

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06688

研究課題名(和文)美的認識の視座を含む芸術的運動制御メカニズムの解明

研究課題名(英文) Motor control mechanism of aesthetic human movements

研究代表者

田辺 弘子 (Tanabe, Hiroko)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：60780666

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：ファッションショーモデルおよびモデル経験のない女性に、普段通りの歩行運動と「美しく歩くことを意識した」歩行運動を行わせ、その際の歩行動作計測を行った。この実験課題により、どのような身体運動情報が動きの美しさを伝えるのに関わっているかを検討することを可能にした。モデル経験のない女性が綺麗さを意識して歩行を行うと、膝伸展・体幹部の後傾など全身の関節運動に変化が生じた。モデルの歩行運動はそうしたモデル経験のない被験者の美歩行運動の特徴をさらに強調したものであった。これにより、生物学的に綺麗とされる歩行運動を強調したものがモデルの歩様として確立されていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We recruited female runway models and non-models and obtained motion capture data during walking under "normal" and "self-attractive conscious" conditions. We investigated the biomechanical information which transmits the attractiveness of walking motion. When non-models were conscious of their own attractiveness during walking, whole body movements were changed; their knees were extended and trunk segments were bending backward. Walking movement of runway models was the exaggeration of such biomechanical features of non-models during self-attractive conscious condition. These results suggest that walking patterns of runway models, which was created for fashion business, could be the exaggerated walking motion of biologically attractive human walking movement.

研究分野：運動制御、生体工学

キーワード：歩行 感性 バイオロジカルモーション

1. 研究開始当初の背景

(1) 身体的美学的情報とその認知

人間を含む生命の本質は、置かれた環境の中で適応的にふるまい、目的とする行動を生成する能力を有することである。この考えをより広い視点である人間の文化にまで拡張すると、例えば芸術のような文化活動は歴史とともに発展し、芸術主体（演者や絵画など）の形状も不可逆的に変化する。これはまさに文化的要求という社会環境が芸術主体と相互作用する有様であり、芸術は社会環境を反映した結果でもある。

身体の魅力は、骨格・肉付き等の静的要素（容姿の問題）と運動時の骨格の軌道である動的要素（動きの問題）の2層構造になっている。前者に関して、身体の黄金比（di Dio et al. 2007, PLoS One）や筋/脂肪量との関連（Brierley et al. 2016, PLoS One）が報告されている。しかし、後者に関しては魅力的ダンス動作のバイオメカニクスの記述にとどまっており（McCarty et al. 2017, Sci Rep）日常動作（歩行など）の美学的要素は未解明である。

バレエは芸術的運動であることから、その身体動作と美的要素は関連する可能性がある。姿勢・動作の美の科学的解明は主観を含む設定不良問題である、と考えられてきた時代は過ぎ去りつつあり、美を認識する生理メカニズムがあると考えられるようになった（苧阪, 2013）。美の構成要素や物理的特徴を明らかにしようとする観点からの実験美学（Fechner, 1876）は主に絵画を対象に行われている。しかし動作の芸術性の評価に関しては動的な生命体のモデル化という難しさを伴うため、未解明のままである。動作パフォーマンス側と観客の双方から芸術的動作の本質を科学的に明らかにすることができれば、人間が文化を創造・芸術性を認識する知性にまで踏み込んだ見解を深めることが可能になる。

Dapraiti ら（2009）は、バレエ（芸術）動作の歴史的变化が観客の美的嗜好の変遷と関連する可能性を、被験者に異なる時代のバレエ動作を見せることで示したが、以下の問題点がある。1) 分析的手法（実験）では、芸術動作がある法則で実現されること（必要条件）は解明できても、そのような法則で実現することで芸術的になること（十分条件）は解明できない、2) 観客の視座が生理学的に明確でない（生理学的な情動変化を伴う美的嗜好なのか不明確）。そこで「観客が美しさを感じるダンサーの動作の法則性とその神経・筋・骨格レベルでの制御メカニズム」を明らかにするには、「美しさを感じる情動変化時（観客の視座）の生理学的な変化」を客観的に評価しつつ、現象の記述のみならず芸術動作のモデル化によって芸術要素の抽出とその背後にある神経・筋・骨格系における制御メカニズムを分析的に明らかにすることが必要であると考えた。

(2) 実験課題の選択

研究開始当初は、人間の身体運動の美学的要素となる物理パラメータを抽出するための実験課題として、クラシックバレエをベースとした課題を採用することを予定していた。その理由として、クラシックバレエは芸術的身体運動として確立されており、その動作の美醜に関連すると考えられる「正しい動き/正しくない動き」の評価がある程度容易であり、正しい動きと関連する物理パラメータの抽出も容易であるためであった。しかし、特殊化されたバレエの動作における「正しい動き」が、一般的・生物学的に「魅力を感じさせるような」動きであるとは限らず、したがって、細分化されたバレエ動作の中からどの動作を実験課題として選別すべきかが不明瞭であった。

一般的・生物学的に魅力的な身体運動の物理的指標およびその制御メカニズムの議論を可能にするためには、「一般成人が遂行可能な身体運動をターゲットとする」ことが必要であり、さらに「美学的側面において良いとされる型を所持する動作である」ことが望ましいと考えられる。歩行運動は健康成人が遂行可能な運動であり、美しい歩行運動の型としてプロのショーモデルの歩様パターンが確立されている。歩行運動の魅力的側面に関して、女性の月経周期との関連性（Provost et al. 2008）やハイヒール着用の影響（Morris et al. 2013）が報告されている。しかし、いずれの実験においても各被験者を美しさという主観的な評価指標でランク化するとどまっており個人内の美歩行度の変化には着目していないため、決定的な歩様の美学的特徴量の抽出には至っていない。

(3) 身体運動の美醜情報に関するコミュニケーション

社会脳研究の発展により、自己と他者の相互作用（Frith & Wolpert 2003, Oxford）がもたらす自己の神経活動・行動の変化が明らかになってきた。特に、自己顔を他者に観察されると前部帯状回と内側前頭前野の結合が強くなることが報告されている（Morita et al. 2014）。認知課題歩行時に前頭前野の活動と歩行キネマティクスの変化が同時に観測されているもの（Lin & Lin 2016, front in Behav Neurosci）他者の評価が自己の神経生理学的な運動制御機序に及ぼす直接的な影響は明らかにされていない。

人物画の美醜判断と眼窩前頭皮質・左脳運動野の活動が関連することが報告されているが（Kawabata & Zeki 2004）、身体運動の美醜と脳活動の関連性は明らかにされていない。また、運動観察と大脳皮質運動野や皮質脊髄路などの興奮性の変化が報告されており（Takahashi et al. 2008, NeuroReport など）、身体運動の美醜判断と神経生理学的機序の変調が関連する可能性が考えられる。

2. 研究の目的

身体運動の美学的要素に関するシステムは、動作主体と観察客体の双方の神経生理学的メカニズムが関与する。そのため、近年研究が始まった神経美学（芸術的共感をテーマとする社会脳研究の一領域、芋阪, 2013）の観点から芸術を認識する仕組みの生理学的評価もふまえ、包括的に検討する必要がある。そこで、まず芸術動作（主体）の数理モデル構築によって芸術要素の必要条件を検討し、さらに美的認識の生理学的評価指標の開発によって客観的にモデルの芸術性を評価することを目的に定めた。

申請当初の研究目的は以下であった。

研究1：芸術動作の軌道設計の数理モデル化

研究2：芸術性評価指標の開発

研究3：

演者のモデル化と観客の評価による動作の芸術要素の包括的検討

しかし上述のとおり、実験課題を芸術動作よりも一般的な歩行動作にする方が、身体動作の魅力について生物学的な観点からも議論が可能になる。そこで、以下の目的を設定した。

- 歩行動作において、社会的に美とされている歩様パターンを検討すること
- また、他者からの美的要求が動作主体の歩様パターンに及ぼす影響を検討し、生物学的に魅力的な美歩行動作と社会的に創造された美歩行動作を比較すること
- さらに、上記で見られた歩様の変化が生物学的な進化の過程においてどのような意味を持つのか、進化論を元に考察すること

3. 研究の方法

(1) 被験者

プロのショーモデルとして活動する女性7名（年齢：42.4±7.0歳、身長：170.6±3.7cm、体重：55.6±3.4kg）およびコントロール群として健常女性10名（年齢：34.0±6.8歳、身長：162.0±5.2cm、体重：54.7±7.3kg）をリクルートした。モデル群のプロとしての活動年数は15.1±7.6年（7名中5名は若手のショーモデルの指導者としても活動している）であり、モデル群として十分な経験を有している。コントロール群はモデルウォーキングのトレーニング経験はなく、10名中5名はダンス等の身体表現の経験があった（プロとして活動するダンサーはいない）。モデル群はリクルートが難しいため、今回の実験では7名が限界であった。また、モデル群と同等の身長・体重であるコントロール群のリクルートも難しく、モデル群とコントロール群の身長・体重に乖離があるため最終的な美歩行評価には静的問題（見た目の問題）の影響も含まれるが、今回の研究では歩行動作（動的要素）に着目して解析を行った。

(2) 実験課題および実験方法

ハイヒールの着用は、身体の動的要素および静的要素を魅力的に見せる手段としての役割を担っている可能性がある。現に、ファッションショーにおいてモデルが10cm以上の高さのあるハイヒールを着用することも多く、モデルウォーキングのトレーニング現場でもモデルはハイヒールを着用する。静的要素に対するハイヒール着用の影響として下肢のセグメントが長く見えることが容易に考えられる一方、動的要素に対する影響は未解明のままである。そこで、ハイヒール着用の有無による歩様パターンの変化を検討することにした。

また、魅力的な身体動作の生成には「他者から見られる」という動作観察者の視座も関与している。そこで、実験条件として通常通りの歩行・動作の美しさを意識した歩行の2種類を設定し、被験者に教示した。以上より、各被験者は靴条件2種類（裸足/ヒール）×美歩行の意識の有無2条件＝合計4条件の歩行課題を行った。

上記4条件の歩行動作の物理的な歩様パラメータを計測するだけでなく、それらがどのような神経的機序で生成されるかを検討するため、歩行時の脳波および表面筋電図も同時に計測することとした。一般的に歩行中の脳波解析には長時間のデータが必要となり、本実験でも各条件につき7分間の計測をおこなった。7分間の歩行時の動作計測を可能にするため、また被験者間で歩行速度を統一するため、被験者はトレッドミル上で歩行課題を行った。歩行速度は1m/sとした。

(3) 測定項目

歩行時の3次元動作解析データ、脳波データ、表面筋電図データを取得した。

3次元動作解析は光学式カメラを用いて計測を行った。全身の関節角度を計算するため、44個の反射マーカーを全身の解剖学的特徴点に貼付した。これにより、下肢3関節（足関節・膝関節・股関節）、体幹3関節（腰仙関節・胸腰関節・脛関節）、上肢2関節（肩関節・肘関節）の関節角度の計算が可能になる。

表面筋電図は右脚の6筋（ヒラメ筋・腓腹筋・前脛骨筋・大腿直筋・大腿二頭筋・中臀筋）より計測した。

(4) データ解析

動作解析システムにより取得した解剖学的特徴点の3次元位置座標データを用いて、各歩行条件について全身の関節角度を計算した。それらを微分することにより、関節角速度・角加速度・躍度を計算した。さらに、それらの時系列データを各ステップサイクル（右足接地から右足接地まで）で分割し、得られた平均値±SDを計算した。各脚の接地および離地の時刻は、かかとに貼付した反射マーカーの鉛直軸の座標データを用いて検出した。また、ストライド時間・ステップ時間・

Duty 比も算出した。上記全ての物理的パラメータを各条件間・被験者間で比較検討を行った。

生物学的な進化の過程における動作の美しさの意義を考察するためには、上記で検出された条件間・被験者間における物理的パラメータの差異がバイオロジカルモーションとしてどのような意味を持つのかを検討する必要がある。そこで、進化論を元に構築され、主に舞踏学において動作の物理的な運動とそれによって観客に想起させる心理学的言語をリンクさせるために用いられるラバン理論を用いて、本実験で観察された物理的歩様パラメータの変化の意味を検討した。以上の解析手法により、歩行動作の表層である物理的な運動パラメータが動きの美醜という観点においてどのように変化し、それが心理学的にどのような意味を持つのかの理解を深めることが可能になる。

一方、そうしたバイオロジカルモーションがどのような神経生理学的メカニズムによって生成されるのかを検討することで、身体動作に参与する身体内部のメカニズムを検討することが可能になる。本研究では、歩行時の脳波および下肢の表面筋電図データも同時に取得しており、美歩行生成に関連する中枢神経系の活動・筋活動・骨格の動きの関連性を包括的に検討可能である。実際的な脳波・筋電図データの解析は今後の実施内容であるが、具体的には脳波の各チャンネルの周波数解析、脳波信号と筋電図信号のコヒーレンス計算を行うことで神経-筋の関連性を算出し、さらにそうした周波数解析結果とモーションデータとの関連性を検討する予定である。

4. 研究成果

(1) 美歩行動作と下肢の動き

足関節・膝関節・股関節の3次元角度変化を計算し、条件間(裸足/ヒール、美意識/無意識)・グループ間(モデル/コントロール)で比較検討した。差異が見られた部分のみの結果をまとめると、

- コントロール群がヒールを着用して美歩行を意識すると、支持期の足関節底背屈角度がモデルの角度変化に近づく(美歩行を意識しない場合、コントロール群の足関節はモデル群よりも背屈位となる)
- モデル群が裸足歩行で美歩行を意識すると、離地後の足関節底屈が大きくなる
- 靴条件によらずモデル群はコントロール群よりも膝伸展しており、コントロール群はヒール着用時のみ美歩行を意識すると膝伸展しようとする
- モデル群はコントロール群と比べて支持期に股関節がより内転し、美歩行を意識するとさらに内転する

(2) 美歩行動作と上肢の動き

肩関節・肘関節の3次元角度変化も下肢と同

様に条件間・グループ間比較した。前腕には3箇所(手首外側中点、肘内側・外側)しか反射マーカーを貼付しなかったため、肘の関節角度は屈曲伸張方向のみ算出された。結果をまとめると、

- モデル群は上腕の前後方向の動きが小さく、上腕が後方屈曲時の肘伸展がコントロール群よりも小さく肩関節が内転する
- モデル群は美歩行を意識すると上腕を動かす位置が後方に移動するが、コントロール群は美歩行を意識しても上腕に変化は見られない

(3) 美歩行動作と体幹の動き

本研究では体幹部を2セグメントにモデル化し、体幹部に貼付したマーカーセットから腰仙関節・胸腰関節・腰関節の3次元角変位を算出した。結果を以下にまとめる。

- モデル群・コントロール群ともに、美歩行を意識すると腰仙・胸腰・頸関節はそれぞれ後方・後方・前方に傾く(ただし、モデル群の通常歩行時の腰仙・胸腰・頸関節は、コントロール群の美歩行時の腰仙・胸腰・頸関節の位置よりもそれぞれ後傾・後傾・前傾している)
- ヒールを着用すると裸足時よりも腰仙関節が前傾する
- コントロール群はヒールを着用すると胸腰関節と頸関節がそれぞれ後傾・前傾するが、モデル群と比べると後傾・前傾度が弱い

(4) ラバン理論を用いた検討

ラバン理論には Effort 概念と Shape 概念があり、前者は動きの質(力・指向性・タイミング)、後者は全身的な形状である。具体的には、Effort 概念は「力強い/弱々しい」「動きが直線的/曲線的」「動きが突発的/持続的」「動きがぎこちない/流麗」の4要素、Shape 概念は「身体が丸まっている/伸びている」の1要素といった5つの物理的要素に細分化される。これらはそれぞれ心理的用語として記述することも可能で、「能動的/受動的」「集中/散漫」「警戒/安穩」「不慣れ/熟練」「自身/不安・落胆」という用語と対応している。また、上述した5つの物理的要素は、それぞれ加速度の大きさ・身体セグメント移動軌跡の直線性・躍度の大きさ・角度変化の大きさ・角変位と対応していると考えられるため、本研究で検出した歩行パラメータの変化を心理学的用語と関連付けることができると考えられる。

上述の関節角度の結果をまとめると、コントロール群が美歩行を意識すると膝が伸展し、股関節が左右に揺らぎ、体幹は後傾し、顎を引いた状態になる。このようなコントロール群が美歩行を意識した際の状態は、「全身的に伸びている状態」と捉えることが可能であり、ラバン理論に基づく「自信が表れている状態」であると心理的な言語化が可能である

る。つまり、モデルウォーキングの訓練経験のない者が他者に自らの歩行の美しさをアピールしようとする際、「自信の表れ」を媒介として魅力を伝えようとしていることが明らかとなり、自信のある状態（自信の滲み出た身体運動）が生物学的に好まれる可能性が示唆された。また、モデル群の歩様パターンは、特に下肢と体幹においてコントロール群が美歩行を意識した際の変化をさらに拡張した歩様であった。このことから、ファッション界において確立されているモデルウォークは、生物学的に魅力的な身体運動を誇張したものである可能性が考えられる。

(5) 今後の展望

今後の解析内容として以下を予定している。

- 関節角速度、角加速度、躍度についても同様に条件間・グループ間で比較し、ラバン理論との関連性を検討する
- 得られた関節位置座標データから各被験者の歩行アニメーションを作成し、50名程度の被験者に美醜評価をさせ、美醜得点と関連する物理パラメータを抽出する
- 脳波データの周波数解析および脳波信号と筋電図信号のコヒーレンス解析を行うことにより、美歩行運動に關与する神経生理学的メカニズムを検討する

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田辺 弘子 (TANABE HIROKO)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：60780666

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()