

Web会議における話者交代円滑化のためのアバターによる呼吸の視覚化

伊藤 淳子^{1,a)} 永吉 亜優¹

概要: グループワークや会議などの複数人で行うコミュニケーションをオンラインで実施することが一般的になりつつある。しかし、Web会議では、カメラをオンにしても、対面環境と比べノンバーバル情報が伝わりにくく、円滑な話者交代が困難であるという問題がある。本研究では、ノンバーバル情報の中でも呼吸に着目する。Web会議中に参加者らが発話タイミングが掴みやすくなるよう、人間の形をしたアバターを用いて呼吸動作を視覚化し、発話の支援を目指す。話し始めたあとに息を吸う動作や、話している最中の息を吐く適切な時間を実験により検証した結果、仮想3次元空間に配置したアバターが表現する呼吸動作として、話し始める際に0.27秒かけて息を吸い、話している最中に15秒かけて息を吐いている様子を表出すると、話し始めや話し終わりのタイミングがわかりやすく感じる事がわかった。

キーワード: Web会議, オンライン対話, アバター, 呼吸動作, 発話支援

1. はじめに

情報機器の普及やインターネット網の発達により、物理的に離れた場所にいる相手とオンラインで会話する機会が増加した。オンライン会議の利点には、システムの導入が容易であることや、参加者の様子を見ながら会話することが可能であること、さらに参加する場所の制約がないことが挙げられる。特に場所の制約を受けないという点と、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の影響から、オンライン会議は一般化しつつある。同時に、従来から指摘されていた、オンライン会議における発話の難しさに関する問題も顕在化した。

発話するタイミングが掴みづらい、討論に参加しづらいなどの課題については、対面状況では自然に伝達される視線方向などのノンバーバル情報が十分に伝わらないことに原因があるとされている [1], [2]。これに対して、同期的なジェスチャーを取り入れてコミュニケーションの活発化を狙う方法 [3] や、印象を変化させるために音声の一部を変換する方法 [4]、ノンバーバル情報が伝達されやすいアバターなどの媒体を用いる方法 [5], [6] などが提案されている。また、発話前に見られる動作を検知して話者交替を円滑に進める方法も複数試みられている [7]。

アバターを使用する手法では、表情や視線方向、身振り、

頷きなどが取り上げられているが、発話と関わりの深い呼吸情報に着目した研究は少ない。本研究では、アバターを用いた呼吸動作の視覚化により、オンライン会議における発話タイミングの掴みやすさを向上させる方法について検討する。

2. ノンバーバル表現の伝達に着目した遠隔コミュニケーション支援関連研究

2.1 既存の Web 会議システム

オンラインで会議を実施することができるシステムには、Zoom ^{*1} や Microsoft Teams ^{*2}, Skype ^{*3} などがある。これらに代表される Web 会議システムでは、実空間を共有できないことによりノンバーバル情報を伝達しづらい状況がある。通信機器に備え付けられたカメラによってお互いの映像を送りあえる現状においても、視線の方向が画面の方向のみとなることや、身振り手振りなどカメラの枠外で表出された動作を伝えることができないなどから、円滑な話者交代が困難であるという問題がある。

アイコンや絵文字などの入力によって、感情表現や会議進行の意思表示を補う方法がとられることもある。しかし、会話中、逐一マウスやキーボードの操作を要するため、

^{*1} <https://explore.zoom.us/ja/products/meetings/>
(2021.12.16 確認)

^{*2} <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-teams/group-chat-software> (2021.12.16 確認)

^{*3} <https://www.skype.com/ja/free-conference-call/>
(2021.12.16 確認)

¹ 和歌山大学 Wakayama University 930, Sakaedani, Wakayama 640-8510, Japan

^{a)} itou@wakayama-u.ac.jp

通常の会話において頻繁には使用しづらい。

2.1.1 ノンバーバル情報を用いた話者交代円滑化

臨場感の伝達や視線による注意喚起などを目的に、遠隔授業において視線の動きを共有する仕組み [2] や、話者交替円滑化のために、視線の動きや発話前の予備動作をもとに次の話者候補を提示する方法が提案されてきた [7], [8] また、口唇の動きと音声から発話したことを検出することも試みられている [9]。このように、視覚から読み取ることが可能なノンバーバル情報を用いて話者交替円滑化を図る研究は進められている。

これらの情報の一部は、カメラ映像を通じることによって伝達することも可能であるが、システムがその情報を分析し、参加者に発話に関する気づきをより与える仕組みを実現している。一方で、視線や表情のほかにも、対面対話において伝達されるノンバーバル情報は多岐にわたる。本研究では、視線や表情以外のノンバーバル情報の中でも、発話行動に強い関係のある呼吸動作に着目する。

2.2 オンライン会話におけるアバターの利用

オンラインの会話において非言語情報を補う方法の一つとして、アバターが利用されることがある。アバターは人間の顔表情や頭部の動き、ジェスチャーなどを、正確に、あるいは誇張などの加工を通じて表現できる。また、仮想3次元空間に会議参加者のアバターを配置することによって空間を共有しているように感じさせることも可能である [10]。

アバターを利用する際、利用者が直接操作する方法のほか、会議参加者の動きや生体情報をアバターに反映させる方法がある [5]。表情を変化させる場合には、カメラから得た映像をアバターにマッピングする方法や、入力内容に合わせて表情を変化させるような手法も提案されている。しかし、前項で述べたように、呼吸動作を取り扱う場合には、カメラやマイク以外の特別なセンサが必要となる。その場合、普通の会議で使用することは難しい。したがって、カメラやマイクから取得可能な情報を呼吸動作に反映させる仕組みを考える必要がある。

そこで本研究では、発話と呼吸の関係に着目し、仮想3次元空間内に配置したアバターに、音声入力を利用した呼吸動作を行わせる。オンライン会議への導入のしやすさを維持できるよう、呼吸を検知するセンサの代わりに音声入力を利用する。アバターに表現させる呼吸動作の規則は既存研究をもとに定め、音声入力によって呼吸動作を制御する。たとえば、発話中と沈黙時では呼吸速度や時間に差がある。これを、話し手側のアバターには、音声入力開始されたタイミングで息を吸い、話しながら吐き出す動作を与え、聞き手側のアバターにはそれよりも短い間隔で呼吸の動作を与える。この方法により、話し始めや終わりのタイミングをつかみやすくし、次の発言につなげる支援を

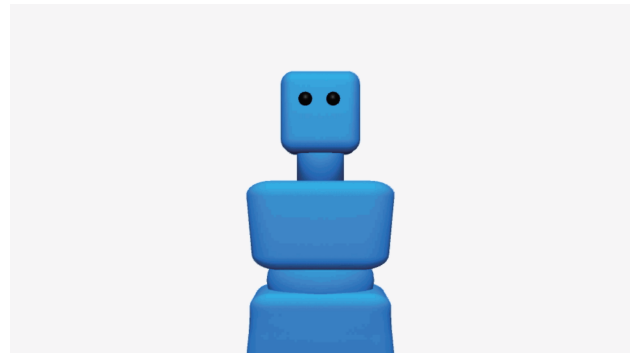


図1 アバターのデザイン

行う。

3. 呼吸動作のアバターへの反映

3.1 アバターのデザインコンセプト

本研究では、Web会議における話しかけのタイミングをつかみやすくなるよう、発話者の呼吸情報を視覚的に表現する手法について検討する。このために、ノンバーバル情報を視覚的に表現することが可能なアバターを使用する。参加者の一人一人にアバターを割り当て、仮想3次元空間内で実際に対面しているようにアバターを配置し、会話音声によって呼吸動作を変化させる。本節ではこのアバターのデザインコンセプトについて述べる。

アバターは人間であると認識できる形状である一方、呼吸動作そのものの特徴が認識できるように、顔や胴体については可能な限り抽象化する。たとえば、顔に口を付けた場合、口の開閉と音声の同期が必要になり、加えて、口角の状態により表情が表出される。この表情が話の内容や発話者が表現したい感情と異なる印象を与えた場合、会話の進行に支障をきたす可能性がある。

胴体については、会話相手を投影しやすくする上で重要な部位は頭部と胴体であり、腕や脚は会話相手の投影しやすさに影響しないと言われている [11]。また、腕がありながら身振り手振りが無い場合不自然さを与える可能性があるため、アバターには腕部を付けず、頭部、胴体のみとする。加えて、話し手や聞き手が向いている方向は発話において重要であるため、頭部には目のみを付与して、頭部と胴体全体を回転できるようにする。

以上のようなコンセプトでデザインしたアバターを図1に示す。このアバターをWeb会議参加者らの代わりとし、図2に示すように同一の仮想3次元空間内で会話しているように配置して、参加者らに発話交代のタイミングを知らせる支援を行う。

3.2 呼吸動作に関する知見

アバターに呼吸動作を付与するにあたり、現実の人間の対話における呼吸動作を調査した。その結果、以下に示す3つの呼吸規則を定義した。

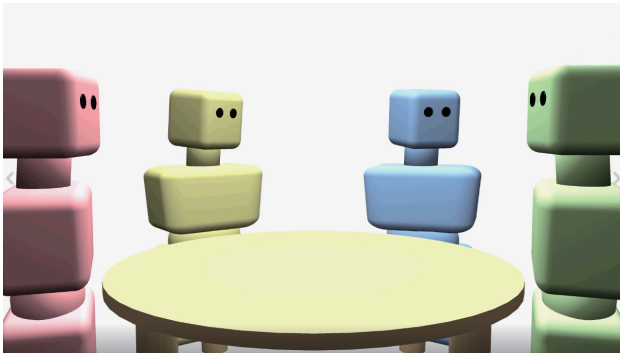


図 2 4名のアバターを仮想3次元空間内に配置した様子

発声を行っていない場合、病気や運動などの影響を受けていない条件下では、肺に空気を取り入れる吸気と肺から空気を送り出す呼気の比率はおおよそ1:2と言われている [12]. これに従い、呼吸規則の一つ目として、発話を行っていない会議参加者のアバターは、1秒で息を吸い、2秒で息を吐く動作を繰り返し行う。

一方、発声中には吸気時間と呼息時間の比は異なり、おおよそ吸気が0.5秒程度、呼気が5秒以上あるとされる [13]. このことから、呼吸規則の二つ目として、話している、すなわち音声が入力された状態では、5秒かけて息を吐くようにする。音声が入力からオンに切り替わったタイミング、すなわち発話を始めたタイミングですでに息を吸っていた場合には、その状態から5秒間息を吐く動作を行う。三つ目の規則は、話し終わったタイミング、すなわち音声が入力からオフに切り替わったタイミングで、吐き続けていた息を止めて0.5秒かけて息を吸わせる動作とする。

4. 呼吸動作のわかりやすさや発話しやすさに関する検証実験

4.1 検証用動画の制作方針

発話タイミングの掴みやすさ向上を目的とした提案手法の有効性を、このシステムが適用されたことを想定して作成した動画の比較によって検証する。動画は、Web会議システム Zoom により記録した実際の会話の様子をもとに作成する。アバターのデザインは、前述の通り呼吸情報以外の非言語情報を極力減らすために頭部、首、胸部、下半身、胸部と下半身の接合部からなるシンプルなデザインとする。頭部には目だけを描写し、表情と会話内容の不一致による不自然さを解消する。

一般的に、対面の対話においては、話の聞き手は話し手の方向を見る。そのため、仮想3次元空間において会議参加者が複数人いる場合、発話者が変わると聞き手の視線方向も変化させる必要がある。しかし、一般的なWeb会議システムの映像からは、各参加者がどの方向を向いているかを検出することができない。そこで、視線については、常に聞き手のアバターが話し手のアバターの方向を向いているように見えるよう、頭部、首及び胸部の方向を設定す

る。瞬きと頷きに関しては、収録映像をもとに、実際にそれらを行ったタイミングで動作させる。

さらに、アバターには、3章で述べた呼吸規則に則って呼吸動作を行わせる。このとき、呼吸に関わる特別なセンサを使用しない代わりに、一般的なWeb会議システムで容易に取得可能な音声入力の有無によって呼吸動作を制御する。通常は発話を行う直前に息を吸うが、Web会議システムに適用する場合、発話状態を取得できるのは音声が入力になったタイミングであり、それに先立って吸気の動作を行わせることができない。したがって、話し始めたあとに呼吸動作を行う際の不自然さや許容可能な範囲を調べる必要がある。

4.2 定義した呼吸規則の検証

4.2.1 話し始めのタイミングにおける呼吸動作

音声入力の有無による呼吸動作の制御と、定義した呼吸規則により自然な呼吸動作の表現が可能であることを検証するため、複数の実験を実施した。一つ目の実験は、話し始めた後に息を吸うことに対する許容範囲を調査するための実験である。

動画作成にあたり、4.1節で述べた方法で、元となる動画を収録した。実験資料作成協力者1名に夏目漱石の「こころ」の冒頭を、約1分間朗読するよう依頼し、収録した音声のノイズを除去して動画作成に使用した。音声の入力とオフの閾値は、無音状態を基準とした。無音状態の -60dB に対し、 $+10\text{dB}$ 以上、すなわち -50dB を検知した際に音声が入力になり発話が始めたと定義する。

アバターは背景が白い空間の中央に配置し、話し始めた後に複数の条件の吸気動作を行う。実際の朗読動画の呼吸音から、発話前に息を吸う時間の平均を取った結果、0.57秒であった。この時間をもとに以下の条件を設定した。

条件 (1-1) 0.5 秒間

条件 (1-2) 0.27 秒間

条件 (1-3) 0.1 秒間

条件 (1-4) 息を吸う動作を行わない

実験の被験者は、同一の収録動画を複数の条件でアバターで再現した動画を視聴し、アンケートに回答する。被験者は20代の大学生および大学院生9名である。質問項目は、(1)話し始めるタイミングがわかりやすかった、(2)話し終わるタイミングがわかりやすかった、(3)アバターの動作が自然だった、の3項目である。アンケートの結果を表1に示す。評価値は、1がそう思わない、2があまりそう思わない、3がどちらともいえない、4がやや思う、5が思うに該当する。

この実験の結果、項目(1)や項目(3)については条件(1-3)の評価が高かったが、アバターの動作の自然さについては評価が低く、項目(1)から(3)すべてを合わせて高い評価が得られたのは条件(1-2)であった。また、この実

表 1 アバターの話し始めの呼吸動作に関する評価

項目	評価値					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
項目 (1)							
条件 (1-1)	0	2	3	4	0	3	4
条件 (1-2)	0	0	1	6	2	4	4
条件 (1-3)	0	0	0	4	5	5	5
条件 (1-4)	0	4	3	1	1	3	2
項目 (2)							
条件 (1-1)	2	3	1	3	0	2	2,4
条件 (1-2)	1	2	2	4	0	3	4
条件 (1-3)	0	3	1	4	1	4	4
条件 (1-4)	1	1	5	1	1	3	3
項目 (3)							
条件 (1-1)	1	6	1	1	0	2	2
条件 (1-2)	0	1	1	6	1	4	4
条件 (1-3)	1	5	1	2	0	2	2
条件 (1-4)	0	2	1	2	4	4	5

表 2 アバターの発話中の呼吸動作に関する評価

項目	評価値					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
項目 (1)							
条件 (2-1)	0	7	4	1	0	2.0	2
条件 (2-2)	2	2	2	5	1	3.5	4
条件 (2-3)	1	1	2	6	2	4.0	4
条件 (2-4)	0	0	3	4	5	4.0	5
項目 (2)							
条件 (2-1)	1	2	3	5	1	3.5	4
条件 (2-2)	0	0	2	8	2	4.0	4
条件 (2-3)	0	0	0	9	3	4.0	4
条件 (2-4)	0	0	0	0	12	5.0	5
項目 (3)							
条件 (2-1)	1	1	0	8	2	4.0	4
条件 (2-2)	1	1	0	7	3	4.0	4
条件 (2-3)	0	1	0	7	4	4.0	4
条件 (2-4)	0	1	0	7	4	4.0	4
項目 (4)							
条件 (2-1)	2	4	3	2	1	2.5	2
条件 (2-2)	3	4	1	4	0	2.0	2,4
条件 (2-3)	5	3	2	2	0	2.0	1
条件 (2-4)	3	6	0	3	0	2.0	2

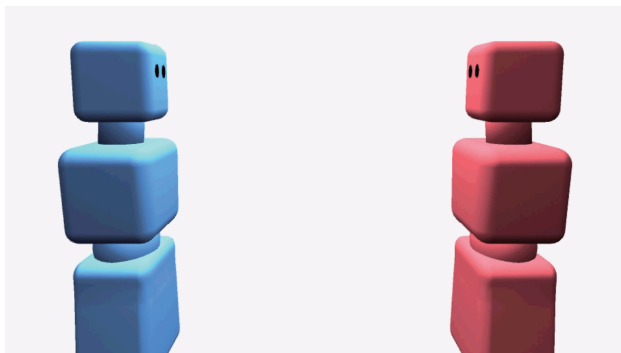


図 3 発話中の呼吸動作の検証実験におけるアバターの様子

験で使用した動画では、話し始めの呼吸動作以外は同一であったにも関わらず、話し終わりのわかりやすさにも影響を与えていることがわかった。被験者からは、呼吸動作の速度や変化の大きさ、話し始めと終わりのタイミングの関連性に着目したとの回答を得た。以上の結果を総合して、本研究で使用する呼吸規則として、音声が入ったタイミングで行う吸気動作の時間に 0.27 秒を採用する。

4.2.2 話している最中の呼吸動作

人間は話している最中に息を吐く動作を行う。これに関連し、話している最中に吐く息の速さについて、最適な時間を検証する実験を行う。使用する動画は、背景が白い空間の左右に配置された 2 体のアバターが会話している様子である。作成した映像の一部を図 3 に示す。発話行動を行うアバターに対し、息を吸った状態から息を吐ききるまでにかかる時間を以下の条件で変化させる。

条件 (2-1) 5 秒間

条件 (2-2) 10 秒間

条件 (2-3) 15 秒間

条件 (2-4) 5 秒間、発話中のアバターを強調表示

元となる動画は、資料映像作成協力者 2 名にそれぞれ異

なる言葉を与え、会話しながらその言葉をあてるゲームを実施している様子を撮影して得た。会話の時間はおよそ 1 分である。音声のオンとオフの閾値は、4.2.1 項と同様である。

実験の被験者は、収録動画のうちの 1 本を、前述の複数の条件でアバターで再現した動画を視聴し、アンケートに回答する。被験者は 20 代の大学生および大学院生 12 名である。質問項目は、(1) 話し終わるタイミングがわかりやすかった、(2) 現話者がわかりやすかった、(3) 会話しているように見えた、(4) アバターの動作が不自然だった、の 4 項目である。アンケートの結果を表 2 に示す。実験の結果、すべての質問項目に対し、条件 (2-3) および条件 (2-4) において高い評価が得られた。特に、呼吸動作にかかる時間は条件 (2-1) と条件 (2-4) で同一であるが、条件 (2-1) と比較し、強調表示が加わった条件 (2-4) に高い評価が見られた。

本研究では、呼吸動作による発話タイミングの把握の補助を目的としている。強調表示を行うことにより、呼吸動作よりも強調表示による影響が強く表れた場合、呼吸動作に関する評価を正しく行うことができない可能性がある。したがって、呼吸動作に要する時間を 15 秒と定義するが、強調表示が与える影響の調査も改めて実施する必要がある。

4.3 発話者の強調表示の方法に関する検証

4.3.1 実験目的と実験概要

話者が増えた場合、どの参加者が発言しているかを把握することが難しくなる。そのため、既存のオンライン会議

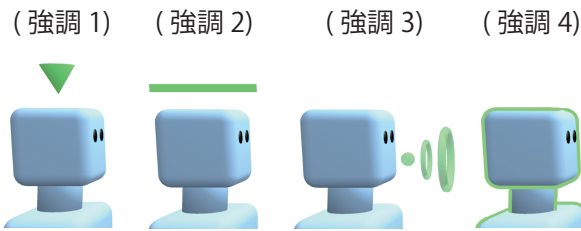


図 4 強調表示の違い

システムでは、発話者に何らかの強調表示が付加されることが多い。本研究においても、3次元空間内に配置されたアバターのうちどのアバターが発言を行っているかを強調表示する必要性と呼吸動作表現への影響について考慮する。

発言者のカメラ映像に緑色の枠が表示される Zoom に倣い、発話者の適切な強調表示について図 4 に示す表示形式を用意した。強調 (1) はアバターの頭部の上側に緑色の三角のマークを付与する。強調 (2) は (強調 1) と同様に頭部の上側に緑色のバーを付与する。強調 (3) では、音波が伝わっているような漫符を頭部の前方に付与する。強調 (4) では、Zoom のように発話者を表すアバターの周囲に緑色の枠線を付与する。

資料映像は、4名の資料映像作成協力者が少数派探しゲームワードウルフ [14] を実施している様子を撮影して得た。1セットの所要時間はおよそ5分である。この映像の一部を切り出し、呼吸動作と上記の強調表現をアバターに付与して4名の会話を再現した。3.2節で述べた通り、聞き手の吸気動作の時間を1秒、呼気動作の時間を2秒とする。また、4.2.1項、4.2.2項の検証結果に基づき、音声が入ったタイミングで行う吸気動作の時間に0.27秒、話し手の呼気動作に要する時間に15秒を採用する。さらに、呼吸規則の三つ目にならない、音声が入ったタイミングで吐き続けていた息を止めて、0.5秒かけて息を吸わせる動作を行わせる。再現後の動画の長さはおよそ2分30秒である。

実験の被験者は、再現動画を視聴し、アンケートに回答する。被験者は20代の大学生および大学院生13名である。質問項目は、(1)アバターの呼吸動作よりも発話者の強調表示に目が行った、(2)「今どこのアバターが話しているか」を判断するときにアバターの呼吸動作を見て判断した、(3)「今どこのアバターが話しているか」を判断するときに発話者の強調表示を見て判断した、(4)発話者の強調表示のデザインは適切だと感じた、(5)話し終わったタイミングが、視覚的にその都度わかったの5項目である。

4.3.2 実験結果と考察

表 3 にアンケートの結果を示す。この実験の結果、項目 (1) に対して「そう思う」および「ややそう思う」の肯定的

表 3 強調方法に関する評価

項目	評価値					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
項目 (1)							
強調 (1)	0	2	2	4	5	4	5
強調 (2)	0	0	0	7	6	4	4
強調 (3)	0	0	0	4	9	5	5
強調 (4)	1	3	2	3	4	4	5
項目 (2)							
強調 (1)	3	5	2	1	1	2	2
強調 (2)	4	5	2	2	0	2	2
強調 (3)	7	3	2	1	0	1	1
強調 (4)	5	3	3	0	2	2	1
項目 (3)							
強調 (1)	1	1	1	6	4	4	4
強調 (2)	0	0	2	4	7	5	5
強調 (3)	0	1	0	2	10	5	5
強調 (4)	0	4	1	2	6	4	5
項目 (4)							
強調 (1)	0	1	0	6	6	4	4,5
強調 (2)	0	5	2	4	2	3	2
強調 (3)	0	5	0	4	4	4	2
強調 (4)	1	3	1	4	4	4	4,5
項目 (5)							
強調 (1)	0	1	2	3	7	5	5
強調 (2)	0	2	0	3	8	5	5
強調 (3)	0	2	1	2	8	5	5
強調 (4)	0	2	0	1	10	5	5

評価を選択した被験者は強調 (2) および強調 (3) で 100% となり、その他の強調条件でも半数以上が肯定的評価を回答していた。また、項目 (2) に対して肯定的評価を選択した被験者はたかだか3名であったのに対し、項目 (3) に対しては8名から12名が選択していた。自由記述回答では、強調表示の方がわかりやすい、強調表示によってタイミングを判断したなどの回答が多数を占めた。したがって、強調表示を付与した場合、呼吸動作よりも強調表示を頼りに話者交代を判断する可能性がある。

本研究においては、前述のように呼吸動作の視覚化が発話タイミングの把握に与える影響を検証することを目的としている。この実験から、強調表示を合わせて付与した場合、本来の呼吸動作の影響を正しく評価できない可能性があることがわかった。4.2.2項で述べた実験では、2人会話の場合では話し手の強調表示を行わない条件であっても強調表示がある場合と同等の評価が得られていた。今後は、4人の会話に対して、Zoom で収録した映像と、図 5 に示すような形式の映像とを比較し、アバターの呼吸動作の視覚化が発話タイミングの把握や話しかけやすさに与える影響について検証する予定である。

また、本研究ではアバターに対する呼吸動作の付与による影響のみを調査するため図 1 のようなデザインとした。

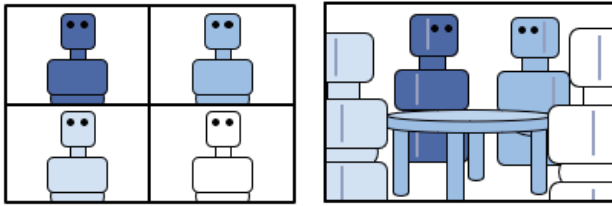


図 5 今後実施する比較実験の動画例

しかし、発話交代の支援を考えた際には、呼吸動作だけではなく、その他のノンバーバル表現と組み合わせることによって、発言の円滑化により効果を与える可能性がある。一方で、アバターをさらに人間に近いデザイン、例えば鼻や口をつけ表情も表出できるようになった場合に、本研究で提案した呼吸動作の規則が適切であるかは不明である。そのため、アバターのデザインが変化した際の呼吸動作の妥当性について検討する必要がある。

5. おわりに

本稿では、オンラインで対話を行う Web 会議において、参加者が発話のタイミングを掴みやすくなる仕組みとして、呼吸動作をアバターに付与する方法を提案した。発話と関わりの深い呼吸動作に着目し、仮想 3 次元空間に配置された人間型アバターに現実の対話で見られる吸気、呼気の時間や割合を表現させる。また、実際の Web 会議で使用することを想定して、呼吸の状況を識別するための特別なセンサは取り入れず、マイクに入力された音声の大きさのみを発話状況の判別を使用する。この方法の場合、話し始めたあとに息を吸う動作を行うことになることや、アバターの使用による会話の不自然さが発生する可能性を考慮し、複数の実験を行った。

話し始めた後の吸気動作に関する検証では、実際の収録映像では 0.57 秒かけて息を吸っていたが、アバターによる再現では 0.27 秒が最も話し始めや終わりのタイミングを掴みやすく、アバターの動作が自然であるように見えることがわかった。話している最中の呼気動作に関する検証では、息を吸った状態から吐ききるまでにかかる時間を検証した。この結果、15 秒間かけてゆっくり息を吐き、発話が終わった段階で息を吸う動作に対して高い評価が得られた。

一方、発話者を識別するために強調表示を付与した場合、発話者はわかりやすくなるが呼吸動作に対して注意が向けられなくなることがわかった。今後は、4 体のアバターが Zoom のように画面分割されて表示された映像と、仮想 3 次元空間内で会話している映像とを比較し、アバターによる呼吸の視覚化が発話タイミングの把握に与える影響について検証する。

参考文献

- [1] 森田友幸, 間瀬健二, 平野靖, 梶田将司, 岡留剛: ヒューマノイドロボットを用いた遠隔コミュニケーションにおける注目伝達, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3849-3858 (2007).
- [2] 田上博司: 遠隔授業における視線一致の必要性和その問題点解決のための一手法, 教育システム情報学会誌, Vol.25, No.4, pp.394-402 (2009).
- [3] 小山環, 森元峻太, 塩澤秀和: 参加者の同期的なジェスチャーを支援するビデオ会議システムの検討, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2021 (GN Workshop 2021) 論文集, pp.35-36 (2021).
- [4] 西原宗太郎, 渡邊拓貴, 寺田努, 塚本昌彦: オンライン会議において相手に与える印象を変化させるためのリアルタイム語尾ピッチ変換システム, 情報処理学会シンポジウムシリーズマルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2021) 論文集, pp.188-196 (2021).
- [5] 檀原龍正, 渡辺富夫, 大久保雅史: 音声駆動型身体的引き込みキャラクタ InterActor が発話音声に与える効果, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.71, No.712, pp.3486-3493 (2005).
- [6] 新徳健, 渡辺富夫: 3 者間インタラクション支援および合成的解析のための身体的バーチャルコミュニケーションシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.4, pp.1212-1221 (2004).
- [7] 玉木秀和, 東野豪, 小林稔, 井原雅行, 岡田謙一: 遠隔会議における発話衝突低減手法, 情報処理学会論文誌, No.53, Vol.7, pp.1797-1806 (2012).
- [8] 石井亮, 大塚和弘, 熊野史朗, 大和涼司: 複数人対話における視線交差のタイミング構造に基づく次話者と発話開始タイミングの予測, 第 29 回人工知能学会全国大会論文集, Vol.29, 2L3-2in, pp.1-4 (2015).
- [9] 甲斐寛規, 宮崎大輔, 古川亮, 青山正人, 日浦慎作, 浅田尚紀: 口唇領域の抽出と認識による発話検出, 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol.2011-CVIM-177, No.13, pp.1-8 (2011).
- [10] 小木哲朗, 山田俊郎, 栗田裕二, 服部陽一, 廣瀬通孝: 仮想空間共有のためのビデオアバタ技術とその利用法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.37-46 (2003).
- [11] 住岡英信, 幸田健介, 西尾修一, 港隆史, 石黒浩: 土偶の変遷に基づくコミュニケーションメディアのミニマルデザインの見直し, 情報処理学会 関西支部支部大会講演論文集, C-08, Vol.2013, pp.1-6 (2013).
- [12] 煙石真弓, 望月博之: 喘息で呼気の延長がみられるのはなぜか? 週刊日本医事新報, No.4952, p.59 (2019).
- [13] 石野京子: 言語治療と呼吸訓練, 臨床理学療法, Vol.4, No.3, pp.58-65 (1978).
- [14] 川崎晋, 久保よしや: ワードウルフ, 幻冬舎 (2020).