

博士論文

一人称ライフログを用いた心身活動の理解

公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科

奥野 茜

指導教員 角 康之
提出日 2023年1月16日

Doctor's Thesis

Understanding Social and Physical Activities Using
First-Person Lifelog

by

Akane Okuno

DC's Thesis at Future University Hakodate

Supervisor Prof. Yasuyuki Sumi

Graduate School of Systems Information Science

Future University Hakodate

Submitted on January 16, 2023

概要: 本論文は、長期的な一人称視点映像（以下、一人称ライフログ映像と呼ぶ）に映り込む外的情報に基づいた任意のユーザ（以下、当人と呼ぶ）の内的状況の可視化に取り組む。小型のカメラを身につけて行動することで、カメラ装着者である当人の外的情報が記録される。例えば、当人の対話相手などが外的情報として一人称ライフログ映像に記録される。我々は、このような外的情報には、当人の内的状況が与える周囲への影響が関係していると考えている。このアナロジーにより当人の外的情報に基づいて、当人の内的状況を推測し可視化する。なお、ここで扱う内的状況とは、当人の興味関心度など精神的なものである。本研究では、人と関わる活動への当人の興味関心度と満足度、疲労度に焦点を当てる。以下、2つの具体例を挙げて見通しを示す。

1つ目は、他者との対面時の当人の参与度を時間方向に積算した値を社会活動量と定義して計測する。本研究で計量を試みる対面的な社会活動とは、実空間における対面状況において他者と何らかの関わり合いを持つ行為全般を指す。社会的な場への関わり合いの度合い（つまり、発話したり積極的に共同作業に関与する度合い）を、本研究では対面的な社会活動への参与度と呼ぶ。対面時の参与度を簡素な方法で定量化することを目的として、一人称ライフログ映像中の顔を検出してカメラ装着者の社会活動を計測する「顔数計」を提案する。顔の個数を数え上げるだけでは、雑踏での他者との遭遇や、特定の人物との密な対話を同一に扱ってしまう。そのため、距離の近さと時間継続性により重み付けをすることで、対面的な社会活動の種類を数え分けることを行う。対面時の発話量やジェスチャなどの計測をせずに、映り込む顔の検出パターンに基づいてカメラ装着者の参与度を定量化し、日々の対面的な社会活動を数え分けて計測することが本研究の特徴である。次に、顔数計を用いた主観評価実験を行い、社会活動量が多いと感じる傾向がある状況を調査した。結果から、発話やジェスチャそのものを計測せずに、カメラ装着者が主体的な行動をした際に向く相手の顔を検出することで社会活動量を計測できることが示唆された。加えて、当人が意識的に人と関わり合おうとする主体性を考慮して社会活動量を計測するためには、距離の近さと時間継続性を考慮することが重要であることがわかった。また、カメラの画角を広げることで、立ち位置が正面ではない対面時の参与度の計測を改善できることが示唆された。最後には、応用例として一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて日々の対面的な社会活動を計測した結果を可視化するシステムへの応用を検討した。日々の行動から対面的な社会活動を数え分けて計測した結果を数値やグラフとして可視化すると、1日や1週間の中で、人とのすれ違いと持続した対面を見分け、社会活動量を時間帯や曜日に紐付けて客観的に把握することができる。生活の中で意識することが難しい自身や他者の対面的な人との関わり合い方の傾向を知る手掛かりになると考える。

また、人と対面的な関わり方を調整するきっかけを提供するための「顔数計」を生活環境下で使用できるように、インターフェース設計と社会活動量を振り返る Web アプリケーションの開発に取り組んだ。顔数計と Web アプリケーションから構成される本システムにより、人と関わろうとする動機付けを促進するのみならず、個人に合わせた適切な人との関わり方の発見を促進することも目指した。実生活の中で、運動をし過ぎると疲れるように、人と関わり過ぎると疲れやストレスを感じる傾向があるためである。本システムの運用として、実際に同研究室 2 名に数日間、顔数計を利用してもらった後に、日々の人との関わり方を被験者 2 名で一緒に振り返ってもらった。その結果、自身の行動に対する発見や他の人とスコアをもっと比べたいなど、システムに対して肯定的な感想が得られた。

2 つ目は、我々が開発した社会活動量計である顔数計を身体活動量計と併用することで、当人の様々な日常活動を二次元平面上で分類後、可視化し、当人の気づきを調べる。ライフログから生活を見直し、満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を期待している。スマートウォッチから得られる身体活動量と、胸元に装着する顔数計から得られる社会活動量の大小から日常活動の分類を行い、可視化された結果から気づきを得る。大学院生である著者自身の日常活動を計測した結果に対して階層型クラスタリングを行なった。その結果、当人にとって、身体活動量と社会活動量の両方を一度にバランスよく得られる活動グループ、身体活動量が得られる活動グループ、社会活動量が得られる活動グループ、どちらも控えめな活動グループの計 4 グループに分類された。そして、身体活動量と社会活動量の二次元平面にプロットし、活動ごとの傾向を分析した結果、共同作業をすると簡単に両方の活動量が得られるなどの発見が得られた。次に、個人差について調べるために、3 名の同一空間上における活動について、二次元平面にプロットし、活動ごとの傾向を分析した。3 名の活動がマッピングされる二次元平面上の位置は、個々人で値の大小の差異、つまり個人差があった。一方、3 名の活動は、身体活動量と社会活動量の両方をバランスよく得られる活動、身体活動量が得られる活動、社会活動量が得られる活動といったグループに該当する傾向が見られた。次に、身体活動量と社会活動量の遷移を可視化する応用例について議論するために、上記被験者 3 名に含まれた 1 名の半日の身体活動量と社会活動量を取得し、遷移を可視化した。身体活動量と社会活動量の両方が移り変わる様子を数時間単位で可視化することで、当人の活動リズムやバランスを知るための手掛かりになるのではないかと考える。

最後には、本研究を通して見つかった新たな課題に対する展望について述べる。対面対話する際の立ち位置に関する議論、心身活動の個人差に関する議論、プライバシーに関する議論、一人称ライフログ映像に関する議論について述べる。

キーワード: 社会活動計測, 一人称視点映像, ライフログ, 顔検出, 自己定量化

Abstract– This study works on visualization of the internal situation of the person based on the external information of the long-term first-person viewpoint image (hereinafter referred to as the first-person life log image). By wearing a small camera and acting, the external information of the person who wears the camera is recorded. For example, the person’s dialogue partner. We believe that external information such as these is related to the consequences of the person’s internal situation. We use this analogy to visualize the person’s internal situation based on the person’s external information. The internal situation dealt with here is a mental one such as the person’s positiveness, interest, satisfaction, and fatigue. In this thesis, the outlook is shown by giving two concrete examples.

First, we quantify face-to-face engagement with people and integrate in time direction. It will make it possible to measure the engagement level in daily face-to-face social activity. In this study, the value obtained by integrating the face-to-face engagement level in the time direction is defined as the social activity amount and we measure it. We propose a "face-counting meter" to measure the daily face-to-face social activity by detecting the face captured in the first-person view lifelogging video. If we only count the number of faces, we treat encounters with other people in crowds and close dialogue with specific persons in the same way. Thus, we propose that count the faces separately with distance and time continuity. We examined the contents of situation tends to feel that the amount of social activity is large by subjective evaluation experiment. In this thesis, we discuss the effectiveness and issue of quantifying face-to-face engagement level based on face detection in terms of inclusiveness of multiple active behavior without detailed sensing. Additionally, we report on a camera angle of view and measurement of diagonal or side by side close distance dialogue.

We also report on application to daily social activity record system. We developed a "face-counting meter" to provide an opportunity to adjust how to interact face-to-face with people. This system not only promotes the motivation to engage with people, but also aims to promote the motivation to spend alone regardless of people. This is because people tend to feel tired and stressed when they interact with people too much, just as they get tired when they exercise too much in real life. With this system, we reviewed how people interact with people and aim to achieve social health, such as improving the sense of fulfillment and reducing the feeling of

loneliness and fatigue. After actually having two people in the same laboratory use the face-counting meter for several days, we asked them to look back on how they interact with people on a daily basis. At that time, we got a positive impression of the system, such as discovering his own behavior and wanting to compare the score with other people.

Second, by combining the face-counting meter, a social activity meter we have developed, with a physical activity meter, we can visualize and classify various daily activities on a two-dimensional plane and examine the person's awareness of them. The lifelog is expected to help us review our lifestyles and discover ways of spending time that lead to physical and mental health, such as increased satisfaction and reduced fatigue. Insights are gained by classifying daily activities based on the amount of physical activity obtained from existing smartwatch-type devices and the amount of social activity obtained from a face-counting meter worn around the neck. Hierarchical clustering was performed on the daily activities of one college student, the author himself. As a result, the respondents were categorized into four groups: an activity group that provides a balance of both physical and social activity at a time, an activity group that provides physical activity, an activity group that provides social activity, and an activity group that provides modest amounts of both. The results were plotted on a two-dimensional plane of the amount of physical activity and social activity and analyzed for trends by activity. Also, the activities of three persons in the same space were plotted on a two-dimensional plane and analyzed for activity-specific trends. Although there were some individual differences in the positions where the activities of the three participants were mapped, they tended to fall into the following groups: activities that provide a good balance of both physical and social activity, activities that provide physical activity, and activities that provide social activity. Also, we visualized the transition between the amount of physical activity and the amount of social activity for a half-day for one person. We believe that visualizing the transition of both the amount of physical activity and the amount of social activity may provide clues to the rhythm and balance of the person's activity.

Finally, we discuss the prospects for new issues found through this research. We discuss the position of the person in face-to-face interaction, individual differences in mental and physical activity, privacy, and first-person lifelog video.

Keywords: Social activity measurement, first-person view video, lifelogging, face detection, quantified self.

目次

第1章 序論	5
1.1 研究の背景	5
1.2 研究の目的	7
1.3 論文の構成	11
第2章 関連研究	13
2.1 人が人と関わる状況と手段の理解	14
2.2 社会的相互作用の理解	18
2.2.1 非視覚情報	18
2.2.2 一人称視点映像	19
2.3 身体活動の理解	20
2.3.1 非視覚情報	20
2.3.2 一人称視点映像	21
2.4 人が振り返りをする効果の理解	22
2.5 ウェルビーイングの理解	23
第3章 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測	25
3.1 人との対面時の参加度を定量化する手法と主観評価	25
3.1.1 提案手法の概要	25
3.1.2 対面的な社会活動への参加度に関する主観評価実験	31
3.1.3 評価実験で発見した課題の改善案の検討	41

3.1.4	日々の対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用の予備検討	45
3.1.5	小括	52
3.2	社会活動量計の実用化へ向けた検討	53
3.2.1	日々の人との関わり具合を振り返る顔数計	54
3.2.2	生活環境での予備実験	65
3.2.3	小括	66
第4章	社会活動量と身体活動量の関係に着目した日常活動の分類および可視化	68
4.1	社会活動量と身体活動量の計測	68
4.1.1	身体活動量の計測	69
4.1.2	社会活動量の計測	69
4.1.3	二次元平面へのマッピング	70
4.2	同一人物の様々な日常活動の可視化	71
4.3	複数人の同一空間上での日常活動の可視化	76
4.4	同一人物の半日における活動遷移の可視化	79
4.5	小括	80
4.5.1	まとめ	80
4.5.2	今後の展望	81
第5章	新たな課題に対する展望	83
5.1	対面対話する際の立ち位置に関する議論	84
5.2	心身活動の個人差に関する議論	87
5.3	プライバシーに関する議論	89
5.4	一人称ライフログ映像に関する議論	91
第6章	結論	95

目次

1.1	一人称ライフログ映像に対面者の顔が映り込むシーンの例	9
1.2	想定する顔数計で可視化された日々の人との関わり具合の振り返り例	9
1.3	顔数計と身体活動量計を併用した社会活動量と身体活動量の可視化例	10
3.1	一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測	25
3.2	参与度計算の例：一対一対話，一対多対話，瞬間的な関わり	28
3.3	検出された顔ごとの大きさと時間継続性の計算	29
3.4	本人，対話者，非対話者による社会活動量の主観評価と，提案手法および 顔数のみから計算された社会活動量の比較	40
3.5	一人称ライフログ映像に用いるカメラの画角の改善	42
3.6	作業中の対話シーン	43
3.7	食事中の対話	43
3.8	自身と相手に姿勢が異なる対話	44
3.9	日々の対面的な社会活動の可視化	46
3.10	対面的な社会活動のラベリング	48
3.11	1日単位での振り返り	49
3.12	週単位での振り返り	50
3.13	胸元に身につける顔数計	54
3.14	顔数計の全体の様子（プロトタイプ）	55
3.15	Raspberry Pi Zero W とカメラモジュールを入れるケースの切り出し	56
3.16	顔数計のケースとクリップ部分	57

3.17	人との関わる量と状況の可視化システム	58
3.18	アニメーションの時間変化	59
3.19	アニメーションの表情	59
3.20	1日における1時間ごとの人との関わり	59
3.21	1週間における1日ごとの人との関わり	60
3.22	人との関わり方を一緒に振り返ってもらった	60
4.1	顔数計と身体活動量計を併用した社会活動量と身体活動量の可視化例	69
4.2	同一人物(著者自身)の日常活動を分類した結果(8種類, 37シーン, 各々 10分間)	72
4.3	クラスタリングの結果を2次元平面上にプロットした結果	73
4.4	クラスタリングの結果をラベルを付けて二次元平面にプロットした結果	73
4.5	複数人の同一空間上での活動	78
4.6	同一人物の日常活動の遷移	79
5.1	Diagram of Edward T. Hall's personal reaction bubbles (1966), showing radius in feet. 「文献 [26] から加筆引用」	86
5.2	感覚的なパーソナル・スペースの大きさの概念図「文献 [97] から加筆引用」	86
5.3	顔数計により推定するパーソナル・スペースの例(連続して検出された顔 は黄色い枠とする)	87
5.4	様々なユーザが目指す心身活動の例	88
5.5	要因ごとのプライバシーに関する懸念(*特にヘッドマウントデバイスが有 する懸念), およびそれらの影響要因(デバイスとアプリケーション, セン サー, データ)「文献 [53] から加筆引用」	90
5.6	個人が特定されない情報を扱うデバイスであるということを周知する方法 の例	91

5.7	東京銀座風俗記録 統計図索引「文献 [94] より引用」	93
5.8	本所深川の商店に見られる品物及値段「文献 [94] より引用」	93
5.9	一人称ライフログ映像により計測される当人の心身活動および生活環境の例	94

表 目 次

2.1	社会活動を計測する手法の関連研究との比較表	16
3.1	P1 がデモ見学中の一人称ライフログ映像から抽出した 10 個の映像	32
3.2	印象評価実験の参加者	32
3.3	社会活動量の大きさへの印象によって映像が並び替えられた結果	33

第1章 序論

1.1 研究の背景

個人の日常生活における体験，行動などを映像，音声などにより記録する技術および記録自体であるライフログ（Lifelog）は，人の生活に関する知識を増やすなど，様々な目的で活用されている [24]. 日常体験記録の発想については，1945年にBush [10]が「Memex：MEMory EXtender」，「記憶拡張機」として，個人が所有する全ての本，記録，通信内容などを圧縮して格納し，高速かつ柔軟に参照できるように機械化され，個人の記憶を拡張する個人的な補助記憶を提供する概念を提唱した．コンピュータのストレージなどの情報技術の発展により，膨大なデータであるビッグデータの蓄積および解析，他者との共有が可能となった．また，ウェアラブルカメラにより，一人称視点映像の記録が可能となり，「Egocentric Vision」と呼ばれる視覚情報を解析する分野が登場した．

ライフログの代表的な活用事例として，歩数計が挙げられる．歩数計は従来，歩数を数えるものであった．身体動作の揺れのパターンを計測する技術が進み，リストバンド型の身体活動量計（Fitbit，Jawboneなど）は，歩行，ジョギングなどを認識できるようになり [23]，ライフログデバイスとして活用されるようになった．数万人単位のユーザーのライフログを集約・比較することで，個々人の運動量や睡眠量などの客観視が簡便化され，そのことが，運動などへの動機づけを促進している．本研究では，こうした身体活動を計測する歩数計の発展を参考に，対面者の顔を数えることで社会活動を計測する「顔数計」という発想に着目した．歩数計は，オフィスでの移動も家での家事も外での散歩も分け隔てなく，歩数の積み重ねで一日のおおよその身体活動量を定量化している．同様に，家族も知人も赤の他人も区別せず，他者との対面の量を機械的に数え，その積算によって一定

時間中の社会活動を計量しよう、という割り切りが、我々の提案手法の特徴である。

顔は重要なコミュニケーションツールとして機能しており、例えば、心の窓としての顔、人と人をつなぐメディアとしての顔、存在としての顔などがある [91]。個としての顔 [92]、つまりプライバシーの懸念については、本論文の 5.3 章で議論する。

社会活動の定量化については、2009 年に Lazer ら [46] が「計算社会科学」として、携帯電話や様々なセンサなどから得られるビッグデータに基づき、社会現象、個人やグループを理解することに関する分野を提唱して議論を始めた。社会活動の従来 of 定量化手法は、例えば、社会関連性指標 (Index of Social Interaction) [88] が提唱されており、5 分程度で実施できるアンケートで得られる地域社会の中での人間関係の有無、環境との関わりの頻度などから、人間と環境との関わりの質的、量的側面を測定する指標である。

本研究で計測を試みる対面的な**社会活動**とは、実空間における対面状況において他者と何らかの関わり合いを持つ行為全般を指す。具体的には、2 人から 10 人程度によって形成される立ち話、打ち合わせ、共同作業、共食などを想定している。また、1 人から 10 人以上との瞬間的な関わりも想定している。計量対象者は、顔数計の装着者である。計量対象者による、その社会的な場への関わりの度合い（つまり、発話したり積極的に共同作業に関与する度合い）を、本論文では対面的な社会活動への**参与度**と表現する。参与度は時々刻々と変化すると思われる。Goffman [22] は会話に参加している人々を、話し手、聞き手、傍参与者といった参与役割に分類し、発話交替が起きる度に動的にそれらの役割が交代する現象を議論した。本研究ではその考え方を受け、動的に変化する参与度を、ある時点で計量対象者に向けられる他者の顔の数で表し、その時間積分を**社会活動量**とすることを提案する。社会的な場への参与は、本来はその当事者の内面から生じるものであると考えるのが自然である。それにも拘わらず、当事者の周辺にいる人の反応（すなわち、当事者に顔を向けるという行為）によって、間接的に、当事者の参与度を測ろうとするところに、本提案の面白さがあると考えられる。

また、これまでに、身体活動はメンタルヘルスに良い影響と悪い影響をもたらすことが

研究されている。例えば、定期的に歩く習慣、有酸素運動、筋力トレーニング、瞑想を取り入れることで、気分向上、うつ病患者の症状軽減につながり [66, 65]、テレビ視聴による座りっぱなしの時間が多いほどうつ病の罹患率が高くなることが報告されている [9]。一方、人との社会的関係の量と質は、精神的な健康だけでなく、身体的な健康にも影響を与えと考えられている。例えば、非既婚者や人と関わる機会が少なく孤立している人よりも既婚者や人と関わる機会が多い人の方が死亡率が低い傾向が5つの地域に共通して見られた [31]。さらには、ボランティア活動、職場コミュニティにおける人との社会的つながりは、心理的および精神的な健康の維持に関連していると考えられている [42]。そこで、我々は、身体活動に加えて、メンタルヘルスに影響を与える要因の一つとして、人と関わり合う社会活動の量と質に焦点を当てることとした。

1.2 研究の目的

本研究は、長期的な一人称視点映像（以下、一人称ライフログ映像と呼ぶ）に映り込む外的情報に基づいた任意のユーザ（以下、当人と呼ぶ）の内的状況の可視化に取り組む。小型のカメラを身につけて行動することで、カメラ装着者である当人の外的情報が記録される。例えば、当人の対話相手などである。我々は、これらのような外的情報には、当人の内的状況が与える周囲への影響が関係していると考えている。このアナロジーにより当人の外的情報に基づいて、当人の内的状況を推測し可視化する。なお、ここで扱う内的状況とは、当人の興味関心度など精神的なものである。本稿では、2つの具体例を挙げて見通しを示す。

1つ目は、他者との対面時の当人の参加度を時間方向に積算した値を社会活動量と定義して計測する。個々人が身に着けたカメラに映り込んだ顔を数え上げることで、日々の社会活動量を計ることができるかというのが本研究のアイデアである。本研究では、人との対面時の参加度を時間方向に積算した値を社会活動量と定義して計ることに取り組む。対面時の参加度を簡素な方法で定量化することを目的として、一人称ライフログ映像中の顔

を検出してカメラ装着者の社会活動を計測する手法を提案する。

本研究は、カメラを胸に身につけて行動することで、人と対面する際に映り込む相手の顔を数え上げ、カメラ装着者の参与度を推定し、日々の社会活動を計測する手法を提案する。カメラを装着して行動することで、図 1.1 のように人の顔が映り込む様々なシーンが一人称ライフログ映像に映り込む。例えば、対話をするとき、雑踏を通り抜けるときに人と対面することがわかる。しかし、顔の個数を数え上げるだけでは、雑踏での他者との遭遇や、特定の人物との密な対話を同一に扱ってしまう。そのため、距離の近さと時間継続性により重み付けをして、対面的な社会活動の種類を数え分けることを行う。対面時の発話量やジェスチャなどの計測をせずに、映り込む顔の検出パターンに基づいてカメラ装着者の参与度を定量化し、日々の対面的な社会活動を数え分けて計測することが本研究の特徴である。

日々の社会活動を計測する提案手法を実装後、カメラ装着者の対面時の参与度と相手の振る舞いの関係を調べ、提案手法の有効性について考察する。社会活動量が多いと感じる傾向はどのような状況か、顔検出に基づいて社会活動量を計ることができるかについて示す。提案手法の有効性のほかに明らかになった課題を示し、改善を検討する。

加えて、日々の対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用を検討する。図 1.2 のように、顔数計によって可視化された結果を複数人あるいは個人的に振り返ることを想定している。対面的な社会活動を客観視可能にすることで、生活の中で意識することが難しい対面的な人との関わり合い方の傾向を知る手掛かりになると考えている。そして、特定の人と直に向き合う時間や、逆に一人で過ごす時間を大切にす動機付けにつながると考えている。さらには、対面的な社会活動の充実感の向上あるいは孤独感や疲労感の軽減といった社会的健康 [31] に向けた行動変容につながることが期待している。システムの機能を示し、現状と課題について考察する。

さらに、人と対面的な関わり方を調整するきっかけを提供するための「顔数計」を生活環境下で使用できるように、インターフェース設計と社会活動量を振り返る Web アプリ

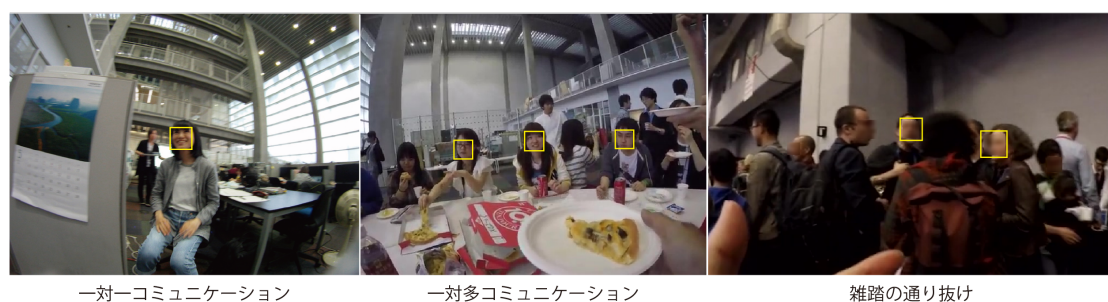


図 1.1: 一人称ライフログ映像に対面者の顔が映り込むシーンの例



図 1.2: 想定する顔数計で可視化された日々の人との関わり具合の振り返り例

ケーションの開発に取り組む。本システムにより、人と関わろうとする動機付けを促進するのみならず、人と関わらず一人で過ごそうとする動機付けを促進することも目指す。実生活の中で、運動をし過ぎると疲れるように、人と関わり過ぎると疲れやストレスを感じる傾向があるためである。本システムにより、人との対面的な関わり方を見直し、孤独感や疲労感の軽減のような、社会的健康の実現を目指す。実際に顔数計を利用してもらい、一緒に振り返りを行ってもらった予備実験を行い、有効性およびどのような課題が得られるかを調査する。

2つ目は、我々が開発した社会活動量計である顔数計を、図 1.3 のように身体活動量計と併用することで、当人の様々な日常活動を二次元平面上で分類、可視化し、当人の気づきを調べる。ライフログから生活を見直し、満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を期待している。既存のスマートウォッチ型デバイ

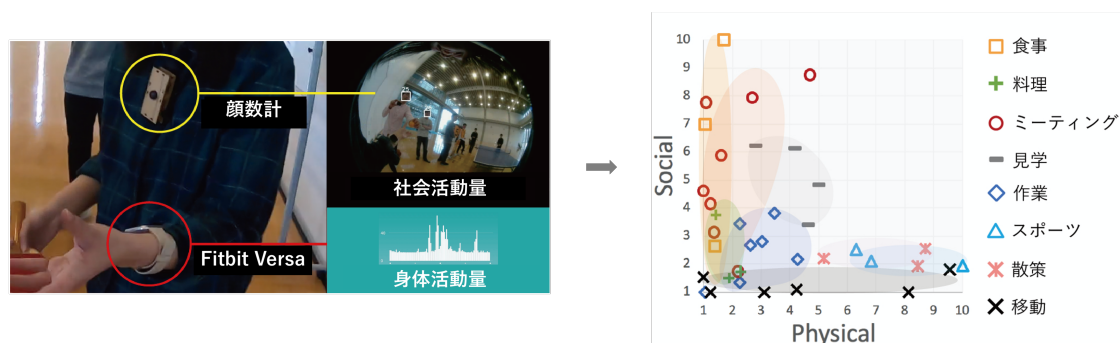


図 1.3: 顔数計と身体活動量計を併用した社会活動量と身体活動量の可視化例

スから得られる身体活動量と、胸元に装着する顔数計から得られる社会活動量の大小から日常活動の分類、可視化を行う。

本研究は、心身の健康が向上するような行動変容を目指して、社会活動量と身体活動量の両方を計測する。そして、日常活動を分類し、その可視化結果に対して振り返りを行い、気づきを得る。我々のアイデアは、既存のスマートウォッチ型デバイスから得られる身体活動量と、胸元に装着する顔数計から得られる社会活動量の大小から、日々の活動を二次元平面にマッピングして可視化することである。体を動かす活動が多い日、人と関わり合う活動が多い日、両方の活動が多い日、両方の活動が少ない日があるであろう。職種、性別、年齢によって日々の過ごし方は異なり、個々人にとって適度な活動量があるのではないかと考えている。当人が活動量を増やすという目標の他に、活動量を精神面と肉体面でバランス良く得ることを目標に行動できるようにする視座を与えることが本研究の特徴である。

提案手法の有効性を評価するために、大学院生である著者自身の日常活動について身体活動量と社会活動量の二次元平面にプロットし、分類、可視化後、活動ごとの傾向を分析を行い、提案手法の有効性および当人の気づきを調べる。当人にとって日々の日常活動は何グループに分類できるのか。また、当人にとって、身体活動量と社会活動量の両方を一度にバランスよく得られる活動はどのようなものかを示す。加えて、著者および同研究室所属の全3名の同一空間上における活動について分析を行い、個人差はどれくらいある

のかについて明らかにする。さらには、同研究室所属1名の半日における身体活動量と社会活動量の遷移を可視化する。身体活動量と社会活動量の両方が移り変わる様子を可視化することで、どれくらい当人の活動リズムやバランスが分かるのかについて議論する。

1.3 論文の構成

第2章では、関連研究を紹介し、本研究の立ち位置と意義を示す。人が人と関わる状況と手段の理解、社会的相互作用の理解（非視覚情報、一人称視点映像）、身体活動の理解（非視覚情報、一人称視点映像）、人が振り返りをする効果、ウェルビーイングの理解に関する研究について述べる。

第3章では、一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測について述べる。第3.1章では、人との対面時の参加度を定量化する手法と主観評価について述べる。第3.1.1章では、一人称ライフログ映像中の顔を検出してカメラ装着者の社会活動を計測する手法を説明する。第3.1.2章では、ポスターセッション中の聴講者と発表者の社会活動を計測し、本人視点、対話者視点、第三者視点で社会活動量が多いと感じる傾向がある状況を主観評価実験から調べた。そして、顔に基づいた評価と主観評価の整合性を比較し、考察する。第3.1.3章では、評価実験で発見した課題の改善案の検討として、斜めや隣り合わせの対話の計測について示す。カメラの画角の改善から得た計測結果について考察する。第3.1.4章では、日々の対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用について示す。システムを使用して得られた結果について考察する。第3.1.5章では、人との対面時の参加度を簡素な方法で定量化する手法に関する結論を示す。提案手法の有効性、課題、限界、今後の展望について述べる。

第3.2章では、社会活動量計の実用化へ向けて取り組んだ検討の内容について述べる。第3.2.1章では、実装した日々の活動を振り返るソフトウェアとハードウェアについて紹介する。第3.2.2章では、生活環境での予備実験として、実際に数日間使用してもらった当人に、システムを用いて振り返りをしてもらった際の記録を紹介する。第3.2.3章では、

本研究による成果物の有効性および結論と実用化に向けて明らかになった課題について述べる。

第4章では、社会活動量と身体活動量に基づいて、様々な日常活動を二次元平面上にプロットし、分類、可視化、振り返りを行う研究について述べる。第4.1章では、社会活動量と身体活動量の計測方法、二次元平面上へのプロット方法について紹介する。第4.2章では、大学院生である著者自身の日常活動について階層型クラスタリングを行い、分類した結果および考察について示す。第4.3章では、著者および同研究室所属の全3名の同一空間上における活動について分析を行い、個人差を調べた結果および考察について述べる。第4.4章では、同研究室所属1名の半日における身体活動量と社会活動量の遷移を可視化した結果および考察について述べる。第4.5章では、社会活動量と身体活動量に基づいて、様々な日常活動を二次元平面上にプロットする手法に関する結論を示す。

第5章では、本研究を通して見つかった新たな課題に対する展望について述べる。第5.1章では、対面対話する際の立ち位置に関する議論について述べる。第5.2章では、心身活動の個人差に関する議論について述べる。第5.3章では、プライバシーに関する議論について述べる。第5.4章では、一人称ライフログ映像に関する議論について述べる。

第6章では、本研究の結論について述べる。

第2章 関連研究

ここでは、以下の関連研究を紹介し、本研究の立ち位置と意義を示す。人が人と関わる状況と手段の理解、社会的相互作用の理解、身体活動の理解、人が振り返りをする効果、ウェルビーイングの理解に関する研究について述べる。社会的相互作用の理解に関する研究と身体活動の理解に関する研究は、各々の特徴を比較するために、非視覚情報を用いた研究と一人称視点映像を用いた研究を分けて紹介する。

本研究は、一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて対面的な社会活動を計測する手法を提案し、提案手法の有効性を調査する主観評価実験、振り返り効果を調査する評価実験を行う。社会活動を計測し振り返ることで、対面的な社会活動の充実感の向上あるいは孤独感や疲労感の軽減といった社会的健康 [31] に向けた行動変容につながることを期待している。また、身体活動量計を併用した可視化手法の提案と振り返り効果を調査する評価実験を行う。社会活動量と身体活動量から生活を見直し、満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を期待している。ここで紹介する関連研究の社会的相互作用の理解の研究と本研究の特徴については、表 2.1 にて比較して整理する。

2.1 人が人と関わる状況と手段の理解

個人 (またはグループ) 間において、相手の行動や反応に応じて動的に変化する一連の社会的行動は、社会的相互作用および社会的インタラクションと呼ばれており、以下の4種類の状況に分類される [27]. (1) 突発的 (社会的接触): 計画的ではなく、繰り返し発生しない状況であり、例えば、見知らぬ人に道を尋ねたり、店員にある商品があるか尋ねる状況, (2) 反復的: 計画的ではなく、間隔を置いて繰り返し発生する状況であり、例えば、近所を歩いているときに隣の家の住人とぼったり会う状況, (3) 通常的: 計画的ではないが、非常に典型的で、それが起きないとなぜそうならないのかと疑問が生じる状況、例えば、毎日職場の入り口で警備員と会う状況や同じレストランで夕食をとる状況, (4) 規定的: 計画的かつ習慣や法律で規定されており、それが起きないとなぜそうならないのかと疑問が生じる状況、例えば、職場で人と関わる状況 (出勤、従業員ミーティング、試合など)、家族と関わる状況などである。

一方で、近年は他者と関わることを回避する状態である「引きこもり」 [111] や高齢者の移動能力や心理的要因により1週間に1回程度しか外出をしない状況である「閉じこもり」 [105] に該当する人々が増えており、効果的な支援が求められている [99, 106].

これまで人と関わる手段として人間は直に対面し、言語やアイコンタクト、ジェスチャなどを通して意思疎通を行ってきた。一方、手紙 [103] や芸術 [45] などを通じて人と関わる手段がある。また、情報技術の発展により、直に対面せずに、テキストメッセージ、音声通話、ビデオ通話により人と関わる手段が増えて来ている。他には、テレビ放送、ラジオ放送、動画配信サイトでの実況などの不特定多数の人を相手に行う一方向的なマスコミュニケーションにより、受動的に人と関わる手段もある。さらには、ソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) により、テキストや写真、映像を共有することで不特定多数の人と関わることも可能になっている。インターネットは、実生活から身を隠したり、真の人間関係を形成したりする手段ではなく、既存の家族や友人との関係を維持しつつ新しい関係を築くための手段として、比較的脅威が少ない環境であるインターネットを使用

する人が多いことが調査から明らかになっている [50].

その他の人と関わる手段も多種多様化している。例えば、モバイル端末を活用して、複数人で写真をリアルタイムに共有し、その上に書き込みし合うことができる PhotoChat [79] や、自分自身の顔そのものを変えて印象や雰囲気进行操作できる仮面型ディスプレイ e2-Mask [108] がある。また、人とロボットの相互作用に着目した研究 [95, 107], 技術の発展により、人がロボットを介して関わることも可能になって来ている。さらには、AR (Augmented Reality) [52], VR (Virtual Reality) [51] の研究が進み、これらの手段により、CG キャラクターと直に対面して関わっている人も増えて来ている。

障害者が人と関わる手段については、手話や点字以外に研究されており、多様になって来ている。例えば、音を触覚と視覚で体感する Ontenna [109], ハンドジェスチャを音へ変換して対話する Glove-Talk [20], 対話者の表情を絵文字にして自閉症の子どもに提示する AR アプリ [70] がある。

上記で挙げた例のように、人が人と関わる状況と手段は多様である。本研究は、対面的な社会活動に焦点を当てている。本研究で扱う対面的な**社会活動**とは、実空間における対面状況において他者と何らかの関わり合いを持つ行為全般を指す。本章の最初の段落で挙げた社会的相互作用の4種類（突発的、反復的、通常的、規定的な状況）を扱う。具体的には、2人から10人程度によって形成される立ち話、打ち合わせ、共同作業、共食などを想定している。また、1人から10人以上との瞬間的な関わりも想定している。計量対象者による、その社会的な場への関わり合いの度合い（つまり、発話したり積極的に共同作業に関与する度合い）を、本論文では対面的な社会活動への**参与度**と表現する。

表 2.1: 社会活動を計測する手法の関連研究との比較表

記録手法	記録対象	デバイス装着位置	暗所で の計測	プライバシー 懸念の低さ	単独利用	バッテリー 消費の少なさ	シーン理解 の深さ	参考文献
一人称視 点映像 (顔数・顔 面積・時 間継続性)	社会活動 量(対面 対話)	カメラ (胸部)	×	△	○	×	○	本研究, 2021 [57]
一人称視 点映像 (顔の向 き・近接 性)	社会的状 況(対面 対話)	カメラ (頭部)	×	△	○	×	○	Fathi, et al. 2012 [19]
一人称視 点映像 (当人の 動き)	社会的状 況(対面 対話)	カメラ (頭部)	×	△	×	×	○	Alletto, et al. 2014 [5]
一人称視 点映像 (他者の 動き)	社会的状 況(対面 対話)	カメラ (頭部)	×	△	×	×	○	米谷ら, 2015 [87]
一人称視 点映像 (頭部方 向)	グループ 識別(対 面对話)	カメラ (頭部)	×	△	×	×	○	Tadesse, et al. 2018 [82]
一人称視 点映像 (Face- book・ Gmail・ Mes- sages・ Other)	プライバ シー保護 (ディス プレイ)	カメラ (頭部・ 胸部)	×	○	○	×	×	Korayem, et al. 2016 [44]
一人称視 点映像 (頭部方 向・視線)	注視点 (視覚情 報)	眼鏡型デ バイス	×	△	○	×	○	金出ら, 2012 [38]

記録手法	記録対象	デバイス装着位置	暗所での計測	プライバシー懸念の低さ	単独利用	バッテリー消費の少なさ	シーン理解の深さ	参考文献
非視覚情報 (赤外線)	社会的状況 (対面対話)	バッジ (胸部)	○	○	×	○	△	Choudhury, et al. 2003 [11]
非視覚情報 (音声)	発話 (対面対話)	バッジ (胸部)	○	△	×	○	△	Olguin, et al. 2006 [58]
非視覚情報 (Bluetooth)	接近情報 (対面対話)	携帯電話	○	○	×	○	△	Eagle, et al. 2009 [18]
非視覚情報 (赤外線・音声・Bluetooth)	生産性・職務満足度 (対面対話)	バッジ (胸部)	○	△	×	○	○	Olguin, et al. 2019 [60]
非視覚情報 (赤外線・加速度・音声)	組織ダイナミクス (対面対話)	名札型デバイス	○	△	×	○	○	早川ら, 2013 [101]
非視覚情報 (音声)	会話場 (環境音)	携帯電話	○	△	×	○	△	中倉ら, 2011 [54]
非視覚情報 (音声)	発話 (対面対話)	携帯電話	○	△	○	○	△	Lee, et al. 2013 [47]
非視覚情報 (音声・GPS)	社会活動状況 (通話時間・位置情報)	携帯電話	○	×	△	○	△	Rawassizadeh, et al. 2013 [68]
非視覚情報 (フォトリフレクタ)	表情 (皮膚変形)	眼鏡型デバイス	△	○	○	○	△	正井ら, 2016 [48]

記録手法	記録対象	デバイス装着位置	暗所での計測	プライバシー懸念の低さ	単独利用	バッテリー消費の少なさ	シーン理解の深さ	参考文献
非視覚情報 (Bluetooth・WiFi・GPS・音声・テキスト) SNS (Facebook)	社会的状況 (実空間・仮想空間)	携帯電話	○	×	×	○	○	Stopczynski, et al. 2014 [78]
非視覚情報 (歩数) SNS (Twitter)	精神状態	携帯電話	○	△	○	○	△	石丸ら, 2015 [35]

2.2 社会的相互作用の理解

2.2.1 非視覚情報

個人および集団の社会的相互作用を理解する試みは、これまでに認知心理学や言語学などの分野で行われてきた。一方、センサやネットワーク技術を活用して、日々の行動から得られる現象を定量化および客観的に解釈する試みが新たに加わった。表 2.1 のように、個人および集団の社会的相互作用を非視覚情報から認識する技術は、これまで多くの研究でされている。

例えば、加速度センサから運動 [59]、音声から発話の認識 [58]、Bluetooth から人への接近情報の認識 [18]、赤外線センサから対面対話の認識 [11] を行うことで、様々な社会的側面を組み合わせることで計測し、生産性および職務満足度などの結果を予測している [60]。また、人間行動を大規模計測・収集するシステムとして開発されたビジネス顕微鏡 [101] で

は、赤外線を使用した場所や対面情報、三軸加速度による体の動きや音声特徴量を取得し、組織ダイナミクスを可視化してユーザにフィードバックしている。消費電力の削減と頑健なデータ収集フレームワークにより小型・軽量の名札型センサデバイスを実現した。

一方で、会話場を検出する技術 [54] では、ネットワークモジュールとマイクを備えたモバイル端末を用いて単純なアルゴリズムと軽量プロセスで動作することを可能としている。モバイル端末を用いて対面対話時の発話を計測する技術 [47] では、単純な発話情報の解釈をより深く探究することの可能性を示している。モバイル端末を用いて得られる通話時間の持続性と位置情報に基づいて社会活動を可視化する [68] では、機能を汎用的に実装することで、ユーザの要件に基づいた柔軟な使用を可能にした。また、眼鏡にフォトリフレクタ（近接センサ）を組み込み皮膚変形から表情を日常的に計測する技術 [48] では、複数の入力情報を機械学習することで表情という複雑な状況をライフログとして記録することを可能としている。さらには、実空間と仮想空間上の長期的な大量の情報を用いた社会的相互作用の認識 [78] も行われている。また、スマートフォンからの身体活動情報（歩数）と Web サービスからの社会活動情報（Twitter 投稿数）から、当人の精神状態を推定するシステムである心温計 [35] が提案されている。

このように、日々の行動には様々な社会的側面があり、目的や応用範囲に応じて重要な情報を認識する必要がある。本研究では、3.1 章にて、対面する人の顔の振る舞いに着目して、対面時の参与度を認識する。対面時の参与度を時間方向に積算することで、日々の対面的な社会活動への参与度を計測できると考える。

2.2.2 一人称視点映像

一人称視点映像とは、小型カメラを頭部や胸部に身につけて行動して得られる客観的なライフログであり、デジタルカメラを利用して独自の視点、タイミングで記録を残す一人称視点での主観写真ライフログとは異なる [104]。表 2.1 のように、一人称視点映像から社会的相互作用を認識するための技術に関しても、これまでに研究がされている。例えば、

対面する相手の顔の位置および向きから相手の視線を計算し、対話の三次元空間へのマッピングやヒートマップの作成、さらに複数人での計測からグループ内での役割の推定をしている [19].

一方でカメラ装着者自身の動きの計測から社会的な状況を認識する研究もされている [82]. 例えば、グループ会話のような複数人のカメラ装着者が対面しているときの互いの頭の動きの相関を計算することで、カメラ装着者自身の顔の位置を特定することを可能としている [87]. 頭部方向の親和性を社会的相互作用の距離と定義することで、グループ会話の識別を可能としている技術もある [5].

ウェアラブルカメラが生活の中で利用される機会が増えており、プライバシーの問題に焦点を当てた研究も多くされている [44]. また、カメラ装着者自身の頭部方向と視線の計測から、一人称視点映像上での注視点を推定する研究もされている [38].

カメラを装着して行動すると、カメラ装着者の周囲および装着者自身の様々な社会的相互作用を理解することができる。本研究では、3.1 章にて、カメラ装着者の方向を向く顔を手掛かりに、カメラ装着者自身の対面時の参与度を定量化して、日々の対面的な社会活動を数え分けて計測する。個人の顔を特定せず正面を向く顔が検出される結果だけを利用するため、設計の簡素化やプライバシーの観点から日々の生活の中で扱いやすいと考える。

2.3 身体活動の理解

2.3.1 非視覚情報

これまでにライフログから人の身体活動を分類する手法の研究は多されている。例えば、加速度変化を手掛かりに日常活動を分類する手法では、歩いているのか、走っているのかなどがわかる [23]. また、加速度波形の定常性を判定し、ジェスチャの部分に対してのみジェスチャ認識を行うことで姿勢、運動、ジェスチャを認識するシステムが提案されている [102]. また、加速度変化のほかに心拍数の変動を考慮することで、睡眠の質を詳細に

分析している研究もされている [81].

一方, METs (Metabolic equivalents : 様々な日常活動が, 1MET である静かに座り続ける活動の何倍のエネルギーが消費されるかを示す活動強度の指標) により, 運動量に応じた様々な健康づくりのための日常活動を提案することが可能になり, 広く利用されるようになった [3, 4]. 例えば, テレビゲーム (Wii Fit など) をする活動と, 家の中の部屋を掃除する活動が同じ活動量であることを示す [3]. 3 軸加速度センサーで METs を測定するモデルを開発し, 簡単に取得することができるようにした研究がある [63].

これらの研究の成果により, 歩数のみならず心拍数の解析から睡眠の質を可視化するシステムが, スマートウォッチなどに搭載されるようになっていく。本論文の 4 章では, 消費カロリー量を用いた身体活動量に加えて社会活動量を組み合わせた可視化に取り組む。

2.3.2 一人称視点映像

一方, 一人称視点映像に映り込む特徴を手掛かりにして, 自動的にテレビや台所, 読書などの日常活動を識別している研究もある [62]. 他には, 環境カメラに映り込む人の動きを手掛かりにして, 日常活動の忙しさの度合いを計測している研究がある [64]. また, マルチモーダルデータと一人称視点映像からエネルギー消費量を推定している研究もある [55]. さらに, 超広角一人称視点映像に映り込むカメラ装着者自身の顎や手足の特徴を用いて, モーションキャプチャを可能にしている研究もある [34].

本論文の 4 章では, 2 つの身体装着型のデバイスから得られる身体活動量と社会活動量のライフログをもとに, 日常活動の計測を行い, 分類後, 二次元平面にプロットし, 活動ごとの傾向を分析する。1 日をどのように過ごし, どれくらいの種類の活動をしていたのかが分かるようになるのではないかと考える。また, 満足度や疲労度に着目し, 身体とメンタルヘルスに関わる社会的な健康 [31, 42] にもつながる過ごし方を目指す指標を見出したいという意図がある。

2.4 人が振り返りをする効果の理解

人が振り返りをする効果を検証した例として、非視覚情報を用いる研究や一人称視点映像を用いる研究がある。一人称視点映像の振り返り効果に関する研究の例として、自己中心かつ客観的な情報を取り入れ自己の認知を拡張する研究がある。例えば、記憶障害者の記憶の補いを支援する研究 [30]、日々の食生活の管理を支援する研究 [61] がある。加えて、客観的な情報がメタ認知に与える影響は実証的に調べられてきた。例えば、視覚情報は詳細な記憶の想起を促進する一方で、位置情報は推論的プロセスを促進すると報告されている [37]。また、自己の認知は時間が経つと変化するため、メタ的視点の情報が体験の振り返りに役立つと報告されている [80]。一方、他者の一人称視点映像を用いて自己の知覚の拡張 [40, 39] の研究もされている。

また、非視覚情報の振り返り効果に関する研究の例として、偏食や遊び食いという食問題を持つ幼い子どもの食行動改善を促すスマートフォン連動型センサ内蔵フォーク [110] がある。食習慣を楽しく自然に改善できる可能性があることを示し、母親に対してバランスのとれた食事への理解を強化して家庭内での食育推進を実現した。また、社会的相互作用を計測した結果をもとにフィードバックを与えて支援する研究もされている。例えば、AR グラスを用いて装着者の非言語情報を認識して発表者のパフォーマンスの質を向上するための研究 [12] や、モバイル端末で社会的相互作用を計測して運動のモチベーションにつなげる研究 [2] がある。また、主に精神障害当事者やその家族を対象とした当事者研究 [93] では、他人任せにしたり、単に回避したりするのではなく、そのことに向き合い結果に影響力を持つようとする試みがされている。また、うつ病患者の家族介護者のための介護記録用 Web アプリ「みまもメイト」 [96] の研究では、家族介護者がみまもメイトを利用することによって、自身の介護活動を客観的に見つめ直す効果（第三者視点の導入）があることがわかった。また、患者、病気、家族介護者の間の関係を変化させ、これによって、家族介護者とうつ病患者間のコミュニケーションを改善する効果があることも分かっている。みまもメイトは、患者の睡眠、外出、食事、飲酒、薬の種類と量といった日常活動を

ボタンにより記録し、患者の気分や家族介護者の活動も記録して振り返ることができる。

本研究では、3.2章にて、一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて日々の対面的な社会活動を数え分けて計測する。3.2.2章では、生活環境で社会活動の計測と振り返りをする予備実験として、実際に数日間使用してもらった当人に、システムを用いて振り返りをしてもらった際の記録を紹介する。また、4.2章では、大学院生である著者自身の日常活動について階層型クラスタリングを行い、分類した結果および考察について示す。客観視可能にすることで、日々の生活の中で意識することが難しい対面的な人との関わり合い方の傾向を知り、気づきを得て心身の健康が向上される行動変容を期待している。

2.5 ウェルビーイングの理解

ウェルビーイング (Well-Being) とは、身体的、精神的、社会的に良好な状態のことを意味する。1948年の世界保健機関 (World Health Organization: WHO) 憲章において、健康について以下のように定義され、終戦後に健康の概念は変遷している [89]. “Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity.”

心理学的にウェルビーイングを理解する研究の例として、Diener ら [14] による主観的ウェルビーイングによる測定が挙げられる。Diener ら [14] は、当人の人生における出来事への感情、満足度に着目した。そして、主観的ウェルビーイングが最も高く、うつ病の兆候が最も少ない10%の学生に共通する最も顕著な特徴は、友人や家族との強い絆であることを発見した [16]。当人が幸せになるためには、社会的スキル、親密な人間関係、社会的支援に取り組むことが重要であることが示唆されている [16]。また、主観的ウェルビーイングの減少は、国の社会的、経済的、文化的特徴と相関していることが明らかになっている [15]。Maslow ら [49] は、人の自己実現という肯定的側面を強調する人間性心理学を提唱した。Seligman ら [74] は、人間性心理学から流れを汲み、病気を治すための努力ではなく、より幸福になるための方法を研究するポジティブ心理学を提唱した。そして、持続的な

幸せに着目し、PERMA の法則と呼ばれる 5 つの要素に基づくウェルビーイング理論を提唱している [73]. 5 つの要素は、(1)Positive Emotion, (2)Engagement, (3)Relationship, (4)Meaning and Purpose, (5)Achievement である.

一方、統計学的にウェルビーイングを理解する研究の例として、世界幸福度報告 (World Happiness Report) [28] が挙げられる. 自身の幸福度を主観的に 10 段階で回答する世論調査を行い、一人当たりの国内総生産 (Gross Domestic Product: GDP) [85], 健康寿命 (Healthy life expectancy: HALE) [71], 社会的支援, 人生の選択自由度, 他者への寛容さ, 国への信頼度の 6 つの説明変数を用いて回帰分析し、各説明変数の寄与率を分析している [28]. さらに、持続的な幸福度の指標として、生活の満足度, 健康寿命, 国内格差, 個人が環境へ与える影響の 4 つの説明変数を用いて算出される地球幸福度指数 (Happy Planet Index: HPI) [1] がある.

個人々のウェルビーイングの向上は、統計学的視点から見ると国や地球規模でのウェルビーイング向上へつながることが考えられる. 本研究は、個人々のウェルビーイングにつながる行動変容を目指して、社会活動量と身体活動量の計測, 可視化, 振り返りによる効果の考察に取り組む. 社会活動量と身体活動量から日々の生活を見直し、満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方, 指標の発見を期待している. 本研究では、3 章にて、社会活動量の計測, 可視化, 評価実験に取り組む. 4 章では、社会活動量と身体活動量の両方を計測し、可視化, 振り返りによる効果の考察に取り組む.

第3章 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測

3.1 人との対面時の参与度を定量化する手法と主観評価

3.1.1 提案手法の概要

本研究では、人との対面時の参与度を時間方向に積算した値を社会活動量と定義して計ることに取り組む。一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて、直に人と対面するときのカメラ装着者の参与度および社会活動量の定量化を行う (図 3.1 参照)。日々の生活の中で人と遭遇する量や対話する量を、顔検出に基づいてカメラ装着者の参与度から推定し、対面的な社会活動を数え分けて計測する簡素な手法を提案する。



図 3.1: 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測

一人称ライフログ映像：対面する相手の顔の映り込み

本研究では、カメラを装着して行動することで得られる長期的な一人称視点映像を、一人称ライフログ映像と呼ぶ。図 1.1 のように、様々な対面シーンが一人称ライフログ映像に映り込む。例えば、対話をするときや雑踏を通り抜けるときに人と対面することがわか

る。そこには対面する相手の顔が映り込む。カメラを胸に身につけて行動することで、カメラ装着者が人と対面する際に映り込む相手の顔を数え上げて参与度を推定し、日々の社会活動を計測する簡素な手法を提案する。

カメラは、図 3.1 のように胸の部分に装着する。頭部にカメラを装着すると、カメラ装着者が顔を傾けたときや頭部方向が移動した際に映像が安定しないため、対面する相手の顔を捉えることが難しい。そのため、胸の部分にカメラを装着することで安定した映像を記録して、対面する相手の顔を検出する。

なお、現在は研究における分析のために映像を全て記録しているが、実際に利用するときには画像処理された結果および数値のみを記録しスマートフォンなどで振り返ることを想定している。カメラは、自然なセンシングが可能になるくらい小さくなると考えている。

顔検出に基づいた社会活動計測：密な対話，瞬間的な関わり

本研究では、他者と関わる場において、一人称映像への対面者の顔の映り込みからカメラ装着者のその場への参与度を推定し、その時間積分から社会活動を計量しようとするものである。しかし、ただ顔の個数を数えるだけでは、雑踏で大勢の他人とのすれ違い状況を過大評価してしまうであろうし、逆に、特定の人物との密な対話状況を過小評価してしまうと思われる。そこで、本論文では、検出された顔の大きさから対面者の物理的近さを読み取り、同一顔を連続して検出した継続時間を対面インタラクションの密度と捉える。そして、それらを重みづけしながら抽出された顔の数を数え上げることにより、社会活動量に対する人の印象に近づけることを試みる。社会活動量の計算の詳細については 3.4 章で述べる。

図 3.2 の具体例を見ながら、提案手法の効果を説明する。3 種類のシーンについて、各フレームごとの参与度の変化をグラフにした¹。カメラ装着者は、シーン 1 では知人と一対一で長話をしており、シーン 2 では複数人が集まった場所で立食をしており、シーン 3

¹ここでは 1 秒ごとに 1 フレームとして顔検出の画像処理を施したので、合計 20 フレーム、約 20 秒間に相当する。

では大勢の人々が集まっている場所を渡り歩いている。

提案手法による計算結果と併せて、検出された顔の個数をそのまま表示したグラフを示す。図の下部には、各シーンの代表フレームにおける顔検出結果を載せた。白い枠線は新規に検出された顔であることを示し、連続して検出された顔は黄色い枠線で囲んだ。

顔の個数を単純に参与度として使う場合、カメラ視野内で検出された顔の数がそのまま使われるので、大勢が密集している場所に身を投じている場合に値が大きくなる。なので、シーン2とシーン3に比べてシーン1の参与度は低く評価される。一方、シーン2とシーン3の違いは顕著には現れない。

それに対して、提案手法では対面者との距離と対面継続時間を考慮しているため、シーン1のように対面者が一人の場合でも継続的な対話をしているシーンの参与度は徐々に高くなる。一方、シーン3のように各時刻で大勢の人と対面していたとしても、対面時間の継続性や対面者との距離が遠いままの場合は、提案手法では参与度は低い値となる。また、同様に複数人と対面している場合、シーン2のように同一の人々としばらく対面時間が続く場合は参与度に寄与する。

顔検出には、カーネギーメロン大学で開発された OpenFace [6] を用いた。OpenFace 内で使われている Dlib ライブラリには、フレーム間で同一人物と推定された顔を追跡する機能がある [13]。そこで本研究では、同一人物の顔を連続検出した場合にその相手との持続的なインタラクションと解釈することにした。なお Dlib は、同一顔の未検出が1フレームだけ割り込んだ場合は、同一顔として追跡を続けるので、本研究でもそのまま採用した。

また Dlib は、真横を向く顔や後頭部は検出せずに、正面を向いた顔のみを検出する。このことも本研究には都合が良いので、そのまま用いた。なぜなら、対面者がカメラ装着者の方に顔を向けているということが、カメラ装着者がその社会的な場に一定の度合いで参与していることを表していると考えられるからである。逆に、真横を向いた顔でも検出してしまふ頑健性の高すぎる顔検出システムは、参与度計算には相応しくないと考える。

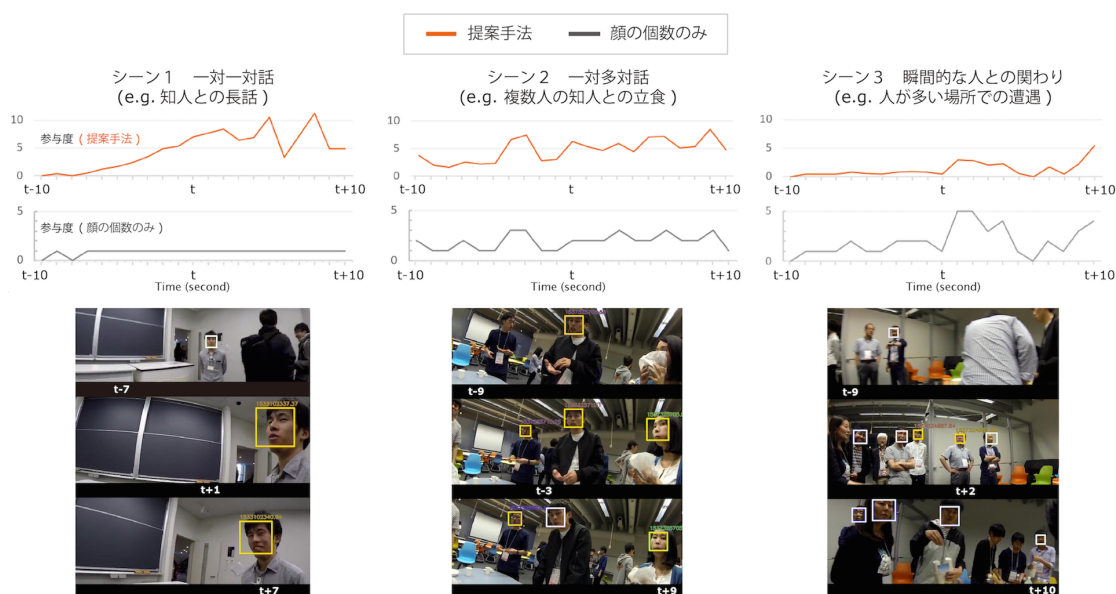


図 3.2: 参加度計算の例：一対一対話，一対多対話，瞬間的な関わり

参加度の計算モデル：検出される顔ごとの大きさと同時間継続性

参加度の計算モデルの詳細について説明する．具体例を図 3.3 に示す．この例では，2 人の対面者の顔が検出されている．検出されたそれぞれの顔は，前後の複数の時刻で検出される範囲において同一の識別番号が割り当てられる．各時刻ごとに，それぞれの大きさ（図中の D_i ）と連続抽出された経過時間（図中の T_i ）が計算される．検出された顔ごとにかけ合わせて，時間方向に累積したものを社会活動量とする．

ある時刻 t の社会活動量 S は式 3.1, 3.2 で計算する．式 3.2 の顔の大きさ D_i は，撮影画面全体に占めるその顔の面積の割合を表す．撮影画面の解像度によって顔の面積も変化するため，一貫性が得られる．ただし，魚眼カメラの場合は画面中心部の顔の面積が小さくなり，端周辺部の顔の面積が大きくなるため，異なる画角のカメラを使用して得た社会活動量を比較する際には，歪み補正が必要である．新しく検出された顔には新しい識別番号 i が割り当てられる．一方，直前のフレームで検出された顔と同一人物と判定された顔には同じ識別番号が引き継がれる．ただし，2 フレーム以上の未検出フレームが間に割り込んだ際は，例え同一人物の顔でも別の新しい識別番号が発行される．同一の識別番号に対

応する顔が連続で検出されると、その T_i をカウントアップしていき、検出の継続時間とする。計量対象となる時間（つまり、 $t: 1 \sim m$ ）について積算したものを社会活動量 S とする。異なるフレームレートの映像で社会活動量を比較する際には、一貫性を得るために任意のフレームレートに合わせて処理を調節する必要がある。

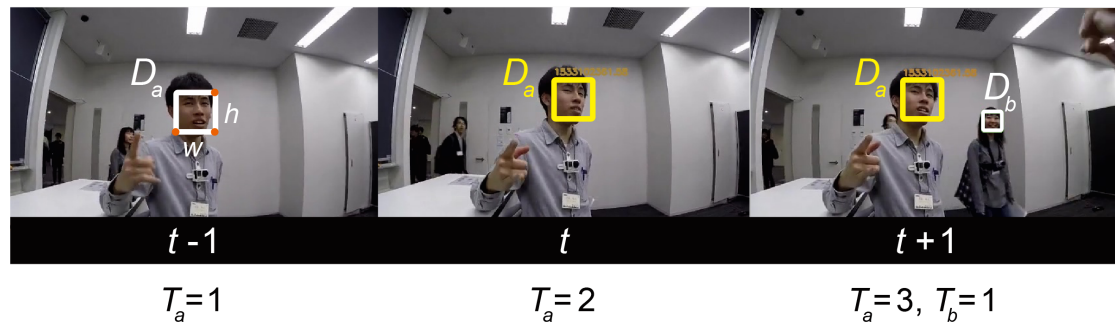


図 3.3: 検出された顔ごとの大きさと時間継続性の計算

$$S = \sum_{t=1}^m \text{参与度} = \sum_{t=1}^m \sum_{i=1}^n T_i(t) \cdot D_i(t) \quad (3.1)$$

$$\left(\begin{array}{l} i : \text{検出された顔の識別番号} \\ T_i(t) : \text{継続時間 (同一顔の検出継続フレーム数)} \\ D_i(t) : \text{大きさ (画面に占める顔の面積の割合)} \\ m : \text{時刻 } t \text{ までの経過時間 (フレーム数)} \\ n : \text{時刻 } t \text{ までの累計人数 (顔の個数)} \end{array} \right)$$

$$D_i = \frac{w_i \cdot h_i}{R} \cdot 100 \quad (3.2)$$

$$\left(\begin{array}{l} w_i : \text{検出顔 } i \text{ の幅} \\ h_i : \text{検出顔 } i \text{ の高さ} \\ R : \text{画面サイズ} \end{array} \right)$$

3.1.2 対面的な社会活動への参与度に関する主観評価実験

実験の目的

提案手法によって計測される社会活動量が、当人の主観的な印象をどの程度一致するの
かを調査する。そして、詳細なセンシングをせずに一人称ライフログ映像からの顔検出に
基づいて人との対面時の参与度を定量化することの有効性と課題について議論する。以下
の2つの問いを明らかにする。

- 人はどのような状況に対して社会活動量が多いと感じる傾向があるのか？
- 個々人が身に着けたカメラに映り込んだ顔を数え上げることで、日々の社会活動量
を計ることができるか？

実験に用いた一人称ライフログ映像

2017年3月に開催された学会「インタラクション2017」に参加した際に記録された一人
称ライフログ映像を評価実験に用いた。実験参加者の一人であるP1がデモ及びポスター
発表のあるインタラクティブセッションを見学して回った約1時間半の一人称ライフログ
映像を用いた。カメラは身体装着が容易なGoPro HERO4を用い、解像度1280×720、超
広角設定（垂直画角69.5度、水平画角118.2度）で記録した。また、カメラを胸に装着す
ることで、ぶれの影響が少なく安定した映像を記録し、超広角設定により周囲の人が写る
ように考慮した。なお、記録の際には映像として記録したが、後述する通り、1秒ごとに
画像を切り出して、画像処理および社会活動量の計算を施した。

学会参加のときのライフログ映像を用いた理由は、様々な種類の社会活動、すなわち、
大勢での発表見学、少人数での会話、個人的なデモ体験などが含まれるからである。その
中には、カメラ装着者自身が主体的に発話者になっている場面や、大勢のうちの一人とし
て聞き手になっている場面も含まれる。また、映像中には、カメラ装着者の知人と他人が
適度に登場するため、評価素材として適していると考えられる。

表 3.1 は実験に用いた映像のリストである．約 1 時間半の一人称ライフログ映像から，各 1 分間の様々な種類の社会活動に相当する場面を抽出した．

表 3.1: P1 がデモ見学中の一人称ライフログ映像から抽出した 10 個の映像

	映像の内容
A	一人で廊下を歩いて移動
B	雑踏の中を移動して発表者がいる場所に移動
C	発表者と対話をした後に雑踏の中を移動
D	展示デモを体験しながら発表者と対話
E	人物 P2 と一対一で対話
F	人物 P2 と他の人物との複数人で対話
G	遠くから発表者の話を聞く
H	人物 P2 と遭遇して短い対話
I	発表者と他の見学者の話を背後から聞く
J	多くの聴衆と一緒に遠くから発表者の話を聞く

実験参加者

実験参加者は全て筆者の研究グループに所属する大学生 8 名である．そのうちの 5 人 (P1 から P5) は，実験対象となる映像が記録された学会に参加していた．その中の一人である P1 が装着していた一人称ライフログ映像を評価実験に用いた．P2 は評価用映像の中に数回登場し，P1 と会話している場面が含まれる．別の 3 人 (P3 から P5) は学会には参加していたが評価用映像の中には登場せず，残りの 3 人 (P6 から P8) は学会に参加していない．まとめると，実験参加者の内訳は表 3.2 のようになる．

表 3.2: 印象評価実験の参加者

カメラ装着者本人	P1	一人称
映像中の対話者	P2	二人称
映像中の非対話者 (会議参加)	P3,P4,P5	三人称
映像中の非対話者 (会議不参加)	P6,P7,P8	三人称

表 3.2 に整理したように，実験参加者はライフログ映像をそれぞれ一人称，二人称，三人称の視点で閲覧・評価することになる．実験参加者は全て同じ研究グループに所属しているので，映像に出てくる人々が知人なのかどうかの見分けができ，また，映像から聞こ

えてくる声がカメラ装着者のものなのかどうかも容易に聞き分けられる。したがって、ここで行う評価実験は、ライフログの本人および身近な人々の印象に基づく社会活動量を調査し、提案手法で計算した社会活動量とどの程度一致するのかを確かめる。

社会活動量の大きさへの印象評価

8人の実験協力者各々に、表3.1に示した10本の映像を視聴してもらい、そこから読み取れるカメラ装着者の社会活動量の大きさの順序を回答してもらった。順序を回答してもらったのは、社会活動量の大きさの絶対値を回答することは困難であると考えたからである。具体的には、10個の映像を視聴してもらい、それらのシーンの社会活動量の大きい順に記号>と=を使って並び直してもらった。併せて、各自の判断基準を自由形式で記述してもらった。こちらから社会活動量の大きさとは何かを具体的に提示せずに、実験協力者へ判断を委ねている。

表 3.3: 社会活動量の大きさへの印象によって映像が並び替えられた結果

	社会活動量の大きさに関する印象順序
P1	F > E = D > H = C > B > J = G = I > A
P2	F > E > H > D = C > J > B = G = I > A
P3	F > E = H = C > D = G > J > I > B > A
P4	F > E > D = H > C > J = G = B > I > A
P5	F > E > D > H > C = J > I > G > B > A
P6	F = E = D > H > C > J = B = G = I = A
P7	D = C > F > B > E = H > J = G = I > A
P8	D > F > E > H = C > B = G > J = I > A

表 3.3 に実験協力者 8 人の主観評価の結果を示す。8 人の主観評価の傾向と分散を見やすくするために、これらの順序情報を数値に変換した。具体的には、10 個の映像の評価が高い順に 10,9,8,...,1 の点数を与えた。ただし、=の記号が使われた場合には、その範囲の平均点を与えた。

実験の結果

上記の手順で数値化した結果を図 3.4 にグラフ化した。その際、各映像ごとに 8 人から与えられた数値の中央値を求め、その順序で図中に表示した。中央値が同じ場合には平均値で順序を決定した。なお、図中には各実験協力者のデータから得られた値をプロットし、値の分散を大まかに見るために箱ひげ図を表示している。

この結果から以下のことが読み取れる。

- 対話>聞く>移動という行為の順序で社会活動量の大きさが評価された。
- 対話中に本人 (P1) が多く発話している場面の社会活動量が高く評価された。
- 場面 F, E, D のような会話場面、会話相手の人数が多い方がより高く評価された。
- 大勢と対面していても本人 (P1) が聞き手になっている場合は、社会活動量は低く評価された。
- 誰とも会わない場面は、全員が最も低く評価した。
- 本人 (P1) の印象と他者 (P1 以外) の印象には大きな違いはなかった。

評価基準に関する自由記述には、実験参加者が「本人 (P1) が発話しているかどうかを重視した」と書いており、このことは上記の結果とよく符合する。

なお、学会に参加していなかった P7 と P8 の 2 人だけ、上位に位置づけた場面が他の実験協力者と異なっていた。現場での体験の共有の有無が社会活動量に関する印象に影響する可能性が示唆され興味深い。今回の限られたデータからは有意なことは言えない。より多くのデータによる分析と議論は今後の課題としたい。

以上の通り、一部の場面については実験協力者の評価の分散が大きいものもあったが、全体としては概ね、複数の場面間の社会活動量の大小について、複数評価者の印象が一致していることが確認された。また、社会的場面における当事者の参加度が高いほど、つま

り、発話量が多かったり積極的にその場の活動に関わっているほど、社会活動量が高く評価されており、それはまさに筆者らが定量化を目指す社会活動量の定義そのものである。

提案手法によって計算された社会活動量と当事者らの主観評価による順位付けの比較分析と考察

ここまでで、筆者らが定量化を目指している社会活動量の定義が、当事者とその友人たちによる印象と良く対応していることが確認された。つまり、本論文で提案した方法、つまり、その近さと対面時間を考慮した上で対面者の顔の数を数えるという単純な方法が、当事者やその周辺にいる人たちの社会活動量に関する印象をどの程度再現できるかを確認する。

図 3.4 の主観評価データの右に、各々の映像データに提案手法を施して得られた値を表示した。比較対象として、近接性や時間継続性は考慮せずに各時刻に検出された顔の個数を加算するだけの方法で得られた値も示す。近接性とは、撮影画面全体に占めるその顔の面積の割合である (3.1 章 式 3.2)。時間継続性とは、同一の顔が連続して検出される継続時間である (3.1 章 式 3.1)。なお、顔検出の画像処理は 1 秒ごとに適用した。

この図 3.4 は、主観評価、提案手法、比較手法の 3 つの方法で定量化された値の変化の傾向を比較検討するために、一つの図の上に可視化したものである。それぞれの尺度は異なるものなので、それらの絶対値を比較することには意味がなく、ここでは、それぞれの分布を踏まえた相対値の比較をして、変化傾向の対応を見ることとする。

まず言えることは、提案手法 (図中の丸印) の並びは、一部のデータを除いて、右上がり、つまり主観評価の並びの傾向を再現していることが見てとれる。特に、場面 J と F に注目してほしい。場面 J は、多くの他者と対面しているため、単純に顔数を数えるだけだと社会活動量が過大評価されてしまう。事実、場面 J の既存手法の結果は全映像中で最も高い値をとっている。しかし実際には、カメラ装着者である P1 は集団の比較的遠くから発表者の話を受動的に聞いているだけであった。つまり、筆者らによる定義では社会活動

量は低くなるべきであり、図に見られるように、提案手法が提示した値は低めに抑えられている。

一方、場面 F は、見学中に出会った P2 と立ち話を始め、そこに他の知人 2 人が加わってきて話を続けるシーンである。つまり、対面者は 3 人だけであり、顔数を数えるだけの方法では値はそれほど大きくなる。しかし、この場面ではカメラ装着者である P1 が主に発話し続けており、その話を聞くために 3 人が近寄ってきている場面であり、筆者が定義するところの当事者の参加度は高い。その結果、場面を通した当事者の社会活動量は大きな値になることが期待され、事実、提案手法は 10 個の場面中で最も大きな値を提示した。このように、全体の傾向としては、筆者らの提案する社会活動量の計量手法は、うまく当事者およびその周辺の人々の印象を再現していると言えよう。

一方、大きくこの傾向から外れた場面がある。場面 E, D, H である。図中で破線で囲った通り、この 3 つの場面については、提案手法と比較手法の両方について、期待される値に比べて大幅に小さい値を示した。その理由は、図のサムネイルを見るとわかるように、対面者の顔が映像視野の外に出てしまっているために、顔検出がほとんどなされていないからである。場面 E と H ではいずれも、親しい友人 P2 と立ち話をしており、親しいゆえに立ち位置の近い時間が続き、胸に装着したカメラの超広角設定では顔を捉えることが難しかった。また、場面 D では、P1 本人はデモ機器を触りながらデモ発表者と会話をしている。P1 は一定の発話量を保っており、また、デモ機器を操作していることを考えると、筆者らの定義による参加度は高い値をとることが期待される状況であった。しかし、この場面では P1 はしゃがみ込んでデモを行っており、対話相手である発表者は頭上から覗き込むように対話に参加していた。したがって、提案手法から得られる社会活動量を当事者らの印象に近づけるためには、より画角が大きいカメラが必要であることがわかった。

図 3.4 を見ることで大まかな傾向を確認できたと考えるが、実際にどれくらい当事者らの印象を反映しているか定量的に確認する。筆者らの提案する社会活動量の計量手法は、単純に顔数を数える計量方法と比べてどれくらい印象との誤差があるのかを調べた。当

事者らの印象を定量的に扱えるようにするために、各社会活動量を 1 から 10 のスケールに変換し、場面 E, D, H 以外の 7 つの場面に対して、当事者らの印象との平均絶対誤差 (MAE: Mean Absolute Error) を計算した。得られた結果は、当事者らの印象と提案手法から得られる社会活動量の MAE は 0.89, 当事者らの印象と単純に顔数を数えて得られる社会活動量の MAE は 1.93 であった。したがって、近接性と時間継続性を考慮することで当事者らの印象に近づけることができたと考える。

一方、対話者の顔がカメラに映らなければ提案手法は無効である。この実験を含む長期的運用を通して発見したことであるが、人は誰かと親しく会話をしているときほど立ち位置が互いに近くなる。また、少人数 (2 人ないし 3 人) の立ち話では互いの正面に対面して立つことは稀であり、ある程度角度を保ちながら立つことが多い。したがって、対話相手が当事者の方を向いていたとしても、その顔を継続的に捉えることが難しい。そのため、筆者らが高い値を期待するような社会的状況であるときに、むしろカメラが対話相手の顔を捉えることができず、結果的に社会活動量の出力値が期待よりも小さくなってしまうことがある。このことは、現時点での提案手法の大きな弱点である。しかし、この弱点は技術的に十分改善可能であると考えられる。つまり、カメラ装着者の前面全体を半球状に捉えることができるくらいの画角の大きなカメラを使えば良いと思われる。次章ではその予備検討について述べる。

以下に、シーン (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) の詳細について述べる。

シーン A

カメラ装着者が一人で階段を降りる。廊下で数人とすれ違う。人と対話をする事はなかった。

シーン B

前半はカメラ装着者はデモの体験や見学をしている人混みの中を歩き、デモと発表者がいる方向へ進む。後半は発表者の前で手を伸ばしデモを体験する。展示物を発表者と見学者と一緒に触る。隣で他の見学者が発表者と対話をする。カメラ装着者

が発話をするとはなかった。

シーン C

カメラ装着者がデモを体験しながら発表者と対話をしている。互いに発話をしている。直接的な対話をしていないが、もう一人の発表者と見学者が近くにいる。その場を離れるときには他の多くの見学者とすれ違った。

シーン D

カメラ装着者がデモを体験しながら継続的に発表者と対話をしている。互いに発話をしている。座っているカメラ装着者の正面に会話相手が立っていた。対話相手の顔がカメラの画角に収まっていなく見切れていた。

シーン E

カメラ装着者と対話者 (P2) が一対一で会話をする。互いに発話や身振り手振りを交えて対話をする。途中、距離が近づいたり立ち位置が斜めになることがあった。対話相手の顔がカメラの画角に収まっていなく見切れているシーンがあった。

シーン F

カメラ装着者と対話者 (P2) が一対一で対話をする。その後に1名が対話に加わる。互いに発話や身振り手振りを交えて対話をする。3人で対話者 (P2) が持つ冊子を見て距離が近づく。一部、対話者 (P2) の顔がカメラの画角に収まっていなく見切れているシーンがあった。

シーン G

カメラ装着者が遠くから発表者の方向を向いて話しを聞く。発表者は見学者の方向を向いている。前半は隣に見学者が多くいた。後半は周囲を見渡す。対話や発話はしなかった。

シーン H

カメラ装着者が前半は遠くから発表を聞いた後に移動する。後半は対話者 (P2) と出

会い近距離および斜めの立ち位置で対話をする。対話は短く 20 秒ほどだった。対話者 (P2) の顔がカメラの画角に収まっていなく見切れているシーンがあった。

シーン I

カメラ装着者が発表者と見学者が対話をしている背後から話を聞く。何度か周囲を見渡した後、移動してポスターを読んだ。対話に直接的な参加はしなかった。

シーン J

カメラ装着者が遠くから発表者の方向を向いて話しを聞く。発表者は見学者の方向を向いている。カメラ装着者は他の見学者と向かい合う位置にいる。対話や発話はしなかった。

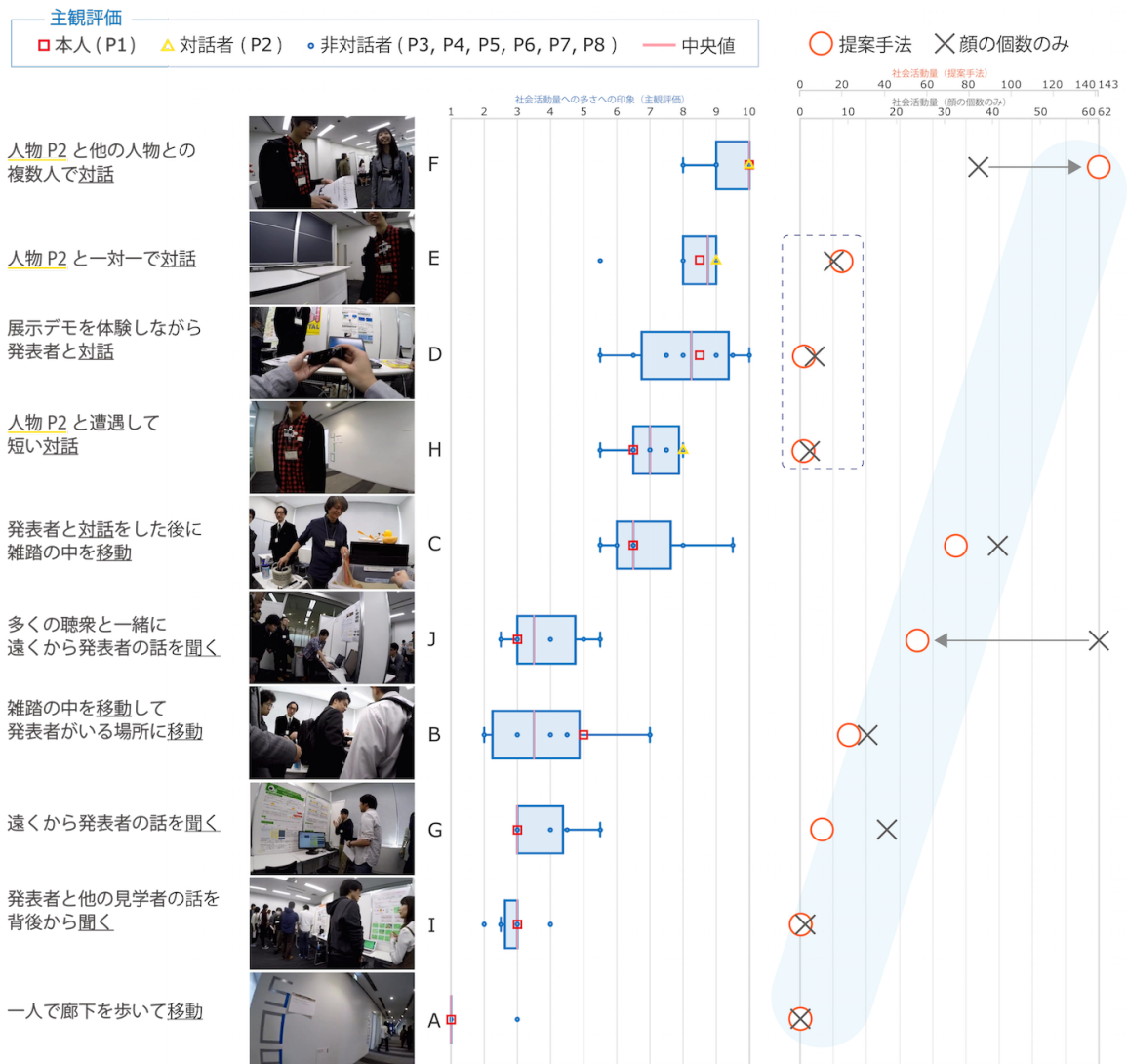


図 3.4: 映像データ (左), 本人, 対話者, 非対話者による社会活動量の主観評価 (中央) と, 提案手法および顔数のみから計算された社会活動量 (右) の比較

3.1.3 評価実験で発見した課題の改善案の検討

評価実験により、課題として明らかとなった斜めや隣り合わせの対話シーンを計測する改善案を検討する。取り組む課題は、約 1m 以内の近距離で立ち位置が斜めの対話相手との対話シーンの計測、座っているカメラ装着者の正面に立つ対話相手との対話シーンの計測などである。半球カメラを用いることで、計測できる対面的な社会活動の種類が増やし、日々の社会活動への参加度を計測する提案手法の精度の向上に取り組む。

初めに、一人称ライフログ映像に用いるカメラの画角について説明し、実際に計測される近距離での斜めの対話例を示す。次章に、日々の行動から計測された斜めや隣り合わせの対話の例を示す。最後には、カメラの画角を広げることで斜めや隣り合わせの対話の計測の改善につながるか、どのような種類の対話を計測できるかを考察する。

一人称ライフログ映像に用いるカメラの画角の改善

画角が 200 度の半球カメラを用いて、斜めや隣り合わせの対話の計測への改善を検討した (図 3.5 参照)。実験で用いたカメラと半球カメラの両方を身につけて、ポスターセッションに参加した際の一人称ライフログ映像および社会活動計測の結果を比較した。図 3.5 の左側のシーンのように、半球カメラではない画角 (約 120 度) だと、約 1m 以内の近距離で立ち位置が斜めの対話相手の顔を捉えることができなかった。図 3.5 の右側のシーンのように、半球カメラの画角 (200 度) だと、立ち位置が斜めで近距離な一対一対話での相手の顔を検出し、計測することができることを確認した。

半球カメラに映り込む画像は魚眼になり歪んでいるため、OpenFace で使われていた顔検出モデルではなく、CNN で学習され、GPU 環境で動作する顔検出モデルを使用した。これにより、シーンの端に映り込む歪んだ顔を検出する。使用した半球カメラは、Raspberry Pi Zero W、画角が 200 度のカメラモジュール、モバイルバッテリーから成る。5 秒おきの間隔で画像を記録する。



GoPro HERO4
SuperViewモード

Camera Module for Raspberry Pi
Wide Angle FOV200°

図 3.5: 一人称ライフログ映像に用いるカメラの画角の改善

日々の行動から計測された斜めや隣り合わせの対話

大学構内および外出先で、半球カメラを用いた一人称ライフログ映像から社会活動計測を行うと、様々な種類の斜めや隣り合わせの対話を計測することができた。以下に、計測された対話シーンの詳細を示す。最後には、カメラの画角を広げることで斜めや隣り合わせの対話の計測の改善につながるか、どのような種類の対話を計測できるかを考察する。なお、以下に示す図 3.6, 図 3.7, 図 3.8 に描画されている顔検出の黄色い枠は、時間連続性があり対話判定のものである。白い枠は、時間連続性がなく対話判定されていないものである。

作業中の対話：一対一での作業中の対話が計測されたシーンを図 3.6 に示す。いずれのシーンも一対一で各々が PC を操作している状況の対話である。左側のシーンは、院生室で個々人の座る位値が固定されている場所での対話である。中央のシーンと右側のシーンは、共有スペースでの対話である。

食事中的対話：一対一、一対多での食事中的対話が計測されたシーンを図 3.7 に示す。いずれのシーンも複数人でテーブルを囲んだ状況での対話である。また、前と隣に知人が



図 3.6: 作業中の対話シーン

座っている状況である。



図 3.7: 食事中の対話

自身と相手に姿勢が異なる対話：作業中や食事の中の場面の中で特に、一対一、一対多での自身と相手に姿勢が異なる対話が計測されたシーンを図 3.8 に示す。いずれのシーンも自身と相手に立っている状況と座っている状況が異なる対話である。左側のシーンは、近距離でカメラ装着者が立ち、相手が座っている状況での対話である。このシーンのカメラ装着者は食事に席を移動する際に対話をしている。中央のシーンは、近距離でカメラ装着者が座り、相手が立っている状況での対話である。このシーンのカメラ装着者は共有スペースで座りながら対話をしている。右側のシーンは、カメラ装着者が座り、遠くで相手が立っている状況での対話である。このシーンのカメラ装着者は発話せずに話を聞いている。自身と相手に姿勢が異なる対話が計測された。

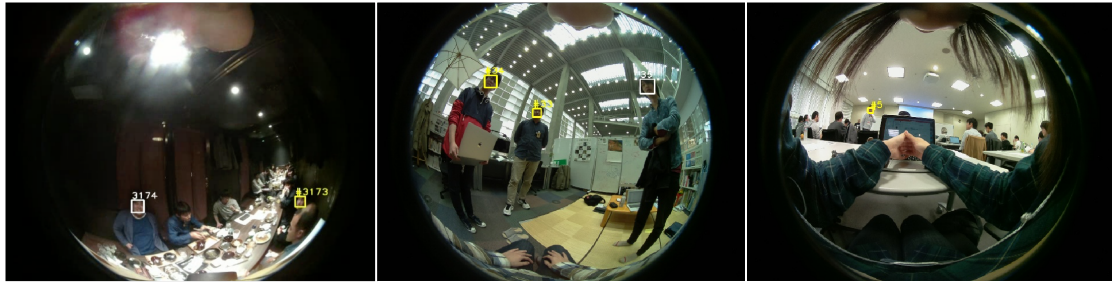


図 3.8: 自身と相手で姿勢が異なる対話

評価実験で発見した課題の改善案の検討に関する考察

カメラの画角を広げることで、立ち位置が正面ではない対面時の参加度も計測することができた。具体的には、作業中に PC を介した対話や、複数人でテーブルを囲んだ食事での対話、自身と相手で姿勢が異なる対話を計測することができた (図 3.6, 3.7, 3.8)。

ただ、魚眼の歪みがあるため頑健な顔検出器を使用する必要がある。OpenFace で使われていた顔検出モデルではなく、CNN で学習され、GPU 環境で動作する顔検出モデルを使用することとした。また、歪みから顔が映り込む場所によって顔の大きさが変わる。これに関しては、歪みを除去するか、あるいは立ち位置によって顔の大きさの重み付けを再考することで改善できると考える。

以上から、半球カメラを用いることで計測できる対面的な社会活動の種類が増え、日々の社会活動への参加度を計測する提案手法の精度の向上につながる。しかし、魚眼の歪みに伴う顔検出への影響および立ち位置による参加度の重み付けの考慮は、今後の展望として残る。

3.1.4 日々の対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用の予備検討

システムの背景

スマートフォンやスマートウォッチなどを用いて、歩数や睡眠量などが可視化された結果を振り返ると、運動や睡眠の量や質を意識して行動することができる。本研究では社会活動量を計測し、その結果を当人に可視化することで、振り返りができるようにする。

システムの目的

日々の対面的な社会活動を客観視できるようにする (図 3.9 参照)。生活の中で意識することが難しい対面的な人との関わり合い方の傾向を知る手掛かりになると考える。システムの機能を示し、使用して得られた結果について考察する。

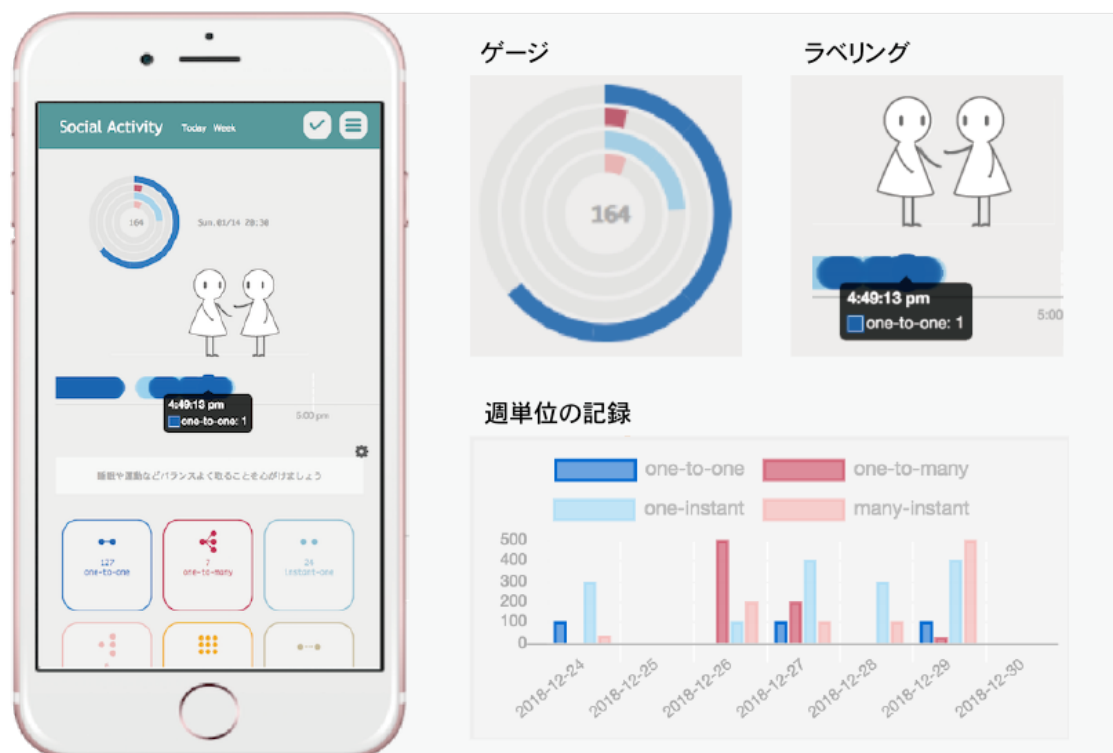


図 3.9: 日々の対面的な社会活動の可視化

システムの機能

システムの機能として、「社会活動量を計測する機能」、「社会活動の状況をラベリングする機能」、「計測結果を1日単位で振り返る機能」、「計測結果を1週間単位で振り返る機能」がある。それぞれについて詳細を示す。

社会活動量を計測する機能：第3.1章に基づいて、人との対面時の参与度を時間方向に積算した値を社会活動量と定義して計測する。これにより、持続した対面対話と瞬間的な人とのすれ違いを数え分けて、社会活動量を計算する。

社会活動の状況をラベリングする機能：時間継続性と検出された顔の個数をもとに、以下の4つの状況を定義した(図3.10参照)。

1. 一対一対話：連続検出された顔が1つだけある状況
2. 一対多対話：連続検出された顔が2つ以上ある状況
3. 一人との瞬間的な対面：新たに1つだけの顔が検出された状況
4. 多人数との瞬間的な対面：新たに2つ以上顔が検出された状況

時間継続性がある状況を、対面対話が成立している状況であると解釈する。初期状態と顔検出なしの場面は独りであると解釈する。第3.1章に基づいて、連続して検出された顔にIDを割り当て、時間継続性を判定する。時間継続性と検出された顔の個数に基づいて状態が遷移する。

ラベリングでは、1つのフレームに連続検出された顔と新規検出された顔が混在した場合、対面対話が成立している状況を優先する。例えば、多人数との瞬間的な対面と同時に一対一対話をしていた場合、社会活動量は数え分けて各々の値が記録されるが、ラベリングではフレームのシーンを一対一対話と解釈する。また、遠くの人に向けて発話をしたり、逆に遠くの人の話を聞く状況のような対面対話もラベリングする。そのため、対面的な社会活動状況をラベリングする際には、距離の近さを考慮していない。

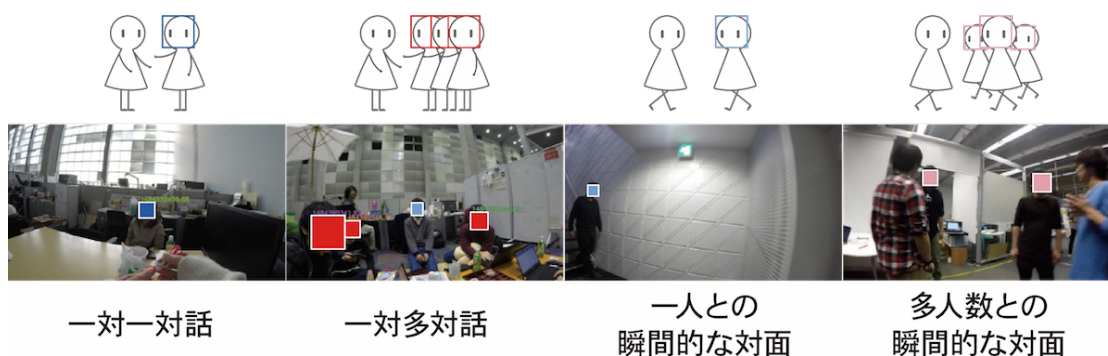


図 3.10: 対面的な社会活動のラベリング

対面的な社会活動量のゲージ：カメラ装着者の対面的な社会活動への参与度である社会活動量は、フレームごとに人数、距離の近さ、時間継続性から算出された値の時間積算とする。そして、一対一対話、一対多対話、一人との瞬間的な対面、多人数との瞬間的な対面の4つの状況に分けて値を記録する。例えば、多人数との瞬間的な対面と同時に一対一対話をしていた場合、社会活動量は数え分けて各々の値が記録される。具体的には、一対一対話の社会活動量を計測する際には時間継続性の重みを与えて、社会活動量が大きくなるように計算する（3.1章、式(3.1)参照）。利用する際には、1日の目標値を設定して、達成されたかどうかを確認する。

1日単位での振り返り：対面的な社会活動量のゲージに加えて、1時間ごとの社会活動量を記録して棒グラフで可視化する。これにより、24時間における推移を確認し、午前と午後の活動の傾向を把握する。図 3.11 の上半分にあるグラフは、2018年12月3日（月）の計測結果である。カメラ装着者は、研究室の学生である。本来であれば計測は24時間を想定しているが、今回は人と過ごす時間が比較的多くなる大学滞在中の時間とした。図 3.11 の下半分には、計測した1時間毎のシーンを参考に載せている。1時間毎のシーンはシステム上では提示していない。この日は、午前から大学構内でミーティングがあり、解散直後および昼食時に対話があった。その後も対話が行われていた。つまり、午前10時から午後6時までの行動で、対面的な社会活動が行われていたことが読み取れる。加えて、午後を中心に一対一だけでなく一対多での対面対話が行われていたことがわかる。

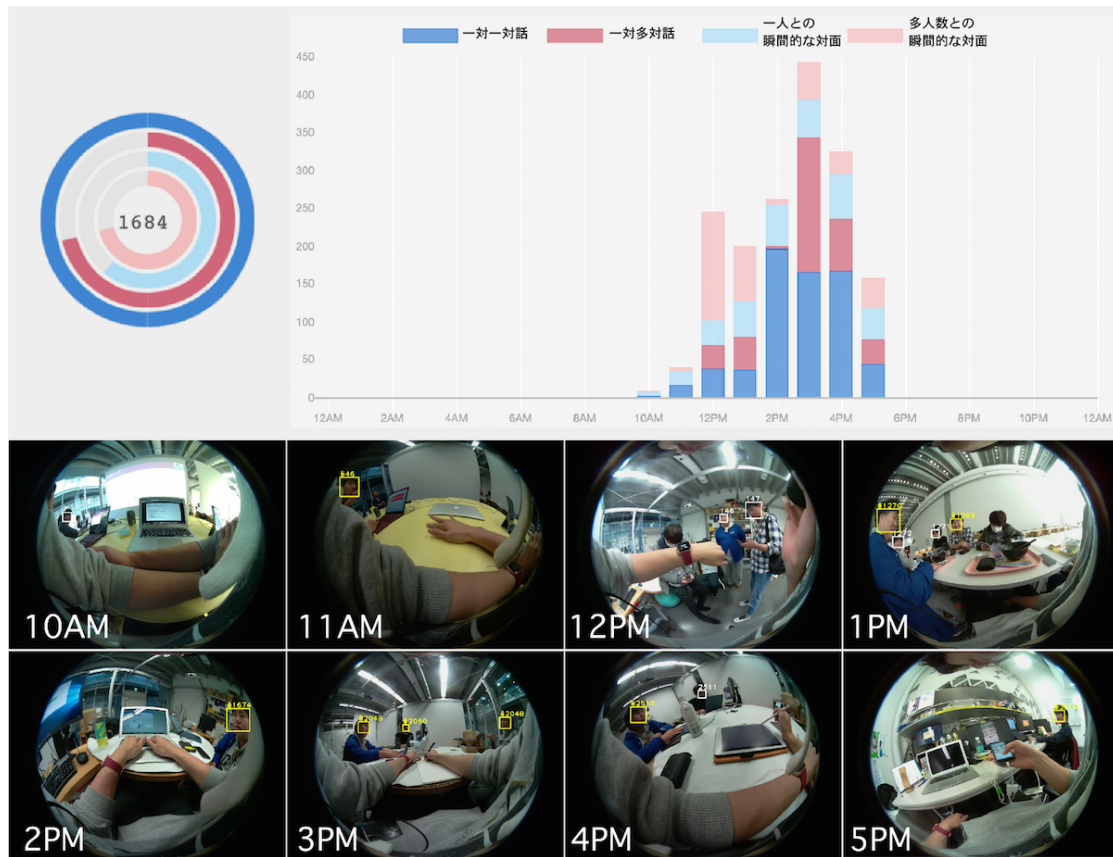


図 3.11: 1日単位での振り返り

週単位での振り返り：1日毎の社会活動量を記録して棒グラフで可視化する。これにより、1週間における推移を確認し、休日と平日や、イベント時の活動の差の傾向を把握する。図 3.12 の上半分にあるグラフは、2018 年 11 月 26 日（月）から 12 月 3 日（月）までの計測結果である。図 3.12 の下半分には、計測した日毎のシーンを参考に載せている。日毎のシーンはシステム上では提示していない。計測日は、11 月 26 日（月）、11 月 30 日（金）、12 月 3 日（月）の 3 日間である。社会活動量が 0 の日は、計測をしていない日である。カメラ装着者は、1 週間のうち計測した 3 日間は人と対面的な社会活動をしていたことがわかる。1 日の結果だけでは量の多さの判断が難しいが、1 週間からの計測結果を見ると量の多さがわかる。つまり、12 月 3 日（月）に多くの人と対面的な社会活動をしたことが読み取れる。加えて、その日は一対多対話が多かったことがわかる。11 月 26 日（月）、11 月 30 日（金）では、カメラ装着者は一対一対話をしていたことがわかる。

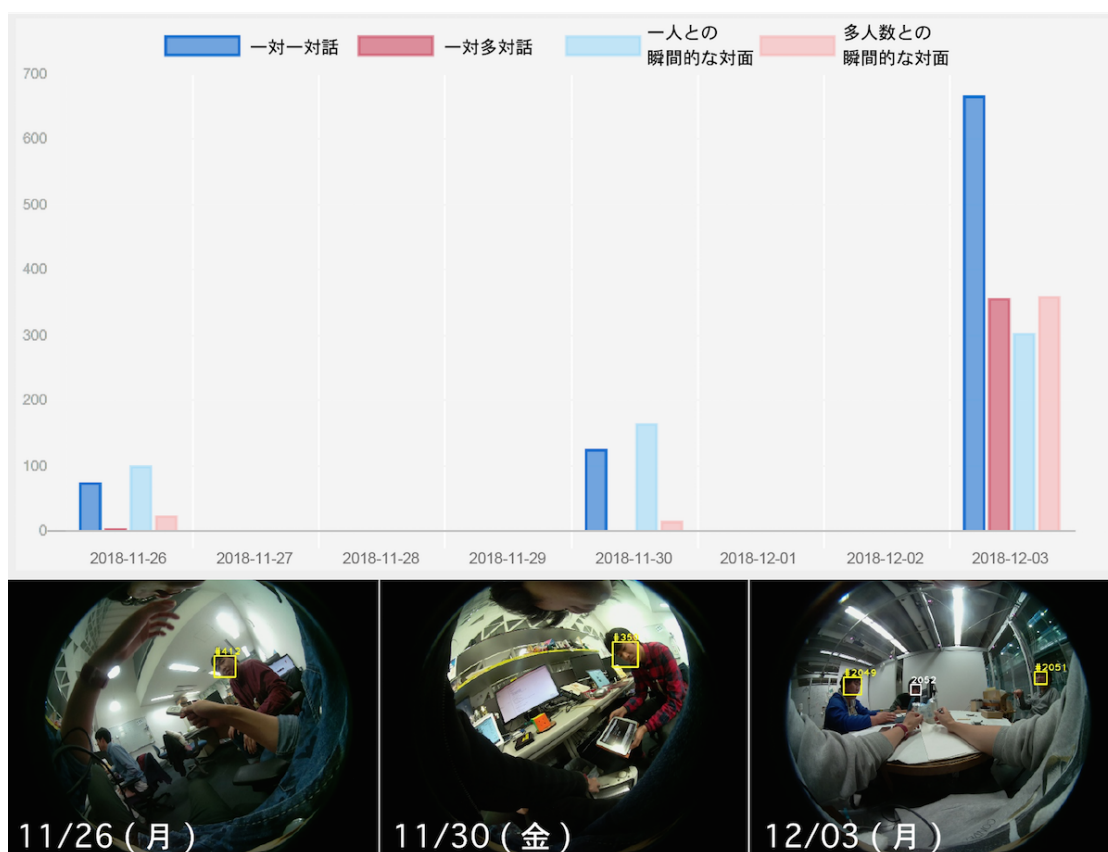


図 3.12: 週単位での振り返り

対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用に関する考察

一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて日々の対面的な社会活動を計測した結果を可視化するシステムへの応用を検討した。生活の中で意識することが難しい自身や他者の対面的な人との関わり合い方の傾向を知る手掛かりになると考える。

図 3.11 から、カメラ装着者の 1 日の社会活動量のピークが 15 時台であったことがわかる。つまり、1 日の中で、人と対面するだけでなく対話する量を時間帯と紐付けて客観的に把握することができる。また、カメラ装着者は一対多対話よりも一対一対話を多くしていたことがわかる。これは、多人数と一緒に過ごしていても、発話などの主体的な行動をしなければ同時に多人数の顔が向き続けない傾向があるため、程よく一対一対話をしていくと解釈することができる。

図 3.12 から、カメラ装着者の 1 週間のうち 3 日間は人と対面的な社会活動をしていたことがわかる。12 月 3 日（月）に最も多くの人と対面的な社会活動をしたことが読み取れる。1 日の結果だけでは量の多さの判断が難しいが、1 週間からの計測結果を見ると量の多さがわかる。つまり、1 週間の中で、人と対面するだけでなく対話する量を日にちと紐付けて客観的に把握することができる。

カメラ装着者自身や対話者および第三者が、日々の社会活動への参与度を振り返ることによる行動変容の定量的および定性的評価については、今後の展望として残る。日々の社会活動を振り返るシステムを運用することで、どのような対面的な社会活動だと充実感があるのか、あるいは孤独感や疲労感があるのかについての知見につながると考える。さらには、身体活動量計と併用することで、対面的な社会活動への参与度と運動量の関係についての知見にもつながると考える。

3.1.5 小括

まとめ

カメラを胸に身につけて行動することで対面相手の顔を数え上げ、カメラ装着者の参与度を推定し、日々の社会活動を数え分けて計測する手法を提案した。社会活動量に関する主観評価実験の結果から、発話やジェスチャそのものを計測せずに、カメラ装着者が主体的な行動をした際に向く相手の顔を検出することで社会活動量を計測できることが示唆された。加えて、直に人と関わり合う社会活動量を主体性を考慮して計測するためには、距離の近さと時間継続性を考慮することが重要であることがわかった。

一方、斜めや隣り合わせでの対話が多く、180度以上のカメラの画角が必要なことがわかった。200度の半球カメラを使った結果、立ち位置が正面ではない対面時の参与度の計測を改善できることが示唆された。具体的には、作業中にPCを介した対話や、複数人でテーブルを囲んだ食事時の対話、自身と相手で姿勢が異なる対話である。しかし、後ろ向きの人との関わり合いの計測、個人差があるシーンを配慮した計測については提案手法の限界として残る。

最後には、一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいて日々の対面的な社会活動を計測した結果を可視化するシステムへの応用を検討した。日々の行動から対面的な社会活動を数え分けて計測した結果を数値やグラフとして可視化すると、1日や1週間の中で、人と対面するだけでなく対話する量を時間帯や曜日に紐付けて客観的に把握することができる。生活の中で意識することが難しい自身や他者の対面的な人との関わり合い方の傾向を知る手掛かりになると考える。

今後の展望

提案手法の精度については、半球カメラの魚眼の歪みに伴う顔検出への影響および立ち位置による参与度の重み付けの考慮を行うことで、より向上されることが考えられる。

カメラ装着者自身や対話者および第三者が、日々の社会活動への参加度を振り返ることによる行動変容の定量的および定性的評価についての研究が進むと、日々の社会活動における充実感の向上および孤独感や疲労感の軽減のような社会的健康 [31] への行動変容の支援につながるフィードバックを行うための研究につながると考える。

さらには、複雑な社会的関係や心理状態とは別の視点として、人と対面する社会活動への参加度は、若者や高齢者のひきこもり [84] やうつ病 [36] の傾向がある当人、家族の人、周囲の人を支援する手掛かりの1つになると考えている。身体活動量計と併用することで、対面的な社会活動への参加度と運動量の関係についての知見にもつながると考える。

3.2 社会活動量計の実用化へ向けた検討

人と対面的な関わり方を調整するきっかけを提供するための「顔数計」を生活環境下で使用できるように、顔数計のインターフェース設計と社会活動量を振り返る Web アプリケーションの実装に取り組む。最後には、生活環境での予備実験を行った結果について説明する。

本システムは、対面的な人との関わりを数値化する顔数計と、量と状況を可視化する Web アプリケーションで構成される。顔数計は、一人称ライフログ映像中の対面する相手の顔の大きさと時間継続性から、人とすれ違う量と、人と向き合う量を数え分ける (3.1 章と同様の手法を用いる)。Web アプリケーションは、その結果を用いて社会活動の量と状況を可視化する。顔数計で一人称ライフログ映像を記録し、バッチ処理で社会活動の量と状況を csv に保存して、その結果を Web アプリケーションで読み込み表示する。顔数計を生活環境下で使用できるようにし、カメラ装着者が日々の社会活動量とその傾向を振り返ることで、どのように人と関わっているのかを見直すことを期待している。

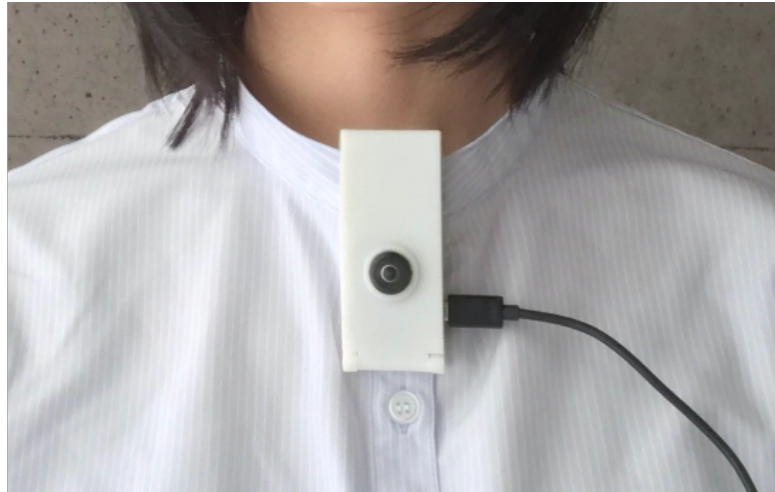


図 3.13: 胸元に身につける顔数計

3.2.1 日々の人との関わり具合を振り返る顔数計

本節では、「インタフェース設計」「Web アプリケーション」の観点から顔数計について説明する。インタフェース設計では、顔数計を生活環境下で使用できるように工夫した内容について説明する。Web アプリケーションでは、顔数計で csv に保存された結果を使用して、社会活動の量と状況を可視化する方法について説明する。

インタフェース設計

利用時は胸元に身につけるか、胸ポケットに身につける (図 3.13 参照)。頭に身につけると、頷いたり、よそ見をする際に画像が安定せず、相手の顔の振る舞いを認識することが難しいからである [86]。

顔数計は、Raspberry Pi Zero W , 画角が 200 度のカメラモジュール, モバイルバッテリーから成る。顔を検出する処理をする際の解像度は、超広角カメラに写り込む小さな顔を検出するために (1728, 1296) と設定することとした。

長時間、常に体に身につけるため装着しやすいように、重たいバッテリーは一体化せずにポケットに入れることにした (図 3.14 参照)。また、カメラを安心して体に装着するに

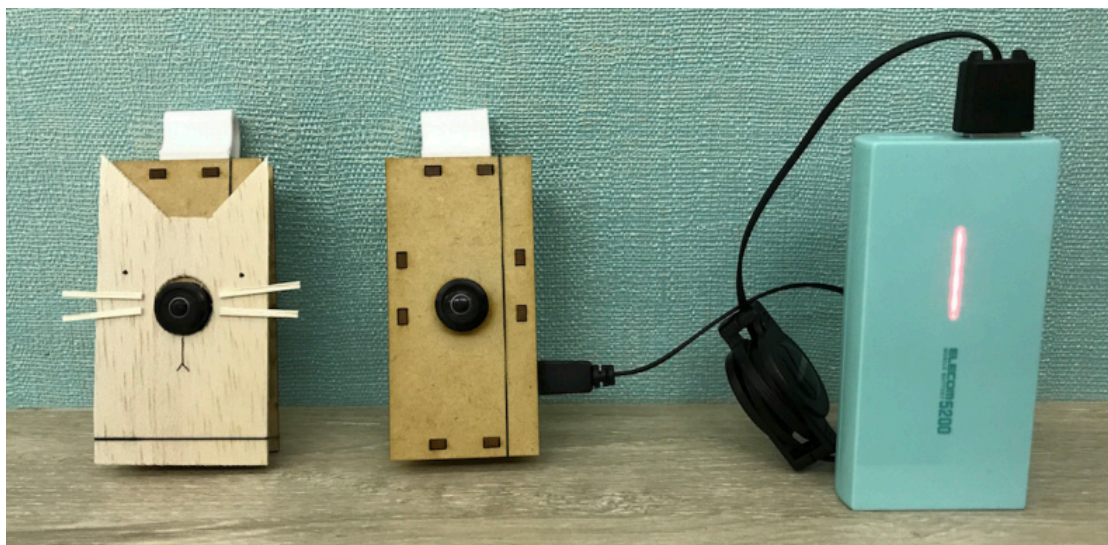


図 3.14: 顔数計の全体の様子 (プロトタイプ)

は、当人と周囲の人がカメラだと分かるかつ緊張しないデザインにすることで利用のしやすさにつながると考え、デザインの一例として図 3.14 の左のように見た目を工夫した。なお、これはプライバシーへの配慮をソフトウェア技術だけでなく人の認知を利用したものである。

プロトタイプとして、Raspberry Pi Zero W とカメラモジュールを入れるケースの切り出す際に、Adobe Illustrator を用いてデータを作成した (図 3.15 参照)。素材には軽くするために厚さ 2.5mm の MDF を使用した。また、頑丈かつ組み立てやすいように、レーザーで燃える分も考慮して設計し MDF がきつくはまるようにした。念のため輪ゴムでも補強する。使用したクリップは、新山ら [100] の技術的協力のもと、3D プリンタによって生成されたものである。そして、同様に新山らの協力のもとプロトタイプを改良したものが、図 3.13 のクリップとケースが一体化したものである。クリップ接続部分は、図 3.16 のようにプロトタイプ版では独立していたが、改良版ではケースと一体化している。また、モバイルバッテリーを接続して使用するため、ケースの側面は閉じずに開放している。

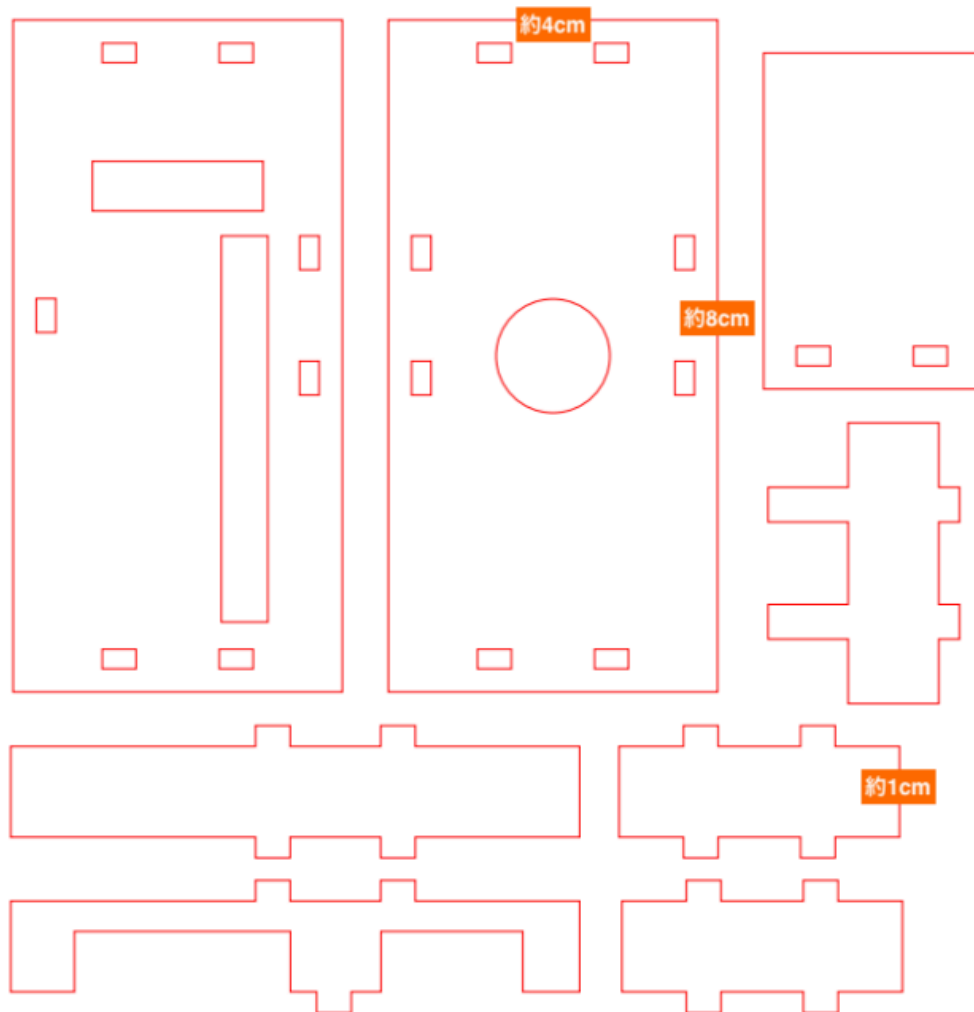


図 3.15: Raspberry Pi Zero W とカメラモジュールを入れるケースの切り出し

顔数計のケース

プロトタイプ版
クリップ：独立型

改良版
クリップ：一体型



図 3.16: 顔数計のケースとクリップ部分



図 3.17: 人との関わる量と状況の可視化システム

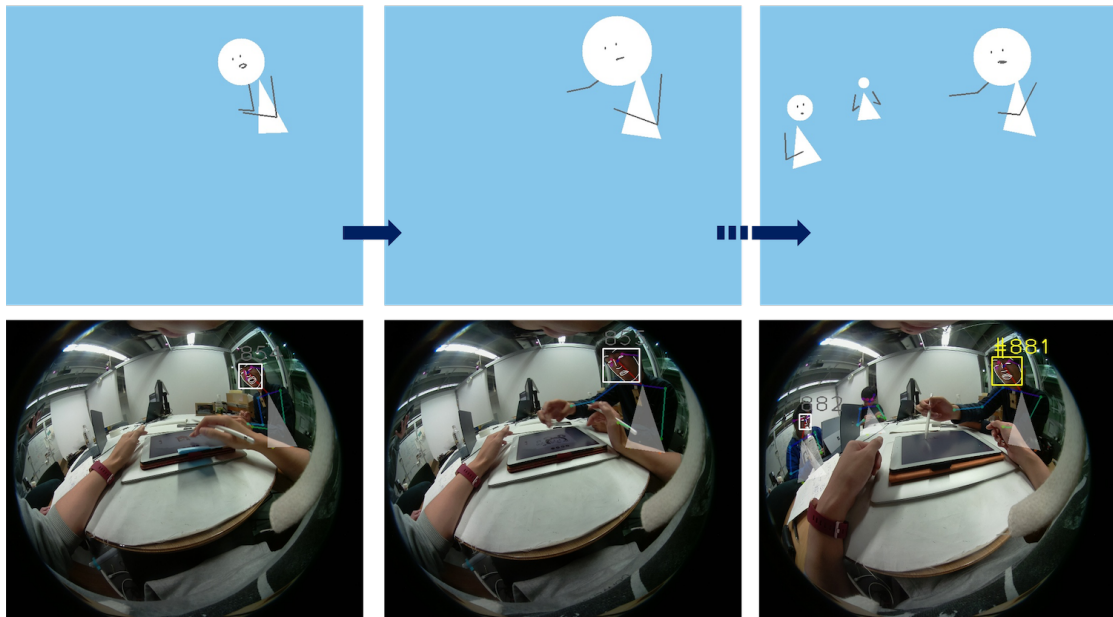


図 3.18: アニメーションの時間変化



図 3.19: アニメーションの表情



図 3.20: 1 日における 1 時間ごとの人との関わり

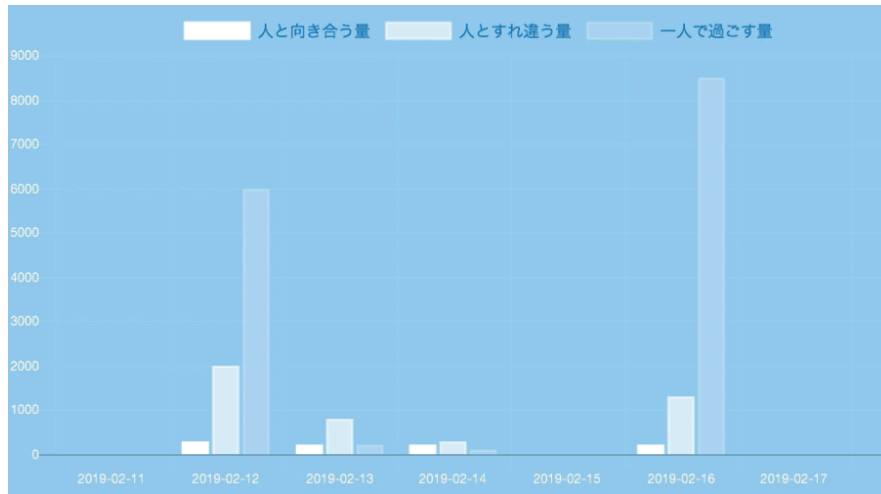


図 3.21: 1 週間における 1 日ごとの人との関わり



図 3.22: 人との関わり方を一緒に振り返ってもらった

人との関わり方を見直す Web アプリケーション

どのように人と関わっているのかを見直すための Web アプリケーションを作成した (図 3.17 参照). メーター (人と過ごした量, 人と向き合った量, 人とすれ違った量, 一人で過ごした量といったパラメータに分けた社会活動量の可視化), バランス (複数のパラメータをまとめた傾向の可視化), 対話のフォーメーション (人と関わる際によくとる位置), アニメーション化と時間軸へのラベリング, 1 日と 1 週間の人との関わり具合の可視化に取り組んだ. Web アプリケーションで使用する各パラメータの数値は, 顔数計で一人称ライフログ映像を取得した後にバッチ処理で保存された csv から読み込む.

メーター：社会活動量の可視化

図 3.17 の①のように, 1 日において, どれくらい人と過ごしたのか, その中でどれくらい向き合い, すれ違ったかのかを振り返る. 本 Web アプリケーションでは, 一対一対話, 一対多対話のことを人と向き合った状況であると定義し, 人との瞬間的な対面をすれ違った状況と定義して可視化する. 3.1.4 章では, 一対一対話, 一対多対話, 一人との瞬間的な対面, 多人数との瞬間的な対面として分けて可視化していたが, 他の機能を合わせると情報量が多くなり認知負荷を与えてしまうと考え, 可視化方法を変更した. また, どれくらい誰とも対面せずに一人で過ごしたのかを振り返る機能を実装した. 社会活動量をこれらのパラメータで分けてメーターにすることで, 各々の人と関わる数値を当人が把握し, 調節することへの動機付けを狙った. 顔数計では, 人と関わる量を調節するために, 一人で過ごす量も積極的に加算することにした. メーターを描画する際には, Chart.js のライブラリを使用した.

誰とも対面せずに一人で過ごす量の定量化に関しては, カメラに映り込む顔が 5 分以上ない状況を数える. 人とすれ違う, 向き合うときのように, 一人で過ごす状況においても時間継続性を考慮する. これにより, 小休憩をたくさん挟んだ日と, ある程度まとまった時間で一人で過ごした日で異なる値を得る.

バランス：複数のパラメータをまとめた傾向の視覚化

図 3.17 の②のように、どのようなバランスで人と関わっているのかという複数のパラメータをまとめた傾向を振り返る。一人で過ごすことが長期間続くと他者と関わることが怖く感じ、すれ違いが続くと孤独感を感じ、人と向き合い続けると疲れを感じることもある。そのため、量を増やすだけでなく、程よく人と関わることへの動機付けを狙った。絵を描画する際には OpenCV のライブラリを使用した。具体的には、ハートの画像の位置を定量化の結果に基づき移動させ、背景画像に重ねる処理をしている。中央の位置に来た場合は、3つの活動のバランスが取れていることを意味する。

対話のフォーメーション

図 3.17 の③のように、どのような位置関係で人と関わったのかを振り返る。立ち話のほか、食事の席、ミーティングの席などでの周囲との位置関係の傾向を把握する。どのような距離感や位置をとると、より人とうまく関わって過ごせるのかに気づき、行動することへの動機付けを狙った。絵を描画する際には OpenCV のライブラリを使用した。具体的には、顔検出して計算される顔の大きさと座標に応じて 8 種類の位置に数え分け、その位置に基づいて半透明の円を背景画像に重ねる処理をしている。1 日毎に対話のフォーメーションは更新される。例えば、図 3.17 の対話のフォーメーション結果では、カメラ装着者の右側だけが薄い状態になっている。これは、この日のカメラ装着者は、他者と斜め、正面、左隣の人と関わる傾向があることを意味している。なお、対話のフォーメーションの絵は、顔数計で一人称ライフログ映像を取得した後のバッチ処理時に出力される画像を読み込む。

アニメーション化と時間軸へのラベリング

図 3.17 の④のように、1 時間おきに、実際にどのように人と関わったのかをアニメーションで振り返る。図 3.18 のように、アニメーションは時間変化する。人とすれ違うと

き、人と向き合うときの相手の表情も気になる。笑顔の量だけを振り返ると、0 だったときに悲しくなってしまうため、図 3.19 のように、多様な表情を可視化することにした。数値だけでなく、実際の様子をアニメーションで振り返ることで、人との関わりを楽しむことへの動機付けを狙った。また、図 3.17 の④のように、人と関わって過ごした時間軸上に円を描く。その際に、白い円の透明度を変えて、人とすれ違ったときは半透明の白い円、人と向き合ったときは不透明の白い円にし、2 種類の人との関わり方を表現した。これにより、どのように人と関わっていたのかを実際の子のアニメーションと合わせて振り返る。なお、アニメーションの絵は、顔数計で一人称ライフログ映像を取得した後のバッチ処理時に出力される画像を読み込む。白い円は、バッチ処理で保存された csv から読み込んで描画する。

絵を描画する際には OpenCV のライブラリを使用した。具体的には、OpenPose を使った顔検出の際に得られる特徴点を利用している。正面以外を向く顔に表情は描画されない。時間軸上に円を描画する際には、Chart.js のライブラリを使用した。バッチ処理時に、人と向き合っているのか、すれ違っているのかの情報を csv に記録しておき、可視化の際に読み込む。なお、人と向き合うかつすれ違っている状況が混ざっている際には、ラベリングは向き合っている方を優先する。

1 日における 1 時間ごとの人との関わり

図 3.20 のように、1 日において、どの時間帯に、どのように人と関わったのかを振り返る。この画面に遷移するには、図 3.17 の⑤を選択する。1 日の行動パターンを把握することで、よりうまく人と関わるために午前と午後の時間の使い方を見直すことへの動機付けを狙った。グラフを描画する際には、Chart.js のライブラリを使用した。1 時間おきの和を csv から読み込み、描画する。

1 週間における 1 日ごとの人との関わり

図 3.21 のように、1 週間において、どの曜日に、どのように人と関わったのかを振り返る。この画面に遷移するには、図 3.17 の⑥を選択する。1 週間の行動パターンを把握することで、よりうまく人と関わるために平日と休日の時間の使い方を見直すことへの動機付けを狙った。グラフを描画する際には、Chart.js のライブラリを使用した。1 日おきの和を csv から読み込み、描画する。

3.2.2 生活環境での予備実験

数日間に渡り、2名の同研究室所属の大学院生に協力してもらって、顔数計による日々の活動の記録を行ってもらった。顔数計を身につけて行動してもらった数日後に、2名一緒に、自由に会話をしながら振り返りシステムを利用するように教示した(図 3.22 参照)。

ユーザ A は一人で過ごす量が多く、ユーザ B は人と過ごす量が多かった。振り返りシステムの利用時に、2名は以下のような会話をしていた。

ユーザ A プラスに考えたら一人でずっと作業してた。マイナスに考えれば、人と全然触れ合っていないことが分かるね。午後は一人だったけど、昼はみんなと一緒にいたんだ。

ユーザ B それにしても、(ユーザ A のメーターの数値は) どうしてそんなに低いのか。自分は(1日の1時間ごとのグラフを見ると)昼の間にこんなに数値が上がっている。

ユーザ A 端っこの席にいたからスコアが低かったのかな。

ユーザ B 自分も端っこの席にいたよ。おもしろい。

この会話の後にユーザ A は、自分が隣り合わせの会話をしなかったことに気がついた(隣の人と会話をしていなかったから、顔がカウントされていなかった)。また、次に以下のような会話もしていた。

ユーザ B こんなに人と一緒に過ごしたんだ。他の人とスコアを比べたい。自分が極端に多いのか気になる。

ユーザ A うん。挽回したい。他の人のスコアも気になる。

他の人とスコアを比べたいと、繰り返し述べていた。特にシステムの導入時には、複数ユーザのデータを用いて相対的な量の多さの提示が求められているとわかった。

3.2.3 小括

まとめ

社会活動量計の実用化へ向けて取り組んだ検討の内容について述べた。開発した対面的な人との関わりを数値化する顔数計と、量と状況を可視化する Web アプリケーションについて説明した。ハードウェアについては、使用する機器および構成、作成プロセスについて紹介した。ソフトウェアについては、社会活動量のメーター、社会活動量のバランス、対話のフォーメーション、社会活動のアニメーション化と時間軸へのラベリング、1 日における 1 時間ごとの人との関わり、1 週間における 1 日ごとの人との関わりの可視化機能について紹介した。最後には、実際に数日間使用してもらった当人に、システムを用いて振り返りをしてもらった際の記録を紹介した。他の人とスコアを比べたいと、繰り返し述べていた。特にシステムの導入時には、複数ユーザのデータを用いて相対的な量の多さの提示が求められているとわかった。顔数計を身につけて行動することによっても、気づきや行動に変化があることがわかった。

今後の展望

現状の顔数計では、リアルタイムで可視化結果を当人に提示することが難しい。なぜならば、超広角カメラに写り込む小さな顔を検出するために高解像度の画像から高精度の顔検出を行う必要があるからである。今後、小さなマイコンでも同様の処理が実行可能になることで、長期的に社会活動量を記録し、日々振り返ることによる行動変容に関する研究の発展を期待する。

また、3.2.1 章では実際にどのように人と関わったのかをアニメーションで振り返る機能を紹介したが、表情を笑顔や怒っている顔などに分類していない。ポジティブな対話がある一方で、ネガティブな対話があり、代表的な例として喧嘩が挙げられる。喧嘩するほど仲が良いということわざがあり、この言葉は人生を共に歩む夫婦や長年の付き合いがあ

る仲に対して使われることが多いと考える。Sanfordら [72] が734名の夫婦および同棲中のペアを調査した結果、意味のある喧嘩をした状態から仲直りができた場合、喧嘩するペアの方が満足度が高かったことから喧嘩は有益であることを示している。一方向的な対話や無視が続くと仲直りが難しいと考える。社会活動量の計測により、ネガティブな対話への支援に関する研究の発展を期待する。

第4章 社会活動量と身体活動量の関係に着目 した日常活動の分類および可視化

第4.1章では、社会活動量と身体活動量の計測方法、二次元平面上へのプロット方法について紹介する。第4.2章では、大学院生である著者自身の日常活動について階層型クラスタリングを行い、分類した結果および考察について示す。第4.3章では、著者および同研究室所属の全3名の同一空間上における活動について分析を行い、個人差を調べた結果および考察について述べる。第4.4章では、同研究室所属1名の半日における身体活動量と社会活動量の遷移を可視化した結果および考察について述べる。第4.5章では、2つ目の研究である社会活動量と身体活動量に基づいて、様々な日常活動を二次元平面上にプロットする手法に関する結論を示す。

4.1 社会活動量と身体活動量の計測

本章では、我々が開発した社会活動量計である顔数計を身体活動量計と併用することで、当人の様々な日常活動を二次元平面上で分類後、可視化し、当人の気づきを調べる。ライフログから生活を見直し、満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を期待している。

身体活動の量は、既存のスマートウォッチ型デバイスである Fitbit Versa [21] によって計測された。社会活動の量は我々が開発しているペンダント型デバイスである顔数計 [57] で計測された。

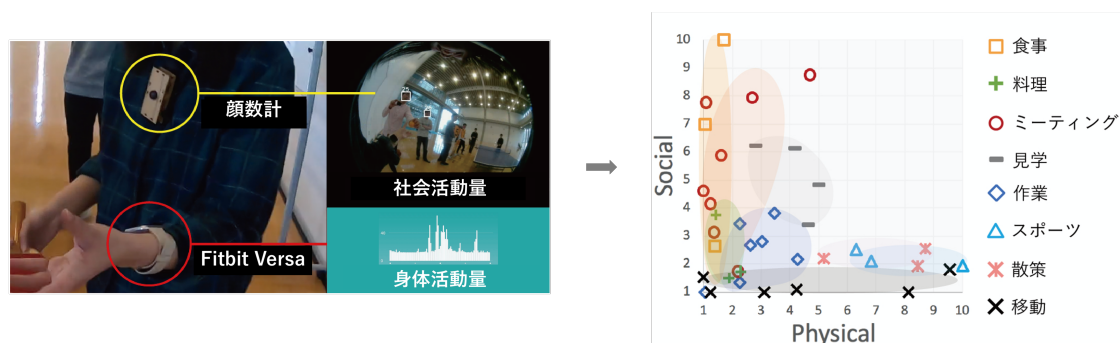


図 4.1: 顔数計と身体活動量計を併用した社会活動量と身体活動量の可視化例

4.1.1 身体活動量の計測

我々は、座る・立つ・歩く・走る・スポーツをするなどの活動を身体活動と解釈する。実装のしやすさを優先するため、加速度や角速度センサから推定せずに、既存のスマートウォッチ型デバイスである Fitbit Versa [21] を使用した。運動中の心拍数から推定されるカロリー消費量を使用して、身体活動量を計測した(図 4.1 参照)。

カロリー消費量は、身長・体重・年齢・性別の情報を使用して計算された BMR(基礎代謝率)に基づいて推定され、安静時に消費されたカロリーが含まれる。つまり眠っているときや動いていないときでも体はカロリーを消費するため、目を覚ますとデバイスで消費カロリーが表示され、この数値は 1 日を通して増加する。図 1 のように、消費カロリー量の最低値は 0 ではない。

Fitbit のアカウントページから、1 分間隔で記録される消費カロリー量の生データをダウンロードして、消費カロリー量の計算に使用した。なお、座る・立つといった非歩行時の身体活動を計測するために、歩数ではなく消費カロリー量を使用した。

4.1.2 社会活動量の計測

社会活動量は、3.1 章で述べたように、ある時点で計測対象者に向けられる他者の顔の数を数えることによって計測する。図 4.1 のように、対面する相手の顔を検出して数え上

げる。その際には、対面する相手との近接性と時間継続性を計算時に考慮することで質を評価している。

抽出した日常活動の一人称ライフログ映像を用いて、5秒毎の社会活動への参加度を取得した。なお、斜めや隣り合わせの対話を捉えるために、画角が200度のカメラを使用している。

4.1.3 二次元平面へのマッピング

今回は、各種10分間の日常活動について身体活動量と社会活動量を二次元平面にプロットした(図4.1)。Fitbit Versaから計測される消費カロリーの10分間の総量を計算し、身体活動量とした。また、顔数計から計測される日常活動の一人称ライフログ映像を用いて、5秒毎の社会活動への参加度を取得し、10分間の総量を社会活動量とした。このとき、二次元平面の横軸と縦軸は、各活動量の入力値の上限を10、下限を1として、1~10に収まるように正規化している。正規化は、以下のmap関数の計算方法[7]を用いた。

```
return (value - fromLow) * (toHigh - toLow) / (fromHigh - fromLow) + toLow;
```

$$\left(\begin{array}{l} \text{value: 変換する数値,} \\ \text{fromLow: 現在の範囲の下限,} \\ \text{fromHigh: 現在の範囲の上限,} \\ \text{toLow: 変換後の範囲の下限,} \\ \text{toHigh: 変換後の範囲の上限} \end{array} \right)$$

同一人物の様々な日常活動を可視化する際には、当人の37シーンの日常活動における身体活動量と社会活動量の上限値と下限値で正規化した値を使用した(4.2章を参照)。また、複数人の同一空間上での活動を可視化する際には、3名の6シーンの日常活動におけ

る身体活動量と社会活動量の上限値と下限値で正規化した値を使用した(4.3章を参照).
そして,同一人物の半日の活動遷移を可視化する際には,当人の7シーンの日常活動にお
ける身体活動量と社会活動量の上限値と下限値で正規化した値を使用した(4.4章を参照).

4.2 同一人物の様々な日常活動の可視化

著者自身である大学院生1名の日常活動(8種類,37シーン,各10分)について身体
活動量と社会活動量の二次元平面にプロットし,活動ごとの傾向を分析した.なお,今回
の計測は全て同一人物の計測データであるため,傾向は当人のものとする.

図4.2は,著者の様々な日常活動(8種類,37シーン,各10分)をクラスタリングし
た結果である.社会活動量と身体活動量に基づいて,ボトムアップ的に日常活動がどのよ
うに分類されるのかを調べた.食事,料理,ミーティング,見学,作業,スポーツ,散歩,
移動といった8種類の日常活動を計測した.図4.2の右に並んでいる写真は,各グループ
ごとに社会活動量が大きい順に順に並んでいる.写真の左上に書かれた数字は,左にある
クラスタリングで分類された結果順に与えられた番号を示している.

日常活動は,社会活動量・身体活動量の観点から,大きく4つに分類できることがわかった.
階層的クラスタリングにはUPGMA(Unweighted Pair Group Method with Arithmetic
Mean) [75]を用い,クラスタ間距離は各クラスタ間のすべての組み合わせのサンプル間
距離の平均とした.この方法は,連鎖効果や拡散現象が起きないため,よく利用されてい
る.4つのカテゴリーをA,B,C,Dグループと名付け,黄緑(A),赤(B),紫(C),
水色(D)と色分けをした.グループAは1~11,グループBは12~19,グループCは
20~28,グループDは29~37のシーンを含む.なお,図4.2,図4.3,図4.4の色彩は図
4.1と一致している.

図4.3はクラスタリングの結果を二次元平面上にプロットしたものである.横軸と縦軸
は,4.1章で説明したように,各活動の数値を1~10までの比率を保ちながら変換した値
である.社会活動と身体活動で偏りがなくなることがわかる.社会活動,身体活動ともに高い

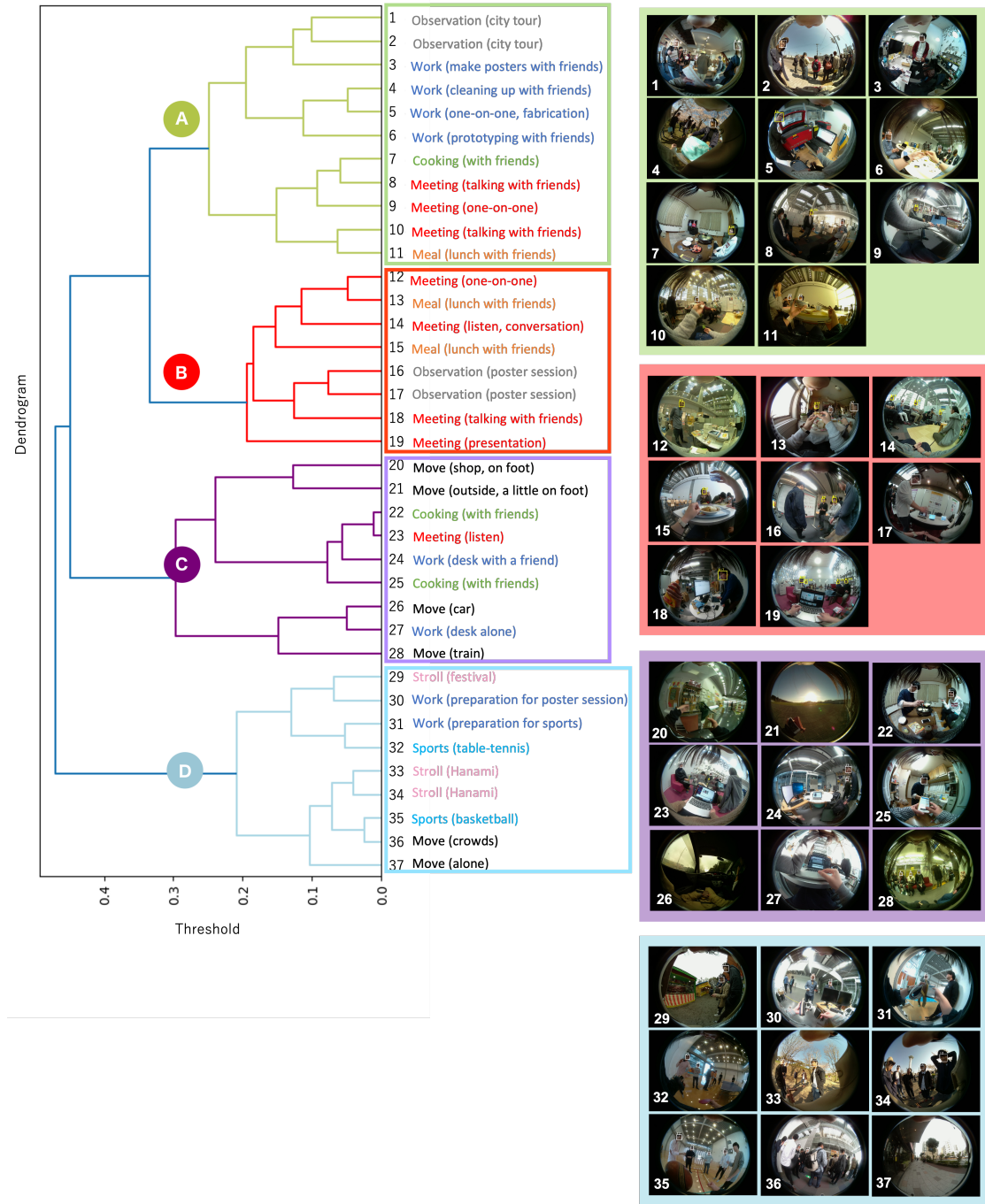


図 4.2: 同一人物（著者自身）の日常活動を分類した結果（8種類、37シーン、各々10分間）

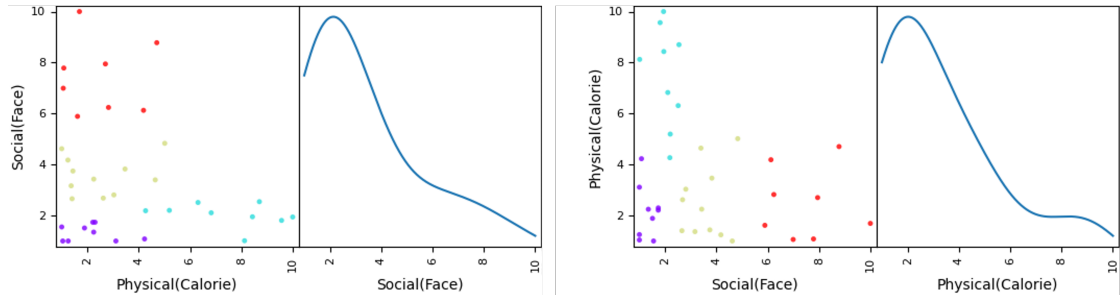


図 4.3: クラスタリングの結果を 2 次元平面上にプロットした結果

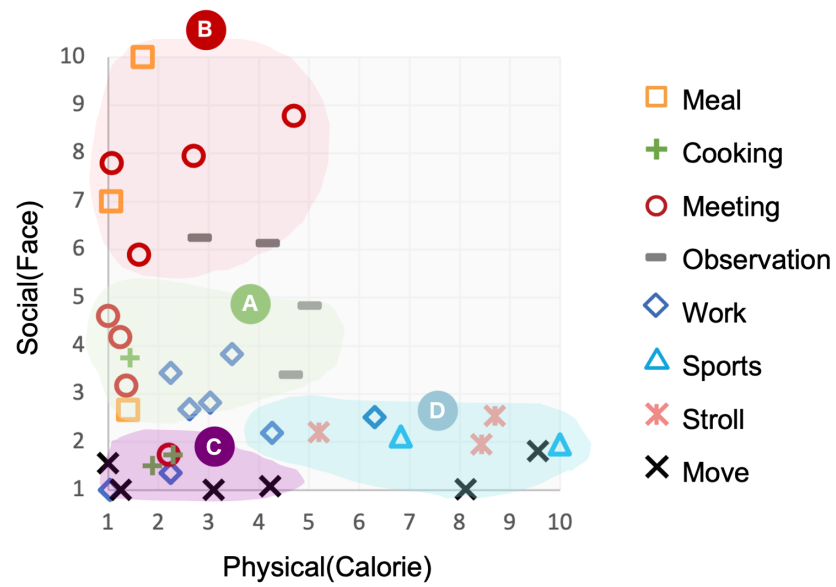


図 4.4: クラスタリングの結果をラベルを付けて二次元平面にプロットした結果

レベルのものは見られなかった。

図 4.4 は、クラスタリングの結果をラベルを付けて二次元平面にプロットしたものである。図 4.4 の各活動のラベルは、計測された日常活動の種類を表している。日常活動は 4 つのグループに分類された。身体活動と社会活動の両方をバランスよく一度に提供する A グループ、社会活動を提供する B グループ、どちらも提供しない C グループ、身体活動を提供する D グループに分類された。また、今回の結果においては、社会活動と身体活動の両方が高いグループは存在しなかった。なお、今回の結果は全て同一人物の計測データに基づくため、傾向は当人のもの限定され则认为。

以下に各々の活動シーンの傾向を記述する。なお、当人の印象に基づいた記述である。

食事 複数人で昼食をとるシーンを計測した。昼食時に座る位置と対話への参加具合によって、得られる社会活動量が変わる活動である。座ったままの食事であり、身体活動量はほとんど得られない活動であった。

料理 複数人で料理をするシーンを計測した。キッチンで手順を確認したり、物を置くなどをしていた。ホットプレートで焼いている間にはテレビを見たり友人と対話して過ごしていた。狭い空間での活動であるが、少しの身体活動量と社会活動量が得られる活動であった。

ミーティング 複数人や一対一で対話をするシーンを計測した。対話への参加具合によって、得られる社会活動量が変わる活動である。対話時に座る・立つ・移動する場合には身体活動量も得られる活動であった。

見学 ポスターセッションや市街地の見学ツアーに参加するシーンを計測した。対話への参加具合によって、得られる社会活動量が変わる活動である。対話時や対話の前後に移動が伴うため、身体活動量も同時に得られる活動であった。

作業 複数人や一人で作業をするシーンを計測した。持続的な対面対話は発生しなかったが、瞬間的なコミュニケーションがあり、少しの社会活動量が得られる活動であっ

た。また、誰かと一緒に物を作る、あるいは撤収する際には、座る・立つ・移動が伴うため、少しの身体活動量も同時に得られる活動であった。

スポーツ 複数人で卓球やバスケットボールをするシーンを計測した。持続的な対面対話は発生しなかったが、瞬間的なコミュニケーションがあり、少しの社会活動量が得られる活動であった。座る・立つ・歩く・走ることが多いほど、身体活動量が多く得られる活動であった。

散策 友人と花見をして公園を散策するシーン、お祭りの屋台を散策するシーンを計測した。持続的な対面対話は発生しなかったが、瞬間的な対面対話があり、少しの社会活動量が得られる活動であった。歩いて移動する時間が多いほど、身体活動量が多く得られる活動であった。

移動 複数人あるいは一人で移動するシーンを計測した。移動時に周囲に人がいる場合、少しの社会活動量が得られる活動である。乗り物を利用せずに、自分の足で移動するほど、身体活動量が多く得られる活動であった。

当人の日常活動の傾向としては、共食やグループミーティングをすると社会活動量を増やせることが分かる。また、散策やグループでスポーツをすると身体活動量を増やすことができる。そして、両方の活動量を一度にバランス良く増やしたい場合には、複数人で作業すると良いことが分かる。

一方、社会活動と身体活動の度合いによって、属するグループが変わる。つまり、他者と積極的に関わらない「食事」や「会議」は、「料理」や「友人とのデスクワーク」と同程度の活動量となる。また、移動が多い複数人での作業は、移動が少ない複数人での散策と似た活動量が得られる。さらには、今回の結果では、人混みの中の移動と友人とのバスケットボール、友人との花見散策では似た活動量が得られた。

本研究で得られた気づきは、すべて著者である同一人物によるものであり、一般的な傾向とは言えない制約がある。得られた発見を以下に記す。

- 社会活動量を増やそうと思ったときに、誰かと一緒に作業をすれば両方の活動をバランスよく一度に増やせて良い。
- 食事をしたり、人と会ったりして交流すれば、簡単に社会活動量を増やすことができる。
- 心身ともに疲れていても遊びたいときは、友達と一緒に料理をするのがいい。
- スポーツをした後に複数の人と食事をすれば、充実した一日になりそうである。
- 人と一緒に何かを観察する時間の方が、人と一緒に仕事をする時間より充実しているというのは、自分にとって意外な発見であった。
- スポーツと散歩は似ているので、散歩の時間を増やしたい。スポーツは苦手な散歩の方が好きなためである。

1日や1週間で、これらのような様々な活動を組み合わせることで、身体活動量と社会活動量をバランス良く得ることを目指せるのではないかと考える。我々は、身体活動量と社会活動量を組み合わせて可視化することで、当人にとって、どのような活動をするか精神面と肉体面の活動のバランスがとれるのかの示唆が得られると考える。

4.3 複数人の同一空間上での日常活動の可視化

参加者 A, B, C の計 3 名の同一空間上における日常活動（4 種類、6 シーン、各 10 分）について、二次元平面にプロットし、活動ごとの傾向を分析した（図 4.5 を参照）。

なお、参加者 A は大学教員であり、参加者 B, C は大学院生である。また、参加者 A, C は男性であり、参加者 B は女性である。大学では、複数人での作業、食事、ポスターセッションなどが日常的に行われる。

以下に各々の活動シーンの傾向を記載する。

作業 3名とも身体活動量と社会活動量の両方を一度に得られた。ポスターセッションを始める前に、複数人でカメラなどの機材の設置、ポスターの設置をしていた。物を調達する際に、瞬間的なコミュニケーションをしたり、歩いて移動したりしていた。

見学（ポスター） 3名とも身体活動量と多くの社会活動量を一度に得られた。ポスターセッションに参加していた。参加者Cのみ前半プレゼンターであった。参加者Aは聞き手であったが、発話しており、プレゼンターともう一人の聞き手の注目を集めていた。3名とも前半と後半でその場を移動していた。

見学（展覧会） 3名とも身体活動量と社会活動量の両方を一度に得られた。参加者Bは、誰かと持続的な対話をしていなかったため、社会活動量がほとんど得られていなかった。参加者A、Cは展示物を見る際に、近くの人やプレゼンターと対話していた。3名とも何箇所かの展示物を見て回っていた。

移動 社会活動量は得られず、身体活動量を得られた。3名とも歩いて移動し、車に乗り込み移動を続けた。参加者A、Cは瞬間的なコミュニケーションを僅かにしていた。

食事（飲酒なし） 3名とも社会活動量を得たが、各々で多さが異なっていた。参加者A、Cはメニュータブレットや注文するスマートフォンを手に取り、料理を注文する際に会話の中心になっていた。一方で参加者Bは、席の端に座り聞き手になっていた。

食事（飲酒あり） 参加者A、Cは多くの社会活動量と身体活動量の両方を得た。参加者Bはほとんどの活動量を得られなかった。参加者A、Cは会話に参加して盛り上がっていたが、参加者Bは席の端で隣の会話グループの話を聞いていた。参加者A、Cは飲酒をしており、身体活動量が多かった。

個々人で数値の大小の差、つまり個性があることがわかった。しかし、3名の活動がマッピングされる位置は、身体活動量と社会活動量の両方をバランスよく得られる活動、身体活動量が多く得られる活動、社会活動量が多く得られる活動といったグループに該当する傾向が見られた。

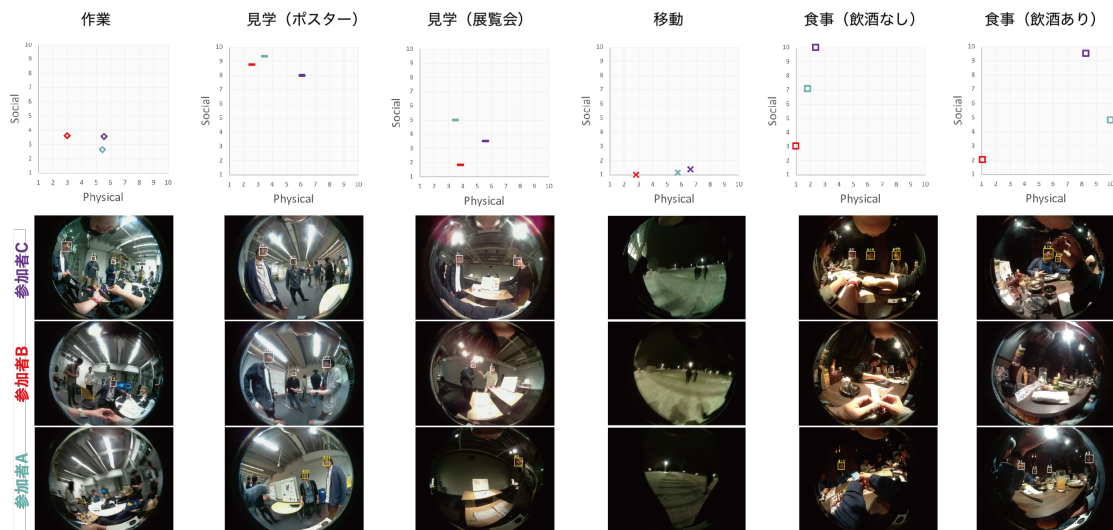


図 4.5: 複数人の同一空間上での活動

一方、飲酒による体内の活動によっても消費カロリー量が増え、参加者 A, C の消費カロリー量が増えたため、多くの社会活動量と身体活動量の両方を得られるという予想していなかった結果が得られた。日々の活動の中で、飲酒をする人は少なくないと思う。加速度センサなどを併用することにより、体内の活動と体を動かす活動を分けて計測できるのではないかと考える。また、飲酒によって得られる身体活動量と、運動によって得られる身体活動量を同じように扱うことに関して当人がどのような印象を受けるか調べて検討する必要があると考える。

なお、参加者 A, B, C の消費カロリー量は、運動中の心拍数、そして身長・体重・年齢・性別の情報を使用して計算された BMR (基礎代謝率) に基づいて推定され、安静時に消費されたカロリーが含まれる [21]。そのため、女性である参加者 B の身体活動量は他の 2 名と比べて少なくなっていることに注意したい。実際に当人に他者との活動量の比較を提示する際には、身体活動量を平等に比べられるように処理する必要があると考える。

4.4 同一人物の半日における活動遷移の可視化

身体活動量と社会活動量の両方を計測し、大学院生の半日における日常活動の遷移を可視化した（図 4.6 を参照）。同研究室に所属している学生に協力してもらい、データを取得した。4.3 章の参加者 C と同一人物である。

午前 11 時、午後 12 時、13 時、14 時、15 時、16 時、17 時時点の各 10 分間について身体活動量と社会活動量を二次元平面にプロットし、活動の傾向を調べた。

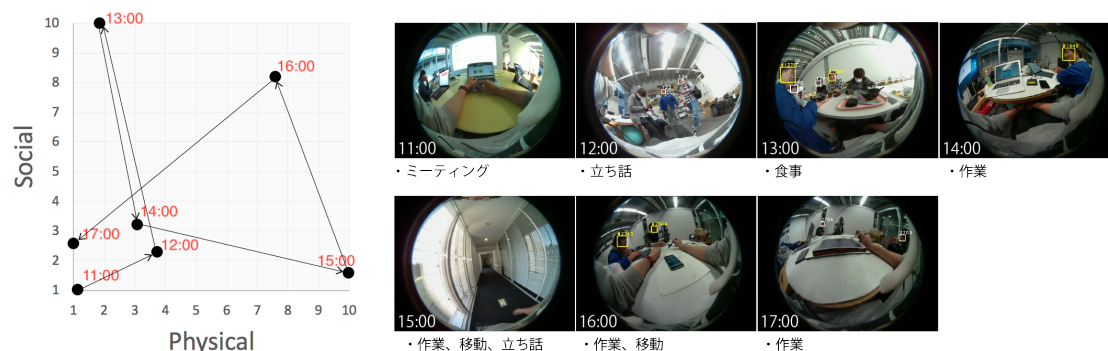


図 4.6: 同一人物の日常活動の遷移

以下に各々の活動シーンの傾向を記載する。

午前 11 時：ミーティング 身体活動量と社会活動量の両方が少ない。研究室ミーティングに参加していた。座ったまま、PC とプロジェクターのスクリーンを見て話を聞いていた。

午後 12 時：立ち話 身体活動量と社会活動量の両方が少し得られた。椅子に座って対話した後、立って友人と対話をして移動を始めていた。

午後 13 時：昼食 社会活動量が多く得られた。椅子に座って友人と対話しながら昼食をとっていた。

午後 14 時：作業 身体活動量と社会活動量の両方が少し得られた。着席後、友人と対話しながら PC を用いて作業していた。

午後 15 時：作業，移動，立ち話 身体活動量が多く得られた。作業をした後，一人で移動し，その後に友人と少し立ち話をしていた。

午後 16 時：作業，移動 身体活動量と社会活動量の両方が多く得られた。友人と作業した後，一人で移動していた。

午後 17 時：作業 社会活動量が少し得られた。友人と作業していた。

図 4.6 でプロットされているように，この日の大学院生の半日の活動において，常に同じ座標に留まらず，移り変わっている様子を可視化することができた。

我々は，職種，性別，年齢によって日々の過ごし方は異なり，個々人にとって適度な活動量，活動リズムというものがあるのではないかと考えている。当人が活動量を増やすという目標の他に，活動量を精神面と肉体面でバランス良く得ることを目標に行動できるようにしたいと考える。当人の 1 日を過ごす中での移り変わりや現時点の状態から，心身の健康に良いと考えられる次のアクティビティを提案し，満足度や疲労度が改善される行動変容につなげたいと考えている。

4.5 小括

4.5.1 まとめ

人の精神面に関わる社会活動量と肉体面に関わる身体活動量の両方を計測し可視化することで，どのような活動をしたときに両方の活動量をバランス良く得られるのかについて明らかにすることに取り組んだ。我々は，ライフログから生活を見直し，満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方，指標の発見を目指している。今回は，その第一歩として，既存のスマートウォッチ型デバイスから得られる身体活動量と，胸元に装着する顔数計から得られる社会活動量を二次元平面にマッピングし，日々の活動が身体活動量と社会活動量に基づいてどのように可視化され得るかを調べた。

なお、今回使用したデータは、昨年 2020 年から続く新型コロナウイルス流行以前のものである。一方で、現在 2021 年時点においてミーティングのオンライン化が進み、座ったまま社会活動量が高い状態が続く活動が日常化している。オンラインミーティングでは常に相手の視線が自分の方向を向き続ける状況が続くことなどがあり、疲労を感じることもあると報告されている [8]。現在は、安全に身体活動量と社会活動量の両方をバランス良く得るためには、どのような活動を組み合わせると良いのかについて調べたいと考えている。

4.5.2 今後の展望

現状の課題として、大学院生の日常活動にのみ焦点を当てているため、様々な個性を持つ人の社会活動と身体活動の分類傾向を網羅的に調査することが挙げられる。

我々は、年齢や性別、職業によって異なると考えられる個々人の活動リズム、個々人にとって適度な活動量を可視化することに興味がある。また、同一人物内での日々の比較、および他者との比較といったフィードバックからの行動変容を期待している。他者と比較する際には、身体活動量と社会活動量の最大値を決めなければならないだろう。本研究では、4.3 章で行ったように 3 名で比較するならば、その 3 名の比較するデータの最大値と最小値を選び設定している（10 分間の時間幅）。なぜならば、身体活動量と社会活動量の最大値と最小値には個人差があり、もし統計的に絶対的な最大値を決めてしまうと、その型に、はまった見方しかできなくなると考える。

一方で、比較する他者によって毎回最大値と最小値が変わると当人は困惑するかもしれない。そこで、もし活動量の個人差が当人の性格に相関していれば、性格ごとに最大値と最小値を決めることで、当人が他者と比較して行う振り返りがしやすくなると考える。例えば、ビッグファイブ性格特性 [17] と呼ばれるパーソナリティ特性の分類法から当人の性格を開放性、誠実性、外向性、協調性、神経症傾向の 5 つに 3 段階のレベルを与えれば、3 の 5 乗で 243 通りの性格タイプが得られる考えが提唱されている。今後は、当人の個性

を尊重しつつ、当人にとって他者の行動と比較して振り返ることを促し、客観的に自分にあった行動スタイルを見つける支援を期待している。

また、本研究ではスマートウォッチで計測される消費カロリー量を用いたが、加速度センサから身体活動を計測する手法 [23] や超広角一人称視点映像から当人のモーションキャプチャを行う手法 [34] などを顔数計に組み込むことで、より詳細な日常活動の分類ができることを期待している。

第5章 新たな課題に対する展望

本章では、一人称ライフログを用いた日々の心身活動の理解に取り組む研究を通して、見つかった新たな課題に対する展望について述べる。「対面对話する際の立ち位置に関する議論」、「心身活動の個人差に関する議論」、「プライバシーに関する議論」、「一人称ライフログ映像に関する議論」を取り上げる。

本論文の3.1章の評価実験および改善検討の結果、斜めや隣り合わせの対面对話と正面で向かい合っ行う対面对話の両方を計測できるようになった。そして、隣り合わせでの対話の方が物理的な距離が近いが、精神的な距離も近いのではないかという仮説を得た。しかし、現状として提案手法は物理的な距離の近さや時間継続性を計算式に反映しており、精神的な親密度や緊張具合といった精神的な距離は反映していない。対面对話時の立ち位置および精神的な距離をどのように扱うかについて方向を示すために、いくつかの研究を紹介して「対面对話する際の立ち位置に関する議論」を行う。

本論文の4章の社会活動量と身体活動量に基づいて、様々な日常活動を二次元平面上にプロットし、分類、可視化、振り返りの結果、個々人の社会活動量と身体活動量には個人差があることがわかった。適度で心地良いと感じる社会活動量と身体活動量と両方のバランスは、個々人で異なるのではないかという仮説を得た。現状として、調査した対象は大学院生であり、データが限られている。当人にとって適切な指標を提示する手法の方向性を示すために、いくつかの研究を紹介して「心身活動の個人差に関する議論」を行う。

本論文の3.2章の社会活動量計の実用化へ向けて取り組んだ検討の結果、生活環境で社会活動を計測することが可能になった。運用時には、カメラ装着者自身と周囲の人でプライバシーに関する意識が異なることがわかった。カメラの外観と扱うデータによって、ど

のような懸念事項と改善事項が考えられるかを示すために、いくつかの研究を紹介して「プライバシーに関する議論」を行う。

本論文の3章の一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測、4章のスマートウォッチからの消費カロリー量に基づいた身体活動計測の併用では、大学院生の日常活動を可視化した。満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見に向けて、いくつかの研究を紹介して「一人称ライフログ映像に関する議論」を行う。

5.1 対面対話する際の立ち位置に関する議論

本研究では、対面的な社会活動を計測するために超広角カメラを使用して、約1m以内ほどの近距離での斜めや隣り合わせの対面対話を計測可能にした。そこで、隣り合わせでの対話の方が物理的な距離が近いが、親密度といった精神的な距離も近いのではないかという仮説を得た。例えば、企業の採用面接では、少し距離をおいて正面または斜めでの対面対話を行うことが多く、一方で仲が良い友人との会話では、少し距離が近く斜めや隣り合わせでの対面対話を行うことが多いだろう。

図 5.1 に示すように、Edward T. Hall は、人との距離を「Intimate distance：抱きしめたり、触れたり、ささやいたりするための親密な距離」、「Personal distance：親しい友人や家族との交流のための個人的な距離」、「Social distance：知人同士の交流のための社会的距離」、「Public distance：パブリックスピーキングに利用される公的距離」の4種類に大きく分類した [26]。「Personal space」に入るのを許可したり、他の誰かの「Personal space」に入ることは、それらの人々の関係が親密であるという認識の指標となることを示している。また、多くの人は自分の「Personal space」を大切にしており、「Personal space」が侵害されると、不快感、怒り、不安を感じる [77]。

一方、病院の食堂で人々がどのような配置で座席に座るのかを長期間観察した結果、二者間に社会的相互作用が見られる場合は隣り合わせの位置を占めることが多く、次にテー

ブルの角を挟んだ斜めの位置が多く、向かい合う位置が少ない傾向が示された [76]. また、大学生 184 名に対して、自身が持っていると感じる「Personal space」を紙に書く方法で空間形状の傾向を調査した結果、図 5.2 に示すように縦に長く横に短い形状が得られた [97]. さらには、性別や年齢などによっても形状は変わることが示されている [98].

以上に挙げた研究により、人との距離および立ち位置は親密度の指標であり、当人や相手の属性によって変化するが、円形 [26] や横方向に狭く縦方向に長い形 [97] の傾向があることがわかる、今後は長期的なライフログデータを用いて、定量的に様々な背景を持つ個々人に対して調査することで新たな発見につながるのではないかと考える. 顔数計に関しては、社会活動量の計測結果を用いて人との距離および立ち位置と親密度の関係を調査し、得られた結果を計算式に反映することが残された課題に挙げられる. 例えば、図 5.3 のように、連続して検出された顔が多く分布する範囲の算出により当人の Personal space を推定できると、普段と異なる分布が多く見られた日は当人に何らかの変化があった可能性が推定できるのではないかと考える. 例えば、普段より近距離での対面対話の分布が多い日は、当人はより充実感を感じている可能性や、実はストレスを感じて疲労している可能性があると考えられる.

また、Edward T. Hall は、人間による空間の使用と、人口密度が行動、コミュニケーション、および社会的相互作用に及ぼす影響に関する研究は、人々が日常生活で他者と交流する方法を評価するだけでなく、「家や建物の空間の構成、町のレイアウト」を評価する上でも価値があると述べている [25]. このように、日々の人との関わり方の理解を試みる分野においては、心理学、情報科学、健康科学など多様な観点から取り組むことで、新しい発見や他分野での応用につながると考える.

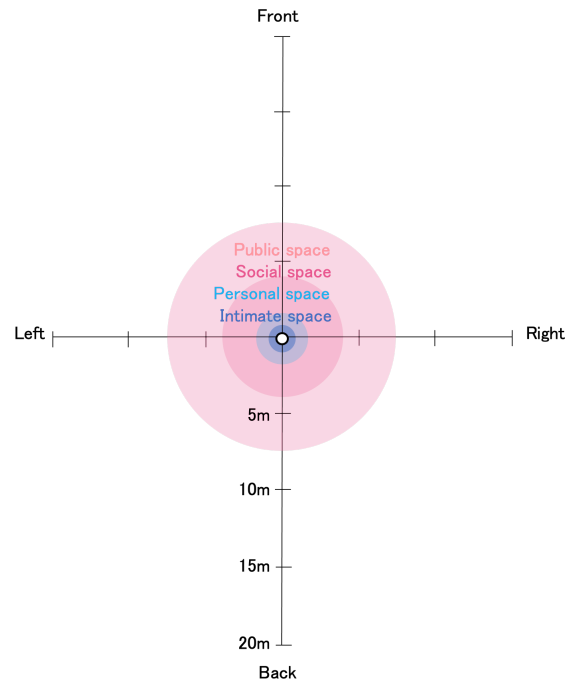


図 5.1: Diagram of Edward T. Hall's personal reaction bubbles (1966), showing radius in feet. 「文献 [26] から加筆引用」

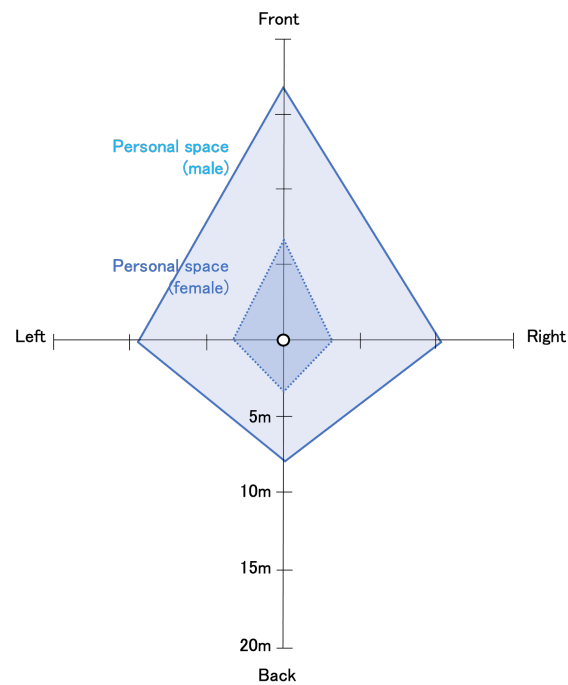


図 5.2: 感覚的なパーソナル・スペースの大きさの概念図 「文献 [97] から加筆引用」

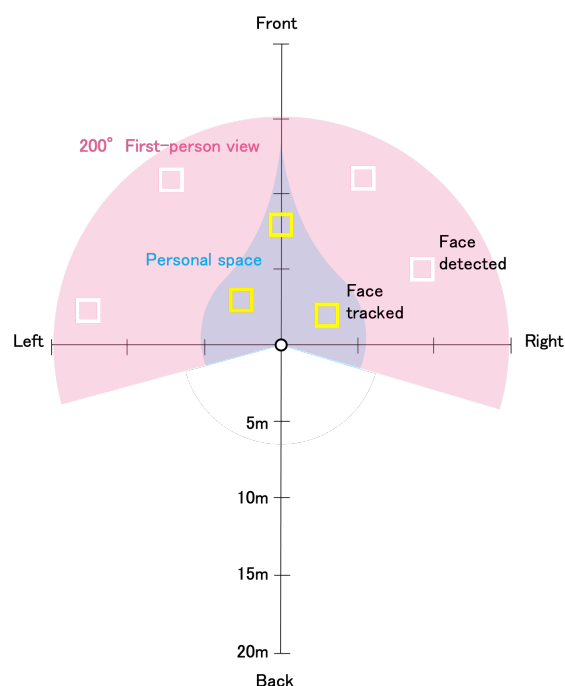


図 5.3: 顔数計により推定するパーソナル・スペースの例 (連続して検出された顔は黄色い枠とする)

5.2 心身活動の個人差に関する議論

外界の行動データから当人の心身活動を理解する当該分野においては、個人差をどのように扱うかが課題として挙げられる。例えば、1日のうちに多くの人と対話して、ジョギングは欠かせないという活動的な人がある一方、1日のうちに少人数で対話して、運動は歩く程度にしたいという人がいるだろう。

個人差に関する研究は多岐に渡り、Teixeira らは [83]、自身の体格と理想の体格が一致していない場合、運動が価値のある楽しい活動であるという感覚が減少し、その結果、身体活動に悪影響を及ぼす可能性を示している。また、Kashdan らは [41]、あらゆる好奇心の中で、精神的健康に良い影響がある好奇心がある可能性を示している。発見、喜び、スキルの使用につながる積極的な行動は、新たな学習と習得感につながり、新しい経験および好奇心がさらに生まれる。また、5.1 章で述べたように、「Personal space」は性別や年齢などによって形状が変わる傾向があり、つまり近距離で対面対話する時間が多いと楽し

いと感じる人がいる一方では疲れを感じる人がいる可能性がある。このように、性別、年齢、自身のコンプレックス、好奇心、「Personal space」は個々人によって異なり、心身活動に影響を及ぼすことがわかる。より良い心身活動を目指すことを支援するシステムを提供するためには、社会活動量と身体活動量のバランスや個人差について、例えば図 5.4 のように様々なユーザを対象として、定量的かつ定性的に調査することが課題として挙げられる。



図 5.4: 様々なユーザが目指す心身活動の例

情報の個人化を行う研究の例として、ユーザのオペレーション履歴から個人の興味空間を適応する手法がある [90]. また、人々が個人情報を収集して振り返ることを支援する「個人情報学 (Personal informatics)」と呼ばれる手法の研究が進んでおり、データの準備、収集、集約、振り返り、行動といった5つの段階で起こる課題が特定されている [43]. 各段階で、システム側が自動的に可視化や数値の設定をする場合、ユーザ自身で調節できる部分を提供する必要があることが示唆されている。また、抽象的な可視化ではユーザは有用な洞察を得ることができず、振り返りへの関心が薄れたことが報告されている [67].

これらのことから、個々人の個性に合った可視化や目標値を設定する場合、システム側で完結させずに、ユーザとインタラクティブに振り返りを行う設計が必要であると考え。また、抽象的な可視化だと効果的に振り返りができない傾向があることから、可視化した結果がユーザにとって適度な情報量なのかを評価する必要があると考え。

本研究では、身体活動と社会活動を組み合わせた著者の日常活動分類を紹介し、どのよ

うに過ごせば当人にとってバランスよく両方の活動量が得られるかという視座を示した。今後は、個性を尊重しつつ他者や平均的なデータとの違いを提示して、効果的に、より良い心身活動を支援するアプリケーション開発が課題だと考える。

5.3 プライバシーに関する議論

ウェアラブルカメラが生活の中で利用される機会が増えており、プライバシーの問題に焦点を当てた研究も多くされている。カメラ装着者の周囲の人のプライバシーの問題と、カメラ装着者自身のプライバシーの問題がある。Nguyen ら [56] は、ウェアラブルカメラが特定の目的のために使用されることを許容する一方、自身が含まれるデータの共有については事前に知らされることを好む傾向があることを示している。Hoyle ら [32] は、カメラ装着者自身のプライバシーの問題を理解するために、カメラ装着者自身に対して、どのような写真がなぜプライベート情報なのかについて説明してもらう調査を行った。その結果、撮影場所が屋内だとプライバシー情報が多くなり、スクリーンやモニター、文字情報、他者が含まれている写真がプライベート情報として多く選ばれている。他者が含まれている写真をプライベート情報として選んだ理由は、自身ではない他者が意図しないところで撮影されると困惑するのではないかと心配に思うことが挙げられていた。特に、多くの人が個人情報を表示するデバイスの前で時間を過ごすため、コンピューター画面がライフログの最大のプライバシー懸念事項である可能性があることが示唆されている [33]。そこで、Korayem ら [44] は、画像認識技術により、写真ライフログ内に含まれるコンピューター画面部分を自動的に検出する方法について提案している。このような工夫により、屋内におけるユーザのプライバシーを配慮して一人称ライフログ映像を扱えるのではないかと考える。ただし、モニター上で行われるビデオ通話を計測する際には、モニターに映り込む各種アカウント情報などのプライベート情報を取得してしまわないように慎重に検討する必要がある。

また、図 5.5 のように、Motti らは [53]、ウェアラブルデバイスによるプライバシーの

懸念事項について、デバイスとアプリケーションの特徴、採用されているセンサーの特徴、収集されるデータの特徴の3つに分けて質的分析から得られた知見を示している。

本研究では、カメラ装着者の方向を向く顔を手掛かりに、カメラ装着者自身の対面時の参加度を定量化して、日々の対面的な社会活動を数え分けて計測する。屋内・屋外問わずリアルタイムで使用することを想定しており、その際には個人の顔を特定せず正面を向く顔が検出される結果だけを利用するため、設計の簡素化やプライバシーの観点から日々の生活の中で扱いやすいと考える。

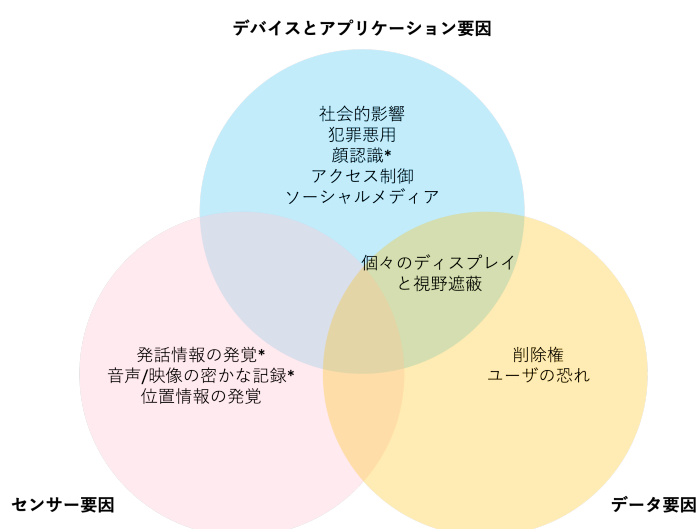


図 5.5: 要因ごとのプライバシーに関する懸念 (* 特にヘッドマウントデバイスが有する懸念), およびそれらの影響要因 (デバイスとアプリケーション, センサー, データ)「文献 [53] から加筆引用」

3.2 章にて示した顔数計の生活環境下での運用時には、カメラ装着者自身が、周囲からどのように思われるか気になるという不安を感じていた一方、周囲の人は気にしていないという反応を示していた。また、周囲にカメラを身につけていると感じさせないデザインにすると、カメラ装着者の不安感は軽減する一方、周囲の人にとっては盗撮になるのではという懸念もある。例えば、図 5.6 のように、個人が特定されない情報を扱うデバイスであるということを周知する方法が必要だと考える。ユーザと周囲の人にとって懸念があるデバイスのデザイン上の工夫を制度化し、社会的に認知されるよう広めていくことが課題



図 5.6: 個人が特定されない情報を扱うデバイスであるということを周知する方法の例であるとする。

5.4 一人称ライフログ映像に関する議論

上記の 5.3 章で述べたように、プライバシーの懸念が改善されれば、一人称ライフログ映像は多機能化し、個々人が抱く満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見に向けて活用できる可能性があると考えられる。本研究では、個人の顔を特定せず正面を向く顔が検出される結果だけを利用しているが、例えば、顔数計の計測結果を一人称ライフログ映像に含まれるシーンとタグ付けをすることで、1ヶ月や1年という単位で最も人と対面して積極的に関わったシーンや逆に長時間一人で過ごしたシーンなどを映像として保存することができるだろう。樋口ら [29] は、手が登場するシーン、会話のシーン、移動のシーンなどのイベントを一人称視点映像から高速に見つけるインタフェースである EgoScanning を提案している。このように1日の行動を高速に振り返ることが可能になると考える。

また、人によって様々なライフスタイルがあるため、一人称ライフログ映像に記録され

る情報は多種多様だと考える。今和次郎 [94] は、現代の社会現象を場所・時間を定めて組織的に調査・研究し、世相や風俗を分析・解説しようとする考現学を提唱した。図 5.7 のように、当時の銀座の街にいた人々の髪型や服装のスケッチ、図 5.8 のように、商店にあった男女の品物と値段のスケッチを残し記録している。客観的に俯瞰視点で他者の特徴を記録し、時代変化する社会現象を分析する考現学に倣い、図 5.9 のように一人称ライフログ映像は、客観的に一人称視点で当人の特徴を記録し、ライフイベントで変化する個々人の心身活動のみならずライフスタイルを分析できる可能性があるのではないかと考える。高速な物体検出アルゴリズム [69] をリアルタイムに一人称ライフログ映像に適応することで、当人が生活する環境を符号化することができる。例えば、本論文の 2.1 章で述べたように、人と関わる状況と手段は多種多様であるため、人によっては直に対面して人と関わるのが少ない一方ビデオ通話が多い場合や、テレビ放送を視聴して受動的に人と関わるが多い場合があると考えられる。

5.2 章で述べたように、より良い心身活動を目指すことを支援するシステムを提供するためには、様々なユーザを対象として、定量的かつ定性的に適度な社会活動量と身体活動量を調査することが課題として挙げられている。個々人のライフスタイルに寄り添い、当人が抱く満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を目指すには、一人称ライフログ映像を活用することが効果的な手法の一つであると考えられる。

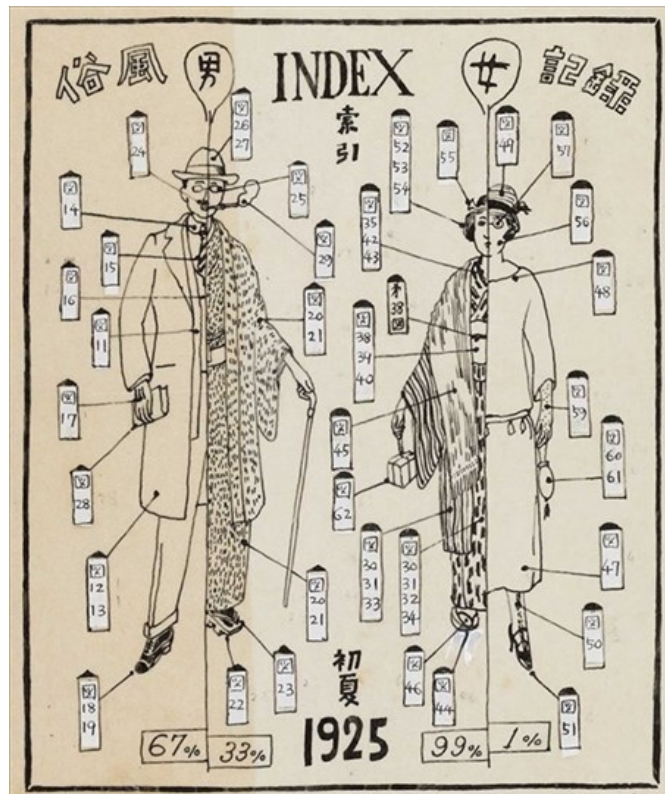


図 5.7: 東京銀座風俗記録 統計図索引「文献 [94] より引用」

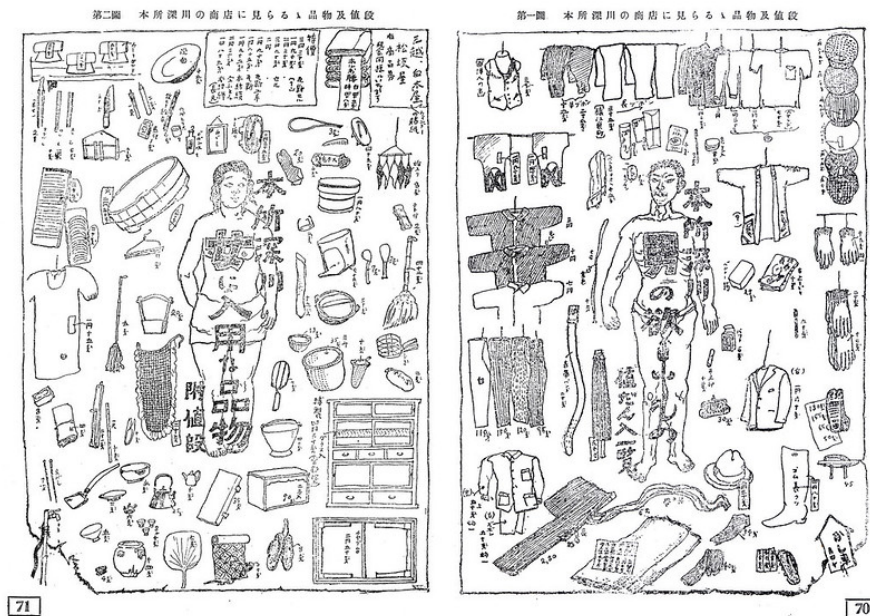


図 5.8: 本所深川の商店に見られる品物及値段「文献 [94] より引用」

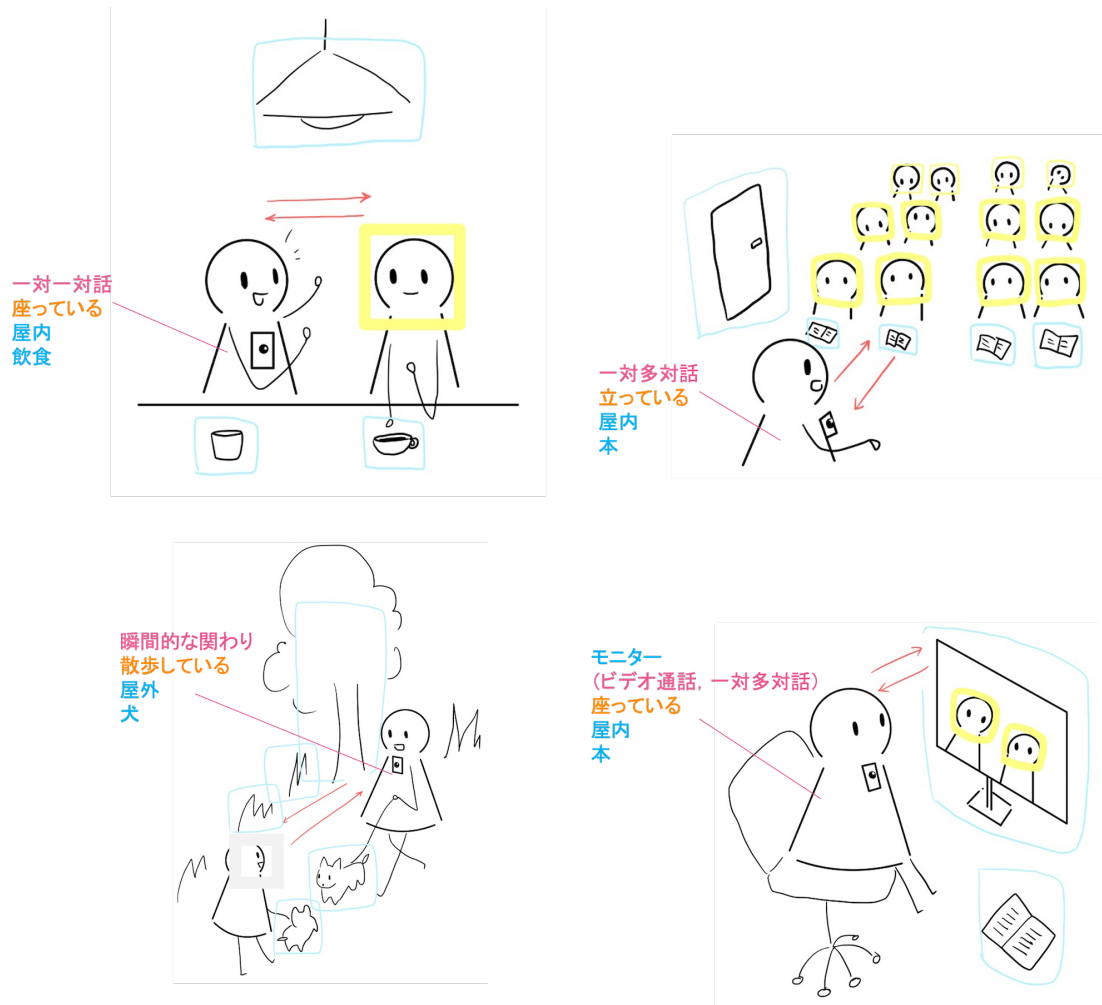


図 5.9: 一人称ライフログ映像により計測される当人の心身活動および生活環境の例

第6章 結論

本研究では、一人称ライフログを用いた日々の心身活動の理解に取り組んだ。第1章では、本研究の目的および論文の構成について紹介した。

第2章では、本研究の立ち位置と意義を示した。人が人と関わる状況と手段の理解、社会的相互作用の理解（非視覚情報、一人称視点映像）、身体活動の理解（非視覚情報、一人称視点映像）、人が振り返りをする効果、ウェルビーイングの理解に関する研究について述べた。

第3章では、顔検出に基づいた社会活動計測を行う具体的な手法の説明を紹介した。そして、提案手法の有効性および課題を明らかにするために、ポスターセッション中の聴講者と発表者の社会活動計測を行い、得られた結果について議論した。その結果、時間継続性を考慮した社会活動のラベル付けをすることで対面コミュニケーション場면을抽出できること、映り込んだ顔の数だけでなく対面距離と継続時間を考慮することで対面コミュニケーションの種類を見分けることが可能になること、複数人の社会活動を計測することで同一時空間に参加していた参加者ごとに役割の相違が顕在化されることが示唆された。

また、ポスターセッションに参加していた本人視点、その場に居合わせていた対話者視点、居合わせていなかった第三者視点で社会活動量が多いと感じる傾向がある状況を主観評価実験から調べた。そして、顔に基づいた評価と主観評価の整合性を比較し、考察した。その結果、提案手法では「発話量」そのものは計測していないにも関わらず、対話シーンにおいて顔を検出する提案手法で高いスコアを提示することができることが示唆された。カメラ装着者が対話に参加して発話などの主体的な行動をしていると、結果的に周囲の顔がカメラ装着者の方向を向く現象を利用することができる。

評価実験で発見した課題として、斜めや隣り合わせの対話の計測が挙げられた。カメラの画角を約 120 度から 200 度へ改善し、計測できる対面的な社会活動の種類が増やすことで、日々の社会活動への参与度を計測する提案手法の精度の向上に取り組んだ。また、日々の対面的な社会活動を可視化するシステムへの応用について示し、活用例を示した。最後には、社会活動量計の実用化へ向けて取り組んだ内容について述べた。開発した日々の活動を振り返るソフトウェアとハードウェアについて紹介し、生活環境での検討として、実際に数日間使用してもらった当人ら 2 名に、システムを用いて一緒に振り返りをしてもらった際の記録を紹介した。特にシステムの導入時には、複数ユーザのデータを用いて相対的な量の多さの提示が求められているとわかった。

第 4 章では、社会活動量と身体活動量に基づいて、様々な日常活動を二次元平面上にプロットし、分類、可視化、振り返りを行った内容について述べた。社会活動量と身体活動量の計測方法、二次元平面上へのプロット方法について紹介した。著者自身である大学院生 1 名の日常活動について階層型クラスタリングを行い、当人にとって、身体活動量と社会活動量の両方を一度にバランスよく得られる活動グループ、身体活動量を得られる活動グループ、社会活動量を得られる活動グループ、どちらも控えめな活動グループの計 4 グループに分類された。3 名の活動がマッピングされる二次元平面上の位置は、個々人で値の大小の差異、つまり個人差があった。一方、3 名の活動は、身体活動量と社会活動量の両方をバランスよく得られる活動、身体活動量を得られる活動、社会活動量を得られる活動といったグループに該当する傾向が見られた。最後には、上記被験者 3 名に含まれた 1 名の半日の身体活動量と社会活動量を取得し、遷移を可視化した。身体活動量と社会活動量の両方が移り変わる様子を数時間単位で可視化することで、当人の活動リズムやバランスを知るための手掛かりになるのではないかと考える。

第 5 章では、一人称ライフログを用いた日々の心身活動の理解に取り組む研究を通して、見つかった新たな課題に対する展望について述べた。「対面对話する際の立ち位置に関する議論」、「心身活動の個人差に関する議論」、「プライバシーに関する議論」、「一人称ライフ

ログ映像に関する議論」を取り上げた。

本研究では、対面的な社会活動を計測するために超広角カメラを使用して、約 1m 以内ほどの近距離での斜めや隣り合わせの対面対話を計測可能にした。社会活動量の計測結果を用いて人との距離および立ち位置と親密度の関係を調査し、得られた結果を計算式に反映することが残された課題に挙げられる。展望として、連続して検出された顔が多く分布する範囲の算出により当人の Personal space を推定できると、普段と異なる分布が多く見られた日は当人に何らかの変化があった可能性が推定できるのではないかと考える。例えば、普段より近距離での対面対話の分布が多い日は、当人はより充実感を感じている可能性や、実はストレスを感じて疲労している可能性があると考えられる。

また、本研究で提案する社会活動量の計測手法は、個人の顔を特定せず正面を向く顔が検出される結果だけを利用するため、設計の簡素化やプライバシーの観点から日々の生活の中で扱いやすいと考える。しかし、カメラ装着者や周囲の人のプライバシーに関する不安を軽減するには、個人が特定されない情報を扱うデバイスであるということを周知する方法が必要だと考える。ユーザと周囲の人にとって懸念があるデバイスのデザイン上の工夫を制度化し、社会的に認知されるよう広めていくことが課題である。

また、より良い心身活動を目指すことを支援するシステムを提供するためには、様々なユーザを対象として、定量的かつ定性的に適度な社会活動量と身体活動量を調査することが課題である。

一人称ライフログ映像は、客観的に一人称視点で当人の特徴を記録し、ライフイベントで変化する個々人の心身活動のみならず、ライフスタイルを分析できる可能性があるのではないかと考える。個々人のライフスタイルに寄り添い、当人が抱く満足度の向上や疲労度の軽減のような心身の健康につながる過ごし方、指標の発見を目指すには、一人称ライフログ映像を活用することが効果的な手法の一つであると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご指導いただきました指導教員の角康之先生に深く感謝いたします。また、的確なご助言をくださり、議論を交わしてくださった審査委員の角薫先生、塚田浩二先生、NTT 研究所の山下直美様に深く感謝いたします。また、日々の議論や実験を共にしてくださった角康之研究室の皆様にも深く感謝いたします。また、本研究は 2018 年度未踏 IT 人材発掘・育成事業のご支援をいただきました。様々な人と関わる機会を与えてくださり、温かく議論を交わしてくださった皆様に深く感謝いたします。また、研究活動を支えてくださいました皆様に深く感謝いたします。

発表・採録実績

ジャーナル論文・国際会議論文

- [I] Akane Okuno, and Yasuyuki Sumi. “Social Activity Measurement by Counting Faces Captured in First-Person View Lifelogging Video.” Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019. 2019.
- [II] Akane Okuno, and Yasuyuki Sumi. “Lifelog visualization based on social and physical activities.” Adjunct Proceedings of the 2020 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2020 ACM International Symposium on Wearable Computers. 2020.
- [III] 奥野茜, 角康之. 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測. 情報処理学会論文誌 62.2 (2021): 607-616.
- [IV] Akane Okuno, and Yasuyuki Sumi. “Classification of Daily Activities Based on the Amount of Social and Physical Activity for Behavioral Change Toward Wellbeing.” Proceedings of the 13th Augmented Human International Conference 2022. 2022.

その他

- [I] 奥野 茜, 角 康之. 顔情報に着目した一人称画像ライフログによる社会活動計測. 情報処理学会 インタラクション 2017 インタラクティブ発表, pp. 116–121, 2017.
- [II] 奥野 茜, 角 康之. 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集, Vol. 2017, pp.

1171–1177, 2017.

- [III] 奥野 茜, 角 康之. 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測. 情報処理学会 インタラクション 2018, pp. 173–182, 2018.
- [IV] Akane Okuno, Yasuyuki Sumi. Social Activity Measurement with Face Detection Using First-Person Video as a Lifelog, *The 3rd Symposium on Computing and Mental Health*, 2018. [Online]. Available: http://mentalhealth.media.mit.edu/wp-content/uploads/sites/46/2018/04/CMH2018_paper_12.pdf
- [V] 奥野 茜, 角 康之. 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測: 当事者, 二人称, 他者視点による印象評価. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2018, No. 1, pp. 1–8, 2018.
- [VI] 奥野 茜, 角 康之. 一人称ライフログ映像からの顔検出に基づいた社会活動計測と主観評価. 情報処理学会 インタラクション 2019 インタラクティブ発表, pp. 1011–1016, 2019.
- [VII] 奥野 茜, 角 康之. 社会活動量と身体活動量の関係に着目したライフログの可視化. 情報処理学会 インタラクション 2020 インタラクティブ発表, pp. 1087-1090, 2020.
- [VIII] 奥野 茜, 角 康之. 社会活動量と身体活動量の関係に着目したライフログの可視化. 情報処理学会 インタラクション 2022 インタラクティブ発表.

参考文献

- [1] S. Abdallah, S. Thompson, J. Michaelson, N. Marks, and N. Steuer. The happy planet index 2.0: Why good lives don't have to cost the earth. 2009.
- [2] N. Aharony, W. Pan, C. Ip, I. Khayal, and A. Pentland. The social fmri: Measuring, understanding, and designing social mechanisms in the real world. In *Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '11*, pp. 445–454, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [3] B. E. Ainsworth, W. L. Haskell, S. D. Herrmann, N. Meckes, D. R. Bassett, C. Tudor-Locke, J. L. Greer, J. Vezina, M. C. Whitt-Glover, and A. S. Leon. 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and met values. *Med Sci Sports Exerc*, 43(8):1575–1581, 2011.
- [4] B. E. Ainsworth, W. L. Haskell, M. C. Whitt, M. L. Irwin, A. M. Swartz, S. J. Strath, W. L. O'Brien, D. R. Bassett, K. H. Schmitz, P. O. Emplaincourt, D. R. Jacobs, and A. S. Leon. Compendium of physical activities: an update of activity codes and met intensities. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9; SUPP/1):S498–S504, 2000.
- [5] S. Alletto, G. Serra, S. Calderara, F. Solera, and R. Cucchiara. From ego to no-vision: Detecting social relationships in first-person views. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, pp. 580–585, 2014.

- [6] B. Amos, B. Ludwiczuk, and M. Satyanarayanan. Openface: A general-purpose face recognition library with mobile applications. *CMU School of Computer Science*, 2016.
- [7] Arduino. `map()` - arduino reference, 2021.
- [8] J. N. Bailenson. Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of zoom fatigue. *Technology, Mind, and Behavior*, 2(1), 2021.
- [9] S. J. Biddle and M. Asare. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British journal of sports medicine*, 45(11):886–895, 2011.
- [10] V. Bush, et al. As we may think. *The atlantic monthly*, 176(1):101–108, 1945.
- [11] T. Choudhury and A. Pentland. Sensing and modeling human networks using the sociometer. In *Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, ISWC '03, pp. 216–222, Washington, DC, USA, 2003. IEEE Computer Society.
- [12] I. Damian, C. S. S. Tan, T. Baur, J. Schöning, K. Luyten, and E. André. Augmenting social interactions: Realtime behavioural feedback using social signal processing techniques. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 565–574, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [13] M. Danelljan, G. Häger, and F. Khan. Accurate scale estimation for robust visual tracking. *British Machine Vision Conference*, pp. 1–11, 01 2014.
- [14] E. Diener. Subjective well-being. *The science of well-being: The collected works of Ed Diener*, pp. 11–58, 2009.

- [15] E. Diener, M. Diener, and C. Diener. Factors predicting the subjective well-being of nations. *Culture and well-being: The collected works of Ed Diener*, pp. 43–70, 2009.
- [16] E. Diener and M. E. Seligman. Very happy people. *Psychological science*, 13(1):81–84, 2002.
- [17] J. M. Digman. Personality structure: Emergence of the five-factor model. *Annual review of psychology*, 41(1):417–440, 1990.
- [18] N. Eagle and A. S. Pentland. Eigenbehaviors: Identifying structure in routine. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63(7):1057–1066, 2009.
- [19] A. Fathi, J. K. Hodgins, and J. M. Rehg. Social interactions: A first-person perspective. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on*, pp. 1226–1233. IEEE, 2012.
- [20] S. S. Fels and G. E. Hinton. Glove-talk: A neural network interface between a data-glove and a speech synthesizer. *IEEE transactions on Neural Networks*, 4(1):2–8, 1993.
- [21] Fitbit. Fitbit versa lite edition, 2018.
- [22] E. Goffman. *Forms of talk*. University of Pennsylvania Press, 1981.
- [23] F. Guo, Y. Li, M. S. Kankanhalli, and M. S. Brown. An evaluation of wearable activity monitoring devices. In *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Personal Data Meets Distributed Multimedia, PDM '13*, pp. 31–34, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [24] C. Gurrin, A. F. Smeaton, A. R. Doherty, et al. Lifelogging: Personal big data. *Foundations and Trends® in information retrieval*, 8(1):1–125, 2014.

- [25] E. T. Hall. A system for the notation of proxemic behavior. *American anthropologist*, 65(5):1003–1026, 1963.
- [26] E. T. Hall and E. T. Hall. *The hidden dimension*, Vol. 609. Anchor, 1966.
- [27] A. Heatherton and V. Walcott. *Handbook of Social Interactions in the 21st Century*. Nova Science Publishers, 2009.
- [28] J. F. Helliwell, R. Layard, and J. D. Sachs. *World happiness report 2017*. Sustainable Development Solutions Network, 2017.
- [29] K. Higuchi, R. Yonetani, and Y. Sato. Egoscanning: Quickly scanning first-person videos with egocentric elastic timelines. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 6536–6546, 2017.
- [30] S. Hodges, L. Williams, E. Berry, S. Izadi, J. Srinivasan, A. Butler, G. Smyth, N. Kapur, and K. Woodberry. Sensecam: A retrospective memory aid. In *Proceedings of the 8th International Conference of Ubiquitous Computing (UbiComp 2006)*, pp. 177–193. Springer Verlag, September 2006.
- [31] J. S. House, K. R. Landis, and D. Umberson. Social relationships and health. *Science*, 241(4865):540–545, 1988.
- [32] R. Hoyle, R. Templeman, D. Anthony, D. Crandall, and A. Kapadia. Sensitive lifelogs: A privacy analysis of photos from wearable cameras. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, pp. 1645–1648, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [33] R. Hoyle, R. Templeman, S. Armes, D. Anthony, D. Crandall, and A. Kapadia. Privacy behaviors of lifeloggers using wearable cameras. In *Proceedings of the 2014*

- ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 571–582, 2014.
- [34] D.-H. Hwang, K. Aso, Y. Yuan, K. Kitani, and H. Koike. Monoeye: Multimodal human motion capture system using a single ultra-wide fisheye camera. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 98–111, 2020.
- [35] S. Ishimaru and K. Kise. Quantifying the mental state on the basis of physical and social activities. In *Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, UbiComp/ISWC’15 Adjunct, p. 1217–1220, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [36] T. Kaji, K. Mishima, S. Kitamura, M. Enomoto, Y. Nagase, L. Li, Y. Kaneita, T. Ohida, T. Nishikawa, and M. Uchiyama. Relationship between late-life depression and life stressors: Large-scale cross-sectional study of a representative sample of the japanese general population. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 64(4):426–434, 2010.
- [37] V. Kalnikaite, A. Sellen, S. Whittaker, and D. Kirk. Now let me see where i was: Understanding how lifelogs mediate memory. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’10, pp. 2045–2054, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [38] T. Kanade and M. Hebert. First-person vision. *Proceedings of the IEEE*, 100(8):2442–2453, 2012.
- [39] S. Kasahara, M. Ando, K. Suganuma, and J. Rekimoto. Parallel eyes: Exploring human capability and behaviors with paralleled first person view sharing. In *Pro-*

- ceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, pp. 1561–1572, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [40] S. Kasahara and J. Rekimoto. Jackin head: immersive visual telepresence system with omnidirectional wearable camera for remote collaboration. In *Proceedings of the 21st ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 217–225. ACM, 2015.
- [41] T. B. Kashdan, P. Rose, and F. D. Fincham. Curiosity and exploration: Facilitating positive subjective experiences and personal growth opportunities. *Journal of personality assessment*, 82(3):291–305, 2004.
- [42] I. Kawachi and L. F. Berkman. Social ties and mental health. *Journal of Urban health*, 78(3):458–467, 2001.
- [43] E. T. Kersten-van Dijk, J. H. Westerink, F. Beute, and W. A. IJsselsteijn. Personal informatics, self-insight, and behavior change: a critical review of current literature. *Human-Computer Interaction*, 32(5-6):268–296, 2017.
- [44] M. Korayem, R. Templeman, D. Chen, D. Crandall, and A. Kapadia. Enhancing lifelogging privacy by detecting screens. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 4309–4314. ACM, 2016.
- [45] S. Lawrence-Lightfoot. Reflections on portraiture: A dialogue between art and science. *Qualitative inquiry*, 11(1):3–15, 2005.
- [46] D. Lazer, A. Pentland, L. Adamic, S. Aral, A.-L. Barabási, D. Brewer, N. Christakis, N. Contractor, J. Fowler, M. Gutmann, et al. Computational social science. *Science*, 323(5915):721–723, 2009.

- [47] Y. Lee, C. Min, C. Hwang, J. Lee, I. Hwang, Y. Ju, C. Yoo, M. Moon, U. Lee, and J. Song. Sociophone: Everyday face-to-face interaction monitoring platform using multi-phone sensor fusion. In *Proceeding of the 11th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, MobiSys '13*, pp. 375–388, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [48] K. Masai, Y. Sugiura, M. Ogata, K. Kunze, M. Inami, and M. Sugimoto. Facial expression recognition in daily life by embedded photo reflective sensors on smart eyewear. In *Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI '16*, pp. 317–326, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [49] A. H. Maslow. *Toward a psychology of being*. General Press, 2022.
- [50] K. Y. McKenna, A. S. Green, and M. E. Gleason. Relationship formation on the internet: What 's the big attraction? *Journal of social issues*, 58(1):9–31, 2002.
- [51] J. McVeigh-Schultz, A. Kolesnichenko, and K. Isbister. Shaping pro-social interaction in vr: an emerging design framework. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–12, 2019.
- [52] M. R. Miller, H. Jun, F. Herrera, J. Yu Villa, G. Welch, and J. N. Bailenson. Social interaction in augmented reality. *PloS one*, 14(5):e0216290, 2019.
- [53] V. G. Motti and K. Caine. Users ' privacy concerns about wearables. In *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, pp. 231–244. Springer, 2015.
- [54] T. Nakakura, Y. Sumi, and T. Nishida. Neary: Conversational field detection based on situated sound similarity. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 94(6):1164–1172, 2011.

- [55] K. Nakamura, S. Yeung, A. Alahi, and L. Fei-Fei. Jointly learning energy expenditures and activities using egocentric multimodal signals. In *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 6817–6826, 2017.
- [56] D. H. Nguyen, G. Marcu, G. R. Hayes, K. N. Truong, J. Scott, M. Langheinrich, and C. Roduner. Encountering sensecam: personal recording technologies in everyday life. In *Proceedings of the 11th international conference on Ubiquitous computing*, pp. 165–174, 2009.
- [57] A. Okuno and Y. Sumi. Social activity measurement by counting faces captured in first-person view lifelogging video. *IPSJ Journal*, 62(2):607–616, feb 2021.
- [58] D. O. Olguin, J. A. Paradiso, and A. Pentland. Wearable communicator badge: Designing a new platform for revealing organizational dynamics. In *Proceedings of the 10th international symposium on wearable computers (student colloquium)*, pp. 4–6, 2006.
- [59] D. O. Olgun and A. S. Pentland. Human activity recognition: Accuracy across common locations for wearable sensors. In *Proceedings of 2006 10th IEEE international symposium on wearable computers, Montreux, Switzerland*, pp. 11–14. Citeseer, 2006.
- [60] D. Olguín, B. N. Waber, T. Kim, A. Mohan, K. Ara, and A. Pentland. Sensible organizations: Technology and methodology for automatically measuring organizational behavior. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 39(1):43–55, 2009.
- [61] G. O’Loughlin, S. J. Cullen, A. McGoldrick, S. O’Connor, R. Blain, S. O’Malley, and G. D. Warrington. Using a wearable camera to increase the accuracy of dietary analysis. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(3):297–301, 2013.

- [62] A. Ortis, G. M. Farinella, V. D'Amico, L. Adesso, G. Torrisi, and S. Battiato. Organizing egocentric videos for daily living monitoring. In *Proceedings of the First Workshop on Lifelogging Tools and Applications, LTA '16*, pp. 45–54, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [63] Y. Oshima, K. Kawaguchi, S. Tanaka, K. Ohkawara, Y. Hikiyama, K. Ishikawa-Takata, and I. Tabata. Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait & Posture*, 31(3):370–374, 2010.
- [64] S. Pal and C. Abhayaratne. Video-based activity level recognition for assisted living using motion features. In *Proceedings of the 9th International Conference on Distributed Smart Cameras, ICDS'15*, pp. 62–67, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [65] S. A. Paluska and T. L. Schwenk. Physical activity and mental health. *Sports medicine*, 29(3):167–180, 2000.
- [66] F. J. Penedo and J. R. Dahn. Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity. *Current opinion in psychiatry*, 18(2):189–193, 2005.
- [67] A. Rapp and F. Cena. Personal informatics for everyday life: How users without prior self-tracking experience engage with personal data. *International Journal of Human-Computer Studies*, 94:1–17, 2016.
- [68] R. Rawassizadeh, M. Tomitsch, K. Wac, and A. M. Tjoa. Ubilog: A generic mobile phone-based life-log framework. *Personal and ubiquitous computing*, 17(4):621–637, 2013.

- [69] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi. You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 779–788, 2016.
- [70] N. T. Sahin, N. U. Keshav, J. P. Salisbury, and A. Vahabzadeh. Safety and lack of negative effects of wearable augmented-reality social communication aid for children and adults with autism. *Journal of clinical medicine*, 7(8):188, 2018.
- [71] J. A. Salomon, H. Wang, M. K. Freeman, T. Vos, A. D. Flaxman, A. D. Lopez, and C. J. Murray. Healthy life expectancy for 187 countries, 1990–2010: a systematic analysis for the global burden disease study 2010. *The Lancet*, 380(9859):2144–2162, 2012.
- [72] K. Sanford. A latent change score model of conflict resolution in couples: Are negative behaviors bad, benign, or beneficial? *Journal of Social and Personal Relationships*, 31(8):1068–1088, 2014.
- [73] M. Seligman. Perma and the building blocks of well-being. *The journal of positive psychology*, 13(4):333–335, 2018.
- [74] M. E. Seligman, et al. Positive psychology, positive prevention, and positive therapy. *Handbook of positive psychology*, 2(2002):3–12, 2002.
- [75] R. R. Sokal. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas, Sci. Bull.*, 38:1409–1438, 1958.
- [76] R. Sommer. Studies in personal space. *Sociometry*, 22(3):247–260, 1959.
- [77] R. Sommer. Personal space. the behavioral basis of design. 1969.

- [78] A. Stopczynski, V. Sekara, P. Sapiezynski, A. Cuttone, M. M. Madsen, J. E. Larsen, and S. Lehmann. Measuring large-scale social networks with high resolution. *PloS one*, 9(4):e95978, 2014.
- [79] Y. Sumi, J. Ito, and T. Nishida. Photochat: communication support system based on sharing photos and notes. In *CHI'08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 3237–3242. 2008.
- [80] Y. Sumi, M. Suwa, and K. Hanaue. Effects of viewing multiple viewpoint videos on metacognition of collaborative experiences. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, pp. 648:1–648:13, New York, NY, USA, 2018. ACM.
- [81] T. Suzuki, K. Ouchi, K. Kameyama, and M. Takahashi. Development of a sleep monitoring system with wearable vital sensor for home use. In *BIODEVICES*, pp. 326–331. Citeseer, 2009.
- [82] G. A. Tadesse and A. Cavallaro. Visual features for ego-centric activity recognition: A survey. In *Proceedings of the 4th ACM Workshop on Wearable Systems and Applications*, WearSys '18, pp. 48–53, New York, NY, USA, 2018. ACM.
- [83] P. J. Teixeira, E. V. Carraça, D. Markland, M. N. Silva, and R. M. Ryan. Exercise, physical activity, and self-determination theory: a systematic review. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 9(1):1–30, 2012.
- [84] A. R. Teo and A. C. Gaw. Hikikomori, a japanese culture-bound syndrome of social withdrawal? a proposal for dsm-v. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 198(6):444, 2010.

- [85] J. Van Heijster and D. DeRock. How gdp spread to china: the experimental diffusion of macroeconomic measurement. *Review of International Political Economy*, 29(1):65–87, 2022.
- [86] K. Wolf, A. Schmidt, A. Bexheti, and M. Langheinrich. Lifelogging: You’re wearing a camera? *IEEE Pervasive Computing*, 13(3):8–12, 2014.
- [87] R. Yonetani, K. M. Kitani, and Y. Sato. Ego-surfing first person videos. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2015 IEEE Conference on*, pp. 5445–5454. IEEE, 2015.
- [88] 勅江. エイジングのケア科学-ケア実践に生かす社会関連性指標. 川島書店, 2000.
- [89] 白田寛, 玉城英彦, 河野公一. WHO の健康定義制定過程と健康概念の変遷について. 日本公衆衛生雑誌, 51(10):884–889, 2004.
- [90] 角薫, 角康之, 間瀬健二, 中須賀真一, 堀浩一. 個人の概念空間を利用した興味の推定による情報提供. 電子情報通信学会論文誌 D, 82(10):1634–1644, 1999.
- [91] 原島博. 顔学への招待, 1998.
- [92] 原島博. 顔は誰のものなのだろうか. 日本顔学会誌, 22(2):1–3, 2022.
- [93] 向谷地生良. 「当事者研究」の到達点とこれからの展開. 精神保健研究= Journal of mental health: official journal of the National Institute of Mental Health, NCNP, Japan, (24):27–32, 2011.
- [94] 今和次郎. 考現学入門. 筑摩書房, 1987.
- [95] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博他. 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性. 情報処理学会論文誌, 48(12):3729–3738, 2007.

- [96] 山下直美, 葛岡英明, 平田圭二, 工藤喬, 荒牧英治, 服部一樹他. みまもメイト: 「見守る側」と「見守られる側」をつなぐヘルスケアアプリケーション. 情報処理学会論文誌, 58(5):981–993, 2017.
- [97] 渋谷昌三. パーソナル・スペースの形態に関する一考察. 山梨大学紀要, 2:41–49, 1985.
- [98] 渋谷昌三. 人と人との快適距離: パーソナル・スペースとは何か, 第 605 巻. NHK books, 1990.
- [99] 松丸侑加, 甲田宗良. ひきこもり親和性のサブタイプが生活習慣およびインターネット行動に及ぼす影響. 徳島大学総合科学部 人間科学研究, 30:17–28, 2022.
- [100] 新山大翔, 沖真帆, 塚田浩二他. 3d プリンタを用いた弾力調整可能なコイルスプリングジョイント機構の試作と評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2019(33):1–8, 2019.
- [101] 早川幹, 大久保教夫, 脇坂義博. ビジネス顕微鏡; 実用的人間行動計測システムの開発. 電子情報通信学会論文誌 D, 96(10):2359–2370, 2013.
- [102] 村尾和哉, 寺田努他. 加速度センサの定常性判定による動作認識手法. 情報処理学会論文誌, 52(6):1968–1979, 2011.
- [103] 大江宏子. 多様化するメディアの中での手紙の意義: 携帯メールとの利用比較調査を中心に. 情報文化学会誌 Journal of the Japan Information-culture Society, 14(1):60–66, 2007.
- [104] 中村聡史他. 身近になったライフログ ~ パソコンに眠る数万枚の写真をどう活用すればよいか? ~. 情報処理, 54(2):142–149, 2013.
- [105] 渡辺美鈴, 渡辺丈眞, 松浦尊磨, 河村圭子, 河野公一. 自立生活の在宅高齢者の閉じこもりによる要介護の発生状況について. 日本老年医学会雑誌, 42(1):99–105, 2005.

- [106] 渡辺美鈴, 渡辺丈眞, 松浦尊麿, 樋口由美, 渋谷孝裕, 白田寛, 河野公一. 生活機能の自立した高齢者における閉じこもり発生の予測因子. 日本老年医学会雑誌, 44(2):238–246, 2007.
- [107] 渡邊哲, 今井倫太, 大西樹, 尾形正泰他. 三人称視点を導入した肩乗りロボット. 第76回全国大会講演論文集, 2014(1):169–170, 2014.
- [108] 梅澤章乃, 竹川佳成, 平田圭二他. e2-mask: 対面コミュニケーションを支援するための仮面型ディスプレイの提案. 研究報告エンタテインメントコンピューティング(EC), 2017(25):1–5, 2017.
- [109] 本多達也, 馬場哲晃, 岡本誠. Ontenna: 触覚・視覚を利用した聴覚情報伝達装置のデザインと社会実装. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 25(4):334–345, 2020.
- [110] 門村亜珠沙, 李争原, 塚田浩二, 朱浩華, 椎尾一郎他. 食行動改善を促すスマートフォン連動型センサ内蔵フォーク. 情報処理学会論文誌, 56(1):338–348, 2015.
- [111] 齊藤万比古. ひきこもりの評価・支援に関するガイドライン. 厚生労働科学研究「思春期のひきこもりをもたらす精神科疾患の実態把握と精神医学的治療・援助システムの構築に関する研究」報告書, 2010.