

動きの調節をあらわすことばと力学的変数

(保健体育講座) 田中雅人

Relationship between language to coordinate movements and kinetic variables

Masato TANAKA

(平成29年10月31日受理)

1. はじめに

動きのモデリングにおける客観的・力学的情報と主観的・感覚的情報との関係は、図1のように示される。位置、変位、速度、角度などの動きに関わる物理情報は、バイオメカニクスの分析によって、客観的・力学的情報として記述することができる。モデルの動きに関わる情報は、観察者が視覚などの感覚受容器を経て獲得した段階で、主観的・感覚的情報である感性情報に変換され、言語的コード化あるいはイメージコード化され運動表象として保持される (Paivio, 1971 ; Berger and Gaunitz, 1979)。観察者は、保持している運動表象に基づきモデルの動きを再生することになる。再生された動きの物理情報を測定することで、モデルの動きと自己の動きを比較することができる。したがって、動作の習熟とは、モデルの動きと自己の動きの物理情報の差を縮小することであり、そのためには、自己の動きを制御する運動表象を形成する主観的・感覚的情報を分析することが必要である。

大道 (1997) は、力、加速度、速度、変位などのバイオメカニクス実測よりも、演舞者の意識の中心にある点の主観的にどのような変化、速度、力で運動しているのかを示す心象図 (イメージ画像) を記述することが重要であり、客観的軌跡よりも、主観的軌跡の方が、伝達力

に優れている例を示している。また、稲垣 (1994) は、力学的研究成果は客観的であるが、制御に必要な入力情報は示唆しないと指摘している。これらは、バイオメカニクスの分析に対する主観的分析の優位性を示すものであり、運動のやり方を学習するためには、学習者の主観に訴える運動情報が求められる。

田中 (2014a) は、モデルの動きに対する印象分析を行い、動きの印象と時間的・空間的物理情報との関連性を検討した。モデルの動きを分析したところ、動きの速さの印象と物理的な運動時間とは必ずしも一致していなかったが、ジャンプ動作時の関節角度の変化と躍動感との間には関連性が示され、空間的物理情報が動きの印象に影響を与えていることを示した。また、田中 (2012) は、言語的にコード化された情報の働きを明らかにするために、立位姿勢から「膝を曲げて伸ばす」動作を課題とし、ことばがどのような運動表象を構築し、動きをどのように調整しているのかを検討した。その結果、動作時間は、「速さ」をあらわすことばによって、関節角度は、「大きさ」をあらわすことばによって明確に区別されていることが示された。したがって、言語的にコード化された情報によって、動きの時間的・空間的な調節が可能であることが示唆された。また、各ことばに対する関節角度の変動係数を求めたところ、小さい動きをあらわすこと

ばでは個人差が大きく、大きい動きをあらわすことばにおける個人差は小さいといったように、動きの「大きさ」によって個人差が異なった。また、「円滑さ」をあらわすことばは、いずれも個人差がやや大きいところに位置づけられ、ことばを情報の伝達に用いる際の難しさが明らかになった。

本研究では、多様な力学的変数を測定することによって言語的コード化された主観的・感覚的な情報がどのような運動イメージを形成し、動きを調節しているのかを検討する。

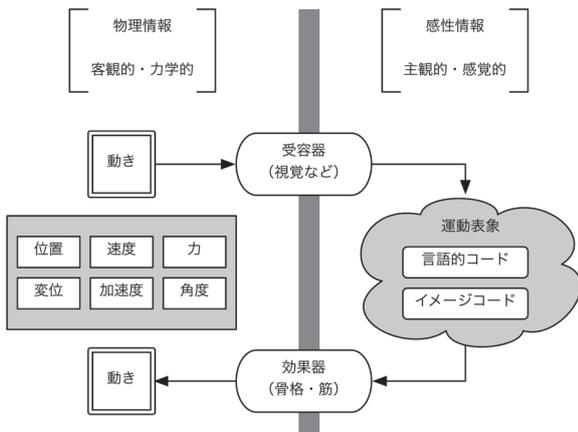


図 1. 物理情報と感性情報

2. 方法

2-1. 実験参加者

大学生20人 (20.6±1.10歳) とした。

2-2. 課題

ディスプレイに表示されたことば (「その場で○○○ジャンプしてください」) をイメージし、正面のLEDが点灯したら、その場で1回、垂直方向に跳躍動作を行った。

2-3. 動きの調節に用いたことば

田中 (2002) を参考に、18のことばを使用した。それらは、動きの空間的調節に関する6のことば (「ちいさく」、「しっかり」、「すこし」、「おおきく」、「かるく」、「たかく」)、時間的調節に関する6のことば (「ゆっくり」、「はやく」、「なめらかに」、「すばやく」、「ゆるやかに」、「さっと」)、力動的調節に関する6のことば (「やわらかく」、「かるやかに」、「いきおいよく」、「やさしく」、「ちからづよく」、「しずかに」) に分類される。

2-4. 動きの調節の難易度に関する質問紙調査

それぞれのことばによる動きの調節の難易度について、6段階評定 (6:易しい~1:難しい) で回答を求めた。

2-5. 力学的変数の計測

跳躍高、接地時間 (動作開始~離床時)、離床時速度、体重当たりの最大床反力を計測した。

2-6. 動作分析

実験参加者の側方にビデオカメラを設置し、跳躍動作を30コマ/秒で撮影した。計測点は、右大転子、右膝、右足首、右つま先とし、デジタイズを行ったのち、解析プログラム (DKH社: Frame-DIAS V) を用いて動作分析を行った。

2-7. 手続き

実験参加者は、0.9m×0.9mの1軸ストレインプレート (DKH社・PTS-148型) の上に立ち、プレートの前方3.5mの位置にディスプレイを設置した (図2)。練習を1回行ったのち、まず、前半の9つのことばをディスプレイに順番に呈示し、実験参加者はそれぞれのことばをイメージして跳躍動作を行った。その後、動きの調節の難易度に関する質問紙に回答した。さらに、後半の9つのことばを呈示し、同様に跳躍動作を行ったのち質問紙に回答した。

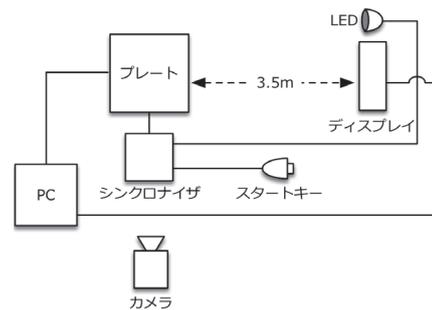


図 2. 実験状況

3. 結果と考察

3-1. ことばによる動きの調節

呈示された18のことばに対する各力学的変数の平均値と変動係数を示した (図3~図6)。跳躍高では、動きの空間的調節に関することばにおいて明確な差異がみられた。また、力動的調節に関することばにも差異がみられ

たが、時間的調節に関することばには明確な差異がみられなかった。したがって、力動的なイメージは、動きの力強さのみでなく、動きの大きさの制御にも影響を与えていると考えられる。また、平均値が高いことばは、跳躍高のばらつきが小さかったが、平均値が低いことばほどばらつきが大きくなった。つまり、「おおきく」「たかく」といったことばでは、動きの空間的なイメージに個人差が生じにくい、「ちいさく」「すこし」「かるく」では、イメージの差が大きいことが明らかとなった。力動的調節に関することばでは、「しずかに」「やわらかく」「やさしく」に個人差がみられるが、「いきおいよく」「ちからづよく」の個人差は小さかった。

跳躍高が高いことばほど接地時間も長いことから、接地時間では、空間的調節に関することばにおいては跳躍高と同様の傾向が認められた。時間的調節と力動的調節に関することばでは、「ゆっくり」「ゆるやかに」や「しずかに」「やわらかく」では跳躍高が低いにも関わらず接地時間が長くなっていた。また、跳躍高では、平均値が高いことばほど個人差が小さかったが、接地時間では同様の傾向はみられず、接地時間の長い「ゆっくり」や「やわらかく」で個人差が大きいことが示された。

離床時速度では、空間的調節と力動的調節に関することばにおいて、跳躍高とほぼ同様の傾向を示し、これらのことばが高さと速さを区別していないことが明らかとなった。一方、時間的調節に関することばは、動きの速さを区別するものであったが、「はやく」「すばやく」で個人差が大きいことが示された。

空間的調節に関することばにおいては、跳躍高や接地時間、離床時速度に差異を生じさせたが、体重当たりの最大床反力に対しては、明確な差異を示さないことが明らかとなった。また、時間的調節に関することばでは、接地時間が短いことばほど床反力が高くなっていた。さらに、力動的調節に関することばでは、「かるやかに」の床反力が「いきおいよく」や「ちからづよく」よりも高くなることが示され、ことばの持つイメージと力学的変数との関係が複雑であることが示唆された。

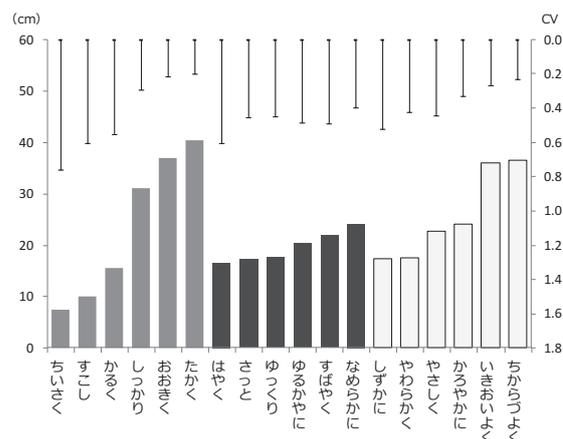


図3. 跳躍高の平均値と変動係数

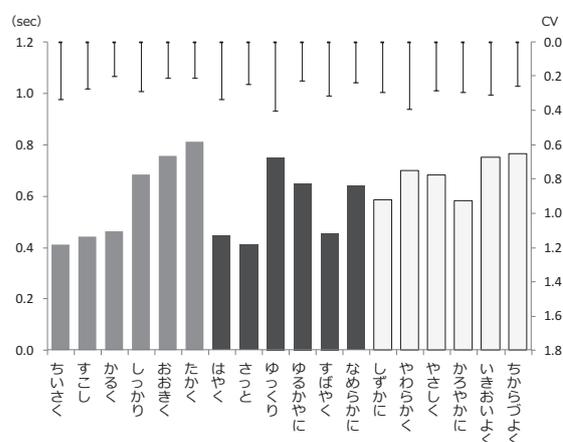


図4. 接地時間の平均値と変動係数

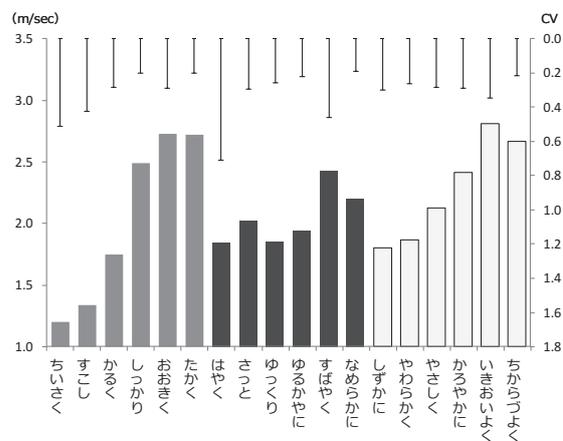


図5. 離床時速度の平均値と変動係数

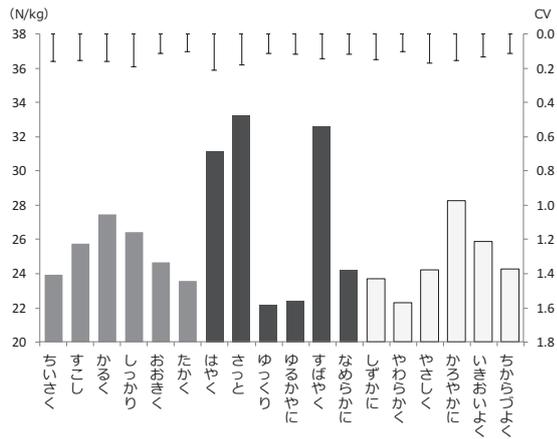


図 6. 最大床反力の平均値と変動係数

3-2. 運動イメージの類似性

各力学的変数における呈示された18のことばの相関行列を求めた(表1~表3)。なお、相関係数が高いほど、ことばによって形成されるイメージに類似性がみられ、動きの大きさ、速さ、力強さを調節することが難しいと考えられる。跳躍高では、「しっかり」と「おおきく」(r=0.87)、「しっかり」と「たかく」(r=0.85)、「おおきく」と「たかく」(r=0.93)に高い相関が認められ、これらのことばで動きの大きさを調節することが難しいことが示された。また、「はやく」と「かるく」(r=0.85)、「すばやく」と「かるく」(r=0.90)、「なめらかに」と「しっかり」(r=0.84)に高い相関が認められ、時間的調節に関

することばが動きの大きさを調節することばとして働いていることが示された。さらに、「しずかに」と「すこし」(r=0.82)、「しずかに」と「かるく」(r=0.80)、「やさしく」と「かるく」(r=0.81)、「いきおいよく」と「しっかり」(r=0.87)、「いきおいよく」と「おおきく」(r=0.96)、「いきおいよく」と「たかく」(r=0.93)、「ちからづよく」と「しっかり」(r=0.83)、「ちからづよく」と「おおきく」(r=0.95)、「ちからづよく」と「たかく」(r=0.96)に高い相関が認められ、力動的調節に関することばが動きの大きさを調節することばとしても働いていると考えられる。

離床時速度では、時間的調節に関することばの間に高い相関は認められず、動きの速さは、これらのことばによって調整できることが示された。なお、「ゆるやかに」と「なめらかに」(r=0.71)、「ゆるやかに」と「なめらかに」(r=0.71)でやや高い相関が認められ、これらのことばによって動きの速さを区別することは難しいと考えられる。

最大床反力では、「やわらかく」と「しずか」(r=0.79)、「やさしく」と「しずか」(r=0.79)、「やさしく」と「やわらかく」(r=0.82)に高い相関が認められ、力動的調節に関するこれらのことばで動きの力強さを調節することは難しいことが示された。

	ちいさく	すこし	かるく	しっかり	おおきく	たかく	はやく	さっと	ゆっくり	ゆるやかに	すばやく	なめらかに	しずかに	やわらかく	やさしく	かるやかに	いきおいよく	ちからづよく	
ちいさく																			
すこし	0.58																		
かるく	0.72	0.75																	
しっかり	0.41	0.72	0.62																
おおきく	0.39	0.68	0.55	0.87															
たかく	0.31	0.67	0.58	0.85	0.93														
はやく	0.73	0.61	0.85	0.48	0.41	0.34													
さっと	0.61	0.40	0.64	0.47	0.43	0.41	0.68												
ゆっくり	0.76	0.58	0.62	0.55	0.43	0.38	0.69	0.63											
ゆるやかに	0.69	0.73	0.78	0.74	0.63	0.64	0.75	0.68	0.73										
すばやく	0.65	0.66	0.90	0.58	0.58	0.51	0.88	0.56	0.54	0.70									
なめらかに	0.53	0.79	0.62	0.84	0.77	0.69	0.65	0.62	0.70	0.87	0.60								
しずかに	0.59	0.82	0.80	0.78	0.63	0.60	0.66	0.51	0.58	0.83	0.75	0.77							
やわらかく	0.73	0.70	0.78	0.76	0.62	0.62	0.75	0.67	0.75	0.89	0.73	0.77	0.79						
やさしく	0.60	0.73	0.81	0.85	0.77	0.69	0.74	0.63	0.56	0.83	0.86	0.82	0.87	0.85					
かるやかに	0.55	0.77	0.70	0.81	0.84	0.79	0.65	0.61	0.58	0.77	0.74	0.85	0.72	0.74	0.87				
いきおいよく	0.36	0.66	0.55	0.87	0.96	0.93	0.42	0.51	0.50	0.64	0.54	0.78	0.58	0.63	0.71	0.80			
ちからづよく	0.39	0.64	0.57	0.83	0.95	0.96	0.37	0.52	0.40	0.60	0.53	0.71	0.56	0.61	0.72	0.82	0.95		

表 1. 跳躍高における相関行列

	ちいさく	すこし	かるく	しっかり	おおきく	たかく	はやく	さっと	ゆっくり	ゆるやかに	すばやく	なめらかに	しずかに	やわらかく	やさしく	かるやかに	いきおいよく	ちからづよく	
ちいさく																			
すこし	0.36																		
かるく	0.33	0.73																	
しっかり	-0.17	0.37	0.58																
おおきく	-0.11	-0.06	0.26	0.67															
たかく	0.09	0.17	0.50	0.63	0.89														
はやく	0.47	0.29	0.41	-0.13	-0.12	0.09													
さっと	-0.16	0.34	0.43	0.68	0.19	0.22	0.04												
ゆっくり	0.48	0.34	0.47	0.29	0.39	0.55	0.50	0.14											
ゆるやかに	0.58	0.44	0.61	0.37	0.26	0.50	0.66	0.37	0.71										
すばやく	0.52	0.62	0.79	0.29	-0.05	0.22	0.49	0.19	0.34	0.49									
なめらかに	0.23	0.46	0.46	0.58	0.42	0.43	0.48	0.48	0.62	0.71	0.31								
しずかに	0.41	0.83	0.77	0.45	-0.05	0.14	0.34	0.46	0.25	0.54	0.72	0.45							
やわらかく	0.43	0.18	0.44	0.53	0.70	0.77	0.37	0.24	0.74	0.77	0.24	0.61	0.27						
やさしく	0.17	0.52	0.79	0.84	0.62	0.72	0.24	0.55	0.51	0.64	0.50	0.64	0.67	0.74					
かるやかに	-0.12	0.06	0.37	0.80	0.76	0.70	0.07	0.50	0.36	0.42	0.20	0.54	0.10	0.64	0.65				
いきおいよく	-0.31	0.09	0.36	0.79	0.90	0.77	-0.16	0.34	0.31	0.12	0.06	0.47	0.05	0.50	0.64	0.75			
ちからづよく	0.06	-0.11	0.27	0.58	0.89	0.89	0.03	0.14	0.54	0.46	0.04	0.44	-0.09	0.77	0.56	0.72	0.71		

表 2. 離床時速度における相関行列

	ちいさく	すこし	かるく	しっかり	おおきく	たかく	はやく	さっと	ゆっくり	ゆるやかに	すばやく	なめらかに	しずかに	やわらかく	やさしく	かるやかに	いきおいよく	ちからづよく	
ちいさく																			
すこし	0.58																		
かるく	0.76	0.74																	
しっかり	0.47	0.51	0.55																
おおきく	0.64	0.58	0.59	0.75															
たかく	0.60	0.66	0.60	0.82	0.84														
はやく	0.47	0.69	0.71	0.52	0.59	0.57													
さっと	0.45	0.63	0.58	0.59	0.50	0.56	0.72												
ゆっくり	0.62	0.75	0.73	0.77	0.64	0.73	0.76	0.86											
ゆるやかに	0.75	0.66	0.84	0.65	0.77	0.73	0.72	0.65	0.77										
すばやく	0.49	0.48	0.64	0.58	0.49	0.55	0.69	0.72	0.73	0.54									
なめらかに	0.61	0.77	0.78	0.45	0.66	0.59	0.81	0.57	0.67	0.75	0.52								
しずかに	0.71	0.73	0.83	0.45	0.70	0.58	0.74	0.55	0.74	0.79	0.55	0.80							
やわらかく	0.67	0.67	0.74	0.66	0.82	0.76	0.64	0.60	0.70	0.84	0.49	0.82	0.79						
やさしく	0.45	0.60	0.66	0.48	0.68	0.57	0.71	0.42	0.60	0.76	0.32	0.88	0.79	0.82					
かるやかに	0.51	0.62	0.49	0.38	0.38	0.50	0.67	0.51	0.65	0.43	0.52	0.76	0.53	0.51	0.59				
いきおいよく	0.49	0.37	0.39	0.43	0.70	0.50	0.50	0.44	0.47	0.68	0.36	0.65	0.47	0.66	0.63	0.44			
ちからづよく	0.57	0.53	0.56	0.73	0.93	0.88	0.54	0.40	0.57	0.76	0.40	0.61	0.61	0.72	0.66	0.35	0.67		

表 3. 最大床反力における相関行列

3-3. 動きの調節の難易度

難易度の評価の平均値と変動係数を求めた (図 7)。その結果、難易度の評価は、空間的調節に関することばで低く、時間的調節に関することばでは、「はやく」「ゆっくり」「すばやく」で比較的難易度が低く、「ゆるやかに」「なめらかに」「さっと」で難易度が高くなった。また、力動的調節に関することばでは、「いきおいよく」「ちからづよく」で難易度が低く、「かるやかに」「やわらかく」で難易度が高かったことから、動きの円滑さを表すことばによる動きの制御が難しいと考えられる。

変動係数は、「たかく」を除く空間的調節に関すること

ばで高かった。「はやく」「ゆっくり」「すばやく」「いきおいよく」「ちからづよく」の変動係数も高く、難易度が低いと評価されたことばは、評価のばらつきが大きいことが示された。また、「ゆるやかに」「なめらかに」などの難易度が高いと評価されたことばは、評価のばらつきが小さいことが示された。なお、「たかく」は、難易度が最も低いことで一致していた。このように、主観的・感覚的なことばには、動きの制御が容易なものと同難なものがあり、制御のしやすさにも個人差が存在することが明らかとなった。

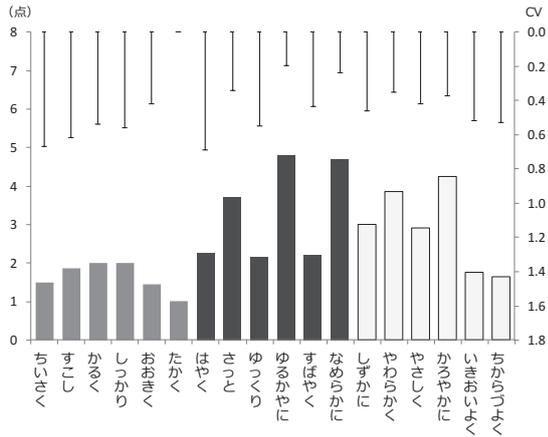


図7. 難易度の平均値と変動係数

4. まとめ

本研究では、主観的・感覚的情報であることば（記号表現）と力学的変数との関連性を明らかにすることにより、動きの制御に主観的・感覚的情報がどのように関わっているのかを検討した。その結果、以下の点が明らかになった。

- 1) 空間的調節に関することばは、動きの大きさ（跳躍高）を制御し、跳躍高が高いことばは個人差が小さく、低いことばほど個人差が大きい。
- 2) 時間的調節に関することばは、動きの速さ（離床時速度）を制御していたが、個人差が大きいことばも存在する。
- 3) 力動的調節に関することばのイメージと動きの力強さ（最大床反力）とは必ずしも一致しない。
- 4) 空間的調節に関することばと力動的調節に関することばは、動きの大きさと速さを明確には区別していない。

言語的コード化された主観的・感覚的情報の受け取られ方は多様であり、ことばによる伝達の困難さが示唆された。主観的・感覚的情報と客観的な力学的変数、すな

わち心理的事実と物理的事実の関係を分析することにより、動きの感じや動きの意識へのアプローチが可能となり、運動の実践や指導に対する示唆が得られると考えられる。

付記

本研究は、平成27-29年度JSPS科学研究費補助金（基盤研究C：課題番号15K01523）の援助を受けて行われた研究の一部である。

文献

Berger, G. H. and Gaunitz, S. C. B. (1979) Self-rated imagery and encoding strategies in visual memory. *The British Journal of Psychology*, 70 : 21-24.

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(3) : 201-206.

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(8) : 617-623.

Paivio, A. (1971) *Imagery and verbal processes*. Holt, Rinehart and Winston : New York.

田中雅人 (2000) 感覚的な表現による運動の調節. *愛媛体育学研究*, 4 : 19-28.

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 (2012) 言語的コード化された情報による動きの調節. *愛媛大学教育学部紀要*, 59 : 149-156.

田中雅人 (2014a) 動きの印象を表す感性語の構造分析. *愛媛大学教育学部保健体育紀要*, 9 : 29-37.

田中雅人 (2014b) 動きの印象と時間的・空間的物理情報との関連性. *日本体育学会第 65 回大会予稿集*, p. 111.