

平成 30 年 6 月 10 日現在

機関番号：32507

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00761

研究課題名(和文) 3次元人体データ分析による柔軟なアパレルファブリケーションシステムの開発

研究課題名(英文) Development of Flexible Apparel Fabrication System by 3D Human Body Data Analysis

研究代表者

山本 高美 (Yamamoto, Takami)

和洋女子大学・人文社会科学系・准教授

研究者番号：10327182

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3Dスキャナにより採取した人体計測データを分析することで、パンツ・身頃原型の高精度の設計から、パターン作成までをカバーするシステムを提案した。これにより、個々の3D人体計測データを正確および高速に分析でき、体型にフィットし心地も良いパターンを短時間で得ることが可能となった。さらに、3D計測によって採取した人体表面のポリゴンデータから、3Dディスタンスフィールドを表現するポリウムデータを構成し、人体計測アプリケーションのプロトタイプの開発を行った。

研究成果の概要(英文)： This study proposed a pattern design system that covers a wide range of operations from highly precise design of basic bodice patterns, to pattern creation by analyzing human body measurement data acquired from a 3D scanner. With this system, the 3D human body measurement data of an individual can be precisely and quickly analyzed, and a comfortable pattern that perfectly fits the person's body shape can be acquired in a very short time. In addition, development of a prototype for human body measurement application and configuration of volume data to express 3D distance fields, which are generated from polygon data of the human body surface obtained from the 3D measurements, was carried out.

研究分野：生活科学 衣・住生活学 被服設計・生産

キーワード：3D人体計測 ポリウムデータ ファブリケーション アパレルCAD 自動作図機能

1. 研究開始当初の背景

近年では、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」な世界への視点が注目されており、短時間で様々なものが作られるようになった。アパレル業界では、人体計測に1D計測の他に、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パターン開発等の研究の検討が行われていた。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。3D スキャナを用いることにより、これまでにない生活用品の開発および研究が行われており、ずれないメガネ¹⁾、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²⁾、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³⁾などがあった。しかし、容易に人体形状を分析でき、人体観察が可能なアプリケーション、各個人に対応可能なパターンを設計できるシステムは見当たらない状況であった。

我々は、アパレル CAD 教育システムの開発⁴⁾として、授業用カリキュラム、教材としてテキスト・自動作図機能、e ラーニングシステムに関する研究を行ってきた。人体計測に関しては、1993年より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、2004年からは、3D ボディラインスキャナを用いた人体計測の研究を行っている。3D ボディデータの分析には、機械系3D-CADに人体の断面図を生成できるプラグインを追加して使用している。3D スキャナを用いることにより正確な計測ができ、機械系3D-CADにより正確な水平断面、水平断面重合図、矢状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、これまで使用していた3Dソフトウェアが高価であり使用方法が複雑なため、専用に3D人体形状分析アプリケーションを開発した。

2. 研究の目的

本研究では、3D スキャナにより採取した人体形状を分析し個人の体型にフィットする、アパレルファブリケーションシステムの開発を行った。本システムの特長は、(1)人体形状分析アプリケーションにより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、(2)分析データを用いたパターン設計・柔軟性のある自動作図機能である。これにより、3D ボディデータに対して、再現性の高いパターンが作成可能なアパレルファブリケーションシステムになる。

また、パターンおよび自動作図機能の開発段階で着装評価等を行い、多くの体型にフィットできるパターン設計のためのシステムとして完成度を高めた。

これまでポリゴンデータを扱ってきたが、ポリゴンモデルは切断などの幾何学的操作が困難であるため、ボリウムデータの採用に至り、ボリウムデータならではの人体計測アプリケーションを開発した。ボリウムデータは、ディスタンス(距離)フィールドの内と外が明確に定義されているため、穴のない完全に閉じた曲面が保証され、様々な信号・画像処理技術を適用できるのでスムージングにより滑らかな体表を得ることができる。そこで、ポリゴンデータでは穴になってしまい計測が難しかった、腕付け根回り、股上前後長に焦点を当てて計測アプリケーションの開発を行った。

3. 研究の方法

本研究の体制は2大学、合計2名の研究者から構成される。人体形状分析アプリケーションの開発、分析データを用いた作図方法の開発、2D-CADによるパターン設計・柔軟性のある自動作図機能の開発、ユーザ評価、について連携して研究を進めた。

研究は、被服構成学・教育工学、情報科学の各立場から提案・開発を行った。また本研究では、プログラミング、ユーザ評価などに、和洋女子大学、慶應義塾大学の研究協力者を依頼した。

4. 研究成果

(1) Development of a Pants Pattern Design System Based on 3D Body Data Analysis【雑誌論文②】

本研究では3D ボディラインスキャナを用いた詳細な計測を行い、人体のポリゴンデータを分析して個々の体型にフィットしたパンツのパターン開発を行った。パンツのパターンは、1Dの作図では股繰りは形を想定して描くことからフィットすることは難しい、また、前傾姿勢などの動作のためのゆとり量の設定も、想定して定数を用いているためフィットするかは難しい。そのために、作図方法はスカートに比べ一段と難しくなる。しかし、スカート原型同様3D スキャナから得られたデータを用いることにより、フィット性の高いパターンが作成できるものとする。その貢献は以下の2点である。

①改良した3D人体分析アプリケーションによりパンツのパターンに必要なデータを分析可能、

②3D人体分析データを用いてアパレルCAD上で実装できるパンツの自動作図機能を開発。

これにより、平面作図では難しい股ぐり形状を考慮したパンツのパターンを短時間で得ることが可能となる。なお、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。

本研究で提案するパンツのデザインシステムにおける大まかな処理の流れを図1に示

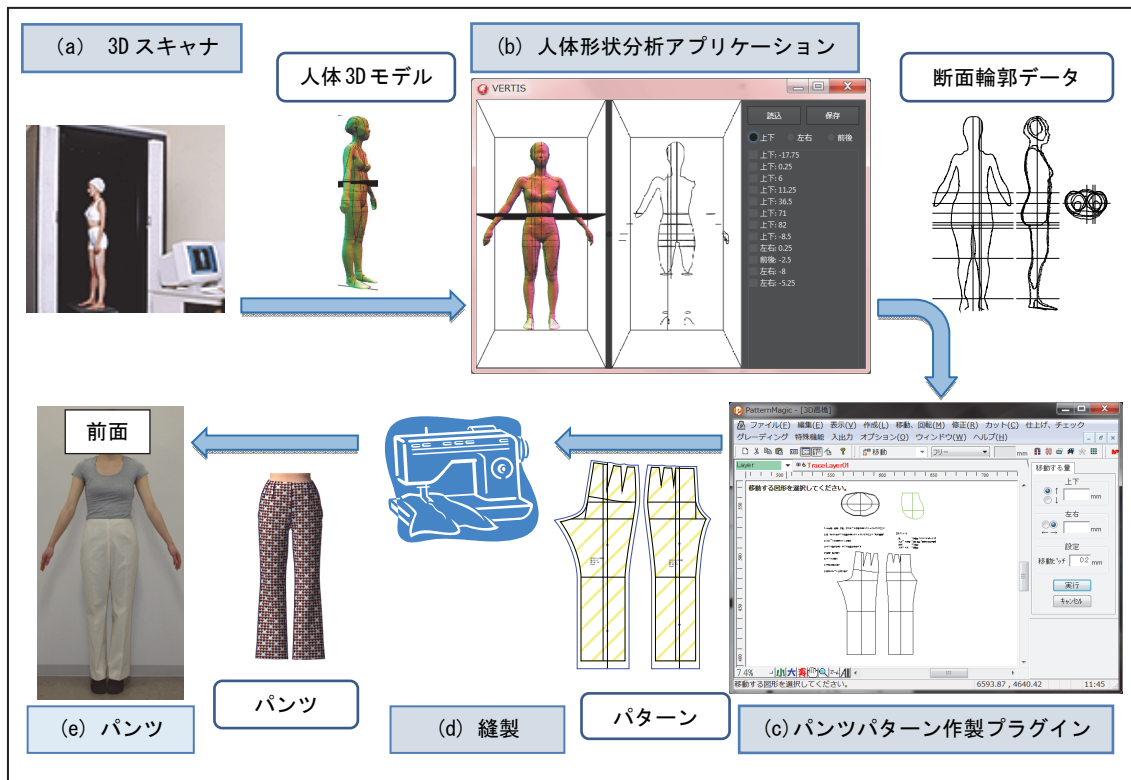


図1 提案デザインシステムにおける処理の流れ



図2 着装結果 (標準体型)

す。まず、(a) 3D スキャナで人体形状を採取した上で、(b) 3D 人体形状分析アプリケーションによってパンツパターンに必要な断



(a) 前傾姿勢 (b) 座位姿勢

図3 パンツの運動量評価 (標準体型)

面データを複数抽出し、その曲線データを用いて (c) パンツパターン作製プラグインによりパターンを作製する。そのパターンを使用して (d) 縫製し、(e) パンツが得られる。

着装評価のポイントは、体型にあっているか、不要なしわがないか、フィット感が良いか、着心地が良いかという点である。

図2に示す1D計測で作図したパンツは、前面は扁平であり、側面には後面に向け斜めのしわが入っている。本システムで作図したパンツは、前面は立体的になっており全体的

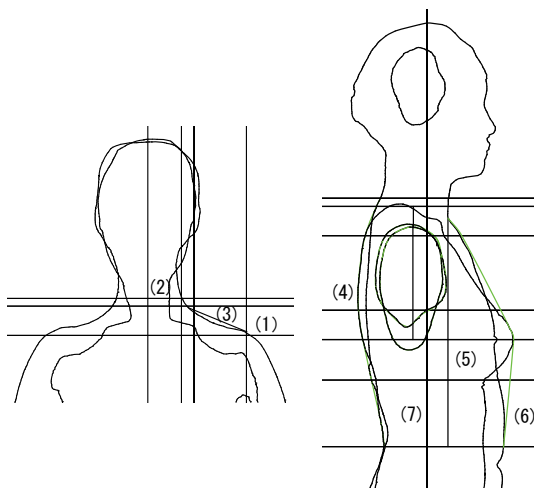
に適度なゆとりが入り、股ぐりも丁度良いことが分かる。試着後のパターンを比較してみると、1D計測の作図は、WLからHLまでの後面の脇線カーブがきつく後面で幅が不足していることが分かる。本システムの作図は、その位置が滑らかなラインで、前面とのカーブ線と同形状であり無理のないパターンになっている。また、厚み分も多く股ぐり形状も自然なラインとなっている。

また、パンツの運動量を評価するために、図3(a)前傾姿勢、図3(b)座位姿勢をとらせた。パンツには、後ろ中心に運動量のためのゆとり分が必要であることから、立位姿勢では少しゆるみが多く見えるが、これらの運動をしたところ、ちょうど良いことが分かった。

結果として3D人体形状データから本システムで作成したパンツのパターンは、体型にフィットし着心地も良く、短時間でできた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水平断面、矢状断面、体側重心断面を生成することができた。パンツパターン作成プラグインでは、作図に水平断面・矢状断面を用いることにより、WLからHL、股ぐり形状にフィットできるシステムを実現できた。

(2) 3D ボディデータ分析に基づく身頃原型作成システムの開発【学会発表⑨】

本研究では、3Dスキャナによる人体計測を行い、そのデータを分析するための、3D分析アプリケーションの開発を行った。これにより分析した水平断面図データを用いて、アパレルCADの身頃原型作成プラグインを開発した。これまでは、下半身のアイテムで



- (1) 肩傾斜、(2) 後ろ衿ぐり幅、(3) 肩幅、
 (4) 背丈、(5) 垂直な前丈、(6) BPを通る前丈、(7) BL高さ

(a) 冠状断面 (b) 矢状断面

図4 CADによる分析

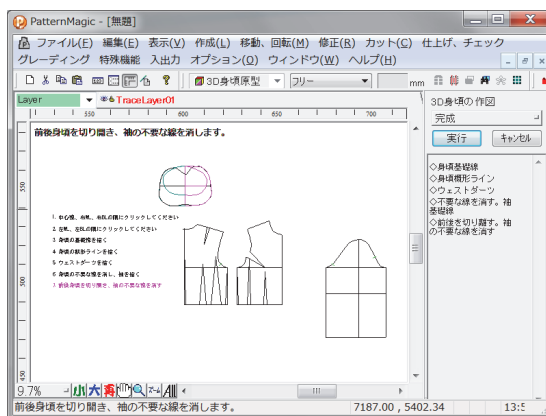


図5 身頃原型作製プラグイン

あるスカートの機能を用いて授業を行ってきた。今回は次段階として、作成が難しい上半身のアイテムとした。本システムを用いることにより、短時間で、仮縫いなしで人体にフィットする身頃原型を作成可能とした。

身頃原型作製プラグインは、先に開発した人体分析アプリケーションにより採取した水平断面図、矢状断面図、冠状断面に基づいて、パターンを生成可能とした。これらの断面をアパレルCADに読み込み、図4に示すようにデータを分析する。図4(a)の冠状断面からは、肩幅、肩傾斜、SNPを分析する。図4(b)の矢状断面からは、背丈、BL高さ、ダーツ量を分析した。

CADのインターフェースは図5に示すとおりであり、身頃原型作成プラグインの作図ステップ画面である。本システムは、3D計測で詳細な計測ができることから、短寸式を基に一部胸度式を併用している。短寸式として計測した部位は、パラメタ値の背丈、BL高さ、ダーツ量、肩幅、肩傾斜、SNP、袖丈と、入力データであるWL、BLと、その外包囲である。胸度式を利用している部分は、原型の幅を3分割する、胸幅、背幅、袖ぐり部分である。この部分は、先に胸幅、背幅を取ると袖ぐりの部分の寸法がマッチしないなどの欠点があった。そこで、胸度式の計算に水平断面図で入力した身頃の厚みデータを入れることにより3分割した。これにより、一部計測を簡略化しながらも体型の厚みに対応できた。

試着による評価を、本システムと1D計測で作成して行った。そのポイントは、体型にあっているか、不要なしわがないか、フィット感が良いか、着心地が良いかという点である。

図6に示す着装結果、標準体型の1D計測で作図した身頃原型は、全体的にきつくバスト、袖ぐりにしわが出ている。また左右差があり、左背面にたすきしわが出ている。本システムで作図した身頃原型は、適度なゆとりが全体的に入っておりフィットしていることが分かる。しかし、1D計測と同様に、左右差によるしわが出ている。試着後のパター



1D計測 前面 側面 後面



本システム 前面 側面 後面

図6 着装結果（標準体型）

ンを比較してみると、1D計測の作図は、背丈が短く後ろ身頃の身幅が狭いことが分かる。本システムの作図は、全体的に大きくゆとりが十分に入っていることが分かる。本研究協力者の1D計測である、バスト寸法、背丈が適切でなかったことが示された。

これにより、多くの体型に対応できる身頃原型作成システムとなった。

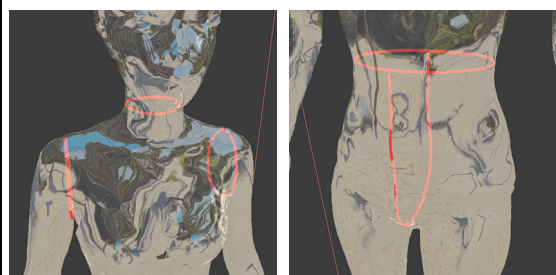
（3）3次元ディスタンスフィールドに基づく人体計測アプリケーションのプロトタイプ【学会発表①, ③】

本研究では、3D計測によって採取した人体表面のポリゴンデータから、3Dディスタンス（距離）フィールドを表現するボリュームデータを構成し、人体計測アプリケーションのプロトタイプの開発を行なった。ボリュームデータは、穴のない閉じた体表面生成を保証し、幾何学的な操作を実行する場合も体表形状モデルとして扱いやすい。また、様々な信号・画像処理技術を適用できるのでスムージングにより滑らかな体表が得られる。さらに、ディスタンスフィールドが容易に導出できるので、体表に沿った計測がしやすい。

これまで一貫して人体のポリゴンデータを扱ってきたが、ポリゴンデータでは脇の下、股の下、足の裏などで穴が開いてしまう点が課題となっていた。そこで本研究では、ポリゴンデータを、人体の内外を陰関数表現できるボリュームデータへ変換する方針を採用する。ボリュームデータは、体表に沿った計測がしやすい。図7(a)はプロトタイプとしてノイズのない架空の理想的な人体モデルを用いて理論検証し、テトラヘドライゼーションしたものである。図7(b)は、3Dプリンタで出力【学会発表③】したものである。



(a) 上半身 (b) 3Dプリンタによる出力
図7 人体のボリュームモデリング



(a) 腕付け根回り (b) 股上前後長
図8 人体計測アプリケーションのプロトタイプ

次に、実際に計測誤差を含む、実験協力者の人体スキャンデータを用いてボリュームデータの生成を試みた。ボリュームデータ特有の処理を施し、体積を保存しながらも計測誤差を除去した理想的な人体モデルの生成に成功している。

図8は、人体計測アプリケーションのプロトタイプとして、ボリュームデータ上にラインを入れ、位置を計測できるようにしたものである。図8(a)WL、図8(b)は股上前後長である。ポリゴンデータでは、穴になってしまい手計測が必要であった、腕付け根回り、股上前後長に焦点を当てて計測機能を開発した。

<引用文献>

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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. 平成20年度日本学術振興会科学研究費補助金研究成果公開促進費 学術図書による

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 湯浅海貴, 中山雅紀, 藤代一成, Swellart : 制約付き膨張によるスケッチベースのデフォルメデザイン, 芸術科学会論文誌 Vol. 16, pp.102-109, 2017. 【査読有】
- ② Takami Yamamoto, Masanori Nakayama, Rui Katsura, Akira Sakamoto, Issei Fujishiro, “Development of a Pants Pattern Design System Based on 3D Body Data Analysis,” IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol.3, No.2, pp.114-124, 2015.11. 【査読有】

[学会発表] (計 9 件)

- ① 山本 高美, 中山 雅紀, 宮原 裕貴, 藤代一成, 3次元ディスタンスフィールドに基づく人体計測アプリケーションのプロトタイピング, 日本家政学会年次大会, 日本女子大学目白キャンパス (東京・文京区), 一般社団法人日本家政学会第 70 回大会研究発表要旨集, p.106, 2018.5.26.
- ② 池田 泰成, 都甲 裕太郎, 藤代一成, 糸の微細構造を考慮した細かな毛羽立ちをもつパイル織物の生成手法, 芸術科学会 NICOGRAPH2017 (岩手県・盛岡市), 2017.11.10. 【査読有】
- ③ Masanori Nakayama, Issei Fujishiro: “Duality,” Asian Digital Modeling Contest 2017, Bunkyo, Tokyo, 2017.8. 【査読有】
- ④ 都甲 裕太郎, 池田 泰成, 藤代一成, 繊維階層の微細構造をもつ糸を用いた織物の生成, 第 79 回情報処理学会全国大会, 名古屋大学東山キャンパス (愛知県・名古屋市), 7X-02, 講演論文集(4), pp. 141-142, 2017.3.18.
- ⑤ 湯浅 海貴, 中山 雅紀, 藤代一成, Swellart : 制約付き膨張による 2D グラフィックのデフォルメデザイン, 第 79 回情報処理学会全国大会, 名古屋大学東山キャンパス (愛知県・名古屋市), 1X-01, 講演論文集(4), pp.35-36, 2017.3.16.
- ⑥ Yasunari Ikeda, Issei Fujishiro, A recursive procedure model for improving appearance of clothes with fiber-level details, in Proceedings of the 5th IIEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC2017), 1B-3, Da Nang, Vietnam, March 1, 2017. 【査読有】
- ⑦ 清水 貴大, 中山 雅紀, 藤代一成, 呼吸動作キャプチャによる生命感の表現: ボーンモデルから 3D メッシュモデルへの拡張に向けて, 画像関連学会連合会第 3 回秋季大会予稿 D08, 京都工繊大学 (京都府・京都市左京区), 2016.11.18.
- ⑧ 清水 貴大, 藤代一成, ボーンモデルへの呼吸動作適用による生命感の表現, 第 78 回情報処理学会全国大会, 慶應義塾大学矢上キャンパス (神奈川県・横浜市),

7W-02, 講演論文集(4), pp.105-106, 2016.3.12. 【清水は研究奨励賞受賞】

- ⑨ 山本 高美, 中山 雅紀, 桂 瑠以, 坂元章, 藤代一成, 3D ボディデータ分析に基づく身頃原型作成システムの開発, 繊維製品消費学会 (長野県・上田市), 2015 年年次大会・研究発表要旨, p.42, 2015.6.27.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ 山本高美研究室 :
<http://www.a-cad.net/>

6. 研究組織

- (1)研究代表者 山本 高美
(YAMAMOTO, Takami)
和洋女子大学・人文社会科学系・准教授
研究者番号: 1 0 3 2 7 1 8 2
- (2)研究分担者 藤代一成
(FUJISHIRO, Issei)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号: 0 0 1 8 1 3 4 7
- (3)研究協力者 中山 雅紀
(NAKAYAMA, Masanori)
慶應義塾大学・研究生