

# 修士論文

## 頭部姿勢と視線方向の操作による多人数会話における 疎外感の軽減

東 健太

奈良先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科

情報理工学プログラム

主指導教員: 清川 清 教授

サイバネティクス・リアリティ工学研究室 (情報科学領域)

令和3年3月14日 提出

本論文は奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科に  
修士（工学）授与の要件として提出した修士論文である。

東 健太

審査委員：

清川 清 教授	（主指導教員）
中村 哲 教授	（副指導教員）
酒田 信親 准教授	（副指導教員）
磯山 直也 助教	（副指導教員）

# 頭部姿勢と視線方向の操作による多人数会話における 疎外感の軽減\*

東 健太

## 内容梗概

対人コミュニケーションは日常生活で重要であり，会話に参加する人全員が満足できることが望ましい．しかし実際には，自分だけが話についていけず疎外感を感じてしまう場合や，会話相手との非言語的な表出がうまく共有できていない場合などがあり，会話参加者の全員が会話に満足できるとは限らない．本研究では，会話満足度に影響を与えるとされる様々な要因のうち，顔の向きと視線に着目した．3者間会話で，自分だけが会話に入れない状態で，残りの2人がこちらを向いているように視覚情報を変調させることで，疎外感を軽減させ，会話満足度を向上させることを試みた．VR環境で実施した実験では，実環境で収録した成人男性2人による会話を2人のアバタで再現し，被験者はそれをHMD越しに視聴した．結果として，アバタの顔や視線を被験者に向けるよう視覚的に変調することで，被験者がより会話に参加していると感じさせられた．しかし，会話の楽しさなどの会話満足度の要因となる要素を向上させることはできなかった．

## キーワード

会話満足度，対人疎外感，対人コミュニケーション，視線操作，アイコンタクト

---

\*奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 先端科学技術専攻 修士論文, 2021年3月14日.

# Reducing alienation in multi-person conversations by manipulating head pose and gaze direction\*

Kenta Higashi

## Abstract

Interpersonal communication is important in daily life, and it is desirable that all participants in a conversation are satisfied. However, in reality, not all participants in a conversation can be satisfied with the conversation due to reasons such as feeling alienation by not being able to join the conversation because of ignorant of the topic. The present study focused on head pose and gaze direction among the various factors that are considered to affect the conversation satisfaction. It was tried to enhance the conversation satisfaction by reducing the alienation with manipulating visual information. In the experiment conducted in a virtual environment, two avatars were used to reproduce a conversation between two adult males recorded in the real environment, and the experiment participants watched it through a head mounted display. As a result, by modulating the avatars' head pose and gaze direction to look at the experiment participants, it was possible to make the participants feel more involved in the conversation. However, it was not possible to improve the factors that contribute to conversation satisfaction, such as the enjoyment of the conversation.

## Keywords:

Conversation Satisfaction, Interpersonal Alienation, w Interpersonal Communi-

---

\*Master's Thesis, Department of Science and Technology, Graduate School of Science and Technology, Nara Institute of Science and Technology, March 14, 2021.

cation, Gaze Manipulation, Eye Contact

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	関連研究	3
2.1	非言語的表出	3
2.2	動作の同期	3
2.3	アバタ	5
2.4	コミュニケーション支援システム	7
2.5	本研究の位置づけ	11
第3章	提案手法	12
3.1	概要	12
3.2	試作システム	12
3.2.1	概要	12
3.2.2	OpenFace	13
3.2.3	視線操作手法	13
第4章	実験	18
4.1	実験設定	18
4.2	実験環境	18
4.3	実験手順	19
4.4	評価指標	19
4.5	結果	22
4.5.1	知人間実験	23
4.5.2	他人間実験	30
第5章	考察	37
5.1	考察	37
5.2	システムの改善	39
第6章	おわりに	40

謝辞	41
参考文献	43
発表リスト	48

## 第1章 はじめに

コミュニケーションは日々の生活で重要な一端を担っている。コミュニケーションの形態は様々あるが、対面して会話を行うコミュニケーションの場面を想定すると、会話に参加する人全員が疎外感を感じることなく満足できることが望ましい。しかし実際には、相手の表情や視線の動きから発言しにくい、居心地が悪いなどを感じる人がおり、会話参加者の全員が会話に満足できるとは限らない。このような状況は様々な場面で見られ、例えば初対面同士の懇親会や友人との飲み会で、周囲が自身の興味のない話で盛り上がっている場合などが挙げられる。こういった状況では、居心地の悪さや疎外感を感じるものの、会話から抜け出したくはない、なんとか自分も会話に参加したいと感じる場合も多々見られる。

対人コミュニケーションにおける疎外感や満足度については、これまで様々な議論が行われてきた。例えば、土屋によると、対話相手からの視線や笑顔は会話満足度に影響するとされている [1]。桜木らによると、3者間会話においても、視線や傾きなどの非言語的表出性と会話満足度は正の相関関係にあることが示されている [2]。これらのように、会話の満足度には非言語的な情報が大きく関わっていることが明らかにされてきた。また木村らによると、社会的スキル自身が会話や相手の評価と正の関連を持つことが示唆されている [3]。さらに石井らによると、対人疎外感とは、話し上手な人ほど感じにくいことが明らかになっている [4]。このように、会話の満足度や疎外感の感じ方については、本人の性格も重要な要因の一つとなっている。

そこで本研究では、対話相手の動作や表情を変調させ視覚的な情報を操作することで、会話で発言できていない・していない人の疎外感を軽減させ、会話満足度を向上させる方法を検討し、さらにその影響と被験者の性格との関連性を考察する。本研究では、3者間の会話において一人の人間だけが会話の内容がわからず発言ができておらず、他の2者間のみで会話が行われているという状況を Virtual Reality (VR) 環境で再現する。提案手法では、この VR 環境を統制された実験環境とし、その中で 3DCG (Three Dimensional Computer Graphics) モデルのアバタで表示された他の2人が、実際の動作としては会話中に実験被験者を全く見ていないにも関わらず、アバタの動作としては時折実験被験者を見ているように、視覚情報を変

調させる．具体的な変調として会話中に何度かアバタの顔の向きと視線の向きを実験被験者の方へ向けるように 3DCG を調整する．提案手法により，会話に参加できていない実験被験者に会話に参加できているような感覚を持たせ，会話の満足度を向上させることができるかを調査する．

以下，2 章で関連研究と本研究の位置づけについて述べ，3 章で提案手法について詳細に述べる．そして 4 章では実際に行った実験の環境や条件，結果を述べ，5 章でその考察を行う．そして最後に 6 章で本研究をまとめる．

## 第2章 関連研究

### 2.1 非言語的表出

村山らによると、会話では視線や頷きなどの非言語的表出性の高い個人ほど会話満足度が高い傾向にあるほか、集団内でのうなずきの量が多いほど会話の満足度が高くなる [5, 6]. Hietanen らによると視線の効果は様々で、注視対象に注目を集めさせる効果がある以外にも、直接的な視線は相手のポジティブな感情を引き出す傾向にあり、回避的な視線は相手のネガティブな感情を引き出す傾向にある [7]. しかし、否定的な文脈では逆に回避的な視線が好まれ、直接的な視線がネガティブな効果を与える場合があることも確認されている. 石井らによると、主観的幸福感には、「話の内容にマッチした表情やジェスチャを使った話し方」が有意に正の影響を与えていることが分かった. また、対人疎外感は、「話の内容にマッチした表情やジェスチャを使った話し方」により有意に減少しており、話し上手の人は疎外感を感じにくいことが明らかになっている. このように、「話の内容にマッチした表情やジェスチャを使った話し方」が対人疎外感を有意に低減する影響を与えるのが明らかになったことは、表情やジェスチャを使って自分の気持ちや考えを素直に表現する話し方が、社会や周囲の人との関係の中で生じる疎外感や孤独感を低減する可能性を示している [4]. これらのように、視線や頷きなどの非言語的な表出は、本人が表出する場合でも相手から表出される場合でも、会話相手の感情や、それぞれの会話満足度、疎外感そのものに影響することがわかっている.

### 2.2 動作の同期

単なる非言語的な表出に限らず、お互いの動作の同期も感情に影響を及ぼすことが明らかになっている. Gupta らは対人コミュニケーションにおける同期について調査し、向かい合わせ・背中合わせの条件で会話を行い、眼球および頭部の同期性を調べた [8] (図 2.1). その結果、条件によらず、まばたきの同期、うなずきの弱い同期が確認された. また、背中合わせの条件では有意にまばたきの同期が見られたことを示した.

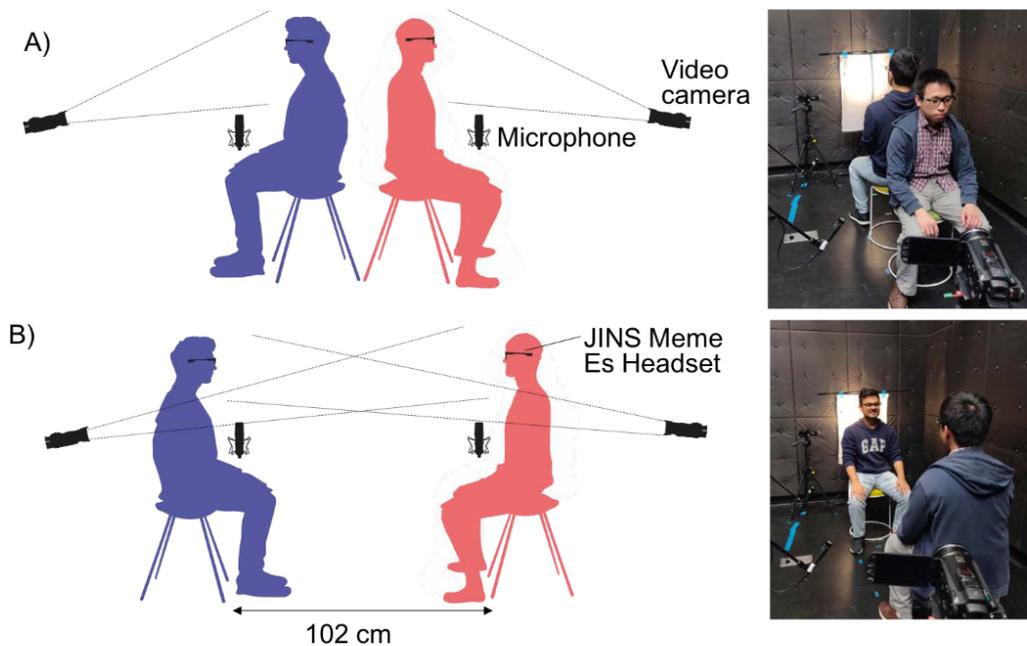


図 2.1: 会話中の眼球・頭部の同期の調査 [8].

Tschacher らは、人間の非言語的な同期と感情の関係性に着目した [9]. 2 人 1 組のペアに 4 つの会話と 1 つのタスクを行わせ、同期が発生するかどうか、また、同期による影響はどうであるかを調べた。会話中の映像を MEA (Motion Energy Analysis) という、グレースケール画像のピクセルの差を用いる手法で解析した (図 2.2)。その結果、感情が非言語的同期を誘発するのではなく、非言語的同期により感情が誘発されていることが明らかになった。

さらに、本人の気分が良いときは相手への印象を高く評価し、気分が悪いときは相手への印象を低く評価することが明らかになっている [10]。これらにより、アイコンタクトや頷きといった同期現象がポジティブな感情を引き起こし、それが相手への印象を高くすることも考えられる。

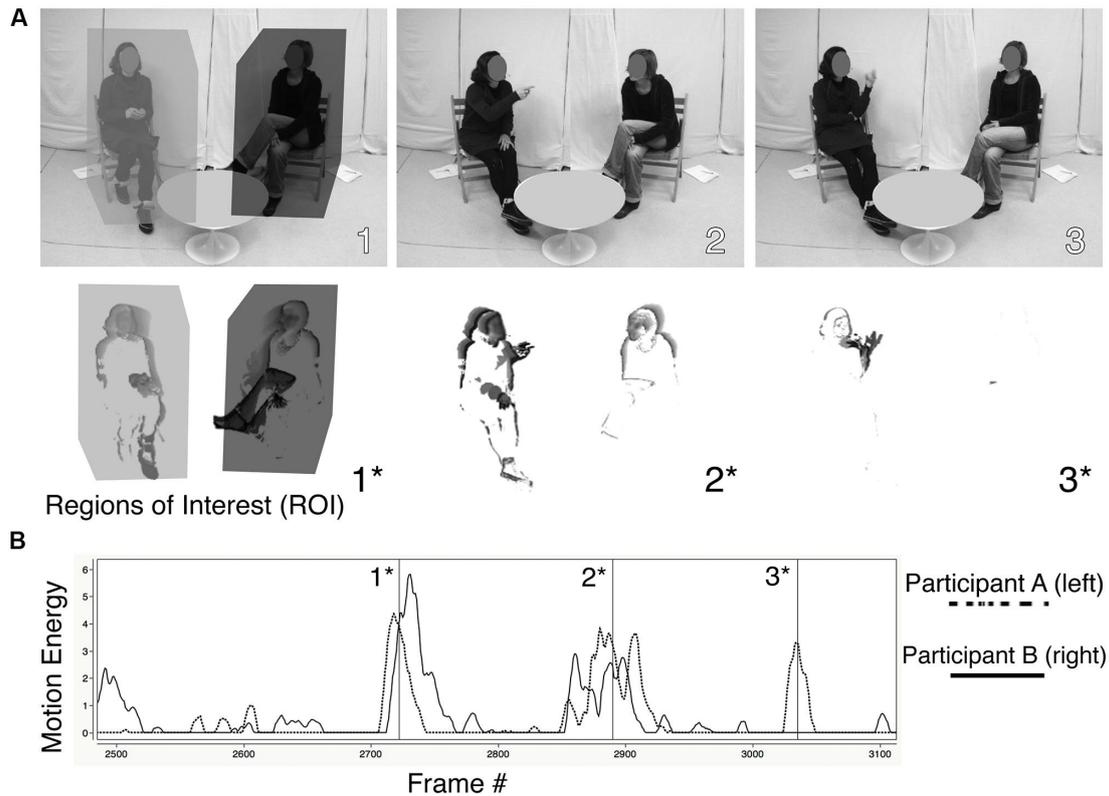


図 2.2: 非言語的同期と感情の関係性に関する調査 [9].

## 2.3 アバタ

Chiller-Glaus ら, Kätsyri らによると, 非言語コミュニケーションにおける社会的相互作用の研究は, VR を使用することでも実現できる [11, 12]. コンピュータアニメーションを用いたアバタを用いることで, 実際の人間とのコミュニケーションと同様の反応を誘発できる. 例えば, Spencer-Smith ら, Wehrle らによると, アバタは, 人間の俳優を描いた写真と同じくらい適切に表情を伝えられるとされている [13, 14]. Mojzisch ら, Mühlberger ら, Weyers らによると, アバタは, 実際の人間の写真に反応して示される表情筋活動と同様に, 観察者の表情筋活動を引き出せる [15, 16, 14]. このように, 非言語的な表出は人との会話だけでなく, ディスプレイ上に表示される 3DCG モデルの動作においても同様に重要であることが示唆されている.

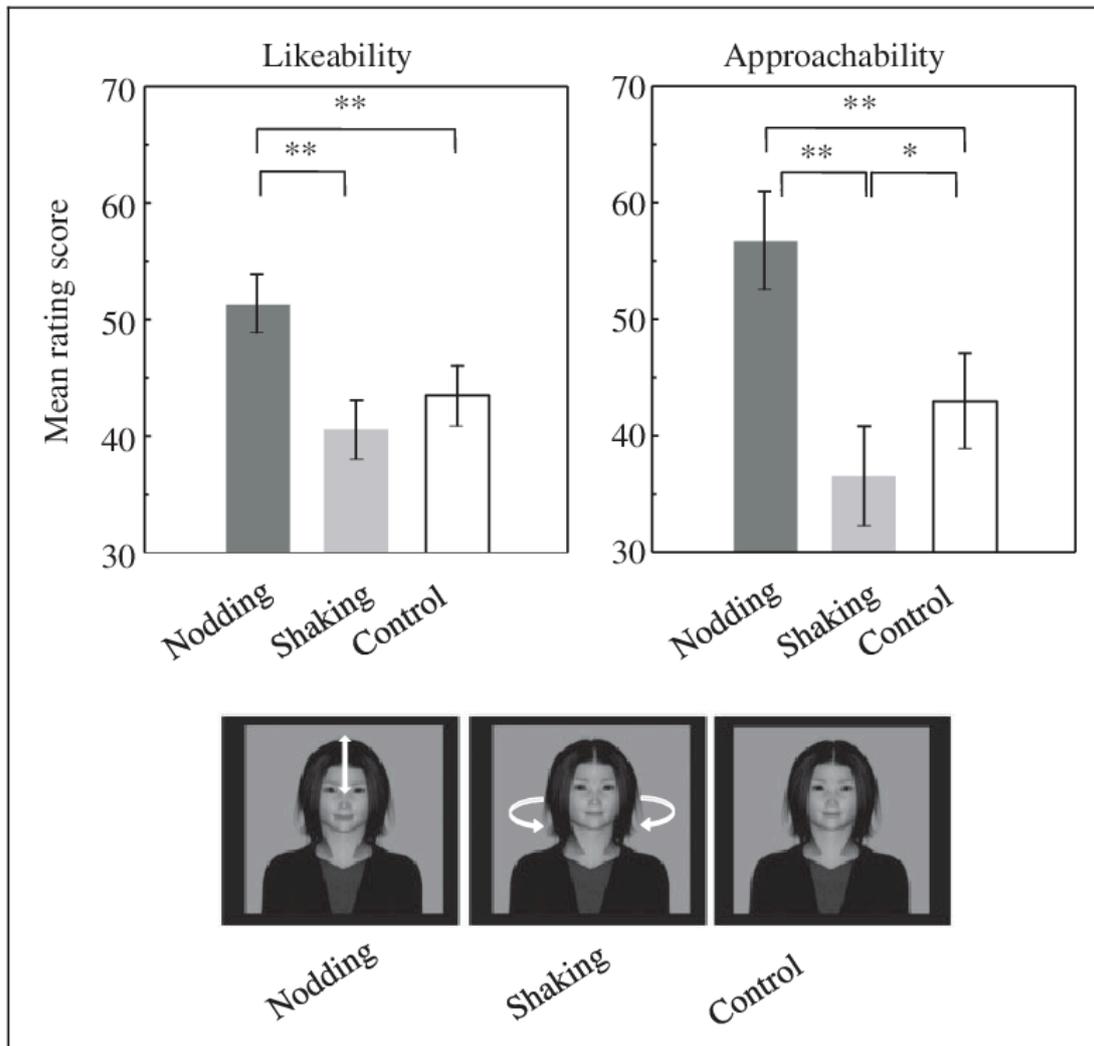


図 2.3: ディスプレイ上のアバタとその評価 [17].

実際に, Mojzisch らは, 顔表情に関係なく, バーチャルエージェントが参加者を凝視したときの, 自己関与感の高まりによる注意力の向上を示した [15]. Osugi らは, 被験者にディスプレイ上のアバタの動画を見せることで, 好感度やアバタに感じた魅力の評価した. 図 2.3 に示す通り, 結果として, 首を横に振る動作を行うアバタよりも, 頷き動作を行うアバタの方が好感度や魅力が高く感じられることを確認している [17].

さらに Tanmay らはアバタの歩き方や手の振り方の違いによって親しみやすさ

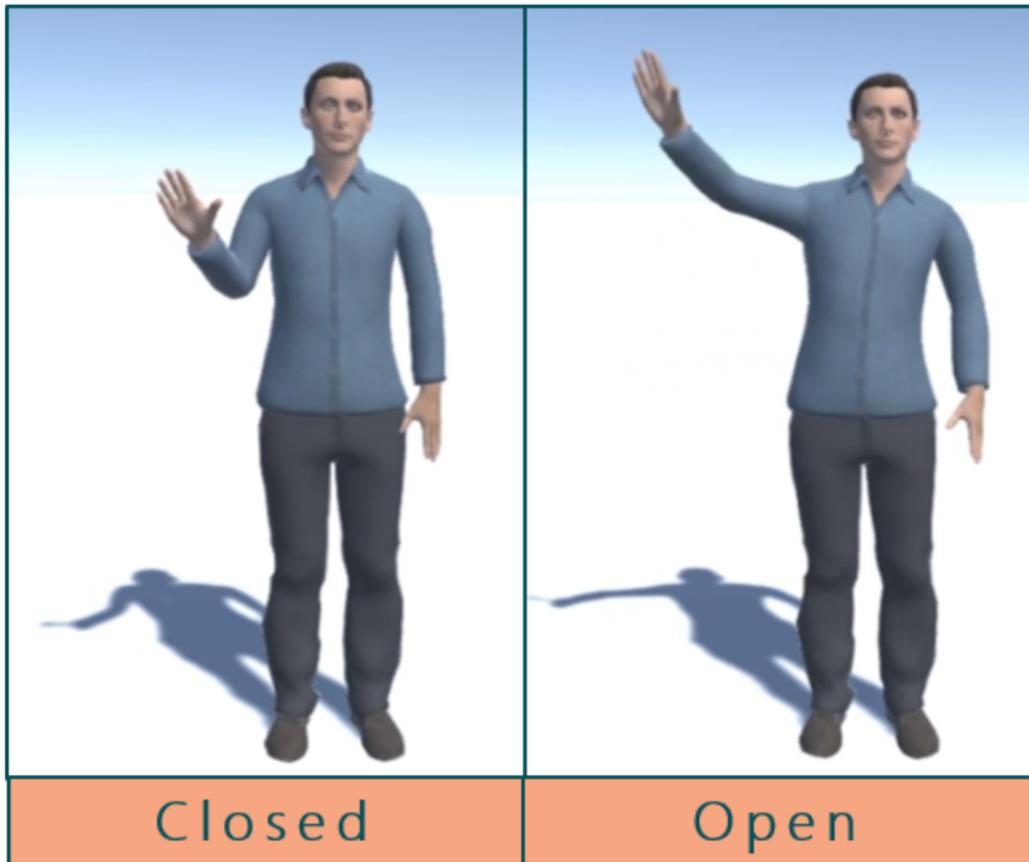


図 2.4: アバタのジェスチャの違いが印象に及ぼす影響変化の調査 [18].

などの印象が変化するかどうかを調査した [18](図 2.4). その結果, 動きの大きなジェスチャの方が, 動きの小さなジェスチャよりも強い親しみやすさを与えることを明らかにした.

## 2.4 コミュニケーション支援システム

前節までに述べたような知見を基に, これまで, コミュニケーションの支援を行うための様々なシステムが開発されてきた. Adachi らは, 会話全体の統計的な情報を計測・可視化し, フィードバックするシステムを製作し, ゲーミフィケーショ

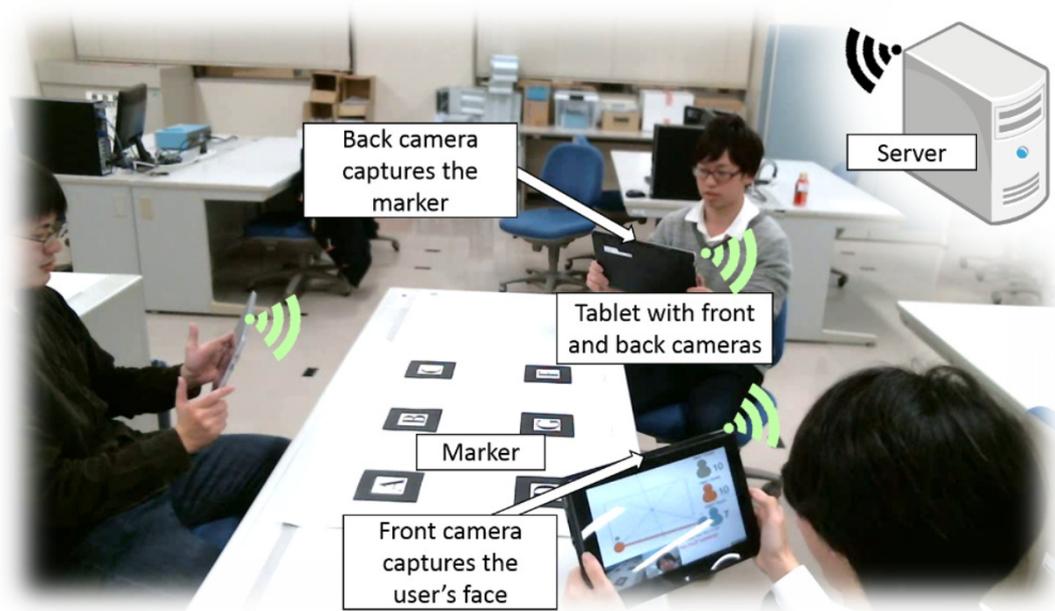
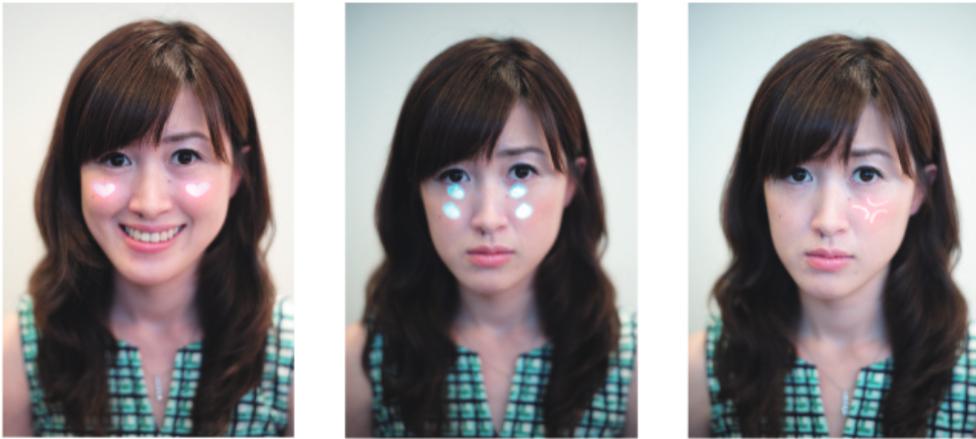


図 2.5: 多人数コミュニケーションでの会話の偏りを抑制するシステム [19].

ンを取り入れることで、多人数コミュニケーションにおける会話の偏りを抑制しようとした [19] (図 2.5). その結果、参加者はこのシステムのフィードバックに応じて発話量を調整する傾向が見られた。

辻田らはプロジェクションを用いて、表情に応じた画像を重畳表示する表情拡張システムを開発した [20] (図 2.6). 筆者の過去の研究では、光学透過型 HMD を使用することで、会話相手の顔周辺に、会話相手の表情に応じた画像を表示するシステムを開発した [21] (図 2.7). HMD 自体が会話の妨げになり総合的な満足度は向上しなかったが、対話相手が笑顔の時に笑顔のアイコンが表示される条件では、HMD を装着しない条件と比較して、相手への印象が向上し、会話を楽しめる傾向にあることが分かった。鈴木らはディスプレイ越しに表情を変形させ同調的な笑顔を生成することで笑顔の強度や会話の円滑さが上昇することを明らかにした [22] (図 2.8).



喜び

悲しみ

怒り

図 2.6: 画像重畳による表情拡張システム [20].

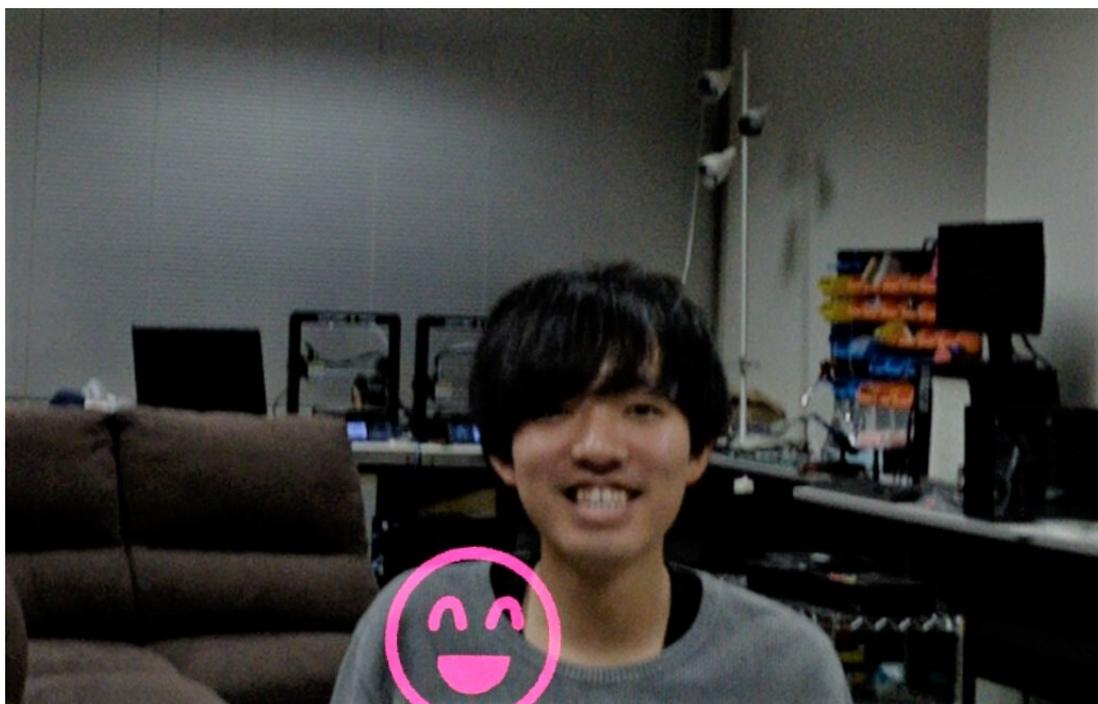


図 2.7: 表情の認識と拡張によるコミュニケーション支援システム [21].



図 2.8: 表情変形による会話円滑化システム [22].

しかしこれらの方法では、コミュニケーション全体の改善には繋がるものの、そもそも会話に参加できないことで疎外感や居心地の悪さを感じている人の満足度が向上するとは限らない。

## 2.5 本研究の位置づけ

これまで、会話の満足度や疎外感が影響を受ける要因や、コミュニケーションを改善するための様々な研究事例を紹介してきた。本研究では、そもそも会話に参加できないことで疎外感や居心地の悪さを感じ、会話に満足できない人を支援する方法を提案する。話者の顔の向きと視線の向きを操作しユーザに対する見せかけの視線を生成することで、会話満足度や疎外感に影響を及ぼすかの検証を行う。またその評価として、会話内容の再現性確保、顔表情以外の条件の固定のために VR 環境でのアバタを介したコミュニケーションによる実験を行う。

## 第 3 章 提案手法

### 3.1 概要

本研究では，VR 環境で行われる会話を想定している．VRChat [23] や Mozilla Hubs [24] など，VR 環境で実環境のユーザの動きを反映したアバタを用いながら，他者と会話ができるサービスが近年増えてきている．このような VR 環境での会話においても，3 者以上のグループ会話において会話内容がわからず，会話に参加できない状況は発生すると考えられる．提案手法では VR 環境での利用を想定しているが，ビデオシースルーでの Augmented Reality (AR) を用い，目的とする顔画像を機械学習等の手法で写実的に生成して置き換えることで，将来的には実環境での利用も可能になると期待している．

提案手法を用いる際，ユーザは VR 用の HMD を用い，他者の実環境での動きが反映されたアバタを通じて，他者との会話を行う．その際に，他者がユーザ自身が知らない内容の会話などをしており，ユーザが発言できない際でも疎外感を低減し会話満足度を向上させることを目的とする．満足度向上のために，他者のアバタの動きを調整することで，会話に参加できていないユーザを気にかけてくれているように見せかける．本論文では，アバタの動きとして，頭部の回転と視線の向きを操作することでユーザに対するアイコンタクトを実現する．

### 3.2 試作システム

#### 3.2.1 概要

VR 環境で 3 者間会話のシチュエーションを再現するにあたり，本研究では Struijk らにより開発された FACSvatar [25] を使用した．このシステムでは，OpenFace による顔表情の認識を行い，そのデータをもとにアバタを動かせる．このシステムを用いることで，ビデオカメラやバイノーラルマイクを用いて複数名の会話を収録し，その会話や話者の動作を VR 環境内のアバタで再現することができる．試作システムの処理の流れを図 3.1 にて示す．

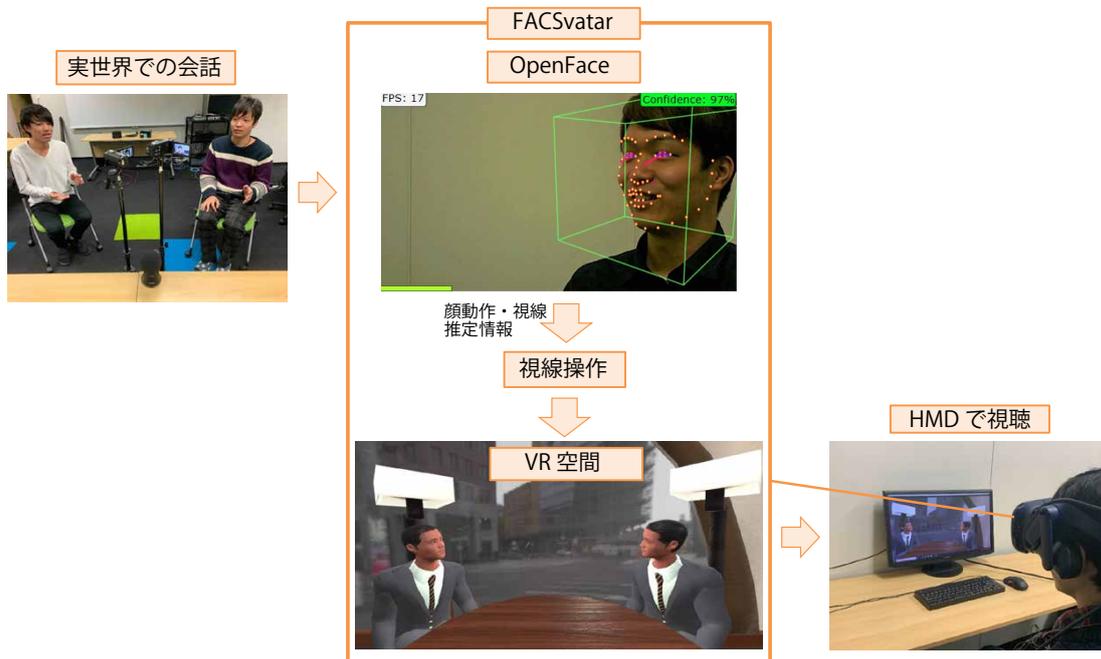


図 3.1: 試作システムの処理の流れ.

### 3.2.2 OpenFace

OpenFace とは, Tadas らによって開発された顔・表情認識をリアルタイムで行えるオープンソースソフトウェアである [26]. ニューラルネットワークによりユーザの顔の特徴点を検出でき, 視線情報の推定も行える. 試作システムで使用した FACsvatar では, OpenFace を使用してリアルタイムに顔表情を認識することで, Unity 側のアバタを連動して動かせる. 前節でも述べた通り, 本研究は事前に収録した映像を OpenFace で認識させ, 会話映像の再現を行った.

### 3.2.3 視線操作手法

顔の向きへの操作は, あらかじめ被験者を想定したカメラの方向を向いた映像を使用し, これを FACsvatar に与えた結果と徐々に重ね合わせることで実現する. また, ここで顔や視線の動かし方が不自然だと, 会話参加者がむしろ不気味に感じる可能性がある. 自然な動きを実現するには実際の人間の頭部および眼球の運動特性

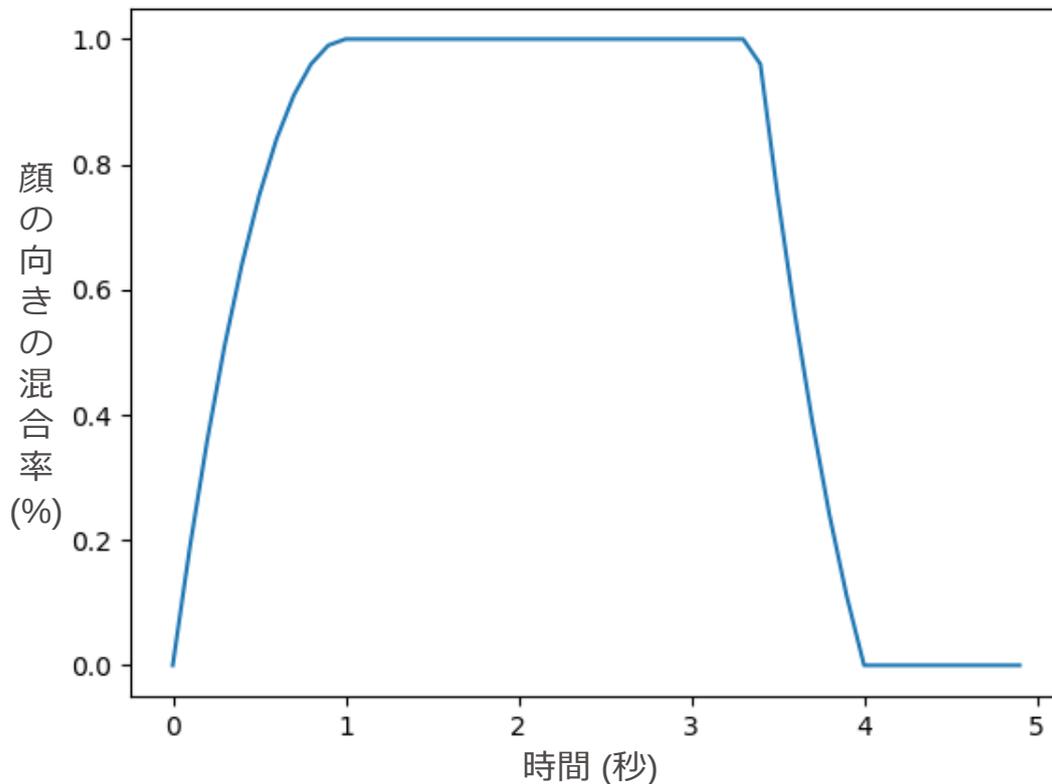


図 3.2: 顔の向きの混合率の時間変化.

の考慮が不可欠である。Buisseret ら、Michaelson らの調査によると、自然な頭部運動では、振り向く時よりも頭部を視線対象の方向から元の方向に戻すときの方が素早い傾向にあることや、各動作の開始時から終了時にかけて角速度が小さくなる傾向にあることが報告されている [27, 28]。本研究ではそれらの知見をもとに、頭部回転を図 3.2 のように実装した。ここで、縦軸は操作前の元の顔の向き (0.0) とユーザを向いた顔の向き (1.0) の混合率を表す。0 秒目から 1 秒目の間は、徐々にユーザの方向に顔を向ける頭部運動を表しており、3 秒目から 4 秒目の部分はその倍速で元の方向に戻す頭部運動を表している。

また本研究では、アイコンタクトが発生していると感じる頭部の角度を調査するため、実験を行う前に 3 人の協力者に、眼球を固定したアバタが頭部を回転させる映像を視聴させ、ちょうどアイコンタクトが発生したと感じる頭部の角度の範囲を記録した。実際に顔の向きの変調を行う際は、操作後の頭部の角度を事前に計算

し、上述の範囲とズレがあればその差分を補うようにした。

VR 環境のアバタ上の眼球運動の再現では、頭部運動と同じアルゴリズムを採用した。ただし眼球運動に関しては、会話映像や事前に用意した視線対象を向いた映像の認識結果は使用せず、被験者の位置とアバタの位置から算出された角度のみによって制御した。これらの実装により、ユーザは、事前に収録する会話映像の状態に関わらず VR 環境上のアバタに対してアイコンタクトを行える。また、人間が視線を対象に向けるとき、眼球は頭部より早く動き始めるため、眼球の方が 0.2 秒早く運動を開始するよう設定した。さらに人間が頭部を動かしたとき、前庭動眼反射と呼ばれる眼球運動が発生する。これは、頭の動きと反対方向に眼球を回転させることで網膜に映る像のブレを防ぎ、頭部運動中に視界がぼやけ難くする働きである。Masuko らはこの前庭動眼反射を簡易に再現すべく、図 3.3 の座標系に対し、式 3.2.1 にあるような実装をアバタに組み込んだ [29]。これにより、アバタの眼球は頭部の回転と逆方向に回転するようになっており、本研究でもこの実装を用いた。これにより、頭部回転中に、眼球に対して  $Ey = -Hy$ ,  $Ex = -Hx$  の演算がそれぞれ実行される。ここで  $Hx$  は頭部の左右の回転を表しており、 $Ex$  は眼球の左右の回転を表している。つまり、アバタが被験者の方向に頭部を回転している間、眼球は動かず固定されることになる。

$$\begin{bmatrix} Ey \\ Ex \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Hy \\ Hx \end{bmatrix} \quad (3.2.1)$$

また、操作された視線によってユーザが不気味に感じないために、視線を合わせるタイミングについても考慮する必要がある。Kendon と Duncan の会話に関する研究によると、発話の開始時・発話の終了時・発話を長く続けたいと思う時に凝視の頻度が高くなることが示されている [30, 31]。また Argyle によると、下記の三つのことが示されている [32]。

- 聴取時は凝視の頻度が高くなる
- 聴取時は凝視の時間が長くなる
- 発話を行う場合、発話開始時、および終了時に凝視の頻度が高くなる

本研究ではユーザが発言しないことを想定しているため、主に発話の開始時、終了

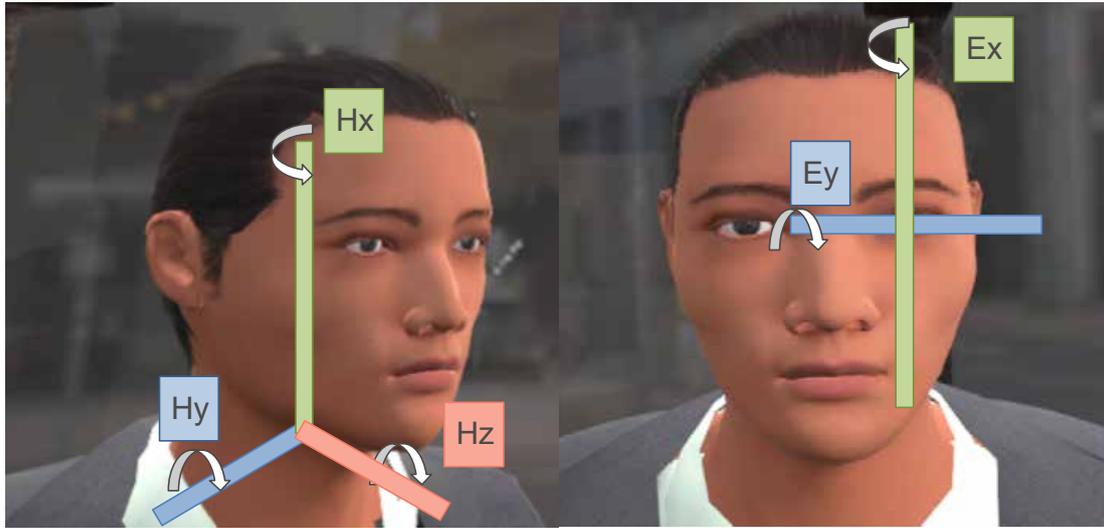


図 3.3: 前庭動眼反射の実装.

時に視線のタイミングを手動で設定した.

ここで実際の視線操作の様子を図 3.4 に示す. このように, これまで紹介した手法により, 実際にはユーザのことを気にかけていない状態でも視線操作を行うことで自然にユーザとアイコンタクトを行える.



図 3.4: 視線操作の例.

## 第 4 章 実験

### 4.1 実験設定

本研究ではほぼ同一の設定で 2 つの実験を行った。1 回目の「知人間実験」では、録音された音声の発話者の知人に会話を視聴させた。2 回目の「他人間実験」では、音声の発話者と知り合いでない人に会話を視聴させた。

実験では、実験前の性格検査を目的としたアンケート、アバタとの練習の会話、本番の会話 2 回と各会話後のアンケートが行われた。会話の内容は Schulster らの研究 [33] をもとに制作し、今回は「友人の話」と「好きな音楽の話」の会話を行った。1 回の会話の長さは 3 分程度であった。また、被験者が会話内容に興味を持たないようにするため、基本的には会話中に固有名詞は出さない、出す必要がある場合は架空の人物や曲名を出す、といった設定で会話を行った。

### 4.2 実験環境

実験に使用した HMD は HTC 社の VIVE Pro Eye であった。実験に使用した HMD およびデスクトップパソコンのスペックを表 4.1, 表 4.2 に示す。システムに導入した FACSavatar は v0.3.4-Alpha であり、OpenFace のバージョンは 2.1.0, Unity のバージョンは 2020.1.4f であった。また、実際に実験を行った環境を図 4.1 に示す。

表 4.1: 実験に使用したデスクトップパソコンのスペック。

OS	Windows 10 Pro 64bit
CPU	Intel®Core™ i5-8400 2.80GHz
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1070Ti
メモリ	16GB

### 4.3 実験手順

VR 環境上では HMD を被った被験者とアバタ 2 人の計 3 人が円形テーブルに対して 120 度ずつ離れて着座する (図 4.2). また, 本タスクに入る前に VR 環境上での会話に慣れるために, アバタと軽い挨拶などの会話を 1 分程度行う. ここでの会話は被験者が応答してもしなくても破綻しないような内容である. その後, 3 分程度の会話が 2 度行われ, 一方の会話では顔と視線の向きの操作を行う. 視線操作の回数はそれぞれ 5 回もしくは 6 回である. また, 順序効果の打ち消しのため, 会話の種類順番および視線操作の有無の順番を被験者ごとに変更して提示する. 被験者には実験の実際の目的は伝えず, 「VR 環境での会話を評価してもらう」, 「久しぶりに会った友達 2 人とカフェでおしゃべりをしている場面」という説明だけを行い, 事前タスク以外では声を出さないよう指示する.

### 4.4 評価指標

被験者の性格を調査するために, 実験を行う前に事前アンケートを行う. SCL-K-9 [34, 35] や IIP [36] といった人間の精神状態を推定するものに加え, 望月らの研究 [37] によるアバタに対する評価のアンケートも参考にし独自アンケートを作成し被験者に回答させる. 表 4.3 に示す通り, 項目は全部で 12 項目あり, 「3D ゲームをプレイした経験や 3D の映像作品を視聴した経験はどれくらいありますか」, 「普段の会話では自分からよく話す」, 「他人を信用できる」, 「誰かといるときでも孤

表 4.2: 実験に使用した HMD (VIVE Pro Eye) のスペック.

ディスプレイ	有機 EL (90Hz)
解像度	2880 × 1600 (片目あたり 1440 × 1600)
水平画角	100°
対角画角	110°
センサ	SteamVR トラッキングセンサ, 加速度センサ ジャイロスコープ, 近接センサ, IPD センサ, アイトラッキング

## ベースステーション



図 4.1: 実験環境.

独に感じる」などの項目を設けた。Q1 (VR の体験頻度はどれくらいですか), Q2 (3D ゲームや 3D 映像作品の体験頻度を教えてください) を除くすべての項目は 7 段階のリッカート尺度であり, Q4 (何かを新しく始めることは難しく感じる), Q9 (他人を信頼することをいとわない), Q10 (他人に「いいえ」と言える), Q11 (自分の主張をできる), Q12 (知らない人の集団に積極的に入っていける) では数値が低いほど, 残りの項目では数値が高いほどその項目の評価が高くなるようになっている。

さらに, ビッグ・ファイブ理論に基づいた性格検査である日本版 NEO-FFI (NEO FIVE Factor Inventory) [38] を使用した。ビッグ・ファイブ理論は, 国際的に最も有名な総合性格測定の 1 つである。日本版 NEO-FFI は, ビッグ・ファイブ理論



図 4.2: VR 環境でのアバタの配置.

に基づいた「神経症傾向・外向性・開放性・調和性・誠実性」の 5 因子性格検査法である日本版 NEO-PI-R (Revised NEO Personality Inventory) [39] の短縮版で、性格を大づかみに捉えられる 60 の質問で構成された検査である。

また、対話相手に抱いた印象や会話への満足度、疎外感を評価するため、各会話の終了ごとに 2 つのアンケートを実施する。評価項目は表 4.4 のように 14 項目であり、「こちらに注意を向けていると感じた」「こちらに興味を持ってきていると感じた」のようなアバタの動作の印象に関する項目、Hecht ら [40]、土屋ら [1] の研究を参考に制作した「自分も会話に参加していると感じた」「会話を楽しめた」などの会話に関する項目、また、「アバタの振る舞いは自然だった」「アバタの見掛けは自然だった」というアバタが自然であったかを確認する項目を設定した。すべての項目は 7 段階のリッカート尺度であり、数値が高いほどその項目の評価が高くなるように設定した。

さらに、アンケートの結果だけでなく、被験者の実験中の視線を記録した。視線の記録には VIVE Pro Eye のアイトラッキング機能を使用するための、SRanipal のライブラリを使用した。

さらに、川人らの研究 [41] により信頼性が実証された日本語版 PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) を実施した。PANAS とは、「イライラした」「興奮した」などの 20 個の形容詞が提示され、現在の自分に当てはまっているかを 6 段階で評価することで、回答時のポジティブ感情およびネガティブ感情の推測ができる。これを実験前と本番タスクの各会話の後に被験者に回答させることで、感情の変化を調査する。

## 4.5 結果

実験は2度行われ、1回目の実験では録音された会話の話者との知り合いが被験者となり、2回目の実験では知り合いではない被験者が対象となった。解析の際に、被験者は、録音された会話の話者と知り合いかどうかで2群に分けられ、話者と知り合いの群は12人(男性10人、女性2人)、知り合いでない群は35人(男性24人、女性11人)となった。また、実験前アンケートの「普段の会話では自分からよく話す」の項目の回答が4以上の被験者を「自発的会話が多い人」、3以下の被験者を「自発的会話が少ない人」とした。その上で、実験後に行ったアンケートの各項目に対して、視線操作を要因としてウィルコクソンの符号付順位検定を行った。

表 4.3: 実験前のアンケート項目.

番号	質問項目
Q1	VRの体験頻度はどれくらいですか
Q2	3Dゲームや3D映像作品の体験頻度を教えてください
Q3	普段の会話では自分からよく話す
Q4	何かを新しく始めることは難しく感じる
Q5	過度に心配してしまうことがある
Q6	傷つきやすいと思う
Q7	誰かに見られている、噂されていると感じる
Q8	孤独に感じることが多い
Q9	他人を信頼することをいとわない
Q10	他人に「いいえ」と言える
Q11	自分の主張をできる
Q12	知らない人の集団に積極的に入っていける

#### 4.5.1 知人間実験

知人間実験では大学のキャンパス内から 22 歳から 41 歳までの 10 人の男性, 2 人の女性が参加した. 被験者はアバタが発する音声の発話者と知り合いであり無報酬で実験に参加した. 「自発的会話が少ない人」は 6 人であり「自発的会話が多い人」も 6 人であった.

実験後アンケートのうち, アバタの動作の印象を図 4.3, 会話への評価を図 4.4, アバタの振る舞いの評価を図 4.5 に示す. 結果としては, Q1 (こちらに注意を向けていると感じた), Q2 (こちらを気にかけてくれていると感じた) および Q3 (こちらに興味を持ってくれていると感じた) が  $p < 0.01$  で, Q5 (自分も会話に参加していると感じた) が  $p < 0.05$  となった. これらの結果から, 視線操作により「こちらを気にかけてくれている」「会話に参加できている」と感じていることが統計的有意

表 4.4: 実験後のアンケート項目.

番号	質問項目
Q1	こちらに注意を向けていると感じた
Q2	こちらを気にかけてくれていると感じた
Q3	こちらに興味を持ってくれていると感じた
Q4	こちらを煩わしく思っていると感じた
Q5	自分も会話に参加していると感じた
Q6	会話を楽しめた
Q7	会話が苦痛ではなかった
Q8	自分も発言したくなった
Q9	会話に集中していた
Q10	リラックスできた
Q11	気まずさを感じなかった
Q12	会話を抜け出したいと思わなかった
Q13	アバタの振る舞いは自然だった
Q14	アバタの見掛けは自然だった

差をもって確認された。

また、視線要因によって Q5 (自分も会話に参加していると感じた) の値が向上した被験者と、そうでなかった被験者を群分けし、実験前アンケートの「普段の会話では自分からよく話す」という項目の値に Brunner-Munzel 検定 [42] を行ったところ、 $p < 0.05$  で有意差が確認された (図 4.6)。さらに「自発的会話が少ない人」の Q5 (自分も会話に参加していると感じた) の回答結果にウィルコクソンの符号付き順位検定を行ったところ、 $p < 0.10$  で有意傾向が確認された (図 4.7)。一方で、「自発的会話が多い人」のうち、視線操作によって Q5 (自分も会話に参加していると感じた) の評価が向上した人は 1 人だけであった。これは、日常生活で「自発的会話が多い人」は、自分が発言しないと会話に参加していると感じられないことが原因であると考えられる。一方で、普段は相手の会話を聞くことの方が多い「自発的会話が少ない人」は、普段の会話と同じような状況が再現されたため、会話に参加していると感じられたのだと考えられる。このことから、話者と知り合いであることが認知できる状況では、視線操作の有無によって普段の会話と同じ状況が再現される「自発的会話が少ない人」と、視線操作の有無だけでは普段の会話と同じ状況が再現されない「自発的会話が多い人」によって感じ方が異なることが明らかになった。

また、実験前に行った独自アンケートにより被験者の内向性度合をスコアリングした。知人間実験でのスコアの中央値は 36.5 であり、この数値を基準に被験者を 2 群に分類し、スコアが 37 以上の被験者の群を内向グループ、36 以下のグループを外向グループとした。その後、実験後アンケートの各項目でウィルコクソンの符号付き順位検定を行ったところ、内向グループで有意差が見られたのは Q2 (こちらを気にかけてくれていると感じた) のみであり、Q5 (自分も会話に参加していると感じた) では有意傾向が見られた。一方で、外向グループではどの項目でも有意差は見られなかった。さらに、外向グループと内向グループ、視線操作有条件により実験後アンケートの項目が向上した被験者とそうでない被験者の人数のクロス集計表を作成し、Fisher の検定を行ったが、どの条件でも有意差は見られなかった。

視線操作有条件により Q5 (自分も会話に参加していると感じた) の結果が向上した被験者と向上しなかった被験者を群分けし、NEO-FFI の各項目のスコアと Brunner-Munzel 検定を行ったところ、特にどの条件でも有意差は確認できなかった。

た 4.8.

日本語版 PANAS によってポジティブ感情とネガティブ感情の推移を調査した結果を図 4.9 に示す。ポジティブ感情では視線操作による変化は見られなかったが、実験開始前と比較すると視線操作有、視線操作無のいずれの条件でもポジティブ感情は有意に減少した。ネガティブ感情は各条件で特に有意差は見られなかったが、実験を開始する前の方がやや低いという結果となった。

また、実験中のアバタに対する視線量を比較したところ、中央値や平均値は向上したものの特に有意差は見られなかった (図 4.10)。

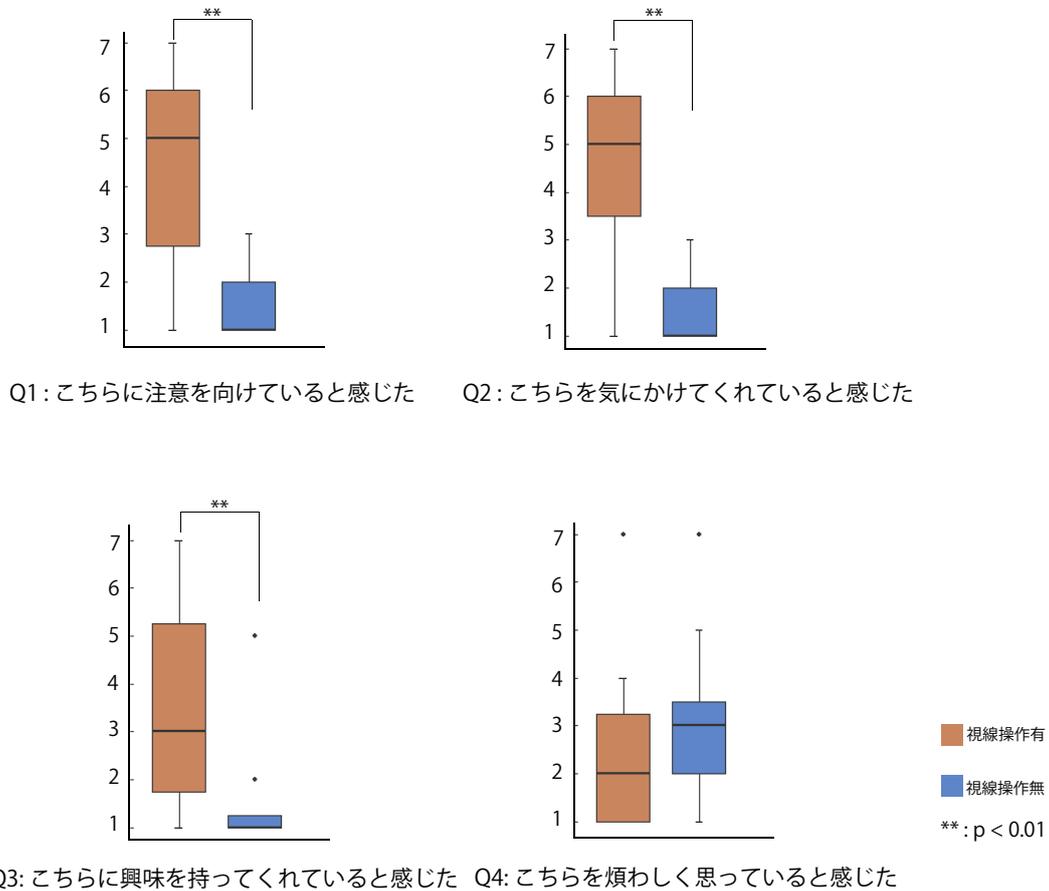


図 4.3: 知人間実験の Q1-4 の結果.

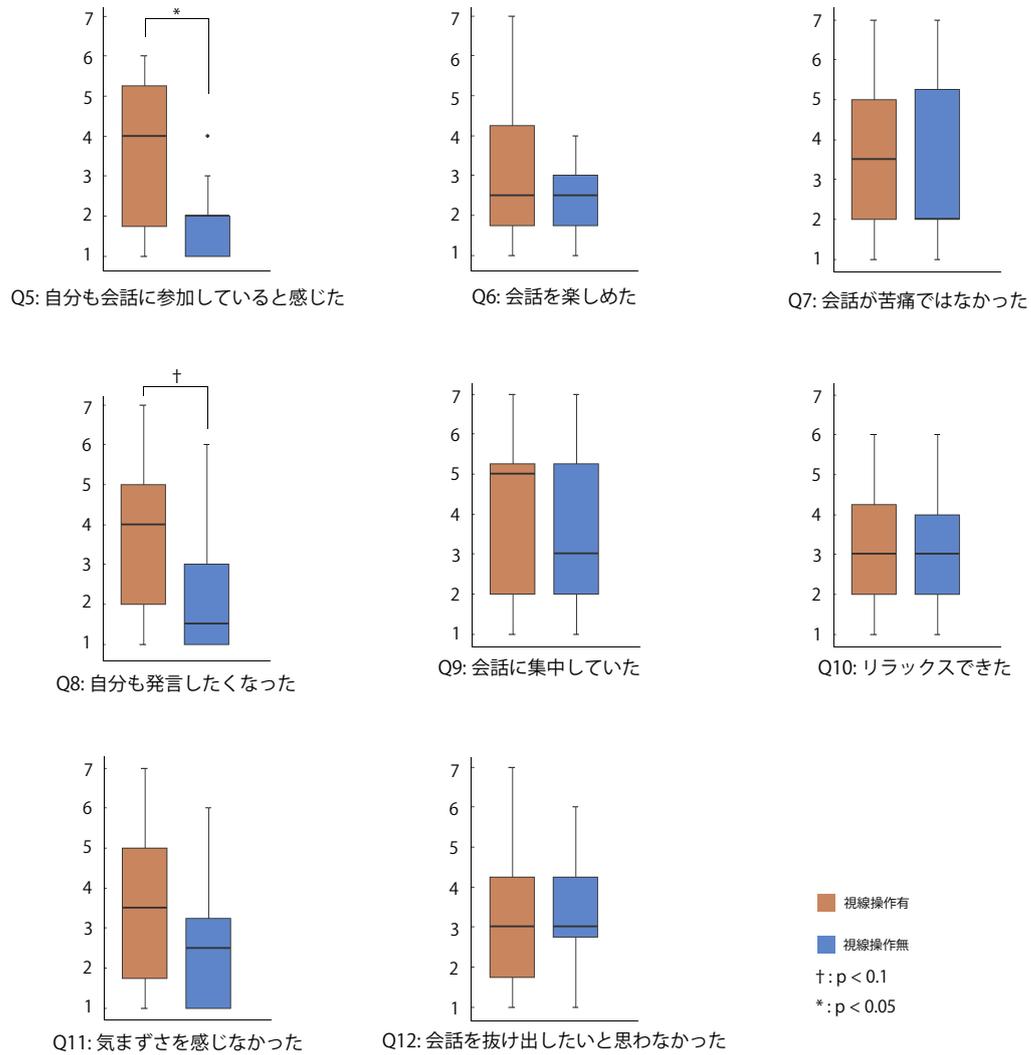


図 4.4: 知人間実験の Q5-12 の結果.

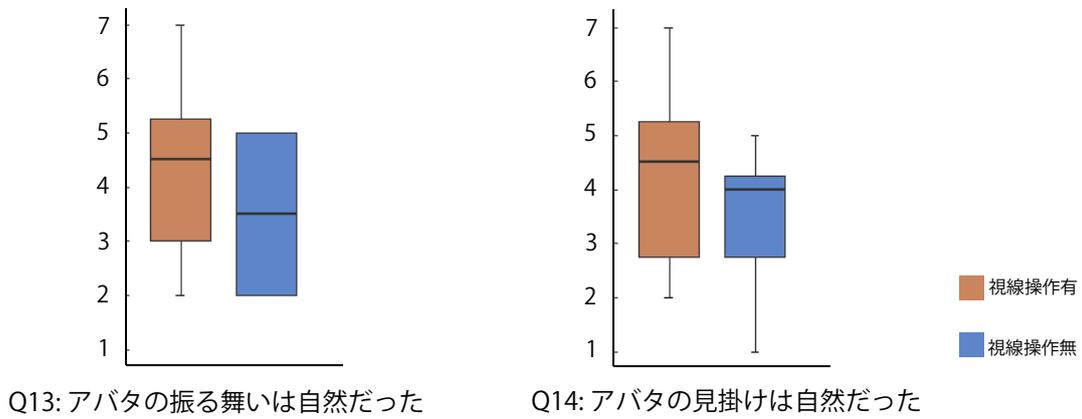


図 4.5: 知人間実験の Q13,14 の結果.

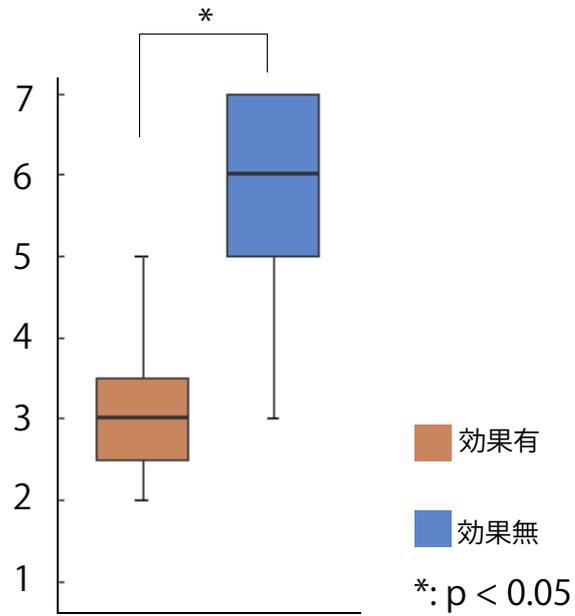
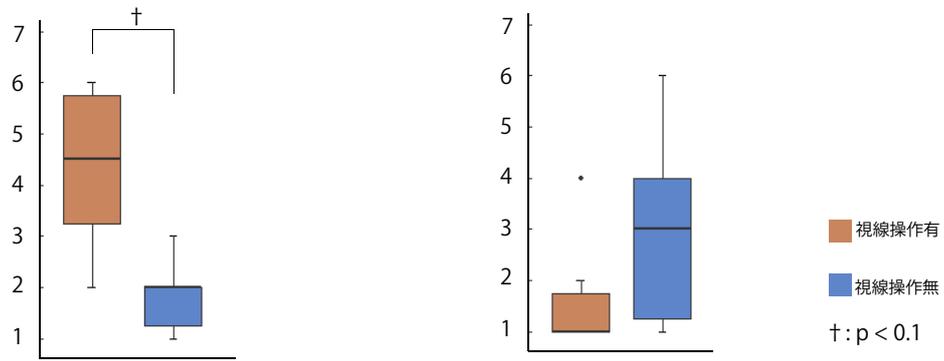


図 4.6: Q5 の増減と自発的会話の多さの検定結果.



自発的会話の少ない人の Q5 結果

自発的会話の多い人の Q5 結果

図 4.7: 知人間実験での自発的会話別の Q5 の結果.

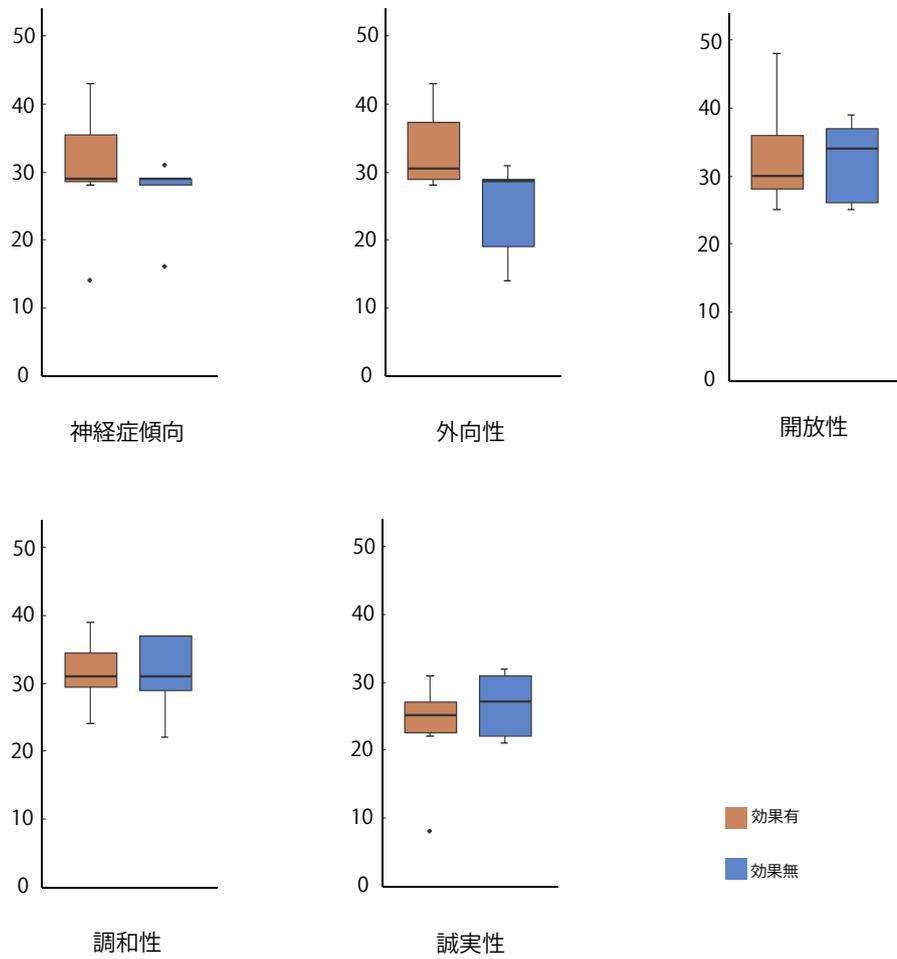


図 4.8: Q5 の結果 (横軸) と NEO-FFI の結果.

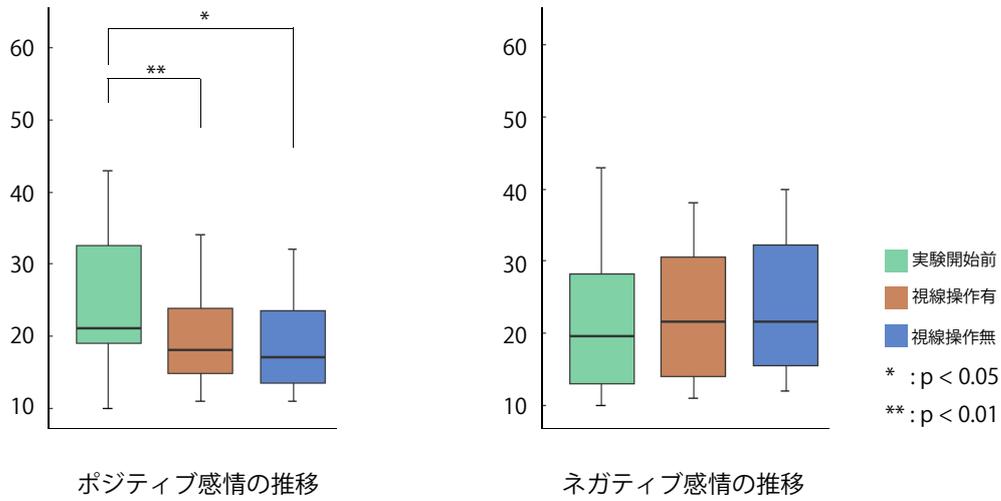


図 4.9: 知人間実験の PANAS の結果.

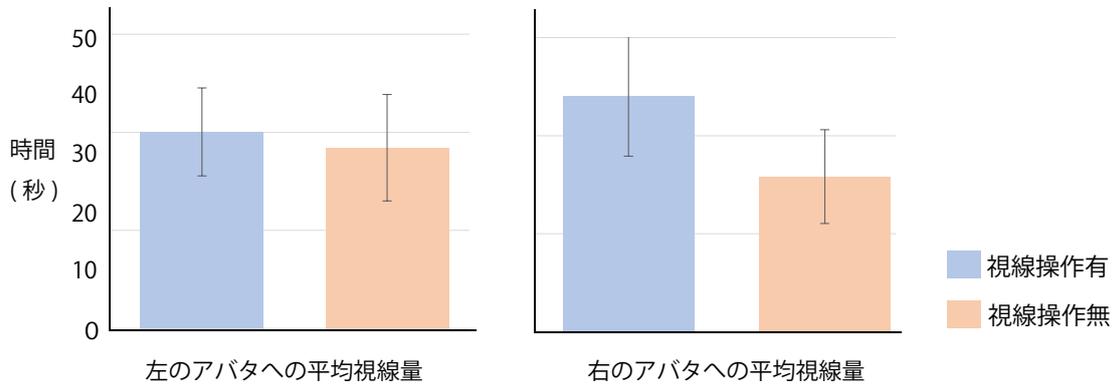


図 4.10: 知人間実験のアバタへの視線量.

#### 4.5.2 他人間実験

実験 2 には大学のキャンパス内から、メールを通じて実験に協力する意思を表明した 22 歳から 33 歳までの 24 人の男性、11 人の女性が参加した。被験者はアバタ

が発する音声の話者とは知り合いでなく、1,000 円の報酬が事後に与えられた。被験者 35 人の内、「自発的会話が多い人」が 25 人、「自発的会話が少ない人」が 10 人であった。

前節と同様に、実験後アンケートの結果のうち、アバタへの印象を図 4.11、会話への評価を図 4.12、アバタの振る舞いの評価を図 4.13 に示す。Q1 (こちらに注意を向けていると感じた)、Q2 (こちらを気にかけてくれていると感じた) および Q3 (こちらに興味を持ってくれていると感じた) では  $p < 0.001$  で、Q5 (自分も会話に参加していると感じた) では  $p < 0.05$  で有意差が見られた。これらの結果から、対話相手が知人でないことが認識できる状況での会話であっても、提案手法を用いることで会話に参加している感覚を向上させられることがわかった。しかし、その他の項目では知人間実験と同様に有意差は見られなかった。また、「自発的会話が少ない人」だけの実験後アンケートの結果をウィルコクソンの符号付き順位検定を行ったが、結果は図 4.14 に示す通り、知人間実験とは異なり、「自発的会話が多い人」の方が会話に参加している感覚が向上している。

また、実験前に行った独自アンケートにより被験者の内向性度合をスコアリングした。知人間実験でのスコアの中央値は 37 であり、この数値を基準に被験者を 2 群に分類し、スコアが 38 以上の被験者の群を内向グループ、37 以下のグループを外向グループとした。その後、実験後アンケートの各項目でウィルコクソンの符号付順位検定を行ったところ、内向グループでは Q1 (こちらに注意を向けていると感じた)、Q2 (こちらを気にかけてくれていると感じた)、Q3 (こちらに興味を持ってくれていると感じた) で有意差が確認され、Q5 (自分も会話に参加していると感じた) では有意傾向が見られた。外向グループでも同様に Q1 (こちらに注意を向けていると感じた)、Q2 (こちらを気にかけてくれていると感じた)、Q3 (こちらに興味を持ってくれていると感じた) で有意差が確認されたが、他の項目では有意差はなかった。また、知人間実験と同様に外向グループと内向グループ、視線操作有条件により実験後アンケートの項目が向上した被験者とそうでない被験者の人数のクロス集計表を作成し、Fisher の検定を行ったが、どの条件でも有意差は見られなかった。

さらに視線操作有条件により Q5 の結果が向上した被験者と向上しなかった被験者を群分けし、NEO-FFI の各項目のスコアと Brunner-Munzel 検定を行ったとこ

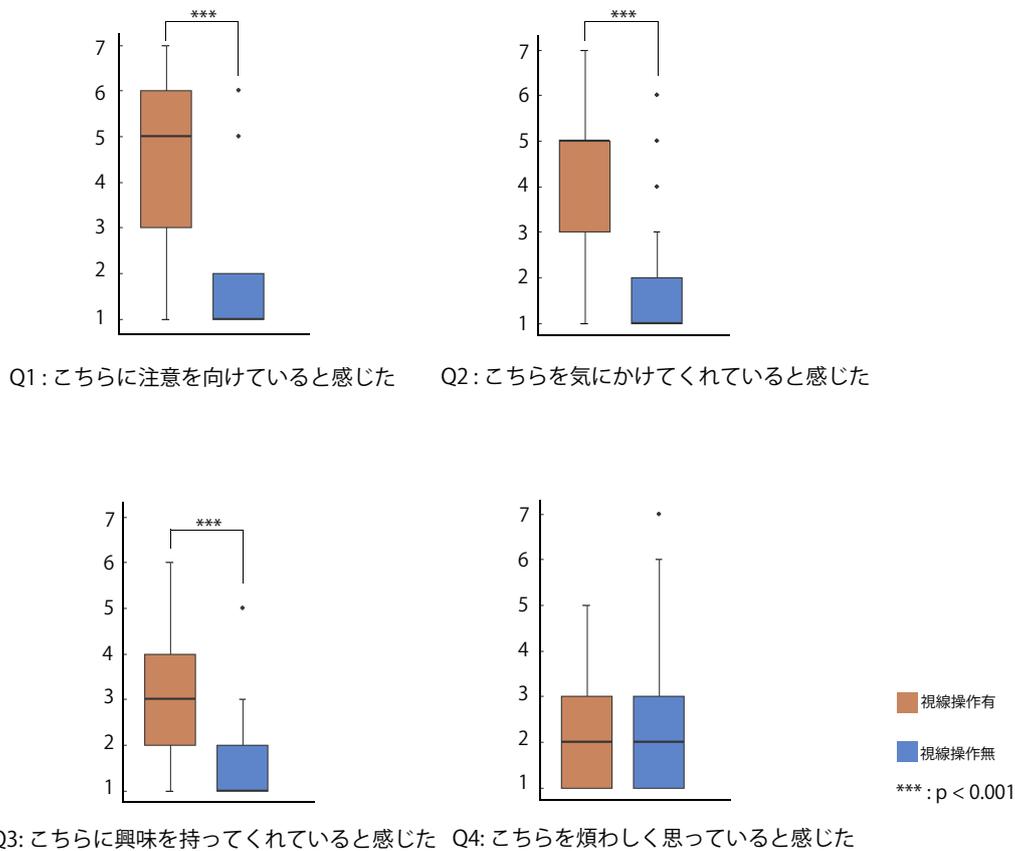


図 4.11: 他人間実験の Q1-4 の結果.

ろ、神経症傾向の項目とのみ有意傾向が見られた (図 4.15).

他人間実験の PANAS の結果を図 4.16 に示す. ポジティブ感情は知人間実験と同様に、実験開始前が有意に高い結果となった. ネガティブ感情も知人間実験と同様の結果となったが、視線操作無条件と比較すると視線操作有条件の方がやや低いことが明らかになった.

また、データに欠損のあった 5 人の被験者を除いた 30 人の被験者の実験中のアバタに対する視線量を比較したところ、知人間実験とは異なり、右側のアバタに対する平均視線量で有意傾向が見られた (図 4.17).

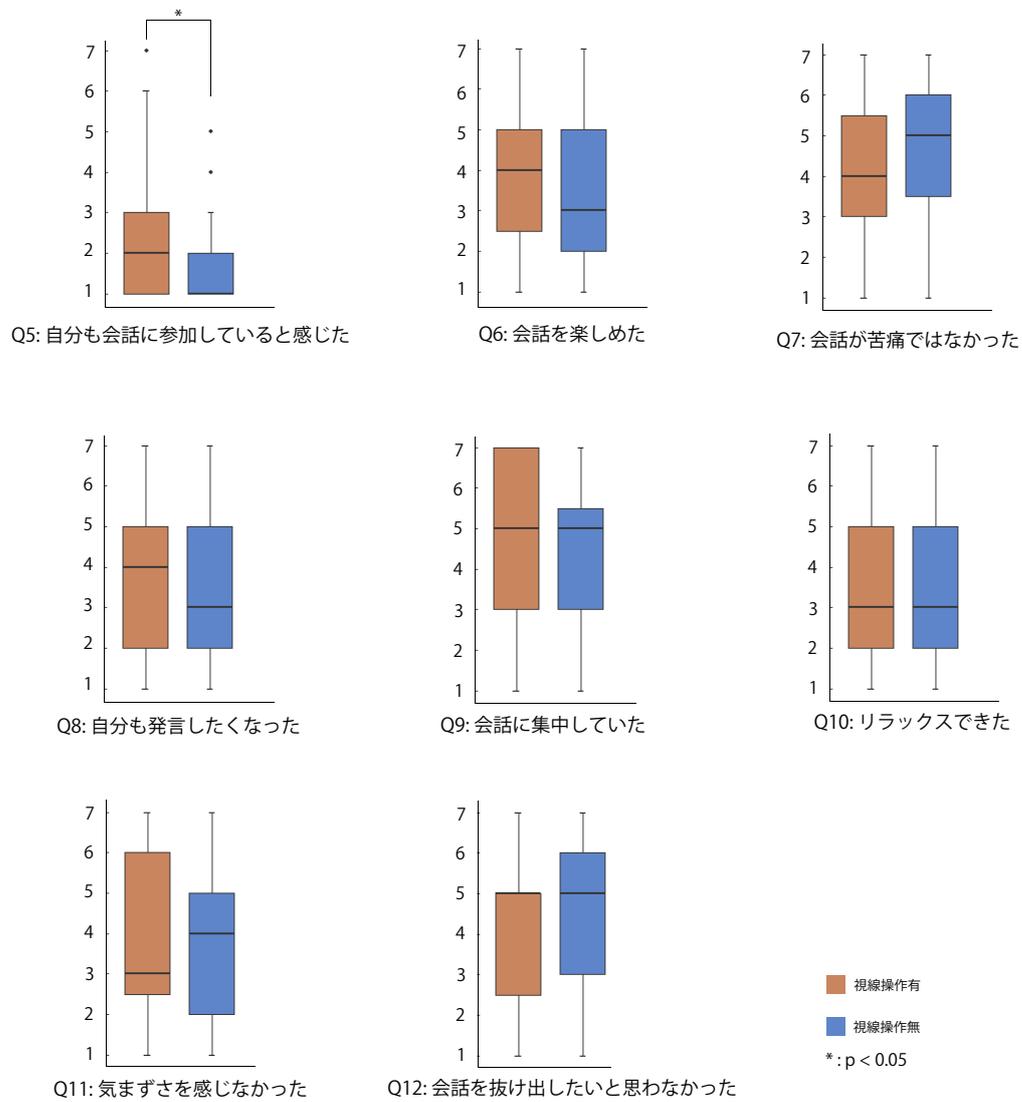


図 4.12: 他人間実験の Q5-12 の結果.

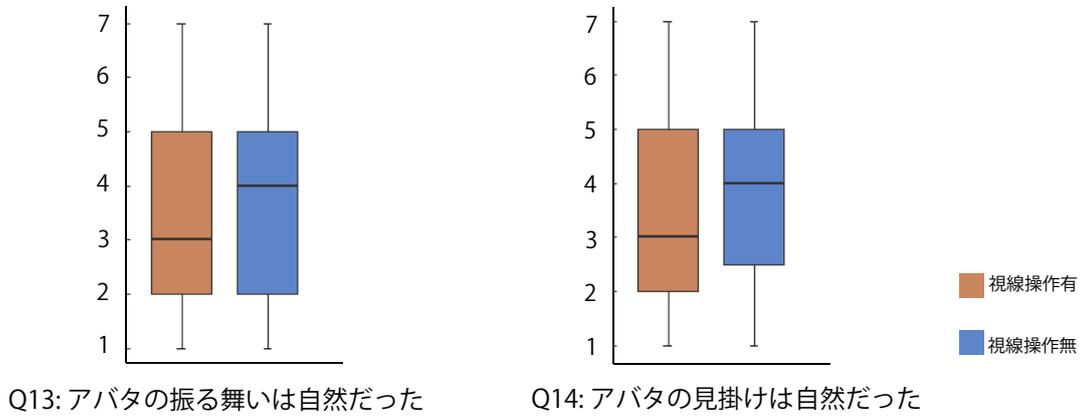


図 4.13: 他人間実験の Q13,14 の結果.

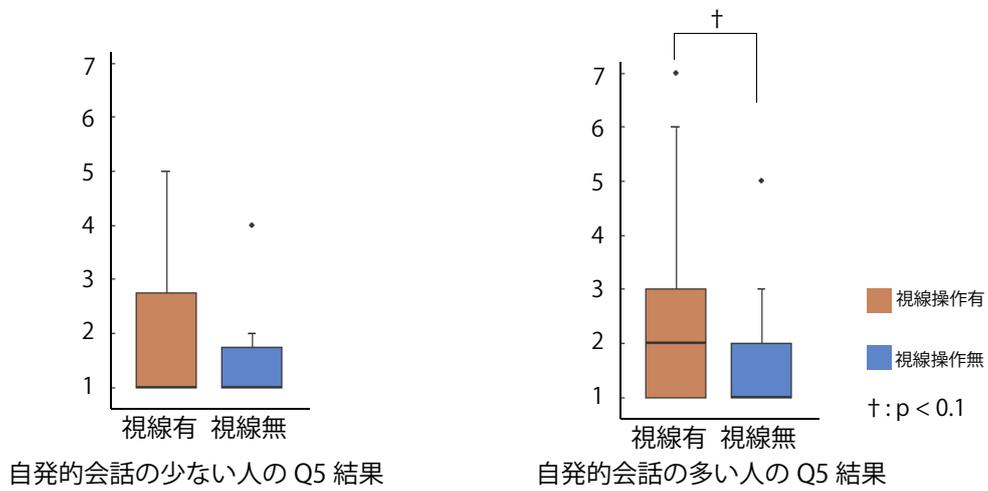


図 4.14: 他人間実験での自発的会話別の Q5 の結果.

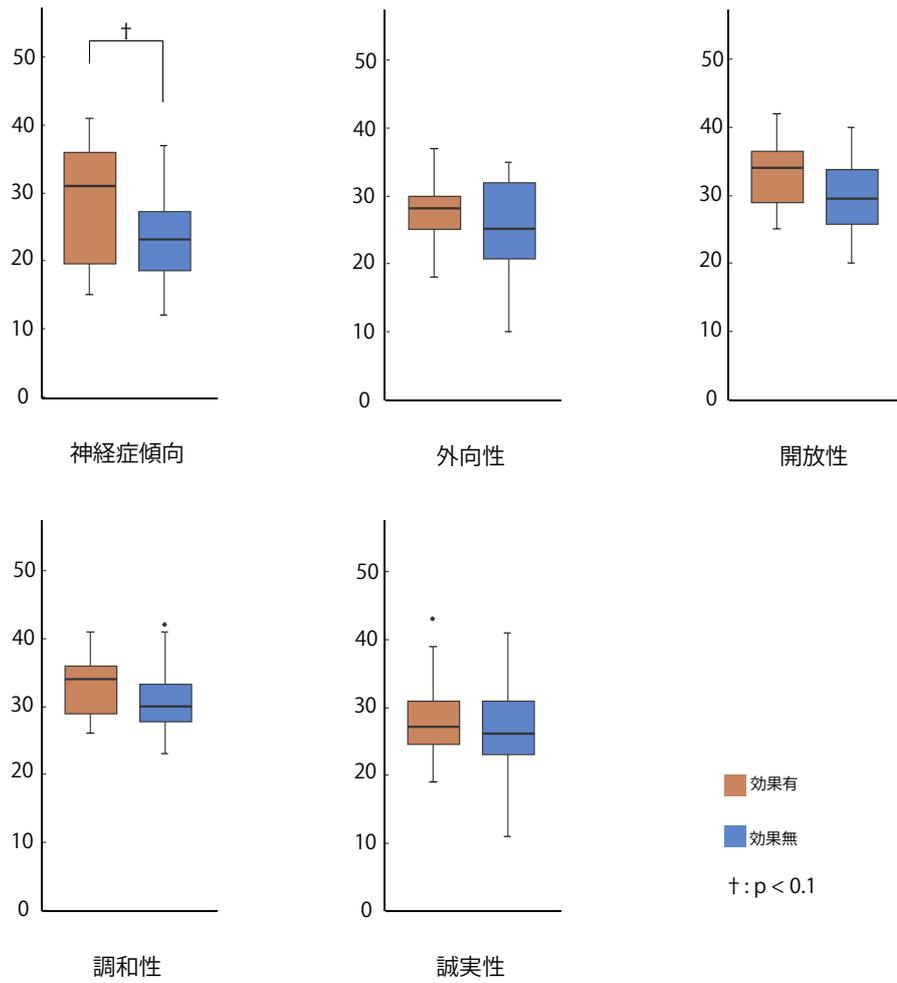


図 4.15: Q5 の結果 (横軸) と NEO-FFI の結果.

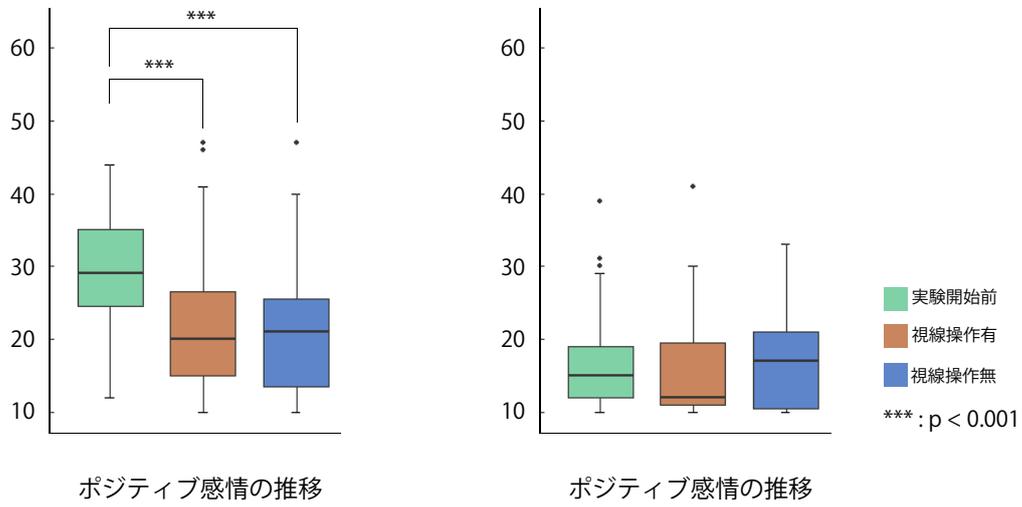


図 4.16: 他人間実験の PANAS の結果.

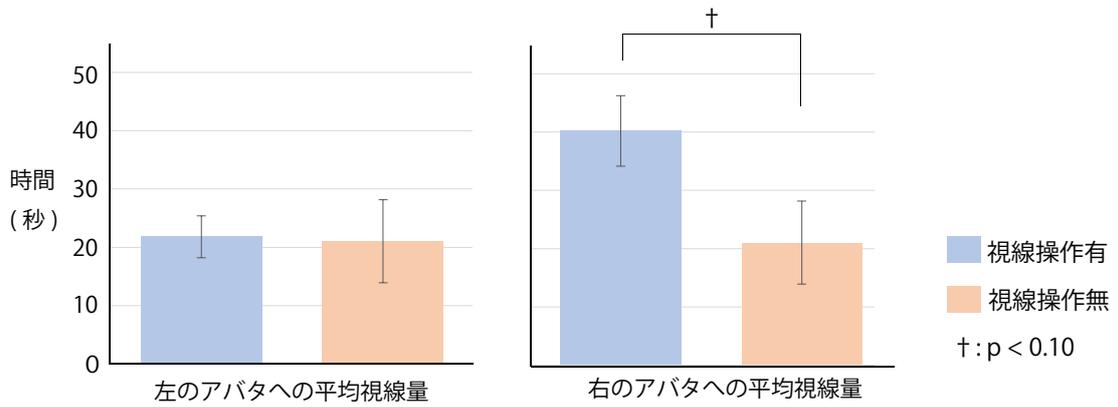


図 4.17: 他人間実験のアバタへの視線量.

## 第5章 考察

### 5.1 考察

結果として知人間実験でも他人間実験でも、視線によって「会話に参加している感覚」は有意に向上したものの、その他の条件では効果がなかったことが明らかになった。また、1度目の会話で視線操作有の条件を体験した被験者は、Q5 (自分も会話に参加していると感じた) を1と評価したものの、その後に視線操作無の条件を体験して、「視線操作有条件の方が会話に入れていると感じた」と報告してきたケースが複数見られた。

Q5以外の「会話を楽しめた」などの項目では、特に有意差は表れず個人差が大きかった。これらのことより、自身以外が知らない話題で盛り上がっている場合は、視線操作だけでは会話満足度が向上するとは言えないが、疎外感の軽減は可能なことが明らかになった。ただし、被験者の中には、アイコンタクトの有無よりも会話の内容のみに着目していた人や、実験中に会話に十分集中していなかった人も見られた。また、VRの体験に慣れていないため、VR技術そのものへの感動から1度目の会話を高く評価したという被験者も見られた。

また、知人間実験では自発的会話の少ない人ほど視線によって疎外感を感じなくなる傾向にあったが、他人間実験では逆に自発的会話の多い人ほど視線によって疎外感を感じなくなる傾向にあった。これは、自発的会話の少ない人にとって、対話相手が知人であることを認識できる場合では、アイコンタクトがあることによって普段の会話と同じような場面が再現されたためだと考えられる。一方で、対話相手が他人であることを認識できる場面では、自発的会話が多い人の方がアイコンタクトがあることによって疎外感が減少する傾向にあったが、Q5 (自分も会話に参加していると感じた) の評価は、視線操作無条件では中央値は1、視線操作有条件では2とあまり変わらない結果だった。これは他人間では、知人間のように普段の日常会話が再現されたわけではないこと、アイコンタクトによって発話のタイミングが与えられたと認識されたことによるものであると考えられる。

また、事前アンケートによって内向グループと外向グループを群分けした解析結果では、内向グループの方が疎外感が減少する傾向にあった。NEO-FFIでは、他

人間での被験者のみ、視線操作によって疎外感が減少されているほど神経症傾向の項目が高い傾向にあった。このことから、内向的な人ほど、視線操作により疎外感を感じにくくなる可能性が示唆された。

会話内容に関しては、「片方の会話では興味を持てたが、もう片方の会話内容には興味を持てなかった」という被験者が複数いたが、全体的にはどちらか一方の会話に興味を偏っていることはなかった。実際に、会話内容と実験後アンケートの各項目に対してウィルコクソンの符号付順位検定を行ったところ、どの項目でも有意差は見られなかった。

アバタの見た目や振る舞いについては、不自然に感じる人と自然に感じる人がいた。また、実際のアンケートの回答で Q13 (アバタの振る舞いは自然だった)、Q14 (アバタの見掛けは自然だった) を低く評価した被験者に聞き取り調査を行ったところ「真顔でこちらを見てきたため不自然に感じた」「実環境の会話と比較して、動作が小さく感じた」「2人だけで会話しているのにこちらを見てくるのが不自然だった」といったコメントが得られた。しかし Q13 (アバタの振る舞いは自然だった)、Q14 (アバタの見掛けは自然だった) の各条件での平均値はいずれも 4 前後であり、視線操作の有無との有意差も見られなかった。

また、2章で述べたように、Tschacher らの研究によると、感情が非言語的同期を誘発するのではなく、非言語的同期により感情が誘発されていることが明らかになっている [9]。そのため、ほとんどの条件で被験者からアバタへの視線量が有意に向上しておらず、アイコンタクトなどの同期現象が発生しなかったため、被験者のポジティブ感情も向上しなかったのではないかと考えられる。視線量が有意に向上しなかった原因としては、アバタからの視線が少なかったことが考えられる。実際に被験者からの「実際の会話であればアバタからの視線量はもっと多いように思う」というコメントも複数見られた。

以上のことより、3者間会話で2者のみが盛り上がっているという場面での視線操作による影響は「会話に参加しているとは感じられるが、それによって会話自体を楽しめたり満足できるわけではない」ということが明らかになった。また、本人の内向性度合や普段の会話での発言量の多さと、視線操作により疎外感が低減するかどうかの関連性が示唆された。

## 5.2 システムの改善

前節でも述べたように、見せかけの視線によって、会話に参加している感覚を向上できた。性格により得られる傾向に違いはあったが、笑顔や頷きといった他の非言語的表出と組み合わせることでさらなる効果が期待できる。また、本研究ではアバターからの視線量が不十分との指摘もあったが、ユーザの視線計測に応じて動的に視覚情報を変調させることも考えられる。

本研究で作成したシステムの応用先として、コミュニケーションが苦手な人への支援や、エンターテインメント分野でのユーザの自己関与感や満足感を高めるシステムが考えられる。例えば、初対面での会話が苦手な内向的な人に見せかけの視線を提示することで「その場にいても良い」と思わせるシステムや、発話タイミングをつかめない人に対して見せかけの視線により割り込み可能なタイミングを提供することで自発的会話を促進できる。エンターテインメントの分野では、ユーザがテレビの世界に入り込み、会話している芸能人から視線を向けられるシステムや、コンサート中に演者から視線を向けられるようなシステムに応用してユーザの自己関与感を向上させることで、より満足感の高いコンテンツを提供できると考えられる。

## 第6章 おわりに

本研究では、対話相手の動作や表情を変調させ視覚的な情報を操作することで、会話で発言できていない・していない人の疎外感を軽減し会話満足度を向上させる方法を検討した。具体的には、VR環境で3DCGモデルのアバタで表示された他の2人が、実際の動作としては会話中にユーザを全く見ていないにも関わらず、アバタの動作としてはユーザの方を見ているように視覚情報を変調させることで、ユーザも会話に参加できているような感覚を持たせ、会話の満足度を向上させることを試みた。被験者実験の結果、視線により会話に参加していると感じさせることはできるが、それによって必ずしも会話満足度が向上するわけではないということが明らかになった。

今後の展望として、現実環境でも同じ効果が得られるのかを検証すること、また、会話満足度を向上させるための他の要因の操作を行うことが考えられる。特に、アバタから視線を向けられた際に、無表情であったために違和感や不気味さを感じる被験者がいたことから、視線を向けると同時に微笑ませるなどの表情の操作も追加することで会話満足度を向上させることができるのではないかと考えられる。さらに、頷きやその同期現象も会話満足度やポジティブな感情に影響を与えることが明らかにされているので、頷きの操作や、被験者に対して非言語的同期を誘発するようなシステムを実装することも考えられる。

## 謝辞

本研究の遂行、及び論文の作成にあたって、多くの方々のご指導、ご協力をいただきました。

研究の遂行にあたり、日頃より熱心に御指導、御鞭撻を賜った、指導教員のサイバネティクス・リアリティ工学研究室の清川清教授には、心より感謝いたします。また、本研究の副指導教員を引き受けていただき様々な御指摘や提案を下された知能コミュニケーション研究室の中村哲教授には、深く感謝申し上げます。

研究設備等の御提供や、多角的な視点から研究に関するご助言を頂きましたサイバネティクス・リアリティ工学研究室の酒田信親准教授には、感謝の念にたえません。

研究に関する御助言だけに留まらず、学生と近い目線で接して頂き相談しやすい雰囲気作りをして下さり、些細なことでも相談に乗って下さったサイバネティクス・リアリティ工学研究室の磯山直也助教には、心より御礼申し上げます。

研究室生活を送る上で様々な事務処理など多岐にわたりご協力頂きました、サイバネティクス・リアリティ工学研究室秘書の中村美奈様に感謝申し上げます。

本研究の実験を行うにあたり、様々な相談にのっていただき数々の御助言をいただきました萩森大貴様を始めとする、研究室生活を送るにあたり大変お世話になりましたサイバネティクス・リアリティ工学研究室の学生の皆様に心より感謝申し上げます。

他大学にも関わらず研究に関する御助言や論文の添削で大変お世話になりました、大阪大学 原田研究室の西村亮佑様に心より御礼申し上げます。

また、実験に御協力いただいた被験者の方々に心より御礼申し上げます。

研究を行うにあたり、機材を御貸し頂いたり様々なサポートを頂いた株式会社 NTT ドコモ 様に深く感謝を申し上げます。

また、研究留学を快く引き受けてくださり、ニュージーランドの University of Canterbury 滞在中に、研究に関して貴重なご意見を頂いた Hit Lab NZ の Professor. Rob Lindeman 教授、遂行中のプロジェクトについて相談に乗っていただいたり生活を送る上でお力添え頂いた Hit Lab NZ の学生とスタッフの皆様に深謝いたします。

そして、素晴らしい研究環境を御提供頂いた奈良先端科学技術大学院大学の皆様に感謝申し上げます。

最後に私の長い学生生活を温かく見守り、支えてくださった両親に感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] 土屋裕希乃. 会話場面における視線行動と満足度および印象評価の検討. 国際経営・文化研究, Vol. Vol. 21, No. 1, pp. pp.153–162, 2016.
- [2] 桜木亜季子, 木村昌紀, 磯友輝子, 大坊郁夫. 3者間会話場面に視覚メディアが果たす役割: 笑顔とうなずきの表出, 及びそれらの行動マッチングに注目して. 対人社会心理学研究, Vol. Vol. 5, pp. pp.39–47, 2005.
- [3] 木村昌紀, 磯友輝子, 大坊郁夫. 関係継続の予期が対人コミュニケーションに及ぼす影響. 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, Vol. Vol. 104, No. 198, pp. pp. 1–6, 2004.
- [4] 石井琴子, 新井邦二郎. 聴き方スキル・話し方スキル尺度の作成ならびに適応との関係について. 東京成徳大学臨床心理学研究, 17号, pp. pp. 68–77.
- [5] 村山綾, 清水裕士, 大坊郁夫. 集団コミュニケーションにおける相互依存性の分析 (2): 3人会話集団における会話満足度に影響を及ぼす要因. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. Vol. 106, No. 146, pp. pp.7–12, 2006.
- [6] 村山綾, 三浦麻子. 集団討議における葛藤と主観的パフォーマンス—マルチレベル分析による検討—. 実験社会心理学研究, Vol. Vol. 53, No. 2, pp. pp.81–92, 2014.
- [7] J. Hietanen. Affective eye contact: An integrative review. *Frontiers in psychology*, Vol. Vol. 9, , 2018.
- [8] A. Gupta., F. Strivens, B. Tag, K. Kunze, and J. Ward. Blink as you sync: Uncovering eye and nod synchrony in conversation using wearable sensing. *Proceedings of the 23rd International Symposium on Wearable Computers (ISWC '19)*, pp. pp. 66–71, 2019.
- [9] W. Tschacher, G. Rees, F. Ramseyer. Nonverbal synchrony and affect in dyadic interactions. *Frontiers in psychology*, Vol. Vol. 5,, , 2014.
- [10] 藤原健, 大坊郁夫. 感情が会話満足度や対人印象に与える影響—話者間の感情構成への着目—. 心理学研究, Vol. Vol. 84, No. 5, pp. pp. 522–528, 2013.
- [11] S.D. Chiller-Glaus, A. Schwaninger, F. Hofer, M. Kleiner, and B. Knappmeyer. Recognition of emotion in moving and static composite faces. *Swiss*

- J. Psychol.*, Vol. 70(4), pp. pp. 233–240.
- [12] J. Kätsyri, V. Klucharev, M. Frydrych, and M. Sams. Identification of synthetic and natural emotional facial expressions. *Paper presented at the International Conference on Audio-Visual Speech Processing, St. Jorioz, France, 2003.*
- [13] J. Spencer-Smith, H. Wild, A.H. Innes-Ker, J. Townsend, C. Duffy, and C. Edwards. Making faces: creating three-dimensional parameterized models of facial expression. *Behav. Res. Methods Instrum. Comput*, Vol. 33 (2), pp. pp. 115–123.
- [14] T. Wehrle, S. Kaiser, S. Schmidt, and K.R. Scherer. Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements. *J. Pers. Soc. Psychol*, Vol. 78 (1), pp. pp. 105–119.
- [15] A. Mojzisch, L. Schilbach, J. Helmert, S. Pannasch, B. Velichkovsky, and Vogeley. The effects of self-involvement on attention, arousal, and facial expression during social interaction with virtual others: a psychophysiological study. *Soc. Neurosci*, Vol. 1, pp. pp. 184–195.
- [16] A. Mühlberger, A. Kund, P. Pauli, and P. Weyers. Modulation of facial reactions to avatar emotional faces by nonconscious competition priming. *J. Psychophysiol*, Vol. 20 (2), pp. pp. 143–143.
- [17] T. Osugi and J. Kawahara. Effects of head nodding and shaking motions on perceptions of likeability and approachability. *Perception*, Vol. Vol. 47, Issue 1, pp. pp. 16–29, 2018.
- [18] T. Randhavane, A. Bera, K. Kapsaskis, K. Gray, D. Menocha. Fva: Modeling perceived friendliness of virtual agents using movement characteristics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. Vol. 25, No. 11, pp. pp. 3135–3145, 2019.
- [19] Hiroyuki Adachi, Seiko Myojin, and Nobutaka Shimada. Scoringtalk: a tablet system scoring and visualizing conversation for balancing of participation. SA ‘15 SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications, Vol. No. 9, , 2015.

- [20] 辻田眸, 曆本純一. Brightface: プロジェクションによる表情拡張システム. 日本ソフトウェア科学会インタラクティブシステムとソフトウェアに関する研究会 (WISS2013), 2013.
- [21] 東健太, 磯山直也, 酒田信親, 清川清. 顔表情の認識と拡張による会話満足度の向上手法の検討. *Ubiquitous Wearable Workshop 2019 (UWW 2019)*, 2019.
- [22] 鈴木啓太, 横山正典, 吉田成朗, 望月崇由, 布引純史, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝. 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. *情報処理学会論文誌*, Vol. Vol. 59, No. 1, pp. pp.52–60, 2017.
- [23] VRChat, (Last access: Jan. 18, 2021). <https://hello.vrchat.com/>.
- [24] Mozilla Hubs, (Last access: Jan. 18, 2021). <https://hubs.mozilla.com/>.
- [25] S. Struijk, H. Huang, M. Mirzaei, and T. Nishida. Facsvatar: An open source modular framework for real-time facs based facial animation. *Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA '18)*, pp. pp.159–164, 2018.
- [26] T. Baltrusaitis, P. Robinson, and L.-P. Morency. Openface: an open source facial behavior analysis toolkit. *2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 2016.
- [27] R. Hage, F. Buisseret, L. Pitance, J. Brismée, C. Detrembleur, and F. Dierick. Head-neck rotational movements using didren laser test indicate children and seniors’ lower performance. *PLOS ONE*, Vol. Vol. 14, No. 7, , 2019.
- [28] P. Michaelson. *Sensorimotor Characteristics in Chronic Neck Pain Possible Pathophysiological Mechanisms and Implications for Rehabilitation*. PhD thesis, 2004.
- [29] S. Masuko and J. Hoshino. Head-eye animation corresponding to a conversation for cg characters. *Computer Graphics Forum*, Vol. Vol. 26, No. 3, pp. pp. 303–312, 2007.
- [30] A. Kendon. Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta psychologica*, Vol. Vol. 26, pp. pp. 22–63, 1967.
- [31] S. Duncan. Some signals and rules for taking speaking turns in conversa-

- tions. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. Vol. 23, No. 2, pp. pp. 283–292, 1972.
- [32] M. Argyle and J. Dean. Eye-contact, distance and affiliation. *Sociometry*, Vol. Vol. 28, No. 3, pp. pp. 289–304, 1965.
- [33] J. Schulster. Things we talk about, how frequently, and to whom: Frequency of topics in everyday conversation as a function of gender, age, and marital status. *The American journal of psychology*, Vol. Vol. 119, No. 3, pp. pp. 407–432, 2006.
- [34] K. Petrowski, B. Schmalbach, S. Kliem, A. Hinz, and E. Brähler. Symptom-checklist-k-9: Norm values and factorial structure in a representative german sample. *PLOS ONE*, Vol. Vol. 14, No. 4, , 2019.
- [35] A. Hessel, J. Schumacher, M. Geyer, and E. Brähler. Symptom checkliste scl-90-r: Testtheoretische überprüfung und normierung an eienr bevölkerungssensitiven stichprobe [symptom-checklist scl-90-r: Validation and standardization based on a representative sample of the german population]. *Diagnostica*, Vol. Vol. 47, , 2001.
- [36] L. Horowitz, S. Rosenberg, B. Baer, G. Ureño, and V. Villaseñor. Inventory of interpersonal problems: Psychometric properties and clinical applications. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, Vol. Vol. 56, No. 6, pp. pp. 885–892.
- [37] 望月崇由, 井上雅之, 佐藤仁美, 大塚晃一郎, 久保宏一郎, 藤野雄一, 波多江健, 福重淳一郎. 常時接続型コミュニケーションシステムにおけるアバタデザインの評価. 映像情報メディア学会技術報告, Vol. Vol. 26.55, pp. pp. 33–38.
- [38] 下仲順子, 中里克治, 権藤恭之, 高山緑. 日本版 neo-pi-r, neo-ffi 使用マニュアル 改訂増補版. 日本心理株式会社, 2011.
- [39] 下仲順子, 中里克治, 権藤恭之, 高山緑. 日本版 neo-pi-r の作成と因子的妥当性の検討. 日本心理株式会社, Vol. 6, No. 2, pp. pp. 138–147.
- [40] M. Hecht. The conceptualization and measurement of interpersonal communication satisfaction. *Human Communication Research*, Vol. Vol. 4, No. 3, pp. pp. 253–264, 1978.

- [41] 川人潤子, 大塚泰正, 甲斐田幸佐, 中田光紀. 日本語版 the positive and negative affect schedule (panas) 20 項目の信頼性と妥当性の検討. 広島大学心理学研究, Vol. Vol. 11, pp. pp. 225–240, 2011.
- [42] Edgar Brunner and Ullrich Munzel. The nonparametric behrens-fisher problem: asymptotic theory and a small-sample approximation. *Biometrical Journal: Journal of Mathematical Methods in Biosciences*, Vol. 42, No. 1, pp. 17–25, 2000.

## 発表リスト

- [1] 東 健太, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清. 顔表情の認識と拡張による会話満足度の向上. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), 2019 (ポスター発表).
- [2] 東 健太, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清. 顔表情の認識と拡張による会話満足度の向上手法の検討, Ubiquitous Wearable Workshop 2019 (UWW 2019), 2019.
- [3] 東 健太, 磯山 直也, 酒田 信親, 清川 清. VR 環境での対人コミュニケーションにおける視線操作による会話満足度向上手法の検討. メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎研究会 (MVE), 2021.