

移動型スロープによる HMD と電動車椅子で構成した VR ライドの降下感覚の向上

伊藤駿汰¹ 斎藤文人¹ 中西泰人²

概要：我々は遊園地におけるアトラクション体験を提供することを目的に、HMD (Head Mounted Display) と電動車椅子で構成した VR (Virtual Reality) ライドを構築している。本研究ではこれに移動型スロープを組み合わせることで静止したスロープに比べ降下感覚を向上させるシステムを提案する。移動型スロープは電動車椅子用のモータを用いており、HMD を装着したユーザを乗せた電動車椅子を乗せて移動でき、速度や加速度の制御もできる。本研究ではこれらを組み合わせることで、持続的に坂道を降下する感覚と、降下する坂道の曲率が変化する感覚を提示する。本稿ではこれら2つの感覚を提示できているか検証すべく2つの実験を行った。実験1では、持続的な降下感覚提示について調査することを目的に、静止したスロープの上で静止する、静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止するの3つの条件で降下感覚の強度を比較する実験を行った。実験2では、降下する坂道の曲率が変化する感覚を提示できるかを検証すべく、平地、静止したスロープ、移動するスロープの3つの条件で映像と動きの不一致度合いで比較する。2つの実験の結果、移動するスロープを用いた場合が最も効果的であることがわかった。

キーワード：VR, 電動車椅子, モーションプラットフォーム, アトラクション体験

Improving the Sensation of Drop in VR Ride Composed of HMD and Electric Wheelchair Using Mobile Slope

1. はじめに

遊園地に設置されているアトラクションは非日常的な体験を提供できる優れたエンターテインメント施設である。また近年の VR 技術の発展にともない、バーチャル空間での没入感を高めるため、映像と連動して高自由度の姿勢変化を起こすモーションプラットフォーム (MP) の開発が進められている[1][2]。しかし、遊園地のアトラクションや MP は構造が複雑であるのに加え設置に必要となるコストが大きいため、応用範囲が限定されるという問題がある。

これらの問題を解決するために、世の中に広く普及している乗り物である自動車[3]や電動車椅子[4]を MP として利用するシステムが提案されてきた。これらの乗り物は前後1軸、前後運動が合成されたヨー軸運動 (旋回) の2自由度の運動提示に限定されるが、Kodama らは自動車を前後方向に加速・減速させることで身体を移動させ一時的な落下感覚を提示している[5]。また Yem らは加速することによって発生する後方への身体の移動や傾きを再現するため、電動車椅子が小型のスロープに乗り上げるシステムを提案した[6]。これらのシステムは体験としてピッチ軸回転の自由度を増やすことができる。一方で、持続的に上昇・降下する体験や、曲がり具合が変化する坂道を上昇・降下する体験が組み合わさっているジェットコースターのような体験を提示するには不十分である。

そこで我々は HMD と電動車椅子で構成した VR ライドに移動型スロープを組み合わせることで、静止したスロー

プに比べ上昇感覚を向上させるシステムを提案した[7]。上昇する坂道の曲率が変化する感覚と、持続的に坂道を上昇する感覚を提示できるかを検証するため2つの実験を行い、静止したスロープに比べ移動するスロープを用いた場合がより効果的であることを明らかにした。これらにより、小型のスロープを用いて、持続的に上昇する感覚を提示でき、曲率が変化する坂道を上昇することができるため、提供する体験の幅を広げることができることがわかった。

そこで本稿では、これらの研究成果を降下体験にも応用できるかを調査するために2つの実験を行う。実験1では持続的な降下感覚提示が可能かを調査することを目的に、静止したスロープの上で静止する、静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止する3つの条件で降下感覚の強度を比較する。実験2では降下する坂道の曲率を疑似的に変化させることが可能かを調査するために、平地、静止したスロープ、移動するスロープの3つの条件で被験者に VR ライドを体験させる実験を行い、動きと HMD の映像との不一致度合いを比較する。

2. 実験環境

2.1 電動車椅子と移動型スロープ

提案手法に用いるハードウェアとしてユーザが乗る電動車椅子 (YAMAHA発動機 TOWNYJOY X PLUS+) と同じ電動ユニットを用いて作成した移動型スロープを使用する(図1)。移動型スロープの幅、奥行き、最大高さ、角度は、それぞれ90cm, 182cm, 32cm, 10°である。また、

1 慶應義塾大学政策・メディア研究科

2 慶應義塾大学環境情報学部

電動車椅子が移動型スロープの上を走行する際のスリップを防ぐため、スロープの表面に滑り止めシールを貼った。

電動車椅子の前方には被験者が握るグラブバーを設置した。我々はグラブバーを握ることによって発生する触覚刺激が降下感覚の強度に与える影響を予備実験として調査した。降下体験を提示する手法として、降下する際の前屈みの姿勢を保った状態で並進運動させ、HMDに降下体験の視覚刺激を加える提案手法を用いた。グラブバーを握らない場合と比較して握る場合の降下感覚の強度を3段階リッカート尺度を用いて7名の被験者に回答させた。「1」は弱い、「2」は同じ、「3」は強い、を示す。その結果、7名中6名の被験者がグラブバーを握ることで降下感覚が強くなったと回答し、グラブバーを握ることで降下感覚の強度が向上することを確認した。

電動車椅子、移動型スロープそれぞれのモータにはYAMAHA発動機が提供する研究開発用オプションであるアカデミックパックを使用し、シングルボードコンピュータ（Raspberry Pi 4 Model B）とシリアル通信を行う。また、電動車椅子には位置・姿勢情報の取得を目的にIntel社のRealsense Tracking Camera T265を設置している。

2.2 VR システム

視覚的に降下感覚を提示するために HMD を用いる。HMDはPCとリアルタイム無線通信（Oculus Link Air）が可能なOculus Quest2、視覚コンテンツを作成するゲームエンジンとしてUnity2020.3.16f1を使用する。

本稿では視覚コンテンツとして、ジェットコースターに乗車して降下する体験を被験者に提示する(図2)。前稿と条件を揃えて比較するため、加速は発生しない降下体験とし、ジェットコースターの速度は上昇感覚を提供する実験と同様に移動型スロープの4倍にした。実空間のスロープが三角柱の形状をした曲率が0の坂であるのに対し、VR空間のコースは最大曲率が4deg/mの緩やかな坂となっている。ジェットコースターの最大傾斜角度は移動型スロープの2倍の角度である20°とした。伊藤らはHMDに斜面降下する映像を提示する場合、実空間とVR空間の坂道の角度の違いに気づく閾値を調査した[8]。その結果、座位における角度ゲインの閾値は0.66-1.16と示した。本研究の角度ゲインは0.5であるが、本システムに被験者を乗せた予備実験において違和感がないことを確認したため、角度ゲイン0.5で実施した。

2.3 速度・加速度制御

提案システムの全体構成を図3に示す。VR空間のジェットコースターのビークルと電動車椅子の動きを一致させるために、ジェットコースターと電動車椅子それぞれの位置・姿勢情報を取得し、その差異が小さくなるよう常に修正する。電動車椅子への速度・加速度情報（rpm）の送信、



図1 実験装置



図2 VRライドの視覚コンテンツ

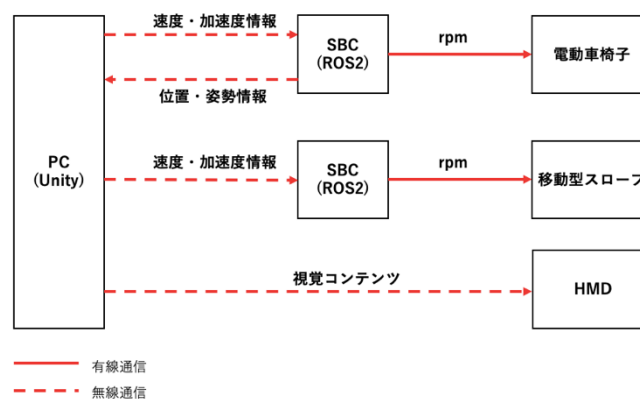


図3 システム構成

その位置・姿勢情報の受信・送信にはROS2 (Robot Operating System2) を用い、ROS2とUnityの連携にはUnity-Robotics-Hubを使用した。VR空間のジェットコースターと電動車椅子の動きをUnityで比較し速度と加速度を修正する。

本稿では、提案システムの視覚コンテンツを「持続的降下体験」、「曲率変化降下体験」、「並進体験」の3つに分けており、速度・加速度制御も3つに分けている(図4)。

持続的降下体験では直線のコースを持続的に降下する。移動型スロープは静止状態から 0.2m/s^2 で加速した後、 0.3m/s で等速度運動し、電動車椅子は移動型スロープの上で静止することで姿勢変化を保持する。

曲率変化降下体験ではピッチ方向に緩やかにカーブしたコースを降下する。移動型スロープは速度 0.3m/s で等速度運動をする。電動車椅子は前輪を地面に接地させ、後輪は移動型スロープの上に乗せた状態から、後輪軸が移動型スロープの端と一致する地点まで等加速度運動をする。これらによりVR空間のジェットコースターと連動して姿勢変化が発生する。電動車椅子が移動型スロープから完全に降りない理由は、電動車椅子の速度が移動型スロープに比べ小さく、エスカレータや動く歩道から降りる時に感じるような減速感をユーザに与えないためである。またVR空間のジェットコースターの動きと一致させるため、電動車椅子の加速度(a)は、電動車椅子の後輪軸から移動型スロープの端までの距離を x 、曲率変化降下体験時間を t とすると、式(1)で表される。

$$a = \frac{2x}{t^2} \quad (1)$$

並進体験では、直線のコースを並進する。移動型スロープは等速度で並進し、電動車椅子は後輪軸を移動型スロープの端の上に乗せた状態で静止する。

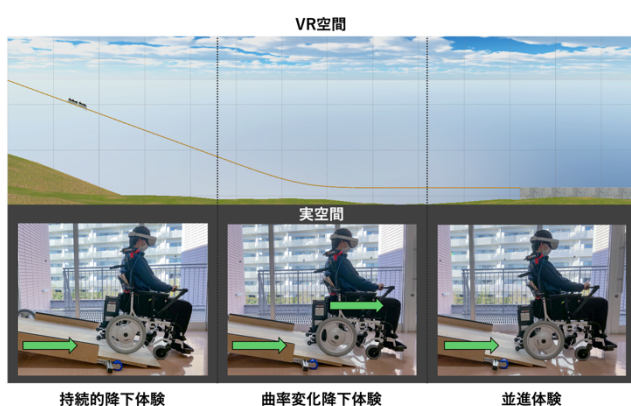


図 4 VR ライドの 3 つのフェーズ

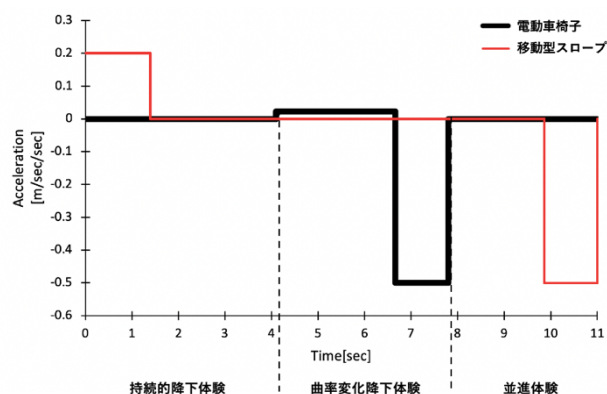


図 5 電動車椅子と移動型スロープの加速度

3. 実験

本稿では、電動車椅子と移動型スロープを組み合わせることで、持続的に坂道を降下する感覚と、降下する坂道の曲率が変化する感覚を提示できるかを検証すべく2つの実験を実施した。実験1と実験2は間に2分間の休憩を設けて連続して行った。被験者は正常視力の男性6名、女性1名である ($M = 24, SD = 5.345$)。また7名中6名は前稿と同じ被験者である。

3.1 実験1：持続的降下感覚提示

3.1.1 実験目的

持続的な降下体験を提示するために実際にスロープを降下する場合、走行距離が伸びてスロープが大規模化してしまうという問題がある。そこで実験1では、仮説「降下する際の前屈みの姿勢を保った状態で並進運動させ、HMDに降下体験の視覚刺激を加えることで、実際にスロープを降下する場合と変わらない強度で降下する感覚を提示できる」を検証することを目的に、以下に述べる実験を行う。

3.1.2 実験条件

実験1においては、静止したスロープの上で静止する、静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止するの3つを独立変数(図6)とし、降下感覚の強度を比較する。3つの条件すべてにおいて、降下する際の前屈みの姿勢を保った状態から降下感覚提示をスタートし、HMDには4秒間直線のジェットコースターのコースを降下する映像を提示する。静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止する2つの条件においては、実験環境の速度・加速度制御(第2.3節)で述べた「持続的降下体験」の制御方法で移動する。

Moriら[9]によって姿勢がベクションの強度に影響を与えることが示唆されているため、被験者には乗車中の姿勢を指定する。背中を背もたれにつけ、手はグリップバーを握り、足はフットプレートの上に乗せ、頭部が固定されるよう体験中は視線を前方にあるジェットコースターの降車場に固定するよう指示した。



図 6 実験1の3つの独立変数

3.1.3 実験手順

本実験では、静止したスロープの上で静止する条件を基準条件として用いる。基準条件と比較する条件は、静止したスロープを走行する、移動するスロープの上で静止する、の2つであり、これらの比較条件と基準条件を1セットとして提示し、被験者には2セットを体験してもらう。比較条件の順序による影響を考慮するため、被験者ごとにセットの順序をランダムに切り替えた。

基準条件と比べて比較条件はどの程度降下感覚を得たかを7段階のリッカート尺度を用いて回答させる。「1」はとても弱い、「4」は同じ、「7」はとても強い、を示す。

以下に具体的な手順を述べる。

- (1) 被験者にタスクの内容を伝える。
- (2) 基準条件で降下感覚を提示する。
- (3) 比較条件で降下感覚を提示する。
- (4) 基準条件と比較し比較条件でどの程度降下感覚を強く感じたかを回答させる。
- (5) もう1つの条件のセットについて(2)~(4)を繰り返す。
- (6) その他意見をもらう。

3.1.4 実験結果と考察

基準条件である静止したスロープの上で静止する条件と降下感覚の強度を比較した実験結果を図7に示す。縦軸はリッカート尺度の数値を示す。静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止する2つの比較条件は、静止したスロープの上で静止する基準条件に比べて高い数値を示した。また、有意水準5%でSteel-Dwass検定を行った結果、2つの比較条件の降下感覚の強度に有意差は確認されなかった ($t=1.406, n.s.$)。これらの結果から、降下する際の前屈みの姿勢を保った状態で並進運動させ、HMDに降下体験の視覚刺激を加える場合、実際にスロープを降下する場合と変わらない強度で降下する感覚を提示できることが明らかになった。移動するスロープの運動方向と視覚刺激の提示する運動方向が違うにもかかわらず降下感覚を強く提示でき、方向の知覚において前庭感覚よりも視覚が優位に働くという上昇体験と同じ結果となった。

また3名の被験者が上昇体験に比べてVR酔いが発生したとコメントした。その内2名の被験者が加速の発生しない降下体験に違和感を感じたと回答した。降下体験が含まれる多くのアトラクションは加速するにも関わらず、本実験では前稿と条件を揃えて比較するため等速度の降下体験を提示した。これらの等速度の降下体験への違和感がVR酔いを発生させた可能性がある。先行研究[10]では、乗り物の移動方向を予測できないことが乗り物酔いを引き起こすことが示唆されている。本稿のような予想していた動きと違う動きが提示される場合においても乗り物酔いが発生する可能性がある。そのため、今後はVR酔いのアンケートであるSSQ[11]を実験後に回答させることを検討する。

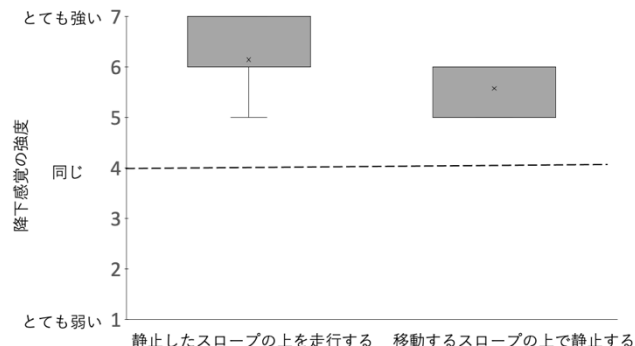


図7 基準条件と比較した降下感覚の強度

3.2 実験2：降下する坂道の擬似的曲率変化

3.2.1 実験目的

本稿では、曲率が0のスロープを用いながらも、曲がり具合の変化する坂道を降下する感覚を提示することを、降下する坂道の擬似的曲率変化と呼んでいる。HMDによって提示されるVR空間では最大曲率が4deg/mの緩やかなジェットコースターのコースを降下するのに対し、実空間では三角柱の形状をした曲率が0のスロープを降下する。その際の映像と動きの不一致度合いが小さいほど、曲率を疑似的に変化させていると言える。

そこで実験2では、仮説「等速度で移動するスロープから降下する電動車椅子の加速度を制御することで降下する坂道の曲率を疑似的に変化させることができる」を検証することを目的として以下に述べる実験を行う。



図8 実験2の3つの独立変数

3.2.2 実験条件

実験2では平地、静止したスロープ、移動するスロープを独立変数(図8)とし、映像と動きの不一致度合いを比較する。被験者には実験環境の速度・加速度制御(第2.3節)で述べた曲率変化降下体験を提示するが、前後2秒間はそれぞれ持続的降下体験、並進体験を提示し、合計7秒間の体験を提示する。持続的降下体験は静止状態から加速する時間を確保するために提示する。その際、平地、静止したスロープの条件では電動車椅子が、移動するスロープの条件では移動型スロープが0.2m/s²で加速した後、速度0.3m/sで走行する。さらに静止したスロープの条件では、電動車椅子が2秒間で移動する距離を、降下開始位置からスロープの端までの距離にする。並進体験は、減速し停止

する時間を確保するために提示する。

また実験1と同じく、姿勢による体験の変化を防ぐため、被験者には乗車中の姿勢を指定する。背中を背もたれにつけ、手はグラブバーを握り、足は足置きにのせるよう指示した。体験中は視線を前方にあるジェットコースターの降車場に固定するよう指示した。

3.2.3 実験手順

サーストンの1対比較法を用いて実験手順を策定した。被験者には2つの条件で降下体験を提示し、どちらがより映像と動きの不一致を感じたかを回答させる。これを3つの条件の総当たり回数分提示する。試行の順序による結果の変化を考慮し、ランダムな順序で試行を提示した。被験者1名あたりの試行回数は、3つの条件について2回ずつ評価するため6試行である。

以下に具体的な手順を述べる。

- (1) 被験者にタスクの内容を伝える。
- (2) 1つ目の条件で降下感覚を提示する。
- (3) 2つ目の条件で降下感覚を提示する。
- (4) どちらがより映像と動きの不一致を感じたかを回答させる。
- (5) 残りの組合せについて(2)~(4)を繰り返す。
- (6) その他意見をもらう。

3.2.4 実験結果と考察

実験結果を図9に示す。横軸は降下体験における映像と動きの不一致度合いに対する心理尺度を表している。降下体験において移動型スロープを用いる提案手法は、平地、静止したスロープの条件と比較し、映像と動きの不一致が少ないことを示した。したがって、移動型スロープを用いる提案手法は降下する坂道の曲率を擬似的に変化させるのに最も有効であることが確認された。

また被験者からのコメントとして、電動車椅子のピッチ方向の姿勢変化とともにグラブバーによる触覚刺激も変化して臨場感を得たという意見があった。これは姿勢変化にともないグラブバーにかかる体重が変化したからであると考えられる。水野らはピッチ方向の姿勢変化において、座位に比べ立位の場合の方が体性感覚刺激が大きく傾斜知覚感度が高いと示した[12]。そのため、グラブバーをピッチ方向の姿勢変化に合わせて回転[13]、膨張収縮[14]などの触覚刺激を提示することで、被験者の傾斜感覚が変化する可能性がある。

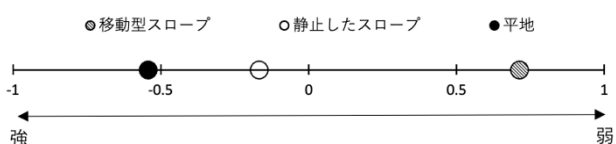


図9 映像と動きの不一致度合いに対する心理尺度

4. 考察および将来の展望

本稿では、HMDと電動車椅子で構成したVRライドに移動型スロープを組み合わせることで、静止したスロープに比べ降下感覚を向上させるシステムの検討を行った。

実験1では、降下する際の前屈みの姿勢を保った状態で並進運動させ、HMDに降下体験の視覚刺激を加えることで、実際にスロープを降下する場合と変わらない強度で降下する感覚を提示できるかを調査した。静止したスロープの上で静止する、静止したスロープの上を走行する、移動するスロープの上で静止するの3つを独立変数とし、降下感覚の強度を比較した。その結果、移動型スロープを用いた提案手法は、実際にスロープを降下する場合と変わらない強度で降下感覚を提示できることが示された。これらにより、大規模なスロープを必要とせずに持続的な降下感覚を提示できることが示唆された。

実験2では、等速度で移動するスロープから降下する電動車椅子の加速度を制御することで、降下する坂道の曲率を擬似的に変化させることができるかを調査した。平地、静止したスロープ、移動するスロープの3つを独立変数とし、映像と動きの不一致度合いを比較した。HMDによって提示されるVR空間では最大曲率が4deg/mの緩やかなジェットコースターのコースを降下するのに対し、実空間では三角柱の形状をした曲率が0のスロープを降下する条件で実験を行い、移動型スロープを用いる提案手法が最も映像と動きの不一致が少ないことを示した。この結果から、小型の移動型スロープを用いることで、曲率が変化する坂道を降下する感覚を提示でき、提供する体験の幅を広げられることが示唆された。本稿では電動車椅子がスロープ上で前進する場合のみを検討したが、前進した後に後進することで再度電動車椅子の傾斜角度を大きくすることが可能である。そのため電動車椅子が前進と後進を繰り返すことで、複数回の降下体験を提示できる可能性がある。

本研究では、前稿と条件を揃えて比較するため等速度の降下体験を提示したが、降下体験が含まれる多くのアトラクションは加速するため、今後はユーザに加速している感覚を提示する必要がある。実際に電動車椅子や移動型スロープを加速させる場合、必要なスペースが大きくなるという問題が発生する。岡田らは、HMDに前進している映像を提示し、電動車椅子が持続的に角速度20deg/s以下で旋回する場合に、違和感なく前進している感覚を提示できることを示し、体験に必要なスペースを削減する手法を提案した[15]。しかしその手法を用いる場合においても、加速するほど旋回半径が大きくなり必要なスペースは大きくなる。人間は主に視覚刺激によって動きの方向を知覚し、主に体性感覚刺激によって強度を知覚することを示唆した研究[16]がある。そのため、加速する際の体性感覚刺激を模擬提示するのが有効であると考えられる。大石ら

の研究では衣服を前後方向へ牽引することで深部感覚と皮膚感覚を刺激し、視覚刺激による速度感覚を向上させることを示した[17]。我々のシステムにおいても電動車椅子の走行による振動や、左右小刻みに方向転換させることによる振動刺激提示[18]などによる皮膚感覚刺激だけでなく、加速に合わせて身体を移動させる深部感覚刺激を加えることが有効である可能性がある。Yemらは加速することによって発生する身体の移動や傾きを再現するため、電動車椅子が小型のスロープに乗り上げるシステムを提案した[6]。そのため、本稿で用いているスロープを上昇・降下感覚提示だけでなく、加速する感覚を与えるために応用できる可能性がある。

本稿と前稿の結果から、電動車椅子と移動型スロープを組み合わせることで、上昇、降下体験どちらにおいても持続的に走行する感覚を提示でき、走行する坂道の曲率を擬似的に変化させることができるとわかった。今後は上昇・降下体験を個別ではなく連続して提示するため、台形の形状をした移動型スロープを用いて検証を行なっていく予定である。

謝辞 本研究の一部は JST CREST 人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開における「限定合理性を超越する共生インタラクション基盤（研究課題番号 JPMJCR19A4）」として行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] D, Stewart.: A platform with six degrees of freedom, the UK Institution of Mechanical Enginners, Vol.180, pp.371-386 (1965).
- [2] P, Miermeister., M, Lachele., R, Boss., C, Masone., C, Schenk., J, Tesh., M, Kerger., H, Teufel., A, Pott. and H, Bulthoff: The CableRobot Simulator Large Scale Motion Platform Based on Cable Robot Technology, Proceedings of the IEEE/RSJ/IROS 2016, pp.3024-3029 (2016).
- [3] D, Goedicke1., J, Li., V, Evers. and W, Ju.: VR-OOM: Virtual Reality On-rOad driving siMulation, Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.165, pp.1-11 (2018).
- [4] 畑中拓他: モーションプラットフォームを活用した空間の錯覚に関する研究—錯覚と回転運動の関係性の検証—, ロボティクス・メカトロニクス講演会(2020).
- [5] R, Kodama., M, Koge., S, Taguchi. and H, Kajimoto.: COMS-VR: Mobile virtual reality entertainment system using electric car and head-mounted, IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI), pp. 130-133 (2017).
- [6] Vibol Yem, Ryunosuke Yagi, Minori Unno, Fumiya Miyashita, Yasushi Ikei.: Vibro-vestibular Wheelchair with a Curved Pedestal Presenting a Vehicle Riding Sensation in a Virtual Environment, IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (2020).
- [7] 伊藤駿汰, 斎藤文人, 中西泰人: 移動型スロープによる HMD と電動車椅子で構成した VR ライドの上昇感覚の向上, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション Vol.195, No.45, pp.1-6 (2021).
- [8] 伊藤泰輝, 高山英士, 朝倉甲稀, 久保田礼, 小方博之: VR 空間での斜面滑降時における人間の傾斜の体感と視覚の關係, 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2021).
- [9] M, Mori. and T, Seno.: Effect of Body Posture on Vection, Sasa Vol.22 No.3, pp. 391-394 (2017).
- [10] W, Bles., J, E. Bos, and H, Kruit.: Motion sickness, Current opinion in neurology Vol.13, No.1, pp.19-25 (2000).
- [11] R, S. Kennedy., N, E. Lane., K, S. Berbaum. and M, G. Lilienthal: Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International Journal of Aviation Psychology Vol.3, No.3, pp.203-220 (1993).
- [12] 水野純太, 久米祐一郎: 速度と大きさの視覚情報と姿勢が傾斜知覚に与える影響の検討, 電気学会論文誌 A, Vol.135 (2015).
- [13] E, Whitmire., H, Benko., C, Holz., E, Ofek. and M, Sinclair.: Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller, Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.86, pp.1-12 (2018).
- [14] S, Teng., C, Lin., C, Chiang., T, Kuo., L, Chan., D, Huang. and B, Chen.: TilePoP: Tile-type Pop-up Prop for Virtual Reality, Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.639-649 (2019).
- [15] 岡田純弥, 今井孝成, 畑中拓, 目黒淳一: 小型モーションプラットフォームの利用性向上に関する研究—体感の錯覚を活用した動作範囲の限定—, 第 39 回日本ロボット学会学術講演会 (2021).
- [16] T, Hachisu., M, Koge. and H, Kajimoto.: VisualLiftStudio: Using an Elevator as a Motion Platform by Modulating Perceived Direction with a Visual Illusion, TVRSJ Vol.23, No.3, pp.81-90 (2018).
- [17] 大石恵利佳, 高下昌裕, 中村拓人, 梶本裕之: 衣服牽引による視覚コンテンツ体験の向上, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.11 (2018).
- [18] 呉健朗, 宇野広伸, 本岡宏將, 樋口恭佑, 宮田章裕: Vection 誘発映像による凹凸バリアシミュレータの基礎検討, 日本バーチャルリアリティ学会 VR 学研報 Vol.23, pp.3-6 (2018).