

荷重と筋電センサによるアイソレーションおよびMEMS触覚センサによるチェアのダンス歴における動作分析の検討

山口 幹太^{1,a)} 野間 春生^{2,b)} 大井 翔^{1,c)}

概要：2021 年度の中学校学習指導要領の改訂により中学校の保健体育でダンスが必修になった。また、2024 年に開催されたパリオリンピックでは、ブレイクダンスが種目に選出され、女子の部では日本人が金メダルを獲得するなどダンスの人口が増加し、需要が高まっている。しかし、ブレイクダンスは感覚的な部分が多く、初心者には理解が難しい。そのため本研究では初心者の技の習得のためにダンス経験者の動きを分析することで技の習得の鍵を検討していく。

1. はじめに

日本のダンス人口は年々増えており、一般社団法人ストリートダンス協会によると図 1 のように 2015 年時点で 600 万人、2025 年には 1100 万人まで拡大するとの見込みがある [1]。

2008 年 3 月から文部科学省が中学校学習指導要領の改訂を告示し、新学習指導要領ではイメージをとらえた表現や踊りを通じた交流を通して仲間とのコミュニケーションを豊かにすることを重視する運動としてダンスを必修化した [2]。小学校では 2020 年、中学校では 2021 年、高校では 2022 年から全面实施されており [3]、2024 年に開催され

たパリオリンピックではブレイクダンスが正式種目に追加され、ブレイキン女子では日本人が金メダルを獲得したことなどから、今後ブレイクダンスの需要が高まっていくと考える。

ブレイクダンスには大きく分けて 4 つの要素から成り立っており、立って踊るエントリー (図 3)、手を地面に着き足を動かすフットワーク (図 4)、頭や肩、背中などで回転するパワームーブ (図 5)、決めポーズになるフリーズ (図 6) の 4 つの要素である。初心者はエントリー、フットワーク、フリーズの 3 つを最初に練習していき、その後パワームーブの練習を行っていくのだが、フリーズで躓き挫折してしまうことがある。その他にも、立って踊る場合には、ダンス自体のキレやクオリティを向上するために、体の動かし方を工夫しなければならない。そのため本研究では、ダンス自体のクオリティを向上させる「アイソレーション」及び基礎的なフリーズである「チェア」に着目する。

「アイソレーション」とは図 2 のように身体の一部のみを動かす身体操作であり、ダンスの動きの表現や見栄えの向上につながる。習得期間として、田中らの研究 [4] にて 1 年～2 年間練習することによって動きの質や幅、表現の広がりには効果が見られ、動きに対する理解度が深まるためモチベーションの向上に大きな影響があると示されている。基本的な習得方法として、個人で練習する場合、鏡で動きをチェックしながら行い、熟達者と練習する場合、熟達者の動きを模倣することで習得をしていく。しかし、初心者は鏡を見ることによってできているという判断がつかない場合やできていない部分の改善方法がわからない場合、熟達者の動きを見ても理解ができない場合がある。「アイ

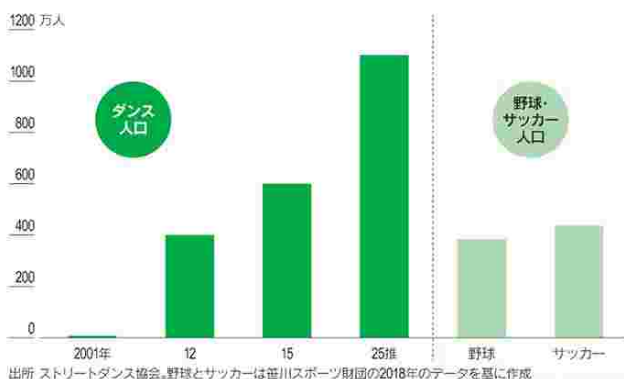


図 1 ダンス人口の推移 [1]

¹ 大阪工業大学

² 立命館大学

a) kanta.yamaguchi@mix-lab.net

b) hanoma@fc.ritsumei.ac.jp

c) sho.ooi@outlook.jp

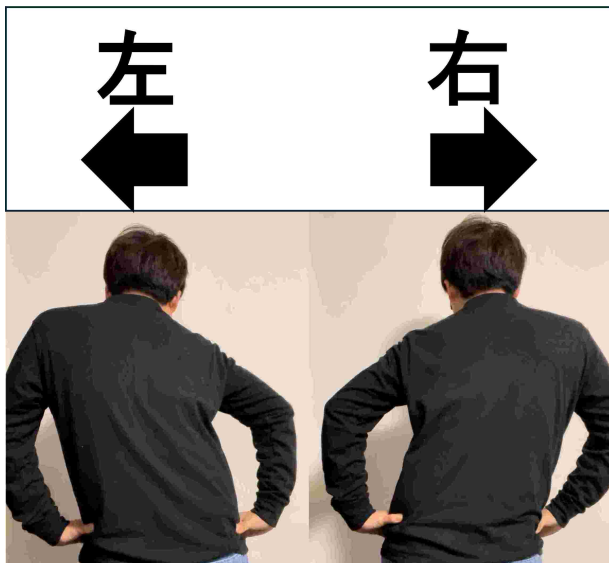


図 2 「アイソレーション」の様子



図 3 エントリー

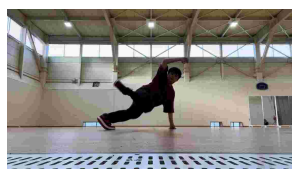


図 4 フットワーク



図 5 パワームーブ



図 6 フリーズ (チェアー)

「アイソレーション」は普段動かさない部位を動かし、身体の細かい動きは感覚的なため初心者には理解が難しく、言語化も難しい。そのため、自身の感覚と意識のずれによってうまくいかない場合もある。

「チェアー」とは図 6 のように利き軸の肘を腹斜筋付近に刺して両手と利き軸側の側頭部の 3 点で身体を支えるフリーズであり、習得期間は 1 週間～1 ヶ月程度である。習得方法として基本的には 1 人で繰り返し練習、複数人いる場合は誰かに足を持ってもらうことで習得していくが、軸手の肘の上に腹部を置いているため、足を浮かそうとして体重をかけると腹部や手首が痛くなり、長時間の練習が難しく、肘を腹部のどの位置に置くのか、重心の位置などが初心者にとって難しい要因になっていると考える。また、補助ありで練習してしまうと補助に頼り切ってしまう、補助を外す練習期間が追加され習得期間が長くなってしまう。

そのため、本研究では「アイソレーション」、「チェアー」においてダンス歴によってどのような違いがあるのか分析していき、ダンス未経験者が効率よく技を習得するために

はどうすればよいかの検討を行っていく。

2. 関連研究

2.1 アイソレーションの関連研究

富岡らの研究 [5] では、肩のアイソレーションに着目し、初心者が熟達者の肩甲骨の動きを可視化した視覚的フィードバックと振動によるフィードバックによって正確なリズムをキープすることで正しい肩のアイソレーションの習得支援システムを提案している。

土居らの研究 [6] では、「アイソレーション」においてスマートフォンで軸部、スマートウォッチで可動部の動きを加速度センサ、ジャイロセンサで測定し、リアルタイムでの振動フィードバックとグラフを用いた振り返り支援を提案しており、アイソレーションの技術を定量的に計測できることを確認している。その他にもモーションキャプチャによる実験も実施しており、この手法でも「アイソレーション」の技術を定量的に計測できることを確認している。これらの研究は熟達者の動きを見る、センサを付けた部位の加速度や傾きといった表面上の動きを測定しているため、身体内部がどのようなになっているかわからない。

2.2 姿勢の関連研究

難波らの研究 [7] では、バランス Wii ボードを用いて謙讓被験者を対象に斜視シミュレーションによる身体のバランスの検討、バランス Wii ボードの有用性を検討しており、バランス Wii ボードを用いた身体バランスの測定、客観的な評価は可能でバランス測定に有用であることが示されている。

Schwertner らの研究 [8] ではカメラを用いた背中姿勢測定システムの構築、検証を行っている。構築されたシステムは複数の角度から撮影された画像から姿勢の偏移の定量的な評価が可能であることが確認された。しかし、1 枚の画像のみで測定してしまうと測定の誤差が大きくなってしまう可能性があることが示唆された。

2.3 ダンスの関連研究

田中らの研究 [9] では、利用者とお手本の動きを比較して文章と骨格検出のボーンによる視覚的フィードバックをすることでダンスの上達支援を目的とするシステムを提案しており、あらかじめ熟達者の動きを骨格検出し、お手本となるボーンとして利用者の動きと比較する。お手本と利用者の動きが異なっていると対象の部位と文章によるフィードバックをかけることで利用者が自らのダンスを客観的に見ることが可能になった。

Geisen らの研究 [10] ではリアルタイムの視覚フィードバックが有用であるかを検証しており、視覚フィードバックと口頭によるフィードバックを比較した結果、視覚フィードバックの方がダンスの動作の正確性、流動性を向上させ

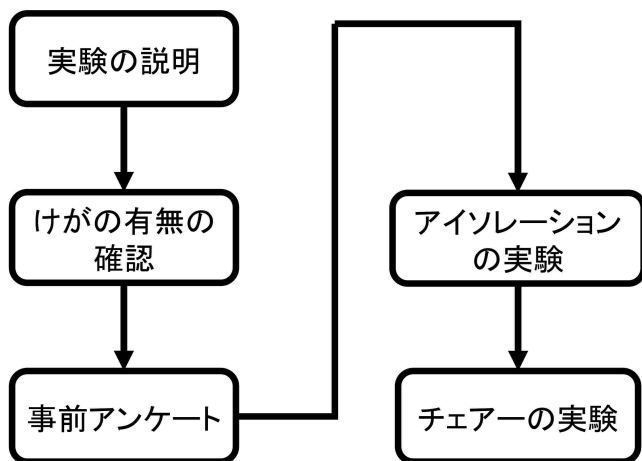


図 7 実験の流れ

ることが示唆された。また、フィードバックに関しても口頭より視覚のほうが受け取りやすいことが確認された。

3. 実験

実験の流れを図 7 に示す。研究の目的等を実験参加者に説明し、実験参加者が身体に異常を感じていないか確認する。その後事前アンケートを行い、利き手やダンス歴を記入してもらう。事前アンケートが終了すると、「アイソレーション」と「チェアー」の実験内容の説明を行い、「アイソレーション」及び「チェアー」の測定を行う。実験参加者は表 1 に示し、8 名のダンス経験者に行った。また、そのうちの 4 名の参加者は「チェアー」ができないため、正常時の傾き実験と「アイソレーション」の測定のみ行っている。また、本研究の一部は大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認（承認番号 2024-27）を得て実施した。

3.1 アイソレーション

「アイソレーション」では、首と胸の左右の動作について測定を行った。最初に正常時の傾きを測定するために図 8 のように、バランス Wii ボードにテープを張りその部分に足を置いてもらう。その後、10 秒間静止してもらい、その際の重心位置を測定する。次に筋電センサは図 8 のようにセンサを装着し、BPM100 のメトロノームに合わせてもらい 2-8 カウント（左右 8 回ずつ）「アイソレーション」を行ってもらった。また、その際にバランス Wii ボードに乗ってもらい「アイソレーション」中の重心移動も測定した。

3.2 チェアー

「チェアー」では、足が上がった瞬間から 10 秒間測定を開始した。その際に筋電センサや Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 触覚センサは図 9 のように筋電センサは両手の前腕、軸手側の首、腰の 4 カ所を MEMS 触覚セン



図 8 「アイソレーション」の実験の様子



図 9 「チェアー」の実験の様子

サは接地面である両手の掌底部、軸手側の側頭部の 3 点で測定した。また、本研究で使用する MEMS 触覚センサは橘らの研究 [11] で作成された触覚センサを基にしており、柔軟なエラストマー内に埋め込んだ 3 つの傾斜カンチレバーにより、圧力や剪断力を検知することができる。

4. 結果と考察

4.1 アイソレーションの結果

正常時の傾きの結果を図 10 にアイソレーション中のバランス Wii ボードの重心の移動を図 11 にアイソレーション中の筋電センサをダンス歴で分けて図 12～図 15 に示す。筋電センサの測定位置は首、胸の右側の結果である。

これらの結果から正常時の重心の傾きはアイソレーションのやりやすさに関係しないことがわかった。次にバランス Wii ボードでは首のアイソレーションに比べ胸のアイソレーションはダンス歴に関係なく、首より胸の方が重心が大きく移動していることがわかった。また、筋電センサについてはダンス歴によって筋肉の緊張と弛緩に違いが見られた。しかし、測定位置による違いは見られなかった。

表 1 実験参加者

質問項目 実験参加者	ダンス歴（ブレイクダンス歴）	アイソレーション	チェアー（軸手）	利き手
A	1.75 年（0 年）	参加	実験参加なし	右
B	2.75 年（2.75 年）	参加	参加（左）	右
C	1.75 年（0 年）	参加	実験参加なし	右
D	1.75 年（1.75 年）	参加	参加（右）	右
E	8.5 年（0 年）	参加	実験参加なし	右
F	1.75 年（0 年）	参加	実験参加なし	右
G	3 年（3 年）	参加	参加（右）	右
H	6 年（1.5 年）	参加	参加（右）	右

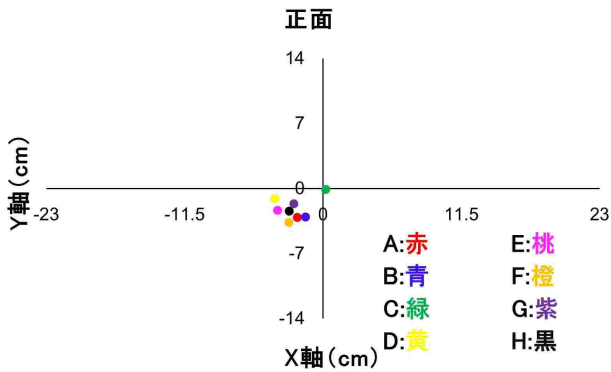


図 10 正常時の傾きの結果

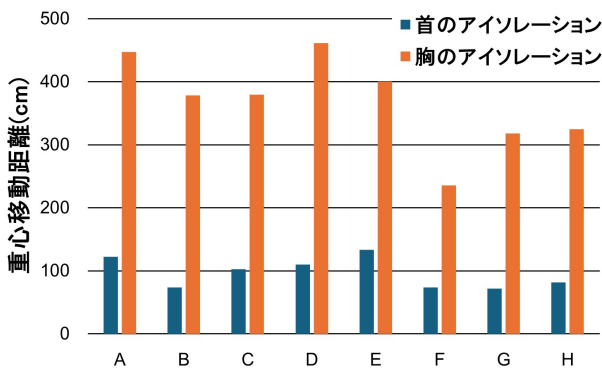


図 11 「アイソレーション」の重心移動距離に関する結果

4.2 アイソレーションの考察

アイソレーションについてダンス歴によって筋肉の緊張と弛緩の差に明確な違いがみられた。これは普段のダンスに「アイソレーション」を取り入れて動くことで身体操作の練度が高くなっていることが原因であると考え。また、筋電センサの実験において測定位置に大きな差が見られなかった原因として、「アイソレーション」が左右対称の動きで測定をしているためであると考え。

4.3 チェアーの結果

MEMS 触覚センサによる力の向きを図 16～図 19、筋電センサによる結果を図 20～図 23 に示す。

MEMS 触覚センサでは、軸手において図 16 のように正

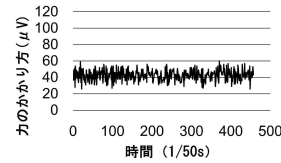


図 12 首のアイソレーション（ダンス歴 3 年未満）

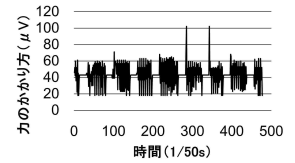


図 13 首のアイソレーション（ダンス歴 3 年以上）

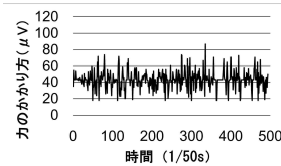


図 14 胸のアイソレーション（ダンス歴 3 年未満）

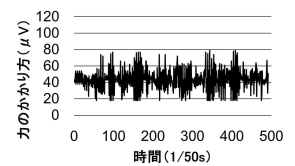


図 15 胸のアイソレーション（ダンス歴 3 年以上）

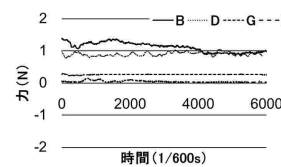


図 16 軸手での X 軸方向における力

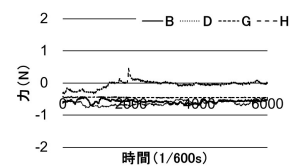


図 17 軸手での Y 軸方向における力

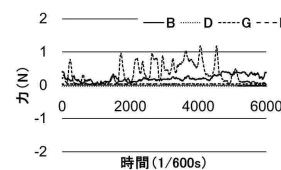


図 18 側頭部での X 軸方向における力

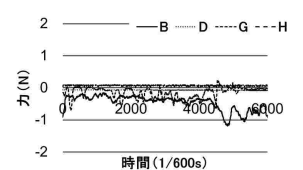


図 19 側頭部での Y 軸方向における力

の値を示していることから、軸手に対し親指側（頭側）に力がかかっていることがわかった。次に図 17 のように負の値を示す結果があることから、掌底側に力がかかっていることがわかった。側頭部では図 18 から、顔が向いている方向へ力がかかっていることがわかった。Y 軸において図 19 は負の値を示していることから頭より胴体側へ力がかかっていることがわかった。

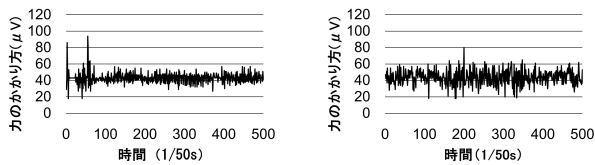


図 20 軸手における筋電センサ (ブレイクダンス歴 2 年未満) 図 21 軸手における筋電センサ (ブレイクダンス歴 2 年以上)

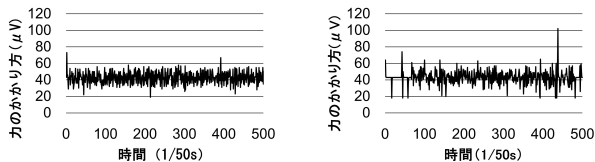


図 22 腰における筋電センサ (ブレイクダンス歴 2 年未満) 図 23 腰における筋電センサ (ブレイクダンス歴 2 年以上)

筋電センサでは、図 20～図 23 より、測定位置に関係なく 2 年未満の者は実験開始時に力がかかっている。しかし、2 年以上の者は実験開始時にはあまり力がかかかってなく、徐々に力がかかかっていくことがわかった。

また、MEMS 触覚センサにおいて Z 軸、筋電センサの軸手側の首、逆手についてはダンス歴に関わらず差が見られなかった。

4.4 チェアーの考察

MEMS 触覚センサの結果から「チェアー」における重心の位置は頭側かつ胸側にあるのではないかと考える。具体的には肩の周りに重心があるのではないかと考える。筋電センサの結果から、最初に力がかかってしまう理由として、実験開始した瞬間に足で蹴り上げることで「チェアー」の体勢に入っていることが原因であると考えられる。しかし、練習を続けていくことで、シーソーの要領で頭を下げることで足を上げているため、最初に力がかからない。その後、体勢を維持するために力をかけるために力がかかかっていくのではないかと考える。

5. まとめ

本研究では、ダンス経験者の中でダンス歴によって生じる違いについて分析を行った。「アイソレーション」ではダンス歴によって力のかかり方についてダンス歴が長いほど筋肉の緊張と弛緩の切り替えが鮮明になっていることがわかった。「チェアー」では MEMS 触覚センサによって重心位置の推定を行い、ダンス歴によって力をかけずとも重心の位置を理解することで装置のようなものを使わずどこでも練習することができ、「チェアー」の形に持っていくことができるのではないかと考える。

そのため、ダンス未経験者には「アイソレーション」に

ついては本実験で測定した部分に力を入れる感覚を教えることが習得のための第 1 歩であると考えられる。また、「チェアー」では、足を持ち上げるときに軸手側の肩を地面に近づけることで重心が肩へ移動し、「チェアー」の難易度が低くなるのではないかと考える。

今後の展望として、ダンス未経験者まで実験を行っていき、ダンス経験者との違いを見つけることで効率よく技の習得ができるようにフィードバックできるシステムの構築を行っていく。

謝辞本研究は JSPS 科研費 22H00542 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] 日本経済新聞電子版. 株価も踊る！躍動ダンス市場 日本のダンサー 85 倍に, 2023/7/5, (閲覧日 2024/4/13).
- [2] 文部科学省. 武道・ダンス必修化 (閲覧日 2024/4/13). https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/jyujitsu/1330882.htm.
- [3] 文部科学省. 資料 4 新学習指導要領について p2(閲覧日 2024/4/13). https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/044/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2018/07/09/1405957_003.pdf.
- [4] 中直美, 本清. 男新体操におけるダンス・アイソレーショントレーニングの導に関する研究. 花園学学術紀要, No. 51, pp. 119-143, 2019.
- [5] 富岡茉那, 柳英克. ストリートダンスにおける視覚・身体フィードバックを用いたアイソレーション練習支援システムの開発. 情報処理学会インタラクション 2020, pp. 483-286, 2020.
- [6] 土居将史, 塚田浩二. ダンスにおけるアイソレーション練習支援システム. 情報処理学会インタラクション 2019, pp. 773-777, 2019.
- [7] 難波哲子, 林泰子. Wii fit を用いた斜視シミュレーションの身体バランスの検討. 川崎医療福祉学会誌, Vol. 26, No. 2, pp. 252-257, 2017.
- [8] Debora Soccacal Schwertner, Raul Oliveira, Giovana Zarpellon Mazo, Fabiane Rosa Gioda, Christian Roberto Kelber, and Alessandra Swarowsky. Body surface posture evaluation: construction, validation and protocol of the spgap system (posture evaluation rotating platform system). *BMC Musculoskeletal Disorders*, Vol. 17, No. 204.
- [9] 田中佑典, 齋藤剛. モーションキャプチャを用いたダンス上達支援システムの開発. 情報処理学会第 75 回全国大会, pp. 225-226, 2013.
- [10] Mai Geisen, Nina Riedl, and Stefanie Klatt. Real-time visual feedback on motor performance in a dance class: Presentation of a field study concept. *The Third International Workshop on Multimodal Immersive Learning Systems*, 2023.
- [11] 橋弘人, 釜鳴志朗, 美馬達也, 寒川雅之, 金島岳, 奥山雅則, 山下馨, 野田実, 野間春生, 樋口誠良. 3 方向カンチレバーを用いた多軸触覚センサの作製と基礎特性. 電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌), Vol. 130, No. 6, pp. 223-229, 2010.