

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500217

研究課題名(和文) 肺音を用いた統計的手法による肺疾患の頑健で高精度な検出法の研究

研究課題名(英文) Robust classification between a healthy subject and a patient with pulmonary emphysema using lung sound samples based on a stochastic approach

研究代表者

松永 昭一 (MATSUNAGA, Shoichi)

長崎大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90380815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、聴診音を用いて異常音を見つけることにより肺疾患を検出できる家庭用の機器を開発することにある。聴診音に混入する雑音の生起はランダムであるが、それに対して副雑音は継続した呼気吸気において繰り返して規則的に発生すると仮定できる。そこで我々は継続した肺音において、副雑音と雑音の発生の傾向を考慮した異常肺音の識別方法を提案した。さらに疾患の検出に関して複数の聴診箇所からのデータを用いる手法を開発した。各呼吸フェーズの音響尤度を計算した後に、すべての昇進箇所の疾患者としての尤度と健常者の尤度を比較することで疾患者の検出を行う。我々の提案手法は識別率を大きく向上させることができた。

研究成果の概要(英文)：The objective of our study is to develop a home-use device to identify respiratory illness by detecting abnormal respiratory sounds with high accuracy. It can be assumed that the occurrence of noise in respiratory sounds is random, whereas adventitious sounds occur repeatedly in successive inspiratory/expiratory phases. Therefore, we proposed a classification method considering the occurrence tendency of adventitious sounds and noise in a series of respiratory sounds. Furthermore, our proposed method took into account lung sound samples from multiple auscultation points in diagnosing a patient. After the calculation of the acoustic likelihood for each respiratory phase, patient diagnosis was carried out based on the comparison of the average likelihood of all auscultation points between a patient and a healthy subject. Our classification method significantly increased the classification performance.

研究分野：情報学

科研費の分科・細目：人間情報学・知覚情報処理

キーワード：音認識 モデル化 情報工学 機械学習

1. 研究開始当初の背景

肺音に平常と異なる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、呼吸器系の疾患と診断されれば治療を受ける。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肉体的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。肺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、熟練した医師は肺音の聴診により、肺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の有無の推定を、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、高齢者や乳幼児に対して病気の重篤化を防ぐことが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、簡便に使用できる、呼吸気音の入力による呼吸器疾患の検出器の実現を目指し、高精度かつ頑健に呼吸器疾患を発見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、肺音中に含まれる副雑音の検出結果(例えば喘息における笛音等)と肺音全体の音響特徴の分布に基づいて、健康者と肺疾患の患者との識別を高速・高精度に行うための基盤となる手法を構築する。本研究の最も大きな特徴は、統計的手法を用いて局所的な異常肺音の識別結果と大局的な音響特徴の分布により、頑健に呼吸器疾患を見つけ出す手法を実現することにある。

3. 研究の方法

本研究では、肺音を用いた疾患の検出を長時間で高精度に行う手法の開発を行う。本研究では、主に肺疾患の検出アルゴリズム開発のための基礎検討として、(1)疾患を頑健に識別するための統計的手法の検討、(2)複数の聴診データを用いた疾患検出のアルゴリズムの検討を行い、(3)FPGAを用いた高精度な検出法の実装の検討を行った。

4. 研究成果

(1) 疾患を頑健に識別するための統計的手法の検討

従来の研究では異常肺音の検出に呼気・吸気内のセグメントの生起確率と音響尤度のみを用いており、突発的に現れた雑音などにより誤認識を引き起こしていた。よって、本研究では、呼気・吸気列全体での副雑音の出現傾向を考慮した手法を提案する。副雑音は複数の呼吸気で発生しやすいため、個々の呼気・吸気のみ情報だけを用いるのではなく、他の呼吸気の情報を用いることで、突発的に現れる雑音による誤認識を減らせると考えた。そこで、他呼吸気の尤度分布の調査

を行ったところ、分布に偏りがあることが示されたため、呼気・吸気列全体での副雑音の出現傾向を考慮した手法を提案した。

異常肺音の検出実験の結果、提案手法は従来手法と比較して、有意に高い性能が認められ、呼気・吸気列全体での副雑音の出現傾向を考慮した異常肺音の検出が有効であることを示された。また、呼気では正常音、吸気では異常音の検出率が低いことが分かった。また、提案手法を用いての肺疾患患者の検出実験も行った結果、健常者の検出率は向上したが、疾患患者の検出率は大きく下がった。これは、肺疾患患者の副雑音を含まない呼吸音が多く存在したためと考えられる。

前記の手法を高度化するために、副雑音の出現傾向から、副雑音は複数の呼吸気で存在することが分かり、他呼吸気の尤度の調査により、ある呼吸気の尤度差に他呼吸気の尤度差の平均の情報を考慮した値を加えることを提案した。

まず、他呼吸気の尤度差の平均の値に重みとオフセットを与えることで、異常肺音の検出率の向上の可能性の検討を行った。その結果、異常肺音の検出率が最も高くなり、他呼吸気の尤度情報を考慮せずに検出を行った時の検出率よりも高くなることが分かった。次に、検出実験で誤検出した呼吸を調査した。それにより、呼気は正常音、吸気は異常音に誤認識が多いことが分かった。そこで、呼気・吸気それぞれに対し別の重みとオフセットを与えて、もう一度異常肺音の検出実験を行った。その結果、呼気と吸気に同じ重みとオフセットを与えた時よりも、高い検出率となった。

さらに、異常肺音の検出実験の結果を用いて肺疾患患者の識別を行った。3つの手法を用いての肺疾患患者の検出実験の結果、一連の呼吸の全ての呼気、吸気音の正常の尤度の合計と異常の尤度の合計を比較し、異常の尤度の方が大きい場合に疾患患者と判定する手法において、検出率の向上がみられたが、一連の呼吸に確からしい異常音が1つ以上含まれる場合に疾患患者と判定する手法と、一連の呼吸に異常の尤度が正常の尤度よりも大きい呼気または吸気が含まれる場合疾患患者と判定する手法において、検出率は向上しなかった。肺疾患患者検出実験では、疾患患者の副雑音を含まない呼吸気まで評価データとしていたことが、肺疾患患者の検出率の低下の要因となったと考えられる。

肺疾患患者の検出実験では、他呼吸気の尤度情報を考慮した異常肺音の検出法を用いて、肺疾患患者の検出率が向上するための手法を考えることが必要だと分かった。肺疾患患者の検出率の向上には、疾患患者での副雑音を含まない呼吸気、健常者の副雑音に類似した体内器官からの雑音を含む呼吸気の評価をどのように行うかの検討を行う必要がある。本研究により、呼気と吸気の違いは重要であることが分かった。

(2) 複数の聴診データを用いた疾患患者検出のアルゴリズムの検討

本研究では、医者が様々な部位の肺音を聴診することで、疾患音の音源となる部分により近い聴診部位を探し出していることに着目し、従来手法では単一の肺の聴診部位のみで識別を行っているものを複数の肺の聴取部位を使用して、識別する方法を提案した。事前調査により、左側の肺の肺音には心臓音が混じっており、識別時に心臓音が悪影響を及ぼすことが考えられたので、右側の肺の肺音の従来から使用されていた聴診部位とその周囲部位である3箇所計4箇所を識別に使用することにした。

実験においては、収録部位により雑音の聴取傾向が異なり、雑音の多い収録部位は識別に悪影響を及ぼすことが考えられたので、4箇所のうち雑音が比較的少ない傾向にある収録部位2箇所を使用した実験と、より多くの収録部位4箇所を使用した実験の2つを行った。

実験において、単一の聴診部位で識別した結果と複数の聴診部位で識別した結果を比較すると、複数の収録部位で識別したほうが、疾患患者の識別率は向上する傾向にあり、健常者の識別率は低下する傾向にあることを示した。また、疾患患者と健常者をあわせた識別率は向上する傾向があるという結果が得られた。

(3) FPGA を用いた高精度な検出法

FPGA を用いた認識において、従来単一のガウス分布確率密度関数としてHMMに用いていた認識部の回路に、混合ガウス分布を用いたHMM回路の設計を行った。混合ガウス分布型HMMでの出力確率の計算は、混合重みの乗算や各混合の出力確率の加算などの計算過程があり、回路規模や計算量の問題から使用されていなかった。そこで、混合数2の場合でのHMMにおける出力確率の計算手法を確立し、FPGAへの実装方式の検討を行った。混合ガウス分布型HMMにおける出力確率の計算で最も問題となるのが、計算量である。先行研究で行った計算式の自然対数を用いた展開は、各混合の出力確率の加算が計算過程に加わったことにより単純に行えない。そこで、自然対数をとったままマクロリン展開を用いた加算を行う計算手法を用いた。この手法を用いることで計算過程の単純化を行い、FPGAへの実装に向けた計算量の削減を行った。しかし、これらの出力確率の計算過程を基にした回路の設計のみでは、回路規模の問題から実装には至らなかった。そこで、各混合に用意していた出力確率計算回路を1つにまとめ、各演算器の入力を制御することにより、これまでは5クロックで行っていた計算を7クロックかけて行うように設計し、回路規模の削減を図った。また、従来は10モデルすべてを並列に計算していたが、5モデル

ずつ2回に分けて計算を行うように再設計した。認識結果が2回に分けて出力されるため、フレーム終端で認識を終了するような制御を加え、認識の最終結果を出力するためのセクタを新たに設計した。再設計を行った認識部回路と先行研究で設計された混合数が1の認識部回路との認識精度の比較実験を行った。実験結果から、先行研究の回路に比べ認識率の向上が見られた。また、先行研究で設計した混合数2の回路はFPGAの回路規模を大きく超えていたが、本研究で設計した回路は実装に成功し、正常に動作していることから、計算精度を保ったまま回路規模を削減することに成功したといえる。また、マクロリン展開を用いた加算を行う回路の入力状況を調査することで、この回路が有効に動作していることも確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

山下優, 山内勝也, 松永昭一, 宮原末治, 異常肺音検出における副雑音の発生区間と音響特徴による分類を考慮した呼吸音HMMの作成法の検討、電子情報通信学会論文誌、査読有、Vol.J96-D, No.9, 2013、2070-2077

宮原末治, 滝川雄, 山下優, 山内勝也, 園田光太郎, 酒井智弥, 正田備也, 松永昭一, 岡三喜男、電子聴診器を用いた肺音検査システムの研究と開発、薬理と臨床、査読無、Vol.22 No.2, 63-68、2012

〔学会発表〕(計 11 件)

山下優, 姫嶋将貴, 山内勝也, 松永昭一, 岡三喜男、宮原末治異常肺音検出のための心音モデルの検討、電気関係学会九州支部連合大会、01-1A-11、2013年9月24日、熊本

中村尚貴, 山下優, 山内勝也, 松永昭一: 副雑音の発生タイミングを考慮した肺疾患患者識別、日本音響学会講演論文集、1-Q-32、2013年9月25日、豊橋

松竹正平, 山下優, 松永昭一、Discrimination between healthy subjects and patients using lung sounds from multiple auscultation points、Proc. 38th international conference on acoustics, speech and signal processing (IEEE ICASSP)、査読有、May 31, 2013、Vancouver、1296-1300

大久保孝則, 山下優, 山内勝也, 松永昭一、Modeling occurrence tendency of adventitious sounds and noises for detection of abnormal lung sounds、Proc. 21st international congress on acoustics (ICA)、査読有、June 3, 2013、Montreal

井川竜佑, 山下優, 山内勝也, 松永昭一、音声認識のための混合ガウス分布型HMMのFPGAへの実装方式の検討、電子情報通信学会九州支部学生会講演会、D-49、2012年9月26日、長崎

松竹正平, 山下優, 山内勝也, 松永昭一, 宮原末治、複数の聴診箇所を用いた肺疾患患者

検出法の検討、電子情報通信学会九州支部学生会講演会、A-2、2012年9月26日、長崎
大久保孝則、山内勝也、山下優、松永昭一、
宮原末治、副雑音が複数の呼吸気で出現する
傾向を考慮した異常肺音の検出、日本音響学
会講演論文集、2-Q-b5、2012年9月20日、
長野

姫嶋将貴、山下優、松永昭一、宮原末治、
Detection of abnormal lung sounds taking
into account duration distribution for
adventitious sounds、Proc. 20th European
signal processing conference (EUSIPCO)、
査読有、August 30, 2012、Bucharest、
1821-1825

田中晃誠、辻恭志、山下優、松永昭一、小
栗清、パワーとFFTケプストラムを用いたフ
レーム同期型音声認識のFPGAへの実装、電
子情報通信学会九州支部学生会講演会、D-27、
2011年9月28日、佐賀

姫嶋将貴、松永昭一、山下優、宮原末治、
雑音と副雑音の継続時間分布の違いを考慮
した異常肺音の検出、日本音響学会講演論
文集、1-P-4、2011年9月20日、松江

山下優、松永昭一、宮原末治、
Discrimination between healthy subjects
and patients with pulmonary emphysema by
detection of abnormal respiration、Proc.
36th international conference on acoustics,
speech and signal processing (IEEE ICASSP)、
査読有、May 25, 2011, Prague、693-696

〔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

(1) 研究代表者

松永 昭一 (MATSUNAGA, Shoichi)
長崎大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：90380815

(2) 研究分担者

小栗 清 (OGURI, Kiyoshi)
長崎大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：80325670