

2014年度 卒業論文

センサーを用いた弓道練習支援

指導教員：渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

メディア学部 ゲームイノベーション
学籍番号 M0111063
大倉 雄介

2014年度 卒業論文概要

論文題目

センサーを用いた弓道練習支援

メディア学部

学籍番号：M0111063

氏名

大倉 雄介

指導
教員

渡辺 大地 講師
三上 浩司 准教授

キーワード

Arduino, 距離センサー, 弓道, スポーツ支援, Kinect

近年スポーツ学習支援は様々な方面から行われている。先行研究での支援の方法として加速度センサーなどのセンサーを計測部位に取り付けその動きを計測する機械的方法と、高速度カメラや赤外線カメラなどで身体に取り付けたマーカーを撮影し、画像処理から身体の動きを計測する光学的方法などがある。

本研究は弓道の練習支援に着目した。工学的方法の中にはシステムの規模が大きく利用できる場所が大学や研究施設に限られてしまうものがある。個人で購入することも可能ではあるが、高価であり使用に相応の知識も必要なため利用は難しい。そのため安価で購入できる Kinect を用いたスポーツ学習支援が多く行われている。Kinect とはマイクロソフトから発売されたジェスチャー・音声入力で操作が可能なデバイスである。Kinect を用いたスポーツ学習支援で弓道の練習支援を目的とした研究がある。これらの研究では、Kinect とディスプレイを使い自身の弓を引く様子を確認でき、またその改善点や注意点を示すことができる。しかし使用するにはコンセントからの電源供給が一般的であり、Kinect から検知されるためにはを取り付けた位置から約 1.5 m の距離をあける必要がある。加えてディスプレイも設置するため広くスペースを取る必要があり、道場などで使用する場合ほかの練習者の邪魔になるという問題がある。

そこで本研究ではスペースをとらず弓道の練習を支援することを目的としたシステムの開発を提案する。弓道には矢が平行であるべき型があり、その型を本研究では対象とする。Arduino と距離センサー 2 つを用いることで矢が地面と平行であるか判別するシステムを開発した。矢に開発したものを取り付けることで対象の型で矢が平行か判別することができた。

目次

| | | |
|-----|--------------|----|
| 第1章 | はじめに | 1 |
| 1.1 | 研究背景 | 1 |
| 1.2 | 本論文の構成 | 3 |
| 第2章 | 打起しと引分け、練習方法 | 4 |
| 2.1 | 打起し | 4 |
| 2.2 | 引分け | 5 |
| 2.3 | 通常の練習方法 | 6 |
| 第3章 | 装置の部品構成と利用方法 | 8 |
| 3.1 | 装置の部品構成 | 8 |
| 3.2 | Arduino | 9 |
| 3.3 | 距離センサー | 10 |
| 3.4 | 圧電スピーカー | 11 |
| 3.5 | 乾電池 | 11 |
| 3.6 | 回路図 | 12 |
| 3.7 | 利用方法 | 13 |
| 第4章 | 検証結果 | 15 |
| 4.1 | 距離による値の検証 | 15 |
| 4.2 | 矢の平行判別の検証 | 19 |
| 第5章 | まとめ | 20 |
| | 謝辞 | 21 |
| | 参考文献 | 22 |

目 次

| | | |
|-----|------------------|----|
| 2.1 | 打起し | 5 |
| 2.2 | 大三、引分け | 6 |
| 2.3 | 口元まで引分けを行った様子 | 6 |
| 3.1 | 装置の外観 | 9 |
| 3.2 | Arduino | 10 |
| 3.3 | 距離センサー | 10 |
| 3.4 | 圧電スピーカー | 11 |
| 3.5 | 乾電池 | 12 |
| 3.6 | 装置の回路図 | 12 |
| 3.7 | 端子の接続先 | 13 |
| 3.8 | 矢に取り付けたセンサー | 14 |
| 4.1 | 50cm から取得した値 | 16 |
| 4.2 | 100cm から取得した値 | 16 |
| 4.3 | 150cm から取得した値 | 17 |
| 4.4 | 200cm から取得した値 | 17 |
| 4.5 | 100cm から取得した誤った値 | 18 |
| 4.6 | 装置を使用している様子 | 19 |

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景

近年スポーツ学習支援 [1][2][3] は様々な方面で行われている。支援の方法は加速度センサーなどのセンサーを計測部位に取り付けその動きを計測する機械的方法と、高速度カメラや赤外線カメラなどで身体に取り付けたマーカーを撮影し、画像処理から身体の動きを計測する光学的方法などがある。機械的方法の研究として、齋藤、井上ら [4] は加速度センサを用いて速球とカーブ投球時の体幹と上肢の動きの違いを計測し、杉田 [5] は加速度センサを用いて運動動作を計測するシステムを開発した。土岐ら [6] は 3 次元位置センサと画像処理式運動計測システムを用いてスノーボードのターンの運動解析をした。渡邊 [7] は GPS、地磁気センサなどを用いることでサッカーのボールを持っていないときの動きを分析した。

光学的方法の研究として、前田ら [8] は高速度カメラを用いて卓球の技術について解析した。安松谷ら [9] はモーションキャプチャーを用いてバスケットボールのシュート時の熟練者と初心者のフォームを比較分析し、大野 [10] はモーションキャプチャーを用いてテニスのスイング動作の初心者と経験者の違いを発見した。柴田ら [11] はモーションキャプチャと VR 技術を用いて舞踊を学習者が学習の過程を

繰り返して学ぶことができるシステムを開発した。しかし、光学的方法の中にはシステムの規模が大きく利用できる場所が大学や研究施設に限られてしまうものがある。また個人で購入することも可能ではあるが、高価であり使用に相応の知識も必要なため利用は難しい。そのため安価で購入できる Kinect を用いたスポーツ学習支援が多く行われている [12][13][14][15]。Kinect とはマイクロソフトから発売されたジェスチャー・音声入力で操作が可能なデバイスである。

Kinect を用いたスポーツ学習支援で岡本ら [16] や、蓼原 [17] の弓道の練習支援を目的とした研究がある。これらの研究では、Kinect とディスプレイを使い自身の姿を確認しながら弓を引くことができる。また Kinect から使用者の間接位置情報を取得しフィードバック情報としてディスプレイに型のガイドラインを表示させることなどができ、また型の改善点や注意点を示すことができる。しかし使用するには Kinect、ディスプレイともにコンセントに接続するかバッテリーを用意する必要がある。また Kinect から検地されるためには取り付け位置から約 1.5m 距離を開ける必要があり、ディスプレイを設置するスペースも確保しなくてはならない。そのため広くスペースを取る必要があり、道場等で使用する場合ほかの練習者の邪魔になるという問題がある。

そこで本研究では使用にスペースをとらず弓道の練習を支援することを目的とした装置を開発した。弓道には矢が地面と平行であるべき型がありその型を本研究では対象とした。装置の開発には Arduino、距離センサー、スピーカーを用いた。Arduino と 2 つの距離センサーを使い対象物からの距離を求め、その差が大きくなるとスピーカーから音を鳴らし、使用者に知らせた。この装置を矢に取り付け弓を引き矢から地面までの距離の差から、矢が地面と平行であるか判別できる。また矢が左右どちらに傾いたかによって、スピーカーから出る音を変えた。これにより使用者は矢の傾きをどちらに修正するか判断できる。

開発した装置を使用して検証を行い矢の平行を判別して弓を引くことができた。

1.2 本論文の構成

本論文は全 5 章で構成する。第 2 章で研究対象である弓道の型の説明をし、第 3 章で装置の構成部品と提案手法について解説する。第 4 章で検証結果を述べ、第 5 章でまとめと今後の展望について述べる。

第 2 章

打起しと引分け、練習方法

本章では打起しと引分け、装置をもいない場合の通常の弓道の練習方法について解説する。解説には全日本弓道連盟監修「弓道教本第一巻」[18]、関野祐一著「弓一筋」[19]、高柳憲昭著「みんなの弓道」[20]を参考にした。打起しと引分けは射法八節の工程のひとつで、射法八節とは一本の矢を引く過程を8つの項に分けたものである。8つの項とは足踏み、胴造り、弓構え、打起し、引分け、会、離れ、残心でこれを述べた順番に行う。弓道では段級審査や大会などでの的へ当てることだけでなく型の美しさも求められる。そのため弓道の練習ではその基準となっている射法八節を学ぶ必要がある。

2.1 打起し

打起しとは弓を左手、矢を番えた弦を右手で持ち弓を地面と垂直な状態で持ち上げる動作のことであり、このとき矢は地面と平行である。弓道には両肩、両腰骨、両足を結ぶ線が平行で身体を中心線がそれに直角になっている三重十文字という基本姿勢がある。打起しで矢を平行に保つことは三重十文字を保つことにつながる。図 2.1 は打起しの型を示す図である。



図 2.1: 打起し

2.2 引分け

引分けとは大三から弓を的の方向へ押し、右手は耳の裏を通るように引き矢を地面と平行を保ったまま、左右均等に口元まで押し開く動作のことである。大三とは引き分けの過程にある動作のことであり、打起しで持ち上げた両腕を両拳の高さを変えずに左側へとスライドさせる動作のことである。弓を左右均等に押し開くと矢は地面に平行になる。よって矢を平行に保っていないということは左右均等に引き分けていないことになる。図 2.2,2.3 は大三、引分けの型と口元まで引分けた様子を示す図である。



図 2.2: 大三、引分け



図 2.3: 口元まで引分けを行った様子

上記のように打起しから引分けまで矢は常に地面と平行になっている。平行にするということは段級審査で型の美しさが求められるというだけでなく、1つの型は次の型へと続く動作であるからである。1つの型がうまくいかないと続く型もううまくいかないため、打起しから引分けで地面と矢平行になっていることは重要なことである。

2.3 通常の練習方法

弓道の通常の練習方法について説明する。練習は1人で練習する場合と誰かから指導を受けながら練習を行う。1人で練習する場合は教本、鏡、カメラなどを使用する。教本では型の間違いの確認や型への理解を深めるためなどに使用する。カメラでは自分の型を静止画、動画で撮影し型を終えた後確認する。鏡では自分の姿を確認しながら練習するため使用するが、弓矢を持つての使用は推奨されない。鏡を見ているときに誤って手を離してしまった場合、顔を弦で打つ危険と鏡を見ている間に的への狙いがずれあらぬ方向へと矢を飛ばす危険がある。また首を動かすと肩や背中中の筋肉も動いてしまうため、首を動かさない場合とで身体感覚

が変わってしまう問題がある。

矢の平行にするための練習は弓を引いているときに誰かから指摘してもらい、カメラを設置し後で確認する、弓矢を使用せずに鏡を見て練習するなどが挙げられる。

第 3 章

装置の部品構成と利用方法

本章では装置の部品構成と提案手法について述べる。まず装置の部品構成について解説する。次に回路図について解説し、最後に利用方法について述べる。

3.1 装置の部品構成

装置は各部品を制御するマイコンボードである Arduino と制御下にある距離センサー、電圧スピーカーと電源を供給するための乾電池で構成している。装置の構成部品は次の通りである。

- Arduino
- 距離センサー 2個
- 電圧スピーカー
- 乾電池

図 3.1 に装置の外観を示す。

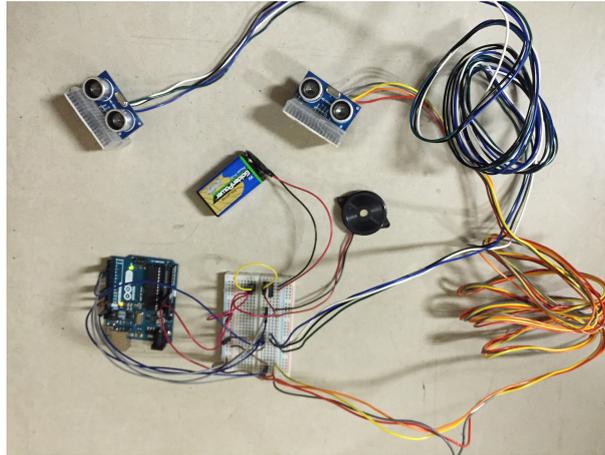


図 3.1: 装置の外観

以下、装置を構成する各部品について説明する。

3.2 Arduino

Arduino とはマイコンボードのことである。CPU やメモリ、入出力ポートなどが組み込まれたマイクロコントローラーとそれを動かすための回路が組み込まれている。Arduino は電子回路をはんだ付けすることなく組み込むことができ、また C 言語に似た Arduino 言語があり開発環境も無料で提供されていることから扱いやすいシステムとなっている。Arduino は本システムでは各部品の制御を行う。図 3.2 に Arduino の外観を示す。



図 3.2: Arduino

3.3 距離センサー

距離センサーとは送波器から超音波を対象物に向けて発信し、反射した超音波を受波器で受信することにより対象物の有無、距離を検出する機器である。超音波の発信から受信までにかかる時間でセンサーから対象物までの距離を測る。本装置内ではこの距離センサーを2つ使用して矢の平行を判別する。図 3.3 に距離センサーの外観を示す。

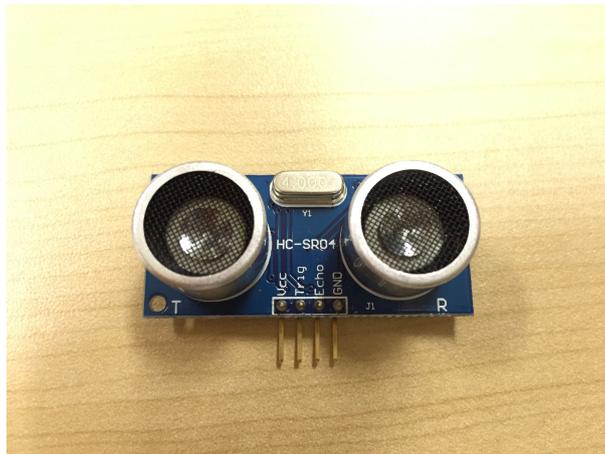


図 3.3: 距離センサー

3.4 圧電スピーカー

圧電スピーカーとは圧電素子を用いたスピーカーである。圧電素子とは振動や圧力などの力が加わると電圧が発生し、また電圧を加えられると伸縮する素子のことである。この圧電スピーカーに数 kHz の信号を与えることで音を発生させる。本研究では矢が平行か使用者に知らせるために使用する。図 3.4 は圧電スピーカーの外観である。



図 3.4: 圧電スピーカー

3.5 乾電池

乾電池とは装置の電源を供給するためのものである。本研究ではスペースを取らないシステムを想定しているため、パソコンからの電源供給ではなく乾電池を使用した。本研究で使用した乾電池は 9V である。Arduino の動作電圧は 5V であるため 9V では大きい。そのため 3 端子レギュレータで 5V に変換し使用した。3 端子レギュレータとは入力する電圧を変換して出力端子側に必要な電圧を発生させる電子部品である。図 3.5 は乾電池の外観である。



図 3.5: 乾電池

3.6 回路図

図 3.6 は装置の回路図である。

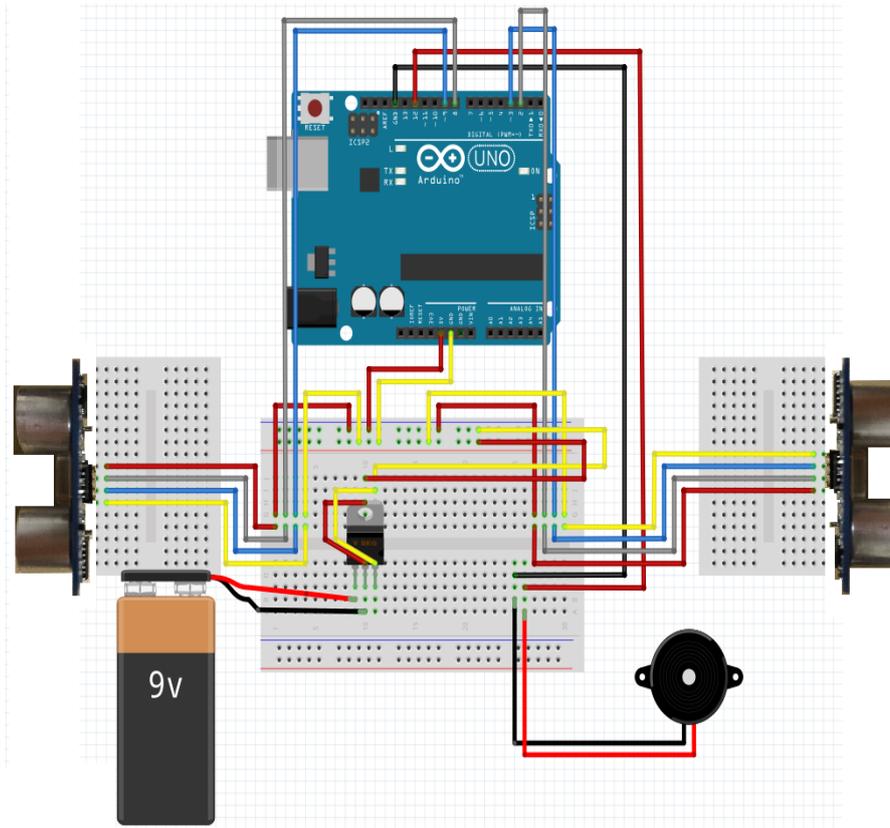


図 3.6: 装置の回路図

図 3.6 の左側の距離センサーを距離センサー A、反対を B として図 3.7 に端子の接続先を示す。

| 端子 | 接続先 |
|----------------|----------------|
| 距離センサーA Vcc | 5V |
| 距離センサーA Trig | デジタルピン 8番 |
| 距離センサーA Echo | デジタルピン 9番 |
| 距離センサーA GND | GND |
| 距離センサーB Trig | デジタルピン 2番 |
| 距離センサーB Echo | デジタルピン 3番 |
| 電圧スピーカー 黒線 | GND |
| 電圧スピーカー 赤線 | デジタルピン 12番 |
| 乾電池 黒線 | 3端子レギュレーター IN |
| 乾電池 赤線 | 3端子レギュレーター GND |
| 3端子レギュレーター GND | +ソケット |
| 3端子レギュレーター OUT | -ソケット |

図 3.7: 端子の接続先

3.7 利用方法

弓を引くとき矢が地面と平行かどうか判別するため Arduino と距離センサー、圧電スピーカーを用いて平行か判別できる装置を開発した。Arduino で各部品を扱うための開発環境は Arduino の HP から提供されているもの [21] を使用した。

2つのセンサーを矢に図 3.8 のように取り付けた。

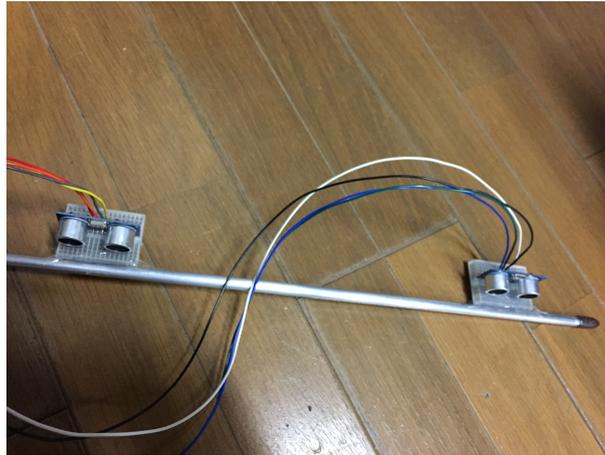


図 3.8: 矢に取り付けたセンサー

取り付けには 2m の配線と縦 3.5cm 横 4.5cm のブレッドボードを用意した。ブレッドボードとは電子回路の試作、実験を行える基盤である。取り付け時、矢の平行を正確に判別するためセンサー同士を離して取り付けるべきだが、離れすぎた位置に取り付けるとセンサーが弓を引いている使用者の身体に反応してしまう。使用者により矢の長さ、体格が違うため取り付けに決まった位置はないが、矢の先端付近と矢の先端から矢の長さの 3 分の 1 ほど離れた位置に取り付けることが多いと思われる。

2 つのセンサーから対象物までの距離を取得する。距離の単位は cm とする。取得した距離の差が 2cm より大きかった場合スピーカーによって音を発生し、平行ではないと使用者に知らせる。同じセンサーを同じ位置から測定した場合でも誤差は生まれるため、2 つのセンサーから同じ値を取得したときではなく差が 2cm より大きいときスピーカーを鳴らすよう制御した。こうして打起し、引分けで矢から地面までの距離の差から、矢が地面と平行であるか判別できる。また矢の先端が下がっていた場合はドの音が鳴り、逆の場合はレの音になるようにした。これにより使用者は矢がどちらに傾いているか判断できる。

この矢を使い射法八節の打起し、引き分けにおいて矢の平行が判別できるか検証した。また距離によってセンサーがどのような値を取得するか検証した。

第 4 章

検証結果

距離によってセンサーが取得する値の検証と 3 章で述べた方法で打起し、引分けの際に矢の平行を判別できるかを検証した。

4.1 距離による値の検証

床から 50cm、100cm、150cm、200cm 離れた位置からセンサーを取り付けた矢で距離を測定した。矢の先につけたセンサーを A、もう片方のセンサーを B とする。図 4.1,4.2,4.3,4.4 は各距離から取得した値である。

| Point | Value (cm) |
|-------|------------|
| A | 48.96 |
| B | 48.93 |
| A | 48.96 |
| B | 48.99 |
| A | 49.03 |
| B | 48.96 |
| A | 49.40 |
| B | 48.55 |
| A | 49.37 |
| B | 48.96 |
| A | 49.30 |
| B | 48.93 |
| A | 49.23 |
| B | 48.48 |
| A | 48.86 |
| B | 48.93 |

自動スクロール

図 4.1: 50cm から取得した値

| Point | Value (cm) |
|-------|------------|
| B | 97.27 |
| A | 97.72 |
| B | 98.06 |
| A | 97.78 |
| B | 97.85 |
| A | 97.85 |
| B | 98.29 |
| A | 97.72 |
| B | 98.50 |
| A | 97.99 |
| B | 98.63 |
| A | 97.48 |
| B | 98.53 |
| A | 98.02 |
| B | 98.70 |
| A | 97.58 |

自動スクロール

図 4.2: 100cm から取得した値

| Point | Value (cm) |
|-------|------------|
| A | 147.70 |
| B | 147.32 |
| A | 147.53 |
| B | 147.83 |
| A | 147.32 |
| B | 147.22 |
| A | 146.85 |
| B | 147.08 |
| A | 146.71 |
| B | 146.44 |
| A | 146.85 |
| B | 147.12 |
| A | 146.78 |
| B | 146.98 |
| A | 146.57 |
| B | 146.27 |

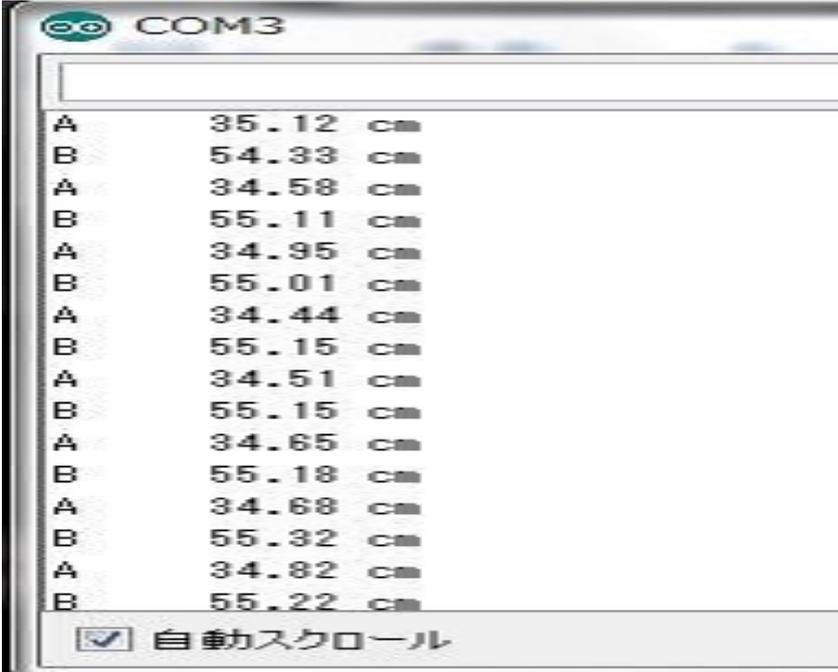
図 4.3: 150cm から取得した値

| Point | Value (cm) |
|-------|------------|
| B | 192.88 |
| A | 192.81 |
| B | 193.26 |
| A | 193.66 |
| B | 192.88 |
| A | 193.19 |
| B | 192.85 |
| A | 193.26 |
| B | 193.26 |
| A | 193.15 |
| B | 192.81 |
| A | 192.95 |
| B | 192.85 |
| A | 193.19 |
| B | 193.29 |
| A | 192.95 |

図 4.4: 200cm から取得した値

各距離から測定した結果距離が離れるほどに取得した値の誤差が大きくなって

いる。取得した値の誤差は大きくなっているが、センサー A とセンサー B の値の差は距離が離れても 2cm より小さい結果となった。測定した距離は 2cm ~ 8cm の誤差があったが、センサー同士の値の差は距離が離れても変化しなかったため平行であるか判別するのに問題ないといえる。しかしたまに図 4.5 のような値を取得する場合もあった。



| センサー | 値 (cm) |
|------|--------|
| A | 35.12 |
| B | 54.33 |
| A | 34.58 |
| B | 55.11 |
| A | 34.95 |
| B | 55.01 |
| A | 34.44 |
| B | 55.15 |
| A | 34.51 |
| B | 55.15 |
| A | 34.65 |
| B | 55.18 |
| A | 34.68 |
| B | 55.32 |
| A | 34.82 |
| B | 55.22 |

図 4.5: 100cm から取得した誤った値

図 4.5 は床から 100cm 離れた位置から取得した値である。取得した距離も 100cm から大きく離れており、センサー同士の値の差も 20cm 近く離れている。こうした値が取得される原因として距離センサが発する超音波が挙げられる。センサー同士の超音波がぶつかってしまいセンサーが超音波を検出せず図 4.5 のような値が取得されたと思われる。原因の検証としてセンサー同士を離して測定するのと、センサーを別々の方向へ向けて測定した結果図 4.5 のような値を取得しなかった。

4.2 矢の平行判別の検証

装置を使用して打起し、引分けの平行が判別できるか検証した。検証には弓道の経験者が行った。図 4.6 は実際に装置を使用している様子である。



図 4.6: 装置を使用している様子

検証の結果大抵で左手が距離センサーの下を通るときスピーカーがなくなってしまうが、打起し、引き分けで矢を平行を判別しながら弓を引くことができた。また平行ではなかった場合、矢がどちらに傾いているかによってスピーカーから2種類の音が鳴ることも確認できた。使用の際センサーにつないでいる配線が、センサーにかぶらないよう配置に気をつける必要があった。矢に取り付けたセンサーが矢の先端付近にあることに加え、センサーにつながっている配線の重量もあり矢が重くなり、打起こしの際に弦に番えていた矢が落ちそうになるといった問題があった。

第 5 章

まとめ

本研究では Arduino、距離センサー、圧電スピーカー、乾電池を用いることで、スペースをとらず普段弓を引くの範囲で矢の平行を判別するシステムを開発した。今後の課題として、矢に取り付けるセンサーとセンサーをつなぐ配線の軽量化と距離センサー同士の超音波がぶつかり誤った値を取得する問題の解決がある。軽量化についてはセンサーを取り付けているブレッドボードをより小さいものにし、今回使用した配線は針金のようなものだったため、軽く柔らかい素材の配線にすることが望まれる。超音波がぶつかる問題については超音波式ではない距離センサーを使用する、超音波の指向性の高い距離センサーを使用することが挙げられる。また本手法では矢にセンサーを取り付けたことにより、弓を引いても矢を飛ばすことができないためその解決方法を考案する必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたりご協力してくださった先生、先輩方に感謝します。また研究を進めるとき支えとなった同研究室の方々にも感謝します。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 大林千尋. ダーツを題材とした適応学習支援システムの開発. 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報生命科学専攻, 2010.
- [2] 河瀬裕美, 松塚茜. 音と画像処理を用いたリアルタイムスポーツ学習支援システム. 和歌山大学システム工学部, 2011.
- [3] 市村哲, 中村亮太, 井上亮文. スポーツ学習のためのマルチメディア協調学習システム. 情報処理学会 研究報告, 東京工科大学, 2009.
- [4] 齋藤健二, 井上一彦, 渡辺正和, 細谷聡, 井上伸一. 加速度センサを用いた速球とカーブ投球時の体幹と上肢の運動分析. 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇 第3巻 第1号, 2014.
- [5] 杉田多翔史. 加速度センサを用いた運動動作計測システムの開発. 石川工業高等専門学校電気工学科, 2010.
- [6] 土岐仁, 山田知明, 長井力, 穂苅真樹. スノーボード・ターンの運動解析に関する研究. 日本機械学会論文集, 秋田大学工学資源学部, 2006.
- [7] 渡邊俊. マルチセンサを用いたリアルタイムサッカー選手分析システムの開発. 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 修士論文 2010年度, 2010.
- [8] 前田利之, 林勲. 画像データからの知識獲得手法による卓球身体知の検討. 人工知能学会, 2013.

- [9] 安松谷亮宏, 曾我真人, 瀧寛和. バスケットボールのシュート時の熟練者と初心者の全身フォーム比較分析と学習支援環境の設計. 情報処理学会 インタラクション 2011, 和歌山大学大学院システム工学研究科, 2014.
- [10] 大野僚祐. モーションキャプチャを用いたテニスのバックハンドスイング動作の解析. 高知工科大学 電子・光システム工学科, 2011.
- [11] 柴田傑, 玉本英夫, 松本尾奈, 三浦武, 横山洋之. モーションキャプチャと VR 技術を用いた舞踊教育支援システム. 秋田大学大学院工学資源学研究所, 秋田大学教育文化学部, 情報処理学会第 74 回全国大会, 2012.
- [12] 多胡祐作. Kinect を用いたダーツにおける練習支援システムの開発. 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2011.
- [13] 山内雅史, 篠本亮. Kinect を用いたダンス学習支援システムの開発. 日本大学文理学部情報システム解析学科, 2013.
- [14] 飯田大介, 後藤淳, 田宗樹, 平田隆幸. Kinect を用いた剣道の基本技自動判別システムの構築. 福井大学 大学院工学研究科, 2014.
- [15] 長岡俊男, 伊藤毅志. Kinect を用いたジャグリングの技判定システムの構築とその改良. エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2013 論文集, 2013.
- [16] 岡本勝, 松原行宏. Kinect による拡張現実技術を用いた弓道の射形学習支援環境の構築. 広島市立大学大学院情報科学研究科, 2013.
- [17] 蓼原奈緒. 弓道初心者のための骨格情報を用いた射型習得支援システムの構築. 高知工科大学情報学群, 2013.
- [18] 全日本弓道連盟監修. 弓道教本第一巻. 蔦友印刷株式会社, 1981.
- [19] 関野祐一. 弓一筋. 株式会社アドエース, 2003.

[20] 高柳憲昭. みんなの弓道. 株式会社学習研究社, 2002.

[21] Arduino IDE. Arduino web ページ. <http://arduino.cc/en/Main/Software>. 参照: 2015-2-13.