

肺音異常診断のクラウドを用いた実現法の検討 Investigating Realization of Abnormal Lung Sound Diagnosis Using Cloud

西尾 康佑*
Kosuke Nishio

島川 博光*
Hiromitsu Shimakawa

原田 史子†
Fumiko Harada

1. はじめに

呼吸器内科医の診察では聴診による検査が行われる。精度の高い診断をするには異常呼吸音のパターンを何通りも覚える必要があり、医師の熟練度によって診断の精度が左右する。また、医師から疾病への罹患を診断された際、患者は診断結果の理由開示を求めるが、専門的な診断過程を口頭で説明されてもわからない。そこで、本研究では専門的な知識を必要とせず、患者が自分の病状を理解できる、診断システムを提案する。提案するシステムでは、市販のデジタル聴診器を用いて肺音を収集し、クラウド上で肺音解析したのち、患者の疑われる病名の判定とともに、患者の病状を可視化する。提案するシステムを利用することで、医師の熟練度に依らず精度の高い診察が可能となる。

2. 既存医療の問題と関連研究

2.1 捻発音と笛様音

現在の聴診検査は、医師が自分の知識と経験を頼りに疾病の判断をしている。聴診で疾病の可能性を探るさいに重要となるのは、主に呼吸運動に伴って発生する異常音を聴取することである。その異常音の総称が副雑音である。副雑音の一種である捻発音は持続時間の短い不連続な音であり、何かが破裂するような音である。また、笛様音は一定時間以上持続する音であり、管楽器のように安定して繰り返される振動波形を持つ音である。

本研究では、聴診検査で推定できる疾病として、間質性肺炎と気管支喘息を対象とする。気管支喘息患者の肺音からは、笛様音が聴取され、間質性肺炎患者の肺音からは、捻発音が聴取される [1]。

Jain らは、ATS (American Thoracic Society) 定義に基づいたアルゴリズムを開発し、84 %の感度と 86 %の特異度で笛様音を検知した [4]。Pinho らは、フラクタル次元とボックスフィルタリングに基づくアルゴリズムによって F 値 92 %の精度で捻発音を検知した [5]。副雑音の解析法についての研究は活発になされているが、サウンド取得機器とアルゴリズムを統合するソフトウェアの開発はなされていない。

2.2 IT が実現すべき聴診検査

2.1 節で述べたように医師には高い技能が要求され、経験の浅い医師が聴診のみで疾病の推定を行うのは現状難しい。また、高周波の音が聞き取りづらい高齢医は笛様音などの高周波の副雑音を聞き取れない可能性もある [2]。また、レントゲンなどと違い、聴診の診察結果が可視化されない。よって、医師は自らの経験と聴力で診断しなければならない。医師の技能や身体状態に左右されない、高い精度の聴診診断が望まれる。聴診の診察結果が可視化されないことによって、患者にも不利益が生じる。可視化されない聴診結果を言葉で説明されても、患

者は自身の病状を理解しづらい。そのため、医師の熟練度に左右されず、検査結果を視覚的に確認できる実用的な診断システムが必要である。

3. クラウドを用いた診断システム

本研究では、専門的な知識を必要とせず、視覚的に患者の病状を理解できる、診断システムを提案する。システムの概要を図 1 に示す。

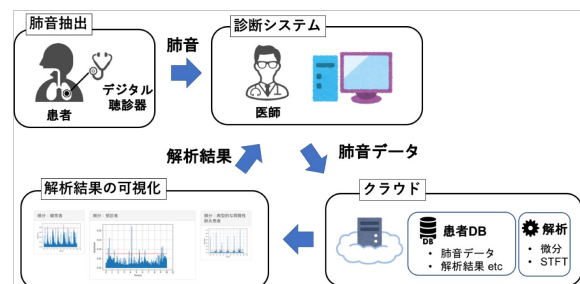


図 1: 提案する診断システム

提案システムを用いた診察の流れを以下に示す。

1. 医師は受診者の肺音をデジタル聴診器によりデジタル化された音声データとして取得する。
2. 医師は PC を通して、デジタル化した受信者の肺音を診断システムに渡す。
3. 診断システムはデジタル化した受信者の肺音に信号処理を適用し、視覚的に病状を理解しやすい可視化情報へ変換する。
4. 診断システムは変換結果を使用し、疑われる疾病を推定する。
5. 診断システムは変換結果を疑われる病名と共に、医師と受診者に提示する。
6. 医師は提示された可視化情報をもとに受信者へ病状を説明する。

診察結果はクラウド上でデータベース化し、医師が過去の診察をいつでも参照できるようにする。上記 6 において、熟練度の低い医師でも、聴診検査の結果を、受診者にわかりやすく説明できる必要がある。そのため、典型的な患者と健常者の解析結果を事前に用意しておく。これらと受診者の解析結果を同じ画面に並べて表示する。3 種類の情報の同時提示により、医師は病名推定の理由を健常者や典型的な患者の解析結果と比較しながら説明することが可能となる。受診者は口頭だけでなく、健常者や典型的な患者と視覚的に比較して説明されるので、自分の病状が理解し易くなる。提案システムはクラウド上で肺音を解析するため、安価な PC とデジタル聴診器のみ用意すればよく、資金の少ない地方の医師でも利用することができる。

*立命館大学

†株式会社コネクトドットコム

4. 肺音分析法

本章では、3章で提案したシステムにおける肺音の解析法を述べる。

4.1 笛様音の抽出法

喘息患者特有の肺音の特徴は笛様音である。提案システムでは、この特徴を周波数解析によって算出する。笛様音は「ヒューヒュー」という連続的な音なので、笛様音が発生している箇所は同じ周波数が一定時間続くと考えられる。そこで、同じ周波数を時間ごとに観察する方法として、短時間フーリエ変換を採用し、時間情報の残る周波数解析を行う。本節では短時間フーリエ変換が笛様音の抽出に有効かどうか検証する。健常者と喘息患者の肺音に短時間フーリエ変換を適用し、スペクトログラムを作成する。作成されたスペクトログラムを見て、健常者と患者を区別できるか確認する。

図2の左に、喘息患者の肺音に短時間フーリエ変換した結果を、図2の右に、健常者肺音に、短時間フーリエ変換した結果を示す。

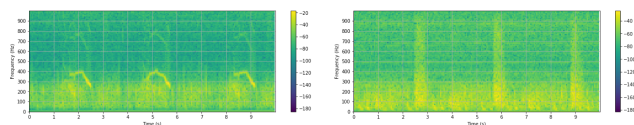


図2: 喘息患者と健常者の肺音の短時間フーリエ変換結果の比較

グラフの横軸は時間、縦軸は音の周波数表しており、色が黄色いほど音の振幅が大きく紫に近づくほど振幅が小さい。この喘息患者の聴診音は、1.5 2.5 秒、5 6 秒、8 9 秒あたりに笛様音が聴こえることがわかっている。左図の1.5 2.5 秒、5 6 秒、8 9 秒には300 400Hz付近に1秒程度の連続的な模様が視認できる。これは右図の健常者にはない特徴であり、この連続的な模様が笛様音を表す特徴である。短時間フーリエ変換によって、笛様音を視覚的に特定できる特徴量を作成できた。

4.2 捻発音の抽出法

間質性肺炎患者特有の肺音の特徴は捻発音である。提案システムでは、この特徴を微分によって算出する。捻発音は断続的な音であり、「パチパチ」という破裂音が特徴である。破裂音を検出するため、肺音の中から急激な音の立ち上がり箇所を特定する必要がある。肺音の波形を微分することにより、副雑音の特徴である破裂音を検出できると考えられる。破裂音はひとつひとつの音が微小な時間しか継続しないため、微分幅は可能な限り短くする必要がある。そこで、微分幅は取りうる最小の値である、サンプリング周期とする。間質性肺炎患者の肺音データとその肺音に対し微分した結果の比較を図3に示す。

熟練した医師の指摘より、この間質性肺炎患者の聴診音においては、図3中の赤丸で囲った箇所に捻発音が発生していることがわかっている。図3の左、微分前の波形では呼吸音に埋もれて、波形に捻発音の特徴が出ていなかった。しかし、図3の右、微分後の波形では捻発音箇所の値が大きく値が出ており、検出し易い波形となった。微分処理によって、視覚的にも有効な捻発音の特徴を抽出できた。

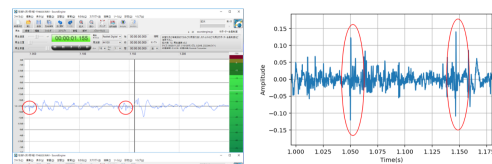


図3: 間質性肺炎患者の肺音の微分前(左)と微分後(右)の比較

5. 分類精度

4章より、捻発音に対しては微分を、笛様音に対しては短時間フーリエ変換を行うことによって、副雑音の特徴量を抽出できることが示唆された。これらの特徴量を説明変数として副雑音分類器を作成する。目的変数は副雑音の種類とし、「正常な肺音」、「捻発音が含まれる肺音」、「笛様音が含まれる肺音」の3値分類を行う。機械学習アルゴリズムとしてランダムフォレストとサポートベクターマシンを採用し、分類精度を比較した。健常者の肺音160秒、喘息患者135秒、間質性肺炎患者の肺音70秒をそれぞれ5秒に切り出したのち、使用した[3]。訓練データとテストデータの組に対して繰り返す交差検証の結果、表1に示す正解率、適合率、再現率、F値が得られた。ランダムフォレストを用いた分類精度で70%の精度が得られた。

表1: 交差検証による正解率、適合率、再現率、F値

	Random Forest	Support Vector Machine
Accuracy	0.70	0.60
Precision	0.61	0.41
Recall	0.60	0.49
F value	0.57	0.43

6. おわりに

本論文では、クラウド上でデータの収集・解析を行う診断システムを提案した。病名推定の精度は70%に留まったため、今後はさらなる解析法の模索と提案システムの実装が求められる。

参考文献

- [1] 長坂行雄, et al. "臨床で役立つ肺音の聴診." (2018).
- [2] 西郡聡. "高周波聴力検査の有用性についての研究." 耳鼻と臨床 36.4 (1990): 712-727.
- [3] 川城丈夫, et al. "CDによる聴診トレーニング." (2013).
- [4] Jain, Abhishek, and Jithendra Vepa. "Lung sound analysis for wheeze episode detection." 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 2008.
- [5] Pinho, Cátia, et al. "Automatic crackle detection algorithm based on fractal dimension and box filtering." Procedia Computer Science 64 (2015): 705-712.