

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350069

研究課題名(和文)立体裁断のための作業動作仮想化の研究

研究課題名(英文)A study to virtualize motions of draping works

研究代表者

乾 滋 (INUI, Shigeru)

信州大学・学術研究院繊維学系・教授

研究者番号：10356496

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)：本研究は衣服型紙作成の手法のひとつである立体裁断の仮想化を目的としている。立体裁断は布、手(指)、人台などの要素から構成される。これらの要素を仮想空間内で物理的・数値的に扱うためのモデル化を行った。力学計算によって形状が定まる布モデルを構成し、センサで現実の手の動きを捉え仮想空間の手のモデルをそれに同期して動かす、3次元形状を計測した値から人台モデルを作成した。これらの要素を組み合わせて基本的なシステムを構築し、このシステムで簡単な形状の衣服の作成を行うことが可能であることを確認した。また仮想現実や拡張現実の本システムへの適用可能性の検討も行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to virtualize draping which is one of the methods to design clothing patterns.

Draping consists of the elements such as cloth, hand (fingers) and dress form. Those elements are modeled to be treated physically and numerically in the virtual world. The cloth model the shape of which is determined by mechanical calculation, the hand or finger model the motion of which is transferred from a sensor detecting the motions of the hand or fingers in the real world and the dress form model the shape of which comes from the data measured the real dress form are constructed. A basic draping system is constructed by combining the elements, and it is confirmed to be able to make garments of simple structure with the system. The possibility to adopt the technology of Virtual Reality or Augmented Reality is also considered.

研究分野：情報技術のテキスタイル・ファッション分野への応用

キーワード：立体裁断 仮想化 衣服設計 型紙 モーションキャプチャ

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 衣服の型紙作成は国内では平面作図法が



図1.現実の立体裁断

主流であるが、海外ではフィットする衣服作成が可能な立体裁断が主流である。現状では完全に人手で行われている立体裁断を仮想的に行うことを目指している。

(2) 仮想的な立体裁断システムを開発した例も見られるが、システムの開発にとどまり現実との対応がとられていない。実用につながるシステムとするためには様々な服種を仮想的に設計し、それらを現実世界で作成して検証を行うなどの過程が必要で、その過程で解決すべき様々な基礎的な課題がある。

(3) 代表者はこれまでに関連する研究を行い構想も有していたが、昨今研究を行う条件が整ってきたため本研究を提案するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究「立体裁断のための作業動作仮想化の研究」は、立体裁断の仮想化を目指し解析・実装・検証を行う。本研究では立体裁断に必要な作業動作の抽出、実装、現実と仮想との比較検証により、立体裁断仮想化の基礎的な技術の確立を目指す。このような目的を達成する事により、現状に比べて資源やエネルギーの消費を抑え、人々が気に入った製品を大切に使う心豊かに生活することにつながることを期待する。

## 3. 研究の方法

本研究では立体裁断作業動作の計測、仮想化、検証を行う。

(1) 作業動作の計測は、定性的にはビデオの撮影と定量的には動作計測装置による計測を行う。

(2) 仮想化については、目的に適した新たなモデルの検討と、モデルに基づいて布の仮想化を行う。また人間の動作をセンシングし、仮想の布の動きに反映するためシステムを作成する。これらをリアルタイムで処理するために数値演算プロセッサによる高速化を検討する。そのために仮想化のモデルをこの手法に適合するように最適化を行う。

(3) 検証については、システムを用いて衣服型紙の作成を行う。これから仮想と現実の衣服の作成を行い、両者を比較して検証を行う。

## 4. 研究成果

本研究の最終的な目的は立体裁断を仮想化することにある。立体裁断は人台や人体にシーティングや衣服の素材となる布を当て、ダーツなどを取り不必要な部分を切り取り、これを平面に戻すことによって型紙を得る手法である。仮想化されれば効率が向上することで個人対応の衣服の作成が容易になることが期待される。

(1) マッピング手法の仮想立体裁断システムへの適用についての検討を行った。立体裁断のためのマッピングの手法は仮想化のための手法のひとつである。現実世界では人台にはテープ等で印が付けられており、これに合わせて布の方向を定めて人台の表面に当てる。仮想的には人台のモデル上の線に合わせて布モデルを写像する方が効率が良い。このための手法の開発・実装を行った。型紙は本来平面である布で、立体である人体を覆うために作成されるものである。そのため、単に布の外形を整えるだけではなく、切れ目を入れ縫い合わせることによって立体を形成する。この切れ目のことをダーツという。ここでは、ダーツ部分は布モデルが重なるように人体表面上に写像し、真ん中で切り取って仮想的に縫合することとした。ここまでは幾何学的なマップであり、布モデルに多少のひずみや変形が発生している。この形状を初期形状として布モデルのエネルギー安定状態を求め、人台モデルに当てた布モデルの立体形状を計算する。その後、立体を平面状態に展開することによって型紙の形状を得た。さらに、型紙を仮想的に縫合した衣服のモデルを人台モデルに装着した。これによって、衣服の完成形状を予測し、修正を加えることができる。この手法を用いて4枚の型紙から構成されるタイトスカートの型紙を作成した。

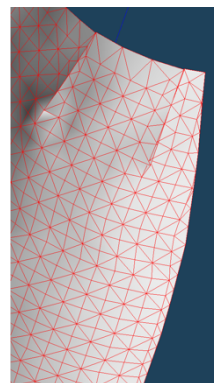


図2 人台モデルにマップされた布モデル

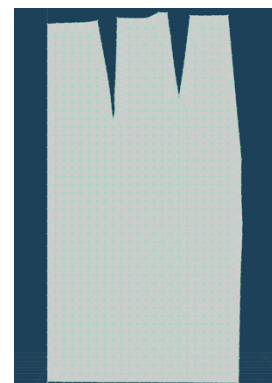


図3 本手法で作成された型紙

(2) インターフェースとしての手の動きのセンシングについて検討を行った。手の動きの

センシングについては、一般には入力インターフェイスとしてマウスが用いられている。立体裁断では布を操作する手や指の動きを取り入れることが自然である。そのため、手や指の動きを検出することのできるモーションセンサを用いて手の動きを検出し、その動きを仮想空間に取り入れた。布をつかんで移動する、布の任意の部分を任意の位置に固定する、形を整える、布を任意の位置で任意の量だけ裁断する、などの基本的な操作を仮想空間内で実現した。特に布の裁断については、裁断箇所にはそれまでのノードや辺に加えて、2つの部分に分割されることによって新たにノードや辺を生成するなどの、布モデルの再構築が必要となる。

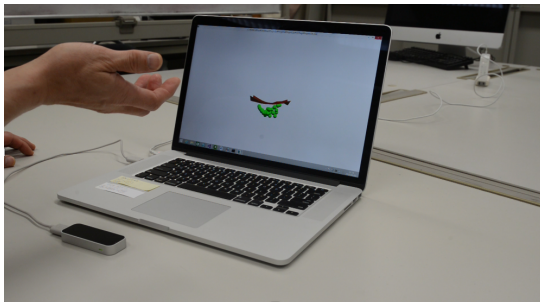


図4 センサを用いた操作の様子

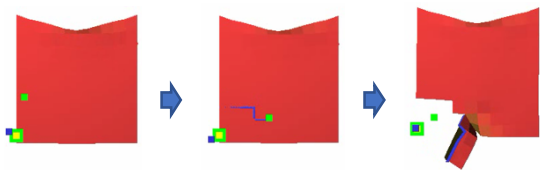


図5 布モデルの裁断過程

(3) ダミーモデルのシステムへの追加について検討を行った。システム全体はリアルタイムで動作することが必要であり高速な処理が求められる。一方でダミーモデルと手のモデルとの間では衝突の判定・反応が必要であり、これらは計算時間を要する処理である。処理時間の軽減を図るために距離関数を用いた。距離関数とは物体の表面からの距離の場である。具体的には物体を含む空間に格子点を設定し、ダミー表面から各格子点までの距離を計算して求めておく。格子点以外の点については、格子点での距離を補間して求めることができる。距離関数は布モデルとダミーモデルとの衝突の判定・反応に用いることができ、通常の衝突判定の処理に比べ非常に高速な処理が可能となる。

また、例えばスカートの腰部の型紙を作成するための布モデルを地の目線に沿って写像して固定する場合を考える。腰部は上に行くに従って絞られた形となるため、上の部分は布が浮いた状態となる。この状態で指のモデルでこの部分をつまみ、ダーツを取ることを実

現した。また、つまんだ部分をマークすることによって、布モデルを開いた時に型紙の形状を得ることができる。

以上の2点を実現したことによって、立体裁断法の基本的な構成要素であるダーツの作成が可能となった。現実の立体裁断法では型紙の大きさに近い布を切り取り、これをダミーなどの表面に当てて型紙を作成する。このことは布モデルをダミー表面に写像することで実現できていた。この布モデルの写像と指モデルによる布モデルの操作とを組み合わせることによってダーツ作成の基礎を確立することができた。

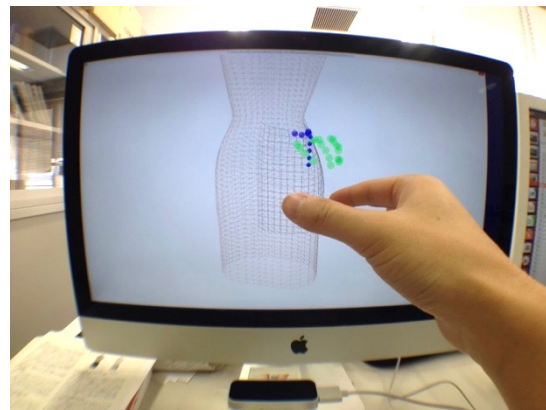


図6 ダーツ作成操作の様子

(4) 新たな仮想環境構築についての検討を行った。本研究は衣服の型紙設計プロセスを仮想化するという内容である。仮想化に際して以下の方針に従った。1) 現実世界での立体裁断の操作性を仮想世界でもできるだけ保持する。2) 仮想化によって現実の立体裁断に比べて効率化できる部分は効率化する。1) についてはセンサで現実世界での手や指の動きを検出して計算機に取り込み、仮想世界内の布モデルを操作する方式とした。2) については現実には困難でも仮想的に実現することが容易な操作が存在する。このことについての検討によって効率的なシステムの構築を目指した。

これまでは仮想的な世界をモニターに表示し、表示された画像に対して操作を行ってきた。しかし実際的な操作のためには、より現実感のある環境で操作を行うことが望ましい。そのため、本年度はVRあるいはARの機器の調査を行い、本システムへの適用の可能性の検討を行った。

現在入手可能であるVR、AR機器を用意し、各装置について検討を行った。現実世界の立体裁断はボディ表面上の布の操作から成り立っている。現状ではディスプレイ上に仮想世界を表示し、手の動きで布モデルを操作する状況となっている。手を遮る物体が存在しないために、手のモデルが仮想的なボディ内部

にいくらかでも入り込むことができ、このことが操作性をかなり損なっている。ARは現実世界に仮想的な物体を重ね合わせて表示するものであるため、現実のボディ表面に表示された布モデルを、制約の下で操作することができる。しかし現状では機器構成としてARを基にしてシステムを構築することは困難であることが明らかになった。一方、VRでの実現のためには現実の物体と仮想的なモデルとを精密に重ね合わせる必要があるため、このことは機器構成上可能であるという見通しが得られた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. Yuko Mesuda, Shigeru Inui, Yosuke Horiba, Virtual Manipulation for Draping, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 27, 2015, pp. 417-433, 査読あり

[学会発表] (計 15 件)

1. 乾滋, 小林萌, 堀場洋輔, テキスタイルの変形計測手法, 第 12 回日本感性工学会春季大会, 2017 年 3 月 29 日, 上田安子服飾専門学校, 大阪府, 大阪市

2. 乾滋, 小林萌, 堀場洋輔, 宮武恵子, テキスタイル特性の表現手法, 第 18 回日本感性工学年次大会, 2016 年 9 月 11 日, 日本女子大学, 東京都, 文京区

3. Shigeru Inui, Miyahara Noriki, Yosuke Horiba, Tucking Clothing Dart in the Virtual World, The 9<sup>th</sup> Textile Bioengineering and Informatic Symposium 2016, 13 July 2016, RMIT University, Melbourne Australia

4. 召田優子, 乾滋, 堀場洋輔, 指の動きを用いた仮想立体裁断のための布モデルの操作, 2016 年度繊維製品消費科学会年次大会, 2016 年 6 月 25 日, 東京家政大学, 東京都板橋区

5. 山本航, 堀場洋輔, 乾滋, 布操作仮想化の応用に関する研究, 平成 28 年度繊維学会年次大会, 2016 年 6 月 8 日, タワーホール船堀, 東京都江戸川区

6. Shigeru Inui, Yosuke Horiba, Yuko Mesuda, Mariko Inui, "Virtual Draping by Mapping and Manipulation", ATC-13 (Asian

Textile Conference), 3-6 November 2015, Deakin University, Victoria Australia

7. 乾滋, 山本航, 堀場 洋輔, 仮想的布操作とその応用, 第 17 回日本感性工学年次大会, 2015 年 9 月 3 日, 文化学園大学, 東京都渋谷区

8. Shigeru Inui, Yuko Mesuda, Yosuke Horiba, A Virtual Cloth Manipulation System for Clothing Design, HCI International, 5-7 August 2015, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, USA

9. Shigeru Inui, Yuko Mesuda, Yosuke Horiba, Mariko Inui, A Virtual Draping Method by Mapping Based on Warp Line, The 8th Textile Bioengineering and Informatic Symposium, 16 June 2015, Hotel Donat, Zadar, Croatia

10. 平野雄士, 堀場洋輔, 乾滋, テキスタイルの変形計測手法, 平成 27 年度繊維学会年次大会, 平成 27 年度繊維学会年次大会, 2015 年 6 月 11 日, タワーホール船堀, 東京都江戸川区

11. Shigeru Inui, Yosuke Horiba, Development of the Method for Verification of Textile Simulation, International Symposium on Fiber Science and Technology 2014, 29 September 2014, Big Site Tokyo Fashion Town Hall, Tokyo Japan

12. Yuko Mesuda, Shigeru Inui, Yosuke Horiba, Combination of Cut and Other Manipulations in Cloth Model Handling for Draping, International Symposium on Fiber Science and Technology 2014, 29 September 2014, Big Site Tokyo Fashion Town Hall, Tokyo Japan

13. 乾滋, 堀場洋輔, 仮想的な布形状表現のための評価手法, 第 16 回日本感性工学会, 2014 年 9 月 6 日, 中央大学, 東京都文京区

14. Yuko Mesuda, Shigeru Inui, Yosuke Horiba, Cloth Model Handling by the

Combination of Some Manipulations for  
Draping, International Conference on  
Kansei Engineering and Emotion Research,  
29 June 2014, Linköping University,  
Linköping Sweden

15. Shigeru Inui, Yuko Mesuda, Yosuke  
Horiba, Handling of Virtual Cloth,  
Human-Computer Interaction International  
2014, 25-27 June 2014, Crete Maris,  
Crete Greece

6. 研究組織

(1) 研究代表者

乾 滋 (INUI, Shigeru)  
信州大学・学術研究院繊維学系・教授  
研究者番号：10356496