

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月11日現在

機関番号：27103

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2012

課題番号：21700735

研究課題名（和文） 多面体を用いた衣服の縫合後の立体形状予測システムの作成

研究課題名（英文） Constructing the system to predict sewn shapes by polyhedrons

研究代表者

伊藤 海織 (ITO MIORI)

福岡女子大学・人間環境学部・講師

研究者番号：40522032

研究成果の概要(和文):本研究課題では,多面体を用いた縫合後の立体形状予測法を完成した.それは縫合後の3次元縫合線が一般的な捩れ角度を持つ場合の,縫合によって再現可能な領域が最大となる最初の側面の立ち上がり角度を算出する式を得ることにより,実現した.またすべての多面体モデルについて,次の2点を明らかにした.

- (1)隣接する側面の立ち上がり角度が等しいときに,母線ベクトルの制限長が最大になる.
- (2)母線ベクトルの制限長が最大となる最初の側面の立ち上がり角度が2個存在する.

研究成果の概要(英文): In this study, the method of predicting sewn shapes by polyhedrons is made. It is made by getting for finding the values of the standing angles with the generating lines being the longest to the case with a sewn outline in a three-dimensional form with arbitrary angles of torsion. About all polyhedron models, the other results obtained are as follows:

- (1)The limited length of a generating line is the longest when a standing angle on a side equaled that on next side.
- (2)There are two standing angles on the first side with the generating lines being the longest.

交付決定額

(金額単位:円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|---------|
| 2009年度 | 600,000 | 180,000 | 780,000 |
| 2010年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 2011年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 2012年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 1,200,000 | 360,000 | |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：衣環境・縫合後の立体形状

1. 研究開始当初の背景

現在,アパレル生産やインターネットを用いた衣服の販売において,着装シミュレーションシステム¹⁾が用いられている.着装シミュレーションシステムとは,以下のような流れをもつシステムである.

- (1)利用者の体の形状を3次元計測装置で測定し,得られた数値データから利用者の人体モデルをディスプレイ上に表示する.
- (2)衣服の型紙のデータを入力し,人体モデル上に着せつける.
- (3)衣服材料の素材や色柄のデータを入力し,

(2)で着せつけた衣服上にマッピングする。

現在汎用の着装シミュレーションシステムでは、ディスプレイ上に表示した人体モデルの体型の変更、衣服の型紙形状の変更、衣服材料の素材や色柄の変更、複数のアイテムの重ね着、あらゆる角度から見た人体モデルの静止画・動画の表示等も可能である。

本研究課題は、上記の(1)~(3)のうち(2)に含まれているので、以降では(2)について述べる。

多くの汎用の着装シミュレーションシステムでは、人体モデルや衣服モデルを三角形のメッシュで表現している。3次元計測で得られた数値データを多数の点として配置し、その点を線分で結んでできた三角形で、人体モデルや衣服モデルを形成するのである。三角形メッシュを用いると、人体のような複雑な形状や、伸縮や曲げといった素材の力学特性を表現できるという長所がある。一方で、三角形の分割の仕方に再現性がなかったり、シミュレーションに要する計算コストが大きくなったりするといった短所もある。²⁾

このような短所を改善すれば、シミュレーション結果を得るまでの時間を減少できるので、試行錯誤をしやすくなる。つまり、デザイン初期のイメージを固めるためのツールとして使える。また、シミュレーション結果に再現性があれば、シミュレーション結果の形の違いは必ず型紙形状に起因している。よって形の違いを比較できる。そしてシミュレーション結果にはデザイナーの意図が必ず反映されることにもなる。

1)美濃導彦, 坂口嘉之; 身体計測, モデリングと着装シミュレーション, 情報処理学会研究報告, CVIM, Vol. 2001, No. 66, 2001, 57-64

2)今岡春樹; パーチャル試着システムの現状と課題, 繊維機械学会誌, Vol. 49, No. 7, 1996, 354-359

2. 研究の目的

そこで本研究課題では、シミュレーションにおける計算コストが小さく、シミュレーション結果に再現性がある、衣服の縫合後の立体形状予測システムを作成することを目的とした。

この目的を実現するために、本研究課題では、衣服材料を紙のような曲げと折りによる変形だけが可能な素材と考えた。このような素材から作ることでできる立体には、可展面と多面体がある。可展面とは、平面展開可能な曲面のことである。

可展面や多面体で衣服の縫合後の立体形状を表現するには、衣服の襟付け線や袖付け線といった縫合後の3次元縫合線から、母線を伸ばして面を生成する。母線の方向が求められれば縫合後の立体形状を表現できることが、汎用システムの短所であった大きな計算コストとシミュレーション結果の再現性

のなさを解決する。汎用のシステムでは三角形メッシュの頂点座標をすべて求めるために、計算コストが大きく、シミュレーションの度に結果が変わっていたのである。

さらに、本研究課題で得られた縫合後の立体形状は幾何学的な形を表現している。よって得られた立体形状に衣服材料の力学特性を与えれば、様々な素材に展開できる。また、布のように多様な変形ができない代わりに、縫合後の立体形状が唯一に決まるので、型紙と縫合後の立体形状を把握しやすいという利点もある。

既存研究において、可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測システムが作成された³⁾。縫合後の立体形状が一義的に定まる点が長所であった。しかし、それを求める過程で積分を用いており、積分可能な関数が限られ、実際に解くには数値積分を用いるなど、個別の対応が必要な点が短所であった。その短所を改善するため、可展面理論を用いたシステムを基に多面体を用いた縫合後の立体形状予測システムが作成された⁴⁾。ただし、多面体を用いた縫合後の立体形状予測システムは、縫合後の3次元縫合線が平面上の縫合線に限られ、実際的ではなかった。そこで本研究課題では、平面上の縫合線でない、すなわち捩れ角度をもつ縫合後の3次元縫合線をシステムに適用し、実用化を目指した。

3) 伊藤海織, 今岡春樹; 可展面理論を用いた縫合後の形状予測と縫合可能性, 繊維製品消費科学 Vol. 48, No. 1, 2007, 42-51

4) 伊藤海織, 今岡春樹; 多面体を用いた縫合後の立体形状予測, 繊維製品消費科学, Vol. 48, No. 10, 2007, 679-690

3. 研究の方法

(1)多面体を用いた縫合後の立体形状予測システムの概要

多面体を用いた縫合後の立体形状予測システム(以降、「本システム」と呼ぶ)では、縫合後の立体形状を多面体で、縫合線を線分で構成された折れ線状の線で近似した。ユーザーが型紙の2次元縫合線と縫合後の3次元縫合線の情報を入力すると、縫合後の立体形状を決定するための3個の条件³⁾に基づいて、縫合後の立体形状とそれを平面展開した型紙が出力される。縫合後の立体形状を決定するための3個の条件とは、可展面理論に基づいて導出された次の条件である。

①線織面が可展面であること

②縫合後の3次元縫合線として設定した3次元曲線が曲面上に存在し、かつ縫合する型紙の2次元曲線の曲率と等しくなること

③ある母線が他の母線と交差しないこと

上記の3条件は、可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測システムについて導出された条件だが、本システムにおいても対応する条件式が存在する⁴⁾。①②は型紙が3次元縫合

線と縫合されるための条件である。③については、縫合後の立体形状が柱面でない限り、ある母線は必ずどこかで他の母線と交差する。その場合、縫合後の立体形状においては自己交差が生じ、縫合によって再現可能な形状ではない。そこで③の条件式から、縫合後の立体形状が自己交差を生じない範囲における母線ベクトルの最長の長さを求める。本研究課題では、それを母線ベクトルの制限長と呼ぶことにする。

型紙の2次元縫合線と縫合後の3次元縫合線から、縫合によって再現可能な縫合後の立体形状とその型紙形状が求められる過程は、次の通りである。

1. 型紙の2次元縫合線と縫合後の3次元縫合線の形状情報、それらの縫合線を構成する線分の数を設定する。線分数は、縫合後の立体形状が可展面である場合に対する近似精度に相当する。
 2. 縫合後の3次元縫合線を構成する各線分の端点座標と長さを求める。
 3. 縫合後の3次元縫合線の外角度と捩れ角度を求める。
 4. 型紙の2次元縫合線の外角度を求める。
 5. 型紙の2次元縫合線を構成する線分の端点座標を求める。
 6. 縫合後の立体形状における、側面の立ち上がり角度を求める。
 7. 型紙における母線ベクトルの回転角度を求める。
 8. 母線ベクトルの制限長を求める。
 9. 縫合後の立体形状と型紙における母線ベクトルを求める。
 10. 縫合後の立体形状と型紙形状を描画する。
- (2) 母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度

本システムでは、縫合後の立体形状に折り目を入れたことで、側面の立ち上がり角度が一義的に定まらなくなった。そして、最初の側面の立ち上がり角度を何度にするかによって、母線ベクトルの制限長が大きく変化した。⁴⁾

3次元縫合線が平面上の縫合線であるときには、最初の側面の立ち上がり角度を、縫合後の立体形状が可展面であるときの側面の立ち上がり角度と等しくすると、母線ベクトルの制限長が最大になった。しかし、3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合にはそうならなかった。

そこで、可展面理論を用いたシステムと比較を行い、縫合後の3次元縫合線が捩れ角度を持つ場合の、母線ベクトルの制限長を最大にする条件を求めた。

- (3) 縫合後の3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合への適用

本システムを、縫合後の3次元縫合線が一般的な捩れ角度を持つ場合に適用するための

ステップとして、縫合後の3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合に適用した。これは、常ら旋が沿っている円柱を正 n 角柱で近似し、その底面どうしを結ぶ線分と常ら旋が交わる点を結んでできる縫合線である(図1)。そして、母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度の算出式を導出した。

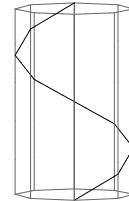


図1 一定の捩れ角度を持つ縫合後の3次元縫合線

- (4) 縫合後の3次元縫合線が一般的な捩れ角度を持つ場合への適用

一般的な捩れ角度を持つ縫合後の3次元縫合線として、ネックライン状の縫合線(図2)をとりあげた。これを襟モデルと呼ぶことにする。

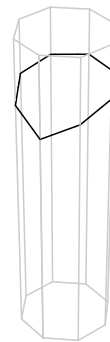


図2 襟モデルにおける縫合後の3次元縫合線

そして(3)で得られた成果を基に、母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度の算出式を導出した。

4. 研究成果

- (1) 母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度

可展面理論を用いたシステムと本システムは対応しているため、本システムにおいても、縫合後の3次元縫合線を構成する線分数が無限大であるとき、母線ベクトルの制限長を最大にすると考えられた。縫合後の3次元縫合線を構成する線分数が無限大になると、縫合線を構成する線分長が短くなり、隣接する側面の立ち上がり角度が等しくなっていく。よって本システムにおいて、側面の立ち上がり角度が隣接する側面の立ち上がり角度を等しくなるときに母線ベクトルの制限

長が最大になる。これは3次元縫合線の形状に関わらず、すべての多面体モデルに共通する。

(2)縫合後の3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合への適用

(1)に基づき、側面の立ち上がり角度を求める式に隣接する側面の立ち上がり角度どうしが等しくなる条件を代入し、縫合後の3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合において母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度の算出式を導出した。それは(1)式である。

$$\phi_0^r = \frac{\tau}{2} \pm \cos^{-1} \left(\cos \phi_i \cos \frac{\tau}{2} \right) \quad (1)$$

式中の*i*は縫合後の3次元縫合線を構成する線分の端点番号、 ϕ_0^r は最初の側面の立ち上がり角度、 τ は縫合後の3次元縫合線の一定である捩れ角度、 ϕ_i は3次元縫合線の線分数が無窮大であるときに母線ベクトルの制限長を最大にする側面の立ち上がり角度である。 ϕ_i は縫合後の立体形状を決定するための条件②から導出される。

(1)式より、母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度が逆余弦関数で表されることから、そのような角度は2個存在する。その2個の角度から得られた、母線ベクトルの制限長が最大である縫合後の立体形状が図3である。

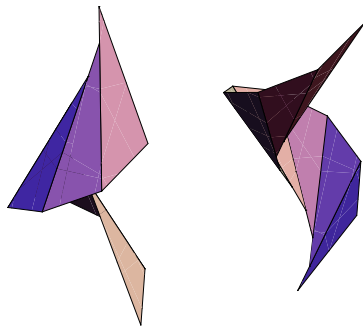


図3 縫合後の3次元縫合線が一定の捩れ角度を持つ場合における母線ベクトルの制限長が最大である縫合後の立体形状

(3)縫合後の3次元縫合線が一般的な捩れ角度を持つ場合への適用

縫合後の3次元縫合線の捩れ角度が側面の立ち上がり角度と独立である場合、(1)式中の τ に一般的な捩れ角度 τ_i を代入しても、隣接する側面の捩れ角度が等しいときに母線ベクトルの制限長が最大になるという条件に影響を与えない。よって、縫合後の3次元縫合線が一般的な捩れ角度を持つ場合の、母線ベクトルの制限長を最大にする最初の側面の立ち上がり角度の算出式は(2)式である。そして(2)式を用いて得られた、母線ベクトル

の制限長が最大である襟モデルの立体形状は、図4である。

$$\phi_0^r = \frac{\tau_i}{2} \pm \cos^{-1} \left(\cos \phi_i \cos \frac{\tau_i}{2} \right) \quad (2)$$

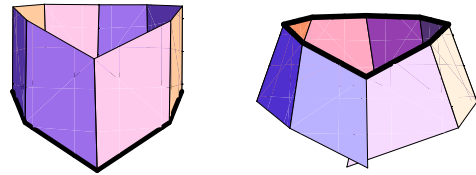


図4 襟モデルにおける母線ベクトルの制限長が最大である縫合後の立体形状

(2)式から得られた2個の角度より、実際の襟と同様のスタンドカラーとロールカラーに似た形状を得た。

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2件)

1. 伊藤海織；ペーパーモデルアパレルCADの構築，繊維学会誌，査読無，39，2013，28-34
2. 伊藤海織，今岡春樹；多面体を用いた縫合後の立体形状予測法の3次元縫合線が一定の捩れ角をもつ場合への応用，繊維製品消費科学，査読有，51，2010，568-579

〔学会発表〕(計3件)

1. 伊藤海織，今岡春樹；可展面理論を用いた縫合後の立体形状予測法における縫合後の立体形状と面の表裏の関係—立襟と折襟を例題に一，平成24年度繊維学会秋季研究発表会，平成24年9月25日，福井大学
2. 伊藤海織，今岡春樹；多面体を用いた立体形状予測法における襟モデルの着装角度と縫合可能性，平成23年度繊維学会秋季研究発表会，平成23年9月8日，徳島文理大学
3. 伊藤海織，今岡春樹；多面体を用いた縫合後の立体形状予測法における縫合可能性について，2010年度(第57回)日本家政学会九州支部大会，平成22年9月25日，琉球大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

伊藤 海織 (ITOHI MIORI)

福岡女子大学・人間環境学部・講師

研究者番号：40522032

研究協力者

今岡春樹 (IMAOKA HARUKI)

奈良女子大学・生活環境学部・教授

研究者番号：00223321