

同調的な表情変形技術を用いた 遠隔コミュニケーションの拡張

鈴木 啓太¹ 横山 正典^{1,2} 吉田 成朗^{1,a)} 望月 崇由²
布引 純史² 鳴海 拓志^{1,3} 谷川 智洋¹ 廣瀬 通孝¹

受付日 2017年4月14日, 採録日 2017年10月3日

概要: 本研究では, カスタマーセンタや, 遠隔授業などの遠隔コミュニケーションにおいて, 対話相手との同調的な感情表出を支援するビデオチャットシステムを提案する. 他者の表情を模倣する「ミラーリング」は, 他者と友好的な関係を築くうえで有効である. しかし, 継続的な感情の表出と抑制には本人の意識的な努力を必要とする場合があり, 感情労働による消耗を助長させる恐れがある. 他方, 遠隔コミュニケーションにおいては, ビデオチャットのような情報メディアを介する段階でコミュニケーションに関する要素に情報的変調を加え, 感情表出を補助することで対話者間の共感を深めて, コミュニケーションを拡張することができると考えた. 本研究では, 表情認識センサによって取得した自身の表情と同調するように, 対話相手の表情を画像処理によって変化させることで, 疑似的なミラーリングを発生させる. 提案システムを用いた評価実験として, 表情変形が施される模倣者と, 自身の表情と同調した表情変形を観測する被模倣者のペアで会話してもらった. その結果, 模倣者と被模倣者の両者に対して, 会話の円滑さや, 共感度の指標が向上することが示唆された. 疑似的なミラーリングの効果が, 被模倣者だけでなく, 模倣者に対しても影響していることが分かった.

キーワード: ミラーリング, 表情, 遠隔コミュニケーション, テレプレゼンス

Augmentation of Remote Communication Using Congruent Facial Deformation Technique

KEITA SUZUKI¹ MASANORI YOKOYAMA^{1,2} SHIGEO YOSHIDA^{1,a)} TAKAYOSHI MOCHIZUKI²
TADASHI NUNOBIKI² TAKUJI NARUMI^{1,3} TOMOHIRO TANIKAWA¹ MICHITAKA HIROSE¹

Received: April 14, 2017, Accepted: October 3, 2017

Abstract: In this research, we propose a video chat system that supports congruent emotion expression with a partner in remote communication such as customer center or remote lecture. “Mirroring”, in which one person mimics other’s expression, is effective in building a friendly relationship with others. However, continuous expression and suppression of emotions requires conscious efforts, resulting in mental exhaustion. On the other hand, in remote communication, we considered that it is possible to deepen empathy among dialogue parties by adding informational modulation to elements related to communication through information media such as video chat, to express emotion, and to expand communication. In this research, pseudo mirroring is generated by changing the facial expression of the conversation partner by image processing so as to synchronize with the facial expression itself acquired by the facial expression recognition sensor. As an evaluation experiment using the proposed system, we had a pair of participants whose facial expressions were deformed have a conversation. Our results suggested that smoothness of conversation and indices of sympathy degree are improved for both mimicker and mimicked. It was found that the effect of pseudo mirroring affected not only mimicked but also mimickers.

Keywords: Mirroring, Facial Expression, Remote Communication, Telepresence

1. はじめに

本研究では、自分の表情に同調して対話相手の表情が変化して見えるビデオチャットシステム (図 1) を提案し、遠隔コミュニケーションにおける有効性を検証した。

表情は非言語情報の中でも重要な位置を占め、社会的連携の中で大きな役割を果たしている。表情が持つ重要な機能の1つに、模倣がある。人は無意識のうちに、周りの人々の表情を模倣してしまう [1]。こうした模倣行動はミラーリングや同調行動、“chameleon effect” などと呼ばれており [2]、共感度を高め、相手への親近感や、会話の円滑さを向上させる効果を持つことが分かっている [3]。また、ミラーリングは表情に限った話ではない。話し方、姿勢、腕の動きなど、社会的インタラクションにおけるあらゆるコミュニケーション要素において、人は他人の挙動を無意識のうちに模倣している。そして、このような模倣行為は、被模倣者の好意を引き出したり、協力的行動を促したりなど、模倣者に様々な利益をもたらすことが分かっている [4]。ミラーリングはコミュニケーションを円滑にするうえで重要な役割を担っているが、親しくない間柄のように、状況や相手によってはミラーリングが発生しにくい場合がある [5]。一方、接客や教育、介護といった場面においては、自分の感情状態や疲労、相手との関係性にかかわらず、相手のいうことに寄り添い、的確な対応や共感を示すことを求められる場合がある。こうした感情の抑制や表出、緊張、忍耐などが求められる労働は「感情労働 (emotional labor)」と呼ばれており、感情労働による心的負担が労働者の心身の消耗につながる [6] ことが問題視されている。感情労働が求められる場面において、ミラーリングを意識的に用いることは、対話相手と良好な関係を築くうえで有効であるが、継続的な感情の表出や抑制には、本人の努力が必要であり、精神的負担が大きい。

しかし、ビデオチャットのような情報メディアを介したコミュニケーションを想定したとき、こうした感情労働をメディアによってサポートすることが可能となる。インターネットの発展によって、情報の伝達は非常に速く質の高いものとなっており、会議、医療、教育など、密接なコミュニケーションを必要とする場面においても、ビデオチャットのような遠隔での情報伝達を可能にする技術が浸透してきている。遠隔地の人間同士が対面で話しているかのようなコミュニケーションを実現する技術はテレプレゼンスと呼



図 1 提案手法のコンセプト

Fig. 1 Concept of proposed method.

ばれ、これまでは音質や画質の向上による正確な情報伝達が求められてきた。しかし、昨今の情報技術では解像度や品質は飽和してきており、これ以上の向上を図っても人間の知覚的には差を感じられないレベルにまで達しつつある。そうした背景のもと、筆者らは、むしろ情報に変調をかけることでコミュニケーションに関わる要素を拡張し、対面よりも豊かなコミュニケーションを実現できるとする「超現実テレプレゼンス (Transcendent Telepresence)」 [7], [8] を提唱している。本研究も「超現実テレプレゼンス」の考えに則り、ビデオチャットのような情報メディアを介する段階で情報の変調を加えることで、本人の意識的な努力を要せずにミラーリングの効果を発揮できる手法を提案する。

具体的には、ビデオチャットを行う話者同士の表情をセンシングし、画像処理によって適切なタイミングで表情を変化させることで、疑似的なミラーリングを発生させる。

本研究では、コンピュータによって感情表出を補助することで対話者間の共感を深めて、コミュニケーションを拡張することを狙う。特に、感情労働の心的負担の軽減などへの発展可能性を見据え、ビデオチャットにおいて疑似的にミラーリングを発生させ、それによって対話相手の印象や会話の円滑さが変化するかを検証した。本論文では、

- 表情のセンシングおよび画像変形によって表情を自動的に変形させることで、疑似的なミラーリングを発生させる手法の提案
- 上記手法を実現するビデオチャットシステムの構築
- 構築したビデオチャットシステムの有効性の検証。特に、相手に好印象を与える効果、会話を円滑にさせる効果、共感度を高める効果などの観点からの評価について報告する。

2. 関連研究

本章では、本研究の核となるミラーリングと呼ばれる現象について、その概論および重要性について、先行研究を交えて述べる。また、本研究と同様に、ビデオチャットにおいて表情変形を活用している事例を紹介する。

2.1 表情におけるミラーリング

Dimberg は顔面 EMG (electromyography) を用いることで、人が笑顔や怒った顔を見ると、それと同調的に表情

¹ 東京大学大学院情報理工学系研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-8656, Japan

² NTT サービスエボリューション研究所
NTT Service Evolution Laboratories, Yokosuka, Kanagawa
230-0847, Japan

³ JST さきがけ
JST PREST, Chiyoda, Tokyo 102-0076, Japan

a) shigeodayo@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

筋が反応することを示した [1]. Stel らは、表情の模倣は模倣者と非模倣者の双方にとってポジティブな効果があるとし、共感度や相手への親近感、会話の円滑度が上昇することを示した [3]. この研究では、相手の表情の模倣を促す指示を受けて表情を変化させている. しかし、ビデオチャットのような場面においては、表情センシングおよび画像処理による表情変形手法を用いた自動的な同調を実現することで、ユーザの負担を必要とせず、表情におけるミラーリングの効果が得られると考える.

表情のミラーリングは無意識的に発生するものではあるが、表情の運動的模倣は非常に短く微細なために観察可能な変化を生じないことが多いといわれている [9]. また、表情に限らないが、模倣の発生しやすさは話者同士の関係性に依存し、模倣行動は親しい、近い間柄で起きやすく、親しくない者同士では生じにくいともいわれている [5]. 一方で、本論文で提案する手法は話者の関係性や状況によらず、表情同調を目に見える形で発生させることができる.

Ichikawa らは、表情の同調的反応が反応を受ける人の表情表出を持続させる効果があることを示した [10]. Ichikawa らが行った実験では、被験者に対して笑顔または怒り表情を表出させるように指示し、同時に、被験者のその表情に同調的（あるいは非同調的）に変化する他人の表情画像を提示した. その結果、同調的な反応を提示した場合には、被験者の表情表出時間が長くなった. 一方で、提示された画像の人物に対する好感度を被験者に評価させたところ、同調的/非同調的にかかわらず、笑顔を提示されると好感度が高くなり、さらには同調的な笑顔は非同調的な笑顔よりも高い好感度を得た. こうした知見から、特に笑顔に対して同調的な反応を返すことによって、自身に対する好感度の上昇および相手の笑顔持続時間の延長といった効果が見込めると考える. また、たとえ感情を自覚していない場合でも、笑顔を作るだけで幸せ感情を高め、怒り感情を減衰させるといった知見 [11] もあることから、相手の笑顔を持続させることで、相手のポジティブな感情を喚起させることも可能であると考えられる. 本論文では、疑似的な表情同調の効果を検証する単純な実験系として、表情表出の強度にかかわらず基本表情を一致させることを「同調」と定義し、まずは笑顔のみを同調の対象として実験を行った.

2.2 ビデオチャットにおける表情変形

ビデオチャットにおいて表情変形を活用した例として、Nakazato らの Smart Face がある [12]. Nakazato らはお互いの表情を画像処理によって笑顔に変形して提示することで、ビデオ会議、特にブレインストーミングにおけるクリエイティビティを向上させられることを示した. 一方で、Smart Face は相手の顔を常時笑顔に変形するため、ブレインストーミングのような特定のシーンに限定しない場合、しばしば笑顔が文脈にそぐわない場面が発生するとい

う問題がある. 本研究における手法では、相手の表情に応じて表情変形を施すことを目的とするため、ある程度文脈に即した変形が可能となり、カスタマーセンタや遠隔授業での利用など、より広いシーンでの活用が期待できる. また、Sato らの研究 [13] によれば、静的な笑顔の画像を見たときよりも、動的に笑顔へと変化する画像を見たときのほうが、その表情に対する同調的な反応が生じやすいとしている. こうした知見から、動的に笑顔へと変化する本手法は、常時笑顔にする場合よりも、より相手の笑顔表出を引き出せると考える.

3. 同調的な表情変形を行うビデオチャットシステム FaceShare の構築

本研究では、画像処理を用いて同調的な表情変形を行うビデオチャットシステム FaceShare を構築した. 本システムは、主に、表情変形手法 (3.1 節) と、表情同調手法 (3.2 節) の 2 つの手法から構成される.

3.1 表情変形手法

3.1.1 変形アルゴリズム

本手法では、3D カメラを用いて取得したユーザの顔画像から輪郭、目、鼻、口などの特徴点を取得し、3D deformation によって表情をリアルタイムに変形させる. 3D カメラとして Intel RealSense Camera (F200) を使い、顔および特徴点の検出には Intel RealSense SDK を使用した. 表情変形を実装するにあたり、Zhu らの 3D deformation method [14] を応用した. この手法では、3次元ポリゴンに対していくつかの制御点を付与した後に、これらの制御点の位置の操作に応じてポリゴンの各頂点を移動させることで、インタラクティブに自然な変形を行うことができる. 変形アルゴリズムの概要を以下に示す. まず顔周辺の 2次元画像をメッシュに分解し、各格子点における深度を取得する (図 2a). 次にこの深度情報から、各格子点に対応する (カメラを原点とする) 実世界上の点の位置座標を求め、これらをポリゴンの頂点と見なす. さらに、Intel RealSense SDK によって求められる目、鼻、口などの特徴点を制御点として付与する (図 2b). これらの制御点の位置をあらかじめ決めておいたパラメータに応じて移動させることで、それに応じて周囲の頂点位置が変化する (図 2c). そして、

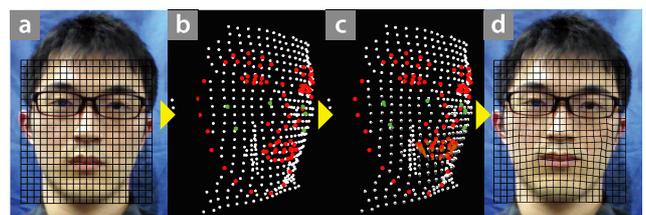


図 2 表情変形アルゴリズム

Fig. 2 Facial deformation algorithm.

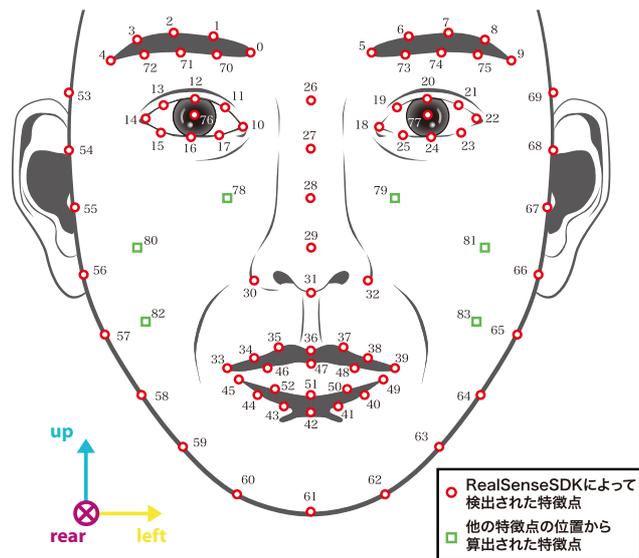


図 3 特徴点一覧
Fig. 3 Feature points.

こうして変化した各頂点を元の2次元画像へと射影することで、メッシュ格子点の位置変化が求められる。これに合わせてテクスチャを貼り直すことで、ユーザの表情を自然に変形させた画像が生成できる(図2d)。

なお、Ekmanらの先行研究[15]にもあるとおり、笑顔などを生成する際には口や目のほかに頬や下瞼などの位置が重要となる。しかし、これらの位置はIntel RealSense SDKでトラッキングをすることができないため、吉田らの研究[16]を参考に鼻、口、目、眉の位置関係から制御点の位置を算出して追加した。図3に、特徴点の詳細を示す。

一方、表情を同調させる他の手法として[17]があるが、顔の3Dモデルを新しく生成し、対象となる人物に重畳しているため、環境光や肌表面の光の反射などを推定する処理が合わせて必要となる。本研究では、表情同調の効果によるコミュニケーションの変化を確かめることを主眼においたため、簡便な方法で表情同調できる手法として本提案手法を採用した。

3.1.2 表情変形量の設計実験

自然な表情変形を実現する制御点の変化量を求める実験を行った。13名(男性8名、女性5名)の被験者に対し、3Dカメラを接続したPCの前に座ってもらい、笑顔を浮かべている人物の画像を提示した。被験者には提示された表情を真似してもらい、うまく真似られたと思う瞬間にキーボードを押すように指示し、その瞬間の各制御点の実世界位置座標を記録した。提示画像は、Chicago Face Databaseに登録されているものを用いた[18]。なお、3.1.1項で追加した頬および下瞼の制御点に関しては、他のパーツから算出される点の移動量と、実際の移動量は異なることが考えられる。そこで実験前に、無表情の状態から算出された追加制御点の位置に対応する顔上の点にシールを貼り、シールの変位を計測することで追加された制御点の移動量を求

表 1 笑顔生成用の各特徴点の変形量 (mm)

Table 1 Amount of deformation of each point handle for generating smile (the unit is mm).

特徴点	left	up	rear	特徴点	left	up	rear
1	-3.6	5.7	3.7	14	-1.5	3.5	1.8
2	-1.7	3.4	2.6	15	0.0	3.0	1.3
3	-0.5	1.9	1.5	16	1.5	3.5	1.8
4	0.0	1.8	1.5	17	3.2	5.3	3.4
5	0.5	1.9	1.5	18	1.5	3.5	1.5
6	1.7	3.4	2.6	19	0.0	3.0	1.1
7	3.6	5.7	3.7	20	-1.5	3.5	1.5
8	2.5	5.0	2.3	21	-0.6	2.1	0.6
9	1.3	4.5	0.4	22	0.6	2.1	0.6
10	0.0	4.3	-0.2	23	-2.2	3.9	-0.1
11	-1.3	4.5	0.4	24	2.2	3.9	-0.1
12	-2.5	5.0	2.3	25	-3.9	3.7	0.1
13	-3.2	5.3	3.4	26	3.9	3.7	0.1



図 4 笑顔への変形
Fig. 4 Deformation into smile.

めた。

被験者ごとに得られた、無表情時からの各制御点位置の変化量を全被験者で平均した結果を表1に示す。変形量が顔の左右で対称となるように左右で計測値を平均している。また、表情変形に使用する制御点は、笑顔や悲しい顔に関連する部位である、口、下瞼、頬に限定した。得られた変形量をもとに変形を行った様子を図4に示す。

なお4章で述べる実験では、被験者自身の表情にかかわらず、本設計実験で得られたパラメータに従って表情変形処理を行う。そのため、変形を施す被験者自身が笑顔を表出している場合、その笑顔の強度がさらに強められる。

また、奥行方向も加味した変形を施しており、被験者が顔を傾けるなどして正面を向いていない場合であっても、顔の向きに応じて変形処理が適切に保たれる。一方、完全に横を向いてしまったり、顔の一部が隠れていたり、Intel RealSense SDKで顔全体の特徴点が捕捉できない場合には変形は行われない。

3.2 表情同調手法

前項までに構築した表情変形手法を用いて、相手の表情に同調的に表情を変化させながら会話を行うことができるビデオチャットシステムFaceShareを構築した。使用画面のスクリーンショットを図5に示す。各ユーザが見る画面



図 5 FaceShare 使用画面
Fig. 5 Screenshots of FaceShare.

の中央には対話相手の映像が大きく映し出され、右上に自分の映像が小さく映し出される。

本システムでは、表情同調手法として、リアルタイムなブラウザ間通信を可能とする WebRTC を用い、表情を変化させた状態のユーザの映像をビデオストリームとしてブラウザに流し、ブラウザ間でのビデオチャットを実現している。また、Intel RealSense SDK によって取得されるユーザの笑顔強度は、WebSocket を用いてブラウザへと送られ、WebRTC を通じてブラウザ間でリアルタイムに相手の笑顔強度を取得している。

FaceShare は会話中に相手が笑顔になったことを検知すると、事前に設定した待機時間 (400 ms) の後にユーザの顔を笑顔へと変形させる。急激な表情の変形は不自然に見えると考え、事前に設定した遷移時間 (300 ms) をかけて線形に変形量を増加させる。相手が笑顔でなくなったことを検知したときも同様に、400 ms の待機時間の後、300 ms の遷移時間をかけて変形量を線形に減少させる。特定の表情を見たときに顔面 EMG の同調反応は 300-400 ms 程度で生じる [19] という知見を参考に、待機時間を設定している。また、遷移時間については Ichikawa らが行った実験 [10] に沿って設定している。なお、通常のビデオチャットでは、通信や描画のレイテンシを経て画面内に映し出される人物と対話を行うことから、本手法では通信や描画のレイテンシを考慮せずに待機時間や遷移時間をそのまま適用する。

実験では 2 台の Surface Pro 4 TH4-00014 (CPU: Intel Core i7, GPU: Intel Iris Graphics 540, メモリ: 16 GB) を使用し、画面描画のレイテンシは約 170 ms であった。また、フレームレートは約 11 fps であり、フレーム 1 枚あたりの描画時間が約 90 ms であったため、遷移時間 (300 ms) の間に 3, 4 フレームを描画することができ、表情の遷移も連続的に観測可能であったことが分かった。

4. 疑似笑顔による表情同調の効果に関する検討

FaceShare によって生成された疑似笑顔によるミラーリングが、実際のミラーリングと同様の効果を持つか検証する。本研究では、ミラーリングの効果として、Stel ら [3] や

Ichikawa らの実験 [10] などで確かめられている、以下の効果に着目する。

- 相手に好印象 (特に親近感) を与える効果
- 会話を円滑に感じさせる効果
- 被模倣者の笑顔表出時間を増やす効果

実験では、2 人 1 組の被験者に FaceShare を通じて簡単な会話を行ってもらい、各会話の後に相手や会話に対する印象についてアンケートを用いて評価してもらう。さらに、会話中の笑顔量もあわせて計測した。

4.1 実験設定

実験は以下の 3 条件からなる被験者内計画で行った。

- (1) Normal 条件: 自分・相手ともに表情の変形は行わない。
- (2) Mimicker 条件: 相手には、相手の表情に同調するようにブラウザ上の自分の表情が変形して見える。自分が見る相手の表情は変形しない。
- (3) Mimickee 条件: 自分の表情に同調するようにブラウザ上の相手の表情が変形して見える。相手が見る自分の表情は変形しない。

すべての被験者がこれら 3 条件を経験するよう、3 種類の状況セット (Normal-Normal, Mimicker-Mimickee, Mimickee-Mimicker) を用意した。被験者は 20 代の大学生 6 組 12 名 (女性 2 組, 男性 4 組) で、各被験者の組が体験する状況の順番はばらつくように設定した。お互いが知り合い同士でないことにより、表情同調以外の要因が会話を妨げることを考慮し、いずれの被験者の組もお互いに知り合い同士で実験を行った。

4.2 実験手順

簡便のため実験は 1 つの部屋の中で行われ、その際にお互いの姿が直接見えないように被験者を配置した。加えてお互いの声が直接聞こえないよう、イヤホンの上から防音保護用のイヤーマフを装着してもらい、マイクは指向性を持つものを用いた。練習として、変形を行わない状態で自己紹介を 1 分程度行ったあと、実験条件をあてはめ 5 分間の会話を計 3 回行ってもらった。会話のきっかけとなるよう、それぞれの会話の前に「最近食べたご飯」「最近行った旅行先」「最近読んだ本や漫画」という 3 つのテーマの中から 1 つをランダムな順番で被験者に与えた。各会話の終了後、被験者には相手や会話に対する印象評価アンケートに回答するよう指示した。

4.2.1 評価指標

相手への印象 (親近感)

対話相手にいなく印象を評価するため「相手との会話を楽しく感じましたか」「相手ともう少し話したいと思いましたか」という質問に対し、Likert 尺度を用いて 7 段階で評価してもらった。

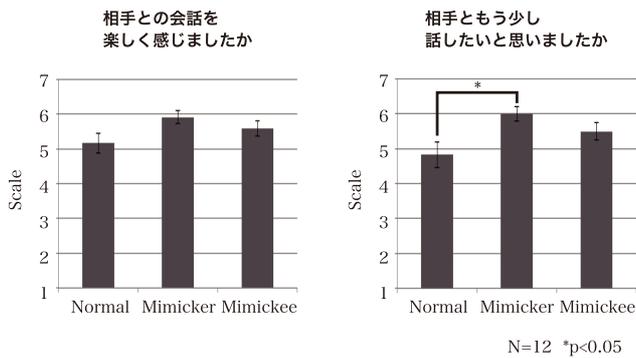


図 6 相手への印象

Fig. 6 Impressions toward the partner.

会話の円滑さ

会話の円滑さに関する印象を評価するため「相手との会話は弾みましたか」という質問に対し、Likert 尺度を用いて 7 段階で評価してもらった。さらに客観評価として、一定の音量の閾値を超えたフレーム数の割合を計測することで、それぞれの被験者の発話量を計測した。

笑顔量

Intel RealSense SDK によって取得される笑顔強度を用いて、会話中の平均笑顔強度 I および笑顔率 R (会話中に笑顔であった時間の割合) を計測した。この SDK では、フレーム i における笑顔強度 s_i が取得できる ($0 \leq s_i \leq 100$, $s_i \in \mathbb{Z}$)。各フレームにおけるフレーム長 t_i は一定ではないため、 I および R は以下の式によって導出した：

$$I = \frac{\sum_i s_i t_i}{\sum_i t_i}, \quad R = \frac{\sum_i \text{sgn}(s_i) t_i}{\sum_i t_i}$$

ただし、 $\text{sgn}()$ は符号関数である。

また 3 回の会話終了後、実験全体に関して気づいたこと、気になったこと、感想などを自由に記述してもらった。

4.3 仮説

各評価指標について、以下の仮説を立てた。

- 相手の疑似笑顔によるミラーリングの効果を受けるため、Mimickee 条件で最もポジティブな結果が得られる。
- 被模倣者の笑顔量が増えることによるフィードバックを受けるため、Mimicker 条件では Mimickee 条件の次にポジティブな結果が得られる。

4.4 結果

相手への印象 (親近感)

図 6 に相手への印象評価を示す (以下、エラーバーはすべて標準誤差を表す)。「相手との会話を楽しく感じましたか」という質問について、Friedman 検定を行ったところ、条件間に有意傾向が見られた ($p = 0.061$)。事後検定として Wilcoxon の符号順位検定による多重比較を行ったところ (以下、本研究では多重比較の補正として Holm

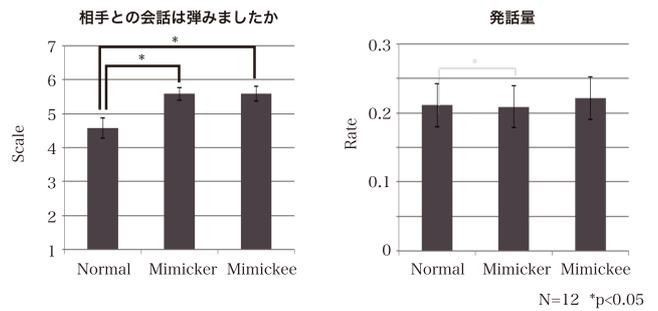


図 7 会話の円滑さ

Fig. 7 Smoothness of the conversation.

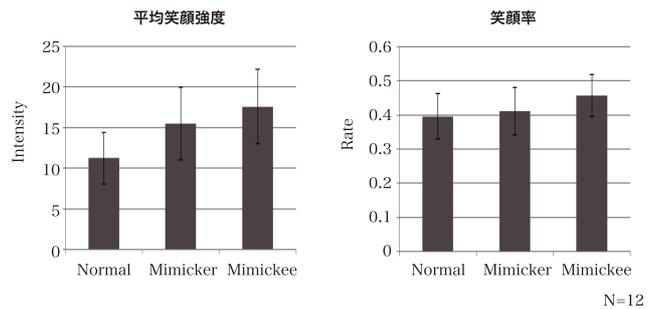


図 8 笑顔量

Fig. 8 Smile Amount.

法を用いている)、いずれの条件感にも有意差は見られなかった。「相手ともう少し話したいと思いましたか」という質問について Friedman 検定を行ったところ、条件間に有意差が見られた ($p = 0.027$)。事後検定として Wilcoxon の符号順位検定による多重比較を行ったところ、Normal 条件と Mimicker 条件の間に有意差が見られた (Normal < Mimicker, $p = 0.041$, $r = 0.71$)。

会話の円滑さ

図 7 に会話の円滑さに関する評価を示す。「相手との会話は弾みましたか」という質問について Friedman 検定を行ったところ、条件間に有意差が見られた ($p = 0.0056$)。事後検定として Wilcoxon の符号順位検定による多重比較を行ったところ、Normal 条件と Mimicker 条件間 (Normal < Mimicker, $p = 0.039$, $r = 0.67$) および Normal 条件と Mimickee 条件間 (Normal < Mimickee, $p = 0.023$, $r = 0.77$) にそれぞれ有意差が見られた。発話量について一要因分散分析を行ったところ、条件間に有意差は見られなかった ($F(2, 22) = 0.29$, $p = 0.75$)。

笑顔量

図 8 に笑顔量を示す。平均笑顔強度について一要因分散分析を行ったところ、条件間に有意傾向が見られた ($F(2, 22) = 2.69$, $p = 0.090$)。事後検定として対応のある t 検定による多重比較を行ったところ、いずれの条件間でも有意差は見られなかった。笑顔率について一要因分散分析を行ったところ、条件間に有意差は見られなかった ($F(2, 22) = 1.14$, $p = 0.34$)。

4.5 考察

自由記述において、相手の顔が画像処理によって変形していることに気づいたと言及している被験者はいなかった。FaceShare による変形は、被験者に対して明確に違和感を与えるものではなかったと考える。

「相手ともう少し話したいと思いませんか」という指標について、Mimickee 条件で最も高くなるという仮説に反し、Mimicker 条件で最も高くなった。「相手との会話を楽しく感じましたか」という指標についても条件間で有意傾向が見られた。多重比較による有意差は得られなかったものの、Normal-Mimicker 条件間の Wilcoxon 符号順位検定における効果量が $r = 0.54$ と大きくなっており、平均値で見ても Mimicker 条件で最も高くなっている。この理由として、Mimicker の疑似笑顔から生じるミラーリングの効果が、Mimickee により強い笑顔を生じ、その結果「相手が自分の話に興味を持って聞いてくれている」と Mimicker が感じるようになったのではないかと考える。また、被験者は人工的な変形を意識してはいなかったものの、変形による無意識的な違和感が、ミラーリングの効果を実際の笑顔によるものよりも小さくしている可能性も考えられる。

また「相手との会話は弾みましたか」という指標については、Mimicker 条件・Mimickee 条件の双方で Normal 条件よりも高くなっている。このことから、FaceShare には会話を盛り上げる効果があることが分かる。一方、発話量については特に条件間に差は見られなかった。この結果については、本実験では被験者同士が友人などの知り合いであることもあり、そもそも会話が途切れてしまうという状況がどの条件でもあまり生じていなかった。そのため、条件間の差として現れなかったと考える。また、Mimicker・Mimickee の双方が「会話が弾んだ」と感じていることから、発話量の向上が互いに打ち消し合っている可能性も考える。

平均笑顔強度については条件間に有意傾向が見られた。多重比較による有意差は得られなかったものの、Normal-Mimicker 間、Normal-Mimickee 間の対応のある t 検定における効果量が $r = 0.42$, $r = 0.48$ と中程度になっており、平均値で見ると、仮説に従い Mimickee 条件、Mimicker 条件の順に高くなった。笑顔率においては条件間での差が見られなかったことから、疑似笑顔によるミラーリングは笑顔の持続時間よりも笑顔の強度を高める効果があることが示唆される。

以上の結果から、本提案システムは、同調的に変形する対話相手の表情を見ることになる被模倣者だけでなく、模倣者に対しても話しやすさを向上させるなどのポジティブなフィードバックをもたらすことが分かった。

4.6 議論

本研究で提案するシステムの対象となるユーザとして、

カスタマーセンタのオペレータや、遠隔授業を担当する教師、遠隔医療を行う医師などが想定される。彼らが顧客や、生徒、患者などとコミュニケーションを行う中で、コンピュータによる感情表出の補助を利用する場合、今回の実験のように会話を行う両者にシステムを導入して表情同調を行うことは現実的ではない。一方、今回の実験では、Mimicker (オペレータに相当) と Mimickee (顧客に相当) に分かれ、後者にしか表情同調の結果を見せないものの、両者ともにコミュニケーション拡張の効果が確認できており、疑似的な表情の提示は片側だけで十分なことが分かる。そのため、対話相手の画像から表情を認識する機能と、それに応じた表情に加工した画像を対話相手に送る機能を持つようにシステムを改良することで、Mimicker (オペレータに相当) 側だけがシステムを導入し、対話相手側は web カメラが接続されているだけの場合であっても、本研究の成果が活用できると考える。

また、本論文では、表情同調以外の要因がコミュニケーションに与える影響を排除するため、お互いに知り合い同士の被験者に実験に参加してもらった。しかし、初めて話す人同士のように、そもそもミラーリングが発生しにくく、感情労働としての負担が大きくなるような状況においても、提案システムによってコミュニケーションの拡張が可能であるか検証する必要がある。あわせて、心的疲労度の計測も行い、疑似的な感情表出が感情労働で生じる心的負担の軽減につながるか調査を進める。

5. 結論

本研究では、遠隔コミュニケーションにおいてコンピュータによる感情表出の補助によって、コミュニケーションの円滑化や、対話者間の関係性の向上を図る新しいビデオチャットシステムの構築を目的とした。他者の表情を真似る「ミラーリング」という現象に着目し、対話者の表情をセンシングし、画像処理を用いて疑似的にミラーリングを生じさせることで、その利点を引き出す手法を提案した。そして、これを実現するビデオチャットシステム FaceShare を構築した。

FaceShare を用いて日常会話を行う実験では、同調的な笑顔によって、笑顔強度や相手への印象、会話の円滑さが向上することが分かった。特に相手への印象については、被模倣者よりも模倣者のほうが相手に対して好意的な評価をしており、本提案手法は対話相手に対してだけでなく提案システムの利用者本人にも恩恵をもたらすことが示された。

一方で、本研究では同調の対象として笑顔しか扱わなかったが、悲しみや、驚きや怒りといった表情の同調についても、コミュニケーションに与える影響は様々である。家族や友人間など単純に会話を盛り上げたい際には笑顔による同調を用い、相談やカウンセリングなどのような、ネ

ガティブな感情を含み相手への共感を示すことが重要な場面では、悲しみ表情による同調を用いるというように、場面に応じて同調する表情の種類を適切に使い分けることで、より効果的にコミュニケーションを促進できると考える。

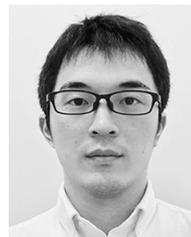
本提案手法では、特定の表情を検出することでユーザの顔を変形し始める、という単純な仕組みであったが、実表情との不一致によるミスコミュニケーションにつながる可能性もある。模倣者自身の表情も考慮したり、表情の履歴や心拍、声色、会話の内容など、様々な文脈情報を活用したりすることで同調の高精度化を図り、より効果的なビデオチャットシステムを実現する手法も検討していく。

参考文献

- [1] Dimberg, U.: Facial reactions to facial expressions, *Psychophysiology*, Vol.19, No.6, pp.643-647 (1982).
- [2] Chartrand, L.T. and Bargh, A.J.: The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction, *J. Pers. Soc. Psychol.*, Vol.76, No.6, pp.893-910 (1999).
- [3] Stel, M. and Vonk, R.: Mimicry in social interaction: Benefits for mimickers, mimicked, and their interaction, *Br. J. Psychol.*, Vol.101, No.2, pp.311-323 (2010).
- [4] Gueguen, N., Jacob, C. and Martin, A.: Mimicry in Social Interaction: Its Effect on Human Judgment and Behavior, *Eur. J. Soc. Sci.*, Vol.8, No.2, pp.253-259 (2009).
- [5] Yabar, Y., Johnston, L., Miles, L. and Peace, V.: Implicit behavioral mimicry: Investigating the impact of group membership, *J. Nonverbal Behav.*, Vol.30, No.3, pp.97-113 (2006).
- [6] Brotheridge, M.C. and Grandey, A.A.: Emotional labor and burnout: Comparing two perspectives of "people work", *J. Vocat. Behav.*, Vol.60, No.1, pp.17-39 (2002).
- [7] Kinoshita, Y., Yokoyama, M., Suzuki, K., Mochizuki, T., Yamada, T., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa, T. and Hirose, M.: Transcendent telepresence: telecommunication better than face to face interaction, *In International Conference on Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions*, pp.429-438, Springer (2016).
- [8] Suzuki, K., Yokoyama, M., Kinoshita, Y., Mochizuki, T., Yamada, T., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa, T. and Hirose, M.: Gender-impression modification enhances the effect of mediated social touch between persons of the same gender, *Augmented Human Research*, Vol.1, No.1, p.2 (2016).
- [9] Lundqvist, L.O.: Facial EMG reactions to facial expressions: A case of facial emotional contagion?, *Scand. J. Psychol.*, Vol.36, No.2, pp.130-141 (1995).
- [10] Ichikawa, H. and Makino, J.: Function of congruent facial responses to smiling and frowning, *Percept. Mot. Skills*, Vol.105, No.3, pp.838-851 (2007).
- [11] Dimberg, U. and Söderkvist, S.: The voluntary facial action technique: A method to test the facial feedback hypothesis, *J. Nonverbal Behav.*, Vol.35, No.1, pp.17-33 (2011).
- [12] Nakazato, N., Yoshida, S., Sakurai, S., Narumi, T., Tanikawa, T. and Hirose, M.: Smart face: Enhancing creativity during video conferences using real-time facial deformation, *Proc. 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, pp.75-83, ACM (2014).
- [13] Sato, W. and Yoshikawa, S.: Spontaneous facial mimicry

in response to dynamic facial expressions, *Cognition*, Vol.104, No.1, pp.1-18 (2007).

- [14] Zhu, Y. and Gortler, S.J.: 3D deformation using moving least squares, Harvard computer science technical report: TR-10-07, Technical Report, Cambridge, MA (2007).
- [15] Ekman, P. and Friesen, V.W.: *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*, Ishik (2003).
- [16] 吉田成朗, 鳴海拓志, 櫻井 翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: リアルタイムな表情変形フィードバックによる感情体験の操作, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.17, No.1, pp.15-25 (2015).
- [17] Thies, J., Zollhöfer, M., Nießner, M., Valgaerts, L., Stamminger, M. and Theobalt, C.: Real-time expression transfer for facial reenactment, *ACM Trans. Graphics.*, Vol.34, No.6, pp.183-196 (2015).
- [18] Ma, S.D., Correll, J. and Wittenbrink, B.: The Chicago face database: A free stimulus set of faces and norming data, *Behav. Res. Methods*, Vol.47, No.4, pp.1122-35 (2015).
- [19] Dimberg, U. and Thunberg, M.: Rapid facial reactions to emotional facial expressions, *Scand. J. Psychol.*, Vol.39, No.1, pp.39-45 (1998).



鈴木 啓太

2015年東京大学工学部機械情報工学科卒業。2017年同大学大学院修士課程修了。超現実テレプレゼンスの研究に従事。



横山 正典 (正会員)

2010年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士前期課程修了。同年日本電信電話株式会社入社。現在、NTTサービスエボリューション研究所に所属。人の非言語メディアを拡張するテレプレゼンスの研究に従事。



吉田 成朗

2012年東京大学工学部機械情報工学科卒業。2014年同大学大学院学際情報学修士課程修了。2017年同大学院博士課程修了。2017年より同大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻助教。主に感情や感情の生起を端緒とする主観的な体験を誘発する研究に従事。博士(学際情報学)。



望月 崇由

2001年早稲田大学大学院人間科学研究科修了。同年日本電信電話株式会社入社。2005～2014年NTTレゾナントにて、検索サービスを中心としたポータルサイト向けサービスを開発。現在、日本電信電話株式会社研究企画部門R&Dビジョン担当。



布引 純史

1992年京都大学理学部物理系卒業。同年日本電信電話株式会社入社。以来、地図情報システム、ホームNWシステム、ロボティクス技術の研究開発に従事。現在、NTTサービスエボリューション研究所主幹研究員、技術士（情報工学部門）、電子情報通信学会会員、TTC IoT エリアネットワーク専門委員会委員長。



鳴海 拓志（正会員）

2006年東京大学工学部システム創成学科卒業。2008年同大学大学院学際情報学府修了。2011年同大学院工学系研究科博士課程修了。2011年より同大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻助教。2016年より同大学院同専攻講師。博士（工学）。



谷川 智洋

1997年東京大学工学部産業機械工学科卒業。2002年同大学大学院博士課程修了。2005年東京大学先端科学技術研究センター講師。2006年同大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻講師。2015年同大学院同専攻准教授。2016年同大学院同専攻特任准教授。イメージ・ベースド・レンダリング、MRに関する研究に従事。博士（工学）。



廣瀬 通孝（正会員）

1977年東京大学工学部産業機械工学科卒業。1982年同大学大学院博士課程修了。1999年同大学院工学系研究科機械情報工学専攻教授。同年同大学先端科学技術研究センター教授。2006年同大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻教授（現職）。日本バーチャルリアリティ学会特別顧問。システム工学、ヒューマンインタフェース、バーチャルリアリティの研究に従事。工学博士。