

打つ動作における物理情報と動きのイメージ

(保健体育講座) 田中 雅人

Relationship between physical information and motor imagery in the hitting task

Masato TANAKA

(平成22年6月5日受理)

1. 目的

人間の動きは、「なめらかな運動」や「きびきびした動作」などのように主観的・感覚的に表現される。シンクロナイズドスイミングやフィギュアスケートのような競技では、こうした主観的・感覚的な評価がパフォーマンスを決定するひとつの要因にもなっている。しかし、このような競技でなくとも、人間の動きには「うまさ」「美しさ」「力強さ」といった感性情報が含まれている。感性情報を定量化し、その構造を明らかにすることができれば、バイオメカニクスの分析によって抽出される力学的・客観的な物理情報とは異なる動きを評価するための指標を示すことができる。

図1は、動きに関わる物理情報と感性情報、さらに感性情報から形成される運動表象（運動イメージ）との関係を示したものである。動きの情報は、バイオメカニクスの分析により、運動の速度、距離、角度などの物理情報として記述することができる。これらの情報は、視覚や聴覚、運動感覚などの感覚受容器を経て獲得された段階で、「ゆっくり」や「大きく」といった感性情報に置

き換えられ、運動イメージを形成する。また、形成された運動イメージに基づき、効果器（骨格や筋）を用いて動きとして出力される。さらに、表出された動きは、再び物理情報として記述されることで、バイオメカニクスの評価される。動きの学習とは、目標となる動きの物理情報と自己の動きの物理情報との差異を小さくすることであるが、両者の間には、感性情報の獲得とそれに基づく運動イメージの形成といった過程が介在する。したがって、運動イメージがどのような感性情報に基づいて形成されているのかを明確にすることは、動きの学習において重要な意味を持つ。

動きの物理情報、運動イメージ、パフォーマンスとの関連性を検討するために、田中（2008）は、ダーツ投げを課題に用い、パフォーマンスの違いにより物理情報がいかに異なるのかを調査した。その結果、パフォーマンスの低かった被験者の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、手の位置の安定性がパフォーマンスの良し悪しを表す物理情報であることが示唆された。さらに、パフォーマンスとイメージとの関連性

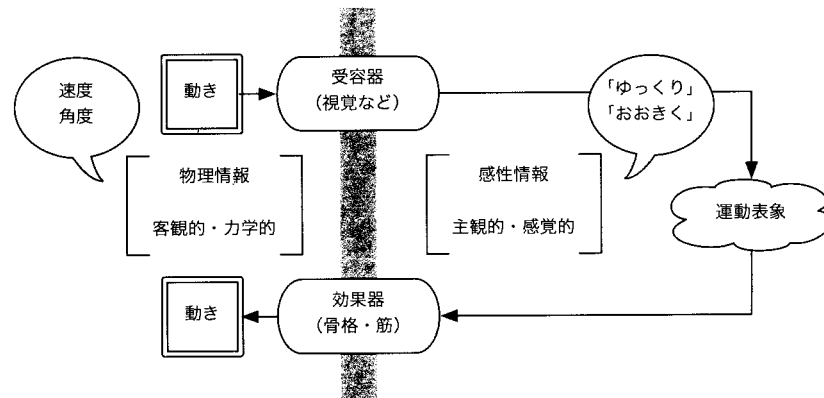


図1. 動きに関わる物理情報と感性情報

を検討したところ、パフォーマンスの低い被験者は、イメージした手の位置と実際の手の位置との一致度が低く、空間的なイメージを正確に形成できていないことが明らかになった。また、田中(2009)は、目標地点への着地の正確さをパフォーマンスとした立ち幅跳び課題を行い、パフォーマンスに影響を与える物理情報について検討した。動作分析により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被験者は、変化のパターンに大きな違いがみられなかったのに対し、パフォーマンスの低い被験者では、試行ごとに変化のパターンが異なった。さらに、イメージの違いを検討するため踏み切り時の姿勢のイメージを図示させたところ、パフォーマンスの低い被験者のイメージは、動作分析で作成されたスティックピクチャーとの差異が大きく、実際の動きの違いを過大に評価していることが明らかになった。さらに、田中(2010)は、ボール投げによる的当てを課題とし、被験者のパフォーマンスと被験者が形成するイメージとの関係を調査した。手の動きのイメージを図示させたところ、パフォーマンスの低い被験者は、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。

こうした一連の研究は、投動作や跳躍動作において、動きの物理情報がパフォーマンスの良し悪しによって異なること、また、動作分析の結果として得られた物理情報が主観的・感覚的な運動イメージと必ずしも一致せず、パフォーマンスが低い場合にその傾向が顕著であることを示している。なお、物理情報と運動イメージとの差異を埋めるためには、動作を行う際のイメージがどのような感性情報に基づいて形成されているのかを明らかにすることが必要である。

そこで、本研究では、ボールを打つ動作を課題に用いて、動きのイメージがパフォーマンスに与える影響を明らかにし、動きの物理情報と運動イメージ、およびイメージ形成に関わる感性情報との関連性について検討した。

2. 方法

2-1. 課題

4 m先の目標地点に停止するようにゴルフボールをクラブ(パター)で打つことを課題とした。

2-2. 動きのイメージの測定

感性情報の記述には、心理的指標として感性語やSD法が用いられる(辻, 1998)。そこで、田中(2002)の調査で得られた、空間的、時間的、力動的なイメージを表すことばの中から5組の対になることば(【おおきくーちいさく】、【ながくーみじかく】、【はやくーゆっくり】、【つよくーよわく】、【いきおいよくーやわらかく】)を感性語として選択した。各感性語を両端に記したVisual Analog Scaleを用いて、動きのイメージの測定を行った。

2-3. 動作分析

被験者の側方と斜め前方にカメラ(DKH社:PH-1416C/100)を設置し、動作開始時からフォロースルー時までの動きを100コマ/秒で撮影した。計測点は、クラブ先端、右手親指、ボールとし、実験終了後、解析プログラム(DKH社・Frame-DIASIV)を用いて動作分析を行った。

2-4. 物理情報

動作局面をテイクバック～インパクト(局面A)とインパクト～フォロースルー終了(局面B)に区分し、「右手の移動距離」、「クラブ先端の移動距離」、「クラブ先端の速度」、「スウィングの角度」、「打球の速度」を求めた。

なお、テイクバック、インパクト、フォロースルー終了の時点は、クラブの先端の座標の変位から求めた(図2)。クラブが最も後方に位置した時点をテイクバック、最も前方に位置した時点をフォロースルー終了とした。また、インパクトは、ボールの位置が変化した時点とした。

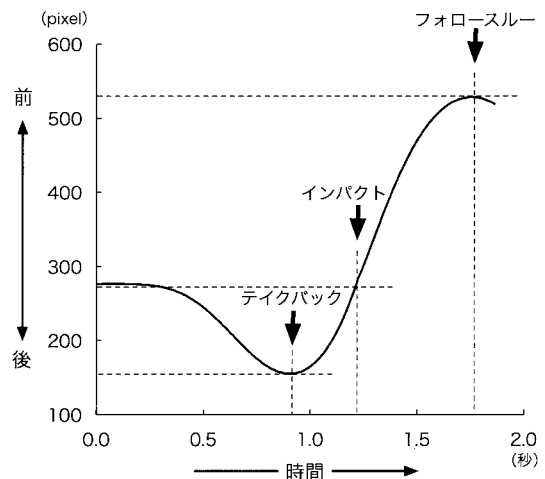


図2. 動作局面

2-5. パフォーマンス

「正確性」と「予測のずれ」をパフォーマンスとした。正確性は、停止地点と目標地点との誤差とし、目標地点の近くに止められたどうかを表す指標となる。また、予測のずれは予測地点と停止地点との誤差とし、自分の打ったボールがどこに止まったかを正しく判断できたかどうかを表す指標となる。なお、誤差の評定測度は、山西 (2008) を参考にし、二乗平均平方根誤差 (RMSE)、恒常誤差の絶対値 (|CE|)、および変動誤差 (VE) を用いた。

2-6. 手続き

課題に慣れるため、目標地点の近くにボールが停止するようになるまで、10試行程度練習を行わせた。

被験者に目標地点を確認させたのち、目標地点が被験者から見えなくなるようにインパクト地点から0.8m先に衝立を立て、ボールを打たせた (図3)。ボールを打ったのち、ボールの停止した地点を実寸大の記録用紙を用いて予測させた。

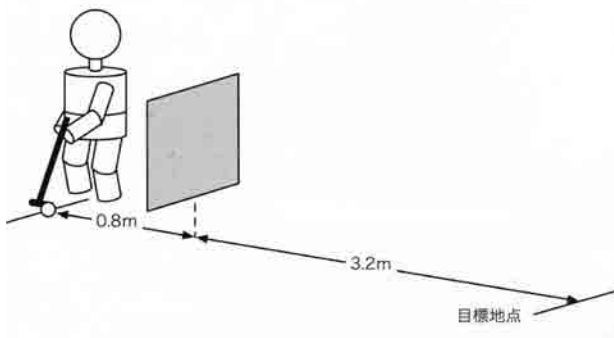


図3. 課題

KRを与えない条件でプレテストを5試行行ったのち、練習を10試行行った。練習中は、1試行ごとにボールの停止地点を被験者に確認させた。練習後に、再びKRを与えない条件でポストテストを5試行行った。

また、1試行ごとに動きのイメージの測定を行った。

2-7. 被験者

大学生 (年齢21.4±1.59歳) 18名とした。なお、いずれの被験者も利き手は右であった。

3. 結果と考察

3-1. パフォーマンス

各被験者の予測のずれにおけるRMSEと|CE|を求めた。ポストテストにおいて、誤差の小さかった被験者6名をH群、誤差の大きかった被験者6名をL群とし、H群とL群の平均値と標準偏差を表1に示した。ポストテストにおける両群の平均値を比較するためt検定を行ったところ、いずれにおいても有意な差が認められ、H群の方が誤差が小さいことが示された (RMSE: t (10) =11.95, p<.01; |CE| : t (10) =10.55, p<.01)。

表1. 予測のずれにおける誤差

		RMSE			CE		
		Pre	TR	Post	Pre	TR	Post
H群 (N=6)	M	33.1	35.3	21.2	12.9	12.1	8.3
	SD	13.73	10.00	7.51	3.92	7.77	8.53
L群 (N=6)	M	44.7	36.9	67.1	26.9	13.8	59.8
	SD	15.58	13.73	5.68	14.81	11.69	8.36
t (df=10)		1.36	0.23	11.95**	2.23*	0.28	10.55**

* p<.05 ** p<.01

H群とL群における正確性のRMSEと|CE|の平均値と標準偏差を表2に示した。ポストテストにおける両群の平均値を比較するためt検定を行ったところ、いずれにおいても有意な差が認められ、H群の方が誤差が小さいことが示された (RMSE: t (10) =7.44, p<.01; |CE| : t (10) =10.01, p<.01)。また、L群における誤差は、練習では小さくなる傾向が認められたが、ポストテストでは再び大きくなっていった。

表2. 正確さにおける誤差

		RMSE			CE		
		Pre	TR	Post	Pre	TR	Post
H群 (N=6)	M	45.4	47.2	31.3	10.9	14.0	14.1
	SD	13.19	8.86	12.58	7.95	8.98	9.82
L群 (N=6)	M	57.2	51.9	85.4	37.9	18.5	72.9
	SD	15.55	17.38	12.63	16.50	16.75	10.53
t (df=10)		1.41	0.59	7.44**	3.61**	0.58	10.01**

** p<.01

3-2. 動きのイメージとパフォーマンス

1) 動きのイメージと停止地点

H群とL群のポストテストにおける各感性語の評定値と停止位置との相関係数を求め有意性の検定を行ったと

ころ、有意な相関が認められた(表3)。**【つよくーよわく】**では、両群間に差はみられなかったが、それ以外の感性語ではH群がL群よりも高い値を示した。特に、**【おおきくーちいさく】**と**【ながくーみじかく】**でのH群の相関係数は高かった(図4-1、図4-2)。予測のずれが小さいH群では、自分の動きを大きい、長いと知覚した時に停止地点が遠くになり、小さい、短いと知覚したときに近くなっていた。一方、予測のずれが大きいL群では、自分の動きを強いと知覚した時に停止地点が遠くになり、弱いと知覚したときに近くなる傾向が認められたが、他の感性語とボールの停止地点との関連性はH群よりも低かった。

表3. 感性語の評定値と停止地点・予測地点との相関係数

		おおきく	ながく	はやく	つよく	いきおいよく
停止地点	H群	.666**	.678**	.593**	.616**	.602**
	L群	.543**	.523**	.487**	.626**	.432*
予測地点	H群	.855**	.792**	.764**	.830**	.804**
	L群	.681**	.764**	.586**	.753**	.674**

* p<.05 ** p<.01

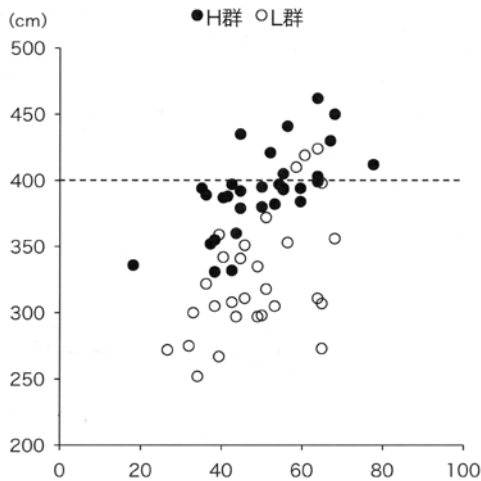


図4-1. **【おおきくーちいさく】**と停止地点との相関

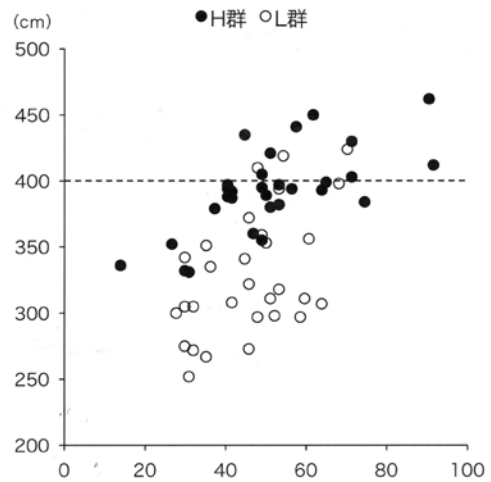


図4-2. **【ながくーみじかく】**と停止地点との相関

予測のずれが小さい、すなわち自己知覚が高いものは、自分の動きの大きさや長さといった空間的なイメージが運動パフォーマンスに影響を与えているが、予測のずれが大きい、すなわち自己知覚が低いものは、イメージと運動パフォーマンスとの関連性が低いことが示された。

2) 動きのイメージと予測地点

H群とL群のポストテストにおける各感性語の評定値と予測地点との相関係数を求め有意性の検定を行ったところ、すべての感性語において有意な相関が認められた(表3)。H群は、いずれの感性語においても予測地点との高い相関を示し、特に、**【おおきくーちいさく】**と**【いきおいよくーやわらかく】**では、L群に比べ相関係数が高かった(図5-1、図5-2)。このことは、予測のずれが小さい(自己知覚が高い)被験者は、自己の運動を大きい、速い、長い、強い、勢いよいと知覚したときに予測地点が遠くなり、小さい、遅い、短い、弱い、やわらかいと知覚したときに予測地点が近くなることを示している。**【おおきくーちいさく】**、**【つよくーよわく】**、**【いきおいよくーやわらかく】**は、特に高い値を示し、空間的・力動的なイメージが自己の動きをコントロールするために重要な働きをしていることが示唆される。

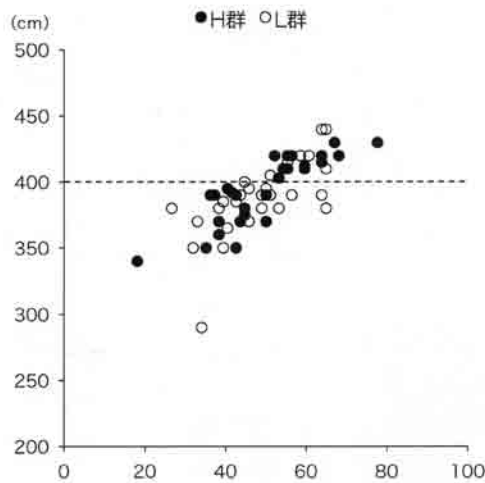


図5-1. 【おおきくーちいさく】と予測地点との相関

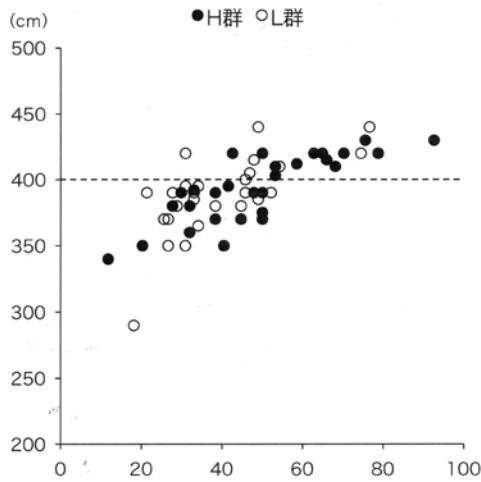


図5-2. 【いきおいよくーやわらかく】と予測地点との相関

一方、予測のずれが大きい（自己知覚が低い）被験者は、【ながくーみじかく】と【つよくーよわく】で高い相関係数を示したものの、他の感性語は、H群よりもかなり低い値を示したことから、速さや力強さといった時間的・力動的なイメージが、ボールの停止地点を予測するための情報として自己知覚が高い被験者ほどには有効に働かなかつたと推測される。

3) 動きのイメージの変動

各感性語の評定値の変動誤差を求め、H群とL群の平均値と標準偏差を示した（表4）。すべての感性語においてH群の方がL群よりも高い値を示した（図6）。H群の被験者は、ボールを打つごとにその時の動きのイメージを精確にとらえようとした結果、感性語の評定値の変動が大きくなったと考えられる。特に、【ながくーみじかく】と【いきおいよくーやわらかく】において、H群とL群との差が大きかった。H群におけるこれらの感性語と停止地点との相関がL群よりも高かったという結果とを考え合わせると、H群の被験者は、一打ごとに異なる自己の動きを知覚し感性情報に基づいてイメージに変換しようとしているため、ボールの停止地点の予測におけるずれが小さくなったと考えられる。

表4. 感性語の評定値の変動誤差

		おおきく	ながく	はやく	つよく	いきおいよく
H群 (N=6)	M	181.3	222.3	320.6	348.9	346.4
	SD	154.1	194.1	337.4	335.9	393.5
L群 (N=6)	M	105.9	125.8	153.5	256.4	127.1
	SD	57.4	123.2	116.2	203.8	142.4

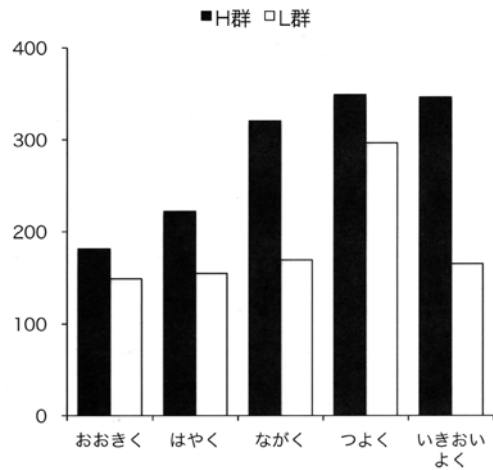


図6. 感性語の評定値の変動誤差

3-3. 物理情報と動きのイメージ

1) 手の動きとイメージ

テイクバック～インパクト（局面A）とインパクト～フォロースルー終了（局面B）の各動作局面における手の移動距離と各感性語の評定値との相関係数を求め、有意性の検定を行った（表5）。手の移動距離と動きのイ

表5. 物理情報と感性語の評定値との相関係数

		おおきく	ながく	はやく	つよく	いきおいよく		
局面 A	手の移動距離	H群	.257	.404*	.378*	.420*	.370*	
		L群	-.105	-.198	-.242	-.224	-.324	
	クラブの移動距離	H群	.350	.418*	.499**	.437*	.423*	
		L群	-.066	-.106	-.026	-.034	-.345	
	クラブの速度	H群	.371*	.359	.484**	.375*	.341	
		L群	.081	.110	.202	.230	.006	
	スウィングの角度	H群	.303	.364*	.396*	.370*	.363*	
		L群	.079	-.043	-.005	.039	-.238	
	局面 B	手の移動距離	H群	.020	.185	.230	.148	.147
			L群	-.436	-.422	-.595	-.472	-.387
クラブの移動距離		H群	-.053	.155	.062	.056	.084	
		L群	-.300	-.180	-.217	-.121	-.066	
クラブの速度		H群	.098	.230	.095	.192	.233	
		L群	-.053	-.010	-.074	.102	.114	
スウィングの角度		H群	-.024	.188	.092	.088	.111	
		L群	-.260	-.158	-.190	-.088	-.040	
打球の速度		H群	.559**	.528**	.441*	.551**	.478**	
		L群	.383*	.327	.220	.343	.181	

* p<.05 ** p<.01 (正の相関のみ)

メージとの関連性は、テイクバック～インパクトの動作局面のみに認められ、インパクト～フォロースルー終了の動作局面には認められなかった。また、高い相関は認められなかったものの、H群にのみ有意な正の相関が認められたことから、予測のずれが小さい（自己知覚が高い）被験者では、手の移動距離が、空間的、時間的、力動的なイメージに反映されていることが示された。

2) クラブの動きとイメージ

各動作局面におけるクラブの移動距離、クラブの速度、スウィングの角度と各感性語の評定値との相関係数を求め、有意性の検定を行った（表5）。手の動きと同様に、動きのイメージとの関連性は、テイクバック～インパクトの動作局面のみに認められ、インパクト後の動作には認められなかった。クラブの移動距離では、H群のみに有意な正の相関が認められ、手の動きと同様、自己知覚が高い被験者では、クラブの移動距離が、空間的、時間的、力動的なイメージに反映されていた。クラブの速度およびスウィングの角度のいずれにおいてもH群でL群よりも高い有意な正の相関係数が認められた。特に、時間的な物理情報であるクラブの速度と時間的なイメージを表す【はやく～おそく】という感性語との相関は、他

よりも高かった。また、空間的な物理情報（移動距離、角度）と空間的なイメージを表す感性語との間に明瞭な関係は認められなかったものの、自己知覚の高い被験者では、両者の関連性を示唆する結果が得られた。なお、【つよく～よわく】と【いきおいよく～やわらかく】という力動的なイメージを表す感性語がH群では、移動距離、速度、角度のいずれにも低いながらも有意な正の相関を示したのに対し、L群では、無相関、あるいは負の相関を示した。このことは、自己知覚の低い被験者では、クラブの動きとスウィングの力強さや勢いとの間に関連性がないことを示している。すなわち、力強く、勢いよく、あるいは弱く、柔らかくスウィングしたと知覚したとしてもクラブの動きがそのイメージを反映した動きになっているとは限らない。

3) 打球の速度とイメージ

打球の速度と各感性語の評定値との相関係数を求め、有意性の検定を行った（表5）。H群では、すべての感性語において、L群では、【おおきく～ちいさく】において、有意な正の相関が認められた。また、H群の方がL群よりも相関係数が高く、打球の速度が、空間的、時間的、力動的なイメージに反映されていた。しがたっ

て、打球の速度が速い時には、大きく、長く、速く、強く、勢いよく動きを行ったとイメージしていた。こうした傾向は、自己知覚の低いL群の被験者にも認められたものの、時間的、力動的なイメージを表す感性語では、H群よりも低くなっていた。打球後のボールの動きは、0.8m先に立てた衝立の下を通過するまでは、視覚的に確認することができる。一方、運動中の手の動きやクラブの動きは、視覚的に確認することは難しい。したがって、打球の速度と動きのイメージとの相関が他の物理情報よりも高かったのは、視覚的な情報が感性情報に基づいたイメージの形成に影響を与えたためであるとも考えられる。

4) 物理情報の変動

各動作局面における手の移動距離、クラブの移動距離、クラブの速度、スウィングの角度、および打球の速度の変動誤差を求め、H群とL群の平均値と標準偏差を示した(表6)。両動作局面を比較すると、インパクト～フォロースルー終了(局面B)の変動誤差は、テイクバック～インパクト(局面A)よりも高い値を示し、インパクト後の動きが一打ごとに変化しやすいことが示された。なお、この傾向は、自己知覚が低いL群においてより顕著に認められた。また、打球の速度における変動誤差は、L群の方が大きく、一打ごとの打球の違いが、「正確性」や「予測のずれ」の低さを招く原因になっていると考えられる。

4. まとめ

本研究では、ゴルフボールを打つ動作を課題に用いて、動きのイメージがパフォーマンスに与える影響を明らかにし、動きの物理情報と運動イメージ、およびイメージ形成に関わる感性情報との関連性について検討した。

空間的、時間的、力動的なイメージを表す5組の感性語を用いて動きのイメージの測定を行ったところ、予測のずれが小さい、すなわち自己知覚が高いものは、自己の動きの大きさや長さといった空間的なイメージが運動パフォーマンスに影響を与えていた。また、自己知覚が高いものは、動きのイメージと予測地点の相関が高く、感性語の評定値の変動も大きいことから、イメージが動きをコントロールする重要な働きをしていると考えられる。

物理情報と動きのイメージとの関連性は、テイクバック～インパクトの動作局面のみに認められ、時間的な物理情報(速度)と時間的なイメージを表す感性語との相関は、他よりも高かった。また、空間的な物理情報(移動距離、角度)と空間的なイメージを表す感性語との間に明瞭な関係は認められなかったものの、自己知覚の高い被験者では、両者の関連性を示唆する結果が得られた。さらに、物理情報の変動は、自己知覚が低いものの方が大きくなる傾向があり、一打ごとの動きの違いが、「正確性」や「予測のずれ」の低さを招く原因になっていると考えられる。

付記:本研究は、平成21-23年度科学研究費補助金(基盤研究C:課題番号21500562)の援助を受けて行われた研究の一部である。

引用文献

- 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(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(2009)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.

表6. 物理情報の変動誤差

		局面A				局面B				打球の速度
		手の移動距離	クラブの移動距離	クラブの速度	スウィングの角度	手の移動距離	クラブの移動距離	クラブの速度	スウィングの角度	
H群 (N=6)	M	8.82	15.18	73.46	6.32	7.47	29.34	154.60	11.10	480.31
	SD	12.76	10.09	40.52	3.56	5.88	22.21	156.90	8.36	218.03
L群 (N=6)	M	4.31	14.80	59.98	7.15	43.04	76.42	153.32	31.55	906.89
	SD	7.07	12.62	62.68	6.58	55.03	87.90	113.47	32.90	600.90

田中雅人 (2010) 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. 愛媛大学教育学部保健体育紀要, 7 : 67-76.

辻 三郎編 (1998) 感性の科学—感性情報処理へのアプローチ. サイエンス社 : 東京, pp.25-29.

山西正記 (2008) 運動終了後直ちに与えられる視覚情報の有効性と運動学習事態におけるパフォーマンス測度の検討. 福山平成大学福祉健康科学研究, 3 : 95-101.