

特異性指向技法による臨床脳波のリアルタイム診断技術の開発

Real-time Diagnostic Technology of Clinical Electroencephalography with Peculiarity Oriented Mining Technique

本村 信一*1 大島 宗哲*2 鍾 寧*1
Shinichi Motomura Muneaki Ohshima Ning Zhong

*1前橋工科大学 *2育英短期大学
Maebashi Institute of Technology Ikuei Junior College

Recently, new methods for measuring and analyzing brain wave data are required since the continued growth in such large and complex data collection in both brain research and medical science. Multi-aspect analysis in multiple human brain data sources is an important methodology. In this paper, I propose a novel approach of POM (peculiarity oriented mining) based multi-aspect brain wave data analysis. In order to discover various patterns hidden in brain wave data, it is necessary to pay attention to two types of peculiarities: temporal (time) and spatial (channel), from the potential and gradient standpoints. Furthermore, this paper shows effectiveness when the proposal technique is applied to a clinical brain wave data (epilepsy wave data). In addition, this paper examined the speed-up algorithm to apply the proposal technique to a clinical site.

1. はじめに

人間の認知活動解明に向けた研究開発や脳に関連する病気の研究などが、医学はもとより工学的な立場からも盛んに行われている。とりわけ脳波は時間分解能に優れ、最もポピュラーで簡便な計測手法の1つであり、現在でも多くの研究機関や医療機関で活用されている。

医療分野では、てんかんの診断や睡眠脳波モニタリングなどで脳波計測が行われている。一般的に1回の計測時間は10分を超えることが多く、実際に医師や検査技師が脳波を診断するにあたり、20チャンネル前後の複数の波の関連性や様相について、重要な波形の変化を見落とさぬよう慎重に脳波をチェックしている。そのため、膨大な脳波データを瞬時に一読で判断することは大変困難である。

そこで本研究では、データを一読で判断することが必要な簡易的な分析や、スピードが求められる臨床現場のニーズを想定して、素早く、正確に大容量のデータの中から興味深いデータ箇所を求める技術の確立を目的とする。

2. 特異性指向技法

2.1 基本原理

他の多くのデータと異なる興味深いデータを発見するための技法の1つに特異性指向技法がある [Zhong 03]。特異性指向技法とはデータベースの中にある特異データに注目しデータマイニングを行う技法である。この特異データとは他と異なる相対的に距離の離れたデータを指し、特異データの発見はデータの特異性に注目して行われる。この特異性を表す方法の1つとして、Peculiarity Factor (PF) を用いる方法がある。PFはデータの特異性を客観的に評価する指標で、特異性が大きな場合PFは大きな値となる。本研究では、データの特異性をユーザが抱く興味と定義し、特異性が大きい (PF値が高い) ならばより興味深いデータであると定義する。PF値は任意のデータにおいて、他の全てのデータとの属性値間距離を求め、その総和と距離の重要度を表すパラメータによって求められる。式1にPF値の導出式を示す。

$$PF(x_{ij}) = \sum_{k=1}^n N(x_{ij}, x_{kj})^{\alpha} \quad (1)$$

但し、 $N(x_{ij}, x_{kj})$ は属性値間の距離、 α は距離の重要度を定めるパラメータである。特異データが存在する場合、そのデータのPF値は大きくなることから、そのデータは特異データであると判定される。この基準は求めた全てのPFの平均値と標準偏差によって決定され、コンピュータによる客観的評価で特異データの選択を行うことができる。

2.2 脳波に適用するための拡張

本研究の対象となるデータは多チャンネルの脳波データであるため、時間軸と周波数軸、時間と空間の属性というように、多視点で波形を捉える必要がある [Motomura 10]。そこで、得られた脳波データを通常の電位データと周波数データとに分け、時間と空間の両方の属性について特異性が抽出できるように拡張する。これらの拡張によって、任意チャンネルの中でどの時間帯が興味深いのか、任意時間帯の中でどのチャンネルが興味深いのかを、電位データと周波数データの両面で把握することが可能となる。多チャンネル脳波データを想定し、計測チャンネルが a から n まで、時刻が 0 から z まで存在するデータを採取したと仮定する。このとき特異性指向マイニング技法の多チャンネル脳波データに対する適用法を図1に示す。

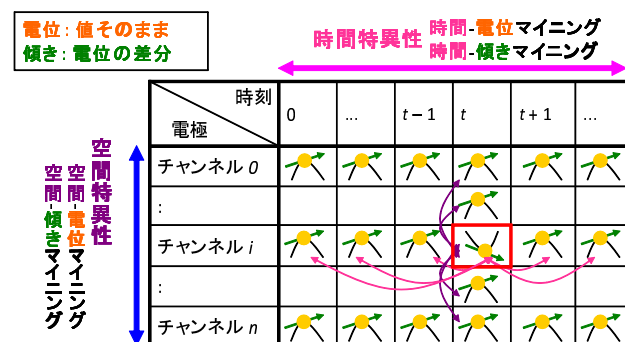


図1: 多チャンネル脳波データに対する適用法

連絡先: 本村 信一, 前橋工科大学, 前橋市上佐鳥町 460-1, 027-265-7366, motomura@maebashi-it.org

3. リアルタイム適応型特異性指向技法

3.1 特異性指向技法の問題点

臨床脳波データは、一般的な認知実験によって得られたデータと比較して計測時間が極めて長い場合が多く、分析対象となるデータの計測時間が10分以上であったり、睡眠脳波の場合は数時間に及ぶ場合もある。

一方、特異性指向マイニングはデータが増えるごとに指数的に計算量が増える手法である。対象データが c 個のチャンネルを持ち、1チャンネルごとに i 個のサンプル数があったとする。このとき、差分をとらなければならない回数 R は式2で求められる。

$$R = ci^2 + c^2i - 2ci \quad (2)$$

そのため、計測時間が長くなりデータ数 i が増えるたびに、その処理時間は飛躍的に増大してしまう。そこで、臨床データに対しては、すべてのデータを完全に分析するのではなく、過去から現在の時点のように制約を設けた上で分析を行う必要がある。現在の分析手法は、蓄積されたデータをすべて分析することが前提になっており、今後、脳計測手法の発展に伴う多チャンネル化、計測時間の長時間化に対応することが困難であると考えられる。

3.2 リアルタイム適応型特異性指向技法の提案

本研究では、分析区間を限定した上で、過去に収集されたデータや計算した特異値を活用し、差分を利用して新しい特異値を求める高速化手法の提案を行う。特異性を求める式1を変形し、式3のように表現する。

$$PF_i = \sum_j (D_i - D_j)^2 \quad (3)$$

この式をさらに変形すると、次の式4が得られる。

$$PF_i = \sum_j D_j^2 - 2D_i(\sum_j D_j) + D_i^2 \quad (4)$$

ここで、 $\sum_j D_j^2$ 、 $\sum_j D_j$ はそれぞれ、過去のデータの二乗和と和である。予め和を順次求めておくことで、新たに得られるデータ D_{i+1} は、過去のすべてのデータとの差分を求めなくとも PF_{i+1} が得られることを示している。これにより、オンラインでの特異性の発見が可能となる。

この逐次処理のアルゴリズムを整理する。今、時刻 $t=0$ 、窓の長さを L とし、最も古いデータを H 、 H の特異値を HPF 、中間のデータを M 、 M の特異値を MPF 、最も新しいデータを N 、 N の特異値を NPF とする。このとき時刻 $t=1$ にシフトした場合の処理を述べる。 $t=0$ の時点で予め新しいデータが入力される前にオフライン計算を行い、新しい値が入力されたときに逐次計算させることにより、実時間処理を可能にする。

Step 1 $HPF_{t=0}$ から $HPF_{t=0} \times (L-1)$ を引いたものを Z として保持

Step 2 $HPF_{t=0}$ を削除

Step 3 すべての M に対して $MPF_{t=1} = MPF_{t=0} + H_{t=0} - N_{t=1}$ を求める

Step 4 $NPF_{t=1} = N_{t=1} \times (L-1) + Z$ により最新データの特異値を導出する

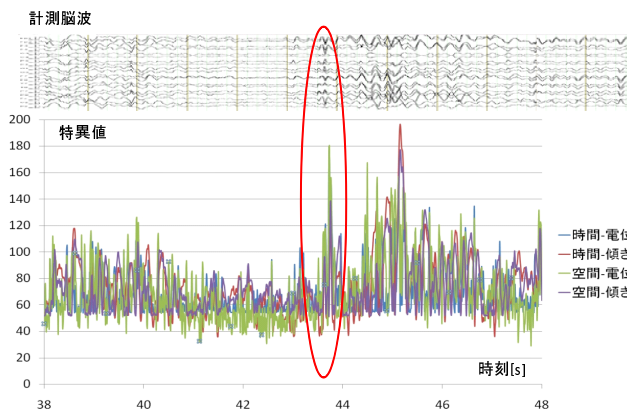


図2: てんかん波データの特異性分析

脳波は計測中にノイズが混入する場合があります。ノイズ入りの中間データは、分析区間から外れるまで影響を与えてしまうため、中間データの処理方法については今後検討が必要である。

4. 臨床脳波への適用

提案する手法をてんかん波が含まれる脳波に対して適用し、時空間の2つの視点から電位と傾きの特異性を分析した。図2は、チャンネルF3における特異値の変動を示したものである。特異値が正規化した閾値である100を超えた箇所が特異データ箇所である。特異性について、時間-電位、時間-傾き、空間-電位、空間-傾きの4つのマイニングを行った。

図2の43.6秒(囲み線)付近でてんかん波が出現している。その後、45秒付近で発作により脳波が激しく乱れていることが確認できる。てんかん波の出現箇所は時間-傾きと空間-電位マイニングの特異値が高く、時間-電位マイニングの特異値はそれほど高くない。一方、発作中は時間-電位と時間-傾きマイニングの特異値が高いという傾向の違いが見られた。

5. まとめ

本研究において、他とは異なる特異なデータに着目する特異性指向技法を脳波データに適用できるように拡張し、さらに長時間データである臨床脳波に適用するために必要な高速化について、リアルタイム適応型特異性指向技法を提案した。

従来の特異性指向技法の弱点であった、データ数が増えるたびに、処理時間は飛躍的に増大してしまう問題について、分析区間窓を設けた上で、過去のすべてのデータとの差分を求めなくともリアルタイムに特異値が得られることを示した。

今後の課題として、特異性の違いをパターン化し、興味深い脳波データ箇所を機械的に自動判断させることを目指す。

参考文献

[Zhong 03] Zhong, N., Yao, Y. Y., Ohshima, M.: Peculiarity Oriented Multi-Database Mining, IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering, Vol. 15, No. 4, pp. 952-960 (2003).

[Motomura 10] 本村 信一, 鍾 寧: 特異性指向マイニング技法による多視点ERP脳波データ分析, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 4, pp. 530-539 (2010).