

修士論文

QoL向上のためのスマートデバイスによる 家事ストレス記録システムの構築と評価

大西 晃正

奈良先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科

情報理工学プログラム

主指導教員: 安本 慶一 教授

ユビキタスコンピューティングシステム 研究室（情報科学領域）

令和2年3月13日提出

本論文は奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

大西 晃正

審査委員：

安本 慶一 教授	(主指導教員, 情報科学領域)
清川 清 教授	(副指導教員, 情報科学領域)
荒川 豊 客員教授	(副指導教員, 九州大学)
諏訪 博彦 特任准教授	(副指導教員, 情報科学領域)

QoL 向上のためのスマートデバイスによる 家事ストレス記録システムの構築と評価*

大西 晃正

内容梗概

住居内における欠かすことができない行動の一つとして、家事が挙げられる。家事を怠ることで、居住者に衛生的、環境的な悪影響を及ぼすことが懸念される一方で、家事を行うことで居住者に精神的・身体的な負担がかかることも考えられる。また、近年では夫婦間の家事の分担が問題となっており、家事負担の不公平感が夫婦間の軋轢の原因の一つとなっている。このことから、家事における負担を把握し、改善することは、生活の質 (QoL: Quality of Life) の向上に重要である。

そこで本研究では、居住者の家事における負担の指標として家事のストレスを記録するシステムを構築し、家事の負担について測定するとともに、家事を行うことの負担を軽減・改善することを支援することで居住者の QoL を向上させることを目指す。特に、家事におけるストレスを測定・記録することで、居住者はどの家事をすることが精神的・身体的に負担がかかっているかを把握でき、日常生活において改善すべき要因を考えるための気づきや、家事を行うことに対する考え方を見直すきっかけを得ることが可能となる。この目的のため、心拍情報を収集するためのウェアラブルセンサと行動ラベルを記録するためのアプリケーションを用いてデータ収集を行い、心拍に基づくストレス評価指標である LF/HF 比を算出し、家事毎に集計することで、家事毎のストレスを出力するシステムを提案する。

提案システムを評価するために、家事を行うことによる居住者のストレス状態変化を計測する実験を行った。実験内容は、被験者に 4 つの家事（洗濯、掃除、

*奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 修士論文, 令和 2 年 3 月 13 日。

料理，皿洗い）を制限時間内に行ってもらい，提案システムで家事のストレスを記録し，その時間変化やアンケートによる主観評価と比較するものである．実験は，被験者3人に対して，条件を変更しながら1人あたり3回ずつ行った．結果として，被験者毎にストレスや負担が大きい家事に違いがあることが判明した．また，時間やタスク量を調整することにより家事のストレスや主観評価による精神的・身体的負荷が変化することが確認された．

実験結果より，家事を行うことにおけるストレスや負担を軽減するための生活支援方法として，身体への負担と家事の優先度を考慮した家事遂行案の提案を行うことや家電推薦・家事代行サービスを有効に活用することについて検討を行った．

キーワード

QoL，家事，ストレス，生体情報，LF/HF 比

Construction and evaluation of a housework stress recording system using smart devices to improve QoL*

Kosei Onishi

Abstract

Housework is one of the indispensable actions in a house. There is a concern that neglecting housework may have adverse health and environmental impacts on residents, while doing housework may place a mental and physical burden. In recent years, the sharing of housework between married couples has become an issue, and unfairness in the burden of housework is one of the causes of friction between married couples. Hence, it is important to understand and improve the burden of housework to improve the quality of life (QoL).

In this thesis, we aim to improve the QoL of residents by developing a system to record the stress of housework as an indicator of the burden of housework and help reduce and improve the burden of doing housework. By recording the stress of housework, residents can understand which housework is physically and mentally burdensome, and gain awareness to think about factors to have to improve in daily life. In addition, it is possible to give an opportunity to reconsider the way of thinking about doing housework.

In order to evaluate the proposed system, we conducted an experiment to measure the change of resident's stress state by doing housework. The content of the experiment is to have the subject perform four housework (washing, cleaning, cooking, and dish washing) within the time limit, record the stress of housework with the proposed system, and compare it with the time change and subjective evaluation by questionnaire.

*Master's Thesis, Graduate School of Science and Technology, Nara Institute of Science and Technology, March 13, 2020.

We performed the experiment three times per person on three subjects while changing the conditions. As a result, we found that there was a difference in the housework where stress and burden were large for each subject. In addition, we confirmed that adjusting the time and the amount of task changed the stress of housework and the mental and physical load of subjective evaluation.

Based on the experimental results, as a life support method to reduce the stress and burden of doing housework, we propose housekeeping plan method that considers the burden on the body and the priority of housework, and using home appliance recommendation and housekeeping service effectively.

Keywords:

QoL, Housework, Stress, Biological information, LF/HF ratio

目次

1. 序論	1
2. 関連研究	3
2.1 行動認識・予測	3
2.2 QoL 推定	3
2.3 ストレス推定	4
2.4 本研究の位置付け	6
3. システム要件	7
3.1 ユースケースシナリオ	7
3.2 要件	8
4. 提案手法	9
4.1 ストレス推定	9
4.2 行動ラベル記録	10
4.3 家事毎のストレス出力	12
5. 実験	13
5.1 概要	13
5.2 対象家事	15
5.3 ストレス測定	16
5.4 アンケート	16
5.5 実験条件設定	19
5.6 結果と考察	21
5.6.1 1回目実験	21
5.6.2 2回目実験（時間調整）	25
5.6.3 3回目実験（家事要件調整）	28
5.6.4 家事全体のアンケート結果	31
5.6.5 実験実施における改善点	33

6. 生活支援方法の検討	34
6.1 行動推薦	34
6.1.1 要素の定義	34
6.1.2 家事遂行案の出力	35
6.2 家電推薦・家事代行サービス	37
7. 結論	38
謝辞	40
参考文献	42
研究業績	47

図目次

1	アプリケーションの画面例	10
2	時系列データのイメージ	11
3	家事毎のストレス出力例	12
4	スマートホームの写真	14
5	スマートホームの間取りと設置家具	14
6	被験者の特性	21
7	1回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果	24
8	2回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果	27
9	3回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果	30

表目次

1	時系列データの例	11
2	家事の内容	16
3	各家事に関するアンケート項目	17
4	家事全体に関するアンケート項目	18
5	実験条件設定	20
6	1回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧	23
7	2回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧	26
8	3回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧	29
9	被験者1のアンケート結果	32
10	被験者2のアンケート結果	32
11	被験者3のアンケート結果	32
12	掃除タスク一覧	35
13	提示するタスクリスト	36

1. 序論

近年，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) を向上させることは，情報科学分野における研究課題の一つである．また，過剰なストレスが原因となりメンタルヘルスに問題が生じることによる経済的損失は計り知れない．そのため，働き方改革やストレスチェックの義務化などをはじめとした，労務環境や職場におけるストレス状態改善による QoL 向上のための社会的な取り組みが行われている．一方で，プライベート空間である住居内では，プライバシーなどの問題から自分自身で QoL 向上のために取り組む必要がある．簡易的なストレスチェックやアンケートによるストレス評価など，日常的なストレスを測定することはできるものの，生活中的負担の原因となっている行動を特定することは難しい．

また，人々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．家事を怠ることで，居住者の衛生的，環境的に悪影響を及ぼすことが懸念されるが，家事を行うことで居住者に精神的・身体的に負担がかかっていることが考えられる．また，近年では夫婦間の家事の分担が問題となっている [1, 2]．例えば，家事を行うことによる負担は人によって異なるため，片方から見た分担が公平であっても，相手方は不公平と感ずることがあり，この家事負担の不公平感が，夫婦間の軋轢の原因となりうる．以上のことから，家事における負担を把握し，改善することで QoL の向上が見込めると考えている．

家事におけるストレスを記録することで，居住者はどの家事をすることが精神的・身体的に負担がかかっているかを把握でき，日常生活において改善すべき要素を考えるための気付きを得ることが可能になると考える．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とき，負担の少ない家事が把握できていれば，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を与えることが可能となる．例えば，居住者が家事の負担を軽減するために，家事の仕方を改善すること，新たな家電や家事代行サービスを導入すること，夫婦間の家事の分担を見直すことなどが考えられる．そのためには，家事の遂行に

おける居住者の精神的・身体的状態の把握が必要となる。

そこで本研究では、居住者の家事における負担の指標として家事のストレスを記録するシステムを構築する。システム要件としては、(1) ユーザの生活を著しく妨げないこと、(2) ユーザのストレス推定を行うこと、(3) ユーザの行動ラベル（行動の遷移を時系列に記録したもの）を作成すること、(4) 行動別のストレスを集計することが挙げられる。これらの要件を満たすため、スマートデバイスを用いてストレスを記録するためのシステムを構築する。本研究では、タブレットやウェアラブルセンサなどの情報機器を総じてスマートデバイスと定義する。ユーザにウェアラブルセンサを装着することで生体情報を取得し、ストレス計測を行い、スマートデバイスのアプリケーションを用いて、行動ラベルの入力を行うことで、ストレス情報と行動ラベルの時系列データを作成する。収集したデータを行動別に集計することで、家事毎のストレスを推定することができる。

さらに提案システムを用いて、家事を行うことによる居住者のストレス状態の変化を測定するための実験を行った。被験者毎にストレスや負担が大きい家事に違いがあることが判明した。また、時間やタスク量を調整することにより家事のストレスや主観評価による精神的・身体的負荷が変化することが確認された。実験結果から得られた知見から、家事を行うことにおけるストレスや負担を軽減するための生活支援方法として、身体への負担と家事の優先度を考慮した家事遂行案の提案を行うことや家電推薦・家事代行サービスを有効に活用することを検討した。

本論文はこれらをまとめたものであり、構成は以下の通りである。第2章では、関連研究についてまとめ、本研究の位置付けを明らかにする。第3章ではシステム要件を設定し、第4章では家事ストレス記録システムについて述べる。第5章では提案システムを用いて行った実験の結果と考察を述べ、第6章では実験結果から生活支援方法を検討する。第7章では、結論を述べる。

2. 関連研究

本章では、宅内生活支援のための行動認識・予測の研究や QoL 向上のための研究、ストレスや家事に関する研究を説明し、本研究の位置付けについて述べる。

2.1 行動認識・予測

宅内における行動認識 [3, 4, 5] や行動予測 [6, 7, 8] に関する研究が多数行われている。中川らは、居住者の位置情報と家電の消費電力データに基づいて居住者の宅内行動を推定する手法を提案している。結果として、約 8 割の精度で行動を推定できることを明らかにしている。

また、佐々木らは、行動が発生するまでの経過時間帯を幾つか設定し、行動生起タイミングを学習することで時間内行動生起を予測する行動予測手法を提案している [6]。これらの研究では、宅内の行動を推定/予測することで、居住者の行動に合わせて/先立って、家電を自動制御するなどの行動支援を行うことを目的としている。また、行動認識の技術が確立することで、一日の行動ラベルが自動的に生成することが可能になることが期待される。

しかしながら、これらの研究は居住者の精神的・身体的状態については考慮されてないため、居住者の QoL 向上のための支援としては不十分であると考える。

2.2 QoL 推定

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[9] 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、家族や友人などと過ごす家庭生活とのバランスを取ることで 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 [10]. 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[11, 12] や、Short Form(SF)[13] 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を行うが、WHOQOL-100[11] では 6 ドメイン 100 項目、SF-36[13] 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る、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 [14], 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[15] らはネガティブな心理状態を把握するためにハミルトンうつ病評価尺度を、Garcia ら [16] は就業中のストレス状態を把握するために the Oldenburg Burnout Inventory を、Natasha ら [17] 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・推定する手法を提案している. これらの研究は、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 の改善が見込める. 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.

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 [18]. このように、QoL を低下させる要因を可視化し、提示することは有効であると考ええる.

2.3 ストレス推定

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 [19]. 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 [20, 21, 22]. 心拍変動は小型センサを用いて生体に非侵襲で測定することが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することが可能であると考える.

血液などの生体サンプルに含まれる化学物質の中で、ストレッサーに強度に応じて濃度が顕著に変化するものはストレスマーカーと呼ばれ、分析方法などの技術開発が進んでいる [23]. その中で、唾液は非侵襲で簡易的に採取できることからストレス推定に用いられており、唾液中に含まれる消化酵素のひとつである唾液アミラーゼは、分析が容易で精神的なストレスや急性のストレス評価に有効であるとされている [24, 25, 26, 27]. 計測と分析が容易であることから、生活中的ストレスを評価するのに有効であると考える.

宅内におけるストレスを評価する研究として、居住環境とストレスの関係性に着目した研究がある [28, 29]. 堤ら [29] は、日常生活における戸建・集合住宅を含んだ住宅・生活行動全般とストレスとの関係性に焦点を当てた研究を行っている. その一環として、住環境やそれに対する満足度が居住者のストレスや健康感に与える影響を明らかにすることを目的とし、同じ家に1年以上居住している20歳以上の女性1,000名を対象としたアンケート調査を行っている. アンケート結果に基づいた共分散構造分析によるストレス解消・健康増進のモデル化を行うことで、住環境満足度と居住者のストレス・健康感の関連を評価・報告している. この研究は、住環境や生活行動全般とストレスの関係性をWebアンケートによる調査のみで行っている. 宅内におけるQoLを向上させるためには、QoL向上の阻害要因を把握し、それを解消するための具体的な手段の検討が必要である.

家事遂行時の室温や照度などの宅内環境におけるストレス要因を調査するための研究が行われている [30, 31]. 宅内における環境的なストレス要因の特定や改善を行い、居住者にとって快適な環境を提供することでQoLの向上が見込める. しかしながら、家事などの生活行動がストレスの原因である場合、環境配慮のみでは改善しきれない可能性があると考える.

エネルギー代謝などを測定することで家事の労働量を測定する研究が行われている [32, 33]. 家事を遂行することにおける肉体的疲労について考慮できる可能

性があると考える。また、家事の労働量によるストレスの変化について考慮する必要があると考える。

青木らは、女性 55 名にインタビューを行うことで、家事に取り組むときのユーザの状況の特徴を調査している [34]。「家事を行う前はめんどくさいと感じていたが家事が終わったときには達成感がある」のような家事を行う前後における感情や動機の変化が家事を遂行することに与える影響を考慮する必要がある。

2.4 本研究の位置付け

本研究は、この章で挙げた行動認識、QoL 推定、宅内ストレスや家事に関する研究における技術や知見を総合的に組み合わせ、居住者の家事遂行時の状態を把握するための新たなデータ収集方法の構築を行う研究である。宅内における居住者の QoL 向上させることを目的として、行動ラベルの記録とストレス推定を行うことで、家事を行うことによる居住者のストレスの記録を行う。また、行動認識やストレス推定の技術がさらに向上することで、本研究のシステムの自動化や精度向上が見込まれ、宅内行動のストレスに関するデータ収集・分析の発展が期待される。

3. システム要件

本研究が活用できるユースケースシナリオを示し，その課題と解決するためのシステム要件について説明する．

3.1 ユースケースシナリオ

洗濯や掃除のような家事は，日常的に行われるタスクである．特に一人暮らしの場合(a)，仕事や学業の時間が多いことや家事を全て自分で行わなければならないことから，家事の遂行が疎かになる傾向がある [35]．家事を行うことを考えるとき，その日の体調や予定などを考慮しながら，行う家事を選択し遂行する．このとき，家事を行うことによる自身への負担が分からないことが問題となる．

例えば，ある日の 19 時に帰宅したところで，翌日は朝早く出かけて出勤しなければならないという予定で，家事がほとんど未消化でやらなければいけない状況であるとする．翌日のために身体への負担を可能な限り軽減しながら家事を消化したいとき，各家事の負担を把握していないと，負担の大きい家事を選択してしまったり，家事を行うのが億劫になることが予想される．家事を行うことによる自身の状態を把握できないこと（課題 1）で，状況に適した家事の選択を行うことが難しくなる．

さらに，共働き世帯の場合について考える．共働き世帯とは，夫婦がどちらも働いている世帯のことであり，年々増加傾向にある [36]．ある共働きの夫婦は，2 人とも日中働いており，家事は分担して行っているとする．夫婦間における家事の分担に関する考えは差異が生じている．夫は風呂掃除などを定期的に行っており，家事の分担は上手くできていると考えている．妻は家事のほとんどを自分が行っていると考えている．このような考えの相違が夫婦間の軋轢となり得る．しかしながら，お互いの家事の実施状況やその負担を把握する手段が不足していること（課題 2）から，問題の解決には至らない．

前述の課題 1 や課題 2 を解決するためには，各ユーザがユーザ自身の各家事に対する負担度を把握すること，また他ユーザの各家事に対する負担度を把握することが有効と考える．そのためには，各ユーザの各家事ごとの負担度を記録し，

可視化する家事ストレス記録システムが必要である。

課題1に対して、家事ストレス記録システムにより、未消化の家事の中から負担や所要時間を考慮しながら、今夜行う家事を選択することができるようになる。例えば、就寝予定時刻までに家事の遂行が完了する負担の少ない家事を選択して行うことができる。このように、家事を行うことによる精神的、身体的な負担を考慮しながら、現在の自分の状況に適した家事の選択を行うことが可能になると考えられる。

課題2に対して、家事ストレス記録システムにより、夫婦が行った家事の種類や時間が把握できるとともに、ストレスがどれだけかかっているかどうかを確認することができる。お互いの家事遂行状況やストレス状態を共有することで、日々の生活を見直すことができる。例えば、家事の種類や時間に差が生じている場合は、家事の分担を見直すことや、片方のある家事がストレスが高い場合は相方が手伝うことや代わりに行うことで改善が見込まれる。

3.2 要件

家事ストレス記録システムを実現し、課題を解決するためのシステム要件について説明する。

まず、本システムの基本コンセプトとして、負担の軽減がある。そのため、本システム自身がユーザの負担度を増加させるようでは本末転倒である。つまり、本システムはユーザの生活を著しく妨げてはならない（要件1）。

次に、ユーザの各家事のストレスを記録するには、ユーザのストレスを推定（計測）すること（要件2）、またその時の家事種別を判別するためにユーザの行動ラベル（行動の遷移を時系列に記録したもの）を記録すること（要件3）が必要である。

加えて、各行動は常に連続して発生するわけではなく、散発的に発生することがあるため、それらの行動をまとめた上で行動別にストレスを集計すること（要件4）が必要となる。これらの基本的な要件を満たすことが、家事ストレス記録システムでは必要である。

4. 提案手法

3章のシステム要件を満たす家事ストレス記録システムについて説明する。

4.1 ストレス推定

リアルタイムにストレスを推定するために、生体情報に基づく計測手法を検討する。ストレス測定を行うための生体情報には、唾液や脳波、心拍など多数ある[19]が、ユーザの生活行動を著しく妨げたり、特別な計測作業を必要としないものが相応しい。そこで、簡易的な装置で測定可能な心拍のセンシングに着目する。

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[21]。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のLF/HF比について説明する。

LFは、0.04～0.15Hzの低周波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、家事をしている中で、特定の行動をしているときにLF/HF比が高くなる場合、人はその行動をすることにストレスを抱えている状態であると推定される。また、LF/HF比は日常の安静な状態では3.0より小さく、副交感神経活動が抑制または交感神経活動の興奮状態では4.0以上の値が目安となる[37]。

本研究では、心拍計測のためのセンシングデバイスとして胸部装着型心拍センサWHS-3[38]を用いる。WHS-3はBluetooth®通信対応の心拍センサで、スマホやタブレット端末にセンサ値を表示・記録することができる。以下にWHS-3で収集する生体データの種類とサンプリング周波数を示す。

- 心拍：1ms

- 加速度：32ms
- 体表温：1s

4.2 行動ラベル記録

ユーザの行動ラベルを正確に取得するためにタブレット端末用の日常生活行動記録アプリケーションを用いて、家事の開始/終了時刻を記録する。実装は[6]を参考にした。家事の遂行を妨げないようにするため、アプリケーションの操作方は、対象家事のアイコンを押すだけで開始/終了時刻を記録できるようにしている。図1にアプリケーション画面の例を示す。

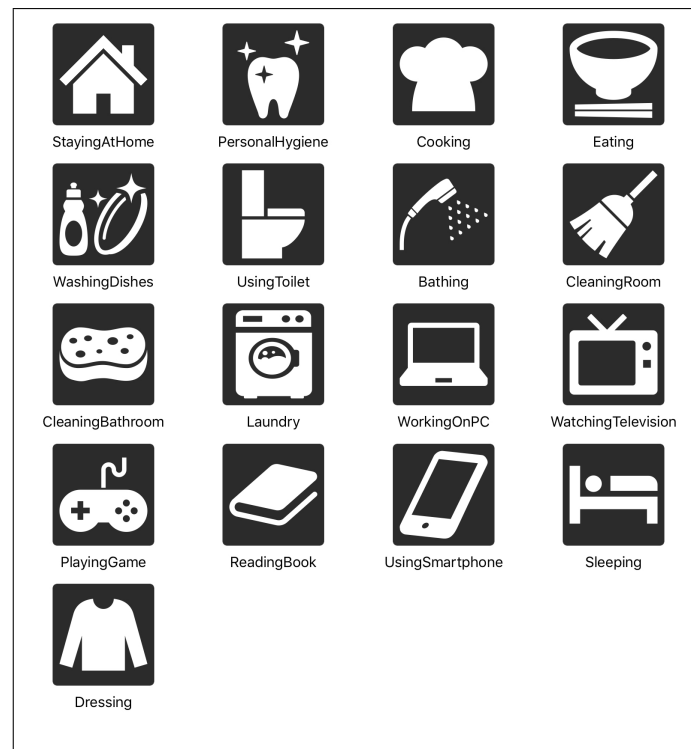


図1 アプリケーションの画面例

このアプリケーションを用いることで、表1のような行動ラベルの時系列データが作成可能となる。0が終了、1が開始が記録されたことを示している。図2に

時系列データのイメージを示す。1 が記録された時刻から 0 が記録された時刻まで，その家事は行われたことを示している。

表 1 時系列データの例					
時刻	洗濯	掃除	料理	皿洗い	休憩
...					
10:00:00			1		
10:21:26			0		
10:21:31		1			
10:42:37		0			
...					



図 2 時系列データのイメージ

4.3 家事毎のストレス出力

収集した心拍データと行動ラベルから家事毎のストレスを出力する．図 3 に，家事毎のストレス出力方法の例を示す．心拍データから LF/HF 比を算出し，その時刻のユーザのストレス値とする．ストレス値と行動ラベルの時系列データから，家事が行われた開始時刻から終了時刻でストレス値のデータを抽出し，その平均値を算出することで，家事毎のストレスを出力する．

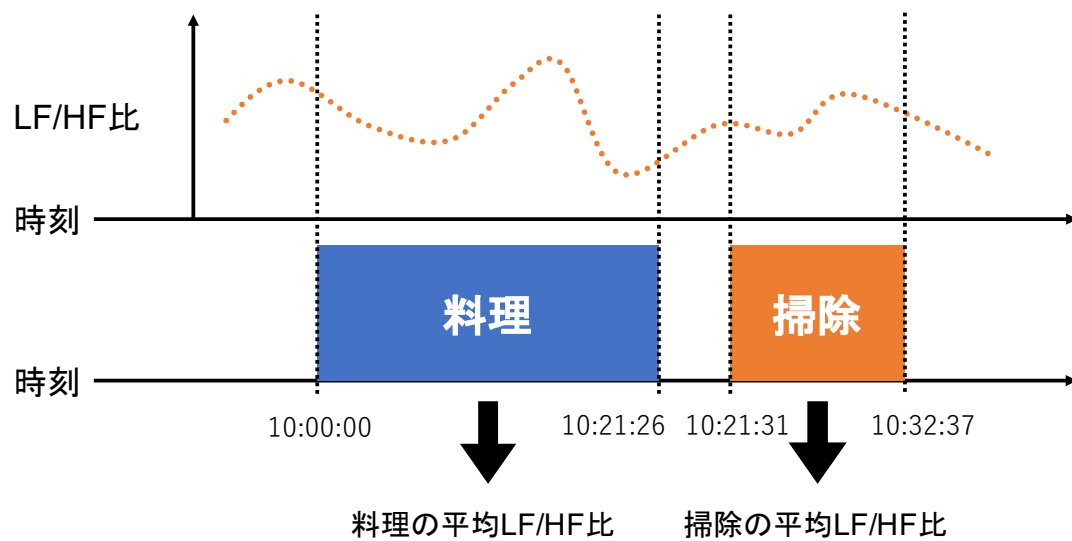


図 3 家事毎のストレス出力例

5. 実験

提案システムを用いることで家事のストレスを記録できることを確認するため、また家事を行うことによる居住者のストレス状態の関係を測定するための実験を行う。

5.1 概要

本実験は学生3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(ILDK)で行う。図4にスマートホームの写真を、図5にスマートホームの間取りと設置家具を示す。

現代の人は仕事や学業で忙しいため、限られた時間で家事を行うことで、より強いストレスを抱えている。このような状況を模擬的に再現するために、被験者には制限時間内(90分)に、指定した家事(洗濯、掃除、料理、皿洗い)を行ってもらう。ストレス測定には、心拍に加え、他の生体情報からストレス推定を行うため、唾液を用いる。さらに、主観的なストレスを測定するために、実験の前後でアンケートに回答してもらう。データ収集後、各家事を実施している間の心拍および唾液に用いたストレス測定結果およびアンケート結果を比較する。また時間設定や家事のタスクの多さが被験者に与える影響を測定するため、1回目は同一条件、2回目以降は実験条件を変更して被験者1名に対して3回の実験を行う。



図4 スマートホームの写真

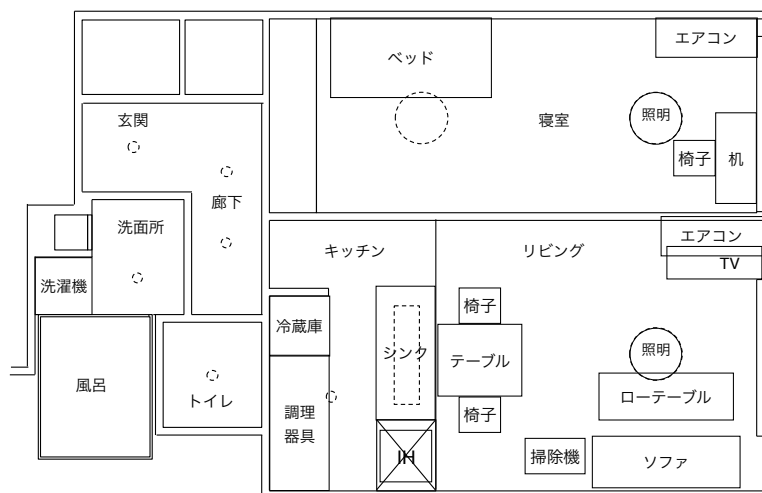


図5 スマートホームの間取りと設置家具

5.2 対象家事

被験者は、制限時間 90 分以内に全ての家事を完遂するように指示される。家事の内容は、事前に説明され、家事に伴う家電の操作方法や料理のレシピの確認も行われる。被験者に実施してもらう家事の内容を表 2 に示す。家事の内容は、洗濯機や炊飯器の所要時間などを考慮し、90 分以内に全ての家事を終えられるように調整した。洗濯の作業には、1) 散らばった服を回収し洗濯機で洗う、2) 洗濯機から取り出し干す、3) 干された洗濯物をたたむの三つの作業を設定している。そのため、それぞれに 3 日分の洗濯物を想定し、Tシャツ、ボトムス、靴下、タオルをそれぞれ 3 枚ずつを用意する。

掃除は、1) 掃除機をかける、2) ローラーをかける、3) 机などを拭くの三つの作業を設定している。使用する道具は、リビングに配置される。

料理は、1) ご飯を炊く、2) カレーを作る、3) オムレツを作るの三つの作業であり、来客に振る舞う設定となっている。料理のレシピは、普段料理をしない人であっても調理可能であり、具材を洗って切るなどある程度の工程を要するもので、かつ制限時間内に調理が終えられるように考慮して選択している。食材は、購入したときの状態のままキッチンに配置し、調理道具は自由に使えるように設置されている。

皿洗いは、料理に使用した調理道具、来客が食べ終えた食器、使用した調理場の掃除の三つの作業を設定している。

表 2 家事の内容

行動名	行動の定義
洗濯	寝室に散らばった洗濯物を集め洗濯機に入れて洗濯する 洗濯した洗濯物を浴室で干す バルコニーに干してある洗濯物を回収し畳む
掃除	廊下を含めて寝室・リビング全体に掃除機をかける カーペットやソファにコロコロをかける テーブルと机をふきんで拭く
料理	ごはんを炊く カレーを作る オムレツを作る
皿洗い	調理に使用した器具を洗う 来客が食べ終えた皿を洗う 調理場を掃除して調理前の状態にする

5.3 ストレス測定

心拍によるストレス計測と比較するため、心拍以外のストレスマーカとして唾液によるストレス計測を行う。被験者は、唾液によるストレス測定のために、15分おきと5分以上の家事終了時に唾液アミラーゼモニタ [39] を用いて測定を行う。唾液アミラーゼモニタで計測できる α -アミラーゼは身体的ストレスに対して濃度が上昇する [24]。したがって、 α -アミラーゼの計測値が高いほどストレスが大きいと判断される。また、飲食を行うと測定結果に違いが生じてしまうことを考慮して、実験の1時間前から飲食は不可としている。

5.4 アンケート

実験を行うにあたり、被験者の主観評価を収集するため、実験の前後で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．表 5.4 に，各家事に関するアンケート項目を示す．実験前に家事の好み，家事の得意さ，家事があることの負荷，実験後に家事のストレス，疲労について 1～7 の 7 段階で回答する形式である．このアンケートから，各家事に対する考え方がストレスに及ぼす影響について考える．

また，タスク時に掛かる作業負荷の要因を可視化するために開発された評価手法である NASA-TLX[40] を参考に，家事を行うことをタスクとして，1 回の実験において行った家事全体に関するアンケートを作成した．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，本実験では実験条件の違いでそれぞれの項目がどのように変化するかを測定するため，本実験用に各評価尺度を設定し，各項目の値を比較するために用いる．作成したアンケートの各評価尺度に関しての詳細を以下に示す．アンケートは各実験終了後に行い，各項目 1～7 の 7 段階で評価を行う．

表 3 各家事に関するアンケート項目

項目	説明 (アンケートの入力値)
家事の好み	好き嫌いなどの心理的要素 1:嫌い～7:好き
家事の得意さ	慣れているなどの技術の高さ 1:不得意～7:得意
家事の負荷	遂行することの負担ややりたくない などの精神的な負荷 1:ない～7:ある
家事のストレス	遂行中の精神的なストレス 1:小さい～7:大きい
家事の疲労	遂行後の体力の消費 1:小さい～7:大きい

表 4 家事全体に関するアンケート項目

項目	説明
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？ 判断基準：家事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 1：かなり負荷が低かった～7：かなり負荷が高かった
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？ 判断基準：家事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 1：かなり負荷が低かった～7：かなり負荷が高かった
時間的な要求 (Temporal Demand)	家事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？ 判断基準：時間に追われ急いで作業を行った場合は 負荷が大きい方を選択する 1：かなり負荷が低かった～7：かなり負荷が高かった
作業成績 (Performance)	目標を成し遂げるにあたり、 家事の設定はどれだけうまく行っていると思うか？ 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 1：かなり満足～7：かなり不満
努力 (Effort)	要求された家事にどのくらい一生懸命取り組んだか？ 判断基準：家事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 1：かなり負荷が低かった～7：かなり負荷が高かった
不満 (Frustration)	家事を行っている際に、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？ 判断基準：家事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 1：かなり負荷が低かった～7：かなり負荷が高かった

5.5 実験条件設定

提案システムを用いることで家事のストレスを記録できることを確認するとともに、家事のストレスに影響する要因を測定するため、実験条件を変更して各被験者に対して3回の実験を行う。表5に3回の実験条件について示す。被験者のストレスや疲労を考慮するため、1日に1回実験を行う。

1回目は3人とも同一条件（制限時間：90分，対象家事：洗濯，掃除，料理，皿洗い）で実験を実施する。被験者毎の家事の熟練度や要領の良さなどにより，制限時間に対する感じ方が異なり，ストレスのかかり方に影響を与えることが考えられる。例えば，制限時間をいっぱいを使い急いで家事を行うのと制限時間よりも少ない時間で余裕を持って行うのではストレスの感じ方が異なると考える。そこで，2回目の実験では，1回目の結果を考慮して被験者毎に制限時間の調整を行う。

1回目の実験で制限時間を多く残した状態で全ての家事を行った場合（制限時間に余裕があったと考えられる），制限時間を余した分短縮をし，よりストレスがかかりやすい状態で2回目の実験を行う。1回目の実験で制限時間をいっぱいを使い全ての家事を行った場合（制限時間に余裕が無かったと考えられる），制限時間を延長し，より余裕を持って家事を行える状態で2回目の実験を行う。

3回目の実験では，家事のタスク量が被験者に与える影響を測定する。例えば，同一時間で3つの家事を行うときと4つの家事を行うときで被験者のストレスの違いが生じるのであれば，家事のタスク量を調整することでストレスを軽減することが可能になると考える。そこで，1，2回目の実験の中から，よりストレスがかかっていると考えられる制限時間が小さい方の回の集計結果において，一番ストレスが大きい家事を対象家事から外し，3回目の実験を行う。一番大きいストレスがかかっていると考えられる家事を行うときと行わないときの被験者の状態の違いについて検討する。

表 5 実験条件設定

実験	条件設定
1 回目	同一条件で実施
2 回目	1 回目で制限時間に余裕がある場合，制限時間を短縮して実施 1 回目で制限時間に余裕がない場合，制限時間を延長して実施
3 回目	1, 2 回目で制限時間が短い条件のときに ストレスが一番高かった家事を対象家事から省いて実施

5.6 結果と考察

図6に実験前にアンケートで取得した家事に対する被験者の特性を表したレーダーチャートを示す。被験者が各家事に対する好み、得意度を回答した結果である。例えば、被験者2は料理がとても好きで得意であると回答している。このような個人の嗜好も考慮して実験結果を考察する。

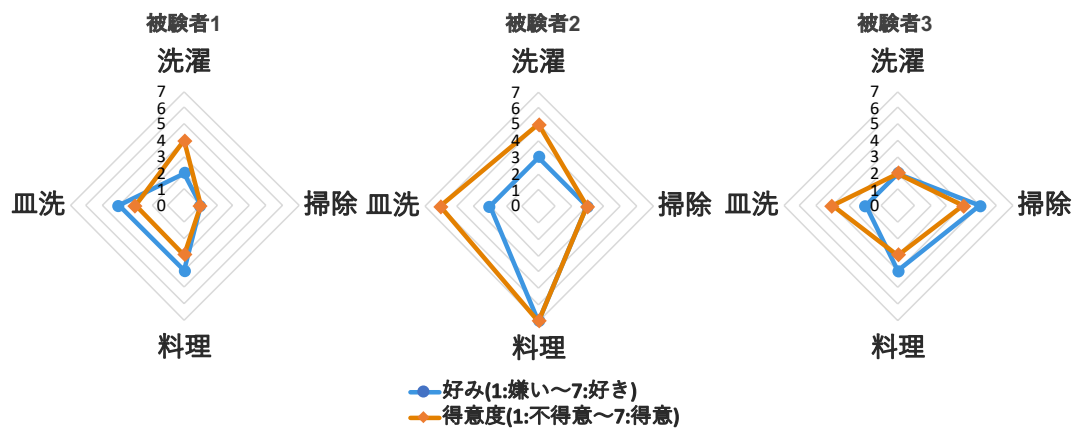


図6 被験者の特性

5.6.1 1回目実験

表6に家事毎の平均LF/HF比，合計行動時間・回数とアンケート収集結果一覧を示す。洗濯に関しては，3つの要件が独立しており，洗濯の3つ要件（洗濯機に入れる，洗濯物を干す，洗濯物を畳む）毎に平均LF/HF比と合計行動時間を算出した。図7に1回目実験のストレス測定値（LF/HF比， α -アミラーゼ）と行動ラベルの結果を示す。青線，橙折れ線は，実験中の被験者のLF/HF比と α -アミラーゼの変動を表している。横軸は実験の経過時間[分]であり，背景色は行動に対応する色になっており，被験者が実験中にどのような順序・時間で家事を行っていたかを表している。

提案システムにより，ウェアラブルセンサとアプリケーションで収集したデータから家事毎のストレスを可視化・集計できることが確認できた。

また、被験者毎に行動の順序や回数に違いがあることが確認できる。被験者 1, 2 は料理の合間に皿洗いも同時に行っているが、被験者 3 は最後にまとめて皿洗いを実施している。このような家事を行うスタイルの違いによって、家事の効率化によるストレス軽減や時間短縮などが発生すると考える。

表 6 より、各家事の平均 LF/HF 比が 4.0 以上であることから、各被験者は家事をすることにストレスを感じていると考えられる。また、被験者毎に各家事を行っているときの平均 LF/HF 比に違いがあることから、被験者毎に各家事のストレスが異なることがわかる。さらに、洗濯の 3 つの各作業のストレスも異なることがわかる。

生体情報から推定したストレスと主観評価として回答したストレスは、完全一致しないことが確認された。被験者 2, 3 は、平均 LF/HF 比とアンケートによるストレスについて最大になる家事が一致している。しかし、被験者 1 は、平均 LF/HF 比が最大の家事（料理）について、アンケートでは一番ストレスがないと回答している。

一方、事前アンケートの負荷（家事を遂行することの負担の大きさや家事のやりたくなさなど）と平均 LF/HF 比にはある程度の関係性が見られた。負荷のある家事は、平均 LF/HF 比が他の家事と比較すると高い値を示していることから、家事のやりたくなさがその家事を行っているときのストレスと関係していると考ええる。

α -アミラーゼによるストレス推定は、被験者 3 は主観評価のストレスが高い料理中や洗濯後に α -アミラーゼが上昇する傾向が見られた。しかし、被験者 1, 2 は、主観評価との関係性は見られなかった。また、被験者毎に α -アミラーゼの変動域が大きく異なるため、個人毎の平均値などを考慮するなど分析方法の検討が必要であることが分かった。また、唾液によるストレス測定は、測定前の飲食が制限されること、唾液採取不足が原因と考えられる著しく低い値を検出すること、料理の過程において味見ができないことが不便であることや異常値が出力された場合のやり直しが必要であることがわかった。このような手間を考慮すると、家事中のストレス推定には向かないと考える。

休憩時の LF/HF 比の波形や平均 LF/HF 比に着目すると、家事を行っていると

きに比べ著しく低く、ストレスが少ないと考えられる。このことから、生活中に適度に休憩を入れることで、ストレスを軽減した家事遂行が行えると考ええる。

図6より被験者の特性(家事に対する考え方)が家事の遂行に与える影響に着目すると、被験者2の料理の負荷や平均LF/HF比が他の家事に比べて高い値であるにもかかわらず、遂行後の主観評価によるストレス、疲労は最も低い値である。つまり、料理について負荷と考えているが、遂行することに関する負担はあまり感じていないということである。また、料理の好み、得意さを一番高い評価にしていることから、好き・得意な家事は遂行することによる負担を本人が感じにくいことが考えられる。しかし、平均LF/HF比は2番目に高い値であることから、ストレスがないとは言えないと考える。

表6 1回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧

被験者	項目\行動名	洗濯	掃除	料理	皿洗い	休憩	洗濯(入)	洗濯(干)	洗濯(畳)	全体
1	負荷(1:ない~7:ある)	2	5	6	5					
	合計時間(s)	748	365	2414	1066	695	103	349	296	
	行動回数	3	4	8	6	2	1	1	1	
	平均LF/HF比	5.87	6.09	8.64	7.05	3.73	2.76	6.79	5.85	7.20
	ストレス(1:小さい~7:大きい)	7	6	3	3					
	疲労(1:小さい~7:大きい)	6	6	4	3					
2	負荷(1:ない~7:ある)	5	6	1	4					
	合計時間(s)	515	261	2595	1060	913	102	152	261	
	行動回数	3	1	7	4	2	1	1	1	
	平均LF/HF比	5.43	7.03	7.23	9.22	2.29	4.10	3.94	6.93	6.75
	ストレス(1:小さい~7:大きい)	4	5	2	6					
	疲労(1:小さい~7:大きい)	3	6	1	6					
3	負荷(1:ない~7:ある)	5	3	7	4					
	合計時間(s)	633	930	2872	913	-	146	162	325	
	行動回数	3	1	2	2	0	1	1	1	
	平均LF/HF比	5.59	5.70	7.38	5.71	-	3.52	3.99	7.35	6.35
	ストレス(1:小さい~7:大きい)	5	2	7	3					
	疲労(1:小さい~7:大きい)	5	6	5	3					

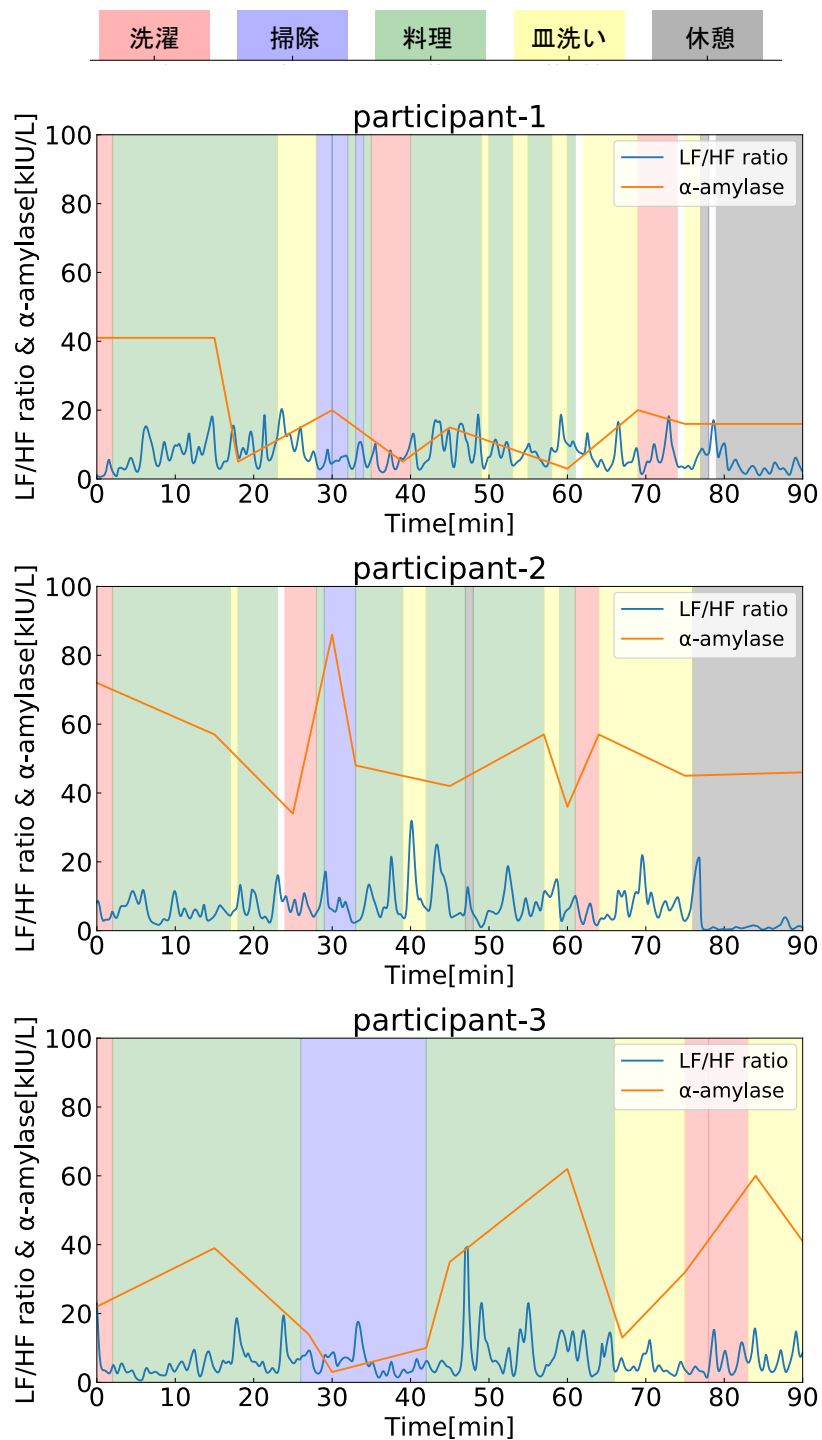


図7 1回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果

5.6.2 2回目実験（時間調整）

1回目実験結果から制限時間調整を行い、その他の要件は1回目実験と同様に実験を行った。1回目実験で10分以上の休憩を行った被験者1、被験者2は、制限時間を20分短縮、休憩を行えなかった被験者3は、制限時間を20分延長の時間調整を行った。被験者1、2は1回目実験に比べ、急いで家事をする必要があるため、よりストレスがかかりやすくなることが想定される。一方で、被験者3は制限時間の延長により、1回目実験に比べ余裕を持って家事を行えるため、ストレスが軽減されることが想定される。

5.6.1と同様に、表7、図8に2回目実験結果を示す。

被験者1、2は制限時間短縮により、1回目実験と比べて各家事の遂行時間が同等あるいは減少傾向にあったが、被験者3は制限時間延長により、料理・皿洗いの遂行時間が大きく増加し、休憩を取ることなく制限時間いっぱいを使用し家事を行った。被験者3に関しては、時間の制約が緩和されたことにより、余裕を持って家事の遂行ができたと考える。しかしながら、家事遂行の効率については、20分の短縮が行えることが可能であることから、身体への負担と時間のトレードオフは検討すべき内容である。

全体の平均LF/HF比に着目すると、1回目実験と比べて被験者1、3は減少、被験者2は増加した。被験者1のLF/HF比に関しては、他の計測時と比べて低い値が続いており、装着不備やセンサの不具合など何らかの計測不備が考えられるため、LF/HF比の考察の対象外とする。被験者2、3について、制限時間を長くし余裕を持たせることで、LF/HF比が低下し、制限時間を短くし急がせることで、LF/HF比は上昇した。これにより、家事を行う時間に余裕を持たせることは、家事のストレス低減に有効である可能性が高いことが考えられる。

家事毎のストレスについて、被験者2は1回目、2回目実験ともに平均LF/HF比、主観評価によるストレスが一番高い家事は皿洗いであった。 α -アミラーゼによる測定値は皿洗いを行った前後で減少しており、比較的高い値であるものの、一番高い値を示していない。生活中に唾液のサンプリングできる回数には限界があるため、家事によるストレスを完全に反映することは困難であると考えられる。被験者3は1回目に比べて皿洗い以外の3つの家事でLF/HF比が減少傾向にあった。

時間が多くなった分，余裕を持って家事を行った結果，ストレスが低減されたことが考えられる．また，1回目実験では，LF/HF 比と主観評価によるストレスが一番高い家事は料理で一致していたが，2回目実験では LF/HF 比と主観評価に相違が見られた．時間に余裕を持って家事を行ったことにより，被験者本人としてはストレスに感じていなかったことが考えられる．

表 7 2回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧

被験者	項目\行動名	洗濯	掃除	料理	皿洗い	休憩	洗濯(入)	洗濯(干)	洗濯(畳)	全体
1	負荷 (1:ない～7:ある)	2	4	6	4					
	合計時間 (s)	513	400	2418	697	241	81	211	221	
	行動回数	3	1	8	4	1	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	3.48	3.39	3.17	2.49	2.23	4.96	3.74	2.67	3.07
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	6	5	5	4					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	5	4	6	3					
2	負荷 (1:ない～7:ある)	3	5	1	3					
	合計時間 (s)	583	295	2103	921	-	73	291	219	
	行動回数	3	1	4	2	-	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	8.27	6.16	8.30	8.59	-	7.64	9.04	7.79	8.24
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	2	4	1	5					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	3	5	3	5					
3	負荷 (1:ない～7:ある)	3	2	7	4					
	合計時間 (s)	552	910	3333	1633	72	114	174	264	
	行動回数	3	1	4	2	1	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	5.34	3.11	5.03	6.66	5.37	5.05	7.91	3.73	5.17
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	3	2	6	5					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	3	3	5	6					

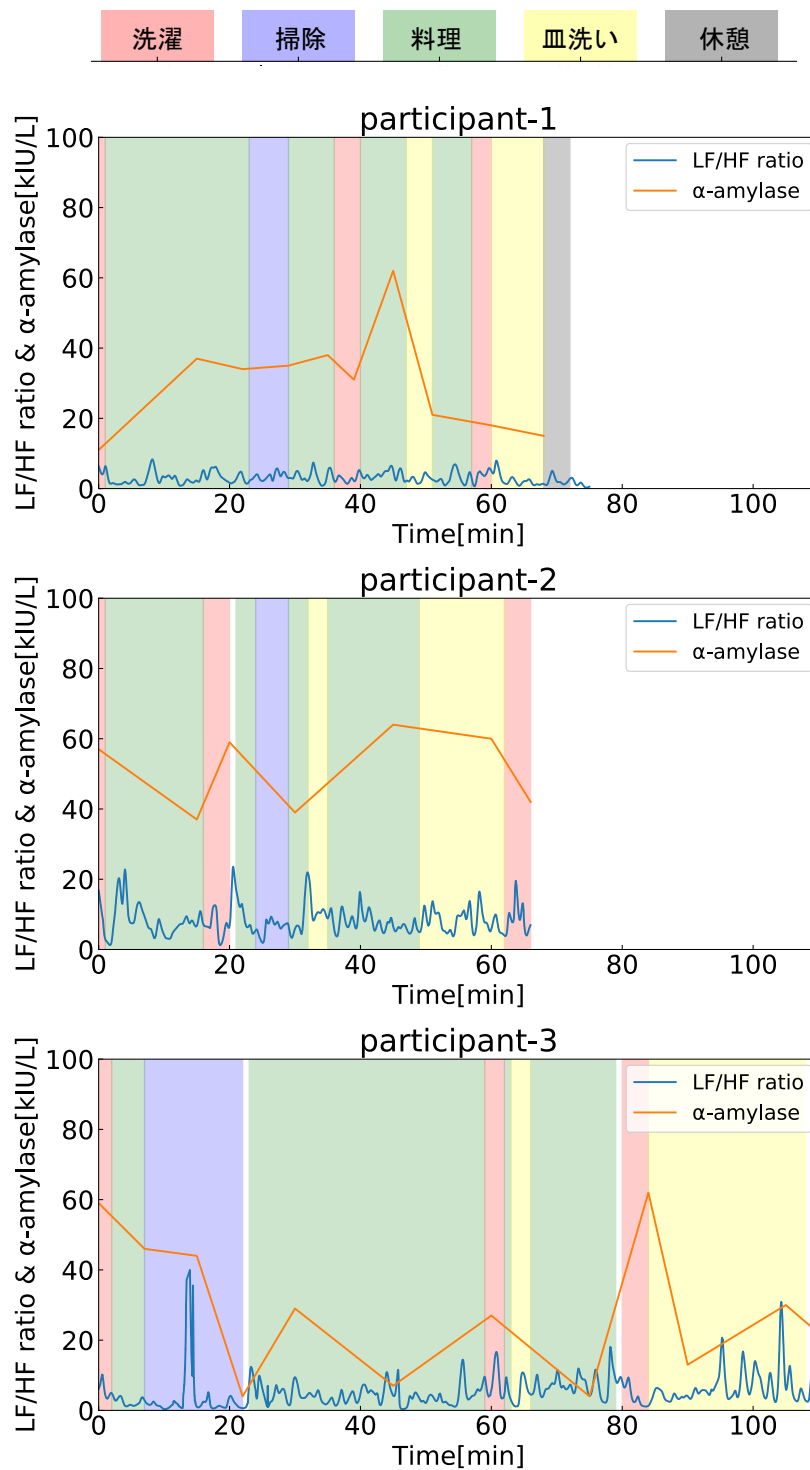


図 8 2 回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果

5.6.3 3回目実験（家事要件調整）

1, 2回目実験結果から家事要件調整を行い、実験を行った。家事要件は、1, 2回目実験の制限時間が短い回（よりストレスがかかっている回）において、LF/HF比が一番高い家事を家事要件から省くことで調整を行う。被験者1は2回目実験の方が制限時間が短い、測定不備があったので、1回目実験結果より料理を要件から外し実験を行う。被験者2は2回目実験結果より、皿洗いを、被験者3は1回目実験の結果より料理を家事の要件から外し実験を行う。制限時間は60分とし、全ての要件を終了し休憩が5分以上続いた場合はその時点で終了とした。ストレスが大きく被験者にとって負担である家事を行わないことにより、ストレスが軽減されることが想定される。

5.6.1と同様に、図9、表8に2回目実験結果を示す。全体の平均LF/HF比は最後の休憩時間を除いた結果を示している。また、被験者3は洗濯物を入れる、畳むを連続で行っているため、洗濯（入）、洗濯（畳）は算出していない。

全ての被験者は、行う家事を1つ減らすことで、家事遂行の合計時間は1, 2回目実験に比べて大きく減少した。また、全体の平均LF/HF比に着目すると、被験者1, 2が一番ストレスが高い家事を省く前と比べて、全体の平均LF/HF比が減少した。このことから、家事のタスク量が身体的なストレスに影響を与えており、家事のタスク量を減らすことでストレスを軽減できる可能性があると考えられる。一方で、被験者3が一番ストレスが高い家事を省く前と比べて、全体の平均LF/HF比が増加した。その理由として、家事を行うこと自体のストレス軽減に至っていないことが考えられる。3回目実験のように行う家事が1つ減るとき、ストレスは積算されるものであると仮定すると、家事を行うことによるストレスの積算値は軽減される。しかし、家事のタスク量を調整するだけでは、家事を行うことによるストレスの根本的な改善には至っていないので、平均LF/HF比が減少しなかったことが考えられる。また、平均LF/HF比が増加した要因の一つとして、被験者本人の体調や予定によるストレスが考えられる。例えば、被験者の予定として、翌日が論文の締め切り日やテストの日である場合、実験中もそのことを思い出すことで、家事のストレスに関係なく、LF/HF比が増加していることが考えられる。このようなストレスは本実験では測定することができないが、日常

生活におけるストレスを考慮することにおいて検討すべき事項である。

表 8 3 回目実験の被験者毎のデータ収集結果一覧

被験者	項目\行動名	洗濯	掃除	料理	皿洗い	休憩	洗濯(入)	洗濯(干)	洗濯(畳)	全体
1	負荷 (1:ない～7:ある)	4	5	1	3					
	合計時間 (s)	670	522	-	261	630	118	267	285	
	行動回数	3	2	-	1	2	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	7.70	7.01	-	5.20	1.59	7.84	4.52	10.49	6.85
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	4	6	1	3					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	3	6	1	3					
2	負荷 (1:ない～7:ある)	3	5	3	1					
	合計時間 (s)	591	267	1780	-	317	87	198	306	
	行動回数	3	1	2	-	1	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	6.75	9.22	7.57	-	5.11	5.91	9.81	4.88	7.53
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	3	6	2	1					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	3	6	2	1					
3	負荷 (1:ない～7:ある)	3	2	1	5					
	合計時間 (s)	771	997	-	475	479	-	301	-	
	行動回数	2	1	-	1	1	1	1	1	
	平均 LF/HF 比	6.66	8.65	-	9.40	2.13	-	7.42	-	8.23
	ストレス (1:小さい～7:大きい)	3	4	1	5					
	疲労 (1:小さい～7:大きい)	4	5	1	3					

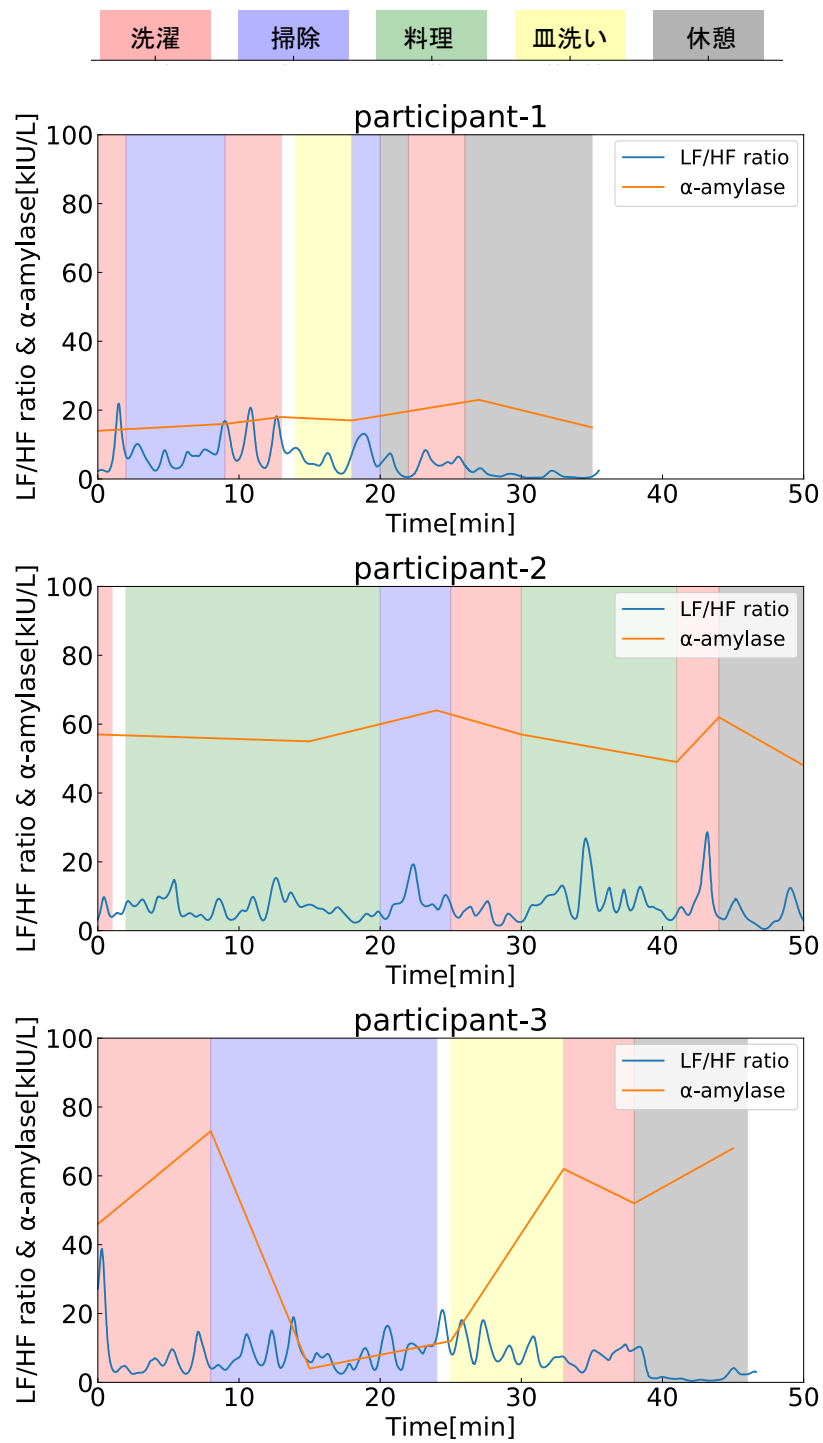


図9 3回目実験のストレス測定値と行動ラベルの結果

5.6.4 家事全体のアンケート結果

表 9, 表 10, 表 11 に各実験終了後に取得した家事全体に対するアンケート結果を示す. 各項目について各実験における変化について考察する.

全被験者は, 家事のタスク量を減らすこと (3 回目実験) で, 精神的な要求, 身体的な要求が減少傾向にある. 家事を行うことによる精神的・身体的負荷は家事のタスク量を調整することで改善する見込みがあると考えられる. 時間的な要求は, 被験者 1, 2 は 2 回目実験, 被験者 3 は 1 回目実験で最大値となっている. これは, 実験要件設定が意図した通りに行われていたことを示している. 作業成績については 2 回目実験が最大値 (不満) となっている. 時間的制約により, 自分がやりたいように家事を行うことができず, 家事の質が低下したことが考えられる. しかしながら, 被験者 3 は時間を延長することによる作業成績の変化がなかった. 時間に余裕があるとしても, 家事の仕方の改善方法が分からなければ, 時間を有効に使用できていない可能性があると考ええる. 努力や不満は家事のタスク量を減らすこと (3 回目実験) で, 減少傾向にある. 家事のタスク量が減ることで, 考えることやストレスに感じるものが減少することが考えられる.

表 9 被験者 1 のアンケート結果

被験者 1	精神的な要求	身体的な要求	時間的な要求	作業成績	努力	不満
1 回目	3	5	3	1	6	5
2 回目	5	6	5	2	6	2
3 回目	1	1	1	1	1	2

表 10 被験者 2 のアンケート結果

被験者 2	精神的な要求	身体的な要求	時間的な要求	作業成績	努力	不満
1 回目	6	6	2	1	2	3
2 回目	5	6	3	7	5	3
3 回目	2	3	2	1	2	2

表 11 被験者 3 のアンケート結果

被験者 3	精神的な要求	身体的な要求	時間的な要求	作業成績	努力	不満
1 回目	6	3	7	5	6	5
2 回目	6	5	4	5	5	5
3 回目	3	1	1	3	4	3

5.6.5 実験実施における改善点

実験において、制限時間や家事の要件を考えるにあたり、家電の稼働時間や各家事にかかる時間を考慮する必要があったため、事前実験に時間を要した。また、家事の遂行方法は人によって異なるため、事前に用意しておく器具や食材など準備に労力を要した。さらに被験者数を増やして情報収集を行うためには、全被験者に対応した実験要件を考える必要があるため、実験要件の変更や一般家庭における実験の実施を検討する必要があると考える。

実験要件改善の一つとして、行動ラベル方法の検討が必要になると考える。今回の実験においては、事前に説明があったため、行動ラベル記録忘れは発生しなかった。しかしながら、実験期間の延長や実際の生活中的センシングを行う場合、行動ラベルの記録を忘れることが懸念される。そこで、行動認識の技術を用いて、行動ラベル作成を自動化することでユーザの負担を軽減するなどの対策を行う必要があると考える。

また本研究では、家事毎のストレスを明確にすることを目的として、家事毎のストレスを数値化することで、家事毎のストレス値を一覧表にすることで可視化を行った。しかしながら、ユーザへの可視化の手段は様々なものが考えられる。例えば、家事のストレスをさらに細分化して出力することや長期間のセンシングと分析を行い、どのような状態のときにストレスが上昇したかなどをユーザにフィードバックすることが挙げられる。

6. 生活支援方法の検討

5章では，家事を行うことにおける居住者の精神的・身体的状態を計測するための実験を行った．実験結果から，被験者毎にストレスや負担が大きい家事に違いがあることが判明した．また，時間やタスク量を調整することにより家事のストレスや精神的・身体的負担が変化することが確認されたが，その変化は個人差があり，生活中的様々な要因が影響している可能性が考えられる．家事を行うことにおけるストレスや負担を軽減するには，個人やその環境に適した改善のためのアプローチが必要となる．そこで本章では，5章の結果より，居住者の家事の負担を軽減し QoL を向上させる生活支援方法について検討する．

6.1 行動推薦

家事を行うことを考えるとき，複数の家事の中からいくつか選び，遂行する予定を立てる．考えることの煩わしさが家事の遂行を妨げる要因の1つであると考えられる．そこで，居住者の意思決定を支援するため，家事遂行案を提案することを考える．家事遂行案とは家事のリストであり，要素として，家事を行うのにかかる所要時間，家事を行った後の負担の評価値を持つものである．居住者はそのときの体調や予定などを考慮して家事遂行案を選択することで，家事遂行の意思決定支援が行えると考える．家事遂行案の提案について説明する．

6.1.1 要素の定義

家事遂行案を出力するために必要な要素を定義する．家事をタスクの集合 T ，家事の各タスクを $t_i \in T$ とする．また，本提案システムを用いて，日常的に家事タスクのストレスの記録を行っているものとして，家事タスク t_i が n 回目に行われたときの平均 LF/HF 比を $Stress(t_i, n)$ とする．

所要時間

タスク t_i を行うのにかかる時間を $Time(t_i)$ [min] とする．

負担

タスク t_i を行うことによる身体の負担を $Burden(t_i)$ とする．身体の負担は，家事を行うことによるストレスと定義し，以下の式で算出する．

$$Burden(t_i) = \frac{\sum_{k=1}^n S_i}{n}$$

優先度

行う家事を選定する際に，久しく行われていない家事を優先的に選ぶための指標を家事の優先度と定義し，家事の優先度を $Priority(t_i)$ とする．値が高いほど優先度が高いとする．家事によって行う頻度が異なることを考慮するため，タスク t_i の重み係数を α_i ，行われていない日数を D として，以下の式で算出する．

$$Priority(t_i) = \alpha_i \times D$$

6.1.2 家事遂行案の出力

家事遂行案の出力を説明するための例として，掃除をタスクの集合 T ，各掃除タスクを $t_i \in T$ とする．各タスクのパラメータを表 12 とする．

表 12 掃除タスク一覧

掃除箇所	所要時間 (分)	優先度	負担
t_1 :部屋	30	40.0	5.0
t_2 :風呂	30	70.0	10.0
t_3 :水回り	15	90.0	9.0
t_4 :トイレ	15	30.0	7.0
t_5 :廊下	10	30.0	2.0
t_6 :ゴミ捨て	5	40.0	4.0

45 分の家事遂行案を出力する場合を考える．タスクの集合 T から各タスク t_i の組み合わせの所要時間の合計が 45 分以下になるように，タスクのリストを列挙する．そのパターンは様々なパターンが考えられる．

(1) 優先度を最大にする場合（ケース a）： $T_a=t_3,t_4,t_5,t_6$ としたとき， $Priority(T_a)=190.0$ となり， $Burden(T_a)=22.0$ となる．

(2) 負担を最小かつ所要時間の合計を 45 分にする場合（ケース b）： $T_b=t_1,t_5,t_6$ としたとき， $Priority(T_b)=110.0$ となり， $Burden(T_b)=11.0$ となる．

(3) タスク数を最小，所要時間の合計を 45 分，優先度を最大にする場合（ケース c）： $T_c=t_2,t_3$ としたとき， $Priority(T_c)=160.0$ となり， $Burden(T_c)=19.0$ となる．

このように列挙したタスクのリストを居住者に提示する．表 12 に提示するタスクリストを示す．

表 13 提示するタスクリスト

リスト	優先度	負担
水回り掃除，トイレ掃除，廊下掃除，ゴミ捨て	190.0	22.0
部屋掃除，廊下掃除，ゴミ捨て	110.0	11.0
風呂掃除，水回り掃除	160.0	19.0

以上 3 つのパターンが候補として挙げられたとき，居住者はこの中から 1 つを選択してリストを決定し遂行することができる．例えば，翌日の会社のために負担を軽減することに重点をおく場合は，(2) のパターンを選択することで，負担が少ないスケジュールを組むことができる．このように，居住者の家事タスクにおける意思決定を支援する．

6.2 家電推薦・家事代行サービス

居住者が上手く遂行できないとき、時間がないときは行動推薦のみでの改善では間に合わない可能性があり、家事を遂行すること自体の改善や家事を代行することが考えられる。そこで、家電推薦と家事代行サービスについて考える。家電推薦とは、居住者に適した家電を推薦することである。家電は近年の技術革新により性能が向上し、我々の生活を豊かにしている。その種類はとて多く、価格も様々である。そこで、収集したデータから、居住者のストレス状態を改善できるような家電を推薦する。居住者に適した家電の導入により、家事の負担が軽減され、家事の遂行を促進することで、QoLの向上が見込める。家事代行サービスとは、居住者の代わりに家事を行う事業で、近年、その市場規模は拡大している。ストレスや疲労の改善が難しい家事や時間的制約が厳しい場合、その家事を家事代行サービスに委託する提案を行うことで、居住者の負担が軽減できると考える。

しかしながら、家電や家事代行サービスの種類は多く、機能や価格が様々であることからユーザが最適なものを選択することは難しく、QoLの向上が困難であることが考えられる。そこで、本システムを用いたデータ収集を進めることでシミュレーションを行うことを考える。例えば、家電の購入や家事代行サービスの導入を検討するとき、家電やサービス導入後の生活シミュレーションを行うことが可能になれば、ユーザは自身の状態や状況に適したコストパフォーマンスの高い家電やサービスを選択できるようになると考える。シミュレーションシステムとして、このような家電製品や家事代行サービスの提案が可能になれば、家事の遂行支援による居住者のQoL向上が見込めると考える。

7. 結論

本論文では、生活を送る上で欠かすことができない家事におけるストレス要因を把握し改善を促すことで、居住者の QoL を向上させることを目的として、家事ストレス記録システムを提案した。システム構築の課題として、居住者の生活を著しく妨げることなく、ストレス推定と行動ラベル記録を行う必要があった。そこで、心拍情報を収集するためのウェアラブルセンサと行動ラベルを記録するためのアプリケーションを用いてデータ収集を行い、心拍に基づくストレス評価指標である LF/HF 比を算出し、家事毎に集計することで、家事毎のストレスを出力するシステムを構築した。

構築したシステムを評価するために、家事を行うことによる居住者のストレス状態変化を計測する実験を行った。実験内容は、被験者に 4 つの家事（洗濯、掃除、料理、皿洗い）を制限時間内に行ってもらい、提案システムで家事のストレスを記録し、その時間変化やアンケートによる主観評価と比較するものである。実験は、被験者 3 人に対して、条件を変更しながら 1 人あたり 3 回ずつ行った。結果として、被験者毎にストレスや負担が大きい家事に違いがあることが判明した。また、時間やタスク量を調整することにより家事のストレスや主観評価による精神的・身体的負荷が変化することが確認された。

実験結果より、家事を行うことにおけるストレスや負担を軽減するための生活支援方法として、身体への負担と家事の優先度を考慮した家事遂行案の提案を行うことや家電推薦・家事代行サービスを有効に活用することが検討できた。

本研究では、家事を行うことによる居住者のストレスの記録・可視化・考察を行った。実験において、制限時間や家事の要件を考えるにあたり、家電の稼働時間や各家事にかかる時間を考慮する必要があったため、事前実験に時間を要した。また、家事の遂行方法は人によって異なるため、事前に用意しておく器具や食材など準備にとっても苦労した。さらに情報収集を行うためには、実験要件の変更や一般家庭における実験の実施を検討する必要がある。そのためには、行動ラベル方法の検討が必要になると考える。実験期間の延長や実際の生活中的センシングを行う場合、行動ラベルの記録を忘れることが懸念される。そこで、行動認識の技術を用いて、行動ラベル作成を自動化することでユーザの負担を軽減するなど

の対策を行う必要がある。

また、実験において対象とした4つの家事（洗濯，掃除，料理，皿洗い）の各3つの要件以外にも，様々な家事が存在し，我々が生活を送る上で何らかの形で負担になっている．さらに，個人の特性による影響を測定するためには，多くの人のデータを記録する必要がある．したがって，対象とする家事や被験者を増やして分析を行うことで，今後の発展が期待される．

謝辞

本研究を進めるにあたり，安本慶一教授には，研究全般に関し，多大なるご指導・ご助言を賜りました．また，充実した研究環境の整備など，研究活動を手厚くご支援いただきました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

清川清 教授には，ご多忙の中，論文審査委員を引き受けてくださった上で，副指導教官として様々なご助言をいただきました．中間発表においても，的確なアドバイスを賜りました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

荒川豊 客員教授には，就活や社会について，独自の様々な視点から有用な知見やご助言を賜りました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

諏訪博彦 特任准教授には，本研究を進めるにあたり，実験の要件やデータの分析を始めとした専門的な立場からのご指導・ご助言をいただきました．研究に関する相談にも，丁寧に回答してくださいました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

藤本まなと 助教には，学生に近い立場から，論文執筆時の基礎に関するご助言を賜りました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

松田裕貴 助教には，学生に近い立場から，研究に関することや日々の疑問や不安に対するご助言を賜りました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

大阪大学 水本旭洋 特任助教には，研究全般において，QoL やストレスに関する知識など専門的な立場からのご指導・ご助言を賜りました．感謝の意を表すとともに，心より厚く御礼申し上げます．

金岡恵 事務補佐員，山内奈緒 事務補佐員，尾川恵理 事務補佐員，南あずさ 事務補佐員には，学会や出張に関する事務処理を始め，研究生活の様々な場面でご支援いただき，困ったときに相談に乗っていただきました．また，日常生活における会話は心のオアシスでした．謹んで感謝申し上げます．

また研究全般において，的確なアドバイスをくださった佐々木渉 先輩を始めとする先輩の皆様，スマートホームにおけるプロジェクトや研究を共に行った同輩の三崎慎也，後輩の松井智一を始めとする共に研究生活を過ごしたユビキタスコンピューティングシステム研究室の同輩，後輩には，公私ともにお世話になりま

した。心より感謝申しあげます。

最後に、今日まで学生生活を様々な面から支えてくださった両親や祖父母を始め、家族の皆様には大変お世話になりました。末筆ではございますが、心より圧倒的感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 岩間暁子. 性別役割分業と女性の家事分担不公平感. 家族社会学研究, Vol. 9, No. 9, pp. 67–76, 1997.
- [2] 永井暁子. 共働き夫婦の家事遂行. 家族社会学研究, Vol. 4, No. 4, pp. 67–77, 1992.
- [3] Eri Nakagawa, Kazuki Moriya, Hirohiko Suwa, Manato Fujimoto, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. Toward real-time in-home activity recognition using indoor positioning sensor and power meters. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), 2017 IEEE International Conference on*, pp. 539–544. IEEE, 2017.
- [4] Kazuki Moriya, Eri Nakagawa, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, Aki Kimura, Satoko Miki, and Keiichi Yasumoto. Daily living activity recognition with echonet lite appliances and motion sensors. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), 2017 IEEE International Conference on*, pp. 437–442. IEEE, 2017.
- [5] 上田健揮, 玉井森彦, 荒川豊, 諏訪博彦, 安本慶一. ユーザ位置情報と家電消費電力に基づいた宅内生活行動認識システム. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 2, pp. 416–425, 2016.
- [6] 佐々木渉, 藤原聖司, 藤本まなと, 諏訪博彦, 荒川豊, 安本慶一. スマートホームデータの時系列分析に基づく宅内行動生起タイミングの予測. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム論文集, pp. 1220–1226, 2018.
- [7] Zong-Hong Wu, Alan Liu, Pei-Chuan Zhou, and Yen Feng Su. A bayesian network based method for activity prediction in a smart home system. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2016 IEEE International Conference on*, pp. 001496–001501. IEEE, 2016.

- [8] Younggi Kim, Jihoon An, Minseok Lee, and Younghee Lee. An activity-embedding approach for next-activity prediction in a multi-user smart space. In *Smart Computing (SMARTCOMP), 2017 IEEE International Conference on*, pp. 1–6. IEEE, 2017.
- [9] The WHOQOL Group. The development of the world health organization quality of life assessment instrument (the whoqol). In *Quality of life assessment: International perspectives*, pp. 41—57, 1994.
- [10] Bert Spilker. *Quality of Life and Pharmacoeconomics in Clinical Trials*, chapter Introduction, pp. 1—10. Lippincott Williams & Wilkins, 1996.
- [11] 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.
- [12] World Health Organization. Development of the world health organization whoqol-bref quality of life assessment. Technical report, WHO., 1996.
- [13] John E. Ware Jr. Sf-36 health survey update. *Spine*, Vol. 25, No. 24, pp. 3130–3139, 2000.
- [14] Chishu Amenomori, Teruhiro Mizumoto, Hirohiko Suwa, Yutaka Arakawa, and Keiichi Yasumoto. A method for simplified hrqol measurement by smart devices. In *7th EAI International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare*, 2017.
- [15] 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 *Proc. International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), San Antonio, Texas*, 2017.

- [16] 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, 2016.
- [17] Natasha Jaques, Sara Taylor, Ehimwenma Nosakhare, Akane Sano, and Rosalind Picard. Multi-task learning for predicting health, stress, and happiness.
- [18] 秋山早弥香, 加藤由花. 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.
- [19] 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.
- [20] 早野順一郎, 山田眞己, 藤浪隆夫, 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.
- [21] 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.
- [22] 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. 志學館大学= Research bulletin of the Faculty of Humanities, Shigakukan University, Vol. 31, No. 1, pp. 1–10, 2010.
- [23] 山口昌樹. 唾液マーカーでストレスを測る. *日本薬理学雑誌*, Vol. 129, No. 2, pp. 80–84, 2007.
- [24] 井澤修平, 城月健太郎, 菅谷渚, 小川奈美子, 鈴木克彦, 野村忍. 唾液を用いたストレス評価. *日本補完代替医療学会誌*, Vol. 4, No. 3, pp. 91–101, 2007.
- [25] Urs M Nater, Nicolas Rohleder, Jens Gaab, Simona Berger, Andreas Jud, Clemens Kirschbaum, and Ulrike Ehlert. Human salivary alpha-amylase reactiv-

ity in a psychosocial stress paradigm. *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 55, No. 3, pp. 333–342, 2005.

- [26] Robert T Chatterton Jr, Kirsten M Vogelsong, Yu-cai Lu, Allison B Ellman, and Gerald A Hudgens. Salivary α -amylase as a measure of endogenous adrenergic activity. *Clinical physiology*, Vol. 16, No. 4, pp. 433–448, 1996.
- [27] 中野敦行, 山口昌樹. 唾液アミラーゼによるストレスの評価. バイオフィードバック研究, Vol. 38, No. 1, pp. 3–9, 2011.
- [28] 長澤夏子, 山口莉加, 加藤龍一, 田辺新一. 居住環境における健康維持増進に関する縦断調査. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 80, No. 709, pp. 279–287, 2015.
- [29] 堤仁美, 長澤夏子, 加藤龍一, 松岡由紀子, 秋山友里, 秋元孝之, 田辺新一. 住環境満足度と居住者のストレス・健康感の関連分析. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 78, No. 686, pp. 359–366, 2013.
- [30] 松原小夜子, 高田直美, 松原早紀. 家事作業時の暑さ感と防暑行為に関する調査研究. 日本生気象学会雑誌, Vol. 49, No. 1, pp. 11–21, 2012.
- [31] 野田義勝, 安藤真太郎, 前川拓美. 家事作業を模擬した被験者実験による室内環境のストレス因子の研究. 空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集 平成 29 年度大会 (高知) 学術講演論文集 第 6 巻 温熱環境評価 編, pp. 229–232. 公益社団法人空気調和・衛生工学会, 2017.
- [32] 桑田百代, 杉浦徳美. 家事労働の負担について (第 1 報). 家政学雑誌, Vol. 21, No. 6, pp. 406–411, 1970.
- [33] 大森和子. 家事労働のエネルギー代謝率測定と動作的分類. 家政学雑誌, Vol. 14, No. 3, pp. 218–223, 1963.
- [34] 青木直子, 小平英志, 速水敏彦ほか. 家事の動機づけ: 炊事に取り組む状況ごとの特徴. 藤女子大学人間生活学部紀要, No. 56, pp. 33–43, 2019.

- [35] オウチーノ. 一人暮らし社会人の「家事」実態調査. https://corporate.o-uccino.jp/wordpress2/wp-content/uploads/2013/11/pr20131128_shakaijinkaji.pdf, 2013.
- [36] 内閣府. 男女共同参画白書. 令和元年版, 2019.
- [37] 高田晴子, 高田幹夫, 金山愛. 心拍変動周波数解析の lf 成分・hf 成分と心拍変動係数の意義—加速度脈波測定システムによる自律神経機能評価—. 総合健診, Vol. 32, No. 6, pp. 504–512, 2005.
- [38] ユニオンツール株式会社. 心拍センサ whs-3. http://www.uniontool.co.jp/product/sensor/index_020103.html.
- [39] ニプロ株式会社. 唾液アミラーゼ測定. http://med.nipro.co.jp/med_eq_category_detail?id=a1U1000000b535GEAQ.
- [40] Sandra G Hart. Nasa task load index (tlx). volume 1.0; computerized version. 1986.

研究業績

国際会議

1. Tomokazu Matsui, Kosei Onishi, Shinya Misaki, Manato Fujimoto, Hirohiko Suwa, Keiichi Yasumoto, PerLS 2020: 4th International Workshop on Pervasive Smart Living Spaces, Mar 2020 .

国内会議

1. 大西晃正, 諏訪博彦, 安本慶一: “ 宅内行動シミュレーションを用いた QoL 向上のための意思決定支援システムの検討 ”, 2018 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集 2018, 2018 年 9 月.
2. 大西晃正, 諏訪博彦, 安本慶一: “ 居住者の家事におけるストレス分析 ”, 第 27 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 (2019): 1-7, 2019 年 11 月.
3. 大西晃正, 諏訪博彦, 安本慶一: “ 生活の質向上のための宅内行動・生体情報収集システムによる家事ストレス分析 ”, 社会システムと情報技術研究ウィーク (WSSIT), 2020 年 3 月.
4. 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 34.1 (2019): 1-8, 2019 年 3 月.
5. 松井智一, 大西晃正, 三崎慎也, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一: “ 設置が容易な生活行動センシングシステムの構築と一般家庭でのデータ収集・解析実験 ”, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベシブシステム (MBL) 2019.19 (2019): 1-8, 2019 年 11 月.

受賞

1. 優秀プレゼンテーション賞，第 27 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ，2019 年 11 月.