

ハプティクス技術を用いた球技の疑似体験システムの検討 Study of Virtual Reality System of Ball Sports Using Haptics Technology

藤井 光雪† 蛭間 大介† 黄 啓新†

1. はじめに

近年、視覚や聴覚に続く第 3 の感覚情報提示方法としてハプティクス技術が注目されている。このハプティクス技術は「皮膚触覚」を力学的もしくは電気的な刺激によって人工的に再現する技術であり、多くの研究がされている。これまでに提案されている皮膚触覚提示として、振動素子を用いて布の質感[1]や凹凸感を提示させる[2]手法が挙げられる。また、ハプティクス技術はスポーツ体験分野においては一部実用化がされている。その例として、株式会社 AOI Pro. が提供している「VR Dream Match™ Baseball」挙げられる[3]。この体験システムはリアルな野球体験ができるもので、HMD (Head Mounted Display) を装着し振動素子を埋め込んだ特製のバットやキャッチャーミットを持ったプレイヤーがプロ投手の速球に対してバッターやキャッチャーとしてボールを打つ、捕球する感触を再現・提示している。しかし、現在は視覚と触覚を連動させてハンドボールやバスケットボールなどの球技の疑似体験するシステムはまだ実用化されていない。そのため、本研究では、HMD と触覚提示デバイスによって視覚と触覚を連動させることで、ハンドボールやバスケットボールなどの球技の疑似体験を目指し、バスケットボールの疑似体験システムを提案する。本論文では、システムの基本構成と基礎実験の検討を行う。

2. バスケットボール疑似体験システム

2.1 システムの基本構成

システムの概要は図 1 に示すように、バスケットボールの基本動作であるシュートとドリブルの皮膚触覚を振動で提示するための触覚提示デバイスと、Unity による視覚情報を提示するディスプレイと連動させることでプレイヤーにバスケットボールの疑似体験をさせる。触覚提示デバイスは 3 軸の加速度/角速度センサと振動素子とそれらを保持するベースから構成されており、センサと振動素子の制御には Arduino を使用する。

まず、シュート体験システムの流れとして、触覚提示デバイスを付けたプレイヤーがシュート動作をすると(同図①)、動作における加速度/角速度情報をセンサが取得し、Arduino に出力する(同図②)。Arduino はセンサからの入力信号をもとに、触覚提示デバイスの振動素子に「ボールを持つ」、「ボールが手から離れる」といった触覚振動信号を出力する(同図③)。さらに Arduino は、センサの値からボールがゴールに入るか否かを判断し、その結果をシリアル通信にて Unity に出力する(同図④)。そして、Unity は Arduino からの信号をもとに、プレイヤーの前に設置したディスプレイにてゴール/ノーゴールの様子を表示する(同図⑤)。

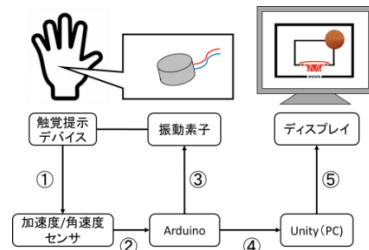


図 1 バスケットボール疑似体験システム概要

ドリブル体験システムの流れは、プレイヤーがドリブル動作をすると(同図①)、動作における加速度/角速度情報をセンサが取得し、Arduino に出力する(同図②)。その入力信号をもとに、触覚提示デバイスの振動素子に「ボールを持つ」、「ボールが手に当たる」といった触覚振動信号を出力する(同図③)。同時に Unity は Arduino からの信号をもとに、プレイヤーの前に設置したディスプレイにてボールが弾む様子を表示する(同図⑤)。

2.2 触覚提示デバイス

図 2 は提案した触覚提示デバイスである。触覚提示デバイスのベースは、装着したときに肌に触れる面積を減らすことで、軽量化を図っており、手の大きさに関係なく誰でも装着できるようにゴムバンドを使用している。振動素子の配置については、実際にバスケットボールを持った際に手に触れる箇所が各指の指先と指の付け根であるため、触覚提示デバイスの振動素子も親指を除く各指先と指の付け根の腹側に合計 8 つ配置した。センサの配置については、正確に手の動きの加速度/角速度を取得するために、手の甲に配置した。振動素子とセンサを制御する Arduino はその動きを邪魔しないよう、同図のように手首から腕側に約 5cm の位置にゴムバンドで装着する。デバイス全体の重さは Arduino を含めて約 54g であった。

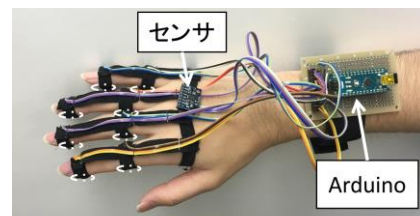


図 2 触覚提示デバイス(白丸は振動素子位置)

3. 検討内容

3.1 シュート情報に関する基礎実験

シュート時の初速度 v_0 と仰角 θ の範囲設定は、本疑似体験システムのリアリティを高めるのにもっとも重要な要素であるため、実験では 3 軸の加速度/角速度センサを使

† 神奈川工科大学工学研究科
Kanagawa Institute of Technology Graduate school

用し 11 名の被験者を対象に実験を行った。

シュート実験は、フリースローライン(ゴール中心から 4.23m 地点)からワンハンドシュートを 10 本ずつ打ってもらった。その際、被験者には正確なデータ取得のために、シュート時にジャンプをしないこと、シュートを打った後のフォームを少しの間止めることを伝えた。また、シュート時の様子を被験者の左方から動画撮影をした。

手の加速度/角速度情報とゴールとの関係を調べるためのゴール判定基準を以下のように決めた。ボールがリングに当たらずに入ったもの、リングの内側に当たってはいるが跳ね上がることなく入ったものを成功とし、リングの前方に当たるものを失敗(前)、バックボードやサポートに当たったものを失敗(後ろ)とした[4]。

測定したデータと撮影した動画を照らし合わせた結果、図 3 に示すようにシュートモーションに対応する 1 軸の加速度値を抽出することにした(同図実線)。抽出した加速度値は、シュートモーションが始まってからボールリリース(同図黒丸)までの間のみの時間積分することでボールをリリースした速度を算出し、この速度を“測定速度”とする(同図点線)。また、リリース時の角度はジャイロドリフトの事を考慮して、リリース時における 2 軸の加速度値から算出し、この角度を“測定角度”とした。撮影した動画からシュート時における実際の初速度 v_0 と仰角 θ を求め、測定速度と測定角度との関係式を導いた(3.1),(3.2)。なお、関係式中の数値は補整係数であり、最小二乗法を用いて求めた。そして、算出した v_0 と θ の値がバスケットボールの斜方投射の理論と一致することを確認した。

$$v_0 = 0.28 \times \sqrt{(\text{測定速度} \times 9.8)^2} \quad (3.1)$$

$$\theta = 0.7 \times (\text{測定角度}) \quad (3.2)$$

そして、表 1 にはゴール判定結果と初速度 v_0 、仰角 θ の最大最小値の範囲を示す。同表より、成功と失敗における初速度 v_0 と仰角 θ の範囲が求まり、これらの範囲基準をもとに Arduino や Unity のプログラムを開発する。

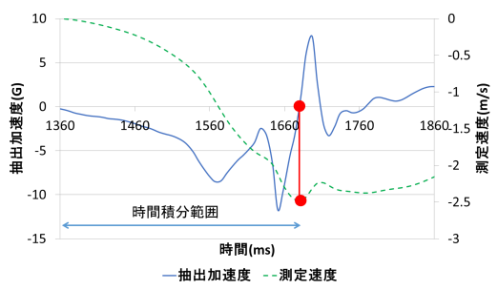


図 3 抽出加速度と測定加速度の波形

3.2 振動素子の制御と評価

触覚提示デバイスに組み込む振動素子として小型かつ大きな振動が提示できる円盤型偏心モータを使用している。振動子の制御は Arduino による PWM 制御で行われている。基礎実験として、異なる大きさのボールを持つ触覚モデルを作製、45 名の被験者を対象に評価してもらったところ、約 8 割が手の触覚によるボールの大小の判別できたことと答えた。

表 1 各ゴール判定における測定速度と測定角度の範囲

判定	MAX/MIN	初速度 v_0 (m/s)	仰角 θ (°)
成功	MAX	7.67	58.7
	MIN	7.28	44.5
失敗 (前)	MAX	7.44	58.5
	MIN	7.38	46.2
失敗 (後ろ)	MAX	7.74	62.9
	MIN	7.5	42.0

また、個々の振動素子にそれぞれ異なる PWM 制御信号を入力することで、手の上でボールが転がるような触覚を提示させることに成功した。これらのことから、円盤型偏心モータを使用し Arduino による PWM 制御によるボールの触覚を提示することが可能であった。

3.3 Arduino と Unity 間のシリアル通信の確認

本システムにおいて Unity を用いて Arduino からのシリアル通信によってボールがゴールに入るか否か、もしくはボールの弾み具合をディスプレイに表示させる映像を作成する。そこで、Arduino と Unity 間でのシリアル通信を確認するため、制御プログラムを作成し、Arduino と接続した加速度/角速度センサを様々な角度に傾けさせ、図 4 のように Unity 画面上のボールも同時に様々な方向に傾き動くことを確認できた。



図 4 Unity の表示画面

4. まとめ

本論文では、視覚と触覚を連動させることによるバスケットボール疑似体験システムを提案し、触覚提示デバイスを試作した。また、センサ値から実際シュート時の初速度と仰角の近似式を求め、シュート成功判断となる初速度と仰角の設定範囲を調べた。そして、振動素子の制御によるボール触覚の確認や表示画面と連動するためのシリアル通信の確認を行い、提案するシステムの実現可能性を確認できた。今後はシステムを完成し、多数の被験者によるシステムの性能評価実験を行う予定である。

参考文献

- [1] 昆陽 雅司, 田所 諭, 高森 年, 小黒 啓介, 徳田 献一, “高分子ゲルアクチュエータを用いた布の手触り感を提示する触覚ディスプレイ”, TVRSJ, Vol.6, No.4 (2001).
- [2] 安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 稲見 昌彦, 杉本 麻樹, 前田 太郎, “Augmented Reality のための爪装着型触覚ディスプレイの研究”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-II, No.11 (2004).
- [3] AOI VR,(2017),「165 キロの速球を体感せよ。VR Dream Match™ Baseball」, <<https://www.aoivr.jp/dreammatch/>> (2018.6.26)
- [4] 塩見 哲大, 湯浅 景元, “バスケットボールのフリースローに置けるボール運動および関節運動の再現性”, 中央大学体育学論叢,(2002)