (学生 2 名) を対象として、奈良先端科学技術大学院大学のスマートホーム実験設備 (1LDK) においてデータ収集実験を行った。2019 年 12 月 27 日から 2020 年 1 月 8 日にかけて実験を行い、計 13 日間のデータを収集した。表 3 に対象行動と行動の定義、対象行動の開始・終了の定義を示す。実験前に事前アンケートに回答してもらった。実験期間中は毎日就寝前アンケートに回答してもらった。実験の期間中、被験者に対して、Whs-3 を入浴時を除き常時装着することを指示した。これらのセンサとともに、本実験用に開発したモバイル端末用日常生活行動記録アプリケーションを用いて、各日常生活行動の開始/終了時刻を記録するよう指示した。それ以外は、被験者は自由に行動を行って良いとした。

### 4.2 分析結果

本節では、まず、被験者ごとの全体的な傾向に関する分

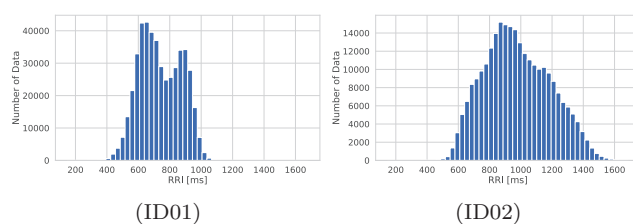


図 2 RRI 値のヒストグラム

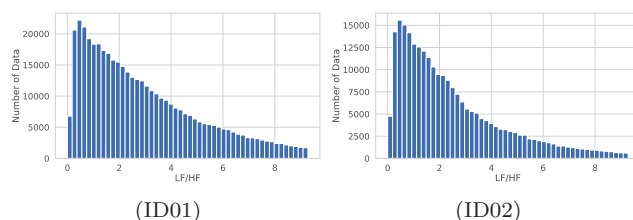


図 3 LF/HF 値のヒストグラム

析結果を示し、その後、行動毎の分析結果とローレンツプロットによる分析結果を示す。

#### 4.2.1 全体的傾向の分析結果

就寝前アンケートの結果を表 4 に、事前アンケートの結果を表 5 にそれぞれ示す。就寝前アンケートでは 17 段階で評価した質問事項ではすべての答えの平均値を示しており、家事を選択する質問事項では一番多く回答された家事を示している。また、実験を通して得られた各被験者の RRI ヒストグラムを図 2、各被験者の LF/HF 比ヒストグラムを図 3 にそれぞれ示す。

図 2 より、被験者ごとに RRI の度数分布の形状と位置に違いが見られる。ID01 のヒストグラムはふた山型の分布であることから、行動間の RRI の変化が比較的大きいと考えられる。また、全体として低い値域に RRI が多く存在している。一方で、ID02 のヒストグラムは山形分布であり、行動間の RRI 変動は比較的小さいと考えられる。就寝前アンケートの結果より、ID01 は ID02 と比べ、家事に対するストレスや疲労をあまり感じていないと自己評価している。一方で、ID01 は各種要求や作業生成などの NASA-TLX を参考にした設問では負担がかかっていると評価しており、その結果が RRI に出たと考えられる。

図 3 より、LF/HF 比ヒストグラムは、RRI ヒストグラムほど明確な分布の差異は読み取れないものの、ID01 の分布は ID02 の分布よりも、LF/HF 比が 2 以上の領域において度数が多いことが読み取れる。すなわち、ID01 は、ID02 と比較して、生活行動によるストレスを受けやすいと考えられる。一方で、ID02 は、ID01 と比較して、LF/HF 比が 3 の周辺領域において、度数の減少割合が大きくなっていることが読み取れる。したがって、行動ごとに、LF/HF が大きくなる行動と、小さくなる行動が比較的明確に分かれていることが考えられる。ここで、RRI のヒストグラムからは、ID01 の方が、行動によるストレス変化が大きいと推測出来る一方で、LF/HF のヒストグラムからは、ID02 の

表 3 対象行動と対象行動の開始・終了の定義

行動	行動の定義	開始	終了
在宅	在宅中	玄関から中に入る	玄関から外に出る
個人衛生	手洗いや歯磨きなどの衛生面の行動	洗面所に入る	洗面所から出る
料理	キッチンで食材を料理する	キッチンに入る	料理が終わる
食事	料理を食べる	料理を食べ始める	料理を食べ終わる
食器洗い	食器を洗う	食器を洗い始める	食器洗いが終わる
トイレ	トイレに行く	玄関から外に出る	玄関から中に入る
入浴	浴室で体を洗い湯船に浸かる	浴室に入る	浴室から出る
部屋掃除	部屋を掃除機で掃除する	掃除機の電源を入れる	掃除機の電源を消す
風呂掃除	浴室を掃除する	浴室に入る	浴室から出る
洗濯	衣類を洗濯する	洗濯物を洗濯機に入れる 洗濯物を畳み始める	洗濯物を入れ終わる洗濯物を畳み終える
PC 作業	PC で作業する	PC を開く	PC を閉じる
TV 視聴	TV を視聴する	TV の電源をつける	TV の電源を消す
ゲーム	TV ゲームをする	ゲーム機の電源を入れる	ゲーム機の電源を切る
読書	本を読む	本を開く	本を閉じる
スマートフォン	スマートフォンを使う	スマートフォンを持って操作する	スマートフォンを置く
睡眠	睡眠をとる	ベッドに入る	ベッドから出る
身支度	化粧や着替えなどの外出の準備	準備を始める	準備が整う

表 4 就寝前アンケート結果

項目	ID1	ID2
現在の体調	3.71	2.83
現在の疲労度	3.14	3.00
家事を遂行した満足度や達成感	3.00	3.17
一番選択されたストレスだった家事	料理	料理
洗濯のストレス	2.14	3.50
掃除のストレス	1.71	2.83
料理のストレス	3.29	3.40
皿洗いのストレス	2.57	2.67
一番選択された疲労が大きかった家事	料理	料理
洗濯の疲労	2.00	3.20
掃除の疲労	2.00	3.20
料理の疲労	3.57	3.17
皿洗いの疲労	2.86	2.33
精神的な要求 (Mental Demand)	4.14	4.67
身体的な要求 (Physical Demand)	3.57	2.17
時間的な要求 (Temporal Demand)	2.57	2.67
作業成績 (Performance)	4.71	2.17
努力 (Effort)	3.43	3.33
不満 (Frustration)	3.14	3.17

方が、行動によるストレス変化が大きいと推測できる。以上の結果から、いくつかの条件ではストレスの主観評価と関連があるものの、必ずしも関連があるとは言えず、より多角的な分析が必要である。

#### 4.2.2 行動ごとの分析結果

各被験者の各行動の合計実施時間と、各行動に対応する RRI, LF/HF の平均と標準偏差 (SD) を表 6 に示す。本実験では、被験者に対して、普段と同様の自然な生活行動を促しているため、被験者ごとに各行動の実施時間にばらつきがある。特に、どちらの被験者においても、睡眠行動や PC 作業に比べて、部屋掃除行動や皿洗い行動の時間が短い傾向にある。一方で、料理行動やテレビ視聴などの行動は、被験者によって行動時間の差が大きい。したがって、ストレスの受けやすい行動の実施時間が長い被験者ほ

ど、実験期間内のストレスの指標が高く、短いほどストレスの指標が低くなり、生体指標ヒストグラムの分布形状に影響を与えると考えられる。なお、家事中にテレビを視聴するなど、各行動は並行して行われる場合がある。その場合、収集された生体指標は、その時点で行われている全ての行動に対して影響を与えるものとして、行動別 RRI, LF/HF, ローレンツプロットの算出に利用している。

RRI の標準偏差 (以下, SDNN とする。)に着目すると、どちらの被験者も全ての家事行動 (部屋掃除行動, 料理行動, 洗濯行動, 皿洗い行動) において、その他の行動と比較して, SDNN が低いことが読み取れる。SDNN はストレス状態で低く, リラックス状態で高くなることが知られているため, 全体として家事行動におけるストレスが高いことが読み取れる。また, 事前アンケート結果における家事の好みでは, ID01 は掃除行動, ID02 は皿洗い行動をそれぞれ好みでないとしている。各被験者の SDNN は, それぞれの行動に対して比較的低い値であるため, 家事の好みと生体指標に関連があることが示唆された。

各被験者の行動別 RRI の箱ひげ図を図 4, 5 に, LF/HF の箱ひげ図を図 6, 7 にそれぞれ示す。図 4, 5 より, 各被験者について, 家事行動はデータのばらつきが小さく, 比較的にストレス状態であることが読み取れ, 睡眠やスマートフォン利用などはデータのばらつきが大きく, 比較的にリラックス状態であることが読み取れる。図 6, 7 から, テレビ視聴 (Watching Television) や個人衛生行動 (Personal Hygiene) については, 被験者ごとに異なるストレス傾向 (ID01 は高く, ID02 は低い) を示しており, 個人差の影響やテレビで視聴するコンテンツの種類, 体調などによって変化しやすいと考えられる。また, ID01 の風呂掃除, 部屋掃除行動について, どちらも LF/HF が低い値に集中しており, ストレス状態であることが読み取れる。

表 5 事前アンケート結果

項目	ID1	ID2
洗濯の好み	5	3
掃除の好み	2	5
料理の好み	3	4
皿洗いの好み	4	2
洗濯の得意さ	5	2
掃除の得意さ	2	4
料理の得意さ	3	2
皿洗いの得意さ	4	4
家事を行う頻度を記述してください		
(溜まってから家事を行う、まめに家事を行うなど)	溜まってから家事をすることが多い	必要になってから家事を行う
普段生活をする中で家事を行う必要性があると感じますか	5	4

表 6 各被験者の各行動に対する実施時間と生体指標

Activity	ID01					ID02				
	Time [min]	RRI mean [ms]	RRI SD [ms]	LF/HF mean	LF/HF SD	Time [min]	RRI mean [ms]	RRI SD [ms]	LF/HF mean	LF/HF SD
Bathing	140.1	554.9	202.7	1.015	0.993	109.2	643.2	112.9	3.883	2.070
CleaningBathroom	15.6	460.2	52.1	1.758	1.337	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CleaningRoom	25.4	455.5	29.3	1.237	0.959	29.6	724.6	72.6	3.835	1.773
Cooking	100.6	563.2	37.9	3.816	2.450	222.5	734.6	87.2	4.448	2.243
Dressing	15.0	578.0	137.3	2.492	1.714	26.6	658.7	72.3	4.053	2.161
Eating	163.0	555.2	54.2	4.175	2.291	162.1	748.8	118.2	4.431	2.201
Laundry	41.8	560.6	48.2	3.259	2.119	6.4	756.0	76.0	2.695	1.618
PersonalHygiene	23.1	614.8	84.0	5.086	2.059	22.5	766.4	87.4	3.284	1.650
ReadingBook	143.2	652.9	52.4	3.388	1.998	291.4	883.2	103.8	3.422	2.056
Sleeping	4180.6	846.8	95.6	2.284	2.112	3276.9	1106.6	199.4	1.764	1.710
StayingAtHome	8634.9	737.4	133.8	2.965	2.235	6024.6	979.8	210.4	2.458	2.013
UsingSmartphone	1016.1	745.5	100.3	4.092	2.268	199.4	936.7	162.6	3.120	2.078
UsingToilet	135.0	672.8	113.3	2.995	2.171	91.5	728.4	85.8	2.379	2.369
WashingDishes	43.3	586.1	52.9	3.832	2.664	40.2	654.3	67.2	4.591	1.970
WatchingTelevision	2073.5	617.2	70.2	3.976	2.211	177.9	868.0	122.7	2.337	1.647
WorkingOnPC	3013.0	655.1	62.1	3.557	2.096	1226.2	919.0	109.6	2.699	1.827

就寝前アンケート結果によると、各被験者が最も頻繁にストレスを感じていたのは料理行動であったが、それぞれの箱ひげ図より、RRIは比較的強くLF/HFは比較的高い傾向にあるため、主観評価を反映しているといえる。事前アンケート結果によると、ID02の料理行動や皿洗い行動について、行動の好み度合いが高い際にLF/HFの値が高いことが読み取れる。一方で、洗濯行動や、ID01の掃除行動など、行動の好みや得意度合いとLF/HFが必ずしも一致しない場合がある。これは、利用デバイスの影響や各指標の算出方法、考慮外の内的・外的要因が影響すると考えられる。特に、LF/HF比やRRIといった生体指標は精神的なストレスだけでなく、個人差や周囲からの慢性的ストレスなど、様々な内的・外的要因の影響を受ける。また、それらの生体指標は、計測する機器や計算手法により変動しうることが知られている [23], [24]。したがって、本実験により得られた結果は、宅内における一般生活行動に関するQoL推定の目安となる一方で、絶対的ではない。

#### 4.2.3 ローレンツプロットによる分析結果

図 8, 9 に各被験者のローレンツプロットを示す。ID02のローレンツプロットは高RRI領域においてデータのばらつきが大きく、低RRI領域においてまとまっている傾向

にあることが読み取れる。このことから、睡眠時やリラックス時などにおいてRRIの揺らぎが大きく、副交感神経が活性化していることがわかる。一方、ID01のローレンツプロットは、低RRI領域のデータにやや広がりがあり、高RRI領域データのばらつきは小さいことが読み取れる。すなわち、睡眠時やリラックス時においても心拍間隔のゆらぎが小さく、十分な休息が行えていない可能性が示唆されている。また、各行動ごとのローレンツプロットの形状に大きな差異は見られなかった。全体の傾向として、後述するローレンツプロットの面積が小さい行動については、形状の差異が小さく  $y = x$  方向のみに広い分布を示し、低RRI領域に集まっていた。面積が大きい行動については、 $y = x$  方向だけでなく、 $y = -x$  方向にも広い分布を示し、高RRI領域にまで広がっていた。

図 10, 11 に、各被験者の行動ごとのローレンツプロット面積を示す。図より、どちらの被験者においても、睡眠やスマートフォン利用、テレビ視聴などはローレンツプロット面積が大きく、副交感神経が活性的である。各種家事に対しては面積は小さく、副交感神経は非活性的であり、ストレスがかかっているものと考えられる。また、事前アンケートにおいて、それぞれID01は掃除、ID02は皿洗い

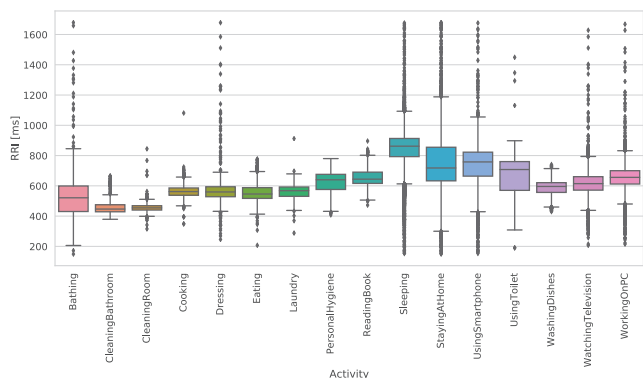


図 4 行動別 RRI 値の箱ひげ図 (ID01)

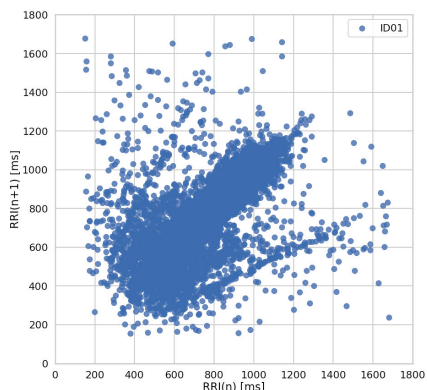


図 8 ID01 のローレンツプロット

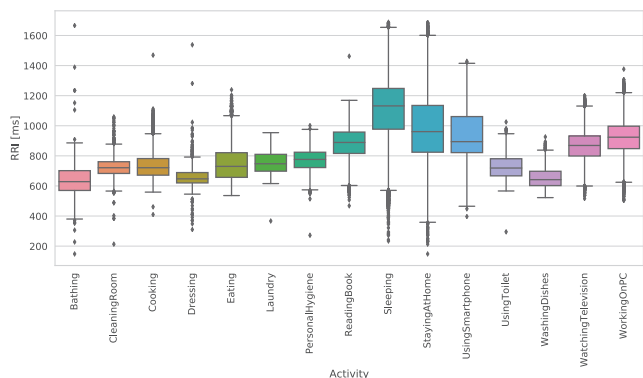


図 5 行動別 RRI 値の箱ひげ図 (ID02)

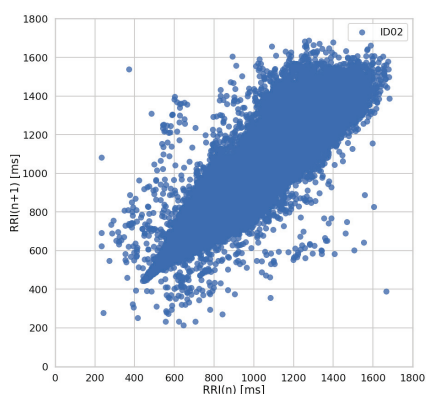


図 9 ID02 のローレンツプロット

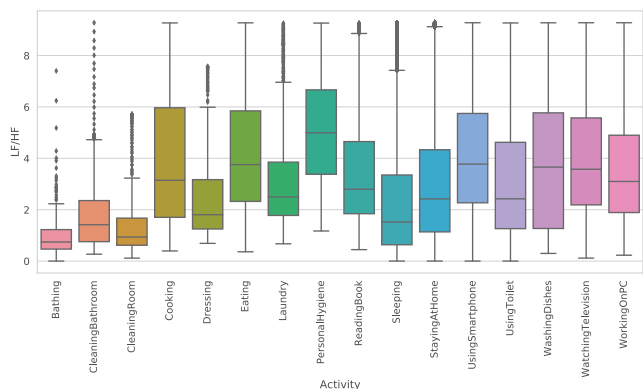


図 6 行動別 LF/HF 比の箱ひげ図 (ID01)

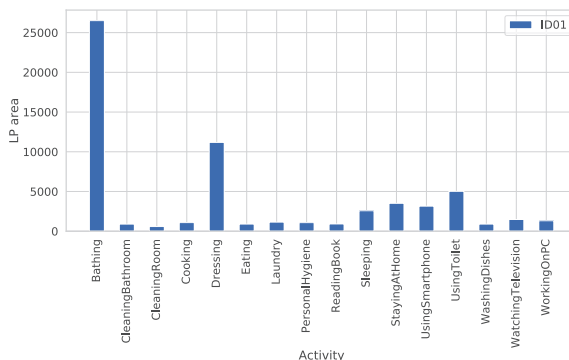


図 10 ID01 の行動ごとのローレンツプロット面積

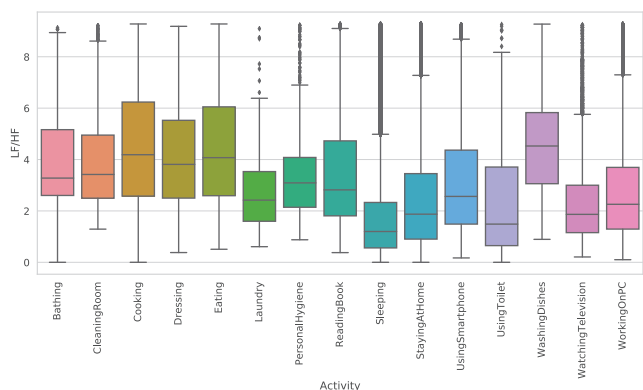


図 7 行動別 LF/HF 比の箱ひげ図 (ID02)

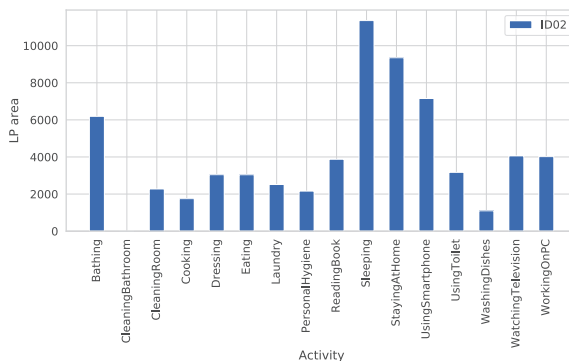


図 11 ID02 の行動ごとのローレンツプロット面積

行動が最も好みでない行動としているが、それぞれの被験者・行動に対応するローレンツプロット面積も、同様に小

さい値を示している。この結果より、家事の好みや負荷を、RRIによって求めたローレンツプロット面積情報から推定できることが示唆された。なお、ID01の入浴行動におけるローレンツプロット面積は、センサ着脱などにより、取得されるデータが外れ値とみなされない四分位範囲内で不安定になったため、異常に高い値を示していると考えられる。

## 5. まとめ

本稿では、日常生活行動によるQoL変動の推定を目的として、行動ごとに、主観評価によるストレスと生体指標の可視化を行った。その結果、主観評価と生体指標により推定したストレスは必ずしも一致しなかったものの、各種家事によるストレスの増加傾向や、休息や娯楽によるリラックス傾向が見られた。より一般的な評価を行うためには、より長期間、かつ多数の被験者による評価実験が必要である。将来的に、各被験者が受ける慢性的ストレスの推定や、ストレスに対するリカバリ能力などの個人特性を考慮することによって、日常生活行動に基づいた最適な家事推薦タイミング推定や、リラックス行動推薦などのサービス提供が可能であると考えられる。また、先行研究では[19]、副交感神経の活動は個人差が大きく、ローレンツプロット面積によるリアルタイムなストレス評価は、人物ごとに面積の正規化が必要であることから難しいと述べられていた。しかしながら、本研究のように、日常行動に紐付けた分析をあらかじめ行い、安静時や各行動時のローレンツプロット面積を算出しておけば、安静時との差分を算出するなどして、各個人に対するリアルタイムなストレス評価は十分に可能だと考えられる。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 20H04177, 19K11924 による助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 佐々木渉, 大西晃正, 三崎慎也, 諏訪博彦, 藤本まなと, 水本旭洋, 荒川豊, 木村亜紀, 三木智子, 安本慶一. 生活の質の向上を目指した宅内行動・生体情報収集システムと qol アウェア家電制御の検討. *SIG-SAI*, Vol. 34, No. 1, pp. 1-8, mar 2019.
- [2] 大瀨友暉, 山崎俊彦, 相澤清晴, 鳥海哲史, 林幹久. Iot センサを用いたマンション物件計測と快適度評価. 人工知能学会全国大会論文集 第 31 回全国大会 (2017), pp. 1H2OS15a4-1H2OS15a4. 一般社団法人 人工知能学会, 2017.
- [3] WHOQoL Group, et al. The development of the world health organization quality of life assessment instrument (the whoqol). In *Quality of life assessment: International perspectives*, pp. 41-57. Springer, 1994.
- [4] S McKenna. Quality of life and pharmacoeconomics in clinical trials, 1997.
- [5] The Whoqol Group. The world health organization quality of life assessment (whoqol): development and general psychometric properties. *Social science & medicine*, Vol. 46, No. 12, pp. 1569-1585, 1998.
- [6] Whoqol Group, et al. Development of the world health organization whoqol-bref quality of life assessment. *Psychological medicine*, Vol. 28, No. 3, pp. 551-558, 1998.
- [7] John E Ware Jr. Sf-36 health survey update. *Spine*, Vol. 25, No. 24, pp. 3130-3139, 2000.
- [8] Chishu Amenomori, Teruhiro Mizumoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. A method for simplified hrqol measurement by smart devices. In *International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare*, pp. 91-98. Springer, 2017.
- [9] Asma Ghandeharioun, Szymon Fedor, Lisa Sangermano, Dawn Ionescu, Jonathan Alpert, Chelsea Dale, David Sontag, and Rosalind Picard. Objective assessment of depressive symptoms with machine learning and wearable sensors data. In *2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, pp. 325-332. IEEE, 2017.
- [10] Enrique Garcia-Ceja, Venet Osmani, and Oscar Mayora. Automatic stress detection in working environments from smartphones' accelerometer data: a first step. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, Vol. 20, No. 4, pp. 1053-1060, 2015.
- [11] Natasha Jaques, Sara Taylor, Ehimwenma Nosakhare, Akane Sano, and Rosalind Picard. Multi-task learning for predicting health, stress, and happiness. In *NIPS Workshop on Machine Learning for Healthcare*, 2016.
- [12] 秋山早弥香, 加藤由花ほか. QoL 可視化システムのための脈拍センサを用いたストレス状態推定手法. 第 77 回全国大会講演論文集, Vol. 2015, No. 1, pp. 129-130, 2015.
- [13] 田中喜秀, 脇田慎一. ストレスと疲労のバイオマーカー. *日本薬理学雑誌*, Vol. 137, No. 4, pp. 185-188, 2011.
- [14] 早野順一郎, 山田真己, 藤隆隆夫, 横山清子, 渡辺興作, 高田和之. 心拍変動と自律神経機能. *生物物理*, Vol. 28, No. 4, pp. 198-202, 1988.
- [15] Yoshiaki Matsumoto, Nobuaki Mori, Ryoh Mitajiri, and Zhongwei Jiang. Study of mental stress evaluation based on analysis of heart rate variability. *Journal of Life Support Engineering*, Vol. 22, No. 3, pp. 105-111, 2010.
- [16] 山口勝機. 心拍変動による精神負荷ストレスの分析. 研究紀要. 志学館大学 = Research bulletin of the Faculty of Humanities, Shigakukan University, Vol. 31, No. 1, pp. 1-10, 2010.
- [17] 前田陽一郎. 心拍情報に基づくリラクゼーションサウンド生成手法. 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システムシンポジウム 講演論文集第 31 回ファジィシステムシンポジウム, pp. 29-34. 日本知能情報ファジィ学会, 2015.
- [18] 渡辺和憲, 金利昭. 心拍変動を用いた自転車利用者のストレス分析手法に関する考察. *土木計画学研究・講演集*, Vol. 44, No. 92, 2011.
- [19] 豊福史, 山口和彦, 萩原啓. 心電図 rr 間隔のローレンツプロットによる副交感神経活動の簡易推定法の開発. *人間工学*, Vol. 43, No. 4, pp. 185-192, 2007.
- [20] 鈴木庸介, 西尾尚子, 伊藤史子. 都市部における心拍変動を用いた歩行時ストレスの評価方法の提案と適用. *都市計画論文集*, Vol. 54, No. 3, pp. 811-817, 2019.
- [21] 谷田陽介, 萩原啓. 心拍 rri のローレンツプロット情報に着目した入眠移行期の簡易推定法. *生体医工学*, Vol. 44, No. 1, pp. 156-162, 2006.
- [22] Sandra G Hart. Nasa task load index (tlx). volume 1.0; computerized version. 1986.
- [23] 堀輝, 香月あすか, 菅健太郎, 吉村玲児. シンポジウム客観的なストレス評価方法について. *日本職業・災害医学会会誌 Japanese journal of occupational medicine and traumatology*, Vol. 66, No. 5, pp. 330-334, 2018.
- [24] 廣瀬圭, 近藤亜希子. 特集: 人間工学のための計測手法. *人間工学*, Vol. 50, No. 4, pp. 182-190, 2014.