

相関係数を用いたてんかん波の検出の試み

中嶋 健太[†]

[†] 広島市立大学情報科学部医用情報科学科

常盤 達司^{††}

^{††} 広島市立大学大学院 情報科学研究科

1. はじめに

てんかんは、神経細胞の過剰な興奮に由来する慢性の脳疾患である。てんかん発作は、我々の日常生活に影響を及ぼすことから、現在、てんかん波の予知や検出を目的として広く研究が行われている。

てんかんの代表的な波形に棘波がある。棘波は、持続が 1/50-1/14 秒の急峻な波形で、最も診断価値の高い波形とされている。特に、振幅が大きく持続時間が短い棘波の出現部位は、てんかん焦点(病巣)に関与していると考えられている [1]。

本研究では、代表的な棘波と考えられている 3 相性の波形を検出することを目的として、相関を用いた薬物誘発てんかん波の検出を試みた。

2. 実験方法

解析には、Wistar rat にてんかん誘発剤(ペニシリン G)を投与して与えられた皮質脳波 (electrocorticogram, ECoG)を用いた。ペニシリン G により誘発されるてんかん波は、3 相性の棘波を多く含むため、本研究の解析対象とした。

相関 $\gamma_{xy}(k)$ の計算は、一般的に定義されている正規化相互相関関数を参考に、以下の式で行った。

$$\gamma_{xy}(k) = \frac{\sum_{n=1}^N x(n+k)y(n)}{\sum_{i=1}^N y(i)^2}$$

ただし、 n を波形のサンプリング番号(整数)とし、 $x(n)$ は計測した信号、 $x(n+k)$ は波形のサンプリング番号から一定値 k ずれた信号値を表す。そして、 $y(n)$ はあらかじめ設定した比較波形(テンプレート)、 N は比較波形の要素数である。本実験では、 Δk は 0.01 [s]にあたる値とし、比較波形には、取得したてんかん波形のうちアーティファクトの少ない 3 相性の代表的な波形を選択した。つまり、 $\gamma_{xy}(k)$ は比較波形 $y(n)$ と計測波形 $x(n+k)$ との相関(類似度)を表している。

上式は、分子で計測波形と比較波形の相関係数を計算し、分母で比較波形の 2 乗和を計算している。つまり、比較波形と計測波形が同じである場合 $\gamma_{xy}(k)$ が 1 となるように正規化している。 $\gamma_{xy}(k)$ が、負の値である場合は、比較波形を反転した波形との類似度を表している。

3. 実験結果

実験結果の代表例を図 1 に示す。横軸に k を時刻に変換した値、縦軸は $\gamma_{xy}(k)$ をプロットした。図 1(上)は、計測されたてんかん脳波、図 1(下)は解析結果 $\gamma_{xy}(k)$ である。また、図 1(上)の丸で囲まれた部分は本実験で設定した比

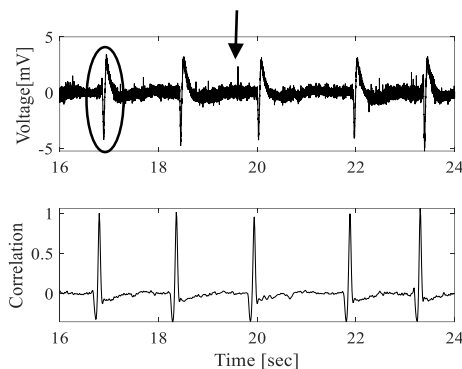


図 1 計測脳波(上)と解析結果(下)。

較波形を示す。図 1 で示した脳波にはてんかん波が 5 つ計測されており、解析結果では同時刻に波形のピークが得られていることから、本手法を用いることで、てんかん波の検出が可能であることが示された。さらに、比較波形と同じ波形の $\gamma_{xy}(k)$ が 1 であることから、正規化された類似度が算出されていることが確認できる。また、他の 4 つのてんかん波の $\gamma_{xy}(k)$ もほぼ 1 であることから、計測した脳波に含まれる 5 つの波形は比較波形と相関(類似度)が高い(波形として同等のてんかん波である)ことが示された。

4. 考察

計測波形に混入したアーティファクトを図 1 の矢印に示す。同時刻の $\gamma_{xy}(k)$ ではアーティファクトの影響が見受けられないことから、本手法は、アーティファクトに頑健な特長を有することがわかる。

また、てんかん波が誘発される過程では、一般的に棘波の振幅が徐々に大きくなる現象が観測される。本手法は、比較波形との類似度を算出することから、本手法を用いて、てんかん誘発過程におけるてんかん波の解析などに応用できる可能性がある。さらに、比較波形として、計測された波形以外の特徴的な波形から、てんかん波の検出が可能であることを確認している。このことから、てんかん波の特徴である 3 相性の波形であれば、他の実験で得られたてんかん波の検出が可能であることが示唆された。

5. まとめ

本研究では、相関を用いたてんかん波の検出を試みた。結果より 3 相性の比較波形を用いて、アーティファクトに頑健な、てんかん波(3 相性棘波)の検出が可能であることが示された。

参考文献

[1] 高橋 幸利 編集, 「アトラスてんかんの発作間欠期・発作時脳波を読む」, 診断と治療社, 2007.