

てんかん患者の脳波異常を検出する新規信号処理法の開発と検証

1250332 鈴木 柚美 【システム神経科学研究室】

1 はじめに

てんかんとは、大脳の神経細胞が過剰に同期して活動することで引き起こされる神経疾患である[1]。現在、てんかん診断は専門医による定性的な脳波診断に依存しており、いくつかの課題が存在する[2]。一方、てんかん脳波を定量的に解析する試みが近年なされており、有望な手法としてウェーブレット解析が知られている[3]。また、信号解析において、異なる特性を持つ信号を分離・抽出する独立成分分析もよく知られた手法である[4]。てんかん脳波を背景脳波から分離する手段として独立成分分析が有効な可能性がある。

本研究では、てんかん患者の脳波データを定量的に解析する手法の確立を目指し、ウェーブレット解析および独立成分分析を組み合わせたてんかん脳波検出法の確立を目的とする。

2 方法

2.1 データ

5人のてんかん患者の脳波データを用いた。計測時間は概ね40分程度だった。

2.2 解析手法

MATLABを用いて「脳波データのウェーブレット解析(cwt.eeg)」、「独立成分のウェーブレット解析(cwt.ic)」の両方を実施するアプリを開発した。てんかん脳波の特徴である約3HzのWave波と10Hz以上のSpike波の複合波であるSpike and Wave波(S&W)を対象とし、今回は3Hz近傍のウェーブレット解析のmagnitude値(正規化後の値)を評価した。

実験は、(実験1)専門医によってS&W出現時間帯が同定されているデータについて、その出現時間帯におけるcwt.eeg、cwt.icを評価(N=2)、(実験2)我々がcwt.eegによってS&W出現時間帯を推定し、後に専門医が同定したS&W出現時間帯と比較(N=2)、(実験3)臨床医が同定したS&W出現時間帯が不明なデータの解析(N=1)の3種類実施した。実験1では、magnitude値の電極間比較を行った。実験2では、これらに加え専門医が同定したS&W出現時間帯との正解率・適合率・再現率を評価した。実験3では、専門医評価がないデータに対する汎化可能性について検証した。

3 結果

実験1では、専門医が同定したS&W出現時間帯において、Spike, Wave波に対応するmagnitudeの増加が検出できた(代表例:図1A、cwt.eeg)。脳部位(frontal, central, parietal, occipital, temporal)毎に傾向を見ても、被験者間でばらつきが大きく一貫した傾向は見

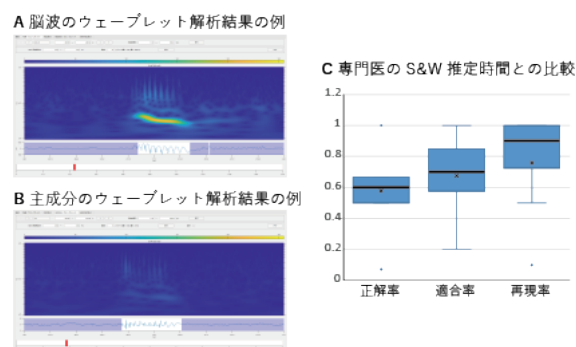


図 1 脳波・主成分に対する解析例 (A:cwt.eeg,B:cwt.ic) と専門医診断との比較 (C)

いだせなかった。独立成分のウェーブレット解析では、S&W波を主な成分とするとごく少数の独立成分(図1B、cwt.ic)が同定された上に、複数のS&W出現時間帯に対応した独立成分が複数同定された。

実験2では、cwt.eegによって推定したS&W出現時間帯と専門医が同定したS&W出現時間帯の間の正解率、適合率、再現率の中央値はそれぞれ60%、70%、90%となった(図1C)。

実験3では、専門医の診断結果との比較はできないが、実験1の結果と同様に、脳部位間のcwt.eegのmagnitude値の傾向はなかった。または、cwt.icは実験1と同様の傾向を示した。

4 考察

ウェーブレット・独立成分分析の組み合わせによりS&Wの検出がある程度可能であることが明らかとなった。一方、脳部位間のmagnitude値の傾向は一貫していなかったが、これは被験者ごとにてんかんの発生部位が異なることを反映している可能性がある。

S&Wは少数の独立成分として検出されたが、その他の独立成分のいくつかは部分的なS&Wを反映しているものがあつた。こうした独立成分は異なる脳部位を発生源とするS&Wをそれぞれ反映している可能性がある。

また、専門医の診断との一致率を検証した3指標は実際の応用を考慮するとまだ不十分であり、今後データを追加して検証を続けていく必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 厚生労働省. てんかん対策. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000070789_00008.html. 2025/1/31
- [2] 東條 尚子・川良 徳弘.[最新] 臨床検査学講座-生理機能検査学-. 医歯薬出版株式会社. 2020/9/10
- [3] 新井 康平. 独習ウェーブレット解析-基底関数の生成から基礎応用まで-. 近代科学社. 2006
- [4] 村田 昇.[入門] 独立成分分析. 東京電機大学出版局. 2004