跳躍距離と身体重心速度から見た三段跳び選手の競技レベル

Performance Level of Triple Jumpers from the Viewpoint of the Jumping Distance and the Velocity of the Center of Gravity

津 田 幸 保 : Yukiyasu TSUDA¹
加 賀 勝 : Masaru KAGA²
高 橋 香 代 : Kayo TAKAHASHI²

- 1 兵庫教育大学大学院連合 : Joint Graduate School (Ph. D. program) in the Science of School Education, Hyogo University of Teacher Education 942-1 Shimokume Yashiro, Kato, Hyogo, 673-1494
- 2 岡山大学教育学部 : Faculty of Education, Okayama University, 1-1, Naka 3chome, Tsushima, Okayama, 700-8530

Abstract

The purposes of this study were to investigate the differences in jumping distance and velocity of the center of gravity among performance level of triple jumpers, and to suggest proper training for each performance level. The subjects were 18 triple jumpers (2 club team athletes, 5 university students, and 11 senior high-school students). The subjects were divided into 3 groups (A, B and C) according to their performance levels. The mean distances of the triple jump were 15.57 ± 0.22 m for group A (n=4), 14.85 ± 0.13 m for group B (n=4), and 13.53 ± 0.32 m for group C (n=10). The data were collected by videotaping their performance with two video cameras. The results could be summarized as follows:

- (1) The difference in the total distance of the triple jump from the level of group C to that of group B was majorly due to the difference of the hop distance. The difference in the total distance of the triple jump from the level of group B to that of group A resulted from the difference of the step distance.
- (2) The type of the phase ratio of group C was the balanced phase ratio, and the phase ratios of groups B and A were the hop-dominated. However, the phase ratio of group A showed a balanced tendency as compared with group B.
- (3) The athletes of group C maintained the horizontal velocity during the step support phase, but they could not increase the vertical velocity largely. The athletes of group B greatly reduced the horizontal velocity during the hop support phase.
- (4) The athletes of group C should increase their approach velocity and hop distance, and they have to get skilled in the takeoff in the hop phase. The athletes of group B should learn the technique to maintain their horizontal velocity during the hop support phase. The athletes of group A should focus on the sprint training to get more approach velocity, and should shift hop-dominated phase ratio to balanced one.

1. 目 的

三段跳びはホップ、ステップ、ジャンプの3つの跳躍により構成されているが、それぞれの跳躍は独立したものではなく、互いに影響を及ぼしている。例えばホップを大きくし過ぎるとステップが小さくなり、その逆も考えられる。このことはホップとステップの関係に限ったことではなく、全ての跳躍間でおこりうる現象である。つまり、3つの跳躍をいかに適切に配分するかは記録向上の条件の一つであるといえる。ベストの跳躍とは、3つの跳躍が最も適切に影響し合った跳躍といえる。

三段跳びは陸上競技の種目の中でも最も複雑な技術を必要とし、その技術習得に時間のかかる種目の1つであると言われている。したがって、競技レベルが異なると各跳躍がお互いに及ぼす影響、また課題となる技術も異なってくるのは当然のことと思われる。これまで先行研究¹⁾⁷⁾⁹⁾¹¹⁾¹²⁾¹⁶⁾において一流競技者の跳躍距離、身体重心速度、跳躍比などを分析した研究は多く見られるが、三段跳び初心者を対象とした研究はほとんど見られない。そのため、実際の指導現場において、初心者に対し上級者から得られた知見をもとに指導を行っている場合がよく見うけられる。これは初心者の競技力を適切に向上させられないばかりか、障害をも招く危険があると思われる。

そこで本研究では対象者を競技レベル別に分け、それぞれのレベルの跳躍距離および身体重心速度に着目して、その特性を明らかにすると共に、競技レベルに応じた指導についても検討することを目的とする。

2. 方 法

(1) 対 象

対象は、高校・大学・一般選手で三段跳びを専門とするもの18名である。これらを跳躍距離により全日本選手権及び全日本インターカレッジ上位入賞レベルのA群(n=4)、地方インターカレッジ上位入賞及び全日本インターハイ上位入賞レベルのB群(n=4)、県高校選手権上位入賞レベルのC群(n=10)に分類した。A群の最高記録の平均は $15.85 \pm 0.17\text{m}$ (平均 $\pm$ SD)、B群の最高記録の平均は $14.92 \pm 0.22\text{m}$ 、C群の最高記録の平均は $13.58 \pm 0.26\text{m}$ であった。各群の身体的特性、競技歴及び最高記録を表1に示した。

(2) データ収集

データを収集した競技会は1997年及び1998年中国四国学生陸上競技選手権、1997年全国高等学校陸上競技対抗選手権大会岡山県予選、2001年織田記念国際陸上競技大会である。各競技会における三段跳びの跳躍を、側方よりビデオカメラ(30コマ/秒)2台を用いて撮影した。分析対象試技は、各競技会における各選手の最高記録の試技とした。カメラ撮影範囲は、1台のカメラはホップの踏切2歩手前からステップの踏切までとし、他のカメラはステップの踏切からジャンプの踏切までとした。距離の較正は、50cmおきにマークをつけた全長2mのリファレンスオブジェクトを撮影範囲の左右両端に立て、リファレンスフレームを構成することにより行った。得られた画像をコンピューターに取り込みビデオ動作解析システム(Frame-DIAS for Windows: DKH社製)を用いて、身体各部位22ポイント(頭頂、右耳下点、左耳下

表1 群別に見た対象者の身体的特性及び競技歴及び最高記録(平均 $\pm$ SD)

項目	A群(n=4)	B群(n=4)	C群(n=10)
年齢	23.3 $\pm$ 2.2	21.5 $\pm$ 2.5	17.2 $\pm$ 0.4
身長(cm)	176.4 $\pm$ 6.4	177.9 $\pm$ 4.6	174.5 $\pm$ 4.1
体重(kg)	68.6 $\pm$ 3.1	68.3 $\pm$ 5.4	62.1 $\pm$ 4.2
競技歴(年)	9.3 $\pm$ 1.0	4.8 $\pm$ 2.2	2.4 $\pm$ 0.5
最高記録(m)	15.85 $\pm$ 0.17	14.92 $\pm$ 0.22	13.58 $\pm$ 0.26

点、胸骨上縁、右肩峰、右肘、右手首、右中指根、左肩峰、左肘、左手首、左中指根、右大転子、右膝、右外果、右足踵、右足先、左大転子、左膝、左外果、左足踵、左足先)の2次元座標データを得た。得られたデータから以下の項目を算出した。

①総跳躍距離と各跳躍距離

三段跳びの総跳躍距離は各競技会における分析対象試技の公式記録とした。ホップ跳躍距離は踏切時の爪先からホップ着地時の爪先までとし、ステップ跳躍距離はホップ着地時の爪先からステップ着地時の爪先までとした。またジャンプ跳躍距離は公式記録からホップ跳躍距離とステップ跳躍距離を引いた距離とした。

②跳躍比

総跳躍距離を100%とした時のホップ、ステップ、ジャンプの各跳躍距離の割合を跳躍比として算出した。算出した跳躍比からHay¹⁰⁾によるタイプ分類に従いホップ優位型、バランス型、ジャンプ優位型の3タイプに分類した。ホップ優位型とは最も大きな割合の跳躍がホップであり、2番目の跳躍との差が2%以上の跳躍である。バランス型とは最も大きな割合の跳躍と2番目との差が2%以下の跳躍であり、ジャンプ優位型とは最も大きな割合の跳躍がジャンプであり、2番目の跳躍との差が2%以上の跳躍である。

③離地時の水平・垂直初速度

ホップ、ステップ、ジャンプの各踏切時における踏切脚離地時の身体重心の水平及び垂直方向速度を算出した。これを各踏切における離地時の水平・垂直初速度とした。また、助走速度はホップの踏切脚接地直前の身体重心水平方向速度とした。

④水平速度減速率

助走速度に対するホップ離地時水平初速度の減速の割合をホップ減速率とし、ホップ離地時水平初速度に対するステップ離地時水平初速度の減速の割合をステップ減速率、ステップ離地時水平初速度に対するジャンプ離地時水平初速度の減速の割合をジャンプ減速率とした。また、助走速度に対するジャンプ離地時の水平初速度の割合を全体の減速率とした。

⑤統計処理

各群間の差を分散分析により検定した。有意差の危険率は5%以下とした。

3. 結 果

① 総跳躍距離と各跳躍距離

A, B, C各群の総跳躍距離及びホップ、ステップ、ジャンプの各跳躍距離を表2に示した。

総跳躍距離はA群が最も大きく、次いでB群、C群の順で有意に ($A > B$, $p < .01$; $B > C$, $p < .001$; $A > C$, $p < .001$) 小さいことが確認できた。また、各跳躍距離については、A群とB群に有意差は認められなかったが、C群はホップ ($A > C$, $p < .001$; $B > C$, $p < .001$)、ステップ ($A > C$, $p < .001$; $B > C$, $p < .05$) で他の2群より有意に小さな跳躍となっていた。A群とB群、B群とC群の各群間における総跳躍距離の差が、各跳躍 (ホップ、ステップ、ジャンプ) の影響をどれだけ受けているかを図1に示した。B群とC群の間では総跳躍距離の差はホップの差が最も大きく、その割合は65.9%であった。A群とB群の間では総跳躍距離の差はステップの差によるものが大きく、その割合は45.8%であった。

表2 群別に見た総跳躍距離及び各跳躍距離 (平均±SD)

項目	A群(n=4)	B群(n=4)	C群(n=10)	群間の比較
総跳躍距離	15.57±0.22	14.85±0.13	13.53±0.32	*** ($A > C, B > C$), ** ($A > B$)
距離				
ホップ	5.93±0.17	5.72±0.12	4.85±0.18	*** ($A > C, B > C$)
(m)				
ステップ	4.35±0.09	4.02±0.39	3.65±0.23	*** ($A > C$), * ($B > C$)
ジャンプ	5.29±0.17	5.10±0.29	5.01±0.16	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

図1 各群間の総跳躍距離の差に占める各跳躍距離の割合

図2 各群別の跳躍化

② 跳躍比

各群別に、総跳躍距離に占める各跳躍距離の割合を跳躍比として図2に示した。C群はジャンプの割合が最も大きくなっており、跳躍タイプの分類ではバランス型であった。また、群内の跳躍タイプの内訳はバランス型7人、ジャンプ優位型3人であった。A、B群はホップの割合が最も大きくなっており、跳躍タイプの分類ではホップ優位型であった。群内の跳躍タイプの内訳は、両群共すべての選手がホップ優位型であった。

③ 速度及び離地時の水平・垂直初速度

助走速度及び各跳躍における離地時の水平・垂直初速度を表3に示した。助走速度及び各離地時の水平・垂直初速度の平均値はすべての局面でA群が最も大きかった。

群間の差は、助走速度ではC群がA、B群と比較して有意 ($A > C, p < .01$; $B > C, p < .05$) に小さくなっていた。また、ホップ離地時の水平初速度においてはA群がB、C群より有意 ($A > C, p < .001$; $A > B, p < .05$) に大きくなっており、ステップ及びジャンプ離地時の垂直初速度においてはA群がC群より有意 (いずれも $A > C, p < .01$) に大きくなっていた。

④ 水平初速度減速率

各群の水平初速度減速率を表4に示した。3回の跳躍全体の平均減速率は、A群が最も大きく、次いでB群、C群であったが、各群間に有意差は認められなかった。

各踏切時の減速率では、ホップにおいてB群の減速率が、A群に比べ有意 ($p < .01$) に大きくな

表3 群別に見た助走速度及び各離地時の水平・垂直初速度 (平均 ± SD)

項目	A群(n=4)	B群(n=4)	C群(n=10)	群間の比較	
助走	9.58±0.26	9.34±0.57	8.75±0.34	** (A>C), * (B>C)	
ホップ水平	9.10±0.15	8.48±0.60	8.11±0.27	*** (A>C), * (A>B)	
速度 (m/s)	垂直	2.23±0.13	2.18±0.13	1.97±0.25	
	ステップ水平	8.01±0.28	7.58±0.34	7.59±0.26	
	垂直	1.86±0.32	1.54±0.36	1.37±0.22	** (A>C)
	ジャンプ水平	6.49±0.31	6.43±0.60	6.20±0.26	
	垂直	2.72±0.21	2.33±0.19	2.17±0.31	** (A>C)

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

表4 群別に見た各踏切時の水平初速度減速率（平均±SD）

項目	A群(n=4)	B群(n=4)	C群(n=10)	群間の比較
全体	32.2±3.9	31.3±3.1	29.1±2.2	
減速率 ホップ	5.0±1.3	9.6±1.9	7.3±5.0	** (B>A)
(%) ステップ	12.0±3.4	10.5±2.5	6.3±2.5	** (A>C), * (B>C)
ジャンプ	19.0±3.3	15.5±4.3	18.3±1.7	

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

ていた。ステップにおいてはA、B群の減速率がC群に比べ有意（A>C, p<.01: B>C, P<.05）に大きくなっていた。ジャンプではA群、C群、B群の順で大きくなっていたが、有意差は認められなかった。

4. 考 察

(1) 跳躍距離について

本研究では総跳躍距離は各競技会での公式記録を採用しているため、ジャンプの距離が実際の跳躍距離よりホップ踏切時の足先から踏切板の先端までの距離だけ短くなっている。しかし、踏切時の映像を確認すると、各選手とも幅20cmの踏切板上で踏切を行っていた。踏切誤差は最大でも15cm程度であり、これはジャンプ跳躍距離の約3%、総跳躍距離の約1%に過ぎず、分析結果に大きな影響を与えるものではないと考えられる。

A、B、C各群間における総跳躍距離の差がホップ、ステップ、ジャンプのいずれの跳躍距離の影響を最も受けているかをみると、B群とC群の総跳躍距離の差は65.9%がホップによるものであり、A群とB群の総跳躍距離の差は、45.8%がステップによるものであった。つまり、13m台後半から14m台後半に総跳躍距離が大きくなるのは、主にホップ距離が大きくなることによるものであり、14m台後半から15m台後半に総跳躍距離が大きくなるのは、主にステップ距離が大きくなることによるものであると考えられた。植田ら¹⁷⁾は三段跳び選手を跳躍距離により3群（A群：17.58m, B群：15.50m, C群：13.77m）に分類している。本研究とは競技レベルの分類方法が異なるが、その結果によるとB群とC群の差は主にホップであ

り、A群とB群の差は主にステップの差であった。つまり13m台後半から15m台中盤への総跳躍距離の増大は主にホップ距離の増大によるものであり、15m台中盤から17m台中盤への総跳躍距離の増大は主にステップ距離の増大によるものであった。

以上を合わせて考察すると、総跳躍距離が大きくなるのはホップ、ステップ、ジャンプの各跳躍距離が均等に大きくなるのではなく、13m台後半からまずホップ距離が大きくなり、その後の跳躍距離の向上過程でステップ距離が大きくなると考えることができる。

(2) 跳躍比について

Hay¹⁰⁾の分類に従うと、A、B群はホップ優位型で、C群はバランス型となった。各群内の選手を個別に見てみると、A、B群では全選手がホップ優位型であるのに対して、C群にはバランス型7人、ジャンプ優位型3人が混在していた。

三段跳びを始めたばかりの初心者は大ホップ、小ステップ、大ジャンプが特徴である¹⁹⁾と指摘されており、跳躍比で見ると初心者はホップ優位型もしくはジャンプ優位型に分類されることが考えられる。本研究の結果を合わせて考えると、跳躍比はホップもしくはジャンプ優位型からバランス型へと移行し、その後ホップ優位型へと移行すると考えられる。

同じホップ優位型であるA群とB群を比較すると、A群の方がホップの割合が小さくなっており、またステップの割合が大きくなることで、よりバランス型へと近づいていた。

Hay¹⁰⁾によるアトランタオリンピック三段跳び

競技の跳躍比分析結果によると、出場全選手($n=41$)ではホップ優位型は20人、バランス型18人とジャンプ優位型3人であり、またベストエイトの選手においてもホップ優位型は4人、バランス型3人とジャンプ優位型1人であった。つまり、一流競技者では大部分がホップ優位型、もしくはバランス型に分類されるといえる。また、同じホップ優位型でもオリンピック出場選手のホップの平均割合は37.0%で本研究のA群($38.1 \pm 0.9\%$)より更に小さくなっており、よりバランス型に近い割合になっていると考えられた。つまり、跳躍比がホップ優位型に移行してからは、競技力の向上に伴い徐々にバランス型へと移行すると考えられる。

跳躍比によるタイプ分類では、初心者はホップ優位型もしくはジャンプ優位型であり、13m台後半の選手になるとバランス型もしくはジャンプ優位型、そしてその後14m後半からホップ優位型になるが、その後記録の向上に伴い徐々にバランス型へと移行すると推測される。

(3) 身体重心速度について

走幅跳びや三段跳びなど水平方向への跳躍距離を競う種目では、助走速度と跳躍距離の相関が多くの先行研究^{5) 6) 8) 13)}において報告されている。本研究でも、助走速度はA、B、C群の順で大きく、A、B群とC群の間には有意差が認められた。

ホップ離地時における各群の水平及び垂直初速度を比較してみると、どちらの速度もA、B、C群の順に大きく、水平初速度においてA群と、B、C群間の間で有意差が認められた。助走速度では差がなかったA、B群間でホップ離地時の水平初速度では差が認められた。速度減速率はB群が $9.6 \pm 1.9\%$ で、A群の $5.0 \pm 1.3\%$ より有意に減速しており、またC群の $7.3 \pm 5.0\%$ より大きな減速率であった。先行研究^{17) 19)}では、この減速率は5～7%であり、B群の値はこれらと比較しても大きい。B群は大きい助走速度で踏切に入ってきたが、踏切中に大きく速度を減速させており、それに対し、A群は大きい助走速度を維持したまま離地を行っていた。この違いがA群とB群の技術の差であると考えられる。

次にステップ離地時の各速度について比較して

みる。この局面で特徴的なのは、C群の速度減速率がA群の $12.0 \pm 3.4\%$ 、B群の $10.5 \pm 2.5\%$ に比べ $6.3 \pm 2.5\%$ と極端に小さいことである。垂直初速度を見てみると、C群の $1.37 \pm 0.22\text{m/s}$ はA群の $1.86 \pm 0.32\text{m/s}$ に比べ有意に小さく、また有意差はないがB群の $1.54 \pm 0.30\text{m/s}$ よりも小さい速度であった。つまり、C群の選手は踏切時において水平速度を減速させない反面、垂直初速度を獲得しておらず、そのためステップの距離が獲得できなかったと考えられる。この局面ではホップ時と同じ脚で再び踏切を行うという三段跳び独特の動作を伴うため、競技歴の短いC群の選手にとっては、この局面で垂直初速度を大きくすることが技術的に困難であったと思われる。

ジャンプ踏切時には各群とも水平速度は減速しているが、垂直初速度は獲得している。ジャンプの踏切脚は、ステップとは踏切脚が逆であり、左右交互に脚を出す自然な動作により踏切を行うこと、離地後の動作が走幅跳の動作に近いということからステップに比べ容易に踏切動作が行えるものと考えられる。

(4) 指導への示唆について

C群のバランス型跳躍はホップの距離が獲得できず、結果的にバランス型になっているといえる。これは一流ジャンパーがホップ優位型からバランス型へと移行することにより跳躍距離を伸ばしている¹¹⁾こととは根本的に異なっている。C群の選手は競技歴が短く、同じ脚で2度踏切を行う三段跳び独特の動作に習熟しているとは考えにくい。そのため、踏切時にバランスを崩す恐怖から、故意に助走速度を抑えている可能性も考えられる。しかし、B群と比較して助走速度も有意に小さく、またホップの距離に決定的な差があることから助走速度を大きくし、ホップの距離を獲得することが総跳躍距離を増大させるために重要であると考えられる。助走速度を大きくすると踏切技術は難しくなるが、それは次のレベルでの課題であると考えられる。したがって助走速度を大きくすることでホップの距離を増大させる指導を行うことが必要であろう。また同時に、同じ脚で2度踏切を行うという三段跳び独特の動作に習熟させる指導を行う必要もあると考えられる。

B群は大きい助走速度で踏切に入ってきているので、技術的に難しくなっている。まず、ホップの踏切時において水平速度を減速させずに垂直初速度を獲得する技術を身に付けるべきであろう。そのことにより、ホップの踏切がよりスムーズになり、その後の距離の獲得につながるのではないかと考えられる。

A群は世界トップレベルの選手⁹⁾と比較すると助走速度が6.6%程度小さい。この差は本研究のB群とC群の差とはほぼ同程度である。さらなる競技力向上のために、A群の選手は助走速度を向上させるためのスプリントトレーニングが必要だと考えられる。助走速度が大きくなるとホップの距離は獲得し易い。しかしホップ、ステップ、ジャンプの跳躍全体のバランスとしては、ホップで距離を獲得するよりむしろ、ステップ、ジャンプの距離を獲得することで跳躍タイプをよりバランス型へと移行させることが総跳躍距離を大きくするのに有効であると考えられることができる。

5. まとめ

本研究では、三段跳びの競技レベル別の跳躍距離および身体重心速度に着目して、その特性を明らかにすると共に、レベルに応じた指導を検討することを目的とした。競技レベルの異なる3群(競技レベルの高い群からA群、B群、C群)の選手について比較を行った結果を以下のようにまとめることができた。

- ①総跳躍距離の向上においては13m台後半の選手が14m後半へ記録を向上させるには主にホップの距離を増大させ、更に15m後半へ記録を向上させるにはステップの距離を増大させていた。
- ②跳躍タイプから競技力向上過程を見ると、C群、B群、A群と競技力が向上するに伴い、バランス型、ホップ優位型、バランス型傾向へ移行すると考えられる。
- ③C群の選手はステップ踏切時に水平速度を維持できている反面、垂直初速度を獲得できていなかった。B群の選手はホップ踏切時に水平速度を大きく減速させていた。
- ④C群の選手は助走速度を大きくし、ホップの跳躍距離を増大させることが必要であると考

えられる。また、同じ脚で2度踏切を行うという三段跳び独特の動作に習熟する必要があると考えられる。B群の選手には助走速度を減速させない踏切技術の獲得が必要であり、A群の選手は助走速度の向上に意識をおいたトレーニングが必要であると考えられる。また跳躍タイプをよりバランス型へと移行させることも必要であると考えられる。

文 献

- 1) Brüggemann, G.P. (1990) Biomechanical analysis of the triple jump. Scientific research project at the games of the XXIV th Olympiad-Seoul 1988 Final report. International Athletic Foundation: pp. 303 - 362.
- 2) 深代千之, 小林敬和, 飯本雄二, 菅原秀二, 村木征人, 宮下充正 (1980) 三段跳びのバイオメカニクス(1). 新体育 50: pp.66-77.
- 3) 深代千之 (1983) 走幅跳びと三段跳びのBiomechanics. 身体運動の科学 V: pp.159-168.
- 4) Fukushima, S. and Miyasita, M. (1983) An Estimation of the velocities of three takeoff phases in 18m triple jump. Medicine and Science in Sports and Exercise 15: pp.309-312.
- 5) 深代千之, 若山章信, 伊藤信之, 小嶋俊久, 山本恵美, 阿江通良 (1992) 1991世界陸上における走幅跳・三段跳びの解析. Japanese Journal of Sports Science 11: pp.622-635.
- 6) Hay, J. G. and Miller, J. A. (1985a) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. International Journal of Sport Biomechanics 1: pp.174-185.
- 7) Hay, J. G. and Miller, J. A. (1985b) Techniques used in the triple jump. International Journal of Sport Biomechanics 1: pp.185-196.
- 8) Hay, J. G., Miller, J. A. and R. W. Canterna. (1986) The technique of elite male long jumpers. Journal of Biomechanics 19: pp.855-866.
- 9) Hay, J. G. and Miller, J. A. (1986) Kinematics of a World Record and Other World-Class Performances in the Triple Jump. International Journal of Sport Biomechanics 2: pp.272-288.
- 10) Hay, J. G. (1992) The Biomechanics of the triple

- jump: A review. *Journal of Sports Science* 10: pp. 343-378.
- 11) Hay, J. G. (1999) Effort Distribution and Performance of Olympic Triple Jumpers. *Journal of Applied Biomechanics* 15 : pp.36-51.
- 12) Koukal, J. and Susanka, P. (1986) Triple jump in 1st World Junior Championships: Science report. International Amateur Athletic Federation. Athens: pp.H1-H9.
- 13) 松井秀治, 三浦望慶, 袖山敏, 小栗達也 (1973) 走り幅跳びの踏切における速度変化. 昭和48年度日本体育協会スポーツ科学研究報告: pp.7-11.
- 14) 宮下充正監, 深代千之編 (1990) 跳ぶ科学. 大修館書店: 東京
- 15) 関岡康雄 (1975) 三段跳び. ベースボールマガジン社: 東京
- 16) Susanka, P., Jurdik, M., Koukal, J., Kratky, P. and Velebil, V. (1987) Biomechanical analysis of The Triple Jump. In International Athletic Foundation Science Report on the 2nd World Championships in Athletics, Rome 1987: pp.F1-67.
- 17) 植田恭史, 鎌田貴, 古谷嘉邦 (1989) 三段跳びにおける世界一流選手と日本の15m～16m, 13m～14m選手との比較. 東海大学紀要体育学部 21: pp.49-56.

(平成13年1月12日 受付)
(平成14年5月23日 受理)