

ダンスパフォーマンスにおける熟練者の動作特性

The motion characteristic of expert street dancers during performance

佐藤 菜穂子*
池上 康男***

居村 茂幸**

布目 寛幸***

Nahoko SATO*
Yasuo IKEGAMI***

Shigeyuki IMURA**

Hiroyuki NUNOME***

The purpose of this study was to investigate the waving movement by arms in street dance performance. Subjects were five expert street dancers and nine novice dancers. The wave motion was analyzed using a motion capture system to calculate (1) upward-and-downward displacement of each joint and fingertip, (2) joint angle and (3) propagation velocity of the wave. As compared with the novice dancers, the expert dancers showed the following 3 types of movement characteristics:

- (1) smaller upward-and-downward movement at the both ends of the arms while proximal joints were moving;
- (2) larger angular movement in the shoulder joint and scapula;
- (3) constant propagation velocities.

1. はじめに

近年、若者の間で観たり踊ったりする機会の多いダンスの種類として、ストリートダンスが挙げられる。その中でも、2011年から小学校体育授業の「表現運動・リズム遊び」として、ストリートダンスの1つであるロックダンスが取り入れられ、2012年からは中学校、2013年からは高等学校で「現代的なリズムのダンス」としてロックダンスとヒップホップダンスが選択科目として正式採用されることが文部科学省の方針により決定している。ストリートダンスの人口は、現在、日本国内で300万人とも言われており、中学や高校でも「ストリートダンス部」の創設が後を絶たない。多くの人がダンスに関心を持ち、教育という領域でもダンスは取り入れられてきているが、ストリートダンスに対する評価基準はほとんどないのが現状であり、またそのパフォーマンスを科学的に分析した研究もほとんどない。

ダンスにおける各種のパフォーマンスは、技術のみな

らず「見栄え」が重要な位置を占めており、運動を美的・芸術的観点から捉えるため、他のスポーツで行われる運動の目的とは大きく異なる（村松・福崎、2005）。他のスポーツでは、より早く走る、より多くの得点を入れるなど、1つの指標によって優劣をつけることができるが、ダンスパフォーマンスにおいては、より美しく、より巧みな動きが求められ、1つの指標では優劣をつけることは難しく、観る者の主観に左右される。このことが、ダンスパフォーマンスに対する研究を著しく困難にしている。しかし、舞台などでの熟練者のパフォーマンスは、観る者の多くが共通して魅了され、感動を与えるという事実を考慮すると、ダンスパフォーマンスには、観る者に与える共通した客観性が、その動作特性に含まれているのではないかと考えられている（水村・瀬田、2005）。

そこで本研究では、ダンスパフォーマンスの中から、特に滑らかさが求められる上肢のウェーブ動作に着目し、三次元動作解析装置を用いて、熟練者群、未熟練者

* 名古屋大学大学院教育発達科学研究科
** 茨城県立医療大学大学院保健医療科学研究科
*** 名古屋大学総合保健体育科学センター
* Graduate School of Education and Human Development, Nagoya University
** Graduate School of Health Sciences, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences
*** Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

群の相違を比較、検討し、ダンスパフォーマンスにおける熟練者の動作の特性の抽出を試みた。

2. 方法

2. 1 対象

ダンスパフォーマンス熟練者5名(年齢 30.4 ± 2.24 歳、身長 1.69 ± 0.08 m、体重 61.2 ± 7.7 kg、経験年数 9.8 ± 1.8 年)、ダンスパフォーマンス未熟練者9名(年齢 27 ± 5.5 、身長 1.69 ± 0.1 m、体重 61.8 ± 10.5 kg)の、計14名を対象(以下、被験者)とした。なお研究を行うにあたり、全員に本研究の目的と方法を十分に説明し、同意を得て行った。本研究は茨城県立医療大学倫理委員会によって承認を得た。

2. 2 課題

課題は、ダンスパフォーマンスの基本的な動きの一つに分類される上肢のウェーブ動作とした。ウェーブ動作は、片側の手指を起点にして始まった運動が、滑らかに、かつ律動的にもう片側の手指に移行するものである。しかし、実際には、上肢の各関節を上下に動かすことで、波の位相の変化を表出している運動であり、右上肢末梢(指尖)から始まった運動が、右手関節、右肘関節、右肩関節、左肩関節、左肘関節、左手関節、左上肢末梢(指尖)の順に伝播していく。これら一連の動作は、7相に分けることができ、表1に示した。右上肢末梢から始まり左上肢末梢まで伝播する上記のウェーブ動作に引き続き、逆相の左上肢末梢から右上肢末梢までのウェーブ動作を合わせて、本研究では1往復と定義し、右上肢から左上肢を往路、左上肢から右上肢を復路とした。

2. 3 手順

測定装置は、赤外線カメラ6台による三次元動作解析装置(Oxford Metrix 社製 Vicon512)を用い、赤外線カメラのサンプリング周波数は60Hzとした。三次元動作解析装置の反射マーカは、表2に示す14カ所に貼り付けた。

被験者は、40cmの台の上に端座位をとり、両足底を床面に接地した状態で、上肢のウェーブ動作を5秒間で

1往復行う課題を行った。メトロノームの1Hzの音刺激に合わせて検者が出した合図により、ウェーブ動作を開始させ、1秒から5秒までのカウントを検者が提示しながら行わせた。この際、できるだけ滑らかにウェーブ動作を行うよう要求した。

2. 4 データ処理

2. 4. 1 各関節の上下運動

まず各計測点として、表2より、P1を右手指、P2とP3の midpoint を右手関節、P4とP5の midpoint を右肘関節、P6を右肩関節、P7を左手指、P8とP9の midpoint を左手関節、P10とP11の midpoint を左肘関節、P12を左肩関節と定義した。各計測点の座標のZ軸成分を、各関節の上下運動として捉え、それらの振幅を各関節で算出した。さらに課題内での各マーカにおける垂直成分の最大移動幅に対する、各相での移動幅をパーセンテージで示した。

2. 4. 2 各関節角度

三次元動作解析装置より、各マーカの三次元座標から、左右の手関節(背屈・掌屈、橈屈・尺屈)、前腕(回内・回外)、肘関節(屈曲・伸展)、肩関節(屈曲・伸展、外転・内転、外旋・内旋)、肩甲骨(挙上・下制、前方・後方回旋、前方牽引・後退)の角度を算出し、さらに各相での角度変化量を算出した。

表2 反射マーカ貼付位置と計測点

番号	反射マーカ貼付位置	計測点
P 1	右中指先端	— 右 手 指
P 2	右橈骨茎状突起	> 右手関節
P 3	右尺骨茎状突起	
P 4	右上腕骨内側上顆	> 右肘関節
P 5	右上腕骨外側上顆	
P 6	右肩峰	— 右肩関節
P 7	左中指先端	— 左 手 指
P 8	左橈骨茎状突起	> 左手関節
P 9	左尺骨茎状突起	
P10	左上腕骨内側上顆	> 左肘関節
P11	左上腕骨外側上顆	
P12	左肩峰	— 左肩関節
P13	C7棘突起	
P14	胸骨柄	

表1 相分け

相	肢位
開始肢位	両肩関節外転位で手掌は床面と水平に向け、肘関節伸展、手関節中間位とする
1相	開始肢位から右手関節の上下運動が最高位になるまで
2相	1相から右肘関節の上下運動が最高位になるまで
3相	2相から右肩関節の上下運動が最高位になるまで
4相	3相から左肩関節の上下運動が最高位になるまで
5相	4相から左肘関節の上下運動が最高位になるまで
6相	5相から左手関節の上下運動が最高位になるまで
7相	6相から開始肢位に戻るまで

2. 4. 3 伝播速度の変動係数

各関節での振幅が最高位を取るポイントを、関節にウェーブが到達した点と定義し、ある関節に到達してから隣接した関節に到達するまでの時間と、隣接した関節間の距離を算出し、ウェーブの伝播速度を求めた。右指尖から右手関節、右手関節から右肘関節と、右肘関節から右肩関節、右肩関節から左肩関節、左肩関節から左肘関節、左肘関節から左手関節、左手関節から左指尖において伝播速度を算出することができ、各々の関節間での伝播速度のばらつきをみるために、被験者間で変動係数を算出した。

2. 5 統計処理

関節角度変化量は、上肢の関節全20項目において、相ごとに主成分分析を行った。成分抽出後は Varimax 回転を行い、得られた主成分得点を、熟練者・未熟練者の2群間で、対応のないt検定を用い、比較した。

伝播速度の変動係数における、熟練者、未熟練者の比較では、対応のないt検定を用いた。

統計学的有意水準は5%未満をもって有意とした。その際の統計学的検定には統計用ソフトウェア SPSS16.0 J for windows を用いた。

3 結果

ウェーブ動作1往復の課題として定義したが、今回は往路に焦点を当て、結果を述べる。

3. 4. 1 各関節の上下運動

熟練者、未熟練者の各関節の上下運動を表3に示す。各相において、移動距離のパーセンテージが大きいものから上位2つのポイントを着色して示した。縦軸が1相から7相と、時間の経過を示しており、横軸は右指尖から左指尖まで、ウェーブが伝播していく順に並んでいる。熟練者では、各相のウェーブを表出するための関節が中心となって上下運動が大きくなっていた。未熟練者の右上肢では、肘関節の上下運動が少なく、肘、肩関節の上下運動が主な動きとなる3、4相においても、指尖、手関節などの末梢部の動きが大きい値を示した。左上肢では、熟練者と比べ、適切な関節が適切なタイミングで上下運動が行われていなかった。

3. 4. 2 各関節角度変化量

各関節の相ごとの角度変化量を主成分分析した結果、2相の第3主成分（固有値：3.060）、3相の第4主成分（固有値：2.162）、4相の第1主成分（固有値：6.009）において、未熟練者より熟練者が有意に（ $p<0.05$ ）大きいという結果が得られた。2相の第3主成分は、右肩関節屈曲・伸展、右肩関節外転・内転、右肩関節外・内旋、右肩甲骨前方・後方回旋、右肩甲骨挙上・下制であり、『右肩周囲の動き』を示すと解釈した。3相の第4主成分は、右肩関節水平外・内転、右肩甲骨前方牽引・後退、左肩甲骨前方牽引・後退であり、『左右肩周囲の動き』を示すと解釈した。4相の第1主成分は、右肩関節水平外・内転、右肩関節外・内転、右肩甲骨前方・後方回旋、右肩甲骨挙上・下制、左肩甲骨前方牽引・後退、左肩関節外・内転であり、『左右肩周囲の動き』を示す

表3 各関節の上下運動
熟練者

	右指尖	右手関節	右肘関節	右肩関節	左肩関節	左肘関節	左手関節	左指尖
1相	52.4	44.9	22.9	10.8	2.1	1.2	2.4	2.9
2相	12.6	33.0	38.1	28.4	4.7	4.9	1.8	1.5
3相	15.5	18.5	20.2	32.0	5.8	7.1	6.3	6.6
4相	9.8	14.6	33.1	38.6	42.0	25.4	9.5	19.1
5相	14.6	14.2	8.6	9.1	35.4	53.0	22.6	19.8
6相	10.5	12.8	8.1	8.2	35.7	46.1	68.9	22.7
7相	5.2	4.8	5.5	7.1	10.0	28.8	40.1	47.6

未熟練者

	右指尖	右手関節	右肘関節	右肩関節	左肩関節	左肘関節	左手関節	左指尖
1相	63.2	16.8	29.5	26.4	8.3	7.8	11.5	6.1
2相	16.1	31.0	28.8	36.5	8.3	15.7	14.7	8.9
3相	14.3	33.4	19.3	26.4	14.1	7.7	8.6	6.2
4相	41.2	34.0	33.0	42.0	33.3	32.4	29.8	17.7
5相	7.3	10.0	15.2	12.9	74.2	29.7	35.7	16.5
6相	6.6	12.8	12.7	14.8	50.1	24.2	23.0	32.8
7相	8.6	9.1	6.9	3.8	21.5	96.8	62.2	57.0

(%：各相での移動幅／最大移動幅×100)

各相において、上下運動の大きい部位、上位2つを着色した。

と解釈した。2、3、4相において、熟練者は未熟練者と比べ、近位部の関節角度変化量が有意に大きい値を示した。

3. 4. 3 伝播速度の変動係数

ウェーブ伝播速度の変動係数は、図1に示すように、熟練者で 0.4 ± 0.1 、未熟練者で 1.0 ± 0.2 と、熟練者で有意に($p < 0.05$)小さかった。

4. 考察

ダンスパフォーマンスにおける上肢のウェーブ動作は、滑らかさが求められる動作であり、右上肢末梢、右手関節、右肘関節、右肩関節、左肩関節、左肘関節、左手関節、左上肢末梢の順に、各関節を上下運動させることで、波の伝播を模した動作である。滑らかな波とは、一定の速さで波が伝播すると考えることができ、そのためには、適切なタイミングで、適切な関節のみが上下運動を行うことが要求され、それ以外の関節は固定しておく必要がある。しかし、日常生活における上肢の運動では、末梢部分を最も大きく動かすことで、効率良く目標のものに手を伸ばしたり、掴んだりすることが多い。ウェーブ動作の中に含まれる、末梢部分は固定したまま中枢部分の上下運動を行うことは、日常生活において経験することはほとんどなく、難しい動きとして捉えることができる。

結果より、上肢のウェーブ動作において、(1) 各関節の上下運動、(2) 各関節角度変化量、(3) 伝播速度の変動係数で、熟練者と未熟練者に差が見られた。

まず(1)各関節の上下運動では、熟練者は、適切なタイミングで適切な関節の上下運動が大きくなっていたことに対し、未熟練者では、右肘、右肩関節の上下運動が主な動きとなる3、4相においても、右指尖、右手関節などの末梢部の動きが大きい値を示した。また、(2)各関節角度変化量において、2、3、4相で、熟練者は未熟練者と比べ、近位部の関節角度変化量が有意に大きい値を示した。これらのことから、熟練者は、右肘、右肩関節の上下運動が主な動きとなる3、4相において、近位部の関節角度、つまり肩関節、肩甲骨の角度変化量を大きくすることで、末梢部分の動きを制限し、中枢部分の上下運動を表出していると考えられる。

次に(3)伝播速度の変動係数では、未熟練者より熟練者で有意に小さい値を示した。変動係数が小さいということは、伝播速度が熟練者においてより一定であると捉えることができる。伝播速度は、各関節間の距離を考慮して算出した値であり、この伝播速度が一定であるということは、単に関節を右上肢末梢から順番に一定の

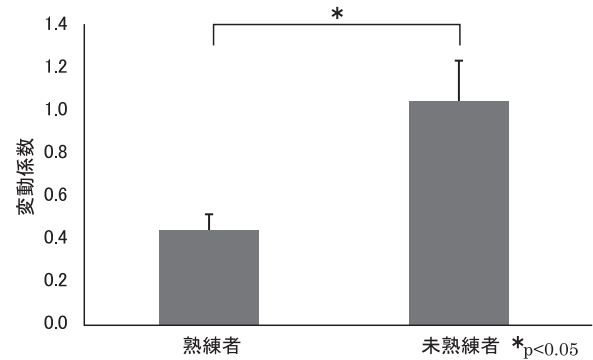


図1 伝播速度の変動係数

リズムで動かしているのではなく、熟練者においては各関節間の距離を踏まえた上で、一定の速度になるように伝播させていると考えられる。

上肢のウェーブ動作は、滑らかさが求められる動作である。この動作において、熟練者では、肩関節、肩甲骨の角度変化量を大きくすることで、末梢部分の動きを制限し、中枢部分の上下運動を表出し、また、単に関節を一定のリズムで動かしているのではなく、各関節間の距離を踏まえた上で、一定の速度になるように波を伝播させているという特性が得られた。これらの特性が、滑らかさの因子となり得る可能性があると考えられる。

今後は、熟練者の特性が、観る者の印象にどのように関連しているのかを明らかにし、ストリートダンスが学校教育に取り入れられた際に、一般化できるような評価基準を検討していく必要がある。

5. 要約

本研究では、ダンスパフォーマンスの上肢のウェーブ動作に着目し、熟練者、未熟練者の、(1) 各関節の上下運動、(2) 各関節角度変化量、(3) 伝播速度の変動係数を比較し、熟練者の特性を模索した。その結果、熟練者では、肩関節、肩甲骨の角度変化量を大きくすることで、末梢部分の動きを制限し、中枢部分の上下運動を表出し、単に関節を一定のリズムで動かしているのではなく、各関節間の距離を踏まえた上で、一定の速度になるように波を伝播させているという特性が得られた。

【文献】

- 村松香織, 福崎稔, 後藤真哉, 他. 舞踊におけるしなやかな動きのコントロール. バイオメカニズム学会誌. 2005; 9: 94-103
水村真由美, 瀬田亜耶子. 舞踊動作にみられる手足の動きの

- 表現性. バイオメカニズム学会誌. 2005 ; 9 : 120-127
- 桑野暘子, 徳力幹彦. 上肢の波動運動の分析的研究-筋電図を中心にして-. 千葉大学教育学部研究紀要. 1979 ; 28 : 73-82
- 永見邦篤, 中野昭一. 上肢-波動運動の巧みさに関する研究-. 体力学会. 1977 ; 26 : 103-113
- 村松香織. 舞踏表現のための上肢動作の特性. 東海大学短期大学部研究所報. 2003 ; 13 : 85-86
- 古川康一, 植野研, 尾崎知伸, 他. 身体知研究の潮流 - 身体知の解明に向けて -. 人工知能学会論文誌. 2005 ; 20 : 117-128
- 上里志穂子, 山田孝治, 玉城史朗, 他. 舞踏動作における感性情報と上肢運動の解析. 沖縄大学マルチメディア教育研究センター紀要. 2005 ; 5 : 23-30
- 村松香織. 舞踏表現のための上肢動作の特性. 東海大学研究所報. 2003 ; 13 : 85-86
- 若松美黄. 舞踊とバイオメカニクス. バイオメカニクス研究. 1999 ; 3 : 48-52
- Kuno-Mizumura M. Biomechanical characteristics of the movements performed by trained dancers. 9th annual meeting of International association for Dance Medicine and Science. London.1999: 43
- Kuno-Mizumura M, Mizumura S, Seta A. Biomechanical characteristics of arm movements in Swan Lake by skilled dancers. 14th annual meeting of International association for Dance Medicine and Science. San Francisco. 2004: 296-298
- Seta A, Kuno-Mizumura M. Biomechanical characteristics of Swan-like arm movement in classical ballet. 8th annual meeting of European Sports Science. 2002: 407
- Todorov E, Jordan M. Smoothness maximization along predefined path accurately predicts the speed profiles of complex arm movement. J Neurophysiol. 2002; 80: 696-714