

## コンタクトマイクを用いた睡眠時における生体音の

## 無拘束型聴診手法の提案

## Proposal for an Unconstrained Auscultation Method of Bioacoustic Signals of Human body During Sleep by Contact Microphone

堀池 哲平<sup>†</sup> 栗原 陽介<sup>†</sup>  
Teppei Horiike Yosuke Kurihara

## 1. はじめに

WHO(World Health Organization)の報告によると、2019 年の世界死亡原因の第 1 位は虚血性心疾患、第 3 位は慢性閉塞性肺疾患である。これらはそれぞれ重大な心疾患や肺疾患の 1 種であり、年々世界死者数が増加している事から重要視すべき疾患であるといえる[1]。一般的に心臓や肺の疾患を発見するには、医療機関に足を運んで聴診器を用いて医師が判断する方法が多い。生体音には心音や肺音以外にもいびき音や掻破音が存在しており、心音のみ、肺音のみを聴診するのは厳密には不可能であるため、疾患と判断するには専門的な知識や技術、長年の経験が必要となり、診断する医師の技量によって精度が異なってしまう。心音と肺音を分離して取得する事が出来れば、必要な知識や経験がより簡易化され、高精度に診断が可能となると考える。音源分離の既存手法として独立成分分析(ICA)が存在しており、分離したい音源数以上の混合信号を用いて分離を行う。そこで村松らは非接触心音計測器 4 つを用いて、心音とノイズを独立成分分析で分離する実験を行っている[2]。そこで本研究では、睡眠時における生体音が複数含まれた混合音を、1 つのコンタクトマイクを用いて無拘束で取得し、心音と肺音という 2 種類の生体音に分離する手法を提案する。

## 2. 提案手法

本実験では、混合音を心音・肺音・ノイズ音の 3 種類の生体音が合成された物と仮定し、混合音から、心音と肺音の 2 種類の生体音に分離して取得する。2.1.1 では提案デバイスの説明、2.1.2 では分離手法の説明を行う。

## 2.1.1 提案デバイス

睡眠時に無拘束で生体音情報を取得するため、睡眠時無拘束聴診デバイスを作成した。こちらを寝具の下部に敷くことで、睡眠時に無拘束で混合音の取得を行う。取得された連続信号を、A/D コンバータによって離散信号に変換し、計測用コンピュータに取り込んだ。

## 2.1.2 分離手法

混合音から 2 種類の生体音に分離を行う為、まず取得したい生体音の、強い特徴が見られる周波数帯域を抽出し、2 つのデータを取得する。心音は特定の周波数帯域の抽出のみで取得可能である。しかし、肺音は周波数帯域の抽出のみだけでは、心音も含まれた音になってしまう。これは、混合

音取得時に、肺音に比べて心音のスペクトラムをより多く取得しているため、スペクトラム強度が強く、広い周波数帯域に存在している為だと考えられる。そこで、周波数帯域の抽出で取得した心音を使用して、時系列上で心音の電圧が大きい時間帯を見つけ、その箇所にある電圧を、分離後の肺音としたい時系列上で減衰させることによって、心音成分が強い箇所を減衰させ、肺音のみの音を得る事が出来る。以上の処理によって、混合音から心音と肺音の 2 種類の生体音を分離して取得する。

## 3. 検証実験

本実験ではヒトの心肺音を出力できる機械として、フィジカルアセスメントモデル Physiko(株式会社京都科学/身長:155cm, 重量:24kg)を寝具の上に設置し、実際の患者から収録された正常心音・正常肺音を出力させ、睡眠環境下を再現した。Physiko は実際の患者から収録された数拍の心音を繰り返し出力する仕様となっており、測定時間は 10 秒、サンプリング周波数を 2000Hz とする。次に睡眠時無拘束聴診デバイスを用いて混合音を取得した。このデバイスは、コンタクトマイク(直径 31cm)、発泡ポリスチレンスペーサ(厚さ 30 mm)を用いて製作しており、身体音情報を取得する為の媒体としてのコンタクトマイクを、表層をくり抜いた発泡ポリスチレンスペーサに埋め込み、作成したデバイスを寝具の下部に設置することで、提案手法におけるコンタクトマイクが寝具底面に押し当てられる事から、寝具を通して伝わってくる音がコンタクトマイクで取得される。取得した混合音を計測用コンピュータに取り込むため、A/D コンバータ(AI-1608AY-USB (CONTEC CO., LTD.))によって離散信号に変換し、MATLAB(The MathWorks, Inc.)上でホワイトノイズを取り除く Wiener Filter(WF)、電源ノイズ(50Hz)を取り除く Band Elimination Filter(BEF)を用いてノイズ処理を行った。次に心音と肺音に分けて取得を行う為、Band Pass Filter(BPF)を 80Hz から 100Hz、200Hz から 500Hz の 2 つに分けて適用させ、対象とする心音・肺音以外の音を時系列上で減衰させる事によって、心音と肺音に分離した。Physiko の音源出力 PC から直接取得した心音と肺音をリファレンスとし、比較を行う為に正規化を行い、周波数帯域の相関係数で評価を行った。

## 4. 実験結果

今回取得した混合音を図 1 に、分離後の心音を図 2、分離後の肺音を図 3 に、リファレンス心音を図 4、リファレンス肺音を図 5 に示す。それぞれ上のグラフが時系列グラフ、下のグラフが周波数帯域のグラフを示す。図 2 に示すように、

<sup>†</sup> 青山学院大学理工学研究科理工学専攻マネジメントテクノロジーコース Aoyama Gakuin University, Graduate School of Science and Engineering, Department of Science and Engineering, Management Technology Course

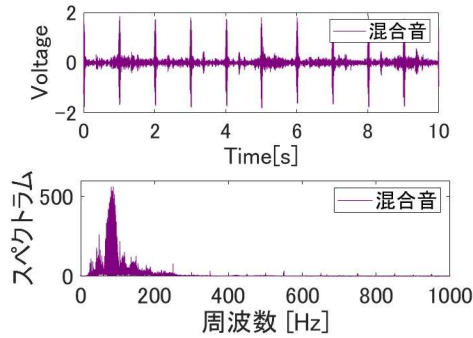


図 1 取得した混合音

心音には第 1 音と第 2 音が存在しており、時系列グラフでは第 1 音が規則正しい波形が表れていることが確認できる。しかし、第 2 音については規則的な波形があまり含まれておらず、リファレンス心音と比べても第 2 音が周期的に得られていないことから、第 2 音の分離が上手く行えていない事が確認できる。図 3 の分離後肺音を確認すると、心音と思われる波形は確認されず、リファレンスと比較してみても比較的似たような波形が確認された。分離後心音・肺音とリファレンスの周波数帯域での相関係数を算出した結果、心音は 0.79 と強い相関があり、肺音は 0.64 と相関がみられた。

## 5. 考察

分離後の時系列グラフをそれぞれ確認すると、心音も肺音も比較的リファレンスに近い波形となっている。しかし、リファレンスの本来音がない区間に、多くのノイズが乗っていることから、ノイズ処理が上手く行われず、ノイズが多く残ってしまい、相関係数の値が下がってしまったことが

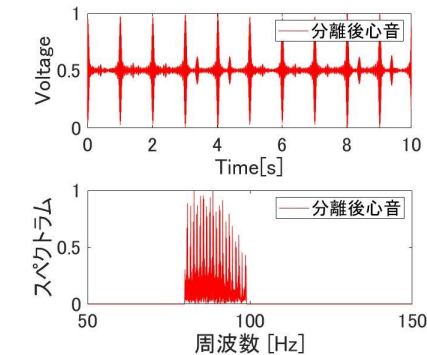


図 2 分離後心音

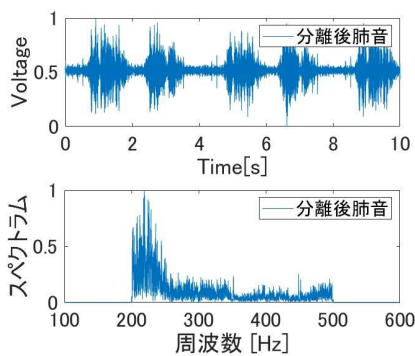


図 3 分離後肺音

考えられる。心音について、第 2 音が取得出来ていないことから、心音の第 2 音は 80Hz から 100Hz 以外の周波数帯域に含まれていることが考えられる。そこで、第 2 音が強く含まれている周波数帯域を検討することができれば、心音分離の精度は向上していくと考えられる。一方肺音については、周波数帯域で比較を行うと、そこまで一致している訳ではない事が確認できる。肺音は心音に比べてスペクトラム強度が低くノイズに近い値となっている為、ノイズの影響を大きく受けていると考えられる。そこで、肺音とノイズの区別するための特徴を見つけ、分離精度向上につなげる必要があると考える。

## 6. おわりに

今回は睡眠時における生体音の無拘束型聴診手法の提案として、1 つの混合音から、心音と肺音の 2 種類の生体音に分離する手法の提案を行い、リファレンスに近い分離結果を得る事が出来た。しかし、心音の第 2 音が上手く取得できず分離が行えなかった事、本来音が存在しない時系列上でのノイズ除去が行えなかった事から、よりリファレンスに近づける様な提案手法の工夫を検討していきたい。また、今回は機械音源を用いて実験を行った為、今後の展望としては実際の人間から生体音を取得し、心音と肺音の分離精度の向上、いびきや掻破音などの生体音も取得し、分離を行うことがあげられる。

### 参考文献

- [1] World Health Organization, "The top 10 causes of death", Dec (2008).
- [2] 村松 駿, 増田 誉, 高松 誠一, 伊藤寿浩, "非接触心音計測における独立成分分析の適用の検討(第 3 報) —マイクロフォンアレイの構成が心音抽出性能に与える影響—", 2023 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 631-632, (2023).

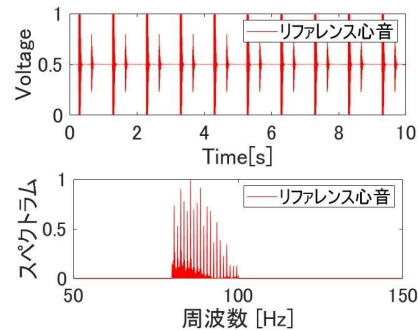


図 4 リファレンス心音

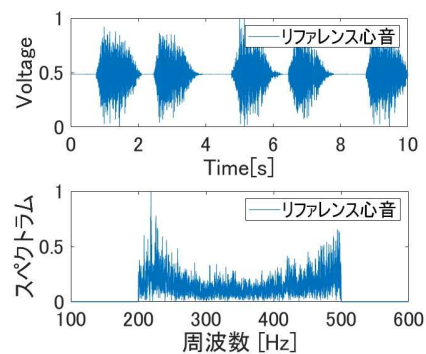


図 5 リファレンス肺音