

歯の倒立像の知覚処理に関する事象関連電位による研究

日本大学松戸歯学部歯科総合診療学講座

野本幸弘，青木伸一郎，多田充裕

(指導：伊藤孝訓 教授)

Event-related potential study on perceptual processing of inverted tooth image

Yukihiro Nomoto, Shinichiro Aoki, Mitsuhiro Ohta

Department of Oral Diagnostics Nihon University School of Dentistry at Matsudo

(Director: Prof. Takanori Ito)

This study compares the difference the information processing of “character” and “tooth” by comparing 20 beginners(novice) who have acquired text book knowledge about tooth forms and 20 intermediate students(advance) who have also acquired empirical knowledge as well, using event-related potentials(ERP).

The subjects were presented with a schematic diagram of “character” and “tooth” at a ratio of 2: 8 according to the oddball task, and were instructed to press the button only when the target stimulus was presented. In the analysis, the ERP waveforms were averaged to obtain the averaged waveform, and the principal component analysis was performed.

As a result, in the information processing process of “character”, the ratio of the components of “N2b”, “P3a”, and “P3b + SW composite” was the same for both advance and novices. In the information processing process of “tooth”, the ratio of “P3a” and “P3b” was large for both, and the same tendency was observed. However, the advance was divided into “N2b + MMN composite”, “P3a”and“P3b”, and the difference in information processing process from the novices became clear.

From the above, “character” task is processed in the same way, but in the “tooth” task, advances who have acquired empirical knowledge seemed to recognize patterns early, and perform efficient processing.

緒 言

歯科医師は日常臨床で臨床診断を行う時に、パターン認知と呼ばれる直観的診断法¹⁾を用いているといわれている。疾患の特徴的なパターンを具有する歯科医師は、初期の段階から効率的な診断を行っている。脳の高次機能である視覚認知は、物体の形態情報を大脳の後頭葉から側頭葉に向かう経路において、階層的に処理されると考えられる²⁾。情報を最初に受け取り処理していく第1次視覚野において、これまで特定の直線や傾きに特異的に反応する細胞がみついている³⁾が、パターン認知や思考などの高次機能のメカニズムの詳細は、認知心理学的にも未だ明らかにされていない。

我々は高度な診断推論であるパターン認知について、これまでに歯種鑑別をテーマとして研究を重ねてきた⁴⁻⁶⁾。脳内にある歯のパターンと眼前に呈示された歯の形態や特徴を脳内で瞬時に一致させるパターン認知について明らかにするには、脳活動を研究することが有用であると考え。脳活動の研究法は脳波解析の中でも認知、弁別、課題解決などの心理活動によって誘発される事象関連電位 (ERP : Event-Related Potentials)⁷⁻¹⁰⁾が用いられている。

歯の形態を判断する場合、視覚的イメージの変換操作が脳内で行われ、心的回転^{11,12)}が関わっていると報告されている。心的回転に関する研究は、Shepard and Metzler¹³⁾の実験に始まり、2次元図形¹⁴⁾や英数字¹⁵⁾を刺激とした正位像や鏡映像の識別課題や、様々な方位で呈示された右手左手の判断課題が用いられている。方位は時計回りに0, 90, 180, 270度などで呈示される。心的回転により画像をマッチングする際、内的イメージの操作、すなわちイメージの回転が脳内で行われている。マッチングに要した反応時間は、0度から倒立像である180度に向かって、回転角度の増加に伴い時間も増加し、さらに180度を過ぎると360度(0度)に向かい減少する傾向があるとされている。

歯の形態を判断する場合、咬合面観と近心、遠心、頬側、舌・口蓋側からの側方面観の5

つの方向から観察する。教科書的には頬側を上方に位置づけた咬合面観を基本形として学ぶのが通例である。そのため眼前にある歯の鑑別を行う場合、頬側を上方に向けたプロトタイプを心的回転させながらパターンマッチングしていると考えられている。学習初期から臨床に至るまでの期間に学習を重ねることで、多方向から鑑別できるようになる。イメージのマッチングに要する反応時間は、180度で一番長いことから難易性が高いと考えられる。

そこで、歯の鑑別において頬側を上方に位置づけた咬合面観を180度回転した倒立像を用い、習熟度の異なる歯科学学生間を比較することで、経験的知識の存在が脳のパターン認知の処理過程に及ぼす違いについて、ERPの波形成分の出現傾向から、認知心理学的に明らかにすることを目的に検討した。

研究方法

被験者は歯の解剖学的知識を習得した2年次生20名（平均年齢19.3歳）と臨床実習中で歯の解剖学的知識と経験的知識を習得した5年次生20名（平均年齢23.0歳）である。2年次生（以下、初学者）は歯の解剖学の講義・実習を体験しており、5年次生（以下、中級者）はさらに3・4年次生において補綴・保存等の基礎実習、そして患者実習を経験している。被験者はすべて右利きで、精神疾患の既往もなく、実験に支障のない程度の視力を有する者とした。

測定方法は栗原と海老原¹¹⁾の方法に準じて行った。測定はシールドルーム内で行った。頭部を固定し安静な状態で椅子に座らせた。画像は被験者の50cm前方のモニターで呈示した。課題の画像をモニターに呈示して、その時の脳波およびアーチファクトの指標であるEOG(Electrooculogram)を測定した。脳波は脳波計(SYNAFIT EE5800, 日本GEマーケット)で記録した。脳波からERP波形を抽出し、解析処理を行った。

ERP測定解析システムをFig.1に示す。脳波は、サンプリング周波数を500Hzとした。脳波は10-20法に基づき、両側耳朶を基準としFz, Cz, Pzの3箇所より導出した。電極は銀・塩化銀電極を使用し、接触インピーダンスは5k Ω 以下とした。低周波フィルタは0.1Hz, 高周波フィルタは100Hzに設定した。

画像は「文字」と「歯」の咬合面観の模式図を使用した。画像の大きさは480×480ピクセルとした。各課題に使用した画像の詳細を以下に示す。

「文字」課題

標的刺激は正立文字「ア」である。非標的刺激は正立文字「マ」と「ア」「マ」の鏡映文字である。今回は判別がしやすい点や線のみで構成されているカタカナを使用した。標的刺激と非標的刺激には同画数で形が似ているものを選出した。画像は正立像の状態を0度とし、時計回りに90, 180, 270度回転させたものを使用した。本研究は倒立像を対象とし

ているために、180度刺激課題について検討した。呈示試料を Fig.2 に示す。

「歯」課題

標的刺激は下顎右側第一大臼歯である。非標的刺激は下顎左側第一大臼歯と上顎の左・右側第一大臼歯である。画像は頬側が上方を向いた状態を 0 度とし、「文字」課題と同様に 90 度ずつ回転させた模式図を使用した。本研究は倒立像を対象としているために、180 度刺激課題について検討した。呈示試料を Fig.3 に示す。

なお、画像には一部の形状を記憶して判断することを防止するため、「文字」課題では正立文字の左側の位置、「歯」課題では模式図の近心の位置にマークを付けた。被験者には、始めに形の方向性を確認した後に判断するよう指示した。

画像は Multi Trigger System 2001(メディカルトライシステム)を用いてシールドルーム内のモニターに呈示した(Fig.1)。呈示方法はオドボール課題に準じて、1 枚ずつランダムに呈示した。標的刺激と非標的刺激を 2:8 の割合で呈示した。呈示時間は 1 画像につき 1500ms とし、1 課題につき 500 回呈示した。被験者には標的刺激が呈示された時のみボタン押しをするように指示した。2 つの課題は実験ごとに方向による集計と課題による集計を行い、刺激呈示からボタン押しまでの反応時間と正答率を記録した。また、実験測定後に課題の主観的難易度を 100mm VAS(Visual Analogue Scale)を用いて回答させた。「文字」課題と「歯」課題のそれぞれの標的刺激から得られた ERP 波形の中からノイズやアーチファクトを取り除いた 20 個の ERP 波形を被験者ごとに合計し、加算平均波形を作った。その後、被験者の加算平均波形を角度ごとに合計し、角度ごとの加算平均波形を作った。脳波は Fz, Cz, Pz の 3 箇所より導出した(Fig.1)が、各課題の特徴が現れやすい Pz の波形を解析対象とした。反応時間、課題の主観的難易度、正答率では統計ソフト PASW Stastics18 (エス・ピー・エス・エス株式会社) を使用して統計処理を行った。

認知機能の情報処理過程を中心に検討するため、加算平均波形の潜時 0~750ms の波形

成分を 30ms ごとに平均し、25 ポイントの波形成分で主成分分析を行った。観測データの全情報量に対してどの程度の情報量を個々の主成分が集めたかを示す比率である寄与率も算出した。情報量の集約が多い順から第 1 主成分、第 2 主成分と名付けた。主成分分析では個々のデータの主成分方向の情報量の総和から算出した固有値について、主成分の情報量が 1 より大きい数値だと、主成分が元の生データの因子一つに相当する以上の意味があるものになるため、本研究では固有値 2.0 以上、因子負荷量 0.7 以上、累積寄与率 70%以上を ERP 波形成分として抽出した。

ERP 波形成分は以下の基準で決定した。潜時 1~90ms に出現する成分を刺激の反応を表す成分である「N100」とした¹⁶⁾。潜時 91~150ms に出現する成分を容易なパターンマッチング処理過程を表す成分である「MMN」とし、潜時 151~240ms に出現する成分を高度なパターンマッチング処理過程を表す「N2b」とした¹⁷⁾。潜時 241~450ms に出現する成分を注意の定位過程を表す「P3a」とし、潜時 451~600ms に出現する成分を作業記憶の更新過程を表す「P3b」とした¹⁸⁾。潜時 601~750ms に出現する成分を行動の遂行過程を表す「SW」とした¹⁹⁾。画像の呈示する順番によって負荷がかかるのを回避するため、課題を行う順番を被験者ごとに入れ替えた。実験の準備から終了までを 90 分程度とし、課題の間に 10 分間の休息時間を設けた。

実験は、日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認（EC16-15-11-010-2）を受け、ヘルシンキ宣言を遵守し、実施前に被験者に実験の趣旨を説明しインフォームドコンセントを得て行った。

結 果

1. 課題の反応時間 (Table 1)

初学者の反応時間は「文字」課題が 737 ± 137 ms, 「歯」課題が 805 ± 157 ms であった。中級者は「文字」課題が 725 ± 144 ms, 「歯」課題が 805 ± 139 ms であった。初学者と中級者の課題間に有意差は認められなかった。

2. 課題の主観的難易度 (VAS) (Table 1)

初学者の VAS は, 「文字」課題が 63 ± 22 , 「歯」課題で 62 ± 22 であった。中級者は「文字」課題が 69 ± 16 , 「歯」課題で 61 ± 26 であった。初学者と中級者の課題間に有意差は認められなかった。

3. 課題の正答率 (Table 1)

初学者の正答率は, 「文字」課題が $96 \pm 6\%$, 「歯」課題が $96 \pm 5\%$ であった。中級者は「文字」課題が $98 \pm 5\%$, 「歯」課題が $97 \pm 4\%$ であった。初学者と中級者の課題間に有意差は認められなかった。

4. ERP の総加算平均波形(Fig. 4)

「文字」課題の 0 度は, 両者共におよそ 250ms 以降に幅広い領域にわたって大きな陰性電位が, 約 400ms 後にピークをもつ波形として観察された。「歯」課題の 0 度は, 両者共におよそ 200ms 付近と約 400ms 後に電位差のピークをもつ陰性電位として観察された。180 度については, 両課題, 両者共に 200ms 付近をピークに, その後緩徐な陰性電位として観察された。

5. 「文字」課題の主成分分析による ERP 波形成分の抽出傾向(Table 2)

初学者の「文字」課題の ERP 波形成分の抽出傾向を検討した結果, 「文字」課題の第一主成分は主に「P3b と SW の複合成分」で, 固有値は 6.94 であった。第二主成分は「P3a」で, 固有値は 4.18 であった。第三主成分は「P3a と P3b の複合成分」で, 固有値は 3.42 で

あった。第四主成分は「N2b」で、固有値は2.62であった。第一主成分から第四主成分までの累積寄与率は68.65%であった。

中級者の「文字」課題のERP波形成分の抽出傾向を検討した結果、「文字」課題の第一主成分は「P3bとSWの複合成分」で、固有値は6.75であった。第二主成分は「P3aとP3bの複合成分」で、固有値は5.91であった。第三主成分は「P3a」で、固有値は4.66であった。第四主成分は「N2b」で、固有値は2.62であった。第一主成分から第四主成分までの累積寄与率は79.76%であった。

6. 「歯」課題の主成分分析によるERP波形成分の抽出傾向(Table 3)

初学者の「歯」課題のERP波形成分の抽出傾向を検討した結果、「歯」課題の第一主成分は「P3aとP3bの複合成分」で、固有値は7.62であった。第二主成分は「P3bとSWの複合成分」で、固有値は6.70であった。第三主成分は主に「N2b」で、固有値は5.12であった。第一主成分から第三主成分までの累積寄与率は77.76%であった。

中級者の「歯」課題のERP波形成分の抽出傾向を検討した結果、「歯」課題の第一主成分は主に「P3a」で、固有値は6.62であった。第二主成分は「P3b」で、固有値は4.56であった。第三主成分は「N2bとMMNの複合成分」で、固有値は4.27であった。第四主成分は「SW」で、固有値は4.01であった。第一主成分から第四主成分までの累積寄与率は77.84%であった。

考 察

歯の形態判断は、教科書的に頬側を上方に位置づけた咬合面観を基本的なプロトタイプとして学んでいるが、学習を重ねるにつれて、いずれの方向からも正確に歯種を鑑別することができるようになる。これまで、カタカナ²⁰⁾、漢字²¹⁾、英数字¹⁵⁾、立体図形¹³⁾などを時計回りに0、90、180、270度で呈示し、判断のマッチングに要した反応時間を調べた結果、0度から倒立像である180度に向かって、回転角度の増加に伴い反応時間も増加し、さらに180度を過ぎると360度(0度)に向かい減少する傾向があるとされている。イメージのマッチングにかかる反応時間は180度が一番要すること、そして歯科の診療場面では歯を逆方向のみならず様々な方向からの鑑別を要することから、学習経験の異なる初学者と中級者を比較することで神経生理学的に脳活動がどのような変化を生じているかを検討する必要がある。そこで、本研究では倒立像の認知について検討した。

本研究の結果として、「歯」課題と「文字」課題の評価は、両者共に主観的なVASスケールは60台で、課題の正答率はすべてが95%以上でほとんど差がない。また、反応時間は「歯」課題に比べて「文字」課題はやや短い時間で意思決定されているが、「歯」課題に経験的知識の差をみいだすには至らない。反応時間は脳内の刺激処理系と判断後ボタン押しなどの反応処理系の両者の合算された時間で、従来から測定項目として認知実験に多用されている¹³⁾。本実験のような呈示角度の異なる対象物の認知は、脳の内的イメージの操作に心的回転¹³⁾が関わっている。Shepard & Metzler¹³⁾は心的回転について、角度の異なる2つの刺激呈示図形が同一の図形であるか認識する時、頭の中でイメージした物体を回転させパターン認知を行い、回転には一定の時間を要すると報告している。しかし、反応時間はボタン押しによる反応処理系も含む時間であるため、脳内の情報処理時間や内容を直接的に表出していない。そのため、心的回転が含まれるパターン認知は、VAS、正答率および反応時間で検討するには限界がある。

そこで、近年このような課題の場合、脳神経活動領域の変化を ERP で明らかにするようになった。当講座の Kurosawa ら¹²⁾は、「歯」「文字」「手」の情報処理過程について、0, 90, 180, 270 度に回転させた図で反応時間を調べた結果、180 度が第一大臼歯 $843 \pm 127 \text{ms}$ 、カタカナ $785 \pm 100 \text{ms}$ で一番遅延していた。さらに P300 の振幅においては、180 度が第一大臼歯 $7.1 \pm 4.3 \text{mV}$ 、カタカナ $8.5 \pm 3.9 \text{mV}$ と、他の角度に比べて有意に減少していたと報告している。また、栗原と海老原¹¹⁾は、P300 を用いて検討した結果、身体図式の関与しない「文字」の情報処理過程と「歯」や「手」の情報処理過程との近似性は認められなかったと報告している。しかし、これまでは P300 による検討のみで、他の波形分析を試みていなかったため、主成分分析による ERP 波形成分の分離同定を試みた。

ERP は刺激によって誘発される脳電位の一つであり、潜時が 100ms 以上の比較的遅い成分は選択的注意や認知機能を反映し変動することが知られている。潜時は標的と非標的刺激の区別がやさしいときには短くなり、難しいときには長くなる。「N100」は 90ms 以内で脳内に視覚刺激が伝達されたことに関連する受動的な電位¹⁶⁾、課題に対する選択的注意を反映すると考えられている。「MMN」や「N2b」は脳内で形作られたパターンと呈示された画像とのマッチング処理過程に関連する電位であり、「MMN」は 91~150ms で容易なパターンマッチング処理過程、「N2b」は 151~240ms で高度なパターンマッチング処理過程を表すといわれている¹⁷⁾。「P3a」は 241~450ms で注意の定位過程、すなわち P3a 成分は課題遂行とは無関係に出現する波であり、外的刺激によって自動的に惹起される注意機構である定位反射にかかわる電位とされ、「P3b」は 451~600ms で、課題に応じて標的刺激の検出を制御処理する、すなわち作業記憶の更新過程を表すといわれている¹⁸⁾。「SW」は 601~750ms 程度で情報処理後の確認過程や次の課題に対する準備過程などの行動遂行過程を表すといわれている¹⁹⁾。

Donchin²²⁾は緩慢な電位変化の加算平均波形から主成分分析を用いることによって ERP

波形成分の客観的な分離同定が可能であることを報告している。本来、主成分分析は多変量データを個々の変量を合成することで少数の次元(主成分)を作り、そこから元データを検討するが、ERPの主成分分析は因子分析に近く、時間的に重畳した複数のERP成分を分離するために用いられている。そこで本研究では、各課題で得られた加算平均波形を主成分分析し、鑑別時の情報処理過程におけるERP波形成分の出現傾向について検討を行った。主成分分析は主成分の順列より、関与の大きい成分を抽出することができ、また、作業過程が困難になると複合し抽出されることから、それぞれの主成分の抽出傾向をみることで、課題の情報処理機能について検討できる。

本研究の結果として、「文字」課題において、初学者は第一主成分が「P3bとSWの複合成分」、第二主成分が「P3a」、第三主成分が「P3aとP3bの複合成分」、第四主成分が「N2b」であり、中級者は第一主成分が「P3bとSWの複合成分」、第二主成分が「P3aとP3bの複合成分」、第三主成分が「P3a」、第四主成分が「N2b」であった。第二主成分と第三主成分の波形の抽出に違いはあるもののほぼ同じP300の下位成分が抽出できた。このことから初学者・中級者ともに、「文字」の識別はほぼ同じ情報処理過程であることが示唆された。

脳内の情報処理過程は、大脳に必要以上に負荷をかけることなく情報を迅速にかつ効率よく処理し、行動を決定するために自動処理過程と注意処理過程に分かれているといわれている²³⁾。通常、入力情報は脳内の知識や記憶から形作られたイメージと比較照合する自動処理過程が先行し、イメージとミスマッチすると、注意処理過程へと進むといわれている。その後、判断処理過程を経て行動が決定され、行動遂行過程へ移行する。「文字」の情報処理過程は、パターンマッチング処理過程や注意の定位過程の割合が大きいことから自動処理過程と注意処理過程が同様に行われていると解釈される。これは「文字」課題が一般的な知識であるカタカナの鑑別であり、形状が簡単であることから、判断の難易度が低かったことが推察された。

一方、「歯」課題では、初学者の第一主成分が「P3a と P3b の複合成分」、第二主成分が「P3b と SW の複合成分」、第三主成分が「N2b」であった。中級者の第一主成分が「P3a」、第二主成分が「P3b」、第三主成分が「N2b と MMN の複合成分」、第四主成分が「SW」であった。すなわち、中級者は第一主成分で注意の定位過程を表す「P3a」成分が分離同定されたが、初学者は「P3a と P3b の複合成分」であった。また、初学者は第二主成分で行動遂行の過程を表す「SW」成分が分離同定されたが、中級者の第二主成分は「P3b」が分離同定された。また、中級者はパターンマッチング処理を容易に処理している「MMN」が抽出されている。そして、第四主成分として情報処理後の行動過程を示す「SW」までもが明確に抽出されている。このことから、中級者は初学者よりも歯種鑑別時に鑑別のポイントを的確に注意を向けて判断していることが示唆された。

注意は、情報の取捨選択などを含む情報処理の過程において、中心的役割を果たす機能として捉えられており、注意の喚起機能、注意の定位機能、実行注意と呼ばれる3つの相互に独立した機能で構成される^{24,25)}。中級者はP300の下位成分であるP3aとP3bが明瞭に区別されて抽出されたことから、注意によって複数の選択肢からある情報を選択する自動処理が働き、選択的注意や集中力が反映されていることを示している。一方、初学者は第一主成分が「P3a と P3b の複合成分」で、第二主成分が「P3b と SW の複合成分」であることから、分離同定ができなかったことは、モニタリングや対立を含む複数の処理過程の実行注意機能が働き、分割注意や葛藤モニタリングが反映されているためと解釈できる。本研究において「歯」の評価は、目から送られてきた視覚情報が第一次視覚野から視覚連合野を経て処理されることで形が認知される。その後、「歯」という概念は、高次連合野で貯蔵されている知識と照合され視覚情報の意味的解釈が生み出されるという一般的な認知のプロセスに従って行うものとする。

以上のことから、「文字」課題においては両者ともにほぼ同様な情報処理過程であるが、

「歯」課題においては違った情報処理過程を経ており、特に経験的知識を習得した中級者の場合、注意の定位機能による効率的な思考過程を経て意思決定していることが示唆された。

結 論

本研究は、歯の倒立像の鑑別をテーマに、教科書の知識を習得した学生とさらに経験的知識を習得した学生の認知処理過程を明らかにするために、事象関連電位を用いて検討を行い、次の結論を得た。

1. 反応時間は、両者ともに「歯」課題が「文字」課題に比べ延長する傾向はみられたが、両者間に課題による差は認められなかった。
2. 主観的なVASスケールは、両者ともに両課題で60～69と難易度で差は認められなかった。
3. 両課題の正答率は、ほとんどが95%以上であった。
4. 「文字」課題のERP波形成分の抽出傾向は、両者ともに第一主成分は「P3bとSWの複合成分」で、第二主成分以降は「P3a」が主で、「P3b」がみられた。第四主成分は「N2b」であった。
5. 「歯」課題のERP波形成分の抽出傾向は、初学者は第一主成分で「P3a とP3bの複合成分」、第二主成分は主に「P3bとSWの複合成分」、第三主成分は「N2b」であった。中級者は第一主成分で「P3a」、第二主成分は「P3b」、第三主成分は「N2bとMMNの複合成分」、第四主成分は「SW」であった。

以上のことから、「文字」課題において両者ともにほぼ同様な情報処理過程であるが、「歯」課題において経験的知識を習得した中級者の場合、早期のパターン認識がなされ効率的な思考過程を経て意思決定していることが示唆された。

参考文献

- 1) Sackett D.L.: Clinical diagnosis and the clinical laboratory. Clin Invest Med, 1 : 37-43, 1978.
- 2) 平山和美: 視覚背側経路損傷による症状の概要. 高次脳機能研究, 35 : 199-206, 2015.
- 3) Hubel D.H., Wiesel T.N.: Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. J Physiol, 195 : 215-243, 1968.
- 4) 大山和次, 青木伸一郎: 歯のパターン認知における解剖学的構成要素の役割. 日口診誌, 25 : 113-120, 2012.
- 5) 海老原智康: 歯のパターン認知における心的回転にともなう事象関連電位の変化. 日口診誌, 26 : 141-148, 2013.
- 6) Shinichiro Aoki, Hitomi Kurosawa, Kenji Doi, et al.: Physiopsychological Comparison of Information Processing in Tooth, Script, and Hand Differentiation. IJOMS, 13: 21-28, 2014.
- 7) Logan G.D.: Attention and preattention in theories of automaticity. Am J Psychol, 105 : 317-339, 1992.
- 8) Treisman A., Vieira A., Hayes A.: Automaticity and preattentive processing. Am J Psychol, 105 : 341-362, 1992.
- 9) Ritter W., Vaughan H.G.: Averaged evoked responses in vigilance and discrimination. Science, 164 : 326-328, 1969.
- 10) Kutas M.M.G., Donchin E.: Augmenting mental chronometry : The P300 as a measure of stimulus evaluation time. Science, 197 : 792-795, 1977.
- 11) 栗原克彦, 海老原智康: 身体図式を基礎とした歯のパターン認知に関する事象関連電位の変化. 日口診誌, 27 : 133-141, 2014.
- 12) Hitomi Kurosawa, Shinichiro Aoki, Tomoyasu Ebihara: Changes in Event-Related Potentials Related to Pattern Recognition of Teeth in Dental Students. IJOMS, 13: 66-74, 2014.

- 13) Shepard R.N., Metzler J.: Mental rotation of three-Dimensional objects. *Science*, 171 : 701-703, 1971.
- 14) Cooper L.A.: Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cogn Psychol*, 7: 20-43, 1975.
- 15) Cooper L.A., Shepard R.N.: The time required to prepare for a rotated stimulus. *Mem Cognit*, 1: 246-250, 1973.
- 16) Hillyard S.A., Hink R.F., Schwent V.L., Picton P.W.: Electrical signs of selective attention in the human brain. *Science*, 182 : 177-179, 1973.
- 17) Näätänen R., Gaillard A.W.K., Mäntysalo S.: Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychol*, 42 : 313-329, 1978.
- 18) Sutton S., Braren M., Zubin J., et al.: Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150 : 1187-1188, 1965.
- 19) Adam N., Collins G.I.: Late components of the visual evoked potential to search in short-term memory. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 44: 147-156, 1978.
- 20) 宮谷真人, 永野真紀子 : 文字の心的回転にともなう事象関連電位の変化. 広島大学大学院教育学研究科紀要, 51 : 187-194, 2002.
- 21) 姚 鵬鵬, 諸富 隆, 沖田庸嵩 : 漢字の正立像・倒立像の初期知覚処理-慣れパラダイムを用いた事象関連電位-. *認知神経学*, 13 : 41-44, 2001.
- 22) Donchin E.: A multivariate approach to the analysis of average evoked potentials. *IEEE Trans Biomed Eng*, 13 : 131-139, 1966.
- 23) Halgren E., Marinkovic K., Chauvel P. : Generators of the late cognitive potentials in auditory and visual oddball tasks. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 106 : 156-164, 1998.
- 24) Posner M.I., Petersen S.E.: The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*,

13:25-42, 1990.

- 25) 田中圭介, 杉浦義典, 竹林由武 : 注意の定位機能とマインドフルネス傾向の関連—注意の喚起機能による調整効果. パーソナリティ研究, 22: 146-155, 2013.

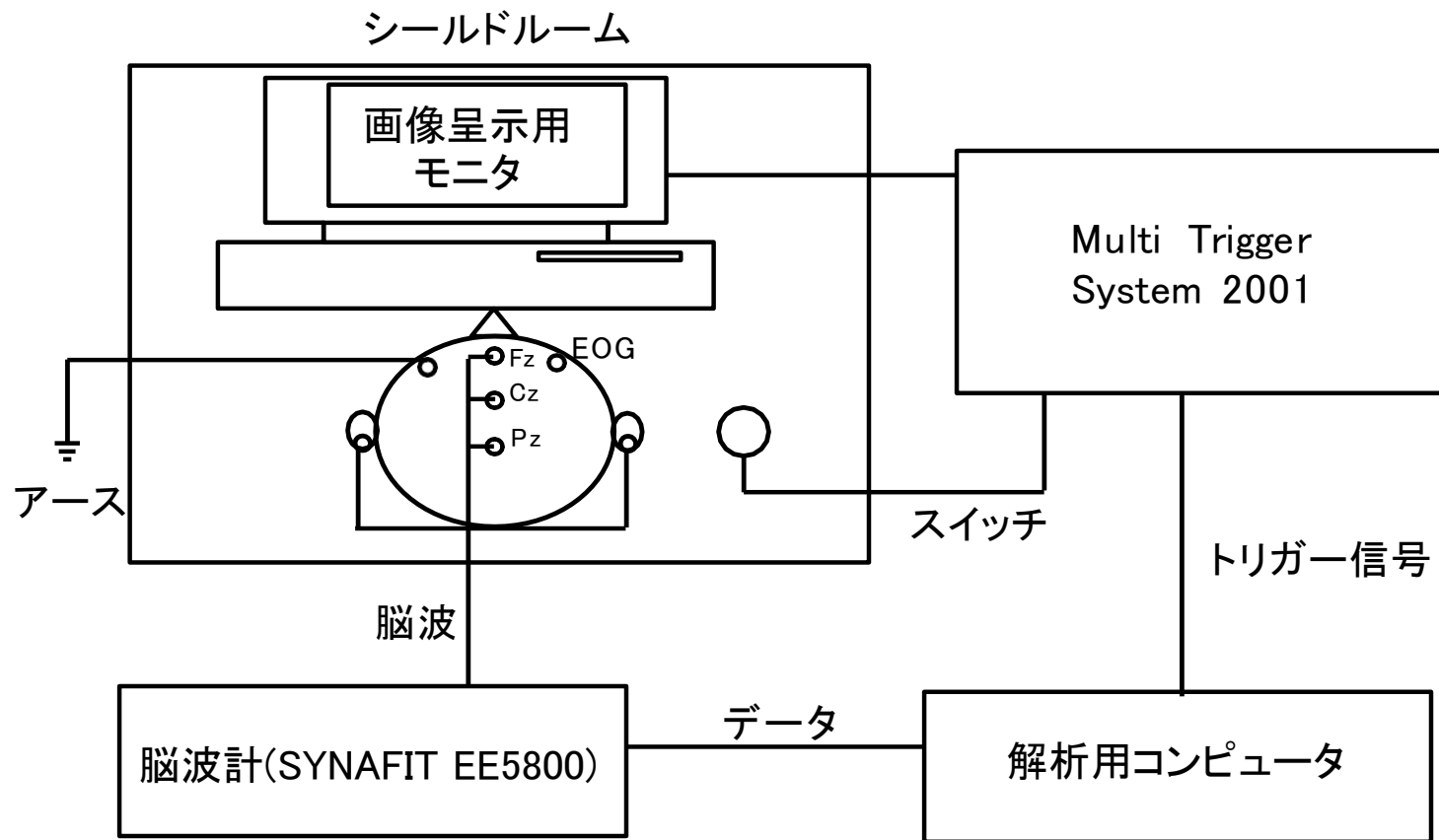
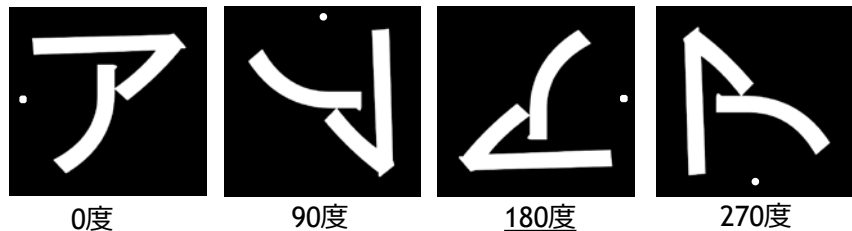
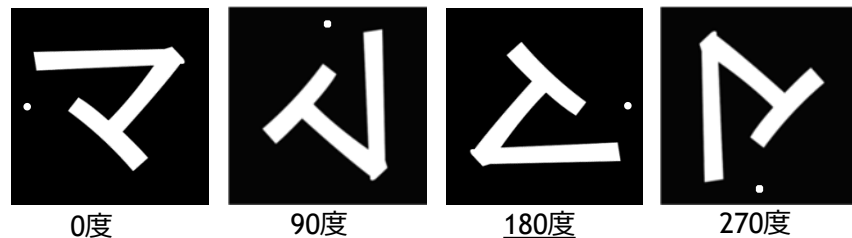


Fig. 1 ERP測定解析システム

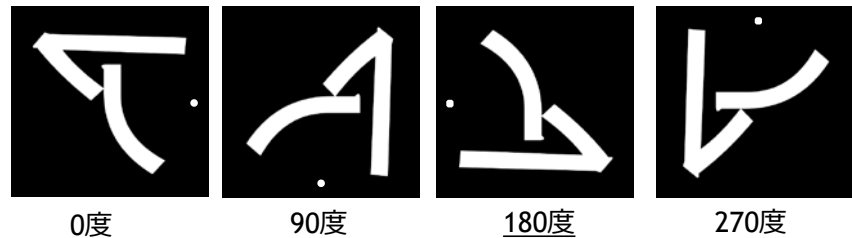
標的的刺激（正立文字「ア」）



非標的的刺激（正立文字「マ」）



非標的的刺激（鏡映文字「ア」）



非標的的刺激（鏡映文字「マ」）

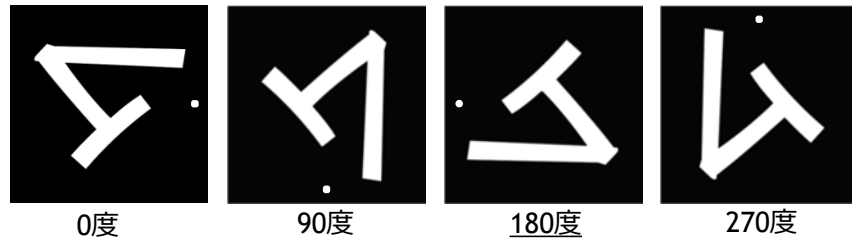
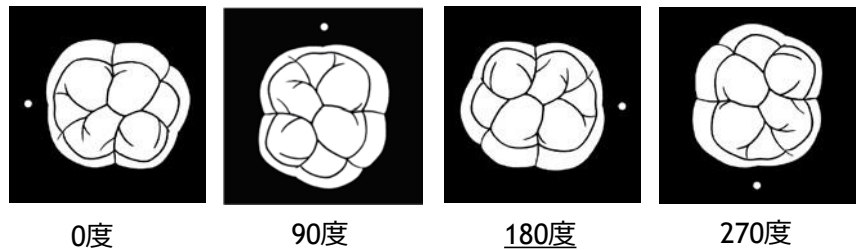
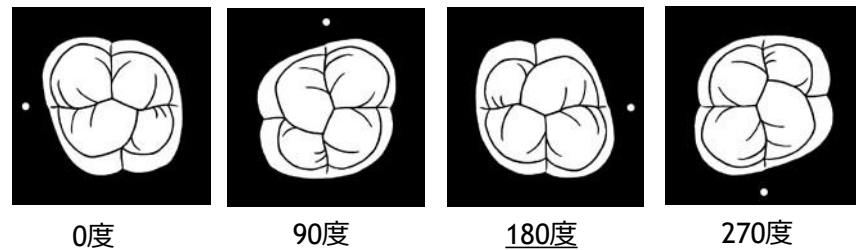


Fig. 2 「文字」課題に呈示した模式図

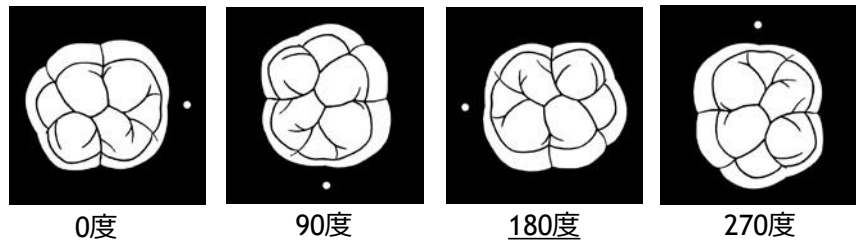
標的的刺激（下顎右側第一大臼齒）



非標的的刺激（上顎左側第一大臼齒）



非標的的刺激（下顎左側第一大臼齒）



非標的的刺激（上顎右側第一大臼齒）

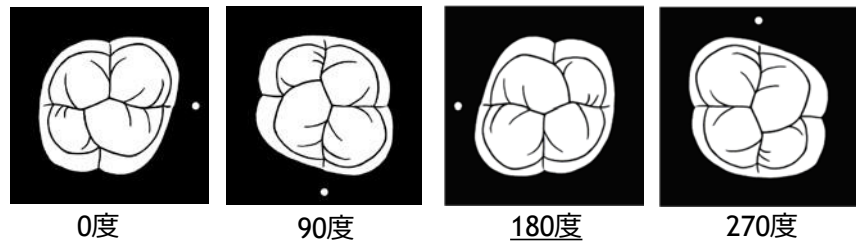
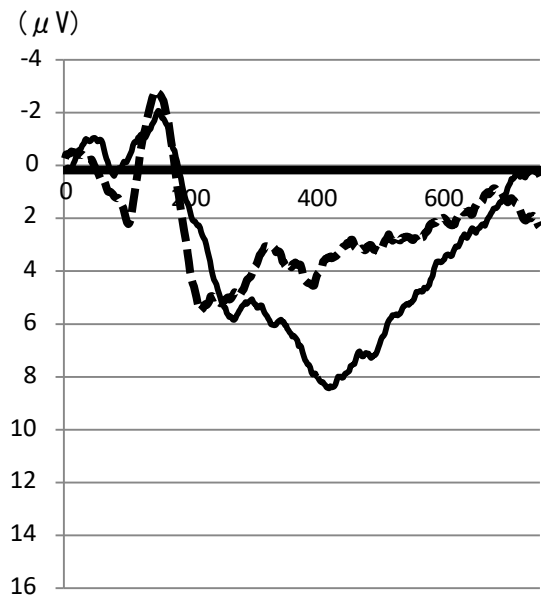


Fig. 3 「齒」課題に呈示した模式図

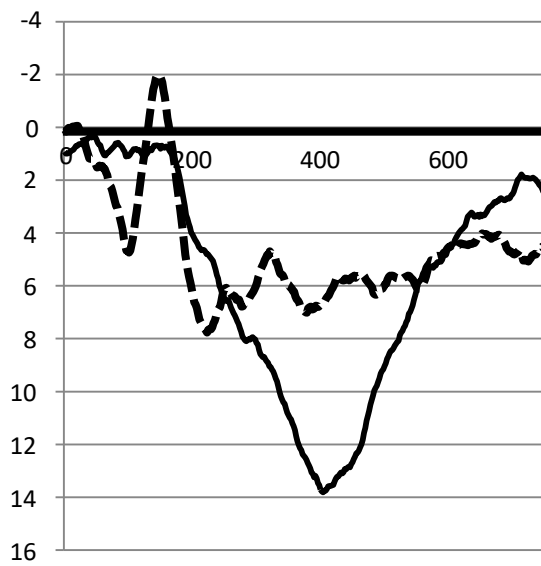
Table1 反応時間、VAS、正答率の比較

		反応時間 (ms)	VAS	正答率 (%)
文字課題	初学者	737 (137)	63 (22)	96 (6)
	中級者	725 (144)	69 (16)	98 (5)
歯課題	初学者	805 (157)	62 (22)	96 (5)
	中級者	805 (139)	61 (26)	97 (4)

n=20, Mean(SD), 反応時間、VASはStudent's t test (n. s)
 正答率は χ^2 test (n. s)
 検定は、課題ごとに初学者と中級者間についてのみ行った。

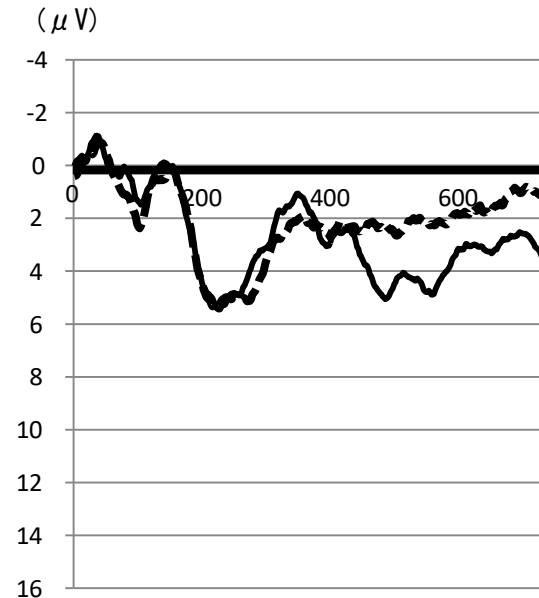


— 初学者0度
 - - 初学者180度

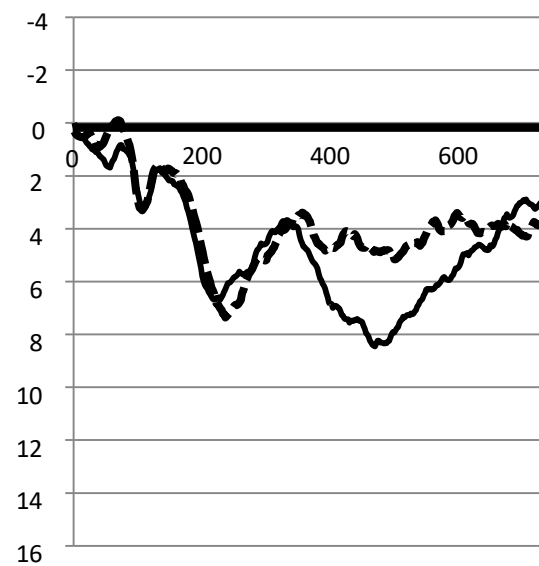


— 中級者0度
 - - 中級者180度

文字



— 初学者0度
 - - 初学者180度



— 中級者0度
 - - 中級者180度

歯

Fig. 4 総加算平均波形の比較

Table2 「文字」 課題におけるERPの主成分分析(因子負荷量)

		初学者				中級者			
潜時	ERP波形成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
0-30		-0.132	-0.039	0.326	0.208	-0.048	0.010	0.541	0.065
31-60	N100	0.183	0.078	0.048	0.064	0.438	-0.012	0.397	0.277
61-90		0.004	-0.094	0.011	0.032	0.615	-0.116	0.138	0.320
91-120		-0.019	0.021	0.080	-0.010	0.484	-0.046	0.425	0.147
121-150	MMN	0.201	0.031	0.005	0.313	0.185	0.203	0.565	0.521
151-180		0.293	0.141	0.179	0.783	0.157	0.105	0.242	0.882
181-210	N2b	0.074	0.249	0.253	0.852	0.158	0.400	0.232	0.815
211-240		0.042	0.396	0.101	0.691	0.233	0.398	0.541	0.527
241-270		0.217	0.785	0.058	0.375	0.204	0.273	0.827	0.310
271-300		0.215	0.839	0.145	0.256	0.233	0.398	0.780	0.298
301-330		0.201	0.870	0.164	0.144	0.143	0.395	0.863	0.134
331-360	P3a	0.291	0.738	0.258	0.086	0.168	0.603	0.708	0.022
361-390		0.423	0.665	0.519	0.036	0.223	0.851	0.384	0.081
391-420		0.392	0.511	0.686	0.041	0.140	0.924	0.183	0.187
421-450		0.362	0.306	0.832	0.105	0.238	0.878	0.159	0.223
451-480		0.376	0.207	0.835	0.228	0.362	0.825	0.054	0.05
481-510		0.400	0.256	0.625	0.338	0.478	0.743	0.088	0.018
511-540	P3b	0.559	0.225	0.496	0.328	0.637	0.598	0.274	-0.005
541-570		0.736	0.256	0.410	0.097	0.707	0.404	0.427	-0.046
571-600		0.815	0.310	0.227	-0.079	0.818	0.251	0.368	0.154
601-630		0.898	0.289	0.141	-0.02	0.856	0.313	0.258	0.113
631-660		0.939	0.188	0.143	0.066	0.869	0.268	0.197	0.193
661-690	S W	0.935	0.140	0.135	0.173	0.844	0.358	-0.044	0.215
691-720		0.938	0.139	0.141	0.201	0.851	0.423	-0.131	0.033
721-750		0.902	0.165	0.146	0.189	0.824	0.356	-0.112	-0.033
固有値		6.94	4.18	3.42	2.62	6.75	5.91	4.66	2.62
寄与率		27.77	16.73	13.70	10.45	27.02	23.63	18.64	10.47

Table3 「歯」 課題におけるERPの主成分分析(因子負荷量)

		初学者			中級者			
潜時	ERP波形成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
0-30		0.340	0.211	0.380	0.400	0.189	0.200	-0.018
31-60	N100	0.307	0.211	0.537	0.240	0.586	0.231	0.282
61-90		0.080	0.073	0.468	-0.073	0.356	-0.029	0.109
91-120		0.060	-0.079	0.698	0.115	0.044	0.463	-0.007
121-150	MMN	0.052	0.029	0.654	0.019	0.136	0.826	0.386
151-180		0.198	0.087	0.691	0.033	0.384	0.773	0.082
181-210	N2b	0.194	0.196	0.894	0.227	0.187	0.848	0.089
211-240		0.162	0.292	0.865	0.335	0.010	0.838	0.301
241-270		0.469	0.349	0.717	0.465	0.007	0.722	0.286
271-300		0.604	0.386	0.513	0.755	-0.002	0.396	0.259
301-330		0.793	0.290	0.350	0.885	-0.008	0.236	0.224
331-360	P3a	0.898	0.205	0.237	0.916	-0.015	0.177	0.150
361-390		0.863	0.383	0.173	0.845	0.202	0.063	0.227
391-420		0.853	0.333	0.076	0.891	0.225	0.077	0.063
421-450		0.923	0.279	0.147	0.836	0.327	0.108	0.126
451-480		0.898	0.297	0.187	0.713	0.485	0.213	0.212
481-510		0.816	0.380	0.290	0.631	0.623	0.208	0.241
511-540	P3b	0.708	0.569	0.285	0.481	0.766	0.207	0.226
541-570		0.577	0.704	0.312	0.358	0.831	0.217	0.303
571-600		0.428	0.822	0.294	0.261	0.789	0.184	0.420
601-630		0.322	0.881	0.251	0.203	0.648	0.235	0.617
631-660		0.292	0.913	0.188	0.211	0.532	0.184	0.757
661-690	S W	0.329	0.913	0.178	0.245	0.431	0.250	0.811
691-720		0.283	0.914	0.051	0.169	0.357	0.312	0.832
721-750		0.284	0.852	0.002	0.304	0.334	0.130	0.801
固有値		7.62	6.70	5.12	6.62	4.56	4.27	4.01
寄与率		30.47	26.79	20.50	26.47	18.24	17.10	16.03