跳躍種目における助走りリズムの学習指導に関する検討 ～走り幅跳びおよび走り高跳びのキネマティクス分析による比較を通して～

Instruction of the Rhythm of the Approach Run in the Long Jump Class and the High Jump Class

吉 田 陽 平 : Yohei YOSHIDA¹
藤 田 育 郎 : Ikuro FUJITA²
結 城 匡 啓 : Masahiro YUKI²

- 1 長野市立芋井小学校 : Nagano City Imoi Elementary School
600 Sakura Nagano, Nagao, Japan 380-0885
- 2 信州大学教育学部 : Faculty of Education, Shinshu University
6-Ro, Nnishinadano, Nagano, Nagao, Japan 380-8544

Abstract

The purpose of this study was to examine the efficiency of the instruction focused on the rhythm of last three steps in the approach run in the long jump class and the high jump class of junior high school. The unit of 7 long jump classes and 8 high jump classes were focused on the rhythm up last three steps in the approach run, and the take-off movement in the first class and the last class were compared kinematically. Subjects in this study were 1st, 2nd and 3rd grade junior high school students, the number of students in the long jump class was 17 and that the high jump class was 22.

To evaluate the take-off movement quantitatively, two analysis items were used. In long jump, take-off index which is defined as the value of the vertical velocity at take-off divided by the deceleration of the horizontal velocity during take-off movement, and in high jump, velocity conversion rate which is defined as the value of the vertical velocity at take-off divided by the horizontal velocity at the starting point of take-off movement.

The main results were as follows: (1) In both classes, the record was significantly improved (Long jump: pre 3.19 ± 0.56 m, post 3.42 ± 0.57 m; $p < 0.01$, High jump: pre 1.09 ± 0.16 m, post 1.18 ± 0.14 m; $p < 0.01$). (2) In long jump, take-off index was decreased because the deceleration of the horizontal velocity during take-off movement was increased (pre -0.63 ± 0.22 m/s, post -0.81 ± 0.20 m/s; $p < 0.01$) and the vertical velocity was unchanged (pre 1.87 ± 0.31 m/s, post 1.91 ± 0.18 m/s; n.s.). (3) In high jump, velocity conversion rate was increased because the horizontal velocity at take-off was decreased (pre 4.88 ± 0.52 m/s, post 4.58 ± 0.33 m/s; $p < 0.01$) and the vertical velocity was unchanged (pre 2.59 ± 0.46 m/s, post 2.56 ± 0.47 m/s; $p < 0.01$).

From these result, it suggested that the instruction focused on the rhythm of last three steps in the approach run was effective for high jump, whereas ineffective for long jump.

1. 緒言

小学校学習指導要領解説（文部科学省，2008a，pp.69-71）および中学校学習指導要領解説（文部科学省，2008b，pp.58-69）では、陸上運動・競技領域における跳躍種目として走り幅跳びおよび走り高跳びが示され、前者は「より遠く」に跳ぶこと目指し、後者は「より高く」跳ぶことを目指す種目である。いずれの種目も、踏切動作によって助走の勢いを運動の目的に応じた方向へ変換することが求められる。つまり、走り幅跳びでは助走速度を水平速度および最適な跳躍角度のための鉛直速度に変換すること、走り高跳びでは助走速度を跳躍時の鉛直上向きの速度へ変換することが求められる。そこでは、助走における走動作と踏切のための跳動作を組み合わせることが重要な運動課題の1つとなる。こうした種目特有の課題性から、学校体育における走り幅跳びおよび走り高跳びの指導内容に関する研究報告は、走動作と跳動作の組み合わせに焦点を当てたものが多く、それを生み出すための助走リズムに着目した指導法や教材が示されている（走り幅跳び：川本・雉子波，1999；岡野，2006；渡辺・岩田，2006；陳ほか，2012；岩田ほか，2013；陳・池田，2014，走り高跳び：川本・後藤，1995；藤田ほか，2010；岡野ほか，2010）。川本・雉子波（1999）は、小学校5年生の走り幅跳びの授業を対象に、踏切2歩前（助走ラスト3歩）からのリズムアップを意図した練習を行うことで踏切準備動作の習得を図り、そこでは、助走ラスト3歩を「タタターン」というリズムで指導が行われている。また、渡辺・岩田（2006）は、小学校4年生の走り幅跳びの授業を対象に、助走の歩数を7歩に限定した教材「チャレンジ、ワン・ツー・ジャンプ」を実践し、走動作と跳躍動作の組み合わせにおける運動の先取りを意図的に創り出す教材を実施している。さらに、岩田ほか（2013）では、渡辺・岩田（2006）の教材を発展させ、11歩助走の授業実践を行っており、いずれの実践も走と跳の組み合わせという運動課題に対するラスト3歩でのリズムアップの有効性が報告されている。

走り高跳びの助走リズムに関して、走り高跳びの学習適時期を明らかにしようとした川本・後藤（1995）は、小学校中高学年を対象に、助走ラス

ト3歩を「タンタンターン」というリズムで踏み切るよう指導している。また、岡野ほか（2010，pp.82-83）は、はさみ跳びの練習において、踏切のラスト3歩を「タタタン」とすばやく走り込んで踏み切ることを勧めている。

このように、これまでの学校体育における走り幅跳びと走り高跳びの実践研究報告では、助走リズムの指導に関して、「タタタン」または「ワン・ツー・ジャンプ」といった助走ラスト3歩のリズムを強調した指導を施していることが伺え、走動作と跳動作の組み合わせを生み出すための助走リズムは、通念的に「3歩のリズムアップ」という認識がなされているようである。これに対し、陳ほか（2012）は、小学校高学年の走り幅跳び指導において、9歩助走、11歩助走および13歩助走のラスト5歩を「イチ！・ニ！・サン！・シ！・ゴ！」というリズム取りにより指導を行い、助走のラスト5歩の指導の重要性を示唆している。そこでは、これまでのラスト3歩を強調した学習指導の効果を認めながらも、小学校高学年においては、最後の5歩でリズムアップする指導を行うことが望ましいと述べている。また、吉田ほか（2017）では、中学校の走り幅跳び授業の実践研究において、助走ラスト3歩を「タタタン」というリズムアップの指導を施しているが、助走を生かした踏切という意味において助走リズムの学習指導に関して改善の余地があることを示唆している。さらに、より遠くに跳ぶことを目的とする走り幅跳びと、より高く跳ぶこと目的とする走り高跳びでは、当然求められる踏切動作も異なり、よりよい踏切を生み出すための助走リズムも異なる可能性が考えられる。こうしたことから、これまでの学校体育における走り幅跳びと走り高跳びの実践研究報告において、両種目の運動課題が異なるにも関わらず、いずれの実践においても助走ラスト3歩のリズムアップを強調する指導が一般化されてきていることについて、その指導の有効性を問い直す必要があると言えよう。そして、そのような学習指導の有効性を検討するには、助走リズムおよび跳躍のパフォーマンスを客観的に捉える必要があることから、助走のピッチやステップ長、そして助走を生かした踏切技術を定量的に捉えることのできるキネマティクスデータを手がか

りに検討していくことが求められるであろう。

そこで本研究では、中学校体育授業において、記録と跳躍動作の向上を目標とし、助走ラスト3歩のリズムアップを強調して指導が施された走り幅跳びの授業実践と、同じく助走ラスト3歩のリズムアップを強調した指導が施された走り高跳びの授業実践を対象に、単元開始前と終了時の跳躍動作をキネマティクスの分析し、得られた動作変容から助走リズムに関する指導の有効性を、それぞれの種目で検討することを目的とした。

2. 方法

2.1. 期日・対象

本研究で対象とした授業実践は、いずれも長野市立S中学校において実施されたものである。走り幅跳びは、平成27年10月から11月にかけて1年生から3年生の全校生徒（1年生：男子3名、女子3名、2年生：男子8名、女子2名、3年生：男子4名、女子5名）計25名を対象に、全7時間の授業を実施した。

走り高跳びは、平成26年10月から11月にかけて1年生から3年生の全校生徒（1年生：男子11名、女子3名、2年生：男子4名、女子5名、3年生：男子8名、女子5名）計36名を対象に、全8時間の授業を実施した。

2.2. 走り幅跳びおよび走り高跳び授業の単元指導内容

図1は、走り幅跳びの授業における単元の指導内容を示している。第1時は、踏切脚の確認および助走距離の確認・練習の時間とし、第2時以降

は、走り幅跳びの運動学的特徴から、「跳躍角度の向上」、「着地時の脚の振り出し」、「助走歩数とリズムアップの探究」という大きく分けて3つの技術的課題を学習内容として抽出・配列し、それらに対応する3つの練習教材を実施している。また、これらの3つの練習教材に加えて、毎時の授業序盤に行っている走運動と跳運動の組み合わせ、遊脚の振り上げ、リズムアップによる重心の引き上げを意図した運動を予備的運動として位置づけている。

図2には、走り高跳びの授業の単元の指導内容を示している。走り高跳びの単元指導内容は、藤田ほか（2010）が指摘しているはさみ跳びの教科内容の構成順序に基づいて作成し、「力強い踏切」、「大きなクリアランス動作」、「助走リズムを生かした跳躍」という大きく分けて3つの技術的課題を学習内容として抽出・配列し、それらに対応する練習教材を位置づけた。また、予備的運動として、走運動と跳運動の組み合わせ、はさみ跳び特有の振上脚と抜脚の動きづくり、跳運動の感覚育成を意図した運動を授業の序盤において行った。

助走のリズムアップに関しては、いずれの授業でも、助走ラスト3歩でリズムアップを行うよう指導した。実際に用いた指導言語は、先に示した先行研究に倣い「タ・タ・タン」や「ワン・ツー・ジャンプ」または「イチ・ニィ・サーン」であり、助走ラスト3歩で走動作と跳動作の組み合わせを生み出すためのリズムアップを強調する指導を施した。

時間	1	2	3	4	5	6	7
具 体 的 な 活 動	出席確認 準備体操 単元目標の確認	出席確認・準備体操・本時のねらいの確認					
		走運動と跳運動の組み合わせ、遊脚の振り上げ、リズムアップによる重心の引き上げを意図した予備的運動3種					
	踏切脚と助走距離 の確認・練習	跳躍角度の向上を意図した 練習教材の実施		着地時脚の振り出しを意図した 練習教材の実施		助走歩数とリズムアップの契機の探究	
		3歩の助走				7歩～13歩の助走	
		ラスト3歩の助走リズムは「タ・タ・タン」					
	試しの記録会 (技能テスト)	記録会					記録会 (技能テスト)

図1 走り幅跳び授業の単元指導内容

時間	1	2	3	4	5	6	7	8
具体的な活動	出席確認 準備体操 単元目標の確認	出席確認・準備体操・本時のねらいの確認						
		走運動と跳運動の組み合わせ、振上脚と抜脚の動きづくり、跳運動の感覚育成を意図した予備的運動3種						
	踏切脚の確認 (歩数限定なし)	力強い踏切の習得を意図した 練習教材の実施	大きなクリアランス動作の習得を意 図した練習教材の実施	助走リズムを生かした跳躍の習得を意 図した練習教材の実施	ポイントの復習 総合練習			
	試しの記録会 (技能テスト)	5歩または7歩助走 ラスト3歩の助走リズムは「タ・タ・タン」						記録会 (技能テスト)

図2 走り高跳び跳び授業の単元指導内容

2.3. 走り幅跳びおよび走り高跳びの跳躍動作分析

2.3.1. 走り幅跳び動作の分析法

単元前後の跳躍動作の変容をキネマティクスの捉えるため、走り幅跳び動作は2次元画像解析を用いて動作分析を行った。動作撮影は、第1時と第7時に実施した記録会の中で技能テストとして行い、単元開始前に学校側および保護者の承諾を求め、撮影に同意した生徒のみを対象とした。記録会では、生徒各自が自己の最高記録の更新に取り組んでおり、第1時および第7時ともに2回の試技を行い、記録のよい試技を分析対象試技とした。分析対象者は、保護者の同意を得られ、且つ、動作撮影を行った両日で欠席や見学のなかった生徒17名（1年生:男子3名、女子1名、2年生:男子6名、女子0名、3年生:男子4名、女子3名）であった。

撮影には、デジタルビデオカメラ（HDR-CX630, SONY 社）1台を使用した。被験者の跳躍動作を矢状面から捉えるため、カメラの光軸が踏切位置で跳躍方向に対し垂直となるように踏切位置から約15m離して設置し、パンニング撮影を行った（60fields/s）。また、撮影で得られた映像の2次元座標から実長換算するため、助走開始位置から着地位置にかけて2m間隔で較正マークを設置した。撮影で得られた映像より、ビデオ動作解析システム（Frame-DIAS IV, DKH 社）を用いて、較正マークおよび身体各部分の位置情報を得るためデジタイズを行った。身体部分のデジタイズは、身体を14のセグメントからなるリンクセグメントモデルと仮定し、阿江ほか（1992）が報告した身体各部分のデジタイズポイントから肋骨下端2点

を除いた計21点について行った。デジタイズで得られた画面上の2次元座標から、較正マークをもとに実長換算をして跳躍動作の2次元実座標値を得た。得られた身体部分の2次元実座標値は、残差分析法により最適遮断周波数を決定し（3.0～6.0Hz）、バターワースデジタルフィルタを用いて平滑化処理を施した（Winter, 1990）。さらに、得られた身体部分の2次元座標から、阿江ほか（1992）の報告した身体部分慣性係数を用いて被験者の身体重心の位置座標を算出した。

2.3.2. 走り高跳び動作の分析法

走り高跳び動作は3次元画像解析を用いて単元前後の跳動作の変容を分析した。動作撮影は、単元開始前に学校側および保護者の承諾を求め、撮影に同意した生徒のみを対象とした。撮影には、デジタルビデオカメラ（HDR-CX630, SONY 社）を計3台用意し、パンニングカメラ1台と助走の方向に応じた固定カメラ1台の計2台を用いて撮影を行った（60fields/s）。2台のビデオカメラは、LEDを用いた同期装置（Wireless LED Synchronizer, DKH 社）により時間同期した。3次元動作分析範囲は、縦横4.5m×9m、高さ2.5mとし、バーと平行な方向をY軸、鉛直方向をZ軸とし右手座標系で静止座標（ΣOXYZ）を決定した。撮影空間内の3次元座標値を算出するため、授業開始前に撮影範囲のキャリブレーションを行った。キャリブレーションには、5点のコントロールポイントを付けた高さ2.5mのキャリブレーションポール2本を撮影範囲内28カ所に一定の間隔で鉛直に設置し、床面のキャリブレーションポールの設置点28点とコントロールポイントの140点の合計168個のコントロールポイン

トと画像解析に必要なリファレンスポイント2点を撮影した。試技およびキャリブレーションの撮影で得られたビデオ映像を用いて、走り幅跳び動作の分析同様に3次元解析の為のコントロールポイント、リファレンスポイントおよび身体各部分のデジタイズを行った。デジタイズで得られた画面上の2次元座標を用いて、高松ほか（1997）のパンニング DLT 法により、身体部分の3次元座標値を算出し、走り幅跳び動作の分析同様に、平滑化处理（最適遮断周波数は3.0～7.8Hz）および被験者の身体重心（以下、重心とする）の位置座標を算出した。分析対象者の抽出は、保護者の同意を得られ、且つ、動作撮影を行った両日で欠席、見学およびデータ欠損のなかった生徒のうち、学年間で技能の偏りがなく、単元開始時に池田・蒲地（1987）の方法により定めた走り高跳びの目標記録に対する到達率を参考に行った。分析対象となった生徒は、1年生6名（男子5名、女子1名）、2年生6名（男子3名、女子3名）、3年生10名（男子7名、女子3名）の計22名であった。

2.3.3. 跳躍動作の局面定義および分析項目

(1) 跳躍動作の局面定義および分析項目

図3は、分析に用いた動作の時点および局面について示している。本研究では、いずれの種目も踏切脚の踏切2歩前接地から踏切脚離地までを分析対象とし、踏切脚となる脚が踏切2歩前に接地した時点を実験分析の開始時とし、踏切1歩前接

地を経て踏切脚接地までを助走局面、踏切脚接地から踏切脚離地までを踏切局面とした。また、助走局面の始点は、分析画面上で踏切脚の足部が床に接地することが認められた最初のコマをとし、同様に、踏切局面の終点は、足部の離地が認められた最初のコマをとし、前者を踏切脚接地時、後者を踏切脚離地時と定義した。従って、以下に示した両時点の速度は本研究におけるサンプリング周波数（1/60 秒）をもとに算出した。

本研究における動作分析項目とその定義を以下に示す。助走局面においては、重心速度の水平成分を助走速度として求め、踏切脚接地時の助走速度を踏切進入速度とした。また、踏切脚離地時における重心速度の鉛直成分および水平成分をそれぞれ鉛直速度、水平速度として求め、両速度成分の大きさから踏切脚離地時における跳躍角度を求めた。跳躍角度は重心速度ベクトルが水平面となす角度である。さらに、踏切動作中の踏切脚の動態について検討するため、踏切脚接地時の重心高および踏切脚の傾き角度、そして、踏切動作中の踏切脚の膝関節角度と角速度を求めた。重心高は、床から重心の鉛直距離である。踏切脚の傾き角度については以下のように定義し求めた。走り幅跳びでは、図4に示したように矢状面（XY平面）において、踏切脚の足関節中心と重心を結んだベクトルが鉛直軸（Y軸）となす角度を求め、踏切脚接地時に見られた負の値を踏切脚後傾角度

【走り幅跳び】

【走り高跳び】

図3 分析に用いた動作の時点および局面

図4 踏切脚の伸縮・回転モデル

とした。走り高跳びでは、水平面内（XY平面）において、踏切脚離地時と振上脚が着地した時点における重心の位置座標を結んだ線分を跳躍方向とし、静止座標系におけるY軸を跳躍方向に変換した運動座標系（SOX'Y'Z'）を定義した。そして、図4に示したように運動座標系の矢状面（YZ平面）において、足関節中心と重心を結んだベクトルがZ軸となす角度を踏切脚の傾き角度として求め、走り幅跳び同様に負の値を踏切脚後傾角度とした。膝関節角度は、膝関節中心から足関節中心を結んだベクトルと膝関節中心から大転子を結んだベクトルがなす角度とし、さらにその角度を時間微分したものを膝関節角速度とした。

次に、踏切動作中の脚の伸縮および足部を支点とした回転運動による身体の数値変化を捉えるため、踏切脚の足部支持点と大転子を結んだ線分について、図4に示したようなモデルを用いて、踏切脚の大転子の鉛直速度（ V_v ）を算出する以下の式を立てた（阿江・藤井，2002，pp.26-28）。

$$V_v = \dot{r} \sin \theta - r \omega \cos \theta$$

式の第1項は、脚の伸縮による大転子の足部に対する相対速度を表し、第2項は、脚の足部まわりの回転による鉛直速度を表すこととなり、それぞれの項で求められる鉛直速度について検討した。なお、単元前後で踏切脚以外の姿勢変化により重心位置が変化する可能性があるため、脚の伸縮および足部まわりの回転による速度を算出した質点は踏切脚の大転子とした。

これらの分析項目に加え、助走りズムについて検討するため、踏切2歩前と1歩前ステップの所要時間、ピッチおよびステップ長を求めた。ステッ

プ長は、接地脚の踵から次の接地脚の踵までの距離とした。

2.4. 踏切動作の定量的評価

走り幅跳びと走り高跳びは、いずれも「助走を生かした踏切」が求められる。走り幅跳びの踏切においては、踏切動作局面中の水平重心速度の減少を抑えながら、踏切時に最適な鉛直重心速度を獲得することが踏切動作において求められ、同様に、走り高跳びの踏切においては、助走で得た水平重心速度を踏切時の鉛直重心速度に変換することが踏切動作の課題となる。木野村ほか（2012）は、走り幅跳びの踏切動作を評価する指標として、踏切時の鉛直重心速度を踏切局面の水平重心速度の減速で除した値である踏切指数を用いている。また、走り高跳びの踏切動作の評価に関して、飯干ほか（1994，pp.169-184）は、踏切脚接地時の水平速度を助走速度とし（本研究における踏切進入速度）、助走速度に対する離地時の鉛直速度の比を速度変換率として定義している。そこで、本研究では踏切動作の定量的評価として、走り幅跳びでは木野村ほか（2012）の踏切指数を用い、走り高跳びでは、飯干ほか（1994，pp.169-184）になり、踏切進入速度に対する踏切時の鉛直重心速度の割合を百分率で求め、鉛直変換率として用いることとした。

2.5. 統計処理

走り幅跳びおよび走り高跳び授業の単元開始時と単元終了時における跳躍記録および動作分析項目の変容を比較するため、対応のあるt検定（両側）を用い、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1. 走り幅跳び

3.1.1. 跳躍記録および重心速度

表1は、単元開始時および単元終了時における跳躍記録、踏切進入速度、踏切時の水平重心速度および鉛直重心速度、跳躍角度さらに踏切指数または鉛直変換率を示したものである。走り幅跳びの単元終了時の跳躍記録は、単元開始時に比べ、有意に向上していた (pre $3.19 \pm 0.56\text{m}$, post $3.42 \pm 0.57\text{m}$; $p<0.01$)。踏切進入速度は単元開始時に比べ単元終了時で有意に大きかった (pre $6.06 \pm 0.57\text{m/s}$, post $6.30 \pm 0.63\text{m/s}$; $p<0.05$)。踏切時の鉛直重心速度、水平重心速度および跳躍角度は、単元前後で有意な変化は見られなかった。踏切指数は、単元開始時にくらべ単元終了時で有意に低下していた (pre 3.30 ± 1.00 , post $2.46 \pm$

0.87m/s ; $p<0.01$)。

3.1.2. 踏切動作と脚の伸縮および足部まわりの回転による速度

表2は単元開始時および単元終了時における踏切脚接地時の重心高、踏切脚後傾角度および踏切時の膝関節角度と踏切局面中の膝関節角度最小値、膝関節角速度最大値を示している。踏切脚接地時の重心高は単元開始時に比べ単元終了時で低い傾向がみられた (pre $0.84 \pm 0.05\text{m}$, post $0.83 \pm 0.04\text{m}$; $p<0.10$)。踏切脚接地時の踏切脚後傾角度は、単元開始時に比べ単元終了時で小さい (より後傾した) 傾向を示した。 (pre $-30.4 \pm 4.1\text{deg.}$, post $-31.7 \pm 3.3\text{deg.}$; $p<0.10$)。踏切脚の膝関節角度は、踏切時では単元開始時に比べ単元終了時で有意に小さかった (pre $151.1 \pm 6.9\text{deg.}$, post $147.2 \pm 5.1\text{deg.}$; $p<0.05$)。また、踏切局面中の

表1 単元開始時および単元終了時における跳躍記録、踏切進入速度、踏切時の水平重心速度および鉛直重心速度、跳躍角度、踏切指数または鉛直変換率

項目	幅跳び(n=17)		高跳び(n=22)	
	単元開始時	単元終了時	単元開始時	単元終了時
跳躍記録(m)	3.19 ± 0.56	$3.42 \pm 0.57^{**}$	1.09 ± 0.16	$1.18 \pm 0.18^{**}$
踏切進入速度(m/s)	6.06 ± 0.57	$6.30 \pm 0.63^{*}$	4.88 ± 0.52	$4.58 \pm 0.33^{**}$
水平重心速度(m/s)	5.44 ± 0.60	5.49 ± 0.76	3.09 ± 0.41	$2.82 \pm 0.30^{**}$
鉛直重心速度(m/s)	1.87 ± 0.31	1.91 ± 0.18	2.59 ± 0.46	2.56 ± 0.47
跳躍角度(deg.)	19.1 ± 2.8	19.2 ± 1.9	39.8 ± 5.0	$42.0 \pm 6.6^{\dagger}$
踏切指数／鉛直変換率	3.30 ± 1.00	$2.46 \pm 0.87^{**}$	52.90 ± 6.16	$55.65 \pm 9.04^{*}$

$\dagger$: $p<0.10$ * : $p<0.05$ ** : $p<0.01$

表2 単元開始時および単元終了時における踏切脚接地時の重心高、踏切脚後傾角および踏切時の膝関節角度と踏切局面中の膝関節角度最小値、膝関節角速度最大値

項目	幅跳び(n=17)		高跳び(n=22)	
	単元開始時	単元終了時	単元開始時	単元終了時
踏切脚接地時 重心高(m)	0.84 ± 0.05	$0.83 \pm 0.04^{\dagger}$	0.82 ± 0.05	$0.83 \pm 0.05^{*}$
踏切脚後傾角度(deg.)	-30.4 ± 4.1	$-31.7 \pm 3.3^{\dagger}$	-31.7 ± 3.3	-30.9 ± 4.1
踏切脚膝関節角度(deg.)	151.1 ± 6.9	$147.2 \pm 5.1^{*}$	151.4 ± 7.1	$148.9 \pm 5.8^{*}$
踏切局面中 踏切脚膝関節角度最小値(deg.)	140.3 ± 8.8	138.1 ± 7.7	138.9 ± 7.6	136.1 ± 7.1
踏切脚膝関節角速度最大値(rad/sec.)	4.4 ± 0.9	$5.0 \pm 1.5^{\dagger}$	4.4 ± 1.3	$5.2 \pm 1.2^{*}$

$\dagger$: $p<0.10$ * : $p<0.05$ ** : $p<0.01$

膝関節角度最小値は単元前後で有意な差はみられなかったが、その後の踏切時に向けた伸展動作において、膝関節伸展角速度の最大値が単元開始時に比べ単元終了時で大きい傾向を示した (pre $4.4 \pm 0.9\text{deg.}$, post $5.0 \pm 1.5\text{deg.}$; $p<0.10$)

図5は、走り幅跳びの踏切局面における脚の伸縮および足部まわりの回転による鉛直速度および両要素の合成速度を示している。図の縦軸は、踏切脚大転子の足関節中心に対する相対鉛直速度を示し、横軸は、踏切局面の所要時間を100%とした規格化時間を示している。黒線で示した踏切脚の伸縮による鉛直速度は、踏切局面序盤(9%~27%規格化時間)および踏切局面終盤(65%~93%規格化時間)で、破線で示した単元開始時に比べ、実線で示した単元終了時が有意に小さかった($p<0.05$)。またグレーの線で示した踏切脚の足部まわりの回転による鉛直速度は、踏切局面序盤(16%~33%規格化時間)で、破線で示した単元開始時に比べ、実線で示した単元終了時が有意に大きかった($p<0.05$)。

3.1.3. 助走リズム

表3は、踏切2歩前ステップと踏切1歩前ステップの所要時間、ステップ長およびピッチを示したものである。踏切2歩前および踏切1歩前ス

テップの所要時間では、1歩前ステップの所要時間が単元開始時に比べ単元終了時で小さい傾向を示した (pre $0.26 \pm 0.03\text{sec.}$, post $0.24 \pm 0.03\text{sec.}$; $p<0.10$)。踏切1歩前ステップのピッチは、単元開始時に比べ単元終了時で大きい傾向がみられた。(pre $3.86 \pm 0.59\text{step/s}$, post $4.20 \pm 0.45\text{step/s}$; $p<0.10$) ステップ長に関しては、単元前後で有意な変化は見られなかったが、両ステップともに単元終了時がより小さい値であった。

3.2. 走り高跳び

3.2.1. 跳躍記録および重心速度

表1に示したように、走り高跳びの単元終了時の最高記録は、単元開始時に比べ有意に向上していた (pre $1.09 \pm 0.16\text{m}$, post $1.18 \pm 0.14\text{m}$; $p<0.01$)。踏切進入速度は、単元開始時に比べ単元終了時で有意に減少していた (pre $4.88 \pm 0.52\text{m/s}$, post $4.58 \pm 0.33\text{m/s}$; $p<0.01$)。水平重心速度は、単元開始時に比べ単元終了時で有意に減少し (pre $3.09 \pm 0.41\text{m/s}$, post $2.76 \pm 0.39\text{m/s}$; $p<0.01$)、鉛直重心速度は、単元前後で有意な変化は見られなかった。鉛直変換率は、単元開始時に比べ単元終了時で有意に増加していた (pre $52.9 \pm 6.2\text{m/s}$, post $55.7 \pm 9.0\text{m/s}$; $p<0.05$)。

図5 走り幅跳びの踏切局面における踏切脚大転子の足関節中心に対する相対鉛直速度

表3 踏切2歩前ステップと踏切1歩前ステップの所要時間、ステップ長およびピッチ

項目	幅跳び(n=17)		高跳び(n=22)	
	単元開始時	単元終了時	単元開始時	単元終了時
所要時間(s)	0.28 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.31 ± 0.04	0.30 ± 0.04
2歩前 所要時間(%)	51.3 ± 2.9	52.3 ± 2.7	57.6 ± 4.4	54.9 ± 4.0 *
2歩前 ピッチ(steps/s)	3.65 ± 0.45	3.82 ± 0.33	3.22 ± 0.39	3.34 ± 0.40
2歩前 ステップ長(m)	1.70 ± 0.27	1.66 ± 0.12	1.47 ± 0.18	1.31 ± 0.16 **
所要時間(s)	0.26 ± 0.03	0.24 ± 0.03 †	0.23 ± 0.03	0.25 ± 0.04 *
1歩前 所要時間(%)	48.7 ± 2.9	47.7 ± 2.7	42.4 ± 4.4	45.1 ± 4.0 *
1歩前 ピッチ(steps/s)	3.86 ± 0.59	4.20 ± 0.45 †	4.40 ± 0.66	4.09 ± 0.59 *
1歩前 ステップ長(m)	1.72 ± 0.25	1.67 ± 0.15	1.39 ± 0.20	1.42 ± 0.18

†: p<0.10 * : p<0.05 ** : p<0.01

3.2.2. 踏切動作と起こし回転

表2に示したように、走り高跳びの踏切脚接地時の重心高は、単元開始時に比べ終了時で有意に高かった (pre 0.82 ± 0.05m, post 0.83 ± 0.05m ; p<0.05)。踏切脚接地時の踏切脚後傾角度は、単元前後で有意な変化はみられなかった。(pre -31.7 ± 3.3deg., post -30.9 ± 4.1deg. ; p<0.10)。踏切脚の膝関節角度は、踏切時では単元開始時に比べ単元終了時で有意に小さかった (pre 151.4 ± 7.1deg., post 148.9 ± 5.8deg. ; p<0.05)。踏切局面中の膝関節角度最小値は単元前後で有意な差はみられなかったが、その後の踏切時に向けた伸展動作において、膝関節伸展角速度の最大値は、単元開始時に比べ単元終了時で有意に大きい値を示した (pre 4.4 ± 1.3deg./s, post 5.2 ± 1.2deg./s ; p<0.05)。

図6は、走り高跳びの踏切局面における脚の伸縮および足部まわりの回転による鉛直速度および両要素の合成速度を示している。図5と同様に、図の縦軸は、踏切脚大転子の足関節中心に対する相対鉛直速度を示し、横軸は、踏切局面の所要時間を100%とした規格化時間を示している。黒線で示した踏切脚の伸縮による鉛直速度は、踏切局面序盤 (16% ~ 27% 規格化時間) および踏切局面終盤 (86% ~ 100% 規格化時間) で、破線で示した単元開始時に比べ、実線で示した単元終了時が有意に大きかった (p<0.05)。またグレーの線で示した踏切脚の足部まわりの回転による鉛直速

度は、踏切局面前半 (15% ~ 50% 規格化時間) で、破線で示した単元開始時に比べ、実線で示した単元終了時が有意に小さく (p<0.05) 踏切局面終盤 (84% ~ 100% 規格化時間) では、破線で示した単元開始時に比べ、実線で示した単元終了時が有意に大きかった (p<0.05)。

3.2.3. 助走りリズム

表3に示したように、走り高跳びの踏切2歩前および踏切1歩前ステップの所要時間は、1歩前ステップの所要時間の絶対値が単元開始時に比べ単元終了時で有意に大きかった。このことに関連して、両ステップ所要時間に対する各ステップの所要時間の割合も変化がみられ、単元開始時に比べ単元終了時で2歩前ステップの所要時間の割合は小さく (pre 57.6 ± 4.4%, post 54.9 ± 4.0% ; p<0.05) 1歩前ステップの所要時間の割合は大きかった。(pre 42.4 ± 4.4%, post 45.1 ± 4.0% ; p<0.05)。また、踏切1歩前のピッチは、単元開始時に比べ単元終了時で有意に小さかった (pre 4.40 ± 0.66step/s, post 4.09 ± 0.59step/s ; p<0.05)。さらに踏切2歩前ステップのステップ長は、単元開始時に比べ単元終了時で有意に小さかった (pre 1.47 ± 0.18m, post 1.31 ± 0.16m ; p<0.01)

4. 考察

表1に示したように、跳躍記録は両種目共に単

図6 走り高跳びの踏切局面における踏切脚大転子の足関節中心に対する相対鉛直速度

元開始時に比べ単元終了時で有意に向上していたことから、本研究において実践した学習指導は、跳躍記録向上に一定の効果があったと言える。踏切動作の定量的評価では、走り幅跳びの踏切指数は単元開始時に比べ単元終了時で有意に低下し、走り高跳びの鉛直変換率は有意に向上していた。このことから、踏切動作の習得に関してみれば、走り幅跳びでは期待した学習効果が得られなかったことが伺える。以下では、踏切動作に関わる変容について、それぞれの種目で検討していく。

4.1. 走り幅跳び

走り幅跳びの助走に関して、表1に示したように単元開始時に比べ単元終了時で踏切進入速度が有意に大きくなっていたことから、助走スピードが向上していたことがわかる。これは単元前後の比較において、踏切1歩前ステップの所要時間が短縮されピッチの値が大きくなりながらも、ステップ長に変化が見られなかったことによると言える。また、踏切2歩前ステップにおいても、統計的有意差はなかったが、同様な傾向がみられたことから、単元前後の比較において、単元終了時では助走のリズムアップが習得され、より速い助走スピードで踏切動作を開始していたと言える。

走り幅跳びは、その運動構造を助走・踏切・空中・着地の4局面に分けることができ、踏切から空中へ飛び出す瞬間の踏切時における水平速度が跳躍距離の決定要素となることが知られている(深代, 1990, pp.34-36)。よって、踏切局面において助走で得たスピードの減速を極力抑えて踏切ることが必要と言える。本研究の踏切局面における水平速度についてみると、表1に示したように、単元終了時で踏切進入速度は有意に大きくなっていたが、踏切時の水平速度は変化がみられなかった。このことは、踏切動作中における助走スピードの減速が大きくなっていることを意味しており、単元前後で踏切局面中の水平速度の変化を比較すると、単元終了時では速度変化が有意に大きかった(pre $-0.63 \pm 0.22\text{m/s}$, post $-0.81 \pm 0.20\text{m/s}$; $p < 0.01$)。また、踏切動作の評価の指標とした踏切指数が単元開始時に比べ単元終了時で有意に減少していたことについては、踏切時における鉛直重心速度には有意な差はなかったことに加え、踏切局面中の水平速度の減少の値が大きかったことによると言える。

単元前後の踏切動作の変容では、表2に示したように、単元終了時では踏切脚接地時において重心高が低く、踏切脚膝関節角度がより屈曲して接

地していた。このことに関連して、踏切脚は後傾して接地されていた。さらに、図5で示した、脚の回転による鉛直速度について、単元終了時の踏切局面前半（16%～33%規格化時間）において有意に大きな値を示していたことから、単元終了時において、踏切脚をより後傾させた接地により、いわゆる起こし回転の効果により鉛直速度が増大していたことが伺える。一方で、踏切脚をより後傾させた接地により、跳躍方向とは逆向きの地面反力成分が大きくなり、水平速度が減少したことが推察できる。先述したように、より遠くへ跳ぶことを目的とする走り幅跳びでは、踏切時の鉛直速度よりも水平速度の大きさが、記録に深く関係することから（深代，1990，pp.34-36）、本研究において実施された、走り幅跳びの指導は、踏切動作の学習効果について課題を残すものと言える。なお、表1に示したように、踏切時における鉛直速度が単元前後で同等であったことについて、次のことが考えられる。1つは、遊脚および上肢の振り上げ動作による身体重心の鉛直速度獲得である。次に、図5の回転と伸縮の両要素の合成速度に着目すると、局面終盤で負になっていることがわかることから、踏切局面終盤で足関節の底屈動作による身体重心の鉛直速度獲得が行われていたと推察できる。さらに、単元開始時では、踏切局面終盤（65%～93%規格化時間）の踏切脚の伸縮による鉛直速度が有意に大きかった。これらの要因によって、単元前後での踏切時の鉛直速度が同等となっていたと考えられるが、助走を生かした跳躍を習得するという意味においては、より大きな助走速度で起こし回転の効果を生かした跳躍技術を獲得することが望ましいと言えよう。また、単元前後で踏切時の水平および鉛直速度に変化が見られなかったにも関わらず、単元終了時で記録が向上した要因は、着地動作の変容であると推察できる。このように、走り幅跳びでは、助走リズムに関する技能の向上が示唆されたものの、助走を生かした踏切動作については期待した学習効果を得られなかったことが伺える。

4.2. 走り高跳び

走り高跳びでの助走について、表1に示したように、単元開始時に比べ単元終了時で踏切進入速度が有意に低下していた。また、表3に示したよ

うに、踏切2歩前ステップの所要時間の割合とステップ長が短縮され、踏切1歩前ステップでは、所要時間の割合が増大し、ピッチが遅くなっていた。このことから、単元開始時に比べ単元終了時では、ゆっくりとした助走になっていたが、踏切2歩前の歩幅を短くし、さらに所要時間の割合が小さくなったことから、踏切2歩前（いわゆるラスト3歩）からのリズムアップが習得されていると捉えられる。また、走り高跳びでは、踏切脚接地時の踏切脚後傾角度に変化がなかったが、踏切局面後半において、膝関節の伸展角速度が有意に大きくなっており、踏切脚の伸縮による鉛直速度の変化は、局面後半（86%～100%規格化時間）において有意に大きな値を示した（図6）。単元終了時では助走スピードが遅くなっていたことから、走り高跳びの踏切動作では、いわゆる起こし回転の作用を利用した鉛直速度の獲得ではなく、よりよい踏切のための助走リズムから脚を素早く伸展させ力強い踏切を行うことで鉛直速度を獲得していたと捉えられる。踏切動作の評価の指標とした鉛直変換率が有意に向上したことについても、助走スピードが遅くなりながらも、脚の素早い伸展による力強い踏切動作により、単元開始時と同等の鉛直速度を獲得できていたからと言える。

以上のように、走り高跳びについては、単元を通した一連の学習指導によって、踏切2歩前からのリズムアップが強調された助走と踏切局面後半の脚の素早い伸展による力強い踏切動作を習得したと捉えることができる。

4.3. 走り幅跳びと走り高跳びの助走のリズムアップに関する指導法の検討

本研究における実践では、両種目ともに助走のリズムアップの指導において、踏切2歩前（いわゆるラスト3歩）リズムアップを行うよう指導した。その結果、上述してきたように、両種目ともに踏切2歩前リズムアップが強調された助走が行われるようになっていた。しかしながら、一般的に走り幅跳びの踏切2歩前のストライドパターンでは、踏切2歩前より踏切1歩前のストライドが短くなる「長－短」のパターンが好ましいとされ（坂井，2013，pp.46-55）、走り高跳びでは、踏切2歩前が踏切1歩前より短くなる「短－長」のパターンが好ましいとされる（岡野ほか，2010、

pp.82-83)。本研究の走り幅跳び動作の分析から、単元前後において、踏切2歩前および踏切1歩前のストライドパターンに統計的な差は見られなかったが、踏切1歩前のストライドは2歩前と同等または僅かに大きな値を示していた。走り幅跳びでは、踏切脚の接地において単元開始時に比べ単元終了時で脚がより後傾した接地となっていたことも、踏切1歩前のステップ長が短縮しなかったことに関連すると推察できる。先述したように、踏切脚がより後傾して接地することは、地面反力による助走の減速成分が大きくなることとなり、助走スピードの大きな減速を招いていたと考えられる。従って、走り幅跳びの助走リズムの指導において、踏切脚を後傾させすぎないように、踏切1歩前のステップ長を短くすることを強調した指導の必要性を提案したい。ここで、坂井（2013）の言う「長－短」のリズムのストライドパターンを意識させた「ターン・タ・タン」や「イーチ・ニ・サン」という3歩のリズムが考えられるが、児童や生徒にとって「長－短」のリズムで踏み切れることは、非常に複雑となるであろう。そこで、先述したように踏切1歩前のステップ長を短くすることを強調した指導として、これまでの助走ラスト3歩のリズムアップ指導から、例えば「タタン」というような、助走ラスト2歩のリズムアップを強調する指導の可能性についても検証が求められるといえよう。

4.4. 本研究の限界

本研究では中学校体育授業において、記録と跳躍動作の向上を目標とし、助走ラスト3歩のリズムアップを強調して指導が施された走り幅跳びのおよび走り高跳びの授業実践を対象に、単元開始前と終了時の跳躍動作をキネマティクス的に分析し、得られた動作変容から助走リズムに関する指導の有効性をそれぞれの種目で検討した。しかしながら、本研究の限界として以下の3点が挙げられる。1つ目に、いずれの実践においても被験者が3学年合計で20名前後であり、学年別の違いや性差による特徴についての検討ができなかった。次に、本研究では助走リズムに着目し、助走を生かした跳躍技術を検討するため、起こし回転のモデルを用いて、その鉛直速度獲得の一要因を検討した。しかしながら、遊脚および上肢の動き

やそれらの重心まわりの運動量など、起こし回転モデル以外の跳躍動作に関わる項目については十分に論じきれなかった。また3つ目に、本研究の実験計画では、類似した先行研究（大宮ほか，2010；藤田ほか，2010；後藤ほか，1997；川本・後藤，1995；後藤・原田，1996）を参考に動作撮影におけるサンプリングレートを決定した（60Hz）。しかし、跳躍動作の画像解析において、これらの先行研究で用いられてきた撮影設定が妥当であるか否かの検討はできていない。例えば、ハイスピードカメラを用いて、より高いサンプリングレート（300Hzなど）での解析を行った場合における結果と比較した上で、撮影設定を決定することも考えられる。

これらについては、前節に述べた助走ラスト2歩のリズムアップを強調する指導法の検討と合わせて追究していく必要があるといえ、今後の研究課題としたい。

追記

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（若手研究（B）課題番号：16K16490）の助成を受けて実施されたものである。

文献

- 阿江通良・藤井範久（2002）スポーツバイオメカニクス 20 講。朝倉書店：東京，pp.26-28.
- 阿江通良・湯海鵬・横井孝志（1992）日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定。バイオメカニズム 11：23-33.
- 深代千之（1990）跳ぶ科学。大修館書店：東京，pp.34-36.
- 藤田育郎・池田延行・陳洋明・武田泰之（2010）走り高跳び（はさみ跳び）の目標記録への到達率からみた教科内容構成の検討：観察的評価基準の作成と小学校高学年を対象とした縦断的实践。体育学研究 55(2)：539-552.
- 後藤幸弘（2007）教育内容と適時性に基づく「走り高跳び」カリキュラムの提言。日本教科教育学会誌 30(3)：21-30.
- 後藤幸弘・原田耕造（1996）背面跳び（走り高跳び）学習の小学校段階への導入の是非について—はさみ跳びによる学習成果との比較か

- ら一. スポーツ教育学研究, 16(1): 25-37.
- 後藤幸弘・本多弘子・辻延浩 (1997) 走り高跳びの学習指導に関する基礎的研究: 踏切版 (用具) の使用が跳躍高に及ぼす影響について. 実技教育研究, 11: 61-74.
- 飯干明・阿江通良・結城匡啓・高松潤二・長沢光雄・湯海鵬 (1994) 走高跳のバイオメカニクスの分析. 日本陸上競技連盟教科本部バイオメカニクス研究班編. 世界一流陸上競技者の技術, ベースボールマガジン社: 東京, pp.169-184.
- 池田延行・蒲地直志 (1987) 体育学習における標準設定の方法に関する研究—走り高跳びについて—. 体育経営学研究 4(1): 21-28.
- 岩田靖・北垣内博・平川達也・板花啓太 (2013) 中学校体育における走り幅跳びの指導に関する検討. 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要. 教育実践研究 14: 71-80.
- 川本幸則・後藤幸弘 (1995) 児童期における走り高跳び (はさみ跳び) 学習適時期について. スポーツ教育学研究 15(1): 1-13.
- 川本和久・雉子波秀子 (1999) 小学校体育授業の走り幅跳びに関する授業研究—助走のリズムアップ—. 福島大学教育実践研究紀要 37: 89-96.
- 木野村嘉則・村木征人・図子浩二 (2012) 走幅跳における助走歩数を増やして踏切のための踏切動作: 短助走跳躍から長助走跳躍に至る踏切動作等の変化率に着目して. 体育学研究 57: 71-82.
- 文部科学省 (2008a) 小学校学習指導要領解説 体育編. 東洋館出版社: 東京, pp.69-71.
- 文部科学省 (2008b) 中学校学習指導要領解説 保健体育編. 東山書房: 京都, pp.58-69.
- 尾縣貢・中野正英 (1992) 小学生における走幅跳びの合理的技術. 奈良教育大学紀要 41(2): 23-29.
- 岡野進 (1989) 走幅跳・三段跳 最新陸上競技入門シリーズ⑦. ベース・ボールマガジン社: 東京, pp.25-34.
- 岡野進 (2006) 小学生の陸上競技指導と栄養・スポーツ傷害. 創文企画: 東京, pp.81-84.
- 岡野進・繁田進・熊原誠一・尾縣貢・高本恵美 (2010) 走り高跳び (はさみ跳び). 日本陸上競技連盟編, 陸上競技指導教本アンダー 13 楽しいキッズの陸上競技. 大修館書店: 東京, pp.82-83.
- 大宮真一・木越清信・尾縣貢 (2010) 小学校高学年児童のリバウンドジャンプ能力と走り幅跳びの鉛直速度および踏切動作との相互関係. スポーツ教育学研究, 30(1): 1-12.
- 大村一光 (1995) 走り幅跳びの踏切準備. 学校体育 48(5): 4-5.
- 坂井裕司 (2013) 走幅跳・三段跳. 日本陸上競技連盟編, 陸上競技指導教本アンダー 16・19 [上級編] レベルアップの陸上競技. 大修館書店: 東京, pp.46-55.
- 高松潤二・阿江通良・藤井範久 (1997) 大きな計測範囲のためのバンニング DLT 法の開発. 体育学研究 42(1): 19-29.
- 陳洋明・池田延行 (2014) 小学校中学年における幅跳びの学習指導に関する一考察—3年生と4年生の授業成果の比較を通して—. 体育科教育学研究 30(1): 17-32.
- 陳洋明・池田延行・藤田育郎 (2012) 小学校高学年の走り幅跳び授業における指導内容の検討—リズムアップ助走に着目した教材を通して—. スポーツ教育学研究 32(1): 1-17.
- 渡辺誠・岩田靖 (2006) 小学校体育における跳躍運動の教材づくりとその検討—特に, 走り幅跳びにおける「運動組み合わせ」の視点から—. 信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要. 教育実践研究 7: 71-78.
- Winter, D. A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed.). John Wiley & Sons, pp.41-43.
- 吉田陽平・中曽根佑哉・井出大樹・藤田育郎 (2017) 中学校段階における走り幅跳びの学習指導に関する検討—跳躍動作のキネマティクス分析を通して—. 信州大学教育学部研究論集 10: 145-156.

平成 29 年 8 月 15 日 受付

平成 30 年 2 月 28 日 受理