

## 2. RGB-D画像センサを用いた 結紮手技訓練システム

小川 陽子\*<sup>1</sup> / 島田 伸敬\*<sup>1</sup> / 白井 良明\*<sup>1</sup>  
来見 良誠\*<sup>2</sup> / 小森 優\*<sup>3</sup>

\*1 立命館大学情報理工学部知能情報学科 \*2 地域医療機能推進機構滋賀病院 \*3 滋賀医科大学医学部医学科

### 概要

外科訓練医は熟練医の指導の下さまざまな手技を習うが、手取り足取りの指導が望ましいとされる中、職務に多忙な熟練医は十分な指導の機会を確保しにくいと言われている。訓練医が手術手技を自己学習するための手技訓練システムを作ることをめざして、本稿では訓練者の結紮動作を画像計測し、ジェスチャ認識の技術によって模範動作と比較することで、結紮手技の要改善箇所を訓練者に指摘する技術について述べる。

### 結紮手技と訓練システム

外科訓練医は熟練医の指導の下にさまざまな手技を習うが、手取り足取りの指導が望ましいとされる中、熟練医は自身の職務に忙しく十分な直接指導・教育の機会が確保しにくいと言われている。訓練医自身による自学自習機会を提供するため、訓練者が訓練器上で実演した手術手技を自動評価するシステムが考えられる。特に学び始めの段階では、基本的な手の使い方の手順が熟練医によるお手本に沿っているかどうかを自動チェックして、合致しない瞬間や手指の部位を指摘できれば、より効率的な自学自習ができる。そこで本稿では、結紮手技(糸結び)の自学自習システムを作ることを念頭に、訓練者の糸結び動作を画像で観測し、ジェスチャ認識技術によって模

範動作と比較し、要改善箇所を訓練者に指摘する技術について述べる。

結紮手技における糸の結び方には種類があり、手技中の不適切な箇所を指摘するには結び方の識別が必要となる。糸の結び目を画像で識別するのは困難であるが、手指の動きは観測しやすい。近年ではRGB-Dセンサと呼ばれる、対象の形状を3次元点群として計測する画像センサが安価に利用できるため、本稿では深度センサで観測した手技中の両手指の3次元点群を入力情報として用いる。結び動作の種類を手指形状と動きによって特徴付け、入力動作とモデル手技動作の時系列における点群情報(フレーム)同士を照合して結び動作を識別する。識別した結び動作との照合結果に基づき、モデルと照合しない不適切な手指形状を含む入力フレームを特定する。特定された不適切な入力フレームの中で、手指のどの部位が不適切と評価されたかを特定し、空間的な情報として訓練者に視覚的に提示して要改善箇所を指摘する。

本稿では、熟練医の協力によりいくつかの糸結び動作データセットを収集しモデルを作成し、主に初学時の訓練者を対象に動作の照合および不適切な動作の指摘をする実験を行った結果を報告する。

### 結紮動作の構造

手術の際の1か所の結紮は、表の結び目と裏の結び目が交互になるよう3回結

びを繰り返す。これをできるだけ素早く正確に行うことが要求される。1回の結び動作は、結び目を作る技術と縛る(結び目を締める)技術で評価される。本稿では1回の糸結び動作を手のジェスチャとしてとらえ、以下の3ステップに分割する。

- ① closing: 両手で持った糸を近づける。
- ② tying: 結び目を作る。
- ③ tightening: 糸を引っ張り締める。

結び目を作る際にはステップ②の手の姿勢(形状)が結び目の出来に影響する。縛る際にはステップ③での糸を引っ張る方向と強さが重要となり、手の形状は重要ではない。また、結び目が表であったか裏であったかはステップ②の動作で決まる。そこで、手技動作のデータからステップ②の部分のみを抽出し、結び動作タイプの識別と不適切な入力フレームや部位の特定を行う。

### 結び区間候補の検出

本手法ではRGB-Dカメラを用いて点群を観測する。観測された点群はRGBの色情報とXYZの位置情報を持つ。手の動作を記述するために、まず観測された点群から、色相、彩度、明度、およびカメラ座標系におけるX座標、Y座標、Z座標に上下の閾値を設け、それぞれが閾値の範囲内に収まる点のみを手領域の点群として切り出した後、点群を左右の手に分類する。5回の結び動作を行った例について両手間の距離の推移(図1)