

野球の一塁駆け抜けプレーにおける センサを用いたアウト判定補助システムの設計と実装

2018SC016 本多瑛 2018SC106 吉川さやか

指導教員：石原靖哲

1 はじめに

近年、様々なスポーツにおいて、機械による自動判定システムが増加している。ビデオ判定やセンサによる判定など、それぞれの目的や用途に合わせたシステムが開発され、公平な判定に繋がっている。様々なスポーツの中で、今回我々は自分たちになじみのある野球での機械による判定システムの活用に着目した。野球での機械による判定システムについて、世界的に見ると、マイナーリーグにおいて機械によるストライク・ボール判定システムが一部導入されている。これは、球場に設置された複数のカメラでストライクかボールかを瞬時に判定するシステムであり、現在はその結果を審判員がイヤホンから聞き、コールを行うという手法を取っているため、見た目は今まで通りである。また精度もかなり高まっている。このように機械による判定システムの導入が進み、公平性が増している。

一方で、塁におけるアウト・セーフ判定は基本的に審判員が一人で目視にて行っているが、審判員の立ち位置や見え方などの差により、判定が難しいことも多い。プロ野球やメジャーリーグでは気になったプレーを申請し、録画した動画をスローや様々な角度から何度も複数人で確認し、改めて判定する制度がある。だが、時間とコストがかかり、一試合に申請できる回数は限られているため、プレーすべてを再判定することはできない。塁での判定の中でも特に、一塁でのアウト・セーフ判定は、その後得点に繋がるといえる。詳しい理由については3.1節で述べる。

本研究では、野球における一塁での駆け抜けプレー（フォースプレー）に限定したアウト判定補助システムの設計と実装を行う。システムの仕様や設置方法を検討し、適した方法を考えた。そして、提案したシステムを実際に使用し、評価する。実験結果としては、一塁手側と一塁ベース側のセンサが両方反応したのが全体の19%で、そのうち正しい判定ができたのが100%だった。グローブ側に比べ、ベース側の反応回数が少なくなるという課題も残った。

2 他スポーツにおける自動判定システムの導入

他スポーツにおける自動判定システムの導入例として陸上競技、フェンシングを挙げる。

陸上競技では、ライニングを防ぐ為に機械が導入されている。スターティングブロックに圧力センサを設置し、しきい値を超えたらスタートと判断され、発砲合図からの反応時間を見ることで不正スタートを判断できるようになっている。人間は音を聞いてから動き出すまでに0.1秒以上

はかかるため、スタートの合図から0.1秒以内にスタートするとライニングと判定される。このシステムの問題点としては、選手がスタートする際、スターティングブロックを蹴る力の大きさや速度により、しきい値を超えるまでの時間に個人差があったり、しきい値に達さない場合や、スタートする前にしきい値を越してしまう可能性があることである[4]。

また、フェンシングでは得点判定のために機械が導入されている。剣先が相手の体に一定以上の強さで「突き」をしていれば、剣先のセンサーが反応し得点となる。仕組みとしては、剣身（ブレード）に溝が入っており、一定以上の圧力値を感知すると、剣先ボタンが電気信号を発生し、溝に沿って埋め込まれている電気コードによって電気信号が手元に送られる。そして、電気信号は剣先から手元、袖口からユニフォーム内のコードを通り、試合場のコード巻取り機から審判機へ送られ、ポイントのランプが点くようなシステムになっている。最近では選手のユニフォームから電気信号を無線で飛ばすワイヤレスシステムも導入されている[3]。

上に挙げたもの以外にも、人の目視では難しい判定に機械を用いた自動判定システムが他の様々なスポーツで使われている。技術の進歩により、今まで人間が行ってきた判定を機械が行うことも増え公平性は増したと考えられる。しかし、このような自動判定システムはコストがかかるため、一般での使用は難しい。そこで我々は、安価で人間の判定の補助となるようなシステムの構築を目指す。

3 一塁駆け抜けプレーにおける自動判定システムの検討

3.1 一塁駆け抜けプレー判定の重要性

一塁がアウト、セーフの時の得点率の変化から一塁駆け抜けプレーの重要性を検討する。

2004年～2013年のプロ野球レギュラーシーズン全インニングのデータを基に計算したランナー別の得点率を表1に、得点期待値を表2に示す[2]。表1は、走者なしと一塁だけに走者がいる時の無死(0アウト)、一死(1アウト)、二死(2アウト)での得点率の違いを表している。一人目の打者が一塁でアウトになった場合(走者なし一死)では得点率は14.5%であるのに対し、セーフだった場合(一塁無死)では得点率は40.6%となり26.1ポイント上昇する。また、同じように走者なし二死と一塁一死を比べると20.0ポイント上昇している。

表2は、走者なしと一塁だけに走者がいる時の無死、一死、二死での得点期待値を表している。走者なし一死の場

表 1 状況別得点確率 (2004 年～2013 年, NPB を対象)

状況	走者なし (%)	一塁 (%)
無死	25.2	40.6
一死	14.5	26.0
二死	6.0	12.0

表 2 状況別得点期待値 (2004 年～2013 年, NPB を対象)

状況	走者なし	一塁
無死	0.455	0.821
一死	0.242	0.499
二死	0.091	0.214

表 3 機械による判定システムと評価

機械による判定システム	設置	コスト	精度	時間
画像処理	×	×	◎	○
センサ	○	○	○	○

表 4 センサの種類と評価

センサ	走者	一塁手
MyoWare(筋電センサ)	×	△
マイク・サウンド検知センサ (音感知センサ)	×	△
ピエゾフィルムセンサ (圧力センサ)	○	○

合 0.242 点期待できるところ, 一塁でセーフになった一塁無死だと 0.821 点期待できる. 約 3.4 倍の差がある. 同様に, 走者なし二死の場合 0.091 点期待でき, 一塁一死だと 0.499 点期待でき, 約 5.5 倍の差がある.

これらから一塁での判定は得点に密接に関わり, 試合の勝敗を左右するため, 重要視されるべきだと言える.

3.2 システムの検討

判定補助システムをどのように構築するか, その設計について検討する. まず, システムが満たすべき基準を以下に示す.

1. グラウンド内で設置がしやすい
2. コストがかからない
3. 判定精度は高い
4. リアルタイムで判定できる

画像処理を用いて判定システムを構築した場合と, センサを用いた場合について, 検討結果を表 3 に示す. とても適している場合◎, 適している場合○, 適さない場合×で表す. コスト面は初期費用がかからないという条件で考える. カメラを用いた画像処理では, 精度は良いと考えられるが, 色々な角度からくる送球を撮影するのが難しく, カメラは高価なのでコストもかかる. 本研究では, 設置やコスト面で使いやすく, リアルタイムで判定するシステムを目指すため, センサを用いた判定システムを構築することに決定した.

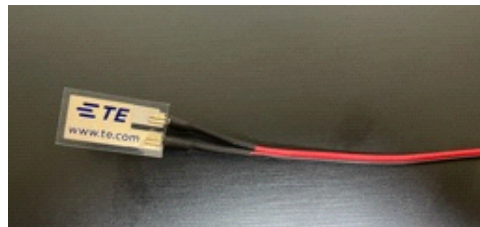


図 1 ピエゾフィルムセンサ

次に, どのセンサを使うか検討する. センサの種類と評価を表 4 に示す. 適している場合○, あまり適さない場合△, 適さない場合×で表す.

Myoware (筋電センサ) では駆け抜け時に走者の筋力が変わりにくいため, 正確な判定が難しい. また, 一塁手側は捕球時に力が入るため, 値は比較的取りやすいが, 筋電位は筋肉の量や, 性別, 年齢によって人それぞれ異なるため, 幅広い人たちに使用できない.

マイク・サウンド検知センサでは, 走者側は音が微少なため計測できず, 一塁手側では捕球によって音が異なったり, 音が微少な場合もあるので計測は難しい.

ピエゾフィルムセンサ (圧力センサ) では, 走者が踏むベースの位置に設置することで, 走者がベースに接触したかどうかは正確に分かり, 一塁手のグローブに設置することで, 捕球時の値が計測しやすく, 一塁手が捕球したかどうか判定できる.

これらから, 本研究では走者, 一塁手ともに図 1 のピエゾフィルムセンサを使用し, システムの実装を行う. ピエゾフィルムセンサは安価でサイズも小さいので一塁手のグローブ, 一塁ベースに設置しやすい.

4 実装

4.1 提案システムの概要

システムの全体図を図 2 に示す. 一塁手のグローブと一塁ベースにピエゾフィルムセンサを設置する. 実際に使用しているベースにセンサ設置をし, 予備実験を行ったところ値が取れなかった. その理由として, ベースがゴムでできており柔らかい素材であるため衝撃が吸収され, センサの反応精度が悪いと考えたため, 堅い素材であるベニア板を一塁ベースに見立てて実装し, 実験を行う. また, 一塁手は一塁ベースを踏んでいるものと仮定し, 実験を行う. 一塁ベースに設置した図を図 3 に示す.

ピエゾフィルムセンサは Arduino に接続する. Arduino の電源はモバイルバッテリーを使用し給電している. Arduino の消費電力は微小なのでモバイルバッテリー給電でも 1 試合分は優に持つ. Arduino と PC は無線通信させる. Arduino と PC 間を無線化する理由は, 有線通信では, コードなどが邪魔になり一塁手の動きが制限されてしまう恐れがあるからである. 一塁手側の Arduino とモバイルバッテリーはアームバンドに入れて腕に装着する. 実際に装着したところを図 4 に示す. Arduino から送られて

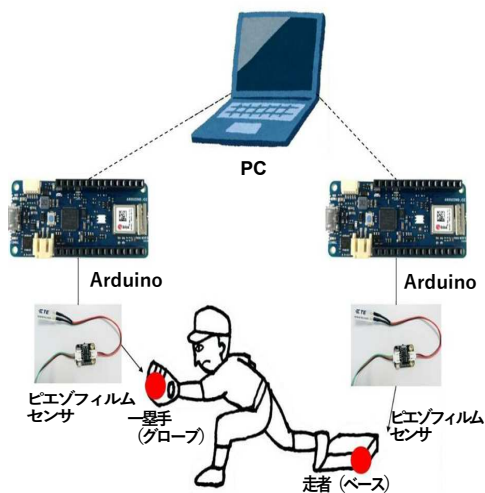


図2 システムの全体図

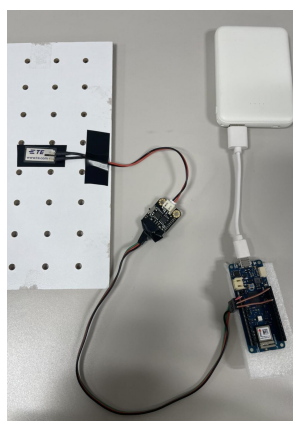


図3 一塁ベース側の
センサ設置図



図4 一塁手側の
センサ装着図

きたデータを Processing を用いて表示する。

4.2 提案システムの実装

本研究では、 piezofilm センサを一塁手のグローブ、一塁ベースにそれぞれ付ける形式を実装する。 piezofilm センサを Arduino に接続し使用する。 Arduino は追加のモジュールを必要とせず Wi-Fi 通信が可能な、 Arduino MKR WiFi 1010 を使用する [1]。 Arduino 側をクライアント、 Processing 側をサーバとして、ウェブソケットで Arduino から Processing 側にデータを送信する。

piezofilm センサについては、一塁手側では、野手からの送球を一塁手が捕球するときのグローブにかかる圧力を考え、しきい値を決める。一塁ベース側では、バッター走者が一塁ベースを踏むときに一塁ベースにかかる圧力を考え、しきい値を決める。無線通信ではセンサの値が不安定だったため、その値の振れ幅より大きくしきい値を設定することにした。予備実験の結果、一塁手側のしきい値は 160、ベース側のしきい値は 180 とした。ループ関数でデータを取得し、しきい値を越えた瞬間センサか

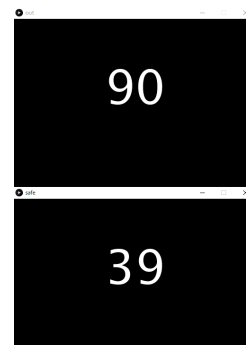


図5 Processing の画面

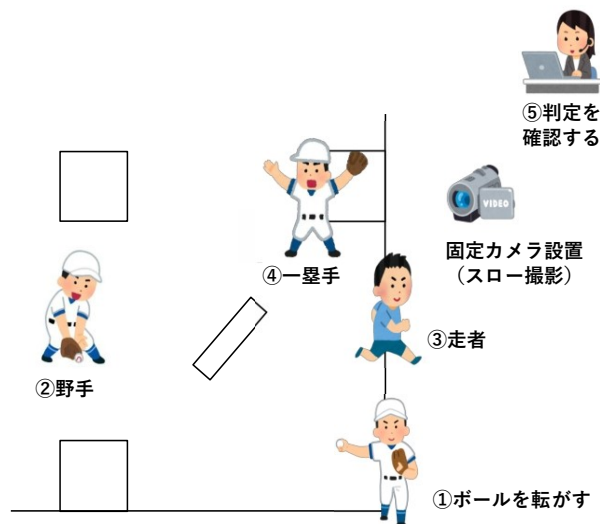


図6 実験の全体図

らのデータ送信を止めるプログラムを作成する。そのデータを Processing に送りリアルタイムで圧力値を見れるようにする。 Processing の画面を図5に示す。上がグローブ側、下がベース側の表示である。グローブ側のデータ送信が先に止まったらアウト、ベース側のデータ送信が先に止まったらセーフとする。クライアント側のプログラムは C/C++ 言語を用いて 40 行で、サーバ側のプログラムは Processing を用いて 18 行である。今回は、機械による自動判定システムが作成できなかったため、どちらが先に止まったかを人で判断する。

5 実験

5.1 実験方法

実際に一塁手のグローブと一塁ベースに piezofilm センサを設置して判定できるのか実験する。撮影はスローで行い、スタンドでカメラを固定して一定の位置から行う。被験者は野球経験者とする。実験の全体図を図6に示す。

1. ボールを転がす。
2. 転がってきたボールを内野手が捕球し、一塁手にボールを投げる。
3. 走者は一塁手が捕球するタイミングとほとんど同時に

表 5 実験結果

	グローブ だけ 反応 (回)	ベース だけ 反応 (回)	両方 反応 (回)	反応 なし (回)
1	18	2	3	7
2	21	1	6	2
3	17	1	8	4
4	19	0	6	5

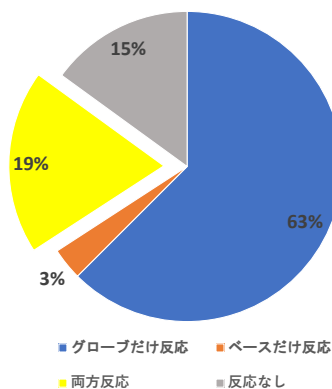


図 7 実験結果

なるように一塁ベースを駆け抜ける。

4. 一塁手が内野手からのボールを捕球する。
5. PC の画面を見て判定する。

スローで撮影した動画を見返し、判定をする。その判定結果とシステムによる判定結果を比べ、成否を確認する。2, 3, 4 の位置の人を変えて実験を行う。

5.2 実験結果と考察

実験方法の 2, 3, 4 の位置の人を変え 4 パターン実験を行った。1 パターンの試行回数は 30 回である。実験結果を表 5 に示す。結果を全てまとめたグラフを図 7 に示す。成果として、両方反応した回数は 23 回で 19.2 % であり、そのうちの正しく判定できた回数は 23 回で 100 % であった。

次に、上記の実験結果から考察をする。グローブ側が反応したのが約 82 % なのに対し、ベース側が反応したのが約 23 % であった。グローブ側では、センサがついていない網の部分等で捕球したときには反応しなかった。ベース側では、走者がピンポイントでセンサを踏むのが難しいため、圧力値が上手く取れない時があり、反応しない回数が多くなったと考えられる。

5.3 提案システムの特長と使い勝手

提案システムの特長を挙げる。特長としては、比較的安価で一般の試合でも使用がしやすい、無線通信でコンパクトなので一塁手の邪魔になりにくい、システムに詳しくない人でも判定が行えることである。

また、使い勝手について考える。まずグローブ側では、比較的軽く、腕にバンドで固定されているのでいつも通りの捕球が可能という意見があり、使いやすい仕様でできたと考えられる。次にベース側では、センサが反応する範囲が狭く、踏む位置を意識しなければいけないのが難しいという意見があった。

6 まとめと今後の課題

本研究では、野球の一塁駆け抜けプレーにおけるセンサを用いたアウト判定補助システムの設計と実装を行った。現状挙げられる野球の機械における判定システムの課題点や、他スポーツの判定システムの良い点・悪い点を考え、システムを検討した。また、野球での一塁駆け抜けプレー判定の重要性を述べ、一塁駆け抜けプレー（フォースプレー）に特化したシステムで、なおかつ、一般での使用がしやすいように安価で取り扱いやすいシステムを目指した。今回の目的・用途に合わせたセンサの検討や、無線通信を可能にするためのハードウェアを検討し、実際に使用する機器を決め、設計・実装を行った。そのシステムを使用して実際の試合に沿った形式で実験を行い、得られた結果をまとめ、考察、システムの使い勝手を評価した。

今後の課題について述べる。まず、無線通信では、有線通信より値が不安定になるという課題があった。無線通信で値を安定させるために、現状使用しているセンサやハードウェア、モバイルルータ等以外の装置で実装すれば、無線通信でも値が安定するかもしれない。また、ベース側のセンサ設置を実際の野球を行う環境で行えるようにすること、機械だけで判定が行えるようなシステムにすることも課題として挙げられる。補助システムであるため、人間が見ていないと判定ができないことと、センサが安定して反応しないことである。使用している最中にピエゾフィルムセンサを繋ぐ線や、センサ自体の線が切れてしまうことが何回かあった。また、一塁手は一塁ベースを踏んでいるものとして実験を行ったが、本来ならばベースを踏んでいるかどうかの判定も行わなければならない。そして、コスト面においても今回は初期費用が安価であることを前提としたが、装置の耐久性を考えると、点検や修理費もかかると考えられる為、センサの耐久性や設置方法を検討することも今後の課題として挙げられる。

参考文献

- [1] Arduino. Arduino MKR WiFi 1010. <https://docs.arduino.cc/hardware/mkr-wifi-1010>.
- [2] 鳥越規央. 勝てる野球の統計学 セイバーメトリクス (岩波科学ライブラリー). 岩波書店, 2014.
- [3] 三菱電機. フェンシングを知ろう. <https://www.mitsubishielectric.co.jp/me/sports/lab/fencing/step01.html>.
- [4] 横倉三郎. 陸上競技用スタート動作の検出方法. 計測自動制御学会論文集, 第 36 巻, pp. 159-164, 2000.