

# LEDマトリクスで拡張したインタラクティブな靴紐の提案

大崎隼平†1 塚田浩二†1

**概要:** 近年、コンピュータの小型化／高性能化は著しく、身近な衣類や装飾具にコンピュータを搭載したウェアラブルデバイスが多数登場している。例えば、靴型のウェアラブルデバイスに注目すると、靴のフィット感等の実用性の向上や、新たなパフォーマンス表現に注目した事例等がある。一方、靴のファッション性の向上に注目した例は少ない。そこで本研究では、スニーカーの靴紐の多様性に着目した。インタラクティブなディスプレイを靴紐周辺に搭載することで、靴紐の表現を拡張し、ファッション性の向上を図る。具体的には、スニーカーのタンの部分にLEDマトリクスを、靴紐を通すホール部分にタッチセンサを組み込むことで、靴紐の通し方の支援やバーチャルな靴紐の表現を試みる。

## 1. はじめに

近年、コンピュータの小型化／高性能化は著しく、身近な衣類や装飾具にコンピュータを搭載したウェアラブルデバイスが多数登場している[1]。例えば、靴型のウェアラブルデバイスとして、ナイキは装着者の足の形を検出し、程よいフィット感になるように自動的に靴紐を締めるバスケットボールシューズを提案している[2]。また、Orpheは靴にモーションセンサや多数のフルカラーLEDを搭載することで、ダンス等の動きに連動して光の明滅パターンを変更することができるインタラクティブシューズである[3]。一方、これらの事例は実用性の向上や、新たなパフォーマンス表現に注目しており、従来の靴のファッション性の向上に注目した事例は少ない。

そこで我々は、スニーカーの靴紐の多様性に着目した。図1に示すように、スニーカーの靴紐の通し方は10種類以上存在しており、外観／機能に多様性を持つが、多くのユーザはこれを認識しておらず、購入した状態のままに利用していると思われる。こうした問題の解消を目指して、本研究では、スニーカーのタンの部分にLEDマトリクスやセンサを搭載し、バーチャルな靴紐の表現や靴紐の通し方を提示することで、足元のファッション性の向上を目指す(図2)。



図1 スニーカーの靴紐の通し方の種類

## 2. 関連研究

松本ら[4]は、LEDテープを複数風呂敷に組み込むことで、視覚的に風呂敷の包み方を表示し、支援するシステムである。

茂木ら[5]は、ストリングアート紐の経路を自動算出し、LEDを用いて実世界で順番に提示できるシステムである。

Sazonovら[6]は、靴にセンサを装着し、姿勢などを正確に認識できるウェアラブルデバイスを提案している。

Paradisoら[7]は、靴にセンサを装着し、ユーザの動きを、リアルタイムに音楽に変換するシステムを提案している。

本研究では、多様な靴紐の通し方をアニメーションで表示したり、バーチャルな靴紐のパターンを表現することで、足元のファッション性の向上を目指す。

## 3. 提案

本研究では、スニーカーの上面にLEDマトリクスを搭載し、靴紐の通し方や仮想的な靴紐のパターンを提示することで、足元のファッション性の向上を目指す。また、スニーカーのホール部にタッチセンサを装着し、靴紐の状態を検出することで、リアルな靴紐とバーチャルな靴紐を組み合わせた表現を実現する。さらに、PC／スマートフォンからアニメーションを簡単に作成できるアプリケーションを提供する。

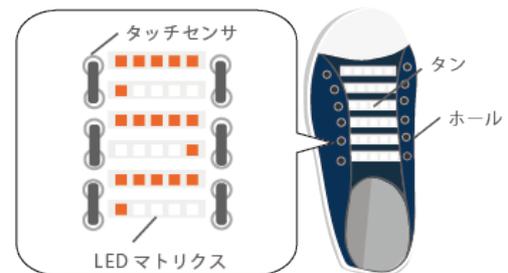


図2 デバイス構成

本システムのデバイス構成を図2に示す。スニーカーのタン部分にLEDマトリクスを組み込み、靴紐を通すホールにはタッチセンサを搭載する。

### 3.1 LEDマトリクス部

LEDマトリクス部では、図3のように様々な靴紐を模したパターンの提示や、図4のように靴紐の通し方の手順をアニメーションで示すといった様々な情報提示を行う。

通し方の手順提示では、靴紐をどのホールに通すか、ホール部の外側/内側のどちらから通すか、左側/右側のどちらの紐を通すかといったポイントを、LEDの色で区別することで分かりやすいように配慮する。アニメーションの提示手順は以下の通りである(図4)。

- (1) 初期状態として、左側の靴紐先端は青、右側の靴紐は赤等の目印をつける。
- (2) LEDの色に合わせて靴紐を次のホールに通す。



図3 LEDマトリクス部の提示パターンの例

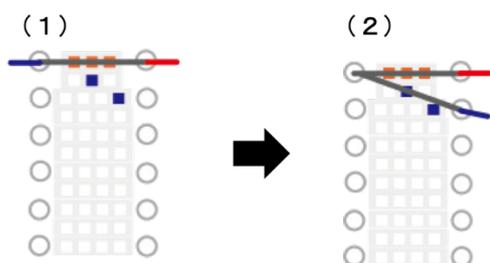


図4 靴紐の通し方のアニメーション提示の例

### 3.2 タッチセンサ部

タッチセンサ部では、現在の靴紐の状態や、単純なユーザのタッチ動作を検出する。スニーカーの各ホール部に静電容量式のタッチセンサを装着し、導電性の靴紐を用いることで、現在靴紐が通っているホールや、その順番を時系列で記録する。

また、ほぼ常に靴紐が通る先端部のホールは、タッチセンサとしても利用する。タッチする時間を調整することで「タッチ」、「ダブルタッチ」、「ロングタッチ」といったタッチの種類を検出する。タッチの種類によって、パターンや提示モードの切り替えを実現する。

### 3.3 パターン制作アプリケーション

PCやスマートフォンからLEDマトリクスの提示パターンをGUIで作成可能なWebアプリケーションを実装する。制作したパターンは、靴型デバイスにWi-Fi経由で転送する。

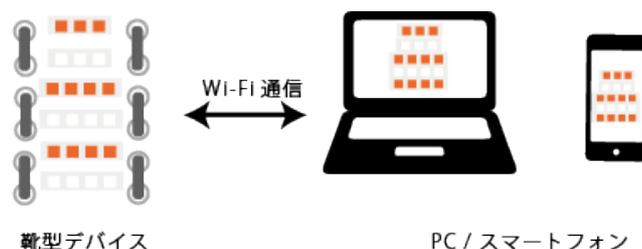


図5 パターン制作アプリケーションの利用イメージ

## 4. 実装

図6に、プロトタイプの外観を示す。市販のスニーカー(コンバース キャンバス オールスター OX)を元に、フルカラーLEDテープとマイコンを中心に構成される。マイコンは図6ではArduino Unoを利用して、パソコンとシリアル通信で通信している。現在、Wi-Fi機能を搭載したArduino互換機「ESP32-WROOM-32D」を用いた実装を進めており、Wi-Fi通信機能の搭載と小型化を目指す。後述するソフトウェアは本モジュールを利用したものである。

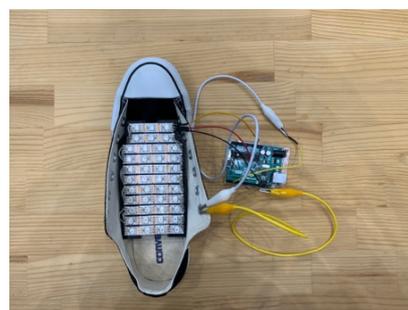


図6 プロトタイプの外観

### 4.1 LEDマトリクス部の構成

図7に、LEDマトリクスの外観を示す。フルカラーLEDテープは靴のタン部の大きさに合わせて、4個×9列と3個×2列の計42個分のLEDを使用した。6列のホールに対して、中間状態を考慮して計11列のLEDマトリクスを用意した。また、フルカラーLEDテープの配線を靴のタン

部に収まるようにする必要があるため、3Dプリンターで作成したコネクタをLEDテープに取り付けた。

アニメーションでは、靴紐を通す際の要点を、色で分けることによって視覚的に提示した。例えば、図8のように、青、黄の順で提示されたアニメーションは、「左側の靴紐をホール部の内側から通す」という動作を示す。また、赤、緑の順で提示されたアニメーションは、「右側の靴紐をホール部の内側から通す」という動作を示す。

今後、LEDマトリクス of 機械的な見た目や光り方を改善するために、LEDマトリクスの上に布を被せる等工夫する。



図7 LEDマトリクス部の外観，フルカラーLEDテープを独自の固定具で固定し，マトリクス状とした。

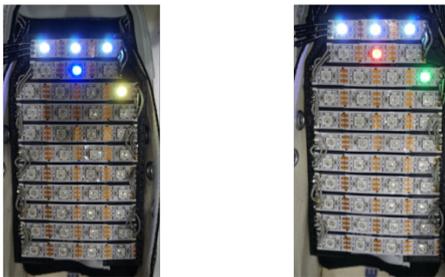


図8 靴紐の通し方のアニメーション例

#### 4.2 タッチセンサ部の構成

モードの切り替えなどの基本的な動作を確認するために、まずは、図6のように靴紐を通す金属製のホール部にワニ口クリップを取り付けて、ソフトウェアから実装を行った。現在、導電糸を用いた実装を進めている。

スニーカーの複数のホール部にタッチセンサを装着し静電容量の変化を取得することで、現在の靴紐の状態を検出する。各ホール部に導電糸を巻き付け、スニーカー表面に導電糸でパターンを形成して、マイコンのポートに個別に入力する。

タッチセンサは、ホール部を触った時と触っていない時の静電容量を取得することで、手でホール部を触っているかどうかを判別する。1.5秒以内に1度触って離す動作を「タッチ」、0.5秒以内の間隔で「タッチ」を2度行う動作を「ダブルタッチ」とし、タッチの種類によって、パターンや表示モードの切り替えを行う。

#### 4.3 パターン制作

ESP32-WROOM-32DモジュールとのWi-Fi通信を想定して、パターン制作のためのWebアプリケーションを実装している。LEDマトリクスを模した画面をアプリケーション上に表示し、ペイントツールのような感覚でコマ毎にパターンを作成する。Webアプリとすることで、PC/スマートフォンを問わず動作する。なお、HTML5とJavaScriptを用いて実装する。

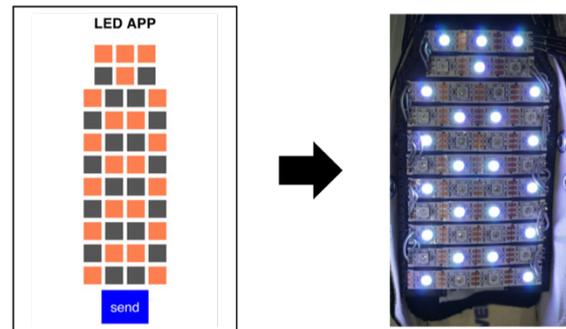


図9 アプリケーションの画面イメージと動作例

#### 5. 今後の展望

今後は、パターンやアニメーションによって、靴紐の通し方の手順を理解できるか、また、ファッション性の拡張に繋がるかをユーザ評価から検証し、システムの改善につなげていきたい。

#### 参考文献

- [1] 澤田砂織. ウェアラブルデバイスを活用したシステムについての現状と問題点, 今後の展望について. バイオフィードバック研究, 2017, vol44, no.2, pp.91-96
- [2] NIKE Adapt <https://www.nike.com/jp/launch/t/adapt-bb-black-white-pure-platinum/>
- [3] “ORPHE | 足元から世界を変えるスマートフットウェア”. <https://orphe.shoes/>
- [4] 松本拓磨, 長尾将旭, 林広幸, 濱川礼. 風呂敷への興味促進と包み方の理解を目的とした包み方支援システムの提案. 情報処理学会研究報告 HCI-182(12), pp.1-8. (2019)
- [5] 茂木良介, 五十嵐悠紀. スtringアートのためのデザイン支援と自動経路算出システム. WISS 2019.
- [6] Edward Sazonov, George Fulk, James Hill, Yves Schutz, Raymond Browning. Monitoring of Posture Allocations and Activities by a Shoe-Based Wearable Sensor. IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, 2011, vol58, no.4, pp.983-990.
- [7] Joseph Paradiso, Kai-Yuh Hsiao, Eric Hu. Interactive Music for Instrumented Dancing Shoes. International Computer Music Conference(ICMC), Beijing, China, pp.453-456. San Francisco:ICMA. (1999)