

# 食道発声の習熟度評価に向けた動的輪郭モデルによる新声門断面積抽出

中野 双葉

指導教員：小栗 宏次

## 1 はじめに

喉頭がんなどの治療のために喉頭全摘手術を受けた喉頭摘出者は声を失うが、適切なりハビリテーションを行うことで代用音声を獲得することができる。代用音声のうち「新声門」と呼ばれる振動部位を形成する食道発声は語音明瞭度が高く、最も自然な発声方法と言われている [1]。現在食道発声の習熟度は発話の主観評価によって判断されており、新声門動態による評価は行われていない。

近年、医療従事者の負担軽減、診断の正確さや再現性の向上のために、動的輪郭モデルを用いて医療画像から自動で生体組織の輪郭を抽出する研究が行われている。しかし健常者では食道が超音波画像に描出されないため、食道の輪郭抽出の手法については検討がなされていない。本研究では喉頭摘出者の食道を撮像した超音波画像を用い、消化管輪郭を抽出する手法について検討する。また、新声門断面積を求め、新声門の動態を解析することを目的とする。

## 2 新声門断面積抽出手法

### 2.1 消化管輪郭

超音波画像上で低輝度で描画される消化管筋層を抽出し、これを新声門内腔抽出のための消化管輪郭として用いる。まず、超音波画像の輝度値に高さ方向を割り当て、平均曲率  $H$  を計算する。消化管筋層は  $H > 0$ 、すなわち凹点であるため、図 1 のように  $H > 0.05$  となる点を超音波画像のエッジとして抽出する。次に式 (1) で定義される動的輪郭モデルに  $E_s$  によって消化管輪郭を抽出する。 $E_{int}$  は輪郭をなめらかに収縮させ、 $E_{ext}$  は画像中のエッジなどの特徴に引き寄せる。 $\omega_1, \omega_2$  はそれぞれエネルギーの重みを反映するパラメータ、 $v(s)$  はイタレーション  $s$  における輪郭の位置を表す。

$$E_s(v(s)) = \int_0^1 [\omega_1 E_{int}(v(s)) + \omega_2 E_{ext}(v(s))] ds \quad (1)$$

$E_{ext}$  には図 1 に示すエッジに輪郭を近付けるエネルギーを加え、消化管輪郭の抽出を行う。抽出結果を図 2 に示す。赤線は抽出結果、緑線は専門家が目視で印した正解領域を意味している。

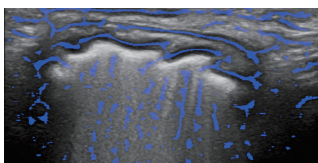


図 1 超音波画像の凹点

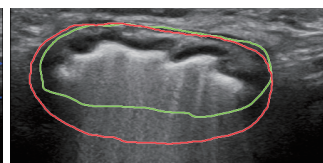


図 2 消化管輪郭

### 2.2 新声門内腔

高輝度で描画される新声門内腔と消化管内壁の境界エコーを抽出し、新声門内腔を抽出する。超音波画像の高周波ノイズをガウシアンフィルタで取り除き、超音波検査の走査列ごとに輝度変化の波形を振幅として取り出す。振幅の例を図 3 に示す。振幅から輝度値 80 以上となるピークを求め、このうち最前ピークを前壁、最大ピークを後壁として抽出する。

次に誤検出ピークの削除および未検出ピークの補間を行うため、輝度値 80 以上のピークを持つ縦列について輝度値に関わらず再度ピーク検出を行ない、各縦列の両隣との消化管内壁の位置が 10px 以上ずれている縦列を線形補間した。最後に前壁と後壁の間隔を新声門内腔とし、新声門内腔を構成するピクセルの数を新声門断面積とする。新声門内腔の抽出結果を図 4 に示す。赤線は補間前の新声門内腔、水色は補間部分を意味している。

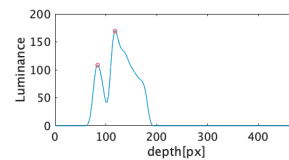


図 3 ピーク検出

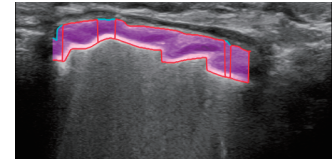


図 4 新声門内腔

## 3 評価結果

新声門の超音波画像データを用いて評価実験を行なった。喉頭摘出者に発声を繰り返すよう指示し、図 5 のように新声門形成予想部位の撮像を行なった。推定領域と正解領域との重なり具合を評価する IoU は消化管輪郭 0.872、新声門内腔 0.975 となった。消化管輪郭は推定輪郭の下半分の推定がうまくいかず、消化管の収縮・拡張に伴って精度が著しく低下した。図 1 では新声門内腔と消化管内壁の境界エコーによって B ライン多重反射が起きており、消化管輪郭の下半分のエッジ抽出がうまくいかず精度が落ちたと考えられる。

新声門断面積を算出した結果は図 6 のようになった。黄色で塗りつぶした秒数で発声を行なっている。発声開始の直前から直後にかけて新声門断面積が減少し、発声に伴って新声門断面積が増加する傾向があることがわかった。

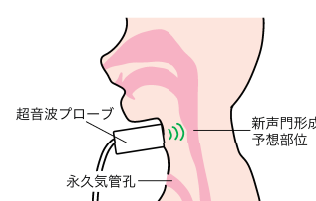


図 5 超音波画像の撮像位置

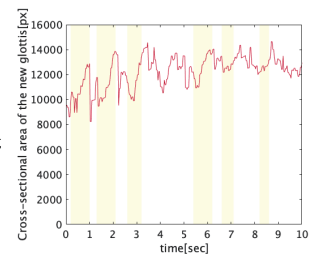


図 6 新声門断面積

## 4 おわりに

本研究では動的輪郭モデルによって消化管輪郭の抽出を行い、また輝度値ピークから新声門内腔の抽出を行なった。新声門内腔のピクセル数から推定した新声門断面積からは、発声時の動態が取得できることが確認できた。

## 参考文献

- [1] 小宮山 荘太郎, “無喉頭者の発声法の選択はいかにあるべきか”, 耳鼻咽喉科臨床, vol.71, no.11, pp.1443-1444, 1978