双極子追跡法によるてんかん源性電源の推定:手動ゼロ電位補正による評価

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 啓一, 南部, 裕子, 和田, 有司, 太田, 和秀, 橋本, 琢磨, 越野, 好文 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/44248

＜脳波・筋電図の臨床＞

双極子追跡法によるてんかん源性電源の推定

手動ゼロ電位補正による評価

Dipole tracing method applied to estimate epileptic source generator ; Evaluation with manual zero potential shifting

田中　啓一　　南部　裕子　　和田　有司
太田　和秀　　橋本　琢磨　　越野　好文

はじめに

双極子追跡法（dipole tracing method，以下DTM）は，頭皮上の電位分布より生体内電源を等価電流双極子として3次元的に生体モデル内に推定する方法であり，1987年に Homma らによって開発された[1]．

これまでにDTMを用いててんかん性突発波の電源推定を試みた研究[2)3)]がいくつかある．しかし，従来の方法では平均電位をゼロ電位として用いているため，棘波の立上がりにゼロ電位を設定できない．推定された等価電流双極子の信頼性の目安となる双極子性（dipolarity）が高値となるためには，棘波が高電位であることが必要なことから，特に低振幅棘波を平均ゼロ電位で解析した場合，高値の双極子性を得ることが困難になると考えられる．われわれは，てんかん性棘波の電源推定に関する報告[4]のなかで，双極子性は低振幅棘波の解析において低値となる傾向を認めることに加えて，棘波の立ち上がりにゼロ電位を設定することで，低振幅棘波でも高値の双極子性が得られる可能性を指摘した．

本研究では，従来のDTMプログラムに手動ゼロ電位補正機能を導入することで，低振幅棘波のDTM解析において高値の双極子性が得られることを，平均ゼロ電位による解析結果との比較から報告する．

Ⅰ．対　　象

対象は脳性麻痺と重度精神発達遅滞を重複し，頭皮脳波上において側頭部棘波が認められ，局在関連性てんかんと診断された男性2例，女性1例の計3症例である．年齢は30～39歳（平均35歳）であり，発作型は複雑部分発作および二次性全般強直・間代性けいれんである．

Ⅱ．方　　法

脳波は発作間欠期の睡眠時脳波を国際標準10－20法を用い，F_3，F_4，T_3，T_4，P_3，P_4，Cz を除く12部位から記録した．基準電極はS/N比を大きくするため，棘波の優位側と対側の耳朶に置いた．脳波記録は一度データレコーダー SR51（ティアック製）に収録し，解析に供した．今回使用したプログラムは，従来の平均ゼロ電位を用いた方法に加え，手動ゼロ電位補正機能を備えた第1世代のDTM[5]，Dipole tracing No.200 special version である．解析にあたっては，Signal Processor 7 T 18 A（日本電気三栄製）を使用し，棘波のピークを中心に4～6 msec の間隔で7ポイントを解析した．1個の棘波の解析により得られた7個の推定電流双極子のうち，最も双極子性の高い1個の推定電流双

Tanaka Keiichi：石川療育センター；Nanbu Yuko：金沢大学医学部附属病院検査部；Wada Yuji（講師），Koshino Yoshifumi（教授）：同 医学部神経精神医学教室；Ohta Kazuhide：同 小児科学教室，石川療育センター；Hashimoto Takuma（教授）：金沢大学医学部臨床検査医学教室
Address/Tanaka K；Ishikawa Ryoiku Center, KANAZAWA 920－11

極子を採用した.

DTM 解析はすでに報告されている方法[5]に従った. まず任意の電流双極子を仮定し, 仮定電流双極子が生ずる電位分布を計算し, 実際に記録された電位分布との二乗差を求める. 次いで仮定電流双極子を移動させていき, この値が最小となるように電流双極子の推定を繰り返す. 推定電流双極子の信頼性の目安となる双極子性(D)は, $D^2 = 1 -$(最小二乗誤差)/(実測電位分布の二乗平均)で定義され[5], 百分率で表される. 実際には雑音成分の混入などで双極子性は完全には100%にならない. 本間[5]は信頼できる双極子性の値を98%以上としているが, 推定電流双極子の局在の比較を容易にするため, 今回は99%以上に設定した.

手動ゼロ電位補正の方法を図1に示す. 図1AはDTM 解析のために取り込んだ5秒間のサンプル波形である. 縦線で囲まれた部分を時間軸方向へzooming した波形が図1Bである. 図1Cの縦線は zooming 波形における棘波の解析区間を表す. 横線は平均ゼロ電位レベルであるが, ゼロ電位は棘波の立ち上がりに揃っていないことが示されている. 図1Dには各チャンネルごとに手動でゼロ電位を移動させて, 棘波の立ち上がりにゼロ電位を揃えた状態を示した.

今回の研究では, 50μV を境界として高振幅棘波と低振幅棘波に分類し, 50μV 未満の低振幅棘波については手動ゼロ電位補正および平均ゼロ電位を用いて解析した. 50μV 以上の高振幅棘波については, 平均ゼロ電位を用いた方法で解析した. これらの方法によって得られた推定電流双極子の双極子性と局在とについて比較し, 手動ゼロ電位補正の有用性を検討した.

Ⅲ. 結　　果

1. 双極子性

各症例ごとに8個の高振幅棘波と8個の低振幅棘波を対象として解析した. まず, 平均ゼロ電位により高振幅棘波を解析した結果, 99%以上の双極子性を有する推定電流双極子は, 症例1では7個, 症例2では6個, そして症例3では6個であった. 個々のデータについては表1Aに示したが, 平均双極子性は, 症例1では99.7%, 症例2では99.4%, そして症例3では99.6%であった.

低振幅棘波を手動ゼロ電位補正を用いて解析し, 99%以上の双極子性が得られた推定電流双極子は, 症例1では6個, 症例2では4個, そして症例3では7個であった. 表1Bに示すように, 手動ゼロ電位補正を用いた場合の症例1の平均双極子性は99.3%, 症例2では99.6%, そして症例3では99.4%であり, 高振幅棘波を平均ゼロ電位を用いて解析した結果とほぼ同等の高値の双極子性が得られた.

次いで, これらの低振幅棘波を従来の平均ゼロ電位のままで解析した結果を表1Cに示す. この場合, 99%以上の双極子性を示した推定電流双極子は, 症例2で1個得られたのみで, 平均双極子性は3症例とも96%台にとどまり, 手動ゼロ電位補正による解析結果と比較して双極子性は低値を示した.

2. 推定電流双極子の局在

高振幅棘波を平均ゼロ電位を用いて解析し, 99%以上の双極子性を有する推定電流双極子群を図2Aに示す. 各症例とも水平断においては棘波の認められた優位側に一定の収束傾向を示した. また, 矢状方向についてはほぼ3カ所に推定される傾向を認めた.

低振幅棘波を手動ゼロ電位補正で解析して得られた99%以上の双極子性を有する推定電流双極子群の局在を図2Bに示す. この場合は, 各症例とも高振幅棘波を平均ゼロ電位で解析して得られた推定電流双極子群の局在にほぼ一致した.

低振幅棘波を平均ゼロ電位のままで解析して得られた推定電流双極子の局在を図2Cに示す. この場合は, 上述の高振幅棘波の平均ゼロ電位を用いた解析および低振幅棘波の手動ゼロ電位補正を用いた解析によって得られた局在とは一致せず, 散在傾向を示した.

Ⅳ. 考　　察

従来のDTMプログラムでは平均電位をゼロ電位として用いているが, この方法では棘波の立ち上がりにゼロ電位を設定することが困難であり, 多くの場合, 棘波の立ち上がりと設定ゼロ電位とに誤差が生ずる. 一方, 双極子性は前述のように, 実測電位と仮定電流双極子が生ずる電位分布との2乗差と実測電位の2乗平均の比を1からマイナスした値の平方根値で定義されるため, 高値の双極子性を得るた

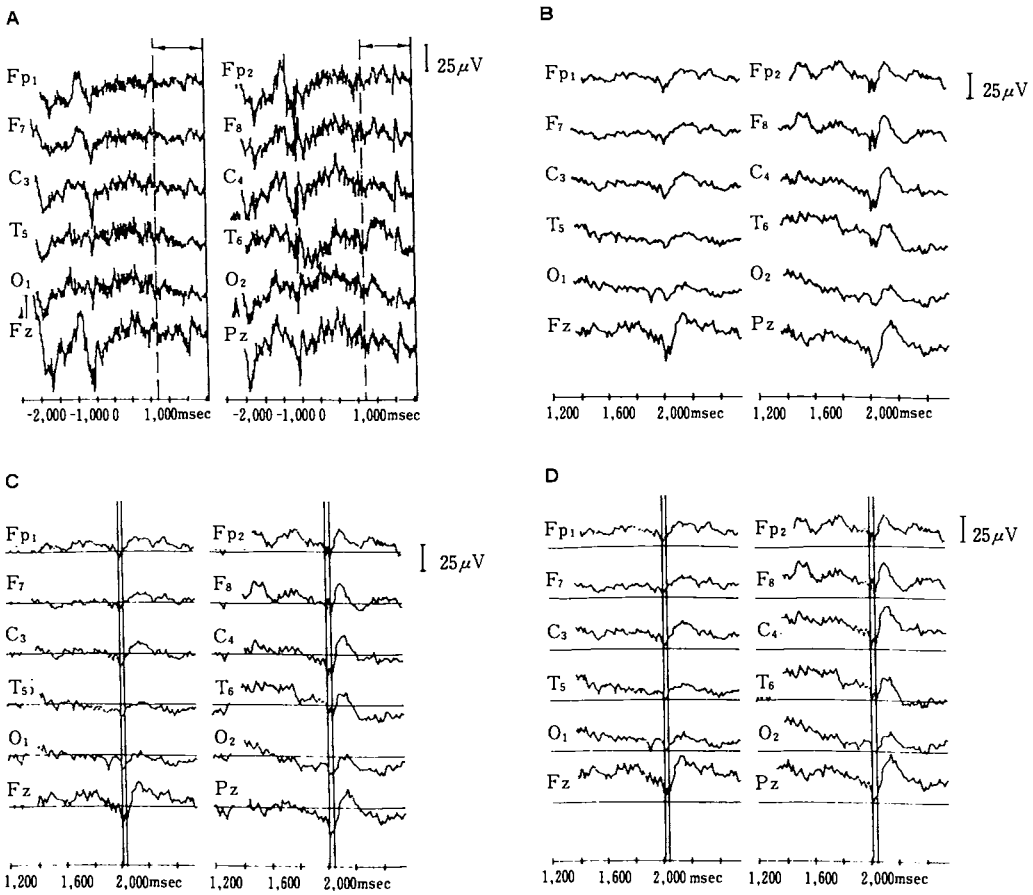

図1　手動ゼロ電位補正

A：DTM 解析のため取り込んだ5秒間のサンプル波形と zooming 区間（矢印内）
B：zooming 波形
C：zooming 波形上に平均ゼロ電位（横線）と棘波の解析区間（縦線で囲まれた部分）を表示した．
D：zooming 波形上に手動により設定したゼロ電位（横線）と棘波の解析区間（縦線で囲まれた部分）を表示した．

めにはより高い電位を必要とする．十分な電位を有する信号，すなわち高振幅棘波の解析においては，棘波の立ち上がりと設定ゼロ電位との誤差をある程度は無視できる．一方，低振幅棘波の解析においては，この誤差と棘波の電位間の比が増大することから，棘波の立上がりにゼロ電位を設定することが必要となる．

以上の問題点を考慮し，本研究では手動によって各チャンネルごとにゼロ電位を設定する方法である手動ゼロ電位補正（manual zero potential shifting）を導入し，低振幅棘波の解析を行った．その結果，従来の平均ゼロ電位を用いた解析では，推定電流双極子の双極子性の平均はいずれの症例でも96％台にとどまり，推定電流双極子の局在も散在傾向を示したのに対し，手動ゼロ電位を用いた場合の双極子性の平均は，症例1では99.3％，症例2では99.6％，そして症例3では99.4％と3症例ともに99％以上の高値を示した．さらに，推定電流双極子の局在においても3カ所に収束し，高振幅棘の解析結果とほぼ一致した．

以上のように，低振幅棘波を手動ゼロ電位補正を用いて解析することで，推定電流双極子の双極子性および局在ともに平均ゼロ電位で高振幅棘波を解析した場合と同等の結果が得られることが示され，低

表1 双極子データ

解析法			A 高振幅棘波を 平均ゼロ電位で解析	B 低振幅棘波を 手動ゼロ電位補正で解析	C 低振幅棘波を 平均ゼロ電位で解析
症例1	電位 (μV)		65～80	15～25	15～25
	双極子性(%)	棘波1	99.7	99.5	98.8
		2	99.7	99.6	96.3
		3	99.4	99.3	95.8
		4	99.6	99.0	N. C.
		5	99.9	99.0	96.4
		6	99.8	99.4	N. C.
		7	99.9		
		平均値	99.7	99.3	96.8
症例2	電位 (μV)		60～90	20～40	20～40
	双極子性(%)	棘波1	99.4	99.6	97.6
		2	99.4	99.6	94.5
		3	99.3	99.4	93.8
		4	99.1	99.9	99.5
		5	99.4		
		6	99.6		
		平均値	99.4	99.6	96.4
症例3	電位 (μV)		60～90	30～40	30～40
	双極子性(%)	棘波1	99.6	99.6	96.8
		2	99.8	99.3	97.5
		3	99.4	99.6	98.5
		4	99.5	99.7	92.6
		5	99.9	99.3	96.4
		6	99.5	99.3	97.5
		7		99.2	96.6
		平均値	99.6	99.4	96.6

高振幅棘波：50μV 以上，低振幅棘波：50μV 未満，N. C. : Not calculated

振幅棘波のDTM解析における手動ゼロ電位補正の有用性が示唆された．

側頭部の低振幅棘波については正常所見とする報告[6]，てんかん性異常波であるとする報告[7]があり，その臨床的意義については必ずしも一定の見解に達していない．松浦ら[8]は，左側海馬傍回皮質下の血管腫が疑われた1症例に磁気脳波を利用したDTMを適用し，側頭部の高振幅棘波と低振幅棘波の起源が同一であったことを報告している．本研究で対象とした3症例についても，高振幅棘波を解析して得られた推定電流双極子と低振幅棘波を手動ゼロ電位補正を用いて解析した推定電流双極子の局在はほぼ一致していた．したがって，今回の症例においては，高振幅および低振幅棘波ともに同一の発生起源を有するてんかん性異常波であることが示唆される．

本研究で示されたように，手動ゼロ電位補正をDTMに適応することで，低振幅棘波の臨床的意義および病態がさらに明らかにされるものと考えられるが，特にMRIやSPECTなどの画像所見との対比を含めた検討は今後に残された重要な課題と思われる．

まとめ

従来のDTMに手動ゼロ電位補正を導入し，てんかん源性電源の推定について側頭部棘波を認める局在関連性てんかんの3症例で検討した．その結果，手動ゼロ電位補正で低振幅棘波を解析して得られた

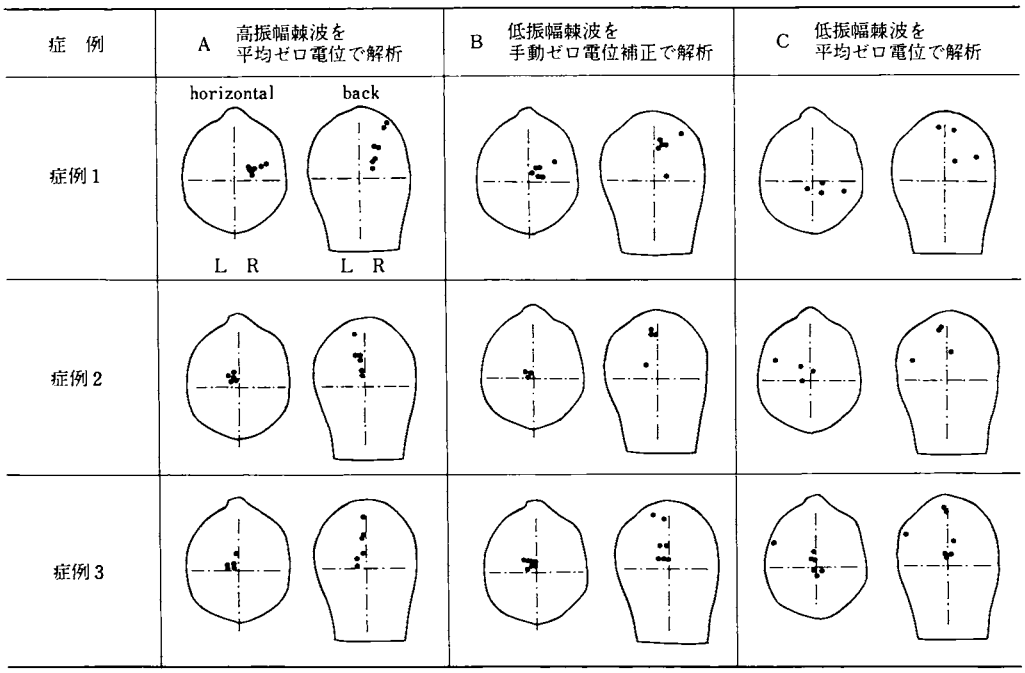

図2　推定電流双極子の局在の比較

上段，中段，下段は各症例1，2，3，の各推定電流双極子の局在を示す．
A：50μV 以上の高振幅棘波を平均ゼロ電位で，解析した99%以上の双極子性を有する推定電流双極子の局在
B：50μV 未満の低振幅棘波を手動ゼロ電位補正で解析した99%以上の双棘子性を有する推定電流双極子の局在
C：50μV 未満の低振幅棘波を平均ゼロ電位で解析して得られた推定電流双極子の局在

推定電流双極子は，平均ゼロ電位で高振幅棘波を解析して得られた推定電流双極子と同等の高値の双極子性を示した．さらに，推定電流双極子の局在においてもほぼ一致した．一方，低振幅棘波を従来の平均ゼロ電位を用いて解析した場合は低い双極子性を示し，局在も散在傾向を示した．今回の研究から，低振幅棘波の DTM 解析における手動ゼロ電位補正の有用性が示唆された．

本研究を施行するにあたり，日本電気三栄（株）第一技術本部・脳神経データ処理開発部，大木昇氏の多大な御協力をいただいた．

本研究の一部は第129回北陸精神神経学会（1994年9月4日，富山）において報告した．

文　献

1）Homma S, Nakajima Y, Musha T et al : Dipole tracing method applied to human brain potentials. J Neurosci Meth 21 : 195－200, 1987.

2）岩佐博人，古関啓二郎，柴田忠彦 ほか：てんかん性棘徐波複合の発現に関与する脳内電源の分析．臨床脳波 35 : 319－325, 1993.

3）吉永治美，水川美智子，佐藤正浩 ほか：Rolandic spikes の dipole tracing 法による検討．臨床脳波 34 : 219－223, 1992.

4）田中啓一，滝沢裕子，堀田真由美 ほか：双極子追跡法のてんかん源性電源推定への適用．北陸神経精神医学 7 : 41－46, 1993.

5）本間三郎：SSB（頭皮，頭蓋骨，脳組織）頭部モデルの双極子追跡による脳電位発生源の推定と臨床応用．臨床脳波 36 : 10－18, 1994.

6）White JC, Langston JW, Pedley TA : Benign epileptiform transients of sleep. Clarification of the small sharp spike controversy. Neurology 27 : 1061－1068, 1977.

7）斎藤文男，福島　裕，久保田修二 ほか：Small sharp spike の臨床脳波学的意味．脳神経 35 : 221－227, 1983.

8）松浦雅人，大久保善郎，寺崎太洋 ほか：側頭部鋭波と小棘波の発生源の推定．精神科治療学 9 : 1161－1165, 1994.