

心電図波形の自然観測法を用いた自動認知

Automatic Detection for Electrocardiogram via a Natural Observation Method

岡井貴之 †
Takayuki Okai †

大屋英稔 ‡
Hidetoshi Oya ‡

(株)CAE ソリューションズ, フルイド事業部, 信号・システム解析 G †
CAE Solutions Corporation. Fluid Division Signal and systems analysis group †
湘南工科大学工学部電気電子工学科 ‡
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Shonan Institute of Technology ‡

1 まえがき

突然の心停止は, 心室細動 (Ventricular Fibrillation: VF) などの重症不整脈が原因であるといわれており, このような重症不整脈には, 電気的除細動 (電気ショック) が有効であることが知られている. このようなことから, 近年, 空港や駅などに半自動除細動器 (Automatic Extended Defibrillator) が, 設置されてきている. また, 筆者らは, 心臓マッサージ実施時の心電図波形を解析することにより, 得られた心電図波形データから心臓マッサージによる影響を除去するシステムを構築している [1]. 本稿では, 心室細動 (VF) 波形などの心電図波形に対し, 自然観測法 [2, 3] を用いた類似度計算により, 特徴的な心電図波形を自動認知 (分類) する方法を示す.

2 心電図波形

心電図波形は, 医学的見知から大まかに次の 4 つに分類される.

- 自己心拍 (正常洞調律)
- 心室細動 (VF)
- 心室頻拍 (Ventricular Tachycardia: VT)
- 電気収縮解離 (Pulseless Electrical Activity: PEA)

これらの特徴的な 4 つの心電図波形のうち, 本稿では, 自己心拍波形, および心室細動 (VF) 波形の二つに注目し, この二つの波形に対し, 自然観測法を用いることにより自動的に認知することを考える.

3 自然観測法

自然観測法とは, 波形の瞬時特性に着目した解析手法であり, 時系列データの, 現時点からある上限 (位数 M) まで遡った過去の特性を観測することに最大の特徴がある. M 時点過去まで遡った特徴を記録する変数として, 自然観測値系列なる変数を次のように定義する.

$$n_m^{(M)}(n) = X_m^{(M)} f(n) \quad (m = 0, 1, \dots, M) \quad (1)$$

式 (1) の変換は自然観測変換と呼ばれ, $X_m^{(M)}$ は, 次式のように与えられる.

$$X_m^{(M)} = \Gamma^{M-m} \Lambda^m \quad (m = 0, 1, \dots, M) \quad (2)$$

$$\Gamma = (1 - \lambda)I + \lambda D$$

$$\Lambda = \lambda I - \lambda D$$

ここで, λ は, 現時点からどれだけの過去を考慮するかを示す設計パラメータである. また, I は, 恒等作用素, D は, 遅延作用素であり, それぞれ次式で定義される.

$$If(n) = f(n) \quad (3)$$

$$Df(n) = f(n - 1) \quad (4)$$

式 (1) の自然観測値系列 $n_m^{(M)}(n)$ は, n 時点において $n - M$ 時点までの波形の特性を記憶していると考えこ

とができる. そのため, 波形を評価する値として瞬時ノルムを定義し, また, ある二つの波形 (ここでは, f, g とする) が, どれだけ類似しているかを知るために, 二つの波形の内積をとる. 自然観測値を用いると内積と瞬時ノルムは, 以下のように表すことができる.

$$\begin{aligned} (f, g)_{[l]} &= \sum_{l=0}^M \binom{M}{l} \left(\frac{1 - \lambda}{\lambda} \right)^l n_l^{(M)}(n) n_l^{(M)'}(0) \\ \|g\|_{[l]}^2 &= \sum_{l=0}^M \binom{M}{l} \left(\frac{1 - \lambda}{\lambda} \right)^l \{n_l^{(M)'}(0)\} \\ \|f\|_n^2 &= \sum_{l=0}^M \binom{M}{l} \left(\frac{1 - \lambda}{\lambda} \right)^l \{n_l^{(M)}(n)\}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

波形 $\{f(n)\}$ と波形 $\{g(n)\}$ との間の類似度は, 瞬時ノルムと内積を用いて次式のように求められる.

$$S[f(n), g(n)]_m = \frac{(f, g)_n^2}{\|f\|_n^2 \|g\|_n^2} \quad (6)$$

4 自然観測法を用いた自動認知

心電図波形の自動認知は, 以下の手順で行われる.

- (1). 心電図波形データを読み込み, スペクトル解析を行った結果を $f(n)$ とする.
- (2). 対象とするデータ $f(n)$ と特徴データ $g_p(n), h_q(n)$ との類似度を計算する †.
- (3). 類似度を比較することにより, 認知 (分類) する.

5 むすび

本稿では, 特徴的な心電図波形データ (自己心拍波形, および心室細動 (VF) 波形) を自然観測法を用いた類似度計算によって, 自動的に認知 (分類) する方法を示した. 今後の課題としては, 類似度計算における計算時間の短縮やニューラルネットワークを併用することなどが挙げられる.

参考文献

- [1] 山口芳弘, 嶋崎修二, 萩野剛二郎, 大屋英稔, 桐岡茂, 岡井貴之: "心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発", 平成 19 年度消防防災科学技術研究推進制度研究課題報告書, (2008)
- [2] 飯島 泰蔵: "自然観測法の理論 — 瞬時性に着目した新しい波形解析法", 森北出版 (2000)
- [3] 飯島 泰蔵: "デジタル自然観測法の理論 — 時系列解析のための新しい理論", 森北出版 (2001)

† $g_p(n), h_q(n)$ (p, q は, 正の整数) は, それぞれ, 自己心拍, 心室細動 (VF) の特徴データである.