

## 心電図自動診断補助回路を用いたJ波検知に対する一検討

### A Study on J Wave Detection Using an ECG Automated Diagnosis Support Circuit

○飯泉裕陽<sup>1</sup>, 山口拓人<sup>2</sup>, 佐伯勝敏<sup>2</sup>\*Yutaka Iizumi<sup>1</sup>, Takuto Yamaguchi<sup>2</sup>, Katsutoshi Sacki<sup>2</sup>

Abstract: In this paper, we investigate about detecting J waves using an IC for automated ST-elevation ECG diagnosis.

As a result, it is confirmed that a flat waveform is output for normal ECG input and a pulse wave is output for J-wave ECG input. These results demonstrate that J-wave ECG detection is feasible.

#### 1. まえがき

現在, 心電図検査は心臓の状態を推測し, 病気を発見, 診断するためによく用いられている. 心電図 (Electrocardiogram (=ECG))は医師が直接読んで診断を行う場合があるほか, 心電図自動診断技術を用いて自動診断を行う場合がある. 心電図自動診断技術は AED や ICD など組み込まれている. 2024 年に提案された ST 上昇心電図を検知する自動診断補助用 IC では ST 上昇心電図をハードウェアのみを用いた 1 チップで検知可能である可能性があることを回路シミュレーションを用いて明らかにした<sup>[1]</sup>.

J 波は心電図上 QRS 波の末端でノッチやスラーが発生している波のことであり, 確立された定義は存在しないものの近接する 2 誘導以上で 0.1mV 以上の上昇がみられることを指す場合が多い<sup>[2]</sup>. J 波は重大な危険性があることが分かっており<sup>[3]</sup>, 早期再分極が発生していることを表している<sup>[4][5]</sup>. 特に下壁誘導で J 波がみられる場合はリスクが高いとされ, 特発性心室細動の患者の多くで下壁誘導に J 波がみられる<sup>[4]</sup>.

本研究では下壁誘導にみられる J 波の検知を, 先に提案した ST 上昇心電図自動診断補助用 IC<sup>[1]</sup>の回路を用い回路シミュレーションにて検討を行った.

#### 2. 本論

本研究で使用している ST 上昇心電図自動診断補助用 IC の設計回路では電圧軸と時間軸で閾値を設定し, それを超えることで ST 上昇を診断補助を行っている. Fig. 1 に ST 上昇, J 波 ECG 診断補助用 IC のブロック図を示す. 本回路は R-Ladder ADC で電圧軸の閾値を決定している. J 波によって発生する ST 上昇は一般的に II 誘導では 0.1mV 以上の上昇があることが基準とされる<sup>[2][7]</sup>. 本研究では心電図を 700 倍に増幅しているため, 電圧軸のしきい値を 70mV 未満に設定する必要がある. また, 8bit の Digital Comparator に入力する基準バイナ

リ信号で時間軸の閾値を決定している. J 波 ECG が入力された際の R-Ladder ADC の出力パルス幅は QT 時間と近似できる. QT 時間の正常値は心拍数の影響を考慮した補正 QT 間隔(QTc)が 0.36~0.44 秒であるといわれている<sup>[8]</sup>. また, 本研究で使用したテスト用心電図の QT 時間は 0.41 秒であったことから, 式(1)より Digital Comparator に入力する基準バイナリ信号は 206<sub>(10)</sub>未満とする必要がある. 本研究では 0.32 秒以上の HIGH パルス時間が入力されると異常を検知できるように, 基準バイナリ信号を 160<sub>(10)</sub>に設定した.

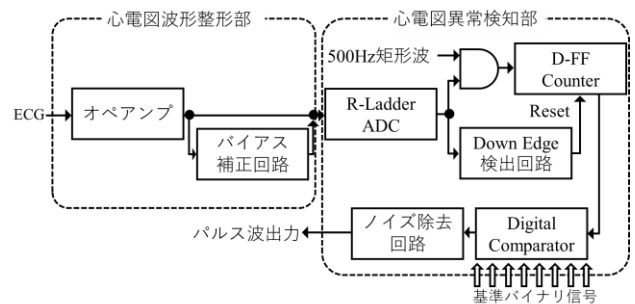


Figure 1. Block Diagram

$$RBS < QT_i / RPP \quad (1)$$

RBS : 基準バイナリ信号

QT<sub>i</sub> : QT 時間

RPP : 時間測定用パルス波の周期(500Hz, 周期 : 2ms)

本研究ではテスト用心電図をフクダ電子株式会社製の心電図シミュレータである“ESIM-200”の出力波形を使用している. 下壁誘導である II 誘導の波形を取得する接続方法で波形を取得し, その波形をオペアンプ (NJM022BD)を用いて増幅している.

Fig. 2 に正常心電図入力時の出力波形を, Fig. 3 に前壁梗塞発生時の心電図を入力した場合の出力波形を,

Fig. 4にST部の上昇を伴っているJ波心電図を入力した場合の出力波形を示す。正常心電図を入力した場合はフラットな波形を出力し、ST上昇心電図やJ波心電図を入力した場合はパルス波を出力するよう設計を行った。シミュレーションの結果、正常ECG入力時にはフラットな波形を出力し、前壁梗塞時のST上昇ECG入力時と、ST上昇を伴うJ波ECG入力時にはパルス波を出力した。この結果は、J波を検知することが可能であることを示している。

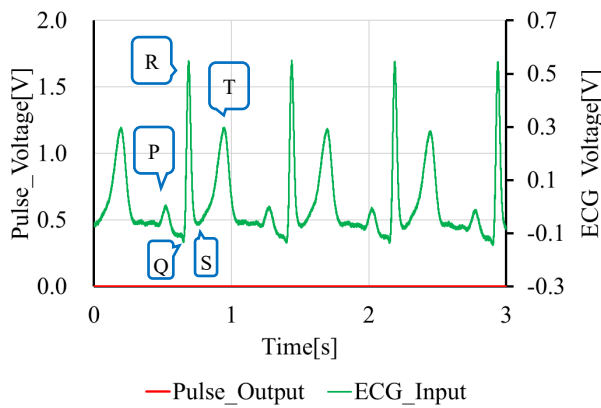


Figure 2. Normal ECG Input

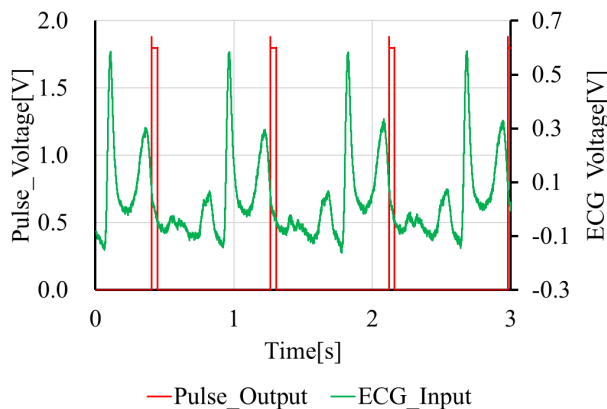


Figure 3. Ant. Infarction ECG Input

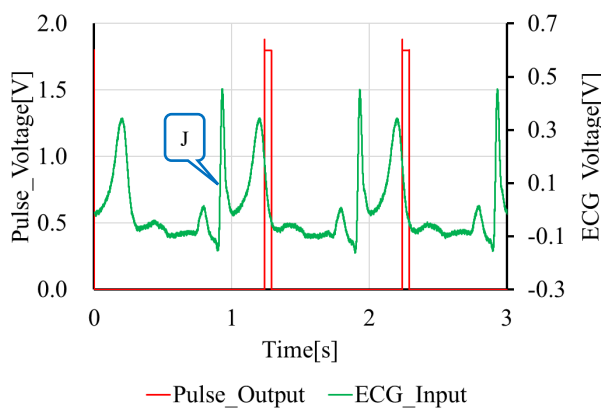


Figure 4. J-Wave with ST-elevation ECG Input

以上より本回路を使用することでJ波ECGとST上昇ECG両方を検知することが可能であることを明らかにした。

### 3. まとめ

本研究では、下壁誘導にみられるJ波の検知を、先に提案したST上昇心電図自動診断補助用IC<sup>[1]</sup>の回路用回路シミュレーションを用いて検討を行った。その結果、下壁誘導であるII誘導を想定したテストECGを入力した際、正常ECG入力時はフラットな波形を出力したのに対し、J波ECGを入力した場合はパルス波を出力することを確認した。このことからST上昇ECGとJ波の両方を検知可能であることを明らかにした。

今後は、ICの試作、実測定を行い、1チップでJ波を検知可能であるか確認を行う予定である。

### 4. 参考文献

- [1] 飯泉裕陽, 寺田伊吹, 佐伯勝敏:「ST上昇心電図検知のための自動診断補助用ICの設計」, 電気学会電子回路研究会, ECT-24-029, pp.23~26, 2024.
- [2] 高橋尚彦:「適切な臨床的アプローチによるJ波症候群の診断」, 心電図, Vol. 35, No. 3, pp.195-198, 2015.
- [3] Jani T. Tikkanen, B.S., Olli Anttonen, M.D., M. Juhani Junttila, M.D., Aapo L. Aro, M.D., Tuomas Kerola, M.D., Harri A. Rissanen, M.Sc., Antti Reunanen, M.D., and Heikki V. Huikuri, M.D.:「Long-Term Outcome Associated with Early Repolarization on Electrocardiography」, Vol. 361, No. 26, pp.2529-2537, 2009.
- [4] 青沼和隆, ほか:「遺伝性不整脈の診療に関するガイドライン(2017年改訂版)」, 日本循環器学会, 日本心臓病学会, 日本不整脈心電学会, 2018年3月23日発行, 2022年2月7日更新
- [5] 中川幹子, 江崎かおり, 宮崎寛子, 手嶋泰士, 油布邦夫, 高橋直彦, 犀川哲典:「健常人にみられるJ波・早期再分極の特徴」, 心電図, Vol. 32, No. 3, pp.292~299, 2012.
- [6] Kristain Thygesen, Joseph S Alpert, Allan S Jaffe, Bernard R Chaitman, Jeroen J Bax, David A Morrow, Harvey D White; ESC Scientific Document Group:「Fourth universal definition of myocardial infarction (2018)」, European Heart Journal, Vol. 138, No. 20, pp.237~269, 2018.