

フラ衣装デザインツールに関する研究

釜坂 岳人^{a)}・坂本 真人^{b)}

Study on Design Tool of Hula Costumes

Taketo KAMASAKA, Makoto SAKAMOTO

Abstract

Miyazaki Prefecture has a large hula population, probably due to its similarity to Hawaii in mythology and climate. On the other hand, many hula costumes are handmade, and it costs tens of thousands of yen to produce an original design. Therefore, we are developing a 3D CAD (computer-aided design) system for hula costumes based on the idea that we can reduce the number of failures by checking the behavior of the fabric when danced in the designed costume before manufacturing it. Although there are research examples of regular apparel CAD, there is no precedent specific to hula costumes. In recent years, 3D computer graphics (3DCG) technology has been applied in various fields such as AR/VR technology, movies, games, and virtual fitting of clothes. In this research, we generate a 3D human model with a body shape similar to our own, and have the model wear a skirt, so that we can find our preferred skirt length.

Keywords: Animation, Computer graphics, Human body model, Hula Costumes

1. はじめに

近年、3次元コンピュータグラフィックス(3DCG)技術は、様々な分野で応用されている。3DCGを用いたアパレルデザインツールはいくつか存在するが、フラに特化した前例は見当たらない^{1, 2)}。そこで、今回はフラ衣装のデザインツールの開発の前段階として、スカートの色や柄を選択してシミュレーションできるツールを開発した。このツールでは、色や柄の他に身体の測定値を元に人体モデルを変形する機能がある。また、スカートのおすすめの長さを身体の測定値に基づいて表示する機能も開発した。これらの機能により好みのスカートを見つけることができる。

2. 研究背景

本研究では、図2.1のような2Dの実行結果を出力する図2.2の2Dのフラ衣装デザインツール³⁾を図2.3のように3Dアニメーションで実行結果をリアルタイムで出力できるように改善した。2Dから3Dアニメーションに変更することで、よりスカートの完成品がイメージしやすくなる。



図 2.1 2D デザインツールの実行結果

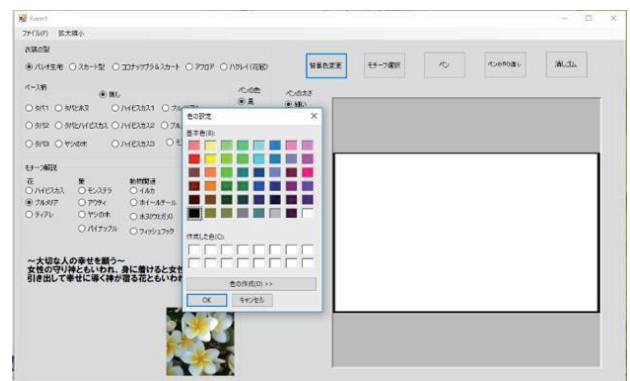


図 2.2 2D デザインツール

a) 工学専攻機械・情報系コース大学院生

b) 工学基礎教育センター教授

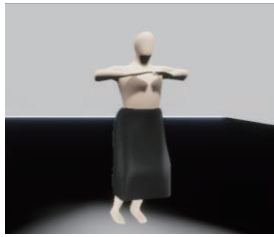


図 2.3 3D デザインツールの実行結果

3. 開発環境

本研究は、表 3.1 の環境でシミュレーションを行った。

表 3.1 開発環境

OS	Windows 10 Pro
メモリ	16GB
プロセッサ	Intel® Core™ i7-7700 3.60GHz
GPU	Quadro M4000
プログラミング言語	C#
ツール開発	Unity
CG モデリングソフト	Blender

4. 機能の実装

今回、開発した身体の測定値に基づく人体モデルの変形、スカートの色・柄の選択、スカートの長さの変更の機能の処理について説明する。

4.1 身体の測定値に基づく人体モデルの変形

本研究では、身体の測定値を入力することで、入力値に基づき人体モデルの各部位がスケーリングされる。N. Metaaphanon, P. Kanongchaiyos⁴⁾は、身体の測定値に基づき等高線を生成し、生成した等高線を曲線で補間することで、人体モデルを生成した。

今回は、4つの部位の長さの測定と7つの部位の周囲の長さの測定をする。そして、測定値を図 4.1.1 の入力フォームに入力することで、測定した本人と同じ体型に人体モデルを変形する。



図 4.1.1 測定値の入力フォーム

4.1.1 各部位の長さの変形

今回は、変形前の人体モデルの身長を 160cm と仮定して以下の手順で胴、脚、肩幅、腕の各部位の長さのボーンを中心とした、拡大・縮小率を決定した。

1. 人体モデルの各ボーンの縦の長さを図 4.1.2 の画像の座標で計算した。結果を以下の表 4.1.1 に示す。頭、首、胸、背中、腰、臀部、腿、脛脛、足は、縦の長さを測った。肩、上腕、前腕、手は、横の長さを測った。

表 4.1.1 各ボーンの座標上の長さ

部位	長さ
頭	79
首	40
胸	66
背中	54
腰	43
臀部	49
腿	146
脛脛	150
足	37
肩	69
上腕	74
前腕	98
手	59

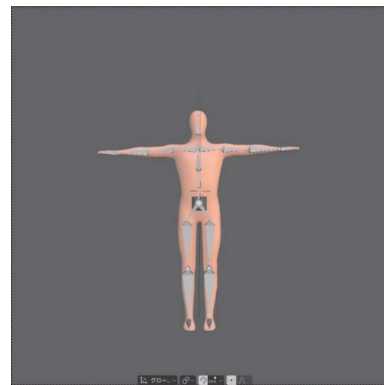


図 4.1.2 3D 人体モデル (正面)

2. 頭、首、胸、背中、腰、臀部、腿、脛脛、足の縦の長さを加算し、すべて頭の長さ 79 で除算した。その計算結果が約 8.40 である。
3. 変形前のモデルを 160cm と仮定したので、160 で手順 2 の結果を除算する。その計算結果が約 19.036 である。
4. そして、以下の式で身長 160cm の過程上での各ボーンの長さ L_{Born} を計算する。

$$L_{Born} = 19.036 \times L_i \div 79 \tag{1}$$

この時、 L_i を座標上での各ボーンの長さとする。

5. 最後に、実際の各部位の測定値を手順4の計算結果で除算すると人体モデルの部位の拡大・縮小率が決まる。

測定した胴、脚、腕の長さはそれぞれ、背中・腰、腿・脛脛、上腕・前腕の長さの合計値にあたる。

4.1.2 各部位の周囲の長さの変形

変形前の人体モデルの身長を 160cm と仮定して以下の手順で、チェスト、ウエスト、ヒップ、上腕、前腕、腿、脛脛の周囲の拡大・縮小率を計算した。

1. 人体モデルのチェスト、ウエスト、ヒップ、上腕、前腕、腿、脛脛の長径と短径を図 4.1.2、図 4.1.3、図 4.1.4 の画像の座標で計算した。結果を以下の表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 各部位の長径と短径

部位	長径	短径
胸囲	148	96
ウエスト	112	67
ヒップ	125	76
上腕	37	33
前腕	29	26
腿	67	57
脛脛	47	41

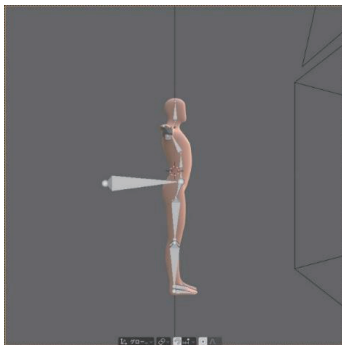


図 4.1.3 3D 人体モデル (横)

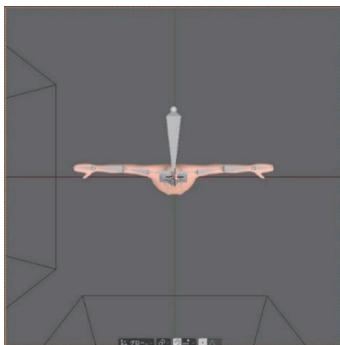


図 4.1.4 3D 人体モデル (上)

2. 身体各部位の断面を楕円状と考える。楕円の周囲の長さ L の近似式を以下に示す⁵⁾。

$$L = 2\sqrt{4(a-b)^2 + \pi^2 ab} \quad (2)$$

ここで、 a は短径、 b は長径である。

3. 短径と長径の比率 A が決まっている場合、以下の式で、周囲の長さから短径と長径が計算できる。

$$b = Aa \text{ のとき } a = \sqrt{\frac{L^2}{4\{4 - (8 + \pi^2)A + 4A^2\}}} \quad (3)$$

4. 手順3の短径 a と長径 b より短径の倍率 s_a と長径の倍率 s_b は以下の式で計算される。

$$s_a = \frac{2a}{19.036 \times L1_i \div 79} \quad (4)$$

$$s_b = \frac{2Aa}{19.036 \times L2_i \div 79} \quad (5)$$

この時、 $L1_i$ は各部位の長径、 $L2_i$ は各部位の短径である。チェストやウエストの長径と短径の比率は、人によって大きく変わることがあるため、今回はチェストとウエストに関しては、横から見た形が「平ら」、「やや丸め」、「丸め」の3つの項目から選べるようにした。それぞれの項目を選択した際の長径と短径の比率を以下の表 4.1.3 に示す。

表 4.1.3 各項目の各部位の長径と短径の比率

項目	比率 (長径 : 短径)
平ら (ウエスト)	100 : 59.8
やや丸め (ウエスト)	100 : 70
丸め (ウエスト)	100 : 80
平ら (胸)	154.2 : 100
やや丸め (胸)	150 : 100
丸め (胸)	145 : 100

4.2 スカートの色の変更

スカートの色の変更は図 4.2.1 の赤、緑、青の各スライダを動かすことにより、変更される。

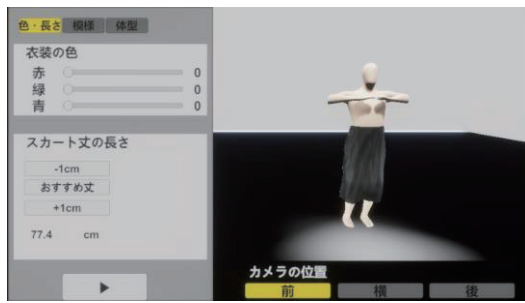


図 4.2.1 色変更の画面

RGBA カラーモデルを用いて色を表現した。このモデルでは、R(赤)、G(緑)、B(青)、A(透明度)の各パラメータが0%から100%で決めることにより色を表現する⁶⁾。今回のシステムでは、0%のときはパラメータを0、100%のときはパラメータを1とする。透過をさせないためAは1に固定している。最初の状態は(R, G, B, A)=(0, 0, 0, 1)としており、各スライダを動かすことにより、色を変更することができる。スライダは、左が0であり、右が1である。処理手順を以下に示す。

1. 色のパラメータを (R, G, B, A) = (0, 0, 0, 1)にし、スカートの色を黒にする。
 2. スカートのテクスチャが設定されていた場合、テクスチャのパラメータを null にする
 3. 現在のスカートの色の RGB のパラメータを取得する。
 4. 各スライダの値を取得する
 5. 各スライダの値を RGB の各パラメータに代入する。
- 手順3から手順5を繰り返すことで、スカートの色をリアルタイムで変更することができる。

4.3 スカートの柄の変更

スカートの柄の変更は図 4.3.1 の各柄のボタンをクリックすることにより、変更される。

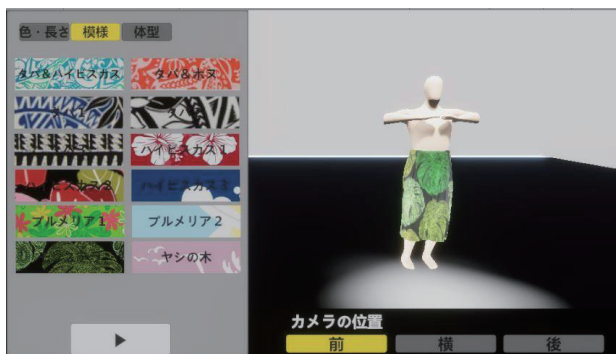


図 4.3.1 柄変更の画面

柄の変更は、ボタンを押した際に、スカートの色を白のパラメータ (R, G, B, A)=(1, 1, 1, 1) とし、選ばれたテクスチ

ャをスカートにマッピングすることで変更される。

今回は、スカートのモデルに図 4.3.2 の UV 展開の情報を Blender で格納し、画像をマッピングした。

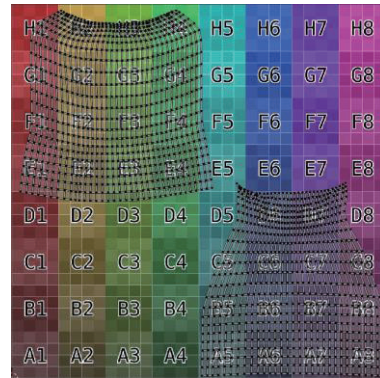


図 4.3.2 スカートの展開図

UV 展開とは、3次元の情報であるメッシュを展開し、2次元の座標に対応させる作業のことをいう。なお、UV マップの“U”はテクスチャの横座標、“V”は縦座標を表す⁷⁾。

4.4 スカートの長さの変更

スカートの長さの変更は、身体の測定値の入力後に、「おすすめ丈」をクリックすると、床からスカートの裾の長さが25cmになるように、スケールされる。

フラダンスでは、床からスカートの裾の長さが20から25cmがもっとも綺麗に見えるスカート丈である⁸⁾ということで25cmをおすすめ丈とした。

スカートのおすすめ丈の長さは、以下の手順で計算した。変形前の人体モデルと変形前のスカートの長さの比率を図 4.4.1 の画像の座標で計算した。

1. 変形前の人体モデルと変形前のスカートの長さの比率を図 12 の座標で計算した。

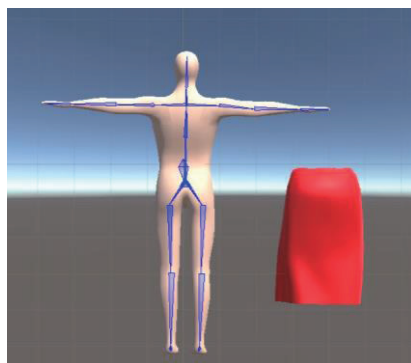


図 4.4.1 スカートとボーン

2. スカートのウエストの位置は、腰のボーンの上部に固

定されている。よって、おすすめ丈の拡大・縮小率は、以下の式で計算される。

$$S_{Skart} = \frac{L'_{Waist} + L'_{Hip} + L'_{Thigh} + L'_{Calf} + L'_{Foot} - 25}{L_{Skart}} \quad (6)$$

ここで、 L'_{Waist} , L'_{Hip} , L'_{Thigh} , L'_{Calf} , L'_{Foot} は、測定した腰、臀部、腿、脛脛、足の縦の長さである。また、 L_{Skart} は、測定値入力前のスカートの長さである。

3. 「-1cm」または、「+1cm」のボタンをクリックすると、式(6)の分子に1を減算または加算していく。

5. 実行結果

以下に人体モデルの変形、スカートの色・柄・長さを変更した際の実行結果を示す。

5.1 人体モデルの変形の実行結果

図 5.1.1 が 20 から 24 歳日本人男性の測定値の平均を元にした人体モデルの変形である。今回、胸の長さ、腕の長さについては、概算で求めて、ヒップ、上腕囲、前腕囲については日本の成人男性の平均値を入力した⁹⁻¹¹⁾。



図 5.1.1 20 から 24 歳日本人男性の平均体型

以下は、20 から 24 歳の日本人男性の測定値の平均のモデルでウエストの横から見た形を「平ら」「やや丸め」「丸め」に変更した際の人体モデルの変形を図 5.1.2 から図 5.1.4 に示す。ウエストの「平ら」と「丸め」では、お腹の形に丸みに違いがあることが分かる。

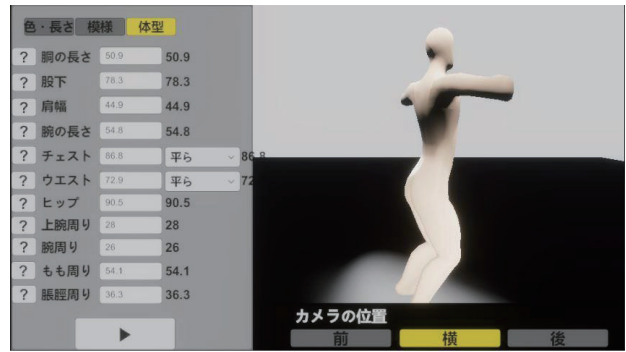


図 5.1.2 ウエストの形の変更 (平ら)

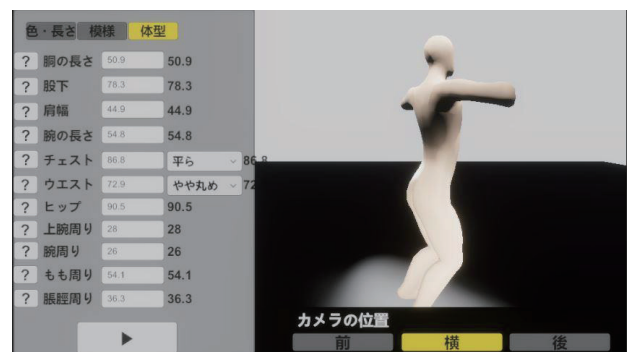


図 5.1.3 ウエストの形の変更 (やや丸め)



図 5.1.4 ウエストの形の変更 (丸め)

図 5.1.5 が 20 から 24 歳日本人女性の測定値の平均を元にした人体モデルの変形である。今回、胸の長さ、腕の長さについては、概算で求めて、上腕囲については日本の成人女性の平均値を入力した^{9, 12, 13)}。前腕囲については、データが無かったため、おおよその値を入力した。



図 5.1.5 20 から 24 歳日本人女性の平均体型



図 5.1.8 チェストの形の変更 (丸め)

以下は、20 から 24 歳の日本人女性の測定値の平均のモデルで Chest の横から見た形を「平ら」「やや丸め」「丸め」に変更した際の人体モデルの変形を図 5.1.6 から図 5.1.8 に示す。Chest の「平ら」と「丸め」では、胸の形に丸みに違いがあることが分かる。

フラダンスを始める子どもの年齢は 4 から 5 歳が多いので¹⁴⁾、人間生活工学研究センターの 4 歳児の人体寸法のデータベース¹⁵⁾や乳幼児服設計のための身体的研究(古松弥生ら)¹⁶⁾の研究データを元に、人体寸法をツールに入力した。実行結果が、図 5.1.9、5.1.10 である。胴体の長さ、前腕囲と脛脛の周囲の長さについては、データが無かったため、おおよその値を入力した。



図 5.1.6 チェストの形の変更 (平ら)

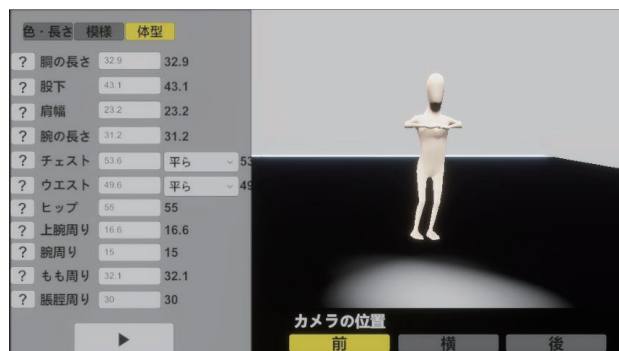


図 5.1.9 4 歳児の平均人体寸法 (正面図)

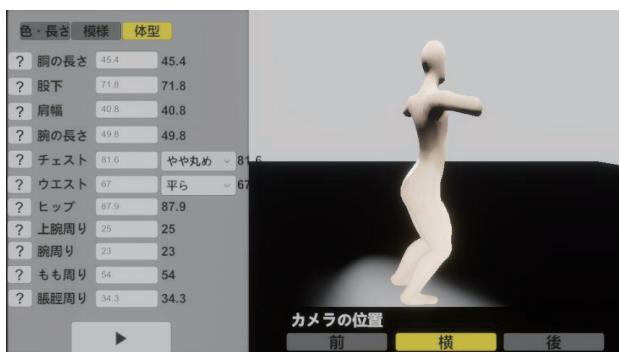


図 5.1.7 チェストの形の変更 (やや丸め)



図 5.1.10 4 歳児の平均人体寸法 (横図)

結果は、図 5.1.9 の正面図では理想的な結果が得られているように見えるが、図 5.1.10 の横図を見ると臀部の形が尖っている。

5.2 スカートの色変更の実行結果

すべての色のスライダを右に動かした場合、図 5.2.1 のようにスカートの色は白になる。緑のスライダのみ右に動かした場合、図 5.2.2 のようにスカートの色は緑になる。そして、RGB=(0.435, 0.318, 0.631)にすると、図 5.2.3 のようにスカートの色は青紫になる。



図 5.2.1 スカートの色変更（白）

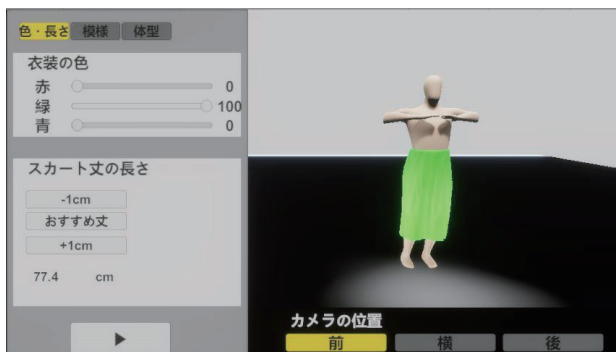


図 5.2.2 スカートの色変更（緑）

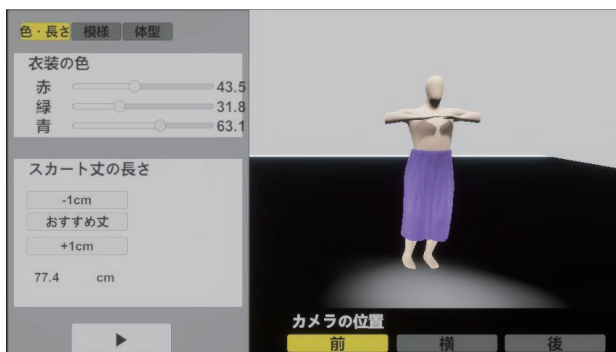


図 5.2.3 スカートの色変更（青紫）

5.3 スカートの柄変更の実行結果

スカートの柄をハイビスカスにした際の実行結果を図 5.3.1 と図 5.3.2 で示す。図 5.3.1 は、人体モデルが静止した状態で、図 5.3.2 はアニメーションで人体モデルがフラダンスしたときのスカートのシミュレーションした様

子である。結果から、人体モデルのアニメーションを再生させると、画像はスカートの動きを追従していることが分かる。

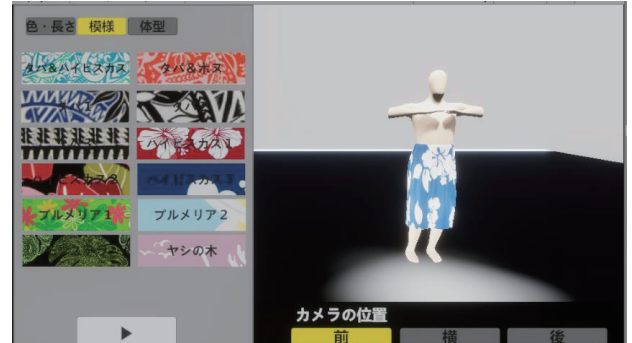


図 5.3.1 スカートの柄変更（アニメーション再生前）



図 5.3.2 スカートの柄変更（アニメーション再生時）

5.4 スカートの長さ変更の実行結果

20 から 24 歳の日本人男性の平均人体寸法値を入力し、おすすめ丈を選んだ場合の結果を図 5.4.1 に示す。



図 5.4.1 日本人男性の平均体型入力時のおすすめ丈

以下の式が証明できると、おすすめ丈が正常に表示されていることが証明できる。

$$L'_{Skirt} = L'_{Waist} + L'_{Hip} + L'_{Leg} + L'_{Foot} - 25 = 89.4 \quad (7)$$

ここで、 L'_{Skart} , L'_{Waist} , L'_{Hip} , L'_{Leg} , L'_{Foot} は、実空間上でのスカート、腰、臀部、脚、足の縦の長さである。 $L'_{Waist} = 13.427$, $L'_{Hip} = 13.792$, $L'_{Leg} = 78.3$, $L'_{Foot} = 8.915$ と計算できるため、 $L'_{Skart} = 89.434$ となる。結果の表示は、小数点第1位が偶数に丸められるため、89.4となり結果が正しく表示されていることが分かる。

次にスカートオブジェクトが正しくスケーリングされていることを証明する。

まず、人体モデル変形前のスカートのおすすめ丈は、0.928倍にスケーリングされており、20から24歳の日本人男性の平均体型に変形後のおすすめ丈は、1.072倍にスケーリングされている。よって、スカートは、1.155倍になっている。人体モデル変形前のスカートのおすすめ丈の実空間上での長さは、以下の式で計算できる。

$$19.036 \times \frac{43 + 49 + 296 + 37}{79} - 25 = 77.408 \quad (8)$$

次に、変形後のスカートの長さは89.434である。よって、変形の前後でスカートは、1.155倍されているため、スカートの長さは正しくスケーリングされていることが分かる。

「-1cm」と「+1cm」のボタンをクリックするとそれぞれ、スカートの長さが-1cm、+1cmされたときの様子を表示し、画面左下のスカート丈の長さの表示もそれぞれ-1cm、+1cmされる(図5.4.2、5.4.3)。



図 5.4.2 おすすめ丈から 1cm 短くしたスカート



図 5.4.3 おすすめ丈から 1cm 長くしたスカート

20から24歳の日本人男性の平均体型のおすすめ丈から「-1cm」「+1cm」した際、それぞれ88.4cm、90.4cmと正しく表示されている。

-1cmしたとき、スカートは1.060倍にスケーリングされており、+1cmしたとき、スカートは1.084倍にスケーリングされている。よって、おすすめ丈からそれぞれ0.988倍、1.011倍されている。89.434cmから88.434cm、90.434cmにすると、それぞれ0.988倍、1.011倍になっていることが分かるため、スカートは正しくスケーリングされていることが分かる。

6. 考察

今回の人体モデルの変形、スカートの色の変更、スカートの柄の変更の実行結果の考察について述べる。

1つ目の機能である、人体モデルの変形では、肩幅の入力値が大きいと脇腹から脇にかけて扇状に広がるような形になったことや、4歳児の平均体型を入力したときに、臀部が尖った形になったことから滑らかな形にスケーリングできるような手法を検討する必要がある。

2つ目と3つ目の機能であるスカートの色・柄の変更では、理想的な結果が得られた。

4つ目のスカートの長さの変更では、おすすめ丈の表示やおすすめ丈から1cm単位で短くしたり、長くしたりする機能は、正常に処理ができていた。

7. 結論

今回は、測定値に基づく人体モデルの変形、スカートの色・柄の変更、スカートの丈の変更が行えるツールを開発した。本研究より挙げられる課題として、人体モデルをより滑らかにスケーリングすることが挙げられる。

その他の課題として、様々なシルエットの衣装の3Dモデルでのシミュレーション、リアルな布の表現、型紙作成の機能の追加、フラダンサーやフラ衣装のデザイナーの方にツールの評価をしてもらうことなどが挙げられる。

今後は、今回挙げた課題を改善し、使いやすくフラダンサーにとって利用価値のあるツールにしていきたい。

最後に、日頃お世話になっているケ・アラ・スクール・オブ・フラ主宰のクムフラ カオル ケアラアヌヘアオブアラニ マエダ先生(神戸市)に深く感謝の意を表す。また、家元である著名なロエア Kawaikapuokalani K. Hewett 先生(ハワイ州)に敬意を表す。

参考文献

- 1) KIKI FASHION [Online].
<https://f.kiki.ooo/82695432679>
- 2) Rose Sinclair, "Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology," Woodhead Publishing, 2014.
- 3) 石津貴弘, 石躍ゆい, 坂本真人, "タヒチアンダンスで使用される衣装用パレオデザインプログラムの試

- 作”，宮崎大学工学部紀要第48号，2019，pp.155-158.
- 4) Napaporn Metaaphanon, Pizzanu Kanongchaiyos. “Real-time Cloth Simulation for Garment CAD”，GRAPHITE '05: Proceedings of the 3rd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia, 2005, pp.83-89.
- 5) “関孝和の楢田周を求める近似式” [Online].
<http://www.tcp-ip.or.jp/~n01/math/analysis/seki/seki.pdf>
- 6) ZD Net Japan, “RGBA” [Online].
<https://japan.zdnet.com/glossary/exp/RGBA/?s=4>
- 7) Blender 入門(2.8版), “UV展開”, [Online].
https://blender3d.biz/simple3dcg_texturing_unwrap.html
- 8) パウスカート通販フラダンス衣装Hulaパウショップ【Moani】，“「どんなパウスカートを選んだらいいの？」” [Online].
<http://pau-moani.com/?mode=f7>
- 9) Paroday, “人体寸法平均(手長さ・手首囲・足長さ・足幅など)” [Online].
<https://paro2day.blog.fc2.com/blog-entry-399.html>
- 10) BELCY, “男性と女性のウエスト平均値 | 標準サイズの計算や理想のスリーサイズは?” [Online].
<https://belcy.jp/48403>
- 11) BELCY, “男の腕の太さの平均や理想は? 測る場所・計り方や太い上腕にする筋トレも” [Online].
<https://belcy.jp/72734>
- 12) Active る!, “女性の二の腕の平均の太さとは? 理想の太さとモデルさんの太さを知ろう!” [Online].
<https://activel.jp/bodymake/xAIqx>
- 13) Domani, “スリーサイズの黄金比って? 正しい測り方と自分に合うサイズを知ろう” [Online].
<https://domani.shogakukan.co.jp/33224>
- 14) 子供の習い事ガイド. “子供のフラダンスの習い事” [Online].
<https://kodomonaraigoto.com/dance/hula.html>
- 15) 一般社団法人人間生活工学研究センターHQL データベースサイト, “子どもの身体寸法データベース” [Online].
<https://www.hql.jp/database/cat/size/children>
- 16) 古松弥生, 岡田宣子, 三田村陽子. “乳幼児服設計のための身体計測的研究(第1報)”, 家政学雑誌, 1980, Vol. 31, No. 8, pp.581-586.