

〔研究ノート〕

小中学校野球選手の走・跳・投・打に関する運動能力と動作

齋藤 健治・沖村 多賀典・佐藤 菜穂子・酒井 淳一

名古屋学院大学スポーツ健康学部／リハビリテーション学部

要 旨

小学4年生から6年生と中学3年生の野球部員を対象に、走跳投打に関わるパフォーマンス計測を行い、それぞれの特徴とそれらの間の関連性を、計測値と関節運動に着目した動作観察により検討した。30 m走、立ち幅跳び、ネット投球およびティー打撃時のタイム、距離、速度などを計測し、同時に動作のビデオ撮影を行った。統計分析に留まらず、関節運動さらに運動連鎖の視点で分析することにより、それぞれの動作の特徴と関連性が浮き彫りになる可能性を示した。

キーワード：30 m走、立ち幅跳び、投球、ティー打撃、関節運動

Motor control ability and movement in running, jumping, throwing and batting of elementary and junior high school students who belong to baseball club

Kenji SAITOU, Takanori OKIMURA, Nahoko SATOH, Jun-ichi SAKAI

Faculty of Health and Sports / Faculty of Rehabilitation Sciences
Nagoya Gakuin University

* 本研究は、2019年度～2021年度の名古屋学院大学研究助成を受けて実施できた研究の一部である。ここに感謝の意を表します。

発行日 2021年12月31日

1. はじめに

文部科学省実施の全国体力・運動能力調査を通して、小学生、中学生の体力、運動能力の低下が指摘されて久しい。令和二年度の調査結果によると、合計点では、平成30年以降低下傾向にあるものの¹⁶⁾、種目別に見ると、投能力・持久力の低下傾向が強く、走・跳能力はやや向上か横ばいである。このような調査が継続されてきた影響もあり、子どもの運動能力、とくに走・跳・投を対象とした調査研究は積極的に行われている^{1,3,6,7,8,10,12,17)}。一方で、発育期の野球選手を対象とした、体力要因と投能力との関係を調べた報告もあり⁵⁾、ここでは、体力要因と投能力との相関関係は認めつつも、数値化しにくい動作の重要性が指摘されている。

本研究では、子どもを対象に研究されてきた走、跳、投能力・動作^{6,10,17)}に打能力・動作も加え、これら運動能力や動作の年齢間の違いや動作間の関連を探ることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象

野球クラブに所属して定期的に練習している小学校4年生（2名）、5年生（13名）、6年生（12名）の27名と中学校3年生（11名）の計38名を対象とした。それぞれの学年の身長と体重を表1に示す。

表1 参加者の人数と体格

学年	人数	身長 [m]	体重 [kg]
小学4年生	2	1.35 ± 0.04	30.0 ± 2.8
小学5年生	13	1.38 ± 0.06	32.3 ± 4.0
小学6年生	12	1.51 ± 0.05	41.7 ± 7.2
中学3年生	11	1.65 ± 0.08	57.0 ± 11.0

本研究は、名古屋学院大学医学研究倫理委員会の許可を受けて実施した（許可番号2019-17）。計測に先立って、採取したデータ、情報は研究以外に使用しないこと、計測に際して生じる可能性のある怪我などについて、本人、保護者に文書と口頭で説明し同意を得た。

2.2 走・跳・投・打の試技と計測、撮影

走では、直線35 mのコースを全力で走ってもらい、30 m地点でのタイムをストップウォッチで計測した。跳では立ち幅跳びを行ってもらい、跳躍距離をメジャーで計測した。投では、正面2 m離れた位置に設置したネットに向かって投球してもらい、スピードガンを用いて投球スピードを計測した。打では同様のネットに向かって、ティー台に置いたボールあるいはトスしたボールを、概ね腰の高さで打撃してもらった。その時、バットのグリップエンドに装着するタイプの

センサ（スイングトレーサー，ミズノ社製）を用いて，スイングスピード等（その他，スイング時間，インパクト加速度，回転半径，ヘッド角度，スイング角度）を計測した（表2）。なお，投球スピード計測では，小学生は軟式ボール（J号球，重さ約130 g），中学生は硬式ボール（重さ約145 g）を用いた。打撃計測では，小学生は軟式用金属バット（長さ80 cm，重さ650 g，慣性モーメント0.201 kgm²），中学生は硬式用金属バット（長さ84 cm，重さ920 g，慣性モーメント0.296kgm²）を用いた。それぞれの試技計測は一回とした。

走・跳・投・打動作の撮影は，全てビデオカメラ（Coaching Cum，スポーツセンシング社製）2台を用いて2方向から行った。概ね，正面（あるいは後方）と側方から実施した。

表2 スイングトレーサーの計測項目⁹⁾

センサ計測項目	項目の説明
スイング時間	スイング開始から，ボールがバットに当たるまでの時間
回転半径	スイング前半部分のコンパクトさを表す指標
インパクト加速度	バットがボールに当たる直前のヘッドスピードの変化量
ヘッド角度	インパクト時のバットの上下方向への傾き（グリップよりヘッドが下にあれば角度はマイナス）
スイング角度	インパクト直前にバットヘッドが移動していた方向で，正值はアップスイング方向，負値はダウンスイング方向

2.3 分析

計測値の統計分析には，一元配置の分散分析と回帰分析を用いた。動作については動画と連続写真を質的に分析した。

3. 結果および考察

3.1 学年別でみた計測項目

30 m走，立ち幅跳び，投球スピード，スイングスピードのいずれも一元配置の分散分析の結果，学年による差が有意に認められた（図1）。スイングトレーサーで計測したその他の項目については，バラツキも大きく学年による有意な差は認められなかった（図2）。ただし，ヘッド角度については学年が進むにつれて負方向に大きくなる傾向が認められた。これは，グリップとバット先端の高さが水平にできる肩の高さを基準にした場合，身長が増大によりインパクトゾーン（本研究では概ね腰の高さ）の上がり幅が相対的に大きくなることの影響も考えられる。

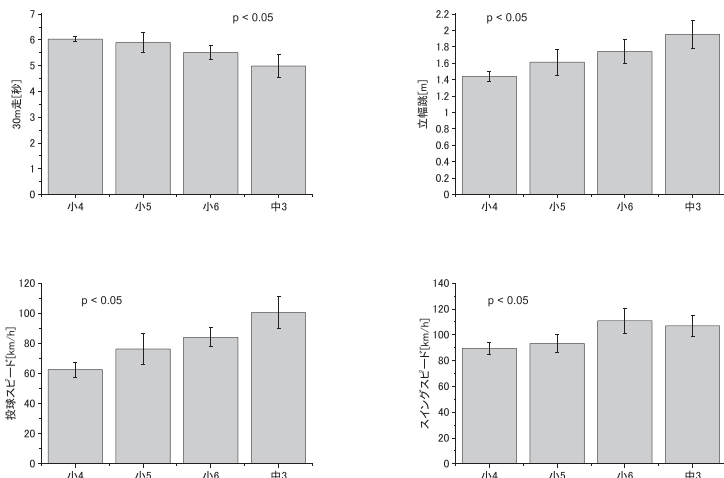


図1 学年毎の30 m走, 立ち幅跳び, 投球スピード, スイングスピード。

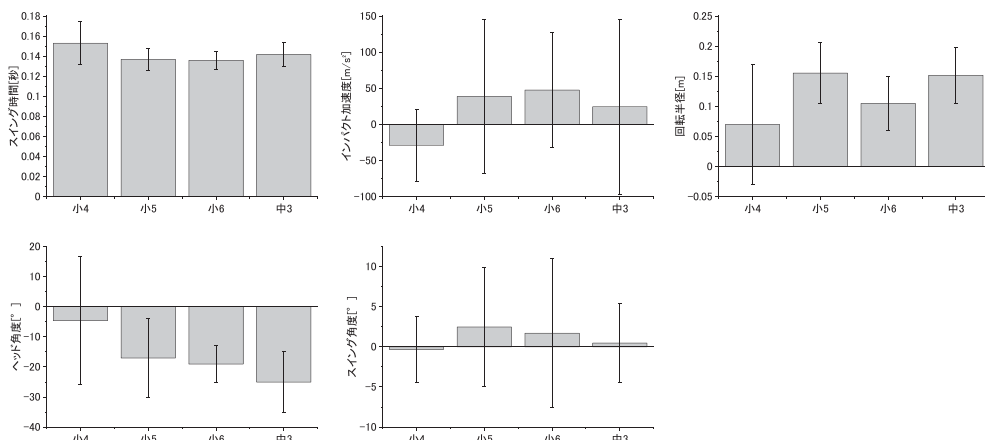


図2 スイングトレーサーで計測した学年毎のスイング時間, インパクト加速度, 回転半径, ヘッド角度, およびスイング角度。

3.2 計測項目間の関係

3.2.1 小学生

30 m走と立ち幅跳び, 投球スピードおよびスイングスピードとの間には有意な相関が認められた(図3)。すなわち, 30 m走の記録がいいほど, 立ち幅跳び, 投球スピードおよびスイングスピードの値が大きくなった。また, 立ち幅跳びと投球スピードおよびスイングスピードの間にも有意な相関が認められた。さらに, 投球スピードとスイングスピードの間にも有意な相関が認められた。

図4にスイングスピードとその他のスイングパラメータとの間の関係を示す。スイングスピードと回転半径の間には有意な相関が認められたが, それ以外との間には相関は認められなかった。

小中学校野球選手の走・跳・投・打に関する運動能力と動作

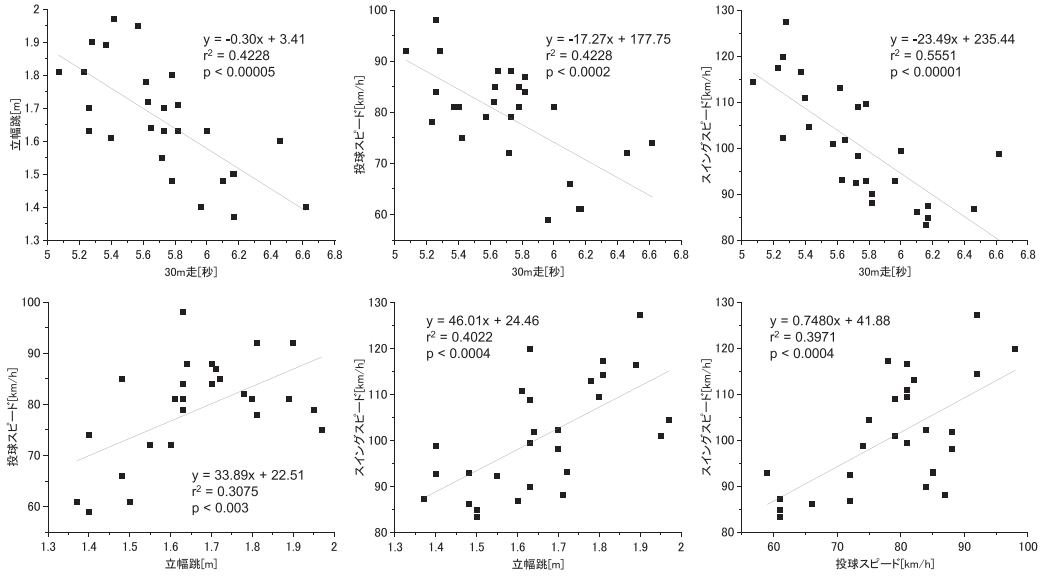


図3 小学生の30m走, 立ち幅跳び, 投球スピード, スイングスピードの関係

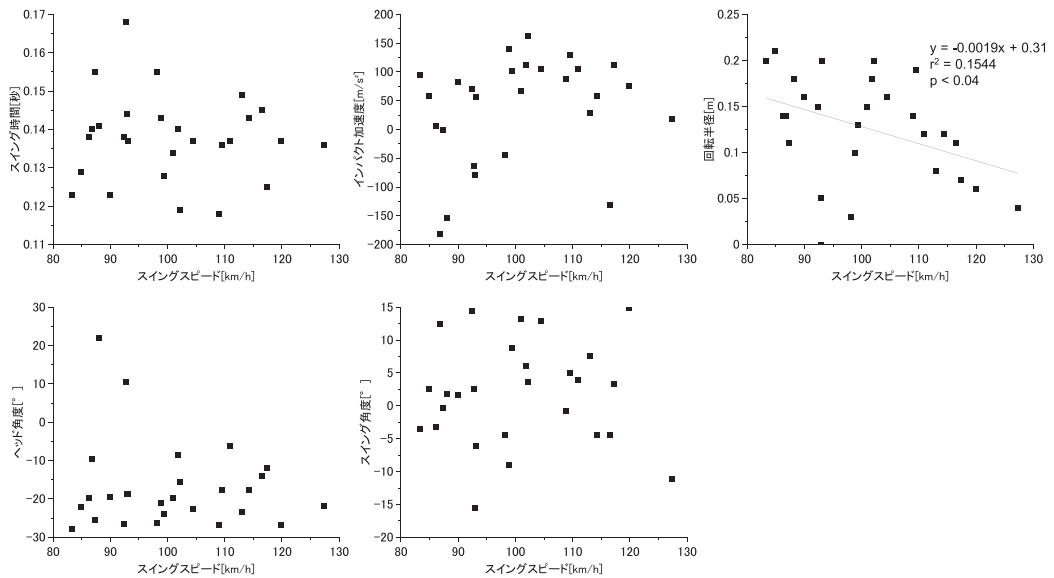


図4 小学生のスイングスピードとスイング時間, スイング加速度, 回転半径, ヘッド角度, スイング角度との関係

3.2.2 中学生

30m走と立ち幅跳びとの間に有意な相関が認められたが, それ以外の間には相関は認められなかった (図5)。図6にスイングスピードとその他のスイングパラメータとの間の関係を示す。いずれの間にも有意な相関が認められなかった。根本¹¹⁾ や吉野・杉山¹⁹⁾ は, 疾走能力と跳躍力

との間の相関関係や、それらと投能力、打撃能力の間の相関関係を中学生においても示している。本研究の場合は、中学生のサンプル数の少なさが、統計的に相関関係が認められないという結果につながったと考えられる。

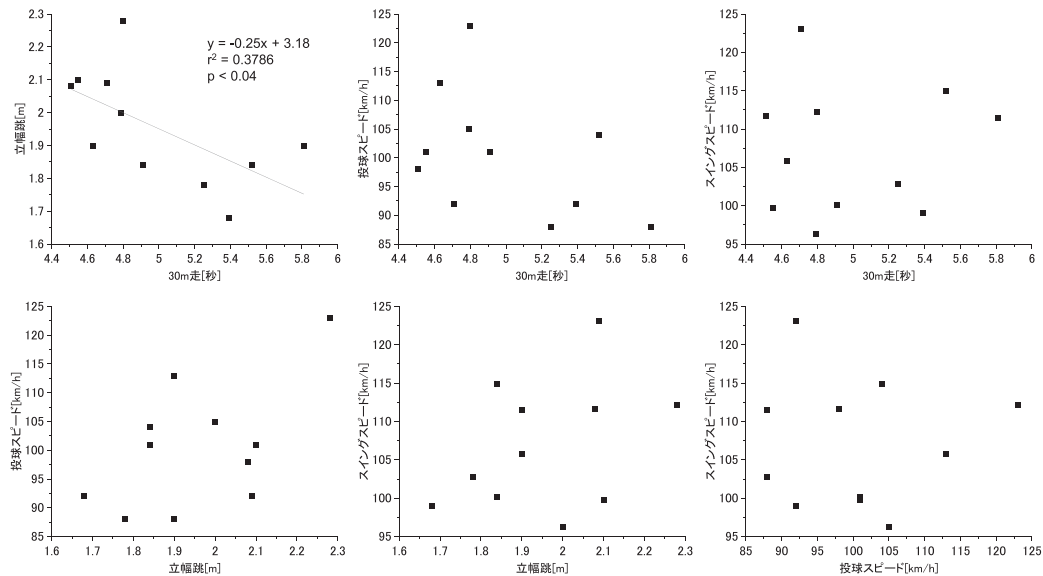


図5 中学生の30m走、立ち幅跳び、投球スピード、スイングスピードの関係

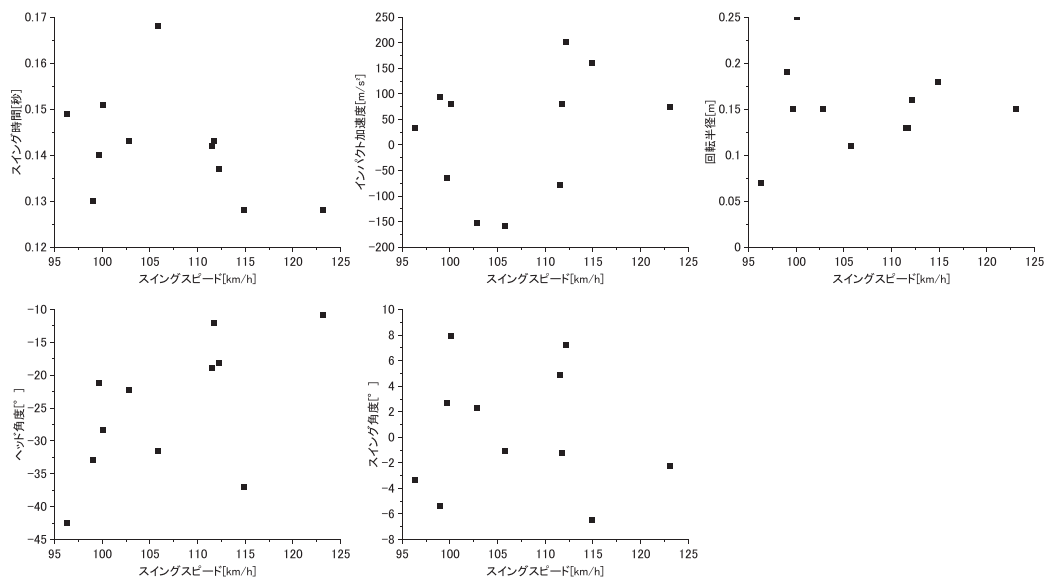


図6 中学生のスイングスピードとスイング時間、スイング加速度、回転半径、ヘッド角度、スイング角度との関係

3.3 走・跳・投・打の動作

特に小学生では、統計的には30 m走と立ち幅跳び、投球スピードおよびスイングスピードとの相関が認められたが、個別には必ずしもその関係は成り立たない。以下に、代表例を挙げて、動作の観点で分析した。

3.3.1 小学生

図7に連続写真で小学生の走動作の代表例を示す。(a) (b) (c) (d) はタイム順に並べている。タイム上位 (a, b) とタイム下位 (c, d) で比べると, (a) (b) の方が体幹の前傾がやや少なく, その分, 両脚遊脚期での後ろ脚の流れも少なくなっている(※印)。そして, その直後の△印フレーム (片脚支持期) からわかるように, 後ろ脚踵の上がりが高すぎず, その後 (回復期後半) の大腿引き上げ動作につながっている。これは, *印のフレームからわかるように前脚接地がより身体真下に近いことにも現れている¹⁸⁾。タイム下位の二人は前脚接地がより身体真下より前方にあり, ブレーキ効果がより働いているといえる。図8に, 前方からの連続写真を示す。タイム下位の二人は体幹のねじれ(※印), 股関節の内外旋(△印)の量が上位の二人に比べ顕著である。

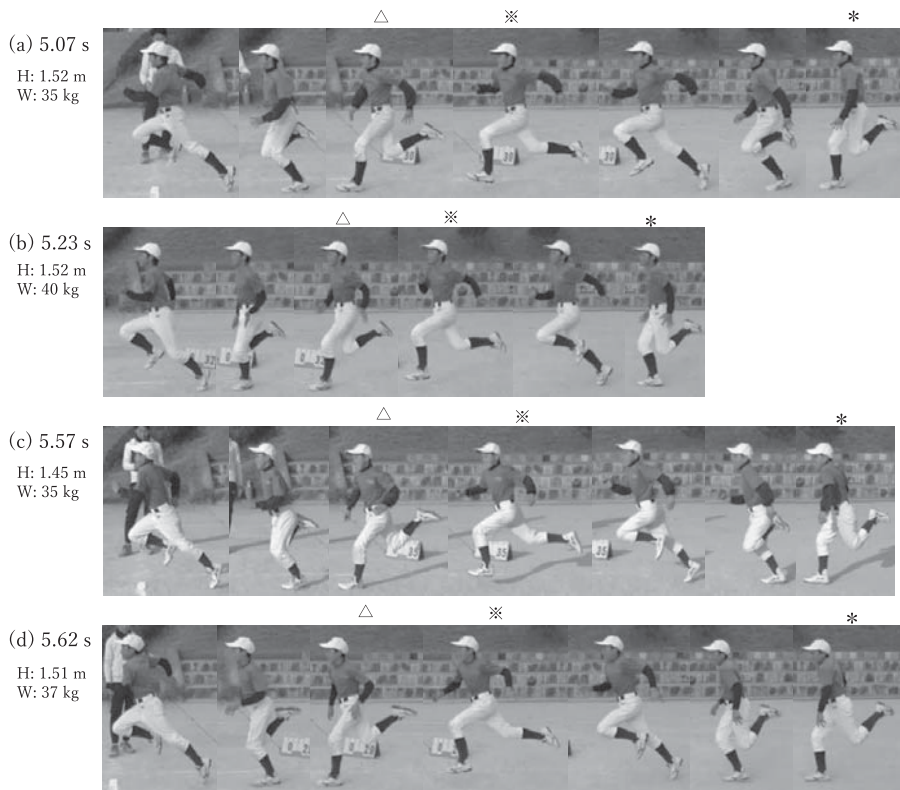


図7 小学生の30 m走の連続写真。H：身長，W：体重

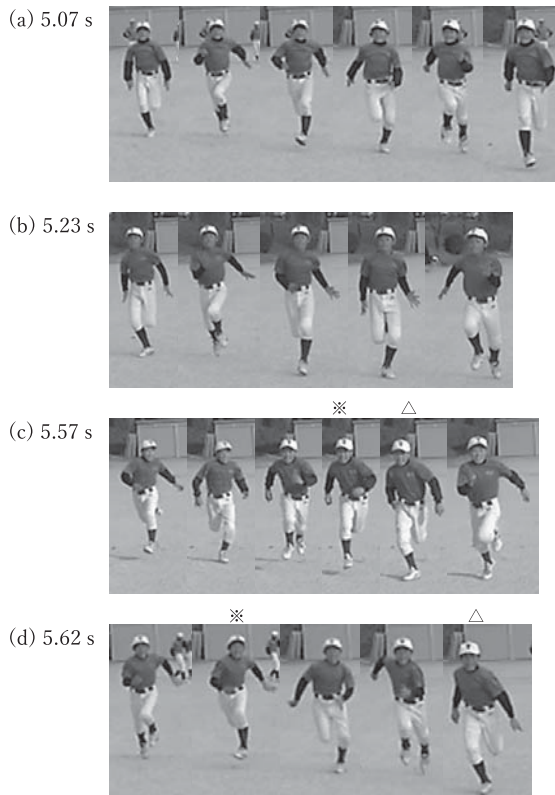


図8 小学生の30 m走の連続写真。

図9に連続写真で小学生の立ち幅跳び動作の代表例を示す。30 m走のタイム順に並べている。ジャンプ前パワーポジションでの、股関節と膝関節の屈曲は十分とはいえないが（※印）、その中でも（b）（c）（d）は腕の振り上げが十分できているといえる^{1,3)}。一方、その後の飛び出し角度（△印）は、いずれもやや大きく、もう少し低く飛び出せることが理想といえる^{1,3)}。その中で、（c）は空中での脚の片付け（*印）と着地動作のうまさのため、記録が伸びたといえる³⁾。

図10, 11に連続写真で小学生の投げ動作の代表例を示す。30 m走のタイム順に並べている。（a）（b）（c）はステップ時（1フレーム目）にステップ脚股関節の外旋（膝の割れ）が見られ（※印）、特に（c）はその影響で体重移動のタイミングが早くなっている（不十分なトップ・オブ・スイングにつながっている、△印）。その動きは、図11（c）の頭部の動きで認められるように、身体全体の左側への流れにつながっている（※印）。図10（d）は、ステップ脚の股関節内旋をうまく利用できているが（※印）、図11（d）でわかるようにややオープンステップして体幹が背中側に倒れてしまっている（※印）。（b）はステップ幅がやや狭くクロスステップになっている上に、左脚踵で突っ張った動きになっているため、体重移動が不完全で（図10△印）、最終的につま先が回転方向に割れる動作につながっている（図11b※印）。小学生の投能力は、体力要因の影響を大きく受けるものの、これらの動作は全て投球スピードの低下の原因となり、したがっ

小中学校野球選手の走・跳・投に関する運動能力と動作

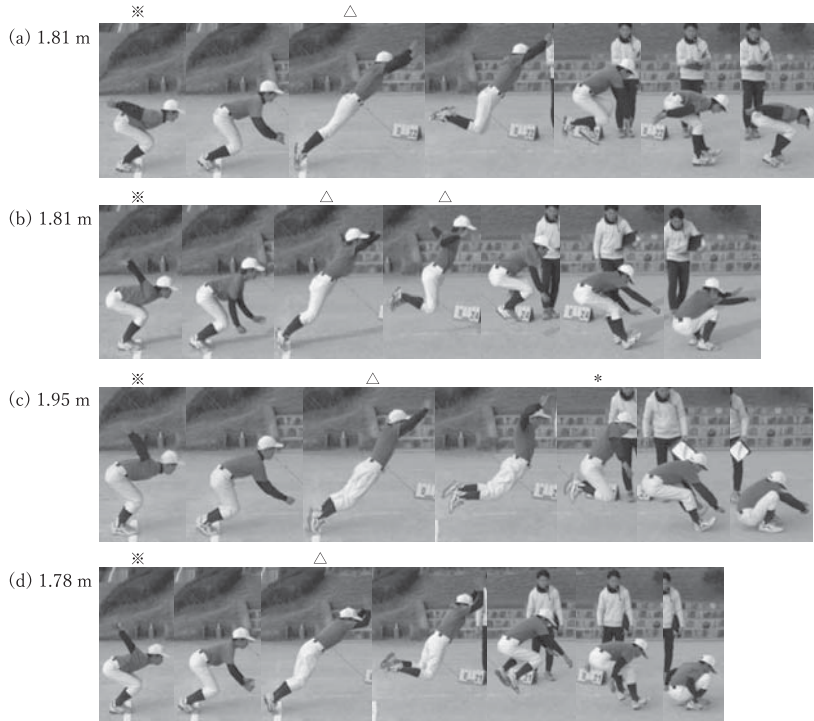


図9 小学生の立ち幅跳びの連続写真。

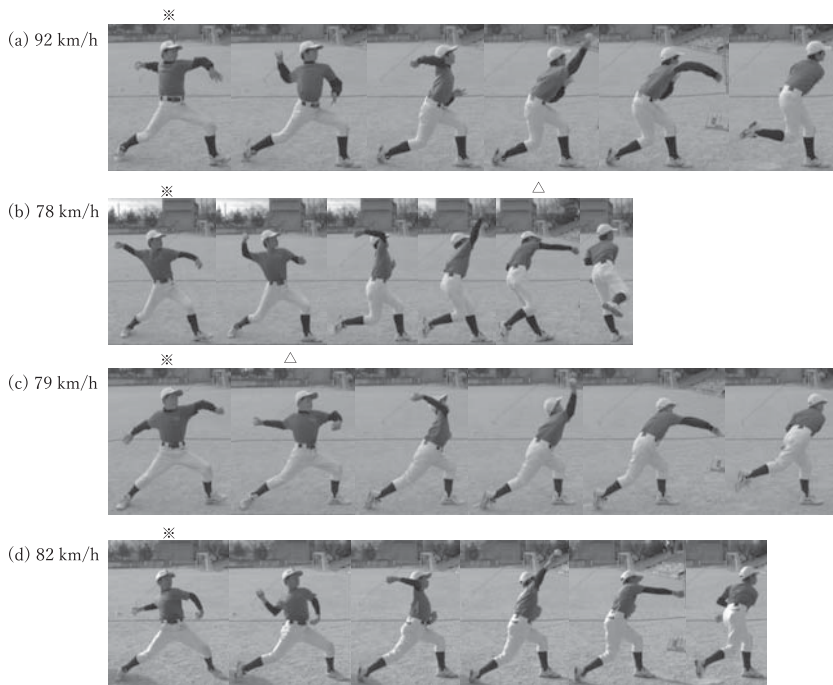


図10 小学生の投球の連続写真。

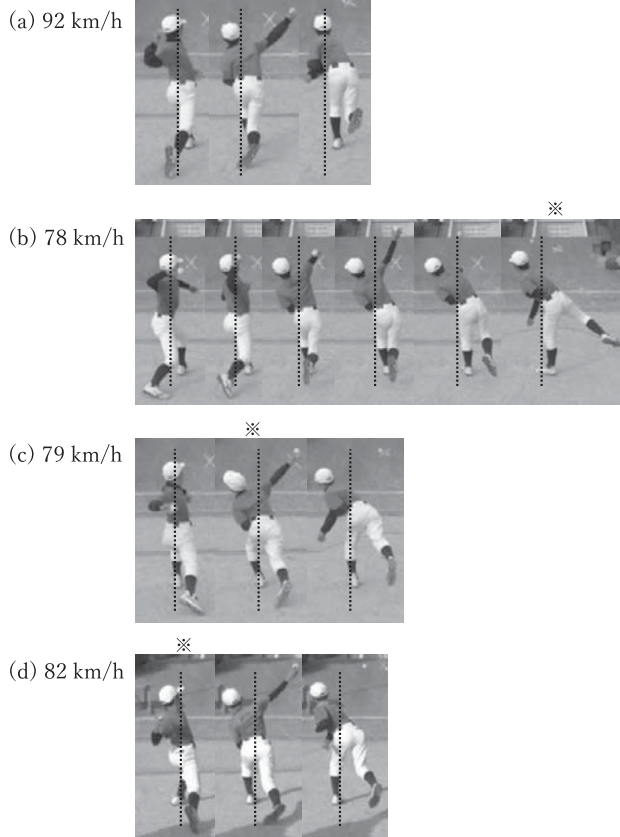


図11 小学生の投球の連続写真（後方から）。点線は、左右の動きを判断する際の目安。

て投距離の低下にもつながる¹⁴⁾。一方、それらの観点において、(a)は総合的に望ましい動作になっている。

図12に連続写真で小学生の打動作の代表例を示す。30 m走のタイム順に並べている。全体的に体重移動がしっかりできており、体幹の軸が構築されている中で、(b) (d)は特にステップ脚膝関節の伸展を利用した下半身伸び上がり swings動作となっている(※印)。この動作によりバットスイングスピードを獲得しやすく^{4,13)}、その動作が弱い(c)のスピードは他に比べ低い結果となったといえる。ただし、あくまでもスイングスピードを上げるための一つの手段であり、投球を捉えるという野球の実戦技術として考えた場合は、必ずしも有効とはいえない¹⁵⁾。一方、(d)のステップ時に見られる、左右股関節の内旋気味の動作は(△印)、骨盤の回旋動作のタイミングを適切に遅らせ(開きを抑えて)、ステップ脚接地後に身体長軸まわりの角速度を上げるためのステップ技術として有効といえる。

小中学校野球選手の走・跳・投・打に関する運動能力と動作

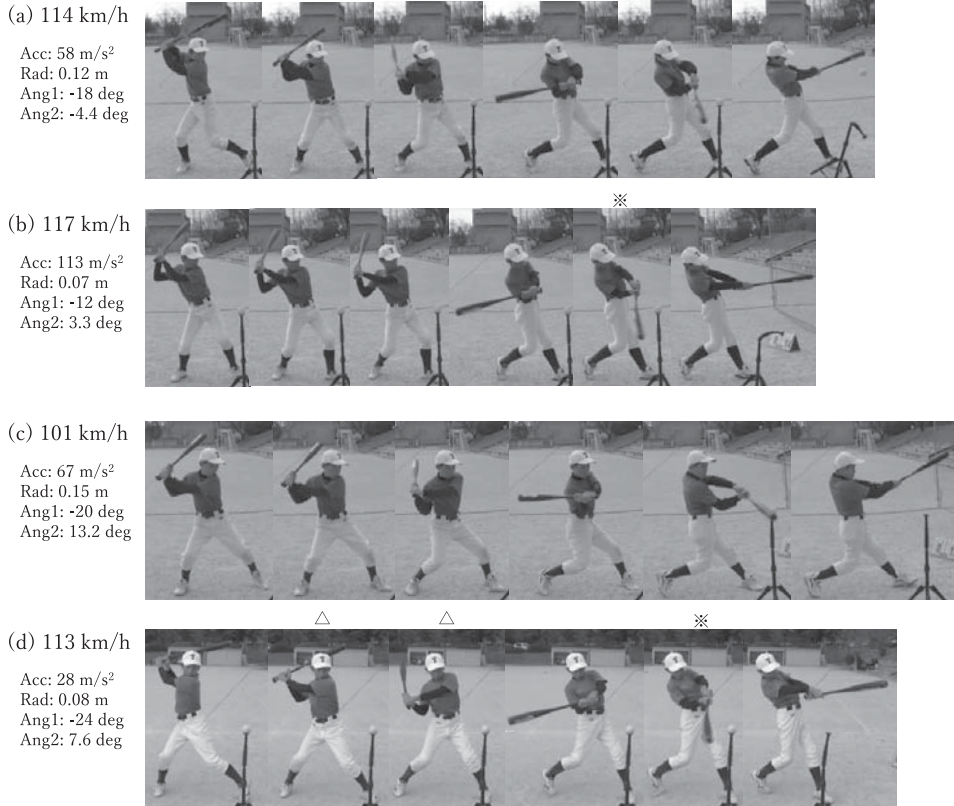


図12 小学生の打撃の連続写真。Acc:インパクト加速度, Rad:回転半径, Ang1:ヘッド角度, Ang2:スイング角度。

3.3.2 中学生

図13に連続写真で中学生の走動作の代表例を示す。(a)(b)(c)(d)はタイム順に並べている。タイム差に関わらず、後脚の流れが顕著であり(※印)、その後の接地時における後脚の追いつき(△印)が弱いことが見て取れる。いずれも、走速度を上げることにとって、マイナス要素になりうる動作といえる¹⁸⁾。前方からの連続写真(図14)では、(a)(b)に支持期において、股関節外旋の影響による膝の割れが見られ(※印)、さらに(b)には遊脚の強い股関節内旋が認められる(△印)。また、(d)には体幹の左右の揺れ(支持側への倒れ)が認められる(*印)。

図15に連続写真で中学生の立ち幅跳び動作の代表例を示す。30m走のタイム順に並べている。(c)以外、ジャンプ前パワーポジションは極度に不足しており(※印)、腕の後方への振り上げ(肩の伸展)も不十分である。さらに、ジャンプに際しての腕の前方への振り上げ(肩の屈曲)も極度に不足しており(△印)、跳躍距離を大きくするための動作が不十分である¹³⁾。

図16,17に連続写真で中学生の投げ動作の代表例を示す。30m走のタイム順に並べている。(a)(c)(d)で股関節外旋が強い膝割れのステップの傾向が認められる(※印)。(d)はさらにクロスステップするため(図17※印)、運動の方向が蛇行している。(a)(c)は股関節の運動および

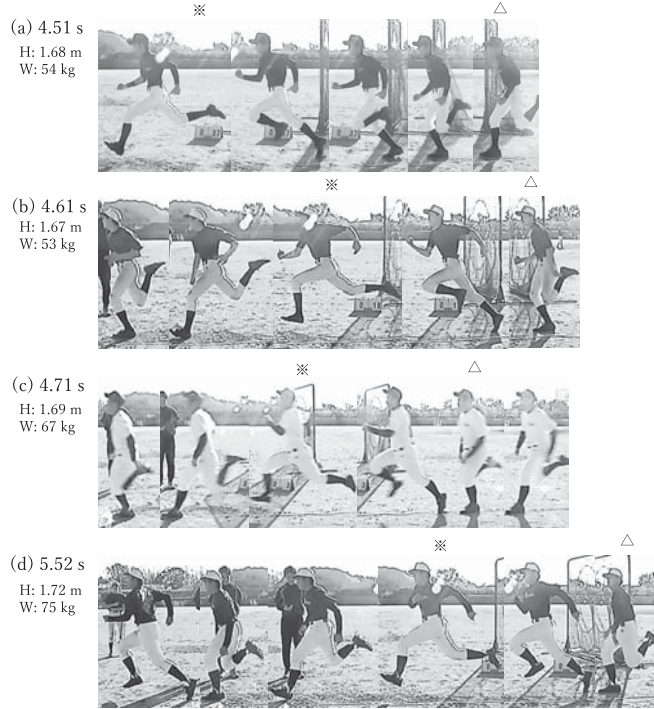


図13 中学生の30 m走の連続写真。H：身長，W：体重

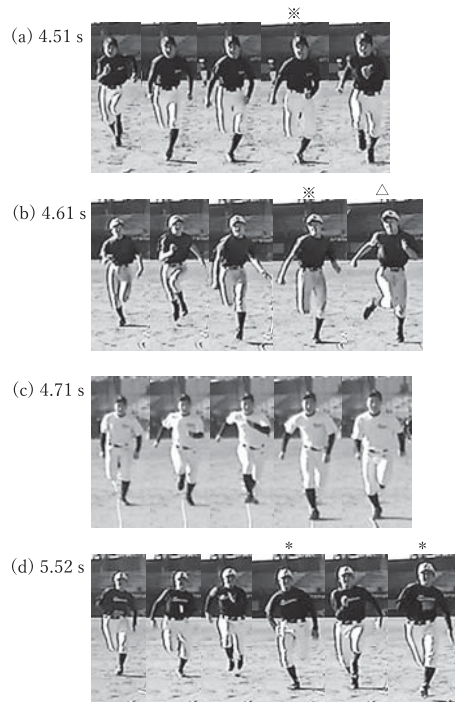


図14 中学生の30 m走の連続写真。

小中学校野球選手の走・跳・投に関する運動能力と動作

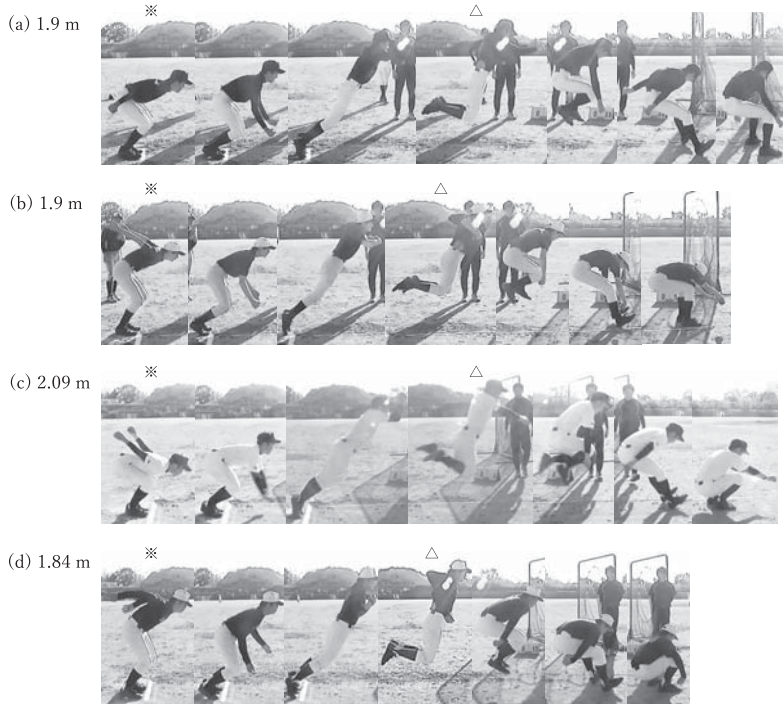


図15 中学生の立ち幅跳びの連続写真。

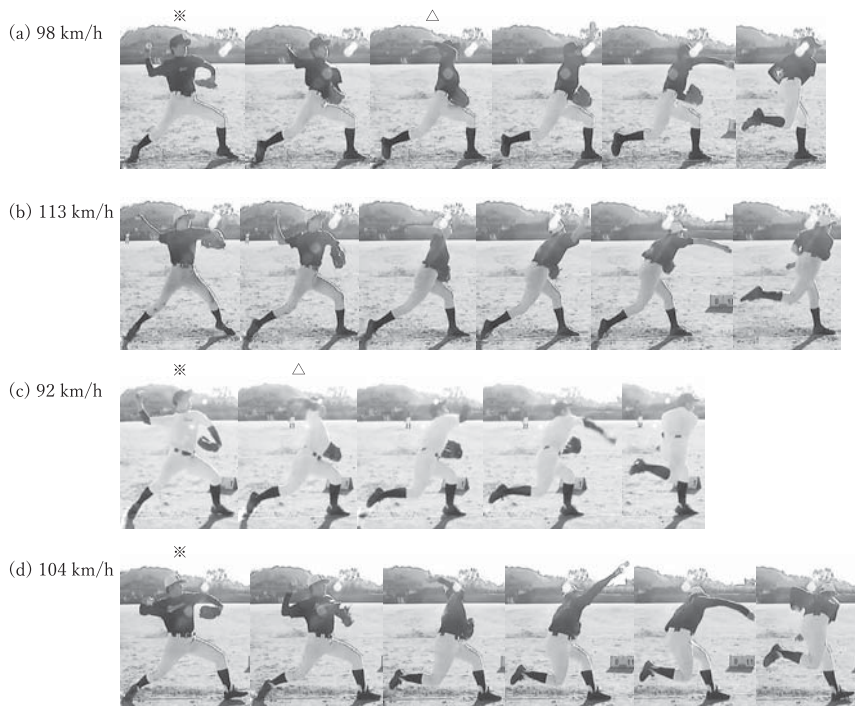


図16 中学生の投球の連続写真。

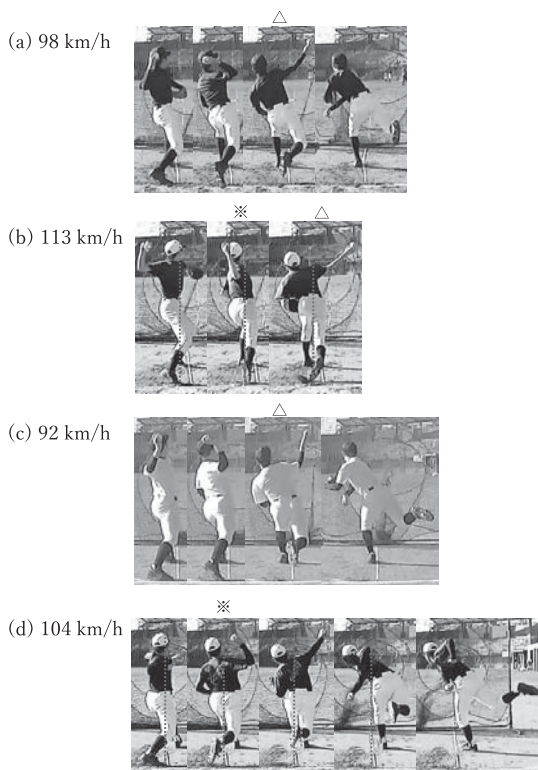


図17 中学生の投球の連続写真(後方から)。点線は、左右の動きを判断する際の目安。

骨盤の回旋が不十分なことと、本来起こるべき胸の張りが生じることなく、上肢先行の腕振りになっているため（運動連鎖が不足，図16，17△印），投球スピードは上がりにくい¹⁴⁾。(b)は，ステップ脚股関節の内外旋が比較的使えており，その後の骨盤回旋，胸の張り（図17※印）を利用した，しなりのある腕の振り，およびリリース時の肘関節の伸展（図17△印）ができているため，投球スピードが上がりやすい。

図18に連続写真で中学生の打動作の代表例を示す。30 m走のタイム順に並べている。体重移動の仕方に違い（前足寄り，後足寄り，中間）は認められるが（※印），小学生の例（図12）に見られたような，ステップ脚側の伸び上がりは見られない。一方で股関節運動には概ね差は認められないが，体幹，上肢との連鎖の観点で見ると，(a) (b)はやや上肢が独立した動作が認められるのに対し，(c)は下肢→体幹→上肢という運動連鎖がうまく利用されており，特にそれは左腕肘関節の伸展に現れている（△印）。

小中学校野球選手の走・跳・投・打に関する運動能力と動作

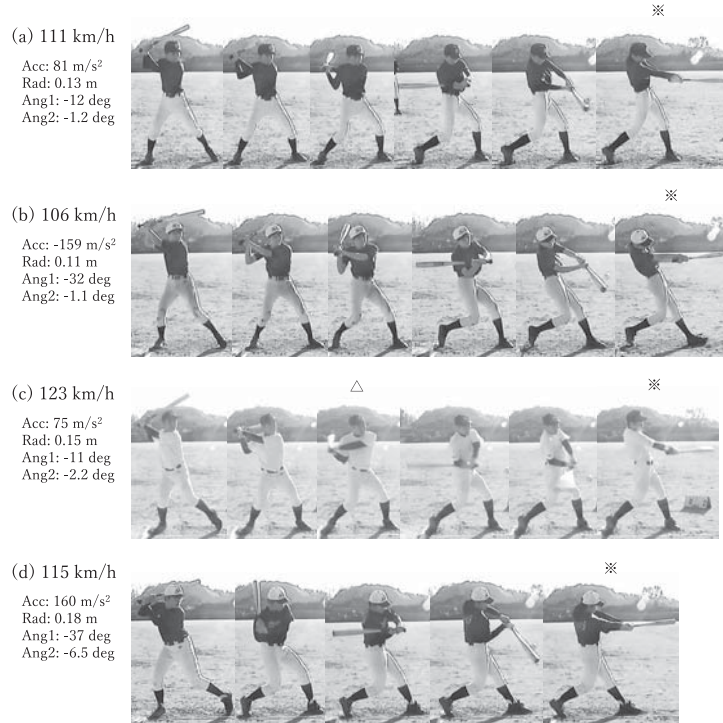


図18 中学生の打撃の連続写真。Acc：インパクト加速度，Rad：回転半径，Ang1：ヘッド角度，Ang2：スイング角度。

3.4 走跳投打に関連する関節運動

本研究における対象の動作，とくに走・跳動作を観察すると，小学生よりも中学生の方が不十分・非効率な関節運動でのパフォーマンスが多く，それは，投動作においては小中学生ともに認められた。走・跳動作は肩関節の屈曲伸展，股関節・膝関節の屈曲伸展が主であり，投に比して矢状面内の二次元的運動と捉えることもできる。ただし，前方から撮影した動画を観察すると，とくに走では，体幹長軸まわりの体幹の回旋（ねじれ）や股関節の内外旋も認められ，その関節運動が大きい場合，非効率（無駄）な運動ではないかと考えられる。例えば，走では，短時間の接地時に力の伝達のために，関節のスティフネス（関節モーメント／関節角度変化量）を高める必要があるが，不適切な（大きすぎる）股関節の内外旋は不要な屈曲運動とともに，スティフネスの低下の原因になる可能性がある。スティフネスを高める必要があるという点は打動作にも共通すると考えられ，本研究では，小学生においてステップ脚膝関節の強い伸展動作でも見られた。筋力が不足している場合には有効なスイングスピード増大の手段といえるかも知れない。一方，股関節の内外旋は打動作に必須の運動といえるが，投動作にとっては，さらに重要な関節運動である14)。投動作の主たる関節運動は，股関節の内外転・伸展屈曲，骨盤の回旋とそれに先行する，あるいはそれにもなう股関節の内外旋，体幹の回旋と胸の張りを作り出す肩甲胸郭関節の運動，肩甲上腕関節を主とした肩関節の外旋などであり，それらの適切・適時な連鎖がなければ，投球

スピード（投距離）の増大は望めない。このような点で投動作は他の動作に比べ特殊な要素を孕んでいるといえる。

しかしながら、いずれの動作を遂行するにしても体力は重要な要因になることには変わりなく、体力が、力と力をパフォーマンスに変換する動作（関節運動とそれらの連鎖）とのセットであるという見方をすると、この両輪が備わることの重要性はさらに浮き彫りになる。本研究における中学生のパフォーマンスがやや低い印象を受けるのは、第二発育急進期において身につけた筋力に頼った動作に陥り、小学生に比して、上記両輪を利用できないパフォーマンスであったことが原因の一つであったといえる。上記変換の能力は、発育急進にともなう柔軟性にも影響を受けると考えられ、その低下もパフォーマンス低下の原因の一つであったと推察できる²⁾。

打動作の計測においては、センサを用いて、さらに詳細なスイングデータを採取したが、関節運動と何らかの関連性を見いだすことはできず、打撃動作の特殊性が垣間見えた。これについては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 陳 周業 (2008) 児童における基本的動作発達に関する運動学的研究—立ち幅跳びに着目して—, 広島大学大学院教育学研究科紀要, 57, 309-315.
- 2) Gerrard, D. F. (1993) Overuse injury and growing bones: the young athlete at risk, Br. J. Sp. Med., 27(1), 14-18.
- 3) 比留間浩介・植屋清見 (2007) 発達バイオメカニクスからみた児童の立ち幅跳びの動作特性, 山梨大学教育人間科学部紀要, 9, 55-62.
- 4) 堀内 元・中島大貴・桜井伸二 (2018) 野球のバッティングにおける股関節のダイナミクス, 体育学研究, 63, 695-705.
- 5) 蔭山雅洋・鈴木朝晴・前田 明 (2020a) 発育期の野球選手における投手と野手の投球速度に及ぼす体力要因の検討, 体育学研究, 65, 401-413.
- 6) 金 善應・松浦義行 (1988) 幼児及び児童における基礎運動技能の量的変化と質的变化に関する研究—走, 跳, 投運動を中心に—, 体育学研究, 33(1), 27-38.
- 7) 國土将平 (2012) 動作の因果関係を考慮した児童のボール投げ動作の評価観点の検討, 発育発達研究, 55, 1-10.
- 8) 三島隆章・渡辺英次・関 一誠 (2017) 身長発育とスピード, アジリティ, 瞬発力および敏捷性の発達との関係—幼児期から青年期男子の解析—, トレーニング指導, 2(1), 4-10.
- 9) ミズノ社 (2021) 8つのスイング解析, <https://www.mizuno.jp/baseball/swingtracer/8swing.aspx>, 2021年9月22日時点
- 10) 中野貴博・春日晃章・村瀬智彦 (2012) 幼児期の走・跳・投動作獲得に関する質的評価の信頼性・妥当性—項目反応理論を適用した質的評価の検討—, 東海保健体育科学, 34, 13-22.
- 11) 根本昌樹 (1996) 疾走能力と跳躍力の関係について, 福島工業高等専門学校研究紀要, 32, 90-95.
- 12) 尾縣 貢・高橋健夫・高本恵美・細越淳二・関岡康雄 (2001) オーバーハンドスロー能力改善のための学習プログラムの作成: 小学校2・3年生を対象として, 体育学研究, 46, 281-294.
- 13) 太田 憲・持田岳美 (2018) ゴルフクラブに作用する左右6分力の高精度計測, [No. 18-15] 日本機械学

小中学校野球選手の走・跳・投・打に関する運動能力と動作

会シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018 講演論文集, B-11

- 14) 齋藤健治・沖村多賀典（2017）小中学生の投球時に見られる動作パターン，名古屋学院大学研究年報，30，53-65.
- 15) 齋藤健治・沖村多賀典・酒井淳一（2020）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，名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学篇，8(2)，33-46.
- 16) スポーツ庁（2021）体力・運動能力調査報告書，pp18-28.
- 17) 高本恵美・出井雄二・尾縣 貢（2003）小学校児童における走，跳および投動作の発達：全学年を対象として，スポーツ教育学研究，23(1)，1-15.
- 18) 谷川 聡・島田一志・岩井浩一・尾縣 貢（2008）競技者と一般人の走および歩動作の特徴，体育学研究，53，75-85.
- 19) 吉野篤志・杉山允宏（2007）野球選手の体格・体力及び運動能力の発達の特徴，愛媛大学教育学部紀要，54(1)，149-155.