

## A Study on Semantic Coding

荒川 豊†

宋 光顯†

青木 輝勝†

安田 浩†

Yutaka Arakawa

Kwanghyun Song

Terumasa Aoki

Hiroshi Yasuda

## 1. はじめに

動画像や静止画像の圧縮方式として、MPEGやJPEGなどが現在広く普及している。

これらの多くは基本的に、画像中の高周波数成分を削除することにより、データ量の圧縮を行っている。これは多くの高周波数成分は低レベルであるという統計的性質を利用した圧縮方式である。また同時に、人間の目は画像の細かな高周波数成分までは見分けられないのであるから、この圧縮方式は人間の視覚特性を利用しているとも言える。しかしながら、上記は全ての画像にあてはまる理論ではない。

例えば、宝石類が写っている画像を、高周波数成分を削除する方式で圧縮してしまうと、細かくきらめいている光の部分はぼやけ、その鮮鋭さを失ってしまう。この結果、きらびやかな宝石の雰囲気はなくなり、画像の印象は大きく変わってしまう。また、携帯電話などで扱う小さな画像をPCのディスプレイで拡大するといった場面は今後増えると思われるが、高周波数成分を削除してしまうとそれだけ拡大した時の画像はぼけたものとなってしまふ。こうした問題は、上述した通り「画像のエネルギーは低周波数成分に集中するため、高周波数成分は削除して良い」という考え方は必ずしも正しくなく、「高周波数成分の中にも重要な情報が含まれ、その情報は残すべきである」という事を意味している。

そこで、本稿ではまず、従来削除していた高周波成分の中に、感性に刺激を与える特別な成分があると仮定する。そして実際にどの周波数成分をどの程度残すべきかを明らかにし、それに基づいた新しい画像符号化手法を提案することを目的とする。特にここでは、1つ目の目標である、「どの周波数成分をどの程度残すべきか」を明らかにする。

## 2. 従来の画質評価方法の問題点

「どの周波数成分をどの程度残すべきか」を明らかにするためには、ある画像に対し、その各周波数成分の残し方を様々に変えて圧縮したものを用意し、それらの画質を評価する、という実験を行う必要がある。

こうした画質評価の方法として、現在最も利用されているのは心理学的手法を用いた主観評価である。しかしながら、こうした主観評価による方法は、高度に洗練を重ねている反面、現在では成果の質・量両面、とりわけ信頼性の向上という側面で、一種の飽和ないし頭打ち状態が目立ち始めている。例えば、現在一般的に用いられているセマンティック・ディファレンシャル法(SD法)等の質問紙調査法では、必然的に“言語”を媒介として使用せざるを得

ない。そのため、言語解釈の多義性によって、質問-解答に無視できない個人差が生じ、統計的信頼性の根拠に一定の限界を不可避的に与えている[1]。今回行おうとしている実験においては、画質の微妙な違いを判断しなければならず、こうした曖昧さがあってはならない。

一方で、主観評価と対をなすものとして客観評価がある。客観評価では、物理的測定方法により定量的に計測することができるため、主観評価で問題とされる曖昧さがなく、しかしながら、客観評価において現在一般的に行われるS/N比による評価では、評価値と実際に人間が感じる良し悪しが必ずしも対応しない場合がある。現在客観評価が主流となっていないのも、そうした理由に因るところが大きい。

## 3. 脳波による新しい画質評価方法

本章では、2章で述べた問題を克服する新たな画質評価方法として、画像を見る人間そのもの、つまりなんらかの生理反応を計測することを考える。こうした画質評価方法ならば、人間の感じる良し悪しとそのまま反映され、また定量的に測ることが出来るため曖昧さがないと予測される。

こうした目的に応用可能であると考えられる生理学的指標は、現在いくつか存在しており、大きく脳における反応と、それ以外の部位の反応に分けられる。後者としては心拍数・呼吸・瞳孔面積などが挙げられるが、心拍数・呼吸などは微妙な画像周波数成分の影響が結果に反映されにくいと考えられる。また瞳孔面積の計測などは被験者に対して心的な負荷となり、微妙な画質の差を隠蔽してしまう可能性がある。

脳の反応を計測するものとしては、PET(ポジトロン断層法)およびSPECT(シングル・フォトン断層法)、f-MRI(機能的核磁気共鳴画像解析)などが直接的で精密な測定法であり、有望であると思われる。ところが、これらは共通して、測定のための設備が非常におおがかりであること、視覚情報の提示が困難な形状をもつこと、測定器自体の運転騒音などによる心的負荷があることなどから、現状では画質評価への応用はかなり制約されたものになっている。同様に、MEG(脳磁図)も、装置が大掛かりである上、神経活動に伴う極度に微小な磁束流をとらえるという機構上、磁性的活性をもつ映像提示装置を同時に使わなければならない測定は難しい。

脳波(EEG)は、上述した手法のなかでは最も歴史が古く古典的な方法と言える。また他の指標に比較すれば脳の活動を間接的に反映するに過ぎないという限界もある。しかしながら、近年、測定に伴うストレスの低減、解析法の高度化による信頼性の向上はめざましく、現実的には最も有望な指標となる可能性がある。さらに、高橋[1]や林[2]、永塚[3]らの実験において、画像内容や解像度、階調数の違いは、脳波の違いとして現れるという結果が得られており、

† 東京大学 先端科学技術研究センター, Research Center for Advanced Science & Technology, The University of Tokyo

脳波による画質評価の可能性が示されている。しかしながら、現在主流となっている画像符号化において重要な、高周波数成分の有無による違いは確かめられていない。そこで、高周波数成分を含むか含まないかが脳波に影響を及ぼすのかどうか、実際に実験を行った。

#### 4. 実験方法

脳波は画像の内容に強く影響されるものである[1],[3]。従って、脳波による画質評価を行う場合、評価対象とする画像の内容を吟味する必要がある。例えば文字情報のあるものや、被験者が特別な感情(好き嫌い、恐れなど)を抱くようなものであってはならない。また高周波数成分を初めから含まないような画像であってもならない。以上を踏まえ、実験では ISO/JIS-SCID と呼ばれる、8種類の画質評価用標準画像(各 2048×2560pixel)を評価素材とし、6人の被験者の脳波を測定した。これら8種の標準画像に対し、画像全体に高速フーリエ変換(FFT)をかけ、高周波側成分80%を落とした画像を用意し、順に被験者に呈示した。呈示順としては、まず黒い画像を5秒、原画像を25秒、再び黒い画像を5秒、そして高周波数成分を落とした画像を25秒である。これを8種類の画像で行った。次に原画像と高周波数成分を落とした画像の呈示順を逆にして同様の実験を行なった。出来るだけ画質以外の要因が脳波に影響しないよう、室温などの環境を一定にし、また被験者にストレスをかけないために実験はなるべくスムーズに(装着が簡単な測定装置を使うなど)、また適宜休憩をとりながら行った。画像呈示装置としては IBM の T221 Flat-Panel Monitor (2840×2400表示モード)、また脳波の測定装置としては脳力開発研究所株式会社の製品である Brain Builder Unit を用いた。

#### 5. 実験結果と考察

被験者6人のうち、比較的是っきりした脳波( $\alpha$ 波ピークと呼ばれる、7Hz~14Hzにおいて観察されるピークでの値が10以上)が観察された4人に対して解析を行った。結果を図1に示す。これは4人の平均値である。図1を見ると、 $\alpha$ 波ピーク値が現れる周波数が原画像の方が高く、またピーク値は原画像の方が小さくなっていることが観察される。

画像の内容によって脳波が変動することは既に述べたが、特に興味を強くもった画像に対しては $\alpha$ 波ピークの周波数は高くなり、またそのパワーは抑制される[3]。今回の実験においても、同様の変動が確認される。高周波数成分を含む原画像の方が、より「興味を強くもつ」かは分からないが、少なくとも画像の内容ではなく画質の違いが影響し、この結果が得られていると考えられる。ウィルコクソンの符号順位検定を行ってみると、15%の有意水準で $\alpha$ 波ピークの周波数は原画像の方が高く、18%の有意水準でそのピーク値は低いという結果となった。これらは統計的に十分に有意とは言えないが、予備実験においても同様の結果が得られた事を考えると、有意である可能性は高い。十分な有意性が得られなかったのは試行回数の少なさに起因していると考えられ、より確かな結論を得るには、試行回数をより増やすことが必要である。

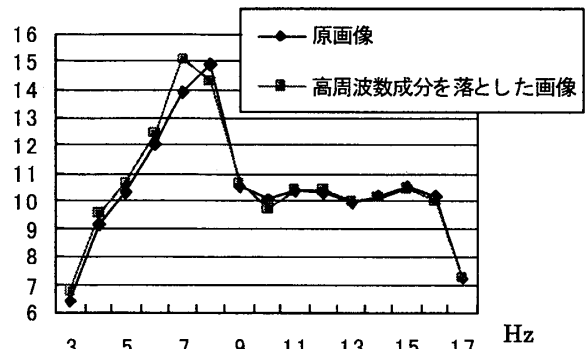


図1. 高周波数成分を含む/含まない画像呈示時の脳波

#### 6. おわりに

本稿では、新しい符号化を設計するにあたり、一つの試案として、脳波による画質評価が有力であることを述べ、脳波が画質評価に適用可能かどうかを調べる実験を行った。

実験としては、原画像とそこから高周波数成分を落とした画像を被験者に呈示し、その時の被験者の脳波を測定した。その結果、原画像を見ているときの方が、 $\alpha$ 波ピークの周波数が高く、またそのピーク値は抑制されるという結果を得た。これらはまだ統計的に十分に有意なものとは言えないが、高周波数成分を含む/含まないという画質の違いは脳波に影響を及ぼし、脳波による定量的な画質評価方法が確立できる可能性を示している。

今後は、統計的な有意性を得るため、より沢山の試行回数による実験を行う予定である。また、今回の実験においては、脳波測定装置として、額に2つの電極を付けて計測するという比較的簡易なものを利用したが、正確性を高めるため、眼球の運動の影響が現れない後頭部辺での測定が可能なら、また信頼性の高い装置で計測をする。そうした実験により、高周波数成分を含む割合と $\alpha$ 波ピークとの相関、また高周波数成分の中でもどの部分がどれ程脳波に影響を与えるか、すなわち「どの周波数成分をどの程度残すべきか」を明らかにする。その後、得られた知見に基づき、低ビットレートでありながらも脳波の違いが出ない、すなわち人間にとって画質の違いが感じられない画像符号化方法を設計したい。

#### 参考文献

- [1] 高杉恒夫, 不破本義孝, 仁科エミ, 大橋 力, “電子メディア教材における画質高度化の必要性について —高品位映像教材の開発について(その1)—”, 放送教育開発センター研究紀要, No. 13, 1996.
- [2] 林 秀彦, 白井秀樹, 國藤 進, 宮原 誠, “高品位画像の画質評価 —脳波を指標とする客観的評価法と主観的評価法による—”, 情報処理学会研究報告, グループウェア, 35-5, Mar. 2000.
- [3] 永塚 守, 清水康敬, “視覚刺激による瞳孔面積の変化と脳波の変化”, 電子情報通信学会論文誌, A, Vol. J76-A, No. 9, pp. 1351-1358, Sep. 1993.