4. テレビ受像機の高画質化

正会員 松 浦 重 雄[†]

1. ま え が き

テレビ受像機における“高画質な映像”を一義的、定量的に定義するのは困難であるが、長年の画質に関する研究や、画質向上を狙った回路、ブラウン管などの開発によって、相対的に見た時の受像機の画質は年々改善されている。

特に高画質化への貢献度が高いのはブラウン管の改良であり、輝度の向上、フォーカス特性の向上、ファインピッチ化が進み、明るい画面でも輝度解像度 500 TV 本以上が得られている。これとともに、回路面でもラインくし型フィルタの採用や、映像増幅回路の広帯域化が図られている。

テレビ受像機の画質は、ブラウン管をはじめとする受像機内のすべての回路および構成部品によって左右され、また、主観的な要素もあるため、本稿においてそのすべての技術について述べることはできない。そこで、ここでは主として回路面での画質向上手段について、最近の受像機に採用された技術および開発途上にあり、近年中に実用化が予想される技術について概略を述べることにする。

2. 高画質化技術の動向

高画質化技術は次の 4 項目に大別して考えることができる¹⁾。

2.1 テレビ信号方式に起因する妨害の除去

妨害としては、色信号の多重によって起こるクロスカラー妨害やドット妨害、インタレース走査を原因とするラインフリッカ、PAL 方式での大画面フリッカなどがある。最近の受像機では、ほぼ全部にラインくし型フィルタが採用されてクロスカラー妨害が減少しており、同時に輝度信号帯域が拡大されて解像度が向

上している。また、一部の受像機では、適応型ラインくし型フィルタによってドット妨害を減少したり²⁾、比較的簡単なライン走査線補間による順次走査変換によってラインフリッカを減少することも試みられている³⁾。

しかし、大幅な画質向上を図るには、IDTV⁴⁾ (Improved Definition TV) の実用化しかないと考えられ、現在開発が急速に進められている。IDTV では、少なくとも静止画については上述した妨害を完全に除去できるが、動画時の画質への影響を取り除く動き適応技術、家庭用 VTR など放送規格で定められた信号形式を満足しない機器への対応技術、および、数 M~10 M ビットの大容量メモリーと大規模信号処理 LSI の低廉化など、実用化にはまだ多くの課題が残されている。

2.2 伝送条件に起因する妨害の除去

最も代表的でかつ重要なのはゴースト妨害である。一般家庭における画質低下の最大の原因と考えられており、近年の高層ビルの増加などによって妨害地域は広がる傾向にある。ゴースト除去の研究⁵⁾は長年続けられ、受像機側でのゴーストキャンセルも製品化されているが、適応可能なゴーストの範囲が狭いなど充分ではない。現在、適応範囲の拡大や除去性能の向上を狙いとして、テレビ信号の垂直帰線期間にゴースト除去用の基準信号 (GCR: Ghost Cancelling Reference) を挿入する方式が、放送技術開発協議会において検討されている。昭和 64 年春頃から実施される予定である。

弱電界時の雑音も重要である。また、VTR の色雑音も、伝送条件に起因するものの一種として考えられる。これらの対応策としては、チューナの感度向上 (雑音指数の低減) が図られており、また、VTR についても雑音低減が試みられている。将来の方向としては、IDTV におけるフレームくし型フィルタと組合せたディジタルノイズリデュースが実用化されて、大幅な画質向上が期待できる。

[†] 株式会社日立製作所 家電研究所
“Technology for High Picture Quality TV Receiver” by Shigeo Matsuura (Consumer Products Research Center, Hitachi Ltd., Tokyo)

2.3 高画質化するための基本性能の改良

基本性能の向上が著しいのがブラウン管である。回路面では、ビデオ増幅回路の広帯域化、画像ひずみを軽減した偏向ヨーク、微分利得や微分位相特性を改良した同期検波方式の中間周波回路⁶⁾などが代表的なものである。回路の改良は比較的地味ではあるが、今後も着実に進むであろう。

2.4 高画質に見せるための信号処理

テレビ画像が高画質かどうかを判断するのは人間の主観であること、また、テレビは限られた画面サイズの平面な画像であって現実の世界とは異なることから、必ずしも実世界に忠実な画像が高く評価されるわけではない。このため、高画質に見せるための多様な回路工夫が行われ、それぞれ特徴ある名称がつけられている。代表的な方法としては、

- (1) 黒側の階調を伸長して沈ませるとともに暗い絵柄のコントラストをつけて奥行き感を高める方法
- (2) 無彩色部分の色温度を有彩色部分より高くして白を鮮やかに見せる方法
- (3) 輪郭部をくっきり見せる水平垂直輪郭補正などがある。今後も種々の回路開発が進むであろう。

3. デジタル信号処理化の動向

現在のテレビ受像機は、ほとんどがアナログ信号処理であり、一部にデジタル信号処理による高画質化を狙った受像機があるにすぎない。最大の理由は、映像信号をデジタル化する高速 A/D 変換器、高速の

信号処理 LSI および大容量メモリーが高価であったためである。しかし、1.3 μm クラスの VLSI 技術や 1 M ビット DRAM 技術の進歩によって、複雑なデジタル画像処理をテレビ受像機に比較的低コストで導入できる時期になりつつある。このような技術動向から、最近になって画像信号処理を目的とした専用メモリーが開発されている⁷⁾。代表例を表 1 に示す⁸⁾。これらのメモリーは、8 ビット量子化のデジタル画像信号を小規模の外部回路で処理できるように、アドレス回路や直並列変換回路などが内蔵されており、一方、画像処理では必要性が少ないビットごとのランダムアクセス機能が省略されているものもある。

デジタル信号処理の特長は、メモリーを用いて画像信号を劣化なく自由に遅延できることと、信号の比較や演算、加工などの複雑な処理が容易なことである。したがって、従来のアナログ処理を単純にデジタル化するのは当面はコスト高となるため得策ではなく、高画質化や高機能化など、受像機の付加価値を高める方向で開発が進むと考えられる。

4. アナログ技術による高画質化

ここでは、アナログ信号処理による代表的な高画質化技術の概略と動作について述べる。

4.1 ラインくし型フィルタ

一般にくし型フィルタと呼ばれているが、最近ではフレーム相関を利用した YC 分離フィルタが研究されているので、これと区別するために、ライン相関を利用したものをラインくし型フィルタと呼ぶことにする。

この技術は以前からテレビに導入され、遅延素子としてガラス遅延線を用いたものが現在のほとんどの受像機に採用されている。また、CCD (Charge Coupled Device) を遅延線としたものが一部に採用され始めている。さらに、くし型フィルタとともに、水平および垂直輪郭補正回路などを内蔵したビデオ信号処理 IC も開発されている⁹⁾。

4.2 輪郭補正回路

従来の輪郭補正回路は、2 次微分回路によって輪郭部の前後にシュートをつけてくっきりと見せる方法が

表 1 主な画像信号処理用専用フィールドメモリー

メーカー名	松下電子	日本 TI	ソニー	東 芝	日 立
メモリー構成	512×512 ×4	(256 K+ 120)×4	263×910 ×4	512×512 ×4	1024×256 ×4
出力サイクル時間	30 ns	30 ns	8 f_{sc}	30 ns	60 ns
アドレス発生回路	外付け	内 蔵	内 蔵	外付け	内 蔵
水平方向ランダムアクセス	8 ワード 単 位	不 可	入力側 60 ワード 単 位	8 ワード 単 位	32 ワード 単 位
垂直方向ランダムアクセス	可	不 可	可	可	可
ピン 数	40	16	28	40	18
消費電流	最大 150 mA	標準 50 mA	標準 60 mA	最大 100 mA	標準 40 mA

図 1 遅延線を用いた輪郭補正回路

超大型テレビでは、シュートをつけて鮮鋭度を上げようとしても、ブラウン管のビーム電流が増加するとフォーカス特性が悪くなる傾向が強いために、充分な輪郭補正ができない。そこで、輪郭部の前後で走査速度を短時間変えて鮮鋭度を上げる速度変調回路¹²⁾が用いられている。

色温度の高い輝くような白色を出すと、一般の有彩色部分の色再現性が悪くなる。そこで、人間が見た場合に最も不自然さを感じる肌色の再現性を保ったまま、白の色温度を高くする回路¹³⁾が開発されている。図2にその一例を示す。

次に，現在研究中で近い将来に実用化が予想される GCR を用いたゴーストキャンセラについて述べる．

延線によるものと、トランスバーサルフィルタ (TRF と略す) によるものがあり、さらに、これらを CCD で構成するアナログ回路方式と、メモリーとディジタル乗算器を用いたディジタル回路方式とがある。可変遅延線によるゴースト除去は、構成が簡単という長所はあるが、実際のフィールドで多く見られるマルチゴーストへの対応が困難であるため、今後は TRF 方式が有望である。

ゴースト除去の遅延時間範囲を長くするには、タップ数を増加する必要がある、また、各タップには係数増幅器が必要なため、ディジタルでは回路規模が大きくなり過ぎることから、当面は遅延線として CCD を用いたアナログ処理が実用化されると思われる。しかし、性能面ではディジタル処理の方が優れているので、将来はたとえば IDTV と組合される可能性がある。

前述したように、デジタル信号処理による高画質化を狙った受像機はまだ少い。しかし、半導体技術の進歩によって、2~3年内にはIDTVなどが比較的低価格で実現される可能性が高く、各方面で研究が活発に進められている。ここでは代表的な技術について説明する。

NTSC方式の2:1インタレース走査信号をノンインタレース（順次走査）化することによって高画質化することを狙いとしたもので、方式としては同じフィールドの上下走査線の信号から補間信号を作るフィールド内補間と、前（あるいは前後）のフィールドの信

$$\alpha = X - Y, \quad \gamma = \frac{1}{2} + \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\beta = \frac{X + Y}{2} - Z, \quad Z' = (1 - \gamma) \cdot X + \gamma \cdot Y$$

図 5 適応型フィールド内補間

号から補間信号を作るフィールド間補間とがある。

(1) フィールド内補間

フィールド内補間は、メモリーとしてラインメモリー数個の簡単な構成であり、一部ではすでに製品化されている¹⁴⁾。この原理図を図4に示す。効果としては、フィールド当たりの走査線数が262.5本から2倍の525本になることによって、走査線が目立たない滑らかな画像になることである。しかし、補間信号を上下走査線の信号の平均値とすると垂直の解像度が低下し、また輪郭の鮮鋭度が低下する欠点がある。輪郭部のラインフリッカ低減効果もあまりない。一方、補間信号を上側走査線と同じ信号とすると、ラインフリッカはむしろ多くなり、解像度も低下する。

フィールド内補間ではあるが、フィールドメモリーを用いて補間を適応的に行うことによって、ラインフリッカを低減する試みもある³⁾。原理を図5に示す。この方式では、前フィールドの信号と上下走査線の相関をとって、前フィールドの信号に近い補間信号を得るようにしている。このため、ラインフリッカを低減でき、また、輪郭の鮮鋭度も向上する効果が得られている。しかし、フィールド内補間の原理的な問題である垂直解像度の低下を解決することはできない。

(2) 動き適応型フィールド間補間

順次走査変換で解像度向上を図るにはフィールド間補間とする必要がある。これを図6に示す。この方式では、静止画の場合にはフィールド当たり525本の完全な画像が得られるので、ラインフリッカがなく解像度の高い高画質を実現できる。この方式の問題点は、動画における2重像の発生および細かい画像部分がぼけることである。補間する信号は1/60秒前の信号であるから、動いている画像では同じフィールド内に現時点と1/60秒前の2つの画像が映し出されることになって、輪郭が2重になって見えたり、細かい絵柄で

図 6 動き適応型フィールド間補間

図 7 動き検出回路

は2つが重なり合うために解像度が低下して見える。これを解決するために、動いている部分はフィールド内補間とし、静止している部分はフィールド間補間とする動き適応技術が研究されている。また、2つの補間をスイッチ的に切り替えると画像が不自然になるため、2つの補間信号に動き量に応じた係数を掛けて混合した信号を補間信号とし、さらに、動きが検出された部分や動いた瞬間だけではなく、補間の制御を空間および時間的に拡大して行うことで、不自然感を少なくする工夫も研究されている¹⁵⁾。

動き検出回路の一例を図7に示す。動き検出回路では動き部分を確実に検出するとともに、静止部分を動きと判定しないことが必要である。このために、種々の工夫をした回路方式も考えられているが、ここでは最も簡単な2フレーム差によって検出する方法を示した。画面内の同じ位置の2フレーム前の信号と現在の信号を比較して、その差を動き情報として出力する。1フレーム前の信号では、色副搬送波の位相が反転し

図 8 2次元適応型 YC 分離フィルタ

ているので動き検出には使用できない。

動き検出の問題として、雑音による誤動作がある。S/N の悪い信号では、静止部分でも雑音によって動きと判断されてしまう。そこで、2 フレーム間差の大きさが、ある設定した値以上になった時に動きと判定するのが一般的である。

5.2 デジタル YC 分離フィルタ

アナログ遅延線を用いたラインくし型フィルタでは、色信号の垂直相関がある場合は良好な YC 分離性能が得られるが、相関がない所ではドット妨害が発生する。また、輝度の高域斜め成分があるとクロスカラー妨害が発生する。そこで、デジタル技術によってより高精度の YC 分離の方法が研究されている。

(1) 2次元適応型 YC 分離フィルタ

デジタル処理によって YC 分離する方法として、ラインメモリーを用いる 2 次元フィルタと、フレームメモリーを用いる 3 次元フィルタがある。2 次元の方が構成は簡単であり、アナログ遅延線を用いて構成することもできる。しかし、デジタル化することによって、より複雑な処理が可能になるため、アナログフィルタに比較して高性能化できる。

そのひとつの方法は、画像の小さな領域では、統計的に垂直相関か水平相関かのどちらか一方の性質を持つことが多いことを利用して、ドット妨害を減少する方式である。この方式は、画像のサンプル点について上下および左右のサンプル点との相関を検出して、垂直相関が強い場合は垂直フィルタを用い、逆の場合は水平フィルタを用いるように、適応的に切り替える。この適応型 YC 分離と適応型輪郭補正機能を持った LSI がすでに開発されている²⁾。

その他の方法として、画像サンプル点とその上下の走査線のサンプル点との相関を検出して、より相関の強い走査線の信号を用いてくし型フィルタを構成する考え方も研究されている¹⁶⁾。基本構成を図 8 に示す。

この方式では、垂直相関がない所でもドット妨害を抑圧できる。

(2) 3次元動き適応型 YC 分離フィルタ

フレームメモリーを用いてくし型フィルタを構成して YC 分離すると、静止画の場合は輝度信号と色信号間のクロストークを完全に除去できる。これによって、ドット妨害やクロスカラー妨害のない高画質が得られる。しかし、動画ではフレーム間の信号に相関がなくなるため、上記妨害が現れるのみならず、1 フレーム差の信号を加算および減算することによる動画像のぼけが現れて画質が劣化する。

この現象を解決するためには、静止部分ではフレームメモリーによる 3 次元フィルタ、動部分ではラインメモリーによる 2 次元フィルタによって YC 分離するよう適応的に制御する必要がある。動きの検出は各画素単位で行い、動きの量に応じて 3 次元フィルタと 2 次元フィルタの各出力の合成比を変えて YC 分離出力を得る。

5.3 動き適応型ノイズリデューサ

NTSC 信号の静止画では、各画素の輝度信号はフレーム間で等しいが、雑音はランダムである。したがって、フレームメモリーを用いて信号を積算すると、信号成分はそのままで雑音を低減することができる。

搬送色信号は 1 フレーム差で逆相、2 フレーム差で同相となるので、フレームごとに信号を反転して加算するか、2 フレーム差の信号を加算すれば雑音低減の効果が得られる。

このようなノイズリデューサにおいても、動画では画像のぼけが現れるので、静止部分と動部分を検出して動き量に応じた適応制御が必要である。

6. I D T V

IDTV は現行放送方式において、受信機側での処理によって最高画質を狙ったものと位置付けられる。こ

図 9 IDTV の構成

表 2 IDTV の高画質化効果

技術項目	高画質化効果
動き適応型 YC 分離	ドット妨害除去 クロスカラー妨害除去
動き適応型 ノイズリデューサ	雑音除去 (S/N 向上)
動き適応型 走査線補間	ラインフリッカ除去 走査線妨害除去
2 次元輪郭補正	鮮鋭度向上

のような観点から、IDTV における高画質化技術としては、次の 3 つが中心になると考えられる。

- (1) 動き適応型フィールド間補間による順次走査
- (2) 3 次元動き適応型 YC 分離フィルタ
- (3) 動き適応型ノイズリデューサ

IDTV の構成例を図 9 に、高画質化効果を表 2 に示す¹⁷⁾。多数の大容量メモリと大規模なデジタル画像処理回路が必要であるが、半導体技術の進歩によって近い将来に家庭用テレビ受像機として実現されると思われる。IDTV ではドット妨害、クロスカラー妨害、ラインフリッカなどが大幅に減少し、さらに、適切な輪郭補正回路、色温度の適応制御その他の技術などとも組合されて高画質な画像が得られるであろう。

7. む す び

ここでは回路面での画質向上手段について、最近の受像機に採用された技術と、開争途上にあり近年中に実用化が予想される技術について述べた。今までの高画質化は、主としてブラウン管の改良とアナログ処理回路の工夫によって進められてきたが、これらの技術では現方式のテレビ受像機の画質向上に限界が見えはじめています。そのために、デジタル画像処理の新技术の導入によって、いっそうの高画質化を狙った研究

が盛んに進められている。

一方では、放送方式を変えることによって高画質化する EDTV や HDTV の開発も進められている。これらは、テレビ受像機内でのデジタル処理を前提に考えられており、また、ブラウン管のいっそうの高画質化も必要である。

今後は、これらの新放送方式とともに、これに対応したテレビ受像機の実現が図られて、今までの画質向上の歩みとは異なった飛躍的な高画質化が期待される。

(昭和 62 年 7 月 30 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 真利: “最新の AV 機器とデジタル技術”, p. 120, コロナ社 (1986)
- 2) 伊藤, 中川: “ビデオ処理 LSI”, テレビ誌, **40**, 12, pp. 1181-1187 (Dec., 1986)
- 3) T. Murata, et al.: “A Consumer Use Flicker Free Color Monitor Using Digital Signal Processing”, IEEE Trans., **CE-32**, 3, pp. 215-227 (Aug., 1986)
- 4) 羽鳥: “EDTV, IDTV の現状と動向”, テレビ誌, **40**, 5, pp. 350-356 (May, 1986)
- 5) 村田ほか: “2 段型 CCD トランスバーサルフィルタ方式ゴースト除去システム”, テレビ誌, **40**, 11, pp. 1098-1105 (Dec., 1986)
- 6) 磯辺ほか: “PLL 同期検波方式 VIF-IC”, テレビ大全, pp. 323-324 (1982)
- 7) I. Nakagawa, et al.: “A 1 Mb Field Memory for TV Pictures”, The 9th Annual Custom Integrated Circuits Conference (CICC '87) (May, 1987)
- 8) “フィールドメモリ専用 1 M チップ, VTR/テレビに向けて一挙に出揃う”, 日経エレクトロニクス, **421**, pp. 147-162 (May, 1987)
- 9) S. Imai, et al.: “A CCD TV Signal Processor”, Digest of Technical Papers 1984 IEEE ISSCC, pp. 200-201 (1984)
- 10) 逸見, 坂井: “高画質 28 型カラーモニタ CT-2800”, NEC 技報, **39**, 11, pp. 26-29 (Nov., 1986)
- 11) 石川, 松田: “Video Technical Report No. 19”, ラジオ技術, pp. 171-174 (Dec., 1986)
- 12) 江頭, 利安: “37 型テレビ受信機”, 放送技術, **40**, 2, pp. 60-69 (Feb., 1987)
- 13) “テレビ受信機の新しい回路方式”, 放送技術, **40**, 2, pp. 97-98 (Feb., 1987)
- 14) 亀本: “テレビ受信機の高画質化 21 K-D 15”, 放送技術, **40**, 2, pp. 75-79 (Feb., 1987)
- 15) 勝又ほか: “IDTV の動き検出方式”, 昭 62 信学総全大, 2, p. 298 (1987)
- 16) 的野ほか: “適応型くし形フィルタによるフィールド内 Y/C 分離”, テレビ大全, pp. 367-368 (1986)
- 17) 杉山ほか: “IDTV における信号処理方式の一考察”, 昭 62 信学総全大, 2, pp. 296 (1987)

まつうら しげお
松浦 重雄 昭和 43 年、北海道大学工学部電子工学科卒業。同年、(株)日立製作所に入社。家電研究所にてテレビジョンの研究に従事し、その後、本社研究開発部を経て、現在、同社家電研究所に勤務。テレビジョンおよび高周波回路の研究に従事。工学博士。正会員。