



視聴触覚刺激を用いた大声発声主体感提示によるストレス軽減

Stress reduction by sense of loud vocal agency presentation using audio, visual, and tactile stimuli

下村祐樹¹⁾, 伴祐樹¹⁾, 割澤伸一¹⁾

Yuki SHIMOMURA, Yuki BAN, and Shin'ichi WARISAWA

1) 東京大学 (〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, shimomurayuki@lelab.t.u-tokyo.ac.jp)

概要: 精神的ストレスによる生産性の低下は近年特に問題視されており, その軽減法の確立が求められている. 本研究では, デスク環境における短時間での簡易なストレス軽減手法として, 聴覚刺激と喉頭への振動触覚刺激による疑似的な大声体験に着目した. 本手法は実発声なしに発声体験への主体感を生起させることを目的とするが, 主体感生起に必要な最小限の刺激構成しか調査がされていない. そこで, 本研究では視覚的なストレス軽減の文脈提示を組みわせることで, 体験のもたらす効果をより確実かつ強固に生起可能であると考え, これを検証した.

キーワード: 発声, 触覚刺激, ストレス, バーチャルリアリティ

1. はじめに

日本の労働者が抱えるメンタルストレスは社会問題の一つである. 厚生労働省による『令和 4 年 労働安全衛生調査 (実態調査)』によると, 自身の仕事や職業生活に対する不安等を抱える労働者は 82.2%にものぼることが報告されている. 職場のストレスは心臓病をはじめとした身体疾患に関連し, 心理的にも一般に考えられている以上に大きな悪影響を及ぼすなど, 職場の生産性の低下につながる因子である [1, 2].

ここで, ストレスを軽減するための手法として, 大きな役割を期待されているのがバーチャルリアリティ (VR) 技術である [3]. 実際に, VR 環境において森林映像 [4] やバイオフィリックな環境 [5] を用いることがストレス軽減につながることを示唆されている. これらのアプローチは労働内容に依存せず実行可能なストレス解消型コーピングであり, 汎用性の高いアプローチである. しかし, これらは VR 環境への暴露後ただちに効果が表れ始めるともされるものの, 体験に数分間を要し, より短時間での急速な気分転換やストレス軽減には至らない.

本研究では, デスクワークを主とする作業により生じたストレスを, 作業の間の短時間で, 机から移動せずに軽減可能な手法として, 疑似的な大声発声体験 [6] に着目した. これは, 聴覚刺激と喉頭への振動触覚刺激を提示することにより, 実際の発声を伴わないユーザに対して, 大声発声行為全体への主体感を創出し, 爽快感を誘起させる手法である.

しかし, 先行研究には以下に示す 2 点の課題が存在する. 第一に, 先行研究 [6] における体験は実験のために極めて単純化されており, 体験の有する文脈が貧弱であった. ストレスの軽減という体験の目的は実験の説明として事前に示さ

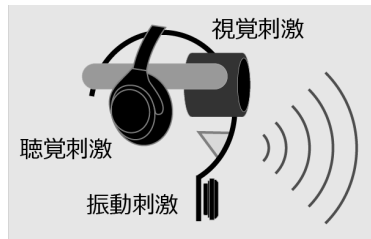


図 1: 視聴触覚刺激の複合による大声の発声主体感の創出

れていたのみであり, 体験そのものは発声タスクのみから成っていた. 文脈に乏しい体験は, 日常体験において短時間でストレスを軽減する効果を発揮する能力に乏しいと考えられる. 第二に, 体験を構成する感覚が聴触覚に限定されており, 人間の情報判断の 8 割を占めるともされる視覚情報を用いていなかった. そのため, 実際に大声を発声した際に得られる体験と比較して, 疑似的な大声体験を構成する感覚は質的・量的に不足しており, バーチャル足りえない. そこで, 本研究では疑似的な大声体験によるストレス軽減という文脈を明確に体験者に示す視覚提示を設計することで, 体験のストレス軽減効果をより確実かつ強固に生じさせることを目的とする (図 1).

2. 提案手法

ストレス軽減という文脈を提示可能なシチュエーションとして, 本研究では大声によって生じた衝撃波が教室の黒板を破壊するという状況を設定した. また, 破壊シチュエーションにおいて, 大声という行為と対象物の破壊モーションの因果関係をより強く認識させるための視覚手掛かりの提示を設計することで, 視覚提示手法の効果をより強化する.

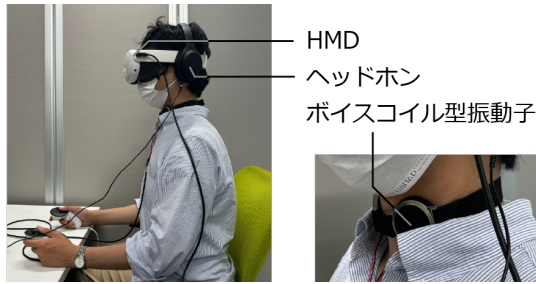


図 2: 大声発声体験提示システムの装着の様子

2.1 システム構成

提案手法の効果検証のため、VR 環境情報を提示するヘッドマウントディスプレイ (HMD) および、発声主体感の創出のための聴覚情報提示するデバイスから構成される実験システムを構築した (図 2)。HMD としては Meta Quest 3 (Meta, USA) を用い、視覚刺激は 2.2 節に示すように設計された。聴覚情報提示デバイスは、PC から音声信号をオーディオインターフェース UR-RT4 (Steinberg Media Technologies GmbH, Germany) を介して送信し、音声はノイズキャンセリングヘッドホン WH1000-XM4 (Sony Corporation, Japan) から、振動刺激は信号をアンプ LP-2024A (Lepy, China) で増強した後にボイスコイル型振動子 Vp210 (Acouve Laboratory, Japan) からそれぞれ出力した。振動子はバンド型デバイスを用いて喉頭へ固定され、2つの振動子が声帯の高さへ左右対称に配置された。

聴覚刺激としては、20代の男性が約 80 dB の音量で約 4 秒間「あ」の音を発声する録音音声を用いた。80 dB という音量は、通常の会話における発声音量が 50~65 dB とされることから [7]、十分に大声と解釈される音量であると考え決定した。なお、発声の音量は発声者の口から前方に約 1 m 離れた位置で精密騒音計 LA-4441A (Ono Sokki Co., Ltd., Japan) を用いて測定した。聴覚刺激の提示音量は、ヘッドホンスピーカ部から 1 cm の位置でおよそ 80 dB になるよう調整した。振動刺激としては、前述した録音音声をそのまま入力波形として出力した。そのため、刺激提示の際には振動子がボイスコイル型であるため大きなノイズが生じるが、体験者の知覚する音量には影響しないことを確認した。

2.2 視覚的文脈の設計

2.2.1 VR シーンと破壊対象オブジェクト

大声体験によるオブジェクトの破壊体験を構築するにあたって、体験の妥当性 (plausibility) を確保することが必要不可欠である。すなわち、VR 環境が現実世界と同じ物理法則に従った妥当なふるまいをするか、あるいは VR 環境がユーザの期待に従った形で変化することが求められる。しかし、ストレス軽減につながる爽快感をもたらす破壊として、大声によってオブジェクトが粉々に砕け散る破壊シーンを想定したとき、これは現実世界においては極めて生じにくいシーンである。例えば、現実においては、ガラスのグラスを発声によって破壊することが可能であるが、こ

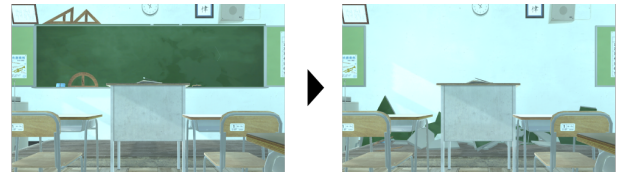


図 3: 黒板の破壊の様子



図 4: 窓ガラスにひびが入るエフェクト

れは発声の大きさによるものではなく、ガラスの共振周波数で発声することによるものであり、破壊できるオブジェクトはごく一部に限定されている。従って、高い発声音量による強力な音波を用いたコップを上回る大きなオブジェクトを粉々に砕くという仮想的なシーンに妥当性を持たせるには、ユーザの体験への期待を十分に考慮する必要がある。

そこで、本研究では、広すぎない閉鎖された音波の反響が推測される VR 空間内において、薄く剛性の高い破壊対象オブジェクトを強力な音波で破壊するシチュエーションを実装するものとした。その一例として、教室という閉鎖空間内に存在する黒板を破壊対象オブジェクトとして選定した。実装された黒板の破壊の様子を図 3 に示す。

2.2.2 大声と破壊事象を結びつける視覚の手がかり

大声より生じる音波は強い指向性を持つものではなく、音波が黒板オブジェクトのみに影響を及ぼすことは体験の妥当性を損ねうる。また、発声という行為とオブジェクトの破壊という結果には一定の時間差が生じるため、これら二つを関連付ける手がかりが不足していると、破壊エフェクトという感覚的結果への自己主体感の欠如につながる。そこで、教室に存在するオブジェクトのうち脆性の高いマテリアルからなる窓ガラスにひびが入るエフェクト (図 4) と、黒板の破壊前に黒板が音声により振動するモーションを追加した。黒板および窓ガラスの破壊がユーザの位置を起点とする位置に時間差で生じることにより、ユーザに由来する要因が周囲へもたらされる破壊の原因であるとする推論を強化可能であると考えた。

3. 実験

提案手法の効果検証のため、参加者 (男性 5 名、平均年齢 26.8 ± 2.8 SE) を募って予備検証を実施した。本検証における仮説は、(1) 大声によるオブジェクトの破壊という視覚の手掛かりが大声発声主体感を強化すること、(2) 大声発声主体感の強化により体験の爽快感が高まること、(3) 大声発声主体感が強化されることで聴取音量をより大きく錯覚することである。

表 1: アンケートの集計結果.

	視覚刺激なし	黒板破壊	窓・黒板エフェクト
聴取音量評価	108.45	112.6	118.25
大声発声主体感	4.5	5	5
爽快感	3	5	5

3.1 実験条件

前述した仮説の検証のため、以下の3つの条件を設定した。

- 視覚刺激なし：ユーザは聴触覚刺激の提示による疑似的な大声発声のみを体験し、教室空間に変化は生じない。
- 黒板破壊：ユーザの疑似的な大声により、黒板オブジェクトに予兆なく破壊が生じる。
- 窓・黒板エフェクト：ユーザの疑似的な大声に伴い、黒板の振動及び窓ガラスの割れが生じる。

3.2 実験システム

参加者はHMDおよび聴触覚提示デバイスを装着し、着席した状態で教室のVR環境を体験した。ディスプレイにアバターは表示されておらず、手足等の動きは反映されなかった。参加者は両手のコントローラの中指ボタンを1秒以上同時に長押しすることで発声を開始することができ、実際に大声を発声する際の力みや溜めを模した感覚が体験前に生じるよう設計された。大声の発声は4秒間持続し、破壊され落下したオブジェクトが安定した数秒後にVR上にアンケートが表示された。

3.3 評価手法

評価は主観評価により行われ、疑似的な大声体験の主体感および爽快感について7段階のリッカート尺度で問われた。評価は1が最も感覚を欠如しており、7が最も強く感覚が生じたことを意味した。また、体験で聴取した音声の音量を、実際に80 dBの音量で音声を聴取した際の評価音量を100としてマグニチュード推定法で評価した。

3.4 実験手順

実験タスクは、視覚提示の3条件について4回ずつ計12回、順序効果を防ぐためラテン方格法により並び替えた順番で提示した。全タスク終了後、自由回答により体験に対する感想を収集した。

3.5 実験結果・考察

実験結果を表1に示す。アンケートで取得した3項目すべてにおいて、視覚的な文脈提示の追加によりスコアが向上する傾向が見られ、検証の仮説が支持される結果が得られた。

聴取音声の音量について、参加者は実際には常に同じ音量で音声を聴取していたが、視覚的な文脈提示の強化により最大約1割程度より大きく評価した。これは、黒板の破壊や窓へのヒビなど大声発声による視覚的な結果が大声発

声主体感の強化にとどまらず、より大きな音量での発声を想起させたことを示唆する。自由アンケートでは、黒板が破壊され落下する視覚提示の際に落下音を聴取したと錯覚した参加者がおり、視聴覚間のクロスモーダル現象が聴取音を増加させた可能性がある。これらは、より小さな音量提示での疑似的な大声発声体験の実現を可能とし、体験における大音量の音声が聴覚へ与える悪影響を減らすことにつながる。

また、大声発声主体感および爽快感に関するアンケート結果から、黒板の破壊という視覚的な刺激提示がより強い爽快感を生じさせることが確認された。その一方、周辺オブジェクトへの影響はどちらの感覚にも強い影響を与えなかった。これは、黒板の破壊という効果が十分な強度の文脈提示能力を有していたことを示すものである。

4. おわりに

本研究では、視聴触覚刺激を用いた疑似的な大声発声体験を実現することにより、短時間で確実かつ強固なストレス軽減効果を発揮する手法を確立することを目標とした。検証のため、教室空間における黒板の破壊というVR環境を用意し、ストレスの軽減および爽快感の獲得という視覚的な文脈を提示した。実験の結果、視覚的な文脈提示が大声発声主体感および爽快感を向上させることが示唆された。また、視聴触覚間のクロスモーダル効果により、VR環境のリアリティがより向上する可能性が示唆された。本研究では体験を構成する音声は「あ」という単一な母音のみから構成されていたが、今後はより自由度の高い体験を実現することで、さらにストレスの軽減効果を高めることが求められる。
謝辞 本研究は、JST 次世代研究者挑戦的研究プログラムJPMJSP2108の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Thomas W. Colligan and Eileen M. Higgins. Workplace stress: Etiology and consequences. *Journal of Workplace Behavioral Health*, Vol. 21, pp. 89–97, 2006.
- [2] Peggy A. Thoits. Stress and health: Major findings and policy implications. *Journal of Health and Social Behavior*, Vol. 51, pp. S41–S53, 2010.
- [3] Shaun W. Jerdan, Mark Grindle, Hugo C. Van Woerden, and Maged N. Kamel Boulos. Head-mounted

virtual reality and mental health: Critical review of current research. *JMIR Serious Games*, Vol. 6, p. e14, 2018.

- [4] Sungjun Hong, Dawou Joung, Jeongdo Lee, Da-Young Kim, Soojin Kim, and Bum-Jin Park. The effects of watching a virtual reality (vr) forest video on stress reduction in adults. *Journal of People, Plants, and Environment*, Vol. 22, pp. 309–319, 2019.
- [5] Jie Yin, Jing Yuan, Nastaran Arfaei, Paul J. Catalano, Joseph G. Allen, and John D. Spengler. Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. *Environment International*, Vol. 136, , 3 2020.
- [6] Yuki Shimomura, Yuki Ban, and Shin'ichi Warisawa. Presenting sense of loud vocalization using vibratory stimuli to the larynx and auditory stimuli. In *Proceedings of the 27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, p. 10. Association for Computing Machinery, 12 2021.
- [7] Eileen Daniel. Noise and hearing loss: A review. *Journal of School Health*, Vol. 77, pp. 225–231, 5 2007.