

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：33934

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24603025

研究課題名(和文) 3D-CGを用いた乳房再建手術デザイン最適化のためのガイドライン構築

研究課題名(英文) Development of design guidelines for breast reconstruction operation using 3D-CG

研究代表者

板宮 朋基 (ITAMIYA, TOMOKI)

愛知工科大学・工学部・准教授

研究者番号：60583896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、乳がんに伴う乳房切除手術後に行う乳房再建手術において、視覚的に最適と認識される手術デザインを提唱することにある。乳房のすべての形態パターンごとに考えられる手術デザインを提示し、それぞれの方法に対する審美的評価を行った。本研究において3次元コンピュータ・グラフィックスを用いることにより、複数の乳房の形態パターンや手術デザインに対応する手術痕を提示した。患者の乳房をレーザースキャナで計測し、3次元形状点群データを得た。レーザー計測による欠損域を補間するため、CT画像からの3次元形状も併用した。人体3次元形状のデータの軽量化手法やウェアラブル端末利用手法の確立、他症例への応用も行った。

研究成果の概要(英文)：We made design guidelines for breast reconstruction operation recognized to be most suitable visually. To this end, we have to show an operational design thought about every form pattern of the breast, and it is necessary to perform the aesthetic evaluation for each method. It is necessary to make many patterns, but we can show the operation incision design corresponding to every form pattern of the breast by using 3D-CG. In this research, we suggest the most suitable 3D-CG model making and editing technique for making operation design guidelines. The STL data of the upper body provided in CT become the 3 million polygons. It is then difficult to edit using common 3D-CG software such as Maya. However, by using FreeFormPlus, we can draw a transplant skin patch and an operation incision very comfortably in addition to very quick 3D shape deformation. The technology development to edit the 3D model of the patient easily and to effectively utilize it is a future important theme.

研究分野：画像処理学

キーワード：手術デザイン 手術シミュレーション 3D-CG 乳房再建 形成外科 デザイン 医工連携

1. 研究開始当初の背景

乳がんに伴う乳房切除手術後に行う乳房再建手術において、患者自身の背部(広背筋)または腹部(腹部脂肪)の移植が行われる。皮膚も同時に移植されるが、胸部の皮膚と、背部もしくは腹部の皮膚では色調が若干異なっている。さらに、本来の胸部の皮膚と移植された皮膚との境界には、患者の体質によって程度に差はあるが、手術痕が形成される。したがって組織を移植することによって乳房のボリュームは増やすことができたとしても、パッチ状の皮膚(移植皮膚パッチ)や手術痕が再建された皮膚の上に残り、患者に十分な満足を与えることができない場合がある。そこで、いかに手術痕や移植皮膚パッチを目立たなくするかに関しての工夫が必要になる。このための方法として、パッチを当てるデザインを変化させる工夫が挙げられる。

実際にどのような手術デザインを行うのかは、個々の症例ごとに、患者の希望ならびに医師の主観によって決定されているのが現状である。乳房再建は、最終的には美しい乳房の再建という審美的側面を目的とする。審美感そのものは主観的なものであるから、患者ならびに医師の主観に基づいて手術デザインを選択することは方法論的に誤ってはいない。しかし、ある程度普遍的な審美感に照らした手術デザインのためのガイドラインが存在すれば、個々の症例に対しての手術計画を具体的に立てる上で非常に有用である。この様な背景の元に本研究を立案した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、乳がんに伴う乳房切除手術後に行う乳房再建手術において、視覚的に最適と認識される手術デザインを提唱するために、どのように移植皮膚を配置すればもっとも視覚的に良好な結果を得ることができるのかを、種々の乳房の形態パターンごとに解明することである。

乳房再建手術を行うにあたって、どのように移植皮膚パッチを配置すべきなのかを示すある程度のガイドラインを示すことによって、患者の満足度を向上することができる。また、医事紛争を減らすことができる。デザイン学と形成外科学との協調的研究を成功させることによって、他の医学・医療分野においてもデザイン学との協調的研究を推進する先例にする。

3. 研究の方法

本研究では、乳房のすべての形態パターンごとに考えられる手術デザインを提示し、それぞれの方法に対する審美的評価を行う必要がある。本研究において、3次元コンピュータ・グラフィックス(CG)を用いることにより、あらゆる乳房の形態パターンや手術デザインに対応する手術痕を提示することができる。それぞれのパターンについて審美的

点数評価を行い、手術デザインのためのガイドラインを構築する。

(1) あらゆる形態の乳房の3次元CGモデルの作成

複数の患者の乳房をレーザースキャナで計測し、3次元形状点群データを得る。また、写真より色情報を得る。これらより、リアルな3次元CGモデルを作成する。人体の3次元形状点群データのデータ量は膨大かつ複雑なため、一般的な3次元CGソフトウェアで扱うことは困難である。そのため、機械部品設計に用いるCAD(コンピュータ支援設計)ソフトウェアを用いて点群データの再構成を行い、複雑な形状データを3次元CGソフトウェアで扱うことを可能にする。肌や乳頭はテクスチャ画像として3次元CGモデル上に配置し、リアルな表現を行う。このようなプロセスを経て、複数の患者データからパターンモデルの基になるベースモデルを数種類ほど作成する。自動車設計用の3次元形状変形専用ソフトウェアを用いてそれらを変形させる。それにより、乳房の多様性を反映させた乳房形態パターンモデルを50種類程度作成する。

(2) 種々の手術デザインパターンの作成

乳房形態パターンモデルごとに移植皮膚パッチや手術痕を描画し、手術後のイメージを3次元CGモデルとして表示する。リアルな人体3次元CGモデルは、ポリゴン(立体の形状を表現する際に使用する多角形)の数が多いため、モデルの表面に手術痕の様な複雑な描画を行うことは困難である。単なる線の描画ではリアルさに欠けるため、実際の手術痕の写真からテクスチャ画像を作成し、細かく貼り付ける必要がある。実用可能な貼り付け手法やツールの開発を行う。

また、ひとつのパターンモデルごとに想定される手術デザインは複数であるため、描画の作業量が膨大になることが予想される。そのため、定型的な描画作業を効率的に行うための手法やツールの開発も行う。

4. 研究成果

(1) 本研究では、3次元CGモデルを用いてあらゆる形態の乳房を3次元的に視覚化する。取りうる手術デザインに対応する移植皮膚パッチや手術痕を描画し、その審美的点数評価を行う。しかし、3次元CGモデル化された乳房における評価が、現実の乳房の外観における評価を正確に反映するのか否かは不明である。そこで3次元CGモデルにおける評価がはたして現実の乳房における評価を反映するか否かを、連携研究者である慶應義塾大学医学部形成外科学教室講師(当時)の永竿智久氏と密接に連携して検証した。

(2) 本研究では、患者の乳房をレーザースキ

ャナで計測し、3次元形状点群データを得た。人体の3次元形状点群データ量は数百万ポリゴンと膨大かつ複雑なため、「Maya」などの一般的な3次元CGソフトウェアで取り扱うことは困難である。特に、乳房のような曲面形状の変形操作をイメージ通りに行うことは現実的ではない。そのため、交付申請時には、3次元形状点群データの変形処理に自動車設計用の3次元形状変形専用ソフトウェア「DEPMeshWorks/Morpher」の利用が適していると判断した。しかし、2012年5月のアルバータ大学出張による調査の結果、「FreeFormPlus」の利用の方が断然適していることが判明した。「FreeFormPlus」では、人体の3次元形状のスムーズな変形処理に加えて、移植皮膚パッチや手術痕を効率的に描画することも可能であることが判明した。また、レーザースキャナによる計測では、レーザー光が十分に照射できない腋下などにデータの欠損域が生じるため、CT画像からの3次元形状による補間が必要であることが判明した。そのために「Materialize MIS base」が必要であることが判明した。

「FreeFormPlus」と「Materialize MIS base」を前倒し支払い請求の承認により導入できたことにより、「あらゆる形態の乳房の3次元CGモデルの作成」を初年度から開始することができた。



図 1. レーザースキャナーで計測した患者の上半身の3次元形状点群データ



図 2. 本研究の手法により作成された乳房の3次元CGモデル

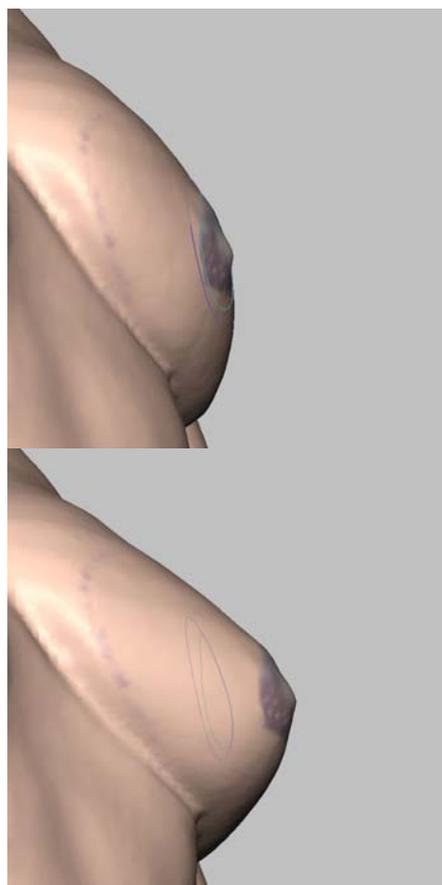


図 3. 本研究の手法により変形された乳房の3次元CGモデル

「FreeFormPlus」では、専用の操作デバイスを用いて3次元CGモデルを操作する。操作デバイスはペン型形状で、メスなどの手術器具を持つ感覚で自由に操作できる。また、触覚を再現するため、実際の人体を触っている感覚を疑似体験しながら操作ができる。マウスによる操作と比較して、格段に効率的に人体の3次元形状のスムーズな変形処理や手術痕の描画が可能である。

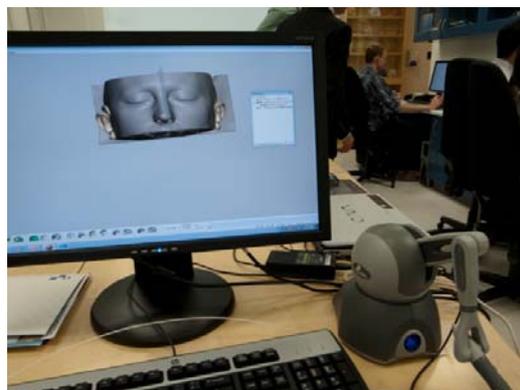


図 4. FreeFormPlusの画面と操作デバイス

(3) 本研究における作成手法の一般化を考慮し、手法の省力化を追求した。その結果、ひとつのモデル作成および手術痕の作成が30分以内で可能になり、当初と比較して1/3の時間となった。その結果、100種類以上の

乳房形態パターンモデルを作成できた。また、作成された3次元形状データは数十メガバイト以上と容量が大きく、保存やネットワーク経由の転送に支障が生じた。そのため、XVL技術を用いて、精度を維持したままデータ容量を1/20に圧縮することを可能にした。

(4) 手術後をイメージした乳房の3次元CGモデルの審美的評価を、複数の回答者がVASスコアを用いて評価した。普遍的な審美感による評価を行うため、回答者の性別と年齢に偏りがないように留意した。アンケート調査の解析結果を基に、乳房形態のパターンごとに、乳房再建手術のデザインのためのガイドラインを構築した。

(5) 本研究を進めるにあたり、人体の3次元形状のデータの軽量化手法の確立やウェアブル端末における利用手法の確立、乳房再建手術症例以外への応用、3D-CGを用いた解剖学図譜作成への応用など、当初の計画以上の派生的な成果も得ることができた。

(6) 本研究は複数の医師と連携して進め、異分野融合の成果を得ることができた。

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3件)

- ① Toriumi M, Nagasao T, Itamiya T, Shimizu Y, Yasudo H, Sakamoto Y, Ogata H, Kishi K. 3-D analysis of dislocation in zygoma fractures. *Journal of Craniomaxillofac Surgery*, 査読有、42(5)、2014、pp397-402
DOI:10.1016/j.jcms.2013.06.003.
- ② Nagasao T, Itamiya T, Sakamoto Y, Shimizu Y, Ogata H, Jiang H, Kishi K, Kaneko T. Not only "nurture", but also "nature", influence the outcome of zygoma repair. *Journal of Plastic, Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 査読有、47(6)、2013、pp484-488
DOI: 10.3109/2000656X.2012.738422.
- ③ 板宮朋基、超軽量医用3Dモデル作成技術の臨床と教育への応用、*顎顔面補綴*、査読有、36(1)、2013、pp1-3

[学会発表] (計5件)

- ① Itamiya T, Iwai T, Kaneko T, Super Lightweight and Precise 3D file Format for Clinical use, ADT Advanced Digital Technology in head&neck reconstruction 5th international conference, 2014/9/7, Beijing(China)
- ② 板宮朋基、岩井俊憲、立体視可能なメガ

ネ型シースルーディスプレイを用いた Augmented Reality、第24回日本シミュレーション外科学会、2014/11/15、東邦大学(東京都・大田区)

- ③ 板宮朋基、永竿智久、種子田紘子、貴志和生、乳房再建手術デザインガイドライン構築のための3次元CGモデル作成・編集手法、第23回日本シミュレーション外科学会、2013/11/30、アクロス福岡(福岡県・福岡市)
- ④ 今野恵理、板宮朋基、永竿智久、金子剛、貴志和生、最適な乳房再建手術デザインの選択を目指したシミュレーションシステムの構築、第56回日本形成外科学会総会・学術集会、2013/4/3、京王プラザホテル(東京都・新宿区)
- ⑤ 今野恵理、板宮朋基、永竿智久、金子剛、貴志和生、乳房再建手術の術前プランニングを目的とした、シミュレーション手法の開発、第21回日本形成外科学会基礎学術集会、2012/10/5、ホテルリステル猪苗代(福島県・耶麻郡)

[図書] (計1件)

- ① 細田多穂、南江堂、*運動器系解剖学テキスト*、2015、pp24-88の解剖図

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.aut.ac.jp/univ/teacher/media/im-itamiya.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

板宮 朋基 (ITAMIYA, Tomoki)
愛知工科大学・工学部・准教授
研究者番号：60583896

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

永竿 智久 (NAGASAO, Tomohisa)
香川大学・医学部・准教授
研究者番号：20245541

千代倉 弘明 (CHIYOKURA, Hiroaki)
東京工科大学・メディア学部・教授
研究者番号：50227352