

## 3D人体計測データ分析に基づく スカート原型デザインシステムの開発

山本 高美<sup>1)</sup> (正会員)      中山 雅紀<sup>2)</sup> (正会員)

桂 瑠以<sup>3)</sup>      坂元 章<sup>4)</sup>      藤代 一成<sup>2)</sup> (正会員)

1) 和洋女子大学      2) 慶應義塾大学      3) 川村学園女子大学      4) お茶の水女子大学

## Development of a Skirt Pattern Design System Based on 3D Human Body Measurement Data Analysis

Takami Yamamoto<sup>1)</sup> (Member)      Masanori Nakayama<sup>2)</sup> (Member)

Rui Katsura<sup>3)</sup>      Akira Sakamoto<sup>4)</sup>      Issei Fujishiro<sup>2)</sup> (Member)

1) Wayo Women's University      2) Keio University

3) Kawamura Gakuen Women's University      4) Ochanomizu University

yamamoto@wayo.ac.jp

### アブストラクト

本論文では、3D スキャナによって採取した 3D ボディデータを分析することで、スカートの高精度な設計から、その展開に基づいたスカート原型作製までカバーするデザインシステムを提案する。本システムは、(1) 人体のポリゴンデータから意図するデザインに沿った正確な基準断面データ生成可能、(2) 基準断面データを用いた立体裁断方式による自動作図機能、(3) 多くの体型に対応可能なパターン生成という特長をもつ。これにより、個々の 3D ボディデータが高速に分析でき、体型にフィットした着心地の良いスカート原型を短時間に得ることが可能となった。

### Abstract

This paper presents a design system encompassing the process from high-precision design to the production of a skirt prototype based on the deployment of design by analysis of 3D body data gathered with a 3D scanner. This system is characterized in that (1) it allows the generation of accurate reference cross-sectional data from polygonal data of the body according to an intended design, (2) automatic drawing functions by the draping method using a reference cross-sectional data, and (3) production of patterns capable of accommodating various body types. As a result, individual 3D body data analysis can be performed rapidly and wear comfortable skirt patterns that fit the body contours can be obtained in a shorter period of time.

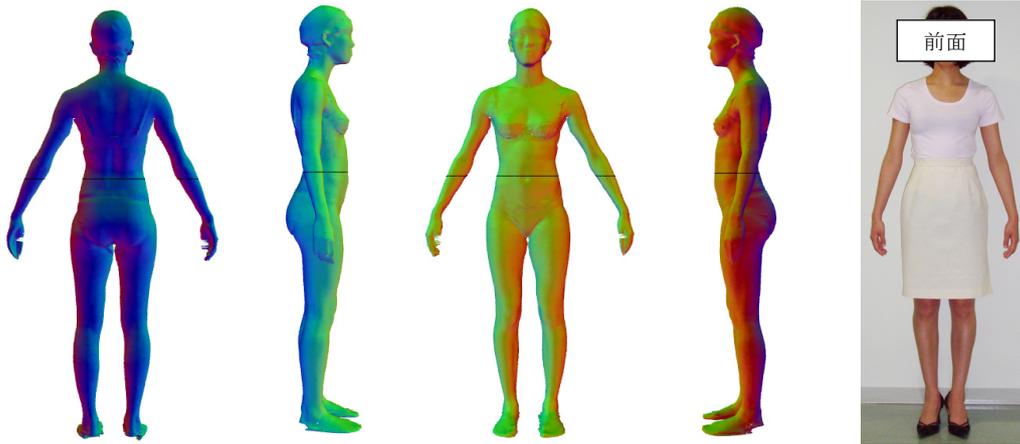


図1 3Dボディおよび本システムでデザイン作製したスカート

## 1. はじめに

近年、3D-CAM, CNCマシン, 3Dプリンタなどの出現によりデジタルファブリケーションが盛んに行われている。バーチャルからリアルな世界への流れが注目されており、短時間で様々なものを作る試みが盛んになった。特にアパレル業界では、これらに先駆けて1960年代にCAD, 1970年代にはCAMが開発され定着した[1]。その後3D-CADである洋服の着装シミュレーションなどの開発も行われている。人体計測では、3Dスキャナを使用した方法が多くなり、3Dボディデータを用いた洋服のパターン研究などが検討されている。3Dスキャナは、精度の高さ、短時間での計測、人体に非接触という利点がある。しかし、実用に足る精度の3Dスキャナや、関連アプリケーションは高価であり、徐々に価格が下がり普及しはじめているとはいえ、現状では関連アプリケーションも少なく、自由に扱えるようなものは見当たらない。

本研究の目的は、3Dスキャナにより採取した3Dボディデータを分析することで、スカートの高精度な設計から、その展開に基づいた原型作製までカバーするデザインシステムを開発することである。本システムの貢献は以下に示す3点である。

- (1) 人体のポリゴンデータから意図するデザインに沿った正確な基準断面データを生成可能,
- (2) 基準断面データを用いた立体裁断方式による自動作図機能,
- (3) 多くの体型に対応可能なパターン生成.

これらにより、個々の3Dボディデータ分析を高速化でき、体型にフィットし着心地も良いスカート原型を短時間で得ることが可能である。図1に本システムにより表示された3Dボディの4方向からの投影図と、デザイン作製したスカートを示す。洋服を作成するためには、人体の詳細な観察と正確な計測が必要である。それを目指し、3Dボディは曲面の法線方向に応じたカラーリングを施し、客観性を保ったまま人体が容易に観察できる。縫製して試着したスカートは、(1) ウエスト・ヒップが体型に合っている、(2) ミドルヒップに余分なしわがない、(3) ゆとりがちょうど良く動きやすい、などの観点から体型にフィットしていることがわかる。

本来洋服を作成するためには、メジャーで採寸してパターンを作製、仮縫いし試着・補正することが必要である。しかし提案手法のスカートは、3DスキャナによりアパレルCADで使用する正確な2Dの曲線データを使用できることから、仮縫いなしで体型に合わせたパターン設計が可能となる。本システムの対象ユーザは、服飾系大学生および教育系大学生であり、アパレル企業にも貢献できると考える。

なお、本論文の先行成果は NICOGRAPH 2013[2]で公開している。公開後、スカート原型作製プラグインを反身体、屈身体へ対応できるようにした。システムの評価では、2013年度後期の授業で使用し学生からのアンケートを加えた。着装評価では、試着した2名の前面のみを掲載していたが、3名の前面、側面、後面を掲載し詳細に考察した。

本論文では、次章で人体計測の方法と先行研究を示し、3章で提案デザインシステムを構成する3D人体形状分析アプリケーションとスカート原型作製プラグインの詳細を述べる。4章で同システムの評価を示し、最後に5章で本論文をまとめる。

## 2. 人体計測の方法と先行研究

### 2.1 人体計測の方法

人体計測の方法は、次元により分類される[3]-[6]。1Dのメジャーやマルチン人体計測器[6]は、人体の骨格などを中心に計測する方法である。計測法が詳細に決められた接触計測であり、誰でも同じように計測できるが、計測には熟練が必要であり時間も要する[7]。2Dのシルエッター投影機[3]は、人体を1/10の縮尺で撮影できる。レンズの高さの位置に近い部分は正しい計測値が得られるが、その位置から遠くなるほど誤差が多くなる。2Dのスライディングゲージ[8]は、人体の断面を採取できる。1断面ずつ前・後別々に採取し、計測後に断面同士を照合する。そのため誤差が多く時間も要する。3Dボディラインスキャナ(本研究で使用、浜松ホトニクス株式会社) [9]は、4台の3D計測器を上から下へ一斉に動かし、10秒程度で人体のポリゴンデータを採取できる。非接触計測であるがきわめて正確[10]である。計測したデータはOBJ, DXF形式など多くの形式で保存で

きることから汎用性も高い。しかし、隠面を含む腋下や股下の座標値は得られにくい。

## 2.2 3D 人体計測を基にした先行研究

3D人体計測を基にした研究・開発されたアイテムは、頭部を3D計測等で計測して作られた眼鏡[11]、3D足型計測機を用いた靴[12][13]、多くの青年女性を3D計測等で計測して作られた標準型のボディ[14]などが知られている。他に、被服設計への応用を目的とした3D人体形態の把握と類型化[15]、子供から高齢者に至るボディ開発[16]、高齢者の人台モデルを用いた衣服設計[17][18]、ボディづくりと立体デザインおよび平面展開が可能なアプリケーション[19]、人体の動きやサイズ変化に対応できる衣服の着装シミュレーション[20]、体型変化に対応できる洋服のパターン自動生成システム[21]、コンピュータ上でスカートなどをスケッチ入力するとパターンが得られるシステム[22]などがある。デジタルファブリケーションの研究は、人体の形状データや人間の動作データなどの大量の計測データを利用した形状設計[23]、洋裁人台と3次元位置計測装置を使った服のデザイン[24]、工作や手芸を対象とした形状設計手法で、身近なモノづくりに情報技術を応用した例[25]などがある。

このように3D計測を用いることにより、快適な生活用品等の研究・開発が行われている。しかし、CG研究が主でバーチャルなものが多い[20][21][24]、また既製服では各自の体型にフィットするスカートが思うように見つからない。そこで本論文では、リアリティがありさらに教育という視点から、(1) 人体分析・観察を自由自在に行うことが可能、(2) 3D分析データを用いた自動作図機能は作図段階を学習でき、短時間で正確なパターン作成が可能、(3) 個々の体型にフィットして着心地も良いスカートを作製可能なシステムを提案する。

## 2.3 これまでの研究成果

我々はこれまで2D計測機であるシルエッター撮影機や、スライディングゲージを用いた人体計測の研究を行ってきた[26][27]。他に、CGやCADの論文で実際に被服（ウェットスーツ）を作製[28]しているものがある。しかし、接触計測で時間がかかり、誤差が大きいという難点があった。そのため2004年から、産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター、BMDシステムの協力を得て、3Dボディラインスキャナを用いた人体計測を行っている。計測時間はこれまで1人30分程度かかっていたものが1人5分程度に短縮できた。3Dボディデータの分析には、機械系3D-CAD Image Modeler（クボテック株式会社）[29]に人体の断面図を生成できるプラグイン（株式会社アイティーティー）[30]を追加して使用している。これにより、正確な水平断面および水平断面重合図、矢状（しじょう・垂直）断面を得ることができた。

そのデータを用いたスカートを作製した結果、個々の体型にフィットするスカート原型を開発することができた。しかし、パターンを作図するにあたり、スカート幅、ダーツ、高さデー

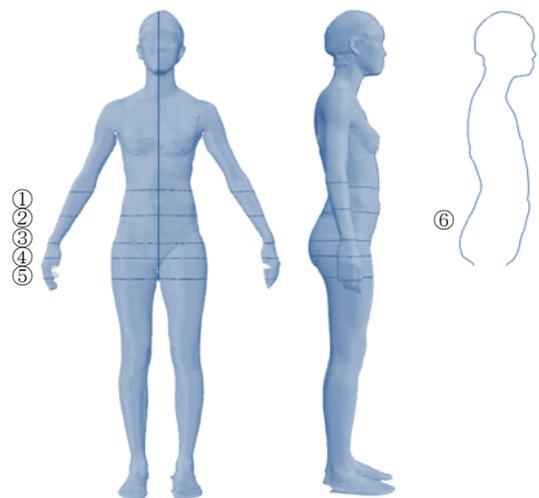
タ各々に必要な数値が多いため計算に時間を要する。また、縫製できない形状のパターンになることもあり修正が必要である。そこで、作図にあたり必要な数値を削減し、パターン修正を最小限にする方法について検討を行い、次章で示すようなデザインシステムを開発するに至った。

## 3. デザインシステム

本システムでは、これまで使用していた3Dソフトウェアが高価であり汎用性がないため、専用に開発した3D人体形状分析アプリケーションを使用する。このアプリケーションを用いて分析した水平断面図等（2D）のデータを使用してスカート原型作製プラグインを開発して使用する。スカート原型は、これまで開発してきたパンツの自動作図機能[31]-[33]、ブラウスの自動作図機能[34]、スカートの自動作図機能[35]を発展させることにより開発した。

抽出するデータは、図2に示す下半身の特徴ある断面である、①ウエストライン（WL：体幹部で一番細い位置）、②ミドルヒップライン（MHL：ウエストラインとヒップラインの間にあり腹部が前面に突出している位置）、③ヒップライン（HL：下腿で後面に一番突出している位置）、④大腿最大幅位（大腿部で幅が一番太い位置）、⑤大腿最大前突位（大腿部で一番前面に突出している位置）、および⑥正中矢状断面（前面および後面の正中で垂直に切断された断面）とした。これらのデータを用いることにより、スカートが下半身全体を包み込み垂直に落ちるラインになる。

作図には、水平断面図データから、WL、5断面外包圍（断面を包むライン）、その5mm外側にスカート断面を設定して用いる。正中矢状断面から、高さデータとしてMHL、腰丈（WL～HL）を抽出する。その他必要寸法は、メジャー計測したウエスト寸法、スカート丈を用いる。



①ウエストライン、②ミドルヒップライン、③ヒップライン、④大腿最大幅位、⑤大腿最大前突位、⑥正中矢状断面

図2 抽出する断面図の名称

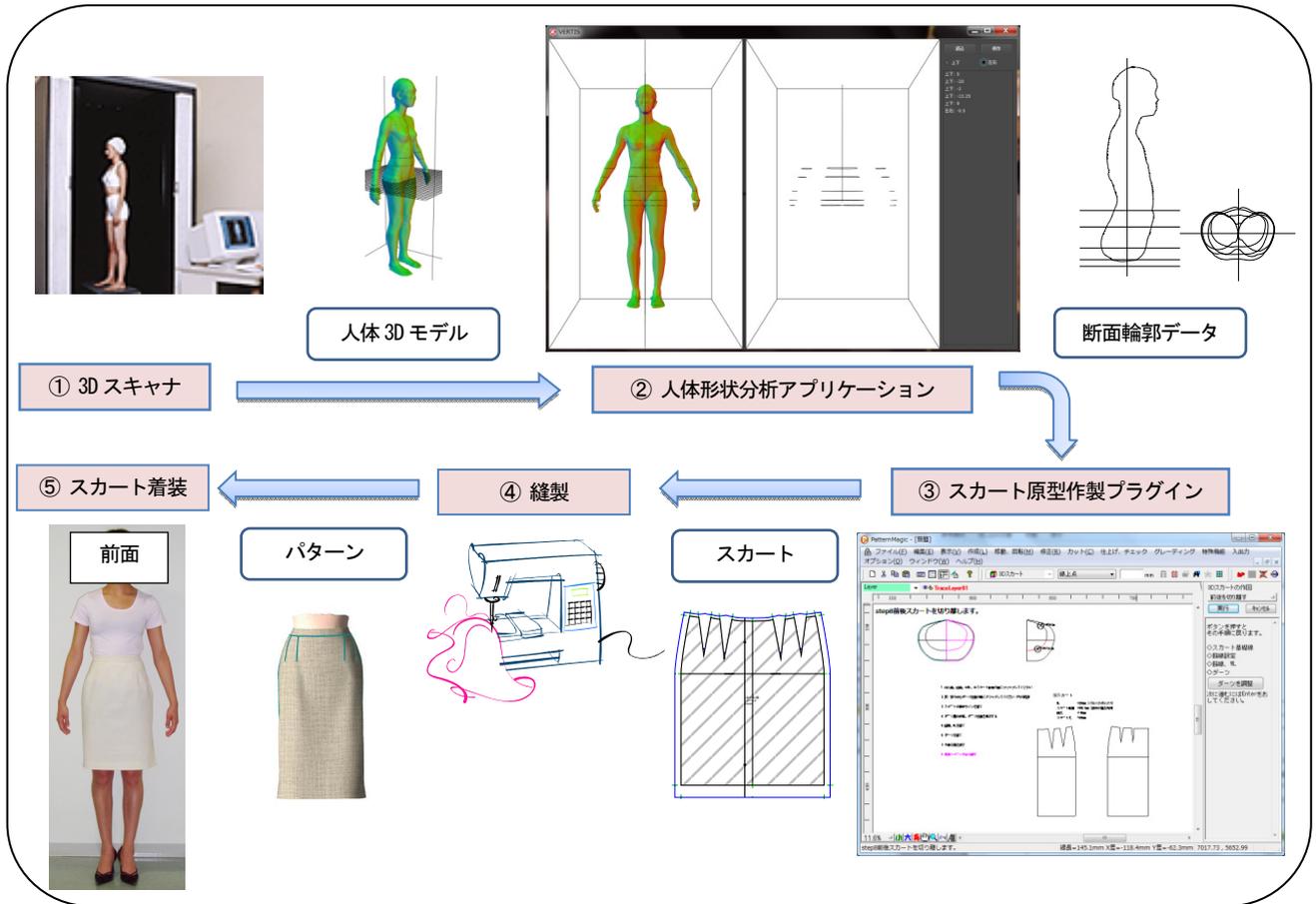


図3 提案デザインシステムにおける処理の流れ

まず3.1節で比較のために、従来手法(例えば[3],[8])のなかでも我々自身が採用していた手法を概説した後、3.2節で提案手法について詳細に説明する。

### 3.1 従来手法

1) 3D-CADへ人体の断面図を生成できるプラグインを追加した環境に、3D-DXF形式で3Dボディデータを入力する。新たなレイヤー上に、各断面を生成する。書き出しはPTN形式のデータに変換後、2D-DXF形式のデータで保存し、アパレルCADで読み込む。この方法では断面生成に失敗した場合最初からやり直さなければならない、データ保存が2段階になるなど手順が複雑である。また、3Dポリゴンデータは白黒であり人体観察は不可能である。

2) アパレルCADにデータを読み込み、WL、5断面外包囲、スカート断面のデータを用いてスカート原型を作図する。ウエストの厚みの1/2を起点に、右側に15°間隔の放射状の線を描く。「スカート断面-WL」で、ダーツ量を計算する。その後、左右差、水平断面図のWLとメジャー計測のWLの誤差を計算の上、スカートを作図する。作図に必要なデータは、スカート幅データ6点、ダーツ量データ6点、高さデータ3点の合計15点である。パターンは、縫製できるように、ダーツ量、ダーツ位置や長さの調整を行う。この方法では作図に必要な値が多く、縫製可能なパターンするためには修正が必要である。

### 3.2 提案手法

本論文で提案するデザインシステムにおける大まかな処理の流れを図3に示す。まず、①3Dスキャナで人体形状を採取した上で、②3D人体形状分析アプリケーションによってスカート原型に必要な断面データを複数抽出し、その曲線データを用いて③スカート原型作製プラグインによりパターンを作製する。そして最終的に、そのパターンを使用して④縫製し、⑤スカートが得られる。添付した動画には、本デザインシステムである②のシミュレーションと使用方法、③の使用法とスカート原型が収められている。

#### 3.2.1 3D人体形状分析アプリケーション

図3②に示す3D人体形状分析アプリケーションは、3Dボディデータを読み込み、その高速な処理によって任意の水平断面・矢状断面の採取を可能とする。これにより、短時間で十分な試行錯誤が可能となり、対象者の体型に適合したデザインが可能となる。本アプリケーションの概要と特長は以下に示す3点である。

1) シンプルなインターフェース: 図4(a)に示すように左側に人体のポリゴンデータを表示、右側に断面図を表示させた。3D-CGソフトウェアで一般的な4面図は、作業画面が小さく初心者には扱いにくい。そのため、人体のポリゴンデータの表示を1画面とし、視点変更を容易にすることで直感的な操作を実現した。人体のポリゴンデータは、曲面の法線方向に応じたカラーリング

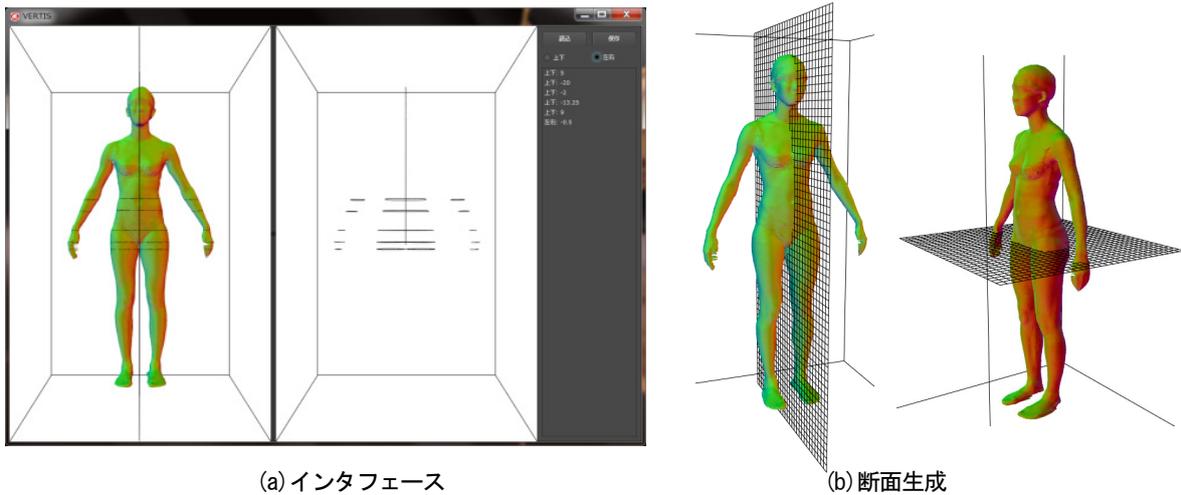


図4 3D人体形状分析アプリケーション

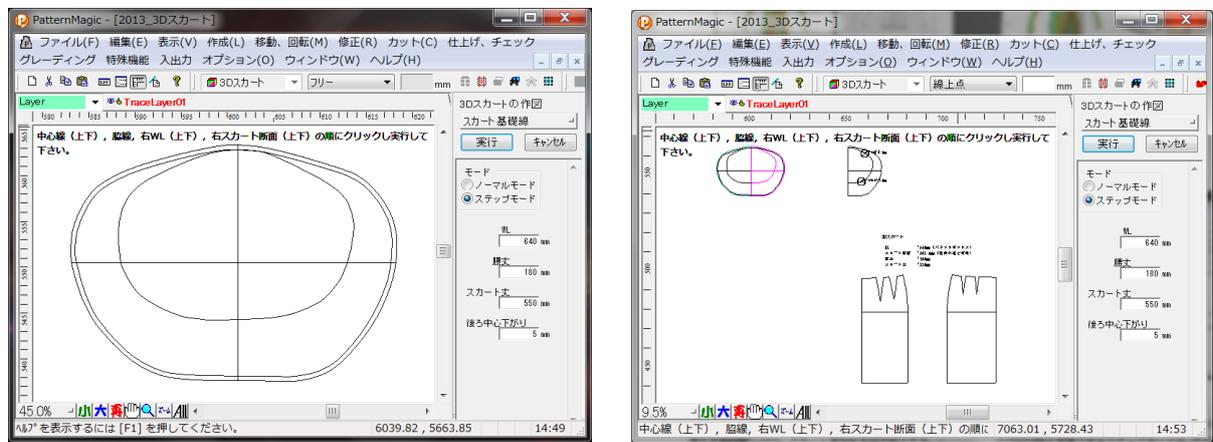


図5 スカート原型作製プラグイン

を施すことで、起伏を見やすくした。人体モデルの起伏を正確に強調しながらも、適度な抽象性を保つことで、先入観のない客観的な人体観察を行うことができる。

2) 直感的な視点移動：人体のポリゴンデータは、マウスドラッグで回転させて自由な方向から観察できる。さらに左右の画面がリンクし、同じ視点から描画されることで、断面と人体の対応関係を確認しやすくした。逆に、断面図を動かしてもポリゴンデータは動かないようにして思うような表示ができる。特に重要となる前、後、左、右、上、下といった視点への位置決めは、それらの位置に近づく<sup>2</sup>と90°単位で強制的に停止できるようにした。その他、画面調節はポリゴンデータの拡大縮小、左右画面の調節ができるようにした。

3) 容易な断面生成：断面は図4 (a) に示すように、マウスドラッグによって切断面の位置を決め、ダブルクリックすることにより生成する。また、スライド断面は図4 (b) のように背後が透けて見え、オブジェクトの交線位置を視認しやすくするための網目状にした。断面図はリスト管理することで、再調整や削除を容易にし、何度でも試行錯誤を行うことができる。

3DボディデータはOBJ形式で読み込んだ後、各断面を生成し、2D-DXF形式で書き出すことで、アパレルCADへ読み込ませる。

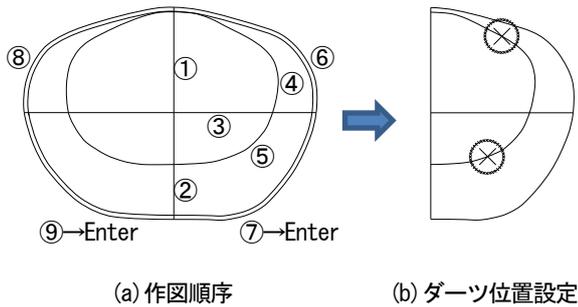
断面図の出力は「保存」ボタンをクリックすることで、水平断面データと矢状断面データをそれぞれ分離し、別々のファイルで同時に出力できる。これらの図面には座標軸も合わせて描かれているので、作図における案内線としても使用できる。

なお開発には、Embarcadero Technologies, Inc. のビジュアル開発環境 Delphi XE6[36]、リタルタイムCGの描画には同社のマルチプラットフォームフレームワークであるFireMonkeyを用いた。

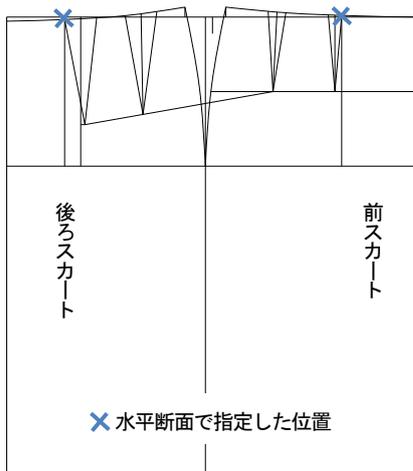
### 3.2.2 スカート原型作製プラグイン

図3③に示す、スカート原型作製プラグインは、先に開発したアプリケーションにより採取した水平断面図等に基づき、立体裁断 (draping) の要領に従って一番特徴的な前・後中心のダーツ位置を任意に設定し、ウエスト寸法や左右差等の誤差を自動調整しつつ、スカート原型を生成可能とする。本プラグインの概要と特長は以下に示す3点である。

1) 水平断面図を用いた作図：インターフェースは図5に示すとおりであり、図5 (a) が作図開始、図5 (b) が作図終了画面である。パターンを作製するモードは、単純に作図を表示するノーマルモード、作図段階を表示するステップモードとした。入力するパラメタは、メジャー計測したWL、腰丈、スカート丈、



(a) 作図順序 (b) ダーツ位置設定



(c) 作図方法

図6 スカート原型の作図

後ろ中心下がり，作図に使用する2Dの断面データはWL・5断面  
 外包囲・スカート断面図である．使用するデータは合計5点であり，  
 水平断面図を用いて作図することにより，入力するデータを  
 少なくできた．

2) 立体裁断の要領でダーツ位置を決定：WLとスカート断面  
 を図6 (a) に示す①～⑨の順にクリックすることで入力する．  
 次の段階で，図6 (b) のように右断面がコピーされ，初心者で  
 も一定のパターンが作製できるようダーツ位置に案内円が表示  
 される．案内円を目途にWLへ体型の厚みを考慮しながら，立  
 体裁断の要領で前中心のダーツ位置と，後ろ中心のダーツ位置  
 を決定する．スカート原型を図6 (c) に示す．「X」マーク位  
 置は図6 (b) で指定した水平断面図にマークした位置である．  
 ダーツ量は，前の分量，後ろの分量に分けてパーセントで配分  
 した．教育用の作図段階を学習できるステップモードは，次の8  
 段階とした．①中心線，脇線，右WL，右スカート断面，左ス  
 カート断面の順にクリックする．②前・後中心側ダーツ位置を  
 順にクリックする（円の範囲内）．③スカートの概形ラインを  
 描く．④ダーツ量の計算，ダーツ位置を表示する．⑤脇線，WL  
 を描く．⑥ダーツを描く．⑦不要な線を消す．⑧前後スカート  
 を切り離す．作図段階と結果は図5 (b) のように表示される．

3) 多くの体型に対応可能なスカート原型：前・後中心のダー

ツ位置を任意に設定することにより，人体の厚みに対応できる．  
 さらに，システム内で，左右差，水平断面のWLとメジャー計  
 測のWL（パラメタ値）の誤差を処理できる．前ダーツ量・後  
 ろダーツ量が，それぞれ前後スカートにおさまるように作図で  
 き，スカートのよじれが生じにくい．すこし反ったような体型  
 である反身体，逆に屈んだような体型である屈身体への対応の  
 ために，図5 (a) のパラメタボックスに後ろ中心下がりを作成  
 した．標準は5mmとし，体型により数値を調整できるようにした．  
 この調整によりスカートがヒップから真っ直ぐ下に落ちる  
 ようになり，これらの体型へ対応可能となる．

なお開発には，東レACS株式会社のアパレルCAD[19]  
 CREACOMPOに付属するプラグイン開発ツールを用いた．マク  
 ロに登録することで，プルダウンメニューより使用できる．パ  
 ターンは，アパレルカッティングプロッタ（武藤工業株式会社）  
 [37]により実寸サイズで出力される．パターンのラインは0.3mm  
 のシャープペン，縫い代線はカットされて出力される．パター  
 ンのラインがシャープペンに設定されているのは，実寸で出力  
 されたパターンのラインを再度調節可能にするためである．

### 3.3 作図過程の効率化

本システムを用いた場合，従来手法に比べ以下のように作業  
 工程が短縮された．

1) 断面生成では，従来手法の場合①レイヤーを作成する，②  
 断面位置を決める，③断面を生成する，という工程が，断面位  
 置を決めてダブルクリックするという1工程になった．

2) 断面データの保存では，従来手法の場合水平断面，矢状断  
 面をそれぞれ①PTN形式で保存，②2D-DXF形式で保存という4  
 工程が，保存をクリックするという1工程だけで，水平断面，矢  
 状断面の2つのデータを保存できる．

3) スカート作図に必要なデータ分析は，中心線と脇線を決め，  
 従来手法の場合①ウエストの厚みの1/2を起点に右側に15° 間  
 隔の放射状の線を描く，②ダーツ位置を決める，③スカート断  
 面-WLをそれぞれの位置で計測する，④スカート幅寸法を計  
 算する，⑤ダーツ量を計算するという工程が必要である．本シ  
 ステムでは，①～⑤の操作は不要である．

4) スカートの自動作図機能では，従来手法の場合15のデー  
 タをパラメタボックスに入力し，出力されたスカート原型を縫製  
 可能な形状に修正する．本システムでは，水平断面形状を含め  
 た5データにより作図でき，パターン修正が出ないようさまざ  
 まな結果を考慮してプログラミングを行った．そのため，パター  
 ンの修正はほとんど見られなかった．

著者の1人の山本が行った作業実験では，人体形状分析工程で  
 15分程度であったものが2分程度になった．スカートの作図工程  
 では35分程度であったものが5分程度になった．なお授業では，  
 人体分析工程のアプリケーションが1本しかないため教員が行  
 なった．スカートの作図工程は2コマ（180分）であったものが，  
 1コマ（90分）になった．このように，作図工程，作図時間も大  
 幅に短縮され，さらに修正の少ないスカート原型の出力ができた．

## 4. システムの評価

### 4.1 着装評価

本システムにより作図されたスカート原型を用いた評価は、スカートを縫製して着装することにより行った。着装評価は、2012年5月～7月に被服系大学生5名、大学院生1名の合計6名である。3D計測による提案手法のスカートと、1D計測による一般的な作図方法[38]のスカートを試着して比較した。

一般的な作図方法は、WL, HL, 腰丈, スカートの丈をメジャー計測して、割り出し寸法により作図する。1D計測には熟練を要するため計測値が少ないこの方法は、教育機関で幅広く使用されているが、体型に合わないことも多い。縫製する素材は、タイトスカートに用いられる厚さと同程度である、厚手シーチング（綿の平織の布で、立体裁断、仮縫製等に用いられる）とした。

試着結果は、図7-1（標準体型）、7-2（大腿部が張っている体型）、7-3（細身体型）の3名を示す。図7-1 標準体型の、一般的な作図方法のスカート図7-1 (b) 前面、図7-1 (c) 側面、図7-1 (d) 後面は、全体的にゆとりが多く特にMHL位置で布が余りしわが出ている。提案手法のスカート図7-1 (e) 前面、図7-1 (f) 側面、図7-1 (g) 後面によるスカートは、全体的に細身であり左右差はあるものの体型にフィットしている。図7-1 (a) 試着後のパターンを比較してみると、太線で示す提案手法のスカートは前ダーツ量が少なく後ろダーツ量が多い、またスカート幅が前後とも細くなっていることが分かった。

図7-2大腿部が張っている体型の、一般的な作図方法のスカート図7-2 (b) 前面、図7-2 (c) 側面、図7-2 (d) 後面は、横にしわがでておりスカート幅が足りないことが分かる。このような体型の場合、特に本手法は下半身の特徴ある5断面を使用して作図していることから体型への適合性が高い。提案手法のスカート図7-2 (e) 前面、図7-2 (f) 側面、図7-2 (g) 後面によるスカートは全体にちょうど良いゆとりがあり、体型にフィットしていることが分かった。図7-2 (a) 試着後のパターンを比較してみると、太線で示す提案手法のスカートは後ろスカート幅が広く、後ろダーツ量も多いことがわかった。パターンのスカート幅は広いが、体型にフィットしていることにより、一般的な作図方法に比べ提案手法のスカートの方が細く見える。

図7-3細身体型の、一般的な作図方法のスカート図7-3 (b) 前面は良いものの、図7-3 (c) 側面から図7-3 (d) 後面にかけてしわが出ている。提案手法のスカート図7-3 (e) 前面、図7-3 (f) 側面、図7-3 (g) 後面によるスカートはきれいにフィットしている。図7-3 (a) 試着後のパターンを比較してみると、太線で示す提案手法のスカートの前幅が狭く全体的には細くなっていることが分かった。

なお、動作のためにスカートの左裾には、スリットを配してある。これらのスカートが体型に適合できたのは、3Dボディデータを基にして水平断面図、矢状断面図を用いて作図したからである。提案手法によるスカートは、仮縫いなしで体型にフィットすることが示された。特に良かった点は、普通体型よりヒ

ップが後ろに突出している厚みのある体型にも対応できた点である。

### 4.2 アンケートによる評価

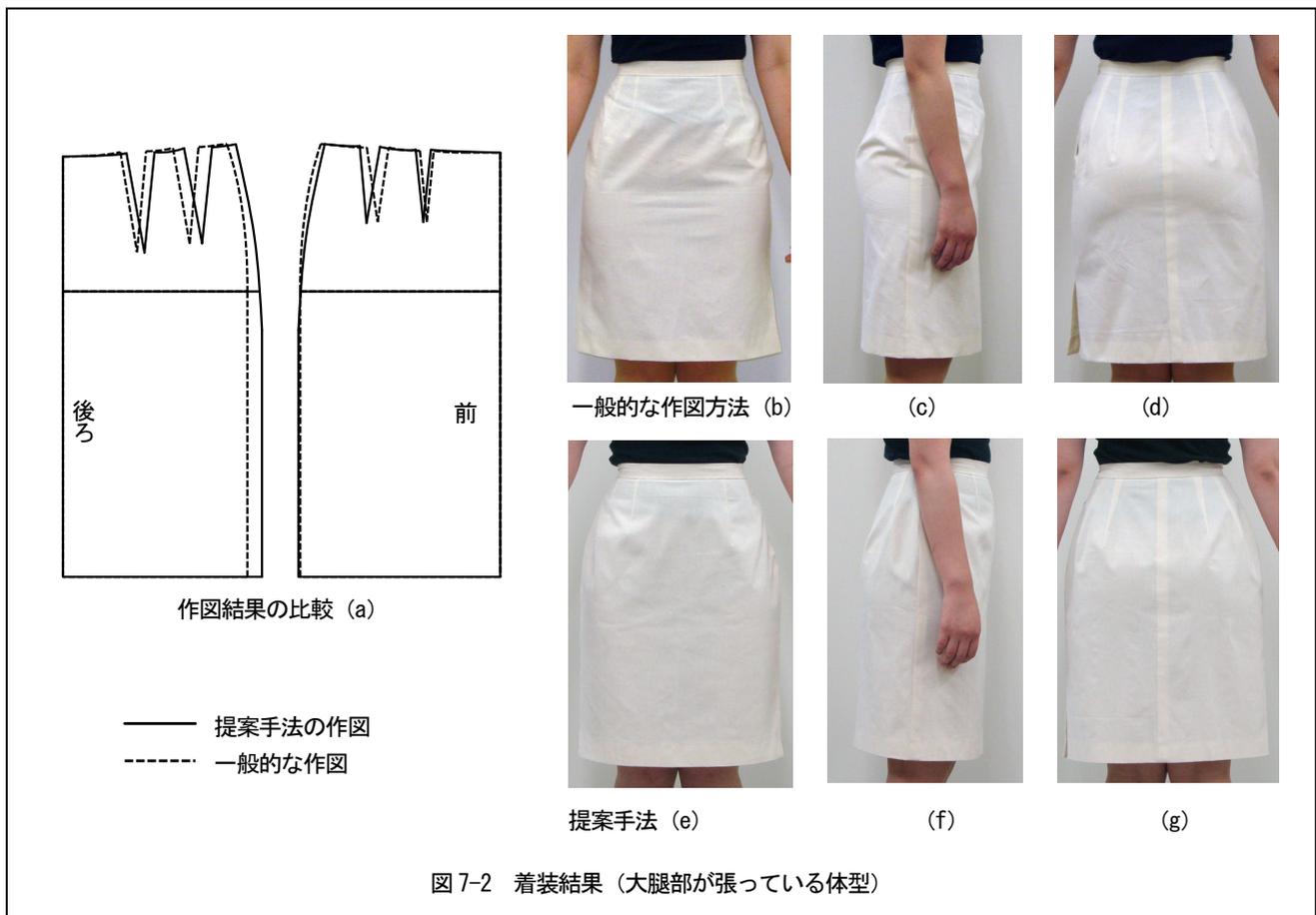
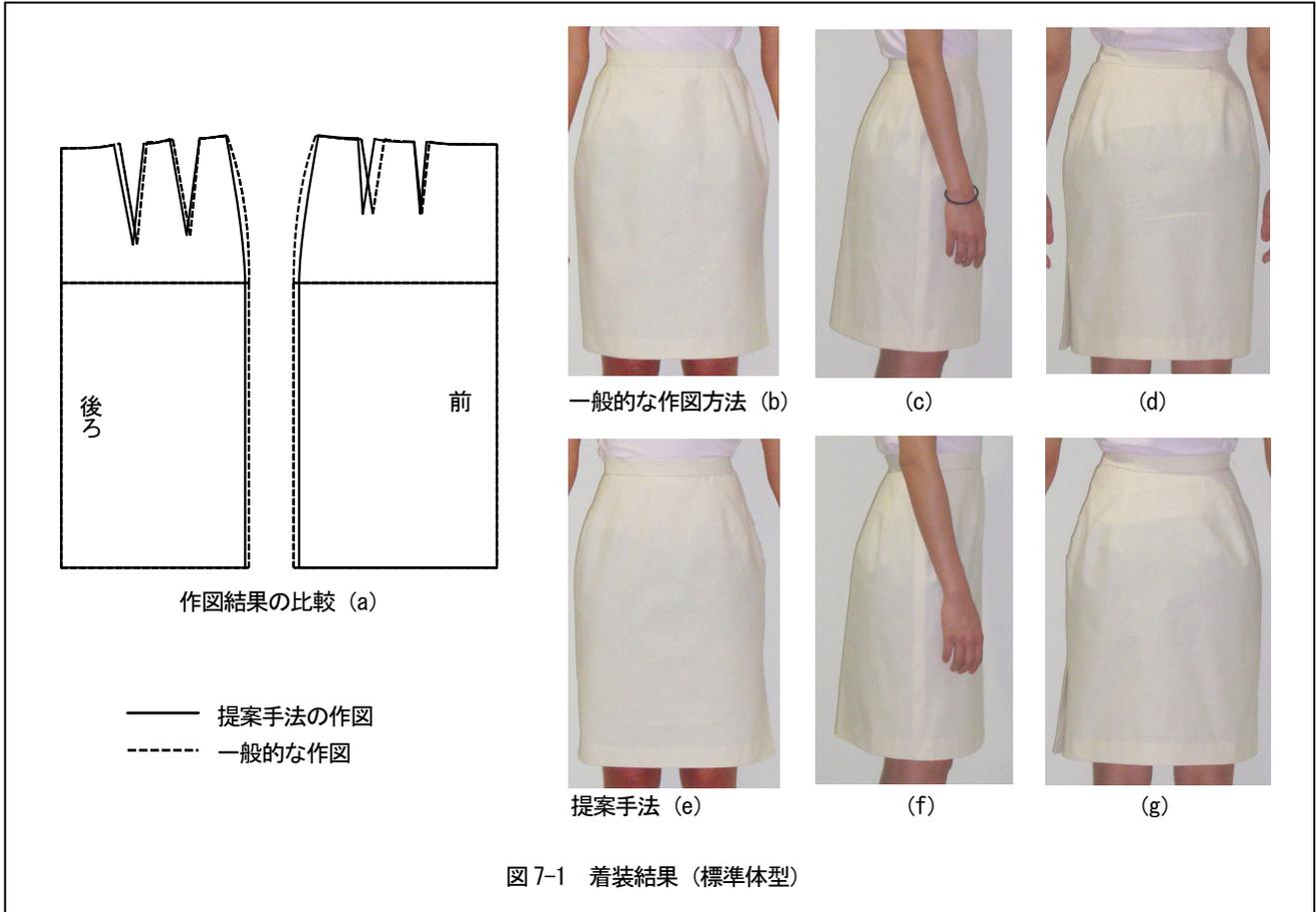
アンケートの内容は、スカートのシルエット（前面・後面・側面）、フィット性、着心地について、「良かった」、「まあ良かった」、「あまり良くなかった」、「良くなかった」の4段階で聞いた。アンケートの結果は、表1に示すようにすべての評価内容で「良かった」、「まあ良かった」という回答を得た。スカートのシルエットに関する自由記述、インタビューでは、「一般的な作図方法のスカートは前面に比べて後面が少し上がっていた。そのためシルエットが綺麗とは言えないと思った。提案手法のスカートは自然になじんでいた」、「一般的な作図方法のスカートは前が浮いて後ろにはしわが寄っていたが、提案手法のスカートは見栄えの良いシルエットだった」等の記述や意見があった。スカートのフィット性に関しては、「提案手法のスカートは無駄なゆとりがなくフィット感がよかった」、「フィットしているとラインもきれいに見えるのだった」と等の記述や意見があった。

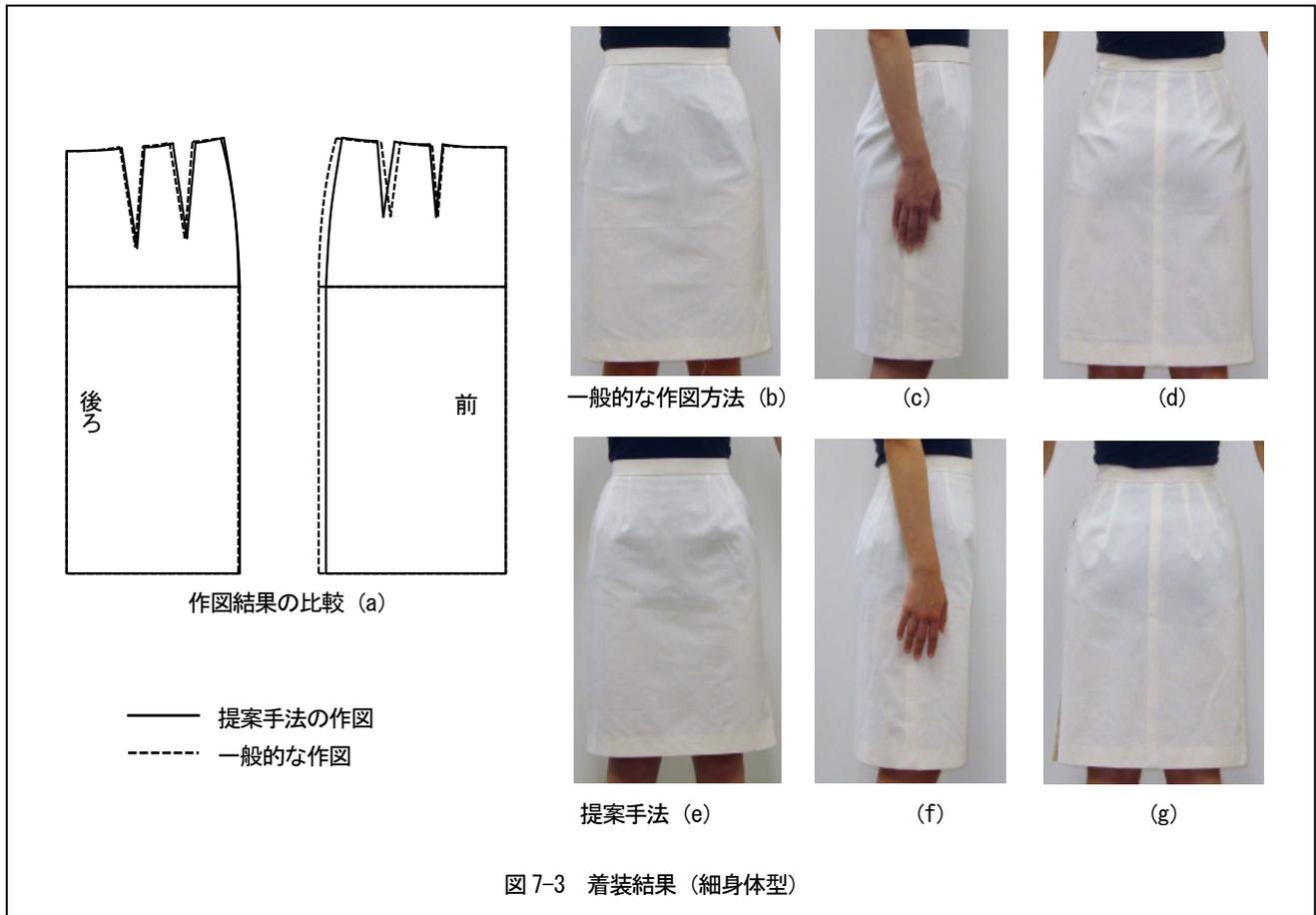
2012, 2013年度に、本システムを被服系大学の授業で使用した。人体観察、人体分析ができ、短時間で各自のパターンが得られたことから、学生から良い評価を得た。3D人体形状分析アプリケーションの評価は、「入力、出力が簡単で、操作性も良い」、「インタフェースのデザインがシンプルで見やすい」、「マウスを使って感覚的に動かせるので良い」、「簡単な読み込みで自分の体が切断された図ができて楽しかった」、「一回の操作で水平断面、矢状断面の二つのファイルが保存できるのが良い」という意見があった。その他、「ヘルプがほしい」、「拡大縮小が人体の中央のみでなく視点が変わると良い」、「左右の切断面の色がリンクされて変わると良い」という改善点も示された。

スカート原型作製プラグインの評価は、「操作の手順を書い てくれてあったので分かりやすかった」、「Enterを押すだけでスカートの作図ができていくのでとても便利」、「やっていて楽しい。素晴らしいと思った」という意見があった。その他、「もう少し手順が簡単だと良い」、「もう少し詳しい説明がほしい」という改善点も示された。また、縫製して試着した結果、補正が少なく体型にフィットして着心地も良いスカートであることが示された。

表1 一般的な作図方法に対する提案手法の評価

	よかった	まあよかった	あまり良くなかった	よくなかった
前面のシルエット	6	0	0	0
後面のシルエット	6	0	0	0
側面のシルエット	4	2	0	0
フィット感	6	0	0	0
着心地	5	1	0	0





## 5. おわりに

3Dボディデータから、本システムでデザイン作成したスカートは、体型にフィットし着心地も良いことからその有効性が示された。3D人体形状分析アプリケーションは、人体のポリゴンデータから意図するデザインに沿った正確な基準断面を生成することができた。同時に衣服を作成するうえで重要な人体観察が可能となり、個々の体型の特徴を捉えることができた。スカートの原型作製プラグインでは、作図に水平断面を用いることにより、立体裁断方式の自動作図機能を実現できた。本デザインシステムを用いることにより、作業効率が大幅に短縮された。

被服系大学で6名の試着評価を行った結果、試着実験したスカートの比較からは、それぞれ体型にあったダーツ位置、ダーツ量になっていることが分かった。これは、3Dボディデータを基にして、水平断面図を用いて作図したことから体型に適合したパターンになっていると考えられる。結果として、提案手法によるスカートは仮縫いなしで体型にフィットすることが示された。特に良かった点は、立体裁断の要領でダーツ位置を設定することができたことにより、普通体型よりヒップが後ろに突出している厚みのある体型にも対応できた点である。また、反身体、屈伸体にも対応した。

今後の課題として、人体分析アプリケーションは拡大縮小の視点が人体の中央のみでなく、上下に視点を変えられるようにする。また、多くのユーザ評価を行い、本デザインシステムを

使いやすいように改良したい。さらに、様々な視点から人体分析を行い、パンツやブラウス等のアイテムを開発したい。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力いただきました和洋女子大学名誉教授山本政先生、東レACS株式会社、産業技術総合研究所・デジタルヒューマン工学研究センター、BMDシステムの皆様に深謝申し上げます。なお本研究の一部は、JSIS科研費、25280037の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 山本高美, CAD Pattern Making I, 家政教育社, 2003.
- [2] 山本高美, 中山雅紀, 藤代一成, 桂瑠以, 坂元章, 3D ボディデータ分析に基づくスカート原型デザインシステムの開発, NICOGRAPH 2013 論文集, pp.1-8, 2013.
- [3] 三吉満智子, 文化女子大学講座 服飾造形学理論編 I, 文化学園教科書出版部, 2000.
- [4] 間壁治子, 改訂 被服のための人間因子, 日本出版サービス, 2000.
- [5] 松山容子 編著, 衣服製作の科学, 建帛社, 2001.
- [6] マルチン人体計測器, <http://ec.yagami-inc.co.jp/shop/o/00833500-H01>, 2014.
- [7] 持丸正明, 河内まき子, 人体を測る一寸法・形状・運動バイ

オメカニズム・ライブラリー, 東京電機大学出版局, 2006.

[8] 山本政, 服飾造形のための基礎研究, 朝日出版サービス, 2000.

[9] 浜松ホトニクス株式会社, <http://www.hamamatsu.com/jp/ja/index.html>, 2014.

[10] 河内まき子, 持丸正明, 形状スキャナによる人体寸法計測の誤差要因の検討—計測時の姿勢による寸法の違い—, 日本人類学会誌, Vol. 113, pp. 63-75, 2005.

[11] 持丸正明, 河内まき子, 適合メガネフレーム開発を目的とした 3 次元顔形状分類, バイオメカニズム, Vol.16, pp. 87-99, 2002.

[12] 持丸正明, 河内まき子, 福井幸男, 堤江美子, FFD 法による形態間距離に基づく足部三次元形態の特徴分類, 人間工学, Vol. 33(4), pp. 229-234, 1997.

[13] 矢原弘樹, 高橋瑛逸, 福井幸男, 西原清一, 持丸正明, 河内まき子, 製品設計に用いる 3 次元足部モデルの座標系の設定と精度の改善法の提案, 芸術科学会論文誌, Vol. 6, No. 2, pp. 44-52, 2007.

[14] 新文化ヌードボディ, <https://www.bunka-koubai.com/shop/itemdetail.php?n=43>, 2014.

[15] 高部啓子, 衣服設計への応用を目的とした人体形態の把握と類型化, 日本家政学会誌, Vol. 59, No. 9, pp. 687-697, 2008.

[16] 伊藤由美子, デジタル計測を中心とした人体計測技術と応用, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 17, No. 2, pp. 28-32, 2012.

[17] 柿沼よしえ, 堤江美子, 近藤邦雄, 三谷純, 宮原進, 鈴木浩之, 飯田芳幸, 高齢者の人台モデルを用いた衣服設計システムの開発, 日本図学会学術講演論文集, pp. 45-50, 2006.

[18] Yoshie Kakinuma, Emiko Tsutsumi, Kunio Kondo, Jun Mitani, Susumu Miyahara, Hiroyuki Suzuki, and Yoshiyuki Iida, Customized Garment Design Supporting System for Aged People using Digital Dress form Model, *Proc. 13th International Conference on Geometry and Graphics*, pp. 1-9, 2008.

[19] 東レ ACS 株式会社, <http://www.toray-ac.com/>, 2014.

[20] Peng Guan, Loretta Reissl, David A. Hirshberg, Alexander Weissl, and Michael J. Black, DRAPE: DRessing Any Person, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 4, Article 35, 2012.

[21] Remi Brouet1, Alla Sheffer, Laurence Boissieux, and Marie-Paule Cani1, Design Preserving Garment Transfer, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 4, Article 36, 2012.

[22] Philippe Decaudin, Dan Julius, Jamie Wither, Laurence Boissieux, Alla Sheffer, and Marie-Paule Cani, Virtual Garments: A Fully Geometric Approach for Clothing Design, *Computer Graphics Forum*, Vol. 25, No. 3, pp. 625-634, 2006.

[23] 持丸正明, デジタルヒューマンによる人間中心設計支援, 情報処理, Vol. 54, No.2, pp. 86-91, 2013.

[24] Amy Wibowo, Daisuke Sakamoto, Jun Mitani and Takeo Igarashi, DressUp: a 3D Interface for Clothing Design with a Physical Mannequin, *Proc. The 6th International Conference on tangible, embedded and embodied interaction (TEI 2012)*, pp.99-102, 2012.

[25] Yuki Mori and Takeo Igarashi. Plushie: An Interactive Design System for Plush Toys, *ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2007)*, Vol.26, No.3, Article 45, 2007.

[26] 山本高美, 山本政, 服装造形のための基礎研究 (第 2 報) —水平体型図分析によるスカートの縫製—, 和洋女子大学紀要 Vol. 35, pp. 159-180, 1995.

[27] 山本高美, 山本政, 服装造形のための基礎研究 (第 4 報) —女子人体下半身の分析によるタイトスカートの製作—, 和洋女子大学紀要, Vol. 36, pp. 131-144, 1996.

[28] Charlie C.L. Wang, Yunbo Zhang, and Hoi Sheung, From Designing Products to Fabricating Them From Planar Materials, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.20, No.6, pp.74-85, 2010.

[29] クボテック株式会社, <http://www.kubotek.com/info/home.html>, 2014.

[30] 株式会社アイティーティー, <http://www.ittc.co.jp>, 2014

[31] 山本高美, 土井美鈴, 藤代 一成, パンツスローパ自動作図機能の開発とその授業実践, お茶の水女子大学大学院, 人間文化論叢, Vol.7, pp.473-481, 2005.

[32] Takami Yamamoto, Misuzu Doi, and Issei Fujishiro, Development of Pants Slopers with Automatic Drafting Functions and Human Body Measurement for Use in Apparel CAD Education, in *Proceedings of CAD/ Graphics 2005*, IEEE Computer Society Press, pp.193-198, 2005.

[33] 山本高美, アパレル CAD 教育システムの開発, 風間書房, 東京, 2009.

[34] 山本高美, 土井美鈴, 藤代 一成, アパレル CAD 教育のための自動作図機能に基づいたブラウス用ディテールパターンのアーカイブ, 画像電子学会誌, Vol. 33, No.5, pp. 696-704, 2004.

[35] 山本高美, 藤代一成, 中山雅紀, 桂瑠以, 坂元章, 3D 人体モデルの分析アプリケーションの開発とスカートパターン設計への応用, 日本人間工学会第 53 回大会講演論文集, Vol. 48, pp. 404-405, 2012.

[36] Embarcadero Technologies, Inc. Delphi XE6, <http://www.embarcadero.com/jp/products/delphi>, 2014.

[37] 武藤工業株式会社, <http://www.mutoh.co.jp/products/vc/apparel/spec.html>, 2014.

[38] 文化服装学院編, 文化ファッション大系服飾造形講座②スカート・パンツ, 文化服装学院教科書出版部, 1999.

## 山本 高美



1983年 和洋女子大学文家政学部被服学科卒業。2003年 東京学芸大学大学院教育学研究科修士課程修了。修士（教育学）。2006年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程修了。博士（理学）。1996年 和洋女子大学助手。2000年 専任講師。2010年 准教授。被服構成学，アパレルCAD教育，3D人体計測の研究に従事。情報処理学会，画像電子学会，芸術科学会，日本家政学会，繊維製品消費科学会，日本人間工学会，日本教育工学会，他会員。

## 中山 雅紀



2002年 慶應義塾大学 学士課程卒業。2004年 慶應義塾大学大学院 修士課程修了。修士（工学）。2010年 同大学院 博士課程単位取得退学。現在 情報工学科藤代研究室研究生 兼 日蓮宗玉泉山安国院住職。フォトリアルレンダリング，球面幾何に基づくモデリングや情報処理，球面ディスプレイ，ステレオグラム，3D人体

計測，等の研究開発に従事。情報処理学会，画像電子学会，芸術科学会，他会員。

## 桂 瑠以



2001年 東洋英和女学院大学社会科学部卒。2004年 横浜国立大学大学院教育学研究科修士課程修了。修士（教育学）。2009年 お茶の水女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程修了。博士（人文科学）。2009年 お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科リサーチ・フェロー。2010年 お

茶の水女子大学専任講師。2013年川村学園女子大学専任講師。メディアの影響に関する研究に従事。日本心理学会，日本社会心理学会，日本パーソナリティ心理学会，日本家政学会，日本教育工学会，他会員。

## 坂元 章



1986年 東京大学文学部社会心理学専修課程卒業。1988年 東京大学大学院社会学研究科社会心理学専攻修士課程修了，修士（社会学）。1992年博士（社会学）。1991年 お茶の水女子大学文教育学部専任講師，1993年 助教授，2004年 教授。2007年より，お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科人間科学系

教授。メディア心理学，社会心理学，情報教育の研究に従事。日本デジタルゲーム学会，日本シミュレーション&ゲーミング学会，日本パーソナリティ心理学会，日本教育情報学会，日本心理学会，他会員。

## 藤代 一成



1985年筑波大学大学院博士課程工学研究科電子・情報工学専攻修士号取得退学後ただちに東京大学理学部助手。その後，1988年筑波大学電子・情報工学系助手，1989年講師，1991年お茶の水女子大学理学部助教授，1998年教授，2004年東北大学流体科学研究所教授を経て，2009年より慶應義塾大学理工学部教授，現在に至る。1988年理学博士（東京大学）。

ビジュアルコンピューティング，特にボリュームグラフィックスや可視化ライフサイクル支援，複合現実型並置化と多感覚情報呈示による環境知能メディアに関する研究に従事。当学会では，理事，副会長，評議員を歴任。現在，画像電子学会VC委員会委員長。IEEE Computer Society, ACM, Eurographics, 情報処理学会，日本計算工学会，日本バーチャリアリティ学会，映像情報メディア学会，電子情報通信学会会員。