

M-11

継続的健康モニタリングのためのリストバンド実装に向けた 圧電素子による心音測定に対する一検討

A Study of Piezoelectric Heart Beat Measurement for Wristband Implementation for Continuous Health Monitoring

○橋本龍茉¹, 佐々木芳樹²*Ryoma Hashimoto¹, Yoshiki Sasaki²

Abstract : In recent years, from the viewpoint of early detection of diseases and health management, continuous monitoring of not only heart rate variability but also abnormal sounds in the heartbeat is important to understand the health status of the heart[1]. Therefore, methods of acquiring heartbeats using small wearable sensors have been studied for maintaining health in daily life and remotely monitoring the hearts of high-risk patients[2][3]. However, conventional chest-worn sensors and stethoscopes are not suitable for long-term measurements in daily life due to the heavy burden of wearing them. Therefore, a method of acquiring heart sounds using a wrist-worn wearable sensor has been studied[4][5]. Several methods have been studied to recover the measured heart sounds, such as envelope processing, neural networks and extraction of open/close events of heart valves. However, all of these methods still have problems to be solved for practical use. In this paper, we report on our investigation of the possibility of using piezoelectric devices to measure the heart sound from the wrist, and confirming the feasibility of such a method through actual measurements.

1. まえがき

近年、病気の早期発見や健康管理の観点から、心臓の健康状態を把握には、心拍数の変動だけでなく、心音に含まれる異常音の連続モニタリングが重要である[1]。そこで、日常生活での健康維持や高リスク患者の心臓を遠隔でのモニタリングする為に、小型のウェアラブルセンサを用いた心音の取得手法が研究されている[2][3]。しかし、従来の胸部装着型センサや聴診器は装着の負担が大きく、日常生活での長時間計測には適さない。そこで、手首装着型ウェアラブルセンサを用いた心音の取得手法が研究されている[4][5]。測定した心音の復元方法として、エンベロープ処理、ニューラルネットワーク、心臓弁の開閉イベントを抽出などの方法が検討されている。しかし、いずれの方法も手首での心音取得可能であるが、微弱信号の安定的取得や動作ノイズへの耐性といった実用化に向けた課題が残されている。

本稿では、圧電素子を用いた手首からの心音取得を目的に、復元処理前の状態で心臓以外の部位から心音を測定可能か検討を行い、実測によりその可能性の確認を行ったので報告する。

2. 本論

図1に、今回測定に使用した回路のブロック図を示す。同図において、圧電素子[4](型番:CEB-44D06)は身

体の鼓動による振動を圧力としてみなし、電気信号に変換するために実装した。また、心音の主成分は20~200Hzであるため、低域遮断周波数10Hz、高域遮断周波数300Hzのバンドパスフィルタにより不必要な雑音を除去し、非反転増幅器で信号を増幅させた。さらに、不要な電源ノイズを除去するため、遮断周波数50Hzのノッチフィルタによってハムノイズを除去し、再び増幅及びバンドパスフィルタを通すことで、心音の測定を行った。

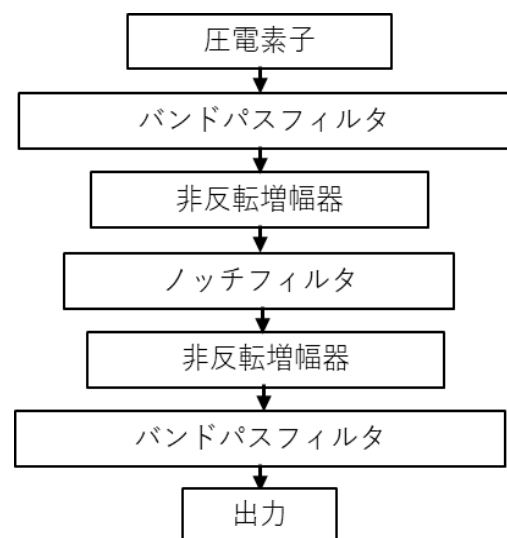


図1 測定回路

図2に、身体の各部位での測定結果を示す。同図は、横軸は時間、縦軸は電圧を示しており、測定対象は静止状態とした。同図において、青の波形は心臓、緑は鎖骨、オレンジは肩、黄色は肩関節、赤は上腕骨、紫は肘関節、黒は手首である。同図から、各部位での第1心音及び第2心音に相当する心音のピーク電圧の比較を行った。同図に示すとおり、心臓は約0.7V、鎖骨は約0.6V、肩及び肩関節は約0.4Vであり、減衰率を心臓を基準に算出すると、鎖骨で約14%、肩および肩関節で約43%の振幅減少であることから、身体を伝搬する過程で心音が減衰することが確認された。また、測定系や環境由来の雑音成分に相当する低ピーク電圧は約0.1Vであった。

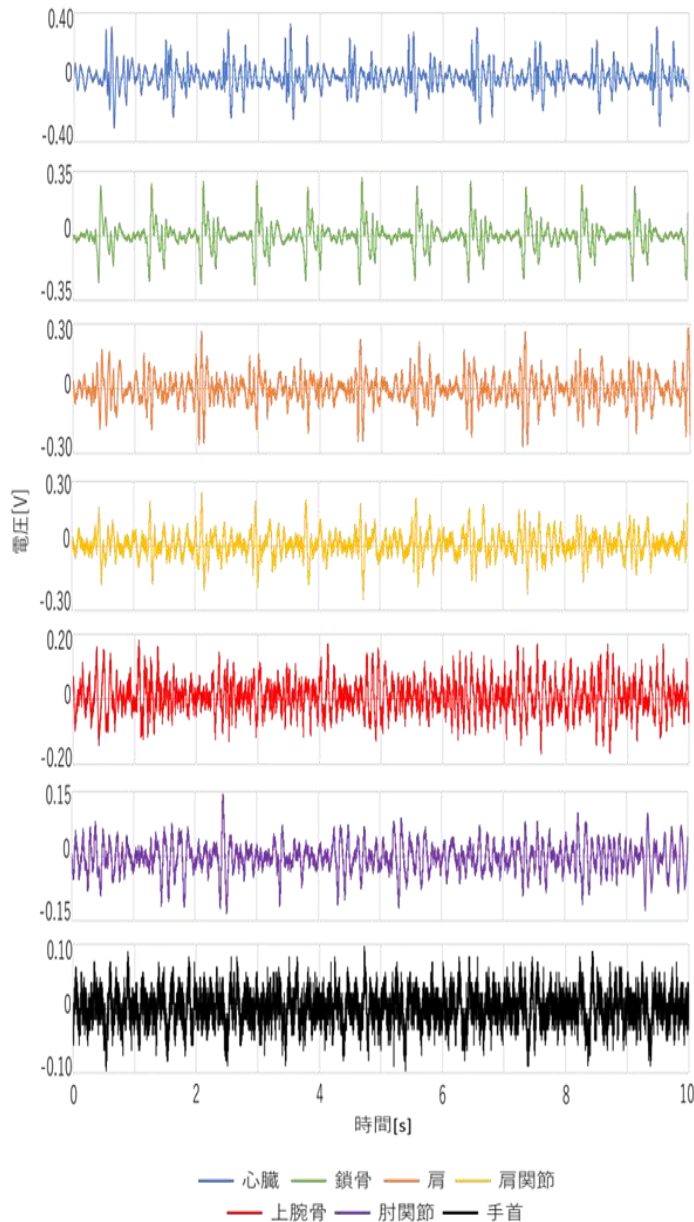


図2 各部位での測定結果

特に、上腕骨、肘関節、手首では心音の振幅がこの雑音成分と同程度となり、心音の識別が困難であった。

以上の結果から、心音は身体内を伝搬するにつれて減衰し、一定距離を超えると、雑音成分に埋没することがわかる。一方で、鎖骨や肩といった心臓近傍の部位では十分な振幅が保持されており、心臓以外の部位から心音を聴取できる可能性を示している。

3. まとめ

今回、圧電素子を用いて、復元処理前の状態で心臓以外の各部位から心音を測定することが可能なのかについて検討を行った。その結果、圧電素子を用いることで、心臓近傍の部位では心音を検出することが可能であることが明らかになった。さらに、心臓から一定の距離を超えると、心音は雑音成分に埋もれ、信号としての識別が困難になることが明らかになった。

今後は、心音測定時に含まれる雑音成分の周波数特性や発生要因を詳細に解析し、適正なフィルタや信号処理手法を導入することで、心音の測定精度向上を目指す予定である。

4. 参考文献

- [1]Junbin Zang, Qi An, Bo Li, Zhidong Zhang, Libo Gao, Chenyang Xue: 「A novel wearable device integrating ECG and PCG for cardiac health monitoring」, *Microsystems & Nanoengineering*, Vol. 11, No. 21, Article number 7, 2025年1月
- [2]Sung Hoon Lee et al: 「Fully portable continuous real-time auscultation with a soft wearable stethoscope designed for automated disease diagnosis」, *Science Advances*, Vol. 8, No. 21, Article eabo5867, 2022年5月
- [3]Rafi U Shan Ahmad, Shehzad Khan, Mohamed Elhousseini Hilal, Bee Luan Khoo: 「Advancements in wearable heart sounds devices for the monitoring of cardiovascular diseases」, *SmartMat*, Vol. 6, No. 1, e1311, 2024年12月
- [4]Piyush Sharma, Syed Anas Imtiaz, Esther Rodriguez-Villegas: 「Acoustic Sensing as a Novel Wearable Approach for Cardiac Monitoring at the Wrist」, *Scientific Reports*, Vol. 9, No. 20079, pp. 1-10, 2019年12月
- [5]Andrew D. Wiens, Ann Johnson, Omer T. Inan: 「Detecting Aortic Valve Opening and Closing from Distal Body Vibrations」, *arXiv preprint*, arXiv:1609.08208, 2016年9月