

〔研究ノート〕

小中学生の打撃・バットスイング時にみられる動作パターン

齋藤 健治¹, 沖村 多賀典¹
酒井 淳一¹

要 旨

本研究では、小中学生の野球打動作の観察により、動作パターンを抽出・分類した。抽出・分類した動作パターンは、ダウンスイング局面でのバットヘッドの下がり、バットトップが身体鉛直軸まわりに正円を描くようなスイング軌道、体幹・腰部の早い回旋とバットスイングの遅れ、腰部の逆回転、下肢関節の伸び上がり運動、オープンステップが原因のバット先端での打撃、手によるバット操作の意識が先行した運動連鎖が不十分な打撃、であった。これらの動作は必ずしも独立して起こるものではないため、指導にあたっては相互の関連を理解しておくことが重要である。

キーワード：慣性モーメント、スイング軌道、関節運動、運動連鎖、コーチング

1. はじめに

野球の打動作に関する研究は、スイング時間やヘッドスピードを測定した基礎的な研究に始まり[6, 7]、現在までに多数報告されている。野球の実戦打撃は、投手が種々工夫して投じる多様な投球(スピード、回転数、コース、軌道などの点で)に、短時間(150~250 ms)で時空間的(±9 msの許容誤差、投手捕手方向に約1 m、高さ方向に約1 mの打撃空間)に対処しなければならない技術的に高度な運動課題である[9, 12]。その運動メカニズムを探るためには、kinematicsとkineticsだけでなく、眼球運動や動体視力などの神経生理学的な側面も分析の対象としなければならない。それらを要因とした実験・計測をデザインし、一方でさらに打撃目標とする投球の流体力学的特徴も含めて分析するとなると、投動作分析に比べてかなりの困難をとまなうこととなる。そのため、実際の投球に対する打撃実験よりも、素振り、ティー打撃やトス打撃といった、簡素化した条件で計測する研究が比較的多くなるといえる[1, 3, 12, 13, 26, 30, 31, 32]。より実戦打撃に近い条件を考慮した場合には、例えば、投球条件をコントロールしやすいピッチングマシンを用いた実投球による打動作計測が採用される[10, 17, 24]。

1 名古屋学院大学スポーツ健康学部

Correspondence to: Kenji Saitou

E-mail: saiken@ngu.ac.jp

Received 8 January, 2020

Accepted 10 January, 2020

いずれにしてもそれらの研究では、バットのヘッドスピードを始め、バットの軌跡、バット角速度、インパクト時のバットの姿勢やボールコンタクトの状態、腰や肩の回転の角度や角速度、上肢の関節角度、体幹の傾き角度などに着目し、素振りとティー打撃の差異やトス角度によるスイング動作の変化、バットの握り位置の違いがスイング動作に及ぼす影響などが検討されている。これらは三次元動作解析法が用いられているが、フォースプレートや [11, 17, 19]、センサーバットを併用した解析も行われている [14, 15, 16]。

また、バットの特性による打撃やスイングの違いに着目した研究もみられる [2, 5, 17, 18, 23, 25, 31, 33]。それらの研究では、実打直前のウォーミングアップに重量の大きなバットを用いると、その後のヘッドスピードが低下することや [2, 23]、グリップまわりの慣性モーメントがある程度以上大きくなると、スイングスピードやバットの角速度、身体の動きに影響が出ることが明らかにされている [17, 31]。

このように、種々解析装置が開発され研究知見が蓄積されている中で、技術レベルが異なる選手間での打動作の分析は、投動作に比べて進んでいないといわれる [3]。Dowling と Fleisig [3] は、小学生からプロ選手までの様々なレベルの選手を対象にして、打動作を三次元的に分析している。その結果、とくに後ろ肘（右打者の場合右肘）の伸展角速度やバットの並進速度・角速度の違いを見いだしている。このような未熟練者を対象とした研究は、とくに初級者指導においてだけでなく、中上級者が陥りやすい、あるいは習慣化している動きの癖などを見抜き、理解するコーチングの観点で重要な意味を持つといえる。本研究では、小中学生の未熟練者がどのような打動作・スイング動作をしているかを、動画の観察により、その特徴をいくつかのパターンとして抽出・分類することを目的とした。

2. 方法

2.1 撮影対象

小・中学生の試合中の実打撃、あるいは練習中の素振り、ティー打撃、トス打撃を撮影対象とした。撮影数はのべ239であった。

本研究の実施に際して、名古屋学院大学医学研究倫理委員会の承認を得た（許可番号2018-27）。

2.2 打動作撮影、分析

ハイスピードカメラ（CASIO, Exilim EX-F1あるいはSONY, RX10III）を用いて、打者の側方（構えたときの正面）あるいは前方（投手側）、後方（捕手側）から撮影した。撮影した動画を観察することにより打動作の特徴を抽出・分類し、代表的なものを選んでその動画を連続写真にして示した。連続写真は全て、時間経過に沿って左から右に並べている。

2.3 打動作の局面分け

一般的に打動作は図1に示すように、テイクバック期、ダウンスイング期、レベルスイング期、フォロースルー期に分けられ(図1)、テイクバック期とダウンスイング期の境界がトップ・オブ・スイング、

レベルスイング期とフォロースルー期の境界がインパクトに相当する。以下ではこれらの局面分けを用いる。

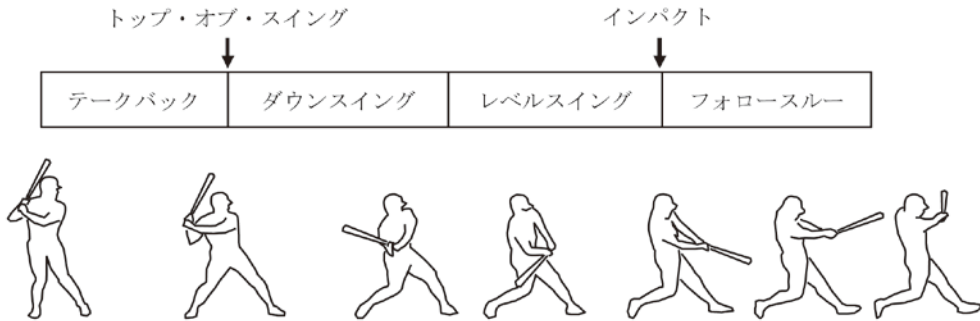


図1 バットスイングの局面分け

3. 結果および考察

3.1 ダウンスイング局面でのバットヘッドの下がり

図2は、ダウンスイング局面での、バットヘッド下がりの例である（矢印で示したコマ）。初心者・初級者あるいは小学校低学年では、バットのグリップまわりの慣性モーメントが身体能力（把持力や上肢・上肢帯の筋力）の割に大きく、ダウンスイング局面において重力によるモーメントに抗することができないため、バットヘッドが必要以上に下がるスイング動作になることが多い。このヘッド下がりのため、バットの打撃部分が打撃目標となる高さよりも低い位置を通るスイングとなり、ボールの下を通過（空振り）することが多くなる。ヘッド下がりがみられない場合でも、投球レベルが上がりバックスピンの回転数が増加すると、落下量が少ない投球の下部をヒットする傾向が強くなると報告されており [4]、打撃の正確性の点において致命的といえる。

また、バットヘッドが下がるのに対して、グリップ部分、とくにボトムハンド（右打ちであれば左手）、引き腕（右打ちであれば左腕）が高くなり、インパクトに向けてバットヘッド部分を引き上げるようなスイングとなる。インパクト以降は、リストターンが必要があるため、トップハンド（右打ちの場合右手）、押し腕（右打ちの場合右腕）が逆に高くなり、結果として、インパクト前後で両腕が交互に上下するような動きとなる。このときのバットの動きは、バットトップとグリップエンドが交互に上下し、長軸線でみると波を打ったようなスイングとなるため、スイングスピードが上がりにくいだけでなく、投球の上部を打撃する（こすり上げる）ことによるテニスのトップスピンのような打球になることもある。

このような動きを防ぐためには、適正な慣性モーメントのバットを選択することが重要となるが、それでも身体能力に見合わない場合は、バットを短く持ち [30]、慣性モーメントを小さくすることがヘッド下がりを防ぐ方法となる。即効性を考慮した「上から叩け」という強いダウンスイング指導は、ヘッド下がりを防ぐことにより投球にバットを当てる効果があるが、スイング速度を上げ、打球飛距離を増大させるといふ、打撃の本質からは外れやすいといえる。

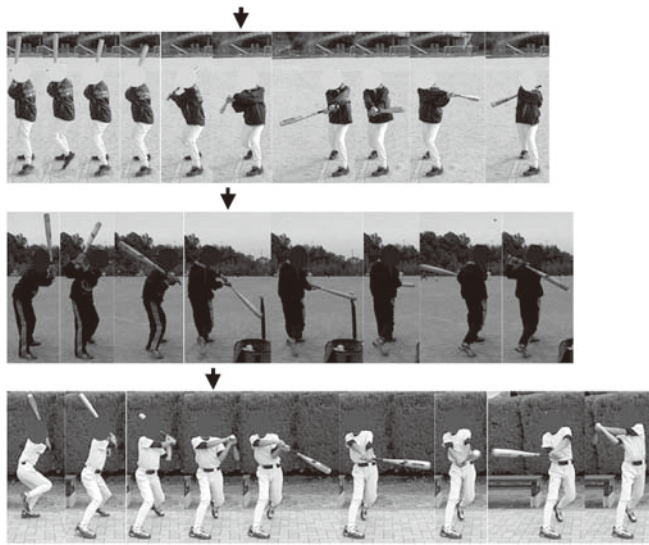


図2 ダウンスイング・レベルスイング局面で、バットのグリップまわり慣性モーメントの影響により、ヘッド下がり引き起こされたスイング例

3.2 バットトップが身体鉛直軸まわりに正円を描くようなスイング軌道

ストライクゾーンは、投手に正対した場合、右打者なら身体右側に、左打者なら身体左側に位置するため、バットスイングもそのサイドに寄った軌跡を描くことになる。そして、そのスイングにおけるバット先端軌跡の接線ベクトル（速度ベクトル）は、インパクト近辺において投手方向に向くことになる。さらに、投手方向を y 成分、それに直交する一塁方向を x 成分とし、速度ベクトルを成分分解すると、右打者のスイング時インパクト近辺では、概ね大きな正の y 成分、小さめの負の x 成分（左打者の場合、正の x 成分）で表されることになる。

しかしながら、未熟練なスイングの場合、 x 成分が（右打者の場合）負方向に大きく、 y 成分が正方向に小さくなる [28]。つまり、バット（あるいはグリップ）を身体正面投手方向へ引き寄せ、バット先端が身体鉛直軸まわりに正円となるような軌跡を描き勝ちである。図3は、そのようなスイング例を示している。ダウンスイング局面でヘッド下がりのようなスイングにはなっていないものの、同様に筋力不足が原因で、強くスイングしようとした場合、身体鉛直軸からストライクゾーン方向へバットを遠ざけることができず、バット先端が身体鉛直軸まわりに正円状に軌跡を描くようなスイングになってしまう。この場合、身体に近い投球コース（インコース）でなければ、バットのスイートスポットでヒットすることが難しくなる。身体から遠い投球コースの場合、後述の3.6同様に、スイートスポットより先で打撃するか、空振りすることになる。

それに対し、図4の右打者は、比較的体側右側のストライクゾーンサイドにスイングすることができ、 x 成分が負方向に小さく、 y 成分が正方向に大きいタイプの例である（a, b, c）。

小中学生の打撃・バットスイング時にみられる動作パターン

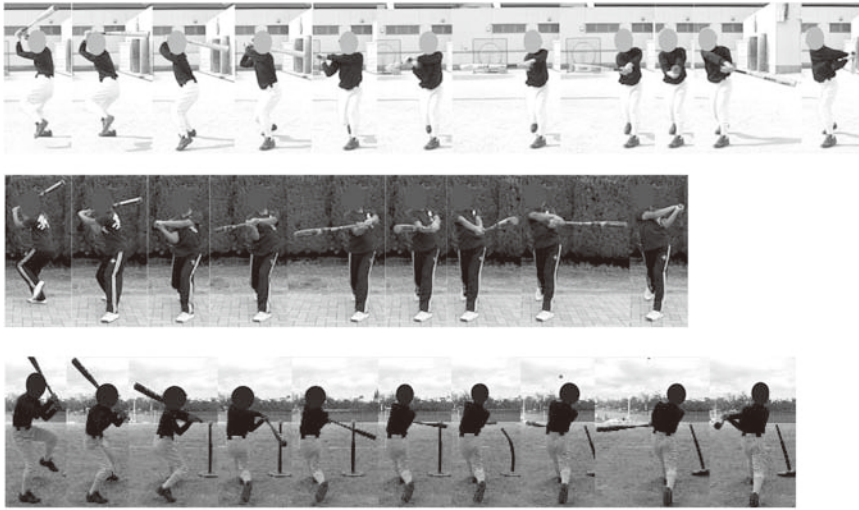


図3 バットトップが身体鉛直軸まわりに正円を描くようなスイング例

(a) (b) (c)



図4 バットトップがストライクゾーン方向に対応して操作されているスイング例

3.3 体幹・腰部の早い回旋とバットスイングの遅れ

前項同様に、バットのグリップまわり慣性モーメントが身体能力の割に大きいと、つまり、バットを引き出す上肢帯や上肢の筋力が不足していると、ダウンスイングからレベルスイング局面で、身体の鉛直軸まわりの回転が先行しすぎてしまい [29], 図5に示すように、バットヘッド部分が後方に残った (矢印で示したコマ), 身体回旋とバットスイング間で回転運動の連鎖不全が生じる。運動連鎖の観点でいうと、身体の回転速度が上がった時点で上肢の鉛直軸まわりの回転が始まり、次いでその速度が上がった時点で、バットの鉛直軸まわりの回転が始まり加速する、という力の伝達やタイミングのよい動きの順序性が必要であるが [8, 22], それらが不良な打撃動作となっている。

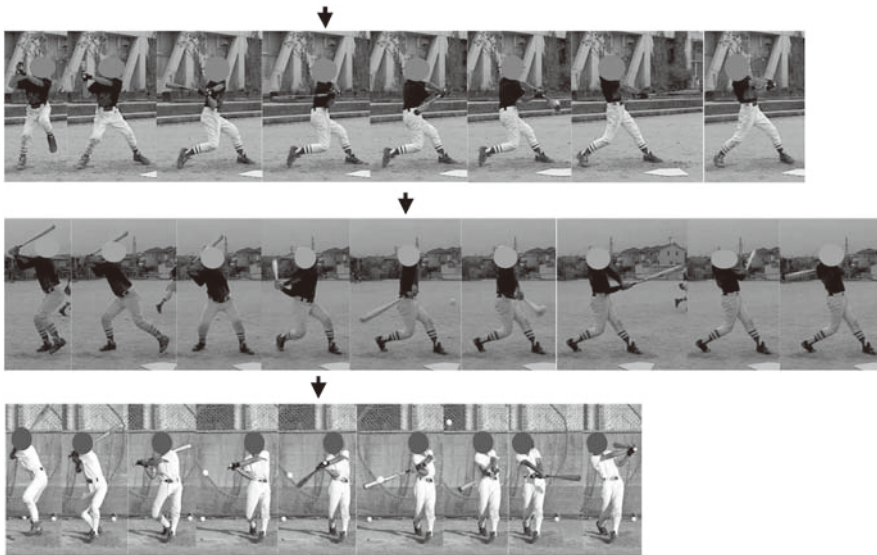


図5 ダウンスイング・レベルスイング局面で身体が先行して回転してしまい、本来、インパクトに近い姿勢をとりながらバットが後方に残されたままのスイング例

3.4 腰部の逆回転

バットスイング時の腰部の回転は、右打者であれば上からみた水平面上で概ね身体中心鉛直軸を回転中心とした反時計回りとなる。この回転運動は、下肢の運動が先行することで誘発されるが、下肢、体幹（腰部，肩）はバットの回転運動に先行して、順次性のある運動連鎖が起こることが、パフォーマンス向上に不可欠である [8, 22]。身体とバットの視点でスイングにおける角運動量の変動をみても、身体の角運動量（回転の速度）が低下しながら、一方でバットの角運動量が上昇することが、運動連鎖の点で鍵となるが、図6の例（矢印で示したコマ）では、腰部の回転方向が逆になっており、角運動量ベクトルが正負逆転している。この動作は、3.3で述べた動作と関連がある。すなわち、バットが捕手側に残ったままの状態状態で体幹・腰部が回転しきっているため、インパクト位置にバットを引き出すためには、身体全体の角運動量が保存されている中、腰部を逆方向に回転させることでバットのスイング方向の角運動量を誘発せざるを得ないスイング動作となっている。

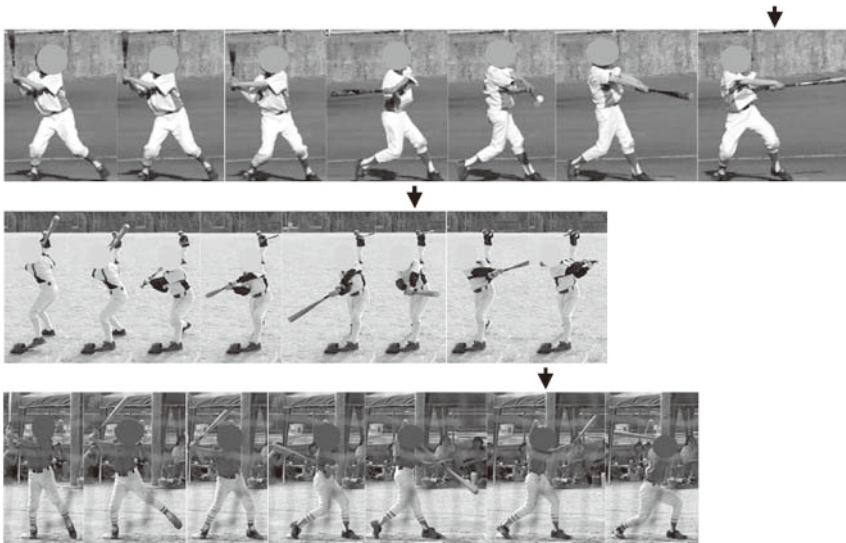


図6 腰部の逆回転が生じるスイング例

3.5 下肢関節の伸び上がり運動

図7は、レベルスイング局面からフォロースルー局面にかけて、下肢、とくに膝関節の急激な伸展運動による伸び上がり動作がみられる例である。野球の打撃スイングと相同といえるゴルフスイングにおいて、インパクト前に、身体鉛直回転軸方向へグリップを引くことにより、パラメトリック加速というヘッドスピードを増加させる運動の存在が指摘されている [20, 21]。パラメトリック加速を生じさせる身体の運動としては、左肩（右打者の場合）の引きや身体左サイドの急激な引き上げなどが挙げられており [20]、バットスイングでも同様に、インパクトまでのレベルスイング局面でステップした左脚（右打者の場合）の膝関節を伸展する運動である。しかしながら、この運動は、上記3.3のように、x方向（投球方向に直交する方向）へのグリップの引き寄せもともないやすく、スイートスポットより先端での打撃が多くなる。それに加え、種々の投球に対してタイミングやバット操作を変化適応させないといけないという点において、適切なスイングとはいえない。

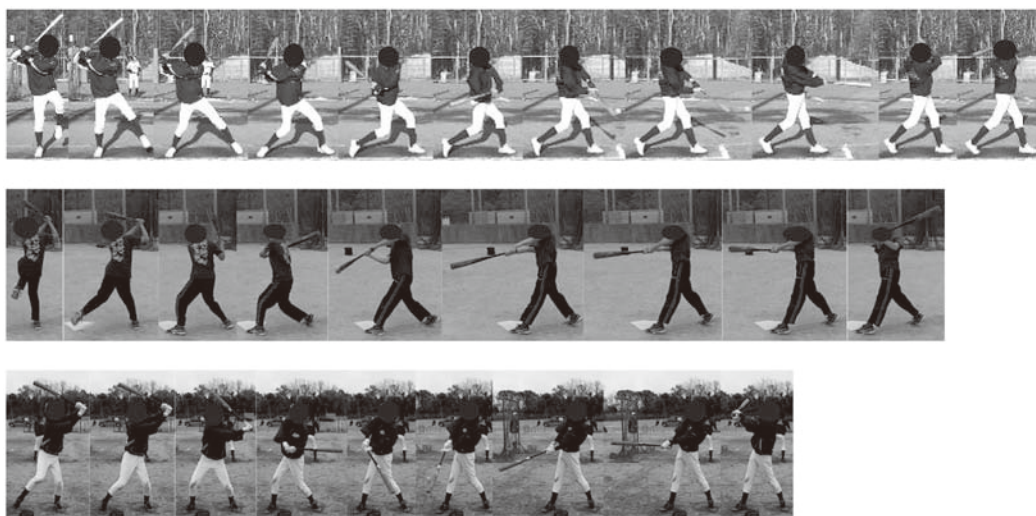


図7 インパクト前後で、下肢関節が伸展し身体全体が伸び上がるスイング例

3.6 オープンステップが原因のバット先端での打撃

図8は、テイクバック期からダウンスイング期にみられるステップ脚のオープンステップの例である。小学生期にもよく認められる動作で、投球に対する恐怖心から無意識に逃げる（身体を投球から遠ざける）動作としてのオープンステップ、あるいは、打撃動作の早い段階で投球に正対したい、という意識の働き、または右打者であればレフト方向、左打者であればライト方向に強く引っ張りたいという意識の働きにより起こりやすいステップ動作といえる。これは身体が投球から遠ざかっているため、意図せずバットのスイートスポットより先端で打撃することになり（矢印で示したコマ）、結果として強い打球にはならない。

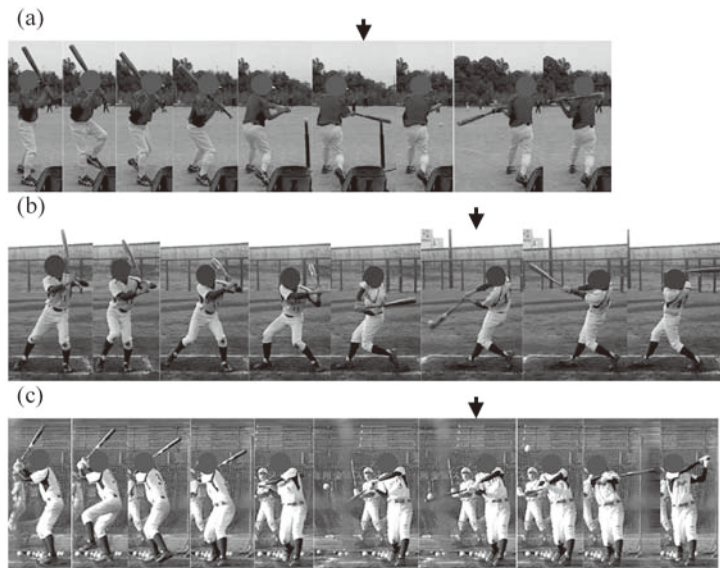


図8 オープンステップにより投球から距離をとるため、バット先端で打撃しやすいスイング例

3.7 手によるバット操作の意識が先行した運動連鎖が不十分な打撃

図9は、一見うまく打っているように見えるが、下半身の動き、力発揮のタイミングや方法が不十分、かつ上肢によるバットスイングにそれらを利用してきておらず、俗にいう「手打ち」状態の打動作である。図 (a), (b) では、ダウンスイング局面からバット操作に運動意識の多くを払われ（矢印で示したコマ以降）、下半身の運動が上半身の回転運動に付随する様子もうかがえる。図 (c) は、ダウンスイング局面では下半身の運動の先行はうかがえるが、レベルスイング局面あたりから上半身の運動がその連鎖によるものではなく、バットを前方に振り出すのに合わせて、ステップ脚を突っ張りながら、体幹・腰部が後退している（矢印で示したコマ以降）。

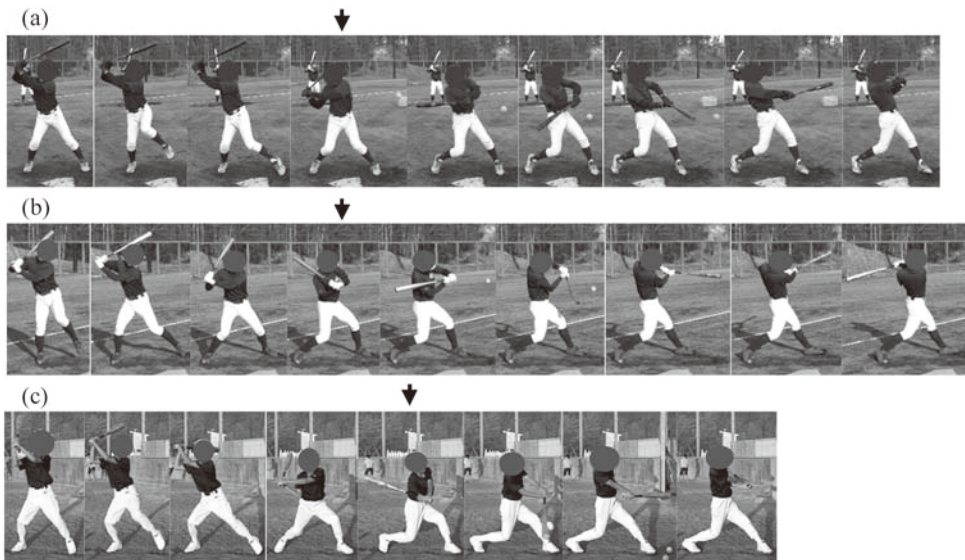


図9 下肢の動作を原動力とした運動連鎖が不十分で、上肢の力を多く必要とするスイング例

3.8 良好な打撃動作の例

上記3.1～3.7で取り上げた運動がみられず、強く、正確に打撃するという点で比較的良好といえるバットスイング例を図10に示す。

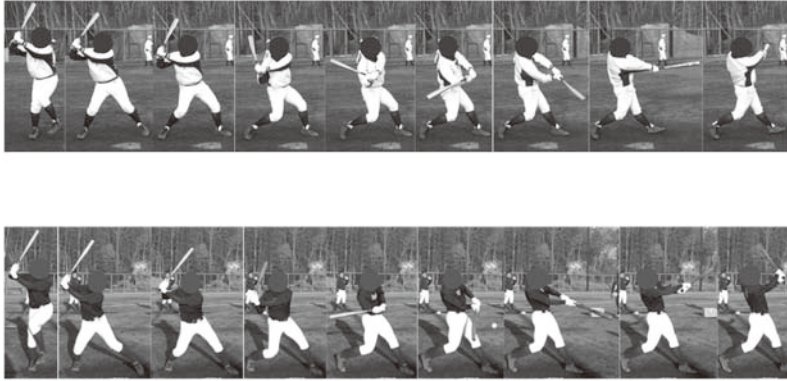


図10 比較的良好といえるスイング例

3.9 まとめ

発育ともなって筋力が発達することにより、上述の運動パターンが改善されることは予想できるが、一方で、学童期、中学生期の癖がその後も動作の中に残る可能性も否定できない。身体能力の割にバットの慣性モーメントが大きければ、ダウンスイング期以降、バットヘッドが下がりやすくなり、同時にグリップエンド側がその反動で持ち上げられることになる。インパクト以降、必然的に起こるリストターンではトップハンド（右打者の場合右手）を高くせざるを得ないため、一旦下がったバットヘッドを持ち上げ直すこととなり、その運動はバット長軸線で見ると波を打ったような軌跡を描く。このような運動は、スイングスピードが上がりにくいばかりでなく、投球を正確に捕らえるという点でも不利である。

一方、強いスイング（最大努力）をすることでスイング力をアップするというトレーニング方法があるが（トレーニングの特異性）、望ましい動作を修得する以前に、バットの慣性モーメントが過大であるといった物理的負荷や、実打で起こり得る恐怖心という心理的負荷を大きくしすぎると、不適切な動作を身につけてしまいかねない。これらは、トレーニングの適時性の原理から引き出される個別性の原則、あるいは意識性の原則 [27] の点からもマイナスであり、負の効果を生み出しかねない。適切な動作を身につけさせるためには、力が伝わりやすい姿勢づくり・運動や、バット操作に注意を払い、例えば動作速度を下げたスイング練習を取り入れることなどが重要であると考えられる。

また、種々動作パターンは独立して起こることよりも、相互に関連し合うことの方が多いと考えられる。したがって、技術指導にあたっては個々の欠点の指摘に偏らず、相互の関連（連鎖）も意識しながら修正等行うことが重要である。

謝辞

本研究は、2017年度名古屋学院大学研究助成（助成期間：2017年～2018年）を受けて行った研究の一部である。

参考文献

- [1] 阿江数通, 小池関也, 川村卓 (2014) 打点高の異なる野球ティー打撃動作における左右上肢のキネティクスの分析, 体育学研究, 59 : 431-452.
- [2] DeRenne, C., Ho, K. W., Hetzler, R. K., and Chai, D. X. (1992) Effects of warm up with various weighted implements on baseball bat swing velocity, J. Appl. Sport. Sci. Res., 6(4): 214-218.
- [3] Dowling, B., and Fleisig, G. S. (2016) Kinematic comparison of baseball batting off of a tee among various competition levels, Sports Biomech., 15(3): 255-269.
- [4] 樋口貴俊, 諸星潤, 永見智行, 中田大貴, 彼末一之 (2010) 直球のボール回転速度が打撃正確性に及ぼす影響, シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス2010講演論文集, 56-60.
- [5] 樋口貴俊, 永見智行, 宮本直和, 彼末一之 (2013) 野球打撃前に行う加重したバットでの素振りがバット速度と正確さに及ぼす影響”, 東京体育学研究, 4 : 17-22.
- [6] 平野裕一・宮下充正 (1978) 野球の打撃の研究, 日本体育学会大会予稿集29 : 327.
- [7] 平野裕一 (1979) バットスイングの分析, 体育の科学, 29(8) : 543-545.
- [8] 平野裕一 (1984) バットによる打の動作, J. J. Sports Sci., 3(3) : 199-208.
- [9] 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.
- [10] 金堀哲也, 谷川聡, 島田一志, 内藤景, 川村卓 (2017) 大学野球におけるレギュラー打者と非レギュラー打者のインパクトパラメーターに関する事例的研究—マシン打撃における試技結果および投射コースの比較から—, コーチング学研究, 30(2) : 167-178.
- [11] 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, 40 : 381-398.
- [12] Katsumata, H., Himi, K., Ino, T., Ogawa, K., and Matsumoto, T. (2017) Coordination of hitting movement revealed in baseball tee-batting, J. Sports Sci., 35(24): 2468-2480.
- [13] 川村 卓, 島田一志, 下山優, 奈良隆章, 小池関也 (2012) 野球のトス打撃における投球角度の違いがスイング動作に及ぼす影響—肩・腰およびバットの回転角度に着目して—, 筑波大学体育科学系紀要, 35 : 59-66.
- [14] 小池関也 (2007) センサーバットによる投球打撃動作のバイオメカニクスの研究, 筑波大学体育科学系紀要, 30 : 131-136.
- [15] 小池関也, 阿江数通, 川村卓, 阿江通良 (2009) 野球打撃動作における左右各手のキネティクスの分析 (打点高がキネティクスの変量に及ぼす影響), シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス2009講演論文集, 182-187.
- [16] 小池関也, 見邨康平 (2015) 関節トルクの発揮様式を考慮した野球打撃動作の動力学的分析, シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス2015講演論文集, A-24.
- [17] Laughlin, W. A., Fleisig, G. S., Aune, K. T., and Diffendaffer, A. Z. (2016) The effects of baseball bat mass properties on swing mechanics, ground reaction forces, and swing timing, Sports Biomech., 15(1) : 36-

- 47。
- [18] 前田正登 (2003) 野球バットの特性がスイングに及ぼす影響”, スポーツ産業学研究, 13(1) : 45-51.
 - [19] 綿田博人(1994)荷重移動の観点からみた野球の打撃におけるステップ動作に関する一考察, 体育研究所紀要, 34(1) : 29-40.
 - [20] Miura, K. (2001) Parametric acceleration – the effect of inward pull of the golf club at impact stage, Sports Eng., 4: 75-86.
 - [21] 三浦公亮 (2006) ゴルフ・スイングにおけるパラメトリック加速—ヘッド速度を増す力学の知恵—, 日本機械学会 [No 06-35] スポーツ工学シンポジウム講演論文集 : 160-163.
 - [22] 宮西智久 (2006) 打動作と体幹・四肢の角運動量～野球のバッティングの場合～, 体育の科学, 56(3) : 181-186.
 - [23] Montoya, B. S., Brown, L. E., Coburn, J. W., and Zinder, S. M. (2009) Effect of warm-up with different weighted bats on normal baseball bat velocity, J. Strength Cond. Res., 23(5): 1566-1569.
 - [24] 森下義隆, 矢内利政 (2018) バットスイング軌道からみた左右方向への打球の打ち分け技術, 体育学研究, 63 : 237-250.
 - [25] 岡本巨能, 徳永大嗣, 前田正登 (2017) 野球バットの重心位置が打撃中のバットの動きに及ぼす影響, 体育・スポーツ科学, 26 : 37-45.
 - [26] 大室康平, 樋口貴俊, 彼木一之 (2018) 素振りとティーバッティングにおけるバットスイングの再現性の比較, スポーツ科学研究, 15 : 17-29.
 - [27] 齋藤健治 (2016) 「トレーニングの原理・原則」に関する一考察, 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇, 5(1) : 1-14.
 - [28] 齋藤健治, 佐藤菜穂子, 井上伸一 (2018) 曲線の観点でみたバットスイング軌跡の特徴, 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇, 7(1) : 17-30.
 - [29] 齋藤健治, 佐藤菜穂子, 井上伸一 (2019) 種々のバットを用いたスイング時のバットの動き, シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2019講演論文集, B-28.
 - [30] 島田一志, 田畑広樹, 川村卓 (2008) 野球のバッティングにおけるバットの握り位置の相違がスイングに与える影響, 金沢星稜大学人間科学研究, 1 : 71-74.
 - [31] Southard, D., and Groomer, L. (2003) Warm-up with Baseball Bats of Varying Moments of Inertia: Effect on Bat Velocity and Swing Pattern, Res. Quart. Exer. Sport., 74(3): 270-276.
 - [32] Tabuchi, N., Matsuo, T., and Hashizume, K. (2007) Bat speed, trajectory, and timing for collegiate baseball batters hitting a stationary ball, Sports Biomech., 6(1): 17-30.
 - [33] 徳永大嗣, 前田正登 (2017) 野球バットの長さが打撃に及ぼす影響, シンポジウム: スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2017講演論文集, C-17.

[Research Note]

Movement pattern seen in batting or bat-swing motion of elementary and junior high school students

Kenji Saitou¹, Takanori Okimura¹
Jun-ichi Sakai¹

Abstract

The purpose of this study was to classify the pattern of movement of baseball batting for elementary school and junior high school students. The patterns of their movement that were extracted by observing the videos recorded during games or practices were the following; the movement in which the top of the bat getting down more than necessary during the down swing phase, the swing trajectory that the bat top draws a perfect circle around the vertical axis of the body, the movement that the rotation of the torso and hip earlier more than necessary and the bat leave behind during level swing phase, the movement that rotation of the hip reversely before and after the ball impact, the movement that extend the joints of lower limbs, especially knee joints, before and after ball impact, the movements that hit the ball at the bat tip due to open step by front leg, and the movement that swing with insufficient kinetic chain and with prioritizing bat operation. Since these movements do not always occur independently, it is important to understand the relationships between those movements in coaching.

Key words: moment of inertia, trajectory of swing, joint movement, kinetic chain, coaching

1 Faculty of Health and Sports, Nagoya Gakuin University