

研究報告

## 速球と遅球に対する反応時間の変化の検討

—地面反力に潜む意思を読み取る—

村上 宏樹<sup>1)</sup>・若月 翼<sup>1)</sup>・山田 憲政<sup>2)</sup>

Examination of the change in reaction time to fast and slow pitches:  
Reading the intention hidden in the ground reaction force

Hiroki MURAKAMI, Tsubasa WAKATSUKI, Norimasa YAMADA

### 1. 緒言

野球やソフトボールの打者は、ボールを打つ際に投げられたボールに応じてスイングのタイミングを正確に制御する必要がある。那須(2017)は、このスイングをする時には、投げられたボールの軌道がどのタイミングで打者の手元に届くのかという時間的な要素と、どの位置(コース)を通るのかという空間的な要素の2つが重要であると述べている。この時間的な要素に着目すると、投手から捕手までの距離を18.44mとした145km/hの速球(速球)と120km/hのチェンジアップ(遅球)では、ボールがこの距離を移動する時間は理論的におよそ458msと553msとなるため、およそ100msの差があるといえる。すなわち、実際のバッティングのような速球と遅球のどちらが投球されるか分からない状況において打者は、この100msの差を念頭に入れながらバッティングをしなければならない。一流と呼ばれている打者は、上記のような緩急のあるボールに対してもタイミングを合わせて打ち返すことができるため、優れた打者は優れたタイミング制御を行っている。しかしながら、木村・三上(2017)は、一流の打者が打撃をどのように制御しているのかが明らかになっ

ていない理由は、行動計測と条件の統制が困難であるという課題があると述べている。木村・三上(2017)は、バーチャルリアリティ(VR)技術に着目したり、井尻・中澤(2017)は球種識別課題を簡易的にPC上で作成したり新たな手法から上記の課題を解決しようとしている。

このような課題から、われわれの以前の研究報告(村上・山田、2021)では、心理学実験用プログラミングソフトであるPsychopyを用いて、野球やソフトボールの打者が経験する速球と遅球がランダムに投球される状況を、ボタン押しによる刺激反応課題の刺激提示時間を変更し、ランダムに刺激提示することで再現した。この研究では、野球およびソフトボールの熟練者が提示時間の異なる刺激に対して、正確にタイミングを合わせることができかどうかを検討し、熟練者は未熟練者より、異なる刺激に対しても正確にタイミングを制御できることを示した。さらに、このようなボタン押しを用いたタイミング制御課題は、他の研究でも行われている(Miyazaki et al., 2005; 松村ら, 2021)。これらの研究は、速球と遅球を効果的に打ち分けするには、複数の事前分布の学び分けが必要という立場から研究が行われており、同じ時間間隔で設定された刺激の出現タイミングに合わせ

<sup>1)</sup> 中京大学大学院スポーツ科学研究科

<sup>2)</sup> 中京大学スポーツ科学部

てボタンを押す課題を行なっている。しかし、Miyazaki et al. (2005) や松村ら (2021) の研究では、一定の時間間隔の刺激を学び分けているのみであり、打者が経験するような速球と遅球がランダムで投球される状況を実験として再現されていないといえる。また、われわれの以前の研究を含むボタン押しの実験は簡易的に実験が行える利点がある反面、反応時間として出力されるタイミングまでどのような意思のもと運動を制御して打撃に至るのかを明らかにすることが困難であるといえる。

そこで、本研究は、われわれの以前の研究をボタン押しではなく、実際にバットを振る動作に変更して刺激反応課題を行い、反応時間および地面反力を測定することで、速球と遅球に対してどのようにタイミングを制御しているのかを検討した。本研究報告では、現時点での結果およびその結果に関する考察および今後の展望を述べる。

## 2. 方法

### 2-1. 実験対象者

実験対象者は、右打ちのソフトボールの熟練者9名（年齢：20-22歳、男性4名、女性5名）であり、実験を行う前に全ての対象者に対して実験内容についての説明を行い、実験参加の同意を得た。

### 2-2. 実験方法

本実験では、村上・山田 (2021) の先行研究にしたがい、刺激提示時間を変化させることで、速球と遅球という速度の異なるボールを再現した。対象者は刺激であるLEDが点灯している間をボールが投球されて打者に届くまでの時間として、LEDが消えたタイミングに反応してバットをスイングするように教示された。さらに、対象者は刺激が消えるタイミングを予測してバットをスイングしないように教示された。速球には1.0sの長さの刺激を、遅球には1.4sの長さの刺激を用いた。この時間は、事前に10名のソフトボール部の投手に2球種を10球ずつ投球してもらい、その時間を2倍することで決定

した。

対象者は、実験室の床に埋め込まれた2枚のフォースプレート上に片脚ずつ乗せて立ち、対象者の前方に設置された点灯しているLEDの刺激が終了するタイミングに反応して、バットをスイングした。図1に実験構成図を示す。1試技でLEDの刺激提示は5回（S1-S5）あり、刺激間には次のスイングのための十分な時間が与えられた。この1試技5回の刺激反応課題を1名あたり17試技すなわち85回行った。この17試技のうち2試技は、同じ1.0sもしくは1.4sの長さの刺激を用いるコントロール条件を行い、残りの15試技は、5回の刺激のうちの4回が1.0sで1回が1.4sの長さの刺激を用いたランダム条件を行った。なお、実験対象者には、刺激の長さに関する情報やランダム条件で1.4sの長さの刺激の回数と何回目提示されるかの情報は与えなかった。

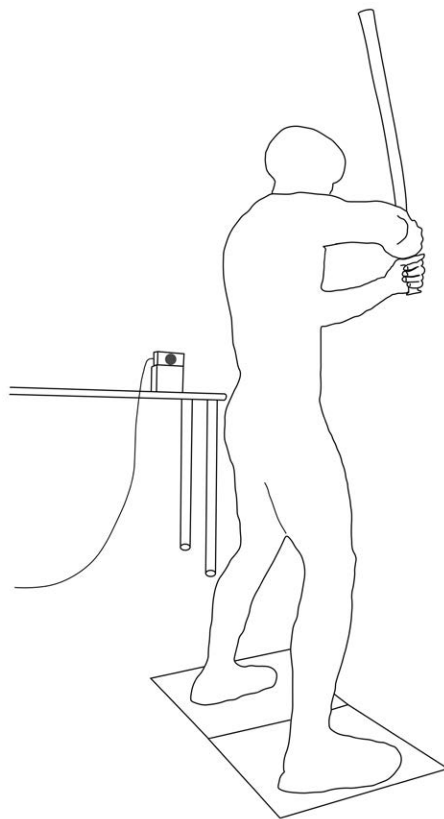


図1 実験構成図

### 2-3. 実験手順

2名もしくは3名の対象者を1ペアとして実験を実施した。実験内容の説明を受けた対象者は、LEDによる刺激提示を1度確認した後、1名ずつコントロール条件を速球、遅球の順番で行った。次に、ランダム条件を1名の対象者が5セット連続で行い、終了すると次の対象者が同様に5セット行った。全員の対象者が5セット行うことを1サイクルとして、3サイクル行った。なお、1セット終了時毎と、他の対象者が課題実施中は休憩を取ることができた。

### 2-4. データ取得

2枚のフォースプレート（Bertec社）とLEDを同期させ、地面反力データおよびLEDのオンセットとオフセットを含めた電気信号を1000Hzで取得した。図2は、取得したデータの典型例である。各刺激のオフセット時の時間から、左脚のz軸方向の地面反力のデータ（Fz）のピーク時の時間までの差を反応時間（Response Time: RT）として算出した。

### 2-5. データ分析

1回の反応ごとに算出されたRTを①コントロール条件速球、②コントロール条件遅球、③ランダム条件速球④ランダム条件遅球の4つに分類した。したがって1名の対象者あたりに該

当するRTの数は、①5回、②5回、③60回、④15回となった。

次に、各対象者のランダム条件の速球と遅球のRTをコントロール条件の速球と遅球の平均RTで割ることで、規格化した。規格化した値が1であれば、平均RTと同じRTであることを示す。

### 2-6. 統計処理

算出されたRTを条件（コントロール条件・ランダム条件）×球種（速球・遅球）の二元配置分散分析を行った。交互作用もしくは主効果に有意差が認められた場合は、Bonferroni法を用いての多重比較を行った。統計的有意水準は5%未満とした。

## 3. 結果

コントロール条件の速球のRTは $424 \pm 115\text{ms}$ で、コントロール条件の遅球のRTは $447 \pm 114\text{ms}$ であった。次にランダム条件の速球のRTは $429 \pm 98\text{ms}$ で、ランダム条件の遅球のRTは $356 \pm 107\text{ms}$ であった。二元配置分散分析の結果、条件の主効果に有意差は認められず（ $F(1, 757) = 1.79, p = 0.07$ ）、球種の主効果と条件と球種の交互作用の有意差は認められた（球種： $F$

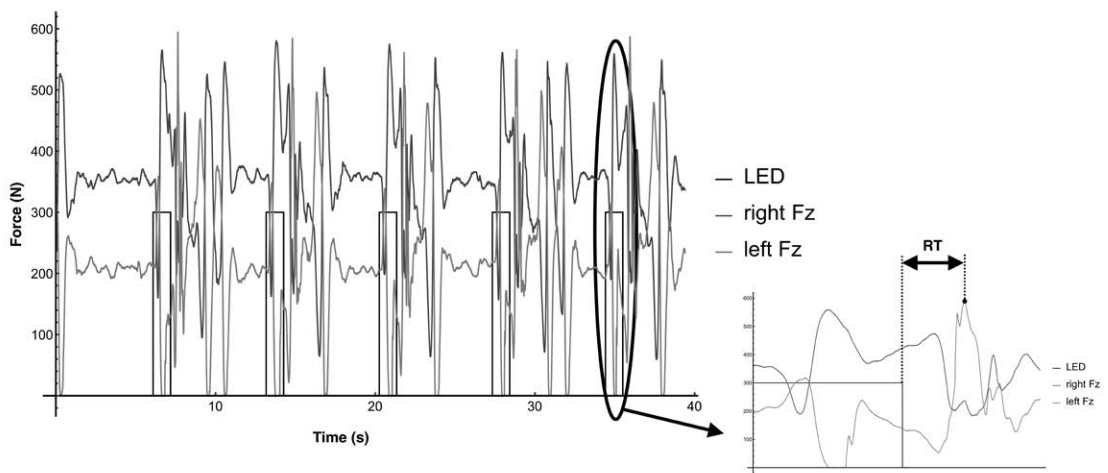


図2 データの典型例とRTの算出方法

RTの算出に用いたデータは、LEDの電気信号、左右の鉛直方向の地面反力であった。なお、図に示すLEDのデータは値を300倍している。

(1, 757) = 36.25,  $p < 0.001$ ・条件×球種:  $F(1, 757) = 20.22, p < 0.001$ )。Bonferroniの多重比較の結果、コントロール条件の速球と遅球には有意差が認められなかったが ( $p = 0.20$ )、ランダム条件の速球と遅球には有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。さらに、同球種の条件間のRTを比較すると、速球では有意差が認められなかったが ( $p = 0.16$ )、遅球では有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。

次に、対象者ごとのコントロール条件の平均RTを基準としてランダム条件のRTを規格化した値は、速球が  $1.03 \pm 0.22$  であり、遅球が  $0.79 \pm 0.22$  であった。図3に規格化した全ての値をヒストグラムで示した。

#### 4. 考察

本実験は、速球と遅球という2球種を心理学実験ソフトPsychopyを用いて、刺激反応課題の刺激提示時間を変更することによって再現し、PC上で刺激反応課題を行った村上・山田(2021)の研究を、ボタン押しでRTを測定するのではなく実際のバットをスイングする動作の地面反力からRTを測定した。実験結果から、コントロール条件のRTは球種間で有意差がなかったため、どの球種の刺激が提示されるかを事前に伝えられている場合は、同様に反応できていたことが分かる。次に、ランダム条件の球種間には有意差があり、遅球のRTが速球のRTより短

いことが示された。これは、ボタン押しによってRTを測定した以前の研究結果(村上・山田, 2021)では球種間に有意差が示されなかったことで、バットを振る動作からRTを測定したことによって示された結果であり、大変興味深い。さらに、各対象者のコントロール条件の平均RTを用いてランダム条件のRTを規格化した結果から、速球の平均は1に近い値を示したのに対して、遅球の平均は大きく1を下回った。これは、同じ球種でも事前に提示されるのではなく、ランダムに提示されることで遅球のRTが短くなることがわかった。図3からも規格化した遅球のRTの分布は、1より小さくなっていることが分かる。

速球のRTはコントロール条件とランダム条件で変化がなく、遅球のRTがコントロール条件よりランダム条件で短くなった結果には、打者は基本的に速いボールにタイミングを合わせて運動を開始すると説明されている(Cañal-Bruland et al., 2015)ことが関連すると考えられる。すなわち、ランダム条件では、より刺激提示時間が短い速球に合わせて対象者はスイングに向けた準備を行った可能性が考えられるため、速球のRTは変化しなかったと考えることができる。遅球のRTがランダム条件でコントロール条件と同じランダム条件の速球よりも短くなった結果は、非常に興味深い。実際にボールを打撃する場合は、速球に合わせてスイングの準備を行ったとしても、投げられたボールが

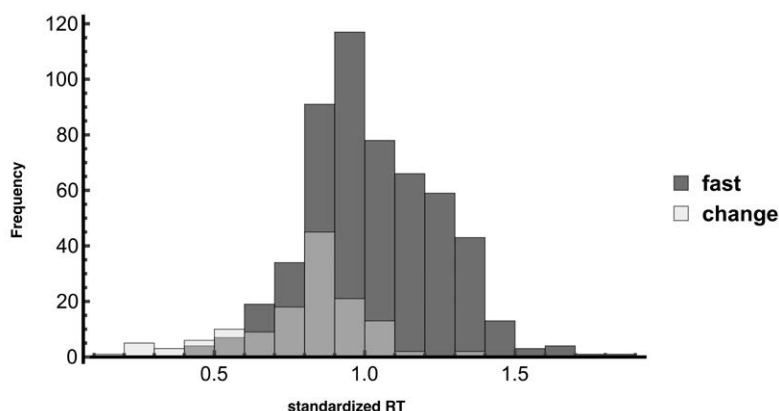


図3 ランダム条件の規格化したRTのヒストグラム

遅球であった場合は、速球との時間差をうまく制御してタイミングを合わせることが必要である。しかし、本実験ではボールを打撃するわけではないので、LEDのオフセットに反応するための準備動作が速球の刺激に合わせて遅球でも行われたと考えられる。図4は、1名の対象者のランダム条件の速球と遅球の左脚の地面反力とLEDの電気信号の典型例を示している。LEDのオフセット付近までの地面反力の波形を定性的に見ていくと、ほとんど同様の波形となっているため、どちらの球種でも同様の準備動作が行われているといえる。そして、LEDのオフセット以降は速球と遅球で波形が異なることが分かる。しかし、これは1名の対象者の典型例からの考察であるので、今後はこの波形の分析を全対象者で行い、球種のタイミング制御およびRTの結果の要因に関してさらに検討していく予定である。

## 謝辞

本研究は、2021年度本学の山田憲政ゼミ所属

の武富沙耶さん、長尾千葉美さん、安田優莉音さんによる卒業研究を発展させたものである。

また、本研究は2021年度中京大学先端研体育研究所研究プロジェクト研究費を受けて行われた。

## 参考文献

- Cañal-Bruland, R., Filius, M. A., & Oudejans, R. D. (2015). Sitting on a fastball. *Journal of Motor Behavior*, 47(4), 267-270.
- 井尻哲也・中澤公孝 (2017). 野球のバッティングにおけるタイミング制御. *日本神経回路学会誌*, 24 (3), 124-131.
- 木村聡貴・三上弾 (2017). 打者は打席で何をしているのか? 打撃パフォーマンス分析にむけたバーチャルリアリティの活用. *日本神経回路学会誌*, 24 (3), 109-115.
- 松村圭貴・佐藤良・Heron, J.・Roach, Neil.・宮崎真 (2021). 速球と遅球を効果的に打ち分ける——一致タイミング課題における複数の事前分布の学び分け——. 第48回スポーツ心

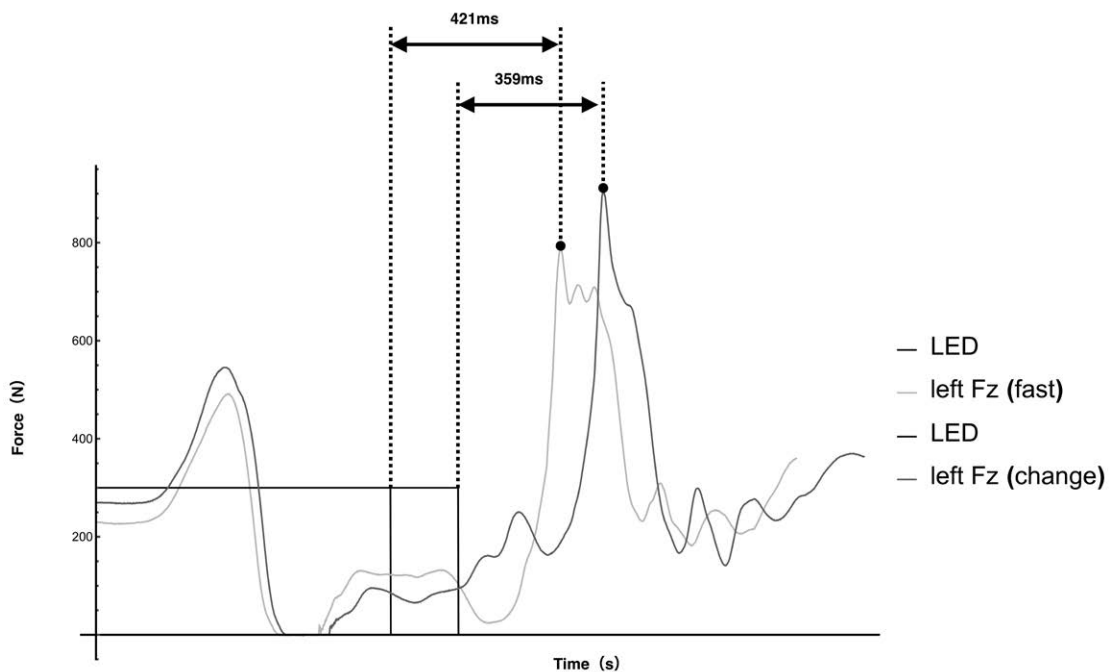


図4 1名の対象者の速球と遅球の典型例  
この試技における速球のRTは421msで、遅球のRTは359msであった。

理学会大会抄録集, 20-21.

Miyazaki, M., Nozaki, D., & Nakajima, Y. (2005).  
Testing Bayesian models of human coincidence  
timing. *Journal of neurophysiology*, 94(1), 395-  
399.

村上宏樹・山田憲政 (2021). 心理学実験ソフト  
PsychoPy のスポーツにおける反応時間

測定への適応—ピッチャーの配球に対する  
反応時間の変化の検討—. 中京大学体育研  
究所紀要, 35, 59-63.

那須大毅 (2017). 野球の投手—打者対戦からみ  
たバッティングの時間構造. 日本神経回路  
学会誌, 24 (3), 132-137.