

## 準備段階での解の冗長性が個性を生む ～ソフトボールの打撃動作に学ぶ～

名古屋大学大学院教育発達科学研究科博士後期課程の 高御堂 良太 大学院生は、総合保健体育科学センター 横山 慶子 講師、山本 裕二 教授とともに、ソフトボール打者の準備動作は解の冗長性<sup>注</sup> から 3 タイプあることを明らかにしました。

女子ソフトボール日本代表の上野由岐子投手の投球は、最高時速 120km を超えます。しかも、投手から打者までの距離は 13.11m と短く、投手がボールを投げてから打者の手元に届くまでの時間は 0.4 秒にも満たないため、体感では野球の時速 160km を超えるとされています。したがって、打者の準備動作が重要になります。しかし、これまで打撃フォームに関しては研究が行われてきましたが、打撃のための準備動作には着目されていませんでした。そこで我々は、高校生、大学生、社会人の熟練打者がバットを振り出す前の準備動作を調べました。すると、投手に近い方の脚をいつ上げるのか（タイミング）と、その脚をどれくらい上げるのか（時間幅）という 2 つの要因から、3 タイプの準備動作があることがわかりました。ボールを打つのは一瞬ですが、その準備動作には正解はありません。つまり、打者が打撃を成功させるために、この準備動作での解の冗長性を利用し、選手それぞれの個性を発揮したと考えられます。このことは、一瞬の勝負のために、準備段階での解の冗長性が工夫を生み、個性を生むであろうこと示唆しています。（注：解の冗長性：無数に解があること）

この研究成果は、平成 31 年 2 月 26 日付け米国科学雑誌 PLoS ONE オンライン版に掲載されました。

この研究は、科学研究費助成事業基盤研究(B)「バイオロジカルモーションを用いた対人技能ダイナミクスの解明」の支援のもとで行われたものです。

## 【ポイント】

1. 女子ソフトボールの高校生、大学生、実業団選手の試合での打撃における準備動作は、投手に近い方の脚を上げるタイミングと脚を上げている時間から、3タイプ（早期始動長期継続型、早期始動早期完了型、直前始動型）に分類されることを明らかにしました。
2. これらのタイプの違いは、選手のプレーする環境（投手の投げるボール速度、使用しているボールの違い）によって決まることがわかりました。
3. さらにもっとも技能レベルの高い実業団選手では、一瞬の打撃を成功するために、それぞれの選手が準備段階における解の冗長性を利用して3タイプの準備動作の中から一つを選択していたことが明らかになりました。

## 【研究背景と内容】

野球やソフトボール等の野球型競技の打者は、投手がボールを投げた後の0.5秒以下の非常に短い時間で、飛来するボールが「いつ」「どこ」に到達するかを予測し、重いバット（1キロぐらい）を振って一瞬でボールを打ち返さなければいけません。重いバットを振るためには、全身を使う必要があるため、投手がボールを投げるまでの打撃の準備動作も、素早く正確な判断を生かすために重要になってきます。つまり、良い準備ができなければ、良い打撃はできないのです。したがって、上手な選手はこの準備動作がうまいのではないかと考えられます。しかし、ボールを打つための準備動作は、ボールを打つ動作よりも色々な動きをすることが可能です。いいかえれば、準備動作にこれが正しいという唯一の正解はないのです。このように無数に会があることを「解の冗長性」と呼びます。スポーツの動きには正解はなく、この「解の冗長性」を利用して各選手が個性を発揮しながら競技を行っていますが、日常生活でも正解があることの方が珍しいことでしょう。したがって、熟練したスポーツ選手の動きは、正解のない問題を解く、人間の素早く正確な判断や行動の仕組みを探るための格好の題材です。

我々は、高校生、大学生、実業団の3つの競技カテゴリーを対象に、それぞれ熟練した女子ソフトボール選手の試合中の打撃における準備動作を分析しました。高校生から大学生、実業団になるにしたがい、技能レベルは高くなっていきます。具体的には、打者が行なう準備動作の一つである脚のステップ動作に着目をして、まず、打者が投手に近い踏み込み脚を地面から離地した時点と準備動作の開始時点を表す始動時間とし、その後、踏み込み脚が地面に着地するまでの時間間隔をステップ時間として定義しました（図1）。なお、始動時間は投手のボールリリースを基準としたので、負の値は、投手のリリース前に準備動作を開始したことを表します。この二つの変数を各打者の試合内における全投球で算出しました。

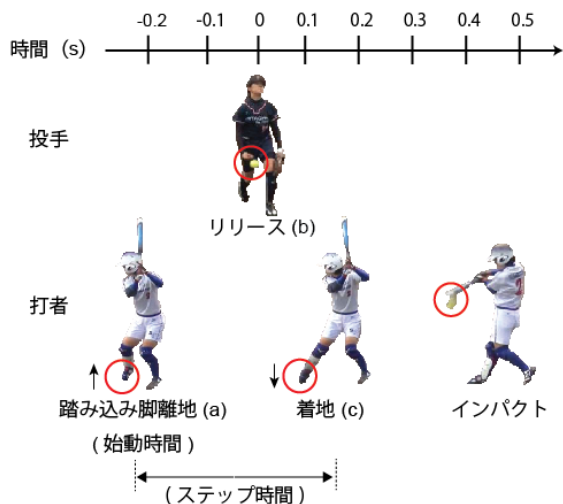


図1. 始動時間とステップ時間の定義  
(a) 踏み込み脚の離地（始動時間）  
(b) 投手のボールリリース  
(c) 踏み込み脚の着地  
(c)-(a)の時間間隔をステップ時間と定義

分析の結果、図2に示すように、始動時間を横軸に、ステップ時間を縦軸にとり、各選手をプロットすることで、高校生、大学生、実業団ごとの準備動作の違いを表すことができます。図2において、横軸は投手のボールリリースを基準としているので、図中で左方向にプロットされている選手ほど、投手のボールリリースに対して準備動作の開始が早い、すなわち始動の早い選手を示し、図中で上方向にプロットされている選手ほど、準備動作が長く、脚を長く上げる選手を示しています。図2より、高校生は大学生に比べて図中で左上の領域にプロットされている選手が多く、これは、高校生は比較的早い時点から長めの準備動作を行なう選手もいることを示しています。また、実業団選手は大学生に比べて、始動が早い選手が多く、かつ多様な準備動作を行なう選手がいることが分かります。

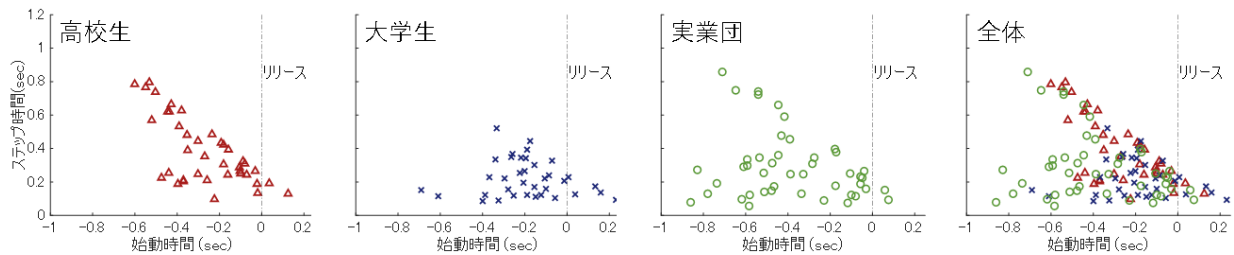


図2. 競技カテゴリー毎の準備動作の違い

図2右端の全選手のプロットを基に、始動時間、ステップ時間という二つの変数を用いてクラスター分析を行ないました。クラスター分析とは、ある変数を基にデータをいくつかのパターンに分類する手法のことであり、本研究では女子ソフトボール選手の準備動作に関して、図3aに示すように3つのクラスターが得られました。

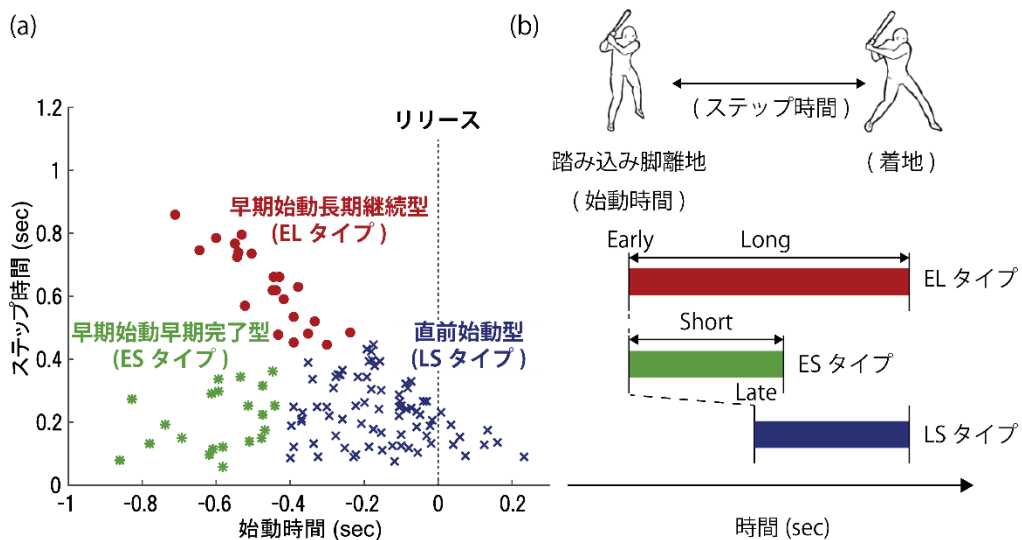


図3. 女子ソフトボールの打撃動作における3つのタイプの準備動作  
(a)クラスター分析の結果, (b)それぞれのタイプの概念図

我々は、各クラスター（集団）の特徴から、それぞれ早期始動長期継続型（ELタイプ：Earl start – Long duration）、早期始動早期完了型（ESタイプ：Early start – Short duration）、直前始動型（LSタイプ：Late start – Long duration）と定義しました。図3bには、それぞれのタイプの準備動作のイメージを示しています。早期始動長期継続型(EL)は図3aで左上に位置するクラスターに対応し、比較的早い時点から長い準備動作を行なう選手を示します。これは、主に踏み込み脚を大きく上げて打撃を行なう選手に該当します。また、早期始動早期完了型(ES)は図3aで左下に位置するクラスターに対応し、比較的早い時点から、短いステップ動作を行なう選手

に該当します。早期始動早期完了型に該当する打者の多くは、投手がボールリリースをする時点では既に踏み込み脚を着地しており、いわゆるノーステップ打法に近い方略を取る選手を示します。さらに、直前始動型(LS)は図 3a で右下に位置するクラスターに対応し、比較的遅い、ボールリリースの直前の時点から短いステップ動作を行なう選手を示します。直前始動型は 3 つのタイプの中で最も該当する選手が多く、最も基本的な打法であると考えられます。

分析の結果、競技カテゴリー毎に含まれるタイプの割合に明らかな違いがあり、大学生は高校生に比べ、有意に直前始動型が多く早期始動長期継続型が少ないです。実業団は大学生に比べて、有意に早期始動長期継続型、早期始動早期完了型が多く、直前始動型が少ないことが明らかになりました。

こうした競技カテゴリーによる違いは、各競技カテゴリーの競技環境によるものと思われます。つまり、各競技カテゴリーでの投手の球速と使用球の材質の違いが制約として働き、各選手がそれぞれの環境に適応した結果であると考えられました。具体的には、投手の球速は実業団が最も速く、大学生と高校生は同程度でした。また、使用球は高校生のみがゴム

ボールで、大学生と実業団では革ボールが使用されています。つまり、高校生は投手の球速がそれほど速くなく、ゴムボールを使っていることから長打をねらうには早期始動長期継続型、短打をねらうには直前始動型の準備動作を行っていると考えられます。大学生では、投手の球速は高校生と変わりませんが、ボールの材質が革になる（ボールが飛びやすくなる）ため、打撃の正確性が低下すると考えられる大きな準備動作を行なう必要がなく、高校生に比べて大きな準備動作を伴う早期始動長期継続型が減少したと考えられます。

さらに、3 タイプの準備動作がすべて見られた実業団は、投手の球速がもっとも速い競技カテゴリーです。そこでは、早期始動長期継続型の選手はより大きな準備動作により、打球を遠くに飛ばすことを目的とし、早期始動早期完了型あるいは直前始動型の選手は小さな準備動作でより確実に打撃を行なうことを試みている結果であると考えられます。つまり長打をねらう打者と短打をねらう打者が、それぞれの目的に応じて準備動作を変えていると考えられます。野球型競技における打者の目的は、まずはアウトにならないことです。しかしながら、打者の中には打撃の正確性を少々犠牲にしても長打をねらう打者もいます。また、短打をねらう打者の中には早期に準備動作を始動し、すぐにステップ動作を完了することも、投手のボールリリース直前に準備動作を始動し、短いステップ動作を行うこともできます。このように無数に解があることを、解に冗長性があるといいます。つまり、問題を解く方法はいくつもあるのですが、いずれも長打、短打をねらうという目的は達成されるのです。実業団選手においては、最も投手の球速が速い環境でプレーをしています。そうした環境の中で、わずか一瞬で勝敗が決まる打撃動作において、それぞれの選手が準備段階における解の冗長性を利用して、個性を発揮した準備動作を行っていると見えるでしょう。

#### 【成果の意義】

投手がボールを投じてから打者の手元に来るまでの時間が 0.5 秒以下という素早い決断と行動が要求され、わずかな時空間的誤差も許されない打撃動作においては、バットを振り出してボールを打つ動作は大きく変更することはできません。しかしながら、準備動作には無数の方

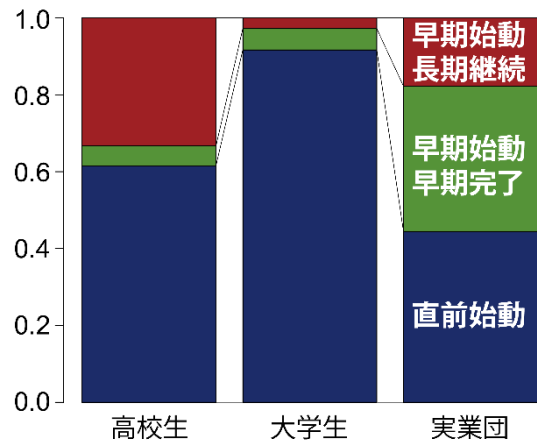


図 4 各競技カテゴリーでの割合

法があり、正解はありません。打者が一瞬で決着がつく打撃を成功させるために、この準備動作での解の冗長性を利用して、選手それぞれの個性を発揮したと考えられます。つまり、ボールを打つという勝負は一瞬ですが、解に冗長性がある準備段階においてこそ、個性を発揮できるチャンスがあり、一瞬の勝負のためにどう準備をするかが勝負のポイントとなることを示唆しています。「はやぶさ2」が「リュウグウ」に無事着陸できたのも、周到な準備があったからこそでしょう。勝負は一瞬で決着するかもしれませんが、その準備は無限にできることから、本研究はスポーツという題材を元に、準備の重要性とそこに人の個性が生まれることを示唆した点に意義があると考えています。

#### 【論文情報】

雑誌名：PLoS ONE

タイトル：Task constraints and stepping movement of fast-pitch softball

(ファーストピッチソフトボールにおける課題の制約とステップ動作)

著者：Ryota Takamido<sup>1\*</sup>、 Keiko Yokoyama<sup>2</sup>、 and Yuji Yamamoto<sup>2</sup>

(高御堂 良太<sup>1\*</sup>、横山 慶子<sup>2</sup>、山本 裕二<sup>2</sup>)

1. 名古屋大学大学院教育発達科学研究科、 2. 名古屋大学 総合保健体育科学センター

DOI: [10.1371/journal.pone.0212997](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212997)