

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350752

研究課題名(和文) 視覚障害者用ボウリング投球フォーム学習支援システム

研究課題名(英文) A support system for the blind player to study how to throw a bowling ball

研究代表者

小林 真 (KOBAYASHI, Makoto)

筑波技術大学・保健科学部・准教授

研究者番号：60291853

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障害者ボウリングを楽しむ当事者らのニーズをもとに、「投球フォーム検出と提示」「残ピン状況の読み上げ」「ボール軌跡の読み上げ」を目的とするシステム開発と検証を行った。フォーム検出に関しては、腕に装着した加速度センサから投球タイミングの検出が可能になったことが分かった。また残ピン読み上げに関しては画像処理を利用してほぼ完璧な認識が可能であり、実際の練習に役立つシステムを構築できた。ボール軌跡については、深度センサで実現可能になったことが分かった。さらにスポーツにおける状況の音声化は、プレーヤー自身だけではなく、応援や観戦をしている視覚障害者にとって重要なエンターテインメント要素になることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Based on special needs by blind bowling players, a support system was developed and estimations of the system were conducted. The system aims to establish a function of detection a throwing motion and displaying it, a function of speaking a state of remaining pin(s) and a ball trajectory. As a result, it was shown that a timing of throwing a ball can be detected by data from a wireless acceleration sensor on the arm. The function of speaking remaining pins works almost perfectly employing image processing. It can practically support the player in the training. About the function of speaking a ball trajectory, a depth sensor fixed over the lane was available to detect the trajectory on the area of arrow marks. Addition to them, an unexpected effect is observed, which is the speech information is important not only for the player but also for audiences who are blind and stay around the area.

研究分野：福祉工学

キーワード：視覚障害者ボウリング 画像処理 残ピン読み上げ 軌跡読み上げ 加速度センサ 深度センサ 音声合成

1. 研究開始当初の背景

本研究は、全日本視覚障害者ボウリング協会会長の青松氏をはじめプレイヤーの方々からの「フォームや投球状態を確認するために客観的な情報が欲しい」というニーズを受けてスタートしたものである。

しかし実験を通して、開始前に予定していた深度センサでのフォーム情報取得が困難であり、かつインタビューの結果から「まず残ピンの状況やボール軌跡を知りたい」というニーズが強く存在することが明らかになったため、それらの機能を実現するシステム構築を並行して進めることにした。

2. 研究の目的

前述の研究背景の変化から、本研究の目的は、下記の3点とした。

- (1) 視覚障害者プレイヤーの動きや投球フォームを検出し、プレイヤー自身にそれらを提示するシステムの開発。
- (2) 残ピンの状況を音声で読み上げ、提示するシステムの開発。
- (3) ボール軌跡を音声で読み上げ、提示するシステムの開発。

以下「研究の方法」においては、この目的の番号別に解説する。

3. 研究の方法

(1) プレイヤーの動きを簡便に抽出することを目的として、深度センサとカメラを利用して人間の関節位置を推定する Kinect V1 をボウリング場に持ち込み、測定を試みた。その結果、Kinect の測定可能範囲よりボウリングレーンのアプローチ部分が長いことにより、後方からの撮影では投球フォームの最後が測定できないこと、そして横からの撮影ではボウリングの投球動作が特殊なため人間の関節が推定できないことなどが明らかとなった。またライブラリの測定範囲が広い ASUS 社の Xtion でのデータ取得も試みたが、十分な精度での測定は不可能であった。図1は横方向からの Kinect でのデータ取得例である。この角度では比較的良好な結果が得られているが、リリース時には関節位置等の情報が正しく得られなくなっていた。

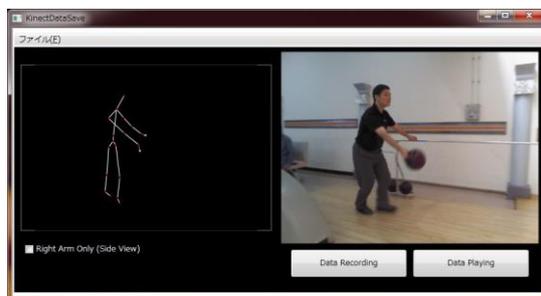


図1 Kinect での計測例

そこで、加速度と角速度の記録ができる無線加速度センサを視覚障害者プレイヤーの腕部に装着して測定を進めたところ、一連のゲームにおける腕の角速度情報から、投球部

分のデータ切り出しが可能なことや、腕に沿った方向の加速度変化からボールのリリースタイミングが判別可能であることが分かった。

図2と3は加速度センサを取り付けた視覚障害者プレイヤーとデータの一例である。

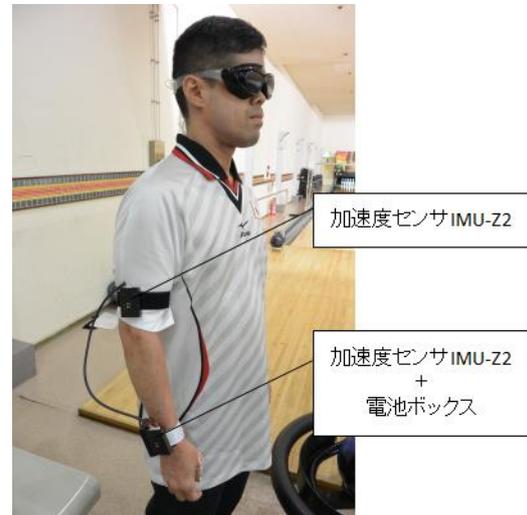


図2 加速度センサの取り付け位置

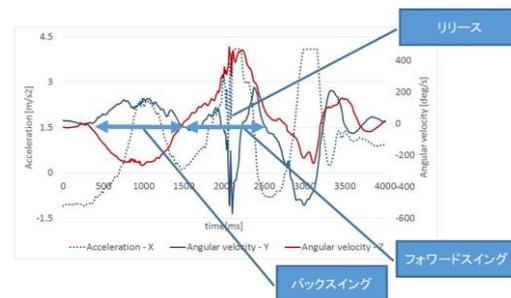


図3 手首の加速度と角速度のデータ例

(2) 残ピン状況の音声読み上げに関しては、まずカメラで斜め後方からピン画像を取得し、指定した各ピン位置の明度差からピンの存在を確認するプログラムを作成し、無線ボタン操作により状況を読み上げるシステムを構築した。実験の結果、十分練習に用いることができるものの、ボタンの押し動作の自動化が望まれることが分かった。そこでスイーパーをパターンマッチングにより検出し、バーが降りてきた直後にカウントするようソフトウェアを改良した。その後実験と改良を重ね、スイーパー検出後の待ち時間を調整可能にすることで、IBSA 世界選手権の開催された韓国のボウリング場でも検出可能にすることができた。読み上げる音声についても、プレイヤーの意見をもとに改良し、より晴眼者アシスタントの言葉に近いものにすることができた。音声合成エンジンについては、当初はスクリーンリーダーの機能を用いていたが、最終的には安定性のある Speech API を用いる仕様とした。

また、当初はプレイヤーに無線骨伝導ヘッドフォンを装着してもらっていたが、装着物

が無い方が良いため、無線スピーカーに変更した。その結果、プレーヤーは通常通りプレーするだけで晴眼者アシスタントの力を借りることなく残ピンの確認が可能になり、他のその場にいる視覚障害者プレーヤーも状況が理解できるようになった。このことは研究成果で述べるように、予想していなかったエンターテインメント効果をもたらすことになった。下図は残ピンの状況を読み上げるシステムの外観である。スピーカーは利用時にはプレーヤー脇の卓上に設置される。



図4 残ピン読み上げシステムの外観

(3) ボール軌跡の音声読み上げに関しては、まずスパットと呼ばれる三角形のマークが記された領域において、レーンの39枚の板のうち何枚目を通ったのかを伝える必要があった。そこで研究開始当初は残ピンと同様に画像処理で解決すべく、カメラで取得した画像に背景差分と円形抽出処理を施すことでボールの動きを検出する手法を試みた。しかし、スパットはピンの位置よりもかなり手前なため、どうしても隣のレーンのプレーヤーが重なってしまう。加えて実時間で確実な計算結果が得られないことなどから、直接スパット位置の上に深度センサを設置して計測する手法に切り替えた。図5にレーン上に跨るセンサの外観を示す。ソフトウェアは、中心走査線上の距離を測定し、一番距離の近い点をボールの通り道と判断する。

実験の結果、良好な出力を得ることができたが、中央1ラインのみを計測したため、ボール速度が速い場合には計測ミスが起きることもあった。具体的には、2ストライクを含む4ゲーム中、9回だけ計測できないケースがあった。原理的には計測可能であることが示されたため、今後複数の走査線を監視するソフトウェア等に改良することでより確実な検出が可能になると思われる。



図5 残ピン読み上げシステムの外観

実験の結果、良好な出力を得ることができたが、中央1ラインのみを計測したため、ボール速度が速い場合には計測ミスが起きることもあった。具体的には、2ストライクを含む4ゲーム中、9回だけ計測できないケースがあった。原理的には計測可能であることが示されたため、今後複数の走査線を監視するソフトウェア等に改良することでより確実な検出が可能になると思われる。

4. 研究成果

(1)の投球フォームの検出と提示は、当初予定していた深度センサによる全体像の把握について良好な結果が得られなかったものの、近年小型化が進む加速度センサを用いることで、視覚障害者プレーヤーが確認しにくい他者の動きを認識できる可能性が示唆された。(2)の残ピン読み上げに関しては、設置に晴眼者の支援が必要なものの、実験に協力頂いた高田馬場のシチズンプラザ様のボウリングレーンにおいてほぼ100%の認識率で動作するシステムが構築できた。更に研究期間中に開催されたIBSA2015(国際視覚障害者スポーツ連盟による世界大会)会場にてデモンストレーションを行うことで、システムの汎用性を示すことができた。(3)のボール軌跡読み上げについては、今後の改良が必要なものの原理的に実現が可能で、読み上げられた情報をもとに視覚障害者プレーヤーが単独で練習が可能であることが示された。

また、当初はプレーヤーを支援するために本人に関する状況を本人に対してフィードバックする目的で研究を進めたが、実験により「他人の状況を知ることによるスポーツを楽しめる効果」を示せたことが、予想外の大きな成果であると考えている。

通常、視覚障害者スポーツにおける晴眼者サポーターは、プレーヤーのみを支援する役割を担っていることが多い。しかし、これら

の役割を機械化・自動化することで、それまで音声などに変換されてこなかった情報を、応援者や観戦者としてスポーツに参加している視覚障害者に届けることができ、重要なエンターテインメント要素になっていることが実験中に分かった。この観点は他の視覚障害者スポーツにも応用可能であるため、同様の効果が得られる状況の支援を今後検討していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① Makoto Kobayashi, Blind Bowling Support System which Detects a Number of Remaining Pins and a Ball Trajectory, Lecture Note in Computer Science, 8547, Springer, pp.283-288, 2014.

〔学会発表〕(計 8 件)

- ① 小林真, Kinect の視覚障害者スポーツへの応用, 第 101 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 15(6), pp. 21-24, 2013 年 8 月, 京都市.
- ② 小林真, 視覚障害者ボウリングプレイヤーのための残ピン読み上げシステム, 電子情報通信学会技術研究報告, 113(481), pp. 117-120, 2014 年 3 月, つくば市.
- ③ 小林真, 視覚障害者ボウリング用のボール軌跡および残ピン検出システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 講演予稿集, pp. 713-716, 2014 年 9 月, 京都市.
- ④ 小林真, 汎用機器を用いた視覚障害者ボウリング支援システム, スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2014, A-28(4pages), 2014 年 10 月, 長岡市.
- ⑤ 小林真, 視覚障害者ボウリング用の残ピン及びボール検出システムの改良～音声情報の共有とスパット領域のボール位置推定～, 電子情報通信学会技術研究報告, 114(512), pp. 191-195, 2014 年 3 月, つくば市.
- ⑥ 小林真, IBSA 世界大会における視覚障害者ボウリング支援システムの試用と参加国の状況, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015 講演予稿集, pp. 1025-1028, 2015 年 9 月, 函館市.
- ⑦ 小林真, 深度センサを用いた視覚障害者ボウリング支援システムのボール位置検出, 電子情報通信学会技術研究報告, 115(491), pp. 37-40, 2016 年 3 月, つくば市.
- ⑧ 小林真, 加速度センサを用いた視覚障害者ボウリングの投球動作可聴化の検討, 第 150 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 18(1), pp. 19-22, 2016 年 3 月, 京都市.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.cs.k.tsukuba-tech.ac.jp/labokoba/research/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 真 (KOBAYASHI, Makoto)

筑波技術大学・保健科学部・准教授

研究者番号：60291853