

心室期外収縮波形検知のための自動診断補助用回路に対する一検討

A Study on Automatic Diagnostic Support Circuit for Ventricular Premature Contraction Waveform Detection

○望月卓磨¹, 飯泉裕陽², 山口拓人³, 佐伯勝敏³*Takuma Mochizuki¹, Yutaka Iizumi², Takuto Yamaguchi³, Katsutoshi Saeki³

Abstract: Cardiovascular disease is a leading cause of death, and early detection of arrhythmias is essential for improving prognosis. Among these, ventricular premature contractions (VPCs) are a common arrhythmia but can be a factor in serious ventricular arrhythmias and sudden death. While conventional physician analysis and software-based methods are effective, they impose heavy computational loads, making their application to small, low-power devices difficult. In this study, we propose an automated diagnostic assistance circuit that automatically detects ventricular premature contractions in electrocardiograms. As a result, it is shown that simulation experiments confirmed its ability to accurately detect VPCs within ECG waveforms.

1. まえがき

心疾患は世界的に主要な死因の一つである。その中でも不整脈の早期発見と適切な診断は、患者の予後改善に直結する。心室期外収縮は不整脈の一種であり、健常者にもみられる比較的頻度の高い心電図であるが、頻発する場合や基礎心疾患を有する患者においては重篤な心室性不整脈や突然死のリスクになることが知られている。特に、期外収縮の重症度を分類したスケールである Lown 分類における grade3 以上では心室細動誘発の危険性が高くなっており、緊急治療が必要とされている。^[1] 従来、心電図波形の解析には専門医による読影やソフトウェアアルゴリズムによる処理が用いられてきた、しかし、ソフトウェアベースの処理は計算負荷が大きく、消費電力や応答速度の点で小型・低消費電力を求められる医療デバイスに適用するには課題が残されている^[2]。

本研究では、心室期外収縮心電図を自動で検知することを目的とした診断補助用回路の設計について検討を行った。

2. 本論

Fig. 1 に構築する自動診断補助用回路のブロック図を示す。今回検出を行う心室期外収縮心電図の特徴は、通常より早いタイミングで QRS 波が発生し、そのパルス幅や振幅が大きくなる、T 波が QRS 波と逆向きに出るといった特徴がある^[3]。そこで同図の診断補助用回路上側の非反転増幅と比較器の部分で QRS 波の異常を、下側の反転増幅と比較器の部分で逆向きの T 波を、それぞれ検出する。図中の上側と下側で検知した2つの波形を、OR 回路で構成した2信号合成部で合成し、

一つの波形として出力することで心室期外収縮心電図を検知する。

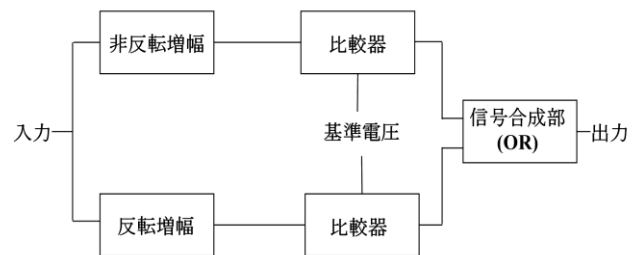


Figure 1. Block Diagram of the Automatic Diagnostic Assistance Circuit

Fig. 2 に心室期外収縮心電図の一例を示す。図はフクダ電子株式会社製 ESIM-200 の出力波形を使用し、Lown 分類 grade 4(a)の2連発を用いた。同図を得るために70倍の増幅回路を用いた。図中、1~2s, 6.5~7.5sに心室期外収縮の特徴であるパルス幅0.2sと振幅14.3mVと正常心電図の振幅は50 μ V~10mV^[4]と、パルス幅が0.06~0.10sと比べて大きいQRS波と、-4.8mVとQRS波と逆向きのT波が存在していることを示している。

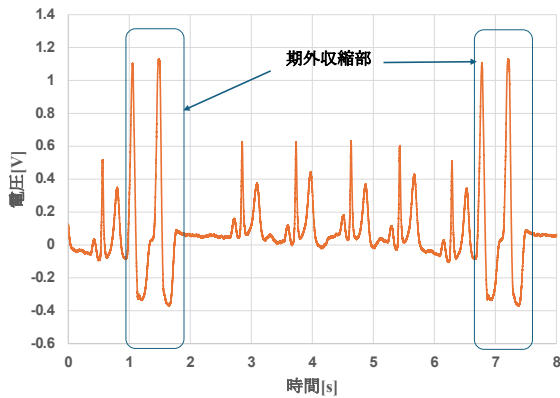


Figure 2. VPC ECG

次に、心室期外収縮心電図検知のシミュレーションを行った。その結果を Fig. 3 に示す。同図は不整脈の検出に使用される II 誘導で取得する接続方法で得たデータである。

期外収縮発生時の波形を検出するために比較器を用いている。正常心電図の振幅は $50\mu\text{V}\sim 10\text{mV}$ ^[4] であり、今回シミュレーションを行うにあたり非反転増幅器の増幅倍率を 140 倍としたため、増幅後の QRS 波の振幅が $7\text{mV}\sim 1.4\text{V}$ である。そこで、正常な心電図と期外収縮心電図を区別するために比較器の基準電圧を 1.4V とした。その結果、期外収縮発生時に発生した QRS 波と逆向きの T 波の箇所では異常を示すパルス波形が出力されている。

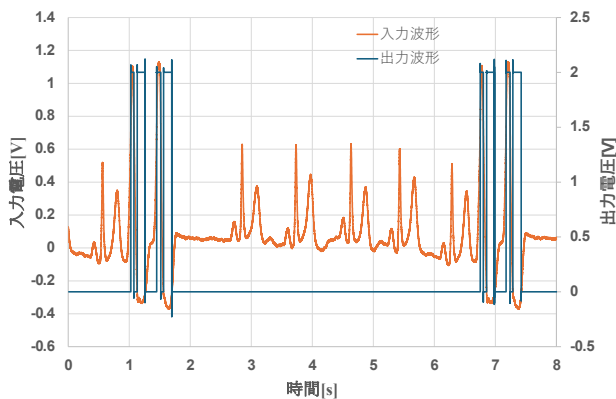


Figure 3. VPC ECG input

次に、正常な心電図を用いてシミュレーションを行った。その結果を Fig. 4 に示す。この結果より、通常心電図においてはパルス波形が出力されないことを示している。

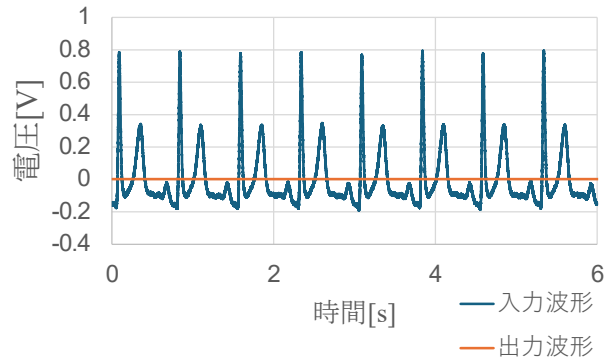


Figure 4. Normal ECG input

Fig. 3 および Fig. 4 のシミュレーション結果から正常心電図ではパルス波形を出力せず、期外収縮心電図の場合、異常を示すパルス波形を出力することを示している。以上の結果より、Fig. 1 のブロック図で心室期外収縮心電図の検出が可能であることを明らかにした。

3. まとめ

今回、心室期外収縮心電図を検知することを目的とした診断補助用回路の設計について検討を行った。

その結果、設計した診断補助用回路は、心室期外収縮発生時に異常を示すパルス波が出力され、正常心電図の場合には異常を示すパルス波形は出力されなかった。このことは異常を示すパルス波形の出力の有無で心室期外収縮心電図の検出が可能であることを明らかにした。

今後、今回設計した回路全体のチップ化を行う予定である。

4. 参考文献

- [1] Lown B, Wolf M. Approaches to sudden death from coronary heart disease. *Circulation*. 1971;44(1):130-142.
- [2] Ali Hassan Sodhro, Aryn Kumar Sangaiah, Gul Hassan Sodhro: 「An Energy-Efficient Algorithm for Wearable Electrocardiogram Signal Processing in Ubiquitous Healthcare Applications」, *Sensors*(Basel), 2018. (PMID :29558433)
- [3] 藤田博暁 「危険な心電図-そのメカニズムと対処方法-」, *理学療法科学* 20(1), pp. 59-68, 2005
- [4] 安井稔: 「生体用増幅器とノイズ」, *BMI*, vol. 1, No. 10, pp. 784~789, 1987