

体導音センサを用いた自立型脈拍数検出システム

Autonomous pulse measurement system using body-conducted sound sensor

○久保聖弘 (山口大学) 田中幹也 (山口大学) 若佐裕治 (山口大学)
中島翔太 (山口大学) 江原史朗 (宇部工業高等専門学校)

Takahiro Kubo, Yamaguchi University
Kanya Tanaha, Yamaguchi University
Yuji Wakasa, Yamaguchi University
Syota Nakashima, Yamaguchi University
Fumiaki Ehara, Ube National College of Technology

Abstract: In late years, the lonely death of elderly people living alone becomes the big social problem. Therefore, a device to monitor the health condition of elderly people living alone is necessary. In this paper, we construct a system, which notifies the pulse rate and physical information to remote place. Firstly, we produce a body conduction sound sensor using an electret condenser microphone is covered by Polyurethane elastomer, which simplified measurement of artery sounds. Secondly, we construct a subsystem, which calculates the pulse rate by measuring the artery sound of the wrist. After denoising, the pulse rate data is derived using an autocorrelation method, which is a method to measure a period of the signal. The artery sound measurement device is comprised of a microcomputer called mbed to measurement and autocorrelation, and XBee to transmit pulse rate. We have confirmed the usefulness of the system by wearing the actual actually, to derive the pulse at rest and during walking.

Key Words: Wellbeing Science, Welfare Engineering, Body Conducted Sound Sensor,

1. はじめに

近年、高齢社会の進行に伴い独居高齢者の数が増加している。高齢社会白書によると平成 22 年度における独居高齢者数は約 480 万人である⁽¹⁾。それに伴い、独居高齢者の孤独死などが社会問題になっている。本研究では、このような問題を解決するために体導音センサを用いて脈拍を計測し独居高齢者の健康状態を随時モニタリングすることで安否確認を行うことを目的としている。体導音とは体の内外で引き起こされた振動が体内や体表を伝搬する音のことであり、本研究では手首の橈骨動脈音を採取することで脈拍を導出している。現状では体動時において、ノイズによる誤差が激しく正確な脈拍の導出が困難であった。問題の解決にあたり、センサおよび脈拍計測のアルゴリズムの改良を行いシステムの有用性を確認した。

2. 自立型脈拍計数検出装置

本装置は、体導音センサ、脈拍数導出部、および無線機から構成されている (Fig1)。

2-1 体導音センサ

体導音センサはプリモ社のエレクトレットコンデンサマイクロホン (以下 ECM とする) を用いて手首の橈骨動脈音を採取している。ECM は低周波数帯域において高感度特性であり、空気の微少な圧力変化など低周波帯域から可聴帯域まで検出できるデバイスである。ECM はアクリル樹脂および塩化ビニル樹脂で構成されたケースに固定されており、その内部はポリウレタンエラストマで充填されている。この粘性、再剥離性のある充填剤により、体動時の摩擦性雑音・接触性雑音および感音面の気導外部雑音の除去の効果がある⁽²⁾ (Fig2)。

2-2 脈拍数導出部および送信機

本装置では、脈拍数導出に NXP 社の mbed を用いている。mbed とは 32bit の高速プロトタイプマイコンであり、他の 8bit マイコンと比べ高い処理能力を持ち、同時にメモリ容量が大きい特徴がある。この装置を用いて、

脈拍数を計算し、無線機の制御も行っている。無線機は DigiInternational 社の XBee を用いている。XBee とは小型の短距離用無線機であり使用周波数帯は 24GHz、低消費電力、通信距離は数 10m といった特徴をもつ。この無線機を用いて導出された脈拍数を PC へ送信している。

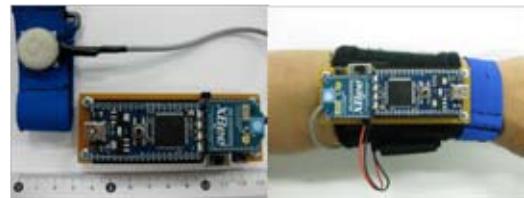


Fig. 1 Autonomous pulse measurement system

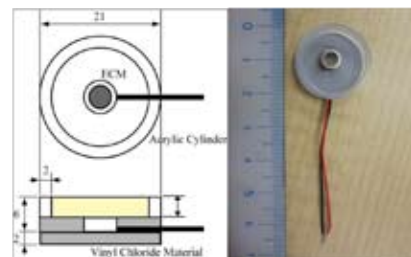


Fig. 2 Body-conducted sound sensor

3. 脈拍数導出過程

脈拍数導出部では、体導音センサによって採取された動脈音データに対してノイズの除去を行い、その後自己相関によって動脈音の周期を求める。さらに、求めた周期から脈拍を導出している。

3-1 ノイズの除去

本装置では、測定された動脈音に対してメディアンフィルタ処理を行うことでノイズの除去を行い、脈拍導出の精

度を上げている。メディアンフィルタとは、あるデータ点に対してその周囲の領域のデータ値をソートしその中央値をとるといったもので、1点のみ飛んだ値などのノイズが含まれたデータ系列に対して有効であり、画像処理の分野などに広く応用されている。

3-2 自己相関関数

3-1のようにノイズ除去を行ったデータ系列に対し、自己相関を行うことでそのデータ系列が持つ周期性を求めることができる。自己相関とは信号処理において、その信号が持つ繰り返しパターンを探すのに有用であり、ノイズに埋もれた周期信号の存在の判定など、幅広い分野に応用されている。自己相関関数を式(1)に示す。式(1)からわかるように、信号がそれ自身の位相をずらした信号とどれだけよく整合するかを測る尺度であり、時間シフトの大きさの関数として表される。このことから、本装置では得られた動脈音に対し自己相関をとり、周期を求めることで脈拍数を導出する。

$$R(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v(i) \cdot v(i+j) \quad (j = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

4. 実験

4-1 実験方法

本装置の有用性を確認するために、安静時の脈拍を10回ずつ測定し、検証した。被験者は20代男性、サンプリング周期は5.0[ms]であり計測時間は10[s]である。導出した脈拍数の比較用として、同時刻に60[s]間の橈骨動脈音を採取した。この動脈音データから脈拍を数えることで脈拍数が得られる。安静時に体導音センサによって計測されたデータをFig3に、ノイズおよび出力波形の直流成分を除去したものをFig4に、さらに安静時の自己相関結果および周期をFig5に示す。

4-2 実験結果

安静時のFig3, Fig4およびFig5からわかるように、ノイズの除去から自己相関による周期導出まで問題なく処理できたことがわかる。この場合周期が0.69[s]であるので脈拍は87[bpm]である。Table 1には、安静時の脈拍導出結果とその比較用のための脈拍を表している。結果、すべての試行において、比較用データと比べ、ほぼ同等の結果が得られたことがわかる。このことから、体導音センサを用いて自動で脈拍測定を行うことができ、本装置の有用性を確認できた。なお歩行時における本装置での計測データをFig6に示す。このように、見た目では脈拍の信号がわからない場合にも、その波形の自己相関をとることで周期が導出できた(Fig5)。

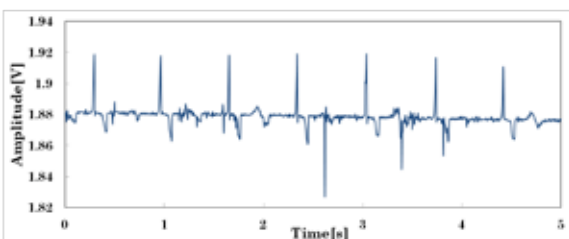


Fig. 3 Measured artery sounds(at rest)

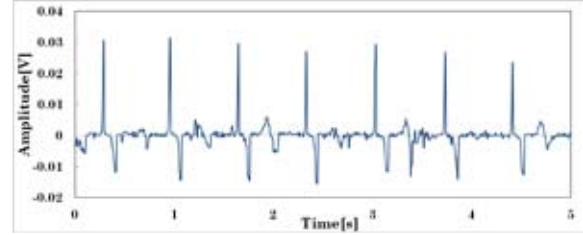


Fig. 4 After denoising measured artery sounds(at rest)

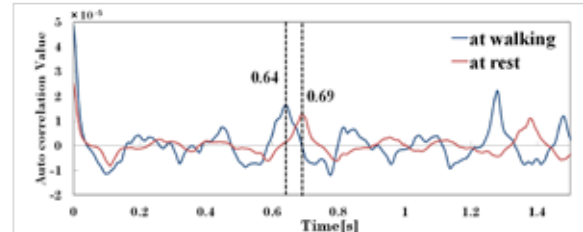


Fig. 5 Autocorrelation result

Table 1 Verification of the system that was prepared.

	PulseRate1[bpm] (Using the prepared system)	PulseRate2[bpm] (Derived by arterial sound data)
1	80	82
2	85	85
3	87	86
4	85	84
5	79	81
6	81	85
7	78	81
8	83	80
9	77	78
10	77	79

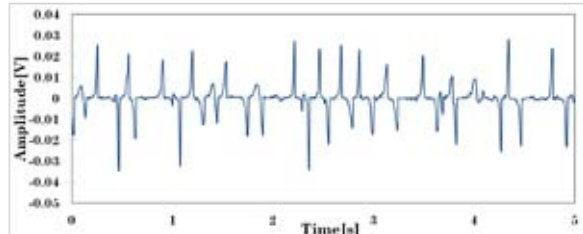


Fig. 6 Measured artery sounds(at walking)

5. おわりに

本研究では、作製した装置を実際に装着し、脈拍数を検出することで有用性の確認をおこなった。結果、安静時では大きな誤差を出すことなく正確な脈拍数を導出することができた。また、歩行時においても周期を導出でき、脈拍数を割り出すことができた。以上のことから、体導音センサを用いた自立型脈拍数検出システムを構築したといえる。

参考文献

- (1) 内閣府, 高齢者白書, 2011
- (2) Fumiaki Ehara, Toshiaki Tsuruda and Kanya Tanaka, Development of a Heart Rate Measurement Method Using Body Conduction Sound Sensor, Applied Mechanics and Materials, vol. 103, pp.616-621, 2012.