スーパーハイビジョンの概要

江本 正喜[1,2], 金澤 勝[1]
1.ＮＨＫ放送技術研究所, 2.東京大学大学院情報学環

和文抄録　近年，携帯端末からディジタルシネマなどの大画面・広視野システムまで，多岐にわたる映像システムが開発されてきている．新たな大画面・広視野映像システム開発の目的のひとつは，観視者に高い臨場感を提供することであり，広視野で観視可能なディジタルシネマや，High definition TV (HDTV)の解像度を超える将来のテレビジョン方式として，スーパーハイビジョンが開発されている．このような高臨場感映像システムをコンピューターグラフィックス(CG)の表示装置に応用することで，CG の新たな表現メディアとなる可能性がある．芸術・造形における新たな表現メディアの可能性を探るため，スーパーハイビジョンによる高精細 CG 作品が発表されている．これに関連して，スーパーハイビジョンのシステムパラメータや実際のハードウエア概要を述べる．

Introduction of Ultra High Definition Television (UHDTV)

Masaki EMOTO[1,2], Masaru KANAZAWA[1]
1.NHK Science & Technical Research Laboratories, 2. Interfaculty Initiative in Information Studies, University of Tokyo

Abstract　Various resolutions of video systems from mobile terminals with small displays to digital cinema with wide field of view displays have been studied, developed, and put into practical use in recent years. One of the purposes of the development of the wide field of view displays is to provide viewers with the stronger sense of "being there" or "presence". We have developed a higher resolution video system named "Ultra High Definition Television (UHDTV)" than the digital cinemas or High Definition TV. This system would have a potential not only as a future television system but also as a new artistic form and media for display of computer graphics art. We introduce here the system parameters of the UHDTV system and UHDTV hardwares.

1. はじめに

近年，携帯端末からディジタルシネマなどの大画面・広視野システムまで，多岐にわたるシステムの研究，開発，実用化が行われてきている．テレビジョンを初めとする映像システムに期待される機能として，遠くで起こっている事象を居ながらにして体験可能な，場所の制約からの解放，過去に起こった事象を再体験可能な，時間の制約からの解放が挙げられる．また，コンピューターによる仮想空間中では，実写を超えた映像体験までもが可能である．例えば，双方向性を持たせた各種シミュレータなどの映像システムは，実際の体験が困難，または不可能な環境を，疑似的，安全に体験するために利用されている．さらに，コンピューターによって生成された映像，コンピューターグラフィックス(CG)は，芸術の表現手段としても利用されている．

このような役割が期待される映像システムは，携帯端末の普及に見られるように，仮想体験を得るための手段の手軽さの向上と，大画面ディスプレイの普及に見られるように，仮想体験の質の向上の２つの方向に多様性を増している．これらのうち，仮想体験の質の向上のためには，観視者があたかも映像や音響によって提供されている空間の中に実在するかのように感じることが非常に重要である．この感覚は臨場感と呼ばれ，映像による臨場感の向上のためには，観視者から画面を見込む視角を広くすること，すなわち広視野化が有効である [1]．このような知見から，高臨場感映像システムとして，広視野で観視可能なディジタルシネマや，High definition TV (HDTV)の解像度を超える将来のテレビジョン方式として，スーパーハイビジ

※本論文の著作権はNHKに帰属します.

ョン[2]が研究，開発されており，一部実用化に達している[3].

さらに，これらの高臨場感映像システムを CG の表示装置に応用することができれば，CG の新たな表現メディアとなる可能性がある．芸術・造形における新たな表現の可能性を探るため，スーパーハイビジョンによる高精細 CG 作品が発表されている．これに関連して，スーパーハイビジョンのシステムパラメータや実際のハードウエアの概要を紹介する．

2. スーパーハイビジョンのシステムパラメータ

映像システムのシステムパラメータには，視野角，画面縦横比（アスペクト比），走査線数，標本化構造，フレーム周波数，表色系，ビット数などが挙げられる．これらが決定されてはじめて新たな映像システムが実現するのであるが，これらパラメータの決定の際には，様々な人間科学的知見と，技術的制約条件（実現可能性，コスト，互換性など）を総合的に考慮して妥当な値が決定される．

スーパーハイビジョンの主なシステムパラメータを表１に示す．これらの値は，将来の放送システム検討のための実験装置に適用された暫定的なものであり，実際に実用化，運用されるシステムパラメータとは異なる可能性があることを付記しておく．映像パラメータについては，国際規格化も進んでいる[4].

以下に，主要なパラメータ決定のための人間科学的知見と，技術的制約条件を簡単に述べる．

2.1. 視野角

まず，映像システムの視野角の決定においては，映像システムから感じられる臨場感が最も重視される．このためには，映像システムから感じられる臨場感を定量化することが必要であるが，臨場感が主観的感覚であること，主観的感覚の計測にしばしば用いられる主観評価においても，「臨場感」という評価語の持つ曖昧さに起因する個人差 [5]の問題から，定量化は非常に困難である．

表１　スーパーハイビジョンの主なシステムパラメータ

視野角	約100度
画面縦横比（アスペクト比）	9:16
走査線数（解像度）	4320本 (4320 X 7680)
フレーム周波数	60Hz
走査	順次走査

そこで，臨場感を何らかの形で反映すると考えられる客観的指標の探索，検討が行われてきており，感じられる臨場感が高まることで誘導される生理指標の変化として心拍，皮膚温度，皮膚抵抗反応が指標として用いられている [6]．また，立位姿勢制御系応答が臨場感指標として用いられている．２本足で直立する人間の姿勢制御系は，平衡を保つことを目的とした動的制御系であり，大別して体性感覚系，耳前庭感覚系，視覚系の３種類のフィードバック入力を持つ [7]．視覚入力を様々に変化させた時，提示画像から感じられる臨場感が高いほど視覚フィードバック入力を通じて姿勢制御に及ぼす影響も大きいと考えられるため，姿勢制御系応答である重心動揺などを測定することによって，その影響度を定量化する事ができる．従来，視覚誘導自己運動感覚が生起される往復回転運動画像を用いて，広視野画像の重心動揺に及ぼす影響が検討されており，視野角約 90 度で誘導効果が飽和することが報告されている [8][9]．また，生体計測に準ずるものとして，ドームスクリーンに傾いた誘導画像を 15 秒間提示し，観視後の自覚的視性垂直位 Subjective visual vertical(SVV)の誘導量を臨場感の指標とした検討が行われている [10]．これは空間認知の順応を利用して，臨場感の定量化を行った例である．その結果，視野角 20 ° 近辺から誘導効果が生じ始め，80 ° から 100 ° で飽和状態になるという結果が報告されている．これをもとに，スーパーハイビジョンの映像パラメータのうち，水平視野角は 100 度と決定された.

2.2. 画面縦横比（アスペクト比）

超高精細・大画面映像システムの静止映像による画面縦横比の検討では，画面縦横比 1:2 程度が最も好ま

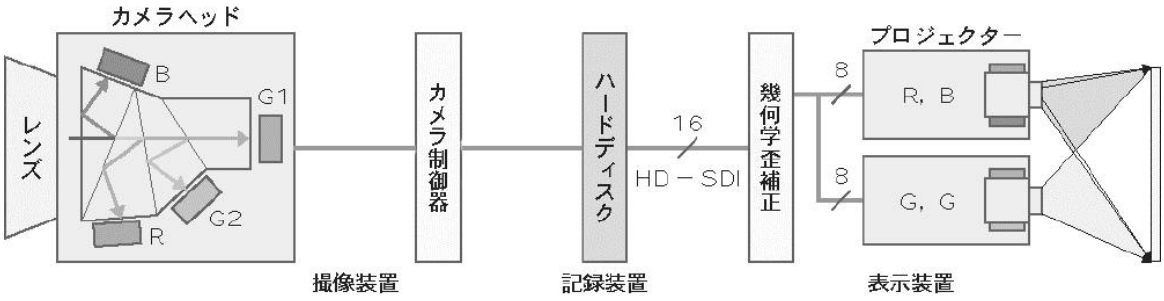

図１　スーパーハイビジョンの映像系統

れること，縦横比 1:2 と 9:16 を比較すると，画面サイズによって有意差が認められる場合と認められない場合があることが示されている．同時に，画面サイズが大きくなるほど横長の画面縦横比が好まれる傾向があることが報告されている[11]．この結果と，画面縦横比 9:16 の HDTV との相互運用性や HDTV 機材を利用すると装置の実現が容易になることなどを考慮して，スーパーハイビジョンの画面縦横比は 9:16 と決定された．

2.3. 解像度

水平視野角 100 度と画面縦横比 9:16 の２つの条件から，視力 1.0 の観視者が走査線構造を解像できなくなるのは，映像システムが約 4000 本を上回る走査線数を持つ時であり，その場合の視距離は画面の高さの 0.75 倍(0.75H，H は画面高)となる．また，HDTV との互換性を考慮して，走査線数を HDTV の４倍の 4320 本と決定した．この時，水平画素数は 7680pels となる．

2.4. フレーム周波数

従来の HDTV では，インターレース妨害が発生するため，フレーム周波数 60Hz の順次走査方式とした．

3. ハードウエアの概要

図１にスーパーハイビジョンの映像系統を示す．スーパーハイビジョン用の高解像度カメラ，ディスクレコーダー，広視野ディスプレイ，22.2 マルチチャンネル音響システム等について順に紹介する．

図２　スーパーハイビジョンカメラの外観

図３　ディスクレコーダーの外観

3.1. 撮像系

図２にカメラの外観を示す．4320 lines × 7680 pels 解像度のカメラ実現のためには，3300 万画素の撮像素子が必要である．しかし，3300 万画素の撮像素子は未だ実現困難であるため，800 万画素の撮像素子を 4 枚用いた４板撮像方式とした．４板画素ずらし方式により解像度を向上するため，２枚の CCD を緑チャンネルに，他の２枚の CCD を赤チャンネルと青チャンネルにそれぞれ割り当て，これらの CCD を互いの画素間を補間する位置でプリズムに固定している[12].

3.2. 記録系

画像記録，再生のために，HD-SDI 信号 16 本を同期して録画，再生可能なディスクレコーダーを開発した．図３にディスクレコーダー外観を示す．録画時間は約 20 分である．

3.3. 表示系

図４にプロジェクターの外観を示す．プロジェクターは，カメラ同様，800 万画素の表示素子をそれぞれ 2 枚用いたプロジェクターの 2 台構成である．1 台のプロジェクターは２枚の緑チャンネルを投影し，他の１台は赤チャンネルと青チャンネルを投影する．プロジェクターを 2 台構成としたことなどによる，各チャンネルのスクリーン上での位置ずれ補正のため，各信号はプロジェクターに入力される前に幾何学補正装置により，補正が行われる[13]．一方では，家庭へのスーパーハイビジョン導入に向けて，従来の画素ピッチの 1/4 程度である 0.3mm ピッチの高精細プラズマディスプレイパネルの開発も進んでいる[14].

図４　プロジェクターの外観

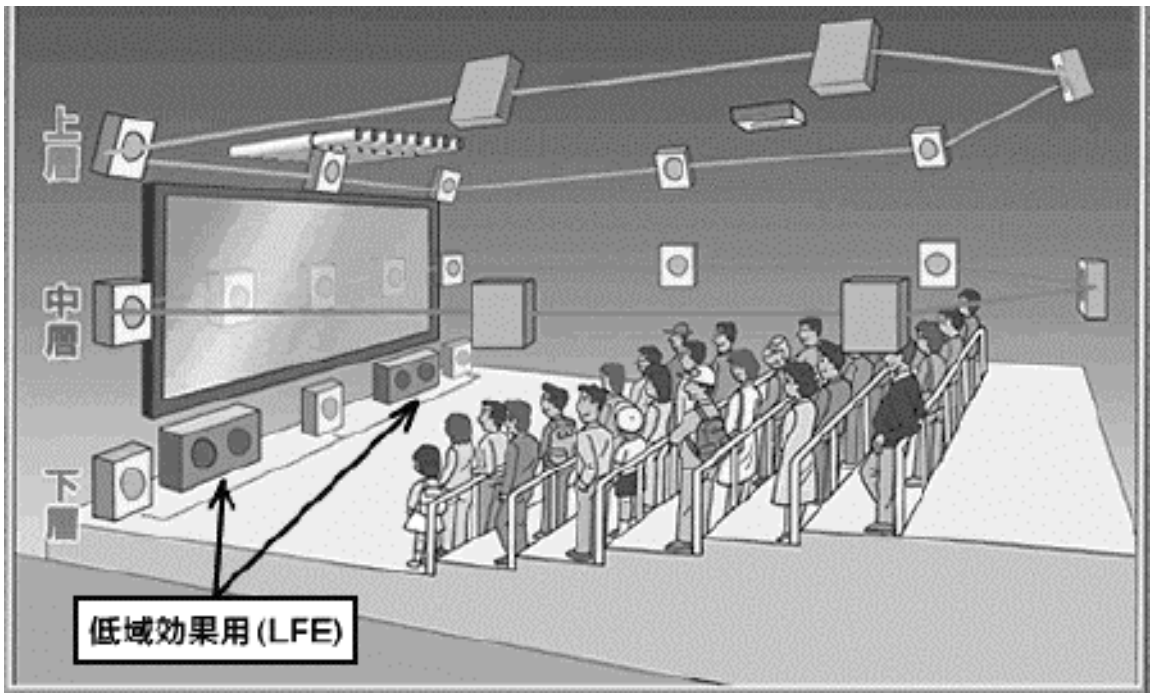

図５　22.2 マルチチャンネル音響システム

3.4. 音響

音響システムを図５に示す．音響システムとして 22.2 マルチチャンネル音響システムを採用している．これは，視聴位置とほぼ同じ高さの 10 チャンネルの中間層，９チャンネルの視聴位置上方，３チャンネルのスクリーン下方の３層に配置した合計 22 チャンネルスピーカーと，スクリーン下部に配置した２チャンネルの Low Frequency Effect 用スーパーウーファから構成されている．この方式により，客席の広い範囲に臨場感の高い音響を提供することが可能であることが示されている[15].

3.5. 伝送系

スーパーハイビジョンの非圧縮データレートは約 24Gbps に達し，極めて高いため，放送サービスを非圧縮伝送で行うことは現実的ではない．そこで，伝送路として衛星や高速ネットワークを想定し，高画質を維持したまま高圧縮可能な符号化装置が開発されている[16].

4. システム評価

上述した映像システムパラメータにより試作した実験装置で，実際に主観評価と重心動揺測定による生体計測による臨場感評価を行い，視野角の効果を確認した．結果を図６に示す．横軸に視野角を，左縦軸に臨場感の主観評価結果を，右縦軸に実験参加者の身長で正規化した正規化重心動揺総軌跡長を示す．主観評価結果との整合を取るため，正規化重心動揺総軌跡長の縦軸は上下逆に示した．両者は被験者間平均では視野角に対してほぼ同様の傾向を示している．すなわち，視野角が広くなると，臨場感が高く評価され，同時に重心動揺軌跡長も減少し，姿勢制御が安定することがわかる．この結果に関連して，主観的に感じられる臨場感と，視覚入力のフィードバック情報を利用して安定化する立位平衡機能の反応には，一定の相関が認められることが示されており[17]，スーパーハイビジョンのシステムパラメータ決定時に意図した臨場感が実現されていることが確認された．同時に，広視野映像システムで懸念される映像酔いについても検討されており，望ましくない効果なども考慮したシステム開発が重要である[18].

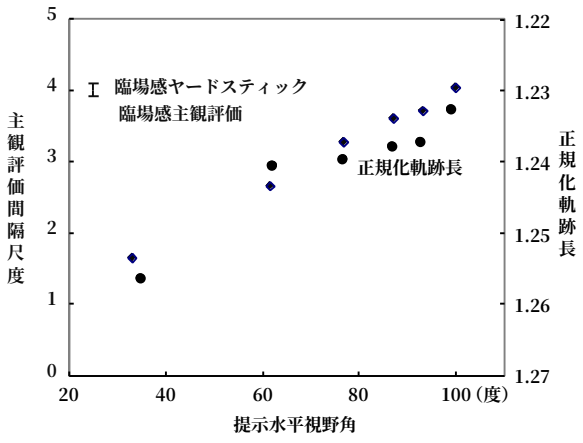

図６　臨場感評価結果

5. まとめ

CG の新たな表現メディアとして期待される，スーパーハイビジョンのシステムパラメータや実際のハードウエアの概要を紹介した．また，試作した実験装置を用いた臨場感評価について述べた．このような高臨場感映像システムによる超高精細 CG のさらなる展開が期待される．

文　献

[1] 畑田，坂田，日下："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-"，TV 誌, 33(5), pp.407-413 (1979)

[2] M. Sugawara, et al.: "Ultrahigh-definition video system with 4000 scanning lines", SMPTE Motion Imaging, pp.339-346 (2003)

[3] K. Masaoka, et al.: "Image Quality Management for the Super Hi-Vision System at the Kyushu National Museum", IEICE Trans. on Fundamentals, E89-A (11), pp.2938-2944, (2006)

[4] ITU-R BT.1769 : "Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange" SMPTE 2036-1-2007: "Ultra High Definition Television - Image Parameter Values For Program Production" (2006)

[5] 大谷，藤尾，浜崎："高品位テレビジョンの画面方式と主観評価"，NHK 技術研究, 28(4). pp.161-179 (1976)

[6] M. Meehan., et al.: "Peripheral responses to a mental-stress inducing virtual environment experience. P. M.

Sharkey, et al. (Eds.), Proc. of the 3rd International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, pp.305-310, Reading, UK: University of Reading (2000).

[7] 田中: "III.姿勢の制御"，入来，外山編　生理学，pp.514-516，　文光堂　(1986)

[8] 清水，矢野，三橋: "広視野立体画像観察時における重心動揺に関する一考察　"，TV 誌，45(1), pp.108-110 (1991)

[9] 清水，江本，三橋: "人間の姿勢制御における空間認知と広視野立体画像"，NHK 技研 R&D，26, pp.66-72 (1993)

[10] 畑田，坂田，日下："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-"，TV 誌, 33(5), pp.407-413 (1979)

[11] 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－静止映像による画面縦横比と最大画素数の検討－，”映情学誌，56(3)，pp.437-446（2002)

[12] H. Shimamoto et al, "An 8k x 4k Ultrahigh-Definition Color Video Camera with 8M-Pixel CMOS Imager" SMPTE Motion Imaging, July/August, pp.260-268 (2005)

[13] M. Kanazawa et al. An ultrahigh-definition display using the pixel-offset method, J. of the SID 12(1), pp.93-103 (2004)

[14] 村上：“スーパーハイビジョンに向けた高精細 PDP の開発”,月刊ディスプレイ，11(11)，pp.11-17（2005）

[15] 火山，濱崎：“走査線 4000 本級超高精細映像のための 3 次元音響システム”,日本音響学会研究発表会講演論文集, 1, 2-10-12, pp.567-568 (2004)

[16] S. Sakaida, et al., "Development of AVC/H.264 codec system for Super Hi-Vision", IWAIT2008, p.3 (2008)

[17] 江本，正岡，菅原：“広視野映像システムの臨場感評価”，信学技報　MVE2006-75，106(496), pp.25-30 (2007)

[18] 江本：“広視野映像観視による映像酔いと自律神経系バランスの変化”，自律神経，44(5)，pp.383-391 (2007)