

## 周波数スペクトル解析を用いた肺音の異常検出

Abnormal Detection of Lung Sounds  
using Frequency Spectral Analysis

小森田 健<sup>†</sup> 滝川 雄<sup>†</sup> 藺田光太郎<sup>†</sup> 喜安千弥<sup>†</sup> 宮原末治<sup>†</sup> 飯田哲也<sup>‡</sup> 河野茂<sup>‡</sup>  
 Ken Komorida Yu Takigawa Kotaro Sonoda Senya Kiyasu  
 Sueharu Miyahara Tetsuya Iida Shigeru Kohno

## 1. はじめに

聴診器を用いた肺の診断は、安全で安価な優れた診察手段として広く用いられている。しかし、正確な診断には多くの経験が必要となる。そのため、一般家庭における健康管理の手段としては用いられてこなかった。そこで我々は、一般家庭における日々の健康管理に聴診器を利用することを考え、電子聴診器を用いて肺音を聴診し、自動的に異常肺音を検出するシステムの開発を行ってきた[1]。このとき重要となるのは、身体のある部位ごとの肺音を継続して聴診し、その変化を検知することである。この変化を検知することにより、健康状態の良し悪しや病状を知ることが可能になる。

そこで本稿では、まず、聴診部位ごとに正常肺音クラスと異常肺音クラスを作成し、それぞれのクラスの代表パターンと入力パターンとの周波数スペクトルのパワー値の差を用い、肺音の異常の程度を数値化し(異常度とし)、肺音を検査する方法について検討した。この中では入力肺音の異常度がしきい値を超えれば異常肺音、そうでなければ正常肺音と判定する。この判定基準を用い、異常肺音の検出実験を行ったので報告する。

## 2. 異常度の算出

パターン間の短区間周波数スペクトルのパワー値の差をパターン間の距離とする。入力パターンと正常肺音の代表パターンとの距離を  $n$ 、入力パターンと異常肺音の代表パターンとの距離を  $a$  とする。このとき、異常度  $AD$  を以下のように定義する。

$$AD = \frac{a}{n+a} \quad (1)$$

正常肺音は気管呼吸音、気管支呼吸音、肺胞呼吸音の3種類に分類され、聴診部位ごとにそれぞれ異なる種類の正常肺音が聴取される。また異常肺音についても、音の特徴によって細かく分類される。そのため、聴診部位ごとに聴取される肺音の種類をサブクラスとすることで、より精度の高い異常度を算出できると考えられる。この効果を調べるため、異常肺音の検出実験では、正常肺音と異常肺音の2クラスを用いて異常度を算出した場合と、サブクラスを用いて異常度を算出した場合を比較する。

## 3. サブクラスを用いた異常度の算出

本稿では、正常肺音と異常肺音のクラスの中にそれぞれ聴診部位ごとにサブクラスを作成し、そのサブクラスを用

<sup>†</sup>長崎大学工学部 Nagasaki University Faculty of Engineering

<sup>‡</sup>長崎大学医学部 Nagasaki University School of Medicine

いて異常度を算出する。

## 3.1 周波数スペクトル解析と正規化

入力肺音から 11.025kHz でサンプリングした波形データを抽出する。解析の開始位置を 256 点ずつ移動させながら、1 短区間 512 点の短区間波形データに分割する。各短区間波形データにハニング窓をかけ、FFT を行うことにより、短区間周波数スペクトルを算出する。短区間ごとに、1.5kHz~3kHz の周波数スペクトルのパワー値の平均を求め、求めた平均を各周波数スペクトルのパワー値から引くことで、周波数スペクトル全体の正規化を行う。さらに、心音や環境ノイズの影響を考慮し、異常肺音の検出には 100Hz~1500Hz の周波数帯を用いる。

## 3.2 サブクラスの作成

肺音の分類[2]を参考にして、各聴診部位における正常肺音と異常肺音のそれぞれのサブクラスを表 1 のように作成した。(気管呼吸音は気管、気管支呼吸音は気管支、肺胞呼吸音は肺胞、水泡音は水泡、捻髪音は捻髪、笛音は笛、いびき音はいびき、胸膜摩擦音は胸膜と記述した)。

表 1. 各聴診部位において作成したサブクラス

	正常肺音	異常肺音
聴診部位	サブクラス	
左頸部	気管	水泡, 笛, いびき
中央胸部の上部	気管支	水泡, 笛, いびき, 胸膜
左右胸部の上部, 左右背部の中部	気管支, 肺胞	水泡, 捻髪, 笛, いびき, 胸膜
左右胸部の中部, 左右背部の下部	肺胞	水泡, 捻髪, 笛, いびき, 胸膜
左右側胸部	肺胞	水泡, 捻髪, 笛, いびき
左右背部の上部	気管, 気管支	水泡, 捻髪, 笛, いびき

## 3.3 肺音用識別辞書の作成

明らかなノイズの発生部分を除き、正常肺音は全区間、異常肺音は異常部分のみの区間を対象として、3.1 節の手順に従って、短区間周波数スペクトルを算出し、辞書パターンを作成する。作成した辞書パターンの外れ値を除去するために、サブクラスごとに以下の処理を行う。

- ・作成した辞書パターンの平均となるパターンを求める。
- ・辞書の外れパターンを除去するため、求めた平均パターンとの距離が最も遠い辞書パターンから順に、そのサブクラスに存在する辞書パターンの 10%の個数分を辞書パターンから除去する。

### 3.4 短区間ごとの異常度の算出

表1に従って、入力パターンの聴診部位に応じたサブクラスごとに以下の処理を行う。

- それぞれのサブクラスに存在する辞書パターン数の違いを考慮するため、そのサブクラスに存在する辞書パターン数の1%の個数になるまで、入力パターンとの距離が近い辞書パターンを順に抽出する。
- 抽出した辞書パターンと入力パターンとの平均距離を求め、正常肺音のサブクラスから算出される平均距離のうち、最も距離の小さいものを $n$ 、異常肺音のサブクラスから算出される平均距離のうち、最も距離の小さいものを $a$ とし、式(1)より異常度を算出する。

### 3.5 肺音における異常度の算出

肺音に対して、全短区間の異常度を3.3節の手順に従って算出し、異常度の高い順に $k$ 個の短区間を抽出する。その $k$ 個の短区間の異常度の平均をその肺音の異常度とする。

### 3.6 聴診部位ごとの肺音に対する異常度のしきい値の算出

聴診部位ごとに以下の処理を行う。

- 3.5節の手順に従って、正常肺音と異常肺音の異常度をそれぞれ算出する。
- 正常肺音の異常度の平均と異常肺音の異常度の平均を算出し、それら2つの中間の値を、正常肺音と異常肺音を区別するためのしきい値とする。

## 4. 異常肺音の検出実験と結果

実験に使用した肺音データは、病院内の診察室における患者の肺音と、大学職員等の健常者の肺音を医師によって収録したものをを用いた[3]。肺音データは、11.025kHzでサンプリングして処理を行った。その内訳を表2に示す。

表2. 実験に用いた肺音データの内訳

	肺音の種類	しきい値用	辞書	テスト
正常肺音	気管	2	7	3
	気管支	15	7	18
	肺胞	17	8	21
異常肺音	水泡	2	11	0
	捻髪	37	10	37
	笛	13	7	7
	いびき	4	8	21
	胸膜	11	5	5
	合計	101	63	112

肺音用識別辞書は、正常肺音22データ、異常肺音41データの計63データを用いて3.3節の手順に従って作成した。次に、正常肺音34データ、異常肺音67データの計101データを用い、3.6節の手順に従ってしきい値を算出した。このとき、 $k$ の値は5とした。また、テストデータには、正常肺音42データ、異常肺音70データの計112データを用いた。各テストデータの異常度を3.5節の手順に従って算出し、異常肺音の検出実験を行った。表2に示したテストデータのうち、正常肺音と異常肺音を正しく識別できたデータ数を比較した。比較手法である正常肺音と異常肺音の2クラスの場合と、3.2節の手順に従ってサブクラスを作成した場合の検出結果を、3.3節の手順に従って辞書パターンの外れ値の除去をした場合と辞書パターンの外れ値

を除去しなかった場合に分けて、表3-1、表3-2にそれぞれ示す。また、左背部の上部、中部、下部の聴診部位においては、正解率に明らかな偏りが見られたため、同様にして検査した結果を、表3-3、表3-4に示す。

表3-1 辞書パターンの外れ値を除去した場合の正解率

2クラス		サブクラスを作成	
正常肺音	異常肺音	正常肺音	異常肺音
71%	60%	76%	60%

表3-2 辞書パターンの外れ値を除去しなかった場合の正解率

2クラス		サブクラスを作成	
正常肺音	異常肺音	正常肺音	異常肺音
74%	53%	88%	57%

表3-3 左背部の上部、中部、下部における辞書パターンの外れ値を除去した場合の正解率

2クラス		サブクラスを作成	
正常肺音	異常肺音	正常肺音	異常肺音
80%	87%	90%	93%

表3-4 左背部の上部、中部、下部における辞書パターンの外れ値を除去しなかった場合の正解率

2クラス		サブクラスを作成	
正常肺音	異常肺音	正常肺音	異常肺音
80%	80%	100%	87%

## 5. 考察

表3-1、表3-2から、2クラスの場合とサブクラスを作成した場合では、サブクラスを作成した場合の方が正解数は良くなること分かるが、データ数が少ないため、有意な差が表れなかった。また、2クラスの場合、サブクラスを作成する場合、辞書パターンの外れ値を除去する場合、除去しない場合のいずれの組み合わせにおいても、正常肺音の正解率は異常肺音に比べて高いと言える。これは、しきい値が全体的に高くなり、正常肺音と異常肺音を分ける境界が異常肺音寄りになってしまったためと考えられる。

## 6. まとめ

本稿では、肺音の異常度の算出に、サブクラスを用い、肺音を検査する方法について検討した。その結果、2クラスの場合よりも、サブクラスを作成した場合の方が、正解率が増加する傾向が見られた。データ数の少なさから誤差が含まれるので、今後は1つ抜き法や、ある短区間間隔ごとの正解率での比較などについて、検討する予定である。

### 参考文献

- [1] 滝川, 他: 肺音を対象とした異常音検査実験システムの試作, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集(CD-ROM), ROMBUN NO.21-4, (2008)
- [2] 米丸, 他: ナースのためのCDによる呼吸音聴診トレーニング, 南江堂, (2001)
- [3] 山下, 他: 異常肺音検出のための肺音データベースの構築, 情報処理学会九州支部火の国情報シンポジウム, B-5-1, (2008)