

モーション・キャプチャ・データに基づく能の所作の特徴量抽出

土居裕和¹

植田一博¹

¹東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系

概要：能は極めて洗練された身体芸術のひとつであり、能における身体運用の特徴把握は、その芸術表現を理解する鍵になると考えられる。しかし能の身体運用に関する言及はしばしば感覚的理解に訴えるものがあり、能を実践していない者がその内実を理解することは容易ではない。そこで本研究では、Vicon Motion Systems 社の Vicon システムを用いて、能の摺り足と通常の歩行の 3 次元測定を行った。そして両者のデータを比較することで、能の身体運用の特徴量を抽出することを試みた。解析の結果、摺り足に特有の時系列変化を示す運動学的パラメータが特定された。具体的にいうと摺り足では、上肢・体幹部の運動が固定されており、下肢についても膝関節屈曲角度や、足底が水平面に対してなす角度において、特徴的な時系列変化の様子が確認された。さらにこれらのパラメータが摺り足独特の印象形成に関与している可能性について議論した。

キーワード：能、摺り足、動作解析、モーションキャプチャ

Analysis of the Parameters that Characterize the “Suriashi” Movement of Noh drama
Using the Motion-Capture Data

Hirokazu Doi

Kazuhiro Ueda

Department of General System Studies, The University of Tokyo

Abstract: Noh drama is one of the quite refined types of performance art and the key of understanding the expressiveness of Noh drama is considered to lie in grasping the features that characterize the movements of actors. But the traits of Noh drama are often referred intuitively according to viewer's introspections, which is difficult to understand what the traits imply unless you are an expert in either acting or appreciating Noh drama. This study primarily aims to give an objective descriptions of Noh drama actor's movements using a motion-capture system. For this purpose, we measured the movements of each body segment when a famous Noh drama actor played “Suriashi”, which is a fundamental way of walking in Noh drama. We also measured ordinary human gait using the same motion-capture system to compare the data of “Suriashi” with that of usual gait, which enabled to extract the particular kinematic parameters that characterize “Suriashi” movement. Specifically, the movements of the upper limb and body trunk of the Noh drama actor were quite limited. Additionally, the angle of knee joint and ankle joint showed distinctive longitudinal changes. Based on the results, we discussed a possibility that the distinctive longitudinal change of each parameters contributes to create the distinguishing traits of “Suriashi”.

Keywords: No, Suriashi, kinematic analysis, motion capture

1.はじめに

昨年、世界陸上二百メートルの銅メダルを獲得した陸上短距離の末次慎吾選手が、その走法に「ナンバ走り」をとりいれていたことが話題となった。これに加えて、古武術家甲野善紀氏の著作が人気を集めるなど、近年、日本の伝統に根付いた古典的身体運用への関心が高まっている[1][2]。

歴史を遡ると、日本の舞台芸能には神学から脈々と受け継がれてきた舞歌の伝統があるといわれる。音楽と同時に舞歌の柱となっていたのは、舞踏である。このように、日本の古典芸能の世界は、常に身体への関心を保ち続け、世界にも例をみない独創的な身体芸術を花開かせてきた。その代表が能であろう[3]。したがって、能における身体運用の理解は、日本の古典的身体運用を理解するうえでの一つの鍵となると考えられる。しかし能の身体運用に関する言及はしばしば感覚的理解に訴えるものがあり、能を実践していない者がその内実を理解することは困難である[4]。

日本舞踊をはじめとした身体芸術の動作解析を目的として、モーションキャプチャを用いて、演者の身体部位の時系列的な動きを計測するという試みが行われている[5][6]。これらの諸研究が示しているように、動作解析にモーションキャプチャを用いることで、観察によっては得られない身体各部の動きの詳細な記録が手に入る。またそこで得られたデータを基にして、「日本人らしい」踊り手の身体運用の特徴が定量的に抽出されるなど、身体運動とその芸術性に関連した興味深い知見が得られつつある[7]。

モーションキャプチャによる能の舞踏動作の記録を行った研究は既に存在する[8]。研究目的は、舞踏動作のデジタルアーカイブ化そのものや、検索システムの構築などであり、一定の成果を挙げている。これに対して、モーションキャプチャにより得られたデータを基にした能の舞踏動作の詳細な解析は、能という身体芸術を理解する上でも、また運動学的・人類学的見地からも重要であると考えられるにもかかわらず、十分に行われてきたとは言いがたい。

そこで、本研究では、能における身体運用を客観的に把握するための手がかりとして、能の基本動作のひとつである摺り足動作中のシテ方の身体部位の3次元位置を計測した。能の身体運動の特殊性を理解するうえでは、我々が日常的に行っている通常の身体動作との異同を指摘することが有効であると考えられる。そこで、本研究では、能独特の所作であり、能において中心的な意義を持つと考えられる摺り足を、通常の歩行動作と比較することにした。このような試みは、歩行動作の加齢変化を記述する目的で行われた例があるものの、芸術的な身体運用の特徴を把握する目的で行われたことはない。

2.1 測定の目的と概要

本研究の目的は、通常の歩行動作との比較を通じて、能の摺り足動作の特徴を客観的に記述することなので、計測では能の摺り足の3次元計測と同時に、通常の歩行動作の計測も行った。比較対象となる通常の歩行動作データは、摺り足を演じるシテ方自身の動きを計測したものであることが望ましい。これは、人によって体型や体の大きさが異なるため、異なる人物の身体運動を単純に比較することができないためである。しかし、計測に参加してもらったシテ方は日常生活においても摺り足で移動することを習慣としており、通常の歩行運動に若干の自然さを欠いていた。そこで、通常の歩行の計測データは、シテ方と比較的背格好が似通っている第一著者のものを用いることにした。

2.2 測定方法

測定には Vicon Motion System 社の Vicon システムを用いた[9]。被験者の体表面に合計 30 個の赤外線マーカーを取り付け、10 台のカメラでマーカーの動きを追跡した。非侵襲的に測定を行う必要上、動きを測定したい計測点とは若干ずれた位置にマーカーを取り付けざるを得ない。そこで、マーカーの位置データを基にして、計算によって目的の計測点の 3 次元位置座標を求めた。具体的には、予め用意された身体モデルと被験者の身体計測データをもとにして、マーカーと計測点の位置関係を推定し、これに基づいて、目的の計測点の 3 次元位置座標を計算した。なお、サンプリング周波数は 120Hz であった。

2.3 解析方法

歩行運動の運動学的特徴の把握を目的とした先行研究[10]の分析方法を参考にして、測定で得られた 3 次元座標から種々の運動学的パラメータを計算した。上述した異なる人物間での身体運動の比較に伴う問題点を可能な限り回避するために、体型及び体の大きさに依存しない運動学的パラメータを解析対象として選択した。解析対象にしたパラメータは図 1 のとおりであり、その詳しい定義を表 1 にまとめた。

解析では、このようにして抽出された各運動学的パラメータの時系列変化のプロファイルと比較した。通常の歩行と比較したのは、1 サイクルに要する時間が最も近い摺り足のトライアルである。なお、解析に用いた通常の歩行データは 120 フレーム (1 秒) 分であったのに対して、摺り足は 106 フレーム (0.883 秒) であった。比較に際しては、1 サイクルの開始時間を 0、終了時間を 100 としてデータを基準化した。

表 1.パラメータの定義

番号	パラメータの名称	定義
1.	大腿部の角度	大腿部 < 上前腸骨棘 (ASI) と膝 (KNE) を結ぶ線分を、矢状面上に投影した線分 > が鉛直軸方向に対してなす角度
2.	膝関節角度	下腿部 < 踝 (ANK) と膝 (KNE) を結んだ線を矢状面上に投影した線分 > が大腿部に対してなす角度
3.	踝の垂直動揺	床面と踝 (ANK) の垂直距離をその平均値で割った値
4.	足底の角度	足底 < 踵 (HEE) とつま先 (TOE) を結ぶ線を、矢状面上に投影した線分 > が、床面に対してなす角度
5.	上腕部の角度	上腕部 < 肩関節 (SHOL) と肘関節 (ELB) を結んだ線分を、矢状面上に投影した線分 > が鉛直軸方向に対してなす角度
6.	肘関節角度	二の腕 < 肘関節 (ELB) と手首関節 (WRB) を結ぶ線を、矢状面上に投影した線分 > が上腕部に対してなす角度
7.	肩の角度	左右肩関節 (SHOL) を結ぶ線を水平面に投影した線分が、進行方向に垂直な方向に対してなす角度
8.	腰の角度	左右上前腸骨棘 (SPI) を結んだ線分を水平面に投影した線分が、進行方向に垂直な方向に対してなす角度
9.	頭部の垂直動揺	頭部の鉛直方向座標を、その平均値で割った値。頭部の位置座標は、頭部の 4 計測点 (RFHD, RBHD, LFHD, LBHD) の重心とする

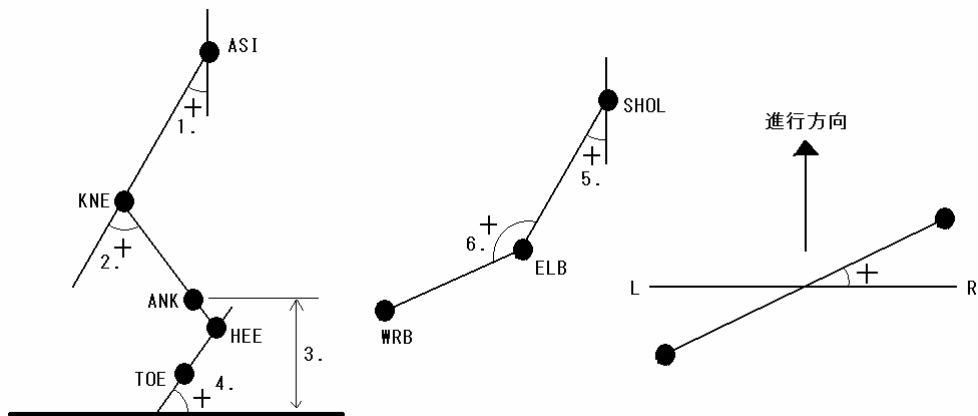


図 1.各パラメータの定義

左図が下肢の運動学的パラメータで、中央の図が上肢の運動学的パラメータを示す。図中の番号は、表 1. で各パラメータに振られた番号に対応する。右図は、7.肩の角度と 8.腰の角度の正方向と進行方向がなす関係を図示している。

3. 結果

図 2 は、左右腸骨棘 (R - LASI) の中点を固定した際に、歩行動作 1 サイクルにおいて、各計測点が描く軌跡を表示している。この図から、摺り足及び通常の歩行の全体的な特徴を定性的に把握することが可能になる。図 2a と図 2b の比較を通じて、摺り足と通常の歩行動作の違いとして次のような点を指摘することが出来る。まず、上肢及び体幹部の動きに関しては、通常の歩行とは対照的に、摺り足においてその動きがほぼ固定されている。次に、下肢の動きに関しては、摺り足の特徴として次点を指摘できるだろう。すなわち膝部の位置変化が、体幹部の前方に限定されている。

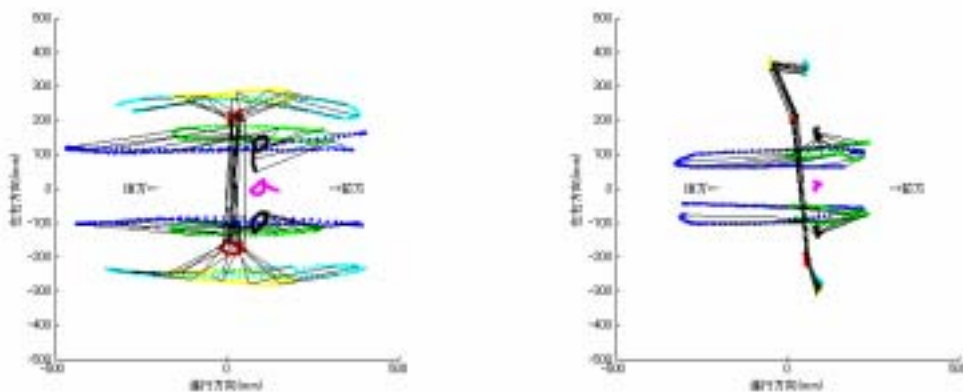


図 2.左右腸骨棘の中点を固定した際に、1 サイクルの間に書く計測点が描く軌跡
右(図 2a)が通常の歩行で、左(図 2b)が摺り足を示す。

これらの特徴を客観的に記述するために、先述した各パラメータの時系列変化の様子を抽出した。まず、上肢及び体幹部の動きに眼を向けると、通常の歩行動作においては、その時系列変化に、図 3 のような周期的変動がみられた。これに対して、摺り足においてはこのような周期的変動はほとんどみられなかった。上肢及び体幹部の動きを特徴付ける各運動パラメータの標準偏差 (表 2.) をみると、通常の歩行に比べて、摺り足のそれは顕著に

小さいことがわかる。

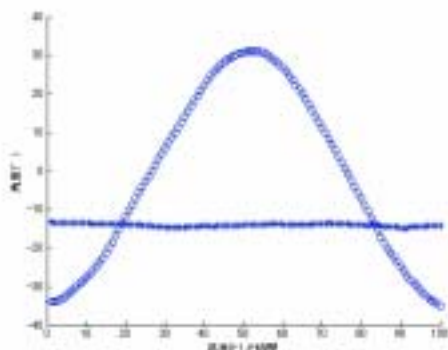


図3. 1サイクルにおける肘関節角度の時系列変化

通常の歩行を で、摺り足を*で示し、データを補完した10次多項式曲線を書き入れてある。

表2. 上肢及び体幹部の各パラメータの標準偏差

SD	上腕角度	肘関節角度	肩関節角度	腸骨棘角度	頭部垂直
通常の歩行	22.4898	12.0458	14.5738	7.4080	0.03115
摺り足	0.3592	0.4668	0.6056	0.8427	0.00966

次に、下肢の動きに眼を転じると、膝関節の運動の体幹部前方への限局は、摺り足において、大腿部が鉛直軸方向となす角度（大腿部の角度）が、正の向きに偏って0度まわりに非対称に分布している点に反映されている（図4）。また、図5の膝関節の関節角度変化グラフからは、摺り足においては角度変化が小さいという特徴が確認されたほか、次のような違いが見出された。図5の通常の歩行のグラフを見ると、1サイクルの間に大小二つのピークが現れている。これに対して、摺り足では小さなピークがみられない。通常の歩行動作に伴う2つのピークの出現は、一般に二重膝作用として知られている。小さなピークは、支持脚が接地した直後から、体幹部が支持脚より前方に移動する間に膝が屈曲することで生じるが、図5にみられるように摺り足では、常に膝が一定角度以上屈曲した状態にあるために、小さいピークがほとんど目立たないものと思われる。

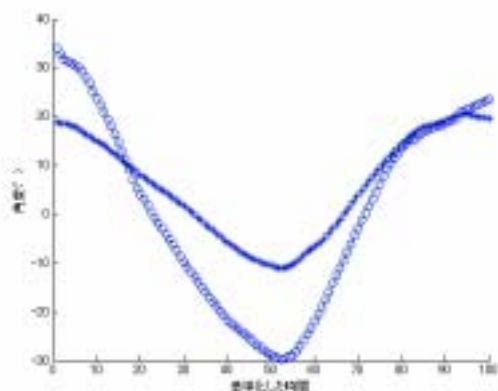


図4. 大腿の角度の時系列変化

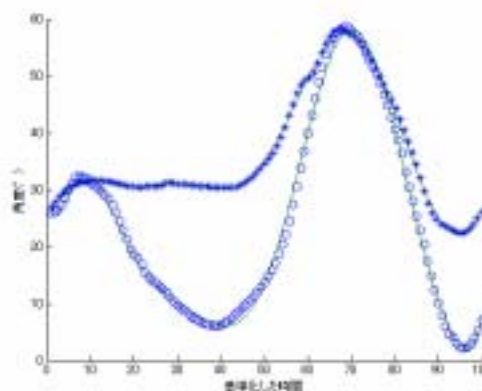


図5(右). 膝関節角度の時系列変化

最後に足底の動きに関しては、図 6 と図 7 から次の 2 点を指摘することが出来る。第一に、摺り足では通常の歩行に比べ、足底部分の上げ下げは若干小さくなるものの、両者の質的特徴に大きな差異は存在しないこと(図 6)。そして第二に、通常の歩行において見出される足底角度の急激な変化が摺り足では見いだされないことである(図 7)。「摺り足」という呼称に象徴されているように、能における足の運びに関する一般的な印象は、床から足を浮かせず滑るように前に進むというものである。しかし、本研究のデータは、摺り足に関するこのような印象が、足を床から浮かせないことではなく、足底で床を蹴らないことに起因している可能性を示唆している。

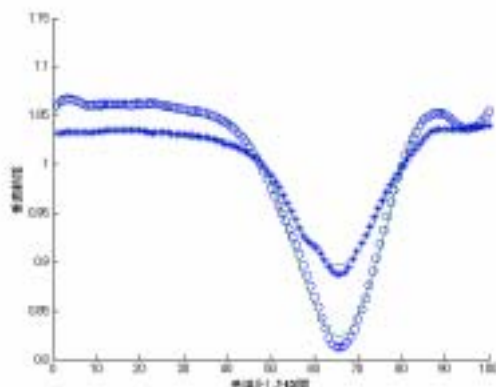


図 6. 踵垂直動揺の時系列変化

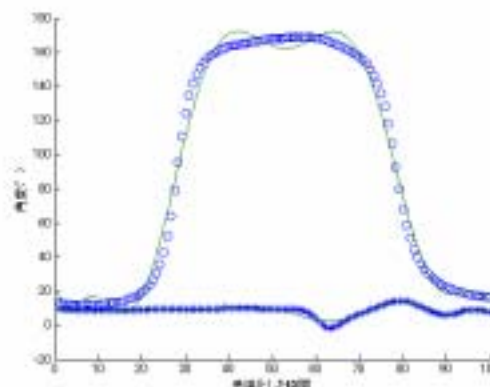


図 7(右). 足底の角度の時系列変化

4. 議論

以上の結果を踏まえて、通常の歩行と比較したときの摺り足の運動学的特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 上肢及び体幹部が固定されている。
- (2) 大腿部の動きが体幹部の前方に限定されており、膝関節は常に一定の角度以上屈曲している。また通常の歩行に見られる二重膝作用が見られないことが確認された。
- (3) 踵の上下動は比較的小さいものの、時系列変化の様子に質的な差異は見出されない。また、足底が床に対して常に水平に保たれている。

このうち、

膝関節角度の時系列変化に、二重膝作用にみられる二つのピークが見出されないこと。
床面から踵までの高さの時系列変化の様子に質的な差異は見出されないこと。

の二点は、観察によっては看取することが困難な特徴であり、モーションキャプチャを用いた動作解析研究の有効性を示すものであるといえる。

現時点でこれらの特徴が、摺り足独特の動作、ひいては印象形成にどのような役割を果たしているかは分からないが、得られたデータをもとにしていくつかの可能性についてふれておきたい。

まず、Todd は膝関節の角度変化が、通常の歩行動作の認知において重要な役割を果たしていることを指摘している[11]が、本研究の膝関節角度の時系列変化データにみられたよう

な摺り足独特の角度変化が、摺り足の動作にある種の非日常性を与えているのかもしれない。

また、摺り足の第一の特徴が、その床の上を滑るような独特の印象にあることは、衆目の一致するところであろう。この「床の上を滑るような」印象は、一見、床から足を上げずに実際に滑るように進むことによって実現されているものと考えがちである。しかし、本研究の結果、この「滑るような」印象の形成においては、床から足を上げないことよりもむしろ、足底の角度を床と平行に保つことが重要である可能性が示唆された。移動の間中膝を屈曲した状態に保っておくのは、極めてエネルギー効率の悪い移動方法である。にも関わらず、摺り足において、膝が常に一定の角度以上屈曲した状態に保たれているのは、足首関節の可動域内でこのような制約を満たすためであるのかもしれない。

このように、本研究では、なじみの深い歩行動作との差異を指摘することによって、能の摺り足における身体運用の特徴を客観的に記述することができた。古典芸能における身体運用は非常に特徴的であるにも関わらず、その特徴量を還元的に指摘することは困難である。本研究で扱った動作は、摺り足という特定の動作に限定されているが、今後、能の他の動作についても同様の計測と分析を行う予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたっては、社団法人観世会の観世芳宏氏に被験者としてご協力いただいた。また、ナックイメージテクノロジー社に Vicon システムを用いた計測に関してご協力いただいた。解析に際しては、針生悦子助教授（東京大学）、佐々木正人教授（東京大学）、馬場章助教授（東京大学）に貴重なコメントをいただいた。その他、関係者の皆様にここに感謝の意を表したい。

参考文献

- [1]矢野龍彦、金田伸夫、織田淳太郎：ナンバ走り 古武術の動きを実践する。光文社新書、2003
- [2]甲野善紀、多田容子：武術の創造。PHP 研究所、2003
- [3]能観賞入門：淡交社、1981
- [4]馬場あき子：風姿花伝 古典を読む 17。岩波書店、1984
- [5]甲斐民子、酒井由美子、服部清、吉村ミツ、黒宮明、酒井雄二、吉村功：“踊りの「振り」の部分抽出とその特性の定量化の試み”、情報処理学会、人文科学とコンピュータシンポジウム論文集、pp1-8.2000
- [6]黒宮明、吉村ミツ、横山清子：“肩角度情報を用いた日本舞踊の「振り」部分抽出”、情報処理学会、人文科学とコンピュータシンポジウム論文集、pp161-164.2002
- [7]フェリペ・トロ、岩井大輔、井口征二：“踊りの特徴抽出と日本人らしさ”、情報処理学会、人文科学とコンピュータシンポジウム論文集、pp165-168.2002
- [8]八村広三郎：“舞踊のデジタルアーカイブ：記録・解析・表現”、立命館大学 21 世紀 COE プログラム「京都アート・エンタテインメントの創成研究」シンポジウム デジタルアート・エンタテインメントの創成、pp65-74.2004
- [9]A.MacLeod,J.R.W.Morris and M.Lyster. "Highly accurate video coordinate generation for automatic 3D trajectory calculation",First World Congress of Biomedics Image-Based Motion Measurement(1990)
- [10]西澤 哲：“高齢者における通常歩行の運動学的特徴とその加齢変化”、平成 11 年度 平成 13 年度 科学研究費補助金基盤研究(A)(1)研究成果報告書「適応能としての二足歩行」、pp219-232
- [11]J.T.Todd,"Perception of Gait",Journal of Experimental Psychology:Human Perception and Performance,Vol.9,No.1,pp31-42(1984)