

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：37112

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20064

研究課題名（和文）対戦型スポーツにおける一流選手の対応能力に関する研究

研究課題名（英文）A study of the ability of top players to respond in competitive sports.

研究代表者

城所 収二（Kidokoro, Shuji）

福岡工業大学・付置研究所・研究員

研究者番号：20756118

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、熟練した卓球および野球選手の対応力に着目した打撃技能を明らかにするために以下の計測を行った。卓球選手には、遮蔽ゴーグルを装着させてラリー中の視覚情報量とインパクトの正確性が競技レベル間で異なるのかを調査した。その結果、エリート選手の予測能力が中級者よりも優れているという根拠は示されなかった。次いで、野球では打撃技術を4つの要素（スピード、コンタクト、タイミング、選球眼）に分解し、スコア化する方法論を確立した。競技レベルの高い選手は、極端に劣る要素がなく、4要素全てが一定以上のスコアを記録していた。以上より、複合的な技術を求められる競技では、弱点の克服が優先的な取り組み課題になる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの卓球や野球の打撃動作を対象にした研究の多くが、スピードやパワーの最大化を目的としたり、実戦とは切り離された環境下で認知機能を評価してきた。優れた選手の能力の一端は理解できるものの、競技の複雑さに対して分解して評価したスキルが、試合のパフォーマンスにどのように繋がっていくのかは不明瞭な点が多い。その点、本研究は実戦に近いシチュエーションで卓球と野球の打撃動作を計測し、一流選手と中級選手との間で対応力に差があるのかを比較している。プレーの質を総合的に評価しているため、競技レベル間の差が分かるという学術的意義だけでなく、中級選手の高めるべきスキルが分かるという実践的な観点での意義もある。

研究成果の概要（英文）：The following measurements and evaluations were used in this study to identify the hitting skills focused on responsiveness in skilled table tennis and baseball players. Table tennis players were asked to wear the PLATO visual occlusion spectacles to investigate whether the relationship between the amount of visual information and the impact accuracy during rallies differed between levels of competition. There was no evidence that the predictive ability of elite players was better than that intermediate players. In baseball study, a methodology was established to score hitting skills as four independent components (speed, contact quality, timing control, and swing decisions). Highly skilled athletes had no extremely inferior elements, and all four elements scored above a certain level. From the above, in ball sports which require complex techniques at the same time, the priority to be addressed by athletes at lower competitive levels is considered to be overcoming weaknesses.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：プロ野球 打撃 スイング速度 タイミング 正確性 選球眼

## 1. 研究開始当初の背景

卓球や野球のような対戦型の球技スポーツは、競技レベルが高まるほど、時間による制約も高まる。卓球のフォアハンドドライブで強打されたボールは、0.2~0.3秒ほどで相手選手の構える位置にまで到達するため、受け身になる選手は、瞬時にボールが到達する位置と時刻を予測し、さらにはボールの回転に応じたラケット操作を実行しなければならない。加えて、身体から離れたボールに関しては、テニスほどではないにしても体重移動を余儀なくされるため、その分だけ時間的な余裕がなくなる。

野球の投手と打者の関係でみると、投手が投げたボールは、0.45~0.6秒でホームベースにまで到達する。卓球と比べると時間が長く、かつ身体の移動を伴わない分、余裕があるように感じられるが、どんなに速球投手と対戦しても打者はスイング動作を実行する。バットが加速し始めてからインパクトまでのスイング動作には0.15~0.2秒程度の時間を要するが、さらに野球の場合、スイング動作を実行する前にスイングする/しないの意思決定をしなければならない。そのため、タスク自体が複雑かつ高度であり、時間的な余裕は卓球と同様にほとんどないといえる。しかし、一流選手同士の試合であっても、受け身側になる卓球選手や野球の打者が一方的に不利な展開になるわけではない。時間のない状況下でも高い確率で対応できている選手もいる。

卓球における対応力という表現には、打ち返されるボールの方向やボールの回転を早期に見極める能力や、ラケットおよび身体を打点位置へ向けて瞬時に移動させる敏捷性、加えてインパクト局面でのラケット捌きの正確さが含まれる。しかしながら、これらの能力がいくら高くとも対応可能な時間の短さには限度がある。それでもなお高速ラリーを展開できる選手は、相手選手がボールを打つよりも前に到達地点を予測することに長けている可能性がある。しかし、実際にラリーを行う中での予測プロセスを調査した研究は存在しない。

野球の打撃動作も、卓球と同様にボールと打具を使うことや、競技の構造的な共通点を考えると、求められる技能には高い類似性を感じられる。しかし、野球の打撃は、打球速度の高さが得点期待値を高めるといった側面があるため、研究対象としてもスピードやパワーに焦点が向くことが多く、野球の現場でも出力を高めることを狙った練習やトレーニングが多いようである。しかしながら、打球速度の高さは、スイングスピードだけでなく、インパクトでの高い正確性が必要となる。加えて、スイングする/しないの意思決定の正しさ(選球眼)も打者に必要な能力の1つであり、試合で結果を残すには高い総合力が必要となる。打者に求められるこれらの技能を計測した過去の研究は、スキルそれぞれを個別に調査しているが、スキル同士の相互作用や、試合のパフォーマンスに対してどれだけ影響し得るものなのかという点で不明瞭ことが多い。そのため、以下の目的で本研究を実施した。

## 2. 研究の目的

(1) 卓球選手がどの程度予測に基づきプレーをしているのかが分かれば、競技に必要な技能を集約でき、トレーニングの方法や選手の適性を見極めることにも生かされる。そこで、卓球のラリーを対象とした本研究は、相手選手のスイング動作と向かってくるボールの視覚情報量が、インパクトの正確性にどれだけ影響するのかを、競技レベル間で比較することを目的とした。熟練した卓球選手は、打たれたボールの視覚情報だけでなく、相手選手の動きをも、ボールが打ち出される方向を予測するために利用していると仮説を立てた。

(2) 野球の打撃成績は、打率や打点、ホームラン数といった試合の統計データが用いられるが、どの技術が優れていて、どの技術が劣っているためにこの成績なのか、という原因が客観的には示されていない。そのため、成績向上のための個別性のある練習を各選手に提供できていないことが多い。そこで本研究は、打撃パフォーマンスを4つの要素(スイング速度、インパクトの正確さ、タイミング制御、選球眼)に分類することから始め、それぞれを独立した数値としてスコア化する方法論を確立することを目的とした。そして、スコア化した4つのスキル要素をもとに、パフォーマンスの高い選手とそうでない選手の差がどこにあるのかを検証した。

## 3. 研究の方法

### (1) 卓球

対象者は、JOC エリートアカデミー生3名と中国人コーチ2名、大学卓球部員6名の計11名であった。このうち、右利きが9名、左利きが2名であった。アカデミー生3名とコーチ2名の計5名を上級者群、大学卓球部員6名を中級者群として群分けした。対象者への球出しを行う相手選手役は、2名の日本卓球協会の専任コーチが務めた。両者ともに右利きであった。

対象者は、十分なウォームアップと、遮蔽ゴーグル(PLATO Visual Occlusion Spectacles, Translucent Technologies Inc.)を装着した状態でのラリー練習を行った後、ラリーのタスクを実行した。ゴーグルは、専用の制御ユニット(ToTaL Control System)を経由して有線でPCに接続された。対象者とラリーを行う相手選手は、それぞれ卓球台の中央よりもややバック側に立ち、右利き同士の場合にはバック・クロスの位置関係で、左利きを対象者に対してはストレ

トの位置関係でラリーを行った。

実験のタスクは、次のように設計された。相手選手のサービス(1打目)からラリーを開始し、2打目を対象者がレシーブし、3打目を相手選手がフォアハンドドライブで強打した。2打目を返球する時点までは、3打目に備える準備動作という位置づけでお互いが打ち返しやすい位置へボールを送った。相手選手は、3打目を対象者のフォア側、ミドル側(体に向かってくる方向)、バック側の3方向へフォアハンドドライブで打ち分けた。相手選手が3打目で打ち返す方向は、その試行の開始前に、相手選手にのみ伝えられた。なお、相手選手は、対象者の裏をかくようなフェイントをいれず、オーソドックスなスイング動作により返球した。3打目のフォアハンドドライブに対する4打目を対象局面とし、3打目のインパクト前後で対象者のゴーグルのレンズが曇り、視界が遮蔽された。相手選手の打ったボールが途中まで見える比較的難度の低い条件から、相手選手のスイングの途中で視界が遮られる難度の高い条件までが、試行ごとにランダムに選択された。対象者は、遮蔽されるまでに得られた視覚情報をもとに返球を試みた。1人当たりの試行数は、計45試技であった。

対象者と相手選手の身体運動、ならびに飛翔するボールの運動を、モーションキャプチャシステムと高速度カメラにより記録した。ボールの運動は、電氣的に同期した2台の高速度カメラ(Phantom V310, Vision Research社, USA)により撮影した。カメラは、いずれも相手選手側の卓球台から左右斜め後方約12m、高さ約4mの位置に設置した。いずれのカメラもサンプリング周波数を500fpsに設定した。身体各部とラケットの位置座標は、20台の赤外線カメラを利用したモーションキャプチャシステム(VICON-MX, Vicon Motion System社, UK)により取得した。赤外線カメラのサンプリング周波数は、高速度カメラと同じ500fpsとした。対象者には、全身およびラケットの3次元運動を評価するための反射マーカを、相手選手には対象者から視認できる上半身の3次元運動を評価するための反射マーカを、身体各部とラケットにそれぞれ貼付した。

対象者の各試行の予測精度は、対象局面となるラリー4打目のインパクト誤差によって定量化された。インパクト誤差は、3打後の対象者へ向かってくるボールがラケットに当たった瞬間、空振りした場合にはボールがラケットと同一の鉛直面を通過した瞬間のラケット中心とボール中心との間の距離とした。ラケット面の直径は約15cmであるため、7.5cm程度のインパクト誤差までは許容誤差とみなした。

## (2) 野球

対象者は、1球団に所属する22名のプロ野球選手であり、いずれも1軍での出場経験のないファーム選手であった。このうち、右打者が15名、左打者が7名であった。

各対象者には、2ローター式のピッチングマシンを利用した打撃動作を行わせた。マシンの設定は、球速115~140km/hの間とし、球種としてはストレートとチェンジアップに相当した。対象者には、事前に球種の情報を伝えずランダムで投じた。対象者は、これらの投球に対し、試合同様の意識でストライクをスイング、ボール球を見送らせた。このタスクを100球行わせた。10球ごとに2~3分程度の休憩を挟んだが、集中力と疲労を考慮し、100球を2日に分けて実施した。

各対象者が所有するバットのグリップエンドには、スイングスピードやバットの軌道を計測できるセンサ(Blast Motion, USA)を装着した。また、対象者の前方(ピッチングマシンの真横)と側方(右打者ならば左打席の方向)には、有線で同期した2台のハイスピードカメラ(Phantom Miro, Vision Research社, USA)を設置し、対象者のスイング動作を撮影した。ハイスピードカメラのサンプリング周波数は、1000fpsに設定した。インパクト局面のボール中心とバット両端、ならびに股関節中心の3次元位置座標を取得した。

打撃パフォーマンスを構成する4つの要素(スイング速度、インパクトの正確さ、タイミング制御、選球眼)は、下記のように独立した指標として定義している。スイング速度は、Blast Motionによって得られたバットスピードの平均値とした。インパクトの正確さは、バットスピードをどれだけ効率よく打球速度に変換できたかを数値化した。タイミング制御は、インパクトのタイミングを空間上のインパクト位置によって表し、タイミングの丁度良かったインパクト位置から投手捕手方向へのバラツキの大きさに応じて、タイミングが「早かった・遅かった」を評価した。選球眼は、ストライクゾーンをスイングし、ボール球を見送れたかを基本として、ストライク/ボールの境界から離れたゾーンへの誤った判断に対しては評価が下がるようにした。なお、4つの要素には相互作用があるため、評価は独立しているが、パフォーマンス改善にあたっては、相互作用を無視することはできない。

#### 4. 研究成果

##### (1) 卓球

遮蔽時刻とインパクト誤差の関係(図1)は、上級者と中級者の間で大きな差はみられず、インパクト誤差で判断するならば、上級者の予測能力が中級者よりも優れているわけではなかった。むしろ、中級者の方が回帰式の決定係数(R<sup>2</sup>)が高く、かつ回帰曲線の傾きが、仮説に近い傾向を示した。上級者のインパクト誤差が大きかったのは、相手選手の動きをもとにした予測(1次情報)に頼り、誤った方向へのフットワークが多くなったためと考えられる。そのため、上級者は予測に頼らなければならない状況において、本来のパフォーマンスを発揮できず、レシーブ位置までの補正能力や、卓越したラケット捌きなど、本研究では測り得なかった部分があるが、中級者よりも優れている可能性が考えられる。

対象者の視界が遮蔽された時刻は、およそ相手選手がインパクトに向けてスイングを開始したあたりから、卓球台にバウンドするまでであった。対象者の視認時間とインパクト誤差の関係は直線的ではなく、インパクトよりも前に視界が遮蔽された場合において、急激に誤差が大きくなっていった。加えて、打ち出されたボールが0.1sほど見えれば、それ以上多く見えていようが、その後の精度にはほとんど影響しなかった。従って、相手のスイングフォームのみで、打ち返される方向や到達位置を予測するのは非常に難易度の高い技術となるが、打ち出された方向を少しでも視認できれば、その後は経験的な予測により正確性を担保できることが示された。

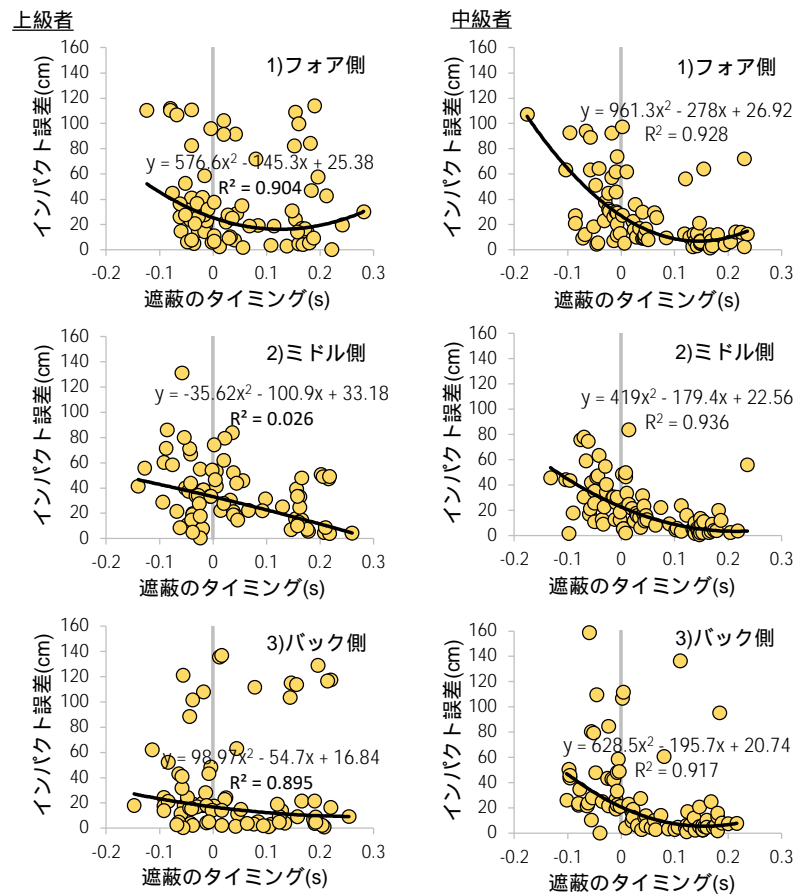


図1 上級者と中級者の視界の遮蔽タイミングとインパクト誤差の関係

##### (2) 野球

競技レベルの高い選手ほど、4つの要素が全て一定以上の水準にあり、著しく劣るスキルは存在しなかった(図2)。反対に、競技レベルの低い選手ほど、1つの要素が突出しているものの、明らかに劣っている要素が存在したり、4つ全ての要素が低いスコアになっていたりした。これにより、対象者のウィークポイントが分かり、伸ばすべきポイントが可視化された。

以上より、卓球でも野球でも、パフォーマンスを構成する1つの要素が優れているだけでは一流選手にはなれないため、自身の欠点を補うような練習を優先的に実行していくことが重要と考えられる。

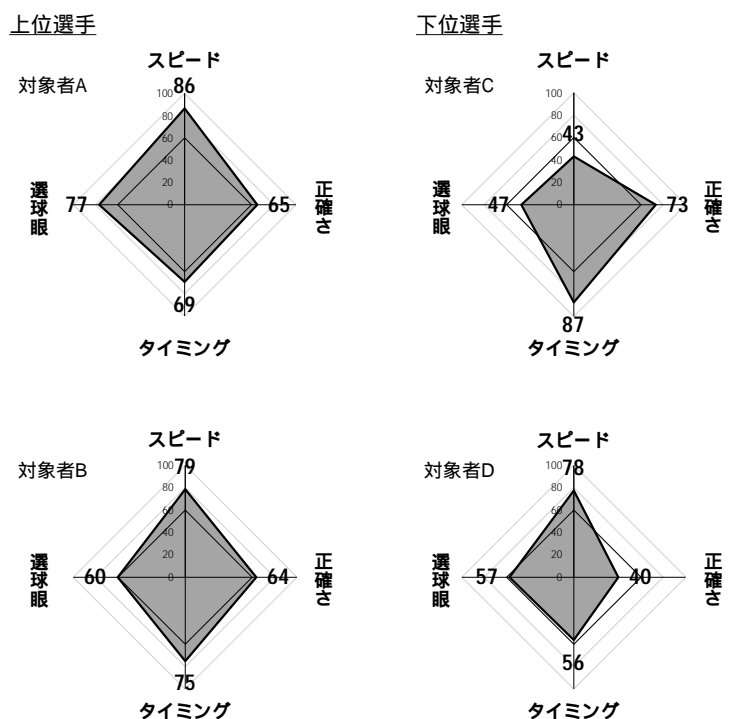


図2 競技レベルの高い上位選手と下位選手の4要素のスコアの例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

|                                                                                                                                  |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. 著者名<br>Shuji Kidokoro, Yoshitaka Morishita                                                                                    | 4. 巻<br>16             |
| 2. 論文標題<br>Relationship between impact characteristics and launch direction in softball hitting: A study involving elite players | 5. 発行年<br>2021年        |
| 3. 雑誌名<br>PLOS ONE                                                                                                               | 6. 最初と最後の頁<br>e0260520 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1371/journal.pone.0260520                                                                          | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                                                                            | 国際共著<br>-              |

|                                                                                                                                                     |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1. 著者名<br>Shuji Kidokoro, Yuji Matsuzaki, Ryota Akagi                                                                                               | 4. 巻<br>15             |
| 2. 論文標題<br>Does the combination of different pitches and the absence of pitch type information influence timing control during batting in baseball? | 5. 発行年<br>2020年        |
| 3. 雑誌名<br>PLOS ONE                                                                                                                                  | 6. 最初と最後の頁<br>e0230385 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1371/journal.pone.0230385                                                                                             | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                                                                                               | 国際共著<br>-              |

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>（ローマ字氏名）<br>（研究者番号） | 所属研究機関・部局・職<br>（機関番号） | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|