

ボール投げ課題におけるパフォーマンスと動きのイメージ

田中 雅人¹⁾

Relationship between performance and motor imagery in the throwing task

Masato Tanaka¹

Key words: motor imagery, throwing task

(Bulletin of Department of Physical Education, Faculty of Education,
Ehime University, 7,67-76, March, 2010)

キーワード：運動イメージ, ボール投げ課題

I 目的

人間の動作を分析するには、動作を力学的視点から客観的にとらえる方法と動作を行っている側から主観的にとらえる方法とがある。動作を主観的にとらえる方法では、動作を行っている者の意識や運動感覚が重要な情報となるが、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）とは必ずしも一致せず、両者は単純な直線的な関数関係にはならないことが確かめられている（伊藤・三條, 1985；湯浅, 1987；田中, 2000）。また、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、運動を行う時に生じる「運動のイメージ」と運動から感じられる「感覚のイメージ」に区別することができるが、両者は必ずしも一致しない。つまり、運動を行っているものがその運動の拠り所としているイメージと運動を観察しているものがその運動から感じとるイメージとは、往々にして異なることが明らかにされている（田中, 2009a）。

田中（2008）は、パフォーマンスと力学的・客観的指標との関連性を検討するために、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ている。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ばらつきが大きく、イメージした手の位置と一致しない場合が多いことが明らかになった。また、パフォーマンスの高い者は、腕の振りや投げ出す角度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、力の入れ具合や強さに注意を向ける内的焦点であった。内的焦点よりも外的焦点の方が優れているという結果は、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、ボール投げ課題を用い、外的焦点の教示と内的焦点の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。同様の結果は、跳躍動作を課題としてパフォーマンスと注意の方向性について検討した田中（2009b）においても報告されている。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明確にすることは、学習を促進させる上で重要であると考えられる。

また、田中（2009b）は、跳躍動作の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ている。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ることが明らかになった。さらに、各動作局面に要する動作時間もH群では安定していた

1) 愛媛大学教育学部
〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番

1. Faculty of Education, Ehime University,
Bunkyocho 3, Matsuyama-shi, Ehime,
〒790-8577, Japan

が、L群ではばらつきの大きい被験者がいた。また、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。さらに、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ることが示された。

こうしたパフォーマンスとイメージとの関係について検討した一連の研究結果を踏まえて、本研究では、ボールを投げる動作を分析することによって、学習者のパフォーマンスと学習者が形成する運動イメージとの関係、また、学習者の主観的・感覚的な評価と客観的指標である動作分析の結果との関連性を検討した。

II 方法

1. 課題

被験者の前方4.3mの位置に一辺55cmの正方形の的を設置し、的の中央に一辺5cmの正方形のターゲットを設定した。ターゲットの床面からの高さは、0.8m(条件1)、1.4m(条件2)、2.0m(条件3)とした。被験者に対し、「中央の赤い正方形を狙って、ボールを投げてください。」という教示を行い、ターゲットに向かって直径5.5cmの吸盤付ボールを投げさせた(図1)。

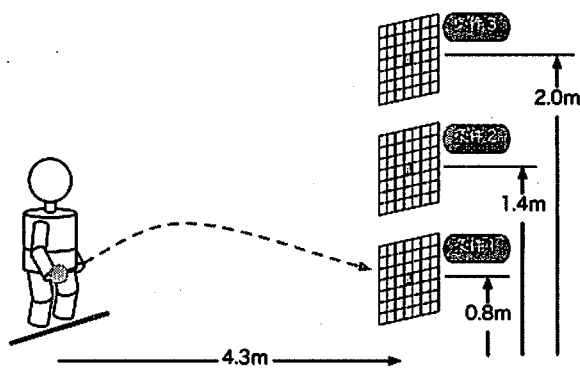


図1. 実験課題

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教えてください。条件が変わることによ

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18のことばに対して「大変よくなった」～「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。イメージを表す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(表1)。

また、2つのセッションが終了したのち、記入例(図3)に示したように、ボールを投げたときの手の動きをイメージし、その軌跡を図示させた。さらに、「正確に投げるためにどのような点に注意しましたか」「ターゲットの高さ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(Victor社・GR-DX95K)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、実験終了後に解析プログラム(DKH社・Frame-DIASII)を用いて動作分析を行った。

表1. イメージを表すことば

	速さ	大きさ	円滑さ
じわっと	0.936		
ゆっくり	0.897		
しずかに	0.567		
さっと	-0.514		
すばやく	-0.657		
いきおいよく	-0.766		
きゅうに	-0.849		
じゅうぶん		0.897	
ふかく		0.892	
おおきく		0.883	
ちからづよく		0.656	
かるく		-0.812	
ちいさく		-0.916	
あさく		-0.918	
やわらかく			0.907
ゆるやかに			0.668
なめらかに			0.524
固有値	6.953	5.135	1.186

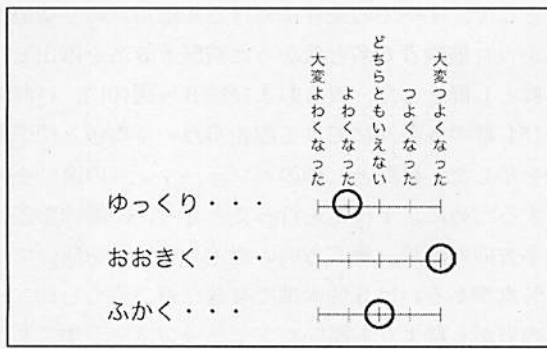


図2. イメージの記入例

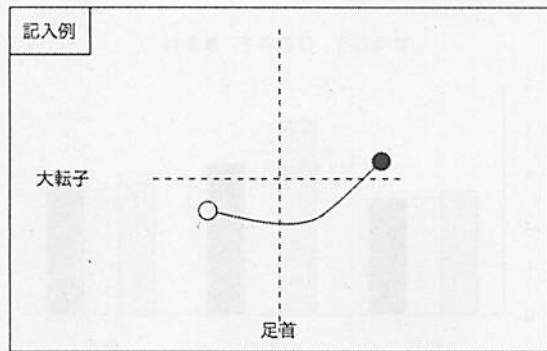


図3. 手の動きの記入例

3. 従属変数

1) 課題のパフォーマンス

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、分析の対象とはせず、第2試行と第3試行のみを対象とした。各試行におけるターゲットの中心から水平方向への誤差、垂直方向への誤差、距離を計測し、得点に換算したのち、2試行の平均値を求め、各被験者のパフォーマンスとした。なお、得点への換算は、以下に示す方法で行った。

a) 水平方向の誤差得点：水平方向の誤差を5cm単位で計測し、一辺5cmのターゲット位置を6点とし、そこから5cm離れるごとに5点、4点、3点、2点、1点、0点とした(図4)。

b) 垂直方向の誤差得点：垂直方向の誤差を5cm単位で計測し、一辺5cmのターゲットの位置を6点とし、そこから5cm離れるごとに5点、4点、3点、2点、1点、0点とした(図5)。

c) 距離の誤差得点：水平方向の誤差と垂直方向の誤差を用いてターゲットからの距離を算出し、距離0cmを6点とし、中心から7cm離れるごとに5点、4点、3点、2点、1点、0点とした(図6)。

1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1

図4. 水平方向への誤差得点

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

図5. 垂直方向への誤差得点

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1
1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1
1	2	3	4	5	5	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	6	5	4	3	2	1
1	2	3	4	5	5	5	4	3	2	1
1	2	3	4	4	4	4	4	3	2	1
1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

図6. 距離の誤差得点

2) 客観的・力学的指標

投動作のテイクバックからリリースまでの「手」の

位置の時間的・空間的変位を求め、動きの軌跡を描いた。

4. 被験者

大学生（年齢 22.5 ± 4.1 歳）18名とした。

Ⅲ 結果と考察

1. パフォーマンス

各条件における水平方向、垂直方向、距離の誤差得点の平均値と標準偏差を表2、図7に示した。3つの条件間の差を検討するため分散分析を行った結果、距離および垂直方向の誤差得点には、条件間に違いが認められなかった（距離： $F(2/34)=0.19$, $p=0.826$, 垂直方向： $F(2/34)=0.46$, $p=0.635$ ）。また、水平方向の得点誤差は、5%水準で有意な差が認められ（ $F(2/34)=3.38$, $p=0.046$ ）、条件1が、条件2および条件3よりも高いパフォーマンスを示した。したがって、水平方向の誤差得点にのみ違いが認められたものの、ターゲットの高さ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いと考えられる。

そこで、すべての条件における距離得点の平均値が高かった被験者6名と低かった被験者5名を選出し、H群とL群とした。表3および図8～図10に、H群およびL群の各条件における誤差得点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、t検定を行ったところ、距離の誤差、水平方向の誤差、垂直方向の誤差の条件1を除いて、1%水準あるいは5%水準で有意な差が認められ、H群の方がL群よりも高いパフォーマンスを示すことが明らかとなった。

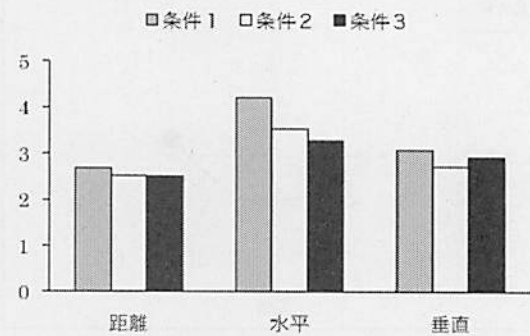


図7. 距離の誤差得点

表2. 各条件における誤差得点

		距離				水平				垂直			
		全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3
M		2.6	2.7	2.5	2.5	3.7	4.2	3.5	3.3	2.9	3.1	2.7	2.9
全体	SD	0.69	0.70	0.92	1.36	0.75	0.77	0.85	1.69	0.81	0.92	1.04	1.64
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
F		1.19				3.38*				0.46			
(df)		(2/34)				(2/34)				(2/34)			

* $p < .05$

表3. H群とL群の誤差得点

		距離				水平				垂直			
		全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3	全体	条件1	条件2	条件3
M		3.3	3.0	3.6	3.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.7	3.6	3.8	3.8
H群	SD	0.27	0.60	0.68	0.72	0.32	0.75	0.74	1.12	0.31	0.65	0.88	1.12
	N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M		1.7	2.4	2.2	0.6	2.7	3.9	3.2	1.2	2.0	2.8	2.5	0.6
L群	SD	0.34	0.93	0.41	0.52	0.32	0.72	0.58	1.04	0.55	1.27	0.67	0.45
	N	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
t		8.88**	1.57	3.88**	7.19**	8.72**	1.33	3.07*	4.87**	6.60**	1.32	2.81*	7.93**
(df)		(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)	(9)

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

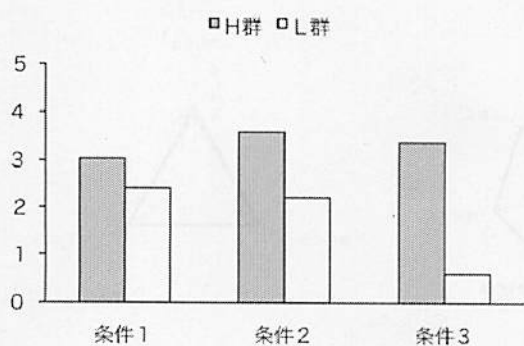


図8. H群とL群の誤差得点 (距離)

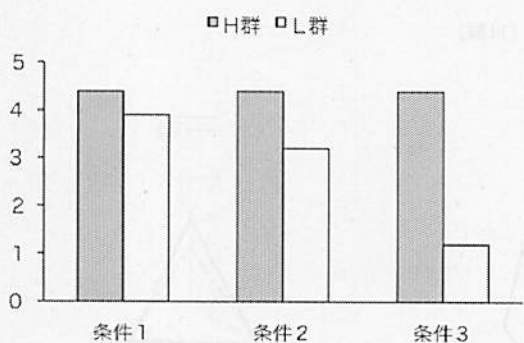


図9. H群とL群の誤差得点 (水平方向)

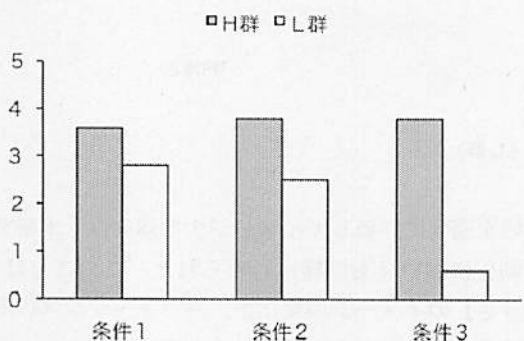


図10. H群とL群の誤差得点 (垂直方向)

2. イメージの形成

1) 動きのイメージ

【速さ】(じわっと, ゆっくり, しずかに, さっと, すばやく, いきおいよく, きゆうに), 【大きさ】(じゅうぶん, ふかく, おおきく, ちからづよく, かるく, ちいさく, あさく), 【円滑さ】(やわらかく, ゆるやかに, なめらかに) を表象することばに対するイメージが各セッションでどのように変容したのかを5段階評定し, その平均値を図11に示した. 【大きさ】をイメージするためのことばは, セッション1では, ふかく, おおきく, ちからづよくなり, セッション2では, あさく, ちいさくなっていた. このように2つのセッションに違いがあることから, ボールを投げる動作においては, イメージ形成に空間的な要因が関連していると考えられる. 一方, 【速さ】と【円滑さ】を表すことばは, いずれも中程度(評定3)で, セッション1とセッション2における違いも明確には認められなかったことから, 【速さ】や【円滑さ】をイメージすることばは, この実験課題であるボールを投げる動作においてあまり関わっていないと考えられる.

H群とL群の平均値を図12, 図13に示した. H群, L群ともに【大きさ】においてイメージの変化が大きくなっていったが, H群の方が, L群よりも【大きさ】におけるイメージの変化がより大きかった. したがって, パフォーマンスの高かった被験者は, 条件に応じて空間的なイメージをより変化させていたことが明らかになった. なお, 【速さ】や【円滑さ】は, H群, L群ともにセッションによる差はみられなかった. このようにパフォーマンスによる顕著な違いはみられなかったものの, ボールを投げる動作におけるイメージの形成は, 空間的な要因を中心に行われていると考えられる.

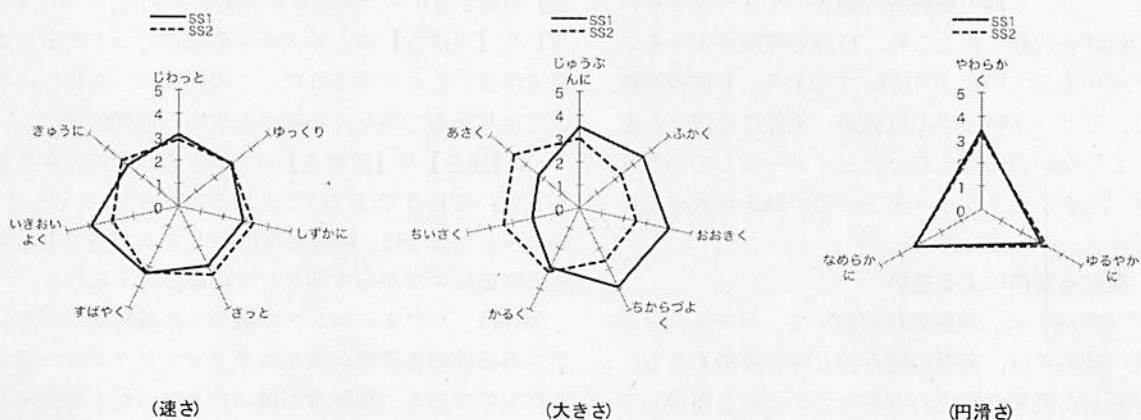


図11. 動きのイメージ

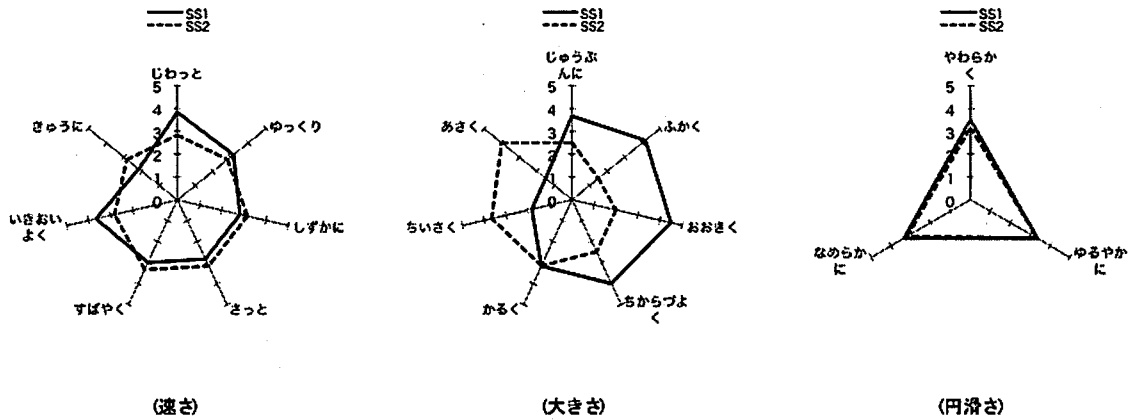


図12. 動きのイメージ (H群)

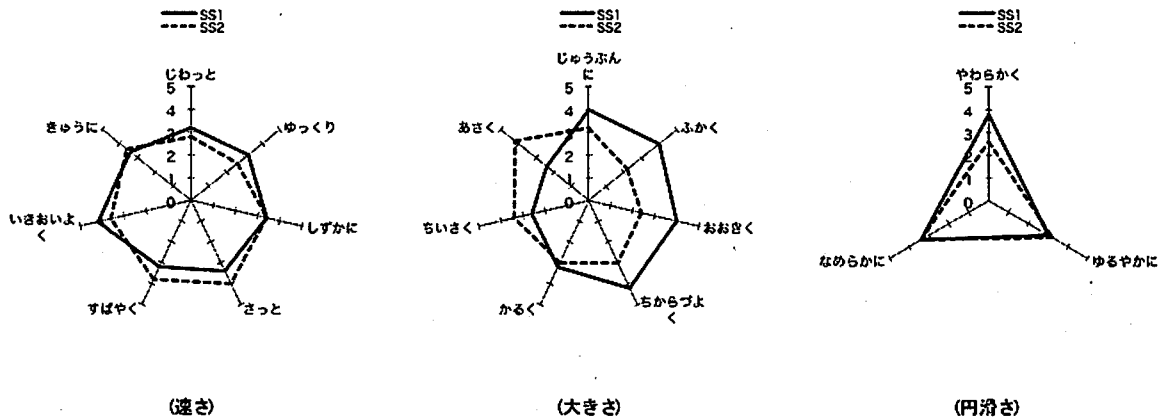


図13. 動きのイメージ (L群)

2) 手の軌跡のイメージ

H群の被験者が自分の動きをイメージして描いた図と動作分析の結果得られた実際の手の動きの軌跡を示した(図14)。ターゲットが高くなるにしたがって、リリースの位置が高くなるようにイメージしているが、実際には、自分の動きのイメージほど動きに変化がなかった。一方、L群の被験者の動きのイメージと手の動きの軌跡を比較したところ、H群の被験者よりも大きなズレが生じていた(図15)。すなわち、L群の被験者では、リリース時の手の位置が、実際にはほとんど変化していないのに高くなったとイメージしていたり、テイクバックからリリースまでの手の動きが大きくなったとイメージしていた。

3) 異なる動作による違い

田中(2009b)は、跳躍動作において、パフォーマンスの低い被験者は、実際の踏み切り時の姿勢よりも、イメージした姿勢の変化の方が大きかったと報告している。パフォーマンスの低い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する傾向は、本研究の投動作においても同様に認められた。このことは、【大きさ】のイメージの変化が、パフォーマンスの高い被験者において大きかったことと関連していると考えられる。

また、投動作、跳躍動作のいずれにおいても、【大きさ】が動きのイメージ形成に関わっていた。一方、【速さ】や【円滑さ】は、イメージ形成にとってあまり重要ではないことが示された。この傾向は、投動作においてより顕著であり、正確さを求める運動課題においては、【速さ】や【円滑さ】は、動きの調節に大きく関与しているわけではないことが示唆された。一方、図16に示したように、跳躍動作においては、【速さ】も動きの調節に少なからず関与していると考えられる。

図17は、パフォーマンスの低かった被験者のジャンプする直前の各関節角度をスティックピクチャーで示したものである。被験者が描いたイメージと比較すると、実際よりも動きを過大にイメージしていることが

明らかである。本研究でも同様にパフォーマンスの低かった被験者の描くイメージは、パフォーマンスが高かった被験者よりも客観的指標との差異が大きいことが示されている。

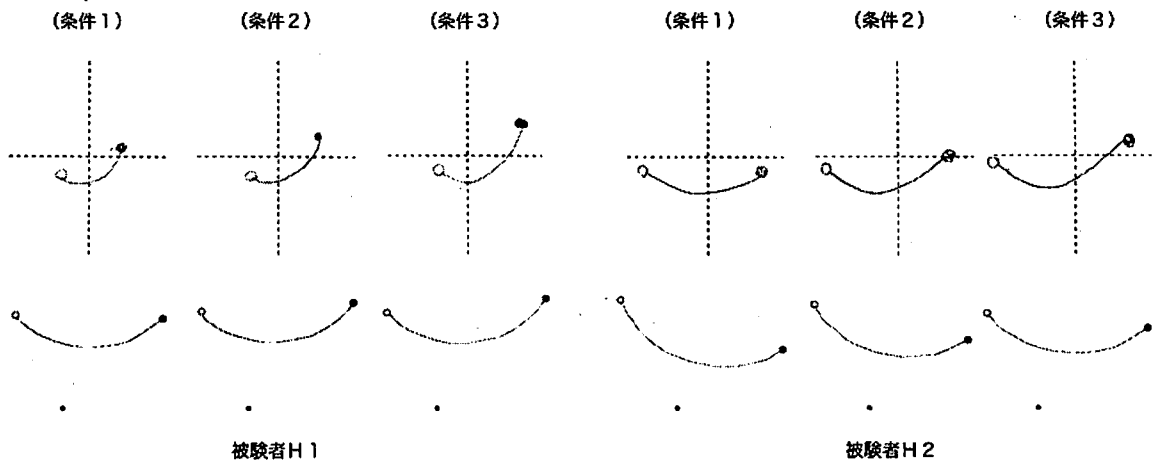


図14. 手の動きの軌跡 (H群)

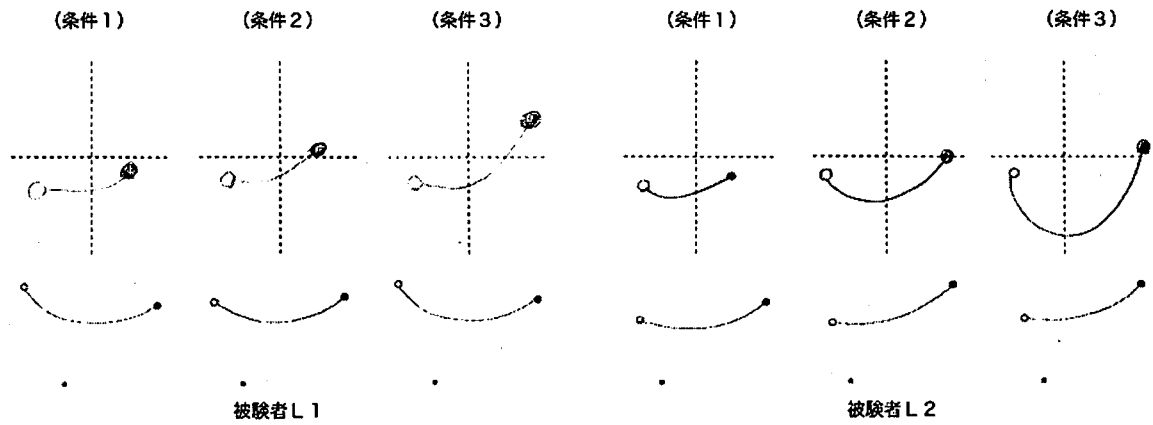


図15. 手の動きの軌跡 (L群)

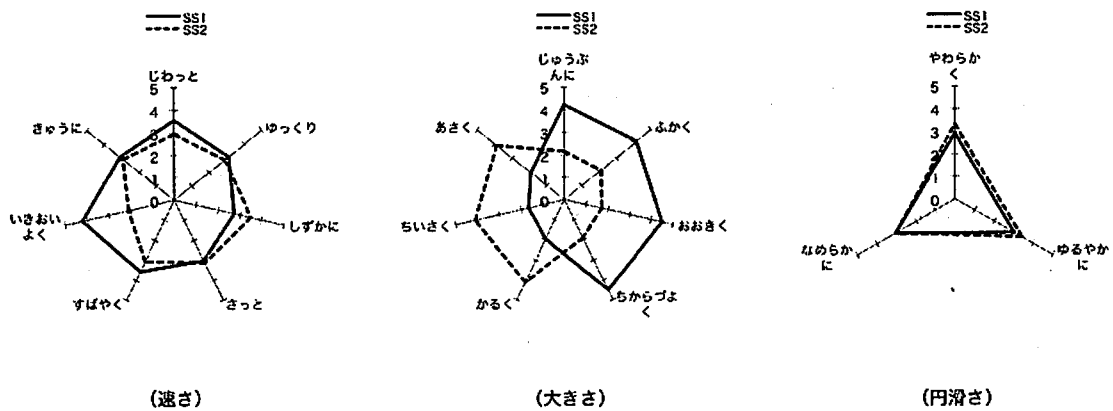


図16. 跳躍動作の動きのイメージ (田中, 2009b)

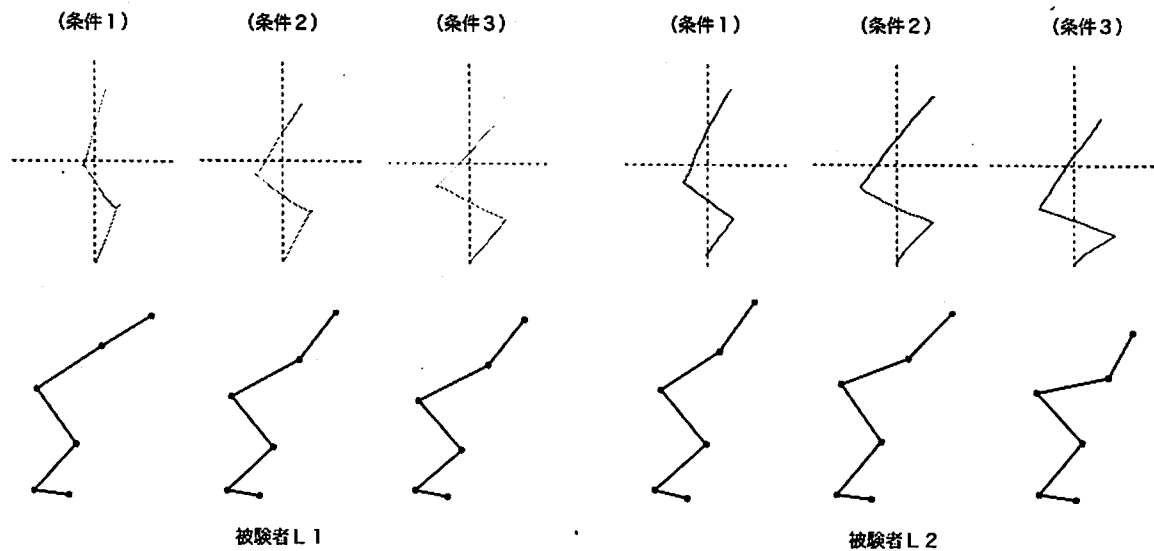


図17. L群の踏切直前の姿勢のイメージ (田中, 2009b)

大道 (1997) は、ダンスを動きにおける客観的軌跡が主観的軌跡と必ずしも一致しないことから、運動を空間的にとらえ「どのようになっているのか」を客観的・力学的に把握することはさほど難しくはないが、そこで得られた運動情報が「どのようにすればよいのか」を示す運動制御に必要な入力情報となり得るかどうかは疑わしいと述べている。また、運動がうまくできない原因には、イメージ自体をうまく作れない、あるいは形成したイメージが間違っている、適切なイメージは作られているがそれを動きに変換することができないなど様々な要因がある。本研究で明らかになったように自分の動きが正しくイメージできないことが原因であるならば、自分の動きを正しく理解するためには、どのような運動情報をどのような方法で呈示すべきかを検討しなければならない。また、客観的指標と主観的・感覚的なイメージとが必ずしも一致しないことから、ビデオカメラなどで撮影した客観的な映像をそのまま呈示することが、運動学習に役立つ情報となりえるのか改めて考えてみる必要がある。

IV まとめ

本研究では、ボールを投げる動作を課題とし、学習者のパフォーマンスと学習者が形成する運動イメージとの関係、また、学習者の主観的・感覚的な評価と客観的指標である動作分析の結果との関連性を検討した。

動きの「速さ」、「大きさ」、「円滑さ」を表すことばを用いて、イメージの形成を調査したところ、正確さ

を求める投動作に対するイメージの形成には、空間的な要因である【大きさ】との関連性が認められたが、【速さ】や【円滑さ】は、動きのイメージの形成に深く関与しているわけではなかった。また、イメージの形成において、パフォーマンスの違いによる顕著な差は認められなかった。

手の動きのイメージを図示したところ、パフォーマンスの低い者は、実際の動きとの差が大きく、動きを過大に評価してイメージする傾向が明らかになった。こうした客観的指標と主観的・感覚的なイメージとの不一致は、跳躍動作においても同様に認められたことから、運動学習に役立つ情報をどのように付与すべきか検討する必要がある。

引用文献

- 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.
- 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.
- 大道 等 (1997) 動作記述における伝達内容の劣化. 体育の科学 47 : 617-623.
- 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 (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.

田中雅人 (2009a) 運動のイメージと感覚のイメージ.
愛媛大学教育学部保健体育紀要 6:65-71.

田中雅人 (2009b) 跳躍動作のパフォーマンスと動きの
イメージ. 愛媛大学教育学部紀要 56:225-232.

湯浅景元 (1987) 運動強度の言語教示が運動パフォー
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.
