



VR による視野狭窄・ぼやけの視覚障害シミュレーションと 段差またぎ動作への影響

VR Visual Impairment Simulator of Visual Field Narrowing and Blurring and Its Effect on Step-over Motion

袋田 紘平¹⁾, 小枝 正直¹⁾

Kouhei FUKURODA and Masanao KOEDA

1) 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 (〒719-1197 岡山県総社市窪木 111)

概要: 高齢化が進む中, 加齢性眼疾患による視力低下や視野狭窄が原因で転倒するリスクが増大している。視覚障害の歩行への影響や転倒予防に関する研究では, 安全性確保のため実験環境やタスクに大きな制約があった。被験者の転倒リスクを低減し, 視覚障害を有する視野が段差またぎ動作に与える影響を評価するために, 本研究では, VR を使って視覚障害を再現し, 段差またぎのシミュレーションを行う手法の提案とシステムの開発を行った。実験の結果, 両足の移動軌跡をワイヤレスで安全に取得できることを確認し, VR 空間内に設置した高さの異なる段差をまたぐ際の足動作の差異を計測可能であることを確認した。

キーワード: バーチャルリアリティ, 視覚障害, 転倒予防, 足部動作計測

1. はじめに

日本の高齢化は急速に進行しており, それに伴い, 視覚障害者数も増加している。日本医師会の調査では, 2009 年の視覚障害者数は 164 万人で, 2030 年には 200 万人に達すると推計されている [1]。視覚障害者増加の主な要因に加齢性眼疾患が挙げられ, 視覚障害の上位 4 つ (緑内障, 網膜色素変性, 糖尿病網膜病, 黄斑変性) と白内障はすべて加齢性眼疾患とされる [2][3]。

また視力低下や視野狭窄により足元が見えにくくなると, つまづきが増え, 転倒が発生しやすくなる。高齢者の転倒は深刻な問題であり, 骨折などの外傷だけでなく, 精神的な影響から転倒後症候群や廃用症候群を引き起こす可能性がある。

宇野 [4] は, 低視力, 視野狭窄, 盲の視覚状態を再現し歩行に与える影響の調査を行った。その結果, 歩行速度や歩幅が減少など歩行動作に与える影響を示した。また視覚障害が段差またぎ動作に与える影響も調査し, 安全確保のために足部を十分に挙上する傾向が強いことを示唆した。一方, MR を用いた転倒予防の研究も行われている。竹市ら [5] は, MR を用いて障害物回避動作計測の実証試験を行った。その結果, どの程度足をあげないとつまづくかという主観的な見通しにおいて, 仮想提示が実物と同様の知覚を生み, 知覚の等価性を示すことができた。

以上より, 転倒予防の研究が行われているが, 安全性の面から間接的な観察研究や追跡研究が中心であり, 実際実験を行うとしても, 試技や測定環境等に実験的拘束を加える必要があった [4][5]。

そこで本研究では, 視覚障害者の段差またぎ動作を安全

に計測するため, VR を用いて視野狭窄とぼやけの視覚障害を再現する手法の提案, およびシステムの開発を行う。またこれを用いて, 段差またぎ時の足動作を計測するシステムを構築する。

2. VR を用いた視覚障害シミュレーションと段差またぎ動作計測システム

本システムは Intel Core i7-11800, 64GB メモリを搭載した PC (Windows 10) 上で, Unity 2021.3 を用いて開発した。ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に Meta Quest Pro, 両足の 3 次元位置計測に Meta Quest Pro コントローラを用いた。まず, 高さ 1.5 [cm], 4 [cm], 18.3 [cm], の立方体 A, B, C (横幅 32 [cm], 奥行き 5.5 [cm]) を 1.5 [m] 間隔で配置した部屋を VR 空間に構築した。立方体 A, B の高さは, 一般的な和室の敷居の段差を想定している。また, 立方体 C は階段の高さを想定している [6][7]。構築した VR 空間を図 1 に示す。被験者には, これらの立方体を段差とみなし, 段差に足に接触せずにまたぐように歩行させる。

次に, 値の上昇に伴い, 視野が狭くなる処理を行うスクリプトを用いて, 求心性視野狭窄を再現した。また, ガウシアンオペレータを用いたシェーダを作成し, かすみ目 (ぼやけた状態) を再現した。PC 上で Unity を用いて, 通常視野, かすみ目, 求心性視野狭窄の切り替え, ぼやけ方, 視野狭窄の幅の調節をできるようにしている。以上の処理より再現した視覚を図 2, 3, 4 に示す。また本研究では, 視覚障害の身体障害者障害程度等級表に基づき, かすみ目と視野狭窄の調節を行った。



図 1: 構築した VR 空間

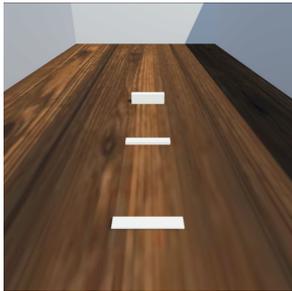


図 2: 通常視野

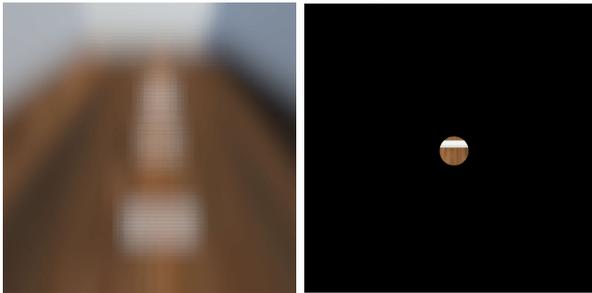


図 3: かすみ目

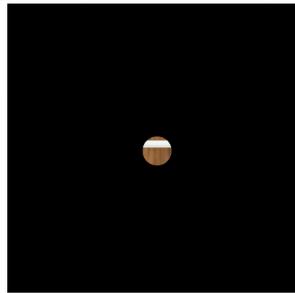


図 4: 視野狭窄

資料 [8] を参考に、サンダルにコントローラを装着するアタッチメントを作成した。被験者はコントローラ付きサンダルを着用して歩行することで、VR 空間内の下肢の 3D オブジェクトが現実世界の足の動きと一緒に動作するようにした。下肢の 3D モデルとサンダルを着用した被験者の様子、コントローラ付きサンダルを図 5, 6, 7 に示す。

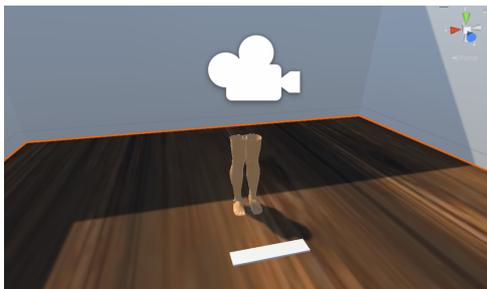


図 5: 下肢オブジェクト



図 6: コントローラ付サンダルを着用した被験者の様子



図 7: コントローラ付サンダル

3. 予備実験

Meta Quest Pro コントローラの位置計測の正確性を調べるため、予備実験を行った。HMD を高さ約 1.7[m] で固定した状態で、コントローラ付きサンダルを水平（前）方向に 50 [cm] ずつ 300 [cm] まで動かした際のコントローラの位置を記録した。その結果、0~50 [cm] の間を除き、誤差は 2.0~7.2 [mm] の範囲内に収まった。0~50 [cm] の間の誤差は約 235.6 [mm] であり、サンダルの初期位置に問題があった可能性が考えられた。

次に、コントローラ付きサンダルを着用した状態で、コントローラ付きサンダルを上（高さ）方向に関して、床と実空間に存在する 25.8 [cm] の障害物を踏む行為を行い、その差を求めることで計測の正確性を調べた。その結果、誤差は 1.7 ~ 7.0 [mm] の範囲内に収まった。どちらの計測も手動で行ったため、若干誤差が大きく出ているが、今回は実現可能性の確認のため、特に問題はない。今後、コントローラ付きサンダルを正確に移動できるロボット等を用いて再実験を行い、より詳細な精度検証を行う。

4. 実験

まず、被験者に HMD、コントローラ付きサンダルを両足に装着させた。次に、段差 A の 1.5 [m] 手前の地点をスタート、段差 C を超えた地点をゴール地点として、1.5 [cm]、4.0 [cm]、18.3 [cm] の順に段差 3D モデルのまたぎ動作を通常視野、視野狭窄状態、かすみ目の各視覚条件で実施した。提示する視覚を、視野狭窄は視覚障害等級 2 級に該当するように、かすみ目は視覚障害等級 1 級に該当するように調整した。また、右下肢から段差をまたぐ事とし、障害物の視認方法は被験者の任意とした。

表 1: 足の最高到達位置の比較 ([cm])

		段差 1	段差 2	段差 3
段差高		1.5	4.0	18.3
通常視野	右足	26.62	29.68	58.25
	左足	23.41	25.97	50.55
視野狭窄	右足	37.84	37.62	65.31
	左足	29.27	22.77	54.37
かすみ目	右足	32.05	46.92	61.21
	左足	30.84	41.43	51.33

5. 実験結果

通常視野、視野狭窄状態、かすみ目で段差またぎ動作を行った際の両足の軌跡を横軸をそれぞれ図 8, 9, 10, 11, 12, 13 に示す。図 8, 9, 10 は、横軸を時間 [秒]、縦軸を高さ [cm] であり、初期位置を高さ 0 としている。また図 11, 12, 13 は、横軸を水平距離 [m]、縦軸を高さ [cm] であり、初期位置を高さ 0 としている。どの条件においても、足の高さの軌跡を取得することができた。また、段差をまたぎ着地する際に、負の値を示すことがあった。

それぞれの足の最高到達位置の結果を表 1 に示す。どの条件においても、右足の方が左足の最高到達位置より高かった。通常視野と視野狭窄状態を比較したところ、4.0 [cm] の段差を段差を跨ぐ際の左足の最高到達位置を除く、全ての場合で視野狭窄状態の方が足の最高到達位置が高かった。また、通常視野とかすみ目を比較したところ、全ての場合でかすみ目の方が足の最高到達位置が高かった。

視覚から得られる情報が制限されたことで、段差の認識が困難になり、段差を跨ぐ際、ぶつからないように跨ごうとしたため、通常視野に比べて、視野狭窄とかすみ目の最高到達位置が高かったと考えられた。

6. おわりに

本研究では、VR による視野狭窄・ぼやけの視覚障害シミュレーションを開発と段差またぎシミュレーションシステムの構築を行った。その結果、段差をまたいだ際の足の高さの軌跡の取得を行うことができた。今後は、それぞれの視覚が段差またぎ動作へどのような影響を与えるか調べる予定である。

参考文献

[1] 日本眼科医会研究班報告 2006~2008 日本における視覚障害の社会的コスト, 日本の眼科, Vol. 80, No. 6, 2009.
 [2] 結城賢弥 朝岡亮:高齢者眼疾患と転倒, 日本リハビリテーション医学会誌, Vol. 55, No. 11, pp. 921-926, 2018.
 [3] 若生里奈, 安川力, 加藤亜紀, 大森豊緑, 石田晋, 石橋達朗, 小椋祐一郎:日本における視覚障害の原因と

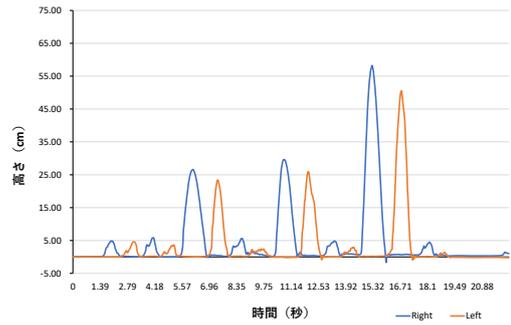


図 8: 通常の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡

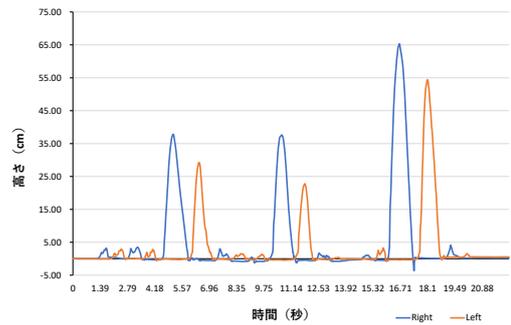


図 9: 視野狭窄の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡

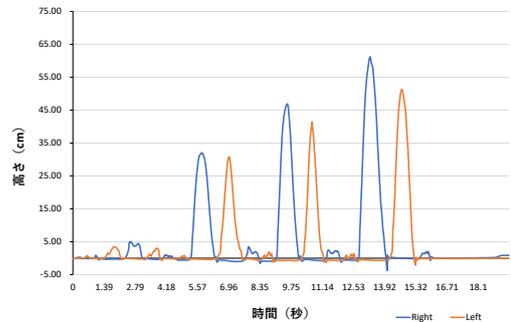


図 10: かすみ目の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡

現状, 日本眼科学会雑誌, Vol. 118, No. 6, pp. 495-501, 2014.

[4] 宇野直士: ロービジョン者の歩行および障害物またぎ動作の特徴に関する研究, 九州大学 博士論文, 2018.
 [5] 竹市博臣, 石井智康, 野田茂穂, 姫野龍太郎: 複合現実技術 (MR) を用いた転倒予知予防技術開発フィージビリティスタディ, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 21D-2, 2018.
 [6] 中條友, 大竹喜子, 渡邊雅子, 内山靖: 異なる段差での Toe Clearance の定量的解析, 理学療法科学, Vol. 19, No. 2, pp. 101-106, 2004.
 [7] 鈴木みずえ, 浜砂貴美子, 満尾恵美子: 高齢者の転倒ケア予測・予防と自立支援のすすめ方, 理学療法科学, 2001.
 [8] Oculus Quest2 コントローラー 穴あきサンダルアタッチメント, <https://protopedia.net/prototype/2660>.

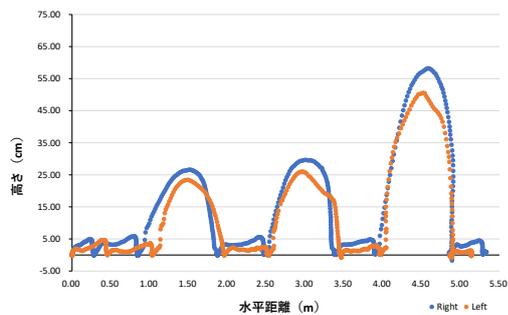


図 11: 通常の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡

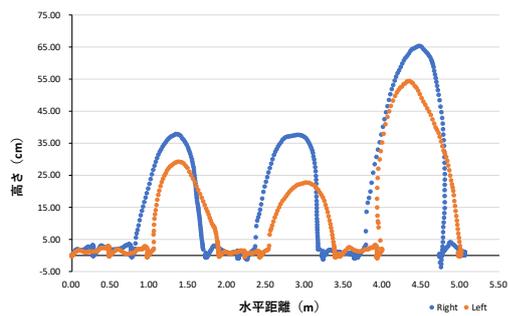


図 12: 視野狭窄の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡

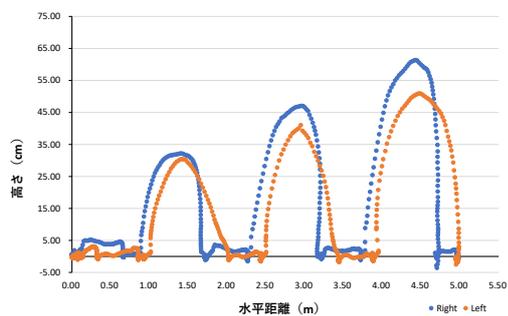


図 13: かすみ目の視覚で実験を行った際の両足の動作軌跡