多肢選択反応時間課題における P300 と内的モデル

大阪大学 人間科学部

入戸野 宏, 投石保広, 中島義明

P300 and the internal model in a multiple choice reaction-time task

NITTONO, Hiroshi, NAGEISHI, Yasuhiro and NAKAJIMA, Yoshiaki

Faculty of Human Sciences, Osaka University
1-2 Yamadaoka, Suita, Osaka 565, Japan

It has been suggested that the P300 component of the event-related brain potential is a manifestation of the brain activity which updates one's internal model of the environment. Recently, Ullsperger and his colleagues have attempted to explain the change of P300 amplitudes within the framework of Helson's "adaptation-level theory." In the present study, we examined their hypothesis by using a symbolic stimulus discrimination task. Equiprobable and randomized sequences of five successive alphabet letters (Q-U) were presented. Subjects ($n=8$) were required to respond to each letter with a corresponding finger of the right hand. Although the adaptation-level model couldn't apply to this task, like Ullsperger et al.'s experiments, an "U-shaped" trend of P300 amplitude changes was found. Their model was extended in order to explain the results of this experiment. In the revised model, it was assumed that "a reference point" was used in the stimulus-evaluation process which was related to the response dimension, and that the P300 amplitude reflected the distance between this reference point and the eliciting event.

Key words: event-related potentials, P300, adaptation-level theory

【要 約】 事象関連電位の P300 成分は、被験者が持つ環境についての内的モデルを更新する脳活動のあらわれであるといわれている。最近、Ullsperger らのグループが、P300 の振幅変化を、Helson の“順応水準説”の枠組みによって説明しようと試みている。本研究では、記号的刺激の弁別課題を用いて、彼らの仮説を検討した。5 文字の連続するアルファベット (Q-U) を等確率でランダム順に呈示し、被験者 ($n=8$) にそれぞれの文字に対して右手の対応した指で反応するように求めた。順応水準モデルはこのような課題には適用できないにもかかわらず、Ullsperger らの実験と同様に、P300 振幅には“U字型”の変化が認められた。本実験で得られた結果を説明できるように彼らのモデルを拡張した。改訂モデルでは、反応次元と関連した刺激評価プロセスで“基準点”が利用されており、P300 振幅はその基準点と事象との隔たりを反映していると仮定した。

事象関連電位 (ERP) の P300 成分の振幅に影響する変数については、これまでに数多く研究・報告されている (総説として Johnson, 1988). しかしながら, P300 がヒトの情報処理活動のどのような側面に関連しているかについては, いまだ明らかになっていない.

このような現状の中で, Donchin らは, P300 の機能的意義に関して認知文脈更新仮説 (context updating hypothesis) を提案した (Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988). 彼らは, 多くの認知心理学者が認めているように, ヒトは“現在の環境についての内的なモデル” (以下, 内的モデルとする) を形成・利用することで入力事象の評価や反応の選択を行っていると考えた. そして, P300 は, その内的モデルが, 新しい事象によって更新されるプロセスに付随して生じるものであり, その振幅は更新の程度を反映していると考察した. 彼らは, この仮説を支持するいくつかの実験的証拠を報告している (Klein, Coles, & Donchin, 1984; Fabiani, Karis, & Donchin, 1990) が, その内的モデルがどのようなものであり, どのように機能するかなどについては, 全く明らかにしていない.

最近, このような内的モデルを考える際に, 順応水準説 (adaptation-level theory) の枠組みが利用できることを, Ullsperger らのグループが示した (Ullsperger, Gille, & Metz, 1987; Ullsperger & Baldeweg, 1991). 順応水準説 (Helson, 1964) は, もともと知覚判断の分野において提案された理論である. Helson は, 刺激の知覚判断 (例えば, 大きい-小さい) は, その刺激の物理的属性によって一義的に決まるのではなくて, 彼が順応水準と名づけた“基準”との比較によって決まると主張した. 被験者は, それまでに受けたすべての刺激を平均した値に順応しており, その値 (順応水準) よりも大きな刺激には“大きい”という知覚が, それよりも小さな刺激には“小さい”という知覚が生じると考えた. そして, 知覚判断と

ともに順応水準自体も見直される, つまり, 与えられた刺激が順応水準と一致しないものであれば, 両者のずれの程度に応じて順応水準が更新されると提案した. このような理論的背景を踏まえて, Ullsperger らは, 順応水準の更新に関連する脳活動が P300 として表出されると仮定し, その振幅は, 順応水準と実際に与えられた刺激とのずれの程度によって決定される, つまり, 両者の隔たりが大きいほど P300 の振幅は大きくなると予測した.

Ullsperger らは, 刺激に対する知覚判断 (大きい-中くらい-小さい) を被験者に口頭で報告させた Helson の実験を参考にして, 選択反応時間課題 (choice reaction-time tasks; 以下 CRT 課題) で P300 を測定した. Ullsperger & Gille (1988) は, 長さを 5 段階に変化させた文字列刺激 (XXX, XXXXX など) をひとつずつ等確率で継時的に呈示し, 被験者にその長さを判断させて, 1 から 5 までのボタンで答えさせた (5CRT 課題). その結果, P300 の振幅は, 中間の長さの文字列に対して最も小さくなり, 最短と最長の文字列に対して最も大きくなった. 言い換えると, P300 の振幅は 5 種の刺激に対して“U字型”の変化を示した. また, 長さの判断だけでなく, ピッチの異なる 5 種類の音の弁別課題でも同様の結果が得られた (Mecklinger & Ullsperger, 1993, 実験1). すでに述べたように, Helson の順応水準説に従うと, 刺激の長さや音のピッチといったある物理的な次元上での弁別が求められる課題では, その次元上での中心 (与えられたすべての刺激の平均) 付近の値が順応水準となり, それが上記のような知覚判断の基準として働く と推定される. そのような課題で P300 振幅が U字型に変化したという結果は, 前段で述べた Ullsperger らの予測とよく一致している. それゆえ, 彼らは, 順応水準説に基づくこのような内的モデル (以下, 順応水準モデルとする) を想定することによって, P300 振幅の変化を説明することが可能であると結論している.

投石らは、Ullsperger らの仮説を検証するために、物理的刺激ではなく、数字を用いた多肢選択反応時間課題を行った（投石・藤原，1993; Yanai & Nageishi, 1993）。投石・藤原（1993）は等確率でランダム順に呈示される 5 種類の数字（3, 4, 5, 6, 7）に対して、それぞれ親指、人差指、中指、薬指、小指で反応するように被験者に求めた（一致条件）。その結果、上述の Ullsperger らの実験と同様に、P300 振幅の U 字型変化が認められた。また、Yanai & Nageishi (1993) も、0 から 9 までの数字を用いた 10CRT 課題で、同様の結果を得ている。しかし、これらの結果は、被験者に数字という“記号”を弁別させて得られたものであり、物理的刺激の知覚判断を求めたわけではないので、これを順応水準モデルによって解釈することは不適切である。これに加えて、投石・藤原（1993）は、さらに順応水準モデルと相容れない事実を示している。数字の大きさの順序と反応指の並びとを一致させずに両者をランダムに対応させた条件（例：“3”- 人差指，“4”- 小指，“5”- 薬指，“6”- 親指，“7”- 中指）で上述の課題を行わせ、数字別および反応指別に加算 ERP 波形を求めたところ、そのどちらの波形においても、P300 振幅の U 字型変化は得られなかった。順応水準モデルでは、Helson の順応水準説と同様に、反応に関連した要因についてはほとんど考慮していないので、このように刺激-反応のマッピングをランダムにすることによって結果が変化することを説明できない。

これまでに述べた投石らの実験結果は、数字という、記号ではあるが量的な属性も持った特別な刺激を用いたために生じた特異的な現象であるかもしれない。本実験の目的は、数字以外の記号的刺激を用いても、P300 振幅の U 字型変化が認められるかどうかを検討することである。投石・藤原（1993）は、刺激の持つ順序と反応する指の並びとが一致していたときのみ、P300 振幅が U 字型に変化することを見出した。そうだとする

と、数字に限らず、順序を持った他の刺激セットを用いても、同様の結果が得られると予測できる。そこで、本実験では、数字の代わりに、連続する 5 文字のアルファベットを用いた 5CRT 課題を行った。また、これまで P300 振幅の U 字型変化を報告した研究では、1 被験者から 1 回の加算 ERP 波形しか求めていないので、このような振幅の傾向が、試行を多数繰り返すことによって変化するかどうかについては明らかにされていない。そこで、本研究では、被験者に多数の試行を行わせ、1 被験者から複数の加算 ERP 波形を求めることで、練習効果についても検討した。

ところで、CRT 課題においては、ある試行での反応時間が直前の刺激系列に影響されることが、順序効果 (sequential effects) としてよく知られている。一般に、3 つ以上の選択肢を含んだ課題では、前試行と同じ刺激が反復呈示された試行（以下、SAME と呼ぶ）の方が、前試行と異なる刺激が呈示された試行（以下、DIF と呼ぶ）よりも、反応時間が短く、誤反応も少ない（総説として Kirby, 1980）。P300 については、2CRT 課題で、その振幅が明瞭な順序効果——DIF の P300 振幅の方が SAME のそれよりも大きい——を持つことがよく知られている（例えば、Squires, Wickens, Squires, & Donchin, 1976）。しかし、3 肢以上の CRT 課題中の順序効果については、まだほとんど報告されていない。そこで、本実験では、DIF と SAME に分けて ERP 波形を求めて、ERP の順序効果についても検討した。

方 法

被験者 19-23歳の大学生 8 名（男 4 名，女 4 名）。全員が右利きで、正常な視力または矯正視力を持っていた。

刺激 アルファベットの連続する 5 文字 (Q, R, S, T, U) を使用した。アルファベットの最初の方の文字は、それぞれが特別な意味合いを持つと考えられる (Hovancik, 1985) ので避けて、形態的に

似ていない連続した5文字ということで、上記のQ-Uを選んだ。NEC PC-9801RXを用いて、被験者の前方約80cmに設置したモニター (NEC PC-8853n) 中央の白枠(18×18mm)の中に、各文字を縦10mm、横8mmの大きさ(16×16ドットの大文字)で呈示した。これらの文字は等確率(各20%)でランダム順に与えた(刺激持続時間300ms、刺激間隔1500ms)。

手続き 電氣的にシールドされた部屋の中に、被験者を安楽な姿勢で座らせ、モニター上に継時的に呈示される文字に対して、それぞれに対応させたボタンで反応させた。5つのボタンを右手の各指の先端で無理なく押せるような形に配置したスイッチボックスを用意し、刺激Q, R, S, T, Uに対して、それぞれ親指、人差指、中指、薬指、小指を対応させた。反応はできるだけはやく正確に行うように教示した。実験開始に先立ち、被験者が正しく課題を理解していることを確かめるために、およそ60試行の練習を行わせた。その後、100試行を1ランとして、各ランの間に短い休憩を入れながら全部で12ラン、計1200試行を実施した。

脳波記録及び処理 脳波(EEG)は、国際式10-20法によるFz, Cz, Pzの3部位から両耳朶連結を基準として導出した。同時に、左眉上縁より眼電図(EOG)を記録した。EEGおよびEOGは、脳波計(日本電気三栄1A52A)を用いて、時定数1.5s、高周波遮断フィルタ30Hzで増幅・記録し、刺激呈示前100msから刺激呈示後1000msまでをシグナルプロセッサ(日本電気三栄7T17)でA/D変換(200Hz)して、試行ごとにフロッピーディスクに保存した。

呈示された刺激が前試行の刺激と同じであったか違っていただかによって、すべての試行をSAMEとDIFの2つのタイプに分けた。本実験では、すべての刺激を等確率で呈示したので、全試行の約80%がDIF、残りの約20%がSAMEであった。まず、12ランすべてを通じてDIFとSAMEに

分けて、文字、部位ごとの加算ERP波形を求めた。次に、練習効果を検討するために、12ランを3ラン(300試行)ずつの4ブロックに分けて、ブロックごとに加算平均波形を求めた。この場合、SAMEは試行数が非常に少なくなる(各文字につき12試行程度)ので、DIFのみを対象とした。±80μV以上の電位がEEGまたはEOG記録に出現した試行は、アーチファクトを含む試行とみなして、加算対象から除外した。また、誤反応試行、各ランの最初の試行、反応時間が200ms未満(尚早反応)または1200ms以上(無反応)であった試行も加算対象から除いた。

データ分析 DIFとSAMEのそれぞれについて、文字ごとに正反応率と平均反応時間(RT)を算出した。また、ブロック1-4のそれぞれについても、同時に正反応率、平均RTを算出した。P300成分は、各被験者の加算平均波形上で、刺激呈示後270-750msの区間の陽性の最大の振れとして同定し、その頂点潜時・振幅を計測した。頂点振幅は刺激呈示前100ms間の平均電位をベースラインとして計測した。得られた結果の統計的検討には、繰り返し測度の分散分析を用い、水準数が3以上の要因については、Greenhouse & Geisser (1959)の方法で自由度を修正して、そのF値の有意性を判定した。

結 果

行動測度 被験者8名の平均正反応率と平均RTをTable 1に示した。それぞれに試行タイプ(SAME/DIF)×文字(Q-U)の繰り返し測度の2要因分散分析を行ったところ、SAMEの方がDIFよりも正反応率が高く($F(1,7)=12.19, p=.01$), RTもSAMEの方が約120ms短かった($F(1,7)=39.39, p<.001$)。文字の効果は、どちらの測度にもなく(正反応率: $F<1.0$; RT: $F(2.2, 15.4)=1.20$)、試行タイプ×文字の交互作用も認められなかった(正反応率: $F(2.5, 17.8)=1.17$; RT: $F(2.5, 17.6)=2.65$)。

Table 1 Accuracy (%) and RTs (ms) in DIF and SAME trials

		Stimulus					
		Q	R	S	T	U	Mean
Accuracy (%)	DIF	95.4	96.2	94.8	95.6	96.0	95.6
	SAME	98.3	98.2	99.1	99.0	98.4	98.6
RT (ms)	DIF	638	633	646	629	640	637
	SAME	506	522	507	506	551	519

NOTE: DIF=Trials in which the stimuli were different from the preceeding trials; SAME=Trials in which the stimuli were the same as the preceeding trials.

ERP 総加算平均波形 (Fig. 1) を見ると, DIF と SAME のどちらの波形においても, 刺激呈示後 400-500ms に頂点をもち, Pz 記録で最大振幅を示す大きな陽性 (図中で下向き) の振れ, P300 成分が認められる. DIF の P300 は, 文字によって振幅が大きく異なっている. すなわち, 両端の Q, U に対しては大きく, R, S, T に対しては小さい. この P300 振幅の文字による変化は, Pz 記録において最も顕著である. 一方, SAME の P300 は, 全体的に頂点潜時が短く高振幅であり, 文字による差は少ない.

 Fig. 2 Mean P300 amplitudes (μV) in DIF and SAME trials.

P300 振幅 (Fig. 2) のデータに対して, 繰り返し測定度の 3 要因分散分析 (試行タイプ $\times$ 文字 $\times$ 部位) を行ったところ, 試行タイプ, 文字, 部位のすべての主効果が有意となった (それぞれ $F(1,7)=5.41, p=.05$; $F(2,8, 19.9)=3.70, p<.05$; $F(1,2, 8.3)=16.74, p<.01$). 交互作用はいずれも有意でなかった (試行タイプ $\times$ 文字: $F(3.0, 20.7)=1.15$; 試行タイプ $\times$ 部位: $F<1.0$; 文字 $\times$ 部位: $F(2.2, 15.7)=2.84$; 試行タイプ $\times$ 文字 $\times$ 部位: $F<1.0$).

Fig. 1 Grand mean waveforms in DIF and SAME trials.

位: $F(3.6, 25.2)=1.56$). P300振幅のU字型変化を確認するために, DIF と SAME のそれぞれの Pz 記録の値に対して傾向分析を行ったところ, DIF でのみ有意な2次の傾向が認められた ($F(1,30)=42.10, p<.001$; SAME では $F<1.0$).

P300 潜時は, 5つの文字間を平均した値が, SAMEで455ms, DIFで485msであった. P300潜時についても, 同様の分散分析を行った結果, 試行タイプの主効果のみが有意であった ($F(1,7)=9.95, p<.05$; 文字: $F<1.0$; 部位: $F(1.1, 7.6)=1.01, ns$). 交互作用はいずれも有意とならなかった.

練習効果 各ブロックにおける平均正反応率および平均RTをTable 2に示した. ブロック1からブロック2へと, 正反応率は増加し, RTは短くなっているが, それ以降には大きな変化はない. ブロック×文字の繰り返し測度の2要因分散分析を行ったところ, 正反応率でブロックの主効果がほぼ有意であった ($F(1.4, 10.0)=4.17, p=.06$; RTでは $F(1.2, 8.5)=3.07, p=.11$). 文字の効果 ($F_s<1.0$) やブロック×文字の交互作用 (正反応率: $F(3.7, 26.0)=1.37, ns$; RT: $F(3.7, 26.0)=1.20, ns$) はなかった. このように, 試行を多数行うことによって, 行動パフォーマンスはやや向上していた.

Table 2 Accuracy (%) and RTs (ms) in Block 1-4

	Block	Stimulus					Mean
		Q	R	S	T	U	
Accuracy (%)	1	91.6	91.9	92.5	95.3	93.0	92.8
	2	96.9	97.7	96.0	94.6	96.9	96.4
	3	96.3	97.8	95.6	95.1	96.9	96.4
	4	96.9	97.9	95.4	97.1	97.0	96.9
RT (ms)	1	664	676	667	665	658	666
	2	644	640	656	627	630	639
	3	632	609	635	611	634	624
	4	616	613	627	618	635	622

NOTE: SAME trials are excluded.

各ブロックにおける P300 振幅 (Fig. 3) を比べてみると, すべてのブロックを通じて P300 振幅の U 字型変化がほぼ一貫して認められる. ブロック×文字×部位の繰り返し測度の3要因分散分析によると, すでに述べたすべてのランを通して加算平均した波形での分析結果と同様に, 文字および部位の主効果が得られた (それぞれ $F(2.4, 16.9)=5.56, p=.01$; $F(1.1, 7.6)=15.88, p<.01$). 文字×部位の交互作用 ($F(2.5, 17.6)=4.49, p<.05$) があったので, 部位ごとの文字の効果を調べるために, 各部位についてブロックを平均した繰り返し測度の1要因分散分析を行ったところ, Cz と Pz で有意であった (それぞれ $F(1.9, 13.4)=3.90, p<.05$; $F(2.4, 16.8)=10.26, p<.001$). しかし, ブロックの主効果やブロック×文字の交互作用はなかった ($F_s<1.0$). これは, 課題を繰り返し行っても P300 振幅は変化しなかったことを示し

Fig. 3 Mean P300 amplitudes (μV) in Block 1-4. SAME trials are excluded.

ている。P300 潜時についても同様の分散分析を行ったが、ブロック、文字などによる差は認められなかった。

本実験で得られた結果をまとめると次のようになる。①量的属性を持たない文字刺激（アルファベット）を用いた5CRT課題でも、P300の振幅にU字型変化が認められた。②SAMEでは、全体に振幅が大きく、文字による変化はDIFほど明らかではなかった。③パフォーマンスが向上しても、振幅のU字型傾向は変化なく認められた

考 察

SAMEの方がDIFよりも、正反応率が高く、RTが短かったことは、多肢選択反応時間課題についての先行研究の結果と一致している（総説としてKirby, 1980）。SAMEでP300潜時が短かったのは、前の試行と同じ刺激が反復して呈示されたために、刺激の符号化および同定がはやく行われたからであろう。また、SAMEがDIFと比べて全体的に高振幅のP300を引き起こしたことは、これまでに報告されてきた2CRT課題における順序効果(SAME<DIF)と全く反対であった。しかし、RTについては、選択肢が2つの場合と選択肢が3つ以上の場合とで順序効果が大きく異なることが知られているので(Kirby, 1980)、同様のことがP300振幅についてもありえるかもしれない。一般に、生起確率の低い事象ほど高振幅のP300を引き起こすので(Duncan-Johnson & Donchin, 1977)、DIFの約4分の1しか出現しないSAMEが高振幅のP300を引き起こしたのは、むしろ当然の結果ともいえる。

量的属性を持たない文字刺激を用いた本実験でも、P300振幅のU字型変化が認められた。各文字

に対する正反応率やRT、P300潜時に差はなかったもので、得られたP300振幅の差は、文字の弁別しやすさや反応の難易度といった要因によるものではないといえる。この結果は、投石・藤原(1993)の一致条件と同様に、刺激の持つ順序と反応指の並びとが一致している場合には、P300振幅はU字型に変化するというを示している。序論で述べたように、順応水準モデルでは、このような記号の刺激を用いた課題で得られた結果を説明することができない。

それでは、どのような内的モデルを想定すれば、本実験の結果をうまく説明できるのだろうか。我々が記号の刺激を用いて得たP300振幅の変化は、Ullspergerら(Ullsperger & Gill, 1988; Mecklinger & Ullsperger, 1993, 実験1)が物理的刺激的の弁別課題で得たそれと非常によく類似しているもので、両者が同じメカニズムで生じていたと仮定することは妥当であろう。そこで、順応水準モデルを拡張することによって、本実験の結果を説明してみたい。順応水準モデルでは、ある物理的次元上に順応水準が形成され、それが知覚判断の際の“基準点”として働くと考えている。しかし、基準点の中には、反応次元を取り込んだ形で形成されるものもあるのではなからうか。柿崎(1974)は、判断場面において、刺激と反応とを切り離して考えることは不可能であり、順応水準も含めたすべての基準点は、必然的に反応次元と関連していると述べている。本実験のように、順序通りに並んだ刺激文字と、同じく順序通りに並んだ反応指とが対応していた課題では、被験者は、それぞれの刺激-反応対を一行に並べた“連続体”を形成して、反応を行っていたと推測できる¹⁾。そのような連続体の中心付近に、ある種の

1) 順序を持った複数の刺激(項目)がどのように心的に表象されているかについては、これまで主に心的比較判断課題を用いて研究されてきた(総説として吉川, 1982)。典型的には、被験者に一連の刺激の順序関係(例: A>B>C>D)を学習させた後に、対呈示される2つの刺激間の関係(例: B>D?)を判断させるという課題であるが、そのような課題においては、被験者はすべての刺激(項目)を一行に並べた統一的な表象(心的配列)を形成して判断を行っていると考えられている(Banks, White, & Mermelstein, 1980)。このような考え方に準拠して、我々は、選択反応時間課題においても刺激-反応対が順序を持っていれば、被験者はそれらを連続体として表象して反応を行っているだろうと推測した。

“基準点”が存在し、それが試行ごとに（与えられた刺激との隔たりの程度に応じて）更新されていたと仮定すれば、あとは順応水準モデルと同じように、P300を“基準点の更新プロセスの表出”と考えることによって、P300振幅のU字型変化を説明することができる。つまり、与えられた刺激と基準点との隔たりが大きかった試行ほど、基準点は大きく更新され、大きなP300が出現したと考えるのである。このような考え方に従えば、刺激の順序と反応指の並びとが一致しておらず、上述のような連続体や基準点が形成されないと考えられる条件では、P300振幅のU字型変化は生じないはずである。この予測は、投石・藤原（1993）のランダム条件の結果と一致している。

もちろん、データを説明するのに都合がよいということと、実際に基準点が存在するということとは別である。しかし、我々の認知活動は、ほとんどの場合、何らかの基準をもとにして行われる（中島、1992）と考えられるので、本実験でも、何らかの基準点に基づいて課題遂行がなされていた可能性は十分にある。本実験で、文字の効果は、P300振幅にはあったが行動測度にはなく、また、練習の効果は、行動測度にはあったがP300振幅にはなかった。このようなP300振幅と行動測度との分離は、上述の基準点が、試行ごとの反応選択に直接利用されているのではないことを示唆している。Donchinら（Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988）は、P300として表われてくる脳活動は、ある試行の特定の刺激に対して特定の反応セットを選択するといった一時的な(tactical)プロセスに関連しているのではなくて、そのような顕在的行動の基盤として働く方略的な(strategic)メタコントロールプロセスに関連していると主張している。おそらく、上述の基準点も、試行ごとの刺激-反応変換を間接的に支援するようなプロセスで利用されているのだろう。また、SAMEで、文字によるP300振幅の差があまり大きくなかったことは、同じ刺激が反復呈示され、新たに反応

を選択する必要がある場合には、上述の基準点が利用されないということを示唆している。しかしながら、基準点が具体的にどのような機能を果たしているかについては、現時点ではほとんど分からないので、今後の検討が必要である。

今回、我々の実験で、数字以外の記号的刺激を用いても、P300振幅がU字型に変化することが確認されたために、(狭義の)順応水準説に基づく内的モデルによってP300振幅の変化を説明することが不適切であることが明らかとなった。そこで、我々は、順応水準モデルを拡張して、反応次元とも関連した広い意味での刺激評価に関する“基準点”を中心概念とする内的モデルの可能性について考察を試みた。今後、このモデルに基づいて、P300成分と刺激評価プロセスとの関連をさらに深く検討していくことにより、認知心理学の主要テーマの一つである“内的モデル”について、行動指標以外からのアプローチが可能になると期待される。

引用文献

- Banks, W. P., White, H., and Mermelstein, R. 1980 Position effects in comparative judgments of serial order: List structure vs. differential strength. *Mem. Cogn.*, 8, 623-630.
- Donchin, E. 1981 Surprise! ... surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Donchin, E., and Coles, M. G. H. 1988 Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behav. Brain Sci.*, 11, 357-374.
- Duncan-Johnson, C. C., and Donchin, E. 1977 On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14, 456-467.
- Fabiani, M., Karis, D., and Donchin, E. 1990 Effects of mnemonic strategy manipulation in a Von Restorff paradigm. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 75, 22-35.

- Greenhouse, S. W., and Geisser, S. 1959 On the methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, **24**, 95-112.
- Helson, H. 1964 *Adaptation-level theory. An experimental and systematic approach to behavior*. New York: Harper and Row.
- Hovancik, J. R. 1985 Chronometric analysis of the storage of alphabetic information in human memory. *Am. J. Psychol.*, **98**, 535-547.
- Johnson, R., Jr. 1988 The amplitude of the P300 component of the event-related potential: Review and synthesis. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, and M. G. H. Coles (Eds.), *Advances in psychophysiology*. Vol. 3. Greenwich, CT: JAI Press. Pp. 69-138.
- 柿崎祐一 1974 知覚判断 培風館.
- Kirby, N. H. 1980 Sequential effects in choice reaction time. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction times*. London: Academic Press. Pp. 129-172.
- Klein, M., Coles, M. G. H., and Donchin, E. 1984 People with absolute pitch process tones without producing a P300. *Science*, **223**, 1306-1309.
- Mecklinger, A., and Ullsperger, P. 1993 P3 varies with stimulus categorization rather than probability. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, **86**, 395-407.
- 投石保広・藤原伸彦 1993 P300 と順応水準仮説 日本心理学会第57回大会発表論文集, 694.
- 中島義明 1992 「認知的解決」における「相対性原理」 中島義明・井上俊・友田泰正(編) 人間科学への招待 有斐閣 Pp. 21-37.
- Squires, K. C., Wickens, C., Squires, N. K., and Donchin, E. 1976 The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science*, **193**, 1142-1146.
- Ullsperger, P., and Baldeweg, T. 1991 Interpreting P300 amplitude changes with adaptation level theory. *Behav. Brain Sci.*, **14**, 733-734.
- Ullsperger, P., and Gille, H. -G. 1988 The late positive component of the ERP and adaptation-level theory. *Biol. Psychol.*, **26**, 299-306.
- Ullsperger, P., Gille, H. -G., and Metz, A. M. 1987 The P300 as a metric in psychophysics of cognitive processes. In C. Barber and T. Blum (Eds.), *Evoked Potentials III: The 3rd International Evoked Potentials Symposium*. Borough-Green: Butterworth, Pp. 355-360.
- Yanai, K., and Nageishi, Y. 1993 Examination of adaptation level theory by the help of P300 measurement. *Int. J. Psychophysiol.*, **14**, 156. (Abstract)
- 吉川左紀子 1982 比較判断の心理過程 京都大学教育学部紀要, **28**, 202-214.