

---

**原 著**

---

**大脳誘発電位への Wavelet 解析の応用**

木原章一, 生田琢己, 古田典子, 吉松 誠, 大蔵雅夫

徳島大学医学部神経精神医学教室 (主任: 生田琢己 教授)

(平成9年9月26日受付)

大脳誘発電位による内因性精神病を含む精神神経科疾患のための客観的診断の可能性を求めて, 大脳誘発電位波形の解析に Wavelet 解析を応用した。

1. それぞれ成人男性の健常被験者100名, 精神分裂病患者100名, および, てんかん患者99名の大脳誘発電位 (SEP, VEP および AEP) の波形について Wavelet 関数による多重解像度解析を行い, Wavelet 値の分布に, 各被験者群間で有意差 ( $p < 0.01$  および  $p < 0.05$ ) が認められた。

2. Wavelet 値の分布の違いから構成した判別法によって, その被験者の大脳誘発電位波形から, その被験者の所属する被験者群を判別すると, 大脳誘発電位波形の15~600msec の時間帯について解析した場合に, 最も高い検出率が得られ, それぞれ健常者, 精神分裂病患者, および, てんかん患者について, それぞれ89%, 87%, 88%の検出率が得られ, 大脳誘発電位による客観的診断の可能性が実証された。

1980年代初頭に Morlet<sup>1,2)</sup>による” wavelet of constant shape” を使った新しい周波数解析法が開発された。これは後に, ” Wavelet 解析” と呼ばれ, 理論の展開とともに, 音響学, その他の工学的分野<sup>3~8)</sup>へ応用されてきたが, 医学領域への応用はまだ少ない。本研究では, 当教室において組織的に行われてきた大脳誘発電位研究の究極の目的である, 「大脳誘発電位による内因性精神病を含む精神神経科疾患のための客観的診断」の可能性を追求して, 大脳誘発電位の波形解析へ, ” Wavelet 解析” を応用することを研究し, 応用して, 成果を挙げることができた。

**研究対象**

すべて成人男性を被験者とした。健常被験者100名(20~34歳, 25.4±3.1歳)は全員, 脳疾患, 精神病, てんかんの既往はなく, 向精神薬物の使用者ではなく, 正

常脳波であった。患者は当科の外来および入院患者として診療(薬物療法)を継続されており, 臨床診断の確定している患者であった。とくに精神分裂病患者100名(17歳~74歳, 31.6±10.4歳)はすべて国際疾病分類 ICD-10 の F20 精神分裂病の F20.0~F20.9 に該当していた。てんかん患者99名(19歳~78歳, 35.9±13.1歳)はすべて ICD-10 の G40 てんかんの G40.0~G40.4 に該当していた。これらの被験者から, 所定の脳波検査の際に, または脳器質疾患等を除外するための脳波検査の際に, 約10分間にわたって, 大脳誘発電位を含む脳波が同時並行して記録された。これらの被験者は, 本研究について十分に理解して同意した。

**研究方法****1 大脳誘発電位(SEP, VEP, および AEP)の記録方法**

各被験者は頭皮上に10-20国際電極法に準拠して記録電極を装着した後, 24-25℃に保たれたシールドルームの中の記録用椅子に静臥閉眼状態で, SEP, VEP および AEP を含む脳波を記録された。

SEP(Somatosensory Evoked Potential, 体性感覚誘発電位)の記録誘導は, 単極誘導(C3'→A1+2)<sup>9)</sup>, および頭頂より6.5cm左側(刺激対側)に位置する傍矢状線上で, 2cm後方のC3'と5cm前方のF3'を結ぶ双極誘導(C3'→F3')<sup>10,11)</sup>を用いた。VEP(Visual Evoked Potential, 視覚性誘発電位)の記録誘導は, 第2誘導(O1→A1+2)および, 第5誘導(O1→Cz)<sup>12)</sup>を用いた。AEP(Auditory Evoked Potential, 聴覚性誘発電位)の記録誘導は, 第3記録誘導(Cz→A1+2)および第6記録誘導(Cz→T5)<sup>12)</sup>を用いた。

SEP記録のための電気刺激はパルス幅0.5msec<sup>9)</sup>の単発矩形波で, 右手関節部で経皮的に, 拇指球筋の収縮閾値電圧(平均85.2±20.6V, 範囲42.3~133.2V)で正中神経を刺激した。VEP記録のためには, 遮音した

Retinograph MSR-2 R(日本光電, 以下特記なければ同じ)の xenon 管から0.6joule のエネルギーの単発閃光を, 被験者の閉眼した両眼臉上30cm の距離から照射した。AEP 記録のためには, 音刺激装置(SSS-3100)からの110dBの単発 click 音が, 1対のスピーカー(Foster SH1 0,8ohm)を介して80cm の距離から両耳に同時に与えられた。

電気刺激の1秒後に, 閃光刺激を, その2秒後にクリック音刺激を, さらに2秒後に次の電気刺激を与えるサイクルを繰り返して, 被験者の意識水準を一定に保たせ, 脳波で監視しながら, それぞれ SEP, VEP および AEP を含む脳波を同時平行して記録した。

それぞれ前記記録誘導から誘導された, それぞれ SEP, VEP および AEP を含む脳波は, Preampfier AB-622M を用い, 時定数0.1sec, 高域フィルタ100Hz で, hum 除去機構を作動させず増幅され, それぞれ電気刺激, 光刺激および音刺激と同期する trigger pulse とともに, それぞれ Data Recorder RX-50L(TEAC)の各 channel に録磁された。

## 2 SEP, VEP および AEP の data 処理

Data Recorder に録磁されたそれぞれ SEP, VEP および AEP を含む脳波を, 眼球運動, 筋電図などのアーチファクトを視察によって除去し, それぞれに対応する trigger pulse を用いて再生しながら, 加算平均装置(ATAC-210, 日本光電)によって解析時間1024msec にて100回加算平均して, 個々の SEP, VEP および AEP を記録し, PANAFACOM U-1100によって digital data として floppy disk に録磁した。個々の大脳誘発電位の波形は, 記録機器系の状態などの脳外の諸条件による基線の偏りや傾斜を, 最小二乗法により基線からの各瞬間値の二乗和が最小になるように基線を修正した後に, 汎用コンピュータで処理された<sup>13)</sup>。

## 3 Wavelet 解析

本研究では, Wavelet 関数の two-scale 関係<sup>14-18)</sup>を利用し, 2進離散解析<sup>19)</sup>を行い, 10解像度まで求めた。各解像度でのスケーリング係数<sup>19)</sup>と Wavelet 係数<sup>20)</sup>を求めた。各離散データを補間する補間関数を構成し, その補間関数により, 従来の信号解析と同様に時間周波数解析を各波形に対して行なった。

個々の大脳誘発電位波形  $f(t)$  を,  $\psi$  を analyzing wavelet 関数<sup>21)</sup>として次式によって Wavelet 変換した。

$$(W_{\psi f})(b,a) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\Psi\left(\frac{x-b}{a}\right)} dx$$

そして Wavelet 値を次のアルゴリズムによって求めた。

- (1) 多重解像度解析により, スケーリング係数と, Wavelet 係数に分解する。
- (2) 各解像度における Wavelet 係数の2乗和の平均値を各階数における Wavelet 値とする。

上記の (1), (2) の手順を10回繰り返して, 解像度を上げた。

- (1) の計算法は, Chui<sup>3)</sup> に従い以下のようにした。

$$f(x) = \sum_j \sum_k \alpha_{j,k} \Psi_{j,k}(x)$$

計算は, 数式処理ソフト Mathematica (Wolfram Research, Inc.) を利用した。

判別方法は, その被験者の SEP, VEP および AEP の各波形の Wavelet 値が, t-検定で, それぞれの階数における健常者, 精神分裂病患者, および, てんかん患者の各被験者群の Wavelet 値の平均値の分布の95%信頼区間に入るものの数が一番多い被験者群名を, その被験者の属する被験者群名と判断 (診断) した。

## 4 解析の対象とする大脳誘発電位波形の時間帯

解析の対象とする大脳誘発電位波形の時間帯を, どの範囲にしぼることによって最も良い判別率(検出率)が得られるのかを調べた。

SEP については, 安定して認められる短潜時成分 N1 の潜時が約20sec であり, 著明な長潜時成分 P4 ~ N6 はすべて潜時350msec 以内にある。また VEP について

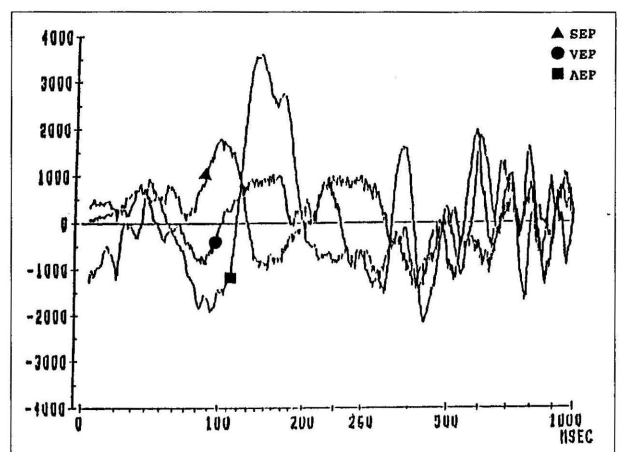


図1 健常成人男性の EP (SEP, VEP および AEP) のグラフ。横軸は対数目盛

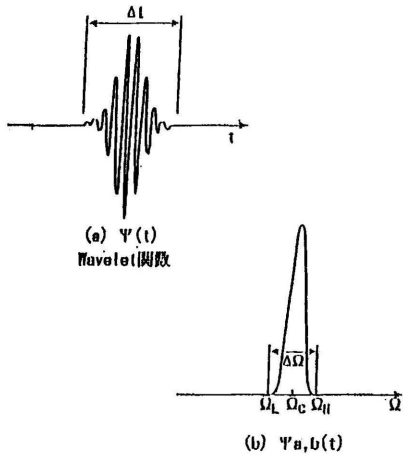


図2 (a) は平均値が0で原点  $t=0$  のまわりに  $\Delta t$  の幅で局在する Wavelet 関数のグラフ。(b) は、そのフーリエ変換であり  $\Omega_c = (\Omega_L + \Omega_H) / 2$  を中心に  $\Delta\Omega = \Omega_H - \Omega_L$  で局在する関数である。

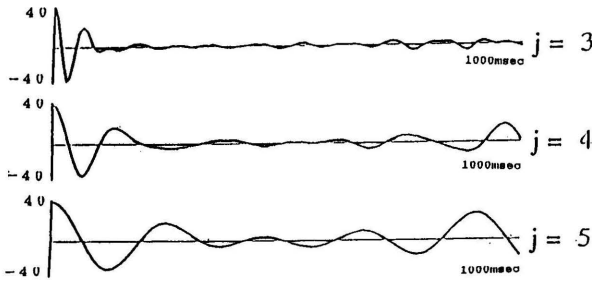


図3 健常成人男性(図1)のEPの解像度3, 4, 5度での Wavelet 変換のグラフ

は、著明な短潜時成分 N3 も潜時100msec 以内にあり、著明な長潜時成分 P6 は潜時250msec 以内にある。AEP については、著明な長潜時成分 N3 の潜時が約75msec で100msec 以内にあり、最も著明な P5 潜時が約170msec で250msec 以内にあり、潜時350msec までには P6 まで入る。いずれも明確に特定できる成分は、潜時600msec 以内にあるところから、0~1024msec, 15~600msec, 15~350msec および100~250msec の4種類の解析時間帯について、各被験者の大脳誘発電位波形による検出率を求めた<sup>22~26)</sup>。

研究結果

1 Wavelet 値の分布

それぞれ健常被験者100名、分裂病患者100名、および、てんかん患者99名の大脳誘発電位の波形について、Wavelet 関数による時間周波数解析を行い、解像度は2進離散解析として、10解像度まで実施して Wavelet 値を

表1

解像度	時間 (msec)					
	200	400	600	800	1000	
3	NOR	31.39	33.07	-19.76	31.87	-19.74
	SCH	33.28	41.69	-31.98	22.27	-10.19
	EPI	29.71	57.46	-18.87	61.18	-87.66
4	NOR	39.73	38.95	-23.39	22.57	-23.34
	SCH	38.21	33.48	-42.37	33.49	-39.72
	EPI	39.98	39.99	-51.18	46.93	-53.31
5	NOR	46.87	33.95	-28.56	31.11	-11.08
	SCH	51.11	27.88	-47.53	28.81	-43.31
	EPI	59.48	42.85	-28.77	36.61	-61.11

解析時間 0 msec~1000msec (200msec 幅) での健常成人群 (NOR), 精神分裂病群 (SCH) およびてんかん群 (EPI) の群平均 Wavelet 係数の分布

表2

rank	NOR	SCH	EPI	EPI/SCH
3	29.34±5.71	32.17±13.02*	37.98±17.88**	1.18*
4	29.67±13.21	35.26±17.07*	39.38±9.32**	1.12*
5	25.71±11.74	30.56±15.66*	35.48±12.26**	1.16*

(\*\*)  $P < 0.01$  で有意差が認められた。  
 (\*)  $P < 0.05$  で有意差が認められた。

第3次、第4次および第5次の階数 (rank) での健常者群 (NOR), 精神分裂病群 (SCH) およびてんかん群 (EPI) の平均 Wavelet 値、ただし EPI/SCH として EPI と SCH の平均 Wavelet 値の比を表示してある。NOR と SCH 間および SCH と EPI 間で有意差 ( $p < 0.05$ ) を認め、NOR と EPI 間で有意差 ( $p < 0.01$ ) を認めた。

求めた。それぞれ各被験者群における第3次、第4次および第5次の階数での解析時間 0 msec~1000msec (200 msec 幅) での Wavelet 係数の平均値は表1のようになり、仮説検定で健常者群 (NOR) に対して、それぞれ精神分裂病群 (SCH) および、てんかん群 (EPI) との間、および精神分裂病群 (SCH) とてんかん群 (EPI) との間で表2のように有意差が認められた (てんかん群と精神分裂病群の平均 Wavelet 値の比を EPI/SCH として表示)。統計的検定には、t-テストを用いた。

以上のように各階数における Wavelet 値の差異が、Wavelet 解析の解像度を上げることにより確認され、各被験者群の大脳誘発電位の波形の間で、Wavelet 値の分布に有意差があることが実証された。

2 大脳誘発電位波形による判別 (診断) の結果

ついで各階数における Wavelet 値を指標として、その被験者がどの被験者群に所属するかを Wavelet 値の分布から構成された判別法によって判別した。解析の対象と

表 3

解析時間帯(msec)	健常者	精神分裂病患者	てんかん患者
0~1024	88%	84%	86%
15~600	89%	87%	88%
15~350	87%	83%	86%
100~250	86%	82%	84%

各4時間帯における Wavelet 値の分布により構成された判別法による各被験者の波形による当該被験者の属する被験者群の検出率

する大脳誘発電位波形の時間帯を、0~1024msec、15~350msec、15~600msec、および100~250msecの4時間帯について判別を実施し、それぞれ表3の検出率を得た。

## 考 察

Wavelet 解析の EEG への応用として、Wavelet 解析とフーリエ解析法との差異についての研究がある<sup>27-29)</sup>。

EP への応用は<sup>30)</sup>、動物およびヒトの単発電気刺激による誘発電位の波形解析への試みはあるが、ヒトの加算平均した EP 波形解析に応用したものは本研究以外にはない。

それぞれ健常被験者100名、分裂病患者100名、および、てんかん患者99名の大脳誘発電位の波形について、Wavelet 関数による時間周波数解析を行い、10解像度まで実施し、それぞれ各被験者群における第3次、第4次および第5次の階数での Wavelet 値の平均値を求め、仮説検定で、それぞれ健常者群と精神分裂病群および、てんかん群との間で、さらに精神分裂病群とてんかん患者群との間で、第3次、第4次および第5次の階数での Wavelet 値の平均値の分布に有意差( $p < 0.05$ )が認められた。

本研究の対象とされた患者は、いずれも当科の外来および入院患者として診療を継続されている患者であり、国際疾病分類 ICD-10 に準拠して臨床診断の確定している患者である。しかし、そのほとんどは薬物療法継続中の患者であった。向精神薬物の急性応用による大脳誘発電位の変化については一応の結果が得られている。薬物療法の継続のように慢性応用の場合には、薬物療法開始前に大脳誘発電位はすでに変化しており、それが薬物療法によって正常化する<sup>31,32)</sup>とか、薬物療法開始の前後で有意な変化はないという報告もある<sup>33,34)</sup>。薬物の種類用量を考慮した研究はもちろん必要である。またそれぞれの疾患の症状の種類、程度、病歴年数などの要因も考慮に入れて結果を求めることも必要である。しかし、大脳

誘発電位の波形を Wavelet 解析した結果(Wavelet 値)の分布が、これらの被験者の概括的な臨床診断に一致して有意に分離していることが実証されたことは、ICD-10 を含めて従来の疾病概念に電気生理学的な根拠を与えたものであり、さらにそれにもとづく臨床診断の妥当性が実証されたものと考えられる。

さらに、本研究において、Wavelet 値の分布から導かれた判別法によって、健常被験者、精神分裂病患者および、てんかん患者が、いずれも87~89%の高い検出率で判別された。

大脳誘発電位の波形で、潜時15~600msecの時間帯を解析の対象とした場合に最も高い検出率が得られたのは、明確に特定できる成分は、潜時600msec以内にあり、その時間帯に波形の特徴が最もよく表されているためと考えられる<sup>35-40)</sup>。

本研究では、Wavelet 変換による多重解像度解析によって高い検出率が得られたが、今後、Wavelet 解析の対象、判別(診断)の対象とする症例を増やして行っても、Wavelet 変換における多重解像度解析の結果の安定性から、判別関数による検出率は、変わりはないものと考えられる。

本研究で得られた各被験者群別の高い検出率は、本研究の目的とした「大脳誘発電位による内因性精神病を含む精神神経科疾患のための客観的診断」の可能性を実証するに十分な高い検出率であるものと考えられる。

従来、大脳誘発電位の波形の解析には、その波形を構成する各成分の潜時、振幅を指標として解析する component analysis の他に、観測された波形を時系列として捉え、パターン認識することが行われてきた。信号波形のパターン認識には、高速フーリエ解析を利用して、スペクトルパターンを抽出し、標準的なパターンと比較する方法、特に、時間軸上のある部分的な空間のみを取り出し短時間のスペクトルを求める方法、信号の相互の順序関係を崩さずに波形を局所的に伸縮しつつ比較する伸縮マッチング法、線形予測計数 (Linear Prediction Coefficient : LPC) を求める方法、及びテンプレートマッチングなどを用いることができる。しかし、これらの従来のパターン認識技術は、それぞれの波形パターンの特徴を抽出し、識別するには不十分であり、大脳誘発電位波形から、精神神経科的疾患の有無、ならびにその種類を高い精度で識別することは、困難ないしは不可能であった。

Wavelet 変換は、短時間フーリエ変換（窓フーリエ変換）の不備な点を補う目的で開発されたと言われていた<sup>41-45)</sup>。

その目的は、次の3点にある。

(1) 不連続信号の検出、すなわち信号に含まれる波形の不連続の位置とおおまかな大きさを検出する。

(2) 相似相関の検出、すなわち短時間フーリエ解析や Wavelet 解析に用いた関数系と相似なものを信号の中から選び出して検出する。

(3) データ操作、すなわち Wavelet 変換では、データの再構成が保証されているので、波形を Wavelet 展開して、その係数のうち、取り除きたい成分を削除して、再構成すると、原波形から不要な成分を取り除いた波形が得られる。すなわちデータを任意に操作することができる。つまりデータに適切なフィルタをかけることができる点にある。

一般的に、時間に対して緩慢な動きの波形は、ウエーブレットの公式のスケールファクター  $j$  の値を変化させても、検出されることはないが、ガウス関数を用いた短時間フーリエ変換では、窓の幅を狭めると、振動数の低い部分では、モーメントコンディションが崩れて、デルタ関数に近づくので、デルタ関数の関数の再生能力より、信号との内積は信号を再生することが可能である。ウエーブレット解析は、周波数領域での変化をスケールファクター  $j$  を動かすのみで、検知できるので、窓幅と周波数の両方を指定しなければならないガウス関数を用いた短時間フーリエ変換より操作が簡単であるが、ノイズの中から不連続信号を検出する場合に、窓幅と周波数を適切に選ぶことができれば、その検出能力は、 $S/N$  比の観点から見るとガウス関数を用いた短時間フーリエ変換の方が優れている。したがって、ウエーブレット解析を用いて、より精緻に波形解析を行うときに短時間フーリエ変換を用いるなど、両者をハイブリッドして用いることも有効であると考えられる。

## 結 論

大脳誘発電位による内因性精神病を含む精神神経科疾患のための客観的診断の可能性を求めて、大脳誘発電位波形の解析に Wavelet 解析を応用した。

1. それぞれ成人男性の健常被験者100名(20~34歳,  $25.4 \pm 3.1$ 歳), 精神分裂病患者100名(17歳~74歳,  $31.6 \pm 10.4$ 歳), および, てんかん患者99名(19歳~78歳,  $35.9 \pm 13.1$ 歳)の大脳誘発電位(SEP, VEP および SEP)

の波形について、Wavelet 関数による多重解像度解析を行い、Wavelet 値(各解像度における Wavelet 係数の2乗和の平均値を各階数における Wavelet 値とした。)の分布に、各被験者群間で有意差 ( $p < 0.01$  および  $p < 0.05$ ) が認められた。

2. Wavelet 値の分布から構成した判別法によって、その被験者の大脳誘発電位波形から、その被験者の所属する被験者群を判別すると、大脳誘発電位波形の15~600 msec の時間帯について解析した場合に最も高い検出率が得られ、それぞれ健常者、精神分裂病患者、および、てんかん患者について、それぞれ89%、87%、88%の高い検出率が得られた。

このように、大脳誘発電位による内因性精神病を含む精神神経科疾患の客観的診断の可能性が実証された。

## 文 献

- 1 Morlet, J., Arens, G., Fourgeau, I. and Giard, D. : Wave propagation and sampling theory, Part 1. Geophysics, 47 : 203-221, 1982
- 2 Morlet, J., Arens, G., Fourgeau, I. and Giard, D. : Wave propagation and sampling theory, Part 2. Geophysics, 47 : 222-236, 1982
- 3 Chui, C.K. : Wavelets A Tutorial Theory and Applications. Academic Press, New York, 1992
- 4 Chui, C.K., Montefusco, L. and Puccio, L. : Wavelets Theory, Algorithms, and Applications, Academic Press, New York, 1994
- 5 Daubechies, I. : Ten lectures on Wavelets. SIAM, Philadelphia, 1993
- 6 Mallat, A. and Hwang, W.L. : Singularity detection and processing with wavelets. IEEE Trans. Information Theory, 38 : 617-643, 1992
- 7 Robinson, S.L. and Ryzek, P.E. : Wavelets. Mathematica Journal, 5 (Issue 1) : 74-81, 1995
- 8 Strang, G. : Wavelets and dilation equations, A brief introduction. SIAM Review, 31 : 614-627, 1989
- 9 大蔵雅夫, 齊藤和博 : 体知覚性誘発電位(SEP)記録のための至適電極配置. 四国医誌, 44 : 59-77, 1988
- 10 Ikuta, T., Furuta, N., Kondo, K. and Ohe, S. : The waveform of the group mean SEP of normal human subjects. Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 54 : 449-457, 1980



- 11 Ikuta, T. and Furuta, N. : Sexual differences in human group mean SEP. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 54 : 449-457, 1982
- 12 齊藤孝一, 絵内利啓 : VEP(視覚性誘発電位)の選択的記録のための10-20電極法による電極配置. *四国医誌*, 41 : 264-277, 1985
- 13 Furuta, N., Enai, T., Saito, K. and Ikuta, T. : The procedure to get minimum deviation for the data processing of evoked potential study. *Tokushima J. Exp. Med.*, 32 : 31-38, 1985
- 14 Daubechies, I. : Orthonormal bases of compactly supported wavelets. *Comm. Pure and Appl. Math.*, 41 : 909-996, 1988
- 15 Daubechies, I. : The wavelet transform time-frequency localization and signal analysis. *IEEE Trans. Information Theory*, 36 : 961-1005, 1990
- 16 Chui, C.K. and Wang, J.Z. : On compactly supported spline wavelets and aduality principle, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 330 : 903-915, 1992
- 17 Meyer, Y. : Wavelets and operators. Cambridge University Press, Cambridge, 1992
- 18 Newland, D.E. : Random Vibrations, Spectral and Wavelet Analysis. Longman, Essex, 1993
- 19 Mallat, A. : A theory for multiresolution signal decomposition, the wavelet representation. *IEEE Pattern Anal. and Machine Intell.*, 11 : 674-693, 1989
- 20 Chui, C.K. and Wang, J.Z. : A cardinal spline approach to wavelets. *Proc. Amer. Math. Soc.*, 113 : 785-793, 1991
- 21 Mallat, A. and Zhong, S. : Characterization of signals from multiscale edges. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, 14 : 710-732, 1992
- 22 Shagass, C. and Schwartz, M. : Evoked potential studies in psychiatric patient. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 112 : 526-542, 1964
- 23 花野素典, 松岡浩司, 友竹正人, 木原章一 他 : 体性感覚誘発電位(SEP)および脳波への diazepam と sodium valproate の急性効果. *四国医誌*, 53 : 1-12, 1997
- 24 Saletu, B. : The evoked potential in pharmacopsychiatry. *Neuropsychobiology*, 3 : 75-104, 1977
- 25 Ikuta, T : Sexual differences in human somatosensory evoked responses. *Folia Psychiat. Neurol. Jap.*, 23 : 209-216, 1969
- 26 Peacock Jr., S.M. : Averaged " after activity" and the alpha regeneration cycle. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 28 : 287-295, 1977
- 27 Senhadji, L., Dillenseger, J. L., Wendling, F., Rocha, C., et al. : Wavelet analysis of EEG for three-dimensional mapping of epileptic events. *Ann. Biomed. Eng.*, 23 : 543-552, 1995
- 28 Clark, I., Biscay, R., Echeverria, M., Virues, T., : Multiresolution decomposition of non-ststationary EEG signals. *Comput. Biol. Med.*, 25 : 373-382, 1995
- 29 Samar, V. J., Swartz, K. P., Raghuveer, M.R., : Multiresolution analysis of event-related potentials by wavelet decomposition. *Brain. Cong.*, 27 : 398-438, 1995
- 30 Bartnik, E.A., Blinowska, K.J., Durka, P.J., : Single evoked potential reconstruction by means of wavelet transform. *Biol.Cybern.*, 67 : 175-181, 1992
- 31 Adler, G. and Gattaz, W. G. : Auditory evoked potentials in schizophrenic patients before and during neuroleptic treatment. *Eur. Arch. Psych iatry Clin. Neurosci.*, 242 : 357-361, 1993
- 32 Schlor, K.H., Moises, H.W., Haas, S., Rieger, H. : Schizophrenia, psychoticism, neuroleptics, and auditory evoked potentials. *Pharmacopsychiatry*, 18 : 293-296, 1985
- 33 Abrahamian, H.A., Allison, T., Goff, W. R. and Rosner, B. S. : Effects of thiopental on human cerebral evoked response. *Anesthesiology*, 24 : 650-657, 1963
- 34 Mauguiere, F., Chauvel, P., Dewailly, J., Dousse, N., : No effect of long-term vigabatrin treatment on central nervous system condition in patients with refractory epilepsy. *Epilepsia.*, 38 : 301-308, 1997
- 35 齊藤正己 : 向精神薬と脳波. *神経精神薬理*. 3 : 323-348, 1981
- 36 田中正敏 : ストレスの神経精神薬理. *神経精神薬理*. 13 : 179-182, 1990
- 37 Velasco, F., Verasco, M., Cepeda, C. and Munoz, H. : Wakefulness-sleep modulation of cortical and sub-cortical somatic evoked potentials. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 48 : 64-72, 1980
- 38 Nieuwenhyus, R., Voogd. J. and van Huijzen, Chr. : The human central nervous system A synopsis and atlas. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York,

- 1988
- 39 Goff, W.R., Allison, T., Shapiro, A. and Rosner, B. S. :  
Cerebral somatosensory responses evoked during  
sleep in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*,  
21 : 1-9, 1966
- 40 Fruhstorfer, H. : Habituation and disabituaton of the  
human vertex response. *Electroenceph. Clin. Neuro-  
physiol.*, 30 : 306-312, 1971
- 41 Meyer, Y. : *Wavelets Algorithms and Applications*. SIAM,  
Philadelphia, 1993
- 42 Cohen, A. Daubechies, I. and Feauveau, J.C. : Biorthogo-  
nal bases of compactly supported wavelets. *Comm.  
Pure and Appl. Math.*, 45 : 485-560, 1992
- 43 Grossmann, A. and Morlet, J. : Decomposition of Hardy  
functions into square integrable wavelets of constant  
shape. *SIAM J. Math. Anal.*, 15 : 723-736, 1984
- 44 Walter, G.G. : *Wavelets and Other Orthogonal System  
with Applications*. CRC Press, Boca, Raton, 1994
- 45 Combes, J.M., Grossmann, A. and Tchamitchian, P.H. :  
*Wavelets Timefrequency methods and phase space*.  
Springer-Verlag, Heidelberg, 1989

## *An application of wavelet analysis to the human cerebral evoked potential*

*Shoichi Kihara, Takumi Ikuta, Noriko Furuta, Makoto Yosimatsu and Masao Okura*

*Department of Neuropsychiatry, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima*

*(Director : Prof. Takumi Ikuta)*

### SUMMARY

Adopting Wavelet analysis for the analysis of the waveform of EP (Evoked Potential), it was intended to confirm possibility of the subjective diagnosis for schizophrenia, epilepsy and healthy subject.

1. Each waveform of EPs (SEP, VEP and AEP) of 100 healthy male subjects ( $25.4 \pm 3.1$  y.o.), 100 male schizophrenics ( $31.6 \pm 10.4$  y.o.) and 99 male epileptics ( $35.9 \pm 13.1$  y.o.) were subjected to the Wavelet analysis and the multiresolution analysis. As a result, the difference of Wavelet values among these subject groups were verified significantly. The Wavelet values was defined as the square means of each wavelet coefficients at each scale of multiresolution analysis.

2. The waveform of EPs of each subject were discriminated by use of discriminant method derived from Wavelet Function, in order to judge to which subject group the subject belongs, according to the wavelet values. Analyzing the waveform of EP, between 15~600msec of latency, the highest value of sensitivity, 89%, 87% and 88% was obtained for normal subject, schizophrenics and epileptics, respectively.

As the conclusion, the possibility of the subjective diagnosis for schizophrenia, epilepsy, and normal subjects, by Wavelet analysis of EP waveform, were verified possible.

Key words : schizophrenia, epilepsy, normal subject, wavelet analysis, diagnosis