

Title	オンライン会議におけるコミュニケーション支援のためのマルチモーダル解析による感情推定システム
Author(s)	戸嶋, 龍佑
Citation	
Issue Date	2024-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/18951
Rights	
Description	Supervisor: 宮田 一乗, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

修士論文

オンライン会議におけるコミュニケーション支援のためのマルチモーダル解析による感情推定システム

戸嶋 龍佑

主指導教員 宮田 一乗

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
(知識科学)

令和6年3月

Abstract

This study proposes a multimodal emotion estimation system to support communication in online meetings. The user's emotions are estimated, the estimation results are organized in order of probability, and the emotions are augmented by superimposing pictograms on the camera image, making it easier to understand the other person's emotions.

In this experiment, to verify the effectiveness of the system, we conducted an online experiment and administered a questionnaire with four different patterns: no presentation of emotion estimation results, presentation of the partner's emotion estimation results, presentation of one's own emotion estimation results, and presentation of each other's emotion estimation results. Although we could not obtain positive responses regarding the accuracy of the emotion estimation, the results of the questionnaire suggest that the presentation of the estimated results of emotions is effective in supporting communication in online meetings in the pattern of presenting the estimated results of the partner's emotions and in the pattern of presenting each other's emotions. It is considered that the system's presentation of the partner's emotion, which can only be guessed from the partner's facial expressions and actions, may have functioned as an indicator when communicating. However, further detailed investigation is needed on how to present the estimated results, such as by adding movements to emoji.

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	1
1.3	論文構成	2
第2章	関連研究	3
2.1	OpenFace	3
2.2	感情推定とフィードバック	5
2.2.1	カメラ映像からの感情推定	5
2.2.2	生体情報からの感情推定	6
2.3	本研究の位置付け	8
第3章	提案手法	9
3.1	実験環境	9
3.2	感情推定	10
3.2.1	表情からの感情推定モデル	10
3.2.2	生体情報からの感情推定モデル	10
3.2.3	2つのモデルからの感情推定	11
3.3	提示方法	11
3.4	システムフロー	12
第4章	実験	13
4.1	パターン1 感情の推定結果の提示なし	13
4.2	パターン2 相手の感情の推定結果を提示	14
4.3	パターン3 自分の感情の推定結果を提示	14
4.4	パターン4 お互いの感情の推定結果を提示	15
4.5	アンケート項目	16
4.5.1	被験者の意識についてのアンケート項目	17
4.5.2	パターン1でのアンケート項目	17
4.5.3	パターン2でのアンケート項目	18
4.5.4	パターン3でのアンケート項目	18
4.5.5	パターン4でのアンケート項目	18
4.5.6	全体を通してのアンケート項目	19

第5章	結果	20
5.1	アンケートの結果	20
5.1.1	コミュニケーションに対する意識調査	20
5.1.2	コミュニケーションの取りやすさ	21
5.1.3	コミュニケーションの取り方の変化	22
5.1.4	システムの評価	24
5.2	結果のまとめ	26
第6章	結論	27
6.1	本研究のまとめ	27
6.2	今後の課題	27
付録A		33
A.1	アンケート項目	33
A.2	自由記述	39

目次

2.1	OpenFace の目の領域のランドマーク	3
2.2	OpenFace の顔の領域のランドマーク	4
2.3	EmojiCam	6
2.4	ハートトゥハートオンラインコミュニケーションシステム	6
2.5	Neo-Noumena	7
2.6	Neo-Noumena が提示するフラクタルと 4 つのカテゴリ	7
2.7	Affective Umbrella	8
3.1	被験者とデバイスの位置関係	9
3.2	センサを装着したときの様子	10
3.3	実際に使用した絵文字	11
3.4	オーバーレイのイメージ図	11
3.5	システムフロー	12
4.1	パターン 1 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)	13
4.2	パターン 2 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)	14
4.3	パターン 2 での被験者 1 の感情の順位の推移	14
4.4	パターン 3 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)	15
4.5	パターン 3 での被験者 1 の感情の順位の推移	15
4.6	パターン 4 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)	16
4.7	パターン 4 での被験者 1 の感情の順位の推移	16
4.8	GoogleForm 上のアンケート様式)	17
5.1	「コミュニケーションを取ることが得意だと思いますか」アンケート結果	20
5.2	「オンラインミーティングでは、対面に比べてコミュニケーションが取りにくいと思いますか」アンケート結果	21
5.3	「コミュニケーションが取りやすいと思いますか」アンケート結果	22
5.4	「提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか」アンケート結果	22
5.5	「相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」アンケート結果	23

5.6 「自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」	
アンケート結果	24
5.7 「コミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか」	
アンケート結果	25
5.8 「感情を正確に反映していたと思いますか」アンケート結果	25
A.1 GoogleForm 上のアンケート (Page1)	33
A.2 GoogleForm 上のアンケート (Page2)	34
A.3 GoogleForm 上のアンケート (Page3)	35
A.4 GoogleForm 上のアンケート (Page4)	36
A.5 GoogleForm 上のアンケート (Page5)	37
A.6 GoogleForm 上のアンケート (Page6)	38

表 目 次

2.1	OpenFace で検出できる Action Unit	5
3.1	開発・実験環境	9
4.1	アンケート項目	17
4.2	パターン1でのアンケート項目	17
4.3	パターン2でのアンケート項目	18
4.4	パターン3でのアンケート項目	18
4.5	パターン4でのアンケート項目	19
4.6	全体を通してのアンケート項目	19

第1章 はじめに

1.1 研究背景

我々は、様々な感情を経験し、目撃するが、自分や他人の感情をどの程度識別し、表現し、理解し、調節し、利用しているかは著しく異なる。この考えを説明するために“Emotional Competence (EC)”という概念が提唱されており、個人が環境に適応するための重要な予測因子であることが分かっている [1, 2]。そして、より高いECは、より大きな幸福、より良い精神的・肉体的健康、より満足のいく社会的関係、より大きな職業的成功に関連すると考えられている [3, 4, 5]。

しかしながら、対人コミュニケーションにおいて、相手の感情を正確に理解することは、非常に困難であり、重要である。悪い印象を与えているのに、それを正確に理解できないと、その後の交友関係に支障をきたしたり、信頼関係にひびが入ったりしてしまうだろう。反対に、良い印象を与えているのに、それに気づけなければ、良好な関係構築のチャンスを逃してしまうことかもしれない。

近年、新型コロナウイルスが蔓延したことや働き方が多様化してきていることで、企業や学校において、オンラインミーティングが広く普及してきている。しかしながら、オンラインミーティングでは、時間や場所の制限が緩和される一方で、表情や身振りなどの非言語的なコミュニケーション [6] が読み取りにくく、対面コミュニケーションよりも、さらに感情を理解することが難しくなってしまうという問題がある。

1.2 研究目的

本研究では、表情と心拍、皮膚電気活動を用いたマルチモーダル解析によって、お互いの感情を推定し、推定結果を確率の高いものから順に並べ、絵文字をカメラ映像にオーバーレイすることで感情の拡張表示を行う。この拡張表示によって、対面に比べて相手の感情を理解しづらく、コミュニケーションが取りにくいオンラインミーティングにおけるコミュニケーションを支援することを目的として研究を行った。

1.3 論文構成

本稿は、全6章で構成されており、各章の内容と構成を以下で説明する。

第1章では、本研究である、オンライン会議におけるコミュニケーション支援のためのマルチモーダル解析による感情推定システムの研究背景や研究目的を述べ、第2章では、本研究に関連する研究の説明を行う。第3章では、提案手法の説明をし、第4章では、本研究において行なった実験の内容を記述する。第5章では、実験の結果を記述し、第6章では、本研究のまとめと今後の課題を述べる。

第2章 関連研究

本章では、本研究の関連研究として、表情分析、感情推定とフィードバックの研究の紹介を行う。

2.1 OpenFace

OpenFace[7] は、表情を分析する手法として、Baltrusaitis によって提案された、顔や目のランドマーク検出、頭部の姿勢推定、Action Unit の認識、視線の推定が可能なオープンソースツールキットである。OpenFace の中核をなすアルゴリズムは、それらすべてのタスクにおいて最先端の結果を示している。また、リアルタイムのパフォーマンスが可能であり、専門的なハードウェアを必要とせず、シンプルなウェブカメラから実行することができる。Action Unit とは、表情を顔面の筋肉の動きの有無の組み合わせによって分類する、顔面動作符号化システム (Facial Action Coding System : FACS)[8] で用いられる、表情の部分的な表出のことである。OpenFace で認識できる Action Unit を表 2.1 に示す。また、目のランドマークを図 2.1、顔のランドマークを図 2.2 にそれぞれ示す。

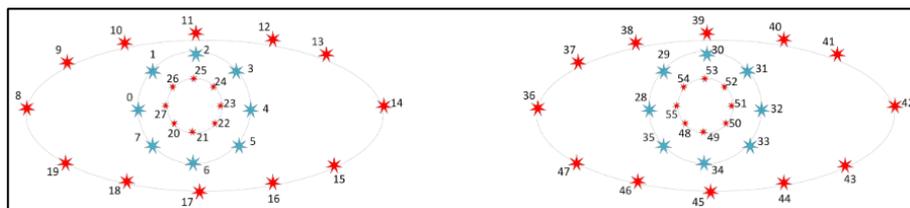


図 2.1: OpenFace の目の領域のランドマーク

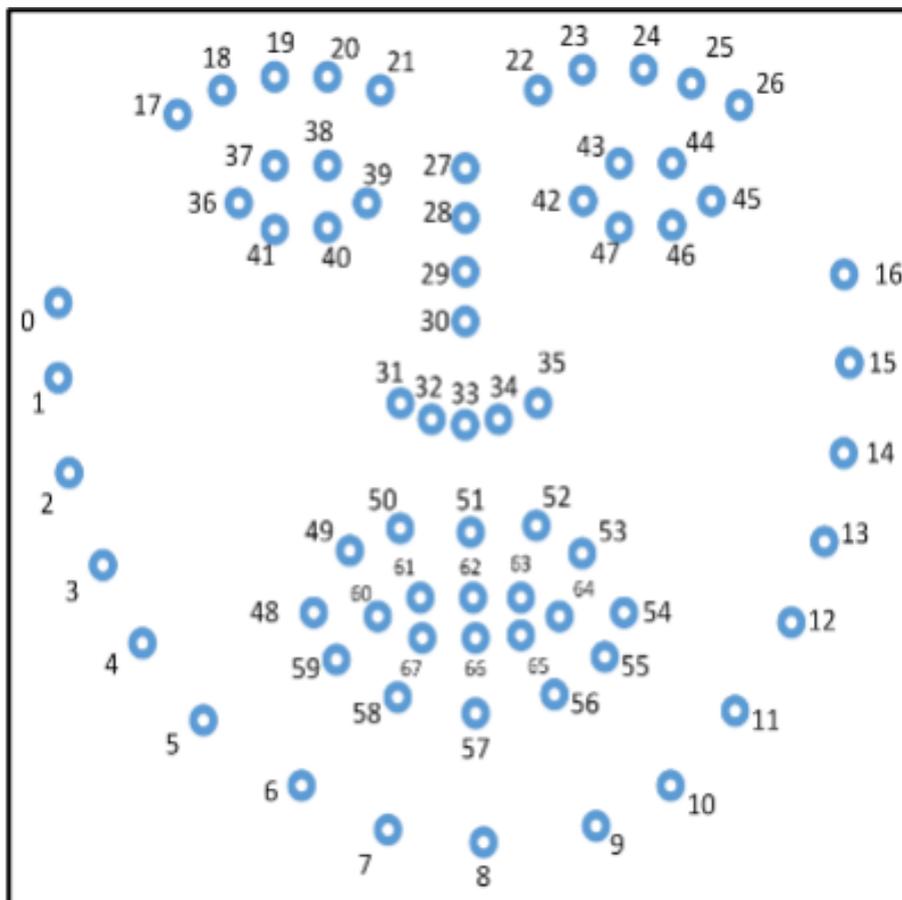


図 2.2: OpenFace の顔の領域のランドマーク

表 2.1: OpenFace で検出できる Action Unit

AU 番号	AU の部位・動作
1	眉の内側を上げる
2	眉の外側を上げる
4	眉を下げる
5	上瞼を上げる
6	頬を持ち上げる
7	瞼を緊張させる
9	鼻に皺を寄せる
10	上唇を上げる
12	唇両端を引き上げる
14	えくぼを作る
15	唇両端を下げる
17	頤を上げる
20	唇両端を横に引く
23	唇を固く閉じる
25	顎を下げずに唇を開く
26	顎を下げて唇を開く
28	唇を吸い込む
45	まばたく

2.2 感情推定とフィードバック

2.2.1 カメラ映像からの感情推定

第1章で述べたように、オンラインミーティングは、時間や場所の制限が緩和されるというメリットを持っているが、対面に比べて情報が読み取りにくいという欠点がある。神場 [9] は、オンラインミーティングの映像からユーザーがどのように考えているかを推定し、ユーザーにフィードバックすることによって、好印象を与える研究を行っている。この研究でのフィードバックは、それぞれの感情の数値を時間経過とともに折れ線グラフで提示しているが、被験者が判断しづらいため、視覚化の方法には検討が必要である。

Namikawa ら [10] は、ビデオ通話における表情の代替として、絵文字を含むグラフィックアイコンを使用するコミュニケーション手法を提案している (図 2.3)。このシステムは、表情認識または手動キーボード入力によって送信者の感情をエンコードし、対応する絵文字を受信者に提示する。このシステムを利用することで、ユーザーは絵文字で顔を隠し、顔だけで表現していた感情を効果的に表現することができる。一方で、「会話中に口元が見えにくい」という意見もあり、会話シーンに応

じた表示方法を選択することで、状況に合わせたコミュニケーション支援が可能であると述べている。



図 2.3: EmojiCam

林ら [11] は、web カメラからユーザーの顔色を読み取り、血流の変化を過程をオンラインコミュニケーションツールにフィードバックを行う、ハートトゥハートオンラインコミュニケーションシステム (図 2.4) を提案した。この研究は、ユーザーの存在感や生命感を共有することが目的であり、読み取った情報をそのまま数値化するのではなく、人間が持つリズムをそのままユーザーにフィードバックしている。



図 2.4: ハートトゥハートオンラインコミュニケーションシステム

2.2.2 生体情報からの感情推定

Semertzidis ら [12] は、複合現実感による対人コミュニケーションを拡張するシステムである Neo-Noumena を設計した (図 2.5, 図 2.6)。脳波を用いて感情を推定し、ユーザの主観的感情体験を可視化したこの研究では、テクノロジーが感情コミュニ

ケーションにおける我々の能力を拡張する可能性があることを主張している。この研究では、参加者の感情状態を、参加者を取り囲み追従するオーラのようなフラクタル群として拡張現実にレンダリングしている。結果として、自己報告式の心理尺度 [1] における“他者の感情のコントロール”について有意な結果を得られたが、他の尺度については有意な結果が得られなかった。また、分類の精度に大量のデータが必要であることから、感情検出の精度、感情を分類するのにかかる時間、分類可能な感情数の間にトレードオフの関係があるとしている。



図 2.5: Neo-Noumena

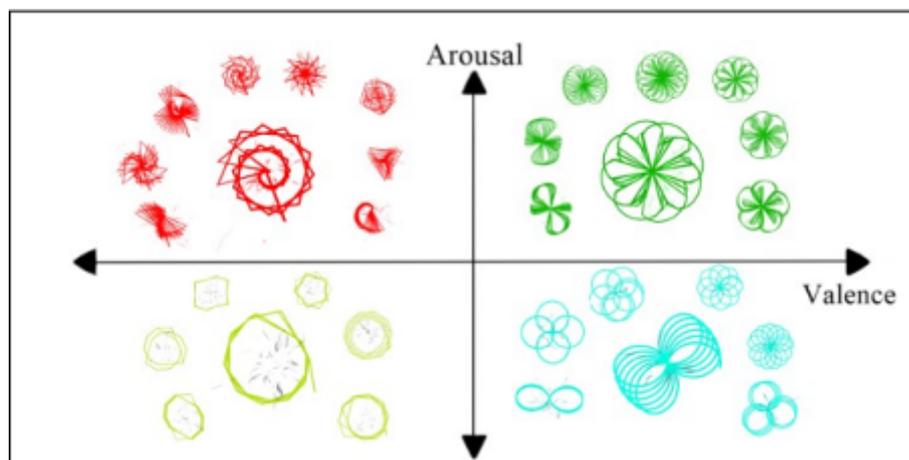


図 2.6: Neo-Noumena が提示するフラクタルと 4つのカテゴリー

Chen ら [13] は、ユーザーの生理的な信号を外在化し、ユーザの周りの環境やユーザーが身につけるデバイスに表示することで、ユーザーが自身の生理的な機能を振り返り、外的要因と感情を結びつける時間を提供することを目的に Affective Umbrella(図 2.7) を提案した。Affective Umbrella は、傘の柄の中に心拍変動と皮膚

電気活動を読み取るためのセンサを組み込んでおり、その値に応じて、傘の表面の内側に光ファイバー布を通して接続された8個のRGB LEDの光量や色が変化する。色彩フィードバックを用いて人々の感情的を反映し、影響を与えることが可能であることを示している。

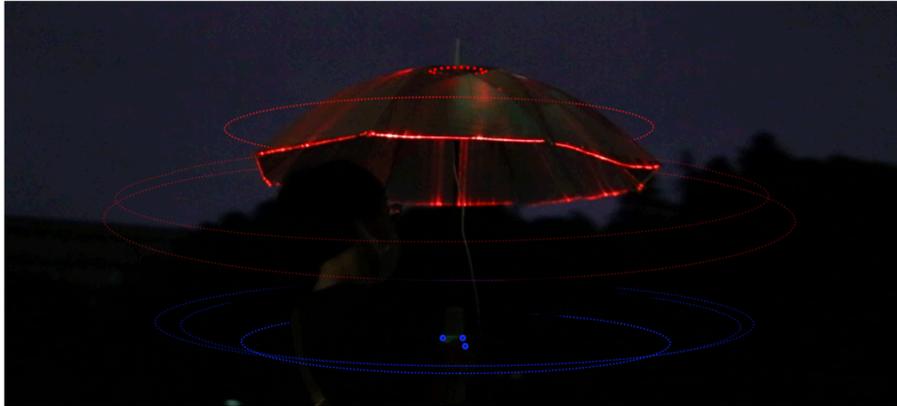


図 2.7: Affective Umbrella

2.3 本研究の位置付け

本研究では、表情と心拍、皮膚電気活動を用いたマルチモーダル解析によって、お互いの感情を推定する。そして、推定結果を確率の高いものから順に並べ、絵文字をカメラ映像にオーバーレイすることで感情の拡張表示を行い、オンラインコミュニケーションの支援に対する効果を検証する。関連研究でも生体情報や表情を用いた感情推定やそのフィードバックの研究が行われているが、生データであったり、オーラのような抽象的な表現方法であったりするため、ユーザーが理解しにくいという課題がある。そのため、ユーザーの理解の容易さの観点から、より効果的なフィードバックの仕方を検討する必要がある。また、既存研究の多くは、推定結果の最も確率が高いものをフィードバックするものであるが、ヒトの実際の感情は複数の感情が混在している場合がある [14]。そこで本研究では、単一の感情を表示するのではなく、複数の感情を順位づけして表示することで、混在する複数の感情を表現する。

第3章 提案手法

3.1 実験環境

本研究の実験環境は、表 3.1 に示す通りである。実験環境の各デバイスと被験者の位置関係を図 3.1 また、センサを手に装着した様子を図 3.2 に示す。実験時、被験者はそれぞれ別の部屋で Zoom[15] を用いて、オンラインミーティングに参加した。

表 3.1: 開発・実験環境

項目	説明
PC	Surface Pro 7+
マイコン	Arduino UNO
GSR センサ	Seeed Grove-GSR sensor
心拍センサ	SparkFun Pulse Sensor
ミーティングアプリ	Zoom
仮想カメラ	OBS Studio[16]

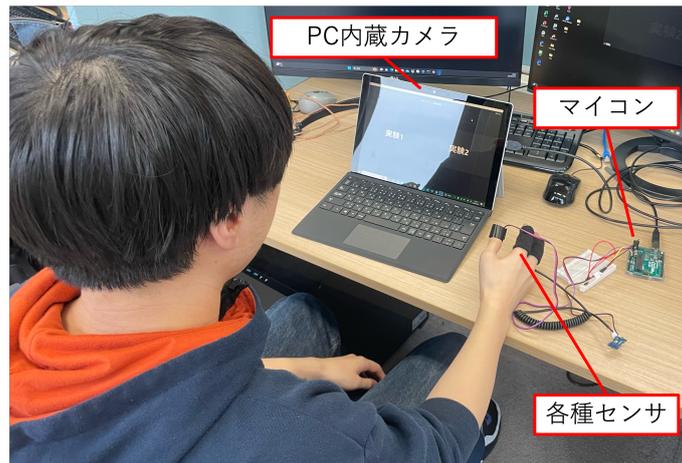


図 3.1: 被験者とデバイスの位置関係



図 3.2: センサを装着したときの様子

3.2 感情推定

感情の推定のために、表情と生体情報からそれぞれ感情推定モデルを作成した。推定する感情は、怒り、嫌悪、恐怖、喜び、中立、悲しみ、驚きの7つである。

3.2.1 表情からの感情推定モデル

FNN(Feedforward Neural Network) を用いて、表情からの感情推定モデルを作成した。このモデルのトレーニングにはデータセットとして、Emotion Detection[17]と FER-2013[18] を使用し、データセット内の画像を OpenFace で表情分析を行うことで、Action Unit や顔のランドマーク等の特徴量を抽出した。モデルの構築には TensorFlow[19] を使用し、出力層に Softmax 関数を用いることで、各感情の確率を出力するモデルを作成した。

3.2.2 生体情報からの感情推定モデル

FNN を用いて、生体情報からの感情推定モデルを作成した。このモデルのトレーニングにはデータセットとして、感情と心電図 (Electrocardiogram : ECG) データ、ガルバニック皮膚反応 (Galvanic Skin Response : GSR) データが対応づけられた、Young Adult's Affective Data (YAAD) Using ECG and GSR Signals[20] を使用し、データセット内のデータから、特徴量として、心拍数、心拍変動、GSR 平均値、GSR 変動値を抽出した。また、ノイズを加えることでデータの拡張を行った。モデルの構築には TensorFlow を使用し、出力層に Softmax 関数を用いることで、各感情の確率を出力するモデルを作成した。

3.2.3 2つのモデルからの感情推定

表情からの感情推定モデルと生体情報からの感情推定モデルはそれぞれ、7つの感情に対する確率を予測するものである。本研究では、(3.1)式に示すように、それぞれのモデルから得られた各感情の確率から、感情ごとに平均を計算し、順位づけることで本研究の感情の推定結果とする。

$$probability[i] = \frac{face_probability[i] + vital_probability[i]}{2} \quad (3.1)$$

$probability[i]$ は、表情からの各感情 i の確率 $face_probability[i]$ と生体情報からの各感情 i の確率 $vital_probability[i]$ の平均で計算される、各感情 i の確率を示す。

3.3 提示方法

感情の推定結果の提示のために、それぞれの感情に対応した絵文字を Microsoft 社が提供する絵文字ライブラリ Fluent Emoji[21] を用いて用意した。実際に使った絵文字を図 3.3 に示す。本研究では、単一の感情を表現するのではなく、混在する複数の感情を表現するために、2つのモデルからの感情の推定結果に基づいて、確率の高い順に左から並べ、カメラ映像にオーバーレイ表示することで被験者への提示を行った。オーバーレイされる推定結果のイメージを図 3.4 に示す。



図 3.3: 実際に使用した絵文字



図 3.4: オーバーレイのイメージ図

3.4 システムフロー

本システムフローを図 3.5 に示す。まず、表情からの感情推定モデルと生体情報からの感情推定モデルを事前に作成しておく。OpenCV[22] を用いて、Surface の内蔵カメラの映像を画像として取得する。その画像を OpenFace を用いることで分析し、抽出した特徴量を感情推定モデルに入力し、表情からの推定結果を得る。同時に、GSR センサと心拍センサの値から、生体情報からの感情推定モデルを用いて生体情報からの推定結果を得る。この 2 つの推定結果から本システムの推定結果を算出し、感情推定に基づいて、確率の高い順に左から並べ、カメラ映像にオーバーレイ表示する。

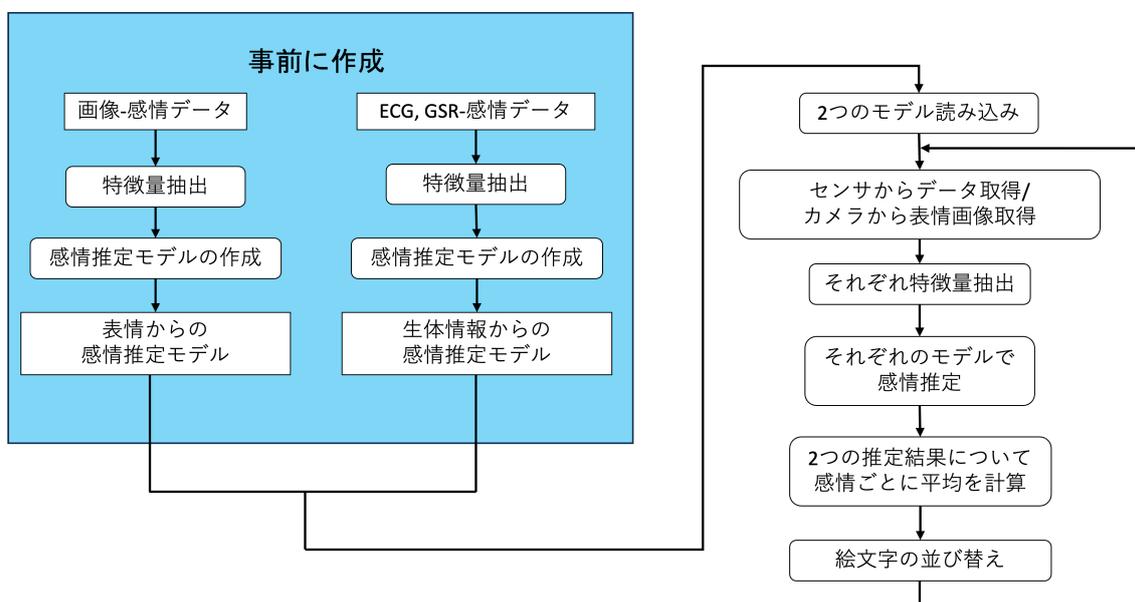


図 3.5: システムフロー

第4章 実験

システムの有効性を検証するために、感情の推定結果の提示なし、相手の感情の推定結果を提示、自分の感情の推定結果を提示、お互いの感情の推定結果を提示という4つのパターンでオンラインで実験を行なった。被験者は、Zoomでオンラインミーティングを行い、システム使用時にはOBS Studioを用いて、webカメラの映像に推定結果をオーバーレイしたものをカメラ映像として使用した。感情の推定結果の提示なしを最初に行い、その他のパターンは各組で順番を変えて行なった。被験者は20代の男性4名（2組）であり、各パターン5-10分で会話をしてもらった。全パターン終了後、アンケート調査を行なった。

4.1 パターン1 感情の推定結果の提示なし

1つ目のパターンとして、システムを使用せず、推定結果を表示しない、一般的なオンラインミーティングで実験を行なった。実際の実験時の様子を図4.1に示す。

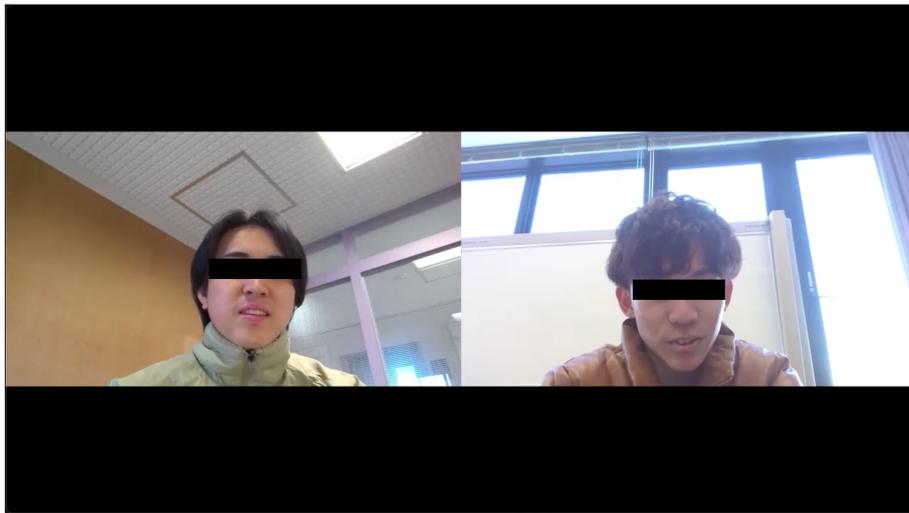


図 4.1: パターン1での実験時の様子 (被験者(右)の画面)

4.2 パターン2 相手の感情の推定結果を提示

2つ目のパターンとして、システムを使用し、自分の推定結果を隠し、相手の推定結果を表示して実験を行なった。実際の実験時の様子を図 4.2 に示す。また、例として、被験者 1 の推定した感情の順位の推移を図 4.3 に示す。

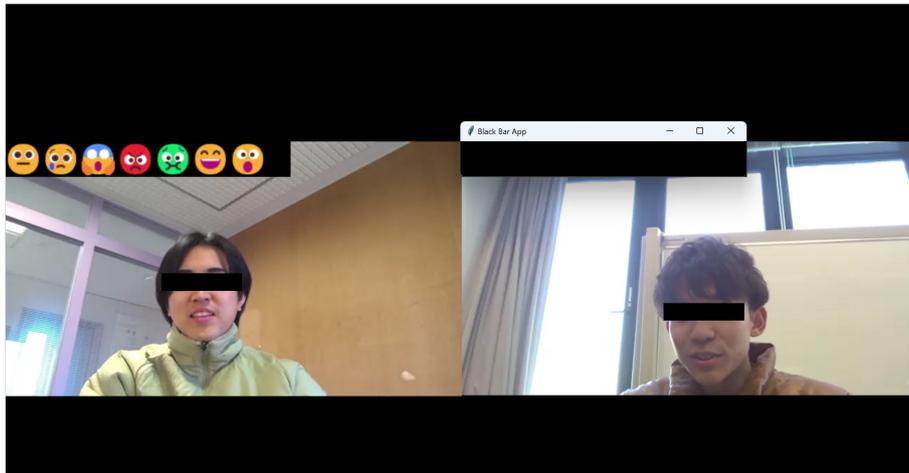


図 4.2: パターン 2 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)

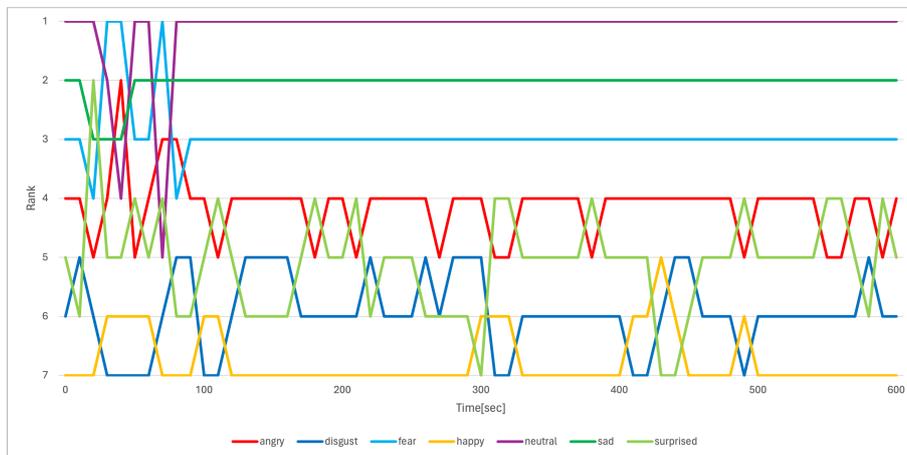


図 4.3: パターン 2 での被験者 1 の感情の順位の推移

4.3 パターン3 自分の感情の推定結果を提示

3つ目のパターンとして、システムを使用し、相手の推定結果を隠し、自分の推定結果を表示して実験を行なった。実際の実験時の様子を図 4.4 に示す。また、例として、被験者 1 の推定した感情の順位の推移を図 4.5 に示す。

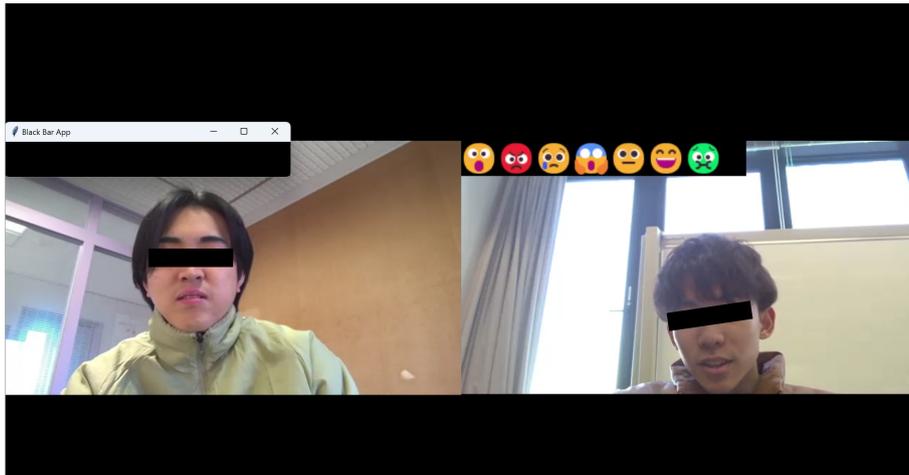


図 4.4: パターン 3 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)

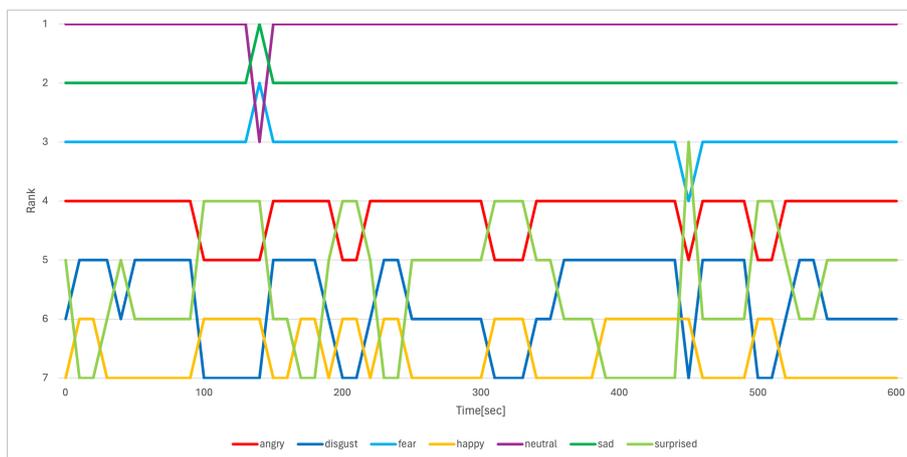


図 4.5: パターン 3 での被験者 1 の感情の順位の推移

4.4 パターン 4 お互いの感情の推定結果を提示

4つ目のパターンとして、システムを使用し、お互いの推定結果を表示して実験を行なった。実際の実験時の様子を図 4.6 に示す。また、例として、被験者 1 の推定した感情の順位の推移を図 4.7 に示す。



図 4.6: パターン 4 での実験時の様子 (被験者 (右) の画面)

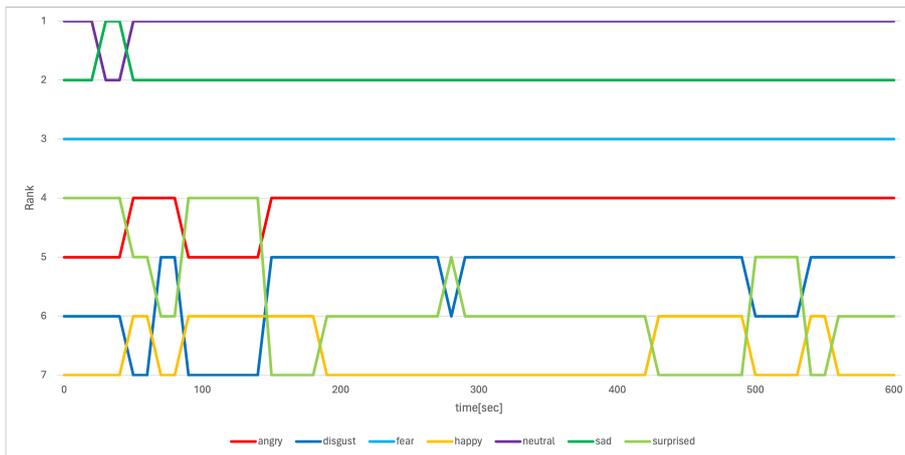


図 4.7: パターン 4 での被験者 1 の感情の順位の推移

4.5 アンケート項目

実験後、システムの有効性を確かめるために、アンケートを行なった。図 4.8 に示すように、それぞれの項目は 1~5 の 5 段階評価である。

- とてもそう思う
- ややそう思う
- どちらともいえない
- あまりそう思わない
- 全くそう思わない

図 4.8: GoogleForm 上のアンケート様式)

4.5.1 被験者の意識についてのアンケート項目

被験者のコミュニケーションに対する意識を調査するため、表 4.1 に示す項目についてアンケートを行なった。

表 4.1: アンケート項目

質問	内容
Q1	コミュニケーションを取ることが得意だと思いますか
Q2	オンラインミーティングでは、対面に比べてコミュニケーションが取りにくいと思いますか

4.5.2 パターン1でのアンケート項目

システムを利用しない、通常のオンラインミーティングについて、表 4.2 に示す項目についてアンケートを行なった。

表 4.2: パターン1でのアンケート項目

質問	内容
Q1	コミュニケーションが取りやすいと思いますか
Q2	相手の感情を理解しやすいと思いますか

4.5.3 パターン2でのアンケート項目

システムを使用し、自分の推定結果を隠し、相手の推定結果を表示したオンラインでミーティングについて、表 4.3 に示す項目についてアンケートを行なった。

表 4.3: パターン2でのアンケート項目

質問	内容
Q1	コミュニケーションが取りやすいと思いますか
Q2	提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか
Q3	自分の感情が相手に提示されていることによって、相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q4	相手の感情が自分に提示されていることによって、自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q5	相手の感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか

4.5.4 パターン3でのアンケート項目

システムを使用し、相手の推定結果を隠し、自分の推定結果を表示したオンラインでミーティングについて、表 4.4 に示す項目についてアンケートを行なった。

表 4.4: パターン3でのアンケート項目

質問	内容
Q1	コミュニケーションが取りやすいと思いますか
Q2	提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか
Q3	相手自身の感情が提示されていることによって、相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q4	自分自身の感情が提示されていることによって、自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q5	自分自身の感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか

4.5.5 パターン4でのアンケート項目

システムを使用し、お互いの推定結果を表示したオンラインでミーティングについて、表 4.5 に示す項目についてアンケートを行なった。

表 4.5: パターン4でのアンケート項目

質問	内容
Q1	コミュニケーションが取りやすいと思いますか
Q2	提示なしと比較して, コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか
Q3	お互いの感情が提示されていることによって, 相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q4	お互いの感情が提示されていることによって, 自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか
Q5	お互いの感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか

4.5.6 全体を通してのアンケート項目

全体を通してのアンケートでは, 5段階評価でのアンケート項目に加えて, 自由記述欄を設けた. アンケート項目を 4.6 に示す.

表 4.6: 全体を通してのアンケート項目

質問	内容
Q1	システムは相手の感情を正確に反映していたと思いますか
Q2	システムは自分の感情を正確に反映していたと思いますか

第5章 結果

5.1 アンケートの結果

アンケートの結果を図5.1-図5.8に示す。アンケート結果は、5段階評価で「とてもそう思う」が5で、「全くそう思わない」が1を示している。

5.1.1 コミュニケーションに対する意識調査

図5.1, 図5.2にそれぞれ、被験者のコミュニケーションに対する意識を調査するために行なったアンケートの結果を示す。「コミュニケーションを取ることが得意だと思いますか」という設問に対する回答の平均スコアは3.75, 「オンラインミーティングでは、対面に比べてコミュニケーションが取りにくいと思いますか」という設問に対する回答の平均スコアは4.25であった。被験者はコミュニケーションに対する苦手意識が薄く、オンラインミーティングでは、対面でのミーティングに比べてコミュニケーションが取りにくいと思っている傾向があることがわかる。

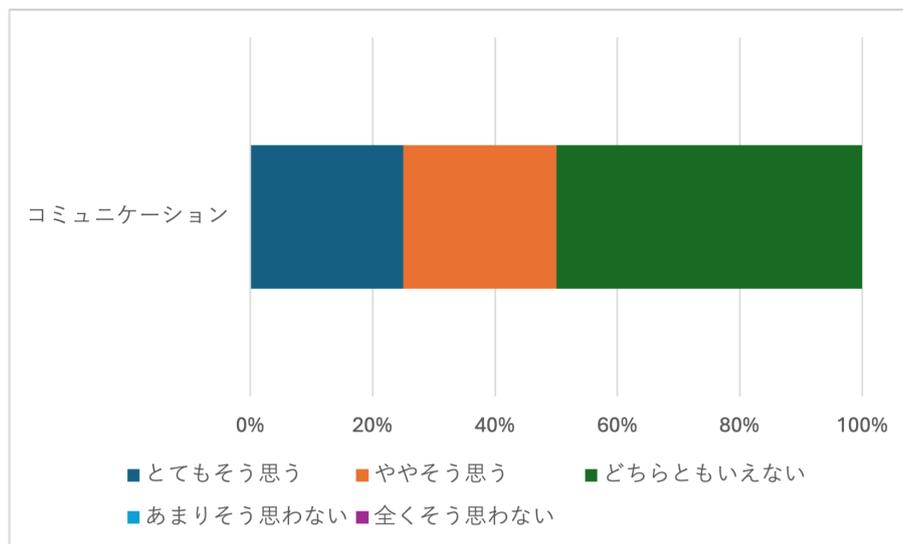


図 5.1: 「コミュニケーションを取ることが得意だと思いますか」アンケート結果

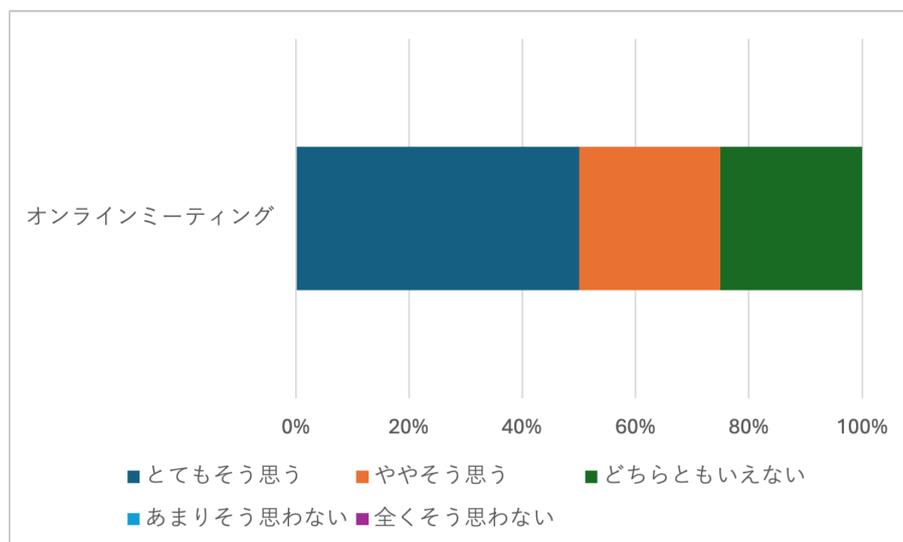


図 5.2: 「オンラインミーティングでは、対面に比べてコミュニケーションが取りにくいと思いますか」 アンケート結果

5.1.2 コミュニケーションの取りやすさ

図 5.3 に「コミュニケーションが取りやすいと思いますか」についてのアンケート結果を示す。感情の推定結果の提示しない場合での平均スコアは 3.25, 相手の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.75, 自分の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.25, お互いの感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 4.00 であった。相手の感情の推定結果を提示したパターン 2 とお互いの感情を提示したパターン 4 では、感情の推定結果を提示しないパターン 1 よりも高い評価を得た。また、自分の感情の推定結果を提示したパターン 3 では、パターン 1 と同等の評価であった。

図 5.4 に「提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか」についてのアンケート結果を示す。相手の感情の推定結果を提示したの平均スコアは 3.75, 自分の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.00, お互いの感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 4.00 であった。相手の感情の推定結果を提示したパターン 2 とお互いの感情を提示したパターン 4 では、半数以上から肯定的な評価を得られた。

この 2 つの結果から、自分の感情の推定結果の提示の有無に関わらず、相手の感情の推定結果が提示されていることがコミュニケーションの取りやすさに影響を与えていることが示唆された。

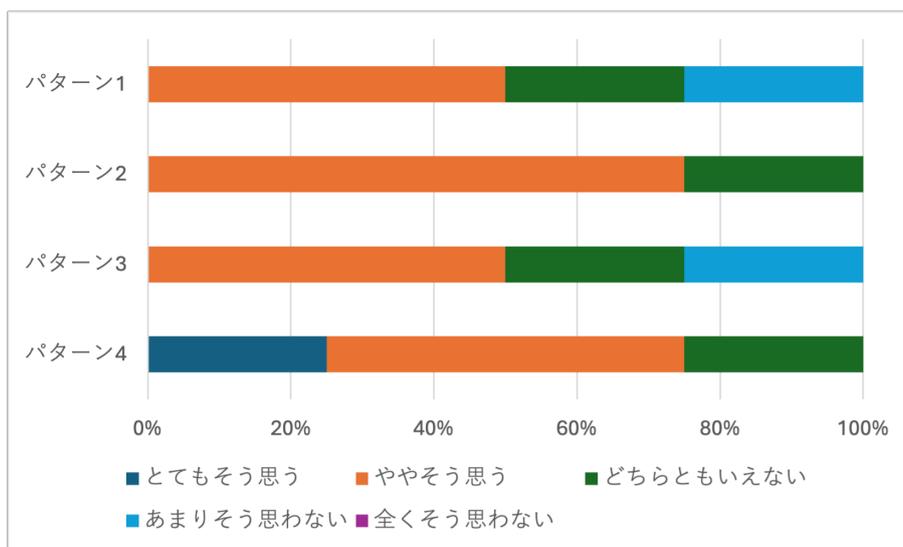


図 5.3: 「コミュニケーションが取りやすいと思いますか」アンケート結果

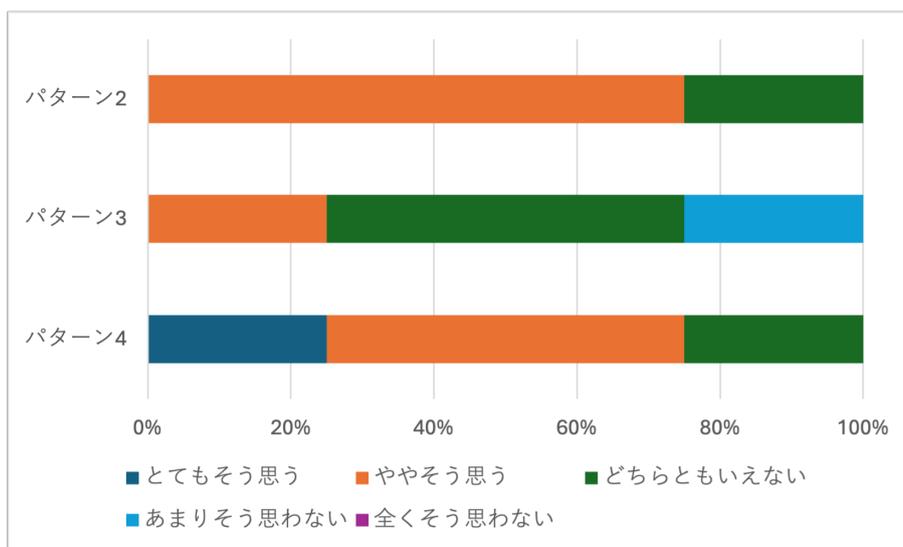


図 5.4: 「提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか」アンケート結果

5.1.3 コミュニケーションの取り方の変化

図 5.4 に感情を提示したパターン 2-パターン 4 において、「相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」についてのアンケート結果を示す。相手の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.75, 自分の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.00, お互いの感情の推定結果を提示した場合の平

均スコアは3.75であった。相手の感情の推定結果を提示したパターン2とお互いの感情を提示したパターン4では、半数以上から肯定的な評価を得られた。

図5.6に感情を提示したパターン2-パターン4において、「自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」についてのアンケート結果を示す。相手の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは3.50、自分の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは3.50、お互いの感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは4.00であった。この項目では、全てのパターンで半数以上から肯定的な評価を得られた。

この2つの結果から、自分の感情の推定結果が相手に表示されていることが相手のコミュニケーションの取り方に影響を与え、相手の感情の推定結果が表示されていることや自分の感情の推定結果が表示されていることが自分のコミュニケーションの取り方に影響を与えていることが示唆された。

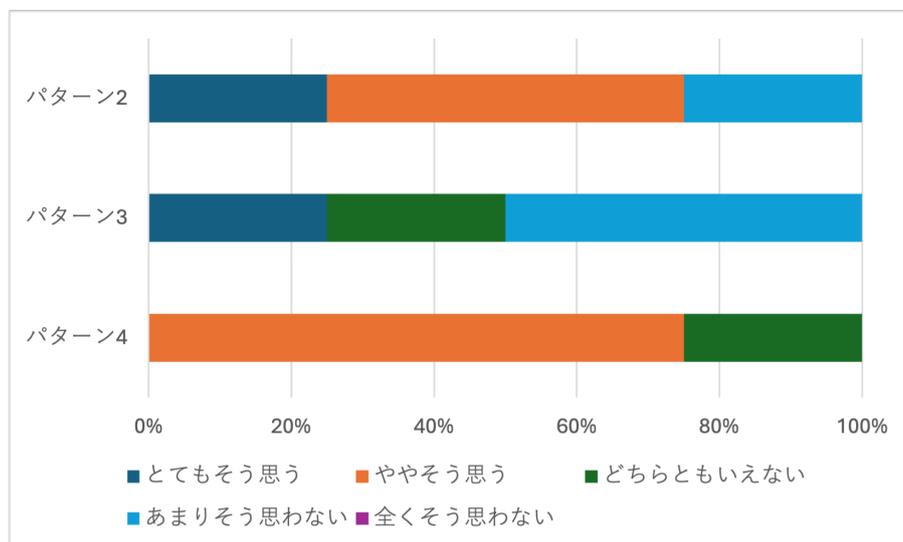


図 5.5: 「相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」アンケート結果

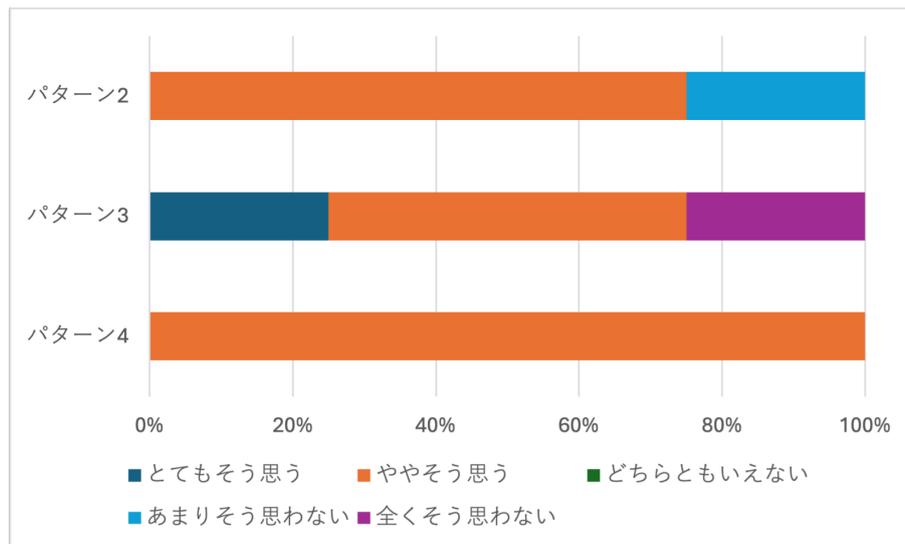


図 5.6: 「自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか」アンケート結果

5.1.4 システムの評価

図 5.7 に感情を提示したパターン 2-パターン 4 において、「コミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか」についてのアンケート結果を示す。相手の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 4.00、自分の感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 3.00、お互いの感情の推定結果を提示した場合の平均スコアは 4.25 であった。この項目では、相手の感情の推定結果を提示したパターン 2 とお互いの感情を提示したパターン 4 で、半数以上から肯定的な評価を得られた。自分の感情の推定結果を提示したパターン 3 では、肯定的評価と否定的評価が同程度であった。このことから、自分の感情の推定結果の提示の有無に関わらず、相手の感情の推定結果が提示されていることがコミュニケーションを取る際の手助けになり得ることが示唆された。

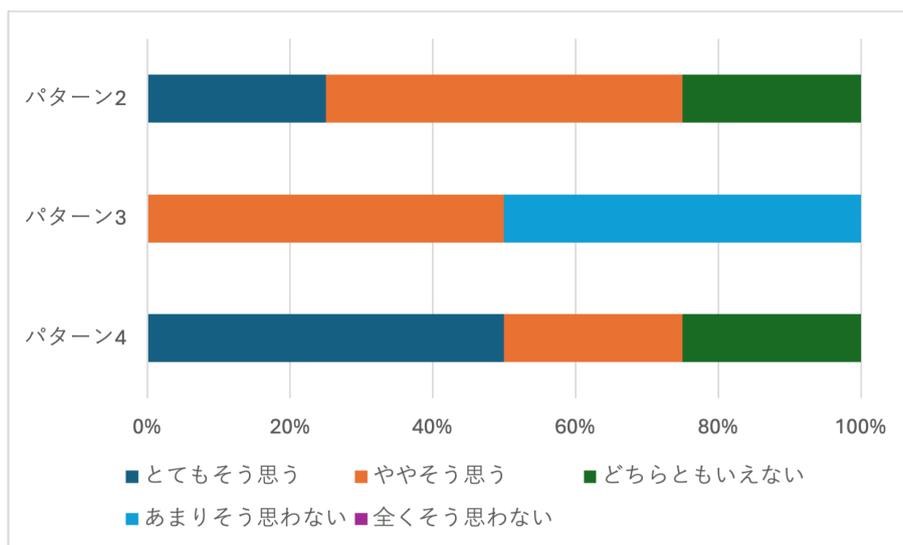


図 5.7: 「コミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか」アンケート結果

「システムは相手の感情を正確に反映していたと思いますか」という設問と「システムは自分の感情を正確に反映していたと思いますか」という設問に対するアンケート結果を図 5.8 に示す。「システムは相手の感情を正確に反映していたと思いますか」という設問の平均スコアは 2.75, 「システムは自分の感情を正確に反映していたと思いますか」という設問の平均スコアは 2.25 であった。この 2 つの設問について, 肯定的な回答は得られなかった。このことから, システムが感情を正確に推定できていないことが示唆された。

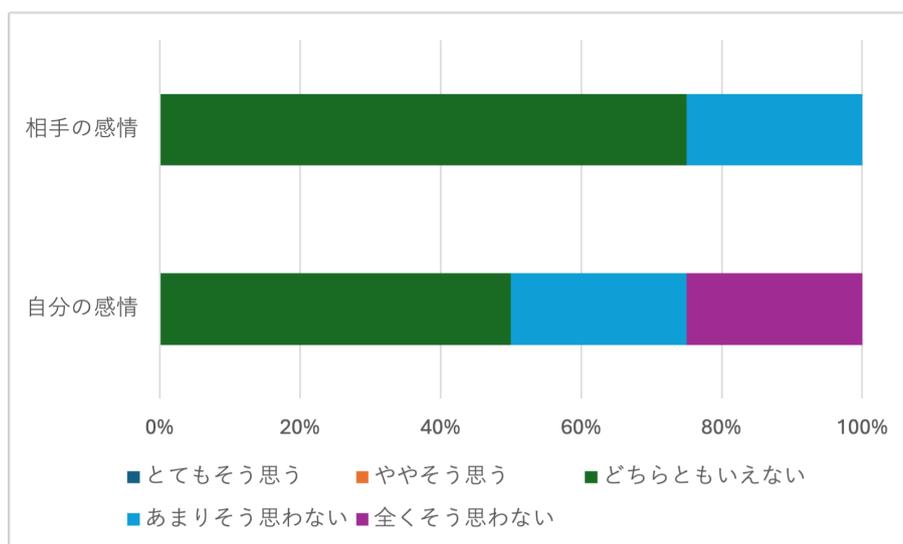


図 5.8: 「感情を正確に反映していたと思いますか」アンケート結果

5.2 結果のまとめ

アンケートの結果, 自分の感情の推定結果の提示の有無に関わらず, 相手の感情の推定結果を提示することがコミュニケーションの取りやすさやコミュニケーション支援について高評価であった。

コミュニケーションに対する意識調査では, 被験者はコミュニケーションに対する苦手意識が薄く, オンラインミーティングでは, 対面でのミーティングに比べてコミュニケーションが取りにくいと思っている傾向があることがわかった。

コミュニケーションの取りやすさについては, 相手の感情の推定結果を提示したパターンとお互いの感情を提示したパターンで, 感情の推定結果を提示しないパターンよりも高い評価を得た。これにより, 相手の感情の推定結果が提示されていることがコミュニケーションの取りやすさに影響を与えていることが示唆された。

コミュニケーションの取り方の変化については, 相手の感情の推定結果を提示したパターンとお互いの感情を提示したパターンで, 半数以上から肯定的な評価を得た。このことから, 自分の感情の推定結果が相手に表示されていることが相手のコミュニケーションの取り方に影響を与え, 相手の感情の推定結果が表示されていることや自分の感情の推定結果が表示されていることが自分のコミュニケーションの取り方に影響を与えていることが示唆された。

システムの評価については, コミュニケーションの支援の面で, 相手の感情の推定結果を提示したパターンとお互いの感情を提示したパターンで, 半数以上から肯定的な評価を得られ, 自分の感情の推定結果の提示の有無に関わらず, 相手の感情の推定結果を提示することがコミュニケーションの取りやすさに影響を与え, コミュニケーションを取る際の手助けになり得ることが示唆された。しかし, 感情推定の正確さについては, 相手の感情についても自分の感情についても肯定的な回答が得られなかった。これは, 感情推定モデルの学習に用いたデータセットが日本人に特化していなかったことや, オンラインミーティング中の視線がカメラではなく, PC画面内の相手の顔に向いてしまうために, 視線が下がってしまうことが原因ではないかと考えられる。また, 「絵文字を目立たせる動きをつけたほうが良い」や「相手と自分の感情の両方が見えている場合は, どちらの方に注目して良いのか戸惑ってしまったため, 片方よりも効果が薄いと感じた」という意見があり, 推定結果の提示方法については検討が必要である。

以上から, 感情推定の正確さについては, 肯定的な回答を得ることができなかったが, 相手の感情の推定結果を提示することが, コミュニケーションの支援に有効であることが示唆された。これは, 「相手のネガティブな感情が表示されると, 少し物腰柔らかく話そうと意識した」という意見があったことから, 本来相手の表情や動作から察するしかない相手の感情をシステムが提示することが, コミュニケーションを取る際の指標として機能したのではないかと考えられる。特に, ネガティブな感情が提示されていた場合には, ポジティブな感情になってもらうためにコミュニケーションの取り方に変化が生じるのではないだろうか。

第6章 結論

6.1 本研究のまとめ

本研究では、オンライン会議におけるコミュニケーション支援のためのマルチモーダル解析による感情推定システムを開発した。対面に比べて、読み取れる情報が少なく相手の感情を理解しづらいために、コミュニケーションが取りにくいオンラインミーティングにおける対人コミュニケーションを、相手の感情を可視化することによって支援することが目的であった。

今回の実験では、システムの有効性を検証するために、感情の推定結果の提示なし、相手の感情の推定結果を提示、自分の感情の推定結果を提示、お互いの感情の推定結果を提示という4つのパターンでオンラインで実験を行ない、アンケートを実施した。感情推定の正確さについては、肯定的な回答を得ることができなかったが、相手の感情の推定結果を提示したパターンとお互いの感情を提示したパターンで、感情の推定結果の提示がオンライン会議におけるコミュニケーションの支援に有効であることがアンケート結果から示唆された。これは、本来相手の表情や動作から察するしかない相手の感情をシステムが提示することが、コミュニケーションを取る際の指標として機能したのではないかと考えられる。

6.2 今後の課題

作成したシステムは、表情からの感情推定モデルと生体情報からの感情推定モデルによる推定結果から、7つの感情に順位づけを行い、その順位に基づいて7つの感情を並び替えてユーザに提示している。画面上の情報量が多いことでミーティングの妨げに可能性があるため、画面に追加する情報量には注意が必要である。下位の感情については確率が極めて低いため、提示する絵文字を上位4つに絞るなど、提示方法にはより詳細な調査が必要である。また、「絵文字を目立たせる動きをつけたほうが良い」という意見があったことから、絵文字のサイズやアニメーション、位置についても調査が必要である。

本システムでは表情による感情推定を行なっているが、オンラインミーティングでは、カメラではなく画面に映った相手の顔を見ながら話す人が多いため、視線が下がってしまう。これによって、感情の推定結果に間違いが生じてしまう可能性がある。この影響について調べる必要があり、影響が大きい場合には、これを考慮し

たモデルを作成する必要があるだろう。また、多くの顔の表情認識技術は、西洋の顔の表情を参考にして作られており、これらが日本人に適応できない可能性があるため [23]、より詳細な調査が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり, 2年間様々な指導を賜りました主指導教員である宮田一乗教授に厚く御礼申し上げます. 研究テーマや手法等の対し頂きました多くのご助言により, 研究を遂行することができました. 2年間, 本当にありがとうございました.

また, 本研究へたくさんのご意見をくださいました, 宮田研究室の皆様にも, お礼申し上げます.

参考文献

- [1] Brasseur, Sophie, Grégoire, Jacques, Bourdu, Romain, and Mikolajczak, Moira. The Profile of Emotional Competence (PEC): Development and Validation of a Self-Reported Measure that Fits Dimensions of Emotional Competence Theory, (2013)
- [2] Gallagher, Emma N., and Vella-Brodrick, Dianne A. Social support and emotional intelligence as predictors of subjective well-being, *Personality and Individual Differences*, vol.44, issue 7, pp.1551–1561, (2008)
- [3] Mónaco, Estefanía, Gil-Gómez, José-Antonio and Montoya-Castilla, Inmaculada . Emotional competences and subjective well-being: The mediating role of relationship satisfaction in young Spanish adults, *International Journal of Psychology*, vol.56, issue 6, pp.908-916, (2021)
- [4] Bermejo-Martins, Olga López-Dicastillo, Elena, and Mujika Agurtzane. An exploratory trial of a health education programme to promote healthy lifestyles through social and emotional competence in young children: Study protocol, *Journal of advanced nursing*, vol.74, issue 1, pp.211-222, (2018)
- [5] Ciarrochi, Joseph, Scott, Greg, Deane, Frank P., and Heaven, Patrick C.L. Relations between social and emotional competence and mental health: a construct validation study, *Personality and Individual Differences*, vol.35, issue 8, pp.1947-1963, (2003)
- [6] MOTIVATION CLOUD, ノンバーバルコミュニケーションとは？メリットや活用すべきビジネスシーンをご紹介, <https://www.motivation-cloud.com/hr2048/c274>, (last accessed in 2024/1/18)
- [7] Baltrušaitis, Tadas, Zadeh, Amir, Lim, Yao Chong, and Morency, Louis-Philippe. OpenFace 2.0: Facial Behavior Analysis Toolkit, *IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, (2018)
- [8] Paul Ekman Group. Facial Action Coding System, <https://www.paulekman.com/facial-action-coding-system/>, (last accessed in 2024/1/17)

- [9] 神場知成. オンライン会議における感情推定と参加者へのフィードバック方法, 情報処理学会 インタラクション, (2022)
- [10] Namikawa, Kosaku, Suzuki, Ippei, Iijima, Ryo, Sarcar, Sayan, and Ochiai, Yoichi. EmojiCam: Emoji-Assisted Video Communication System Leveraging Facial Expressions. HCII 2021: Human-Computer Interaction. Design and User Experience Case Studies, pp.611–625, (2021)
- [11] 林晃世, 平林真実, and 小林昌廣. ハートトゥハートオンラインコミュニケーション, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集 2021, pp.11-14, (2021)
- [12] Semertzidis, Nathan, Vranic-Peters, Michaela, Andres, Josh, Dwivedi, Brahma, Kulwe, Yutika Chandrashekhar, Zambetta, Fabio, and Mueller, Florian ‘ Floyd ’. Neo-Noumena: Augmenting Emotion Communication, CHI ’20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, (2020)
- [13] Chen, Kanyu, Baldauf, Holger, Chen, Dunya, Kato, Akira, Ward, Jamie A, and Kunze, Kai. Affective Umbrella – A Wearable System to Visualize Heart and Electrodermal Activity, towards Emotion Regulation through Somaesthetic Appreciation, AHs ’23: Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2023, (2023)
- [14] Larsen, Jeff and McGraw, Peter. Further Evidence for Mixed Emotions, Journal of Personality and Social Psychology, val.100, issue 6, pp.1095–1110, (2011)
- [15] Zoom, <https://explore.zoom.us/ja/products/meetings/>, (last accessed in 2024/1/20)
- [16] OBS Studio, <https://obsproject.com/ja>, (last accessed in 2024/1/20)
- [17] Emotion Detection, FER - 2013 dataset with 7 emotion types, <https://www.kaggle.com/datasets/ananthu017/emotion-detection-fer/>, (last accessed in 2024/1/17)
- [18] FER-2013, Learn facial expressions from an image, <https://www.kaggle.com/datasets/msambare/fer2013>, (last accessed in 2024/1/17)
- [19] TensorFlow, <https://www.tensorflow.org/?hl=ja>, (last accessed in 2024/1/20)

- [20] Young Adult's Affective Data (YAAD) Using ECG and GSR Signals, <https://data.mendeley.com/datasets/g2p7vwxyn2/4>, (last accessed in 2024/1/17)
- [21] Microsoft. Fluent Emoji, <https://fluentemoji.com/>, (last accessed in 2024/1/17)
- [22] OpenCV. <https://opencv.org/>, (last accessed in 2024/1/20)
- [23] Sato, Wataru, Hyniewska, Sylwia, Minemoto, Kazusa, and Yoshikawa, Sakiko. Facial Expressions of Basic Emotions in Japanese Laypeople, *Front. Psychol.* vol.10, (2019)

付録A

A.1 アンケート項目

実験アンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

* 必須の質問です

名前 *

回答を入力

コミュニケーションを取ることが得意だと思えますか *

- とてもそう思う
- ややそう思う
- どちらともいえない
- あまりそう思わない
- 全くそう思わない

オンラインミーティングでは、対面に比べてコミュニケーションが取りにくいと思えますか *

- とてもそう思う
- ややそう思う
- どちらともいえない
- あまりそう思わない
- 全くそう思わない

次へ 1/6 ページ フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。不正行為の報告・利用規約・プライバシーポリシー

Google フォーム

図 A.1: GoogleForm 上のアンケート (Page1)

実験アンケート

[Google にログイン](#)すると作業内容を保存できます。 [詳細](#)

* 必須の質問です

提示なし(通常のオンラインミーティング)について

コミュニケーションが取りやすいと思いますか *

とてもそう思う

ややそう思う

どちらともいえない

あまりそう思わない

全くそう思わない

相手の感情を理解しやすいと思いますか *

とてもそう思う

ややそう思う

どちらともいえない

あまりそう思わない

全くそう思わない

[戻る](#) [次へ](#) 2/6 ページ [フォームをクリア](#)

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。 [不正行為の報告](#)・[利用規約](#)・[プライバシーポリシー](#)

Google フォーム

図 A.2: GoogleForm 上のアンケート (Page2)

実験アンケート

[Google にログイン](#)すると作業内容を保存できます。 [詳細](#)

* 必須の質問です

相手の感情の提示あり

相手に自分の感情、自分に相手の感情が見えているパターン

コミュニケーションが取りやすいと思いますか(絶対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか(相対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

自分の感情が相手に提示されていることによって、相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

相手の感情が自分に提示されていることによって、自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

相手の感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

3/6 ページ
フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。 [不正行為の報告](#)・[利用規約](#)・[プライバシーポリシー](#)

Google フォーム

図 A.3: GoogleForm 上のアンケート (Page3)

実験アンケート

[Google にログイン](#)すると作業内容を保存できます。 [詳細](#)

* 必須の質問です

自分の感情の提示あり

自分に自分の感情、相手に相手の感情が見えているパターン

コミュニケーションが取りやすいと思いますか(絶対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか(相対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

相手自身の感情が提示されていることによって、相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

自分自身の感情が提示されていることによって、自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

自分自身の感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

4/6 ページ
フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。 [不正行為の報告](#)・[利用規約](#)・[プライバシーポリシー](#)

Google フォーム

図 A.4: GoogleForm 上のアンケート (Page4)

実験アンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

* 必須の質問です

お互いの感情の提示あり

お互いにお互いの感情が見えているパターン

コミュニケーションが取りやすいと思いますか(絶対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

提示なしと比較して、コミュニケーションが取りやすくなったと思いますか(相対評価) *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

お互いの感情が提示されていることによって、相手のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

お互いの感情が提示されていることによって、自分のコミュニケーションの取り方に変化が生じたと思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

お互いの感情が提示されることはコミュニケーションを取る際の手助けになっていると思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

戻る 次へ 5/6 ページ フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。不正行為の報告・利用規約・プライバシーポリシー

Google フォーム

図 A.5: GoogleForm 上のアンケート (Page5)

実験アンケート

Google にログインすると作業内容を保存できます。詳細

* 必須の質問です

全体を避して

システムは相手の感情を正確に反映していると思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

システムは自分の感情を正確に反映していると思いますか *

とてもそう思う
 ややそう思う
 どちらともいえない
 あまりそう思わない
 全くそう思わない

自由記述
ご意見・ご感想等ありましたら、お聞かせください。

回答を入力

戻る 送信 6/6 ページ フォームをクリア

Google フォーム でパスワードを送信しないでください。
このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。不正行為の報告・利用規約・プライバシーポリシー

Google フォーム

図 A.6: GoogleForm 上のアンケート (Page6)

A.2 自由記述

- 相手側の画面を見ながら話すために、自分の感情をまじまじと見る機会が少なかった。
- もっと絵文字を目立つように動きをつける方が良かったと思う。
- 自分の感情が見える事によって、意識して楽しく振る舞おうとした。特に悲しい顔が表示された時、相手に伝わってるかもしれないと思って、笑顔が増えたと思う。
- 今回の実験では、相手の被験者との関係性や親密度によって結果も変わると思う。相手との親密度が低いほど、今回のシステムは意味を成してくると思う。相手との関係性が薄いほど、ネガティブな感情が表示された時に気を使うと思う。
- 相手の感情が見えると少し不安になってしまおうと思った。相手のネガティブな感情が表示されると、少し物腰柔らかく話そうと意識した。
- 相手と自分の感情の両方が見えている場合は、どちらの方に注目して良いのか戸惑ってしまったため、片方よりも効果が薄いと感じた。