

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330198

研究課題名(和文) 聴診音を用いた心音の混入に頑健な肺患者及び心臓患者の高精度な検出法の研究

研究課題名(英文) Accurate detection of patients with pulmonary emphysema robust to heart sounds

研究代表者

松永 昭一 (MATSUNAGA, Shoich)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：90380815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：聴診器を用いた診察は呼吸器の疾患を見つけるには一般的な最も効率的な手法であり、副雑音と呼ばれる異常音が患者の呼吸音に表れることを利用している。しかしながら、心音のような雑音の混入や、雑音と副雑音のスペクトルが類似していることにより、高い検出精度を得ることは難しかった。そこで、この研究では、二つのタイプの副雑音が聴診箇所によって出現確率が異なることに着目した。また、心音の混入に頑健な検出手法を考案した。この手法の特徴は心音を副雑音と誤って識別するスコアを導入したことにある。

研究成果の概要(英文)：Auscultation of lung sounds using a stethoscope is one of the most popular and cost-effective medical examination methods for the identification of respiratory illnesses. This auscultation is based on the heuristic that abnormal respiratory sounds are frequently observed in patients with pulmonary emphysema. These abnormal sounds are termed adventitious sounds. However, frequent noise pollution such as heart sounds and the similarity between the spectral features of noises and of some adventitious sounds hindered the achievement of a high detection rate. In this study, the difference in occurrence frequencies between two types of adventitious sounds for each considered auscultation point was considered. Furthermore, we devised a robust detection method for lung sounds contaminated with heart sounds. The key characteristic of the proposed method included the use of the validity score representing the misrecognition of heart sounds as adventitious sounds.

研究分野：生体医工学

キーワード：肺音 副雑音 心音 統計的手法 肺患者

1. 研究開始当初の背景

我々は日常の生活で、肺音に異音を聴取した場合には、呼吸器系の疾患を疑い、医師の診察を受け治療を受ける。これは呼吸器系の疾患を患うと肺音中に呼吸器系臓器の異常に起因する副雑音と呼ばれる異常音を観測できるため、これを経験上利用している。また、心音に関しても同様に心雑音や心音の周期の異常などに気づくことにより、心臓疾患の可能性を知ることができる。肺音や心雑音は疾患箇所や重篤度の違いにより音響的特徴が異なるため、熟練した医師は聴診により、肺音や心雑音の種類と音源の場所の違いから病気を診察する一つの有効な手段としている。このような医師、所謂エキスパートが行う疾患に起因する異常音の有無の推定に関することを、統計的手法を用いてアルゴリズム化し、聴診音を用いて高精度に疾患を検出することを、雑音や副雑音、心音が混在する聴診音に対しても可能にすることを目的として本研究を行う。血圧計や体脂肪計のように、家庭でも使える簡便な機器として実現することができれば、「疾患の有無の検出」は医療施設が十分でない環境(離島や過疎地等)における早期の異常検出の手段として役立つ。特に、高齢者によく見られる肺炎や心臓疾患に起因する脳梗塞等の重篤な病気に至る前の段階で早期の治療へと繋げることが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、多様な聴診箇所の呼吸音の入力による呼吸器疾患及び心臓疾患の検出器の実現を目的とし、高精度かつ頑健に両疾患の可能性を同時に検出できる統計的手法による検出アルゴリズムの研究を行う。具体的には、まず、従来検出が難しかった心音が多数含まれる聴診音における異常音(副雑音、例えば喘息における笛音)の高精度な検出を可能にするための心音や心雑音のモデル化の手法と、これを用いた健康者と肺患者との識別を高精度に行うための基盤となる手法を構築する。次に、多様な被聴診者と心音の混入状況(聴診箇所に依存)に対応できる肺疾患患者検出手法に拡張し、心臓疾患も検出できる手法とする。本手法の利点は、統計的手法を用いて心臓音のモデル化とその混入度に応じた適応手法を用いることで、多様な聴診箇所の肺音の高精度な自動聴診が可能となり、かつ心臓疾患の検出も可能となることにある。

3. 研究の方法

本研究では、主に呼気・吸気単位で行う心音の混入に頑健な異常肺音検出アルゴリズムの研究と、その結果を基に一連の呼気吸気からなる肺音を用いて行う肺疾患及び心臓疾患検出のための高精度なアルゴリズムの研究の二段階で行う。その中で、疾患音を頑健に識別するための心音と副雑音の

HMMによるモデル化を行い、心音の混入精度に適応した頑健な異常肺音検出アルゴリズムを考案する。また、肺疾患患者の検出手法においては、肺音及び心音の教師なし適応による検出精度の向上を図る。

4. 研究成果

本研究では、副雑音の特性によって聴診箇所や呼気、吸気で発生する割合が異なることに着目した手法(以下提案手法1と呼ぶ)と、副雑音の特性によって呼吸内で発生し始める時間が異なることに着目した手法(以下提案手法2と呼ぶ)を提案した。提案手法1では、認識された聴診箇所や呼吸の情報と副雑音の特性の情報をを用いて副雑音の確からしさを定量化し、尤度差に加える手法を行なった。提案手法2では、認識された副雑音の発生開始時間の情報と副雑音の特性の情報をを用いて副雑音の確からしさを定量化した。この副雑音の確からしさの情報をを用いることで、副雑音の特性による出現の偏りを考慮した異常肺音の検出を行なう手法を提案した。提案手法1と提案手法2のそれぞれにおいて、重みとオフセットを設定して尤度差に付加することで、この情報の与える影響を調整した。次に異常肺音の検出の結果を用いて、呼吸列に含まれる呼気、吸気ごとの尤度差を算出し、呼吸列全体での尤度差を利用した肺疾患患者の識別を行った。異常肺音の検出及び肺疾患患者の識別における重みとオフセットは、それぞれの識別率が最大となるように設定した。異常肺音の検出実験の結果、音響モデルと肺音列モデルのみの手法であり、副雑音の種類を分類とした手法(Baseline2)の平均検出率が79.6%だったものを、両提案手法では83.6%程度まで向上させた。副雑音を単一の種類とした手法(Baseline1)の平均検出率は82.9%で、大きな差は得られなかった。ただし、Baseline1の正常肺音の検出率は76.2%だったものを、提案手法1では82.6%、提案手法2では80.8%まで向上させた。

次に、複数の聴診箇所収録した肺音データを用いることで音響モデルの構築に用いる肺音データを増やすことや音響モデルの被験者適応に用いる肺音データを増やすことで異常肺音の検出精度と肺疾患患者の識別精度の向上を図った。聴診箇所が比較的近いと考えられる複数の聴診箇所の肺音データを用いて音響モデルの構築を行なう手法(以下提案手法3と呼ぶ)と、提案手法3で構築した音響モデルに対して評価対象者の評価する聴診箇所の肺音データだけでなく、評価対象者の他の聴診箇所の肺音データも適応データとして音響モデルの被験者適応を行なう手法(以下提案手法4と呼ぶ)を提案した。これらの提案手法を評価するために異常肺音の検出実験及び肺疾患患者の識別実験を行なった。異常肺音の検出実験の結果は、提案手法3は平均の検出率は84.9%と、従来の単一箇所のみデータを学習データとして用

いる場合の平均の検出率 82.9%より向上した。また、提案手法 4 においても平均の検出率は 86.8%と音響モデルの教師なし適応を行う場合の平均の検出率 85.9%より向上したが、提案手法 3 の音響モデルに対して教師なし適応を行う手法の平均の検出率 87.0%よりは低い結果となった。肺患者の識別実験の結果は、提案手法 3 は平均の識別率は 86.5%と単一箇所のみデータを学習データとして用いる場合の平均の識別率 84.9%よりも向上した。そして、提案手法 4 においても平均の識別率は 88.1%に向上した。

また、複数の聴診箇所の肺音データを DNN による学習に用いて音響モデルを作成し、その有効性を検討し、音響モデルを正常音の音響モデルと異常音の音響モデルに分類し、それぞれの尤度から異常肺音識別及び肺患者識別を行うことを提案した。異常肺音の識別実験では従来研究に比べて 7.8%下がっており、本実験の学習データ量の少なさが原因だと考える。肺患者の識別実験では、複数の聴診箇所の肺音データを用いることは有意水準 0.05 とすると有意ではないと示された。識別精度は最大 10.3%向上しており、学習データの量を増やすことで肺患者識別の精度を向上させることができると考えられる。次に、提案手法の識別精度の有効性を確認したところ、有意水準を 0.05 とすると識別方法による識別精度の差はないと示されたが、識別精度は 4.6%向上している。また、本研究の識別精度は従来研究に比べて 8.9%下がっているが、異常肺音識別と同様に学習データ量の不足が原因だと考える。

次に、心音には周期性が存在し、心音と副雑音の継続時間が異なっていることに着目した。音から次の音までの区間の継続時間の平均と標準偏差を調査し、これを周期とした。また、音と副雑音の継続時間には音が副雑音よりも短いという特徴があった。この2つを用いて音響特徴だけの情報では難しかった音と副雑音の高精度な識別を行い、肺患者の識別率を高めることを目的とした。心音の周期と継続時間を考慮して、認識結果の副雑音の区間が心音の出現する可能性が高い区間であった場合、音と副雑音の継続時間の正規分布関数の自然対数の差を異常の尤度にペナルティとして与える。(1)副雑音の継続時間が短く、心音を誤って副雑音と誤って識別している可能性が高い場合のみペナルティ付与を行なう手法、(2)副雑音の継続時間に関係なくペナルティ付与を行なう手法、2つの手法を提案した。学習データと評価データには、左肺前面の3箇所の肺音データを用いた。肺患者の識別実験の結果、心音を含まない音響モデルを用いた従来手法の全聴診箇所の平均識別率が 85.7%に対して、(1)の手法では 82.9%、(2)の手法では 85.1%と低下した。しかし、心音が混入しやすい聴診箇所では、平均識別率が 85.1%に対して、(1)の手法では 85.1%と低下

したが、(2)の手法では 90.4%と向上していた。この実験により、肺患者識別の実験に対して、心音の混入しやすい聴診箇所では、(2)の提案手法が有効であることを示した。

最後に、通常モデルと心音モデル、二つの音響モデルの識別結果を使い分けることで、識別率の向上を目指した。心音の音が出現する可能性の高い区間を推定し、その区間に音と認識された音が出現していればそれを音候補とする。次にすべての音候補の継続時間を調べる。継続時間が音の継続時間の範囲外であるものは音候補から除外し、残った音候補を確かな音として定義した。閾値を変動させ、心音検出率が閾値以上のデータであれば心音モデルの識別結果を採用する。閾値未満であれば通常モデルで認識を行い、その識別結果を採用する。通常モデルと心音モデルの二つの識別結果を用いて心音の混入頻度に応じた識別を行うシステムを提案した。提案手法の実験結果は左肺上部の聴診箇所では通常モデルと、左肺下部の聴診箇所では心音モデルと同じ異常肺音検出率、肺患者識別率になった。心音の混入が多い左肺中部の聴診箇所と全聴診箇所平均では、異常肺音検出率が提案手法の(1),(2)のどちらとも、肺患者識別率は提案手法(1)のみが従来手法よりも向上した。この実験により、心音の混入頻度が高い聴診箇所において提案手法が有効であることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 9 件)

田口めぐみ, 山下優, 松永昭一、Detection of abnormal lung sounds considering spectral and temporal features of heart sounds、Proc. 22nd international congress on acoustics (ICA)、査読有、September 6, 2016、Buenos Aires (Argentina)

中村尚貴, 山下優, 松永昭一、Detection of patients considering observation frequency of continuous and discontinuous adventitious sounds in lung sounds、Proc. 38th international conference in medicine and biology society (IEEE EMBC)、査読有 August 18, 2016、Orlando (U.S.A.)、3457-3460

梅木俊也, 山下優, 松永昭一、Classification between normal and abnormal lung sounds using unsupervised subject-adaptation、Proc. 2015 Asia-pacific signal and information processing association annual summit and conference (APSIPA ASC 2015)、査読有、December 18, 2015、Hong Kong (China)、213-216

大川内椋星, 梅木俊也, 山下優, 松永昭一、深層学習による音響モデルを用いた異常肺音の検出、電子情報通信学会九州支部学生会

講演会、A-03、2015年9月4日、福岡大学(福岡県・福岡市)

松竹正平，山下優，松永昭一、Abnormal-respiration detection by considering correlation of observation of adventitious sounds、Proc. 23rd European signal processing conference (EUSIPCO)、査読有、September 1, 2015、Nice (France)、634-637

山下優，松永昭一、肺疾患検出のための雑音の混入を考慮した尤度計算手法の検討、電気学会電子情報システム部門大会、MC2-5、2015年8月26日、長崎大学(長崎県・長崎市)、839-843

梅木俊也，山下優，山内勝也，松永昭一、異常肺音のための呼吸音の音響モデルの教師なし適応、電子情報通信学会九州支部学生会講演会、D-49、2014年9月20日、鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

大久保孝則，中村尚貴，山下優，松永昭一、Classification of healthy subjects and patients with pulmonary emphysema using continuous respiratory sounds、Proc. 36th international conference in medicine and biology society (IEEE EMBC)、査読有 August 27, 2014、Chicago (U.S.A.)、70-73

山下優，姫嶋将貴，松永昭一、Robust classification between normal and abnormal lung sounds using adventitious-sound and heart-sound models、Proc. 38th international conference on acoustics, speech and signal processing (IEEE ICASSP)、査読有、May 8, 2014、Florence (Italy)、4451-4455

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

松永 昭一 (MATSUNAGA, Shoichi)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：90380815