

音刺激の提示を伴う合成反力知覚に関する研究

定司 葉† 盛川 浩志‡ 小宮山 撰‡

青山学院大学大学院 理工学研究科†

青山学院大学 理工学部‡

1. はじめに

近年, AR(拡張現実感: Augmented Reality) や VR(仮想現実: Virtual Reality)といった分野は様々な研究が進められてきているが, これらの分野でクロスモーダルな知覚特性を利用した情報提示に注目が集まっている. 複数の感覚提示を同時に行うことで錯覚などを利用し提示の難しい感覚を再現するというものである.

これまで我々は五感のうち聴覚と触覚の関係性に着目し, 仮想空間における触力覚の再現性の向上を目的として, 物体に触れたときに発する音が触覚の知覚に及ぼす影響について明らかにしてきた[1]. 本研究ではそれに加え, 音色の知覚への影響について調べることを目的としている.

2. 先行研究

Kjær らは反力提示デバイスを用いてバーチャル物体の表面をこすった場合の音刺激の影響について研究を行い, 音刺激による滑らかさ知覚への影響について明らかにしている [2]. また, Avanzini らによる研究[3]では触覚剛性が等しい物体に反力提示デバイスを用いて触れた場合, 提示される音刺激によって知覚する硬さに変化が生じることを明らかにしている. しかし, この実験では反力提示デバイスで提示する硬さが一定である上, 画面に描画したバーチャル物体が見える状態で触れるという方法を取っており, 触覚と聴覚の相互作用以外の要因の可能性を排除できていない.

3. 実験

3.1. 目的

目的本実験の目的は, 視界を遮った状態で様々な音や硬さのパラメータを持つバーチャル物体に反力提示デバイスで触れ感じた硬さを答えてもらうことにより, 音が硬さの知覚に及ぼす影響の有無を調べることである.

Perception of Synthesized Reaction Force with Auditory Stimulation,

†Shiori Jozuka: Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University, ‡ Hiroyuki Morikawa and Setsu Komiyama: Collage of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

3.2. 実験装置

実験では反力提示デバイスとして 3 自由度で反力の提示を可能とする Phantom Omni(SensAble Technologies)を使用した. Phantom Omni は, PC 上で生成した仮想オブジェクトに対し 1 点での高精度の反力の入力・提示を行う力覚入出力装置である. 本デバイスの提示可能最大スティフネスは約 2.3N/mm である.

プログラムは OpenHaptics Toolkit を利用して C++で実装した. 仮想物体とスタイラスの衝突を検知すると waveOut 関数を利用して音を再生する. 仮想オブジェクトの硬さを s で指定すると反力提示デバイスは「最大のスティフネス $\times s/10$ 」のスティフネスを提示する. また, バーチャル物体に触れたところから音が聞こえると感じさせるために, スピーカ Fostex PM0.4n を反力提示デバイスの左右に設置した(図 1).



図 1 実験風景

現実性の向上のため, この音刺激はバーチャル物体に触れた時の反力提示デバイスのスタイラスの速度の 2 乗に比例した音圧を与える. 図 2 に実際の聴取位置における音圧を示す.

3.3. 実験方法

実験はマグニチュード推定法を用いる. 6 から 10 までのいずれかの硬さのパラメータを有し, 触れた時に wood(木), glass(ガラス), beep(ビーブ音), silent(無音)の 4 種類のいずれかの音を提示するバーチャルの立方体に被験者に目隠しを

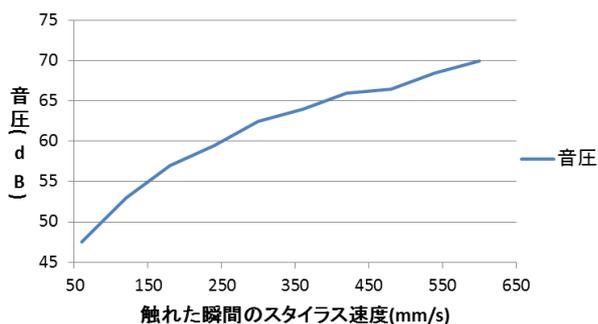


図 2 スタイラス速度と音圧の関係

装着した状態で触れさせ、感じた硬さを標準刺激を 10 として数値で回答させる。

実験開始直後に標準刺激として音 silent を返す硬さ 8(1.84N/mm)の立方体を提示した。その後硬さと音の異なる 20 の組み合わせの立方体に触れてもらう。この時スタイラスを軽く振り下ろすように触れること、音量の変化を実感するために様々な強さで触れることを指示した。これを被検者 1 名につき 6 セット行う。被験者は 20 代の男女 4 名である。

3.4. 実験結果・解析

実験結果のグラフを図 3 に示す。

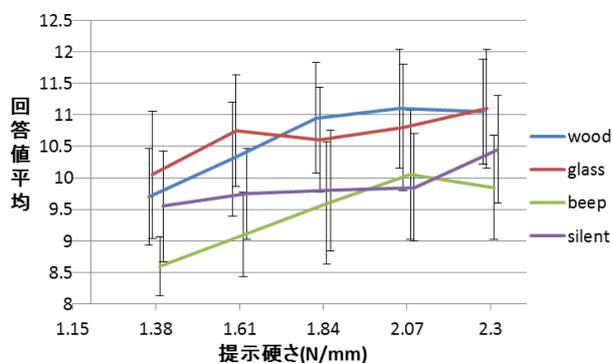


図 3 回答値平均と標準誤差

被験者が最初に行った 1 セットを除いた解析の結果、音刺激 silent に対する wood, glass, beep の平均値の変化率 ΔS は図 4 のように示された。ここで、 ΔS は(1)式で与えられる。 \bar{s} は音刺激 silent の平均値である。

$$\Delta S = (\bar{x} - \bar{s}) / \bar{s} \quad (1)$$

図 4 より wood と glass は silent より硬く、beep は柔らかく知覚するという傾向が示されている。

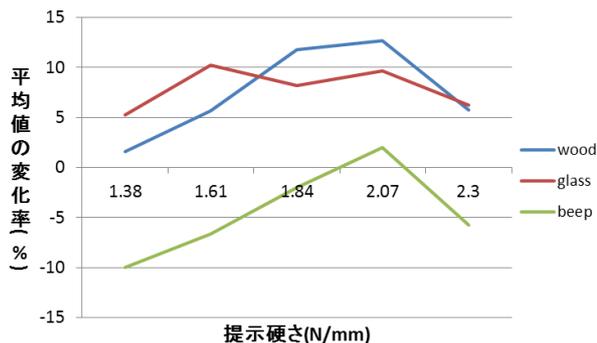


図 4 音刺激 silent に対する wood,glass,beep の回答値平均の変化率

4. 考察

図 3 においては音刺激 silent に対する変化率が wood, glass で正、beep で負と示されている。このことから、Phantom Omni での反力提示において、音刺激 wood と glass はより硬く知覚させる効果があると考えられる。音刺激 beep は日常で物体に触れた時に聴くことのできる他の 2 種の音刺激と異なり主にコンピュータの操作において注意を引く時に使われる人工音であるため、硬さ感覚の知覚にはあまり影響せず、wood と glass との差異としてこのような結果が出たという可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では音刺激の種類によって異なる影響を力覚知覚に及ぼすことが明らかになった。音刺激の中でもいわゆる打撃音とは全く異なるものを提示した際に関して、鳴っても影響がなく、仮想空間の構築においても知覚とは無関係に提示できる可能性が示唆された。また現状の反力提示デバイスで提示できる硬さには限界があるが、音により実際より硬い感覚を表現できる可能性がある。今後の課題としては、実験における再生音の周波数の広域化による物体の材質の多様化が挙げられる。

参考文献

- [1] 定司栞, 盛川浩志, 小宮山撰: 硬さ感覚の合成における音刺激の影響, 日本バーチャリアリティ大会第 19 回大会講演論文集(CD-ROM), 12B-1, 2014
- [2] Kjær, H.P., Taylor, C.C., Serafin, S.: INFLUENCE OF INTERACTIVE AUDITORY FEEDBACK ON THE HAPTIC PERCEPTION OF VIRTUAL OBJECTS, Proceedings of the 2nd International Workshop on Interactive Sonification, York, UK, (2007).
- [3] Avanzini, F., Crosato, P.: Haptic-auditory rendering and perception of contact stiffness, Proceedings of HAID 2006, Glasgow, UK, pp. 24–35, (2006).