

バーチャルリアリティを利用した 起立着席動作リハビリテーションシステムの構築

岩淵 貴洋^{†1} 渡邊 紀文^{†1} 久保村 千明^{†2} 亀田 弘之^{†1}

概要: 現在作業療法課題において、様々な種類のリハビリテーションが行われているが、その中で特に問題となっていることに訓練に取り組む自主性やモチベーションがある。本研究では、自分の身体を映像として投影可能なバーチャル空間を利用することで個人が自主的に訓練を行え、繰り返し可能なリハビリテーションシステムを構築した。具体的には日常良く行う起立着席動作を対象とし、更にゲームの要素を導入することでモチベーションが維持できるようにした。健常者に対して本システムを利用した実験を行い、システムで実装したゲームの興味とそのモチベーションを向上させる達成感を評価した。

キーワード: バーチャルリアリティ リハビリテーション

Construction of a Standing and Sitting Rehabilitation System using Virtual Reality Technology

TAKAHIRO IWABUCHI^{†1} NORIFUMI WATANABE^{†1}
CHIAKI KUBOMURA^{†2} HIROYUKI KAMEDA^{†1}

Abstract: Various kinds of rehabilitation programs are now successfully available for occupational therapy tasks. But they sometimes fail to keep autonomy and motivation of trainees when they are doing rehabilitation tasks. In this paper, we report our proposal and implementation of a new rehabilitation software system, by which trainees can keep training with much amount of autonomy and motivation. The rehabilitation system is based on virtual reality technology, which can project trainee's body in a virtual space where he/she is training repeatedly. Concretely to say, standing and sitting rehabilitation is targeted, and incorporated with elements of gamification flavors, in order for trainees to keep high motivation. The system was experimentally evaluated by non-handicapped persons to show it can arouse and keep interests and motivation of trainees.

Keywords: Virtual Reality, Rehabilitation

1. はじめに

一般にリハビリテーションは、継続的に行うことが重要であるとされている。しかしながら、概してリハビリテーションで行う動作は単調なことが多く、また、馴れも影響することで当初抱いていたモチベーションを継続的に高く維持し続けることは難しい。この問題を解決する方法として、ゲーミフィケーションの考えを取り込む、すなわち、リハビリテーションの訓練にゲーム性を取り入れるというものがある。著者らはこの考えに基づき、帝京大学病院研究グループ Dycss3 (代表: 福島県立医科大学丹羽真一名誉教授) が提案している統合失調症患者の就労支援を目的としたリハビリテーション用パーソナルコンピュータ用のゲームソフトウェア (名称: JCoRes) を開発し、平成 27 年 7 月に医療関連施設に一般公開している[1,2]。その経験からも、小さな成功体験を積み重ねる、あるいは、ゲームを通してリハビリテーション訓練をしている人自身にも機能改善の

様子が体感され可視化されることが有効であると推察されており、この方法の基本的妥当性を確認している。

一方、これ以外にもリハビリテーションのためのゲーム、あるいは、ゲームを用いたリハビリテーションシステムは数多く提案・利用されている。その歴史は古くパーソナルコンピュータ初期の DOS の時代には COGPACK が登場しており、現在でも様々なものが提案・作成されている[3-5]。

しかしながらこれらの多くは認知課題に対するリハビリテーションゲームであり、自己の身体を利用した作業療法課題を取り上げたゲームは少ない。また、作業療法課題は作業を行うための機器が必要であり個人だけの訓練は困難である。

以上のような状況に鑑み、本研究では近年手軽に使用できるようになったバーチャルリアリティ (以下、“VR”と記す) を用いたリハビリテーションシステムを作成した。具体的には位置計測センサを利用して身体動作を計測し、そのデータを PC 上の仮想空間に投影して仮想世界で課題を行うものである。さらに仮想空間の映像をヘッドマウント型ディスプレイに投影することで、身体動作を確認しながらトレーニングを可能にすることができることを目標とした。また、VR 特有の没入感やゲーム性をリハビリテ

^{†1} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
Tokyo University of Technology, School of Computer Science
^{†2} 山野美容芸術短期大学 美容総合学科
Yamano College of Aesthetics, General Department of Aesthetics

ション訓練に取り入れることによりモチベーションの維持・向上等の効果が期待できないか検討した.具体的には以下のことを行った.

まず予備実験として LeapMotion を使用した手のリハビリテーションシステム(図1)を開発し, 健常者に対してシステムを利用した実験を行った. LeapMotion は赤外線を利用したモーションセンサであり, 特に両手指を認識することに特徴がある. この LeapMotion を利用してバーチャル空間の積み木を組み上げて行くシステムを作成した.様々な方に体験してもらった.その結果から指を動かすリハビリとしてある程度の有効性を得ることが出来た.本研究は身体を動かすリハビリテーションへのアプローチとして起立着席を目的としたゲームを開発した.このゲームを10-30代の身体に不自由がない方に行ってもらいこのリハビリテーションゲームの目的であるモチベーションの維持, そして自主的にリハビリを行えるようなゲームすることである.

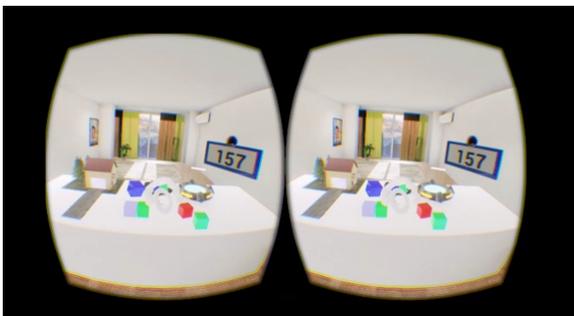


図1: LeapMotion を使用した VR リハビリゲーム

2. 関連研究

近年ビデオゲームが有する積極性,継続性が医療の分野で着目されておりその力を応用する活動が行われている. リハビリテーションとは単純作業の繰り返しであり精神的なストレスを伴い多くの利用者が動機の維持を保つことが難しくなっている.そこで開発されたゲームとして,九州大学と特定医療法人順和長尾病院が共同で開発した「樹立の森リハビリウム」がある.このゲームは起立と着席を繰り返すリハビリテーションを元に作成されている.検証結果ではゲームによりリハビリテーションの有効性の高さが立証されている.

3. 開発したゲームについて

(1) 作業療法課題用リハビリテーションゲーム

今回作成したリハビリテーションゲームは作業療法のリハビリテーションを行うものである.作業療法は日常生活を送る上で必要な機能回復を目指すものである.リハビリテーションには身体を自由に動かすための身体運動活動又は手先を動かすための活動がある.

(2) リハビリテーションツール

(ア) ヘッドマウントディスプレイ「OculusRiftDK2」



図2: OculusRiftDK2

HMD にヘッドトラッキング機能がついておりバーチャルリアリティに特化したデバイスである.解像度は1920*1080のFullHDである.HMDにポジショントラッキングカメラ(図3)が付属されている.このカメラによりHMDの高さの情報を取得することができる.



図3: ポジショントラッキングカメラ

(イ) ゲームエンジン「UnrealEngine4」

OculusRiftDK2に対応しているゲームエンジンである.今回はこのエンジンを使いプログラムの構築, レベル作成を行った.

(ウ) Xbox360 コントローラー

物理入力のコントローラーである.今回のゲームでは右のトリガーを使用する.

(3) 起立着席動作リハビリテーションゲーム

(ア) ゲームの基本事項

本ゲームは作業療法課題で行われる起立着席動作にゲーム要素を追加した.VR コンテンツを作成する上で一番重要視すべきは酔いをどう防ぐかということである.今回利用する OculusRiftDK2 ではフレームレートを75fpsとしてコンテンツを作成した.

OculusRiftDK2にはポジショントラッキングの機能があり, それを利用して起立着席の回数を取得した.図のようにモニターの上に設置し, その前に OculusRiftDK2 を被った被験者に着席する事で位置情報を取得している.起立した

時に仮想空間内でも視界の高さが変わるようにし、実際の起立動作と視界にズレがないようにしている。

なお実験では HMD を被ることで視界が遮断されるため、実験時には補助者を用意する。補助者は椅子を支え、被験者が体勢を崩してしまった場合に備える。

(イ) ゲームの仕様

本システムでは Xbox コントローラーを使ったシューティングゲームを開発した。(図 4)弾の段数を補充するのに起立着席運動を取り入れることにより、起立着席を行う機会を多くした。



図 4:ゲームのスタート画面

ゲームでは奥から出てくる敵に対し大砲を使って倒していく(図 5)。Xbox コントローラーの右トリガーを押すことで、大砲の球を発射し、OculusRiftDK 2 のヘッドトラッキング機能を利用して、頭部を向けた方向に大砲の照準を同期して表示する。これは手での入力を最低限にすることで起立着席動作に意識が行きやすいようにするためである。これにより自分が視線を向けた方向に赤いマークで照準が当たり、コントローラーを利用して球を飛ばすことが可能になっている。

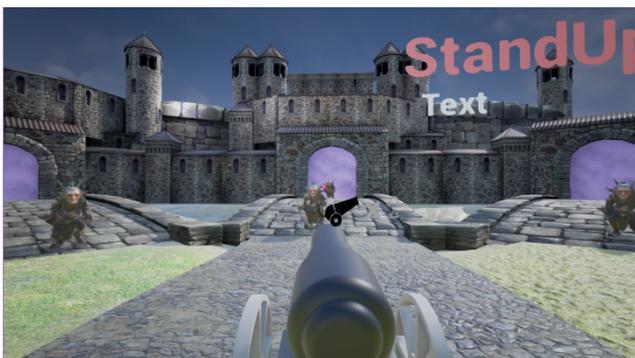


図 5:ゲームプレイ中の画面

弾数は画面上のアイコンで確認することが出来、0 になると特定の音が出るようにした。この合図で被験者は起立又は着席を行い、弾数が補充する。なお今回はゲームオーバーを二種類実装した。一つはゲームが始まって 120 秒経つとゲームオーバーになりスコアが表示される。もう一つは

敵が 6 体ゲーム内プレイヤーに接触するとゲームオーバーになりスコアが表示される。失敗体験によってモチベーションが下がる事を考慮しスコアを表示しないという意見がある。今回は今後行うスコアがある状態とない状態を比較する評価材料の一つとするため、スコアを表示する仕様にした。

(ウ) ゲームの流れ

スタート画面を表示し、被験者は OculusRiftDK 2 を装着する。(図 12:タイトル画面)



図 6:実際に体験者が見ている画面

スタート画面の状態ですら右トリガーを引くとゲームが始まる(図 12:ゲームスタート)。ゲームが始まると着座の状態(図 7 と図 8)で 3 方向から来る敵に対して球を打つことが出来る。



図 7:着座時の状態のイメージ画像

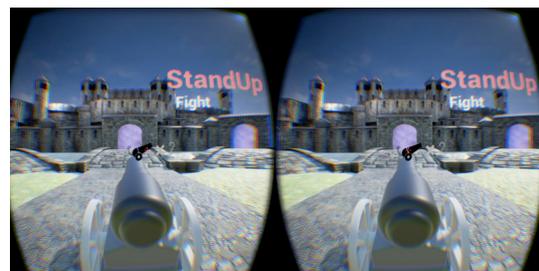


図 8:体験者が着座時に見えている映像

3 発打ち終わると弾数がなくなるため、被験者は起立(図

9,10)をする必要がある。(図 12:起立着席動作)



図 9:起立時の状態のイメージ図

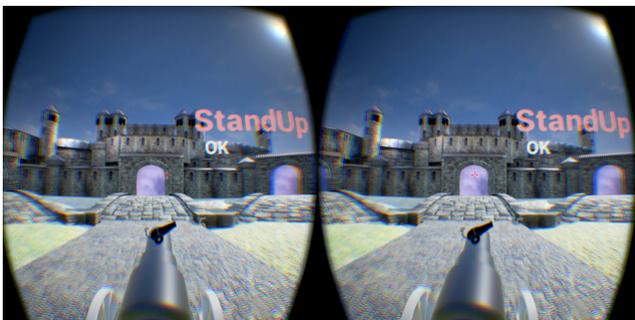


図 10:体験者が起立時に見えている映像

ポジショントラッキングで被験者の起立を認識すると弾数が3発増える。以上の動作を被験者は120秒後又は6体ゲーム内のプレイヤーに接触しゲームオーバーになるまで繰り返す。なおスコア(図 11)は倒した敵数と秒数で計算した。



図 11:ゲームオーバー後のスコア表示

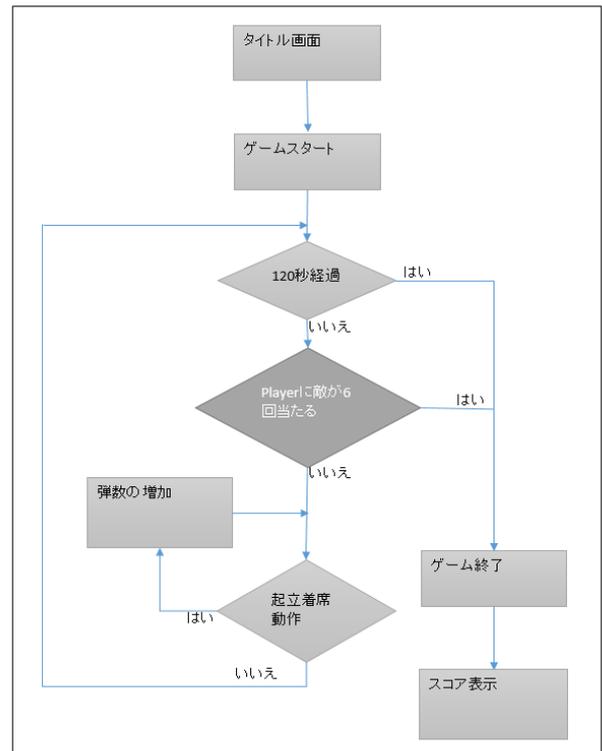


図 12:ゲームのフローチャート

4. 実験方法

身体に不自由がない10代2名, 20代4名, 30代1名にシステムを利用してもらい, 以下の項目でアンケートを取った。

- ・楽しかったか
- ・もう一度体験したいか
- ・普段テレビゲームをするか
- ・テレビゲームとどちらが面白い

(2)アンケートの取得について

「楽しかった」というアンケートではリハビリテーションゲームが被験者楽しんだかを図ることによりゲームとしての有効性を図る。

「もう一度体験したいか」というアンケートでは, このゲームにより訓練の持続性が向上できるかを確認する。「普段テレビゲームをするか」, 「テレビゲームとどちらが面白い」というアンケートでは, 多くのテレビゲームは自主的に行うものであるが, 本研究で開発したリハビリテーションゲームは受動的に行われることが多いと考えられ, 本ゲームがテレビゲームと同様の自主性が生じているかを確認する。

5. 実験結果

「楽しかったか」の結果を表2に示す。

楽しかったか	4
普通	3
面白くない	0

表2:「楽しかったか」への回答

面白くないという答えはなくほぼ全員が普通、楽しかったと答えた。

「もう一度体験したいか」の結果が以下のとおりである。

はい	4
いいえ	3

表3:「もう一度体験したいか」への回答

回答が2つにわかれた。そこで「楽しかった」の結果と合わせた結果を。

楽しかった-はい	2人
普通-はい	2人
楽しかった-いいえ	2人
普通-いいえ	1人

表4:「楽しかった」と「もう一度体験したい」の結果を合わせた回答

「楽しかった」回答し、「体験したいか」について「いいえ」と回答した人に対してどのような点で不満を感じたのか今後も調査する必要があると考えられる。

次に「普段テレビゲームをしているか」の結果が以下のとおりである。

している	4人
していない	3人

表5:「普段テレビゲームをしているか」の回答

今回の体験者の半数がしていないという結果が出た。

「テレビゲームとどちらが面白いか」の結果は以下のとおりである。

テレビゲーム	4人
今回のゲーム	3人

表6:「テレビゲームとどちらが面白いか」の回答

回答が2つに分かれた。そこで「普段テレビゲームをして

いるか」と「テレビゲームとどちらが面白いか」を合わせた結果が以下のとおりである。

しない-今回のゲーム	2人
しない-テレビゲーム	1人
はい-今回のゲーム	1人
はい-テレビゲーム	3人

表7:「普段テレビゲームをしているか」と「テレビゲームとどちらが面白いか」を合わせた回答

普段テレビゲームしない人にとっては今回のゲームのほうが面白く感じたが、普段からテレビゲームをする人にとってはテレビゲームのほうが面白いという結果が出た。このことから普段ゲームをやらない人にとってある程度の自主性が望まれると考える。しかし、今後は普段ゲームをプレイする人に対し今回作成したリハビリテーションゲームが面白いと思えるようにゲームとしての面白さを出す必要があると考える。

6. リハビリテーションゲームの改善

実験に参加した被験者から、ゲームのシステムについて以下の意見が得られた。

1. 三方向だけでなく上からもアクションがあればよかった。
2. 標準を合わせる中央のマークと敵へのズレがあった。
3. 左右の画面で標準を合わせる中心のマークにズレを感じた。

意見への対応

1つ目の意見であるが、ゲームが苦手な人を考慮して体験者の判断で選べるようにすべきだと考えている。2つ目の意見に関して、今後調整することによりズレがなくなるようにする。3つ目の意見に関しては装着時に目と画面の距離を合わせる必要があると考えている。今後はゲームプレイ前にズレが判断できるような画面を用意する。

7. 考察

今回の実験は被験者が7名であり、アンケートの回答が分かれた項目が多かったため、結果の検証が不十分であったと考える。今後多くの被験者を募りデータを取るべきだと考える。また本システムはVRを用いて体験して貰う場合視界が完全に遮断されるため、周りに最低一名の補助者が必要になる。この点はVRを利用したシステムを構築する上で必要不可欠なものであると考えられるため、補助者に対してサポートの重要性を伝える必要がある。

また、今回のゲームでは被験者にゲームとして体験してもらったためスコアの要素を入れているが、本来なら入れるべきではないと考える。その理由として前プレイ時のスコアと比べ得点が下がっていた場合失敗体験を与えてしまう可能性があると考えからである。スコアを表示した場合としなかった場合を実際の患者に体験してもらい比較することが重要だと考える。

8.おわりに

本研究では、VR 機能を積極的に活用した身体機能リハビリテーション用ゲームを作成し、そのリハビリに取り組む気持ちに対する効果の基礎的検討をした。その結果、普段テレビゲームをやらない人にとっては自主訓練性の向上が見込めるとの知見を得ることができたが、その一方において、普段からテレビゲームをする人にとっては必ずしも見込めないという結果が得られた。

以上のことより、今後の課題の一つとして普段からテレビゲームをする人でも何度も行えるリハビリテーションゲームを作成することが重要であると考えられる。

また、近年様々な人の身体を利用したデバイスが世に出てきている。バーチャルリアリティの他にも 3D 空間上で触った感触を実際に感じるようなものや身体に機器を装着して正確に身体の動きを取得するなどがある。そして Microsoft から発売される HoloLens のような AR デバイスもある。これらの最新技術を使うことによりリハビリ分野がより一層発展し、少しでも多くの人たちが豊かな生活を送れる社会が実現されることを期待する。

参考文献

- [1] 亀田弘之・税田竜一・久保村千明・伊藤憲治: 認知リハビリテーション用ゲーム作成プロジェクトの提案, 電子情報通信学会, 思考と言語研究会技術研究報告, TL2006-67, SP2006-155, WIT2006-99, pp.61-66 (2007-01).
- [2] 月江伸弘, 原田俊信, 渡邊紀文, 亀田弘之, 池淵恵美: 認知機能リハビリテーション用ソフトウェア J-CORES の製作, ゲーム学会「ゲームと教育」研究会第 7 回研究会 (2014/03).
- [3] Marker Software: COGPACK (<http://www.markersoftware.com/>)
- [4] M. S. Cameirao, S. B. Badia, L. Zimmerli, E. D. Oller, & Paul F. M. J. Verschure, The Rehabilitation Gaming System: a Virtual Reality Based System for the Evaluation and Rehabilitation of Motor Deficits, Virtual Rehabilitation, IEEE, pp.29-33(2007).
- [5] A. Shapi'i, N. A. M. Zin, & A. M. Elaklouk, A: Game System for Cognitive Rehabilitation, BioMed Research International, Vol.2015, Hindawi(2015),
- [6] 松隈浩之, 藤岡定, 中島愛, 金子晃介, 梶原治朗, 林田健太, 服部文忠: 起立一着席訓練のためのリハビリテーション用シリアスゲームの研究開発, 情報処理学会論文誌 53(3), pp.1041-1049(2012).
- [7] 久留米リハビリテーション学院: 理学療法士と作業療法士の違いとは?, (<http://kurumereha.ac.jp/subject/difference.html>)
- [8] OculusRiftDK2, (<https://www.oculus.com/ja/dk2/>)