

野球投手における踏込み脚上下動作時間が打者のタイミングコントロールに与える影響

泊弘侑¹⁾, 幾留沙智²⁾, 森司朗²⁾, 鈴木智晴³⁾, 蔭山雅洋³⁾, 藤井雅文²⁾, 前田明²⁾, 中本浩揮²⁾

¹⁾福岡ひびき信用金庫

²⁾鹿屋体育大学体育学部,

³⁾鹿屋体育大学大学院

キーワード: 投球技術, 予測, タイミング一致

[要旨]

野球の打者は、投球されたボール情報のみでなく、投手の投球動作情報も利用して打撃を行う。そこで、投手による投球動作中の踏込み脚上下動作時間の使い分けが、打者のタイミングコントロールに与える影響を検討した。被検者は大学野球選手 10 名とした。実験課題は、投手の投球映像を被検者に呈示し、ボールが到達すると予測したタイミングでスイングさせる打撃模擬課題とした。呈示映像は、投球動作局面を踏込み脚上昇局面と踏込み脚下降局面の 2 つに分け、通常投球(上昇局面約 1000ms, 下降局面約 800ms), 上昇局面の動作時間を 500ms 程度と 1500ms 程度にしたもの、下降局面の動作時間を 400ms 程度と 1200ms 程度にしたものの 5 種類を作成した。課題はこれらの映像を別々で連続呈示する単一条件とランダムに連続呈示するランダム条件で行った。結果として、タイミング誤差と打者のステップ動作のばらつきが、単一条件よりもランダム条件で有意に大きくなった ($p < .05$)。よって、投手は単に踏込み脚の上下動作時間を使い分けるといった比較的容易な方法で、打者のタイミングを混乱させることが可能であることが示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 7, 228-237, 2015 年, 受付日:2015 年 1 月 7 日, 受理日:2015 年 8 月 24 日

責任著者: 中本浩揮 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地 nakamoto@nifs-k.ac.jp

Influence of changes in lower leg movements during baseball pitching motions on the timing control of batter

Hiroyuki Tomari¹⁾, Sachi Ikudome²⁾, Shiro Mori²⁾, Chiharu Suzuki³⁾,
Masahiro Kageyama³⁾, Masafumi Fujii²⁾, Akira Maeda²⁾, Hiroki Nakamoto²⁾

¹⁾ Fukuoka Hibiki Shinkin Bank

²⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: pitching technique, anticipation, coincident timing

Abstract

Baseball batters swing the bat based on the information about not only ball trajectory but also the pitcher's motion. The present study investigated the influence of the length of time to raise and lower the lead foot in the pitching motion on the timing and control of the batter. Participants were 10 college baseball batters. In a batting simulation task, participants attempted to predict the arrival time of the ball at the plate from a video of baseball pitch that occluded 200 ms after the ball was released. The batters were required to swing as if to hit the ball when it arrived at the plate. The videos showed five different types of pitching motions that differed in the speed of raising and lowering the lead foot: normal speed (up = 1000 ms, down = 800 ms), raising quickly (500 ms) or slowly (1500 ms), and lowering quickly (400 ms) or slowly (1200 ms). These videos were presented in a set that contained only one raising and lowering combination (single presentation condition) or in a set of randomly ordered combinations (random presentation condition). The results showed that timing errors and variability of step motion during batting in the random condition were larger than those in the single presentation condition. These results indicate that a baseball pitcher could influence the prediction of ball arrival by using variable durations in lead foot motion.

I. 問題提起

野球では「勝負は 7 割投手で決まる」と言われるほど投手の役割が大きく、投手の育成は指導現場において至上命題ともいえる。育成する投手の目標像は指導者によって様々であるが、一般的には打者の主観的な打ちにくさに影響する球速の高さ、変化球の豊富さ、制球の精緻さなど投じられたボールの質に重点が置かれることが多い。そのため、指導ではこれらの要因に着目した投球動作の改善やトレーニングが中心に行われている。

しかし、野球の投手には、特別速いボールを投げるわけでも鋭い変化球を投げるわけでもないが、打ちにくい投手が存在するのも事実である。例えば、現役のプロ野球選手である和田毅投手は、ストレートの平均球速は 137 km/h であり、特別な変化球もないが、入団から 5 年連続 2 桁勝利という記録を打ち立てている。和田投手の球が打ちにくい理由として、多くの打者は、「あの腕の出所がわからないフォームがね」など投球動作に対するコメントを残している(佐野, 2005)。このように、実際に打つのはボールであるにも関わらず、打者が打ちにくい投手の特徴として投球動作に言及することは少なくない。この感覚を支持するように、スポーツ科学においても、打者は投球されたボール情報だけでなく、投球動作情報から将来的なボールの球種やコース、タイミングを予測しながら打球運動を行うことが明らかにされている(中本ら, 2005; 田中ら, 2010, 2013; 竹内・猪俣, 2012)。以上のように、打者の主観的な打ちにくさの感覚には、球質に加えて投球動作も影響していることから、どのような投球動作が有効であるかを明らかにできれば、球質改善以外の観点から投手のパフォーマンス向上につなげられると考えられる。

打者が利用している投球動作の情報として、前述の打者のコメントから投球腕が利用されていると考えられるが、和田投手のような投球腕の操作(投球腕を打者に隠すように投げる)は、球質そのものの低下や投球障害につながる可能性があり、和田選手自体も「切れのあるボールを投げるため、自分にとって理想的な投球フォームを追及していったら、たまたま腕が隠れた今のフォームになった」と意図的ではないことに言及している(佐野, 2005)。一方、投手の中には、図 1 に示す投球動作局面において、踏込み脚を上下させる動作時間を使い分け、打者のタイミングを混乱させる戦略を取る者がいる。例えば、現西武ライオンズの牧田和久投手は、ランナーがいない場面においてもワインドアップだけでなく、クイックモーションを利用するなど、投球動作の時間を変化させて打者のタイミングを外すことで有名である。踏込み脚の上下動作は、投手にとっては比較的投球フォームを崩すことなく操作が可能な動作の一つである。また、多くの打者は投手の下肢動作の情報を半ば無意識的に打撃のステップ動作のタイミングをあわせるために利用している(手塚, 1999)と考えられている。よって、投手による踏込み脚の動作時間の使い分けは、打者のステップのタイミングを崩し、最終的なボールとのタイミング一致にまで影響を及ぼす可能性がある。

以上から本研究では、投手が投球動作中の踏込み脚の上下動作時間を使い分けた際、打者のタイミングコントロールにどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした。この目的を達成するために、本研究では、映像を用いた打撃シミュレーション課題を用い、投手の投球動作中の踏込み脚上下動作時間の操作が打者のタイミング予測の正確性、ステップ動作の安定性、スイング速度にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

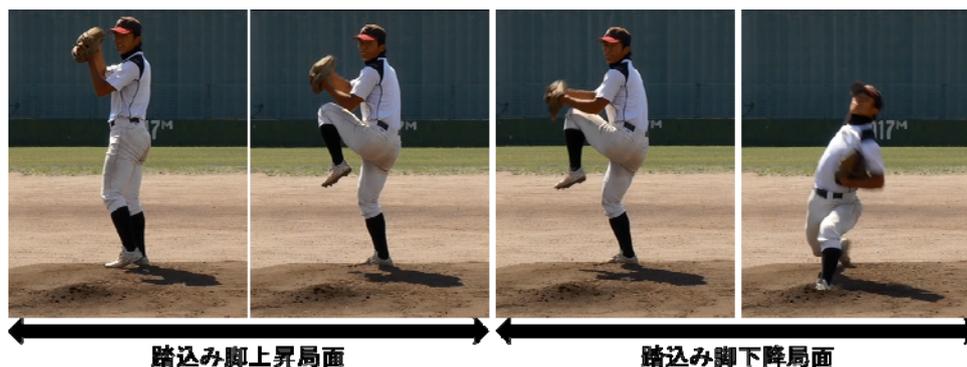


図 1. 投手の投球動作中における踏み込み脚の動作局面

II. 方法

1. 被検者

被検者は、野球部に所属する男子大学生 10 名 (平均年齢 20.3 ± 1.7 歳, 平均競技歴年数 11.2 ± 3.8 年) とした。なお被検者は右打ちが 5 名, 左打ちが 5 名であった。

2. 実験課題および呈示映像

実験課題は、投手の投球映像を用いた打撃シミュレーション課題とした。この課題では、投手の投球映像がリリース後 200ms まで呈示される。この映像に対し、打者は遮蔽後のボールがホームベースの前縁に到達するタイミングを予測し、実際にボールを打つつもりでスイング動作を行うことが要求された (図 2)。つまり、打者はリリース前の投球動作情報とリリース後のわずかなボール情報に基づいて、ホームベースまでのボール到達時間を予測し、タイミングを合わせてスイングすることになる。

呈示する映像の作成にあたって、大学生投手 1 名 (経験年数 12 年, 右投げ, オーバースロー) の投球を撮影した。その際、投球動作局面を踏み込み脚上昇局面 (踏み込み脚の離地から最高点まで) と踏み込み脚下降局面 (踏み込み脚の上がり始めから接地まで) の 2 つの時間相に分け (図 1), 通常投球 (上昇局面の動作時間 1000ms 程度, 下降局面の動作時間 800ms 程度; [映像 1](#)), 上昇局面の動作時間を 500ms 程度 (以下, 上昇短; [映像 2](#)) と 1500ms 程度 (以下, 上昇長; [映像 3](#)) にしたもの, 下降局面の動作時間を 400ms 程度 (以下, 下降短; [映像 4](#)) と 1200ms 程度 (以下, 下降長; [映像 5](#)) にしたものの 5 種類の投球動作で投球させた (表 1)。これらの動作時間の設定は、撮影した投手自身が無理なく変更可能な動作時間とした。球種はストレートとカーブとし、ストライクゾーンの真中に投球するように指示した。最終的に投球練習を除く全 112 球が撮影され、この中から指示通りの投球動作ができており、なおかつボール飛来時間がストレートは 500ms 程度, カーブは 660ms 程度, コースが真中である 20 球を抽出した (300 コマ/秒のハイスピードカメラで撮影し算出)。20 球の映像は球種 (2: ストレート・カーブ) × 投球動作 (5: 通常・上昇短・上昇長・下降短・下降長) の計 10 種類が含まれていた。

3. 実験装置

投球映像の呈示には、短焦点型プロジェクタ (LVP-WD390EST, 三菱電機) と 80 インチのスクリーンを用いた (図 2)。スクリーンから 3m 離れた場所にホームベースを置き、その前縁に打者のスイングが到

達した瞬間を記録する赤外線センサを設置した。また、打者の踏込み脚の靴の母趾球にあたる場所に圧力計(AO-FT, アプライド・オーフィス)を貼付し床反力を測定した。これらのアナログ信号を A/D 変換器でデジタル信号に変換し、パーソナルコンピュータに記録した。打者のスイング速度の記録には、スイング速度記録装置(マルチスピードテスター II, SSK 社)を用いた。



図 2. 実験装置及び打撃シミュレーション課題の概略図

投球動作	踏込み脚上昇局面	踏込み脚下降局面
通常	1000ms程度	800ms程度
上昇短	500ms程度	800ms程度
上昇長	1500ms程度	800ms程度
下降短	1000ms程度	400ms程度
下降長	1000ms程度	1200ms程度

表 1. 呈示映像の種類

4. 実験手続き

実験開始に先立って、全被検者に素振りを含む十分な準備運動を行わせた。その後被検者は以下の 2 つの映像呈示条件の下で打撃シミュレーション課題を行った。1 つは、踏込み脚上下動作時間を操作した 5 種類の映像を別々で連続呈示する単一条件、もう 1 つは、5 種類の映像をランダムに連続呈示するランダム条件とした。前者は、5 種類の投球動作それぞれに対するパフォーマンスを測定するために、後者は、5 種類の投球動作を使い分けた場合のパフォーマンスを測定するために設定した。各映像呈示条件の試行数は各投球動作 10 球ずつの計 50 試行とし、全部で 100 試行を行わせた。映

像呈示条件の順序に関しては、映像に対する慣れが実験結果に影響を及ぼさぬように、連続条件を先に行う者 5 名とランダム条件を先に行う者 5 名に被検者を分けた。試行中は、被検者に合わせて十分な休憩をとり、疲労が実験結果に影響を及ぼさないようにした。

5. 分析項目

パフォーマンスを評価するために、タイミング予測の正確性、ステップ動作の安定性、スイング速度を分析対象とした。

タイミング予測の正確性の指標として、タイミング誤差を求めた。タイミング誤差は、実験中に記録されたバット到達時間(映像上でボールがリリースされてからバットが赤外線センサを切るまでの時間)とハイスピードカメラを使ってあらかじめ分析しておいた呈示映像のボール飛来時間(ボールリリースからホームベース到達までの時間)の差分とした。これらの値に関して、各映像呈示条件の各投球動作別に平均値を求めた。

ステップ動作の安定性の指標として、踏込み脚離地時間の標準偏差を求めた。踏込み脚離地時間は、圧力計の値が 0 になる時点を離地、再び 0 以上になる時点を再接地として定義し、離地から再接地までの時間とした。これらの値に関して、各映像呈示条件の各投球動作別に 10 球の標準偏差を求めた。

スイング速度に関しては、測定機器によって測定された値をそのままスイング速度として記録し、各映像呈示条件の各投球動作別に平均値を求めた。

6. 統計処理

タイミング誤差の平均、踏込み脚離地時間の標準偏差、スイング速度の平均のそれぞれに対して、映像呈示条件(2: 単一条件とランダム条件) × 投球動作(5: 通常, 上昇短, 上昇長, 下降短, 下降長)の 2 要因分散分析を行った。有意水準は 5%未満とした。交互作用が有意であった場合は単純主効果検定を行い、主効果が有意であった場合は Bonferroni 法を用いて各水準を比較した。

III. 実験結果

1. 投手の踏込み脚上下動作時間の操作が打者のタイミング予測の正確性に与える影響

単一条件とランダム条件の平均タイミング誤差を各投球動作別にして図 3 に示した。2 要因分散分析を行った結果、映像呈示条件 $[F(1, 9) = 21.67, p < .01]$ の主効果のみが有意であった。つまり、5 種類の投球動作が別々に呈示される単一条件よりもランダムに呈示されるランダム条件においてタイミング誤差が大きいといえる。

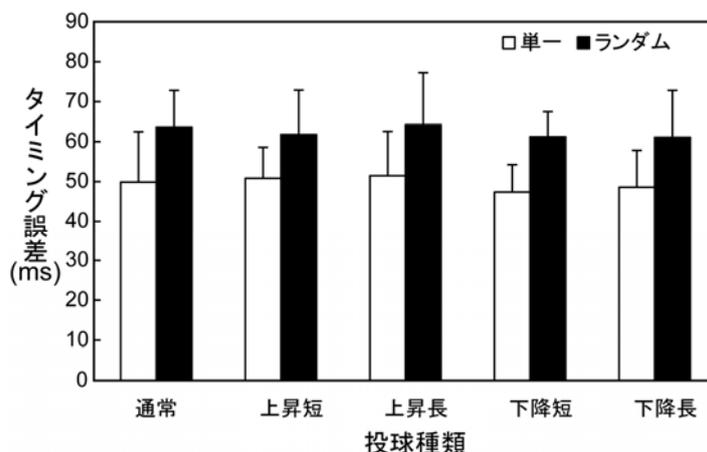


図 3. 単一条件とランダム条件における異なる下肢動作時間の各投球映像に対するタイミング予測の誤差

2. 投手の踏込み脚上下動作時間の操作が打者の踏込み脚離地時間の安定性に与える影響

単一条件とランダム条件の踏込み脚離地時間の標準偏差を各投球動作別にして図 4 に示した. 2 要因分散分析を行った結果, 映像呈示条件 [$F(1, 9) = 41.23, p < .01$] の主効果のみが有意であった. よって, 打者のステップ動作の離地時間のばらつきは, ランダム条件の方が単一条件よりも大きいといえる.

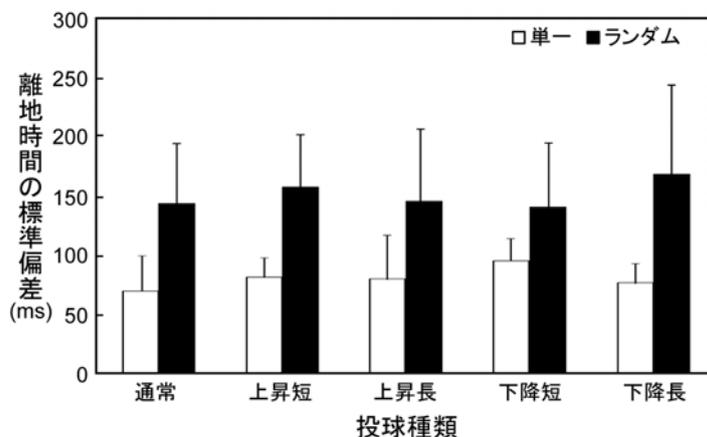


図 4. 単一条件とランダム条件における異なる下肢動作時間の各投球映像に対する打者の踏込み脚離地時間のばらつき

3. 投手の踏込み脚上下動作時間の操作が打者のスイング速度に与える影響

単一条件とランダム条件の平均スイング速度を各投球動作別にして図 5 に示した. 2 要因分散分析を行った結果, 投球動作 [$F(1, 9) = 1.53, p < .05$] が有意であった. 多重比較を行ったところ, 上昇短条件よりも下降長条件の映像に対するスイング速度は, 速くなるという結果が得られた ($p < .05$).

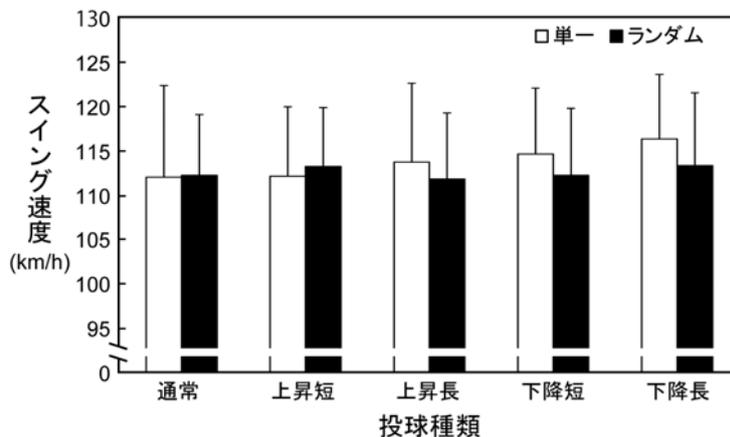


図 5. 単一条件とランダム条件における異なる下肢動作時間の各投球映像に対するスイング速度

IV. 考察

本研究は、投球中の踏込み脚上下動作時間の操作が打者のタイミングコントロールにどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした。そのため、投手の踏込み脚の動作を上昇局面と下降局面に分け、通常投球を含む 5 種類の異なる踏込み脚上下動作時間を持つ映像を利用した打撃シミュレーション課題を行い、その時のタイミング誤差、打者の踏込み脚離地時間のばらつき、スイング速度を評価した。

まずタイミング誤差に関して、同じ投球動作を連続して呈示する単一条件の時よりも、異なる投球動作をランダムに呈示するランダム条件の時の方が誤差は大きくなった(図3)。この結果は、打者は踏込み脚上下動作時間そのものからではなく、様々な踏込み脚上下動作時間をランダムに組み合わせることでタイミングコントロールが困難になることを示す。つまり、踏込み脚の上下動作時間を操作した投球は、タイミングを崩しやすい特別な動作時間が存在するというよりは、複数の動作時間を組み合わせることが打者を打ちにくくする方法として有効である可能性を示す。また、ランダムな組み合わせに伴う誤差の増大は10 ms程度であったが、野球の打撃ではタイミングが2 msずれるとファールボールになる(Adair, 1994)ことから、実践場面において非常に大きな誤差といえる。

石垣・檜本(2003)は、球速の組み合わせが打者の速度感覚に及ぼす影響を検討した結果、物理的に同じ球速であっても、前球の球速が速い場合と遅い場合では、打者が主観的に知覚する速度は異なることを報告している。また、Ikudomeら(2013)は、速い速度と遅い速度の移動標的を50%ずつ呈示する場合と80%と20%(またはその逆)で呈示する場合では、20%の確率で呈示される標的に対するタイミング誤差が最も大きくなることを報告している。これらの研究は、打者が前球までの球速を考慮して次球を予測しながら打撃するため、全く同じボールが打者の主観的な知覚やタイミングコントロールに影響することを示し、現場で言及される「緩急をつける」や「裏をかく」ことの重要性を支持するものといえる。本研究では球速ではなく、投手の踏込み脚上下動作時間をランダムに操作することでタイミング誤差が増大することを示したが(映像には球速が異なるカーブとストレートが含まれていたが、これらはいずれの映像呈示条件でもランダム)、打者は球質だけでなく、投球動作についても前球の情報を次球に持ち越すためランダム条件において誤差が増大したと考えられる。しかし、本研究の結果は、シミュレーション

ョン課題における予測したタイミング誤差であるため、実打課題を用いた場合の実際のタイミング誤差にまで影響するかは更なる検討が必要である。

次に、打者の踏込み脚離地時間に関して、タイミング誤差と同様にランダム条件では単一条件よりもばらつきが大きくなった(図4)。ばらつきはしばしば運動の調整の大きさの指標とされることから(Bootsma & Wieringen, 1990)、この結果は、打者がランダム条件では単一条件よりも、ステップ動作の大きな調整が必要であったことを意味する。速い球と遅い球がランダムにマシンから投射される状況において、打者は踏込み脚が地面を踏みしめる時にスイング開始のタイミングが早まってしまうと判断した場合、ステップした踏込み脚の踏みしめをとどまることによりスイング開始時期を調整していると報告されている(勝又ら, 1996; Katsumata, 2007)。一方、本研究では、ボールの飛来時間(投球速度)は異なる投球動作間で同程度であり、踏込み脚上下動作時間のみが条件間で異なった。このことを考慮すると、本研究で観察されたランダム条件時の打者の踏込み脚接地時間のばらつきの増大は、投手の踏込み脚上下動作時間の操作によって、打者が投球動作に合わせてステップ動作を同調させることが困難であったために生じたと考えられる。

スイング速度に関しては、タイミング誤差や踏込み脚離地時間の結果と異なり、ランダム条件の効果はみられなかった。しかし、上昇局面の動作時間を短くした映像よりも、下降局面の動作時間を長くした映像の方が打者のスイング速度が速くなった(図5)。この現象がなぜ生じるかについては、投手の踏込み脚下降局面に対して、打者がステップ動作をどのように対応させているかを検証する必要があるが、スイング速度の増加は長打の危険性を増加させること、ランダムではなくとも投球動作そのものがスイング速度に影響する可能性を示すことから、この現象は非常に興味深い。いずれにしても、打者が知覚(利用)する情報を複雑に(ランダムに)操作することは、球質以外で打者を打ち取る技術として有効であると考えられる。

V. まとめ

投手の踏込み脚の上下動作時間を使い分けた映像を用い、単一条件とランダム条件でのタイミング誤差、踏込み脚離地時間のばらつき、スイング速度について検討した結果、1)踏込み動作時間をランダムに組み合わせることで、タイミング誤差と打者の踏込み脚離地時間のばらつきを増大させることができること、2)踏込み脚下降局面の動作時間が長くなると、打者のスイング速度が増加することが示唆された。つまり打者は、投手の踏込み脚の動作情報を用いることで、タイミングコントロールを行っており、投手はその動作情報を使い分けることで打者の打撃パフォーマンスを低下させることが可能であると推察される。

以上のように、単に投球動作を使い分けるだけで打者のタイミングを崩すことができる点は、投手の実践的な投球術の一つとして有効であると考えられる。実際、野球において「投げるリズムが一定になる」と打たれやすくなると考えられている。このリズムは投球の間を指すことが多いが、投手の投球動作のリズムが一定になることもまた打たれやすい要因になると考えられる。さらに、指導現場では投手が球速にこだわりすぎて、その他の技術が打者を打ち取るために有効であるという視点を失ってしまうことは少なくない。そのため、このような知見の集積や指導現場での利用は、投手が球速以外に視点を向け、独自の工夫によって打者を打ち取る技術の獲得につながると考えられる。

一方, 本研究では, 投手が投球動作中の踏込み脚の上下動作時間を使い分けた際に, 球速や制球にどのような影響を及ぼすのかについて検証していない. この点は, 踏込み脚の使い分けが真に実践現場で有効であることを立証するために不可欠である. また, 下肢の操作によって上肢を含む投球動作にどのような影響があるのかについても更に検証する必要がある. つまり, 本研究では下肢の操作に伴う上肢動作の変化が, タイミング誤差の増大を引き起こした可能性がある. しかし, 本研究のように投手が踏込み脚の上下動作時間を使い分ける意識を持つだけで, 打者のタイミングが混乱するという事実は有効と思われる. 今後, このような点に関して, スポーツ科学で利用される方法論で検証していくことで, 実践への応用が可能になると考えられる.

VI. 引用文献

- ・ Adair, R. K. (1994). *The Physics of baseball* (2nd ed.). New York: Harper-Perennial.
- ・ Bootsma RJ, Van Wieringen PCW (1990) Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16: 21-29
- ・ Ikudome S, Nakamoto H, Yotani K, Kanehisa H, Mori S (2013) Visuomotor process in movement correction: role of internal feedback loop. *NeuroReport*, 24: 879-883
- ・ 石垣尚男・樽本裕樹 (2003) 野球打者におけるボール速度の感覚. 愛知工業大学研究報告. B, 38: 207-211
- ・ Katsumata H (2007) A functional modulation for timing a movement: a coordinative structure in baseball hitting. *Human Movement Science*, 26:27-47
- ・ 勝又宏・川合武司 (1996) 地面反力からみた異なる投球速度に対する野球の打撃動作の特性. *体育学研究*, 48: 381-398
- ・ 中本浩揮・杉原隆・及川研 (2005) 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果. *体育学研究*, 50: 581-591
- ・ 佐野真 (2005) 和田の 130 キロ台はなぜ打ちにくい. 講談社現代新書
- ・ 竹内高行・猪俣公宏 (2012) 野球の打撃時における視覚探索方略. *スポーツ心理学研究*, 39(1), 47-59
- ・ 田中ゆふ・関矢寛史 (2010) 投球予測における顕在的・潜在的知覚トレーニングの効果. *体育学研究*, 55: 499-511
- ・ 田中ゆふ・関矢寛史・田中美吏 (2013) 投球動作前の確率情報を伴う球種予測に顕在的・潜在的知覚トレーニングが及ぼす影響. *スポーツ心理学研究*, 40: 109-124
- ・ 手塚一志 (2000) バッティングが変わる! 驚異のシンクロ打法 発見! タイミングの法則. 日本文芸社