

# 慣性センサと距離センサを利用した動作教示システム

○入江寿弘\*<sup>1</sup>,丸茂美恵子\*<sup>2</sup>

キーワード：モーションキャプチャ 日本舞踊 教育システム

## 1. はじめに

モーションキャプチャを用いた研究により日本舞踊において自己研鑽過程の若い舞踊家の教育を想定し、伝統的な「技」の巧拙の判断の根拠の一つとなる身体重心(腰)の置き方や安定性について動作解析し、それらの可視化による情報技術の力を応用した教育支援システムを構築するところに目的を置いて研究を行っている<sup>1)</sup>。本研究の特色は、演者の動作の経時変化の考察を重点的にを行い、卓越した技を持つ日本舞踊家の「巧みさ」の特徴量を抽出することにある。モーションキャプチャを用いた解析以外にも低価格なセンサを用いてリアルタイム計測ができる3DCGおよび教示システムを開発する。

## 2. モーションキャプチャシステムを用いた計測

最初に2種類のカメラを使って同一の日本舞踊の動作の計測を行い比較した。

Table1 モーションキャプチャカメラの種類

Motion Capture	Camera	pixel	fps
Hawk	12 Cameras	640 x 480	200
Raptor-E	8 Cameras	1280x1024	480

日本舞踊の「七福神」を用いて「腰」の動作に対応すると思われるマーカ (T10) の高さ方向のデータに着目し比較を行った。

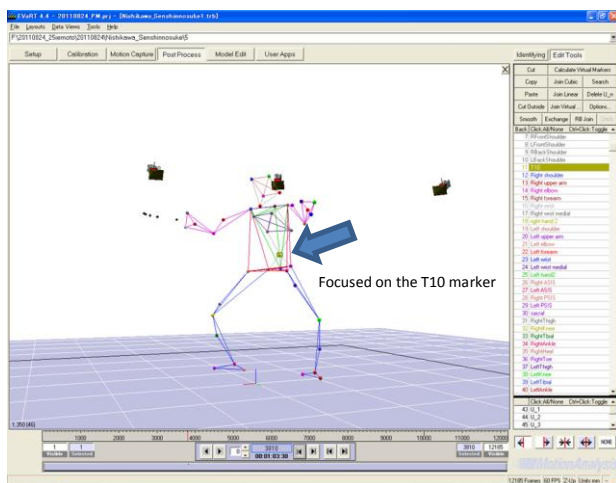


Fig.1 モーションキャプチャの画面 (Hawk Camera)

T10 マーカの Z 軸方向の位置の Hawk カメラでの計測データを Fig.2 に示す。舞踊の動作として 450mm 程度の上下運動が確認できる。計測結果の一部の動作に着目し時間スケールを拡大したグラフを Fig.3 に示す。

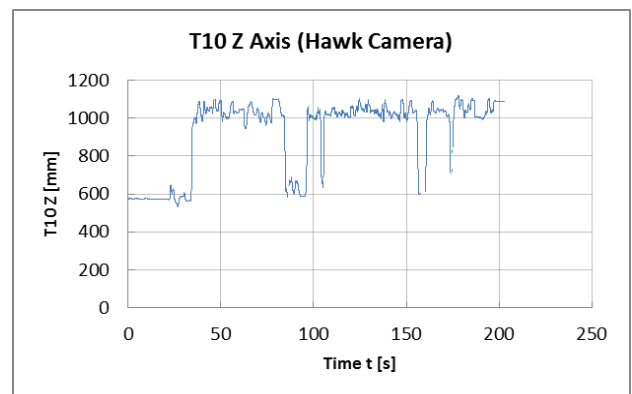


Fig.2 モーションキャプチャデータ(Hawk Camera) ほぼ滑らかなデータではあるが、良く見ると細かく振動しているような高い周波数成分の波が確認できる。

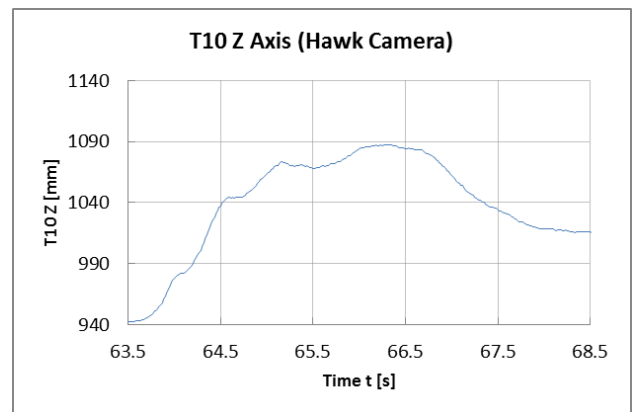


Fig.3 モーションキャプチャ時間軸拡大データ (Hawk Camera)

次に Raptor-E を用いて同一演目を計測した。Hawk カメラが 12 台使用したのに対して Raptor-E カメラは 8 台での計測で Fig.4 の様にカメラ間の距離は Hawk カメラでの計測に比べ離れている。Raptor-E で計測した T10 マーカの Z 軸方向の変位の計測結果を Fig.5 に示す。

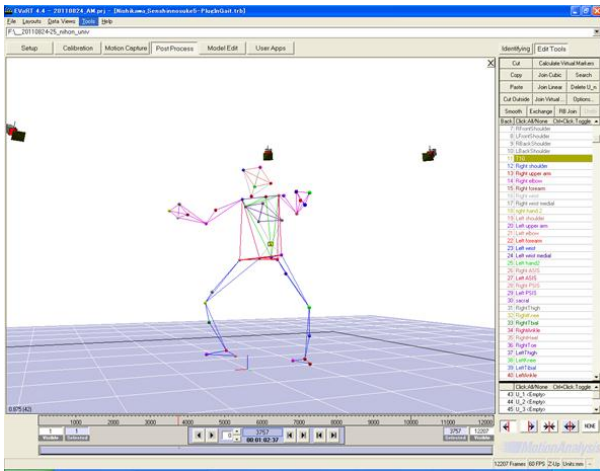


Fig.4 モーションキャプチャの画面 (Raptor-E Camera)

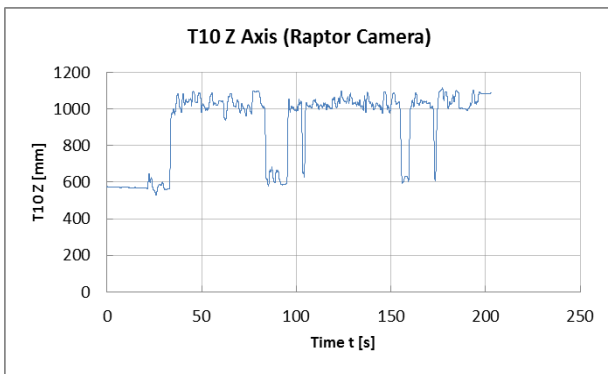


Fig.5 モーションキャプチャデータ (Raptor-E Camera)  
 全計測時間を通しての大きな差異はほとんどなく両カメラとも良好な結果とみる事が出来る。次に Fig.3 のグラフと同じ時間の時間スケールを拡大した結果を Fig.6 に示す。Fig.3 の結果に比べ細かな振動が消えていることが判る。このことから Fig.3 に現れた細かな振動は計測ノイズと推測される。

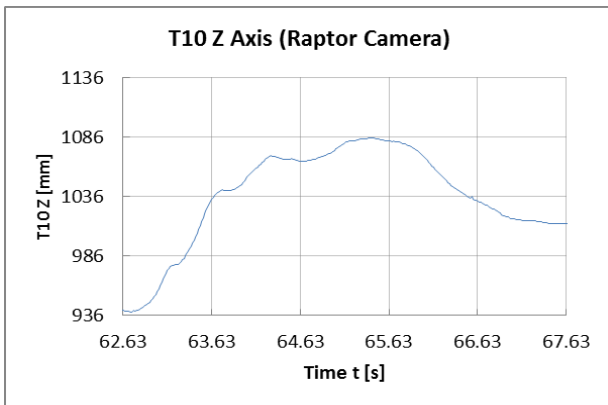


Fig.6 時間軸拡大データ  
 (Raptor-E Camera)

同様の計測を年代の違う演者 (熟練者) で計測を行った結果を Fig.7~Fig.10 に示す。データより演目の特徴を示す共通した特徴を見出すことが可能であるが Hawk カメラでは計測誤差の影響で微妙な動作に差が表れていること

が確認できた。

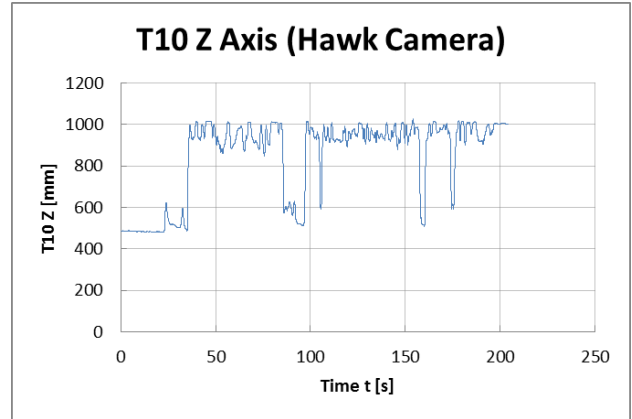


Fig.7 熟練演者のモーションキャプチャデータ

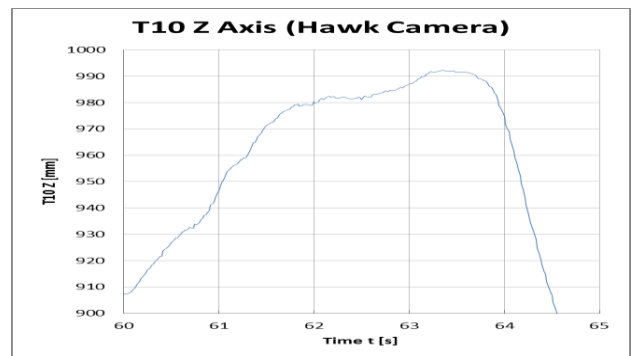


Fig.8 熟練演者の時間軸拡大データ

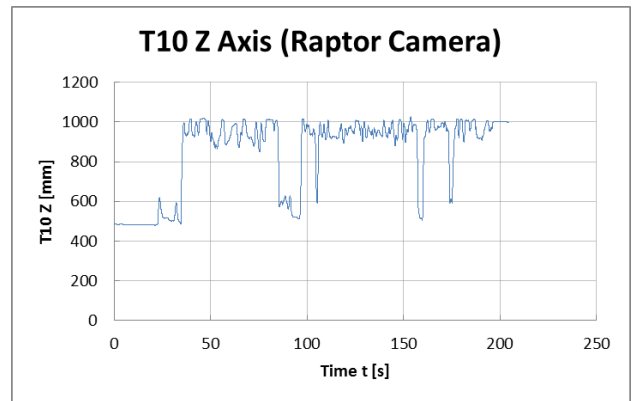


Fig.9 熟練演者のモーションキャプチャデータ

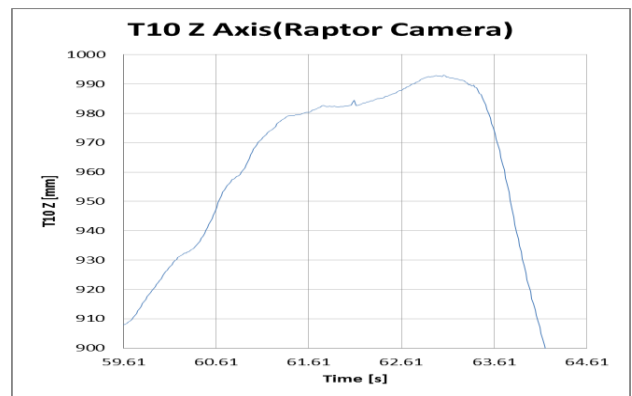


Fig.10 熟練演者の時間軸拡大データ

2種類のカメラのデータより計測値の違いを差し引きし、計測誤差に相当するデータを抽出した。平均で1mm程度の変動が確認できる。

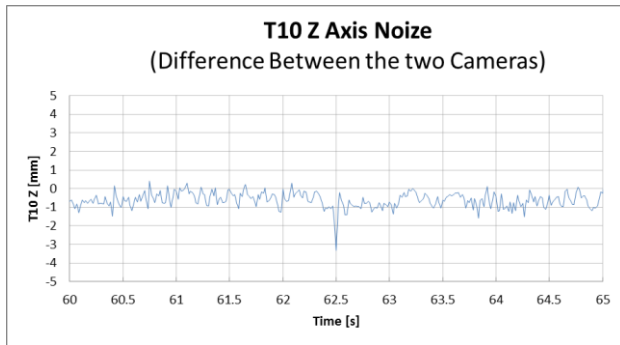


Fig.11 2種類のカメラの差分データ

次に Fig.11 のデータを元に周波数分析を行った。ノイズと考えられる成分の周波数成分は 3.8Hz と 7Hz あたりに多く含まれることが判った。

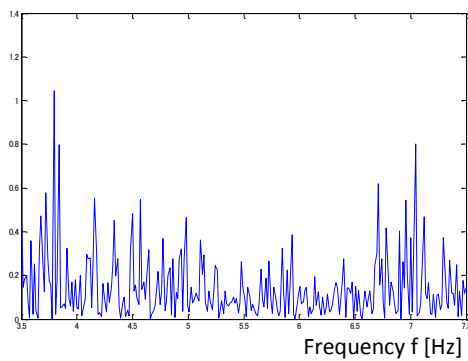


Fig.12 ノイズの周波数成分

### 3. 慣性センサを用いた3DCG動作提示システム

次に慣性センサを用いた動作提示システムについて述べる。Fig.13 に示すワイヤレス慣性センサを開発し動作提示システムの実現を試みた。



Fig.13 ワイヤレス慣性センサ

今回は慣性センサ5組を用い左腕部に3セット、胴部に1セット、頭部に1セット用い動作提示を行うプログラムを作成した。

個々のセンサの出力は独立した Sensor Client プログラ

ムで個々のキャリブレーションや初期化を行い個々の特性のバラツキの補正を行っている。

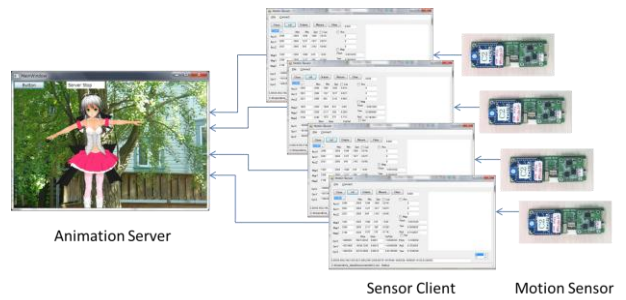


Fig.14 慣性センサを用いた3DCGシステム

センサのデータは Animation Server に TCP プロトコルを用い通信を行い 3DCG の描画を行っている。

### 4. サーボアクチュエータを用いた動作提示システム

慣性センサから得られた動作データを実際の動作として確認できるサーボアクチュエータを用いた動作提示システムの試作を行った。市販のジョイントとパイプ (Fig.15)、サーボアクチュエータ (Fig.16) により骨格に合わせた機構を構成することが可能である。



Fig.15 ジョイント



Fig.16 サーボアクチュエータ

Fig.17 に左肩部のアクチュエータの構成例を示す。

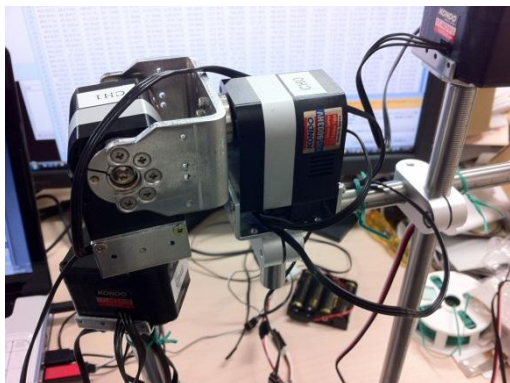


Fig.17 左片部アクチュエータ

制御プログラムは前述の慣性センサのシステムと連動し動作可能な構成とした。Fig.18 にシステム構成を示す。Sensor Client からの通信は Servo Control Server にデータを受け渡し、個々のサーボアクチュエータを駆動している。

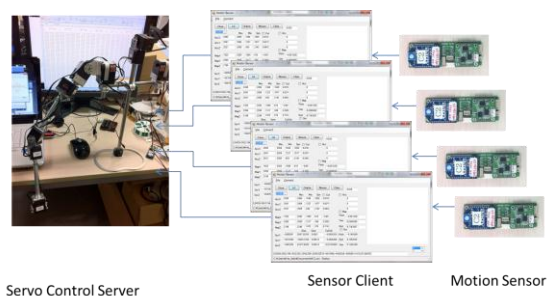


Fig.18 サーボアクチュエータを用いた動作提示システムの構成

## 5. まとめ

モーションキャプチャを用いた計測データについて2種類のカメラで計測結果の違いについて検討し精度の違いによる影響について検討を行った。精度の高いカメラを用いた方が動作はより正確に把握できるが、実際にどの程度まで精度が必要かは今後検討する必要がある。

慣性センサを用いた動作提示システムは3 DCG とサーボアクチュエータを用いたシステムの開発を行った。今後、実際に教育支援システムとして利用するための手法について検討を行う必要が有る。日本舞踊の様な「巧みさ」をとらえて表現するためには人の感性を数値的に表す試みが必要で、ソフトコンピューティングとの連携が不可欠と考えられる。

本研究は科学研究費(課題番号:23300225)の助成を受けて実施されたものである。

### [参考文献]

- 1) Toshihiro IRIE, Yukitaka SHINODA, Hiroshi KAWAKAMI, Toru OZAWA and Mieko MARUMO, Study on Educational Support System and Measurement of Nihon Buyo by Motion Capture, pp.87-89, International Symposium Human Body Motion Analysis with Motion Capture, Jan. 21<sup>st</sup>, 2012

\*1 日本大学工学部 教授 博士(工学)

\*2 日本大学芸術学部 教授 博士(芸術学)