



# 低遅延杖型触覚提示デバイスの開発および性能評価

Development of Low Latency Cane-Type Haptic Device and Performance Evaluation

下澤弾<sup>1)</sup>, 濱崎愛<sup>1)</sup>, 杉浦裕太<sup>2)3)</sup>, 橋本悠希<sup>1)3)</sup>

Dan SHIMOZAWA, Ai HAMASAKI, Yuta SUGIURA and Yuki HASHIMOTO

1) 筑波大学 (〒305-0006 茨城県つくば市天王台 1-1-1, hashimoto@iit.tsukuba.ac.jp)

2) 慶應義塾大学 (〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-15-1, sugiura@keio.jp)

3) 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ (〒332-0002 埼玉県川口市本町 4-1-8)

**概要:** 本研究では、ポールウォーキングにおいて地面と接するポールから手に触覚を提示することで与えられる知覚についての検証を試みる。本稿では、まず杖型デバイスの低遅延化による地面テクスチャ情報提示手法の向上を目的として設計と実装を行う。さらに、開発機および従来機に対して触覚提示における杖の接地と振動刺激のタイミングのずれについて計測し、その性能改善を評価する。

**キーワード:** ポールウォーキング, 触覚提示, 地面感覚

## 1. はじめに

ポールウォーキング(PW)は杖(ポール)を用いた安全性の高い歩行運動であり[1], 上半身を用いる運動効率のよさ[2]から高齢者の関心を集めている。しかし知名度の低さや杖を用いることへの抵抗感から、いまだ敷居の高いものとなっている。橋本ら[3]はポールウォーキングへの関心やモチベーションの向上を目的とし、杖を握る手に地面テクスチャ情報を提示する手法(図1)を提案した。実装した杖型デバイスによるデモ展示の結果、提案手法による地面感覚提示の可能性が見いだされたが、振動刺激の遅延に問題が見られた。

本稿では、先行研究における課題を解決するため実装したシステム構成について説明し、各制御間における実際の遅延時間を測定する。また、地面テクスチャ情報提示による体験のさらなる向上のため、振動刺激タイミングの操作による振動刺激の知覚位置の変化の検証に向けての課題を示す。



図1 提案手法による体験のイメージ[3]

## 2. システム構成および実装

従来の杖型デバイスにおける問題点として、振動刺激の遅延が挙げられる。従来機において、杖の接地から手への振動刺激までの時間は約170[ms]であり、その内音声ICによる処理にかかる時間は約90[ms]であった。この処理時間を短縮するため、音源ICによる処理からマイコンのDACを用いてテクスチャ波形を再生する処理へと変更する。

実際に実装した杖型デバイスを図2に示す。回路部は二層構造とした。上から一層目の上部にはステレオアンプ(Maxim Integrated Products, Inc., MAX98306), 下部の基板には加速度センサ(Cixi Borui Technology Co., Ltd., ADXL345)および操作用スイッチを配置した。操作用スイッチはテクスチャ波形および接触検出の閾値を変更するためのものである。二層目にはマイコン(Espressif Systems, ESP32-WROOM-32)を配置した。

ポールのグリップ部には小型の振動子(ALPS ALPINE, HAPTIC Reactor)を2個埋め込み使用した。

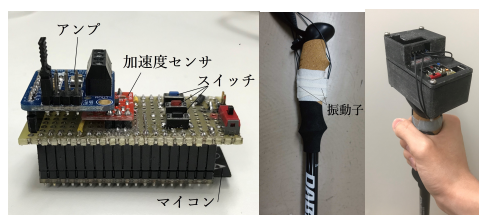


図2 杖型デバイス

(左:回路部, 中央:グリップ部, 右:外観)

## 3. 各制御間における遅延の測定

杖型デバイスにおける処理の流れを図6に示す。振動刺

激の遅延を従来機と比較するため、①～④の各処理における信号をオシロスコープでそれぞれ計測した。

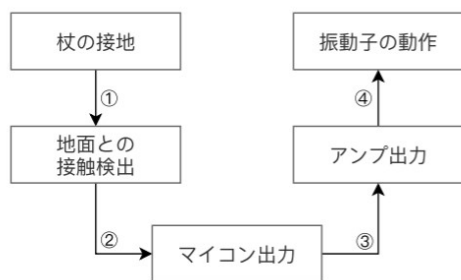


図6 処理の流れ

①における杖の接地は図7のような装置を作成し検出した。②および③については回路部の各端子にプローブを挿して測定を行った。振動子の動作は加速度センサ(Cixi Borui Technology Co., Ltd., ADXL345)を接触させ検出した。

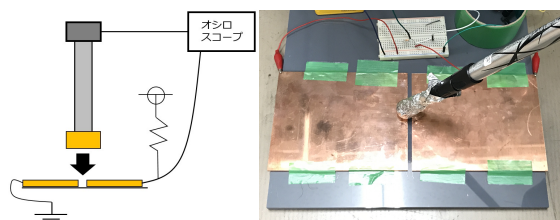


図7 杖の接地の検出装置

測定の結果、各番号に対応する処理間の遅延は表1のようになった。

表1 杖型デバイスにおける各制御の処理時間

	従来機における 処理時間[ms]	開発機における 処理時間[ms]
①	4	4
②	3	3
③	100	11
④	63	51
合計	170	69

これら遅延時間の合計は、視覚刺激と触覚刺激とのずれを許容できる遅延時間 100[ms]の値より小さく[4]、遅延の知覚なくテクスチャ情報提示を行うのに十分な値だといえる。また表1より、振動刺激の遅延に大幅な改善が見られたといえる。

さらにデモ展示を行い、実際に硬い床面上で3種類のテクスチャ波形(地面、水、鉄)を用いて数十名に使用してもらったところ、得られた意見を以下に示す。

肯定的意見

- ・触覚提示による楽しさを感じる
- ・(地面、鉄のテクスチャについて)刺激タイミングに遅延を感じない

・杖を突く動作本来の感覚は阻害されない  
否定的意見

- ・振動刺激を手から感じる
  - ・(水のテクスチャについて)水たまりの再現だと考えると、刺激タイミングに遅延があるように感じる
  - ・振動提示の時間が長い
- 以上のような意見を得ることができた。

デモ展示を踏まえた今後の課題として、振動刺激の知覚位置の検証が挙げられる。本手法は地面テクスチャ情報の重畳提示がねらいであるため、振動刺激の知覚は「地面の振動は杖を通して感じる」というものが望ましい。しかし今回のデモ展示では、いずれのテクスチャも「振動刺激の知覚位置は手である」との意見が多かった。また、水のテクスチャについて「水たまりの再現だと考えると遅延があるように感じる」という意見を得た。今後は近接センサ等を用い、杖と地面の接触を事前に予測する機能を実装していく。また、その機能を用いた振動刺激のタイミングの操作による振動刺激の知覚位置の変化を検証していく。

#### 4. むすび

本稿では、ポールウォーキングにおけるモチベーション向上のための杖型デバイスを改良し、各処理間の遅延の測定および従来機との性能比較を行った。その結果遅延は改善され、遅延の知覚なくテクスチャを提示できる可能性が示唆された。今後は、振動刺激のタイミングを操作する機能を実装し、振動刺激の知覚およびその知覚位置の変化を検証していく。

謝辞 本研究は、JST さきがけ(JPMJPR17J7, JPMJPR17J4), JST AIP-PRISM(JPMJCR18Y2)の支援を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] 本宮, 山本: ノルディック・ウォーキングが高齢者の歩行に与える影響, 理学療法学, 第44巻第1号, pp11-18, 2017
- [2] 加藤, 下平, 佐藤: 歩行運動におけるウォーキングポール使用の効果に関する研究, 長野県短期大学紀要, vol65, pp75-80, 2010
- [3] 橋本, 杉浦: 杖へのテクスチャ情報提示によるポールウォーキング体験向上手法の基礎検討, 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp. 11-16, 2018.
- [4] 宮里, 岸野: 視覚情報と触覚情報の間の遅延知覚に関する主観評価, テレビジョン学会誌, 49巻10号, pp. 1353-1356, 1995