

スペクトログラムを用いた肺音の視覚的異常検知

見附 拓馬[†]

Takuma Mitsuke

島川 博光[†]

Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

現在、医師や看護師による一般的な肺の診断方法は、聴診器を用いて行われる。しかし現在の医療施設に従事する専門医のうち、肺の聴診が可能な呼吸器内科の医師は全体のわずか2%ほどである。そのため、呼吸器系の診断が可能な専門医は不足している [8]。特に過疎、高齢化が進行している地方においては医療機器が充実していない、かつ専門医の不足がより顕著であるため、精度の高い聴診が困難である [7]。また地方では、呼吸器疾患を発症しやすい高齢者の割合が高い。これらの問題から、呼吸器科以外の非専門医でも正確な聴診を実施できることが望ましい。

近年では聴診の分析を容易にするために聴診データを、Bluetoothを使ったワイヤレス通信で送信する機能や、ノイズを減らし呼吸音や副雑音をより鮮明に収録する機能を持つデジタル聴診器の開発が進んでいる [5]。しかしこれを用いても、聴診器を用いた肺の聴診は周波数の低い呼吸音から微かな異常音を聞き分ける必要があるため、診断の精度は聴診を行う医師の知識や経験に依存する。また、デジタル収録技術で聴取した呼吸音や副雑音から、機械学習を用い呼吸器系疾患を診断する研究がある [4]。しかし、医師はもとより患者にも異常をわかりやすく提示する手段を提供していない。

本研究では、肺音を画像に視覚化して疾病の根拠となる異常音を検知し、自動診断を行う手法を提案する。この手法では視覚化した肺音の画像上に、検知した異常音の箇所を示すことで非専門医でも精度の高い聴診を可能にし、知識や経験に依存しない診断システムを実現する。また、検知した異常音を可視化することで、聴診を行う医師や患者が診断結果の根拠を理解する助けとする。

2. 聴診音を用いた肺の診断

2.1 肺音に含まれる副雑音

患者の呼吸器系に疾患がある場合、聴診器により聴取される肺音には副雑音と呼ばれる呼吸音以外の音が含まれる [9]。医師は聴診の際、呼吸運動に伴い発生する副雑音の特徴を聴取することで、患者の疾病を診断する。本研究では聴診により診断される呼吸器系疾患として、間質性肺炎を対象として診断手法を提案する。間質性肺炎では、周波数が高く、「パチパチ」、「パリパリ」という連続する細かく揃った音の特徴を持つ捻髪音が発生する [3]。

2.2 スペクトログラムを用いた診断手法

聴診器により収録した音を用いて自動診断する既存手法として、呼吸音と咳から患者がコロナウイルス陽性であるかを予測する自動診断システムが存在する [1]。また、短時間フーリエ変換により算出したスペクトログラムを音の特徴量として用いて、病気を分類する診

断手法が提案されている [6][2]。しかしこれらの診断手法は診断結果のみを示しており、医師や患者に対して診断結果の根拠を示していない。

3. 肺音の視覚的異常診断

本研究では非専門医の聴診を補助し、知識や経験に依存しない自動診断システムを提案する。図 1 に手法概要図を示す。

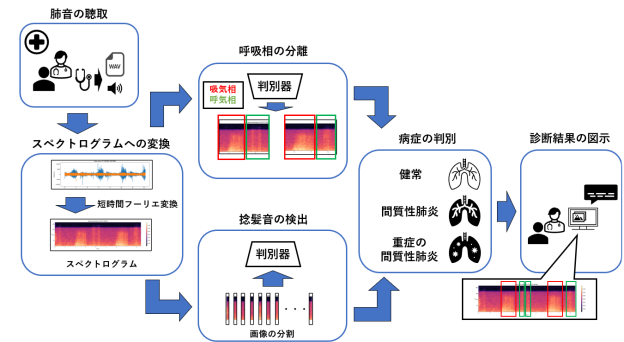


図 1: 手法概要図

3.1 肺音の可視化

本研究ではデジタル聴診器を用いて受診者から聴取した聴診音を可視化することで、呼吸で得られる特徴を視覚的に判断可能にする。そのため音のデータを短時間フーリエ変換し、指定した時間間隔と窓幅に含まれる周波数の強度分布を表すスペクトログラムを出力する。スペクトログラムでは周波数と時間を軸にし、各時間に含まれる周波数成分の信号の強度を色の違いで表現する。

呼吸音は約 600Hz 前後までの周波数成分が含まれており、呼吸器系の疾病で聴取される副雑音に含まれる周波数成分や時間間隔は呼吸で得られる周波数と異なるので、視覚的に副雑音の特徴がスペクトログラム上に表れると考える。

捻髪音はそれぞれの音が微小な時間しか継続しないため、短時間フーリエ変換の窓幅は小さくする。窓幅を小さくすることで、時間方向に細かくフーリエ変換を適用するため、時間分解能が向上し、より精密に捻髪音を抽出できる。

本研究では短時間フーリエ変換によるスペクトログラムではなく、対数表現とメルフィルタバンクにより人間の可聴域周波数の特徴を強調した mel-スペクトログラムを利用する。これは専門医が診断を行うときの可聴域の音を抽出するためである。

3.2 呼吸相の分離

本研究で使用した肺音の聴診データには 2 回以上の呼吸音が含まれている。間質性肺炎の肺で聴こえる捻髪音は 1 つの呼吸相ごとに表れる特徴であり、息を吸う吸気相で発生する。慢性期で症状が進行した間質性

[†]立命館大学情報理工学研究科

[‡]Connect Dot Ltd

肺炎では、息を吐く呼気相で微かに捻髪音が発生することもある。聴取した肺音からこれらの特徴を検知することができれば、受診した患者は間質性肺炎であると判断することができる。そこで本研究では患者の聴診データから吸気相と呼気相を推定する。また連続している吸気相と呼気相を1回の呼吸とみなして、mel-スペクトログラムを呼吸相ごとに分離する。これにより1人の患者に対する呼吸のデータ数を増やし、モデルの予測精度を向上させる。また分離した呼吸相の吸気相と呼気相には相の種類を示すラベルを付与し、病症の分類をする際の説明変数とする。

3.3 捻髪音の検出

捻髪音は正常な呼吸音に含まれる周波数成分よりも高周波成分を含む音が約 0.1 秒以下の短い間隔で発生する。これは mel-スペクトログラム上で、呼吸相の周波数分布にピークが立つような特徴として現れる。そのため本研究では、mel-スペクトログラム上の捻髪音を検出するために画像を時間軸方向へ等間隔に細かく分割する。分割した mel-スペクトログラムをランダムフォレストや勾配ブースティング等の決定木系のアルゴリズムに入力として与えることで、mel-スペクトログラム上のピークを画像分類し、捻髪音を検出する。分類後に検出された捻髪音を含む mel-スペクトログラムは、分割する前の mel-スペクトログラム上でどの時間幅の mel-スペクトログラムであるかを示すラベルを付与する。このラベルによって、分割された捻髪音ごとにどの時間で捻髪音が発生したかを知ることができる。これらの分類結果を病症の分類をする際の説明変数とする。

3.4 病症の診断

呼吸相の分離結果と聴診音に含まれる捻髪音の検出結果を用いて、対象とする受診者の病症を分類する。前節 3.2 では mel-スペクトログラムの呼吸相を分離し、呼気相と吸気相を示すラベルを付与した。また、前節 3.3 では捻髪音を検出し、捻髪音を含む mel-スペクトログラムにどの時間で捻髪音が発生したかを示すラベルを付与した。これらの結果を利用して、呼吸相で捻髪音が発生している場合を間質性肺炎患者とし、呼吸相で捻髪音が発生していない場合を非間質性肺炎患者として診断結果を出力する。また吸気相に加えて呼気相でも捻髪音を検出された患者に対しては、症状が進行している重症の間質性肺炎患者として診断結果を出力する。

間質性肺炎と診断された場合は、前節 3.3 で検出された捻髪音を含む mel-スペクトログラムと捻髪音が発生した時間情報を利用して受診者の全聴診データの mel-スペクトログラム上に捻髪音を示す特徴を表記する。これにより、本手法を用いて間質性肺炎と診断された根拠を視覚的に示し、医師と受診者が診断結果の理解を補助する。

4. おわりに

本研究では、聴診器から得た肺音のデータ mel-スペクトログラムとして特徴を抽出する。それらを呼吸相で分離し、副雑音を検出することで患者の病症を自動で診断する手法を提案した。また検出された副雑音の視覚的特徴を mel-スペクトログラム上に提示すること

で、非専門医でも可視化された肺音と診断結果を基に精度の高い診断を可能とする。今後は正常な患者の聴診音と間質性肺炎患者の聴診音を用いて本手法の有効性を実証し、システムを実装する。

参考文献

- [1] Chloë Brown, Jagmohan Chauhan, Andreas Grammenos, Jing Han, Apinan Hasthanasombat, Dimitris Spathis, Tong Xia, Pietro Cicuta, and Cecilia Mascolo. Exploring automatic diagnosis of covid-19 from crowdsourced respiratory sound data. *KDD '20: Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, Vol. 11, pp. 3474–3484, August 2020.
- [2] Fatih Demir, Abdulkadir Sengur, and Varun Bajaj. Convolutional neural networks based efficient approach for classification of lung diseases. *Health Information Science and Systems*, Vol. 8, , 2020.
- [3] M Munakata, H Ukita, I Doi, Y Ohtsuka, Y Masaki, Y Homma, and Y Kawakami. Spectral and waveform characteristics of fine and coarse crackles. *Thorax* 46, Vol. 7, pp. 651–657, 1991.
- [4] Renard Xaviero Adhi Pramono, Stuart Bowyer, and Esther Rodriguez-Villegas. Automatic adventitious respiratory sound analysis: A systematic review. *PloS One* 12, 5 (May 2017)., Vol. 43, , 2017.
- [5] Supreeya Swarup and Amgad N Makaryus. Digital stethoscope: technology update. *Med Devices (Auckl)*, Vol. 2018: 11, pp. 29–36, 2018.
- [6] Wenjie Zhang, Jiqing Han, and Shiwen Deng. Heart sound classification based on scaled spectrogram and tensor decomposition. *Expert Systems with Applications*, Vol. 84, pp. 220–231, 30 October 2017.
- [7] 厚生労働省. 都道府県の二次医療圏別. <https://www.mhlw.go.jp/bunya/iryuu/other/dl/08.pdf>. (2021年1月27日アクセス).
- [8] 厚生労働省. 平成30年(2018年)医師・歯科医師・薬剤師統計の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/ishi/18/dl/kekka-1.pdf>. (2022年6月18日アクセス).
- [9] 長坂行雄, 土谷美知子, 坂口才, 中西陽祐, 味水瞳, 森川昇, 一瀬増太郎, 上田桂子. 臨床で役立つ肺音の聴診. *洛和会病院医学雑誌*, Vol.29, 2018.