



## 脳波トポグラフの三次元可視化システム

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学 公開日: 2014-11-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: SHIRCHIN, BAATAR メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10271/1088">http://hdl.handle.net/10271/1088</a>

学位論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨

学位記番号	医博第 235号	学位授与年月日	平成 9年 3月26日
氏名	SHIRCHIN BAATAR		
論文題目	脳波トポグラフの三次元可視化システム		

博士(医学) SHIRCHIN BAATAR

## 論文題目

脳波トポグラフィの三次元可視化システム

## 論文の内容の要旨

### [はじめに]

脳波を二次元表示する方法は、脳波トポグラフィと呼ばれている。この表示法により脳波トポグラフィは、脳電気活動の頭皮上における二次元的空間分布表示が可能であり、器質的疾患の局在部位、精神的活動などの状態を木頭視覚的に表示する手段として有効であることが示されている。脳波の誘発電位を脳波トポグラフィによる二次元トポグラフィ表示は臨床的に1970年代より報告されている。今回、筆者らは、電子技術の発達により、高速処理が可能になったパーソナルコンピュータによる脳波トポグラフィ三次元表示ソフトウェアの開発を行った。

頭皮上の複数の導出ポイントから脳電位変化を時間軸に沿って記録する従来の脳波記録法は、一次元表示(描画)法と考えることができる。この方法では、記録された波形の形状所見から病態あるいは空間的分布を推定しなければならない。脳波トポグラフィによる二次元マップ表示には、頭皮上の脳電位変化を二次元平面として空間的に表示するため、従来法の一次元表示による脳波信号の時間軸記(表示)による信号波形に比べ視覚的に脳電位変化をとらえることができる。しかし、本来、脳波を導出している頭部は、三次元曲面を構成している。このため脳電気活動の表示には、三次元脳波トポグラフィにより、実体に即した三次元マップを行うのが適切である。

本研究では、頭皮上より導出された脳電位変化を頭部曲面上にマッピングする手法の開発と、その三次元マッピングモデル手法について行った。

### [材料ならび方法]

脳波データは、頭皮上の導出ポイント(チャンネル)ごとに導出し、各導出された微弱な脳電位変化は、各チャンネルごとに脳波計を用いて増幅し、このアナログ信号出力をA/D変換器によりデジタル化したものを利用した。

三次元脳波トポグラフィのマッピング表示のハードウェアには、パーソナル・コンピュータを利用した。このコンピュータの機種は、アップルコンピュータ社(Apple computer Inc.)のPower Macintosh 8100/80AVである。このコンピュータの主記憶容量は16MByte、ディスク容量は500MByteである。また、ソフトウェアである表示プログラムの開発には、メトロワークス社(Metrowerks Inc.)のCodeWarrior C compilerを用いて開発した。

脳波トポグラフィを三次元空間マッピングする三次元頭部イメージは、X-軸、Y-軸、Z-軸より構成される三次元座標軸上にメッシュ・フレームモデルとして構築した。三次元頭部イメージを構成する各ポイントの座標データは、 $(X, Y, Z, C)$ で表現している。この表現で示される各パラメータX、Y、Zは、それぞれX座標上の位置、Y座標上の位置、Z座標上の位置を示し、Cは描画表現色を示している。各座標上のポイント数は-32768から32767までであり、描画設定可能な色は3200色である。

### [結 果]

開発したプログラムにより脳電位変化を三次元脳波トポグラフィとして表示することが可能になった。

三次元脳波トポグラフのマッピングおよび表示は、4つの部分から構成された。各構成部分は、(1)脳波信号の二次元平面へのマッピング、(2)二次元脳波トポグラフの三次元軸上データ書式への変換、(3)三次元頭部イメージ上へのマッピング、(4)最終的なマッピングイメージの可視描画である。

(1)頭皮上の各導出ポイントから得られている脳波信号データより24×24の二次元平面上にトポグラフマッピングを行った。導出されていないポイントの脳波信号は、近傍の導出ポイントより補完してデータを求めた。(2)二次元座標軸上に展開されたトポグラフマップを三次元座標軸上の三次元頭部イメージに再マッピングを行った。この三次元マッピングに必要となる座標データと濃度表現データを前記した〈X、Y、Z、C〉表現書式へデータ変換を行った。(3)三次元座標軸上の表現書式へ変換されたデータは、コンピュータのメモリ上に再配置が行われた。このメモリ上におけるデータの再配置の目的は、三次元イメージをコンピュータのディスプレイに描画を行うグラフィックスアダプタへのデータ転送効率の最適化を行うことである。(4)三次元座標上の頭部イメージにマッピングされた脳波トポグラフの視角位置は自由に設定できるように座標軸上で回転できる。左右および上下の回転方向の指定は、マウスによって操作設定でき、容易な操作性が得られた。

三次元座標軸上の頭部イメージの回転は、マッピングされた各描画ポイントに対して回転角に応じた移動距離を計算後、マッピングを行うことにより再描画させることとした。また、脳波ムービング・トポグラフでは一秒間に25.7フレームの描画速度が得られ、三次元脳波マッピングでは一秒間に6.5フレームの描画速度が得られた。

#### [考 察]

今回の研究により脳波トポグラフの三次元マッピングと描画、三次元脳波トポグラフの動的表示、三次元マップの回転を行う新しい手法が開発された。三次元表示が可能になったことにより、患者の脳波データから三次元構築された脳波トポグラフ・マッピングを実現した。従来より、二次元脳波マッピング法を利用すれば、脳波信号チャートからの判読と比べて、器質的疾患の局在部位、精神的活動部位などを有効に表示することが可能であった。さらに三次元脳波トポグラフ・マッピングによる表示では、三次元空間的な分布を把握することが可能になった。また、脳波信号の時系列的変化を動的に表示するムービング・トポグラフ法の三次元表示も可能となった。これにより三次元座標に展開された頭部イメージ上での脳の電気的活性部位の動的変化と強度を情報として得ることができ、今後の研究を容易とした。

#### [結 論]

従来より脳波トポグラフの描画システムは存在しているが、脳波計と一体として装備されているか、あるいは脳波計の付属システムであった。さらに三次元描画を行うには特殊な高性能ワークステーションを必要としていた。しかし、本研究により一般的なパーソナルコンピュータ上で動作させることが可能となった。このことは脳波検査を含む生理検査領域でのシステム化を推進させるとともに血液・生化学検査とは独立したシステムとして歩んでいた個別のシステムを臨床検査システムとして統合させることになり、患者病態の把握により適宜な情報提示を可能とするものである。

## 論文審査の結果の要旨

従来の脳波は、頭皮上の複数の導出点から脳電位変化を時間軸に沿って記録する一次元表示法によるもので、波形の所見から病態あるいは空間的分布を推定するしかなかった。1970年代後半になって開発された二次元マッピングによる脳波トポグラフは、頭皮上の脳電位変化を二次元平面として空間的に表示するため、視覚的・空間的に脳電位変化を捉えやすくなった。しかし、本来、頭皮は三次元曲面を構成しているので、三次元マッピングの方がより望ましい。

近年、MRI で三次元表示された大脳皮質上に脳電位変化を三次元的にマッピングする方法が開発されているが、三次元マッピングを高速化する専用の画像処理ハードウェアユニットを利用しているため、極めて高価で一般実地臨床への活用は極めて困難である。そこで申請者は、専用の画像処理ハードウェアユニットを利用することが不要で、しかも一般に普及しているパーソナル・コンピュータによりソフトウェアのみで、簡便に標準頭皮上へ三次元的に高速マッピングする方法を開発した。

頭皮上の16チャンネルの電極より導出された脳電位変化を日本光電(株)製ニューロトップ MME-3132を用いて増幅し、Computer Boards 社製 CIO-AD16Jr を用いて A/D 変換し、Apple Computer 社製 Power Macintosh 8100/80AV を用いて、以下のプログラムにより、三次元マッピングを行った。

三次元頭部モデルのイメージを構成する X、Y、Z の各軸上のポイント数は、-32768～+32767 で、描画可能な色は3200色である。以下の四つのプロセスを経る。

- (1) 脳波信号の二次元平面へのマッピング (補完法を用いて24×24の二次元平面上へ)
- (2) 二次元脳波トポグラフの三次元軸上データ書式への変換
- (3) 三次元頭部イメージへのマッピング (コンピュータのメモリ上に再配置)
- (4) マッピングイメージの可視描画(データを汎用のグラフィックスアダプターへ転送し可視化する)

更に三次元座標上の頭部イメージにマッピングされた脳波トポグラフの視角位置を自由に設定できるように、座標軸上で回転できることを可能にし、医師の可視効率を向上させた。

今回の研究の結果、以下のような所見と結論を得た。

- 1) 脳波トポグラフの三次元マッピングと描画、三次元脳波トポグラフの動的表示、三次元マップの回転を行うソフトが開発された。
- 2) 器質的疾患の局在部位、精神的活動部位を、通常のパーソナル・コンピュータを用いて安価に、三次元空間的に把握することが可能になった。
- 3) 脳波信号の時系列的変化を動的に表示するムービング・トポグラフ法の三次元表示も可能となった。
- 4) 三次元マッピングを高速化する専用の画像処理ハードウェアユニットを利用していないため、他のコンピュータシステムに対するソフトウェアの移植性が高い。
- 5) 三次元マッピングを実行するプロセスが分割されているため、処理機能の分散化により、将来的に病院情報システムのネットワークなどを通じて複数のコンピュータ上で利用することが可能となり、医療情報学のみでなく臨床医学的にも価値が高い。
- 6) ネットワークの拡張として将来の遠隔医療におけるコンサルテーションを支援するシステムへの拡充の可能性を示唆している。

### [本論文の評価]

本論文内容の説明の後、論文内容と関連の深い以下の点について申請者との間に質疑応答がなされた。

- 1) EEG の artifacts の除き方

- 2) フーリエ変換以外に使った変換法
- 3) 採用した頭部モデルの内容
- 4) 側頭葉内側面の電位変化の記録法
- 5) 誘発脳電位への応用
- 6) 浜松医科大学での臨床応用
- 7) 臨床応用の際の費用
- 8) 医学以外への応用
- 9) 三次元描画法の環境工学分野への応用
- 10) 超音波断層像の三次元表示への応用
- 11) 血管造影法における時間軸を基準にした血流速度測定への応用
- 12) 三次元データを効率よく保存する手法について

以上の質問に対する申請者の解答は適切であり、脳波を常用のパソコンを使って安価に三次元表示することを可能にした意義は大きく、本論文は博士（医学）の学位を授与するに十分な内容であると審査員全員一致で判定した。

論文審査担当者 主査 教授 植 村 研 一  
副査 教授 森 則 夫 副査 講師 宮 嶋 裕 明