

消極性コミュニケーションを支援する ウェアラブルディスプレイの試作

桃井 悠汰^{1,a)} 塚田 浩二¹

概要：

近年、SNS や通話アプリの普及により他者と交流する手段が増えた一方で、消極的な人にとっては対面でコミュニケーションを行うハードルがかえって高まっていると考えられる。本研究では、このような対面コミュニケーションに対する問題を支援するため、小型マイコン／カメラを備えたウェアラブルディスプレイを提案する。まず、カメラで一人称視点の映像を撮影し、リアルタイムに顔検出を行うことで、ユーザと向かい合う顔の数と継続時間を計測する。次に、これらのデータからユーザの交流状況を計算し、ディスプレイに表示する顔アイコンや周囲のパターンを変化させる。交流が少ない場合はオドオドした表情が、多い場合は笑顔の表情が提示される。このように自身の交流状況をさりげなく開示し、自身と周囲の人の双方に行動変容を促すことで、消極的な人の対面コミュニケーションを支援することを目指す。さらに、性能評価とユーザ評価を通して、本研究の有効性と課題を検証する。

Prototyping of a Wearable Display to Support Communication of Shy People

YUTA MOMOI^{1,a)} KOJI TSUKADA¹

1. はじめに

日常生活において他者との対面コミュニケーションは重要であるが、苦手と感じる人々も一定数存在する。こうした人々は、自らの意見をうまく発言できなかつたり、あるいは本意とは異なる行動をとってしまうことがある。このように、自分の意見等を進んで表現することに対して抵抗感を抱く人々は、消極的な傾向を有すると考えられる [6]。本研究では他者と話したいという外向的な気持ちを有している反面、相手に声をかける行為に不安を感じてしまう状態を消極性コミュニケーションと定義する。近年では、SNS 等のオンラインコミュニケーション手段が充実する一方で、消極的な人にとっては、対面コミュニケーションのハードルはかえって高くなっていると考えられる。

本研究では、ウェアラブルカメラとマイコン、ディスプ

レイを組み合わせたデバイスを利用して、ユーザの交流状況を定量的に把握し、さりげなく周囲に開示することで、消極性コミュニケーションの支援を図る。まず、カメラで装着者が対面した人の顔の数／継続時間などから、交流状況をリアルタイムに数値化して把握する。次に、ウェアラブルディスプレイを用いて、装着者／周囲の人の双方に見えるようにその情報を顔アイコンや周囲のパターンで可視化する。これにより、装着者であるユーザに自分のコミュニケーションが少ないことを認識させて交流を促したり、周囲の人には顔アイコンの表情から気にかけてもらい、交流を促すといった行動変容を期待できる。これらの効果より、装着者の消極性コミュニケーションを支援することを目指す。

2. 関連研究

本章では、本研究に関する研究事例として、「一人称映像を用いた関連技術」、「ウェアラブルディスプレイを用いた支援技術」に分類して説明する。

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

^{a)} b1021254@fun.ac.jp

2.1 一人称映像を用いた関連技術

奥野ら [5] は、一人称視点でライフログ映像を記録し、後から解析することで装着者の社会活動量を計測／可視化する「顔数計」を提案している。曜日や時間帯ごとの交流傾向等を可視化し、社会活動の振り返りを支援している。Yonetani ら [4] は、ウェアラブルカメラによる一人称映像でユーザの周囲の人間の頭の動きの相関を計算することが可能な self-search technique を開発した。複数のユーザがウェアラブルカメラを装着することで、お互いの頭の位置や動きを認識できる。Fathi ら [1] は、一人称映像から得られる顔の向きや位置から各顔の視線方向を算出し、注目個所の特定や社会的相互作用の検出をしている。杉田ら [7] は、作業時に一人称映像を用いて行動を記録する際に、一人称カメラの位置／向き／移動軌跡を可視化し、協調作業における複数の撮影者の位置関係を把握する支援を行っている。これらの研究では一人称映像を記録し後から解析することで、社会活動の計測や振り返り、自己位置推定等に利用している。本研究では、一人称映像からリアルタイムに交流状況を検出し、ウェアラブルディスプレイを用いてフィードバックすることで、装着者自身と周囲の人の行動変容を狙う。

2.2 ウェアラブルディスプレイを用いた支援技術

梅澤ら [10] は、ユーザ頭部に装着する仮面型ディスプレイ e2-Mask を提案している。カメラを用いて装着者の表情（目や口／頭の動き）を認識し、ディスプレイ上に表示したアバタの動きに反映できる。Joi ら [2] は、リストバンド型デバイスとモバイルアプリケーションを組み合わせたシステム「WearLove」を提案している。リストバンド型デバイスには小型のディスプレイとセンサが搭載される。二人のユーザが互いのリストバンドに触れることでディスプレイにハートシンボルを表示したり、アプリ内で木を成長させることができる。Vujic ら [3] は、ALS や脳卒中のような病気により、表情をコントロールできない人に向けたメガネ型ウェアラブルデバイスを提案している。レンズの一部に感情表現を示すアイコンを表示することで、対面コミュニケーションにおける感情表現を支援している。清水ら [8] は、装着者の発話を可視化することで、対面コミュニケーションの活性化を支援するウェアラブルインタフェースを提案している。指向性マイクを用いて装着者の発話した単語を認識し、胸部のディスプレイに表示することで、コミュニケーションに新たな気づきや変化を起こすことを目的としている。これらの研究ではウェアラブルディスプレイを用いて装着者の表情／感情／発話等を可視化することで、対面コミュニケーションを支援している。本研究では、一人称映像から周囲の人との交流状況をリアルタイムに検出し、ウェアラブルディスプレイを通してさりげなく周囲に開示する点が特徴である。

3. 提案

本章では、本研究のコンセプトと提案システムの概要について説明する。

3.1 コンセプト

本研究では消極性コミュニケーションを支援するため、さりげなく周囲に自身の交流状況を開示するデバイスを構築する。大きな動きや音を介さず、周囲の人の視界に装着者が映った時にのみ気づいてもらうことで、消極的な人であっても周囲に遠慮せず扱いやすい装置となると考える。さらに、本デバイスは一人称映像からリアルタイムに交流状況を取得でき、デバイス単体で動作するように設計する。また、装着者自身も交流状況を把握できる仕組みを導入することで、コミュニケーションに対するモチベーションの向上も測る。

3.2 システム概要

本研究では、消極性コミュニケーションを支援するためのウェアラブルディスプレイを提案する。図 1 に、本研究の利用イメージを示す。まず、カメラで一人称視点の映像を撮影し、リアルタイムに顔検出を行うことで、ユーザと向かい合う顔の数と継続時間を計測する。次に、これらのデータからユーザの交流状況を計算し、ディスプレイに表示する顔アイコンを変化させる。交流が少ない場合はオドオドした表情が、多い場合は笑顔の表情が提示される。さらに、交流した回数や継続時間を、アイコン周囲の円状のパターンの変化として表示する。このように自身の交流状況をさりげなく開示し、自身と周囲の人の双方に行動変容を促すことで、消極的な人の対面コミュニケーションを支援することを目指す。

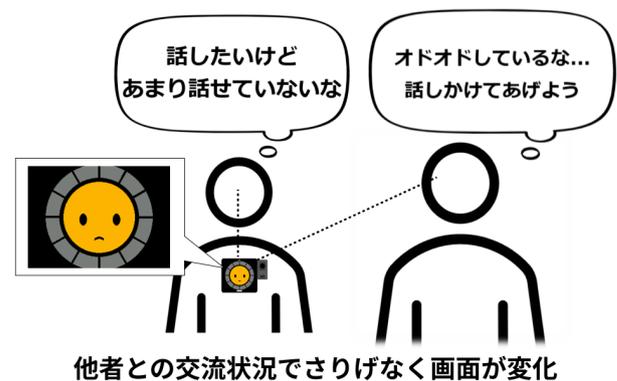


図 1 本研究のイメージ図

4. 実装

本章では、提案デバイスの実装について説明する。まずシステムの概要を紹介し、筐体の設計、交流判定機能と

ディスプレイ機能の実装について述べる。

4.1 概要

提案デバイスは、M5Stack Core2, UnitV2, およびそれらを一体化する筐体から構成されている。筐体は3Dプリンタ (UP Plus2) で作成した。AIカメラモジュールであるUnitV2を用いた顔検出結果をM5Stackに転送し、交流状況を判定する。その後、M5Stackのディスプレイを用いてさりげなく交流状況を可視化する。M5Stack Core2のディスプレイに顔アイコン及び交流状況の可視化を行う。

4.2 筐体の設計

本デバイスで使用する筐体は、ABSフィラメントを用いて3Dプリンタ (UP Plus2) で作成し、マイコン及びカメラを収納することが可能である (図2)。日常的に装着することを想定し、ケースの裏側に紐を通すことで、首にかけて使用できるよう配慮している (図3)。マイコンとカメラを含んだ筐体の重さは、約112gである。さらに長時間の装着をするため筐体側面からUSB端子等を差込めるように設計し、モバイルバッテリーで給電可能となっている。

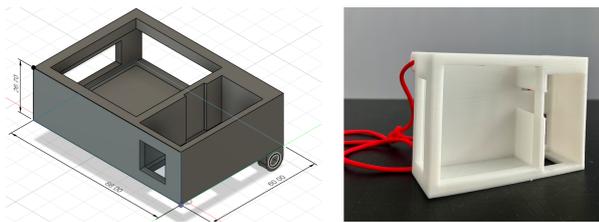


図2 3Dプリンターで作成した筐体

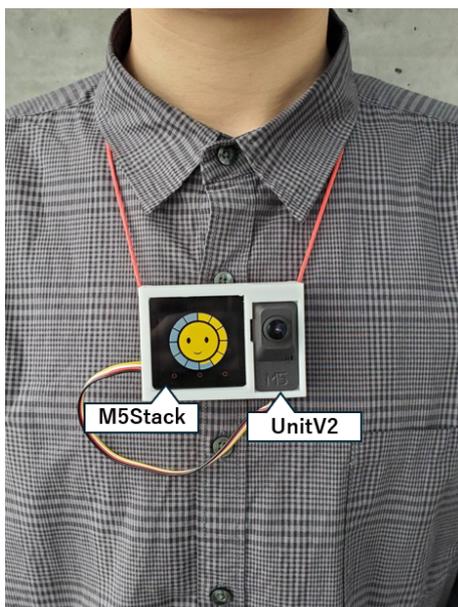


図3 提案デバイスの装着例

4.3 交流判定機能

4.3.1 UnitV2

UnitV2は広角カメラを備えた高性能AIカメラモジュールであり、物体追跡、色追跡、形状認識といった画像認識機能が搭載されている。M5Stack Core2とGrove端子で接続して、給電/通信を行っている。カメラから取得したデータはJSON形式で送信される。本研究では人との交流の有無を判断するため顔検出機能 (Face Detector) を使用する。Face Detectorでは顔、目 (右目、左目)、口等を検出することが可能であり、個人識別機能を備えた「Face Recognition」よりも動作が軽いことから選択した。本研究では顔の数や座標を取得してM5Stackに送信している。図4に、UnitV2標準のWebツール上での顔検出の結果と、送信されるJSONデータの一部を示す。本研究では顔の座標と大きさを利用するため、顔領域の左上のX座標/Y座標、幅/高さの4つのデータを利用する。

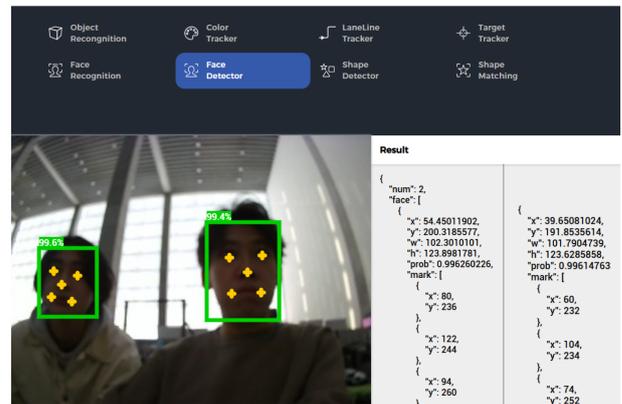


図4 UnitV2で顔検出を行う様子

4.3.2 交流状況の判定条件

ここでは、M5Stackで顔検出の結果から他者との交流状態を判定するアルゴリズムについて説明する。具体的には、(1)一定時間 (現在は5秒) 顔が同じ位置 (最初に検出された座標から一定の閾値以内) に映り込むことで交流状態と判定し、(2)その条件 (顔の座標) が保たれている限り交流状態が継続していると判定される。さらに(3)一定時間 (現在は15秒) 交流状態が継続すると、十分な交流が行われたと判定され、交流回数としてカウントされる。

(1)の条件は、カメラが一瞬だけ顔を検出するケース (例: すれ違いなど) の誤認識を防ぐために設定した。(2)の条件は、前のフレームからの顔のX座標/Y座標の差分を用いて、差分が閾値以下の場合に交流継続としている。(3)の条件は、今後システムの運用実験を通して、適切なパラメータを調査する。

なお、現時点では二つ以上の顔が映りこんだ場合は、最も大きい顔のみを交流の判定対象としている。

4.4 ディスプレイ機能

本デバイスでは M5Stack Core2 に搭載される静電容量式タッチスクリーンを用いて UI の表示及び操作を行う。主に顔アイコンやパターンの変化で装着者の交流状況を周囲の人に開示することをメインの機能とし、特定の操作を行うことで装着者が交流状況を確認する画面にも切り替え可能な設計とする。M5Stack で描画を行う手段としてちらつきの少ない画面描画を容易に行うことができるグラフィックライブラリ LovyanGFX を用いて実装を行う。

4.4.1 通常表示

4.3.2 節で取得した交流状況を周囲の人に開示するために、M5Stack のディスプレイを利用する。具体的にはディスプレイの中央に顔アイコンを表示し、顔の周りに円状パターンを表示する。顔アイコンの目と口の図形をスプライトを用いて描画を行うことで全画面の再描画によるちらつきを最小限にする。

顔アイコンは、交流状況に応じて表情が変化する。交流完了と判定された回数で変化させており、交流状況が少ない場合 (3 回以下) は「オドオドした顔」、一定回数の交流状況が完了した場合 (9 回以下) は「微笑んだ顔」、十分に交流状況が完了した場合 (10 回以上) は「笑顔」を表示する (図 5)。なお、閾値となる回数は後述するように調整可能である。次に、顔アイコンの動きも、待機状態 (非交流状態) と交流状態によって変化する。待機状態では、顔アイコンが人を探すように一定周期で視線を左右に移動させる (図 6)。



図 5 交流状況に応じた表情の変化

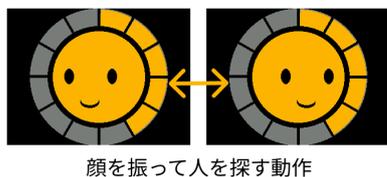


図 6 待機状態における動作

交流状態では、顔アイコンの視線が、検出された顔の座標に追従する (図 7)。UnitV2 から取得する座標の値を調整し、追従範囲を指定することで、目が不自然な位置に描画されないように調整している。実際に顔を検出した場合の動作の流れを以下に示す。

- (1) すれ違い等の誤認識を防ぐため、一定時間 (5 秒) 同じ位置に顔が検出されるまでは待機状態となる。
- (2) 条件が満たされた場合、交流状態が開始され、顔アイコンが周囲の人の顔を追従し、ゲージが徐々に溜まる。
- (3) さらに一定時間 (15 秒) 条件が満たされることで、大きな笑顔を表示し、交流状態が完了する。
- (4) ゲージが満タンになった後、交流が継続された場合は一定時間 (15 秒) ごとに再度違う色でゲージが溜まる。交流時間によってゲージの色を変えることで、交流時間の視覚的な差別化を図る。(図 8)

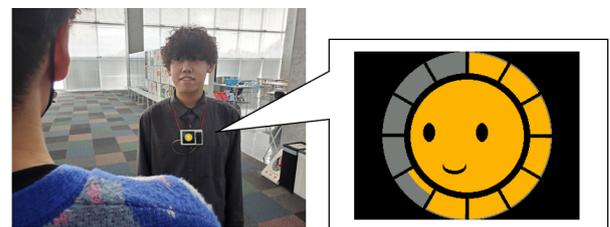


図 7 交流状態における動作。現在検出中の顔座標に追従する。

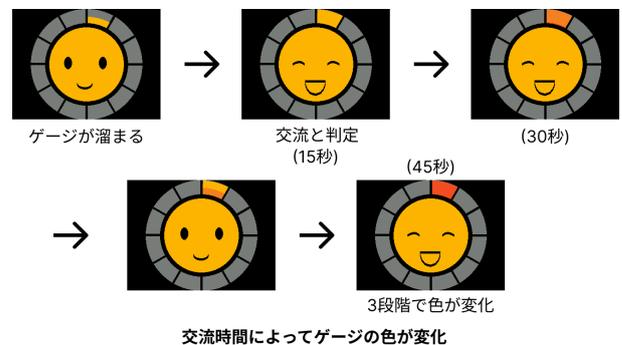


図 8 交流状態における動作。交流状態が継続されることでゲージの色が変化。

4.4.2 装着者向けの表示

装着者自身が交流状況を確認する方法として、デバイスをも自分の方向に傾けることで、過去の交流状況を表示する機能を用意した。具体的には M5Stack Core2 に内蔵される慣性センサを用いて、装着者の方向に一定角度ディスプレイを傾ける動作をトリガーとして表示内容を切り替えている (図 9)。さらに、交流状態を判定する閾値等を調整する機能も用意した。画面をタッチすることで設定変更画面に切り替わり、図 10 に示すように円状パターンの分割数や交流時間等を調整できる。例えば、一人とじっくり話したり、多くの人と少しずつ話す等の目標設定が可能である。

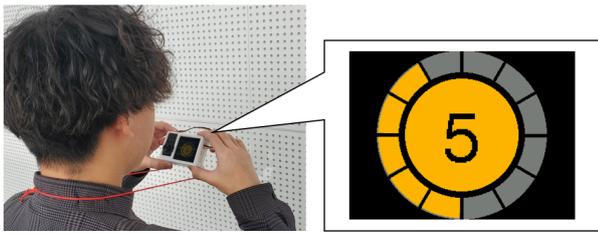


図 9 装着者用の確認機能. デバイスを自分側に傾げることで, 交流回数などを確認できる.



図 10 交流条件の変更機能

4.5 交流状態の保存

ユーザが行った交流状態を記録するため, microSD カードを用いて CSV データとして保存する. 主に交流回数, 交流開始時刻, 交流時間, 総交流時間の 4 つのデータを保存する. 正確な交流開始時刻を記録するため, NTP サーバを用いて Wi-Fi 経由で時刻補正を行った. 図 11 ではユーザの交流状況を CSV ファイルで出力する例を示す. ゲージの濃さによって交流時間に違いがあることが出力結果からわかる. 例として一人目の交流では 1 分 9 秒交流を行っており, 交流時間とゲージの色が対応している. この画面では, 交流回数は 6 回 (ゲージが 6 個溜まっている) で, 中央の顔アイコンが微笑んでおり, 実際に保存された内容と交流状況が対応していることがわかる. 交流完了とは判断されなかったケースも CSV データには保存されるため, データを検証することで, 適切な交流条件の判定基準の調査にも利用できると考える.



交流状況を CSV ファイルで出力

図 11 SD カードに交流状況を保存する例

5. 性能評価

性能評価の目的は, 本研究で実装した顔検出の精度及び, ディスプレイ表示の正確性を検証することである.

5.1 手法

本デバイスに使用される UnitV2 と, 標準で提供される Web ツールを用いて顔を検出可能な範囲を調べる. 具体的には顔の検出距離と検出角度, 人の立ち位置による検出範囲の調査を行った.

5.2 結果

まず, 蛍光灯を備えた室内で顔が検出可能な距離を計測した. メジャーを用いて顔が検出されなくなる距離を測定し, 約 2m より離れた場合や, 約 0.4m より近づいた場合に正常に検出ができなかった (図 12). カメラの正面で顔が検出可能な角度の検出結果については, 図 13 に示す. 次に, カメラから約 1m 離れた人の立ち位置による検出範囲については装着者から見て正面を 0° とし, 約 40° まで検出可能であった (図 14).



図 12 (左) 最長検出距離 (右) 最短検出距離

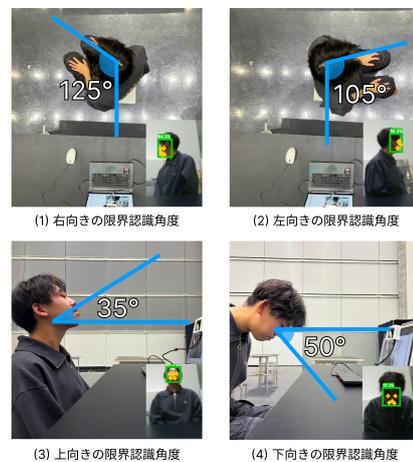


図 13 (1) 右向きを検出可能角度, (2) 左向きを検出可能角度, (3) 上向きを検出可能角度, (4) 下向きを検出可能角度.

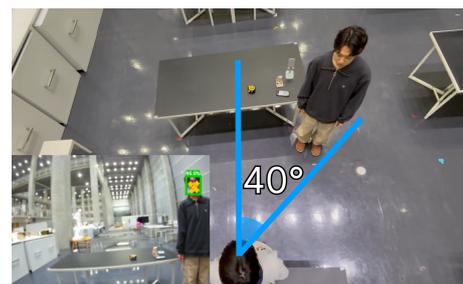


図 14 人の立ち位置による検出可能範囲

5.3 考察

今回顔検出可能な範囲は0.4~2mまでとなったが、他者との交流において2m以上の距離で日常会話を行うケースは少ないと考える。Edward[9]は対人関係において他人に近づかれると不快になる距離をパーソナルスペースとし、密接距離/個体距離/社会距離/公衆距離の4つに分類した。中でも社会距離は仲がそこまでよくない社交上の関係にみられる距離であり、1.2m~2mの範囲に属する。この範囲は本システムの検出距離に含まれており、交流状況の推定には問題ないと思われる。一方図13を見ると、顔を検出可能な角度が想定より広く、正面にいる場合装着者の方を向いていない人でも検出されてしまう可能性がある。AIカメラの出力する確信度の指標を利用するなどして、適切な検出範囲を調整する等、対応を検討していく。

6. ユーザ評価

ユーザ評価の目的は、提案システムをユーザに体験してもらい、フィードバック手法の妥当性や交流意欲への影響を調査することである。

6.1 手法

ここでは実験の手順について示す。本研究ではそれぞれ装着者と周囲の人への効果を確認するため、装着者及び周囲の人の2種類のユーザ評価を行った。

装着者の評価手順について説明する。まず、被験者にシステムの概要と本研究で作成したデバイスについて説明した。被験者には本デバイスを3時間着用してもらい、着用中はなるべく人が一定数いる場所(研究室、購買、フリースペース等)で過ごすよう指示した。システムでは、実験中の交流状況(交流ID、交流回数、交流開始時間、交流時間、総交流時間)を計測した。最後に、装着後本デバイスに関するアンケートに回答させた。被験者は大学生の男性4名であった。

次に、観察者(周囲の人)の評価手順について説明する。まず、被験者に胸部に装着するデバイスを利用することのみを伝え、先入観を防ぐため機能については説明しなかった。実験場所はお互いに1m程度の距離で向かい合って座れるテーブル席を用意した。デバイスを装着した実験者(筆頭著者)が椅子に座って待機し、被験者は対面の席に1分以上座るよう指示した。装着者から被験者には声をかけず、被験者からの声かけは自由とした。この手順をデバイス非装着→装着の順番で、合計2回行った。

被験者には、コミュニケーションに関する事前アンケートと、実験後に体験に関する事後アンケートに回答してもらった。被験者は男性6名、女性4名の大学生10名であり、装着者と日常的に交流する者(友人)が5名、ほとんど交流したことがない者(知人)が5名であった。

6.2 結果と考察

装着者

事前調査によると、4名のうち2名は消極的な属性であった。まず、実験終了後の交流画面を図15に示す。

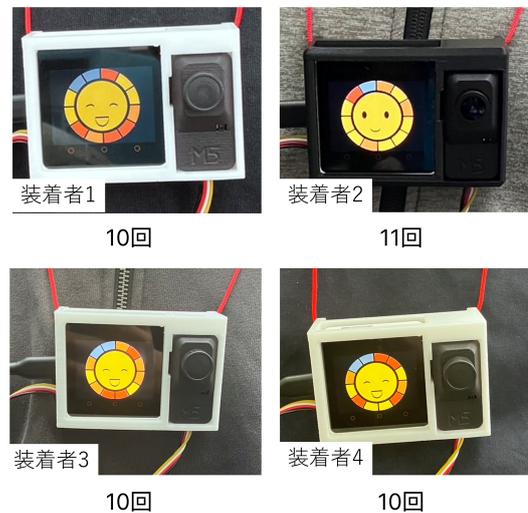


図15 被験者1~4の交流結果

デバイスの使用感に関するアンケート(7段階評価, 1: negative~7: positive)について、平均値と標準偏差を表1に示す。装着の違和感の少なさについては平均値が5(標準偏差2.16)であり、ほとんどが5以上であったが、装着時に首が痛い等の理由でわずらわしさを感じるといった意見もあった。UI操作については平均値が5(標準偏差0.82)であり、比較的使いやすい傾向に見られた。

表1 装着者の主観評価結果

項目	平均	標準偏差
装着の違和感の少なさ	5	2.16
UIの使いやすさ	5	0.82
普段よりコミュニケーションを行えたか	4.75	1.71
コミュニケーションの意欲が向上したか	4.5	0.58

コミュニケーション支援結果のアンケート結果(7段階評価, 1:negative~7: positive)について述べる。「普段よりコミュニケーションを行えたか」「コミュニケーションの意欲が向上したか」については、どちらもわずかに向上しているが、大きな変化は見られなかった。自由記述より、「研究室のように周囲の人間の入れ替わりがない場合、2回目以降の会話促進には直接影響しない可能性が高い」という意見を得た。

最後に自由記述より、「ゲージが溜まるのが楽しい」、「周りの反応が面白い」といったポジティブな意見や「装着者側への交流終了の合図がない」、「表情の変化がワンパターン」といったネガティブな意見があった。

観察者

主観評価の主なアンケートの質問内容（7段階評価、1:negative～7: positive）を表2に、結果の平均値と標準偏差を図16に示す。

Q1: 胸部へのデバイスの興味／Q2: デバイスによる話しかけやすさの変化について、どちらも positive な結果が得られていた。友人と知人を比較すると、Q1 はやや知人の方が高く、Q2 は友人の方が高い傾向があったが、大きな差は見られなかった。

表2 主な質問項目

項目番号	質問内容
Q1	デバイスに興味を持ったか
Q2	デバイスにより、話かけやすさが変化したと思うか（変化がない場合を4）

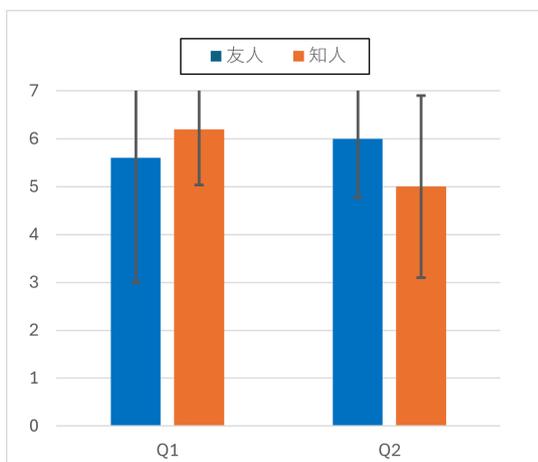


図16 Q1, Q2の平均値と標準偏差

最後に自由記述には本デバイスの良い点と課題・改善点を記述してもらった。良い点として「かわいい」、「話のきっかけになる」といった意見があり、改善点としては「反応に困った」、「リアクションが少なく、変化がわかりにくい」といった意見があった。

6.3 考察

装着者実験について、デバイスの使用感の課題を述べる。わずらわしさの評価が低かった被験者から「首にかける紐が食い込んで痛い」といった意見があり、首下げ型ではなく、クリップなどで胸部に安定的に固定する方法に見直していきたい。次に、装着者自身へのフィードバックについて、現在の振り返り機能（交流人数の確認）だけでは直接モチベーションの向上には繋がりにくい傾向があった。振り返り時に達成感を高めるゲーミフィケーション機能等を追加することで、交流回数を増やす動機づけを検討していきたい。

観察者実験については、デバイス装着時にはやや話しか

けやすさが上昇する傾向にあり、会話内容としてはデバイスの話題／自己紹介等の雑談が半々程度となり、一定の会話促進効果を持つ可能性があると考えられる。ただし、今回の実験では順序効果に配慮しておらず、新奇性効果の制約もあるため、こうした点に配慮した長期的な運用実験を今後進めていきたい。

7. まとめと今後の展望

本研究では、小型カメラとディスプレイを用いて自身の交流状況をさりげなく開示し、自身と周囲の人の双方に行動変容を促すことで、消極的な人の対面コミュニケーションを支援するウェアラブルディスプレイの提案を行った。交流状況は UnitV2 の顔検出機能を用いて顔の座標から計測し、結果に応じて顔アイコンや円状のパターンとして M5Stack Core2 のディスプレイに提示した。さらに加速度センサを用いてデバイスを自分側に向けることで交流状況の確認や交流条件を設定可能にした。また、性能評価とユーザ評価を通して、本研究の有効性と課題を検証した。

今後は、交流判定の閾値を詳細に設定できる機能の実装や、装着者向けの振り返り機能の改良を進めていきたい。さらに、学会等のイベントや生活環境での運用／分析も行っていきたい。

謝辞

本研究の一部は、科研費 22H03634 の支援を受けた。

参考文献

- [1] Alircza Fathi, Jessica K Hodgins, and James M Rehg. Social interactions: A first-person perspective. In *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1226–1233. IEEE, 2012.
- [2] Yeong Rae Joi, Beom Taek Jeong, Jin Hwang Kim, Ki Hyuk Park, Taehyun Lee, and Jun Dong Cho. Wearlove: affective communication via wearable device with gamification. In *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pp. 559–564, 2015.
- [3] Angela Vujic, Thad Starner, and Melody Jackson. Moodlens: towards improving nonverbal emotional expression with an in-lens fiber optic display. In *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 36–39, 2016.
- [4] Ryo Yonetani, Kris M Kitani, and Yoichi Sato. Ego-surfing first-person videos. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 5445–5454, 2015.
- [5] 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, Vol. 62, No. 2, pp. 607–616, 2021.
- [6] 栗原一貴, 西田健志, 濱崎雅弘, 築瀬洋平, 渡邊恵太. 消極性デザイン宣言: 消極的な人よ, 声を上げよ... いや, 上げなくてよい. BNN 新社, 2016.
- [7] 杉田祐樹, 樋口啓太, 米谷竜, 佐藤洋一. 複数一人称視点映像閲覧における行動空間とカメラ位置姿勢の3次元可視化による効果. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラ

- クシヨソ (HCI), Vol. 2017, No. 26, pp. 1–8, 2017.
- [8] 清水大悟, 安村通晃. シャベリカス: 発話の視覚化を用いたウェアラブルインタフェース. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクシヨソ (HCI), Vol. 2009, No. 28 (2009-HCI-132), pp. 1–8, 2009.
- [9] 日高敏隆, 佐藤信行. かくれた次元. みすず書房, 1970.
- [10] 梅澤章乃, 竹川佳成, 平田圭二. 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), Vol. 2017, No. 25, pp. 1–5, 2017.