

# 仮想ポータブル歩行誘導ブロックにおける視覚障害者支援

## A Study about Navigation System for Visibility Impaired Persons with Virtual Braille Guidance Block and Wall

2171004



研究代表者	名古屋大学大学院情報学研究科	助教	榎 堀 優
共同研究者	関西大学大学院総合情報学研究科	教授	米 澤 朋 子

### 【研究の目的】

本研究は、情報学と機械工学の活用により、仮想的に歩行誘導ブロックがあるように利用者に体感させ、歩行誘導ブロックが無い箇所においても視覚障害者を支援可能なウェアラブル触覚VRシステムを実現することを目指した。視覚障害を有する人物を補助する歩行誘導ブロックは公共交通機関などのごく一部にしか存在しない。また、違法駐輪などによりその効果が阻害されていることもある。従って、画像処理等で周辺状況を把握し、その時々に合わせて適切な歩行誘導ブロックを仮想的に設置し、その感触を白杖先端やインソールの機械構造などで再現することにより、何処でも歩行誘導ブロック等と同等の補助を可能とすることを目指した。

しかし、初年度において、当初計画の感触再現手法では再現力に限界があることが判明すると共に、足裏においては、刺激部位ならびにその組合せごとに感触が得られる箇所に複雑な変移が発生することが判明したため、厳格な再現ではなく歩行誘導手法および刺激に対する感覚発現箇所の解明へ第二年度より軌道を修正している。本研究により判明した刺激方法と感覚発現箇所との関係性を用いることで、将来的に研究を続けていく中で初期目標の実現に繋がることを期待する。

### 【研究の内容、成果】

本研究は、大きく二つの要素技術に分かれる。本報告書では、まず、白杖先端への刺激提示に関する成果について述べ、その後に、振動モータアレイによるインソール型刺激提示に関する成果について述べる。

#### 【白杖先端への刺激提示による仮想歩行誘導ブロック/誘導路の実現】

白杖の先へ機械構造で仮想的な点字ブロックや壁の感触を再現して、仮想的に歩行誘導ブロックや誘導路を実現する研究に対しては、図1に示すプロトタイプデバイスを作成した。本プロトタイプは白杖先端にソレノイドを有しており、その吸引衝撃によって衝撃刺激を提示する。ソレノイドの制御は白杖手元部分の回路にて行われており、無線リモコンによる手動制御およびカメラから得られた映像に対する画像処理から激発する自動制御が可能である。初年度の段階では画像処理による激発は、カメラ性能の関係などから困難であり、手動制御にて実験を実施していた。第二年度における追加開発の結果、高速撮影が可能なカメラを用いることで図2に示すようなマーカを用いた激発制御が可能となった。一方で、マーカベースの構造では誘導の汎用性が乏しいため、VSLAMと画像特

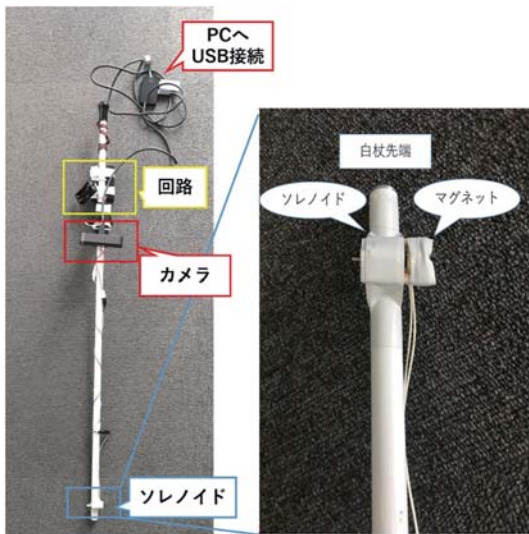


図1 先端刺激提示白杖デバイス



図2 マーカベース刺激提示による歩行誘導実験

微量を用いた激発を可能とすることが必要である。本件は、後継研究において、実装を行っている。

感触再現の追求においては、まず、当該デバイスによる点字ブロックや壁の感触再現度合いについて調査した [渡辺\_UBI55]。本調査では、実際の点字ブロックや壁と白杖が接触した感触を最大値の5、空振りした感触を最小値の1、空中に吊したヨガマットに接触した感触を中間値の3（標準刺激）としたマグニチュード推定法を用いた調査を行った。図3に標準刺激である空中に吊したヨガマットの感触を得ている場面を示す。

被験者は3名であり、全て晴眼者である。視覚を制限するアイマスクおよび聴覚を制限する耳栓を用いることで、触覚に対する評価のみを実施した。結果として、システムによる衝撃から感じた感触は、全ての被験者において2を示



図3 標準刺激取得の様子

し、ソレノイドによる衝撃刺激のみでは、感触再現性が低いという結論となった。物体との接触音を合わせて提示するなど、多角からの感触再現アプローチの必要性が示唆された。

一方で、本実験中にて、仮想的な点字ブロックや壁の配置方法によって、被験者らの歩行動作が制御できる可能性が示唆された。具体的には、左右両側に仮想壁を配置した場合に、その間隔と歩行速度の間に相関性が示唆された。そこで我々は、他の配置方法も歩行動作に影響を与える要素を含み、それらを活用することで安全や利便性提供のための歩行制御が可能であると考え、以後の研究を仮想誘導路構成方法に関する研究へ切り替えた。[渡辺\_WIT94] [渡辺\_DICOMO2018] [渡辺\_WiNF2018]

[渡辺\_WIT94]における検討では、中心線誘導および左右仮想壁を用いた誘導を検証し、左右仮想壁を用いた誘導の方が適切に誘導可能であるとの結論を得た。また、[渡辺\_WIT94]における少人数の実験では、直線経路においては誘導路幅に比例して移動速度が増減することが確認されたため、第二年度において曲線路を含めた各種素性解析を進めた。

図4に曲線を含む歩行誘導の実験経路を示す。なお、本実験の実施風景は図2に示した通りである。本実験では [渡辺\_WIT94] にて有効と目された肩幅 (0.5 m), 1.0 m, 1.5 m 幅の経路

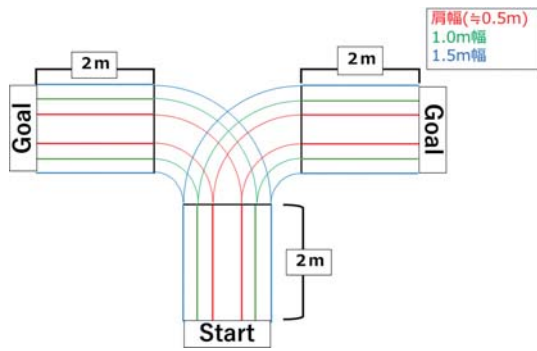


図4 検討した仮想誘導路構成方法

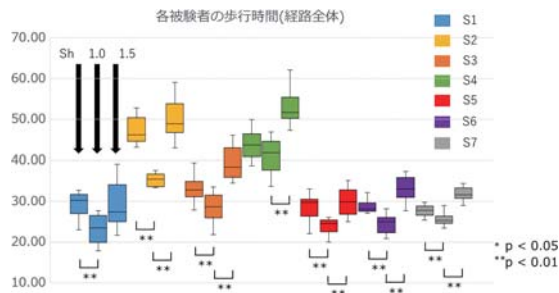


図5 被験者毎の全経路歩行時間

について、左右両曲線路を構築して実施した。被験者は計7名の晴眼者であり、コースや幅については、被験者に分からないように変更しつつ、6ルートを各5回、計30試行を実施した。

図5に被験者毎に経路全体の歩行にかかった時間を示す。図5に示すように、直線経路時とは異なり、経路幅に単調な速度変化ではなく、1m幅をピークとした速度変化が得られた。歩行時の様子を映像から確認したところ、通路幅が広がったことにより曲線路への侵入および脱出時の蛇行などが散見され、それが影響しているものと考えられる。本件においては、後継研究にて発生事象をクラスタリング化し、誘導路形状によって仮想歩行誘導路幅を変化させた最適歩行誘導路の導出を進めている。

**【足裏振動モータアレイによる仮想歩行誘導ブロック感触再現】**

インソールに配置した振動モータアレイによって、足裏に仮想的な点字ブロックの感触を再現して、仮想ポータブル歩行誘導ブロックを実現する研究としては、図6に示すプロトタイプ

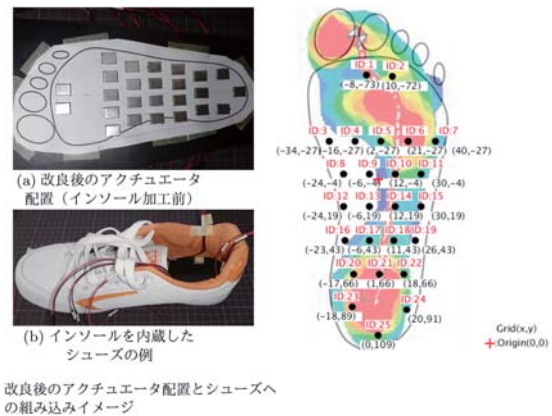


図6 振動モータアレイ型刺激提示デバイス

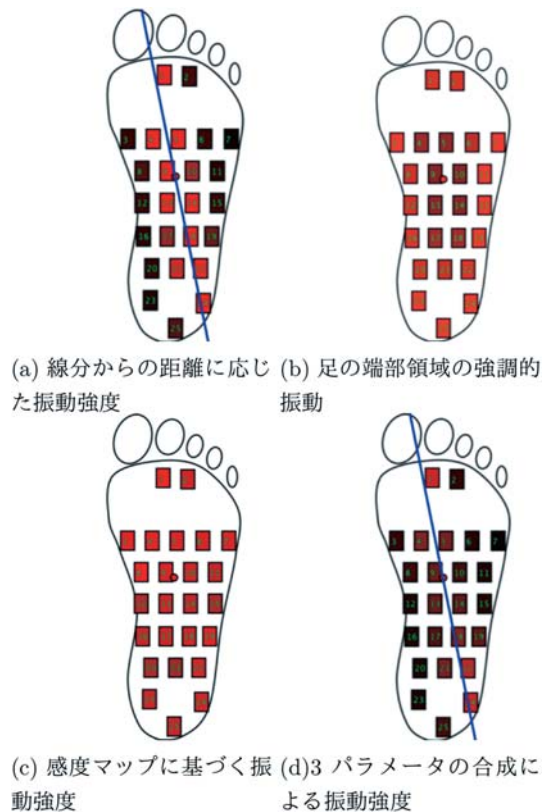


図7 感度データを用いた仮想線分提示

デバイスを作成して検討を進めた。

15名の被験者に対する実験の結果、感度データを反映した仮想線分提示手法を構築した(図7)。図7(b)は感度が鈍化するとされている端部を単純に強調した場合の振動強度分布である。これに対し、得られた感度データに従って振動強度分布を決定したものが図7(c)である。色の差より分かるとおり、図7(c)では中央部においても足先側においては強い振動

を提示した方が良いことが分かる。また、図7(a)は単純に仮想線分からの距離に応じて振動強度を決定した例である。これに対し、図7(d)では得られた感度データを勘案して振動強度を決定した例である。図の色より異なる振動が提示されていることが分かる。

第二年度においては、まず、前述の結果を実際の被験者に提示して、正確性を確かめた。その結果、提示直線と回答された直線の角度における平均誤差が約40度となり、残念ながら適切な提示ではないという結果となった。本結果は、複数の部位を同時に振動させた場合に複数の振動の融合により、提示箇所以外の全域にわたって振動が伝搬しているためであると考えられた。また、複数の振動の合成によるファントムセンセーションも複数発生している可能性が示唆された。加えて、ファントムセンセーションの発生箇所にも一律の法則性は見られず、結果、足裏感度だけに着目した振動提示では、目的形状を提示できないことが分かった。

そこで、新たに11名からデータを取得し、足裏における様々な2点の振動の組合せによって、どのような感覚が発生するのかを明確にした。図8に実験時に利用した振動ポイントを示す。仮想点字ブロックの直線を提示することを想定し、前方4点(白丸)と中後方5点の全組合せにおいて、どのような触覚が提示されるか

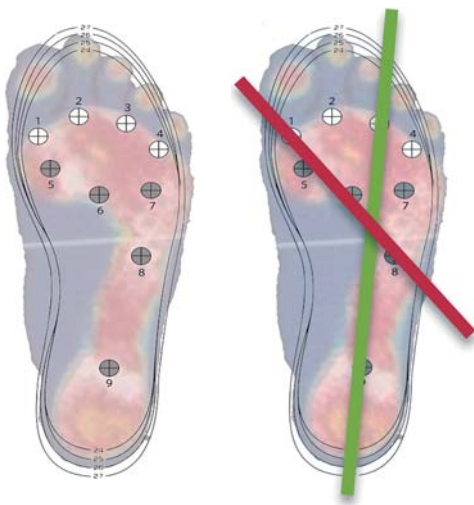


図8 2点振動提示時触覚計測実験

を計測した。結果、振動点の間に単純に感触が発生するのではなく、組合せによって感触発生点が軸方向以外にも移動する可能性が示唆された。本結果を受け、全組合せの感触発生点の移動方向を明確にし、任意の直線提示を可能とする感触マップの構築を後継研究で研究中である。

#### [今後の研究の方向, 課題]

本研究は、仮想的に歩行誘導ブロックがあるように利用者に体感させ、歩行誘導ブロックが無い箇所においても視覚障害者を支援可能なウェアラブル触覚VRシステムを実現することを、白杖先端やインソールの機械構造などで再現することから目指した。平成29年度は白杖先端へ衝撃刺激を提示する手法、および、振動モータレイによるインソール型刺激提示について検討した。結果、白杖先端への衝撃刺激提示においては、感触再現性は低いものの歩行誘導自体は可能であり、また、歩行誘導路の構成方法によって歩行動作・速度が制御できる可能性が示唆された。振動モータレイによるインソール型刺激提示においては、足裏の箇所毎の感度データが整備され、振動の単純分配よりも正確な刺激提示を行える可能性が示唆された。

しかしながら、第一年度において、当初計画の感触再現手法では再現力に限界があること、また、第二年度初頭の検討を通じて、足裏では刺激部位ならびにその組合せごとに得られる感覚発生箇所に複雑な変移が発生することが判明したため、歩行誘導および刺激に対する感覚発現箇所の解明へ軌道を修正した。

結果、曲線を含む歩行誘導路における適切な誘導路幅が判明した。また、映像検証により曲線侵入地点および脱出地点における蛇行などが発生していることも判明した。後継研究においては、発生事象をクラスタリング化し、誘導路形状によって誘導路幅を適宜変化させた最適歩行誘導路形状を追求している。

足裏感覚に関する研究においては、新たに実

施した 11 名の実験により，二地点振動における感触発生点の移動が確認され，また，その解析により直線感触の再現による歩行誘導の可能性が示唆された。当初予定の歩行誘導ブロックの感触再現ではないが，将来的な歩行誘導システムへの統合を目指す。

[成果の発表，論文等]

[渡辺\_UBI55] 渡辺博文，榎堀優，米澤朋子，間瀬健二，“白杖先端への衝撃刺激提示による歩行支援システムの実現に向けた仮想的な壁と歩行誘導ブロックの再現および歩行誘導に関する一検討”，第 55 回 UBI 研究会，2017.8.24-25.

[渡辺\_WIT94] 渡辺博文，榎堀優，米澤朋子，間瀬健二，“白杖先端刺激提示による仮想誘導路デザインの直線歩行における検討”，第 94 回 WIT 研究会，2018.3.9-10.

[吉田\_HII153] 吉田直人，平野隼壮，榎堀優，米澤朋子，“部位による足裏感度の差異に応じた振動アクチュエータアレイによる仮想線分提示手法の提案”，第 153 回ヒューマンインタフェース学会研究会，2018.3.27.

[渡辺\_DICOMO2018] 渡辺博文，榎堀優，米澤朋子，間瀬健二，“白杖先端刺激提示による仮想誘導路デザインの検討”，DICOMO2018，2018.7.4-6.

[渡辺\_WiNF2018] 渡辺博文，榎堀優，米澤朋子，間瀬健二，“白杖先端刺激提示による仮想誘導路デザインの検討に関する研究”，情報学ワークショップ (WiNF) 2018，2018.11.10.