

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 —

林秀彦 白井英樹 國藤進 宮原誠

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1

Tel: 0761-51-1234

Email: { hidehiko,shirai,kuni,miya } @jaist.ac.jp

概要 我々は、高度な芸術的作品などを鑑賞する者が感動するような情報(高度感性情報)を、歪みなくその鑑賞者に伝えることを目的として、その基礎研究とそれに基づく画像システムの開発を行っている。本研究は、その目標に向かって研究するなかで、重要な役割の1つである、高品位画像の画質評価を目的とする。脳波を指標とした客観的評価法と深い観察による主観的評価法による画質評価方法を提案し、実践している。両評価値の全画像の平均値を比べると両者とも高品位画像において階調数が高い画像は評価値も高い値が示された。特に、深い表現のモノクロ仏像の画像は階調数を4096レベルにすることで、実在感、自然さが高い値を示し、脳波においては、 α 帯域波のパワー値が95%の信頼度で有意であるという結果を得た。

キーワード: 高品位画像, 画質評価, 脳波, 評価語, 感性

Extra High Quality Images Assessment using EEG instrumentation and assessment words on high order sensation

Hidehiko HAYASHI Hideki SHIRAI Susumu KUNIFUJI Maokoto MIYAHARA

Graduate School of Information Science, JAIST.

1-1 Asahidai, Tatsunokuchi-machi, Nomi-gun, Ishikawa, 923-1292, Japan

Tel: 0761-51-1234

Email: { hidehiko,shirai,kuni,miya } @jaist.ac.jp

Abstract Beyond the conventional idea that high resolution is high quality, we are studying fundamental research to develop the extra high quality imaging system, which can convey high order sensation. In this report, we have carried out assessment test of extra high quality images by subjective and objective methods. We have assessed image quality changed with quantifying bit number. In EEG instrumentation, the power of α -EEG have shown higher value in images with higher quantifying bit number, especially in "miroku" image (Buddha's image, monochrome).

Key Words: Extra High Quality Images, High Order Sensation, image assessment, EEG, assessment words

1 はじめに

映像の分野では、機能拡張型の研究・開発を重ねながら、品質向上型の研究へと進んでいる。我々は、従来の高精細~高品質、の考えを越えて、高度な芸術的作品などを鑑賞する者が感動するような情報(高度感性情報)を、歪みなくその鑑賞者に伝えることを目的として、その基礎研究とそれに基づく画像システムの開発を行っている。

感動・凄みが多く伝わるにはどのように品質を向上させればよいかを主とすることは、評価結果が最重要ということであり、従来とは逆の新しい発想である。最終的には感動・凄みなどの感性情報は人が受信するため、それらが伝達されたかは、人の特性に依存してくる。当然画像内容にも依存してくる。従って、感性情報伝達に関しての特定の条件設定を考慮する必要がある。

本研究では、高品位画像の画質評価を目的としている。文献 [1] の追実験結果を報告する。文献 [1] では、画質を改善させる要因、階調特性と階調数の 2 つを同時に変化させていたため、一方のみをパラメータとして変動させた画質評価実験を行った。画質評価にあたりトレーニングを実施して、評価者の質および安定性を向上させた。

2 高品位画像

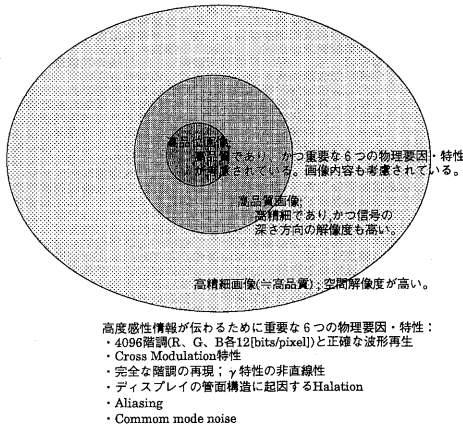


図 1: 高精細画像、高品質画像、高品位画像

画像について、本研究では高精細、高品質、高品位を次のように定義し、図 1 の概念図で説明できる。

我々は感動・凄みなどが、伝達される画像システムの開発が目的であるため、高精細；空間解像度が高い（一般に高品質画像とも呼ばれている）、高品質；高精細かつ、信号の深さ方向の解像度も高い、を重層した、さらに上の階層の画像が必要とされる（図 1）。従って高品位画像は上記の高品質画像の定義を包含して、かつ、そのような画像を表示するシステムの性能が高い、具体的には、そのシステムは感動・凄みが伝わるために重要な 6 つの物理要因を考慮してはならない [2],[3],[4]。その物理要因はこれまでに宮原らによって見出されており、それが考慮されている画像システムが開発・実現されている。本研究では、その pilot system である Extra High Quality Imaging System(Ver.

1) を用いて評価実験を実施した。ただし、高品位画像というからには、当然、画像内容（コンテンツ）も含めた議論が必要である。しかしながら、高品位画像と画像内容の間の明確な関係をつけることは難しい。従って、高品位画像の画像内容は色々な多くのジャンルの方（芸術家、印刷業者、学生、先生など）が深く観察した結果、高品位という観点で選ばれてきた。本研究では、その画像を評価画像とする。

3 評価対象

画像システムの数ある物理要因・特性のなかから、品位に関わるものは明確ではない。そこで本研究では、数ある物理要因・特性の中で 1 つのパラメータのみを変化させて、高品位画像の画質の比較評価を実施した。その 1 つのパラメータとして量子化ビット数を選んだ。その理由は、量子化ビット数は条件設定項目として重要な要因の 1 つであること、量子化ビット数の変化が定量的に議論可能であること、量子化ビット数を変化させることは、画像全体に影響を及ぼすと考えられるため、画像内容の影響を受けにくいことなどがあげられる。

信号レベル方向の解像度（階調数）については RGB 信号が各 12[bits/pixel] の階調であれば、4096 階調の再現が可能であり、非線形量子化における HVC 均等色空間において色差 1 以内を満たすことが示されている。[5]

評価の対象として変化させるパラメータは階調数のみである。このとき画像提示システムは第 2 節で紹介した 6 つの物理要因・特性を満たした上で、固定する。本研究で用いる画像は、空間解像度は 1600 × 1200[pixels] であり高解像度で固定する。高品位画像において、上記条件を満たした上で階調数に着目した 12 ビット量子化の場合を Q12(Quantization is 12 bit.) と略し、RGB 各 6,8 ビットで量子化した場合をそれぞれ Q6, Q8 と呼ぶことにする。

4 実験環境・条件の設定

高品位画像における階調数のみの変化が評価値へ与える影響を測定するには、測定したい要因以外の妨害となる要因をすべて除去する方向でコントロールする必要がある。ただし、原理

的に除去できない要因；時間効果、画像の種類など、が存在するため、その場合は、その要因を恒常に保つ、ランダムする、あるいは観測したい要因と同程度に大きな要因ならば観測したい要因に格上げする、などの方法をとる。本実験において、コントロールが必要だと考える要因は少なくとも、画像の種類、人の性質（評価者の質）、提示環境（画像システム、提示順序、提示時間、部屋の照明、音、温度など）がある。それらを抑制するための方法及び条件設定を説明する。なお、感性情報を扱うための特定の条件設定も考慮する。まず、その特定の条件を述べる。

4.1 感性情報伝達の特定の条件設定

(1). 人が主体となるため、疲れが生じない工夫をする。(2). 感性情報伝達の前提条件として、共通の美意識・価値観があることが考えられる [8]。本研究ではこの2つを考慮し、150分（休息含む）/1 実験で、画質評価および画像鑑賞時の脳波測定実験を6回計画した。6回の実験計画を立てたのは画質評価のためのトレーニングを行ったためであり、正確で安定した評価が行えるようにするためである。

4.2 評価画像

(1). 高品位の特徴がよく表れる画像を選定する。(2). 評価者が疲れを生じない枚数にする。(3). オリジナルを容易に推測できる写実的な写真を選定する。(4). カテゴリはなるべく広くする。上記4つを考慮して4枚の画像を選定した。評価画像が4枚であるのは、約30分/1枚の評価時間がかかり、被験者の疲労により評価が不安定になることを避けるためである。上記の方針で選ばれた画像は、カテゴリで分けると、人物（画像 face）、静物（画像 trumpet）、風景（画像 wine）、その他（日本人に特有の感情を抱くと思われる仏像、国宝など（画像 miroku））である。

4.3 画質評価トレーニング

評価者（被験者）は成人男子5名、成人女子2名の非専門家である。ただし、画質評価トレーニングにより熟練者レベルの質の評価が可能であると考えられる。

画質評価トレーニングは、(1). 評価語の意

味を正しく理解すること、(2). 画質評価のペースを作ること、(3). 深い観察が行えること、をめぐって行った。3つを考慮したことで、評価者は高品位画像の画質を評価するための品位の意味を理解して評価者としての質（対象を正しく判断する能力と安定性）が向上したと考えられる。

4.4 画像提示環境

被験者が評価するのに疲れのないような実験環境を設定した。実験環境は視距離 3H で、湿度 45%程度、温度 18 °C程度である。騒音 52dB(A) 程度で、被験者は、音も気にならないようにして、暗室にして、実験中は画像を集中して観察できるようにした。黒レベルおよび白は、 γ 補正の都合から上記の値に決定した [3]。黒レベルは、輝度計（MINOLTA CA-100）での測定に精度を保証している 0.20 (cd/m²) 以上の入力レベルとして 560 レベルで 0.21 (cd/m²) になるように調整した。なお、評価者には、実験に対する先入観を持たない程度に実験手順、所用時間、実験目的を教示して、実験目的の詳細や画像の内容の説明を行なわなかった。

5 画像の統計的性質

選定画像4枚において Q6 と Q8、Q8 と Q12 の差分画像と R,G,B ごとの差分電力 $\sigma_{\varepsilon}^{(R)2}, \sigma_{\varepsilon}^{(G)2}, \sigma_{\varepsilon}^{(B)2}$ を求めた。全画素数； $N=1600 \times 1200$ であり、階調数の異なる2枚の画像の画素値をそれぞれ、 $x_i^{(.)}, y_i^{(.)}$ とする。(.) は各 R,G,B であるとすると、差分電力を式 (1) で定義する。以下の図2に差分画像と差分電力を示す。

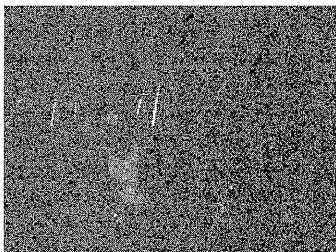
$$\sigma_{\varepsilon}^{(.)2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^{(.)} - y_i^{(.)})^2 \quad (1)$$

ここで、差分画像に基づいて評価画像の特徴を簡単ではあるが考察する。

- 評価画像4枚とも Q6 と Q8 の差分画像（図2(b)）および画像 face の Q8 と Q12 の差分画像（図2(a)）では、ある「まとまり」として差分が知覚されやすい。
- 上記以外の Q8 と Q12 の差分画像では、画像全体で一見してランダムな差分として知

覚できる。

差分画像からもとの画像の形が推定しやすい画像というのは多くの情報がそこで失われていると考えられる。図 2(a),(b)において、まとまりとして知覚される部分は階調数を落したことで、差分が生じた。その差分がまとまりを歪ませて、周囲とのバランスを崩すと考えられる。そのため、自然に知覚される奥行き感が損なわれて、不自然さを感じるのではないだろうか。また差分画像全体で、ともにランダムに差分のあるところは、ザラザラした感じがして、質感を損なうのではないだろうか。本研究では評価語による評価実験、脳波計測による評価実験により Q6 と Q8、Q8 と Q12 の比較評価を行い、これらを明らかにしていきたい。



(a) Q8 と Q12 の差分画像



(b) Q6 と Q8 の差分画像

	Q8 と Q12	Q6 と Q8
$\sigma_{\epsilon}^{(R)2}$	25.1373	398.7787
$\sigma_{\epsilon}^{(G)2}$	22.0368	432.1541
$\sigma_{\epsilon}^{(B)2}$	22.0996	430.8168

(c) 差分電力

図 2: 画像 face における差分画像と差分電力

6 評価語による評価 (主観的評価法)

画質の違いから影響を受ける心理量の変化と脳波の関係を探るために、Q6 と Q8、および Q8 と Q12 の画質を比較する主観評価実験を行った。実験に対するさまざまな条件設定はほぼ第 4 節までに記述してあるため、ここでは、主観評価実験のための新たな条件設定を記述する。ここでの実験の目的は Q6 と Q8 および Q8 と Q12 の画質の比較評価を行い評価語による評価値を得ることである。

6.1 実験の方法

第 4 節までに観視条件、トレーニングを受けた評価者、評価画像についての条件設定を記述した。評価語については、赤松らにより解析的に得られた高度感性情報評価用の 11 の評価語 (表 1)[6] を用いる。比較画像の提示順序は均衡化をはかり、Q6 と Q8、Q8 と Q12 の画像の提示順序はランダムにして実験を行った。提示時間は 3 秒間提示して続けて 3 秒間提示することを 2 度行う。その後は時間を設定せずに評価者の評価ペースに合わせて、継時的に画像を提示した。

評価者には最初に提示された画像を基準画像 A として、次に提示する画像を評価画像 B として、画像の交替を要求するときは A、B、と口頭で画像の変更を要求するように教示してある。

評価方法は 7 段階比較尺度 (-3(悪い) ~ +3(良い)) を用いた。評価感度を高めるために、+1; 僅かに良い、+2; やや良いとした。

表 1: 評価語

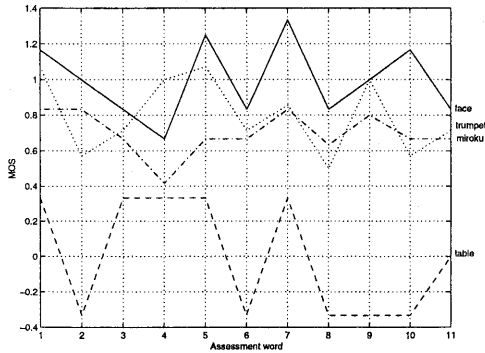
1. 柔らかさ	2. まとまり	3. 単調さ
4. 明るさ	5. 鮮明さ	6. 連続性
7. 綿密さ	8. バランス	9. 奥行き感
10. 自然さ	11. 実在感	

6.2 解析方法

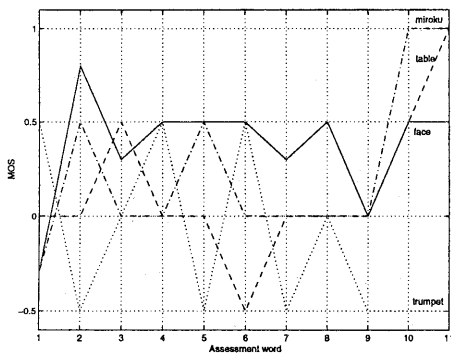
最低 8 時間の画質評価トレーニング終了後の画質評価結果の MOS を各評価画像毎に得た。Q6 と Q8、Q8 と Q12 に分けて、アンカーを量子化ビット数の低いほうに設定した。ただし、すべての評価語で 0 をつけた評価者について

のデータは画質の違いを知覚できなかったとして、そのデータを省いた。

6.3 評価実験結果と考察



(a) Q6 と Q8



(b) Q8 と Q12

図 3: 評価語を用いた画質評価結果

評価結果からわかることは、Q6 と Q8 の比較では、画像 table を除いてすべての画像の評価項目が 0 以上を示している。これは、第 3 章で示した差分画像の「まとめり」としての知覚しやすさと相関が高いと考えられる。

Q8 と Q12 の比較では、画像 miroku は実在感、自然さという評価語が 1 を示している。これは、赤松らによると実在感、自然さは、他の評価項目に比べて高度感性情報と相関の強い評価語と考えられているため、画像 miroku は、他の画像に比べて、心理的に深い情報をもっており、Q12 にすることで、その情報がより忠実

に伝達されたためと考えられる。

7 脳波計測による評価 (客観的評価法)

脳波測定実験の目的は Q6 と Q8, Q8 と Q12 の画像をそれぞれ鑑賞しているときの α 帯域波にどのような違いが生じるかを明らかにすることである。

7.1 実験方法、解析方法

異なる階調数の画像を 50 秒間づつ提示する。解析対象としたデータは被験者一人につき画質評価トレーニング後半におけるデータ 5 試行分を用いた。前頭部はアーチファクトの混入が大きいため、高頭部周辺の o1, o2, p3, p4 について解析を行った。(図 4)

画像を 50 秒間提示した間の最初の 10 秒間と最後の 5 秒間を除いた 35 秒間の脳波データについて周波数分析を行う。サンプリング周波数 400Hz の 2 秒間の脳波データをまず、Hanning Window にかける。その波形にフーリエ変換を行い、パワースペクトルを求める。次に 50% (1 秒) オーバーラップして、同様の操作を行い、35 秒分のデータの解析が終わると後頭部周辺データ o1, o2, p3, p4 を加算する。そのパワースペクトルの画像 4 枚の平均を求めたのが図 5, 6 である。

次に α 帯域 (8~13Hz) について、パワー積分値を求めた。このときに比較画像同士 (Q8 と Q8、Q8 と Q12) の全帯域のパワーで正規化を行った。被験者 7 名、画像 4 枚、試行回数 5 回、階調数が Q6 と Q8、Q8 と Q12 の 2 パターンの合計 280 の観測値を得た。画像 4 枚に分けて Q6 と Q8 または Q8 と Q12 の対応のあるデータの t 検定を有意水準 5% で行った。その結果は表 2 に画像 miroku の例を示してある。

電極: 銀電極使用



図 4: 電極配置図

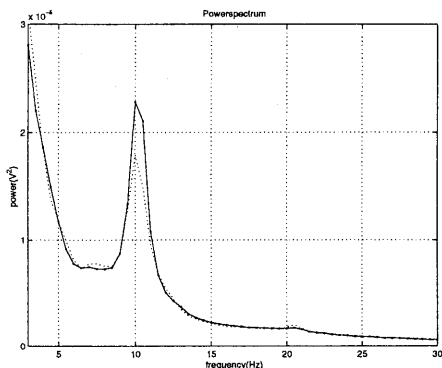


図 5: 脳波解析結果 (Q6(⋯) と Q8(-))

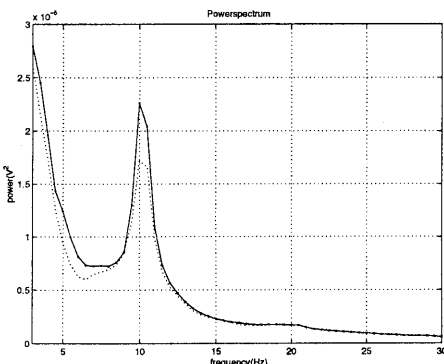


図 6: 脳波解析結果 (Q8(⋯) と Q12(-))

表 2: 検定結果 (画像 miroku)

miroku	Q6 と Q8	Q8 と Q12
m	0.0799	0.3006
s	0.5402	0.8486
T	0.8753	2.1382 *

m: 平均, s: 標準偏差,

T: t 検定値, *: 有意水準 5% で有意

7.2 結果・考察

画像 4 枚平均 (m) の合計は、Q6 と Q8 で 0.0215, Q8 と Q12 で 0.3006 であり、どちらも階調数が高いほうが、 α 帯域波のパワー平均において高い値を示した。画像 miroku では、t 検定結果で 5% の有意水準で階調数の高い 4096 階調のときに α -EEG のパワーが高いことがわかった。

8 まとめ

本研究では、高品位画像の画質評価を目的として、評価語による評価と脳波計測を用いる

画質の評価を試みた。評価語による評価と脳波測定による評価から考察すると、両評価値の平均値とも階調数が高い画像が評価値も高い値を示しているため、高品位画像の画質評価において階調数の影響は大きいことがわかる。画像 miroku においては、多くの評価者で階調数の高い画質の方が α 帯域波が増大していた。今後は、今回の実験データを詳しく (被験者毎、画像毎、トレーニングの効果など) 解析していく。

< 謝辞 >

脳波測定実験、主観評価実験のテスト画像を提供して下さった 京都太秦廣隆寺貫主様、そして富士写真フィルムに深く感謝します。画像の読み込みにおいてご協力いただきました、富士写真フィルム足柄研究所、及び大日本印刷 C & I 総合企画開発本部 会津 昌夫様に深く感謝致します。

JAIST 知識科学研究科の被験者として、こころよく御協力して頂きました、皆様に深く御礼申し上げます。

なお、本研究は、日本学術振興会・未来開拓推進事業 “未来映像音響制作と双方向臨場感通信を目的とした高品位 Audio-Visual System の研究”(JSPS-RFTF97P00601) プロジェクトの援助で行いました。

参考文献

- [1] 林 秀彦, 鳥居 敏太郎, 國藤 進, 宮原 誠: “従来品位画像と高品位画像の脳波レベルでの比較評価”, 信学技報, HIP99-20 (1999. 7)
- [2] M.Miyahara, T.Ino, H.Shirai, S.Taniho and V.R.Algazi: “Important factors to convey high order sensation”, IE-ICE TRANS.COMMUN, vol.E81-B, no.11, pp.1966-1973, (1998)
- [3] 猪野 高雄, 宮原 誠: “CRT Display ガンマの精密な補正と奥行き感の改善”, 信学技報, EID97-127, pp61-66, (1998)
- [4] 猪野高雄, 宮原誠: “画像の輪郭再現歪みに起因する高度感知情報: “奥行き感” の劣化”, 信学技報, EID-97-129, pp.75-80, (1998).
- [5] 甘 青, 小谷 一孔, 宮原 誠: “高品質カラー画像の処理に必要な量子化精度”, 信学論, Vol. J76-D-II, No. 9, pp1902-1909, (1993. 9).
- [6] 赤松 繁, 亀田 昌志, 宮原 誠: “高度感知情報に着目した画像評価語の階層構造の解析”, 信学技報, IE98-81, pp.51-56, (1998. 11).
- [7] 大橋 力, 仁科 エミ, 不破本 義孝, 河合 徳枝, 田中 基寛, 前川 督雄: “脳波を指標とする映像情報の生体計測”, テレビジョン学会誌, Vol.50, No.12, pp.1921-1934, (1996)
- [8] 宮原 誠, 小林 幸夫, 白井 英樹, 林 秀彦: “高品位電子映像による、写真に記録されていた “カメラ前の像” 再現の可能性”, 信学技報, IE98-82, pp.57-64, (1998. 11)