

- ans., IT-11, 1 (1965)
- 35) 宮原：動きの視覚特性から検討したテレビ信号帯域圧縮，信学論誌，56-A, 2 (1973)
- 36) 二宮，藤尾，浪元：テレビジョンにおけるカットチェンジ時の画質劣化の見え方，信学論誌，62-B, 6 (1979) 527-534
- 37) 菱山，井上，小林：動画処理を行った際の画像情報量と画質の関係，信学会画像工学研究，IE 78-93 (1978) 9-18
- 38) 高橋，矢島：視覚特性を考慮したテレビジョンノイズレギュレーター，テレビ学会方式回路研究，TBS 48-1 (1978) 43-48
- 39) J.P. Rossi: Digital Techniques for Reducing Television Noise, J. SMPTE, 87, 3 (1978) 134-140
- 40) 宮原：動きの知覚特性—フィールド繰り返しに起因する滑らかさの劣化，テレビ誌，27, 1 (1973)
- 41) 井上：色差信号に対する各種処理と画質の関係，信全大，1045 (1979)
- 42) J. Heitman: Ein Systemkompatibles Digitales Farbfernsehsignal, Rundfunktechnische Mitteilungen, 20, 6 (1976) 236-241
- 43) 小林：画像信号符号化方式に対する品質評価法の一提案，信学論誌，60-B, 5 (1977) 343-349
- 44) CCIR Doc, CMTT/1021-E
- 45) CCIR Doc, CMTT/1022-E
- 46) CCIR Doc, 11/1050-E

4-5 高品位テレビジョンと視覚

NHK 総合技術研究所 三橋 哲 雄

1. ま え が き

情報の高密度化という社会の要請に応えた，将来のテレビ放送として，NHK 技研を中心に進められている高品位テレビの研究は，文献 1) で詳しく紹介されており，本誌にも解説が載せられている²⁾³⁾。

それによれば，映画と同様，まず高精細度ワイドスクリーンテレビが検討されているが，一般家庭と映画館とでは，その条件（視聴者の態度も含めて）はまったく異なり，単に映画の結果をテレビに安易にあてはめることは危険であり，テレビ独自の検討が必要である。

放送テレビは，その使われる目的，環境が，個人の娯楽用から大衆の教育用まで千差万別であり，そのすべてに答えることは非常に難しい。特に限られた物理的条件の下で，きわめて高品質な画像と，広い応用範囲，使用条件の制限緩和等を目指した高品位テレビの場合，現行方式におけるよりも，よりいっそう積極的に視覚系の特性を採り入れてゆくことが必要である。

ここでは，高品位テレビ系に，視覚のどのような特性が主として関連しており，それがどのように実際の高品位テレビの研究に採り入れられているかを，高品位テレビの研究の現状を紹介するなかで述べてゆく。

なお，視覚系の基本的な特性については，本誌の別項に詳しく述べられているので，ここでは最小限触れるにとどめ，テレビ系への応用を主眼に述べることにする。

2. 高品位テレビの心理要因と画質

人間が，テレビ画像を見て生ずる心理的反応（心理要

因）と，画像の物理要因との間の関係には，種々の整理法が提案されており⁴⁾，その一部を表 1 に示す。画質に対する物理要因，特に電氣的要因の影響は，これまでも種々検討されている⁵⁾。

一般にテレビ画像は，送り手が受け手に，何らかの認識・情緒を起こさせることを目的としている。しかし，認識・情緒レベルでの判断は，表 1 からわかるように，現在のところ適当な評価要素が大部分存在せず，認識・情緒レベルを直接表わす言葉を用いて主観評価しなければならず，検討例も比較的少ない。

一般に，最終的な画質を情緒レベルにおける心理要因の結合と考えて，心理要因，物理要因，およびその中間の心理物理要因から成る，画質のいわば階層構造といったものを考えることができよう。

高品位テレビに必要な画質を考えてみると，少なくとも現行テレビに比較的欠けている。臨場感，迫力，美しさ，読みやすさ，等の情緒レベルでの画質向上が最も重要と考えられ，情緒レベルにおける画質の研究は非常に重要である。そこで，画質を表わす（情緒レベルの）表現語が種々の画質に対し，どのように使われるかを検討した結果，強さ，明るさ，美しさ，質感等の，全部で 8 個の情緒レベルの心理因子が抽出され，これにより画面の性質は 75% 程度明らかにできることがわかった⁶⁾。

一般に，人間の視覚系は，入力パターンによって特性が変化する（context sensitive）ため，すべての条件にわたって画質の構造を統一的に究めることは，現在の視覚心理，生理の知識では不可能である⁷⁾。したがって，必要に応じて条件を限定し，近似的に処理してゆくことが必要であり，前記階層構造の解析も，各心理要因の画質への寄与度合の検討と合わせて，さらに検討を進める必要がある⁸⁾。

"4-5 Hight Quality Television and Visual Characteristics" by Tetsuo Mitsuhashi (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)

表 1 画 質 の 要 因

	物 理 的 要 因		心 理 的 要 因		評 価 要 素 の 例
	光学的要因	電氣的要因	感覚・知覚のレベル	認識・情緒のレベル	
画面構成	画面の大きさ 画面の形、縦横比 光の性質	帯域幅	最適視距離 周辺視効果、注視点分布	臨場感、迫力感 立体感、疲労感	
空間的 要素	幾何学的ひずみ ぼけ ハレーション 残像効果				
	線形 明暗	輝度(最高、平均) コントラスト 中間調	信号レベル ダイナミックレンジ 変換特性(ガンマ)	明るさ知覚、明度関数 順応、対比効果	まぶしさ

3. 画面方式

前述のように、情緒レベルにおける画質を評価するには、現在のところ従来からいわれているような、臨場感、迫力等の言葉を使って主観評価してゆかねばならない。

また、総合的な意味で、直接画質の良し悪し(好き嫌い)を7段階の評定尺度で評価することも行われている(図4参照)。端末効果避けるために設けられた“7”は、ほぼ8"×10"のスライド画像の画質に相当している。この尺度自体必ずしも確立したのではなく、厳密には、高品位テレビ研究者間の、いわば“めやす”にしすぎないともいえるが、現行放送テレビ画像の評価がこの尺度で約3であることと考え合わせて、この尺度の各尺度値の画質を大まかに推定できよう。

臨場感、迫力等は、表1に見られるように、画面の大きさ、形、縦横比等の画面方式と密接に関係しており、一括して大画面効果とよぶ。まず、この検討から始める。

3.1 画面の大きさ

画面サイズと最も密接な関係を持つ視覚特性は視野であろう。周知のとおり、人間の両眼の視野は上下130°、左右230°程度に及ぶ。しかし、単なる解像度ではなく、認識レベルの特性を調べるため、視野の種々の部分にアルファベットを見せて、その見えかたを調べたところ⁹⁾、40°以上の視野では、図形はぼけてしまって認められなくなること、5°以内ならば100%正しい図形が認められることがわかった。また、視野の大きさと図形認識に要した時間を求めたところ、視野が大きいかほど図形と認識する時間が短くなり¹⁰⁾、大画面の有利さが認められる。

一方、観察者の主観的座標系が、画像の座標系によって誘導されて傾く誘導角を臨場感と考えて、それを定量的に測定した結果は図1のようになり、画角が20°近辺から誘導が生じ始め、80°~100°以上で飽和するという結果を得た²¹⁾。

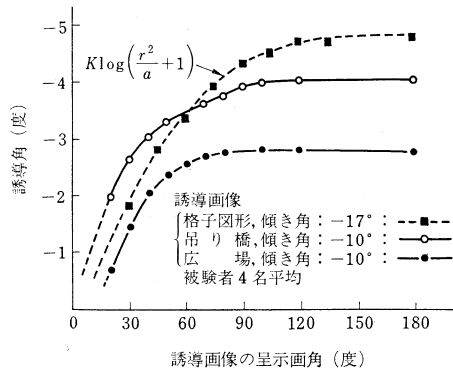


図 1 表示画角による主観的座標軸誘導効果

これらのことから、視野の全情報を受容できるのは、せいぜい10°程度で¹¹⁾、その外側を占める画面によって情緒的情報が非常に高められ、現行テレビ系の最適視距離である6Hでの画角約9.5°では期待できないような優れた画質が、画角を80°程度までとることにより得ることが可能になると考えられる。

一方、スライドを用いて画面サイズの効果を、評価語により主観評価した結果は図2のようになり¹²⁾、画面面積が大きくなるほど評価が良くなり、高品位テレビの画面面積としては、少なくとも3,000cm²程度(画角は約16°×26°)以上必要とされ、前記誘導効果の生じる下限画角とほぼ対応している。

このように、スライド等を使った静止画の場合、画面サイズでは100°程度までなら大きい方が良いと考えられるが、動画の場合は、同一内容でも画面サイズが大きくなるほど画面内の画像の動く速度は早くなり、“目まぐるしさ”等の現象が生じて、画面の大きさの好ましさに影響してくることが予想される。

現在の放送テレビの種々の番組を、レーザーディスクレイ¹³⁾で主観評価した結果、最も好ましい画面サイズは

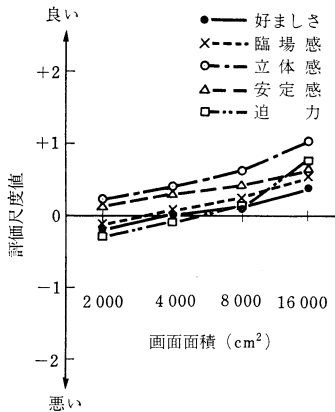


図2 画面々横と画質の好ましき

約 0.6 m^2 ($15^\circ \times 20^\circ$) であった¹⁴⁾。このときの被写体の移動速度は、最高で約 $21^\circ/\text{sec}$ であり、実際運動を追従し得る限界最高速度にかなり近く¹⁵⁾、視覚系本来の特性と考えられるので、特別な演出効果は別として、番組内の動きは、少なくとも $20^\circ/\text{sec}$ 程度以下に押えるのが望ましい。

ところで、前者の実験は、比較的小画面で視距離 $6H$ と遠くから眺めることを前提とした番組素材を使用していた。そこで大画面で見ることを前提とした、映画を使った実験結果を見てみる。

70 mm 映画を使って $0.2 \text{ m}^2 \sim 1.6 \text{ m}^2$ までの大きさの画面について調べたところ、 0.8 m^2 の大きさが最も好まれ、それ以上では番組内容による評価の変動が大きいため、番組ごとに諸特性を評価したところ、作品による違いは主に鮮鋭さと粒状性であった。また、35 mm と 70 mm の映画の最良の観賞位置を求めたところ、35 mm の場合、スクリーン幅 (W と表記) の $3 \sim 7$ 倍 ($3 \sim 7W$, $19^\circ \sim 8^\circ$)、70 mm では同じく $2 \sim 4W$ ($28^\circ \sim 14^\circ$) であった¹⁷⁾。

映画館の設計基準としては、米国ではスクリーンに対する画角が水平 60° 、垂直 50° を¹⁸⁾、わが国では視距離 $1 \sim 3W$ ($3^\circ \sim 19^\circ$)¹⁹⁾ が推奨されている。実際のスクリーン幅を 10 m (実際の映画館の大部分はこれより大きい) とすると、視距離は $10 \sim 30 \text{ m}$ となる。

種々の立体の手がかりと視距離の関係を求めた結果によれば²⁰⁾、視距離が 10 m を越えると、それまでの両眼視差、運動視差に代って、画像の大きさが奥行感を与える重要な情報になり、画枠は奥行感に大きな影響を与え、画枠を大きくすると奥行感が増す。

前述のように、映画では視距離が 10 m を越えるため、大きさと画枠双方が立体感に影響を与えて、大画面効果を出しており、いわゆる立体映画をしのぐひとつの理由

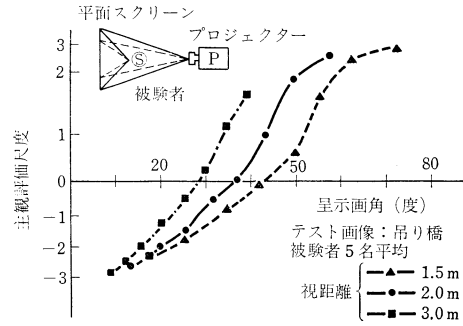


図3 大画面ディスプレイから感じられる臨場感効果の主観評価の結果

となったとも考えられる。しかし、視距離がたかだか $2 \sim 3 \text{ m}$ しかとれない家庭用テレビの場合、立体感、ひいては臨場感、は主として画枠の効果にたよる必要があり、画面を大きくせねばならない。

以上の結果から、解像度、雑音等が充分満足で、現在の映画程度の動きの場合、画面サイズは、視距離が少なくとも $2W$ (画角で 28°)、できれば $1.5W$ (37°)、絶対サイズとして $100 \sim 170 \text{ cm}$ 程度が望ましいといえようが、動きとの関係、ひいては番組内容との関係も含めて今後さらに検討が必要となろう。

ところで、これまでの議論は、すべて画角であらわされ、画面の絶対的な大きさは一応無視してきた。図3は、種々の視距離と画角の臨場感を主観評価した結果で²¹⁾、画面の絶対値が大きいほど臨場感が強いことがわかる。また、17型CRT (約 $25 \times 35 \text{ cm}$) と $2.5 \times 1.9 \text{ m}$ の放送テレビ画像を同一画角で比較したところ、大部分の評価者は大画面の方が臨場感があると答えた¹⁾。これらは、画面内の人物等が実物大になると急に臨場感が増すといった経験的事実からもうなづけることであり、恒常性の影響等、充分検討が必要であろうが、2次的にしろ、絶対的な画面サイズはかなりの意味を有するといえよう。

3.2 画面の形

画面の形と大きさは非常に密接な関係がある。特に映画においては、かつて映画の立体化が検討された時期に、画面の大きさとの関係で検討され、現在最も普通に見られるようなワイドスクリーンに到着した。

映画のワイドスクリーンは凹形であり、それにより立体感、臨場感も向上するといわれているが²²⁾、明確なデータは示されておらず、映写系、観客側の便利さのためとも考えられ、凹形という形そのものではなく、観察距離が大きく画枠が見え難い大画面であることが立体感、臨場感を生んでいると考えられる。

テレビ系での実験結果によれば¹²⁾、画面を凹状に湾曲させると、平坦な場合とくらべて画像に遠近感を生じて、

より自然さを増すが、最適湾曲度は画像内容により異なるため、実際のテレビ系への湾曲スクリーンへの導入は、さらに慎重な検討を必要とすることがわかった。

画面の縦横比は、映画の場合約 1/1.3~1/2.7 と非常に広範囲にわたっているが、主としてフィルムサイズや劇場側の物理的条件で決まったようである¹⁴⁾。実際にスライド画像を用いて、種々の縦横比の画面の画質を主観評価したところ、内容や画面面積に関係なく 3 対 5 が最も好まれ、ついで 3 対 6 が好まれることがわかった¹²⁾。この形は、視野の性質と当然関係あると考えられ、画面の大きさとともに視野の性質の解明が待たれる。

4. 走査方式

走査方式には種々の項目が含まれているが、そのうちの主なものは、走査線数、毎秒像数、インターレース、映像帯域である。高品位テレビの走査方式は、いうまでもなく現行走査方式を画的に上廻るものが望ましいが、それが望めない現在、現行の走査方式を延長して考えることがまず妥当であろう。現行の走査方式と視覚の関係は、すでに本誌に詳細な解説があるので²³⁾、ここでは高品位テレビに特有な問題、特に大画面化、高精細度化に重点を置いて視覚との関係を述べる。

4.1 走査総数

現行テレビ方式の最適視距離は約 $6H$ で²⁴⁾、走査線妨害が主な原因と考えられる。高品位テレビの本来の目的である大画面効果を生かすためには、少なくとも $2W$ 、すなわち約 $3H$ まで近づく必要があり、単に物理的に細かなものが見えるという理由からではなく、本質的に走査線数を増し、高精細化する必要がある。この点は、もともとかなり精細度の良い映画がワイド化するにあたって、特に問題とする必要があまりなかったテレビ固有の問題であり、充分注意しておく必要がある。

図 4 は、27 インチ白黒テレビ系で、種々の走査線数の画像を評価した結果で²⁶⁾、その他の種々の実験結果と合せて検討した結果²⁷⁾、最適視距離は走査線間隔が約 $1.2'$ になる点であり、ほぼ走査線構造の検知限であること、圧迫感等の心理的原因から $2H$ 以下に近よらず、また画面が小さくなりすぎる等の理由で、 $6H$ 以上では評価が低いこと、走査線数が 950 本程度以上になると、視距離に関係なく画質はほとんど向上しなくなり、大画面化等による画質向上が必要なきことがわかった。また、シミュレーションスライドを使った主観評価実験結果からも、大画面の効果を発揮させるには、画素数が多く、高精細度でなければならないこともわかった²⁵⁾。

走査線数は、垂直解像度を定めるというだけでなく、走査線構造に固有のスタレ越しに見るような非常に見苦

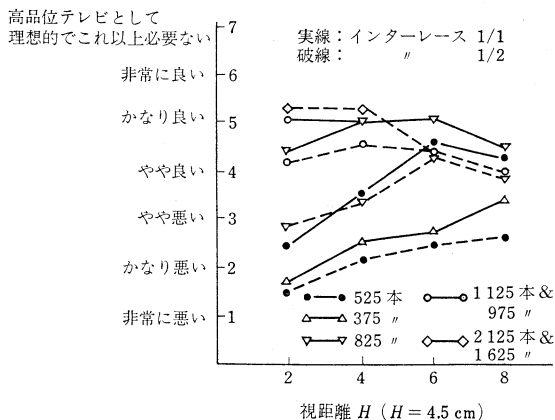


図 4 総合画質の評価

しい妨害を生じる。したがって、高品位テレビにおける所要走査線数は、垂直解像度と走査線妨害を区別して考える必要があり、これについては 4.3 節で述べる。

映画フィルムを用いた実験では、走査線間隔の検知限は視覚で $2'$ であり²⁸⁾、動被写体に対する視力低下、あるいは動いたものを追いかけるという、視覚の基本的性質との対応等、今後の課題である。

4.2 映像信号帯域と毎秒像数

映像信号帯域は、走査線数と相まって画素数を決める。画素数は、画素の縦横比が等しいとき画像は最も鮮鋭に見えるという実験結果から²⁹⁾、走査線数と画面の縦横比が決まれば自動的に求められる。

ところで、画素の最適形状を求めた先の実験結果によると、画素の縦横の比が $1/2 \sim 2/1$ 程度までの範囲では、 $1/1$ にくらべて画像の鮮鋭さは、さほど劣化していない。すなわち極端な場合、走査線数または映像信号帯域の一方は、画素の縦横比を $1/1$ にするために必要な値の半分で良いことになる。しかし、走査線妨害は非常に目立ちやすいため²⁶⁾、走査線数を減らすのは好ましくなく、映像信号帯域を変化させた方がよい。そして、その結果生ずる見かけの鮮鋭さの劣化を防ぐ方法も種々提案されている³⁰⁾。

毎秒像数は、動きとフリッカーを主として考慮して決めればよい。毎秒 60 コマで動きが不自然に見えなくなる最高速度は約 $24^\circ/\text{sec}$ であり³¹⁾、実際運動を追随し得る最高速度とはほぼ等しく、動きの再現性についてはほとんど問題ないと思われるが、毎秒 60 枚のサンプリングに必要な 30 Hz のフィルターが実際には撮像管に入っていないため、ストロボ効果等のサンプリング誤差を生じ、動きに不自然さを生じ³²⁾、この点の検討が今後の課題のひとつである。

CFF (Critical Flicker Frequency) は画角と深い関係

があり、指標が大きくなると、視野の中心部よりも周辺部の感度が高くなり³³⁾、大画面ディスプレイでは注意が必要と思われるが、ちらつきの主観的大きさは必ずしも大きいとはいえず³⁴⁾、ただちに毎秒像数を60以上にせねばならない必然性はないと考えられる。特に CFF は発光時間率を大きくすると急速に低下するので、この関係を積極的に利用した毎秒像数低下の検討もされている³⁵⁾。

4.3 インターレース

ラインインターレースの効果については、以前よりいくつかの疑問が出されており、いわゆるケルファクターも0.5~0.7程度の種々の値が提案されている³⁶⁾³⁷⁾。本来のケルファクターは、インターレースなし(順次走査、1/1と表示)の場合について考えられていたものであるが、いつのまにかインターレースに個有のペアリングやクローリングといった、本来ケルファクターとは無関係な妨害現象のあるインターレース走査にまで拡張されたために、種々の値が生れたものと考えられる。

そこで、この混乱を解決するため、本来の順次走査における意味のケルファクターを、あらためて“走査解像係数 K ”と名づけ、インターレースに起因する上述の妨害を表わすものとして“インターレース係数 I ”を新しく導入し、両者を分けて考えることにする³⁸⁾。

K は本来の意味のケルファクターで、その値は0.7である。インターレース妨害は、見かけの走査線数の減少で近似的にその程度を表わせるので、インターレース係数 I を、 $I_0 = (D_1/a)/D_0$ で定義する。ただし D_1 は1/1インターレース時の走査線構造の見えなくなる視距離、 D_0 は同じくインターレース b/a のときの視距離である(ただしフィールド内の走査線数は一定)。また、 a は1フレームを構成するフィールドの数であり、 b はその順序である。

インターレースは、一般的に、走査線数を N とすると $(N+b/a)$ で表わされ、2項目によりインターレースは特徴づけられるので、 b/a のみをインターレースのパラメーターとして表示しても一般性を失わない。

上述の定義から、1フィールド内の走査線数を N 本とすると、インターレース b/a のときの実効的な走査線数は aI_0N となり、同じく垂直解像度は KaI_0N となる。

従来定性的にしか述べられなかったインターレースの効果³⁸⁾、 I を求めておけば定量的に取扱えるようになり、種々のインターレースの比較が容易かつ正確に行えるようになる。図5は I の測定結果の例で、例えば1/2の場合、 $I_2=0.6$ となり、インターレースの効果は約20%となる。一般画像を用いて別個に行われた実験結果

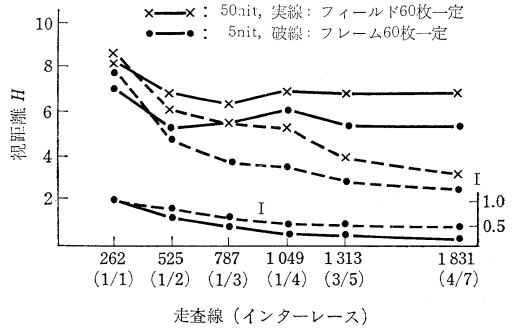


図5 走査線構造閾値

もほぼ同様で³⁹⁾、ここで定義したインターレース係数はほぼ妥当なものと考えられる。また、 a が2より大きい、いわゆる多重インターレースは、安定度や前述の妨害の点から、情緒的情報を主眼とする高品位テレビ系には不向きであり、せいぜい1/2インターレースが限度であろう。

なお、インターレースにはドットインターレースを初め種々の方法が考えられ⁴⁰⁾、高品位テレビの撮像、表示方式と深い関係があり、今後検討が必要である。

5. む す び

これまで述べてきた種々の検討を、試作高品位カラーテレビ系で、現在検証を進めているが、高品位テレビの基本要素である画面サイズ、走査線数の増加の必要性を初めとし、種々の効果がハード上からも確認されており⁴¹⁾、実際の高品位テレビのハードウェアの技術的問題と合わせて研究が進められている。

高品位テレビにとって最も基本的で、忘れてはならないものに、疲労があるが、研究はあまり進んでいない。疲労は観視条件を定める重要な要素であり、今後この点も含め検討が急がれる。

高品位テレビは、単に従来テレビの量的拡大や見せかけの機能拡大であってはならず、将来、真に人類にとって必要な、現行テレビ文化の飛躍発展形態でなければならない。その意味で高品位テレビの研究は、視覚だけではない、全人的研究の必要性を根底に有しており、この意味で、本文が諸者諸兄の参考に少しでもなれば幸いである。

なお、文字や色彩の高品位化や、信号処理と関連した視覚の性質については、紙数の都合上割愛せざるを得なかったもので、巻末文献を参照されたい^{42)~44)}。また、視覚のMTFを利用して画質を客観化しようという種々の試み⁴⁵⁾や、大画面化に伴うMTF変化のディスプレイへの応用⁴⁶⁾等、MTFと画質の関係は本特集2-1、4-1を参

照されたい。

最後に、本文をまとめるにあたって貴重な意見をいただいた同僚諸氏、引用させていただいた文献の著者および、日頃研究の指導をいただく当所新テレビ方式班 藤尾部長、斉藤主管、佐藤主任研究員をはじめとする関係者の方々に深く謝意を表する。
(昭和54年9月6日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 林 宏三：高品位テレビジョン，NHK 総技研・基礎研創立記念講演予稿（1979）
- 2) 林 宏三：高精細度テレビジョン，テレビ誌，28，9（1974）686-691
- 3) 日下秀夫，河本太郎，西沢台次：高品位テレビジョンの研究はどこまで進んでいるか，テレビ誌，30，12（1976）948-956
- 4) 樋渡清二：将来の情報産業と電子画像システム，テレビ誌，26，11（1972）885-891
- 5) 例えば，大森 喬，志賀 司：テレビ電話画像品質の評価，通研研究実用化報告，18，11（1969）2885-2903
- 6) 大谷禱夫，三橋哲雄：画像品質の評価と心理的要因，NHK 技研月報，18，12（1975）462-469
- 7) 樋渡清二：画像情報と視覚，信学誌，57，11（1974）1259-1265
- 8) 西本武彦，中山 剛，本城和夫：画質の嗜好構造の分析，テレビ学会視覚情報研資，16-2（1976）
- 9) 福田忠彦：図形知覚における中心視と周辺視の機能差，テレビ誌，32，6（1978）492-498
- 10) 坂田晴夫：視覚とディスプレイ，信学誌，61，11（1978）1229-1233
- 11) 畑田豊彦，坂田晴夫：視覚心理とディスプレイ，テレビ誌，31，4（1977）245-255
- 12) 大谷禱夫，久保徳司：高品位テレビ方式における画面形状の検討，NHK 技研月報，14，5（1971）210-215
- 13) 種田悌一，愛甲明毅：高精細度カラーレーザーディスプレイ，NHK 技研月報，16，10（1973）383-387
- 14) 大谷禱夫，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（1976）161-179
- 15) 渡部 毅：眼の制御系と視覚，テレビ誌，23，10（1969）747-754
- 16) 種田悌一，石田武久：70mm映画と高品位フィルム送像，NHK 技研月報，18，11（1975）422-425
- 17) ベトロ・ウラホス（小林利央訳）：フィルムサイズを選ぶ基準について，映画テレビ技術，221（1971）52-56
- 18) Will Szabo: Some Comments on the Design of Large-Screen Motion-Picture Theaters, J. SMPTE, 85, 3 (1976) 159-163
- 19) 人間工学ハンドブック編集委員会：人間工学ハンドブック，金原出版社（1972）132
- 20) 長田昌次郎：視覚の興行距離情報とその興行感度，テレビ誌，21，8（1967）649-655
- 21) 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，23，5（1969）407-413
- 22) Thaddeus R. Murrroughs: Depth Perception with Special Reference to Motion Pictures, J. SMPTE, 60, 6 (1953) 656-670
- 23) 三浦 彰：テレビジョン方式と視覚，テレビ誌，23，10（1969）796-805
- 24) 大谷禱夫：カラーテレビジョン画像の観視条件，テレビ誌，24，10（1970）828-837
- 25) 西沢台次，湯山一郎：テレビジョン画像のシミュレーションと高品位テレビジョンの画面方式，テレビ学会視覚情報研資，15-10（1976）
- 26) 三橋哲雄：走査線数と画質の関係，NHK 技研月報，22，6（1979）218-224
- 27) 三橋哲雄：走査線数の画質に及ぼす影響，テレビ学会技術報告会予稿，VVI 26-3（1978）
- 28) M. W. Baldwin: The Subjective Sharpness of Simulated Television Image, P. IRE, 28, 10 (1940) 458-468
- 29) E. W. Engstrom: A Study of Television Image Characteristics, P. IRE, 21, 12 (1933) 1631-1651
- 30) 例えば佐々木玲一，長岡良富：テレビジョン系における波形ひずみが視覚に与える効果，テレビ誌，23，7（1969）529-536
- 31) 宮原 誠：動画像画質に対する視覚特性と画質の関係およびそのテレビ信号帯域圧縮への応用，NHK 技術研究，27，4（1975）141-171
- 32) 坂田晴夫：テレビジョン方式と知覚，テレビ学会技術報告会資料，TBS 42-4
- 33) 福田忠彦：CFP で示される中心視と周辺視の感度差，テレビ誌，22，3（1968）210-216
- 34) Tadahiko Fukuda: The Apparent Rate of Flicker, NHK Laboratories Note, 219, Nov. (1977)
- 35) 河本太郎，藤尾 孝：絵素の発光時間率とフリッカーについて，テレビ全大予，1-4（1976）11-12
- 36) L. C. Jesty: The Relation Between Picture Size, Viewing Distance and Picture Quality, P. IEE 105 PART, B, 23 (1958) 425-439
- 37) N. W. Lewis: Television Bandwidth and the Kell Factor, Electronics Technology, Feb. (1962) 44-47
- 38) Edward M. Cherry: High Order Line Interlace in Television Rasters, J. SMPTE, 83, 9 (1974) 708-710
- 39) 西沢台次：インターレースの視覚効果，テレビ学会視覚情報研資（1961-9）
- 40) 河本太郎：ドットインターレースの基礎実験，NHK 技研月報，22，1（1979）11-17
- 41) 佐藤昭一，久保徳司：高精細度ワイドテレビの画質，NHK 技研月報，22，4（1979）124-131
- 42) Takashi Fujio: A Study of High-Definition TV System in the Future, IEEE Trans., BC-24, 4 (1978) 92-100
- 43) 坂田晴夫：放送と視覚心理，NHK 技研創立記念講演予稿（1976-6-14）
- 44) 藤尾 孝：視覚特性から見た将来のテレビジョン方式，信学会通信方式研資，CS 79-62（1979）7-14
- 45) H. L. Task, A. R. Pinks and J. P. Hornseth: A Comparison of Several Television Display Image Quality Measures, P. SID, 19/3 (1978) 113-119
- 46) Roger W. Cohen: Applying Psychophysics to Display Design, Photographic Science and Engineering, 22, 2 (1978) 56-59
- 47) 坂田晴夫：パターンの時空間分布による臨場感，テレビ全大予，1-1（1978）1-2
- 48) Raymond M. Willmott: Technical Frontiers of Television, IEEE Trans., BC-22, 3 (1976) 73-80