

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：32620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25861734

研究課題名(和文) 気胸検出を可能とする自作生体音響システムの改良と災害現場での応用

研究課題名(英文) Improvement of self-produced live body sound system for pneumothorax detection and application in disaster scene

研究代表者

林 伸洋 (Hayashi, Nobuhiro)

順天堂大学・医学部・非常勤助教

研究者番号：30464283

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：私は呼吸音を記録分析できる装置を自作しているが、その装置を改良し、実際に災害・救急現場での適用により病態の早期認知や有効性を検証することが目的である。屋外での自作装置使用には、騒音が問題であったため、音響技術企業に騒音抑圧技術を組み込んだ聴診器型マイクとPCソフトの作成を依頼し騒音抑圧型聴診器を完成した。新装置の試用として、無響室で模擬人形に対して、既知の騒音が抑圧できるか基礎データを採取した。相当の騒音下でも呼吸音減弱の解析記録(気胸の診断)が可能であることを確認でき、学会発表を行った。次に、装置を携帯可能となるよう一体化と電池駆動化を行った。実際に患者に対して症例を集積中である。

研究成果の概要(英文)：In disaster scenes, ambient noise causes significant restriction of emergency medical technicians' physical examination, especially in auscultation. Traumatic pneumothorax is frequently found in the patients with chest injury. Among them make progress into a crucial state which was well-known as tension pneumothorax. I produced the respiratory-sound analyzing device before. Then, I had reported this device can detect pneumothorax in emergency department. However, it had a problem with collecting sound in loud environment. I added on the noise-suppression mechanism. This study was performed to evaluate whether this newly-improved device can detect pneumothorax in loud environment. This device was applied to the simulator mannequin who was set up under conditions of pneumothorax. Pink noise and traffic noise were used as loud environment presumptively. It had a good noise-suppression effect even on the loud environment over 70dB. This device might be available in prehospital scenes.

研究分野：救急医学

キーワード：騒音抑圧型聴診器 ノイズキャンセル 外傷性気胸 緊張性気胸 災害現場

1. 研究開始当初の背景

呼吸音の聴診（聴診器を用いた肺音の聴取による診断や状態の把握）は臨床上不可欠な診察技術であるが、単純で非侵襲的かつ素早く病態を把握できる診断手法のため、救急や災害現場の医療において依然として有用である。ただし聴診に基づく診断は熟練を要し、客観性を欠き、情報の共有や記録が困難である。筆者は過去に呼吸聴診音の周波数解析を行い数値化し、音圧の変化を波形に表す記録解析装置を考案自作した。この装置を用いて健常例と気胸例で左右の音圧レベルを比較することにより客観的に呼吸音の差（つまり患側呼吸音の減弱）を検出できるかを検証し装置の感度と特異度を調査した。平均の吸気ピーク時点の波形はコントロール群では左右の入力でほぼ同一であったのに対して気胸例では気胸側入力に 119~750Hz にかけて減弱していた。周波数帯 200Hz から 400Hz での最大吸気時における左右の入力差の検討を統計学的に行ったところ、健常者群 25 例（左右入力を比較）にこの区間のすべての周波数で有意差は認められなかったが、気胸群 21 例（気胸側と健常側入力を比較）ではこの区間のすべての周波数で有意差を認めた。装置の感度と特異度はカットオフ値を 8 dB としたときに感度 71.4% (315Hz)、特異度 100% (250 と 298.5Hz) であった。

外傷性気胸 (Traumatic pneumothorax) の中には胸部単純写真では診断されず、Computed Tomography (CT) により発見される潜在性気胸 (Occult pneumothorax) という病態が知られている。その頻度は全気胸の 20-35% であり、全鈍的胸部外傷の 2-8% に認められる。外傷が主な原因だが、肺気腫に伴うブラやブレブの破裂でも起こる。未治療で改善する場合もあるが、経過中あるいは特に全身麻酔や気管挿管など陽圧換気の際には増悪し、致命的な緊張性気胸 (Tension pneumothorax) となる可能性がある (Rhea, et al. J trauma 1989, Hill, et al. Am Surg 1999)。約 20% に予防的な胸腔ドレナージ (側胸部に穴を開けて肺と胸郭間にチューブを挿入し脱気減圧する手術) が必要とされる (Livingston, et al. Trauma 6th ed 2004) が必ずしも必要ではないという文献 (Jenner, et al. Emerg Med J 2006) もある。ルーチンの仰臥位胸部レントゲン検査の気胸検出の感度は 52%、特異度は 100% と言われているが (Soldati, et al. Chest 2008)、自作装置ではそれを上回る感度 71.4%、特異度 100% であった。病院前救急診療においては当然ながら CT 装置の存在しない状況であり、しばしば胸腔ドレナージという侵襲的な治療の適応と判断に苦慮している。さらにヘリコプター搬送では気圧の低下から気胸の病態が悪化する

ことも知られており、そのような状況下において自作装置が診断に有用であると考えられるため本研究を着想した。

2. 研究の目的

近年では医師の災害現場への派遣活動、ヘリコプターやドクターカー運用が盛んに行われているがレントゲンや CT 装置の無い災害あるいは救急現場でいかに防ぎ得た外傷死を防ぐかが問題となる。特に胸部外傷で頻繁に認められる外傷性気胸の病態には致命的な緊張性気胸へ移行する患者の存在が知られており、病態の早期認知により現場での適切な治療 (胸腔ドレナージ) が実施できる。筆者は以前に呼吸音を記録分析できる装置を開発している (Yonago Acta medica 2011;54:75-82) が、その装置を更に小型軽量化し、実際に現場での適応により病態の早期認知や有効性を検証することである。また、屋外での適応に当たり、病院内よりも過大と想定される騒音に対してどれだけ対応できるかも課題とした。

3. 研究の方法

筆者の前研究では、自作装置は救急外来や集中治療室で問題なく胸部レントゲンより高い精度で気胸を検出し得た。ただし屋外での装置の運用には、病院内の状況と異なり強い騒音や天候の問題があると考えられるため、(1) 屋外環境下において健常人や模擬人形 (診察用シュミレーター) を用いて装置が実際に使用できるか検証を行う。(2) 次にドクターヘリコプターやドクターカーに同乗し救急現場で患者に使用し通常の呼吸心拍監視装置と併用して実用性や操作性を検証する。(3) 持続モニタリング装置として、緊張性気胸においては、呼吸心拍装置では急激な血圧低下、呼吸数変化、本装置では呼吸音の左右差の出現もしくは、その拡大によって存在を早期に発見できるか検討する。(4) 騒音の問題には企業と共同で既存のヘッドフォンなどノイズキャンセリング技術と組み合わせ実用性を検証する。

4. 研究成果

初年度に自作装置の屋外での使用を試みたが、屋外使用での問題点として屋内とは異なり周囲の騒音が過大であり、患者の呼吸音の音響解析は困難であると判断した。

騒音の影響を減らす手法として、市販のヘッドフォンやイヤフォンに使用され普及しているノイズキャンセルといった手法を使うことによって、騒音を減算 (サブトラクション) して呼吸音のみを記録するような機構を、自作装置に組み込めないかと着想した。早急に音響技術専門企業 (株式会社エー・アル・アイ) にノイズキャンセリング技術を組み込んだ聴診器型マイクおよび記録解析 PC ソフトウェアの作成を依頼した。幾度かの機能に関する調整を行い、約半年後に試作機

(騒音抑圧型聴診器)が完成した。この試作機は、従来型聴診器のチェストピースの胸壁と反対側のスペース(リットマン聴診器 カーディオロジーIIIの小児用ダイヤフラムの場所)に新たに騒音用マイク(左右1対)を備えたもので、従来の呼吸音マイク左右1対に加えて合計4チャンネルのマイク入力をUSB接続方式の楽器用ミキサー(オーディオインターフェイス)を介してPCに入力した。呼吸音の入力から周囲騒音入力を減算するPCアプリケーション(Stethoscope)内で信号処理を行い波形表示と記録を可能としている。ノイズキャンセルの信号処理には同社保有の特許技術 System Identification Method, United States Patent, No. 7039567, JST(科学技術振興機構)とその関連技術である『高速H ∞ (無限大)フィルタ(FHF)]を組み込んだシステムであり、演算量を適度な範囲に収めながら、同定性能が良いアルゴリズムを実現することを目的としており、課題である騒音抑圧への可能性を期待したものである(図1~3)。

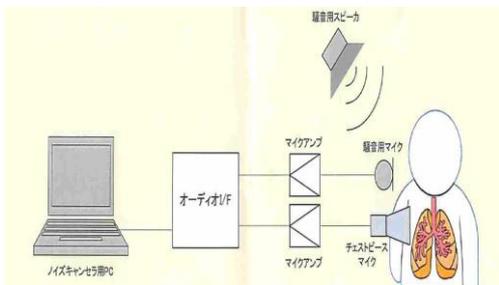


図1 試作機実験模式図

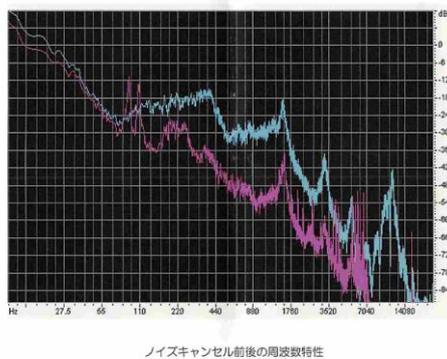


図2 試作機の周波数特性(赤がノイズキャンセル後)



図3 ノイズキャンセル機構搭載後新装置外観

新装置の実症例での適用の前段階として、

実験室(無響室)で模擬人形に対して、既知の騒音が抑圧できるかの基礎データを採取した。(1)静かな実験室(無響室)において、救急領域では医学教育に用いられている診療練習用マネキンである ALS シミュレータ(レールダール メディカル ジャパン)を持ち込み、シミュレータに備わっている左右の呼吸音の有無と強度を任意に動かせる機能(0:無し から9:最大の10段階)を使って気胸モデルとした。新装置を使って、さまざまな程度の模擬気胸の検出が可能であるか実験を行った。

(2)次に騒音環境を、2種類の録音された騒音サンプル(pink noiseと traffic noise)を、シミュレータ人形から1m離れたスピーカーから再生して作成した(図4)。pink noiseは60, 70, 80, 90dB(A)に、traffic noiseは実験室近くの幹線道路わきで録音した環境音を、騒音計で概ね75, 80dB(A)となるように音量を調整して用いた。 図4 無響室での配置



騒音計は人形の胸壁上約35cmの高さで測定した。一般的に騒音の目安としてファミリーレストラン、銀行窓口(60dB)、バス、新幹線車内、主要幹線道路周辺(70dB)、航空機の機内(80dB)、パチンコ店内(90dB)であり(騒音の目安、全国環境研会誌 vol. 34, No. 4)、これらの騒音レベルを参考とした。新装置の記録データは従来装置と同様に16bit, 48kHzで量子化され、wave形式(拡張子 wav.)ファイルに保存される。そのファイルを、周波数解析ソフトであるリアルタイムアナライザ ver. 5(吉正電子)を用いて、吸気時(ピークフロー時)の、5サイクル分の周波数毎の音圧(単位 dB デシベル)を抽出し平均化したものを、左右で比較した。事前の研究から8dBの差があるもの(カットオフ)を“気胸あり”とした(図5)。

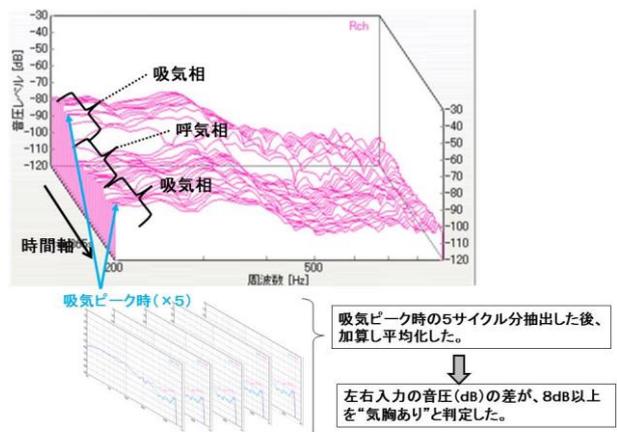
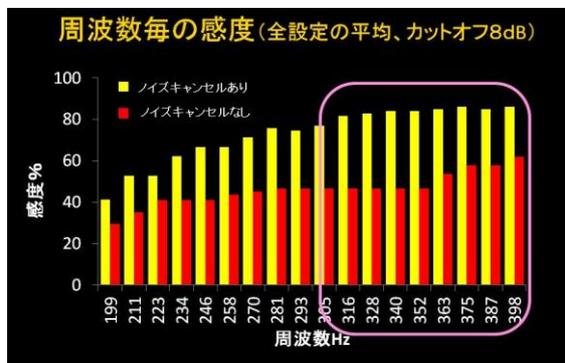
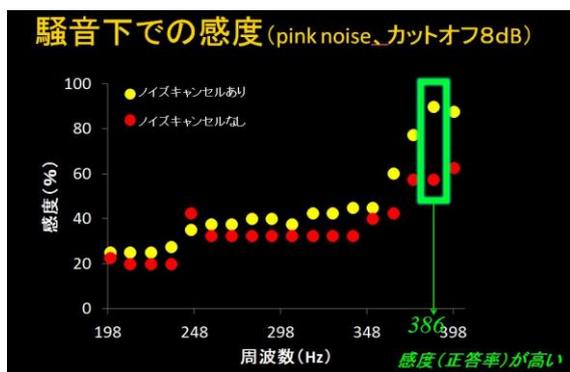


図5 左右差あり点“気胸あり”の定義

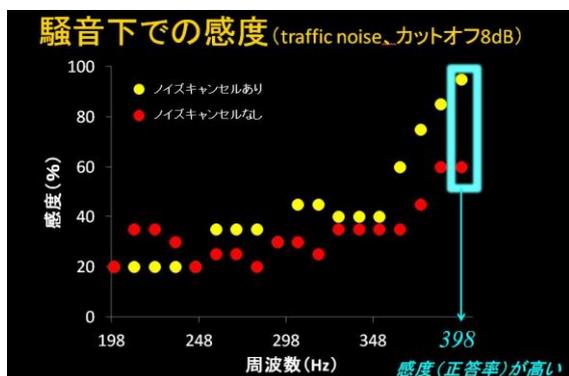
模擬人形の呼吸数を6, 12, 24, 36, 48回/分と変動し、心拍数を80, 120, 160/分と変動し、測定に影響がない事を確認した。前述の2種類の騒音サンプル (pink noise と traffic noise) を再生下で、ノイズキャンセルの効果測定した。計180回の測定を記録し周波数解析を行って左右を比較した。



(表1) 集計後の周波数毎の感度
今回の検討から、ノイズキャンセルの有効性は300~400Hzの周波数帯で高かった(表1)。また pink noise 下での評価(表2)と traffic noise 下での評価(表3)を行ったところ、2種の騒音下でも呼吸音減弱の解析記録(気胸の診断)が可能であることを確認することができた。

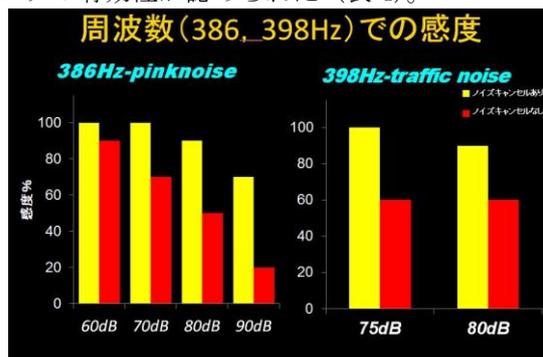


(表2) pink noise 下での感度



(表3) traffic noise 下での感度
実験室での検討においては、周波数が、386, 398Hz での感度が最良(至適周波数)であった。この2つの周波数を抽出したところ、pink noise, traffic noise とともに70dB以上の強度(騒音環境下)でもノイズキャンセリ

ングの有効性が認められた(表4)。



(表4) 386Hz, 398Hz の感度

次に、装置をドクターカー内へ携帯可能となるよう装置の一体化と電池駆動化を行った。屋外でのデモンストレーション(図6)では、人形から1m以内の騒音が騒音計で約75~80dB(A)であった。その時の感度はノイズキャンセル有り(55%)に対しノイズキャンセル無し(42%)とノイズキャンセルの有効性が認められた。ただし、実験室(無響室)の結果と比べると、残念ながら低い感度に留まった。



図6 屋外デモンストレーション

以上の結果を論文執筆中である。この新装置を2台に複製し、2つの救命センターでの病院前診療において、実患者に対して症例を集積中である。

しかしながら当初の計画よりも、病院前での実症例の記録開始が遅れたため、研究期間終了までに外傷性気胸を検出、記録することは叶わなかった。

引き続き、実症例での本装置の有用性を証明し、実用化を目指したい。

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 1件)

第29回 日本外傷学会総会(札幌)
騒音抑圧型聴診器の開発および屋外での外傷性気胸検出の試み

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 伸洋 (HAYASHI, Nobuhiro)
順天堂大学・医学部・非常勤助教
研究者番号：30464283

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

井上 貴昭 (INOUE, Yoshiaki)
筑波大学・医学部・教授
研究者番号：60379196

中村 有紀 (NAKAMURA, Yuki)
順天堂大学・医学部・助手
研究者番号：30621891

佐藤 克昌 (SATO, Katsuaki)
株式会社 エー・アール・アイ