

聴診における臓器音の分離及び可視化に関する基礎的検討 Basic study on separation and visualization of internal organ sound in auscultation

○舟山 雄太¹, 戸田 健², 藤多 和信³
*Yuta Funayama¹, Takeshi Toda², Kazunobu Fujita³

Abstract –Diagnosis of auscultation can check health without any harm to humans. So it is used frequently. However in case you want to hear one organ, around sound and other organ's sound can be noise. So we think need the system that can suppress other sound and hear clearly target organ's sound. This research study suppressing noise and extracting, separating, and visualizing organ's sound.

1. はじめに

聴診による診断は人体にあまりダメージを与えず健康状態をチェックする非侵襲的診断であり、現代においても頻繁に行われる^[1]。聴診に用いられる聴診器は、心音、呼吸音、腸音などの音を聴き診断することが可能だが、聴診では、心音と肺音などが混合して聞こえてしまう場合がある。医師はそれを経験とスキルから判断し、診断するが、人によっては音の混合により、所望の音が聞きづらいことが考えられる。このことより、目的部位の音以外の音を抑圧し、目的臓器の音を正確に聞くことができるシステムが必要だと考える。

本研究では、アレー信号処理の援用により、雑音を除去し、所望の臓器音を抽出、分離、可視化することを検討する。

2. 関連研究・技術

本検討のため、関連する先行研究・技術について調査した。

<2-1>マイクロフォンアレイを用いた呼吸器解析

この研究では、複数個の聴診器を用いて、呼吸音の多点同時計測を行い、計測した呼吸音信号の周波数解析を行っている^[2]。計測機器としては、コンデンサマイクロフォンを聴診器のバイノーラル部のチューブに挿入し聴診器マイクロホンを作成し、使用している。それを amplifier, AD Converter, PC の順で接続し、呼吸音の計測と解析を行っている。これにより、数秒間にわたる呼吸音の微少な変化を捉えることを可能にしている。

<2-2>3MTMLittmann Electronic Stethoscope

リットマンの電子聴診器では、ANR(Ambient Noise Reduction)テクノロジーを適用しており、周囲騒音を平均 85%低減するため、騒がしい環境下でも正確

な生態音聴診を可能にする^[3]。聴診では、話し声や周囲の騒音による雑音が存在しており、それは2通りの経路で聴診器に入る。1つは、聴診器の隙間から入るもの、もう1つは、体内を経由して聴診器に入るものである。それら2つの音を相殺し、雑音を低減させる技術が ANR テクノロジーである。

以上の関連研究・技術から、課題について考察する。2-1の研究では、複数のマイクロホンを用いて、複数部位の音を同時に計測し、各部位の違いについて解析し、呼吸音信号の微少な変化を捉えることを可能にしている。しかし、雑音に関しては考慮されておらず、雑音を抑圧・除去により精度が向上すると考える。

2-2の技術では、2つの音を相殺し、雑音を低減するが、雑音は様々な方向から到来することから、まだ不足であり、より正確に生体音を抽出する必要がある。

3. 検討システム

提案システムの概要図を図1に示す。2~9個のマイクロホンを体表面上に平面配置する。

先行研究では、計測に使用する電子聴診器を自作していた^[1]。そこでは、電子聴診器のチューブ部分を切断し、そこにコンデンサマイクを挿入することで、生体音を取得していた。他にもピエゾセンサー型の聴診器も開発されており、活用できると考える^[4]。本研究では、複数の電子聴診器を amplifier, AD converter, PC と順次接続する。最後のPCでは、DSP, PC, LSI などの機器を使用し、Python, MAT-LAB, C 等のプログラミング言語を用いたプログラムの開発により、生体音の信号処理が可能である。本研究では、図1のシステムを用いて、複数の生体音を取得し、アレー信号処理の援用による各臓器音の抽出、分離、可視化について検討する。

アレー信号処理には、おおまかに分けると遅延和アレー方式と適応型アレー信号処理方式が存在する。遅延和アレーでは、音源が遠方にあることを前提と

1 : 日大理工・院(前)・電気 2 : 日大理工・教員・電気 3 : 藤多パークサイドクリニック

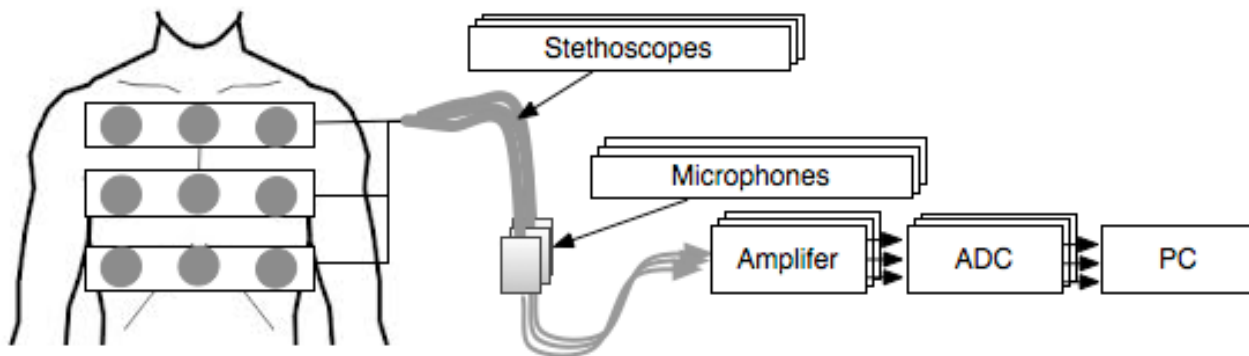


Fig.1 Proposal system configuration

する信号処理である。本研究では、聴診器と臓器との距離は近く、遅延とアレー処理は適さないと考える。適応型アレーの場合、雑音方向に対し、死角（低感度の方向）を形成し、SN 比を改善する^[5]。この方法では、信号処理系が複雑になる欠点があるが、小規模なアレーで良好な雑音低減が得られる特徴を持つ。聴診音には、摩擦音、周囲騒音、各臓器の音などの雑音が含まれる。このことから、対象とする臓器の音とそれ以外の音を分離するために雑音の方向に死角を形成する必要がある、適応型アレーが有効だと考える。

適応型アレー方式を採用した提案システムのブロック図を図2に示す。Mはマイクロホン、FIRはFIRフィルタ、yは出力を表す。M1が最も生体音を取りたい臓器に近いと仮定した場合、M2で観測される雑音はM1より $S(\tau - \tau_2)$ 遅れたものとなる。観測された各遅延情報はフィルタ制御部に送り、フィルタ制御部はその情報を各フィルタへ伝える。その後、それぞれの雑音を同相化し、加算器にて減算し雑音を消去する。さらに減算出力 $y'(t)$ のパワー $P_{y'}$ をフィルタ制御部で監視しながら、遅延量 D_1 の値を $P_{y'}$ 変化させ、 $P_{y'}$ が最小になるように遅延量を定めれば、自動的に τ_N となり、 $P_{y'}$ の値は零になり、雑音が消去される。しかし、単純に雑音を消去しただけでは、目的とする信号も出力されない。そのため以下の3つの拘束条件から本研究に合うものを選択し、雑音パワーを最小化する係数求める必要がある。

$$F(\omega) = 1 \dots \dots \dots (1)$$

$$E_2 = \int |1 - F(\omega)|^2 d\omega \leq \hat{E}_2 \dots \dots \dots (2)$$

$$E_4 = \int (1 - |F(\omega)|)^2 d\omega \leq \hat{E}_4 \dots \dots \dots (3)$$

(1)は他と比べ処理系の構成が簡単になる特徴がある。(2)の場合、フィルタ係数の自由度が増すため、(1)より SN 比の改善効果が望める。(3)の場合、(2)と比べて顕著な SN 比改善効果は得られていない。以上より、良好な SN 比の改善効果が望めることから本研究で

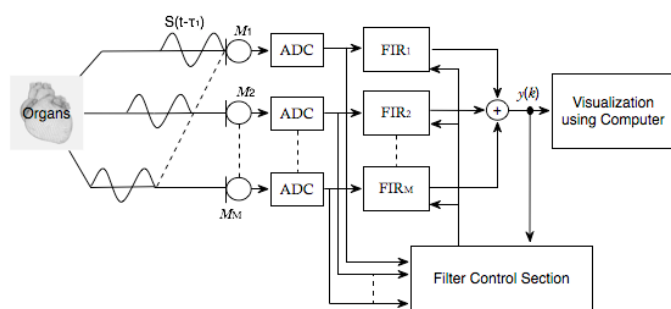


Fig.2 Block diagram of proposal system using Adaptive microphone-array

は、(2)の条件での信号処理が有効だと考える。このような雑音処理方式を用いて、各マイクロホンにて観測される信号の雑音を除去し、PC等を用いて抽出された臓器の音を可視化する。

4. まとめと今後

本論文では、本研究に関連する研究、技術について調査し、マイクロホンアレー信号処理を用いた臓器音の分離について検討した。本研究において適応型マイクロホンアレー信号処理を用いた雑音の抑圧・除去が有効だと示唆された。臓器ごとに周波数が異なり、それらの正確な分離が課題となる。今後は生体音の測定をする環境を整え、システムを開発していく。

5. 参考文献

[1] 正田備也, 喜安千弥, 宮原末治: "肺音分類のためのスペクトル分析とロバストな類似度判定による特徴量抽出", 日本データベース学会, 長崎大学学術研究成果レポジトリ, pp.1(2007)
 [2] 西澤由希子: "マイクロフォンアレーを用いた呼吸器系解析", 大阪大学 基礎工学部 システム科学科 生物工学コース卒業論文, pp.13-15(2006)
 [3] 3MTM リットマンTM: エレクトロニックステソスコープモデル 3200, http://www.mmm.co.jp/hc/littmann/ele_stethoscope/es_3200/index.html
 [4] 佐藤紳一: "ピエゾセンサー型聴診器システム", 秋田大学新技術説明会当日配布資料, <http://www.jstshingi.jp/abst/2010/akita0304/program.html>
 [5] 金田豊, 山崎芳男, 大賀寿老: "音響システムとデジタル処理", 電子情報通信学会, pp.173-216(1995)