

# 歌舞伎舞踊における身体づかいにより形成される「芯と軸」の力学的検証

青木 駿成（慶應義塾大学理工学研究科） 坂上 竜馬（慶應義塾大学理工学研究科）  
森田 ゆい（東京立正短期大学） 森田 寿郎（慶應義塾大学理工学部）

## Mechanical Verification of “Core and Axis” Formed by Physical Techniques in *Kabuki Buyo*

Shunsei AOKI (Graduate School of Science Engineering, Keio University)  
Ryoma SAKAUE (Graduate School of Science Engineering, Keio University)  
Yui MORITA (Tokyo Rissho Junior College)  
Toshio MORITA (Faculty of Science and Technology, Keio University)

### Abstract

The purpose of this research was to verify the mechanical rationality of the existence and the efficacy of “Core and Axis”, which had been said to be understood by *Kabuki Buyo* performers introspectively. First, focusing on diversity of humans’ movement and their high adaptivity to the environment, we expressed human body as a continuum model. Additionally, by defining “Core” as a high viscoelasticity area in the model, and also “Axis” as a straight line involved in “Core”, it became possible to verify “Core and Axis” by using general theory in mechanics. Next, the interview toward six *Kabuki Buyo* performers among four styles, including Living National Treasure, was held. The analysis of the results indicated the validity of movement evaluation, which was done by linking the state of body called “Body for *Kata*”, and the state of body in which “Core and Axis” was formed. Finally, the model representing “Body for *Kata*” based on the conception of “Core and Axis” was presented, and then “*Hakobi*” and “waving the *Sensu*” movements were interpreted in terms of mechanics by using the model. From this interpretation, it was validly indicated that by forming “Core and Axis” in their body correctly, it became possible to “removing excessive stress” in both movements. As a result, proposing one of the bases which suggests the existence of “Core and Axis” formed among several styles in *Kabuki Buyo* was succeeded.

**Key Words:** *Kabuki Buyo*, Core, Axis, Continuum model, Mechanics

## 1. はじめに

日本には歌舞伎舞踊や能楽、文楽など様々なジャンルの伝統芸能が存在する。近年これらの伝統芸能の身体や技を対象とした研究が盛んに行われており、例えば日本舞踊の実演家のモーションキャプチャによる熟達差の定量的な評価（伊坂ら、2006）や、狂言の「運び」における序破急の歩容パターン評価（Morita, et al, 2014）などが報告されている。これらの研究によって各伝統芸能における身体運動の様々な特徴点をアーカイビングし、困難とされている師匠と弟子間の伝承の助けになるなどの成果が挙げられている。

一方で、上記の研究はいずれも身体運動に表れる特徴点のみを評価対象としているため、各伝統芸能に

において実演家たちが踊るうえで共通して意識する内省的（主観的）な理解までは考慮されておらず、あくまで舞踊における非内省的（客観的）な理解しか得られていない。この課題に対して筆者らは、6ジャンルの伝統芸能（歌舞伎舞踊、能楽 シテ方、能楽 狂言方、地唄舞、文楽、琉球舞踊）を対象にヒアリングおよび視線追尾計測による横断的な調査を行った。その結果、定性的ではあるものの、各ジャンルの熟達した実演家に共通する身体づかい（特定の身体部位に関する外的・内的な操作）に対する知見に加えて、「身体の芯と軸をしなやかに保つ」「余分な力を抜く」といった実演家の内省的な理解についての知見も得ることができた（森田ら、2019；森田、2020）。また、これらの調査において全ての伝統芸能に共通して『「芯と軸」が身体に作られているかどうか熟達差を判断するうえで特に重要であり、「芯と軸」を作ることによって「なるべく動かない身体」「身体部位の統制」を実現することができる』と実演家が考えていることが明らかになってきた。この既往研究（森田ら、2019）では、運動させる身体の部位における余分な力を抜くために、部分的に力を入れた身体の部位を「芯」、そして「芯」によって作られた、動作の起点となる身体の部位を「軸」と解釈していた。

しかしこの「芯と軸」について上記で述べたことは、あくまでその存在を示唆されただけに過ぎず、各伝統芸能の実演家が舞踊を行ううえで「芯と軸」を意識することを重視している、という解釈についての根拠は未だ十分に示されていないと言える。その検討にあたっては、「芯と軸」が身体の状態を示すための内省的な概念であることに起因して、従来の各伝統芸能における身体の表層の運動のみを計測するような研究方法だけでは、その存在を直接的に証明することは困難であると考えられる。

そこで、本研究では歌舞伎舞踊に注目し、森田らによって示唆された「芯と軸」について、舞踊学とは異なる学問領域（運動学、静力学、材料力学、生体力学）の観点から考察を加えることで、それらが存在すると考えることの妥当性を検証することを目的とする。数ある日本の伝統芸能の中から歌舞伎舞踊に焦点を当てた理由は、他の伝統芸能と比較して歌舞伎舞踊が日常動作を洗練させた動きによって踊る性質を持つことから、多種多様な動きを表現できなければならず、その多様な動きを表現する際に「芯と軸」獲得の効果がより現れやすいと考えられることにある。また、上記の学問領域を用いて「芯と軸」を解釈することの意義については、実演家たちの有する内省的な理解を筋骨格モデルよりも感覚に近いイメージとして、例えば「芯と軸」の有無で身体内部の力がどのように作用するのか、踊る際に何を起点に動けば良いのか、などを明確にできるということにある。そして、そのことによって実演家が自身の身体内部で作られている状態をより理解・意識しやすくなるだけでなく、その深めた理解を詳細に、わかりやすく伝承することが可能になるのではと考えたからである。

さらに副次的に、上記の学問領域を用いた「芯と軸」の解釈は、身体の運動に関する熟達差の概念を機械工学、特にロボティクス分野に導入することも可能とし、従来とは異なる設計手法の提案が視野に入るといった価値を生じるはずである。

このような背景のもとで、本論文では「芯と軸」の実存の可能性と意味を次の手順で検討する。①「芯と軸」を運動学、静力学、材料力学、生体力学の一般論を用いて表現する。②森田らの研究にならい、歌舞伎舞踊における4流儀（宗家西川流、藤間流・宗家藤間流、花柳流、若柳流）を対象にヒアリング調査を行い、「芯と軸」を意識するうえでの身体づかいについての情報を得る。③この情報を用いて、身体に「芯と軸」が作られている状態を上記の学問領域を用いてモデル化する。④歌舞伎舞踊における動作がヒアリング結果に基づいて作成したモデルによって説明可能であることを示す。以上の各段階を経て「芯と軸」の存在およびその効力が、運動学、静力学、材料力学、生体力学上の合理性を有することをもって「芯と軸」についての解釈の妥当性を検証することとする。

## 2. 「芯と軸」の力学的な解釈と意義

本章の目的は伝統芸能の実演家が身体に作り上げるとされる「芯と軸」を、運動学、静力学、材料力学、生体力学の一般論を用いてモデル化できることを示すことである。これまでの調査において筆者らは「芯と軸」が実演家にとって「なるべく動かさない身体」「身体部位の統制」を実現するための必要条件であると解釈していた。また、スポーツ科学の分野では、身体運動の背後にあるメカニズムやルールを検討しようとする場合、観察だけでは不十分な場合が少なくないことから、対象の現象や運動を簡略化や焦点化したモデルを考え、その性質から対象の現象を検討する手法が有効とされている（浅井、2006）。ロボティクスの分野では、人間は全身に多くの骨格と筋肉を持つ超多自由度系である（岡田ら、2000）、人間のみならず生物が時々刻々と変動する環境の中をその変動に合わせた適応的な運動を行っている（土屋ら、2010）、という報告があり、参考となるモデルも提案されているが、上記の統合を必要とする概念を直接的に扱った例はない。これらの既往研究を鑑みて、本研究では、無数の対偶（＝二つの機素において水平移動や回転などの相対的な運動を可能とする関係）（鈴木ら、2010）を有し、それにより多種多様な運動を生み出せる潜在性を秘めている連続体モデルを用いることで、人間の身体ならびに「芯と軸」を表現できるのではないかと考えた。

図1に連続体モデルを示す。連続体モデルはロボティクス分野で用いられる剛体モデルとは異なり、内部に無数の対偶を有する形態をとるが、対偶を有しているというだけでは多種多様な運動は記述できない。このような場合に、運動学では運動を記述するための全体座標系（運動の起点）と部材座標系（運動の対象）を定義して用いる。そこで、筆者らはこの連続体モデルに「芯と軸」に相当する概念を導入すれば運動を表現できると考えた。すなわち、既往研究（森田ら、2019）の「芯と軸」の解釈にならい、まず「芯」を「複数の対偶が拘束された領域＝極めて高い粘弾性を有する領域＝剛体」、「軸」を「芯領域内の2点を結ぶ直線」として捉える。そして、連続体モデルの中で「芯」が内包する「軸」を空間座標軸 $a_n$ 、 $b_n$ によって記述される部材座標系として、拘束されていない任意の点を空間座標軸 $x$ 、 $y$ によって記述される全体座標系として、それぞれを定義すれば、「軸（＝部材座標系）」が定義された「芯（＝剛体）」の運動、つまり位置と姿勢の時間変化を、任意の点（＝全体座標系）を起点として記述することが可能になると着想した。この思考過程は、剛体力学で一般的に用いられる位置と姿勢の定義ならびに速度解析手法（鈴木ら、2010）の連続体への拡張と言える。また「軸」については、スポーツ全体の分野で用いることのある、人体の運動における軸の定義（廣戸、2014）の連続体への拡張にもなっている。

「芯と軸」によって連続体モデル内に部材座標系を付与すると、部材座標が定義された剛体について、力学に基づいた解釈が可能となる。例えば、静力学における自由体図（鈴木ら、2010）を用いてモデルの各「芯」に加わる力やトルクのつり合いを記述することで、どの部位にどれだけの負荷（力やトルク）が加わっているかを可視化することや、材料力学に基づいて各「芯」に加わる応力（内部の面にかかる圧力）やひずみ量からヤング率やポアソン比などの物性値を求めることで、モデルの「しなやかさ」について解釈することも可能となる。加えて、生体力学の観点から筋に着目すると、筋の張力は筋の収縮量と筋の粘弾性率の関数として記述される（星宮ら、1993）ため、上記で述べてきた運動学、静力学、材料力学を統合して議論することも可能となる。

この連続体モデルを用いることで、3章で述べるヒアリング調査の内容において表れる「型の身体」という概念を力学モデルとして表現可能であることを示したうえで、4章にて、歌舞伎舞踊の実演家が行っている身体づかい、すなわち「芯と軸」を自在に作ると内省的に理解されるメカニズムが、力学上の合理性を有するかの検討を試みた。

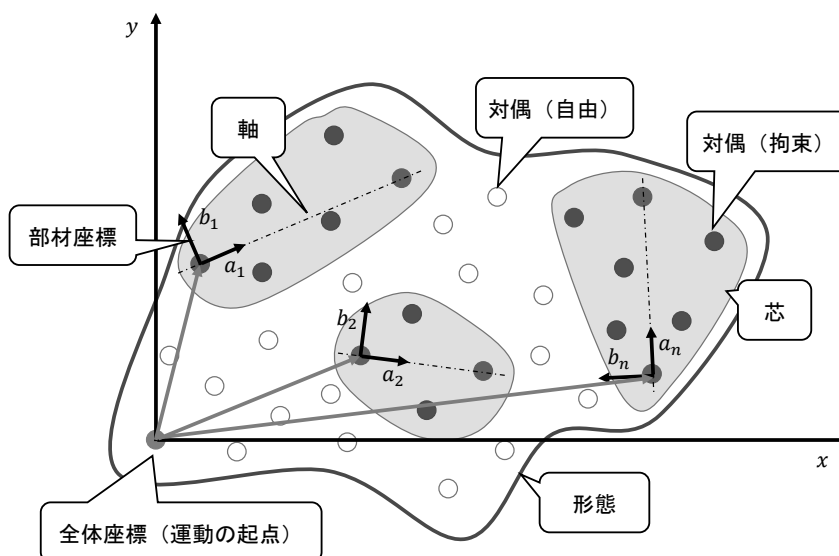


図1 連続体モデル

### 3. ヒアリング調査

#### 3-1. 調査協力者

調査協力者の実演家は下記の6名であった。

- ・協力者S（舞台歴86年、宗家西川流十世宗家、人間国宝）
- ・協力者A（舞台歴56年、宗家西川流師範、文化庁芸術祭賞優秀賞受賞者）
- ・協力者B（舞台歴24年、藤間流（家元派）師範、師範歴8年）
- ・協力者C（舞台歴32年、宗家藤間流師範、師範歴10年）
- ・協力者D（舞台歴67年、花柳流師範、師範歴59年）
- ・協力者E（舞台歴69年、若柳流師範、正派若柳流理事、師範歴43年）

ヒアリング調査では、最初に身体づかいについての詳細な知見を言葉で得ることを目的として、歌舞伎舞踊の唯一の人間国宝であり自身の身体づかいを十分に理解している協力者S（人間国宝）と協力者A（協力者Sと同流の熟達者）を対象に行った。また、協力者SとAの考える身体づかいが歌舞伎舞踊全体に通ずる、すなわち宗家西川流に限定した身体づかいでないことを確かめるために、協力者B（藤間流師範）、協力者C（宗家藤間流師範）、協力者D（花柳流師範）、協力者E（若柳流師範）も対象にヒアリング調査を行った。なお、協力者を選定するにあたり、本研究では歌舞伎舞踊の現存する主要流儀の実演家を調査対象とすること、指導者であることを最低条件としたうえで、実演家の舞台歴に幅を持たせることを意識した。

#### 3-2. 調査手続きと回答結果の要点

実施したヒアリング調査の手続きと回答結果の要点を3-2節の各項にまとめた。ヒアリング調査 (a) およびヒアリング調査 (b) (c) (d) の結果の解釈はそれぞれ3-3節で、またヒアリング調査全体を踏まえた結果の解釈はそれぞれ3-4節で述べることとする。

### 3-2-1. 宗家西川流（協力者 S、A）

まず、協力者 S、A を対象に歌舞伎舞踊全体に通じる身体づかいの詳細について質問した。ただしこのとき、回答にバイアスが生じないように配慮して、協力者 S、A に対して「芯と軸」とは何かについて直接的に質問することを避けた。

ヒアリング調査の結果を表1 (a) に示した。なお、被験者 S、A の身体づかいへの理解が全く同一のものであったため、各回答の回答者の表記は省略した。

表1 (a) では身体づかいの詳細について、「型の身体（表1、a：Q1-A1）」と呼ばれる状態を身体に作る事が踊る上で非常に重要であるという回答が得られた。

### 3-2-2. その他主要流儀（協力者 B、C、D、E）

宗家西川流では「型の身体」が重要視されていることを受けて、次に、協力者 B、C、D、E を対象に宗家西川流と同様に「型の身体」あるいはそれと同等の概念を意識しているかについて質問した。このとき宗家西川流への調査と同様に、回答にバイアスが生じないように配慮して、「芯と軸」とは何かについて直接的に質問することを避けた。

ヒアリング調査の結果をそれぞれ表1 (b) (c) (d) に示した。いずれの流儀においても共通して「型の身体」の概念が存在するといった回答が得られた。

表 1 ヒアリング調査結果

(a) 身体づかいの詳細について（宗家西川流）

	Q.	A.
1	日本舞踊を踊る上で重要なことは？	1. 「型の身体」を作ること。
2	「型の身体」とは？	1. 日本舞踊の規範となる身体。 2. 演じる役柄によって変化する身体。
3 (How)	どのように「型の身体」を作るのか？	1. 胸を開き、肩甲骨を寄せて後方に下げる。 2. 鎖骨を横に開く。 3. 腰の上に肩を置く。 4. 背筋を伸ばし、背中を中心に左右均等に力を配分する。 5. 腰から首、肘までを一つの塊としてみなす。
4 (Why)	なぜ「型の身体」を作るのか？	1. 誰でも決まった動きができるようになる。 2. 全身を意識する必要がなくなる。 3. 力むことなく、疲れずに身体を効率よく動かせる。
5 (What)	通常時と「型の身体」状態時との違いは？	1. 肩を下げることで、体幹をおねなくする。 2. 腕を前に挙げにくくなる。 3. 腕を前に突き出しても身体がひねらない。 4. 首と肩が連動して動くようになる。
6 (How to use)	どのように「型の身体」を使うのか？ 例を挙げてください。	1. 下げた肩の片方を弛緩することで、弛緩した方へ顎を突き出しながら首が回る。 2. 背中を曲げることなく、腰の付け根から身体を前に倒す。

(b) 藤間流・宗家藤間流における「型の身体」について

	Q.	A.
1	「型の身体」の概念は存在するのか？	1. あると思います。
2 (How)	どのように「型の身体」を作るのか？	1. 身体を締める。(協力者B, C) 2. 腸腰筋から動かすことで、背中の筋を伸縮させる。(協力者B) 3. 身体を連動させる意識を得ながら背筋を伸ばし、お尻をまっすぐ下ろす。(協力者C)
3 (Why)	なぜ「型の身体」を作るのか？	1. 全身を連動させながら動かすことができるようになる。表面的な筋だけではできない。(協力者B, C) 2. 身体を締めることで腰を痛めずに済む。(協力者B)
4 (What)	通常時と「型の身体」状態時との違いは？	1. 音楽や呼吸に合わせて身体を動かすことができる。(協力者B, C) 2. 手のオクリの動作で、一般の人は身体がバラバラに動いてしまうことに対して、「型の身体」では全身を動かすことで送りを表現できる。(協力者B) 3. 呼吸と連動して動作できる。(協力者B)
5	藤間流の「型の身体」は他流儀のものとの差異はあるのか？ もしくは共通しているのか？	1. ないです。(協力者B, C) 2. その状態を作り上げる過程に差はありますが、ゴールは共通しているはずです。(協力者B, C)
6	協力者Sはどの点において優れているのか？	1. 大先輩であり、自分たちはまだ修行中の身でありとても申し上げられる段階にありません。

(c) 花柳流における「型の身体」について

	Q.	A.
1	「型の身体」の概念は存在するのか？	1. 日本舞踊を踊る用の自然体の身体として存在する。
2 (How)	どのように「型の身体」を作るのか？	1. 背筋を伸ばし、腰を入れて重心を下げる。 2. 丹田に力を込めて息を入れる。 3. 頭の中心が天井に向かっていている。 4. つま先の上に膝が来て、お尻をそのまま下に下ろす。
3 (Why)	なぜ「型の身体」を作るのか？	1. 下半身がしっかりすれば肩の力が抜ける。 2. お扇子の先まで責任を持ち、全身(手の先まで)を支配下におく。 3. 丹田を引き締めると身体の芯がまっすぐになる。
4 (What)	通常時と「型の身体」状態時との違いは？	1. 立ち座り、お辞儀が美しくなる。お辞儀は胸から下げる。 2. 胸を開いた肩甲骨を寄せる身体が自然となる。 3. 向きを変える時、背骨を使って顔も動かす。 4. 見る動作は腰を使って見る。 5. 水を持ってても溢れない運びが可能になる。
5	若柳流の「型の身体」は他流儀のものとの差異はあるのか？ もしくは共通しているのか？	1. 「型の身体」に違いはない。 2. 流儀によって、振付や単純な動作の行い方、間合い、音の取り方に違いはある。 3. 何流であろうと身体をどう使うかは根本的に違わないので、他流で合わせて踊ることも困ることがなく、今は流儀の違いがあまりわからない。
6	協力者Sはどの点において優れているのか？	1. 日本の芸能では「道」がつけられることが多いが、協力者Sは芸道の「道」の素晴らしさがある。積み重ねてきたものが素晴らしい。

## (d) 若柳流における「型の身体」について

	Q.	A.
1	「型の身体」の概念は存在するのか？	1. 確かに存在する。
2 (How)	どのように「型の身体」を作るのか？	1. 腰を入れる、重心を落とすことが重要。 2. 丹田（臍下3 cm）に力を入れる。 3. 足で舞台を押すことも重要。 4. お尻を締める。
3 (Why)	なぜ「型の身体」を作るのか？	1. 上半身に力を入れず、美しく見せるため。 2. 背中から踊ることができるようになる。 3. 足からしっかり据えないと、腕を伸ばす動作にしても、腰、肩甲骨、背中、腕の流れが作れない。 4. 頭のとっぺんから腰、足までまっすぐになる。 5. 間やリズムを呼吸によって作れるようになる。
4 (What)	通常時と「型の身体」状態時との違いは？	1. 身体をひねる動作で美しい線が作られる。 （例：肩峰の先と反対側の足先を直線で結ぶことができる） 2. 美しさは常に動いているものであり、身体ができていないと作れないし、身体を止めて無理やり作っても美しくない。 3. 腰の動作が素早くなる。（「バツ」と上下に動かせる。）
5	花柳流の「型の身体」は他流儀のものとの差異はあるのか？ もしくは共通しているのか？	1. 昔は動き方、身体の動かし方が異なった。花柳流は一つ一つの動作単位が細かった。 2. 今は流儀間の交流が盛んになり、各流儀の特徴がなくなってきた。
6	協力者Sはどの点において優れているのか？	1. 長い年月で蓄積したものをうまく、自然に表現できる。 2. 呼吸が上手で、お腹（丹田）ができています。

## 3-3. 調査結果

## 3-3-1. ヒアリング調査 (a)

表1 (a) では身体づかいの詳細について、「型の身体 (表1, a: Q1-A1)」と呼ばれる状態を身体に作る事が踊るうえで非常に重要である、という概念の存在が明らかとなった。このとき、「型の身体」とは「型」と呼ばれる様式的な所作によって人の内面や情景を表現できる状態となった身体（例えば、カマエ、呼吸、精神が制御できている）のことであり、実演家の間では流派や性別や個人差を超えて共通した身体と認識されている用語である、との言質が得られた。この概念は、他の伝統芸能においても存在しており、例えば能や狂言役者らは役者間で「虚の身体」という言葉を用いて芸について語る事が多々ある（渡辺、1991）、という報告と整合していると考えられる。なお「型」とは、その舞踊において従うべき基本姿勢や基本動作の様式のこと、と既往研究（篠崎ら、2015）によって定義されている。また、本稿では「姿勢」「体位」「構え」「運動」「動作」の各用語を次のように定義（竹井、2018；藤縄ら、2017）し、実演家の用いる「カマエ」を「構え」とは異なるものとして扱う。姿勢とは、「体位と構えのことを指し、それぞれの動きに対応する身体部位の相対配置であり、身体を支える独特の形態」を表す。体位とは、身体の基本面が重力方向に対してどのような関係にあるかを指す。構えとは、頭部、体幹や四肢の体節の相対的な位置関係を指す。また姿勢が連続したものを運動といい、意図をともなう運動を動作と呼ぶ。

これらの前提のもとで、「型の身体」の状態を「どのように作るのか (How)」「なぜ作るのか (Why)」「通常の身体との差は何か (What)」に分けて更に調査したところ、Howでは熟達者がその状態を作るために胸、肩甲骨、背中に主な意識を向けていること、Whyではその状態を作ることで全身に意識を向けなが

らも、力まなくなること、Whatではその状態を作ることによって体幹のぶれを抑えたり身体部位を連動させたりする、といった内容についての、さらなる回答を得ることができた。

### 3-3-2. ヒアリング調査 (b) (c) (d)

表1 (b)、(c)、(d) では宗家西川流だけでなく、他流儀においても「型の身体」に相当する概念が存在し、歌舞伎舞踊においては共通していることが確認できた (表1、b: Q1-A1、c: Q1-A1、d: Q1-A1)。また、ヒアリング調査 (a) と同様に「型の身体」についてHow、Why、Whatに分けて調査したところ、協力者S、Aの言及とは一部で異なる点はあるものの、キーワードとなる身体部位 (腰部、背中、肩甲骨など) を整理してまとめると、Howでは熟達者がその状態を作るために身体のいずれかの部位に意識を向けていること、Whyではその状態を作ることによって身体において何らかの動作や姿勢を保つことができること、Whatではその状態を作ることによって身体の各部位に特定の効力が生じること、というように、ヒアリング調査 (a) の結果と同じ傾向といえる回答が得られていた。

### 3-4. ヒアリング結果の解釈: 「型の身体」について

本研究では、概念として得られた「型の身体」と呼ばれる身体の状態について、実演家のインタビュー (森田、2020) を参考にしうえて、この段階で改めて次のように定義した。

歌舞伎舞踊において目標とされる「型の身体」の状態とは、日常の身体とは異なる舞踊用の白いキャンバスのように、どのような役柄にでも応用させて踊ることができる身体の状態であり、その芯はしっかりしているが、しなやかになり、余分な力が抜けて力みがなくなった状態、を言語表現した用語である。これは先に示した「なるべく動かない身体」「身体部位の統制が成された身体」とも言える。

この定義のもとで、表1において「型の身体」の状態について述べているヒアリング調査 (a) で得られた言葉を、他流儀の熟達者が意識する「型の身体」の状態について述べているヒアリング調査 (b)、(c)、(d) と比較した。なお、比較に際しては表1では流儀 (Who) ごとにHow、Why、Whatに分けて「型の身体」について調査を行ったが、調査結果の横断的な特徴として「どこの身体部位に意識を向けたか (Where)」が多く共通していたため、本項および次項では新たにWhereの観点を基軸にしてHow、Why、Whatの関係性について検討した。

「型の身体」の状態を作るにあたって、宗家西川流ならびに他の流儀では特に注視する身体部位に差はあれど、共通して腰・背中・肩甲骨・上肢に跨る身体の連動が重要であることを示していた (表1、a: Q3-A3、Q5-A4、b: Q3-A1、Q4-A2、c: Q3-A3、d: Q3-A1、Q3-A2)。この概念が流儀を超えて共通している、言い換えれば個々人の見解ではなく、一般性を有することについては、ヒアリング調査 (b) において「その状態 (『型の身体』) を作り上げる過程に差はありますが、ゴールは共通しているはず (表1、b: Q5-A2)」という回答によって整合性を得た。また、他流儀において「型の身体」の状態に差があるのかを直接的に伺ったところ、その状態は共通しているという旨の内容も確認することができた (表1、b: Q5-A1、d: Q5-A1)。これらの回答結果に加えて、日本の伝統芸能から離れるが、例えばクラシックバレエでは「ワガノワ、ロイヤル・アカデミー・オブダンス、パリ・オペラ座などメソッドの違いが存在するが、どのメソッドも同じ体の使い方 (引き上げやアン・デゥオール)、同じポジション、同じピヤを用いる」(富永、2018) と説明されることを勘案すると、歌舞伎舞踊においても、「型の身体」の状態は流儀の違いに関わらず共通して基本となる概念であることが考えられる。

そのうえで、歌舞伎舞踊の熟達者にとって「型の身体」の状態を身体づかいによって自在に作ることは非常に重要であり、その状態を「歌舞伎舞踊の規範となる身体 (表1、a: Q2-A1)」とし、「型の身体」を作ることで「腰から首、肘まで一つの塊としてみなす (表1、a: Q3-A5)」「力むことなく、疲れずに身体



を効率よく動かせる（表1、a：Q4-A3）」ことができると説明していた。これらの「型の身体」の状態における効力に関する説明は「芯と軸」について既往研究（森田ら、2019）により述べられている「身体を統制する」「余分な力を抜く」といった特徴に類似していた。また、日本舞踊立方、能楽シテ方へのインタビュー（森田、2020）とも矛盾が生じなかった。

### 3-5. 「型の身体」と「芯と軸」の関係

3-4節までの検討を踏まえて、「型の身体」と本研究で主体として扱う「芯と軸」の関連性について考えることにした。歌舞伎舞踊の実演家が内省的に理解する、概念としての「芯と軸」を実演家のインタビュー（森田、2020）を参考にしうえて定義すると、「芯」とは「余分な力」が一切抜けたような身体の状態になるために、意識を集中させて変形や運動を生じさせないように統制する身体の領域、「軸」とは「芯」となる部位が生成する主観的な2点を通り、身体に関する全ての姿勢を規定する仮想的な線、となる。

これらの言語表現された概念は、いずれも実演家の内省的な意識によって形成されるものであり、また彼ら自身が目標とする運動毎にそれらの配置を変化させていると考えられる。したがって、実際の筋骨格構造との厳密な対応を取ることは難しい。しかし、これらの定義と2章で論じた連続体モデル内の「芯と軸」の定義を、数学理論における集合論の概念を用いて図2のように可視化すると、それらの役割は整合している。このことは、実演家が理解する「芯と軸」の概念の存在の検証が、連続体モデルに関する力学的妥当性の検証に変換可能であることを示している。また、3-4節で述べた「型の身体」の状態についての解釈も踏まえると、歌舞伎舞踊を踊る際に「型の身体」と呼ばれる規範の状態を有することが「芯と軸」を有するための十分条件であり、同時に「芯と軸」を有することが、身体づかいの洗練によって歌舞伎舞踊に適した形に生成される「型の身体」の状態を有するための必要条件となっている可能性がある、という命題を導いた。

以上より、本研究で考案した連続体モデルは「型の身体」の状態を「芯と軸」によって表現するモデルであること、を示すための準備が整った。この「型の身体」モデルが、連続体モデルによって記述可能となった「芯と軸」の概念ならびにヒアリング調査の結果から、論理展開上の矛盾を生じずに導出されることを次節で述べる。

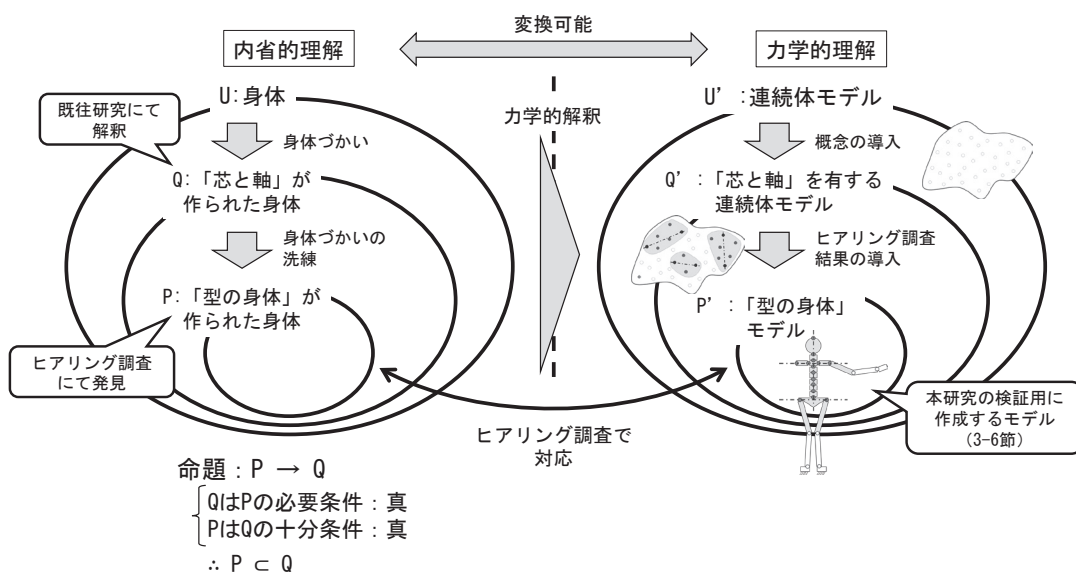


図2 「型の身体」と「芯と軸」の関係

### 3-6. 「芯と軸」を用いた「型の身体」のヒアリング調査に基づくモデル化

本節ではヒアリング調査で得た知見をもとに、2章で説明した連続体モデルにおける「芯と軸」の概念を用いて人体を表現した「型の身体」モデルを提示する。

図3に「型の身体」モデルを示す。ヒアリング調査の結果では、その状態の作り方は「丹田に力を入れる（表1、c：Q2-A2、d：Q2-A2）」、「お尻を締める（表1、c：Q2-A4）」、「腰を入れる（表1、c：Q2-A1、d：Q2-A1）」、「お尻を下ろす（表1、b：Q2-A3、d：Q2-A4）」、「肩甲骨を寄せて後方に下げる（表1、a：Q3-A1）」ことによって、「体幹をぶれなくする（表1、a：Q5-A1）」、「身体がまっすぐになる（表1、a：Q3-A4、d：Q3-A3）」、「全身が連動する（表1、b：Q3-A1）」こととされている。なお丹田とは、東洋医学において、この周辺に意識を集中してエネルギーを集めることで、「腹の据わった」理想的な状態へと心身が整っていくとされる部位にあたる（布施、2016）。これらの回答を2章で述べた力学の観点から解釈すると、腰部、背中、肩甲骨の有する自由度に対して拘束条件を加えていることになり、この拘束条件を加えた、腰部、背中、肩甲骨までの領域を「芯」と理解できる。

また、「型の身体」を作る際には、①腰「腰の動作が素早くなる（表1、c：Q4-A3）」、「見る動作は腰を使って見る（表1、d：Q4-A4）」、②背中「腰の付け根から身体を前に倒す（表1、a：Q6-A1）」、「背中から踊ることができるようになる（表1、c：Q3-A2）」、③肩「下げた肩の片方を弛緩することで～首が回る（表1、a：Q6-A1）」、「身体をひねる動作で～肩峰の先と反対側の足先を直線で結ぶことができる（表1、c：Q4-A1）」の各部位に身体操作の意識を向け、そのことによって踊ることが可能になるとされている。ゆえに、これらの回答を2章で述べた運動を作るための「軸（＝部材座標）」の定義に相当すると考えたならば、「芯」の領域内に形成された「軸」は、①が大転子軸（左右の大転子を結ぶ直線）、②が体幹軸（頭頂部から仙骨を結ぶ直線）、③が肩峰軸（左右の肩峰を結ぶ直線）であると理解できる。それぞれの軸は図3中に示したとおりである。各軸はリハビリテーションの分野における、前額面で見た立位のアライメントを可視化する軸（藤縄、2017；竹井、2016）を参考にして定義したが、実演家の内省的理解を表現する本研究の性質上、必ずしも骨格上の定点となる訳ではない。しかし、この3つの「軸」をモデル内に定義することは、その運動を力学的な観点から評価するにあたっては有効である。例えば車両工学では、車両に対して前輪軸、後輪軸、車体軸を定義することによって、前輪軸と後輪軸を用いた旋回性能の評価や、車体軸を用いた走行性能の評価を行うことを可能としている（安部、2012）。それと同様に、図3に示した「型の身体」モデルについても、大転子軸と肩峰軸を用いて各軸に接続する下肢と上肢の運動を、また体幹軸を用いて体幹の運動の評価を行うことが可能となるからである。

以上より、歌舞伎舞踊の実演家が意識する「型の身体」の状態を、「芯と軸」が形成された「身体」の状態であることの十分条件として位置づけることができた。そして、「芯」が腰部から肩甲骨までの領域をさし、「芯」が体幹軸、肩峰軸、大転子軸を内包し、この「軸」が部材座標系となり運動を記述するために必要になる、という論理展開で力学モデル化し、また「軸」を設けることによって、そのモデルを用いて人体の運動の質を評価することの妥当性を示した。次章では歌舞伎舞踊において、洗練された日常動作を踊る際に実演家の間で特に重視されている、下肢と上肢に関する基本の運動を例に取り、「力まない（表1、a：Q4-A3）」といった効力がこのモデルによって説明できるか（図2中の  $P' \rightarrow Q'$  が成立するか）を試す。この試みをもって、既往研究（森田ら、2019）の結果において提示された、「芯と軸」を意識し「なるべく動かない身体」の状態を作ることで「余分な力が抜ける」、といった内省的な解釈が、力学上の合理性を有することを示す。

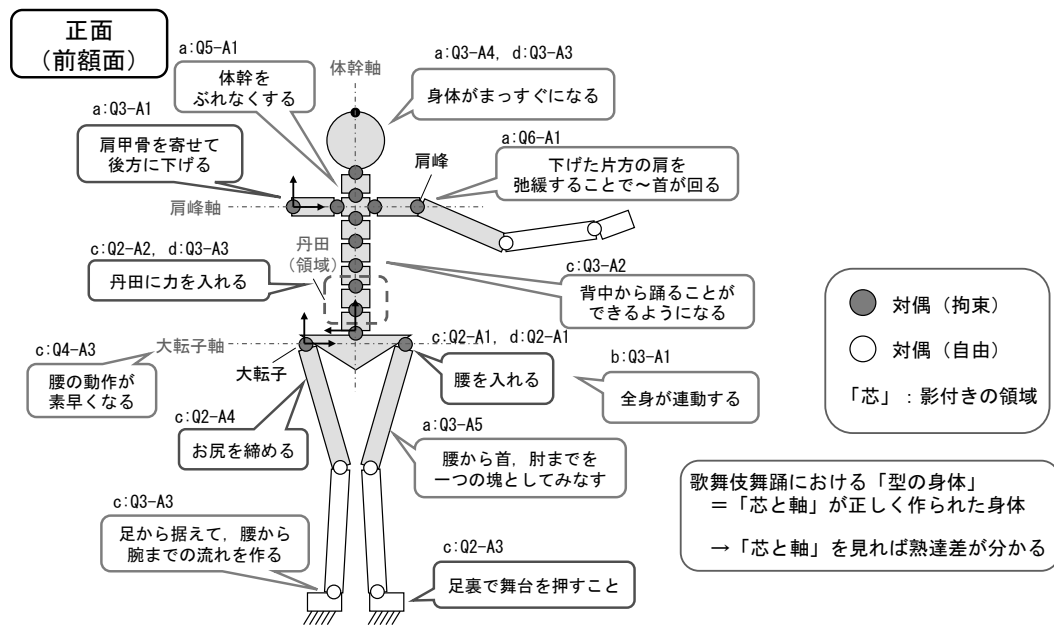


図3 「型の身体」モデル

#### 4. 連続体モデルによる「芯と軸」の妥当性検証

##### 4-1. 下肢の運動「運び」における大転子軸の水平移動

歌舞伎舞踊に限らず日本の伝統芸能に共通して「運び」と呼ばれる歩行が行われる。「運び」では遊脚側の足裏を床に擦らせながら踵を押し出し、支持脚側の足を通り越したときにつま先を3cmくらい上げて下ろす、いわゆるすり足の状態で歩く（花柳、1981）。このとき、歩行中は腰が上下に動かないように意識する必要があるとされる（花柳、1981）。本節では、剛体モデルでは一見すると非効率的と感じる「運び」において、「芯と軸」の概念に基づいて作成された「型の身体」モデルを用いた場合に、ヒアリングで得られた効力に関する内省的な解釈が、力学上の合理性を有するかを検証する。

2章で述べたように、運動の記述には全体座標系と部材座標系を定義する必要がある。表1に示したヒアリング調査結果の内、腰部より下位の身体部位について言及された内容をもとに各座標系について解釈すると、全体座標系は支持脚側のつま先に（表1、d:Q2-A4、c:Q2-A3）、部材座標系は「芯」を作ることによって生じた大転子軸（表1、c:Q2-A1、Q4-A3、d:Q2-A1）に付与できると考えられる。また、この大転子軸は「芯」の領域に含まれていない膝関節、足首関節によって動かされることになる。

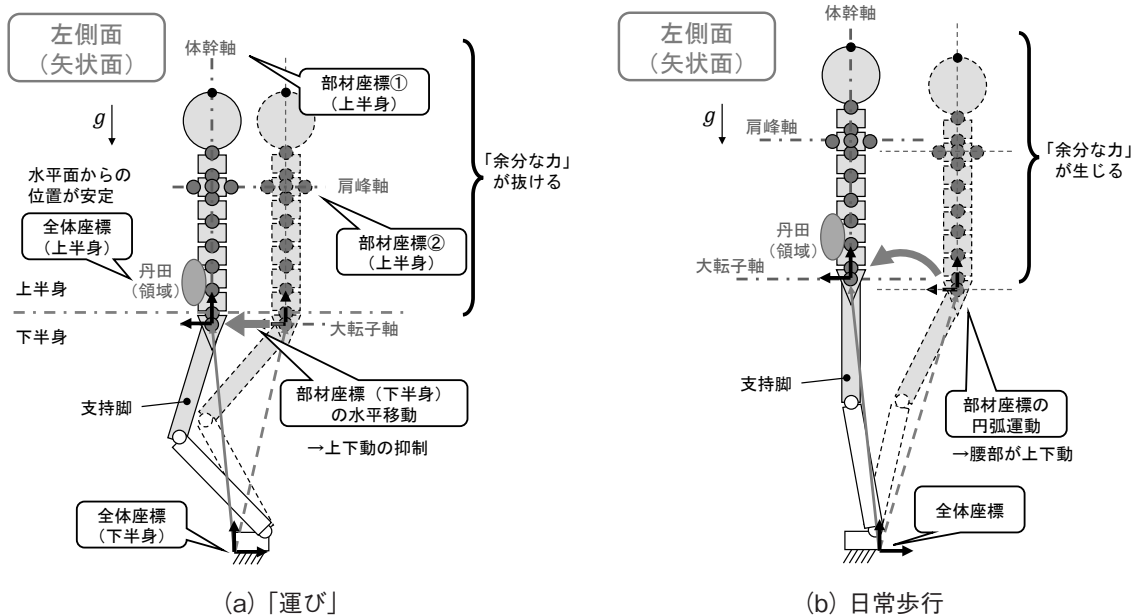


図4 歩行形態における支持脚モデル

この座標系の定義によって、実演家は図4 (a) のように支持脚側のつま先を運動の起点とし、部材座標の水平移動のために最低限必要な、足首関節と膝関節の2自由度を用いて「運び」の際の支持脚側に「芯と軸」を意図的に形成することで、遊脚側の運動を実現していると理解できる。このような「運び」の歩行形態は日常における歩行形態と比較して体幹および上肢の姿勢を制御する上で有効であると考えられている (木寺ら、2006)。日常における歩行形態は倒立振子として捉えることができ、図4 (b) に示すように大転子軸が踵を中心に弧を描くように運動して遠心力 (法線方向慣性力) とオイラー力 (接線方向慣性力) を生じる。その反力を得るために、日常歩行では大転子軸上で身体のバランスを取るように、体幹をひねり、腕を振りながら歩行する。この状態で体幹のぶれを抑えたり、正確に腕を振ったりしようとする、上半身に「余分な力」が生じてしまう。一方、「運び」の歩行形態をとることで大転子軸が水平移動するため歩行中に上半身がバランスをとる必要がなくなり、下半身と上半身を独立させた状態をつくることができる。その結果、「運び」による上半身の上下動が抑制され、上半身にとっての運動の起点 (= 全体座標) である丹田 (ここでは、臍下に親指幅1~4本分あたりの深部の領域) (布施、2016) の水平面からの位置が安定することで、上半身の運動における部材座標 (= 体幹軸、肩峰軸) が下半身の運動に影響を与えなくなる。すなわち上半身の「余分な力」を抜きながら正確に動かすことができる、といった効力 (工学的には機能) を生じていると解釈できた。

以上をもって、「芯と軸」の概念を用いることによって、「運び」がつま先を起点とした大転子軸の運動として理解できること、「運び」が上半身の「余分な力」を抜くことに寄与すること、そして両者についての力学上の合理性を有する解釈が成立することを示した。

#### 4-2. 上肢の運動「振り」におけるトルクの移動

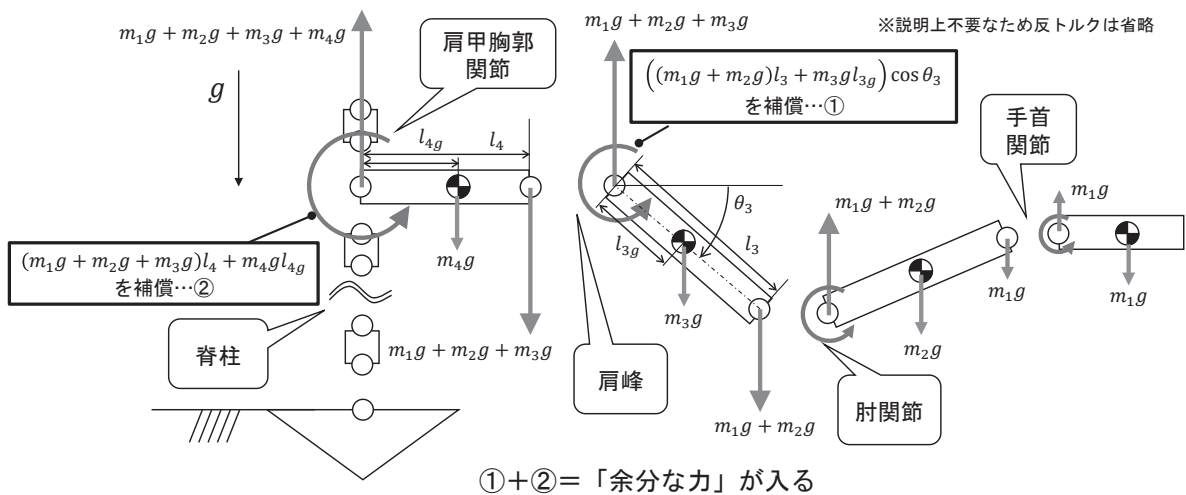
歌舞伎舞踊の熟達者は、「型の身体」の状態を作ることによって「力まなくなる (表1、a: Q4-A3)」ということを共通して述べている。特に協力者SとAは肩甲骨を特別に重要視していた。そこで本節では、歌舞伎舞踊における上肢の運動 (振り) に注目し、肩甲骨への意識が身体を「力まない」状態にするというヒアリン

グで得られた効力を生じる理由について、「型の身体」モデルを用いた説明が、力学上の合理性を有するかを検証する。

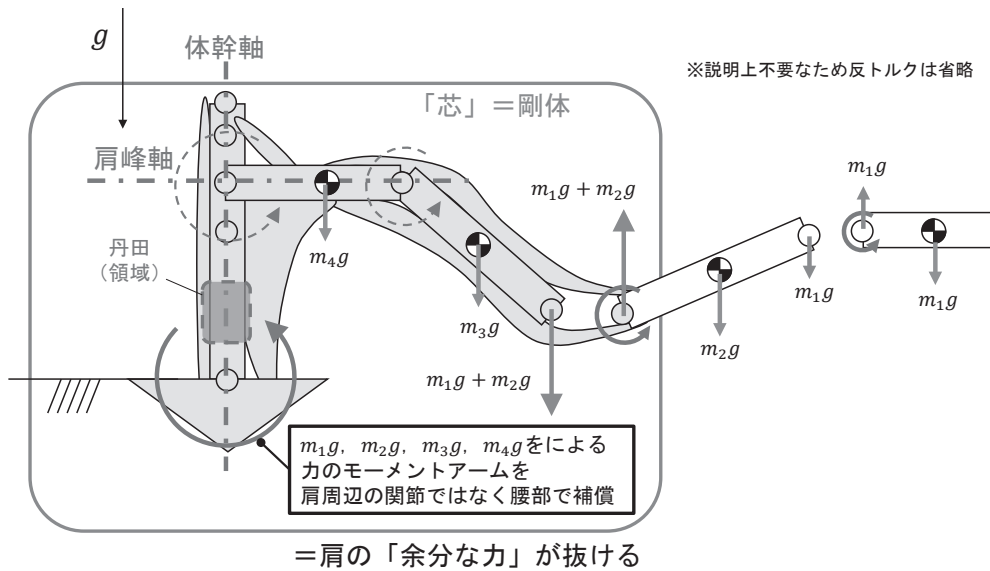
上記の議論を行うために、ここでは「型の身体」モデルの骨盤、脊柱、肩甲骨、上腕、前腕、手先に着目して、自由体図（鈴木ら、2010）を描くことで「力まない」状態について考えるものとする。自由体図とは、モデルが有する対偶（本モデルでは感覚的な理解を得ることを優先するため、全てを回転対偶とする）による動節間の結合を仮想的に切り離した上で、一つ一つかつ全ての動節に作用する力と力のモーメントが、いずれもつりあって静止している状態、として対象を表現可能とする方法である。上肢を空中で動かすためには、人間は上肢周辺の筋群を用いて上肢の自重を支えなければならない。図5 (a) に上肢を空中で支えるときに各関節にかかる力およびトルク（ここでは力のモーメントと同義として扱う）の大きさと方向を、それぞれ矢印の長さと向きによって表した自由体図を示す。ただし、自重を支えるために必要なトルク（濃い円弧矢印）に対しては全ての節で反トルクを生じるが、理解の妨げになると考えて、図中での表示を省略した。また、図中の $g$ は重力加速度を表すベクトルである。図5 (a) を見ると、手先、前腕、上腕の自重（薄い矢印） $m_1g$ 、 $m_2g$ 、 $m_3g$ が、より体幹側に近い関節（回転対偶）へと積み重なり、結果として肩峰周辺の筋群は $((m_1g + m_2g)l_3 + m_3gl_{3g}) \cos \theta_3$ を、肩甲骨胸郭関節周辺の筋群ではさらに肩甲骨の自重 $m_4g$ も加えて $(m_1g + m_2g + m_3g)l_4 + m_4gl_{4g}$ を補償しなければならない（濃い円弧矢印）。この状態で腕を空中で振る、などの運動を行うと、特に肩甲骨胸郭関節、肩峰周辺の筋群に腕を支えるための全ての負担がかかり、結果として「力んだ」、「余分な力が入った」状態になると解釈できる。

これに対して、図5 (b) のように実演家は「型の身体」の状態を意識することで身体の「腰から首・肘までの領域（表1、a：Q3-A5）」に「芯と軸」を、脊柱・肩甲骨胸郭関節・肩峰を拘束して「芯（影付きの領域）」をそれぞれ意図的に形成し、そのうえで脊柱の上端下端付近の2点による体幹軸および左右の肩峰付近（図中では右側について省略する）の2点による肩峰軸（一点鎖線）を意識することによって、脊柱、肩甲骨、上腕までの領域を一つの剛体として扱うことを可能にしていると考えられる。前述したとおり、厳密な議論ではないものの、この身体の領域に付着している筋群に注目してみると、肩甲骨と脊柱を繋ぐ菱形筋や広背筋、肩甲骨から前腕までを跨る上腕二頭筋や上腕三頭筋（竹井、2016）が存在し、これらが緊張して粘弾性率が上昇することで「芯」が形成されるのではないかと推測される。ここで、図5 (b) に表した脊柱、肩甲骨、上腕までの領域が剛体化した場合について、自由体図をもとに剛体領域における力と力のモーメントのつりあい条件を考慮すると、手首から肩甲骨までの自重 $m_1g$ 、 $m_2g$ 、 $m_3g$ 、 $m_4g$ は、肩ではなく腰部周辺（おそらく丹田の影響を受けている）まわりのトルク（腰部の濃い矢印）で補償されることがわかる。この状態がヒアリング調査で得た腰への意識（表1、a：Q3-A5、c：Q2-A1、d：Q2-A1）を説明しているものだと考えられる。そして、その結果、図5 (a) に表した通常状態において生じていた肩甲骨胸郭関節および肩峰周辺のトルクが、脊柱、肩甲骨、上腕までの領域の剛体化の作用で不要となる。このとき、身体を一つの系（要素から構成されるまとまりや仕組みの全体）（赤木、1992）として、力が入った・抜けた状態を、力学的エネルギーを有する状態として捉えたと、ある部位に力を入れる代わりに他の部位の力を抜いているならば、系全体では力学的エネルギー保存則が成立し、エネルギーを新たに補給せずに剛体化する部位を変化できる。ゆえに、この「芯と軸」の作用によって、上肢を空中で振るなどの運動を行っても「力まない」「余分な力が抜ける」状態を保つことが可能になる、という効力（機能）を生じていると解釈できた。

以上をもって、「芯と軸」の概念を用いて、実演家が体幹軸と肩峰軸を意識して脊柱・肩甲骨・上腕を一つの構造として捉えていること、またそれにより肩甲骨胸郭関節と肩峰の「余分な力」を抜き、腰部を意識することで上肢を空中で支えることを可能としていること、そして両者についての力学上の合理性を有する解釈が成立することを示した。



(a) 正面（前額面）から見た通常状態



(b) 正面（前額面）から見た「型の身体」の状態

図5 上肢を空中で支えるときの自由体図

#### 4-3. 検証結果のまとめ

本章に記した2つの検証結果をもって、身体づかいによって形成されると言われる「芯と軸」が、必ずしも解剖学上の定点として記述できるわけではないものの、実演家の内省的な理解としては存在すると考えることが妥当であろうとの結論を得た。ただし、3-5節で表した図2と同様に集合論の概念で捉えるならば、検証で用いた上記の2つの運動は、いずれも歌舞伎舞踊における基本の運動（集合  $R$  とする）であり、歌舞伎舞踊の特徴である、日常の運動（集合  $T$  とする）が包括する、洗練された多種多様な運動（集合  $S$  とする）に対する十分条件、つまり  $S \subset T$  かつ  $R \subset S$  によってモデルの整合性を吟味したに過ぎない。言い換えれば、全ての運動について  $P=P'$ 、すなわち  $P \rightarrow P'$  かつ  $P' \rightarrow P$  が成立することは示せていない。その原因は、

歌舞伎舞踊における集合  $S$  の背後にあるルールが十分に検討されていないため、 $P=P'$  の検証を行うにあたって、何を基準に十分な検証が行われたのか、といった結論を下すことが困難なことがある。したがって今後の展望として、基本の運動のみならず、運動の構造化（運動そのものに関するルールの検討）と表現を行ったうえで、その他の多種多様な運動についても同様の検証を行い、「芯と軸」の存在の妥当性をより確かなものにする必要があると考えられる。

## 5. 「芯と軸」の有用性

本研究において「芯と軸」に対する力学的視点からの考察を行ったことにより、歌舞伎舞踊の熟達者が「型の身体」の状態を作る手法と機械工学における機械設計の手法との間に大きな着想の差があることを知見として得ることができた。

例えば、ある環境条件において特定の目標動作を達成し得る機械の製作を要求された場合、機械設計では目標動作を達成するための要求性能を設定し、その性能を満たす機構あるいはシステムを考案したのちに機械全体の設計を行う、といったプロセスを取る。このとき、製作する機械は目標動作さえ達成できれば良いので、その動作に必要な最低限の自由度数に止めるように設計するのが常である。

一方で歌舞伎舞踊の実演家が目標とする動作を達成するにあたっては、既に多数の自由度を有する自身の身体を、動作の達成に最低限必要な自由度数になるように正しく拘束することでその数を減らしていき（＝身体づかい）、目標とする身体の状態（＝「型の身体」の状態）に整えることで動作を発現する。つまり、「芯と軸」を意識した身体づかいによって「型の身体」の状態を作るといった歌舞伎舞踊における身体設計手法は、前述の機械設計のような自由度の積み上げ式の設計手法とは正反対の、いわば引き算式の手法を取っていることが理解できた。

ここで、筆者らは既往の機械設計手法における課題の一つである「未知環境・目標動作への適応性の向上」に対して、歌舞伎舞踊の実演家が用いる概念を導入することが有効になり得ると考えた。なぜならば、一般的な機械設計手法では、あらかじめ設定された環境および目標動作においては高い精度を有して達成可能である反面、必要最低限の自由度数を満たすように設計されてしまっていることから、構造によって定まる仕様以上の能力を発揮することが困難であり、未知環境・目標動作への適応性は低いと言えるからである。この適応性を向上するにあたり、人間の身体のように既に無数の自由度数を有する構造をとり、実演家のように「芯と軸」を用いて環境・目標動作ごとに身体の有効自由度や形態を自在に作り変えていくことが重要であると考えられる。

上記の考察により、本研究で検証した「芯と軸」の概念は、さらなる慎重な議論をもって結論を導く必要があるものの、従来のロボティクス分野での機械の設計手法では困難であった未知環境・目標動作への適応性の向上に有効な設計指針となり得る可能性を示した。

## 6. まとめ

本研究では日本伝統芸能に共通する「芯と軸」が存在すると考えることの妥当性、言い換えれば実存の可能性と意味を検証することを目的として、以下のような結果を得た：①「芯と軸」を重要視していると考えられる歌舞伎舞踊に注目し、実演家が踊る上で重要と考える身体づかいの詳細についてヒアリング調査を行ったところ、彼らは共通して「型の身体」と呼ばれる目標となる状態を意識していることがわかった。②

歌舞伎舞踊において「型の身体」の状態を意識した身体づかいによって作られるとされる「芯と軸」の概念を運動学、静力学、材料力学、生体力学の一般論を用いてモデル化し、モデル内に大転子軸、体幹軸、肩峰軸を定義することで運動を記述可能であることを示すことができた。③モデル化した「型の身体」を用いて下肢の「運び」と上肢の「振り」の運動を解釈し、いずれの運動においても「芯と軸」の存在を用いて「余分な力が抜ける」効力を合理的に説明できたことによって、ヒアリング調査の結果ならびに熟達者の身体づかいに関する内省的な理解は、力学の観点において妥当であることが明らかになった。本研究を通じた結論として、既往研究において内省的な概念としてのみ言及されていた「芯と軸」が舞踊学とは全く異なる学問領域の観点に基づいてもなおその存在の合理的な解釈が成立したことから、日本の伝統芸能に共通する「芯と軸」の存在を示唆する根拠の一つが新たに提示できたと言える。また副次的な成果として、伝統芸能の「芯と軸」の概念を導入すると、既往の機械設計における思考過程では導出が困難であった、多様性や適応性の課題に対する有効な解決策を探ることができるといった、伝統芸能の身体づかいに学ぶ意義も合わせて示唆できた。

## 謝辞

本研究では次の実演家の先生方にご協力を賜りました。西川扇藏、西川祐子、花柳茂珠、若柳豊、藤間大智、藤間加賀美。

なお、本研究の一部はJSPS科研費 JP17K01641、JP17K02401 の助成を受けたものです。

## 引用文献

- 安部正人, 2012, 『自動車の運動と制御：車両運動力学の理論形成と応用』, 東京電機大学出版局：1-4.
- 赤木新介, 1992, 『システム工学—エンジニアリングシステムの解析と計画—』, 共立出版株式会社：2-3.
- 浅井武, 2006, 『スポーツ動作における力学的モデリング』, 体育学研究, 51：241-251.
- Castaing J., Sanitini J. J.: 井原秀俊・中山彰一・井原和彦共訳, 2011, 『図解 関節・運動器の機能解剖—上肢・脊柱編—』, 共同医書出版社：169.
- 花柳千代, 1981, 『実技 日本舞踊の基礎』, 東京書籍：92-93.
- 廣戸聡一, 2014, 『4 スタンス理論バイブル』, 実業之日本社：73-187.
- 星宮望・赤澤堅造, 1993, 『筋運動制御系』, 昭晃堂：14-16.
- 藤縄理・高崎博司, 2017, 『姿勢と体幹の科学』, 新星出版：196-201.
- 布施雅夫, 2016, 『症状改善！ツボ大全』, 成美堂：117.
- 伊坂忠夫・崔雄・阪田真己子・鶴田清也・古川耕平・八村広三, 2006, 「歌舞伎舞踊における足遣いの定量的解析—モーシオンキャプチャと筋電図の記録装置による身体動作と筋電図の同時計測—」, 『人文科学とコンピュータシンポジウム』：349-354.
- 木寺英史・小田伸午, 2006, 『剣士なら知っておきたい「からだ」のこと』, 大修館書店：13-44.
- 三浦裕子, 2010, 『面白いほどよくわかる能・狂言』, 日本文芸社：144.
- 森田ゆい, 2020, 『ようこそ伝統芸能の世界—伝承者に聞く技と心—』, 薫風社：31,94-95.
- 森田ゆい・青木駿成・坂上竜馬・森田寿郎, 2019, 「日本の伝統芸能の熟達者が熟達を判断する身体づかいの特徴について—能・狂言・文楽（人形遣い）・歌舞伎舞踊・地唄舞・組踊・琉球舞踊を対象に—」, 『比較舞踊学会 第30回大会プログラム』：24-25.



- Morita Yui · Oda Hitomi · Morira Toshio, 2014, "Characteristics of actions for sliding walk technique in Japanese traditional performing art -Pursuit for Rhythm of Jyo-Ha-Kyu, "introduction, development, and climax" of Hakobi (sliding walk) from proficiency difference in Kyogen actors-" International Journal of Human Culture Studies, 24 : 204-216.
- 岡田昌史・中村仁彦, 2000, 「サイバネティック・ショルダの開発—人間の肩の動きを模倣した3自由度機構—」, 『日本ロボット学会』, 18 (5) : 690-698.
- 大関純平・深堀辰彦・藤野洋祐・倉富慎介・杉山進・小野英規・中尾一久・山田道廣, 2012, 「下肢動作に伴う体幹深層筋群の筋活動性の分析」, 『Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy』, 2 (1) : 27-32.
- 篠崎裕毅・森田ゆい・森田寿郎, 2015, 「各種構え姿勢分析に基づく下肢の運動設計手法」, 『比較舞踊研究』, 21 : 10-22.
- 鈴木健司・森田寿郎, 2010, 『基礎から学ぶ機構学』, オーム社 : 4, 36-44, 109-111.
- 竹井仁, 2016, 『姿勢の教科書』, ナツメ社 : 164-165.
- 竹井仁, 2018, 『不良姿勢を正しくする 姿勢の教科書 上肢・下肢編』, ナツメ社 : 10-24.
- 富永明子, 2018, バレエ語辞典「メソッド」項, 誠文堂新光社 : 160.
- 土屋和雄・青井伸也・船戸徹郎, 2010, 「環境適応機能を有する歩行ロボットの構成論」, 『システム / 制御 / 情報』, 54 (11) : 418-424.
- 渡辺保, 1991, 『日本の舞踊』, 岩波新書 : 28-29.

## 参考文献

- Grieg Valerie: 上野房子訳, 1997, 『インサイド・バレエテクニック—正しいレッスンとテクニックの向上—』, 大修館書店 : 59-73.
- 伊藤宏司・伊藤正美, 1991, 「生体とロボットにおける運動制御」, 計測自動制御学会 : 22-34.
- 観世寿夫, 1991, 『心より心に伝ふる花』, 白水社 : 70-71.
- 三浦裕子, 2010, 『面白いほどよくわかる能・狂言』, 日本文芸社 : 144.
- 鹿内菜穂・中村雄太朗・八村広三郎, 2012, 「歌舞伎舞踊の身体動作における技の評価と定量化への試み」, 『情報処理学会研究報告』, 2012-CH-94 (6) : 1-7.
- 篠田之孝・村上慎吾・渡辺雄太・三戸勇氣・渡沼玲史・丸茂三恵子, 2011, 「モーションキャプチャを用いた歌舞伎舞踊の教育用動作解析システムの構築」, 『日本電気学会』, 131 (4) : 270-276.
- 山本東次郎, 2002, 『狂言のことだま』, 玉川大学出版部 : 28-32.
- 吉村ミツ, 2001, 「歌舞伎舞踊の「振り」部分抽出とその特性の定量化の試み」, 『電子情報通信学会』, J84 (12) : 2644-2653.
- 吉村ミツ・中村佳史・八村広三郎・丸茂祐佳, 2004, 「歌舞伎舞踊における基本動作「オクリ」の基本形の特徴」, 『情報処理学会』, 61 (7) : 41-48.