

令和2年度研究助成 【サウンド技術振興部門】より



## 電子聴診器で収録した肺音に含まれる異常音検出に有効な統計モデルの検討

長崎大学大学院工学研究科 技術職員

山下 優

### 1. はじめに

聴診は身体的負担が軽く、健康状態の重要な情報を得ることができる。しかし、聴診には医師の専門知識や経験が必要であるため、一般の家庭ではほとんど利用されていない。また、医療機関が少ない離島や高齢化が進む地域では病院での聴診を受けることが容易ではない。特に今年には新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な蔓延による医療崩壊が危惧され、さらに、外出自粛要請により病院を訪問することが困難であった。このような状況において、家庭で手軽に肺音から疾患の有無を簡単に識別することができれば、日常の健康管理に利用でき、呼吸器系の病気の早期発見が期待できる。

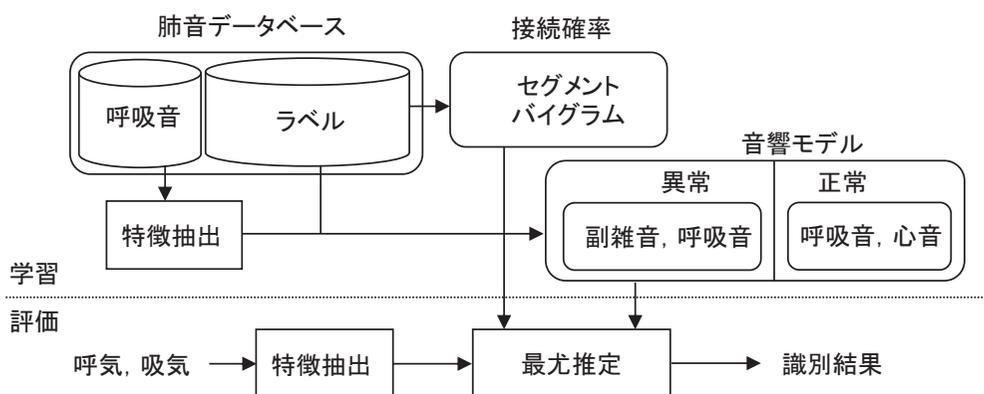
肺音は呼吸に伴って変化する音であるため、フレーム毎に分析結果を出すのではなく、呼吸の全体の特徴を用いて判定する方が望ましいと考えられる。また、呼吸音や副雑音の特徴は個人差や疾患の進行度によって様々であり、統計的に扱う必要があると考えられる。現在は機械学習の分野で深層学習が目ざされているが、深層学習には大量の学習データが必要であり、小規模な肺音には不向きである。そこで、音響的特徴の時系列を隠れマルコフモデル（HMM）を用いてモデル化することで比較的少ない学習データ量で呼吸の全体の特徴

とその時間的な変化を表現できるモデルを作成してきた<sup>1)</sup>。本研究の目的は、HMMのトポロジを検討し、高精度なモデルを作成することである。

### 2. HMMを用いた異常肺音検出

医療従事者のためのトレーニング用のCD<sup>2)</sup>などから、少量の典型的な副雑音のサンプルを入手することは可能である。しかし、HMMを用いた手法には学習データ量が不十分である。そこで、まず、電子聴診器を用いて呼吸音を収録し、データベースを作成した。記録された時間波形、スペクトログラム、パワーおよび再生音を元に、呼気と吸気のタイミング、副雑音、心音が発生しているタイミングを記録したラベルを作成した。

次に、異常肺音検出の流れ（図1）について述べる。異常肺音検出は学習と評価の過程から構成する。学習過程では、呼吸を副雑音とそれ以外の区間に区分し、区分した各区間の音響特徴パラメータを抽出し、HMMを用いて音響モデルを学習する。また、それぞれの区間の接続確率としてセグメントバイグラムを学習する。評価過程では、呼気、吸気の音響特徴パラメータを抽出し、音響モデルと接続確率を用いて、最尤の区間の系列を求める。求めた系列に副雑音が含まれていなければ正常肺音と識別し、副雑音が含まれていれば異常肺音と識別する。

図1 異常肺音検出の流れ<sup>1), 3)</sup>表1 一般的な音声認識と従来の肺音の識別<sup>1), 3)</sup>における音響モデル

設定項目	音声認識	肺音
音響モデルのタイプ	トライフォン	モノフォン
音響特徴パラメータの次元数	25～39程度	7
状態数	3	3
混合数	64程度	3
サンプリング周波数	16 kHz	5 kHz
分析窓幅	25 ms	25 ms
フレームシフト	10 ms	10 ms

### 3. 肺音に適したHMMの作成

一般的な音声認識と肺音の識別における音響モデルを表1にまとめる。音声認識においては、音の最小単位として音素HMMが成功し

た。音声は大規模なコーパスが整備されており、HMMの学習に十分な音声を用いることができる。そのため、高精度な音響モデルを学習できていた。一方、肺音においては、大規模なデータベースを用意することは困難であり、十分な

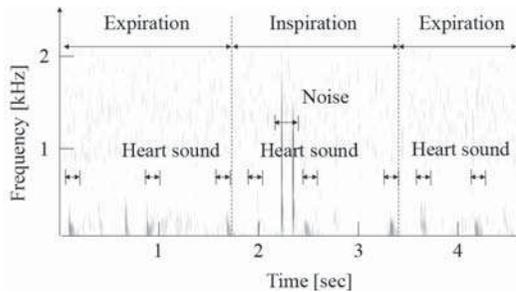


図2 心音を含む呼吸

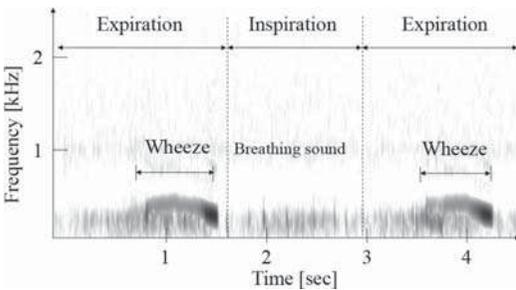


図3 副雑音 (Wheeze) を含む呼吸

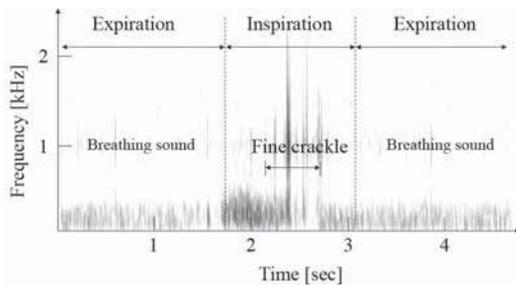


図4 副雑音 (Fine crackle) を含む呼吸

肺音を用いることはできない。そのためトライフォンモデルや混合数を十分に大きくしたモデルの作成はできない。また、図2から図4に示すように副雑音と心音では音響特徴が定常である区間の長さが異なる。

そこで、本研究では副雑音と心音のHMMの状態数及び混合数を変更し、それぞれに適したHMMの作成を検討した。正常肺音と異常肺音の識別実験の結果、副雑音と心音の混合数を2、心音の状態数を2とすることで識別精度の向上を確認した<sup>4)</sup>。

#### 4. 今後の展望

本研究において、音響モデルの学習には人手で付与したラベルを用いた。そのため、時間的な境界は厳密ではなく、数十msのズレが含まれている。また、図4のように断続的に発生している音はその間隔が100ms以内であればまとめて1つのラベルとした。そのため、断続的に音が発生している区間も3状態のHMMを用いている。このことからフレーム周期や分析窓幅を検討し、left to rightだけでなく左にも遷移するHMMを作成する必要があると考えている。一方、そのためには高精度なラベル付与が必要であり、作業が膨大なものになってしまうため、現状のデータベースで高精度な識別を行う手法を検討すべきであると考えている。

今後は、異常肺音検出に音声認識で効果が確

認されている深層学習（DNN）の技術を効果的に取り入れる方法を検討したい。

### 謝辞

本研究は「一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団」及び「公益信託小野音響学研究助成基金」の助成を受けたものであり、深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) Hitoshi Yamamoto, Shoichi Matsunaga, Masaru Yamashita, Katsuya Yamauchi and Sueharu Miyahara : “Classification between normal and abnormal respiratory sounds based on stochastic approach,” Proc. of ICA 2010 (International Congress on Acoustics), Paper No.671, 2010.
- 2) 石原恒夫, 川城丈夫, 安部直, 菊地功次, 米丸亮 : “CDによる聴診トレーニング-呼吸音編増補版-”, 南江堂, 1993.
- 3) Masaru yamashita, Masataka Himeshima, and Shoichi Matsunaga : “Robust classification between normal and abnormal lung sounds using adventitious-sound and heart-sound models,” Proc. of ICASSP 2014 (IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing), pp. 4451 – 4455, 2014.
- 4) Masaru Yamashita : “Construction of effective HMMs for classification between normal and abnormal respiration,” Proc. of APSIPA 2020 (Asia-Pacific Signal and Information Processing Association), 2020.