

集団コミュニケーションにおける挙手の印象への 手の高さや人数の影響： スクリーンとVRヘッドセットの各提示環境において

南出 健^{1,†1} 青柳 西藏^{2,a)} 福森 聡^{3,†2} 山本 倫也³

受付日 2019年6月17日, 採録日 2020年3月13日

概要：挙手は身体的コミュニケーションの代表的な動作であり、教室において重要な役割を持つ。著者らは挙手促進技術開発に向け研究を進めてきたが、これまでは個人の挙手にしか着目してこなかった。本研究の目的は、集団コミュニケーションにおける挙手の印象への手の高さや人数の影響を、スクリーンとVRヘッドセットという2種類のCG教室環境の提示方法の元で明らかにすることである。教室と挙手する生徒たちのCGをスクリーンに投影する実験、VRヘッドセットで提示する実験を実施し、それぞれで挙手の印象評価を行った。その結果、各実験に共通して手が高くあがるほど授業や雰囲気はポジティブに評価し、手をあげる人数が多いほど挙手を促す効果があることが分かった。

キーワード：挙手, 集団コミュニケーション, CG キャラクタ, VR ヘッドセット

Effect of Arm Height and Number of People on Impression of Hand Raising in Group Communication

KEN MINAMIDE^{1,†1} SAIZO AOYAGI^{2,a)} SATOSHI FUKUMORI^{3,†2} MICHIIYA YAMAMOTO³

Received: June 17, 2019, Accepted: March 13, 2020

Abstract: Hand raising is a typical action of bodily communication and plays an important role in the classroom. The authors have been researching technologies for promoting hand raising, focusing on individual hand raising. The purpose of this study is to clarify the influence of arm height and the number of people raising their hands on the effect of hand raising in group communication for two presentation methods of computer graphics (CG) in a classroom environment; screen and virtual reality (VR) headsets. Experiments using the screen and the VR headsets were conducted and impressions of hand raising were evaluated. The experiments showed that higher hand rising resulted in a more positive classroom atmosphere. Additionally, the higher the number of hands raised, the more effective it was to promote hand raising in both experiments.

Keywords: hand raising, group communication, CG character, VR headset

¹ 関西学院大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan

² 東洋大学情報連携学部
Faculty of Information Networking for Innovation and Design, Toyo University, Kita, Tokyo 115-0053, Japan

³ 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University, Sanda, Hyogo 669-1337, Japan

^{†1} 現在, 三菱電機株式会社
Presently with Present affiliation is Mitsubishi Electric Corporation

^{†2} 現在, 香川大学創造工学部
Presently with Present affiliation is Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

a) aoyagi@toyo.jp

1. はじめに

人はコミュニケーションにおいて、言葉だけでなく身振り、手振りなどの身体動作を行っている。このような身体動作をとともうコミュニケーションは身体的コミュニケーションと呼ばれる。なかでも、挙手は身体的コミュニケーションの代表的な動作の1つである。特に学校教育においては、教師と生徒とのコミュニケーションの手段の1つとして行われ、幼少期からその意味合いが教えられるとともに、授業への積極的参加を表す意思表示であることも知られている [1]。そのため、授業への積極的な参加のためには、学習者が積極的に挙手することが非常に重要である。

また、学校教育を終えた後でも、会議やグループワークなど、集団のなかで挙手をする機会、すべき機会は多い。しかし、日本人は学年が上がるにつれ挙手をしなくなるとされ [1]、問題となっている。その理由としては、緊張する、間違うと恥ずかしい思いをするなどが知られている [2]。

しかし、これまで挙手を促進する技術の研究は見られなかった。そこで、著者らは、挙手促進の技術開発を目標とした研究を進めている [3], [4]。これまでの研究では、人々の挙手の動作が様々であることに着目し、モーションキャプチャで計測した動作をあげる手の高さや速さに基づき5種類に分類した [3]。また、これらのなかでは手を最も高くかつ最も速くあげる動作が良い挙手と評価されることを示した。さらにこの良い印象の動作を組み込むことで、教師側から見て印象が良い挙手を生徒側が気軽にできる道具である腕型の挙手代行機械「挙手ロボット」を開発した [4]。

ただし、これらの既存研究は、個人の挙手を対象にしたものであり、挙手の集団コミュニケーションの側面を扱ってこなかった。教室をはじめとする挙手が行われる環境は、教師側と生徒側の一対一だけでなく、生徒同士の集団コミュニケーションの場でもある。この観点では、集団内の生徒の立場から見た「周りの他の生徒達の挙手」の印象とその規定要因が、挙手促進技術の開発上、注目すべき研究対象であると考えられる。既存研究では、個人の挙手の印象の研究が挙手ロボットという応用技術につながった。このように、他の生徒達の挙手の印象研究には、集団向けの新たな挙手促進技術の応用につながる意義があると考えられる。たとえば、教室内のユーザ集団のなかに複数の仮想エージェントを配置し、エージェント達の挙手を適切に操作することで、ユーザの挙手を促すシステムが考えられる。

そこで、本研究は、集団コミュニケーションの場としての教室において、ある生徒から見た周りの他の生徒達の挙手の印象に着目する。特に、この生徒がCGの教室内でCGキャラクターの多数の生徒に囲まれている状況を想定する。これは、多人数の挙手を表現するうえでは、物理的に多数の機械が必要になるロボットを用いるアプローチよりCGによる表現がコスト面で適していると考えたためである。

また、本研究では、挙手の印象を左右する規定要因として (1) 挙手の高さ、(2) 挙手する人数を取り上げる。(1) 挙手の高さは、著者らの個人の挙手の印象研究において、印象に影響する主要な要因であったためである [4]。個人の挙手と同様に、高い挙手の印象が良いことが予想される。(2) 挙手する人数は、これが個人の挙手と集団内の挙手の根本的な差異であり、また、人の行動の実行に影響する要因であるために取り上げる。たとえば、身体動作の引き込み現象 [5]、集団圧力 [6] など、人が集団のなかに置かれると周りの行動に引きずられる形で行動が促される現象が知られている。この効果が挙手においてどのように表れるかを確かめることは、挙手促進技術の開発に向けて有意義で

ある。

さらに、本研究では、この2要因の影響を調べるにあたって、CGの教室をスクリーンとVRヘッドセットという2種類の方法で提示する。これは、遠くから客観的に教室を見るスクリーンの提示と、仮想の教室に没入する感覚が得られるVRヘッドセットでは、同じ高さの挙手、人数でも印象に与える影響が異なると考えられるためである。

本研究の目的は、集団コミュニケーションにおける挙手の印象への手の高さや人数の影響を、スクリーンとVRヘッドセットという2種類のCG教室環境の提示方法の元で明らかにすることである。そのために、教室と挙手する生徒達のCGをスクリーンに投影する実験、VRヘッドセットで提示する実験を実施し、それぞれで挙手の印象を評価する。

2. 関連研究

2.1 集団コミュニケーション解析の構成論的アプローチ

集団コミュニケーションやコラボレーションの解析では、ビデオで撮影した映像を分析する手法もとられるが、それとともに、ロボットやCGを用いた構成論的アプローチがとられることも多い [7]。たとえば高橋らは、拍手を行うロボットを開発し、これを用いることで話し手に存在感を与え、感情を簡易的に再現できることを示している [8]。福岡らは、使用者の笑いに同調させて再生したラフトラックと同時に、周囲に配置した複数の人形に笑いの動作をさせることで、観客のなかで笑っているような没入感を感じさせている [9]。これらはいずれも、ハードウェアを配置することで、主に場の盛り上げを行っている研究である。一方渡辺らは、複数体のCGキャラクターやロボットをうなずかせることで引き込み効果のあるコミュニケーション場を生成し、コミュニケーションの情報伝達効果を高めている [10]。また、Fukudaらは教職課程での指導力を養成するために、CGで生成した仮想の学級をスクリーンに投影し、仮想生徒とのインタラクションを通して指導訓練が行えるシステムを開発している [11]。これらの研究では、教室のような、集団を構成する人数が多い場合が対象とされており、この場合、CGが効果的に活用されている。

本研究では、集団の一員として身体的コミュニケーションの効果の明らかにすることを目的としているため、このように、構成論的アプローチをとることとする。そして、挙手を行う代表的な場面として教室におけるコミュニケーション効果を解明するためには、CGの活用が妥当である。

2.2 挙手の個人要因・集団要因

挙手の体系的な研究としては、藤生による教育現場での心理的要因を分析的に行う研究があげられる [12]。ここでは挙手の主要規定要因として、自己効力（挙手ができるかどうか）、結果予期（その発言や挙手の結果についての予

期), 結果価値 (その発言の重要性についての予期) の3つをあげ, 自己効力が最も挙手をする際の心理に影響を与えているとしている. これらの要因要因は個人のものであり, 集団コミュニケーションのなかの挙手について考慮されていない.

しかし, これをふまえて澤邊らは, 自己効力とともに重要となる要因である授業雰囲気として, 統制, 喧騒, 自由・積極の3つを提唱した [13]. 具体的には, 統制的, 喧騒的であると自己効力に負の影響を与え, 自由・積極的であると自己効力に正の影響を与えている. つまり, 挙手を行う心理的要因は, 特に集団のなかでは周囲の環境に大きく影響を受ける.

また, 挙手に限らず, 一般的に, 集団の人数は人の行動に影響する心理的な変数であることが知られている. たとえば, うなずきなどの身体動作の引き込み現象が知られているが, インタラクションの人数を増やし集団とすることで飛躍的な効果があることが報告されている [5]. ただしこうした効果が挙手においても働くかどうかは分かっていない. さらに, 社会心理学の分野では, 周囲の人が行うことである人の意図に反する行動でも実行してしまう集団圧力現象が知られている [6]. また社会的インパクト理論によればこうした影響は人数が多いほど強い [14].

人数が増えることで引き込みや集団圧力が起これば, 挙手が促されるという点では好ましい. しかし, 集団圧力の本人の意に反してという部分に着目すれば不快感を与えかねない要因でもある. 集団内の挙手において, 人数の影響の2面性が具体的にどのように表れるのかについては, 調査する必要があると考えられる.

2.3 教室CGの提示方法

場の生成にCGを用いる場合, 提示方法として, 従来は, 一般的なサイズのディスプレイではなく, より大型のスクリーンに投影する手法が用いられてきた. これは, 映像に対して視野角を確保したり, 映像を大きくしたりすることで, 映像に注意を向けるとともに, 臨場感を確保することができるためであろう. ところが近年, VRヘッドセットが登場し, 頭部に装着する形で目の前に大画面を体験することができるようになった. 特に, 使用者の頭部の動作に映像を高精度で連動させられるVRヘッドセットの登場により, 周りを見渡し, CGで作成した映像空間に入り込んだような感覚が感じられるようになった. これは, 場の生成において, CAVE [15] のように多数のディスプレイを配置する必要がない点で画期的である.

ここで, スクリーンとVRヘッドセットには, 使用者の映像との関係に大きな違いがある. スクリーンでは使用者(閲覧者)と提示された映像の間に距離がある. その一方で, VRヘッドセットでは使用者が映像空間の中に位置づけられる. これにより, 同じコンテンツを提示しても使用者

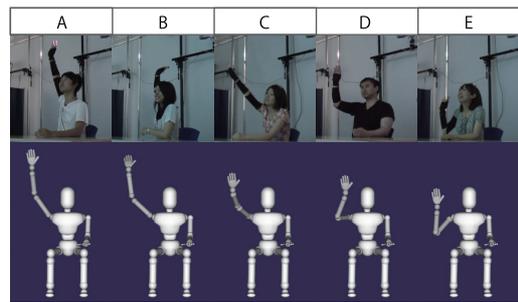


図1 代表的な挙手とCGキャラクターへの導入

Fig. 1 Typical hand raising and introduction to CG characters.

には異なる体験や影響をもたらす. たとえば, MacQuarrieらは, 360度ビデオを提示する方法として, テレビ, VRヘッドセット, 360度スクリーンの3種類の体験を比較し, 特定の箇所に注意をひかせるにはVRヘッドセットよりもテレビのほうが効果的であり, 興行きなどの空間認識にはVRヘッドセットの方が有効としている [16]. また, 徳永らは, VRヘッドセットと360度スクリーンでVR動画視聴時の認知や内省に与える影響を比較した結果, スクリーンはVRヘッドセットよりも多くのことを認知, 記憶でき, VRヘッドセットは臨場感, 没入感をより感じることを示している [17]. これらの例のように, 本研究の集団内挙手においても, スクリーンとVRヘッドセットの2種類の提示方法では使用者の体験が異なり, 挙手の印象にも違いが生じることが予想される. 特に, 前述の社会的インパクト理論によれば他者の影響は人数が多く, またその距離が近いほど強い [14] とされていることをふまえると, 使用者が映像内の集団から距離を取るスクリーンよりも, 映像内の集団内に位置づけられるVRヘッドセットの方が他者の影響により挙手が促される効果が強くなると予想される.

2.4 挙手動作の種類

著者らは先行研究で教師の立場からの個人の挙手の印象評価を行った [3]. この研究では, まず, 図1のように挙手ロボットの研究で抽出したA~Eの5種類の挙手をCGキャラクターに導入した. そして, 5体の生徒のCGキャラクターの挙手動作を並べてスクリーンに提示し, 実験参加者に印象を評価させた. その結果最も印象が良かったのが図1のA, 最も印象が悪かったのが図1のEであった. 本研究でも, 挙手の高さという要因の挙手の印象に与える影響を調べるが, このとき図1のAを手の高い場合, 図1のEを手の低い場合として代表的に用いることにする.

3. スクリーンに投影した場の印象評価実験

3.1 実験デザイン

集団の挙手動作そのものが持つ印象を明らかにするために, 複数のCGキャラクターが挙手動作を行い, その際, 挙手

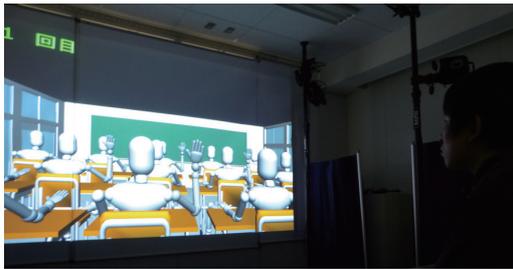


図 2 スクリーンの印象評価実験の様子

Fig. 2 A scene where five people raises their hands high.

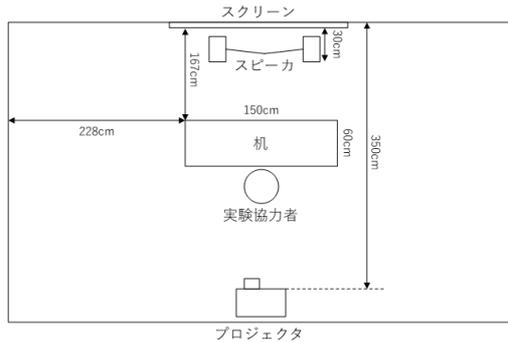


図 3 スクリーンの印象評価実験環境

Fig. 3 Experiment environment.

をする手の高さや人数を変えて、実験協力者に評価させる実験を行った。実験では、PC (HP Elite-Book 8370w) に接続したプロジェクタ (EPSON EB-1735W) から 350 cm 先のスクリーンに挙手を行う計 15 体の CG キャラクターと、挙手を行う代表的な場として教室を模した CG を投影し、スクリーンの下に設置したスピーカ (ONKYO GX-D90(B)) から音声を流した。また、実験の様子をビデオカメラ (ソニー HVR-A1J) で撮影した。実験の様子を図 2 に、実験環境を図 3 に示す。

実験では、CG キャラクターに導入する動作を、先行研究で高く評価された手を高くあげる動作 (図 1 の A) と、低く評価された手を低くあげる動作 (図 1 の E) の 2 条件とした。挙手を行う人数は、全員があげる場合と、全体の 3 分の 1 である 5 体が自然なランダムに見えるようにあげる場合の 2 条件とした。挙手動作は、すべての CG キャラクターで完全に同期させた。これは、引き込みによって身体的動作のリズムが共有された状態 [7] を模することで良い印象が得られることを期待したものである。図 4、図 5、図 6、図 7 に示すように、手をあげる高さ (高い、低い) と、手をあげる人数 (全員、5 人) がそれぞれ 2 条件の、計 4 条件を比較した。また実験中は各場面提示前に「ではこれについて何か意見はありますか?」と音声を流すことで、意見を求めているという場を想定させた。これは、授業場面としてたとえば算数の授業などの問題に解答する場面や、学級会などの自由に発言できる場面が考えられる。ここで、藤生によると、答えの確信度が挙手の主要規定要因の 1 つ

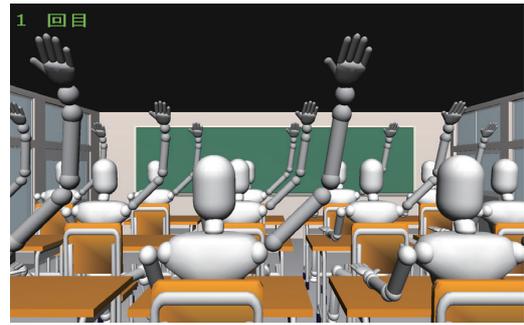


図 4 全員が手を高くあげる動作

Fig. 4 A scene where everyone raises their hands high.

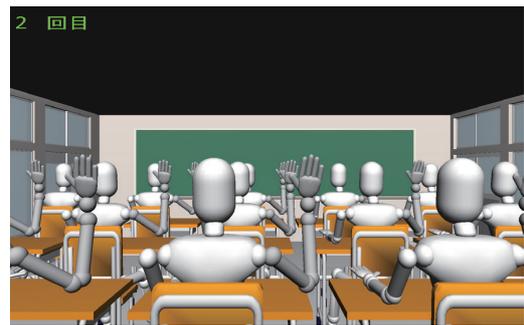


図 5 全員が手を低くあげる動作

Fig. 5 A scene where everyone raises their hands low.

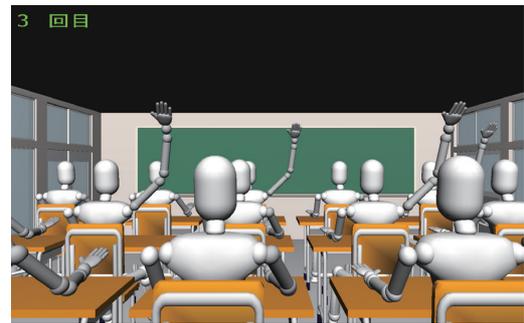


図 6 5 人が手を高くあげる動作

Fig. 6 A scene where five people raises their hands high.

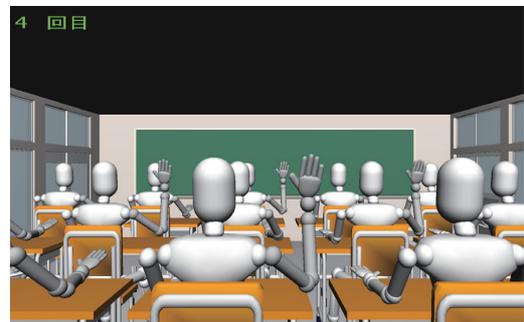


図 7 5 人が手を低くあげる動作

Fig. 7 A scene where five people raises their hands low.

である自己効力に影響を与える [12]. これより、問題に解答する状況だと、個々人の答えの確信度によって、確信度が高いと手をあげやすいと感じる、確信度が低いと手をあ

げにくいと感じるといった印象の違いが発生する可能性がある。そのため、答えを間違えることがない状況にした。

評価の順番による順序効果を防ぐため、まず初めに比較対象である4場面を、全員が高い、全員が低い、3分の1が高い、3分の1が低い順番で実験協力者に提示して確認させた。その後各場面を順不同で提示し、実験協力者に7段階の評価アンケートを回答させた。内容は、集団の積極的な印象を評価する項目として、①「積極的な雰囲気である」、②「授業は盛り上がっている」、③「全体的に自信があるように見える」、集団の一員として挙手をする際の心理を評価する項目として、④「このような場面なら手をあげやすいと感じる」、⑤「このような場面では手をあげなければならないと感じる」の計5項目を評価させた。ここで、項目④は引き込みによる効果、項目⑤は集団圧力による効果を探っている。また、実験の条件として、「学級の一員として評価してください」と実験協力者に教示した。実験協力者は21~24歳の男性10人、女性10人の計20人であった。

3.2 実験結果

記述アンケートによる7段階評価の結果を図8に示す。アンケート5項目の結果の最小値、第1四分位点、中央値、第3四分位点、最大値を箱ひげ図で示してある。また、Wilcoxonの符号順位検定とBonferroni法により4条件の結果を比較した結果も同時に示してある。

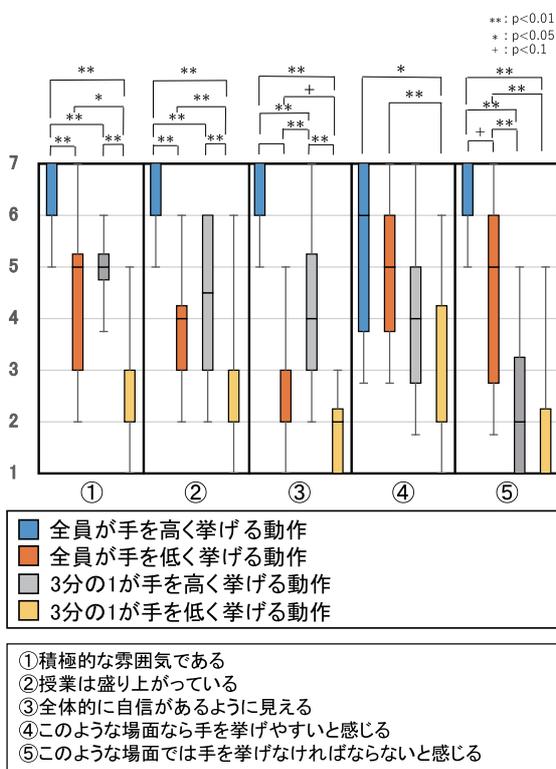


図8 スクリーンでの印象評価の結果

Fig. 8 A scene where five people raises their hands high.

①「積極的な雰囲気である」、②「授業は盛り上がっている」の項目では、全員が手を高くあげる動作を行う条件と5体が手を高くあげる動作を行う条件の比較以外で有意差が認められた。この結果から、全員が手を高くあげている条件が積極的で盛り上がっていると評価され、少数が手を低くあげている条件は消極的であり、場の盛り上がり欠けていると評価されることが明らかになった。加えて、全員が手を低くあげている条件と少数が手を高くあげている条件での比較において差はなく中程度の評価であった。③「全体的に自信があるように見える」の項目では、すべての比較において有意差または有意傾向が認められた。この結果から、自信の有無に関する主観的な評価に関して、手をあげる高さが影響を与えることが明らかになった。特に手を低くあげている条件において、人数に関わりなく評価が低いことは特徴的である。④「このような場面なら手をあげやすいと感じる」の項目では、全員が手を高くあげる動作を行う条件と5体が手を低くあげる動作を行う条件、全員が手を低くあげる動作を行う条件と5体が手を低くあげる動作を行う条件において有意差が認められた。この結果から、挙手を行う人数が多い場合、比較的手をあげやすい条件であることが明らかになった。⑤「このような場面では手をあげなければならないと感じる」の項目では、5体が手を高くあげる動作を行う条件と5体が手を低くあげる動作を行う条件の比較以外で有意差または有意傾向が認められた。この結果から、多くの実験協力者が挙手を行う人数の増加によって、手をあげることに必要性を感じることが明らかになった。一方手をあげる人数が減少すると、多くの実験協力者は手をあげる必要がないと感じることが明らかになった。

3.3 考察

スクリーンに投影した場合、集団の挙手動作が作り出す印象には、挙手動作の高さ、人数ともに影響があった。

場の積極性と盛り上がりについては、一部が高い挙手をする場合と、全員が低い挙手をする場合は同程度の評価であったため、高さとな人数が同程度に影響を及ぼすことが分かった。

また、場全体として自信があるように見えるかについて、挙手の高さが強く影響することが分かった。これは、藤生が挙手の規定要因として説明する自己効力が、場を介して他の参加者に伝わっている結果であろう。

一方、集団引き込みおよび集団圧力に関しては、同じように高さとな人数の両方が作用することが明らかになった。しかし、平均値の傾向が積極性と異なり、人数による影響が大きかった。しかし、結果は自由な意見を求めた場合のものであり、挙手する状況によっては、引き込まれるような一体感あるいは、手をあげなければならない脅迫感の、いずれかが強く生じうると考えられる。

4. VRヘッドセットに提示した場の印象評価実験

4.1 目的と方法

複数のCGキャラクターが挙手動作を行う映像をVRヘッドセットを用いて提示し、その際、挙手をする手の高さや人数を変えて、実験協力者に評価させる実験を行った。

このために、前章の実験でスクリーンに投影していた内容をVRヘッドセットに提示するシステムを開発した。システムはPC (CPU: AMD, Ryzen 5 1600, ビデオカード: NVIDIA, Geforce GTX 1070), VRヘッドセット (Facebook Technologies, Oculus Rift), VRヘッドセット付属のトラッキングセンサで構成した (図9)。VRへの移行の特有の問題として、物体の大きさやライティングのリアリティが欠けると没入感が不足すると考え、机などのモデルを実際のサイズに合わせて作り直し、教室の照明を調節した。実験環境を図10に示す。

前章の実験と同じく学級会で司会者が意見を求めているという場を想定したなかで、複数のCGキャラクターに挙手動作を行わせ、その印象を実験協力者に評価させた。実験では前章と同じく、図12、図13、図14、図15に示すように、全員が手を高くあげる動作、全員が手を低くあげる動作、全体の3分の1が手を高くあげる動作、全体の3分の1が手を低くあげる動作の4条件を比較した。前章と同様に、すべてのCGキャラクターの挙手動作を同期させた。また前章では15体のCGキャラクターの少し後ろから場を



図9 システム構成
Fig. 9 System configuration.

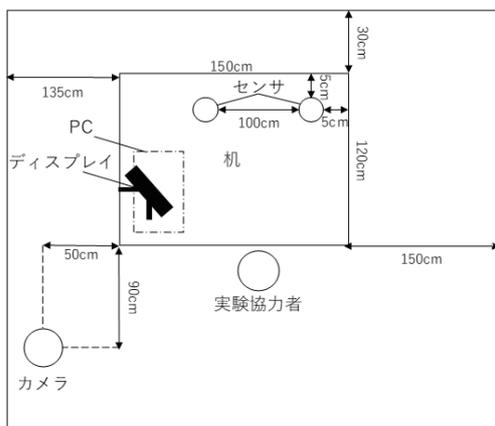


図10 VRヘッドセットの実験環境
Fig. 10 Experiment environment.

の1が手を低くあげる動作の4条件を比較した。前章と同様に、すべてのCGキャラクターの挙手動作を同期させた。また前章では15体のCGキャラクターの少し後ろから場を

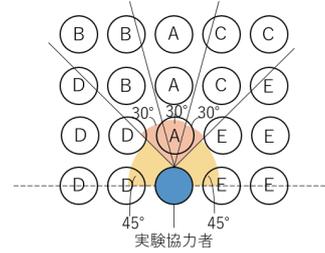


図11 キャラクターのグループ分け
Fig. 11 Character grouping.

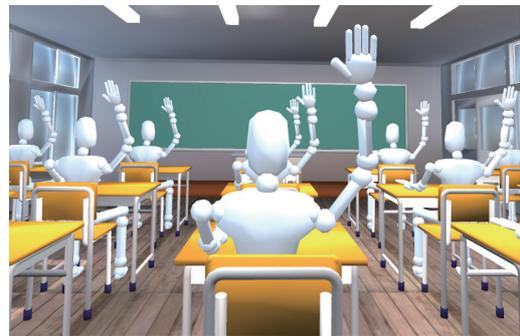


図12 全員が手を高くあげる動作
Fig. 12 A scene where everyone raises their hands high.

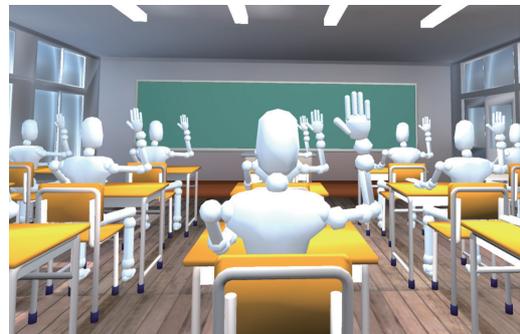


図13 全員が手を低くあげる動作
Fig. 13 A scene where everyone raises their hands low.

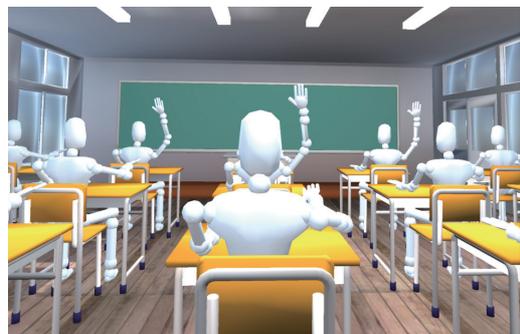


図14 3分の1が手を高くあげる動作
Fig. 14 A scene where One-third of the people raises their hands high.

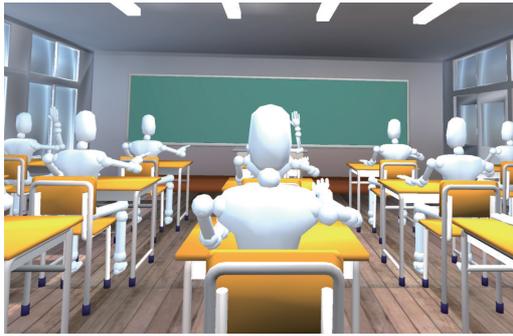


図 15 3分の1が手を低くあげる動作

Fig. 15 A scene where One-third of the people raises their hands low.

評価していたが、VR ヘッドセットでは左右を見ることができ、実験協力者の横にCGキャラクターがいないと不自然であるため、自信のキャラクターを教室の一番後ろの列に配置し、前方を向いたときに見えない真横をのぞく自分より前方にいる人数がスクリーン実験と同じ15名になるようにして、真横の4名と自身を合わせた計20体のCGキャラクターを配置した。また、挙手を行う人数が3分の1の条件として、前章の実験では15体のCGキャラクターのうち、自然なランダムに見える5体に挙手をさせていた。しかし、VRの場合は向いている方向によって視界に映る挙手動作の人数が変わってしまう恐れがあるので、図11のようにCGキャラクターをA~Eのグループに分け、A, B, Cから1人ずつ、D, Eから2人ずつに挙手を行わせることで、視界に映る人数のうちおよそ3分の1、計7体が挙手をするようにした。

実験協力者には学級の一員であるという想定で評価するよう指示した。各条件を順不同で提示し、各条件が終了するごとに7段階のアンケートに回答させた。アンケートでは、前章と同じ5つの項目に回答させた。実験参加者は21~23歳の男性12人、女性12人の計24人であった。

4.2 実験結果

アンケートによる7段階評価の結果を図16に示す。アンケート5項目の結果の最小値、第1四分位点、中央値、第3四分位点、最大値を箱ひげ図で示してある。Wilcoxonの符号順位検定とBonferroni法を用いて、各条件の結果を比較した結果も同時に示してある。

場の盛り上がりに関する項目①「積極的な雰囲気である」、②「授業は盛り上がっている」に関して、両項目ともに全員が手を低くあげる動作と3分の1が手を高くあげる動作間以外で有意差が見られた。このことから、場の盛り上がりには手をあげる高さや人数の両方が作用することが分かった。また、項目③「全体的に自信があるように見える」では全員が手を低くあげる動作と3分の1が手を高くあげる動作間、全員が手を低くあげる動作と3分の1が

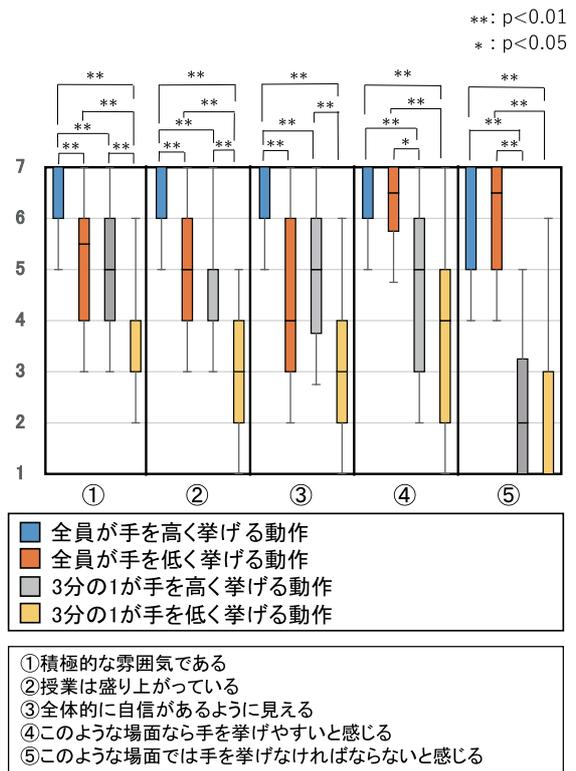


図 16 VR ヘッドセットの実験結果

Fig. 16 Results of experiment.

手を低くあげる動作間以外で有意差が見られた。このことから手をあげる高さや人数の両方が大きいと自信があるように見えると考えられる。さらに、手をあげる心理に関する項目④「このような場面なら手をあげやすいと感じる」、⑤「このような場面では手をあげなければならないと感じる」に関して、手の高さの違いによる有意差は見られず、手をあげる人数の違いによって有意差が見られた。このことから、挙手動作にかかわらず人数が多いほど手をあげやすく感じ、同時に手をあげなければならないと感じることが分かった。

4.3 考察

VR ヘッドセットに提示した場合、手をあげる人数と高さともに、場の印象に影響を与えることが分かった。項目①「積極的な雰囲気である」、②「授業は盛り上がっている」に関して、挙手の高さや人数の両方が影響することが分かった。また項目③「全体的に自信があるように見える」も手の高さや人数の両方が影響を与えていた。これは、高い挙手は自信があるように見えると同時に、同時に、教室の全体的な印象には、少人数の行動よりも全員の揃った行動の影響が大きいことを示していると考えられる。集団引き込みと集団圧力に関しては、いずれも、手をあげる人数の違いのみ影響することが分かった。本実験では、見ただけで、手をあげる人数がスクリーン実験と同じになるように工夫をしていた。しかし、実際には、全員が手をあげ

る条件において手をあげていた CG キャラクタは 19 名と、3 章のスクリーン実験の 15 名より多かった。また、同調行動は周りのその行動をとる人数が多いほど効果が強くなる [6]。そのため、手をあげる人数が多かったことが、全員が手を低くあげる動作の回答が、アンケート項目 4 と 5 において値が高く、全員が手を高くあげる動作との違いが小さかったことの原因として考えられる。

5. 総合考察

集団挙手コミュニケーションにおける挙手の印象を、スクリーンと VR ヘッドセットの 2 種類の提示方法の実験で比較した結果、いずれも、手をあげる高さや人数の影響を受けた。詳細をみると、項目 ①「積極的な雰囲気である」、項目 ②「授業は盛り上がっている」のような集団の積極性に関する印象では、スクリーン、VR ヘッドセットともに手の高さや人数の両方が作用したことから、2 つの提示方法で印象は変わらず、手の高さが高い挙手を全員が行うことで積極的な印象を与えることが分かった。

項目 ③「全体的に自信があるように見える」に関して、スクリーンでは個々の CG キャラクタの挙手の高さや人数の影響し、VR ヘッドセットでは挙手の人数が影響を与えた。これは、スクリーンで距離をとって見た場合には、教師の立場からの印象に似たような、一部の印象が強くなるのに対して、VR ヘッドセットで集団内から見た場合は、たとえば周囲に引き込まれるような、全体から受ける印象が強くなるためであると考えられる。これは、MacQuarrie らの研究 [16] で、テレビが特定の箇所に注意を引きやすく、VR ヘッドセットは空間認識が高いとする知見が、挙手コミュニケーションにおいても明らかにされた結果と考えられる。

また、項目 ④「このような場面なら手をあげやすいと感じる」、項目 ⑤「このような場面なら手をあげなければならぬと感じる」のような、集団におけるコミュニケーション効果については、スクリーンでは手の高さや人数の両方の影響があったのに対し、VR ヘッドセットでは人数の違いのみ影響があった。これは、項目 ③と同様に、VR ヘッドセットを用いると場とのかかわりがより強く感じられたためであろう。

本研究では、集団コミュニケーションにおける挙手という身体動作の印象を対象として、それ以外の要因を排除するため、外見上の特徴のない単純な CG キャラクタを用いた。うなずき動作が人型の CG キャラクタだけでなく、写実的な CG オブジェクトなどでも表現可能であるという知見があることから [10]、性別や服装などの個性を加え、様々なキャラクターがいる映像空間であっても、同様の効果になると推察される。また本研究で得られた知見は、自由に意見を求めている場を想定しているが、実際に挙手をする状況としては、出された質問に回答する場面も多いと想定される。その際、自信がある場合は早く伝えたい、自信がな

い場合はあげにくいなど、発言への意欲によって挙手しやすさが変化すると想定される。そのため、難易度の異なる問題を提示したり、授業や会議など場面を変えるなどして、発言への意欲を変化させた実験を行うことで、より幅広い場面での挙手コミュニケーションの効果を調べる必要がある。また、実際には、特定の個人の挙手につられてあげてしまうなど、集団のなかにある個々のインタラクションが起きていると考えられる。本研究の実験では、あらかじめ定めた同じタイミングで同じ動作により効果の解明を進めたが、これらの条件を統制することで、自然な、現実に近い挙手のコミュニケーションについて調べる必要がある。

本研究の実験では、良い印象が得られることを期待して、身体的リズムを共有する引き込み現象を模して CG キャラクタの挙手を同期させた。しかし、人が完全に同じタイミングで挙手することは現実にはあり得ないため、悪い印象を与えた可能性もある。認知心理学では、完全に同一の顔が複数並んでいると、現実では起こり得ない現象に対する不審回避メカニズム [18] が働き、クローン化された対象に対して悪印象を抱く「クローン減価効果」を生じることが知られている [19]。本実験でも、動きに対するクローン減価効果によりアンケートの評価をネガティブな方向に偏らせた可能性がある。

これが問題となるのは、まず、(1) アンケート回答が図 8、図 16 の下方向に全体的にずれ、床効果により意図した比較ができなくなる場合である。また、クローン減価効果に対する、同じ動作をする人数や割合の影響は定かではないが、もし、より多くの人数が同じ動作をするほど効果が大きい場合、(2) 全員が手をあげる条件と 3 分の 1 が手をあげる条件の差を縮め、意図した比較を防げる問題も考えられる。

しかし、3.3 節および 4.3 節で述べたように全員が手をあげる条件と 3 分の 1 が手をあげる条件間も含めて、解釈可能な比較結果が得られたため、クローン減価効果が実験に与えた影響は多くの場合問題がなかったと考えられる。ただし、図 8 と図 16 の「⑤このような場面では手をあげなければ行けないと感じる」の 3 分の 1 が手をあげる動作同士の比較は統計的有意差が得られず、最小値と第 1 四分位点が 1 になっていることから、床効果が生じた可能性はある。

本研究の 2 つの実験の協力者はいずれも 21~24 歳の範囲に収まる 20 代前半という年代であった。挙手をする傾向に年齢差、学年差がある [1], [2] ということは知られているため、本研究の結果はこの年代にのみ当てはまるものである可能性はある。これは本研究の限界である。既存の挙手研究では、小学生は学年が上がるにつれ挙手をしなくなることが示されているが (たとえば文献 [1])、それ以降の年代の挙手の傾向は不明である。そのため、大学生について得られた本研究の知見を小学生やその他の年代について

確かめること、および、大学生やその他の年代の一般的な挙手への意識や行動傾向を確かめることは、今後の課題である。

また、現時点での学校教育現場においては、教室にスクリーンを備える例は非常に多いと考えられる。そのため、現時点での応用的価値が高いのは3章におけるスクリーン実験で得られた知見である。たとえば、スクリーン環境では、手のあげやすさ、あげなければいけないという感じに手の高さや人数の両方が影響したので、実世界の教室のスクリーンに挙手するエージェントを投影して挙手を促す際には、高い挙手と多くの人数の両方が必要である。

しかし、未来に目を向けると、今後、さらにVRヘッドセットが普及し、VRChat [20] や VR 会議 [21] のようなVRコミュニケーションの場も増えると想定される。その際は、VRヘッドセット環境の方が現実的な教育現場に近い可能性もある。この観点では、4章におけるVRヘッドセットを用いた実験の結果分かった知見が有用である。たとえば、VRヘッドセット環境では、手のあげやすさ、あげなければいけないという感じに人数のみが影響した。これより、VRヘッドセットを用いて挙手するエージェントを提示する挙手促進システムを開発する際には、エージェントの人数は多いほうが良いが、挙手の形は様々でよい。本研究で調べた以外の他の何らかの印象を与える挙手の形を採用するなど、挙手のデザインの余地があるといえる。

本研究で得られた知見を活用することで、盛り上がりなど、VR空間ならではの場を生成・制御し、積極的な発言を促すなど、新たな人とのかかわりの場を作りだすことが期待される。

6. おわりに

本研究では、集団コミュニケーションにおける挙手の印象への手の高さや人数の影響を調査するため、CGの教室と他の生徒を、スクリーンとVRヘッドセットという2種類の方法で提示する実験をそれぞれ実施した。

その結果、どちらの場合も手をあげる高さや人数の両方が場の盛り上がりや人数に影響を与えた。自信があるように見えるか否かは、スクリーンでは各CGキャラクターの挙手動作の高さが印象を与え、VRヘッドセットでは挙手人数が強い印象を与えた。また手のあげやすさやあげなくてはならないという印象は、スクリーンでは人数と高さの両方が、VRヘッドセットでは人数のみが影響を与えた。

また、2つの提示媒体に共通して、手が高くあがるほど授業や雰囲気やポジティブに評価し、手をあげる人数が多いほど挙手を促す効果があることが分かった。この知見を活かして、1章で例にあげた多数の挙手仮想エージェントを利用者の周囲に配置するシステムなど、多くのエージェントが高く手をあげることによって挙手を促すシステムを開発していきたい。

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費 16H03225 などの支援による。また本研究の遂行において、関西学院大学大学院理工学研究科人間システム工学専攻修士の河辺隆司氏、関西学院大学理工学部人間システム工学専攻卒業の広瀬隼人氏らの協力を得た。ここに深謝する。

参考文献

- [1] 布施光代, 小平英志, 安藤史高: 児童の積極的授業参加行動の検討—動機づけとの関連および学年・性による差異—, 教育心理学研究, Vol.54, pp.534–545 (2006).
- [2] 平田幹夫, 知花優希: 小学生の授業における質問や発表をとおした意思表示に関する研究 (1)—意思表示認知尺度の作成—, 琉球大学教育学部紀要, Vol.63, pp.347–356 (2003).
- [3] 河辺隆司, 山本倫也, 青柳西蔵: 集団コミュニケーション支援のための挙手動作の解析, 情報処理学会第77回全国大会講演論文集, pp.4-235–pp.4-236 (2015).
- [4] 青柳西蔵, 河辺隆司, 山本倫也, 福森 聡: 積極的な挙手動作を代行する挙手ロボットの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.5, pp.994–1002 (2017).
- [5] 渡辺富夫: 身体的コミュニケーション技術とその応用, システム制御情報, Vol.49, No.11, pp.431–436 (2005).
- [6] Asch, S.E.: Effects of group pressure upon the modification and distortion of judgments, Guetzkow, H. (Ed.), *Groups, leadership and men, research in human relations*, pp.177–190 (1951).
- [7] 渡辺富夫: 身体的コミュニケーションにおける引き込みと身体性—心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の開発を通して—, ベビーサイエンス, Vol.2, pp.4–12 (2003).
- [8] 高橋征資, 公文悠人, 竹田周平, 稲見昌彦: ライブビデオストリーミングにおける拍手マシンを用いた拍手の遠隔伝送, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.2, pp.J39–J45 (2012).
- [9] 福嶋政期, 橋本悠希, 野澤孝司, 梶本裕之: 笑い増幅器: 笑い増幅効果の検証, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, No.3, pp.199–207 (2010).
- [10] 渡辺富夫: 身体性メディアによるメディア芸術創造支援, 情報処理, Vol.48, No.12, pp.1327–1334 (2007).
- [11] Fukuda, M., Huang, H., Ohta, N. and Kuwabara, K.: Proposal of a Parameterized Atmosphere Generation Model in a Virtual Classroom, *Proc. 5th International Conference on Human Agent Interaction*, pp.11–16 (2017).
- [12] 藤生英行: 教室における挙手の規定要因に関する研究, 風間書房 (1996).
- [13] 澤邊 潤, 大久保智生, 岸 俊行, 野嶋栄一郎: 児童の授業認知が挙手行動に与える影響, 人間科学研究, Vol.27, No.2, pp.197–204 (2014).
- [14] Latané, B. and L'Herrou, T.: Social clustering in the Conformity Game: Dynamic social impact in electric groups, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.70, pp.1218–1230 (1996).
- [15] Cruz-Neira, C., Sandin, D.J. and DeFanti, T.A.: Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE, *Proc. 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH '93)*, pp.135–142, ACM, DOI: <https://doi.org/10.1145/166117.166134> (1993).
- [16] MacQuarrie, A. and Steed, A.: Cinematic Virtual Reality: Evaluating the Effect of Display Type on the Viewing Experience for Panoramic Video, *2017 IEEE Virtual*

- Reality (VR)*, pp.45–54, IEEE (2017).
- [17] 徳永悠介, 和田将幸, 市野順子, 浅野裕俊: VR 動画の HMD とスクリーンによる視聴体験の比較: 認知的側面からの分析, 情報処理学会研究報告, No.24, pp.1–8 (2018).
 - [18] Yamada, Y., Kawabe, T. and Ihaya, K.: Categorization difficulty is associated with negative evaluation in the “uncanny valley” phenomenon, *Japanese Psychological Research*, Vol.55, pp.20–32 (2013).
 - [19] Yonemitsu, F., Sasaki, K., Gobara, A. and Yamada, Y.: The clone devaluation effect: Many exactly same faces induce eerie impressions, *Journal of Vision*, Vol.17, 1019 (2017).
 - [20] VRChat Inc.: VRChat, available from (<https://www.vrchat.net/>) (accessed 2018-07-15).
 - [21] Doghead simulations: rumii, available from (<https://www.rumii.net/landing>) (accessed 2018-07-15).



南出 健

2019 年関西学院大学大学院理工学研究科人間システム工学専攻博士前期課程修了。バーチャルリアリティ技術を用いた身体的インタラクションに興味を持つ。



青柳 西蔵 (正会員)

2012 年京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程修了。同年, 情報・システム研究機構特任研究員, 2013 年神戸大学大学院海事科学研究科助教, 2014 年関西学院大学理工学部研究員, 2016 年合同会社はりうす CTO, 2017 年東洋大学情報連携学部助教。現在に至る。ヒューマンインタフェース学会論文賞, IEEE RO-MAN Best Interactive Presentation Award 等受賞。情報通信技術を用いたコミュニケーションの場のデザインに興味を持つ。博士 (エネルギー科学)。



福森 聡

2015 年岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程修了。同年関西学院大学理工学部人間システム工学学科契約助手。2019 年香川大学創造工学部講師。現在に至る。IEEE RO-MAN Best Interactive Presentation Award 等受賞。ヒトの身体認知とその医療応用に興味を持つ。ヒューマンインタフェース学会, 日本認知科学会等会員, 博士 (工学)。



山本 倫也 (正会員)

2002 年京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程修了。同年, 岡山県立大学情報工学部情報システム工学科助手, 2007 年同助教, 2009 年関西学院大学理工学部人間システム工学科准教授, 2015 年同教授, 現在に至る。身体的インタラクション, コミュニケーション支援の研究に従事。ヒューマンインタフェース学会論文賞, 情報処理学会全国大会大会奨励賞, IEEE RO-MAN Best Interactive Presentation Award 等受賞。ヒューマンインタフェース学会, 日本バーチャルリアリティ学会, ACM 等各会員。博士 (エネルギー科学)。