

エルフォイドのためのアニメーション効果の付加による感情伝達

Facial expression transmission by cartoon techniques
for a cellular-phone-type teleoperated android鶴田 悠*
Yu Tsuruda堀 磨伊也*
Maiya Hori吉村 宏紀*
Hiroki Yoshimura岩井 儀雄*
Yoshio Iwai

1. はじめに

遠隔地の人とのコミュニケーションを図るテレプレゼンスにおいて、高解像度の映像、質の高い音声を伝達することによって臨場感の向上を図っている。ただし、現状のシステムは、実在の人同士のコミュニケーション時に生じる人の存在感を十分に伝達できているとは言い切れない。一方、人間に極度に似せたヒューマノイドロボットを使ってテレプレゼンスを行うことで臨場感の高いプレゼンスの伝達が可能である。これは、ロボットを用いることにより、物理的に人がそこにいるという映像では得ることができない存在感を持たせることを主軸として研究が行われている。存在感とは人それぞれ固有のものであり、コミュニケーションにおいては、対話相手が本人の情報を持っているかどうか、どんな相手と話しているのかが重要なポイントとなっていることが様々な研究から示されている。

ジェミノイド [1, 2] は人に限りなく近い容姿を再現し、皮膚の表面にシリコンゴムを使用することにより人の肌の質感を表現している。実在の人間とロボット技術とを融合することで、人間の動作やしぐさ、外観を模写し、実在の人間の「存在感」を写し取り、モデルとなった人間が別の場所に同時に存在することでテレプレゼンスを実現する。しかし、これらのヒューマノイドロボットは特定の人間に限定されるだけでなく高価であるため、さまざまな人に対応させることができなかった。ジェミノイドが外観を実在する人間の姿形に極めて近づけ、特定の個人の存在感を伝えようとするものであったのに対し、テレノイド [3] は、人間として必要最低限の見かけと動きの要素のみを備え、一目で人と分かるものであると同時に、男性とも女性とも、あるいは、幼い子とも高齢者とも見える個人を特定させないデザインとなっており、遠隔地で操作している知人がそばにいるかのような存在感を実現できるようにデザインされている。また、肌触りのよい柔らかい外装と、小型のボディを採用することにより容易に抱えることができ、スキンシップも容易に行うことが可能である。

ジェミノイドおよびテレノイドを用いた研究では人の存在感を伝達するために必要な要素が何であるかが明らかになっていく一方で、装置そのものが高価であったり、大きすぎたりするために生活の一部として取り入れるのが難しいという問題も生じている。そこで、現在の生活の中で人と人がコミュニケーションを図る装置として一般的な小型の装置である携帯電話のような携帯型遠隔操作アンドロイド「エルフォイド」 [4] が



図 1: 携帯型遠隔操作アンドロイド: エルフォイド

開発されている。図 1 にエルフォイドの外観を示す。

エルフォイドは携帯型のロボットで「人の存在感を伝達する」ことを目標に、老若男女誰でも簡単な操作で遠隔地の人とのコミュニケーションを図るために開発されたデバイスである。エルフォイドは、単純な人形のデザインゆえに通話者がお互いに存在を感じながら対話することができ、直感的な情報交換が可能である。エルフォイドは、その内部にカメラとマイクを搭載しているため、通信相手に表情や声を伝達できる。また見かけのデザインや感触、人の身体として感じる素材にまで配慮させることで、無意識に通信相手の顔のイメージを思い描きやすく、まるでそばに居るかのような存在感を効果的に伝えることができるように開発されている。ただし、エルフォイドは小型のためジェミノイドやテレノイドのようにアクチュエータを複数搭載して、人間のような表情やしぐさを生成し、情動を伝えることが困難である。そこで本研究ではエルフォイドに搭載されたモバイルプロジェクトで背面から擬似的に表情を投影することで情動を伝達する。

2. 感情伝達に関する関連研究

人と人とのコミュニケーションにおいて話者の感情を伝達することは重要である。人間の基本感情について定義している研究 [5][6][7][8] は、多数存在する。Ekmanら [5] は基本感情を、「怒り」「喜び」「悲しみ」「嫌悪」「恐怖」「驚き」の6つの感情で表現している。コミュニケーションのモダリティを向上させるためには、これらの感情伝達が重要な役割を担う。

コミュニケーションロボットを介して感情の伝達を行う研究 [9][10][11] が盛んに行われている。ただし、ジェミノイド [1][2] のように極度に人間に似せたヒューマノイドロボットとは異なり、このようなコミュニケーショ

*鳥取大学大学院工学研究科, Graduate School of Engineering, Tottori University

ンロボットにとって人の顔のような表情を表出することは困難である。この問題を解決するためにロボットの動きとともに色を提示することによって感情の伝達を試みている [12]。人間が体感する感情は色の提示によっても生じられることが知られており、顔の精密な動作が実現困難な場合にも、ある程度感情を伝達することが可能である。

エルフォイドもこれらのロボットと同様に、持ち運びを優先したコンパクトなデザインのために人の表情をアクチュエータなどで表現することは困難である。本研究ではエルフォイドに搭載されたモバイルプロジェクトで背面から表情を投影することで情動を伝達する。従来、エルフォイドで、搭載されたカメラを用いて顔の特徴点のトラッキングを行い、プロジェクトの投影で再現し表情の生成を行う手法が提案されている [13]。この研究では、エルフォイドの模型を用いて、プロジェクトで顔面に背面からトラッキングの結果を投影することにより表情の生成を行っている。ただし、例えば人間に対する感情を表記した FACS に基づき生成した表情変化を発色で表現したり、プロジェクトで投影したりしても伝わりにくい情動が存在することが明らかになっている。そこで、本研究ではエルフォイドを用いて、より人の存在感の伝達を可能にするために、従来の感情伝達技術で使用されている感情表現を導入し、さらに漫画の効果を付加することで情動を伝わりやすくすることが可能かどうかを検証する。

3. 漫画効果の付加による感情の伝達

3.1. エルフォイドの特徴

エルフォイドは携帯電話のように人と人とのコミュニケーションに用いられ、人の存在感をより伝達させることを目的とし、以下の機能を持たせる。

- 人型で手に持つことが可能な形状を持つ。
- 人と見える最低限の要素のみを持つ。(個人を特定する要素は排除)
- 人肌の触覚を持つ。
- カメラ・マイクを搭載する。

これらに加え、本研究では、図 2 に示すように小型プロジェクトをエルフォイドの頭部に装着し、内部から顔表面に投影することに漫画効果を付加した画像をより擬似的に表情を生成する機能を搭載させる。

3.2. 漫画効果を付加した投影画像の生成

表情の知覚を行うためには、顔の個々の重要な部位が人間同様に近くなければならない。本研究では、顔の部位の場所を人間から大きく逸脱しないことを前提に、個々の部位の位置関係を変化させることで、表情の動きに立体感が生まれ感情を強調することができる。また表情において、顔の部位の中でも特に目は最も重要な部位である。生命あふれる表現をするためには通常の状態からの変化がわかる目であることが必要である。ただし、人間としての違和感を与えてはならない。

わずかな文字や簡単な絵で構成される絵表現要素のことをグラフィックプレゼンテーションという。現実で



図 2: モバイルプロジェクトを搭載したエルフォイドの外観

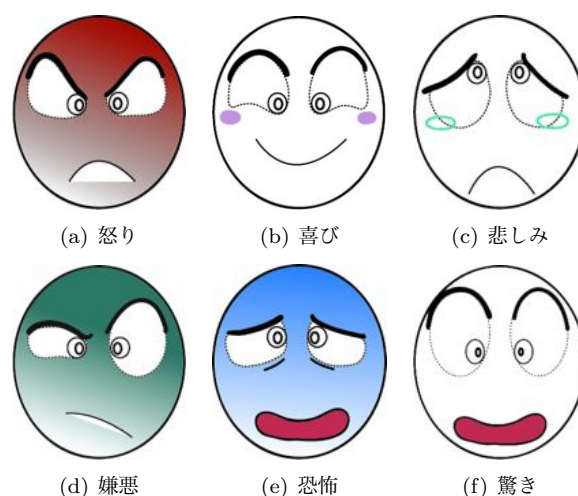


図 3: 漫画効果の付加による感情表現

は不可視ではあるが見る者に対して特定の感情を抱かせる効果であるシンボルもグラフィックプレゼンテーションの一例である。単純なシンボルとして、大粒の涙で表現される「悲しみ」などが挙げられる。さらに、特定の感情を抱かせる効果として、顔を真っ赤にする「怒れ」、真っ青にする「恐怖」などが挙げられる。

基本 6 感情に対して漫画効果を付加して表現した表情例を図 3 に示す。図 3 に示す表情例は以下の基準に従い、生成する。

- 「怒り」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに目を中心によせる。口角を押し下げる。顔色を赤色に変化させる。
- 「喜び」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに頬が上がって見えるように目の中心を上げる。口角を釣り上げる。頬の色を赤らめる。
- 「悲しみ」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに目の内側を上げて寄せる。口角を押し下げる。目に涙のシンボルを付加する。

- 「嫌悪」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに眉を鼻に寄せて、他との差別化を図るため片方の目だけ中心に寄せる。下唇が押し上げて見えるように口角を片方だけ押し上げる。颜色を気分が悪く見えるように青緑色に変化させる。
- 「恐怖」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに目を中心によせ、内側を上げて寄せる。口を大きく開ける。颜色を青色に変化させる。
- 「驚き」の顔画像
ニュートラルな表情をもとに見開いて見えるように目を上げる。目が大きく見えるよう口の移動を大きくする。

ただし表情の生成後、作成した6つの表情をエルフォイド上に投影させる際、大きな問題がある。それは、エルフォイドの顔の投影面が人の顔に似せられて作られているために、複雑な形状になっていることである。そのため、平面に投影させることを前提に作られたプロジェクタでエルフォイドに画像を投影させた場合、作成した画像と同様の表情をエルフォイドの顔に表現できない。この問題を解決するために、プロジェクタとエルフォイド間で投影する平面の画像とエルフォイドの立体の顔形状との位置対応関係を得るキャリブレーションを行う。本研究では、まずエルフォイドに座標位置が既知のグリッド画像を投影させ、投影した画像の各グリッド頂点とエルフォイドの顔面上の投影位置との関係を得る。これにより投影する平面の画像とエルフォイドの立体の顔形状との位置対応関係を得る。

4. 評価実験

本実験では、モバイルプロジェクタを搭載したエルフォイドで表情を生成する。本実験の目的は、形状の変化しないエルフォイドで通信相手の感情を伝達することが可能かを検証することである。伝達する表情は、Ekmanら[14]によって提案された基本6感情である「怒り (Anger)」「喜び (Happiness)」「悲しみ (Sadness)」「嫌悪 (Disgust)」「恐怖 (Fear)」「驚き (Surprise)」の表情とする。この6つの表情が、モバイルプロジェクタによるアニメーション投影で通信相手に伝達可能かを検証する。

4.1. 伝達感情に関する評価

4.1.1. 基本6感情に対するアニメーションの生成

本実験では、まず基本6感情に対する表情を表現するために、人が実際に行う表情を誇張して各表情のアニメーションを作成した。このとき、アニメーションの分野で使用されている技術[15]をもとに表情を生成した。各表情を表現するために誇張した部位やグラフィックプレゼンテーションを以下に示す。

決定した領域の範囲内に、3.2で述べた各表情の特徴をもとにして目と口を描画することで基本6感情の表情を作成した。図4に生成した基本6感情の画像を、図

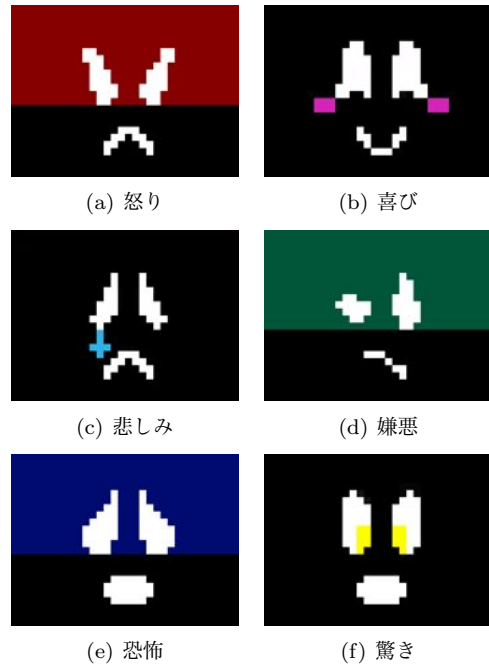


図4: エルフォイドに投影する表情画像

5にエルフォイドに投影させた画像を示す。3.2で述べたキャリブレーションによって、6つの表情が凹凸の激しいエルフォイドに各々違和感なく投影ができてることがわかる。ニュートラルな表情から作成した表情画像に、徐々に表情が変化していく表情アニメーションをモーフィング技術を用いて作成した。

4.1.2. アンケートによる主観評価

本実験では10～20代の大学生28名(男性, 女性)に対して評価実験を行った。実験方法は、エルフォイドに表情アニメーション全6パターンをランダムに表示させた。表情アニメーションは、基本6感情である「怒り (Anger)」「喜び (Happiness)」「悲しみ (Sadness)」「嫌悪 (Disgust)」「恐怖 (Fear)」「驚き (Surprise)」をもとに作成した。この6つのアニメーションを提示された被験者が、基本6感情である6つの項目に対してそれぞれどのような感情を抱いたかを「1. 全く当てはまらない」「2. 当てはまらない」「3. どちらかと言えば当てはまらない」「4. どちらかと言えば当てはまる」「5. 当てはまる」「6. 非常によく当てはまる」の6件法で調査した。

評価実験における表情ごとの検証結果および考察を以下に示す。最初に、基本6感情に対する6件法による結果および考察を行う。実験の結果として、6件法によって取得した得点を平均した表情の中で、最も得点が高かった結果を図6に示す。ここでは実験データから妥当な結論を得るために多重比較で主観評価実験の結果を検定する。本研究では、母平均について対照群と処理群の対比較のみを同時に検定するためにDunnnett法[16]を用いる。Dunnnett法は各処理群の母平均が対照

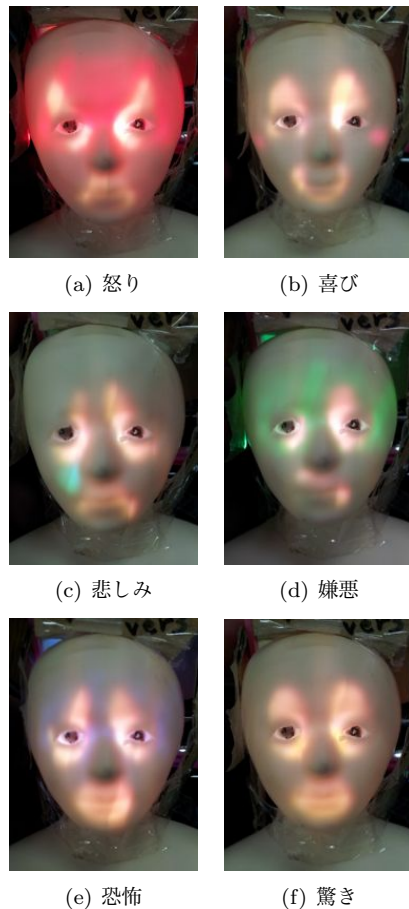


図5: 表情画像を投影させたエルフォイド

群の母平均と比べ「異なるかどうか」だけでなく「小さいといえるか」または「大きいといえるか」を判定したい状況で用いることができる。この検定の結果から考察を行う。以下に、基本6表情に対する6件法の結果の中で、最も感情の伝達できた「怒り」と、最も感情の伝達が困難であった「恐怖」の結果を記す。

図の誤差範囲は全て標準偏差である。図の横軸に記された印は多重検定の結果を表す。伝えたい感情の項目を対照群とし、処理群 (***) が有意水準 0.1%、処理群 (**) が有意水準 1% で有意差があることを示している。

最も感情の伝達できた「怒り」の表情アニメーションに対する評価実験の結果を図6を示す。生成した「怒り」の表情アニメーションに対しては「怒り」の感情の得点が一番高く 5.25 で結果として比較的高い得点が得られた。他の得点が 3.07 以下となっており、検定結果を見ると「怒り」の感情を対照群として他の処理群が全て有意水準 0.1% で有意差があることが示された。以上から「怒り」の感情を正しく伝達できていることがわかる。この理由として、目をつり上げたアニメーションに、顔色の変化を付加することが効果的だと感じた被験者が多かったためだと考えられる。

次に、最も感情の伝達が困難であった「恐怖」の表情アニメーションに対する評価実験の結果を図7を示す。「恐れ」の表情アニメーションに対しては「恐怖」の感

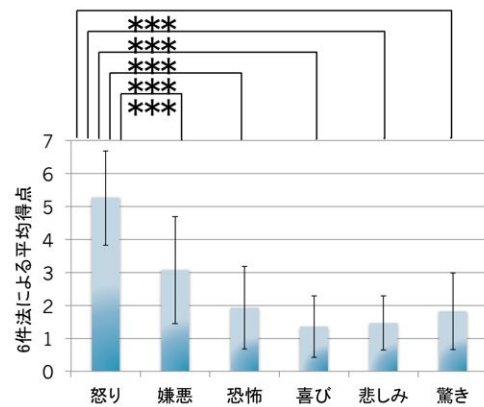


図6: 生成した「怒り」の表情に対して伝達された感情

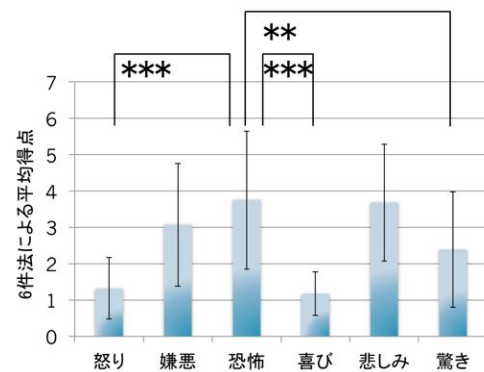


図7: 生成した「恐怖」の表情に対して伝達された感情

情と「悲しみ」の感情の得点が 3.75 で、得点が 3.07 の「嫌悪」と差異が小さく、検定結果を見ても「恐怖」を対照群として処理群である「嫌悪」の感情と「悲しみ」の感情では有意差が出なかった。他の処理群とは有意差が出たものの、他の感情の結果と比べると感情伝達の正確さが低いと考えられる。以上から「恐怖」の感情は正しく伝達できているとは言いがたい。この理由としては、「恐怖」の表情の目の感情表現が「悲しみ」に近く、「悲しみ」の表情アニメーションとの差分を感じなかった被験者が多かったためだと考えられる。

「喜び」「悲しみ」「嫌悪」「驚き」の表情に関しては、「怒り」の表情と同様に目的の感情を伝達することができた。これらについての詳細な結果は [17] に記している。評価実験は、「恐怖」以外の感情はプロジェクタによる表情アニメーションの投影で、感情伝達できることを検証した。被験者からは目の伸び縮みと顔色の変化の相乗効果で感情推定が行いやすいという意見が挙がった。「恐怖」の感情は「悲しみ」「嫌悪」の感情に対して有意差が出ず、正しく伝達できていたとは言いがたいが、これは「恐怖」の顔色と「悲しみ」の涙の色が青色であり、目の伸び縮みのアニメーションが両方で似通っていたためだと思われる。

4.2. 速度変化による表情認知

顔の表情はコミュニケーション場面では動きを伴って表出されるものである。本研究では、モーフィング技術を応用することで、表出（提示）時間の変化や顔の特徴の変化などの物理量が統制された表情アニメーションの作成を行った。顔の表情が表出される速度の変化により、認知される感情の種類や強度が変化することが従来研究によってわかっている [18]。さらに本研究では感情の種類によって、速度変化の影響の様相が異なることも示されている。そこで本研究では、より感情の伝達を可能にするために、作成した表情アニメーションの変化速度により伝達される感情の強さに違いが生じるかを調査した。

4.2.1. 速度変化による表情認知の実験方法

本実験で用いられた表情は、前述の実験と同様、基本 6 感情の「怒り (Anger)」「喜び (Happiness)」「悲しみ (Sadness)」「嫌悪 (Disgust)」「恐怖 (Fear)」「驚き (Surprise)」である。実験は、前述の研究 [18] の手法を参考に、「ニュートラル」(モーフィング率 0% とする) と特定の表情 (モーフィング率 100% とする) 間のモーフィング画像を「ニュートラル」から連続的に提示するという手法を用いて作成し、動画として知覚されるビデオクリップを用いた。提示時間条件を設定するにあたっては、以下のような 3 つの制約を設け、表出される表情の情報量を時間条件間でできる限り均一になるようにした。

- 1) 全てのビデオクリップは、「ニュートラル」(0%) の画像からスタートし、特定の表情 (100%) の画像で終了する。この二枚の画像は必ず提示される。
- 2) 全ての画像は 30fps の速度で提示される。
- 3) 1 つのビデオクリップ内では、モーフィングされた中間画像の合成の割合の差は、一定である。つまり、「ニュートラル」の表情から特定の表情顔まで線形に変化する。

以上の条件をみたまものとして、表 1 のように「速い」「普通」「遅い」の 3 つの条件を時間条件として設定した。本実験では 20 代前半の大学生 8 名 (男性 7 名、女性 1 名) に対して評価実験を行った。実験の試行数は、それぞれ 18 試行 (6 表情 × 3 時間条件) を用意した。以上の試行をランダムに提示した後、全ての被験者に表情の速さに関して 6 段階評定で回答してもらった。実験の際、被験者にはあらかじめ最終フレームに提示される画像の感情カテゴリ (基本 6 感情) の一つを知ら

表 1: 顔表情の時間条件

時間条件	提示画像	画像数 (枚)	時間 (sec)
速い	0, 4, 8 ... 64	17	0.53
普通	0, 2, 4 ... 64	33	1.06
遅い	0, 1, 2 ... 64	65	2.13

せた。被験者に対して、提示される動画の顔について、1) 提示された表情の強度 (1 非常に弱い - 6 非常に強い)、2) その表情の表出速度がその感情に適しているかどうか (1 全く適していない - 6 非常に適している) を 6 段階で回答してもらった。1 試行のビデオクリップが終了するたびに実験者がビデオを停止させ、その間に被験者に回答をしてもらった。被験者の回答が終わると、次の表情アニメを提示した。

4.2.2. 結果と考察

速度変化による表情認知の評価実験における表情ごとの検証結果を示す。感情の適度に関する結果を表 2 に、感情の強度に関する結果を表 3 に示す。実験の結果は、6 件法によって取得した得点を平均したものである。この結果に対して、t 検定により、ある表情内の提示時間による強度と速度の認知の違いを検証した。被験者が感じ取る感情の強度の評定の結果を以下から述べる。まず、「喜び」に関する結果をみると、表情変化速度の速い条件と普通の条件間では、t 検定より出した $P(T < = t)$ 両側の値である 0.589 は、有意水準 α として設定した値である 0.05 よりも大きい数値のため、2 つの母集合の平均値に有意差はないと判断できる。表情変化速度の普通の条件と速い条件間、また、表情変化速度の速い条件と遅い条件間でも同様に、2 つの母集合の平均値に有意差はないと判断できた。以上より、「喜び」に関する結果は、どの条件間でも認知される強度に認知の違いがなかったことがわかる。

その他の感情に関しても、「喜び」と同様の結果で、どの速度条件間でも認知される強度の違いは見られなかった。以上から、本研究の手法に関しては、ある表情内の提示時間による強度と速度の認知の違いはないことがわかる。ただし、感情の適度が低い感情の場合、強度の評定が不安定になることがわかった。今後は、本

表 2: 感情適度結果の平均

	遅い	普通	速い
「怒り」	5.00	5.13	5.25
「喜び」	4.50	4.75	4.75
「悲しみ」	5.25	5.13	5.38
「嫌悪」	4.13	3.50	4.13
「恐怖」	4.13	4.00	3.25
「驚き」	3.50	3.13	2.63

表 3: 感情強度結果の平均

	遅い	普通	速い
「怒り」	5.75	5.13	5.50
「喜び」	5.25	5.13	5.25
「悲しみ」	5.50	5.25	5.50
「嫌悪」	4.50	3.88	3.75
「恐怖」	4.38	3.88	3.75
「驚き」	3.50	3.25	3.00

研究を進めるにあたって、感情の適度を可能な限り高くする必要があると考えられる。また、本実験では強度と速度の認知の違いが見られないという前述の研究[18]の実験結果と異なる結果が得られた。この結果の主な原因として、被験者が少ないことが考えられる。前述の研究では被験者は28人であったのに対し、本実験は8人の被験者で実験を行った。本実験の被験者数を増やし再実験をすることで、今回の結果とは異なる、速度変化による表情認知が感情によって影響が変わるといふ結果が得られるのではないかと推定される。

5. まとめ

本研究では、モバイルプロジェクトを搭載したエルフォイドで漫画効果を付加した表情を投影し感情を伝達する手法を提案した。この表現で、より通信相手の感情を正しく伝達することが可能か検証した。評価実験の結果から、「恐怖」以外の感情はプロジェクトによる表情アニメーションの投影で、感情伝達できることを検証した。被験者からは目の伸び縮みと顔色の変化の相乗効果で感情推定が行いやすいという意見が挙がった。「恐怖」の感情は十分に伝達できていたとは言い難いが、これは「恐怖」の顔色と「悲しみ」の涙の色が青色であり、目の伸び縮みのアニメーションが両者で似通っていたためと思われる。

また、速度変化による表情認知の評価実験における表情ごとの検証結果より、感情の適度が低い感情であると強度の評定が不安定になることがわかった。このため、今後の課題は、感情の適度を可能な限り高くする必要があると考えられる。以上から、本実験の中で最も感情の伝達ができなかった「恐怖」の感情の伝達を可能にすることが重要だと考える。本実験での「悲しみ」と「恐怖」の感情の表情アニメーションの大きな違いは涙のシンボルの有無である。「悲しみ」の感情が正確に伝達できた理由として、涙のシンボルによるものが大きいと考えられるため、「恐怖」にも同じように感情を表現するシンボルを追加することで、感情の伝達を試みる。さらに、本研究の有用性の有無を検証するために、表情アニメーションを追加することで、会話者の会話満足度がどう影響するかを評価する。印象評価の定性データの取得と同時に、インタフェースの印象評価として定量データの取得をする。会話満足度の調査の指針とし、1) オペレータの印象評価にとして、被験者がエルフォイドを見ている割合、2) インタフェースの印象評価として、被験者の顔とエルフォイドの距離、以上二つの定量データによる満足度を調査する。定量データの取得方法として、1) に関しては顔のトラッキングツールを用いて、被験者の顔の傾きと視線を取得し、エルフォイドを見ている割合を推定する。2) に関しては三次元空間位置センサを用いて、被験者とエルフォイド間の距離を取得する。

謝辞 本研究の一部は、JST 戦略的創造推進事業(CREST)「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」採択課題「人の存在を伝達する携帯型遠隔操作アンドロイドの研究開発」の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 山岡史享, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博. 遠隔操作型コミュニケーションロボットとのインタラクションにおける印象評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 11, pp. 3577-3587, 2007.
- [2] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博. 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, Vol. 48, No. 12, pp. 3729-3738, 2007.
- [3] K. Ogawa, S. Nishio, K. Koda, G. Balistreri, T. Watanabe, and H. Ishiguro. Exploring the natural reaction of young and aged person with telenoid in a real world. *Jour. of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 15, No. 5, pp. 592-597, 2011.
- [4] 港隆史, 西尾修一, 小川浩平, 石黒浩. 携帯型遠隔操作アンドロイド「エルフォイド」の研究開発. 日本ロボット学会学術講演会予稿集, Vol. 29, pp. 302-4, 2011.
- [5] P. Ekman, W. V. Friesen, and J. C. Hager. Facial action coding system (FACS). *A Human Face*, 2002.
- [6] R. Plutchik. *EMOTION: A Psychoevolutionary Synthesis*. Harper & Row, 1980.
- [7] M. B. Arnold. *Emotion and Personality: Psychological aspects*. Columbia University Press, 1960.
- [8] C. E. Izard. *The Psychology of Emotions*. Springer, 1991.
- [9] S. Sugano and T. Ogata. Emergence of mind in robots for human interface - research methodology and robot model. *IEEE Int'l Conf. Robotics and Automation*, pp. 1191-1198, 1996.
- [10] A. Hiraiwa, K. Hayashi, H. Manabe, and T. Sugimura. Alter-ego interface technology. *NTT Technical Review*, Vol. 1, No. 8, pp. 72-76, 2003.
- [11] T. Ariyoshi, K. Nakadai, and H. Tsujino. Effect of facial colors on humanoid in emotion recognition using speech. *Int'l Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 59-64, 2004.
- [12] 藤江裕平, 堀磨伊也, 吉村宏紀, 岩井儀雄. 携帯型遠隔操作コミュニケーションロボットを用いた led 発光による感情の伝達. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 2012.
- [13] M. Hori, H. Takakura, H. Yoshimura, and Y. Iwai. Generation of facial expression for communication using elfoid with a projector. *Proc. Int. Workshop on Multimodal pattern recognition of social signals in human computer interaction (MPRSS)*, 2012.
- [14] P. Ekman and W. V. Friesen. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. *Consulting Psychologists Press*, 1978.
- [15] F. Thomas and O. Johnston. The illusion of life Disney animation. *Disney Book Group:ev Sub edition*, 1995.
- [16] C. Dunnett. New table for multiple comparisons with a control. *Biometrics*, Vol. 20, No. 3, pp. 482-491, 1964.
- [17] 鶴田悠, 堀磨伊也, 吉村宏紀, 岩井儀雄. アニメーション効果の付加によるエルフォイドのための感情伝達. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 2013.
- [18] 蒲地みゆき, 吉川左紀子, 赤松茂. 変化速度は表情認知に影響するか? -動画刺激を用いた顔表情認知の時間特性の解明-. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 1998.