

バレエ動作における身体認知要素と印象評価の関係についての基礎的研究

—ラフ集合を用いた舞踊分析方法の提案—

村松 香織 (東海大学) 広川 美津雄 (東海大学)

井上 勝雄 (株式会社ホロンクリエイト) 大岡 直美 (東海大学) 崔 一煥 (東海大学)

Basic Research in the Relationship Between Cognitive Body Elements and Impression Evaluation Words in Ballet Movements —Proposal of Rough Set Method for Dance Analysis—

Kaori MURAMATSU (Tokai University) Mitsuo HIROKAWA (Tokai University)

Katsuo INOUE (Holon Create Inc) Naomi OHOKA (Tokai University) Ilyong CHOE (Tokai University)

Abstract

The purpose of this study is to propose a new method for identifying the relationship between physical information (cognitive elements) about body parts that constitute classical ballet movements, and viewer impression. In order to uncover the quantitative relationship between the cognitive elements of ballet poses and impressions, the Affective engineering method (rough sets) was used to explore the human cognitive evaluation structure.

Among impression words, we focused on three antonyms (A. “dynamic ↔ static,” B. “linear ↔ curved,” and C. “well-intentioned ↔ ill-intentioned”), which were expected to be deeply related to the choreography of “Swan Lake.” According to the examination results of the impression words, the three antonyms A., B., and C. were classified based on the decision rules and each of the 19 silhouettes was classified into two different fields. The characteristics of A. “dynamic” was “stretching up high,” “balancing on one leg,” and “lifting the lower limb up high.” It represents ballet movement forms such as “arabesque” and “attitude” (movement lifting the leg up high behind the dancer). The characteristics of B. “linear” was “symmetric cross.” In other words, a strong “linear” image was drawn in the form of a cross. The characteristics of C. “well-intentioned” was “a vertically long shape, with hands rather closed.” This is similar to the everyday movement of straightening one’s back and positioning one hand on top of the other around one’s lower abdomen in a formal setting. These observation results helped verify through cases the effectiveness of the proposed analysis.

Keywords: classical ballet, rough sets, pose, Swan Lake

1. 研究背景と目的

バレエは21世紀においても活性化され続ける身体芸術の一つとして、感性情報を非言語コミュニケーションとしてグローバルに発信し続けてきた(志賀, 2014)。バレエ動作には、「ダイナミックな動作」、「ステイティックな動作(静止ポーズ)」、「移動の動作」、の三大要素が含まれ、中でも技術的ハイライトとなるダ

イナミックな動作後の「静止ポーズ」（以降「ポーズ」と略）は、観客にとって舞台上、最も印象的な瞬間であるという（Laws, 1984）。また、これまでにバレエダンサーの平衡能力に関する調査は数多くなされており、その中で作品振付上、難易度の高いバランスに対応する姿勢制御能力を測るために、スタティックなポーズが調査対象として用いられている（Lobo da Costaほか, 2013）（Michalskaほか, 2018）。然るにバレエ「ポーズ」はダンサーの平衡能力の観点から、また作品構成の観点からみても、一定の時間を割いて観客に感性情報を表象する重要な動作とすることができる。

これまでの全身的な舞踊動作の物理的特徴の抽出に関する研究として、モーション・キャプチャーからの情報を用いたロボティクスへの応用（池内, 2018）や、コンピュータ上の舞踊シミュレーションへの応用（二宮ほか, 2009）（曾我ほか, 2008）等の報告がみられる。また身体的物理量と感性情報の特徴を結びつけた研究として、ダンサー画像の特徴量抽出とラバンのeffort-shapeへの対応付け（原田ほか, 2001）（蓼沼ほか, 2002）、舞踊の抽象映像と感情表現の対応評価（鹿内ほか, 2011）等が挙げられる。舞踊鑑賞の研究では、意味空間構成のイメージに有効な8次元因子の抽出が行われた（頭川, 1995）。以上の先行研究より得られたことは、舞踊動作の物理量から適切な動作的特徴を抽出することは可能であり、また舞踊の感性情報を引き出すために、動作的特徴を用いて鑑賞者が持つ印象評価を既存の因子軸から捉える手法は有効、ということである。一方で、これらの先行研究で取り扱われた動作は、数分から数十分に渡った長めのシーケンスであった。その期間には、数えきれないほどのダンサーの身体形状の変化が存在する。今回著者らが目指しているのは、シンプルにダンサーの身体が創り出す「ポーズ（スタティック動作）」の身体形状と、鑑賞者の印象評価の関係を定量的に評価するための新しい手法を提案することである。今回はダンサーの重要な動作（静止ポーズ）を、ラバン理論のShape（投影像）の観点で捉え、全身形状から特徴量を考察した（Hutchinson, 1977）（中田ほか, 2001）（増田ほか, 2011）。

従来の舞踊研究の分析では因子分析もしくは主成分分析等を用いた手法の下、舞踊動作と印象評価の関係が述べられてきた（糟谷ほか, 1975）（頭川, 1995）（鹿内ほか, 2011）。これらの手法では、対象となるダンサーの全身的な動きや特定の身体部位は、（複数部位から構成される動きであるにもかかわらず）一つのまとまりとして認知されて印象の分析が行われてきた。一方で、今回使用する手法（ラフ集合）は、ダンサー身体を構成する複数の属性同士の関係を保ちながら、個々の属性における印象評価への寄与を明確化できる利点がある。よって、全身の各部位における動作を統合した全身的表象である舞踊動作の感性情報を識別するには、従来の解析方法より適した手法であると考えられる。また、量的なデータを扱う重回帰分析や、カテゴリカルデータを扱う数量化理論Ⅰ類、Ⅱ類等では、多重共線性の問題や、カテゴリー数がサンプル数を超えてはならないという制約がある。今回はラフ集合で解析することにより、これらの問題を回避することができる。本研究で舞踊動作の身体認知要素と鑑賞者の印象評価の関係分析を検証することにより、バレエ創作の場において、印象に合った身体形状を構成できると推測される。また通常のレッスンで使用しない部位形状の組み合わせ等によって、新規動作の構成が可能になるなど、舞踊研究にとっての貢献が推測される。

以上より、本研究では感性工学的手法（ラフ集合）を用いた基礎的研究として、舞踊動作と印象評価の関係を検証することを目標に、以下（1）（2）を行った。（1）「ポーズ」を構成する身体認知要素（身体部位）と、鑑賞者の印象評価の間に定量的な見解を得る。（2）鑑賞者がダンサーの動作を印象評価する認知評価構造を確認する。

2. 分析の方法

2.1. 感性工学的手法

感性工学の基本的な考え方は、人間の情緒的な「態度」や「印象」を設計の知識として用いることのできる具体的な「形態要素」に還元することである（森，1991）（井上ほか，2004）。この関係をパーソナル・コンストラクト理論に倣い（Kelly，2016）（小島ほか，1999）、今回の研究に当てはめて階層化し、鑑賞者の認知的なしくみを表した（図1.）。つまり、ポーズのシルエットを介して鑑賞者が階層的にダンサーの動作（身体形態要素）を印象評価する図式が描かれる。

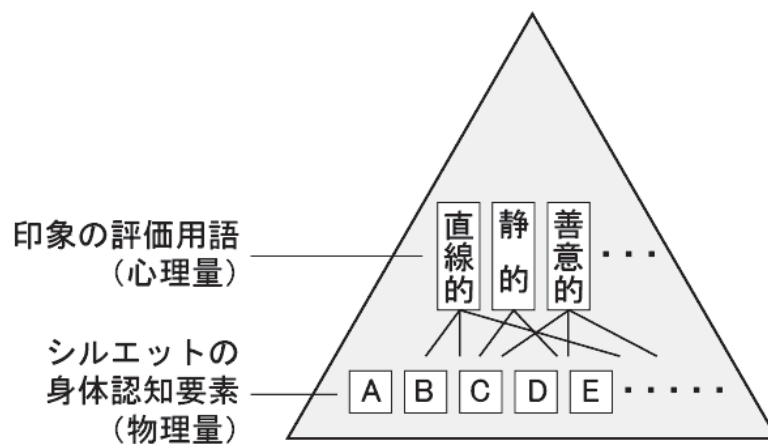


図 1. 印象評価と身体認知要素の関係

感性工学では、工業製品の認知評価構造を求めたり、その逆問題である形態要素を求めたりする手法としては、主に歴史のある線形式の多変量解析の手法で求めていた。しかし人の持つ感性は非線形な特徴をもつため、前述した多重共線性が起こる要因とも言われている。他方、実際に感性工学の調査・実験の分析を行う際に、多くのサンプルを収集することは困難なため、変数の方が多くなってしまうことが普通である。そこで、今日の数理科学で紹介されている非線形式の手法が用いられている（原田ほか，1993）（原田ほか，1994）（田慕ほか，1995）。前述したようにサンプル数の課題や多重共線性の回避などの利点から、ラフ集合を用いる方法が特に注目されている。（Zadeh，1997）（Ziarkoほか，2002）（Alpighiniほか，2002）（Hiranoほか，2001）。報告者らもこれまでにラフ集合のいくつかの適用研究を行ってきた（Inoueほか，2000）（井上ほか，2001）（井上ほか，2004）（広川ほか，2008a）（広川ほか，2008b）。

2.2. ラフ集合と決定ルールの求め方

本研究では、1982年にポーランドのZ. Pawlak 教授によって提案されたラフ集合（Pawlakほか，1982）の計算をShan&Ziarkoのアルゴリズム（Shanほか，1993）で行った。この方法によるラフ集合の決定ルールの具体的な求め方について、図2.の例題を用いて説明する。図2.の決定行列の表内の結論「Y=1」と「Y=2」を識別するのは、サンプルU1とU2の各条件属性（以後、属性）を比較して、同じでないものが四角枠で示すように、U1では条件属性値（以後、属性値）「A」と「G」である。なお、属性内の1～5の数字は属性番号を示す。結論を決定属性、結論の原因となる属性を条件属性と呼ぶこともある。

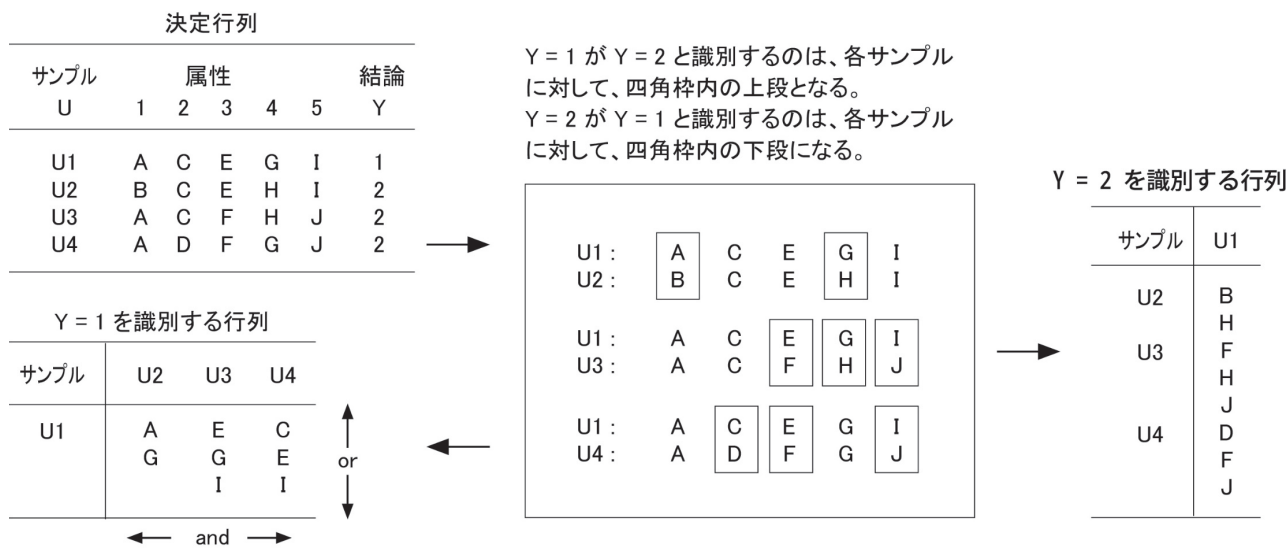


図2. ラフ集合の決定ルール求め方

一方、「Y=2」を識別する視点では、U2では属性値「B」と「H」となる。同じように、U1とU3の場合、U1 (Y=1) では「E」「G」「I」で、U3 (Y=2) では「F」「H」「J」となる。また、U1とU4の場合、U1 (Y=1) では「C」「E」「I」で、U4 (Y=2) では「D」「F」「J」となる。

この考察結果から、「Y=1」と「Y=2」を識別するU1とU2～U4の各属性値を表にすると、図2.の左下のY=1を識別する行列になる。同じような考察から、「Y=2」と「Y=1」を識別するU2～U4とU1の関係は、図2.の右側のY=2を識別する行列になる。この行列から、U1 (Y=1) の決定ルール条件部は、行列の横方向が「and」で、縦方向が「or」として、次の式から求める。

$$(A \vee G) \wedge (E \vee G \vee I) \wedge (C \vee E \vee I)$$

なお、 \vee は「or」で、 \wedge は「and」を示す。

この式を論理演算で展開すると、

$$(A \wedge E) \vee (A \wedge I) \vee (G \wedge C) \vee (G \wedge E) \vee (G \wedge I)$$

となる。

この結果から、結論「Y=1」(U1) を決定するのは5種類求められるが、その中で、AとEの組み合わせが一つに上げられる。つまり、決定ルールは、「if A and E then Y=1」(例えば、高熱で鼻水ならば風邪)である。このことは、図2.の決定行列の表内を眺めると、AとEの組み合わせは、各U2～U4の中にはないことが見て分かるので、結論「Y=2」を識別する決定ルールの条件部であることが分かる。同様に、AとI、GとC、GとE、GとIの組み合わせについても同じことが見て分かる。なお、決定ルール「if A and E then Y=1」における条件部(この場合A and E)を「決定ルールの条件属性」と呼ぶ。またA、Eを「決定ルールの条件属性値」という。このように、ラフ集合の決定行列から結論を導く属性値の組み合わせで求まることが大きな特徴である。以降の記述では、AとEの組み合わせ(A ∧ E)は便宜的にAEと書く。一方、結論「Y=2」の決定ルール条件部も、上記の考え方と同じように計算を行う。

結論「Y=1」または「Y=2」を結果とする全サンプルの内、ある決定ルールにあてはまるサンプルの占める割合をその決定ルールのCI値(Covering Index)であらわし、値が高いほど信頼性が高いという情報としてみなす。従来、ラフ集合を用いてイメージに寄与する属性値を求める場合、CI値が高い決定ルール条件部だけを取り出して考察していた。報告者らはさらにCI値の閾値を設けることによって、強い属性の単

独または組み合わせの決定ルールを抽出する決定ルール分析法を使った（井上ほか，2001）。これは決定行列から求められるたくさんの決定ルール条件部を、その決定ルールの演算で一緒に求められるパラメータをもとに統計的観点を加味して分析評価できる。これは、多変量解析で用いられている目的変数に寄与する説明変数の関係を分析するのと似た方法で分析結果を考察できるという利点がある。

2.3. バレエ・ポーズの調査分析

2.3.1. 印象評価語の設定と身体認知要素の抽出

観客の印象評価とダンサーの身体認知要素（認知的な身体部位）の関係をラフ集合と決定ルール分析法で求めるために、印象評価語（以降、印象語）および身体認知要素を抽出した。まず舞踊関連の先行研究や（頭川，1995）（沼口ほか，2009）（鹿内ほか，2011）、感性工学分野で使われている印象語（感性ワード）を分類・整理し（長町，1995）（菅原ほか，2018）、ラフ集合の結論に使用した。

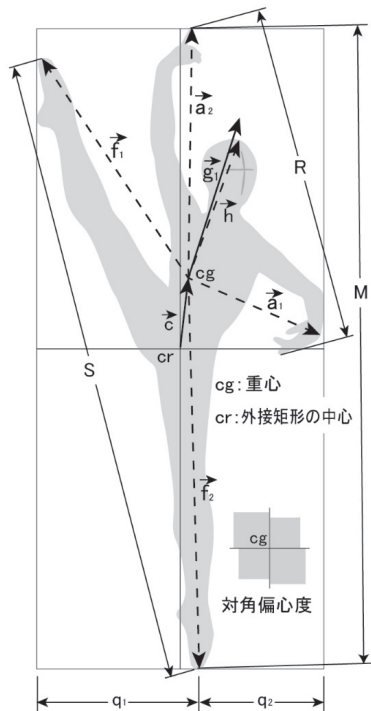
先行研究の8因子の意味空間構成モデル1）～8）（頭川，1995）に対し、本研究では以下の「印象語」を設定し対応させた：1）明快性因子→「善意的な⇔悪意的な」、2）審美性因子→「美しい⇔美しくない」、3）力動性因子→「静的な⇔動的な」、4）弾力性因子→「直線的な⇔曲線的な」、5）調和性因子→「バランスの良い⇔アンバランスな」、6）重量性因子→「上昇的な⇔下降的な」、7）難易性因子→「複雑な⇔シンプルな」、8）空間性因子→「広がりがある⇔広がりが無い」。今回は先行研究から、バレエ作品間で特徴が表れやすい2因子（「力動性因子」および「弾力性因子」）には、「静的な⇔動的な」と「直線的な⇔曲線的な」を対応させた（頭川，1995）。また「善意的な⇔悪意的な」を設定した意図は、上記8因子の中で「明快性因子」に対応し、かつ今回分析対象としたプティパ・イワノフ版振付の特徴として、白鳥と黒鳥の振付に関連するキーワードとなるためである（上村，2001）。

なお、前述8因子を図1のパーソナル・コンストラクト理論で捉えると、印象語は図中三角形の「印象の評価用語（心理量）」に相当する。（今回は印象語の階層的分類を行っていないが）三角形領域において、各印象語は具体的レベルから抽象的レベルの階層で構成され、上述2対語（「静的な⇔動的な」「直線的な⇔曲線的な」）は具体的レベル、「善意的な⇔悪意的な」は抽象的レベルにそれぞれ位置する。以上が印象語の選択基準となる。

次に、身体認知要素の抽出方法であるが、「白鳥の湖」の動画（原振付：マリウス・プティパ，レフ・イワノフ，英国ロイヤル・バレエ団，2009年）から19の重要なポーズ（シルエットa～v）を静止画像として抽出し、二値化処理後シルエットを作成した。対象とした踊りは、女性プリンシパル（主役ダンサー）ソロ・パートの2ピースとした（第2幕オデットのソロ「白鳥の踊り」と第3幕オディールのソロ「黒鳥の踊り」）。本振付は、同一のプリンシパルが「白鳥の踊り」と「黒鳥の踊り」を演じ分ける点が、鑑賞者にとって作品の見どころの一つとして構成されている。なお、動画の選定理由は、本作品がプティパ・イワノフ原振付であり、かつベネッシュ・ノーテーションのスコア上で振付の確認をすることができ、また再演回数が把握されている（2006年の時点で約1000回）。これに加え、コレオロジスト（choreologist）のいる英国ロイヤル・バレエ団では、ベネッシュ・ノーテーションのスコアを元に作品の再演が振付に忠実に実行されていると考えたためである。

これまでの感性工学的視点による類似手法の分析では、対象者の画像情報を元にシルエットを抽出し、その印象評価との関連性を検証した結果、有効性が報告された（沼口ほか，2009）（菅原ほか，2018）（中田，2001）。本研究では上記の抽出方法で得られた画像情報を元に、バレエ鑑賞者が注目する身体認知要素として、各シルエットから22の属性を選定した（図3）。各属性には、大中小など3つの属性値を設定し、計66個の属性値を作成した。これらの物理的特徴量を元に、ラフ集合のダミー変数表を作成した。

属性の設定は、一般的な多変量解析で使用される決定表作成時に属性を選択する時の手順と同様に行った。



属性		属性値		属性		属性値	
A	シルエットの面積 px	大	A1	L	重心移動ベクトル（垂直成分）の大きさ $ G_y $ px: 外接矩形の中心からシルエットの重心へ向かうベクトルの垂直成分の大きさ。	長い	L1
		中	A2			中	L2
		小	A3			短い	L3
B	シルエットの外周 px	大	B1	M	長軸の長さ M px: シルエットが外接矩形に接する2点を結ぶ最も長い距離。	長い	M1
		中	B2			中	M2
		小	B3			短い	M3
C	シルエットの高さ px	大	C1	N	四肢ベクトル（合成）の角度°: X軸からの角度 (< 90°)。	上向き	N1
		中	C2			中	N2
		小	C3			下向き	N3
D	シルエットの幅 px	大	D1	O	重心移動ベクトルの角度°: X軸からの角度 (< 90°)。	上向き	O1
		中	D2			斜め上	O2
		小	D3			横	O3
E	シルエットのアスペクト比(高さ/幅)	大・縦長	E1	P	長軸の傾きの角度°: X軸からの角度 (< 90°)。	垂直	P1
		中	E2			やや垂直	P2
		小・横長	E3			斜め	P3
F	複雑度(外周 ² /面積)	大	F1	Q	水平バランス比 (q1/q2): 支持足接地点から外接矩形左辺への距離 / 支持足接地点から外接矩形右辺への距離。	大	Q1
		中	F2			中	Q2
		小	F3			小	Q3
G	対角偏心率: 重心によって4分割されたシルエット面積の偏り(右下図)。	大	G1	R	両手間の距離 px: 左右手部で最も遠位となる2点の距離。	大	R1
		中	G2			中	R2
		小	G3			小	R3
H	四肢ベクトル（合成）の大きさ $ g_1 $ px: 四肢と頭の最遠位部へ向かうベクトルの和の大きさ。 $ g_1 = a_1 + a_2 + f_1 + f_2 + h $	大	H1	S	両足間の距離 px: 左右足部で最も遠位となる2点の距離	大	S1
		中	H2			中	S2
		小	H3			小	S3
I	四肢ベクトル（総和）の大きさ $ g_2 $ px: 四肢と頭の最遠位部へ向かうベクトルの大きさの和。 $ g_2 = a_1 + a_2 + f_1 + f_2 + h $	長い	I1	T	上肢のポジション: T1: 線対称 T2: 点対称 T3: T1・T2 以外	対称	T1
		中	I2			点対称	T2
		短い	I3			非対称	T3
J	重心移動ベクトルの大きさ $ c $ px: 外接矩形の中心からシルエットの重心へ向かうベクトルの大きさ。	大	J1	U	下肢のポジション: U1: 線対称 U2: 点対称 U3: U1・U2 以外	対称	U1
		中	J2			点対称	U2
		小	J3			非対称	U3
K	重心移動ベクトル（水平成分）の大きさ $ c_x $ px: 外接矩形の中心からシルエットの重心へ向かうベクトルの水平成分の大きさ。	長い	K1	X	体軸の曲がり: X1<170° X2=170° X3>170° (誤差 ±5°)	大	X1
		中	K2			中	X2
		短い	K3			小	X3

図3. バレエ・ポーズの身体認知要素

すなわちラバン特徴（増田，2011）、バレエテクニックやベネッシュ・ノーテーション上の特徴（Warren, 1989）(Taylor-Hall, 2000)、解剖学的特徴（持丸ほか，2006）、絵画・画像形態の特徴（村山，1988）等を参考に、印象に影響を与える可能性のある身体認知要素をラフ集合の条件属性として設定した。属性値の設定は、カテゴリカルデータを多変量解析で使用するときの通常の手順に従い、各シルエット画像の物理的特徴量を属性ごとに算出した上で、その数値を元に連続量のデータを3等分にカテゴリライズした。それぞれを大・中・小と名付けた。ただし、T：上肢のポジション、とU：下肢のポジションのみは非連続量をカテゴリライズした。

上記の設定に関して、筆者らが実際に行った作業内容は以下の通りであった。バレエ教師に研究の趣旨を伝え同意を得た後、筆者らと共に動画からポーズの選定を行った。続いて先行研究を元にバレエに適した身体部位の区分の考案を行い、これを元にバレエ教師と協議して具体的な属性と属性値の設定を行った。なお、バレエ教師の経歴は、RAD認定バレエ教師1名および現役バレエ教師2名。いずれも指導歴15年以上である。

2.3.2. 質問紙調査とラフ集合の分析

印象語に対して、各シルエットがどの程度該当するかを、7段階評価のSD法で質問紙調査を実施した（2019年7～9月実施）。なお、調査資料の精度向上のため、対象はバレエに対する知識や興味の高いバレエ上級者32名（バレエ教師、プロフェッショナル・レベルのバレエダンサーおよびバレエ歴10年以上の上級者）とした。この手順で得られた各シルエットに対する各回答者の印象評価値の平均値を元にシルエット(a～v)を二分割し、ラフ集合の結論「Y=1」、「Y=2」として決定表を作成した（表1.）。解析には、ラフ集合解析ソフトウェア（ホロン・クリエイト社製）を使用した。また本研究は、著者所属大学研究倫理委員会の「人を対象とする研究」倫理審査にて承認された（No.19142）。

シルエット	属性																					結論 Y	
a	A3	B2	C3	D2	E2	F2	G1	H1	I3	J3	K2	L3	M3	N3	O2	P2	Q2	R3	S2	T2	U1	X1	1
b	A1	B1	C2	D1	E2	F1	G3	H2	I2	J1	K3	L1	M1	N1	O1	P3	Q3	R2	S1	T1	U2	X2	2
c	A3	B3	C2	D2	E2	F3	G1	H2	I2	J1	K2	L1	M1	N2	O1	P3	Q3	R1	S2	T2	U3	X1	1
d	A3	B3	C3	D3	E1	F3	G3	H2	I3	J2	K2	L2	M3	N3	O2	P1	Q1	R3	S3	T3	U1	X3	2
e	A3	B3	C1	D3	E1	F3	G1	H1	I2	J2	K1	L3	M1	N1	O3	P2	Q1	R3	S3	T2	U2	X1	1
g	A1	B2	C3	D1	E3	F3	G2	H1	I2	J1	K1	L1	M3	N2	O2	P3	Q1	R3	S1	T3	U2	X1	1
h	A2	B2	C1	D2	E2	F2	G1	H1	I2	J1	K1	L2	M1	N2	O2	P2	Q1	R2	S1	T2	U3	X1	1
j	A3	B3	C3	D2	E3	F3	G3	H3	I3	J2	K3	L2	M3	N1	O1	P1	Q3	R2	S3	T1	U1	X3	2
l	A2	B2	C2	D3	E1	F2	G2	H2	I1	J3	K2	L3	M2	N2	O2	P2	Q2	R3	S2	T2	U3	X2	1
m	A3	B1	C2	D3	E1	F1	G2	H3	I2	J3	K3	L3	M2	N3	O3	P2	Q3	R1	S2	T2	U3	X2	2
n	A2	B2	C3	D1	E3	F2	G3	H3	I3	J2	K3	L1	M3	N3	O1	P1	Q3	R1	S3	T1	U1	X3	2
o	A1	B1	C3	D1	E3	F1	G2	H2	I1	J3	K3	L3	M1	N3	O1	P3	Q3	R1	S2	T2	U3	X1	1
p	A1	B1	C1	D2	E2	F1	G2	H3	I2	J2	K3	L1	M1	N1	O1	P1	Q3	R2	S1	T2	U2	X1	2
q	A2	B2	C1	D2	E2	F2	G1	H1	I1	J2	K1	L3	M1	N1	O3	P1	Q1	R3	S2	T1	U3	X2	1
r	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	I2	J1	K2	L1	M2	N2	O2	P3	Q2	R1	S1	T2	U3	X1	1
s	A2	B1	C2	D1	E3	F2	G1	H2	I2	J1	K1	L1	M3	N2	O2	P3	Q2	R2	S1	T2	U2	X1	2
t	A3	B3	C1	D3	E1	F3	G1	H3	I3	J3	K2	L3	M1	N1	O3	P2	Q2	R2	S2	T3	U3	X3	2
u	A2	B2	C2	D3	E1	F3	G3	H1	I3	J2	K3	L2	M2	N1	O1	P1	Q3	R3	S3	T1	U1	X3	2
v	A3	B2	C3	D1	E3	F2	G2	H3	I1	J2	K2	L2	M3	N3	O2	P2	Q2	R2	S3	T2	U2	X3	2

表1. 決定表（曲線的な⇔直線的な）

3. 結果および考察

バレエ動作を構成する身体認知要素（身体部位の情報）と、舞踊鑑賞者視点の印象評価との階層的関係を、一連の手法（ラフ集合と決定ルール分析法）で分析した。その結果を、属性値の組み合わせパターン（以後、組み合わせパターン）として求めた。属性の全体集合と同等に、対象を識別するために必要な最小の属性の部分集合を「縮約」という。

視覚芸術的視点から捉えると、鑑賞者による静止画への印象は、物理的に静止した現実と、表象としての運動性という二重の現実が統合された運動感として知覚される。ポーズの姿勢形状（運動感の知覚）は特定方向への動作の結果であり、形態の「ダイナミック（⇔スタティック）・コンポジション」として鑑賞者に知覚される（村山，1988）。然るに以後、各シルエットを二次元表象における運動感の認知として考察する。これに基づき動きの印象は、「ダイナミック」「スタティック」の言葉で表す。また、ラバン特徴項目に関する属性の考察は、今回はSpace、Incrination、Areaに倣い「身体動作感の方向的偏り（属性：H）」「姿勢形状の偏り（属性：J,K,L,Q）」「身体形状の広がり（属性：D,E,G）」の視点とする（増田，2011）。以後、従前で選択した3種の評価対語ごとに考察する。

3.1. 印象対語の評価：「曲線的な」⇔「直線的な」

図4は、各シルエットが得たSD評価値順に「曲線的な」から「直線的な」まで並んでいる。最も「曲線的な」印象評価値を得たシルエットは1（図中左端）で、最も「直線的な」印象評価値を得たシルエットはj（図中右端）である。印象評価「曲線的な」の結果で求められた組み合わせパターンを縮約すると、R3L3、Q1H1K1およびN2B2U3であった。「直線的な」で得られた結果は、単独の属性でG3、H3およびX3であった。

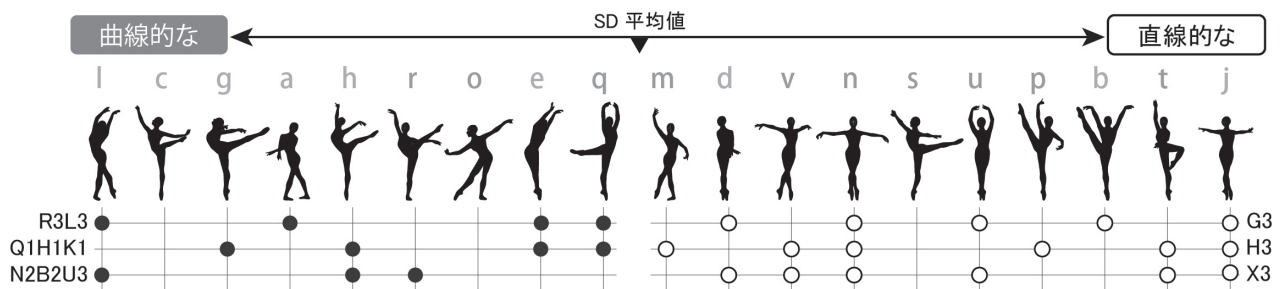


図 4. 印象評価と組み合わせパターン (曲線的な⇔直線的な)

3.1.1. 「曲線的な」身体認知要素の特徴

1) R3L3

図3より、両手間の距離が小 (R3)、かつ重心移動ベクトル (垂直成分) が短い (L3)。シルエット l、a、e、q。両手の距離が近く、かつシルエットの外接矩形中心からシルエット重心へ向かう垂直上方向へのベクトル値が小さいことから、「姿勢形状の上方向への偏り」は小さい。

2) Q1H1K1

水平バランス比が大 (Q1)、かつ四肢ベクトル (合成) の大きさが大 (H1)、かつ重心移動ベクトル (水平成分) の大きさが大 (K1)。シルエット g、h、e、q。支持足接地点から外接矩形左辺への距離と外接矩形右辺への距離の差が顕著であり、「姿勢形状の水平方向の偏り」は大きい。かつ四肢先端と頭頂へのベクトル合成値は大きいことから、「身体動作感の方向的偏り」は大きい。視覚芸術において、運動の (二次元表象における) 効果的描写で運動が不可避に見えるとき運動感は最も効果的になる (Ward、1979) と述べられている通り、視覚的中心 (外接矩形の中心) と物理的中心 (重心) の水平方向のずれが、ダイナミックな印象の形状を構成する。

3) N2B2U3

四肢ベクトル (合成) の角度が中 (N2)、かつシルエット外周が中 (B2)、かつ下肢のポジションが非対称 (U3)。シルエット l、h、r。四肢先端と頭頂への合成ベクトルと X 軸の角度は中程度である。該当シルエットは「クロワゼ」(ダンサーの向きが斜め方向) の「アラベスク」(遊脚の後方移動・挙上動作) である。下肢ポジションは、舞台を正面から見ている観客 (前額面) へのダンサー投影像において非対称的である。

3.1.2. 「直線的な」身体認知要素の特徴

1) G3

対角偏心度 (図3参照) が小 (G3)。シルエット j、b、u、n、d。重心によって4分割されたシルエット面積は、第1から第4の各象限で偏りが少ない。「身体形状の広がり」の視点では、左右上下方向において該当シルエットは対称的要素がみられる。

2) H3

四肢ベクトル (合成) の大きさが小 (H3)。シルエット j、t、p、n、v、m。四肢先端と頭頂へのベクトル合成値は小さく、かつ重心付近にベクトルが位置する。つまりベクトル (合成) の左右・上下方向の偏りは少なく、「身体動作感の方向的偏り」は小さい。

3) X3

体軸の曲がり角が小 (X3)。シルエット j、t、u、n、v、d。これらは体軸がまっすぐなタイプである。左右肩峰点中点、左右腸棘点中点、接地点（両足接地の場合は左右足部接地点の中点）の3点のなす角度 ($\leq 180^\circ$) が170度より大きく、つまり三点は、ほぼ一直線上に位置する。顕著な体軸の曲がり角は認められず、直線的な体軸ラインとなる。

3.1.3. 印象対語（「曲線的な」⇔「直線的な」）と身体認知要素の関係

以上より「曲線的な」印象では、身体認知要素の「姿勢形状の偏り」は、水平方向に大きく、垂直方向に小さい傾向が現れた。視覚芸術における非対称の構図は、対称と比較して運動感と弛緩を表し（村山, 1988）、多く起用することで統制的なイメージが乱れるという（McMamus, 2005）。水平方向における「姿勢形状の偏り」と「下肢ポジションの非対称性」の要素は、「曲線的な」印象にダイナミックな運動感を与える。また「直線的な」印象では、身体認知要素における「身体形状の広がり」は偏りが小さく、体軸に対して「対称的な身体形状」を構成することや、「体軸をまっすぐ」に保つことが、このイメージを形成する要素として示された。今回の分析で顕著な「直線的な」印象は、「十字形状」との関連性が強いことが解った。

3.2. 印象対語の評価：「動的な」⇔「静的な」

図5は、各シルエットが得たSD評価値順に、「動的な」から「静的な」まで並んでいる。最も「動的な」印象評価値を得たシルエットはh（図中左端）で、最も「静的な」印象評価値を得たシルエットはd（図中右端）である。「動的な」で得られた結果は、J1、R2、およびS1であった。「静的な」で得られた結果は、D3R3、E1R3、J2R3、L3R3T2、およびL3J3T2であった。

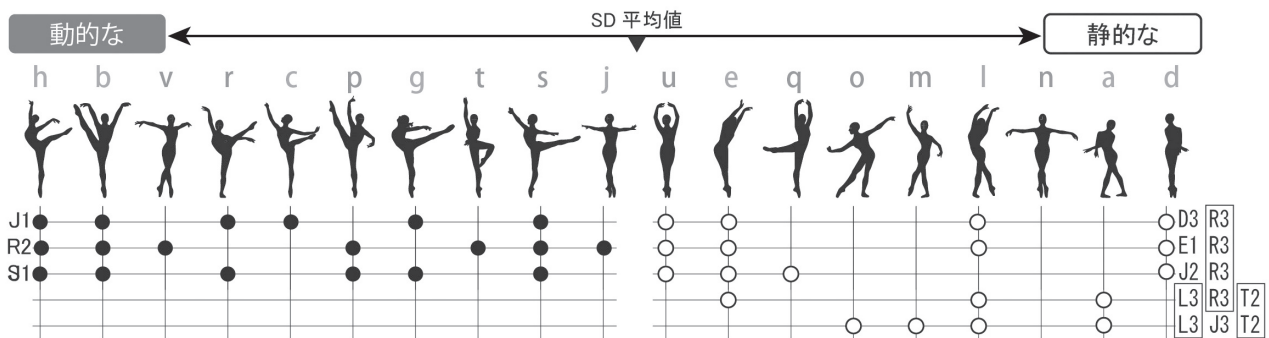


図5. 印象評価と組み合わせパターン（動的な⇔静的な）

3.2.1. 「動的な」印象の身体認知要素の特徴

1) J1

重心移動ベクトルの大きさが長い (J1)。シルエット h、b、r、c、g、s。外接矩形の中心からシルエット重心へ向かうベクトルが大きい。シルエットとの対応では、上肢と下肢を大きく挙上した「アラバスク」、「ア・ラ・スゴンド」等が相当する。

2) R2

両手間の距離が中 (R2)。シルエット h、b、v、p、t、s、j。両手間の距離が中程度な上肢ポジションである。

3) S1

両足間の距離が大 (S1)。シルエット h、b、r、p、g、s。両足間の距離が大きく、「遊脚を高く挙上す

る」形状である。該当シルエットは「アラベスク」、「ア・ラ・スゴンド」である。シルエットh、b、r、g、sは、S1とJ1の両方の属性をもっている。つまり両者の属性を併せて考えると、多くのシルエットは視覚中心から重心へのベクトルが大きく、「姿勢形状の偏り」は大きい。「曲線的な」印象では、重心移動ベクトル（水平成分）が大であり、「動的な」印象では（J1、S1をシルエットで確認した結果）斜め上へのずれが特徴的であった。

3.2.2. 「静的な」印象の身体認知要素の特徴

「静的な」印象として5つの組合せパターンが示された。R3は5つの組合せパターンのうち4つに共通するコア属性値であり、L3とT2は2つに共通している。よって、以下のタイプ間では類似した特徴を持つ傾向がみられる。なお「コア属性値」は、複数の組合せパターンの一部を共有しあっている重要な属性値であることを示す。

1) D3R3、E1R3

シルエットの幅が小（D3）またはシルエットのアスペクト比が大きく縦長（E1）、かつ両手間の距離が小（R3）。シルエットd、l、e、u。「身体形状の広がり」は小さく、身体を細く小さく見せている。これらの身体形態要素を日常動作における類似例で示すと、「畏まった時に足をそろえて背筋を伸ばし、両手を重ねて下腹部付近に位置させる」形状が相当する。これまでに、バレエの身体認知要素と印象評価との関係进行分析した研究は報告されていないので、以下は推測の域になるが、舞踊の全身ポーズ写真を用いた印象評価の因子分析（糟谷ほか、1975）において、今回の「両手間の距離が小タイプ」に類似するポーズは静的な位置に配置され、本結果と矛盾しない。

2) J2R3

重心移動ベクトルの大きさが中（J2）、かつ両手間の距離が小（R3）。シルエットd、q、e、u。これらは、基本姿勢に近い状態で両手を寄せたタイプである。「姿勢形状の偏り」は中程度であるが、両手間の広がりはいささか小さい。

3) L3R3T2、L3J3T2

重心移動ベクトルの大きさが短い（J3）または両手間の距離が小（R3）、かつ重心移動ベクトルの垂直成分値が小（L3）、かつ上肢のポジションが点对称（T2）。シルエットa、l、m、o、e。具体的シルエットは、支持足「ア・テール（踵接地）」、「ポアント（つま先立ち）使用が少ない」および「脚を挙上しない」。また、上記2つの組み合わせパターンに共通する「L3」は、外接矩形中心からシルエット重心へ向かう垂直上方向へのベクトル値が小さく、「姿勢形状の上方向への偏り」は小さい。「L3」と「R3」は「曲線的な」印象の身体認知要素としても抽出され、「曲線的な」を構成する要素と「静的な」を構成する要素は、「姿勢形状の上方向への偏りが小さい」かつ「両手の広がり小さい」点において一部共通する。

3.2.3. 印象対語（「動的な」⇔「静的な」）と身体認知要素の関係

「動的な」印象の身体認知要素には、視覚的中心から物理的中心への斜め上のベクトルが大きい要素が抽出された。「アラベスク」「ア・ラ・スゴンド」のような「遊脚の高い挙上」が特徴である。「静的な」では、「シルエットの幅が小さく縦長」かつ「両手間の距離が小さい」など、「体を細長く」して「身体形状の広がり」を抑制する要素が抽出された。「ア・テール（踵接地）」、「ポアント（つま先立ち）なし」、「脚の挙上なし」のポーズに代表され、垂直方向ベクトルが小さい。

以上より「動的な」印象の要素と「静的な」印象の要素には、「上方への姿勢形状の偏り」にそれぞれの特徴が現れていた。「動的な」印象では、斜め上へのずれが大でダイナミックな運動感が示され、「静的な」印象では「姿勢形状の上方向の偏り」や全身的な広がりが抑制されていた。

3.3. 印象対語の評価：「悪意的な」⇔「善意的な」

図6は、各シルエットが得たSD評価値順に、「悪意的な」から「善意的な」まで並んでいる。最も「悪意的な」印象評価値を得たシルエットはv（図中左端）で、最も「善意的な」印象評価値を得たシルエットはc（図中右端）であった。「悪意的な」で得られた結果はI2R2、U2R2T2であった。「善意的な」で得られた結果はS2、B2R3、R1Q3およびU3L3であった。

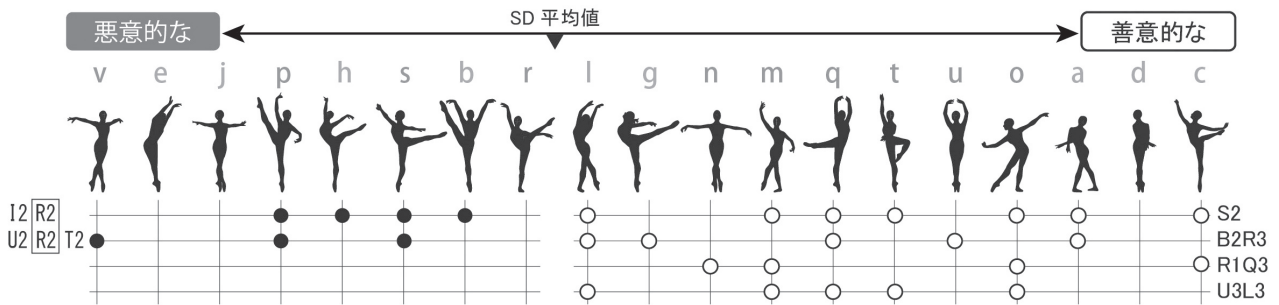


図6. 印象評価と組み合わせパターン（悪意的な⇔善意的な）

3.3.1. 「悪意的な」印象の身体認知要素の特徴

「悪意的な」印象として2つの組み合わせパターンが示された。R2は2つに共通しているコア属性値である。

1) I2R2

四肢ベクトル（総和）の大きさが中（I2）、かつ両手間の距離が中（R2）。シルエットp、h、s、b。四肢の総合的な広がりや、両手間の距離が中程度の身体認知要素が識別され、具体的シルエットは「上肢や下肢の挙上が大きめ」の「アラバスク」や「ア・ラ・スゴンド」である。

2) U2R2T2：

下肢のポジションが点对称（U2）、両手間の距離が中（R2）、上肢のポジションが点对称（T2）。シルエットv、p、s。四肢の部位ポジション（下肢・両手・上肢等）が関連する属性の組み合わせとして抽出された。具体的シルエットで確認した結果、ダンサーの身体の向きは共通して「クロワゼ」ポジション（顕著な斜め向き）である（頭部の向きや視線を含む：シルエットには視線がわかるように顔の正中ラインと左右眼窩上縁ラインを描写）。

3.3.2. 「善意的な」印象の身体認知要素の特徴

1) S2

両足間の距離が中（S2）。シルエットc、a、o、t、q、m、l。下肢の挙上や広がりや中程度の「アラバスク、アティテュード（後方挙上した遊脚膝の屈曲動作：c、q）」や「パッセ（側方挙上の遊脚膝を屈曲、同側つま先を支持脚膝脇に位置させる動作：t）」が該当する。また両足を接地したままのポーズ（支持側ア・テール）で「タンデュ・ア・ラ・スゴンド」（両足接地、遊脚つま先を伸展して側方ポジション：o）や「タンデュ・デリエール」（両足接地、遊脚後方ポジション：m、l）等が混在し、上や横方向への「姿勢形状の偏り」に関する要素は抽出されない。

2) B2R3

シルエットの外周が中（B2）、かつ両手間の距離が小（R3）。シルエットa、u、q、g、l。全体的形状の外周は中程度で、両手を近づけた形状が抽出された。R3「両手の距離が近い」身体認知要素は、「静的な」印象と「曲線的な」印象でも抽出された。

3) R1Q3

両手間の距離が大 (R1)、かつ水平バランス比が小 (Q3)。シルエット c、o、m、n。両手は大きく広げられ、支持足接地面からシルエット外接矩形の左辺・右辺への距離はほぼ等しい。「姿勢形状の水平方向の偏り」が少なく、水平方向における対称的要素が含まれる。

4) U3L3

下肢のポジションが非対称 (U3)、重心移動ベクトルの垂直成分の大きさが小 (L3)。シルエット o、t、q、m、l。下肢は、左右非対称な形状である。「L3」は「曲線的な」と「静的な」において抽出された属性で、「姿勢形状の上方向への偏り」が小さい。

3.3.3. 印象対語（「悪意的な」⇔「善意的な」）と身体認知要素の関係

「悪意的な」印象では、中程度な特徴を示す身体認知要素が多かった。今回設定した属性とは、異なる要素と関る可能性も推測される。バレエの「悪意的な」印象は、特徴的にわかりやすい形状ではなく、さりげない動作表現や明確化されにくい部位の表現である可能性も考えられる。また「悪意的」⇔「善意的」の印象評価は、具体的な印象語（「直線的な」⇔「曲線的な」等）と比較すると抽象度が高く、鑑賞者によって判断が左右される可能性がある。然るに、今後はより適応度の高い属性を設定する工夫が望まれる。

「姿勢形状の上方向への偏りが小さい」身体認知要素は、「善意的な」、「曲線的な」および「静的な」において抽出された。また「両手を寄せる」要素は、上記3つの印象語において共通に抽出された。これらの印象語を構成する身体認知要素の一部は、共通であることが示された。また「善意的な」印象では上肢を大きく広げるタイプと、上肢を閉じるタイプの2つの相反する要素が抽出された。同じ印象語へ対する身体認知要素（身体部位）の構成に、多様性が反映される結果となった。今後は印象語として、広い範疇の意味を含蓄するワードを設定する場合は、分析における取り扱いを十分に配慮する必要があるだろう。

4. まとめ

本研究では、バレエ動作を構成する身体認知要素（身体部位の情報）と、舞踊鑑賞者の印象評価の関係を明確化する新手法（ラフ集合）を提案した。バレエのスタティックな動作「ポーズ」を対象とし、その有効性を3対の印象評価語（「曲線的な」⇔「直線的な」、「動的な」⇔「静的な」、「悪意的な」⇔「善意的な」）で定量的に検証し、鑑賞者と印象評価の認知構造が確認された。今回の分析で、ラフ集合の決定ルール分析法から得られた具体的な知識（バレエ動作と印象の関係）は、以下の通りである。

- 1) 「曲線的な」印象では、「姿勢形状の水平方向の偏り」に関係する非対称的な身体認知要素が抽出された。「直線的な」印象の要素では、真っすぐな体軸で対称的な「十字形状」が抽出された。
- 2) 「動的な」印象の要素と「静的な」印象の要素において、「姿勢形状の偏り」の方向性はそれぞれ異なって示された。「動的な」印象では「脚を高く挙上」する要素、「静的な」印象では「両手を近づけて」「身体を長細くする」要素や、「身体形状の広がり」を抑制する要素が抽出された。
- 3) 「悪意的な」印象では、中程度の属性値が要素として抽出された。「善意的な」「曲線的な」「静的な」において、「姿勢形状の上方向への偏りが小さい」要素と「両手を寄せる」要素は、3つの印象語に共通して抽出された。これらの舞踊表現方法（印象語を構成する身体認知要素）は、一部共通であることが示された。

5. 今後の課題

今回はラフ集合の手法によって、鑑賞者の視点による印象評価と身体認知要素の関係が明確化し、その有効性が確認された。この手法や結果を実践的に応用し、新たな舞踊作品やレッスン指導等の創作現場において動作構成の提案をしていきたい。また、今後この解析手法を用いるにあたって、バレエ動作の表現に特有な属性や属性値の設定等に、工夫が必要である。今回は、正面から舞台を観ている鑑賞者視点（前額面）からダンサー投影像の特徴量を抽出して属性を設定した。今後は、ダンサー自身の前額面、矢状面、水平面の視点から属性を設定することや、また両者のクロスオーバー的視点からの分析を考慮すべきであろう。なお、今回の調査対象者はバレエ上級者としたが、今後は一般の鑑賞者も対象として考慮し、調査結果を補足することを課題としたい。

最後に、ラフ集合を用いた方法は決定論的な技法であるため、手法の検証は、事例研究の積み重ねによる帰納的方法になる。将来的にも、この有効性について検証を実施していくとともに、使い易くより精度の高い手法に改善していきたい。

引用文献

- 1) Alpigini, J.J., Peters, J.F., Skowron, A., Zhong, N., 2002, "Rough Sets and Current Trends in Computing", Proceedings of Third International Conference, RSCTC 2002, Springer-Verlag.
- 2) Kelly, G.A. : 辻平治郎訳, 2016, 『パーソナル・コンストラクトの心理学, 第1巻』, 北大路書房: 京都, 12-52.
- 3) 小島隆矢・川井敬二・平手正人・安岡正人, 1999 「個別尺度を用いた調査・分析法の提案」, 『日本建築学会計画系論文集』, 525: 91-96.
- 4) 原田育生・蓼沼眞・中井隆洋・鈴木良太郎・樋川直人・牧野真緒・井上正之, 2001 「身体動作からの感性特徴量の抽出とその協調度評価」, 『映像情報メディア学会技術報告』, 25 (35) : 67-72.
- 5) 原田利宣・森典彦・杉山和雄, 1993 「遺伝的アルゴリズムを応用したイメージ空間の探索」, 『デザイン学研究』, 40 (2) : 41-48.
- 6) 原田利宣・森典彦, 1994 「恒等写像モデルを応用した多様解」, 『デザイン学研究』, 41 (1) : 51-58.
- 7) 蓼沼眞・井上正之・樋川直人・牧野真緒・原田育生・岩館祐一・柴真理子, 2002 「ダンスにおける背景映像・音楽のイメージ伝達支援効果」, 『電子情報通信学会技術研究報告』, 102 (191) : 25-30.
- 8) Hirano, S., Inuiguchi, M., Tsumoto, S., 2001, "Proceedings of International Workshop on Rough Set Theory and Granular Computing", Bulletin of International Rough Set Society, 5: 1-2.
- 9) 広川美津雄・井上勝雄・酒井正幸, 2008a 「製品デザインコンセプト策定手法の提案 デジタルオーディオプレーヤを事例研究として」, 『日本感性工学研究論文集』, 7 (3) : 477-487.
- 10) 広川美津雄・井上勝雄・酒井正幸・伊藤弘樹, 2008b 「製品デザインコンセプト策定手法の提案 (その2) 照明器具デザインを事例研究として」, 『日本感性工学研究論文集』, 7 (3) : 525-535.
- 11) Hutchinson, A., 1977, *Labanotation*, Third Edition, Theater Arts Books: New York, 11-19.
- 12) 池内克史, 2018 「ロボットによる伝統芸能の再現」, 『体育の科学』, 68 (10) : 734-739.
- 13) Inoue, K., Hirokawa, M., 2000, "Factor Analysis About Satiety in Product Design", Kansei Engineering International, 1 (2): 33-40.
- 14) 井上勝雄・広川美津雄, 2001 「認知部位と評価用語の関係分析」, 『感性工学研究論文集』, 1 (2) 002 : 13-20.
- 15) 井上勝雄・広川美津雄, 2004 「ラフ集合を用いた認知部位と評価用語の関係分析法の提案」, 『感性工学研究論文集』, 5 (1) : 43-52.

- 16) 糟谷節子・石黒節子, 1975 「身体表情の因子分析的研究」, 『舞踊學』, 8 : 32-33.
- 17) Laws. K., 1984, *The Physics of Dance*, Schirmer Books: New York, 31-42.
- 18) Lobo da Costa. P.H., Azevedo Nora. F.G., Vieira. M. F., Bosch. K., Rosenbaum. D., 2013, "Single Leg Balancing in Ballet: Effects of Shoe Conditions and Poses", *Gait & Posture*, 37: 419-423.
- 19) 増田恵・加藤昇平・伊藤英則, 2011 「ラバン理論に基づいたヒューマンフォームロボット身体動作の動作特徴抽出と表出感情推定」, 『日本感性工学会論文誌』, 10 (2) : 295-303.
- 20) McMamus.I.C., 2005, "Symmetry and asymmetry in aesthetics and the arts", *European Review*, 13 (Supp.2): 157-180.
- 21) Michalska. J., Kamieniarz. A., Fredyk. A., Bacik. B., Juras. G., Słomka. K. J., 2018, "Effect of Expertise in Ballet Dance on Static and Functional Balance", *Gait & Posture*, 64: 68-74.
- 22) 持丸正明・河内まき子・バイオメカニズム学会編, 2006 『人体を測る一寸法・形状・運動一』, 電気大出版局: 東京, 7-20.
- 23) 村山久美子, 1988 『視覚芸術の心理学』, 誠信書房: 東京, 82-112.
- 24) 長町三生, 1995 『感性工学のおはなし』, 日本規格協会: 東京, 11-27.
- 25) 中田享・森武俊・佐藤知正, 2001 「ロボットの身体動作表現と生成される印象とのラバン特徴量を介した定量的相関分析」, 『日本ロボット学会誌』, 19 (2) : 252-259.
- 26) 二宮啓・中澤篤志・竹村治雄, 2009 「音楽に合った舞踊動作の自動生成」, 『情報処理学会研究報告』, 167 (34) : 1-8.
- 27) 沼口直紀・中澤篤志・竹村治雄, 2009 「印象語による舞踊動作データの分類法」, 『情報処理学会研究報告』, 167 (35) : 1-6.
- 28) Pawlak. Z., 1982, "Rough sets", *International Journal of Information Computer Science*, 11(5): 341-356.
- 29) Shan. N., Ziarko. W., 1993, "An Incremental Learning Algorithm for Constructing Decision Rule", *Proceedings of RSKD '93*: 335-346.
- 30) 志賀直子, 2014, 『バレエ・ヒストリー』, 世界文化社: 東京, 4-175.
- 31) 鹿内業穂・八村広三郎・澤田美砂子, 2011 「舞踊の感情表現における感性情報の評価—ビデオ映像と点光源映像を用いた主観的評価実験—」, 『情報処理学会研究報告』, 92 (2) : 1-8.
- 32) 曾我麻佐子・海野敏, 2008 「クラシックバレエの振付構成分析による創作シミュレーション」, 『情報処理学会研究報告』, 80 (7) : 45-52.
- 33) 菅原徹・山口遊子・宮崎正己・岸本泰蔵・上家倫子・黒野寛馬, 2018 「女性の体型と姿勢の関係が美的印象に及ぼす影響」, 『日本感性工学会論文誌』, 17 (4) : 499-505.
- 34) 田慕玲・森典彦, 1995 「目標イメージに適する自動車の形態を探索するデザイン支援システム」, 『デザイン学研究』, 41 (6) : 1-10.
- 35) Taylar-Hall. H., 2000, *Distance Learning Course 1 in Benesh Movement Notation Course textbook*, the Royal Academy of Dancing Ltd.: London, 1-7.
- 36) 上村くにご, 2001, 『バレエ 101 物語』第4版, 新書館: 東京, 120-127.
- 37) Ward.J.L., 1979, A piece of action: moving figures in still pictures, Perception and pictorial representation, Praeger: New York, 246-271.
- 38) Warren. G., 1989, *Classical Ballet Technique*, University of South Florida Press: Tampa, 64-70.
- 39) Zadeh. L. A., 1997, "Toward a Theory of Fuzzy Information Granulation and its Centrality in Human Reasoning and Fuzzy Logic", *Fuzzy Sets and Systems*, 90(2): 111-127.
- 40) Ziarko.W., Yao.Y., 2002, "Rough Sets and Current Trends in Computing", *Revised Papers of Second International Conference, RS,CTC 2000*, Springer-Verlag.
- 41) 頭川昭子, 1995 『舞踊のイメージ探求』, 不昧堂出版: 東京, 28-59.