

# 卒業論文

## メタバースにおける音声変化の話者への影響

指導教官 村上 陽平 教授

立命館大学 情報理工学部  
先端社会デザインコース 4回生  
2600210387-6

森 由璃亜

2024年度（秋学期）卒業研究3（CH）  
令和7年1月31日

# メタバースにおける音声変化の話者への影響

森 由璃亜

## 内容梗概

近年、メタバースの進展が大きな注目を集めている。メタバースとは、ユーザがアバターを介して仮想空間内で活動できる環境を提供するものである。特に、コロナ禍においては、遠隔教育や仮想空間を利用したコミュニケーション手段として浸透しつつあり、さらに、バーチャル観光などの新たな体験型サービスが増加していることで、社会的な関心が一層高まっている。

このような背景のもと、ユーザが安心して仮想環境を利用できるように、仮想環境がユーザの行動や心理に与える影響を理解する必要がある。現実世界とは異なる形でユーザの行動や心理が変化する代表的な現象がプロテウス効果である。プロテウス効果とは、ユーザが仮想環境で操作するアバターの特性が、そのユーザ自身の自己認識や行動に影響を与える現象である。しかしながら、従来のプロテウス効果研究では、主にアバターの視覚的特徴に焦点を当てており、音声による効果が明らかではない。そこで、本研究では、音声のプロテウス効果について検証を行う。具体的には、メタバース上でボイスチェンジャーを用いてユーザの音声を変換することで、ユーザへの心理的影響を分析し、音声を介したプロテウス効果の発現を検証する。本研究を実現するにあたり、取り組むべき課題は以下の2点である。

## 音声変換における自己開示への影響

プロテウス効果では、アバターにより視覚的匿名性を強化することで、他者からの評価や偏見を気にせず自己開示しやすくなることが知られている。そこで、メタバース上でボイスチェンジャーを用いて声の匿名性を強化することで、音声変化が与えるユーザ自己開示の特徴を明らかにする必要がある。

## 音声変換における交渉態度への影響

男性が女性のアバターを使用すると自信が低下し、交渉において弱気な態度を示す。一方で、女性が男性のアバターを使用した場合には、相手の性別に応じてパーソナルスペースや行動が変化し、特に相手が男性アバターの場合には影響を受けにくくなる可能性が示されている。この知見を踏まえ、メタバース上でのボイスチェンジャーによる音声の変化が交渉行動の積極性や協調性に与える影響を明らかにする必要がある。

1つ目の課題では、自己表現を目的とした対話タスクである **Two Truths and**

a Lie を用い、自己開示の変化を分析した。このタスクでは、被験者が 2 つの真実と 1 つの嘘を提示し、実験者が嘘を当てる。自己開示を定量的に評価するために、自己評価指数という被験者が自己開示量と感情表現量を評価して算出した平均値と、他己評価指数として実験者が被験者の開示量、ポジティブ感情、ネガティブ感情を評価して算出した平均値を自己開示度として用いた。自己開示度をもとに対応なし t 検定と Cohen の効果量  $d$  を用いて被験者の性別ごとのボイスチェンジャーの有無による差異を分析した。

2 つ目の課題に対しては、最後通牒ゲームを交渉タスクとして用い、被験者の提案行動や受け入れ行動を評価する。交渉方法は、Yee, N らの先行研究の条件に基づき、100 ドルを交際相手と分ける形式で全 4 ラウンド行う[1]。1 ラウンド目と 3 ラウンド目の提案行動については、提案額が強気 (50 以上) か弱気かにおけるボイスチェンジャーの有無の影響を Cohen の効果量  $d$  と Fisher の正確検定で検証した。一方、2 ラウンド目と 4 ラウンド目の受諾可否行動については、被験者が提案を受諾するか拒否するかにおけるボイスチェンジャーの有無の影響を Fisher の正確性検定とロジスティック回帰分析で分析した。

#### 音声変換における自己開示への影響

Cohen の効果量  $d$  の結果によると、女性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による自己開示量の比較を行った際、ボイスチェンジャーを使用時に自己開示が増加しており、Cohen の定義に基づく中程度の効果があることが示された ( $d=0.584$ )。

#### 音声変換における交渉態度への影響

ボイスチェンジャーを使用した女性は地声の男性と比べて、男性被験者に対して提案額が強気となるという有意な結果が得られた(Fisher の正確性検定,  $p = 0.025$ )。一方で、ボイスチェンジャーを使用した男性は地声の女性と比べて、提案行動には性別に関係なく有意な差は見られなかった(Fisher の正確性検定,  $p = 1.0$ )。Cohen の効果量  $d$  による分析の結果から、男性被験者と男性実験者の条件では、ボイスチェンジャー使用時に提案額が減少しており、Cohen の定義に基づく中程度の効果があることが示された( $d=0.573$ )。

# **The Effect of Voice Change on Speaker Behavior in the Metaverse**

Mori Yuria

## **Abstract**

In recent years, the development of the metaverse has gained significant attention. The metaverse provides an environment where users interact in a virtual space through avatars. Its popularity surged during the COVID-19 pandemic, serving as a vital platform for distance learning and communication in virtual spaces. The expansion of experiential services, such as virtual tourism, has further increased public interest.

Against this backdrop, understanding the impact of virtual environments on user behavior and psychology is crucial for fostering confidence in their use. The Proteus Effect represents a key phenomenon where a user's behavior and psychology deviate from real-world norms. This effect arises when an avatar's characteristics in a virtual environment influence the user's self-perception and actions. However, prior research on the Proteus Effect has predominantly focused on avatars' visual features, leaving the role of voice largely unexplored. This study investigates the Proteus Effect as it pertains to voice. Specifically, it examines the psychological effects of altering a user's voice with a voice changer in the metaverse, verifying how voice can manifest the Proteus Effect. Two critical issues are addressed in this research.

## **Effect of voice conversion on self-disclosure**

Visual anonymity through avatars increases the possibility of self-disclosure, as users feel less constrained by others' evaluations or biases. This research explores how voice anonymity, achieved through a voice changer, influences user self-disclosure in the metaverse.

## **Effect of Voice Conversion on Assertiveness and Negotiation**

When men adopt female avatars, they exhibit lower confidence and weaker negotiation stances. Conversely, women using male avatars adjust their personal space and behaviors based on the counterpart's gender, particularly displaying less influence when negotiating with male avatars. Building on these findings, this study examines how voice changes in the metaverse affect

proactivity and cooperative negotiation behaviors.

In the first task, we analyzed changes in self-disclosure using the Two Truths and a Lie task, which aims to encourage self-expression. In this task, Participants stated two truths and one lie, while the experimenter attempted to identify the lie. To quantitatively evaluate self-disclosure, we used two indices: the self-evaluation index, calculated as the average of participants' ratings on the amount of self-disclosure and emotional expression, and the other-evaluation index, which averaged the experimenter's ratings of the participant's amount of disclosure, positive emotions, and negative emotions. Based on these self-disclosure scores, independent t-tests were conducted to analyze differences in the effect of the voice changer across participant gender.

For the second task, the Ultimatum Game was used as a negotiation task to evaluate participants' proposal and acceptance behaviors. The negotiation procedure followed the conditions outlined in prior research by Yee, N. et al., in which participants divided \$100 with a partner over four rounds. In the first and third rounds, proposal behaviors were categorized as assertive (50 or more) or non-assertive, and the impact of the voice changer was examined using Cohen's  $d$  and Fisher's exact test. In the second and fourth rounds, acceptance or rejection behaviors were analyzed using Fisher's exact test and logistic regression to determine how the presence or absence of a voice changer influenced these decisions.

### **Effect of Voice Conversion on Self-Disclosure**

Cohen's effect size ( $d = 0.584$ ) indicates a moderate effect of voice conversion on proposal amounts when female participants interacted with male experimenters.

### **Effect of Voice Conversion on Negotiation Attitudes**

Female participants using a voice changer made significantly more assertive proposals to male participants compared to their natural voice (Fisher's exact test,  $p = 0.025$ ). Cohen's effect size ( $d = 0.573$ ) also suggests a moderate effect of voice conversion on proposal amounts in male-to-male interactions.

# ボイスチェンジャーが与える話者の振る舞いへの影響

## 目次

<b>第 1 章</b>	<b>はじめに</b>	<b>7</b>
<b>第 2 章</b>	<b>自己表現の変更による影響</b>	<b>9</b>
2.1	プロテウス効果	9
2.2	音声変換による心理的影響	10
2.3	仮説	11
<b>第 3 章</b>	<b>実験</b>	<b>12</b>
3.1	実験環境	12
3.2	被験者	13
3.3	対話タスク	13
3.3.1	Two Truths and a Lie	14
3.3.2	最後通牒ゲーム	14
3.4	実験手順	14
<b>第 4 章</b>	<b>結果</b>	<b>16</b>
4.1	自己開示の分析	16
4.1.1	自己開示度	16
4.1.2	対応なし t 検定	16
4.1.3	Cohen の効果量 d	18
4.2	交渉態度の分析	20
4.2.1	提案額に関する Cohen の効果量 d	20
4.2.2	提案額に関する Fisher の正確性検定	20
4.2.3	受諾可否に関する Fisher の正確検定	22
4.2.4	受諾可否に関するロジスティック回帰分析	24
<b>第 5 章</b>	<b>考察</b>	<b>25</b>
5.1	自己開示への影響	25
5.2	交渉態度への影響	25
<b>第 6 章</b>	<b>おわりに</b>	<b>27</b>
	謝辞	29

<b>参考文献</b>	<b>30</b>
<b>付録</b>	<b>31</b>
A.1 視覚的影響と音声変換に基づくプロテウス効果研究.....	31
A.2 被験者群.....	32
A.3 自己開示に関する分析.....	32
A.3.1 三元配置分散分析 (Three-Way ANOVA) .....	32
A.3.2 対応なし t 検定.....	34
A.4 交渉態度の分析.....	35
A.4.1 提案額に関する Fisher の正確性検定.....	35
A.4.2 提案額に関する三元配置分散分析 (Three-Way ANOVA) .....	35
A.4.3 提案額に関する対応なし t 検定.....	37
A.4.4 受諾可否に関する Fisher の正確検定.....	39

## 第1章 はじめに

近年、メタバースや仮想空間におけるユーザーの行動や心理の変化に関する研究が注目を集めている。特にプロテウス効果 (Proteus Effect) についての研究が多く見られている。プロテウス効果とは、仮想環境で操作するアバターの特性が、ユーザ自身の自己認識や行動に影響を与える現象である。

Yee らによる先行研究では、VR 環境でアバターの顔と身長という視覚的特徴に注目して、実験が行われた[1]。アバターの見た目を変更することにより、プロテウス効果が観察され、アバターがユーザの行動や認識に与える影響が確認された。しかしながら、これまでの研究では主にアバターの視覚的要素に注目されており、音声変化がユーザに与える影響についての実験はあまり行われていない。音声は視覚的な要素に比べて、感情や態度を即座に伝える力を持っており、音声の変更は他者に対する認識や行動に強い影響を与える可能性がある。しかしながら、この点についての研究は不足しており、音声変換がどのように行動に影響を与えるのかについては未解明の部分が多い。

そこで、本研究では音声変換がプロテウス効果にどのような影響を与えるのかを検証する。具体的には、Povinelli らの研究で使用されたボイスチェンジャーアプリケーションを用いて、被験者の音声を変換する[3]。変換後の音声は、交渉や自己開示に与える影響を検証するために、自己開示タスクおよび交渉タスクを通じて評価される。自己開示タスクは Two Truths and a Lie を用い、交渉タスクは Yee らの研究で使用された最後通牒ゲームを使用する[1]。その結果に基づいてボイスチェンジャーの有無が行動に与える影響を検証する。

本研究において取り込むべき課題は以下の 2 点である。

### 音声変換における自己開示への影響

プロテウス効果においては、アバターが視覚的な匿名性を強化することにより、他者の評価や偏見を気にせずに自己開示の量が増えることが報告されている[1]。この特性を踏まえ、メタバース環境でボイスチェンジャーを活用し、音声による匿名性を高めた場合、音声変化がユーザーの自己開示にどのような影響を与えるかを分析することが重要である。

### 音声変換における積極性への影響

プロテウス効果では、魅力的なアバターを使用すると交渉で強気になり、魅力的ではないアバターを使用すると受容的になることが知られている。この

知見を踏まえ、メタバース上でのボイスチェンジャーによる音声変化が交渉行動の積極性や協調性に与える影響を明らかにする必要がある。

以下、本論文では、第 2 章で VR 環境下におけるプロテウス効果について説明する。第 3 章ではボイスチェンジャーの種類や特徴について説明し、それがもたらす心理的影響や性別表現と自己認識への影響について詳述する。続いて、第 4 章では実験の設定や被験者の分類方法、および音声実験タスクの詳細について述べる。さらに、第 5 章では実験の結果を示し、第 6 章ではその結果についての考察を行う。最後に、本研究の成果を総括し、今後の展望や課題について述べる。

## 第2章 自己表現の変更による影響

本章では、VR環境下におけるプロテウス効果についての説明と、プロテウス効果に関する研究を説明する。

### 2.1 プロテウス効果

プロテウス効果とは、仮想空間でアバターを使用する際に、そのアバターの容姿がユーザーの行動や知覚、心理に影響を与える心理効果である。この効果は、ギリシャ神話に登場する海神プロテウスの変身に由来している。

Yeeらによる先行研究では、VR環境でアバターの顔と身長という視覚的特徴に注目して、実験が行われた[1]。顔の魅力の評価方法としては、事前テストにおいて異なる顔の魅力を評価し、高い魅力、中程度の魅力、低い魅力の3つに分類している(図 1)。身長の分類方法も、実験者の身長を172センチメートルと固定し、実験者との身長差を基に行われた。182センチメートル、172センチメートル、162センチメートルと、アバターの顔と同様に3つに分類している。なお、実験者の振る舞いに影響を与えないよう、相手役の視点からは常に参加者が同じ身長に見えるような調整が行われた。仮想環境は物理的な実験室と同じ寸法で設計され、被験者は仮想空間内の鏡を通じて自分のアバターを確認できる仕様となっていた(図 1)。実験タスクは2種類行われ、アバターの顔を変更した際は自己開示タスク、アバターの身長を変更した際は最後通牒ゲームという交渉タスクを用いた。

自己開示のタスク内容では、被験者がバーチャル環境において自分のアバターを鏡で確認した後、実験者のアバターと会話を行い、自己紹介を求められる形式である。実験者はもう少し詳しく教えてくださいと促し、参加者が自分について語る情報量を測定している。最後通牒ゲームでは、仮想の金額をどのように分配するかを交渉するタスクが行われた。参加者は4ラウンドのうち、第1ラウンドと第3ラウンドで提案者となり、自由に分配方法を提示することが求められた。一方、実験者は、第2ラウンドと第4ラウンドで提案者を務め、それぞれ公平な50対50の分配と不公平な75対25の分配を提示した。提案された分配が受け入れられた場合、提示された割合で金額が分配される。しかし、提案が拒否された場合、どちらも金額を受け取ることができない。実験者は参加者の提案が90対10を超えない限りその提案を受け入れるようにルールを決めて交渉を行

った。これらのラウンドを通じて、参加者がどのような分配を提案し、相手の不公平な分配を受け入れるかどうか記録された。評価結果において、第1実験では魅力的なアバターを使用した参加者が相手に近づく傾向があり、また自己開示の量も増加している。第2実験では、背が高いアバターを使用した参加者がより自己中心的な分配を提案し、背が低いアバターを使用した参加者は不公平な分配を受け入れる傾向が確認された。これらの結果から、アバターの外見が参加者の行動に顕著な影響を与えるプロテウス効果が見られたと言える。

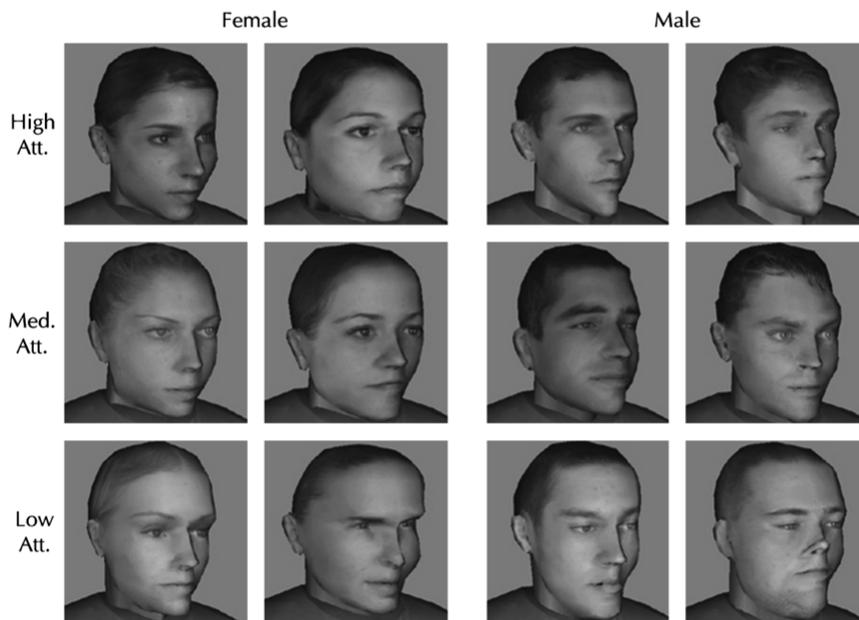


図 1 性別ごとの高い魅力、中程度の魅力、低い魅力の評価を受けた顔

出典[1]から一部抜粋

## 2.2 音声変換による心理的影響

VR 環境ではなく、現実世界で音声自己認識に与える影響についての研究を紹介する。非バイナリ個人を対象として被験者の理想の声に修正するためのトレーニングの研究では、トレーニング後に自己認識や心理的幸福感が向上し、声がアイデンティティ形成や心理的安定に重要な役割を果たしていることが示された[4]。また、声のピッチやイントネーションが社会的認識やジェンダー印象に影響を与えることも明らかになり、高いピッチの声は女性的で感情的と認識され、低いピッチの声は男性的で自信があるという傾向が確認されている。

本研究では、男性の音声を女性に、女性の音声を男性に変更するボイスチェンジャーを使用し、声のジェンダー的特徴が自己認識、心理的幸福感、および社会的認識に与える影響を検証する。この研究は、現実世界における声の修正がアイデンティティ形成や心理的安定に与える役割を示した先行研究[4]、および声のピッチやイントネーションが社会的認識やジェンダー印象に及ぼす影響を明らかにした研究[5]に基づいている。声の変化が社会的相互作用や自己開示行動に与える影響を調査し、ボイスチェンジャーがユーザーの行動や認識をどのように変容させるかを明らかにする。

### 2.3 仮説

先行研究では、アバターを使用しない場合と比較して、女性が男性のアバターを使用すると男性実験者への自己開示が低くなり、女性実験者への自己開示が高まる。また、アバターを使用しない場合と比較して、男性が女性のアバターを使用すると男性実験者への自己開示が低くなることが確認されている[6]。さらに、アバターの性別を変更せず見た目のみを変更した場合、より魅力的なアバターを使用すると自己開示が促進され、交渉ゲームでは強気な姿勢を取ることが明らかになっている[1]。

本研究では、ボイスチェンジャーを使用することで、音声の変化が自己開示や交渉行動に及ぼす影響を検証するにあたって以下の仮説を立てた。男性が女性の声を使用するとボイスチェンジャーを使用しない場合と比べて、男性に対して自己開示が低下し交渉では弱気になる。一方、女性が男性の声を使用すると、ボイスチェンジャーを使用しない場合と比べて、女性に対しての自己開示が増加し、男性に対して自己開示が減少する。また、女性に対しては交渉で強気になる。これらの仮説を検証するために実験を実施し、ボイスチェンジャーの使用が話者の振る舞いに与える影響を明らかにする。

## 第3章 実験

本章では、被験者実験の実施環境と実験条件について述べる。音声変換技術を活用したボイスチェンジャーが自己開示の積極性や交渉行動にどのような影響を及ぼすのかを検証するために、被験者実験を実施した。以下に、実験の設定、仮説、および具体的な実験条件について説明する。

### 3.1 実験環境

本研究では、過去にボイスチェンジャーを使用した経験がなく、実験者と面識がないことを条件とする。まず、被験者をボイスチェンジャー使用群と非使用群の2通りに割り当て、ボイスチェンジャー使用群では Povinelli らの研究で最も使用率が高かった Voicemod というボイスチェンジャーアプリケーションを使用した。Voicemod は、直感的なインターフェースを備えたリアルタイム AI ボイスチェンジャーおよびサウンドエフェクトアプリである。ユーザーは、仮想サウンドカードやサウンドミキサーを用意することなく、男性と女性のボイスフィルターを用いて発話可能である。また、リアルタイムで行われる AI 処理とユーザーごとにピッチとフォルマントを設定できることから音声変換がほぼ瞬時に行われるため、遅延が最小限に抑えられている。音声の変換については、男性の声を女性の声に変更する、または女性の声を男性の声に変更する設定を適用する[3]。実験者の音声とボイスチェンジャーを使用しない場合の被験者の音声は、実験者および被験者の実際の音声そのまま使用された。これにより、音声の性別変化がタスクや心理的影響に与える影響を検証する。

実験では音声アプリの Discord を使用した。実験者は自身のアバターを Discord の画面共有を通じて被験者に提示し、被験者にはそのアバターを実験者として認識しながら会話をした。アバターは Nizima Live のものを使用し、実験者の声と動作に合わせてアバターがリップシンクおよびモーションを行うように設定した。<sup>1</sup>また、被験者にはボイスチェンジャーを使用し、変換された自身の音声をモニタリング機能によってリアルタイムで聞くことができるようにした。これにより、被験者は自分の声がどのように変換されているかを認識できるようにした(図 2)。

---

<sup>1</sup> <https://nizimalive.com/>

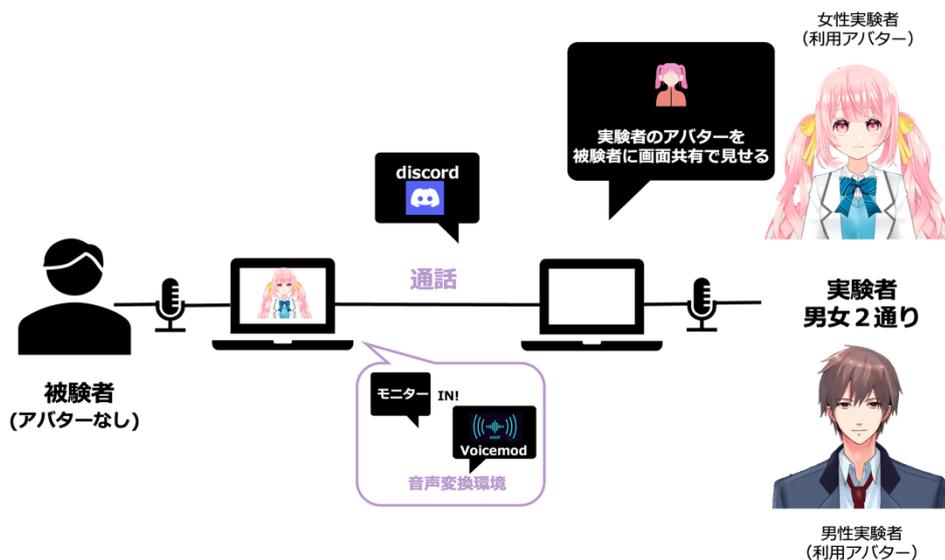


図 2 実験環境

### 3.2 被験者

被験者は 20 代の男女 16 名（男女各 8 名）を対象とした。被験者は、ボイスチェンジャー使用の有無と実験者の性別条件を基にランダムに全 8 群に分類され、各群に 2 名ずつが割り当てる。被験者は各群で、実験者と 2 回の対話タスクを実施する。ボイスチェンジャー使用群では、1 回目は男性実験者、2 回目は女性実験者と対話するパターンと、その逆の順序で対話するパターンの 2 種類に分ける。また、ボイスチェンジャーを使用しない群でも同様に、1 回目と 2 回目で異なる性別の実験者と対話するパターンに分けた。

### 3.3 対話タスク

本研究では Yee らによる先行研究に則り、自己開示タスクと交渉タスクの 2 種類の実験タスクを用いて実験を行う[1]。Yee らの研究では、自己開示タスクとして VR 環境において被験者が実験者と自己紹介を行い、その際の情報量を自己開示の指標として評価していた。しかしながら、この方法では実験者の返答内容や返答量が、被験者の自己開示度や実験者への親密感に影響を及ぼす可能性がある。そのため、本研究では自己開示タスクとして Two Truths and a Lie を採用した。また、交渉タスクは Yee らによる先行研究と同様に最後通牒ゲームを行う。

### 3.3.1 Two Truths and a Lie

このタスクは、アイスブレイキングにとしてよく使用されているタスクであり、特に、初対面の人々や緊張感のある場面で、参加者同士の緊張を和らげ、リラックスした雰囲気を作るために用いられる。具体的には、被験者が自身に関する 2 つの真実と 1 つの嘘を混ぜた合計 3 つの文章を述べ、実験者が嘘の文章を選択する。なお、タスクを始める前に、実験者は被験者に対して「なるべく詳しく話してください」という先行研究と同様の指示を与える[1]。この対話を通じて、正解不正解は関係なく、被験者がどの程度詳しい内容を述べるか、またどのような感情を込めて話すのかを自己開示として分析する。

### 3.3.2 最後通牒ゲーム

最後通牒ゲームとは、二人のプレイヤーが資源の分配を交渉するゲームであり、提案者が資源の分配案を提示し、応答者がそれを受け入れるか拒否するかを決定する形式をとる。応答者が提案を受け入れた場合、提案された分配案がそのまま実行されるが、拒否した場合、両者ともに何も得られない。この交渉ゲームは、提案者と受け手が資源の分配を交渉するシンプルな形式を持ち、交渉における積極性や協調性を定量的に測定するのに適している。

本研究では、先行研究の条件に基づき、100 ドルの資源を交際相手と分けるというお題を設定し、交渉をラウンドごとに全 4 回行う形式とした[1]。1 ラウンド目では被験者が提案を行い、実験者がその提案を受け入れる。2 ラウンド目では、実験者が 50/50 の分配案を提案し、被験者がそれを受け入れるか拒否するかを判断する。3 ラウンド目では再び被験者が提案を行い、実験者が受け入れるかどうかを判断する。4 ラウンド目では、実験者が 75/25 の分配案を提案し、被験者がそれを受け入れるかどうかを判断する。なお、実験者は被験者が提示した提案が 90 ドル以下である場合、全ての提案を受け入れるものとする。

## 3.4 実験手順

実験では、まず被験者に簡単な自己紹介をした。自己紹介では実験者の返答内容や返答量が、被験者の自己開示度や実験者への親密感に影響を及ぼす可能性があるため、あらかじめ設定した特定の質問のみ使用し、被験者の返答に対して深掘りをしないようにした。この自己紹介では、名前、出身地、趣味など実験者が聞いた質問について答えてもらい、ボイスチェンジャーを通じた自身の声

に慣れることを目的としているため、分析は行わないこととした。ボイスチェンジャーを使用しない被験者は、被験者自身の音声であるため音声に慣れる必要はないが、ボイスチェンジャーを使用した被験者との差が出ないように、同様の質問で自己紹介を行った。その後、音声実験として自己開示タスクと交渉ゲームの**2**種類のタスクを実施した。自己開示タスクとしては、**Two Truths and a Lie** というタスクを行い、被験者に自分に関する**3**つの文を提示してもらった。交渉ゲームでは最後通牒ゲームを使用した。これらのタスクを一通り終了した後、実験者の性別を変更し、再度音声実験タスクを実施した。

## 第4章 結果

本章では、第4章で説明した2種類の音声タスクについて評価を行い、それぞれのタスクにおけるボイスチェンジャーの有無と実験者または被験者の性別やタスクの種類が被験者の行動や選択に与える影響を検証した。本検定では、有意水準を5% ( $p < 0.05$ ) に設定し、 $p$  値がこの閾値を下回る場合に統計的有意性があると判断した。

### 4.1 自己開示の分析

Two Truths and a Lie のタスクでは、被験者がボイスチェンジャーを使用した場合と使用しなかった場合における自己開示度の傾向を分析するために、対応なし  $t$  検定と Cohen の効果量  $d$  を使用し、ボイスチェンジャーの有無が被験者の判断にどのような差をもたらすかを確認した。以下に、具体的な分析結果を示す。

#### 4.1.1 自己開示度

被験者の自己開示度は、Two Truths and a Lie タスクを用いて被験者がどの程度個人的な情報を開示したかを測定したものである。この評価は Laurenceau らの研究で用いられた方法に基づき、被験者自身の自己評価と実験者による他己評価の平均値を算出した結果の平均値を自己開示度として分析した[2]。自己開示度の評価においては、単に開示された情報の量だけでなく感情の表現度も考慮し、多面的な指標として算出した。具体的には、被験者自身による自己評価と実験者による他己評価のそれぞれを五段階で評価し、その平均値を算出した。被験者の評価では、自己開示の度合いと感情表現の度合いの二観点について、五段階のアンケート形式で回答を行った。一方、実験者の評価では、被験者が開示した情報の量、ポジティブな感情表現の程度、ネガティブな感情表現の程度の三つの観点について五段階評価を行った。これらの評価を統合した値の平均値を被験者の自己開示度として定量化した。

#### 4.1.2 対応なし $t$ 検定

平均値の比較を行うために、対応なし  $t$  検定を実施し、結果を箱ひげ図で示した。Python のライブラリ `scipy` を用いて、自己開示度データをボイスチェンジャーの使用有無に基づいて2つのグループに分け、独立した2群間の平均値の差を検討するために、`scipy.stats` モジュールの `ttest_ind` 関数を使用し、分析を

行った。この際、実験者の性別、ボイスチェンジャーの使用有無、および被験者の性別による自己開示度の違いを検討するため、データを条件別に分割し、変数 **self\_disclosure** (被験者の自己開示度) を従属変数としてグループを抽出した。次に、ボイスチェンジャーの使用有無が自己開示度に与える影響を、実験者と被験者の性別の組み合わせごとに分析した。なお、箱ひげ図には、各グループの分布を可視化するとともに、統計的に有意な差がない場合には「**n.s. (not significant)**」のラベルを付与し、**p** 値が **0.05** 以下の場合には「\*」を付与することで、視覚的に結果の解釈がしやすいように工夫した。さらに、各条件の中央値、平均値、最大値、最小値を明示することで、データの分布特性を直感的に把握できるようにした。

まず、男性被験者においてボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った(図 3)。男性被験者が男性実験者と対話した条件では、ボイスチェンジャーを使用した場合の提案額は、使用しない場合と比べて平均値が **0.02** 低く、中央値が **0.08** 高かった。しかし、この差は統計的に有意ではなかった( $t = -0.041, p = 0.969, p > 0.05$ )。一方で、男性被験者が女性実験者と対話した条件では、ボイスチェンジャーを使用した場合の提案額の平均値は **0.2** 高く、中央値は **0.25** 高かったが、この差も統計的に有意ではなかった( $t = 0.528, p = 0.625, p > 0.05$ )。

同様に、女性被験者においてもボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った(図 4)。女性被験者が女性実験者と対話した条件では、ボイスチェンジャーを使用した場合の提案額の平均値は **0.18** 高く、中央値は **0.75** 高かったが、この差は統計的に有意ではなかった( $t = 0.318, p = 0.762, p > 0.05$ )。また、女性被験者が男性実験者と対話した条件では、ボイスチェンジャーを使用した場合の提案額の平均値は **0.27** 高く、中央値は **0.92** 高かったが、こちらも統計的に有意な差は認められなかった( $t = 0.361, p = 0.732, p > 0.05$ )。

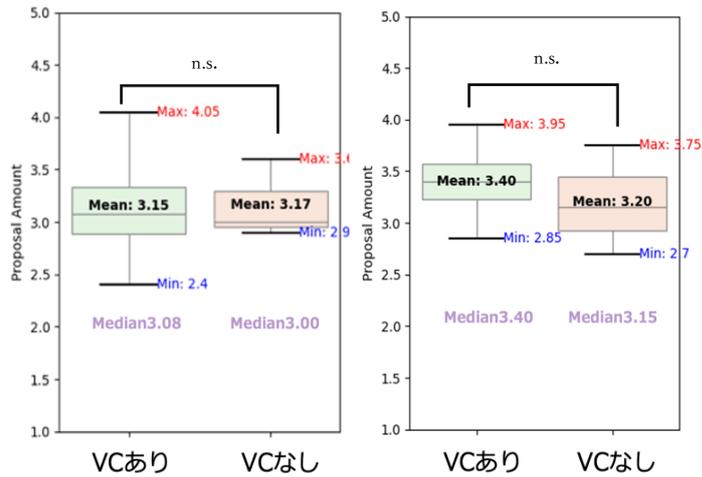


図 3 男性被験者の t 検定結果

左：男性被験者と男性実験者 右；男性被験者と女性実験者

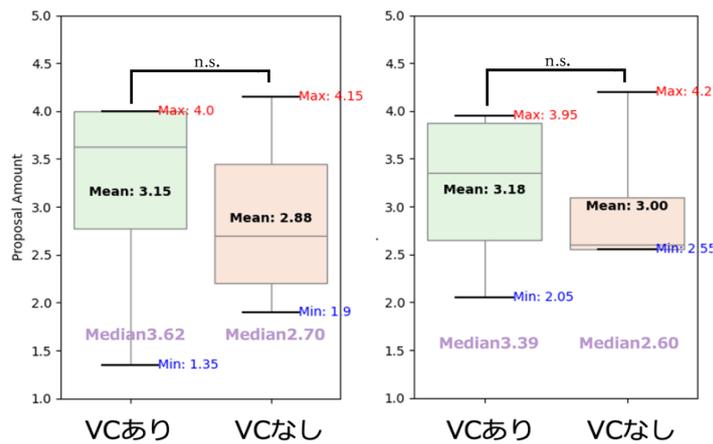


図 4 女性被験者の t 検定結果

左：女性被験者と女性実験者 右；女性被験者と男性実験者

#### 4.1.3 Cohen の効果量 d

本研究では、ボイスチェンジャーの使用有無による自己開示度の差を評価するために、単に t 検定による統計的有意性の判定だけでなく、Cohen の d を用いて効果の大きさを明示的に評価した。効果量とは、統計的分析において、グループの平均値の差を標準偏差で割ることで、その差を標準化する指標である。これにより、ボイスチェンジャーの使用が自己開示度に与える影響の実質的な大

きさを把握することが可能となる。具体的には、python の `scipy.stats` モジュールを用いて各グループの平均値と標準偏差を算出し、Cohen の `d` を以下の式に基づいて求めた(1).

$$d = \frac{M_1 - M_2}{SD_{pooled}} \quad (1)$$

ここで、`M1` および `M2` はそれぞれ 2 群の平均値、`SDpooled` は両群の標準偏差を統合したプールされた標準偏差であり、以下の式で求められる(2).

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{(SD_1^2 + SD_2^2)}{2}} \quad (2)$$

Python を用いた実装では、`pandas` を用いてデータを管理し、`scipy.stats` モジュールの `ttest_ind` 関数を使用して `t` 検定を実施した。また、`numpy` を用いて各グループの平均値と標準偏差を計算し、Cohen の `d` を算出した。検定の結果は以下の通りである(表 1)。Cohen の効果量 `d` の基準では、0.5 以上が中程度の影響、0.8 以上が大きな影響を示すとされる。

分析の結果から、男性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った場合、効果量 `d` は 0.584 であり、Cohen の定義に基づくと中程度の影響が見られた。また、男性被験者と女性実験者の条件での効果量 `d` は 0.380、女性被験者と男性実験者の条件での効果量 `d` は 0.206、女性被験者と女性実験者の条件での効果量 `d` は 0.128 となり、ボイスチェンジャーの使用による提案額の違いが確認されたが、いずれも効果量は小さい値となった。

表 1 自己開示に関する Cohen の効果量 `d` の結果

被験者の性別/ボイスチェンジャー	実験者	平均	比較結果	Cohen's d(絶対値)
男性 あり vs 男性 なし	男性	3.15 3.312	なし > あり	0.287
男性 あり vs 男性 なし	女性	3.4 3.2	あり > なし	0.454
女性 あり vs 女性 なし	男性	3.15 2.56	あり > なし	0.584
女性 あり vs 女性 なし	女性	3.17 2.98	あり > なし	0.233

## 4.2 交渉態度の分析

最後通牒ゲームの結果をもとに、1 ラウンド目と 3 ラウンド目の被験者の提案金額と 2 ラウンド目と 4 ラウンド目の被験者の受諾行動をそれぞれ分析した。1 ラウンド目と 3 ラウンド目の提案行動については、提案額が強気か弱気かにおけるボイスチェンジャーの有無の影響を Cohen の  $d$  と Fisher の正確検定で検証した。一方、2 ラウンド目と 4 ラウンド目の受諾可否行動については、被験者の受諾可否とボイスチェンジャーの有無の影響を Fisher の正確検定とロジスティック回帰分析で分析した。以下に、具体的な分析結果を示す。

### 4.2.1 提案額に関する Cohen の効果量 $d$

4.1.3 と同様の方法で、提案行動におけるボイスチェンジャーの影響を Cohen の  $d$  を用いて効果量として評価した (表 2)。

分析の結果から、男性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った場合、中程度の影響が見られた ( $d=0.573$ )。一方、男性被験者と女性実験者の条件では  $d=0.380$ 、女性被験者と男性実験者の条件では  $d=0.206$ 、女性被験者と女性実験者の条件では  $d=0.128$  となり、ボイスチェンジャーの使用による提案額の違いが確認されたが、いずれも効果量は小さい値となった。

表 2 提案額に関する Cohen の効果量  $d$  の結果

被験者の性別/ボイスチェンジャー	実験者	平均	比較結果	Cohen's $d$ (絶対値)
男性 あり vs 男性 なし	男性	53.75 60.62	なし < あり	0.573
男性 あり vs 男性 なし	女性	60.62 53.75	あり > なし	0.380
女性 あり vs 女性 なし	男性	61.25 59.37	あり > なし	0.206
女性 あり vs 女性 なし	女性	56.87 58.0	あり < なし	0.128

### 4.2.2 提案額に関する Fisher の正確性検定

Fisher の正確性検定とは、データ数が少なくクロス集計表内に期待度数が 5 未満のセルが含まれる場合に適した分析手法である。検定を行うにあたって、被験者の提案額に応じて強気または弱気に分類した条件と、ボイスチェンジャーの有無という 2 つの要因に基づいて分析を行った。提案額の強気といえる金額

の指標は 50 を提案する被験者が多いことを踏まえ、提案額が 51 以上の場合を強気として分析を行った。また、ボイスチェンジャーを使用した女性と地声の男性、およびボイスチェンジャーを使用した男性と地声の女性の組み合わせにおいても提案額の比較を行った。この比較により、擬似的に使用している音声と地声の音声の性別が同じ場合の提案行動に違いが生じるのかを検証する。

具体的な検定方法については、要素ごとにクロス集計表を作成し、Fisher の正確性検定を用いて p 値を算出した。Fisher の正確性検定は、Python のライブラリである `scipy.stats` に含まれる `fisher_exact` 関数を用いて実行した検定の結果については、以下の通りである。

第 1 ラウンドにおいて、被験者と実験者の組み合わせごとのボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った結果、男性被験者が女性実験者と交渉した場合、男性被験者が男性実験者と交渉した場合、女性被験者が女性実験者と交渉した場合のいずれの条件においても、p 値は 1.0 となり、統計的に有意な差は認められなかった。また、女性被験者が男性実験者と交渉した場合においても、p 値は 0.144 であり、有意な差は確認されなかった。さらに、被験者同士の比較を行った結果、地声男性とボイスチェンジャーを使用した女性の比較では p 値が 1.0 となり、統計的に有意な差は認められなかった。また、実験者の性別ごとの分析においても、男性実験者の場合は p 値が 1.0、女性実験者の場合は p 値が 0.485 であり、いずれも有意な差は確認されなかった。同様に、地声女性とボイスチェンジャーを使用した男性の比較においても、実験者の性別を問わず、p 値はそれぞれ 1.0 および 0.523 であり、統計的に有意な差は認められなかった。

第 3 ラウンドにおいても、同様の分析を行った結果、男性被験者が女性実験者と交渉した場合および女性被験者が男性実験者と交渉した場合においては、p 値は 1.0 となり、統計的に有意な差は認められなかった。また、男性被験者が男性実験者と交渉した場合は p 値が 0.47、女性被験者が女性実験者と交渉した場合は p 値が 1.0 であり、いずれの条件においても有意な差は確認されなかった。一方、被験者同士の比較において、地声男性とボイスチェンジャーを使用した女性の比較では、p 値が 0.025 となり、統計的に有意な差が認められた(表 3)。一方、実験者の性別ごとの分析では、男性実験者の場合は p 値が 0.428、女性実験者の場合は p 値が 0.142 であり、いずれも統計的に有意な差は認められなかった。また、地声女性とボイスチェンジャーを使用した男性の比較では、実験者の性別を問わず p 値が 1.0 となり、統計的に有意な差は確認されなかった。

表 3 提案額に関する Fisher の正確性検定結果

ボイスチェンジャーなし男性とボイスチェンジャーあり女性

	なし男性	あり女性
強気	3	8
弱気	5	0

#### 4.2.3 受諾可否に関する Fisher の正確検定

4.2.2 同様に Fisher の正確性検定を用いて、実験者と被験者の性別の組み合わせごとに分析を行った。具体的な検定方法については、要素ごとにクロス集計表を作成し、Fisher の正確性検定を用いて p 値を算出した。検定の結果については、以下の通りである。

まず、男性被験者におけるボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を、第 2 ラウンド(表 4)および第 4 ラウンド(表 5)について検討した。第 2 ラウンドの結果では、相手が男性実験者である条件において、ボイスチェンジャーの使用有無による提案額の違いは統計的に有意ではなかった( $t = -0.041, p = 0.969, p > 0.05$ )。また、相手が女性実験者である条件でも、ボイスチェンジャーの有無による提案額の差は認められなかった( $t = 0.528, p = 0.625, p > 0.05$ )。第 4 ラウンドの結果においても、相手が男性実験者である条件ではボイスチェンジャーの使用有無による提案額の差は統計的に有意ではなく( $t = -0.041, p = 0.969, p > 0.05$ )、相手が女性実験者である条件においても有意な差は認められなかった( $t = 0.528, p = 0.625, p > 0.05$ )。

同様に、女性被験者におけるボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を、第 2 ラウンド(表 6)および第 4 ラウンド(表 7)について検討した。第 2 ラウンドの結果では、相手が女性実験者である条件において、ボイスチェンジャーの使用有無による提案額の違いは統計的に有意ではなかった( $t = 0.318, p = 0.762$ )。また、相手が男性実験者である条件でも、ボイスチェンジャーの有無による提案額の差は認められなかった( $t = 0.361, p = 0.732$ )。第 4 ラウンドの結果においても、相手が女性実験者である条件ではボイスチェンジャーの使用有無による提案額の差は統計的に有意ではなく( $t = 0.318, p = 0.762$ )、相手が男性実験者であ

る条件においても有意な差は認められなかった( $t = 0.361, p = 0.732$ ).

表 4 第 2 ラウンドの受諾可否に関する Fisher の正確性検定結果

左：男性被験者と男性実験者 右；男性被験者と女性実験者

	あり	なし
受諾	4	4
拒否	0	0

	あり	なし
受諾	3	4
拒否	1	0

表 5 第 4 ラウンドの受諾可否に関する Fisher の正確性検定結果

左：男性被験者と男性実験者 右；男性被験者と女性実験者

	あり	なし
受諾	1	2
拒否	3	2

	あり	なし
受諾	2	2
拒否	2	2

表 6 第 2 ラウンドの受諾可否に関する Fisher の正確性検定結果

左：女性被験者と女性実験者 右；女性被験者と男性実験者

	あり	なし
受諾	4	4
拒否	0	0

	あり	なし
受諾	4	4
拒否	0	0

表 7 第 4 ラウンドの受諾可否に関する Fisher の正確性検定結果

左：女性被験者と女性実験者 右；女性被験者と女性実験者

	あり	なし
受諾	3	2
拒否	1	2

	あり	なし
受諾	1	2
拒否	3	2

#### 4.2.4 受諾可否に関するロジスティック回帰分析

Fisher の正確性検定では、データに矛盾がない場合に  $p$  値が 1.0 となり、情報が限られていたため、提案行動と実験条件の相互作用の関係性をより詳細に分析するために Yee らによる先行研究で用いられていたロジスティック回帰を実施した[1]。具体的な検定方法については、被験者の受諾行動を従属変数とし、独立変数としてボイスチェンジャーの有無、被験者の性別、および実験者の性別を設定した。従属変数である受諾行動は、受諾を 1、拒否を 0 として二値化し、これを基にロジスティック回帰モデルを構築した。このモデルにより、各要因が受諾行動に与える影響を統計的に評価した。これにより、これらの要因が受諾行動に与える影響を考慮したモデルを構築した。検定の結果については、以下の通りである。

モデル全体の適合度を示す Pseudo R-squared は 0.03158 であり、モデルの説明力は低いことが示された。また、モデル全体の有意性を検証する尤度比検定の  $p$  値は 0.7062 ( $p > 0.05$ ) であり、独立変数の組み合わせが従属変数である提案行動に統計的に有意な影響を及ぼしていないことが示された。個別の独立変数については、ボイスチェンジャーの使用有無の回帰係数は -0.2616 ( $p = 0.718$ )、実験者の性別の回帰係数は -0.7685 ( $p = 0.289$ )、被験者の性別の回帰係数は -0.2616 ( $p = 0.718$ ) であり、いずれも  $p$  値が 0.05 を超えており、統計的に有意な効果は確認されなかった。さらに、モデルの定数項の回帰係数は 0.5151 ( $p = 0.479$ ) であり、これも有意な結果ではなかった。

## 第5章 考察

第5章での評価に基づき、Two Truths and a Lie と最後通帳ゲームの分析結果について考察を述べる。

### 5.1 自己開示への影響

t 検定の結果、ボイスチェンジャー使用の有無が自己開示度に与える影響は統計的に有意ではないことが示された。男性被験者が男性実験者と対話した条件においては、ボイスチェンジャー使用時に中央値が **0.08** 上昇していたにもかかわらず、平均値では **-0.02** 減少していた( $p=0.969$ )。一方で、女性被験者が女性実験者と対話した条件では、ボイスチェンジャー使用時に中央値および平均値ともに増加していたが、いずれも有意な結果とはならなかった( $p=0.732$ )。また、Cohen の効果量  $d$  の結果によると、女性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による自己開示量の比較を行った際、ボイスチェンジャーを使用時による自己開示の増加に、中程度の効果があることが示された( $d=0.584$ )。この中程度の効果量から、ボイスチェンジャーの使用が自己開示に対して影響を与えていることがわかる。

これらの結果から、女性被験者が男性実験者相手の場合の自己開示の際に、ボイスチェンジャーの影響を受けやすい可能性を示唆するが、統計的有意性が不足しているため、結論づけるにはさらなる検証が必要である

### 5.2 交渉態度への影響

最後通牒ゲームにおける分析結果では、ボイスチェンジャーの使用が提案額に与える影響が特定の条件下で確認された。特に、第3ラウンドでは、ボイスチェンジャーで女性の声を使用した場合は、**51** ドル以上の強気な提案の割合が高いという有意な結果が得られた(Fisher の正確性検定,  $p=0.025$ )。一方で、その他の条件においては、ボイスチェンジャーの有無や性別条件が提案額に及ぼす影響は一貫しておらず、統計的有意性は確認されなかった。Cohen の効果量  $d$  による分析の結果から、男性被験者と男性実験者の条件では、ボイスチェンジャー使用時による提案額の低下に中程度の効果があることが示された( $d=0.573$ )。受諾行動に関しては、ボイスチェンジャーを使用した場合に性別に関わらず、不公平な提案(75 対 25)を受け入れる割合に顕著な差異は見られなかった。

これらの結果から、被験者が普段から交渉事に慣れているかどうか、あるいはボイスチェンジャーによる音声変化をどの程度自然に受け入れたかによって結果が左右されたと考えられる。ボイスチェンジャーによる音声変換は被験者の交渉行動に影響を与える可能性は考えられるものの、ボイスチェンジャーの効果が具体的にどのような条件下で見られるかということをも明らかにするには、さらなる検討が必要である。

## 第6章 おわりに

本研究では、ボイスチェンジャーを用いた音声変換が自己開示および交渉行動に与える影響を明らかにするために、ボイスチェンジャーの有無と、被験者および実験者の性別の 3 つの要因に注目し、音声のプロテウス効果についての検証を行った。本研究の貢献は以下の通りである。

### 音声変換における自己開示への影響

Cohen の効果量  $d$  の結果によると、女性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による自己開示量の比較を行った際、女性被験者がボイスチェンジャーを使用すると自己開示が増加し、中程度の効果があることが示された ( $d=0.584$ )。この結果は、女性が男性の声になると女性に対して自己開示が増えるという仮説と一致していた。一方で、男性に対する自己開示が減少するという仮説は立証されず、むしろ僅かに増加する結果となった。これらの結果から、ボイスチェンジャーを使用すると、女性被験者は対話相手の性別を問わず自己開示が増加することが確認された。この理由として、女性は男性よりもボイスチェンジャーの影響を受けやすく、匿名性の向上や低い声による自己認識の変化が、自己開示の増加につながった可能性がある。また、男性被験者がボイスチェンジャーを使用した場合、男性に対する自己開示は僅かに減少したが、有意ではなかった。これは、ボイスチェンジャーを使用することにより、地声の場合よりも弱く見られることへの意識が働き、自己開示を抑えた可能性があるが、その影響は限定的だったと考えられる。さらに、ボイスチェンジャーを使用した男性被験者の女性に対する自己開示は僅かに増加したが、この結果も有意ではなかった。高い声を使うことで親しみやすさが増し、会話しやすくなったものの、自己開示の増加には影響を及ぼさなかったと考えられる。

### 音声変換における交渉態度への影響

Fisher の正確性検定の結果によると、女性被験者と男性実験者の条件でボイスチェンジャーの有無による提案額の比較を行った際、被験者や実験者の性別に関わらず、提案額への影響は一定ではなく、統計的有意性は確認されなかった (Fisher の正確性検定,  $p = 1.0$ )。このことから、ボイスチェンジャーの使用による影響を検討する際、単にボイスチェンジャー使用時と非使用時の比較だけでは十分な差が確認できなかったため、より男性的な声を持つ条件

(ボイスチェンジャーあり女性)と実際に男性である条件(地声男性)の場合と、より女性的な声を持つ条件(ボイスチェンジャーあり男性)と実際に女性である条件(地声女性)の場合をそれぞれ比較することで、交渉態度の変化を明確に評価した。まず、ボイスチェンジャーを使用した女性と地声の男性を比較した場合、男性被験者に対する提案額が強気となる傾向が見られ、有意な結果が得られた ( $p = 0.025$ )。次に、ボイスチェンジャーを使用した男性は地声の女性と比べて、性別に関係なく提案行動への有意な差は見られなかった (Fisher の正確性検定,  $p = 1.0$ )。これらの結果から、ボイスチェンジャーによって男性的な声を得た女性の場合では、交渉の場において自身を男性的に振る舞うべきだと無意識に認識した可能性がある。一方、地声の男性は、自らの性別に一致した声を持っているため、改めて自己認識を変える必要がなく、交渉態度が比較的安定していたと考えられる。しかしながら、男性被験者の場合では有意差が見られなかったことと、プロテウス効果が強く現れる場合は、声の変化が地声異性(地声の男性や女性)と比べてさらに大きな影響を与えると考えられるが、この実験ではそのような結果は得られなかったため、プロテウス効果の発現は見られなかった。Cohen の効果量  $d$  による分析の結果から、男性被験者と男性実験者の条件では、ボイスチェンジャー使用時に提案額が低下しており、Cohen の定義に基づくと中程度の効果があることが示された ( $d=0.573$ )。この結果は、男性が女性の声になると、ボイスチェンジャー非使用時と比較して、男性に対しての提案額が減少するという仮説と一致した。一方で、女性が男性の声になると、ボイスチェンジャー非使用時と比較して、提案額が増加するという仮説は立証されず、むしろ僅かに減少する結果となった。理由としては、女性被験者はボイスチェンジャーの有無に関わらず、男性相手に対して提案額を低く設定する傾向があり、声の変化が提案額を大きく変える要因にはならなかったと考えられる。

本研究では、被験者のデータ数が **32** と少なく効果量が小さい条件での差異を検出する統計的検出力が不足していたため、統計的に有意な結果が得られにくく、プロテウス効果の発現は見られなかった。また、実装環境がメタバース空間ではなく、擬似的な仮想空間だったため、プロテウス効果が確認されなかったと考えられる。今後の展望として、被験者やデータ数を増やし多様なサンプルを収集することと、VR ゴーグルなどを用いたメタバース空間下で、ボイスチェンジャーの影響を検証する必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり，指導教官の村上陽平教授から熱心なご指導，多大なる助言を賜りました。厚く感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Yee, N. & Bailenson, J.: The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research*, Vol. 33, No. 2, pp. 271–290 (2007).
- [2] Laurenceau, J. P., Barrett, L. F., & Pietromonaco, P. R.: Intimacy as an Interpersonal Process: The Importance of Self-Disclosure, Partner Disclosure, and Perceived Partner Responsiveness in Interpersonal Exchanges. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 74, No. 5, pp. 1238–1251 (1998)
- [3] Povinelli, K. C., & Zhao, Y.: Springboard, Roadblock or “Crutch”? : How Transgender Users Leverage Voice Changers for Gender Presentation in Social Virtual Reality. *Proceedings of the IEEE International Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, Vol. 2024, pp. 1–13 (2024).
- [4] Chadwick, K. A., Liao, D., Alter, I. L., Coleman, R., Andreadis, K., Riekkki, R., Waldman, J., Rives, H., Pitti, M., & Rameau, A.: Outcomes of Gender-Affirming Voice and Communication Modification Training for Non-Binary Individuals: A Case Series. *Journal of Voice*, Vol. 39, No. 1, pp. 12–22 (2023).
- [5] Champion, P.: An Exploratory Study on Linguistic Gender Stereotypes and their Effects on Perception. *University of Lorraine, Doctoral Thesis*, Nancy (2023).
- [6] 伊藤真一, 大場佑哉, 渡辺洋子: VR空間におけるパーソナルスペースに対する性の影響. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.28, No.2, pp.131-138 (2023).
- [7] Mehrabian, A.: Pleasure-Arousal-Dominance: A General Framework for Describing and Measuring Individual Differences in Temperament. *Current Psychology*, Vol. 14, No. 4, pp. 261–292 (1996).
- [8] Kao, D. Ratan, R. Mousas, C. & Magana, A. J.: The Effects of a Self-Similar Avatar Voice in Educational Games. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, Vol. 5, No. CHI PLAY, Article 238, pp. 1–28 (2021).

## 付録

### A.1 視覚的影響と音声変換に基づくプロテウス効果研究

Povinelli らは VRChat を用いてボイスチェンジャーがトランスジェンダーおよびジェンダーノンコンフォーミング (TGNC) ユーザーの性別表現にどのように影響を与えるかについてインタビューを行った[3]。被験者は 18 歳から 53 歳の 13 名が参加し、主にアメリカ、ブラジル、ドイツに在住しているユーザーを対象とした。参加者はすべて VRChat を主要なソーシャル VR プラットフォームとして使用しており、過去または現在ボイスチェンジャーを利用している経験があることが参加条件であった。性別アイデンティティとしては、トランス女性 10 名、トランスマスキュライン 2 名、アジェンダ 1 名が含まれている。

被験者が使用したボイスチェンジャーには多様な種類があり、参加者それぞれのニーズや技術的背景に応じて選択されていた。最も一般的に使用されていたのは Voicemod であった。Voicemod は AI を活用したリアルタイム音声生成機能と基本的な音声変更機能を備えており、Pro バージョンと無料版の両方が使用されていた。特に、一部の参加者は Voicemod の Persona AI ボイス機能を活用し、より自然で理想的な声を生成するために利用していた。

この実験の結果、ボイスチェンジャーの使用がトランスジェンダーおよびジェンダーノンコンフォーミング (TGNC) ユーザーのソーシャル VR 体験において、心理的および社会的に大きな肯定的影響をもたらすことが示された。ボイスチェンジャーの利用により、未変更の声を使用した場合に比べてハラスメントの軽減、声ディスフォリアの緩和、性別表現の強化に寄与していた。特に、声と性別アイデンティティの不一致が原因で発生するミスジェンダリングやハラスメントが減少し、参加者はより安全で快適な環境で VR を利用できるようになりユーザーは他者とのコミュニケーションにおいて安心感を持つことができた。また、被験者はボイスチェンジャーを通じて自分の性別アイデンティティに一致する声を体験することで、自分自身の声に対する心理的な不快感が軽減され、自己肯定感が向上した。特に、変更された声が自分自身の理想的な声に近いと感じた場合、参加者の満足が高まる傾向が観察された。さらに、ボイスチェンジャーを使用することで、アバターとの一致感が強化され、性別表現がより自然で一貫性のあるものとなり、性別表現に対する自信が向上した。このような体験は、

参加者の自己発見や性別アイデンティティの探求においても重要な役割を果たしていた。

## A.2 被験者群

被験者は20代の男女16名（男女各8名）を対象とした。被験者は、ボイスチェンジャー使用の有無と実験者の性別条件を基にランダムに全8群に分類され、各群に2名ずつを割り当てた(図5)。被験者は各群で、実験者と2回の対話タスクを実施する。ボイスチェンジャー使用群では、1回目は男性実験者、2回目は女性実験者と対話するパターンと、その逆の順序で対話するパターンの2種類に分ける。また、ボイスチェンジャーを使用しない群でも同様に、1回目と2回目で異なる性別の実験者と対話するパターンに分けた。

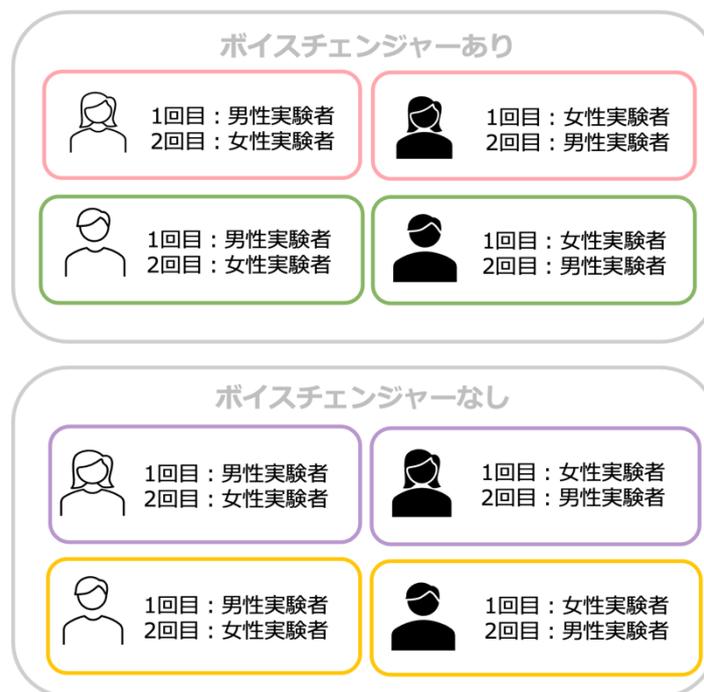


図5 被験者のグループ分け

## A.3 自己開示に関する分析

### A.3.1 三元配置分散分析 (Three-Way ANOVA)

本研究では、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別と

いう 3 つの独立変数が自己開示度に与える影響を調べるために三元配置分散分析を実施した。具体的な検定方法としては、被験者の自己開示度を従属変数とし、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別の 3 つを独立変数として設定し、Python のデータ解析ライブラリである statsmodels を用いてデータフレーム形式で全データを構築した。その後、statsmodels ライブラリの ols 関数を用いて線形モデルを構築し、anova\_lm 関数を用いて三元配置分散分析を実行した。また、三元配置分散分析をするにあたってのデータを表に整理した。(表 8)検定の結果については、以下の通りである。

ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別が提案額に与える主効果について分散分析を行った結果、いずれの要因においても統計的に有意な差は認められなかった (ボイスチェンジャーの使用有無 : (  $F = 0.3369$ ,  $p = 0.5670$  ), 実験者の性別 : (  $F = 0.1581$ ,  $p = 0.6944$  ), 被験者の性別 : (  $F = 0.3741$ ,  $p = 0.5465$  )。各要因間の交互作用について分析を行った結果、ボイスチェンジャーの使用有無と実験者の性別の交互作用は統計的に有意ではなかった (  $F = 0.0051$ ,  $p = 0.9437$  )。また、ボイスチェンジャーの使用有無と被験者の性別の交互作用についても統計的に有意ではなかった (  $F = 0.0517$ ,  $p = 0.8220$  )。さらに、実験者の性別と被験者の性別の交互作用についても有意な差は認められなかった (  $F = 0.0167$ ,  $p = 0.8984$  )。加えて、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別の三要因間の交互作用についても検討したが、統計的に有意な差は認められなかった (  $F = 0.0734$ ,  $p = 0.7888$  )。

表 8 三元配置分散分析 自己開示データ

被験者	男性				女性			
実験者	男性		女性		男性		女性	
ボイスチェンジャー	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
自己開示	3.05	3.6	3.45	2.7	3.25	1.9	2.85	2.55
	3.1	2.9	2.85	3.15	1.35	2.2	2.05	2.6
	2.4	3.0	3.35	3.75	4.0	2.7	3.95	2.55
	4.05	3.75	3.95	3.2	4.0	3.45	3.85	4.2

### A.3.2 対応なし t 検定

平均値の比較のために対応なし t 検定を行い、結果を箱ひげ図で表した(図 6)。まず、Python のデータ解析ライブラリである scipy を使用し、自己開示度のデータをボイスチェンジャーの使用有無に基づいた 2 つのグループに分け、t 検定を適用した。独立した 2 群間での平均値の差を比較するため、scipy.stats モジュールの ttest\_ind 関数を用いて分析を行った。まず、実験者の性別、ボイスチェンジャーの使用有無、および被験者の性別による自己開示度の比較を行うために、データを条件ごとに分割した。データフレーム内の変数 self\_disclosure (被験者の自己開示度) を従属変数として使用し、各条件に基づくグループを抽出した。まず、実験者の性別による自己開示度の違いを検討するため、実験者が男性の場合と女性の場合の被験者の自己開示度を比較した。次に、被験者の性別による影響を検討するため、被験者が男性の場合と女性の場合における自己開示度を比較した。さらに、ボイスチェンジャーの使用と実験者の性別が相互にどのような影響を与えるかを確認するため、ボイスチェンジャーを使用した条件での男性実験者と、使用しなかった条件での男性実験者における自己開示度を比較した。

実験者の性別、被験者の性別、およびボイスチェンジャーの有無と実験者の性別との交互作用について t 検定を用いて分析を行った。その結果、実験者の性別による比較では、統計的に有意な差は認められなかった( $t = -0.436$ ,  $p = 0.666$ ,  $p > 0.05$ )。また、被験者の性別による比較においても、有意な差は確認されなかった( $t = 0.762$ ,  $p = 0.452$ ,  $p > 0.05$ )。さらに、ボイスチェンジャーの有無と実験者の性別との交互作用についても検討したが、統計的に有意な差は認められなかった( $t = 0.386$ ,  $p = 0.705$ ,  $p > 0.05$ )。

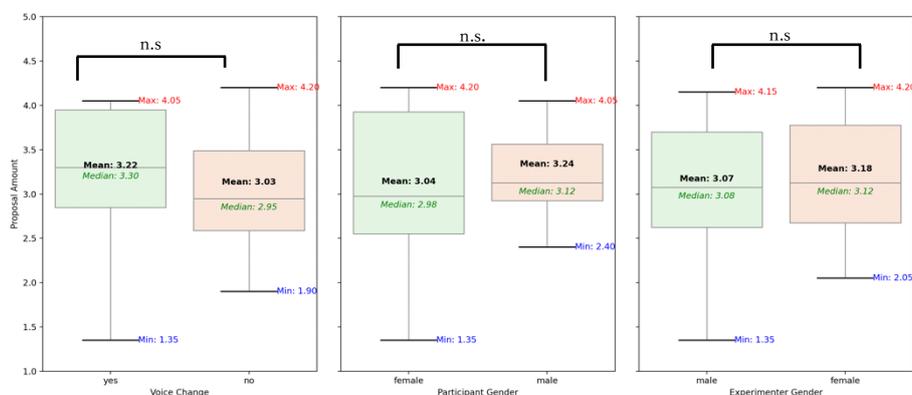


図 6 対応なし t 検定結果

## A.4 交渉態度の分析

### A.4.1 提案額に関する Fisher の正確性検定

検定を行うにあたって、被験者の提案額に応じて強気または弱気に分類した条件と、ボイスチェンジャーの有無という 2 つの要因に基づいて分析を行った。提案額の強気といえる金額の指標は 50 を提案する被験者が多いことを踏まえ、提案額が 51 以上の場合を強気として分析を行った。検定の結果については、以下の通りである。

第 1 ラウンドの結果では、被験者の性別とボイスチェンジャーの有無に関して、男性被験者では統計的に有意な差は認められなかった ( $p=1.0$ )。また、女性被験者においても有意な差は確認されなかった ( $p=0.280$ )。同様に、実験者の性別とボイスチェンジャーの有無についても分析を行った結果、男性実験者では統計的に有意な差は認められなかった ( $p=0.608$ )。また、女性実験者の場合も有意な差は確認されなかった ( $p=1.0$ )。第 3 ラウンドにおいても、同様の分析を行った結果、被験者の性別とボイスチェンジャーの有無に関して、男性被験者では統計的に有意な差は認められなかった ( $p=1.0$ )、また、女性被験者においても有意な差は確認されなかった ( $p=0.282$ )。実験者の性別とボイスチェンジャーの有無についても、男性実験者では有意な差は認められなかった ( $p=0.608$ )。また、女性実験者の場合も有意な差は確認されなかった ( $p=1.0$ )。

### A.4.2 提案額に関する三元配置分散分析(Three-Way ANOVA)

ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別という 3 つの独立変数が交渉行動に与える影響を調べるために、三元配置分散分析 (Three-Way ANOVA) を実施した。具体的な検定方法としては、被験者の提案金額を従属変数とし、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別の 3 つを独立変数として設定し、4.1.1 と同様に分析を行った。

第 1 ラウンドにおいて、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別が提案額に与える主効果について分散分析を行った結果、いずれの要因についても統計的に有意な差は認められなかった (ボイスチェンジャーの使用有無 : ( $F = 1.7305, p = 0.2008$ ), 実験者の性別 : ( $F = 0.0060, p = 0.9390$ ), 被験者の性別 : ( $F = 1.3473, p = 0.2572$ )). また、各要因間の交互作用についても分析を行った結果、ボイスチェンジャーの使用有無と実験者の性別の交互作用 ( $F = 0.0060, p = 0.9390$ ), ボイスチェンジャーの使用有無と被験者の性別の交互作用 ( $F = 0.1497, p = 0.7022$ ), 実験者の性別と被験者の性別の交互作用 ( $F =$

0.2934,  $p = 0.5930$ )のいずれにおいても統計的に有意な差は認められなかった。さらに、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別の三要因間の交互作用についても検討したが、統計的に有意な差は認められなかった( $F = 1.0120, p = 0.3245$ )(表 9)。

第3ラウンドにおいても同様の分析を行った結果、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別が提案額に与える主効果はいずれも統計的に有意ではなかった(ボイスチェンジャーの使用有無:( $F = 1.3908, p = 0.2498$ ), 実験者の性別:( $F = 0.4368, p = 0.5150$ ), 被験者の性別:( $F = 2.3783, p = 0.1361$ )。さらに、各要因間の交互作用について分析を行った結果、ボイスチェンジャーの使用有無と実験者の性別の交互作用( $F = 0.7996, p = 0.3801$ ), ボイスチェンジャーの使用有無と被験者の性別の交互作用( $F = 0.6249, p = 0.4370$ ), 実験者の性別と被験者の性別の交互作用( $F = 0.0002, p = 0.9898$ )のいずれについても統計的に有意な差は認められなかった。加えて、ボイスチェンジャーの使用有無、実験者の性別、被験者の性別の三要因間の交互作用についても検討したが、統計的に有意な差は認められなかった( $F = 0.2823, p = 0.6001$ )(表 10)。

表 9 三元配置分散分析 第1ラウンド提案額

被験者	男性				女性			
実験者	男性		女性		男性		女性	
ボイスチェンジャー	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
提案額	60	60	100	70	60	50	50	50
	60	60	55	50	50	50	50	50
	50	50	50	50	60	50	50	50
	50	50	50	40	60	50	55	55

表 10 三元配置分散分析 第3ラウンド提案額

被験者	男性				女性			
実験者	男性		女性		男性		女性	
ボイスチェンジャー	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
提案額	60	90	90	70	70	80	70	70
	60	70	60	55	70	65	70	70
	50	65	50	50	60	65	60	64
	40	40	30	45	50	65	50	55

#### A.4.3 提案額に関する対応なし t 検定

提案額のばらつきや性別間の差異をさらに詳細に検討するために、0 で用いた対応なし t 検定の手順と同様に、被験者の提案額についてボイスチェンジャーの使用有無、被験者の性別、実験者の性別という 3 つの条件ごとに対応なし t 検定で比較を行い、結果を箱ひげ図で表した。これらの分析は、第 1 ラウンドのみ、第 3 ラウンドのみ、および第 1 ラウンドと第 3 ラウンドの両方において実施した。また、被験者の提案額について実験者と被験者の性別の組み合わせごとでも分析し検定した。分析の結果については、以下の通りである。

第 1 ラウンド、第 3 ラウンドおよびその合計において、ボイスチェンジャーの使用、実験者の性別、被験者の性別が提案額に与える影響を分析した。第 1 ラウンドの結果では、ボイスチェンジャーの使用( $t = 1.391, p = 0.174$ )、実験者の性別( $t = 0.079, p = 0.937$ )、被験者の性別( $t = 1.219, p = 0.232$ )のいずれも統計的に有意な影響は認められなかった。また、第 3 ラウンドにおいても、ボイスチェンジャーの使用( $t = -0.908, p = 0.371$ )、実験者の性別( $t = 1.610, p = 0.118$ )、被験者の性別( $t = -1.610, p = 0.118$ )のいずれも統計的に有意な影響は認められなかった。さらに、第 1 ラウンドと第 3 ラウンドのデータを統合して分析を行った結果、ボイスチェンジャーの使用( $t = 0.157, p = 0.875$ )、実験者の性別( $t = 1.235, p = 0.222$ )、被験者の性別( $t = -0.434, p = 0.666$ )のいずれも統計的に有意な影響は確認されなかった。

次に、男性被験者について、ボイスチェンジャーの使用有無による提案額の比較を行った。第 1 ラウンドでは、相手が男性実験者である条件において、ボイスチェンジャーの使用による影響は統計的に有意ではなく( $t = 0.311, p = 0.772$ )、ボイスチェンジャー使用時の提案額の平均値は 2.50 高く、中央値は 5.00 低かった。また、相手が女性実験者である条件においても有意な差は認められず( $t = 0.823, p = 0.452$ )、ボイスチェンジャー使用時の平均値は 11.25 高く、中央値は 2.5 高かった(図 7)。第 3 ラウンドでは、相手が男性実験者である条件において、ボイスチェンジャー使用時の提案額は有意な差を示さなかった( $t = -1.212, p = 0.289$ )が、平均値は 13.75 低く、中央値は 12.5 低かった。一方、相手が女性実験者である条件では、ボイスチェンジャーの有無による影響は統計的に有意ではなく( $t = 0.184, p = 0.863$ )、平均値と中央値はともに 0.25 高かった(図 8)。

同様に、女性被験者についてもボイスチェンジャーの使用有無による提案額の比較を行った。第 1 ラウンドでは、相手が女性実験者である条件において、ボ

イスチェンジャーの使用有無による提案額は全く同じであり ( $t = 0.000$ ,  $p = 1.000$ ), 統計的に有意な差は確認されなかった(図 9). 一方, 相手が男性実験者である条件では, ボイスチェンジャーを使用した場合に提案額が高い傾向が見られたものの, 統計的に有意な差とはならなかった ( $t = 3.000$ ,  $p = 0.058$ ). この条件では, ボイスチェンジャー使用時の提案額の平均値が 7.5 高く, 中央値が 10.00 高かった. 第 3 ラウンドでは, 相手が女性実験者である条件において, ボイスチェンジャーの使用による影響は統計的に有意ではなく ( $t = -0.378$ ,  $p = 0.720$ ), ボイスチェンジャー使用時の平均値は 3.75 低かったが, 中央値は変わらなかった. また, 相手が男性実験者である条件においても, 有意な差は認められず ( $t = -0.635$ ,  $p = 0.550$ ), ボイスチェンジャー使用時の平均値は 2.25 低く, 中央値は 2.00 低かった(図 10).

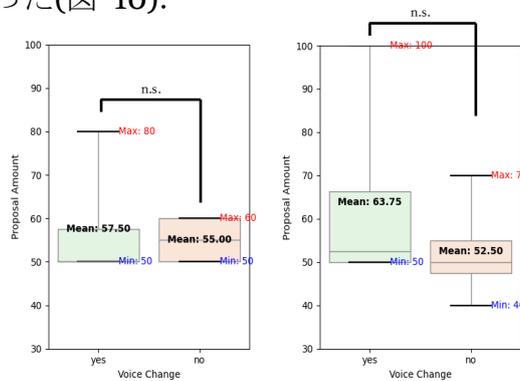


図 7 男性被験者の第 1 ラウンド t 検定結果

左：男性被験者と男性実験者 右；男性被験者と女性実験者

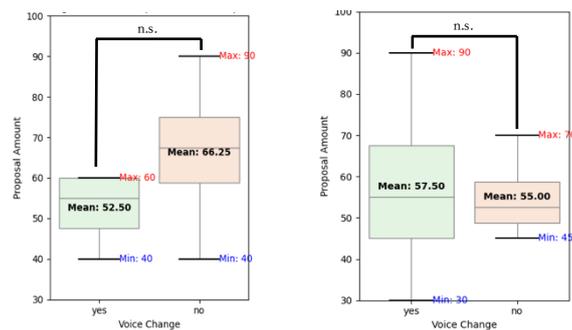


図 8 男性被験者の第 3 ラウンド検定結果

左：男性被験者と男性実験者 右；男性被験者と女性実験者

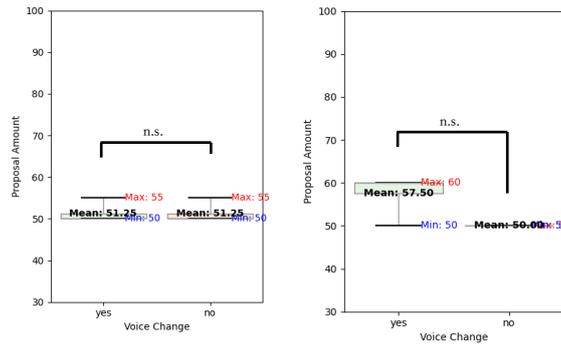


図 9 女性被験者の第3ラウンド検定結果

左：女性被験者と女性実験者 右；女性被験者と男性実験者

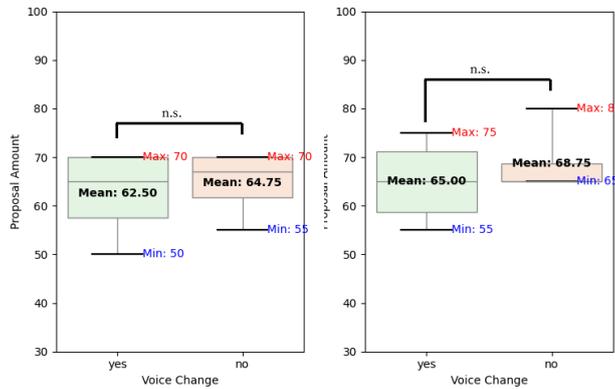


図 10 女性被験者の第1ラウンド検定結果

左：女性被験者と女性実験者 右：女性被験者と男性実験者

#### A.4.4 受諾可否に関する Fisher の正確検定

Fisher の正確性検定とは、データ数が少なく、クロス集計表内に期待度数が 5 未満のセルが含まれる場合に適した分析手法である。検定を行うにあたって、被験者の受諾行為と、ボイスチェンジャーの有無という 2 つの要因に基づいて分析を行った。また、ボイスチェンジャーを使用した女性と地声の男性、およびボイスチェンジャーを使用した男性と地声の女性の組み合わせにおいても提案額の比較を行った。この比較により、擬似的に使用している音声と地声の音声の性別が同じ場合の提案行動に違いが生じるのかを検証する。

具体的な検定方法については、要素ごとにクロス集計表を作成し、Fisher の

正確性検定を用いて  $p$  値を算出した。Fisher の正確性検定は、Python のライブラリである `scipy.stats` に含まれる `fisher_exact` 関数を用いて実行した。第 2 ラウンドおよび第 4 ラウンドにおけるボイスチェンジャーの使用有無による提案額の比較検定の結果については、以下の通りである。

第 2 ラウンドの結果では、被験者の性別ごとの比較において、男性被験者と女性被験者のいずれの場合も、ボイスチェンジャーの使用有無による提案額の差は統計的に有意ではなかった（男性被験者： $p=1.0$ ，女性被験者： $p=1.0$ ）。また、実験者の性別ごとの比較においても、男性実験者と女性実験者のいずれの場合も、統計的に有意な差は認められなかった（男性実験者： $p=1.0$ ，女性実験者： $p=1.0$ ）。さらに、被験者と実験者の組み合わせごとの分析を行ったが、いずれの条件においても有意な差は認められなかった（男性被験者が女性実験者と交渉した場合： $p=1.0$ ，男性被験者が男性実験者と交渉した場合： $p=1.0$ ，女性被験者が女性実験者と交渉した場合： $p=1.0$ ，女性被験者が男性実験者と交渉した場合： $p=1.0$ ）。同様に、第 4 ラウンドにおいても、被験者の性別ごとの比較では、男性被験者と女性被験者のいずれの場合も、ボイスチェンジャーの使用有無による提案額の差は統計的に有意ではなかった（男性被験者： $p=1.0$ ，女性被験者： $p=1.0$ ）。また、実験者の性別ごとの比較においても、男性実験者と女性実験者のいずれの場合も、統計的に有意な差は認められなかった（男性実験者： $p=1.0$ ，女性実験者： $p=1.0$ ）。