

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32206

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18429

研究課題名(和文) Parkinson病・脳卒中患者の人混みでの歩行を改善する練習用アプリの開発

研究課題名(英文) Software application development to improve gait in a crowd for patients with Parkinson disease and stroke patients.

研究代表者

富永 渉 (Tominaga, Wataru)

国際医療福祉大学・小田原保健医療学部・准教授

研究者番号：30711642

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)：本研究は、バーチャルリアリティ(VR)を用いた視覚誘導性自己運動感覚(ベクション)を誘発する映像の提示が、静止立位姿勢に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。ベクションとは、視覚によって自分自身が動いているように感じることをいう。ベクションには周辺視野が重要な役割を担っているという過去の報告から、周辺視野への映像提示に適しているVRを用いて姿勢への影響について健康な若年者と高齢者を対象として調査を行った。その結果、高齢者では周辺視野への映像提示を制限した時に、全視野への映像提示のときよりも、立位姿勢の動揺が抑えられた。若年者では高齢者のような差はみられなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VRは映像提示の新しい手法であり、従来の映像提示に比べると、仮想空間に実際にいるような臨場感が得られ、その没入感覚が特徴とされている。一方で、その没入感覚によって、姿勢への影響が懸念される。本研究では、静止立位姿勢においてVRを用いたベクション刺激を観察することで、立位保持時の重心同様に影響が見られること、加えて若年者と高齢者を比較することで、ベクション刺激に対する姿勢制御の戦略が異なることが明らかになった。VRをリハビリテーション医療の現場でさらに広く活用するためにも、VRを用いているときの姿勢制御特性における重要な基礎的知見が得られた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the effects of presenting images that induce visually induced self-motion sensation (vection) using virtual reality (VR) on static standing posture. Vection refers to the sensation that one's own body is moving by visual perception. Based on a previous report that the peripheral vision plays an important role in vection, we investigated the effects on posture using VR, which is suitable for presenting images in the peripheral vision, in healthy young and elderly subjects. The results showed that when the presentation of images to the peripheral vision was restricted, the elderly showed less postural sway in the standing posture than when images were presented to the full field of vision. The younger subjects did not show the same difference as the older subjects.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：バーチャルリアリティ ベクション オプティックフロー 静止立位 筋電図 床反力 三次元動作解析

1. 研究開始当初の背景

(1) パーキンソン病や脳卒中後に人混みの中を歩くことに対して不安を感じる人は多い。不意に動く人を予測できないことや、咄嗟の判断で進路を変更したり、歩みを止めたりすることが困難になることがその主な理由として考えられる。このような理由で外出を控えることが、これら障害高齢者の活動性を一層低下させ、ロコモティブシンドロームやさらなる身体機能の低下を引き起こすことが懸念される。そこで、本研究はパーキンソン病や脳卒中後に人混みの中を歩くことに対して不安を感じている人に対して、歩いている時の視覚映像を見ながら、映像に対して安全な対処技能を練習できるアプリケーションを開発し、そのアプリケーションを用いた練習によって、安心安全な歩行による移動が可能になり、健康寿命の延長に繋がるのではないかと考えた。

(2) 人混みのような無秩序に人が行き交う中で、視覚情報が歩行や姿勢に与える影響は明らかではないため、まず視覚情報が動きを伴わない静止姿勢に与える影響について、近年普及が著しく、通常の映像提示よりも強い臨場感や没入感覚が得られるバーチャルリアリティ(VR)を用いた映像提示の影響を調べることにした。映像には、これまでに多く報告されている視覚誘導性自己運動感覚(ベクション)を引き起こす映像を用いることにした。ベクションとは、例えば中心から周辺に向かって映像が拡散するように動くと、自分自身が前進しているように感じる錯覚のような知覚のことを言い、逆に中心に収束する映像であれば後退しているように感じ、全体が左に動くと自分は右に動いている、あるいは右に回転しているように感じる。ベクションを引き起こすためには周辺視野への映像提示が重要であり、広い視野に映像を提示できる VR を用いたときには強いベクションを示すことが可能になると考えた。

(3) また、リハビリテーション医療における高齢者や障害者の転倒予防は大きな課題であり、そのための身体機能評価として姿勢反射の評価は重要である。高齢者では姿勢制御を行う上で視覚優位になることも数多く報告されているため、VRを用いた視覚映像が姿勢を乱す外乱として作用するのではないかと考えた。仮想空間上での視覚的外乱の強さを定量的に表すことができることで、より詳細な姿勢バランスの評価が可能になる。

2. 研究の目的

本研究は、頭部に装着するヘッドマウントディスプレイ(VRゴーグル)を用いたベクション刺激の提示によって立位姿勢の保持にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とする。そのために、ベクション刺激提示下での床反力(重心)を計測し、健常若年者と健常高齢者で比較しそれぞれの年齢群における特徴や傾向を明らかにする。また、ベクション誘発には周辺視野の役割が示唆されていることから、周辺視野へのベクション刺激の提示範囲を制限した時の重心動揺を比較する。加えて、高齢者はマルチタスク下で重心動揺が増加する傾向にあるという報告から、ベクション刺激を見ている時に認知課題を並行して行っている時の重心も計測する。通常条件とこれら2条件とを比較し、VRを用いたベクション誘発刺激を見ている時の、周辺視野の影響並びにマルチタスクの影響について明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 研究倫理

本研究は、国際医療福祉大学倫理委員会の承認を受けて行った。実験被験者(以下被験者)は、過去に神経系および視覚系に障害を呈する疾患に罹患したことがない者とした。被験者には計測前に口頭ならびに書面で実験の説明を行い、同意を得た後に計測を行った。

(2) 被験者

若年者は国際医療福祉大学小田原保健医療学部内で募集し、23名の被験者が実験に参加した。高齢者は小田原市シルバー人材センターで募集を依頼し、20名が参加予定となったが、計測前の説明で不安を感じ同意が得られなかった被験者が1名、計測当日に体調不良で参加を取りやめた者が1名で、最終的に18名の計測を行った。

(3) 高齢被験者に対する配慮

高齢被験者に対しては、インフォームドコンセントを取った後に、高血圧などのリスク因子を把握するために血圧を測定し、全身的な筋力の指標と考えられている握力を測定し、認知機能のスクリーニング評価としてMMSEを測定した。また、その日の体調やVRの使用経験、乗り物酔いのし易さなどを問診した。また、計測時にはバランスを崩して後方に転棟することを防ぐために後方にベッドを配置し、実験者も近くで待機するようにした。

(4) 計測

生体信号の計測は床反力計による足圧中心（重心）の測定と、VR の映像と床反力計のデータとを同期させるために利き手の母指球で筋電図を計測した。

床反力計の計測は AMTI 社製の床反力計を 2 枚用い、被験者は 1 枚の床反力計に片足ずつ載せ、静止立位をとった。床反力計ならびに筋電図のサンプリング周波数は 1kHz であった。

(5) 実験条件

VR 観察条件は、①全視野で画面の中心から外側に球体が拡散する映像を見る条件、②左右外側の視野角を制限した条件、③全視野で拡散する映像を見ながら、実験者がランダムに「1」または「2」を読み上げ、「1」と聞こえたときだけボタンを押すマルチタスク条件とした。中心から外側に拡散する球体の速度は 3 回速度が突然変化するようにプログラムした。開始から 5 秒で早くなり、その 7 秒後に遅くなり、さらに 7 秒後に早くなり、最後に開始時の速度に変化した。被験者は最初に VR を装着せず 5 秒間の静止立位で床反力を計測した。その後、実験条件の 3 種類の VR 観察条件を 3 セット、合計 9 試行の計測を行った。VR 観察条件は、1 試行 30 秒間で、計測開始の指示の後、被験者が利き手に持っているモーションコントローラーのボタンを押し、ボタン押しから 30 秒間計測を行った。

(6) 床反力計の解析

計測された 2 つの床反力計のデータから、1 点の合成足圧中心（CoP；重心の真下で床反力計の上にあるとみなされる点）を計算で求め、CoP の前後、左右変動幅、CoP 軌跡の総移動距離を求め、被験者群間ならびに条件間で比較した。得られたデータのうち、被験者がモーションコントローラーでボタンを押した時点から 30 秒間のデータを切り出し、最初の 2 秒と終わりの 3 秒を除いた 25 秒間の信号を解析対象とした。解析範囲の始めの 0.1 秒間の値をベースラインとし、その後の変化を条件間で比較した。

4. 研究成果

(1) 若年者の結果

23 名の被験者のうち、母指球筋電図が得られなかった 1 名を除き、22 名の解析を行なった。図 1 に見られるように、若年者の CoP 変動は左右方向よりも前後方向で大きくみられた。これは、ヒトの骨格構造によるものと考えられる。静止立位の場合、足関節戦略と言って、その姿勢保持のために主に足関節の動きを調節することが知られている。外乱が大きくなると股関節の動きを用いる股関節戦略やステップ戦略と呼ばれる姿勢保持のための調整機構が働き出すが、今回のような静止立位の保持の際には主に足関節戦略が用いられる。両脚支持で立位を保持した時には、足関節の構造上左右よりは前後に大きく動くことが可能である。したがって、今回の結果もそのようなヒトの骨格構造を反映した結果であるといえる。図 1 左の図は、22 名全被験者の前後左右方向の CoP 座標の平均値を求め、2 次元平面にその軌跡を描いた図になる。一見し

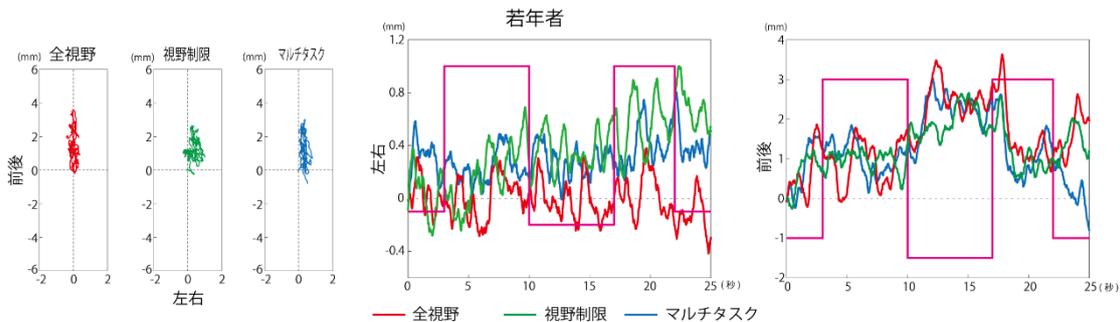


図 1 若年者の CoP 変動 (左) 水平面における CoP の変動軌跡、(中) 左右方向の CoP 変動、(右) 前後方向の CoP 変動

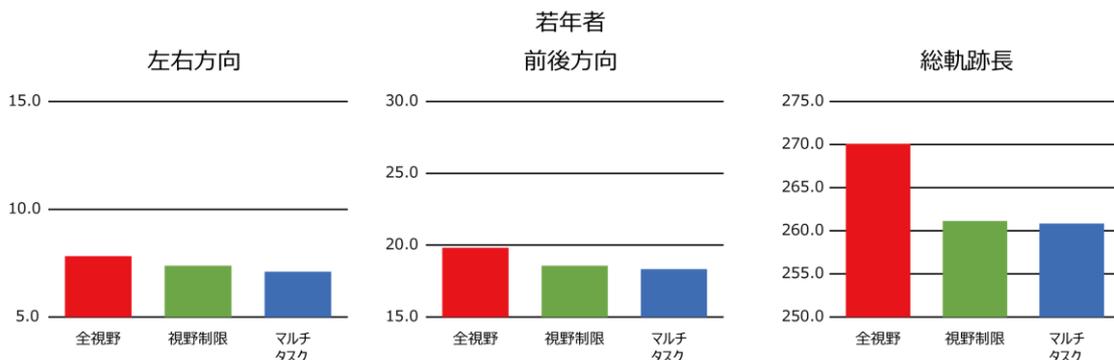


図 2 若年者の CoP 変動の平均値

たところ、全視野条件における前後方向の変動が大きくみられる。図2は全被験者の各条件における左右、前後、総軌跡長の平均値を示した棒グラフである。これらの図から、全視野にベクシオン刺激を投影しているとき（赤）に最もCoPの変動がみられたように見えるが、3条件間で統計学的な有意差は見られなかった。図1右は前後方向のみのCoP座標の変化を示している。ピンクの線はベクシオン刺激の速度を表しており、上の方が速い速度を表している。開始時から徐々にCoPは前方に移動し、ベクシオンの速度が速くなるとそこで安定しようとする。次いでベクシオンが減速すると、CoPはさらに前方に移動し、その後再び加速するとCoPはベースラインに近いところまで後退する。ベクシオンの速度が速くなった時、つまり加速を感じたとき、重心は後方に移動することを経験的に学習しているため、バランスを取るために前方に移動させようとしてCoPは前方に移動したものと考えられる。ただし、1回目の加速後（3秒）にはさらに前方に行く様子は見られず、前方に移動した状態を保っていた。また、減速が生じた10秒以降には、CoPがさらに前方に移動し、2度目の加速後（17秒）には後方への移動がみられた。

(2) 高齢者の結果

計測を行った18名の被験者のうち、母指球筋電図が計測できなかった3名を除き、15名のCoP変動を若年者と同様に解析した。高齢者においても、若年者と同様にCoP変動は前後方向に大きくみられた。図3右に見られるように、高齢者では開始後から徐々にCoPは後方に移動し続け、1回目の加速後も後方への移動が続く。そして減速時には若年者と同様に前方に移動し、2度目の加速時も同様に後方に移動した。また図4に見られるように、左右方向、前後方向の変動幅では条件間に有意差は見られなかったが、総軌跡長においてベクシオン刺激を投影する視野角を制限した時（緑）に、他の2条件よりも小さく統計学的な有意差も認められた。つまり、ベクシオン刺激を提示する範囲が狭いほど、静止立位の変動は減少することが示唆された。

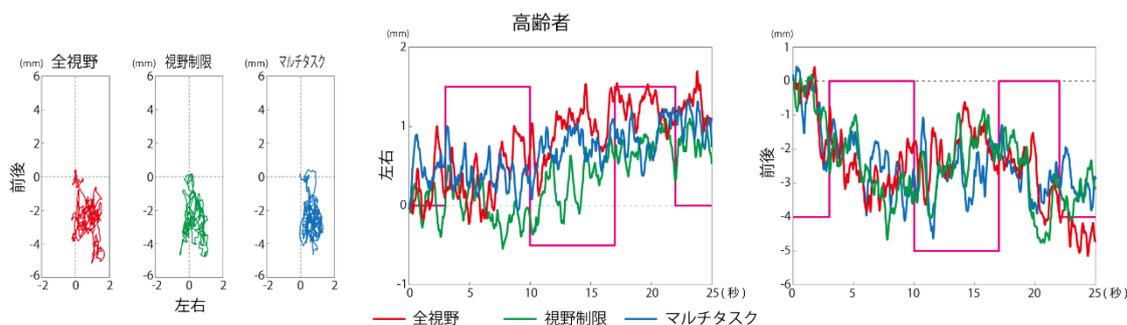


図3 高齢者のCoP変動

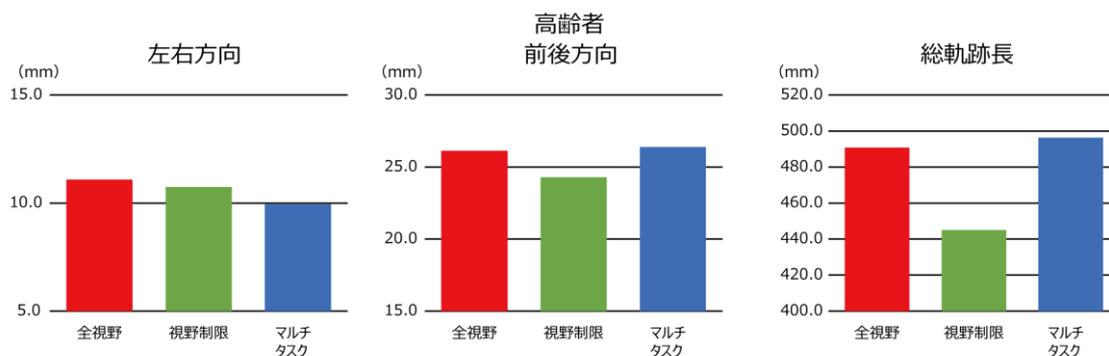


図4 高齢者のCoP変動の平均値

(3) 若年者と高齢者の比較

先行研究でも多く報告されているように、本研究においてもCoP変動は若年者に比べ高齢者で大きくなることが分かった。若年者と高齢者のCoPの変動を比較したところ、左右方向、前後方向、総軌跡長、いずれも高齢者の方が大きく、統計学的な有意差も見られた。また、図1、図3右の前後方向CoP変動を比べると、若年者では開始時から前方にCoPが移動し、前方でCoPを保持しようとする傾向がみられたが、高齢者では後方で保持する傾向にあった。ヒトの静止立位のバランスを維持できる範囲とされる安定性限界は足関節の構造や足部の構造から前方に広いことが言われている。若年者ではこの制御が広く柔軟に行うことができる前方でCoPを維持し静止率を保持しようとする戦略が取られたのではないかと考える。一方高齢者では安定性限界の狭い、言い換えるとバランスを崩しやすい後方に移動させた。この結果についてはさらに精査する必要があると考える。また、ほとんどの若年者はベクシオン刺激で前方に進む感覚を知覚したと答えたのに対し、高齢者では3名だけで、多くの高齢者は球体が自分に向かってくるように見

えたと答えた。しかし、その一方でベクシオン刺激の速度変化に応じて変動する様子は若年者と高齢者で一致していたため、高齢者でもベクシオン刺激による身体運動感覚は生じていた可能性が示唆される。

今回は通常、ヒトが知覚することの多い前進を知覚するベクシオン刺激を用いたが、バランスを崩しやすい、視覚的外乱になりやすい可能性がある、後退を知覚するベクシオンが静止立位にどのような影響を及ぼすのか明らかにしていく必要がある。

5. 主な発表論文等

[学会発表]

- ① 稲葉玲王、山本潤、岩上さやか、富永渉. 仮想現実(VR)を用いたvection刺激を見ている時の健常若年者と高齢者の立位に影響する要因、日本リハビリテーション医学会秋季学術集会、2022
- ② 稲葉玲王、岩上さやか、松田哲也、富永渉、仮想現実(VR)を用いたベクシオン刺激を見ている時の健常若年者の立位に影響する要因、第18回神奈川県作業療法学会、2021
- ③ 富永渉、岩上さやか. VRを用いたベクシオン刺激を見ているときの健常若年者の静止立位の動揺. 第55回日本作業療法学会、2021
- ④ 富永渉、岩上さやか. Optical flow刺激観察時の健常若年者における姿勢制御特性～第2報～、国際医療福祉大学学会学術大会、2020
- ⑤ 富永渉、岩上さやか. Optical flow刺激観察時の健常若年者の姿勢制御特性. 第54回日本作業療法学会、2020
- ⑥ 富永渉、岩上さやか. オプティカルフローが静止立位保持に与える影響 ～予備研究の結果～、国際医療福祉大学学会学術大会、2019

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：富永 渉

ローマ字氏名：TOMINAGA Wataru

所属研究機関名：国際医療福祉大学

部局名：小田原保健医療学部 作業療法学科

職名：准教授

研究者番号：30711642

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 富永 渉、岩上 さやか |
| 2. 発表標題 VRを用いたベクシオン刺激を見ているときの健常若年者の静止立位の動揺 |
| 3. 学会等名 第55回日本作業療法学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 稲葉 玲王、富永 渉、岩上 さやか |
| 2. 発表標題 仮想現実(VR)を用いた ベクシオン刺激を見ている時の 健常若年者の立位に影響する要因 |
| 3. 学会等名 第18回神奈川県作業療法学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 富永 渉、岩上 さやか |
| 2. 発表標題 VRを用いたベクシオン刺激を見ているときの健常若年者の静止立位の動揺 |
| 3. 学会等名 第55回日本作業療法学会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富永 渉、岩上 さやか |
| 2. 発表標題 Optical flow 刺激観察時の健常若年者における姿勢制御特性 ～第2報 |
| 3. 学会等名 国際医療福祉大学学会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 富永 涉、岩上さやか |
| 2. 発表標題 Optical flow 刺激を見ているときの 健常若年者の姿勢制御特性 |
| 3. 学会等名 第54回日本作業療法学会 |
| 4. 発表年 2020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 |
|---------|---------|
| | |