法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-26

身体障害者に適したVRユーザーインタフェースの研究

三浦, 大和 / MIURA, Yamato

(出版者 / Publisher)
法政大学大学院理工学研究科
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
(巻 / Volume)
60
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
6
(発行年 / Year)
2019-03-31
(URL)
https://doi.org/10.15002/00022056

法政大学大学院紀要　理工学・工学研究科編　Vol.60(2019 年 3 月)

身体障害者に適した VR ユーザーインタフェースの研究

Study of VR user interface suitable for disabled people

三浦大和
Yamato MIURA
指導教員　金井敦

法政大学大学院理工学研究科応用情報工学専攻修士後期課程

In recent years, Virtual Reality, which attracts attention in the market, is a technology that creates a virtual world mainly using computers and electronic technologies, stimulates the five senses of human beings, and makes it feel like reality. Currently, Virtual Reality is also active in the medical field, but people with disabilities in limbs cannot be used. We propose a method that people who have disabilities in limbs can freely experience around Virtual Reality through simple operation of gaze and blink. After that, it implemented, evaluated and shows its usefulness. Based on the test results, we found that the proposed method is easier to learn and memorize quickly. However, when moving by operate the gaze and the blink, it took time to stop and jump, etc., and there was a problem that it was difficult to operate. As a result, we saw the part with usefulness and the part requiring improvement.

***Key Words** : Virtual Reality, gaze, disabled people, medical filed*

1.　序論

近年，市場で注目されているものがある．それは Virtual Reality(バーチャルリアリティー・仮想現実)である．Virtual Reality とは，主にコンピュータや電子技術を用いて仮想的な世界を作り，人間の視覚，聴覚，触覚，嗅覚，味覚といった五感に刺激を与え，現実のように体感させる技術である．現在，Virtual Reality はゲーム，医療分野や建築分野といった様々な分野で注目されている．Virtual Reality を操作する際，一般的に手足を使用し操作しなければならない．そのため，手足に障害を抱えた人々は体験することができても，使用することが不可能である．

現在，医療分野で Virtual Reality が使用されている事例を 3 つ挙げる．1 つ目は手術のシミュレーション．2 つ目は錯覚による痛み緩和．3 つ目は精神疾患の理解促進である．これらは Virtual Reality を体験や操作することにより貢献しているが，手足に障害を抱えている人々が使用できる環境がない．

本研究は，手足に障害を抱えている人々でも Virtual Reality を使用できる手法を提案し，プロトタイプを実装する．その後，性能評価を行い，その有用性を示す．

2.　研究背景

2.1. 本研究の対象者

本研究では四肢が不自由で発言・発語ができない患者を対象にしているが，具体的には，身体障害患者(筋ジストロフィー患者[3]や筋萎縮性側索硬化患者(ALS 患者)[4])を対象に定める．

2.2. 筋ジストロフィー患者や筋萎縮性側索硬化患者(ALS 患者)の現状

これらの病気は，病状が進行すると手足が動かせなくなる上に発言・発語が困難となり，自力での活動ができなくなる．そのため患者のストレスは計り知れないものである．

現在では，日常生活を健常者と同じレベルでおくるためにマイトビーI-15 といった視線でのコミュニケーションといった会話方法が実用化されている．また，四肢のマヒや筋力低下で歩行困難な人が自律歩行を行えるパワーアシストスーツ(HAL)といったものがある．しかし，パワーアシストスーツは限られた施設や高額な費用という制約がある．さらに，パワーアシストスーツの取り付けや取り外しに時間がかかるうえ，外での故障時の対応にも患者に負担がかかる．

2.3. 本研究の必要性と目的

本研究では，動くことができない患者ために Virtual Reality を使用し仮想世界で簡単に動けるような手法を提案し、実装と評価を行う研究である．本研究では，多額の費用もかからず外での問題を想定せず体験できると考える．また，本研究では一般的な操作方法と違いベッドに寝たきりの体制で操作可能なため広い空間などの準備も必要としない．さらに，パワーアシストスーツとは違い故障時の負担や準備時間なども大幅に抑えられる．

3.　関連研究

現在，四肢が不自由で発言・発語ができない人が抱えているストレスは健常者では想像できないくらい大きなものです．その理由の一つとして，人間が持っている機能を使えず，不快感のみが残るからである．しかし，筋萎縮性側索硬化患者などは病状が進行しても影響を受けづらい機能の一つが眼球機能である．また，ストレスを緩和する際に視線が有効であることにも注目した[5][6].

日常生活を少しでも行えるために視線を用いてコミュニケーションをする研究[1][7][8][9]がある．これは，カメラが視線を取得し文字盤のどこを見ているかを読み取り文章にしてくれるものだ．これにり、少なからずストレスも緩和している．

また，四肢が不自由な人は家電製品を操作する際にリモコンの操作が不可能である．これらを視線によって制御する研究[2]がある．この研究では，主に室内(個室)で利用可能で利用者は動かない状態で家電製品を見つめるとコンピュータがカメラ画像から視線を読み取り，利用者の代わりに家電製品をコントロールするといったものである．これにより，少なからずストレスを緩和している．

本研究は，四肢が不自由で発言・発語ができない人が簡単に操作できるシステムを提案する．そのためには，人手を最小限に抑え，利用者に危険が生じないために Virtual Reality を使用する．

4. 提案手法

4.1. 操作方法の選択

提案手法では，対象者はベッドに寝たきりの状態と発言・発語ができない状態を想定している．そこで使用する操作方法を決定するために現状の操作方法の長所と短所を列挙し比較した．長所と短所を列挙し比較したものを表 1 に示す．

表 1．現状の操作方法の長所と短所の比較

操作方法	長所	短所
モーション(手足)	・自身の動きとVirtual Reality内の動きが連動しているため操作しやすい。これによりVR酔いがしづらい。	・本研究の対象者では四肢が動かせないのを想定しているため使用できない。
コントローラ	・操作性が簡単で身体を動かさなくてもモーション操作と同じ量の動きを実現できる。	・本研究の対象者では四肢が動かせないのを想定しているため使用できない。 ・自身の動きと同じ動きをVirtual Reality内で行っていないためVR酔いを起こしやすい。
音声	・音声入力することにより身体を動かさずとも操作できる。	・本研究の対象者では発音・発語ができないことを想定しているため使用できない。 ・自身の動きと同じ動きをVirtual Reality内で行っていないためVR酔いを起こしやすい。
脳波	・念じることで身体を動かさずとも操作できる。	・入力からの処理速度が遅く実用段階ではない。 ・現時点で処理速度は限界に達している。 ・細かい動作はできず、数個の中から念じた一つを見分ける程度の操作しかできない。 ・自身の動きと同じ動きをVirtual Reality内で行っていないためVR酔いを起こしやすい。
視線	・視線を動かすことで身体を動かさずとも操作できる。	・目を酷使するため疲労がたまりやすい。 ・自身の動きと同じ動きをVirtual Reality内で行っていないためVR酔いを起こしやすい。

表 1 より，本研究での対象者の条件に対応できるものとして脳波入力と視線入力がある．しかし，現状の実用状況を考え視線入力での操作を採用した．

また，より多くの動作をするために視線入力に加え，瞬きの動きも取得し操作できる User Interface(UI)を提案する．そのため，視線と瞬きを使用することで身体が動かせなくても操作できる．これにより，視線と瞬きのみで Virtual Reality 内を動き回り，それを体験する．

さらに，実装したプロトタイプの性能とユーザビリティを評価しストレスを緩和に貢献できるかを考察する．

4.2. メンタルモデル

本研究のインタフェースでは，自身で体験するため，一人称視点にすることが普通である．

移動の際，人間は進行方向を見ているのが普通である．そのため，進行方向を見ると移動するパネルを設置した．しかし，後ろ側に移動する際は後ろを見ながら後ろに移動する人は数少なく普通ではないため，後ろ側への移動は進行方向を見なくてもできるよう移動パネルを設置した．

横を向く際，首だけでなく視線も首で向く方向に向けているが普通である．そのため，本提案手法では視線を向きたい方向の画面端に向けることで視点変更のパネルに当たるようにし，首を使わず向きたい方向に向けるようにした．

移動の際，歩く速度(=毎秒 2 メートル)と走る速度(=毎秒 4 メートル)は固定にした．Virtual Reality において加速度運動を用いると VR 酔いが生じやすく，さらに，早すぎても VR 酔いを生じやすい．そのため，等速運動にして人間の移動速度より遅めに設定した．

ジャンプをする際，日常生活において後ろ方向にジャンプをすることは数少なく普通ではない．そのため，本提案手法では前側にジャンプしやすいようにジャンプパネルを前側方向パネルの付近に設置した．

5. 実装環境

本研究の実装環境を表 2 に示す．

表 2．実装環境

OS	Windows 10 Enterprise 64bit
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-6600K CPU @ 3.50GHz 3.50GHz
メモリ	8.00GB
グラフィックカード	NVIDIA® GeForce GTX970 バージョン：416.34
ディスプレイ	1920 × 1080
Unity	2018. 1.6f1 Personal(64bit)
FOVE	firmware 51
Visual Studio 2017	Version 15.5.4

6. 実装

本研究では，本提案手法を実環境上でプロトタイプを実装した．

6.1. 機能の洗い出し

はじめに実装する機能を洗い出した．Virtual Reality 内を動き回ることを実現するために，現実世界を移動する際に用いる方法に機能を絞る．移動する際に必要となる機能を表 3 に示す．

表 3．移動する際に必要となる機能

機能	備考
前進	
後進	
ジャンプ	
スキップ	ジャンプしながら前進
歩く	
走る	
止まる	
動き出す	
視点変更	顔と体の向きを変更

6.2. 機能の実装方法

大前提として，手足を使用せず発声・発語ができない状況でも Virtual Reality 内を動けるようにする．そのため，視線と瞬きを用いて機能を実装する方法を表 4 に示す．

表 4．視線と瞬きを用いて機能を実装する方法

機能	実装方法
前進	上半分のパネルを見る
後進	下半分のパネルを見る
ジャンプ	上部にあるパネルを見る
スキップ	ジャンプパネルを見た後，方向パネルを見る
歩く	歩くパネルをONにしておく
走る	走るパネルをONにしておく
止まる	3秒間視線入力をしない(止まる状態ON)
動き出す	3秒間視線入力をしない(止まる状態OFF)
視点変更	視線変更パネルを見るとパネルの方向へ変更

これらの機能を実現する上で視線と瞬きの情報を取得する必要があった．そこでセンサーを取り付けることで解決しようと考えたが，コストが高くなってしまい，利用者の負担を大きくしてしまう．そのため，上記の要求を満たすため FOVE0 を使用した．また，動き出しと止まる際の目の動きを図 2, 視点変更の際の目の動きを図 3, 実装画面を図 4，実装画面の入力の際の動作説明を図 5 に示す．また，視線の動きがわかりやすいように自身の視線を赤と緑のボールを使い可視化させた．自身の視線の可視化を図 6 に示す．

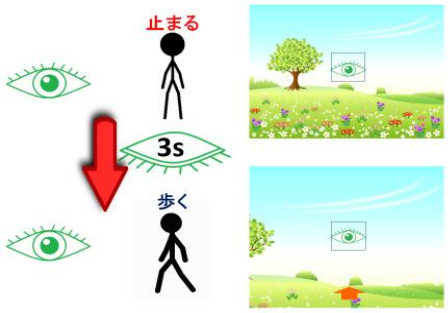

図 2. 動き出しと止まる際の目の動き

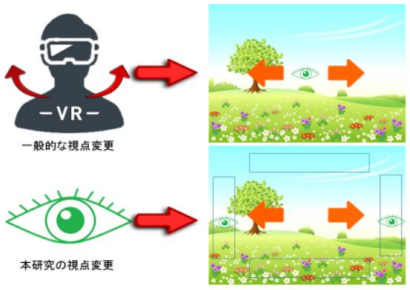

図 3. 視点変更の際の目の動き

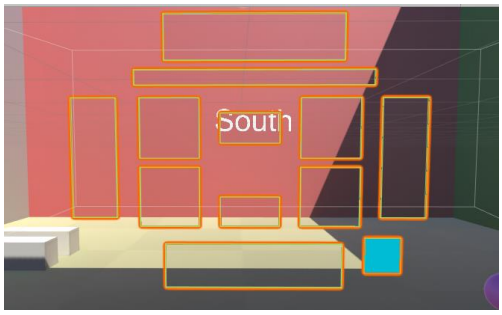

図 4. 実装画面

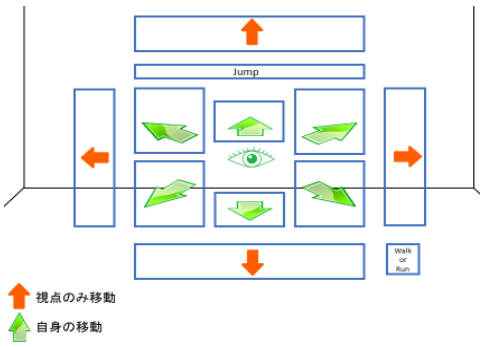

図 5. 実装画面の入力の際の動作説明

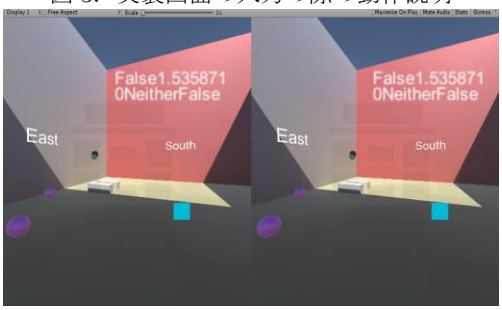

図 6. 自身の視線の可視化

7. 評価と考察

本研究では，実装したプロトタイプを用いて性能の評価と考察を行った．前提として，提案手法の対象者は手足に障害があり，発言・発語ができない．そのため性能テストの際，利用者には椅子に座ってもらい全身を動かさないように指示をした．また，性能テストの事前に本提案手法の操作方法を知らせておく．

本研究ではプロトタイプを用いてユーザビリティの評価をアンケートとして行った．また，入力してから行動へ移行するまでの反応速度を評価した．

性能評価には 12 人受けてもらった．

7.1. 有効さ

この評価では，Virtual Reality 空間内に設置された箱に提案手法を用いて乗ることを目標にした．その際に制限時間を 1 分と設けた．その有効さのアンケートを評価する．

12 人中 12 人が 1 分以内に台に乗ることが可能だった．また，台に乗るだけでなく，その正確さも評価した．

初めに，目標の台に正確性を評価するための 3 種類のポイントを置く．そこから利用者の中心点が一番近いポイントを分類する．利用者の中心点と正確性を評価するための 3 種類のポイントを図 7 に示す．また，正確さのアンケート結果を図 8 に示す．

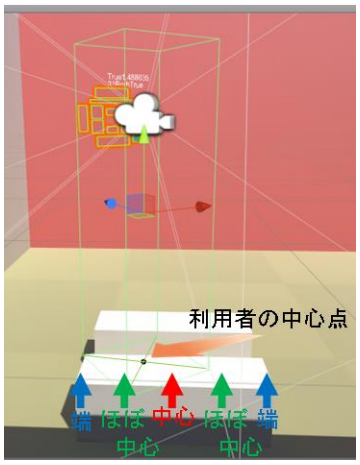

図 7. 利用者の中心点と正確性を評価するための 3 種類のポイント

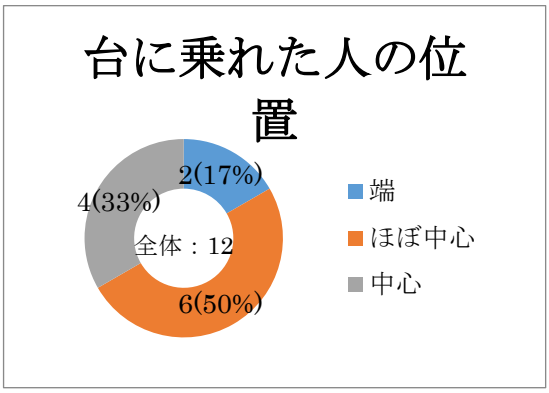

図 8. 正確さのアンケート結果

図 8 より，半分以上の人が中心に近い位置に乗れている．

全員が 1 分以内に台に乗れ，なおかつ半分以上が台の中心に違い場所で静止できた．そのため，現状の操作性で正確に操作できており，提案手法は有用性がある．

7.2. 効率

この評価では，Virtual Reality 空間内に設置された箱に提案手法を用いて乗るまでの時間を計測した．今回，性能テストをするために実装したステージを図 9 に示し，乗るまでの時間を図 10 に示す．

現段階では，まっすぐ進む速度を毎秒 2 メートル，斜め移動の速度を毎秒 1 メートルと設定している．

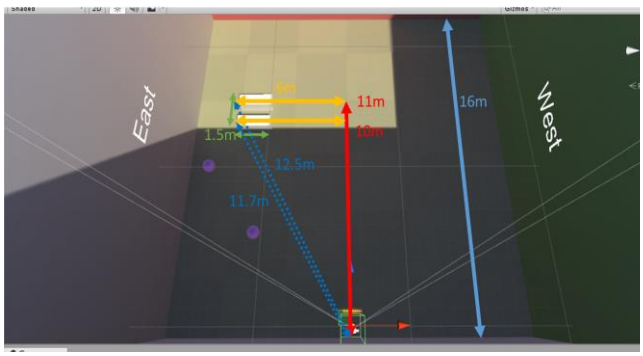

図 9. 性能テストをするために実装したステージ

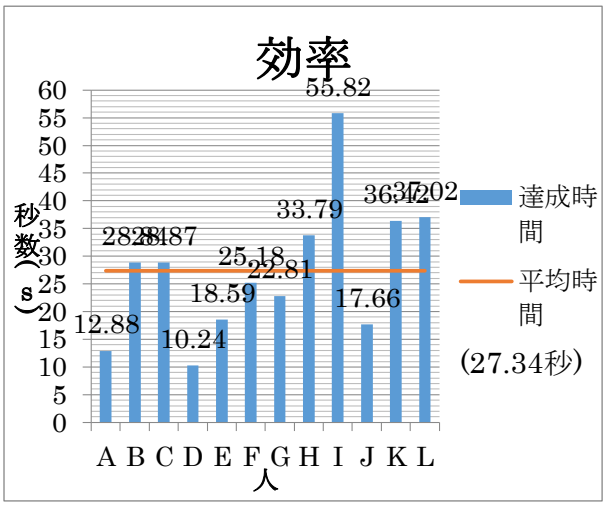

図 10. 乗るまでの時間

図 10 より，平均時間が 27.34 秒は遅いと考えた．なぜなら，上記の移動速度よりただ単に斜め移動しただけだと約 12~13 秒かかり，ジャンプと位置の調節で＋5 秒しても最高で約 17~18 秒だと考える．

性能テストを行っていた際に時間がかかっていた原因として静止のしづらさが大きかった．なぜなら，台には乗ったものの静止できず下に落ちてしまい，それを何回も繰り返していた．さらに，前にジャンプする際に誤って後ろにジャンプしてしまうこともあった．そのため，静止動作と進行方向へのジャンプは見直す必要があると考える．

7.3. 学習のしやすさ

本提案手法は、利用者がそれを使って作業をすぐ始められるよう、簡単に操作を学習できるかを 5 段階評価でアンケートを取った．1 を学習しにくい，2 を少し学習しにくい，3 を普通，4 を少し学習しやすい，5 を学習しやすいとした．学習のしやすさのアンケート結果を図 11 に示す．

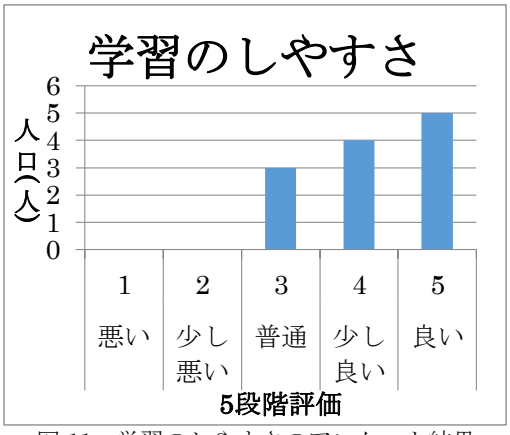

図 11. 学習のしやすさのアンケート結果

図 11 より，提案手法の操作性は簡単に学習できると分かった．

半分以上が少しでも学習しやすいと感じてもらえた．これは，操作性が簡単な使用だったためと考える．また，学習しやすいことから提案手法は有用性がある．

7.4. 記憶のしやすさ

本提案手法は、利用者がしばらく使用しなくても、次に使うときにすぐ使えるよう覚えていられるか，またすぐ思い出せそうかを 5 段階評価でアンケートを取った．1 を記憶しにくい，2 を少し記憶しにくい，3 を普通，4 を少し記憶しやすい，5 を記憶しやすいとした．記憶のしやすさのアンケート結果を図 12 に示す．

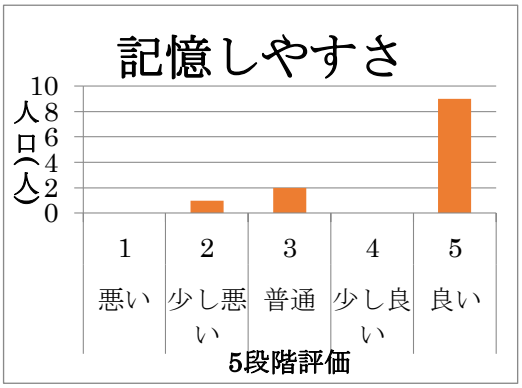

図 12．記憶のしやすさのアンケート結果

図 12 より，提案手法の操作性は簡単に記憶しやすいものだと分かった．

半分以上が記憶しやすいと感じてもらえた．これは，操作性が簡単な仕様だったためと考える．また，記憶しやすいことから提案手法は有用性がある．

7.5. エラー発生率

本提案手法を使用した際にシステムのエラー発生率を低くし，利用者がシステム試用中にエラーを起こしにくく、もしエラーが発生しても簡単に回復できるか．また，致命的なエラーが起こらないことを評価した．

現段階での実装したプロトタイプは性能テストの際エラーは発生しなかった．

現段階の実装では使用の際にエラーが発生することはなかった． そのため，今後もエラーが発生しないような操作性と実装を行う．

7.6. 主観的満足度

本提案手法では，利用者が個人的に操作性に満足できるか，また，楽しく利用できたかをアンケートを取り評価した．1 を満足してない，2 を少し満足してない，3 を普通，4 を少し満足した，5 を満足したとした．主観的満足度のアンケート結果を図 13 に示す．

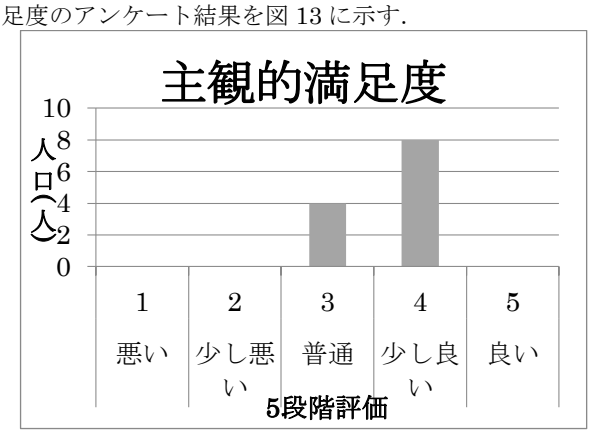

図 13．主観的満足度のアンケート結果

図 13 より，アンケートに答えてくれた半分以上の人は満足とまではいかないものの少しは満足をしてもらえた．

満足とまではいかないものの半分以上は少し満足していた．しかし，満足していない理由としていろいろな動作を行う際に時間がかかり操作がしづらい問題があった．さらに，健常者が性能テストを行ったため，首への違和感などもあった．

7.7. Virtual Reality を使用する際の環境の比較の評価

この評価では，提案手法を使用する際の環境(椅子やベッドに寝そべったままで頭は固定する環境)と一般的な手足で操作する際の現状環境(手や足を使用するため，周りに人や物がない広い環境)のどちらが利用者にあっているかをアンケートで評価した．環境の比較のアンケート結果を図 14 に示す．

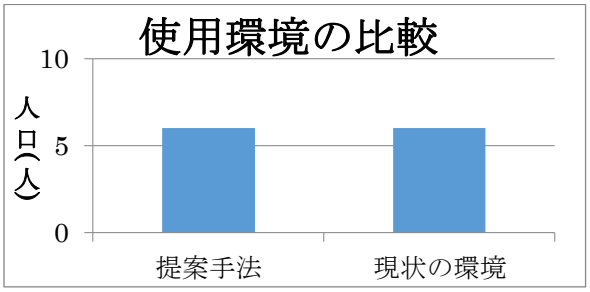

図 14．環境の比較のアンケート結果

図 14 より，提案手法と現状の環境は同数だった．

現状の環境のほうが良いと答えた全員が「違和感を感じた。」と答えた．これは，性能テストを行った際に，全員健常者で行ったため Virtual Reality を使用する際に，首を固定することや，Virtual Reality 内を移動するときに動かないことに対して生じたものだと考える．

7.8. 反応速度

入力してから Virtual Reality 内での行動を起こすまでの反応時間を測ったが，計測方法が手動計測で，なおかつ，一瞬だったため正確な数値とはいえなかった．しかし，時間差は全く感じられなかった．

今回実装したプロトタイプの反応速度は正確な時間を計測できなかった．その要因として測りはじめて一瞬で反応したことが大きい．しかし，反応時間の誤差がないと考えられため有用性がある．

8. 結論

今回の性能テストで分かったことは，操作する際に透明なパネルを使用し視線入力で操作する手法は学習するのが早く，記憶しやすいことが分かった．しかし，視線で動く際にパネルでの入力のため静止などに時間がかかり操作しづらい問題があった．また，移動速度を速くすると操作ミスを起こしたりした．さらに，今回は健常者が性能テストを行ったため使用する際の環境への違和感などがあった．

9. 今後の研究

今後は，透明なパネルの配置を再検討する．また，機能の追加や Virtual Reality 酔いの軽減を考える．

参考文献

[1]伊藤 和幸, 数藤 康雄, 伊福部 達. (2000). 重度肢体不自由者向けの視線入力式コミュニケーション装置. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 参照先：電子情報通信学会論文誌. D-1, 情報・システム. 1, 情報処理/電子情報通信学会編. p.9 495~503.
[2]藪木 登, 黒崎 正裕, 井上 浩行, 鷲見 育亮, 築谷 隆雄. (2010). 視線インタフェースを用いた家電製品の制御に関する研究. 参照日:2019 年 2 月 12 日, 津山工業高等専門学校紀要. p.27~34.
[3] 難病センター | 筋ジストロフィー(指定難病 113). (2015 年 8 月 19 日). 参照日 2019 年 2 月 12 日, 参照先: http://www.nanbyou.or.jp/entry/4522.
[4] 難病センター | 筋萎縮性側索硬化症(ALS)(指定難病 2). (2015 年 8 月 19 日). 参照日 2019 年 2 月 12 日, 参照先: http://www.nanbyou.or.jp/entry/52.
[5]田中幹也, 岩佐裕治, 水上嘉樹. (2003). 四肢障害者用コミュニケーションシステム. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 第 46 回自動制御連合講演会. 1144.
[6]阿部清彦, 佐藤寛修, 大山実, 大井尚一. (2006). 視線による重度肢体不自由者向けコンピュータ操作支援システム. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 映像情報メディア学会誌, 60, 12 (2006) 1971-1979.
[7]大野健彦. (2003). 視線を用いたインタフェース. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 情報処理, 44.
[8]阿部清彦, 大山実, 大井尚一. (2004). 自然光下における画像解析を用いた多指標視線入力システム. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 映像情報メディア学会誌, 58, 1656-1664.
[9]Gao Dekun. (2014). 新たな入力方式と入力画面デザインを考慮した視線入力インタフェースシステムの実現に関する研究. 参照日：2019 年 2 月 12 日, 電気通信大学大学院 情報理工学研究科 博士(工学)の学位申請論文.