

都市景観の視覚情報処理過程と大脳誘発電位

菅原正和*・Changhui XUE**

(1999年10月30日受理)

I 問題と目的

現在、神経科学、認知科学の分野で誘発電位に関する基礎研究と応用研究が多くなされているが、環境工学的な応用は、ごく最近の2、3年前からスタートしたばかりである。神経科学を応用するこれからの環境心理学は、従来ブラックボックスとしてきた感覚入力に対する出力を、大脳の誘発反応として取り出し、生体を感じ覚情報処理システムとして捉える考え方を導入して、環境と人間との関係について考察していこうとしている。パターン認知や表情認知、記憶に関する研究はかなり進んできているが、誘発電位を手掛かりとした環境情報の知覚研究は、始まったばかりである[少ない例として、東京大学工学部での応用研究(平手研究室等: (秋田1996), (川井1996)]。そこで本研究は、内観報告のみに頼らず、環境評価、環境制御への応用分野に、誘発電位が有効であることを景観情報処理モデルを使って示そうとしている。

中枢神経系の感覚情報処理活動を誘発電位の計測と解析を通じて究明しようとする試みが、近年盛んになってきている(Gunnar et al., 1994)。誘発電位は感覚入力に対する生理、心理的反応をその空間的・時間的系列で抽出することによって、無意識的なレベルでも記録可能なことが既に知られているので(Shevrin and Fritzier, 1968)、これらの研究から得られる知見は環境と人間の関係についての新たな視点を与えてくれる。

ある種の景観刺激が呈示されたとき、大脳誘発反応の諸成分には、感情のみならず、輝度、線分、色、空間密度などの入力刺激に付随する多数の情報に対する反応が内包されていると考えられている(Sugawara et al., 1991; Smid et al., 1997)。本研究では、その中で特に頭皮上のトポグラフィに注目して、景観の記憶と感情に関する誘発電位の成分を探索する。

感情や情動に関する誘発電位を用いた研究では、従来主として表情認知とその記憶に興味を持たれていた。Johnstonら(1986)は、異性モデルや皮膚疾患患者のスライド刺激を用いた実験で、中性刺激と比較した場合、頭頂部Pzから記録される事象関連電位の陽性P300成分に有意な振幅の増大が見られることを報告した。

また、情動性刺激に対する大脳半球のラテラリティについて、Laurianら(1991)は、事象関連電位P300成分をトポグラフィ的に分析した。10名の右利きの男性被験者において、陽性情動、陰性情動刺激双方に対して、右半球の中心-頭頂部(centro-parietal)の活性化が見られると報告した。最も大きいP300振幅は、C4から得られ、connotationによる有意差は認められ

* 岩手大学教育学部

** 岩手大学大学院連合農学研究科(博士課程)

なかった。この結果は、情動についての認知が主に右半球によって、処理されるという仮説を支持した。

しかし、Carretieら(1997)は、P300成分は視覚刺激の形態などに関する知覚的変量の影響を受けやすいということを指摘し、代わりに、N300成分が視覚刺激に対する情動反応の有効な指標であると論じた。結局、彼らは、中性刺激と比較したとき、情動性刺激に対するP300成分の振幅増大は、見出し得なかったが、N300成分は、頭頂領域P3、P4において、より大きい振幅を記録したので、ラテラリティは否定したもののN300成分が、視覚的情動成分であると主張した。

これまでの誘発電位を指標とした情動に関する実験において、用いられた刺激の多くは、人物であった。

本研究は、これまでの厳密な視覚誘発電位研究を基本にすえ、景観を視覚刺激として、その入力記録(記憶)から感情的処理への過程を分析しようとするものである。そして、これを基に、言語的内省報告のみに頼らない、環境評価の指標を構築しようとしている。それによって、ヒトは景観を評価するとき、刺激に含まれる知覚情報と感情的情報を如何に処理するかを明らかにして、景観評価における感情情報処理モデルを提示しようとするものである。

II 方 法

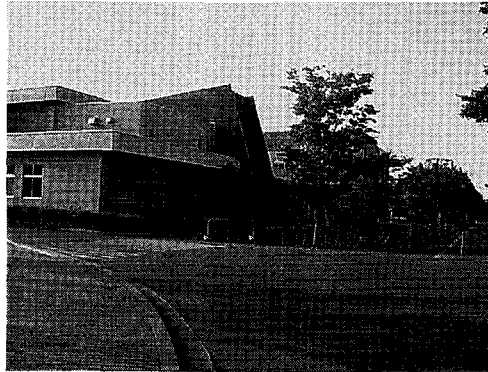
(1) 被験者

被験者は、大学生、大学院生17名(男性7名、女性10名)、年齢は19歳から26歳の範囲で平均年齢22歳であった[事象関連電位後期成分の加齢による影響は、潜時に現れることが明らかになっている(e.g. Goodin et al., 1978; Sugawara 1993)ので、被験者の年齢差はなるべく少なくした]。被験者それぞれは、脳波や誘発電位測定の実験経験がなく、全員右利きで、視力または矯正視力に問題はなかった。色覚にも異常はない。なお全員中枢神経疾患の既往歴はなく、実験日の主観的心理状況はいつもの通りで特に変わらない気分と報告された。以上のことは、全被験者に対する「実験事前調査書」の記入と面談によって精査された。

(2) 刺 激

北国の美しい城下町盛岡市内の景観をデジタルカメラ(DIGITAL CAMERA C-1400L OLYMPUS製)で合計38場面収録し、その中から3つのカテゴリーに基づく5段階評価のSD法によって、更に20枚の景観刺激が抽出された。第1は、「知っている」と「知らない」景観(それぞれ4枚)、第2は、「善い景観」と「悪い景観」(それぞれ2枚)、第3は、「快(美しい)―不快(美しくない)」(それぞれ4)であった。第2のカテゴリーは景観に関する都市工学のカテゴリーで、主として都市における機能と関わっている。これらの刺激画像(例示、図1)は、IIYAMA製の21インチディスプレイ(MT8621E)上に呈示され、時間はFUJISU FMVS 42073コンピュータで制御した。画像サイズは、縦39cm、横29cmで、視覚度は約8°であった。刺激呈示時間は、1000msec、ISIは2000msec、刺激呈示回数は20回(カテゴリー2)と40回(カテゴリー1と3)、刺激呈示順序はランダムにした。

No. 1



No. 28

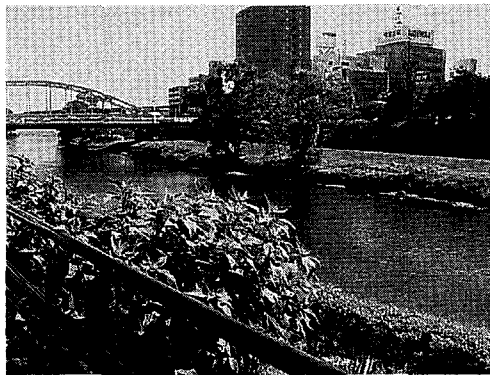


図1 景観刺激の例

(3) 被験者へのインストラクション

ディスプレイ上に景観を呈示する前に、実験者は『これから呈示される風景、景観について、「知っている」と「知らない」という尺度基準によって答えて下さい、知っている場合はCと答えて下さい、知らない場合はDと答えて下さい』という教示を防音暗室にいる被験者にマイクを通して与えた。以下、同様に第2のカテゴリーでは「善い景観」と思われる場合にはA、「悪い」場合にはB、「快」の時はE、「不快」な刺激にはFと答えるよう教示した。短いアルファベットの記号で答えさせる理由は、長い文によって答えると脳波 (EEG) にアーチファクトが混入する場合があります、それを回避するためである。

(4) 実験装置及び脳波計測

EEGを記録するため、頭皮上に12個の銀塩化銀皿電極を国際式10-20法に基づき装着した。装着部位は左右前頭部F3、F4、中心部C5、Cz、C6、左右頭頂部P3、P4と、inion上より3.5cm、左右に5cmに位置するO5、O6を選んだ。EMGの混入を防ぐためのアース(E)電極を下顎に装着し、Czをreferenceとする相極誘導(Lehmann 1987)で分析し、また眼球運動をモニターし、 $30\mu\text{V}$ 以上の反応をリジェクトした(図2)。

刺激の呈示は、日本光電製「音声・画像コントロールプログラム(AAA15090)」を使用、脳

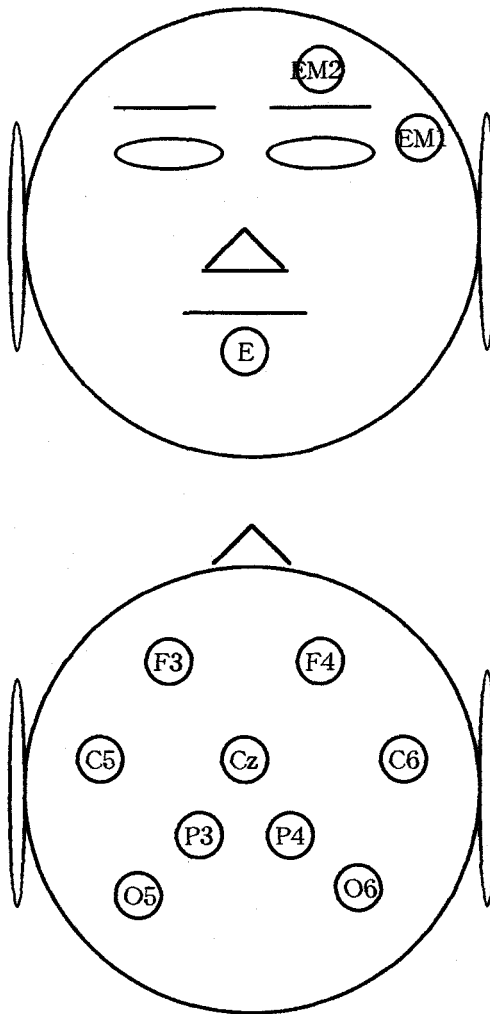


図2 装置電極の配置

波計は日本光電製 POLYGRAPH SYSTEM 16ch MR-6000 を用い、波形をサーマルアレイレコーダ (RTA-3200) に出力し、TEAC SD-90 データレコーダに収録した。視覚誘発電位の加算は NEC-sanei 製 SIGNAL PROCESSOR 7T180A により NEC-sanei 製 X-Y PLOTTER 49767 に出力した。ノイズを軽減して S/N 比を改善するためのフィルタバンド特性は、低帯域周波数 0.5Hz- 高帯域周波数 30Hz とした。VEP の時定数は 2.0sec であった。

III 結 果

17名の被験者から得られた視覚誘発電位の F3, F4, C5, Cz, C6, P3, P4, O5, O6 における grand average 波形は、図3-A, 図4-A, 図5-A に示されている。図3-A は、実験1 (カテゴリー1) におけ景観刺激に対して「C (知っている)」と「D (知らない)」と答えたときの VEP

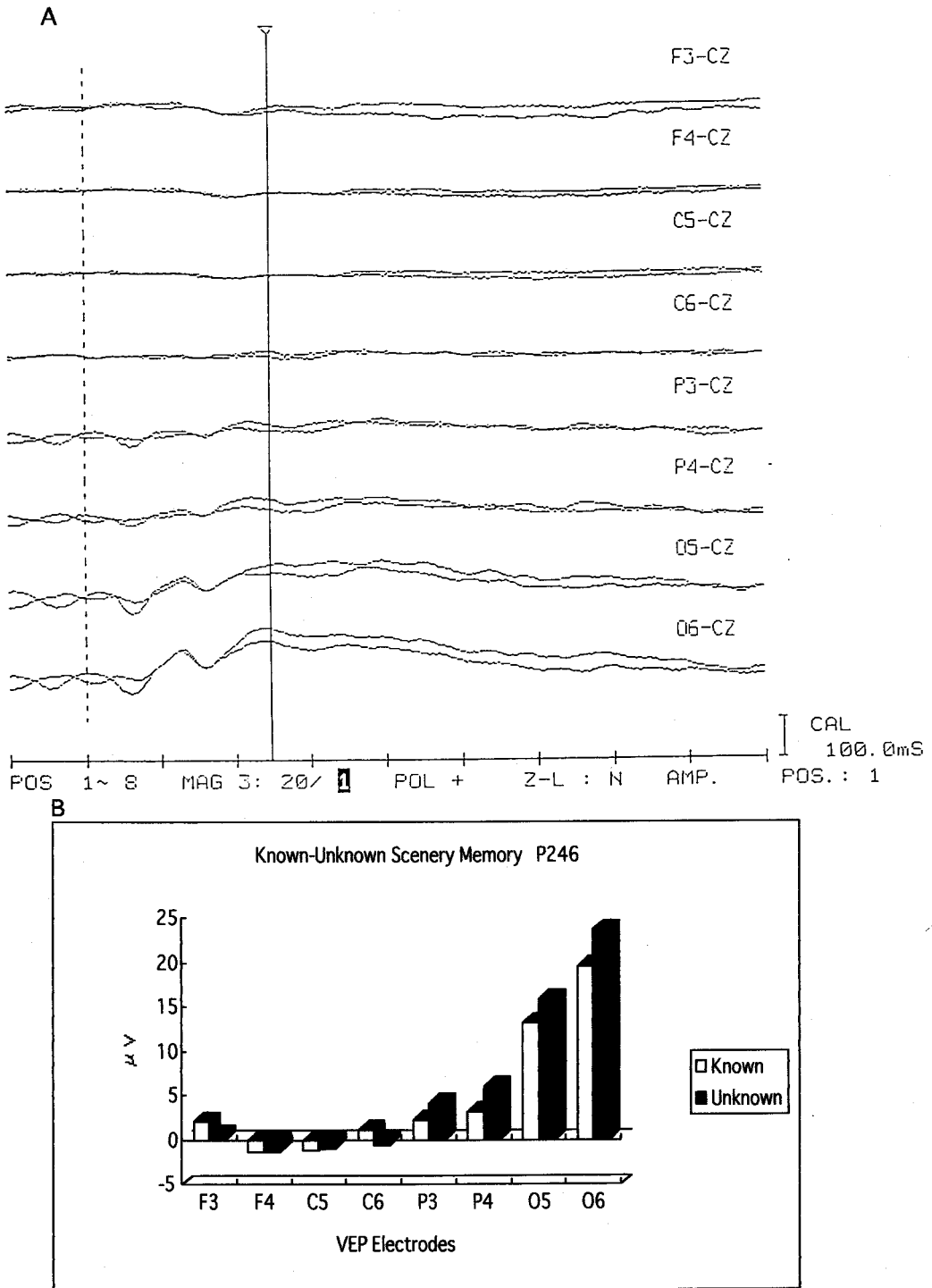


図3 A. 実験1 (カテゴリー1) 「C (知っている) -D (知らない)」, 景観記憶の平均 VEP
 B. P246 の平均 VEP 振幅値

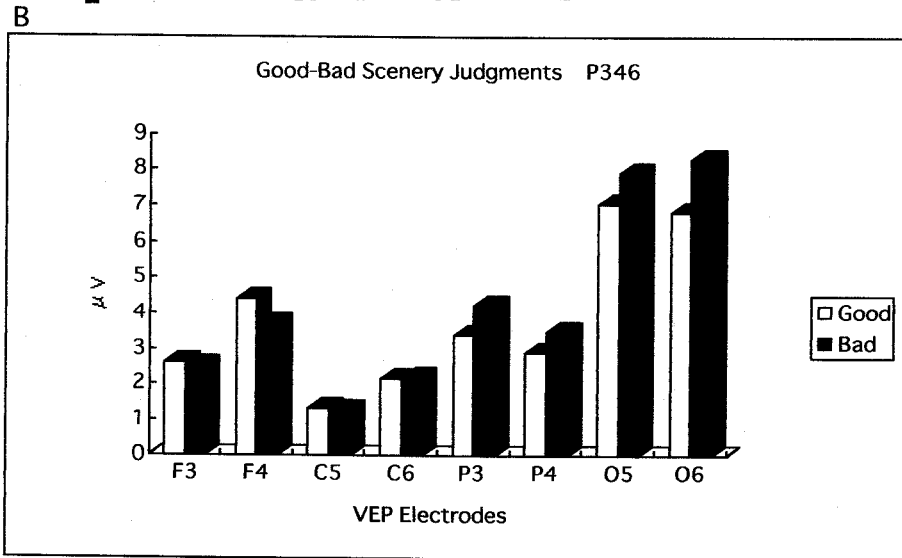
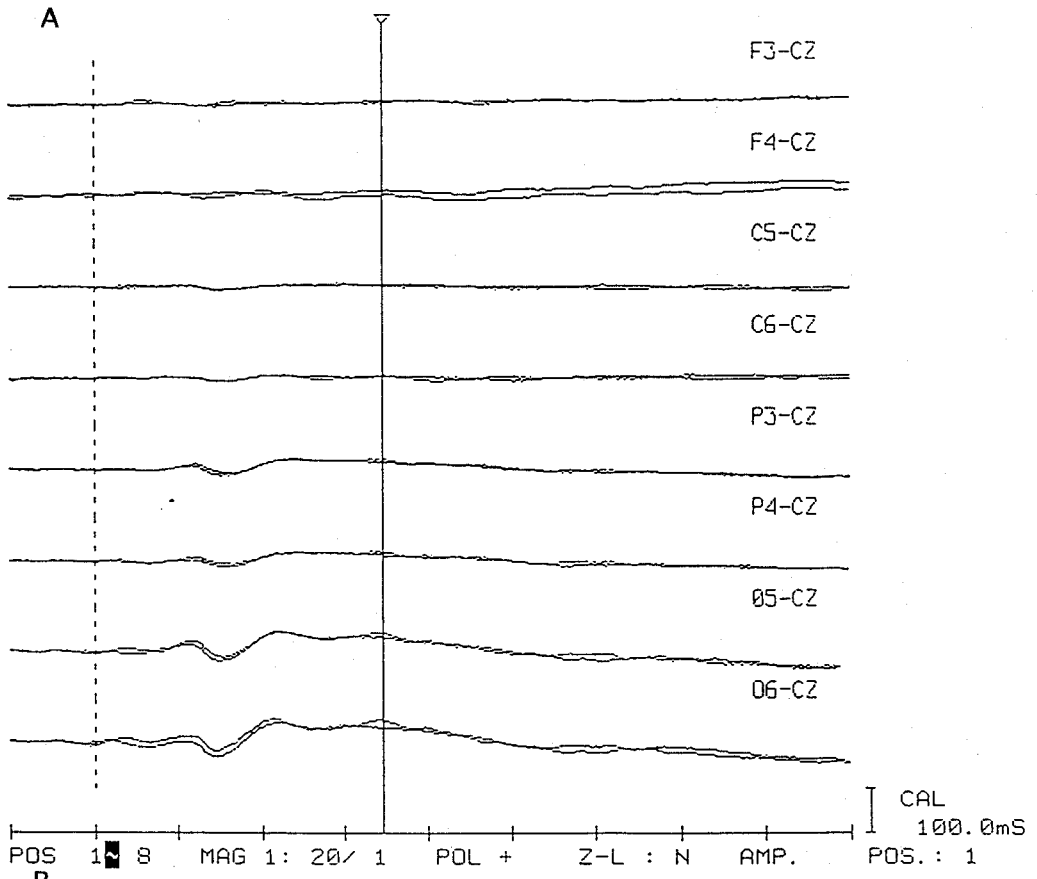


図4 A. 実験2 (カテゴリー2) 「A (善い) —B (悪い)」の平均 VEP
B. P346 の平均 VEP 振幅値

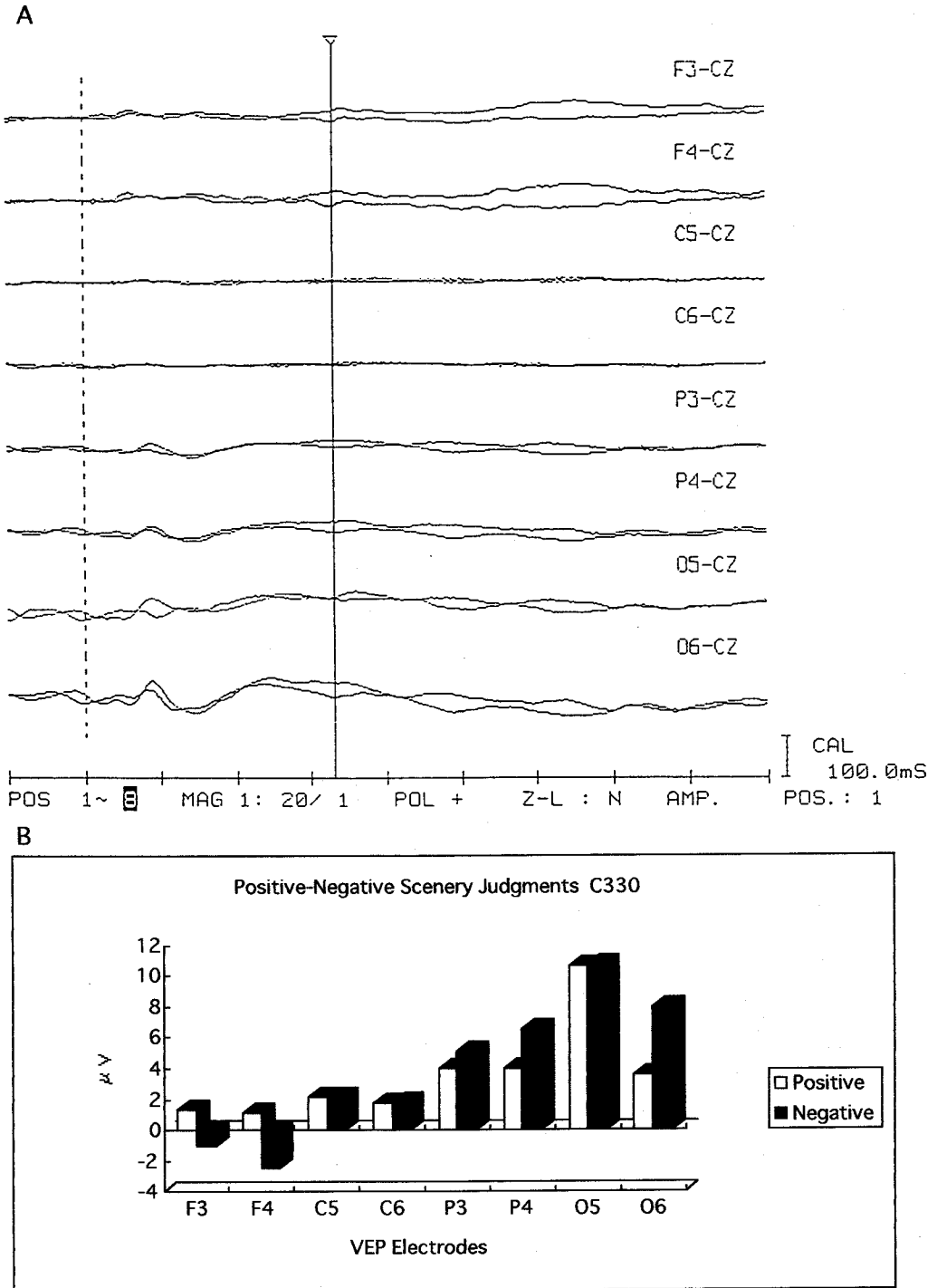


図5 A. 実験3 (カテゴリー-3) 「E (快) -F (不快)」の平均 VEP
 B. C330 の平均 VEP 振幅値

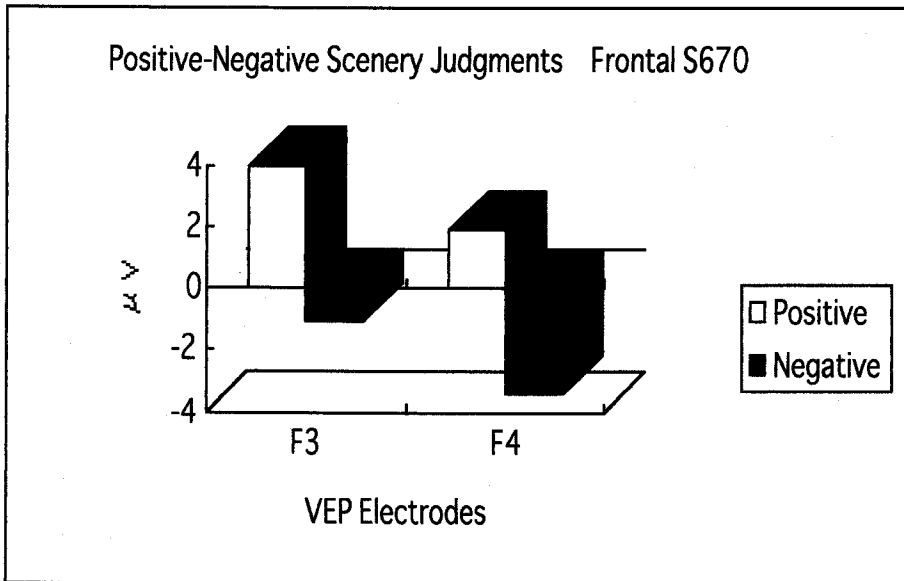


図6 実験3 (カテゴリー3) 「E (快) -F (不快)」のS670の平均VEP振幅値

で、図3-Bは、P246成分の分析結果を示している。右頭頂部(P4) ($T=25, n=16, p<.05$), 右後頭部(O6) ($T=29, n=17, p<.05$)において有意差が見られた(Wilcoxon Signed-Rank検定)。

実験2 (カテゴリー2) の「A (善い景観)」と「B (悪い景観)」反応に対する視覚誘発電位には、いずれのlocationにおいても有意差が見られなかった(図4-A, 図4-B)。

第3実験 (カテゴリー3) における「E (好き)-F (嫌い)」反応においては、潜時330msec (図5-A, 図5-B) の右頭頂部(P4) ($T=28, n=17, p<.05$), 右後頭部(O6) ($T=22, n=17, p<.02$) と右前頭部(F4) ($T=20, n=16, p<.02$) に有意な差が認められ、不快刺激に対しては、C330の右前頭部(F4)とS670の左右前頭部(F3, F4)で陰性徐波が出現した。さらに、前頭葉の最大徐波であるS670 (図6) の振幅値に前頭部(F3, F4)で有意差が認められた。左前頭部(F3)においては快刺激に対する陽性徐波が($T=17, n=16, p<.01$), 右前頭部(F4)においては不快刺激に対する陰性徐波の振幅が増大($T=16, n=17, p<.01$)した。

感情的処理と比較して、「A (良い景観)-B (悪い景観)」のような都市工学上の機能から見た理性的判断は主として左大脳半球において処理されるという仮説に基づいて実験は組まれたが、結果に有意差が見られなかった。被験者によっては、課題遂行中、判断基準が主観的に変化することがあり、カテゴリー1や3の実験に比べると内的基準が曖昧なために差がなくなっていると考えられる。

IV 考 察

本実験に示されたC330, S670は感情を反映する誘発電位成分であると考えられる。

Carretieら(1997)は、N300成分は視覚刺激に対する情動性を反映する成分であると主張した。本研究でも、快-不快(positive-negative)刺激に対して、右前頭部(F4), 右頭頂部(P

4), 右後頭部 (O6) における C330 成分に有意差を見出した。これは, Carretie らの仮説を支持するが, 刺激構成が複雑になるほど潜時が延長することが一般に知られており, 本実験における 30msec の潜時の延長は刺激の構成の複雑さによるものと思われる。

Diedrich ら (1997) は, 誘発電位の感情に関わる前頭葉の後期陽性徐波成分を記録した研究を報告した。彼らは, 46 人の学生の被験者を, 刺激の情動性に注目をする群と刺激の構造に注目をする群に分けて実験を行っている。電極部位は, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4 を選択しており, 結果は, 両群とも, 前頭領域から, 刺激呈示後の潜時 1000msec でもっとも大きな後期陽性徐波を記録している。情動性に注目する群では, 刺激呈示後すべての部位で陽性徐波振幅が, 600msec から出現し, 大脳半球のラテラリティについては, 潜時 500msec 以後に現れる徐波により前頭領域と頭頂領域において異なるとしている。また, 両情動的刺激に対し, 頭頂領域の潜時 720msec で後期陽性成分の振幅は, 増大すると報告している。

本研究の実験では, 図 6 に示されるように, 左前頭部 (F3), 右前頭部 (F4) における潜時 670msec に明瞭な感情処理に関わる徐波成分が出現している。そして, その deflection は刺激の陽性, 陰性では異なっており, positive に対しては左前頭葉 (F3) で negative に対しては右前頭葉 (F4) の振幅が大となる点は注目に値する。Diedrich ら (1997) は情動性刺激によって, 前頭葉及び頭頂葉において潜時 720msec での後期陽性成分の振幅が増大することを見出している。本実験での景観情報処理について見出された潜時約 670ms の後期徐波は 750msec まで延長しており, S330 成分とともに感情処理を反映する成分であると考えられる。

我々は, 景観情報に単なる形態や知覚情報以外の, 感情的情報を内包する視覚刺激入力処理される際の認知モデルを図 7 に示した。

まず, 最初に, 入力してきた視覚刺激に対するパターン特性の分析が行われ (N170~180), 続いて, 既存の視覚記憶との照合が行われる (P220~250)。P300 はその結果を update し

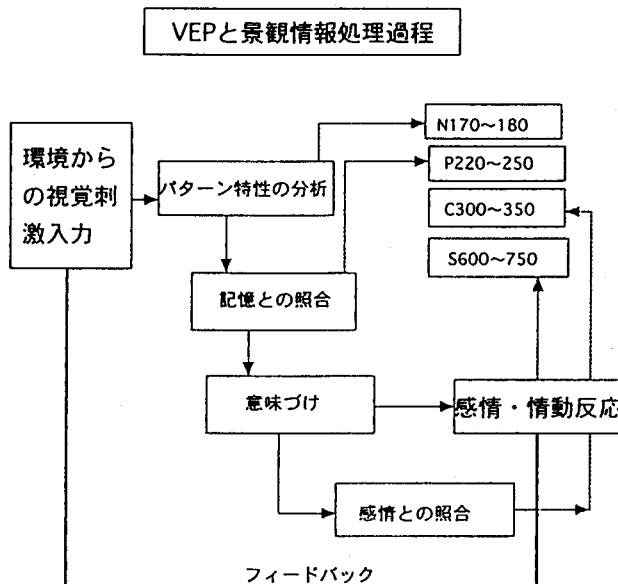


図 7 VEP と景観情報処理過程

(Donchin 1984), ここで、入力刺激に内包される感情記憶との照合 (C300~350) が行われ、その結果は前頭葉の徐波成分 S600~750 に反映されると考えられる。特に P220~250 は P300 同様、大脳辺縁系特に海馬の活動と関係し、前頭葉の徐波成分 S600~750 は扁桃体と A10 神経系の活動と関わっていると推察される。このような景観情報処理についての認知モデルは、今後主観的環境評価のみに頼らない、新しい指標を構築する際に、重要になってくると思われる。

最後に、本実験に用いられた 3 カテゴリーの視覚刺激は、それぞれ異った、比較的複雑な刺激構成要素からなっている。そのため一般的 VEP 実験研究に比べて刺激統制 (例えば、色彩、密度、輝度分布、リアリティ等) に困難がある。都市景観や自然環境、さらに又子ども達を被験者とした学校環境の視覚的アセスメントに VEP を今後応用しようとするとき、かかる問題を実験パラダイムの中で、改善していく必要がある。

引用文献

- 1) 秋田 剛 (1996) 誘発電位を手掛かりとした視聴覚情報の知覚に関する研究。東京大学工学系研究科建築学専攻 博士論文
- 2) Diedrich, O., Naumann, E., Maier, S., and Becker, G. (1997) A frontal positive slow wave in the ERP associated with emotional slides. *Journal of Psychophysiology*, 11: 71-84.
- 3) Donchin, E. (1984) *Cognitive Psychophysiology: Event-Related Potentials and the Study of Cognition*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, New Jersey, London.
- 3) Goodin, D. S., Squires, K. C., Henderson, B., and Starr, A. (1978) Age related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44: 447-458.
- 4) Gunnar, M. R. and Nelson, C. A. (1994) Event-related potentials in year-old infants: Relations with emotionality and cortisol. *Child Development*, 65: 80-94.
- 5) 川井敬二 (1996) 音環境認知の観点からの人間-音環境系の記述に関する研究。東京大学工学系研究科建築学専攻 博士論文
- 6) 上山 輝, 土肥博至 (1996) 写真投影法を用いた景観評価の基礎的構造に関する研究。第 31 回日本都市計画学会学術研究論文集, 595-600.
- 7) Laurian, S., Bader, M., Lanares, J., and Oros, L. (1991) Topography of event related potentials elicited by visual emotional stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 10: 231-238.
- 8) Lehmann, D. (1987) Principles of spatial analysis. In: A. S. Gevins and A. Remond (Eds.), *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Vol. 1. *Methods of Analysis of Brain Electrical and Magnetic Signals*. Elsevier, Amsterdam, 309-354.
- 9) Johnson, V. S., Miller, D. R. and Burselen, M. H. (1986) Multiple P3s to emotional stimuli and their theoretical significance. *Psychophysiology*, 23: 684-694.
- 10) Shevrin, H. and Fritzer, D. E. (1968) Visual evoked response correlates of unconscious mental processes. *Science*, 161: 295-298.

- 11) Smid, H. G. O. M., Jakob, A. and Heinze, H. J. (1997) The organization of multi-dimensional selection on the basis of color and shape: An event related brain potential study. *Perception & Psychophysics*, **59**: 693-713.
- 12) Sugawara, M. (1993) A developmental study of the relationship between ERP P3a latencies and eyelid reflexes elicited by startle acoustic stimuli in normal children. *The Journal of the Center for Educational Research and Practices, Iwate University*, **3**: 119-134.
- 13) Sugawara, M. and Morotomi, T. (1991) Visual evoked potentials elicited by subjective contour figures. *Scandinavian Journal of Psychology*, **32**: 352-357.

Summary

We recorded and analyzed the late visual components of brain evoked potentials during the information processing of landscapes which included the sensory memories and (positive-negative) emotional informations. The subjects were 17 Iwate University undergraduate and graduate students, 7 males and 10 females, whose ages ranged from 19 to 26 years. All subjects had normal or corrected-to-normal visual acuity and no history of neurological defects. Three different categorized stimuli (known-unknown, good-bad, and positive-negative) were presented on a computer-display for the recording of topographical (F3, F4, C5, Cz, C6, P3, P4, O5 and O6) visual evoked potentials (VEPs). There were the significant differences in the 246 msec latency components of VEPs during comparing between the known-unknown landscapes stimuli, especially, at P4 and O6 regions. There were also the significant differences in the 670 msec slow wave at F3 and F4 regions, and in the 330 msec latency at P4 and O6 regions during the emotional evaluations (pleasant-unpleasant) to the landscape picture. When human makes the emotional evaluation in the visual system, firstly might analyze the specificities of landscape patterns, secondly might compare and check a specificity to the stored memories, and then update the memories, finally tally with the landscape meaning and the emotion at the same time. We presented a model on the emotional information processings of landscape. Our results suggest that as with the psychological evaluations, electrophysiological VEPs are also useful for the landscape and environmental evaluations.