

# スマートウォッチを用いた球速測定システム 「スピードバンド」の開発

村上 温彦<sup>1</sup> 下川 俊彦<sup>1</sup> 神屋 郁子<sup>2</sup> 本山 清喬<sup>3</sup> 西菌 秀嗣<sup>4</sup>

**概要:** スポーツは年代関係なく幅広く親しまれており、投球時の球速測定は今後も一定の需要が予想される。本研究では、投球時のボール速度のことを「球速」という。現行の球速測定方法には、高価な機材、機材の設置場所の工夫、専門知識、測定に一定の時間が必要といった問題がある。本研究はこれらの問題を解決するために、スマートウォッチを用いた球速測定システム「スピードバンド」を開発した。被測定者はスマートウォッチを投球する側の腕に装着して投球し、投球する際の腕の動作をスマートウォッチで測定することで球速を計算する。また、球速測定とは別の付加価値を「スピードバンド」に実装した。スマートウォッチによる球速測定に展望を示すことができた。

## Development of “Speed Band,” a Smart Watch-based Ball Speed Measurement System

**Abstract:** Speed measurement of ball throwing is important for players. However, it is not easy for usual people. Measuring the speed of ball requires expertise and expensive equipment, such as a speed gun. In this study, we develop a “Speed Band”. It measure the speed of ball by Smart Watch. It estimates speed of ball using acceleration of an arm.

### 1. はじめに

投球時の球速測定はさまざまなスポーツで利用されている。スポーツは年代関係なく幅広く親しまれており、球速測定は今後も一定の需要が予想される。

しかし、現行の球速測定は問題があり、一般化の課題となっている。球速測定の代表的な方法として、スピードガンを利用する方法、カメラで撮影した映像を解析して球速を測定する方法、光学式モーションキャプチャを利用する方法がある。これらの球速測定方法は、測定に一定の時間、高価な機材、機材の設置場所の工夫、専門知識が必要といった問題がある。

### 2. 研究目的

現行の球速測定方法と比べて、即時に測定が可能であり、高価な機材、機材の設置、専門知識が不必要な球速測定システムを開発することである。

### 3. 現行の球速測定方法の問題点と解決手法

現行の球速測定方法の問題点とその解決手法について述べる。

#### 3.1 現行の球速測定方法の問題点

球速測定方法として、スピードガンを使用する、カメラで撮影した映像を解析する、光学式モーションキャプチャを使用するといった方法がある。これらの測定方法の原理と問題点について述べる。

##### 3.1.1 スピードガンを使用した球速測定の原理

スピードガンを使用した球速測定を図 1 に示す。スピードガンを使用した球速測定は、マイクロ波をボールに向かって当てて球速を測定する。動く物体から反射した電波の周波数が物体の速さや方向に応じて異なるという

<sup>1</sup> 九州産業大学 理工学部  
Kyushu Sangyo University, Faculty of Science and Engineering

<sup>2</sup> 福岡女子大学 国際文理学部  
Fukuoka Women's University, International College of Arts and Sciences

<sup>3</sup> 九州産業大学 健康・スポーツ科学センター  
Kyushu Sangyo University, Center for Health and Sports Science

<sup>4</sup> 九州産業大学 人間科学部  
Kyushu Sangyo University, Faculty of Human Sciences

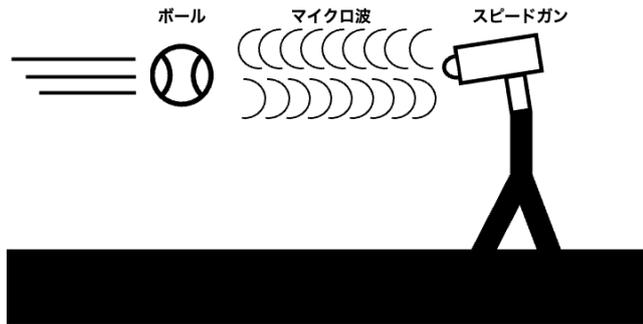


図 1: スピードガンを使用した球速測定

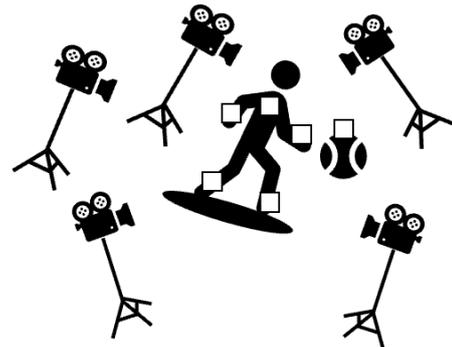


図 3: 光学式モーションキャプチャを使用した測定

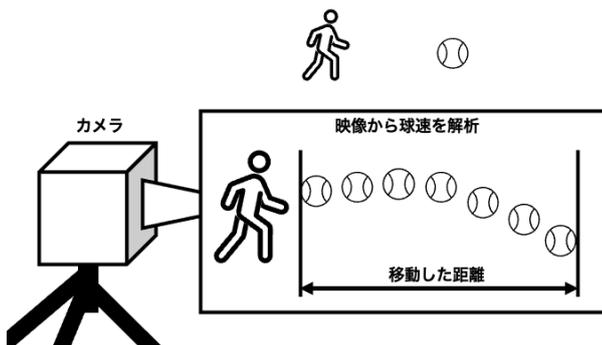


図 2: 映像解析による球速測定

ドップラーの原理を利用している。

### 3.1.2 スピードガンを使用した球速測定の問題点

スピードガンを使用した球速測定の問題点は、測定の性質上、球速の誤差が大きいことである。球速の誤差を小さくするには、より高い周波数の電波を出す、動く物体から反射した電波の周波数を補正する機材が必要である。しかし、これらの機材は高価になる。また、スピードガンを設置する場所に工夫が必要な問題がある。スピードガンは投球するボールの真正面もしくは真後ろに設置する必要がある。スピードガンの設置場所がボールの真正面もしくは真後ろから逸れていくほど球速の誤差が大きくなる。

### 3.1.3 映像解析による球速測定の原理

映像解析による球速測定を図 2 に示す。映像解析による球速測定は、投球をカメラで撮影して、撮影した映像からボールの移動した距離や移動するまでに要した時間を解析することで球速を測定する。測定の性質上、球速に誤差が小さい。

### 3.1.4 映像解析による球速測定の問題点

映像解析による球速測定の問題点は、測定に一定の時間が必要なことである。また、撮影した映像を解析するには専門知識が必要になる。

### 3.1.5 光学式モーションキャプチャを使用した測定方法の原理

光学式モーションキャプチャを使用した測定を図 3 に示す。光学式モーションキャプチャは、複数台のカメラを

使用して、マーカーの位置を追跡することで人や物の動き(球速)を測定する。マーカーは光を入射角と同じ方向に反射させる特性を持っており、カメラが赤外光を発光すると、マーカーは赤外光を真っ直ぐ反射する。マーカーを測定したい対象物に装着することで、人や物の動き(球速)を測定することができる。球速の誤差が小さく、マーカーを装着できるものは全て測定できる。

### 3.1.6 光学式モーションキャプチャを使用した測定方法の問題点

光学式モーションキャプチャを使用した測定方法の問題点は、測定に一定の時間や高価な機材が必要なことである。また、カメラを複数設置する必要がある。障害物や人の動きによってカメラがマーカーを追跡できなくなり、測定できないことがある。

## 3.2 問題解決手法

現行の球速測定方法の問題点を以下にまとめる。

- (1) 高価な機材
- (2) 機材の設置場所
- (3) 測定に一定の時間
- (4) 専門知識

これらの解決策として以下のような手法を用いる。

- (1) の解決策 必要な機材は、スマートフォンとスマートウォッチにする。
- (2) の解決策 スマートウォッチを投球する側の腕に装着して、投球することで球速を測定する。
- (3) の解決策 測定後は、即時に測定結果をスマートウォッチの画面に表示する。
- (4) の解決策 必要な操作をスマートフォンとスマートウォッチの基本的な画面操作にする。

## 4. 「スピードバンド」の開発

本研究の目的を達成するために、球速測定システム「スピードバンド」を開発する。「スピードバンド」は、スマートウォッチのアプリケーションとスマートフォンのアプリケーションで構成する。スマートウォッチのアプリケー



図 4: 「スピードバンド (ウォッチ)」測定の様子

ションを「スピードバンド (ウォッチ)」, スマートフォンのアプリケーションを「スピードバンド (フォン)」と呼ぶ。「スピードバンド (ウォッチ)」では, 球速測定と測定した球速の確認ができる。「スピードバンド (ウォッチ)」の測定の様子を図 4 に示す。被測定者がスマートウォッチを投球する側の腕に装着して, 投球することで球速測定をする。また, 球速と合わせて投球回数と投球時間を測定することで, 競技の練習の改善や怪我予防を可能にする。「スピードバンド (フォン)」では, 被測定者がスマートウォッチで測定した球速の管理ができる。管理している球速をグラフ表示することで, 球速と球速の推移の確認ができる。

#### 4.1 「スピードバンド (ウォッチ)」の機能一覧

本研究の目的を達成するために, 「スピードバンド (ウォッチ)」では以下の機能を開発した。

- 球速測定・投球判別
- 球速・投球回数・時間の表示
- ボールの選択
- 手長の入力
- 球速の蓄積・送信・削除

##### 4.1.1 球速測定・投球判別

投球する際の腕の加速度を測定して, 測定した加速度の値から球速を計算する機能である。球速測定をするためにスマートウォッチの加速度センサを利用する。投球動作による加速度センサの値によって, 投球の開始, 投球の停止を判別することで, 投球するごとに自動で球速を計算する。



図 5: 測定画面

球速の式は式 (1) であり, 事前実験の結果を元に導出した。

$$v = 0.00277906863140157at - 0.0145629701393449a_{max} - 5.65431801493223m + 1.58188829656844l - 12.6509041165032 + 3.39089919820913 \cdot \begin{cases} 1 & (\text{把持性がある}) \\ 0 & (\text{把持性がない}) \end{cases} \quad (1)$$

$v$  は球速 (km/h),  $a$  はスマートウォッチの加速度 (G),  $t$  は時間 (10 ms),  $a_{max}$  は加速度の最大値 (G),  $l$  は手長 (cm),  $m$  はボールの質量 (kg) である。手長とは, 手をのばした状態での, 手首のしわから中指の先端までの直線距離である。ボールに把持性があるときは 3.39089919820913 を加算する。把持性とは, 対象のボールを片手で掴んで持つことができ, さらにその状態を維持してボールを扱えるかどうかである。例えば, ハンドボールは静止状態で掴んで持つことはできるが, 投球時の動的な局面において把持の状態を維持することができないことから, 本研究においては把持性がないとした。

##### 4.1.2 球速・投球回数・時間の表示

投球するごとに球速, 投球回数, 開始時刻からの経過時間, 投球間の時間を表示する機能である。測定画面を図 5 に示す。

##### 4.1.3 ボールの選択

測定に使用するボールを選択する機能である。球速測定をする前にボールを選択することで, ボールの質量と把持性を設定する。ボールを選択する際には, 以下のボールを選択肢として表示する。使用したいボールが選択肢にない場合は, 測定に使用するボールの質量や把持性を入力する。ボールを選択するには, まず測定する競技を選択し, その後に選択した競技のボールの規格を選択する。競技を選択する画面をスクロールすると図 6 の画面になる。「競技選択画面 (上部)」(図 6a) の「野球」ボタンを選択すると「ボール規格選択画面 (野球を選択)」(図 7) の画面になる。

- 野球
  - 硬式野球

- 準硬式野球
- 軟式野球
- ソフトボール
  - ソフトボール 1号
  - ソフトボール 2号
  - ソフトボール 3号
- バレーボール
  - バレーボール軽量 4号
  - バレーボール 4号
  - バレーボール 5号
- ハンドボール
  - ハンドボール 1号
  - ハンドボール 2号
  - ハンドボール 3号
- ドッジボール
  - ドッジボール 3号
  - ドッジボール軽量 3号
- バスケットボール
  - バスケットボール 5号
  - バスケットボール 6号
  - バスケットボール 7号
- サッカーボール
  - サッカーボール 4号
  - サッカーボール 5号
- フットサル
  - フットサル 3号
  - フットサル 4号

#### 4.1.4 手長の入力

球速測定をする前に被測定者の手長を入力する機能である。手長を入力する画面をスクロールすると図 8 の画面になる。

#### 4.1.5 測定した球速の蓄積・送信・削除

「スピードバンド (ウォッチ)」で測定した球速を「スピードバンド (フォン)」に送信、削除する機能である。「スピードバンド (ウォッチ)」は、測定した球速と測定した際の時刻を蓄積する。蓄積した球速データは、「スピードバンド (フォン)」に送信して、送信が完了した後に削除する。球速データを「スピードバンド (フォン)」に送信することで、「スピードバンド (フォン)」で球速データを管理できる。「スピードバンド (ウォッチ)」は、球速データを送信するか否かを決めることができ、送信しない際にも球速データは削除できる。

## 4.2 「スピードバンド (フォン)」の機能一覧

本研究の目的を達成するために、「スピードバンド (フォン)」では以下の機能を開発した。

- 球速データグラフ表示
- 被測定者の名前登録



図 6: 競技選択画面



図 7: ボール規格選択画面 (野球を選択)

- 球速データ受信

#### 4.2.1 球速データグラフ表示

球速と投球回数をグラフで表示する機能である。縦軸は球速、横軸は投球回数の折線グラフを表示する。グラフ表示画面を図 9 に示す。

#### 4.2.2 被測定者の名前登録

被測定者別に球速を管理するために、被測定者の名前を登録する機能である。被測定者一覧画面を図 10、被測定者の登録画面を図 11 に示す。

#### 4.2.3 受信

「スピードバンド (ウォッチ)」から送信された球速データを受信する機能である。球速データを受信した際に被測



(a) 手長入力画面 (上部)      (b) 手長入力画面 (下部)

図 8: 手長入力画面



図 9: グラフ表示画面

定者の名前登録 (4.2.2) で登録した名前を選択する。これにより、球速データがどの被測定者が測定したデータなのかを管理できる。

## 5. 評価

九州産業大学関係者 20 名を対象に以下 9 種類のボールを 1 球ずつ投球してもらい、計 180 球の実験をした。光学式モーションキャプチャで測定する球速を基準に「スピードバンド」で測定する球速を評価した。

- 硬式野球
- ソフトボール 1 号
- ソフトボール 3 号
- ハンドボール 3 号
- バレーボール 5 号



図 10: 被測定者一覧画面



図 11: 被測定者の登録画面

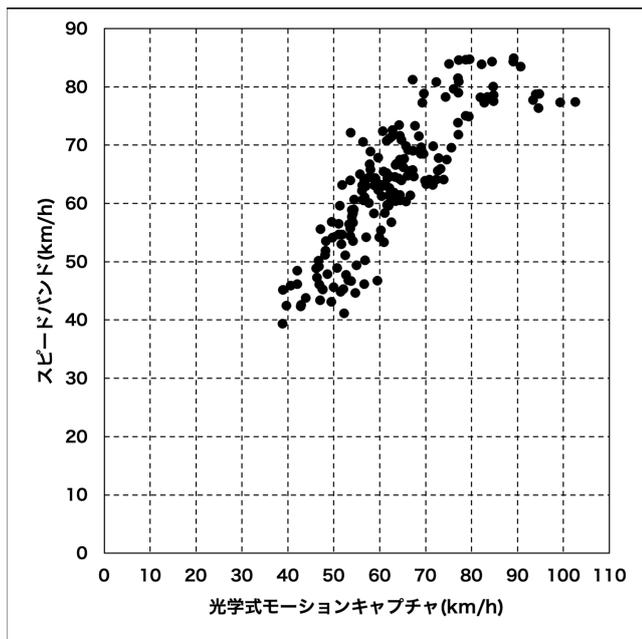


図 12: 実験結果

- ドッジボール軽量 3 号
- ドッジボール 3 号
- サッカーボール 5 号
- バスケットボール 7 号

### 5.1 評価結果

球速の誤差を調べる実験の結果を図 12 に示す。横軸の「光学式モーションキャプチャ」は、光学式モーションキャプチャで測定した球速 (km/h)、縦軸の「スピードバンド」は、スピードバンドで測定した球速 (km/h) である。

### 5.2 考察

「光学式モーションキャプチャ」と比較すると「スピードバンド」は誤差が大きい。「光学式モーションキャプチャ」が 100 km/h 近く的时候は、「スピードバンド」は 80 km/h 未満であり、特に誤差がある。そのため、「スピードバンド」の球速の式を修正して、誤差を小さくする必要がある。

一方で「スピードバンド」は、計 180 球の投球判別に成功し球速測定ができたため、スマートウォッチで球速測定ができる見通しを立てることができた。また本研究は、「スピードバンド (ウォッチ)」で投球回数や投球時間の測定、「スピードバンド (フォン)」で球速の管理やグラフ表示といった球速測定とは別の付加価値を実装した。本研究は、スマートウォッチを用いた球速測定に展望を示すことができたといえる。

## 6. おわりに

現行の球速測定方法の、高価な機材、機材の設置場所の工夫、専門知識、測定に一定の時間が必要といった問題を

解決するために「スピードバンド」を開発した。

「スピードバンド」で測定する球速の評価実験を九州産業大学関係者 20 名を対象に 9 種類のボールを 1 球ずつ投球してもらい、計 180 球実施した。

今後の課題は以下の 4 点である。球速の式の修正、選手の使用・評価、未実装機能の実装、Android, Wear OS での開発である。