

投動作のパフォーマンスと主観的・感覚的評価

(保健体育講座) 田中 雅人

Relationship between throwing performance and subjective evaluation

Masato TANAKA

(平成20年6月11日受理)

1. 目 的

運動を観察し、動作を分析するには、2つの方法が考えられる。1つは、動作をできる限り客観的にとらえようとする立場で、他の1つは、動作を行っている側から主観的にとらえようとする立場である。小林(1995)は、運動記述の方法を「運動記述の物理系」と「運動記述の現象系」に区別しているが、「物理系」は客観的にとらえる立場に、「現象系」は主観的にとらえる立場に該当すると考えられる。また、動作の観察には「外から客観的に見る」他者観察と「内から主観的に見る」自己観察の2つが存在する(マイネル, 1981)。他者観察で重要になるのは力学的な情報であり、ビデオ映像などを解析することによって獲得することができる。一方、自己観察では、運動に伴って生じる感覚的な情報が不可欠である。

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、力学的に人間の動作を明らかにしようとするものであるが、観察の対象となる動作が客観的で正確に記録され、描写されることと、観察の対象から得られる動作の機能的把握とは必ずしも一致するものではない。つまり、人間の動作をとらえるためには、動作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り、これらを数量化することは難しい。また、測定や分析によって得られた定量的データは、客観的ではあるが制御に必要な入力情報を示唆しないとの指摘もある(稲垣, 1994)。さらに、大道(1997)は、力、加速度、速度、変位などのバイオメカニクスの分析よりも、演舞者の意識の中にある点が、主観的にどのような変化、速度、力で運動しているのかを心象図(イメージ画像)に記述することが重要であるとしているが、客観的事実

よりも主観的感覚の方が伝達力に優れていることを示す1つの例である。

ところで、動作に伴って生じる主観的・感覚的な情報は、運動表象という形で記述することができ、運動表象は、言語的な特徴をもつ言語的コードと視覚的な特徴をもつイメージコードで表現される(大島, 1986)。そこで、言語的コード化されたことばの類似性と相互関係について因子分析法を用いて検討したところ、「速さ」「大きさ」「円滑さ」といった3つの因子が抽出され、これらは運動の時間的・空間的な制御に関わる情報として働いていることが明らかになった(田中, 2004)。また、動作に伴う主観的・感覚的な情報を言語的コード化する作業は、自己の動作を制御するためにも用いられている。例えば、動作中に「もっとゆっくり」「もっと強く」や「イチ・ニ、イチ・ニ」「スー・トン、スー・トン」などといった内的言語がしばしば使用されている(田中, 2001)。さらに、自己の動作に伴う身体的感覚を言語に変換しようと努力することによって、自己の動作を意識的に知覚し、自己の運動経過に意識を向けることにもなる(金子, 1997)。このように運動を言語的コード化あるいはイメージコード化することによって、客観的な事実と自己の動作に対する主観的・感覚的な評価との差異を明確にすることが可能になる。

そこで、本研究では、投動作に伴う客観的情報を収集し、パフォーマンスの違いが、客観的な指標にいかんにか反映されているのかを検討した。また、動作に伴って形成される運動表象をイメージと言語で記述することにより、パフォーマンスと主観的・感覚的な評価との関連性を検討した。

2. 方 法

2-1. 課題

被験者の前方 2 m, 3 m, 4 m の各距離に、水平面との角度が40度になるよう直径43cmのターゲットを設置した (図1)。2 m を条件1, 3 m を条件2, 4 m を条件3とし、被験者は、ターゲットの中央を狙ってダーツを投げた。続いて、被験者の前方 4 m の距離に、水平面との角度が60度、および20度になるようターゲットを設置し、同様に、ダーツを投げた。60度を条件4, 20度を条件5とした。

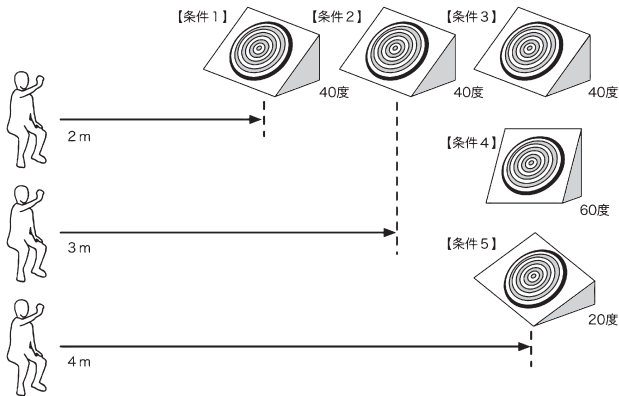


図1 ターゲットの設置位置と角度

2-2. 手続き

条件1, 条件2, 条件3, 条件4, 条件5の順に、各条件5試行を1セットとし、3セット (計15試行) 行った。各条件での最後の試行が終了するたびに、「テイクバックしてからリリースするまでの手の動き」をイメージし、その軌跡を図示するよう求めた (図2)。また、すべての条件の試行が終了したのち、「正確に投げるためにどのような点に注意しましたか」「ターゲットの距離に応じてどのような点を変えましたか (変わりましたか)」「ターゲットの角度に応じてどのような点を変えましたか (変わりましたか)」という質問に対する回答を

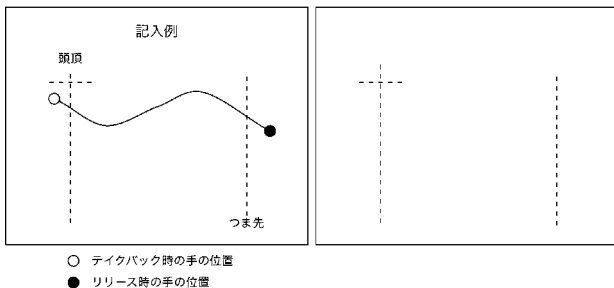


図2 手の動きの図示

記述するよう求めた。

なお、3次元解析を行うため、2台のビデオカメラ (C1およびC2) を被験者の右横方向および前方向に設置した。また、ダーツがターゲットに当たった位置を確認するためにビデオカメラ (C3) を設置した。3台のカメラはケーブルで接続し、LED型シンクロナイザ (DKH社, PTS-110) を用いて同期させた (図3)。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。

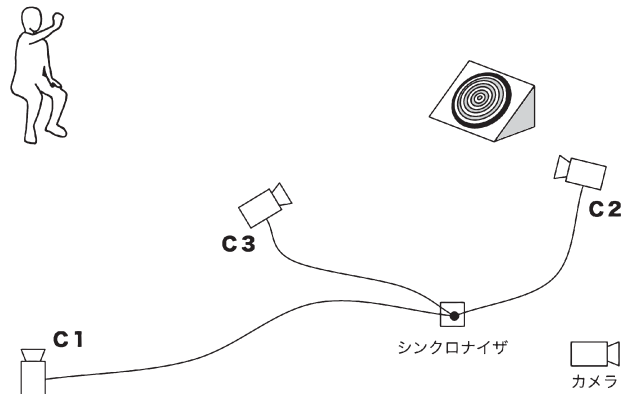


図3 撮影の状況

2-3. 従属変数

ターゲットの中心から外に向かって同心円を描き、中心を8点、最も外側を1点、ターゲットをはずれた場合を0点とし、第2・第3セットの平均点を求め、各被験者のパフォーマンスとした。

また、各被験者の動作を分析するため、テイクバックからリリースにまでの手の位置を求めた。

2-4. 被験者

大学生 (年齢 22.0 ± 1.15 歳) 18名とした。

3. 結果と考察

3-1. 客観的・力学的指標

1) 条件によるパフォーマンスの違い

ターゲットへの距離や角度によるパフォーマンスの違いを明らかにするために、各条件ごとに平均値を求めた (表1)。分散分析を行った結果、条件間に有意な差が認められた ($F(4/68) = 26.4, p < .01$)。多重比較を行

表1 各条件の得点

| | 条件1 | 条件2 | 条件3 | 条件4 | 条件5 |
|----|------|------|------|------|------|
| M | 4.6 | 3.4 | 2.6 | 2.5 | 2.3 |
| SD | 1.02 | 0.83 | 1.23 | 0.74 | 0.97 |
| N | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |

ったところ、条件1と条件2と条件3に有意な差が認められたが、条件3と条件4と条件5には差が認められなかった。したがって、ターゲットまでの距離が長くなるに伴って、パフォーマンスは低下したが、ターゲットの角度によるパフォーマンスの違いはないことが明らかになった。

また、パフォーマンスの高かった被験者3名と低かった被験者3名を選出し、それぞれをH1～H3（H群）、L1～L3（L群）とし、各群の平均値と標準偏差を求めた（表2、図4）。H群とL群のパフォーマンスを比較するため、t検定を行ったところ、条件4でのみ有意な差が認められた（ $t(2)=2.97, p<.05$ ）。他の条件では有意差が認められなかったものの、H群のパフォーマンスがL群のパフォーマンスよりも高く、ターゲッ

表2 H群とL群の得点

| | 条件1 | 条件2 | 条件3 | 条件4 | 条件5 |
|--------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| H群 M | 5.3 | 4.0 | 3.2 | 3.3 | 3.2 |
| H群 SD | 0.40 | 0.65 | 0.72 | 0.76 | 0.19 |
| H群 N | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| L群 M | 3.4 | 2.5 | 1.2 | 1.3 | 1.3 |
| L群 SD | 1.67 | 1.06 | 0.80 | 0.59 | 1.29 |
| L群 N | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| t (df) | 1.56 (2) | 1.71 (2) | 2.63 (2) | 2.94* (2) | 2.06 (2) |

* $p<.05$

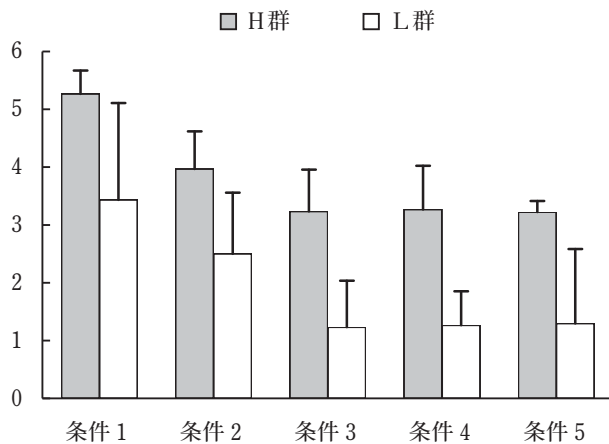


図4 H群とL群の得点

トまでの距離が長いときに、L群のパフォーマンスが顕著に低下していた。これらのことから、H群とL群とのパフォーマンスには明確な差が存在し、ターゲットまでの距離が長くなるとより差が大きくなることが示された。

2) パフォーマンスと客観的指標との関係

パフォーマンスと客観的指標との関係を示すために、H群とL群の条件1、条件2、条件3（ターゲットまでの距離が異なる）におけるテイクバック時とリリース時の手の位置を「つま先」を基準として示した。図5-1

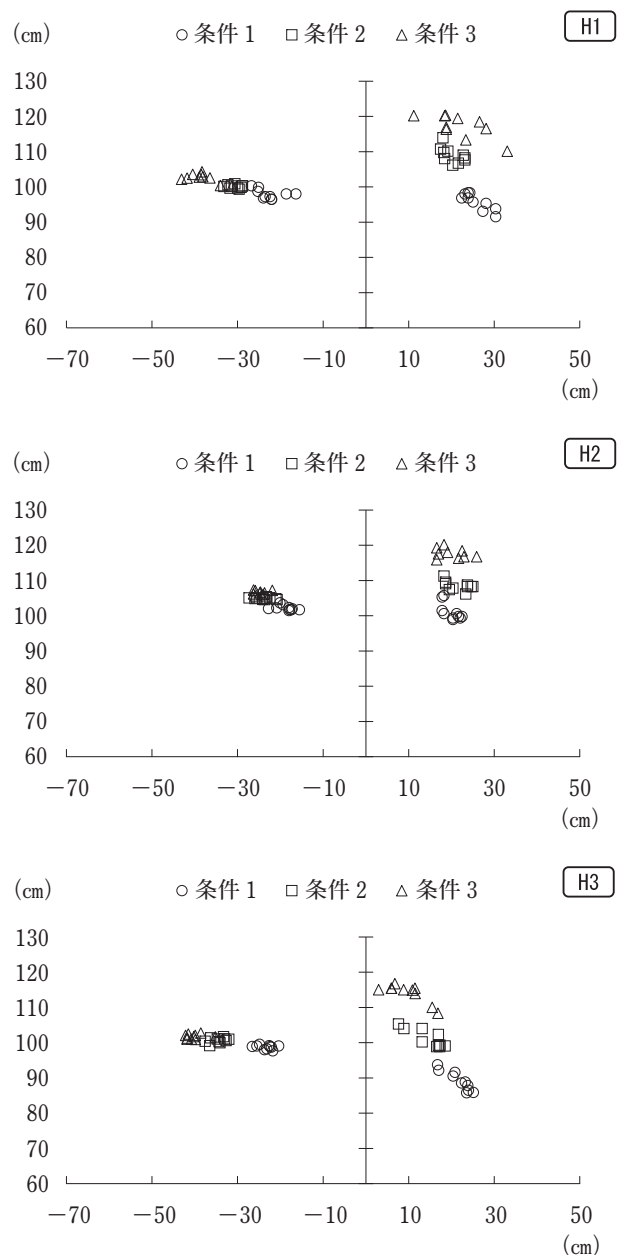


図5-1 H群のテイクバックとリリースの位置 (条件1～3)

は、条件1 (○), 条件2 (□), 条件3 (△) における H 群の手の位置をプロットしたのものである。H1, H2, H3のいずれにおいても、ターゲットまでの距離が長くなるに伴ってリリース時の手の位置が高くなった。また、テイクバック時の手の位置は、距離が長くなるに伴って後方になる被験者 (H1と H3) とほとんど変化しない被験者 (H2) とに分かれたが、いずれの被験者も各条件でのリリース時およびテイクバック時の手の位置のばらつきは小さく、安定していることが示された。この結果は、正確なパフォーマンスを実現するためには、

ステレオタイプ的なやり方を強制するよりも、多様な動作経過を認めるやり方が優れていることを示している。図5-2は、各条件における L 群の手の位置をプロットしたものである。H 群に比べて、リリース時における各条件での手の位置のばらつきが大きく、明らかに安定性に欠けていた。H1と H3がテイクバックからリリースまで類似したパターンを示し、H2は両者とは異なるが、いずれも安定したパターンを示したことから、手の位置の安定性がパフォーマンスの良し悪しを表す客観的指標となりえることが示された。

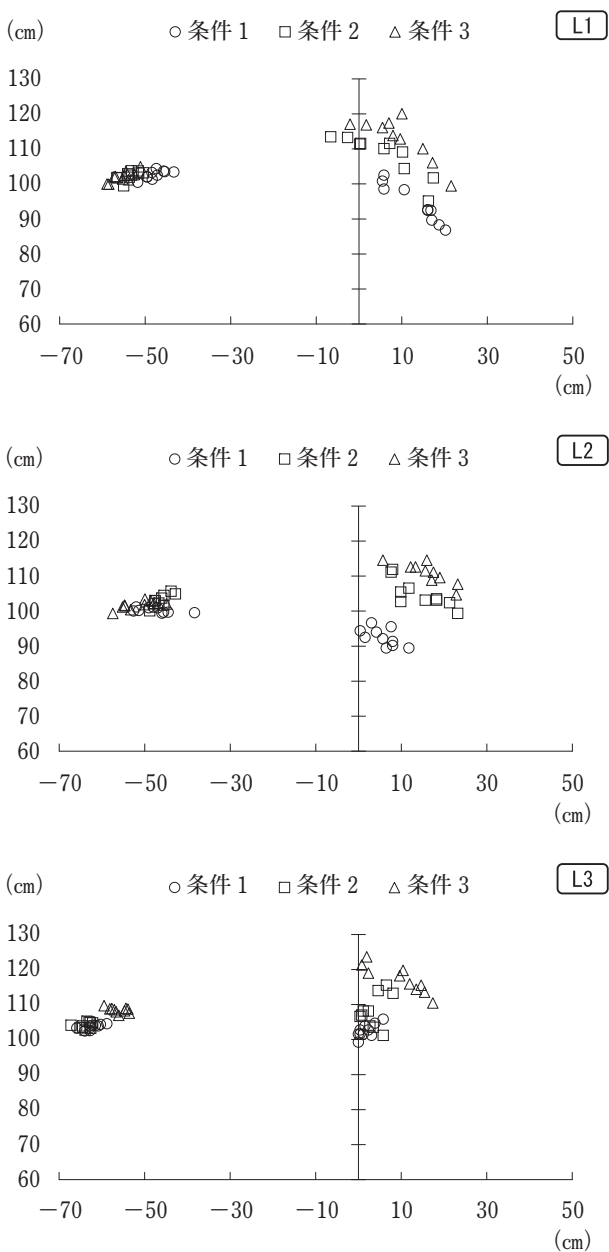


図5-2 L 群のテイクバックとリリースの位置 (条件1～3)

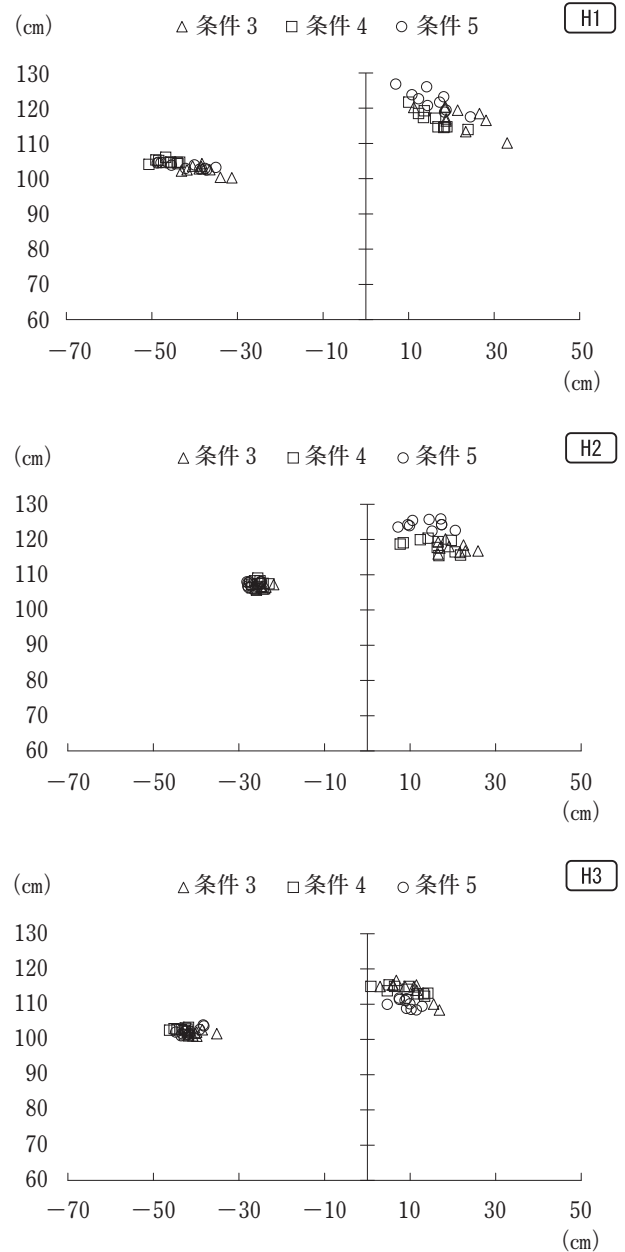


図6-1 H 群のテイクバックとリリースの位置 (条件3～5)

同様に、H群とL群の条件3、条件4、条件5（ターゲットの角度が違う）におけるテイクバック時とリリース時の手の位置を示した。図6-1は、条件3（△）、条件4（□）、条件5（○）におけるH群の手の位置をプロットしたものであるが、H2やH3に顕著にみられるように、H群では、ターゲットの角度に合わせて、テイクバック時とリリース時の手の位置を変化させることは少なかった。一方、L群では、テイクバック時の手の位置は安定しているものの、リリース時の手の位置が、ターゲットの角度に合わせて変化する傾向があった（図

6-2）。このことは、L群が、リリースの位置を変化させることにより投射角度を変えようとしていたのに対し、H群はそのような方略を用いていなかったことを示している。

これらの結果は、パフォーマンスの高い被験者がターゲットまでの距離に合わせてテイクバック時とリリース時の手の位置を修正することによって、動作を調節しているのに対し、パフォーマンスの低い被験者では距離に合わせた修正はみられず、さらに、試行ごとに位置のばらつきが大きく、再現性の低い動作であることを示している。このことは、熟練者と未熟練者の運動軌跡や運動パターンを比較したところ、熟練者の方が未熟練者と比較して変動が少なかったという報告（村瀬・宮下，1973；Clark，1995）と一致する。また、ターゲットの角度に応じて必要以上にリリース時の手の位置を変更することは、正確なパフォーマンスを実現するためには適切な方略ではないと予想される。

3-2. 主観的・感覚的評価

1) イメージした手の動き

パフォーマンスに対する各被験者の主観的・感覚的な評価を検討するために、条件1～条件3において被験者がイメージした手の動きを示した。図7-1は、各条件におけるH群のイメージを示したものである。H1は、ターゲットまでの距離が長くなるに伴って、テイクバックからリリースまでの距離も長くなっているとイメージしていたが、H2とH3はそのようなイメージを描いていなかった。つまり、被験者によって形成された動きの

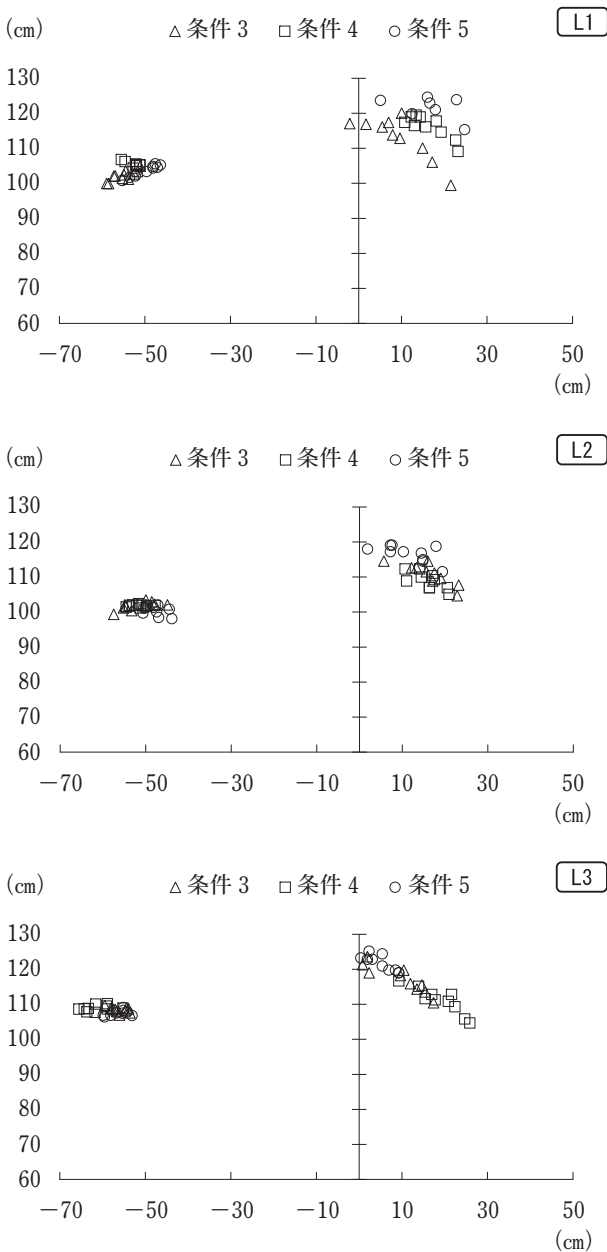


図6-2 L群のテイクバックとリリースの位置(条件3～5)

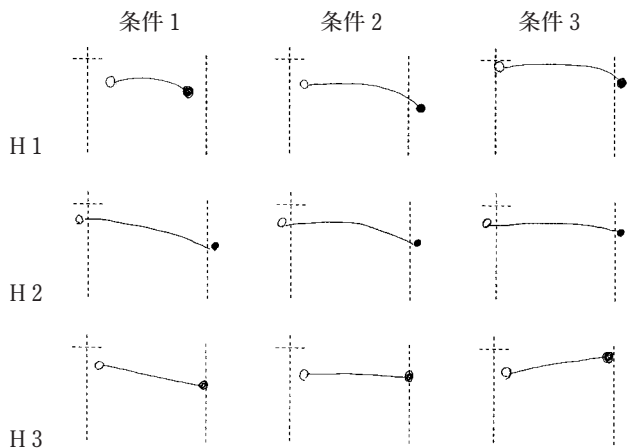


図7-1 H群の手の軌跡(条件1～3)

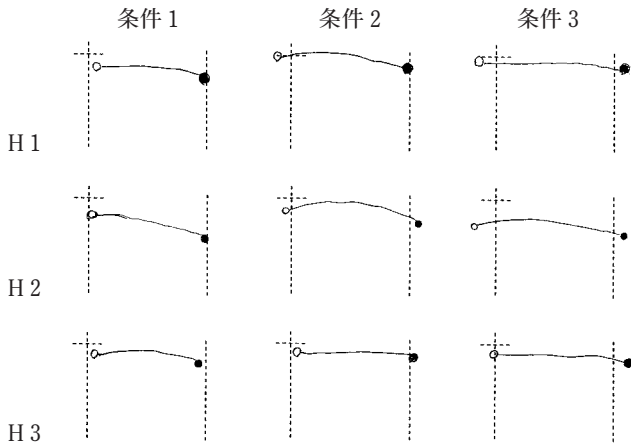


図7-2 L群の手の軌跡(条件1~3)

イメージは異なるものであった。また、図7-2は、各条件におけるL群のイメージを示したものであるが、H群と同様に各被験者によって描かれたイメージは異なっていた。

2) 客観的指標と主観的・感覚的評価との関係

イメージされた手の動きは被験者によって異なるものであった。そこで、このような主観的・感覚的評価と客観的指標との関係を明らかにするために、条件1~条件3において各被験者がイメージした手の動きと実際の手の位置とがどの程度一致しているのかを検討した。H1は、ターゲットまでの距離が長くなるに伴って、テイクバック時の手の位置が後方になり(水平方向)高くなる(垂直方向)とイメージしていた。実際の手の位置と比較してみると水平方向では一致していたものの、垂直方向では完全には一致していなかった。また、H3は、水平方向も垂直方向も変わらないとイメージしていたが、実際の手の位置とは垂直方向でのみ一致していた。一方、L群のすべての被験者はテイクバック時に手の位置が後方になるとイメージしていたが、実際の手の位置とは一致しなかった。これらの結果を表3に示した。○はイメージした手の動きが実際の手の位置と一致している、△はやや一致している、●は一致していないことを表している。H群とL群とを比較すると、L群で一致しない項目が多くみられ、イメージの空間的正確性がL群では低いことが明らかになった。なお、運動のイメージにおいては、空間的な正確性のみでなく、時間的正確性がパフォーマンスにより大きな影響を与えられ、時間的正確性を検討するためには、被験者がイメージし

表3 イメージした手の動きと実際の手の位置との一致度

| イメージした手の動き | | H1 | H2 | H3 | L1 | L2 | L3 |
|------------|------|-------|----|----|----|----|----|
| テイクバック | 水平方向 | 後方になる | ○ | | ● | ● | ● |
| | 垂直方向 | 高くなる | △ | | ● | | |
| リリース | 水平方向 | 前方になる | | ○ | ○ | △ | ● |
| | 垂直方向 | 低くなる | | | | | △ |
| リリース | 水平方向 | 前方になる | ● | | ● | △ | ● |
| | 垂直方向 | 高くなる | ○ | ○ | ○ | | |
| リリース | 水平方向 | 前方になる | | ○ | ○ | | |
| | 垂直方向 | 低くなる | | ● | | ● | ● |

(○:一致する △:やや一致する ●:一致しない)

た動作時間を表すための指標を作成し、実際の動作遂行時間との比較が不可欠であり、さらなる検討が必要である。

内省報告によると、H群は、「距離が長くなるにつれて、投げ出す角度を上げた」「距離が長くなるにつれて、腕の振りを速くした」「テイクバックの距離を長くとり、リリースまでの長さはあまり変えないようにした」「リリースする位置を高くとり、放物線の距離が長くなるようにした」などといったように距離に応じて、テイクバック時やリリース時の手の位置を意識していた。一方、L群は、「遠くなるにつれて、力を強く入れるようにした」「距離が長くなるにつれて、腕の振りを強くし、上体も使うようにした」「力の入れ具合を調整した」などといったように力の入れ具合や強さを意識する傾向にあった。このような内省報告の違いは、動作時に用いた注意の方略が被験者によって異なっていたことを示している。すなわち、パフォーマンスが低かった被験者は、運動感覚に注意を向けていたが、パフォーマンスの高かった被験者は、身体部位、特に手の位置に注意を向けていた。一般的には、内在的フィードバックの情報源となる感覚に注意を向けることが運動スキルの学習を促進させると考えられている。また、内在的フィードバックの情報源は、運動感覚や平衡感覚のような内的焦点のものと視覚や聴覚のような外的焦点のものに区別される。注意の焦点と学習の効果との関係について、Wulf et al. (2001)は、外的焦点による学習が高いパフォーマンスを導いたと報告している。したがって、H群の用いた注意の方略が視覚を中心とした外的焦点であり、L群が用いた方略が運動感覚を中心とした内的焦点であったことがパフォーマンスに影響を与えたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、ターゲットまでの距離とターゲットの角度を変えることによる投動作の変化を分析し、パフォーマンスの違いが、動作分析により得られた客観的指標にいかに関係しているのかを検討した。また、運動表象を記述することにより、パフォーマンスと主観的・感覚的な評価との関連性を検討した。

テイクバック時とリリース時の手の位置をパフォーマンスの異なる被験者で比較したところ、パフォーマンスの低かった被験者ではばらつきが大きかったことから、手の位置の安定性がパフォーマンスの良し悪しを表す客観的指標となることが示された。

運動表象をイメージとして記述したところ、パフォーマンスの低い被験者は、イメージした動きと実際の手の位置が一致しない場合が多く、イメージの空間的正確性が低いことが明らかになった。これは、パフォーマンスの高い被験者が外的焦点であったのに対し、パフォーマンスの低い被験者は内的焦点であったことに起因すると考えられる。なお、運動のイメージにおいては、空間的正確性ととも時間的正確性が重要な要因となることから、イメージした動作時間を表すための指標を作成することが必要である。

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

- Clark, J.E. (1995) On becoming skillful : patterns and constraints. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 66 : 173-183.
- 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.
- 金子和正 (1997) スキー運動における自己観察について—スキー滑走姿勢（プルーク姿勢）の再現能力—. *日本スキー学会誌* 7 (1) : 155-164.
- 小林一敏 (1995) キネシオロジーとマイネル運動学. *体育の科学* 45 : 111-114.
- マイネル：金子明友訳 (1981) *マイネル・スポーツ運動学*. 大修館書店：東京.

〈Meinel, K. (1960) *Bewegungslehre*. Volk und Wissen Vokseigener Verlag Berlin.〉

- 村瀬 豊・宮下充正 (1973) ボウリングのキネシオロジー. *体育の科学* 23 : 654-659.
- 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.
- 大島 尚編 (1986) *認知科学*. 新曜社：東京, pp.84-87.
- 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 (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.
- 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.