



下肢筋力増強を目的とした MR インラインスケートの開発

Development of an MR inline skate for leg muscle training

西 尚登¹⁾, 矢野浩二郎¹⁾

Naoto NISHI, Kojiro YANO

1) 大阪工業大学 情報科学研究科 (〒573-0196 大阪府枚方市北山 1 丁目 79-1, m1m19a27@st.oit.ac.jp)

概要: 下肢の筋肉は全体の筋肉量の約三分の二を占め、動かすことにより全身運動に近い効果が得られるため、下肢筋力の重要性が注目されている。下肢筋力のトレーニングとして、インラインスケートを模した下肢動作が可能なスライドボードがあるが、動作が単調で飽きやすいなどの問題がある。そこで本研究では、スライドボードと外部カメラ付きの VRHMD を組み合わせ、現実空間の画像に重畳された仮想空間内でインラインスケートを体験でき、安全で安価に下肢筋力のトレーニングを行えるアプリケーションを提案する。

キーワード: 下肢筋力, インラインスケート, VR/AR/MR, HMD, 移動感覚

1. 背景と目的

脚力とは、下肢筋力とも呼ばれ、大殿筋、中殿筋、大腿四頭筋、ハムストリングス、前脛骨筋、下腿三頭筋などの、歩行に必要な筋肉の力を指す。それらの筋肉は全身の筋肉の約三分の二が集積しており、ウォーキングなどといった下半身に負荷が伴う動作を行うことにより、心臓と同様に血液のポンプの役割を果たすため、血液の循環が良くなる。したがって、脚力を鍛えることにより歩行能力の強化や免疫力の向上が期待できる[1][2]。

しかし、高齢者になるにつれ、下肢筋力が減少していくため、対策として日々のトレーニングを行うことが望ましいが、単調なトレーニングでは億劫になって習慣が途切れる、明らかな効果が出せずに挫折してしまう等の要因によって、運動を習慣づけることが難しい。中野ら[3]によると、筋力の向上には日々の身体活動の確保が最も重要であることが示唆されている。そのため、若年層を含む全年齢において楽しめるトレーニングを行えるコンテンツが必要となる。

下肢筋力を鍛えるには、ウォーキングやスクワットなどの下肢筋力にかかわる部分の運動を定期的に継続して行う必要がある。スライドボードは、摩擦力の低いボード上でスピードスケートのような動作を行うためのトレーニング器具であり、低コストでの運用が可能である。しかし、スライドボード単体でのトレーニングでは動作が単調で飽きやすい、自分がどれだけの時間を費やしたのかわからない、自分自身の姿勢がわからないなどの難点がある。

そこで本研究では、スライドボードと HMD を用い、ス

ケートリンクを模した仮想空間内を視覚的に体験しつつスライドボードを滑ることで、スケート感覚の提示と下肢筋力の強化を実現する。ただし、スライドボードでの運動は体が大きく左右に動き、完全に視野が仮想空間で囲まれると転倒のリスクがあるため、現実空間の画像を仮想空間に重畳した疑似的な混合現実 (MR) アプリケーションとすることで、安全性を担保した体験を提供する。

2. 先行研究

VR を用いた下肢筋力のトレーニングについては、すでにいくつかの先行研究が存在する。たとえば、脳卒中患者のバランス感覚や歩行能力の改善にはトレッドミルを用いた仮想空間での歩行訓練が多く試みられている[4]。Parkら[5]は Wii Fit を用いてテニスや野球などを疑似的に体験させ下肢筋力のトレーニングを行ない、一定の効果を確認している。ただし、これらはスライドボードに比べると、運動の強度は高くない。

VR を用いたスケートの疑似体験については、VR スケートボード”VibroSkate”がある。こちらでは、スケートボード型デバイスとその裏面に振動スピーカを設置し、その隣にあるベルト型トレッドミルを地面の代わりに蹴り、その滑走時の振動を再現・提示することによりスケートボードをシミュレートしている[6]。この方法は、滑るといふ感覚を疑似的に得るといふ点では優れている一方、片足で蹴る動作しか行わないため、下肢の筋力を強化する目的には適していない。

3. 方法

本研究のシステム開発に用いられた使用機材は Mirage Solo (HMD)およびDayDream コントローラ(3DoF), およびスライドボード(幅 180cm(滑走可能幅 150cm)×奥行 61cm)(図 1)で構成される。



図 1: スライドボード (図中央の専用シューズカバーを靴の上から履いて使用する)

使用した開発環境は Unity, 使用したアセットは GoogleVR 機器用のアプリを開発するために用いられる Google VR SDK for Unity, パスで指定した固定ルートを周回させるためのプラグインである iTween である。

本研究にて用いられる仮想空間上のスケートリンクステージは, 30m×60m で構成されており, パス上の一周の距離は約 143m となっている(図 2)。

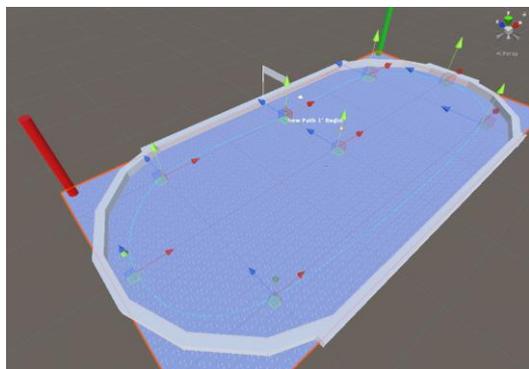


図 2: バーチャル空間におけるスケートリンクステージ

まず, 体験者が滑走可能な大きさになるようスライドボードの幅を調節しつつ, HMD を装着して滑走できるように滑走時の感覚を記憶するため, HMD を装着せずに一定時間スライドボードを滑り, 滑走時の感覚を記憶する。上記を記憶した後, HMD を装着して以上の要領を意識しながらスライドボードを滑走する。スライドボードを滑走する際は安全のため手すりを持ちながら滑走する。

システムの構成としては, まずタイトル画面が表示され, 高さの調整を行う。その後「START」ボタンをクリックするとゲーム画面に移行し, 滑走することができる。ゲームにはラップ数が設定されており, 一定数を周回し終わるとリザルト画面が表示され, 滑走にかかった時間

が表示される。HMD は MR (シースルー) モードになっており, 仮想空間の CG 画像が外部カメラからの画像が重なって表示される(図 3)。

本システムは HMD の動きが一定以上の速度に達することによりバーチャル空間上のプレイヤーが前方に加速し, 同空間のスケートリンク上を滑走する (iTween にて設定されたパス上を移動する) 仕様となっている。プレイヤーの移動は減速を微小にすることにより氷上での滑走感を表現している。また, 過剰な加速によって非現実的な速度になると VR 酔いを起こす可能性があるため, 一定以上の速度に達すると加速が行われないよう設定した。



図 3: 現実空間の画像と合成した仮想空間のタイトル画面

4. 結果と考察

仮想空間上のスケートリンクを滑走する際に HMD の加速度を入力するため, 大きな左右移動が必要となり, 同時に下肢筋力を用いるため, 下肢筋力を強化するためのアプリケーションとして開発することができた。

現実空間での体験者の動きは左右移動に限定されているが, 仮想空間での体験者の動きは前方向のみであり, 現実空間とは全く異なる動作となっている。しかし, 筆者らが実際に体験したところ, 実際に前進する場合と同じような疾走感が得られた。これは滑走する際に身体が実際のスケートの動作に近い動きになることが要因であると思われる。松本ら[7]の提案した「視覚リダイレクトウォーキング」では, 視覚が空間知覚において他の感覚よりも優位であることを利用し, 実際には円弧状の経路を歩いているにも拘らず, VR 空間上と同じく直線状の歩行経路を歩いていると錯覚させられることが示唆され, 本研究においても同様に前に進む映像を視覚情報として与えることにより実際に前に進むような感覚が得られたと考えられる。

今回は安全対策として手すりを設け, シースルーモードによる実装を行ったが, 身体の重心は手すりによってある程度支えられており, シースルーによって常に周辺を確認することができるため, 一定の安全性を確保することができた。

本研究では HMD の移動速度を仮想空間での移動に変換する、という実装を行ったが、体の他の部位と連動させた移動については、まだ十分な検討が出来ていないため、今後は体の複数個所のトラッキングを実装し、より詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 高瀬信弥：下肢静脈，*medicina*，Vol. 44, No. 12 pp.440-445, 2007.
- [2] 若吉浩二，川邊千洋：要介護高齢者における長期下肢筋力トレーニングが歩行能力改善に及ぼす影響，*びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要*，No. 6, 2009.
- [3] 中野貴博，山下匡将，城由起子，沖村多賀典：継続的運動教室参加および一日の平均歩数が体力・運動能力におよぼす影響の検討，*名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇*，Vol. 2, No. 2, pp. 1-10, 2014.
- [4] de Rooij, Ilona JM, Ingrid GL van de Port, and Jan-Willem G. Meijer. : Effect of virtual reality training on balance and gait ability in patients with stroke: systematic review and meta-analysis, *Physical therapy* 96.12, 1905-1918, 2016.
- [5] Jungseo Park, Daehee Lee, Sangyong Lee : Effect of Virtual Reality Exercise Using the Nintendo Wii Fit on Muscle Activities of the Trunk and Lower Extremities of Normal Adults, *J. Phys. Ther. Sci.*, Vol. 26, No. 2, 2014.
- [6] 清水ありさ，日野綾香，佐藤大貴，江添正剛，三武裕玄，長谷川晶一：路面の振動を再現する VR スケートボード“VibroSkate”，*映像情報メディア学会誌*，Vol. 69, No. 9, 2015.
- [7] 松本啓吾，鳴海拓志，伴祐樹，谷川智洋，廣瀬通孝：視触覚間相互作用を用いた曲率操作型リダイレクテッドウォーキング，*日本バーチャルリアリティ学会論文誌*，Vol. 23, No. 3, 2018.