

介助用車椅子を急停止させた際の 揺れのシミュレーション

令和6年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

藤本 悠作

概要

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	2
1.2	研究の目的	2
1.3	本論文の構成	3
第2章	追体験に関する研究事例	4
2.1	能動型追体験に関する研究事例	5
2.2	受動型追体験に関する研究事例	6
第3章	研究課題	8
3.1	問題の定義	9
3.2	研究課題の設定	9
第4章	提案手法	10
4.1	手動車椅子の加速度計測	11
4.2	電動車椅子による加速度変化の再現方法	11
4.2.1	制約	11
4.2.2	再現する範囲	12
4.2.3	電動車椅子の加速度計測	12
4.2.4	類似度評価	12
第5章	シミュレータの実装	15
5.1	シミュレータの全体像	16
第6章	評価実験	17
6.1	実験の目的	18
6.2	実験の概要	18
6.3	実験の手順	18
6.4	実験の結果	18
6.5	考察	18
6.5.1	XXXの考察	18
6.5.2	YYYの考察	18

第 7 章 結論	19
参考文献	21
付録	23
研究業績	24

図 目 次

4.1	手動車椅子の押し方のイメージ図	11
4.2	手動車椅子の加速度データのイメージ図	14
4.3	再現する範囲	14

表 目 次

第1章 序論

1.1 研究の背景

日本では、高齢化率（65歳以上の人口が総人口に占める割合）が年々増加しており、令和5年10月1日の時点で29.1%に達している [1]. さらに、65歳以上の要介護者数も年々増加していることが報告されている [2]. このことから、車椅子ユーザの数と彼らをサポートする介助者の数も増加していると考えられる. 車椅子ユーザの移動を支援する介助者は、車椅子ユーザの生活を支える重要な役割を担っている. しかし、一部の介助者は無意識に車椅子ユーザに身体的な負担のかかる車椅子の押し方をしている場合がある. 例えば、介助者が車椅子をゆっくり止めたつもりでも、車椅子ユーザにとっては急停止となってしまう、恐怖を感じさせてしまう恐れがある. あるいは、介助者が車椅子をある程度一定の速度で押しているつもりでも、車椅子ユーザにとっては不安定な速度となってしまう、不快感を与えてしまう恐れがある. 介助者がこのような車椅子の押し方をしてしまう原因として、介助者自身が不適切な押し方をしていることに気づいていないことが考えられる. 介助者に不適切な押し方をしていることを自覚させるためには、1つの方法として車椅子ユーザが体感する乗り心地を介助者に理解させることが考えられる. そのための試みはいくつか考えられる. 例えば、介助者が車椅子を押しているとき、車椅子ユーザに対してヒアリングを行なってもらうことで、会話を通して乗り心地を理解させることができる. あるいは、介助者が車椅子を押している様子を録画し、それを介助者に見てもらうことで、視覚的に乗り心地を理解させることができる. この他にも、実際に介助者に車椅子に乗ってもらい、第三者に押してもらうことで、直感的に乗り心地を理解させることができる. しかし、これらの試みでは、介助者は自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか理解しづらい. 車椅子を押し慣れている介助熟練者から教わることで、自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか学ぶことができる可能性はある. しかし、能登ら [3] によると、たとえ介助熟練者であっても、推進時の車椅子ユーザの乗り心地まで考慮している人は少ないことが報告されている. さらに、教える人が乗り心地まで考慮している介助熟練者であっても、忙しさの観点からいつでも教えることができるとは限らない. 以上より、介助者が自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか理解するための別の方法を考える必要がある.

1.2 研究の目的

介助者が自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか理解できるようにするために、介助者が車椅子を押したときの揺れを、介助者自身が追体験できる車椅子シミュレータを提案する. 本研究では第一段階として、車椅子ユーザに身体的な負担のかかる車椅子の押し方のうち**急停止**に焦点を当てる. 本研究の目的は、ユーザが手動車椅子を急停止したときの揺れをユーザ自身が追体験できるシミュレータの実装および、シミュレータを用いた評価実験を行い、手動車椅子の挙動を電動車椅子で再現できるかどうかを明らかにすることである.

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである.

2章では, 追体験に関する研究事例について述べる.

3章では, 本論文における問題の定義と研究課題について述べる.

4章では, 本論文における提案手法を述べる.

5章では, シミュレータの実装について述べる.

6章では, シミュレータに関する評価実験・考察について述べる.

最後に7章にて, 本論文の結論を述べる.

第2章 追体験に関する研究事例

本章では、追体験に関する研究事例について述べる。追体験とは、他人の体験をあとからなぞり、自分の体験のようにとらえることである（広辞苑 第七版）。池井ら [4] は、追体験を2つの軸で分類している。1つは体験コンテンツの取得手法に着目し、現実空間を用いる手法とメディアを用いる手法の2つに分類している。もう1つは追体験時のユーザの身体運動に着目し、能動的か受動的かで分類している。身体運動を固有感覚・前庭感覚・触覚を生じさせる運動として捉え、これを基準に分類している。本稿では、広義に追体験の研究事例を分類するために、感覚刺激の種類を限定せず、単にユーザの運動状態が能動的か受動的かで分類する。さらに、追体験に関する研究事例を調査していく中で、体験コンテンツの取得手法に着目したところ、現実空間よりもメディアを用いた手法が比較的多く見られたため、本稿では後者に焦点を当てる。

2.1 節では、能動型追体験に関する研究事例について紹介する。2.2 節では、受動型追体験に関する研究事例について紹介する。これらは、他人が過去に体験した事例を、自分の体験のようにとらえることができるという点で本研究と関係している。

2.1 能動型追体験に関する研究事例

能動型追体験に関する研究事例として [5–14] が挙げられる。

近藤ら [5] は、手術難度の高い腹腔鏡下手術の新しい訓練方法を提案し、そのためのシステムを構築した。具体的には、事前に記録した熟練者による鉗子操作映像と学習者による鉗子操作映像を画面上に重畳表示し、学習者はそれを見ながら熟練者の動きを追従することで、手術の手順やスキルを獲得できるシステムを構築した。従来の訓練方法と新しく提案した訓練方法の学習効果を比較する実験を行った結果、後者の方が学習完了までにかかる所要時間が短くなりやすく、熟練医により作成された技能チェックリストも達成しやすいことが示された。常ら [6] は、近藤ら [5] が提案したシステムで使用されている映像が2Dであることから奥行方向の学習が難しいことを問題視し、2Dと3Dで学習効果にどう差が生じるのかを検証した。その結果、3D映像提示による学習の方が空間把握の学習に効果的であることが示された。

小水内ら [7] は、気管内吸引における手技の追体験を可能とするシステムを構築した。このシステムでは、事前に計測した熟練者による手の動きや視線をVR空間内の人型モデルで再現している。システムを利用するユーザは、Head Mount Display とハンドコントローラを使用し、VR空間における自身の手の動きや視線を、熟練者として模した人型モデルと重ねるように動かすことで追体験することができる。

Mizushima ら [8] は、バドミントン選手のプレイを追体験できるシステムを構築した。ユーザは実際にラケットを持った状態で、ディスプレイに映し出される3人称視点の選手の映像を視聴しながらラケットを振る動作を真似る。その際、ユーザが持つラケットに対して、選手がシャトルを打ったときのラケットの振動と同じ振動を与えることで、ユーザは自分の体験のようにとらえることができる。ユーザがラケットをゆっくり振った際、そのときのラケットの速度に合わせて、映像による視覚情報と振動による触覚情報の提示を遅らせることで、ユーザはスローモーションでプレイを体験することもできる。さらに、

Mizushina ら [9] は、構築したシステム [8] において、ユーザに提示する映像を3人称視点から1人称視点に変更することで、ユーザがより自分の体験のようにとらえることができることを目指した。

Arakawa ら [10] は、カメラオペレータによる過去の映像撮影時の視点や動きを再現し、拡張現実（AR）技術を活用して、ユーザが撮影時の体験を追体験できるようなシステムを開発した。システムを利用するユーザは、まず、デバイスのカメラに表示される過去の映像フレーム内に含まれる対象物を現実空間における目の前の対象物と重ね合わせる。次に、デバイスを当時のカメラオペレータと同じように動かすことで過去の映像フレームが再生され、それによりユーザはカメラオペレータと同じ撮影体験をすることができる。開発したシステムの効果を検証するため、鉄道博物館でデモ実験を実施し、ユーザに7段階評価のアンケートを行った結果、全ての項目において平均値が5以上となった。一方で、システムの操作性において改良の余地があることが示唆された。

近藤ら [11] は、パワーアシスト足こぎ車椅子を用いた追体験型走行シミュレータを構築した。構築されたシミュレータでは、足こぎ車椅子走行時に計測された外乱データと、その際に撮影されたパノラマ映像が反映されている。ユーザは、Head Mount Display に映し出されるパノラマ映像を見ながら、制御された負荷がかかるペダルを漕ぐことによって、他人の足こぎ車椅子走行時の体験を追体験できる。杉田ら [12] も同様に、足こぎ車椅子を用いた追体験型シミュレータを構築した。力覚情報提示における実装において、近藤ら [11] が構築したシミュレータと比較すると、ユーザがペダルを漕ぐ際にかかる負荷を制御するという点では同じである。しかし、足こぎ車椅子走行時の外乱データではなく、ペダリングトルクデータを基に負荷を制御している点で異なる。構築したシステムの有効性を検証するために、実際の走行と追体験走行を比較する実験を行った結果、追体験走行時のトルクや心拍数の変化が、実際の走行時と似ていることが示された。

村上ら [13] は、乳幼児の感覚経験の追体験を可能とするシステムを開発した。このシステムでは、事前に取得した乳幼児の視線映像に基づいて、乳幼児視点のVR空間を構築している。ユーザはHead Mount Display を装着し、構築されたVR空間内を自由に動き回することで、乳幼児の視点を追体験することができる。

Delachambre ら [14] は、加齢性黄斑変性症（AMD）患者が日常的に直面する視覚的困難を追体験することができるVRシステムを構築した。このシステムでは、AMD患者および視能訓練士との共同設計を通じて、患者の日常生活における4つのシーンをVR空間で再現している。システムを利用するユーザは、各シーンを再現したVR空間内で徐々に生じる中心視野の喪失（スコトーマ）を体験することができる。この研究では、構築したVRシステムがユーザのAMDに対する認識にどのような影響を与えるかを検証するための実験を行っている。その結果、VR体験がユーザのAMDに対する知識を向上させ、さらに、AMD患者が直面する困難に対する理解や関心を深めることが示された。

2.2 受動型追体験に関する研究事例

受動型追体験に関する研究事例として [4, 15–17] が挙げられる。

池井ら [4] は、旅行地における歩行や陸上競技短距離走における走行の運動感覚の追体験を可能とするシステムを実装した。具体的には、専用の椅子に着座したユーザに対して、主に前庭感覚、下肢固有感覚、皮膚感覚への刺激を与えることで、ユーザが受動的に歩行・走行している感覚を得られることを目指した実装を行った。実装したシステムの効果を検証するための実験を行った結果、歩行・走行のどちらにおいても、ユーザに対してある程度運動感覚を与えることができることが確認された。

佐藤ら [15] は、ゲームにおけるプレイヤの体験を観戦者が追体験できるようなシステムを試作した。このシステムでは、プレイヤによるマウスの上下左右の動きやクリック動作を再現している。プレイヤの操作を再現したマウスをユーザに握らせ、マウスを受動的に動かすことでユーザに追体験させる。システムの効果を検証するための実験を行った結果、ゲームの種類によって自分が操作している感覚に違いをもたらすことが示された。

檜山ら [16] は、伝統技能である紙漉の追体験を可能とするシステムを開発した。このシステムでは、事前に記録した熟練者のデータ（筋電データ、重心データ、漉桁の3軸加速度データ、熟練者が聞いた音のデータ、1人称視点の映像データ）を用いている。記録したデータを用いて、ユーザに視覚・聴覚・触覚情報を提示することで、ユーザは紙漉の追体験を行うことができる。システムの効果を検証するための評価実験を行った結果、一連の体験を通すことで漉桁の基本動作を容易に習得できることが示唆された。

Li [17] らは、日本で有名な祭りの1つである祇園祭の山鉦巡行において、参加者が体感する感覚の追体験を可能とするシステムを構築した。構築したシステムでは、山鉦の揺れを再現した6自由度の振動システムと、山鉦や参加者、観客、街並みに加え、巡行中の音楽や環境音を再現したVRシステムを組み合わせている。ユーザに対して、視覚・聴覚・触覚情報を提示することで、ユーザは山鉦に乗っている人と同じ感覚を体感することができる。構築したシステムの有効性を検証するために、実際に山鉦に乗った経験のある人を対象にアンケートを行った。その結果、振動・CG・音響・全体的な雰囲気それぞれの再現品質が高く評価され、システムの有効性が示された。

第3章 研究課題

本章では、本研究における問題の定義と研究課題について述べる。

3.1 問題の定義

日常生活において、一部の車椅子介助者は無意識に車椅子ユーザに身体的な負担のかかる押し方をしている場合がある。介助者によるそのような押し方を少しでも防ぐためには、介助者に自身が不適切な押し方をしていることを自覚させることが重要である。これを解決するためには、車椅子ユーザが体感する乗り心地を介助者に理解させることが1つの方法として考えられる。そのための試みとして、車椅子ユーザに対してヒアリングを行ってもらったり、実際に車椅子に乗った状態で第三者に押しってもらったりする方法が考えられる。しかし、どちらの方法においても、介助者は自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか理解しづらい。

2章では、追体験に関する研究事例を紹介した。各研究事例で提案されているシステムを俯瞰して見ると、他人の体験を何かしらの方法を用いて再現している。それをユーザに体験してもらうことで、ユーザが他人の体験を自分の体験のようにとらえることを可能にしている。本研究では、これらと同様に、他人の体験を自分の体験のようにとらえることができるシステムを構築することで、前段落の問題点を解決できるのではないかと考える。具体的には、まず、ユーザが手動車椅子を押したときの車椅子の挙動を電動車椅子で再現する。次に、ユーザに手動車椅子の挙動を再現した電動車椅子に乗ってもらうことで、手動車椅子を押したユーザは車椅子ユーザが体感した乗り心地と同じ体験をすることができる。このシステムを利用することにより、介助者は自身の車椅子の押し方が乗り心地にどう影響を与えるのか理解しやすくなると考える。しかし、

3.2 研究課題の設定

3.1節で述べたように、ユーザが手動車椅子を押したときの手動車椅子の挙動を電動車椅子で再現できるかどうか明らかになっていないという問題がある。実空間における手動車椅子の挙動をVR空間内で再現するシステムはいくつか存在するが[18]、実空間上の電動車椅子で再現するシステムは、調査した限りでは存在しない。

車椅子ユーザに身体的な負担のかかる車椅子の押し方は、急な発進や方向転換などさまざまに考えられるが、本研究では第一段階として急停止に焦点を当てる。さらに、車椅子を押す道の形状も、坂道や横断勾配などさまざまに考えられるが、本研究では平地に着目する。加えて、挙動という言葉は速度変化や加速度変化など様々な意味でとらえることができるが、ここでは加速度変化に着目する。本研究では、**介助者が自分の車椅子の押し方の不適切さを直感的に理解できるようにすることを研究課題として設定する。**

第4章 提案手法

本章では，本論文における提案手法を述べる．

4.1 手動車椅子の加速度計測

手動車椅子に急停止時の加速度変化を生じさせるためには，手動車椅子が急停止直前まで一定の速度を保持している必要がある．そのため，ユーザは手動車椅子を一定時間，前進方向に押し進める必要がある．手動車椅子を押す際のイメージ図を図 4.1 に示す．加速度の計測には，一般的な方法である，加速度センサを用いた方法を取り入れる．4.2.3 項における電動車椅子の加速度計測においても，同様に加速度センサを用いた方法を取り入れる．

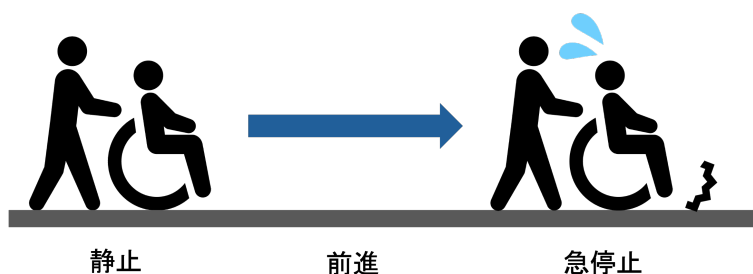


図 4.1: 手動車椅子の押し方のイメージ図

4.2 電動車椅子による加速度変化の再現方法

4.2.1 制約

本研究では，実装にあたりいくつかの制約を設ける．(1)については4.2.2 項，(2)については4.2.3 項で詳しく説明する．

- (1) 再現する範囲
- (2) 電動車椅子の挙動
- (3) 再現する加速度の軸の数

(3) について，加速度センサは一般的に x , y , z の 3 軸を持つ．5 章で加速度センサの取り付け方について詳しく説明するが，加速度センサは 1 つの軸が手動/電動車椅子の前進方向と水平に同じ方向を向くように取り付ける．4.1 節で述べた手動車椅子の動きに基づくと，前進方向の軸と直行する他 2 つの軸で計測される加速度変化には，大きな特徴が現れにくいと考えられる．そのため，本研究では再現する加速度の軸を 1 つに絞ることとする．

4.2.2 再現する範囲

4.1 節のように手動車椅子の加速度を計測すると、図 4.2 のような加速度変化が確認できると考えられる。図 4.2 において特徴的な箇所は、図 4.3 のように、 t_1 （前進方向の推進力がかかり始めた時刻）から t_2 （前進方向の推進力により加速度が一定に達した時刻）までの範囲と、 t_3 （後退方向の推進力がかかり始めた時刻）から t_4 （推進力が失われることにより加速度が一定に達し始めた時刻）までの範囲である。3.2 節では、急停止時の加速度変化を再現すると述べたが、急停止直前まで保持している速度の大きさが、急停止時の加速度変化に影響を与えるため、 $t_1 \sim t_2$ の範囲のような加速度変化も再現する必要があると考える。これに基づき、本研究では図 4.3 の $t_1 \sim t_2$ や $t_3 \sim t_4$ のように加速度が大きく変化する箇所を再現範囲とする。

4.2.3 電動車椅子の加速度計測

電動車椅子を走行させる道の形状について考える。走行させる道の形状が坂道や横断勾配であった場合、道の傾きが電動車椅子の加速度に影響を与える恐れがある。そのため、電動車椅子を走行させる道の形状は、手動車椅子が走行する道の形状と同じ（平地）とする。

4.2.1 項で述べたように、本研究では電動車椅子の挙動に制約を設ける。具体的には、4.2.4 項における類似度評価を容易にするために、電動車椅子を走行させる際、手動車椅子とほとんど同じ時系列で加速度変化が生じるようにする。これを実現させるために、手動車椅子の加速度データから以下 4 つの時刻を取得する必要がある。

- 前進方向に推進力がかかり始めた時刻
- 前進方向の推進力により加速度が一定に達した時刻
- 後退方向に推進力がかかり始めた時刻
- 推進力が失われることにより加速度が一定に達し始めた時刻

5 章において具体的な取得方法を説明する。

4.2.4 類似度評価

説明を容易にするために、加速度や時刻を以下のように表記する。

- 手動車椅子について
 - 手動車椅子の加速度： $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$
 - 手動車椅子の時系列： $T_a = [t_{a_1}, t_{a_2}, \dots, t_{a_n}]$

- 前進方向の推進力がかかり始めた時刻： t_{ac}
 - 前進方向の推進力により加速度が一定に達した時刻： t_{ad}
 - 後退方向の推進力がかかり始めた時刻： t_{ae}
 - 推進力が失われることにより加速度が一定に達し始めた時刻： t_{af}
- 電動車椅子について
 - 電動車椅子の加速度： $B = [b_1, b_2, \dots, b_m]$
 - 電動車椅子の時系列： $T_b = [t_{b_1}, t_{b_2}, \dots, t_{b_m}]$
 - 前進方向の推進力がかかり始めた時刻： t_{bg}
 - 前進方向の推進力により加速度が一定に達した時刻： t_{bh}
 - 後退方向の推進力がかかり始めた時刻： t_{bi}
 - 推進力が失われることにより加速度が一定に達し始めた時刻： t_{bj}

手動車椅子の加速度データの再現性を評価するために、類似度を指標として使用する。類似度を計算する方法はさまざまである。例えば、DTW やピアソンの積率相関係数、スピアマンの順位相関係数、コサイン類似度などが挙げられる。しかし、本研究においてこれらの手法は適していないと考えられる。例えば、DTW では、時間軸の長さが無視されて類似度が計算されてしまうため適していない。ピアソンの積率相関係数では、非線形データを使用することができないため適していない。スピアマンの順位相関係数では、加速度の値が順位付けされてしまうことにより、振幅情報が失われてしまうため適していない。コサイン類似度では、波形の方向が一緒であれば相関が強いと評価されてしまう（振幅情報が失われてしまう）ため適していない。以上より、類似度を計算する方法として、振幅や時間の情報が失われない手法を検討する必要がある。その1つとして〇〇が考えられる。

～4.2.2 項より、手動車椅子のデータにおいて再現すべき範囲は、 $t_{ac} \sim t_{ad}$ と $t_{ae} \sim t_{af}$ である。さらに、4.2.4 項より、 t_{ac} と t_{bg} 、 t_{ad} と t_{bh} 、 t_{ae} と t_{bi} 、 t_{af} と t_{bj} はそれぞれほとんど同じ時刻になるはずである。

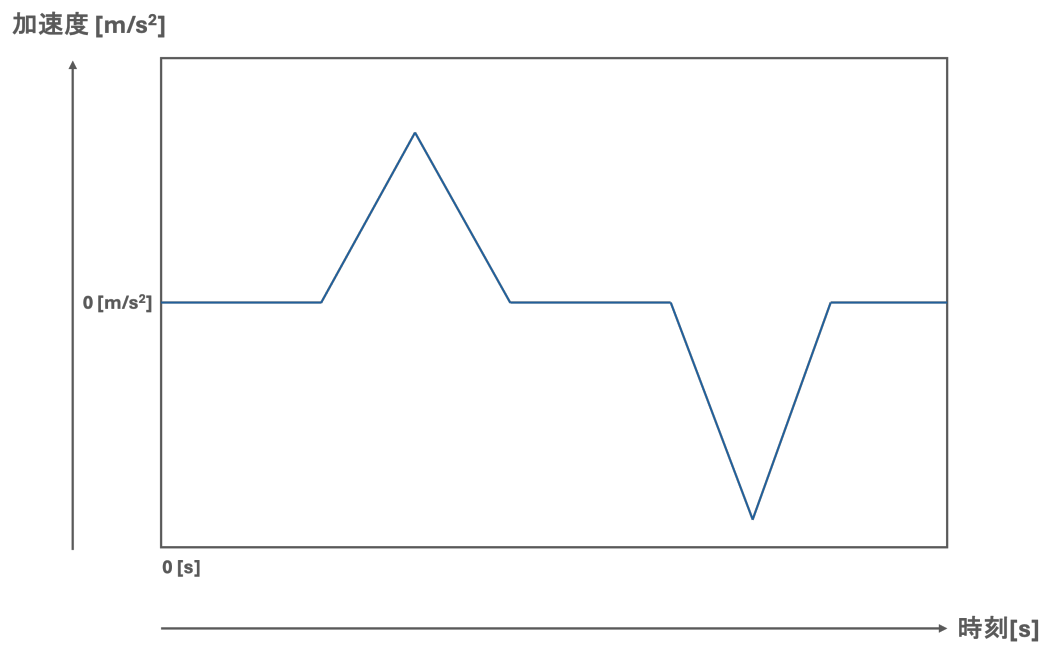


図 4.2: 手動車椅子の加速度データのイメージ図

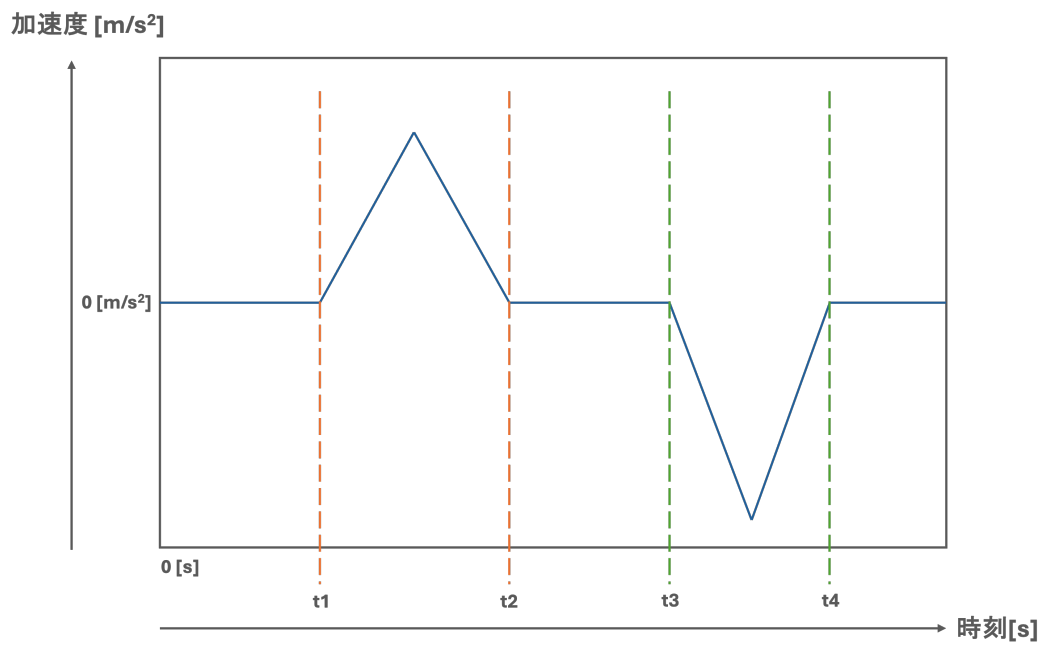


図 4.3: 再現する範囲

第5章 シミュレータの実装

5.1 シミュレータの全体像

第6章 評価実験

本章では、XXX に関する評価実験・考察について述べる。

6.1 実験の目的

実験の目的をここに書く。

6.2 実験の概要

実験の概要をここに書く。

6.3 実験の手順

実験の手順をここに書く。

6.4 実験の結果

実験の結果をここに書く。

6.5 考察

考察のサマリをここに書く。

6.5.1 XXX の考察

考察の内容をここに書く。

6.5.2 YYY の考察

考察の内容をここに書く。

第7章 結論

結論をここに書く.

参考文献

- [1] 高齢化の現状と将来像：https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/zenbun/s1_1_1.html (last visited on 2024/11/22).
- [2] 健康・福祉：https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/zenbun/s1_2_2.html (last visited on 2024/11/22).
- [3] 能登裕子, 齋藤誠二, 村木里志. 乗り心地に関連した看護師の車いす推進操作の実態調査. 日本看護学会論文集. 看護管理, Vol. 38, pp. 148–150, 2007.
- [4] 池井寧, 広田光一, 阿部浩二, 雨宮智浩, 佐藤誠, 北崎充晃. 身体的追体験の概念の提案と一部機能の試験実装—多感覚・運動情報提示による歩行・走行体験の共有. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 24, No. 2, pp. 153–164, 2019.
- [5] 近藤大祐, 飯塚博幸, 安藤英由樹, 小濱和貴, 坂井義治, 前田太郎. 腹腔鏡下手術トレーニングにおける視野共有手法による学習効果とその実証 (lt; 特集 gt; 医療・福祉・ヘルスケアと vr). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 18, No. 4, pp. 487–496, 2013.
- [6] 常明, 青山一真, 古川正紘, 小濱和貴, 坂井義治, 前田太郎, 安藤英由樹. 腹腔鏡手術のボックストレーニングにおける立体情報提示が針刺入スキルの学習に与える影響 (lt; 特集 gt; 教育・訓練・支援). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 299–309, 2015.
- [7] 小水内俊介, 近野敦, 金井理, 浅賀忠義, 井上創造, 村田恵理, 萬井太規, 高橋望, 二宮伸治, コリー紀代. 一人称視点で模範手技の追体験が可能な 没入型看護教育システム:este-vr. 日本シミュレーション医療教育学会雑誌, Vol. 7, pp. 89–93, 2019.
- [8] Yusuke Mizushina, Charith Lasantha Fernando, Kouta Minamizawa, and Susumu Tachi. Haptic broadcasting. In *Haptics*, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 466–468. Springer Verlag, 2014.
- [9] Yusuke Mizushina, Wataru Fujiwara, Tomoaki Sudou, Charith Lasantha Fernando, Kouta Minamizawa, and Susumu Tachi. Interactive instant replay: sharing sports experience using 360-degrees spherical images and haptic sensation based on the

- coupled body motion. In *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference*, AH '15, p. 227–228, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [10] Takuya Arakawa, Kazuhiro Kasada, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. Reliving video experiences with mobile devices. In *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 581–584, 2012.
- [11] 近藤宗輝, 衣川潤, 小菅一弘. 足こぎ車椅子の迫体験型走行シミュレータ. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2016, pp. 2A2–14b5, 2016.
- [12] 杉田典大, 小川健太, 吉澤誠, 本間経康, 関和則, 半田康延. 足こぎ車いすの実走行迫体験システムの開発. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 23, No. 1, pp. 3–11, 2018.
- [13] 村上泰介. 赤ちゃんの感覚経験を迫体験するヴァーチャルリアリティ環境構築. 日本デザイン学会研究発表大会概要集, Vol. 71, p. 90, 2024.
- [14] Johanna Delachambre, Hui-Yin Wu, Sebastian Vizcay, Monica Di Meo, Frédérique Lagniez, Christine Morfin-Bourlat, Stéphanie Baillif, and Pierre Kornprobst. Amd journee: A patient co-designed vr experience to raise awareness towards the impact of amd on social interactions. In *Proceedings of the 2024 ACM International Conference on Interactive Media Experiences*, IMX '24, p. 17–29, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [15] 佐藤大輔, 渡邊恵太. ゲーム観戦におけるプレイヤ操作の迫体験システムの試作. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集, 第 2021 巻, pp. 400–404, aug 2021.
- [16] 檜山敦, 土山裕介, 宮下真理子, 江渕栄貫, 関正純, 廣瀬通孝. 一人称視点からの多感覚迫体験による伝統技能教示支援 (lt; 特集 gt; 教育・訓練・協調). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 4, pp. 643–652, 2011.
- [17] Liang Li, Woong Choi, Kozaburo Hachimura, Keiji Yano, Takanobu Nishiura, and Hiromi T. Tanaka. [paper] virtual yamahoko parade experience system with vibration simulation. *ITE Transactions on Media Technology and Applications*, Vol. 2, No. 3, pp. 248–255, 2014.
- [18] Pithon T, Weiss T, Richir S, and Klinger E. Wheelchair simulators: A review. *Technology and Disability*, Vol. 21, pp. 1–10, 2009.

付録

研究業績

研究会・シンポジウム

- (1) 齊藤孝樹, 杉本隆星, 藤本悠作, 呉健朗, 宮田章裕: Vection 誘発映像と電動車椅子を併用した段差通過シミュレータの改良, 情報処理学会コラボレーションとネットワークサービスワークショップ 2023 論文集, Vol.2023, pp.61–67 (2023).
 - (2) 藤本悠作, 杉本隆星, 齊藤孝樹, 呉健朗, 宮田章裕: 強化学習による電動車椅子のバリアシミュレーションの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2024 論文集, pp.1004–1006 (2024).
 - (3) 藤本悠作, 齊藤孝樹, 杉本隆星, 土岐田力輝, 呉健朗, 宮田章裕: 介助用車椅子を急停止させた際の乗り心地を介助者が体験できるシミュレータの検討, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO '24), pp.1218–1221 (2024).
 - (4) 土岐田力輝, 齊藤孝樹, 新山はるな, 藤本悠作, 呉健朗, 宮田章裕: スクリーンデバイス上における小説の読み方が視覚障害者の移入へ与える影響の予備的測定, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO '24), pp.1567–1572 (2024).
-