



触覚による情報伝達のための リストバンド型ハプティックデバイスの開発

東真希子¹⁾, 半田拓也¹⁾, 清水俊宏¹⁾, 近藤悟¹⁾

1) 日本放送協会 放送技術研究所 (〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11, azuma.m-ia@nhk.or.jp)

概要: テレビの映像や音に含まれる様々な情報, 例えば各種スポーツ競技の球の方向や技の種類などの情報を, 触覚を介して直感的に伝えるために, リストバンド型のハプティックデバイスを開発した. 本デバイスは, 長時間のコンテンツを楽しむ際にも体への負担が少なく, かつ両手のふさがらない姿勢を保てることを特徴としている. 手首には複数の振動アクチュエータが接する仕組みとなっており, 振動を提示する位置や振動の種類を変えることで, 様々な情報を提示することができる. 今回, 本デバイスを用いて, バレーボールの試合内容を, 触覚を介して伝えるデモシステムを構築し, 有効性を検証した.

キーワード: 触覚, 振動, ユニバーサルデザイン, ウェアラブル

1. はじめに

各種スポーツ競技映像における球の方向や技の種類といった情報の変化や動きをユーザーに直感的に伝えることを目指し, 触覚刺激の提示により情報を伝達するシステムの研究開発を進めている. これまでに開発したキューブ型触覚デバイス[1]は, 触覚の感度の高い指先へ振動刺激を提示するデバイスで, キューブの各面を独立して振動させる機構となっており, 与える情報の種類によって振動させる面を変更することで情報を伝える仕組みであった. 使用時には指腹部を面に押し当てて把持するため, 振動面の判別が容易であったが, 一方で, 常に手で把持していなければいけないのは, 長時間のコンテンツを楽しむ際に疲労を感じやすいという意見があがった. 手で把持したデバイス以外から振動で情報を伝える先行研究には, 複数の振動ボックスを別々に頭部に装着し, 方向を提示する技術[2]などがあるが, 1つの筐体には1つの振動アクチュエータが使用され, 振動刺激が提示されるものとなっている. また, 「超体感ステージ『キャプテン翼』」で使用されたような, 全身に振動デバイスを装着し, コンテンツと同期した振動刺激の提示を有線で制御するような技術もある[3].

今回, 我々は, 長時間のコンテンツを楽しむ際にもユーザーの体への負担が少なく, 手の自由度を制限しないデバイスを目指した. そこで, 細かな情報を伝えるために複数の振動アクチュエータを有し, その制御を無線で行うリストバンド型ハプティックデバイスを開発した. このデバイスは, 装着された手首へ振動刺激を提示する. 手首へのデ

バイスの装着は比較的容易であることと, 両手首を使用することで2つの座標系を使用することが可能であり, より多くの情報を伝えられることから, リストバンド型を採用した.

手首に振動刺激を与えて情報を伝達するデバイスの先行例としては, Apple Watch[4]などがある. これらは, 複数の種類の振動刺激を用いることで情報伝達を行っているが, 筐体全体が振動するため, 1つの振動刺激が一箇所から伝わる仕組みとなっている.

開発したデバイスは, 手首の左右上下4箇所に振動アクチュエータが接する仕様となっており, 振動刺激を提示する箇所やそれぞれのアクチュエータの振動の種類を変更することで, 様々な情報を伝えられることが特徴である. 今回, バレーボールのサーブ・レシーブなどの技の種類やボールの往来を, 触覚を介してユーザーに伝達することを目的に, デモシステムを考案し, デバイスの有効性を評価する実験を行った.

2. リストバンド型ハプティックデバイス

2.1 デバイスの詳細

リストバンド型ハプティックデバイスは, 図1に示すように, 手首の左右上下4箇所に振動アクチュエータが接するようになっている. 手首に巻く布のバンドと4個のアクチュエータにはそれぞれマジックテープが付いており, アクチュエータの位置はユーザーの手首の太さに応じて調整できるようになっている. アクチュエータには, 音信号を入力することで振動し, 様々な触感を出すことが可能な「ハプティック®リアクタ」(アルプス電気株式会社) [5]を使用した. また, アクチュエータ筐体エッジの皮膚への

Makiko AZUMA, Takuya HANDA, Toshihiro SHIMIZU, and Satoru KONDO

めり込みによる痛みを軽減するため、アクチュエータに樹脂のプレートを接着し、アクチュエータと手首の肌の間に樹脂プレートが挟まるようにした。アクチュエータを制御するコントローラは樹脂製の箱状のもので、布のバンドを通してアクチュエータと共に手首に装着する仕様となっている。

デバイスの制御はPCから行い、アクチュエータのON・OFFを制御する信号とアクチュエータに入力する音信号をデバイスに送信する。デバイスをユーザーが手軽に扱えるよう、通信は無線で行うようにした。

ON・OFF制御の通信には無線マイコンを使用した。PC側にMONOSTICK、デバイス側にTWELITE（共にモノワイヤレス社）を用いた。音信号の通信には、PC側にBluetooth対応の送信機、デバイス側にBluetooth対応の受信機を使用した。ハプティックデバイスのコントローラ筐体は、無線マイコンのTWELITE、音信号を受信するためのBluetooth対応の受信機、音信号を増幅させるためのアンプを使用した制御回路とこれらを動作させるリチウムポリマーバッテリーを内蔵している（図2）。

デバイスの重さは約108gであり、一般的な腕時計と同等の重さであるため、装着時の疲れは軽度なものと考えられる。



図1：リストバンド型ハプティックデバイス概観



図2：コントローラ内部の様子

2.2 システム構成

本デバイスを使用する際のシステム構成概要を図3に示す。まず、バレーボールなどの球技の映像を映像解析部に入力し、ボールの位置をフレーム毎に解析して、速度や加速度のベクトルを算出する。この結果から、ボールの位置や起こったイベントの種類（サーブ・レシーブなど）を判別し、デバイス制御部がその表現に相当する振動刺激を提示するように、ハプティックデバイスを制御する。映像解析部については、大久保らの開発した被写体追跡技術[6]などを用いることを想定し、今回はデバイス制御部以降を

開発した。

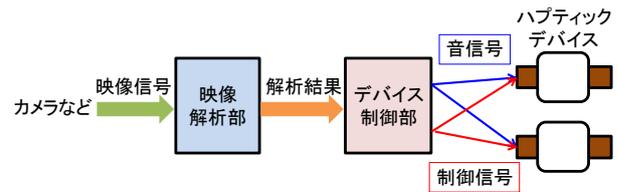


図3：システム構成概要

3. 評価実験

3.1 方法

開発したハプティックデバイスによる情報伝達の有効性を評価する実験を行った。

実験協力者は視覚障がい者3名であり、左手首にハプティックデバイスを装着してもらった。今回はバレーボールの情報伝達を想定し、サーブ・レシーブ・アウト・インの4種類のイベントを表現する振動刺激を提示した。直感的な表現を目指し、各イベントの表現には、4個のアクチュエータのうち、最大3個（体側から見て上・左・右）までを使用した。

実験では1つの刺激を提示した後に、何が起こったかを回答してもらった。刺激の提示は、条件1「イベントの種類によって、刺激の提示位置と振動（音信号）の種類が変わる」、条件2「イベントの種類によって、刺激の提示位置だけが変わり、振動（音信号）の種類は常に同じ」、条件3「イベントの種類によって振動（音信号）の種類だけが変わり、提示位置は常に同じ」の3つの条件で行った。

それぞれのイベントでどのような提示を行ったかを表1に示す。3つの条件で各20回（イベント4種類×5回）刺激を提示し、それぞれの条件で実験の前に、学習のための練習を数回行った。刺激の提示順は各条件でランダムとしたが、実験協力者間では共通の順序とした。

また、実験後にはインタビューを実施した。

表1：刺激提示の方法

		条件1	条件2	条件3
サーブ	位置			
	音	パターン1	パターン0	パターン1
レシーブ	位置			
	音	パターン2	パターン0	パターン2
アウト	位置			
	音	パターン3	パターン0	パターン3
イン	位置			
	音	パターン4	パターン0	パターン4

※体側から手首を見た図。赤のアクチュエータが振動する。

3.2 結果

図4に結果を示す。平均正答率では、刺激提示の位置も振動（音信号）も異なる条件であった条件1と、振動（音信号）だけが異なる条件3が同じ結果となり、高い正答率であった。一方、刺激提示位置だけが異なる条件2の成績はこの2つに比べて低い正答率となった。

実験後のインタビューでは、実験協力者の3人共が「提示位置も振動も異なる条件1が最もわかりやすい」と回答した。条件1と2の提示位置が直感的でわかりやすいという意見もあった。また、今回アクチュエータの振動により音も出ていたため、イベントによって音信号が違う条件（条件1と条件3）は振動の違いに加え音を聞いて判別しやすかったとの意見があった。しかしながら、まわり人がいたり騒がしかったりする場合はそれだけの判別は難しいという意見も全員から上がった。

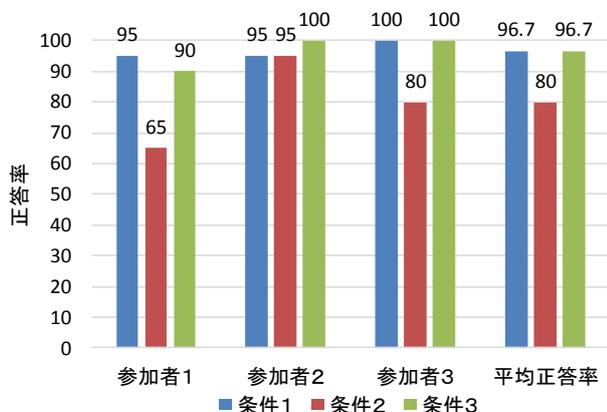


図4：実験結果（正答率）

3.3 考察

実験前に予想していた通り、正答率とインタビューの結果から、条件1が最もわかりやすいという結果になったため、この提示方法が効果的であると考えられる。正答率も96.7%と高く、本デバイスと条件1での振動刺激提示が情報伝達に有効であることが示唆された。一方で、振動提示の入力に使用した音信号の中には振動を感じづらいものもあったとの意見があり、異なる音信号を用意しつつも、

全てを触覚で感じやすい信号にすることが理想であり、その選択には検討の余地が残った。

4. まとめ

スポーツ競技の球の方向や技の種類などの情報を、触覚を介して直感的に伝えるため、手首の上下左右4箇所振動アクチュエータが接する、リストバンド型ハプティックデバイスを開発した。起こったイベントにより、振動刺激の提示位置と振動の種類を変えることで、直感的でわかりやすく情報伝達出来る可能性が示唆された。今後は、インタビューでいただいた意見をもとに、使用する音信号についての検討を深めるとともに、ハプティックデバイスを両手首に用いたときの試合経過の理解度評価実験や、映像解析の部分も含めたシステムの構築に取り組みたい。

参考文献

- [1] 東真希子, 半田拓也, 清水俊宏, 近藤悟: 触覚による情報伝達のための振動キューブの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第22回大会論文集, 2D2-02, 2017.
- [2] Oscar J.Ariza N., et al.: Vibrotactile Assistance for User Guidance Towards Selection Targets in VR and the Cognitive Resources Involved, IEEE Symposium on 3DUI, March 18-19 2017.
- [3] <http://captain-tsubasa-stage.com/interaction.html>
- [4] <https://www.apple.com/jp/accessibility/watch/>
- [5] <https://www.alps.com/prod/info/J/HTML/Haptic/>
- [6] 大久保英彦, 高橋正樹, 加納正規, 池谷健佑, 三科智之: 被写体追跡可能なスポーツグラフィックスシステムの試作, 映像情報メディア学会技術報告, vol.41, no.26, ME2017-85, 2017, p.9-12