3 感覚を考慮した映像情報機器

3-1 映像機器

3-1-1 ディスプレイに要求される心理的要素

正会員 田村 徹[†]

キーワード 映像ディスプレイ, 心理的要素, 画質, 主観評価

1. ま え が き

本章では、ディスプレイの見やすさ(以下、画質)に関連する心理的要素について述べる。まず、映像情報ディスプレイにおける画質の心理的要素についてまとめ、その後、その要素のいくつかに関する調査・研究動向を概観する。

2. 映像情報ディスプレイの画質に関する心理的要素¹⁾

映像情報ディスプレイの画質に関する心理的な要求事項を大きく二つに大別すると、以下のようになる。

(1) 主に文字や図形などの知的情報表示に対する視認性
(2) 主に自然な映像などの感性情報表示に対する美しさ
この二つの要求事項と関連する心理的要素を分類すると以下のようにな6つに大別される。

- (1) 明るさや明暗の見やすさ, 自然さ, 好ましき
- (2) 色表示, 色再現の見やすさ, 自然さ, 好ましき
- (3) 精細さ, 鮮鋭さ
- (4) 形, 大きさの見やすさ, 自然さ, 好ましき
- (5) 動きの見やすさ, 自然さ
- (6) 妨害感, 違和感

これらの心理的要素のいくつかについて、ディスプレイの物理特性や心理物理量との関係が調べられている(表¹⁾)。以下に、心理的要素と物理特性や心理物理量との関係について調べた調査・研究動向について述べる。

3. 最適画面輝度とコントラスト比²⁾

映像情報ディスプレイの画質に関する心理的要素の中で、画面の明るさ、コントラストは画面の見やすさ、好ましさを決める極めて重要な要素である。これらに対応する心理物理量としては、平均輝度、ピーク輝度、コントラスト比(画面最高輝度と最低輝度との比)、階調特性やダイナミックレンジ等が関連している。

テレビ画像に関する最適画面輝度とコントラスト比の研

心理的要素	心理物理量	物理量
明るさ 輝 き コントラスト	画面輝度(最高, 平均) ピーク輝度 コントラスト比	
自然さ 光 沢 質 感	階調特性, γ 特性 ピーク輝度 ダイナミックレンジ	量子化レベル数 量子化直線性
色の好ましき	測色学的再現 記憶色の再現	分光放射特性
解像感 精細さ 鮮鋭さ	限界解像度 空間周波数応答 視覚評価MTF(MTFAなど)	スポット幅 画素数 アキュートネス
動きの自然さ	動解像度 視覚的動解像度	応答時間 フレーム内発光保持率
妨害感 グレア ちらつき ざらざら感	鏡面反射輝度 臨界融合周波数(CFF) 視覚特性加重SN比	各種SN比, 欠陥, にせ輪郭
疲労感		

表1 映像ディスプレイの主な心理的要素と特性¹⁾

究は、1960年代から1970年代前半にかけて盛んに行われ、最高輝度として350~480cd/m²程度、コントラスト比30~50が好ましいとの結果を得ている。

一方、コンピュータ用ディスプレイに関する研究は1980年代前半に盛んに行われ、ISO³⁾やANSI/HF⁴⁾によってガイドラインとなっている。ISOでは画面輝度35cd/m²以上、コントラスト比3以上、ANSI/HFでは画面輝度35cd/m²以上、コントラスト比は7以上が必要であると規定している。

ところで、上記の画面輝度やコントラスト比の最適値は観視環境照度に依存する。観視環境照度はテレビ用ディスプレイの場合、表示面に対する垂直入射照度が75lx(JIS6101)が規定されており、オフィス用のコンピュータディスプレイでは、ディスプレイの前面机上の水平面照度で200lx~500lx(ANSI/HF)となっている。

また、直視型液晶ディスプレイを対象に表示文字の視認性に対する最適画面輝度、コントラスト比を求める研究が行われ、画面輝度が60cd/m²~100cd/m²、コントラスト比7~10といった値が報告されている^{5) 6)}。

[†]東京工芸大学 工学部画像工学科

"Image Information Systems Considering Human Sensation ; Visual Equipment ; Psychological Requirements for Displays" by Tohru Tamura (Department of Image Engineering, Tokyo Polytechnic University, Tokyo)

4. 色再現・色表示の好ましき

ディスプレイに表示される色の好ましさを考える際には必ずしも測色的に忠実な色再現を目指すのではなく、むしろ観察者にとって好ましい色再現を行うことが求められている。好まし、色再現に関する基本的な心理的要素として、基準白色と記憶色について述べる。

(1) 基準白色

基準白色とは、三つのカラー信号が等しいときに表示される色であり、NTSC方式では、標準光C、PAL方式やHDTVでは標準光D65と規定されている。しかし、日本におけるカラーテレビの基準白色は、色温度が9,300KのD93とされている。これは、標準光CやD65は屋外の情景を忠実に再現するには適した基準白色であるが、実際にテレビを視聴する屋内の照明条件では、好ましい色再現を得ることができないためである。好ましい白色は、照明光の色温度より3,000K～4,000K高い色温度であると報告されている⁷⁾。

(2) 記憶色

テレビ画像の視聴者は、実際の対象物と画面上の色とを直接比較するのではなく、視聴者が記憶している色と画面上に再現された色とを比較している。このような色を記憶色と呼び、肌色、青空、芝生、食べ物などが代表例である。これら記憶色は、必ずしも実際の対象物の色とは一致せず、とくに肌色についてはこの傾向が強い。好ましい肌色に関する研究は数多く存在し、カラーテレビ⁷⁾、液晶ディスプレイ⁸⁾、あるいは高齢者⁹⁾を対象に調べた報告などがある。

5. 動画質の評価

動画像を表示するディスプレイの場合、動きの自然さ、ボケのなさは画質にとって重要な心理的要素である。ディスプレイデバイスの特性として時間応答特性が関連する。CRTディスプレイでは、蛍光体材料の改善により、応答時間は1msec以下となっており、動画質に関する問題はほとんどない。一方、液晶ディスプレイのように応答速度がCRTに比べて遅く、1フィールドの間、発光が保持されるホールド型ディスプレイの場合、その動画質が問題視されており、動画像の評価¹⁰⁾が行われている。また、ホールド型ディスプレイのボケの原因やPDPなどで行われているフィールド順次カラー表示における色ずれ現象は、視覚の時間積分効果によって説明がなされており¹¹⁾、これをもとに動画質を客観的に評価する方法の提案もある¹²⁾。

6. その他

近年、ディスプレイはその役割を大きく広げている。一つの方向は、より高い臨場感が求められる表示システムとしての役割であり、他方はモバイル環境における表示システムとしての役割である。

高臨場感ディスプレイとしては、ハイビジョンTVや立

体表示ディスプレイがあり、ハイビジョンテレビの観視条件の検討¹³⁾、立体表示ディスプレイの提示条件¹⁴⁾や輻輳と焦点調節の不一致に起因する疲労に関する研究(例えば、文献15))などがある。また、高品位映像を再現するための表示特性や評価方法に関する一連の研究が宮原らによって行われており(例えば、文献16))、ポストハイビジョンの画面パラメータの検討も進んでいる¹⁷⁾。

一方、モバイル環境における表示システムとして小型、軽量が求められ、反射型液晶ディスプレイの測定評価方法¹⁸⁾や解像度と視認性の関係の評価¹⁹⁾などが行われている。また、車載ディスプレイ²⁰⁾や歩行者向けナビゲーションシステム²¹⁾といった特定アプリケーションに特化した表示条件の検討も行われている。

この他では、液晶ディスプレイの表示ムラ(例えば、文献22))の評価基準の検討や高齢者向け表示条件の検討などがある²³⁾。

7. むすび

ディスプレイに要求される心理的要素について研究動向をまとめた。ディスプレイは、視覚を通した人とシステムとのインタフェースを提供する。インタフェースとしてのディスプレイにとって、「見やすい」あるいは「美しい」表示を求めることは重要な課題であり、そのためには画質を心理的要素に対応づけて評価することが必要である。ディスプレイの画質の評価法は、人を被験者(評定者)とし主観的(心理的)に画質を評価する主観評価が行われている。主観評価法は、本章で述べた心理的要素を直接的に評価することができる。しかし一方、主観評価は多くの時間と労力が必要となる。今後も主観評価を一つ一つ積み重ねることが重要であることにはかわりはないが、心理評価と相関が高い心理物理量や物理量の探索も重要な課題となる。また、我々の視覚認識や感性まで踏み込んだメカニズムの解明が、ディスプレイの画質評価法に新しい展開を与える可能性があり、その方面の研究に期待する面も大きい。

ディスプレイは、情報化社会のキーデバイスとして我々の生活と密接に関わっている。今後ディスプレイは、さまざまな形態に進化していくものと考えられる。より高画質、高臨場感を求める場合、関連する心理的要素は「迫力」「実在感」などが必要となるだろうし、電子ペーパーなどには紙の「質感」が要求される。心理的要求として現状では主に感覚的要素が中心であるが、いずれより高度な感性的要素が重要な要求になるであろう。(2003年7月29日受付)

〔文 献〕

- 1) 大石, 田村: “液晶ディスプレイの画質評価”, 日本液晶学誌, 5, 3, pp.208-224 (2001)
- 2) 大石: “ディスプレイの輝度とコントラスト比の最適値とその測定評価”, ディスプレイアンドイメージング, 5, 3, pp.207-221 (1997)
- 3) “Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals

- (VDTs) - Part 3: Visual Display Requirements”, ISO9241-3 (1992)
- 4) “American Nation Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations”, ANSI/HF, pp.100-1988 (1988)
 - 5) 吉武, 田村: “TFT液晶ディスプレイに要求される輝度に関する検討”, 照明学誌, 78, 6, pp.268-275 (1994)
 - 6) 窪田: “LCDとCRTの視認性および可読性の比較”, ディスプレイアンドイメージング, 5, 3, pp.181-190 (1997)
 - 7) 応用物理学会光学懇話会編: “色の性質と技術 (第8章テレビにおける色再現)”, 朝倉書店 (1986)
 - 8) 田村, 大石: “液晶ディスプレイにおける白色色度点の階調に対する変化と画質の関係”, 映情学誌, 54, 1, pp.93-100 (2000)
 - 9) H. Isono, T. Ishibashi and C. Yamada: “Measurement of Memory Color for Elderly People and its Application to the NTSC Color TV System”, Proceeding of the 9th International Display Workshop, pp.1275-1278 (2002)
 - 10) 田村, 牛田, 竹中: “液晶ディスプレイの動画質評価”, 映情学誌, 55, 12, pp.1675-1679 (2001)
 - 11) T. Kurita, A. Saito: “A Characteristic of the Temporal Integrator in the Eye-tracing Integration Model of the Visual System on the Perception of Displayed Moving Images”, Proceeding of the 9th International Display Workshop, pp.1279-1282 (2002)
 - 12) T. Yamamoto et al: “Proposal of the Index Parameter for Motion Picture Quality in LCDs”, Proceeding of the 9th International Display Workshop, pp.1423-1424 (2002)
 - 13) 三橋, 畑田: “高品位テレビジョンの画質”, テレビ誌, 36, 10 (1982)
 - 14) 井上, 野呂, 岩崎, 大頭: “視覚機能から見た立体映像の提示条件”, テレビ誌, 48, 10, pp.1301-1305 (1994)
 - 15) 江本: “立体画像観視における両眼の輻輳と焦点調節の不一致と視覚疲労の関係”, 映情学誌, 56, 11, pp.1803-1812 (2002)
 - 16) 林, 國藤, 宮原: “高品位映像の評価-脳波を指標とする客観評価法-”, 映情学誌, 56, 6, pp.954-962 (2002)
 - 17) 成田, 金澤, 岡野: “超高精細・大画面映像システムの画面パラメータ”, 映情学誌, 56, 3, pp.437-446 (2002)
 - 18) 鈴木, 飯村, 小林: “反射型LCDの評価方法”, ディスプレイアンドイメージング, 5, 3, pp.167-172 (1997)
 - 19) 窪田: “LCDの画素密度と表示文字の読取りやすさとの関係”, 映情学誌, 56, 8, pp.1304-1308 (2002)
 - 20) 白井, 松永, 山本, 中野: “車載ディスプレイにおける文字・記号の表示方法”, 映情学誌, 56, 11, pp.1813-1818 (2002)
 - 21) 前原, 白井, 鎌田: “歩行者ナビゲーションを目的とした3次元地図表示の視認性改善”, 映情学誌, 56, 11, pp.1819-1824 (2002)
 - 22) 森, 田村, 吉武, 森口, 棚橋, 辻: “認識限界コントラストに基づいた輝度ムラの定量化手法”, 映情学誌, 56, 11, pp.1837-1840 (2002)
 - 23) 窪田, 松戸: “加齢による視覚特性の変化がディスプレイからの文字情報の読取り速度に及ぼす影響”, 映情学誌, 55, 4, pp.583-587 (2002)

田村 徹 1990年、東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻博士課程修了。同年、日本アイ・ビー・エム(株)入社。大和事業所にて、液晶ディスプレイの研究・開発に従事。1998年、東京工芸大学工学部画像工学科講師。現在、同助教授。視覚・感性情報処理、感性情報応用システム、3Dディスプレイシステム、液晶ディスプレイの画質評価等の研究に従事。工学博士。正会員。

映像情報メディア基幹技術シリーズ3

画像LSIシステム設計技術

映像情報メディア学会 編
榎本忠儀 編著

本書は、映像情報メディア学会編の基幹技術シリーズ「音声情報処理」, 「デジタル映像ネットワーク」, 「放送システム」などの1巻である。執筆者群は、メーカから大学へ移籍された編著者の榎本先生をはじめとして、それぞれの章を分担執筆された内山邦男氏、笠井良太氏、吉本雅彦氏、尾上孝雄氏、阿部正英氏、関昌彦氏、浜本隆之氏など、大学で教鞭をとっておられる先生やメーカの第一線の技術者で構成されている。それにも絡んで本書の最大の特徴は、実践的な事例が

非常に多いことがあげられる。LSI関連の書物は非常に多いが、実践的なものは事例が多い反面、進歩が速い分野のために内容が陳腐化するという課題があった。この点において、本書の大きな特長でもあり著者の最も苦勞した点だと思われるが、テレビ画像の構成など、原理説明から入って画像処理手法の基本的な解説を豊富に行くと同時に、その応用としての具体例は、基本的な回路例を示す形態としている。このため、類似のシリーズで陥りがちな陳腐化、という課題を見事に解決している。さらには、これから画像処理関連の仕事を行う技術者、また活躍中の技術者にとっても、本書は原理から応用に至る全工程を丁寧に網羅しているため、大いに役立つとなっている。

本書は長く読み続けられる優れた実践書となっており、ぜひとも多くの方々に読んでいただきたい。

紹介 大沢通孝 (日立)

コロナ社刊 (2000年9月8日初版第1刷発行), A5判, 319頁,
定価 (本体4,500円 税別)

3

感覚を考慮した映像情報機器

3-1

映像機器

3-1-2

高色再現ディスプレイ

正会員 小村 真一[†]

キーワード

ディスプレイ, 色再現, カラーマッチング, 多原色ディスプレイ

1. ま え が き

ブロードバンドを背景とした情報化社会に向けて, 電子商取引, 遠隔医療, 電子美術館等の新しいアプリケーションが期待されている。これらの用途においては被写体があったかも目の前にあるかのように表示することが望まれる。そのためには, 高い精細度や忠実な色再現を実現するディスプレイが必要である。しかしながら, 現状のディスプレイの精細度, 色再現は充分とは言えない。特に, 忠実な色再現は実現されておらず, 新たなディスプレイ技術の開発が必要である。

多数のメディア間で情報の伝達を行うマルチメディアで扱われる色情報には, 装置(デバイス)に依存しないデバイス独立色(DIC)と, 光学濃度などデバイスに依存するデバイス依存色(DDC)がある。すべてのデバイスにおいて忠実な色再現を行うためには, 色信号としてDICを用いることが便利であるが, 撮像系における入力装置-色信号への色変換, または, 表示系における色信号-表示装置への信号変換を行うカラーマネジメント技術も必要である。

このように, 忠実な色再現を実現するためには, ディスプレイだけでなく, カラーマネジメント技術や撮像系の開発も必要であるが, 本稿では忠実色再現に向けたディスプレイ技術に絞って概説する。

2. 色 再 現¹⁾

人間が色を見分ける感覚(色覚)の機構については, 三原色説と反対色説が有力で, 現在ではその両者が存在するという段階説で説明されている。三原色説とは, 赤(R), 緑(G), 青(B)色光の適当な混色で, 人間の知覚するほぼすべての色が再現できる実験結果(三原色原理)から, 「目にはR, G, Bに応答する3種の受光器がある」という説である。現在のほとんどのカラーディスプレイはこの三原色原理を応用している。反対色説とは, 黄味がかった赤色はあるが, 緑味がかった赤色はなく, 赤と緑は反対色であると考えられる経験的事実に基づき, 「目には, 赤-緑, 黄-青,

白-黒に応答する3種の受光器がある」という説である。現在では, 目は最初に三原色応答で色を感じ, それを反対色応答に変換して脳に伝達すると考えられている。

カラーディスプレイでは混色を利用して, 表示する色を目的の色に合わせている(カラーマッチング)。混色の方法は, 光源などによる発光色の混色である加法混色と, フィルタなどによる非発光色の混合である減法混色がある。ディスプレイでは加法混色が, 印刷やプリンタなどでは減法混色が用いられている。

加法混色は, ①同時に混色する同時混色, ②非常に短い時間間隔で順次表示することにより混色する継時混色, ③非常に微細なパターンに分けて併置して表示することにより混色する併置混色に分けられる。CRTやLCD, PDPなど通常のディスプレイは併置混色による加法混色を用いてカラー表示を行っている。プロジェクタではRGBの三原色をスクリーン上で重ね合わせる同時混色が用いられている。近年, LCDの分野にて継時混色を用いたフィールドシーケンシャル型ディスプレイの開発も行われている。なお, 同時混色の場合の明るさはそれぞれの和になるが, 継時混色, 併置混色では明るさは中間の明るさになってしまう。

RGBの三原色を用いて加法混色により表示を行う場合, ある色をRGBの混合量によって等色する。このときの混合量を三刺激値と呼ぶ。カラーマッチングには, 色を分光特性で合わせる分光カラーマッチングと三刺激値で合わせる条件等色カラーマッチングがある。分光カラーマッチングでは, 被写体と再現画像の分光特性が一致するので, 任意の条件下で等色が保証される。一方, 条件等色カラーマッチングでは, 三刺激値は一致するが被写体と再現画像の分光特性条件は一致しない。したがって, 照明条件が変われば等色は保証されず, その色再現の正しさは狭く限定的である。

色再現とは, 被写体(オリジナル)からカラーマッチングにより再現画像を作成することである。色再現は下記のように分類される(Huntの色再現²⁾)。

(1) 分光の色再現

分光カラーマッチングによる色再現であり, オリジナルと再現画像の分光特性が一致するため, 任意の照明下での等色が保証される(アイソメリズム)。現状のディスプレイ

[†]株式会社日立製作所 日立研究所

"High-Fidelity Color Reproduction Displays" by Shinichi Komura (Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd., Hitachi)

で分光の色再現を実現しているものはない。

(2) 測色的色再現

相対的な三刺激値を一致させる条件等色カラーマッチングによる色再現であり、三刺激値が同じであれば同じ色に知覚されるというメタメリズムを利用した色再現である。絶対輝度は異なるが、色度は一致するのでオリジナルと比較せずに再現画像だけを見れば違和感のない色再現である。

(3) 正確な色再現

測色的色再現に加えて、絶対輝度も一致させる色再現で、照明が同じであれば、オリジナルと再現画像は同じに見える。

(4) 等価な色再現

三刺激値は一致しないが、色の見えを一致させる色再現である。色の見えは周辺の色や照明の色に影響されるため、三刺激値を一致させても色の見えは必ずしも一致しない。

(5) 対応する色再現

オリジナルと再現画像の輝度が大きく異なる場合に、色の見えを一致させる色再現で、明るい屋外の景色を暗室でプロジェクタを用いて観察する場合に有効である。

(6) 好ましい色再現

人の肌の色、青空の色、草の色など身近でよく知られている色には、三刺激値や色の見えを再現するよりも好ましく感じられる色再現がある。好ましい色は、特定の事物に関連して記憶されている記憶色と関係があるといわれているが、Bartlesonらの報告³⁾によると、好ましい色は、オリジナルの色とも記憶色とも異なっている。例えば、青空の記憶色は実際よりも青緑色で、好ましい色はより彩度の高い青色である。

現状のテレビジョンやカラー写真は、おおむね対応する色再現であり、それに好ましい色再現が加味されていると考えられる。

なお、色には物体に属している色(物体色)、光源から出る光の色(光源色)、穴から空をのぞいたときに見えるような物体が何であるかわからない色(開口色)がある。物体色は光を反射する表面色と光を透過する透過色に区別できる。

3. 現状のディスプレイの課題

図1に、CIE1976色度図上に既存のディスプレイの色再現範囲を示した。人間が検知できる色域、表面色の色域⁴⁾に比べ、既存のディスプレイであるCRTや液晶ディスプレイ(LCD)で表示できる色再現範囲は狭く、鮮やかな色を表示することはできない。近年LCDにおいて、バックライトに色純度の高いRGBのLEDを用いることによって色再現範囲を拡大する技術が検討されている⁵⁾。三原色原理に基づく既存のディスプレイでは、色度図上における三角形の内部の色しか再現することができない。ところが、図1に示すとおり人間が知覚できる色域は、三角形ではカバーできない。すなわち、三原色原理に基づくディスプレイでは色再

図1 既存のディスプレイの色再現範囲

現範囲に関して限界がある。

通常、画像が撮影された場所の照明は、その画像が表示される環境の照明とは異なる。例えば遠隔医療を行う場合、患者の居る環境の照明と医者の居る環境の照明は異なっている。本来、あたかも患者が医者目の前に居るような表示がされるべきであるが、通常のディスプレイでは、表示されるのは、患者の居る場所の照明下での患者の顔色であって、患者が医者目の前に居る場合の、すなわち、医者目のいる環境の照明下での顔色とは異なってしまう。このことは、例え測色的色再現である「正確な色再現」が実現されたとしても起こってしまう。

色覚には遺伝子に起因する分光感度の違いや瞳の色、年齢差に基づく個人差がある。具体的には、波長の関数として求めた単色光の三刺激値(等色関数)に個人差がある。また、色が提示される大きさ(視野)によっても等色関数が異なる。1931年に定められたCIEの等色関数は、2°視野の等色実験に基礎を置いていたが、その後、等色関数が視野に依存することが報告されたのを受けて、1964年に10°視野の等色実験に基づくCIE1964表色系を勧告している。等色関数の個人差によって、2種類の刺激が提示されたときに、ある人には同じ色に見えても別の人には異なる色に知覚されることがありえる。このことは標準的な等色関数に基づく三原色原理の色再現では解決できない。

4. 多原色ディスプレイ

原色数を増やすことにより、色再現範囲を拡大しようとする試みがある。また、原色数を増やすことは、より分光カラーマッチングに近い表示が可能であるため、異なる照明下での忠実色再現や個人差によらない色再現に対しても効果が期待できる。

多原色ディスプレイにおいても、基本的には混色でカラーマッチングを行うため、①同時混色を用いる方式、②継時混色を用いる方式、③併置混色を用いる方式とそれら

の組合せによる方式がある。

同時混色を用いる方式として、異なる三原色を用いた2台のプロジェクタの投影画像を重ね合わせるにより6原色表示を実現する方式が提案されている⁶⁾。図2に、得られた色再現範囲を示す。彩度の高い原色を採用することにより、色再現範囲が拡大している。また、6原色であることにより三原色ではカバーされていなかった彩度の高いシアン⁷⁾の表示も可能となっている。

以上のように、同時混色が可能なプロジェクタ技術の拡張により多原色表示は可能であるが、巨大なシステムになってしまう点が難点である。卓上で扱える直視型の多原色ディスプレイとしては、継時混色と併置混色を組合せた液晶ディスプレイが提案されている⁷⁾。

通常の液晶ディスプレイは、三原色の併置混色による表示方式である。各原色は白色のバックライト光にRGBのカラーフィルタを組合せることによって作られる。RGBのカラーフィルタに代えて多色のカラーフィルタを用いれば、原理的には多原色表示が可能である。しかしながら、カラーフィルタの透過スペクトルは、ブロードなため彩度が低く色再現範囲を拡大することができない。この問題を解決するためには、彩度の高い多原色のLEDをバックライトに用い、色の選択を併置した多色のカラーフィルタで行う方法が考えられるが、この場合にも、カラーフィルタのブロードな透過スペクトルは各原色を分離することができないために彩度の低減を招いてしまう。また、継時混色を用いたフィールドシーケンシャル型LCDにて原色数を増やす方法も考えられるが、LCDの駆動方式による制約上、4原色以上の表示は困難である。そこで、併置混色と継時混色との組合せが提案されている。

単純には、例えば図3に示すように、2色のカラーフィルタと二つのサブフレーム期間からなるフィールドシーケンシャル駆動を組合せれば4原色表示が可能である。第1サブフレームではRとG1のLEDが点灯する(図3(a)に実線で示

した)。この2色を面積的に分離して併置混色させるためには2種類のカラーフィルタ(1st-CFと2nd-CF)が必要である。1st-CFはR-LEDの光を透過し、G1-LEDの光を透過しない。2nd-CFはG1-LEDの光を透過し、R-LEDの光を透過しない。第2サブフレームでは、BとG2のLEDが点灯する(図3(b)に実線で示した)。1st-CFはG2-LEDの光を透過し、B-LEDの光を透過しない。2nd-CFはB-LEDの光を透過し、G2-LEDの光を透過しない。

以上のように基本的には、2色のカラーフィルタと二つのサブフレーム期間からなるフィールドシーケンシャル駆動によって、4原色表示が可能である。しかしながら、現実には、図4(a)に示すように、G1とG2のLEDの発光スペクトルに重なりがあるため、カラーフィルタではG1-LED

図5 カラーフィルタの透過スペクトルとLED発光スペクトル

の光とG2-LEDの光を分離することはできない。

この問題を解決するため、図4 (a) に示すように、3色のカラーフィルタを用いた方法が採用されている。3番目のカラーフィルタ (G-CF) はG1-LEDとG2-LEDの光を透過し、B-LEDとR-LEDの光を透過しない。また、現状では透過スペクトルの狭い青色カラーフィルタは実現できていないため、図4 (b) に示すように、B-CFはG1-LEDの光を若干透過してしまい、青色の彩度が低下してしまう。そのため、G1-LEDとB-LEDは異なるサブフレームで点灯するように設計されている。

図5に、実際に試作に用いられたLEDの発光スペクトルとカラーフィルタの透過スペクトルを示す。

第1サブフレームでは、R-LEDとG1-LEDが発光し、RとG1の原色の画像信号に応じた電圧がR-CFおよびG-CFを備えた画素にそれぞれ印加される。B-CFを備えた画素には黒表示に対応した電圧が印加される。第2のサブフレームでは、B-LEDとG2-LEDが発光し、BとG2の原色の画像信号に応じた電圧が、B-CFおよびG-CFを備えた画素にそれぞれ印加される。このときR-CFを備えた画素には、黒表示に対応する電圧が印加される。

図6に4原色LCDの色再現範囲を示す。従来のLCDに比べて色再現範囲は大幅に拡大されている。また、4原色としたことにより、6原色プロジェクタの場合と同様に、従来再現できていなかった彩度の高いシアンが表示可能となっている。

5. む す び

今までにさまざまなディスプレイ技術が開発されてきたが、色再現に関する取組みが活発になってきたのは最近のことである。しかしながら、今後はブロードバンド化を背景に、ディスプレイのアプリケーションが多彩になり、それにつれて色再現の重要性はますます増すことになると考えられる。

従来のディスプレイの主なアプリケーションはテレビジョンであった。テレビジョンでは、どちらかというと忠実

図6 4原色液晶ディスプレイの色再現範囲

に色を再現するというよりも、好ましい色を表示することに重きがおかれていた。奇妙なことに好ましい色再現はオリジナルの色と異なることが実験的に確認されている。したがって、テレビジョンにおいては忠実に色を再現する必要性は必ずしも高くはなかった。しかしながら、ブロードバンドを背景とした電子商取引や遠隔医療などの新しいアプリケーションでは忠実な色再現が必須となる。

忠実な色再現、特に分光の色再現を実現するためには、ディスプレイだけでなく、撮像系、信号伝送系の開発も必要であり、これらの技術開発にも期待したい。さらには、分光の色再現では画像を情報として定量的に扱うことが可能であるため、色データの保存や解析への応用展開にも期待がもたれる。

(2003年7月31日受付)

〔文 献〕

- 1) 太田：「色再現工学の基礎」，コロナ社 (1997)
- 2) R. W. G. Hunt：「Objectives in Colour Reproduction」，J. Photo. Sci., 18, pp.205-215 (1970)
- 3) C.J. Bartleson and C.P. Bray：「On the Preferred Reproduction of Fresh, Blue-Sky and Green-Grass Colors」，Phot. Sci. Eng., 6, pp.19-25 (1962)
- 4) M.R. Pointer：「The Gamut of Real Surface Colors」，Color Research and application, 5, 3, pp.145-155 (1980)
- 5) H. Ohtsuki, K. Nakanishi, A. Mori, S. Sakai, S. Yachi and W. Timmers：「18.1-inch XGA TFT-LCD with Wide Color Reproduction using High Power LED-Backlighting」，Proc. SID '02 Digest, pp.1154-1157 (2002)
- 6) H. Motomura, N. Ohya, M. Yamaguchi and H. Haneishi：「Development of Six-Primary HDTV System」，Digest of Euro Display 2002, pp.563-566 (2002)
- 7) I. Hiayama, M. Tsumura, T. Inuzuka, H. Haneishi, M. Yamaguchi and N. Ohya：「122% NTSC Color Gamut 15-in. TFT-LCD Using 4-Primary Color LED Backlighting and Field Sequential」，Proc. IDW'02, pp.215-218 (2002)

こむら しんいち
小村 真一 1985年、京都大学工学部電子工学科卒業。1987年、同大学院修士課程修了。同年、(株)日立製作所日立研究所入所。液晶ディスプレイの研究開発に従事。理学博士、SID会員、正会員。

正会員 菅原正幸[†]

キーワード

超高精細映像, 広視野効果, カメラ, ディスプレイ, 4板方式, 画素ずらし

1. 広視野映像と心理効果

映像の精細度を高くすることにより, 以下のような利点が考えられる。

- (1) 提示, 受容する情報量が多くなる
- (2) 走査線(あるいは画素)構造が見えない観視距離の範囲が広がる
- (3) 提示, 観視画角を広くすることができる

このうち, 映像の提示視野角を大きくすることは, 視覚に実際に見た場合に近い刺激を与え, 「臨場感」を高めるのに有効である。視野を覆うという点では, CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) などの観察者の周囲をすべて映像で覆う方法や, HMD (Head Mounted Display) などの装着型ディスプレイもあるが, それらについては次節で述べることとし, ここではテレビに代表される, 平面あるいは平面に近いディスプレイを用いたメディアを対象とする。

画像の観視条件を図1に示す。ここで, 広視野効果とは, 一般に観視画角 θ が大きいことにより生じる心理効果というが, θ だけでなく, 絶対的な距離 L や撮影時と表示時の画角の一致しているかなども心理効果に影響を与えることがこれまで報告されている。以下に代表的な例について説明する。

図1 観視画角と観視距離

[†] NHK 放送技術研究所

"Ultrahigh-Definition Video System with 4,000 Scanning Lines" by Masayuki Sugawara (NHK Science and Technical Research Laboratories, Tokyo)

図2 観視画角と主観的座標軸の誘導効果(文献1)より

畑田ら¹⁾は, 映像の主観的座標軸へ影響する度合いが臨場感を調べるのに適当な尺度であると考え, これを調べた。具体的には, 物理的座標軸を傾けた静止画像を半円球状のスクリーンに呈示し, その観視画角を変化させて映像呈示前後の主観的座標軸の差(誘導角)を測定した。その結果, 誘導角を生じる効果は観視画角が20°を超える付近から顕著になり, 80°から100°以上で飽和すると述べている(図2)。

成田ら²⁾は, SD法による広視野画像の評価実験を行った。その結果, 抽出された第1因子を「力量感」, 第2因子を「快適感」と呼び, 観視画角に対するそれぞれの因子の変化を示した(図3)。それによると, 「力量感」は30°から90°で単調増加, 「快適感」は同範囲で上に凸の特性を示している。また, 同論文では, 好ましい観視距離が相対的視距離で表現できず, 画面サイズの影響を受けること, 撮影画角が結果に影響を与えることも述べられている。

これらの研究は, ハイビジョンの標準視距離での観視画角すなわち水平33°を超えた広視野画像は, ハイビジョンよりも大きな心理効果があることを示しており, 新たな映像メディアの可能性を示唆するものである。畑田らが文献1)の結果を従来の知見に加えて行った視野の分類に, ハイビジョンおよび以下に説明する走査線4,000本級超高精細映像を重ねると図4のようになる。前者は有効視野をほぼ覆い, 後者は誘導視野をほぼ覆うシステムであることがわかる。

図3 観視画角と(a)「力量感」、(b)「快適感」(文献2)より

図4 視野の分類と映像形式

フレーム当り有効走査線数	4,320
ライン当り有効画素数	7,680
アスペクト比	16:9
走査方式	順次走査
フレーム周波数	60Hz

表1 4,000本級超高精細映像システムの映像信号の基本特性

2. 走査線4,000本級超高精細映像システムの概要

NHK技研では、HDTVよりも高い画像品質や臨場感を得られる将来の放送メディアを目的として、超高精細映像システムの基礎研究を進めている。新しい映像システムを設計していく上で、その映像の心理効果を把握し、解像度、画面サイズ、アスペクト比、画面形状、フレーム周波数などの各種パラメータの最適値を明らかにすることが重要となる。そのためには、実際に映像を提示して心理的あるいは生理的な実験を行うことが必要である。ここで説明する走査線4,000本級超高精細映像システム³⁾は、このような目的を持って開発されたものである。

映像信号の基本特性を表1に示す。このなかで、ライン当たりの有効画素数を7,680としたのは以下の理由による。先行研究によれば、「臨場感」が観視画角に大きく依存すること、水平観視画角が100°近辺で飽和傾向であることから、少なくとも100°以上の観視画角を目標とした。観視距離を標準視距離とすると、画面形状が平面の場合、画素数は約8,000必要である。システムの実現を容易にするため

既開発のハイビジョン機材を利用すること、および、ハイビジョン画像との相互変換等を考え、具体的には有効画素数をハイビジョン規格1,920の4倍の7,680とした。アスペクト比については、大画面映像では5:3から2:1が好まれるというハイビジョン研究での結果⁴⁾や、それよりも大画面では2:1が好まれるとの結果⁵⁾がある。本システムでは、水平、垂直ともにハイビジョンの4倍の画素としたので、結果的に16:9となり、この範囲に入っている。水平、垂直がそれぞれ7,680×4,320画素以内であれば、その範囲でトリミングによりアスペクト比を変化させた実験用画像を表示できることは言うまでもない。フレーム周波数については、将来的な検討の必要性はあるが、本実験システムでは60Hzとした。

これらの仕様の映像を、撮像、表示するためのカメラおよびディスプレイを開発した。カメラ、ディスプレイとも、単体で7,680×4,320画素、60フレーム/sの映像を扱える撮像素子、表示素子はこれまでに開発されていない。そこで、素子を緑(G)に2枚、赤(R)、青(B)にそれぞれ1枚の計4枚用い、オフセット標本化(画素ずらし)により高解像度化する手法⁶⁾(以後4板方式と呼ぶ)を用いた。

全体システムのブロック図を図5に示す。カメラでは800万画素(3,840×2,160画素)の固体撮像素子を4枚、4板プリズム上に固着して4板撮像を行う。機器間の信号伝送は、HD SDI1chに3,840×2,160画素モノクロ映像の1/4、すなわち1,920×1,080画素、60フレーム/秒の順次走査信号を載せ、それを16並列使用することにより行う。カメラコントロー

図6 映写室の様子

ルユニット (CCU) では、輪郭補償などの信号処理を行う。記録装置は、ハイビジョン用のハードディスクレコーダを16並列にしたもので、18分の動画像を取り扱うことができる。表示装置においては、800万画素反射型LCDを2枚組込んだG用ユニットとRB用のユニットの計2台で4板式を実現している。幾何学歪み補正装置は、GとRBで光学的に異なる位置から投射することにより生じる映像の幾何学歪みを信号処理で補正するための装置である。また、本稿では説明しないが、22.2ch + スピーカアレイの音響装置を用いている。スクリーンのサイズは水平約7m、垂直約4mで、反射角度の違いによるシェーディングを抑制するため、わずかに周辺を湾曲させた。このスクリーン全体に映像を提示した場合、標準視距離は約3mとなり、観視画角は約110°となる。映写室の様子を図6に示す。

新たな映像システムを開発する際に、画像の与える心理効果の知見をシステムパラメータ設計の指針とすることは、ハイビジョンの開発経緯を見ても有効であると言える。特に超高精細映像は、「臨場感」に代表される心理効果を大きな目標とする広視野映像システムが有力な応用分野と考えられており、今後、開発されたシステムが広視野・大画面映像の効果についての検討に寄与することが期待される。

(2003年8月25日受付)

〔文 献〕

- 1) 畑田豊彦, 坂田晴夫, 日下秀夫: “画面サイズによる方向感覚誘導効果—大画面による臨場感の基礎実験—”, テレビ誌, 33, 5, pp.407-413 (May 1979)
- 2) 成田長人, 金澤勝, 岡野文男: “超高精細・大画面画像の鑑賞に適した画面サイズと観視距離に関する考察”, 映情学誌, 55, 5, pp.773-780 (May 2001)
- 3) 金澤勝, 菅原正幸, 三谷公二, 島本洋, 山下誉行, 浜田宏一: “超高精細映像システムの開発”, 画像電子学第9回VMA研究会 (July 2002)
- 4) 大谷禰夫, 藤尾孝, 浜崎孝幸: “高品位テレビジョンの画面方式と主観画質”, NHK技術研究, 28, 4, pp.1-19 (1976)
- 5) 成田長人, 金澤勝, 岡野文男: “超高精細・大画面映像システムの画面パラメータ”, 映情学誌, 56, 3, pp.437-446 (Mar. 2002)
- 6) 菅原正幸, 島本洋, 藤田欣裕, 三谷公二: “超高精細映像のための4板プリズムを用いたカラーオフセットサブサンプリング撮像”, 映情学年次大, 3-6 (1997)

菅原 正幸 1983年、東北大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、NHKに入局。神戸放送局を経て、1987年より、放送技術研究所に勤務。固体撮像素子、ハイビジョンカメラ、超高精細撮像技術、超高精細映像システムの研究に従事。現在、同所立体映像音響副部長。工学博士。正会員。

3

感覚を考慮した映像情報機器

3-1

映像機器

3-1-4

VR、高臨場感映像システム

正会員 中 嶋 正 之[†]

キーワード

臨場感, VR, CG, CAVE,
ヒューマンインタフェース, 多面表示システム

1. ま え が き

使い古されているが「百聞は一見に如かず」の諺どおり、映像は、人間にとって最も重要な感覚器官であり、目から得られる情報は他の感覚器官を圧倒している。現在、テレビジョン放送においては、実写映像がリアルなニュース番組や実況中継などに効果的に利用されているが、さらに実写映像のみならず、CG、VR技術の進歩により仮想映像や複合現実感映像がエンタテインメントやビジュアルシミュレーションの分野に利用され始めている。これは限りある人間の能力を超越する技術、すなわち、時間と空間の制限を遁滅する技術としても着目されている。

現在、VR、高臨場感映像システムが着目されている理由は、急激なコンピュータ環境の進歩による。すなわち、コンピュータの能力の向上およびグラフィックボードの進歩により、パーソナルコンピュータでも、ほぼ実時間による仮想CG映像の生成が可能となり、さらに投影用ディスプレイの廉価化が進み、大型多面立体表示装置（例えばCAVE）が手軽に導入し易い環境が整い始めているためである。現在、日本および世界の多くの施設において、身近なシステムとして高臨場感システムの導入がなされ始めている¹⁾。また、モーションキャプチャシステムの廉価化に伴い、VR空間との対話システムも比較的安価に作成可能な状況となっている。

これらの外的な要因により、VR・高臨場感映像の研究段階から普及の時代を迎えたといえる。ここでは、最新のVR・高臨場感システムの動向とその実例を紹介する。

2. 最新のVR・高臨場感システムの構成

従来のVRシステムは、立体映像表示装置、そして、入力システムとして、磁気式のポイント入力装置（例えばポヒマス）が装備されているのが標準的であった。しかし最近のVR・高臨場感システムでは、より没入感を高めたり、人間の五感覚（例えば聴覚や力覚）へ刺激を与えるために、様々な装置が導入されるようになった。表1にその概要を示すが、ハードウェアからソフトウェア的なものまで多岐にわたっていることがわかる。

2.1 パターン認識技術の導入

最も特徴的なのは、より没入感を高めるために、仮想環境でありながら実空間のように違和感なく感じさせる必要がある。そこで外部環境を認識する、よりインテリジェントなVRシステムを構成するために、パターン認識技術が導入されつつある。従来はポヒマスやモーションキャプチャシステムにより仮想環境と対話していたが、機械式や電磁気式のキャプチャリング装置は大掛かりであり、また使いなれるには多少の経験を要していた。しかし、だれでも容易に利用できる音声認識技術を利用することにより、円滑な仮想環境との対話を確立することが可能となった（図1）。

また一方、仮想環境の周囲に配置された複数台のデジタルビデオ入力装置を用いて、実時間にユーザの存在する実空間の認識（ユーザの行動や表情の認識）が可能となり、音声のみならず簡単なジェスチャーによる仮想環境との対話が可能となる。また、ネットワークで接続された複数台のVRシステムにおいては、認識された結果をネット接続されている他のVRシステムへ伝送することにより、遠隔地にある他のVRシステムとのコラボレーションが確立できることになる²⁾。

今後、パターン認識技術はより没入感の高いVRシステムを構成する際の基幹的な技術になるといえる。

入力システム	コンテンツ系	出力システム	支える技術	応用システム
テレビカメラ ヒューマンインタフェース モーションキャプチャ 音声認識	アバタ エージェント ブルースクリーン	立体映像 多画面映像 合成映像 立体音響 音声合成	高速画像処理技術 実時間CG映像生成技術 実時間音声認識合成技術 話言葉言語処理 ネットワーク技術 PCクラスタ技術	サイエンスビジュアルセッション エンタテインメント アート・デザイン

表1 VR・高臨場感システムにおける、より没入感を得るためのシステム構成

[†] 東京工業大学 情報理工学研究所

"Topics on VR and Immersive Imaging System" by Masayuki Nakajima
(Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo)

図1 仮想環境音声対話システムを装着した様子

2.2 アバタの導入

特にVRシステムにおいて、アバタや人間型キャラクターの存在は重要な要素となっている。すなわち、より人間に近いキャラクターは仮想空間をより現実に近い感覚をもたらし、またユーザフレンドリーな環境を実現する。また、今後VRシステムの方向として、遠隔地にあるシステムとの協調作業を実現することが求められる。その際に相手側のユーザの存在は、受け手側では、仮想空間内でのアバタとして存在することになる。そのため、より現実感の高いアバタの実現の研究がなされている³⁾。文献3)では、アバタを以下の3種類の方式を採用し、それぞれの比較検討を行っている。

(1) 2次元アバタ

対象人物の実写映像を直接利用する方法。より高品質のアバタを実現するには、マルチビューカメラによる切替えが必要である。

(2) 2.5次元アバタ

複数の方向からのステレオオマッピングにより対象人物のデプスモデルを構成し、テクスチャマッピングによりアバタを生成する。

(3) 3次元アバタ

シルエットモデルにより、完成度の高い3次元ボクセルによるアバタを構成する。

文献3)においては、これらのアバタの画質、画像生成に必要な計算時間、システムコストなどの比較検討を行っている。

以上、述べたアバタは、ビデオアバタと呼ばれる実際の人間の映像を直接利用する方式であるが、それ以外にも完全な人間のCGアニメーションを利用する方法がある。しかし現状では、膨大な計算時間が必要であることなどにより、極めて自然な動作をするアバタの実時間生成には至っていないともいえる。自然な動きをするCGアバタの生成はVRシステムにおける今後の大きな課題ともいえる。

2.3 PCクラスタの利用

近年の32ビットCPUの登場により、パーソナルコンピュ

図2 PCクラスタ群を利用した高臨場感システム

ータの性能は飛躍的に向上した。またCPUだけでなく、3次元の描画を専用ボードで行う3次元グラフィックスアクセラレータの性能向上と低価格化、OpenGLやDirect3Dなどの3次元グラフィックスAPI (Application Programming Interface) の普及により、実時間による3次元のグラフィックスがパソコン上で身近に扱えるようになってきた。それにより、パソコンを用いたCAVEなどの高臨場感システムが手軽に構成できるようになった。また、膨大な科学計算や各種の認識処理を担当する複数台のPCを、ミリネットなどの高速ギガネットワークによるPCクラスタを用いることにより、より没入感の高いVRシステムが構成できるようになった。今後はすべてのVRシステムがPCクラスタ構成になることが予想される。

図2は、三つのPCクラスタ群を利用したシステムであり、第1のクラスタ群では、膨大な計算時間を要する科学計算やシミュレーションをPCクラスタで行い、第2のクラスタ群では、グラフィックス処理 (実時間シミュレーション、衝突判定)や第2章で述べた各種のパターン認識処理を行い、第3のクラスタ群では、1台のプロジェクタに1台のPCが繋がり、複数台のPCにおけるステレオ映像同期処理、タイミング調整、重なり部分の円滑処理などの映像関連処理を効果的に行っている⁶⁾。今後、VR・高臨場感システムでは、本システムのように多数のPCが協調して動作するシステム構成となると予想される。

3. 最新のVRシステム紹介

ここでは、最新の没入感の高いVRシステムの構成の実例を紹介する。

3.1 CAVEシステムの発展

毎年8月にアメリカで開催されているSIGGRAPHにおいて多くのVR関連の発表がなされ、CGの祭典からVR、インタラクティブテクノロジーの祭典の様相を呈してきており、さまざまな新しい試みが発表されている。歴史的にみても、SIGGRAPH1994においてイリノイ大学が中心となり、

図3 Blue-cの全景

3セットのCAVEを持ち込み、5分ごとに約50作品を繰り返して上映し、これによりVRシステムのサイエンスおよび工業応用へのこれからの可能性を深く印象付け、その後、世界中にCAVEシステムが広がったとの経緯がある。現在では、当時に比べ、VR世界との対話のためのモーションキャプチャシステムやデータグローブ等も極めて安価となり、現在日本および世界中に多数のシステムが稼動状況になった。また、同時に多くのコンテンツも作成されるようになり、さらに全方位に相当する6面すべてにスクリーンを配置したCOSMOSなどによりCAVE型多面立体映像表示装置は、ほぼ完成域に達したとの感があった。

しかし、米国San Diegoで開催されたSIGGRAPH2003において、画期的なCAVEシステムであるBlue-cがスイスチューリッヒにあるETHから発表され、大きな話題となった⁵⁾。これは、VR世界を体験しているユーザ自身をアバタとして、CAVEシステムへ実時間伝送する際に問題となっていた撮影時の照明の問題を解決してのものである。すなわち、本システムを利用することにより、ユーザ自身の動きをそのまま映像として実時間でVR世界に登場させることが可能となった。

3.2 Blue-cシステムの構成

Blue-c⁵⁾は、リアルタイムで高いインタラクティブ性を持った3次元映像システムであり、図3にその全景を示す没入型表示装置、すなわちCAVEの新しい方式である。

ポイントは、3枚のPDLC (Phase Dispersed Liquid Crystal: 電圧をかけるとon-offすなわち透明・不透明になる構造のパネル) を使用していることである。これは、パネル内の被写体を、パネルの外にあるビデオカメラで撮るためであり、複数のビデオカメラで3次元撮影を行う。ビデオカメラで撮影する際に、被写体にLED (1万個) からの光を照射する。問題は被写体を撮影するタイミングであり、まず、右目用の映像を表示するために、右目用のプロジェクタと眼鏡のシャッターを開く。その際、パネルは不透明になっており、その上に映像が投影されている。次に、パネルが透明になり、ほぼ同時に、右目用のプロジェクタと眼

鏡のシャッターが閉じられ、LEDからの照射とビデオカメラでの撮影が行われる。その間、その光が目に入らないように、両眼のシャッターが閉じた状態になる。その次の瞬間に、パネルは再び不透明になり、左眼用の映像が投影され、眼鏡の左目用シャッターが開かれる。これによって、3次元映像を表示し、同時に、3次元映像を撮影することができる。さらに、それをリアルタイムで、パネルに表示できる。そのサイクルは16msの間隔である。

このBlue-cでは、その他に自動キャリブレーション機能、リアルタイム3D映像処理システム、シルエット画像処理機能、ネットワーク機能が備わっており、Blue-c用のプログラム開発環境も開発されている。

このBlue-cにより、現実感のあるアバタの生成が可能となったともいえるが、残念ながら装置が大掛かりになることやコストの面で多くの問題点を残しているともいえる。

3.3 ハイブリッド型多画面ディスプレイD-Vision

Blue-cは、複数のスクリーンを用いた箱型の多面VRシステムであるが、スクリーンの配置には各種の方法が実用化されている。特に、曲面を取り入れたスクリーンを使った没入型ディスプレイも多く提案され始めている。曲面の特徴として、CAVEのようなスクリーンの接合境界が存在しないため、体験者に対して連続性の高い映像を提示することが可能である。しかし、CAVEに比べて曲面スクリーンの構築は困難であり、特殊な技術を必要とされている。そこで図4に示すように、曲面と平面を効果的に採用したハイブリッド型の新しい没入感ディスプレイであるD-Visionが提案されている⁶⁾⁷⁾。

このシステムは、高解像度映像の生成にはPCクラスタを利用し、また24台のマルチプロジェクションにより安価なディスプレイを高密度に配置することで、高臨場感システムを効率的に実現している。また、自由度の高いデジタル映像処理ハードウェアを利用することで、曲面スクリーン特有の歪み補正としてプロジェクタ間の色・輝度補正を行っている。図5にその配置を示すが、実装スペースを最大限に活用したスクリーンサイズと、背面投影と前面投影を

図4 D-Visionの全景

図5 D-Visionのスクリーン構成

組合せたプロジェクタ配置となっていることがわかる。すなわち、正面に配置された平面スクリーンに対しては、体験者自身による影の影響を考慮して背面投影を採用し、約150インチ相当の平面スクリーンを縦横2分割し、計4台のプロジェクタによって映像を投影している。一方周辺視野領域は、12台のプロジェクタを使って前面投影をしている。平面スクリーンおよびその上下の計8つの領域は、偏向メガネを利用した立体視に対応するため、さらに8台のプロジェクタが組合せられ、合計で24台のプロジェクタが用いられている。

D-Visionでは、24台のすべてにPCが割当てられ、合計24台のPCによって表示映像を実時間で生成している。具体的には各PC上で動作するプロセス間で通信を行い、協調してレンダリングを行う並列分散レンダリングを実現している。

4. VRシステムの応用

最後にVR・高臨場感システムの今後有望な分野について列挙しておく。

(1) ビジネス応用

VRの主な応用として、産業応用がある。例えば、これから建築する建物の内部の様子や、キッチンの様子を建築前

にVRにより体験することができる。このような産業分野はこれから最も有望な応用分野であるといえる。

(2) エンタテインメント

セガのジョイポリス等において、VRを利用した多くのアミューズメントが普及しつつある。例えば東京ジョイポリスにおいては、CAVEを利用したシステム「ザクリプト」が人気を集めている。

(3) アート関連

東京西新宿にNTTにより開設されたICC（インターコミュニケーションセンター）における最も人気の高いシステムが、CAVEを利用した展示である。また、VR技術を利用した博物館、美術館等における展示部物のプレゼンテーションシステムが多数見られるようになった。

(4) テレプレゼンスタンス

離れた場所、時間の物をあたかも現実の物として扱う技術をいう。例えば、危険な原子炉内の清掃等を行うのにロボットを使用する際に、オペレータが現実またはCG画像を観察しながら遠隔操作を行う際に利用される。

(5) その他

その他は、ビジュアライゼーションシステムとしての科学応用が有望である。また医用の分野では超小型カメラにより患部を観察しながら手術等の操作を行うのにVRシステムが利用されている。その他多くの応用システムが検討されている。

現在、VR・高臨場感システムは、開発段階から応用段階に入っており、今後多くの施設等において普及されることを望むものである。

(2003年9月5日受付)

〔文 献〕

- 1) URL: <http://caveipt.serveftp.com/>に詳しい
- 2) 広瀬: “平成13年度没入型仮想融合空間の構築・提示技術に関する研究開発(拡充)プロジェクト”, 通信放送機構研究開発報告書(2001)
- 3) Ogi, Yamada, Kurita, Hattori, Hirose: “Usage of Video Avatar Technology for Immersive Communication”, First International Workshop on Language Understanding and Agents for RealWorld Interaction, pp.24-31 (2003)
- 4) <http://www.cs.princeton.edu/omnimedia/papers.html>
- 5) Gross, Wurmlin, Naef, et al.: “Blue-c: A Spatially Immersive Display and 3D VideoPortal for Telepresence”, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003, pp.819-827 (2003)
- 6) 橋本, 長谷川, 佐藤: “Hybrid型スクリーンを用いたマルチプロジェクションディスプレイ”, 第18回NICOGRAPH論文コンテスト, pp.27-32 (2002)
- 7) 橋本, 倉橋, 佐藤: “曲面スクリーンを用いたマルチプロジェクションディスプレイのための映像生成手法”, ヒューマンインタフェース学会研究報告, 5, 3, pp.61-66 (2003)

なかがわ まさゆき
中嶋 正之 1975年、東京工業大学大学院博士課程修了。同年、同大学勤務。1983年、同大学情報工学研究施設助教授、1992年、同大学電気電子工学専攻教授、現在、同大学大学院情報理工学研究科教授。CG、コンピュータアニメーション、画像処理の研究に従事。工学博士。前本会編集長、正会員。