

野球における通信機器を用いたサイン伝達システムの開発

2017SC033 前川大和 2017SC043 本村真一

指導教員：石原靖哲

1 はじめに

近年スポーツ界における通信機器の導入および利活用には目覚ましいものがある。バレーボール競技でのデータ活用や戦術に関わる有効な情報提供を即時に実行できるシステム [3] や、野球での選手およびボールの動きのデータを収集し解析するツールであるスタットキャストのデータを用いた勝敗予測 [4] など、スポーツ界における機器の導入、普及が加速化している。

しかし、そうした本来競技の発展や選手の技術の向上のために使われるべきである電子機器を勝利のために不正に利用した例もある。昨年、MLB でヒューストンアストロズが 2017 年から 2018 年にかけてサイン盗みを行っていたことが発覚し、2017 年にはワールドシリーズに優勝していたこともあり大問題となった。アストロズのサイン盗みが問題視された理由は電子機器を用いたという点であり、バックスクリーン付近からカメラで捕手のサインを盗み、観客席から音を使って打者に伝えていた。MLB 機構はこうしたサイン盗みの問題が起こる可能性をなくすためにもサイン伝達に通信機器を用いることを検討している。

そこで本研究では、サインを盗まれないための伝達方式が満たすべき基準を検討しその基準を満たす伝達方式を提案する。そして、提案したシステムが現状の方法に比べどんなメリット、デメリットがあるのかを評価する。また、提案したシステムを自作し実際に使用し評価する。本研究の前提として、使用する機器はプレイに影響がない程度に小型で怪我などの心配がないものについて検討する。

2 システムが満たすべき基準の検討

2.1 野球以外のスポーツにおける通信機器の利用状況

野球以外でサイン伝達に通信機器を用いているスポーツの例として、アメリカンフットボールとサッカーを挙げる。

アメリカンフットボールでは QB と LB の 2 選手がヘルメットに無線機を装着しており、コーチ陣からの一方通行の通信のみとなっている。サイン伝達の流れとしてはコーチ陣から QB、LB に伝達され、それを受け取った QB、LB が他の選手に口頭でサイン伝達を行っている。無線機の装着が可能になった背景は試合時間の短縮である。

サッカーでは、スタッフが試合中にタブレット端末を活用することが可能である。選手に関してはあらゆる形式の電子、通信機器を身に付ける、あるいは用いる事はルール違反となる。タブレット端末の使用は戦術的目的やコーチング目的、プレーヤーの安全や保護を目的とする場合に用いられる。タブレット端末の使用が可能になった背景はコンディションに不安のある選手のトラッキングデータを常

に監視することでそのようなケースを未然に防ぐためである。

2.2 野球におけるハンドサインでのサイン伝達の課題

現状のハンドサインによる伝達方法の課題を検討する。

1. 捕手から送るサインはベンチからは見えないが、ランナーコーチ、二塁ランナーからは目視でき、外野の観客席からはカメラや望遠鏡などを用いれば盗まれてしまう。
2. 内野手が外野手に出しているサインも観客席からはカメラなどを用いれば盗まれてしまう。
3. ベンチから捕手へサインを送る際は相手ベンチにもみえているため複雑にするなど工夫が必要である。
4. サインのキーやパターンを見抜かれた場合、それ以降サインを変えない限り盗まれ続けてしまい、ランナーがいるいないなどの状況によって時間がかかる場合がある。
5. 全員に伝達できるという利点はあるが捕手から投手に関しては直接送り、捕手から外野手に関しては内野手を仲介するので内野手についてもサインを覚えなければならぬ。よって、サインを変更した時などミスが起こりやすい。

2.3 通信機器を用いたサイン伝達システムが満たすべき基準の検討

現状の伝達方式の課題を解決できるシステムが満たすべき 5 つの検討した基準を以下に示す。

1. 機器を操作する指の動きなどからサインを悟られにくく盗聴されない方式
2. 通信から情報を盗まれない方式
3. 現状の試合時間に影響しない方式
4. 投手捕手間だけでなく他の野手、ベンチ間についても適切な順でサイン伝達ができる方式
5. 投手、野手に送る球種、コースのサインそれぞれ必要なパターン数を伝達可能な方式

3 基準を満たす伝達方式の検討

検討した基準をもとに伝達方式を検討する。

3.1 入力装置の検討

基準を満たす伝達方式の入力装置について装着部位、設置場所とともに検討する。野球のサイン伝達に使用できそうな入力装置として、「ベンチ、捕手、投手からのタッチパネル入力」、「ベンチ、捕手、投手からのボタン入力」、「ベ

表1 入力装置の検討結果

基準	タッチパネル	ボタン	音声
1	△	○	×
2	○	○	○
3	○	○	○
4	○	○	○
5	○	○	○

表2 表示装置の検討結果

基準	機械音声	生音声	小型パネル	振動	Lパネル
1	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○
3	○	○	○	△	○
4	○	×	○	△	○
5	○	○	○	△	○

ンチ、捕手、投手からの音声入力」を検討した。検討結果を表1に示す。基準を満たす場合○，満たさない場合×，条件付きで満たす場合△で表す。

捕手、投手からの伝達はボタン入力に決定した。理由は3つの入力装置の中でもボタン入力だけが唯一全ての基準を満たしており、操作する際も見なくてもよく、グローブなどで指の動きを隠すことが出来るという大きな利点があるためである。装着場所についてもプレイの邪魔にならず大きさについても問題ないと考えられることも理由の一つである。

ベンチからの伝達については、タッチパネル入力かボタン入力どちらでも良いと考えられる。理由はタッチパネル、ボタン入力どちらも全ての基準を満たしており設置場所についても問題ないが、音声入力については表示装置に限られてしまい伝達のタイミングも同時になってしまうことがあるためである。

「ベンチ、捕手、投手からのボタン入力」についての詳細な検討結果を以下に示す。捕手、投手が装置を付ける場合、ボタンを操作するにはボタンの場所を覚えられれば視界に入る場所につける必要がないため、装着部位はベルト、手首が候補である。ベンチ側の装置については設置場所は相手チームから見えない場所であれば良いと考えられる。次に特筆すべき基準について検討する。基準1については捕手、投手のベルトに装着できればグローブなどで隠すことも可能であるため盗まれる可能性は低い。基準4についてはまず球種とコースを投手または捕手に送り、決定したらそのサインを球種とコースまとめて送れるようにするという仕様であれば満たすことができる。基準5については球種とコースのパターン分として12個、野手への送信用として1個で13個のボタンを用意出来れば問題ないと考えられる。

3.2 表示装置の検討

基準を満たす伝達方式の表示装置について装着部位、設置場所とともに検討する。野球のサイン伝達に使用できそうな表示装置として、「Bluetooth イヤホンでの機械音声出力」、「ベンチ、捕手、投手からの Bluetooth イヤホンでの生音声出力」、「小型パネルでの表示」、「振動出力」、「ライティングパネルでの表示」を検討する。検討結果を表2に示す。基準を満たす場合○，満たさない場合×，条件付きで満たす場合△で表す。

投手、捕手がサインを受け取る場合はライティングパネルでの表示が良いと考えられる。理由は全ての基準を満たす仕様は小型パネル表示とライティングパネル、Bluetooth イヤホンでの機械音声出力であるが、Bluetooth イヤホンは外れてしまう可能性がある。ライティングパネルを手首に装着する形式においては、サインがより盗み見られにくいので小型パネルより優れていると考えたためである。

野手がサインを受け取る場合は振動出力が良いと考えられる。理由は全ての基準を満たす仕様は他にもあるが、振動出力にはサインを受け取る際に見る、聞くという動作がなくプレイに集中できるという利点があるので、野手の場合では最も優れていると考えたためである。装着場所については怪我をしにくい場所につけることが可能であることも理由の一つである。

「振動出力」についての詳細な検討結果を以下に示す。野手が装置を付ける場合、基本的に装着部位はどこでも良いが怪我をしにくいことを考慮すると帽子や首回りが理想である。利点として、サインを受け取る際に見る、聞くという動作がないためよりプレイに集中できる。次に特筆すべき基準について検討する。基準3については12パターンを見分けられるように振動パターンを考えると、試合時間は長くなる可能性がある。基準4については基準3、5の関係で投手捕手間、ベンチ捕手間については難しい可能性がある。基準5については投手、捕手に伝えなければならない12パターンは試合時間に影響する、パターンごとの振動の違いを見分けるのが難しく間違えやすい可能性がある。野手捕手間に関してはパターン数が少ないので可能である。

「ライティングパネルでの表示」についての詳細な検討結果を以下に示す。投手の場合はマウンド上の投手にしか見えない場所に埋め込む形式または手首に装着する形式が理想である。次に特筆すべき基準について検討する。基準1についてはサインを受け取る際は利き手で隠すなどの工夫が必要である。基準5についてはパターンの違いを光の色や点滅などで表せば違いも分かりやすいと考えられる。

4 実装

4.1 使用する機器の検討

検討した入力装置、表示装置の仕様を実現できる機器として、本研究ではM5StickCを用いる。機器の候補としてはRaspberry PiやArduino, obniz Boardなどが挙げら

れたが、以下の特徴を持つ機器が M5StickC のみであったためこれを採用した。なお、M5StickC の値段は 1 台 1980 円 [1] である。

1. ESP32 搭載で Wi-Fi での無線通信が可能
2. Arduino IDE などで開発可能
3. バッテリー内蔵
4. TFT カラー液晶, 2 種類のボタン搭載で拡張モジュール追加可能
5. 48 × 24 × 14mm という小型なサイズ

4.2 ライティングパネルの実装

本研究ではライティングパネルを地面に埋め込む形式ではなく、M5StickC を手首に装着する形式を実装した。開発環境は Arduino IDE である。

入力装置として M5StickC の 3 種類のボタンを用い、表示装置として M5StickC のカラー液晶パネルを用いてパネルの光の色によって球種、コースのサインを識別できる仕様とした。

まず、Google がサービスを運営する Firebase を使って M5StickC のボタンカウント値を送信するサンプルプログラム [2] を応用し、M5StickC の 3 種類のボタンを押した回数によってサインを受け取る側の液晶パネルの色を変化させるように実装した。このプログラムを用いて様々な仕様のパターンを 3 週間ほどかけて実装し、基準を満たすより最適な仕様を検討し、決定した。

決定した仕様では a ボタン、b ボタンを押した回数で球種を選択でき、最後に電源ボタンを押すことでインコースのボールを要求できる。高めのボールは b ボタンを 4 回押すことにより要求できる。

4.3 振動装置の実装

本研究では図 2 のように振動モジュールを取り付けた M5StickC を手首に装着する形式を実装した。開発環境は Arduino IDE である。入力装置として M5StickC の 3 種類のボタンを用い、表示装置として振動モジュールを取り付けた M5StickC を用いて様々な振動パターンによってストレートか変化球、内外のサインを識別できる仕様とした。

ライティングパネルの実装と同様、サンプルプログラム [1] を応用し、M5StickC の 3 種類のボタンを押した回数によってサインを受け取る側の振動パターンを変化させるように実装した。

振動装置の入力操作についてはライティングパネルの入力操作と同じ操作であるため基本的な仕様はライティングパネルでの仕様と同様である。ただし、表示に関しては野手の場合ストレートか変化球か、内外のみなので例えばインコース高めのストレートとインコース低めのストレートは振動の仕方が同じである。よって、アウトコースのストレートは弱く 1 回、インコースのストレートは強く 1 回、アウトコースの変化球は弱く 2 回、インコースの変化球は



図 1 ライティングパネル



図 2 振動モジュール



図 3 装着場所

強く 2 回振動させるという 4 パターンを識別できるように実装した。また、実装には 2 週間ほど時間を要した。

5 実験

検討した仕様を実装した M5StickC を用いて実験を行った。

5.1 実験方法

野球の試合を想定し捕手、投手、遊撃手がそれぞれ M5StickC を装着してサイン伝達を行った。装着場所については図 3 のように捕手と投手は手首に表示用、ベルト部分に入力用として装着する。遊撃手は手首に表示用として装着する。野手は本来首の裏など怪我をしにくい場所に装着することが望ましいが、本研究では M5StickC のベルトの長さが足りないため手首に装着して行った。

実験の手順は、2 塁走者がいる場合といない場合、サインが 1 度目で合った場合と合わなかった場合の、M5StickC でのサイン伝達とハンドサインでのサイン伝達時間を計測し比較する。ハンドサインについてはチームによって異なるため、プロ野球の映像を参考におおよその手を変える数を計測し真似て実験を行った。また、振動装置で正しく見分けられるか、遊撃手の振動出力の振動音が走者に聞こえないか、指の動きなどから悟られないかを確認した。

M5StickC の通信環境については屋外で実験を行ったため捕手、投手、遊撃手それぞれがスマートフォンでテザリングしながら実験を行った。



図4 サインの入力方法



図5 サインの受け取り方法

5.2 実験結果

まず、ランナーがいない場合の捕手から投手と遊撃手へサインを送る場合を想定し、サイン伝達にかかる時間を計測した。サインが1度目の伝達で合った場合はハンドサインでは約2秒、M5StickCでは約4秒であった。サインが1度目で合わなかった場合はハンドサインでは約6秒、M5StickCでは約11秒であった。

次に、ランナーがいる場合の捕手から投手と遊撃手へサインを送る場合を想定し、サイン伝達にかかる時間を計測した。ただし、M5StickCでのサイン伝達についてはランナーがいてもいなくてもサインは同一であるため伝達にかかる時間も同一である。サインが1度目の伝達で合った場合はハンドサインは約3秒、M5StickCは4秒であった。サインが1度目で合わなかった場合はハンドサインは約7秒、M5StickCでは約11秒であった。

そして、遊撃手が振動装置でサインを正しく見分けられるかについては、10回伝達を行い10回とも問題無くサインを見分けられた。振動装置の振動音は2塁走者からは全く聞こえなかった。サインを出す指の動きから悟られないかについても図4のようにグローブでベルトのM5StickCを覆うように隠せば問題なく、ライティングパネルでの表示についても図5のように利き手で隠しながら画面を見れば問題ないことを確認した。

5.3 通信機器を用いたサイン伝達のメリット、デメリット

まず、通信機器を用いたサイン伝達のメリットについて考察する。1つ目のメリットは球場のどこからも目視、盗聴できないという点である。この点によって、球場内でのサイン盗みのリスクをなくすことができ、サインの複雑化を防ぎ試合時間が長くなることやサインミスを起こりにくくすることもできる。また、打者ごとや投手ごとでサインを変更する必要がなくなるため、選手がよりプレイに集中できると考えられる。2つ目のメリットはサインを選手全員およびベンチへ簡単に伝達できるという点である。この点によって、内野手が複雑なサインを覚える必要がないため、よりプレイに集中できると考えられる。また、内野手が外野手へサインを送る必要もないため、その時のサインを盗まれるリスクもなくなる。

次に、通信機器を用いたサイン伝達のデメリットについ

て考察する。デメリットはハンドサインに比べてサイン伝達に時間がかかりやすいという点である。この点によって、試合時間が長くなる可能性がある。しかし、2015年のNPB全体の平均投球間隔は24.4秒[5]であり、この投球間隔については投手によって10秒であったり30秒以上であったりすることもある。よって、早い投球間隔で投げることは難しくなってしまうが投手の意識によって極端に投球間隔が長くなることを防ぐことはできると考えられる。また、M5StickCでのサイン伝達は慣れやボタンの配置などでさらに早く出来る可能性がある。そして、ハンドサインはサインが合うまでは繰り返す必要があるため、2度目以降もサインが合わなかった場合伝達にかかる時間がさらに長くなる可能性がある。以上のことから、サイン伝達にかかる時間は改善の余地があると言える。そして、野球のサイン伝達に通信機器を用いることへの最終的な結論としては、伝達にかかる時間は改善の余地があることもあり、それによって受けられるメリットが大きいと十分の可能性があると考えられる。

6 まとめ

本研究では現状のハンドサインによる伝達方法の課題を検討し、その課題を解決できるサインを盗まれないための伝達方式が満たすべき基準を検討した。検討した基準を満たす伝達方式の入力装置、表示装置それぞれについて装着部位、設置場所とともに基準を満たすかどうかを検討し、その基準を満たす入力装置、表示装置の仕様を提案した。そして、検討したシステムの仕様を実現できる機器を調査、検討して実装し、実際に機器で実験を行った。また、提案したシステムが現状の伝達方法に比べてどんなメリット、デメリットがあるのかなどを評価した。

今後の課題は、サイン伝達にかかる時間をより早くして試合時間に影響させないようにすることである。また、よりセキュリティを高くしてサイン盗みの可能性を完全に防ぐことが出来るようにすることである。

参考文献

- [1] SWITCH SCIENCE. M5StickC. <https://www.switch-science.com/catalog/5517/>.
- [2] 高馬宏典. M5Stack & M5StickC ではじめる IoT 入門. シーアンドアール研究所, 2020.
- [3] 藤本晋也, 石丸出穂. スポーツ機器における IT 機器活用に関する研究 I: バレーボール競技で実践される活用事例を基に. 仙台大学紀要, Vol. 43, No. 1, pp. 43-58, 2011.
- [4] 川上祐司, 原田翔太, 末廣大貴, 内田誠一. 投球データによる野球の勝敗予測. 電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集, 2019.
- [5] 山田隼哉. 誰が試合時間を長くしているのか 投球間隔の数値化, 2015. Baseball LAB, <http://www.baseball-lab.jp/column/entry/123>.