CRT ディスプレイの“RGB 間 Cross Modulation”に起因する“奥行き感”の劣化

The Deterioration of “Image Depth” Caused by “Cross Modulation among R, G and B” in CRT Displays

正会員 宮原 誠^{†1}, 大塚 尚司^{†2}, 猪野 高雄^{†3},
白井 英樹^{†1}, 正会員 谷 保修司^{†4}

Makoto Miyahara^{†1}, Shouji Otsuka^{†2}, Takao Ino^{†3}, Hideki Shirai^{†1} and Shuji Taniho^{†4}

Abstract We are investigating the important physical factors involved in reproduction of high-order artistic impression in displayed images. We found that a key assessment expression “image depth” appropriately describes the high-order subjective sensation that is indispensable for displaying extra-high-quality images. Related to the depth of images, Cross modulation among R, G and B signals is the newly discovered important physical factor affecting the display quality. We confirmed from an assessment test that the cross modulation characteristic degrades the image depth. We defined the cross modulation characteristic corresponding to the faithful reproduction of images as to guarantee that the color difference would be smaller than 1. We have developed a display which satisfies the above characteristics, and we confirmed that the “image depth” is improved.

キーワード：RGB 間 Cross modulation, 奥行き感, 高度感性情報

1. ま え が き

“超高品位画像”は重要な研究テーマであるが、このテーマに関しては、どの物理要因・特性が“超高品位”を伝達するために重要であるかが明らかになっていない¹⁾。我々が現在研究をしている PQS²⁾³⁾をさらに進める手がかりにならない状態である。そこで、“実在感”等の高度感性情報の伝送を目指した Extra High Quality 画像システムの実現のために重要な、新しい物理要因を発見し、その特性を求める必要がある。

このような新しい物理要因の発見は、従来の研究方法、すなわち目ぼしい要因や特性にあたりをつけ、総合画質との関係を求める方法ではもはや困難である。新たな方法としては、画質を評価する評価語から逆に物理要因にたどる方法が効果的である⁴⁾。その時、評価語を代表し新たな物理要因発見の手助けとなる key 評価語が重要である。その中で“奥行き感”は特別の芸術センスを持たない人でも評価し得て、また高度感性情報に相関が大きいと考えられる。そこで Key 評価語として“奥行き感”に注目する⁵⁾。

高精細画像を観察した際には、画像中の遠近に応じた眼球の生理的反応が生じることが報告されている⁶⁾。つまり、画像中の遠い風景が描かれた部位を注目した場合には、実際に遠距離を見た場合と同じ眼球の生理的反応が観察されている。この遠近感、つまり“奥行き感”に大きな影響を与えると考えられるものは、“奥行き感”が出るように描かれた絵画や写真の前面に位置する物体、後ろに位置する物体の描かれ方等の像の微妙な変化である。“奥行き感”を正しく再現するためには、この微妙な変化を忠実に再現する必要がある。さらに、微妙な変化を忠実に再現することは、“奥行き感”以外の高度感性情報の再現にも役立つであろう。

歪みを生じさせると考えられるものを実験を繰り返して検討した結果、そのひとつは CRT モニタに照射され

1998 年 2 月 23 日受付, 1998 年 5 月 18 日再受付, 1998 年 6 月 15 日採録
†1 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

(〒923-1211 石川県能美郡辰口町旭台 1-1, TEL 0761-51-1699(内線 1384))

†2 三菱電機株式会社 映像情報システムセンター

(〒852-8004 長崎市丸尾町 6-14, TEL 095-864-2666)

†3 ソニー株式会社 インフォメーションテクノロジーカンパニー

(〒141-0001 東京都品川区北品川 6-7-35, TEL 03-5448-8622)

†4 株式会社ナナオ

(〒924-0038 松任市下柏野町 153, TEL 0762-74-2435)

†1 School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

(1-1 Asahidai, Tatsunokuchi-chou, Nouni-gun, Ishikawa 923-1211, Japan)

†2 Mitsubishi Electric Corporation

(6-14 Maruo-chou, Nagasaki-shi, Nagasaki 852-8004, Japan)

†3 Sony Corporation

(6-7-35 Kitashinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0001, Japan)

†4 Nanao Corporation

(153 Shimokashiwano-chou, Mattou, Ishikawa 924-0038)

た RGB 光間の “Cross Modulation” があるとの発見をした⁷⁾。

本研究では、“Cross Modulation” 特性が、総合画質、特に画像の“奥行き感”へ及ぼす影響を実験、検討し、その特性を規定した。

2. “奥行き感”を損なう要因の検討 と物理要因の発見

“奥行き感”は、幾何学的な画像の構図でその骨格が定まるであろう。一方、風景画でいえば建物や木などの各々の object を表す色や、コントラスト、輪郭のぼかし具合等が、構図で定まった“奥行き感”に整合した時、全体的に自然な“奥行き感”が得られると考えられる。

すなわち、もし色画像伝達システムに伝達歪みがあった場合について考察すると、構図まで狂うことはまずないが、各オブジェクトを表す色が“淡い”に変わってしまったり、ぼけた輪郭が“くっきり”に強調されてしまったりして構図で決まる位置と異なる位置の色、輪郭表現となってしまう、“奥行き感”に歪みを与えると考えられる。

上記検討に基づき、種々のテスト画像を用いて CRT モニタを観察してみたところ、我々が色彩再現上基本としている R,G,B の独立性が保たれておらず、R,G,B 相互に相互変調があるのではないかと考えるに至った。一例を示すならば、ある CRT モニタはテスト画像を変える毎に著しく色再現が異なり、色調が一般的傾向さえ記述できないほど変動することが観察された。この時、“奥行き感”には当然歪みを生じる。そこで次章より、R,G,B 間に存在する“Cross Modulation”特性を測定した後、“奥行き感”との関係を評価実験で求め、この特性の規定を行う。

3. “奥行き感”と“Cross Modulation”

3.1 “Cross Modulation”の定義

ここで定義する“Cross Modulation”の値とは、CRT にあるレベルの信号を RGB 同時に入れた場合（白）の輝度を RGB をそれぞれ単独に入力した場合の輝度の合計値から引いたものである。

$$L_R(S) + L_G(S) + L_B(S) - L_W(S) = \Delta L(S) \quad (1)$$

ここで、 $L_W(S)$, $L_R(S)$, $L_G(S)$, $L_B(S)$ は、それぞれ白、赤、緑、青の信号を入力した場合の輝度であり、 S は入力レベルである。本来、 $\Delta L(S)$ は任意の“白”の入力レベルに対して 0 でなくてはならない。0 でない場合には“Cross Modulation”が発生している。

3.2 “Cross Modulation”と微小な輝度変化との関係

“Cross Modulation”値が“0”でない場合、色差を生じる。これは、加法混色の法則が成立していないためであり、このような特性があることは、これまでは問題にされなかったが、超高品位画像再生のためには望ましくない問題

である。

輪郭部のような輝度変化がある部分では、微小であっても輝度変化再現の誤差は“陰影”の再現に影響を及ぼすと考えられるので、“Cross Modulation”値は限りなく“0”に近いことが要求される。デジタルシステムであれば、量子化ステップレベルに対応する値以下が望まれる。

4. “Cross Modulation”の測定

4.1 測定方法

CRT に RGB 各 8bit/pixel の同レベルのビデオ信号を入力し、輝度計にてその輝度を測定する。また、単一の色のみの場合も同様の信号を入力し輝度を測定し、同レベルの白色信号の場合の輝度の値からその RGB 単独で入力した場合の合計値を引いた値を“Cross modulation”とする。つまり、(1) 式に示す計算式で表される。

この際の発光面積としてはディスプレイ有効表示面積の中央部の 2%を発光させた場合と、中央部 60%を発光させた場合の 2 種類を用いて測定を行った。

この 2%の測定は、回路の安定化電源への負荷が重くなく、ビームリミッタ回路も働いていない状態の入出力特性（入力に対する輝度変化）を測定するために行った。

60%の測定では、回路の安定化電源の安定度が影響し、またビームリミッタ回路が働いている状態の入出力特性を測定するために行った。

なお、輝度測定には、MINOLTA 製 CA-100 を用いた。また、白色としては、最低レベルおよび最高レベルにおいて同一レベルの RGB 信号を入力した場合に xyY 表色系において、 x , y がそれぞれ 0.283, 0.298(白色温度 9300K)を示すように調整した。

測定対象は以下の NANA O 製の 5 台である（シャドウマスクのものは、すべてドットトリオ型）。

- ・ディスプレイ A(88F)
21 inch シャドウマスク (フラット) 型
- ・ディスプレイ B(68TS)
20 inch アパチャグリル (トリニトロン) 型
- ・ディスプレイ C(53F)
17 inch シャドウマスク (フラット) 型
- ・ディスプレイ D(54T)
17 inch アパチャグリル (ダイヤモンドトロン) 型
- ・ディスプレイ E(57T)
17 inch アパチャグリル (トリニトロン) 型

4.2 測定結果

測定結果を図 1～図 5 に示す。縦軸は全て $\Delta L(S)$ cd/m² である。横軸は入力レベルおよび、輝度 $L_w(S)$ cd/m² を示しており、255 が最大入力である。実線のグラフは 60% 発光時の“Cross Modulation”値であり、破線のグラフは 2% 発光時の“Cross Modulation”値である。

なお、測定日時が異なる時に再度測定したがばらつきは少なかった。

4.3 測定結果に対する考察

(1) ディスプレイ 88F (図 1)

図 1 R,G,B の相互変調特性 (88F)
Cross modulation among R,G and B(88F).

図 2 R,G,B の相互変調特性 (68TS)
Cross modulation among R,G and B(68TS).

図 3 R,G,B の相互変調特性 (53F)
Cross modulation among R,G and B(53F).

図 4 R,G,B の相互変調特性 (54T)
Cross modulation among R,G and B(54T).

図 5 R,G,B の相互変調特性 (57T)
Cross modulation among R,G and B(57T).

発光面積 60%の時 $\Delta L(S)$ 値は、信号レベル 50～150 では最大 0.2 cd/m^2 程度のごく小さい負の値となる。

2%発光時でも信号レベルが 0～80 程度までは 60%発光時と同程度の値を示すが、それ以上ではほぼ一定の傾きで増加し続ける。しかし、その傾きは小さく、また 60%発光時の $\Delta L(S)$ 値もほぼ同じ傾きで増加する。

(2) ディスプレイ 68TS (図 2)

発光面積 2%,60%に関わらず、 $\Delta L(S)$ 値は常に 0 以上の正の値である。しかし発光面積 2%時の値のカーブと 60%の値のカーブは異なっている。信号レベルが 100～230 では、最大で 1 cd/m^2 程度 60%発光時の方が $\Delta L(S)$ 値の値が大きい。また、信号レベルが 200 付近を頂点として 60%発光時の $\Delta L(S)$ 値は減少をはじめるが、2%発光時の $\Delta L(S)$ 値は信号レベル 255 まで増加を続け、信号レベル 230 近辺で 2%と 60%時の $\Delta L(S)$ 値が逆転する。さらに、2%と 60%で $\Delta L(S)$ 値の傾きが異なるために、レベル毎に両者の差が異なる。この特性は回路のビデオアンプ電源の

安定度が弱い場合、またはピームリミット特性のためと考えられる。

(3) ディスプレイ 53F (図 3)

$\Delta L(S)$ が負であり、R,G,B を同時に発光させた方が、R,G,B を個々に発光させた方より強く発光する非直線性特性を持っている。この非直線性はビデオ回路内の IC の特性によって生じている。この測定結果に関しては、発光面積 2% の値と 60% の値を比較すると 60% 時の方が大振幅信号入力時、つまり高輝度発光時に $\Delta L(S)$ 値の絶対値が減少しており、高輝度時においてはピームリミッターが動作するか、または電力供給不足になっていることがわかる。

(4) ディスプレイ 54T (図 4)

曲線の傾向は 53F と同様であり、よって 53F に記したのと同様の考察ができる。 $\Delta L(S)$ の値が負となっているが、60% 発光時では信号レベル 220 前後で $\Delta L(S)$ の値はほぼ 0 となり、最終的には約 $+0.7 \text{ cd/m}^2$ まで増加している。これは、高輝度かつ大面積時ではリミッターが動作するか電源回路が十分に電力を供給できないことを示している。

(5) ディスプレイ 57T (図 5)

曲線の傾向は 53F と同様であり、よって同様の考察が成り立つ。発光面積 2% の値と 60% の $\Delta L(S)$ の値の違いがほとんど無い。しかし、 $\Delta L(S)$ 値の絶対値は大きく、2% 発光時で最大で 8 cd/m^2 付近まで、60% 発光時で最大で約 7 cd/m^2 まで達している。

5. “奥行き感”の主観評価実験

5.1 評価方法

(1) 評価画像

評価画像としては、有名な絵画(油絵)画像を用いた。なぜならば、実際に画像を評価してみたところ、写真よりも有名な絵画の方が“奥行き感”の差異がはっきりと感じられたためである。これは、2次元画像において人間が知覚する奥行きに関する情報を絵画の方が写真よりも明らかな形で描かれていると考えられ、創作者の伝えようとする高度感性情報が写真等よりも明らかな形で含まれていると考えられる。

評価に用いたテスト画像は London National Gallery 発行のデジタルデータであり、

- 1: “The Surprise” Claude-Marie DUBUFE
- 2: “Still Life” Attributed to David Davidsz. de HEEM
- 3: “Vide of Oudewater” Willem KOEKKOEK
- 4: “Eva Gonzalès” Edouard MANET
- 5: “The Water-Lily Pond” Claude-Oscar MONET
- 6: Test image from ENST(Prof. Schmitt): Corot’s painting

の計 6 画像である。

(2) 評価条件

評価は、暗室で表 1 の条件下で行った。その理由は、通

表 1 評価条件
assessment conditions.

black	0.05 cd/m ² (8bit 信号の 0 レベル)
white	68.52 cd/m ² (8bit 信号の 255 レベル)
視距離	17,20,21 inch 各 CRT の 4H(画面高の 4 倍)
輝度計	MINOLTA CA-100
評価者	成人男子 3 名, 成人女子 1 名

常の Picture Monitor では黒を 0.5 cd/m^2 に設定しているのであるが、これは奥行き感の再現性が悪く、本実験では 0.05 cd/m^2 に設定しているため embiace 光の影響を受けやすい事と、Picture Monitor に種々の種類を用いており、ブラックフェースなど管面の状態に依存しないようにするためである。右に評価対象となるディスプレイを配置し、左に基準となるディスプレイを配置して評価実験を行なった。画像は画像高を画面高と一致させて、ディスプレイ画面の左右の空白は黒とした。ただし、画像によってはディスプレイの中心部に表示したものもある。ディスプレイの画面中心の高さは、目の高さよりも若干下になるように配置したが、視線は画面に垂直になるように設置した。

また、評価者としては成人男子 3 名, 成人女子 1 名の計 4 人で行った。被験者数は 10 数名を用意したが、評価が困難なためか、評価が不安定な評価者を除き安定な判定をする上記 4 名に限定した。一般的評価と異なり評価が高度で困難なので、人数が少ないことは御理解いただきたい。

評価は、基準をディスプレイ A(88F) または C(53F) として“奥行き感”についての 7 段階評価で行った。非常に良い (+3), 良い (+2), やや良い (+1), 同じ (0), やや悪い (-1), 悪い (-2), 非常に悪い (-3) である。

評価の際に、画像全体の雰囲気に影響されないように、注目点を指定して主観評価試験を行った。これは画像全体で評価を行うと、画像内容の意味的な部分で好みが分かれ、そのために評価が影響されることがあると考えたためである。実際に予備実験にて画像全体での“奥行き感”で評価実験を行ったところ、評価の際の注目点が、個人により異なっていたために上記のように注目点を指定した上で行った。注目点を指定することにより、各個人の絵に対する好みによる評価の差を排除できたと考えている。

(3) 評価結果

評価結果を、図 6～図 9 に示す。

縦軸は、7 段階主観評価値である。縦の線分は分散の大きさを長さで示しており、その中央に平均値をプロットした。小人数での分散を記すには問題があると思うが、バラツキを示すためにあえて記した。横軸は 5.1 節(1)に記したテスト画像の番号である。この図からわかるように、ディスプレイ 88F が最も“奥行き感”をよく表現でき、ついでディスプレイ 53F となる。ディスプレイ 54T およびディスプレイ 57T はほぼ同等で優劣を付け難く、ディスプレイ 68TS が最も“奥行き感”の表現が悪い。

ただし、絵画によっては差が減少する場合や、差がほとん

図 6 68TS の奥行き感の評価 (基準:88F)
assessment of "Image depth" of 68TS(anchor:88F).

図 9 57T の奥行き感の評価 (基準:53F)
assessment of "Image depth" of 57T(anchor:53F).

図 7 53F の奥行き感の評価 (基準:88F)
assessment of "Image depth" of 53F(anchor:88F).

図 8 54T の奥行き感の評価 (基準:53F)
assessment of "Image depth" of 54T(anchor:53F).

6. “奥行き感”と“Cross Modulation”の特性の関係の検討

評価結果と Cross Modulation の関係について、さらに観察、検討を加える。

まず、21 inch model である 88F が“奥行き感”の再現が良いのは、60%, 20% 発光時の“Cross Modulation”の値が、共に、中輝度付近まで (信号レベル 150 付近まで)、小さな値を取ることがあげられる。それと比べて、20 inch model 68TS は“Cross Modulation”値が 60% 発光時に 1cd/m^2 以上の正の値をとる。これは、R,G,B が同時に輝いた時に、本来光るべき明るさより暗く発光するということであるから、コントラストが低く再現されてしまう歪みとなり、“奥行き感”を平板化させ、評価が悪いと考えられる。88F で高輝度部 (40cd/m^2 以上) で大きく正の値を取っているが、用いた画像においてこの現象が特に問題となる状況は観察されず、中輝度部までの歪みの方がより大きく“奥行き感”を損なうと思われる。すべての 17inch model が、“Cross Modulation”値が大きいかかわらず、68TS より良い評価を得ているのは、“Cross Modulation”値が正の値をとることがないためと思われる。

一方、17 inch model の中では、53F が最も良い結果で、57T, 54T の順に評価値が悪化する。53F は“Cross Modulation”特性は悪く、他の要因が影響していると考えられる。この点は 7 章で考察する。

以上検討、考察してきたが、図 1～図 5 に示した“Cross Modulation”の測定結果と、図 6～図 9 に示した主観評価実験の結果の相関については、“Cross Modulation”の値が少なければ良い傾向を示してはいるが、それ以上の強い相関は認め難いといわざるを得ない。

“Cross Modulation”歪みと“奥行き感”の再現性の関係を複雑にしている要因として、その画像内容への依存性が考えられる。すなわち、“奥行き感”は、画面上で物体が

どない場合もあり、テスト画像依存性が大きいといえる。

図 10 色差1以内を保証するのに許される相互変調特性
The allowable Cross Modulation and the change of R,G and B to guarantee $\Delta E \leq 1$.

占める面積が画面面積に比べて大面積でも小面積でもその物体の持つ“奥行き感”情報には直接の関係がないであろう。小面積の物体でも，“奥行き感”情報が豊富な場合があり得るからである。しかしながら，Cross Modulation 歪みの大きさは，物体像の大きさに直接関係する。例えば，Cross Modulation 特性は電源の安定さにも依存しているから，この物体像が明るければ当然のことながら Cross Modulation 歪みは大きくなってしまふのである。

以上の考察により，“Cross Modulation”と“奥行き感”はテスト画像の内容に強く依存し，“Cross Modulation”特性との突っ込んだ解析はあまり意味がなさそうである。そこで画質に影響を及ぼさない量の“Cross Modulation”歪み量を，再現される画面上の発光の誤差を色差1以下を満足させるという充分特性を与えることによって規定する。色差1という値は，一般にまず区別できない色の差とされているので，人間の色知覚の限界から見て妥当な値だと考えた。

色差1を確保するための条件を次のように計算する。 L_w を白の輝度， ΔL をCross Modulation， $L(L_w)$ ， $a(L_w)$ ， $b(L_w)$ を輝度 L_w のときのCIELAB色空間でのL,a,bの各値， ΔE をCIELAB色空間の色差とすると条件式は

$$\begin{aligned} \Delta E &= ((L(L_w) - L(L_w \pm \Delta L))^2 \\ &+ (a(L_w) - a(L_w \pm \Delta L))^2 \\ &+ (b(L_w) - b(L_w \pm \Delta L))^2)^{1/2} \\ &\leq 1 \end{aligned}$$

である。この条件式を満たすCross Modulation特性を $R = G = B$ の条件下で計算すると図10の実線Wを得る⁸⁾。

また，GとBが変化しないとき，色差1以内を保証するために許されるRの変化量を計算したものが図10の実線Rである。同様にGとBについて計算したものが図10の実

図 11 改善された88Fの相互変調特性
Cross modulation among R,G and B.
(improved 88F)

線G,Bである。色差を考えると，最悪のケースとしてはR,G,Bの変化の組合せが最大の色差を与えるケースを考えないといけないのであるが，電源が共通のため，全体が変動する場合がほとんどであり，白(W)について色差1以内を保証できれば，そのときのR,G,Bの変化量は色差1を保証するのに充分小さいと考えられる。

このように，もし図10の実線W以下に $\Delta L(s)$ を抑えることができれば，“Cross Modulation”の影響は無視できると考える。現在“Cross Modulation”特性がCRTによっても起きるのかははっきりしていないが，電源の安定度を強化することで“Cross Modulation”が減少することは確認している。図11はこれに基づいて改良した88Fの“Cross Modulation”特性である。“奥行き感”の評価を図6，図7で実験の基準に使った88Fに比して行なったところ，図12のようにやや改善された。この結果から“Cross Modulation”歪を減少させると“奥行き感”の再現がよくなることがわかる。

7. 奥行き感に関係する他の要因の検討

“Cross Modulation”以外にも“奥行き感”に他の要因が影響していると考えられる。例えば，53F(図3)と54T(図4)を比較すると明らかに“Cross Modulation”特性は54Tの方が良いのに，“奥行き感”の評価結果に明確な違いがない。別の要因を考察すると前者はシャドウマスクタイプ(ドットトリオ型)，後者はアパチャグリルタイプである。この構造により輪郭の再現性の違いが生じると考えられる。それは輪郭部分に生じる歪みであり，やわらかな輪郭を強調してしまったり，また，くっきりした輪郭部をぼやかして“奥行き感”の正しい再現を妨げる。また，このような歪みは回路上のステップレスポンスの違いも考慮しなくてはならない。57T(図5)の“奥行き感”が，“Cross Modulation”特性が悪く，かつアパチャグリルタイプなの

図 12 改善された 88F の奥行き感の評価 (基準:88F)
assessment of "Image depth" of improved 88F.
(anchor:88F)

にそれほど悪くなかったのは、上記 2 要因の他、回路等も関連した最終的な光像の輪郭歪みが少なかったためと考えられる (このタイプの CRT はデフォーカスすることにより奥行き感が改善されることは確認している)。

これらの詳細については今後検討していく。

8. む す び

高度感性情報を伝達可能な高品位画像システムを構築するため "Cross Modulation" を発見し、そしてその存在により "奥行き感" がどのように変化するかを、主観評価実験によって評価した。その結果、"奥行き感" は "Cross Modulation" が存在すれば劣化することを示した。同時に、"Cross Modulation" 特性と画質との関係は非常に複雑なことが明らかになり、"奥行き感" との関連は、高度感性情報の再現のための必要条件を規定して、ケリをつけることにした。それは色差 1 以内の表示誤差とする条件から特性を規定し、また回路的に電源強化によりそのディスプレイを実現した。その特性の条件は、画面中央に画面面積の 2%、および 60% の白ウインドウを表示し、入力信号 (0-255) に対して $\Delta L(S)$ が図 10 に示すグラフの実線 W 以下にすることである。今後、この特性は規格に入れるべきであると提案したい。

平面上に "奥行き感" を表現している絵画を、あるディスプレイ上に画像として表示した時に、"奥行き感" が歪みなく表現できたとすれば、そのディスプレイは高レベルに忠実再生であり、高度感性情報を表現可能だと考えて本研究を設定した。"奥行き感" に関する実験 (図 6~図 9 に示す) 上の観察から、CRT の発光構造等の原因により、画像輪郭部に歪みが発生し、高品位な画像再現を妨げている事実を発見した。この件については今後詳細に検討していく予定である。

主観評価実験のテスト画像を提供して下さった Dr. K.Martinez(University of Southampton), Professor H. Maitre, Professor F. Schmitt(ENST in Paris) に深く感謝致します。御討論いただいた SONY (株) 奥村 茂様に深く感謝致します。また、評価試験に御協力いただいた、宮原、小谷研各位に深く感謝致します。

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" プロジェクトの一環として行いました。末筆となりましたが、本プロジェクトの R.A・小林幸夫様には実験、検討、評価において多大の御協力をいただきました。深く感謝致します。

〔文 献〕

- 1) M.Miyahara and Ralph Algazi: "An Extra High Quality Imaging System", IS&T/SPIE, No.3025-03, pp.23-27(Oct 1997)
- 2) 宮原・小谷・堀田・藤本: "客観的画質評価尺度 (PQS)-local feature の考慮と汎用性", 信学論, J73 B-1, 3, pp.208-218(Mar 1990)
- 3) M.Miyahara: "Quality Assessments for Visual Service", IEEE Commun. Magazine, 26, 10, pp.51-60(Oct 1998)
- 4) M.Miyahara and Gan Qing: "An extra high quality imaging system", IS&T/SPIE, 2663-02, pp.8-12(Feb 1996)
- 5) M.Miyahara: "Discovery of Important Factors to Convey High Order Sensation -Image Depth and the Related Factors-", IS&T/SPIE, 3308-05, pp.28-35(Jan.1998)
- 6) 福田・斉藤: "奥行き知覚と調節応答", 人間工学, 23, Supplement, pp.50-51(May 1986)
- 7) M.Miyahara, S.Otsuka, S.Taniho and R.Algazi: "Reproduction of High Order Sensation on a Display and Cross Modulation among R,G,B", AIC Color 97, 2, pp.662-665(May 1997)
- 8) 日本色彩学会編: "新編 色彩科学ハンドブック", 東京大学出版会, p.1292, p.1298(Nov 1989)

みやはら まこと
宮原 誠 1964 年、東京工業大学工学部電子工学科卒業。1966 年、同大学院修士課程了。同年、NHK 入社、1968 年、同研究所テレビ研究部。1978 年、長岡技科大助教授、1987 年、同大学教授。この間 1983 年、UC,Davis 客員教授 (1 年間)。1992 年、北陸先端大教授。1997 年、学振未来開拓事業・未来映像・音響創造研究代表。工学博士。正会員。

おおつか しゅうじ
大塚 尚司 1995 年、東京工業大学工学部電気電子工学科卒業。1997 年、北陸先端大情報科学研究科博士前期課程了。同年、三菱電気 (株) 入社。映像情報システムセンターに所属。大型映像システムの開発に従事。

いの たかお
猪野 高雄 1996 年、明治大学精密工学科卒業。1998 年、北陸先端大・情報科学研究科博士前期課程了。同年、ソニー (株) 入社。インフォメーションテクノロジーカンパニーに所属。

しらい ひでき
白井 英樹 1997 年、東京工業大学工学部電気電子工学科卒業。現在、北陸先端大・情報科学研究科博士前期課程在学中。高品位画像の研究に従事。

たにほ しゅうじ
谷保 修二 1975 年、金沢大学電子工学科卒業。同年、日本電子科学株式会社入社。排気ガス測定用 4 輪車自動運転装置の研究開発に従事。1978 年、株式会社ナナオ入社。グラフィックスハードウェア、CRT・LCD ディスプレイの開発、高品位画像システムの研究に従事。現在、映像メディア機器開発部部長代理。正会員。