



VR デバイスを用いた身体動作拡張による ダンスムーブメント作成システムの試作

Prototype of a Dance Movement Creation System Using VR Devices to Augment Body Movements

松下匠武¹⁾, 曾我麻佐子¹⁾, 三輪亜希子²⁾

Takumu MATSUSHITA, Asako SOGA, and Akiko MIWA

- 1) 龍谷大学 大学院理工学研究科 (〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5, {asako, matsushita}@motionlab.jp)
2) 尚美学園大学 芸術情報学部 (〒350-1110 埼玉県川越市豊田町 1-1-1, a-miwa@s.shobi-u.ac.jp)

概要: 本研究では, ダンスの振付の創作支援を目的とし, 仮想空間内で身体動作の拡張を体験することによりダンスムーブメントを作成するシステムを試作した. 本システムでは, VR デバイスを用いて入力されたユーザの身体動作を拡張した動きを作成することができる. 身体動作の拡張は, 実際のダンス振付創作に用いられているメソッドを基に IK を用いて実装した. VR デバイスをプロの創作活動に活用するための予備実験として, 本システムを使用した際の疲労や酔いの感じ方, システムの操作性に関する評価を行った.

キーワード: ダンス, 創作支援, 人間拡張, VR

1. はじめに

人間拡張とは, 人間の能力をテクノロジーによって自由に増強・拡張させる技術である[1]. 人間拡張のうち, 身体を拡張することで, 日常生活では行えない動作や体験をすることが可能となる. 身体を拡張する際には, 外骨格やパワースーツ等を用いて行うが, 近年では, 市販の VR (Virtual Reality) デバイスを用いることで, 仮想空間において手軽に身体拡張体験を行うことが可能となった.

本研究では, ダンスの振付の創作支援を目的とし, システムの開発を継続的に行っている. ダンスといった身体的かつ文化的な表現行為は, 身体の技術的な開発が文化的価値に直接的な影響を与えてきた. 身体の技術的な洗練を芸術として問うダンスの美的な現象を支えるものは, 類まれな想像力や虚構といった神がかり的な創造性[2]だけではなく, 創造性を実現可能化するための運動理論に基づいた動作の法則への理解が不可欠である. そこで本研究では, 仮想空間で身体動作を拡張することにより, ダンスムーブメントを作成するシステムの試作を行った.

ダンサーの動きをリアルタイムに入力し, ダンスパフォーマンスに活用する例は多くあるが, これらは舞台上での映像投影が主流である. 身体動作の入力からダンスの創作支援を行っている例としては, ダンサーに取り付けたセンサが描く幾何学図形から即興で動きを創作する試み[3]や, 深度カメラで取得した人体動作とその動作を言葉でタグ

付けしたものを保存していき, 言葉と身体のアプローチから振付創作の可能性を開拓したもの[4]などがある.

仮想空間において身体拡張を行う研究として, 指を伸ばすことによる身体所有感の生起について検討した研究[5]がある. VR デバイスを装着したダンサーとのインタラクション[6]なども行われているが, 拡張された身体の動作をダンスの創作支援に用いる研究はまだなされていない.

本研究では, VR デバイスを用いてユーザの身体動作を入力し, その動きを拡張して仮想空間の自身のアバタとなる 3D キャラクタで提示する. 仮想空間では, 身体制約を超えた動きや, 実際の動きに別の動作を加えるなどの身体動作の拡張を容易に体験することができる. 作成した動作をダンスの振付にそのまま使用することや, 作成した動作を基にユーザが新しい動作を考案すること, ユーザがシステムを体験している際に実際に行った動作などから, 動きに対する新しい発見をすることで, ダンスの学習および振付創作に役立てることを目的としている.

本研究では, 試作システムとして, 実際にダンスの振付創作でも使われている複数のメソッドを実装した. 本システムはダンサーや振付家に使用してもらうことを想定しているが, VR デバイスを創作活動に有効活用するためには, 簡単な操作でストレスを与えないこと, 長時間使用可能であること, 自身の動きの確認がしやすいことな

どが必要である。これらを検討するための予備実験として、動きが確認しやすいか、どのような条件で酔いや疲労を感じるか、どのUI(ユーザインタフェース)の操作が分かりやすいかについて評価を行った。

2. ダンスムーブメント作成システム

2.1 システムの概要

本システムでは、ユーザがVRデバイスを用いて入力した身体動作を拡張し、仮想空間上でリアルタイムにダンスムーブメントの作成を行う。システムの概要図を図1に示す。VRデバイスにはMeta Quest 2を用い、システムはUnityを用いて開発を行った。頭に装着するHMD(Head-Mounted Display)と、両手に持ったコントローラのみで仮想空間上の3Dキャラクタを操作するが、本システムでは、身体の動きを拡張することで、本来動かすことのできない脚や銅を操作することも可能である。そのため、ユーザの身体能力に関わらず動きの作成が可能である。

身体動作の拡張は、ダンスの振付創作メソッドを基に行う。試作システムでは、本システムに適した操作や視点を検討するため、3種類のUIと視点を実装した。

2.2 振付創作手法におけるメソッド

ダンスにおける動きの法則的な開発は、クラシック・バレエ、ストリートダンスなどあらゆるダンスジャンルにおいて各ジャンル特有の開発が続いており、即興的な動きの発見を起点とするコンテンポラリーダンスにおいても、動きの上達と新規開拓のために振付創作における法則的なバリエーションが様々な生み出されてきた。例えば、ルドルフ・フォン・ラバン(Rudolf von Laban, 1879-1958)は、ダンス振付の力・指向性・タイミングという3つの特徴をエフォート(Effort)として法則化した[7]。また、オハッド・ナハリン(Ohad Naharin, 1952)が開発したGAGAは、「身体の力を10%から20%へ上げていく」や「背中から翼が生えていくように」など身体へ感性的なイメージによる言語を働きかけ、本能的な動作を高め、意識と潜在意識を動きへと繋げていくメソッドである[8]。近年では更にメソッドが細分化され、Zigzag, Bindといった動詞や用語を動きのリサーチの条件とし、そこから連想される身体の動作をダンサー各自が拡張していくといったメソッドが扱われている。

今回は、Zigzag, Bind, Away, Scanの4つのダンスメソッドを基に、VR空間で身体動作の拡張を行いながらダンスムーブメントを作成するシステムを試作した。

2.3 UIと操作方法

本システムでは、起動後すぐに3Dキャラクタとユーザの体格の差異を調整するため、ユーザが両腕を横に広げたときの腕の長さからキャラクタのサイズを変更するキャリブレーションを行う。その後、使用するメソッドとメソッドを適用する身体部位を選択し、ダンスムーブメントの作成を行う。3Dキャラクタの動作を確認しやすくするために、仮想空間上には鏡を配置した。

今回は、メソッドと身体部位を選択するUIについて、

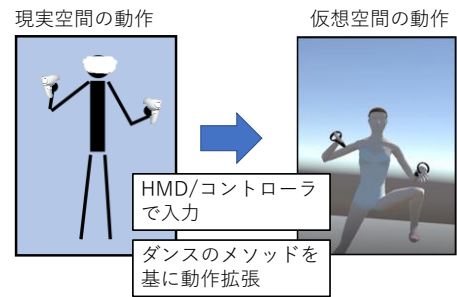


図 1: システム概要図

図2に示すUI1~UI3の3種類を用意した。図2(a)のUI1は、右手のコントローラにあるA,Bボタンのみを使用し、Aボタンでメソッドと身体部位(1つまたは2つ)を選択し、Bボタンで確定する。Aボタンを押すたびにメソッドや身体部位が切り替わり、画面上にポップアップされる。

図2(b)のUI2は、右手のコントローラにあるAボタンと左手のコントローラにあるXYボタンを使用し、Aボタンでメソッド、Yボタンで1つ目の身体部位、必要に応じてXボタンで2つ目の部位を選択する。

図2(c)のUI3は、画面上に配置したボタンとコントローラのトリガーボタンを使用し、右コントローラの前から伸びるポインタを画面上のボタンと重ね、トリガーボタンを押すことでメソッドと身体部位を選択する。選択されているメソッドと身体部位は、仮想空間上に配置した鏡の左上に書かれているテキストから常時確認できる。

本システムでは、ユーザの視点として、図3に示す3つを実装した。図3(a)の一人称視点では、3Dキャラクタの頭に視点が追従する。HMDで入力するユーザの頭の動きと連動するが、3Dキャラクタの頭がメソッドにより動かされた場合の視点は、現実世界のユーザの頭ではなく、キャラクタに追従して動く。図3(b)の三人称視点では、3Dキャラクタの背後に視点を配置する。図3(c)のハイブリッド視点では、ユーザとキャラクタが連動している場合は一人称視点と同じであるが、メソッドにより異なる動きをした

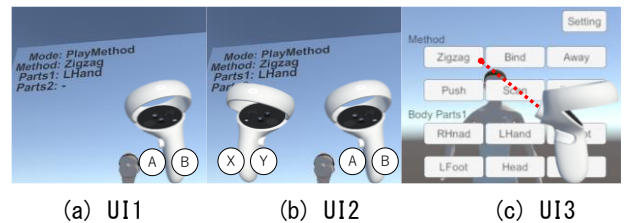
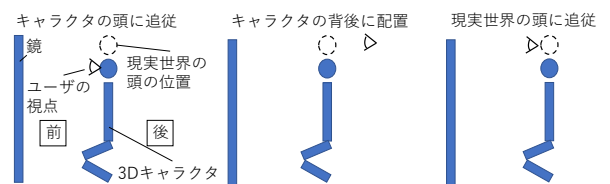


図 2: システムを操作するUI



(a) 一人称視点 (b) 三人称視点 (c) ハイブリッド視点

図 3: 本システムでのユーザの視点

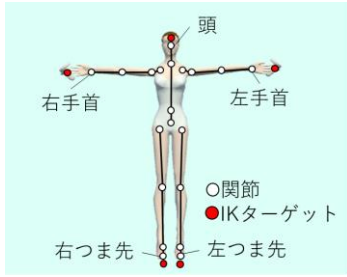


図 4:3D キャラクタの構造

場合、キャラクタではなくユーザの頭に追従する。

3. ダンスムーブメントの作成方法

3.1 IKによる身体拡張の実装

3D キャラクタの各部位は IK(Inverse Kinematics)により制御する。IK の制御には、アセットの一つである FinalIK[9]の VRIK を用いた。デバイスからの入力に基づき選択したメソッドに応じて IK のターゲットを動かすことで身体動作の拡張を行う。

3D キャラクタの構造を図 4 に示す。図 4 の線でつながれた胴(頭, 首, 背骨, 腰), 両腕(手首, 肘, 肩, 鎖骨), 両脚(つま先, 足首, 膝, 股関節)にそれぞれ IK が適用されており, それぞれの IK ターゲットと各部位の末端関節である頭, 右手首, 左手首, 右つま先, 左つま先との距離が一番近くなるように各部位の関節を回転させる。起動時では, 頭と両手の IK ターゲットはそれぞれ HMD と両手のコントローラに追従し, 両脚の IK ターゲットは仮想空間上にある地面に固定されている。この IK ターゲットを, メソッドに応じて移動させることで動きの拡張を行っている。

3.2 メソッドの実装

3.2.1 Zigzag

Zigzag は, 腕や頭などの身体の一部をジグザグに動かすダンスメソッドである。本システムでの Zigzag メソッドでは, ユーザの身体動作入力をジグザグに移動する動作に変換する。身体動作の入力には HMD または VR コントローラを使用するため, 入力可能な身体部位は右腕, 左腕, 頭のいずれかである。図 5 は左腕を選択し, Zigzag メソッドを適用した例である。左手に持ったコントローラの位置情報を毎フレーム取得し, 移動方向と垂直の方向に 3D キャラクタの腕をジグザグに動かす。

3.2.2 Bind

Bind は, 複数の身体部位を一定距離を保ったまま動かすダンスメソッドである。本システムでの Bind は, 身体部位を 2 つ選択し, 2 つ目の部位の末端関節を, 1 つ目の部位の末端関節から任意の方向に任意の距離離れた位置に追従させるように動かす。1 つ目として入力可能な身体部位は右腕, 左腕, 頭のいずれかである。2 つ目の身体部位は, 右腕, 左腕, 頭, 右脚, 左脚のいずれかで, 1 つ目を選んだ部位は選択できない。図 6 は 1 つ目の部位に左腕,

2 つ目に左脚を選択し, Bind メソッドを適用した例である。初期値では, 1 つ目の部位の末端関節から真下方向に 0.5m 離れた位置に 2 つ目の部位の末端関節がリアルタイムで追従するが, コントローラの操作で方向と距離を自由に変更することが可能である。

3.2.3 Away

Away は, 複数の身体部位の距離を離すように動かすダンスメソッドである。本システムでの Away は, Bind と同様に身体部位を 2 つ選択し, 2 つ目の部位の末端関節が, 1 つ目の部位の末端関節と反対方向に移動する。図 7 は 1 つ目の部位に左腕, 2 つ目に頭を選択し, Away メソッドを適用した例である。メソッド実行時に選択した 2 部位の末端関節の midpoint を記録し, この midpoint に対して, 2 つ目の部位の末端関節を, 1 つ目の部位の末端関節と点対称の位置になるようにリアルタイムに移動させる。

3.2.4 Scan

Scan は, 特定の身体部位を, ほかの身体をなぞるように動かすダンスメソッドである。本システムの Scan メソッドでは, リアルタイム性はなく, なぞる動作を記録した後にそのアニメーションを再生する。まず, 左右いずれかのコントローラで身体の一部をなぞるように動かして経路を記録する。次に, 追従する身体部位を選択し, 記録した経路に追従して自動で動くアニメーションを再生する。追従する身体部位として選択できるのは, 現在のところ右腕, 左腕, 頭, 右脚, 左脚である。キャラクタが動いて経路が変わった場合, それに合わせて Scan の経路も変更される。図 8 は左手に把持したコントローラで頭, 胴, 左脚をなぞ

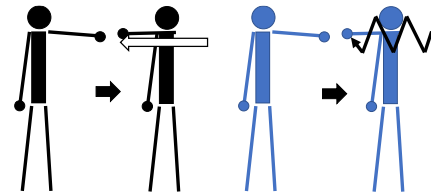


図 5:Zigzag の実行例。実空間で腕を動かすと (左), 仮想空間ではジグザグに動く (右)。

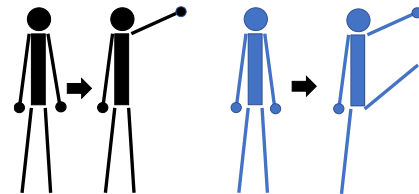


図 6: Bind の実行例。実空間で手を動かすと (左), 仮想空間では手に脚が追従して動く (右)。

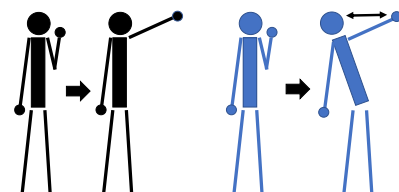


図 7: Away の実行例。実空間で手を動かすと (左), 仮想空間では頭が手と逆方向に動く (右)。

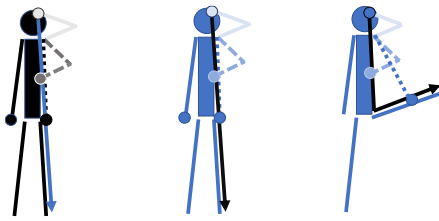


図 8: Scan の実行例. 実空間で体に沿って動かすと (左), 仮想空間では沿った場所に合わせて自動で動く (中), 体が動くと経路も合わせて変わる (右).

り, その経路に左腕を追従させて再生した場合の例である. 再生中に身体を動かした場合も追従するため, 図 8 の右図のように左腕が左脚に追従しているときに左脚を動かすと左腕もその動きに追従する.

Scan は経路を保存した後にアニメーションを再生するため, その場で動作をイメージできないという欠点はあるが, アニメーションを再生しながら動くこともできるので, さらに別の動作と組み合わせることも可能である.

4. 評価実験

本研究では, 今回のシステムに適した操作や視点, システムの問題点を調べるため, 学生 5 人を対象に評価実験を行った. はじめに本研究の概要と実験の目的を説明した後, 今回実装した 3 種類の視点と, 3 種類の UI で実際にシステムを操作してもらった実験を行い, その後に質問紙による評価を行った. メソッドは, Zigzag と Away を使用した.

視点についての実験では, 視点ごとに, ①Zigzag を右腕に適用したもの, ②Away を右腕入力から右脚連動に適用したもの, ③Away を右腕入力から頭連動に適用したものの 3 パターンを体験してもらった. UI の実験では, UI ごとに, ①Zigzag を左腕に適用させるタスク, ②Away を左腕入力から右脚連動に適用するタスクの 2 つを行った. 体験してもらった視点および UI の順番は, 参加者ごとにランダムになるよう設定した. 視点についての質問では, 3D キャラクタによる動きの視認のしやすさ, システムを使用した際の疲労, 画面の酔いの有無について (各 4 段階) と, 画面酔いの原因について回答してもらった. UI についての質問では, UI ごとの使いやすさ (4 段階) と, 使いやすい/使いにくいと感じた理由を回答してもらった.

視点についての実験の結果, 一人称視点では, 現実世界でのユーザの頭の動きと, 3D キャラクタの頭の動きに差異があるときに酔いを感じたという意見が多かった. また, 三人称視点では, ほかの視点では気づけなかった動作が発見できたという意見もあった.

UI の実験の結果, UI3 は選択しているものがわかりやすい, 操作が直感的で押すボタンが少ないので使いやすかったという意見が複数あった. UI2 はボタンごとに選択するものが決まっているので使いやすいが, 操作を覚えるのが大変だという意見があった. UI1 は操作するボタンが少な

いため分かりやすいが, 現在何を選択しているのかがわかりにくい, 操作に時間がかかるという意見があった.

5. おわりに

本研究では, VR デバイスを用いてユーザの身体動作を拡張することによりダンスムーブメントを作成するシステムを試作した. 身体動作の拡張は, 実際のダンス振付創作に用いられているメソッドを基に IK を用いて実装した.

評価実験の結果, 視点についてはユーザの動きと関係なく動くものが画面酔いを感じることで, キャラクタを背後から見る視点では, ほかの視点では気づけない動作を発見できることがわかった. また, 本システムの UI としては各項目の選択をコントローラのボタンにそれぞれ割り当てたものと, 画面上にボタンを配置したものが使いやすいことがわかった. しかし, コントローラのボタンを複数使うと操作が複雑になる, 画面上のボタンの場所が見づらいなどの課題もあった.

今後は, 評価実験の結果を基にシステムを改良し, プロの振付家にシステムを体験してもらう予定である.

謝辞

本研究の一部は, JSPS 科研費 19H04424 の助成によるものである.

参考文献

- [1] 暦本純一: 人間拡張が築く未来, 東京大学大学院情報学環紀要 情報学研究, No. 4, pp. 19-45, 2021.
- [2] 阿部慶賀: 創造性はどこからくるか 潜在処理, 外的資源, 身体性から考える. 越境する認知科学, 日本認知科学学会, 2019.
- [3] YCAM InterLab + Yoko Ando R&D Project 「RAM」, <https://special.ycam.jp/ram/en/>, (2022/7/17)
- [4] K. Sukanum, et. al.: “KOTOBA SHINTAI”: A Workshop to Explore the Interconnectivity between Words and Body Movements, SIGGRAPH Asia 2015 Symposium on Education, No. 15, pp. 1-3, 2015.
- [5] 小川奈美, 他: えくす手: バーチャルな拡張身体を用いたピアノとのインタラクション, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 23, No. 3, pp. 91-101, 2018.
- [6] W. Rebecca and J. Cook: Choreographic Encounters in XR: Reflections on Dancing in/Dancing with the Digital, Body, Space & Technology, Vol. 21, No. 1, pp. 1-27, 2022.
- [7] I. Bartenieff and D. Lewis: Body Movement Coping with the Environment, Gordon and Breach Publishers, 1980.
- [8] 岡本ひかる, 他: GAGA における「慣習の変更」の具体的実践: 動きの方向性・身体の分節化を中心に, 神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要, 2018.
- [9] FinalIK, <https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/final-ik-14290/>, (2022/7/18)