

自動聴診のための心音の時間的特徴を利用した異常心音の検出

苫小牧工業高等専門学校 電子・生産システム工学専攻 ○田邊 圭佑, 苫小牧工業高等専門学校 情報工学科 三上 剛

要 旨

本研究では、聴診に必要な知識・技術をコンピュータで代用することで、異常心音を検出した。聴診は、様々な特徴を持つ異常心音を聞き分けることで、多くの心臓病を診断することができる。その一方で、聴診結果から診断を行うためには、医療知識や経験が必要となる。そのため、各家庭で活用されていない現状である。そこで、異常心音の検出は、心音の時系列データから特徴量を算出し、その特徴量に k 近傍法を適用することで行う。

1. はじめに

心臓病には、心不全や心筋梗塞などの急性疾患がある。急性疾患の患者には自覚症状があるため、自主的に専門医にかかることが多い。それに対して、心臓病には心血管障害等の生活習慣病に含まれる疾患も存在する。生活習慣病は、症状の変化が緩やかであるため、定期的な診断を行わなければ、的確に診断されないまたは発見されないまま症状が進んでしまう可能性がある。また、自覚症状が現れるのは病状がある程度進行してからとなる。生活習慣病は、病状が早期であるほど改善が容易である。以上の事から、生活習慣病の対策として、心臓の定期的な検診(スクリーニング)が重要となる。

心臓病の検診は、1次医療として聴診が用いられている。その理由として、聴診は人体に影響をほぼ与えない診断法であることが挙げられる。聴診は、様々な心音の特徴を聞き分けることで、多くの心臓病を診断することができる。また、聴診は、使用する器具が聴診器のみである。そのため、診断を行うための時間・場所の制限が少ない検診法であると言える。しかし、聴診には医療の知識・技術が必要となるため、病院などの専門医がいる環境でなければ活用される機会が少ない。以上の問題を解決するために、聴診による異常心音の検出をコンピュータで行うことで、各家庭における聴診を簡易的に行い、生活習慣病に関わる心臓病の早期発見と専門医にかかることを促す必要がある。

本研究では、聴診した心音をコンピュータによって解析することで、自動聴診を行う手法を提案する。

従来の心音解析の研究として、ウェーブレット解析による異常心音の検出法等について報告されてきた^{1,2)}。しかし、後述する心音の波形を示した Fig.2 を見ると、正常・異常心音の特徴は時間領域にて顕著に表れていることがわかる。

そこで、本研究では、心音振幅の時間的な特徴に着目して心音の解析を行った。時間的特徴を持った信号の解析法として、音響エネルギーパターンを用いた紙幣の新旧識³⁾の手法を参考とした。

2. 心音の特徴

心臓の音は、Fig.1 に示すように分類される。

心音は、I 音から II 音を 1 周期とする周期信号である。

I 音から II 音の間を取縮期、II 音から次の周期の I 音の間を取縮期という。

I 音・II 音は正常心音で聞くことができる音である。しかし、I 音の亢進・減弱や II 音の分裂等により、異常心音と診断される可能性がある。

III・IV 音は全ての心音に聞こえる音ではなく、異常心音の特徴として出現する場合もある心音である。

III 音は、II 音直後に聞こえる心音である。III 音は、生理的なものと病的なものがあり、III 音の特徴によって区別される。IV 音は I 音の直前に聞こえる音である。IV 音は病的な心音であり、検出されると異常心音となる。

次に、心雑音は収縮期のものと拡張期のものがある。他にも、収縮期・拡張期に関わらずに発生する連続性雑音と、収縮期及び拡張期早期に発生する往復雑音がある。

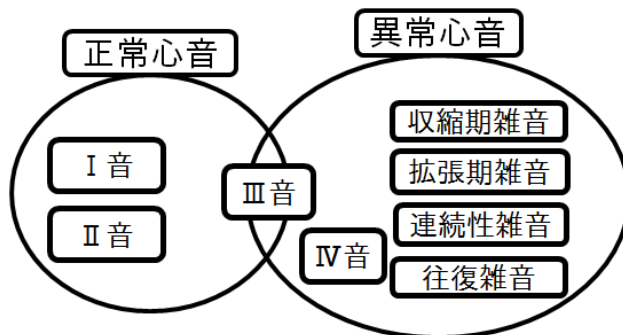


Fig.1 心音の分類

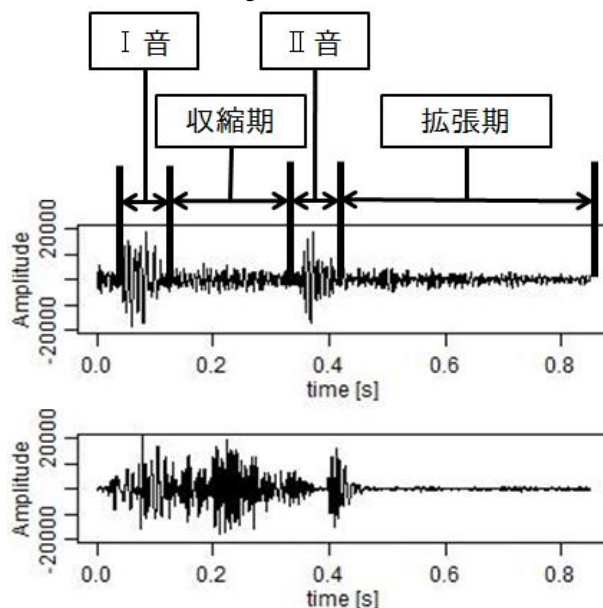


Fig.2 心音の 1 例(上:正常 下:異常)

3. 異常心音の検出

3.1 心音のデータについて

本研究で使用した心音のデータは、内科の医師が聴診の訓練用に用いる書籍^{4,5)}に付属している CD のデータを用いる。CD には、様々な症状が顕著に表れている心音のサンプルが収録されている。

CD の心音データから、サンプリング周波数 8[kHz]、時間幅 0.85 秒として、心音 1 周期を手動で切り出した。

Fig.2 に正常心音および異常心音の 1 例を示す。

3.2 異常心音の検出方法

異常心音は心音が正常・異常を識別することで検出する。まず、切り出したそれぞれの 1 周期分の心音データに対して、一定時間幅の区間に分割する。次に、分割した区間毎に、信号強度を用いた特徴量を算出する。最後に、計算した特徴量に対して k 近傍法を適用することで心音を識別する。

3.3 区間毎の心音の特徴量

分割した区間毎の心音データに対して、心音の時間的な特徴を利用して特徴量を算出した。

心音の区間設定は、心音データの開始時点を中心として、10[msec]の区間に分割することで行った。本研究では、特徴量の検出率の比較のために、信号強度の(1)平均、(2)最大値、(3)2乗平均を算出した。

心音の特徴量は、分割した各区間の心音データに対して、区間内の特徴量を時系列に並べることによって生成する。

(1) 信号強度の平均

信号強度の平均による特徴量は、次式より求める。

$$F_{ave_l} = \frac{1}{N} \sum_{i=lN+1}^{(l+1)N} x(i)$$

ここで、 F_{ave_l} は区間内の信号強度の平均、 l は区間番号、 $x(i)$ は心音の信号強度、 N は区間の長さを示す。 F_{ave_l} を時系列毎に並べた時系列ベクトル $\{F_{ave_1}, F_{ave_2}, \dots, F_{ave_n}\}$ を、その心音の特徴量とする。

Fig.3に、Fig.2の心音に対する、信号強度の平均による特徴ベクトルの1例を示す。

(2) 信号強度の最大値

信号強度の最大値による特徴量は、区間内において、信号強度の最大値 F_{max_l} を区間内の特徴量とする。ここで、 l は区間番号とする。 F_{max_l} を時系列毎に並べたベクトル $\{F_{max_1}, F_{max_2}, \dots, F_{max_n}\}$ を、その心音の特徴量とする。

Fig.4に、Fig.2の心音に対する、信号強度の最大値による特徴ベクトルの1例を示す。

(3) 信号強度の2乗平均

各区間の信号強度の2乗平均による特徴量は、次式より求める。

$$F_{square_l} = \frac{1}{N} \sum_{i=lN+1}^{(l+1)N} x(i)^2$$

ここで、 F_{square_l} は区間内の信号強度の平均、 l は区間番号、 $x(i)$ は心音の信号強度、 N は区間の長さを示す。 F_{square_l} を時系列毎に並べた時系列ベクトル

$\{F_{square_1}, F_{square_2}, \dots, F_{square_n}\}$ を、その心音の特徴量とする。Fig.5に、Fig.2の心音に対する、信号強度の2乗平均による特徴ベクトルの1例を示す。

3.4 k近傍法による異常心音の検出

前節の方法によって算出された心音の各特徴量に対して、 k 近傍法を適用することによって、心音の識別を行う。

k 近傍法の学習データは、正常心音99音、異常心音451音を利用した。識別対象データについては、正常心音100音、異常心音452音を利用した。

k 近傍法において、近傍数 $k=1$ として、各特徴量を用いた心音の識別の結果をTable.1に示す。

Table.1より、信号強度の平均を特徴量とした場合の、正常心音の識別率が著しく低い。これは、心音の特徴量が心音の振幅によって表現されているため、振幅の平均を取ると、各振幅の最大値と最低値が平均化されてしまうためと考えられる。また、最も識別率が高くなる特徴量は、信号強度の2乗平均である事がわかる。これは、振幅の最低値が絶対値化されるため、心音データの特徴を精度よく表現できているためである。Fig.3-5を参照すると、信号強度の2乗平均において、収縮期に相当する箇所での正常・異常心音の特徴量が特に大きく変化していることがわかる。

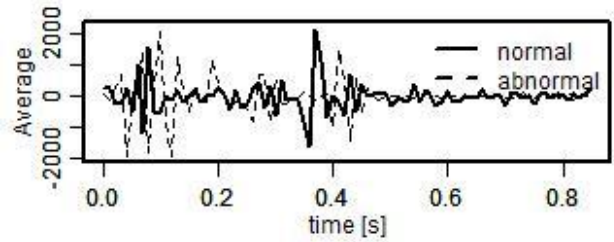


Fig.3 信号強度の平均

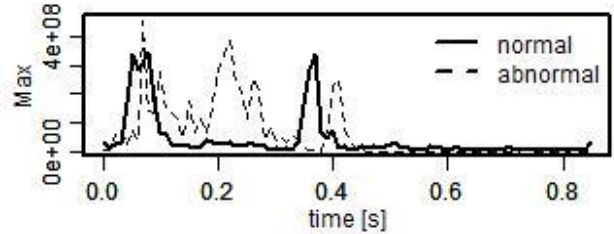


Fig.4 信号強度の最大値

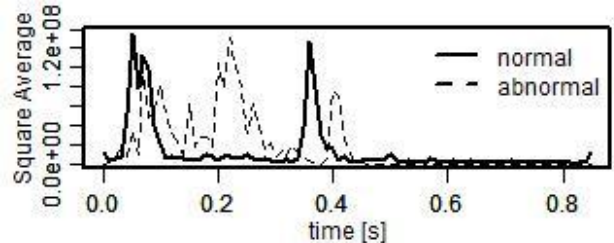


Fig.5 信号強度の2乗平均

Table.1 心音の識別結果

信号強度の 特徴量 種類	識別率[%]		
	正常	異常	全体
平均	66.00	92.26	79.13
最大値	82.00	96.46	89.23
2乗平均	92.00	97.12	94.56

4. おわりに

本研究では、聴診における心音データに対して、その時間的特徴を用いた特徴量を用いて異常心音の検出を行った。結果として、心音データの信号強度の2乗平均によって算出した特徴量が、約95%という高精度の検出率であった。以上より、心音の時間的特徴を利用した異常心音の検出手法の優位性を示した。今後は、聴診データから、心音1周期を自動抽出する手法について検討する。

謝辞

本研究は、株式会社I・TECソリューションズ様からの寄付金によって行われたものである。

参考文献

- 1) 大場尚嗣, Wavelet変換を用いた心音異常解析, バイオメカニズム学会誌, Vol.22, No.2, pp74-76, 1998
- 2) 佐伯勝敏・鬼頭亨東・関根好文, DSPを用いた心音特徴検出システムに対する検討, 信学論, Vol.J93-A, No.11, pp.732-738, 2010
- 3) 寺西大・大松繁・小坂利寿, 音響エネルギーパターンを用いた紙幣の新旧識別, 電学論C, Vol.118, No.12, pp.1745-1750, 1998
- 4) 山崎直仁・土居義典, DVDでトレーニング デジタル心音図との対比で学ぶ心臓の聴診, 禁芳堂
- 5) 沢山俊民, CDによる聴診トレーニング心音編, 南江堂