中学校段階における走り高跳び授業の教科内容に関する検討： 跳躍動作の3次元解析を通して

吉田 陽平¹⁾ 藤田 育郎²⁾

Yohei Yoshida¹ and Ikuro Fujita²: Three-dimensional motion analysis of high jump performance in junior high school students with consideration of training optimization. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 62: 723-737, December, 2017

Abstract : The purpose of this study was to clarify changes in high jump (scissors jump) performance in physical education classes for junior high school students in order to suggest training optimization according to grade. High jump lessons were conducted 8 times, and the scissors jump motions of the subjects were captured by 2 cameras (60 fps), both fixed and panned, in the first (pretest) and last (posttest) classes. The motions of the subjects were analyzed in 3 dimensions using the panning DLT method. The subjects were 22 students who were divided into 2 groups: 1st and 2nd grade students who learned the high jump as a compulsory subject, and 3rd grade students who did so as an optional subject.

The main results were as follows: (1) In both groups, whereas the mean approach run speed was significantly decreased, the best records were significantly improved. (2) In 1st and 2nd grade students, the change in the ankle joint angle of the take-off leg during the take-off phase was smaller in the posttest than in the pretest. In addition, the knee joints of both legs during the jumping phase were more extended in the posttest than in the pretest. (3) In 3rd grade students, the take-off angle was significantly increased, and moreover the rate of conversion of the horizontal velocity of the center of body mass (COM) at the start of the take-off phase into the COM vertical velocity at take-off was significantly increased. This increase in the conversion rate was related to a significant increase in the knee extension velocity of the take-off leg during the take-off movement. In 3rd grade students, a more pronounced rhythm was observed in the last 2 steps of the approach run during the posttest.

From these results, we suggest that for 1st and 2nd grade students, emphasis should be placed on the technique for obtaining rhythm in the approach run, whereas for 3rd grade students, there should be a focus on the take-off movement, making good use of the approach run speed.

Key words : scissors jump, rhythm up of the approach run, take-off movement, physical education classes

キーワード : はさみ跳び, 助走のリズムアップ, 踏み切り動作, 体育授業

1. 緒 言

2008年の小・中学校学習指導要領の改訂にあたって、体育・保健体育科においては、指導内容

の明確化および体系化が改訂の要点として挙げられた（文部科学省，2008a，2008b）。このことにより、各学年段階において児童・生徒に身に付けさせたい内容を明確にするとともに、各学年段階の接続を意図した学習指導の展開が期待され

1) 長野市立芋井小学校

〒380-0885 長野県長野市桜600

2) 信州大学教育学部

〒380-8544 長野県長野市西長野 6-口

連絡先 吉田陽平

1. Nagano City Imoi Elementary School

600 Sakura, Nagano, Nagano, 380-0885

2. Faculty of Education, Shinshu University

6-Ro, Nishinagano, Nagano, Nagano, 380-8544

Corresponding author sunpeace0115@nifty.com

ている。

中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）では、「陸上運動・陸上競技の動きの例」として、小学校5・6年段階では「リズムカルな助走から上体を起こして踏み切る走り高跳び」，中学校1・2年段階では「力強い踏み切りと大きな動作の走り高跳び」，中学校3年段階では「伸び上がるような踏み切りと流れのよい空間動作の走り高跳び」が示されている。これらは，指導内容の明確化および体系化を意図したものである一方で，各学年段階において強調して取り上げるべき指導内容を示したものであると捉えられる。しかし，助走，踏切準備，踏切，空中，着地という5つの局面から構成され，局面が進むにつれて課題が次々と変容する（関岡ほか，1979）といった特徴を有する走り高跳びの学習指導にあたっては，上述したような指導内容を強調して位置づけていく一方で，一連の動きを総合的に学習していく必要があるといえるだろう。また，岩田（2008）は，学習指導過程を考える際のポイントの1つとして「運動学習の過程で子どもが出会う課題やつまずき」を単元や授業の計画段階で先取りしておくことの重要性を指摘している。このような視野に立てば，教科内容としての技術的課題をどのような順序で位置づけて，学習指導過程を構成していくかということが重要な側面の1つとなり得るであろう。

走り高跳びにおける学習指導過程の構成という視点については，藤田ほか（2010）と後藤（2007）が示唆的である。両者とも，小学校段階を対象とした限定されたものであるが，藤田ほか（2010）は，5年生では「伸び上がるように踏み切る技術」と「振上脚と抜脚を開いて高く振り上げる技術」，6年生では「最後の2～3歩でリズムアップする助走技術」と「助走のリズムを生かして踏み切る技術」といった系統的な指導内容を提案している。一方，後藤（2007）は，3年生では「助走からの片足踏切」，4年生では「クリアランス技術」，5年生では「適切な踏切位置の発見とクリアランス技術」，6年生では「助走から踏み切る技術」といった指導の順序性を提起してい

る。藤田ほか（2010）と後藤（2007）の両者の見解を整理すれば，おおよそ踏切動作からクリアランス動作を経て助走を生かした跳躍動作へと学年段階の進行に伴って指導内容を展開させていくことが望ましいといえよう。さらに，小・中学校学習指導要領解説（文部科学省，2008a，2008b）においても，例示に記載されている内容は，「リズムカルな助走」をベースとしながら，学年段階の進行に伴い，踏切動作からクリアランスへ動作と指導内容が強調されていく記述となっている。小学校段階を対象とした藤田ほか（2010）や後藤（2007）の知見および小・中学校学習指導要領解説（文部科学省，2008a，2008b）における記述の内容は，各学年段階の接続を意図した系統的な指導内容の体系を示したものであるが，ある1つの学年を対象とした授業単元において学習指導過程を計画していく場合にも，教科内容としての技術的課題の順序を検討していくにあたって，有効な示唆となり得るであろう。

ところで，体育授業における走り高跳びを対象としたこれまでの研究では，競争型・達成型といった機能的特性論の立場から授業を行った結果，走り高跳びにおける学習の適時期は男女ともに小学校高学年にあるとした池田（1992）のように，学習の適時期を検討したもの（後藤ほか，2004；川本・後藤，1995；池田，1992；池田ほか，2007），はさみ跳びとの技術的系統性といった視点から小学校段階への背面跳びの導入の是非を検討した後藤・原田（1996）のように，はさみ跳びから背面跳びへの系統的な学習指導法について検討したもの（後藤・原田，1996；肝付ほか，2010；植屋ほか，1993），先述した藤田ほか（2010）や後藤（2007）のように，教科内容の順序構成について検討したもの（藤田ほか，2010；後藤，2007，石川ほか，2002a）が挙げられる。しかし，児童・生徒の走り高跳びの一連の動作に着目し，単元を通したその変容を学習成果として捉えて精緻に検証したものは極めて少ない。石川ほか（2002b）は，小学校6年生を対象とした授業実践において，単元を通して助走動作やクリアランス動作に改善がみられたとしている。しか

し、石川ほか（2002b）による動作評価の方法は、評価基準を活用したり、力学的な分析を行ったりしたものではなく、印象的な評価に留まっているといった問題が指摘できる。また、藤田ほか（2010）は、はさみ跳びの観察的動作評価基準を開発し、小学校高学年の2つの学年を対象に実施した授業において児童のはさみ跳びの一連の動作を評価しているが、単元を通した子どもたちの技能の変容についてまでは言及されていない。

藤田ほか（2010）や後藤（2007）によって、走り高跳びの教科内容の構成については、一定の知見が示されてきたが、それは小学校段階を対象としたものに留まっており、中学校段階までその視野を広げていく必要があると考えられる。そこで本研究では、まず先行研究で明らかにされてきた知見に基づいて計画した学習指導過程の下で、中学生を対象として実施した走り高跳びの授業における一連の動作の変容を3次元動作解析によって分析することとした。続いて、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）に記述されている陸上競技領域の指導内容から、本研究における一連の学習指導について、その有効性を検討することを目的とした。

2. 方 法

2.1 期日・対象・単元指導計画

長野市立S中学校において、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。単元指導計画は、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た。先述したように、藤田ほか（2010）は、踏切局面における力強い踏切と空中局面におけるクリアランス動作の学習を経て、リズムカルな助走を生かした跳躍へと発展的に取り上げることが望ましいと提案している。そこで、「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4つの練習教材を位置づけた。また、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予備的運動として位置づけた。単元指導計画と各教材の実施方法・意図は、図1に示したとおりである。

なお、単元の学習指導の具体的展開を以下に記述する。まず、単元冒頭で生徒たちの大半は、走り高跳びで高く跳ぶためには、助走でスピードをつけて力強く踏切るといったイメージを有していたため、単元2—3時間目は「助走スピードを生かした力強い踏切」を学習課題とした。その後、クリアランスで脚がバーに引っかかるといったつまづきや課題を取り上げ、単元4—5時間目は「大きなクリアランス動作」を学習課題とした。さらに踏切動作を先取りした跳躍を行えるように、単元6—7時間目は助走局面においてスピードよりもリズムに着目し、助走のラスト3歩を「タタタン」とリズムアップを行うよう指導することで、「助走リズムを生かした跳躍」を学習課題として順次設定した。

また、本研究では、池田・蒲池（1987）によって作成された「走り高跳びの重回帰式」を用いて、生徒各自が単元開始前に目標記録を定め、毎回の授業終盤に自己の目標記録に挑戦する記録会を実施した。そこでは、目標記録の達成に向けた個々人の意欲的な活動を促すことに加え、個人的運動として完結しがちな走り高跳びの授業における集団的達成を意図して、目標記録を基準として毎回の記録を得点化し、グループ内で得点を伸ばしたり、グループ間で得点を競い合ったりする活動を行った。なお、表1には、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）において、陸上競技領域が必修とされている1・2学年と選択学習となる3学年に区分して、身長、50 m 走の記録および目標記録を示した。

2.2 動作撮影の実施方法

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

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		
		【予備的運動】 バスケットボールボードタッチ タッチマリオネット体操 5バウンディング						
	踏切脚の確認 (歩数限定なし)	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		ポイントの復習 総合練習	
		【練習教材①】 ダブルバージャンプ (5歩または7歩助走)	【練習教材②】 ロイター板ダブルバージャンプ (5歩または7歩助走)		【練習教材③】 階段ジャンプ 【練習教材④】 坂道ジャンプ (5歩または7歩助走)			
	試しの記録会 (技能テスト)	記録会：グループで記録向上に挑戦						記録会 (技能テスト)
名称								

図1 単元指導計画と各教材の実施方法・意図

表1 分析対象者の身長、50 m 走タイムおよび目標記録

	1・2年生(n=12)	3年生(n=10)
身長(m)	1.61±0.08	1.66±0.08
50 m 走タイム(sec.)	9.0±1.1	8.1±1.1
目標記録(m)	1.11±0.12	1.22±0.13

目標記録(m)

=身長(m)×0.5-50 m タイム(sec.)×0.1+1.2(m)

し、1時間目（以下、「単元開始時」と略す）と8時間目（以下、「単元終了時」と略す）に実施した記録会の中で、技能テストとして行った。図2は、動作撮影における場の設定を示したものである。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、単元開始時および単元終了時の動作撮影では、最高記録、最高記録-5 cm、最高記録-10 cmの3試技を撮影し分析対象とした。

2.3 3次元動作分析

2.3.1 分析対象者および分析対象試技の抽出

分析対象者の抽出は、動作撮影を行った両日で欠席や見学のなかった生徒（1年生8人、2年生7人、3年生10人）の中から以下のように行った。1・2年生グループについては、設定した目標記録と単元開始時の最高記録から目標記録への到達率（=最高記録÷目標記録×100）を算出し、学年間で分析対象者数および技能的アンバランスが生じないように、到達度合いにより両学年ともに上・中・下位群に分け、それらから無作為に2名ずつ計6名を抽出した。3年生グループについては、分析可能であった生徒10名全てを分析対象とした。本研究における分析対象者は、1年生6名（男子5名、女子1名；身長1.61±0.09 m、体重51.2±21.0 kg）、2年生6名（男子3名、女子3名；身長1.62±0.09 m、体重54.2±12.1 kg）、3年生10名（男子7名、女子3名；身長1.71±0.03 m、体重56.5±4.3 kg）の計22名で

図2 動作撮影の場の設定

あった。

分析対象試技は、動作撮影終了後に分析対象とした計3つの試技を映像で視聴し、最も技能が高いと判断された試技を分析対象試技として抽出した。試技の抽出は、体育科教育学を専門とする大学教員1名および、同学を専攻する大学生2名の計3名の合議により行った。

2.3.2 3次元データ収集方法

図2に示したように、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（60 fields/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4.5 m×9 m、高さ2.5 m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2.5 m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より、ビデオ動作解析システム（Frame-DIASⅣ, DKH 社）を用いて、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。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。分析範囲は、踏切脚の踏切2歩前接地からバークリア後の振上脚接地までとした。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た。得られた身体部分の3次元座標値は、残差分析法により最適遮断周波数を決定し、Butterworth digital filterを用いて平滑化処理を施した（Winter, 1990）。本研究における最適遮断周波数は2.4 Hz—8.4 Hzであった。さらに、得られた身体部分の3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（以下、「重心」と略す）の位置座標を算出した。

2.3.3 はさみ跳び動作の局面定義および分析項目

図3は、はさみ跳びの一連の動作における局面定義と時点について示している。

踏切2歩前の脚が接地した時点を実動作分析の開始時とし、跳躍後の振上脚がマットに接地する時点を終了時とした。踏切2歩前接地（a時）から踏切1歩前接地（b時）を経て踏切脚接地（c時）までを助走局面、踏切脚接地から踏切脚離地（d時）までを踏切局面、踏切脚離地から最大重心高（e時）を経て振上脚着地（f時）までを空中局面とした。

また、本研究における動作分析項目とその定義は、表2に示したとおりである。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、さらに、助走のステップ長およびステップ所要時間を求めた。ステップ長は、踏切2歩前接地（a時）における接地脚の踵から踏切1歩前接地（b時）の接地脚の踵までの距離を踏切2歩前ステップ長とし、b時の接地脚の踵から踏切脚接地（c時）の踏切脚の踵までの距離を踏切1歩前ステップ長とした。踏切局面においては、踏切脚接地時（c時）の助走速度を踏切進入速度とした。

また、c時において身体の後傾の度合いを重心後傾角として以下のように定義した。水平面内において、踏切脚離地（d時）と振上脚着地（f時）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

図3 局面定義と時点

表2 動作分析項目と定義

局面	分析項目	定義
助走局面 (ac間)	助走速度 (m/s)	ac間における重心の水平速度
	2歩前, 1歩前ステップ長 (m)	ab間 (2歩前), bc間 (1歩前) のステップ長
	2歩前, 1歩前ステップ所要時間 (s)	ab間 (2歩前), bc間 (1歩前) に要した時間
踏切局面 (cd間)	踏切進入速度 (m/s)	c時における重心の水平速度
	重心後傾角 (deg.)	c時における足関節中心と重心を結んだ線分が鉛直軸となす角度
	膝関節角度 (deg.)	cd間における踏切脚の膝関節角度
	膝関節角速度 (rad/s)	cd間における踏切脚の膝関節角速度
踏切時 (d時)	鉛直重心速度 (m/s)	d時における重心の鉛直速度
	鉛直変換率 (%)	踏切進入速度に対する鉛直重心速度の割合
	跳躍角度	d時における重心速度ベクトルが水平面となす角度
空中局面 (df間)	最大重心高 (m)	df間における重心高の最大値
	振上脚最大踵高 (m)	df間における振上脚踵高の最大値
	振上脚膝関節角度 (deg.)	振上脚最大踵高時における膝関節角度
	抜脚最大踵高 (m)	df間における抜脚 (踏切脚) 踵高の最大値
	抜脚膝関節角度 (deg.)	抜脚最大踵高時における膝関節角度

換した運動座標系 ($\Sigma OX'Y'Z$) を定義した. そして, 運動座標系の矢状面 ($Y'Z$ 平面) において, 足関節中心と重心を結んだベクトルが Z 軸となす角度を重心後傾角とした. さらに, 踏切動作中の下肢の動きを検討するため, 大腿セグメントと下腿セグメントのなす角度を膝関節角度, 足部セグメントと下腿セグメントのなす角度を足関節角度とし, それぞれ角度および角速度を求めた. 踏切脚離地時 (d 時) では, 重心速度の鉛直成分を鉛直重心速度とし, 踏切進入速度に対する d 時の鉛直重心速度の割合を百分率で表し鉛直変換率とした. また, d 時の重心速度ベクトルが水平面となす角度を跳躍角度とした. 空中局面では, 最大重心高, 振上脚および抜脚 (踏切脚) の最大踵高, そして両脚の膝関節角度について検討した.

2.4 統計処理

1・2年生グループと3年生グループそれぞれについて, 単元開始時と単元終了時における走り高跳びの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 検定を用い, 有意水準は 5%未満とした.

3. 結果および考察

3.1 跳躍記録および最大重心高

表 3 は, 単元開始時および終了時における最高記録, 動作分析対象とした試技のバーの高さ, 動作分析により得られた空中局面での最大重心高を示したものである.

単元終了時の最高記録は, 単元開始時に比べ, 1・2年生グループで平均 0.09 ± 0.06 m, 3年生

グループで平均 0.09 ± 0.07 m の向上がみられ, 両グループともに有意に向上していた (1・2 年: pre 1.03 ± 0.13 m, post 1.12 ± 0.11 m, $p < 0.01$; 3 年: pre 1.16 ± 0.17 m, post 1.25 ± 0.14 m, $p < 0.01$). また, 分析対象試技のバーの高さも, 1・2 年生グループで平均 0.08 ± 0.07 m, 3 年生グループで平均 0.08 ± 0.08 m の向上がみられ, 両グループともに有意に向上していた (1・2 年: pre 0.98 ± 0.13 m, post 1.06 ± 0.11 m, $p < 0.01$; 3 年: pre 1.11 ± 0.18 m, post 1.18 ± 0.13 m, $p < 0.05$). なお, 空中局面における最大重心高は, 両グループともに単元開始時と単元終了時で有意な変化はみられなかった.

3.2 助走局面

表 4 は, 助走局面における助走速度, 踏切 2 歩前と踏切 1 歩前の所要時間, ピッチおよびステップ長を示したものである. 踏切 2 歩前と踏切 1 歩前ステップの所要時間は, 後述する理由から実際に要した時間に加え助走局面全体に要した時間に対する割合も示した.

助走速度は, 両グループともに単元開始時に比べ単元終了時で有意に低下していた (1・2 年: pre 4.57 ± 0.58 m/s, post 4.17 ± 0.33 m/s, $p < 0.01$; 3 年: pre 4.75 ± 0.49 m/s, post 4.20 ± 0.36 m/s, $p < 0.01$). また, 踏切 2 歩前と 1 歩前の所要時間の絶対値およびピッチは, 3 年生グループの 1 歩前ステップを除き, 単元前後で変化がなかった. 両グループともに単元前後で助走速度が有意に低下しており, 3 年生グループの 1 歩前ステップを除く各ステップの所要時間の絶対値に大きな変化がみられないことから, 単元開始時に比

表 3 最高記録, 分析対象試技のバー高, 最大重心高

	1・2 年生 (n=12)			3 年生 (n=10)		
	単元開始時	単元終了時		単元開始時	単元終了時	
最高記録 (m)	1.03 ± 0.13	1.12 ± 0.11	**	1.16 ± 0.17	1.25 ± 0.14	**
分析対象試技のバー高 (m)	0.98 ± 0.13	1.06 ± 0.11	**	1.11 ± 0.18	1.18 ± 0.13	*
最大重心高 (m)	1.40 ± 0.10	1.40 ± 0.10		1.51 ± 0.15	1.49 ± 0.13	

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

表4 助走局面の所要時間, 助走速度, ピッチおよびステップ長

		1・2年生 (n=12)		3年生 (n=10)		
		単元開始時	単元終了時	単元開始時	単元終了時	
助走速度 (m/s)		4.57±0.58	4.17±0.33	**	4.75±0.49	4.20±0.36 **
2歩前	所要時間 (s)	0.32±0.03	0.32±0.03		0.30±0.04	0.29±0.03
	所要時間 (%)	58.7±3.6	56.6±3.8		56.2±5.0	52.9±3.5 *
	ピッチ (steps/s)	3.10±0.23	3.17±0.32		3.36±0.49	3.55±0.40
	ステップ長 (m)	1.45±0.22	1.31±0.17	*	1.49±0.14	1.30±0.17 **
1歩前	所要時間 (s)	0.23±0.04	0.24±0.03		0.24±0.03	0.26±0.04 *
	所要時間 (%)	41.3±3.6	43.4±3.8		43.8±5.0	47.1±3.5 *
	ピッチ (steps/s)	4.47±0.74	4.15±0.48		4.31±0.57	4.02±0.72 *
	ステップ長 (m)	1.37±0.21	1.39±0.15		1.42±0.19	1.45±0.22

*: p<0.05 ** : p<0.01

べ単元終了時では、相対的に踏切前の2ステップ（いわゆるラスト3歩）のリズムアップが強調されたことが伺える。さらに、助走速度が低下し、ピッチに大きな変化がないということは、ステップ長が短縮したことを意味する。ステップ長について、1・2年生グループでは、2歩前ステップ長が短縮しており（pre 1.45±0.22 m, post 1.31±0.17 m ; p<0.05）、3年生グループでは、2歩前ステップ長の短縮に加えて（pre 1.49±0.14 m, post 1.30±0.17 m ; p<0.01）、その所要時間の割合も少なくなっていた（pre 56.2±5.0 %, post 52.9±3.5 %, p<0.05）。1歩前ステップ長は、両グループ共に単元前後で変化はなかったが、両グループの2歩前と1歩前のステップ長のパターンを見ると、単元開始時では「長—短」であるのに対し、単元終了時では「短—長」のパターンになっている。これらのことから、踏み切りのリズムについて、単元開始時では、踏切1歩前のリズムアップのみ強調された「タタン」というリズムであったのに対し、単元終了時では、特に3年生グループにおいて、踏切2歩前からのリズムアップが強調された「タタタン」というリズムとなったと捉えられる。岡野ほか（2010）は、走り高跳びのはさみ跳びにおいて、効果的な踏切準備動作を作るために、踏切1歩前の歩幅を、踏切2歩前の歩幅よりも1足長長くすることを勧めている。また、川本・雉子波（1999）

は、走り幅跳びを対象とした研究であるが、小学生にとって助走局面終盤における踏切準備動作の意図的な学習の難しさについて言及する一方、踏切2歩前からのリズムアップを行うことで、踏切準備動作は十分保証されることを指摘している。こうした知見に加え、本研究では空中局面における最大重心高が両グループともに単元前後で有意な変化がみられなかったことを踏まえると（表2）、学年段階を問わず、全8時間の授業を通して、助走速度を抑えながらも同等の跳躍高を得ることができる効果的な踏切技術を習得したと推察できる。

以上のことから、両グループともに単元前後の比較において踏切2歩前（いわゆるラスト3歩）からの効果的な踏切準備動作を伴った助走を行えるようになったと考えられ、特に3年生グループにおいて、踏切準備動作として踏切2歩前からのリズムアップがより強調された助走を行うことができるようになったと推察できる。

なお、上記の結果および考察から、助走速度の低下は、リズムを生かして跳躍することに付随して出現した結果であると推察できるため、3年生グループの1歩前ステップで、所要時間の絶対値は有意に増加し（pre 0.24±0.03 s, post 0.26±0.04 s, p<0.05）、ピッチも有意に低下していたものの（pre 4.31±0.57 steps/s, post 4.02±0.72 steps/s, p<0.05）、助走のリズムに関する考察に

おける各ステップの所要時間は、助走速度の低下による影響を鑑みて相対値（％）に着目した。

3.3 踏切局面

表5は、踏切局面の所要時間、重心後傾角、踏切進入速度、鉛直重心速度、鉛直変換率、跳躍角度を示したものである。走り高跳びでは、踏切脚が接地した際の後傾姿勢によって水平速度を鉛直速度に変換することが重要な技術的課題であるとともに、助走速度の向上に伴ってより大きな後傾姿勢を取ることが必要になるとされる（阿江、1996；後藤ほか、1997）。本研究では、重心後傾角は両グループともに単元を通して有意な変化はみられなかった。しかし、先述したように、両グループともに助走速度が低下していたことを踏まえば、単元終了時は相対的に大きく身体を後傾させて鉛直重心速度を獲得していたと捉えることができるだろう。加えて、後藤ほか（1997）が示している小学校6年生児童における「踏切入射角」（本研究における後傾角）は、おおよそ26—33度を示していることから、本研究で対象とした中学校の生徒たちも、概ね十分な後傾姿勢を保って踏切局面を迎えていたと考えられるだろう（1・2年：post -29.2 ± 3.3 deg.；3年：post -32.9 ± 4.0 deg.）。

また、踏切進入速度は、単元開始時に比べ単元終了時において、3年生グループで有意に低下していた（pre 4.96 ± 0.55 m/s, post 4.58 ± 0.35 m/s, $p < 0.05$ ）。一方、鉛直重心速度は、両グループともに単元開始時と単元終了時で有意な変化は

みられなかった。さらに、踏切進入速度に対する鉛直重心速度の割合を示す鉛直変換率は、単元開始時に比べ単元終了時で、3年生グループにおいて有意に大きい値を示した（pre $55.6 \pm 4.1\%$, post $60.3 \pm 7.5\%$, $p < 0.05$ ）。これらのことから、3年生グループは、助走で得た水平速度をより効率よく鉛直速度に変換する跳躍を行えるようになったと捉えることができる。このことには、先述したように踏切2歩前からの助走のリズムアップが強調された踏切準備動作の技能の向上によってもたらされたものであると考えられる。

続いて、踏切局面における下肢関節に着目し、図4に、(a)1・2年生グループと(b)3年生グループの踏切脚の膝関節および足関節角度を示した。横軸は、各被験者の動作分析区間の所要時間を0％から100％で規格化した規格化時間であり、図中の縦の破線は、踏切脚接地時（ $45.2 \pm 3.9\%$ ）および踏切脚離地時（ $64.1 \pm 5.2\%$ ）の平均出現時を示している。踏切局面における下肢関節の動きは、1・2年生グループと3年生グループで異なる特徴がみられた。膝関節は、踏切局面前半で屈曲し、後半で伸展しており、図4(b)の3年生グループの膝関節角度については、単元開始時に比べ単元終了時の方が、踏切局面中盤の膝関節角度が小さく、踏切局面後半の角度変位が大きくなっていることが見てとれる。また、図4(b)から、踏切局面において膝関節が伸展を開始するタイミングは単元前後で大きく変化していないことが読み取れ、表5に示したように、3年生グループの踏切局面の所要時間は単元前後で増加

表5 踏切局面の所要時間、重心後傾角、踏切進入速度、鉛直重心速度、鉛直変換率および跳躍角度

	1・2年生 (n=12)			3年生 (n=10)	
	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)	0.23 ± 0.02	0.23 ± 0.03		0.22 ± 0.02	0.24 ± 0.02 †
重心後傾角 (deg.)	-30.7 ± 3.3	-29.2 ± 3.3		-32.9 ± 3.0	-32.9 ± 4.0
踏切進入速度 (m/s)	4.82 ± 0.51	4.58 ± 0.32	†	4.96 ± 0.55	4.58 ± 0.35 *
鉛直重心速度 (m/s)	2.45 ± 0.44	2.38 ± 0.47		2.77 ± 0.44	2.76 ± 0.39
鉛直変換率 (%)	50.6 ± 6.8	51.8 ± 8.6		55.6 ± 4.1	60.3 ± 7.5 *
跳躍角度 (deg.)	38.3 ± 5.6	39.1 ± 6.4		41.7 ± 3.7	45.4 ± 5.2 *

† : $p < 0.1$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

図4 踏切脚の膝関節角度および足関節角度

する傾向があったものの (pre 0.22 ± 0.02 s, post 0.24 ± 0.02 s, $p < 0.1$) 有意な差はなかったことから、単元終了時ではより素早く膝関節を伸展していると推察できる。このことに関連して、踏切局面における踏切脚の膝関節角速度の最大値は単元開始脚の膝関節角速度の時に比べ単元終了時で有意に大きかった (pre 4.9 ± 1.0 rad/s, post 5.8 ± 1.2 rad/s, $p < 0.05$)。このことは、3年生グループでは、踏切局面において踏切脚をすばやく伸展させる踏切動作で跳躍を行えるようになったと言え、先述した助走のリズムアップの強調とあわせて、踏切時の跳躍角度の増大 (pre 41.7 ± 3.7 deg., post 45.4 ± 5.2 deg.; $p < 0.05$) に関連していたと推察できる。

1・2年生グループでは、踏切局面における踏切脚の膝関節の変位は単元前後で類似した傾向を示していた。一方で足関節は、単元終了時における踏切脚接地時の足関節角度が単元開始時に比べ有意に小さかった (pre 96.1 ± 4.9 deg., post 88.9 ± 5.1 deg.; $p < 0.01$)。また、踏切脚接地後、わ

ずかに底屈 (踏切脚の足裏が完全に接地) してから背屈していくが、踏切局面中盤にみられる足関節角度の最小値は単元前後で変化がみられなかった。このことから、単元終了時は踏切局面前半で足関節をより背屈させた状態で接地し、いわゆる“足首を固めた”状態から、踏切脚離地に向けて足関節を底屈させていたといえる。陸上競技の跳躍種目では、助走から僅かな時間で大きな力を生み出す踏み切り動作が求められ、そこでは、踏切脚の筋の伸張-短縮サイクル運動 (SSC 運動) が短時間で遂行される (図子・高松, 1995)。大宮ほか (2010) は、小学校高学年児童の走り幅跳びの踏切動作において、バリスティックな SSC 運動を遂行する能力であるリバウンドジャンプ能力と踏切時の鉛直速度との関連性を報告しており、図子・高松 (1995) は、バリスティックな SSC 運動を必要とするリバウンドドロップジャンプにおいて、着地直前に足関節に関与する筋群が適切な予備緊張状態にない場合には、優れた足底屈力を発揮できないとしている。これらのこと

から、助走を伴う跳躍における鉛直速度獲得には、リバウンドジャンプのような SSC 運動能力が関連し、そこでは、踏切脚接地において、足関節の底屈筋群を予備緊張状態にして接地させることが求められるといえる。本研究の 1・2 年生グループは、単元終了時で単元開始時に比べ、足首を固めた状態で踏切脚を接地していたと捉えられた。このことは、先に示した足底屈筋の予備緊張状態の形成を示唆するものであり、その後の足底屈筋群の SSC（背屈-底屈）運動における足底屈筋力を効果的に発揮させることに繋がったと考えられる。そして、このことが、単元終了時では助走速度が低下していたにも関わらず、単元開始時と同等の鉛直速度を獲得できた 1 要因であると推察できる。

3.4 空中局面

表 6 は、空中局面の所要時間と両脚の最大踵高および踵高最大時における膝関節角度を示したものである。1・2 年生グループでは、振上脚および抜脚（踏切脚）の最大踵高が単元開始時に比べ単元終了時で有意に大きく（振上脚：pre 1.11 ± 0.14 m, post 1.19 ± 0.15 m, $p < 0.01$, 抜脚：pre 1.12 ± 0.14 m, post 1.24 ± 0.23 m, $p < 0.05$ ）、踵高最大時における膝関節角度も、両脚ともに有意に大きかった（振上脚：pre 109.5 ± 14.8 deg., post 123.6 ± 16.3 deg.; $p < 0.01$, 抜脚：pre 74.7 ± 20.9 deg., post 120.1 ± 17.4 deg., $p < 0.01$ ）。一方、3 年生グループでは、最大踵高は抜脚のみ単元開始時に比べ単元終了時で有意に大き

く（pre 1.35 ± 0.26 m, post 1.50 ± 0.25 m, $p < 0.05$ ）、踵高最大時における膝関節角度も、抜脚のみ有意に大きかった（pre 95.3 ± 27.8 deg., post 126.1 ± 22.2 deg., $p < 0.05$ ）。また、図 4 からわかるように、空中局面の中盤以降における抜脚（踏切脚）の膝関節角度は、単元開始時では、両グループとも膝関節角度がおよそ 60 度から 90 度ほどの屈曲位であったのに対し、単元終了時では、80 度から 120 度ほどであり、単元開始時に比べより伸展しており、特に 1・2 年生グループで顕著にみられた。

図 5 は、(a)1・2 年生グループおよび(b)3 年生グループについて、バーの長軸方向から見た平面（XZ 平面）に踏切脚離地前（60%時点）から空中局面における両脚の踵を 5%時間毎に 100%時（振上脚着地）までプロットしたものである。また、図には、80%, 90%, および 100%時における両グループの平均動作のスティックピクチャー、マットおよび動作撮影におけるバーの位置（平均値）を示した。

図 5(a)に示したように、1・2 年生グループは、単元開始時において両脚の踵がバーのすぐ真上を通過していたが、単元終了時ではバーから余裕を持った位置を通過している様子が伺える。加えて、1・2 年生グループでは、単元開始時における振上脚の踵高のピークがバーの真上から着地点方向に大きくずれていたが、単元終了時では、バーのほぼ真上でピークを迎えていることがみてとれる。これらのことから、1・2 年生グループでは、バーの位置に合わせたクリアランス

表 6 空中局面の所要時間と両脚の最大踵高および踵高最大時における膝関節角度

		1・2 年生 (n=12)		3 年生 (n=10)	
		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)		0.42 ± 0.07	0.45 ± 0.40	0.49 ± 0.09	0.47 ± 0.08
振上脚	最大踵高 (m)	1.11 ± 0.14	1.19 ± 0.15	1.26 ± 0.20	1.34 ± 0.16
	膝関節角度 (deg.)	109.5 ± 14.8	123.6 ± 16.3	104.7 ± 21.3	121.8 ± 22.3
抜脚	最大踵高 (m)	1.12 ± 0.14	1.24 ± 0.23	1.35 ± 0.26	1.50 ± 0.25
	膝関節角度 (deg.)	74.7 ± 20.9	120.1 ± 17.4	95.3 ± 27.8	126.1 ± 22.2

† : $p < 0.1$ * : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

図5 両脚の踵の軌跡

動作を習得できていたといえる。また、抜脚の踵の軌跡を見ると、両グループの抜脚の踵は、単元開始時には空中局面後半で着地地点方向へ移動し、バーを越した後にピークを迎えているが、単元終了時における抜脚の踵は、着地時（100%）におよそバーの真上でピークを迎え、単元開始時に比べ、踏切地点方向に位置しているといえる。図5に示したスティックピクチャーをみても、単元終了時は、単元開始時に比べ抜脚を踏切地点方向に振り上げる動作となっていることがわかる。さらに、両グループともに単元終了時は、おおよそ80%時点から振上脚が下降し始めるが、抜脚はその後も上昇を続け、振上脚が着地した際には抜脚がピークを迎える傾向がみられた。よって、単元終了時は、振上脚を下降させながら抜脚を上昇させるシザース動作が顕著に現れているといえる。

以上のことから、単元開始時には、振上脚の踵最大値をバー位置で迎えられない振り上げ動作

であり、抜脚は、空中局面終盤において膝関節が屈曲したまま踵が引き上げられず、抜脚の膝を抱え込むようなクリアランス動作であったと推測できる。これに対し、単元終了時には、振上脚の踵高最大値がバーの真上に近づき、特に1・2年生グループではより高く振り上げられていた。さらに、両グループともに空中局面終盤で振上脚を下ろしながら、抜脚の踵を踏切地点方向に振り上げる動作へと変容がみられたことから、両脚の大きなシザース動作を習得していたといえよう。

3.5 単元前後におけるはさみ跳び動作の変容

本研究では、体育授業における走り高跳びを対象とした先行研究に基づいて作成した単元指導計画の下で、中学生を対象に走り高跳びの授業を全8時間にわたり実施し、単元前後の動作の変容を3次元動作解析によって分析した。分析では、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）において、陸上競技領域が必修とされて

いる1・2学年と選択学習とされている3学年に分け比較検討した。

その結果、単元前後のはさみ跳び動作の変容において、1・2年生グループと3年生グループで共通する特徴とともに、両グループで異なる特徴がみられた。両グループ共通および各グループの具体的な特徴は、以下に示すとおりである。

- ①全8時間の授業を通して、1・2年生グループおよび3年生グループともに記録向上がみられ、助走速度を抑えながらも同等の跳躍高を得ることができる踏切技術の習得およびはさみ跳びにおいて特徴的なクリアランス技術である空中局面終盤で振上脚を下ろしながら、抜脚を踏切地点方向に振り上げるシザース動作を習得したことが示唆された。
- ②1・2年生グループは、踏切動作において、いわゆる“足首を固めた”状態で踏切脚を接地させることで、跳躍のための地面反力を効果的に獲得できていたことが示唆された。また、空中局面において、両脚の膝関節をより伸展させたクリアランス動作を行い、踵がより高く振り上げられていたことが、記録向上の要因として考えられた。
- ③3年生グループは、単元前後で鉛直変換率および跳躍角度が増加していた。これらは、踏切2歩前からのリズムアップがより強調されたことによって、助走で得た水平速度をより効率よく鉛直速度に変換する跳躍および踏切脚のすばやい伸展による踏切動作を習得したことによると推察された。さらに、空中局面において、抜脚の膝関節をより伸展させたクリアランス動作を行い、踵がより高く振り上げられていたことが、記録向上の要因として考えられた。

4. 中学校段階における走り高跳び授業の指導内容についての検討

上述したように、同一の指導過程の下で実施した授業において、単元前後のはさみ跳びの動作を比較した結果、1・2年生グループと3年生グループでは共通する特徴とともに、異なる変容も

みられた。これらの結果から、以下では、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）に記述されている陸上競技領域の指導内容にもとづき、本研究における一連の学習指導について、その有効性を検討する。中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）において、走り高跳びの「技能」として、中学校第1・2学年では、「リズムカルな助走から力強く踏み切って大きな動作で跳ぶこと」と記述されている。また、「リズムカルな助走」、「力強く踏み切って」および「大きな動作」に分けて記述されていることから、それらに沿って順に検討する。

「リズムカルな助走」とは、「スピードよりもリズムを重視した踏み切りに移りやすい助走のこと」と細説されており、助走スピードよりも助走リズムの重要性を説いている。1・2年生グループでは、単元前後において助走リズムに関する変容はみられなかった。しかし、踏み切りに移りやすい助走という意味において、上記①に示したように、単元後に助走速度が小さくなっていたことは、踏み切りやすい助走を意図した結果と推察することができる。また、「力強く踏み切って」という記述については、「助走スピードを効率よく上昇する力に変えるために、足裏全体で強く地面を押すようにキックすることである」と記述されている。上記②に示した、1・2年生グループの踏切動作でみられた足首を固めた状態での踏切は、助走スピードを効率よく上昇する力に変える動作と捉えることができよう。さらに、「大きな動作」の説明として、「はさみ跳びでバーを越える際の両脚の大きなはさみ動作のことである」と記述されている。このことは、単元開始時において、抜脚の膝が屈曲し、膝を抱え込むようなクリアランス動作だったものから、単元終了時では、上記①および②で示したように、振上脚の踵をより高く振り上げ、空中局面終盤では振上脚を下ろしながら抜脚の膝がより伸展されて踏切地点方向に振り上げるシザース動作へと変容したことから、より大きなはさみ動作を習得したと捉えることができよう。

第3学年における走り高跳びの「技能」は、

「リズムカルな助走から力強く踏み切り滑らかな空間動作で跳ぶこと」と示されており、「リズムカルな助走」、「力強く踏み切って」および「滑らかな空間動作」に分けられている。

「リズムカルな助走」に関して、上記③に示したように、3年生グループでは単元後において、リズムアップを強調した助走をしていたと推察された。また、1・2年生グループ同様に助走速度が小さくなっていたことから、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）において意図されている助走スピードよりも助走リズムを重視した助走が行われていたと捉えることができよう。「力強く踏み切って」という記述に関して第3学年では、「例示」および「動きの例」において「伸び上がるような踏み切り」という内容が示されている。これは上記③に示した、3年生グループの、踏切脚のすばやい伸展による踏切動作にあらわれているといえる。さらに、「滑らかな空間動作」とは、「流れよく行われるはさみ跳びや背面跳びなどの一連の空間での動き」と記述されている。ここに示されている、「滑らか」さや「流れよく」といった特徴は、本研究のようなキネマティクスの分析からは捉えにくい特徴である。しかしながら、空中局面において、単元開始時に比べ単元終了時ではより顕著なシザース動作がみられた（図5(b))ことを踏まえると、単元後において、流れよく行われるクリアランス動作を習得していたと言えよう。このように、本研究における全8時間の授業実践の結果、現行の中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）において1・2学年および3学年でそれぞれ記述されている走り高跳び動作の指導内容を概ね習得できていたことが示唆された。このことから、本研究における一連の学習指導は、中学校学習指導要領解説保健体育編（文部科学省，2008b）で示されている指導内容を習得することにおいて一定の効果があるといえる。

しかしながら、両学年段階で共通する技能である「リズムカルな助走」に関して、単元後に踏切前のリズムアップを強調した助走を習得していたと推察されたのは3年生グループのみであり、

1・2年生グループは単元前後で変容がみられなかった。小学校高学年を対象に児童のはさみ跳び動作を分析し、教科内容の構成を検討した藤田ほか（2010）は、助走のスピードを維持したまま踏切前2・3歩でリズムアップする助走技術を小学校6年段階において学習することが望ましいと報告している。さらに、川本・後藤（1995）が述べているように、走り高跳びの運動課題を「助走の勢いを生かして高く跳ぶこと」と捉えるならば、本研究において両グループで助走速度が減少したことは、走り高跳びの技能が十分に向上したとは言い難い。これらのことから、中学校段階における走り高跳びの教科内容として、1・2学年では、助走のリズムアップをより強調した指導、3学年では、助走のリズムアップに加え、助走の勢いを強調した指導を位置づけることで、学年段階の接続を意図した系統的な指導が期待できるといえよう。

謝辞

本研究の分析における被験者の身体重心や各種運動学的データの算出について、信州大学教育学部結城匡啓教授の多大なる支援をいただいたことに深謝の意を表する。

文 献

- 阿江通良（1996）陸上競技の高く跳ぶ動作と遠く跳ぶ動作—How they jump—. バイオメカニズム学会誌，20(2): 57-62.
- 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.
- 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）教科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—。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.
- 後藤幸弘・貴田大介・本多弘子・辻 延浩 (2004) 走り高跳び学習における適時性に関する研究—レディネス要因としての筋力と踏切能力の関係の加齢ならびに練習による変化—. 兵庫教育大学研究紀要, 25: 131-140.
- 池田延行 (1992) 小学校における走り高跳び学習の適時性に関する研究—陸上運動の特性に触れる経験を探ることから—. スポーツ教育学研究, 12(2): 103-111.
- 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.
- 池田延行・田原淳子・岡田雅次・今野 賛 (2007) 小学校の走り高跳びにおける到達度(身に付けるべきミニマム)に関する研究. 国土館大学体育研究所報, 26: 37-41.
- 石川佐代子・三村寛一・中雄勇人・藤村信子・舩屋剛 (2002a) 小学校体育授業における走り高跳び指導カリキュラムに関する研究. 大阪教育大学紀要 IV 教育科学, 50(2): 385-398.
- 石川佐代子・三村寛一・中雄勇人・鉄口宗弘 (2002b) 小学校体育授業における走り高跳び指導に関する研究—動作分析について—. 大阪教育大学紀要 IV 教育科学, 51(1): 247-263.
- 岩田 靖 (2008) 「確かな学力」を保障する学習指導過程をデザインする. 体育科教育, 56(13): 14-18.
- 川本和久・雉子波秀子 (1999) 小学校体育授業の走り高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.
- 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)学習の適時期について. スポーツ教育学研究, 15(1): 1-13.
- 肝付正籍・竹内理代・田中寿幸・中倉信博・吉井泰裕・田爪聖啓・三輪佳見 (2010) 走り高跳びの系統的指導に関する発生運動学的研究. 宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要, 18: 155-165.
- 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.
- 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.
- 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, 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.
- 関岡康雄・栗原崇志・円城寺賢一 (1979) 走高跳における中助走跳躍に関する研究. 筑波大学体育科学系紀要, 2: 61-68.
- 高松潤二・阿江通良・藤井範久 (1997) 大きな計測範囲のためのパンニング DLT 法の開発. 体育学研究, 42(1): 19-29.
- 植屋清見・中村和彦・中川貴志 (1993) 小学校体育への背面跳びの導入の可能性について. 日本体育学会大会号, 44: 840.
- Winter, D. A. (1990) Biomechanics and motor control of human movement (2nd ed.). John Wiley & Sons, pp. 41-43.
- 図子浩二・高松 薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究, 40: 29-39.

(2016年5月26日受付)
(2017年7月6日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2017/8/10