

令和 6 年度
修士学位論文

小型ロボットを活用した オンライン発表者支援方式の提案と評価

Interactive Robot-Based Support Method for Online
Presenters

1275106 竹内将人

指導教員 敷田幹文

2025 年 2 月 28 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻
情報学コース

要 旨

小型ロボットを活用した オンライン発表者支援方式の提案と評価

竹内将人

要旨

本研究では，オンラインや無観客に近い発表環境において「聞き手がいる」感覚を補完し，発表者のモチベーションを高めるため，ロボットによる質問システムを提案した．そしてアンケート，映像からの発話速度や詰まり回数，視線・表情分析を通じてその影響を検証した．

実験の結果，統計的有意差は見られなかったが多くの被験者がロボットを邪魔に感じず，モチベーションが上がると回答した．また，質問の回数や難易度に応じて発話の詰まりやストレス度合いが変化する傾向が示された．一方で，質問内容やタイミングが不適切な場合には強いストレスを感じる例も確認された．以上のことから，慣れを考慮した長期間の利用や個々の発表者特性に応じた制御により，オンラインや聴衆がいない場合でも対面に近い発表体験が実現できる可能性が示唆された．

キーワード キーワード

オンライン発表，コミュニケーション支援，ロボット

Abstract

Interactive Robot-Based Support Method for Online Presenters

TAKEUCHI Masato

abstract

In this study, we propose a robotic questioning system to enhance the sense of audience presence and motivate presenters in online or near-non-audience presentation environments. The effects of the system were analyzed based on speech rate, speech disfluency, gaze behavior, and facial expressions, using both questionnaires and video analysis.

The experimental results did not show statistically significant differences; however, many participants reported that they did not feel disturbed by the robot and that it enhanced their motivation. Additionally, the number and complexity of questions appeared to influence speech fluency and stress levels. Conversely, inappropriate question timing or content caused strong stress in some participants. These findings suggest that adapting the system to individual presenters and long-term use could help create a presentation experience closer to face-to-face interactions.

key words Online Presentation, Communication Support, Robot

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
第 2 章	関連研究	3
2.1	遠隔コミュニケーションエージェント	3
2.2	ロボットを用いたコミュニケーション支援	3
第 3 章	ロボットによる自動質問方式	5
3.1	提案方式の全体	5
3.2	実装	6
第 4 章	実験	7
4.1	概要	7
4.2	被験者	7
4.3	手順	7
4.4	環境	8
4.5	質問	9
第 5 章	結果	11
5.1	統計分析	11
5.2	ロボットの邪魔さ	11
5.3	質問能力	12
5.4	システム利用意欲	15
5.5	ロボットへの視線	15

目次

5.6	発話速度	16
5.7	感情推定	17
第 6 章	考察	19
6.1	ロボットの能力	19
6.2	ロボット聞き手の効果	19
6.3	限界	20
6.4	個人差と今後	21
第 7 章	まとめ	22
	謝辞	23
	参考文献	24

図目次

3.1	提案方式	5
4.1	実験環境と様子	9
5.1	ロボットの邪魔さ感	12
5.2	ロボットの不信感	14
5.3	Caption	14
5.4	Caption	14
5.5	システムの利用意欲	15
5.6	感情推定結果	17

表目次

4.1	実験手順	8
4.2	単純・複雑な質問の一覧	10
5.1	発表中，ロボットが何回本筋から外れた質問をしたか	13
5.2	ずれた質問でストレスを感じたか	13
5.3	顔角度と視線方向	15
5.4	ロボットを確認した回数	16
5.5	発話速度，発話の詰まり	16

第 1 章

はじめに

1.1 背景

2020 年頃から始まった新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の世界的な流行に伴い、世界中の企業や教育機関が対面での業務や授業を一時的に停止する措置を取った。これに伴い、大学や企業では、Zoom や Microsoft Teams といった遠隔会議システムを用いたオンライン・オンデマンド形式の会議や講義が急速に普及した。総務省の令和 5 年度 情報通信に関する現状報告では、民間企業のテレワークが 2020 年の新型コロナウイルス感染症の拡大後急速に導入が進んだことが示されている。zoom のレポートによると、zoom 利用者は 2019 年 12 月時点での 1 日の会議参加者数が約 1000 万人であったのに対し、2020 年 4 月には 3 億人以上に達した [1]。

オンライン講義には、移動コストがかからない・時間と場所の柔軟性が高いなどの利点があるため、コロナ禍収束後の現在でも一定の需要がある。実際、日本国内でも専門教室やスタジオなどを整備してオンライン環境を強化してきた大学や企業が引き続きそれらの設備を活用している事例が報告されている。現在、オンライン形式の講義や発表はピーク時から減少しているが、感染症の流行などその時の状況に柔軟に対応できるため、今後も利用は続くと考えている。

一方で、オンライン・オンデマンド講義では聴衆がプライバシー保護のためにカメラを OFF にするケースが多く、発表者から聴衆の反応がほとんど見えないという課題がある。それにより、聴衆の参加意欲が下がりやすく、活発な質疑応答が行われにくい [2]。このような状況により、発表者側はモチベーションを維持しづらく、発表の質も低下しやすいとい

1.2 目的

う懸念がある [3]. その他の課題としては、音声の遅延や話者の切り替わりのタイミングのズレにより、話し始めのタイミングが重なり、発話衝突が起きるといったものがある [4].

1.2 目的

そこで本研究では、ロボットが自動で質問を行うシステムを提案することで、オンライン環境や無観客に近い状況でも発表者のモチベーションを高め、質の高い発表を実現できるのではないかと考える. 具体的には、発表の最中にロボットが適切なタイミングで質問・フィードバックを行うことで、「聞き手が存在する」感覚を補完すると同時に、Q&A の活性化を図ることを目指す. これにより、発表者はたとえオンラインやオンデマンド形式であっても、聴衆が存在し、自身の発表に興味を持って聞いているという感覚を得られ、発表への集中力や意欲が向上すると期待される [5].

第 2 章

関連研究

2.1 遠隔コミュニケーションエージェント

遠隔地とのコミュニケーションを支援する手段として、アバターとロボットが挙げられる。アバターは、個人情報を秘匿できるというメリットがあり、ディスプレイがあれば容易に表示できるため、オンライン環境での柔軟な利用が可能である。また、ユーザーの好みに応じて外見を変更したり、拡張させることができるため、用途に応じたカスタマイズが可能である。アバターを用いた発表者に対する支援としては、葛西らによる研究 [6] がある。この研究では、発表者が人前で話すときに感じる不安や緊張を緩和することを目的とし、発表者に HMD を装着し聴衆の姿に笑顔で頷くカボチャの画像を重畳することで不安を和らげている。

対してロボットには、実体があることによって物理的な存在感が生じ、視線を合わすことができることからより信頼感を生むことができるというメリットがある。コミュニケーションロボットは、RoBoHoN や Sota, CommU のような小型なものから、Pepper のような大型のものまで存在する。本研究では、物理的な存在感と信頼感を持つことに着目しロボットを用いた [7][8]。

2.2 ロボットを用いたコミュニケーション支援

ロボットを聞き手として用いる研究として、山之内らのものがある [9]。この研究によれば、相槌などの聞き手ロボットによるフィードバックは、話し手の思考の流れをまとめ、自己認識と内省を促し、発話の詳細化や文脈構成を助ける効果がみられた。また、遠隔会議

2.2 ロボットを用いたコミュニケーション支援

中，ロボットの動作を用いて遠隔参加者の注目を，他の参加者に伝えるといった研究がある [10]．ほかにも，発表者の心的負担の軽減を目指したもの [11] や，ロボットによる質問支援を行った研究 [12] がある．

自律会話ロボット ERICA[13] は，就職面接対話において相手の回答に対して掘り下げ質問を生成する．また，ChatGPT を活用し，論文の質疑を自動で行い，発表練習を支援する研究 [14] では，実用に足る効果が出ているとされている．

第 3 章

ロボットによる自動質問方式

3.1 提案方式の全体

本研究では、オンラインや無観客に近い発表環境でも発表者のモチベーションを維持し、対面のような Q&A 体験を提供することを目的とし、ロボットが自動的に質問を行うシステムを想定している。構成として発表者の音声を文字起こしし、ChatGPT のような LLM を活用して発表内容を解析し、ロボットが適切なタイミングで質問を生成・発話することで、発表者が「聞き手が存在する」感覚を得られるようにする仕組みを考えている。提案方式の全体図を図 3.1 に示す。発表者はオンラインで発表を行う。このときオンラインの聴衆は

zoom

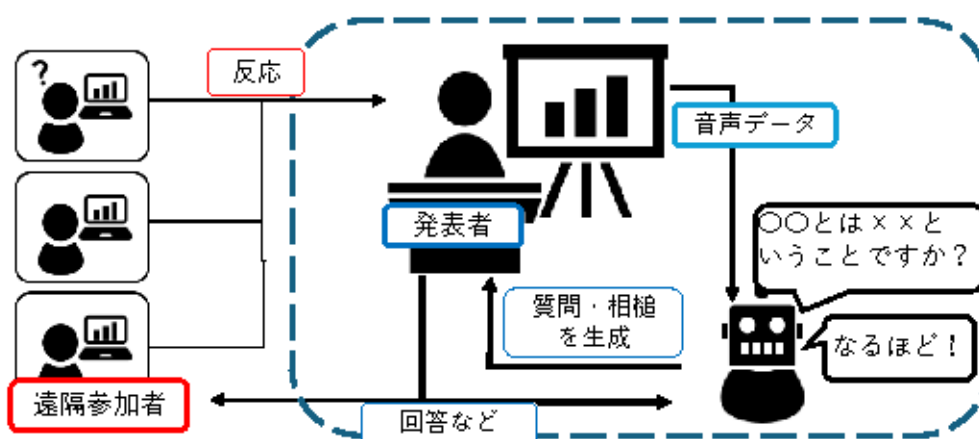


図 3.1: 提案方式

3.2 実装

ただし，本方式の実装においては，音声認識の精度向上，質問の適応的選択，発表者の音声入力から質問の発話までのラグが課題となっている．そのため本実験では，システムの完全な自動化を行うのではなくあらかじめ用意した発表原稿に対して ChatGPT を用いて適切な質問を事前に生成し，ロボットの発話タイミングについては、スタッフが発表の進行をリアルタイムで聞きながら手動で操作する WoZ(Wizard of Oz) 法を用いることでロボットによる質問の効果を評価する．これによりロボットの質問が発表者に与える影響や，質問の適切なタイミングについて詳細に検討する．

第 4 章

実験

4.1 概要

本実験では音声認識と自動質問生成を完全に実装するのではなく、質問の質（単純／複雑）が発表者に与える影響を検証する段階に留めた。あらかじめ用意した単純・複雑な質問をロボットが一定のタイミングで提示し、それに対する発表者の発話速度・詰まり回数・質問時の反応を測定するとともに、アンケートを通じて緊張やストレスなどの心理的評価を収集した。また、ロボット注視回数や表情認識（ネガティブ感情判定）も解析し、質問の難易度が発表者のパフォーマンスや心理状態にどのような変化をもたらすかを比較する。これにより、将来的に音声認識＋大規模言語モデルを用いて自動生成される質問システムを構築する際の基礎的知見を得ることを目指す。

4.2 被験者

実験は、本学の学士 1 年から修士 1 年までの学生、合計 10 名に対して行った。所属学群は情報学群 9 名、システム工学群 1 名であった。被験者はグループ A とグループ B にそれぞれ 5 人ずつになるよう振り分けた。

4.3 手順

被験者には、あらかじめ発表用の原稿、補足資料、発表スライドを提供した。

実験の流れを表 4.1 に示す。このとき、発表本番の試行に対して、ロボットなしでの発表

4.4 環境

を練習試行としてデータを取得した．ヒアリングでは，被験者のアンケート内容に基づいて回答の理由などについて調べた．

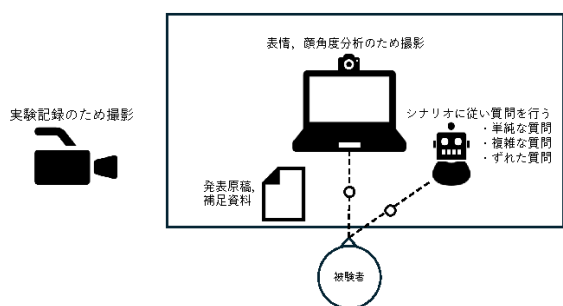
表 4.1: 実験手順

手順番号	時間	内容
1	—	台本とスライドを提供
2	15 分	台本，補助資料の読み込み
3	40 分	ロボットなしで発表
4	5 分	事前アンケート
5	5 分	休憩
6	20 分	発表前半
7	5 分	アンケート 1
8	20 分	発表後半
9	10 分	アンケート 2
10	5 分	ヒアリング

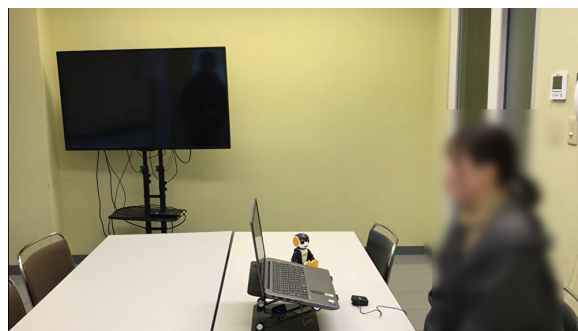
4.4 環境

実験は本学 5 階のセミナー室でおこなった．使用した聞き手ロボットは Sharp 社の RoBoHoN である．ロボットの設置位置は，被験者とノート PC 間の距離と等しい状態で被験者から見て右方向に設置した (図 4.1a)．発表内容は高知工科大学の説明で，本学の Web サイトの情報からスライドと原稿を作成した．被験者は着席した状態で，zoom とノート PC を用いて発表を行った．その際，ノート PC の内カメラを用いて被験者の顔を正面から撮影した．また，実験の様子を iPad で撮影した．図 4.1b は実験中の様子である．

4.5 質問



(a) ロボット設置位置



(b) 実験の様子

図 4.1: 実験環境と様子

4.5 質問

ロボットが行う質問は、発表用原稿に書かれていることを聞き返す“単純な質問”，補足資料を調べることで答えることができる“複雑な質問”，被験者に与えた資料には書かれておらず、発表の本筋とはずれた“ずれた質問”の3種類を用意した。

グループ A の被験者に対しては、本番試行の前半で単純条件として単純な質問を 5 問、ずれた質問を 2 問提示した。後半では複雑条件として単純な質問を 2 問、複雑な質問を 3 問、ずれた質問を 2 問提示した。グループ B の被験者に対しては、前半で複雑条件、後半で単純条件の質問を提示した。

ロボットは別室からスタッフが操作を行った。質問を行うタイミングは常に被験者が発表スライドを切り替えるタイミングに統一した。さらに、ロボットの質問に対して被験者の回答が終われば、「そうなんですね」、「わかりました」、「なるほど」の3つのパターンで相槌を行った。実際の発表で行われるような被験者の回答内容を深掘りするような質問は、本実験では簡略化のため行わなかった。

本実験で使用した質問はすべて ChatGPT によって生成したものの中から筆者が選択した。表 4.2 は使用した質問である。

4.5 質問

表 4.2: 単純・複雑な質問の一覧

グループ	種類	質問
A	単純	今年、新しく設置された学群はどこですか？ 高知工科大学が日本でいち早く導入した教育システムはどのようなものがありますか？ 情報図書館は学生以外も使用できますか？ 講堂では大学行事や授業以外にどのようなことで使われていますか？ レンタルサイクルではどうやって自転車を借りますか？ 永国寺キャンパスはどのようなことを目指していますか？ 企業・起業マネジメント専攻ではどのような人材になることを目指していますか？
A	複雑	永国寺キャンパスの地域連携棟が高知市の中心部にある利点は何ですか？ なぜ「ものづくり」に対してエネルギーを学ぶ必要があるのでしょうか？ データイノベーション学群としての強みは何ですか？
B	単純	高知工科大学が日本でいち早く導入した教育システムはどのようなものがありますか？ 高知工科大学の教育モットーは何ですか？ 永国寺キャンパスはどうなることを目指していますか？ PBLによってどのような力が身に付きますか？ 理工学群ではどのキャンパスで主に授業が行われていますか？ 経済・マネジメント学群では、経済学や経営学に加えてどのような異分野の知識が学べますか？ 企業・起業マネジメント専攻ではどのような人材となることを目指していますか？
B	複雑	なぜ最初は私立大学として開学したのですか？ KUT アドバンスドプログラムの内容とその目的について教えてください。 就職支援として行っているサポートとは具体的にどのようなものですか？
*	ずれ	起こると怖い先生は誰ですか？ 香美キャンパスの近くで美味しいご飯やさんはどこですか？ 生成 AI はよく使いますか？ 経営学を学ぶことで社長になれますか？

第 5 章

結果

5.1 統計分析

本実験の統計分析として、Wilcoxon の順位和検定を実施した。練習と本番、前半と後半、単純な質問をされたデータと複雑な質問をされたデータについて、感情比率、ロボットへの視線、発話速度・発話の詰まり、アンケート結果の比較を行った。このとき、単純な質問をされたデータは A グループの前半と B グループの後半のデータを合わせたもので、複雑な質問をされたデータは B グループの前半と A グループの後半のデータを合わせたものである。

比較の結果、練習と本番、前半と後半の間で発話の詰まりに有意差がみられた。それぞれの p 値は、 $p\text{-value} = 0.018, 0.039$ であった。しかし、その他のデータについては有意差がみられなかった。これは、被験者数が非常に少なかったこと、また緊張のしやすさやこれまでの発表経験など、被験者間の特性差が影響したと考えられる。

5.2 ロボットの邪魔さ

アンケートで「ロボットが発表を邪魔に感じたか」を尋ねたところ、図 5.1 の結果が得られた。これによると 8 名の被験者が 4 または 5 を選択し、「ほとんど/あまり邪魔とは思わない」という評価を下した。一方、1 名の被験者 (p3) は前半・後半通し「1=とても感じる」と回答していた。p3 の自由記述では「発表を中断されると集中が乱れる」と書かれていた。

このことから、発表を遮られる行為に対して強いストレスを感じる特性を持つ被験者が存

5.3 質問能力

在することが分かった。しかし、被験者全体を見るとほとんどの被験者はロボットを邪魔に感じていないと言える。



図 5.1: ロボットの邪魔さ感

5.3 質問能力

アンケートで「ロボットの質問能力の低さで不信感を感じたか」について尋ねたところ、図 5.2 の結果が得られた。このことから単純・複雑いずれの試行でも「質問能力が低い」とまでは思われていない。ただし、単純質問が直前に説明した内容を確認するような内容だったことから「発表内容を聞いていなかったような質問」と違和感を覚える例がみられた。

ずれた質問に対して、アンケートで「発表中、ロボットから話の本筋を外れた質問を何回されたか」、「ずれた質問によってストレスを感じたか」について尋ねたところ、表 5.1, 5.2 の結果が得られた。グループ A, B いずれの場合も前半後半それぞれ 2 回ずれた質問を行っているが、後半においては 6 名の被験者が 1 回、2 名の被験者がずれた質問をされなかったと、実際の質問数よりも少なく回答した。また、自由記述においてずれた質問を「フランクな質問」と好意的に捉える人と「集中を削がれた」と否定的に捉える人がいた。複雑質問に対して直接否定的な記述をした人はいなかった。発表に集中できたかについての自由記述には、4 名の被験者から「実際に人に向けて発表しているようだった」、「オンラインではわかりにくい聞き手の存在が明確になり、(聞き手を)意識した発表を心掛けることができた」といったポジティブな意見が見られた。

ロボットの聞き手について、アンケートで「発表中、ロボットが話を聞いていると感じた

5.3 質問能力

表 5.1: 発表中, ロボットが何回本筋から外れた質問をしたか

被験者	前半	後半
p1	2 回	2 回
p2	2 回	されなかった
p3	2 回	1 回
p4	1 回	されなかった
p5	2 回	1 回
p6	2 回	1 回
p7	2 回	1 回
p8	2 回	1 回
p9	2 回	1 回
p10	2 回	2 回

表 5.2: ずれた質問でストレスを感じたか

被験者	前半	後半
p1	5. ほとんど感じなかった	5. ほとんどそう感じなかった
p2	2. 少し感じた	0. ロボットは本筋からずれた質問をしていない
p3	1. とても感じた	1. とてもそう感じた
p4	5. ほとんど感じなかった	0. ロボットは本筋からずれた質問をしていない
p5	2. 少し感じた	2. 少しそう感じた
p6	4. あまり感じなかった	5. ほとんどそう感じなかった
p7	5. ほとんど感じなかった	5. ほとんどそう感じなかった
p8	1. とても感じた	1. とてもそう感じた
p9	2. 少し感じた	2. 少しそう感じた
p10	4. あまり感じなかった	2. 少しそう感じた

5.3 質問能力

発表中、ロボットの質問能力が低いことで不信感を感じましたか？

1:とても感じた～5:ほとんど感じなかった



図 5.2: ロボットの不信感

発表中、ロボットが話を聞いていると感じましたか

1:ほとんどそう感じなかった～5:とてもそう感じた

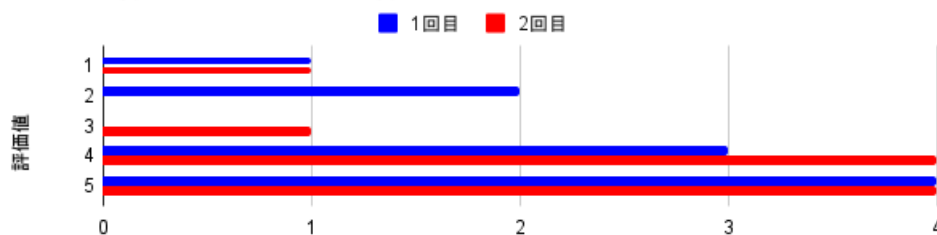


図 5.3: Caption

か」、「ロボットの聞き手がいることで話しやすくなったか」について調査を行ったところ、図 5.3, 5.4 で示すように、両方のアンケートで 10 名中 7 名が 4 または 5 の肯定的な選択をした。また、話を聞いているかについて後半で前半よりも低い評価をした被験者は見られなかった。これはロボットに対する慣れによって存在や質問行為によるストレスが低減されたことによる効果だと考えられる。話しやすさについても 1 名を除いて、後半で評価が下がった被験者は見られなかった。

ロボットの聞き手がいることで話しやすくなったと感じましたか

1:ほとんどそう感じなかった～5:とてもそう感じた

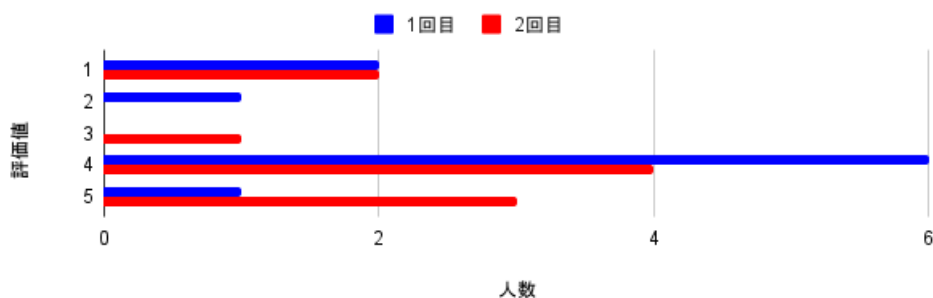


図 5.4: Caption

5.4 システム利用意欲

表 5.3: 顔角度と視線方向

左 (ロボット) 方向	$yaw_{left} < (yaw_{min} + yaw_{avg})/2$
中央	$(yaw_{min} + yaw_{avg})/2 \leq yaw_{center} \leq (yaw_{Max} + yaw_{avg})/2$
右方向	$(yaw_{Max} + yaw_{avg})/2 < yaw_{right}$

5.4 システム利用意欲

アンケートで「このシステムを使いたいと思うか」を尋ねたところ、図 5.5 の結果が得られた。7 名が 4 または 5 と回答し、全体として利用意欲は高かった。p3 の「ロボットが本筋と外れた質問、もしくは発表内容を聞いていなかったような質問などをしてきて、邪魔された。」のように単純やずれた質問が集中を削ぐという意見はあったが、ロボットからの質問が存在すること自体を肯定的に捉えた被験者が多かった。

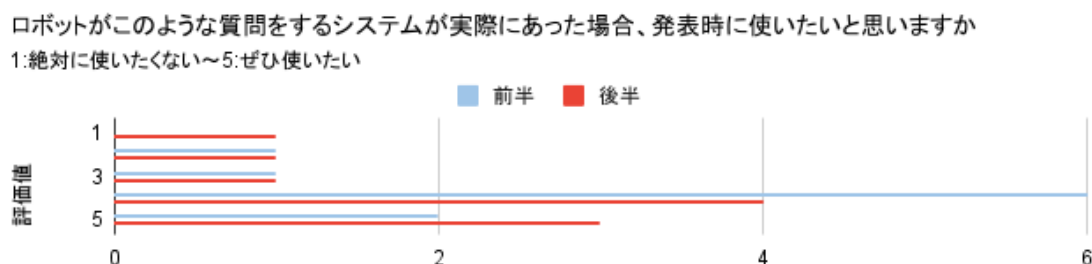


図 5.5: システムの利用意欲

5.5 ロボットへの視線

発表中、被験者がロボットを確認した回数、時間を計測するために映像分析を行った。分析には OpenCV, dlib を用いて顔のランドマークを検出し、顔角度を計測した。取得した顔角度の左右方向のデータ (yaw) について、平均値、最大値、最小値を計算し、視線方向を表 5.3 の基準で分類した。映像分析によるとロボット注視時間は発表全体の 1%程度に留まった。ただ、表 5.4 より、グループ B は前半で平均 65.5 回、後半で 132.5 回と、グループ A(26.25 回/122.0 回) より注視頻度が高い結果が得られた。

5.6 発話速度

表 5.4: ロボットを確認した回数

グループ	前半 (平均値)	後半 (平均値)
A	26.25 回	122.0 回
B	65.5 回	132.5 回

表 5.5: 発話速度, 発話の詰まり

項目	練習前半	練習後半	本番前半	本番後半
発話速度 (もじ/分)	447.94	436.58	452.29	443.15
詰まり (回)	46.63	47.25	62	56.5

本実験では通常の発表とは異なり、被験者はスタッフが用意した資料を用いて発表を行ったため、原稿やスライドに強く意識を向けていなければならなかったことでロボットの注視時間が非常に短かったと考えられる。

5.6 発話速度

発表中の被験者の発話速度、発話中の詰まりを定量的に計測した。発話中の詰まりは、pydub を用いて音声データ中の無音区間の個数を計測した。この時、無音区間は音圧レベルが 45dB 以下の状態が 1 秒以上続いたとき 1 個の無音区間とした。また、無音区間をすべてカットしたデータに対して VOSK 音声認識エンジン、goo ひらがな化 API を用いてひらがなで文字起こしし、文字数と音声データの再生時間で発話速度を測定した。全被験者の平均データを表 5.5 に示す。

発話速度については、練習試行・本番試行、また前半・後半で一律の傾向は見られなかった。発話の詰まりについて、練習試行よりも本番試行で増加した傾向がみられた。これは本番で初めて使用されるロボットを意識したことで緊張し詰まりが増えたと考えられる。また、本番試行において前半よりも後半の方が詰まりが少なくなる傾向がみられた。これはロボットから質問されるという状況と発表内容になれたことによる影響だと考えられる。

5.7 感情推定

5.7 感情推定

ロボットが質問することで、発表中どのような感情の変化がみられるかを調べるために、被験者の正面から撮影した録画データに対して FER の感情認識モデルを用いて、happy, neutral, surprise, angry, disgust, fear, sad の 7 種類で感情推定を行った。発表中に各感情が検出された時間的な割合を表 5.6 に示す。

図 5.6: 感情推定結果

attempt	emotion	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
training_first	happy	0	0	3.87	25.71	2.67	0	2.02	0.93
	neutral	86.63	70.16	1.26	6.82	38.67	48.71	6.04	32.18
	surprise	6.93	0	0	4.7	2.22	0	0	0.02
	angry	1.49	1.27	22.83	7.52	37.78	0.04	34.56	0
	disgust	0	0	0	0	0	0	0	0
	fear	4.95	0.79	17.02	20.14	3.56	0.03	40.95	0.49
	sad	0	27.78	55.01	35.11	15.11	51.22	16.43	66.38
training_last	happy	8.09	30.49	0.99	48.61	0	0	0.75	1.43
	neutral	23.62	63.94	0.23	28.38	84.16	64.55	3.18	74.24
	surprise	0.32	0.01	0	6.42	0.99	0	0	0.04
	angry	9.22	1.43	2.85	8.8	1.98	0	16.37	1.59
	disgust	0	0	0	0	0	0.01	0	0
	fear	49.51	1.05	52.05	5	3.96	0	47.57	0.03
	sad	9.22	3.08	43.89	2.78	8.91	35.44	32.13	22.68
experiment_first	happy	2.98	19.16	4.9	45.78	0.01	0.33	1.85	3.26
	neutral	41.87	64.53	2.06	36.6	15.21	56.11	3.12	67.73
	surprise	1.81	0	0.01	1.48	0.03	0	0	0.06
	angry	19.3	0.94	2.52	1.4	5.41	0.09	32.8	0.63
	disgust	0	0	0	0	0	0.23	0	0
	fear	24.31	7.89	41.92	11.01	1.37	0.13	37.48	0.45
	sad	9.72	7.47	48.59	3.73	77.97	43.11	24.75	27.86
experiment_last	happy	1.86	7.31	1.23	43.38	0.03	0	0.48	1.02
	neutral	51.14	73.45	1.32	12.25	14.42	57.09	5.29	84.09
	surprise	4.57	0	0.03	2.45	0.09	0	0	0.04
	angry	26.71	14.61	1.82	7.84	1.38	0.15	87.28	1.5
	disgust	0	0	0	0	0	0	0	0
	fear	13.43	2.21	37.7	4.66	0.32	0.01	2.09	0.26
	sad	2.29	2.42	57.9	29.41	83.76	42.74	4.86	13.1

分析結果に対して、常にほぼ 0 を記録した disgust 以外のネガティブな感情 3 種類 (angry, fear, sad) の割合に着目して分類を行った。ネガティブな感情 3 種類の合計が、20%以下のとき「低い」、21%以上 80%以下のとき「中程度」、81%以上のとき「高い」として分類すると、前半後半で一貫して高いネガティブの値となった p5, p7, p9, 一貫して低いネガティブの値となった p4, 一貫して中程度、または中程度から低いネガティブの値に変化する p3, p6, p8, p10 の 3 種類のグループに分類することができた。しかし、個人差が大きくどのグ

5.7 感情推定

ループにおいても一律の傾向は見られなかった。本実験においてネガティブな感情が多く検出された要因として、被験者が発表時に手元の原稿を注視するために下を向くことが多かったこと、原稿の読み間違いや詰まりによってストレスを感じたことが挙げられる。実際の発表と同じように発表資料を被験者自身が作成すれば、ネガティブな感情が検出される割合は下がると考えられる。

第 6 章

考察

6.1 ロボットの能力

ロボットの邪魔さに関するアンケート、自由記述の結果、多くの被験者が「ロボットを邪魔に感じなかった」、「質問があるほうが意欲が高まる」と回答したことから、ロボットの質問が被験者に悪影響を与える可能性は低く、オンラインや無人に近い発表環境でも「聞き手」の存在を明確にし、適度な質疑応答が行われることで発表者のモチベーションを向上させる可能性があると考えられる。ただし、単純質問が「直前に説明した内容を繰り返す」と違和感を覚える例がみられたことから、生成する質問は発表内容の確認ではなく、発表者の意見を聞きだすような形態で行う必要があると考えられる。

発表環境がオンラインや無観客の場合、聞き手の不在による孤独感や一方通行のコミュニケーションがモチベーション低下の一因となることが考えられる。ロボットによる質問内容を調整することで、実際の質疑応答に近い感覚を提供し、発表者が自身の考えを再確認しながら発話できる環境を整える効果を期待できる。

6.2 ロボット聞き手の効果

ロボットの聞き手について、本実験ではアンケートや映像分析の結果から統計有意差が得られなかった背景には、サンプルサイズの少なさに加え、被験者の性格や発表経験などが複雑に影響した可能性がある。

ただし、アンケート結果と自由記述の傾向から、被験者は「ロボットが話を聞いているよ

6.3 限界

うに感じた」,「ロボットの聞き手がいることで話しやすくなった」と感じていることが分かった。前半や後半の両方で同じ回答傾向がみられたことから, ロボットが聞き手を務めることによる効果がみられたと言える。

ロボットが質問をする効果についてはロボットの能力についてでも考察を行ったが, 特に複雑な質問に対する印象において, 自由記述ではネガティブな意見がみられなかったことから, 実際に使用する際に単純な質問だけでなく複雑な質問を混ぜることでより発表者のモチベーション向上に効果がある可能性がある。ただし, 質問内容が発表を中断してしまうと強いストレスを感じる被験者もいたため, 適切な質問タイミングについて考慮する必要がある。

本質からずれた質問について多くの被験者がストレスを感じず, 好意的に解釈した例もあるのは, 被験者のほとんどが情報学群に所属しており AI による出力に慣れていたことによる可能性がある。

6.3 限界

被験者に自分の発表についてよかったところ悪かったところをヒアリングしたところ,「原稿を読みすぎた」,「途中で言葉が詰まったり, かんだり, 間違ったこと」など, 単に発表者のスキル不足というよりも練習時間の不足, 発表資料への慣れの度合いに起因する意見が寄せられた。これは発表資料を被験者が作ったわけではなく内容が十分頭に入っていない状態で実験を行ったからだと考えられる。しかし, 被験者自身に 40 分の発表資料を作成してもらうのは負担が大きすぎるため, 今回はスタッフが発表資料を用意する形となった。

また, ロボットの質問タイミングについて, 本実験ではスタッフが発表をモニタリングしながらロボットを操作したにも関わらず,「説明したタイミングと質問したタイミングでラグがあった気がする」,「説明終わりに(ロボットからの質問を)確認する時間があるため多少の待ち時間が発生することによるストレスは多少感じた」といったラグについての意見がみられた。このことから, 今後本方式を実装する際には発表の自然な区切りを検出する自動タイ

6.4 個人差と今後

ミング調整など，システムの改善が必須であることが分かった．

6.4 個人差と今後

本実験では，ネガティブな感情の比率や質問を邪魔と感じる程度など，個人差が著しく，複雑な質問が発表の質を上げるとは断言できなかった．これはサンプル数が少なく，緊張しやすさや話し慣れ度合いなどの特性，質疑応答への耐性などが作用したと考えられる．それでも，一部の被験者では後半にロボットからの質問に慣れ，発話の詰まりが減少することがあった．また，ロボットの聞き手に対する印象の向上がみられた．

これらを踏まえ，質問難易度やタイミングを発表者の性格特性や慣れに応じて調整する，質問を行う間隔を事前に告知するよう設計することで，発表者がロボット質問を発表を盛り上げる要素として認識しやすくなると考えられる．また，実際の発表で行われる議論の様に，発表者の回答を深掘りするような質問を生成することでより効果が期待できる．

第 7 章

まとめ

本研究では、オンラインや無観客に近い発表環境でも「聞き手がいる」感覚を補完し、発表者のモチベーションを高めるために、ロボットによる質問システムを提案した。そして発話速度や詰まり回数といったパフォーマンス指標、アンケートによる心理的評価、映像からの視線・表情分析を通じてその影響を検証した。

実験の結果、統計的有意差は見られなかったものの、多くの被験者がロボットを邪魔に感じず、モチベーションが上がると回答した。また、質問の回数や難易度に応じて発話の詰まりやストレス度合いが変化する傾向が示された。一方で、質問内容やタイミングが不適切な場合には強いストレスを感じるケースも確認された。これらのことから、慣れを考慮した長期間の利用や、個々の発表者特性に応じた制御を行えば、オンラインや聴衆がいない場合でも対面に近い発表体験が実現できる可能性がある。今後はより長期間の使用を想定した適応型の質問システムを開発し、発表者ごとの特性に応じた支援の最適化を進めることが重要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、ご指導いただいた敷田幹文先生に深く感謝申し上げます。また、副査を務めてくださった繁杣博昭先生、妻鳥貴彦先生に心より御礼申し上げます。さらに、実験にご協力いただいた学生の皆様にも厚く感謝いたします。

参考文献

- [1] Inc. Zoom Communications. A year later: Reflecting and looking ahead, zoom founder and ceo, eric s. yuan, reflects on the challenges, opportunities and experiences of employees and customers during the pandemic., 2022.
- [2] 斉藤典明ほか. 通学制大学の学生はオンライン講義で満足できたのか? ワークショップ 2020 (GN Workshop 2020) 論文集, 第 2020 巻, pp. 28–38, 2020.
- [3] Xiufang Chen Anna Qian Sun. Online education and its effective practice: A research review. *Journal of Information Technology Education:Research*, Vol. 15, pp. 157–190, 2016.
- [4] 玉木秀和, 東野豪, 小林稔, 井原雅行. 音声遅延が遠隔会議中の発話衝突と精神的ストレスに与える影響. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 96, No. 1, pp. 35–45, 2013.
- [5] Dan Li. The shift to online classes during the covid-19 pandemic: Benefits, challenges, and required improvements from the students' perspective. *Electronic Journal of E-Learning*, Vol. 20, No. 1, pp. 1–18, 2022.
- [6] 葛西響子, 山本景子, 倉本到, 辻野嘉宏ほか. コウテイカボチャ: 聴衆に肯定的な反応を重畳する発表時緊張感緩和手法. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2014, No. 8, pp. 1–8, 2014.
- [7] Ye Pan and Anthony Steed. A comparison of avatar-, video-, and robot-mediated interaction on users' trust in expertise. *Frontiers in Robotics and AI*, Vol. 3, p. 12, 2016.
- [8] 玉川聡, 山本一公, 中川聖一ほか. 音声対話インタフェースにおけるロボットエージェントの優位性の評価. 研究報告音声言語情報処理 (SLP), Vol. 2013, No. 11, pp. 1–8, 2013.
- [9] 山之内七穂, 今野将ほか. 創造的タスクにおける聞き手ロボットの有効性. 情報処理学

参考文献

- 会論文誌, Vol. 65, No. 3, pp. 696–705, 2024.
- [10] 鈴木雄介, 福島寛之, 深澤伸一, 竹内晃一ほか. 遠隔会議支援ロボットシステムの注意喚起能力評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 51, No. 1, pp. 25–35, 2010.
- [11] 橋本美香, 栗原一貴ほか. プレゼンテーションコンパニオンロボットを用いたプレゼンターの心的負担軽減手法の検討. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 93–99, 2016.
- [12] 島谷二郎, 吉川雄一郎, 陣内寛大, 小川浩平, 石黒浩. ロボット質問支援システムによる発言促進: 高校生・大学生を対象とした講義における実証実験. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 22, No. 4, pp. 369–380, 2020.
- [13] 原康平, 井上昂治, 山本賢太, 中村静, 高梨克也, 河原達也. アンドロイド erica による面接対話における掘り下げ質問生成. 人工知能学会研究会資料 言語・音声理解と対話処理研究会 87 回 (2019/12), p. 03. 一般社団法人 人工知能学会, 2019.
- [14] 相場真由子, 齋藤大輔, 峯松信明ほか. 国際会議に参加する英語非母語話者の学生を支援する chatgpt を用いた質疑応答練習システム. 研究報告自然言語処理 (NL), Vol. 2024, No. 8, pp. 1–7, 2024.