角速度に着目した
さんさ踊りの手の動きの柔らかさの分析法に関する一検討

A Study on Analysis Method of Softness Movement on Sansa Dance using Angular Velocity

尾関 渓 Kei Ozeki
松田 浩一 Koichi Matsuda

*1 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

The softness of movements in dance is sensuously judged as good or bad. Therefore, it may be difficult to express in words how the difference is. According to experts, the following factors are important for the softness of movement. (1) It moves in order from the trunk to the tip of the hand, (2) Move slowly in the first half and move fast in the second half. In this study, we focused on the change of the angular velocity of the back of the hand in order to analyze the softness of the hand movement of the Sansa dance. By observing the data obtained from the angular velocity sensor installed on the back of the hand, it was found that there is a correspondence between the tendency of angular velocity and the movement of each subject's hand. Furthermore, focusing on the amount of change in angular velocity, it was suggested that the tendency of softness could be classified by the distribution of the amount of change in angular velocity.

1. はじめに

郷土芸能では，地域固有の文化や特性が動きや形に現れる．初級者は，基本的な動きを共通で学ぶ．これが上級者になるにつれて，どう踊りたいか・どこに魅かれたのかといった思想が動きに反映されて，個性が形成されていく．個々の個性は尊重されており，唯一の形というものが無いことが多い．そのため，指導において表現や意識の違いから，学習者に迷いを生じさせる要因にもなりうる．専門家によれば，劇団における指導では，さまざまな郷土芸能の動きはもとより，日本舞踊やバレエなどの多種多様な体の動かし方を教えるという．さまざまな動作を試行錯誤することにより，あるとき自分の身体動作を理解できるようになるのだという．一方，地域の郷土芸能団体では上級者の動きを真似ることが学習法となる．いずれのケースにおいても，その過程において，動作を理解させるための指導があり，経験や理論に基づきジェスチャや言葉による理解の促進が行われている．しかし，感覚的な情報の伝達においては，指導者と学習者とで，共通の認識・理解を持つことが難しい場合がある．

そのような現状から，情報技術を用いた指導の支援が試みられるようになった．佐藤らは，モーションキャプチャを用いた熟練化の支援を行った[1]．計測されたデータの座標位置を用いて，動作範囲を求めることで，身体動作が大きくなる過程を示した．また，関節の座標点のみでも誰の動作か把握することができ，動きの特徴から気づきを得ることが可能であったという．

滝沢らは，盛岡さんさ踊りを対象とし，拍の取り方の異なる被験者の動作比較法の検討を行った[2]．さんさ踊りの上手さに起因する要素として，緩急やタイミングを取る「体幹」と，動きの柔らかさを形成する「手」の二つがある．滝沢らは，「体幹」の腰部動作の振る舞いに着目した．提案手法では，動作の開始タイミングに自動的に合わせて腰部の加速度の一致具合を数値化できる．提案手法によって，経験的に感じる経験年数による一致度の違いが数値的に表れることが示された．

本研究では，岩手県の地域伝統舞踊である「盛岡さんさ踊り」を対象動作とする．滝沢らの扱わなかった動きの柔らかさを形成する「手」の動きに着目し，学習者が指導者と何が違うのかについて，質や量といった観点から比較を可能とするため，以下の二つを目的とする．一つ目は，感覚的情報の数値化であり，「このくらい」・「こんな感じ」といった情報を具体化する．このとき，どの動作・部位に着目すべきか，またどの機器を用いるべきかについて検討する．二つ目は，感覚的情報と数値の対応の検討であり，計測したデータは，加工・解釈が必要である．

2. 動きの柔らかさ，とは

「柔らかさ」はどのように定義されるのか，について以下に整理する．

ロボット技術[3]の分野においては，「柔らかい動作」は関節がたわむこと，とあり，「硬い動作」であると各関節の位置・角度が厳密であるという．柔らかい動作を行うためには，繊細な力制御が必要であり，高度な制御技術が必要である．この分野における「柔らかさ」は，個別の関節の動きに着目している．

一方，郷土芸能の分野においては，専門家へのヒアリングによれば，動作を対象とした柔らかさは関節間の連動から生まれるとの知見を得た．具体的には，「体幹から近い部位が順に動く」ことと，「動きの前半にタメ（緩）を作って，後半に勢い（急）を出す」動き方をすることで，柔らかさが出る，とのことであった．

新井ら[4]は，加速度と，その微分した値である躍度を用いた柔らかい手の動作の判別を試みた．肘を原点とした時の手首の加速度と躍度の分散に対して，回帰分析と SVM(Support Vector Machine)を用いて，分類を行う．その結果，動作における「柔らかい」・「硬い」を6割程度分類することができた．しかし，分類ごとにおける動きの違い（質）については，言及が行われていない．そこで，本稿では被験者の動きにおける柔らかさの質の違いに言及できる手法を検討する．

3. 柔らかさの数値化

3.1. 対象動作・部位

さんさ踊りにおける手の動きの柔らかさについて，岩手県立大学さんさ踊り実行委員会に対して，ヒアリングを行った（本学のさんさ踊り団体は，毎年パレードに100～200名のチームで参加しており，8 年連続最優秀賞を受賞したこともある実績のある団体である）．

その結果，踊り中の左右の手を3回ずつ振り下ろす動作において，柔らかさが顕著に出るとの回答が得られた．この動作は，「ハラハラ」動作と呼ばれ，横を向いてジャンプしながら片手を三回振り下ろし，下に置いた手と合わせて手を叩く．また，この振り下ろし動作を分解すると，下方向への「振り下ろし」動作と上方向への「返し」動作から構成されている．

映像における手の動きに着目したところ，柔らかい動きを行える人は，専門家からのヒアリング結果の通り，上腕・前腕・手と体幹に近い部位から順に部位が動いていることが確認できた（図1）．

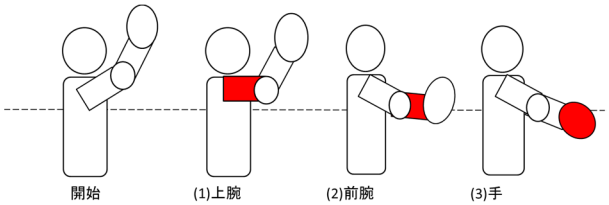

図 1　手の動き方を示したイメージ図

体幹に近い部位から動き，手の甲を動かさずに腕を振り下ろしてタメを作り，手の甲を返している．これによって，郷土芸能における柔らかさを体現していると言える．

3.2. 主観評価

専門家に被験者の映像を用いた，柔らかさについての評価をして頂いた．

3.2.1. 対象データ

- 対象動作
  - さんさ踊り第二番「七夕崩し」内のハラハラ動作
- 被験者
  - 岩手県立大学さんさ踊り実行委員会所属の 4 名（被験者 A～D）
- 映像取得
  - BPM93 の音源を使用
  - 被験者は個々で撮影を 3 回行い，被験者が 1 番良いとした映像を評価対象とした．

3.2.2. 評価結果

表 1 に被験者 4 名の評価結果を示す．腕だけで評価はできないとの回答があったため，全身の動きを見てもらったうえで，評価を行った．

評価に差の見られた被験者 A・D に対して，コマ単位で映像の比較を行った．その結果，「返し」動作で大きな違いが見られた．「返し」動作では，片手を下に置いた手と合わせた状態から上に上げている．

表 1　専門家による評価結果

順位	被験者	コメント
1	A	群を抜いて全身が柔らかい
2	B	のびやかに動ける感じが欲しい
3	C, D	C は動きが直線的

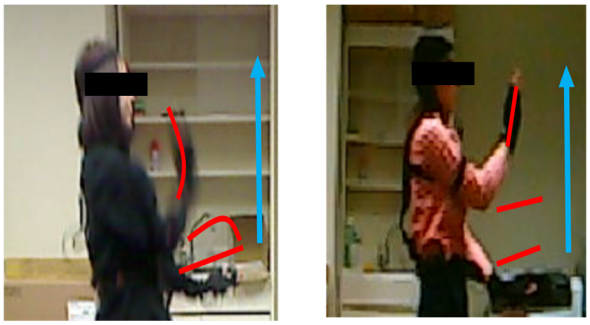

図 2　被験者 A・D の手の動きの比較

図 2 に違いの見られたコマを示す．図中の赤線は，手の形を表しており，手は下から上に動いている．被験者 A，D ともに，下に片手を置いたときには同じ形をしているが，振り上げる過程において，手の形や速度の変化が異なっていた．

被験者 A の手の動きに着目すると，上げる途中で動きの逆方向に向いてから，最後は順方向に反っていた．その過程において，前半はゆっくりした動きであるが，後半に速い動きとなっていた．それに対して，被験者 D は終始手の形に変化がなく，動きの速さには変化が少なかった．このことから，手の動く範囲および動作の緩急の有無が異なり，上への「返し」動作における手の動きに大きな違いがあると言える．

本稿では，手の動きを各関節の角度の変化による現象としてとらえることとした．その観点からは，手の動きは角度の推移により表され，また，その動きの緩急は，角度の変化率によってあらわせると考えられる．

3.3. 動作情報の数値化

動作を数値で取得するため，慣性センサ式モーションキャプチャを用いた．本稿では，座標値ではなく，角度の変化に着目するため，慣性センサで取得している角速度を直接抽出して実験に用いる．これにより座標値を用いた角度の計算よりも精度のよいデータとして活用できる．

3.3.1. モーションキャプチャによるデータ取得

慣性センサ方式モーションキャプチャ Noitom Perception Neuron（以下，Neuron）を用いてデータを取得した．Neuron では 120Hz でデータを取得できる．全身に装着してデータを取得した（図 3）が，本稿では，映像による比較で差が見えた手の甲のデータを用いることとした．

図 3　手の甲と腕に設置したモーションキャプチャ

3.3.2.　分析に用いるパラメータの検討

角速度センサは，x, y, z 軸の 3 軸の周りの単位時間当たりの角度変化を取得する．単位は deg/s（degree per second；または dps）である．映像で動作を確認した段階では，視点から見て上下方向の動きのみが見えており，その変化に着目していた．そこで，手の甲を水平としたときの上下方向の回転軸の角速度を用いればよいと予想していた．

しかし，3 次元映像により手の動きを確認すると，手を上げる過程において，前腕のひねりが見え，手の甲の軸の向きが変わっていることが分かった．したがって，特定の軸周りの回転だけに着目すると，前腕のひねりによって手の甲の軸の方向が不定となり，上下方向の回転の情報にならないことになる．

また，そのひねり方や程度も，被験者により異なる．被験者 A は，「返し」動作の開始のときの手の甲の角度を中盤まで維持し，後半に前腕を回していく様子が確認され，被験者 D は，「返し」動作の最初に前腕が少し角度を付けて手を上げていくが，角度はあまり変えずに後半まで上がっている．図 4, 5 に被験者 A, D の「返し」動作の開始・終了時の手の甲の角度を示す．緑線が「返し」動作開始時，赤線が「返し」動作終了時の手の甲の角度である．

そこで，本稿では，特定の軸ではなく，手の甲の動きを任意の軸周りの回転として扱うこととした．以降，手の甲の回転についての情報として，式(1)の合成角速度 G を用いる．

$$G = \sqrt{{G_x}^2 + {G_y}^2 + {G_z}^2} \quad \cdots(1)$$

ここで，Gx, Gy, Gz は，センサの各軸の角速度値を示し，回転軸の方向（Gx, Gy, Gz）周りの G という角速度を表す．

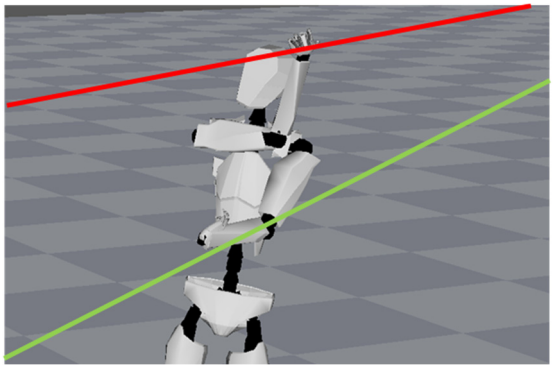

図 4　被験者 A の手の甲の変化（3D 映像）

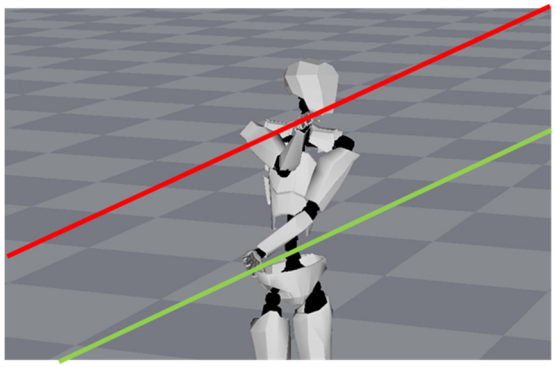

図 5　被験者 D の手の甲の変化（3D 映像）

3.3.3.　合成角速度による動作特徴の検討

被験者 A, D の「返し」動作における合成角速度の推移を確認する．また，合成角速度の変化量を同時に観察するため，角速度の微分値である角加速度を併せて示す（図 6, 7）．青線は合成角速度，オレンジ線は角加速度を示す．また，主軸は合成角速度（deg/s）を，第 2 軸は角加速度（deg/s^2）の値を表している．

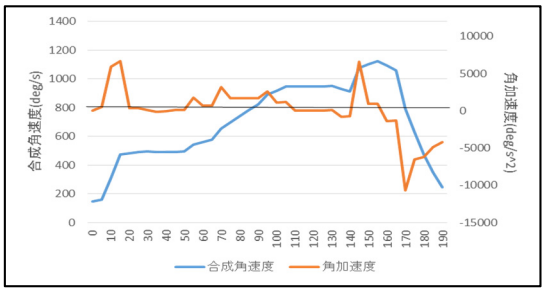

図 6　被験者 A の合成角速度と角加速度

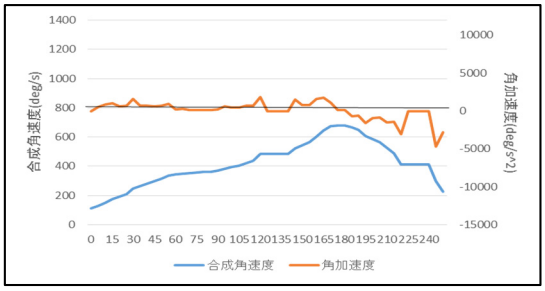

図 7　被験者 D の合成角速度と角加速度

図 8 に，比較のために被験者 A，D の角加速度を重ねた結果を示す．被験者 A は，被験者 D に比べて角加速度が大きく変化していることが分かる（図中赤丸部）．

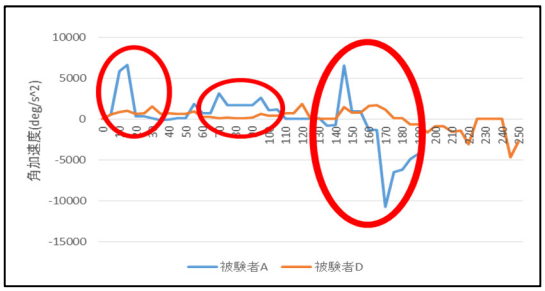

図 8　被験者 A，D の角加速度の比較

緩急に差のある被験者 A は，角加速度の値が一部大きく，他は小さい．それに対して，緩急差のない被験者 D は値が一様に小さい．角加速度は，角度変化の量を表すことから，まさに手の動きの緩急をデータとして得ていることとなる（ただし，手の甲の角速度値には，前腕や上腕の回転情報も含まれることから，解釈には注意が必要である）．

本稿では，角加速度の大きさや頻度に緩急の差の特徴が現れると仮定し，その分布を観察することによる比較を試みる．

4.　緩急の数値化の検討

4.1.　数値化方法

本稿では，角加速度のヒストグラムを観察することにより，緩急の違いを観察する方法を提案する．手順を以下に示す．

(1) 「返し」動作の区間を抽出する．区間の開始・終了は振り下ろし方向の軸のゼロ交差点とする．当該区間内の合成角速度を求める（図 9）

(2) 角加速度を求める．青線は合成加速度(deg/s)を，オレンジ線は角加速度(deg/s^2)を示す（図 10）

(3) 角加速度を，ヒストグラムで表示．縦軸はヒストグラムの度数を，横軸は角加速度を示す．（図 11）

以上の手順で，ヒストグラムの散らばり具合と概形に着目して，被験者間における動きの違いを考察する．

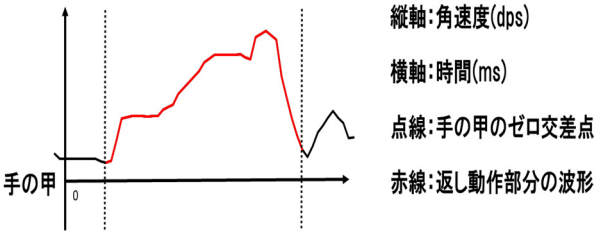

図 9　「返し」動作を抽出

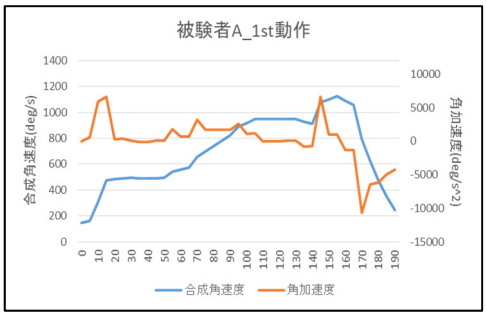

図 10　角速度と角加速度

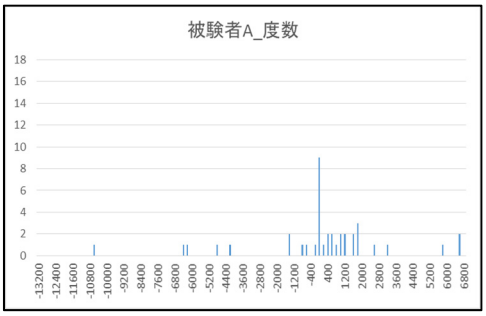

図 11　角加速度のヒストグラム

4.2.　実験

3.3 節で取得したデータを基に，数値化を行った．対象動作は，「ハラハラ動作」内における，右側の「返し」動作である．しかし，3 回行ううちの最後の「返し」動作は次の動作とのつながりがある動作であり，動きが異なる．本稿では，始めの 2 回を対象とした．なお，ヒストグラムの階級値は 200 とした．

被験者 A. B, C, D の「返し」動作における各回のヒストグラムを図 12~15 に示す．

被験者 A. 表 2 に，各被験者のヒストグラムの傾向を集約した．

表 2　角加速度ヒストグラムの傾向

順位	被験者	散らばり	中央の鋭さ
1	A	大	鋭い
2	B	やや大	やや鋭い
3	C, D	やや大，小	やや鋭い，なだらか

被験者の中で，特に，被験者 A は他の人に比べて，角加速度に大きな値があり，また，変化量の小さな値周辺への集中度が高いという特徴がある．これらの特徴は，緩急の差がはっきりしているという被験者 A の特徴を表しており，群を抜いて柔らかい，と評価されていることから，柔らかさ，にも関係があることが推測される．

- 被験者 A（図 12）
  - 角加速度の散らばりが一番大きい
  - ヒストグラム中央の概形が鋭い

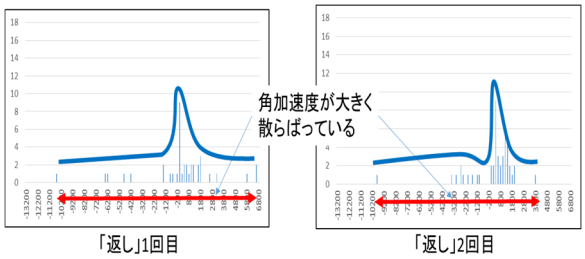

図 12　被験者 A

- 被験者 B（図 13）
  - 角加速度の散らばりがやや大きい
  - ヒストグラム中央の概形がやや鋭い

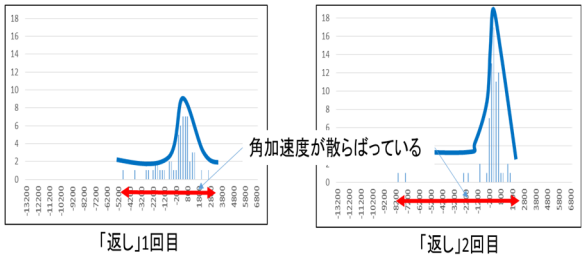

図 13　被験者 B

- 被験者 C（図 14）
  - 角加速度の散らばりがやや大きい
  - ヒストグラム中央の概形がやや鋭い

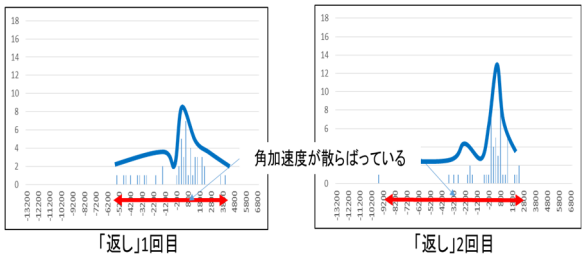

図 14　被験者 C

- 被験者 D（図 15）
  - 角加速度の散らばりが小さい
  - ヒストグラム中央の概形がなだらか

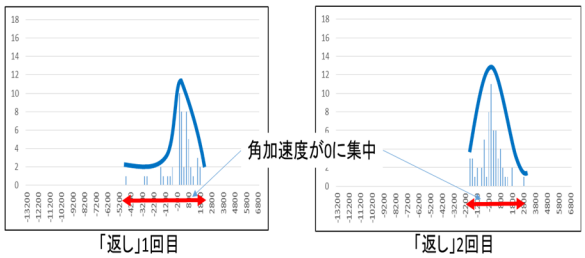

図 15　被験者 D

4.3.　考察

表 2 において，踊りの評価では，被験者 B の方がレベルは上となっているが，被験者 B，C には同じような傾向が見られる．そこで，映像により動き方を再確認した．

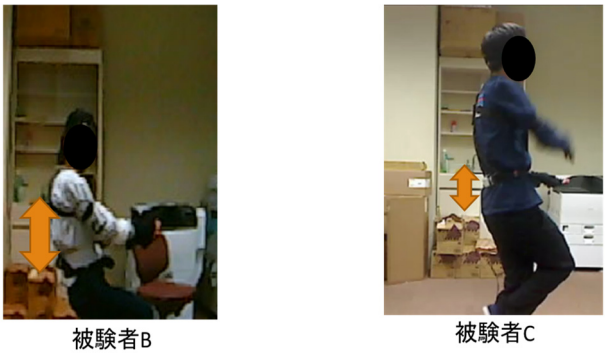

図 16　被験者 B･C の動作比較（映像）

比較の結果，被験者 B の方が腰の沈み込み方が深いことが分かった（図 16）．被験者 B は，腰部の沈み込みによって，体幹の緩急があるように見える．また，被験者 C は体幹よりも先に腕の動作が行われていたことが確認でき，映像による主観評価（表 1）において，動きが直線的，という評価を受けたことと関係がある可能性がある．

以上のことから，本実験の結果を以下の二つにまとめる．

一つ目は，角加速度のヒストグラムの分布は，動きの緩急を表している可能性があるということ．ヒストグラムの分布が広いと，「急」な動作があることを，中央の概形が鋭いと「緩」が均一量であることを意味する．これは，柔らかさにつながる要素と考えられる．なお，分布の傾向分類については，本稿では筆者らの主観で行ったが，数値的な評価方法を今後の課題としたい．

二つ目は，手だけでなく体幹の動きも踊りの柔らかさを形成しているということ．専門家も手だけでは評価できない，とコメントがあったとおり，ヒストグラムの傾向の似ている被験者 C，D の違いは，腰部の動きを検証することで判明した．本稿では，分析を容易にするために部位を絞った分析を行ったが，全身のデータを用いた方法についても検討していきたい．

5.　おわりに

本研究では，さんさ踊りにおける緩急に着目した動きの柔らかさの分析方法を提案した．手法として，「返し」動作における手の甲の動きに対して，角加速度を求め，ヒストグラムの特徴を見ることで，比較を行った．実験の結果，さんさ踊りにおける手の動きの柔らかさは，手の甲の角加速度のヒストグラムの「分布の広さ」と「中央の概形の鋭さ」で表せる可能性が示唆された．

今後の課題は，ヒストグラムの傾向の数値的な分析方法の検討，また，全身の部位に広げた分析方法の検討である．

謝辞

本研究を行うにあたり，データ取得・意見交換を行わせて頂いた岩手県立大学さんさ踊り実行委員会の皆様に感謝致します．また，舞踊の知識や指導者としての評価方法についての情報を提供して頂いた，株式会社わらび座講師清家久美子氏に深く感謝致します．なお，本研究の一部は，JSPS 科研費 17K01087 の助成による．

参考文献

[1] 佐藤克美, 海賀孝明, 渡部信一, “舞踊の熟練化を支援するためのモーションキャプチャ活用”, 日本教育工学会論文誌, 133-136, 2010.

[2] 滝沢桂吾, 松田浩一, 菊地直樹, "盛岡さんさ踊りの重心移動分析のための時系列波形自動分割の一検討 ", 情報処理学会, 第 80 回全国大会, 2ZB-04, 2018.

[3] 村上俊之,“やわらかい動作と硬い動作 ～パワーアシスト・リハビリテーション学～", MediaNet No 21, 2014.12.

[4] 新井涼,村上和人,“モーションキャプチャを用いた柔らかい動作と硬い動作の判別手法の提案”, 映像情報メディア学会, 映像メディア学会技術報告, Vol40, pp.7-11, 2016.