

# フィットネスクラブに向けた靴デバイスによる 運動促進及び業務補助システム開発

田村和也<sup>†1</sup> 稲垣誠<sup>†1</sup> 新家弘輝<sup>†1</sup> 寺島樹<sup>†1</sup>  
松井祐希<sup>†1</sup> 宮本華帆<sup>†1</sup> 川合康央<sup>†1</sup>

**概要**：本研究は、オンラインでのフィットネスを支援するための、靴デバイスとこれを制御するアプリケーションの開発を行ったものである。靴デバイスとして、どのような靴にでも合うよう、靴の中敷きにモータ、電源、制御コンピュータ、アンテナを内蔵したものを用意した。また、靴デバイスと通信し、位置情報や運動データと連携して制御するためのアプリケーションの開発を行った。開発したシステムは、耐久テストを行い、一定程度の実用性を持つことが確認された。

## 1. はじめに

現在、新型コロナウイルスによる社会状況の変化の中で、いわゆる三密となってしまう環境となる産業は、その売り上げが大きく減少している。本研究では、その中でもフィットネスクラブを対象として、その新しい試みを支援するシステムの開発を行った。フィットネスクラブは、新型コロナウイルスの国内における感染拡大の初期段階で罹患者の利用が確認されたことによって、三密で危険な環境という情報が拡散し、全国のフィットネス関連施設が休業を余儀なくされ、それに伴いインストラクタの仕事も大きく減少した。

この状況に対して、オンラインフィットネスという新しい形式が、始まりつつある。しかし、現状の形では自宅内でしか指導ができず、また、自宅内では行える運動も、静かに行えるものなどに限られている。そこで、大きく体を動かせる屋外での運動の指導を行えるシステムの開発を行うこととした。

現在実施されているオンラインフィットネスは、自宅で行えるものに限られている。事例として「LEAN BODY [a]」「SOELU [b]」「CONNECT [c]」などがあるが、屋外でのプログラムは実装されていない。また、オンラインフィットネスには、ある程度の広さがあり、多少の騒音を出しても問題のない環境を準備する必要がある、このような環境を整えられる利用者は限られている。そのため、これらの解決策として、スマートフォンで参加が可能な、屋外で行うオンラインフィットネスを行えるシステムを提案することとした。屋外でフィットネスを行えるのであれば、動きに制限はかからないものとなり、また、飛沫感染や接触感染を防ぐことができる有効な手段であると考えられる。

## 2. 研究の目的と目標

本研究では、靴デバイスを駆使したナビゲーションシステムを組み込んだフィットネス指導アプリケーションの開発を行った。屋外での指導内容を、ランニング、ウォーキング、サイクリングとしたとき、足から取得する情報として、利用者の歩く・走るペース、利用者の足の向き、利用者の位置情報、利用者の歩いた・走った距離の4点が考えられる。また、利用者はインストラクタからの指導を受けるため、チャット・通話機能も必要となる。そこで、様々なデータを足から取得できるデバイスと、足から取得した情報を処理し、利用者とインストラクタを繋げるアプリケーションが必要となる。さらに、ナビゲーションシステムを組み込むということから、地図機能の導入も必要であると考えられる。また、インストラクタと通話した状態で走るため、画面を見ずに音以外で道案内ができるシステムが必要となる。インストラクタは通話で指導するため、音声以外のものが望ましい。そこで、靴デバイスによって、ナビゲーションする靴という機能が必要となる。さらに、運動には継続性が必要であるため、日常的に使用可能で、記録を保持できる機能が必要である。

本システムで取得する各情報の利用目的として、ペースは足から情報を取得してペース配分指導を、足の向きは足から情報を取得し走り方指導を、位置情報はスマートフォンのGPSから情報を取得し、ペース、速度計算、緊急時の対応を行うものとした。また、走った距離は、スマートフォンのGPSから情報を取得し、評価と実績の記録を行うものとした。本研究では、これら機能を持った足からデータを取得するデバイスと、それを制御するスマートフォンアプリケーションを開発した(図1)。

<sup>†1</sup> 文教大学情報学部情報システム学科

a) LEAN BODY, [https://jp.lean-body.jp/?utm\\_source=affi&utm\\_medium=moshimo&utm\\_campaign=moshimo&af=2626\\_1913743.33461.0..1277254458.1594733079](https://jp.lean-body.jp/?utm_source=affi&utm_medium=moshimo&utm_campaign=moshimo&af=2626_1913743.33461.0..1277254458.1594733079)(参照 2020-12-14)

b) SOELU, <https://www.soelu.com/>(参照 2020-12-14)

c) CONNET, <https://www.connect-gym.com/onlinepersonal/>(参照 2020-12-14)

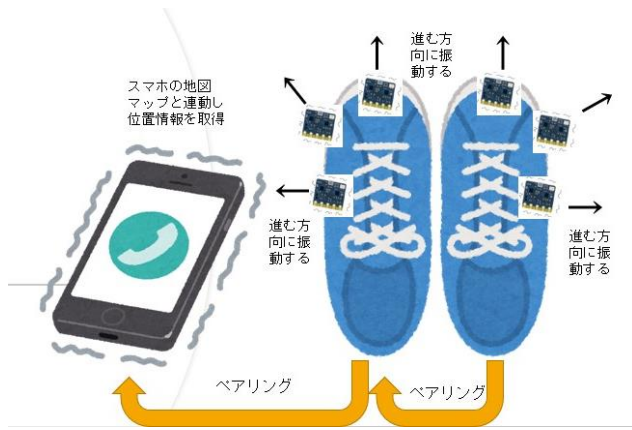


図1 システム構成図

本研究の目的は、フィットネスクラブのインストラクタがオンラインにて、屋外での運動指導等の業務を支援するシステム及びデバイスの開発である。開発目標として、利用者の運動状態を足から取得し、リアルタイムでインストラクタに情報を伝え、直接指導を行い、またそれらを補助するシステムの開発として、以下の機能を有するものとした。

- ① リアルタイムでインストラクタの指導を受けられる機能。具体的にはアプリケーションによる自動的なコース（主に距離）の提案、靴デバイスによる利用者の走行データを収集（ペースなど）、スマートフォンを見ずにランニング等集中するために必要な靴デバイスによるナビゲーション、収集したデータをもとに利用者の成績（結果）を表示する機能。
- ② 指導時間外の日常動作時に情報を受けとる機能。具体的には簡単な外出時の運動量（時間、距離など）を測定し、そのデータを収集しインストラクタに伝え、指導時に最適な運動を指示することができる機能、靴によるナビ機能、成績（結果）からポイントが加算されポイントに応じて称号が付与されるなどのモチベーション維持機能。

### 3. システム開発と評価

本システムで開発する機能としては、大きく分けてユーザ側アプリケーションと、インストラクタ側アプリケーションの二つの機能がある。

#### 3.1 ユーザ側アプリケーション

利用者側のアプリケーションに組み込む機能としては、チャット、通話、靴による案内、インストラクタ側に送信するデータの収集（ペース、位置情報、走った距離）、データによる成績等の表示が挙げられる。

チャット機能は、Firebase と AndroidStudio を連携させて行うこととした。AndroidStudio 側で、チャットの画面などを構成し、メッセージ内容に関しては Firebase に送信・参

照してチャットとして機能させている。チャット自体はグループチャットとなっており、チャットルームに入る前に、Firebase の認証機能を利用してユーザのアカウントを使用して入室することとした。

通話機能の開発は、AndroidStudio に SkyWay の外部ライブラリを使用して行うこととした。これらは基本的にビデオ通話となっており、利用者はインストラクタと顔を合わせながら通話を行うことが可能なものとした。

靴による案内機能の開発は、AndroidStudio と ArduinoIDE にて行った。これは、両靴の中敷きに専用のデバイスを装着させ、曲がる方向に合わせて振動することによって、進むべき道を案内する機能とした。アプリケーション側で目的地の検索を行うと、その目的地に辿り着くための最短ルートがマップ上に表示される。さらに、交差点などの曲がり角を認識し、曲がり角では Arduino 側に信号を送るものとなっている。Arduino 側では ArduinoIDE を使用して、アプリケーション側から送られてきた信号の種類によって、振動させるモータを制御するものとした。これらの機能を使用して、利用者の向いている方向に対して、曲がり角での曲がるべき方向を靴デバイスで指示する。利用者の向いている方向は、地図上で利用者が進んできた方向を、利用者の向いている方向とした（図2～4）。

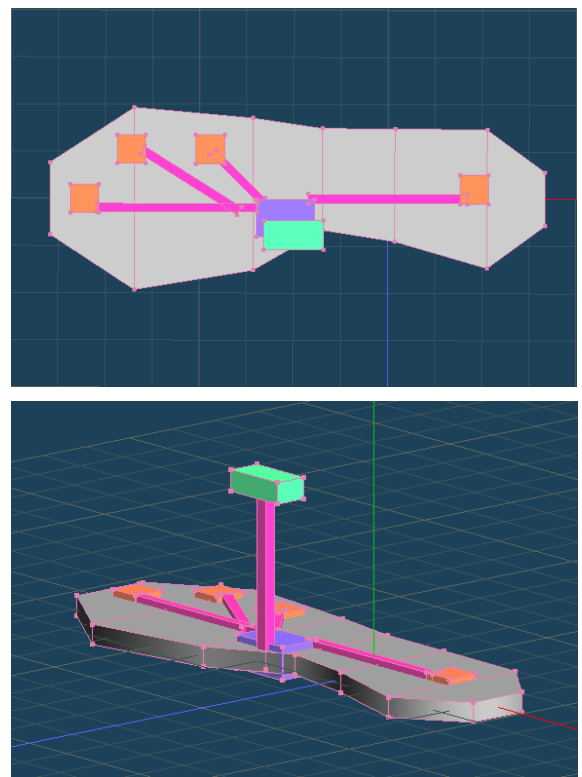


図2 右足の靴デバイス概念図

(オレンジ：モータ駆動部，ピンク：配線，紫：マイコンとボタン電池，緑：通信アンテナ)

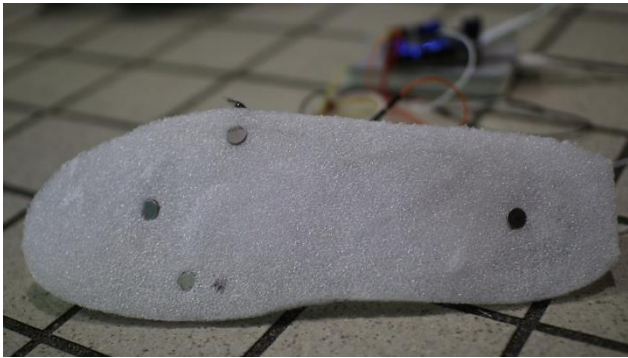


図3 靴デバイス

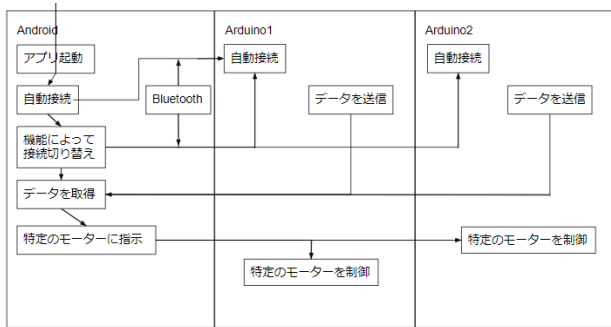


図4 システム構成図

データ収集の機能の開発は、AndroidStudio と Firebase にて行った。利用者のペースをデータとして収集する場合、目的地を検索したときの時間、曲がり角を通過したときの時間、目的地に到着したときの時間を Firebase に送信することによって収集している。利用者が現在どこでウォーキング・ランニングを行っているか、という情報の収集も、ペースの情報を収集するタイミングと同じタイミングで、利用者が現在いる位置の緯度経度が Firebase に送信されることによって、情報の収集を行っている。

成績等の表示機能についても、AndroidStudio と Firebase を用いて開発を行った。収集したデータを、ユーザに分かりやすい形で表示し、いつでも参照できるものである。本稿では、この機能は完成に至らなかったため、今後の課題とした。

### 3.2 インストラクタ側アプリケーション

インストラクタ側のアプリケーションとして組み込む機能は、チャット、通話、ユーザの情報表示である。チャット、通話の実装はユーザ側アプリケーションと同一である。

ユーザの情報表示機能は、AndroidStudio と Firebase にて開発を行った。表示する情報は、固定されている情報（利用者の名前、年齢、性別）と、状況に応じて変化する情報（現在走っている位置、ペース）である。これらの情報を、Firebase からデータを参照し、インストラクタが視覚的にわかりやすい形に整形して表示するものとした。例えば、位置情報であれば、登録された緯度経度をもとにマップ上

に表示することとした（図5）。また、インストラクタ側の業務フローを以下に示す（図6～8）。

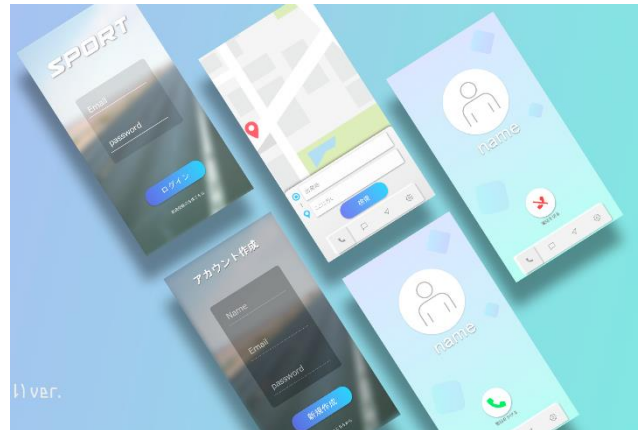


図5 インタフェース画面

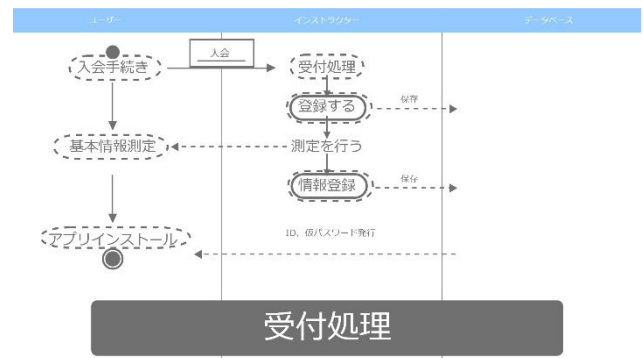


図6 受付処理の業務フロー

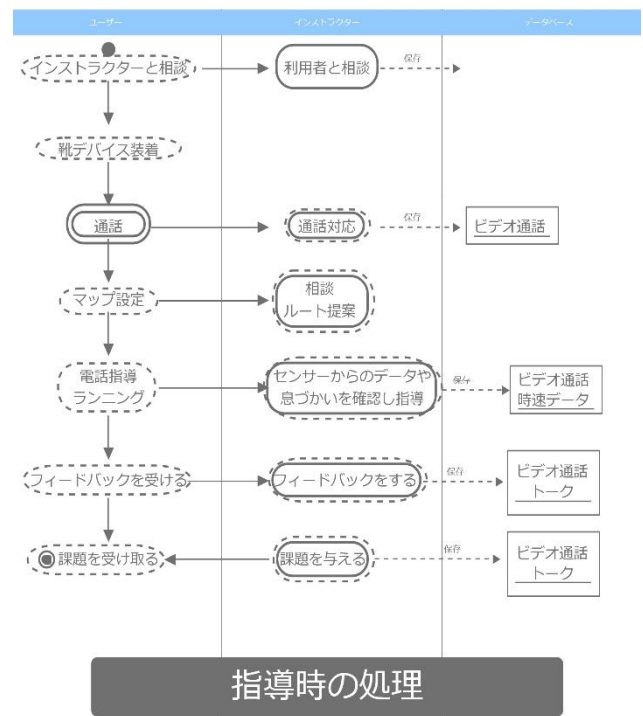


図7 指導時の業務フロー

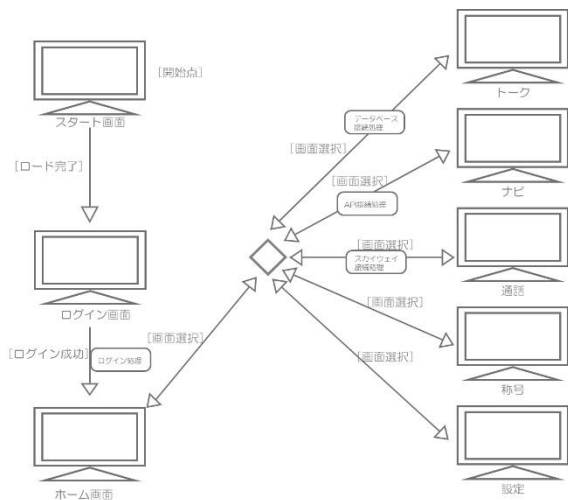


図 8 業務フローの遷移図

### 3.3 靴デバイスのテスト

デバイスの信頼性評価として、以下の項目のテストを行い確認した (図 9, 10)。

- ・ 10km 間の道のりを、スマホを見ずに到着できる
- ・ 振動のパターンにより進むべき方向を示すことを可能にする。
- ・ 初見で使う人が直観的に理解し即座に使用できるようにする。
- ・ 運動時のルート提案を可能にする。
- ・ 指導員との直接的な接触をなくす。
- ・ 通常の通話ほどの、タイムラグで通信を行う

評価方法 (耐久性について)

- ・ 100 回ほど本体を直接振る動作を数十回ほど繰り返す。(断線耐性確認)
- ・ 実際に靴に装着し、総重量 100 キロの人が 10km 走っても壊れないか。
- ・ 装着時 0.5m の高さから 200 回飛び降りる。

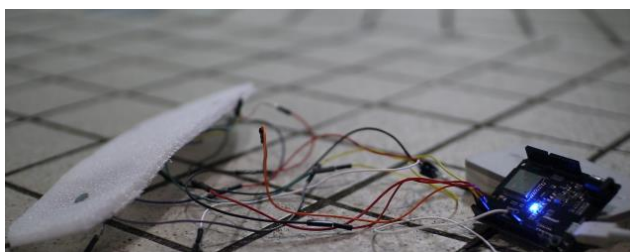


図 9 靴デバイスのテスト (装着するデバイス)

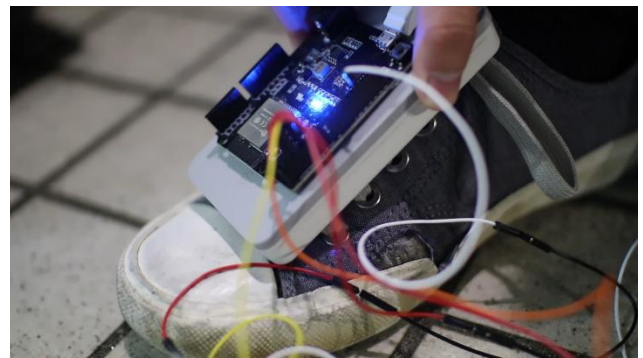


図 10 靴デバイスのテスト (靴への装着時)

## 4. 結果と考察

本研究では、フィットネスクラブの新しい形を支援するシステムとして、靴デバイスと、そこから得られた情報を管理するアプリケーションの開発を行った。開発したシステムは、評価テストを通じて、一定程度の耐久性を持つものとなった。また、アプリケーションは、当初目標とした項目について、実装を行うこととなった。今後、記録の表示と管理についてのシステムの実装を行うとともに、ユーザ評価を行い、実用化に向けた課題を抽出し、改善していくこととする。

靴をデバイス化する試みは、これまでもいくつかの先行事例が見られる。Sneakairs [d]は、イギリスの航空会社 easy jet が開発したバイブレーションモジュール、バッテリー、Bluetooth のユニットを搭載した厚さ 3mm の靴型デバイスの試作である。これは、Google マップ API 利用の専用アプリが、Bluetooth で接続し、バイブレーションで行き先を教えてくれるというシステムになっている。Lechal [e]は、インドの Ducere Technologies が開発した、アプリケーションで目的地を設定するだけで穏やかな振動により行き先を教えてくれるインソールである。どの靴でも利用可能だが厚さが 8mm あるため、履き心地が変わる可能性がある。また、UNLIMITIV[f]は、バンダイから発売されているスマートフォンアプリケーションと連携する小学生向け運動靴である。別売のセンサを接続し、ゲームで楽しく運動能力を強化させることが目的である。本デバイスは、靴側にセンサユニットを装着し、歩数などを管理するものである。EVORIDE ORPHE [g]は、アシックススポーツ工学研究所が、株式会社マクアケが運営するクラウドファンディングサイト Makuake で、株式会社 no new folk studio と共同開発したスマートシューズである。センサキットにより、ランニング時の足の動きをデータ化し、走り方の特徴を可視化させ、

d EasyJet Sneakairs Vibrating Smart Shoes | WIRED, <https://www.wired.com/2016/05/easy-jet-sneakairs-smart-shoes/>(参照 2020-12-14)

e Buy Lechal Wearable Tech & GPS Navigation Device – Lechal, <https://lechal.com/>(参照 2020-12-14)

f UNLIMITIV (アンリミティブ) - 速くなりたなら、アンリミティブ | バンダイ アパレル事業部, <https://www.unlimitiv.com/>(参照 2020-12-14)

g 【ASICS 公式】EVORIDE ORPHE - シューズが、コーチになる。 | アシックス, <https://www.asics.com/jp/ja-jp/mk/running/evorideorphe>(参照 2020-12-14)



アドバイスやトレーニングメニュー、リアルタイムでの音声コーチングを受けることができる。これらの先行事例は、道案内用の出力インタフェースまたはセンサによる入力インタフェースを搭載したものであるが、これらを組み合わせただけのものではなく、またその多くは専用の靴が必要であり、試作段階のものである。

久米ら[1]は、振動による足への情報伝達が可能であることを示した。足裏の触覚を情報伝達に使用することを考え、複数の振動素子を用いて刺激した場合の需要特性を測定した。また、その特性を仮想環境との対話を行うためのデバイスへと応用する可能性について報告している。近接した皮膚上に複数の振動子を設けると、皮膚が弾性体であるため振動が皮膚を通して伝搬し、広い範囲に感覚が生じ、振動が相互干渉を起こす。この点を考慮して振動子は土踏まずの前後に設け、4点の振動子を用い、刺激パラメータを選択することによって、足裏の触覚に対して、方向性を持った移動情報を、十分な精度で伝達できることを明らかにしている。靴底内に小型の振動モータ各2個を組み込むことにより、情報提示システムを制作することが可能であり、着用による違和感の小さいデバイスを制作することができるとした。

久原ら[2]は、歩行機能に障害を持った人が歩行リハビリテーションを行う際に使用する、圧力・加速度・距離センサを搭載した靴型デバイスを開発している。ここでは、靴デバイスは入力インタフェースとして捉え、計測された値からのフィードバックとして、視覚情報では注視点を奪うことから活動を阻害するとし、フィードバック情報の聴覚提示を行っている。また、本デバイスを活用して、インターネットを活用した在宅歩行リハビリテーションのための遠隔支援システムの提案も行っている[3]。

さらに、野見山ら[4]は、靴デバイスによる触覚提示として、川歩きの水の動きを触覚情報として提示するシステムの開発を行っている。このシステムでは、長靴型デバイス内にスピーカを配置したものであり、足裏や足首など複数個所に音響情報と振動情報を提示し、足の動きや向きなどによって振動パターンを変化させるものである。

本システムでは、これら先行研究における成果を参考とし、モータによる振動装置を足裏複数個所に設置し、利用者が向いた方向に合わせて、振動する位置が動くものとした。振動位置が動くことにより、進む方向がより正確にわかりやすいものとなった。また、装着する靴に依存しないため、普段使用している靴など、どのような靴にも適応することができる。一方、本研究では、インタフェースとして使用した振動子の強度は比較的小さいが、振動刺激が長時間、長期間にわたり人体へ与える影響についても考慮する必要がある。

## 5. まとめ

現在、新型コロナウイルスによる社会状況の変化の中で、様々な産業がその方法の見直しが必要とされている中、フィットネスクラブもまた、売り上げを落としてしまっており、同時にインストラクタの仕事も減少してしまっている。本研究では、この課題を支援するために、フィットネスクラブをクライアントとして、靴デバイスとこれを制御するアプリケーションの開発を行った。

開発システムによって、靴からの振動によるナビゲーションを行うことが、一定程度の耐久性を持たせた形で実現できた。また、アプリケーションによって、オンラインフィットネスに必要な機能を持たせることができた。

今回のシステム開発では、靴に振動モータを組み込むものであったが、本システムを基盤として、他の多様なモジュールを装着し、様々な用途に対応できる可能性があることがわかった。例えば、視覚弱者を支援する空間把握補助システムや、駅などに大規模都市施設における誘導デバイスなどが考えられる。今後は、フィットネス業界だけでなく、様々な用途に対応可能な靴デバイスとして、応用可能性とその実現性についても検証していく。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP19K12665 及び科学技術融合振興財団調査研究助成の支援を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 久米祐一郎, 白井暁彦, 津田元久, 畑田豊彦. 足裏への皮膚振動刺激による情報伝達. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 1998, vol.3, no.3, p83-88.
- [2] 久原政彦, 山本恭大, 遠藤守, 伊藤誠. 聴覚提示を用いた靴型デバイスによる歩行リハビリ活動支援システムの提案と試作. 映像情報メディア学会技術報告, 2010, , vol.34, no25, p.13-18.
- [3] 久原政彦, 奥田伸二, 伊藤誠, 古川進, 佐藤久. 在宅歩行リハビリ支援システムの制作: 組み込みシステムとインターネットを利用した. 情報科学技術フォーラム講演論文集, 2008, vol.7, no.3, p.577-578.
- [4] 野見山雄太, 矢島佳澄, 木村孝基, 山岡潤一, 鎌田洋平, 大島遼, 寛康明. 川歩きの感覚を提示する長靴型触覚デバイス RiverBoots の提案. 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, 2010, vol.109, no. 466, p.133-134.