

# ハプティクスシューズ開発のための 触覚フィードバックデータ収集と評価

2020SC001 阿部瑚南

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年、インターネット上に構築された仮想空間において、他のユーザとコミュニケーションを取ったり、現実世界と同じような建物を建てたりして楽しむ「メタバース」が注目を浴びている。これに伴い、メタバースを楽しむ上で必要不可欠な「VR(virtual reality)技術」への関心が再び高まっている。これまでの研究では、足裏へ振動を送ることで触覚を再現することができるデバイス[1]や、仮想空間内での登坂動作における違和感[2]について研究されてきた。また、仮想空間内での擬似圧覚の提示[3]も検証されている。しかし、これらの先行研究では地面の性質に関する変化が考慮されず、同じ性質の地面情報しか知覚できないという制約が存在する。現実世界では、多種多様な地面が存在し、その特性には差異がある。そのため、より高度な臨場感を実現するためには、地面の種類や特性の変化を知覚できる技術が求められている。

## 2 先行研究との比較

先行研究で作成されたハプティクスシューズは、地面の踏み込む強さに関わらず一定の振動を返す設計である。本研究では、振幅の増加が足裏の歩行感覚に影響を及ぼす可能性について仮説を立て検証を行う。振幅を変化させた触覚情報を提示しその変化が足裏の歩行感覚に影響を及ぼすか検証する。これにより、振幅の変化が地面の質感に対する知覚に与える影響を明らかにし、より実践的な歩行、走行体験を仮想環境で提供するためのデータを収集する。走行を想定したシナリオでの使用に適した、靴紐で足を固定するタイプのシューズをデバイスにした。触覚情報の再生はPCで行う。そしてPCとアンプを接続し、アンプと振動子を接続する。全体の構成を図1に示す。また、本研究の実験で使用した映像の制御はUnityで作成したものを使用している。

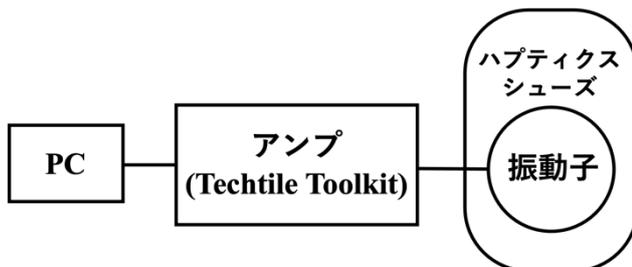


図1 全体構成図

## 3 実験および考察

本章では、本研究で行った2つの実験について述べる。

### 3.1 実験内容

本研究では、コンクリートのような硬い地面を想定して2種類の実験を実施した。1つ目が振動の大きさを識別する実験。2つ目が映像に関連する触覚情報の振動の強度を調査する実験である。実験で使用した映像の例を図2に示す。振動の大きさを識別する実験では、より実践的な歩行、走行体験を仮想環境で提供するためのデータを収集することを目的とし、人が識別できる振幅変化を計測する。具体的には、振幅の大きさが違う9種類の音を作成したハプティクスシューズから出力し、被験者がその振幅が小さい順に並べるといった実験を行った。実施方法は、下記の順に実施する。

1. 被験者はハプティクスシューズを装着する。
2. 9個の振動を振動子からランダムに発生させる。
3. 被験者は感じた振動の大きさを小さい順に並べる。

映像に関連する触覚情報の振動の強度を調査する実験では、振幅が小さい順に触覚情報を再生し、どの振動の大きさまでが硬い地面を歩いている3種類の感覚(軽く歩く、普通に歩く、強く歩く)に相当するかを確認することを目的として計測を行う。評価方法はすごく感じた場合は3、感じた場合は2、あまり感じなかった場合は1、感じなかった場合は0と4段階評価を行った。実施方法は、下記の順に実施する。

1. 被験者はハプティクスシューズを装着する。
2. 9個の振動を小さい順に発生させる。
3. 映像の地面との感じ方について  
4段階評価  
(すごく感じた場合[3] 感じた[2] あまり感じない[1]  
感じなかった場合[0])

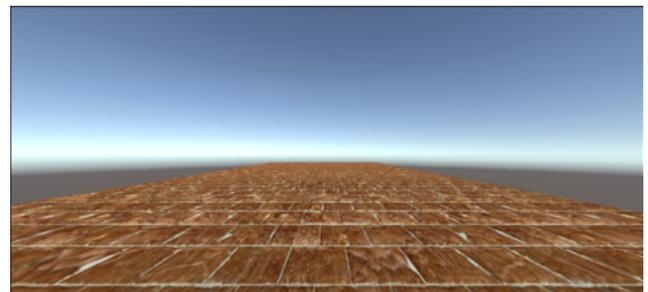


図2 使用した映像

### 3.2 実験結果と考察

振動の大きさを識別する実験は4人に実施した。4人の被験者の正答率を図3に示す。4人の被験者A~Dの正答率はAが78%, Bが100%, Cが100%, Dが100%という結果になった。

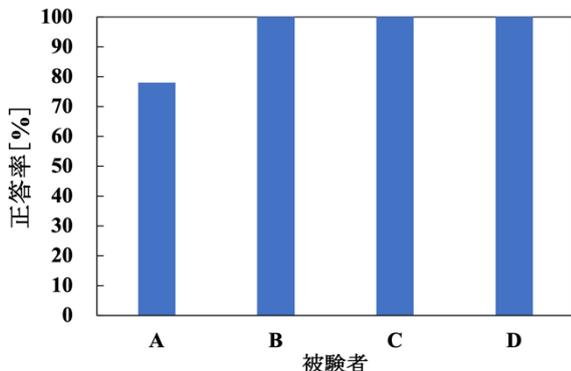


図3 正答率

映像に関連する触覚情報の振動の強度を調査する実験は5人に実施した。5人の被験者の結果を軽く歩いた感覚、普通に歩いた感覚、強く歩いた感覚の順に図4、図5、図6に示す。縦軸は感じ方についての4段階評価、横軸は発生させた振動の平均電力を示している。また、それぞれの振動のコメントも一部を表1に示す。

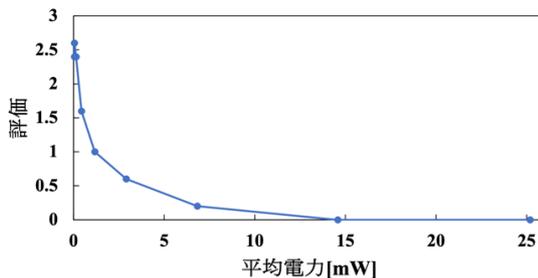


図4 軽く歩いた感覚

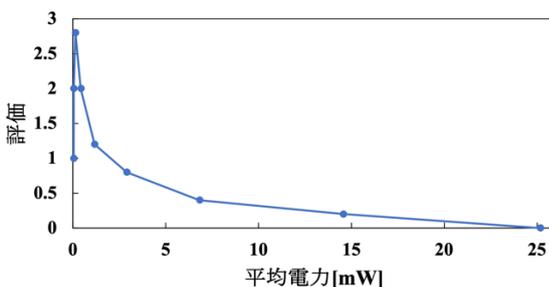


図5 普通に歩いた感覚

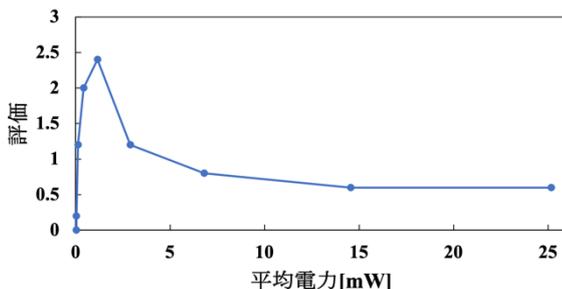


図6 強く歩いた感覚

表1 コメント

平均電力[mW]	コメント
0.036	振動が弱い、優しく踏んでいるイメージがする。
0.041	軽く歩いている感じがする。
0.1323	雑音が少し感じるような気がする。
1.1615	振動が強すぎて砂利を踏んでいるイメージ
2.897	違う振動が混じってきた感じがする。
25.179	振動がよく分からなかった。

振動の大きさを識別する実験前は振幅が大きくなるにつれて識別が困難になると仮定していた。しかし、被験者の結果から、振幅の大きさを明確に識別することが可能であることが判明した。実験中の被験者からのコメントでは、振動の振幅が大きいものはコンクリートのような硬い地面を歩いている感覚が得られないとの意見があった。これにより、本研究で使用した程度の振幅の大きさの識別なら問題なく識別することが可能だが、地面の種類を識別することは困難であることが明らかになった。また、映像と触覚情報の振動の強度実験の結果から振幅の平均電力と歩く感覚の違いには関係があることが明らかになった。しかし、振幅が大きすぎると硬い地面を歩いている感覚が著しく低下することを示した。

### 4 おわりに

本研究では、2つの実験の結果から振幅の増加と足裏の歩行感覚には関係性があることが明らかになった。しかし、仮想空間における歩行体験は、仮想空間で使用される靴の種類によって大きく影響を受けることも明らかになった。具体的には、本研究で使用した触覚データは靴が革靴のような踵が硬い素材でできている靴で硬い地面を歩いているというシナリオのみ認識することができることが判明した。異なる靴の特性を再現するためには、新たな感覚データの取得が必要である。今後の研究では、硬い地面以外の種類の地面の場合でも振幅の増加と足裏の歩行感覚には関係性があるかどうかを明らかにする必要がある。また、得られたデータを基に、足裏の圧力変動に対応する振動フィードバックを生成するプログラムと、圧力センサを備えたハプティクスシューズの開発する。

### 参考文献

- [1] 中川高輔, "振動によるハプティクスデバイスを用いた触覚機器の作製と性能評価," 南山大学大学院理工学研究科 修士論文, 2020.
- [2] 石河竜太 井上亮文 星徹, "仮想空間の登坂動作における視触覚間相互作用の検証", 研究報告エンタテインメントコンピューティング(EC), 7, 2017-12-15, 1-5.
- [3] 小栗令央 中島武三志 菅野由弘, "仮想現実空間における振動スピーカを内蔵した靴型デバイスによる足底への擬似圧覚提示," インタラクシオン 2019 論文集, pp 803- 806, 02.27.2019.
- [4] Killy, "効果音ラボ 生活[1]". 効果音ラボ. 2023. <https://soundeffect-lab.info/sound/various/>. (参照)