

## 伝統芸能における歩行動作の分析について

小島 一成<sup>1</sup> 八村 広三郎<sup>2</sup> 赤間 亮<sup>3</sup>

<sup>1</sup>神奈川工科大学 情報学部 <sup>2</sup>立命館大学 情報理工学部 <sup>3</sup>立命館大学 文学部

舞踊の身体動作に関する研究として、身体動作の計測手法、統計的な動作解析、Web アプリケーション、教育システム、踊るロボットの開発などの研究が行われている。筆者らは、伝統芸能、民俗芸能、現代舞踊など、数多くの舞踊のデジタルアーカイブを行ってきた。本報告では、伝統芸能のハコビで代表される歩行動作に着目し、一般的な歩行のメカニズムと舞踊における歩行動作を比較し考察を述べる。

## The Analysis of Gait Motion in the Traditional Performing Arts

Kazuya Kojima<sup>1</sup> Kozaburo Hachimura<sup>2</sup> Ryo Akama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Information Technology, Kanagawa Institute of Technology

<sup>2</sup>College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>3</sup>College of Letters, Ritsumeikan University

As for the research on human motion of dance, the measurement method, statistical analysis, Web application, an educational system, and the dancing robot have been done extensively. We have been researching the digital archives of much dance, such as traditional performing arts, folk performing arts, and contemporary dance. This paper pays its attention to gait motion represented with *HAKOBI* of traditional performing arts. We describe consideration about the difference between the mechanism of a general gait and the gait of traditional performing arts.

### 1. はじめに

近年、モーションキャプチャシステムの普及が急速に進み、様々な分野で舞踊の身体動作に関する研究が盛んに行われている。その研究内容は、統計的な動作解析、Web アプリケーション、教育システム、踊るロボットの開発などである。吉村らは、日本舞踊の基本動作オクリを計測し、「女性的表現」と「説明的動作」に焦点をあて、日本舞踊の特徴的な動きを指標変数と定義し、定量的にオクリが表現しようとしている動作が指標変数にどのように影響を及ぼすかを論じている[1]。曾我らは、バレエのパのアーカイブを行い、バレエレッスンの自動振付システムを開発し、生成された身体動作をWeb3Dで表現している[2]。池内らは、民俗芸能のデジタルアーカイブを行い、民俗芸能の動作を解析し、ロボットによる動作提示まで実現している[3]。このように、モーションキャプチャの普及により、これまで、身体動作の計測が主な研究対象であったが、計測した身体動作を用いた応用的な研究が盛んに行われている。また、容易に身体動作を取得することが可能になったと言える。

筆者らは、無形文化財のデジタルアーカイブの研究を行なっている[4][5]。無形文化財のデジタルアーカイブは、一般的に舞台映像の映像記録、舞台写真や関連する資料の整理の研究が行なわれて

いる。筆者らは、重点的に光学式モーションキャプチャシステムを用いて日本の伝統芸能(能, 狂言, 歌舞伎, 日本舞踊)の身体動作を記録し、データベースに格納している。無形文化財のデジタルアーカイブと並行して、舞踊のデジタルアーカイブの研究にも取り組んでいる。伝統芸能以外に記録している舞踊の身体動作は、バレエ, モダンダンス, コンテンポラリーダンス, フラメンコ, バリ舞踊, ジャワ舞踊, アフリカダンス(ケニア, ナイジェリア), 京劇, 民俗芸能(韓国, 日本)である。

舞踊は、歴史、文化、地域、宗教などで異なる表現を持っている。これらの舞踊は、与えられた空間あるいは限られた空間の中で表現される身体動作である。筆者らは、伝統芸能、民俗芸能、現代舞踊をアーカイブしており、伝統芸能においても、様々な舞踊を蓄積している。

そこで、本研究では舞踊を「移動を伴う身体動作、連続した姿勢の変化」と捉え、舞踊とりわけ伝統芸能のハコビで代表される歩行動作に着目し、一般的な歩行のメカニズムと舞踊における歩行動作を比較し考察を述べる。本稿では、一般的な歩行のメカニズムの説明を行い、歩行動作の仕組みと構成要素、これに伴う重心位置の移動を比較対象とする。

## 2. 光学式モーションキャプチャシステムを用いた舞踊の身体動作の計測

本研究では、Motion Analysis 社の Eagle カメラと Hawk カメラの混合したシステムでカメラを 17 台～25 台使用し、身体動作の計測を行った。計測範囲は、縦横 5m、高さ 2m である。図 1 は、カメラの配置図、図 2 は、マーカの付着例である。被験者は、専用のモーションキャプチャスーツを装着し、plug-in Gate マーカセットによる計測を行った。

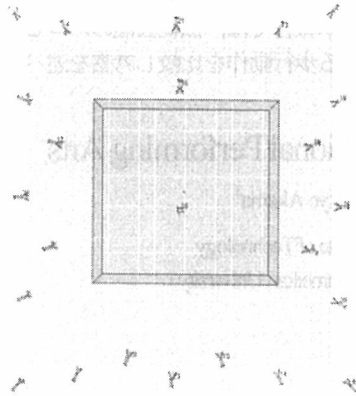
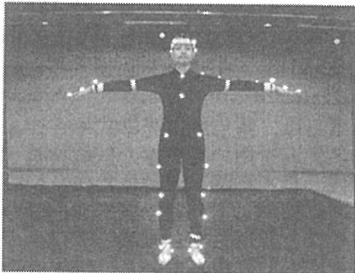
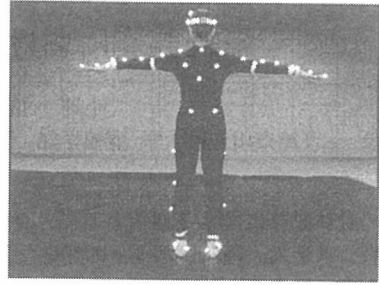


図 1 カメラの配置図



a) 正面



b) 背面

図 2 マーカの付着例

## 3. 歩行のメカニズムと重心移動

身体が移動を伴う運動を行うとき、歩行は、身体動作の基本動作である[7][8]。本来、歩行は、四足運動と姿勢を意味している。歩行の「1 歩」とは、右踵接地して次の左踵接地するまでの動作である。また、「重複歩」は片側の踵が接地して次に同側の踵が接地するまでの動作である。この一連の動作が歩行周期である。歩行周期は、立脚相と遊脚相に分けられている。立脚相は、地面についている側の下肢で、遊脚相は、足指が地面を離れて振り出されている側の下肢である。立脚相の構成要素は、踵接地、足底接地、立脚中期、踵離地、足指離地である。遊脚相の構成要素は、加速期、遊脚中期、減速期である。歩行は、時間軸上で両足接地と立脚相、遊脚相の 3 要素の重なりで表される。歩行周期において、立脚相は 60%、遊脚相は 40%、両脚支持期は歩行周期中の 15～20% をしめている。このような歩行のメカニズムを図 3 に示す。

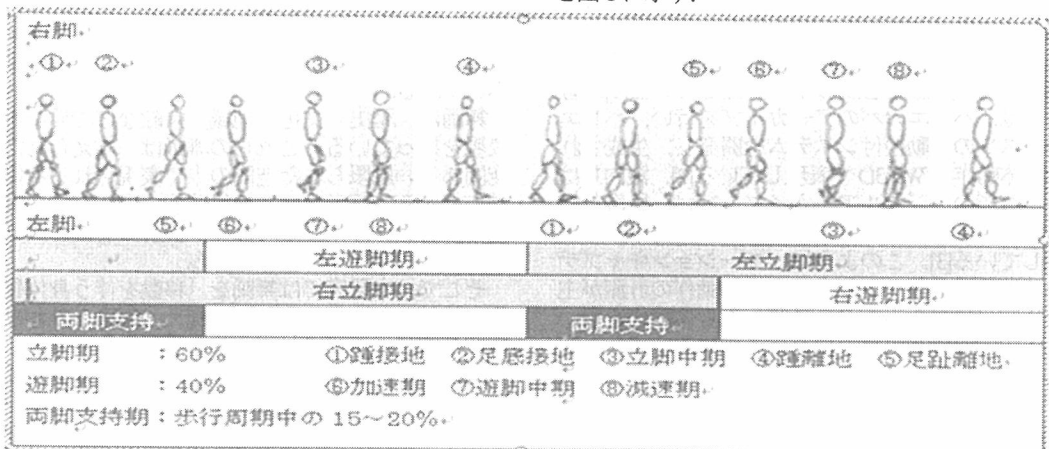


図 3 一般的な歩行のメカニズム

歩行動作において、歩行と重心移動は関連性を持っている。重心の定義について、様々な論議があり、本稿では、体表に付けたマーカーから重心位置を推定する。重心位置の推定方法は、左右の上前腸骨棘と上後腸骨棘の各々の中点を求め、上前腸骨棘から上後腸骨棘へ60%の位置を重心と定義する。図4に本稿における重心位置を示す。

一般的な歩行動作の例として、成人男性（身長165cm 体重76kg 年齢31歳）の歩行の1周期を図5示す。立脚期と遊脚期、両脚支持期をわかりやすく表示するため、左右の踵と足先のみの時系列グラフを用いる。また、図6のa)に重心の垂直方向の移動量、b)に重心の水平方向の移動量、c)に正面の重心の移動の変化を示す。

図5より、この被験者の立脚期は59.4%、遊脚期は40.6%、両脚支持期は10.9%しめている。図

6より、重心位置の垂直方向は40.2mm、水平方向は20mmの移動の大きさを示した。一般的に正面からみた重心の移動は蝶の形をしているといわれており[9]、図6のc)より、形は崩れているが蝶の形をしている。

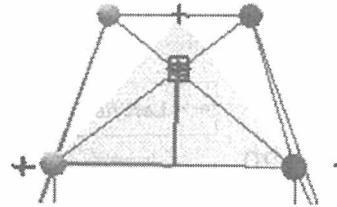


図4 重心位置の推定

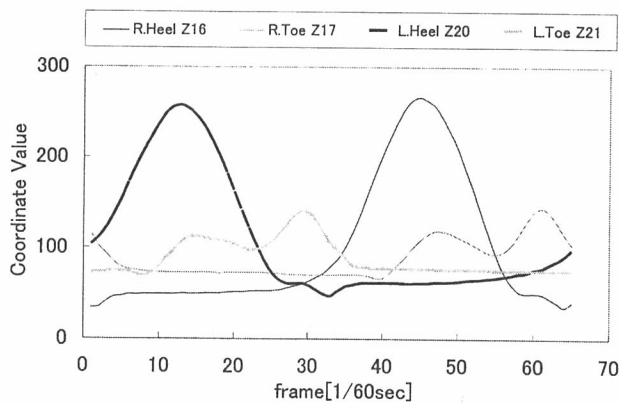
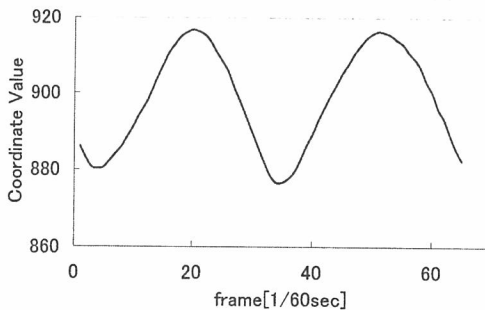
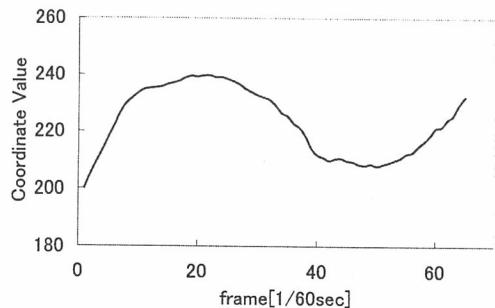


図5 成人男性の歩行の1周期



a) 重心の垂直方向の移動量



b) 重心の水平方向の移動量



c) 正面からみた重心の移動の変化

図6 歩行時における重心の移動

#### 4. 伝統芸能における歩行動作の分析

本研究では、舞踊を「移動を伴う身体動作、連続した姿勢の変化」と捉え、伝統芸能の身体動作中における歩行動作を比較し分析する。本稿で分析対象とする身体動作を以下に示す。

1. 能のハコビ
2. 島原の内八文字

上記、2種類の伝統芸能における歩行動作の左右の踵と足先から立脚期と遊脚期、両脚支持期を求め比較する。また、重心の垂直・水平の移動量と正面からみた重心の移動変化を示す。図7に能のハコビ、図8に内八文字の歩行の1周期を示す。図9に能のハコビ、図10に島原の内八文字における重心の移動の変化を示す。

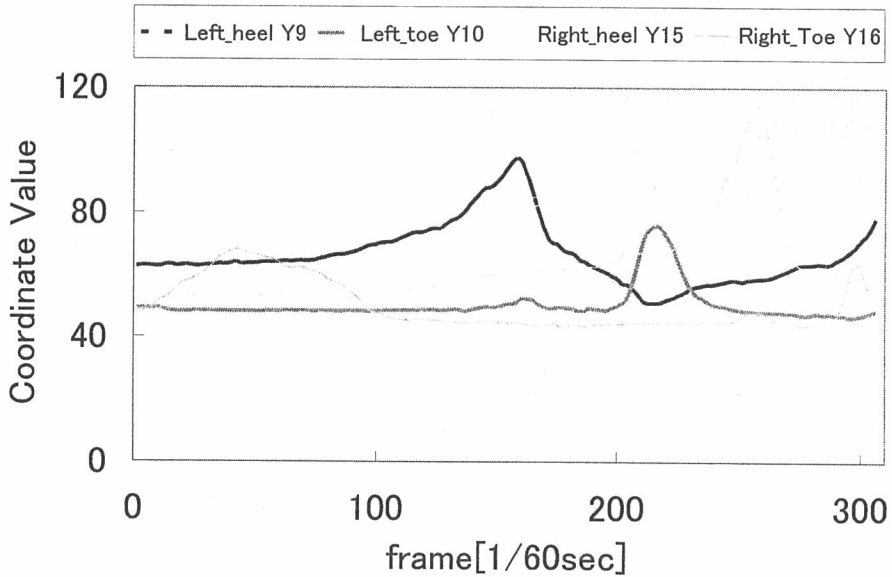


図7 能のハコビにおける歩行動作の1周期

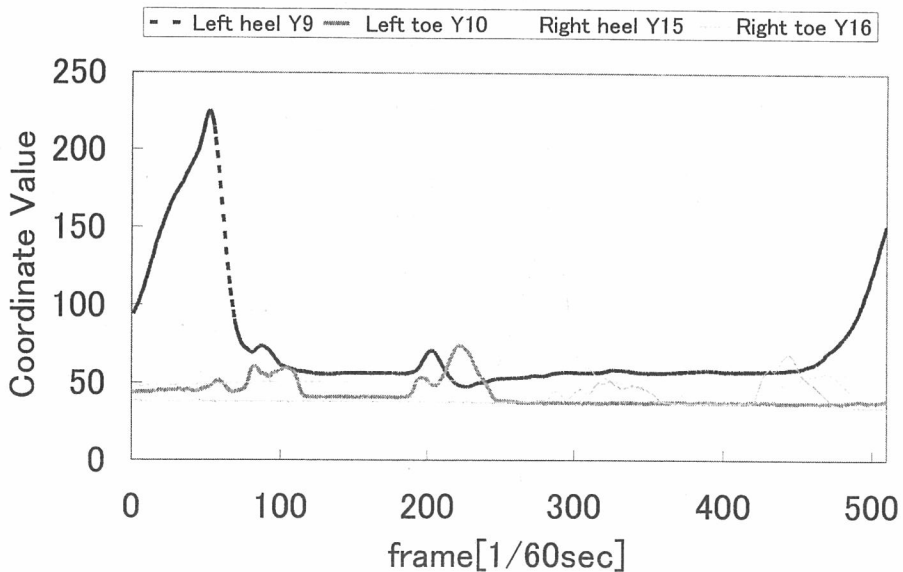
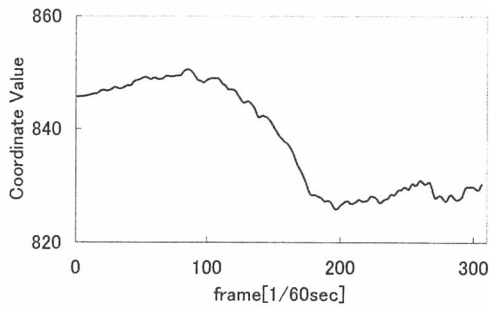
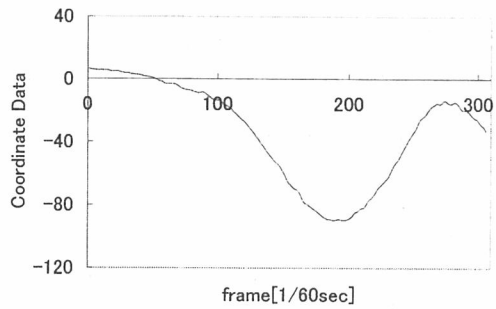


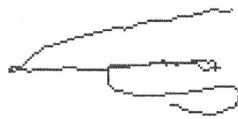
図8 島原の内八文字における歩行動作の1周期



a) 重心の垂直方向の移動量

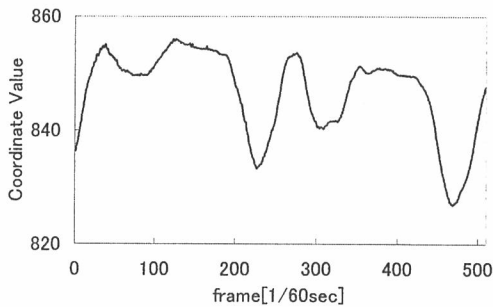


b) 重心の水平方向の移動量

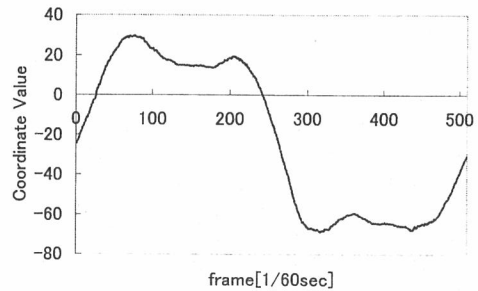


c) 正面からみた重心の移動の変化

図9 能のハコビにおける歩行動作の重心移動



a) 重心の垂直方向の移動量



b) 重心の水平方向の移動量



c) 正面からみた重心の移動の変化

図10 島原の内八文字における歩行動作の重心移動

図7より、能のハコビの立脚期は95.7%、遊脚期は4.3%、両脚支持期は100%をしめた。これは、常に左右どちらかの立脚期状態を示しており、遊脚期は13フレームでほんの一瞬だけ、足指を垂直方向に移動しただけであった。図8より、島原

の太夫の立脚期は90.2%、遊脚期は9.8%、両脚支持期は100%しめた。能のハコビと同様に、常に左右のどちらかが立脚期状態を示しており、遊脚期は50フレームで0.8秒間だけであった。この遊脚期は内八文字の足先を内側に向けるしぐさ

を行うときであった。図9より、能のハコビにおける重心位置の垂直方向は24.7mm、水平方向は96.4mmの移動の大きさを示した。一般的な歩行の重心移動と比較すると、垂直方向の移動は極めて少なく、水平方向の移動が大きくなっている。これは、左右交互に重心位置を移動し、バランスをとっているのではないかと考えられる。図9の①は、この水平方向の重心移動を表している。図10より、島原の内八文字における重心位置の垂直方向は29.1mm、水平方向は98.7mmの移動の大きさを示した。能のハコビの重心移動と同様な結果を表した。しかし、能のハコビは重心の水平方向の移動であったが、図10の②より、島原の内八文字は綺麗な八文字を描いている。明らかに、一般的な歩行とは異なる重心移動を示した。

## 5. おわりに

本稿では、一般的な歩行のメカニズムと伝統芸能における歩行動作を比較し考察を述べた。歩行の立脚期、遊脚期、両脚支持期で一般的な歩行と異なる動作を行っていることを示した。また、重心位置の移動量を調べ、能のハコビは、水平方向の移動が大きく、左右交互に重心位置を移動させながら進行方向に進んでいくことが言える。また、島原の内八文字は、重心が八文字を描きながら進行方向に進むことが明らかになった。

今後の課題として、歩行の要素、重心位置の移動だけでなく、重心と下肢がどのような関係を持っているか検討したいと考えている。また、本稿は、能のハコビと島原の内八文字の2種類の比較だけであったが、歌舞伎や狂言、日本舞踊といった伝統芸能も比較対象とし研究を進めていきたいと考えている。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、花扇太夫氏、(財)片山家能楽・京舞保存財団の観世流・能楽師 片山清司氏の両氏の御協力を得た。また、モーションキャプチャシステムにおいて、(株)ナックイメージテクノロジーの多大な御協力を頂いた。ここに謝意を表する。尚、本研究は、文部科学省21世紀COEプログラム「京都アート・エンターテインメント創成研究」および科学研究費補助金基盤研究(B)16300035の支援により行なわれた。

## 参考文献

- [1] Mitsu Yoshimura, Kazuya Kojima, Kozaburo Hachimura, Yuuka Marumo and Akira Kuromiya : Quantification and Recognition of Basic Motion "Okuri" in Japanese Traditional Dance, Proceeding of the 2004 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp.205-210, 2004.
- [2] 曾我麻佐子, 海野敏, 安田孝美, 横井茂樹: 3DCGを用いたバレエレッスン用振付の自動生成システム～

モーションデータアーカイブの舞踊教育への応用～, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, pp.253-258, 2004.

- [3] 池内克史, 中澤篤志, 小川原光一, 高松淳, 工藤俊亮, 中岡慎一郎, 白鳥貴亮: 民族芸能のデジタルアーカイブとロボットによる動作提示, 日本バーチャルリアリティ学会学会誌, Vol. 9, No. 2, pp. 14-20, 2004.
- [4] 八村広三郎, 小島一成, 赤間亮: 無形文化財のデジタルアーカイブとエンターテインメントへの応用, エンターテインメントコンピューティング 2003 IPSJ Symposium Series Vol.1, No.1, pp.88-93, 2003.
- [5] 赤間亮, 小島一成: 関西都市と芸能を科学する, 電子情報通信学会誌, Vol.86, No.10, pp.747-751, 2003.
- [6] 中村隆一, 斉藤宏, 長崎浩: 基礎運動学, 医歯薬出版株式会社, 2003.
- [7] 石田明允, 廣川俊二, 宮崎信次, 阿江通良, 林豊彦: 身体運動のバイオメカニクス, コロナ社, 2002.
- [8] 江原義弘, 山本澄子: 歩き始めと歩行の分析, 医歯薬出版株式会社, 2004.