

非整数階微分を用いた VC の連続的な提示における触感の変化に関する考察

伊藤 滉祐 (福井大学) ・川井 昌之 (福井大学)

1. はじめに

人間の感覚は周囲の環境やそれまで得てきた感覚の影響により、実際とは違った感覚を得ることがある。本研究では、視覚における対比現象[1]と呼ばれる錯覚現象を参考に、VR 環境内における触覚の対比現象について調査する。その際に用いる手法として、本研究で提案している非整数階微分を用いた VC (バーチャルカップリング) の周波数域受動性設計[2]を用い、様々な感触を生じさせる異なる VC を続けて提示した場合に、その感触が異なるかを調査する。

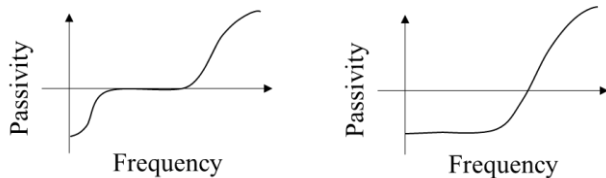
2. 研究方法

本研究ではインピーダンス型力覚提示装置を用いて、仮想床をたたく実験を行う。対象と異なる性質の床面をたたいた前後の感覚が、同じになるかどうかを考察する。また、硬さだけでなく、様々な反発感を変えた場合などを考察していく。

(1)式に示されるような、複数の非整数階微分項を用いた VC を構成し、周波数領域で受動性を設計することで、様々な感触が得られる。

$$f_{\alpha} = -Kx - B_{\alpha} \left(A_1 \frac{d^{\alpha_1} x}{dt^{\alpha_1}} + A_2 \frac{d^{\alpha_2} x}{dt^{\alpha_2}} + \dots + A_d \frac{d^{\alpha_d} x}{dt^{\alpha_d}} \right) \quad (1)$$

ここで、 K [N/m]は仮想ばね係数、 B_{α} は非整数階微分項の係数、 $d^{\alpha}x/dt^{\alpha}$ は非整数階微分を表し、 α は微分階数であり、任意の実数である。また、 A_d ($d = 1, 2, \dots, c$)は非整数階微分項の係数、 α_d ($d = 1, 2, \dots, c$)は階数、 d は線形結合する項数である。これらの係数をうまく設計することで、周波数毎の受動性を設計することができ、Fig. 1(a)に示されるような低周波数のみに受動性を有する場合、ゴムボールなどの高い反発感が得られ、Fig. 1(b)に示されるような高い周波数まで受動性を持たせた場合、低反発材のような感触が得られる。



(a) Low-freq. passivity and higher restitution feeling. (b) Mid-freq. passivity and lower restitution feeling.
Fig.1 Passivity design along frequency

そこで、低反発から中間の反発感と続けて提示した場合と、高反発から中間の反発感と続けて提示した場合とで、提示上は同じ中間の反発感が、同じように感じるかどうかを調査する。

3. 実験と考察

実験では、被験者(6名)が画面に表示された仮想床を指定された動作でタッピングする。床面は、はじめに反発感が強い VC (以下 L) を 16 回提示し、次に反発感が弱い VC (以下 H) を 16 回提示する。そして最後にも

う一度、L の VC を 16 回提示し、最後に提示した L の触感をどのように感じるかの調査を行った。調査では、被験者は最初に与えた L の反発感を基準に、その後の H、L の反発感をどれほど感じたかを $-4 \sim +4$ の数値で回答するとともに、各 VC に対するタッピング動作を行っている間に、跳ね返りの高さを計測した。Fig. 2 にその結果を示す。Fig. 2 (a) では被験者が行った反発感の評価を、Fig. 2 (b) では被験者のタッピング動作時の指先位置が仮想床から離れた後の振り上げ高さである。

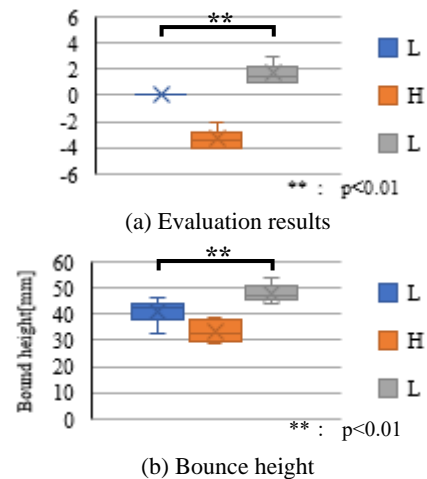


Fig.2 Results of tapping experiment (L→H→L)

Fig. 2 (a)より、はじめに提示した L の VC に対して、H の VC を提示した後の L の触感は反発感が強く評価されていることがわかる ($p < 0.01$)。これは 2 回目に提示された L の VC が直前に提示されている反発感の弱い H の VC の影響により、被験者が反発感の弱い触感を期待したまま反発感が強い触感にタッピングしたため、反発感がより強い触感であると評価されたものと考えられる。また、Fig. 2 (b)より、H の VC 提示後の L の VC では振り上げ高さが高くなっていることがわかる。これは被験者が期待した反発感との不一致から振り上げ高さが高くなり、より反発感を強く感じたと考えられる。なお、順番を逆にした実験も行ったが Fig 2 の実験と同様の結果が得られた。これらの結果より、単体での提示に比べより幅の広い表現が可能であることが分かった。

4. 終わりに

本研究では、反発感の異なる VC を連続的に提示した場合の感覚について調査した。今後は、より複雑な触感を持つ VC を比較した場合の影響を調べる必要がある。

参考文献

- [1] 北岡明佳, “彩度の対比と同化(色の錯視いろいろ), ” 日本色彩学会誌, 日本色彩学会誌 39(1), 35-36, 2015.
- [2] 池田, 川井, 黒田, “非整数階微分を用いた VC の周波数域受動性設計と VC 見本”, 日本 VR 学会論文誌, No.25, Vol. 4, 394-401, 2020.