

調査・研究報告書の要約

書名	平成19年度高質感映像に関する調査研究 報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・財団法人 デジタルコンテンツ協会				
発行年月	平成20年3月	頁数	109頁	判型	A4

[目次]

序 (日本機械工業連合会 金井会長の序)

序 (デジタルコンテンツ協会 高島会長の序)

はじめに

1 実施体制

1.1 高質感映像に関する調査研究委員会の推進体制

1.2 高質感映像に関する調査研究委員会 委員構成

2 事業概要

2.1 事業の目的

2.2 事業の内容

2.3 平成19年度の活動内容

目次

第1章 はじめに ～今、何故質感か～

1.1 映像と画質の歴史

1.2 画質の要因と視覚特性

1.3 質感と画質

第2章 現在の映像システムの問題点

2.1 色域・色再現性

2.2 ダイナミックレンジの課題

第3章 高質感映像の構築

3.1 広色域表示の方式

3.2 広ダイナミックレンジの方式

第4章 ナチュラルビジョンによる広色域・広忠実色再現の研究動向

4.1 ナチュラルビジョンの目的

4.2 ナチュラルビジョンの現在までの研究成果

4.3 今後の動向

第5章 CGにおける質感再現

5.1 はじめに

5.2 基礎的なCG表現手法

5.3 質感表現の改善

5.4 まとめ

第6章 高質感映像の実施例と期待される分野

6.1 立命館大の研究例(田中弘美研究室)

6.2 奈良女子大の研究例

6.3 NTTの研究例

6.4 広色域・高色再現映像が期待される分野

6.5 広ダイナミックレンジ映像が期待される分野

第7章 あとがき ～今後の課題～

[要約]

近年、電子映像の利用分野がますます拡大するに伴い、ハイビジョンをベースにさらなる大画面化と解像度の向上を目指すスーパーハイビジョンを初め、立体画像による超臨場感コミュニケーションやデジタルシネマなどの新しい映像システム、色再現の向上を目指すナチュラルビジョン等の研究開発が進められており、改めて視覚的条件の検討が進められつつある。これらの新しい電子画像システムは、今後ますます発展し、高度な電子情報システムを構築するであろう。

最近、その様なシステムを、「質感」をキーワードにして、光沢や色再現、深み、奥行き感、艶、気候（温度、湿度）等が画面から感じられる高度な表現力、即ち画質、を持つ、「高質感映像」なる新しい概念のもとに統一したシステムが提案されている。高質感映像は、物理的な表現能力を向上させるだけでなく、制作者の意図をより忠実に視聴者に伝達する事が可能となる。また、絵画等の平面作品や立体造形作品等の美術・芸術作品を初め、文化財、歴史遺産等の映像アーカイブの手段として、さらには医療等の高度な画像表現力の必要な分野に於いても、極めて有効となるものと期待される。

本事業では、調査として、

- ・高質感画像方式、特に多原色方式の視聴機器に関する研究開発の現状動向調査
- ・商品化されている視聴機器の色空間に関する現状動向調査
- ・高質感視聴機器の利用状況および将来の利用ニーズ調査

を行い。

・現在の映像システムの問題点、色域・色再現性及び、ダイナミックレンジの課題に付いて述べている。

また、広色域・高色再現映像が期待される分野、広ダイナミックレンジ映像が期待される分野についても言及した。

第1章 はじめに ～今、何故質感か～

1.1 映像と画質の歴史

19世紀に発明された写真に端を発した「画像」技術は、テレビを代表とする画像技術、電子映像技術、を生み出し、現在では、コンピュータと結びついたデジタル映像技術として、最も重要な情報伝達技術の一つとなっている。それに伴い、映像表現能力も著しく向上し、コンテンツの多様化、高品質化が可能となったが、さらに一層の高度化を目指す「高質感映像」の必要性が提起されている。

1.2 画質の要因と視覚特性について

画質の要因は、物理要因、心理要因および心理物理要因の3種に分類できる。ここで、

心理要因は心理反応でしかその効果が計れない要因で、物理要因は物理的ディメンションをもち、その効果が物理量で測定可能な要因で、心理物理要因は物理要因との関係が明らかで、その反応の強さが物理量で測定可能な心理要因で、物理量との対応が明らかになった心理要因と考えられる

テレビには視覚特性が巧妙に取り入れられている。従って、その最終的な総合評価は主観評価によってなされる。視聴者の評価は、視聴者の個人的特性以外に、置かれている文化や社会の環境等の影響をも受けるのは当然であり、十分な注意が必要である。

視覚特性のうち、感性に関する検討がSD (Semantic Differential:意味微分) 法により行われた。その結果、強さ、明るさ、リアリティー、柔らかさ、まとめり、動的、美しさ・質感、安定感、の8因子が抽出された。さらに、これらの因子は、テレビ画質に関わる画素数、明るさ、コントラスト等、種々の物理特性(因子)とそれぞれが関わっており、感性表現力を高めるためにはこれらの物理因子の向上が重要である事が認められた。

また、高品位画像システムの評価に用いるため、KJ法により34個の画質評価語を選んだ例では、質感は素材感と組になった質感・素材感として、質感表現の手法、条件についての検討に用いられている。

1.3 質感と画質

「質感」なる用語は総合的な心理的感覚であり、他の画像においても使われる画像一般に共通する感覚であると考えられる。そこで、画像における質感 テレビ画質の要因分析

「質感」の意味と性質 「艶(ツヤ)」、「光沢」、「肌理(キメ)」 階調と観視条件の観点から調査研究を行った。

第2章 現在の映像システムの問題点

2.1 色域・色再現性について

カラー映像機器は基本的に赤(R)・緑(G)・青(B)の3原色で色を表現しており、RGBの色信号を基本として色の表示を行っている。しかし、RGBにはいくつもの定義があって一意ではない。これらは全て赤・緑・青の三原色を表しており、互いに関係を持っているが、その意味は異なる。NTSC-RGBに代表されるような映像の色空間は、ブラウン管ディスプレイの発光特性に合わせて決められており、RGBの蛍光体をどれだけ光らせればよいか、を信号として表している。カメラなどの映像入力系の特性が、いわゆる理想撮像特性と同等であれば正確な色を取得することが可能であるが、そのようなカメラはほとんど存在しない。しかし、デジタル映像は広く利用され、遠隔医療、電子商取引、電子美術館などへの応用も進んでいる。このとき、映像が単に鑑賞されるだけでなく診断や商取引等に利用さ

れるので、映像情報自体の価値が重要な意味を持つ。映像システムが実物の色を忠実に再現する能力に欠けていれば、リアリティーを失うだけでなく、映像情報の活用を制約することになる。実物の色を忠実に再現するために解決すべき課題とそれに対する技術の現状として以下がある。

機器による色再現特性の違い、ディスプレイの色域が狭い、カメラの感度特性の問題、ホワイトバランスの問題、視覚特性の個人差の問題

RGB を拡張した 3 原色を用いることでもこれらの問題の一部に対処することは可能であるが、原理的にすべてを解決することはできない。特に ~ の問題は、光のスペクトルを扱わなければ解決が難しい。これに対して、従来の RGB 3 原色の限界を超えた、スペクトルと多原色に基づく映像色再現技術が研究開発されており、それによって実物が目の前にあるときに限りなく近い色を再現することが可能になり、従来よりもリアリティーの高い光沢・質感等を持つ映像再現を行えることが示されている。

2.2 ダイナミックレンジの課題について

表示装置の暗室におけるダイナミックレンジは、CRT が数万:1 程度だが、通常の直視型 LCD や PDP ではせいぜい数 1000:1 程度である。ただし、最近では黒の再現の重要性が認識され、ダイナミックレンジが 20000:1 程度の PDP や、LED バックライトの LCD でダイナミックレンジが 10 万:1 などが発表されている。

撮影装置のダイナミックレンジは、通常では 1000:1 と言われている。フィルムも 10000:1 程度とされており、撮影に関しても視覚で対象としているダイナミックレンジには及ばないのが現状である。一方、映像信号では、現在の放送信号の規格では 1 色につき 8 ビットまたは 10 ビットであるが、次世代の超高精細映像信号の規格では 10 または 12 ビットとされている。またデジタルシネマの規格においても 12 ビットとされている。このように、映像信号自体では現状の放送規格ではまだ広ダイナミックレンジには対応し切れていないものの、将来の規格やデジタルシネマでは広ダイナミックレンジの映像を取り扱うことが出来ていると考えられる。

現状の映像機器では広ダイナミックレンジを十分には取り扱うことが出来ず、視覚の性能には及ばない。このための研究開発が撮像、表示ともに行われている。このように広ダイナミックレンジの撮像・映像表示に対する研究開発は近年盛んになってきており、今後大きく発展する可能性もあると考えられる。

第 3 章 高質感映像の構築

3.1 広色域表示の方式

広色域表示の方式の実現方式として、高彩度3原色による実現方法と多原色による実現方法がある。

3原色による表示であっても、彩度が高い原色であれば広い色再現を実現することは出来る。ただ、色度図上では原色点で囲まれた3角形の内側が色再現範囲になるため、原理的には多色による表示の方がより色再現範囲を広くすることができる。

多原色表示の基本的な考え方として、赤、緑、青の3原色の光を混色して色を表示しているこれまでのカラーディスプレイとは異なる、4以上の原色を用いたディスプレイの開発も行われている。これらは多原色ディスプレイまたはマルチチャネルディスプレイなどと呼ばれている。多原色ディスプレイの第一の目的は表示できる色再現範囲を拡大することである。多原色ディスプレイを実現する方式としては、従来の3原色によるカラー表示方法をM原色に拡張し、M個の原色の画素を合成するカラーピクセルを構成すればよい。カラーピクセルの構成方法としては、

- ・時分割で各原色の画像を表示する方法
- ・多色の色フィルタや発光体を用いた空間画素配列による方法
- ・ダイクロイックプリズムなどを用いて原色数分の表示パネルの画像を合成する方法などが考えられる。

多原色ディスプレイによる色域拡大の評価を行うには、色度図上での評価だけでは十分ではない。3次元の色空間で明度や色相ごとに見ることで、どれだけ高い彩度を表示できるかを評価することができる。

人間の視覚系は3種類のセンサ（錐体）で色を知覚しているため、異なるスペクトルでも同じ色として知覚される組み合わせがある（条件等色）。従来の色再現技術は、CIE（国際照明委員会）が定めた等色関数を用いた条件等色の原理に基づいているが、CIEの等色関数は標準観察者と呼ばれる仮想的な観察者の特性であり、実際には各個人は異なる特性を持つ。

3.2 広ダイナミックレンジの方式

表示装置は直視型と投射型に分けられる。

ここでは直視型表示としてPDPや液晶などの薄型ディスプレイに焦点を当てる。

自己発光型であるPDPは、高速な動画表示をするためには種火放電が必要なため、従来ではダイナミックレンジはあまり高くなかった。しかし最近ではこの種火放電を抑えた構造が可能になり、ダイナミックレンジが2万：1程度のもも市場に出てきている。今後とも、広ダイナミックレンジを強調したPDPが発表されてくるものと期待される。PDPで広ダイナミックレンジを実現する場合の課題としては、階調再現がある。これは、PDPで

の階調再現はサブフィールドの組み合わせによるリニア階調を用いており、現在のサブフィールド数では暗部での階調再現をディザでおこなうにしても、まだ偽輪郭などが生じやすいことである。ただ、この課題も黒再現の進展につれて徐々に改善されていくものと期待される。直視型液晶の場合は、自己発光型ではなく背面からのバックライトの光を液晶で完全に遮断することが困難であるため、あまりダイナミックレンジを高くすることができなかった。しかし、液晶についてもバックライトを LED にして LED の発光を制御することで広ダイナミックレンジを実現するものがでてきた。

このほかの直視型表示としては次世代のディスプレイといわれる有機 EL があり、ダイナミックレンジで 100 万 : 1 以上のものが市場に出る予定であるが、大型表示はまだ先の見込みである。

以上示したように、表示・撮像ともに広ダイナミックレンジの流れが広がっているが、以下の課題があると考えられる。

- ・撮像、表示ともに独立に取り組みがされており、まだ統一的な動きになっていない。
- ・表示に関してはダイナミックレンジより黒の輝度に重きがおかれることが多く、階調再現がまだ不十分である場合が多い。
- ・撮像に関しては、いくつかの輝度の異なる画像を組み合わせることが多いが、この手法がまだ確立されていない。
- ・表示よりはダイナミックレンジが狭い。

今後の研究開発で、これらの課題が解決されていくことを期待する。

第4章 ナチュラルビジョンによる広色域・広忠実色再現の研究動向

4.1 ナチュラルビジョンの目的

ナチュラルビジョンは、RGB の 3 原色の制約を超えて、新しい多原色に基づく映像通信システムを開発し、実物が目の前にあるときに限りなく近い色・光沢・質感等を持つ映像を再現することを目的としたプロジェクトの名称である。

ナチュラルビジョンは、色管理の仕組み自体を RGB の 3 原色にとらわれず、光のスペクトルに立ち返って扱う、「スペクトルに基づく色再現」の考え方に基づいている。これまでに、ナチュラルビジョンの技術に基づくことで実物が目の前にあるときに限りなく近い色を再現することが可能になり、これによって従来よりもリアリティーの高い光沢・質感等を持つ映像再現を行えることが示されている。

4.2 ナチュラルビジョンの現在までの研究成果

任意照明下での XYZ 三刺激値、分光反射率（もしくは透過率）、または分光放射輝度が入

出力系に共通の色空間となる。言い換えれば物理的に色やスペクトルを計測して色再現を行うものである。これによって測色的に正確な色再現だけでなく、分光的な色再現も行える。実物を直接見る場合とディスプレイを見る場合で目に入射する光を一致させることで、実物に忠実な色再現を行うことができる。

マルチスペクトル画像入力に関しては、以下の部分で研究成果がある。

- ・マルチスペクトル画像入力の方式
- ・6バンド HDTV カメラ
- ・スペクトルと色の推定
- ・広色域の映像収集

多原色表示による色域拡大の効果を実証するために、2台のプロジェクタを用いた6原色表示システムを開発し、色域の評価や、多原色映像システムの有効性の実験的検証を行っている。その他に4原色 FPD の開発も行われた。

マルチスペクトル入力系と、表示系を統合したマルチスペクトル映像システム（動画ナチュラルビジョン）が実験的に構築されている。

ナチュラルビジョンにおける映像再現の評価を通じて、以下のような点が明らかにされている。再現される映像がディスプレイの周囲の照明環境に良く一致した場合、極めて高いリアリティーが得られる。彩度が高く深い色合いまで再現できるために表面の模様やテクスチャーなどの質感再現性が高まる。映像再現の忠実性の視点からは解像度と同様に色再現性も重要な要因である。分光的な色再現を適用することで、肌色などの映像再現の忠実性を格段に向上できる。

ナチュラルビジョンのプロジェクトでは、マルチスペクトルと多原色を用いた映像システムの有効性を示し、その利用分野を開拓することも一つの目的としている。以下はこれまでに行われた評価実験の分野である。

病理診断支援への応用実験

皮膚科診断支援

動画ナチュラルビジョンの医療応用実験

文化遺産のデジタルアーカイブに関する実験

オーロラの映像再現

電子商取引

印刷応用実験

カタログ用商品撮影

コンピュータグラフィックス

4.3 今後の動向

今後は、映像コンテンツの価値を高める技術として、さらに映像制作など広い分野への応用が期待される。しかし、質感やリアリティーなどに着目した映像再現の評価方法は確立していると言いがたい。また、光沢や映り込みなどの影響などについても明らかになっていない。現在、ナチュラルビジョンプロジェクトでは、実用性の高い小型のシステムを実現するための映像収集技術、伝送技術の開発とともに、画質評価、感性的な評価にも取り組んでいる。

第5章 CGにおける質感再現

5.1 はじめに

CGコンテンツのリアリティーや正確さなどの品質を向上させるためには、制作対象の形状を適切に表現するだけでなく、対象の色や素材感などの質感表現が非常に重要であり、質感表現の向上のための様々な手法の提案や研究開発が盛んに行われている。

5.2 基礎的なCG表現手法

直方体や球などのプリミティブ、メッシュ、関数、などの組み合わせを用いてオブジェクトの三次元形状を定義し、これから、ポリゴンの組み合わせを生成して、後段のレンダリング処理に受け渡す方法が広く用いられている。

5.3 質感表現の改善

質感表現の改善には、反射・屈折の再現、バンプマッピング、BRDF、大域照明モデル、環境マップ、HDR環境マップを用いた大域照明、サブサーフェーススキヤタリング等の手法がある。

5.4 まとめ

昨今のGPU(Graphic Processing Unit)の急速な性能向上や、ゲーム市場の拡大によって、リアルタイムレンダリング向けの質感再現手法に関する研究開発が非常に盛んになっている。「正確さ」を要求される商品カタログやデジタルアーカイブなどへの応用では、BRDFやBSSRDFに代表されるような物理モデルの高精度化が引き続き重要な課題であるが、ゲームや映画などのエンタテインメント性や演出性が重視される用途では、物理的に正確さを追及するのみではなく、人の感性や知覚にも焦点を当てたアプローチが重要になるであろうと考えられる。

第6章 高質感映像の実施例と期待される分野

6.1 立命館大の研究例(田中弘美研究室)

立命館大学情報理工学部を訪問し、質感に関する研究について調査した。

日本の伝統芸能の能で使用される装束をデジタルアーカイブ化する取り組みを草津市の立命館大学情報理工学部の研究グループ（田中弘美研究室ほか）が進めている。装束をデジタルカメラで撮影し、開発したソフトを使って3次元の世界で忠実に再現するものである。高精細な画像計測と分析に基づく効率的な布物体モデリングと可視化法を提案している。

6.2 奈良女子大の研究例

奈良女子大の才協研究室は立命館大学田中研究室などと協力して、布の質感と触覚の再現・統合・認知に関する研究を行っている。「布の質感シミュレータの開発」や「布の三次元構造要素と質感の関係の分析」を進めると同時に布の触覚再現の研究を進めている。

6.3 NTTの研究例

日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所の本吉氏等は、米マサチューセッツ工科大学との協同研究で、人間が物の表面の光沢や明るさを見るときに、画像の明暗の歪みの情報を利用していることを、自然画像の分析や錯視を用いた実験によって世界で初めて明らかにした。これは今までその仕組みが解明されていなかった質感知覚が比較的単純な脳の情報処理に基づくことを示す画期的な発見で、新たな「質感の脳科学」という分野を拓く成果である。

6.4 広色域・高色再現映像が期待される分野

人間の視覚と直結した色情報をスペクトルに基づいて扱うことで、色再現の忠実性を格段に向上し、質感・光沢感などを含むリアリティを高めるとともに、色・分光情報を活用した高度な映像処理が可能となる。広色域・高色再現映像技術は、今後色再現の要求が高い分野から利用が進むと考えられるが、映像コンテンツの価値を高める技術としてより広い分野への応用が期待される。

6.5 広ダイナミックレンジ映像が期待される分野

広ダイナミックレンジ映像は下記の分野で実用化が期待されているものと考えられる。広ダイナミックレンジ映像技術が一般的になる前は、このような分野から利用が始まると思われる。

第7章 あとがき ～今後の課題～

本報告では、映像分野を中心に、質感に関わるこれ迄の研究をレビューし、「高質感映像」に関わる諸事項の現状について主として述べるとともに、今後の課題についても合わせて触れた。

質感は、極めて高度な感性に対応する総合的感覺であり、対象により非常に多様な現れ方をする。

質感は色と密接な関係があり、濁色にして色相を押さえる事により素材の質感が浮かび上がるとの指摘や、紙について、映像のように視覚だけでなく触覚と嗜好なども合わせ、質感を調べた例もある。また、色再現における記憶色同様、記憶質感に関する研究も始まっており、今後重要な知見を得られるものと期待される。近年、感性の定量化に際し、脳の高次活動に注目して、映像を対象にした脳派等による検討も行われている。

現在のところ、映像に関する質感は未だ統一的に把握されているとは言えず、工学的検討の対象とするためにはさらに検討が必要と思われる。しかし、織物や塗装等の分野では実用的観点から以前から検討が行われており、これらの分野の知見も導入しながら、上記の諸研究と合わせて映像独自の「質感」の意味、性質を明らかにするとともに、映像への適用を検討することが重要であろう。その際、階調と観視条件の他、具体的なハードウェア特性との関係は当然として、さらには音響の場合に見られるようなアナログ信号とデジタル信号との関係等、対象とする感性が高度でより深くなる「高質感映像」を考える際には、考慮に入れる必要もあろう。

「質感」は、これ迄述べて来たように、単一の物理要因と対応した単独画質では表現されず、総合画質に相当する総合感覺であると考えられる。従って、UDTVに代表される解像度の向上、ナチュラルビジョンに代表される色再現性の向上、CGに於ける画像表現技術の向上など、本報告中に述べた重要な画質向上技術に加え、立体映像等も含めた上記諸研究の成果を反映した多くの画質、技術的知見が統合され、それを提示する環境的配慮と整合する事により最終的には実現されよう。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp/>

