

振動によるハプティックデバイスを用いた 触覚機器の作製と性能評価

2017SC046 中川高輔

指導教員：奥村康行

1 研究背景

近年，VR 環境で視聴覚表現以外に触覚・力覚・圧覚といった触覚表現を実装するアプローチが盛んに行われている。また，触覚は普段の生活でも重要な感覚である。触覚を知覚することで，物体の形状などを把握し，人間はそれに合わせた動作をする。また，現在のインターネットが普及した視聴覚情報に集中した現代において，ハプティックデバイスを用いて触覚情報を伝えることにより，情報を直感的に受け取ることが可能となることを目指す。

2 研究目的

本研究では，歩行動作に合わせて足裏感覚を操作するハプティックシューズを用いて，ユーザの正面の位置にある障害物を認識して，行動できるようになるためのデバイスを作製する。

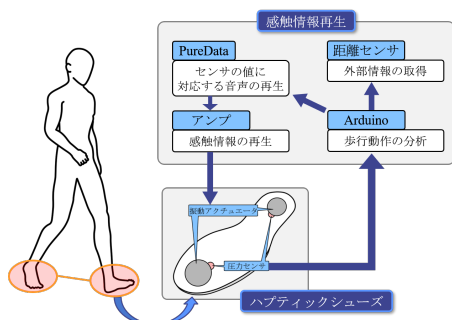


図1 システムの構成

3 先行研究との比較

先行研究 [1] では，実際にはない床の踏み心地を普通の平らな床の上で再現するハプティックシューズのデザインとその評価が行われていた。用途は，リハビリや，歩き方の誘導などに利用することが想定されていた。そこで本研究では，ハプティックシューズに距離センサを実装し，正面にある障害物の検知を足裏から触覚で伝えるデバイスを作成し，その性能評価を行うことが目的である。

4 ハードウェアの作製

本研究におけるハードウェアとは，触覚情報を出力するオーディオアンプとシューズ全体の構造を指す。触覚提示デバイスには，触覚を再生することができる TECHTILE toolkit[2] に使用されていた部品に特性が近いオーディオアンプを作製した。本システムでは，足裏感覚提示のために触覚再生が可能なボイスコイル型アクチュエータを

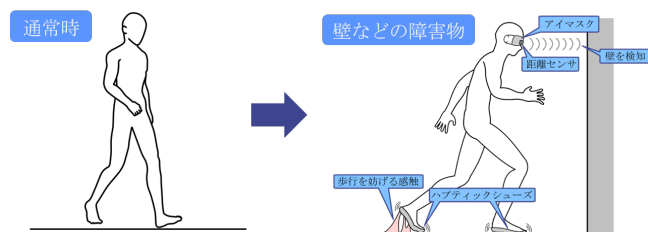


図2 本研究の目標

用いる。また，足全体で振動を感じられるように振動子はシューズのつま先とかかとの部分に配置した。3D プリントした素材と，ゴム製のインソールを用いて図3のようなシューズを作製した

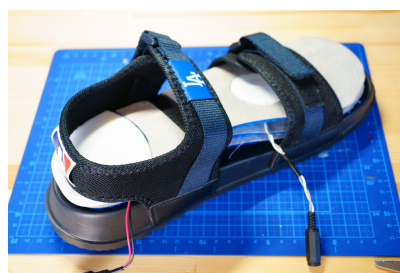


図3 インソールを組み込んだシューズ

5 ソフトウェアの作製

本研究におけるソフトウェアとは，歩行動作の検知と正面の壁の検出と触覚情報の出力を行うためのものである。本システムのソフトウェアの部分は，音のリアルタイムプログラミング言語である PureData[3] と Arduino を用いて開発する。圧力センサを用いて，歩行の地面の着地と地面から離れ始めるが検知できるプログラムを作製した。

6 触覚情報の作製

本節では歩行動作を検出時に提示するオーディオデータで表現する触覚情報の作製について解説する。壁検知時に出力する歩きにくい触覚葉、日常の様々な音を音声編集ソフト Audacity を用いて編集し，ハプティックシューズを装着し，歩行動作をし，実際に歩きにくい触覚を模索を行って触覚を作製した。

7 機器の性能評価方法

この章では，作製したハプティックシューズの性能を評価するために行った実験と結果について記す。

7.1 適切な感知情報の選定を行う実験

この実験は、実際に感じやすい感触の傾向と、歩きにくくなる感触の選定が目的である。シューズを装着して、足踏みをし、図4の感触を提示し、5段階評価アンケートを9名を対象として実施した。アンケート結果から、最も多くの方が感じやすいかつ歩きにくいと回答された項目は、「炭酸水」を表す感触であった。波形とスペクトログラムを以下の図5と図6に示す。特徴としては、大きい音が連続的かつ図6から感触再生に重要な20~150Hz付近が明るい協調されていることが読み取れた。

1. 雪の上を歩く	7. 工事中
2. 水の空気	8. 鉄の板を歩く
3. 柔らかい効果音	9. 炭酸水
4. マジックテープを剥がす	10. 石砕き
5. 雨道	11. パネ
6. 落ち葉踏み	

図4 提示した感触一覧

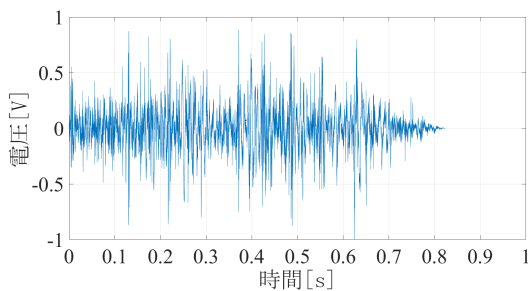


図5 「炭酸水」の音の波形

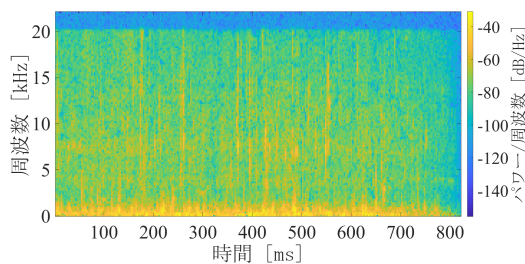


図6 「炭酸水」の音のスペクトログラム

7.2 感触の出力遅延時間測定

この実験は、シューズを装着し、足踏みをし、圧力センサで歩行動作を検知してから、足裏に感知情報が出力されるまでの遅延時間の測定を行うのが目的である。オシロスコープで記録した波形は、足接地時は図7、足上げ時は8のようになった。青線が圧力センサのアナログ入力で、赤線がシューズに出力される音声の波形である。図7では、0.2秒で足が接地され図8では、1.7秒辺りで足上げ動作がされている。遅延時間は、図から読み取れるように足を地

面から上げた時よりも、足を地面に接地させた時のほうが大きい結果となった。

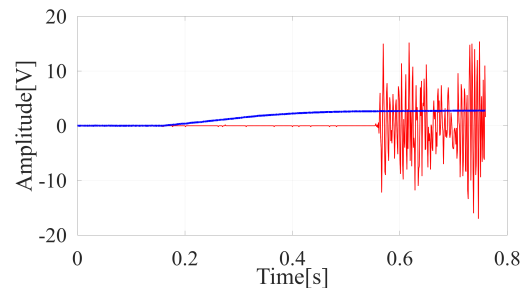


図7 足接地時の出力遅延の例

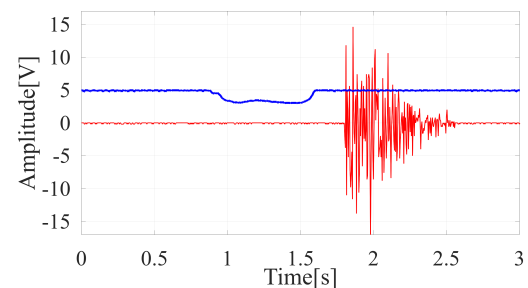


図8 足上げ時の出力遅延の例

7.3 目隠しによる機器の性能評価

この実験は、目の前の障害物を検知する距離センサから得られた情報により、壁からどの程度の距離でシューズに出力される感知情報が変化するかを評価するのが目的である。壁から数メートル離れた位置から歩き始め止まった位置をメジャーで10回測定した。結果としては、壁からの距離の平均値は57.55cmで標準偏差は2.03であった。

8 まとめ

本研究は、足裏からの感知情報により、ユーザの正面の障害物を検知するハプティックシューズの作製を行った。また、本研究では、平面上の障害物の検知のみを想定しているが、ユーザの周りにある360度障害物や段差を使用者に通知するシステムを検討すべきである。

参考文献

- [1] 岩田悠, "STEP:足裏感覚を操作することで歩行動作を変化させるハプティックシューズ," 慶応義塾大学大学院メディアデザイン研究科修士論文, 2016.
- [2] 仲谷正史, 康明, 南澤孝太, 三原聡一郎, 館暲, " 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクニカルワークショップを通じたその実践," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, no. 4, pp. 593-603, 2014.
- [3] puredata, " Pure Data Communitysite, " <http://puredata.info/>, 最終閲覧日 Dec. 5. 2020.