

# 手術室器械出し看護師の良い渡し方を形成する 要因に関する一考察

## A Study on the Factors Contributing to Good Instrument Handling for Operating Room Scrub Nurses

佐藤 大介<sup>1,2</sup> 松田 浩一<sup>1</sup>

Daisuke Sato<sup>1,2</sup> Koichi Matuda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科

<sup>1</sup> Iwate Prefectural University Graduate School of Software and Information  
Science

<sup>2</sup>岩手保健医療大学

<sup>2</sup> Iwate University of Health and Medical Sciences

**Abstract: The purpose of this paper is to analyze in detail how different "positions" contribute to the development of effective instrument handling techniques using sensors and video images. Based on the experimental results, the relationship between time and position suggests that position has a greater influence on instrument transfer than time, as the time tolerance increases when instruments are passed in a good position. The variation in received position also affects the receiver's reaction speed and movement, which in turn impacts the surgeon's subsequent actions.**

### 1 はじめに

手術室において器械出し看護師は、手術をスムーズに進行させるために手際よく手術器械を執刀医に渡さなければならず、次に執刀医がどの器械を使用するか予測する力や、執刀医との円滑なコミュニケーションが求められている。その為には術式や解剖、手術の進捗を理解する事が必要である。

手術室ではマニュアルに基づいた指導があるが、その指導方法は各病院の手術室によって多岐に渡り、さらにはマニュアルには記載できない様な執刀医との息の合った器械の渡し方やいわゆる暗黙知と言われる部分がある。そのため、手術看護における暗黙知について、暗黙的な技能をいかに伝承して広めていけるかが課題であるとされている<sup>[1]</sup>。

器械出しの良し悪しに関しては個々の指導者の主観により判断されるため、この暗黙知の部分についての指導はさらに抽象的になり、指導方法にも個人差がある。その指導の中で「テンポの良い」「パシ

ッと渡す」といった言葉が見受けられるが、実際にどのような渡し方（動き）なのか不明瞭である。

筆者らが行った、できる器械出し看護師についてのアンケートでは、新人と比べ、ベテラン(手術看護認定看護師)になると道具の渡し方に留意していることが分かった。そこで、渡される側の準備ができてから、器械が渡されるまでの時間と渡された側の良し悪しの評価の関係について分析を行ったところ、良いと評価をされる秒数に3名の被験者で類似した位置関係が見えることが分かり、また、渡された手における「位置」も評価に影響を与えることが示唆された<sup>[2]</sup>。

本稿では、どのような「位置」の違いがどのように良い渡し方の形成に寄与するのかを詳細に分析することを目的とし、センサと映像を用いた分析を行った結果を報告する。

## 2 実験方法

### 2.1 実験環境

器械を渡す側と器械を受け取る側の手の甲に無線6軸センサ（加速度3軸，角速度3軸）を付け，器械を受け渡す様子の動画を撮影し，センサと動画を連動させ，どのような傾向があるか検討する．本実験では，センサは200Hz，動画は200fpsで記録した．

被験者は，看護師経験を持つ教員とし，器械を渡す側（以下，器械出し）は1名に固定し，器械を受け取る側（以下，執刀医）3名（被験者A, B, C）とした．

器械はペアンを使用し，器械出しはその器械を持っている状況から渡す動作に移るものとする．ここでは，執刀医より器械を要求され器械を選定して渡すのではなく，すでに渡す器械を準備できている状況とする．

### 2.2 実験手順

- (1) 執刀医は術野（と仮定したポイント）を見たまま視線を動かさずに（器械出しの方を見ない様に）器械の名前（ペアンを使用）を呼名しながら手のみを器械出しの方へ手を差し出す．術野（と仮定したポイント）は，80cmの高さのテーブルを用意し，被験者の臍から20cm前方の位置にシールなどで目印を付け，その位置を執刀医の目線の先と仮定した．
- (2) 器械出しは執刀医の手に器械を渡す．このとき，器械出しは渡すタイミングを調整しながら（早く，ジャスト，遅く，と，渡すタイミングをそれぞれ意識）器械を執刀医に渡す．また渡す位置も同じ位置ではなく，ある程度位置が分散するように意識する．ここでいう「ジャスト」とは，執刀医から手を差し出されたタイミングぴったりの時間を意識することではなく，気持ちの良い，受け取りやすいタイミングを意識することとしている．
- (3) (1)～(2)を20回×5セット（計100回）繰り返す．
- (4) 執刀医にそれぞれのタイミングにおいて受け取った時の印象（気持ち良いか，受け取りやすかったかなど）を○（良い），△（まあまあ），×（悪い）で表してもらおう．また，口頭でどのような印象であったか評価してもらおう．

### 2.3 計測方法

加速度，角速度，映像を併用し，渡されたタイミングの静止画を判定<sup>[2]</sup>し，そのときの器械と手のひら

らにおける位置を記録する．

渡された位置を記録する方法として，図1の様にx-y軸の座標系を定義し，その座標値で示すこととした．本実験では，図1右上にある器械（ペアン）の赤点の存在する範囲によって座標値を判断した．

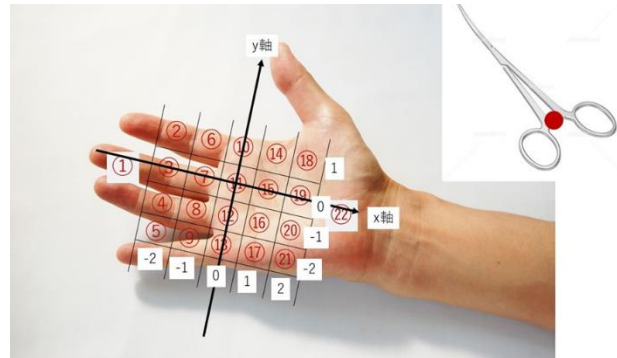


図1 手の平 x-y 軸

ここで，図1の座標(0,0)は位置に着目した場合の予備実験を実施した際に○の評価が一番多かった位置をもとに設定した(図2)．



図2 予備実験における○の評価が多かった位置

## 3 実験結果

### 3.1 評価値の分布

図3～6に，被験者A, B, Cの評価について，

○△×ごとの位置の分布をヒートマップとして示す．赤が最大値を示しており，色が薄くなると数値が低く，白が0となる．また，同一被験者内での比較のため，同一被験者内において，○△×のヒートマップの色の閾値は統一しており，最大値を有する評価のヒートマップとの相対的な比較を可能としている．なお，これらの図には，色だけでなく，具体的な数値を記載した．被験者3名に共通していることとして，○の評価の場合は，座標(0,0)を中心に多くなり，

前後左右±1の範囲内に集中しており、かつすべて

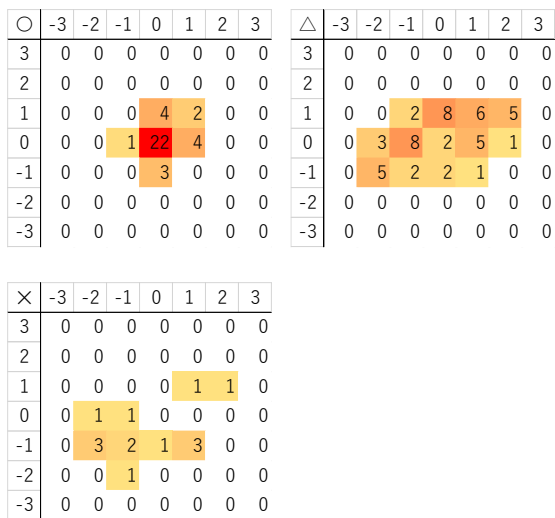


図3 被験者A ○ (上左) △ (上右) × (下)

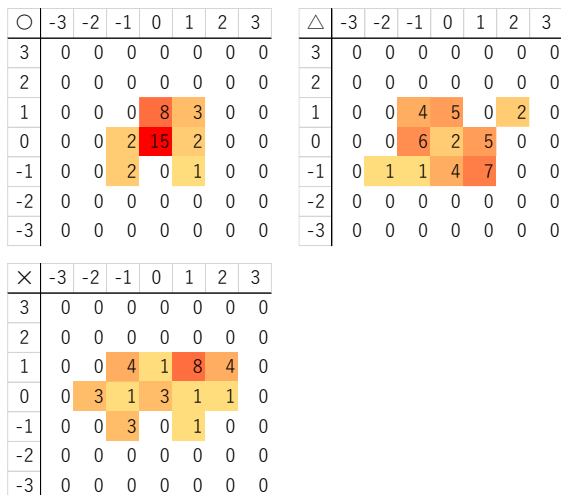


図4 被験者B ○ (上左) △ (上右) × (下)

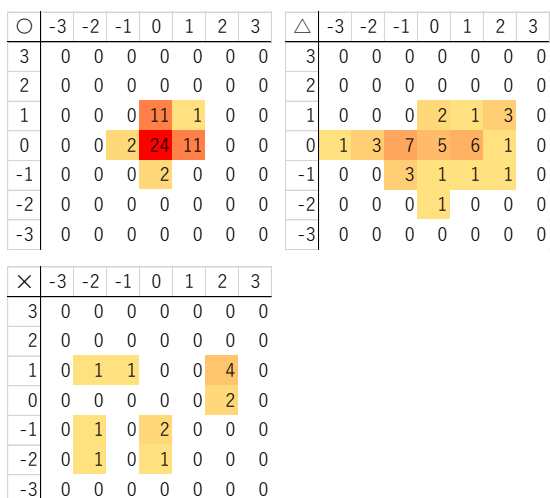


図5 被験者C ○ (上左) △ (上右) × (下)

±1の範囲内に収まっている。特に予備実験において位置に着目した際に、○の評価が最も割合が多かった座標(0,0)が本実験においても最も割合が多かった。被験者Bを見ると座標(0,1)の割合も評価が○になることが多くなっているが、△や×の評価に分かれる場合もあり、被験者A, Cを見ると座標(0,1)は△の評価になる割合が多いことが分かる。また、被験者Cは座標(1,0)も評価が○になりやすく、○になる許容範囲が広いことが分かった。

△の評価の場合は、基本的には中心部の座標(0,0)を囲むように外側に向かって多くなっているが、○の評価と△の評価が分かれ、個人差が大きくばらつきが多くみられる。特に被験者Bはその傾向が強く、座標(0,0)(0,1)の比較的○の評価が多い位置でも△になる場合が多くあった。

×の評価の場合は、△の評価よりもさらに中心部から外側にずれた場合に多くなった。比較的○や△の評価になる割合の高い位置でも×の評価になる場合があった。特に被験者3名共、指先側より手首側にずれた場合に×評価になることが多く、被験者Aは指先側にずれた場合も×の評価になりやすかった。

### 3.2 秒数と評価値の関係

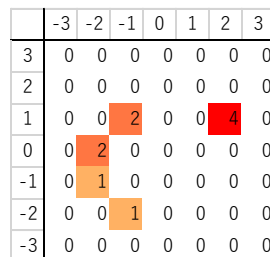


図6 良い秒数なのに評価が×の位置

本実験において秒数が良い(本実験のデータにおける評価が○の中央値0.32秒を中心に0.3秒台を抽出)であっても評価が×になるケースが見つかったため、ヒートマップで示す(図6)。この結果を見ると、良い位置とされる座標(0,0)から大きく外れていることが分かる。

秒数よりも位置により評価が左右されることから、秒数より位置が優位になっていることが分かる。

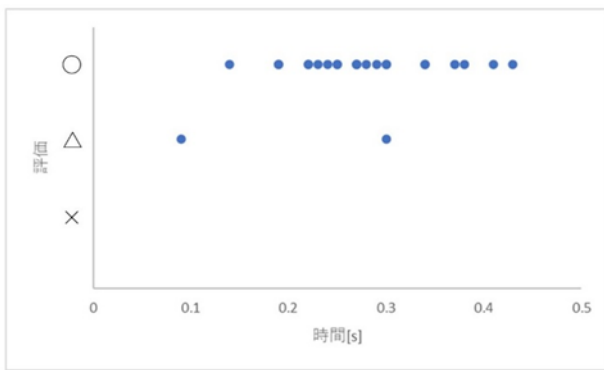


図 7 被験者 A 良い位置の場合の評価と時間の分布

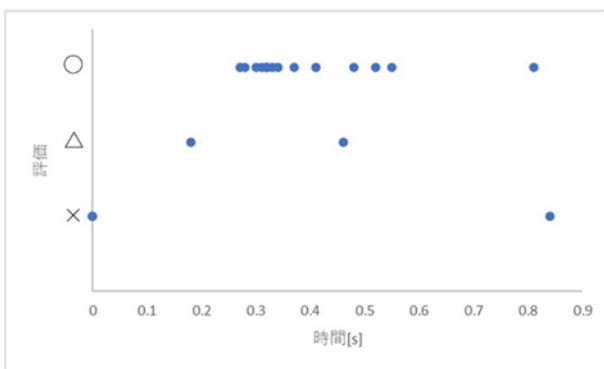


図 8 被験者 B 良い位置の場合の評価と時間の分布

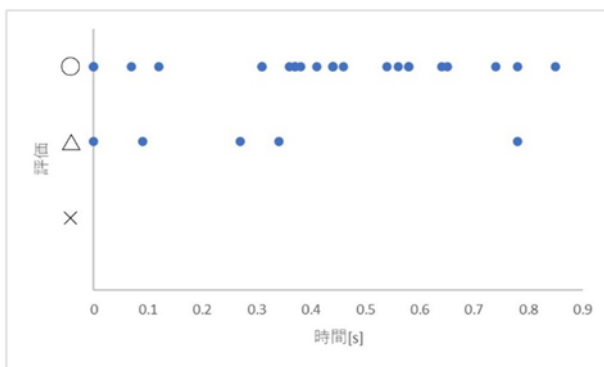


図 9 被験者 C 良い位置の場合の評価と時間の分布

図 7~9 に被験者 A, B, C それぞれの良い位置の場合の評価と時間の分布を示す。被験者 3 名の分布を見ると、良い位置（座標 (0, 0)）に器械が渡れば、○と△と評価が分かれる場合もあるが、評価が○になる割合が多いのが分かる。

しかし、座標が (0, 0) かつ秒数も同様なのに評価が大きく変わる (○と×) ケースが見つかり、センサのデータを確認した。

図 10, 図 11 に、被験者 B において秒数が近いにも関わらず評価が全く異なる例を示す。

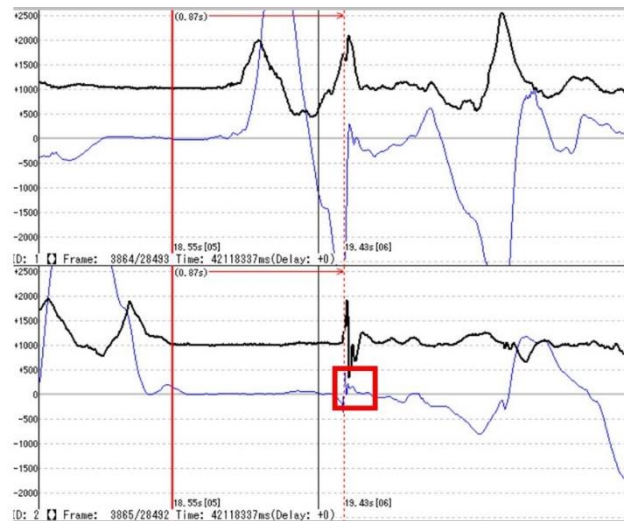


図 10 被験者 B 評価○ 0.87 秒 位置[座標(0, 0)]

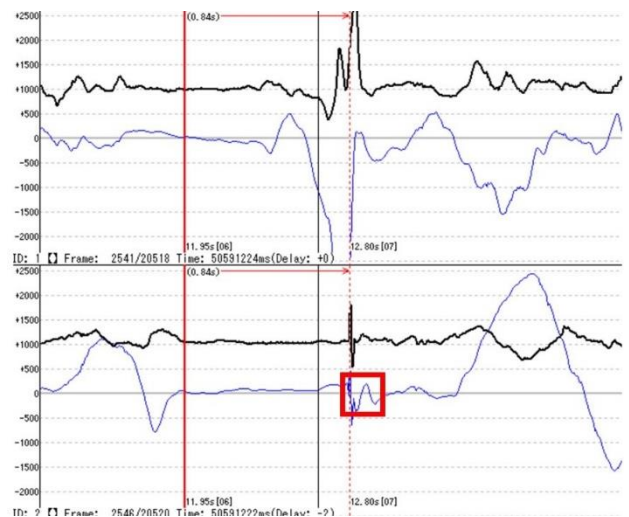


図 11 被験者 B 評価× 0.84 秒 位置[座標(0, 0)]

青線が角速度を示しており、受け取る瞬間の赤枠で囲まれた部分に着目すると、○の評価 (図 10) と ×の評価 (図 11) では、受け取る瞬間の角速度の動きに相違が見られる。○の評価の場合は角速度に大きな変動は見受けられないが、×の評価の場合は瞬間的に大きな力が加わっているのが分かる。これは器械を受け取った際に指先を握るような動きが○より×の方が大きいことを示しており、その際に握り直しをしていることが考えられる。

予備実験の結果では気持ち良いと感じた渡し方の場合、指先の動きの角速度が最大になる時間が短く、△や×になるにつれて時間が長くなる傾向があった。角速度が最大になるまでの時間が長くなるにつれ、指先の動きがより大きくなることを示している。これは器械を握るために大きな動きを要してしまうことが言える。また、○の評価の場合、角速度について

ては気持ち良いと感じた場合ほど小さくなっていた。これは器械を握る際に大きな力を加えずに握ることができていることを示している。以上より、渡された側がスムーズに次の動作に移ることができることが予測される。○の評価の場合はこのような変動は少ないため、ほとんど指先を動かさずに次の動作へ移行出来ていることになる。このような握り直しが少ない場合、○の評価になりやすいと考える。図 10、図 11 を見ると図 10 の○の評価の場合は握り直しが少なく、その結果○の評価になったのではないかと考える。

同じ時間、同じ位置であるにも関わらず評価が分かれることは受け取った際の握り直しの有無が関係している可能性がある。また、器械の角度、強さ(圧)、執刀医の手の平の大きさによるずれなどの時間、位置以外の要因があると考えられる。

## 4 考察

若干のばらつきがあるが、座標(0, 0)を中心に外側に向かって少なくなっている傾向にある。被験者 A は座標(0, 0)の場合に評価が○になりやすく、その他の場合は評価が悪くなる傾向にあり、被験者 B は座標(0, 1)、被験者 C は座標(1, 0)でも評価が○になる割合が大きかったことから、許容範囲が広いと考えられる。指先側にずれて渡される場合は許容範囲内(△になる)事が多いが、被験者 C から、指先側だとまだ握れるので良いが手首側だと握れない、とのコメントがあったことから、手首側にずれる(特に親指側)場合は悪い評価になりやすい事が分かった。この事に関しても被験者 A は指先にずれた場合、評価が△や×になる割合が大きかった。渡された器械が指先側にずれた場合は、指先を握ることによって器械を持ち直し(握り直し)調整することができるが、手首側にずれた場合は調整が難しくなることが考えられる。器械出し看護師の「良い渡し方」である「しなやか(素早く滑らか)」や「良いテンポやリズム」を形成する要因に時間と位置が大きく関係していることが考えられる。位置に着目すると、座標(0, 0)が○の評価になりやすく、位置を手の平と照らし合わせると第二指(人差し指)と第三指(中指)の間の付け根辺りを狙うように器械を渡すと器械の握り直しが少なくなり評価が良い場合が多く、器械の持ち手の部分が受け取り役(執刀医)の手の平にしっかりと収まる様なイメージで渡せるのではないかと考える。「良い渡し方」には時間と位置以外にも、渡すときの器械の角度や強さ(圧)などの要因が考えられた。また、受け取る側にも個人差があり評価が○になる時間や位置にも若干の差があることは、受け取る側の嗜好や性格も少なからず影響を与えること

が考えられた。特に被験者 A はかなり限局した場合でなければ評価が○にならず、被験者 C はその許容範囲が広いことが分かった。実験結果から、渡す位置によっても、受け取る側の印象は変わることが分かった。時間と位置の連動性を見ると、良い位置に器械が渡ると時間の許容範囲が広がることから、時間より位置の方が優位であることが考えられる。被験者 A は時間と位置の両方において、評価が○になる範囲が狭く、被験者 B, C はその許容範囲が広がっていることが考えられる。許容範囲は個人差があるため、実際の現場ではその特徴を捉える必要があると考える。受け取った位置の違いによって、受け手の反応速度や動きにも影響を与えることから、執刀医の次の動作にも影響を与えることが示唆された。

## 5 おわりに

本稿では、手術室器械出し看護師による器械の渡し方の動きに着目し、「できる器械出し看護師」とはどのような動きをしているのか、渡される(受け取る)位置に着目をしてデータに基づいた分析を試みた。

実験の結果、理想的な位置はあるものの、若干のずれは許容されることが分かった。個人差はあるものの、ずれの方向は、指先方向の許容範囲が広い。これは、指先側であれば、握り直しによってカバーできるためであることが分かった。また、時間的に良くても、位置がずれることで×評価となるケースも見られたことから、位置の優位性が確認された。

考察の過程において、器械の角度、強さ(圧)、執刀医の手の平の大きさによるずれなどの時間、位置以外の要因も考えられることから、今後、さまざまな要因の分析方法について取り組みたい。

## 謝辞

本研究に協力していただいた、岩手保健医療大学看護学部の教員、看護師の皆様へ感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 北脇友美, 桑田弘美, 白坂真紀, 曾我浩美: 手術室看護師の器械出しにおける暗黙知の実際～先輩看護師と新人看護師の手技の比較～, 日本看護学学会, 学術集会第 33 回講演集, p. 254 (2013)
- [2] 佐藤大介, 松田浩一, “手術室器械出し看護師の良い渡し方の分析に関する一考察”, 人工知能学会, 身体知研究会第 36 回研究会, No. 2, 2022.

# 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

A Study on the Relationship

between Angle Change Patterns of Upper Limb Joints and Dance Impressions

門屋遥<sup>1</sup> 松田浩一<sup>1</sup>

Haruka KADOYA<sup>1</sup>, Koichi MATSUDA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 岩手県立大学大学院

<sup>1</sup>Iwate Prefectural University

**Abstract:** In this study, we employed simulations to investigate how changing the velocity of the joint angle of the upper limb affects the impression of dance movement. Multiple motions with different arm raising motions were created, and the resulting impressions were compared through interviews with dance instructors. Our methodology involved manipulating the interpolation curve (Bezier curve) to vary the speed of the upper limb raising motion. The findings revealed that a broad spectrum of impression differences was generated by manipulating the interpolation curve.

## 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。指導については、共通の指導方法が明確に決まっていないことも多く、指導者によって、指導内容やその表現方法が異なる。これにより学習者は、指導者が使う感覚的な言葉を解釈し、踊り方を習得していく必要がある。そのような背景から、伝統舞踊全体を俯瞰すると、踊り手によって様々な個性が表れる事が許容され、踊り方に絶対的な正解は存在しないという特徴がみられる。しかし、初学者にとっては、感覚的な言葉を聞いて、具体的な踊り方を想像するのは難しいため、上達の妨げになることがある。そこで、指導者が使う感覚的な言葉の本質や、『良い』とされる踊りの要素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。

本研究で扱う「盛岡さんさ踊り」についても、鎌田ら[3]は腰部の加速度を用いて比較・評価の検討を行っている。しかし、盛岡さんさ踊りでは、下半身の動きだけではなく、腕の動きも踊り全体の印象に

大きく寄与する。例えば、盛岡さんさ踊りの代表的な演目「七夕くずし」の中でも、特に重要な部分である「ハラハラ動作」は腕を大きく動かす振付である(図1)。

そこで尾関ら[4]は、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を示唆した。しかし、違うことは分かるものの、ヒストグラムの形状と具体的な印象の違いの判別には至っていない。これは、モーションキャプチャで取得する人の動きにおける「腕の動かし方」に含まれる要素には、関節間の連動、可動域の広さ、関節の捻りなど、考慮すべき要素が多数含まれている事が

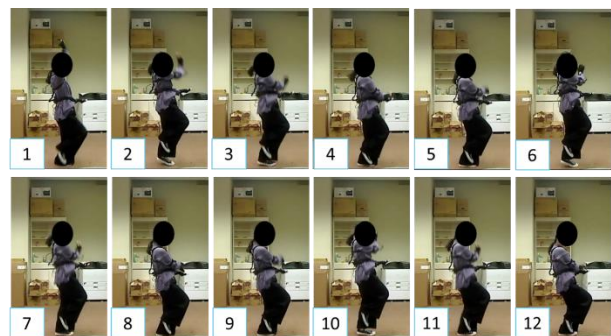


図1 ハラハラ動作を踊る踊り手。各画像の左下の番号は時系列を示す。左手をお腹の前で構え、小さくジャンプしながら、右手を3回叩く。

原因であると推測される。

そこで、筆者ら[5]は、動きの要素を絞り印象の違いを検討するアプローチ方法を提案した。最小限の要素しか含まないダンスーションを作成し、上腕・前腕に数値的な制御により動作の変化を与え、その変化と印象の差を結びつける試みである。

3D CG アニメーション作成ソフトウェア MikuMikuDance (以下「MMD」) では、最小限の動作のキーフレームを与え、間のキーフレームを Bezier 曲線の制御により自動補間することができる。キーフレーム間を、直線と曲線の 2 パターンで補間した場合、曲線を用いた方は緩急を感じる、という専門家の評価を得ることができ、印象の変化を作り出すことが可能なことが確認された。しかし、実際には、様々な角度変化のパターンが考えられるが、角度変化の違いが印象にどのように影響するのか、網羅的に調査されていない。

本研究では、上肢関節の速度変化の仕方を変えた時、印象がどのように変わるのか、網羅的に検討する。

## 2 方法

### 2.1 補間曲線操作

MMD は、モーションキャプチャといった人間の踊り手のデータを必要とせず、画面上の操作で各フレームにおける各関節の位置や角度を調整することで、一からダンスーションを作成できるソフトウェアである。MMD でダンスーションを作成するには大きく分けて、①ポーズとキーフレームの指定と、②補間曲線操作の 2 工程が必要である。

まず、任意のフレームでポーズを指定し、キーフレームを設定する。ポーズは、3D モデルの任意の関節の角度を指定できる。

次に、二つのキーフレームの間の補間曲線を調整する。この機能によって、全フレームを作成する必要が無く、二つのキーフレームの間の補間(中割り)が自動的に行われる。中割りがされることで、一つめのキーフレームのポーズから、二つめのキーフレームのポーズまでが滑らかに繋がり、アニメーションが生成される。以上でアニメーションは完成するが、補間曲線を調整すると、一つめのキーフレームから二つめのキーフレームまでの、時間当たりの変化量を自由に設定できる。

補間曲線は二つの制御点により制御される 3 次 Bezier 曲線である。補間曲線は二つの制御点によって形が決まるので、取りうる形は無数にある。そこで本研究では、制御点を置く場所を、始端制御点  $C_1$

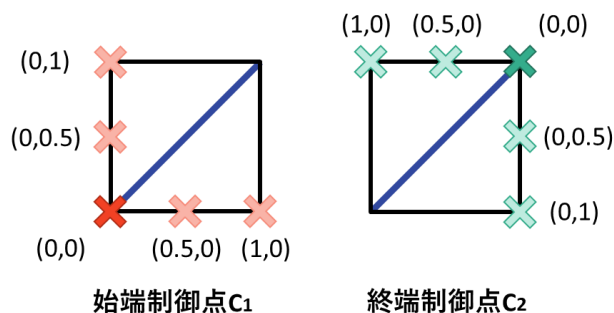


図 2 始端制御点  $C_1$  と終端制御点  $C_2$  の取る位置

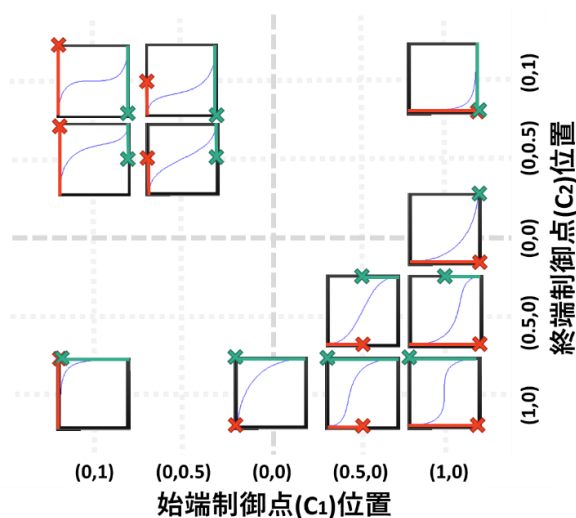


図 3 制御点位置に対応した補間曲線の形

と終端制御点  $C_2$  で、それぞれ図 2 の×印に示す 5 箇所ずつとした。本稿では、以降、始端制御点  $C_1$  は左下を原点とし、右横を  $x$  軸の正方向、上を  $y$  軸の正方向とし、原点からの相対位置により  $C_1(x, y)$  と表す。また、終端制御点  $C_2$  は、右上を原点とし、左横を  $x$  軸正方向、下を  $y$  軸正方向とし、原点からの相対位置により  $C_2(x, y)$  と表記する(ここで、 $0 \leq x, y \leq 1$ )。

本研究では、以上を用いて生成できる、12 個の補間曲線(図 3)を対象に検証をした。

### 2.2 補間曲線操作を適用する箇所

ハラハラ動作の腕の動きは、3 回の下げ動作と 2 回の上げ動作から構成される。

本研究では、上げ動作にあたる図 4 に示す箇所について、補間曲線を変更し、速度変化の仕方を変更する(上腕の上げ動作は 13~23 フレーム目の間と 29~39 フレーム目の間。前腕の上げ動作は 16~26 フレーム目の間と 32~42 フレーム目の間)。

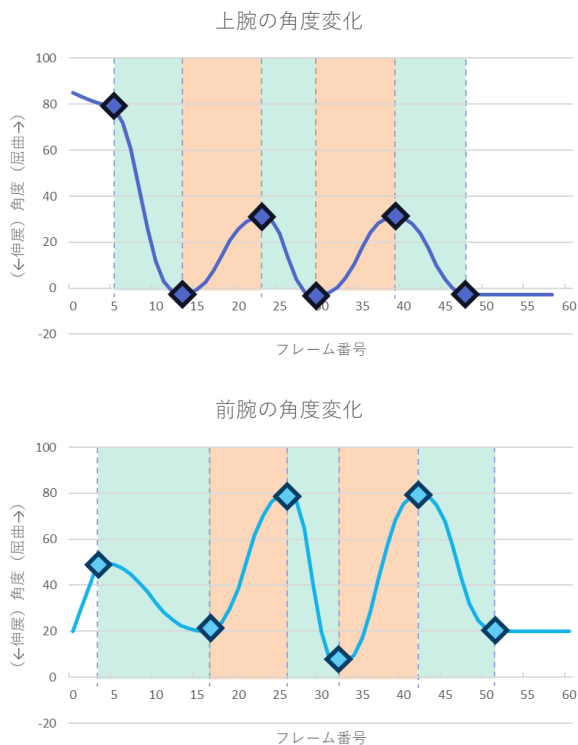


図 4 上腕と前腕の下げ動作（橙部）と上げ動作（緑部）の範囲。菱形のマークはキーフレームを表す。

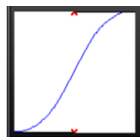


図 5 下げ動作に適用した補間曲線

また、3 回の下げ動作については、図 5 に示す補間曲線 ( $C_1(0.5,0), C_2(0.5,0)$ ) で補間した。

なお、上腕の上下のタイミングと、前腕の上下のタイミングには遅延があり、その大きさは 3 フレームである（ダンスモーションは 30fps で作成）。

なお、本研究では、上腕部および前腕部の屈曲・伸展に関わる 1 軸のみの角度を変更してキーフレームを設定している。

### 2.3 印象の評価

本研究では、舞踊の印象の評価を、舞踊講師へのヒアリングにより行った。作成したモーションデータをアニメーション映像にし、それぞれのモーションデータから受ける印象を聞き取った。

## 3 結果

### 3.1 作成したモーション

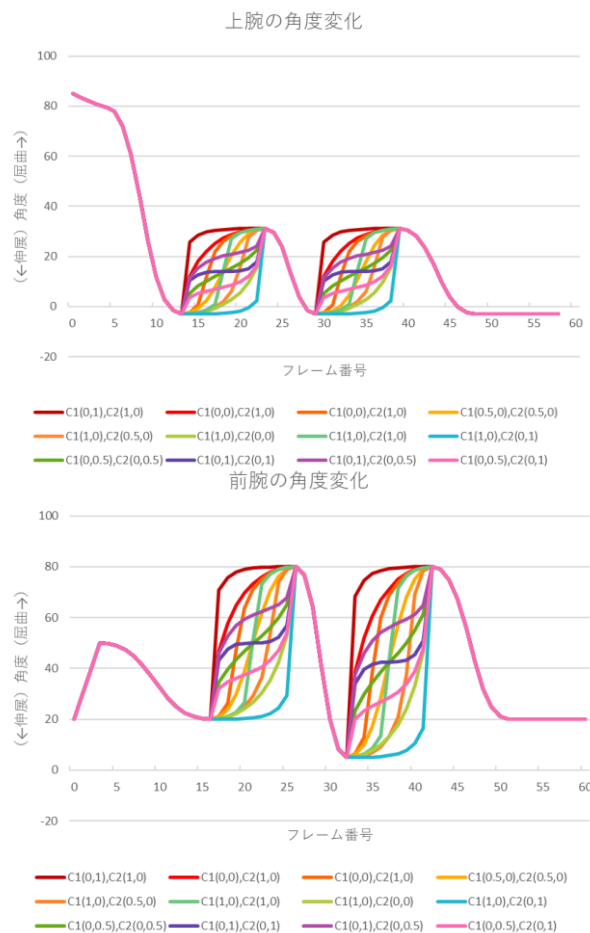


図 6 作成したモーションの上腕（上）と前腕（下）の角度変化

作成したダンスモーションの上腕と前腕の角度変化を図 6 に示す。

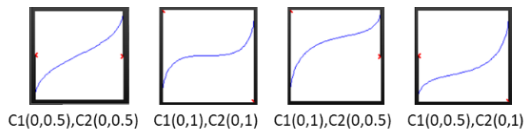
### 3.2 モーションから感じる印象

それぞれの作成したモーションから得られる印象は、舞踊講師へのヒアリングで、『呼吸と合っている印象』と『呼吸と合っていない印象』に二分できた。

#### 3.2.1 『呼吸と合っていない印象』

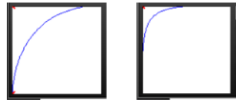
モーションデータの補間曲線は、適用された補間曲線の形（速度変化の仕方）から、3 グループに分類できた（図 7）。





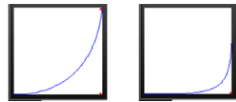
C1(0,0.5),C2(0,0.5) C1(0,1),C2(0,1) C1(0,1),C2(0,0.5) C1(0,0.5),C2(0,1)

A. 速度が「速い・遅い・速い」と変化するグループ



C1(0,0),C2(1,0) C1(0,1),C2(1,0)

B. 速度が最初は速く、次第に減速するグループ



C1(1,0),C2(0,0) C1(1,0),C2(0,1)

C. 速度が最初は遅く、次第に加速するグループ

図7 『呼吸と合っていない印象』のグループ

- A. 速度が「速い・遅い・速い」と変化するグループ
- B. 速度が最初は速く、次第に減速するグループ
- C. 速度が最初は遅く、次第に加速するグループ

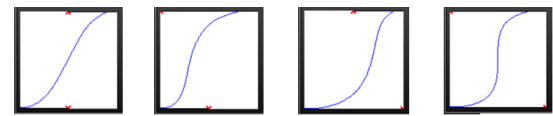
モーションデータの補間曲線に共通する事は、始端制御点または終端制御点またはその両方から縦に曲線が伸びている事である。関節の角度変化の方向が逆方向に転じる直前や直後に、速度の極大値を迎える事が『呼吸と合っていない印象』を作っていると考えられる。

### 3.2.2 『呼吸と合っている印象』

モーションデータの補間曲線を、図8に示す。これらは速度変化の仕方が共通しており、速度が「遅い・速い・遅い」の順番で変化する。このため、速度が遅い・速い・遅い、の順番で変化する動きが、『呼吸と合っている』という印象を作る要素であることと考えられる。

また、4つのモーションの間で比較すると、印象に細かな差がある事が分かった。図9には14, 16, 18, 20, 22, 24フレーム目での各モーションの様子を示す。

- D. 『柔らかい印象』を感じるモーション (C1(0.5,0),C2(0.5,0))
- E. 『軽い印象』を感じるモーション (C1(0.5,0),C2(1,0))
- F. 『重い印象』を感じるモーション (C1(1,0),C2(0.5,0))
- G. 『外的な力で上がっている印象』を感じるモーション



C1(0.5,0),C2(0.5,0) C1(0.5,0),C2(1,0) C1(1,0),C2(0.5,1) C1(1,0),C2(1,0)

図8 『呼吸と合っている印象』のグループ

シヨン(C1(1,0),C2(1,0))

四つのモーションに表れる印象の差について、舞踊講師に詳細にヒアリングを行った。

『柔らかい』と感じるモーション(D)は、4つのモーションと比べると、『軽さ』『重さ』は感じづらい。また『外的な力で上がっている』印象も無く、体幹から繋がる自然な力で動いているように感じられる。」との評価を得た。

『軽い』と感じるモーション(E)は4つのモーションの中で比較的是やく腕が上部に到達する。逆に『重い』と感じるモーション(F)は比較的遅く到達する。腕が上部に到達するまでののはやさ、印象に差を与えたことについて、舞踊講師にヒアリングを行ったところ、「重心が上側にある時間が長い、下側にある時間が長いかの違いで、『軽さ・重さ』の違いが生じる。」との回答を得た。

『外的な力で上がっている』ような印象を感じるモーション(G)は、4つのモーションの中で、時間当たりの変化量の最大値が最も大きい。舞踊講師はこのモーションについて、「まるでパネの力で上げられているような感じ。間が直線的で抑揚が無い。」と評した。適用された補間曲線の形を比較すると、『外的な力で上がっている』ような印象を感じるモーション(G)は、垂直に近いような線が表れており、瞬間的に上肢関節の角度が変化している箇所が存在する。瞬間的に上肢関節の角度が変化している箇所は、『呼吸と合っていない印象』のモーションにも多数見られた。

## 4 おわりに

本研究では、上肢関節の速度変化の仕方を変えた時、印象がどのように変わるのか、網羅的に検証した。手法として、補間曲線操作を行い、腕を上げる動作に関する箇所に変化を与え、複数のモーションを作成し、舞踊講師のヒアリングによって印象の比較を行った。検証の結果、速度が「遅い・速い・遅い」で変化する補間曲線を適用した時『呼吸と合っている印象』、それ以外では『呼吸と合っていない印象』を感じられた。また、『呼吸と合っている印象』

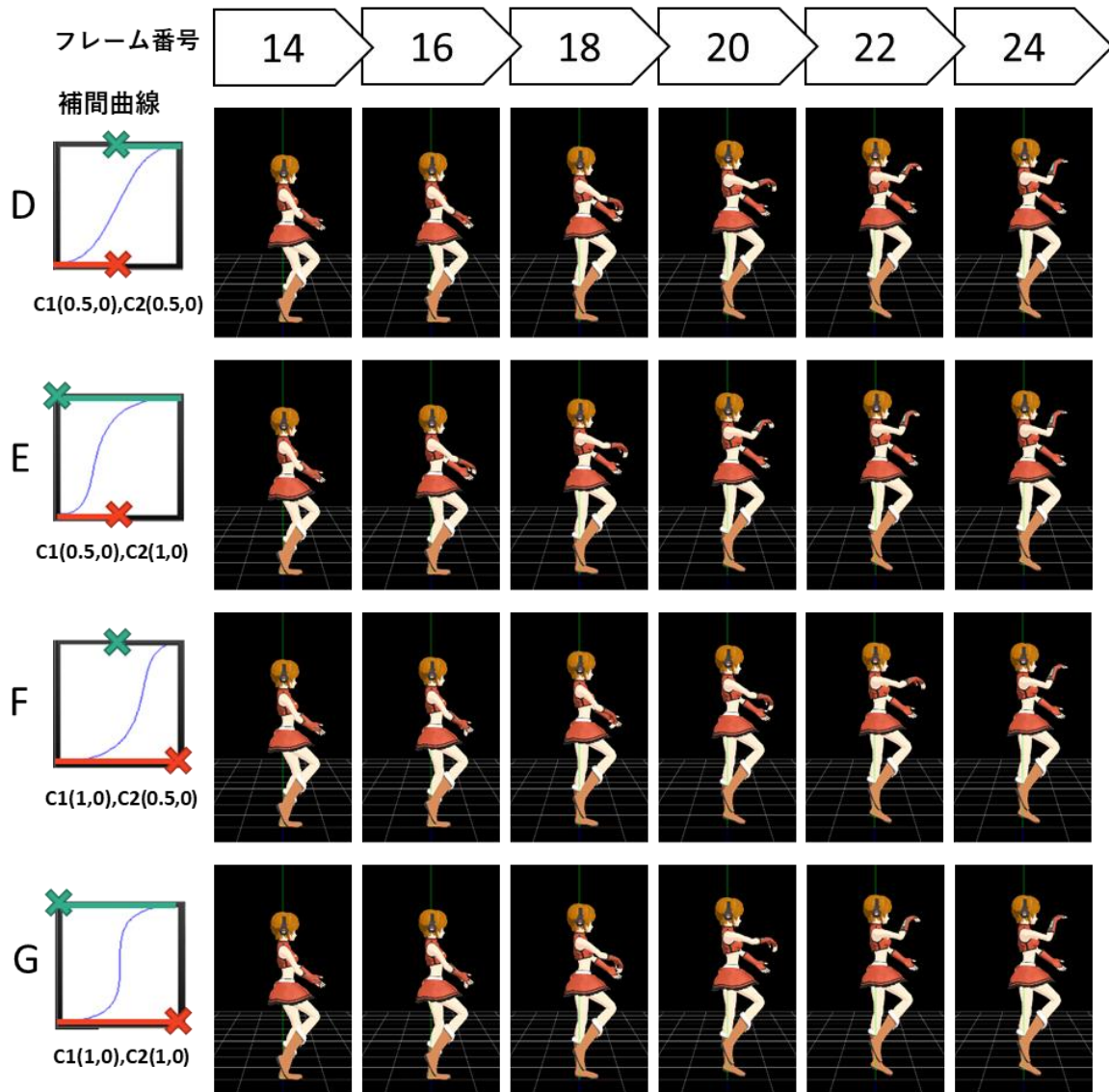


図9 『呼吸と合っている印象』のグループの14, 16, 18, 20, 22, 24フレーム目での様子

のモーションの中でも、『柔らかい』『軽い』『重い』『外的な力で上がっている感じ』という印象の差も見られた。このことから、補間曲線操作によって腕を上げる動作に速度の変化を与えた時、印象に幅広い差が生じる事が分かった。

## 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。なお、本研究の一部は JSPS 科研費 JP20K03152 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] 鎌田裕嗣, 松田浩一, 菊地直樹, "腰部の加速度情報を用いたさんさ踊りの「上手さ」の比較・評価に関する一検討", 情報処理学会第 79 回全国大会, 1ZF-09 (2017).

[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, pp. 8-15, (2020).

# 電子機器組立て技能における 新しい技能向上システムの検討

## Investigation of a New Skill Improvement System for Electronic Device Assembly Skills

田中 翔大<sup>1</sup> 小林 由征<sup>1</sup> 貴志 浩久<sup>1</sup> 田村 仁志<sup>1</sup> 不破 輝彦<sup>1</sup>

Shota TANAKA<sup>1</sup>, Yoshiyuki KOBAYASHI<sup>1</sup>, Hirohisa KISHI<sup>1</sup>, Hitoshi TAMURA<sup>1</sup>,  
and Teruhiko FUWA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>職業能力開発総合大学校

<sup>1</sup>Polytechnic University

**Abstract:** The purpose of this study was to develop a new skill acquisition method and a soldering evaluation support system to improve electronic device assembly skills. We conducted two studies: (1) measurement and analysis of biometric information during soldering operations, and (2) verification of the feasibility of soldering evaluation on board images.

### 1 はじめに

近年、少子高齢化が進み、労働力の低下が問題視されている。就業者数の年齢別割合を見ると、若年層である34歳以下の割合は2002年の32.6%に対し、2020年には24.9%と7.7ポイント低下している。また、高齢就業者にあたる65歳以上の割合は2002年の7.5%に対し、2020年には13.6%と6.1ポイント上昇している[1]。このように、就業者の中で技能の担い手である若年層が減り、技能を有する熟練者の高齢化が進んでいる。そのため、熟練者が引退する前に技能を伝承しなければならない問題がある。この技能伝承における問題は、2007年に団塊世代が定年を迎えることから「2007年問題」と呼ばれ、問題視されるようになった。これは2016年を過ぎても解決されず、今なお多くの企業の課題となっている[2]。この問題に対して、各企業はデジタル技術を活用した技能伝承を試みてはいるが、デジタル人材の供給が十分でないといった課題もあり[3]、技能伝承の問題は依然として残されている。

労働政策研究・研修機構（JILPT）の調査「デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査結果」[4]によると、主力製品の製造に当たって重要な作業として「電気・電子組立」、「半田付け」が挙げられている。また、どちらの作業も5年後の見通しについて、調査した企業の半数以上が「今までどおり熟練技能が必要」と回答している。一方、国家検定「技能検定試験」に電子組立、はん

だ付け作業を有する電子機器組立て職種がある。この職種の基礎級から特級までの受検申込者数の推移を図1に示す。図1より、この検定の受検申込者数は、コロナ禍で一度は落ち込むものの増加傾向であったことが分かる。また、毎年平均1万人ほど受検しており、電子機器関連の企業はもちろん、工業高校や工学系の職業能力開発短期大学校からの受検者も多い。以上のことから、製造業界において「電子機器組立て」の技能は、デジタル化が進んだ近年においても、重要な技能であると考えられる。当校は技能五輪全国大会「電子機器組立て」職種に携わっている方々も多く、前述した情勢も鑑みて「電子機器組立て」の技能の習得法に着目した。

現在、学校や企業等で行われる電子機器組立ての

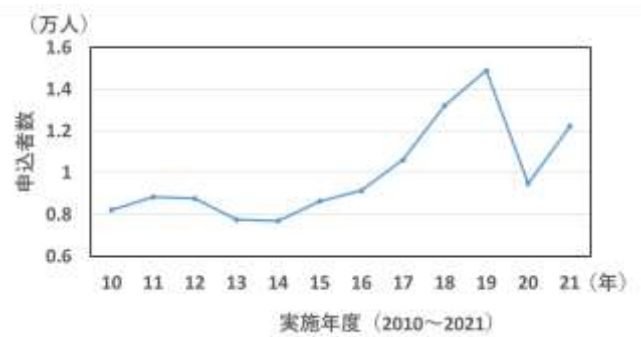


図1: 電子機器組立て（全等級）の受検申込者数の推移（文献[5][6]のデータに基づき作成）。

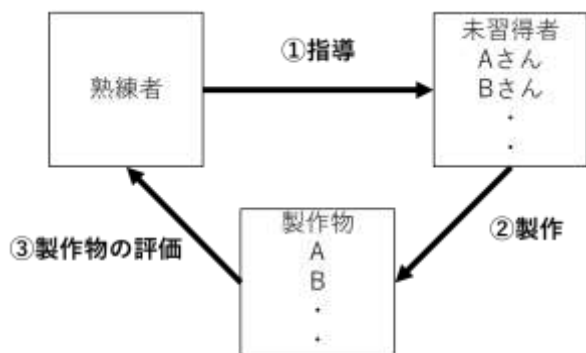


図 2: 技能訓練全体像。

技能訓練は、図 2 に示すように、①熟練者が作業方法を未習得者に指導し、②未習得者が指導に従って課題等を製作し、③その製作物の評価を熟練者が行う。さらに、再度①に戻り製作物の評価を踏まえた指導を行う、このような循環構造であると考えられる。

この循環には、大きく 3 つの問題がある。1 つ目は①指導における問題である。熟練者の指導は必要不可欠であるが、技能そのものを客観的に説明し指導することは困難である。その理由として暗黙知が挙げられる。暗黙知はラスムッセンの行為の 3 階層モデルのスキルベース行動によるものだと考えられる。スキルベース行動は「環境からの情報が感覚から入力されると、高度に統合された「滑らかな行動パターン」が自動的に生成される。そして、意識的な制御を伴わずに運動パターンが生成されて、身体が動作し、その動作が環境に作用する」[7]とされている。このスキルベース行動が暗黙知の要因となり「熟練技能者に見られる暗黙知にもとづく反射的、半自動化されたスキルベース作業は、一般の作業者にはムリ・ムラを強いられるいわゆるカン・コツ作業になる」[8]と考えられている。この暗黙知に関係する力の入れ具合やタイミングのような各個人によって異なる感覚的なものを熟練者が未習得者に伝えることは非常に難しい。そのため「見て覚えよ」といった指導になり、見て覚えた内容の反復練習を行うことが技能訓練の主となることで習得に多くの時間を要する。

2 つ目は③製作物の評価における問題である。製作物の評価項目は多く、製作物を 1 つ評価するのにも時間がかかるため、未習得者が増加すると評価すべき製作物も増え、評価時間が人数に比例して増加する。また、未習得者には熟練者の評価が終わるまで待機する時間が発生し、循環が停滞するため技能習得に多くの時間を要する。3 つ目は熟練者が技能訓練において必要不可欠なことである。①指導および③製作物の評価は熟練者によって行われるため、技能訓練の循環において熟練者は欠かせない。

そこでこれらを解決するために、本研究の目的は、電子機器組立て技能を対象とした新しい技能向上システムの構成を検討することである。このシステムの概要を図 3 に示す。このシステムは主にⅠ～Ⅲの 3 つの要素から構成される。要素Ⅰは、熟練者の作業中の生体情報である。これは、生体情報を測定し、作業工程毎の分析で得られた、熟練者の力の入れ具合やタイミング等の情報である。要素Ⅱは、未習得者の生体に要素Ⅰをフィードバックする機能である。これは、作業中の未習得者の生体情報を測定・分析し、分析結果に合わせて要素Ⅰから熟練者の力の入れ具合やタイミング等を、未習得者の生体にフィードバックさせる機能である。要素Ⅲは、製作物の評価補助機能である。これは、製作物の基板を撮影した画像を用いて評価することで、熟練者の評価を補助する機能である。

最終的には熟練者による評価が必要ではあるが、このシステムの利点は、熟練者を必要とする場面が今までと比べて少なくなるところにある。そのため、このシステムを用いることで、未習得者が技能訓練の一部を熟練者なしで行え、効率的な技能の向上につながると思っている。

今回は、要素Ⅱの「未習得者の生体に要素Ⅰをフィードバックする機能」における未習得者の電子機器組立ての各作業の工程と生体情報の分析を行うための実験として、当校の技能検定「電子機器組立て 2 級」に関する実習を受講した学生を対象に生体情報の測定実験を行った。また、Ⅲの要素の「製作物の評価補助機能」ための検証として、基板画像のはんだ付け評価の可能性を確認するために、はんだ付けの二次元画像に対する評価を行った。以上 2 つの実験について、それぞれ 2 章と 3 章で報告する。

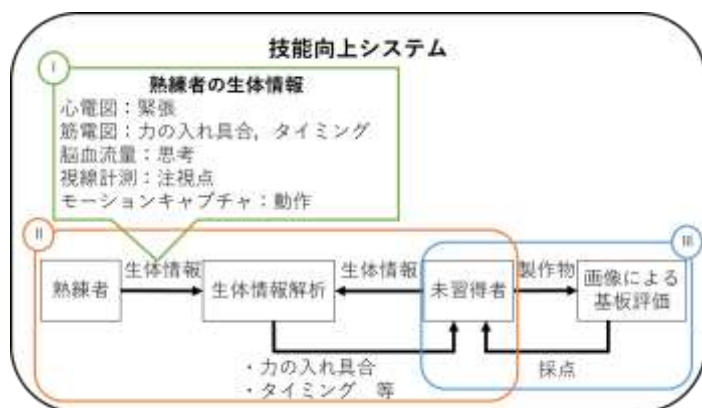


図 3: 新しい技能向上システム全体像。

## 2 電子機器組立て作業中の生体情報の測定・解析

### 2.1 概要

生体情報を測定して解析し、結果を指導法に使用する事例[9]は散見されるが、生体情報の解析に基づき、生体にフィードバックさせる事例は見られない。そのため、作業中の熟練者と未習得者にはどこに差があり、どのような生体情報をフィードバックできるか調査するために、はんだ付け作業中の生体情報の測定・解析を行った。

### 2.2 方法

#### 2.2.1 実験方法

電子機器組立ての作業工程において、習得に時間を要するリード線（抵抗，コンデンサ等）の折り曲げ，切断，チップ部品の取り付け，はんだ付け作業について解析する。基板は電子機器組立て3級の基板を用いることとした。また同検定3級の部品の取り付け方法，はんだ付けの仕様に従って作業を行うよう被験者に指示をしている。

被験者は電子機器組立て2級の訓練を受けた8名の当校総合課程（学部相当）2年生（A～H）である。作業手順による個人間の差異をなくすため，表1の作業手順を指示した。作業手順は，部品別（チップ部品，リード線部品）かつ工程別（基板への取り付け，はんだ付け）とした。被験者には作業を開始する前に，部品の取り付け位置，順番を記載した仕様書を確認してもらい，作業工程（b）～（g）では各作業の終了を申告してもらった。

測定項目は，無線式計測システム（NeXus-10 MARK II，キッセイコムテック（株））を用いたCM5誘導による心電図，筋電アンプ（原田電子工業製）を用いた利き手の母指の屈曲動作を示す表面筋電位

表 1: 作業手順.

作業工程	作業内容
(a)	安静（作業前）※5分間
(b)	チップ
(c)	抵抗，ダイオード挿入前折り曲げ
(d)	抵抗，ダイオード挿入～切断
(e)	IC 挿入～仮はんだ
(f)	コンデンサ挿入～切断
(g)	はんだ付け
(h)	安静（作業後）※5分間

である。心電図から交感神経活動の指標 LF/HF を求め，表面筋電位から利き手の母指の屈曲動作として力を加えた時間の推定を行う。また，近赤外分光法（NIRS）（WOT-100，（株） NeU）による脳血流量，上腕二頭筋の表面筋電位も測定したが，本研究では解析しない。被験者が組み立てた基板は技能五輪大会電子機器組立て職種の採点の経験者が採点（不良数を数える）を行う。また，作業工程（b）～（g）に要した時間を組立時間とする。

#### 2.2.2 解析方法

測定中に作業の中断や電極はがれ等の不備があったデータは除外することとした。以下に心電図，表面筋電位の解析方法を示す。

心電図の解析は不破の解析方法[10]に基づき行う。心電図から得られる心拍変動の時系列（0.5 s 間隔）を作業工程毎に，周波数解析を行い，LF 成分（0.04～0.15 Hz）と HF 成分（0.15～0.4 Hz）のパワー比として LF/HF を求めた。求めた LF/HF を作業工程（a）の安静（作業前）を基準とし，正規化する。取得した表面筋電位の生データを MATLAB にて全波整流を行い，安静時の筋電位を閾値とし，閾値を超えたデータから，大まかに力を加えた時間を筋収縮時間（s）と定義して算出する。

### 2.3 結果および考察

被験者8名のうちAは筋電位が取れていない，Fは作業途中に右手の母指の電極が外れる，Gは作業途中に測定機器による頭痛の訴えがあり作業を中断するといった測定上の不備があったため解析から除外した。図4に組立時間と不良数の分布を示す。図4の中央の縦点線は組立時間の平均時間，横点線は不良数の平均数である。組立時間は長い者の中には不良数が少ないBや多いEがおり，組立時間と不良数に一定の関係は見られなかった。そこで組立時間が短いC，Dと長いB，E，Hでグループ分けを行い，LF/HF と筋収縮時間の解析を行った。図5に作業工程に対する正規化 LF/HF を示す。短いグループは，作業工程に対する LF/HF 平均値の変化幅が小さく，安静時より作業中の方が LF/HF が高い。一方，長いグループは，LF/HF 平均値の変化幅が大きいという結果となったが，被験者数が少なく統計的検証を出来ないため，明確に差があるとは言えない。図6に作業工程に対する筋収縮時間を示す。統計的検証はしていないが，短いグループは組立時間に対して筋収縮時間が長く，長いグループは組立時間に対して筋収縮時間が短い可能性が示された。この結果については，実験前には想定していなかった結果となった。なぜこの結果となったかは，現在分析中である。

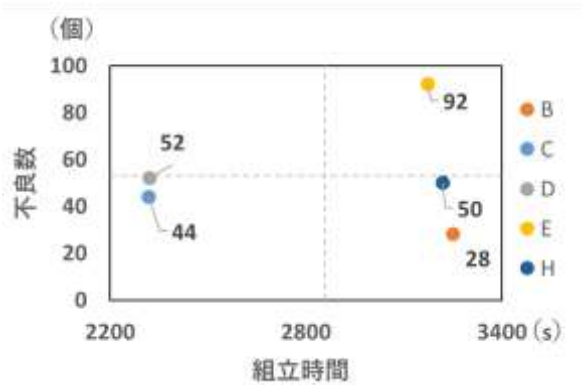


図 4: 組立時間と不良数.

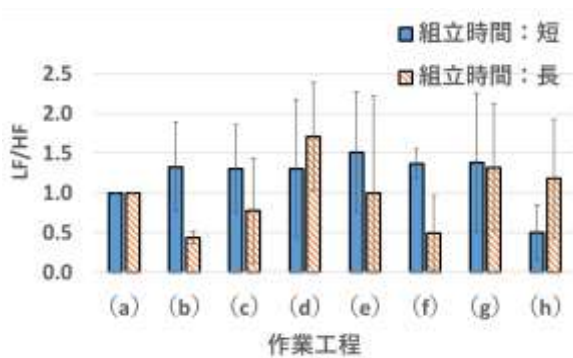


図 5: 作業工程に対する正規化 LF/HF.

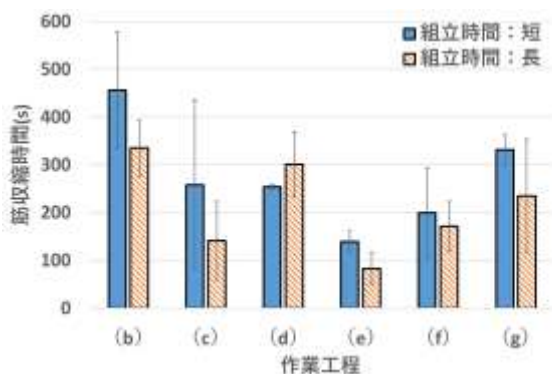


図 6: 作業工程に対する筋収縮時間.

### 3 はんだ付けの二次元画像評価

#### 3.1 概要

はんだ付けの評価では、X線や三次元画像処理カメラを利用し、三次元情報によるはんだの検査を行なう装置[11-12]等がある。しかし、これらは高価、大型のシステムであるため、技能訓練現場において

導入は容易ではない。また、二次元画像からはんだ付けの状態を識別する研究[13-14]があるが、技能検定、技能五輪で用いられる採点基準で評価をしたものや、楕円ランドの評価をした報告はない。そこで、本システムでは市販のデジタル一眼カメラを使用した、簡便なはんだ付け評価補助システムを目指し、基板上面から撮影したはんだ付けの二次元画像に対する評価をできるか検証を行った。

#### 3.2 方法

##### 3.2.1 実験方法

はんだ付けの二次元画像を評価する際、どれだけ正確に画像を採点できるか検証するために、同一の基板に対し、実物に対する採点と、二次元画像に対する採点を行い、その結果を比較した。採点は、技能五輪の「電子機器組立て職種」の評価経験者4名(I~L)によって行なう。経験年数は、Iから、18年、17年、9年、5年である。採点に用いる基板には、当校総合課程の学生4名(技能検定二級基板を用いた「電子機器組立て」の訓練を受講済み)が各1枚製作した基板(基板 $\alpha \sim \delta$ )を使用する。評価する基板のうち1枚を図7に示す。基板には、楕円ランド、丸ランド、表面実装(SMD)のランドがあり、それぞれのランドのはんだ付けの例を図8に示す。左から楕円ランド、丸ランド、SMDのランドにはんだ付けしたものである。ランドの数はそれぞれ楕円ランド54箇所、丸ランド122箇所、SMDのランド87箇所があり、すべてのランドのはんだ付けを採点する。

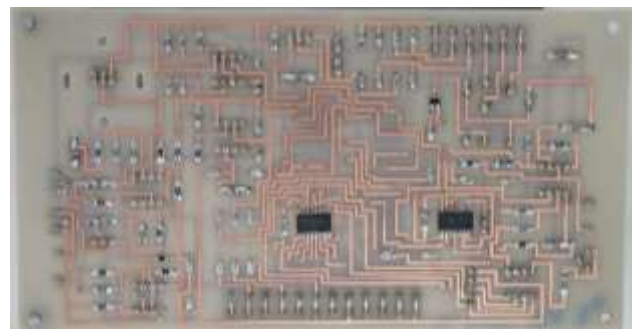


図 7: 基板画像.



楕円ランド 丸ランド SMDのランド

図 8: 各ランドのはんだ付け.

採点は、各採点者が  $\alpha \sim \delta$  の基板に対して、実物 4 枚、画像 4 枚の計 8 枚の採点を行う。その際、実物と画像で連続して同じ基板を採点しないように、実物と画像を交互に採点した。採点する項目については、特に二次元画像では判断が難しいと考えられる 5 つの不良項目（はんだ過剰、はんだ不足、はんだのつもの、はんだの凸凹、リード線の高さ）とした。採点手順は、ランドを 1 つずつ確認し、良か否の二段階評価で評価用紙に不良項目を記述する方法とした。使用した評価用紙を図 9 に示す。評価用紙には、基板と同じ位置にランドが書かれており、そのランドに対して不良項目を記述する。実物での採点は、採点者毎に異なる照明環境ではあるが、採点しやすい照明環境にて評価対象の基板を目視で行なう。画像での採点は、Hisense 社の 55 インチ 4K テレビ 55U7H に画像を表示し、拡大縮小を適宜利用しながら行う。

使用する画像の撮影は同一条件下で行った。基板を固定台で机に対して水平に固定し、カメラは基板から約 40 cm の高さの位置に水平に設置した上で、基板を真上から撮影した。使用カメラ及び設定を以下に示す。

- 使用カメラ：デジタル一眼カメラ  $\alpha$  7R IV (ILCE-7RM4)
- 解像度：9504 pixel x 6336 pixel
- 撮影モード：絞り優先プログラムモード
- ISO 速度：ISO-100
- 絞り値：f/10

光源については規定しなかった（実験室の一般的な照明と窓からの太陽光を使用）。また、基板面が白飛びしないように、部屋の照明光を遮る対策を行った。

### 3.2.2 解析方法

各基板の採点から、不良（「否」と評価されたラン

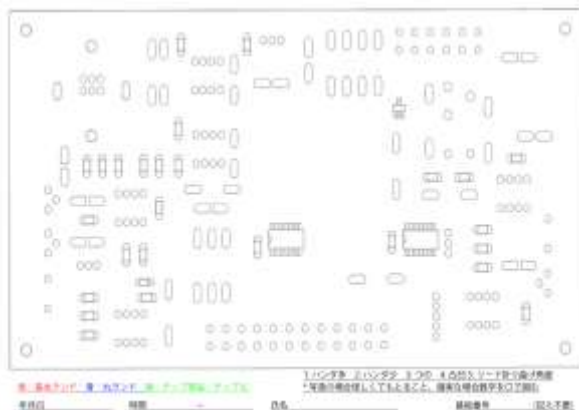


図 9: 評価用紙.

ド) の総数および、実物と画像での採点が一致した数を求めた。実物での採点の不良の数を  $X$ 、画像での不良の数を  $Y$ 、不良の採点が一致した数を  $Z$  として、次式で定義した一致率  $W$  を求めた。

$$W = Z / (X + Y - Z) \quad \dots (1)$$

この一致率が高ければ、実物での採点と画像での採点の差が少ないことが示され、二次元画像による採点でも実物を採点する場合と遜色無いといえる。

### 3.3 結果および考察

採点者毎の一致率の傾向を検証するため、各採点者の基板毎および平均の一致率を求めた。結果を表 2 に示す。表 2 より、平均列の一致率を見ると、一致率の高さの順位は経験年数の長さの順位と一致しているという傾向が見られた。経験年数の長い採点者は、実物で採点する際、経験の短い採点者と比べ、より多くの特徴を無意識に捉えて採点しており、画像上でもその特徴を無意識に捉えることで一致率が高くなったのだと考えられる。そのため深層学習技術を用いて、無意識で捉えている特徴を学習することで、画像での採点ができるようになる可能性がある。

また、二次元画像上での採点において不良項目毎の傾向を検証するため、各不良項目の基板毎および平均の一致率を求めた。結果を表 3 に示す。表 3 より各一致率を見ると、不良項目毎に一致率が大きく異なり、二次元画像での不良を検出できる精度に差があることが分かる。特にはんだ過剰は、一致率が平均で 32.8 % とあり不良項目の中で最も高いことが

表 2: 採点者別の一致率

採点者 (経験年数)	一致率 [%]				
	基板 $\alpha$	基板 $\beta$	基板 $\gamma$	基板 $\delta$	平均
I (18)	42.7	31.2	48.3	32.1	38.6
J (17)	24.8	29.7	30.8	13.0	24.6
K (9)	17.8	23.2	25.5	22.6	22.3
L (5)	14.6	36.5	12.6	22.4	21.5

表 3: 不良項目別の一致率.

不良項目	一致率 [%]				
	基板 $\alpha$	基板 $\beta$	基板 $\gamma$	基板 $\delta$	平均
はんだ過剰	31.5	32.1	38.3	29.1	32.8
はんだ不足	6.1	10.7	0.5	3.9	5.3
はんだのつもの	1.4	0.0	0.0	3.8	1.3
はんだの凸凹	17.3	20.9	2.1	8.6	12.2
リード高さ	1.4	0.0	100.0	19.0	30.1

示された。リード高さに関しては、30.1%となったが、不良の母数が少なかったため値が0.0%~100.0%と幅が非常に大きく、信頼性が低い。また、はんだのつものにおいては、一致率が非常に低く、画像での採点が難しいことが示された。この結果から、画像による評価において最も不良の検出が容易な項目は、はんだ過剰であることがわかった。また、その他の項目においては、画像による検出は困難であることもわかった。

## 4 まとめ

電子機器組立て技能における新しい技能向上システムの構成を検討し、未習得者の電子機器組立ての各作業の工程と生体情報の分析を行うための実験と、はんだ付けの二次元画像に対する評価を行った。

電子機器組立ての作業と生体情報の分析を行なうための実験では、LF/HF、筋収縮時間の解析を行ったが、被験者数が少ないため明確な差があるとは言えない結果となった。今後は被験者数を増やし統計的に解析を行うことで、明確な傾向が見られるかどうか検証する。さらに、作業タイミングや緊張度等を生体にフィードバックすることで新たな技能習得法に繋げていきたい。

はんだ付けの二次元画像に対する評価では、一致率を用いて実物と二次元画像の採点結果の比較を行った。不良項目のうち、はんだ過剰が32.8%と最も一致率が高いため、他の不良項目と比べて二次元画像から評価できる可能性が高い。しかし評価補助システムとしては一致率が低いため、現状では実用化は難しい。したがって、一致率を80%以上に向上させることを目標として、以下の検討を行なう。一致率の高い採点者が見ているはんだ付けの特徴を明らかにすることで、はんだ付けの画像判定に必要な特徴を分析する。また、カメラの角度、照明の数や位置の検討、さらに照明を格子模様にする等も検討している。一致率の向上を実現後、得られた画像よりデータセットを作成し、深層学習を行うことで熟練者と同様の採点をできる補助システムを検討していく。

\*

本論文は、教育システム情報学会「2022年度学生研究発表会」の演題「はんだ付け技能向上のためのはんだ付け評価補助システムの開発」および「生体情報解析に基づく電子機器組立て技能の新たな習得法の開発」として2023年2月6日に投稿した発表論文の原稿を一部改変したものである。

## 参考文献

- [1] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編: 2021年版ものづくり白書, p. 117, (2021年)
- [2] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編: 2020年版ものづくり白書, p. 143, (2020年)
- [3] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省編: 2020年版ものづくり白書, p. 114, (2020年)
- [4] JLIPT: デジタル技術の進展に対応したものづくり人材の確保・育成に関する調査結果, p. 49, (2020年)
- [5] 厚生労働省: 令和3年度「技能検定」の実施状況を公表します, [https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_27241.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_27241.html), (参照 2023.02.01)
- [6] 厚生労働省: 平成27年度「技能検定」の実施状況まとめ, <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000133830.html>, (参照 2023.02.13)
- [7] 原圭吾, 新目真紀, 磯部真一郎, 市川博, 塚崎英世, 西澤秀喜, 平林裕治, 不破輝彦, 村上智広: 技能科学によるものづくり現場の技能・技術伝承, PTU 技能科学研究会, 日科技連出版社, p. 31, (2019年)
- [8] 和田雅宏, 圓川隆夫, 横山真弘, 平野健次, 池田知純, 飯田隆一, 中島均, 船木裕之, 菊池拓男, 塚崎英世, 高橋宏治: 「インダストリアルエンジニアリングの最前線—最新テクノロジーを活用した生産効率の向上—」, PTU 技能科学研究会, 日科技連出版社, p. 10, (2020年)
- [9] 芳田哲也: 日本の伝統技能を保存・継承するための「匠の技」の解析, 繊維機械学会誌, Vol. 60, No. 6, pp. 321-326, (2007年)
- [10] 不破輝彦, 本田寛亨, 大友勇人, 二宮敬一, 池田知純, 貴志浩久: 神経系計測に基づくフライス加工技能レベルの新しい定量的評価法, 技能科学研究, Vol. 38, No. 4, pp. 11-15(2022年)
- [11] I-Bit: FX-355xx 製品情報, <http://i-bit.co.jp/products/FX-355xx.html>(参照 2023.02.01)
- [12] KEYENCE: インライン 3D 外観・寸法検査の常識を変える インライン 3D 外観・寸法検査 画像処理システム XG-X シリーズ, [https://www.keyence.co.jp/products/vision/vision-sys/3d\\_vision/index\\_pr.jsp](https://www.keyence.co.jp/products/vision/vision-sys/3d_vision/index_pr.jsp)(参照 2023.02.01)
- [13] 杉山謙太郎, 宮口達也, 菊池久和, 村松正吾, 小林淳一: 画像解析によるはんだ付け外観検査のための有効特徴量の調査, 社団法人映像情報メディア学会技術報告, Vol. 33, No. 31, pp. 5-8, (2009年)
- [14] 松嶋道也, 福本信次, 藤本公三: はんだ接合部のニューラルネットワーク視覚検査における主成分分析を用いた入力次元数削減効果, エレクトロニクス実装学会誌, Vol.15, No.3, pp.206-216, (2013年)



# クラシックギターの演奏姿勢に 楽曲の音楽的特徴が与える影響

## Influence of Musical Characteristics of Pieces on the Playing Posture of the Classical Guitar Performance

飯野 健広<sup>1</sup> 飯野 なみ<sup>2,3</sup> 藤波 努<sup>1</sup>

Takehiro Iino<sup>1</sup>, Nami Iino<sup>2,3</sup>, Tsutomu Fujinami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科

<sup>1</sup>Japan Advanced Institute of Science Technology

<sup>2</sup>国立情報学研究所

<sup>2</sup>National Institute of Informatics

<sup>3</sup>理化学研究所

<sup>3</sup>RIKEN Center for Advanced Intelligence Project

**Abstract:** In this study, the analysis of posture while playing classical guitar using human pose estimation (MediaPipe) and the analysis of the musical characteristics of a piece of music using mean information content. We analyzed the works, classifying them into three periods. The results showed that both the defective posture during performance and the amount of information in the chords were higher in contemporary pieces than in pieces from the other eras. We discussed the influence of the musical characteristics of a piece of music on the performance posture.

## 1. はじめに

クラシック音楽家は演奏によって引き起こされる骨格筋系の障害のPRMSD (Playing-Related Musculoskeletal Disorder)により、本来の演奏ができない事例が多くみられる。例えば、腱鞘炎やフォーカル・ジストニアは炎症部やその周辺の痛みが強く、演奏動作に制約がかかる。また演奏動作に必要な骨格筋の機能が低下しているために特定の動きができず、楽曲が求めるスピードや局所的な指の動きの正確性が欠けてしまう。これらは演奏時の無理な姿勢やオーバーユース(局所的に同じ筋肉の使いすぎ)が起因しているとされている[1]。特にプロの演奏家の場合は、長時間の練習が不可欠であるが、機能低下に気づかずに練習をしている可能も十分にありうる。

クラシックギターの演奏者(プロやアマチュア)に対する痛みに関する調査では、頸部や背中の上部にそれぞれ53.1% (n=64) [2]、首と腰にそれぞれ29%、肩に15.5%の割合で痛みを感じているという報告がある[1]。クラシックギターの楽曲に着目すると、現代曲はルネサンス・バロック、古典派・ロマン派以降までに培われてきた調性音楽が崩壊し、不協和音

やリズムの複雑化、ギター奏法の多様化がみられることから、技術的に長時間の練習が必要となる。

そこで本研究ではクラシックギターに着目し、ギター演奏による身体的負荷と楽曲の関係を明らかにすべく、音楽的特徴と演奏姿勢を時代別に比較することで音楽的特徴が演奏姿勢に対して与える影響について調査した。演奏姿勢には実用性や精度などを考慮して、骨格推定のMediaPipe Pose[3]を用いて、首の角度や胴体の角度から分析した。楽曲の音楽的特徴は先行研究[4]に倣い、音高やピッチクラスなどの情報量解析から音楽的特徴を定量的に示した。本研究によって、コンサートやコンクールでの選曲の支援や姿勢改善のためのきっかけの提案となることが期待できる。

## 2. 先行研究

### 2.1 演奏動作や姿勢に関する研究

演奏動作は多くの手法で解析が行われてきた。身体情報をデータ化することを目的としてモーションキャプチャを用いたピアノ演奏手腕骨格の運動の解析

[5]や骨格筋の活動情報量を計測した研究[6]などがある。しかしながら、モーションキャプチャや力量計測などのシステムは場所の制約や導入コストがかかり、練習時に簡単に使用できるレベルにない。演奏家の技術は繊細であり、身体的動作と音楽表現がマッチするために、大掛かりであればあるほど、日常の演奏姿勢や演奏動作とずれが生じることや邪魔になる可能性がある。

骨格推定(Human Pose Estimation: HPE)は、コンピュータビジョンにおいて入力された画像から人物や物体の位置座標、位置の関係性、方向を検出することを目的としている[7]。HPEは、顔や肩、手などの身体的部位となるポイントの位置を予測することができ、特にセキュリティ分野やスポーツの動作解析における研究は多く見受けられるが[8]、音楽分野に応用した研究は少ない。要因としては、左手の細かい動きによって、カメラの角度の問題などから実測の課題が代表として上がってきた。

## 2.2 クラシックギターの演奏姿勢

図1にクラシックギターの基本的な姿勢を示す。椅子に座り、左足を足台に置いてギターのボディを右太腿と左太腿の上におく。その上で右肘の上腕側で抑え、右手で弦を弾き、左手でフレットを抑える。このように、足台を使用することで身体が左右非対称性になり、骨盤に歪みが生じるため、この演奏姿勢については様々な議論がなされている[15]。しかし、国内コンクールにおける足台の使用率を調査してみると、未だに国内でも8割程度の演奏者が足台を用いている現状にあり、基本的な姿勢とされている。



図1 クラシックギターの基本姿勢

この基本姿勢の状態から、顔の方向はギターのボディ側、フレット側を向く。ギターは物理的に顔の下にあることから、首を折ることや身体を傾けることによって、指を注視することができる。しかし、ギ

ターを注視するために行う動作が身体的な負荷を与えている可能性もある。それらは不良姿勢と呼ばれる状態であるが、音楽表現に伴う必要な動作によって誘発されることもあるため、一概に不良姿勢が悪いとは言えない。また、視聴者側からも顔を下に向けて集中しているようなポジティブな印象を与えることもある。本研究では不良姿勢を無くすのではなく、不必要な不良姿勢を低減することを目的としている。

## 3. 実験

### 3.1 実験概要

本研究では、まず演奏姿勢に対して、MediaPipe[3]を用いた骨格推定による姿勢判定するシステムを作成し、解析した。表1は分析した楽曲の一覧である。楽曲の時代、名前、作曲者名、同ジャンルでエントリーされた回数、解析で使用した動画の数を示している。公益社団法人日本ギター連盟が主催する東京国際ギターコンクールにおいて、2003年から2016年までに2次予選あるいは本選でエントリーされた104曲のうち、10回以上エントリーされた16曲から10曲を取り上げた。それらを楽曲が制作された時代別に以下の3つに分類した。

- ルネサンス・バロックの作品(1750年以前) : 3作品
- 古典・ロマンの作品(1750-1920) : 3作品
- 現代以降の作品(1920年以降) : 4作品

表1 楽曲の時代とエントリー回数、対象動画の数

時代	楽曲名 / 作曲者	エントリー回数	動画数
ルネサンス ・ バロック	Fantasia P.71 / J. Dowland	18	3
	Grand Over true Op.61 / M. Giuliani	14	7
	BWV998 Prelude, Fugal, Allegro / J.S. Bach	14	5
古典 ・ ロマン	Fantasia Hognose / J.K. Mertz	13	4
	Introduction and Rondo Brillante Op.2 No.2 / D. Aguado	16	4
	Elegies / J.K. Mertz	11	4
現代	Sonata / A. Ginastera	17	3
	Invocation y Danza / J. Rodrigo	14	3
	Fandango from Tres Piazzas Espanola's / J. Rodrigo	14	3
	El Decameron Negro / L. Brouwer	10	2

解析には YouTube 上にある動画を用いた(ルネサンス・バロックの3作品を15動画, 古典・ロマンの作品を12動画, 現代以降の作品を11動画の合計38動画). 次に, 楽曲の音楽的特徴については対象となる10曲について4つの要素(音高, ピッチクラス, 音価, 和音)の平均情報量解析を行った.

### 3.2 演奏姿勢の判定手法

Google社が提供するMediaPipeという機械学習による解決を目指したメディアに本研究では着目した[3]. MediaPipeはヨガや高強度インターバルトレーニング(HIIT)などの自由度が高い姿勢や動作に対して, 機械学習を用いて推定を行うことができ, 現在では精度が高いHPEの1つである. HPEで使用される骨格検出のライブラリを代表ともされるOpenPoseやPoseNetなどと比較してもMediaPipeはキーポイントの数が最大である[10]. また, YOLOv7と比較した研究では, MediaPipeの方が低質の画像や遠方の距離においても精度が高い[11]. MediaPipeは上記のようにHPEにおいて精度が高く, 比較的簡単に実装でき, スマートフォンのカメラのレベルでの推定を行うことができる. また, ギターのようなものを持つことで身体の一部が隠れる場合も機械学習を用いて, 推定することができる. 実装をしてみるとギターによって骨盤などの複数の身体的部位が確認できなくとも, 推定によって保管された. 実用的な側面を考慮し, 本研究ではMediaPipe Poseを使用することが有用であると考え.

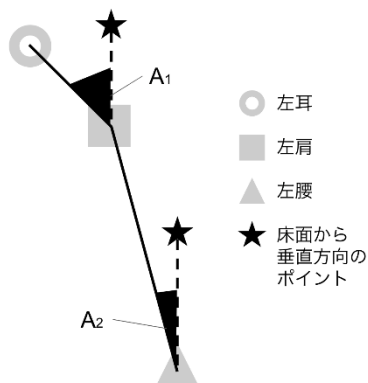


図2 姿勢判定するとき抽出する簡易モデル

MediaPipe Poseを用いて姿勢を判定する上で首・肩・腰の3点に着目した. MediaPipeでは, 33のキーポイントを取得することができる. 図1にMediaPipe Poseで取得する3つのキーポイント及び判定するための2つの角度を示す. 3つのキーポイントはが◎左耳, ■が左肩, ▲が左腰である. それ

ぞれ左耳・左肩・左腰のキーポイントの(x, y, z)座標を取得した. その次に, ■が左肩, ▲が左腰から床面からの垂直方向に伸ばしたポイントがそれぞれの★となる. その床面から垂直方向のベクトルを基に, 2つの角度については, 左肩■から★の方向に伸ばしたベクトルと左肩■から左耳◎を結ぶベクトルがなす角度を首の角度(図2 - A<sub>1</sub>)とした. 同様にして, 胴体の角度(図2 - A<sub>2</sub>)は, 左腰▲から垂直方向の★を結ぶベクトルと左腰▲から左肩■を結んだベクトルがなす角度とした. 空間における2つのなす角度A(A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>)は以下の式で表される.

$$A = \arccos \left( \frac{(y_2 - y_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}} \right)$$

ここで, 予備実験の結果から首の角度A<sub>1</sub>を48°, 胴体の角度A<sub>2</sub>を20°を基準とする. 本研究では, 演奏姿勢を「良い姿勢」と「不良姿勢」の2つに分類する. 良い姿勢の条件は, 首の角度が48°以内かつ胴体の角度が20°以内である姿勢であり, 不良姿勢は良い姿勢が当てはまらない時の姿勢とした. この判定を楽曲の動画のfpsごとに良い姿勢と不良姿勢の計算をし, それぞれを合計した時間(s)で示すことで, 楽曲中のそれぞれの姿勢の時間的割合を算出した.



図3 MediaPipeを用いた姿勢判定の様子  
(左-良い姿勢, 右-不良姿勢)

### 3.3 楽曲の情報量解析

クラシックギターに関しては平均情報量を指標とした楽曲分析が行われている[4]. 具体的には, クラシックギターの楽曲の音高, ピッチクラス, 音価, 和音を対象として, 平均情報量解析を行い, 音楽的特徴を示した. 各情報は楽譜情報をもとに打楽器のような音高を固定することのできない音符を除いた上で, 音高はすべての音符の音高の, ピッチクラスの情報は音符のピッチクラスの, 音価は音符の長さの, 和音はコードネームの, 各出現回数をカウントし, 平均情報量を求めた. その結果, 全体的な

傾向として、4 つ全ての平均情報量においてルネサンス・バロック、古典・ロマンの作品よりも現代以降に制作された作品の方が情報量が大きかった。

エントロピーとも呼ばれる平均情報量は複雑性や意外性として捉えることができる。すなわち、情報量が高ければ複数の事象が均等に出現することであり、ある事象に偏るほど小さくなる。生起確率の  $n$  個の事象がそれぞれ  $p_1, p_2, \dots, p_n$  が生じるときの情報量の期待値  $H$  は以下の式で求められる。

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

期待値  $H$  が大きい場合は楽曲全体を通して、ある事象に偏らず満遍なく出現するという解釈になる。楽曲に平均情報量を適用させた場合、複雑性の知覚と平均情報量による複雑性の値が評価的に同等であった報告[12]や音価や音高によって音楽と言語の構造について定量的に示したこと[13]から、楽曲の音楽的特徴を示すための一つの手法であるといえる。本研究においても演奏姿勢に対して音楽的特徴がどのように影響があるのかを調べるためには音響分析や音色、楽器などではなく、楽曲中から要因を見つけることが適していると考えた。そのため、本研究では対象の10曲に対して、音高、ピッチクラス、音価、和音の平均情報量を算出した。

### 3.4 実験結果

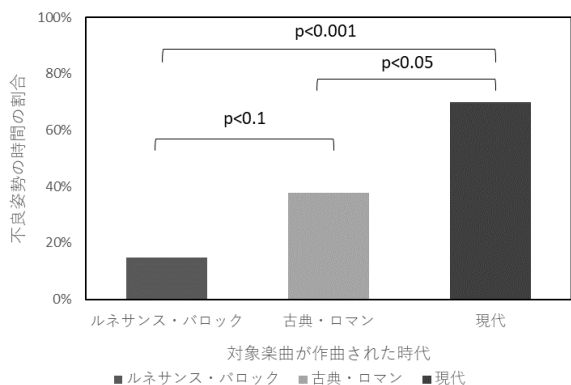


図4 時代別の演奏時の不良姿勢の時間的割合

時代別の演奏時の不良姿勢の時間的割合の平均について図4に示す。ルネサンス・バロックと古典・ロマンの楽曲の平均の差について t 検定で有意差判定をした。ルネサンス・バロックの楽曲は、14.82%(標準偏差 = 21.68, 範囲 = 0.07~9.80)であり、古典・

ロマンの楽曲は、37.63%(標準偏差 = 26.72, 範囲= 10.84~79.55)であった。その上で対応する t 検定を行った結果、条件間に有意傾向が得られた( $t(25)=1.91, p=.075$ )。古典・ロマンと現代以降の楽曲の平均の差について t 検定を行った。古典・ロマンの楽曲は、37.63%(標準偏差 = 26.72, 範囲= 10.84~79.55)であり、現代の楽曲は、69.80%(標準偏差 = 28.07, 範囲= 5.98~96.03)であった。その上で対応する t 検定を行った結果、条件間に有意な差が得られた( $t(21)=2.55, p=.021$ )。すなわち、ルネサンス・バロックの作品、古典・ロマンの作品、現代以降の作品の順に不良姿勢の時間的割合が増加した。

表2 各楽曲の不良姿勢の時間的割合と各種平均情報量

楽曲	時代	エンタリ回数	不良姿勢の時間	音符数	音高	ピッチクラス	音価	和音
Fantasia P.71	ルネサンス・バロック	18	16.29	1244	4.214	2.879	2.335	3.923
Grand Overture Op.61		14	27.6	3571	4.689	3.259	1.997	4.825
BWV998 Prelude, Fuga, Allegro		14	4.84	3954	4.528	3.153	2.43	4.926
Fantaisie Hongrois	古典・ロマン	13	44.3	2462	4.759	3.286	2.418	4.789
Introduction and Rondo Brillante Op.2 No.2		16	43.61	3239	4.597	3.138	2.42	4.683
Elegie		11	24.76	2819	4.28	3.45	2.901	4.35
Sonata	現代	17	52.5	5720	4.922	3.515	1.757	5.981
Invocation y Danza		14	84.77	3179	4.876	3.37	1.945	5.18
Fandango from Tres Piezas Espanolas		14	88.22	1674	4.83	3.28	2.141	5.049
El Decameron Negro		10	85.28	4008	4.525	3.296	3.144	5.8

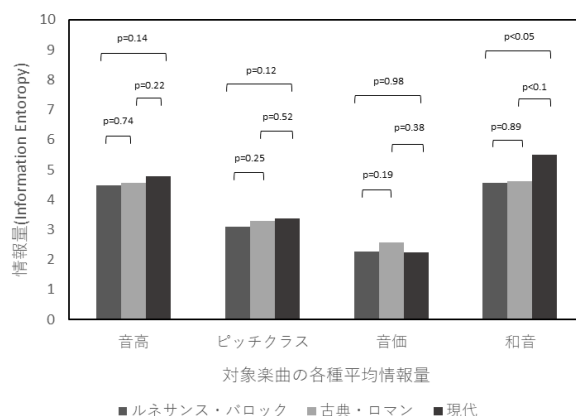


図5 時代別の楽曲の各種平均情報量

表2に対象楽曲の不良姿勢の時間的割合と各種平均情報量を示す。これらを時代別に音高、ピッチクラス、音価、和音の平均算出したものを図5に示す。

それぞれの平均情報量に対して、時代別ごとに t 検定を行い、有意差が得られるかどうかを分析した。その結果、音高、ピッチクラス、音価については有意差また有意傾向は得られなかった。しかし、和音の出現回数については、古典・ロマンと現代では有意傾向、ルネサンス・バロックと現代では有意差が得られた。そこで、時代ごとに相関性があるのかを調べたところ、強い正の相関関係が認められた ( $r = 0.6855582$ ,  $p = 0.02865$ )。図 6 に示すようにルネサンス・バロックと古典ロマンの時代の作品は不良姿勢の時間は多くても約 50%で和音の情報量も約 5.0 に留まっているが、現代においてはそれらを大きく上回っている。全体として右肩上がりである。すなわち、現代に時代が近づくほど、和音の情報量は大きくなり、不良姿勢が悪くなることが示唆された。

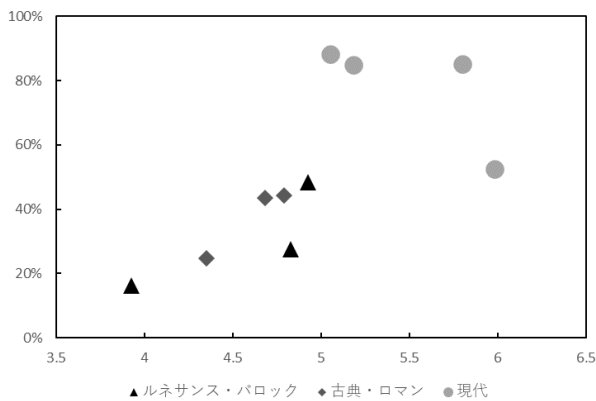


図 6 不良姿勢の時間的割合と和音の情報量

### 3.5 考察

実験結果より、時代別の演奏姿勢について t 検定で有意差の判定をしたところ、現代以降の作品は、ルネサンス・バロックの作品と古典・ロマンの作品と比べて、不良姿勢の割合が多く、有意差が得られた。現代以降の作品は協和音やメロディが少なくなるなど、音楽のあり方が多様化したために技術的・音楽的にも高度なスキルが求められるようになったことが起因している可能性がある。しかし、時代別の音高、ピッチクラス、音価、和音の平均情報量の結果では、音高、ピッチクラス、音価の3つで有意差が得られなかった。国際的なコンクールで多くの参加者が選んでいる楽曲であることを考慮すると、本研究で取り上げた10曲はすべて難易度が高く、音高やピッチクラスにおいて楽曲中のバリエーションに大きな差がなかったと考えられる。加えて、音価も同様にスケールや早弾きのような元来から難しいテクニックとされているものがルネサンス・バロックの作品の時代からもあることから、有意差が得ら

れなかったと考えられる。一方で、和音はルネサンス・バロックと現代以降の作品では有意差が得られ、古典・ロマンの作品と現代では、有意傾向であるという結果が得られた。ルネサンス・バロックの時代に確立し始め、古典・ロマン時代には当たり前となっていた調性音楽は現代曲に傾向を残しながらも、それまでには避けられてきた不協和音などが増えた。和音の情報量が現代曲で最も多いことから、和音のバリエーションが多く、かつそれぞれの出現頻度に偏りが無いことが示された。そして、和音の情報量と不良姿勢の割合について調査したところ、強い相関関係があった。これは和音が不良姿勢を誘発する一要因であることを示唆している。クラシックギターでは、和音を演奏するときにセーハをしたり、左手の指の動きが変則的になったりすることから、現代曲では両者が高い値を示したと考えられる。

本研究で対象とした楽曲のうち、《Invocation y Danza》の演奏動作に着目すると、右手の人差し指と薬指でハーモニクスを、親指で低音を、同時に弾くような演奏法がある。この箇所ではピンポイントで右手を所定の位置に置かなければならない。このような数ミリのずれによって正確性が失われるような演奏動作については、手元を注視して演奏をする必要があるが、それによって首を傾げるなどの不良姿勢が誘発される。楽曲の音楽的特徴を考慮して、現代以降の作品を選定する場合には、技術的に難しい箇所が多いために、不良姿勢の低減への意識を持たなければならない。

現代曲は和音のバリエーションの増加に加えて、奏法の多様化や複雑化などの複数要因によって不良姿勢が引き起こされる。本研究では現代以降の作品における不良姿勢の割合が最も大きく、身体的負荷が大きいことが明らかになった。加えて、生理学的に見ると不良姿勢によってテストステロンが減少し、コルチゾールが上昇するという報告から[14]、不良姿勢が大きい心理的ストレスを与えている可能性がある。そのため、現代以降の作品を長時間の練習することやコンサート・コンクールで長時間の演奏をする際は、演奏中もしくは楽曲を弾き終わってからハイパワーポーズ(胸を張ること)に姿勢を切り替え、不良姿勢をリセットすることによって、身体的にも心理的にも軽減されると考える。

## 4. おわりに

本研究では、クラシックギターの楽曲の音楽的特徴が演奏姿勢にどのように影響を与えるのかを明らかにすることを目指して、東京国際ギターコンクールで頻度高くエントリーされた10曲を対象に、ルネ

サンス・バロック, 古典・ロマン, 現代の3つの時代に分類し, それぞれの演奏姿勢の時間的割合の解析と4つの平均情報量(音高, ピッチクラス, 音価, 和音)の解析を行った. 演奏姿勢では Google から提供されている MediaPipe Pose を用いて耳・肩・腰の3点から首と胴体の角度を算出し, 演奏姿勢を良い姿勢と不良姿勢の2つに分類する判定を行った. その結果, ルネサンス・バロック, 古典・ロマンの作品, 現代以降の作品の順で不良姿勢の時間的割合が増加した. 次に, 対象の楽曲に対して情報量解析を行った結果, 音高, ピッチクラス, 音価では有意差は得られなかったが, 和音では, ルネサンス・バロックの作品と現代以降の作品で有意差, 古典・ロマンと現代以降の作品で有意傾向が得られ, 現代以降の作品の和音が多彩であり, 複雑性を持つことが示された. 以上の二つの結果から不良姿勢の時間的割合と和音の情報量がそれぞれ現代以降の作品が最も大きかった. それらの相関性を調べたところ, 強い相関が得られたことから, 不良姿勢になる要因のうちの 하나가和音の複雑性によることを示すことができた.

ただし, 先行研究[4]では四つの平均情報量ではすべて現代以降の作品が最も多いという結果が報告されている. 本研究で対象とした楽曲は難易度がすべて高いことから楽曲数を増やしてさらに詳細に調べることが今後の課題としたい. 加えて, 奏法によって演奏姿勢が誘発されやすいものについても今後調べることで不良姿勢になりやすい楽曲の提示ができ, クラシックギタリストの痛みや病気の軽減に繋げたい.

## 参考文献

- [1] Dhriti M. A., Agrawal P., Aju K.: Prevalence of playing-related musculoskeletal Disorder (PRMDS) among amateur young Guitar Players, *Journal of Musculoskeletal Research*, Vol. 16, No. 2, pp. 1330002, (2013)
- [2] Marques D. N., Roset-Llobet J., Fonseca M. F. et al.: Flamenco Guitar as a Risk Factor for Overuse Syndrome, *Medical Problems of Performing Artists*, Vol. 18, No. 1, pp. 11-14, (2003)
- [3] Valentin B., Ivan G., Raveendran K., et al.: BlazePose: On-device real-time body pose tracking, *CVPR Workshop*, (2020)
- [4] 飯野 なみ, 飯塚 泰樹, 沖野 成紀: クラシックギターコンクールにおける選曲支援のための演奏プログラムに関する研究, *情報処理学会論文誌*, Vol. 59, No. 3, pp. 904-911, (2018)
- [5] Rahman Md. M., Kazuataka M., Masafumi S., Noburu Y.: Analysis of Finger Movements of a Pianist Using Magnetic Motion Capture System with Six Dimensional Position Sensors, *Transactions of the Virtual Reality Society of Japan*, Vol. 10, No. 2, pp. 243-250, (2010)
- [6] 木下 博, 小幡 哲史, 平野剛, 音楽演奏の運動分析, *日本音響学会誌*, Vol. 72, No. 12, pp. 783-789, (2016)
- [7] Chung J. L., Ong L.Y., Leow M.C.: Comparative Analysis of Skeleton-Based Human Pose Estimation, *Future Internet*, Vol. 14, No. 12, 380, (2022)
- [8] Mickael C., Aris C. Andreas S. et al.: Where are we with human pose estimation in real-world surveillance? *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV) Workshops*, pp.591-601, (2022)
- [9] 宇田川雄貴, 橋本卓弥, 松本賢太, et al.: Openpose による運動解析とエキセントリック握力測定によるクライミング競技者のパフォーマンス評価, *ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集*, pp. 1P2-G11, (2020)
- [10] Jo B. J., Kim S. K.: Comparative analysis of Openpose, PoseNet, and MoveNet models for pose estimation in mobile devices, *Traitment du Signal*, Vol. 39, No. 1, pp. 119-124, (2022)
- [11] Kukil, Vikas G.: YOLOv7 Pose vs MediaPipe in Human Pose Estimation, *LearnOpenCV*, (2022) <https://learnopencv.com/yolov7-pose-vs-mediapipe-in-human-pose-estimation/> (2023-02-12)
- [12] 大村 英史, 柴山 拓郎, 高橋達二 et al.: 人間の因果推論にみられる認知バイアスに基づいたメロディ生成システム, *Vol. 24, No. 5*, pp. 954-966, (2012)
- [13] 大村 英史, 柴山 拓郎: 音高と音価の情報量操作による音楽と言語の構造, *人工知能学会全国大会論文集*, Vol. 2016, pp. 3G3OS15a1, (2016)
- [14] Carney D.R., Cuddy A.J., Yap A.J.: Power posing: Brief nonverbal displays affect neuroendocrine levels and risk tolerance, *Psychological Science*, Vol.21, pp. 1363-8, (2010)
- [15] Bosi, B.: Classical Guitarists and Posture: What Should We Teach?, *MTNA E-Journal*, Vol. 9, No. 3, pp. 18-25, (2018)

# 身体動作と発話の意味性に着目した演劇作品の主観的分析手法の提案

## A proposal of subjective analysis methods of theatrical works with the semantics of body movements and dialogue

熊谷啓孝<sup>1</sup> 諏訪正樹<sup>2</sup>  
Hiroataka Kumagai<sup>1</sup> Masaki Suwa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Media and Governance, Keio Univ.

<sup>2</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部

<sup>2</sup> Faculty of Environment and Information Studies, Keio Univ.

**Abstract:** This study proposes two methods for analyzing theatrical works: one focusing on the meaning of actors' physical actions and dialogue, and the other on audiences' subjective experience. We have applied these methods to Ishinha's "Amahara". The findings from the analyses show that "Amahara" is constituted by multiple mixture of expressions in terms of body movements and dialogue whose meanings are directly comprehensible and are ambiguous. We interpret that the mixture is the significant characteristics of "Amahara". These methods are general enough to be applicable to many theatrical works.

## 1 はじめに

戦後以降の日本演劇史において、その表現の潮流は、西洋の翻訳戯曲を中心に戯曲を忠実に舞台上に表現する新劇、既存の演劇を枠組みから作り変えようとしたアングラ演劇、リアルな日常をそのまま舞台上に写し出す静かな演劇と変化してきた。この流れの中で、新劇や静かな演劇では俳優が発話する言葉に重きを置き、アングラ演劇では俳優の身体性に重きを置く傾向があったと言える。ただし、これらの流れは時代の大まかな傾向であり、個々の作品がいずれかの流れに分類できるわけではなく、グラデーション的に配置されるものである。

既存の演劇研究の中で、身体性や言葉性の観点から演劇作品を体系的に位置づける手法は存在しない。もしこの観点から作品の分析が可能であれば、個々の作品の歴史的な位置づけを行う上での重要な指標となり得る。本研究は、このための新たな研究手法を提案するものである。

## 2 研究手法

### 2.1 一人称研究としての演劇研究

演劇を研究するにはどのようなアプローチが必要か。演出家の鈴木忠志 [1] は演劇の性質について以下のように述べる。

演劇行為とは、人生と同じように、説明されるべきものより生きられるものだからです。

(中略)

どこからどこまでがそれなのかははっきり区切ることができず、かっけっして一か所にとどまらないといった生き物です。(p54-p55)

演劇が「生きられる」ものであり、変化や移動を続けている「生き物」であるならば、演劇研究もまた、生き物を扱うようなアプローチをとらねばならない。そのため本研究では、一人称研究の手法を用いて分析する。

一人称研究とは、人工知能学会誌である「人工知能」2013年9月号の特集企画「一人称研究の勧め」[2]で初めて提唱された研究手法である。諏訪ら [3] は一人称研究について「そのひとの一人称視点からみえる世界を記述したデータと、そのひとの主観的な意識のデータをもとに、知の姿についての先見の仮説を立てる研究」としている。さらに諏訪 [4] は、この研究思想について以下のように述べる。

生身のひとにとっての「生き様（生きるための姿）のリアリティ」は、身の回りに生起す客観的なものごとだけでなく、それを捉える主観に彩られている。(p9)

一人称研究は、「生きていること」そのものを対象とする研究であり、その手法を用いることで「生き物」としての演劇はリアリティを保ったまま分析にかけることが出来ると筆者は考える。演劇においても、客観的事実のみを扱うのではなく「演劇を生きる」ひとたちの主観を扱わなければならないのである。

では、ここで「演劇を生きる」ひとたちとは誰か。それは「作り手」と「観客」であるといえる。一人称研究は、研究者自身の主観を用いて研究を行っていく手法であるため、過去の作品や他者の作品を作り手として分析することは不可能である。一方で、公演の映像や資料が残っていれば観客として分析することは可能である。当然、実際の上演を生で観るのに比べれば何倍も体験の質は落ちてしまうが、それでも映像で作品を観るのもまたひとつの観客体験であることには間違いはないだろう。そこで本研究では、観客としての筆者<sup>1</sup>の視点から作品の分析を行う。

## 2.2 分析対象の選定

本研究では、分析対象として維新派「アマハラ」を選定した。「アマハラ」は1900年代初めから終戦までの南洋諸島における日本人移民について描いた作品である。作中では、意味内容が理解できないようなものから説明的なものまで、一つの作品に多様な形の発話や身体動作が登場するため、俳優の身体動作と発話される言葉の関係を分析するのに適すると考え分析対象とした。

## 2.3 分析データの準備

本研究では、「アマハラ」の映像データを用いて分析を行っていく。「アマハラ」は全体で1時間57分あるため、映像データをそのまま扱うのは困難である。そこで、映像に対し意味単位での分割を行う。本作品には劇団側が設定したM1～M10までの10個の区切りが存在するが、M1だけでも40分以上あるためMをシーンに分け、シーンをさらにセクションに分割する。

M以降のシーンやセクションへの分割は筆者の主観に基づき、「意味が変わった場所」「表現が変わった場所」を基準として分割を行った。これらの分割は筆者の主観に基づいて行っているが、M・シーン・セクションの関係は概ね以下のように説明できる。

M 劇団が設定した最も大きな時間的区切り  
シーン 表現内容ごとに分割した区切り  
セクション 俳優の身体動作などの表現手法ごとの区切り

上記の手法によって、総尺1時間57分の映像データをM10個、シーン26個、セクション61個に分割した。

各M、シーン、セクションはa-b-cというフォーマットで示す。aがMのID、bがシーンID、cがセクションのIDである。例えば、一番初めのセクションであればM1-A-1という形で表記する。本研究では映像データに対する記述やデータ付与をセクションの単位で行い、分析・考察の際は必要に応じてMやシーンの単位で行った。

## 3 写真日記とKJ法による分析

### 3.1 写真日記の手法を用いた記述データの作成

2.1節で、演劇を生きられるものとして扱うために、観客として一人称研究を行う必要性を述べた。一人称研究において重要なのは「一人称視点でしか得られない体感や思考のデータに依拠すること[4]」であり、それはつまり、本研究において観客としての筆者の一人称視点でのリッチな体験を丁寧に記述することが重要であることを意味する。本研究では、これを実現するための手法として写真日記の手法を応用した。

写真日記とは、ある場所を経験して知ったり気づいたりするものごとを写真とことばによって表現する媒体である[5]。写真日記では、写真に写っている事実を記述する事実記述、個々の事実から記述者が感じたことを記述する解釈記述、事実や解釈から記述者が体験したことを記述する経験記述の3種類の記述を行うことで、「全体論的なものごとを断片の集合によって記録する[5]」ことが出来る。

本研究では、この写真日記の手法を映像に対して行うことで、舞台上で行われた事実と、それによって観客としての筆者がどう感じたかの解釈・経験を複合的に記述した。すべてのセクションについて各々記述を行い、全61セクションで34,341文字の記述データとなった。

### 3.2 生タグの抽出

3.1項で作成した記述データには、俳優の身体動作や衣装、舞台美術、音響や照明など筆者の観劇体験を構成する様々な要素が含まれている。筆者の観劇体験がどのようなものであったかを分析するためには、この

<sup>1</sup>筆者は演出家として活動をしているため、記述や分析の際には少々専門的な着眼点が含まれることは否めない。



多様な要素を出来る限り保持したまま分析可能な形にする必要がある。そこで諏訪 [4] が提唱する「生タグ抽出法」を用いた。生タグとは「多様な視点や価値観を示す要約的短文 [4]」のことである。図 1 は、セクション M9-A-12 における写真日記的記述（図上部枠内部分）と、そこから抽出された生タグ（図下部太文字部分）である。

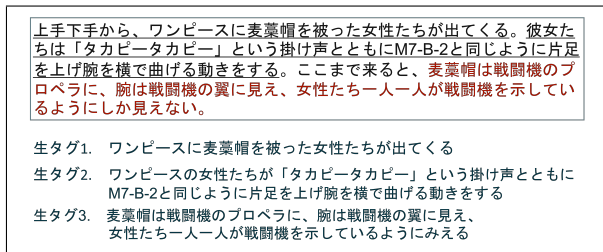


図 1: セクション M9-A-12 の写真日記的記述の抜粋とそこから抽出された生タグ

写真日記は、下線が引いてある部分が事実記述を示しており、赤文字になっている部分が筆者が解釈した内容である。生タグは、事実記述だけから抽出したものもあれば、解釈記述から抽出されているものもある。これらの抽出は、筆者が観劇体験において何が重要であったと感じたかを基準に行った。

この手法によって、本研究では最終的に 61 セクションの写真日記的記述から 479 個の生タグを抽出した。

### 3.3 KJ 法による記述データの分析

生タグデータは、映像の中に登場する俳優の動きや照明や音についての情報、そこから感じたことや想像した内容が複合的に記述されている。これらの異質なデータを、一つの枠組みの中で分析するために、本研究では KJ 法を分析手法として採用した。

KJ 法とは、文化人類学である川喜田二郎が考案した、データをボトムアップにまとめるための手法である。川喜多 [6] は、『ぜんぜん性質の違う、比べることのできない資料同士を集め、それらの組み合わせからどういう意味が見いだせるかという意味での「まとめる」過程』こそが重要だとし、そのための手法として KJ 法を開発した。

KJ 法では、個々のデータを記入した小さなカードを並べ、お互いに似てると感じるカード同士を寄せ集めていく。この時、データ同士を理論的にグループ化するのではなく、「なんとなく親近感が感じられた [6]」もの同士を集めることで、先入観や計画に縛られずボトムアップ的にデータをまとめることが可能になる。データがある程度集まってきたら、これらにタイトル（これを表札と呼ぶ）を付ける。データがこれ以上まとま

らなくなった時点で、表札および、いずれの表札にも入らなかったデータを第一階層のデータとする。次に、第一階層のデータ群を似たもの同士で集め、またこれらが集まってきたら再度表札を付けていき、これらが第二階層のデータとなる。この作業を表札データが 10 個前後になるまで繰り返すことで、バラバラだったデータが同じような性質や特徴を持つデータごとにまとめられる。そして、そこに付けられた表札を見ることでそのグループの性質が分かるのである。

本研究では、第三階層まで行い、第一階層表札が 84 個、第二階層表札が 22 個、第三階層では 7 個の表札を得た。

### 3.4 生タグの第二階層表札への所属割合

KJ 法では、基礎データとなる生タグは任意の  $n$  階層において、重複なくいずれかの表札に含まれているため、生タグがどの第二階層の表札に属しているかの割合を調べることによって、M やシーンが作中においてどのような位置づけであるかや、観客の観劇体験にどのような影響を与えているかを分析することが出来る。

表 1 は M1~M10 における生タグの各表札に属する割合である。それぞれの M は独立しているため、M ごとに異なる色を付けており、割合が低い方から高い方にかけて色が濃くなるようにしている。

表を見ると M ごとに生タグが属する表札に特徴があることが分かる。例えば、M1 の列を見ると、M1 の記述から抽出されたタグは、ほぼすべての第二階層表札に分散的に属している。ただし、その中でも第二階層表札「G. 俳優たちの在り方に幾何学的・現象的な規則性を見出す」に属する割合が 16.56% と他に比べて多いことが分かる。これは、M1 において観客としての筆者が、俳優たちの全体的な動作や群舞的な動きに特に注目しながら作品を観ていることを意味している。

生タグが分散的に多くの表札に属していた M1 と対照的なのが M4 である。M4 では、抽出された生タグが 6 つの第二階層表札のみに属しており、特に「D. 言葉や知識によって漠然としていた想起がまとめ上げられる」と「J. 集団同士や集団と個人の関係から解釈が生まれる」の二つの表札がどちらも 27.27% 占める結果となっている。これは M4 が M1 に比べて、「想起をまとめる」「解釈を生まれさせる」などに特化した役割を担っていることを示唆している。

このように、KJ 法における生タグの分散傾向は、それぞれの M が観客の体験にどのような効果を与えているかを示すものであるといえる。

表 1: M1~M10 の各々から抽出された生タグが、第二階層表札のそれぞれに属している割合  
注:M1~M10 のそれぞれの列の数字を縦に合計すると 100%になる。

第三階層表札	第二階層表札	M1	M2	M3	M4	M5
I. 表現された内容や情景を理解する	D. 言葉や知識によって漠然としていた想起がまとめ上げられる	4.46%	3.70%	12.00%	27.27%	11.76%
	L. 名詞や短い文の羅列によって情景が立ち現れる	6.37%	7.41%	0.00%	0.00%	1.18%
	O. 具体性の高い要素 (衣装・動作・音) によってシーンを理解する	5.10%	11.11%	16.00%	0.00%	10.59%
	T. 台詞と動作の合わせ技で情景が浮かび上がる	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.35%
II. 関係性や規則の中で作品を解釈する	G. 俳優たちの在り方に幾何学的・現象的な規則性を見出す	16.56%	7.41%	8.00%	9.09%	10.59%
	I. 過去のシーンとの対比で新たな解釈や変化に気付く	3.18%	0.00%	4.00%	0.00%	3.53%
	J. 集団同士や集団と個人の関係から解釈が生まれる	7.64%	14.81%	12.00%	27.27%	9.41%
	K. 俳優の視線や動作から舞台上に複数の次元を見出す	1.27%	0.00%	8.00%	9.09%	1.18%
III. 舞台や登場人物に同化しながら舞台をみる	Q. 俳優一人一人が特定の要素を持った人や物に見える	2.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	A. 様々な視点から舞台を観る	5.10%	11.11%	4.00%	18.18%	5.88%
IV. 視点や観点が誘導されていく	B. 俳優の動作や佇まいから登場人物の感情を思う	1.27%	14.81%	4.00%	0.00%	14.12%
	C. 台上的要素が減ることで特定の要素に集中させられる	1.91%	3.70%	4.00%	0.00%	4.71%
V. 想像的世界の中に入っていく	F. 視覚的に変化する舞台	0.00%	3.70%	4.00%	0.00%	1.18%
	S. 会話や動作の特定の要素が強調されて行われる	2.55%	0.00%	4.00%	9.09%	0.00%
VI. 感覚的に舞台を感じる	E. 舞台上の諸要素を受け入れて様々なことに思いを馳せたいくなる	5.73%	0.00%	0.00%	0.00%	1.18%
	P. 本来、目に見えないモノやコトの存在を舞台上に感じる	7.01%	0.00%	4.00%	0.00%	0.00%
VII. 作品の良く分からなさに触れる	N. 発話や動作が音楽的に行われる	5.73%	3.70%	4.00%	0.00%	1.18%
	U. 舞台上の音や光が感覚に訴えてくる	11.46%	3.70%	8.00%	0.00%	5.88%
	V. 音や光によってシーンが変化していく	1.91%	0.00%	4.00%	0.00%	5.88%
	H. 俳優の発話や動作の意図が分からない	2.55%	14.81%	0.00%	0.00%	9.41%
	M. 抽象的な要素 (衣装・道具・音) の意味を考える	7.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	R. 衣装や身体の形が気になる	0.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

第三階層表札	第二階層表札	M6	M7	M8	M9	M10
I. 表現された内容や情景を理解する	D. 言葉や知識によって漠然としていた想起がまとめ上げられる	0.00%	0.00%	20.00%	13.33%	2.44%
	L. 名詞や短い文の羅列によって情景が立ち現れる	0.00%	0.00%	0.00%	3.33%	2.44%
	O. 具体性の高い要素 (衣装・動作・音) によってシーンを理解する	0.00%	6.06%	6.67%	0.00%	0.00%
	T. 台詞と動作の合わせ技で情景が浮かび上がる	0.00%	0.00%	0.00%	10.00%	0.00%
II. 関係性や規則の中で作品を解釈する	G. 俳優たちの在り方に幾何学的・現象的な規則性を見出す	0.00%	6.06%	0.00%	1.67%	2.44%
	I. 過去のシーンとの対比で新たな解釈や変化に気付く	10.00%	3.03%	10.00%	5.00%	4.88%
	J. 集団同士や集団と個人の関係から解釈が生まれる	30.00%	15.15%	6.67%	3.33%	2.44%
	K. 俳優の視線や動作から舞台上に複数の次元を見出す	0.00%	3.03%	0.00%	3.33%	0.00%
III. 舞台や登場人物に同化しながら舞台をみる	Q. 俳優一人一人が特定の要素を持った人や物に見える	0.00%	0.00%	0.00%	1.67%	0.00%
	A. 様々な視点から舞台を観る	0.00%	0.00%	20.00%	8.33%	2.44%
IV. 視点や観点が誘導されていく	B. 俳優の動作や佇まいから登場人物の感情を思う	30.00%	6.06%	10.00%	11.67%	2.44%
	C. 台上的要素が減ることで特定の要素に集中させられる	0.00%	3.03%	3.33%	8.33%	7.32%
V. 想像的世界の中に入っていく	F. 視覚的に変化する舞台	0.00%	0.00%	3.33%	0.00%	0.00%
	S. 会話や動作の特定の要素が強調されて行われる	0.00%	0.00%	6.67%	3.33%	12.20%
VI. 感覚的に舞台を感じる	E. 舞台上の諸要素を受け入れて様々なことに思いを馳せたいくなる	0.00%	0.00%	0.00%	3.33%	17.07%
	P. 本来、目に見えないモノやコトの存在を舞台上に感じる	10.00%	24.24%	3.33%	1.67%	19.51%
VII. 作品の良く分からなさに触れる	N. 発話や動作が音楽的に行われる	0.00%	0.00%	0.00%	1.67%	9.76%
	U. 舞台上の音や光が感覚に訴えてくる	10.00%	0.00%	0.00%	5.00%	0.00%
	V. 音や光によってシーンが変化していく	0.00%	0.00%	0.00%	1.67%	7.32%
	H. 俳優の発話や動作の意図が分からない	10.00%	18.18%	0.00%	3.33%	2.44%
	M. 抽象的な要素 (衣装・道具・音) の意味を考える	0.00%	6.06%	10.00%	6.67%	2.44%
	R. 衣装や身体の形が気になる	0.00%	9.09%	0.00%	3.33%	2.44%

## 4 身体動作と発話の意味性に着目した分析

### 4.1 意味の観点から作品を分析する

演出家の宮城聡 [7] は演劇における言葉の意味について以下のように述べる。

言葉の意味で観客を引っばってゆけば、観客の想像力は作品の力によって強く束縛される。(中略) 意味の伴う言葉を、それも文字ではなく、耳から受信している時、人間の左脳はフル回転でそれを処理しています。この作業をしているあいだは、色がきれいだとか美しいメロディだなあとかいう右脳の仕事はどうやらそっちのけになるようで、人は意味を追うことにすっかり「忙殺」されてしまいます。

言葉の意味的拘束力が強ければ、発話内容や具体的な場面状況は伝わりやすいが観客の想像可能性は制限され、意味的拘束力が弱ければ、劇中における具体性が下がり観客の想像力に依存する部分が大きくなる。日本演劇史において言葉の扱い方が変化してきたのは、作品表現を、どこまでこの言葉の意味に頼るかの度合いの変化だとも言える。そして、この現象は言葉に限らず、身体動作にも言えるだろう。日常的な行為を模倣する身体動作とダンスのような全身を用いた非日常的動作とでは、観客がそこから読み取る具体性が大きく異なり、具体的であればあるほど身体動作においても意味的拘束力は強くなると言える。

観客の体験から作品を分析する際に、この発話と身体動作における意味的拘束力は非常に重要な指標の一つであると言える。本稿では、このような個々の発話や身体動作が有する意味的拘束力の度合いを意味レベルと呼び、この意味レベルの観点から作品分析を行う新たな手法を提案する。

### 4.2 身体動作・発話タグを用いた意味レベルの評価

劇中における身体動作と発話の意味レベルを評価するためには、作品の映像から、舞台上で行われた身体動作と発話を観察可能な形とする必要がある。そこで、実際に登場した身体動作と発話に対し、その性質や特徴を示すタグを作成・付与していき、付与されたタグデータを 2.3 項で分割したセクションごとに集計することで、それらの種類の登場傾向がどのようになっているかを分析する。

### 4.3 意味レベルに応じた身体動作・発話タグの作成

まず、作中に登場した身体動作の特徴を示すタグを 9 個、発話の特徴を示すタグを 10 個作成した。これらのタグを、それぞれ意味レベルが高さが降順になるように並べ替え、身体動作タグには数字の、発話タグにはアルファベットの ID を付与した。次に、身体動作タグを「X1. 動作の目的が分かりやすい」「X3. 動作の目的が分かりにくい」「X2. 中間」に、発話タグを「X1. 発話の意味が分かりやすい」「X3. 発話の意味が分かりにくい」「X2. 中間」の、それぞれ 3 種類に分類した。これらの並べ替え・分類を行った結果が表 2 及び表 3 である。

表 2: 台詞タグの 3 分類

X1. 動作の目的が分かりやすい	1. 日常の動作
	2. 日常的ではないが行為の目的がはっきりしている
	3. 具体的に道具を使う
X2. 中間	4. 日常行為の一部を強調的に行う
	5. 動かない
	6. 抽象的に道具を使う
X3. 動作の目的が分かりにくい	7. 複数人で形をつくる
	8. 身体で形をつくる
	9. 日常的ではなく目的もはっきりしない

表 3: 発話タグの 3 分類

Y1. 発話の意味が分かりやすい	A. 説明的意味が分かる文
	B. 短文
	C. 問いかけ
	D. 掛け声
Y2. 中間	E. 動詞の羅列
	F. 名詞の羅列
	G. 呼びかけ
Y3. 発話の意味が分かりにくい	H. 詩的な (意味が定まらない) 文
	I. 擬音語
	N. 発話なし

### 4.4 身体動作タグと台詞タグの同時出現数の算出

あるセクションにおいて、任意の身体動作/発話タグ X が一度でも観察された場合、そのセクションにおける身体動作/発話タグ X は出現、一度も観察されなかったら非出現とした上で、セクションごとにどの身体動作タグとどの台詞タグが同時に出現しているかを算出しシーンごとに集計した。表 4 は、シーン M1B における集計例である。

表 4: シーン M1B における身体動作・台詞タグの出現数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	1	0	1	1	0	1	0	0
B	0	0	0	1	1	0	1	0	1
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	2	0	0	2	0	0
F	0	0	0	3	1	0	3	0	1
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	0	2	1	0	2	0	1
I	0	0	0	2	0	0	2	0	0
N	0	0	0	3	1	0	1	0	2

表を見ると、出現箇所が中央から右下にかけて偏っていることが分かる。身体動作タグは左から右に行くほど、台詞タグは上から下に行くほど、意味レベルが低くなるように並べている。そのため、表中央から右下に出現傾向が偏っているということは、M1B というシーンにおいて、観客が直接的に意味が理解できる身体動作と台詞が比較的少ないということが言える。

このタグ同士の出現数の集計は、データとして傾向は見られるものの、身体タグと台詞タグの組み合わせが90通りあり、分析するには少々細かすぎるため、これらを4.3項で作成したX1~X3、Y1~Y3の分類を用いて9象限にまとめたものが表5である。この意味レベルをまとめた9象限の表を意味レベル平面と呼ぶ。

表 5: シーン M1-B の意味レベル平面

		身体動作の意味レベル			
		高	←	→	低
		X1	X2	X3	
発話の意味レベル	高	Y1	2	4	3
		Y2	0	6	6
	低	Y3	0	9	8

元の表に比べ、表5では中央から右下(X2Y2からX3Y3)へのタグの偏りがより明確になっていると言える。この意味レベル平面を用いてMごとのタグの偏りを算出することで、それぞれのMの役割や作品の構造の分析が行える。

#### 4.5 意味レベル平面を用いたMの分析

Mごとに意味レベル平面を算出すると、それぞれのMの意味レベルの傾向が分かる。例えば、表6、表7はそれぞれM1、M8における意味レベル平面である。

表 6: M1 の意味レベル平面

		身体動作の意味レベル			
		高	←	→	低
	M1	X1	X2	X3	
発話の意味レベル	高	Y1	3	9	11
		Y2	1	9	12
	低	Y3	5	20	21

表 7: M8 の意味レベル平面

		身体動作の意味レベル			
		高	←	→	低
	M8	X1	X2	X3	
発話の意味レベル	高	Y1	8	3	0
		Y2	0	0	0
	低	Y3	3	1	0

図を見るとM1では意味レベル平面のうち右下(X2Y2からX3Y3)に偏りがあり、M8では左上(X1Y1)に偏りがあることが分かる。これは、M1では身体動作・発話共に直接的に意味が分かる表現の割合が低く、M8では直接的に意味が分かりやすい表現の割合が高いことを示している。

### 5 2つの分析結果から見るMの役割

3節で示した生タグ抽出法及びKJ法と4節で示した意味レベル平面を用いた分析結果はそれぞれ異なる性質を有する。生タグ抽出法及びKJ法を用いた分析結果は、舞台上で表現された内容から筆者記述をもととして、それぞれのMから観客としての筆者が得た体験を示しており、意味レベル平面を用いた分析結果は、作品に登場する身体動作や発話を分類・集計することで、それぞれのMにおける表現の意味レベルの傾向が示している。これらの二つの分析結果を統合することによって、Mごとの表現の意味レベルが観客としての筆者の体験にどのような影響を与えたかを述べる事が出来る。

例えば、作品の最後を飾るM10について二つの分析結果を確認する。KJ法の結果では、M10から抽出された生タグの属する割合の高い上位2つの第二階層表札は「P. 本来、目に見えないモノやコトの存在を舞台上

に感じる」(19.51%)、「E. 舞台上の諸要素を受け入れて様々なことに思いを馳せたくなる」(17.07%)となっており、これらはいずれも第三階層表札「V. 想像の世界の中に入っていく」という表札に属している。これは、M10が観客を想像の世界の中に連れていく役割を強く担っていることを示している。同時に、意味レベル平面を見ると、身体動作・発話共に意味レベルが低い表現でM10が構成されていることが分かる。

表 9: M10 の意味レベル平面

		身体動作の 意味レベル			
		高 ←	→ 低		
発話の 意味レベル	高	M10			
		X1	X2	X3	
	Y1	0	2	1	
	Y2	0	8	7	
	低	Y3	0	10	6

これらの結果から、M10では意味レベルの低い表現がなされることによって、作品の最後に観客を想像的世界に送り出し、終わりへの余韻を感じさせる役割を担っていると言える。

同様にM1からM10までの分析を行った結果が表8である。表中意味レベルは、偏りがあった場合は偏りが強かった意味レベル(低・中・高)を記し、偏りがない場合は「偏無」と記している。

このように、本稿で示した2つの分析手法によって作品の意図に着目した表現の分析と、それが観客に与える効果の両方を分析することが出来るのである。

## 6 意味レベル平面を用いた他作品の分析

本稿では、写真日記及びKJ法と意味レベル平面を用いた分析の2つの手法を用いて「アマハラ」を対象に分析を行った。本節では、これらの手法のうち、意味レベル平面を用いて他の作品が分析できるかを試みる。

### 6.1 分析対象の選定

本研究の分析手法が他作品でも使用できるかを調べるには、「アマハラ」と全く異なる表現を持つ作品を分析対象にするのが良い。「アマハラ」は、日本演劇史においてアンガラ演劇の系譜を引いた維新派の作品である。そこで、アンガラ演劇とは全く異なる思想・表現を持つ、平田オリザ演出の「眠れない夜なんてない」を選定した。

### 6.2 動画データのシーン及びセクションへの分割

「眠れない夜なんてない」も「アマハラ」と同様に、M・シーンID・セクションIDに分割する。「眠れない夜なんてない」では、脚本で場面が3段階に分けられていたため、これをそのまま、M・シーン・セクションとし、1時間58分の映像をM3個、シーン12個、セクション42個に分割している。

意味レベル平面を用いて「眠れない夜なんてない」の分析が可能かの判別は、M1を対象に分析を行うことで検証する。

表 8: M1～M10の身体動作・発話の意味レベルと観客としての筆者に与えた体験

M	意味レベル		Mが筆者の観劇体験に与える役割
	身体動作	発話	
M1	低	低	意味レベルの低い表現によって徐々に馴染んでいく
M2	偏無	偏無	意味レベルが混在し物語へと引き込んでいく
M3	低	低	発話の意味レベルを徐々に高くしていくことで具体的な背景を理解させる
M4	中	高	意味レベルの高い発話によって物語について語り始める
M5	偏無	偏無	意味レベルを下げることで観客に登場人物に対する感情移入や想像をさせる
M6	偏無	低	意味レベルが低い表現によって想像的世界へと入り込む
M7	低	偏無	発話の意味レベルが高いにもかかわらず想像的世界が広がっていく
M8	高	高	意味レベルの高い表現で観客を想像的世界から連れ戻す
M9	中	中	意味レベルが混在し理解と解釈を同時に引き起こさせる
M10	低	中	意味レベルが低い表現で観客を余韻へと浸らせる

### 6.3 タグの出現数の算出

4.4 節と同様の手法で、M1 に登場したタグの出現数を集計したものが表 10 である。

表 10: M1 における身体動作・台詞タグの出現数

		身体動作の 意味レベル			
		高		低	
発話の 意味レベル	高		X1	X2	X3
	Y1	41	27	5	
	Y2	0	0	0	
	低	Y3	0	0	0

表を見ると、M1 に出現したタグは Y1 にしか存在せず、X 軸方向に関しては X1、X2、X3 の順で出現数が多い。これは、「眠れない夜なんてない」という作品の M1 が意味レベルの高い発話・動作ばかりで構成されていることを示す。

### 6.4 「アマハラ」と「眠れない夜なんてない」の比較

平田オリザの作品は、客観的に観察できる日常をそのまま観客に提示することを試みることを特徴とする。我々の日常のコミュニケーションは意思伝達を目的とするため、日常を模した平田の作品において意味レベルの高い発話や身体動作多いというのは自然なことであると言える。同時に、この結果は「アマハラ」と「眠れない夜なんてない」の2つの作品の表現傾向が全く異なることも示している。「アマハラ」において、タグの出現数が表左上に寄っていたのは M8 のみであり、ほとんどの M では、発話または身体動作の意味レベルが中間もしくは低いものへ偏りがあった。これは、「アマハラ」が日常的な発話・身体から離れた、強い非日常性を帯びた作品であることを意味している。

### 6.5 意味レベル平面を用いた分析手法による作品の位置づけ

上記で示された2つの作品の傾向は、アングラ演劇の非日常性と、日常をありのまま描く静かな演劇との対比を如実に示していると言えるだろう。これは、意味レベル平面を用いた分析によって複数作品を比較することで、演劇史における作品の位置付けが可能であることを示唆している。日本の演劇の傾向が、新劇、ア

ングラ演劇、静かな演劇と変化していったのは1節で述べた通りであるが、これらの傾向はある日突然変わるようなものではない。新劇とアングラ演劇の中間的な作品や、アングラ演劇から静かな演劇への過渡期に存在していた作品などもあるだろう。上記の結果は、意味レベル平面分析を行うことで、これらの作品を細かく位置づけ、より詳細な演劇史の在り方を定義できる可能性も示している。

## 7 おわりに

本稿では、演劇作品を対象に、KJ法を用いた分析手法と表現の意味レベルに着目した分析手法の提案を行った。これらの手法は、個々の作品を分析するだけでなく、演劇史の中での作品傾向の移り変わりや、一人の作り手の生涯での作品特徴の変遷などの分析への応用が期待できるだろう。本研究が今後の演劇研究の一助になれば幸いである。

## 参考文献

- [1] 鈴木忠志『演劇とは何か』, 岩波新書; 新赤版 32, 東京: 岩波書店, 1988, ISBN: 4004300320.
- [2] 諏訪正樹, 堀浩一「特集「一人称研究の勧め」にあたって」『人工知能』28.5 (2013), pp. 688-688, DOI: 10.11517/jjsai.28.5\_688.
- [3] 諏訪正樹他『一人称研究のすすめ: 知能研究の新しい潮流』, 近代科学社, 2015, URL: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BB18628427>.
- [4] 諏訪正樹『一人称研究の実践と理論: 「ひとが生きるリアリティ」に迫るために』, jpn, 東京: 近代科学社, 2022, ISBN: 9784764906532.
- [5] 藤井晴行, 篠崎健一「写真日記を作成することによる空間図式探究」『日本認知科学会第34回大会予稿集』(Sept. 2017).
- [6] 川喜田二郎『発想法: 創造性開発のために』, jpn, 改版, 中公新書; 136, 東京: 中央公論新社, 2017, ISBN: 9784121801364.
- [7] 宮城聰『意味を突破する』, <http://www.kunauka.or.jp/jp/miyagi/dramaturgy02.htm>, 1993.

# 食に見出す自分ごとの価値

—器の使用から、食べる/つくる/買い物をする行為の価値へ—

## Finding Personal Values in Eating.

-Ranging from Values of Using Dishes to Ones of Experiences of Eating/Making/Shopping-

小川功毅<sup>1</sup> 諏訪正樹<sup>1</sup>

Kohki Ogawa<sup>1</sup>, and Masaki Suwa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部

<sup>1</sup> Faculty of Environment and Information Studies, Keio Univ.

**Abstract:** The purpose of this research is to explore personal values concerning eating. Daily practices of eating were conducted to investigate values of eating felt by the first author. He described what happened and what he thought in the daily experiences of going out for selecting food materials, cooking for himself and others, and eating. The finding from analyses of his descriptions is that the daily practices concerning eating and describing have been a process of his own personal values of eating being created. Showing examples from the process, this paper discusses what “personal values of eating” are.

## 1. はじめに

本研究では、私<sup>1</sup>が器の使用や食にまつわる日々の暮らしについて、生じたものごとや考えたものごとを記述するなかで、どのような自分ごとの価値が醸成したのかを詳らかに表し、実践的に自分ごとの価値を探究した。

自分ごとの価値とは、ものごとに対する個別固有の価値を表すものである。市場によって測られる価値（交換価値）ではなく、私たち自身によって実感される内在的な価値を指す。

そして、自分ごとの価値は身体知を駆使することによって醸成される。諏訪は、身体知とは身体と頭（ことば）を駆使して体得する、身体に根ざした知であると定義する [1]。私たちは暮らしにおける食生活のなかで、料理を食べたり、料理をつくったり、買い物をしたり、まちを歩いたりする。こうした身体を用いた行為の中で、食にまつわる様々な自分ごとの価値を醸成するのである。そこで本稿では、日々食事をつくりながら、意識的に食を考えることを通して、食にまつわる自分ごとの価値としてどのようなものがあるのかを実践的に探究する。

### 1.1. 価値をどう捉えるか

私は、価値とは人自身によって実感される内在的なものであると考える。

まず、内在的な価値の捉え方を表す概念として、「使用価値」がある。使用価値とは、マルクスの「資本論」で提示された概念 [2]で、商品の価値として使用価値と交換価値の2つの要素を挙げた。使用価値とは、人間の欲求を充足させるものであり、モノが使用者にもたらす豊かさのことである。また、交換価値とは、商品同士の量的な関係であり、ある種類の使用価値が他の種類の使用価値と交換される比率として現れる。

私は、人自身の豊かさに寄与するのは、交換価値ではなく使用価値であると考え。人に実感されるモノの価値とは、市場で交換される際の評価ではなく、使用者によって個別に実感されるものであり、使用者ごとの意味づけや感性、どのように使用されるかによって決まるものである。

### 1.2. 使用価値から自分ごとの価値へ

使用価値は商品（モノ）に対する価値であるが、人は商品（モノ）のみに価値を感じるわけではない。手作りのマフラーや人からの手紙、旅行先で集めた砂にさえ価値を感じる。また、モノ以外にも、食事を楽しんでいる「時間」の価値や、誰か親しい人と

て記述する。ゆえに本論文では筆者を「私」と称する。

<sup>1</sup> 本研究は個別具体性を捨て置かず一人称視点で研究対象にむきあう一人称研究であり、その過程を物語とし

食事をするという「行為」の価値、さらには自分にとって「食とは何か」という「概念」の価値も、人が感じる価値の対象であろう。

そこで私は、商品（モノ）を対象としたマルクスの「使用価値」という概念を下敷きにして、さらに行為や時間、概念という類の価値も含めて「自分ごとの価値」として定義したい。

### 1.3.食は自分ごとの価値の宝庫

自分ごとの価値を考えるためのフィールドとして食に着眼したきっかけの一つに、平松洋子氏のエッセイ本『買えない味』[3]がある。平松氏のいう「買えない味」は、まさに自分ごとの価値である。一節を以下に引用する。

わずか電話一本、行ったこともない京都の老舗の鍋セットとか北海道のたらばがにとかトスカーナの搾りたてオリーブオイルとか、つまりお金さえ出せばなんでも手に入る時代である。もちろんその便利さおいしさはいままでもないのだが、いっぽう「金に糸目はつけんぞ」といくら騒いでみても、けっして買うことも出会うこともできない味がある。

買えない味。そのおいしさは日常のなかにある。

昨夜こしらえたいもの煮ころがしは、今朝はずしりと腰のすわった味わいだ。おかずの汁のしみこんだごはん。ざぶざぶ淹れた土瓶の番茶。うっかり捨てかけただいこんの皮だって、塩もみをして煎りごまでも振ればたちまちりっぱな酒の肴である。風の通り道にぶら下げて塩梅よく干した肉となれば外で買えるはずもなく、乾かしかげんを自分ではかりながら思わず舌なめずりする。

だからこそ、のっぴきならない味。飽きずにいつでも食べたくなる味。たまらなく恋しい味。

(p. 230-231) [3]

「いもの煮ころがし」、「おかずの汁のしみこんだごはん」、「土瓶の番茶」、「だいこんの皮」や「干した肉」のように慣れ親しんだ自分ならではの味にはその人にしか味わえない自分ごとの価値がある。

「日常のなかにある」味の方が、「わずか電話一本」で買える味よりも「たまらなく恋しい」と感じるのは、自分の手で作り、生活のなかに溶け込む味だからだ。食にまつわる自分ごとの価値は、単にモノに生じるのではない。丹精込めてつくる、食材や器をこだわって選ぶ、味わって食べる、家族と楽しんで食事をするといった、身体で体験する行為や時間、さらには食という概念に生じるのである。

### 1.4.価値の一人称研究

自分ごとの価値は当事者自身によって実感されるものであるため、人の個別具体性や主観性に基づく

価値である。個別具体性や主観性の高い人の知の姿を明らかにする研究手法として一人称研究がある。一人称研究とは、「そのひとの人生背景、性格、ものの考え方という個別具体性を捨て置かず、そのひとの一人称視点からみえる世界を記述したデータと、そのひとの主観的な意識のデータをもとに、知の姿についての先見的な仮説を立てる研究」(p. iv) [4]である。私は、食にまつわる主観的な価値を探究する手法として一人称研究に取り組んだ。

### 1.5.価値の身体知

自分ごとの価値は、ものごとを行う実践で生じた体感やモノの使い心地を身体に即して考えたり、日々の生活のなかで自分なりの工夫を凝らしたり思い入れを育んだりすることで醸成される。その意味で自分ごとの価値は身体知と捉えることができる。

諏訪[1]は身体スキルのみならず人の感性も身体知であると捉え、平松氏のエッセイ「買えない味」を考察する形で以下のように述べている。

市場に行ったり、デパ地下で食材を買い込んだり、散歩をしていて隣人の庭の木に生い茂る葉っぱに眼が行ったり、何気ない普通の食卓でひとりだけの楽しみを見出したり。日常生活で食に関して常にアンテナを張り、遭遇する様々なできごとの何かに、ふと気を留める。頭ではなく、からだで何かを感じ、それが生活をどう潤してくれるのかを、一般的にではなく、自分に即して考えてみる。そういう生活意識が感性という身体知を育ててくれるのです。(p. 33) [1]

使うモノにとどまらず、過ごす場所や時間、他者などを、自分の身体や生活に即して考えるという点で、自分ごとの価値は身体知である。

## 2. 実践：食にまつわる自分ごとの価値を醸成する

### 2.1.実践の概要

私は自分ごとの価値の醸成過程を一人称で観察するため、食にまつわる日々の体験を日記に記すことにした。

実践を行なった期間は2022年6月18日～12月26日であり、約80品の料理を作り、計205枚の料理の写真撮影し、33本の日記と6本のエッセイを書いた。日記は計52,548文字で、1日あたり平均1,592文字であった。エッセイは計5,190文字で、平均865文字であった。日記には食にまつわる実践を記し、その実践において自分ごとの価値として腑に落ちたものごとについてエッセイとして記述した。



## 2.2.実践の発展のありさま

- まず主眼においたのは、器の使用価値である。本研究は、モノの使用価値を捉えるという発想を起点にしている。そこで、日々使うモノのなかで最も興味を惹かれる対象であった器を実践の対象に据えた。
- すると、器を使う時間にも着眼するようになり、食べる時間も楽しみたいと思うようになった。見栄えや料理の味わい、食感、盛り付け方、食空間づくり、さらには親しい人を呼んで一緒に食べるなど、器を使うという当初の対象から大きく幅を広げていった。
- また、器を上手に使うため、料理ごとの器を使い分け、食材や食卓の彩り、調理法の選択など、料理をつくる際にも工夫するようになった。さらに、つくることをより楽しむため、レシピ本や、人からの評判、自分で食材を熟成させたり、オリジナルレシピをつくるようになった。
- そして、キッチンや食卓に限らず、買い物やまちを歩いている際にも食について自覚的になった。地元の食材を選んだり、買い物中に創意を巡らせたり、魚を想って海でゴミ拾いをしたりと、買い物やまちを歩く際の食にまつわる体験に対しても、自分なりの意味を深めていった。

以上のように、実践においては器にとどまらず食にまつわる様々な場面やものごとについて記述した。これらは器を使う食事の時間を中心として着眼が広がっていった結果であり、私の抱いた食にまつわる様々なものごとが、器の使用価値や食の味わいを構成しているのである。

## 3. 分析：実践日記から価値を抽出する

### 3.1.分析の概要

日記を分析するため、諏訪の居心地の一人称研究[5]の研究手法に倣い、「生タグ抽出法」と「KJ法」を用いた。

「生タグ抽出法」とは、「基礎データのからだメタ認知日記の文章から、留意していること、気になっていること、解釈や意味を与えた内容、想いを馳せている内容とそのきっかけなど、テーマに関係するかもしれないと思える（私の）視点、着眼した側面、価値観などを表す箇所に、要約的な短文を付記する

ことである」([5], p.106)。私も「食にまつわる様々なものごとの価値」に関係するかもしれないと思える箇所から要約的な短文を抽出した。具体的には次節で説明する。

次に、これらの生タグを分析し、私の価値観に迫るため「KJ法」を行なった。KJ法とは、川喜田二郎氏が提唱した定性的なデータの分析手法である。諏訪は以下のように手順を解説する[5]。

- 「なんとなく似ている」という身体感覚を頼りに似通っているものを寄せ集め、数個のデータが集まったらそれらを如実に表す簡潔なタイトルフレーズ（川喜田氏は「表札」と称する）をつける
- おおよその基礎データが第一階層の表札に収まったら、表厚軍と残存する基礎データだけを見て、再び「似ているもの」を寄せ集め、第二階層の表札をつける
- 表札の数が約10個になるまで（第n階層まで）繰り返す(p.110)

私は今回第三階層まで行なった。「3.3.手順2：価値のタグを作成する（KJ法）」で詳しく説明する。

### 3.2.手順1：価値の原形の抽出（生タグ抽出法）

32本<sup>2</sup>の日記から、212個の生タグを作成した。

ここでは、10月3日に料理を行なった「ハラスの Pasta」の日記を例にする。図1は日記「ハラスの Pasta」の冒頭部分を抜粋したもので、黒字の記述が日記の文章であり、赤い太字の記述がそこから作成した生タグである。このように、その日の出来事の個別具体的なエッセンスを残す形で、少々長めの一文を書く。

会社の裏には大きめの魚屋さんがあって、お昼休みにのぞいてみると、やはり中もすごい。お刺身もあるし、貝類や甲殻類なども豊富。驚いたのは、裁かれる前の魚が生食用で売っていたこと。一人暮らしをするようになってから、あまり大きな魚屋さんに行っていなかった私にとって、近所のスーパーではお目にかかれない代物である。

**・会社の近所の魚屋を見つけ、入ってみると品揃えの良さに感動した。魚屋ってこんなに楽しいものなのか**  
(中略)

退勤後の楽しみが一つ増えた。頭の片隅に魚屋さんのワクワクが残っていて、なんだかそわそわする。早く終わって魚屋行きたいなあとか、何買おうかなあとか、何

<sup>2</sup> 日記自体は33本であるが、1つの日記について生タグを作成しなかったため、32本となった。

作ろうかなあとか。魚屋はすぐ裏にあるはずなのに、すぐには買って出られない、たった数時間がもどかしい。  
**・初めて行った魚屋の品揃えに感動し、仕事中にも早く終わって魚屋行きたいなあとか、何買おうかなあとか、何作ろうかなあとか、もどかしい気持ちになる**

図1：日記「ハラスの Pasta」（10月3日）の抜粋

### 3.3.手順2：価値のタグを作成する（KJ法）

212個の生タグから第一階層のグループ編成を行い、生成された第一階層の表札が65個、生タグのまま残ったものが24個であった。

第二階層以降についても同様に、第一階層の表札65個と生タグのまま残った24個のグループ編成を行なった。第二階層で新たに編成された表札は30個であり、第一階層の表札がそのまま残ったものが6個、生タグのまま残ったものが1個、計37個となった。最後に、第三階層では15個の表札を作成した。

### 3.4.価値ごとにプロットする

KJ法によって生まれた15個の価値（第三階層の

表札）を、それぞれの関係性や更に上位の分類分けについて精査した結果、私の食実践から見出された価値は4つに大別できることが炙り出された。「器の使用価値」「料理を食べる行為の価値」「料理をつくる行為の価値」「地元のまちを歩き、買い物をする行為の価値」である（図2）。図2の1～15の赤字の番号は第三階層で得た15個の表札であり、それぞれ4つのどれに属するのかがわかるように配置してある。ひとつの表札はひとつの価値に属するだけでなく、複数の価値にまたがって属する場合が多々あることがわかる。例えば、第三階層表札のZ7<sup>3</sup>「食材や調味料の新たな一面・・・（以下略）」は、器によって引き出されたり、食べる行為において体感したり、つくる行為のなかで驚きをもたせたりする。図2の配置から4つの価値について見えてきた考察を第4節で詳しく述べる。なお、実践によって私にとっての「食」の価値は大きく変容した。そこで「食の価値」をこれらの4つの価値を包含するものとして図2の最上部に配置した。

## 食の価値

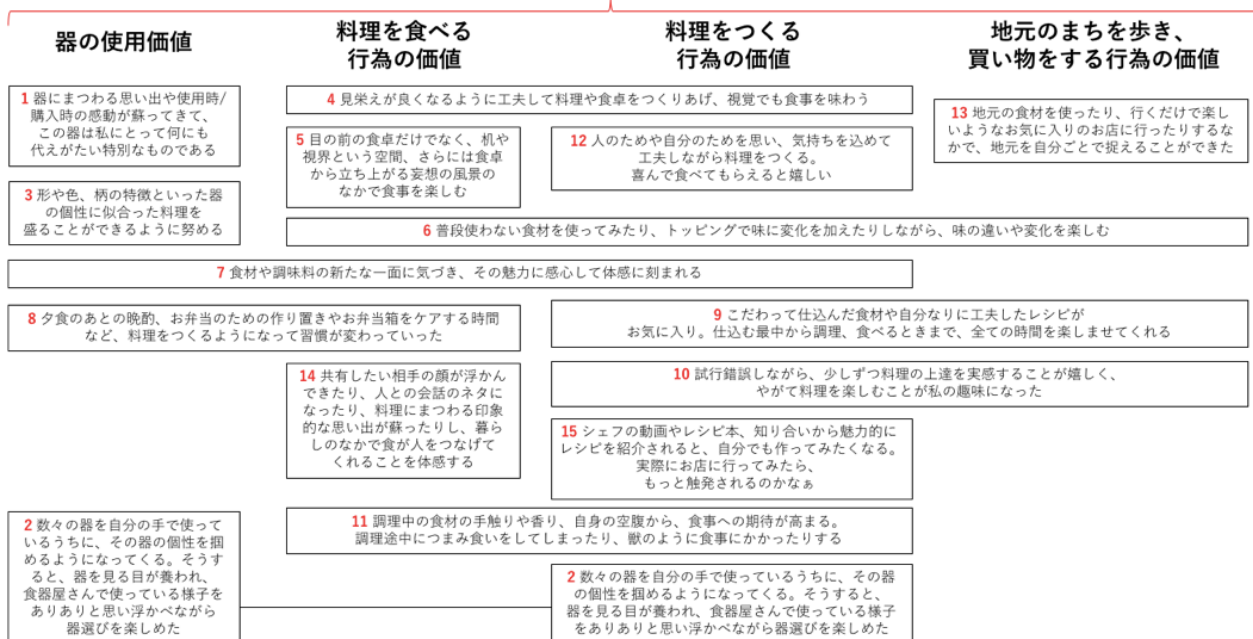


図2：食にまつわる15個の価値と4つの分類

## 4. 分析結果

本章では、食にまつわる4つの価値の中身を詳細に説明するために、それぞれの属する第三表札の価

値を詳しく紹介する。該当するものは、15個の価値のうちの3つ（第三階層の表札 Z2, Z11, Z13）である。

<sup>3</sup> 表札には、第一階層に X-番号、第二階層に Y-番

号、第三階層に Z-番号という ID 番号を振った。

#### 4.1.①器の使用価値

器を上手に使うことでその使用価値を高めることができる。私は日々の食で、器の個性を掴みながらうまく盛り付けられるようになってきたと感じる。

第三階層の表札 Z2【数々の器を自分の手で使っているうちに、その器の個性を掴めるようになってくる。そうすると、器を見る目が養われ、食器屋さんで使っている様子をありありと思い浮かべながら器選びを楽しめた】に属する数多くの生タグのなかから代表的なもののひとつを挙げ、Z2 がどのような価値であるかを語る。

生タグ 10-8「中華皿の表面はてらてらつるつるとして、ナス味噌の油ともなじみが良い。中華は油をたくさん使うので、中華皿がてらてらつるつるに作られる理由がわかった気がした。」を挙げよう。私は油なじみという観点からこのお皿の特徴を掴んだ。生タグ 10-8 は図 3 の日記「ナス味噌と中華皿」から抽出されたものである。図 4 がその料理である。

お皿のてらてらつるつるのテクスチャは、中華の油にもしっかりと馴染むので良い。油はてらてらつるつるなので、お皿のテクスチャもてらてらつるつるなものと相性が高い。でこぼこざらざらなお皿だと、油が垂れた部分だけでてらてらつるつるになってしまい、脂っこさが悪目立ちしてしまうのである。中華皿がてらてらつるつるに作られる理由が一つわかった気がする。

図 3：日記「ナス味噌と中華皿」（8月1日）の油なじみに関する箇所



図 4：ナス味噌と中華皿

私がこの中華皿を使ったのはこのときが初めてである。以前はでこぼこざらざらなお皿を使う機会が多く、初めててらてらつるつるの中華皿を使ったことがきっかけでお皿のテクスチャの違いに着眼した。でこぼこざらざらとは違い、てらてらつるつるのお皿は油を多く含むナス味噌にもなじみが良い。

中華のお皿はてらてらつるつるとしてテクスチャが多い。中華は油を多く使う料理だからこそ、てらて

らつるつるのテクスチャが採用されるのではないかと気づいた。

この中華皿を買ったときには油との相性という着眼点は持っていなかった。単に柄や形が可愛いとか、サイズがちょうど良いとか、そのようなことしか考えていなかったのである。

お皿の持つ特徴や個性に気づくことによって、その特徴や個性に似合う料理を盛り付けることができるようになることが、お皿を上手に使えるようになるというひとつの形であろう。

#### 4.2.②料理を食べる行為の価値

食べるという行為の価値は、その味わいはもちろん、視覚的な映え、食材への思い入れ、親しい人と囲む食卓の空間や空腹や疲労感といった自身の状態によって醸成される。なかでも、空腹という状態によって食べることの快を感じ、それを語った「ケモノの食事」というエッセイを図 5 に紹介する。

このエッセイは、第三階層の表札 Z11【調理中の食材の手触りや香り、自身の空腹から、食事への期待が高まる。調理途中につまみ食いをしてしまったリ、獣のように食事にかかったりする】に属する以下の 2 つのタグを表したものである。

- ・ 生タグ 20-6「帰路の間じゅうずっとハラスを楽しみにしており、とにかくお腹が空いているので、それはもう獲物を目の前にした野獣のようにサーモンの処理にかかる」
- ・ 生タグ 20-7「空腹の身体にハラスの旨みが染み渡る。ケモノになって食う飯は、「美味しい」「うまい」とか、そんなものではない。捕食しながら、身体が欲しているものを満たす肉体的な快である」

「空腹は最高のスパイス」という言葉がある。

しかし、空腹の当人はそんなことを悠長に考えている暇などない。とにかく腹が減っているのだ。

こんな空腹の最中にご馳走を前にすると、ケモノにならずにはいられない。ケモノになって食う飯は、「美味しい」「うまい」とか、そんなものではない。捕食しながら、身体が欲しているものを満たす肉体的な快である。美味しいという料理の状態と、空腹のケモノモードという自分の状態が重なったとき、快感と呼ぶべきケモノの食事でありつける。おあずけをくればくろうほど、じゅるとよだれが滲み出てくる。

仕事が終わって魚屋へ行き、ハラスを買う。今日は魚屋に行く決めていて、昼からずっとハラスを狙っていた。仕事の最中にも、頭の片隅にハラスがちらついて、なんだかそわそわする。帰路の最中もハラスまっしぐら。乗り換えは自然と早足になり、ちらちら時計を確認し、それはもうそわそわしながら、がたんごとんと電車

にゆられる。帰宅するやいなや、ハラスの処理に取り掛かる。ただいま 20 時半、だいぶお腹が空いている。空腹と倦怠感と、それよりなにより早く食べたい一心。とにかく早く食べたい。やっぱりパスタに手が伸びる。お米は炊くのにかかる。いそいそとハラスを焼き、パスタを茹でる。ジュークジュークと弾けるハラスの脂に、よだれが滴る。獲物はもう目の前。

…できた。かつらう。それはもうばくばく食べる。美味しいというより、身体がゾクゾクする。舌先ではなく、身体で味わう感覚。胸のあたりを震源地にして、パスタが身に染みわたっていくのがわかる。食道がうなる。胃が騒ぎ出す。半分くらい食べ進めると、ようやく落ち着いてきて、やっとハラスの味を堪能できるようになる。やっぱり味も美味しい。

ケモノの食事は身で味わう。身に染みていくその感覚こそ、食事の快である。こんな気持ちの良い食事ができるのならば、我慢した甲斐もあるというものよ。

図 5: エッセイ「ケモノの食事」

お腹の空き具合によって料理の味が変わって感じられる。こと空腹時には、もはや味よりも食べることによる快を感じることが出来る。同じモノを食べたとしても、自身の身体の状態によっては全く別様に体験され、その価値も異なるのである。

#### 4.3.③料理をつくる行為の価値

料理をつくるという行為の価値は、見栄えよくつくりあげる工夫、親しい人のためにつくる思い、味わいへの探究心、上達の実感、器をうまく活かす盛り付けなどによって醸成される。なかでも、食べることへの期待感がうなぎのぼりに高まっていくことについて紹介する。

第三階層の表札 Z11【調理中の食材の手触りや香り、自身の空腹から、食事への期待が高まる。調理途中につまみ食いをしてしまったり、獣のように食事にかかったりする】に属する生タグのうち、代表的なものひとつ、生タグ 24-5「やりいかを煮ている途中、蓋をあけると湯気と一緒にモワッと魚介の美味しい潮の香りが広がって、にやりと笑みがこぼれる」を挙げる。調理中に立ち上る湯気に感動したのだ。生タグ 24-5 が抽出された日記の記述「やりいかとルコラのスパゲティ」を図 6 に引用する。

やりいかを煮ている最中、水分を足すために蓋をあける。すると、湯気と一緒にモワッと魚介の美味しい潮の香りが広がって、にやりと笑みがこぼれる。その湯気から、しっかりとゲソの出汁が取れているんだと確信する。食べて確認したい。(中略)

それにしても、料理の匂いって本当に幸せね。作っている人にしか嗅げない香りってものがある。多分完成したら、パセリやルコラ、小麦粉の香りに混ざって、ゲソの香りはどうなるのかしら。少し隠れてしまうのかな。

でも、私はいまゲソの香りを嗅いだので、完成してもしっかり嗅ぎ分けられる。多分。

そういえば、私はコーヒーが好きで、手挽きを欠かさずやっている。挽きたての豆は匂いが違う。お湯を注ぎながら立ち上がってくるコーヒーの香りこそ、ハンドドリップの醍醐味である。高校生の頃から継続している数少ない習慣。私は匂いが好きなのかも。

図 6: 日記「やりいかとルコラのスパゲティ」(9月7日)の湯気に関する記述箇所

料理をつくっている最中に、これは美味しいものができているぞと確信し、にやりと笑みがこぼれる。食べるのが楽しみで仕方ない。作り手だからこそ生じる期待感は料理をつくる行為の価値であり、自分ごとの価値を高めうる。

#### 4.4.④地元のまちを歩き、買い物をする行為の価値

食の価値とは、キッチンや食卓にとどまらず、買い物を含めたまちのなかでも醸成しうるものである。私は地元のお店に通い、食材や品物を購入して食べたり使ったりするなかで、地元を自分ごととして捉えることができるようになった。

第三階層の表札 Z13【地元の食材を使ったり、行くだけで楽しいようなお気に入りのお店に行ったりするなかで、地元を自分ごとで捉えることができた】に属する以下の3つの生タグを挙げる。

- 生タグ 18-3「近所にある野菜の即売所には鶴川産・町田産の野菜がたくさん並んでいて、私はいま鶴川にいるんだ、と思い出させてくれる。」
- 生タグ 18-4「近所にある野菜の即売所に行ってみると、スローフード運動とか地産地消とか、賛同はすれど実践できていなかったこのモヤモヤが晴れるような、少し清々しい気持ちになった。」
- 生タグ 18-5「鶴川/町田産の葉ネギや白ナスを選んで買くと、地元になんか貢献できたような気持ちになった。産地に着目して選ぶことによって良い気分になれることを知った。」

これらの生タグが抽出された日記の記述「カツオの漬けなめろう丼」が図 7 である。図 8 は私が訪れた直売所である。

今日はどうしても行きたい場所があった。野菜の即売所である。ここに住み始めて3年目であるが(もうそんなに経ったのか)、存在すら知らなかった。2キロほど歩いたところにあるらしい。

行ってみると、なんだか良い気持ちになった。

鶴川産・町田産の野菜がたくさん並んでいて、私はい

ま鶴川にいるんだ、と思い出させてくれる。スローフード運動とか地産地消とか、賛同はすれど実践できていなかったこのモヤモヤが晴れる兆しを見たような。壁には登録している生産者さんたちの顔写真が貼られていて、誰も知らないけど近所に住んでいるんだと思うと少し親近感も湧く。

図7：日記「カツオの漬けなめろう丼」(9月11日)の直売所に関する箇所



図8：地元の直売所

私は鶴川というまちに住んでいるが、それまであまりそう意識したことがなく、単なる最寄駅の名前という認識でいた。直売所に行くようになって初めて、鶴川に住んでいるからこそその土地の価値を感じるようになった。地元の食材には、地元というだけで他の産地よりも価値を感じることができる。全く見知らぬ地の食材よりも親近感や愛着が湧きやすい。食材を買い、料理し、食べる実践を通じて初めて私は鶴川に根ざすことができたように感じる。

## 5. おわりに

### 5.1. 身体に根ざした価値の醸成

「1.はじめに」に述べた諏訪の定義によれば、価値の身体知に迫るためには身体と頭（ことば）を駆使することが欠かせない。諏訪はこう述べている [5]。

「からだメタ認知」とは、外界から五感を通して感じたものごと（知覚）や、自身の身体のうちなる体性感覚（体感）に自覚的に意識を留めて、ことばで表現しようと努力することである。(p. 21)

からだメタ認知を十全に行うためには、身体が物理的に接しているものごとに意識を向けてことばで表現し、ことば群を、その総体として身体が感じている体感と結びつけることが必要である。(p. 65)

身体が感じている体感をことばに表し、自覚的に意識を留めることで、自身の身体に根ざした自分ごとの価値を捉えることができるのだ。

モノゴトの自分ごとの価値を捉えるためには、モノ自体への眼差しを自覚しなければならない。そこで、自分はどのようなモノをどのように使っているのか、自身の行為によって身体や環境にはどのような作用をもたらしているのかという、そのモノ自体や行為の場面に目を向ける。こうすることで、自身

の行為（食べること/つくること/まちを歩くこと）に対して捉えうる価値が、自分の身体や実体から乖離せず、自分ごとの価値づけを行うことができる。このように、モノの使用や行為の場面において身体で感じていることをことばに紐づけることによってモノの価値を捉えることが必要である。

からだメタ認知を促す手法として諏訪は「写真日記」という手法を多用し、その意義を以下のように解説する [5]。

写真日記手法では、空間の写真を撮り、それを基に事実記述、解釈記述、経験記述という三種類の記述を行う。(中略) 事実記述とは、眼前に広がる空間に存在する物理的なモノ（あなたの身体部位も含む）、その動きや振る舞い、その属性、モノ同士の関係など、実際に客観的に確認できるものごとの記述である。(p. 67)

解釈記述とは、個々の事実に接してあなたに生じた気分や、受けた印象・感想を書くものである。

(p. 68)

経験記述とは総じてその空間でどんな体験をしているのかを書くものである。(p. 70)

写真日記とは、解釈記述や経験記述という主観的なものごとを、常に客観的に把握できる物理的なモノの存在やその性質や振る舞い（事実記述）に紐づけながら、空間体験を自身の心身で振り返る記述行為である。それは体験自体を（再）認識し、豊穣化する効果がある。(p. 71)

自身の身体自体や環境、そこから生じた気分や印象・感想、さらに体験としてどのような経験だったかという自分の知覚や体感に根ざすことが、自分ごとの価値を醸成することにつながる。

### 5.2. 体験と有意味

写真日記の思想に倣うならば、自分ごとの価値とは、事実記述的な「体験」と解釈記述・経験記述的な「有意味」によって成り立つと考えられる。

事実記述的な「体験」とは、身体的に感じる価値のことである。例えば、モノを使っている時の使い心地や、何かを食べて美味しいという快、ホームランを打って爽快だという体感などが当てはまる。

解釈記述・経験記述的な「有意味」とは、思想的に感じる価値のことである。例えば、記念日の食事に特別さを感じる時の「記念日」という意味や、一生懸命つくった料理に対する「手作り」という思い入れなどが当てはまる。モノや行為に対する自分なりの意味や、愛着、思い入れが「有意味」である。

### 5.3. 器の使用から、食にまつわる行為へ

器の使用から始まった私の実践は、食にまつわる

行為を多様にし、食にまつわる行為をみる観点を豊かにし、まちと自分のつながりを深め、人とのつながりを深めるまでに至った。このような私の意識の留意・行為の多様化を FNS 理論を用いて説明する。FNS 理論とは、図 9 に示すように、人の認知と実世界のインタラクションにより、行為や知覚や思考が構成的に進化する様態の一般形を示すものである [6]。

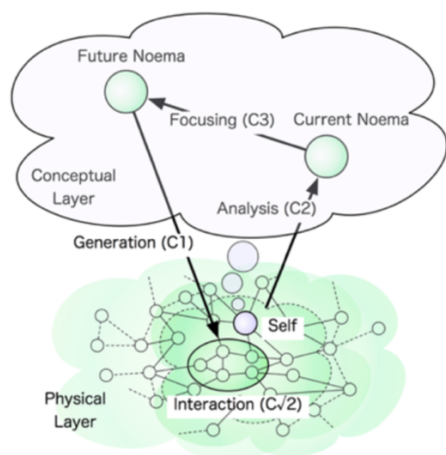


図 9：FNS ダイアグラム [6]

諏訪[6]は FNS について以下のように解説する。

C1(Generation)：構想をもとに実世界にものごとをつくり出す行為、もしくはプロセスを指す。矢印の先に位置する楕円が、作りだされたものや現象を示す。

C√2(Interaction)：つくられたものごとは、偶発も含めて実世界に共存する様々な要素と相互作用（図中では Interaction）をする。

C2(Analysis)：違和感、感触、疑問、解釈、分析、問題点、仮説などが Current Noema（現在ノエマ）の例である。

C3(Focusing)：現在ノエマを基にして、「こういうものごとが生じればよいな」という構想を生成する行為 (p. 2)

私は実践のなかで、自身の行為が環境に対して新たな C√2(Interaction)を及ぼすことに気づき、新しい変数を C2(Analysis)において発見するようになった。例えば、器を使い始めた私は、器の色合いは食材の色合いを綺麗に映えさせることに気づき、「器と食材の色の相性」という変数を獲得した。すると、食材だけではなく、テーブルの色にも留意するようになり、テーブルの色合いを変化させるためにランチョンマットを買い (C3(Focusing))、「器と食材とランチョンマットの色の相性」という変数へと拡張した。

上手に料理をつくることができた際、ふと食べさせたい人の顔が浮かんできたことに気づき、人を呼ぶという行為を想起して、実際に呼ぶようになった

(C1(Generation))。

このように、食の実践における体感から、これまで意識していなかった要素に気づいたり、～をやってみたいという目的が思い浮かんだりするなかで、器の使用から食べること/つくること/まちを歩くことへと私の実践が多様化したのである。

#### 5.4.生きる時間の自分ごとの価値

さまざまな事例を紹介して来たが、私は、食にまつわるこれらの実践から、時間をよりよく過ごせるようになったと実感している。つまり、モノや行為に対する自分ごとの価値を醸成することは、生きる時間の価値をより豊かにするという仮説が立つ。

自分ごとの価値とは、モノや行為においてどのような/どの程度の豊かさが実感されたかという人それぞれの豊かさの実感のことである。自分ごとの価値の高いモノや行為において豊かさが実感されたということは、そのモノや行為に携わる時間が豊かであったことを意味する。例えば、愛着のある曲げわっぱのお弁当箱を使うとき、お弁当箱に対して自分ごとの価値を感じていると同時に、お弁当箱を使っている時間が豊かに感じられる。自分ごとの価値とは、モノや行為に対する価値であり、モノや行為に携わる時間の価値でもあるのだ。

自分ごとの価値は必然的に時間の豊かさへと向かう。モノの使用や行為は時間性を伴う体験である。何かを使うとき、何かを行うとき、そのものに触れ、体験をし、意図を持って何かを行い、その結果うまく使うことができたりできなかったりする。そこから自分なりに何かを感じ取ったり、意味を付与したりする。モノや行為に自分ごとの価値を見出すということは、そうした体験の時間を豊かに過ごすことであり、ひいてはより豊かに幸せに生きることである。

#### 参考文献

- [1] 諏訪正樹:「こつ」と「スランプ」の研究 身体知の認知科学. 講談社, 2016.
- [2] Marx, Karl, Engels, Friedrich, 向坂逸郎: 資本論(一), 岩波書店, 1969.
- [3] 平松洋子: 買えない味. 筑摩書房, 2010.
- [4] 諏訪正樹, 堀浩一, 伊藤毅志: 一人称研究のすすめ 知能研究の新しい潮流. 近代科学社, 2015.
- [5] 諏訪正樹: 一人称研究の実践と理論 「ひとが生きるリアリティ」に迫るために. 近代科学社, 2022.
- [6] 諏訪正樹, 石川初, 加藤文俊: 「街ぶら」における身体性, 2017.

# からだマップテーブルを用いた身体動作の 比較伝授に関する一検討

## A Study on Comparative Teaching Techniques about Body knowledge using body map table

亀田明男<sup>1</sup> 江崎健司<sup>1</sup> 平野貴也<sup>2</sup> 瀬下仁志<sup>1</sup>

Akio KAMEDA<sup>1</sup>, Kenji ESAKI<sup>1</sup>, Takaya HIRANO<sup>2</sup> and Hitoshi SESHIMO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本電信電話 NTT 人間情報研究所  
<sup>1</sup>NTT Ltd. Human Informatics Laboratories  
<sup>2</sup> 名桜大学  
<sup>2</sup> Meio University

**Abstract:** Acquisition of physical skills involves a routine in which students practice based on demonstrations by instructors and receive further guidance on elements to be improved. In this paper, we propose a movement improvement routine that introduces a "body map table" to simplify the task of "verbalization," with the aim of allowing students to perform the routine themselves.

### 1. はじめに

身体的なスキルを獲得するには、スキルを獲得済みである上級者の動作を模倣する方法がある。その場合、学習者は自らの動作と比較しながら、動作が異なる箇所を逐次改善することが考えられる。

動作の模倣においては、上級者に指導者となってもらい正しい動作の実演や、一連の動作における身体感覚の注意点等について直接指導を受けて実践する方法がある。この時、指導者から改善すべき着眼点（例えば、人の関節といった肘や膝等）に対して、その感触や使い方のさらなる指導を受けるといった一連のルーティンが行われる。

しかし、上記のようなルーティンでは、指導者が直接指導（フィードバック）するための情報として、学習者の動作を把握した上で、改善すべき着眼点に関する分析作業や、分析結果を伝えるための拘束時間を必要とする。

ここで、近年、動作の模倣を支援するシステムとして、予め指導者と学習者の動作を映像情報として取得し、これらの動作を同期して映像で比較するビデオフィードバックシステム[1][2]が提案されている。このようなシステムを活用することで、映像の比較による分析作業を必要とするが、学習者のみ

で改善ルーティンを実践可能とすることができる。

また、映像を視聴しながら改善点を言語化して表現する観点から、「からだメタ認知」の活性化支援システム[3]が提案されている。このシステムを活用することで、改善ルーティンが可能と考えられる。

しかし、これらのシステムでは、学習者自身による改善ルーティンの実践が可能となる一方で、改善した身体動作にむけて、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」を比較し、着眼点を見出す分析作業が必要となる。

そこで我々は、改善すべき着眼点を人の関節と仮定し、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」を比較して、着眼点（関節）の状態の違いを見出す手法を提案する。本研究によって指導者が学習者毎に着眼点を見出すといった分析作業にかかる時間を削減可能にしたり、状態の違いを言語化して指摘する能力が無い指導者でも指導可能になることを目指すことで、学習者自身が改善ルーティンを簡易に実践する手法について検討を行っている。このような学習者自身による改善ルーティンの手法が確立すれば、指導者いなくても、学習者毎にパーソナライズされた指摘をすることが可能となる。

そこで本稿では、2章で身体動作の比較に関する従来研究について述べた後、改善すべき着眼点の分

析作業を簡易化するよう、3章で、からだメタ認知システムにおける映像の同期再生[3]や、2次元骨格情報を用いたバスケットシュートの姿勢解析評価の例[4]に着想を得て、ある動作タイミング毎に、着眼点（関節）の状態の違いを比較可能とする「からだマップテーブル」を導入し、学習者自身による改善した身体動作を言語化して表現することを促すことを目的とした改善ルーティンを提案する。さらに4章では、プリミティブな動作としてブランコの乗り方を例に、上記の「からだマップテーブル」を作成し改善した身体動作を言語化して表現することを実践したので報告する。

## 2. 関連する従来研究

身体動作の比較に関しては、2次元骨格情報を用いたバスケットシュートの姿勢解析評価[4]では、OpenPose[5]を用いた2次元姿勢情報から、バスケットボールのシュートフォームを解析している。具体的には熟練者と未経験者のフォームを撮影し、着眼点となる要素として肩と膝の関節角度を用いて比較を行っている。また、2次元姿勢情報に基づく速度、加速度、躍度を利用した動作自動教示システム[6]では、関節を人体のパーツ毎に分割し、それぞれのパーツ内での関節の速度、加速度、躍度を算出して平均を求め、cos類似度により動作を比較している。これらの手法は、関節角度やcos類似度といった数値での動作の比較を行っているが、改善した身体動作を言語化して表現する事に関しては、未検討である。

また、改善した身体動作を言語化して表現する観点では、大野らによる「からだメタ認知」の活性化支援システムが提案されている[3]。提案システムでは、学習者自身による動きを撮影した動作映像として、通常の3人称視点の映像に加えて1人称視点映像を活用し、別試行の動作映像を比較提示する等により、さらなる着眼点や気づきの喚起を狙っている。この手法では、映像を視聴しながら直接比較して改善した身体動作を言語化して表現することを促すが、この際に、着眼点となる人の関節やその状態については、視聴者である学習者が、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」を比較し状態の違いを分析し、コメントとして記述する作業を行う必要がある。

また、学習者に情報を提示（教示）する手法としては、ジャグリングを例とした教示システムが提案されている[7]。この手法では、「学習者の身体動作」から習熟度を算出し、これを用いて学習者に情

報を提示（教示）するが、必ずしも着眼点（関節）の状態の違いを提示しないという課題がある。

## 3. からだマップテーブルの提案

動作の模倣を支援するシステムとして、予め指導者と学習者の動作を映像情報として取得し、これらの身体動作を同期して比較するビデオフィードバックシステム[1][2]が提案されている。[1]の手法では、スポーツ科学の分野において、適切な視覚的フィードバックにより、身体動作の学習が効果的であることを背景としており、さらに、「指導者の身体動作」と、「学習者の身体動作」が同期再生され比較可能とすることが、反復練習の段階において重要である点に基づいている。

このようなシステムを活用することで、学習者のみで身体動作の改善ルーティンを実践可能とすることができる。学習者が実践する身体動作の改善ルーティンでは、指導者の身体動作を模倣するために、学習者の身体動作をどのように修正するか？という改善した身体動作を見出す事を行う。

そのため、改善した身体動作に向けて、分析作業が必要となる、という課題が生じている。この分析作業では、着眼点を見出す必要があるが、我々は、改善すべき着眼点を人の関節と仮定し、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」を比較して、着眼点（関節）の状態の違いに着目する。そして、学習者に、これらの情報を提示することで、学習者が、改善した身体動作を言語化して表現できると考えた。

そこで、本稿では、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」の着眼点（関節）の状態の違いを提示するために、「からだマップテーブル」を導入する。ここで、図1に、ブランコの乗り方による「からだマップテーブル」の例を示す。各列は、左側からブランコに乗った時の映像を等間隔に分割した際の時系列番号T（1が右端の時、8が左端の時）となる。以降は、時系列番号T毎の学習者および指導者の乗り方の画像と着眼点（関節：膝（足）、背（腰）、肘）の状態（足と肘：伸びている／曲がっている、背：寝ている／起こしている）を示している。





図 1. 「からだマップテーブル」の例  
(ブランコの乗り方：行き)

「からだマップテーブル」を用いた改善ルーティンでは、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」を比較したときの、着眼点（関節）の状態の違いを映像から抽出し、「からだマップテーブル」として提示することで、分析作業を不要とすることが可能になり先に述べた課題が解決可能になる。

## 4. 「からだマップテーブル」を用いた学習者自身による改善ルーティン

前章の「からだマップテーブル」を用いた学習者自身による改善ルーティンを、図 2 に示す。

- Step0) 指導者の身体動作の撮影
- Step1) 学習者の身体動作の撮影
- Step2) 映像編集
- Step3) からだマップテーブル（作成と差分強調）
- Step4) 次の身体動作（改善）検討

図 2. 「からだマップテーブル」を用いた  
学習者自身による改善ルーティン

本ルーティンは、Step0 から Step4 までであり、指導者および学習者の技能（タスク）実行時の身体動作映像撮影を行う Step0~1, これら映像の時系列分割処理といった映像編集を行う Step2, さらに Step3 で「からだマップテーブル」の作成と、着眼点（関節）の状態の違いを強調し、これをベースに Step4 では次の身体動作（改善）を言語化して表現し、この乗り方に基づき、Step1 に戻り学習者の身体動作を撮影して同様なルーティンを繰り返すことで、改善を積み上げる。

以下の節では、「からだマップテーブル」を作成するための手順を含め、ブランコを例に各 Step での詳細を説明する。

### 4.1. Step0) 指導者の身体動作の撮影

指導者が実演した際の身体動作を撮影して、映像情報として保存する。なお、Step1 での学習者の動作と比較するため、撮影時のパラメータ（機材の設置位置や方向、被写体の大きさ（カメラのズーム率）など）を記録する。

### 4.2. Step1) 学習者の身体動作の撮影

Step0 での撮影時のパラメータに合わせて、学習者が実演した際の身体動作を撮影し、映像情報として保存する。

### 4.3. Step2) 映像編集

Step0,1 で撮影した各映像情報から、実演した身体動作の開始時刻 ( $t_{start}$ )、終了時刻 ( $t_{end}$ ) と、その中間状態数(n)から、時系列分割した画像を取り出す。この時、中間状態の画像は、一定の時間経過毎に取り出すため、以下の時間間隔 ( $t_{interval}$ ) で取り出すこととする。

$$t_{interval} = (t_{end} - t_{start}) / (n + 1)$$

ここで、指導者から取り出された画像を指導者画像、学習者からのものを学習者画像とする。また、取り出された画像の時系列順の番号を T とする。この時、T の最小値は 1、最大値は開始時点と終了時点および中間状態を合計した  $n+2$  となる。

以下の図 3 と図 4 に、ブランコの乗り方を例とした学習者および指導者の時系列分割画像を示す。なお、ブランコが最も右端側の状態を、乗り方の行きのタスクの開始時刻 ( $t_{start}$ ) を  $T=1$  とし、行きのタスクの終了時刻 ( $t_{end}$ ) を最も左端側の  $T=8$  とし、中間状態数  $n=6$  としている。ここで、 $n=6$  と

したのは、乗り方の行きタスクにおいて、ブランコの位置がその中央とそれぞれ左右の位置での合計3状態を把握することを基本として、この倍の密度で時系列画像での比較を行うことを考慮したためである。さらに、乗り方の戻りのタスクの開始時刻(t\_start)をT=8とし、戻りのタスクの終了時刻(t\_end)を、再度最も右端側となるT=15として、中間状態数は同じくn=6としている。

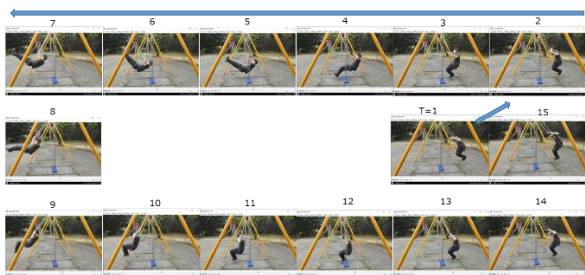


図3. 学習者の時系列分割画像

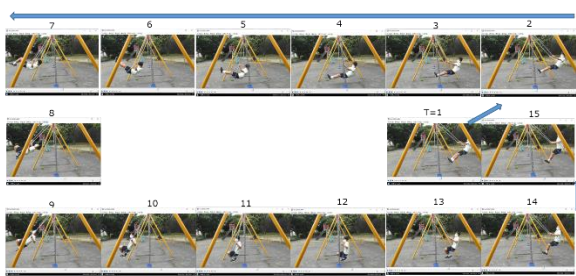


図4. 指導者の時系列分割画像

#### 4.4. Step3) からだマップテーブル (作成と差分強調)

同じ時系列順の番号Tの指導者画像、学習者画像を比較し、異なる状態の関節(例えば、膝(足)が、指導者は伸びているが学習者は曲がっている状態)を着眼点(関節)として抽出する。なお、着眼点(関節)は、1つでも複数でも良い。また、着眼点(関節)の状態はことば(上記の例では、伸びている/曲がっている)で、その着眼点の取りうる状態として定義する。

以下の図5に、ブランコの乗り方における着眼点(関節)と状態の定義例を示す。ここで、着眼点(関節)は、人の身体の関節から、実際に学習者がブランコに乗った際に身体動作として動きを伴った関節と、指導者の時系列画像と比較して、異なる状態の関節を抽出することとしたが、今回のブランコの乗り方の例では、足、背、肘と定義した。また、それぞれの2つの状態を表現し、状態判定時の目安を

赤い字で示すように、各関節の角度で定義した。なお、各関節の角度(a~c)が対応する箇所を、図5の右に示す。

着眼点	状態1	状態2
肘	伸びている： 肘の関節(a)が 135度以上	曲がっている： 肘の関節(a)が 135度未満
背	寝ている： 腰の角度(b)が 135度以上	起きている： 腰の角度(b)が 135度未満
足	伸びている： 膝の角度(c)が 135度以上	曲がっている： 膝の角度(c)が 135度未満

図5. ブランコの乗り方における着眼点(関節)と状態の定義例

次に、時系列順に並んだ学習者画像、指導者画像に対して、図5. ブランコの乗り方における図5の定義に従い着眼点(関節)と状態を決定し、これらを一覧化可能な「からだマップテーブル」を作成する。

ブランコの乗り方の行きタスクにおけるからだマップテーブルは図1となる。以下の図6に、戻りのタスクにおけるからだマップテーブルを示す、

	伝復「先」の乗り方①	伝復「元」の乗り方②	足	背	肘
9			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている
10			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている
11			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている
12			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている
13			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている
14			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 寝ている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 伸びている
15			①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 伸びている	①: 状態: 起きている ②: 状態: 寝ている	①: 状態: 曲がっている ②: 状態: 伸びている

図6. 「からだマップテーブル」の例 (ブランコの乗り方: 戻り)

さらに、からだマップテーブルから、同じ時系列番号Tと着眼点(関節)で、学習者と指導者で異なる状態を示す箇所を抽出する。例えば、該当箇所を認識しやすいように、からだマップテーブル上の該当箇所に色を付けること(差分強調)を行う。

	学習者の乗り方 (①)	指導者の乗り方 (②)	足	背	肘
1			①: 状態: 曲がっている	①: 状態: 起きている	①: 状態: 曲がっている
2			②: 状態: 伸びている	②: 状態: 寝ている	②: 状態: 伸びている
3			③: 状態: 曲がっている	③: 状態: 起きている	③: 状態: 曲がっている
4			④: 状態: 伸びている	④: 状態: 寝ている	④: 状態: 伸びている
5			⑤: 状態: 曲がっている	⑤: 状態: 起きている	⑤: 状態: 曲がっている
6			⑥: 状態: 伸びている	⑥: 状態: 寝ている	⑥: 状態: 伸びている
7			⑦: 状態: 曲がっている	⑦: 状態: 起きている	⑦: 状態: 曲がっている
8			⑧: 状態: 伸びている	⑧: 状態: 寝ている	⑧: 状態: 伸びている
9			⑨: 状態: 曲がっている	⑨: 状態: 起きている	⑨: 状態: 曲がっている
10			⑩: 状態: 伸びている	⑩: 状態: 寝ている	⑩: 状態: 伸びている
11			⑪: 状態: 曲がっている	⑪: 状態: 起きている	⑪: 状態: 曲がっている
12			⑫: 状態: 伸びている	⑫: 状態: 寝ている	⑫: 状態: 伸びている
13			⑬: 状態: 曲がっている	⑬: 状態: 起きている	⑬: 状態: 曲がっている
14			⑭: 状態: 伸びている	⑭: 状態: 寝ている	⑭: 状態: 伸びている
15			⑮: 状態: 曲がっている	⑮: 状態: 起きている	⑮: 状態: 曲がっている

図7. 「からだマップテーブル」の差分強調の例

#### 4.5. Step4)改善した身体動作の検討

今回のブランコの例では、T=1~4で足、背、肘で異なる状態となっていることが分かる。また、足以外はT=5でも異なる状態となっている。この時、指導者は、肘を伸ばして背を寝かせている点や足を伸ばしている点から、「椅子に力を与える」動作を行ったと考えた。また、T=7,8付近では膝(足)の状態に違いがあった。学習者は、足を伸ばして加速を維持しているが、指導者は「次の(逆方向)の加速に備える」動作を行ったと考えられる。この考えは、戻り時のT=14,15でも同様であると考えられる。

上記から、T=1~5では、「背を寝かせて椅子に力

を加える」ようにし、T=6~8では、次の戻り加速に備えて「自然体に戻す(背を起す)」感覚で特にT=7,8で足を曲げて、T=9~13でその状態をキープしながら、T=14,15で、次の行き加速に備えて背を寝かせて特にT=15で足を伸ばすという、改善した身体動作を言語化して表現することができた。

## 5. 結論

身体的なスキル獲得に向けて、学習者自身による改善ルーティン実施を目的に、指導者が行っていた改善すべき着眼点(関節)に関する分析作業を学習者自身が行うために、「指導者の身体動作」と「学習者の身体動作」の着眼点(関節)の状態の違いを「からだマップテーブル」として提案し、学習者自身による改善ルーティンも実現した。

また、ブランコの乗り方を例に着眼点(関節)の状態の違い(例えば、学習者:腰が曲がり、背が起きているようになっている、指導者:腰が伸びて、背が寝ているようになっている)を提示し、改善した身体動作を「背を寝かせて椅子に力を与える」、「次の(逆方向)の加速に備える」として、言語化して表現できた。

今後は、ブランコ以外の実践例や実践人数増により事例を増やすとともに、学習者が行った着眼点(関節)の候補および比較による着眼点の抽出作業をツール化するため、指導者と学習者の動作映像や時系列画像から各関節角度等の比較により自動抽出する手法について検討する予定である。

## 参考文献

- [1] 三上弾, 松本鮎美, 門田浩二, 川村春美, 小島明: 動作学習のための遅延同期ビデオフィードバックシステム, 情報処理学会トランザクション: コンシューマ・デバイス&システム, Vol.4, No.1, pp.1-10, 2014
- [2] NTT docomo. Golf ai. <https://golfai.jp/>.
- [3] 大野寛季, 林佑樹, 瀬田和久: 一人称と三人称視点映像に基づく「からだメタ認知」の活性化支援システム, 2017春JSiSE学生研究発表会, pp.91-92, 2017
- [4] 石垣翔汰, 安部恵一: 2次元骨格情報を用いたバスケットシュートの姿勢解析評価, 情報処理学会第84回全国大会講演論文集2022(1), pp.263-264, 2022
- [5] Zhe Cao and Tomas Simon and Shih-En Wei and Yaser Sheikh: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. CVPR, 2017
- [6] 原科堯宗, 高丸尚教: 二次元姿勢情報に基づく速度, 加速度, 躍度を利用した動作自動教示システム, 情

報処理学会インタラクション 2022 論文集 , pp. 796-801, 2022

- [7] 岡田健嗣, 脇坂崇平, 高原慧一, 荒川陸, 稲見昌彦: ボールジャグリング練習映像に基づいた教示推薦システムの構築と応用, 第35回身体知研究会, 2021