

動作の同一性を計測する腕時計型コンピュータ ～ダンスにおける演技者間の比較～

野原拓実[†] 岩倉真伍[†] 古賀佑輔[†] 中嶋一喜[†] 琴野絢香[†]
吉井貴映[†] 田辺晃弘[†] 山口凌雅[†] 松下宗一郎[†]

複数の演技者が同じ動作を同時に行っていることが求められる競技ダンスにおいて、動作の同一性をリアルタイムに評価する腕時計型コンピュータを提案する。3軸角速度合成ベクトル長の時間変動についてパターンマッチングを行うことで、センサデバイスの装着位置を強く意識することなく気軽に利用できるシステムの検討を行った。

A Synchronized Wristwatch-type Wearable Computer

TAKUMI NOHARA[†] SHINGO IWAKURA[†] YUSUKE KOGA[†]
KAZUKI NAKAJIMA[†] AYAKA KOTONO[†] TAKAAKI YOSHII[†]
AKIHIKO TANABE[†] RYOGA YAMAGUCHI[†] SOICHIRO MATSUSHITA[†]

We propose a wristwatch-like wireless motion sensing device to evaluate a degree of synchronization of motion between cheer dance performers. An evaluation algorithm utilizing 3-axis angular velocity signals showed how two performers were synchronized without a precise setup for the motion sensor devices.

1. 動機

多人数での運動による表現力を問われる競技スポーツにおいては各人の動作の同一性が重視されることが多い。その中で、競技ダンスでは練習を重ねていくうちに振付の解釈やタイミングが変わり、振付師の意図に対して違いが生じてくる。そして、演技者間での動作の同一性がないと判定された時、競技の採点結果に影響が生じる。例えば、チアダンスの大会のルールブックや演技規定などでは、ダンス中の一体感や同調性が重視されている[1]。また、競技ダンスの大会ではテクニックの精度や同一性を目視で評価しているため、演者を見る位置の違い等により評価に差異が生じやすい。さらには、練習中の演技者や指導者においても、演技の正確なタイミングや動作を判別し、どのように同一性がないのかをその場で理解することは困難である。

人の動作を客観的に測定する際には、赤外線距離画像等を用いたモーションキャプチャー技術の利用が考えられる。しかしながら、競技ダンスでは10～30人ほどの人数で踊り、フォーメーションチェンジなどの視覚効果を重視することから、実際の演技や演技練習の場で画像処理をベースとした運動計測システムを適用することは困難である。そこで本研究では、複数の演技者が運動センサを身体に装着し、演技運動の同一性をタイミングならびに運動強度の視点からリアルタイムにて評価する腕時計型コンピュータを提案する。また、ダンスの中におけるどの部分が同一性を欠いていたのかを演技者にフィードバックすることで、競技ダンス初心者への効果的な教示を行うことを目指している。

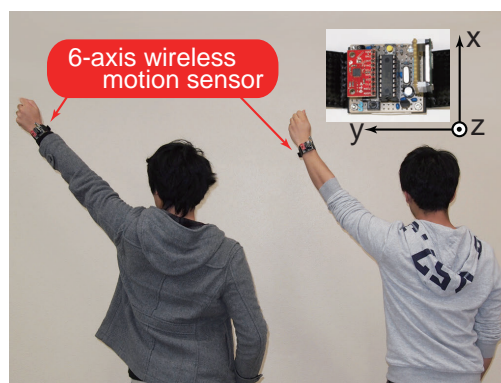


図1 腕時計型ワイヤレスモーションセンサ
Figure 1 Wristwatch-type wireless motion sensor

2. 腕時計型ワイヤレスモーションセンサ

チアダンスでは、手に小道具を持った状態での表現が多用されており、他の身体部位と比べて動作の同一性がとりわけ重視されている。また、演技の妨げとならず、演技中に装着位置が変動しにくいことを考慮し、図1に示すような腕時計型デバイスを作製した。モーションセンサでは、3軸加速度 ($\pm 16G$, $1G = 9.8m/s^2$) 及び3軸角速度 ($\pm 2000deg/sec$, dps) について、秒速100回にて計測を行っており、チアダンスにおけるほとんどの動作をカバーすることができる。また、デバイスには小型マイコン及び、2.4GHz帯無線通信モジュールが搭載されており、連続約5時間程度の利用が可能である。そして、このデバイスからデータを受信するノートPCを用いて動作の同一性を解析し、リアルタイムにて結果を画面表示するシステムを作成した。

[†] 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

3. 動作同一性の評価アルゴリズム

身体装着型運動センサによるモーション分析では、振動や衝撃の影響を受けやすい加速度センサの利用を姿勢角度の推定といった補助的役割にとどめ、角速度の時間積分により運動角の推定を比較的高精度にて行える角速度センサを運動分析の中心として位置づけるシステムが多い。しかしながら、図1に示すような運動の軸方位を正確に固定することを前提とした場合、センサデバイスをいつでも気軽に使用することが困難になると考えられる。また、競技ダンスにおけるやや激しい運動に際し、センサデバイスの取り付け位置がずれてしまうことで、動作同一性の評価に大きな影響が及ぶことが懸念される。そこで本研究では、3軸角速度の合成ベクトル長は、剛体運動については軸方位依存性を持たなくなることに着目した。そして、二人の演技者が同時に演技を行った際に、リアルタイムにて3軸角速度の合成ベクトル長の差異を分析することで、運動強度とタイミングの同一性の評価を試みた。

ここで、時刻 t における演技者 1 及び演技者 2 の角速度合成ベクトル長をそれぞれ $A1[t]$, $A2[t]$ とした時、運動同一性は、0 (完全不一致) から 1 (完全一致) までの値をとる関数 S (Synchronization) として、以下のように定義した。

$$S = 1 - \text{SQRT} \left(\frac{\sum (A1[t] - A2[t])^2}{\sum ((A1[t])^2 + (A2[t])^2)} \right)$$
 そして、積算演算の時間区間を変化させ、ダンスにおける運動同一性の主観評価との対応関係を検討することとした。

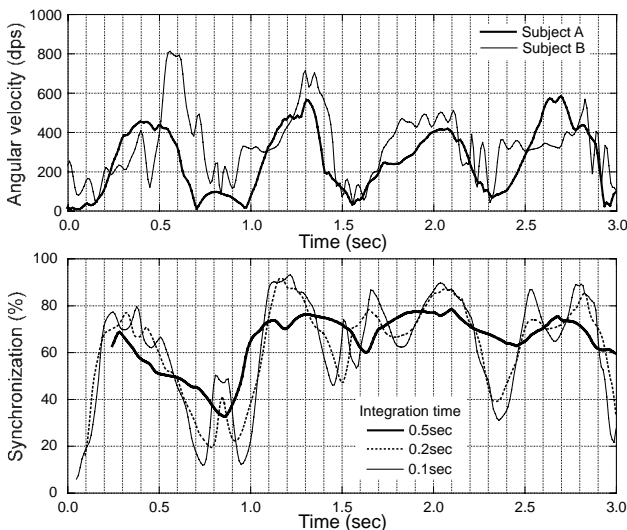


図2 2人の演技者間の運動同一性評価結果
 Figure 2 Wristwatch-type wireless motion sensor

4. ダンス演技の評価実験

運動同一性評価関数 S の有効性を確かめるため、2人のダンス初心者 A, B により約 10 秒間程度にて評価実験を行った。ここでは、2人の被験者 A 及び B は、前もってダンス競技経験をもつ指導者によりダンスの内容について指導

を受けており、目視では運動の同一性がかなり高くなっているとの評価を受けている。図2はダンス演技者間での運動同一性評価の結果であり、3軸角速度の合成ベクトル長 (Angular velocity) の波形からは、運動強度やタイミングがまずまず一致しており、一致の度合いに応じて評価関数 S の値が変化していることが見てとれる。一方、評価関数 S の積算時間を変化させたところ、約 0.5 秒前後を境に運動の詳細な相違を反映しにくくなることが分かった。また被験者 B についてはデバイスをやや緩めに装着しており、運動時に回転振動を起こしているが、時間積算による評価関数を用いたことで影響が軽減されていると思われる。

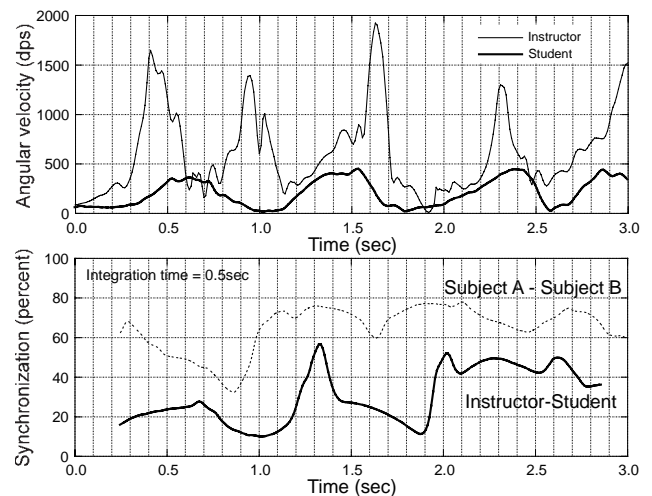


図3 2人の演技者間の運動同一性評価結果
 Figure 3 Wristwatch-type wireless motion sensor

続いて、演技内容を事前に伝えることなく、指導者と学習者 (初心者) とが向かい合って演技を行うという状況にて、評価関数 S による運動同一性の評価を試みた。ここでは、指導者の演技を見ながら学習者が追随するという状況であるため、両者の動作にはある程度の時間差が生じることが予想される。また、初心者は見よう見まねで演技を行っていることから、運動強度が小さくなるものと思われる。図3はこのような状況下における角速度合成ベクトル長と、運動同一性評価関数 S (積算時間 0.5 秒) の挙動を示したものであり、練習を重ねた2人の被験者間の結果 (図2) と比べて評価関数 S の値が小さくなっていることが分かる。

以上のように、腕時計型コンピュータにより気軽に運動同一性の評価を行うシステムの可能性を見いだせた。そこで今後は学習者へのフィードバック手法の検討を進め、競技ダンスの技量向上に貢献していきたいと考えている。

参考文献

1)第14回全日本チアダンス選手権大会・第12回全日本学生チアダンス選手権大会2014年度演技規定, 日本チアダンス協会(JCDA)公式サイト, <http://www.jcda.jp/rule/2014/Divisions.pdf>, (2014).