

跳躍動作のパフォーマンスと動きのイメージ

田 中 雅 人 (保健体育講座)

Relationship between jumping performance and motor imagery

Masato TANAKA

愛媛大学教育学部紀要

第56巻 抜刷

平成21年10月

跳躍動作のパフォーマンスと動きのイメージ

(保健体育講座) 田中 雅人

Relationship between jumping performance and motor imagery

Masato TANAKA

(平成 21 年 6 月 5 日受理)

1. 目的

動作を分析するには、動作をできるだけ客観的にとらえようとする方法と動作を行っている側から主観的にとらえようとする方法とがある。動作を客観的にとらえる方法のひとつであるバイオメカニクスの分析は、運動を力学的な視点から明らかにしようとするものであり、客観的・力学的な原理にしたがって、身体情報を抽出している。一方、動作を主観的にとらえるためには、運動を行っている者の意識や力の入れ具合などの運動感覚が重要である。ところで、運動を行っている者が感じる運動量（主観量）と実際に表出される運動量（客観量）とは、必ずしも一致しない、また、主観量と客観量とは単純な直線的な関数関係にはないことが明らかにされている（伊藤・三條, 1985; 湯浅, 1987; 田中, 2000）。

したがって、運動が客観的で正確に描写されることと運動を機能的に把握することが積極的に関連するとは言い難い。たとえ力学的な法則性が見い出され、数量的にモデル化できたとしても、それが運動を主観的・感覚的にとらえるための能力を高める手助けとなるとは考えにくい。また、運動の学習において、イメージの果たす役割は大きく、運動は、視覚的、聴覚的な情報に基づいて形成されるイメージによって制御されている。ここで形成されるイメージは、個人に固有のものであり、主観的・感覚的なものであるが、動きのパフォーマンスを決定する重要な要因である。さらに、運動中に「もっとゆっくり」とか「もっと強く」といった内的言語がしばしば使用されているように、自己の運動を意識的に知覚し、自己の運動経過に意識を向けることによって、イメージの形成は促進されると考えられる。

では、パフォーマンスの良し悪しは、どのような客観

的指標に反映されるのであろうか。田中 (2008) は、ターゲットを狙ってダーツを投げるときの動作を分析し、パフォーマンスに影響を与える客観的指標を検討した。その結果、パフォーマンスの低い者は、テイクバック時とリリース時の手の位置の試行ごとのばらつきが大きく、また、イメージした手の位置と実際の手の位置が一致しない場合が多かった。さらに、自省報告からパフォーマンスの高い者は、腕の振りや投げ出す角度、テイクバックの位置などに注意を向ける外的焦点であったのに対し、パフォーマンスの低い者は、力入れ具合や強さに注意を向ける内的焦点であったと報告している。外的焦点が内的焦点よりも効果的であったという結果は、ゴルフのピッチングショットを用いたWulf et al. (1999) によっても報告されている。一方、織田・荒木 (2005) は、新奇なボール投げ課題を用い、注意を外的に向ける教示と内的に向ける教示との効果の違いを検討したが、明確な差は認められなかった。このように用いられた課題により結果が異なるものの、パフォーマンスの良し悪しを反映する客観的指標を見つけ、そこに注意を向ける（外的焦点）、あるいは自分自身の身体の動きに注意を向ける（内的焦点）ことが学習を促進させる要因となることは間違いない。

本研究では、跳躍動作を課題とし、動作分析を行うことによって、客観的・力学的情報を収集し、パフォーマンスを反映する客観的・力学的な指標について検討した。また、動きのイメージを調査し、パフォーマンスや客観的・力学的指標との関連性、さらにパフォーマンスと注意の方向性について検討した。

2. 方法

2-1. 課題

被験者の前方1.0m (条件1), 1.3m (条件2), 1.6m (条件3) の位置に着地の目標となる直線を設定した。被験者に対して、「距離が異なる3つの位置に着地の目標となる線が引いてあります。指定の場所から右足のかかとが線上に接地するように跳んでください。」という教示を行い、「立ち幅跳び」の要領で跳躍させた (図1)。

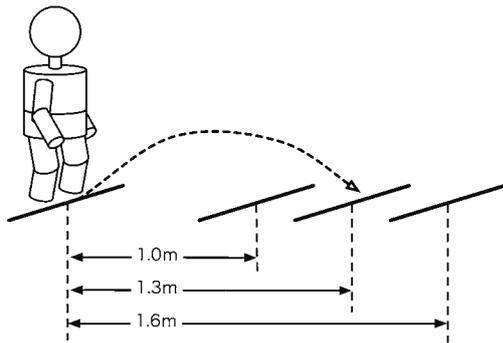


図1. 課題

2-2. 手続き

実験は、2つのセッションで構成した。セッション1では、条件1, 条件2, 条件3の順に、セッション2では、条件3, 条件2, 条件1の順に課題を行った。なお、各条件での試行は3回とした。

各セッションの終了後、動きのイメージの変化を測定するための質問紙を実施した。「自分が行った動作を振り返って答えてください。条件が変わることによって、動作のイメージがどのように変化しましたか。イメージを表すそれぞれのことばに対して「大変つよくなった」～「大変よわくなった」の中から1つ選び○をつけてください。なお、「・・・」の部分には、具体的な動き (例えば、「曲げる」「伸ばす」「振る」など) を当てはめてください。」という教示を行い、記入例 (図2) を示した。表1に示した18のことばは、田中 (2004) が動きのイメージを表すことばの相互関連性を分析するために用いたもので、「速さ」「大きさ」「円滑さ」の3つの因子で構成されている。

また、2つのセッションが終了したのち、「跳ぶ前の姿勢をイメージし、腰、膝、足首の角度を記入例にしたがって図示してください。」という教示を行い、記入例 (図

3) を示した。

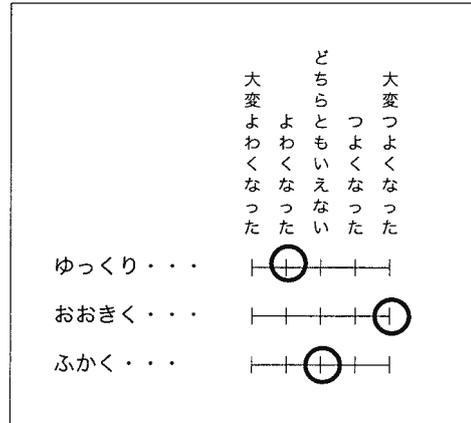


図2. 動きのイメージを表すことばの評定 (記入例)

表1. 動きのイメージを表すことば

因子	ことば	因子	ことば
速さ	じわっと	大きさ	じゅうぶん
	ゆっくり		ふかく
	しずかに		おおきく
	さっと		ちからづよく
	すばやく		かるく
	いきおいよく		ちいさく
	きゅうに		あさく
		円滑さ	やわらかく
			ゆるやかに
			なめらかに

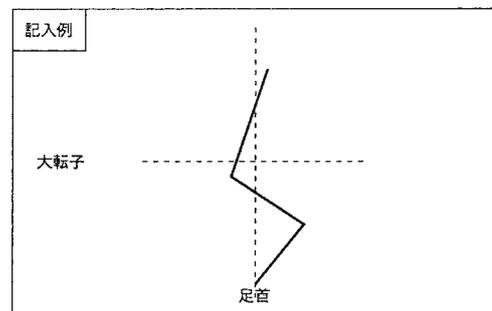


図3. 跳ぶ前の姿勢のイメージ (記入例)

さらに、「正確に跳ぶためにどのような点に注意しましたか」「目標の位置に応じてどのような点を変えましたか (あるいは、変わりましたか)」という質問を行い、

被験者の内省報告をボイスレコーダで記録した。

被験者の動きは、2台のビデオカメラを用いて撮影した。計測点は、「頭頂」「肩」「肘」「手首」「手」「大転子」「膝」「足首」「つま先」の9ヶ所とし、解析プログラム（DKH社・Frame-DIASII）を用いて動作分析を行った。

2-3. 従属変数

セッション1およびセッション2における各条件の第1試行は、前の条件の影響を受けていると考え、分析対象とはせず、第2試行と第3試行のみを対象とした。各試行における着地の目標となる直線との絶対誤差（AE）と恒常誤差（CE）を求め、2試行の平均値を被験者のパフォーマンスとした。

また、各被験者の跳躍動作のスティックピクチャーを作成するとともに、股関節角度、膝関節角度の変化を求めた。さらに、跳躍動作を2つの局面に区分し、各動作局面の時間を求め、これらを客観的・力学的指標とした。

2-4. 被験者

大学生（年齢22.5±3.8歳）21名とした。

3. 結果と考察

3-1. パフォーマンス

各条件における着地の目標となる直線とのAEおよびCEの平均値と標準偏差を表2に示した。AEは、3つの条件間に違いが認められなかった（ $F(2/34)=1.192$, $p=.3159$ ）。また、CEは、条件2の値がやや大きかったものの有意な差は認められなかった（ $F(2/34)=2.469$, $p=.0988$ ）。したがって、跳躍する距離によってパフォーマンスに顕著な違いが生じることはなかった。そこで、すべての条件におけるAEの平均値が小さかった被験者と大きかった被験者を5名ずつ選出し、H群とL群とした。表3に、H群およびL群の各条件におけるAEとCEの平均値と標準偏差を示した。H群とL群のパフォーマンスの違いを検討するために、各条件ごとにt検定を行ったところ、AEではL群の方が誤差が大きく、条件

表2. 各条件におけるAEとCE

		AE				CE			
		全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3
全体	M	20.0	22.2	24.9	22.4	-7.7	-7.3	-15.5	-10.1
	SD	9.31	8.84	11.39	6.23	11.47	13.69	15.83	9.26
	N	21	21	21	21	21	21	21	21
F				1.192				2.469	
(df)				(2/34)				(2/34)	

表3. H群とL群のAEとCE

		AE				CE			
		全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3
H群	M	14.9	13.8	16.8	14.1	-0.9	0.2	1.9	-4.7
	SD	1.33	4.32	8.84	5.52	8.21	7.56	10.83	14.00
	N	5	5	5	5	5	5	5	5
L群	M	30.3	27.9	28.2	34.8	-20.8	-21.7	-16.5	-24.2
	SD	2.38	12.71	8.66	11.74	4.78	9.29	11.71	19.67
	N	5	5	5	5	5	5	5	5
t		12.67*	2.36*	2.08	3.56**	4.68**	4.08**	2.57*	1.80
(df)		(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)

* $p < .05$ ** $p < .01$

2を除いて有意な差が認められた、また、CEではH群の誤差が0に近いのに対し、L群はマイナスの値を示し、条件3を除いて両者の間に有意な差が認められた。したがって、H群はL群よりも目標となる地点の近くに着地することができる、また、L群は目標となる地点よりも手前に着地しているというように、両群間のパフォーマンスは明らかに異なることが認められた。

3-2. 客観的・力学的指標

1) 股関節角度の変化

パフォーマンスによる跳躍動作の違いを客観的・力学的指標から検討するために、H群(H 1~H 3)とL群(L 1~L 3)の各被験者の股関節角度の変化を求めた。

図4に、H群の各被験者のセッション1における各試行(各条件の第1試行を除いた6試行、すなわち、第2・3試行:条件1、第5・6試行:条件2、第8・9試行:条件3)における股関節角度の変化を示した。なお、股関節角度が最小になった時点を跳躍動作の開始、着地時点を動作の終了とした。動作はすべて1.0秒以内に終了していた。H群の被験者は、動作時間が各試行によって

異なるものの、一部を除いて時間に伴う股関節角度の変化のパターンに大きな違いは認められず、関節角度の変化パターンが試行間で類似していた。

図5に、L群の各被験者の各試行における股関節角度の変化を示した。L群の被験者は、試行ごとに変化のパターンが異なる傾向があり、H群に比べ、関節角度の変化パターンの類似性が低かった。つまり、L群は、目標までの距離が変化するたびに異なる跳躍動作を行っていた、あるいは同じ距離にも関わらず同じ跳躍動作が行えなかったことを示している。一方、H群は、目標までの距離に関わらず使用できるような一般化された動作プログラムを持っていたため、変化パターンが類似していたと考えられる。このことから、関節角度の変化パターンが、パフォーマンスを反映するひとつの客観的・力学的指標となることが明らかになった。

2) 動作時間

H群とL群の動作時間の違いを検討するために、膝関節角度が最も小さい時点をa、踏み切り時点をb、着地時点をcとし、a~cの動作時間に対するa~b(跳躍

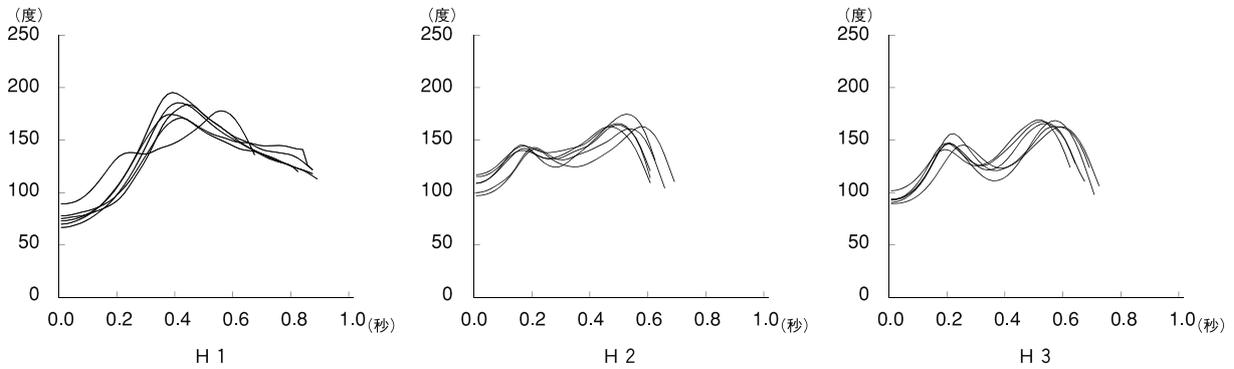


図4. 股関節角度の変化 (H群)

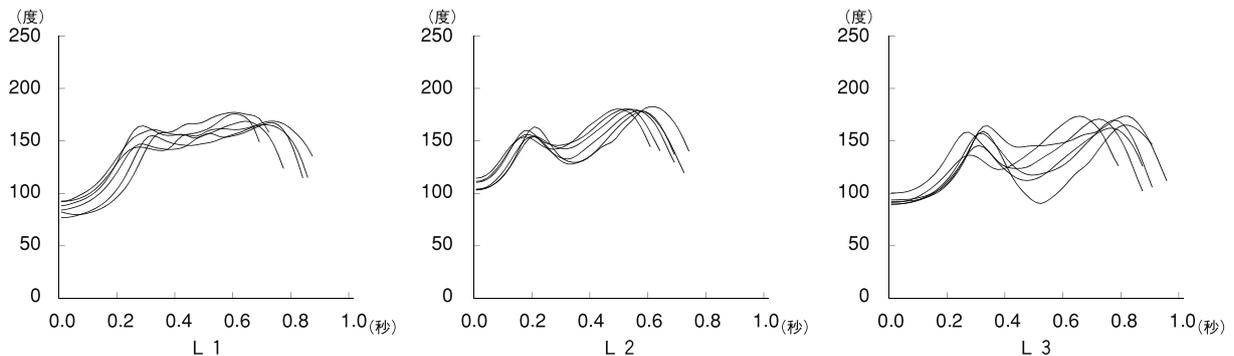


図5. 股関節角度の変化 (L群)

表4. H群とL群の動作時間

		H1	H2	H3	L1	L2	L3
a ~ b	M	41.3	33.4	39.6	42.7	38.7	37.2
	SD	1.69	1.25	2.07	3.06	2.05	1.78
	CV	4.09	3.75	5.23	7.15	5.31	4.78
b ~ c	M	58.7	66.6	60.4	57.3	61.3	62.8
	SD	1.69	1.25	2.07	3.06	2.05	1.78
	CV	2.87	1.88	3.42	5.33	3.35	2.84

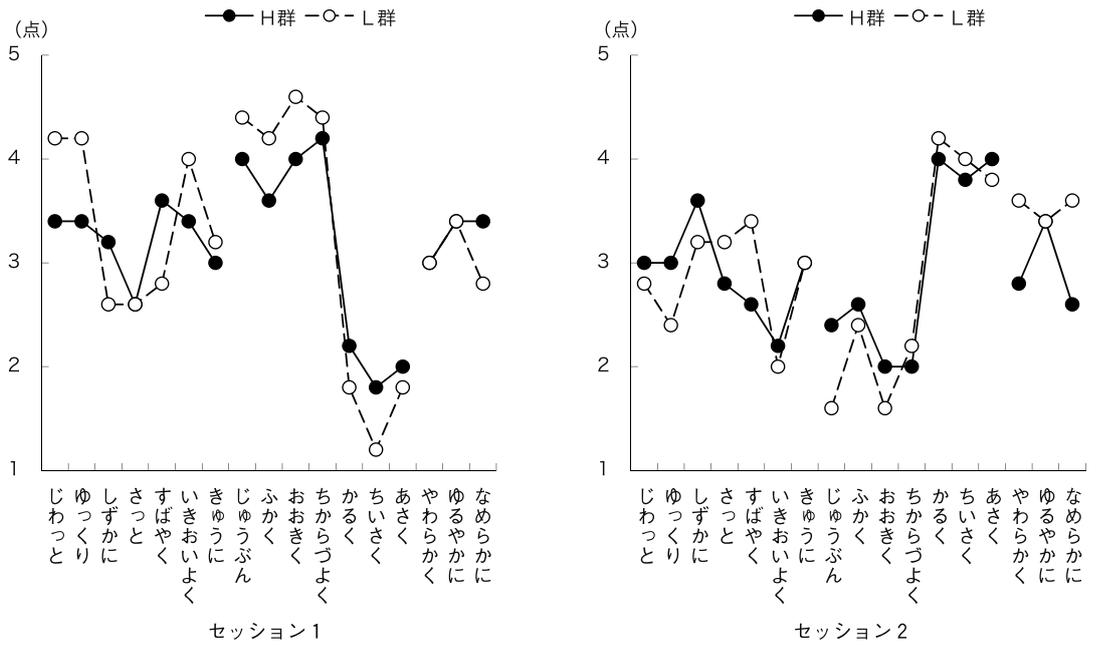


図6. 動きのイメージ (セッション1と2)

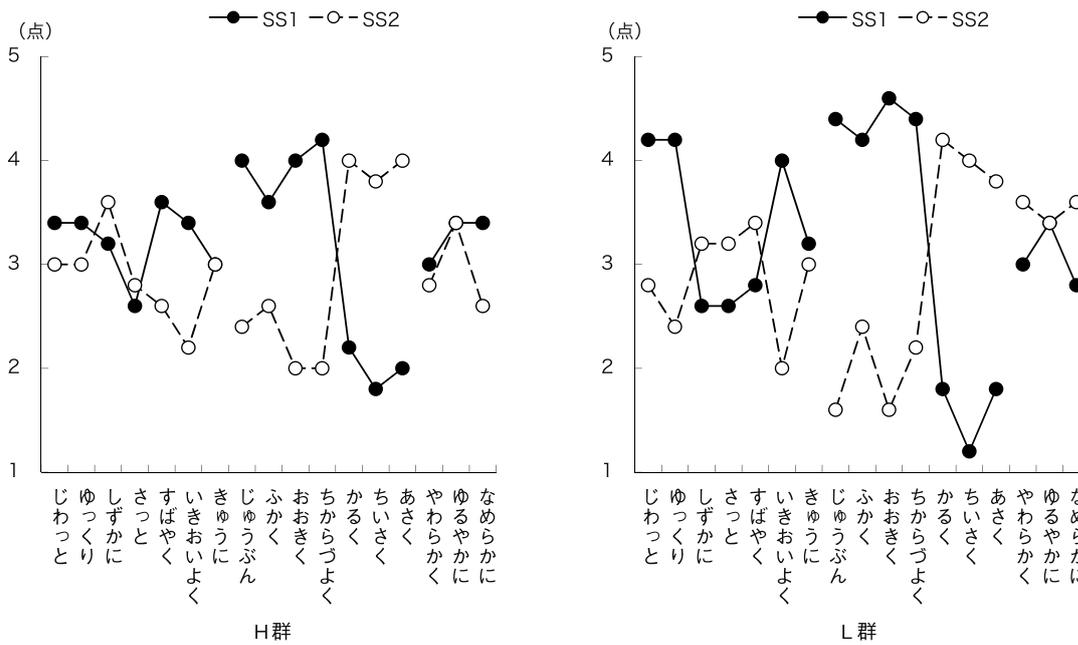


図7. 動きのイメージ (H群とL群)

の準備から踏み切りまでの時間)とb～c(踏み切りから着地するまでの時間)の動作時間の割合を求めた。

表4にH群(H1～H3)とL群(L1～L3)の各被験者の動作時間の割合の平均値、標準偏差、変動係数を示した。いずれの被験者においても、a～bの時間が全体の動作時間の40%前後、b～cの時間が60%前後を占めていた。H群とL群の標準偏差と変動係数を比較したところ、H群はL群よりもややばらつきが小さかった。試行ごとに全体の動作時間は異なるものの、跳躍の準備から踏み切りまでの時間と踏み切りから着地するまでの時間との割合が、H群ではL群ほど試行ごとに大きく異なることを示している。この結果は、股関節角度の変化パターンにおいて、H群がL群よりも高い類似性を示したと無関係ではなく、動作時間の割合がパフォーマンスを反映するひとつの指標であると考えられる。

3-3. イメージの形成

1) 動きのイメージ

パフォーマンスによるイメージ形成の違いを検討するため、動きの速さ、大きさ、円滑さを表象することばを用いて動きのイメージが各セッションでどのように変容したのかを検討した。

図6にセッション1(条件1→2→3)とセッション2(条件3→2→1)における各ことばの平均値と標準偏差を示した。いずれのセッションにおいてもL群の方がH群よりも条件が異なることで動きのイメージを大きく変容させていた。特に、大きさを表象することば(じゅうぶんに、ふかく、おおきく、ちからづよく、かるく、ちいさく、あさく)において、その傾向は顕著に認められた。

また、セッション1で高い値を示したことばがセッション2では低くなり(例えば、「おおきく」や「ゆっくり」はセッション1では高い値を示し、セッション2では低い値を示す)、セッション1で低い値を示したことばがセッション2では高くなる(「あさく」や「しずかに」など)という傾向を示した(図7)。セッション1とセッション2での値の差は、H群よりもL群でより大きく、大きさや速さを表象することばにおいて、その傾向は顕著であった。これは、L群がH群よりも動きに

伴うイメージの変容をより大きくとらえているためであると考えられる。

2) 姿勢のイメージ

被験者の膝関節角度が最も小さい時点における「頭頂」「肩」「大転子」「膝」「足首」「つま先」の各計測点を結ぶスティックピクチャーを作成し、H群(H1～H3)とL群(L1～L3)の各被験者がイメージした図と比較した(図8-1～8-6)。

L群の被験者がイメージした図に示された関節角度は、実際の踏み切り姿勢であるスティックピクチャーで示されたものよりも条件による変位が大きかった。このことは、L群の被験者が条件による動きの違いを過大に評価してイメージしていたことを示している。一方、H群の被験者は、スティックピクチャーに類似した姿勢をイメージしていた。これは、L群が、動きのイメージを表すことばを評定した時に、H群よりも動きに伴うイメージの変容をオーバーにとらえていたという結果と関連性があると考えられる。したがって、動きを言語的コード化した際に生じたパフォーマンスによる差異が、イメージコード化においても同様に生じているという結果から、言語的コード化とイメージコード化は等価な機能であることが示唆される。

内省報告では、「膝を深く曲げて」「遠いほど深く沈む」「遠い方が大きく」「跳ぶ高さ」「手の振り」といった空間的な表象や「遠くなるほど力強く」「力の入れ具合」「蹴るときに強さを換え」「やわらかく跳ぼう」といった力動的な表象を示すことばが多くみられた。一方、「滞空時間を長く」「ゆったり」といった時間的な表象を示すことばはごく少数であった。このことは、跳躍動作の調節においては、「速さ」があまり重要でないことを示している。また、「跳ぶ高さ」や「手の振り」に注意を向けるといった外的焦点とともに、「力の入れ具合」や「強さ」といった内的焦点も認められた。ダーツやゴルフのショットでは、外的焦点が有効であることが報告されているが、本研究で用いた跳躍動作では、ダーツを投げる手の位置やゴルフクラブの動きに注意を向けることは難しい。さらにH群の被験者が外的焦点という方略を積極的に用いていたとも言い難いことから、注意を向ける外

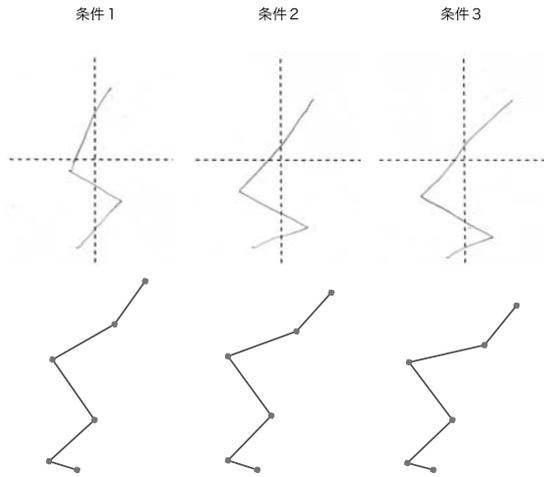


図8-1. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (H1)

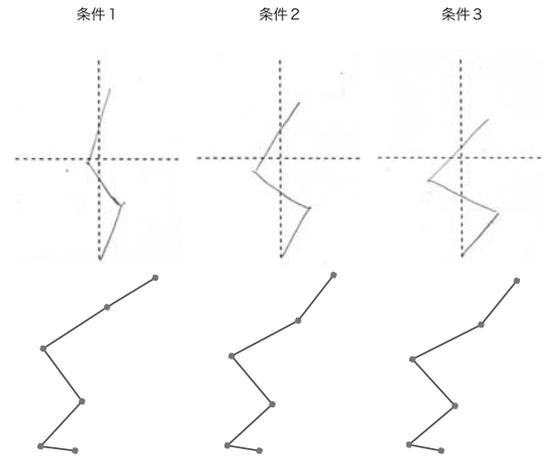


図8-4. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (L1)

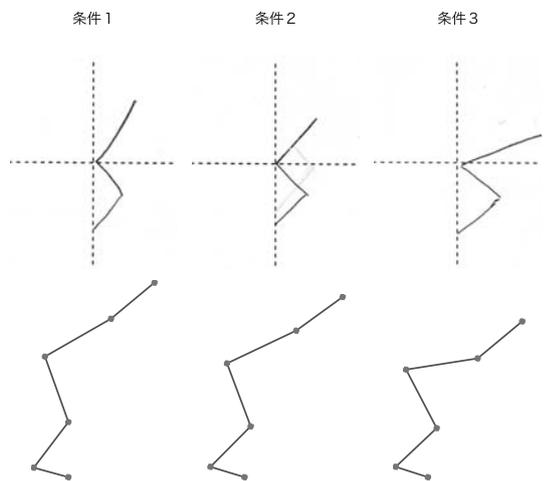


図8-2. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (H2)

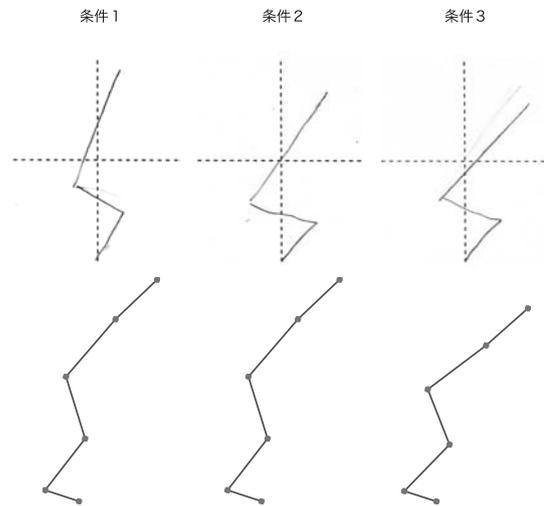


図8-5. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (L2)

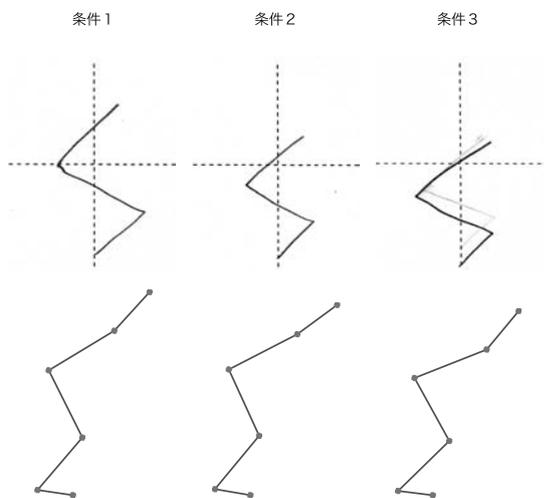


図8-3. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (H3)

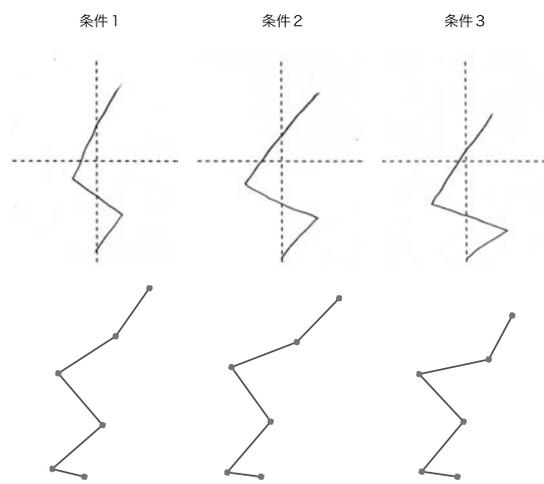


図8-6. 踏み切り直前の姿勢のイメージ (L3)

的情報を得にくい動作では、注意の方向性がパフォーマンスには影響を与えるわけではないことが示された。

4. まとめ

本研究では、跳躍動作を課題とし、動作分析を行うことでパフォーマンスを反映する客観的・力学的な指標について検討した。また、動きのイメージを調査し、パフォーマンスや客観的・力学的指標との関連性、さらにパフォーマンスと注意の方向性について検討した。

パフォーマンスによる動作の違いを客観的・力学的指標から検討するために、股関節角度の変化の違いを比較したところ、パフォーマンスの高い群（H群）では、変化のパターンに大きな違いがみられなかったが、パフォーマンスの低い群（L群）では、試行ごとに変化のパターンが異なった。また、各動作局面に要する動作時間もH群では安定していたが、L群ではばらつきの大きい者がいた。

動きの速さ、大きさ、円滑さを表すことばを用いて、パフォーマンスによるイメージ形成の違いを検討したところ、L群がH群よりも動きに伴うイメージの変容をより大きくとらえていた。この傾向は、大きさや速さを表すことばにおいてより顕著であった。また、姿勢のイメージを図示したところ、L群は、スティックピクチャーとの差が大きく、動きの違いを過大に評価していたと考えられる。さらに、跳躍動作においては、注意の方向性がパフォーマンスに影響を与えるわけではないことが示された。

付記:本研究は、平成16-17年度科学研究費補助金（基盤研究C：課題番号16500382）の援助を受けて行われた研究の一部である。

引用文献

- 稲垣 敦 (1994) 運動イメージとその言語表現—短距離走の場合—. 体育の科学 44 : 201-206.
- 伊藤政展・三條俊彦 (1985) 力量と疾走時間の表出における期待強度と表出強度の関係. 体育学研究 29 : 307-314.
- 工藤孝幾 (2002) 意識の焦点と動作の焦点. 体育の科学 52 (9) : 687-691.

織田 卓・荒木雅信 (2005) 注意の方向性が運動の学習に与える影響に関する実験的研究. 大阪体育学研究 43 : 51-56.

田中雅人 (2000) 感覚的なことばによる動きの調節. 愛媛体育学研究 4 : 19-28.

田中雅人 (2001) ターン運動のリズム調節とリズム・パターン. 愛媛大学教育学部紀要 47 (2) : 145-158.

田中雅人 (2002) 動きを調節することばの発達. 愛媛大学教育学部紀要 49 (1) : 159-169.

田中雅人 (2004) 運動を表象化することばと運動のリズム. 愛媛体育学研究 7 : 17-26.

田中雅人 (2008) 投動作のパフォーマンスと主観的・感覚的評価. 愛媛大学教育学部紀要 55 : 137-143.

湯浅景元 (1987) 運動強度の言語指示が運動パフォーマンスに及ぼす影響—垂直跳び運動について—. 日本体育学会第38回大会号 p312.

Wulf, G.,Lauterbach, B., and Toole, T. (1999) The learning advantages of an external focus of attention in golf. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 70 (2) : 120-126.

Wulf, G., McNevin, N., and Shea, C.H. (2001) The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A* 54 (4) : 1143-1154.