



スポーツ中継を能動的に楽しむための ボール型ハプティックインターフェースの開発

半田拓也, 東真希子, 清水俊宏, 近藤悟

NHK 放送技術研究所 (〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11, handa.t-es@nhk.or.jp)

概要: より多くの人にスポーツ中継の楽しみ方を広げるために, 触覚を利用したユニバーサルなサービスの実現を目指している. 今回, スポーツ中継を能動的に楽しむためのボール型ハプティックインターフェースを開発し動作を検証した. バレーボールのような球技において, 視聴者が机上に表現したコート平面上でボール型デバイスを操作し, 選手が球を打つ位置にデバイスを動かすと球の衝撃が振動で提示される. 本稿では, ユーザの能動的な操作の割合を制御することで, 競技のスピード感や迫力を楽しむ視聴スタイルを提案する. また, ユニバーサルな提示方式の要件を得るために, 視覚障害者がどの程度競技の状況を把握できるかを評価した結果を報告する.

キーワード: ハプティクス, スポーツ, ユニバーサルサービス

1. はじめに

NHK では, 視覚障害者と聴覚障害者にスポーツ中継の楽しみ方を広げるため, 音声ガイド[1]や手話 CG アニメーション[2]の研究開発を進めている. また, 言語情報だけでは伝えきれない速い競技展開の直感的な表現や, スポーツの醍醐味である迫力や臨場感を提示することを目指し, ハプティックインターフェースの開発に取り組んでいる[3]. スポーツ情報の触覚提示技術としては, 主に AR や VR のコンテンツを想定したものが研究されている. プロテニスプレイヤーのサーブを打ち返す体験ができるシステム[4]や, ユーザが持つバドミントンのラケットの動きにあわせて, リプレイの映像が再生され, 動きに同期した触覚刺激が提示されるシステム[5]がある. いずれも身体運動にカップリングさせて提示することにより, スポーツ選手の体験をユーザが追体験し, 共有することを提案している. 一方, プロスポーツにおいては, ラケットなどの用具にセンサを配置することが困難だという課題がある. これに対し, VibroTracker[6]は, 卓球のラケットなどに生じる振動を, 非接触かつ高精度にリアルタイムで計測することを実現している. 大久保ら[7]は, 専用のカメラを必要とせずに, 複数台の中継用のカメラ映像から, ボールを追跡する被写体追跡システムを開発し, このデータをもとに CG を重畳するスポーツグラフィックスシステムを提案している.

今回, 番組用[8]に上記の被写体追跡システムで記録したビーチバレーのデータを使用して, 本来受動的なスポーツ中継を, より能動的に楽しむためのボール型ハプティック

インターフェースを開発した. 本稿では, 開発したインターフェース概要と, ボール型デバイス 2 個を用いて 8 名の視覚障害者にビーチバレーの試合を体験・評価してもらった実験の結果について報告する.



図 1: ボール型デバイスの外観および内部(左)とスポーツ中継用ハプティックインターフェースの実施例(右)

2. スポーツ中継用ハプティックインターフェース

2.1 ボール型ハプティックデバイス

図 1 に, 開発したボール型ハプティックデバイス (以下, デバイス) の外観および内部と, スポーツ中継用ハプティックインターフェース (以下, インターフェース) の実施例を示す. デバイスは, 直径 90mm のスポンジボール (表面素材: ポリウレタン) に, 振動装置 (ACOUBE Vp4), アクティブスピーカ (SONY SRS-X11), Qi 規格のワイヤレス充電アダプタ (MS Solutions LEPLUS) が内蔵されており, Bluetooth 接続した PC からの音声信号 (L ch. または R ch.) により振動する. 今回は, 対象競技であるビーチバレーの各チームのユニフォームの色にあわせて青色 (L ch.) と黄色 (R ch.) の 2 つのデバイスを試作した.

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

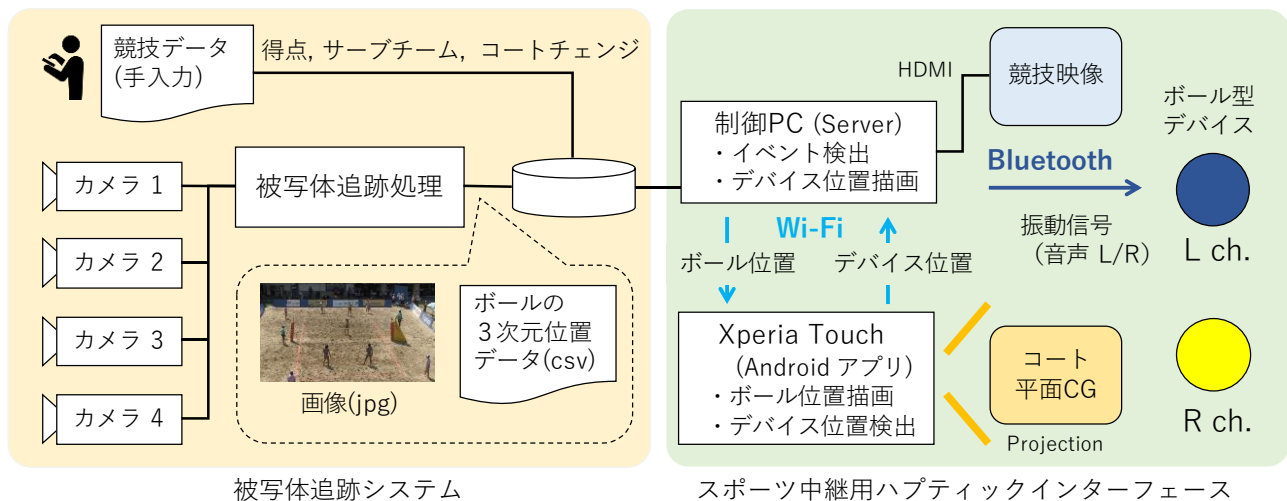


図 2: スポーツ中継用ハプティックインターフェースの構成概要

2.2 インターフェースの概要

図 2 に、本インターフェースの概要を示す。図 2 の左半分は、大久保ら[7]が開発した被写体追跡システムの概略である。被写体追跡システムは、競技会場に設置した 4 台のカメラの映像を解析し、映像の各フレーム（またはフィールド）におけるボールの 3 次元位置データを CSV 形式で記録する。また、競技状況に応じて人手で入力された競技データ（得点、サブチーム、コートチェンジなど）が記録されている。この種の手入力の競技データとしては、オリンピック・パラリンピックのリアルタイムデータである ODF (Olympic Data Feed) [9]の活用も考えられる。

今回開発したインターフェースは、図 2 の右半分の要素で構成されている。制御 PC (Apple Macbook Pro OS X) は、被写体追跡システムが記録したデータを取得する。得られたバレーボール（以下、球）の位置情報から計算した球の加速度の変化に応じて、選手が球を打ったタイミングをイベントとして検出し、イベントに応じて、あらかじめ用意したレシーブ音などの擬似的な音声信号を Bluetooth でデバイスに送信する。ボール型デバイスは、受信した音声信号を振動として提示するとともに、音声としても再生する。投影面のタッチ操作が可能な液晶プロジェクタである Xperia Touch (SONY G1109 Android 7.0) は、Wi-Fi で制御 PC に接続し、球の位置を取得するとともに、机の上に置かれたデバイスの 2 次元位置を取得して制御 PC に送信する。このとき、制御 PC 側では、黄色のデバイスのカバーエリア内に、球の現在位置が入っている場合には R ch. に振動情報を出し、エリア内に入っていない場合には L ch. に振動情報を出力する。制御 PC と Xperia Touch との通信プロトコルには、OSC (Open Sound Control) [10]を用いた。

映像出力としては、制御 PC 側は、コートチェンジのタイミングにあわせて、黄色チームが必ず手前側になるようにカメラ画像を選択して表示する。また、コート平面上に射影した球の位置情報と、現在のデバイスのカバーエリアの CG を、競技映像にオーバーレイして描画してディスプレイに表示する。Xperia Touch 側では、コート平面の CG 上に、球の現在位置と現在のデバイスのカバーエリアを描

画して机の上に投影する。

3. 視覚障害者による評価

デバイスのカバーエリアを制御することで、ユーザの能動的な操作の割合や難易度を調整できる機能を実装した。今回は、最も受動的な場合に、視覚障害者が、どの程度競技の状況を把握して楽しむことができるかを評価した。

3.1 実験方法

各デバイスのカバーエリアを最大にすることで、デバイスの現在位置に関わらず、黄色のデバイスからは黄チームの打撃の振動が、青色のデバイスからは青チームの打撃の振動が必ず提示されるように設定した。参加者は、机の上に置いたデバイスに手を乗せた状態でビーチバレーの試合を観戦する状況とした（図 3）。



図 3: 実験状況（両手を使用する条件）

実験では、黄チームの打撃の振動を右手で知覚し、青チームの打撃音を耳で聴く条件（片手条件）と、黄チームの打撃の振動を右手で知覚し、青チームの打撃の振動を左手で知覚する条件（両手条件）を実施した。実験刺激には、被写体追跡システムで収録された実際のビーチバレーの試合から、片手条件と両手条件ともに、表 1 に示す 10 球

分を用いた。表 1 は、サーブ番号ごとに、得点したチームと、そのサーブで始まる攻防の試合状況を示している。例えば、サーブ番号 1 は、黄チームのサーブ (S) に対し、青チームがレシーブ (R)、トス (T)、アタック (A) という典型的な攻撃をしたが、黄チーム側のコートでアウトとなり、黄チームが得点したことを表している。このとき提示される音声情報は、審判の笛 (サーブ開始時)、サーブするチームの色、打撃音 (S,R,T,A 共通)、審判の笛 (得点時)、得点したチーム側の歓声とした。

参加者は、各条件において、1 球が決着するごとに試合の状況を口頭で回答した。また、全ての試行が終了した時点で、試合状況の「わかりやすさ」と観戦の「たのしさ」を条件ごとに 5 段階で主観評価した。参加者は、40~60 代の視覚障害者 8 名 (全盲 4 名、弱視 4 名) で、1 人あたりの試行数は 20 (2 条件 × 10 球) とした。

表 1: 実験刺激として用いた 10 球の試合状況 (S: サーブ, R: レシーブ, T: トス, A: アタック)

サーブ番号	得点チーム	試合状況
1	黄	黄 S, 青 R, T, A, 黄コートでアウト
2	黄	黄 S, 青 R ミス, T ミス, 青コートにイン
3	青	黄 S, 青 R, T, A, 黄コートにイン
4	黄	青 S, 黄 R, T, A, 青がブロックしてアウト
5	青	黄 S, 青 R, T, A, 黄コートにイン
6	黄	黄 S, 青 R ミス, T ミス, 青が 4 回打ち反則
7	青	黄 S, 青 R, T, A, 黄がレシーブしてアウト
8	青	青 S, 黄 R ミス
9	黄	青 S, 黄 R, T, A, 青コートにイン
10	青	黄 S, 青 R, T, A, 黄コートにイン

3.2 実験結果

図 4 に、得点したチームの色と、試合状況の回答の正答率 (参加者平均, エラーバーは標準偏差) を示す。試合状況は、表 1 の状況が完全に回答できた場合を正答とした。例えば、サーブ番号 1 において、青のアタックがネットにあたったという回答や、青の 3 打目が青側のコートでアウトになったという回答は誤答とした。図 5 は、片手と両手の条件における試合状況の「わかりやすさ」、図 6 は、観戦の「たのしさ」の主観評価値を示している (いずれも参加者平均のエラーバーは標準偏差)。

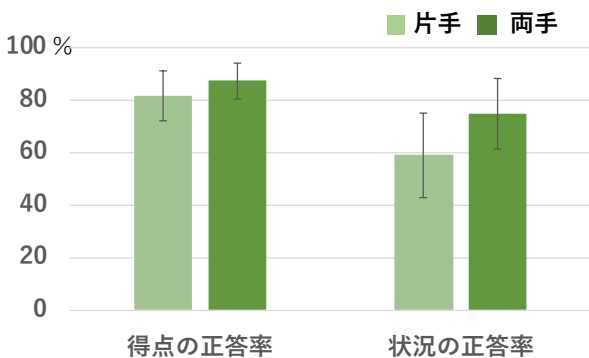


図 4: 得点したチームおよび試合状況の正答率

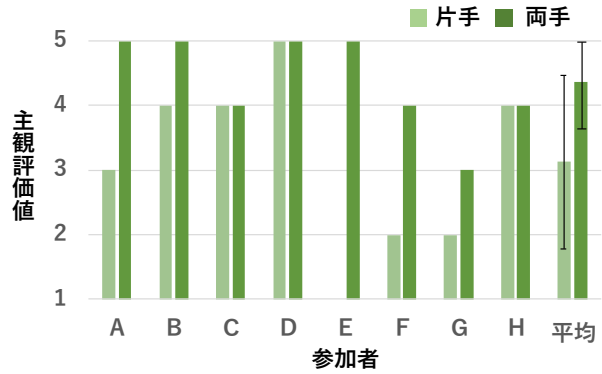


図 5: 状況の「わかりやすさ」の主観評価結果

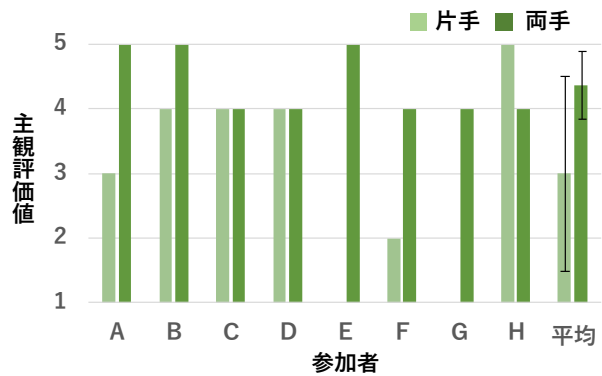


図 6: 観戦の「たのしさ」の主観評価結果

3.3 考察

得点の正答率、状況の正答率ともに両手の条件の方が高かった (図 4)。また、状況の「わかりやすさ」、観戦の「たのしさ」についても、概ね両手の条件で評価値が高かった。実験では、競技会場の収録音やアナウンサーによる実況・解説が全くない条件であり、参加者は、選手の打撃および歓声を模した擬似的な音声信号の再生音と振動刺激だけで試合の状況を把握する必要があった。いずれの参加者も、音の定位をたよりに耳だけを使って試合の状況を把握するのは、集中力を要し楽しめないと回答した。今回、両手の条件では、表 1 の試合状況が 70% 程度把握でき、観戦をたのしめることが示唆された。参加者の回答内容と内観報告から、判断に迷った主なケースとして以下が挙げられる。

- ・ どちらのコートでアウトになったのか
- ・ ネットにあたったのかアウトになったのか
- ・ 球が砂上に落ちたのか大きくアウトだったのか

上記については、全参加者が、実況があれば十分補える情報であると回答したが、今回は提示していない「ネットとの接触」や、「砂の上に球が落ちる衝撃」を提示することで伝わる可能性がある。一方、いずれの参加者も、アタック、トス、さらにはレシーブミスなどの状況について、打撃と打撃の間隔でよくわかると回答した。しかし、間隔で状況がわかるということは、次の打撃の振動を感じた時点で、その前の打撃がどのようなものであったかをイメージ

しているということであり、少なくとも視覚情報よりは遅れていることを意味している。晴眼者と同時に試合の臨場感や緊迫感を楽しむためには、レシーブ、トス、アタックなどの打撃を、それぞれに適した振動で提示することが求められる。参加者の内観からも、アタックの迫力や、選手のミスがどの程度惜しかったかが、実況によらず直感的にわかると嬉しいという意見が多く挙げられた。

得点したチーム側で歓声があがり振動するにも関わらず、得点の正答率が80%程度だった主な理由としては、回答の段階でチームの色を言い間違えた単純なミスの場合と、試合状況を想像する方に気を取られ歓声の振動に意識がいかなかった場合が挙げられた。これらについても、両手の条件で改善がみられた。

本インターフェースの設計時は、1つのチームの打撃だけを提示した方が、チームへの感情移入が高まることや、主観的な視点(立場)が固定されることで、状況の把握がしやすくなるという仮説をたてた。しかし、今回の結果からは、1名を除き、両手を使って観戦した方が、攻防や展開がわかりやすく臨場感が高いという意見であった。また、聴覚障害者にも有効であるという意見や、盲ろう者に状況を伝えられる可能性についての言及があった。今後は、晴眼者が能動的にボール型デバイスを動かして観戦した場合について評価していくとともに、あらゆる人がさらにスポーツ観戦を楽しめるよう改善を進めていきたい。

4. おわりに

スポーツ中継を、より能動的に楽しむ視聴スタイルを検討し、ボール型のデバイスを使ったハプティックインターフェースを開発した。本インターフェースは、バレーボールのような球技を対象とし、映像の被写体追跡技術で得られた球の3次元位置データを利用することで、実写の中継映像に対し、振動による触覚情報を疑似的に付与することが可能である。さらに、ユーザのデバイスの位置情報を取得することで、机上に表現したコート平面上で、選手が球を打つ位置にデバイスを動かすと、球の衝撃が振動で提示される。今回、ボール型デバイスのカバーエリアを可変とすることで、ユーザの能動的な操作の割合や難易度を調整できる機能を実装した。この機能を使用し、最も受動的な状態にしたときに、視覚障害者が、どの程度競技の状況を把握し楽しむことができるかを評価した。結果から、2つのデバイスを用いて、左右の手で各チームの打撃の振動を

知覚した場合に、視覚情報や実況音声がなくとも、70%程度は試合状況を把握して楽しむことができることが示唆された。今後、さらに改善を進めるとともに、晴眼者が能動的にデバイスを動かして観戦した場合についても評価し、様々な人がスポーツ観戦をさらに楽しめる視聴スタイルを実現していく。

参考文献

- [1] Imai, Seiyama, Kumano, Miyazaki and Sato: "A study of Automatic Audio Description Service for TV Sports Programs," 32nd CSUN Assistive Technology Conference ENT-014 (2017)
- [2] T. Uchida, T. Miyazaki, M. Azuma, S. Umeda, N. Kato, H. Sumiyoshi, Y. Yamanouchi and N. Hiruma: "Sign Language Support System for Viewing Sports Programs," Proc. ASSET 2017, pp.339-340 (2017)
- [3] 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
- [4] "K in VR": <http://www.ntt.co.jp/activity/jp/innovation/>
- [5] 水品友佑, Fernando Charith Lasantha, 南澤孝太, 舘暲: Interactive Instant Replay: 身体運動にカップリングされた映像と触覚提示によるスポーツ体験共有システム, 日本バーチャルリアリティ学会 第19回大会, 22A-5, 2014
- [6] Miyashita, L., Zou, Y., and Ishikawa, M.: VibroTracker: A Vibrotactile Sensor Tracking Objects, SIGGRAPH 2013, Emerging Technologies, Anaheim, California, USA, 21-25 Jul. 2013
- [7] 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, p.9-12, 2017
- [8] NHK: "SPORTS INNOVATION"
<http://www4.nhk.or.jp/P4402/>
- [9] International Olympic Committee: "Olympic Data Feed"
<http://odf.olympictech.org/>
- [10] UC Berkeley CNMAT: "The Open Sound Control 1.1 Encoding Specification"
<http://cnmat.berkeley.edu/content/open-sound-control-11-encoding-specification/>