



VR 環境下における物体の着地衝撃音の音量変更を用いた重量感覚提示手法の提案

Proposal of a Weight Sensation Presentation Method Using Volume Change of Impact Sound of Object Landing in VR Environment

松本隼哉¹⁾, 武田 昌樹²⁾, 永田 裕幸³⁾ 楊 皓宇⁴⁾ 水谷 賢史⁵⁾

Matsumoto Shunya, Takeda Masaki, Nagata Hiroki, You koou, Mizutani Kenji

- 1) 東海大学工学部医用生体工学科 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 0cey1119@mail.u-tokai.ac.jp)
- 2) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117,)
- 3) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 3ceim038@mail.u-tokai.ac.jp)
- 4) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, 1meim007@mail.u-tokai.ac.jp)
- 5) 東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117, mk069882@tsc.u-tokai.ac.jp)

概要 : 先行研究では視覚刺激によるクロスモダリティを認める報告が中心であり聴覚刺激を用いたケースに関する報告は少ないため、どのような聴覚刺激が有効であるかを明らかにする必要がある。また、クロスモーダル現象は複数の感覚刺激を提示することでより効果的であることが報告されており、有用な聴覚刺激の発見が強力な複合刺激提示手法の提案につながると思う。そこで本研究では、音量に基づいて設定した複数の条件を聴覚刺激として採用し、VR 環境下における重量感覚提示を行う上で有効な聴覚刺激について検討する。

キーワード : 重量感覚、聴覚刺激、環境係数

1. はじめに

仮想空間での物体とのインタラクションにおいて現実に近い重量感覚を表現することで VR の体験の質や没入感の向上が期待される。

先行研究では視覚刺激によるクロスモダリティを認めるものが中心である^[1,2,3]。手の震え、強く握る、心拍数の上昇を VR 上でデザインし触覚体験の質を向上させるものは存在する^[3]が、聴覚刺激により疑似触力覚提示された報告^[4,5]は少なく、どのような聴覚刺激が有効か解明する必要がある。本研究では聴覚が重量感覚にクロスモダリティを誘導した事例として、物体着地衝撃の際の金属音と木材

音の音量を変えた場合に、重力感覚への作用が得られた旨を報告する。

2. 実験方法

2.1 VR アプリケーション

作成した実験用アプリケーションを図 1 に示す。被験者は VRHMD を着用し、図 2 に示す実験プロトコルに従ってアプリケーションを実行した。実験は座位で行われ、被験者はコントローラーを使用してダンベル型のオブジェクトを掴み、垂直方向に動かす運動のみを行った。また、ダンベルの輝度値が重量の知覚に影響を与えることを考慮し、中間色の灰色のみを用意した。

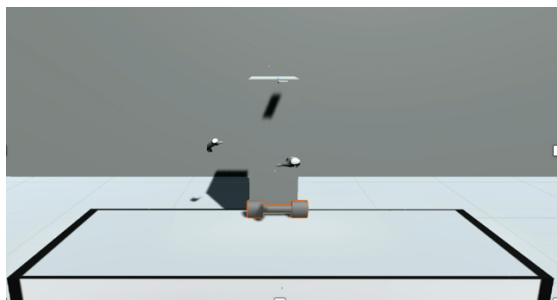


図 1: 実験用アプリケーション

また、本実験では音量に着目し、落下音の基準の音として 2 種類の音源(金属音、木材音)を用意し、それぞれの基準音の音量を 2 倍、1.5 倍、0.75 倍、0.5 倍に変更した音源(ただし、基準音の音量は VRHMD のスピーカー付近で計測して 60dB)を音声編集ソフト Audacity(The Audacity Team)で作成した。

実験は種類の音源で実施し、各実験では基準音、音量変更した音源、無音条件の合計 6 シーンを再生した。

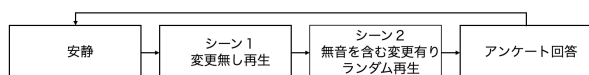


図 2: 実験プロトコル

2.2 実験タスク

被験者として 20 代の大学生 15 名が実験に参加した。実験者は事前に被験者に実験について説明し、ダンベルの落下音に注目して観察することを要請した。被験者は実験者の指示に従って HMD を着用し、コントローラーを利き手に持った状態でアプリケーションの起動を待った。アプリケーション起動後、被験者はダンベルの落下を確認し、落下音を聞いた後に 1 分間垂直方向に自由にダンベルを動かした。実験後、実験者の指示に従って HMD を取り外した。

2.3 評価手法

本実験では、SD 法と ME 法の 2 つの評価手法を使用した。

SD 法は製品の印象を評価するために使用される手法であり、落下音に対する感性評価を取得するために使用した。

ME 法は感覚の数値を評価するためにスティーブンスに

よって考案された手法であり、重力感覚の主観的評価を取得するために使用した。

実験後、実験者は被験者に SD 法と ME 法に関するアンケートに回答するように求めた。

感性評価の項目は、選考研究に基づいて 3 要素 9 項目(評価性(良い⇔悪い、親しみやすい⇔親しみにくい、うるさい⇔静かな)、力量性(強い⇔弱い、硬い⇔柔らかい、動的な⇔静的な)、活動性(はっきりした⇔ぼんやりした、安定した⇔不安定な、鋭い⇔鈍い))を 5 件法で評価した。

ME 法では、基準音に対して感じる重みを 100 に設定し、ランダムに提示された音量が変更された音や無音に対して感じる重みを任意の数値で回答するように促した。

3. 実験結果

3.1 重量感覚評価

図 3 に金属音の音量を変更した場合の ME 法実験結果を示す。無音条件と各条件との間に有意差が生じたことから落下音の有無が重量感覚に影響を与えることが分かった。また各音量と重量感覚評価の間に強い正の相関がみられることから、小さい音量であるほど軽く、大きい音量であるほど重く感じる傾向があることが分かった。また 0.5 倍と 0.75 倍の間で有意差がみられなかった一方で 1.5 倍と 2.0 倍の間で有意差がみられた。

図 4 に木材音の音量を変更した場合の ME 法実験結果を示す。無音条件と各条件との間に有意差が生じたことから落下音の有無が重量感覚に影響を与えることが分かった。また各音量と重量感覚評価の間に強い正の相関がみられることから、小さい音量であるほど軽く、大きい音量であるほど重く感じる傾向があることが分かった。また 0.5 倍と 0.75 倍の間と 1.5 倍と 2.0 倍の間で有意差がみられた。

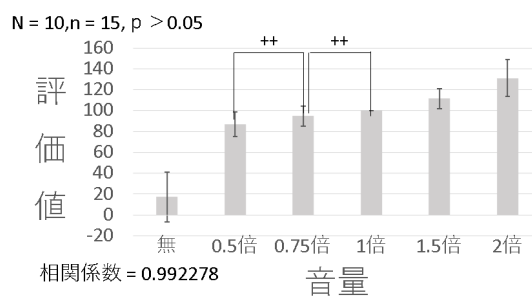


図 3. 金属音の音量を変更した場合の ME 法実験結果

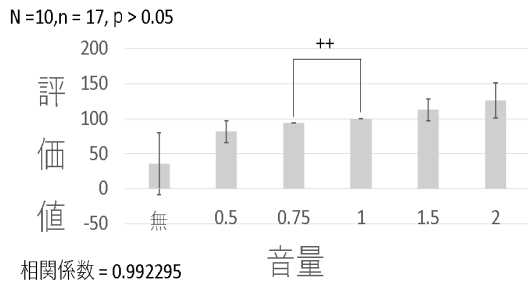


図 4. 木材音の音量を変更した場合の ME 法実験結果

3.2 感性評価

金属音の音量を変更した場合について、SD 法実験結果と ME 法実験結果の相関を算出し、SD 法実験結果および相関係数をまとめたグラフを図 5 に示す。「良い⇔悪い」「うるさい⇔静かな」「強い⇔弱い」「硬い⇔柔らかい」「動的な⇔静的な」「はっきりした⇔ぼんやりした」「安定した⇔不安定な」「鋭い⇔鈍い」の感性評価と重量感覚評価の間に非常に強い負の相関があることが分かる。また「親しみやすい⇔親しみにくい」においても負の相関がみられることが分かる。

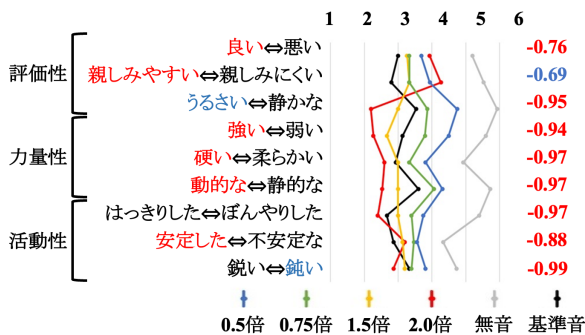


図 5 金属音の音量を変更した場合の SD 法実験結果

木材音の音量を変更した場合について、SD 法実験結果と ME 法実験結果の相関を算出し、SD 法実験結果および相関係数をまとめたグラフを図 6 に示す。「良い⇔悪い」「親しみやすい⇔親しみにくい」「うるさい⇔静かな」「強い⇔弱い」「動的な⇔静的な」「はっきりした⇔ぼんやりした」「安定した⇔不安定な」の感性評価と重量感覚評価の間に非常に強い負の相関があることが分かる。また「硬い⇔柔らかい」「鋭い⇔鈍い」においても負の相関がみられることが分かる。

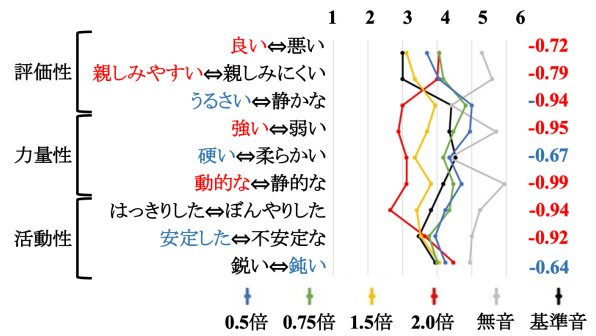


図 6 木材音の音量を変更した場合の SD 法実験結果

4. 考察

今回の実験では音の想起が起り重量感覚の増加につながったと考えられる。被験者の操作によるダンベルの落下音という日常にある身近な音であった点や、手の高さからの単一の音であり、現実では存在する背景音が聞こえなかったため想起がしやすかった可能性がある。基準音の 2 倍の音量はイヤホンの最大音量ほどの音であり騒音に近い音であった。基準音の 0.5 倍の音でも日常会話などで聞こえるような想起させるには十分な音であったのに対して過去の研究で使用した音源は現実の背景音でかき消されるような細やかな音で実験をされている。想起するには過去に聞かせている音は小さすぎて想起に結びつかない音であったことが考えられる。基準音として使用した音源が 60dB であったため音を想起させるために十分な音刺激であったと言える。そのため想起を起こすには十分な音刺激でなければクロスモーダルは発生しない可能性がある。今回我々は衝撃音を対象に騒がしい音で重量感覚の増加を起こすクロスモーダルを検証したが先行研究では細やかな音を対象とした事象を静寂な音で想起させようと試みていた。クロスモーダルによる想起を誘発するには一定音の音量がないと音刺激としての認識に至らなかったことが考えられる。

5. むすび

VR 空間において物体の落下音の有無が重量感覚に影響を与えることが分かった。また、物体の落下音の音量を大きくすることで、重量感覚が増すことがわかった。

映像の没入感を増す「良さ」「親しみやすさ」「はっきりさ」「安定さ」への評価や、落下物の質を想起させる「うるささ」「強さ」「硬さ」「動的さ」「鋭さ」への評価がどのように重量感覚に影響を与えるかが分かった。また落下音の音色が持つ性質が落下

音に対する印象に影響を与える可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 平尾 悠太朗, 三家 礼子, 河合 隆史: “VR 空間におけるクロスモーダルを用いた重さ感覚提示手法の提案と評価” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.23(4), pp. 263-270 (2018)
- [2] T. Narumi, T. Kajinami, S. Nishizaka, T. Tanikawa, M. Hirose: “Pseudo-gustatory display system based on cross-modal integration of vision, olfaction and gustation” IEEE Virtual Reality Conference, Singapore, Mar. 19–23, pp. 127–130 (2011)
- [3] Augmented Cross-modality: Translating the Physiological Responses, Knowledge and Impression to Audio-visual Information in Virtual Reality Yutaro Hirao and Takashi Kawai Department of Intermedia Art and Science, Waseda University, 3-4-1 Okubo, Shinjuku, Tokyo, 169-0072, Japan
- [4] 臼井 亮人, 中島 武三志, 菅野 由弘: “視覚及び聴覚刺激によるクロスモーダル現象を利用した力覚の錯覚” エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, pp.184-187 (2017)
- [5] 植井康介, 飯田隆太郎, 中島武三志, 菅野由弘: “3MR 環境における接触音の音量が触感に及ぼす影響” エンタテインメントコンピューティングシンポジウム(EC2019) 論文集, pp.179-184 (2019)