

# 傷の3次元モデル自動生成に関する研究

大谷涼介<sup>†</sup>, 松本桂太郎<sup>‡</sup>, 白石斗士雄<sup>‡</sup>, 朱睿<sup>‡</sup>, 尾崎友哉<sup>‡</sup>  
長崎大学情報データ科学部<sup>†</sup>, 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

救急医療現場での外傷の処置は、緊急を要することが多い。さらに、医療者が患者の血液に曝露する外傷の処置においては、様々な感染症に対する2次感染のリスクは高く、診断や分析に手間がかかる。

そこで本研究では、診断と分析の補助や、将来の自動縫合ロボットの実現を目指し、傷の輪郭を抽出し、3次元モデルを生成するシステムを開発することを目的とする。

## 2. 従来研究

従来の研究では、アメリカの大学「Johns Hopkins University」のAxel Krieger氏らによる研究者が設計した、人の手を介さず手術をするロボット「Smart Tissue Autonomous Robot」(以降STARとする)が提案されている[1]。

STARは実際に、腸管吻合と呼ばれる腸の両端を繋ぐ手術を行った。しかしSTARは複数のカメラを利用するという課題がある。そこで、カメラ1台のみで傷を抽出し、傷の3次元モデルを生成するシステムの開発を提案する。

## 3. 傷の3次元モデル生成手順の提案

最初のステップとして、形状が比較的単純な切り傷を対象とした。切り傷は、皮膚の色が白く、傷口の色が赤といった色の区別がはっきりと分かれており、切り傷の形は楕円に近い形であり、切り傷の縁が比較的滑らかに整っているという特徴を持つ。そこで、本研究では、傷の3次元モデル生成にRGB-Dセンサを利用し、カラー画像データから傷の輪郭を抽出し、距離画像とあわせて傷の3次元モデルを生成する方式を提案する。

## (1) 傷の輪郭の抽出

輪郭抽出の方法として、Canny法、大津法を用いる方法などがある。Canny法とは、ヒステリシス閾値処理を用いて信頼性の高いエッジを抽出するアルゴリズムである。Canny法の特徴として、2つの任意の閾値と呼ばれるパラメータを調整することで、画像の輝度に応じた適切な輪郭を抽出できることである。大津法とは、おおよそ最適な二値画像を作成するアルゴリズムであり、大津法で作成した二値画像からエッジを抽出する。大津法の特徴として、画像の輝度に応じて自動で最適な二値画像を作成するが、任意にパラメータを調整できない課題がある。

そこで、任意にパラメータを調整することができ、画像の輝度に応じて柔軟に結果を変えることができるCanny法を、輪郭抽出の方法として選択した。

## (2) 色情報の利用

皮膚の色は比較的白く、傷口は比較的赤い、傷口は赤いが、明るい部分と暗い部分が存在するという特徴がある。そこで、Canny法を行う前の前処理として色情報を利用することを考えた。

色情報にはRGB色空間とHSV色空間がある。RGB色空間は光の三原色を用いた色の表現であり、HSV色空間は色相、彩度、明度を用いた色の表現である。RGB色空間では、傷口の赤みがあった色以外に、皮膚の明るい肌色にも多くの赤成分が含まれるため、RGB色空間では傷口と皮膚を区別することが困難である。また、傷口は赤いが、明るい部分と暗い部分の明暗差があるため、RGB色空間では明暗差がある傷口に対しての区別が困難である。一方HSV色空間では、人の見た目の赤成分が色相に対応しているため、見た目の赤成分を抽出しやすい。また、彩度は傷口の赤の明るい部分と暗い部分の明暗差に適応できるため、明暗差がある傷口の区別が可能である。そのため、色相と彩度のパラメータを調整できるHSV色空間が傷口の赤成分に該当する画像の抽出に適している。

そこで、Canny法を行う前の前処理として、色情報を用いて傷口の色の範囲に該当する画像を抽出するために、HSV色空間を利用することを選択した。色情報とCanny法を組み合わせることによって、Canny法だけでは抽出できなかった部分の抽

Research on automatic generation of 3D models of wounds

Ryosuke Otani<sup>†</sup> Keitaro Matsumoto<sup>‡</sup> Toshio Shiraishi<sup>‡</sup> Rui Zhu<sup>‡</sup>  
<sup>‡</sup> Tomochika Ozaki<sup>†</sup>

<sup>†</sup> School of information and Data sciences, Nagasaki University

<sup>‡</sup> Graduate School of Biomedical Sciences

出をすることができると期待できる。

### (3) 3次元モデルの生成手順

以上の検討に基づく傷の3次元モデルの生成手順を下記に示す。また、その概要を図1に示す。本手順により、切り傷の3次元モデルを生成することができる。

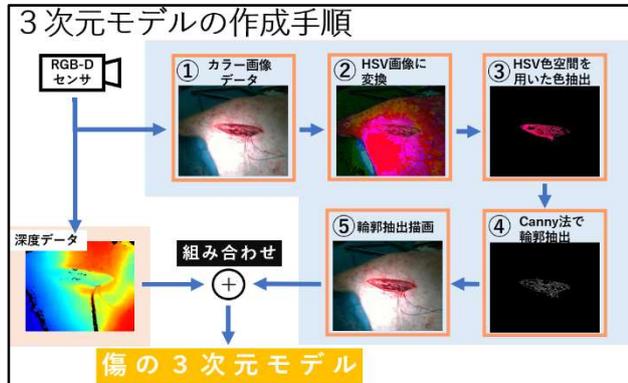


図1：傷の3次元モデルの生成手順

- RGB-D センサを用いて全体のカラー画像データと深度データを保存する
- カラー画像データについて、前処理としてHSV色空間を用いて、色相、彩度のパラメータの上限と下限を決め、傷口の色の範囲に該当する画像を抽出する（この処理を以降HSV前処理と呼ぶ）
- HSV前処理後、Canny法を用いて画像内の輪郭抽出を行う
- 抽出された傷の輪郭付近にある小さな輪郭を取り除くAreaというパラメータを調整して、切り傷の輪郭だけを抽出する
- 切り傷の輪郭は閉曲線であり、閉曲線を探すアルゴリズムを用いて切り傷の輪郭を抽出し、抽出された傷の輪郭の描画を行う
- 抽出された傷の輪郭と深度データを組み合わせて3次元モデルを生成する

## 4. 実験

### (1) 実験条件

今回の実験では、RGB-D センサとして、Intel社 RealSense D405、画像処理ライブラリにはOpenCVを利用した。また、評価用の傷として、豚の皮膚をメスで切った切り傷を利用した。

### (2) 実験結果

生成した傷の3次元モデルを図2に示す。メスで切られた傷の輪郭に対して、赤い線で囲われていることがわかる。また、深度データと組み合わせたことにより、切られた傷の輪郭が3次元モデルでは、傷の形状が立体的に再現されていること、メスで切られた部分が凹んでいることがわかる。

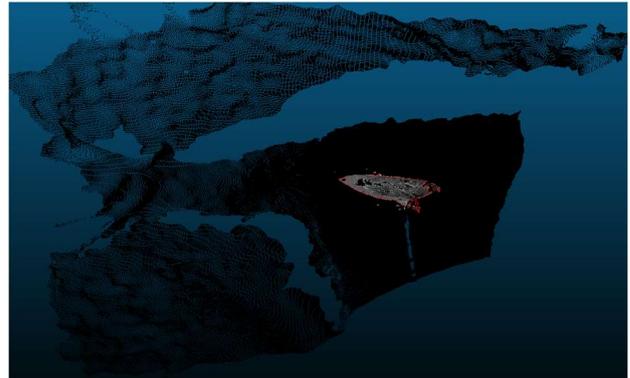


図2：出力された豚の傷の3次元モデル

### (3) 考察

Canny法を行う前の前処理に、前述のHSV前処理を行うことで、数多の輪郭から切り傷だけに絞ることができた。そのため、提案手法では、HSV前処理を行わない場合と比べ、Canny法で利用する画像内の輪郭を抽出するために用いる2つの閾値のパラメータの広い範囲で、切り傷の輪郭を抽出することができた。また、傷の輪郭を描画する際に、Areaと呼ばれる設定値より小さい輪郭を取り除くパラメータを調整することで、Canny法だけでは取り除けなかった傷の輪郭付近にある小さな輪郭を描画せずに取り除くことができた。

今後の課題としては、自動でパラメータ調整を行うことが考えられる。調整するパラメータとして、HSV前処理に利用する色相と彩度のパラメータ、Canny法に利用する2つの閾値のパラメータ、小さな輪郭を取り除くAreaというパラメータが挙げられる。

## 5. まとめ

カメラ1台で傷を抽出し、メスで切られた傷の3次元モデルを生成するシステムを提案した。抽出した輪郭を3次元モデルにして可視化することができた。今後の課題として、調整パラメータの自動的な決定が挙げられる。

### 参考文献

- [1] Smart Tissue Autonomous Robot  
<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abj2908> (2023/12/22)