

心音の時間的特徴に基づく正常・異常心音の識別

田邊圭佑**, 三上 剛***

1 はじめに

心臓病には、心血管障害等の生活習慣病に含まれる疾患が存在する。生活習慣病は、早期に発見することで改善が容易となる。しかし、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。以上のような心臓病では、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ので、自覚症状が現れてからの検診では改善が困難になってしまう場合がある。以上の事から、心臓病の対策として、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。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り、かつ検診に必要な時間が短いことおよび人体に影響をほぼ与えない診断法であることが利点である。しかし、聴診器から聞こえる心音から診断を行うためには、医療の知識・経験が必要となるため、病院以外では活用される機会が少ない。そこで、聴診器を用いて録音した心音を自動で聴診することが実現すれば、各家庭における心臓のスクリーニングが期待できる。各家庭においてスクリーニングを行うことで、異常心音と識別された場合に医師にかかることを促し、心臓病を早期に発見することができる。

本研究では、聴診器から録音された心音をコンピュータを用いて自動聴診を行う手法を提案する。筆者らは文献^[1]において、最近傍法を用いた異常心音の検出法に提案した。本稿では、検出法としてk近傍法を用いて、近傍数kを変化させたときの心音の識別性能について、感度・特異度を用いて評価する。

2 心音の時間的特徴

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^[2-3]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.1に正常心音および異常心音の1例を示す。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音の間を収縮期、II音から次の周期のI音の間を拡張期という。正常心音はI音とII音を繰り返す心音信号である。異常心音の場合は、収縮期・拡張期に雑音が混入する場合や、I音・II音が亢進・減弱・分裂する場合等がある。

3 心音の特徴量の計算方法

3.1 心音の識別方法

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k近傍法を適用し、心音を識別する。

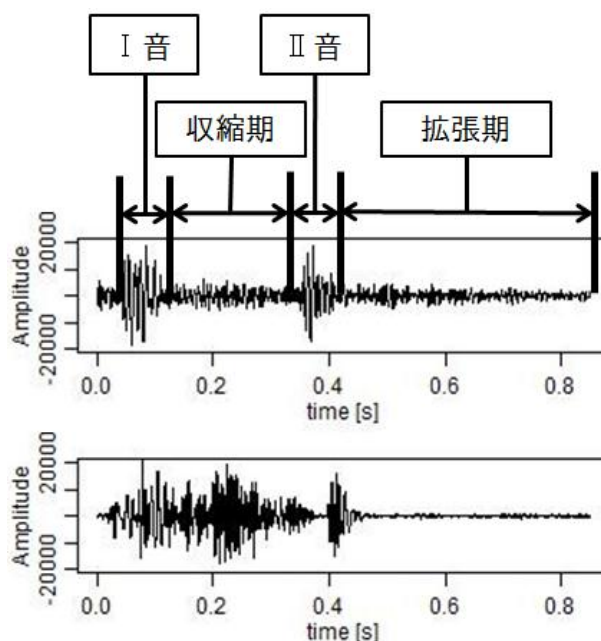


Fig.1 心音の1例(上:正常 下:異常)

3.2 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とを起点として、10[msec]の区間に分割することで行った。本研究では、特徴量の識別率の比較のために、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、心音の特徴量とする。

Fig.2に、Fig.1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、心音の特徴量とする。

Fig.3に、Fig.1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。

* 原稿受付 平成 26 年 9 月 5 日

** 苫小牧工業高等専門学校 電子・生産システム工学専攻

*** 苫小牧工業高等専門学校 情報工学科

(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、心音の特徴量とする。Fig.4に、Fig.1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。

4 結果と考察

4.1 心音信号のデータについて

前章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 近傍法の学習用データは、正常心音99音(被験者3名)、異常心音451音(被験者32名)を利用した。テストデータについては、正常心音100音(被験者3名)、異常心音452音(被験者32名)を利用した。

4.2 最近傍法による心音の識別

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だと考えられる。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.2-4を参照すると、信号強度の2乗平均において、収縮期の正常・異常心音の特徴量が特に変化していることがわかる。

4.3 近傍数 k を増加した場合の感度・特異度の変化

特徴量を信号強度の2乗平均とした場合の、 k 近傍法における近傍数 k の値を変動させた場合の感度および特異度の変化についてFig.5に示す。

ここで、感度および特異度は以下の式より算出した。

$$(\text{感度}) = \frac{(\text{正常心音の識別成功回数})}{(\text{テストデータの正常心音数})} \times 100 [\%]$$

$$(\text{特異度}) = \frac{(\text{異常心音の識別成功回数})}{(\text{テストデータの異常心音数})} \times 100 [\%]$$

Fig.5より、近傍数 k の値を変化させた場合、特異度についてはほぼ変化しないことがわかる。しかし、感度について、 k の値が大きくなると、感度が低下していることがわかる。これは、異常心音のデータ数が正常心音のデータ数に比べて約4.5倍となっているため、近傍数 k を増やすことによって、異常と正常の境界線付近に存在する正常心音のデータが異常であると判断されてしまう(Fig.6)ためであると推定する。

以上の事から、近傍数 k の値を大きくすることで、感度が低下してしまい、結果として心音の識別率が低下してしまうと言える。

Table.1 心音の識別結果

信号強度の特徴量 種類	有効度[%]		
	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

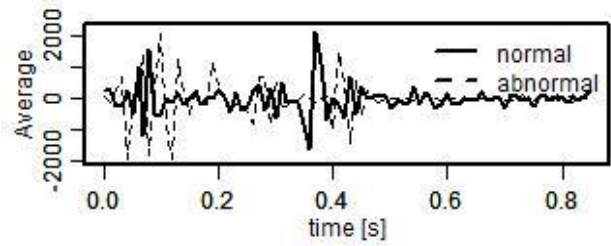


Fig.2 信号強度の平均

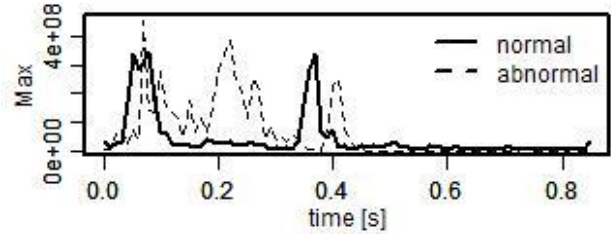


Fig.3 信号強度の最大値

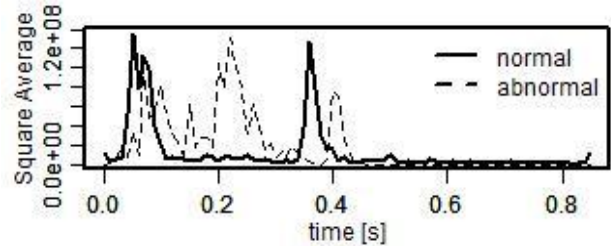


Fig.4 信号強度の2乗平均

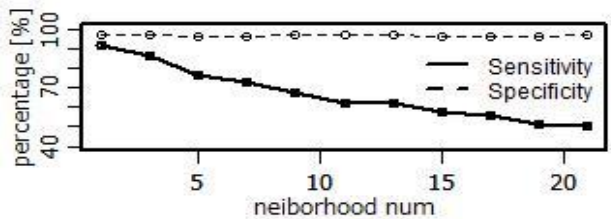


Fig.5 心音識別の感度・特異度

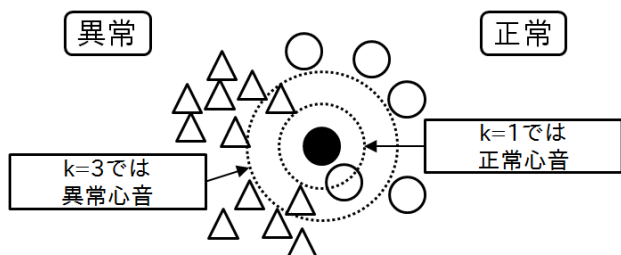


Fig.6 近傍数 k を増加した場合の識別時の推定

5 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心音の識別を行った。

結果として、心音信号の信号強度の2乗平均によって算出した特徴量が、最近傍法において約95[%]という高精度の識別率を示した。また、心音の時間的特徴を用いた心音の識別において、感度・特異度ともに高精度の識別率となる k 近傍法の近傍数 $k=1$ の場合の識別法が有用であると言える。

参考文献

[1] 田邊圭佑・三上 剛, 自動聴診のための心音の時間的特徴量を用いた異常心音の検出, 2014年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, pp23-24, 2014
 [2] 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
 [3] 沢山俊民, CDによる聴診トレーニング心音編, 南江堂