

手首装着型ウェアラブルデバイスの振動パターンによる 量および方向に関する情報表現

塚田 悠斗¹ 木下 雄一郎² 郷 健太郎²

概要：手首装着型ウェアラブルデバイスにおける振動を用いる情報提示の研究の多くは、提示情報に対する振動パターンを設計者が設定する。そのため、ユーザが提示情報に対して、よりふさわしいと感じる振動パターンの可能性を無視している。本研究では、距離、方向、達成度、量の変化の4種類の、物理的実体のない情報に焦点を当て、ユーザ定義の手法によりこれらの情報を表現する際の最適な振動パターンを設計する。物理的実体のない情報は、実体に基づいて振動パターンを設計することが難しいため、ユーザ定義の手法によりふさわしい振動パターンの設計が期待できる。まず、ユーザがこれらの情報に対してふさわしいと考える振動パターンを網羅するため、物理的実体のない情報を表現する振動パターンをユーザ自身が設計する実験を行い、318種類の振動パターンを収集した。次に、収集した振動パターンの特徴ごとグループ化を行い、7種類のグループに分類した。そして、分類した振動パターンに対して物理的実体のない情報の表現に対するふさわしさを調査した。最後に、これらの情報を表現するのにふさわしい振動パターンを付与したウェアラブルデバイスのプロトタイプを作成した。

キーワード：情報表現、手首装着型ウェアラブルデバイス、ユーザ定義の振動パターン

Information Representation of Amount and Direction using Vibration Patterns of Wrist-Worn Device

YUTO TSUKADA¹ YUICHIRO KINOSHITA² KENTARO GO²

Abstract:

Many studies on information presentation using vibration of wrist-worn devices apply vibration patterns defined by researchers. These downplay the existence of more suitable patterns for the information to be represented. This paper therefore focuses on user-defined vibration patterns and designs more suitable vibration patterns for four kinds of information without the physical entities such as distance, direction, achievement and amount change. Since it is unable to design patterns for these kinds of information based on entity, the user-defined methodology is expected to effectively support the design process. The first experiment was conducted to collect various vibration patterns representing the aforementioned information. The participants elicited 318 patterns. The patterns were then classified into seven groups. Based on the classification, the second experiment evaluated the patterns and examined suitable vibration patterns to represent the information. Finally, a prototype wearable device with the designed suitable patterns was implemented.

Keywords: information representation, wrist-worn device, user-defined vibration patterns

1. はじめに

手首装着型ウェアラブルデバイスの情報通知は一般的に画面を介して、あるいは振動や音によって行われる。その中でも振動は、目視ができない状況での情報通知が可能、

¹ 山梨大学大学院医工農学総合教育部
Integrated Graduate School of Medicine, Engineering and
Agricultural Science, University of Yamanashi
² 山梨大学工学部コンピュータ理工学科
Department of Computer Science and Engineering, University of Yamanashi

反応時間が早いといった利点が挙げられる [1]。さらに近年では、情報通知だけでなく情報表現を振動で行う研究が、HCI 分野において盛んに議論されている [2, 3]。これらの研究で表現されている情報は、物理的な実体があるため、実体に応じた振動パターンの設計ができる。しかし、物理的な実体のない情報表現では、物理的な実体に沿った設計はできないため振動パターンで表現するのは難しい。また、設計者自身が振動パターンを設計することにより、ユーザが情報提示に対して、ふさわしいと感じる振動パターンの可能性を無視しているといった問題点もある。そこで本研究では、距離、方向、達成度、量の変化の 4 種類の物理的な実体のない情報に対し、ユーザ定義の手法による振動パターンを収集することでこの問題を解決する。そして、収集した振動パターンがこれらの情報を表現するのにふさわしいかを調査し、その結果からこれらの情報を振動パターンで表現する際の設計指針を示すことを本研究の目的とする。また、設計指針に基づく振動パターンを付与したウェアラブルデバイスの実現可能性を示す。

2. 関連研究

2.1 振動触覚における感覚付与

振動触覚 (vibrotactile) の分野において、物理的な実体に触れる感覚を再現する研究が広く行われている。Strohmeier [4] らは、振動の音、振幅、周波数と、物体の表面の粗さ、でこぼこさ、鋭さ、粘着性にどのような関係があるかを調査した。またウェアラブルデバイスを用いた振動による情報表現の研究として、Singhal [5] らは、手袋の裏に振動モータを取り付け、指を撫でるような感覚を振動パターンにより作り出している。しかし、これらの研究は物理的な実体を基に、その物体の表面や感覚を振動により再現しているため、本研究で議論する物理的な実体のない情報に応用することはできない。

2.2 物理的な実体のない情報の振動による表現

物理的な実体のない情報を振動で表現する研究として、Bial [6] らは、手袋型ウェアラブルデバイスを設計し、ナビゲーションにおいて 3 種類の振動時間、3 種類の振動箇所、2 種類の振動モータの配置の組み合わせの中で方向、距離を表現するのに適した振動パターンを調査した。また、Saket [7] らは、4 種類の基本的な振動の組み合わせによって 10 種類の振動パターンを作成し、緊急度のレベルに適した振動パターンを調査した。しかし、これらの研究は研究者自身が振動パターンを設計しているため、ユーザが提示情報に対して、ユーザがよりふさわしいと感じる振動パターンの可能性を無視している。一方で、Wobbrock [8] らは、平面ディスプレイにおいてオブジェクトの拡大縮小といった入力コマンドをユーザへ提示し、それに対する最適なジェスチャを収集する実験を行った。本研究では、

表 1 歩行用ナビゲーションアプリケーションを想定した情報

Table 1 Information for the walking navigation application.

表現情報	提示情報
距離	遠く (200 m) にある角を曲がる
	近く (50 m) にある角を曲がる
	今 (0 m) 角を曲がる
方向	現在の位置から前へ進む
	現在の位置から後ろへ進む
	現在の位置から左へ進む
	現在の位置から右へ進む

表 2 ランニング補助アプリケーションを想定した情報

Table 2 Information for the running assistant application.

表現情報	提示情報
達成度	設定したノルマをやや (1/3) 達成した
	設定したノルマをおおむね (2/3) 達成した
	設定したノルマを全て (3/3) 達成した
量の変化	設定したペースよりペースが下がった
	設定したペース通り
	設定したペースよりペースが上がった

Wobbrock らのユーザ定義の手法を出力へ応用することで、多様な振動パターンを収集し、提示情報に対してよりふさわしいと感じる振動パターンの設計を行う。このユーザ定義の手法を用いることで、複数のユーザから振動パターンを網羅的に収集することが可能である。

3. 実験 1：振動パターン収集実験

3.1 実験目的

物理的な実体のない距離、方向、達成度、量の変化の各情報を振動パターンで表現するにあたり、これらの情報に対してよりふさわしいと思われる多様な振動パターンを収集することを目的に実験を行った。

3.2 提示情報

本実験を行うにあたり、実際の使用環境において手首装着型ウェアラブルデバイスで用いられるアプリケーションを調査した。その調査から、関連研究 [6, 9] で用いられている歩行用ナビゲーションアプリケーションと、ランニング補助アプリケーションを本研究の調査対象とした。これらのアプリケーションで提示される物理的な実体のない情報を抽出したものを表 1, 2 に示す。歩行用ナビゲーションアプリケーションでは、遠くにある、近くにある、今角を曲がるといった距離を表現する情報と、現在の位置から前、後ろ、左、右へ進むといった方向を表現する情報を調査の対象とした。また、ランニング補助アプリケーションでは、設定したノルマをやや、おおむね、全て達成したといった達成度を表現する情報と、設定したペースよりペースが下がった、上がった、ペース通りといった量の変化を表現する情報を調査の対象とした。

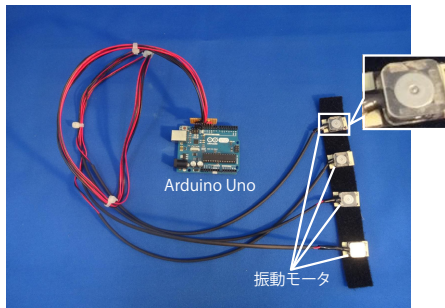


図 1 振動デバイス

Fig. 1 Vibration device.

3.3 振動作成システム

3.3.1 振動デバイス

本実験に使用する振動デバイスの外観を図 1 に示す。振動デバイスは、4 つの振動モータ (Silicon Touch Technology Inc., LBV10B-009) とそのモータを手首に巻きつける幅 2.5 cm の面ファスナーで構成した。実使用環境では、振動モータがむき出しで振動することはないので、4 mm の厚さの亚克力板を振動モータの形に切り抜き、その中に振動モータを埋め込んだ。そして、表面に厚さ 1 mm の亚克力板をかぶせることで、実験協力者の肌に亚克力板を通して振動を与えることとした。また、その裏面には面ファスナーが接着されており、手首に巻きつける面ファスナーと貼りつく構造になっている。実験協力者が設計した振動の情報は PC からマイコンボード (Arduino Uno) へ送られ、マイコンボードが振動モータに 5V の電圧を印加することでモータが振動する仕組みである。

3.3.2 振動作成ソフトウェア

振動モータの振動時間および振動しているモータを実験協力者へ視覚的に伝えるため、Shiraga [10] らの振動パターン生成システムを基に図 2 に示すソフトウェアを作成した。実験協力者が任意の時間で振動モータを振動させることを可能にするため、図 2 の横軸を経過時間とし、50 ms ずつ 20 の区間 (計 1000 ms) に分けた。また、振動モータを個別に振動させることを可能にするため、縦軸を振動モータ番号に対応付けた。実験協力者は、自身が振動させたい時間、振動させたいモータの番号に対応する部分をマウスのクリックおよびドラッグ操作で着色する。例えば、図 2 のように着色すると、図 3(a) の手の甲にある振動モータ番号 1 のモータが開始後 200 ms から 300 ms 間だけ振動するように作成できる。そして、図 2 の画面中央下部の黄色いボタンをクリックすることで、自身が作成した振動パターンを確認できる。

3.4 装着方法

本実験では、既存のウェアラブルデバイスで普及している腕輪型とスマートウォッチ (SW) 型の 2 種類の形状に、振動モータを 4 つ配置する装着方法を考えた。2 種類の装

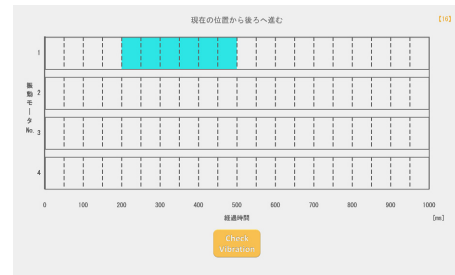


図 2 実験 1 に用いたソフトウェアの画面例

Fig. 2 Example screen of the software used for the experiment 1.

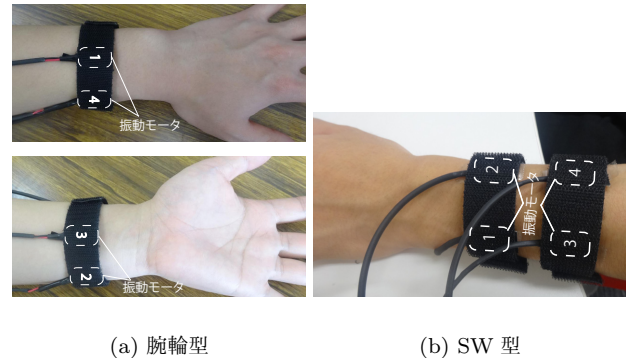


図 3 実験に用いた装着型

Fig. 3 Wearing types used for the experiment.

着方法を図 3 に示す。1 つ目の装着方法は、図 3(a) に示すように、手首の突起している骨からひじ側に 25 mm 離れた位置に面ファスナーを巻き付けた。そして、手首の左右の骨の手の甲側の midpoint に面ファスナーの裏側から振動モータを取り付け、その振動モータを基点とし、面ファスナーを一周するよう等間隔に計 4 つの振動モータを取り付けた。その際、振動モータの番号は基点にある振動モータを 1 とし、左回りに小指側の振動モータを 2、手首の真下を 3、親指側を 4 とした。2 つ目の装着方法は、図 3(b) に示すように、手首の突起している骨から 25 mm 離れた位置に面ファスナーを 1 本巻き付け、もう 1 本を 1 つ目の装着方法の振動モータの間隔と同じ間隔離した位置に巻き付けた。そして、それぞれの面ファスナーについて手首の突起している骨からひじ側へ延ばした直線上に 1 つずつ振動モータを取り付けた。さらに、それぞれの振動モータの親指方向に等間隔になるようにさらに 1 つずつ振動モータをそれぞれ取り付けた。この時の振動モータの番号は、手首側小指方向を 1、親指方向を 2、ひじ側小指方向を 3、親指方向を 4 とした。

3.5 実験方法

実験協力者は大学生および大学院生計 16 名 (平均年齢: 23.5 歳, 男性 14 名, 女性 2 名) であり、全員左手首に振動デバイスを装着した。実験開始前に実験協力者には、使用する振動デバイス、その装着方法、ソフトウェア、想定す

る2種類のアプリケーションについての説明を行った。その後、振動デバイスを装着し、ソフトウェアの操作に慣れる時間を5分間設けた。この間、2種類の装着方法を自由に變更できるものとした。実験協力者にはソフトウェア上で表1, 2の提示情報を示し、作成した振動パターンを確認しながら、提示情報を振動パターンで表現するよう教示した。その際、4つの振動モータを全て振動させる必要はないこと、1000 ms 全ての時間を使った振動パターンを作成する必要はないことを伝えた。その後、どのような方針で振動パターンを作成したのかを発話した。振動パターンの作成作業を全13種類の提示情報に対して行った後、装着方法を変更し同様の作業を行った。また順序効果を考慮し、各アプリケーションにおける提示情報は無作為な順序で提示した。アプリケーション、装着方法の順序は、実験協力者を4名ずつに分け、装着方法2条件×アプリケーション2条件を各グループそれぞれ異なる順序に統制した。実験中は、振動モータの駆動音による作成する振動パターンへの影響を防ぐため、イヤーマフ(3M, H540A-411-SV)を装着した。また、姿勢による振動パターンへの影響を統制するため、振動デバイスを装着した腕を下ろした姿勢をとった。

3.6 実験結果

3.6.1 各提示情報において頻出した振動パターン

実験協力者16名が各装着方法ごと、計13種類の提示情報において振動パターンを作成したため、腕輪型、SW型共に208種類の振動パターンを収集した。ここで距離、方向、達成度、量の変化の各情報ごとに頻出回数が多かった振動パターンを示す。距離においては腕輪型、SW型共に図4(a), (b)のような、距離が短くなるにつれ、振動時間が短くなるといった、振動の長さで表現するパターンが最も多く作成された。このようなパターンは腕輪型、SW型それぞれ32種類中16種類、12種類であった。また「今(0 m)角を曲がる」の提示情報は、図4(c)のような振動の周期を短くし複数回振動させる振動パターンが腕輪型、SW型それぞれ16種類中6種類、8種類と最も多く作成された。方向においては腕輪型、SW型共に図5(a)–(c)のような、方向に対応した特定の振動モータを振動させるパターンが最も多く作成された。このようなパターンは腕輪型、SW型それぞれ64種類中32種類、33種類であった。達成度においては腕輪型、SW型共に図6(a)–(c)のような、達成度合が上がるにつれ、振動時間が長くなるといった振動の長さで表現するパターンが最も多く作成された。このようなパターンは腕輪型、SW型それぞれ48種類中15種類、21種類であった。量の変化においては腕輪型、SW型共に図7(a)–(c)のような、ペースが上がるにつれ、振動の周期が短くなるパターンが最も多く作成された。このようなパターンは腕輪型、SW型それぞれ48種類中20種類、28種

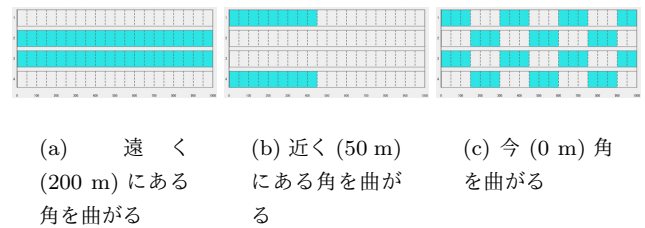


図4 距離において頻出した振動パターン

Fig. 4 Frequently observed vibration patterns for the information of distance.

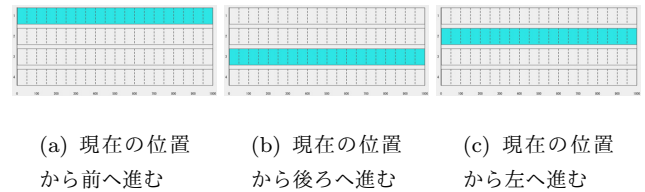


図5 方向において頻出した振動パターン

Fig. 5 Frequently observed vibration patterns for the information of direction.

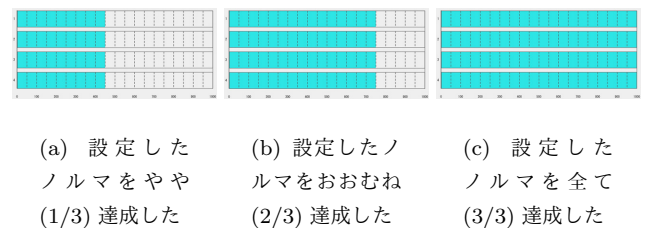


図6 達成度において頻出した振動パターン

Fig. 6 Frequently observed vibration patterns for the information of achievement.

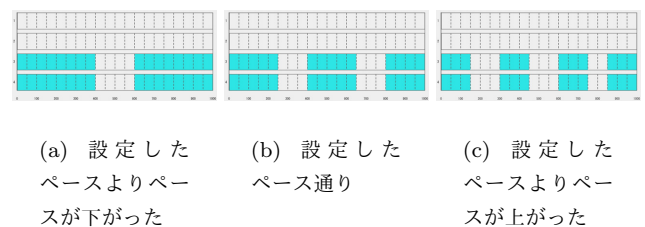


図7 量の変化において頻出した振動パターン

Fig. 7 Frequently observed vibration patterns for the information of amount change.

類であった。

3.6.2 振動パターンの多様性

収集した振動パターンの中には、振動時間、振動箇所が全く同じものが存在した。それらの重複を除いた振動パターンは、腕輪型、SW型共に159種類であった。また図8(a)に示す、実験協力者が「モータの数を減らしていく」とコメントした振動パターンが見られた。さらに図8(b)に示す、「振動するモータの振動を等間隔で時計回りに動かす」とコメントしたパターンなど、同じ提示情報でも実験協力者によって異なる振動パターンが作成された。以上のように、本実験の目的である多様な振動パターンの収集も

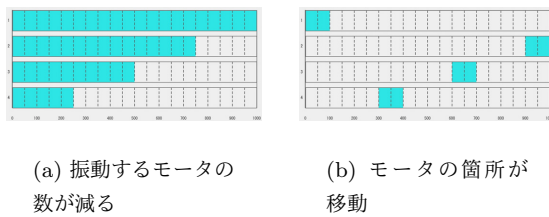


図 8 収集された振動パターンの一例

Fig. 8 Example collected vibration patterns.

確認された。

3.6.3 振動パターンの集約

次章にて、本章で収集された振動パターンのふさわしさの調査を行うにあたり、本実験で得られた振動パターンの分類を行った。分類は、実験協力者のコメントおよび振動パターンの両面から行った。その結果、振動時間の変化による情報の表現、振動回数の変化による情報の表現、モータの箇所の変化による情報の表現、振動する箇所の動的な変化による情報の表現、振動の周期の変化による情報の表現、振動させないことによる情報の表現、振動するモータの個数の変化による情報の表現の計 7 種類のグループに分類できた。それらのグループに属する振動パターンの例を図 9 に示す。次に、距離、方向、達成度、量の変化の各情報ごとに同一の実験協力者から収集された振動パターンを 1 つのセットとした。そして、任意の 2 つの振動パターンのセット間でいずれの提示情報についても、同一のグループの振動パターンであった場合、そのうち一方のセットを除外した。最終的には、距離 27 セット (腕輪型 14 セット, SW 型 13 セット), 方向 15 セット (腕輪型 9 セット, SW 型 6 セット), 達成度 22 セット (腕輪型 11 セット, SW 型 11 セット), 量の変化 26 セット (腕輪型 13 セット, SW 型 13 セット) の計 90 の振動パターンのセットに集約した。それらの振動パターンのセットの例を図 10 に示す。

4. 実験 2 : 振動パターン評価実験

4.1 実験目的

本研究の目的である、距離、方向、達成度、量の変化の各情報を表現する振動パターンの設計指針を示すために、これらの情報に対してふさわしい振動パターンを調査する必要がある。そこで実験 1 で集約した振動パターンのセットについて、距離、方向、達成度、量の変化の各情報の表現におけるふさわしさを調査する目的で実験を行った。

4.2 実験方法

実験協力者は大学生および大学院生計 12 名 (平均年齢: 23.3 歳, 男性 11 名, 女性 1 名) であった。実験協力者は、図 11 に示すソフトウェアを用いて、PC 画面に表示された複数の提示情報と、その直下にあるボタンをクリックすることで提示される振動パターンのセットを振動デバイスを

通して確認した。その後、「画面に表示されている複数の情報は、提示された振動パターンの変化で表現するのがふさわしい」という項目に対して、1 (全くそう思わない)–7 (とてもそう思う) の 7 段階のリッカート尺度にて回答を行った。用意された振動パターンのセット数を行った後に、装着方法を変え、同様の作業を繰り返し行った。さらにその後に、距離、方向、達成度、量の変化の各情報を変え、最後にアプリケーションを変え同様の作業を行った。順序効果による影響を防ぐため、提示する振動パターンの順序は無作為にした。また実験協力者を 3 名ずつに分け、装着方法 2 条件 × アプリケーション 2 条件をそれぞれ異なる順序に統制した。実験 1 と同様に、実験中はイヤーマフを装着するよう教示し、振動デバイスを装着している腕を下ろした姿勢に統制した。

4.3 実験結果

4.3.1 距離を表現する振動パターン

腕輪型は、図 10(a) に示す、距離が短くなるにつれて振動時間が短くなるパターンのセットの平均評価値が 4.75 (標準偏差: 1.16) と最も高かった。また、平均評価値が 4.00 より高い他のパターンのセットは 14 セット中 7 セットあり、そのうち 3 セットの「今 (0 m) 角を曲がる」という情報は、一定時間長く振動させるパターンで表現される傾向であった。これは、今という緊急度が高い情報を気づかせるためだと考えられる。また、距離が短くなるにつれて振動の周期を短くするパターンのセットは平均評価値が 4.00 より高い 7 セットのうち 4 セットあった。SW 型も腕輪型と同様に図 10(b) に示す、距離が短くなるにつれて、振動の周期が短くなるパターンの評価値が高かった (平均評価値: 4.50, 標準偏差: 1.19)。このことから、距離は腕輪型, SW 型共に距離が短くなるにつれて振動時間を短くすることや振動の周期を短くすることで表現できると考えられる。

4.3.2 方向を表現する振動パターン

腕輪型は、手の甲を振動させることで前を表現するパターンのセットの平均評価値が 5.42 (標準偏差: 1.11) と最も高かった。また、図 10(c) に示す、腕をおろしている際に前にあたる親指側の振動モータを振動させるパターンのセットも平均評価値は 4.92 (標準偏差: 1.66) と高かった。さらに平均評価値が 4.00 より高いパターンのセットは 9 セット中 4 セットあり、いずれも方向に対応する 1 つまたは 2 つのモータを振動させていた。これらのことより、ある特定の箇所のモータを振動させることで方向を表現できると考えられる。SW 型でも、手首側の振動モータを振動させることで前を表現するといった、腕輪型と同様に特定の箇所を振動させるパターンのセットは平均評価値が 6.08 (標準偏差: 0.76) と最も高かった。これに加え図 10(d) に示す、ひじ側の振動モータを振動させた後に、手首側の振動モータを振動させるといった、振動が移動する向きを矢

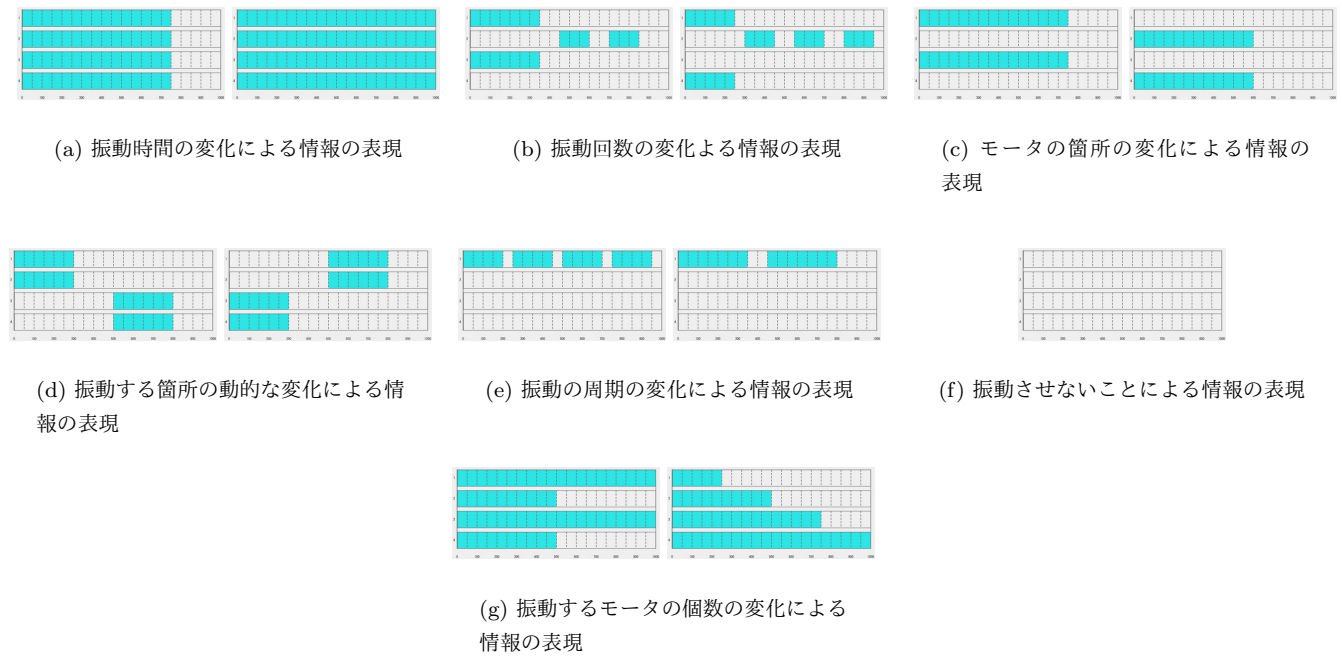


図 9 分類された振動パターンの一例

Fig. 9 Example classified vibration patterns.

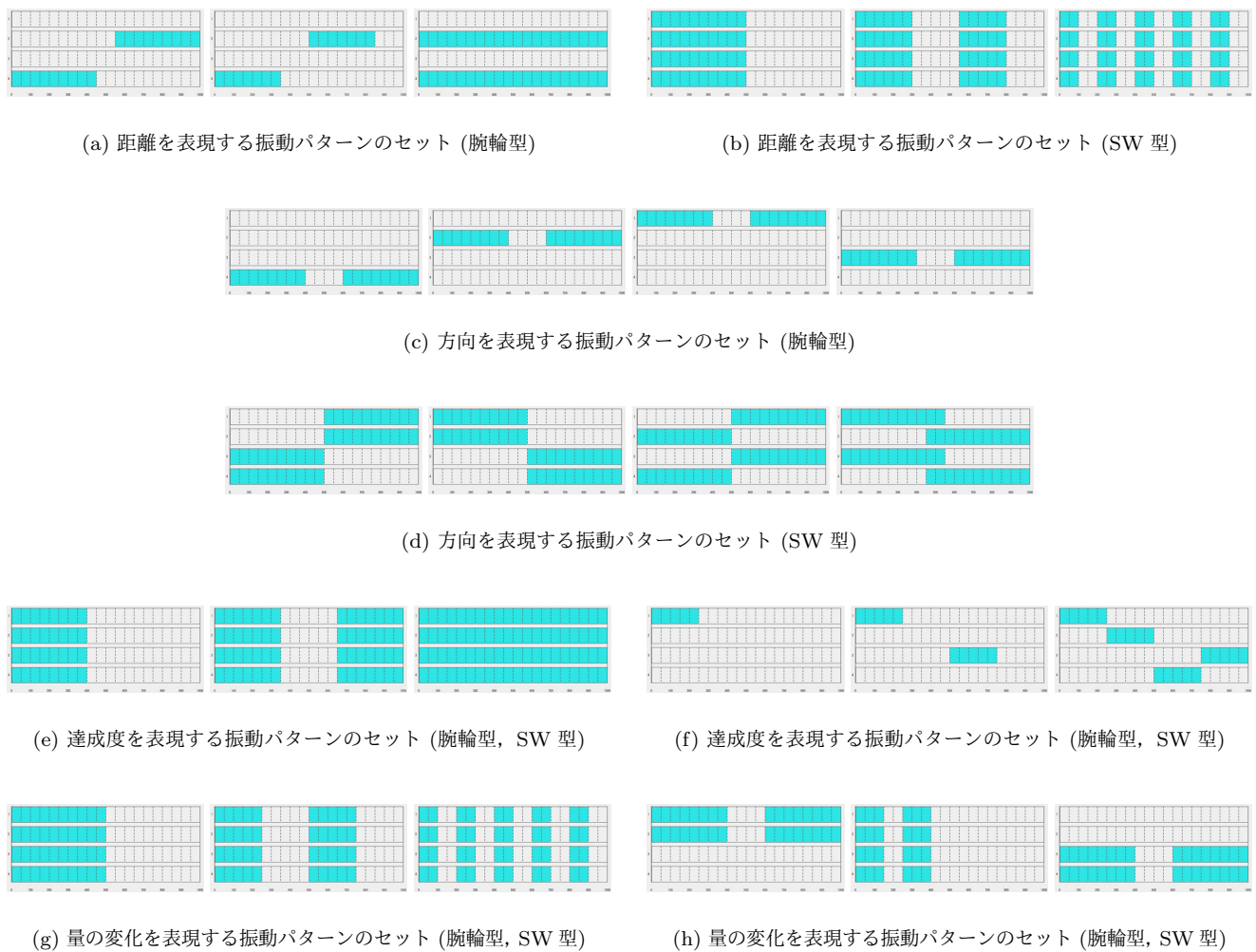


図 10 集約された振動パターンのセット例

Fig. 10 Example sets of integrated vibration patterns.



図 11 実験 2 に用いたソフトウェアの画面例

Fig. 11 Example screen of the software used for the experiment 2.

印に例えるパターンのセットも平均評価値は 5.33 (標準偏差: 1.55) と高かった。このことから、SW 型においては、振動する箇所を移動させるパターンでも方向を表現できることがわかった。

4.3.3 達成度を表現する振動パターン

腕輪型、SW 型どちらにおいても、図 10(e) に示す達成度合が上がるごとに振動時間が長くなるパターンのセットの平均評価値が最も高かった (腕輪型: 5.58, 標準偏差: 0.64 / SW 型: 5.50, 標準偏差: 0.65)。また平均評価値が 4.00 よりも高い振動パターンのセットは、腕輪型、SW 型合わせて 22 セット中 9 セットあり、そのうち 7 セットは振動時間で達成度を表現していた。また残り 2 セットは図 10(f) のような、円を描く振動のパターンのセットで達成度を表現した (腕輪型: 4.67, 標準偏差: 1.37 / SW 型: 5.00, 標準偏差: 0.91)。このことから、達成度は腕輪型、SW 型共に達成度合が上がるごとに振動時間を長く、円を描いていく振動で表現するのがふさわしいと考えられる。

4.3.4 量の変化を表現する振動パターン

腕輪型、SW 型どちらにおいても、図 10(g) に示すペースが上がるごとに振動の周期が短くなるパターンのセットの平均評価値が最も高かった (腕輪型: 4.58, 標準偏差: 1.11 / SW 型: 4.58, 標準偏差: 1.19)。また SW 型では図 10(h) に示す、ひじ側の振動モータ 2 つを振動させることでペースが上がる、手首側を振動させペースが下がるといった、振動するモータの箇所によってペースの変化を表現するパターンのセットの平均評価値も高かった (平均評価値: 4.25, 標準偏差: 1.09)。このことから、腕輪型、SW 型ではペースが上がるにつれて、振動の周期を短くすることで表現できると考えられる。また SW 型は、ペースの変化と振動する箇所の変化を対応させたパターンのセットで表現できることが示唆された。

4.4 振動パターンの設計指針

距離、方向、達成度、量の変化の各情報を表現する振動パターンにおいて、装着方法ごとに以下の知見が得られた。

- 距離は、腕輪型、SW 型共に、距離が短くなるにつれ、振動の時間または振動の周期を短くすることで表現で

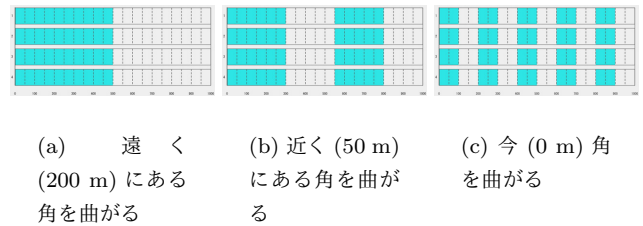


図 12 設計された距離を表現する振動パターン

Fig. 12 Vibration patterns designed for representing distance.

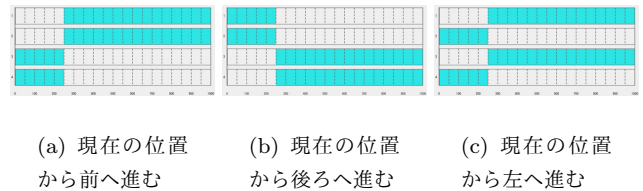


図 13 設計された方向を表現する振動パターン

Fig. 13 Vibration patterns designed for representing direction.

きる。また、腕輪型では「今 (0 m) 角を曲がる」という距離情報を表す際は振動の時間を長くすることで表現できる。

- 方向は、腕輪型、SW 型共に、特定の箇所を振動させることで表現できる。また SW 型では、進む方向を示す矢印のような振動パターンで表現できる。
- 達成度は、腕輪型、SW 型共に、達成度が上がるにつれて振動時間を長く、または円を描くような振動で表現できる。
- 量の変化は腕輪型、SW 型共に、ペースが上がるにつれ振動の周期を短くすることで表現できる。また SW 型では、「設定したペースよりペースが上がった」「設定したペースよりペースが下がった」という情報を表す際は振動するモータの箇所によって表現できる。

5. ウェアラブルデバイスのプロトタイプ

5.1 プロトタイプに付与する振動パターンの設計

第 4 章に示した設計指針では、腕輪型と SW 型、両装着方法において情報の表現方法に大きな違いは見られなかった。そのため今回は、ウェアラブルデバイスの例として SW 型のプロトタイプを作成した。プロトタイプに付与する振動は設計指針に基づき図 12、図 13、図 14、図 15 に示すパターンを設計した。距離は、距離が短くなるにつれ振動の周期を短くするパターンとした。方向は、特定の箇所のモータを振動させるパターンおよび振動する箇所を移動させるパターンを複合した振動パターンとした。また、達成度は、達成度合いを円に見立てた振動パターンとした。量の変化は、ペースが上がるにつれ振動の周期を短くするパターンおよび特定のモータの箇所を振動させるパターンを複合した振動パターンとした。

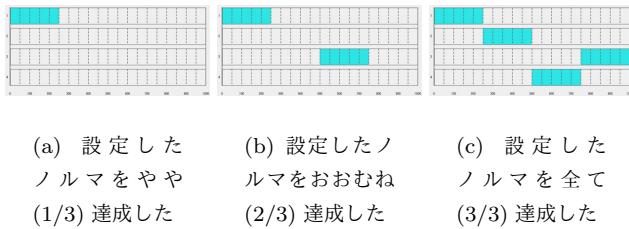


図 14 設計された達成度を表現する振動パターン

Fig. 14 Vibration patterns designed for representing achievement.

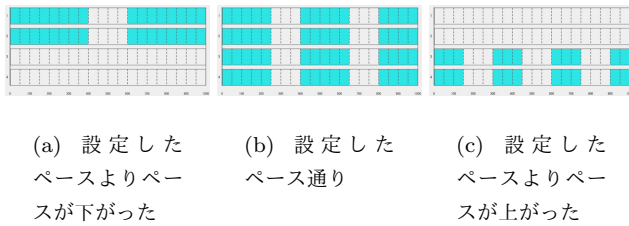
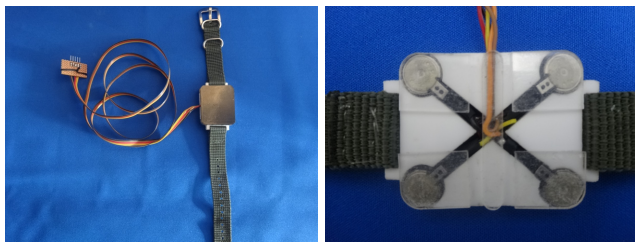


図 15 設計された量の変化を表現する振動パターン

Fig. 15 Vibration patterns designed for representing amount change.



(a) プロトタイプの全体図 (b) プロトタイプの背面図

図 16 プロトタイプの外形

Fig. 16 Overview of the prototype device.

5.2 プロトタイプの設計

前節で設計した振動パターンを付与できるプロトタイプの外観を図 16 に示す。サイズは Apple Watch Series 4 のディスプレイサイズを想定し、 44×38 mm とした。実験 1, 2 で使用した振動モータ 4 つを四隅に配置し、その周りをアクリル板 5 mm で囲むことにより他の振動モータの影響を軽減した。そして、そのアクリル板 5 mm を挟むようにアクリル板 1 mm を接着し、裏面は振動モータと皮膚を密着させないようにした。図 16(b) のように、裏面のアクリル板は振動モータを覆えるサイズのをそれぞれの角に貼り付けることで、1 つの振動モータからアクリル板全体が振動することを防いだ。

6. おわりに

本研究では、手首装着型ウェアラブルデバイスにおける振動を用いた情報通知に着目し、距離、方向、達成度、量の変化の各情報を表現するユーザ定義の振動パターンの調

査を行った。そして、調査結果からそれらの情報を表現する振動パターンの設計指針を示した。また、指針に沿った振動パターンを付与できるプロトタイプを実装し、本研究で得られた知見を活かすことのできる振動デバイスの実現可能性を示した。本研究で得られた設計指針は、物理的実体のない距離、方向、達成度、量の変化の各情報を表現する際の手助けとなり、振動による情報表現の分野への貢献が期待できる。

参考文献

- [1] Roumen, T., Perrault, S. T. and Zhao, S.: NotiRing: A Comparative Study of Notification Channels for Wearable Interactive Rings; *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2497–2500 (2015).
- [2] Liao, Y., Chen, Y., Lo, J., Liang, R., Chan, L. and Chen, B.: EdgeVib: Effective Alphanumeric Character Output Using a Wrist-Worn Tactile Display; *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 595–601 (2016).
- [3] Zhao, S., Israr A., Lau F. and Abnoui F.: Coding Tactile Symbols for Phonemic Communication; *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Paper 392, 13pages (2018).
- [4] Strohmeier, P. and Hornbæk, K.: Generating Haptic Textures with a Vibrotactile Actuator; *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 4994–5005 (2017).
- [5] Singhal, S., Neustaedter, C., Antle, N., A. and Matkin B.: Flex-N-Feel: Emotive Gloves for Physical Touch Over Distance; *Companion of the 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, pp. 37–40 (2017).
- [6] Bial, D., Kern, D., Alt, F. and Schmidt, A.: Enhancing Outdoor Navigation Systems through Vibrotactile Feedback; *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1273–1278 (2011).
- [7] Saket, B., Prasajo, C., Huang Y. and Zhao, S.: Designing an Effective Vibration-Based Notification Interface for Mobile Phones; *Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work*, pp.1494–1504 (2013).
- [8] Wobbrock, J. O., Morris, M. R. and Wilson, A. D.: User-Defined Gestures for Surface Computing; *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1083–1092 (2009).
- [9] Pielot, M. and Boll, S.: Tactile Wayfinder: Comparison of Tactile Waypoint Navigation with Commercial Pedestrian Navigation Systems; *Proceedings of the 8th International Conference on Pervasive Computing (Pervasive 2010)*, pp.76–93 (2010).
- [10] Shiraga, S., Kinoshita, Y. and Go, K.: Designing Smartphone Feedback Based on Vibration Impression; *2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3190–3196 (2016).