

Title	VRを用いたスピーチ練習における仮想聴衆の人数と発表者の心理的負荷の関係
Author(s)	近藤, 亘
Citation	
Issue Date	2025-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/19720
Rights	
Description	Supervisor: 藤波 努, 先端科学技術研究科, 修士 (知識科学)

修士論文

VRを用いたスピーチ練習における仮想聴衆の人数と発表者の心理的負荷の関係

近藤 亘

主指導教員 藤波 努

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術専攻
(知識科学)

令和7年3月

Abstract

In this study, three hypotheses were formulated and tested regarding the relationship between the number of virtual audience members and the psychological load of speech presenters. I investigated the psychological load of the presenters based on subjective questionnaires during the experiment, biometric data during speech practice, and self- and peer-ratings during the speech performance.

Public speaking is an important skill in today's society. However, public speaking tends to cause tension. In order to reduce the psychological burden of public speaking, research on speech support using VR has been conducted since the development of the head-mounted display, and VR-based speech support research has the advantage that the environment can be freely changed. However, the influence and effect of such environmental factors have not been fully clarified. In particular, the relationship between the number of audience members and the psychological load of the speech presenter has not yet been clarified, although it has been verified for audience attitude.

For these reasons, this study aimed to elucidate the relationship between the number of virtual audience members and the psychological load of speech presenters, and three hypotheses were formulated.

【I】 Subjective psychological load increases linearly with the number of virtual audience members after the experimental stimuli.

【II】 Physiological responses during speech practice showed an increasing trend over time, and its slope increased with the increase of the number of virtual audience members.

【III】 Self- and peer-ratings will become lower as the number of virtual audience members increases during the speech performance.

I attempted to achieve our objectives by testing the above three hypotheses.

A preliminary experiment was conducted prior to the main experiment. The first was to quantitatively evaluate whether the presence or absence of a virtual audience had an effect on the presenter. Second, to determine whether the data obtained were reliable and could be used in the main experiment. Finally, the surplus variable in the experimental environment of the preliminary experiment was removed to create an experimental environment that focused on the objective variable, the number of people in the audience.

In a preliminary experiment, 12 experimental participants were classified into two groups, one without audience and the other with audience, according to the In-

terpersonal Anxiety Scale, to investigate the difference in anxiety state depending on the presence of a virtual audience.

As a result, differences in STAI (A-State), blood pressure, and pulse rate were confirmed in the overall anxiety fluctuation between the groups with and without the speech task. However, during the speech devising phase, there was a difference in anxiety variability between the two groups, suggesting that the speech task was inappropriate. The luminance factor was also unclear during the speech practice phase. Furthermore, the venue and the avatar used in the experiment also showed some problems, and further improvement is desirable in this experiment.

This experiment was conducted with 18 participants. The participants were divided into three conditions according to the Personal Report of Confidence as a Speaker (PRCS): no audience (Group A), one audience (Group B), and five audience (Group C). The experiment was conducted in the following order: explanation of the experiment, speech structure development, speech practice, performance, and reflection report. The participants wore HMDs only during the speech practice phase, and a subjective questionnaire was administered at the end of each phase.

The results partially supported hypothesis **【I】**. Overall, the subjective psychological load did not show a fixed variation with the increase in the number of virtual audience members. Different changes were observed in the subjective questionnaire for state anxiety and nervousness after the speech practice and after the actual performance. This indicates that the psychological load does not increase monotonically with the increase in the number of participants in the subjective evaluation.

Hypothesis **【II】** was not supported. In the absence of a virtual audience, physiological psychological load showed a decreasing trend. However, when there was only one virtual audience, physiological psychological load tended to increase with time, but no correlation was observed in the 5-people virtual audience condition. 5-people virtual audience condition showed persistent anxiety, resulting in both sympathetic and parasympathetic nervous system hyperactivity and no physiological response.

Hypothesis **【III】** was not supported. 1-person virtual audience condition had the lowest self-rating and the highest peer rating. In the five-person audience condition, persistent anxiety was considered to decrease performance. In addition, VR practice was not effective in the no virtual audience condition, indicating that the results were dependent on the individual's original ability.

In this study, the hypothesis was not supported, but some relationship was found between the number of virtual audience members and the psychological load of the presenter. This result contributes to the clarification of speech anxiety. In

addition, the acquired pupil diameter data and gaze data will be useful information for future research on speech support using VR. However, there are still various issues to be solved, such as the inadequacy of the experimental environment and the number of subjects, so further improvement and additional verification are needed in the future.

目次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 スピーチの重要性	1
1.1.2 スピーチによる心理的負荷の軽減	1
1.1.3 VRを用いたスピーチ支援研究の現状	3
1.2 目的	4
1.2.1 研究意義	5
1.3 本論文の構成	6
第2章 関連研究	7
2.1 はじめに	7
2.2 関連研究	7
2.2.1 VRを用いた不安軽減への有効性	7
2.2.2 聴衆人数による不安変動	8
2.2.3 瞳孔の活用	8
2.2.4 眼球運動に基づくスピーチ支援の可能性	11
2.3 本研究の位置づけ	11
2.4 おわりに	12
第3章 予備実験	13
3.1 はじめに	13
3.2 実験方法	14
3.2.1 実験参加者	14
3.2.2 実験環境	14
3.2.3 主観的指標	17
3.2.4 生体指標	17
3.2.5 実験手続き	18
3.3 結果	20
3.3.1 スピーチ練習前後の主観評価と生体情報	20
3.3.2 スピーチ練習中の眼球データ	21
3.4 考察・課題	24
3.4.1 実験全体の不安変動	24

3.4.2	スピーチ練習中の不安変動	27
3.5	おわりに	28
第4章	本実験	29
4.1	はじめに	29
4.2	実験方法	29
4.2.1	実験参加者	29
4.2.2	VR 空間	30
4.2.3	測定項目	34
4.2.4	実験手続き	35
4.2.5	スピーチ評価	38
4.3	結果	39
4.3.1	主観的評価	39
4.3.2	練習中の生体情報	42
4.3.3	スピーチ本番の自己・他者評価	45
4.3.4	内省報告	46
4.4	考察	46
4.4.1	主観的な心理負荷の変動	47
4.4.2	スピーチ練習中の瞳孔変動	52
4.4.3	スピーチ本番への効果	55
4.4.4	総合考察	59
4.5	おわりに	61
第5章	結論	62
5.1	本研究のまとめ	62
5.2	課題	63
	謝辞	65
	学外での発表	66
	付録 A 予備実験	73
	付録 B 本実験	76

図 目 次

1.1	Spyridonis et al. (2024) にて構築されたスピーチ環境	3
1.2	Balachandran et al. (2024) にて構築されたスピーチ環境	3
1.3	支援的態度（左）と非支援的態度（右）(KroczeK & Muhlberger, 2023)	4
1.4	本研究で提示した仮説	5
3.1	予備実験の目的	13
3.2	採用した聴衆アバター	15
3.3	聴衆無し会場	16
3.4	聴衆有り会場	16
3.5	オムロン上腕式血圧計 HEM7313	18
3.6	キャリブレーションソフトウェア	19
3.7	予備実験手続き模式図	20
3.8	瞳孔直径	22
3.9	視線方向（X）	23
3.10	視線方向（Y）	24
3.11	STAI（A-State）増減率	25
3.12	血圧増減率	26
3.13	脈拍増減率	27
4.1	作成したモデル（model1）	31
4.2	作成したモデル（model2）	31
4.3	作成したモデル（model3）	32
4.4	作成したモデル（model4）	32
4.5	作成したモデル（model5）	33
4.6	聴衆無し会場（A 群）	33
4.7	聴衆有り（1 人）会場（B 群）	34
4.8	聴衆有り（5 人）会場（C 群）	34
4.9	本実験手続き	38
4.10	Box でのスピーチ動画管理	39
4.11	IPQ 平均スコア	41
4.12	条件ごとの瞳孔直径	43
4.13	X 軸視線方向	44

4.14 Y 軸視線方向	45
4.15 聴衆人数の増加と状態不安の関係	49
4.16 聴衆人数の増加と緊張の関係	50
4.17 STAI (A-State) 増減率	51
4.18 TMS 緊張増減率	52
4.19 時系列瞳孔変動	54
4.20 最初の 1 分を基準とした脈拍増減率	54
4.21 1 分ごとの視線ベクトル量	55
4.22 聴衆の人数と自己・他者評価の関係	57
4.23 スピーチ本番の自己評価	58
4.24 スピーチ本番の他者評価	59
5.1 予備実験瞳孔変動	75
5.2 予備実験 1 分ごとの視線ベクトル量	75
5.3 A 群の焦点割合	78
5.4 B 群の焦点割合	79
5.5 C 群の焦点割合	80
5.6 1 分ごとの瞳孔時間変動	81

表 目 次

2.1	瞳孔変動要因一覧	10
3.1	対人不安感尺度スコア平均 ± 標準偏差	14
3.2	PC 環境	17
3.3	STAI (A-State) 平均値 ± 標準偏差	20
3.4	最高血圧の平均値 ± 標準偏差	20
3.5	最低血圧の平均値 ± 標準偏差	21
3.6	脈拍の平均値 ± 標準偏差	21
4.1	PRCS 平均 ± 標準偏差	30
4.2	内省報告で行ったアンケート	37
4.3	STAI (A-State) 平均値 ± 標準偏差	40
4.4	TMS 下位尺度の平均値 ± 標準偏差	40
4.5	IPQ 各項目の t 検定結果	41
4.6	脈拍平均値 ± 標準偏差	45
4.7	SPQ スコアの平均値 ± 標準偏差	46
5.1	予備実験眼球データ：各群の各項目の平均±標準偏差	73
5.2	本実験眼球データ：各群の各項目の平均±標準偏差	76
5.3	瞳孔直径に関する各時間区間の比較結果	82
5.4	「Q1.VRでのスピーチ練習中、どのくらい緊張しましたか?」に対する回答	83
5.5	「Q2.VRでのスピーチ練習中、アバターの聴衆を意識しましたか?」に対する回答	84
5.6	「Q3.VRでのスピーチ練習中、聴衆以外に何か意識したことはありますか?」に対する回答	85
5.7	「Q4.VRでのスピーチ練習中に関して、その他意見はありますか? (改善案, 実験環境の不備等)」に対する回答	87
5.8	「Q5. スピーチ本番に関して、聴衆 (カメラ) をどのくらい意識しましたか?」に対する回答	88
5.9	「Q6. スピーチ本番に関して、VRでの練習が本番にどのくらい影響したと思いますか?」に対する回答	90

5.10 「Q7.VR でのスピーチ練習は本番に効果的だと思いますか?」 に対する回答の平均 $\pm$ 標準偏差	92
5.11 「Q8. その他, 自由に感想をお書きください。」 に対する回答	92

第1章 序論

1.1 研究背景

1.1.1 スピーチの重要性

企業における企画の提案や商品の宣伝，学会における研究発表など，多人数の聴衆を相手に説得力を持たせて物事を伝えることが求められる場面が増えている．規模の大小に関わらず，誰もが人前でのスピーチを経験しており [7]，スピーチ能力は現代社会を送る上で不可欠なスキルとされている．

日本経済団体連合会の新卒採用に関するアンケート調査結果 [1] では，企業が採用にあたって最も重視する要素としてコミュニケーション能力を挙げており，82.4 % と極めて高い結果であった．また，文部科学省 [25] は国語力を構成する四つの力の一つとして「表す力」を掲げており，「会議や集会などで，自分の考えや意見を適切に発表することができる」ことを目標としている．このように，スピーチは教育や職業の現場で重要視されるスキルであることがわかる．

しかし，そうした重要性の一方で，人前での発表に関しては緊張や不安が生じやすく，思い通りに話を伝えることが難しい．特にスピーチ不安に関しては，75 % もの人がスピーチ不安を感じたことがあり，その大半が学生であることが知られている [41]．

不安反応には心理的（心理的に緊張し，主観的には非常に強く不快に感じる），生理的（心臓がドキドキする，冷や汗をかく，手足が冷たくなる，身体に力が入る，呼吸が早くなる），行動的（不安を感じる場面を回避する等の行動の変化）といった3つの次元があり，各反応次元間の変化に関連性が確認される場合もあれば，確認されない場合もある [19][21]．

吉澤 [27] はスピーチ不安を生じさせる要因として，話者の特性に起因するものと聴衆の特性に起因するものがあることを指摘した．話者の特性には対人不安を挙げており，他者からの否定的な評価に対する恐れが関連するとした．聴衆の特性は，聴衆の有無・規模，聴衆の属性を挙げた．

1.1.2 スピーチによる心理的負荷の軽減

1.1.1 で示したようなスピーチによる心理的負荷を軽減するための研究が盛んに行われてきた．島津 [8] はスピーチ不安に対し，呼吸法と数息観が及ぼす効果につ

いて認知、生理、行動の3側面から調査し、呼吸法・数息観がスピーチ不安の自己コントロール技法として有効であることを示した。岡林ら[3]はイメージトレーニングが持つスピーチ不安への効果を生理的・主観的側面から調べた。

従来のスピーチ不安への対策に関する研究の他に、生体情報のフィードバックを行うことによって不安を軽減する手法も模索されてきた。Costaら[36]は腕時計デバイスにより実際より遅い心拍数をフィードバックし、緊張・不安を低減した。Markら[45]はスピーチの練習中に声の高さ、フィラーワード（「あー」や「えーと」などの言葉）、1分あたりの単語数をフィードバックし、緊張や不安の軽減を試みた。

近年では、VR（Virtual Reality）の発展からVRを用いたスピーチ支援の研究も実施されてきた。VRを用いたスピーチでは聴衆の反応や人数を自由に設定することができ、個別に最適なスピーチ環境を作り上げることができる。

こうした利点から、Spyridonisら[54]は人前でのスピーチ不安を抱える成人への不安改善に貢献することを目的として、仮想空間にて練習用スピーチ環境を構築した。結果として、Spyridonisらのシステムは主観的アンケートにおいて、スピーチ不安の改善が示された。

また、Balachandranら[31]も同様に、大学生を対象にスピーチ恐怖を克服するためのVRスピーチ環境システムを開発し、アンケート調査からシステムがスピーチ恐怖の緩和に有効であるかを検証した。結果として、開発したシステムは大学生のスピーチ不安への克服に有用であることが示唆された。特に、VR環境のリリアリティがトレーニングの効果を高めているとBalachandranらは考察しており、リアルな3Dオブジェクトを使用することが没入感のある体験を生み出す上で重要な役割であるとしている。また、Balachandranらのシステムでは、仮想聴衆に対して頷きや質問を投げかけるといった双方向性な要素を与えており、このような聴衆とのインタラクションが発表者の没入感をより高めることになった。



図 1.1: Spyridonis et al. (2024) にて構築されたスピーチ環境



図 1.2: Balachandran et al. (2024) にて構築されたスピーチ環境

1.1.3 VR を用いたスピーチ支援研究の現状

1.1.2 で述べたようにスピーチの心理的負荷を軽減するための研究が実施されており，VR の利用により一層効率的に心理的負荷の軽減が可能になった．しかしながら，VR を用いたスピーチ支援研究において，操作できる環境要因についての影響と効果は十分に解明されていない．

KroczeK & Muhlberger[43] は VR 空間でのスピーチ練習において，練習中の仮想聴衆の効果について検証を行った．KroczeK と Muhlberger は，スピーチ練習時

の仮想空間として、1) 支援的態度をとる聴衆の前での練習、2) 非支援的態度をとる聴衆の前での練習、3) 聴衆がいない会場での練習の3条件を比較し、練習時の仮想聴衆の態度の違いが発表者のパフォーマンスにもたらす影響を調べた。結果として、支援的態度をとる聴衆の前で練習を行ったグループは非支援的態度を示した聴衆の前で練習を行ったグループよりも高い自己評価を示した。また、客観的評価に関しても支援的聴衆前での練習グループがより自信があるとみなされた。仮想聴衆の態度が発表者の自信に作用し、実際の発表パフォーマンスの向上につながる可能性が示唆された。

また、Pertaubら [50] も同様に、仮想聴衆の態度に対する発表者の不安反応を調査した。発表時の聴衆の態度として、肯定的聴衆、中立的聴衆、否定的聴衆の3条件を比較し、仮想聴衆による発表者の不安差を検証した。その結果、事前のスピーチ不安アンケートに対し、肯定的聴衆・中立的聴衆の不安反応は正の相関を示した。一方で、否定的聴衆は事前アンケートのスコアに関係なく、不安反応を誘発させることが分かった。

このように発表前・発表時の聴衆態度について研究が進められてきた一方で、仮想聴衆の人数が発表者の心理的負荷や発表パフォーマンスに与える影響については十分な検討がなされていない。これまでの研究が示すように、聴衆の態度が発表者の心理に影響を及ぼすことが明らかになっているが、聴衆人数という重要な環境要因がどのように作用するかについての知見は明確になっていない。現実空間において聴衆の人数の違いが発表者のストレスを変動させることが示唆されており [32]、仮想空間においても聴衆人数が重大な環境要因であることは明らかである。



図 1.3: 支援的態度（左）と非支援的態度（右） (KroczeK & Muhlberger, 2023)

1.2 目的

本研究の目的は仮想聴衆の人数とスピーチ発表者の心理的負荷の関係を解明することである。本研究では、次のような仮説を立て、仮説を検証する形で目的を達成する。

【I】実験刺激後、主観的な心理的負荷は仮想聴衆人数の増加に従って線形的に増加する。

【II】スピーチ練習中の生理的反応は時間経過に従い増大傾向を示し、その傾きは仮想聴衆人数の増加に従い増加する。

【III】スピーチ本番において仮想聴衆の人数増加に伴い、自己・他者評価が低くなる。

仮説【I】により実験全体の心理的負荷を、仮説【II】により各刺激に対する生理的反応を、仮説【III】により刺激からの出力結果を検証する。こうした対応によって、スピーチ発表者の心理的負荷の解明を行う。

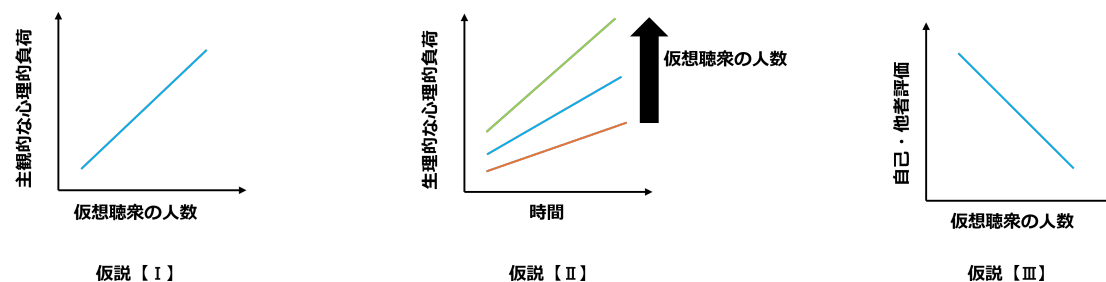


図 1.4: 本研究で提示した仮説

1.2.1 研究意義

近年、スピーチの心理的負荷に関する研究では心理的要因に焦点を当てたアプローチが多く採用されており、アンケート調査を基にしたデータが主流である。しかし、主観的指標のみでは発表者の心理的負荷の全体像を捉えきれない場合が多く、特に生理学的データに基づいた客観的な評価は十分に行われていないのが現状である。このような背景を踏まえ、本修士研究ではスピーチ練習中の生体情報と眼球データを取得し、それらが発表者の心理的負荷に与える影響を解析する。

特に、瞳孔直径は交感神経・副交感神経と密接に関連しており、心理的負荷を評価する上で最適な指標である。しかし、従来のスピーチ研究ではほとんど活用されておらず、新たな知見を提供する可能性がある。こうした生理学的測定を導入は、発表者の心理的負荷メカニズム解明に寄与するとともに、心理的観点からの研究を補完するものである。

さらに、本研究の成果は工学的応用の面でも有用である。例えば、アイトラッキングを活用して取得したデータやその他の生体情報は、スピーチ練習支援システムの開発や精度向上に活用できる可能性がある。関連研究では、仮想聴衆からのフィードバックが発表者のパフォーマンス向上に効果的であることが示されている [31]。これに加え、生体情報を基にしたフィードバックがスピーチ練習の効果

を高めるという報告 [11][14][18] もあり，仮想聴衆のフィードバックと組み合わせることでさらなる効果が期待される．

以上のように，本修士研究は心理的観点と工学的観点の双方からスピーチ研究を発展させるものであり，新たな知見の提供や実践的な応用を通じて，発表者の心理的負荷軽減および練習支援技術の向上に寄与することが期待される．

1.3 本論文の構成

本修士論文は次のように構成されている．はじめに，1 章で研究背景と目的，研究意義を明確にした．第 2 章では関連研究を示す．第 3 章では，本実験前に行った予備実験を述べる．第 4 章では本実験を記述した．最後に，結論と本研究の課題を提示し，本修士論文のまとめとする．

第2章 関連研究

2.1 はじめに

本章では関連した研究を述べ、本修士研究の位置づけを示す。

関連研究として、VRを用いた不安軽減の有効性にて述べた。また、聴衆人数によって不安変動するのか、現実空間での研究や仮想空間での研究を紹介した。本研究で使用する瞳孔直径はどのような要因で変動し、どのように活用されているのか、いくつかの研究事例から確認した。また、本研究は第1章で述べたように、工学的活用の面でも有用である。その為、現状のVRスピーチ練習システムにおける生体情報フィードバックやVRと生理的データの融合についても記載した。その後、本研究の立ち位置を記し、目的を提示した。

2.2 関連研究

2.2.1 VRを用いた不安軽減への有効性

Parsons & Rizzo[49]はVR曝露療法(VRET)の有効性を調査した研究をレビューした。曝露療法は不安喚起刺激に繰り返し曝露することによって、不安症状を和らげるものであるとされており[4]、VRを用いた曝露療法がHMDの発展から実施されてきた。ParsonsとRizzoはVRET後、不安症状が大幅に改善していることを示し、VRETは不安や恐怖症状を軽減できることを示唆した。

また、渡邊ら[28]はスピーチ時におけるVRETと現実での曝露療法(IVET)を不安喚起、社交不安影響から比較・検討を行った。結果として、どちらの療法においても不安を喚起させることが示されたが、VRETの方が不安の上昇が緩やかであり、安全性が高いことが示された。また、スピーチ課題の様子をビデオで撮影しフィードバックする(VF)と組み合わせた場合、IVETの方が社交不安への影響が大きいと考えられた。

渡邊らの研究は実験参加者に社交不安が疾患レベルにない大学生・大学院生を対象としており、社交不安傾向のない学生においてもVRを用いたスピーチ不安研究は有効であることが示唆された。

上述のように、VRを用いた不安の軽減アプローチは有用であり、スピーチ不安においてもVRを活用し有効な方法であることが確認できる。

2.2.2 聴衆人数による不安変動

話者の不安は聴衆人数が増加するに従って高まっていくことが知られているが [27], Bosch ら [32] は現実にて聴衆の人数の変化 (0 人, 1 人, 4 人) がスピーチ時のストレスレベルに影響を与えるかを調査した. 結果として, 不安や否定的感情は聴衆人数に関連せず, 聴衆ありの場合に高い値を示した. また, 心拍と唾液コルチゾール反応に関しては, 4 人の聴衆前で行ったスピーチの場合に 0 人・1 人と比較して有意に高い値を示した.

現実空間だけでなく, 仮想空間においても聴衆は不安を発生させる重要な要素であることが先行研究から示されており [44], 仮想聴衆に対しても検証が行われている.

Slater ら [53] は被験者を人前で話すことに自信のある被験者とスピーチ不安傾向の被験者に分類し, 仮想聴衆の有無による心拍変動を調査した. 仮想聴衆は 5 人であり, 中立的態度を示した. 結果として, 不安傾向を示す被験者は仮想聴衆がいる場合, 無聴衆の場合と比較して心拍数が有意に高くなった. 一方で, スピーチに自信を持つ被験者には聴衆の有無に差はあらわれなかった. 仮想聴衆の有無が被験者の心拍に影響を及ぼしていることが示唆された.

このように, 仮想聴衆の有無が発表者の不安に影響を与えることは心拍データより示唆されている. しかし, スピーチ練習時の仮想聴衆の人数の変動による不安の変化は明らかになっておらず, ほとんどの場合, 生理情報は心拍や脈拍に依存している.

上述のような聴衆人数の有無にのみ着目した研究のほか, 聴衆人数の変動のみがスピーチ不安に影響を与える要因ではないとする研究も存在する. Ye ら [58] は, 人前での発表において発表者の不安に寄与する外的要因に対してオンラインでのアンケート調査を行った後, 因子分析および多重回帰による解析を施して要因の特定を試みた. 結果として, 混合効果モデルによって部屋サイズと聴衆人数と聴衆態度の間に有意な相互関係があることが確認された. この研究において, 人前でのスピーチ不安は部屋サイズと聴衆人数と聴衆態度の 3 つの要因が相互に関連することで変化すると示唆された.

しかし, Ye らの研究ではオンライン上でのアンケート調査に基づいており, 回答者がどこに注目して不安度を回答したのか定かではない. 本修士研究では仮想聴衆に対してのみ着目して研究を進めたが, VR にて発表練習者の視線を取得しており, Ye らが研究の限界として挙げた PC のディスプレイでは臨場感を与えられないといった欠点も満たした.

2.2.3 瞳孔の活用

瞳孔の散大は交感神経支配による瞳孔散大筋によって起こり, 瞳孔の収縮は副交感神経支配の瞳孔括約筋によって生じる [22]. その為, 交感神経と副交感神経の

指標として利用されており，非接触測定であることから比較的簡単に測定することが可能であり，様々な用途に使用できる [55]．瞳孔変動は知覚・言語処理・記憶・意思決定・感情などさまざまな認知プロセスを反映することが示されてきた [5]．また，緊張やストレスによっても瞳孔は変動し，ストレス評価の指標として用いられている．その他，瞳孔直径の変動要因を 2.1 に記す．

田場ら [12] はストレス時における瞳孔直径の変化を解析した．身体的ストレス，精神的ストレスによって瞳孔の変動に違いが確認でき，精神的ストレスの場合には時間経過に伴い散大傾向が確認できた．田場らは瞳孔はストレス負荷がかかった際，ストレスの種類によって異なった変化を示すと述べており，精神的ストレスを評価する指標として有効であることが示唆された．

仮想空間においても瞳孔に着目した研究が行われている．Zheng ら [60] は感情分類のため，HMD による瞳孔計測を行った．従来の感情分類研究では，脳波・心電信号に依存し，2 か 3 のクラスに分類されているだけであり，実験刺激がディスプレイ画面から提示される場合がほとんどであった．Zheng らの研究では，VR からの実験刺激を利用し，瞳孔直径のデータから感情を認識するアプローチ法を考案した．

また，中村・河合 [16] は，モーションベースによる歩行感覚の評価として，実験中の被験者の瞳孔直径と視線移動量を使用した．彼らは仮想空間での歩行運動において，モーションベース（足踏み装置）を利用し，仮想歩行体験のユーザー体験をアンケート調査および眼球データから評価した．その結果，瞳孔直径から VR 酔いやモーションベース刺激の好ましさを評価し，視線移動量から被験者の注意散漫時を判断することができた．

これらの研究は，瞳孔を用いた VR 環境での評価の可能性を示している．しかしながら，スピーチ不安のような心理的負荷に焦点を当てた研究は少なく，仮想聴衆の環境要因が瞳孔や心理状態に与える影響については未解明の部分が多い．

表 2.1: 瞳孔変動要因一覧

要因	詳細
光反射	照明強度の増加により縮瞳し，照明強度の低下により散瞳する
暗反射	定常の光順応の中断による瞬間的な散瞳．光反射とは異なるメカニズム
共感反射	片眼への刺激が両眼に等しく影響を与える現象
近見反射	焦点位置の減少に伴い縮瞳が生じる
閉瞼反射	瞬間的な縮瞳とそれに続く再散瞳が観察される
瞳孔跳躍 (hippus)	瞳孔径が連続的に変動する現象
心理感覚反射	外的刺激によって抑制されていた反射が回復する現象
年齢	加齢により瞳孔径が減少し，変動性が増加する傾向
慣れ	瞳孔径が減少し，縮瞳の速さが増加，反射強さが低下する現象
疲労	瞳孔径の減少，跳躍振幅と周波数の増加が起こる．加齢はこれを増強する
警戒・リラックス	警戒時には瞳孔サイズが減少し，リラックス時には瞳孔サイズが増加する
意味的刺激	高い知覚的意味値に関連して瞳孔径が小さくなる現象
味	快適な味覚 (pleasant taste) は散瞳を誘発する
情報処理負荷	課題の難易度が増加すると、瞳孔径も散大する
作業関連反応	運動反応により瞳孔反応が増大する現象
動機	簡単な課題において瞳孔径が増加する傾向が見られる

『Q & A によるひとを対象とした実験ガイド 人間工学における心理生理学的研究』[22] から一部加筆修正.

2.2.4 眼球運動に基づくスピーチ支援の可能性

生体情報を基にしたフィードバックがスピーチ練習の効果を高めることは既に多くの研究の中で示されており [11][14][18], VR を用いたスピーチ練習システムと生体情報フィードバックを組み合わせることでより効果的かつ個別最適化支援が期待できる.

Chollet ら [35] は, 視覚的フィードバックと仮想聴衆からのインタラクティブなフィードバックを比較し, アイコンタクトや会話の中断やフィラーワードの回避といった非言語的コミュニケーションスキルを向上しようと試みた. どちらの方法においても非言語コミュニケーションは向上することが確認できたが, Chollet らは仮想聴衆からのインタラクティブなフィードバックは長期的なトレーニングに用いることができると考察した.

Geng ら [37] は, 面接の不安改善とパフォーマンス向上のため, VRET とバイオフィードバック療法を組み合わせた事前トレーニングシステムを開発した. 彼らは身体動作・表情・脳波 (EEG) からユーザの精神状態を判断し, 面接官の態度に反映させた. 結果として, VRET とバイオフィードバックの統合が不安を効果的に軽減させ, 面接のパフォーマンスを向上させることが示された.

このように, 仮想環境内でストレスレベルをモニタリングし, 心理的負荷を軽減するための支援を行う研究は多く, 仮想空間におけるスピーチ練習の生体情報計測することはシステムの発展に有用であることが示されてきた.

2.3 本研究の位置づけ

VR を利用したスピーチ不安研究において, 仮想聴衆の有無の影響が調査されているが [53], 人数に焦点を当てた研究は見られない. Bosch ら [32] の研究から示されるように, 聴衆人数の差はストレスレベルに違いをもたらすことが分かっている. また, VR 曝露療法 (VRET) は心理的不安軽減の重要なアプローチとして発展を遂げている [49][28] ことから, 聴衆人数の変化に焦点を当てることは今後の VR を利用したスピーチ研究に有用である.

また, 瞳孔直径をはじめとした眼球データは心理的負荷の評価指標として有用であることが示されており [22][12], これらの指標を用いることで発表者の心理的負荷をより詳細に評価する可能性がある. しかし, スピーチ研究において瞳孔変動を詳細に検討した研究は少なく, この点におけるデータ蓄積と分析がスピーチ発表者の心理的負荷についての心理的理解・工学的応用の観点から求められている.

上述の内容より, 本研究では VR を用いたスピーチ練習における仮想聴衆の人数と発表者の心理的負荷の関係を明らかにし, 瞳孔直径を用いてスピーチ練習時の心理的負荷を評価することとした.

2.4 おわりに

本章では関連研究を紹介した．VRを用いた不安軽減への有効性，聴衆人数による不安変動，瞳孔の活用，眼球運動に基づくスピーチ支援の可能性に関して，いくつかの研究を紹介した後，本研究の立ち位置を明らかにした．

第3章 予備実験

3.1 はじめに

本章では、本実験前に実施した予備実験について述べる。

本修士研究の最終的な目標は仮想聴衆の人数とスピーチ発表者の心理的負荷の関係を解明することであった。この目的のため、3つの課題が考察された。1) 前段階として仮想聴衆の有無が発表者に及ぼす影響を複数の項目から確認する必要がある。また、2) 予備実験で取得した複数項目が本実験に使用可能であるのか見極めなければいけない。さらに、3) 剰余変数を取り除き、目的変数である聴衆の人数に限定する環境を構築する必要があった。本実験を実施するにあたって、予備実験のデータから上述した3つの課題を発見し解決する必要がある。

そこで、予備実験においては、仮想聴衆の有無が発表練習者の心理に与える影響を主観評価・生体情報から確認し、データから発見した課題を解決することを目的に実施した。

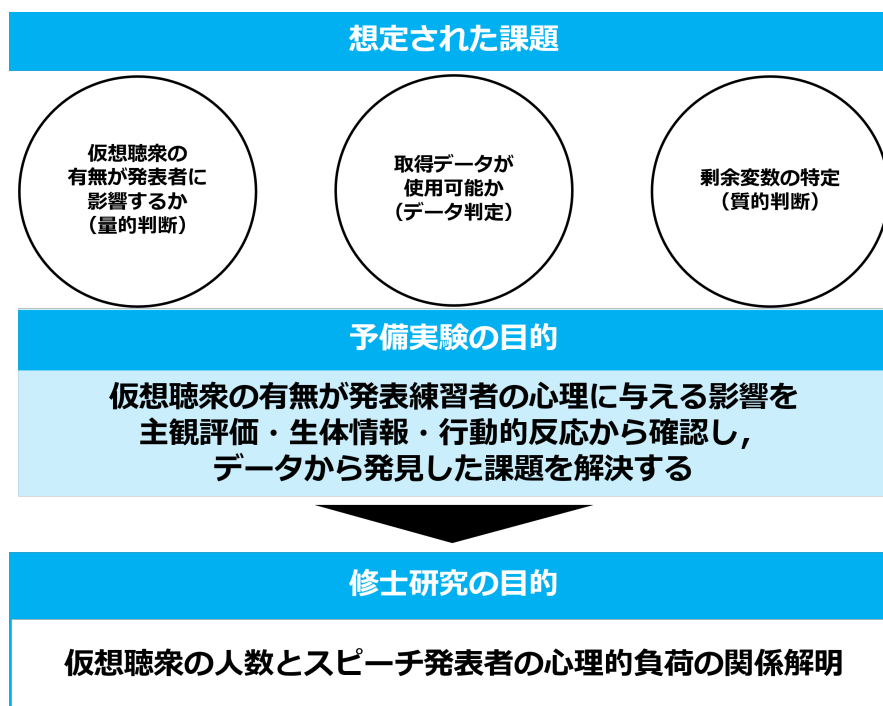


図 3.1: 予備実験の目的

3.2 実験方法

3.2.1 実験参加者

本学所属の大学院生 12 名（男性：10 名，女性：2 名）を対象に実験を行った。実験参加者の平均年齢は 23.61 歳であった。発表者の緊張やスピーチパフォーマンス向上に焦点を当てた渡部・栗原 [29] の研究を参考にして，対人不安感尺度 [2] を実験前に回答させた。対人不安感尺度のスコア平均が聴衆無し（なし群）条件と聴衆有り（あり群）条件で均等となるように分類した。表 3.1 に各群の平均値を示す。

表 3.1: 対人不安感尺度スコア平均 $\pm$ 標準偏差	
実験条件	対人不安感スコア平均 $\pm$ 標準偏差
なし群	36.34 $\pm$ 13.09
あり群	41.50 $\pm$ 10.63

3.2.2 実験環境

・実験実施場所

実験は外部音声を遮断できる本学の音声対話収録室で実施した。音声対話収録室は防音構造になっており，発表者の声が外に漏れるのではないかといた予期不安の影響を抑えた。

・ヘッドマウントディスプレイ

VR 会場を提示するためのヘッドマウントディスプレイ（HMD）として，HTC 社の VIVE PRO EYE [40] を採用した。VIVE PRO EYE は OLED（有機エレクトロニクス）スクリーンである。最大視野角は 110° となり，片目あたり 1440×1600 pixel（合計 2880×1600 pixel）の解像度を示す。また，最高リフレッシュレートは 90Hz である。VIVE PRO EYE はトビー・テクノロジー株式会社提供のアイトラッキングセンサが付加しており，HMD 使用者の眼球データを取得することができる。

・ソフトウェア

VR 環境構築のため，Unity を使用した。Unity はユニティ・テクノロジーズ社が開発・提供するゲームエンジン及び統合開発プラットフォームである。本研究では，Editor Version：2022.3.22 f1 を用いた。

また，予備実験の環境は Unity asset store より，University Classroom[57] を使用した。University Classroom は本学の知識科学棟中講義室に類似しており，開

けた会場でのスピーチ状況を想起させやすいと考えたため、このアセットを選定した。

また、仮想聴衆は Akio: Highschool Uniform[56] を用いた。本研究の目的は聴衆人数の影響を調査することであるため、聴衆人数以外の要因（性別、年齢、役職など）を取り除く必要があった。さらに、聴衆の顔がはっきりと認識できるものではないと人ではなく、物だと誤解してしまう恐れがあった。こうした理由から予備実験の仮想聴衆を Akio: Highschool Uniform とした。また、聴衆が実際にいるという感覚を被験者に認識させるため、わずかな揺れや動作をアバタに付加させた。



図 3.2: 採用した聴衆アバタ



図 3.3: 聴衆無し会場



図 3.4: 聴衆有り会場

• PC 環境

本実験にて使用した PC 環境は以下の表の通りである.

表 3.2: PC 環境

項目	詳細
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-9700 CPU @ 3.00GHz
GPU	Intel(R) UHD Graphics 630 128MB
メモリ (RAM)	32.0GB
ストレージ	512GB SSD
OS	Windows 11 Pro 64bit

3.2.3 主観的指標

主観的評価の測定に関して, State-Trait Anxiety Inventory (STAI) の日本語版 [9] を採用した. STAI は A-Trait (特性不安) と A-State (状態不安) の両方を測定することが可能であり, 4 段階のリッカート尺度 (1. 全くそうではないー 4. そうである) で実施する. 本研究においてはスピーチ練習前後の心理的負荷の変動に着目しているため, A-State のみを用いた. STAI はスピーチ練習前後の全 3 回実施した.

3.2.4 生体指標

主観的評価アンケートの STAI と同じタイミング (全 3 回) で脈拍数と最高血圧 (収縮期血圧)・最低血圧 (拡張期血圧) を計測した. オムロン上腕式血圧計 HEM-7313[48] を用いて測定を行った. 主観的評価時と同じタイミングで測定することで, 生理反応と主観評価の一致・差異を確認する目的で離散的な測定を実施した.

また, スピーチ練習中には眼球データを取得した. 眼球データの詳細は, 瞼開閉度, 瞳孔位置, 瞳孔直径, 視点位置 (X, Y, Z), 視線方向 (X, Y, Z) である. 瞼開閉度は開眼状態を 1, 閉眼時を 0 としている.



図 3.5: オムロン上腕式血圧計 HEM7313

3.2.5 実験手続き

予備実験は以下の手順で行われた。各フェーズ終了時にはSTAIと脈拍・血圧計測を合計で全3回実施した。全フェーズが終了した後、研究の意図や取得データの内容を伝えた。

1. 全体概要説明

本実験にて実施する内容を参加者に説明した。スピーチ課題の負担を強くするために、実際には実施しないが、現実空間にて5分間のスピーチ（本番）を行うことを実験参加者に伝えた。また、本番時にはカメラで録画を行い、第三者により評価されることを伝えた。また、このフェーズにて対人不安感尺度を回答させた。このスコアに基づいてなし群とあり群の全体平均スコアが均等になるように参加者を振り分けた。その後、VIVE PRO EYEのキャリブレーションソフトウェア

ア（図 3.6）により，瞳孔間距離の調整とアイトラッキングのキャリブレーションを行った．



図 3.6: キャリブレーションソフトウェア

2. スピーチ考案

実験参加者に5分間のスピーチ考案フェーズを与えた．考案時にはメモやスマートフォンの使用を禁止し，不安感の誘発を行った．スピーチ課題は，「あなたの好きなものについて，魅力を5分間で紹介してください」という内容にした．スピーチの課題に関して，望月 [24] は「スピーチの内容が，自己紹介などの”自己”にかかわるものである場合に，その実験参加者のパーソナリティ特性が主観的な不安感や生理的反応に影響を及ぼす」ことを指摘しており，自己に関わるテーマの方が心理的負荷を誘発させやすいと考えられた．本研究では発表者の心理的負荷に着目した研究を行うため先述のテーマを採用することとした．

3. スピーチ練習

仮想空間にてスピーチの練習を5分間を行う．予備実験の最後のフェーズであるが，実験参加者には本番を行うと伝えたため，この段階では実験参加者はまだ実験は続くものだとして認識している．指定した立ち位置に立ってもらい，HMDを装着する．その後，HMD装着後に見える仮想空間から実験環境へと移動したことを確認し，スピーチの練習を行う．この際，被験者はコントローラを持ちながらスピーチを行うが，視線が聴衆や会場以外の場所に向かうことを防ぐため，実験環境上に手は表示しなかった．

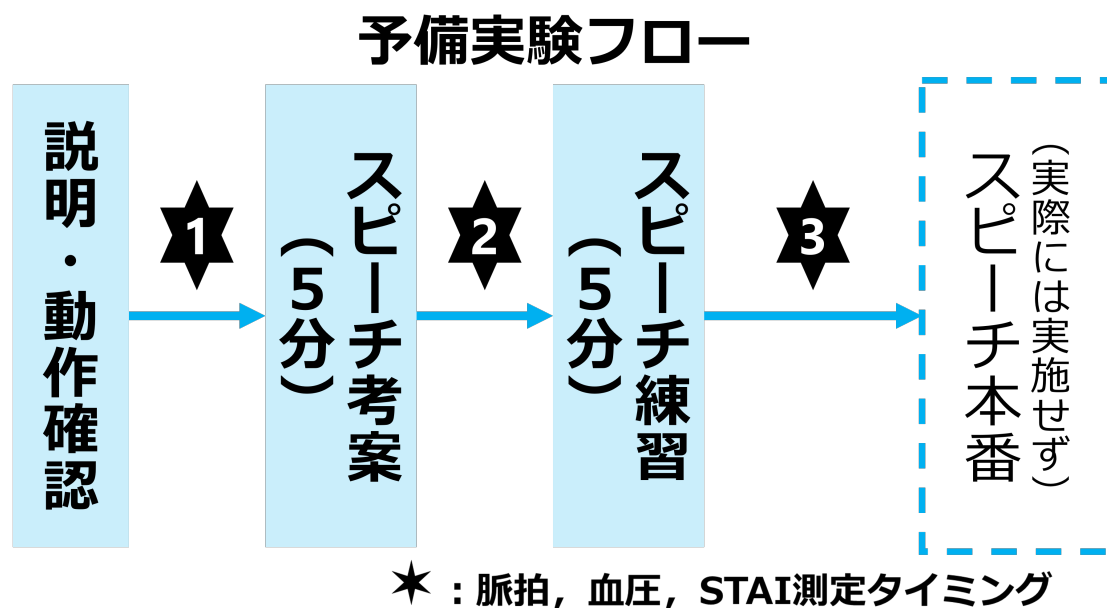


図 3.7: 予備実験手続き模式図

3.3 結果

3.3.1 スピーチ練習前後の主観評価と生体情報

表 3.3 に STAI の平均値を示す．あり群は 2 回目に減少が確認されたが，3 回目にて最も高い値が認められた． t 検定を行ったが，3 回目における両群の有意差は確認できなかった ($t(8) = -0.52$, $p = 0.61$)．

表 3.4, 表 3.5, 表 3.6 に最高血圧, 最低血圧, 脈拍の平均値を示す．B 群では元々の血圧が高い被験者が 2 名確認され，A 群より高い値が最高血圧・最低血圧のいずれの回においても観測された．

表 3.3: STAI (A-State) 平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 回目	2 回目	3 回目
なし群	14.67 $\pm$ 3.14	15.83 $\pm$ 5.91	16.33 $\pm$ 7.50
あり群	16.17 $\pm$ 2.79	14.83 $\pm$ 1.72	18.17 $\pm$ 4.12

表 3.4: 最高血圧の平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 回目 (mmHg)	2 回目 (mmHg)	3 回目 (mmHg)
なし群	101.5 $\pm$ 6.89	103.17 $\pm$ 5.91	104.0 $\pm$ 6.42
あり群	120.67 $\pm$ 15.64	115.67 $\pm$ 12.75	122.83 $\pm$ 14.95

表 3.5: 最低血圧の平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 回目 (mmHg)	2 回目 (mmHg)	3 回目 (mmHg)
なし群	63.33 $\pm$ 6.71	63.17 $\pm$ 7.81	65.83 $\pm$ 6.52
あり群	71.67 $\pm$ 11.74	72.17 $\pm$ 9.81	74.33 $\pm$ 9.52

表 3.6: 脈拍の平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 回目 (bpm)	2 回目 (bpm)	3 回目 (bpm)
なし群	72.17 $\pm$ 14.86	70.50 $\pm$ 10.78	71.50 $\pm$ 11.78
あり群	75.17 $\pm$ 12.61	77.83 $\pm$ 14.06	80.17 $\pm$ 14.72

3.3.2 スピーチ練習中の眼球データ

図 3.8 に瞳孔直径を示す。眼球データに関して、取得したデータは 5 分間だったが、始めの 1 分ではノイズが多く確認されたため、最初の 1 分を省いた残りの 4 分間を使用することとした。また、本論文において、左右の瞳孔直径の平均を瞳孔直径として定義した。

なし群の最大値は 3.86 (mm)、最小値は 2.38 (mm)、中央値は 3.19 (mm)、平均値は 3.20 (mm) であった。あり群の最大値は 4.90 (mm)、最小値は 2.36 (mm)、中央値は 3.07 (mm)、平均値は 3.06 (mm) であった。マン・ホイットニー U 検定を行った結果、有意差が確認できた ($U = 4192374.000$, $p < 0.00$)。

また、図 3.9 に各群の X 軸方向の視線データを示した。なし群に関して、最大値は 0.335、最小値は -0.189、中央値は 0.078、平均値は 0.075 であった。あり群に関して、最大値は 0.188、最小値は -0.226、中央値は -0.015、平均値は -0.015 となった。マン・ホイットニー U 検定を行った結果、有意差が確認できた ($U = 4831066.000$, $p < 0.00$)。

図 3.10 は各群の Y 軸方向の視線データである。なし群の基本情報として、最大値 0.207、最小値 -0.232、中央値 -0.028、平均値 -0.024 となった。あり群は最大値が 0.144、最小値が -0.281、中央値が -0.092、平均値が -0.092 となった。X 軸の視線方向と同様に、マン・ホイットニー U 検定を行った結果、有意差が確認できた ($U = 4743006.000$, $p < 0.00$)。

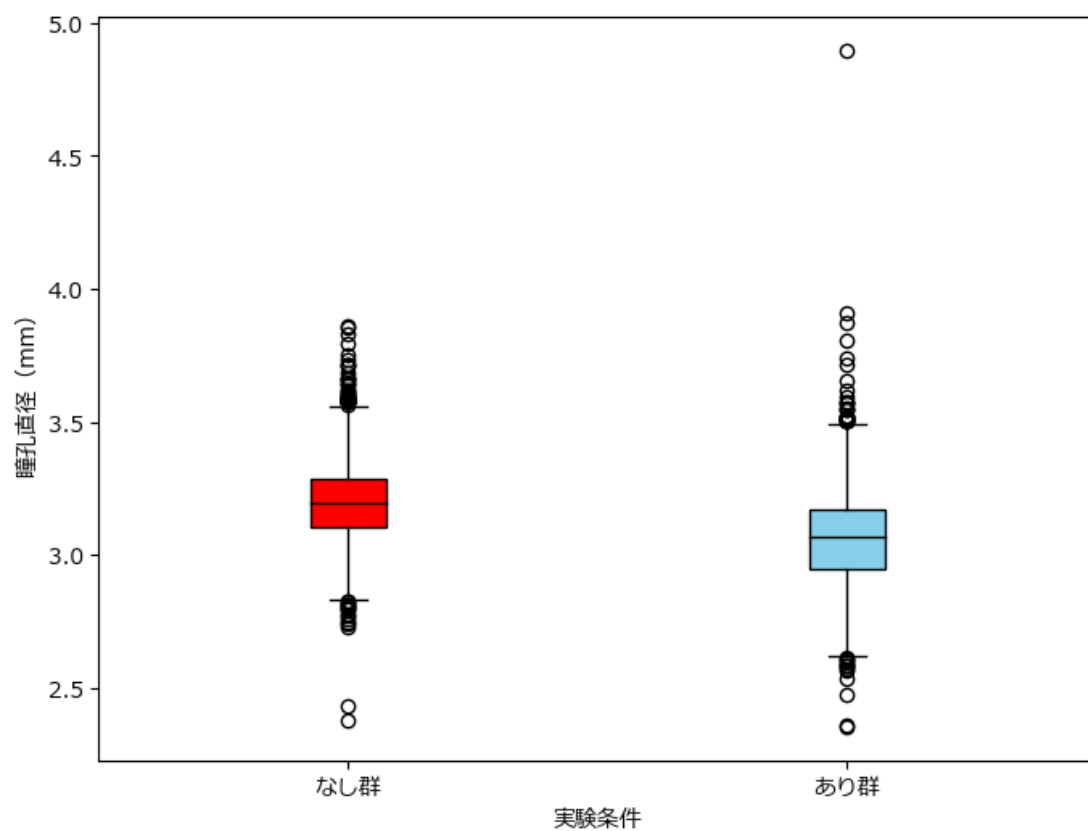


図 3.8: 瞳孔直径

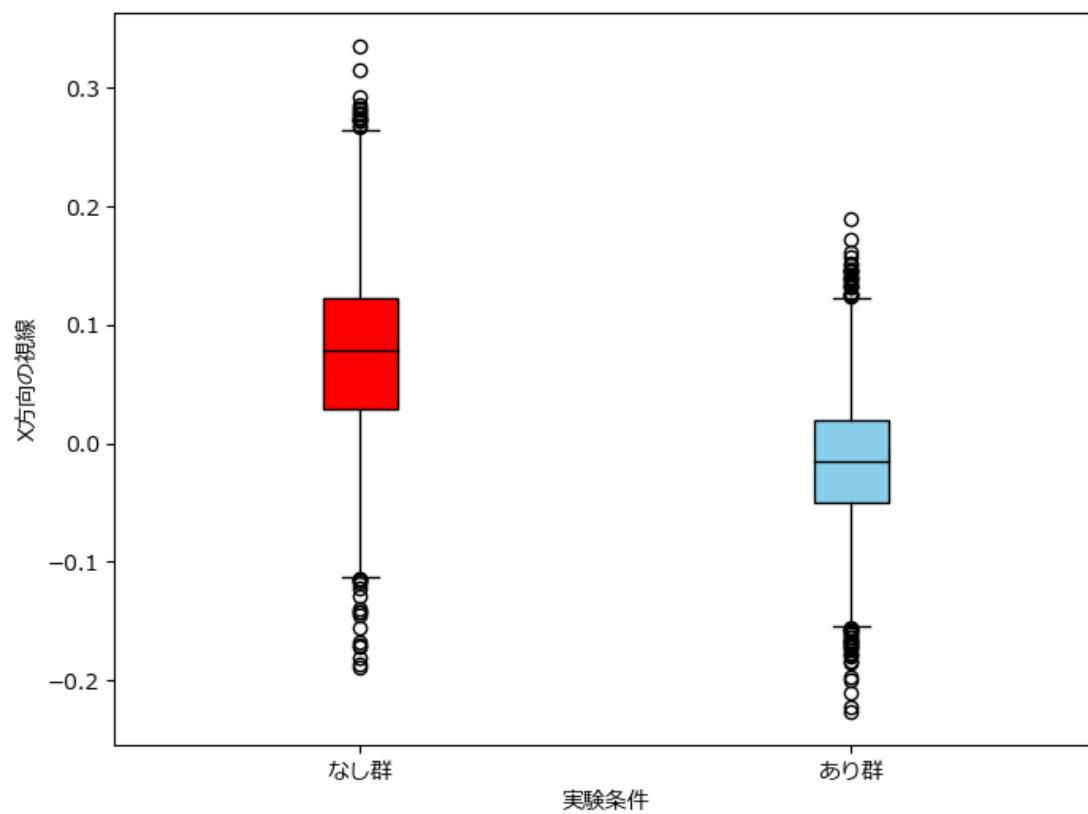


図 3.9: 視線方向 (X)

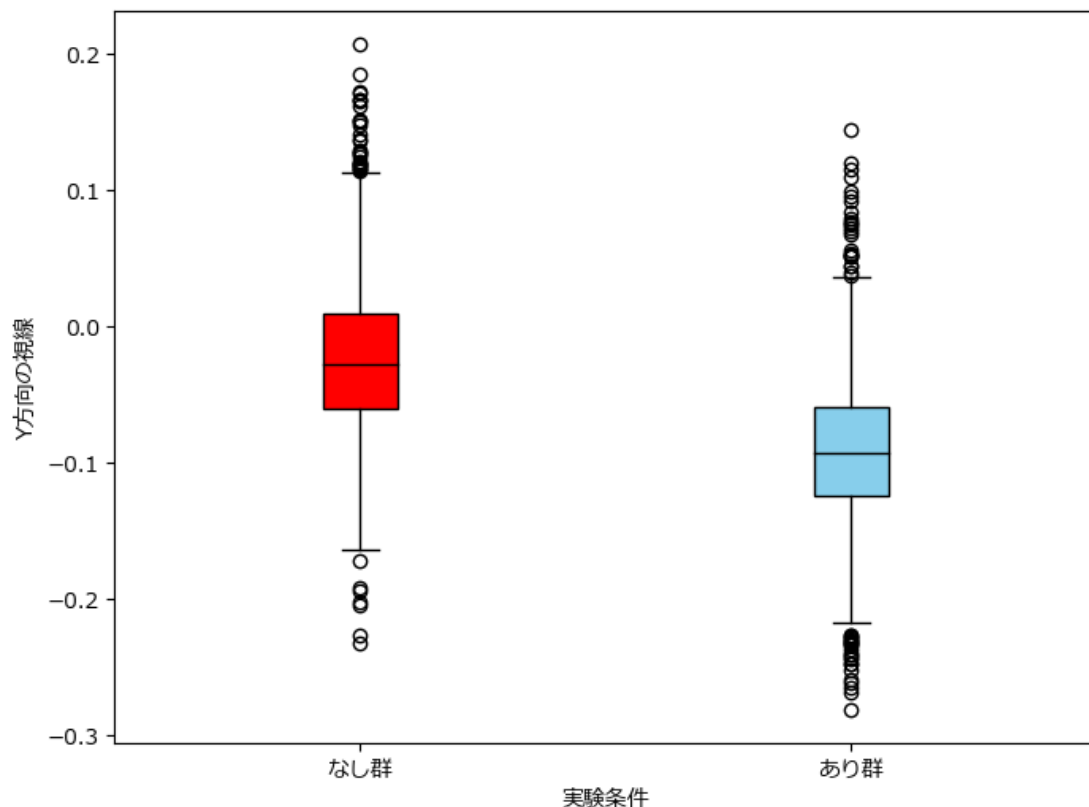


図 3.10: 視線方向 (Y)

3.4 考察・課題

3.4.1 実験全体の不安変動

図 3.11, 図 3.12, 図 3.13 に STAI・血圧・脈拍について, 1 回目を基準値とした 2 回目以降の増減を示した。

スピーチ課題が不適當であったと考えられた。図 3.11, 図 3.12, 図 3.13 において, スピーチ考案時 (2 回目) に増加・減少が統一されておらず, スピーチ課題が発表者の心理的負荷を誘発させていない可能性が示唆された。

実験終了後, 被験者に対し内省報告としてスピーチに対する意見を求めた際, 複数の被験者から「好きなものについて話すことが苦ではない」という意見が挙げられた。好きなものの想起が実験参加者にポジティブな感情を誘発させ, スピーチに対するストレスを緩和させた可能性がある。実験的に与えられる痛みについてはポジティブ感情の誘発により緩和されるとの報告があり [59], 今回の実験により誘発される軽度なストレス程度ならば好きなものの想起によって緩和され, 2 回目に STAI 増減が低下した可能性が考えられる。

予備実験では全てのフェーズにおいてスピーチ本番を意識させたが、実験参加者は継続的にポジティブな感情によりスピーチへのストレスが抑制されていた。本実験では、ポジティブ・ネガティブな感情を誘発しにくい中立的課題を提示する必要があると考察された。

また、予備実験では対人不安感尺度を用いて条件を振り分けたが、本研究はスピーチの心理的負荷に着目した研究であり、目的とずれてしまう可能性がある。その為、本実験では直接的にスピーチに対して焦点を当てた尺度を用いて条件を振り分ける必要があると考えられた。

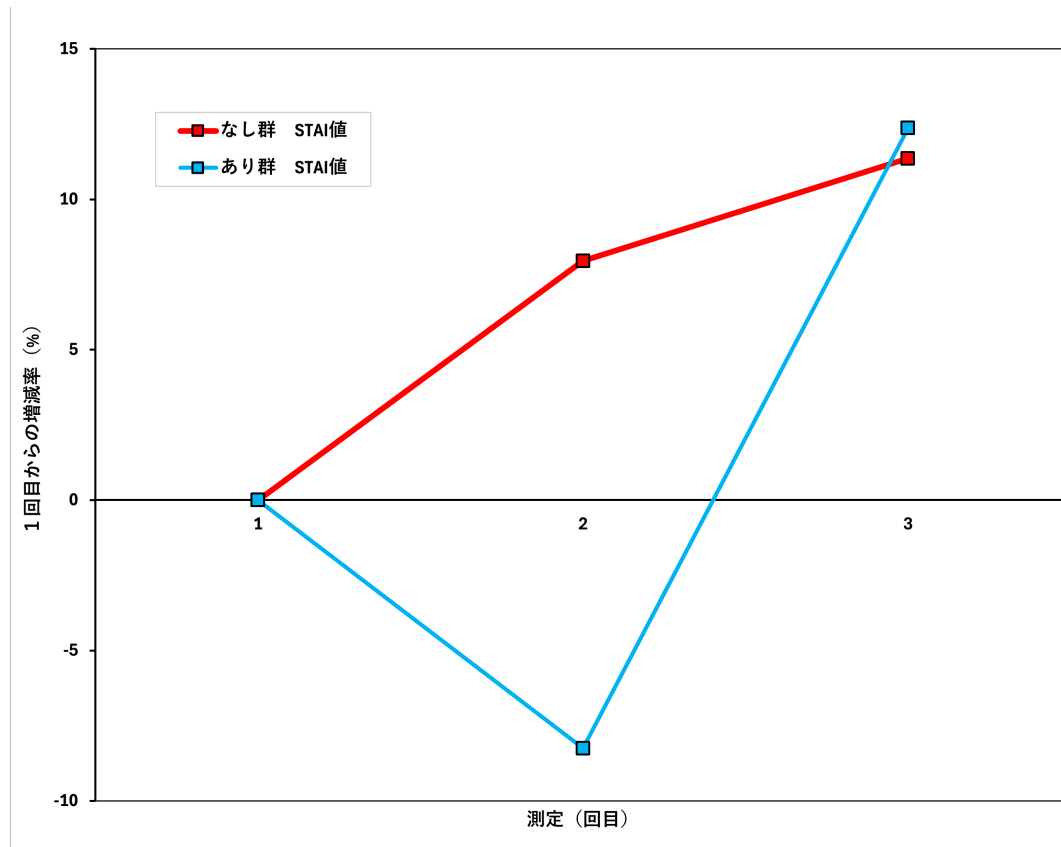


図 3.11: STAI (A-State) 増減率

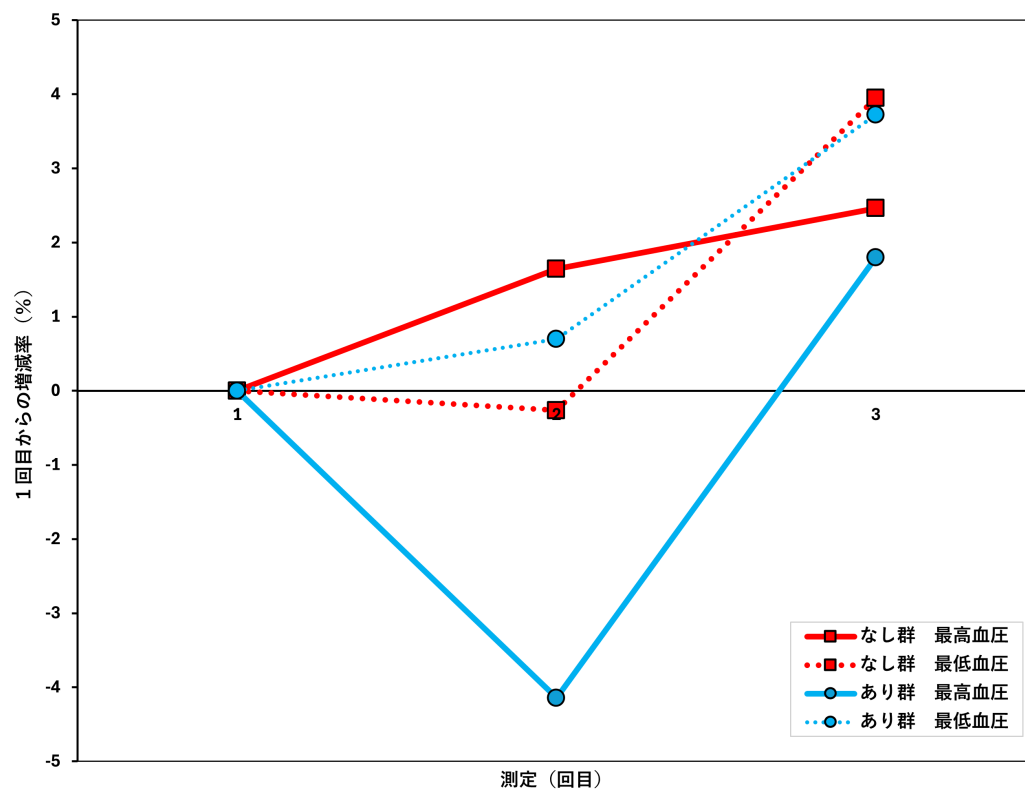


図 3.12: 血圧増減率

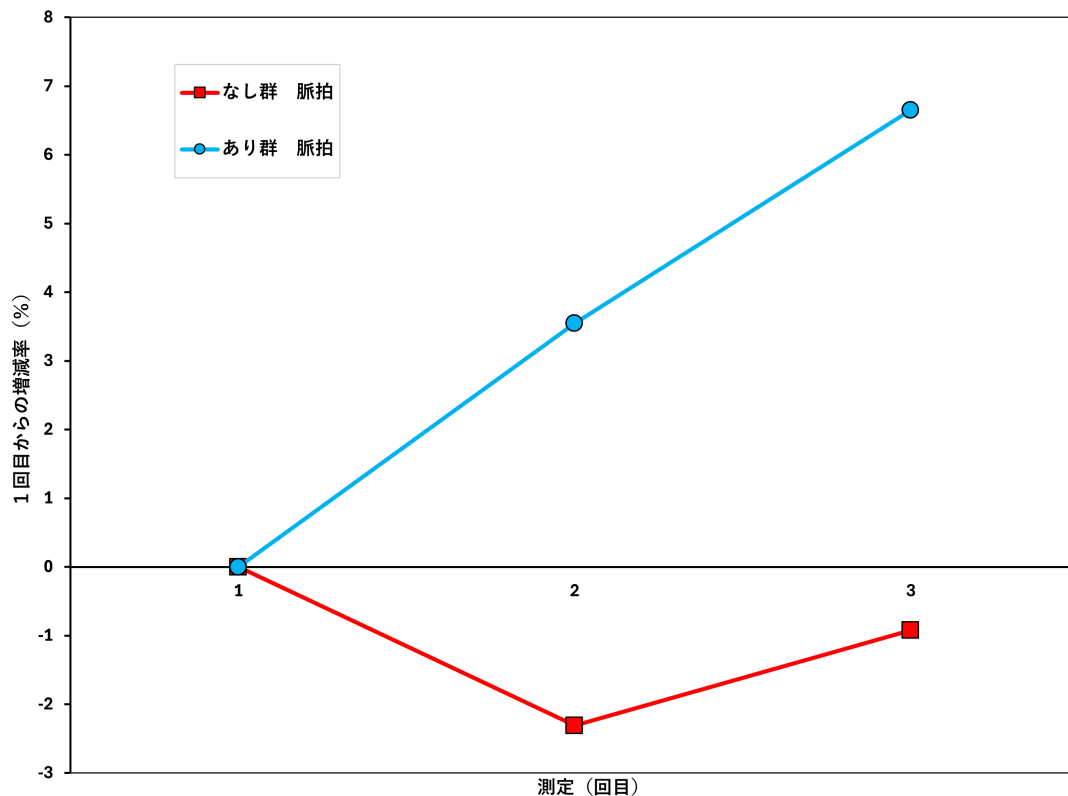


図 3.13: 脈拍増減率

3.4.2 スピーチ練習中の不安変動

群間において瞳孔直径の有意差が確認されたが，仮想聴衆が被験者にストレスを与えたかについては疑問が残る．予備実験において，なし群の方が瞳孔が散大傾向にあったが，輝度の影響がどの程度であったか定かではない．今回使用したアバターは着用している服の色が黒色となっており，あり群の方が輝度が低い傾向にあった．

本実験では，スピーチ練習時にスマートウォッチを装着し，瞳孔の変動に対し，仮想聴衆から受けるストレスによるものであるか，輝度影響であるか判断することとした．

予備実験では広い会場を用いたが，広い会場そのものがスピーチの不安を与える可能性が考えられた．また，開けた会場の場合，被験者のスピーチの仕方に依存することが明らかになった．ある被験者は聴衆すべてに話しかけるように全体を見まわしていた一方で，別の被験者では顔を動かさずに話した．顔を動かさなかった被験者に感想を聞いたところ，「全体を見たら話しにくいので，目の前にいる人に向かって話をした」と報告しており，被験者の話し方の癖が結果に入っ

もう恐れがあった。また、広い空間では様々な箇所に注目して、分散されてしまうため、条件ごとの視線の特徴を把握しにくい。その為、瞳孔や瞬目等の変動要因を捉えづらくなってしまい、本当に仮想聴衆による影響かどうかの判断ができない。こうした理由から、本実験では会場は広いサイズから狭い空間に変更する。

仮想聴衆がアニメ調であったことも剰余変数であった。被験者からアバタについて、「同じ顔がたくさんあると違和感を覚える」と指摘があり、同一のアバタを用いたことで現実との違いや見慣れない状況への緊張や不安感を誘発したと考えられた。

Gruber & Kaplan-Rakowski[38] はバーチャル環境における人物のリアルさは会話不安の誘発や緩和を決定する上で強い役割を果たすことを指摘しており、予備実験の仮想聴衆のアバタの選定が適当でなかった可能性があった。このことから、本実験ではアバタの顔をそれぞれ変える必要があると考察された。

3.5 おわりに

本章では予備実験について述べた。予備実験においては、仮想聴衆の有無が発表練習者の心理に与える影響を主観評価・生体情報から確認し、データから発見した課題を解決することを目的にした。3.2 に方法を示した後、3.3 において取得データを示した。取得データに基づき、3.4 にて課題を発見し、本実験への修正案を提示した。

第4章 本実験

4.1 はじめに

本章では本実験について述べる．予備実験にて生じた課題を解決し，本実験の設定を行った．本研究の目的は仮想聴衆の人数とスピーチ発表者の心理的負荷の関係を解明することである．この目的の解決のため，以下の仮説を設定した．

【Ⅰ】実験刺激後，主観的な心理的負荷は仮想聴衆人数の増加に従って線形的に増加する．

【Ⅱ】スピーチ練習中の生理的反応は時間経過に従い増大傾向を示し，その傾きは仮想聴衆人数の増加に従い増加する．

【Ⅲ】スピーチ本番において仮想聴衆の人数増加に伴い，自己・他者評価が低くなる．

上記の仮説の検証を行い，目的を達成することを試みた．

4.2 実験方法

4.2.1 実験参加者

本学所属の大学院生 18 名（男性：15 名，女性：2 名，回答しない：1 名）を対象に実験を行った．実験参加者の平均年齢は 25.33 歳であった．

また，実験参加者を聴衆無し条件（A 群），聴衆有り：聴衆 1 人条件（B 群），聴衆有り：聴衆 5 人条件（C 群）に振り分けた．

人間の短期記憶や情報処理は限りがあるとされ，心理学や工学分野において 7 ± 2 の程度のものしか情報を提示しないようにするなど，刺激の提示数については検討が必要である [23]．こうしたことから，本研究では C 群の仮想聴衆人数をマジカルナンバー 7 ± 2 の最低値である 5 人とした．

実験参加者を各条件に振り分ける方法として，The Personal Report of Confidence as a Speaker (PRCS) [39] を用いた．予備実験では対人不安感尺度 [2] を用いたが，スピーチに焦点を当てた尺度を用いるのが適当だという判断から，PRCS を用いる．PRCS は人前で話すことの恐怖を評価するために用いる尺度であり，Slater ら [53] や Pertaub ら [50] でも使用されている．表 4.1 に各群の平均と標準偏差を示した．

表 4.1: PRCS 平均 $\pm$ 標準偏差	
実験条件	PRCS 平均 $\pm$ 標準偏差
A 群	15.33 $\pm$ 8.09
B 群	17.83 $\pm$ 7.19
C 群	15.50 $\pm$ 8.92

4.2.2 VR 空間

実験実施場所・ヘッドマウントディスプレイ・ソフトウェア・PC 環境に関してはいずれも剰余変数ではなく、問題なく実験を行える状態にあると判断したため、スピーチ会場以外は予備実験と同じ環境を用いた。実験環境については、3.2.2 項を参考にしたい。

予備実験からの改善として、仮想聴衆の顔をリアルにし、異なる顔を用いた。仮想聴衆は Avaturn[30] により作成した。Avaturn は、2D の写真を AI がリアルな 3D アバタに変換するオンラインツールである。作成したアバタは Unity にインポート可能であり、アニメーションも付加することが可能である。今回の実験では著者自身の写真を基にして 5 つのアバタを作成した。作成したアバタは男性 3 名（図 4.1・図 4.2・図 4.3）、女性 2 名（図 4.4・図 4.5）である。全アバタに対し、予備実験同様、わずかな揺れや動作をアバタに付加させた。いずれのアバタも第三者からみて著者の顔だと判断できなかったため、当アバタを採用した。

図 4.6 は A 群の実験刺激として用いた会場である。臨場感を与えるため、スピーチ本番会場である音声対話収録室を再現した。現実空間では PC 等が置いてあるが、余計な視覚刺激を除くため、机が 3 台置いてある環境とした。机に対しては、被験者の視線が動きすぎないように下半分が見えないものを用いたため、音声対話収録室にある机とは異なっている。また、被験者の視線方向が下に向かうことを阻止するため、アバタは起立状態にした。

図 4.7 は B 群で用いた実験会場である。被験者の正面に model1 が配置されており、常に model1 は正面の方向に視線を向けている。図 4.8 は C 群の会場である。向かって左から model1, model4, model3, model5, model2 を配置した。眼鏡をかけたアバタや顔が同じに見えるアバタは離れて配置させた。被験者の正面には model3 が配置されている。実験刺激として、仮想聴衆以外の物は全て統一された。

また、仮想聴衆への注意を向けさせるために、VR 空間内では時間の表示をなくした。Kroczeck・Muhlberger[43] は、VR 空間内にプレゼンテーションスライドを表示して実験を行った際、聴衆への注意が低下して条件間の差が小さくなった可能性を考察した。本研究では仮想聴衆の人数のみに着目しており、注意が散漫にならないように会場を設定する必要があると考えられたため、時間表示を行わなかった。



図 4.1: 作成したモデル (model1)



図 4.2: 作成したモデル (model2)



図 4.3: 作成したモデル (model3)



図 4.4: 作成したモデル (model4)



図 4.5: 作成したモデル (model5)



図 4.6: 聴衆無し会場 (A 群)



図 4.7: 聴衆有り (1 人) 会場 (B 群)



図 4.8: 聴衆有り (5 人) 会場 (C 群)

4.2.3 測定項目

主観的評価アンケートとして、予備実験と同様に、State-Trait Anxiety Inventory (STAI) の日本語版 [9] を採用し、A-State のみを用いた。STAI の詳細は第 2 章予

備実験の 3.2.3 項に記載した。

また、心理的負荷は不安だけではなく、その他の情動も密接に関連している。こうした理由から、一時的気分尺度（TMS）により被験者の気分状態を観察することとした。TMS は、日本語版 POMS（Profile of Mood Scale）の項目を参考にして作成された質問紙で、POMS と同様の「緊張」「抑鬱」「怒り」「混乱」「疲労」「活気」という 6 つの下位尺度から成り、各下位尺度は 3 項目ずつで構成されている [13]。TMS は 5 件法で評価される（1. 全くその傾向はない-5. 非常に当てはまる）。

主観的評価は説明後、スピーチ考案後、スピーチ練習後、スピーチ本番後の全 4 回実施した。説明後（1 回目）実施分を基準として考え、一回目以降の増減について注目した。

スピーチ練習終了後に Igroup Presence Questionnaire（IPQ）[42] を実施した。IPQ は VR 空間の没入感を計測するアンケートであり、本研究のスピーチ環境刺激は適切であったか判断するために実施した。IPQ を用いた研究と同様にして [15]、本実験では IPQ の下位項目の 4 項目と全ての合計値で評価した。IPQ は 1-7 の 7 件法で実施された。下位項目の説明は以下である。

- Pres: 一般的な存在感 (General Presence)
- SP: 空間の存在感 (Spatial Presence)
- Inv: 現実への意識 (Involvement)
- Real: 現実との類似度 (Experienced Realism)
- Total: 各評価項目の平均値とすべての値の合計値

また、スピーチ練習時には生体情報として、脈拍・眼球データを取得した。脈拍に関して、TDK 社の Silmee W22[52] を用いて計測を行った。当脈拍計測系はスマートウォッチ型であり、被験者の手首に装着し脈拍計測を行う。当計測器は幅広い分野で用いられており [46]、信頼性があると判断したため採用した。

眼球データは予備実験と同様に瞼開閉度、瞳孔位置、瞳孔直径、視点位置 (X, Y, Z)、視線方向 (X, Y, Z) を取得した。また、Unity にてアバタの顔に Box Collider を設定し、衝突回数として、アバタの顔への注視回数を計上した。サンプリング周波数は 60fps とした。

4.2.4 実験手続き

本実験は以下の手順で実施された。1-4 終了時に主観的評価アンケート（STAI・TMS）を実施した。また、本実験は知識科学倫理審査会議（承認コード:KSEC-A2024121303）の承認を得て実施した。

1. 実験説明

本実験にて実施する内容を参加者に説明した。この際、PRCS への回答が済んでいない被験者には実験実施前に記入させた。全ての説明が終了した後、実験の同意を確認するために実験同意書を記入させた。同意書の記入後、予備実験と同様にHMDを装着し、瞳孔間距離の調整とアイトラッキングのキャリブレーションを実施した。

2. スピーチ構成考案

実験参加者に3分間のスピーチ考案フェーズを与えた。予備実験の際、5分間の時間を与えていたが、不安感が誘発できていない可能性があったため、より制約を厳しくした。考案時にはメモやスマートフォンの使用を禁止し、心理的負荷を与えた。スピーチ課題は、「研究内容を分かりやすく5分で紹介してください（※研究内容が決まっていな方はやりたい研究について5分で紹介してください）」とした。予備実験の結果からスピーチ課題は中立性のあるものとした。ただし、本実験での対象者は本学大学院生であるということの特記しておく。

3. スピーチ練習

この工程ではHMDを装着し、仮想空間に遷移した後に実施した。この際、リストバンド型の脈拍計測装置を利き手とは反対の腕に装着させた。仮想空間の中では時間の表示をなくしたため、被験者は自身の感覚のみで5分を判断しなければいけない状況であった。被験者は指定した立ち位置に立ってスピーチ練習を行った。この際、著者は実験室にいるが、被験者はHMD装着の為、確認できない。

HMDから見える光景は各群で異なっており、本実験における各群への実験刺激の唯一の違いである。各群で被験者が確認する光景は図4.6・図4.7・図4.8に既に示した。

また、スピーチ練習終了後、STAI・TMSと同じタイミングで仮想空間の没入感を測定するアンケートであるIPQを実施した。被験者は3つの質問紙に回答した。

4. 本番

予備実験とは異なり、本番を実施した。指定した立ち位置に立ってもらい、5分間のスピーチを行わせた。本番時には三脚に固定したスマートフォンを被験者の正面に設置し、顔が見えるようにした。正面に設置することにより、被験者にスピーチが評価されていることを強く意識させた。また、この工程では練習時とは異なり、自己・他者評価を行う。その為、タイマーをディスプレイに提示した。これにより、時間が分からないといった剰余変数を省いた。この際、著者は実験室

にいるが、時間を提示したディスプレイ裏に身を隠したため、被験者への刺激はない。

本番が終了した後、STAI・TMSと同じタイミングで被験者自身のスピーチに対し、主観的な評価を実施させた。使用した尺度は日本語版 Speech Perception Questionnaire (SPQ) [10] であり、0-4の5件法で評価した。SPQについては後述する。

5. 内省報告

全ての質問紙に記入後、内省報告を行った。内省報告はGoogle formを用いて、記述式（一部、選択式）で実施した。行った質問は表4.2に記した。また、内省報告を行った後、著者がスピーチ練習時に気になった動作や行動について、インタビューを実施した。

表 4.2: 内省報告で行ったアンケート

質問番号	質問内容
1.	VRでのスピーチ練習中、どのくらい緊張しましたか？
2.	VRでのスピーチ練習中、アバターの聴衆を意識しましたか？ (※アバター聴衆がいない条件の方は「特になし」とご記入ください.)
3.	VRでのスピーチ練習中、聴衆以外に何か意識したことはありますか？
4.	VRでのスピーチ練習中に関して、その他意見はありますか？ (改善案、実験環境の不備等)
5.	スピーチ本番に関して、聴衆（カメラ）をどのくらい意識しましたか？
6.	スピーチ本番に関して、VRでの練習が本番にどのくらい影響したと思いますか？
7.	VRでのスピーチ練習は本番に効果的だと思いますか？ 1～4段階でお答えください。(1. 効果的ではない, 2. あまり効果的ではない, 3. やや効果的である, 4. 効果的である)
8.	その他、自由に感想をお書きください。

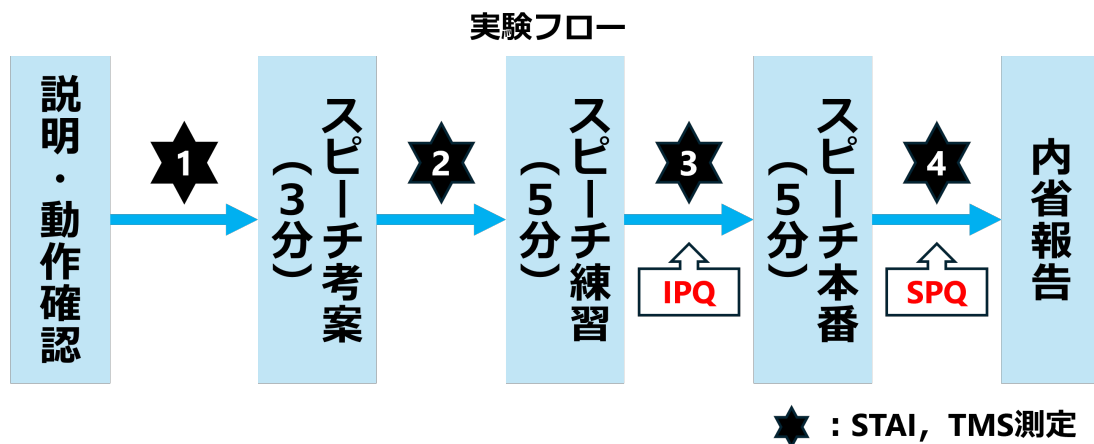


図 4.9: 本実験手続き

4.2.5 スピーチ評価

スピーチの評価は日本語版 Speech Perception Questionnaire (SPQ) [10] を用いた。SPQ ではスピーチ場面における自己評価の歪みの正確な測定や心理学的介入による変容を評価することができる。また、SPQ では自己評価・他者評価ともに同じ尺度を用いることができ、他者評価に関しては事前の特別な訓練を必要とせず、評価者間で一定の一致率があることが報告されている [10]。こうした理由からスピーチ本番を評価する尺度として、日本語版 SPQ を採用した。

他者評価者として、当大学の大学院生 2 名と当大学所属の研究員の 1 名の計 3 名を採点者として選んだ。城月ら [10] はビデオ観察にて他者評価を 2 名で行ったが、本実験ではビデオ観察にて 3 名で行っており、評価人数を増やすことでより客観性を持たせた。また、群間での評価比較を行うため、評価者には被験者がどの群に属しているか教示しなかった。

実験で行われたスピーチ本番はスマートフォンにて録画が行われ、クラウドストレージ内 (Box) [33] で管理された。撮影されたスピーチ本番動画は、第三者による評価が行われた。本番動画はランダムに A-R (speech.mov) とタイトルをつけた。また、いずれの動画もダウンロードできないように制限した。

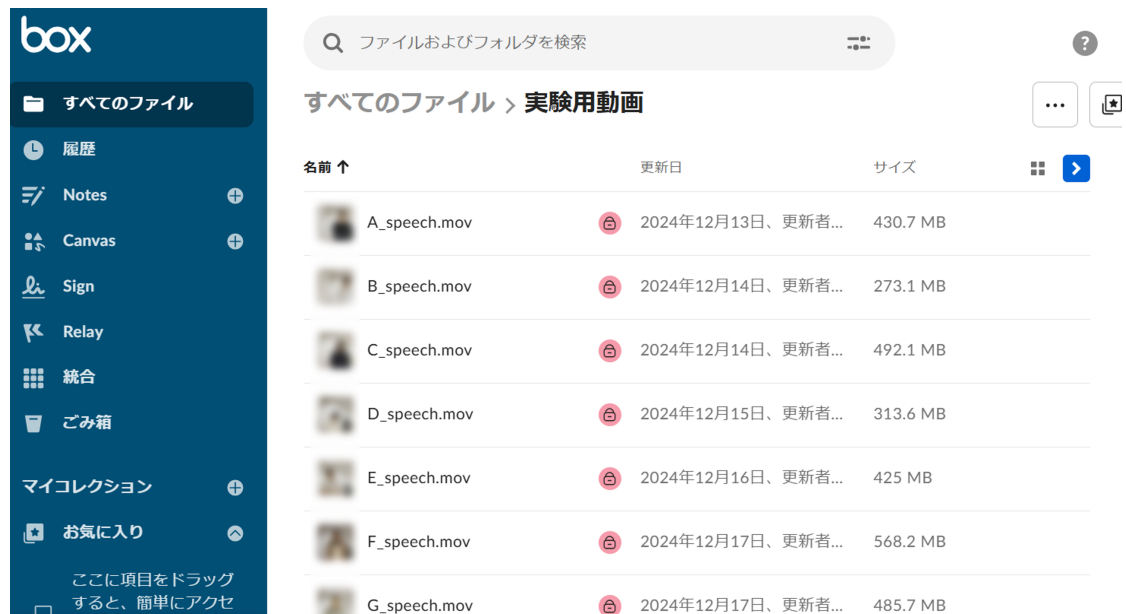


図 4.10: Box でのスピーチ動画管理
一部, セキュリティの観点から, 画像を加工した.

4.3 結果

4.3.1 主観的評価

表 4.3 にて STAI (A-State) の各回の平均値を記した. 各群いずれも 2 回目に上昇し, 3 回目に減少する傾向にあることが確認できる. 3 回目の STAI について, t 検定を行ったが, いずれも有意差は確認できなかった (A 群と B 群: $t(8) = 0.54$, $p = 0.60$; A 群と C 群: $t(8) = 1.10$, $p = 0.29$; B 群と C 群: $t(8) = 0.75$, $p = 0.47$).

C 群のみが 4 回目に増加が確認された. 4 回目の STAI について, 同様に t 検定を行ったが, いずれも有意差は確認できなかった (A 群と B 群: $t(8) = 0.32$, $p = 0.75$; A 群と C 群: $t(8) = -0.31$, $p = 0.76$; B 群と C 群: $t(8) = -0.54$, $p = 0.60$).

また, 表 4.4 に TMS 下位尺度の平均値を示す. 緊張において, いずれの条件でも 2 回目での上昇が確認できる. A 群は 2 回目から低下しているものの, C 群は 3 回目まで上昇した. B 群においては, 3 回目での減少が確認されたが, 4 回目において増加が認められた.

IPQ については図 4.11 にて各項目ごとの平均得点と総合での平均得点を示した. エラーバーは標準偏差を意味している. C 群が全体を通して高い結果であり, A 群では Involvement 以外全ての項目で最下位となった.

各項目における t 検定の結果を表 4.5 に示す. General Presence においては, A 群と C 群に有意差が確認されたが, A 群と B 群の間には有意差は見られなかった.

また，Spatial Presence に関しては，聴衆なしと聴衆ありに有意差が確認され，仮想聴衆がいる場合の方が空間の存在感が高まることが確認された．現実への意識（Involvement）や現実との類似度（Experienced Realism）においては聴衆有無や人数の違いによる有意差が確認できなかった．Total において C 群は最高平均を示したが，A 群や B 群に対し有意差は確認できなかった．

表 4.3: STAI (A-State) 平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
A 群	39.15 $\pm$ 9.26	52.5 $\pm$ 9.61	43.33 $\pm$ 8.33	36.33 $\pm$ 6.65
B 群	38.5 $\pm$ 10.58	47.67 $\pm$ 10.75	41.0 $\pm$ 6.39	34.83 $\pm$ 9.06
C 群	36.5 $\pm$ 8.98	40.67 $\pm$ 7.39	37.0 $\pm$ 11.35	38.0 $\pm$ 11.31

表 4.4: TMS 下位尺度の平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	下位尺度	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
A 群	緊張	4.83 $\pm$ 1.47	6.0 $\pm$ 2.61	5.33 $\pm$ 1.63	5.17 $\pm$ 1.72
	抑鬱	4.5 $\pm$ 1.22	5.67 $\pm$ 2.42	4.33 $\pm$ 1.75	3.83 $\pm$ 1.17
	怒り	3.67 $\pm$ 0.52	4.83 $\pm$ 1.83	4.33 $\pm$ 1.75	3.83 $\pm$ 1.60
	混乱	6.0 $\pm$ 3.10	9.17 $\pm$ 4.07	6.17 $\pm$ 3.37	5.83 $\pm$ 3.49
	疲労	6.67 $\pm$ 1.21	8.17 $\pm$ 0.75	8.5 $\pm$ 1.76	8.33 $\pm$ 2.42
	活気	7.33 $\pm$ 3.08	5.17 $\pm$ 2.32	6.17 $\pm$ 2.56	7.33 $\pm$ 2.34
B 群	緊張	5.33 $\pm$ 1.63	6.33 $\pm$ 2.16	7.17 $\pm$ 1.47	5.5 $\pm$ 2.07
	抑鬱	3.5 $\pm$ 0.84	4.0 $\pm$ 1.26	3.33 $\pm$ 0.82	3.33 $\pm$ 0.82
	怒り	3.17 $\pm$ 0.41	3.5 $\pm$ 1.22	3.0 $\pm$ 0.0	3.0 $\pm$ 0.0
	混乱	5.83 $\pm$ 4.17	5.83 $\pm$ 4.92	3.0 $\pm$ 0.0	3.17 $\pm$ 0.41
	疲労	4.0 $\pm$ 2.0	4.0 $\pm$ 2.45	3.83 $\pm$ 2.04	4.17 $\pm$ 1.60
	活気	7.67 $\pm$ 3.61	7.17 $\pm$ 3.25	8.0 $\pm$ 3.63	9.0 $\pm$ 4.65
C 群	緊張	5.5 $\pm$ 1.52	7.0 $\pm$ 2.28	5.5 $\pm$ 1.64	6.33 $\pm$ 1.86
	抑鬱	5.0 $\pm$ 3.16	5.5 $\pm$ 4.46	4.83 $\pm$ 4.49	5.5 $\pm$ 3.99
	怒り	3.17 $\pm$ 0.41	3.17 $\pm$ 0.41	3.0 $\pm$ 0.0	3.0 $\pm$ 0.0
	混乱	5.83 $\pm$ 2.64	5.33 $\pm$ 2.42	4.67 $\pm$ 2.42	5.5 $\pm$ 1.64
	疲労	4.67 $\pm$ 1.97	4.67 $\pm$ 2.07	4.33 $\pm$ 1.37	5.0 $\pm$ 2.0
	活気	8.67 $\pm$ 3.39	8.83 $\pm$ 3.31	8.67 $\pm$ 3.61	9.83 $\pm$ 2.79

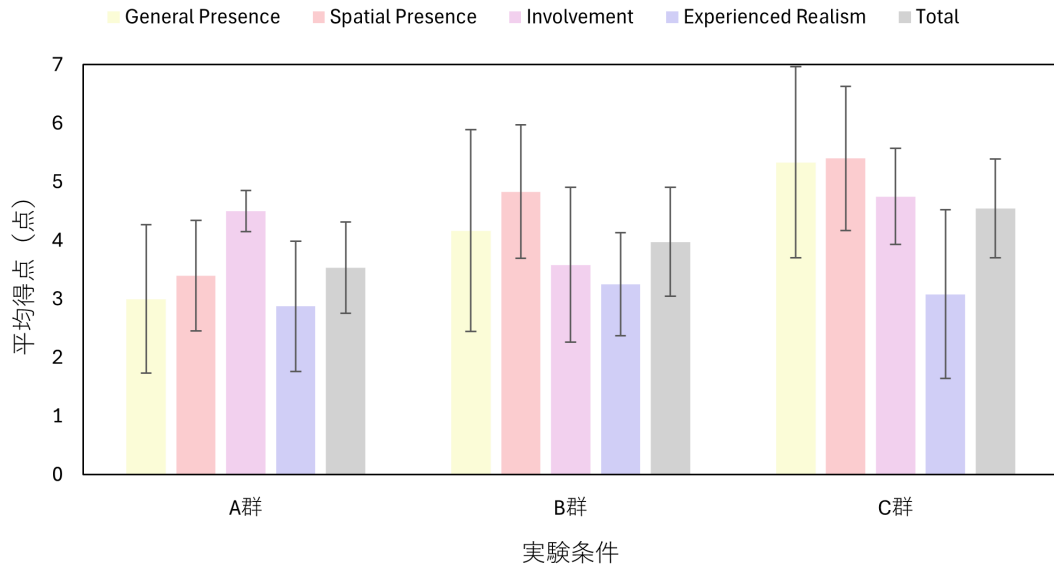


図 4.11: IPQ 平均スコア

表 4.5: IPQ 各項目の t 検定結果

項目	群比較	T 値	P-value	有意差
General Presence	A 群と B 群	$t(8) = -1.34$	$p = 0.21$	n.s.
	A 群と C 群	$t(8) = -2.77$	$p = 0.02$	*
	B 群と C 群	$t(8) = -1.20$	$p = 0.25$	n.s.
Spatial Presence	A 群と B 群	$t(8) = -2.37$	$p = 0.04$	*
	A 群と C 群	$t(8) = -3.15$	$p = 0.01$	*
	B 群と C 群	$t(8) = -0.82$	$p = 0.42$	n.s.
Involvement	A 群と B 群	$t(8) = 1.64$	$p = 0.15$	n.s.
	A 群と C 群	$t(8) = -0.68$	$p = 0.52$	n.s.
	B 群と C 群	$t(8) = -1.83$	$p = 0.10$	†
Experienced Realism	A 群と B 群	$t(8) = -0.65$	$p = 0.53$	n.s.
	A 群と C 群	$t(8) = -0.28$	$p = 0.79$	n.s.
	B 群と C 群	$t(8) = 0.24$	$p = 0.81$	n.s.
Total	A 群と B 群	$t(8) = -0.89$	$p = 0.39$	n.s.
	A 群と C 群	$t(8) = -2.17$	$p = 0.06$	†
	B 群と C 群	$t(8) = -1.12$	$p = 0.29$	n.s.

注記: n.s. $p \geq .1$, † $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$

4.3.2 練習中の生体情報

図 4.12 はスピーチ練習中における各群の瞳孔直径の箱ひげ図である。A 群の最大値は 5.11 (mm)，最小値は 2.10 (mm)，中央値は 2.96 (mm)，平均値は 2.96 (mm) であった。B 群の最大値は 5.31 (mm)，最小値は 1.67 (mm)，中央値は 3.67 (mm)，平均値は 3.67 (mm) であった。C 群に関しては，最大値は 5.05 (mm)，最小値は 2.48 (mm)，中央値は 3.38 (mm)，平均値は 3.37 (mm) であった。

各群に対し，マン・ホイットニー U 検定を施した。次に，その結果を記す。

- ・ A 群と B 群： $U = 240103.000$, $p < .00$
- ・ A 群と C 群： $U = 952717.500$, $p < .00$
- ・ B 群と C 群： $U = 7273226.500$, $p < .00$

全組み合わせに有意差が確認できた。

図 4.13・図 4.14 に各群の X 軸，Y 軸の視線方向のデータを示す。X 軸の視線方向に関して，基本情報は次の通りである。

A 群：最大値: 0.444, 最小値: -0.507, 中央値: -0.008, 平均値: -0.014

B 群：最大値: 0.314, 最小値: -0.495, 中央値: -0.002, 平均値: -0.005

C 群：最大値: 0.440, 最小値: -0.654, 中央値: 0.008, 平均値: 0.009

マン・ホイットニー U 検定を行った結果，全ての群間において有意差が確認された (A 群と B 群： $U = 4403463.000$, $p < .00$, A 群と C 群： $U = 4065267.000$, $p < .00$, B 群と C 群： $U = 4224292.000$, $p < .00$)。

また，Y 軸の視線方向に関して，基本情報は次の通りである。

A 群：最大値: 0.320, 最小値: -0.502, 中央値: -0.194, 平均値: -0.191

B 群：最大値: 0.148, 最小値: -0.419, 中央値: -0.132, 平均値: -0.133

C 群：最大値: 0.146, 最小値: -0.294, 中央値: -0.094, 平均値: -0.093

こちらも X 軸の視線方向と同様にマン・ホイットニー U 検定を行った結果，全ての群間において有意差が確認された (A 群と B 群： $U = 2368692.000$, $p < .00$, A 群と C 群： $U = 1263056.000$, $p < .00$, B 群と C 群： $U = 2777784.000$, $p < .00$)。

また，表 4.6 にて，スピーチ練習中における各群の脈拍を 1 分ごとに示した。欠損データは省いて用いた。

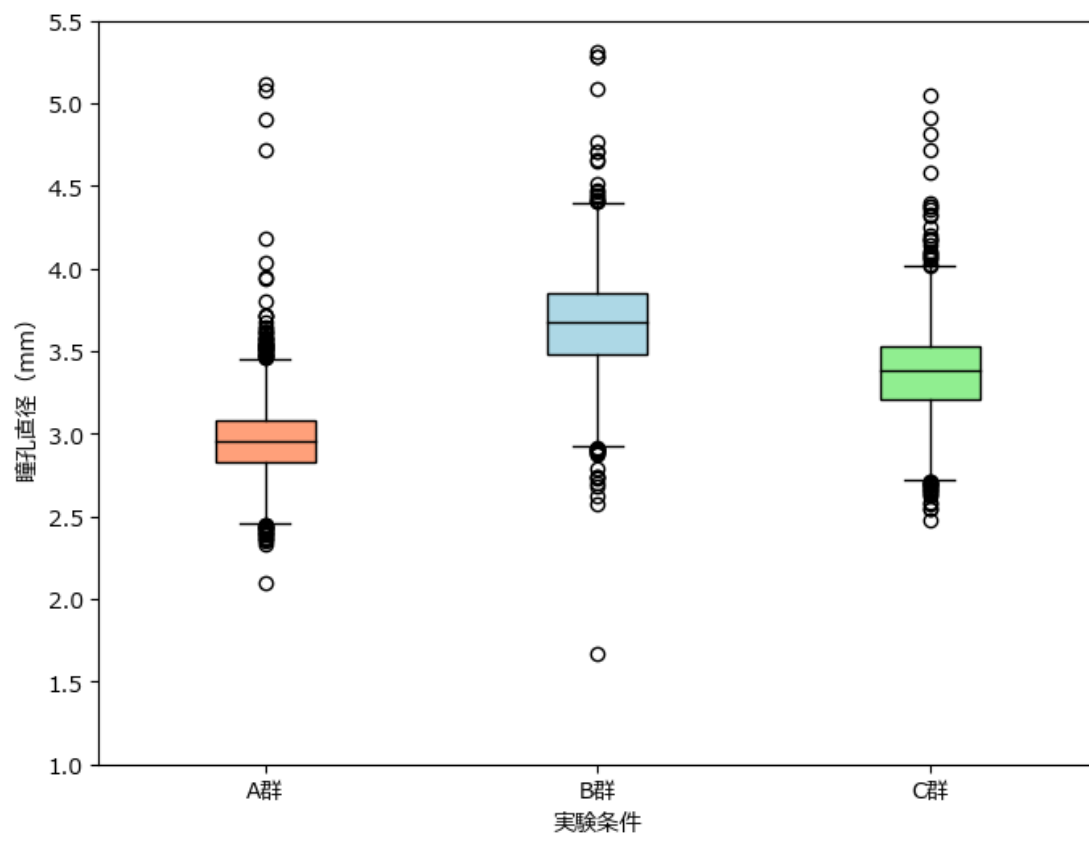


図 4.12: 条件ごとの瞳孔直径

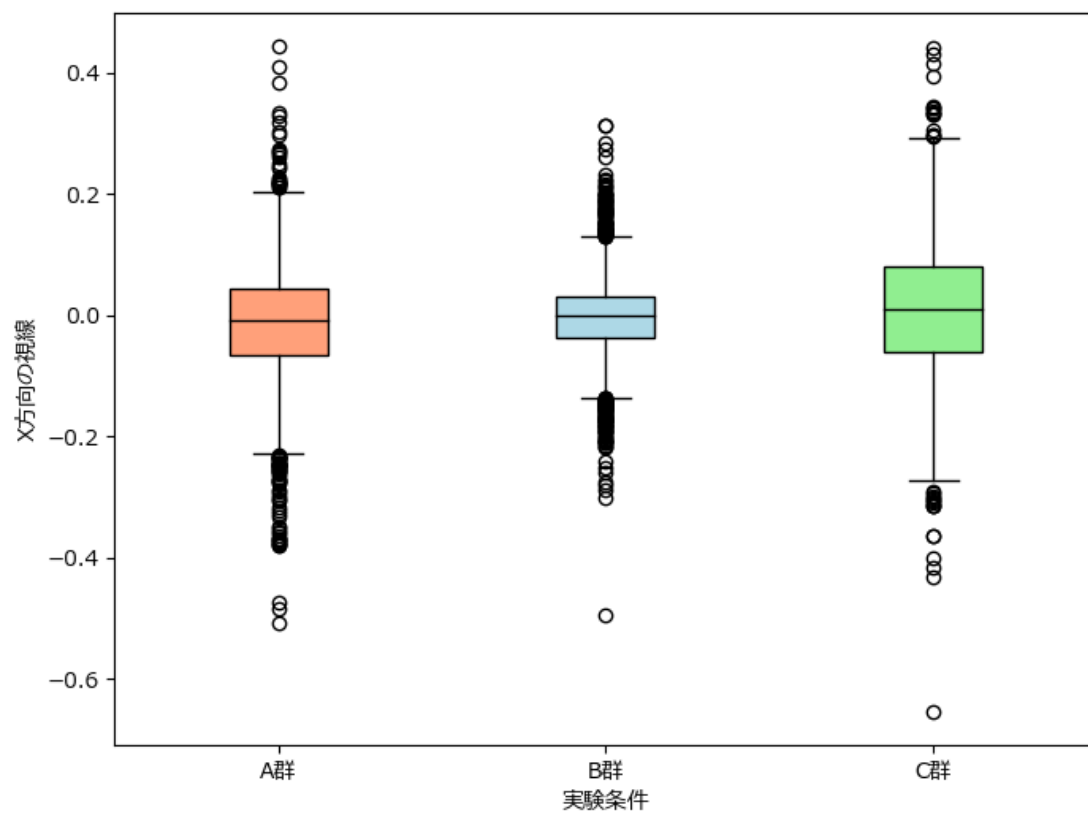


図 4.13: X 軸視線方向

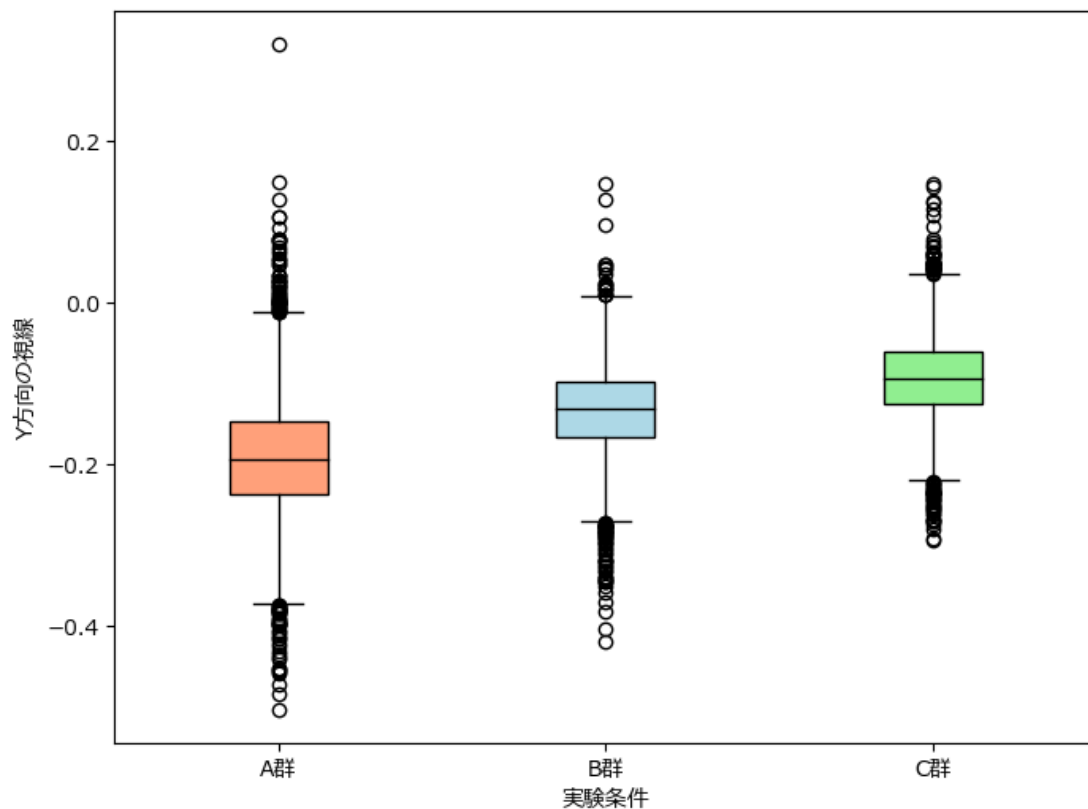


図 4.14: Y 軸視線方向

表 4.6: 脈拍平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	1 分 (bpm)	2 分 (bpm)	3 分 (bpm)	4 分 (bpm)	5 分 (bpm)
A 群	85 $\pm$ 14.37	83 $\pm$ 14	87 $\pm$ 14.61	78.8 $\pm$ 20.81	80.2 $\pm$ 20.29
B 群	89.8 $\pm$ 29.78	91 $\pm$ 24.51	88 $\pm$ 30.22	94 $\pm$ 25.30	100.5 $\pm$ 13.53
C 群	74 $\pm$ 20.31	72.25 $\pm$ 21.05	73.75 $\pm$ 20.17	75.75 $\pm$ 20.77	74 $\pm$ 20.48

4.3.3 スピーチ本番の自己・他者評価

スピーチ本番について，SPQを用いて自己・他者評価を行った．表4.7にてSPQスコアの平均値と標準偏差を示した．SPQスコアは高ければ自己評価・他者評価が低いことを示している．最も自己評価が高い群はB群であり，33.19点を示した．他者評価ではC群が最も高く（19.33），B群が最も低い値（13.33）を示した．仮想聴衆がいる群で差が確認された．

他者評価において，B群とC群には有意傾向が見られた（B群とC群： $t(8) = -2.01$, $p = 0.07$ ）ものの，その他において自己評価・他者評価ともにいずれの条

件でも統計的な有意は確認できなかった（自己評価：A 群と B 群： $t(8) = -0.97$, $p = 0.35$, A 群と C 群： $t(8) = -0.14$, $p = 0.51$, B 群と C 群： $t(8) = 0.68$, $p = 0.89$ ；他者評価：A 群と B 群： $t(8) = 0.51$, $p = 0.62$, A 群と C 群： $t(8) = -0.96$, $p = 0.36$ ）。

表 4.7: SPQ スコアの平均値 $\pm$ 標準偏差

実験条件	自己評価	他者評価
A 群	28.83 $\pm$ 6.40	15.44 $\pm$ 8.56
B 群	33.19 $\pm$ 8.81	13.33 $\pm$ 5.36
C 群	29.50 $\pm$ 9.81	19.33 $\pm$ 4.94

4.3.4 内省報告

実験終了後、内省報告として実験後アンケートを実施した。Q1・Q2・Q6 に関して回答をまとめて紹介する。全ての回答結果は、付録 B の内省報告回答に記した。

「Q1.VR でのスピーチ練習中、どのくらい緊張しましたか?」に対して、各群の反応を記述した。A 群の被験者はほとんど緊張しなかったと回答した。B 群の被験者は緊張したとの報告が多く確認された。C 群においては、あまり緊張しなかったと回答した被験者が多かった。

「Q2.VR でのスピーチ練習中、アバターの聴衆を意識しましたか?（※アバターの聴衆がいない条件の方は「特になし」とご記入ください.）」に対して、B 群と C 群の反応をまとめた。B 群は意識したとの報告があったが、C 群では仮想聴衆に意識しなかったと回答する被験者が多かった。

「Q6. スピーチ本番に関して、VR での練習が本番にどのくらい影響したと思いますか?」に対して、各群の反応を記述した。A 群の被験者は VR 空間での練習を話す内容や時間配分等に利用していることが報告された。B 群では人を意識して話をしており、VR の練習が本番に影響していたことが多くの被験者より報告された。C 群においても、VR での練習が影響したことが確認された。

また、実験の改善点やストレス、緊張の報告に対し、VR でのスピーチ練習時に時間が確認できず被験者にとっては不自由であったことが全ての群の被験者から報告された。

4.4 考察

本研究の目的は、仮想聴衆の人数とスピーチ発表者の心理的負荷の関係を解明することであった。得られた結果より、主観的な心理負荷の変動・スピーチ練習中の瞳孔変動・スピーチ本番への効果・総合考察の 4 つの項に分けて考察を行う。主観的な心理負荷の変動・スピーチ練習中の瞳孔変動・スピーチ本番への効果に

において、はじめに各項に対応する仮説の検証結果を示した。その後、様々な図により各群に対する考察を行った。また、総合考察では全ての結果を総合して考察を行った。

4.4.1 主観的な心理負荷の変動

仮説【I】では主観的な心理的負荷が仮想聴衆の人数とともに増加することを述べた。結果として、図 4.15・図 4.16 から分かるように緊張の 4 回目の変動のみが仮説【I】を支持した。緊張の 4 回目に単調増加を示しており、仮想聴衆の人数は発表後の緊張の増大に強い関連があることが示された。

しかしながら、本番後の緊張以外では仮説【I】は支持されなかった。

C 群は練習直後では心理的負荷が低下しているものの、発表後に増大傾向が確認された（図 4.15・図 4.16）。聴衆の人数が多い場合、練習後に心理的負荷が低下するが発表後に心理的負荷が高まる可能性があった。

また、図 4.15 ではスピーチ練習直後の不安は仮想聴衆の人数の増加に従い低下が確認されており、練習後と本番後において心理的負荷の変動に違いがあることが明らかになった。

このような結果に対し、各群の状態不安変動と緊張変動から考察していく。

はじめに、図 4.17 にて状態不安変動について確認する。予備実験とは異なり、すべての群において練習終了後（3 回目）にスピーチ考案時（2 回目）からの減少が確認されている。この変動は課題による不安の誘発を行えたことを示しており、本実験におけるスピーチ課題は適当であったと考えられた。

また、図 4.18 にも 2 回目での増加が認められており、課題による心理的負荷があったものだと考察された。

図 4.17 にて、各群の変動を確認したところ、各群に異なった変動が見られた。A 群と B 群はスピーチ練習前（2 回目）に上昇し、スピーチ練習後（3 回目）以降に下降するといった似た変動の形を示した。聴衆の人数の 0 人から 1 人への変化に対しては、状態不安に影響を及ぼさないと考えられた。

渡部・栗原 [29] は仮想聴衆がいない場合と 1 人存在する場合を比較したが、本研究同様に STAI の値は聴衆人数が 0 人の場合と 1 人の場合に差が確認されなかった。渡部・栗原の研究では、仮想聴衆として真っ黒に塗りつぶされた人型オブジェクトを聴衆として配置しており、本研究ではリアルな人の顔を再現した。しかし、アバタのリアリティが影響せず、聴衆人数が 0 人と 1 人の場合で明確な差異があらわれることはなかった。状態不安にはリアルなアバタは影響しないことが示唆された。

この結果は Kwon ら [44] の結果とも一致しており、仮想聴衆のグラフィックがリアルであるほど存在感が増加するが、不安感には仮想聴衆のリアリティに関連がないことを示唆した。本研究においても STAI には差が確認できないが、聴衆の有無

により IPQ (図 4.11, 表 4.5) にて Spatial Presence (空間存在感) に有意差が確認されており, Kwon らの結果を裏付けることとなった。

A・B 群とは異なり, C 群では状態不安変動において 1 回目からの減少が認められなかった。予備実験では仮想聴衆の有無で STAI の増減に差があらわれたが, 予備実験では仮想聴衆の人数が会場を満たす数であった。本実験においても, 仮想聴衆人数が 5 人である C 群で差が確認された。C 群の被験者は実験中, 常に不安状態にあったと推測される。本番終了後 (4 回目) にも増加が認められており, 仮想聴衆が複数人存在している場合, 仮想聴衆による不安の効果が持続しやすい可能性が示唆された。

一方で, 内省報告では C 群の被験者はあまり聴衆を意識していないことを報告しており, 被験者自身は仮想聴衆からの影響を自覚していない。仮想聴衆が複数人いる場合, 主観的な不安を自覚せず持続すると考えられた。

また, A・C 群では状態不安 (図 4.17) と緊張 (図 4.18) の変動が概ね一致していたが, B 群では STAI と TMS の緊張変動に違いが確認された。状態不安は A 群同様に, スピーチ練習後以降に低下傾向を示したものの, 緊張ではスピーチ練習後にピークが確認できた。内省報告でも B 群の被験者は VR でのスピーチ練習時に緊張していたと報告されており, TMS の評価と一致していた。仮想聴衆が 1 人存在していることは主観的な不安の誘発には影響を与えないが, 主観的な緊張に対しては不安を与えることが示唆された。

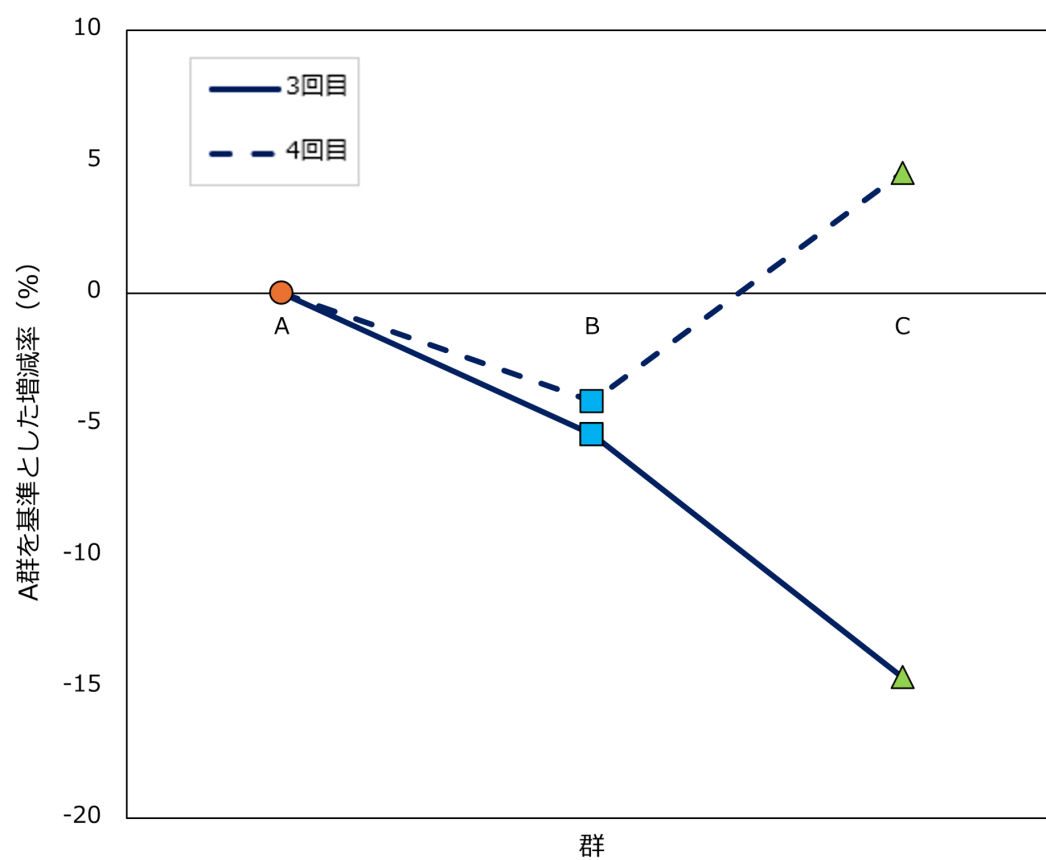


図 4.15: 聴衆人数の増加と状態不安の関係

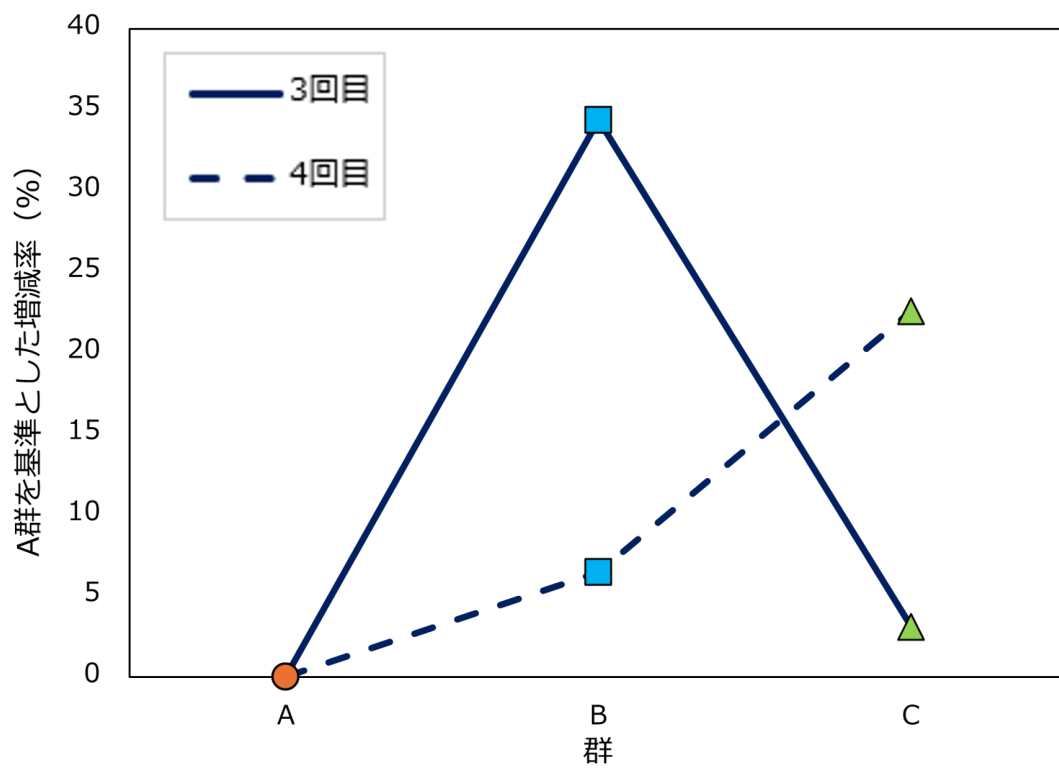


図 4.16: 聴衆人数の増加と緊張の関係

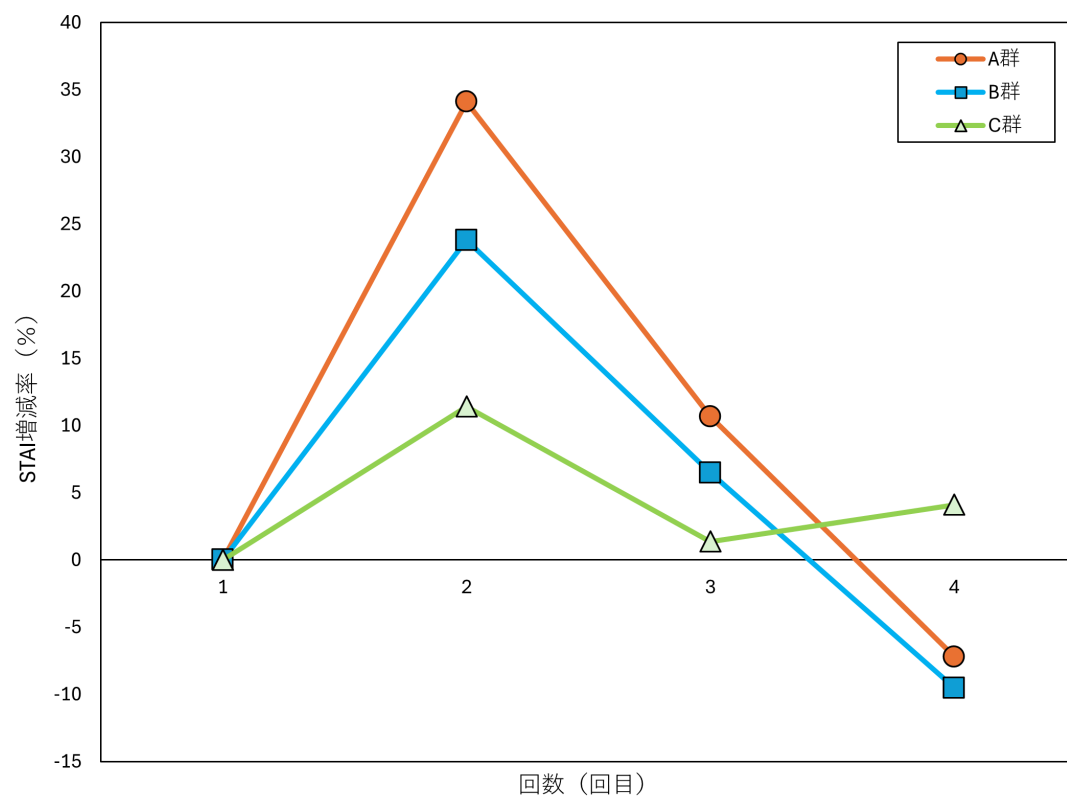


図 4.17: STAI (A-State) 増減率

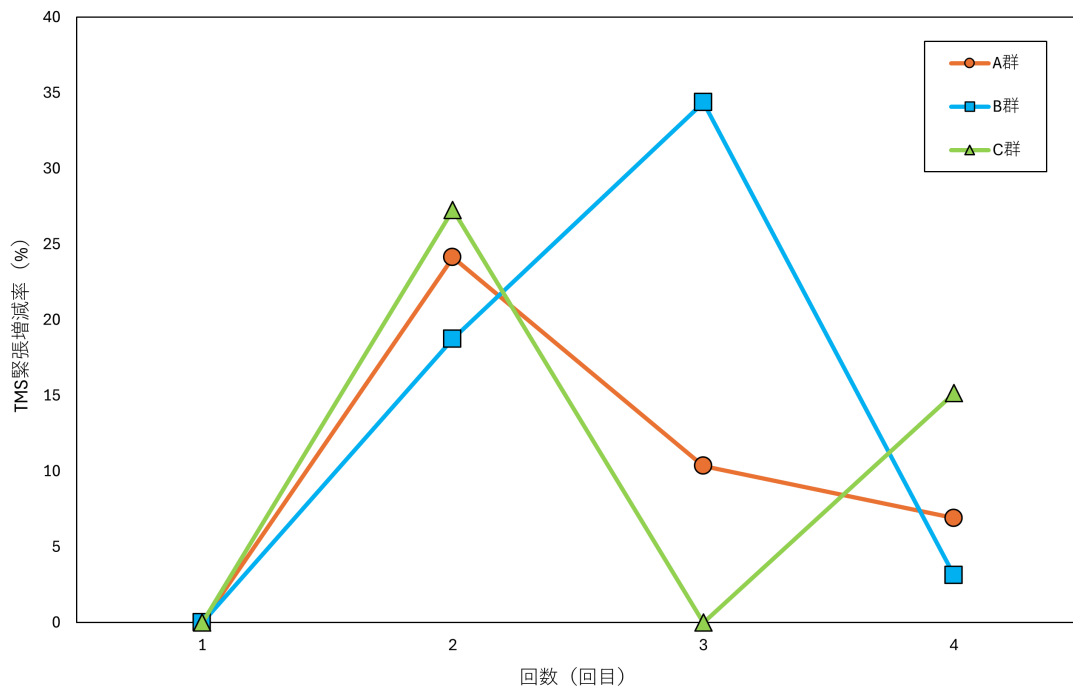


図 4.18: TMS 緊張増減率

4.4.2 スピーチ練習中の瞳孔変動

仮説【II】では仮想聴衆人数の増加と相関係数の増加が比例していることを述べた。結果として、図 4.19 から読み取れるように、B 群が強い正の相関を示し、A 群が負の相関を示した。C 群は増加・減少いずれも確認できず相関がなかった。すなわち、仮説【II】は支持されなかった。

この結果を受けて、以降、各群に対して考察を行う。

はじめに、図 4.19 において、時系列瞳孔直径の変動を示した。時系列変動は生データに対し、外れ値を除去した後、単純平滑化処理を施した (Window Size = 10)。また、外れ値の判定は四分位範囲 (IQR) を用い、「第 1 四分位点 - $1.5 \times \text{IQR}$ 」を下限、「第 3 四分位点 + $1.5 \times \text{IQR}$ 」を上限として範囲外を外れ値とみなした。

図 4.19 で各群は異なった変化を示していることが確認できる。A 群は時間経過に従って瞳孔直径が縮小しており、弱い負の相関がみられる。相関には有意が確認できた。B 群では有意な強い正の相関がみられ、瞳孔散大が確認できた。一方、C 群では僅かに変動が確認されるものの、全体を通した散大・縮小傾向は見られず、相関係数においても有意は確認できなかった。

本研究では時間経過に伴う輝度変化等の設定を行っていない。瞳孔直径の変動要因が輝度ではなく、仮想聴衆によるものだと考察される。

また、脈拍変動においても各群に差が確認できた。図 4.20 は始めの 1 分を基準とした脈拍の増減率である。脈拍は被験者ごとに始めの値が異なり、単純な群間比較を行えないため、始めの 1 分からの増減率を用いた。A 群が減少傾向、B 群が増加傾向、C 群は一定で推移といった瞳孔変動と似た変動傾向を示している。心臓などの内臓器官は交感神経と副交感神経からなる自律神経系の調整を受けて機能していることが知られており、ストレスなどが与えられると交感神経が活性化し同時に副交感神経が抑制されるため、心拍（脈拍）変動に影響が現れる [20]。

すなわち、図 4.19 と図 4.20 の結果より、A 群では交感神経が抑制され、B 群は交感神経が優位であると考察された。しかし、C 群においてはどちらが優位であるか瞳孔変動のみでは判断できないため、総合考察にて各主観指標と照らし合わせて考察を行う。

以降、各群の変動について考察していく。

A 群の変動に関して、被験者は練習時間が進むにつれて徐々に集中力を失った可能性が考えられた。図 4.21 において、時間経過に伴い、他の群に比べて A 群の視線移動ベクトル量の範囲が拡大していることが確認される。A 群では注目する対象が定まっていなかったため、集中力を維持しにくいのではないかと考えられた。

A 群は 180 秒以降の瞳孔変動で振幅が大きくなっていることが確認されている。このゆらぎは瞳孔のゆらぎとして知られており、覚醒水準の低下の指標となっている [17]。A 群では VR でのスピーチ練習の後半に副交感神経が亢進し覚醒水準が低下していると考察された。

また、A 群では他の群に比べ、没入感が低かったことも影響したと考えられた。図 4.11 において、A 群は Involvement の項目以外で最も低い平均得点を示した。A 群の被験者の中には VR 空間で練習することに対して疑問をもった人もおり、聴衆がいないことで被験者に物足りなさを感じさせた可能性があった。

B 群は瞳孔直径が散大していくことが確認できるが、被験者の心理において仮想聴衆の存在が次第に大きくなっていると考察された。STAI の増減において A 群と B 群は同じ変化傾向を示したが、内省報告では B 群の多くの被験者が仮想聴衆を意識していたことを報告しており、瞳孔直径の変化は仮想聴衆を意識した結果生まれたものだと考えられた。

また、B 群のある被験者はアバタに見られていて、恥ずかしさと緊張を感じており、仮想聴衆が 1 人だけでも不安を感じさせる要因であったことが示された。

C 群において、内省報告で多くの被験者が練習中に仮想聴衆を意識しなかったことを報告している。しかし、視線移動ベクトル量は B 群と同じ程度で推移しており、瞳孔直径には減少傾向が見られなかった。すなわち、A 群のように仮想聴衆がいることにより、視点が定められ集中力を欠如させるものでなかったことが窺える。その為、意識していないものの仮想聴衆による生理的影響はあったと考えられた。

しかしながら、C 群の視線移動ベクトル量は B 群と同じ程度であるが、B 群のように瞳孔直径の散大は確認できなかった。仮想聴衆の人数の増加が生理的な反

応に影響を与えないことが示唆された。

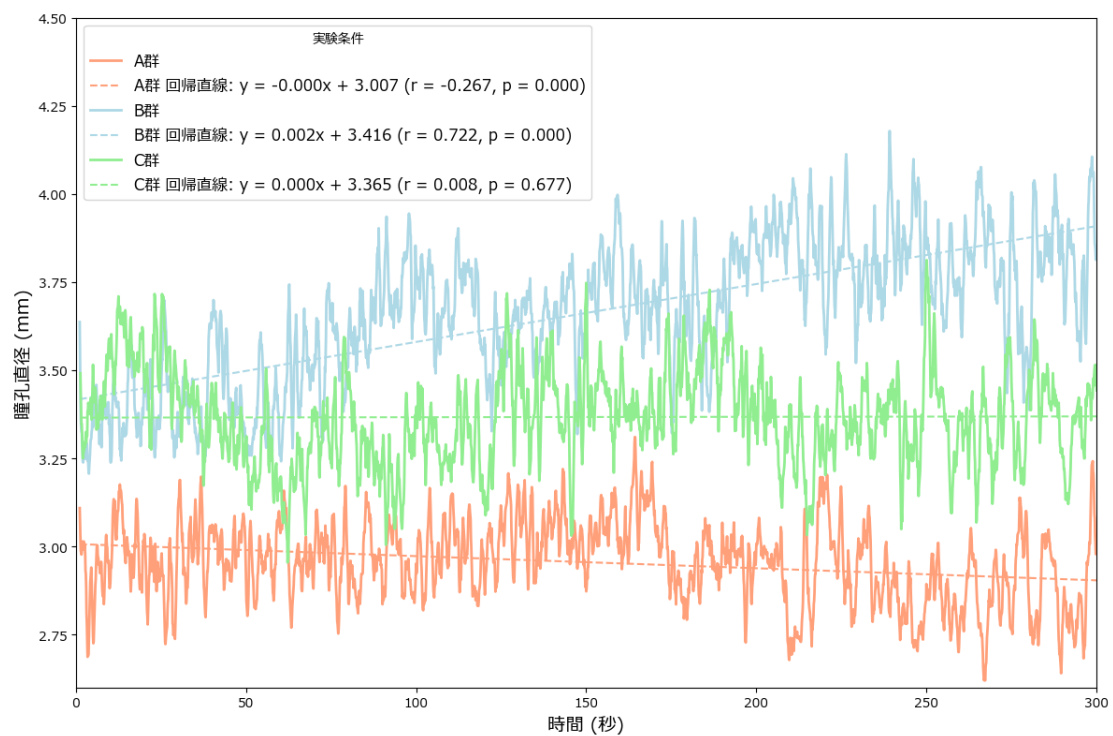


図 4.19: 時系列瞳孔変動

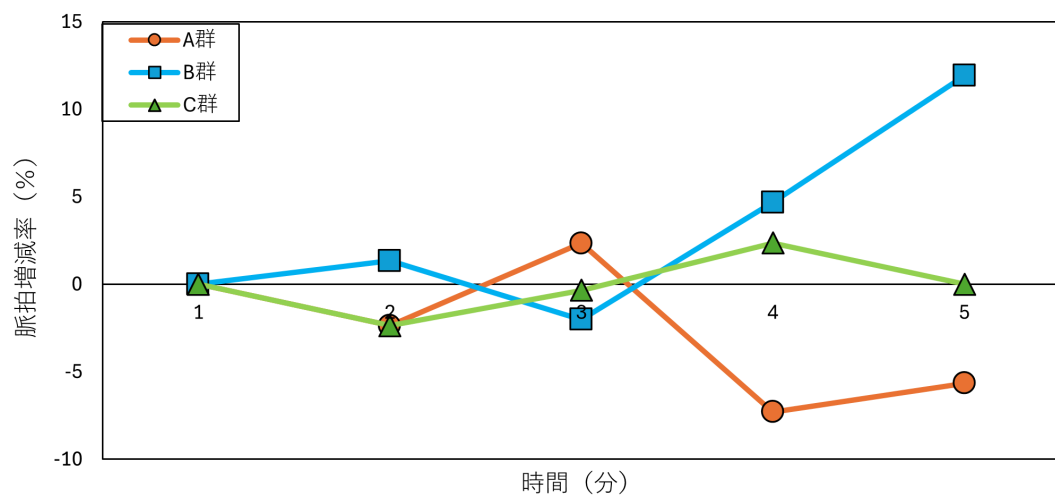


図 4.20: 始めの1分を基準とした脈拍増減率

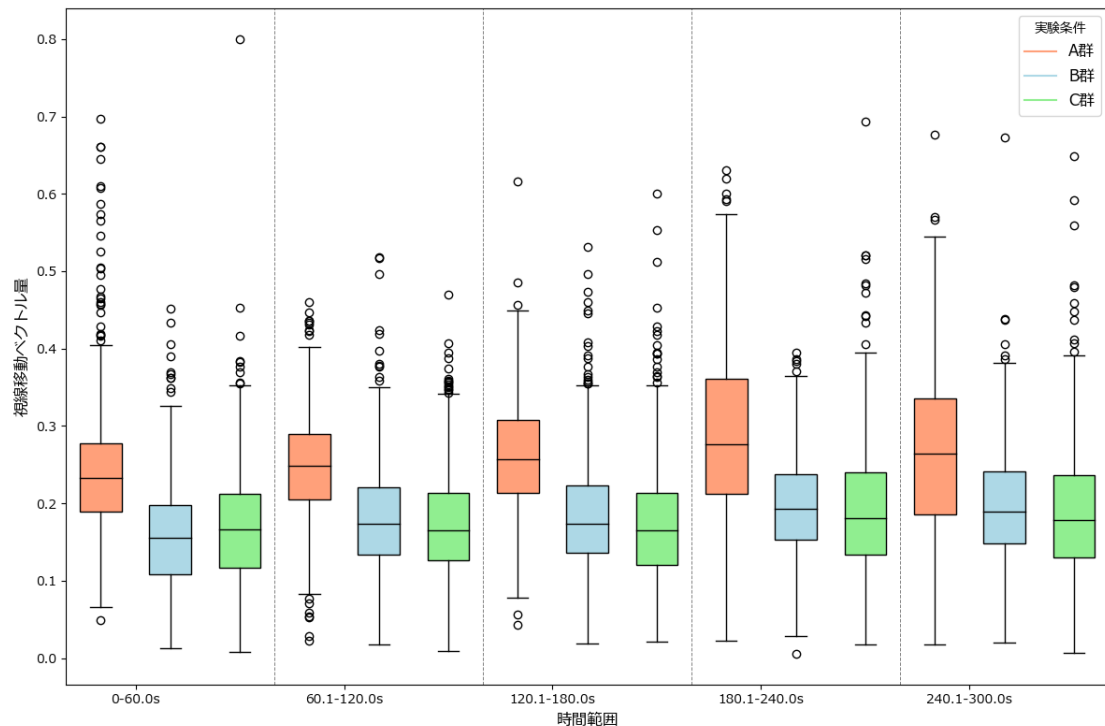


図 4.21: 1 分ごとの視線ベクトル量
視線ベクトル量は次の式で定義された。

$$\text{視線ベクトル量} = |X \text{ 軸視線方向}| + |Y \text{ 軸視線方向}|$$

4.4.3 スピーチ本番への効果

仮説【Ⅲ】では自己・他者評価が仮想聴衆の人数増加に従い低くなることを述べた。図 4.22 は A 群を基準とした自己・他者評価の増減を示している。この図では 0 % よりも上にプロットされていれば、A 群より自己・他者評価は低いといえ、0 % より低い位置にプロットされていれば自己・他者評価は高いといえる。聴衆の人数の増加に従い、両方で線形的な増加・減少は確認されなかった。すなわち、仮説【Ⅲ】は支持されなかった。

この結果に対し、以降箱ひげ図を用い各群の考察を行う。

図 4.23・図 4.24 にスピーチ本番に対する自己評価と他者評価の箱ひげ図を示す。SPQ は高得点であるほどスピーチの自己評価・他者評価が低いことを意味する。本研究では他者評価の方が高い傾向を示し、自己評価を低く見積もる傾向が確認された。

A 群では他者評価の箱ひげ図の範囲が広がった。A 群が仮想聴衆からの影響を受けないことで、元々の被験者の能力があらわれた結果だと考えられる。A 群はスピーチ練習中の瞳孔直径の変動から推察されたように、仮想聴衆の影響を受けないため、VR におけるスピーチ練習の効果は大きなものでなかった。その為、

VRでのスピーチ練習の効果よりも元々の被験者が持つスピーチ能力が反映された結果、ばらつきが大きくなったと考えられた。

B群の被験者はスピーチの自己評価が低いことが確認できる。B群のSTAIの増減は本番終了後に減少しており、状態不安が低下しているにもかかわらず、スピーチの自己評価には影響を及ぼさなかった。また、内省報告でも本番に対する練習の効果を実感しており、SPQスコアと異なった評価であった。

一方、他者評価において、B群が最も低い値を示した。スピーチ本番はスマートフォンを前に実施した。スマートフォンを聴衆として認識した場合、本番での聴衆人数は1人と考えられる。B群のスピーチ練習では仮想聴衆が1人であり、その他の群に比べて本番の環境に近かった。現実に近いリアルな仮想環境は不安症を克服するうえで重要な役割を果たす可能性があると考えられ[44]、本番環境との一致率が高いほど効果的であると考えられる。B群は練習時でも本番時でも聴衆人数が1人であり、仮想空間にて本番の状況を再現できていた。その為、他者評価が最も高かったのではないかと考えられた。

C群はB群と同様に自己評価が低い傾向が確認され、仮想聴衆の有無はスピーチの自己評価に影響を与える可能性が考えられた。

C群はSTAIの増減でも確認されたように、実験中常に不安状態にあった。その為、自身のスピーチに関して自信が持てず、結果的に自己評価を低く見積もった可能性が考えられた。

また、C群は他者評価が低かった。C群の仮想聴衆は5人であり、練習中に注目しなければいけない対象が多かった。本番時はカメラ1つであり、練習と本番の視線の動きに乖離があった。その為、スピーチ実施時に練習で取った行動の修正を行わなければいけなくなり、考えることが多くなった。こうした挙動が第三者からスピーチに不安を持っているように見えたため、他者評価が低くなったのではないかと考えられた。

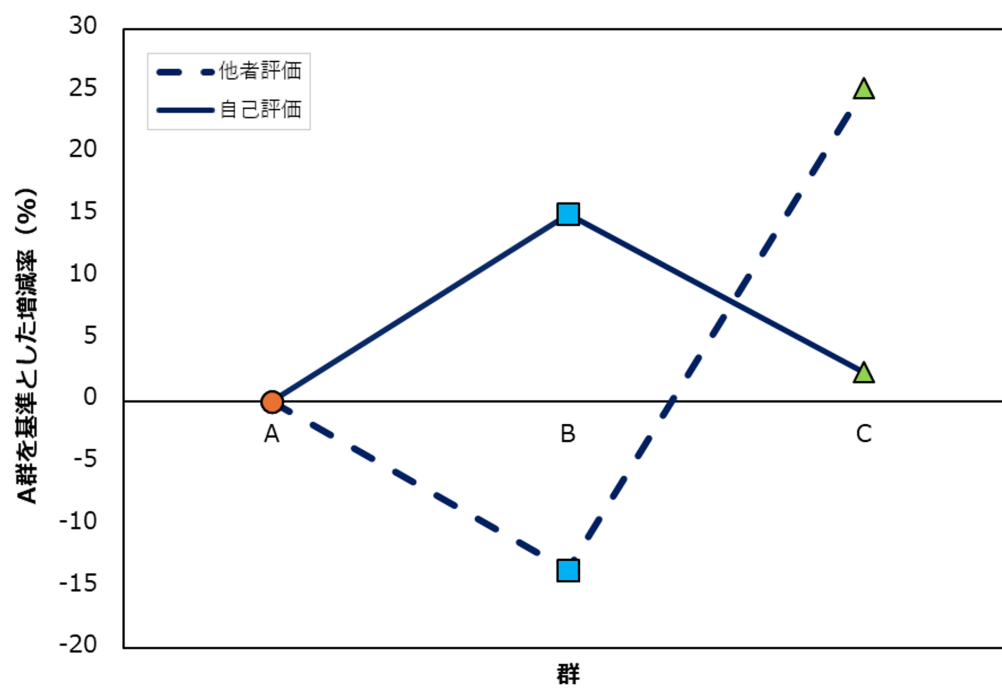


図 4.22: 聴衆の人数と自己・他者評価の関係

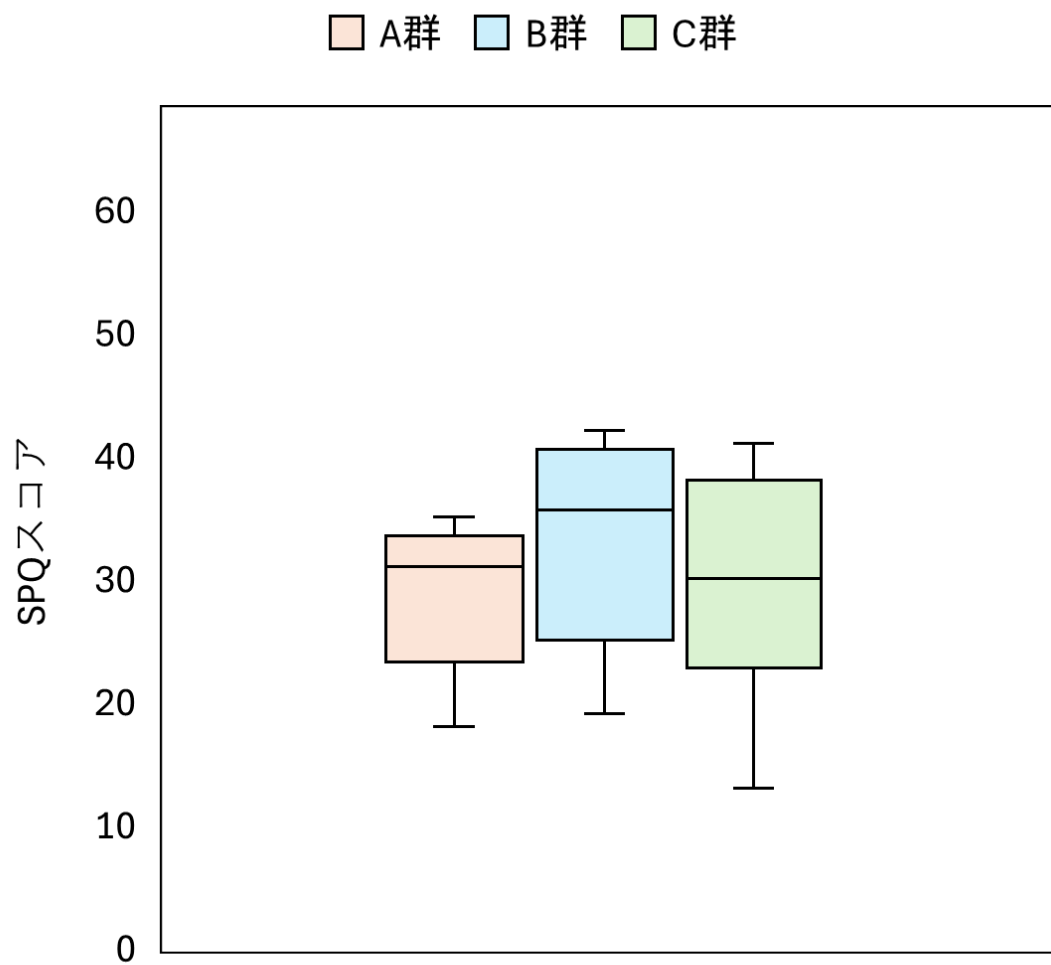


図 4.23: スピーチ本番の自己評価

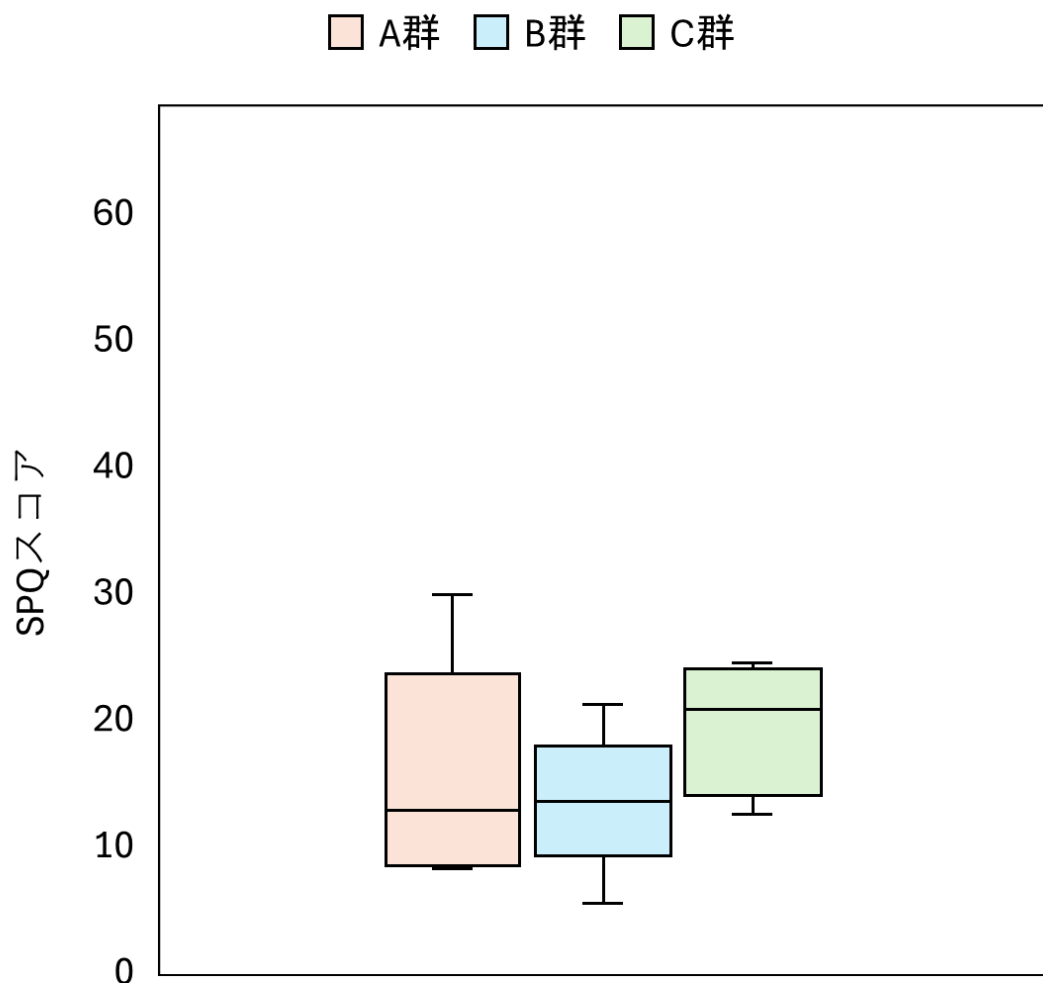


図 4.24: スピーチ本番の他者評価

4.4.4 総合考察

全データをもとに総合考察を行う仮想聴衆の有無による心理的負荷の関係について述べ、その後、各群について考察を行う。

図 4.19・図 4.20・図 4.23 から聴衆の有無は発表者の心理的負荷と関係していることが示された。瞳孔・脈拍は仮想聴衆がいる場合に増加・維持傾向を示し、スピーチの自己評価を低く見積もった。仮想聴衆の有無は生理反応と本番終了時に影響し、仮想聴衆の存在が発表者の心理的負荷要因になっている可能性が考えられた。山口 [26] は相手から一方的に見られる場合に不安が高まり、アイコンタクトが生じる場合に対等な関係となり心と心の交流が生まれることを指摘した。本

研究で使用したアバタは被験者にフィードバックを起こさず、内省報告で報告されたように一方的に見られている感覚が強い状況であった。その為、仮想聴衆から発表者の心理的負荷が与えられたのだと推察された。

A 群はスピーチ練習時において、A 群は瞳孔直径の縮小が認められ、スピーチ練習時の覚醒水準の低下が示唆された。主観的なアンケートの STAI や TMS の緊張尺度（図 4.18）においてもスピーチ練習後以降に低下していることが確認されており、主観的な不安と緊張において覚醒水準の低下から減衰していると考察された。

A 群では仮想聴衆がいなかったため、緊張や不安を保つことが難しかった。その為、スピーチ本番に向けた心理状態を外的要因ではなく、内的要因から創出しなければならず、本番の他者評価が個人に依存する結果になったのだと推察された。

B 群はスピーチ練習時に瞳孔直径が散大傾向を示し、脈拍変動に関しても増加傾向が確認された。生体情報より交感神経が亢進状態であったと考えられた。田場ら [12] は精神的ストレスによる瞳孔散大を報告しており、B 群でも精神的ストレスが高まったのだと推察された。

スピーチ本番に対し、B 群は他者評価が最も高い結果となった。Murphy ら [47] は認知能力の課題に対するパフォーマンスと瞳孔直径の関係において、最適なパフォーマンスは中間の瞳孔直径であると結論付けた。B 群の被験者は5分間のスピーチ練習で瞳孔散大したが、スピーチ練習時間が被験者にとって最適であり中間レベルの瞳孔直径で練習を終了できた可能性がある。しかし、Murphy らの研究は認知能力課題であり、本研究は心理的負荷を調査するスピーチ課題であったため、その関係が適応されるか定かではない。

また、B 群は自己評価が低かった。SPQ のスコアは緊張を評価するものではないが、質問項目に緊張状態を想起させる項目が多く（例えば、「Q.10 赤面した」や「Q.14 緊張しているように見えた」など）、被験者が自身の緊張を評価した可能性がある。

C 群では実験中常に状態不安が増加傾向を示していたが、瞳孔直径の変化は確認されなかった。緊張に関しても、C 群は状態不安と同様の変動を示しており、本番終了後の増加が確認された。三宅 [22] は、持続的な不安・緊張では交感・副交感神経の両方が興奮しており、同時亢進を引き起こすことを報告している。C 群では実験中常に状態不安の増加傾向を示しており、持続的な不安状態にあった。その為、C 群の被験者は交感・副交感神経の同時亢進が発生しており、交感神経と副交感神経が関連する瞳孔において特徴的な変化が見られなかったのだと考えられた。

また、C 群は他者評価が低かった。過度の不安は侵入思考などにより、パフォーマンスの低下や注意散漫につながるとされており [34]、C 群は常に不安に曝されていたため、他者評価が低くなったのだと推察された。

4.5 おわりに

本章では仮想聴衆の人数が発表者の不安に影響を与えるか明らかにするため、実験を実施し、得られたデータと内省報告から考察を行った。4.2にて実験方法を説明した後、4.3にて本実験の結果を提示した。結果を示したのち、4.4にて、考察を行った。

第5章 結論

5.1 本研究のまとめ

本研究の目的は仮想聴衆の人数とスピーチ発表者の心理的負荷の関係を解明することであった。【I】【II】【III】の仮説を検証する形で目的解明を試みた。【I】【II】【III】の仮説は次の通りであった。

【I】実験刺激後、主観的な心理的負荷は仮想聴衆人数の増加に従って線形的に増加する。

【II】スピーチ練習中の生理的反応は時間経過に従い増大傾向を示し、その傾きは仮想聴衆人数の増加に従い増加する。

【III】スピーチ本番において仮想聴衆の人数増加に伴い、自己・他者評価が低くなる。

上記の仮説に対し、本研究で示された結果を以下にまとめる。

■仮説【I】では、発表直後の緊張のみ支持し、特にC群（5人）では不安の持続が示唆された。一方で、スピーチ練習直後の不安は聴衆の増加に伴い低下し、練習後と本番後で異なる変動パターンが確認された。リアルなアバターの使用は状態不安には影響しないが、空間存在感を高めることが示された。また、C群では主観的な不安を自覚しないまま持続する可能性があり、仮想聴衆の人数が心理的負荷に与える影響の複雑性が示唆された。

■仮説【II】では、仮想聴衆人数の増加と相関係数の増加が比例することを想定したが、B群のみ強い正の相関を示し、A群は負の相関、C群は有意な相関が確認されず、仮説は支持されなかった。瞳孔直径と脈拍の変動から、A群では交感神経が抑制され、B群では優位であったが、C群では明確な変化が見られなかった。A群では集中力の低下が、B群では仮想聴衆の存在の意識が影響したと考えられる。C群は持続的な不安により交感・副交感神経の同時亢進が起こり、瞳孔変化が見られなかった。仮想聴衆の人数の増加が生理的反応に与える影響は限定的である可能性が示された。

■仮説【III】では、仮想聴衆の人数増加に伴い自己・他者評価が低下するとしたが、線形的な変化は確認されず支持されなかった。A群は仮想聴衆の影響を受けず、自己評価のばらつきが大きかった。B群は

本番環境に近い練習条件のため、他者評価が最も高かったが、自己評価は低いままだった。C群は常に不安状態で自己評価が低く、視線の動きの違いから他者評価も低かったと考えられた。仮想聴衆の有無がスピーチ評価に影響を与える可能性が示唆された。

本研究において、多くの結果より仮想聴衆の人数と発表者の心理的負荷の間には単純な比例関係でなく複雑な関係があることが認められた。この結果は現実空間における結果とは異なっており [32]、発表者の心理負荷の解明に寄与するものとなると考える。また、研究意義でも示した通り、本研究で取得した瞳孔直径データや視線データなどは今後の VR を利用したスピーチ支援の研究に有用な情報になるだろう。

5.2 課題

本研究では実験参加者が仮想聴衆以外を注目するのを防ぐため、練習中に時間を見せなかった。しかし、多くの被験者が時間が確認できないことをストレスに感じた恐れがあった。練習中に著者が残り時間を伝えるという方法も考えられたが、この方法では実験参加者の VR 空間への没入感が損なわれる可能性がある。1 分ごとにブザー音を鳴らす方法や 1 分ごとに時間提示を行うなど様々な方法が考えられるが、その方法が剰余要因になる可能性も考えられるため、検討が必要である。

また、瞳孔の変動要因が様々存在していることにも注意しなければならない。本研究ではいくつかの理由により、瞳孔変動要因を仮想聴衆からの心理的負荷と推察した。しかしながら、群間での比較を行うには輝度要因を取り除く必要があるだろう。輝度要因による瞳孔直径は既に式で示されており [51]、仮想空間内の輝度 (lux) の取得によってその影響を省くことが可能である。

本研究では練習中における視線取得のため、スライドを表示しないスピーチに焦点を当てて研究を行ったが、現代社会においては PowerPoint 等のスライドを示したプレゼンテーションをする機会の方が多い。こうしたプレゼンテーションにおいて、視線やその他データがどのように変化するかということも興味深い点である。

仮想聴衆の人数が必要であった可能性も考えられた。スピーチ能力の高い被験者からすれば 1 人から 5 人の増加は誤差であり、予備実験で示したような人数でようやく変化があるかもしれない。

仮想聴衆に対しては、アバタによる不安の変化についても考察の余地があるだろう。吉澤 [27] は聴衆の属性もスピーチ不安を誘発させる要因であるとした。本研究では属性を付加しないアバタを用いたが、スーツを着用したアバタを用いた場合、効果は異なってくる可能性が考えられる。人種、性別、身長等のアバタの

顔に関しても様々な変化が期待できる．より VR を利用したスピーチ練習システムの効果を向上させるためにはこのようなアバタの効果も考慮すべきである．

また，VR を用いたスピーチ練習の効果の持続については検討が必要である．本研究はスピーチ練習後，すぐに本番を行ったが，練習から時間をおいて実施した際には異なる傾向があらわれる可能性がある．

さらに，限定的な条件に絞って研究を行うことも異なる結果を生じさせる可能性がある．Pertaub ら [50] は PRCS よりスピーチが苦手な人と得意な人に絞って研究を行っており，被験者を選定することにより，異なる結果があらわれる可能性も考えられる．

特に，社交不安傾向がある場合，他者の視線に対し敏感に感知することが知られている [6]．こうしたことから，社交不安傾向の被験者に対し，眼球データを取得することで社交不安傾向の生理学的特徴を捉えられる可能性がある．

謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員である藤波努先生には丁寧なご助言やご指導をしていただきました。私のやりたいように研究を進めることができ、重要な時にはアドバイスを頂くといったようにとても心地よい環境のもと研究を行うことができました。深く感謝申し上げます。

また、研究員である寺朱美様には、多くのアドバイスや異なった視点からのご意見を頂き、大変感謝しております。自分にはない視点や角度で物事を観察しておられ、私の研究の中でもそうしたご助言がいくつも役立ちました。また、寺様が開催していただいた勉強会は自分の中の知識を向上させる手助けとなり、円滑に研究へと向かうことができました。

また、本研究にご参加いただいた実験参加者の皆様にも心より感謝いたします。自分の研究や就職活動等の合間を縫って、ご参加いただきありがとうございました。皆様のおかげで本研究をやり遂げることができました。

藤波研究室の皆様にも、感謝申し上げます。ゼミ等にて様々なご意見やご質問をいただき、自身の研究を深く掘り下げるきっかけを与えていただきました。

特に、同期の尾崎天地さん、吉川楽さん、Li Zhe さん、Qin Haitian さん、Zhao Ruochen さんには研究室配属時から大変お世話になりました。尾崎さん、吉川さんは私の研究に対し、いくつものアドバイスやお手伝いをしていただくことや雑談等において研究のリフレッシュをさせてもらいました。心より感謝申し上げます。

また、別研究室から勉強会に参加していたメンバーの瓦谷優佳さん、佐々木颯太さんにも様々なご意見やアドバイスをいただきました。勉強会後に行った雑談は非常に愉快であり、毎週木曜日が楽しみに思えました。大学院生活ではいくつも辛いことがありましたが、瓦谷さんには研究から日常面まで相談にのっていただいたり、美味しいものを食べたり、様々な手助けをしていただきまして大変感謝しております。

最後に、大学院にて分野を変更した際も快く承諾していただき、多くのサポートをしていただきました両親に感謝いたします。

学外での発表

1. 近藤亘・藤波努（2024）．VR 空間でのスピーチ練習における VR 聴衆の人数の変化が発表直前の発表者の緊張に与える影響．2024 年度日本認知科学会第 41 回大会，814-817.
2. 近藤亘・寺朱美・藤波努（2025）．VR 聴衆の有無が発表練習者の瞳孔に及ぼす影響．日本視覚学会 2025 年冬季大会，2p22.

1. の発表では予備実験（本論文第 3 章を参考）で取得したデータを用いて，仮想聴衆の有無による発表直前の発表者の緊張に焦点を当てた発表を行った．当発表は大会論文として，内容が公開されている．

2. の発表は本実験（本論文第 4 章・付録 B を参考）で取得したスピーチ練習時のデータを用いて，仮想聴衆の人数変化と有無における発表者の心理的影響を生体情報から考察した．当発表は大会抄録集として，要旨が公開されている．

参考文献

- [1] 一般社団法人日本経済団体連合会「2018 年度新卒採用に関するアンケート調査結果」.
<https://www.keidanren.or.jp/policy/2018/110.pdf>
(閲覧日：2025 年 1 月 20 日)
- [2] 岡林直子・生和秀敏 (1991). 対人不安感尺度の信頼性と妥当性に関する一研究. 広島大学総合科学部紀要 III, 15, 1-9.
- [3] 岡林尚子・武島あゆみ・生和秀敏 (1992). スピーチ不安に対するイメージトレーニング方略の効果に関する検討. 行動療法研究, 18(1), 1-9.
- [4] 遠座奈々子・中島定彦 (2018). 不安障害に対するエクスポージャー法と系統的脱感作法—基礎研究と臨床実践の交流再開に向けて—. 基礎心理学研究, 36(2), 243-252.
- [5] 金成慧 (2024). 実験心理学における瞳孔計測入門. 基礎心理学研究, 42 (2), 206-212.
- [6] 河上雄紀・沼田恵太郎・大野裕史 (2021). 社交不安は視線の検出を速める—視覚探索課題を用いた実験的検討—. 不安症研究, 13 (1), 38-45.
- [7] 櫻田怜佳 (2018). TED Talks における語りの構成と言語表現の日本語・英語対照研究—スピーチに見られる語り手と聴衆の関係—. 社会言語科学, 21 (1), 191-206.
- [8] 島津直実 (2011). スピーチ不安に及ぼす呼吸法と数息観の効果比較-認知・生理・行動の 3 側面からの検討-. 早稲田大学教育学部学術研究 (教育心理学編), 59, 57-67.
- [9] 清水秀美・今栄国晴 (1981). STATE-TREAT ANXIETY INVENTORY の日本語版 (大学生用) の作成. 教育心理学研究, 29, 62-67.
- [10] 城月健太郎・笹川智子・野村忍 (2010). 日本語版 Speech Perception Questionnaire の作成の試み. 健康心理学研究, 23(1), 75-84.

- [11] 菅野真功・小林稔 (2019) . プレゼンテーション時における心拍フィードバックによる緊張緩和手法の検討. 情報処理学会研究報告, Vol.2019-CDS-24,No.45,1-6 (WEB ONLY) .
- [12] 田場信裕・高良富夫・星野聖 (1996) . ストレス負荷時の心拍数と瞳孔反応. テレビジョン学会技術報告, 20(39), 75-79.
- [13] 徳田完二 (2011) . 一時的気分尺度 (TMS) の妥当性. 立命館人間科学研究, 22,1-6.
- [14] 徳久弘樹・大野直紀・中村聡史 (2019) . プレゼンテーション中の発表者のみが聴取可能な音楽による緊張緩和手法の提案. 情報処理学会研究報告, Vol.2019-CDS-24,No.46,1-8 (WEB ONLY).
- [15] 中野萌士・磯山直也・酒田信親・清川清 (2020) . 下方視野を拡大した HMD の開発と評価. 情報処理学会 インタラクション 2020, 106-114.
- [16] 中村駿也・河合隆史 (2022) . モーションベースを用いた仮想空間における歩行体験の評価. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 27(3), 274-281.
- [17] 西山潤平・谷田公二・楠見昌司・平田豊 (2008) . 瞳孔ゆらぎを指標とした覚醒度状態評価. 生体医工学, 46(2), 212-217.
- [18] 成瀬加菜・吉田成朗・世田圭佑・鳴海拓志・谷川智洋・廣瀬通孝 (2018) . リアルタイムな変換聴覚フィードバックによる緊張緩和効果の基礎的検討. ヒューマンコンピュータインタラククション (HCI) 研究報告, 2018-HCI-178 (17) , 1-8.
- [19] 藤森麻衣子・坂野雄二 (2006) . 不安の喚起が身体反応知覚に及ぼす影響について. 行動療法研究, 32 (2), 93-103.
- [20] 前田祐佳・関根正樹・田村俊世・水谷孝一 (2016) . 脈波を用いた自律神経機能推定に向けた脈波伝搬時間の変動に関する検証. 生体医工学, 54 (6) , 261-266.
- [21] 政本香・市川優一郎・日高一誠・依田麻子 (2003) . スピーチに伴う生理的反応と主観的緊張感および指標間関連について. Health and Behavior Sciences, 2(1), 27-34.
- [22] 三宅晋司 (2022) . 『Q & A によるひとを対象とした実験ガイド 人間工学における心理生理学的研究』 . NTS.
- [23] 村田真樹・内元清貴・馬青・井佐原均 (1999) . 日本語文と英語文における統語構造認識とマジカルナンバー 7 ± 2 . 自然言語処理, 6(7), 61-71.

- [24] 望月聡 (2015)．自己開示的スピーチ課題における社交不安者の心理的反応と生理的反応．筑波大学心理学研究, 49, 67-75.
- [25] 文部科学省「第3 望ましい国語力の具体的な目安」.
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/bunka/toushin/04020301/004.htm
 (閲覧日：2025 年 1 月 20 日)
- [26] 山口創 (2002)．「第8章 対人空間と身体接触」．春木豊・山口創 (編)『新版 身体心理学』．川島書店.
- [27] 吉澤英里 (2013)．聴衆の存在と話者の拒否回避欲求がスピーチ予期時の生理心理的反応に及ぼす影響．社会心理学研究, 29 (2), 104-112.
- [28] 渡邊美紀子・城月健太郎・牛場貴則・三淵啓自・種市摂子・中尾睦宏 (2023)．スピーチ場面における VR および現実エクスポージャーの社交不安に対する心理的指標の比較．バイオフィードバック研究, 50 (2), 71-79.
- [29] 渡部未来・栗原一貴 (2019)．VR プレゼンテーション環境がユーザに与える心理的影響の検証とその応用．情報処理学会研究報告, 1, 1 - 13.
- [30] Avaturn — Realistic 3D avatar creator
<https://avaturn.me/>
 (閲覧日：2024 年 12 月 30 日)
- [31] Balachandran, A., Vohra, P., Srivastava, A. (2024). A Virtual Reality Approach to Overcome Glossophobia among University Students. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, Volume 8, Issue ISS, 541:1-21. DOI:10.1145/3698141
- [32] Bosch, J., de Geus, E., Carroll, D., Goedhart, A., Anane, L., van Zanten, J., Helmerhorst E., Edwards, K. (2009). A general enhancement of autonomic and cortisol responses during social evaluative threat. Psychosom Med, 71(8), 877-885. doi: 10.1097/PSY.0b013e3181baef05.
- [33] Box セキュアなクラウドストレージソリューション
<https://www.box.com/ja-jp/cloud-storage>
 (閲覧日：2025 年 1 月 16 日)
- [34] Castellotti, S., Castaldi, E., Blini, E., Arrighi, R. (2025). Pupil size as a biomarker of cognitive (dys)functions: Toward a physiologically informed screening of mental states. Acta Psychologica, 253, 104720.

- [35] Chollet, M., Wörtwein, T., Morency, L. P., Shapiro, A., Scherer, S. (2015). Exploring feedback strategies to improve public speaking: an interactive virtual audience framework. In Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 1143-1154.
- [36] Costa, J., Adams, A. T., Jung, M. F., Guimbertiere, F., Choudhury, T. (2016). EmotionCheck: leveraging bodily signals and false feedback to regulate our emotions. In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, 758-769.
- [37] Geng, W., Zhou, C., Bian, Y. (2025). Change gently: an agent-based virtual interview training for college students with great shyness. *Virtual Reality*, 29(12), 1-26.
- [38] Gruber, A., Kaplan-Rakowski, R. (2020). User Experience of Public Speaking Practice in Virtual Reality. Cognitive and affective perspectives on immersive technology. 235-249. DOI:10.4018/978-1-7998-3250-8
- [39] Hook, J., Smith, C., Valentiner, D. (2008). A short-form of the Personal Report of Confidence as a Speaker. *Personality and Individual Differences*, 44(6), 1306-1313.
- [40] HTC 社ホームページ VIVE PRO EYE 概要
<https://www.vive.com/jp/product/vive-pro-eye/overview/>
 (閲覧日：2024 年 12 月 23 日)
- [41] Intan, A., Ariffudin, I., Mulawarman, M. (2018). Psychological Experience Dynamics of Students with Glossophobia through Narrative Counseling as seen from Gender: A Qualitative Study. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 133, 141-145. DOI: 10.2991/acpch-17.2018.2
- [42] igroup presence questionnaire (IPQ)
<https://www.igroup.org/pq/ipq/download.php#Japanese>
 (閲覧日：2025 年 1 月 19 日)
- [43] Kroczeck, L., Muhlberger, A. (2023). Public speaking training in front of a supportive audience in Virtual Reality improves performance in real-life. *Scientific Reports*, volume 13, Article number: 13968. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41155-9>
- [44] Kwon, J., Powell, J., Chalmers, A. (2013). How level of realism influences anxiety in virtual reality environments for a job interview. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(10), 978-987.

- [45] Mark, B., Ruiwen, J., Lee, C., Wen, S., Andrey, T. (2016). AwareMe: Addressing fear of public speaking through awareness. In Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 68-73.
- [46] Miyamoto, K., Hashimoto, K., Kasaoka, M., Kakumu, M. (2020). Wearable Sensors Corresponding to Various Applications in Medical/Healthcare Field. 2020 27th International Workshop on Active-Matrix Flatpanel Displays and Devices (AM-FPD), 115-118.
- [47] Murphy, R. P., Robertson, H. I., Balsters, H. J., O'connell, G. R. (2011). Pupillometry and P3 index the locus coeruleus–noradrenergic arousal function in humans. *Psychophysiology*, 48(11), 1532-1543.
- [48] OMRON Healthcare Store 上腕式血圧計 HEM-7313
https://store.healthcare.omron.co.jp/item/HEM_7313.html?srsltid=AfmB0oqjwt71JQ5W620qcVe1BxBL0jK6JfrjSAPVAMdqKmJ7MuRvy0j
 (閲覧日：2024年12月23日)
- [49] Parsons, D. T., Rizzo, A. A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: A meta-analysis. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 39(3), 250-261.
- [50] Pertaub, D., Slater, M., Barker, C. (2002). An Experiment on Public Speaking Anxiety in Response to Three Different Types of Virtual Audience. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 11 (1), 68–78.
- [51] Schwiegerling, J. 著, 張吉夫訳 (2010). 『フィールドガイド 視覚と眼の光学』. オプトロニクス社.
- [52] Silmee™W22 | 生体センサ - TDK Product Center
https://product.tdk.com/ja/products/biosensor/biosensor/silmee_w22/index.html
 (閲覧日：2025年1月19日)
- [53] Slater, M., Pertaub, D., Barker, C., Clark, D. (2006). An Experimental Study on Fear of Public Speaking Using a Virtual Environment. *Cyberpsychol Behav*, 9(5), 627-633. doi: 10.1089/cpb.2006.9.627.
- [54] Spyridonis, F., Daylamani-Zad, D., Nightingale, J. (2024). PublicVR: a virtual reality exposure therapy intervention for adults with speech anxiety. *Virtual Reality*, 28(105). <https://doi.org/10.1007/s10055-024-00998-x>

- [55] Strauch, C., Wang, C, A., Einhäuser, W., Stigchel, S, V., Naber, M. (2022). Pupillometry as an integrated readout of distinct attentional networks. Trends in Neurosciences, 45(8), 635-647.
- [56] Unity asset store : Akio: Highschool Uniform
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/akio-highschool-uniform-217443>
 (閲覧日：2024 年 12 月 23 日)
- [57] Unity asset store : University Classroom
<https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/interior/university-classroom-86107?locale=ja-JP>
 (閲覧日：2024 年 12 月 23 日)
- [58] Ye, T., Elliott, R., McFarquhar, M., Mansell, W. (2024). The impact of audience dynamics on public speaking anxiety in virtual scenarios: An online survey. Journal of Affective Disorders, 363, 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.07.061>
- [59] Younger, J., Aron, A., Parke, S., Chatterjee, N., Mackey, S.(2010). Viewing pictures of a romantic partner reduces experimental pain: involvement of neural reward systems.PLOS One, 5, e13309.
- [60] Zheng, L., Mountstephens, J., Teo, J. (2020). Four-class emotion classification in virtual reality using pupillometry. Journal of Big Data, 7(43), 1-9.

付録 A 予備実験

本文中では使用しなかったデータを提示する．表 5.1 に取得した眼球データの平均と標準偏差の一覧を示す．

また，図 5.1 に予備実験で取得した瞳孔直径の時系列変動データを示す．本実験の図 4.19 と同様に，時系列変動は生データに対し，外れ値を除去した後，単純平滑化処理を施した（Window Size = 10）．また，外れ値の判定は四分位範囲（IQR）を用い，「第 1 四分位点 - $1.5 \times \text{IQR}$ 」を下限，「第 3 四分位点 + $1.5 \times \text{IQR}$ 」を上限として範囲外を外れ値とみなした．

図 5.2 に予備実験で取得した視線ベクトル量の 1 分ごとの変動を示した．

表 5.1: 予備実験眼球データ：各群の各項目の平均±標準偏差

群	項目	平均±標準偏差
なし群	LeftOpenness	0.808 ± 0.125
	RightOpenness	0.803 ± 0.129
	LeftPupilPositionX	0.476 ± 0.034
	LeftPupilPositionY	0.541 ± 0.025
	RightPupilPositionX	0.498 ± 0.028
	RightPupilPositionY	0.587 ± 0.023
	LeftPupiltDiameter	3.179 ± 0.155
	RightPupiltDiameter	3.219 ± 0.157
	CombineGazeRayoriginX	0.0001 ± 0.007
	CombineGazeRayoriginY	0.0006 ± 0.001
	CombineGazeRayoriginZ	-0.031 ± 0.002
	CombineGazeRaydirectionX	0.075 ± 0.073
	CombineGazeRaydirectionY	-0.024 ± 0.054
	CombineGazeRaydirectionZ	0.973 ± 0.013
	LeftGazeRayoriginX	-0.034 ± 0.001
	LeftGazeRayoriginY	0.0015 ± 0.001
	LeftGazeRayoriginZ	-0.032 ± 0.002
	LeftGazeRaydirectionX	0.082 ± 0.074
	LeftGazeRaydirectionY	-0.022 ± 0.057

群	項目	平均±標準偏差
	LeftGazeRaydirectionZ	0.972 ± 0.014
	RightGazeRayoriginX	0.031 ± 0.001
	RightGazeRayoriginY	0.0000 ± 0.001
	RightGazeRayoriginZ	-0.031 ± 0.002
	RightGazeRaydirectionX	0.067 ± 0.074
	RightGazeRaydirectionY	-0.025 ± 0.054
	RightGazeRaydirectionZ	0.974 ± 0.013
あり群	LeftOpenness	0.764 ± 0.133
	RightOpenness	0.771 ± 0.131
	LeftPupilPositionX	0.429 ± 0.024
	LeftPupilPositionY	0.519 ± 0.029
	RightPupilPositionX	0.438 ± 0.025
	RightPupilPositionY	0.557 ± 0.022
	LeftPupiltDiameter	3.193 ± 0.204
	RightPupiltDiameter	2.932 ± 0.186
	CombineGazeRayoriginX	-0.0032 ± 0.007
	CombineGazeRayoriginY	0.0022 ± 0.001
	CombineGazeRayoriginZ	-0.030 ± 0.001
	CombineGazeRaydirectionX	-0.015 ± 0.056
	CombineGazeRaydirectionY	-0.092 ± 0.052
	CombineGazeRaydirectionZ	0.976 ± 0.011
	LeftGazeRayoriginX	-0.034 ± 0.001
	LeftGazeRayoriginY	0.0031 ± 0.001
	LeftGazeRayoriginZ	-0.031 ± 0.002
	LeftGazeRaydirectionX	-0.013 ± 0.058
	LeftGazeRaydirectionY	-0.086 ± 0.055
	LeftGazeRaydirectionZ	0.978 ± 0.011
	RightGazeRayoriginX	0.029 ± 0.001
	RightGazeRayoriginY	0.0016 ± 0.001
	RightGazeRayoriginZ	-0.030 ± 0.001
	RightGazeRaydirectionX	-0.020 ± 0.056
	RightGazeRaydirectionY	-0.093 ± 0.053
	RightGazeRaydirectionZ	0.976 ± 0.011

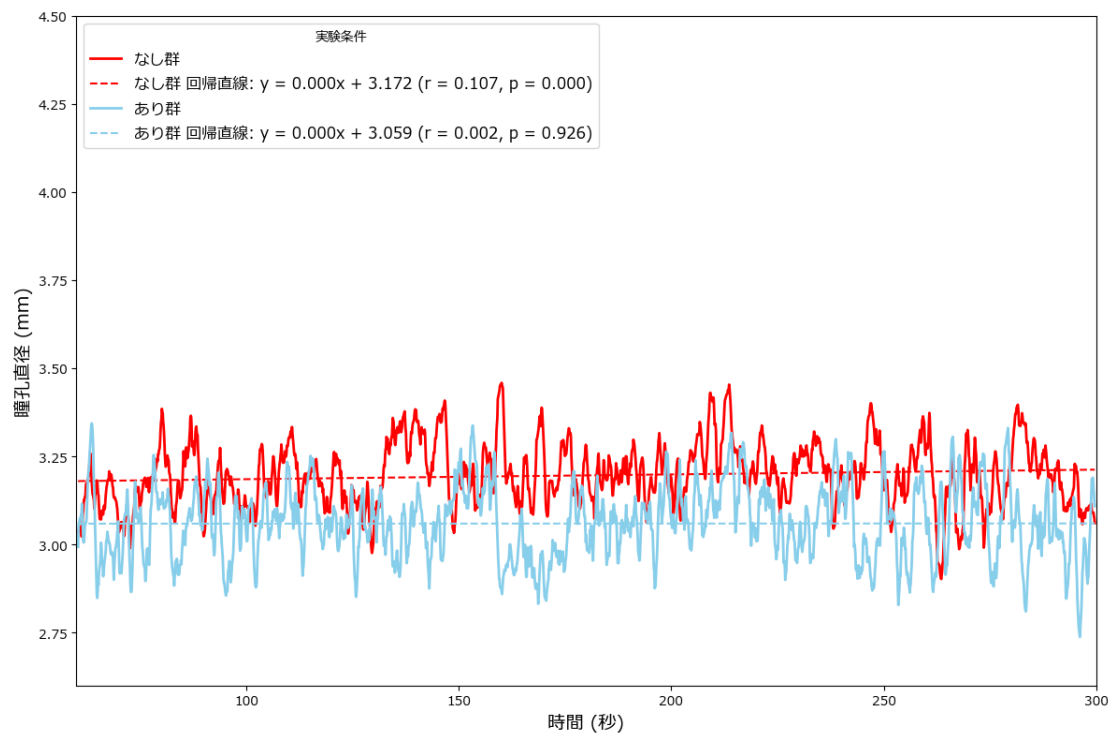


図 5.1: 予備実験瞳孔変動

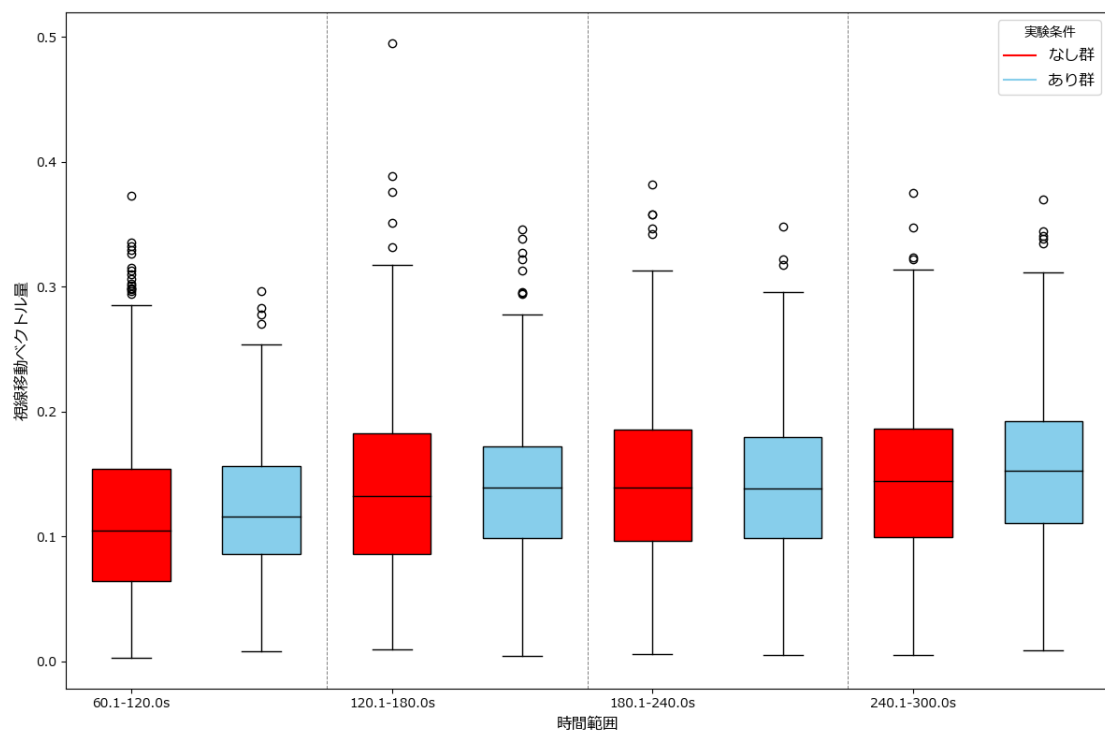


図 5.2: 予備実験 1 分ごとの視線ベクトル量

付録B 本実験

眼球データ

表 5.2 に取得した眼球データの平均と標準偏差の一覧を示す。

また、図 5.3, 図 5.4, 図 5.5 に各群の焦点割合を示す。アバタの顔を見ている場合, headcollider に計上され, それ以外は Table と Cube に計上された。headcollider をアバタの顔のみにしか付加していないため, アバタの手や体を見ていた場合, Cube に計上されている。

図 5.6 に 1 分ごとの瞳孔直径の変動を箱ひげ図に示した。また, 表 5.3 に各群の瞳孔直径に関する各時間区間の比較結果を示した。マン・ホイットニーの U 検定を行い, 各時間区間の有意差を調べた。A 群に対し, B・C 群では有意差が確認できない時間区間の比較が多く見られた。これらの結果 (図 5.6・表 5.3) は視覚学会にて用いた。

表 5.2: 本実験眼球データ：各群の各項目の平均±標準偏差

群	項目	平均±標準偏差
A 群	LeftOpenness	0.697 ± 0.144
	RightOpenness	0.707 ± 0.142
	LeftPupilPositionX	0.461 ± 0.041
	LeftPupilPositionY	0.520 ± 0.041
	RightPupilPositionX	0.487 ± 0.045
	RightPupilPositionY	0.548 ± 0.032
	LeftPupilDiameter	2.988 ± 0.252
	RightPupilDiameter	2.939 ± 0.225
	CombineGazeRayOriginX	-0.0003 ± 0.011
	CombineGazeRayOriginY	1.205 ± 0.001
	CombineGazeRayOriginZ	-0.040 ± 0.003
	CombineGazeRayDirectionX	-0.014 ± 0.091
	CombineGazeRayDirectionY	-0.191 ± 0.078
	CombineGazeRayDirectionZ	0.947 ± 0.030
B 群	LeftOpenness	0.684 ± 0.124
	RightOpenness	0.610 ± 0.137

群	項目	平均±標準偏差
	LeftPupilPositionX	0.401 ± 0.043
	LeftPupilPositionY	0.592 ± 0.046
	RightPupilPositionX	0.432 ± 0.036
	RightPupilPositionY	0.581 ± 0.058
	LeftPupilDiameter	3.717 ± 0.303
	RightPupilDiameter	3.615 ± 0.303
	CombineGazeRayOriginX	0.0011 ± 0.013
	CombineGazeRayOriginY	1.202 ± 0.002
	CombineGazeRayOriginZ	-0.038 ± 0.002
	CombineGazeRayDirectionX	-0.005 ± 0.068
	CombineGazeRayDirectionY	-0.133 ± 0.059
	CombineGazeRayDirectionZ	0.971 ± 0.020
C 群	LeftOpenness	0.755 ± 0.142
	RightOpenness	0.754 ± 0.141
	LeftPupilPositionX	0.528 ± 0.033
	LeftPupilPositionY	0.544 ± 0.023
	RightPupilPositionX	0.511 ± 0.029
	RightPupilPositionY	0.617 ± 0.021
	LeftPupilDiameter	3.378 ± 0.308
	RightPupilDiameter	3.363 ± 0.247
	CombineGazeRayOriginX	-0.0018 ± 0.009
	CombineGazeRayOriginY	1.204 ± 0.001
	CombineGazeRayOriginZ	-0.040 ± 0.003
	CombineGazeRayDirectionX	0.008 ± 0.106
	CombineGazeRayDirectionY	-0.093 ± 0.053
	CombineGazeRayDirectionZ	0.956 ± 0.026

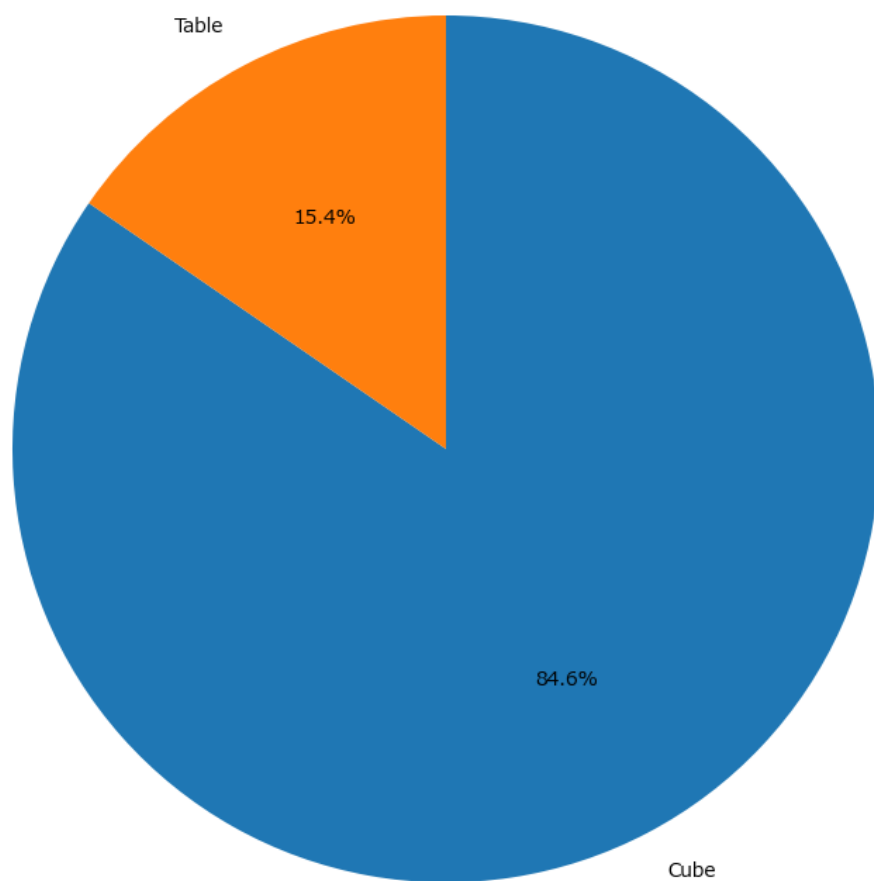


図 5.3: A 群の焦点割合

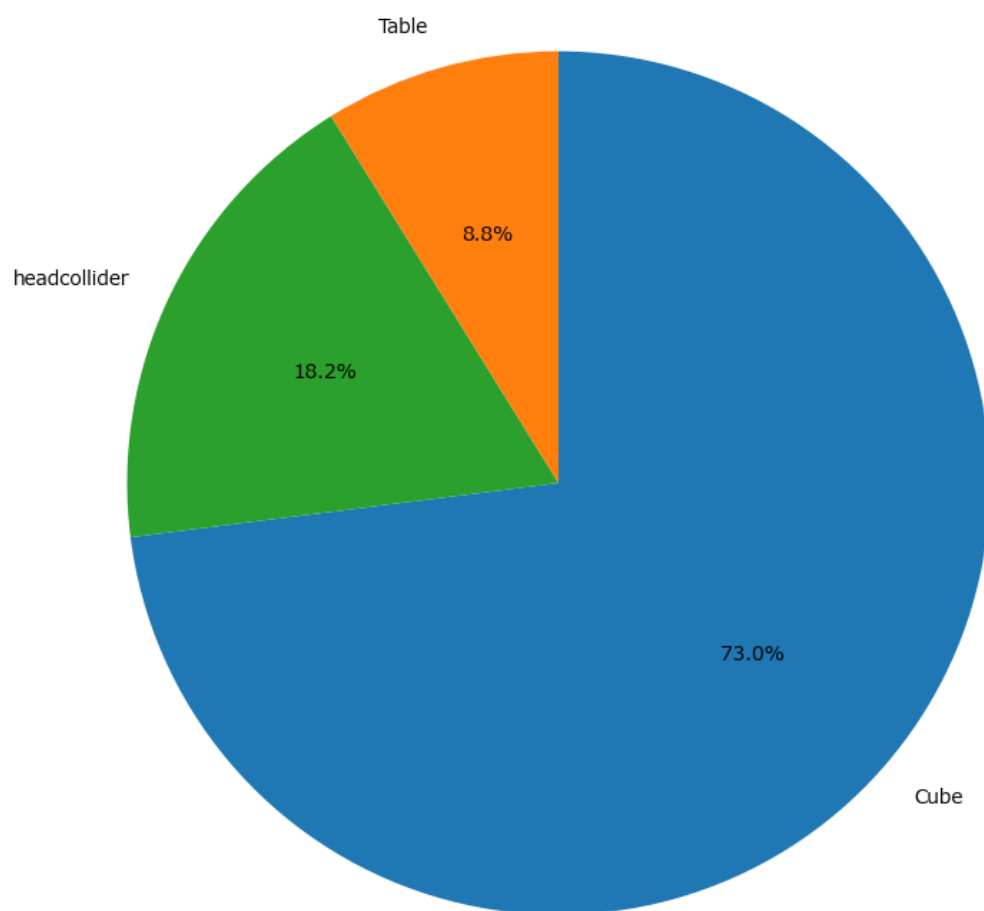


図 5.4: B 群の焦点割合

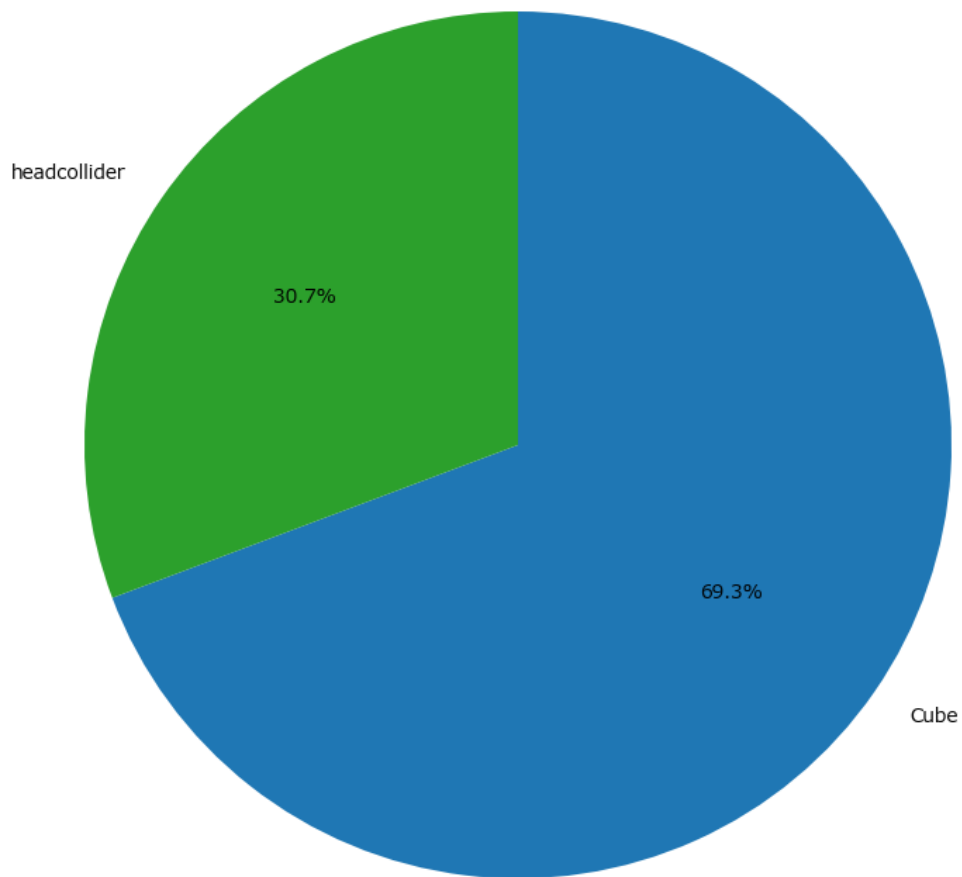


図 5.5: C 群の焦点割合

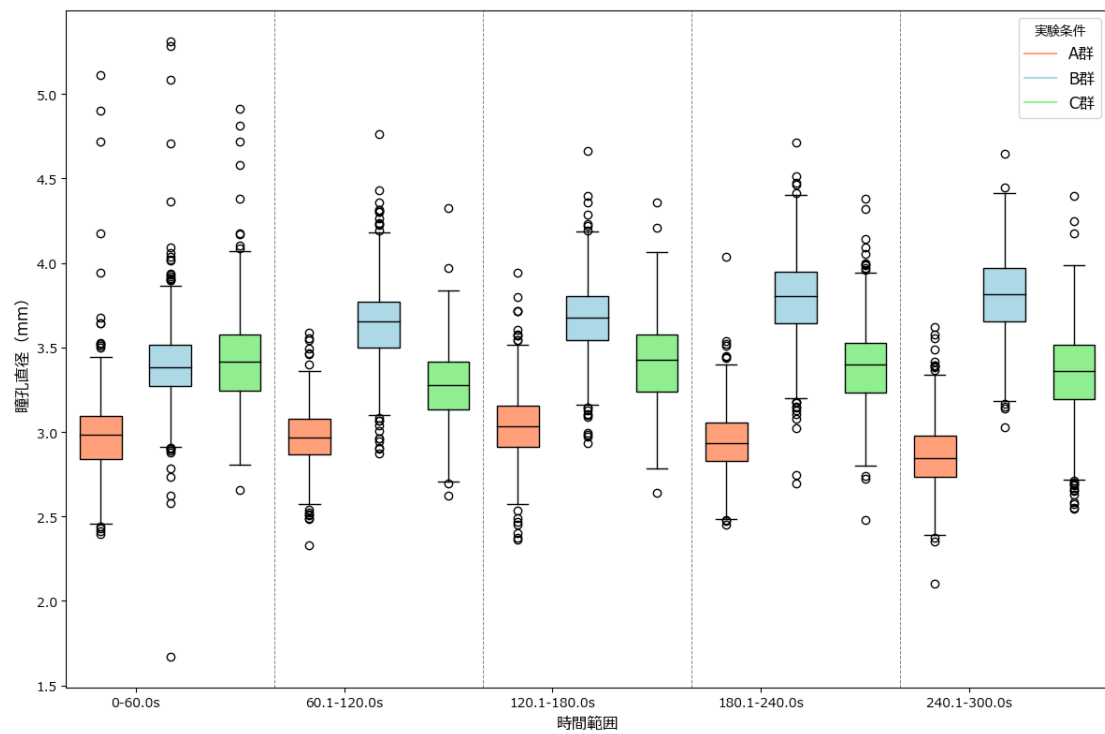


図 5.6: 1 分ごとの瞳孔時間変動

表 5.3: 瞳孔直径に関する各時間区間の比較結果

群	時間区間の比較	<i>U</i> -statistic	<i>p</i> -value	有意差
A 群	0-60s vs 60.1-120s	181346.000	0.123	n.s.
	0-60s vs 120.1-180s	145256.000	$p < .00$	**
	0-60s vs 180.1-240s	197602.000	0.003	*
	0-60s vs 240.1-300s	242445.000	$p < .00$	**
	60.1-120s vs 120.1-180s	140770.000	$p < .00$	**
	60.1-120s vs 180.1-240s	198103.000	0.002	*
	60.1-120s vs 240.1-300s	247671.000	$p < .00$	**
	120.1-180s vs 180.1-240s	152682.000	$p < .00$	**
	120.1-180s vs 240.1-300s	185967.000	0.100	†
	180.1-240s vs 240.1-300s	175455.000	0.124	n.s.
B 群	0-60s vs 60.1-120s	190234.000	0.045	*
	0-60s vs 120.1-180s	178902.000	$p < .00$	**
	0-60s vs 180.1-240s	210567.000	0.080	†
	0-60s vs 240.1-300s	243345.000	0.125	n.s.
	60.1-120s vs 120.1-180s	150123.000	$p < .00$	**
	60.1-120s vs 180.1-240s	195678.000	0.010	*
	60.1-120s vs 240.1-300s	245432.000	0.110	n.s.
	120.1-180s vs 180.1-240s	165234.000	0.020	*
	120.1-180s vs 240.1-300s	200567.000	0.090	†
	180.1-240s vs 240.1-300s	190123.000	0.112	n.s.
C 群	0-60s vs 60.1-120s	175678.000	$p < .00$	**
	0-60s vs 120.1-180s	190567.000	$p < .00$	**
	0-60s vs 180.1-240s	200123.000	0.070	†
	0-60s vs 240.1-300s	235678.000	0.125	n.s.
	60.1-120s vs 120.1-180s	170234.000	$p < .00$	**
	60.1-120s vs 180.1-240s	195432.000	0.030	*
	60.1-120s vs 240.1-300s	240345.000	0.115	n.s.
	120.1-180s vs 180.1-240s	180567.000	0.060	†
	120.1-180s vs 240.1-300s	210123.000	0.100	†
	180.1-240s vs 240.1-300s	200345.000	0.122	n.s.

注記: n.s. $p \geq .1$, † $p < .1$, * $p < .05$, ** $p < .01$

内省報告回答

以下に、内省報告により取得した回答を提示する。Q2. に関して、仮想聴衆が存在している B 群と C 群の回答のみを示した。また、Q7. は回答の平均と標準偏差を表にした。

表 5.4: 「Q1.VR でのスピーチ練習中、どのくらい緊張しましたか?」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● 少しだけ緊張しました、ほぼ冷静に喋れたと思います。 ● 時間が表示されなかったので、時間配分に気をつかいましたが、ほぼ緊張はしなかった気がします。 ● やや緊張した。 ● 全く緊張しなかった。 ● あまり緊張しなかった。一人で話している感覚。 ● 少しだけ緊張した。
B 群	● 一人で練習するよりも集中力にかけてしまった。少し緊張した。無反応ないしは、反応が薄かったのでやりにくかった。 ● スピーチ練習では対面が一人だけだったのでそこまで緊張をしないうで練習ができた。 ● やや緊張。 ● めっちゃ緊張しました。 ● 練習中は目の前に立っているアバターに見られているような感覚があり、多少の恥ずかしさと緊張があった。 ● 時間の感覚がわからなかったのであれこれ考えてしまい多少の緊張感が続きました。

実験条件	回答
C 群	● 少し緊張した (実際の研究発表より少し弱いくらい). ● あまり緊張しなかった. ● すこし. ● 途中で話し内容がすぐに終わった時にすごく緊張になった, その後ただの練習を思い出して周りの VR 空間に注意を移すと, 緊張感がなくなった. ● あまり緊張しなかった. ● 話すことがまとまっておらず探り探りのスピーチとなったため, あまり緊張はしませんでした.

表 5.5: 「Q2.VR でのスピーチ練習中, アバターの聴衆を意識しましたか?」に対する回答

実験条件	回答
B 群	● 初めのうちは反応があるかを意識していたが, 余り期待できなかったなので後半はあまり意識していなかった. ● アバターの聴衆は一人だったのでその人に伝わるように頑張って内容などを考えて話したが客観的にみると自分の発表は少し伝わりにくいと感じた. ● 意識します. ● 意識した. ● 意識しました. ● 特になし.

実験条件	回答
C 群	● 意識した. ● あまり意識しなかった. 視線も最初の方はアバターに向けられなかった気がする. ● あまり気にしない. ● 最初にはほぼ意識しなかった, うえでのタイミングの後, 意識した. ● 意識しなかった. ● アバター聴衆のことは意識し, 視線を合わせることや聴衆の方向を向くことは意識したのですが, あくまでアバターのため反応が返ってこないことが念頭にあり, 現実の聴衆とは違う対応をしました.

表 5.6: 「Q3.VR でのスピーチ練習中, 聴衆以外に何か意識したことはありますか?」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● 特になし ● 特になし ● 練習時間がわからないので, ずっと不安だった ● スピーチの構成 ● 視線を下げない. 話を途切れさせない ● 身振り手振りを入れた

実験条件	回答
------	----

B 群

- スピーチの時間が分からないことが一番のストレスだった
- 話している内容を簡潔に理解しやすいように話そうと努力はした
- ない
- 現実と似てる
- 現実空間で自分がどう映っているのかについて少し意識しました
- 時間を意識してどのようなことを話せばよいかの構成に迷いました

C 群

- 聴衆の手の動き
 - 分かりやすく、どもらないように話そうと意識した
 - ない
 - 環境（テーブルとか），しかしその時虜を意識しなかったです.
アンケートの後，今思い出すと，確かに虜かもしれません
 - 何も意識しなかった
 - 本番ではなく練習であったため，話の構成を喋りながら考えることをメインでスピーチしていました
-

表 5.7: 「Q4.VR でのスピーチ練習中に関して、その他意見はありますか? (改善案, 実験環境の不備等)」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● 現実空間の練習効果と比べたらいいと思います. ● 意見はないですが、殺風景な部屋で驚きました. ● よくある待機室なので、緊張感が溢れたが、ある程度の練習ができる. しかし、このような狭い空間では、実際と VR 空間両方と練習の空間としては適切ではない. ● 特になし ● 特に思いつかない ● 特にありません.
B 群	● 特になし ● 特になし ● 聴衆がもっと多い方がいい ● 時計が欲しい ● 特にありません. ● 時間配分が分からなかったなので、残り時間を伝えていただくなどがあればよいと思います.

実験条件	回答
C 群	● 特になし. ● 現在のままでとてもいいと思います ● ちゃんと観察すると、観衆は反応がないことを気づいた. ● スピーチをする時、PPT を使用する場合も考えるほうがいいかなと思います ● 私は聴衆の反応を見ながらスピーチをする方が得意であるため、反応が返ってこない聴衆は返ってやりづらい気がしました. また正確には、「スピーチを聞く気がない態度」「目を合わせて頷く反応」といった、話者とリンクした反応があるとスピーチしやすい気がしました.

表 5.8: 「Q5. スピーチ本番に関して、聴衆（カメラ）をどのくらい意識しましたか?」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● できるだけカメラを見ながら発表しました. ● ゼロ. ● あまり意識していなかった. あまり見ない方が緊張が解消するから. ● あまり意識しなかった ● とても意識した. 目を離さないようにした. ● あまり意識していなかった

実験条件	回答
------	----

B 群	
-----	--

- なるべく動画を見ている人と適切な頻度で目が合うように意識した
- カメラはとても意識してずっとカメラを見るように心掛けた
- ぜんぜん意識しない
- めっちゃ意識した.
- ある程度カメラ目線を意識してスピーチをしていました.
- 頭の中がいっぱいで、カメラのことをほとんど意識していませんでした.

C 群	
-----	--

- 意識していない
 - カメラに目線を向けるように意識した. また, なるべくスラスラ話せるように意識した.
 - してない
 - カメラの意識をわざと減少しました. タイマーが近いところに設置してから, 注意力をタイマーに集中することで, 緊張感を下げるため.
 - すごく意識した
 - 9割はカメラに向かって目線を合わせていました. またほかに見る場所がないため, カメラのレンズをずっと見ていました.
-

表 5.9: 「Q6. スピーチ本番に関して、VR での練習が本番にどのぐらい影響したと思いますか?」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● あらすじを VR 空間で決めました。言いたいことも整理して、本番のために基礎準備ができました。 ● 時間配分や話す内容、分量について体感できたのでその意味で参考になった。 ● ある程度に影響した。スピーチの構成に効果はあると思う。 ● 少しだけ。 ● VR での練習で話す内容がまとまったため、本番は話しやすかったと思う。話しやすすぎて、途中で終わってしまい、追加で話すことを考えるのが大変だった。いきなり本番よりかは VR の練習を挟んだ方が緊張は確実に減ったと思う。ただ、これらの効果は VR での練習によるものなのか、一度スピーチ練習をやってみたこと自体による効果なのかは定かではない。 ● 良い方向に大きく影響したと思う。

実験条件	回答
------	----

B 群

- VRでの練習時は少しやりにくさを感じていたのですが、本番はやりやすと感じた。2回目で時計も見る事ができていたからかもしれないが。
- VRでの練習では対面に対して何とかすらすら説明することができたと感じるが、本番になるとその練習内容が少し飛んでしまうことがあった。
- 強く影響を与える。
- 自信が持ってるになった。
- VR空間での練習の方が人（アバター）を意識して話していたので、本番ではあまり緊張しなくなるという影響がありました。
- VRでの練習をしたことは、環境を体験できるのでとても効果があったと思いました。相当の影響があったと思います。

C 群

- 緊張感をもって練習できたのでかなり影響した。
- 少し影響した。一度話したことなので、VRの時よりも内容を多く話せたと思う。
- 少しプラスになる。
- 内容を熟練することでは大事だと思います。しかし、本番では聴衆がカメラだから、無視とか、本番ではないことを自分に騙るとかにすると、そんなに緊張感が高くないです。
- 練習した後で発表するのはあまり緊張しなくなった。
- VRの聴衆の反応がなかったこと、本番がカメラだったことから、あまり影響していない気がしました。また、VRじゃなく実環境（人の有無にかかわらず）と変わらない気がしました。ただ、人によってはいいい影響を受けると感じました。

表 5.10: 「Q7.VRでのスピーチ練習は本番に効果的だと思いますか?」に対する回答の平均 $\pm$ 標準偏差

実験条件	平均 $\pm$ 標準偏差
A 群	2.83 $\pm$ 0.98
B 群	3.50 $\pm$ 0.84
C 群	3.17 $\pm$ 0.41

表 5.11: 「Q8. その他, 自由に感想をお書きください。」に対する回答

実験条件	回答
A 群	● VR 空間は一人もいない狭い空間のイメージで, 安心感が生じやすいと考えていますので, 練習していた時, 結構集中できたと感じます. とはいえ, 現実の空部屋との違うところがわかりません. 「なぜ VR 空間で練習しないといけないですか」みたいな疑問点が生じました. 最初三分間の準備時間で, カウントダウンを見ていたので落ち着かない状態でした. もし, カウントダウンが見えない状態で準備効果が更に向上させるかと思います. 本番の時もついにカウントダウンが気づきましたので, 集中力が分散されたと考えていて, 練習の時より上手くいけなかったと感じました. ● VR による特別な効果は感じなかったです. 練習の効果はあると思います. ● VR で事前練習することで, 話したい内容を頭の中で明確にイメージできるようになった.

実験条件	回答
------	----

B 群

- 相手からの反応がもう少しあればまた違った感想になるかもしれません。
- 私はたくさんの方がいる場所での発表はとても苦手なので、このような仮想世界で練習することができるのはとてもいいと思う。
- 特にはないです。
- 面白い研究です。
- 特にありません。
- 今回の経験を踏まえて、また別の課題を実験すると、VR の練習効果の是非が明らかに分かると思いました。

C 群

- VR の世界とはいえ、人が目の前にいる方が楽しく話せた気がしました。録画していたからかもしれませんが、カメラの前の方が緊張した気がします。
 - 人に見られるという点では模擬練習になると感じた。
 - 負担が予想より少ないです。面白い実験です。
-