九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

遠隔ビデオ通話における振動フィードバックの共同作業感への影響

山下，藍香
九州大学芸術工学府

佐藤，克成
奈良女子大学研究院工学系

冬野，美晴
九州大学大学院芸術工学研究院

何，昕霓
九州大学大学院芸術工学研究院

https://hdl.handle.net/2324/7234043

出版情報：インタラクション論文集. 2024, pp.1393-1396, 2024-02-28. Information Processing Society of Japan
バージョン：
権利関係：Notice for the use of this material The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof.

遠隔ビデオ通話における振動フィードバックの共同作業感への影響

山下 藍香[1,a)]　佐藤 克成[2]　冬野 美晴[3]　Hsin-Ni Ho[3,b)]

概要：私たちのコミュニケーションは言語情報に加えて非言語情報が非常に大きな役割を担っている．特に触覚コミュニケーションは，日常的に対面でのコミュニケーションで用いられる一方で，現在用いられている遠隔ビデオ通話においては広くは普及していないと考えられる．そこで本稿では，遠隔ビデオ通話を繋いだ状態で共同作業を行ったときに触覚フィードバックを与えた場合，触覚フィードバックはコミュニケーションを促進し，通話相手との心理的な関係性を変化させるのか，触覚フィードバックによってコミュニケーションにどのような変化が起こるのかを調査した．実験では，遠隔ビデオ通話をした状態で共同作業を行い，実験者がクリックやタイピングをした際に参加者に振動フィードバックが与えられた．これを元に実験後のアンケートや口頭インタビューでの感想を集めた結果を報告する．

1. 背景

私たちが行うコミュニケーションにおいて，言語情報だけでなく，表情やジェスチャー，そして触れ合いなど，非言語情報も大きな役割を担っている．その中でも触覚はハグをしたり背中をさすったりといった例からも分かるように私たちの生活に密接に関係しており，実際に相手に触れることで相手への好感度も変化する [1]．さらに先行研究では，1 人がもう 1 人の腕に直接触れて指示された感情を伝達することで，いくつかの感情についてチャンスレベル以上の確率で感情を伝えられることも分かっている [2]．これに関して，比較的触れ合いが少ない印象の日本人であっても，いくつかの感情が手に直接触れることによって伝えることができるとされている [3]．このように触れ合いはコミュニケーションに影響を持つことから，触覚を用いた遠隔でのコミュニケーションにおいて感情を伝達する研究 [4][5] などのように触覚とコミュニケーションについての研究がこれまでにもなされてきた．一方で，現在のオンラインコミュニケーションにおいては触覚を用いたコミュニケーションは広くは普及していないのが現状である．そこで本稿では，オンラインコミュニケーションにおける触覚提示によってより豊かなコミュニケーションを提示するための第一歩として実験を行った．リサーチクエスチョンは触覚フィードバックはコミュニケーションを促進し，通話相手との心理的な関係性を変化させるのか，触覚フィードバックによってコミュニケーションにどのような変化が起こるのかとした．

本稿ではオンラインコミュニケーションの一形態として共同作業に着目した．オンライン上での共同作業はコロナ禍において今まで以上に活用されている．オンラインコミュニケーションにおいては相手が作業を行なっているか，などといった，互いが作業に関して共有できる情報が制限され，共同作業においてリアルでは感じられる相手の存在感が得られない恐れがある．オンラインコミュニケーションにおいても対面で作業しているときと同様の感覚を得ることで，コミュニケーションに変化が生まれるのではないだろうか．そこで，相手が作業している感覚を伝えるために触覚フィードバックを用いることで，相手の動作の有無が自然に認識でき，相手の存在感や相手と協力している感覚を補える可能性があると考えた．

2. 実験

2.1 実験参加者

本実験には九州大学の学生 34 名（男性 19 名，女性 15 名）が参加した．平均年齢は 20.4（SD=1.4）であり，手指に怪我などはなかった．参加者は全員がこれまでにオンライングループワークの経験があった．本実験は九州大学大学院芸術工学研究院実験倫理委員会の許可のもとで行われた．

1 九州大学芸術工学府
2 奈良女子大学研究院工学系
3 九州大学芸術工学研究院
a) yamashita.aika.373@s.kyushu-u.ac.jp
b) hohsinni@design.kyushu-u.ac.jp

© 2024 Information Processing Society of Japan

2.2 実験環境

実験には**図 1** に示されるような佐藤ら [6] によって開発されたデバイスをウェアラブルにしたものが用いられた．このデバイスでは，振動と温度変化を音声通信システムを通じて伝送することで，対話者側に振動と温度を提示することができ，遠隔でも触覚を提示できる．本実験では温度刺激は用いず，振動刺激のみを提示した．実験中は，図 1（a）のように実験者が指にデバイスを装着することで，デバイスに搭載した加速度センサ（KXR91 2050、Kionix 社製）により，指の動きにより生じた振動を検出した．検出した振動は，音声信号として，Zoom による通信を介して参加者側へリアルタイムに伝えられた．その振動に基づいて，図 1（b）のように参加者の手首につけたデバイスのアクチュエータ（ハプティックリアクタ TOUGH タイプ AFT14A903A，アルプスアルパイン社製）が振動した．キーボードやマウスをクリックするなど，実験者が右手の人差し指を動かすと参加者に振動がリアルタイムに伝わるようになっている．実験の最初には振動の強さが適切に感じられるかを確認した．本実験では，実験者は普段マウスのクリックに用いる右手の人差し指にデバイスを装着し，参加者は右手でのマウス利用の邪魔にならないよう，左手首にデバイスを装着した．本実験は，振動あり条件と，対照条件である振動なし条件の 2 つの条件で構成された．振動あり条件と振動なし条件の参加者はともに 17 人ずつであった．男女比は振動あり条件では男性 9 名女性 8 名，振動なし条件では男性 10 名女性 7 名であった．実験者は男女 1 名ずつであり，男性実験者は振動あり条件 8 名と振動なし条件 9 名に対して実験を行い，女性実験者は振動あり条件 9 名と振動なし条件 8 名に対して実験を行った．両条件で実験者と参加者は別の部屋から zoom を用いてビデオ通話を行い，お互いの顔が目の前のパソコン上に表示されていた．ただし，性別による影響を排除するために，実験者はビデオ通話に**図 2** に示したような中性的な見た目のアバターを使用した．このアバターは zoom の機能を用いて事前に作成した．

2.3 タスク

実験では，実験者と参加者が協力してタスクに取り組んだ．このタスクは Andrew ら [7] の実験で用いられたタスクを参考に，より本実験に適したものとした．タスクは，実験者と参加者は与えられた英文を読み，指定されたアルファベットで始まる単語を抜き出す，というものであった．英文は A から J までのアルファベットごとに用意され，自然に関する 50 語程度の文章であった．また，単語数の指定のしやすさといった点から英文の作成には ChatGPT が用いられた．ChatGPT へのプロンプトは” Can you create a short paragraph of about 50 words that includes 8-12 words starting with the letter ’a’? The topic can be about nature.” というもので，プロンプトの’a’ という部分が’a’ から’j’ まで変更されて実行された．

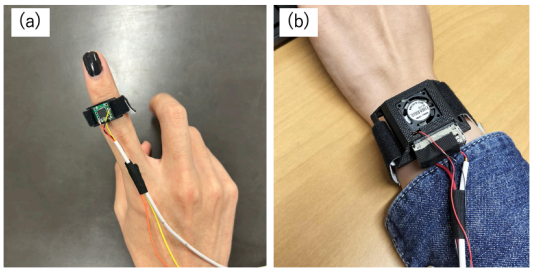

図 1 （a）実験者は右手の人差し指の先に，指の動きを感知するためのセンサーを装着した（b）参加者は左手首に振動フィードバックを得るためのデバイスを装着した

図 2 実験者は中性的なアバターを用いた

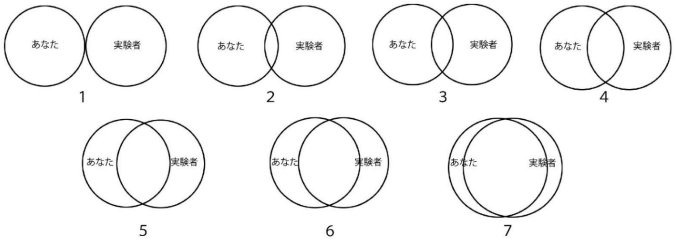

図 3 参加者から見た実験者との心理的距離を示す IOS

2.4 アンケート

タスクの前後で参加者はアンケートに回答した．タスク前に参加者は実験者との関係について**図 3** に示すように IOS[8] を用いて回答し，これによって他者に対する社会的距離を測定した．ここで，図 3 の円の重なりは参加者から見た実験者と自分の心理的距離を表している．タスク後には参加者は実験者に実験の感想を伝えてから複数の項目から成るアンケートに回答した**表 1**．タスク後アンケートの内容は実験者との親密度を測る IOS に加え，アバターについての質問が 3 項目，コミュニケーションについての質問が 5 項目であった．アバターについての質問は Wei ら [9] の研究で用いられた質問のうち，筆者らが今回の研究に有用であると考え，自然な日本語に翻訳したものを使用した．さらに，振動あり条件に関してのみ，刺激についての質問が 3 項目質問された．これらの質問は 7 リッカート尺度によって測定され，1 が「全くそう思わない」7 が「強くそう思う」であった．

© 2024 Information Processing Society of Japan

表 1　参加者は実験後に以下のアンケートに回答した．

【振動あり条件と振動なし条件共通】

・アバターについての質問

Q1. タスクを行った相手のアバターは自然だと感じましたか
Q2. タスクを行った相手には好感が持てましたか
Q3. タスクを行った相手は親しみやすかったですか

・コミュニケーションについての質問

Q4. タスクを通して相手との繋がり感が感じられましたか
Q5. タスクを通して相手との共同作業している感覚が感じられましたか
Q6. タスクを行った相手とはスムーズにコミュニケーションが取れましたか
Q7. タスクを行った相手とのコミュニケーションにやりずらさを感じる瞬間がありましたか
Q8. 相手が離席したことによる心細さは感じられましたか

【振動あり条件のみ】

・振動フィードバックとその効果についての質問

Q9. 実験中に与えられた振動刺激の強さはどうでしたか
Q10. 振動刺激についてはどうでしたか
Q11. 振動刺激は，あなたとタスクを行った相手との繋がり強めるのを助けましたか

2.5　実験手順

実験では最初に実験者が参加者に対して実験の説明を行い，実験者と参加者には，それぞれに用意された画面に同じ英文とスプレッドシートを表示した．その後，指定されたアルファベットから始まる英単語をスプレッドシートへと抽出するタスクを 6 分間行った．タスクを行う際にはコピーやペーストなどのショートカットの使用は許可されていた．冒頭 4 分間のタスクののちに，荷物が届いたという理由で実験者が 1 分間離席した．この離席中は触覚フィードバックが参加者に与えられないことで，一緒に作業している間の触覚フィードバックを強調するために行われた．実験者が離席している間も参加者はタスクを進めるよう指示がなされていた．その後，実験者は再び参加者と一緒に 1 分間タスクを行った．タスクでは，参加者は A から B，C の順に英文からスプレッドシートに単語を抽出し，実験者は J から I，H の順に英文からスプレッドシートに単語を抽出した．タスク終了後には実験者が参加者に実験の感想を口頭で尋ねて回答してもらった．その後，参加者はアンケートに回答した．

3.　結果

3.1　アンケート

実験後に回答したアバターについての質問 3 項目とコミュニケーションについての質問 5 項目，計 8 項目のアンケート結果と，タスク前後に回答した IOS の差について検定を行った．今回は質問が順序尺度であり，正規分布の仮定を用いないノンパラメトリック検定である，Mann-Whitney

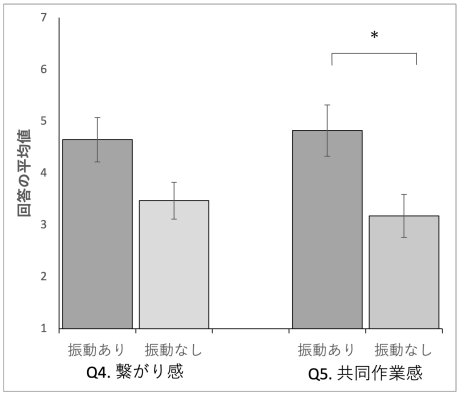

図 4　各条件における Q4. 繋がり感と Q5. 共同作業感の回答の平均値．ここで，エラーバーは標準誤差，＊は $p < 0.05$ を示す．

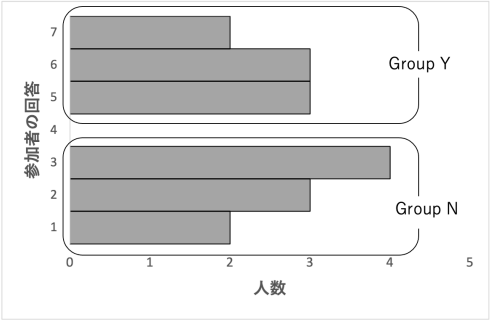

図 5　振動刺激は，あなたとタスクを行った相手との繋がりを強めるのを助けましたかという質問に対する回答（1. 全くそう思わない, 7. とてもそう思う）について，1,2,3 を選んだグループをグループ N，5,6,7 を選んだグループをグループ Y として分類した．

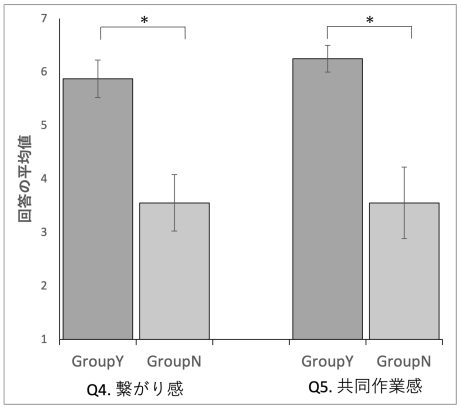

図 6　各グループにおける Q4. 繋がり感と Q5. 共同作業感の回答の平均値．ここで，エラーバーは標準誤差，＊は $p < 0.05$ を示す．

検定を両側検定で行った．その結果，「Q5. タスクを通して相手との共同作業している感覚が感じられましたか」という質問に関して振動あり条件では平均 4.8（SE=0.49），振動なし条件では平均 3.2（SE=0.41）であり，条件の間に有意差が見られた（p=0.016）（**図 4**）．また，「Q4. タスクを通して相手との繋がり感が感じられましたか」という質問に関して振動あり条件では平均 4.6（SE=0.43），振動な

© 2024 Information Processing Society of Japan

し条件では平均 3.5（SE=0.35）であり，p=0.054 となった（図 4）．更に「Q11. 振動刺激は，あなたとタスクを行った相手との繋がりを強めるのを助けましたか」という質問に対して，振動あり条件の 17 人中 9 人が「「1. 全くそう思わない」「2. おおよそそう思わない」「3. あまりそう思わない」」を選択し，残りの 8 人が「「5. 少しそう思う」「6. まあまあそう思う」「7. 強くそう思う」」を選択し，「4. どちらでもない」を選択した参加者はいなかった．そこで，「Q11. 振動刺激は，あなたとタスクを行った相手との繋がりを強めるのを助けましたか」という質問ついて，強めたと思わない選択肢 1, 2, 3 を選択した参加者をグループ N，強めたと思う選択肢 5, 6, 7 を選択した参加者をグループ Y としてグループ分けし（**図 5**），グループ N とグループ Y について Mann-Whitney 検定を両側検定で行った．その結果，繋がり感を問う Q4 に関して，振動あり条件では平均 5.9（SE=0.35），振動なし条件では平均 3.6（SE=0.53）で条件の間に有意差が見られた（p=0.009）．共同作業感を問う Q5 に関しても，振動あり条件では平均 6.3（SE=0.25），振動なし条件では平均 3.6（SE=0.67）で条件の間に有意差が見られた（p=0.007）（**図 6**）．その他の質問と IOS に関しては有意差が見られなかった．

3.2 参加者による感想

参加者がタスク終了後に実験者に口頭で伝えた感想とアンケートに記入した感想について見ていく． その結果，振動あり条件では 17 人中 10 人が振動があったことに対して「面白かった」などの肯定的な感想を述べ，そのうち 5 人が「協力している感じがした」もしくは「一緒にタスクをしている感じがした」と回答した．その一方で 17 人中 4 人が振動あり条件において「作業がしづらかった」などの否定的な感想を述べ，そのうち 2 人が「協力している感じがした」もしくは「一緒にタスクをしている感じがした」と回答した．これに対して振動なし条件においては，協力して行うタスクであったにも関わらず，17 人中 8 人が「一緒にタスクをしている感覚がなかった」もしくは「個人作業感が強かった」などと回答し，さらに 17 人中 3 人が「コミュニケーションの不足を感じた」と回答した．

4. 考察

本実験ではビデオ通話での共同作業に振動フィードバックを用いることで，コミュニケーションにどのような変化が生まれるかを測定した．分析の結果，「Q4. タスクを通して相手との繋がりを感じられましたか」「Q5. タスクを通して相手との共同作業している感覚が感じられましたか」について，振動があった場合において繋がり感と共同作業感をより感じられるという，条件の間に有意差が得られた．このことからビデオ通話をした状態で協力型のタスクを行う際，振動フィードバックがあった場合には繋がり感や協力感といったものに示される，相手の存在感を感じることができるのではないかと考えられる．これは実験後の感想で，複数人が協力，もしくは一緒にタスクをしている感じがしたと回答していることからも同様のことが言える．一方で，タスクを行った相手とのコミュニケーションについて，アバターへの印象，IOS に対しては振動フィードバックの有無は有意ではなかった．これは，相手の存在感は振動があった場合の方が感じられるのに対して相手に対する印象や相手との関係性には影響を及ぼさないのではないかと考えられる．ただし，コミュニケーションの円滑さやアバターに対する印象など相手との繋がり感などと因果関係を持つことも考えられることから，今後はより詳細に評価していく必要がある．

参考文献

[1] J. D. Fisher, M. Rytting, R. Heslin: *Hands Touching Hands: Affective and Evaluative Effects of an Interpersonal Touch*, Sociometry, Vol. 39, no. 4, pp. 416-421 (1976).

[2] M. J. Hertenstein, D. Keltner, B. App, B. A. Bulleit, and A. R. Jaskolka: *Touch communicates distinct emotions*, Emotion, vol. 6, no. 3, pp. 528–533 (2006).

[3] R. Oya, and A. Tanaka: *Cross-cultural similarity and cultural specificity in the emotion perception from touch*, Emotion (2006).

[4] G. Huisman: *Social Touch Technology: A Survey of Haptic Technology for Social Touch*, IEEE Transactions on Haptics, vol. 10, no. 3, pp.391-408 (2017).

[5] J. Smith, and K. MacLean: *Communicating emotion through a haptic link: Design space and methodology*, International Journal of Human-Computer Studies, vol. 65, no. 4, pp.376-387 (2007).

[6] K. Sato, J. Wada, and R. Amakawa：*ThermoPhone: Transmission of Thermal and Vibrotactile Information through an Audio Call System*, AsiaHaptics2022 (2022).

[7] Andrew M. Carton, and John R. Aiello: *Control and Anticipation of Social Interruptions: Reduced Stress and Improved Task Performance*, Journal of Applied Social Psychology, vol. 39, no. 1, pp. 169–185, doi: 10.1111/j.1559-1816.2008.00434.x (2009).

[8] A. Aron, E. N. Aron, and D. Smollan: *Inclusion of Other in the Self Scale and the structure of interpersonal closeness.*, Journal of Personality and Social Psychology, vol. 63, no. 4, pp. 596–612, doi: 10.1037/0022-3514.63.4.596. (1992).

[9] W. Gao, N. Jiang, and Q. Gu: *How do virtual streamers affect purchase intention in the live streaming context? A presence perspective*, Journal of Retailing and Consumer Services, vol. 73, doi: 10.1016/j.jretconser.2023.103356. (2023).

© 2024 Information Processing Society of Japan