

# ダンスにおけるボックスステップの身体知獲得を 目的とした骨格・重心および感覚の評価の検討

Consideration of evaluation of skeleton, center of gravity, and sensation  
for the purpose of acquiring body knowledge of the box step in dance

頼定優花<sup>1</sup> 和多田雅哉<sup>1,2</sup>

高橋うらら<sup>2</sup> 椿原徹也<sup>2</sup> 山田盛朗<sup>2</sup>

Yuka YORISADA<sup>1</sup>, Masaya WATADA<sup>1,2</sup>

Urara Takahashi<sup>2</sup>, Tetsuya Tsubakihara<sup>2</sup>, Moriro Yamada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京都市大学大学院総合理工学研究科

Graduate School of Integrative Science and Engineering, Tokyo City University

<sup>2</sup> 東京都市大学

Tokyo City University

**Abstract:** In Japan, the percentage of both men and women who have an exercise habit is stagnant at about 25%. To solve this problem, we aim to develop an application to support the acquisition of physical knowledge of dance steps. In this study, we used the skeletal structure, center of gravity, and sensation as three evaluation indices, and based on these indices, we studied the specifications of the application.

## 1 緒言

日本における危険因子に起因する死因第3位は運動不足であり、生活習慣病や精神疾患を招く[1]。厚生労働省は健康寿命延伸のための運動習慣づけを推奨しているが、運動習慣のある者は男女共に25%程度と低迷している。運動をしない理由として苦手・人に見られたくない・怪我の恐れなどが挙げられている[2]。しかし、これらは運動におけるコツや勘を指す身体知を身につけることにより、解決が可能になる。以上より、他者への伝達が困難とされている身体知を、伝達が容易とされている形式知にすることで、他者へ正しいフォームや高度な技術を伝達する、身体知獲得支援アプリケーションの開発を目指す。

適度な運動により健康の促進が可能であるが、運動中に怪我をしては本末転倒である。怪我を防止するには、正しいフォームを効率的に他者へ伝達する必要がある。しかし、正しいフォームは身体知に基づいているが故に、効率的に他者へ伝達出来ない現状がある。効率的に伝達するために、身体知を形式知化することで解決が可能になると考えた。身体知は可視化出来ない存在であるため、身体知の形式知化の成否および身体知獲得の能否が判断出来ない。

よって、骨格・重心および感覚を数値化・言語化することで可視化を図る。以上より、本研究では身体知獲得支援アプリケーション開発のために、被験者が対象動作を行った際の骨格・重心および感覚を評価指標とし、その評価方法を検討する。本稿では、開発するアプリケーション、対象動作、計測機器と評価指標、実験方法、収集データ分析について述べる。

## 2 身体知と形式知

身体知とは、コツや勘などの言葉では表現し難い身体の動作、もしくは長年の経験で培った感覚に基づく知識を指す。現段階で解明されていない部分が多く存在していることから、暗黙知とも呼ばれる。また、人工知能領域、スポーツ科学領域において、身体知は「感覚・運動系、脳神経系、筋骨格系を総動員した訓練によって、身体が覚えた高度な技やコツ」と定義されている[3]。本研究における身体知も上記と同様の定義とする。身体知と対義的な知識に形式知があり、客観的かつ定量的であるため、言語知とも呼ばれる。本研究の目標は身体知の形式知化である。

人間が身体知を獲得する過程は3つの段階に分類することが出来る[4]。

図1に運動学習の過程を示す。

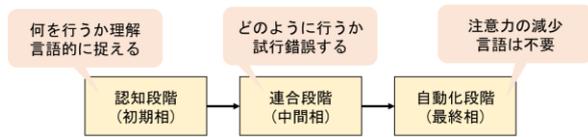


図1 運動学習の過程

図1より、はじめの認知段階(初期相)は、どのような動作をするべきなのか、言語的に捉える段階である。次の連合段階(中間相)は、どのように行うか、自身の身体を動かしながら試行錯誤する段階である。最後の自動化段階(最終相)は、認知段階における言語は不要となり、無意識に動作を行うことが出来る段階であり、身体知を獲得したといえる段階である。なお、各段階は連続的であり、明確な境界は見られない。

### 3 開発するアプリケーション

本研究では、身体知と呼ばれるコツや勘の獲得を支援することにより、怪我をさせずに技術を向上させるアプリケーションの開発を目指す。

図2に開発するアプリケーションの完成イメージを示す。



図2 開発するアプリケーションの完成イメージ

図2より、お手本動作とアプリケーション利用者の動作を同時かつリアルタイムに表示する。また、アプリケーション利用者の動作においてお手本動作と異なる箇所のみ色を変えて表示する。お手本動作およびアドバイスは、プロダンサー3名の計測データを反映することを検討している。一致度および身体知獲得度の算出方法については7章1節で述べる。

### 4 対象動作

本研究では、ボックスステップを選定した。ボックスステップとは、ヒップホップダンスにおける基

礎のステップの1つである。選定理由は2点挙げられる。1点目は狭いスペースでも行きやすい点である。ボックスステップはその場で行うため、Kinectの移動や重心動揺計を拡大する必要がない。2点目はアイソレーションとコーディネーション能力を要する点である。アイソレーションとは、分離・独立といった意味を持ち、身体の一部を独立させて別々に動かすトレーニングを指す。コーディネーション能力とは、複数の動作を同時に行う能力を指す。これにより、身体知獲得の能否が顕著に現れると考えた。

図3にボックスステップの図解を示す。

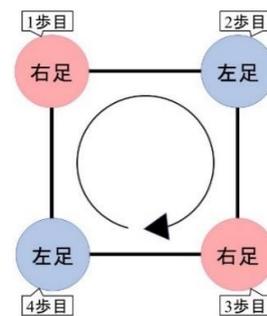


図3 ボックスステップの図解(時計回りの場合)

また、ボックスステップの要点を下記に示す。

- ①正方形を描くように足踏みをする
- ②足の軌道を最短距離にする
- ③ステップを踏む方向に重心を乗せる
- ④アップ・ダウンの基礎を同時に行う  
ステップを踏むと同時に
- ④-1 首を前に出す
- ④-2 膝を軽く屈伸する
- ④-3 胸を入れる
- ④-4 腕を曲げる
- ④-5 上記に緩急をつける

図3より、ボックスステップはリズムに合わせて四角形を描くように足踏みすることが特徴である。要点においては、身体知を強制的に言語化しているため、曖昧な表現が存在する。ボックスステップの技術の向上には、アップ・ダウンや腕の動き、胸や首のアイソレーションなど複数の動作を同時に行うコーディネーション能力を要する。アップ・ダウンとは、一定のリズムで膝を屈伸する、ダンスにおける最も基礎的なリズム取りを指す。

## 5 計測機器および評価指標

### 5.1 骨格・重心

表1に骨格・重心の計測機器と評価指標を示す。

表1 骨格・重心の計測機器と評価指標

	骨格	重心
計測機器	Azure Kinect DK	重心動揺計
座標	足の位置, 軌道[mm]	ステップ毎の重心位置[mm]
	各関節の屈曲角度 [deg]	
加速度	各関節動作の緩急 [mm/s <sup>2</sup> ]	重心の緩急 [mm/s <sup>2</sup> ]

表1より, 骨格の計測に Kinect を, 重心の計測に重心動揺計を使用する。

### 5.2 感覚

感覚は, 6章2節5項で述べる自由記述式の事後アンケートで得た言語データを自然言語処理などにより評価することで形式知化を図る。

## 6 アプリケーション開発のための

### 実験方法

アプリケーションの開発にあたり, ダンス未経験者～プロにおける基礎力, 運動経験, ボックスステップ動作時の骨格・重心および感覚のデータを収集した。

#### 6.1 被験者

20代のダンス未経験者(A・B・C), 20～50代のダンス経験者(D～K), 30～40代のプロダンサー(L・M)の計13名を選出した。

表2に被験者の内訳を示す。なお, 未経験者A～Cは体育においてダンスの授業を受けた経験があることから, 0.25(年)と表記している。

表2 被験者の内訳

被験者	ダンス歴(年)	分類
A	0.25	未経験者
B	0.25	未経験者
C	0.25	未経験者
D	3	経験者
E	4	経験者
F	6	経験者
G	6	経験者
H	7	経験者
I	7	経験者
J	8	経験者
K	8	経験者
L	19.5	プロ
M	25	プロ

### 6.2 実験フロー

図4に実験手順および所要時間の目安を示す。

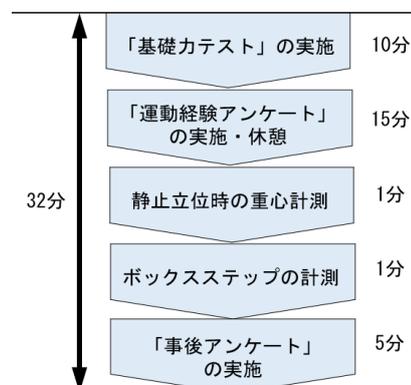


図4 実験手順および所要時間の目安

#### 6.2.1 基礎力テスト

基礎力テストの内容として, 表3に文部科学省の「新体力テスト」を参考に構成したものを示す[5]。

表3 基礎力テストにおける実施項目

No.	種目	単位	計測時間[s]	要素
1	閉眼片足立ち	[s]	～120	平衡性
2	プランク	[s]	～143	平衡性
3	長座体前屈	(cm)		柔軟性
4	反復横跳び	(回)	30	敏捷性 律動性

表3より, 要素の中でも平衡性は, ダンスの基礎力として重要視されている。ダンスにおけるトレーニングとしてプランクが多く用いられていることか

ら、新たにプランクを追加した。以上の4種目を実施し、男女別に設けた配点から合計点を算出した。

### 6.2.2 運動経験アンケート・休憩

被験者の運動経験を問うアンケートを行った。これは身体知獲得の能否の比較に用いる。休憩時間はアンケート開始から15分間とする。

### 6.2.3 静止立位時の計測

開眼した状態における静止立位時の重心を計測した。これは個人の重心の偏りにより、個人間の比較が難航することを防ぐためである。被験者の重心の偏りをオフセットとして反映させることで、比較を円滑にする。

### 6.2.4 ボックスステップの計測

ボックスステップを行う際の骨格・重心の計測を行った。

表4にボックスステップの計測条件、図5に計測風景を示す。

表4 ボックスステップの計測条件

項目	概要
BPM	90(bpm)
試行回数	1周(4歩)×8回

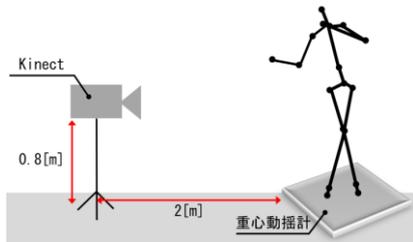


図5 計測風景

### 6.2.5 事後アンケート

身体知を形式知化するにあたって、骨格・重心の計測では表面化しない感覚を数値化・言語化する必要がある。よって、ボックスステップの計測後、被験者がステップを行った際の実感(意識した点・感想など)を問う自由記述式のアンケートを行った。このデータは身体知獲得の能否を評価するために用いる。骨格・重心などのデータと本アンケートで得られる言語データの相関を分析することより、身体知の形式知化に繋げる。

表5に事後アンケートの設問内容を示す。

表5 事後アンケートの設問内容

未経験者・経験者	プロ
ボックスステップを行った際の意識した点	
ボックスステップを行った際の感想	
/	未経験者への ボックスステップの教え方
	経験者への ボックスステップの教え方
	上手だと思う ボックスステップの特徴

## 7 収集データ分析

アプリ内の機能構築に向けて、6章の実験で収集したデータを分析するプログラム①～④を作成した。

プログラム①～③は、アプリ内の機能③動作一致度・身体知獲得度の算出方法の検討、機能④アドバイスをどの部位のどの動作に行うかの検討、評価ポイント(どの部位の動作を評価するか)を検討するために作成した。プログラム④は、機能④アドバイスの仕組みおよび語彙の選定方法を検討するために作成した。

### 7.1 骨格

#### 7.1.1 プログラム① ダウン動作の平均振幅

事後アンケートプロ向けの設問「上手だと思うボックスステップの特徴」に対し、プロLより「身体全体でダウンが出来ている」という意見をいただいた。そこで、評価ポイントにダウン動作の大きさを加えることを検討するため、ボックスステップ8回分のダウン動作の振幅平均を算出するプログラムを作成した。

図6にダンス歴とダウン振幅平均の相関を示す。

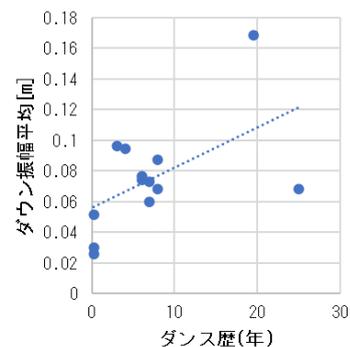


図6 ダンス歴とダウン振幅平均の相関( $r=0.55$ )

図 6 より，ダンス歴とダウン振幅平均に正の相関が見られた。しかし，プロ L のダウン振幅平均が 0.17[m]であるのに対し，プロ M は 0.07[m]であり，プロ同士のダウン振幅平均に差が見られる，すなわち必ずしもダンス熟練度とダウン振幅平均が比例する訳ではないといった問題が生じた。この問題に対する解決策として，ダウン振幅平均が大きいほど高評価と判定せず，一定値を超えたら高評価と判定することが有用だと考えた。以上の問題を解決した上で，評価ポイントにダウン振幅平均を採用する。一定値は被験者の振幅データをさらに分析した上で決定する。

### 7.1.2 プログラム② ピッチ角変動幅

事後アンケートプロ向けの設問「上手だと思うボックスステップの特徴」に対し，プロ M より「動きが立体的」という意見をいただいた。そこで，評価ポイントに身体の軸のピッチ角変動幅を加えることを検討するため，身体の軸(頭-骨盤間の直線)のピッチ角(前後方向)の変動幅を算出するプログラムを作成した。

図 7 にダンス歴とピッチ角変動幅の相関を示す。

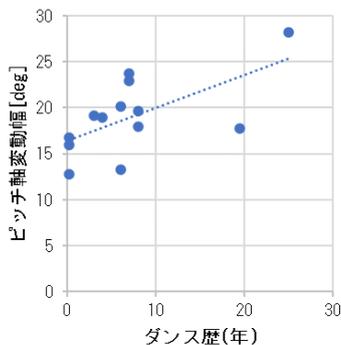


図 7 ダンス歴とピッチ角変動幅の相関( $r=0.55$ )

図 7 より，ダンス歴とピッチ角変動幅に正の相関が見られた。以上より，評価ポイントにピッチ角変動幅を採用する。

## 7.2 重心：プログラム③ DTW

DTW とは時系列データ同士の距離・類似度を測る際に用いる手法である[6]。今後はボックスステップ以外の動作への応用も想定しているため，DTW が有用と考えた。一般的に，身体知を獲得している者ほど動作の再現性が高いといえるため，ボックスステップを 1 周毎に分割し，「同一人物の 1・2 周目，1・3 周目，…」と全ての組み合わせを DTW により比較することでアプリ内機能”身体知獲得度”の算出が可能になると考えた。以上より，今回は重心データを

用いて，ボックスステップの再現性の高さを DTW により算出するプログラムを作成した。

図 8 にダンス歴と DTW 値の相関を示す。

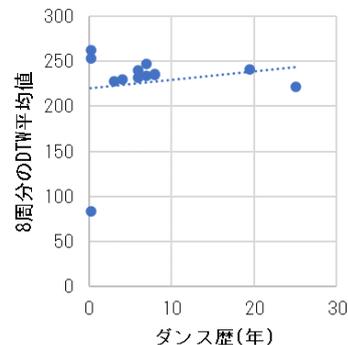


図 8 ダンス歴と DTW 値の相関( $r=0.16$ )

図 8 より，ダンス歴と DTW 値に相関が見られなかった。これは，重心の変動が大きい経験者・プロほど動作のばらつきの幅が大きくなりやすいためである。

図 9 に未経験者 C の重心軌跡，図 10 にプロ L の重心軌跡を示す。

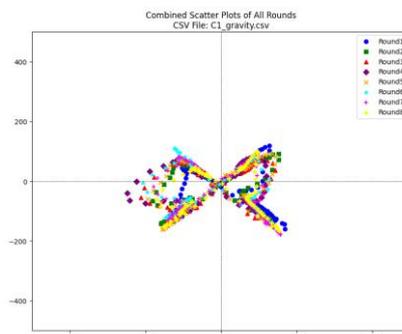


図 9 未経験者 C の重心軌跡

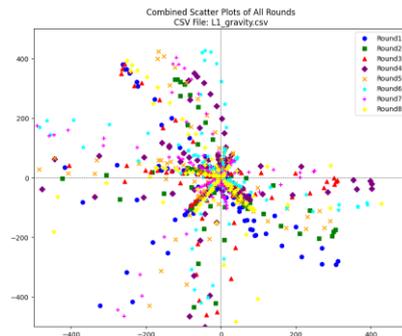


図 10 プロ L の重心軌跡

