

双極子追跡法による体性感覚誘発電位, SEP の解析

本間 三郎 廖 登稔 西川 弘恭

明治鍼灸大学大学院 機能学

まえおき

H. Berger (1927) が脳波を頭皮電極により記録して以来, 人間の脳活動を知る唯一の手段として, その記録法は大いに進展してきた. 真空管による増幅技術の進歩により, 安定した多数の頭皮電極が用いられるようになり, 脳活動の個所が大ざっぱに推定されるようになった. てんかんの発作電位の記録などから, 脳波の臨床応用は, その留まることを知らぬ急いであつた. しかし沢山の電極を用いても, それでもなお記録されていない部分が残る. コンピューター計算は電極間の空間の電位を補完法により補い, 頭皮上の表面の等電位図を描いた. これが脳波のトポグラフィである. しかしこの等電位図を求めると云う構想は, 既に S. Goldman (1953) によりマッピング描記として, M.V. Livanov (1956) によりモザイク状描記として, 本間 (1956) により走査式座標記録法として芽生えていた. コンピューター技術のその後の進歩は, 脳波の等電位図の時間的経過を追うことを可能とし, 臨床応用に有用な機器として今や一般化してきている. ただこのトポグラフィは, 脳内の電位発生源を三次元的に見ることができず, その上致命的な欠点は, 電位発生源のベクトル方向により, トポグラフィから推測した電源位置が, 真の位置と著しく異なることがあり得ることである. この欠点を補うため, 十数年前より, 電位発生により生ずる磁界を頭皮上に当てた超伝導素子である, SQUID により記録し, この磁界から逆算して電位発生源の位置を推定しようとする研究が開始された. これが脳磁図 (MEG) であり, 数々の新しい知見が得られてきている. 一方脳波自体の解析から, 脳内電源の位置を三次元的に推定し

ようとする試みも沢山あった (Okamoto et al, 1983; Cuffin 1985; Smith et al, 1985; Meijis et al, 1989; Sidman et al, 1989). この種の研究, すなわち脳波から直接電源を推定するに, その計算上最も障害となっている頭皮, 頭蓋骨と脳実質の導電率の相違を加味する必要があつた. そのための画期的なコンピューターのソフトが開発された. このソフトの有用性や信頼性が, 実験によって確かめられ, その成果が公表された (Homme et al, 1994; Homma et al, 1995). これが双極子追跡法 Dipole Tracing Method, DT法である. 本研究はこのDT法により, 体性感覚誘発電位, SEPを作る脳内電源位置を三次元的に推定した. 一方DT法で推定された電源は以下のようなニューロン機構で作られていると考えられている.

ニューロン間を結ぶシナプスの場において, インプルスが伝達される際, シナプス後ニューロンの膜が脱分極される. この脱分極を電流双極子と見做すことができる. 脳の限られた領野内で, 多くのニューロンが同時に活動し, 脱分極されたとき, これを一個の等価の電流双極子に近似することができる. これを頭皮上に設置した多数の電極により, 脳波として記録する. この頭皮上から記録した脳波から, 計算により等価の電流双極子の位置とそのベクトル成分を, しかも三次元的に推定する. これがDT法である.

正中神経を電気刺激し, 体性感覚誘発電位を記録する. 刺激後早期成分として二三の緩電位が見られる. この緩電位は脳内のシナプス個所に発生した電流双極子により構成されていると考えられている. DT法により推定された電流双極子の位

置とベクトルの追跡から、活動したシナプス個所と活動の大きさの経過を追うことができる。

正中神経の刺激により、まず刺激と同側の脳幹部ニューロンが活動し、次いで反対側の脳幹および反対側の視床内のニューロンが、その後反対側の知覚野のニューロンが活動していることが判明した。

A. 双極子追跡法の実際

2名の成年男子 (TKu と KTa) について行なった。右正中神経を手関節部で0.5msの期間の矩形波脈波で0.8秒に1回の割合で電気刺激した。刺激強度は示指が僅かに収縮する強度の1.2倍である。頭皮上に国際標準の10-20システムに従って配置された21個の表面電極により体性感覚誘発電位 Somato-sensory Evoked Potentials, SEP を記録した。誘発電位は刺激回数512の平均加算である。

被験者は予め、Helical CT scan により5mm間隔の頭部水平断面を撮影する。それにより頭皮、頭蓋骨と脳外形 Scalp, Skull, Brain (SSB) を表わす頭部モデルを作る。コンピューターに収めた体性感覚誘発電位と SSB 頭部モデルから、本双極子追跡法により、SEP の電位発生源を推定する。推定法の理論について詳細な説明は省くが、次のような実施要領で電源位置とその大きさ (ベクトル成分) を推定する。Fig.1

脳内のある個所に、一定の大きさの電流双極子 (Fig.1の棒線の黒丸) を想定する。この電位を電源とした場合、頭皮上に生ずるであろう電位をコンピューターは計算する。これを計算頭皮電位 (Φ_{cal}) とする。この脳電位の計算に際して、予め計測しておいた、頭皮、頭蓋骨と脳の形状の導電率を入れ、計算頭皮電位を正しく計算する。この計算頭皮電位と実測した頭皮電位 (Φ_{meas}) の差を21個の各電極について求める。この差の二乗誤差の和が最小になるよう、コンピューターは想定した電源の位置とその大きさを自動的に変える。最小になったところの想定した電源位置とその大きさが実際の電位発生源であるとする。

しかし最小値を求めたとは言い、まだ各電極で

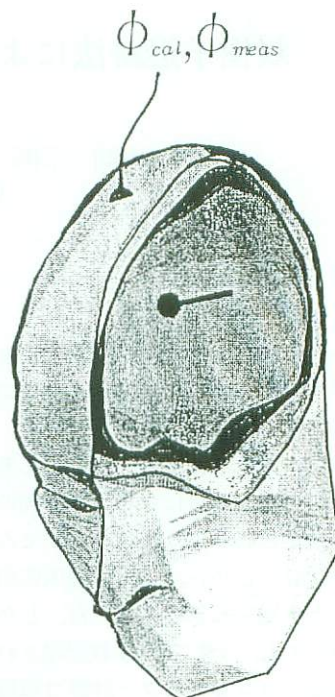


Fig.1 双極子追跡法の原理。黒丸棒線の電流双極子を脳内に想定する。電流双極子による10-20規準に配置された21個の脳波記録用電極に生ずるであろう電位をコンピューターは計算する。 Φ_{cal} である。実測した脳電位を Φ_{meas} とし、 Φ_{cal} と Φ_{meas} の2乗誤差が最小になるよう、想定した電流双極子の位置とベクトルを変える。最小誤差が一定以下になれば、そのときの想定位置に電位発生源があるとする。

計算頭皮電位と実測頭皮電位の差に残りがある。残りが全くなければ、誤差が全くないものとして、推定値は誘発電位の真の発生源を示すことになる。この残りを、パーセントで示したのが双極子近似度 Dipolarity である。この残りがゼロであれば、Dipolarity は100%で表示される。本DT法では、98%以上であれば、推定値は電源を正しく推定していると判断しているが、それとてまだ完全とは云えない。そこで本DT法では、5点推定法を推奨している。連続して (Sampling Time 毎に) 5時点で1-Dipoleを求める。5個の推定値とも1ヵ所に集中しておれば、その位置に真の電源があ

と見做している。

一方本DT法では、脳内に2カ所に電位発生源があった場合でも、その位置とベクトル成分を推定できる。2-Dipole法と云っている。1-Dipole法では計算上の変数が3個あり、2-Dipole法では6個とその変数が多くなる。変数6個までは計算の不正確性を計算できるものとして、本DT法は2-Dipoleまで推定できるものとしている。しかし2-Dipole法を行なう際は、次の手順を踏む必要がある。まず5点1-Dipole法を試みる。Dipolarityが98%以下ではあるが、5点がほぼ一点に集中しているとき、2-Dipole法を実施する。5点が2カ所にそれぞれが集中し、そのDipolarityが98%以上であれば、2カ所に電源があると見てよい。

推定しようとする脳波の電位が小さく、また深部にあると予想されるとき、1-Dipoleを求めても、そのDipolarityが98%以上とならないことが多い。その場合、Dipolarityを高めるなどの操作を試みる必要がある。多くの場合、推定電源とそれに対する背景となっている脳波の電位がさほど変わらない大きさであるとき、本DT法は、全体を纏めて等価の一個の双極子と見做すところに難点があると考えられる。その弊を無くするため、第一にスパイクや緩電位の加算法と第二に既知電源位置固定法が考えられている。前者の電位加算法は電源が同じ位置にあると認められた場合、電位の異なる時点を中心にそれらの電位を加算平均する。本研究では、日を変えて同じ刺激回数のSEPを記録し、両者に共通した波形の同じ時点を中心に電位を加算平均した。加算回数を重ねるにつれ、Dipolarityが高まってくる。一方後者の電位固定法については、既知の電源の位置を固定し、他の脳内の1カ所ないし2カ所の電源を推定した。2カ所の推定でも2-Dipole法の推定であるので変数は6個ですむ。従ってその推定は可能であり、この場合固定点を含み合計3個の電源を推定することができることになる。本研究ではSEPの潜時20ms付近の推定では、大脳皮質の知覚野に発生した電位であることは間違いない。こ

の確定された電位の位置を固定し、それ以前の時点で、この知覚野の電源以外に他の領野の電源を持つと考えられた時点の2-Dipoleを求めた。このようにして推定された二つの電源の一つは、視床の位置にあり、他は側頭部にあった。側頭部の電源は、その時の背景脳波の電源であると考えられる。その時点では、背景脳波の他に視床と既知の知覚野の3カ所に電位発生源があったと云うことになる。

以上のようにして、SEPを構成する電位発生源が確定できれば、それぞれの持つベクトル成分から、電源の電位の大きさを計算することができる。この計算上の数値は任意数として求められる。本研究では同じ位置に電源を有するSEPを連続して求め、SEP波形を構成する電源電位の時間的経過を追跡した。

B. SEPの発生源のDT法による追跡

連続した5時点で1-Dipole法と2-Dipole法による推定を試みる。5点の推定値の集中度とDipolarityの高低から、1カ所ないし2カ所に脳内電位発生源があるかを推定する。

1. 1-Dipole法による脳幹部電源の推定

KTa-1について潜時9.5msから13.6msまで、0.1ms間隔に1-Dipoleを求めた。Fig.2にそれら推定位置を示す。SEPの早い時期ではそのDipolarityは極めて低く、推定位置は広く散在している。Fig.2の下段に示す潜時11.7と13.6msの範囲の推定値のDipolarityは、いずれも98%以上と高い。更にこれを見つと潜時12.0から12.2msの推定値は右寄りの1点に集まりよく重なっている。また潜時13.3msから潜時13.5msまでの3点の推定位置も少し離れてはいるが左側の一点に集中している。

前者の位置は刺激と同側の右脳幹部であり、後者の位置は、反対側の左脳幹部である。両者ともそのベクトル成分は他の推定値に比べ大きく、まず右脳幹部が活動し、引き続き左脳幹部が活動していることを示している。正中神経の刺激に応じた求心性神経が、この脳幹部でシナプスを作っており、インパルスの伝達に際して生じたシナプス

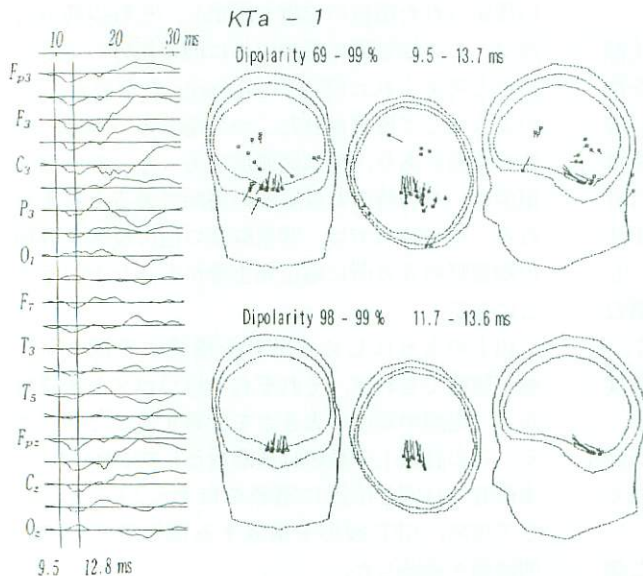


Fig.2 脳幹部電源の推定. KTa-1 の潜時12.0-12.2ms時点の1-Dipole推定値のDipolarityは98.5-98.7%で一点に集中している。そこに電源があり、右脳幹である。潜時13.3-13.5msの時点も同様で、そこは左脳幹である。

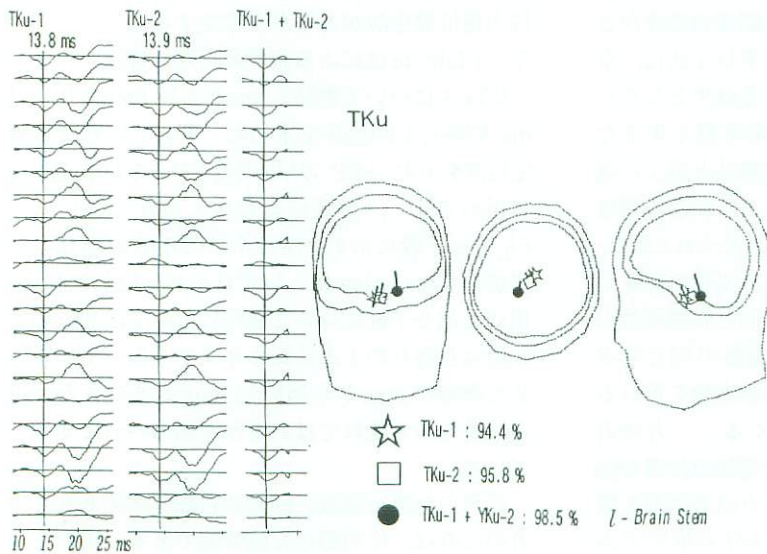


Fig.3 微弱電位加算平均法. TKu-1 の潜時12から13msのDipolarityは98%に達せず電源位置を確定することはできない。TKu-1の潜時13.8msとTKu-2の潜時13.9msの時点を中心に加算平均する。このTKu-1+TKu-2の加算点の1-Dipoleを求めると、そのDipolarityは98.6%と高まった。その推定位置は左脳幹であった。

電位が、この推定された電位であろう。

2. SEPの電位加算平均

電位発生源が深部にあったり、解析しようとする脳波の電位そのものが小さく、背景脳波と区別できぬようなとき、その推定は困難となる。その場合5点の推定値は、集中せず散在し、Dipolarityも低い。実際にはこのような場合が多い。次の二つの操作は、低いDipolarityを高め、脳幹や視床といった深いところにある電源を推定する際に用いられた方法で、そのうちの加算法について実例を挙げてこれを示す。右正中神経を刺激し、SEPを記録する。刺激回数は512回である。日を変えて、同じようにしてSEPを求める。Fig.3に2名の被験者(TKuとKTa)のうち、TKuについて説明する。

日を変えた2回の実験により記録されたSEP波形をTKu-1とTKu-2とし、これをFig.3に示した。両SEP波形はほぼ同形である。TKu-1の潜時13.8msの所に縦線が引かれている。TKu-2の潜時13.9msにも縦線があり、それぞれ縦線の時点を中心に両幅4msにわたり、両SEPを加算した。Fig.3の右側にTKu-1+TKu-2として加算平均した波形を示す。

TKu-1の潜時13.8msの時点の1-Dipole(白星印で示す)とTKu-2の潜時13.9msの時点の1-Dipole(白四角で示す)を求めた。次いで電位波形、TKu-1+TKu-2の加算点の1-Dipole

の推定値(黒丸で示す)を求め、これをFig.3に示す。TKu-1とTKu-2およびTKu-1+TKi-2の1-DipoleのDipolarityは次に示すように変わった。

TKu-1=94.4%

TKu-1=95.8%

TKu-1+TKu-2=98.6%

加算平均したことによって、Dipolarityが98.6%と高くなったので、その推定位置に電位発生源があると見ることができる。その位置は刺激と反対側の左側の脳幹部である。このように推定位置が確定されれば、ベクトル成分の大きさを任意数としてDT法計算から求めることができる。大きさを示す任意数はこの場合0.017であった。

このようにしてDipolarityが98%以下の低い場合でも、同じ波形を示す時点を中心として二つの電位を平均加算すれば、Dipolarityを高めることができる。その結果その時点での電源位置とベクトル成分を推定することができた。同様の操作により、潜時10msから15msにわたるSEP波形を解析した。左脳幹部に電源を持つ電位は潜時13.5msから発生し、潜時15.0msまで続いていた。その間のベクトル成分も任意数の大きさとして求めることができたので、左脳幹部に発生する電位経過を追跡することができた。ただここで述べておかねばならないことがある。本TKu-1+TKu-2の例でも、潜時11msから13msにかけて、1-Dipoleの推定位置は右側の脳幹部の一点に集まっていた。しかしそのDipolarityがいずれも98%以下で、その推定位置に電源があると確定できなかった。しかしFig.2に示したようにKTa-1から1-Dipoleを推定したとき、最初に右側の脳幹部に、引き続き左脳幹部に電位発生源にみられたことを思えば潜時11msから見られた推定値は右側の脳幹部に発生した電位であるとしても、さほど大きな誤りとはならないであろう。

2. 既知電源位置の固定法

背景脳波と同程度の微弱な脳内電位の電源を推定しようとする場合、時間を置いて2, 3カ所の脳波を加算する。陰陽定まらない背景脳波を加算により平均化し、電源を同じくする脳内電位を大きくする。幾分でもS/N比を高めることができる。これが前項の加算平均法であった。

脳内の2カ所に電源があると予想されたとき、そのうちの一つの電源位置が何らかの方法で確定されておれば、その位置を既知の電源位置として固定し、その上で他の電源を推定する。1-Dipole法の推定で、変数は3個である。これで固定された電源を含み、2カ所の電源を知り得たことになるが、変数は3個で済みDT計算上の不安定がそれだけ軽減されることになる。一方脳内の3カ所に電位発生源があると予想されたとき、既知の電源位置を固定した上で、2-Dipole法を行なう。ま

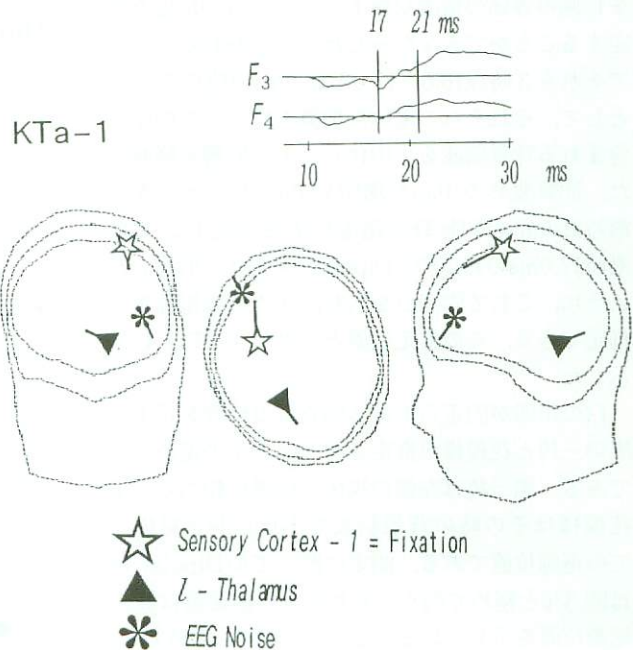


Fig.4 既知電源位置の固定法。TKa-1の潜時21.0msの時点の1-Dipole推定のDipolarityは98.3%と高く、その位置に電源がある。その確定した位置を固定し、潜時16, 17, 18msの時点を中心に電位を加算平均し、その加算点の2-Dipoleを求めた。そのDipolarityは99.4%と高まった。固定点は左知覚野、他は左視床と背景脳波の電源であった。

だ変数は6個であるのでその推定は可能である。推定結果のDipolarityが98%以上であれば、既知電源を含み、合計3個の電源が推定できたことになる。Fig.4にこの固定法を応用した実際例を示す。

KTa-1の例について、潜時21.0msの時点の1-Dipoleを求める。その際のDipolarityが98.3%と高いので、この推定位置に電源があったと見ることができる。その位置は左大脳皮質の知覚野であった。この確定した電源位置を既知のものとして固定し、以下のようにして、それ以前のすなわち潜時17.0ms付近の時点のSEPを解析した。

潜時16.0、17.0と18.0msの時点の1-Dipoleを求める。そのいずれのDipolarityも80%台と低く、3点の推定位置は側頭部に散らばっていた。その際の電源は一カ所でないが、これには電源の定まらない背景脳波が大きく影響していたので、全体を1個の等価の電流双極子として1-Dipole法で推定することができなかったためと思われる。そこでそれら3時点16.0、17.0と18.0msの時点を中心として、それぞれの電位を加算平均し、その中に含まれる背景脳波を平均化し、その影響を軽減した。加算波形の中心を潜時17.0msとした。先の潜時21.0msの知覚野の電源位置を固定し、この潜時17.0msの時点の2-Dipoleを求めた。前述したように、これで固定点を入れ、3カ所の電源まで推定できる。その推定位置とベクトルをFig.4に示した。

白の星印が固定点である知覚野の位置を示す。黒の三角と花模様が推定された2カ所の電源位置である。黒三角は左側の視床の位置に相当し、黒花模様はその時の背景脳波を1-Dipoleと見做しての電源位置である。測定に際してのDipolarityは99.3%と極めて高く、それぞれの推定値は真の電源位置を示していると云ってよい。潜時17ms付近のSEP電位は、3カ所の電源により作られていると見ることができる。

何故このように加算平均法や固定法といった手の込んだ操作手順を踏まねばならぬかと云うと、視床は深部にあり、そこで発生する電位は微弱で、

その時の背景脳波の電位と区別できぬ程度の大きさではなかったかと考えられるからである。一方知覚野にしても視床にしろ、そこでの推定電源はそれぞれの個所のシナプス電位であろう。このようにして電源位置が確定できれば、ベクトル成分の大きさを任意数で示すことができ、知覚野や視床における電位発生経過を追うことができる。

C. SEP 電源の電位経過

DT法により、電位発生源が決定されると、同時に推定されたベクトル成分から、電源電位の大きさを任意数として表示できる。Fig.5に推定した電源位置とその位置における電源電位の発生している期間を示した。

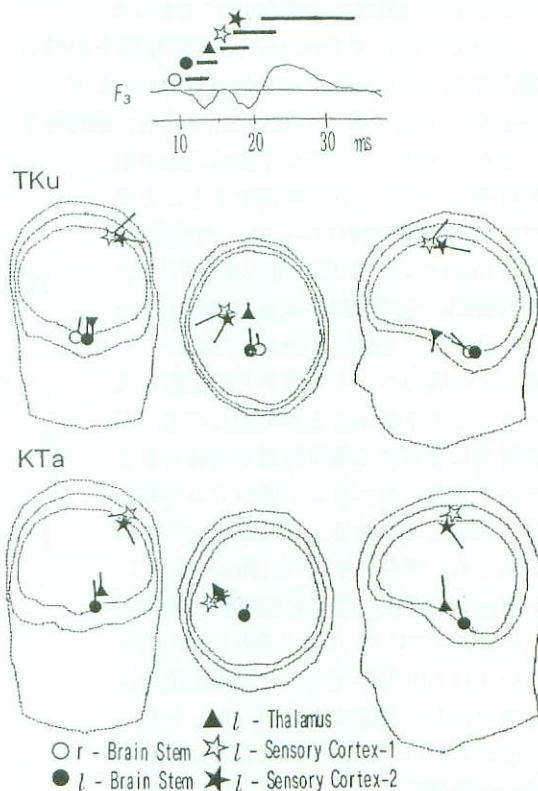


Fig.5 SEP 構成電位の発生源。DT法によりSEPの各時点の電源が推定され、確定された。電源電位はシナプス電位に相当する。SEPが見られてから、最初に右脳幹、次いで左脳幹、その後左視床へと進み、更に左大脳皮質の知覚野に、更にその位置が少し動いて同じ知覚野に電源が移る。

SEPは刺激後その潜時10ms程で発生しているが、その個所は右側の脳幹Brain Stemでこれを白丸で示す。引き続き潜時12ms程でその発生源は左側の脳幹部(黒丸で示す)に移る。潜時15msまで脳幹部電位は続き、その後は視床Thalamusに移る。黒三角で示す。Thalamusに電位が発生している間、途中から知覚野Sensory Cortexにも電位が発生してくる。白星印で示す。これをSensory Cortex-1, SC-1とする。潜時21ms付近から、同じ知覚野ではあるが、電源位置が僅かに異なる所から発生している電位がある。これを黒星印で示す。Sensory Cortex-2, SC-2であるが、両者で明確に異なる点は、そのベクトル方向が違うということである。SC-1の電位は潜時23から24msで終わるが、SC-2の方は23msで始まり35ms位まで持続している。SC-1は皮膚感覚神経から

の3b領野で、SC-2は筋感覚神経からの3a領野で発生した電位と考えられている(Kanamaru et al, 1993)。

このようにSEPの各波形が、どのような電位発生源により生成されたか、その電源位置を推定し、そこでの電位の持続期間も測定した。頭皮からの脳波記録により、本DT法は脳波の電源電位の大きさを任意数として計算できるので、各電源の電位を求め、その時間的経過を描いた。これをFig.6に示した。

SEPの電位は、左右脳幹部と、左の視床そして2カ所の知覚野に発生した電位で構成されていると結論することができる。

ま と め

頭皮、頭蓋骨と脳(Scalp-Skull-Brain, SSB)

の頭部モデルの双極子追跡法(SSB/DT)により、右正中神経の刺激により記録された体性感覚誘発電位(Somato-sensory Evoked Potential, SEP)の電位発生源の位置とそのベクトル成分を推定した。刺激後10から15ms間に見られるSEP波は、まず右脳幹部に発生し、次いで電源は左脳幹部に移る。刺激後15から20msの間、左側の視床に電源は移る。引き続き左大脳皮質の知覚野に電位発生源を見る。知覚野では2カ所に電位が発生している。知覚野の電位は、16から24msの早期に見られる電位と23から35msの後期にみられる電源の電位から成っていることが判った。前者は3b野、後者は3a野に相当してと考えられた。これらの電位は、それら推定個所におけるシナプス電位と考えられる。電位の大きさを任意数として求め、右脳幹、左脳幹、左視床、および左知覚野の各個所に誘発されたシナプス電位の経過を描いた。

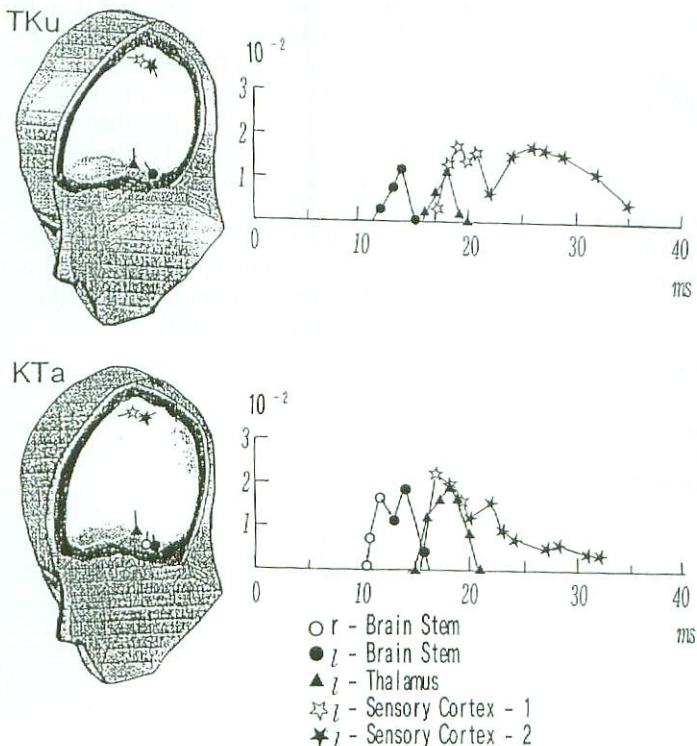


Fig.6 SEP電源の電位経過。DT法によりSEPを構成する電源が求まれば、DT法はその大きさを任意数で表わしてくれる。SEPを構成する電源電位位置とそのベクトル成分に相当する電位の経過を示す。

本総説は第5回明治東洋医学院学術集談会（平成8年1月12日開催）にて特別講演した内容である。

本研究に用いた既知電源位置固定法のコンピュータソフトを提供してくれた千葉工業大学電気工学科岡本良夫助教授と中央電子株式会社宮本啓一氏に深甚の謝意を表する。

文 献

- 1) Cuffin B N, Cohen D, Yunokuchi K, Maniewski R, Purcell C, Cosgrove G R, Ives J, Kennedy J, Schomer D: Tests of EEG localization accuracy using implanted sources in the human brain. *Ann. Neurol.*, 29: 132~138, 1991.
- 2) Goldman S, Spence M R, Lidoviten S: Progress report on electronic mapping of the electrical activity of the heart, *Convention Record of the Inst. of Radio Engineers*, New York, 23~26.
- 3) 本間三郎, 渡部士朗: 走査式座標記録器 Scanning Coordinate Recorder について, *低周波医学*, 1: 1~4, 1957.
- 4) Homma S, Musha T, Nakajima Y, Okamoto Y, Blom S, Flink R, Hagbarth K.-E, Mostroem U: Location of electric current sources in the human brain estimated by the dipole tracing method of the scalp-skull-brain (SSB) head model. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 91: 374~382, 1994.
- 5) Homma S, Musha T, Nakajima Y, Okamoto Y, Blom S, Flink R, Hagbarth K.-E: Conductivity ratios of the scalp-skull-brain head model in estimating equivalent dipole sources in human brain. *Neuroscience Research*, 22: 51~55, 1995.
- 6) Kanamaru A, Shibuya M, Homma I: Origin of Intercoastal Space Tapping-induced Somatosensory Evoked Potential (I-SEP) in Primary Sensory Area in Man. *Am. Rev. Respir. Dis.* 147(4)(suppl), A170, 1993.
- 7) Livanov M V: The mosaic of the bioelectrical potentials of large and small of the cerebral cortex in rabbits. *Thilisi, Academy of Sciences of the Georgian SSR*, 141~149, 1956.
- 8) Meijis J W H, Weiner O W, Peters M J, Van Oosterom, A, On the numerical accuracy of the boundary element method, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, BME-36: 1083~1049, 1989.
- 9) Okamoto Y, Teramachi Y, Musha T, Tsunakawa H, Harumi K: Limitation to the inverse problem in body surface potential mapping, *IEEE Trans. Biomed Eng.*, BME-30: 749~754, 1983.
- 10) Sidman R D, Baker Kearfort R, Major D J, Denson Hill C, Ford M R, Smith D B, Lee I, Kramer R: Development and application of mathematical techniques for the non-invasive localization of the sources of scalp-recorded electric potentials. In: J. Eisenfeld, D. S. Levine and M. Witten (Eds.), *Biomedical Modeling and Simulation*. Elsevier, Amsterdam. 133~157, 1989.
- 11) Smith, D B, Sidman R D, Flanigin H, Henke J, Labiner D: A reliable method for localizing deep intracranial sources of the EEG. *Neurology*, 35: 1702~1707, 1985.

Analysis of the Somato-sensory Evoked Potential by Dipole Tracing

Homma S, Liao T J and Nishikawa H

*Department of Physiology, Graduate School of Acupuncture and Moxibustion,
Meiji University of Oriental Medicine*

Summary: By the Scalp-Skull-Brain/DT (SSB/DT) method the location where originates the Somato-sensory Evoked Potential (SEP) and their vector moment were estimated in human. SEP was recorded by means of giving stimulation on the right median nerve. SSB/DT analysis presented that the early wave of SEP was generated from two parts of the right and left brain stem during 10 to 15 ms after the stimulation and the successive wave were generated from the left thalamus during 15 to 20 ms and two parts of the left somato-sensory cortex during 16 to 35 ms. It is possible to say that these potentials are the synaptic potentials occurred in the estimated location. Since the magnetudes of the synaptic potentials are regarded as arbitrary units, the process of the synaptic potentials that are induced in brain stem, thalamus and somato-sensory cortex was presented.