高速移動を目指したスキップ運動の動作タイプと疾走運動との関係

田中勇悟 ¹⁾, 金高宏文 ²⁾, 小森大輔 ²⁾
¹⁾鹿屋体育大学大学院
²⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

キーワード:クラス、速度、ストライド、潜在クラス分析

【要 旨】

本研究では、疾走能力を高めるための練習手段として考えられている高速スキップ運動を取り上げ、 体育専攻学生を対象として、高速スキップ運動の動作を観察的動作評価法により類型化し、類型化された動作の客観的特徴を明らかにすると同時に、疾走運動との関係を明らかにすることを目的とした.

その結果,作成した高速スキップ運動の評価基準を用いた潜在クラス分析より,対象者の高速スキップ運動の動作は 3 クラスに分類された. 3 クラスでは,動作評価の合計得点が高いクラスほど,高速スキップ運動の速度や地面反力が有意に大きいことが明らかとなった. また,高速スキップ運動と疾走運動との関係性について検討すると,高速スキップ運動のクラス毎に疾走運動の速度が異なることや速度を含めた時空間変数にも相互に有意な相関関係があることが確認された. このことは,高速スキップ運動において動作タイプを把握して,速度を向上させる動作改善等を行うことで,疾走運動の速度を改善させる可能性を示している.

スポーツパフォーマンス研究, 13, 543-561, 2021 年, 受付日: 2021 年 3 月 21 日, 受理日: 2021 年 9 月 18 日 責任著者: 金高宏文 891-2393 鹿屋市白水町 1 番地 kintaka@nifs-k.ac.jp

* * * * *

Relationship between type of movement in high-speed skips exercises and sprinting performances

Yugo Tanaka¹⁾, Hirofumi Kintaka²⁾, Daisuke Komori²⁾

¹⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: sprinting speed, stride length, analysis of movement categories, latent class analysis

[Abstract]

The present study examined a high-speed skips exercise that is generally considered

to be an effective training method for improving sprinting performances. The participants were 34 university male students who were majoring in physical education. An observational method was used to evaluate their movements when doing high-speed skips. The movements were classified into patterns to clarify their objective features and the relationship of the high-speed skipping movements and sprinting performances.

Latent class analysis was used to classify the participants' high-speed skips movements into 3 categories according to a standard developed for evaluating these movements. In this evaluation, the greater the number of total points given to the participants' movements, the faster the speed and the stronger the ground reaction force of their high-speed skips movements. An analysis of the relationship between the participants' high-speed skips movements and their performances in the sprint confirmed that their sprinting speed differed among the categories of high-speed skips movements. In addition, the spatiotemporal variables, including speed, were significantly correlated with each other.

These results suggest that sprinting speed may be improved through an understanding of movement types in the high-speed skips exercise.

I. 研究背景および目的

スキップ運動は、右・右・左・左・右とホップ(片脚跳び)とステップ(脚の踏み替え)動作を交互に繰り返す点に特徴がある移動運動である. 佐々木(2005, 2012)は、スキップ運動が正しくできるのは、3 歳で17%、4 歳で40%を超え、4 歳半で60%、5 歳半で80%、6 歳半で95%を超えるとしている. また、スキップ運動の動作は、5~6 歳頃までにほぼ完成し、6 歳以降さらにうまくできるようになるとされている.

一方、スキップ運動は疾走運動の動作や能力の改善に有益な練習手段としても注目されている. 為末(2007)は、スキップ運動が疾走運動にとても近い動きをするため、トップアスリートもよく取り入れる練習と述べている. 表 1 は、疾走能力の向上を目指して高速移動をするスキップ運動について著述のある指導書等をまとめたものである(為末、2007;原田、2007;伊東、2008;秋本、2019). 実施の概要やそのポイントは、紹介者(著者)で一致する事項もあれば、示された連続写真や動画、動作のポイントは少しずつ異なっていた. 東畑ほか(2011)は、疾走運動のトレーニング現場で扱われている高速移動するスキップ運動について、運動全体の特徴としてホップで素早く前方へ跳び出し、ステップではできる限り体の真下あるいは後方で足を接地しながら"受け止め、できる限り前方へ出て"、次の踏切に移行するイメージで行うことで速く移動できる可能性を示している. しかし、さらに詳細にどの動作にポイントを置いて、スキップ運動を行うことが疾走運動の動作や能力改善に資するのかまでは明らかにできていない. そのようなことから、速く移動するスキップ運動の動作やその動作が疾走運動とどのような関係にあるのかを明らかにしておくことは、指導や練習の選択・実施の上で有益なことと考えられる.

表 1. 指導書等における疾走能力向上を目指した高速移動するスキップ運動に関する知見の概要 (為末, 2007;原田, 2007;伊東, 2008;秋本 2019)

		トレーニング		9	実施距離		
紹介者	紹介年	手段名称	実施目的	助走区間	スキップ区間	実施の概要・ポイント	
為末大	2007 年	大スキップ	切り返す速さ・脚が流れない動作を身に付ける	不明	不明	地面を押しきって前に素早く出す 遊脚を前方に振り出す	
原田康弘	2007 年	ミニハードルを 使用した連続ス キップ	股関節の素早い回転動 作の習得 速く走る基礎を作る	不明	ミニハードルを 使用し4回	脚をしっかり振りおろす 股関節の動作に加え腕振りも加 える	
伊東浩二	2008 年	スキップ	効率的な走りの習得 フォームを逆振り子の 動作に近づける	10 歩 (15m)	スキップ 6 回 (20m)	足裏が見えるまでつま先を挙げる 踵から着地する 脚を素早く前に出す	
伊東浩二	2008 年	スティックを使用 したスキップ(ス ティック 7 本)	後方動作をなくし効率の 良いフォームを作る スイング動作の習得	10 歩 (15m)	スキップ 6 回 (20m)	膝を素早く前に出す 後ろ足を前方へ素早く運ぶ	
秋本真吾	2019 年	スピードスキッ プ	身体を速く前に運ぶ スピードを身に付ける	数 m	10 回 (20~25m)	つま先で地面を蹴る 浮いたひざを前に出す意識 視線を真っすぐ、速いスピードで 行う	

佐野ほか(2019)や鈴木ほか(2016)は、学校体育の実技指導や練習現場での活用性を考慮して、 観察的動作法を用いて跳箱における開脚跳びなどの動作をタイプ別に分けて、指導観点を明らかにしている。本研究においても、指導や練習現場で活用できる観察的動作法を用いて、速く移動するスキップ運動の動作タイプを明らかにし、指導の観点を明確にしたいと考えた。このとき、佐野ほか(2019) の先行研究に倣い、対象者集団の背後に上手いスキップ運動や下手なスキップ運動などの複数の部分集団(潜在クラス)を仮定し、カテゴリカルな観測変数への異なる応答パターンを潜在クラスとして抽出する潜在クラス分析を用いることとした。本研究では、潜在クラスを評価項目への応答が異なるスキップ運動の動作パターンとして扱い、動作の類型化を行うこととした。そして、動作により類型化された高速で移動するスキップ運動の移動速度等の客観的特徴、さらに疾走運動とどのような関係にあるのかを客観的に検証することで、疾走運動の改善に資するスキップ運動の動作ポイントを明らかにしようと考えた。これにより、疾走運動の指導現場においてスキップ運動を練習手段として選択する際の曖昧さや不安を回避するとともに、動作の指導や改善のポイントを明らかにできると考えた。

そこで本研究では、体育専攻学生が行う高速移動を目指したスキップ運動(以後、高速スキップ運動とする)の動作を観察的動作評価法により類型化し、類型化された動作の客観的特徴を明らかにすると同時に、疾走運動との関係を明らかにすることを目的とした.

Ⅱ. 研究方法

1. 対象者

対象は,体育学を専攻する男子大学生 34 名(年齢:21.4±2.7 歳, 身長:173.7±5.5cm, 体重:68.1 ±7.0kg)とした. 専門種目およびポジション別の人数は,表 2 に示した.

専門種目			サッカー				野球	テニス	なし		
守门俚日	短距離	跳躍	投擲	混成競技	FW	MF	DE	GK			(無所属)
人数(人)	3	6	1	2	2	7	3	4	1	1	4

表 2. 対象者の専門スポーツ種目の内訳

FW:フォワード、MF:ミッドフィルダー、DE:ディフェンダー、GK:ゴールキーパー

対象者には、測定を開始するにあたり、研究の目的、測定方法、測定に伴う危険性を事前に説明し、 紙面にて実験測定参加の同意を得た.なお、本研究は、鹿屋体育大学倫理審査小委員会の承認(第 11-123号)を得て実施した.

2. 測定

(1)測定場所

高速スキップ運動および疾走運動の測定は、鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究センターの50mフォースプレートシステム(50mFPS)を用いて実施した.50mFPSは、1.0m×0.9mの地面反力計測装置(テック技販社製)の50枚が連結され、接地ごとの地面反力および圧力中心を計算できるものである(鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究センター、online).

(2) 試技

30 分程度のウォーミングアップを各自で行った後,次の2試技を測定した.

1)スタンディングスタートによる 50m の全力走を1本

2)10m 助走(5m 走行+5m スキップ運動)をつけ、全力での 20m 高速スキップ運動を 1 本また、測定試技の動作については、デジタルビデオカメラ(Sony 社製、HANDYCAM、HDR-CX680)を用いて、撮影速度 60Hz、シャッタースピード 1/500 で側方よりパンニング撮影した.

3. 分析項目

高速スキップ運動は、図 1 のように定義し分析を行った。右・右・左の場合、同側の脚で跳ぶ局面、右・右を 1 歩目 (Skip①)、他方の脚に踏み替える局面、右・左を 2 歩目 (Skip②)、1 歩目と 2 歩目を合わせてスキップ (Skip)とした。なお、分析区間の中で Skip①と Skip②を合わせたスキップの最高速度時のものを分析対象としたので、対象者で Skip①の足は異なる。

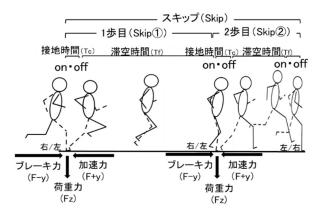


図1.スキップの構造図

分析項目として、各歩の速度(V)、ピッチ(SF)、ストライド(SL)、接地時間(Tc)、滞空時間(Tf)、ブレーキカ(前方向に作用した平均の力:F-y)、加速力(後方向に作用した平均の力:F+y)、荷重力(鉛直方向に作用した平均の力:Fz)を求めた。50m 走(50m)もスキップ運動と同様の項目とした。測定により取得した前後と鉛直の地面反力のデータ(CSV)は、FP Analyze(松尾、2016)を使用して CSV ファイルから MAT ファイルに変換した後、Excel ファイルに出力して分析を行った。分析項目の定義は、以下の通りであった。なお、本研究では運動者が地面に対してどのような力発揮をしているかを感覚的にも理解しやすいように、時間を乗じた力積ではなく、時間を乗じない作用した力の平均値である平均力を用いることとした。

- ・速度:1 歩ごとの COP の前後方向の変位(ストライド)を時間で除した値のこと.
- ・ストライド:1 歩ごとの COP の前後方向の変位のこと.
- ピッチ:速度からストライドを除した値のこと。
- ・接地時間:足が 50mFPS に接地している時間(鉛直地面反力 20N 以上の時間を算出)のこと.
- ・滞空時間: 両足が 50mFPS から離地している時間(鉛直地面反力 20N 未満の時間を算出)のこと.
- ・ブレーキカ:前方向に作用した力の平均値のこと.
- ・加速力:後方向に作用した力の平均値のこと.
- ・荷重力:鉛直方向に作用した力の平均値のこと.

4. 高速スキップ運動の観察的動作評価基準の作成

高速スキップ運動の動作を評価するにあたり、本研究では観察的動作評価法を用いた.この方法は、これまでに小学校5・6年生を対象にした疾走運動の評価基準の検討(鈴木ほか,2016)や円盤投の技術的課題の検討で用いられている(小野ほか,2015;岡室ほか,2019).高速スキップ運動の評価基準の作成では、鈴木ほか(2016)による小学5・6年生の評価基準や比留間・森(2020)らが示す疾走動作の着眼点、日本陸上競技連盟(日本陸上競技連盟公式サイト、online)が示す短距離走の練習手段・方法と指導上の留意点を参考とした.文研研究に加えて、陸上競技大学指導者を含む専門家で定性的分析方法であるデルファイ法を伴う特性要因分析を実施した.評価に用いた数字は、國土(2012)を参考に、評価の数字が高いほど良い動作が出来ており、低いほど良くない動作になっていることを表すこととし、それぞれの数字を得点として考えた.

5. 統計処理

(1) 時空間変数等の処理

本研究で得られた時空間変数等の分析項目は平均値と標準偏差で示した.分析項目間の相関関係については、ピアソンの積率相関係数を求めた.平均値の比較には、3つ以上の群がある場合は一元配置分散分析を行った. Levene の検定を用いて等分散性を確認し、等分散性が認められた(F値が有意であった)場合は、Tukey HSD 法により多重比較検定を行った. なお、解析には統計ソフト SPSS ver.25(IBM 社製)を用い、有意水準は 5%未満とした.

(2)潜在クラス分析によるスキップ動作の類型化

高速スキップ運動は、習熟度により実際には多様な動作パターンが存在していると考えられる. そこで、対象者 34 名の動作を評価したデータを用いて、潜在クラス分析による動作の類型化を行った. 分析方法については、三輪(2009)、藤原ほか(2012)により解説されている. 本研究では、潜在クラスを評価項目への応答が異なるスキップの動作パターンとして扱い、類型化を行った. 選定した評価項目を用いて、クラスモデルの推定を行い、情報量基準(AIC: Akaike's Information Criterion の略, BIC: Bayesian Information Criterion の略)に基づき、最適なクラス数を決定した. なお、潜在クラス分析には、データ分析ソフトウェア JMP trialver15(SAS 社製)を用いた.

Ⅲ. 結果

- 1. 高速スキップ運動の類型化
- (1) スキップ動作の観察的評価基準の作成

図 2 は、スキップ運動の特性要因図を示したものである. 研究方法で述べた通り、先行研究(佐野ほか、2019:鈴木ほか、2016)を参考に作成した. スキップ運動を構成する主要動作は、「重心移動・起こし回転動作」「滞空期の遊脚の振り込み動作」、「脚の切り替え動作」、「1 歩目の接地準備動作」、「2 歩目の接地準備動作」の 5 つを設定した. 特性要因図では 25 個の評価項目を上げることができた. しかし、評価に長い時間がかかることが予想されたことから、現場でも観察評価が短時間にできるように評価項目を 9 個まで減らし、評価基準を作成した(表 3).

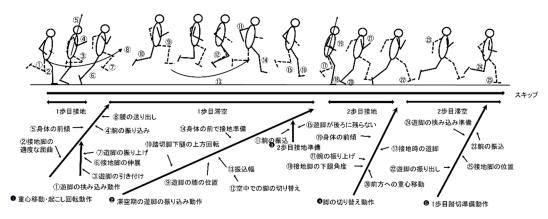


図 2. スキップ運動の特性要因図

表 3. 評価項目に対する評価基準

評価項目		評価基準
① 1歩目接地時の遊脚	1	大転子と膝を結ぶ線が地面と垂直より後ろである
	2	大転子と膝を結ぶ線が地面と垂直になっている
② 1歩目滞空期の膝の高さ	1	大転子と膝を結んだ線が接地脚の大腿付近までしか上がっていない
	2	大転子と膝を結んだ線が地面と水平位まで上がっている
	1	振込がなく滞空中に遊脚が接地脚より前方にある
③ 1歩目滞空期の遊脚の振込幅	2	滞空期の遊脚の大転子と膝を結んだ線が地面と垂直より前にある
	3	滞空期の遊脚の大転子と膝を結んだ線が地面と垂直になっている
	1	接地時に遊脚が接地脚の後方にある
④ 2歩目接地時の遊脚の位置	2	接地時に遊脚が接地脚の横方にある
	3	接地時に遊脚が接地脚の前方にある
⑤ 2 歩目接地時の接地脚の下腿角度	1	下腿が立っており、膝が伸びている
● 29日政治的の政治師の「應所及	2	下腿が倒れており, 膝が曲がっている
	1	下腿の上方回転が出来ていない
⑥ 1歩目接地脚の滞空期での引き付け	2	下腿の上方回転が出来ているが、水平位までいかない
	3	下腿の上方回転が水平位までできている
⑦ 1 歩目・2 歩目の接地中の身体の前傾	1	上半身が直立 or 後傾している
少 「少日・2 少日の接地中の身体の前隣	2	上半身が前傾している
⑧ 1歩目接地中の腰の送り出し	1	接地脚の股関節が十分に伸展できていなく、腰を前方へ送り出せていない
・ ・ プロほだすの成のたり出し	2	接地脚の股関節が十分に伸展し,腰を前方へ送り出せている
	1	シザース動作が出来ていない
⑨ 1歩目踏切時の腕の振り込み	2	シザースはできているが、タイミングのずれなどがある
	3	タイミングよく効果的にくシザース動作が出来ている

表 4 は、作成した 9 項目の評価基準をもとに潜在クラス分析を行った際に、6 クラスまで推定した情報量基準の値を示したものである。AIC と BIC が 3 クラスで最小値を示した。クラスター数の決定では、これらの基準で最小値のクラスが採択されることから、本研究では 3 クラスモデルを採用した。

	24 117 117 124 1	
クラスター数	AIC	BIC
2	429.7	470.9
3	<u>404.7</u>	<u>467.3</u>
4	410.0	493.9
5	423.3	528.6
6	438.4	565.1

表 4. 情報量基準

(2) 高速スキップ運動における動作タイプ毎の特徴

表 5 は、3 クラスモデルの条件付き応答確率を示したものである. 動作を解釈した結果、3 クラスの構成割合は、「クラス 1 (26.5%)、「クラス 2」(44.1%)、「クラス 3」(29.4%)となった. 表 6 は、分けられた 3 クラスの人数割合と専門種目を示したものである. クラス 1 には無所属やサッカー競技者、野球競技者などが含まれ、クラス 2 には投擲競技者やサッカー競技者、クラス 3 に陸上競技の短距離・跳躍競技者が含まれていた. なお、クラス毎の動作得点の合計は、クラス 1 の動作得点が $11\sim13$ 点、00 カラス 2 が $12\sim18$ 点、00 クラス 3 が $19\sim22$ 点であった.

図3は、応答確率をもとに各クラスの代表となる動作を例示したものである.

クラス 1 は, 遊脚の振り込みや挟み込みの動作が出来ていない特徴があった. 2 歩目接地時は, 振り込みがないため遊脚が接地脚より前方にある動作得点の高い評価となっていた. しかし, 接地脚の膝関節が伸びているような「くの字」姿勢の動作となっていた(動画 1).

クラス2は、滞空期の膝の位置と1歩目接地中の腰の送り出しは、クラス1に近い特徴があった. 遊脚の振り込みは行われていたが大きくはなく、2歩目を接地したときに遅れていた. 遊脚の動作はできていたが、その代償として挟み込みや腰の送り出しが出来ていなかった(動画 2).

クラス3は,1歩目の滞空期に大転子と膝を結んだ線が地面と水平位まで上がった.さらに,腰の送り出しや接地脚の滞空期での引き付けもできていた.遊脚の動作評価の得点は,クラス1や2と比べて高かった(動画3).

表 5. スキップ動作の応答確率(3 クラスモデル)

評価項目		評価基準	スキ	スキップタイプ			
			1	2	3		
クラス構成割合(%)			0.265	0.441	0.294		
① 1 歩目接地時の遊脚	1	大転子と膝を結ぶ線が地面と垂直より後ろである	0.981	0.207	0.404		
() 1 夕日按地時の避脚	2	大転子と膝を結ぶ線が地面と垂直になっている	0.019	0.793	0.596		
② 1 歩目滞空期の膝の高さ	1	大転子と膝を結んだ線が接地脚の大腿付近までしか上 がっていない	0.982	0.793	0.113		
	2	大転子と膝を結んだ線が地面と水平位まで上がっている	0.018	0.207	0.888		
	1	振込がなく滞空中に遊脚が接地脚より前方にある	0.976	0.137	0.011		
③ 1 歩目滞空期の遊脚の振込幅	2	滞空期の遊脚の大転子と膝を結んだ線が地面と垂直より 前にある	0.012	0.856	0.494		
	3	滞空期の遊脚の大転子と膝を結んだ線が地面と垂直に なっている	0.012	0.007	0.495		
	1	接地時に遊脚が接地脚の後方にある	0.012	0.268	0.011		
④ 2 歩目接地時の遊脚の位置	2	接地時に遊脚が接地脚の横方にある	0.012	0.594	0.107		
	3	接地時に遊脚が接地脚の前方にある	0.976	0.138	0.882		
⑤ 2 歩目接地時の接地脚の下腿角度	1	下腿が立っており,膝が伸びている	0.981	0.598	0.016		
3 2 少日按地时仍接地脚の下腿用度 	2	下腿が倒れており,膝が曲がっている	0.019	0.402	0.984		
	1	下腿の上方回転が出来ていない	0.868	0.334	0.011		
⑥ 1 歩目接地脚の滞空期での引き付け	2	下腿の上方回転が出来ているが、水平位までいかない	0.120	0.659	0.397		
	3	下腿の上方回転が水平位までできている	0.012	0.007	0.592		
	1	上半身が直立 or 後傾している	0.982	0.402	0.113		
⑦ 1 歩目・2 歩目の接地中の身体の前傾	2	上半身が前傾している	0.018	0.598	0.887		
	1	接地脚の股関節が十分に伸展できていなく、腰を前方へ 送り出せていない	0.982	0.985	0.021		
⑧ 1 歩目接地中の腰の送り出し 	2	接地脚の股関節が十分に伸展し、腰を前方へ送り出せている	0.018	0.015	0.979		
	1	シザース動作が出来ていない	0.547	0.138	0.011		
⑨ 1 歩目踏切時の腕の振り込み	2	シザースはできているが、タイミングのずれなどがある	0.441	0.727	0.394		
	3	タイミングよく効果的にくシザース動作が出来ている	0.012	0.135	0.596		

表 6. クラス毎の専門種目と人数

専門種目	陸上競技				サッカー				野球	テニス	なし
	短距離	跳躍	投擲	混成競技	FW	MF	DE	GK			(無所属)
クラス 1(9 人)	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	2
クラス 1(15 人)	1	0	1	2	1	4	1	3	0	0	2
クラス 1(10 人)	2	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0

FW:フォワード,MF:ミッドフィルダー,DE:ディフェンダー,GK:ゴールキーパー

(単位:人)

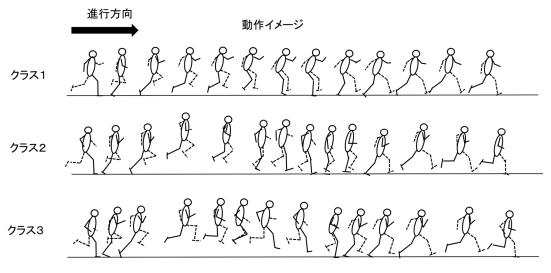


図 3. 高速スキップ運動におけるクラス毎の代表的動作の例

2. 高速スキップ運動にけるクラス毎の客観的特徴

(1) 高速スキップ運動におけるクラス毎の時空間変数の特徴

図 4 に高速スキップ運動におけるクラス毎の速度、ピッチ、ストライドの平均値を示した。なお、平均値はクラスに属する対象者の高速スキップ運動時の最高速度地点の平均値とした。速度は、クラス 3 がクラス $1\cdot2$ に比べて有意に高く、クラス 2 はクラス 1 より有意に高かった。ピッチは、クラス 1 がクラス $2\cdot3$ に比べて有意に高かった。ストライドは、速度と同様にクラス 3 がクラス $1\cdot2$ に比べて有意に高く、クラス 2 はクラス 1 より有意に高かった。

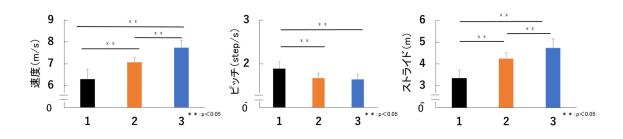


図 4. 高速スキップ運動におけるクラス毎の平均速度, 平均ピッチおよび平均ストライド

(2) 高速スキップ運動における各歩の地面反力の特徴

図 5 と 6 は、各歩のクラス毎の地面反力を示したものである. 1 歩目におけるブレーキ力は、クラス 1 よりクラス 3 が有意に大きな負の値を示した. 加速力では、クラス $1 \cdot 2$ よりクラス 3 が有意に大きかった. 荷重力では、クラス 1 よりクラス 2 が有意に大きかった.

2歩目における加速力は、クラス1よりクラス 2・3 が有意に大きく、クラス1よりクラス 2 が有意に大きかった. 荷重力では、クラス 1・2 よりクラス 3 が有意に大きかった.

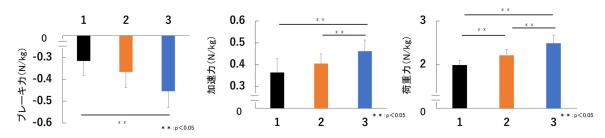


図 5. スキップ運動におけるクラス毎の1歩目のブレーキカ平均,加速カ平均および荷重カ平均

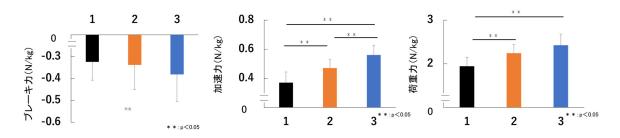


図 6. スキップ運動におけるクラス毎の2歩目のブレーキカ平均,加速カ平均および荷重カ平均

(3) 高速スキップ運動における時空間変数間の関係

図 7 は、高速スキップ運動におけるスキップ速度とピッチ・ストライドとの相関関係を示したものである. 速度とピッチ・ストライドに有意な相関関係が認められた (r=-0.478, p<0.01; r=0.853, p<0.001). クラス毎に関係を検討すると、ピッチと速度の間では、クラス2に有意な正の相関関係 (r=0.614, p<0.05)、ストライドと速度との間では、クラス1のみに有意な相関関係が認められた (r=0.701, p<0.05).

表 7 は、1 歩目・2 歩目の速度と時空間変数との相関関係を示している。2 歩目のピッチと滞空時間を除いた時空間変数と速度との間に有意な相関関係が認められた。特に1 歩目ではストライドと滞空時間に速度との間で高い相関関係 (r=0.888, p<0.001) が認められ、2 歩目ではストライドと接地時間と速度との間には同程度の相関関係が認められた (r=0.542, p<0.01; r=0.549, p<0.01).

図 8 は高速スキップ運動における各歩の速度とストライドとの関係を示している。全対象者において 1 歩目・2 歩目ともにストライドと速度との間に有意な相関関係が認められた。クラス毎に検討すると, 1 歩目ではクラス 2、2 歩目ではクラス 1にのみ有意な相関関係が認められた (r=0.820, p<0.01; r=-0.770, p<0.01).

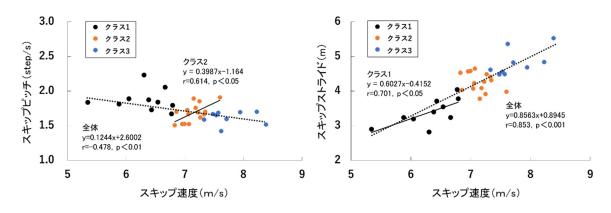


図 7. 高速スキップ運動の速度とピッチ・ストライドとの相関関係

Skip①速度	Skip①ピッチ	Skip①ストライド	Skip①接地時間	Skip①滞空時間
SKIP①还及	-0.567***	0.888***	-0.612***	0.646***
	Skip②ピッチ	Skip②ストライド	Skip②接地時間	Skip②滞空時間
Skip②速度	0.006	0.542**	-0.549**	0.151

表 7. 各歩の速度と時空間変数の相関係数

:p<0.01, *:p<0.001

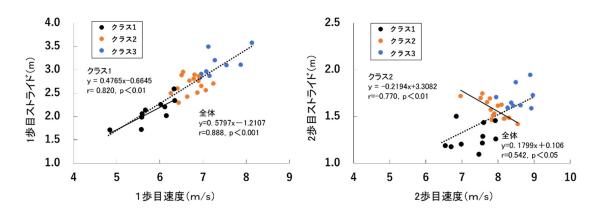


図 8. 高速スキップ運動における各歩の速度とストライドとの相関関係

次に $1\cdot 2$ 歩目のストライドと接地時間・滞空時間・地面反力を検討すると(表 8), 1 歩目ではすべてに有意な相関関係が認められた. 特に、滞空時間と荷重力では高い相関係数を示した(r=0.766, p<0.001;r=0.811, p<0.001). 2 歩目では、加速力と荷重力に有意な相関関係が認められた(r=0.743, p<0.001;r=0.795, p<0.001).

表 8.1 歩目・2 歩目のストライドと接地・滞空時間・地面反力との相関係数

Skip①ストライド	Skip①接地時間	Skip①滞空時間	Skip①ブレーキカ	Skip①加速力	Skip①荷重力
	-0.383*	0.766***	-0.677***	0.574***	0.811***
Skip②ストライド	Skip②接地時間	Skip②滞空時間	Skip②ブレーキカ	Skip②加速力	Skip②荷重力
	-0.069	0.327	-0.074	0.743***	0.795***

:p<0.01, *:<0.001

3. 高速スキップ運動と疾走運動との関係

図 9 は,50m 走におけるクラス毎の速度・ピッチ・ストライドを示したものである.なお,平均値はクラスに属する対象者の50m 走の最高速度となった地点の1歩の平均値とした.50m 走の速度において,クラス3がクラス1・2よりも有意に高く,クラス2はクラス1よりも有意に高った.ピッチにおいてクラス間に有意差は認められなかったが、ストライドではクラス2・3がクラス1よりも有意に大きかった.

図 10 は, 50m 走におけるクラス毎の地面反力を示したものである. クラス間で, ブレーキカ・加速力に有意差は認められなかったが, 荷重力ではクラス 3 がクラス 1・2 より有意に大きい値となった.

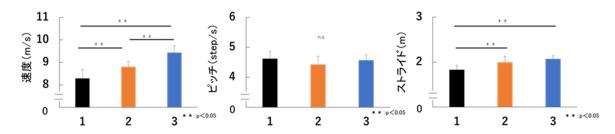


図 9.50m 走におけるクラス毎の平均速度, 平均ピッチおよび平均ストライド

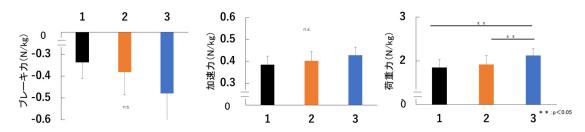


図 10. 50m走におけるクラス毎のブレーキカ平均,加速カ平均および荷重カ平均

高速スキップ運動と 50m 走の速度について相関分析を行うと, 50m 走と高速スキップ運動の速度との間に有意な高い正の相関関係が認められた(図 11, r=0.904, p<0.001). 潜在クラス分析により分けられた 3 クラスを「黒色がクラス 1」「橙色がクラス 2」「青色がクラス 3」としてグラフ上に示した. クラス 1 とクラス 3 においては, クラス毎でも両試技間に有意な相関関係が認められた(r=0.736, p<0.05; r=0.920, p<0.01).

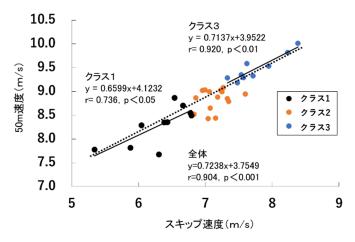


図 11.50m 走と高速スキップ運動中の速度との相関関係

同様に、1 歩目(r=0.893、p<0.001)と 2 歩目(r=0.818、p<0.001)にも有意な相関関係が認められた (図 12). クラス毎の相関関係について検討すると、1 歩目では、スキップと同様にクラス 1 とクラス 3 に おいて有意な相関関係が認められた(r=0.748、p<0.05;r=929、p<0.01). 2 歩目では、クラス毎に有意な相関関係が認められなかった。なお、全体の相関関係では、1 歩目が 2 歩目よりも高い相関係数を示した。次に 50m 走とスキップ運動の時空間変数等がどのように関わるかを確認することとした(表 9).

その結果,スキップ,1歩目,2歩目のストライド,ピッチ,2歩目を除いた滞空時間との間に有意な相関 関係が認められた.特に,ストライドと滞空時間はピッチや接地時間よりも高い相関係数を示した.

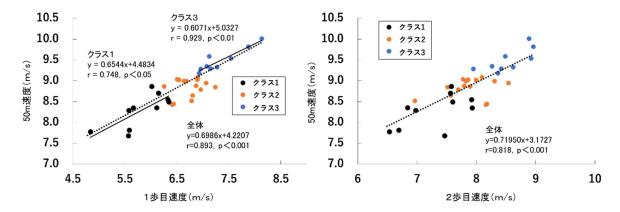


図 12.50m 走と高速スキップ運動中の1歩目(左)2歩目(右)の速度との相関関係

表 9.50m 走の時空間変数と高速スキップ運動の時空間変数との相関係数

	50m速度	50m ピッチ	50m ストライド	50m 接地時間	50m 滞空時間
Skip 速度	0.904 ***	0.039	0.629 ***	-0.519 **	0.408 *
Skip ピッチ	-0.597 ***	0.344 *	-0.544 **	-0.074	-0.352
Skip ストライド	0.869 ***	-0.137	0.679 ***	-0.286	0.425 *
Skip① 速度	0.893 ***	0.035	0.600 ***	-0.488 **	0.405 *
Skip① ピッチ	-0.664 ***	0.317	-0.606 ***	-0.010	-0.375 *
Skip① ストライド	0.886 ***	-0.114	0.680 ***	-0.312	0.427 *
Skip① 接地時間	-0.464 **	-0.277	-0.218	0.657 ***	-0.306
Skip① 滞空時間	0.636 ***	-0.206	0.602 ***	-0.201	0.422 *
Skip② 速度	0.818 ***	0.063	0.573 ***	-0.468 **	0.313
Skip② ピッチ	-0.400 *	0.322	-0.400 *	-0.104	-0.288
Skip② ストライド	0.779 ***	-0.180	0.635 ***	-0.213	0.394 *
Skip② 接地時間	-0.419 *	-0.227	-0.249	0.574 ***	-0.263
Skip② 滞空時間	0.198	0.054	0.040	-0.056	0.038

*:p<0.05, **:p<0.01, ***:<0.001

IV. 考察

本研究では、体育専攻学生を対象として、練習現場や指導書で取り扱われている疾走運動を改善すると言われている高速スキップ運動に着目し、動作を観察的動作評価法により類型化し、類型化された動作の客観的特徴を明らかにすると同時に、疾走運動との関係を明らかにすることを目的とした.

1. 高速スキップ運動における観察的動作評価法を用いた類型化の妥当性

高速移動することを目指した高速スキップ運動の動作は、潜在クラス分析より、大きく3クラスの動作パターンに分けることができた(図3).3つのクラスは、遊脚の振り込みや遊脚の膝の位置などが異なる結果となっていた(表5).そして、このような3つのクラスに分類された高速スキップ運動の時空間変数を比較した結果、クラス毎で異なる時空間変数を確認できた(図4-6).特にクラス3は他のクラスより速度、ストライド、加速力、荷重力(地面反力の鉛直成分)で有意に大きい値を示した.

また, クラス 3 は, クラス 1・2 と比べて遊脚の振り込みの大きさや膝の高さ, 接地時の遊脚の動作が異なっていた. 豊嶋ほか(2015)および Toyoshima and Sakurai(2016)は, 疾走運動において遊脚のスイング速度よりも接地時の大腿角度とその角変位が, 地面反力の鉛直成分に大きな影響を及ぼし, 結果としてピッチおよびストライドに影響することを示唆している. このことをスキップ運動にも当てはめて考えると, 遊脚の動作によって高速スキップ運動の地面反力の大きさが異なっていることも考えられる. 日本陸上競技連盟(日本陸上競技連盟公式サイト, online)は, 疾走運動のストライドを大きくするための疾走時の遊脚の膝の高さの重要性やスイング動作の重要性を記している. スキップ運動においてもクラス毎に遊脚の動作の相違が見られたことを考えると, 疾走運動と同様に遊脚の動作が大きなストライドと移動の速度に大きく寄与しているとも考えられる.

このように、本研究で設定した9つの評価項目で高速スキップ運動の動作を3つのクラスへと類型化することは、スキップ運動の速度、ストライドといった移動の客観的特徴を適切に反映しているものと考えられた.

2. 高速スキップ運動と疾走運動との関係

高速スキップ運動と疾走運動の時空間変数から両者の関係性を検討すると、疾走運動の速度と高速スキップ運動におけるスキップ、1歩目、2歩目の速度の間には有意な高い相関関係が認められた(図 11、12、 $r=0.818\sim0.904$ 、p<0.001). さらに、高速スキップ運動と 50m 走の時空間変数についても検討した結果、両試技間の速度とストライドに有意な相関関係が認められた(表 8).

高速スキップ運動中の遊脚の動作の違いが、高速スキップ運動の速度にも影響を与えている可能性や、先行研究において、疾走中の遊脚の動作の反作用によって支持脚が受動的に力を発揮し、地面反力を増大させることは、ストライドを獲得するために非常に有効であるという知見(豊嶋ほか、2015)を踏まえると、高速スキップ運動において、遊脚を使いながら大きなストライドと長い滞空時間を獲得することが、50m 走にも共通した動作となるのではないかと考えられる。特に、動作評価の得点が高いクラス3は、高速スキップ運動においてストライドが大きく(図4)、50m 走のストライド・速度が高いこと(図9、10)を考えると、高速スキップ運動において、クラス3に近いフォームを習得することで、疾走運動のパフォーマンスも向上する可能性があるといえそうである。

以上のことは、スキップ運動で高速移動を目指す能力と高速で疾走する能力が密接に関係していることを示していると考えられる.

3. 高速スキップ運動におけるクラス毎の動作改善の方向性

高速スキップ運動の観察的動作評価より、速度の高いクラス3とクラス1・2では、「遊脚の振り込み」「滞空期での遊脚の膝の高さ」「1歩目接地中の腰の送り出し」が大きな違いであった(表5).クラス3に近づけるための動作の改善点としては、これらの動作を改善していく必要性が考えられる。中田ほか(2003)は、支持脚より遊脚の方が疾走動作の改善が容易であることを示しているため、練習においても遊脚の動作改善を目指すことが重要であると考えられる。

遊脚の動作は、より大きなストライドを獲得するために重要であること(図 4). 高速スキップ運動において速い速度で遂行するには、大きなストライドを獲得することが重要であること(図 7). これらを踏まえると、ストライドを大きくする動作を目指した練習を行っていく必要性があろう.

なお、高速スキップ運動の各歩の速度(図 7)と各歩のストライドにも有意な相関関係が認められた(図 8、r=0.542~0.888、p<0.01). スキップ運動で高速移動するには各歩のストライドを大きくすることが重要と考えられる. これは、陸上競技選手を対象にした先行知見(東畑ほか、2011)の「スキップ中の 1 歩目の滞空期の水平変位や時間を大きくすることが高速移動するスキップを行う上で有益である」とすることとも合致していた. さらに、スキップの 1 歩目と 2 歩目のストライドは、各歩の加速力と荷重力との間に有意な高い相関関係が認められた(表 8). このことから、1 歩目と 2 歩目のストライドを獲得するには、各歩の加速力を大きくすることと接地中の荷重力を大きくすることが重要と考えられる.

以下は、本研究の知見より、筆者らが考えるクラス毎の動作の改善の方向性についての提案である.

1) クラス1からクラス2への移行

クラス 1 からクラス 2 へ移行するためには、図 13 に示す動作の習得が必要であるといえる. 遊脚の振り込み動作をクラス 2 に近づけていく必要があり、まずは振り込み動作を指導していくことで、高速スキップ運動のストライドの増加が見込める可能性がある.

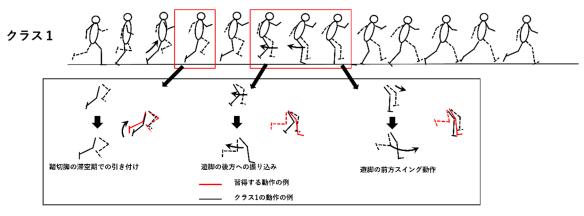


図 13. クラス 1 における動改善点

2) クラス 2 からクラス 3 に移行

クラス 2 では、スキップ運動をある程度の動作習得はできているため、更に洗練させていく必要がある. クラス 3 との大きな違いは、遊脚の膝の高さと、踏切脚の下腿の伸展である. そのため、クラス 2 の属する人には、図 14 に示すように、下腿の伸展と遊脚の膝の高さを意識的に練習することが効果的であるかもしれない. なお、クラス 2 においては速度とストライドに負の相関が認められる(図 8)ことから、ストライドを伸ばすことをあまり重視しなくてもよいかも知れない.

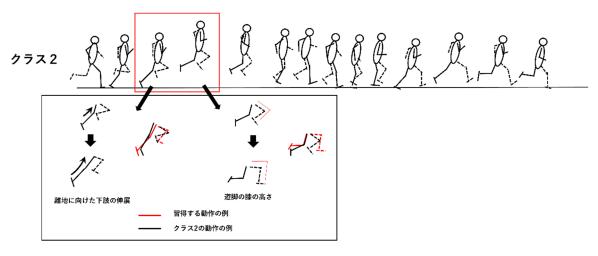


図 14. クラス 2 における動作改善点

3) クラス 3 内での改善

クラス 3 では、滞空期の遊脚に大きな変化はなかったが、接地時の遊脚の遅れにクラス内で違いがあった。クラス 3 の中でも速度の高い人は、1 歩目接地時に遊脚が遅れることがなかったが、低い人は遊脚が遅れている傾向があった。そのため、図 15 に示すように、実践現場で大きなストライドを獲得し、速い速度で高速スキップ運動が出来ている人は、滞空期よりも接地期に着目して練習を行うことが効果的と考えられる。



図 15. クラス 3 における動作改善点

V. まとめ

本研究では、練習現場や指導書で取り扱われている疾走運動を改善すると言われている高速スキップ運動に着目し、体育専攻学生を対象に、動作を観察的動作評価法により類型化し、類型化された動作の客観的特徴を明らかにすると同時に、疾走運動との関係を明らかにした。その結果、高速スキップ運動の動作タイプがあることやその客観的特徴の明確化、さらには疾走運動との関係性を確認することができた。これらの知見により、疾走運動の指導現場において高速スキップ運動を練習手段として選択する際の曖昧さや不安を回避するとともに、動作の指導や改善のポイントを明らかにすることが可能となるであろう。

付記

本研究は、共同研究者 3 名で研究構想を練り、本論全体を責任著者 B(金高)の指導のもと筆頭著者 A(田中)が取りまとめた。その他の共同著者 C(小森)は、結果の討議(考察)に参加し、論文全体の推敲にも加わった。責任著者 B(金高)は、筆頭著者の研究指導を行うとともに、論文投稿に際して論文全体に推敲を加え、さらに査読過程における論文修正に際しても総括及び編集委員会との窓口として対応した。

本論文は、筆者の令和2年度の修士論文の一部をまとめたものである.

VI. 参考文献

- ・秋本真吾(2019)DVD でゼロから学べる!小学生のための正しい走り方教室.ベースボール・マガジン社.pp. 50-51.
- ・藤原翔・伊藤理史・谷岡謙(2012)潜在クラス分析を用いた計量社会学的アプローチ: 地位の非一貫性,格差意識,権威主義的伝統主義を例に. 年報人間科学. 33:43-68.
- ・原田康弘(2007)このトレーニングで速く走れる!. 日本文芸社. pp. 92-93.
- ・比留間浩介・森健一(2020)陸上競技の短距離走の指導者と体育を専門としない小学校教員における 疾走動作の着眼点の比較. スポーツ教育学研究. 40(1):51-60.
- ・伊東浩司(2008)ストライドを効果的に拡げるスプリント走法~伊東浩司の世界に通用するスプリント 技術. ジャパンライム株式会社. 553-S.
- ・鹿屋体育大学スポーツパフォーマンス研究センターHP
- · (https://splab.nifs-k.ac.jp/ja/kinou/force-plate/ 2020.12.07 閲覧).
- ・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.
- ・小森大輔, 近藤亮介, 松村勲, 瓜田吉久, 金高宏文(2015)立五段跳における目標跳躍比率を用いた跳躍練習の即時的効果-3・4 歩目の跳躍歩の延伸を目指した 1 事例の検討-. スポーツパフォーマンス研究. 8:88-99.
- ・松尾彰文(2016) 陸上短距離競技におけるバイオメカニクス的研究の現状と現場への応用: 世界一長い 50m フォースプレートの活用について. National Strength and Conditioning Association Japan. 23(7):17-22

- ・三輪哲(2009)潜在クラスモデル入門. 理論と方法. 24:345-356.
- ・中田和寿,阿江通良,宮下憲,横澤俊治(2003)バイオメカニクスデータを活用した短距離疾走動作の改善。陸上競技学会誌. 1:30-38.
- ・日本陸上競技連盟日本陸上競技連盟公式サイト
 (https://www.jaaf.or.jp/files/upload/201812/jhs-003-001.pdf「中学校部活動における 陸上競技の手引き」:pp.15-16. 2020.12.20. 閲覧)
- ・岡室憲明, 前田奎, 大山卞圭悟, 松林武生, 水島淳, 木越清信(2019)観察的動作評価法を用いた十種競技者における円盤投の技術的課題の検討. コーチング学研究. 33(1):31-41.
- ・小野真弘, 徐広孝, 大山卞圭悟, 西嶋尚彦(2015) 円盤投動作技能の評価規準. 体育測定評価研究. 14:1-10.
- ・鈴木康介, 友添秀則, 吉永武史, 梶将徳, 平山公紀(2016)疾走動作の観察的動作評価法に関する研究-小学 5・6 年生を分析対象とした評価基準の検討-. 体育科教育学研究. 32(1):1-20.
- ・佐野孝, 國土将平, 近藤亮介, 上田恵子, 川勝佐希(2019) 小学生における開脚跳び動作の熟達 度の評価とそれに合わせた指導観点の検討. 発育発達研究. 84:11-22.
- ・佐々木玲子(2005)連載 乳幼児の運動遊び(12)けんけんとび~ホップ系リズム動作の発達. 子どもと発育発達. 2(6):403-405.
- ・佐々木玲子(2012)子どものリズムと動きの発達. バイオメカニズム学会誌. 36(2):77.
- ・高野進(2007)高野進流日本人のための 2 軸走法. スキージャーナル. pp.44-45.
- ・為末大(2007) 走りの極意. ベースボール・マガジン社. pp.58-59, pp.62-63.
- ・土江寛裕(2009)ショートスプリントのトレーニング. スプリントトレーニング-速く走る・泳ぐ・滑るを科学する-, 日本トレーニング科学会(編). 朝倉書店. pp.96-103.
- ・東畑陽介, 清水夏樹, 金高宏文(2011) 高速移動のスキップ運動を可能とする動作的要因. 陸上競技研究. 4:27-33.
- ・豊嶋陵司,田内健二,遠藤俊典,礒繁雄,桜井伸二(2015)スプリント走におけるピッチおよびストライドの個人内変動に影響を与えるバイオメカニクス的要因.体育学研究.60:197-208.
- Toyoshima, R. and Sakurai, S. (2016) Kinematic characteristics of high step frequency sprinters and long step length sprinters at top speed phase. Int. J. Sports Health Sci. 14:41-50.