

論文の内容の要旨

論文題目 高精細フラクタル視覚情報の生理的評価に関する研究

氏名 前川 督雄

1997年に発生したいわゆる「ポケモン」事件は、視覚情報のもつある種の空間的・時間的構造が、生理的なダメージを人間に与えることを示している。確かに映像信号は、視聴覚刺激となって認知的な影響を脳に与えるだけでなく、快・不快の情動・感性反応をはじめ、認知・知覚の境界領域に及ぶこれまで未知のものを含む様々な刺激を人間に与える可能性が考えられる。また生活空間の中で、自然の視聴覚情報が電子的なメディアから供給される視聴覚情報(映像情報)に急速に置き換えられつつあり、映像情報による時間空間の占有度合とともに、その影響に留意する必要性が増大している。今後、映像情報メディアについて、機能や経済性といったなじみ深い評価に加えて、より快く美しいもの、心身の状態を向上させるものなどを選択する新しい感性的・生理的なプラス面への評価が求められるだろう。そして同時に、メディア利用のうち副作用や危険をとまなうものを回避するマイナス面の評価が、薬品や食品工業などと同様に、無視できない要件として重みを加えてきている。そこで本研究では次のように目的を設定して検討を進めた。第一に、視覚情報入力に対する生体反応について非侵襲脳機能計測を活用した生理的評価手法を開発することを目的とした。そのために、脳波 α 波を指標とした視覚刺激に対する生理的評価法を開発した。第二に、この評価法を用いて視覚情報の空間的構造の特徴がヒトの脳に与える影響を評価することを

目的とした。そのために、様々な静止画像を材料にして、まず視覚情報の空間密度に焦点を当て、その細密度の違いが脳活性に与える影響を調べるとともに、その評価を通して、開発した評価法の有効性を検証した。次に、フラクタル構造などの視覚情報の空間的構造に焦点を当て、その違いによる脳活性への影響を調べた。以上の実験は心理的評価をあわせて試み、内観的な検証を行った。さらに、静止画像に対して有効性を示した生理的評価法をビデオ動画像に適用して検討を行った。以下にその結果を整理して述べる。

まず、視覚情報入力の空間的構造のもつ特徴に対応する生理的反応を脳波 α 波を指標として評価する方法を構築することに成功し、その有効性を確認した。脳波 α 波は開眼状態下では強く抑制される性質があり、視覚刺激に対応した指標としては不適合であるという見解が最近まで支配的だった。これに対して、古典的な脳波計測環境自体が被験者の脳波 α 波の発現に対して抑制的に作用する何らかのストレスを与えているとの作業仮説を設定し、そうした外乱を取り除くための様々な工夫を行った。その結果、開眼時においても、評価実験データとして十分な大きさをもつ脳波 α 波が観察され、また様々な視覚刺激のもつ空間構造の特徴の差異に対応して、脳波 α 波ポテンシャルが変化して観察された。これらの結果は、視覚刺激のもつ固有の空間的構造が導く脳の活動には生理的に計測可能なものがあることを示すと同時に、ここに開発した生理的評価法が、視覚情報のある種の空間的構造に対するヒトの感受性の計測に有効に働くことを示している。

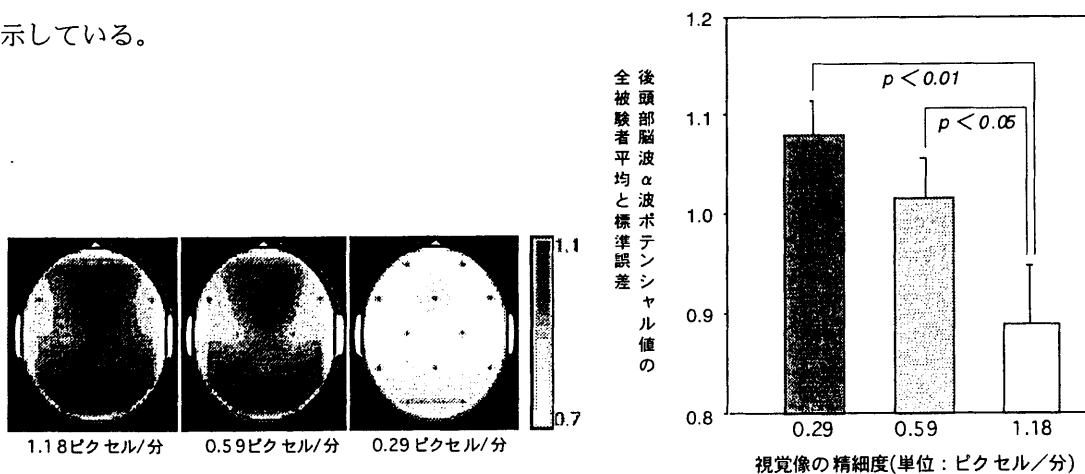


図1 視覚刺激精細度の違いによる後頭部脳波 α 波ポテンシャルの変化

この生理的計測法によって、従来は未知であったいくつかの知見が導かれた。すなわち、まず、視覚刺激のもつ空間的構造の密度(視覚刺激精細度)がより高いほど、後頭部脳波 α 波がより増強される傾向があった(結果のひとつを図1に示す)。この傾向は、ITU-R 勧告標準観視条件などを参照した結果、現代日本で想定できる標準的な映像情報メディア観視状況において一般的に成立すると考えられる。すなわち、少

なくとも精細度の側面については、NTSC 方式テレビ映像よりも HDTV 方式テレビ映像のほうが脳波 α 波を増強すると考えられるが、これはつづく実験によって支持された。さらに、本研究で検討を加えたうちで最高の視覚刺激精細度である 1.18 ピクセル/分は、HDTV 方式の視覚刺激精細度 0.97 ピクセル/分よりもさらに 2 割ほど高精細であることから、HDTV 方式よりも 2 割以上高精細な規格の映像呈示機器が実現した場合、それはさらに脳波 α 波を増強することが予測できる。

次に、弁別視力の限界を超える精細度に対する視覚感受性が存在する可能性を示唆する結果が得られた。すなわち、上記実験群において、被験者 1.18 ピクセル/分の精細度をもつ視覚刺激によって導かれた脳波 α 波ポテンシャル値が 0.59 ピクセル/分の精細度をもつ視覚刺激によって導かれた値よりも高い傾向があった。また、この生理的評価実験に並行して実施した心理的評価実験において、両精細度に対する印象が区別されていることが統計処理の結果示された。この両精細度の視覚刺激の差異を知覚するためには、1.18 ピクセル/分の視覚刺激における隣りあうピクセル間の差異の有無を知覚することにはほぼ等しい弁別力、すなわち 1.18 以上の視力が必要とされる。ところが、この実験の被験者たちのランドルト環で計測した視力は 0.7~1.0 だった。以上から、この実験結果は、いわゆる弁別限界を超える細かさで視覚刺激間に存在している差異を人間が知覚しうる可能性を示唆しているといえる。

いわゆる視力は、(1)自覚的な性格をもつ中心視(注視し、文字を読むときなどに用いられる視角約 1 度の視野における視覚)における(2)高いコントラストをもつ(3)単一の記号的パタンあるいはその単純な配列に対する、最小可読閾の指標と整理できる。ところが上記実験群においては、まず(1)に対して、被験者に漠然と呈示画像を見るように指示したので、画像全体(呈示視角 29 度)からの視覚刺激は周辺視を含めた自覚・非自覚を問わない総合的な視覚反応を引きだしていると考えられる。また(2)に対して、呈示試料は自然なコントラストをもっていた。同時に(3)に対して、呈示試料のつくる視覚情報はフラクタル構造の特徴をもっていた。すなわち、上記実験における精細度に対する視覚感受性は、いわゆる視力と異なる、いわばフラクタル構造に対する視覚感受性なのかもしれない。いわゆる弁別限界を超える細かさに対する感受性をもつ視力概念として、副尺視力の存在が知られており、そのメカニズムが明らかにされればフラクタル構造に対する視覚感受性も同時に説明される可能性がある。しかし副尺視力は従来の視力と同様に、(1)中心視による、(2)高いコントラストをもつ(3)単純な幾何学的構造に対する感受性であり、フラクタル構造に対する感受性を副尺視力のみで完全に説明するのは困難かもしれない。著者は、フラクタル構造に対する視覚感受性の評価を実現するためには、中心視だけでなく、周辺視が貢献している可能性を考慮に入

れることが有効だろうと予測している。以上に関連して、本研究の実験で、フラクタル構造の特徴を有する視覚刺激が、幾何学的模様をつくる視覚刺激に比べて有意に高い後頭部脳波 α 波をみちびき、ビデオ動画像をつくる視覚刺激においても同様の傾向が観察された。この結果はフラクタル構造に対する視覚感受性の検討において何らかの情報を提供するかもしれない。

さて、脳波 α 波は、リラックスしつつも清明な精神状態にあるときによく観察され、逆に精神的負荷が生じたり眠りかけたときに抑制される傾向が知られている。一方で、より高い後頭部脳波 α 波ポテンシャルを導く視覚刺激は、認知レベルにおいて人の心と親和性の高い印象をより強く与えるという対応関係が心理的評価実験において示された。これらを総合すると、「より高い後頭部脳波 α 波が観察されているときには、人をとりまく情報環境が、脳にとって適合性のより高い状態にあると脳自体によって判断されている」と解釈することが可能になる。だとすると、フラクタル構造をもち、より高い精細度をもつ視覚刺激となりうる視覚情報が支配的な情報環境であることが、脳にとって適合性がより高いのではなからうか。

これに関連する重要な知見として、音に対する脳の反応を調べる実験において、後頭部脳波 α 波ポテンシャルは、視床や上部脳幹を含む脳深部の血流量と正の相関をもつことが報告されている。視床や上部脳幹を含む脳深部は、覚醒中枢であると同時に、自律神経系を介して生体内環境をコントロールするための重要な神経組織を含んでいる。さらに上部脳幹に含まれる内側前脳束は、快不快を制御するモノアミン作動性神経回路の代表格であり、そこから前頭葉に投射する神経回路の異常がうつ病や精神分裂病といった精神疾患の直接の原因となる。さらにストレス反応とも密接な関係をもち、免疫系および内分泌系反応を介することにより心身症をはじめとする様々な疾患の発症に直接または間接の影響を及ぼす疑いがある。こうした脳機能についての知見をふまえ、高精細フラクタル視覚情報の与える効果のメカニズムを検討し、生体に対する影響の質と度合とをより詳しく検討することは、今後の重要な課題となるだろう。

なお、視覚情報の空間的構造のもつ特徴への反応を調べる評価法の一環として、フラクタル細密化テクスチャ生成手法 FINE を開発し、擬似自然景観テクスチャの作成に成功したことも重要な成果である。

本研究の成果から様々な社会的応用を想定できる。たとえば、開発した生理的・心理的計測を結合した評価法を活用して、視覚情報のもつ様々な特性が導く人間の反応を評価し、今後のメディア規格の検討やコンテンツ作成、そしてその利用などに資することが期待される。このことは、映像情報メディア領域において、機能や経済性という従来の視点に加えて、生理的・感性的なプラスの貢献と安全性の保証を確認するという今後重要性を増していくと思われる姿勢を推進していくために役立つだろう。