

解説

ハイビジョンにおける画質評価

金澤 勝・三橋 哲雄

NHK 放送技術研究所 〒157 東京都世田谷区砧 1-10-11

(1992年9月3日受理)

Subjective Assessment of Picture Quality for
High Definition Television

Masaru KANAZAWA and Tetsuo MITSUHASHI

NHK Science and Technical Research Laboratories,
1-10-11, Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo 157

1. ま え が き

テレビジョンシステムでは、新たに開発した装置や方式の性能を評価する場合、機器の周波数特性や SN 比などの物理特性の測定だけではなく、自然画像を用いてその機器から出力された画像の画質を主観的に評価する画質評価が必要である。これはハイビジョンでも同様であるが、画質評価を行う場合の条件は現在のテレビジョンシステムと比較すると多少異なっている。

このため、まずハイビジョンのシステムパラメータについて述べ、その後ハイビジョンにおける画質評価の解説を行う。

2. ハイビジョンの概要

ハイビジョン規格として放送技術開発協議会 (BTA) が BTA S-001 1125/60 高精細度テレビジョン方式スタジオ規格を定めており、これで規定されている主なパラメータ値を表 1 に示す。

ハイビジョンはよく知られているように標準の視距離が画面高の 3 倍のテレビジョンシステムであり、表 1 の各パラメータは主観評価に基づいてその値が決められている。以下に各パラメータが決められた根拠を述べる。

2.1 アスペクト比

現在のテレビジョンのアスペクト比 (画面形状の横と縦の比) は 4 : 3 であるが、大画面では好ましいアスペクト比がこれとは異なってくる。図 1 は好ましいアスペクト比を求めるために行った主観評価の結果である¹⁾。

この実験は、種々のアスペクト比のスライドフィルムを用いて、視距離を一定とし、いくつかの画面面積に対して好ましいアスペクト比を求めるというものである。どの画面に対しても 4 : 3 よりは横長の 5 : 3 が好まれ、大画面ではより大きなアスペクト比が好まれる傾向があることがわかる。このことから、ハイビジョンは 5 : 3 程度のアスペクト比が望ましいことがわかった。

一方、アメリカの SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) では未来のテレビジョンのアスペクト比として、種々のアスペクト比の映画フィルムに対し共通に利用できる範囲が最も広くなるように 16 : 9 を推奨した。この値は 5 : 3 と非常に近く、ハイビジョンでもアスペクト比 16 : 9 を採用することとなった。

2.2 走査線数

走査線数は、想定される視距離において走査線妨害 (走査線構造が見えることにより生じる画質劣化) を生じないように決められる。図 2 は、解像度の十分高い画像 (静止画) を用いて好ましい視距離を求めた実験の結果を示したもので、画面高の 2 ~ 3 倍が最も好まれていることがわかる²⁾。しかし、動きの激しい動画を用いた実験では、視距離が短すぎると“めまぐるしさ”を生じるため、画面高の 4 倍程度が好ましいとされた。“めまぐるしさ”は番組内容により変化するので、静止画とのバランスを考慮し、ハイビジョンでは画面高の 3 倍が標準的な視距離とされている。

図 3 は、視距離と走査線妨害との関係を示したもので

表1 ハイビジョン規格の主要パラメータ値

項目		規格
フレーム当り走査線数		1,125
フレーム当り有効走査線数		1,035
インターレース比		2 : 1
アスペクト比		16 : 9
フィールド周波数 (Hz)		60.00
ライン周波数 (Hz)		33,750
Y, GBR 信号レベル (mV)	ブランキングレベル	0
	白ピークレベル	700
	同期信号レベル	±300
	黒とブランキングのレベル差	0
P _B , P _R 信号レベル (mV)	ブランキングレベル	0
	ピークレベル	±350
	同期信号レベル	±300
	黒とブランキングのレベル差	0
公称映像信号帯域 (MHz)		各 ch ともに 30.0
同期信号形式		正負両極性 3 値同期
水平ブランキング幅 (μs)		3.77
垂直ブランキング幅 (ライン)		45
標準白色		D ₆₅
ガンマ補正		送像側ガンマ補正

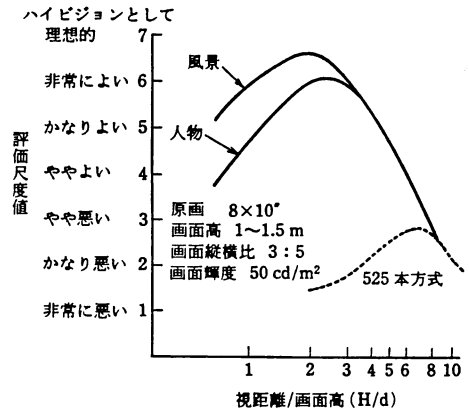


図2 視距離と画質の関係

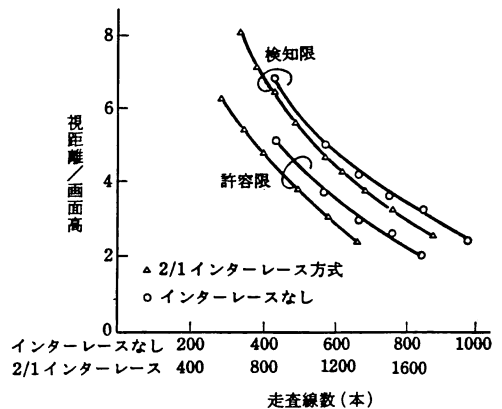


図3 走査線妨害の見えなくなる距離

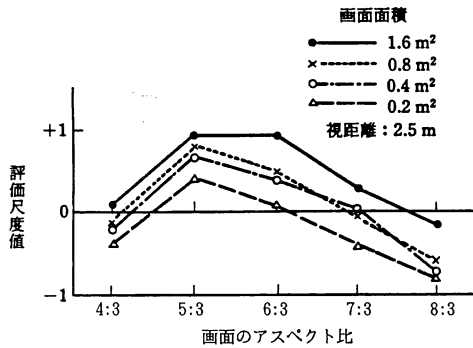


図1 画面のアスペクト比に関する好ましさ

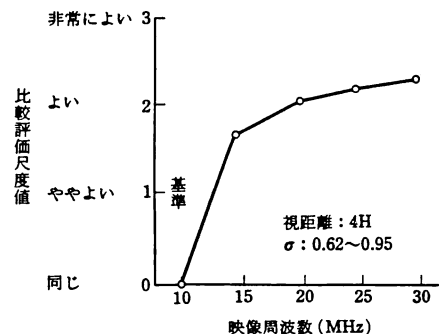


図4 映像信号周波数帯域幅と画質評価値の関係

ある³⁾。映像信号帯域を節減するため、ハイビジョンでも現在のテレビジョンと同様に2:1インターレース方式が採用されており、視距離が画面高の3倍では走査線数1,100本が許容限になる。一方、ハイビジョンの映像信号から現在のテレビジョンの信号への変換を容易にするためには、走査線数が現行テレビジョンの525,625とできるだけ簡単な整数比になっていることが望ましい。以上より、ハイビジョンの走査線数は1,125本に決められた。

2.3 映像信号帯域

映像信号帯域は、必要な水平解像度と走査線本数および毎秒像数により決まる。ハイビジョンのフィールド周波数は、NTSCと同じ60Hzである。走査線数1,125より垂直方向の画素数は1,000画素以上で、水平も同程度の解像度とすると画素数が1,600程度(アスペクト比16:9より)必要なことになる。これは、映像信号帯域

約 30 MHz に対応する。図 4 は、映像信号帯域と画質の関係の評価実験結果を示したものであり、映像信号帯域 30 MHz で画質が飽和することがわかる⁴⁾。以上よりハイビジョンの映像信号帯域は 30 MHz になっている。

3. ハイビジョンの標準観視条件

画質評価では、実験条件（観視条件、テスト画像の内容、評価方法など）が違っていると実験結果が異なる可能性があり、評価の信頼性、普遍性、評価結果の互換性が保てなくなる。このため、実験条件を標準化するための検討が国際的に行われている。

ハイビジョンの画質評価を行う際の観視条件は、標準観視条件として国際的に推奨されている^{5,6)}。この主な内容を表 2 に示すとともに、いくつかの項目について以下に説明を行う。

3.1 視距離

2章で述べたように、ハイビジョンは画面高の3倍の視距離で見たときに最適となるテレビジョンシステムである。そのため、画質評価を行う際もこの視距離で実験を行う。

3.2 画面のピーク輝度と周囲光

完全な暗室においてディスプレイを見ると画面のピーク輝度がそれほど高くなくてもまぶしく感じる。これでは画質評価の際に目の疲労が問題になるばかりでなく、家庭における観視条件とも大きく異なる。このため、標準観視条件ではディスプレイの背景の壁面を画面ピーク輝度の15%になるように一様に照明することが推奨されている。これにより、評定者が画面をまぶしく感じない状態で画質評価が行われる。

また通常の状態では、テレビジョン画像のコントラストは30~50あればよいといわれている。標準観視条件は、周囲光がディスプレイの画面にもれて黒レベル輝度へ影響する量を画面ピーク輝度の2%以下になることを推奨しており、これは画面のコントラスト比が50以上あることを意味する。

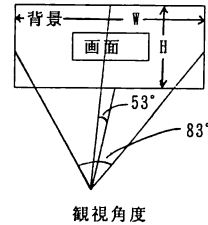
なお画面ピーク輝度は150~250 cd/m²が推奨されているが、現在のディスプレイ（特に業務用のCRTディスプレイ）はそこまでの性能がないため、当面は70 cd/m²以上あればよい。

3.3 画面の大きさ

ディスプレイの画面を近距離で長時間見続けると目の疲労が大きく、評価に影響する。これを避けるためには視距離を2m以上とることが望ましいといわれている。ハイビジョンは視距離が画面高の3倍であるので、視距

表 2 ハイビジョンの標準観視条件

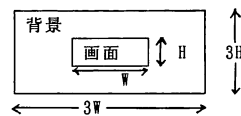
項目	パラメータ値
a 視距離	3H (H: 画面の高さ)
b 画面のピーク輝度	150~250 cd/m ²
c 非発光画面輝度のピーク輝度に対する比	≤0.02
d 黒レベル輝度のピーク輝度に対する比 (於: 暗室)	~0.01
e モニター設置場所背景輝度のピーク輝度に対する比	~0.15
f 室内照明 (周囲輝度)	低いこと
g モニター設置場所の背景色	D ₆₅
h モニターおよび背景を観視する角度 (下図参照)	53°H×83°W
i 評価者の配置	画面中心から水平±30°以内の範囲に評価者を配置するのが望ましい
j 画面サイズ	対角長: 1.4m (画面サイズ: 55")



観視角度

補足説明

- 測定は視距離 3H (H: 画面高) の位置で行う。
- ピーク輝度とは、100% レベルの映像信号に対するディスプレイの画面輝度である。ディスプレイの性能が向上するまでの当面の期間は 70 cd/m² 以上であれば良い。
- c 項は室内光の影響を規定するもので、画面コントラストを直接規定しているものではない。
- 黒レベル輝度とは、0% レベルの映像信号に対する画面輝度である。
- c, e 項が満足できるように室内照明、壁面の状態など室内環境を設定する。
- h 項は下図に示すように、画面の上下、左右にそれぞれ画面と同等の面積の背景を有するものと等価である。背景を見込む角度は最低限 28°(H)×48°(W) が望ましい。



画面と背景の関係

- j 項で規定している対角 1.4 m (画面サイズ: 55 インチ) のディスプレイが可能でない場合でも、少なくとも 76.2 cm (画面サイズ: 30 インチ) 以上のディスプレイを用いること。

離 2m とは画面サイズが対角 55 インチに対応する。このため標準観視条件では対角 55 インチの画面サイズを推奨しているが、現在のディスプレイ（特に業務用の CRT ディスプレイ）はそこまでの性能がないため、当面は対角 30 インチ以上あればよい。

4. ハイビジョンの標準画像

4.1 標準画像の選定

画質評価は、通常の番組でよく使われる自然画像をテスト画像として用いる。ハイビジョンの標準画像は 10

図 5



図 6

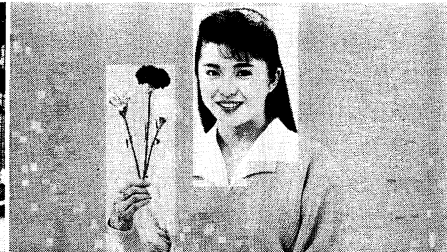


図 7

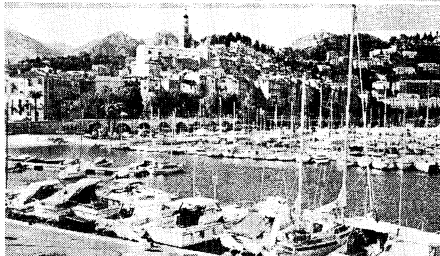


図 8



図 9

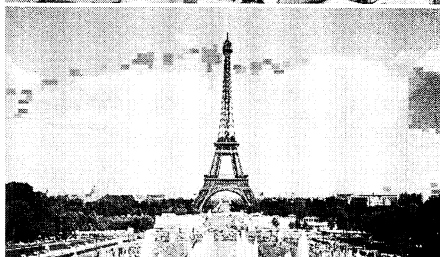


図 10



図 11

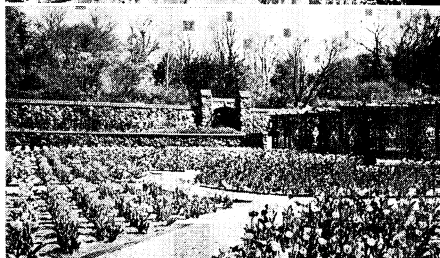


図 12



図 13



図 14



図 5 食物、図 6 肌色チャート、図 7 ヨットハーバー、図 8 セーターとカバン、図 9 エッフェル塔、図 10 帽子屋、図 11 チューリップガーデン、図 12 クロマキーチャート、図 13 雪の中の恋人、図 14 観光案内板

図 5: ハイビジョン用テストチャート、図 6~9: ハイビジョン画質評価用標準画像セット A、図 10~14: 同セット B

枚の自然画像(静止画)がテレビジョン学会から大型スライドの形状で刊行されている⁷⁾。これらの画像は以下の点を考慮して選定されたものである。

- 解像度のような物理的要因と臨場感のような心理的要因をバランスよく含む。
- 一枚の画像の中に多数の評価項目を含み、かつ自然感を損なわないこと。
- 日常番組でよく用いられる絵柄であること。

画質を決める要因として解像度、波形ひずみ、階調特性などがあり、これらは画質評価をする際の評価項目である。上で述べたように標準画像はこのような評価項目をできるだけ多く含むことが望ましいが、あまり多く含んでいる画像は自然感の損なわれたものであるため、複数の画像を用いて全体として多数の評価項目を含むようにしている。図 5~14 に、10 枚の標準画像を示す。これらの画像は、総合画質の評価に適するもの 5 枚(「食物」と透過型ハイビジョン画質評価用標準画像のセット A(4 枚))と、可読性の評価やクロマキー調整といった特定の評価に適するもの(透過型ハイビジョン画質評価用

表 3 標準画像の主要評価項目

評価項目	画 像							
	食 物	セット A				セット B		
		肌色チャート	ヨットハーバー	セーターとカバン	エッフェル塔	帽子屋	雪の中の恋人	観光案内板
解像度	○				◎			◎
波形ひずみ	◎	◎	◎		○		◎	
階調	○	○	○		○	◎	◎	
色調	○	○				○		○
幾何学的ひずみ	◎	◎	○				◎	○
折り返しひずみ	○		◎		○	◎		
デジタル処理		◎	◎	○				◎
雑音		○	○				◎	
一様性		○	○	○			◎	
心理的要因								
可読性				○			◎	
記憶色(肌色)		◎						○
鮮鋭さ			◎		◎		◎	○
質感	◎	◎				○		
臨場感			◎		○			

◎：非常に評価に適する，○：評価に適する。

表 4 デジタル標準画像の主要パラメータ値

項 目	値
有効走査線数	1,035
走査線当りの有効サンプル数	各 ch とも 1,920
量子化レベル	映像信号 4~1,019 (10 ビット) Y, G, B, R 黒レベル 64 白ピーク 940 P _B , P _R ピーク 64 および 960 無彩色 512

標準画像のセット B(5 枚))に分けられる。各画像の主要評価項目を表 3 に示す。

4.2 デジタル標準画像

前項で紹介した標準画像は大型スライドの形状なので、評価実験に用いるためにはハイビジョンカメラなどの撮像装置が必要となる。これにより得られる映像信号は撮像装置の性能や調整に大きく依存しこの変化が評価結果にも影響するため、より安定な信号源が望まれていた。一方、近年デジタル技術が進歩し、ハイビジョンフレームメモリなどの各種デジタル記録装置の使用が可能になり、これらを標準信号源として利用できるようになった。これらを背景に、「透過型ハイビジョン画質評価用標準画像」のデジタルデータ化が行われた。この作業にあたっては、現実のハイビジョンカメラの特性に左右されずに、標準画像の持つ情報を忠実にハイビジョン信号へ変換することが目標とされた。そのため、ドラムスキャナーで大型スライドの標準画像を読みとり、フィルタリングなどのすべての処理はコンピュータによって行われた。表 4 にデジタル標準画像の主なパラメータを示す。

5. 主観評価法

画質評価を行う場合の実験条件として、前述の観視条件やテスト画像の他にどのような評価方法を用いるかということも重要である。ハイビジョンの場合に限らず画質評価は以下のことが重要である。

- 容易に実施でき、かつわかりやすいこと。
- 評価者が容易に的確な判断ができ、誤差が少ないこと。

系列範ちゅう法は、これらの条件に合い、さらに心理尺度構成が可能で異種メディア間にわたる画質評価ができることから、非常に優れた方法である。この他に、シ

システム改善の前後の直接比較に有効な一対比較法、異種メディアの比較に有効な量配分法なども優れた評価方法である。また近年は、二重刺激妨害尺度法や二重刺激連続品質尺度法が現行テレビジョンの画質評価に多く用いられており、ハイビジョンにも有効と思われる。ハイビジョンの画質評価においては、これらの中から目的とする実験にいちばん適当と思われる方法が選ばれる。この中から二重刺激妨害尺度法と二重刺激連続品質尺度法について簡単に述べる。詳細は、参考文献を参照されたい⁸⁻¹⁰⁾。

5.1 二重刺激妨害尺度法

この評価方法は、放送系における劣化の評価に適しているといわれている。図15のように、原画像を直接表示したもの(基準画像)と、被測定システムを経由したもの(評価画像)をスイッチで切り替え、基準画像の画質に対する評価画像の画質を表5の劣化尺度で評価する。各画像の提示は図16に示すとおりで、グレイレベルの画像を提示している間に評定者は評価結果を評価用紙に記入する。

5.2 二重刺激連続品質尺度法

この評価方法は、放送系のオーバーオール品質評価、および高品質な評価基準が利用できるときのスタジオシステムの評価に適しているといわれている。図17のように、原画像を直接表示したもの(基準画像)と、被測定システムを経由したもの(評価画像)をスイッチ

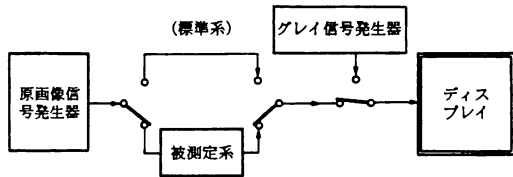
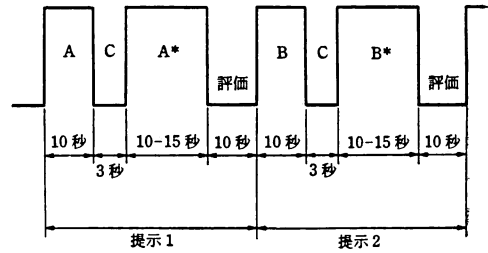


図15 二重刺激妨害尺度法による画質評価の系統

表5 5段階劣化尺度

評点	評定語
5	劣化が全く認められない Imperceptible
4	劣化が認められるが気にならない Perceptible, but not annoying
3	劣化がわずかに気になる Slightly annoying
2	劣化が気になる Annoying
1	劣化が非常に気になる Very annoying



A, B: 基準画像
A*, B*: 評価画像
C: グレイレベルの画像

図16 二重刺激妨害尺度法における画像の提示方法

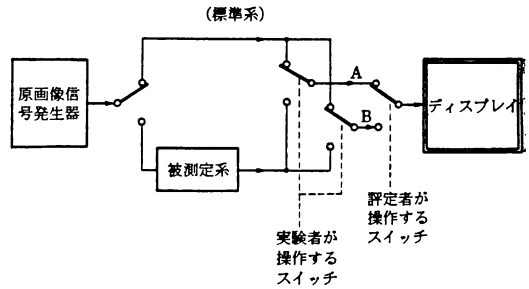


図17 二重刺激連続品質尺度法による画質評価の系統

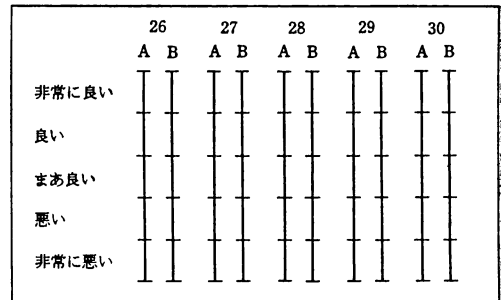


図18 二重刺激連続品質尺度法での評価用紙の例

で切り替えて両方の画像の画質を評価用紙に記入する。測定方法として、一人の評定者が自由にスイッチを切り替える方法と、複数の評定者に対して基準画像と評価画像を定められた時間で交互に提示する方法がある。そのどちらにおいても、評定者は二つの画像のうちのどちらが基準画像なのかは知らされない。評定者はそれぞれの画像の画質を評価し、図18に示す評価用紙に印を記入する。この図の中で縦線の横に書かれている言葉は、5段階品質尺度の評定語である。

6. あとがき

テレビジョンシステムでは、方式や機器の性能評価および調整のため画質の主観評価を行うことが必要である。画質評価を行う場合は、再現可能で信頼できる評価結果が得られるように、実験条件を統一することが必要である。ハイビジョンでは、標準観視条件と使用するテスト画像が推奨されており、これらについて解説を行った。

ハイビジョンの標準画像として推奨されているのは現在のところ4章で述べた静止画だけである。通常の画質評価では動画像も必要であるため、放送技術開発協議会(BTA)ではその選定および制作が行われている。

文 献

- 1) 大谷禎夫, ほか: “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**, No. 4 (1976) 1-19.
- 2) NHK 放送技術研究所編: ハイビジョン技術 (日本放送出版協会, 東京, 1988) p. 14.
- 3) 同上, p. 19.
- 4) 佐藤昭一, ほか: “高精細度ワイドテレビの画質”, NHK 技研月報, **22**, No. 4 (1979) 124-131.
- 5) CCIR 勧告 710 (1990).
- 6) BTA 技術資料 BTA S-1002, HDTV 標準観視条件 (1990).
- 7) 熊田純二, ほか: “評価に用いるテストチャート”, テレビジョン学会誌, **46**, No. 2 (1992) 134-138.
- 8) CCIR 勧告 500-4 (1990).
- 9) 井合 知, ほか: “主観評価技術”, テレビジョン学会誌, **46**, No. 2 (1992) 129-133.
- 10) 三橋哲雄: “画像の評価技術の動向, 1-1 主観評価技術の動向”, テレビジョン学会誌, **45**, No. 3 (1991) 287-293.