

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18426

研究課題名（和文）3Dバーチャルリアリティと触覚技術を融合させた高齢者リハビリ システムの開発

研究課題名（英文）Development of a rehabilitation system for the elderly that integrates 3D virtual reality and tactile technology

研究代表者

佐藤 啓壮（Sato, Keizo）

東北大学・医工学研究科・特任講師

研究者番号：90513614

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：視覚による3DVRと指先を与えた振動を用いた、触覚による新たなリハビリテーションコンテンツ開発の基礎データを研究した。振動を与えて疑似的な運動感覚を起こさせるハプティックイリュージョン現象を高齢者と若年者間で比較した。結果、高齢者は若年者に比較し、振動周波数で40Hz、80Hz、160Hzで有意に正解率が低く、120Hzでは差が生じなかった。また、振動強度での比較では、低強度から高強度まで一貫した特徴が無く、全体的に高齢者の方が正解率が低かった。運動方向が全く分からないと答えた不明率では差がなかった。軸方向による比較では、高齢者は右方向、下方向で有意に正解率が低い差が生じた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3DVRを用いたリハビリテーションは近年、新たな訓練手法として様々な取り組みがなされている。特に高齢者に対する3D VR曝露に関する基礎的研究は運動、認知機能など様々な影響を与えると推測され研究が盛んに行われている。本研究は高齢者へ視覚情報のみの3D VRだけではなく、触覚を複合させた新たな若年者の反応と比較する事で、3D VRの高齢者リハビリテーション利用に際する、身体的、精神的相違を明らかにする事を目的として行われ、運動感覚を疑似的に体感できるハプティックイリュージョンにおいて、感覚や正確性などに差があることを報告した。これは、今後、3DVRコンテンツを製作する上での重要な意義となる。

研究成果の概要（英文）：Basic data for the development of new haptic rehabilitation content using 3D virtual reality (3DVR) with vision and vibrations given to fingertips was studied. The haptic illusion phenomenon, in which vibration is given to cause a pseudo-motor sensation, was compared between the elderly and young adults. The results showed that the elderly had a significantly lower rate of correct responses at vibration frequencies of 40 Hz, 80 Hz, and 160 Hz, and no difference at 120 Hz, compared to the younger subjects. In addition, the comparison in terms of vibration intensity showed no consistent characteristics from low to high intensity, and overall, the elderly had a lower percentage of correct answers. There was no difference in the percentage of unknowns who answered that they did not know the direction of motion at all. In the comparison by axial direction, the elderly showed significantly lower differences in the percentage of correct answers in the right and downward directions.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：3DVR ハプティックイリュージョン リハビリテーション ゲームフィケーション

1. 研究開始当初の背景

3次元バーチャルリアリティ(以下、3D VR)は、ハードウェアの多様化、一般化に伴い、近年、急激に一般社会に浸透しつつある。3D VRの使用用途では、最も多いのがゲーム等のエンターテインメント用途であり、販売普及台数の急激な増加やニーズの高さから、一般化、低価格化、開発環境の整備等を含めて3D VRの普及を後押ししている。他には、教育や作業に関するシミュレーション、産業分野、医療、介護分野まで多岐に渡りつつある。この分野の中でも、医療、介護分野は注目されている分野の一つであり、様々な疾患や年齢に対しての介入研究が始まっている。特に高齢者に於いては、痛みの軽減、認知症への介入等が報告されている。3D VRを高齢者の機能向上に使用する障壁は急激に下がっており、今後、更に様々なコンテンツが出現すると思われる。従来は、3D VRコンテンツ自体が、機器を含めて高価であり、体験する機会が少なかったが、あまりにも急激な一般化により、機器の定価格化やコンテンツ自体の完成度の高さから、爆発的にマーケットが広がっているのが現状である。その為、安易に日常生活で体験する事の無い、3D VRのコンテンツが、長期的に高齢者へどのような影響を与えるかは解明される前に一般化されつつあるのが現状である。また、3D VRの最大の欠点であった、「触れない」事に関して、近年、触覚の錯覚を利用したハプティック技術も急激な進歩を遂げており、既に多くの小型ゲーム機器のインターフェースに於けるフィードバック刺激として利用されている。VRコンテンツ内で「触れる」感触が得られる事は、大きな技術的発展である。ハプティック技術の医療用途では、内視鏡手術やロボット手術の際のフィードバックとしての利活用の開発が進んでいる。

2. 研究の目的

研究1. ハプティック(触覚)技術を用いた、振動覚フィードバックの反応の比較

振動を指先に与えることで運動誘導の錯覚を起こす自己運動錯覚(ハプティックイリュージョン現象)と言われ、自動的にも他動的にも物理的動いていないのに、動いているような感覚を知覚する錯覚の一つである。本研究では、この自己運動錯覚における感じ方や誘導方向と、実際に感じている方向の正答率において若年者と高齢者と相違があるかを検討する。この自己運動錯覚は臨床では切断した腕や足に起こる幻肢痛の緩和や、中枢疾患時の麻痺肢の疼痛緩和などの認知行動療法などに応用され、報告されている。発生機序として、触る感覚と振動を感知する感覚器の感覚線維の同時発火から皮質脊髄路の興奮や、より中枢である大脳皮質運動領域の活性化などが報告されている。本研究では、視覚を用いない純粋な触覚情報による自己運動錯覚が高齢者と若年者間でどのように相違するのかを念頭に計測を行い検討する。また、加齢により感覚機能の低下が起こるのは周知の事実であるが、この中で触覚に関する機能低下が自己運動錯覚にどのように影響するかを検討する事を目的とした。

研究2. 高齢者、若年者における3D VR遂行時の反応の比較

研究で用いる市販用の3D VRゴーグルを準備し、そのゴーグルの画像内にターゲット(ボール)を3次元座標軸上に表示するソフトウェアを外部委託して製作する。その後、計測システムに問題が無いことを確認した後に、研究倫理申請書類に則った方法で、研究に同意の得られた視力に異常の無い健康な65歳以上の高齢者15名程度、若年者15名程度を募集する。3D VRのゴーグルを付けた状態で、研究用に製作した3次元座標上に配置されたボールを、指定された手で、または足で触るタスクとする。ボールを捕捉成功した場合は、ボールの色が変わる・ボールが消えるな

どの視覚的な成功情報を提示する。被験者は同時に 3 次元動作解析用のスーツを装着し、各関節の動きとターゲットとの 3 次元座標位置を計測する。また、計測時は床反力計の上に立ち、重心の変動も記録する。その際、同時に本研究にて購入した簡易型脳波計、及び、既に保有している心拍計、鼻尖温センサで生理学的変化を記録する。タスク実施時の 3 次元配置されたボールと、3 次元動作解析装置の手の座標との正確性、反応時間、タスクの間中の脳波、鼻尖温度変化によるストレス度、加えて、床反力計からの重心変動などを若年者と高齢者で比較する。なお、既に、3 次元動作解析装置、床反力計、及び心拍計等の計測機器は当研究室にて所持しているものを使用し、全て同期を取る様システム構成する。また、計測の前後には質問紙を用いて、現在の心理的状況も聴取する。

3. 研究の方法

研究1. 運動感覚誘導駆動装置(振動発生装置)をハプティックアクチュエータ(ALPS-Alpine 製)を用いて制作した。研究の被検者を募集し、若年者 10 名、高齢者 7 名に第 1 指、第 2 指にて把持させ、振動の強さ(6種の強度)、振動の周波数(5種類の周波数)、振動の方向(6方向)などの各条件での感じ方や誘導方向との正答率などを比較した。

研究2. はじめに市販の3次元 VR ゴーグル内であらかじめ設定した3次元座標軸上にランダムに発生するバーチャルな数字が書かれたボールを提示し、1から順に3DVR ゴーグル内に表示されたあらかじめ被検者の指先と3次元座標軸上でキャリブレーションを行い、そのバーチャルな指先でターゲットをタッチするシンプルなタスクとする。その際、同時に各関節運動をを3次元動作解析装置に取り込み、3DVR コンテンツと時間同期を行い、タッチ時の3次元座標軸とその際の重心動揺、関節角度などの運動学的データを収集して比較する。

4. 研究成果

研究1 .視覚による3DVR(3次元バーチャルリアリティー)と指先に与えた振動を用いた、触覚による新たなハプティックコンテンツ開発の基礎データを研究した。まず、振動を与えて疑似的な運動感覚を起こさせる現象である、ハプティックイリュージョン現象に関する高齢者と若年者間での感じ方や正確性を比較するため、ハプティックイリュージョン発生装置を製作して比較した。結果、高齢者は若年者に比較し、振動周波数で 40Hz、80Hz、160Hz で有意に正解率が低く、120Hz では差が生じなかった。また、振動強度での比較では、低強度から高強度まで一貫した特徴が無く、全体的に高齢者の方が正解率が低かった。運動方向が全く分からないと答えた不明率では差が無かった。軸方向による比較では、高齢者は右方向、下方向で有意に正解率が低い差が生じた。この結果は 2021 年 9 月の日本体力医学会(バーチャルカンファレンス、三重県)にて報告した。

研究2 .3D VR 空間上の指先、足先の運動の正確性の若年者との相違を比較するため、3DVR のアプリケーション開発キットを用いて計測システムを製作した。3DVR ゴーグルを装着して、バーチャル空間上にランダムに設置した数字を指で追うコンテンツとした。空間上の精度評価を光学式三次元動作解析装置と同時に計測し、X 軸で $\pm 3.48\text{mm}$ 、Y 軸方向で $\pm 11.12\text{mm}$ 、Z 軸方向で $\pm 8.99\text{mm}$ の精度を有する者を確認した。計測機器を用いて反応時間、正確性を若年者、高齢者間で比較する計測の準備は完了したが、2021 年 1 月からの被験者募集が COVID-19 による影響で、密室である計測室の使用が研究期間中に完全に閉鎖され、計測が不可能であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤啓壮
2. 発表標題 運動錯覚による運動誘導感覚の若年者と高齢者の比較
3. 学会等名 第76回日本体力医学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------