

上肢関節の角度変化の緩急パラメータ化による 舞踊動作の印象の可視化

Visualization of Impressions of Dance Movements by Slow and Fast Movements Parameterization of Angle Changes of Upper Limb Joints

門屋遥 松田浩一

Haruka KADOYA, Koichi MATSUDA

岩手県立大学大学院
Iwate Prefectural University

Abstract: In this study, we propose a method for visualizing the relationship between dance movements and impressions by expressing upper limb joint motion in terms of two parameters: slow and fast movements. Using the proposed method, we obtained the feature values of time series angle data, and confirmed the correspondence between the impressions of "light/heavy" and "curvilinear/linear".

1. はじめに

地域で伝承が続いている固有の伝統舞踊は、主に指導者からの口伝により継承されている。指導者は「印象の言葉」(印象語)を使って指導をすることが多く、指導者と学習者の間でイメージの共有をするのに苦心するという現状がある。例えば、指導者にとっては、イメージの共有ができたか分からず、また、学習者はどのように動きを変えれば理想とする踊りになるのかが分からない。これは、動きを評価する客観的な指標がない事が原因になっている。そこで、指導者が使う印象語の本質や、ある印象を与える動きの要因を明らかにする為に、情報技術を用いた踊りの分析が試みられるようになった。石川ら[1]は、沖縄の民族舞踊「カチャーシー」を対象に、下肢の動きの変化で印象の違いを生み出すことが可能であると明らかにした。また、丸茂ら[2]は、日本舞踊を対象に、『しっとりとした女らしい印象』を与える足の運び方を定量的に示した。

岩手県盛岡市に伝わる伝統舞踊に「盛岡さんさ踊り」がある。菊地ら[3]は、盛岡さんさ踊りの、熟練者同士の踊りの質の違いを対象に、腰部の加速度に注目して研究を行った。熟練者同士の質の違いを、加速度の時系列波形の比較に加え、ヒストグラムを用いて可視化した。その結果、時系列波形が類似していても、加速度の出現率に大きな差があり、踊りの詳細な違いが明らかになった。

また尾関ら[4]は、盛岡さんさ踊りの「ハラハラ動作」(図1)と呼ばれる、ジャンプしながら片腕を上

下させる動きを対象に、腕の動きの『柔らかい印象』に注目した。踊り手の、手の甲の動きの角加速度をヒストグラムで比較し、踊り手による『柔らかさ』の印象の違いが、ヒストグラムの形状で表せる可能性が示唆された。尾関らの手法では、ヒストグラムの形状の違いから、踊り手の動きの質が違うことは分かるものの、違いの判断は主観であり、多数の踊り手の質の違いを比較することは難しい。

そこで本研究では、盛岡さんさ踊りのハラハラ動作を対象に「柔らかい腕の動きの緩急の、印象の違いの可視化」を目的とする。具体的には、印象の違いを与える数値的な要素を指標として、踊りを分析する事を目指す。緩急について、数値的分析手法を確立することで、舞踊指導の現場や、踊り手の練度向上の場面において役立てることを目指す。

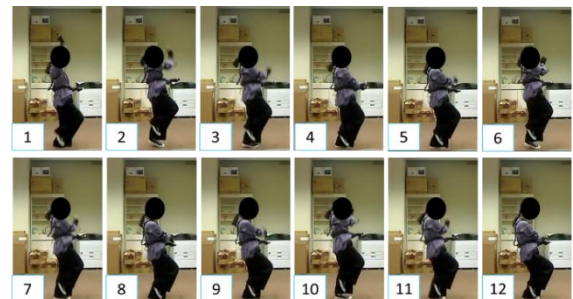


図1 ハラハラ動作を踊る踊り手。各画像の左下の番号は時系列を示す。左手をお腹の前で構え、小さくジャンプしながら、右手を3回叩く

2. 本研究における緩急の定義

2.1. 緩急の定義

本稿における「緩急」と、緩急を構成する要素を以下のように定義する。

- ・ 緩急：1動作（一方向に向かう動作）の間で、角度変化の速度が「遅い→速い→遅い」と変化すること
- ・ 緩（かん）：動き出し(始端)と動き終わり(終端)の2箇所が存在する時間当たりの変化量が小さい部分. 前半(始端)側か後半(終端)側かで時間配分が偏る
- ・ 急（きゅう）：緩と緩の間にある、緩より時間当たりの変化量が大きい部分

以下の図2は、緩急のイメージ図である。これは緩が後半に偏っている例である。緩と急には明確な境目は無い。

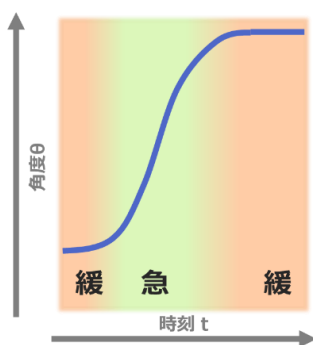


図2 1動作の「緩」と「急」のイメージ

2.2. 「緩」と動きの関係

先行研究[5]において、腕が上にある時間が長いと『軽い印象』に、下にある時間が長いと『重い印象』になる事がシミュレーションによって示されている。これを「緩」の偏りで説明すると、上げ動作で「緩」が後半に偏り、下げ動作で「緩」が前半に偏るとき、上にある時間が長い動きになり、即ち『軽い印象』の動きになる。逆に、上げ動作で「緩」が前半に偏り、下げ動作で「緩」が後半に偏るとき、腕が下にある時間が長い動きになり、即ち『重い印象』の動きになる。

2.3. 「急」と動きの関係

先行研究において、急激な角度の変化があると『跳

ね上がる』印象になることがシミュレーションによって示されている。これを「急」のきつきで説明すると、急がきつい動きだと『跳ね上がる印象』、『動きの印象が直線的』になる。逆に、「急」がきつくない動きは『丸みを帯びた印象』、『動きの印象が曲線的』になる。

3. 提案手法

柔らかい動きの緩急の印象の違いは、角度変化の曲線形状に現れる。本研究では、角度変化の曲線の特徴を二つのパラメータのみで表すことで、緩急の特徴を容易に分類する手法を提案する。提案手法により、角度と時刻の情報を、緩と急を軸とするグラフに変換できる。

3.1. データを1動作に分割

角度変化を1動作（一方向に向かう動作）ごとに扱うために、極大値、極小値でデータを分割する。対象動作の右上腕、右前腕の角度変化には共通して、極小値が三つ、極大値が二つ存在する。このうち、一つ目の極小値から、三つ目の極小値までの区間を対象とする。この区間には、上げ動作と下げ動作がそれぞれ2回含まれている。

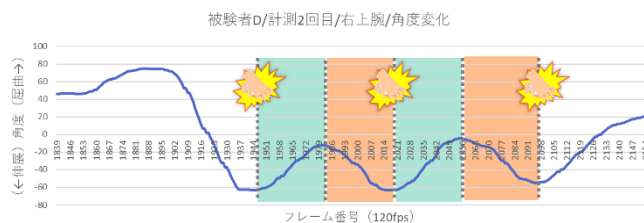


図3 ハラハラ動作の角度変化を1動作ごとに分割した範囲(着色部分)。極小値では手を叩く。

3.2. 3次 Bezier 曲線で近似

角度変化を3次 Bezier 曲線で近似する。本研究では、点群との誤差が最小となるようなフィッティングを行う。

3次 Bezier 曲線は四つの制御点(0番目~3番目)を持つ。ここで、上げ動作(単調増加)も下げ動作(単調減少)も同じ処理で扱う為に、制御点0番の座標を(0,0)に、制御点3番の座標を(1,1)に正規化する。これにより、曲線の形状は、2,3番目の二つの制御点により表されることになる。

また、誤差を最小化する際、対象動作の性質となる単調増加に合わせ、y座標に以下の制約を設けた。

- ・ (制御点0番) \leq (制御点1番)
- ・ (制御点2番) \leq (制御点3番)

以上より、1動作のデータについて、始端を(0,0)、終端を(1,1)とした、3次Bezier曲線を得る事ができる。また、実験に用いたすべてのデータについて、制御点1番のx座標の値は1/3に、制御点2番のx座標の値は2/3収束したため、以下、制御点1番と制御点2番の二つのy座標の値のみ分析に用いる。

以上により、二つのパラメータのみで曲線形状の特徴を十分に表す変換を可能とした(二つのパラメータのみで、元の角度変化を再現することが可能)。

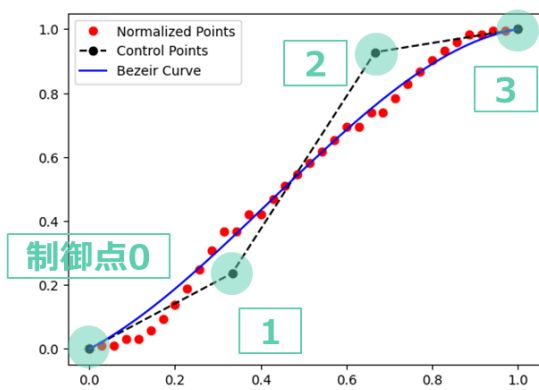


図4 正規化した1動作の角度変化のデータ(赤点)を3次ベジエ曲線で近似した線(青線)と制御点(黒丸)

3.3. 制御点y座標のマッピング

制御点1番のy座標の値と、制御点2番のy座標の値の二つの値について、横軸を制御点1番のy座標、縦軸を制御点2番のy座標とする、2次元の座標「制御点座標グラフ」にマッピングする。制御点座標グラフにおける座標は波括弧で表記する。

制御点座標グラフにおける座標とそのデータの緩急の特徴について、極端な特徴を有する四つの例(i, ii, iii, iv)を用いて整理する。

データiは、「緩」に前後の偏りがほとんど無く、「急」がきつい角度変化をする(図5-i)。制御点1番のy座標は取り得る範囲内で最小である0、制御点2番のy座標は取り得る範囲内で最大である1となり、制御点座標グラフ(図6)の{0,1}にマッピングされる。

データiiは、「緩」が後半に偏り、データiと比べて「急」はきつくない(図5-ii)。制御点1番のy座標は0.205、制御点2番のy座標は取り得る範囲内で

最大である1となり、制御点座標グラフの{0.205, 1}にマッピングされる。

データiiiは、「緩」が前半に偏り、データiと比べて「急」はゆるく、データiiと比べると「急」はややきつい(図5-iii)。制御点1番のy座標は取り得る範囲内で最小である0、制御点2番のy座標は0.862となり、制御点座標グラフの{0, 0.862}にマッピングされる。

データ(iv)は、「緩」がデータii程ではないがやや後半に偏り、「急」は4つのうち最もゆるい(図5-iv)。制御点1番のy座標は0.195、制御点2番のy座標は0.857となり、制御点座標グラフの{0.195, 0.857}にマッピングされる。

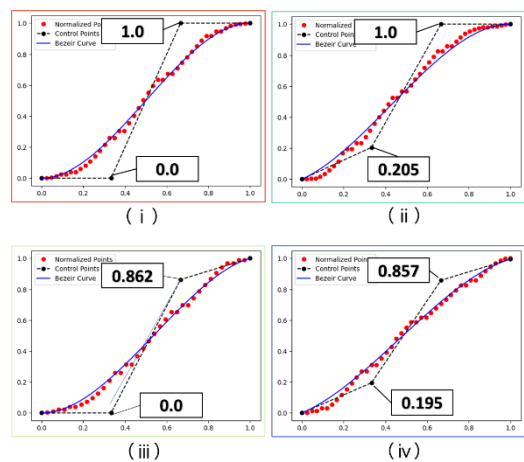


図5 データi~ivの角度変化(赤点)と近似曲線(青線)と制御点(黒点)

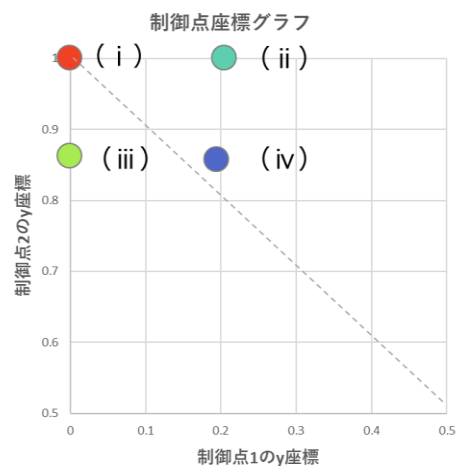


図6 データi~ivの制御点座標グラフ

制御点座標グラフに直線 $y = -x + 1$ を引くと、式1と点の位置関係は「緩」の偏り方を示していることが分かった。ここで、 $f(x) = y + x - 1$ (式1) とおくと

- $f(x) < 0$: 「緩」が後半に偏っている.
- $f(x) = 0$: 「緩」に偏りが無い.
- $f(x) > 0$: 「緩」が前半に偏っている.

データ ii とデータ iv はどちらも「緩」が後半に偏っているが、より大きく偏るデータ iv の方が式 1 と離れており、式 1 との距離が、「緩」の偏り度合いを示している.

また、制御点座標グラフにおいて、左上の点 $\{0, 1\}$ との位置関係が「急」のきつさを示している. 点 $\{0, 1\}$ に近いほど「急」がきつくなり、離れるほど「急」がゆるくなる.

3.4. 極座標系への変換

前節で、制御点座標グラフにおいて、式 1 や点 $\{0, 1\}$ との関係が、「緩」「急」の性質を示している事を述べた. 図 7 に関係図を示す. 原点を $\{0, 1\}$ とおくと、原点からの距離が「急」のゆるさに対応している. また、式 1 が負であれば、「緩」が前半に偏り、式 1 が正であれば、「緩」が後半に偏る. 以上のことから、制御点座標グラフの各点について、原点からの距離と、制御点グラフにおける角度により、極座標変換を行うことができ、縦軸が「緩」の性質、横軸が「急」の性質を表すグラフに変換することが可能となる.

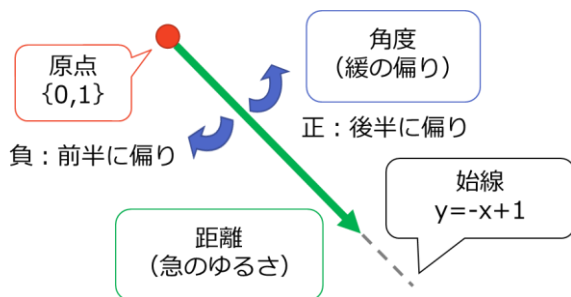


図 7 制御点座標グラフにおける緩急の対応

本稿では、 $y = -x + 1$ を始線とする極座標に変換した. 極座標に変換した後のグラフを「緩急分布グラフ」とよび、座標は角括弧で表記する. データ i ~ iv について、緩急分布グラフを図 8 に示す.

データ i は、制御点座標グラフから緩急分布グラフに変換する際の、原点 (極) であり、「緩」に偏りが無く、「急」が取り得る範囲で最もきついので、緩急分布グラフの $[0, 0]$ にマッピングされた.

データ ii は、「緩」が後半に偏るデータで、 θ 軸の値は正の値になり、また「急」はデータ i よりゆるいので、 r 軸がデータ i より大きい値となり、 $[0.205, 45]$ にマッピングされた.

データ iii は、「緩」が前半に偏るデータで、 θ 軸の値が負の値になり、また「急」はデータ i よりゆるく、データ ii よりきつい為、 r 軸の値はデータ i より大きくデータ ii より小さい値になり、 $[0.1376, -45]$ にマッピングされた.

データ iv は、「緩」がやや後半に偏り、 θ 軸の値は正の値になるが、データ ii よりは偏り具合が小さいので、データ ii より絶対値が小さい値に、また「急」は 4 つのデータのうち最もゆるいため、 r 軸が最も大きい値となり、 $[0.241, 8.809]$ に位置する.

緩急分布グラフは、縦軸が「緩」の偏りを、横軸が「急」のきつさをそれぞれ表す. これにより、緩急の持つ二つの性質を可視化することが出来た.

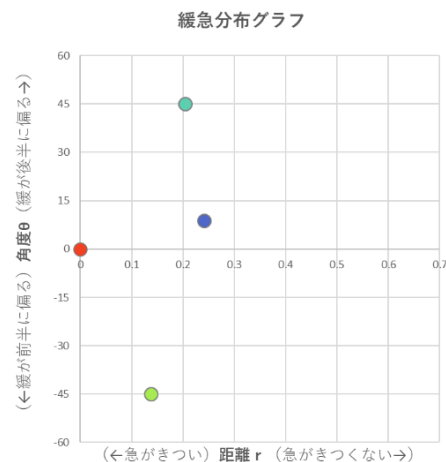


図 8 データ i ~ iv の緩急分布グラフ

4. 検証

4.1. 検証の概要

検証の目的は、踊りのデータを緩急分布グラフに当てはめ、緩急分布グラフの分布傾向と踊りの印象が対応するか確かめることである. 被験者のデータ取得には、Noitom 社の慣性センサ式モーションキャプチャ「Perception Neuron」を用いた. センサを、後頭部・背部・腰部と、左右の手背部・前腕部・上腕部・肩部 (肩甲骨の上部)・大腿部・下腿部・足背部に装着し、センサごとの変位・加速度・角速度・傾き姿勢の四元数などを 120Hz で取得した.

センサで踊りを計測すると同時に、被験者の正面に設置した 30fps の Web カメラで映像を記録した.

踊る演目は盛岡さんさ踊りの「七夕くずし」で、音源のテンポは bpm93 である. 計測は 3 回 (または 4 回) 行う.

実験には、岩手県立大学さんさ踊り実行委員の踊

りパートの方々に、2020年度、2022年度、2023年度の3回にわたって協力していただいた。以下は構成人数である。被験者 A, E, L は 2022 年度から 2023 年度にかけて継続的にデータを取得した。なお、1 年生はまだ習熟していない状態の被験者である。

- 2020 年 12 月：3 年生 2 名（被験者 B, C），2 年生 4 名（被験者 F, H, I, N）
- 2022 年 7～8 月：3 年生 2 名（被験者 D, M），2 年生 3 名（被験者 A, E, G），1 年生 3 名（被験者 J, K, L）
- 2024 年 1～2 月：3 年生 4 名（被験者 A, E, Q, S），2 年生 3 名（被験者 L, P, R），1 年生 1 名（被験者 O）

被験者の 3 回（または 4 回）取得したデータのうち、カメラの不具合などで記録が出来なかったものを除外し、分析に使用できるデータは 64 個であった。

被験者の 1 回の踊りから得られたデータを、上腕の上げ動作、上腕の下げ動作、前腕の上げ動作、前腕の下げ動作の 4 要素に分け、1 つの緩急分布グラフの中に表示する。

4. 2. 検証結果

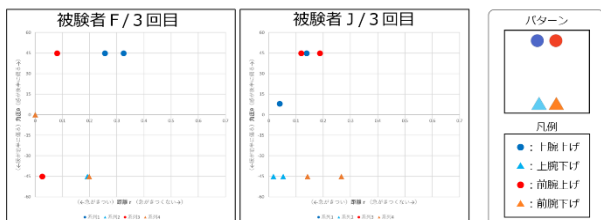


図 10 「緩」について、上げ動作が後半に、下げ動作が前半に偏る被験者の緩急分布グラフ

「緩」の偏りについて、上腕・前腕の上げ動作が後半に、上腕・前腕の下げ動作が前半に偏るパターンにあてはまった被験者は、被験者 F の計測 3 回目と被験者 J の計測 3 回目の計 2 例である。あてはまった被験者の踊りの映像を連続させて舞踊講師に見せた結果、『軽やかな印象』『ポンと跳ね上がる』『上に向かう印象が強い』という評価を得た。図 9 は被験者の緩急分布グラフである。（急がきついデータ（r 軸の値が 0.05 以下）のデータはわずかな差で「緩」の偏りが変わる為、パターンを分類する際には参考程度として扱い、r 軸の値が 0.05 以上のデータを見て分類した）。

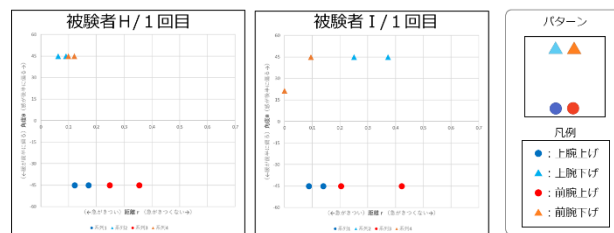


図 9 「緩」について、上げ動作が前半に、下げ動作が後半に偏る被験者の緩急分布グラフ

「緩」の偏りについて、上腕・前腕の上げ動作が前半に、上腕・前腕の下げ動作が後半に偏るパターンにあてはまった被験者は、被験者 A の 2023 年度計測 1, 2 回目、被験者 G の計測 1 回目、被験者 H の計測 1, 3 回目、被験者 I の計測 1, 2 回目、被験者 M の計測 3 回目、被験者 N の計測 1 回目、被験者 R の計測 2～4 回目の計 12 例である。あてはまった被験者の踊りの映像を連続させて舞踊講師に見せた結果、『落ち着いた印象』という評価を得た。また、「沈むところで腰の関節を緩ませている」という傾向がある事が指摘された。図 10 は該当した被験者らの緩急分布グラフである。

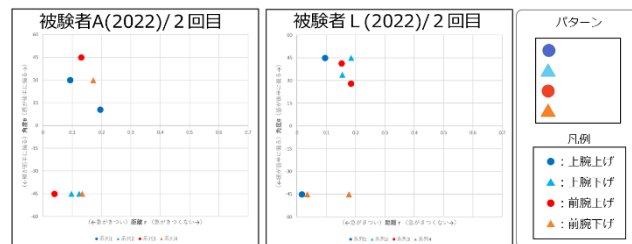


図 11 「急」がきつい被験者の緩急分布グラフ

「急」のきつきについては、4 つの要素の r 軸の値の平均値が 0.2 の前後に固まっている事から、 $r = 0.2$ を閾値に設定した。

「急」がきついパターンにあてはまった被験者は、被験者 A の 2022 年度計測 2, 3 回目、2023 年度計測 1 回目、被験者 B の計測 1 回目、被験者 E の 2023 年度計測 1～3 回目、被験者 L の 2022 年度計測 1, 2 回目、被験者 P の計測 2 回目、被験者 Q の計測 2, 3 回目の計 12 例である。あてはまった被験者の踊りの映像を連続させて舞踊講師に見せた結果、『動きの印象が直線的』という評価を得た。図 11 は該当した被験者の緩急分布グラフである。

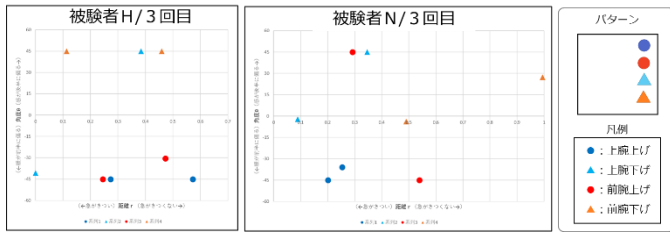


図 12 「急」がきつくない被験者の緩急分布グラフ

「急」がきつくないパターンにあてはまった被験者は、被験者Hの計測3回目と被験者Nの計測2回目の2例である。あてはまった被験者の映像を連続させて舞踊講師に見せた結果、『動きが曲線的』『丸みを帯びている』『連動している(止まっていない)』という評価を得た。図12は該当した被験者の緩急分布グラフである。(2回目下げ動作は例外として扱い、分類した)

5. 印象の可視化

緩急分布グラフの結果を利用して、印象の可視化を行う。

緩急分布グラフで各要素の「緩」が前半と後半のどちらかに偏っているか、閾値 ($\theta = 0$) で、16パターンに分類し、「緩」のマトリクスを作成した(図13)。「軽い」「重い」のグループと比べて動きが極端ではなく印象語でのラベリングがされないグループだが、マトリクス化した事で網羅的なパターンの中での分類が可能となった。

同様に、閾値 $r = 0.2$ で分類した「急」のマトリクスも作成した(図14)。「動き的印象が直線的」「動き的印象が曲線的」のように動きが極端ではなく、印象語でラベリングされない動きについても、分類が可能となった。

当てはまる印象語がない、同じパターンにあてはまったグループについて、舞踊の専門家は「印象・雰囲気は揃っている」と評価した。

また舞踊講師は、異なる類似度の他のグループと比較しても「『印象が違う』とわかる」と評価した。

マトリクス化したことで、印象語でラベリングされないデータ(言語化できない違い)も、「似たような印象」のデータとグルーピングでき、印象が可視化された。

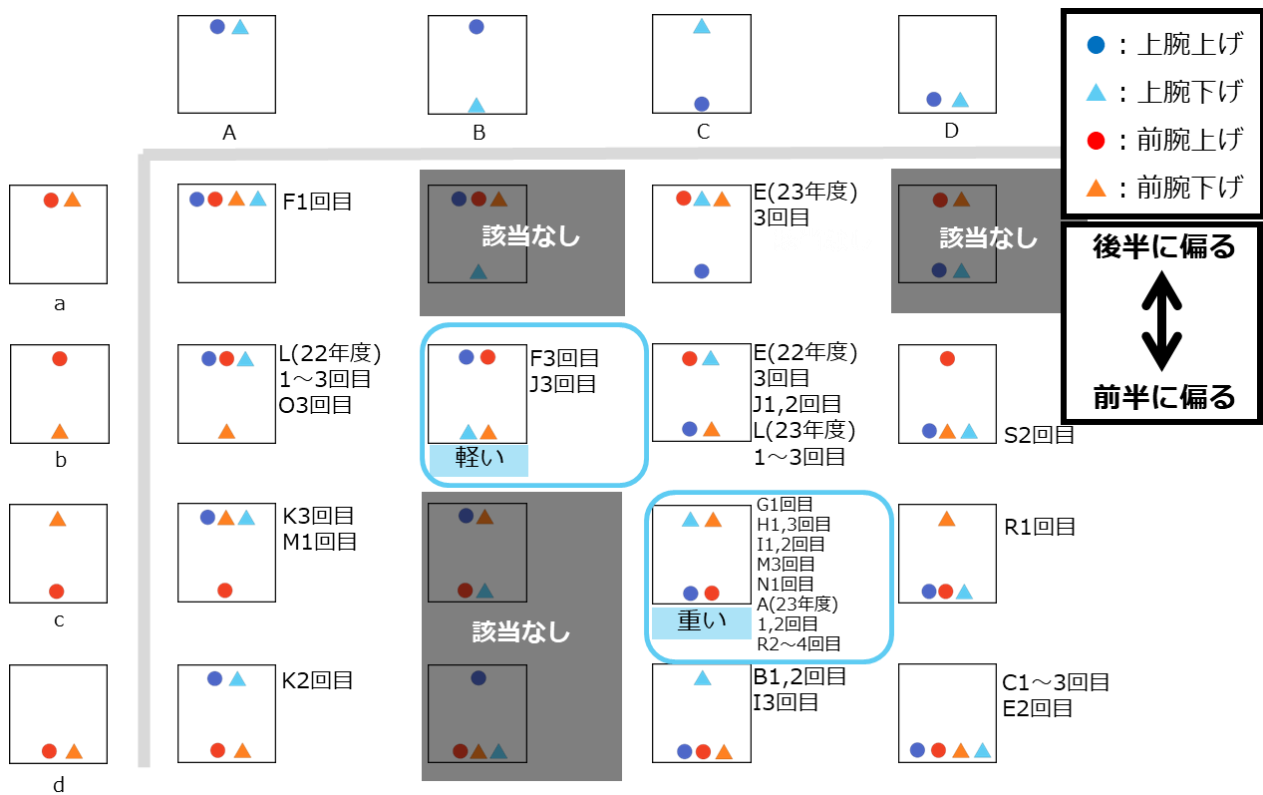


図 13 「緩」のマトリクスと該当したデータ

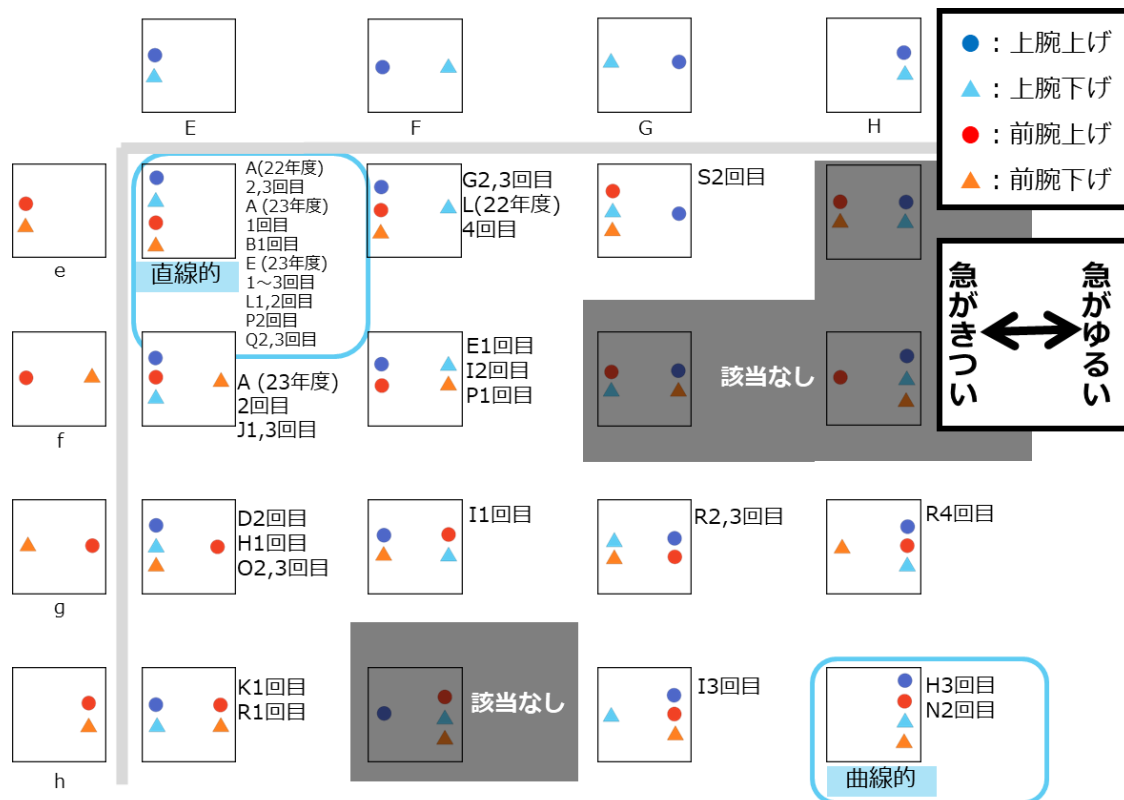


図 14 「急」のマトリクスと該当したデータ

6. おわりに

本研究では、腕の動きの緩急の、印象の違いの可視化を目的として、手法の提案と検証を行った。提案手法では、角度変化を 3 次 Bezier 曲線で近似し、制御点を分析に用い、極座標変換により緩急をグラフに表し、網羅的にパターンを分類して、マトリクスを作成した。検証の結果、縦軸が「緩」の性質、横軸が「急」の性質を表す緩急分布グラフを作成できていることが分かった。また、緩急分布グラフにおける分布傾向と印象の対応が確認できた。さらに、印象語の対応が無いデータも、マトリクス化することで分類できた。

謝辞

本研究を行うにあたり、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、一般社団法人わらび座講師清家久美子氏に深く感謝致します。また舞踊データ取得に協力していただいた岩手県立大学盛岡さんさ踊り実行委員にも感謝申し上げます。なお、本研究の一部は科研費 23K02688 の助成による。

参考文献

- [1] 石川美乃, 神里志穂子, 星野聖: 舞踊における身体運動の特徴抽出と印象との関連性: 下肢運動に関する検討, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 25, No. 29, pp. 79-84 (2001).
- [2] 丸茂祐佳, 吉村ミツ, 小島一成, 八村広三郎: 日本舞踊の基礎動作「オクリ」に現れる女らしさの特徴解析, 舞踊学, Vol. 2004, No. 27, pp. 26-331 (2004).
- [3] 菊地直樹, 松田浩一, “腰部の加速度に着目した地域伝統舞踊の動作の質の違いに関する分析法”, 人工知能学会全国大会論文集, 2017, JSAI2017 7 卷, 第 31 回 (2017), セッション ID 103-OS-30c-4, pp.103OS30c4
- [4] 尾関溪, 松田浩一, “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”, 人工知能学会 身体知研究会第 32 回研究会, 2020, pp. 8-15
- [5] 門屋遥, 松田浩一, “上肢関節の角度変化パターンと舞踊の印象の関係についての一検討”, 人工知能学会 身体知研究会第 39 回研究会, 2023, pp.6-10