

複数人の反応を集約し温度変化で伝える オンライン会議支援システム

萩山 直紀^{1,a)} 笹川 真奈¹ 佐野 文香¹ 瀬古 俊一¹ 望月 理香¹ 山本 隆二¹

概要：オンライン会議は他者の反応が分かりにくいいため、会議参加者が他者の反応を把握する認知負荷が高い。本研究では、オンライン会議参加者を対象に、複数人の反応を集約し温度変化で伝えることで、他者の反応を低い認知負荷で把握できるシステムを提案する。本稿では、オンライン会議を模したユーザ実験を行い、ユーザの定性的な評価を通して、提案システムが有効である可能性を確認した。

1. はじめに

インターネットを通して音声や映像をやり取りしながら会議を行う、オンライン会議が広く普及しており、今後も需要が増加すると予想されている [1]。

しかしながら、オンライン会議の欠点として聞き手の反応が分かりにくいことが挙げられる。株式会社 Lightblue TechNology の調査によると、対面式の会議と比べオンライン会議の方が気をつかうと回答した人は過半数おり、回答の理由として最も多かったのは「相手の反応が分かりにくい」であった [2]。こうした背景から、オンライン会議参加者を対象に、他者の反応を把握するための支援システムが求められていると考えられる。

現在のオンライン会議システムには、他者の反応を把握する方法として、アイコンで反応を伝える機能が実装されている。しかし、この機能には参加者の認知負荷を高めてしまう要素が2点ある。1つ目は、反応を示す人数が増加すると、大量のアイコンが表示されるため、把握が難しくなる点である。2つ目は、会議の主タスクであるコミュニケーションでは視覚と聴覚を主に用いるため、アイコンのような視覚によるフィードバックは、コミュニケーションを阻害してしまう点である [3]。

本研究では、オンライン会議参加者を対象に、低い認知負荷で複数人の反応を把握することを目的としたシステムを提案する。具体的には、図1に示す通り、複数人からの異なる反応を集約し温度変化によって会議参加者にフィードバックする。提案システムは2点の特徴を有する。1つ目は複数人の反応を集約するため、人数増加による認知負

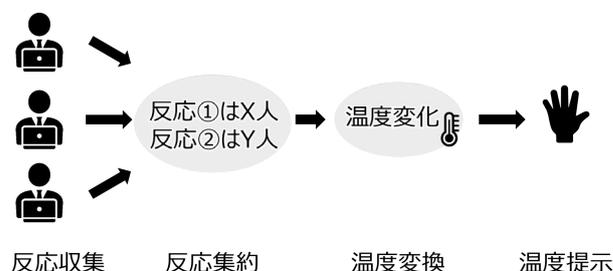


図1 提案システムの概要

荷を軽減できる特徴である。2つ目は温度変化のフィードバックによって反応を把握できるため、会議の主タスクであるコミュニケーションを阻害しにくい特徴である。本稿ではシステムの初期検討として、複数人の Yes・No の反応を温度変化で把握する効果について確認、評価した。

2. 先行研究

2.1 人数増加による認知負荷軽減の取り組み

人数増加による認知負荷を軽減する取り組みとして、複数人の反応を集約する手法がある。吉田らは複数人の反応を集約し1人のアバタに置き換える手法を提案している [4]。複数人の反応を把握したい時でも、集約された1人のアバタの反応に注目すればよいいため、人数増加による認知負荷を軽減できる。吉田らの手法の課題として、視覚によるフィードバックが挙げられる。反応を確認するためにユーザはアバタに注目する必要があり、コミュニケーションへの集中を阻害してしまう可能性がある。視覚を用いたフィードバックという点が課題だが、複数人の反応を集約するという点は有効であると考え、本研究でも複数人の反応を集約することで認知負荷の軽減を試みる。

¹ 日本電信電話株式会社

^{a)} naoki.hagiyama.pu@hco.ntt.co.jp

2.2 フィードバックによる認知負荷軽減の取り組み

フィードバックによる認知負荷を軽減する取り組みとして、振動や温度のような触覚によるフィードバックを使った手法がある。触覚が使われている理由は、触覚は視覚と比べユーザのコミュニケーション活動への阻害が少ないことが示されている [5] からだと考える。市野らはユーザの話したいという意思を、椅子に内蔵した振動素子による振動でフィードバックする手法を提案している [5]。三浦らは表情やリアクションを、足元に設置したパネルの温度と振動でフィードバックする手法を提案している [6]。市野ら、三浦らの手法の課題として、1 ユーザの反応につき1 つの温度変化、振動の発生が割り当てられていることが挙げられる。複数人が同時に反応を示す場合、複数のフィードバックが提示されてしまい、ユーザの認知負荷が高くなる。複数人の反応に対するフィードバックという点が課題だが、触覚を用いたフィードバックはユーザのコミュニケーションを阻害しにくいという点で有効であると考え、本研究でも触覚をフィードバックに利用することで認知負荷の軽減を試みる。

2.3 要件

先行研究より、オンライン会議における他者の反応を、低い認知負荷で把握するためのシステムは、以下の要件を満たす必要があると考える。

- 人数増加による認知負荷を軽減するため、反応を集約すること
- フィードバックによる認知負荷を軽減するため、触覚を用いたフィードバックを行うこと

3. 提案システム

本研究では、複数人の反応を集約し触覚フィードバックで伝えることで、他者の反応を低い認知負荷で把握できるシステムを提案する。本稿では初期検討として、正反対の反応である Yes・No の2 値を、温度変化によって、把握できるシステムから検討する。

オンライン会議における反応の中でも、正反対である反応、例えば Yes・No の把握を間違えると、会議参加者にとって損害が大きくなると考えている。例えば、話し手の提案の賛否に対して、話し手以外が全員 No であるにもかかわらず、話し手は他の参加者が Yes だと誤って把握した場合、他の参加者にとって不利益な提案を強行されてしまう、などが考えられる。そのため、本稿ではまず、反応の中でも Yes・No を把握するところから検討する。

触覚を用いたフィードバックには振動や温度など様々なものがあるが、温度が最適であると考えた。その理由として、温度は「温かい」、「冷たい」という2 つの変化を認知しやすい特徴を有するため、2 つの反応を示す場合に最適であると考えたためである。加えて、本システムは、複数

人の Yes・No を集約して提示する必要があるが、フィードバックに温度を使用することで、Yes の反応が多数ならばより温かく、No の反応が多数ならばより冷たくすることができ、反応の割合を低い認知負荷でユーザに伝えることが可能になると考える。

3.1 システムの特徴

提案システムには2 つの特徴がある。

- Yes・No の割合に応じた温度変化をフィードバックするため、会議参加者が増加しても認知負荷が増加しにくい特徴
- 触覚の1 つである温度を用いたフィードバックのため、会議の主タスクであるコミュニケーション活動を阻害しにくい特徴

3.2 システムの構成

提案システムの構成について説明する。まず、反応を示すユーザは Yes または No の2 つから示したい反応を選択する。次に、ユーザからの反応をシステムが集約し、提示する温度を決定する。最後に、決定した温度をユーザに提示する。本システムが提示する温度は、Yes の人数が半数より多い場合は温かく変化する。加えて、Yes の人数が多ければ多い程より高い温度に変化する。また、No の人数が半数より多い場合は冷たく変化する、No の人数が多い程より低い温度に変化する。

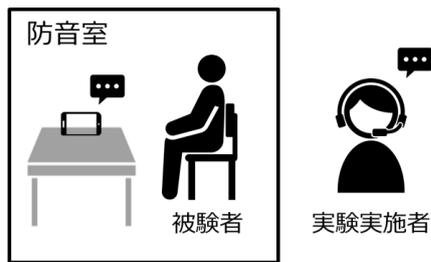
温度変化の範囲はユーザの負担を考慮する設定とした。使用者が連続して接触する場合、機械装置の表面温度は4 度以上、45 度以下にする基準が定められている [7]。そこで本システムは、事前の検証で十分に温度変化を感じられる20 度から40 度の範囲で温度が変化する設定とした。

4. 実験

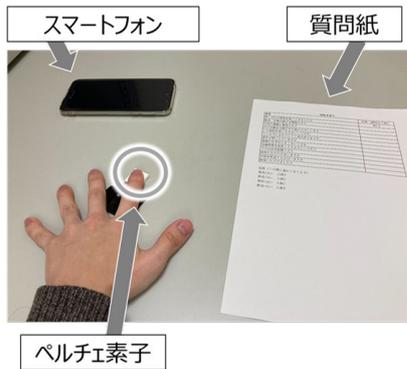
提案システムを用いることで、集約された反応を温度変化として受け取るユーザが、どのように感じるかを検証するための実験を被験者3 名に対して行った。

実験時の様子を図2 (a) に示す。被験者は防音室にある椅子に座った状態で、室内のスマートフォンを利用し、実験実施者とオンライン会議を行った。被験者には事前に、実験実施者以外に3 名がオンライン会議に参加していることを告げ、3 名の参加者のうち Yes が何人かを温度から当てるタスクであると説明した。実際には実験実施者以外に参加者はおらず、12 問の質問に対して、あらかじめ正解となる Yes の人数を設定した。具体的には、Yes が3 人、2 人、1 人、0 人の4 つの反応が正解となる質問を3 問ずつ設定した。

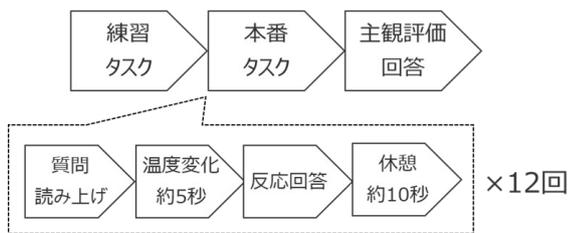
実験に使用したシステムは、PC (CF-LV8RD7VS, パナソニック株式会社)、マイコン (A000066, Arduino)、モータドライバ (DRI0002, Zhiwei Robotics Corp.(DFROBOT)),



(a)



(b)



(c)

図 2 実験環境: (a) 実験時の様子, (b) 本システム使用時の被験者の手元の様子, (c) 実験プロトコル

ペルチェ素子 (TEC1-03103-T100-SS-TF01-ALO, Thermomonic Electronics(Jiangxi) Corp., Ltd.), 公称電圧 9V の電池 (GL6F22A, Golden Power Industries Ltd.) で構成される。PC と接続したマイコンがモータドライバとシリアル通信を行い、ペルチェ素子に接続された電池の出力する電圧値と電圧の方向を制御することで、ペルチェ素子による温度提示を実現した。

本システム使用時の被験者の手元の様子を図 2 (b) に示す。本システムを用いた温度提示は、机上に設置したペルチェ素子で行った。被験者には、左手の人差し指でペルチェ素子を触るよう指示した。詳細な触り方は特に制限しなかった。実験時のペルチェ素子の温度は、標準時は約 33 度とした。また反応毎の目標温度について、Yes が 3 人の時は約 39 度、Yes が 2 人は約 36 度、Yes が 1 人は約 27 度、Yes が 0 人は約 23 度になるよう、ペルチェ素子の温度を変化させた。具体的には、標準時の約 33 度から、約 20 秒程度で目標温度に変化するよう、ペルチェ素子に供給する電圧を制御した。

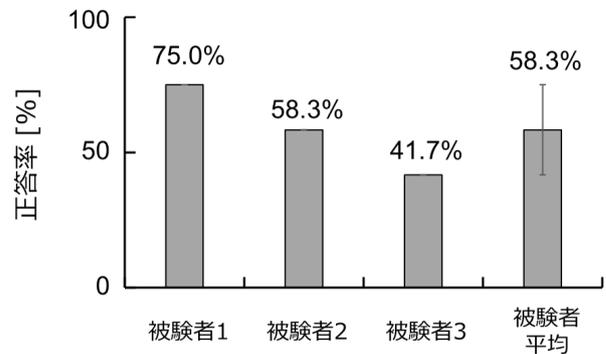


図 3 被験者毎の正答率

本システムを用いてオンライン会議を模したタスクを実施した。詳しい実験プロトコルを図 2 (c) に示す。具体的な実験の流れは以下の通りである。

- (1) 被験者が本システムに慣れるために、Yes の人数に対応した 4 つの温度変化を 5 分程度体験する練習タスクを行う。
- (2) 机上の質問紙に書かれた質問を被験者が 1 問ずつ読み上げる。質問の内容はオンライン会議でよく用いられる文言 (例えば「最近、仕事の調子は順調ですか」) を用いる。
- (3) 被験者が質問を読み上げ終わってから 5 秒間、ペルチェ素子の温度を質問毎にあらかじめ決められた温度に変化させる。
- (4) 質問に対する Yes の人数を、被験者は温度変化から推測し、質問紙に回答する。
- (5) 回答が終わった旨を被験者が実験実施者に口頭で伝えた後、約 10 秒の休憩を設ける。休憩中のペルチェ素子
- (6) (2) から (5) を 12 回繰り返す。
- (7) 表 1 に示す、本システムに関する主観アンケートに回答する。

システムの有効性検証のため、質問の正解と被験者の回答が一致した正答率を求めた。また被験者が大まかな温度変化を認知できているか確かめるため、標準時から温かい温度変化が提示される Yes が 3 人または 2 人の回答を「Yes が多数」、標準時から冷たい温度変化が提示される Yes が 1 人または 0 人の回答を「No が多数」にまとめ 2 つの正答率も求めた。

5. 結果

図 3 に被験者毎の平均正答率を示す。被験者 3 名の平均正答率は $58.3 \pm 16.7\%$ であった。

図 4 (a) に反応毎の正答率を示す。反応毎の正答率は、Yes が 3 人が $66.7 \pm 33.3\%$ 、Yes が 2 人が $88.9 \pm 19.2\%$ 、Yes が 1 人が $44.4 \pm 19.2\%$ 、Yes が 0 人が $33.3 \pm 0\%$ であった。

図 4 (b) に Yes が多数・No が多数の 2 つの正答率を示

表 1 主観アンケート

番号	アンケート内容	回答			
Q1	実験中の温度刺激が参加者の反応を理解する助けになりましたか	とてもなった	すこしなった	あまりならなかった	ならなかった
Q2	実験中の温度刺激によって他の参加者の存在を感じることができましたか	とてもなった	すこしなった	あまりならなかった	ならなかった
Q3	実験中の温度刺激を邪魔だと感じたことありましたか	とてもなった	すこしなった	あまりならなかった	ならなかった
Q4	実験中の温度刺激を負担に感じたことありましたか	とてもなった	すこしなった	あまりならなかった	ならなかった

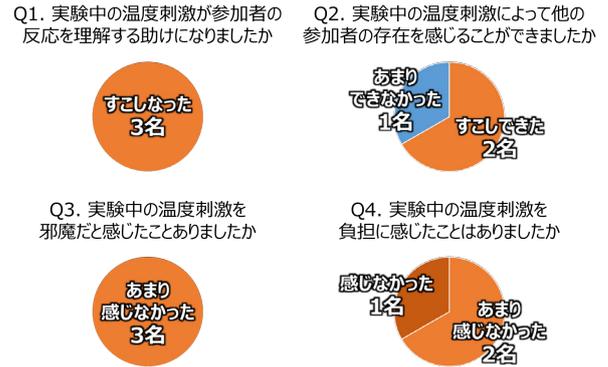
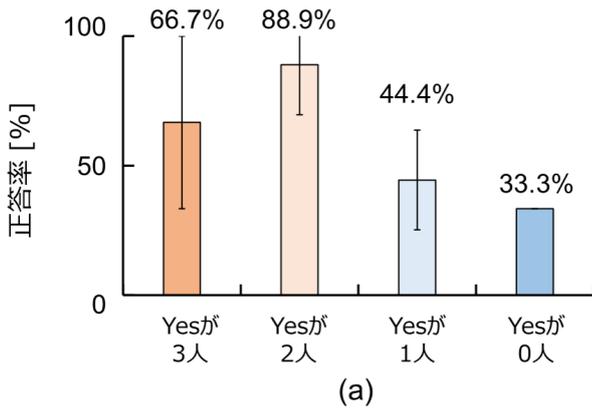


図 5 主観アンケートの結果

図 4 正答率：(a) 反応毎の正答率, (b) Yes が多数・No が多数の 2 値の正答率

す。Yes が多数の正答率は $100 \pm 0 \%$ 、No が多数の正答率は $94.4 \pm 0.1 \%$ であった。

図 5 に主観アンケートの結果を示す。「実験中の温度刺激が参加者の反応を理解する助けになりましたか」に対して、全被験者が「すこしなった」と回答した。「実験中の温度刺激によって他の参加者の存在を感じることができましたか」に対して、2名の被験者が「すこしできた」、1名の被験者が「あまりできなかった」と回答した。「実験中の温度刺激を邪魔だと感じたことありましたか」に対して、全被験者が「あまり感じなかった」と回答した。「実験中の温度刺激を負担に感じたことありましたか」に対して、2名の被験者が「あまり感じなかった」、1名の被験者が「感

じなかった」と回答した。

6. 考察

被験者の平均正答率は 58.3 % であり、想定よりも低い結果となった。反応毎の正答率に注目すると、標準時から温かい温度変化は正答率が高く、標準時から冷たい温度変化は正答率が低い結果となった。全体的に正答率が低かった理由として、ペルチェ素子に供給する電圧が十分でなかったため温度変化が緩やかであり、5 秒間という時間の長さでは、被験者が温度変化の差を感じる事が難しかったことが考えられる。特に冷たい温度変化の正答率が低かった理由として、ペルチェ素子を標準時に約 33 度に温める制御を行ったことや 12 回の温度変化を短期間で繰り返したため、ペルチェ素子の放熱が十分に行われず、冷たい温度変化が十分に実現できていなかった可能性も考えられる。

しかし、Yes が多数、No が多数の 2 つの正答率はそれぞれ 90 % 以上と高い正答率であった。この結果より、Yes と No のように 2 つの反応をフィードバックする際、温度が適切であったと考えられる。そのため、ペルチェ素子以外に温度変化を大きく正確に提示できるものがあれば、より効果的なシステムとなる可能性がある。

主観アンケートについて、他の参加者の存在をあまり感じる事ができなかった被験者が 1 名いた。理由として、被験者は参加者の存在について実験を通して口頭で伝えられただけであったため、参加者の存在を感じ辛い実験設計

となっていた可能性が考えられる。しかし、温度刺激を邪魔・負担だと強く感じた被験者はおらず、フィードバックによる認知負荷は比較的低いことが確認できた。

以上の結果より、提案システムは温度提示の再検討といった課題はあるが、オンライン会議における他者の反応を把握する支援として有効な可能性を示唆した。

7. まとめ

本稿では、オンライン会議参加者の、Yes・Noの反応を把握する支援として、複数人の反応を集約し、ユーザに温度変化としてフィードバックするシステムを提案した。本システムは、複数人の反応を集約するため、人数増加によるユーザの認知負荷を軽減できる。さらに、温度変化によるフィードバックを用いるため、認知負荷が低く、会議の主タスクであるコミュニケーション活動を阻害しにくいという利点が挙げられる。本システムを用いてオンライン会議を模したユーザ実験を行った結果、他者の反応を把握するための支援として本システムが有効である可能性が示唆された。今後は他手法との比較、温度変化の具体的な手段の改良を通して、本システムの改善を行う予定である。また、触覚の1つである振動と組み合わせることで、3つ以上の反応を表現が可能なシステムへの拡張を目指す。

参考文献

- [1] 株式会社アイ・ティ・アール：国内のWeb会議市場規模推移および予測, <https://www.itr.co.jp/company/press/210715PR.html> (参照 2021-10-26).
- [2] 株式会社 Lightblue Technology：Web会議における意識調査, <https://www.lightblue-tech.com/2020/08/20/20200820notice/> (参照 2021-10-26).
- [3] Leshed, G., Perez, D., Hancock, J. T., Cosley, D., Birnholtz, J., Lee, S., McLeod, P. L. and Gay, G.: Visualizing real-time language-based feedback on teamwork behavior in computer-mediated groups, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 537–546 (2009).
- [4] 吉田海渡, 横山正典, 鳴海拓氏, 徳永徹郎, 巻口誉宗, 高田英明, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 聴衆反応を単一アバタに集約することによる遠隔講義支援システムの開発案, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 13C-2 (2018).
- [5] 市野順子, 八木佳子, 西野哲生, 小澤照: グループディスカッション支援のための振動によるフィードバックの提示, *情報処理学会論文誌*, Vol. 60, No. 4, pp. 1171–1183 (2019).
- [6] 三浦光梨, 光岡宏海, 北野るな, 栗原 渉, 有山大地, 串山久美子: オンライン会議における足元の触覚コミュニケーションシステムの提案, *インタラクシオン 2021 論文集*, pp. 243–245 (2021).
- [7] 一般財団法人 機械振興協会: 機械製品に対する安全要求と設計方法, http://www.jspmi.or.jp/system/1_cont.php?ctid=130404&rid=1094 (参照 2021-10-26).