

# AdaBoost 法による気道・食道画像の識別

九州大学 ○田村 暁斗, 諸岡 健一, 倉爪 亮, 岩下 友美, 長谷川 勉, 剣持 一, 橋爪 誠, 原田 大志, 中西 洋一

## Classification of trachea and esophagus images using AdaBoost

○Akito TAMURA, Ken'ichi MOROOKA, Ryo KURAZUME, Yumi IWASHITA, Tsutomu HASEGAWA, Hajime KENMOCHI, Makoto HASHIZUME, Taishi HARADA and Yoichi NAKANISHI, Kyushu University

**Abstract:** This paper presents the method for classifying trachea and esophagus images for an automatic endotracheal instrument. The proposed method utilizes the circular patterns of cricoid cartilage observed in the trachea images. Considering these patterns, images taken by a camera attached at the instrument are classified into trachea and esophagus images using AdaBoost algorithm.

**Key Words:** Pattern Recognition, 2-Class Problem, Endotracheal Intubation

### 1 はじめに

気管内挿管とは、気管へチューブを挿入して気道を確保する医療技術であり、これによって麻酔時や心肺停止時においても機械的人工呼吸が可能となる。しかし気管内挿管は技術と経験を要し、また食道への誤った挿管や肺への異物混入、声帯や気管粘膜の損傷など合併症の危険性などの問題点もある。

そこで、より安全で確実な気管内挿管を実現するために、我々は気管内挿管の自動化について研究を行っている。本報告では、自動挿管に用いるチューブの先端にカメラを取り付け、得られた画像から、チューブの位置が気管内・食道内のどちらであるか自動判別する手法を提案する。

気管内壁には気管軟骨による環状の模様が存在し [1]、これは食道内壁には存在しない事が知られている (Fig.1(a),(b))。そこで、提案手法では、画像内における環状模様の有無を判別する識別器を Adaboost 法 [2] を用いて構築し、環状模様が存在すると判別されたなら気道画像、そうでなければ食道画像であると識別する。また、気道画像として気管部～気管支周辺部の範囲で撮影した画像と、食道画像として食道全体において撮影した画像を用いて、提案手法による識別実験を行った結果を報告する。

### 2 提案手法

本手法では AdaBoost 法により、周波数情報やエッジ情報の特徴量とする弱識別器  $C$  を統合をすることで、高精度な識別器  $C_{boost}$  を実現する。実際の統合方法を以下に示す。ここで、 $\alpha_n$  は、 $n$  個目に選ばれた弱識別器  $C_n$  の信頼度であり、AdaBoost によって定められる定数である。また、 $x$  は識別対象であり、これに対する  $C_n, C_{boost}$  の出力が  $C_n(x), C_{boost}(x)$  である。気道画像であると判断すれば +1 が、食道画像であると判断すれば -1 が出力される。

$$C_{boost}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } \sum_n \alpha_n C_n(x) > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

以下、実際に統合にされる 3 種類の弱識別器を示す。

#### 2.1 周波数情報を用いた弱識別器 (弱識別器 $C_I, C_{II}$ )

環状模様は、Fig.1(a) のように画像中に周期的に現れる模様であるため、ある周波数の波 (以下、環状波と呼ぶ) であると見なす

ことができる。しかし、環状波の周期性は常に一定ではないため、この周波数を定義することは困難である。そこで画像に対して 2 次元離散フーリエ変換による周波数解析を行い、解析結果に応じて環状波の有無を判別する識別器を考える。

例として Fig.1 の画像を 2 次元フーリエ変換した例を Fig.3 に示す。ただし Fig.2 のように、周波数  $r$ 、波の方向  $\theta$  である波の強度を  $P(r, \theta)$  で表し、波強度  $P(r, \theta)$  の大小は色で表現されている。Fig.3(a) は、Fig.3(b) に比べてやや高周波域においても強い波が存在し、これが環状波の存在を示していると考えられる。そこで環状波の有無を判別する弱識別器として、次の 2 つを提案する。

##### 2.1.1 弱識別器 $C_I$ : 絶対的波強度による識別

前述のように、気道画像の解析結果と食道画像の解析結果では、ある周波数域において波強度の違いが見られ、弱識別器  $C_I$  はこれを手がかりとして識別を行う。 $C_I$  は、4 パラメータ ( $f_{min}, f_{max}, \theta_1, T_1$ ) を持ち、変数  $\theta_0$  が与えられたとき、Fig.4 のような領域  $D$  を形成し、これを注目領域とする。識別対象  $x$  対す

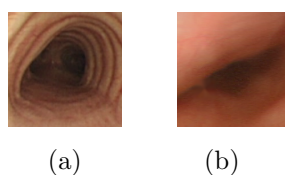


Fig.1 Examples of (a) a trachea image and (b) an esophagus image.

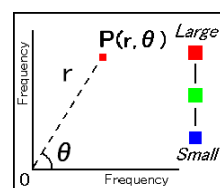


Fig.2 Frequency representation.

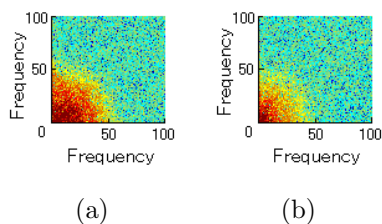


Fig.3 Frequency representation using (a) the trachea image and (b) the esophagus image in Fig.1.

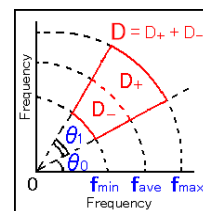


Fig.4 Weak classifier  $C_I, C_{II}$ .

る出力  $C_I(x)$  を、以下に示す。

$$C_I(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } \max_{0 \leq \theta_0 \leq \frac{\pi}{2} - \theta_1} P_{sI}(\theta_0) > T_1 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{ただし, } P_{sI}(\theta_0) = \frac{1}{S} \int_{(r,\theta) \in D} P(r,\theta) dr d\theta \quad (3)$$

ここで、 $S$  は領域  $D$  の面積である。

### 2.1.2 弱識別器 $C_{II}$ : 相対的波強度による識別

食道画像の周波数解析結果は、周波数が高くなるにつれて波強度は単調減少する傾向にある。しかし気道画像の解析結果では、異なる周波数を持つ複数の環状模様が観測される場合があり、解析結果は単調減少ではなく波強度の振動も確認された。そこで弱識別器  $C_{II}$  では、波強度の増加の有無を手がかりに、環状波の有無を判断する。 $C_{II}$  は、4パラメータ ( $f_{min}, f_{max}, \theta_1, T_2$ ) を持ち、変数  $\theta_0$  が与えられたとき、Fig.4のような領域  $D_+, D_-$  を形成する。ここで、 $f_{ave} = \frac{1}{2}(f_{min} + f_{max})$  である。この領域  $D_+, D_-$  を注目領域として、2領域内の波強度を比較することで、波強度の振動の有無を判断する。識別対象  $x$  に対する出力  $C_{II}(x)$  を、以下に示す。

$$C_{II}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } \max_{0 \leq \theta_0 \leq \frac{\pi}{2} - \theta_1} P_{sII}(\theta_0) > T_2 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

ただし、

$$P_{sII}(\theta_0) = \frac{1}{S_+} \int_{(r,\theta) \in D_+} P(r,\theta) dr d\theta - \frac{1}{S_-} \int_{(r,\theta) \in D_-} P(r,\theta) dr d\theta \quad (5)$$

ここで、 $S_+, S_-$  は、それぞれ領域  $D_+, D_-$  の面積である。

## 2.2 エッジ情報を用いた弱識別器 (弱識別器 $C_{III}$ )

Fig.1 に対し、Canny フィルタ [3] によるエッジ検出を行った結果を Fig.5 に示す。Fig.5(a) に示すように、気道画像では環状模様が存在するため、食道画像に比べて環状のエッジが多く検出される。また、この環状エッジは他のエッジに比べ、長くなる傾向がある。そこで弱識別器  $C_{III}$  では、エッジの量と長さを特徴量とし、環状エッジの有無を手がかりとした識別を行う。 $C_{III}$  は 4パラメータ ( $\sigma, T_{max}, L, T_3$ ) を持ち、次のような識別を行う。

1. 識別対象画像  $x$  に Canny フィルタを適用し、エッジ画像を得る。ここで Canny フィルタの内部パラメータとして、( $\sigma, T_{max}, \frac{1}{2}T_{max}$ ) を用いる。 $\sigma$  は Gaussian フィルタのサイズをあらわすパラメータであり、これが小さいほど微細なエッジまで検出される。また、 $T_{max}, \frac{1}{2}T_{max}$  はエッジ検出のための閾値であり、画素の勾配と閾値の大小関係により、画素がエッジ上であるか否かを判断する。
2. 抽出されたエッジのうち、長さが  $L$  以下のものを除去する。
3. エッジ画像中に存在するエッジ画素数  $N$  によって、以下のよう出力  $C_{III}(x)$  が決定される。

$$C_{III}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } N > T_3 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

## 3 識別実験

気道画像 950 枚・食道画像 950 枚を用いて識別実験を行った。全体の 8 割 (気道画像 760 枚・食道画像 760 枚) を学習データとして、AdaBoost 法による識別器の構築を行う。そして残りの 2 割

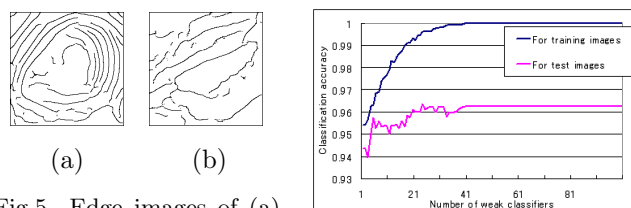


Fig.5 Edge images of (a) the trachea image. and (b) the esophagus image in Fig.1.

Fig.6 Classification accuracy for the number of weak classifiers.

Table 1 Experimental results.

Weak classifiers	Classification accuracy [%]	
	Training images	Test images
$C_I$	96.1	94.5
$C_{II}$	84.6	75.0
$C_{III}$	95.7	92.8
$C_I, C_{II}, C_{III}$	100.0	96.2

(気道画像 190 枚・食道画像 190 枚) をテストデータとし、構築した識別器による識別率を算出する。以上を学習データ・テストデータの組み合わせを変えながら 5 セット行い、5 セットの識別率の平均値を最終的な識別率とする。

AdaBoost で統合する弱識別器の候補を、弱識別器  $C_I$  のみ、弱識別器  $C_{II}$  のみ、弱識別器  $C_{III}$  のみ、弱識別器  $C_I, C_{II}, C_{III}$  すべてとした場合について、それぞれの識別率を Table 1 に示す。ここで、統合する弱識別器の個数は 100 個とした。また弱識別器  $C_I, C_{II}, C_{III}$  全てを用いた場合において、弱識別器の統合による識別率の上昇を Fig.6 に示す。

全ての特徴量を用いた場合の識別率は、学習データで 100%、テストデータで 96.2% となった。これより、複数の特徴量を統合することで、より高精度な識別が可能となることが分かる。

## 4 まとめ

気管内挿管の自動化のための、気道・食道画像の識別法を提案した。本手法は AdaBoost 法により周波数情報やエッジ情報を特徴量とする弱識別器を統合することで、高精度な識別器を実現するものである。

今後は、気道奥部 (気管支周辺部) において確認される「二又構造」の有無を特徴量とした識別法の開発や、挿管中に得られる連続画像に対する識別手法の開発を行う。

### 参考文献

- [1] 青山和義：必ずうまくいく！気管挿管，羊土社 (2004)
- [2] 三田雄志：AdaBoost の基本原理と顔検出への応用，情報処理学会研究報告. CVIM, 2007(42), pp.265-272 (2007)
- [3] J. Canny：A computational approach to edge detection, IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. , vol.PAMI-8, no.6, pp. 679-697 (1986)