

## 4. 話題提供

### 教育用高精細画像の今後 ヒューマンインタフェースの視点から

仁 科 エ ミ

メディア教育開発センター



仁 科 エ ミ  
メディア教育開発センター

メディア教育開発センターの仁科です。私はセンターの研究開発部でヒューマンインタフェース研究開発部門を担当しております。今日は、このヒューマンインタフェース研究の視点から、教育用高精細画像の今後について考える材料をいくつか、提供させていただきたいと思います。

さて、アメリカで始まった地上デジタルテレビジョン放送が最近話題になっていますが、こうした電子情報通信技術の発展と関連して、ハイビジョンやプログレッシブスキャン方式など、画像の密度・精細度を高めた映像

への関心が高まっています。

こうした高品質な映像は、医学、美術など、対象のディテールやテクスチャなどが重要性をもつ領域で教育・研究用に利用されはじめており、今後、その活用が急速に進んでいくことは確実といえるでしょう。

そうした画像・映像の精細度のちがいを教育メディア、そしてヒューマンインタフェースの観点からみた場合、それが学習者になんらかの生理的影響の差をみちびいているかどうかには注意する必要があります。そこで、当センターでは、それが教授者・学習者双方に負担がすくなく、効果的なメディアインタフェースであるかどうかを生理学的・心理学的に評価する方法を開発し、それによる評価実験をおこなっています。教育メディアは、感受性の鋭い若い世代の学生が長時間、半ば強制的に接するものですから、なによりもその安全性が確保されなければなりません。

そのために私たちは、メディアが供給する視聴覚情報が人間におよぼす影響を高い信頼性のもとに評価する生理学的・心理学的手法を構築してきました。そしてすでに、人間の可聴域上限である20キロヘルツをこえる、音としては聴こえない高周波が、脳波α波ポテンシャルを増大させるとともに、共存する可聴音をより快適に知覚させる効果をもつことを見いだしています。さらに、ポジトロン断層法、PETという脳の血流を測定するシステムをもちいて実験したところ、高周波を豊富に含む音を聞いているとき、脳血流が統計的に有意に増大し、活性化を示す部位が2カ所みつけられました。それは脳の奥にある脳幹と視床という臓器で、図の赤で示した部分です。CDと同じように22キロヘルツ以上の帯域をカットした音を聞いているとき、これらの部分の血流は統計的に有意に減少してしまいます。しかも視床では、α波ポテンシャルの増

減と血流の増減との間にはきわめて高い相関があることがわかりました。

高周波によって活性化することがあきらかになった脳幹、視床は、生命の維持や、代謝調節などをつかさどっている重要な臓器です。この図はそのはたらきをごくおおざっぱに示したのですが、脳幹、視床の働きが低下することによって、いわゆる生活習慣病をはじめとする生理的な自己解体や、精神障害をふくむ行動的な自己解体がみちびかれるおそれがあることがわかっています。したがって、CDと同じように高周波をカットした音を聞かせると脳幹、視床の血流が減少するというこのデータは、とても警戒すべき結果といえます。このような音を使って教育をおこなうことによって、脳の奥にある重要な臓器の活性を低下させてしまう可能性があることを示唆しているからです。

聴こえない高周波によって、このように人間にとって重要な臓器の活性が変化する、という私たちの発見に対しては、メディア業界側からはっきりした反応がありました。それまでは聴こえない高周波帯域はデジタル音響機器では記録・再生の対象に含まれていませんでしたが、当センターの研究成果が公表されるにつれて、このように、高周波に対応したデジタル音響メディアの開発がすすめられました。最近決まったDVDオーディオやスーパーオーディオCDといった新しいメディアの音響規格では、100キロヘルツに近い帯域まで記録・再生できる規格が採択されています。

次に私たちは、検討対象を、メディア教育において重要な画像・映像に広げることを構想しました。メディアを介した視覚像の精細度は、いうまでもなくメディアの解像能力に依存します。そうした限界をもつ現在の視覚情報記録・呈示システムでは、無限に近い精細度をもつ現実世界からみちびかれる視覚像とはことなる影響を、生体にあたえている可能性を否定できません。しかし、そうした影響を計測・評価する方法は、まだ確立されているとはいいがたいのが、私たちが研究に着手した当時の状況でした。そこで私たちは、さきにメディアが供給する音の生理的評価のために開発して成果をあげた脳波 $\alpha$ 波ポテンシャルを指標とする評価法を、画像評価に応用することをこころみました。

$\alpha$ 波は、健常な人間では平安・快適な状態下であらわれ、何らかのストレス要因や不快感があると抑制されることはよく知られています。この性質から、メディア情報と人間とが適合していればそれだけ $\alpha$ 波は強くあらわれ、その適合性がやぶられればそれだけ弱められると考えることができます。

ただし、従来、脳波 $\alpha$ 波ポテンシャルは、何らかのポジティブな要因によって高まると考えられてきました。それに対して私たちは、“本来”、つまり適応不要の状態のもとで平常の覚醒状態にあるとき、 $\alpha$ 波は基本的に発生しつづけ、本来の情報環境とのちがいが大きくなるにしたがって、あるいは何らかの適応が必要な要因が出現したりストレス要因が存在することによって、 $\alpha$ 波ポテンシャルは抑制されたり、消失したりするという作業仮説をたてました。つまり、 $\alpha$ 波を“本来性”の指標とみなして、脳波を指標とするメディア音響評価手法を開発し、最初にご紹介した聴こえない音の感性効果を見いだしたわけです。

ところが、これを画像・映像の評価に応用しようとした時、ひとつ問題がありました。それは、 $\alpha$ 波は基本的に目を閉じた状態で出現し、目を開くと消失あるいは弱まるというのが脳波学の定説であり、したがって視覚評価には使えない、という見解が一般的だったことです。

ところが実際に、私たちの脳波計測システムをもちいて、目を開いた状態でさきほどの高周波を含む音と高周波をカットした音とを呈示する実験をおこなってみると、目を開いたときでも $\alpha$ 波は観測されました。目を閉じた状態での左側のグラフでしめた実験データよりも、むしろ右側に示した目をひらいた状態での結果の方が、高周波の影響がより高い統計的有意性をともなって検出されることがわかりました。

なぜこのようなことが実現したのか、その理由は、実は、脳波を計測する環境や脳波の計測方法にあったのではないかと私たちはかんがえています。これは古典的な脳波計測環境の例ですが、これまでの脳波計測手法は病理現象をみつけたために開発されたものなので、脳波計測には少なからぬ威圧感、不安感、恐怖感といったネガティブな感性反応やストレスをみちびきやすい独特の視覚情報環境がともなっていたことは否定できません。この計測環境や計測方法をそのままメディア評価のために利用した場合、メディアから供給された視聴覚情報の影響が脳波にあらわれたとしても、それは脳波計測ストレスといういわばノイズに埋もれてしまう可能性があります。

そこで私たちは、聴こえない音が脳波に及ぼす影響を検討するにあたって、医療のために開発された脳波計測手法を、健康な人のメディア情報に対する影響評価に応用可能にするために、さまざまな手法の開発や改善をおこないました。たとえば、計測にともなう心理的・生理的ストレスを大幅に低減させた計測環境を構築したり、無線でデータ送信をおこなうことで被験者を拘束せずに行動の自由をあたえるテレメトリ方式を導入するなど、計測方法全体を改めて組み立てました。これはそうして実現した当センターでの実験風景ですが、被験者はリラックスした自然な姿勢で音や映像に接し、その間の脳波を計測されます。こうしてみると、目を開いた状態では $\alpha$ 波は計測できないとする従来の定説は、ストレス要因にみちた計測環境によってみちびかれた結果だったのではないかと考えられます。

さらに、脳波分析にあたっては、長時間のデータのFFT分析とそれによる画像解析、数量化、統計的検定等について検討し、脳波の鋭敏さを活かして、不安定性を排除するデータ処理法を開発し、より信頼性の高い結果をえることを可能にしました。

この改良した計測手法を使って、精細度の高いHD映像と現在のテレビ放送の規格であるNTSC映像との画質のちがいが、脳波に影響をおよぼすかどうかを検討しました。

被験者に呈示する映像としては、3種類のHDマスターテープをオリジナルに編集し、そこから、HDからHDにコピーしたものと、HDからNTSCにダウンコンバートしこれをさらにHDにコピーしたもの、つまり疑似NTSCコピーをそれぞれ作成しました。3種類の映像のうち2種類は、花や鳥、海底の熱帯魚など、自然を実写した精細度の高い映像素材で、のこりの1種類はそれらにくらべると人工性の高いオペラの舞台を対象にしたより密度のひくい映像素材です。これらを比較呈示しているあいだの8人の被験者の自発脳波を記録し、後頭部領域を対象として呈示中180秒間の $\alpha$ 波ポテンシャルを定量的に分析しました。

その結果、自然性の高い2種類の映像素材では、HD映像をみている時には、NTSC映像を見ているときにくらべて、より高い $\alpha$ 波ポテンシャルを示していたことが、5%以下の危険率で支持されました。ただし、人工性の高い映像素材では、ふたつの映像方式の間に $\alpha$ 波ポテンシャルの有意な差はみとめられませんでした。これによって、空間密度や精細度の高い対象を

映像化した場合、HD映像を視聴しているときの $\alpha$ 波ポテンシャルは、NTSC映像を試聴しているときよりも統計的に有意に高くなることがわかり、HD映像の方が脳におよぼす負担が小さいであろうことが示唆されたと考えます。

つぎに、精細度をコントロールした呈示用画像を準備し、映像の精細度のちがいが脳の活性に影響をおよぼすかどうかを検討してみました。

被験者に呈示する画像として、まず、森に雲がうかんだ情景にみえるフラクタル構造をもった合成テクスチャをコンピュータ上で作成しました。その原画像データを、横512pixel、つまり今回の呈示条件では被験者からみて視角3.4分/pixel、1020pixelつまり視角1.7分/pixel、2048pixelつまり視角0.85分/pixelという、3種類の密度でビジュアル化したのち、それらを高性能のフィルムレコーダを用いて35ミリスライドに撮影し、呈示試料としました。これらをスライドプロジェクタを使って比較呈示しているあいだの10人の被験者の自発脳波を記録し、呈示中180秒間の $\alpha$ 波ポテンシャルを分析しました。

分散分析による検定の結果、いちばん細かい0.85分/pixelの画像をみているときには、いちばん粗い3.4分/pixelの画像をみているときにくらべてより高い $\alpha$ 波ポテンシャルを示していたことが、0.1%以下の危険率で支持されました。そして、二番目に細かい視角1.7分/pixelの画像をみているとき、いちばん粗い視角3.4分/pixelをみているときよりも高い $\alpha$ 波ポテンシャルを示していたことが、危険率5%以下で支持されました。

なお、今回の被験者のいわゆる“視力”は、0.7~1.0でした。そうすると被験者らの識別限界は視角1.0分~1.4分であり、それ以上の精細度は視力限界をこえることになります。事実、この3種類の画像をランダムに提示したとき、そのpixel密度のちがいを識別できた被験者はいませんでした。それにもかかわらず、視力の限界に近い視角1.7分の画像をみているときと視力限界をこえていると考えられる視角0.85分の画像をみているときとのあいだに、有意差はみられないものの明瞭な $\alpha$ 波ポテンシャルの差が認められたことはきわめて興味深いことといえます。同時に、もっとも粗い視角3.4分の画像との比較では、いちばん細かい視角0.85分の画像を呈示したときの有意性が、二番目に細かい視角1.7分の画像を呈示したときの有意性よりも大きいことが注目されます。

同じ3つの画像について、シェッフエの一対比較法による心理評価実験をおこないました。その結果、「自然な」「じゃまにならない」「やすらぐ」「疲れない」など、精細度の高い画像ほど快適性の面でよりプラスの評価をえる傾向がみいだされました。つまり、心理実験の結果も脳波による生理学的評価実験と同様な傾向を示しており、視覚解像力限界をこえた非知覚領域における画像の精細度のちがいが被験者に影響をおよぼし、より精細度の高い画像が、快適性の面でよりプラスの評価をえる傾向のあることが統計的有意性をもって示されています。

以上から、精細度がより高い画像・映像の方が脳に対する負担が小さく、また、知覚できない領域における精細度のちがいが快適性に貢献している可能性を示唆する結果がえられたといえると思います。今後の高精細画像・映像の教育利用を考えるうえでは、こうした人間の脳の反応についても考慮に入れる必要があるのではないかと考えます。

以上で終わります。どうもありがとうございました。

永岡（司会）：ありがとうございました。高精細画像がですね、見ている人の自覚以上の何らかの影響があるという示唆をいただいたように思います。それでは、パネリストの後半、お二人、共通テーマで「衛星通信ネットワークの最先端」についてのお話をいただきます。郵政省通信総合研究所統合通信網研究室長、ご専門はネットワークでございます、久保田さんをお願いいたします。