



立幅跳における記録向上要因の規定が跳躍記録に及ぼす影響

井奥, 一樹
前田, 正登

(Citation)

日本陸上競技学会誌, 5(1):19-28

(Issue Date)

2007-03

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90002696>



[研究]

立幅跳における記録向上要因の規定が跳躍記録に及ぼす影響

井奥一樹¹⁾, 前田正登²⁾

Effect of specific instruction on improving performance in the standing long jump

Kazuki Ioku¹⁾, Masato Maeda²⁾

Abstract

The purpose of this study was to investigate the extent to which subjects improved their take-off skills in the standing long jump over a 5-month period by following instructions to concentrate on improving one specific component of their take-off. Fifteen subjects were divided into two groups. Group A was told to strive towards improving their personal best jumps by focusing their attention on increasing the impulse component of take-off. Group B was instructed to improve their personal best jumps by varying their take-off angles. Every two or three weeks over the 5-month study period, subjects performed 10 jumps in one day, which were measured. In addition to the distances of their jumps, measurements focused on take-off speed, take-off angle, position of center of gravity at take-off, and ground reaction force (using a force platform). Over the study period, results showed that 3 subjects in Group A had improved their personal best jumps, while no subjects in Group B improved their personal best. These results suggest that concentrating on the impulse component of take-off may aid improvement of overall jump performance. In addition, when giving advice, it is important to know the extent to which each component of a skill influences the results and to identify those components with the greatest influence on the results to subject's performance.

キーワード：立幅跳，跳躍初速度，跳躍角度，運動習熟，指導

1. 緒言

競技成績を向上させるために重要となる体力や技術の要素は，単一もしくは特定のいくつかということではなく，数多くの要素が複雑に絡み合うことによって結果につながっている．すなわち，競技成績の向上をもたらす要因は人によって，また場合によって異なっているのである．木村（1994）は運動学習において，学習進行過程は個体間で異なるルートをたどることをシミュレーションによって述べたが，このことは経験的にも理解できる．競技者はこの複雑に絡み合う競技能力向上要因の一つ，あるいはいくつかを改善させることを目的とし，トレーニングを行うのである．

これまでに，窪と阿江（2005）は立幅跳における熟練者の動作モデルに基づいた数日間の技術トレーニングを

行わせ，その結果，身体を前方に投射する動作が改善されたことや力学的エネルギーの観点からトレーニングの有効性を示した．また，古川ら（2004）についても，跳躍時の動作を意識的に変えるように指示することで記録が向上することを報告しているが，これらはいずれも短期間でのものである上，記録向上要因を規定しているわけではなかった．

しかしながら陸上競技のように，いわゆる競技種目における技術の変化はトレーニング前後のみで観察するのではなく，長期間にわたって継続的に変化の過程を観察していく必要があるはずである．

本研究では運動課題として立幅跳を挙げるが，特に跳躍動作に目を向けた研究について，栗原ら（1985）が垂直跳におけるしゃがみこみ動作の速さが跳躍初速度の増大につながることを述べ，Davies and Jones（1993）も反動動作について腕のスイング運動の貢献度を明らかにしている．また，跳躍初速度だけではなく跳躍角度に関する研究もなされており，Wakai and Lithorne（2002）は，5段階の異なる跳躍角度で立幅跳を行わせることで，被験者ごとに異なる最適跳躍角度が存在することを報告している．

立幅跳において，その跳躍距離は，つま先に対する跳び出し時の身体重心の位置，跳躍初速度および跳躍角度によって算出される身体重心の推定到達距離，身体重心の推定到達距離に対するかかとの着地位置，つまり着地動作のロスによって完全に決定される（Wakai and Lithorne, 2002）．つまり立幅跳という身体運動は，技術的要素がそれほど複雑ではなく，記録の向上要因が特定しやすいために運動習熟過程を観察するには非常に適していると言える．井奥と前田（2006）の研究では，立幅跳において記録が向上する時，その要因の多くが，地面に加える力積の増大，あるいは跳躍角度の変化のどちらかであったことを報告している．しかしながら指導の現場で行われているように，あらかじめこれらの要因（改善すべき点）を指示し，その習熟過程の動向を検討した

1) 神戸大学大学院総合人間科学研究科 Graduate School of Cultural Studies and Human Science, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

2) 神戸大学発達科学部 Faculty of Human Development, Kobe University
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲 3-11

ものは見られない。

そこで本研究では、いくつか存在する立幅跳の記録向上要因のうち、予め技術を変化させようとする内容を、地面に加える力積の増大、および跳躍角度の変化の2要因に規定することにより、それぞれの要因を指示し続けることで跳躍動作にどのような影響がみられるのかを検討することを目的とした。

2. 方法

2.1 実験方法

(1) 被験者

被験者は大学の陸上競技部員男子15名(身長:172.9±5.0 cm, 体重63.6±4.0 kg)で、日頃からトレーニングなどで立幅跳を行う機会のある者とした。表1は被験者の身長、体重、年齢に加え、最初の測定で行われた跳躍の平均記録である基準記録を示したものである。

表1 被験者の身長、体重、年齢および基準記録

	身長(cm)	体重(kg)	年齢(歳)	基準記録(cm)
Group A(n=8)	173.6±4.2	64.0±3.9	20.1±0.4	243.5±10.8
Group B(n=7)	172.1±6.1	63.1±4.3	19.6±1.3	246.9±7.3
全被験者(n=15)	172.9±5.0	63.6±4.0	19.9±0.9	245.1±9.2

(2) 測定方法

被験者にはフォースプレート(KISTLER社; type 9281 C)上から立幅跳を行わせた。これにより、被験者の跳躍動作時の地面反力を測定した。フォースプレートの軸設定は被験者の前後方向をx軸(被験者の後方方向を正)、左右方向をy軸(被験者の左方向を正)、そして鉛直方向をz軸(鉛直下方向を正)とした。なお、フォースプレートからの出力信号は1.2 kHzでA/D変換し、パソコンに入力した。また、被験者の右側方3.8 mより、CCDカメラ(SONY社; XC-009)を用いて60 fpsで被験者の跳躍動作を撮影し、フォースプレートからの出力と完全に同期し入力した。

(3) 実験手順

15名の被験者それぞれに対し、初めに10本の跳躍を課した。この10本の跳躍距離の平均を基準記録とし、グループ間で基準記録に偏りがないように被験者をA、Bの2つのグループに分けた。GroupAには「地面に加える力積を増大させて記録を向上させること」、GroupBには「跳び出し方向を変化させて記録を向上させること」をそれぞれ指示し、以後、規定された内容に基づいて立幅跳の記録を向上させるように指示した。

約5ヶ月間に渡り、基準測定以降計6回の立幅跳の測定実験を行った。各測定間は最短で15日、最大で27日とし継続的に行った。一回の測定実験での跳躍数は10本とし、その平均記録が基準記録に対して向上したか否かを検討した。その際指定したフォースプレート上の踏

切位置から跳躍を行い、踏切時のつま先の位置から着地時のかかとの位置までの水平距離を測定した。また、体力的向上がみられたかどうかの判断をするため、すべての測定回において垂直跳を測定した。

測定の際被験者は各試行後に記録を聞くことができ、フィードバックした後次の試行に臨むことができるものとした。

2.2 分析方法

(1) 分析項目

本研究では、跳躍距離、CCDカメラで撮影した画像から2次元DLT法によって得られる身体各部および身体重心の位置座標、フォースプレートから得られた地面反力の時間変化をもとに分析を行った。

a. 記録

各回に測定された跳躍距離の平均値を記録とし、比較、分析対象とした。

b. 身体重心の位置座標

離地直後の身体重心の変位をもとに、初速度、跳躍角度およびつま先の位置に対する身体重心の跳び出し位置を算出し、分析対象とした。

c. 地面反力波形

フォースプレートのデータは被験者の前後方向であるx軸、鉛直方向であるz軸を分析対象とした。一回の測定において計測される10本の試技のそれぞれの出力について、これらを同じ時間経過で比較検討するために、離地時を基準としてすべてのデータを時間的に一致させた。

(2) 統計処理

記録および身体重心の位置座標から算出される各数値については、全て対応のあるt検定を用いて有意水準5%未満で検定した。

(3) 記録向上要因の判定

a. 身体重心の推定到達距離

窪ら(1999)やWakai and Lithorne(2002)が述べたように、立幅跳の記録向上要因は①初速度の向上、②跳躍角度の変化、③着地動作の改善に分けられると考えられる。そこで本研究では、跳び出し時の初速度(V)、跳躍角度(θ)、身体重心位置(水平方向をD_{takeoff}、鉛直方向をh_{takeoff}とする)といった跳躍の初期条件をもとに、身体重心の推定到達距離(D_{jump})を以下の要領で算出した。この推定到達距離では着地動作技術を考慮していないため、前に挙げた3つの立幅跳の記録向上要因のうち③着地動作の改善の要因を省くことができ、跳躍の初期条件が改善されているか否かを判定することができる。

b. 記録向上要因の判定方法

記録が有意に向上し、身体重心の推定到達距離(D_{jump})の平均値に有意差がみられなかった者の要因は③着地動作の改善と判定した。

一方、記録が有意に向上し、身体重心の推定到達距離

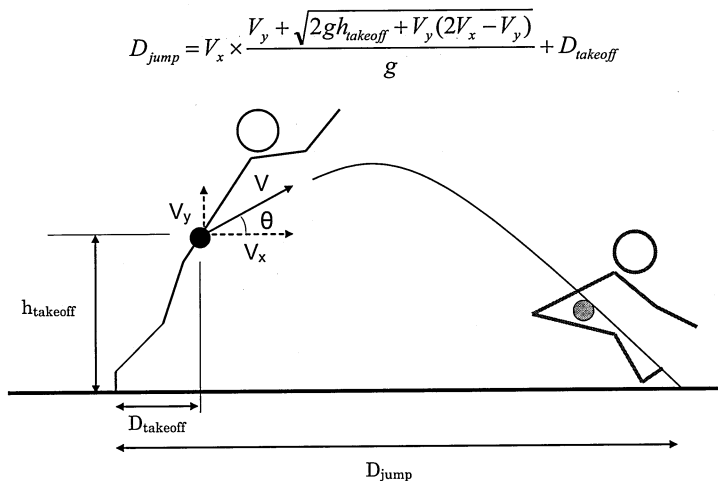


図1 跳躍の初期条件と身体重心の推定到達距離

表2 記録向上要因の判定基準

跳躍初速度 [†]	跳躍角度 [‡]	判定される記録向上要因
○	×	→ 跳躍初速度の向上
×	○	→ 跳躍角度の変化
○	○	→ 跳躍初速度の向上および跳躍角度の変化

[†]跳躍初速度の○…初速度が有意に向上した場合

[‡]跳躍角度の○…最適跳躍角度と実際の跳躍角度の差が有意に小さくなった場合

(D_{jump}) の平均値も有意に増加していたとされる場合は、表2をもとに要因を判定した。表2は跳躍初速度が有意に増加するか、跳躍角度が身体重心の推定跳躍距離の増加に貢献するかどうかを基に記録向上要因を判定するものである。この際、予め基準測定時の初速度と跳び出し時の身体重心位置を元に、身体重心の推定到達距離が最大となる角度を最適跳躍角度とし、各被験者についてこの最適跳躍角度を算出しておいた。

また、すべての測定回において跳び出し時の身体重心位置 (D_{takeoff} , h_{takeoff}) が影響しているかを判断するため、基準測定時の跳び出し時の身体重心位置 (D_{takeoff} , h_{takeoff}) を代入し、身体重心の推定到達距離に差がみられるかを検討した。

3. 結果

各被験者の立幅跳の平均記録推移を表3に示した。最終測定である第6回目の測定までに基準記録を有意に上回った者は全15名の被験者中7名、そのうち GroupA が5名、GroupB が2名であった。さらにこのうち GroupA の被験者 g のみが基準記録を上回った1回目の記録を3回目の測定時に上回り、4回目の測定時にはさらにその記録を上回った。

また、表4には測定期間における垂直跳の記録推移を示した。この垂直跳の記録を本研究では体力的指標として扱うものとしたが、測定期間中この記録に大きな向上

はみられなかった。

表5には映像から得られた跳躍の初期条件によって算出された身体重心の推定到達距離の推移を示した。表5に示されるように、3名において値が有意に向上し、GroupA の被験者 g については基準測定時の値を上回った1回目の値を4回目の測定でさらに上回った。

表6、表7には各測定時の跳躍初速度、跳躍角度を示した。表6においては全被験者中 GroupA の4名に有意な向上がみられた。表7においては基準測定以降で角度を有意に変化させた測定回が示されているが、全測定回のうち、GroupA においては32%、GroupB においては61%が基準測定時に対して有意に跳躍角度が変わった測定回であったことがわかる。

表8には各被験者の基準測定時の初速度を元に身体重心の推定到達距離が最大となる角度を算出し、その角度と各測定回の跳躍角度との差を記載し、表9にその標準偏差を記載した。すべての被験者において跳躍角度は最適跳躍角度を下回っていた。

表10および表11には跳び出し時のつま先に対する身体重心の位置 (水平および鉛直方向)

を示した。表10においては各グループ4名、計8名の値が有意に増加しており、表11においては GroupA で1名、GroupB で3名、計4名の値が有意に増加していた。

図2~4は跳躍の初期条件によって算出された身体重心の推定到達距離が基準測定時に対して有意に増加した3ケースにおける、各被験者の跳躍動作時の地面反力の時間変化 (水平および鉛直方向) を示したものである。身体重心の推定到達距離が増加する前の動作を上段のスティックピクチャーで示しており、値が増加したときの動作を下段のスティックピクチャーで示した。

4. 考察

4.1 立幅跳の跳躍距離の推移と動作の変化

表4に示されているように、測定期間中で被験者に体力的向上はみられなかったことから、本研究においてこれらの測定項目に見られる変化は、体力的要因ではなく技術的要因によるものであると言える。窪ら(1999)によると、立幅跳の跳躍距離は、離地時の身体重心位置、身体重心の移動距離、着地位置によって影響を受けると報告されており、本研究においては記録を向上させるために、身体重心の移動距離に影響を及ぼす跳躍初速度、および跳躍角度について指示を出し、動作の動向を検討した。

窪ら(1999)によって報告された各々の記録の構成要素を本研究の全ての測定回においても算出し、指示を与えた各グループのデータの動向を観察したが、跳躍初速

表3 被験者の平均記録推移(単位:cm)

被験者 基準測定時			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	228.8	220.9	226.2	-	-	213.8	218.1
	b	236.2	<u>241.9</u> ↑	237.5	227.4	234.8	229.9	228.9
	c	245.8	<u>252.4</u> ↑	247.4	250.1	-	247.3	233.1
	d	259.4	256.1	256.8	244.8	242.2	250.4	247.5
	e	252.8	254.1	253.8	-	247.0	250.1	253.2
	f	242.1	255.0 ↑	242.8	240.0	239.0	235.4	254.3 △
	g	251.2	261.3 ↑	258.6 △	266.6 ↑↑	279.5 ↑↑↑	262.8 △	259.4 △
	h	231.8	226.5	235.0	243.6	235.2	231.0	244.8 ↑
Group B	i	258.3	257.7	263.3	256.1	257.4	<u>265.7</u> ↑	255.4
	j	244.8	242.2	238.6	232.2	240.0	237.0	242.8
	k	240.7	230.1	225.7	238.6	233.0	233.2	229.0
	l	246.1	239.5	<u>256.1</u> ↑	244.2	232.7	243.7	242.6
	m	244.2	244.7	243.4	233.1	-	236.2	239.2
	n	255.6	253.0	247.6	251.0	251.1	253.2	245.2
	o	238.8	237.7	234.0	243.1	240.5	233.4	241.8

記録向上の要因: 太字…跳躍初速度, 斜体下線…跳躍角度, 下線…着地動作, 斜体…跳び出し時の身体重心位置の変化

↑:基準測定時に対して有意に記録が向上したもの

↑↑:↑に対して有意に記録が向上したもの

↑↑↑:↑↑に対して有意に記録が向上したもの

△:↑以降で基準測定時に対して有意に記録が高かったもの

表4 被験者の測定期間中の垂直跳の記録推移(単位:cm)

被験者		基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	55	55	55	－	－	54	55
	b	58	60	57	63	60	56	64
	c	58	63	57	56	－	61	60
	d	63	64	57	60	58	58	60
	e	63	66	65	－	64	68	61
	f	57	59	60	58	56	59	59
	g	62	64	65	65	65	61	62
	h	61	61	65	62	67	57	62
Group B	i	63	64	63	64	65	62	63
	j	64	67	66	62	64	64	62
	k	61	61	57	61	63	64	62
	l	71	72	72	72	69	71	72
	m	66	65	64	63	－	64	64
	n	62	64	60	62	60	63	62
	o	64	62	60	64	62	59	61
平均		61.9	63.1	61.5	62.5	62.8	61.4	61.9

表5 被験者の跳躍初期条件から算出される身体重心推定到達距離の推移(単位:cm)

被験者		基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	260.2	243.8	255.1	-	-	233.9	231.4
	b	257.5	256.0	253.2	249.9	254.0	241.8	246.0
	c	273.5	272.9	249.9	251.9	-	256.8	248.8
	d	284.2	289.4	284.8	260.5	263.1	267.1	272.6
	e	271.5	266.6	251.1	-	256.4	248.5	243.2
	f	265.6	278.5 ↑	263.6	263.9	260.7	262.0	267.9
	g	259.0	279.9 ↑	258.0	261.2	292.1 ↑↑	266.3	263.8
	h	258.7	254.4	255.1	264.3	268.0 ↑	258.7	270.0 △
Group B	i	272.9	265.6	273.0	263.2	251.8	266.0	248.6
	j	267.0	250.0	251.5	250.9	253.8	261.2	248.3
	k	262.3	254.1	237.2	251.6	243.9	252.2	252.1
	l	271.7	263.9	272.7	268.3	255.4	261.2	259.0
	m	284.1	267.2	266.1	266.0	-	270.5	257.6
	n	279.7	280.5	268.3	273.0	260.3	258.6	269.8
	o	263.1	257.1	249.9	264.2	267.3	258.6	259.4

↑:基準測定時に対して有意に値が高かったもの

↑↑:↑に対して有意に値が高かったもの

△:↑以降で基準測定時に対して有意に値が高かったもの

表6 被験者の平均跳躍初速度の推移(単位:m/s)

	被験者	基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	3.41	3.15	3.40	-	-	3.03	3.00
	b	3.42	3.42	3.40	3.39	3.50	3.31	3.34
	c	3.63	3.64	3.39	3.40	-	3.53	3.34
	d	3.81	3.96 ↑	3.85	3.52	3.55	3.63	3.62
	e	3.66	3.54	3.41	-	3.45	3.35	3.23
	f	3.56	3.74 ↑	3.59	3.52	3.51	3.52	3.58
	g	3.42	3.76 ↑	3.38	3.42	3.79 △	3.53	3.46
	h	3.42	3.39	3.40	3.52	3.52	3.47	3.59 ↑
Group B	i	3.60	3.51	3.66	3.56	3.41	3.67	3.40
	j	3.66	3.48	3.48	3.50	3.53	3.62	3.43
	k	3.65	3.48	3.27	3.44	3.44	3.53	3.50
	l	3.63	3.48	3.65	3.57	3.39	3.49	3.45
	m	3.79	3.51	3.54	3.55	-	3.63	3.39
	n	3.60	3.70	3.49	3.55	3.41	3.35	3.53
	o	3.50	3.49	3.34	3.53	3.59	3.35	3.53

↑:基準測定時に対して有意に値が高かったもの

↑↑:↑に対して有意に値が高かったもの

△:↑以降で基準測定時に対して有意に値が高かったもの

表7 被験者の平均跳躍角度の推移(単位:deg.)

	被験者	基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	21.3	21.3	23.6	-	-	28.1 ↑	20.4
	b	24.0	22.1	21.6	19.7 ↓	19.7 ▽	20.2 ▽	19.9 ▽
	c	18.2	21.1	15.0 ↓	16.6	-	15.9 ▽	17.9
	d	19.5	20.5	19.2	19.9	21.5	21.2	25.3 ↑
	e	29.8	27.8	24.4	-	27.3	24.3 ↓	23.3 ▽
	f	21.0	21.5	21.3	24.2 ↑	20.9	19.8	24.0 △
	g	21.9	19.8	22.2	22.2	21.6	21.2	21.5
	h	22.7	28.3 ↑	23.6	23.4	23.2	20.3	19.5 ↓
Group B	i	24.8	18.6 ↓	18.9 ▽	20.3 ▽	18.2 ▽	15.1 ↓↓	16.3 ▽▽
	j	26.6	29.7 ↑	27.1	23.6	24.5	24.9	24.0
	k	17.0	17.1	14.4	17.0	15.1	14.8	17.1
	l	23.5	27.6 ↑	24.8	24.0	27.7 △	26.5 △	26.3 △
	m	28.5	21.5 ↓	17.8 ↓↓	18.5 ▽▽	-	18.5 ▽	22.2 ▽
	n	21.2	19.6	18.2 ↓	18.5 ▽	17.6 ▽	21.6	18.7 ▽
	o	25.3	18.1 ↓	23.1 ▽	24.6	19.5 ▽	21.6 ▽	18.7 ▽

↑:基準測定時に対して有意に値が高かったもの

↑↑:↑に対して有意に値が高かったもの

↓:基準測定時に対して有意に値が低かったもの

↓↓:↓に対して有意に値が低かったもの

△, ▽:↑もしくは↓以降で基準測定時に対して値に有意差のみられたもの

△△, ▽▽:↑↑もしくは↓↓以降で↓もしくは↑に対して値に有意差のみられたもの

表8 被験者の基準測定時の初速度を元に算出した最適跳躍角度と実際の跳躍角度の差の平均値(単位:deg.)

	被験者	基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	-10.3	-10.3	-8.0	-	-	-3.5	-11.2
	b	-8.3	-10.2	-10.7	-12.6	-12.6	-12.1	-12.4
	c	-14.9	-12.0	-18.1	-16.5	-	-17.2	-15.2
	d	-14.7	-13.7	-15.0	-14.3	-12.7	-13.0	-8.9
	e	-4.0	-6.0	-9.4	-	-6.5	-9.5	-10.5
	f	-11.9	-11.4	-11.6	-8.7	-12.0	-13.1	-8.9
	g	-10.4	-12.5	-10.1	-10.1	-10.7	-11.1	-10.8
	h	-9.2	-3.6	-8.3	-8.5	-8.7	-11.6	-12.4
Group B	i	-8.0	-14.2	-13.9	-12.5	-14.6	-17.7	-16.5
	j	-6.9	-3.8	-6.4	-9.9	-9.0	-8.6	-9.5
	k	-16.7	-16.6	-19.3	-16.7	-18.6	-18.9	-16.6
	l	-9.8	-5.7	-8.5	-9.3	-5.6	-6.8	-7.0
	m	-5.3	-12.3	-16.0	-15.3	-	-15.3	-11.6
	n	-11.5	-13.1	-14.5	-14.2	-15.1	-11.1	-14.0
	o	-6.8	-14.0	-9.0	-7.5	-12.6	-10.5	-13.4

表 9 被験者の基準測定時の初速度を元に算出した最適跳躍角度と実際の跳躍角度の差の標準偏差(単位:deg.)

被験者		基準測定時	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	5.4	3.9	2.9	-	-	2.8	3.9
	b	3.0	3.7	4.2	1.3	3.4	1.9	1.7
	c	1.9	3.6	2.5	3.6	-	2.6	4.0
	d	4.3	2.8	1.4	2.5	2.8	2.6	3.1
	e	4.6	2.9	4.0	-	3.4	2.8	2.6
	f	2.1	2.6	3.8	2.8	2.4	2.4	2.1
	g	1.7	4.1	2.6	3.3	1.4	3.6	3.8
	h	3.6	2.8	2.9	6.0	3.6	2.2	2.3
Group B	i	2.2	4.4	2.4	3.9	3.5	3.2	2.9
	j	3.1	1.9	3.8	4.7	2.8	3.6	2.6
	k	2.8	3.5	2.2	2.6	1.9	2.4	3.0
	l	2.1	4.3	2.5	2.4	1.5	3.3	3.5
	m	4.0	3.1	2.6	1.5	-	1.7	3.5
	n	2.3	3.6	3.8	2.3	3.0	2.7	2.4
	o	2.5	6.5	1.9	3.1	3.7	2.7	1.9

表 10. 被験者の跳び出し時におけるつま先に対する身体重心位置の推移(水平方向)(単位:cm)

被験者 基準測定時			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	75.7	76.1	69.7	-	-	69.7	75.9
	b	72.5	74.8	74.2	76.1	75.2 ↑	71.9	73.6
	c	79.6	78.8	79.0	78.4	-	76.3	77.0
	d	80.9	76.6	79.1	76.9	73.5	72.3	74.9
	e	69.4	71.9	71.2	-	71.7	72.5	74.0 ↑
	f	73.3	74.5	72.3	71.4	71.7	75.2	70.6
	g	75.8	76.9	77.5	76.2	80.2 ↑	74.3	77.6
	h	71.8	66.5	69.7	72.7	75.7 ↑	75.3 △	78.5 △
Group B	i	71.5	78.9 ↑	75.5 △	72.1	73.0	76.9 △	74.3
	j	63.6	58.3	62.5	66.8 ↑	63.9	66.1	65.6
	k	74.5	74.6	74.3	75.2	73.6	74.0	75.0
	l	72.8	70.3	70.7	73.1	68.5	67.0	68.8
	m	67.1	76.0 ↑	77.3 △	76.5 △	-	77.2 △	74.6 △
	n	81.8	80.5	81.9	82.7	82.0	78.0	80.5
	o	66.4	75.2 ↑	69.3 △	67.5	73.4 △	78.0 △	74.4 △

↑:基準測定時に対して有意に値が高かったもの

△:↑以降で基準測定時に対して有意に値が高かったもの

表 11 被験者の跳び出し時におけるつま先に対する身体重心位置の推移(鉛直方向)(単位:cm)

被験者 基準測定時			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
Group A	a	96.5	96.1	93.3	-	-	97.5	92.9
	b	89.9	87.0	86.8	83.7	80.8	83.8	85.3
	c	90.8	85.9	87.9	88.1	-	87.1	87.9
	d	86.1	81.4	85.5	84.4	86.9	87.2	86.0
	e	83.6	87.4	84.4	-	83.3	84.3	86.9
	f	90.2	88.1	87.3	89.9	90.8	89.2	91.2
	g	89.4	89.1	90.0	92.6 ↑	92.9	93.6	91.9
	h	93.9	94.1	93.3	91.9	92.0	88.3	89.3
Group B	i	92.3	92.7	92.4	91.4	91.5	89.2	89.5
	j	87.9	88.1	86.7	82.4	85.8	83.3	85.5
	k	84.6	88.6 ↑	87.4 △	87.6 △	83.0	86.7	83.3
	l	88.6	92.6	89.7	89.3	91.9 ↑	93.2 △	92.2
	m	90.2	93.9 ↑	93.9	91.5	-	90.0	92.0
	n	94.0	91.2	94.7	93.3	91.1	93.8	93.3
	o	96.5	90.8	92.4	95.1	94.0	93.8	87.7

↑:基準測定時に対して有意に値が高かったもの

△:↑以降で基準測定時に対して有意に値が高かったもの

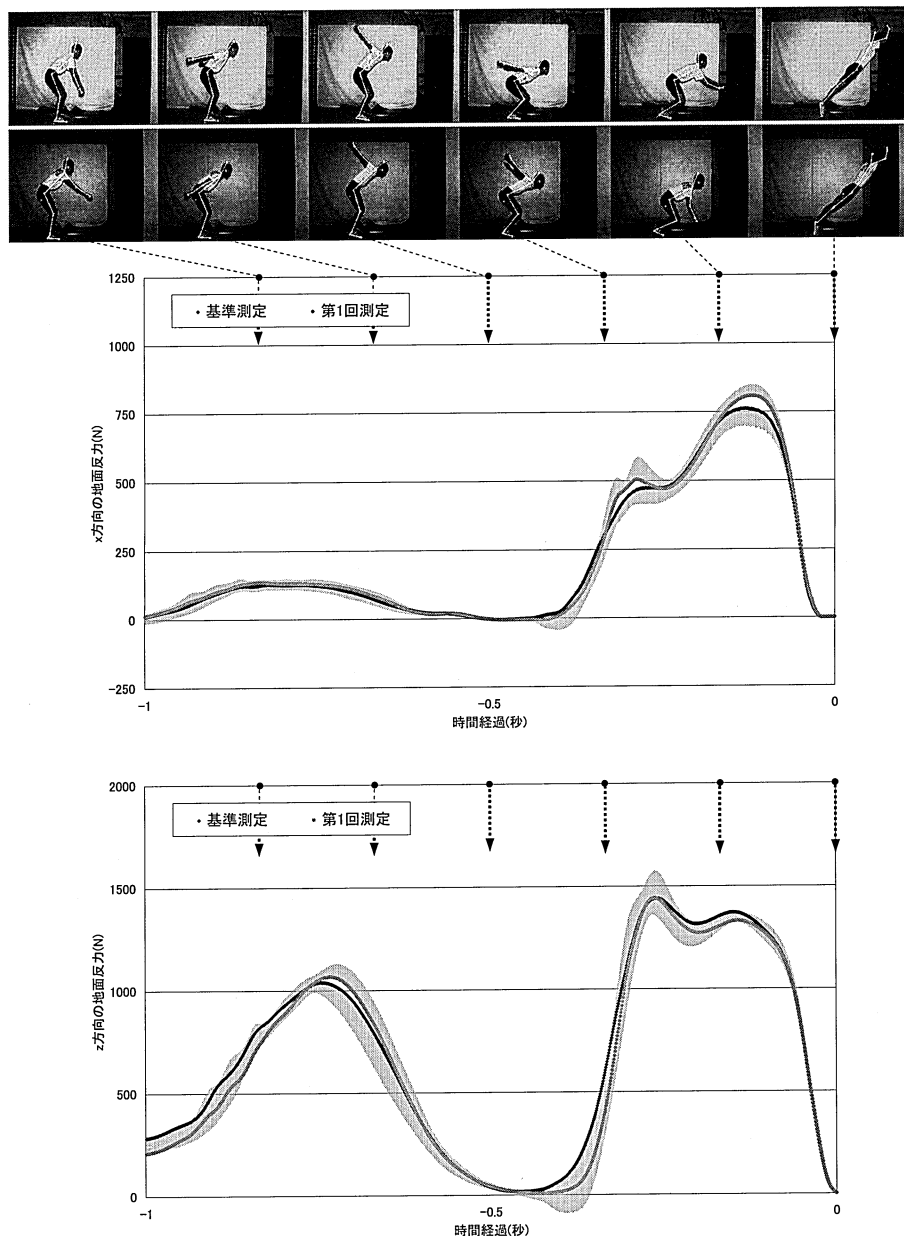


図2 被験者fの基準測定および第1回測定における各方向の地面反力の時間変化(平均)

度に関しては、GroupAのみでしか向上しなかったものの、他のデータに関しては両グループで変化していた。つまり各技術要素はそれぞれ独立しているわけではなく、相互に影響し合っていると考えることができる。

指示に即した技術的变化をしているかについては、表6に見られるように、跳躍初速度を有意に増加させた被験者はGroupAで4名見られ、GroupBでは見られなかった。跳躍初速度を有意に増加させた被験者は、図3および図4の鉛直方向の分力の波形に顕著に表れているように、準備局面での動作を大きくさせることによって踏切時の力積を獲得していた。特に図4のスティックピクチャーに見られるように、腕振りを大きくし、身体の沈み込みを深くすることによってより大きな力を地面に加えようとしていたと考えられる。

さらに、跳躍初速度を増加させたことによって身体重

心の推定到達距離が有意に向上した3例の跳躍動作時の地面反力を示す図2、図3、図4からわかるように、これらの跳躍初速度の増加は力積の水平分力を増大させたことに起因していた。窪(2003)は立幅跳における未熟練者の動作改善のための技術的ポイントの一つを、低い姿勢で地面を強く蹴りながら前方へ倒れ込むことであると述べているが、今回見られた波形はその動作を示すものであったと考えられる。つまり、準備動作によって獲得した力積は総力積の水平分力に貢献したと考えられ、記録向上要因の一つである跳躍角度の変化は水平分力の増大によるものであると考えられる。

一方で、表7に示すように、GroupAに比べてGroupBの被験者における測定が多くで基準測定時の跳躍角度との有意差がみられた。表10、表11からは、表7で跳躍角度に有意差がみられた測定回と跳び出し時の身体重心

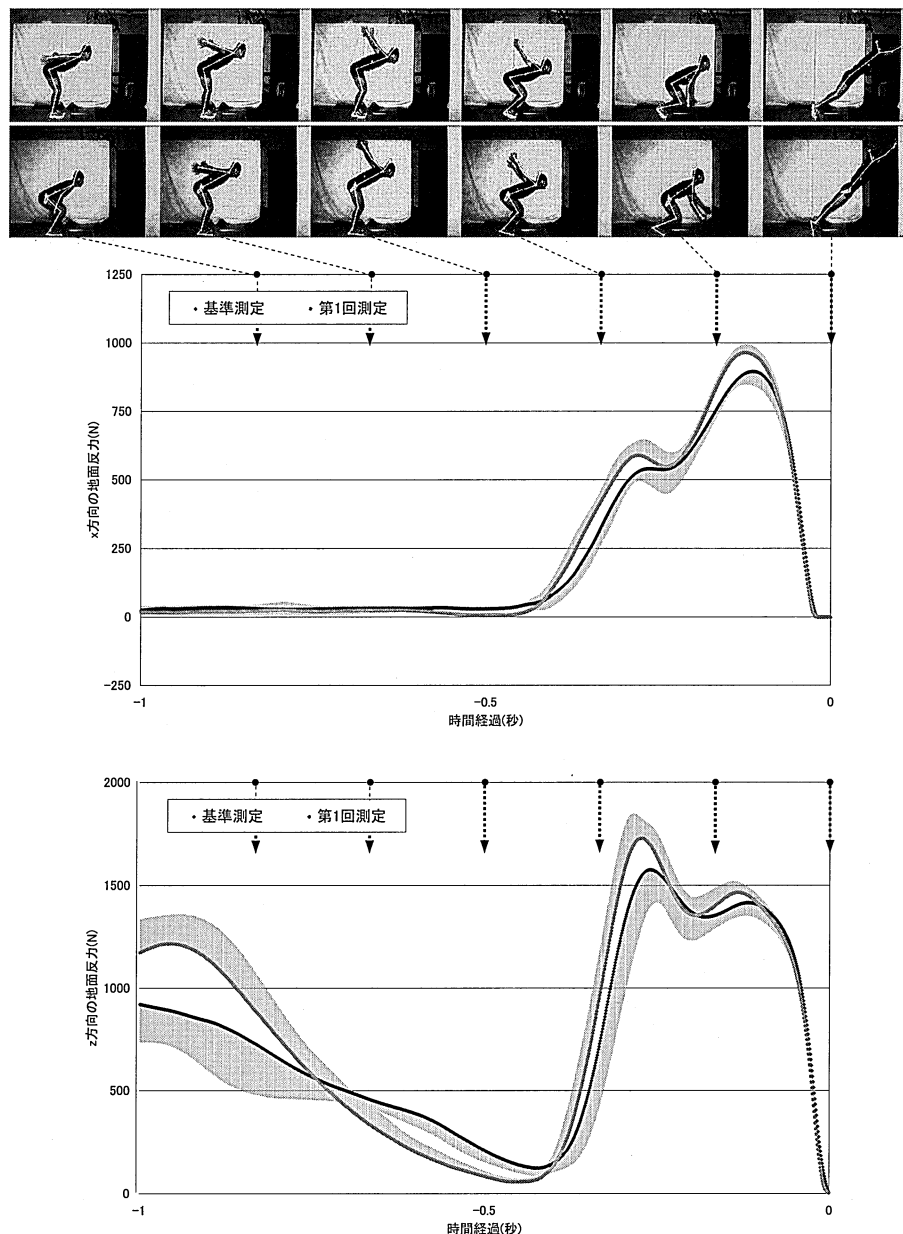


図3 被験者gの基準測定および第1回測定における各方向の地面反力の時間変化(平均)

の位置が有意に変化した測定回の多くが一致することが見て取れる。Phillips et al. (1985)の研究では、技術の向上とともに身体重心をつま先からより水平方向へ向けて遠くに出そうという動作が観察されたことを示しているが、本研究における跳躍角度を変化させるという指示に対して、多くの被験者が跳び出し時の身体重心位置を変えるように動作を変容させようとしたと考えられる。

また、GroupBにおいては、7名中6名の被験者が跳躍角度を有意に変化させたが、跳躍初速度を有意に増加させた者は見られなかった。加えて表8、表9からわかるように、最適跳躍角度との差を縮めることはできなかったケースが多かったことも記録を向上させることができなかった一要因であり、最適跳躍角度との差が縮まった測定回であっても、跳躍初速度が増加していなかったために記録を向上させることができなかったことが推察

される。このことから、跳躍角度を変化させるという指示において、被験者が水平分力を増大させるように動作を変容させることはなかったと考えられる。立幅跳の種目特性上、跳躍角度の変化を指示され、さらに記録の向上を目的としたときには、ほとんどの場合が身体をより前方へ跳び出させることに動作を変えようとしてしまうのではないだろうか。本研究において、GroupBに対する指示内容は「跳躍角度を変化させて記録を向上させる」ことであったが、「跳躍角度を高くすることで記録を向上させる」ことを指示することによって、記録の動向が変わったかもしれない。また、Phillips et al. (1985)が水平速度の増加によって結果的に跳躍角度が減少した場合でも記録が向上したことを報告し、さらに身体の前傾の増加が水平初速度を増加させると述べたことから考えられるように、記録向上要因を規定する際「跳び出

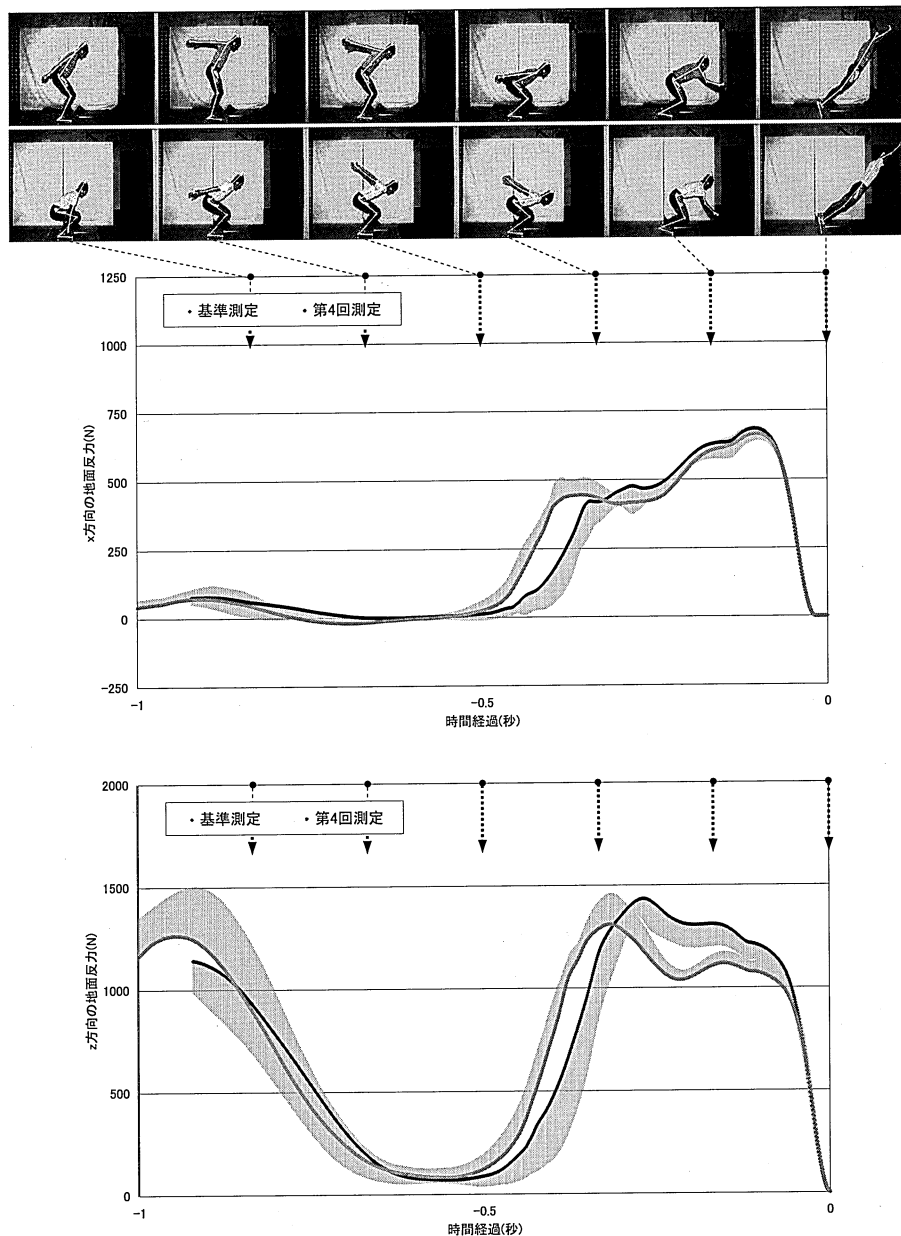


図4 被験者hの基準測定および第4回測定における各方向の地面反力の時間変化(平均)

し時の身体をより前傾させることで記録を向上させる」ことを指示すれば、記録に貢献する合理的な動作に変容した可能性も考えられる。Aguado et al. (1997) は、立幅跳の動作時には水平方向に貢献する動作および鉛直方向に貢献する動作の協調性が爆発的筋力発揮という点で重要であると述べたが、身体の前傾は、力積の鉛直成分を減少させることなく水平成分を増加させることができ、総力積の増大に対して有効な手段であるのかもしれない。

これらの結果から、両グループにおいて指示した内容は動作に反映されていたことが考えられるが、跳躍の初期条件から算出される身体重心の推定到達距離の増加が認められたものは GroupA に属する被験者3名のみであった。跳躍角度の変化は記録向上要因となりうるが、本研究において跳躍角度の変化による記録向上はどちらのグループにも見られなかった。このことから、跳び出し

方向を変化させるということは、予め指示する内容としては必ずしも適切ではなく、記録を向上させる上では望ましい影響を及ぼさないと考えられた。

よって本研究において、跳躍の初期条件の改善に対する有効な手段は、力積を増大させるように指示することであったと言える。

4.2 記録向上のための指導

本研究では記録の向上要因を規定することが跳躍動作に及ぼす影響を検討した。跳躍初速度と跳躍角度という2要因について検討し、各グループの被験者はこれらを有意に変化させることができたが、記録の向上につながったのは初速度を向上させたグループの被験者3名であった。つまり跳躍初速度を向上させるよう動きを変容させることが、跳躍角度を変化させるよう動きを変容させることよりも記録向上に貢献すると考えられる。

吉原ら（1997）は走幅跳の指導に関して、跳躍距離の決定要因の一つである跳び出し時におけるつま先から身体重心位置までの距離を獲得するよう動作を変容させることは必ずしも記録に反映されないため、「身体を前方に投げ出すように踏み切れ」といった指示は必ずしも有効とは限らないと述べている。

これらのことから、指導などにおいて記録向上要因を規定する際は、各要因が記録にどの程度影響しているのかを熟知し、記録の向上に好影響を及ぼすと考えられるものを優先的に指示して記録の向上を目指すことが重要であると考えられる。

5. 総括

本研究では立幅跳を運動課題に、記録向上要因を規定することによって跳躍動作の習熟過程にどのような影響がみられるのかを縦断的に検討することを目的とした。

初めに課した10本の跳躍から、グループ間に記録の偏りがないよう被験者をA、Bの2グループに分けた。これまでの研究で明らかになっている記録向上要因をもとにGroupAには「地面に加える力積を増大させて記録を向上させること」、GroupBには「跳び出し方向を変化させて記録を向上させること」をそれぞれに指示し、以後、規定された要因で立幅跳の記録を向上させるように指示した。各測定間は2～4週間（15～27日）、対象期間は約5ヶ月間に渡った。パフォーマンスの成否の評価は各測定時の10本の跳躍記録の平均値、および跳躍動作時の身体重心の変位から算出される身体重心の推定到達距離を元に行った。

分析にあたっては跳躍初速度、跳躍角度、跳び出し時のつま先に対する身体重心位置、跳躍動作時に地面に与えた地面反力の時間変化を用いた。

分析の結果次のことが明らかとなった。

1. 地面に加える力積を増大させて記録を向上させるよう指示したグループでは、多くのものが腕振りを大きくし、身体の沈み込みを深くすることによってより大きな力を地面に加えようとしていた。またこの結果、跳躍記録向上に成功したものは力積の水平分力を増大させたことが確認できた。
2. 跳躍角度を変化させて記録を向上させるよう指示したグループでは多くの被験者が跳び出し時の身体重心を前方に出すよう動作を変化させたと同時に跳躍角度を有意に変化させた。しかし初速度を有意に向上させた者は見られず、跳躍の初期条件を改善できなかったため、跳躍角度を変化させることは予め指示する内容としては必ずしも適切ではなく、記録を向上させる上では望ましい影響を及ぼさないと考えられた。
3. 跳躍初速度と跳躍角度という立幅跳の2つの記録向上要因に関して、跳躍初速度を向上させるよう動き

を変容させることが、跳躍角度を変化させるよう動きを変容させることよりも記録向上に貢献すると考えられた。従って記録向上要因を規定する際は、各要因が記録にどの程度影響しているのかを熟知し、記録の向上に好影響を及ぼすと考えられるものを優先的に指示することが重要であると考えられる。

文献

- Aguado, X., Izquierdo, M. and Montesinos, J.L. (1997) Kinematic and kinetic factors related to the standing long jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 32 : 156-169.
- Davies, B.N. and Jones, K.G. (1993) An analysis of the performance of male students in the vertical and standing long jump tests and the contribution of arm swinging. *Journal of Human Movement Studies*, 24 : 25-38.
- 古川 昇・中村岩美・佐川正人・澤田雅崇・小林 規 (2004) 垂直跳における新たな跳躍方法を用いたことによる跳躍高への影響, *スポーツ方法学研究*, 17 : 141-148.
- 井奥一樹・前田正登 (2006) 立幅跳における跳躍技術の獲得過程, *トレーニング科学*, 18 : 345-352.
- 木村 広 (1994) 確率論的運動学習モデルを用いた運動の個体間差の説明, *日本機械学会[No.940-59]シンポジウム講演論文集*, 54-59.
- 窪 康之・阿江通良 (2005) 力学的エネルギーからみた立幅跳の踏切動作における技術トレーニングの効果, *バイオメカニクス研究*, 9 : 205-216.
- 窪 康之・阿江通良・藤井範久 (1999) 立幅跳の踏切および空中動作に関するキネティクスの研究, *バイオメカニクス研究概論 1999*, 344-348.
- 窪 康之 (2003) 大きなパワーの発揮が要求される全身運動の練習効果—立幅跳の踏切動作を例にして—, *バイオメカニクス研究*, 7 : 325-333.
- 栗原崇志・黒田英三・生田香明 (1985) 垂直跳における反動動作の速さの効果, *バイオメカニクス学会誌*, 9 : 31-37.
- Phillips, S. J., Clark, J.E. and Petersen, R.D. (1985) Developmental differences in standing long jump take off parameters, *Journal of Human Movement Studies*, 11 : 75-87.
- Wakai, M. and Linthorne, N.P. (2002) Optimum takeoff angle in the standing long jump, *The Engineering of Sport* 4, 817-823.
- 吉原暁憲・植屋清見・中村和彦・渡辺健太郎・伊与啓一 (1997) 走幅跳の距離獲得とその指導に関するバイオメカニクス, *身体運動のバイオメカニクス* : 260-265.