

テレビ技術史概要と関連資料調査

4

The History of the Developmental Process of Television Technology in Japan and the Preservation of Examples

吉野 章夫 Akio Yoshino

■ 要旨

テレビ技術の分野の中でテレビ受像機について時代を3つに分けてその開発過程を辿った。

日本のテレビ開発は1923年にスタートし、戦前の開発期に全電子式のテレビ研究を世界に先がけて行い、受像管及びその周辺回路、ビデオ信号伝達回路等、今日のテレビの基礎的技術を創造した。

「幻の東京オリンピック」に向けて、当時としては世界の第一級のレベルで、441本方式のテレビシステムを完成させた。

約10年の開発空白期を経て、戦前に培った技術と米国からの技術導入により、1953年我国で初めて標準放送を開始し、その7年後の1960年にカラー放送もスタートさせた。

放送開始前後からテレビ受像機の商品化が開始された。当初のカラー受像機の課題は絵が暗いことで、受像管の輝度向上を目指して開発が進められ、蛍光体の開発、ブラックマトリックス管の開発により十分な明るさになった。

1960年代から1970年代にかけて、トランジスタ化に続くIC化に積極的に取り組む事となる。この半導体化に対する積極的な取り組みにより、日本のテレビ受像機、テレビ産業は性能面、コスト面、生産性、信頼性の総合力で米国を追い越し世界第1位の地位を築く事となる。またこれにより高嶺の花であったテレビを、1家に1台の手の届く商品にした。

1980年代を境にテレビを取巻く環境が変化し、テレビ受像機は「システム化」、「高画質化」、「大画面化」が進展した。またそれまでの20年ほとんど変化のなかった放送方式も音声多重放送、文字多重放送、衛星放送が放送を開始し、さらに高品位化を狙いEDTV、ハイビジョンの新方式を日本の技術で開発し、16：9の新しい映像の世界を拓いた。

高品位テレビは1984年に伝送方式としてMUSEが開発され、1990年代になるとハイビジョン対応の受像機が各社から商品化された。

1990年代後半になり放送のデジタル化が進展し、1996年に日本で最初のデジタル放送が通信衛星を用いて開始された。BSデジタル放送が2000年に本放送を開始し、2003年には地上デジタル放送開始に先立ちBS/CS/地上デジタル共用受信機が発売された。

■ Abstract

This report traces the history of the developmental process of television technology in Japan, especially the television receiver. This period is considered by dividing it into three parts.

The development of television was started in Japan in 1923. At the time, the main components of television were mechanical, however, a group headed by Takayanagi began research on a fully electronic device prior to other researchers in the world. By the time of the Tokyo Olympic Games, that were to be held in 1940, but which were cancelled because of the war in Europe, Japan's television technology had reached the highest-level in the world, and a television system with 441 scanning lines had been achieved. During this period, the cathode-ray-tube (CRT) and its peripheral circuits and the video signal transfer circuit were created, these are the fundamental technology of today's television.

In the ten-year period of around the end of WWII, Japanese engineers could not continue television research because stringent restrictions and prohibition by the U.S. Army. After this ten-year period with no development, they began television research again, and almost simultaneously, standard television broadcasts were begun for the first time in our country in 1953. This was made possible by the technological know-how cultivated during prewar days and the introduction of technological know-how from the U.S. Color broadcasts were also started in 1960, seven years later.

Commercial sales of television receivers began at the same time that broadcasts started. The early color television receiver's picture was too dark, and further development was aimed at improving the CRT's luminosity. Sufficient brightness was achieved by developing a fluorescent substance and a black matrix that were applied in the CRT.

During the period from the 1960s to the 1970s, transistors and ICs were developed, and the television industry of Japan struggled to replace vacuum tubes with these smaller elements. This required much effort, time, and money. Owing to this effort, the industry achieved superior product performance and reliability, lower cost, and higher productivity, and surpassed the U. S. television industry. As a result, they achieved the status of number one in the world.

The television environment changed bordering on the 1980s, progress was achieved in sophistication, higher-definition, and bigger screens for the television receiver. Moreover, regarding broadcasting format, this period saw the beginning of multiplex broadcasting, teletext, and satellite broadcasting. In addition, Extended Definition TV (EDTV) and a new system, Hi-Vision, were further developed with technology from Japan.

■ Profile

吉野 章夫 *Akio Yoshino*

国立科学博物館産業技術史資料調査主任調査員

昭和41年3月	電気通信大学電子工学科 卒業
同年4月	日本ビクター（株）入社 主としてテレビ技術部、テレビ研究所にてテレビ受像機、ハイビジョン受像機、PDPテレビの開発設計を担当
平成11年4月	技術開発本部にて新ディスプレイの研究開発を担当
平成14年8月	日本ビクター（株）を定年退職
平成15年4月	国立科学博物館 主任調査員

■ Contents

1.はじめに.....	181
2.テレビ開発期と開発空白期(1925～1945) ...	182
3.テレビ放送開始からテレビが一家に1台の時代へ (1945～1980).....	191
4.テレビが変わる時代(1980～2000)	206
5.まとめ——デジタル放送時代、大画面薄形テレビ 時代への幕開け(2000～).....	220
6.あとがき.....	222

1 | はじめに

テレビ技術は大きく分けると、送る側の送像技術と受ける側の受像技術に大別出来る。今回は受像技術に焦点を絞り、特にテレビ受像機を中心にしてまとめた。ただし投射形テレビ受像機、小形受像機には言及していない。結果としてブラウン管テレビ受像機が中心となった。又戦前の開発初期の段階では、送像側、受像側一体となって開発が進められており、送受一体として扱った。

テレビは遠くの出来事を見たいという「無線遠視法」の発想からスタートした。「家に居ながらにして歌舞伎を楽しみたい」という夢の実現に向けて開発を進め、当初は数センチ角の薄暗いほやけた「歌舞伎座」しか実現できなかったが、最近では50インチの「歌舞伎座」が映し出されるまで「夢」が実現した。又「この夢を一人でも多くの人に与える」ためにテレビは大きな産業に発達してきた。この夢の実現の過程を、時代を3つに分けて時系列的に辿る事とした。

- ①テレビ開発期と開発空白期（1925～1945）
- ②テレビ放送開始からテレビが一家に1台の時代へ（1945～1980）
- ③テレビが変わる時代（1980～2000）
- ④まとめ——デジタル放送時代、大画面薄形テレビ時代への幕開け

戦前を1つの時代とし戦後は2つの時代に分けた。1970年代から1980年代にかけて、社会の動き、テレビを取巻く環境が変化した。またこの年代以降新しい放送方式が幾つか登場した。そこで1980年を時代の区切りとして3つの時代区分とした。

テレビ受像機は放送方式の動向に大きく依存し、その対応受像機の開発は大きなテーマの1つである。このため放送方式の変遷の過程も受像機の開発とあわせて記述した。

又テレビ技術の発達過程を、技術史的に忠実に辿るというよりも、むしろテレビ受像機の開発に於いて、ある重要な技術開発が、社会状況、社会変化とどう関係していたか、他の技術との関連はどうであったか等の「技術の系譜」をより重視した。

3つの時代区分を各章で表し、夫々第1節は「時代背景とテレビ開発の概要」を述べ、ここでは出来るだけ専門用語を使わずに、その時代のテレビ受像機開発の概要がつかめる形とし、第2節は詳細を説明した。2節の1部に方式及び受像機の基本説明を加え、専門外の人の一助とした。さらに必要なものは付録に加えた。

2 | テレビ開発期と開発空白期(1925~1945)

2.1 時代背景とテレビ開発の概要

日本ではラジオもまだ放送されていない1923 (T12)年に浜松高工(後の静岡大)の高柳健次郎がテレビ開発をスタートした。当時世界でもテレビ研究の動きがあったが、ほとんどは機械式(機械式走査方式)テレビであった。高柳は将来のテレビは複雑な映像を映す必要があり機械式では限界があると考え、電子式(電子式走査方式)に的を絞って進める事とした。受像側は当時物理実験で測定器として使われていたブラウン管が重要なヒントを与えた。当時のブラウン管はガス放電により電子を発生させるもので、光のスポットも大きく、光の強弱も制御出来ないものであった。しかしこのブラウン管を手がかりにテレビ受像用ブラウン管の原型を開発し受像側に用いた。送像側はアイデアはあったが実現手段が見出せなかった。そこで受像側を電子式、送像側はニポー円板を使用した機械式の折衷式でスタートした。こうしてスタートした世界最初の電子式テレビは1926(T15)年「イ」の字をブラウン管上に映し出した。その後改良を重ね1928(S3)年には人の顔などを映し、男女の区別ぐらいは可能となるまでになる。人物の顔の伝送に成功したが、明るさの改善が大きな課題であった。明るさ改善のためのブラウン管の改良により現在のブラウン管の原型となる多極、高真空ブラウン管を発明した。こうしたブラウン管、広帯域増幅器等の発明、改良により1931(S6)年には走査線100本、毎秒20枚という精細な映像を映出するレベルとなり、受像側に関しては相当のレベルにまで達した。

一方機械式は早稲田大学の山本忠興、川原田政太郎が1926 (T15)年に研究を開始し、ニポー円板、ワイラー鏡車を用いる方式で、1.5m角の大画面受像に成功している。また電気試験所の曾根有は飛び越し走査方式を発明し、大画面受像に成功している。しかし一時本命視された時期もあったが、アイコノスコープの登場によりその座を電子式に譲ることとなる。

1933 (S8)年に電子式にとって重大な転機が訪れた。米国のツボルキンがアイコノスコープを発明し、全電子式テレビの道が開けた。このアイコノスコープの「蓄積方式」は日本の「積分方式」と同じアイデアであったが、実現手段で先を越された。2年後の1935 (S10)年日本でもアイコノスコープの試作に成功し、走査線220本、毎秒像数20枚の全電子式テレビが誕生

した。その後改良を重ね1937(S12)年には走査線441本、毎秒30枚の高精細度の画像が得られるようになった。

1937 (S12)年に幻となる東京オリンピックの開催が決まると、NHKを中心にテレビ放送をおこなうためのテレビシステムの開発が全力で進められた。オリンピックは中止されたがテレビ開発は続けられ、その結果現在の525本方式と比べてもそれ程遜色のない441本方式の暫定標準方式テレビシステムが世界の第1級の水準で完成した。

オリンピックに向けてテレビの暫定方式が決まると、放送の準備の進展に呼応して各メーカーは、受像機の実用化、商品化に向けた開発を開始し、試作を完了した。

1941 (S16)年に時局緊迫のため日本のテレビ研究は中断され10年の開発空白期に入る。

この戦前のテレビ開発期時代に、日本において全電子方式のテレビ研究が世界に先がけて行われ、受像管及びその周辺回路及びビデオ信号伝達回路等、今日のテレビの基礎的技術が創造、開発された。

2.2 テレビ開発期の沿革^{(1)~(11)}

(1)「イ」の字が映し出されるまで

今のテレビの原型となる電子方式は1923 (T12)年に日本とアメリカで同時期に研究が歩み始めた。日本では高柳が、アメリカではツボルキンがお互いに全く相手のことを知らずに電子方式を選びテレビ開発をスタートした。

これ以前にテレビに関しては、欧米では円板を回す方式のニポー (1878)、プリズム鏡車を回す方式のワイラー (1889)等の部分的な成果もあった。この当時でも1925 (T14)年にはイギリスのベアードがテレビジョンの実験に成功し、日本では1926 (T15)年には早稲田大学の山本、川原田が機械式の研究を開始するなど、テレビ研究に対する動きが出てきた。しかしこれらは全て機械式で進められていた。尚ベアードは機械式のテレビで名をなす人で、送受共にニポー円板を用いた方式で、最初に十字架を映し出し、その後1929年にはBBCから実験放送を行なうまでになる。

⁽¹²⁾ここでテレビの原理について簡単に触れてみたい。

図2.1は送信側の概略系統図である。送ろうとする光の像はテレビカメラによって電気信号に変えられる。このカメラの中には光を電気に変換する撮像管があって、この部

分で光の像はその各部分の明暗に応じた電流（映像信号）に変えられる。この電流は映像増幅器で増幅された後、送信機に送られる。送信機では電波として発射するのに使用する高周波電流をあらかじめ発生させておき、送られてきた映像信号によってこの高周波を変調（振幅変調）する。この変調された高周波電流はアンテナに送り込まれ、アンテナから信号電波として発射される。テレビで重要なことはカメラで作られた映像信号は、これを受信した場合うまく画像に再現されなければならないので、カメラでは受信画面の組み立てに便利のように光の像を規則正しく分解しながら映像信号に変えてゆき分解の状況を示す信号（同期信号）を一緒に送る。

次に図2.2に受信側の概略系統図を示す。アンテナで受信した信号電波は高周波増幅器で選択増幅し周波数変換器で中間周波数に変換する。映像中間周波数は増幅検波されてカメラで作られたと同様な映像信号として取り出され映像増幅器で増幅してブラウン管に加えられ、ここで電気を再び光に変えて光の像を再現する。ブラウン管で映像信号を光に変えて送られてきた映像を再現させるのには、映像信号と一緒に送られてきた同期信号を利用してブラウン管の偏向装置を制御し、送信側で行なわれる光の像の分解状態の逆の形で映像を組み立てて再現する。

以上テレビの送信、受信について極めて荒みちすじについて説明した。テレビの原理を理解するためにはもう少し細かい説明が必要であり、巻末の付録に画素、走査線数、偏向、同期等について簡単な補足説明を追加した。

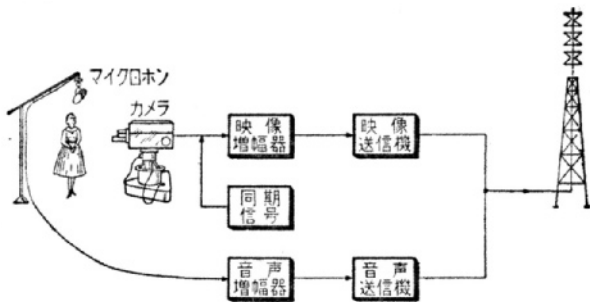


図2.1 テレビ送信側概略系統図

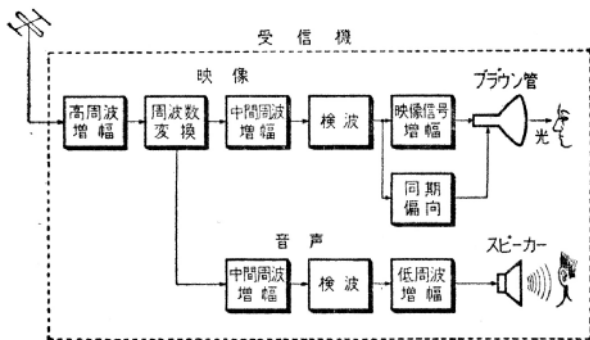


図2.2 テレビ受信側概略系統図

以上はテレビ放送開始後の放送局も含めた全体のテレビシステムについての説明であるが、初期のテレビ開発の足跡をたどるには全体のテレビシステムの中の根本原理の部分に注目する必要がある。それを高柳著「テレビ事始」から引用してまとめると、次の4つの段階に分けられる。図2.3を参照して

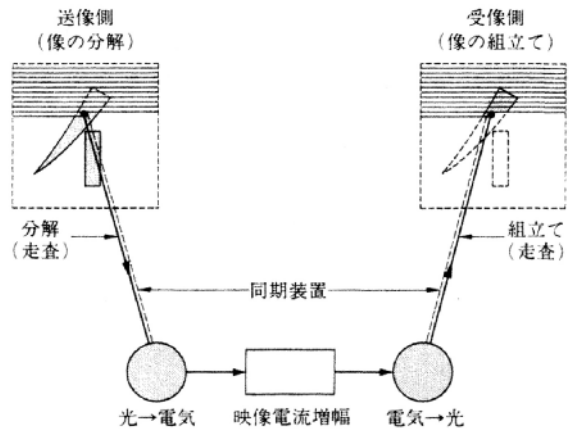


図2.3 テレビジョン原理図

- ① 第1は実際の光景をカメラなどに映し出しその映像（光）を電気に転換すること。
- ② 第2にその電気を再び光に転換させて画像として目に見えるようにすること。
- ③ 第3に転換された、あるいは転換すべき電気を強くする、すなわち増幅すること。
- ④ 第4に、第1の撮像と第2の受像に共通して、あるいはそれらをつなぐものとしての、画の分解と再組み立て走査（スキャンニング）と同期。

以上の如くテレビは送信側で2次元の平面像を1本の線に分解し、受信側で送られてくる1本線を平面像に組み立てていくことを行なっている。即ちテレビ信号は「一本の線」で出来ているのである。この①～④についてさまざまな開発が行なわれていく事となる。

1923年にテレビ開発を志した高柳は当初鏡を利用したネジリ鏡（注）の様なアイデアも考えている（注：図2.4テレビの根本原理④の画の分解と再組み立て走査を解決するためのアイデアである。詳細は略すが図

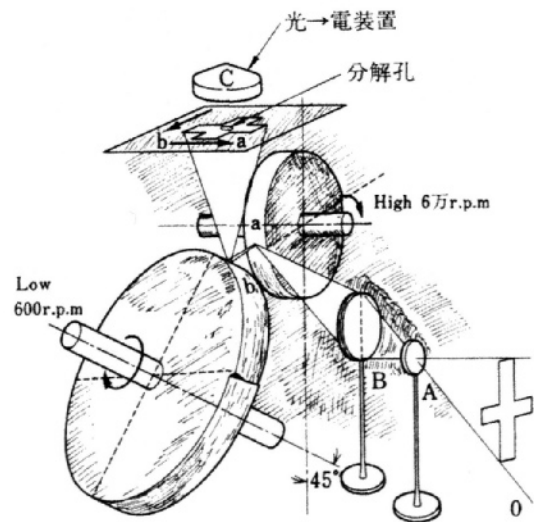


図2.4 ネジリ鏡のアイデア（送信側）

2.4のa,bの車は表面が鏡で傾斜をもたせてある。車を回転することで鏡の角度が変わるから像が揺れる。揺れる像を固定した小さな穴；分解孔を通せば像を分解できる。aを早く、bをゆっくり回して水平、垂直に像を分解する。

しかし鏡を利用する方法にしろ円板を利用する方法にしろ、将来複雑な映像を出すためには、機械的な方式ではどうしても限界がある様に思えた。機械的な方式に代わるものとして真空の中を走る電子=陰極線に注目し、この利用を考えた。受像側は当時物理実験で測定器として使われていたブラウン管と呼ばれた真空管が重要なヒントを与えた。送像側(テレビの原理①)のカメラから入ってきた光の情報を電気の情報に変換する手段として、当時発見されていたセレンウムの光電効果を利用することを考えた。送受両方とも実験の手掛かりさえつかめず困難を極めたのだが、受像側だけはなんとかめどが立った。しかし送像側はアイデアは固まったものの試作に失敗した。当時の日本の工業力(材料技術、真空技術等)では試作を成功させるまでには至らなかったのである。ここで半歩下がって送像側はニポー円板を使用した機械式で進めることとした。こうして日本のテレビ開発は送像側を機械式、受像側を電子式の折衷式でスタートした。こうしてスタートした世界最初の電子式テレビは1926年(T15)「イロハ」の「イ」の字をブラウン管上に映し出した。その後「偏向同期」、「映像電流増幅器」の改良を重ね1928(S3)年には人の手及び顔などを伝達して、男女の区別ぐらいは可能となるまでになった。(写真2.1「イ」の字)(写真2.2人物)



写真2.1 左：雲母板上に書かれた「イ」の字の被写体
右：映像のスケッチ



写真2.2 上：被写体 下：受像画面

この当時の電子式(折衷式)テレビについて簡単に説明する。

図2.5に示す様に送像側にはニポー円板を使用した。円板の周りに画像取り込み用の小さな穴が渦巻き型に40個配列してあり、円板の回転と共に像を分解走査するための走査孔(画像孔)がある。被写体の像は円板上のハッチの部分(28×32mm)に結ばれ円板の回転にしたがって40本の走査線に分解される。走査孔を通

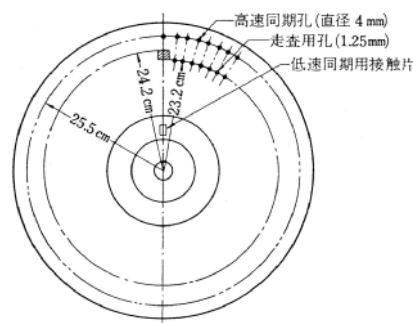


図2.5 ニポー円板

た光は光電管に取り入れて映像電流に変換する。1つの孔が走査線1本に相当し、円板を1回転することにより走査線40本の画像を取り込む。1秒間に円板を14回転させ毎秒像数を14枚とした。走査孔の外側、円板の最外周の同一円周上に40個の高速同期孔(水平同期用)があり、走査孔の内側に1個の低速同期孔(垂直同期用)があり、この2種類のパルスにより送像と受像の映像を同期させることとした。(図2.6最初のテレビ実験)(図2.7フライングスポット方式(注)により人物像を写した送受システム)

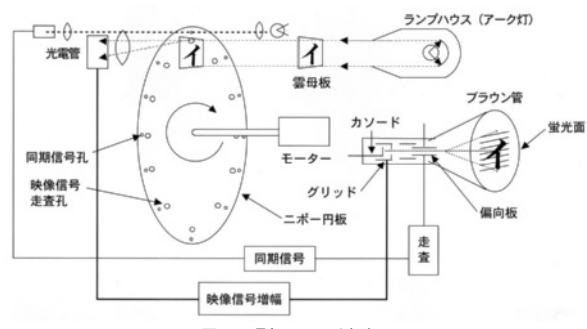


図2.6 最初のテレビ実験⁽⁸⁾

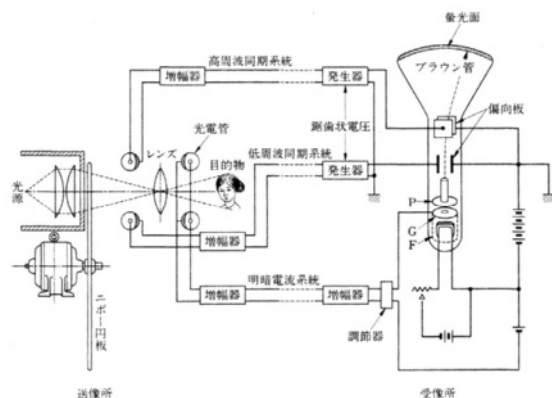


図2.7 フライングスポット方式による送受システム

次に受像側であるが映像信号増幅器で増幅しブラウン管のグリッドに加えられる。同期用パルスはのこぎり波電圧に変換されて高速度のこぎり波電圧はブラウン管の横軸方向用の偏向板に加え、縦軸方向の偏向板には低速度のこぎり波電圧を加えた。

(注：被写体の上に光の点を走らせて反射光線を作り、それを光電管で受ける方式)

(2) 受像機が開発されるまで

[受像機用ブラウン管の原型が出来るまで]

以上電子式テレビの全体像をみてきたが、次に電子式テレビの受像側の核となるブラウン管についてその原型が出来るまでをみてみたい。

当時物理実験で測定器として使われていたブラウン管と呼ばれた真空管が重要なヒントを与えた。真空の中を走る電子=陰極線ならば、外からマグネットや電圧をかければ上下左右、しかも瞬間的に、自由自在に動かすことが可能だと考えた。

このブラウン管はドイツのブラウンが1897年に物理の測定装置として発明したものである。

空気を抜いた管の中に金属の板を2枚並べ、その間に高い電圧をかけると放電が起きる。そのとき管の中の真空度が低くガスが残っていると、放電が起きたあたりのガスが電離されて、電子が飛び出る。電子はマイナスだから、陽極の方へ走っていく——陰極線が発生する。陽極に穴をあけておくと電子はそれを通り抜けて、前面にあるガラス板に当たり、そこに塗られた蛍光物質を光らせる。そしてその電子が走っていく途上に磁石をおくと、陰極線が曲がって、光の位置も変わる。その変化量を測って、電気量と質量の比を調べる実験装置である(図2.8)。

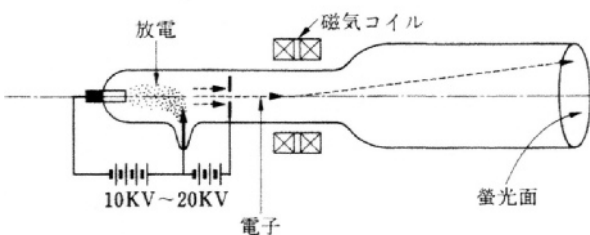


図2.8 ブラウンの発明したブラウン管

しかしこれでは光のスポットも大きく、光の強弱も制御出来ず、テレビとして使う代物ではなかった。ここからテレビ用ブラウン管としての開発がスタートする事となる。受像用ブラウン管の第1号は図2.9の様のものであった。

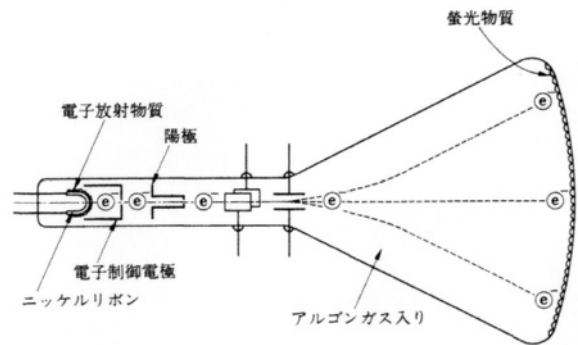


図2.9 受像用ブラウン管の第1号

まず電子の発生であるが、ガス放電による電子の発生ではテレビのような繊細な絵を描く事は出来ない。ガス放電のパルス電圧でなく、直流の一定電圧をかける必要がある。ガス放電のコールドエミッションでなく、ホットエミッションを使う必要がある。

次に蛍光面で光を小さなスポットにする必要がある。当時はまだ静電・電磁フォーカスのアイデアはなく、ブラウン管の中を完全な真空ではなくわざわざアルゴンガスを少し入れたガスフォーカス^(注)によるフォーカシングを採用している。

第3は制御の方法である。陰極と陽極の間に電子制御電極を入れて、陰極で発生した電子のうち陽極に向かうものの量をここでコントロールすることにした。これで明暗を変化させた。

こうして1928(S3)年にテレビ受像用ブラウン管の現在のものの原型が出来た。

(注：ブラウン管の中にアルゴンガスを入れると陽極を通り抜けて走ってきた電子がアルゴンの原子に当たるとそれから電子が放出され、そこに陽イオンが残る。次にきた電子は、広がっていかうとしても、陽イオンがあるからそこに引きつけられて拡散できず、集中する。こういう原理を利用して小さなスポットを作ったのである)

[現在のブラウン管の原型となる多極、高真空ブラウン管の発明]

1928(S3)年に人物の顔の伝送に成功したが、その時点の電子式テレビはまだ幼稚であった。画面は5センチ角位で、部屋を暗くしなければ全く見えず、電灯を点けるとその明るさでブラウン管の画はすっかり消えてしまった。この改善が、当面の最大の課題となった。

この改善のためには、まずブラウン管の改良が必要であった。

この時期機械式テレビの研究は本格化し、画も良くなりどんどん進歩していた。映された映像だけ見ると、電子式テレビはとても太刀打ちできないという感じであった。

ブラウン管の明るさを上げるために色々実験してみると、ブラウン管の陽極電圧を上げるとその2.5乗位に比例して画が明るくなることがわかった。それまでの陽極電圧は240Vであった。この電圧はガスフォーカスのためにアルゴンガスを入れた場合に、フィラメントを断線させずに使用する限界の電圧であった。アルゴン原子に電子が衝突し、発生する陽イオンが陰極に吸い寄せられて衝突しフィラメントが断線する。そこでまずブラウン管を高真空にして、高電圧でもフィラメントが切れないようにして、そのかわりアルゴンガスを使わずに焦点を絞れるように、フォーカシングの方法を変更することとした。フォーカシングの方法は電子が飛び出していく途中で静電レンズとか磁気レンズを置いて電子の拡散を絞り込むというアイデアを考えて変更した。こうして高真空ブラウン管の考え方が確立した。陽極電圧を上げるためにもう1つ懸案事項があった。従来の陽極、陰極、制御用電極（グリッド）の3極構造ではグリッド電圧は陽極電圧の約100分の1の電圧が必要であった。陽極を2000V、又将来予測される20000V位に上げるためにはグリッド電圧は20V、200Vが必要となる。これは普通の真空管の増幅能力ではとても追いつけない電圧であった。この解決法として第4の電極、補助電極をおいて、これに200~300Vの電圧をかけることを考えた。これによりグリッド電圧は従来どおりの2~3Vで制御可能となった。こうして現在のブラウン管の原型となる多極・高真空ブラウン管は発明された（図2.10）。

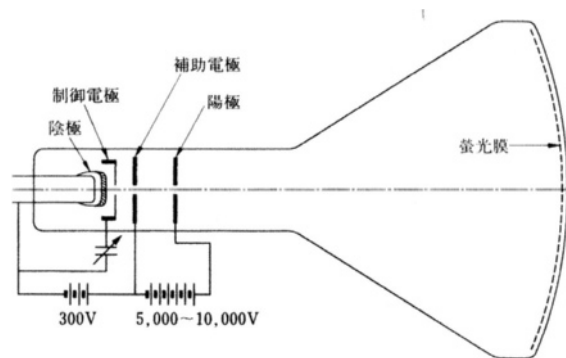


図2.10 多極・高真空ブラウン管

〔テレビ受像機回路の主要技術の開発〕

テレビ受像機の回路に関連する主な要素技術である電磁偏向、広帯域増幅器、帰線消去法、高圧電源の技術が1931（S6）年~1932（S7）年にかけて次々と開発された。これらほとんどの基本原理は現在の受像機でも使われている。

●電磁偏向

電子ビームの偏向には当初は静電偏向が使われていた。静電偏向は偏向角が小さい時は電界の均一性が比較的得られやすく利点があるが、偏向角が大きくなり、アノード電圧が高くなると、偏向量がアノード電圧に反比例する静電偏向は、アノード電圧の平方根に反比例する電磁偏向に比べ不利となる。1928（S3）年頃から高低両速度走査の一方から用いられ、1931（S6）年以降の実験には全て電磁偏向が用いられた。現在のテレビ受像機は全て電磁偏向であるが、その基礎技術はこの時確立された。写真2.3は1932（S7）年頃の初期の偏向コイルである。

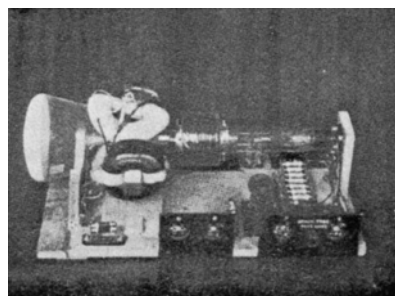


写真2.3 小形ブラウン管偏向装置

●広帯域増幅器

映像の精細度をあげるためには広い周波数範囲にわたって増幅してやらなければならない。この増幅には抵抗増幅器が使われていた。しかし抵抗増幅器を用いると高周波部分で増幅機能が落ちた。その原因を追求すると、今でこそ回路技術の常識になっているが、抵抗増幅器の回路には漂遊容量（ストレイ・キャパシティ）があって、これが高い周波数の増幅を妨げていた。即ち周波数が高くなると、電流は陽極抵抗をバイパスして流れ抵抗値が下がったようになって、せっかく高い抵抗値によって高い増幅度を得ようとしているのに、増幅度が下がる。このストレイ・キャパシティの影響を受けないようにするには抵抗値を思い切って低くした。増幅度は下がるが、増幅可能な周波数範囲は伸びる。増幅度が低くなった分は増幅器の数を増やし多段階にし、合計の増幅度を大きくして解決した。

●帰線消去法

電子ビームをのこぎり波電流で偏向する場合、戻りの期間にもブラウン管が光ってしまう。この帰線を消去する方法として帰線の期間だけ負のパルスブラウン管のグリッドに加えて、電子ビームをカットするやり方で帰線を消去した。

●高圧電源

高真空ブラウン管に改良されて陽極電圧に2000Vが印加される。その高圧電源には1.5Vの乾電池を多数直

列に接続して使用していた。このため受像機の大部分は高圧電源用の乾電池が占めていた。これでは家庭用受像機として実用化にはほど遠いものであった。そこで家庭用の100Vの電圧をトランスで昇圧し、真空管を用いて整流し直流の高圧を得る様にした。もし電極に人間が触れても弱いショックしか受けないように、リーケージインダクタンスを多くもたせたり、数Mオームの高抵抗を挿入している。この開発は1932(S7)年で、この頃にはテレビの実用化を視野に入れていた。

こうしたブラウン管、広帯域増幅器等々の発明、改良が進み1931(S6)年には走査線100本、毎秒20枚という精細な映像を映出するレベルとなる。さらに1932(S7)年に周波数7.2MHzの電波を使用した実験放送が出来るところまで進み、こと受像側に関しては相当のレベルまで達した。

(3) 日本における機械式テレビの開発

日本の機械式テレビ開発の概要を記す。簡単な説明と写真の紹介にとどめ、詳細は文献(2)(5)等に譲る。早稲田大学の山本、川原田は1926(T15)年に機械式のテレビの研究を開始した。1930(S5)年には1.5m角の大画面受像の公開実験に成功した。送像はニポー円板を使用し、受像はワイラー鏡車(注)を使用する方式で、走査線数60本、毎秒像数12.5枚で、垂直走査(垂直;高速、水平;低速)であった。その後走査線数の増加による精細度の向上を行い、1934(S9)年には走査線128本を用いる映画フィルムの送受装置の試作に成功した。研究は1937(S12)年頃まで継続された。

一方通信省電気試験所の曾根有は1928(S3)年頃から研究を開始し、1931年にはテレビ実験装置を試作し走査線1本おきの飛び越し走査方式を発明している。1932(S7)年には簡便型テレビ装置を試作し公開実験に成功した。60本、14枚の映像である。1933(S8)年には94本、11枚の戸外実景撮像と大画面受像の装置の試作に成功し、世界で初めて受像のちらつきを減らすための飛び越し走査を採用した。

機械式テレビは初期の時代は大画面化が可能で、画質も電子式に比べ良質で本命視され一時代を画したが、機械方式であるが故に画像の精細度には限界があり、アイコノスコープの登場によりその座を電子式に譲ることとなる。(早稲田大学式:国立科学博物館所蔵。曾根式:通信博物館所蔵)

(写真2.4早稲田大学式回転鏡車) (写真2.5曾根式送像機走査装置)

(注) ドラムの上に沢山の鏡をリング状にはりつけた回転鏡車。

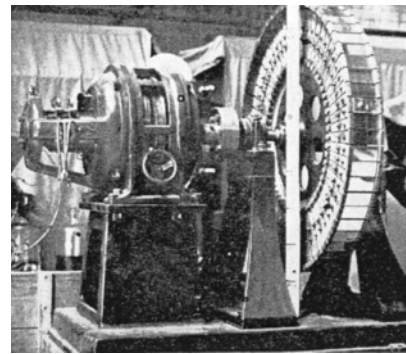


写真2.4 早稲田大学式回転鏡車

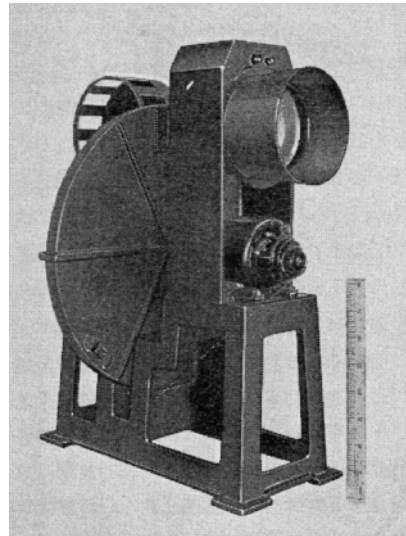


写真2.5 曾根式送像機走査装置

(4) アイコノスコープの登場と全電子式テレビの誕生

1933(S8)年に電子式にとって重大な転機が訪れた。米国RCA社のツボルキンがアイコノスコープという全く新しい撮像管を発明製作し、送受共に電子式のテレビ—全電子式のテレビジョン—の基礎が確立した。これはテレビ技術史の上で画期的な出来事であった。

日本でもセレンの光電効果の利用を考えてスタートした送像側の電子化は色々なアイデアが出され、実験しては試作に失敗していた。1930(S5)年には「積分方式」として高柳が特許申請していた方式はアイコノスコープと全く同じ考え方であった。このアイコノスコープ、積分方式で生み出された「蓄積方式」について簡単に説明する。

それまでの送像方式では、伝送しようとする対象を光電変換装置によって電気信号に変換する時、走査される瞬間にその走査箇所に入射する光量だけが利用されるにすぎなかった。したがって光電変換装置の大きさ(面積)が一定ならば、画素数を増加するに従って利用しうる光量が減少し、高精細度のテレビジョンを伝送することが非常に難しかった。これに反し、蓄積方式では一つの画素が一度走査されてから次の走査

を受けるまでの期間、すなわちフレーム期間内にその画素に入射する光量を光電流に変え、これをコンデンサCに静電エネルギーの形で蓄積しておいて、次回の走査時にこの蓄積された電荷を一挙に放出するようにした。(別の説明をすると;画素ごとにシャッタ付きの微小カメラを考える。従来は走査される瞬間にシャッタを開けて光を取り込む、蓄積方式は走査の瞬間だけシャッタを閉じてリセットをかける。即ち1周期の時間シャッタを開放し、それまで取り込んだ光量を蓄積しておいて全てを利用する)

この様に1周期の時間、電荷を蓄積することにより映像信号出力は画素数に無関係となり、従来の画素数増加により利用光量が減少する欠点が改善され、強い照明なしに画素数の多い精細な映像を伝送しうる可能性が示された。

しかしこの案を実現するためには陰極線管内に多数の光電管を互いに絶縁して収容し、蓄積容量Cをどの様に具体化するかという点にポイントがあった。アイコノスコープはRCAのEssigの考案したモザイク(微小光電管;注)の巧妙なアイデアでこれを実現した。(図2.11はアイコノスコープ、図2.12ターゲット構造の拡大図)彼我の工業力の差が出た。

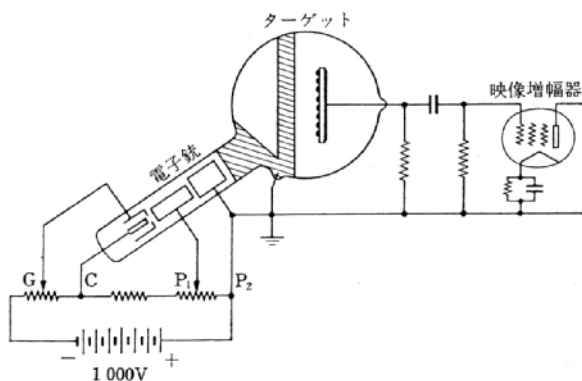


図2.11 アイコノスコープ

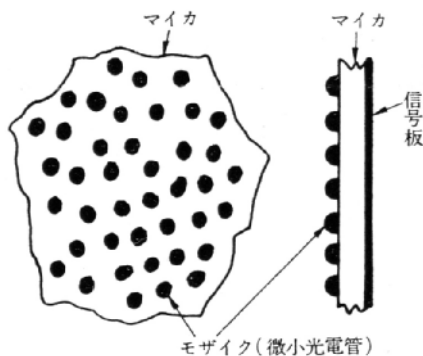


図2.12 アイコノスコープ・ターゲット構造の拡大図

(注:マイカの一面に薄い銀膜或いは酸化銀膜を作り、これを加熱して無数の銀微粒子を得る。これを酸化し、セシウムで被覆して、互いに絶縁された無数の小さい光電面を作る。さらにマイカ板の裏面に金属膜を蒸着して、これと光電微粒子との間に静電容量Cが作られ電荷を蓄積する事が出来る)

米国でのアイコノスコープ開発から2年後の1935(S10)年に日本でも浜松高工と東京電気でアイコノスコープの試作に成功した。この試作成功により名実共に全電子式テレビが日本で誕生した。走査線220本、毎秒像数20枚であった。

その後改良を重ね1936(S11)年には走査線245本、フィールド周波数60Hz、フレーム周波数30Hzの飛び越し走査方式も採用している。さらに1937(S12)年には走査線441本、毎秒30枚に改良され今日のものに匹敵する高精細度の画像が得られるようになった。

(5) 東京オリンピックに向けてのテレビシステムの完成

当時の欧米の状況をみると、イギリスではBBCが1936(S11)年にアイコノスコープ方式と機械的送像方式(ベアード方式)を併用してテレビジョンの正式放送を開始した。(翌1937(S12)年に機械式は中止して電子式に1本化)アメリカでは1936(S11)年にRCAとNBCとの共同のテレビ実験放送が開始されている。ドイツでは1935(S10)年に機械式でテレビの正式放送を開始し1936(S11)年には電子式でベルリンオリンピック大会で史上初めてテレビ実況放送を行いナチスドイツの国威発揚に効果を発揮した。

一方日本でも技術的にはいつでもテレビジョン放送を行なうことが出来る状態になっていた。1937(S12)年に次回オリンピックが1940(S15)年に東京で開催されることがきまり、ベルリンオリンピックでのテレビ実況中継の成功を受けてテレビジョン実用化の動きが急速に高まってきた。

NHKではオリンピックのテレビ放送実施を決め、そのテレビ方式として5団体(注:当時日本でのテレビ研究は早稲田大学、電気試験所、東京電気研究所、浜松高工、NHK技研5ヶ所で早稲田大学と電気試験所は機械式で東京電気研究所と浜松高工は電子式を採用していた)の中から浜松高工方式の採用を決定した。オリンピックに備えてNHKでは技術研究所のテレビ研究部門を強化するため、1937(S12)年に浜松高工から高柳健次郎他十数名のテレビ研究員を迎えた。

テレビの技術は出来上がっているとはいえ、それは基本的な受像管と撮像管の部分だけである。超短波の

電波を使って放送するために、その送像、中継および受像装置を含むテレビ放送システムを開発する必要がある。以降NHK技術研究所を核としてテレビ放送開始に向けて開発が進むこととなる。

1937(S12)年(委員長：梶井剛、委員は高柳も含め23名)にはオリンピック放送実施のためにテレビ調査委員会が組織された。この委員会では我が国で採用すべきテレビ放送の暫定標準方式を決めた。表2.1に各国の標準方式と比較して示す。

表2.1

事項	国名	日本	英国	米国	ドイツ	フランス
走査線数		441	405	441	441	455
走査線の有効率		95%	95%	90%	95%	96%
有効走査線数		419	385	399	419	419
走査線長の有効率		85%	84.5%	90%	89%	90%
走査方式		水平走査 左より右へ 上から下へ 飛越(1本) 奇数方式	左 間	左 間	左 間	左 同
縦横比		4:5	4:5	3:4	5:6	4:5
毎秒フィールド数		50	50	60	50	50
毎秒像数		25	25	30	25	25
変調方式		振幅 正変調 直流分を含む	左 同	振幅 負変調 直流分を含まず	振幅 正変調 直流分を含む	左 同
映像搬送波		45 MHz	45 MHz	41.25 MHz	47.8 MHz	46 MHz
音声搬送波		41.5 MHz	49.75 MHz	45.75 MHz	45 MHz	42 MHz
映像最高伝送周波数		2.72 MHz	2 MHz	4.5 MHz	2 MHz	2.5 MHz
同期信号振幅		30%	30%±3%	20%以上	25%~30%	30%
側帯波		両方	両方	単側帯波	両方	両方
開始の時期		1941	1936	1939	1938	1938

しかしちょうどその頃日本を取り巻く国際情勢は極度に緊張悪化してきており、1938(S13)年にはオリンピックの開催自体が返上された。しかしテレビジョンの実用化への動きはそのまま続き、NHK技術研究所に研究用として建設中であったテレビ実験局が完成し1939(S14)年5月に初めて本格的なテレビジョンの試験放送が開始されることとなった。以後この実験局による試験放送が継続的に実施され、又機会あるごとに各種の催し物での実験公開が行なわれた。その結果一般国民のテレビに対する認識が高まり、又試験放送も重ねるにつれて送像装置、受像装置も進歩した。

〔当時の受像機の開発状況〕

オリンピックに向けてテレビの暫定標準方式が決まり、放送の準備が着々と進められる中、これに呼応して今まで受像機の研究開発を行なっていた各メーカーは、受像機の実用化、商品化にむけた開発を開始した。1939(S14)年から1941(S16)年にかけてNHK、メーカー共催のテレビ送受の公開実験及びテレビ実験電波を使った受像公開等が行なわれ、各地で好評を博し大変な人気であった。この公開実験にはNHK、東芝(東京電気)、日本電気、日本ビクター、松下電器、日本コロムビア各社が暫定標準方式に則った受像機を試作公開している(公開写真2.6)(受像機写真2.7、2.8)。



写真2.6 受像公開実験の様子(1939年)

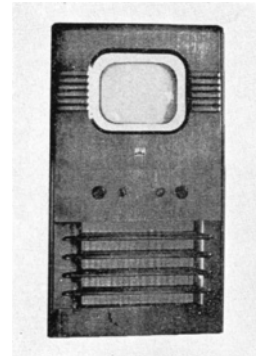


写真2.7 直視形受像機

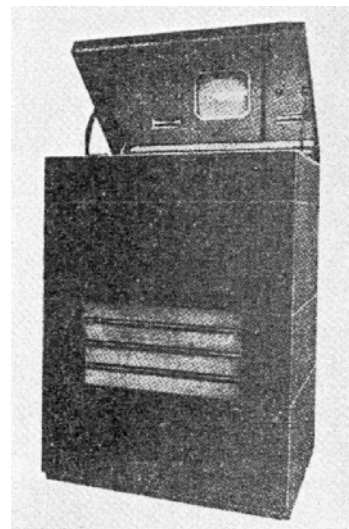


写真2.8 反射形受像機

〔当時の受像機〕

ブラウン管は30cm(12インチ)又は25cm(10インチ)の丸型で蛍光体の発光色は白色とは言え、黄色を帯びたもので、残光の長いものもあった。偏向は電磁型で、集束には静電式と電磁式が用いられていた。又イオンスポット(蛍光面のイオン焼け)を防止する方法が施されていなかったため、寿命は短かった。ブラウン管の偏向角は30度程度で、この為全長が長くなりブラウン管をキャビネットに垂直に取り付け、上部に45度傾斜した鏡を取り付けて見る反射型の受像機(放送博物館所蔵)も試作された。当時のテレビ方式は走査線441本、毎秒像数25枚、水平周波数11.025Hz、垂

直周波数50Hz、映像正変調、音声AM変調という暫定標準方式であった。

図2.13にNHK試作の受像機の真空管系統図を一例として示す。使用ブラウン管は12インチ、偏向角40度、ネック径5cm、全長70cm又使用真空管は20本で特に高周波増幅管、水平偏向出力管、ダンパー管はまだまだ十分な性能が発揮できなかった。また当時映像は正変調方式を採用したため点火栓雑音等は白点になり目立った。

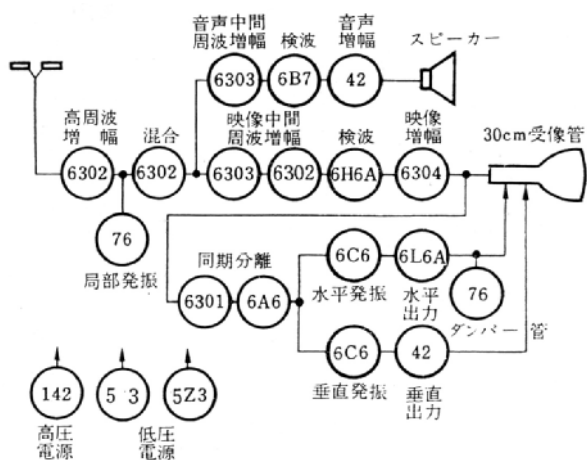


図2.13 戦前試作した受像機の真空管系統図の一例

1939(S14)年に始まった試験放送は1941(S16)年6月まで続いたが、時局緊迫のためついに中止となる。これと同時に日本のテレビ研究は中断され開発空白期に入る。

この時代の資料の保存状況については、次の主要機器が博物館、記念館に保存されている。

●高柳、浜松高工式：最初の「イ」の字の装置は「イ」の字を書いた雲母板が高柳家にあるが、全体の装置は存在しない。復元したものが放送博物館、日本ビクターにある。静岡大高柳記念館に、当時の部品の一部と装置、施設の写真が存在する。

●早稲田大学式：国立科学博物館

●曾根式：通信博物館

●反射型受像機：放送博物館

●直視型受像機：通信博物館

3 | テレビ放送開始からテレビが一家に1台の時代へ (1945~1980年)

3.1 時代背景とテレビ開発の概要

戦後GHQによるテレビ研究禁止が解除されると、日本でもテレビ放送をスタートするために標準方式が検討された。この標準方式決定の過程で論争があり、戦前世界の第1級のレベルでテレビシステムを開発していた研究者からは日本独自の方式にすべしとの主張もあったが、結局米国と同じ標準方式に決定し、1953年我国で初めてテレビ本放送がスタートした。

戦中戦後約10年のテレビ開発の空白期間は重く大きなもので、この間米国は着実に開発を続け、ブラウン管の明るさを大きく改善したメタルバック技術をはじめ、戦前課題となっていたいくつかの問題が解決されていた。

戦後アマチュアの受像機製作意欲は盛んで、アマチュア向けの組み立てキットも多くのメーカーから販売された。さらにNHK技研と部品メーカーとの間で〔テレビ部品研究会〕が結成され、優秀な部品、キットが市場に出るようにしたバックアップの動きもあった。

1950年に実験放送がスタートすると同時に受像機の開発も活発化し、1953年の放送開始前後から商品化が開始された。受像管は当初は輸入品を使用し、国産の量産は1954~1955年にかけて活発化する。受像機は税制上の優遇措置から14形が主流となる。1956年頃メタルバック技術が導入され明るさが倍増した。1950年代後半にAFT（自動ファインチューニング）、ABC（自動輝度調整）搭載受像機が出現し使い勝手も向上した。1955年には神武景気が始まり、「三種の神器」ともてはやされ、放送開始後5年で100万台/年産を突破した。

カラー放送は方式が白黒放送と両立性を保ったNTSC方式に決まり、白黒放送開始7年後の1960年に放送開始した。放送開始と前後して、各社からカラー受像機が発売されたが、受像管は輸入品が中心で、一部国産の17形受像管が使われた。この国産17形受像管はNHK技研を中心に受像管、部品メーカーで構成された「カラー受像管試作委員会」が4年の歳月をかけて研究開発した成果である。

カラー受像機は当初価格も高く、高規格マイクロ波中継回線が未完成ということもあり、放送局数も少なく、普及は進まなかった。1964年の東京オリンピックを機に我国のカラー受像機の国内普及も軌道に乗り始めた。1965年に19形受像機が登場し、その後の主力モ

デルとなる。

当初のカラー受像機の課題は絵が暗いことで、その原因はシャドウマスク方式受像管の輝度不足であった。輝度の向上をめざして、まず蛍光体の改良が行われた。当初硫化物—珪酸系の蛍光体が使われたが、1961年に硫化物蛍光体が開発され、1964年にはさらに発光効率の高い希土類蛍光体が開発され、蛍光体としてはほぼ現在のものに近いものとなった。受像管の輝度向上はさらに続き1970年のブラックマトリックス管の開発により白黒受像管のレベルを越えて十分な明るさになった。

シャドウマスク方式の輝度不足の原因はもう1点あり、電子ビームの透過率の低い点にある。ソニーはこの点に注目し、ビーム透過率の高いすだれ電極を使ったクロマトロン方式を特許保有の米社と技術契約して、開発を進めた。1965年にクロマトロン受像機を発売したが、満足できるものとならず、新しい受像管方式の模索を続け、トリニトロンを開発し、1968年13形受像機を発売した。

1972年にカラー受像管の基本的な構成を変える重要な開発が行なわれた。電子ビームを従来のデルタ配列からインライン配列に変えたインライン受像管が開発され透過率向上と合せてセルフコンバーゼンスを実現させた。

受像機の半導体化はまずトランジスタ化が、1960年代に白黒小形受像機から始まり、1970年頃までにカラー受像機の大形も含め完了した。1970年代に入るとIC化に取り組み、その集積度を上げていく事となる。この半導体化が、この時代のテレビ受像機開発上の最大の課題であり、最も開発パワーを注ぎ込んだ部分でもある。この半導体化により性能の向上、機能の向上を計ると同時に部品点数を劇的に減少させ、コストの低減、生産性の向上、信頼性の向上を計った。

日本のテレビ産業はこのトランジスタ化、IC化に積極的に取り組んだ事により性能面、コスト面、生産性、さらにきめ細かな品質管理による信頼性の総合力で米国を追い越し世界第1位の地位を築く事となる。またこの時代に当初月給何年分かの価格で、高嶺の花であったテレビを、標準規格化して大量生産により月給1か月分の身近な商品とした。

テレビ受像機の回路設計を絵を描く事にたとえると、偏向、電源回路の設計はキャンパス作りであり、信号処理回路の設計は絵づくりに相当する。この時代はキャンパス作り、絵づくり共に半導体化を通して、

次の時代のシステム化、大画面化、高音質・高画質化に備える基礎作りがなされた。

受像機の操作性に関しては、当初の機械式チューナから1970年代前半に電子チューナが登場し、1970年代後半にはリモコン採用のモデルも増えて操作が容易になった。

3.2 テレビ開発の沿革 (2)(6)(9)(10)(13)~(19)(22)~(42)

(1) 白黒放送開始まで

戦後GHQによるテレビ研究禁止の間、1946年に戦前からのテレビ技術者が集いテレビ開発空白期を取り戻すべくNHKから日本ビクターへ移った高柳は「テレビ同好会」（後のテレビジョン学会）を発足させ、研究者の情報交換や勉強会を行った。このテレビ研究禁止は1946年末～1947年にかけて先ず有線の研究禁止が解除された。1948年には有線ではあるがまず日本ビクターが525本のテレビを公開し、ついでNHK技研、日本コロムビアなどが次々と戦前の装置を改修したものでテレビの公開を始めた。無線による研究禁止も1949年には解除され、試験研究用として1つのチャンネル（現在の3CH）が許可された。1950年にはNHK技研から500Wの出力で実験局の放送がスタートした。この実験放送を利用して送像側、受像側共に放送開始に向けて準備を進めた。1951年頃にはデパートの屋上などに受像機を陳列し、実験の一般公開を行なうなどして、受像機の開発改良を進めると同時に暗い時勢に明るい材料を提供することにもなった。

無線での研究が許可された頃から、テレビ関係者の間では日本でもテレビ放送をスタートすることを考え標準方式が検討された。1952年に標準方式の聴聞会等が開かれ、同年白黒標準方式が決定し、1953年には我が国で初めてテレビ本放送がスタートした。又1950年に電波三法が制定され、民放が誕生した。これによりテレビではNHK、民放がほとんど同時にスタートする事となった。

この白黒標準方式決定に際しては、方式決定までに論争があった。論点は将来のカラーTVへの移行問題で、カラーTV標準方式としてチャンネル幅を6メガ(6MHz帯域幅)にするか、7メガにするかという問題であった。6メガ派は当時米国で開発中であったNTSC式を採用すれば、白黒放送との両立性(コンパチビリティ)が保てるカラー方式が可能となり、米国から放送機器類の輸入も可能との主張であった。戦前世界の第1級のレベルでテレビシステムを開発していた高柳ら研究者の多くは7メガ派で、7メガにチャンネル幅を広げることにより画質も良くなり、我国独自のカラーテレ

ビ方式を開発すると共に、将来の発展性が可能となり、受像機価格も安価に出来、米国からの輸入も防げるとの主張であった。結論は7メガはこれを実証する実験も未実施で、NTSCが当時かなり実験の成績も良好であったことなどもあり、占有帯域幅が経済的で局数が多くとれるということで6メガの原案が採択された。

【新しい日本標準方式】

この方式論争の結果新しく決まった日本標準方式を、戦前の暫定標準方式と比べてみると変更された主要な仕様は次の点である。(カッコ内は戦前の暫定標準方式)

- 走査線数：525本 (441本)
- アスペクト比： 4：3 (5：4)
- 毎秒フィールド数：60 (50) 電源非同期
- 毎秒像数：30枚 (25)

標準方式の主要な規格値は以上であるが、この規格値は現在放送されているものと同じである(一部細かい数値は変更)。基本数値以外の点では、映像変調方式が戦前の暫定方式では正変調方式を採用していたが、点火栓雑音が白点になり目立つ点と、さらにAGCのかけにくさがあり、負変調方式(付録参照)になった。又音声は戦前のAM変調からFM変調になる。映像周波数帯域は戦前の2.75MHzから4.5MHzとなる。水平周波数は11.025kHzから15.75kHzとなった。

ここで毎秒フィールド数(垂直周波数)が電源非同期となった点は我国独自の事情で、電源周波数が東西で50、60Hzと異なっている点から電源非同期に踏み切ったが、世界で初の採用であった。

(2) 白黒テレビ受像機の開発 (20) (21)

ここで開発状況をみる前にテレビ受像機の構成について簡単に説明する。⁽²³⁾

図3.1が白黒テレビ受像機の代表的な系統図である。受像機の回路を大別すると映像受信部、映像再生部及び音声受信部からなる。映像受信部はアンテナからの信号を増幅するチューナから受像管を変調する映像信号出力増幅の部分までである。チューナの高周波増幅で選択増幅し、混合・局部発振回路で中間周波信号に変換される。映像中間周波信号は増幅検波された後、映像増幅器で増幅して受像管に加えられる。また映像受信部分のAGC回路は入力電圧強度が変動しても常に映像信号出力を一定とする役割をはたす。音声受信部は映像検波出力に発生する映像、音声両搬送波間のビート4.5MHzを第二中間周波数として利用するいわゆるインタキャリア方式(付録参照)を使用している。映像再生部は同期回路、偏向・高圧回路、受像管の部分でまず映像信号中から同期信号成分を分離し、これを垂直、水平偏向回路に加えて偏向回路の発振器を同期させる。発振器でのこぎり波電圧を発生させ、これを電力増幅して偏向コイルに加えている。偏向コイルにのこぎり波電流を流すことにより受像管の電子ビームを走査させる。

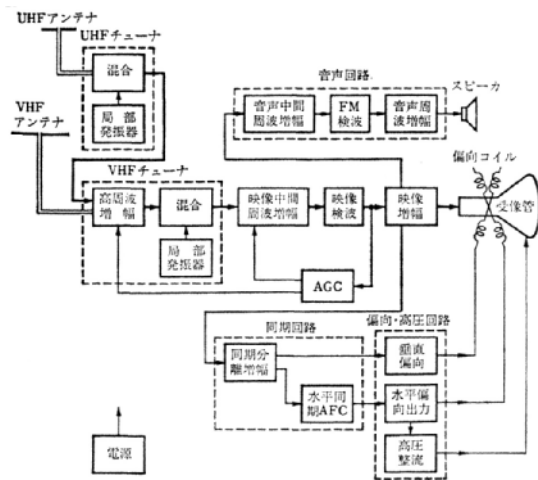


図3.1 白黒受像機の構成

〔戦後の技術の状況〕

日本ではGHQの研究禁止も含めて約10年のテレビ開発の空白期間があった。アメリカではこの間着実に開発を進め、1949年末に400万台の受像機が普及しているほどで、受像機研究の面で相当先行していた。戦前日本でも課題になっていて解決が中断していた問題も含めて幾つかの点が解決されており、日本の開発空白期の大きさを物語っていた。戦後開発を再開してみると、米国（一部欧州）では次のような問題が解決されていた。

- ① 受像管のイオン焼け防止策
- ② 水平偏向出力回路の高効率化
- ③ 音声のインタキャリア受信法（付録参照）
- ④ 真空管の性能改善
- ⑤ 水平同期AFC（Automatic Frequency Control）回路の採用による画像の安定
- ⑥ 負変調方式の採用による、映像受信回路のAGC（Automatic Gain Control）回路簡略化
- ⑦ 受像管の製造方法の改良

〔戦後のアマチュアの動向〕

戦後のテレビ受像機関連の動向では、最初はアマチュアの動きが活発であった。ラジオの組み立てからスタートしたがテレビに対する関心も強く、自ら試作してテレビを受像しようとするアマチュアの受像機製作意欲は盛んであった。これに呼応してアマチュア向けの組み立てキットも多くのメーカーから販売されていた。また米国からの輸入品を改造したものも出回った。輸入のテレビはチューナを日本のチャンネルに改造し、電源非同期対策を行う必要があった。1950年頃「日本アマチュア・テレビ同好会（JAT）」も誕生している。この当時アマチュアが使った受像管は主に静電偏向、

静電フォーカス型の120mm測定器用受像管及び電磁偏向、電磁フォーカス型の180mm受像管であった。

さらにこの時期、アマチュアに対するバックアップの動きもあり、1952年にNHK技研と受像機部品メーカー数社との間で〔テレビ部品研究会〕が結成された。ここではNHK技研が研究した各種受像機の研究成果を公開して積極的に優良な部品、キットが市場に出るようにした。この研究会から7インチの普及型受像機（NHK：TVK-II形、放送博物館所蔵）（写真3.1）が発表されている。



写真3.1 TVK-II形：放送博物館所蔵

1950年に実験放送がスタートすると、この実験電波を利用して各メーカーは戦中、戦後の空白を埋めるべく受像機の開発を行い、来るべき放送開始に向けて準備を進めた。1951～1952年頃にかけて試作機による公開実験や展示会が盛んに行なわれ、放送開始前年の1952年の年末にはじめて14形受像機が市販された。（シャープ：TV3-14T）（写真3.2）これを皮切りに各種受像機が商品化される事となる。



写真3.2 初めて市販された国産白黒テレビ：シャープ歴史館所蔵

〔白黒受像管の開発〕

テレビ受像機開発の最初に重要部品である白黒受像管をみてみると、第2次大戦中に前述したようにイオン焼け防止等の改良が進み、敗戦によってわが国がテレビの研究を禁止されている間に、米国では大量生産に適する洗練された受像管を完成していた。

我国では1951年頃から戦前の技術を復活させて、受像管の試作を実施した。本格的な量産は1954年から

1955年にかけて始まり、サイズは14形と17形であり、偏向角70度、ネック径36.5mm電磁偏向、電磁フォーカス方式で、米国の技術をベースにしていた。ガラスバルブも米国からの輸入に頼りスタートした。まもなく1955年頃フォーカスコイルを不要とする静電フォーカス方式となり、1956年にはメタルバック蛍光面による量産方式が完成実施され、明るさが一気に倍増すると同時に蛍光面の安全性、信頼性が飛躍的に向上した。1957年にはガラスバルブも国産化され、それと前後して偏向角も90度偏向となって全長短縮が図られた。サイズも14形、17形の他に、21形等の大形、10形、12形等の小形のものも作られた。

〔白黒受像機の開発〕

次に受像機についてみると、放送開始前年の1952年には12形、7形の受像機が多く、電磁集束、電磁偏向の丸形CRTを使用していた。放送開始の年1953年には角形の14形、17形が出現し、14形、17形が次第に標準サイズになった。1954～1955年にかけて量産がスタートすると、14形がほぼ95%と圧倒的に多く、実質上14形単一品種の量産となった。これは税制上14形以下に優遇措置がとられたため、この傾向は数年続いた。14、17の標準機種は、真空管数20～22球、映像中間周波数増幅3段、音声IF2段で構成され、AGC、AFCを備えていた。1954年には真空管ヒーターを直列接続とする我国初のトランスレス受像機が発売されている。翌1955年にはセレン整流器を導入してB回路も含めての完全トランスレス受像機へと発展している。1955年には生産面でコンベアシステムによる大量生産方式が導入され始め、1957年にはプリント回路が受像機に導入されている。1958年にはABC（自動輝度調整回路）搭載の受像機も出現した。（ビクター：14T-980）1959年にはAFT（自動ファインチューニング）受像機（松下：T-14R7）が出現し、自動局発周波数制御によって、それまでのチャンネル切換ごとに局発を微調整するわずらわしさから解放した。1959年にはリモートコントロール装置が現れ始めた。さらに1950年代後半からの半導体化、1960年代のチューナの電子化等白黒受像機の開発は進むが、これらについてはカラー受像機の項でまとめて触れる事とする。

〔白黒受像機の重要技術〕

この時代の技術的進歩として重要なものに静電フォーカス方式、トランスレス受像機、AGC回路等々あるが、ここではメタルバック、ABC、AFTの3つの技術について簡単に説明する。

●メタルバック

蛍光面の裏側に反射率の高い薄いアルミ膜を形成して、輝度を倍増させると同時に、蛍光面を陰イオンビームの衝撃から保護し、蛍光面の安定性、信頼性を飛躍的に向上させた。同時に電子銃は陰イオンビームを取り除くために設けられていたイオントラップ構造が不要となり、いわゆるストレートガン構造とすることができるようになった。なおこの薄いアルミ膜は蒸着によって形成し、電子ビームを自由に通し光はほぼ完全に反射する適当な厚さとなっている（図3.2）。

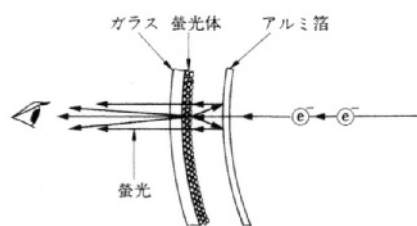


図3.2 メタルバック法の原理

●ABC

ABC回路とはAutomatic Brightness Controlの略で周囲の明るさに応じてテレビ受像機の輝度及びコントラストを自動的に調整する回路である。周囲の明るさの検知には光導電体の硫化カドミウムを用いる。硫化カドミウムは表面に当たる光量によって抵抗値が大きく変化し、光量が増加するほど抵抗値は下がる。この光導電体の抵抗値の変化によりCRTのバイアス電圧を変えて輝度を制御し、AGC電圧を変えてコントラストを制御した。周囲の明るさに応じ適当なコントラスト及び輝度が自動的に得られる。

●AFT

AFT回路とはAutomatic Fine Tuning（自動局発微調整）回路の略で、チューナの局部発振周波数（局発周波数）の微同調を自動的に常に正確に保つための回路である。AFTの原理は局発周波数のずれを音声第2中間周波数4.5MHz信号の大小に変え（周波数弁別回路）、これを整流して周波数変動に応じた直流の電圧をつくる。一方局発周波数を決める発振回路を構成する素子として、印加電圧値によって容量値が可変できる可変容量ダイオードを用いる。周波数弁別回路出力の直流電圧を可変容量ダイオードに加えて局発周波数を正しい状態に戻すAFTループの働きにより自動的に正しい同調点が得られるようにする。このAFT回路はカラー受像機では周波数弁別回路に映像IF周波数の58.75MHzを用いる回路に形を変える。また呼称もRF-AFC等様々な名称も使われ、さらに同調指示回路

とも組み合わせて構成される。

このころの社会の動きとしては、1955年には輸出産業の進展とともに神武景気が始まる。耐久消費財を中心に消費革命が進展し、テレビは洗濯機、冷蔵庫と共に「三種の神器」と呼ばれ、各家庭に浸透していくこととなる。1956年頃を境に量産体制も確立し、その生産量も57年/61.3万台、58年/120万台と増大し、放送開始後わずか5年で年産100万台を突破した。さらに1959年は287万台を記録した。

(3) カラーテレビの放送開始まで

我が国におけるカラーテレビの研究は白黒テレビの放送開始前の1951～1952年頃に日本コロニア、NHKでCBS方式で実験が行なわれていた。1952～1954年にかけては、日本各地で実験公開も行なったが、NTSC方式が米国で有力になると共に検討も中止された。

日本では白黒テレビの放送は1953年に開始されたが、そのテレビの標準方式を決める際に、カラーテレビへの移行を考えた上で決めるべきであるとの議論があった。白黒方式としてはあまり異論が無かったが、将来カラーへ移行する際の方式の可否について議論が分かれた。これが前述した世に言われた「メガ論争」であって、このときすでにカラー放送開始を視野に入れていた。

1953年白黒放送開始以来、テレビは順調に普及しカラー放送の方式の検討を始めようという機運が高まってきた。1957年に「カラーテレビ調査会」(会長：丹波保次郎)が設置され、我が国のカラー方式は如何にあるべきかを調査することになった。

一方米国ではカラー標準方式を1950年にFCCがCBS方式に一時決定したが、実際にはほとんど実施されないままで、1953年にコンパチブル方式のNTSCに決定していた。このため調査会では当時欧州で提案されていたPAL、SECAM方式等も含めて検討したが、1960年にNTSC方式に決定した。

又カラーテレビ調査会発足と同年の1957年に「カラー受像管試作委員会」(委員長：島茂雄)が発足し、NHK技研を中心に13社の共同研究でカラー受像管の開発研究が進められた。約4年の研究成果として17形カラー受像管の開発に成功し、カラー受像管国産化の見通しを確立した。

このような経過をたどりカラー放送は白黒放送開始(1953年)からわずか7年後の1960年にスタートした。

ここでカラーテレビの方式について少し触れる事とする。⁽⁷⁾⁽⁸⁾

カラーテレビの方式は全ての色はR、G、Bの三原色によって表すことが出来るという三原色論を基にして打ち立てられている。カラーテレビの放送方式を検討するに際してすでに放送をスタートさせている白黒放送と両立性(コンパチビリティ)を保ちたいという難題があった。R、G、Bの三色を普通に送ると白黒テレビの場合の3倍の帯域が必要となる。この難題は一見不可能なように見えたが、NTSC委員会はこれを見事に解決し、FCCはNTSC方式を承認した。

NTSC方式についてどのように両立性を保ちつつカラー方式を確立したかをみてみると、白黒放送とのコンパチビリティを保つために人間の眼の性質をうまく利用した。人間の目は次のような性質がある。

- (1) 明暗の差がある場合の分解能は鋭い。つまり白黒テレビ信号としては4.5MHzの広帯域の情報が必要である。
- (2) 色の差に対する分解能はわるい。つまり帯域幅換算で0.5～1.5MHzあれば十分である。
- (3) 小面積の色はもはや色としての感覚は鈍く、単に明暗の差としか知覚されない。つまり帯域幅換算で約1.5MHz以上の小面積(20形受像機で4mm角)は色の情報は不必要である。つまり色の情報は明暗の情報に比べて狭帯域の信号でよいことがわかる。

さらに色として眼に感ずるということは明るさ(輝度)も含まれていることであり、色の成分から輝度の成分を取り去った色差信号(色信号と輝度信号との差という意味で色差信号という)という考え方を取り入れた。

このような人間の眼の3項目の性質を利用して

- (1) 明暗を表す輝度信号は4.5MHzの広帯域で送る。
- (2) 色を表す色差信号は0.5～1.5MHzの狭帯域で送る。

さらにこの狭帯域の色差信号は多重変調をした上で3.58MHzの色副搬送波に乗せる。又白黒テレビ受像機では、この3.58MHz成分がほとんど眼につかないような周波数関係にこの色副搬送波の周波数を選択した。以上の様々な工夫の結果帯域が共有できてしかも白黒放送、カラー放送の両立性の条件を満足させることが出来た。尚NTSCの具体的な説明を巻末付録に追加した。

以上のカラー放送方式の開発経過から白黒放送とカラー放送の違いは基本的には色差信号の有無である事がわかる。即ちカラー受像機と白黒テレビ受像機との本質的な違いはこの色差信号成分を扱う回路があるか否かである。さらにカラー受像管を正しく駆動させるための周辺回路が付加される。

次にこの時代のカラー受像機の開発状況を最初に受像管について説明し、次に回路を中心とした受像機の開発状況を説明する。

(4) カラー受像管の開発状況⁽⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽²³⁾⁽²⁵⁾

日本のカラー受像管は1957年発足の「カラー受像管試作委員会」からスタートした。電波技術協会を中心にNHK技研、東芝、NEC、日立、松下、神戸工業、日本コロニア、三菱、旭特殊硝子、大日本塗料、古河電気工業、大日本印刷の受像管メーカー7社、部品材料メーカー4社で構成されていた。RCAの受像管21CYP22の部品を用いて組み立て試作し、製造技術を

研究習得すると共に、各種部品材料の国産化研究を行い、1960年に17形70度角型シャドウマスク方式（ネック径50mm）カラー受像管（430AB22）の開発に成功した。角形蛍光面を持つものとして世界最初のものであった。表3.1にその主な仕様を示す。この4年間の研究、17形カラー受像管の開発成功により、我国のカラー受像管製作技術が長足の進歩をとげ、カラー受像管国産化の見通しを確立した。又カラーテレビの標準方式制定に当たっての大きな後押しになった。

表3.1 カラー受像管試作委員会の17形受像管概要

項目	試作 17 型角形カラー受像管		21 型丸形 21 CYP 22 (RCA 製)
	17-A 型	17-B 型	
バルブ最大部径 [mm]	422	422	529
全長 [mm]	545	525	636
有効画面寸法概略値 [cm×cm]	34.7×26.4	35.3×26.8	49×40
ネック直径 [mm]	50.8	36.5	50.8
重量 [kg]	7	7	16.5
偏向・集束方式	磁界・電界	磁界・電界	磁界・電界
偏向角 [度]	70	70	70
偏向中心でのビーム離軸距離 [mm]	6.5	5.0	7.0
陽極電圧 [kV]	16~20	16~20	20~25
偏向および高圧回路電力 [W]	92	65	119
受像機電力 [W]	270	245	330
シャドウマスク孔のピッチ [mm]	0.65	0.65	0.71
シャドウマスク孔の直径 [mm]	0.25	0.25	0.365~0.254
シャドウマスク孔の数	234,000	252,000	361,000
解像度本数	340	350	466
パネル内面の曲率半径 [mm]	663	630	707
シャドウマスクの曲率半径 [mm]	643	609	680
画面中央のマスク・パネル間隔 [mm]	10	12.9	13.5
偏向中心・蛍光面間距離 [cm]	30	30	40

最初に代表的なカラー受像管のシャドウマスク方式受像管について説明する。

シャドウマスク方式受像管は1951年RCAにより開発された受像管で、図3.3(a) (b)に構造及び原理図を示すように、3電子銃とシャドウマスク及び3色ドット状蛍光面をもった受像管である。3電子銃とシャドウマスク、蛍光面の相互関係は図3.3(b)のようになっていて、赤電子銃から放出された電子ビームはシャドウマスクの孔を通り抜けた後、赤蛍光体だけにしか当たらないようにコントロールされる。緑、青も同様である。従って、各色の電子銃にそれぞれの色の映像信号を送ってやれば蛍光面上には3色像を重ね合わせたものが得られ、これがカラー画像として観察される。白黒受像管と異なり、カラー画像が完全に再生するためには各色発光色が混色なく完全な色調で発光すること（色純度）、また3色像が互いにずれることなくよく一致している事（コンバーゼンス）が必要である。これらの機能を行なわせるためにカラー受像管には付属機構が備えられている。尚色純度については簡単な説明を後述するブラックマトリックスの項につけ加え、又コンバーゼンスについては付録に補足説明を加えた。

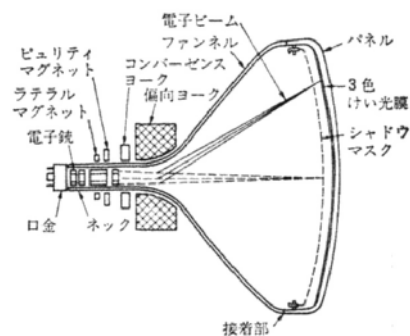


図3.3(a) シャドウマスク管の構造

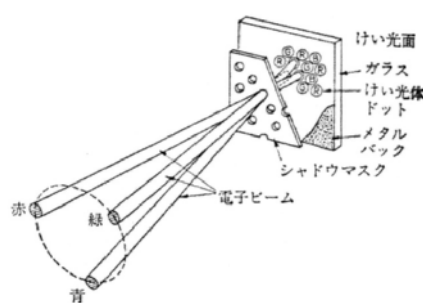


図3.3(b) シャドウマスク管の原理

初期のシャドウマスク方式カラー受像管の最大の課題は輝度不足であった。輝度不足の原因は大きく分けて2点あり、1点はシャドウマスクのビーム透過率が低く、光利用率が悪い点で、2点目は当時利用されていた硫化物-珪酸系の蛍光体が、色再現性は良いが輝度が低い点にあった。前者の課題を解決しようという試みから、クロマトロン、トリニトロンが生まれ、後者の問題点を解決するために蛍光体の改良を行い、さらにブラックマトリックスの開発へ進む事となる。

〔蛍光体の改良〕

蛍光体に要求される条件としては、単に発光効率が高いだけでなく、基準色に近くしかも線スペクトルに近い発光色であることが望ましい。又蛍光体材料としては、多数の無機化合物が用いられ、発光させるために極めて微量の付活剤が添加されている。当初の蛍光体はNTSCの基準色に近い反面、輝度が不足し、又赤、緑色で残光時間が長く、動く物体の映像が尾を引くという欠点があった。これに対し1961年にRCAは全硫化物三色蛍光体の開発によりCRTの輝度の向上を図り、国内各社もこれに倣った。この硫化物系蛍光体の赤、緑の発光色は基準原色から離れ、色再現範囲がわずかに狭くなった。しかし高彩度の被写体は出現頻度も少なく、残光問題も同時に解決できるため、輝度重視で三色蛍光体に硫化物を採用した。この硫化物蛍光体の時代は1964年まで続く事となる。1964年にアメリカで

赤色蛍光体として希土類イオンを付活剤とした希土類蛍光体が開発された。色は基準色に近く線スペクトルの発光をして発光効率が高く、大電流領域の輝度飽和による輝度低下が少ない利点があった。ただしコストが高い欠点を有していた。我国では1965年から実用化が始まり、この希土類関連の一連の改善により、輝度は60~100%増加した（松下：TK-950D等）。

〔ブラックマトリックスの開発〕

受像管のコントラストは外光が当たると低下する。このためパネルの光透過率を下げる事によりコントラストの向上を図ってきた。光透過率を下げることは本来利用したい光も低下させることになる。光透過率を下げずに外来光の反射を少なく出来れば、光利用率も向上し、コントラストも向上する。この発想からブラックマトリックス（BM）の技術が開発された。1969年にアメリカのゼニス社が明るさ2倍のBM管を開発した。図3.4に従来受像管とBM-受像管を示す。蛍光面の光っていない部分を黒くして、外来光の反射を抑えてコントラストを上げる。一方コントラストを上げるために低くしていたガラス透過率を高めて輝度を上げた。尚このBMには蛍光体ドット径が電子ビームスポット径より小さいゼニスのネガティブBMと蛍光体ドット径が電子ビームスポット径より大きいRCAのポジティブBMがある。

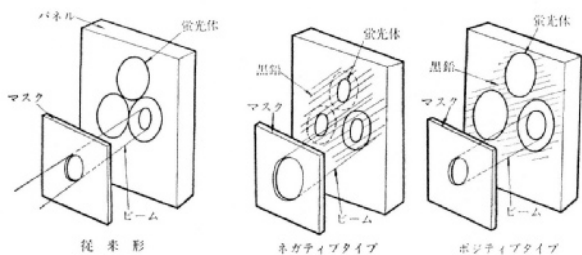


図3.4 ブラックマトリックス蛍光面

ここで蛍光面について説明をつけ加えると、従来例の図からわかる様に、蛍光体ドット径より電子ビームスポット径を小さくして、ビームの位置が多少ずれても蛍光体から外れない様に色純度（ピュアリティ：注）の余裕をもたせてある（この余裕が少ないと色ムラが発生する）。〔注：色純度はCRTネック部に装着した色純度調整用マグネットを調整して、ビームが蛍光体の中心をたたくように色純度調整を行う〕

ポジティブBMは蛍光体とビームの関係及びこの余裕のとり方が従来例と同一である。これに対しネガティブBMは蛍光体とビームの関係が逆になっている。

このためネガティブBMのほうが黒面積が多くコントラスト改善効果大きい。ただし3色間で蛍光体のホール径にばらつきがあると、これはそのまま色ムラになって現れる。さらにネガティブBMでは蛍光体塗布の露光をシャドウマスクの孔より小さい部分に露光する必要がある。このため製造工程としてあらかじめマスク孔を小さく作っておき、蛍光体の露光を行った後、マスク孔を再エッチングしている。1970年に日本でも主にこのネガティブ方式でBM管が商品化され始めた。

尚その後孔の大きいマスクを用いて、露光光源の大きさ、形状と感光剤の特性を利用して、小さな蛍光体の露光を行う直接露光方式（松下電子工業）が1971年に実用化された（松下：TH-2010DW）。このBM管の開発により輝度は2倍に向上して、白黒受像管のレベルを超えて十分な明るさになった。図3.5にシャドウマスク方式受像管の一連の開発、改良による輝度向上の様子を示す。

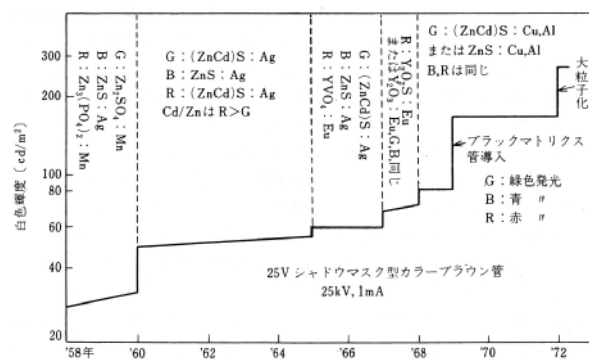


図3.5 カラー受像管の輝度向上⁽⁶⁾

〔クロマトロン、トリニトロン、カラーネトロンの開発〕

ここで時代を少し遡らせて、シャドウマスク以外の受像管の開発についてみてみたい。シャドウマスク形は前述したように電子ビームの大半をシャドウマスクで遮ってしまうため、電子ビームの利用率が低い。又3本の電子銃を使用しているためにコンバーゼンスの煩わしさがある。これを解決するために単電子銃で電子ビーム利用率の高いカラー受像管開発への挑戦が1950年代、1960年代にあった。ここではクロマトロン、トリニトロン、カラーネトロンについて説明する。

クロマトロンは1951年にローレンス（米）により発明された。ソニーはこの特許を保有する米社と1962年に技術導入を契約した。その構造を図3.6に示す。RGB3色蛍光体は縦方向に帯状にRGBがくり返して塗られている（RはGBの2倍）。その近接後方に縦方向に2対のすだれ状電極（色切換え格子）が配置されている。対電極が同電位の時は電子ビームが直進で通り抜

けR蛍光体を発光させる。電位差を与えた時は通り抜けながら極性に従って左右のいずれかに電子ビームが曲げられ、GかBの蛍光体を発光させるという色切換え原理による。

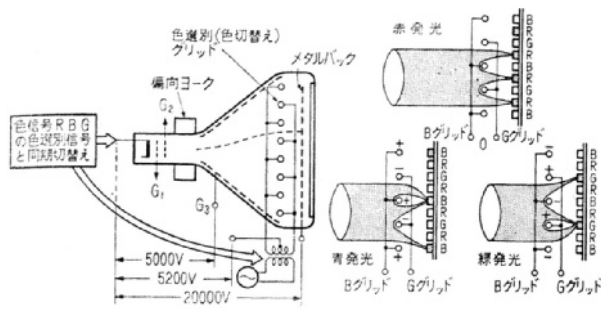


図3.6 単電子銃クロマトロン (27)

この色切換え格子の平均電位は蛍光面電位の約1/4になっていて、電子ビームは格子を通過したあとで急速に加速・集束作用を受ける(後段加速・集束)。この格子のビーム透過率は90%程度にまで高められ、電子ビームが1本でもシャドウマスクに比べ約2倍程度の明るさが得られる。さらにクロマトロンは地磁気の垂直成分の影響を受けない利点もある。

一方後段加速のため、電子ビーム軌道が曲げられ、蛍光体塗布に光が利用できず、電子ビーム露光法という難しい手法に頼らざるを得なかった。さらに色切り換え電極を保持する絶縁材料の誘電体損失のために色切り替え電力が大きい。色切換え電極が振動に弱い。色切り換え電極に衝突する電子ビームの散乱電子による不要発光のためのコントラストの低下等の問題があった。その後改良を重ね3電子銃方式の19形で1965年にクロマトロン受像機を発売(ソニー:19C70)するところまで開発を進める。

3電子銃クロマトロンは図3.7に示すように、格子は全て等電位に接続され、色選別機能としてはむしろシャドウマスクに近いが、後段加速・集束のため格子のビーム透過率は本来のクロマトロンと同様高く明るいCRTとして評価された。しかし3電子銃の配列はデルタ配列で、コンバーゼンスフリーの利点も3電子銃に

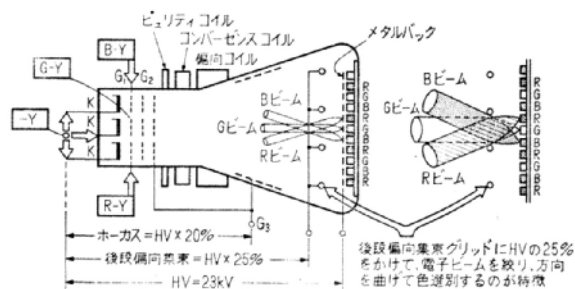


図3.7 三電子銃クロマトロン (27)

したことで失われ、蛍光面形成の難しさはそのまま持ち越される等、総合的にコスト/性能の点で満足できるものではなかった。

この頃(1965年頃)米国のGE社からインライン配列の3電子銃で小形のシャドウマスク管を用いたカラーTV:ポルタカラーが発売された。インライン配列にしたことでコンバーゼンスは簡単になるが、個々の電子銃の口径が小さくなるためフォーカス特性が良くなかった。これをヒントにインラインの特徴を生かしたトリニトロンの開発をスタートさせた。「単電子銃の主レンズの中心で3ビームが交差している時、蛍光面では各々が良好なフォーカスを得る」ことをつきとめた。一般的にはサイドビームのフォーカスは悪化するものと考えられていたが、実際には3ビームのフォーカスの差は少なかった。ソニーは1967年に、単電子銃、インライン3ビームのトリニトロンを開発した。トリニトロン管の構造を図3.8aに示し電子銃を図3.8bに示す。トリニトロン管はインラインに配置された3本

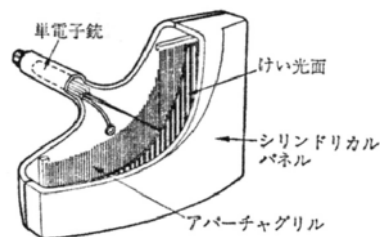


図3.8 (a) トリニトロン受像管の構造

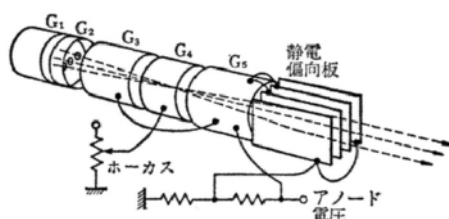


図3.8 (b) トリニトロン受像管の電子銃

の電子ビームを電子レンズの中心で交差させ、電子銃先端に設けた静電偏向板によって3本の電子ビームをすだれ状のアパーチャグリル (AG) に集中通過させて、これに対して配置された縦じま状の蛍光面の対応する蛍光体にランディングさせて発光させるようにした受像管である。電子レンズの径を大きく出来る事から球面収差が少なく、フォーカス特性を良好に出来る。このAGはクロマトロンと違って後段加速・集束を行なわないのでスリット幅は狭くなりビーム透過率は20%前後と低い。さらにこのAGは薄鋼板をエッチング法ですだれ状のスリットを作り、振動を抑えるために鋼枠に張力を加えて張り付けてあるため、枠の構造

は丈夫で重いものになった。しかし地磁気の垂直成分の影響を受けない。AGの透過率がシャドウマスクに比べれば高く、明るい画面が得られる等の特徴を持った。この電子ビームをインライン配置する考え方はその後のシャドウマスクのインライン化を促した。ソニーは1968年に13形トリニオン受像機を発売した（ソニー：KV-1310）。

また1964年に八欧電気からカラーネット方式9形トランジスタカラーテレビ受像機が発表された。（八欧：GTC-9）これには神戸工業と共同開発した「カラーネトロン」受像管が搭載された。色切換え格子を有して、単電子ビームを色切換え動作によりRGBを発光させる点はクロマトロンと同じで、この色切換えを走査線ごとに行なう線順次方式を採用した点が異なっていた。

〔広角化とインライン受像管の開発〕

シャドウマスク受像管は、BM管の開発により明るさの点でほぼ満足の出来るレベルになると次の開発の課題は2点あった。1点はセットの奥行きを短くするための広角化であり、もう1点はソニーのトリニオンに触発された意味もあるがデルタ電子銃をインライン電子銃に変更しコンバーゼンスシステムと回路を大幅に簡略化することであった。広角化については70度偏向から90度偏向への切替えは1965年頃行われたが、さらに奥行きを短縮化を図るため1969年～1970年に90度から110度への広角化が図られた。例えば20形の場合90度から110度化により約100mmの全長短縮が可能であった。しかし110度への広角化は偏向電力の増加に加えて、コンバーゼンス、ランディングエラーの増大という技術的に困難な課題に直面し、これに対する各種の解決策が各社より提案された。RCAは29mm（細ネック）管を採用し、巻線の位置をコアに付けられた溝によって正確に保てるPST（Precision Static Toroid）偏向ヨークによりコンバーゼンスとランディングの改善を図ったが偏向電力の大きいのが弱点であった。国内では日立が110度管のランディング誤差が大きく、通常の露光補正用レンズでは不可能なことを解明し、不連続面補正レンズを開発して解決した。東芝は電子銃のインライン配列（丸孔マスク）を採用してコンバーゼンスの簡易化を図り、偏向ヨーク及びガラスバルブのコーン部の形状を角形にして、太ネック（36mmφ）による偏向電力の増大を抑えたRIS（Rectangular-cone In-line gun Shadow mask）方式を開発した（東芝：20DW72）。（その他詳細は省略するがフィリップスの差動コンバーゼンス方式、三菱の走査露光方式等が提案された）

このような110度偏向への広角化の流れの中で、1973年石油危機が勃発した。カラーテレビも省電力化が求められ、偏向電力の多い110度偏向から90度偏向への見直しがなされる事となる。さらにこのオイルショックは省エネと同時に省資源の面でも見直しが要請され、複雑な回路と難しい調整を要したコンバーゼンスの改良が焦点となる。

この前年の1972年にRCAからシャドウマスク方式受像管のインライン管、動コンバーゼンスレスの原形となるユニークな構造が提案された。従来RGB3電子ビームはデルタ配列されていたが、これをインライン配列に並べ変え、RGBの3色蛍光体は従来の丸いドットを三角形に配したドットトリオ配列からストライプ状に変えた。前述したGEのボルタカラー以来、電子銃のインライン配置の考え方はあったが、蛍光面に初めてストライプ形を採用し、輝度が高く、インライン電子銃と前述のPSTヨークの組合せによりセルフコンバーゼンスを可能とした構造であった。

その後日立は前述した1973年のオイルショックによる省エネ、省資源を狙いに新方式を開発した。偏向電力の多いPSTヨークに代えて、サドルトロイダル（ST）ヨークを用い、さらに90度偏向を採用し、偏向効率を向上した。偏向ヨークの調整も大径側を振って隙間にゴム片を挿入接着するコンバーゼンスの簡便調整法が用いられた。このSTヨークによる傾斜方式は高効率、低コストで世界的にも評価され、その後の標準方式となった。（注：偏向ヨークの巻線分布を精密に制御して、水平偏向のサドルコイルのピン磁界、垂直偏向のトロイダルコイルのバレル磁界を組み合わせた磁界分布で、セルフコンバーゼンスを可能とし、従来のデルタ型では複雑な回路と高度な調整を必要としたダイナミックコンバーゼンスを不要とした。）この合理化されたインライン受像管が受像機のコスト低減、信頼性、生産性の向上に大きく寄与し、後述する回路の半導体化と共に日本のテレビ産業の世界進出に大きく貢献する事となる。

ただしこのインライン化は電子銃をインライン配列する事により、デルタ配列と同じネック径を保った場合には、電子銃のレンズ径が小さくなりフォーカス特性が悪化する。逆にフォーカス特性を同等に保つためには、ネック径が大きくなり偏向電力が増大する。省電力の為の小ネック径化は時代の流れであり、これ以降受像管開発の課題は小ネック径化を推進しつつ、フォーカス特性を改善するという相矛盾する難題との戦いとなる。

(5) カラー受像機の開発状況

1960年カラー放送開始と前後して、各社からカラー受像機が発売された。当初は輸入した丸型70度偏向の21形受像管を使用したセットが中心で、これに国産の角型70度偏向の17形受像管を使用したセットが一部発売された。(RCAから輸入した21形受像管を使用した受像機は1959年に日本コロムビアから、1960年に三菱、シャープ：CV-2101、三洋、日立：ct-150、東芝：D-21WE、松下：K21-20、ゼネラル：21CC-F、ビクター：21CT-11Bから出され、国産17形受像管を使用した受像機は東芝：17WGから1960年に最初に出された) この17形は前述した「カラー受像管試作委員会」を中心に各社協同して開発した世界最初の角型カラー受像管を搭載した受像機である。しかし当初は17形で40万円前後、21形で50万円前後と高価であり、また高規格マイクロ波中継回線が未完成ということもあり、放送局数も少なく、普及は進まなかった。普及促進の意味もこめて、1961年に東芝が14形カラー受像機(14WL：放送博物館)を発売した。1962年後半から1963年にかけては14形が主流となった。1964年の東京オリンピック(注)を機に我国のカラー受像機の国内普及もようやく軌道に乗り始めた。(1964年/累計5万台、1967年/累計100万台突破)。1965年に19形受像機が登場し、その後の主力モデルとなる。〔注：1964年の東京オリンピックはカラー受像機の普及のきっかけになった事と同時に、衛星による海外中継、スローモーション再生の採用、衛星放送や高品位テレビの研究が開始されるなど、日本のテレビ技術推進に大きく寄与した〕

ここでカラー受像機の開発をたどる前に、カラー受像機の概略について簡単に説明しておく。

図3.9にNTSC方式カラーテレビ受像機の回路構成図を示す。白黒テレビ受像機と本質的には大差なく、信号に色情報が特殊な形で付加されているので、この色信号再生回路とカラー受像管を動作させる付属回路が必要である。図中点線で囲った部分がカラーテレビ受像機専用の部分で、この部分について簡単に説明する。第1映像増幅器より色信号成分を含んだ高周波成分を取り出し、帯域増幅器で増幅し、色復調器に加える。一方3.58MHzの副搬送波を発生させるためのパースト信号(同期信号の部分に付加されている)はパーストゲート回路、パースト増幅器を経て色同期回路に加えられる。色同期回路では抑圧された3.58MHzの副搬送波を再生し色復調器に加える。色復調器では帯域増幅器から取り出された変調された色差信号を復調して色差信号に戻す。マトリクス回路で輝度信号と色差信号

からR、G、Bの信号を作り受像管に加えてカラー映像を映し出す。コンバーゼンス回路(付録参照)はカラー受像管のRGB3本の電子ビームがずれて3重の像になるのを補正して1つの像にするための回路である。

以上カラー受像機の構成図について極めて簡略化した形で説明した。

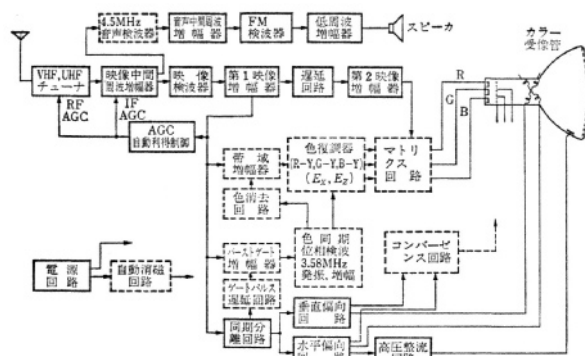


図3.9 カラーテレビ受像機の回路構成図

次にカラー受像機の開発状況を、受像機の半導体化、チューナ選局周り、信号処理回路、偏向・電源回路について辿る事とする。

〔受像機の半導体化〕(34)(37)(38)

テレビのトランジスタ化については1950年代末にスタートするが、この頃はポータブルラジオの分野ではトランジスタが完全に真空管を駆逐し、輸出産業の花形となるまでになっていた。ポータブルラジオの分野では真空管に比べると、小型軽量化、消費電力の減少等大きな利点があった。しかしテレビの場合、受像管は使わなければならないトランジスタ化してもそれ程大幅には小型軽量化は出来なかった。又この時点では性能面では真空管に劣っていた。そこで当然ながらテレビは何故トランジスタ化するのかという疑問があった。新しいデバイスを採用する時の常であるが、性能その他新デバイスが旧デバイスを上回るまで待っているのは時期を失する。真空管テレビの故障で真空管の故障が大きな比率を占めていたが、トランジスタは耐久性の点では真空管に比べ優れていた。又トランジスタ化した場合真空管のヒータ電力が節約でき、水平偏向回路が高効率化される。さらに使用電圧が低くなることも寄与して消費電力が軽減出来る。消費電力が下がれば、当然発熱量が減少し受像機の故障率は低下する。又将来的に量産によるトランジスタ自身の価格低減、使用部品の低電圧化、小型化による部品原価の低減も見込めた。一方当時トランジスタをテレビに使用する上で性能面の問題点は3点あった。

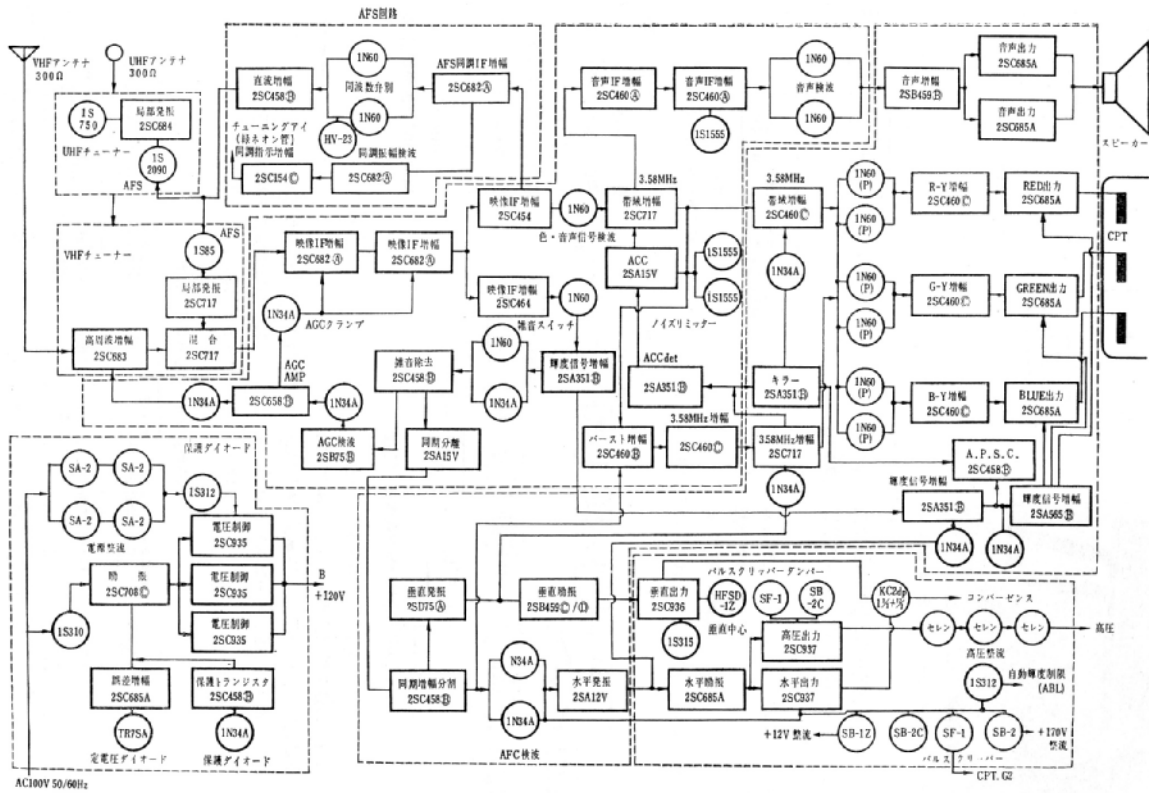


図3.10 オールトランジスタ化カラーテレビ受像機系統図

- ① 100MHz~200MHz帯での利得および雑音指数が真空管に比べかなり劣っておりVHF用トランジスタとしての性能不足。
- ② パワートランジスタはコレクタ耐圧60V、コレクタ電流2A程度で水平偏向出力用としての性能不足。
- ③ 高周波用トランジスタの最大出力電圧がブラウン管を駆動するのに不足映像増幅出力段としての性能不足。

以上の性能面での問題はあったが積極的にトランジスタ化に取り組む事となる。基本的にはトランジスタ化により小型軽量化することが出来て、消費電力の低減により電池駆動が可能となり、よりメリットが出しやすい小型ポータブル受像機から取り組む事となる。米国ではトランジスタ受像機は1958年モトローラ社が最初に市販し次いで1959年にフィルコ社が特徴ある小形トランジスタ受像機を市販した。

日本では1959年頃からトランジスタ受像機が学会などで発表されるようになり、1959年には東芝が白黒トランジスタテレビ（東芝：14TA）を開発した。1959~1960年にかけて各社から8形トランジスタテレビ（ソニー：TV8-301他）の商品化が本格化した。この当時トランジスタはゲルマニウムであり、特性のパラッキ、温度特性、信頼性等にまだ問題があった。1965~1966年頃TRはGeからSiに移行し、品質は向上した。一方カラー受像機では1967年頃から音声IF回路や、チューナ、映像IF回路にトランジスタを使用したハイブ

リッド受像機が登場し、小形ポータブル形カラー受像機からトランジスタ化が進み、1969年には19形の大形カラー受像機のオールトランジスタ化（日立：CN-570TU）が発表された。又日立では1969年10月からカラー受像機の全機種をオールトランジスタ式に切換えた。1968年頃から始まったトランジスタ化は順調に進み1969~1970年頃には真空管からトランジスタ式への交代をほぼ完了した。図3.10にオールトランジスタ化カラーテレビ受像機系統図を示す。尚19形の消費電力は真空管式で約300W、トランジスタ式で150Wであった。

次にIC化についてみると1966年にRCAが初めて集積回路を12形受像機の音声中間周波回路に採用した。このRCAのICは音声IF回路の増幅、リミッタ、バランス形のFM検波、低周波増幅回路の部分にIC化した（図3.11）。この当時IC化が困難な回路は①インダク

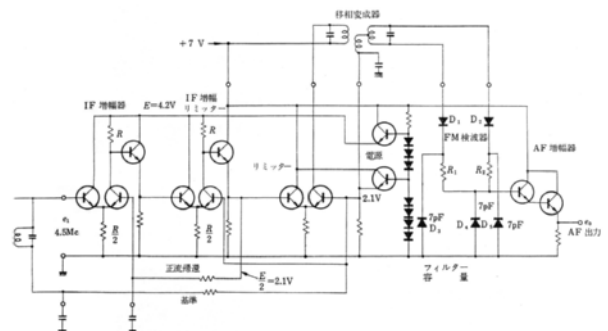


図3.11 RCA音声回路用IC

タンスを含む回路 ②50pF以上の容量を含む回路 ③30kオーム以上の抵抗を含む回路 ④高電圧、電力が必要な回路で、音声IF回路はこの条件に合致した。またコスト面でもトランジスタ回路と競争できると踏んでいた。日本では1967年に音声中間周波回路に採用された。1970年頃からIC化がさらに進み、1台に平均3、4個が使用されるようになる。中には14~17個のICを使用した機種も現れた。図3.12に1970年代初めのIC化カラーテレビ受像機の系統図を示す。1972年ごろになると、それまでは従来の回路をただ集積化しただけのものから、IC特有の回路構成によるものが開発され始めた。この頃のICは映像IF、検波は2チップのICで構成され、クロマ回路はAPC色同期方式の場合3チップICで、インジェクションロック方式の場合2チップICが広く採用され、ジャングル回路(映像増幅、同期分離、水平発振、垂直発振)のIC化もハイブリッドICも含め徐々に進展している。1970年代中頃になり映像IF、検波は1チップのICで構成され、ジャングル回路の機能も一部取り入れ、周辺部品の削減、性能向上が進みクロマ回路は2~3チップの構成になる。さらに1978年頃映像IF、ビデオ・クロマ、偏向の各信号処理部分が各1チップで構成出来るまでに集積化される。

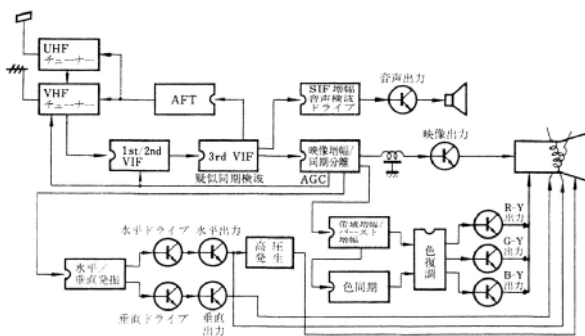


図3.12 IC化カラーテレビ受像機

このICの高集積化により複雑な回路が1チップ内で設計可能となり、性能の向上、機能の向上が計れた。さらに回路構成部品点数を集積度の向上とともに減少させた。部品点数が減れば、信頼性は向上し、生産性もあがった。このような半導体化により性能をあげると同時に信頼性、生産性を向上させた事が日本のテレビ産業を世界のトップレベルに引き上げた。

〔チューナ選局周り〕

真空管時代のチューナは、高周波増幅部に当初五極真空管が使われていたが、1954年頃双三極管を縦続接続したカスコードチューナが登場し、1963年には遮蔽グリッド三極管を使ったニュートロードチューナが開発され、回路を簡略化し小型化した。1959年には前述

したAFT受像機が開発された。その後1960年の後半からトランジスタチューナが登場し、当初問題となった高周波トランジスタの信号処理能力の不足による混変調特性の悪化も1970年頃FETの採用により解決した。

テレビの受信チャンネルについて少し触れると。放送スタート時の1953年はVHF1~6CHでスタートし、1957年5月に11CHに増加し、同年11月に12CHを追加してVHFは現在の姿になった。これに対し13CHから62CHのUHF帯のテレビ放送は1961年にNHKが実験局をスタートさせ、1968年にNHK徳島からUHF本放送を開始し、逐次全国へ展開させた。こうして1968年頃からUHFの大電力局が順次開局されると、UHFとVHFの混在する地域が増加した。こうなると1963年頃登場してそれまで使用されていたダブルスーパー方式(UHFを一度VHF周波数に変換)のUHFコンバータ受信に代わって、シングルスーパー方式(UHFを直接中間周波数に変換する)が要望された。そのため従来の26.75MHzの中間周波数に代わるシングルスーパー用の58.75MHzの新中間周波数を採用し、UHFとVHFのチューナを内蔵したオールチャンネル受像機が開発された。

次に選局関係について説明する。当初はコイルをロータリスイッチによって切替えるロータリスイッチ方式と、コイル群を装着したセグメントを円筒状に配置して、これを回転して切替えるターレット方式と2種類の機械式チューナが使われていた。これに対して1971年頃同調回路に可変容量ダイオード(バラクタダイオード)を用い、電氣的にチャンネルを選択する電子同調チューナが開発された(白黒テレビには1967年頃採用、松下:TC-99A)。これにより機械的接触部品がなくなり信頼性が向上し、さらに操作性が改良された。電子同調チューナを制御する選局方式は当初はチャンネル毎に設けられたポテンシオメータで選局直流電圧をプリセットし、選局ボタンによって切替えるポテンシオメータ方式が採用された。但しこの方式の欠点は必要選局数だけポテンシオメータを必要とし、さらに地域ごとにあらかじめ調整する必要があった。この欠点を解消するため1977年に電圧シンセサイザ方式が開発された。この方式は必要な同調電圧をデジタル化してICメモリーに記憶させる。取り出したデジタル信号はD/A変換してチューナに印加する方式で、プリセット操作が容易となる。この電圧シンセサイザ方式は、1980年以降D/Aコンバータを内蔵した専用マイコンと不揮発性メモリーを用い、周辺回路もIC化して合理化した形体となる。1978年には周波数シンセサイザ方式が開発された。この方式はチューナの局部発振周波数を、各チャンネルに対応した周波数に分周したものを、

基準信号の位相と比較して位相検波した出力電圧をチューナに加える方式である。この特徴は10キーで選局が出来、プリセット操作が不要で受信チャンネル数に制約が無いことである。尚この電子チューナの開発により選局が電子スイッチのためリモコンが容易になりリモコンを本格的に採用する受像機が多くなった。

〔信号処理回路——絵づくりの回路〕

絵づくりの信号系回路に関しては、この時代は開発パワーの大部分は前述のトランジスタ化、IC化に注がれたのだが、絵づくりの土台作りも行われた。絵づくりの部分は送られてくる信号を忠実に再生する部分と、必ずしも忠実再生でないほうが良い部分もある。カラーテレビでは色再現性のためには黒レベルを忠実に再現する必要があるのだが、初期のカラー受像機では必ずしもきちんとした再現はされていなかった。黒レベルを正確に再現するためには直流再生を行う事と、放送局間によってばらつく黒レベルを、受像機で補正（オートセットアップ）する事が必要である。1960年代後半以降この黒レベルの忠実再現を行った受像機が登場した。色の復調に関しては必ずしも忠実再生でないほうが、きれいな絵づくりができる面がある。人間には記憶色というものがあり、本物の色より記憶している色を再現するとよりきれいにみえる。又カラーテレビの色の基本は「白」だが、白でも赤っぽい白、青っぽい白やいろいろな白がある。キャンパスの「白」によって絵づくりを変えるとよりリアルになる。1960年代後半以降この色の絵づくりを色復調回路の復調軸と復調ゲインの最良点設計によって実行した回路が登場した（ビクター：19CT-807）。

映像信号に関しては、受像管のスポット径が大きいと、忠実に信号を再生しただけでは、画面上では鮮鋭度の低い絵になってしまう。画質調整回路により輪郭部に疑似信号を付加して切れのよい絵とする手法が、これも1960年代後半に開発導入された。この二次微分方式の画質調整回路について簡単に説明する。図3.13(a)に画質調整回路を示し図3.13(b)～(f)にその動作を示す。まず高域補償すべき成分(b)をTR1で反転させ(c)、TR1の内部抵抗とLで微分(d)する。次に容量CとTR2の入力インピーダンスで2回微分(e)する。元の信号に2回微分した信号(e)を加えることによりオーバーシュート、プリシュートの付いた映像(f)となる。元の映像に対し輪郭部分がより鮮明になり鮮鋭感のあるくっきりした映像となる。その後この輪郭補正回路は1980年代になるとより改良された回路となる。しかし土台作りはこの時代になされた。この映像回路によ

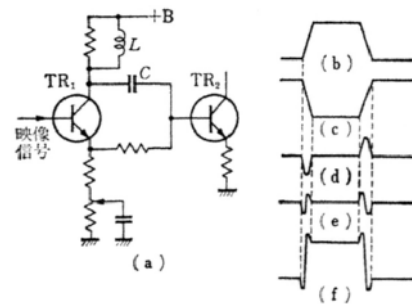


図3.13 2次微分方式による画質調整回路

る輪郭補正方法もテレビの輝度を上げるためにブラウン管のビーム電流が増加すると、シュートを付けて鮮鋭度を上げようとしてもフォーカス特性が悪くなり十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変えて鮮鋭度を上げる速度変調回路が開発された。なおこの速度変調方式の輪郭補正はシャドウマスク管ではネック部に補正コイルを装着し、トリニオン管では2分割したフォーカス電極を利用して実行している。以上映像の鮮鋭度を向上させる絵づくりの技術を紹介したが、これらの手法は受像管上に再現される映像が、人間の視覚特性に最終的に最適なものとなる様に、追求した結果生まれたものである。

1970年代後半に映像中間周波数回路にSAW (Surface Acoustic Wave) フィルタ（東芝：18T382他）が使われだした。映像IFフィルタは真空管式、トランジスタ式を通してLCフィルタが使われてきた。これに代わって1975年頃よりSAWフィルタ（表面弾性波フィルタ）の導入が始まった。SAWフィルタを1チップICとの組合せで使用することにより、部品点数が減少し、かつ無調整で安定性の高いフィルタが実現できた。ただし挿入損失が大きい点や、TTE (Triple Transit Echo) による画質劣化の問題があり、これらの改善を進めて1979年末には全世界のカラー受像機の半数に導入されるまでになる。

〔偏向・電源回路——キャンパス作りの回路〕⁽³⁸⁾⁽⁴¹⁾

次に偏向回路について、トランジスタ化、IC化も含めて開発状況を概説する。偏向回路は高電圧、大電流を扱うために半導体化が最も難しい回路である。水平、垂直回路の発振段は他の小信号系回路と同様で、前述したIC化の中で述べた。ドライバ段は大電力を扱うため、IC化は遅れた。水平、垂直回路の発振段、ドライバ段を含めたICが1978年に開発された（三洋：LA1387 図3.14）。垂直出力回路は真空管式以来、トランジスタ化の初期もA級のトランス結合方式が多く用いられてきた。1970年代前半高電力、高耐圧トランジスタの開発が進み、出力トランスを使用しないOTL

(Output Trans Less) 方式と消費電力を少なくするためのB級のSEPP (Single Ended Push Pull) 回路を採用するようになった (図3.15)。さらに1970年代後半にはより一層の低電力化を進めるためにD級動作による回路へ移行していく。水平出力用トランジスタの開発は1000V、数Aの高電圧、大電流を扱うために、最も難しく、最も遅れた部分である。水平偏向回路は基本的には15.75kHz周期のパルスによってON-OFFするほぼ完全なスイッチ回路とみなすことが出来る (図3.16 参照)。そのためトランジスタを使った場合には真空管を用いる場合に比べればはるかに能率がよく、本質

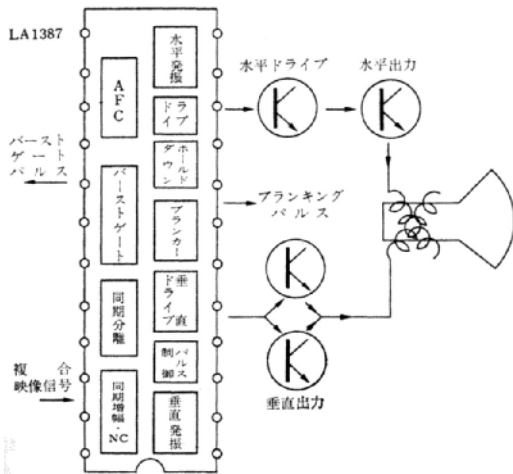


図3.14 ICを用いた偏向回路

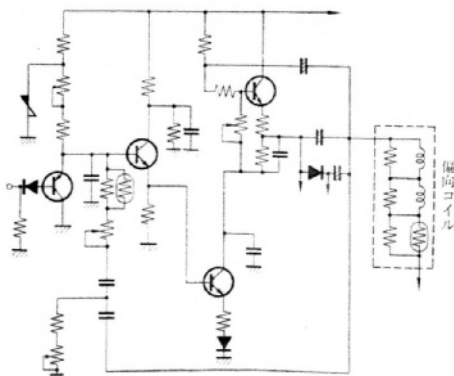


図3.15 垂直偏向出力 (B級SEPP) 回路

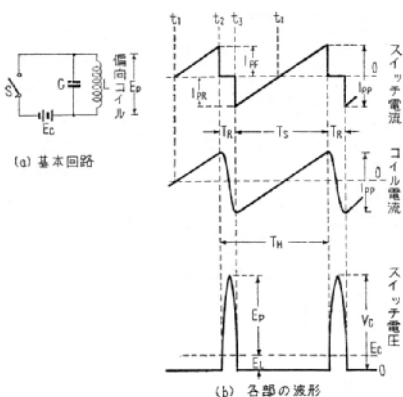


図3.16 水平出力基本回路

的にトランジスタ化に適した回路である。但し大電流をON-OFFし、OFF時高電圧のパルス波形が印加されるため高電圧、大電流デバイスが必要となる。当初は小形ポータブル用の耐圧200V程度のものが開発され、20形クラス (日立: 2SC937) のものはトランジスタ化の中で最後発となった。カラーテレビ当初は水平出力回路は17形まではトランジスタ1石で偏向できたが、19形では2石使用した。回路方式には2石並列接続方式と2石高圧偏向分離方式の回路が採用された。1972年~1973年頃になってようやく110度偏向用水平出力段が1石で偏向可能となった。1970年代後半には水平出力トランジスタにダンパーダイオードが内蔵された。高耐圧を必要とする水平出力段のIC化は現在でも不可能でテレビ受像機の中で唯一トランジスタが使われている。

高圧発生回路はその安定度が画質に影響する。真空管時代からフライバックトランス (FBT) によって高圧パルスを発生し整流管で整流して、直流高圧を得ていた。しかし高圧出力電圧の負荷特性はあまりよくなかったため、真空管回路ではシャントレギュレータ管 (並列高圧安定管 6BK4) を使い、トランジスタ回路では過飽和リアクタやキャパシタ等による安定化回路を付加していた。しかし1975年頃より高次同調方式のFBTを使用し、高圧出力自体の負荷特性を良くして安定化回路を削除する方向に合理化している。さらにFBTの出力は従来はコッククロフト回路等を用いて多倍圧整流し、高圧を得ていたが、高圧ダイオード絶縁材料の進歩によりシングル整流回路とした。これによりシングル整流による応答スピードのアップとFBTと整流回路の一体成形化によるコストの低減を可能とした。小形機種から採用し、暫時大形機種へ展開した。さらに1970年代後半にFBTは分割巻した高次共振タイプとなり高圧レギュレーションや能率を改善した。

次に電源回路について説明する。真空管方式では電源回路の役割は2つあり1つは真空管のヒーターに電力を供給することであり、2つめは各回路を動作させるためのB電源を供給することである。カラーテレビの真空管時代を含め主力はセミトランスレス方式が多く、B電源はトランスで昇圧しブリッジ形全波整流回路ないし半波整流回路で整流し、フィルタチョーク、電解コンデンサで構成するフィルタ回路でリップルを除去し各回路に供給する。真空管ヒーターはヒーター電流の同じ真空管を選んでこれらを直列に接続しヒーター電圧の合計が交流電圧となるべく設計する。真空管は300mA、450mA、600mA等の系統ごとに受像機を構成出来る様に取り揃えられていた。B電源については真空管式時代は整流、平滑後定電圧回路は備えず、電源変動、負荷

変動に対してはフリーであった。トランジスタ化されると各回路に供給する電圧を一定に保つ必要性から定電圧形が採用され、性能の安定と信頼性の向上を計った。定電圧形として直列制御型定電圧電源回路を採用した。この回路形式は変動する入力電圧と、各回路で使用する一定電圧に安定化された電圧との差の電圧を熱の形で放出する回路形式のため、1970年代後半には省電力、コールド化(シャーシ絶縁)を狙い、回路形式は複雑となるがスイッチングレギュレータ方式の電源が登場し暫時移行した。

この時代の資料の保存状況については、主要なモデルの1部については放送博物館、メーカーの歴史展示館等に保存されている。

- 放送博物館
- 松下電器歴史館
- シャープ歴史&技術ホール
- 東芝科学館
- ビクター高柳記念ホール

4 | テレビが変わる時代(1980~2000)

4.1 時代背景とテレビ開発の概要

1970年代に標準規格化と大量生産によって大部分の家庭に「3C」のカラーテレビが揃った。そうすると1980年代に入り人々の欲求は標準規格品のテレビ受像機から「ちょっと変わった、個性的な」テレビ受像機を求めるようになった。

一方1980年代に入るとAV機器、ニューメディア機器が増加し、テレビ受像機を取り巻く環境が変化し、「単なる放送電波の受信装置」から、家庭における「映像情報センター」へと形を変えることを要求していた。これらに応える形でシステム型テレビが登場した。システム形テレビのテーマは「システム化」と「高画質化」であった。テレビ受像機に接続される機器が増えると、各機器を総合的にコントロールするために「システム化」が要求された。多様なソースを扱うようになると、各ソースの良さを引き出すための高画質化が必要となった。高画質化の1つの主要テーマは輝度信号(Y)と色信号(C)の分離(YC分離)の問題であった。従来の受像機はNTSC方式の欠点であるドット妨害、クロスカラーに悩み、この妨害を少なくするために解像度を犠牲にしていた(注)。くし形フィルタにより妨害もなく、解像度も犠牲にしないYC分離を行い、高画質化を達成した。このYC分離の問題は動画、静止画各種の映像を扱うテレビ受像機では完全な分離は難しく、次のステップでより高度なYC分離を追求していく事となる。

- ① 最もシンプルなガラス遅延線を使ったくし形フィルタでのYC分離
- ② アナログ技術の最高レベルでCCDなどを用いたくし形フィルタでのYC分離
- ③ フレームメモリを使用し、3次元的な考え方に処理方法を拡大する3次元YC分離

1980年代初頭のシステムテレビは①のステップで、1980年代後半のより高度化したシステム形では②のステップで、1980年代後半以降は③のステップでより高度な映像を創り出していく事となる。(注：それまでの受像機はこの妨害を避けるために、カラー放送受信時は映像帯域を狭く、白黒放送受信時は広く設定し、自動的に切替えていた。このためカラー放送受信時は解像度が落ちていた)

1980年代はテレビ受像機自身が変わろうとするばかりでなく、放送方式にも大きな変化があり新しい試みがなされた。1978年の音声多重放送を皮切りに、文字多重放送、衛星放送、EDTV (Enhanced Definition TV又はExtended DTV) が放送を開始している。音声多重放送によりステレオ放送、2ヶ国語放送が楽しめるようになり、テレビ受像機の音響特性が重視され、良質な音声が楽しめるようになった。衛星放送はゴーストのない映像、PCM音声が提供され、独自番組の開始とともに内蔵受像機も増加した。文字多重放送は難聴者への字幕放送や、文字図形による各種情報提供を行うと共に、きれいな文字を映し出そうとすることにより受像機の高画質化を促す1つの要因にもなった。

「システム化」と「高画質化」は1980年代の後半になり、「大画面化」も加わってより高度化する事となる。この時期「高画質化」はアナログ技術の最高レベルの回路技術を駆使してYC分離だけでなく、映像増幅回路の広帯域化、高度な鮮鋭度改善回路、暗部の階調再現性向上回路等々の回路が開発され、画質改善がなされた。「システム化」についても、より高度化し各映像ソースの最適の状態が再現可能となった。「大画面化」については1985年に37形が登場し大型化の流れを作り、1980年代前半の主力が20形に対し、後半の主力モデルは28形、29形と大形化した。

1980年代後半になって、後に「ハイビジョン」と名称を変えることになる高品位テレビが登場する。高品位テレビには開発すべき課題として、ディスプレイと伝送方式の問題があった。この伝送方式として1984年にNHKによりMUSE方式が開発され筑波博を契機にして衛星を使った実験放送が始められた。1991年に1日8時間の試験放送開始に伴い、ハイビジョン対応の受像機が各社から商品化された。このハイビジョン対応の受像機により新しい16:9の映像の世界が拓かれる事となる。それと同時に次の課題が受像機に提示された。

①MUSEデコード回路の規模が大きくコストが高い。②受像管の精細度を上げると明るさが落ちる。③16:9と4:3の映像をいかに違和感なく同居させるか。これらの課題に対する取り組みからMUSE-LSIの開発と高集積化を行い、さらに「ワイドビジョン」という新しいジャンルの商品を生み出す事となる。

高品位テレビの課題「伝送方式」については、日本ではMUSE方式がシステムとしての完成度が高く、先行した。その後暫時デジタル方式へ移行する事となる。デジタル放送は1990年代後半になり、デジタル化の

メリット、諸外国の状況、実用化の要望を考慮して、方式の検討をスタートさせた。1996年に日本で最初のデジタル放送が通信衛星（CS）を用いて開始された。またBSデジタル放送は2000年12月に本放送を開始し、2003年12月には地上デジタル放送も開始された。この地上デジタル放送開始に先立ちBS/CS/地上デジタル放送共用受像機が各社から発売された。

高品位テレビのもう1つの課題「ディスプレイ」はブラウン管では精細度と明るさと大型化は進展するも、壁掛けテレビへの要望が強く、デジタル放送開始とともにPDP、LCD等の大型薄型テレビを登場させ課題解決の一步を踏み出した。

4.2 テレビ開発の沿革 (6)(13)(14)(17)(18)(45)~(57)

(1) システムテレビの登場 (58)(59)

1980年代に入りテレビが変わろうとする徴候が現れた。1950年代の白黒TVの時代から1960年代のカラーTVの時代を経て性能、機能面で大きな進歩を遂げた。又今まで見てきたようにその間に、トランジスタ化、IC化に代表される新しい素子や部品の開発によってTV受像機は全く違うデバイスにより構成されるようになった。しかしTV受像機の中味は大きく進歩してきているものの、その本質面すなわち「放送電波を受け映像音声を再生する装置」としての意味においてはこの間ほとんど変化はなかった。

ところが1980年代になると、テレビを取り巻く環境が変化した。例えば1975、1976年にベータマックス、VHSの家庭用VTRが開発されると、1980年代に入って普及率も10%を超える。ビデオディスク、テレビゲームが発売される。文字多重放送開始が予定される。

1978年にスタートした音声多重放送をオーディオシステムと接続して楽しむ。等々テレビ受像機を取り巻く環境が変化しつつあり、「単なる放送電波の受信装置」から「多様な映像情報のディスプレイ装置」としてその形を変え、家庭における映像情報センターとしてその機能を拡大することをテレビ受像機に要求した。その答えとしてシステム型テレビが登場した。表4.1に1980年~1982年にかけて発売されたシステム対応型TV受像機を示す（ソニー：KX-20HF1 ビクター：AV-20、放送博物館所蔵、写真4.1）。

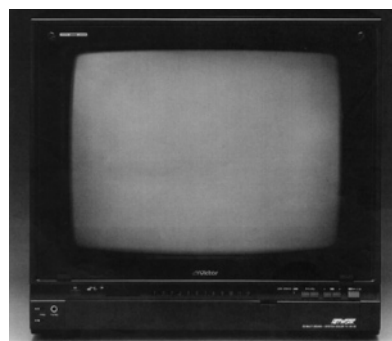


写真4.1 くし形フィルタ搭載システム形対応テレビ

システムテレビはテレビに対する要求を2つの面から答えを出している。1点はシステム化であり、もう1点は高画質化である。システム化については1980年代に入りテレビを取巻く環境の変化から図4.1に示すような事態が想定された。テレビに接続するAV機器、ニューメディア機器が増加し、ユーザーが何をどこに接続してよいか迷っている図である。これに対する回答がシステム化であった。テレビ受像機に映像・音声信号の入力端子、出力端子、ブリッジ端子等を複数系統準備し、信号の入出力をコントロールすると同時に多様な映像ソースの特徴に合わせた各種特性切換えと

表4.1 システム対応形テレビの機能一覧

発売時間	機種名 (ネーミング)	形 (寸)	入力端子		出力端子		テレビ 出力	ブリッジ 端子	RGB 端子	くし形 フィルタ	音 重	リモコン	メーカー	備考
			映像	音声	映像	音声								
55/3	KX-20HF1 (フロアール)	20	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	—	—	—	チューナー 対応	別売	ソニー	専用チューナー VT-XIR
56/4	TH20-B22V (アルファ)	20	1	1	—	—	1	—	—	—	内蔵	—	松下	
56/9	C-18JW1 (コスモ)	18	1	1	—	—	1	—	—	—	内蔵	—	三洋	
56/9	AV-20 (ネットワーク)	20	3	3	—	1	1	1	—	内蔵	内蔵	付	ビクター	
57/3	C20-872 (オンライン)	20	2	3	1	1	1	—	—	内蔵	内蔵	付	日立	
57/4	CT-2091E (キーステーション)	20	2	2	—	1	1	1	—	内蔵	内蔵	付	シャープ	他に入力2のみ 並列出力あり
57/5	18K-550 (コア)	18	3	3	1	2	1	—	—	内蔵	内蔵	付	東芝	
57/6	TH20-B33VR (アルファデジタル)	20	3	3	—	1	1	—	対応可	内蔵	内蔵	付	松下	別売モジュール にてRGB対応
57/6	KX-20HF2 (ニューフロアール)	20	(3)	(3)	(2)	(2)	(1)	—	—	内蔵	チューナー 対応	付	ソニー	他に、録画出力 あり

端子欄の数字は系統数を示す

(注) ●1. 画面表示されている内容を出力する端子

●2. ()内は、別売チューナーユニット使用時

自動補正や、さらにトータルシステムとしての操作性（リモコン等）の向上がよりいっそう重要性を増した。さらにこのシステム化を行うためにはシャーシのコード化（シャーシ絶縁）が必要であり、電源のスイッチングレギュレータ化により達成している。また各ソースの良さを十分引き出すための高画質化をくし型フィルタなどによって達成した。

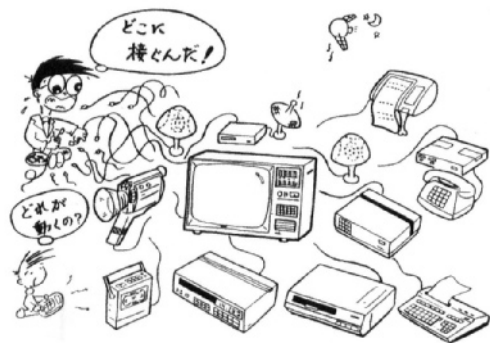


図4.1 1980年代テレビの課題

高画質化についての主な課題はNTSCの方式にまつわる問題であった。NTSC方式は色信号を周波数間挿法を考案して輝度信号の帯域内に配置した（付録参照）。即ち高域周波数帯における輝度信号スペクトラム分布の隙間に色信号成分を挿入しており、色信号による輝度信号へのドット妨害、輝度信号による色信号へのクロスカラー妨害がNTSC方式上の問題であった。このため従来のテレビ受像機では輝度信号系に3.58MHzトラップを設け、ドット妨害の低減をはかっていたが、輝度信号の高域成分もトラップしてしまうため、解像度を犠牲にしていた。一方色信号系に於いても狭帯域バンドパスフィルタによる色信号分離を行っているが、輝度信号の高域成分が分離されずに残り、画像の急峻なエッジでのクロスカラーとなっていた。この欠点を改善しクロスカラーのない解像度の伸びた切れのよい画質を得るためくし型フィルタを搭載した。図4.2に輝度信号成分のすき間に色信号成分が挿入されている様子を示す。このように配置されている信号を図4.3のくし形の形状をした2つのフィルタ、輝度信号フィルタと色信号フィルタを通すことにより希

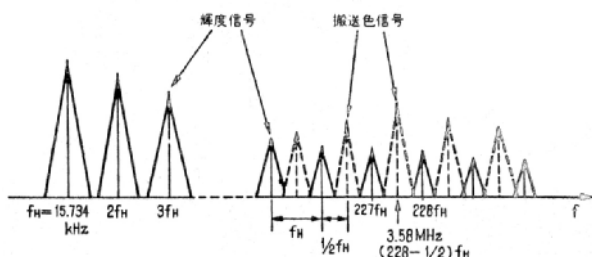


図4.2 NTSC信号の周波数分布

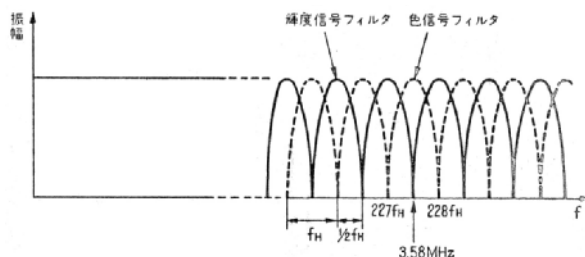


図4.3 くし形フィルタの特性

望の信号が取り出せる。実際の回路では次の動作が行われている。

輝度信号は隣り合う走査線で同位相だが、色信号は位相反転している（図4.4）。これを利用して隣り合う走査線同士の和をとれば色信号は打ち消され、差をとれば輝度信号が打ち消され、それぞれ希望の成分のみが取り出せる。この和と差をとる操作を図4.5のくし型フィルタ回路で行い、輝度信号と色信号が本来の特性を犠牲にすることなく分離できる。これによりクロスカラーの改善と解像度330本～350本（従来270本）を達成している。この後テレビ受像機へのくし形フィルタの搭載は一般化する事となる。

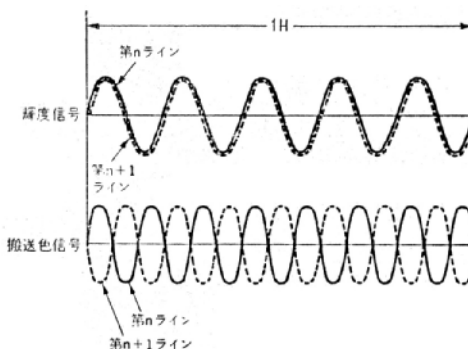


図4.4 輝度信号及び搬送色信号のラインごとの位相

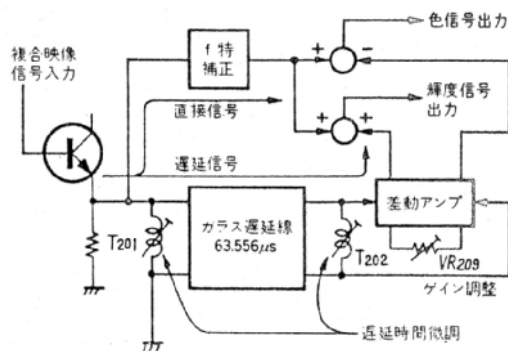


図4.5 くし形フィルタの回路構成

NTSCカラー方式は白黒放送とのコンパチビリティを保つための難問を色信号を輝度信号の帯域内に配置する周波数間挿法の考案により、見事に解決した。しかしこの周波数間挿法にまつわるドット妨害、クロスカラー妨害の問題、即ち輝度信号と色信号の分離の

問題（YC分離）は今後高画質を追及する過程で、三次元デジタル信号処理まで常に重要な開発テーマとなる。

(2) 新放送方式の登場と対応受像機

以上1980年代に入りテレビ受像機自身が変わろうとしている姿をシステムテレビを中心にみてきたが、放送方式についても変化が現れてきた。放送方式については1960年にカラー放送を開始以来20年間ほとんど変化がなかった。しかし1970年代後半から放送方式としても新しい試みがなされた。即ち1978年に音声多重放送がスタートし、1983年には文字多重放送がスタートしている。また1980年代後半に衛星放送が開始され、1980年代後半から1990年代にかけてEDTV-I、IIが方式の検討を行い、放送を開始している。さらにMUSE放送が1991年から1日8時間の試験放送を開始している。ここで新しい放送形態の音声多重放送、文字多重放送、衛星放送、EDTVについて放送開始までの動き、方式の概要、それに対応したテレビ受像機について述べる（MUSEは後述する）。

[音声多重放送および音関連の開発]⁽⁴²⁾⁽⁶⁰⁾

音声多重放送は一時、1969年に東京、大阪のNHK教育テレビに音声多重放送の実験局の予備免許が与えられ、実験放送がスタートした。各メーカー共、数100台のアダプタを生産したが、時期尚早で1973年には実験放送も中止された。

1978年にNHK、民放に実用化試験局の免許が与えられ本格的にスタートした。スタート時はステレオ放送と2ヶ国語放送が主体で、その後映像に関連のある内容のものも放送されるようになる。尚1982年に実用局として運用する事となる。

1978年に本格的に音声多重放送がスタートすると、各社とも音声多重対応が進み、音声多重内蔵の受像機が主流となる。音声多重回路部分の基本ブロック構成を図4.6に示す。音声多重内蔵受像機はステレオ効果をうるため両側にスピーカー（SP）を配置している。

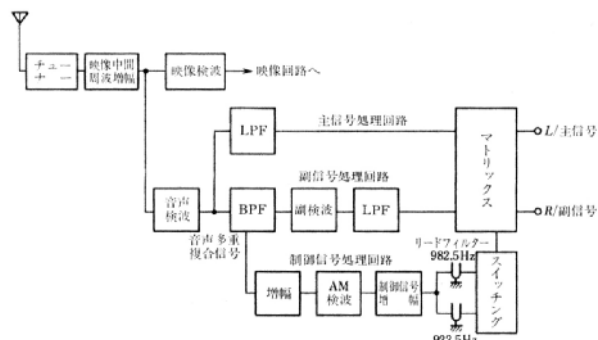


図4.6 音声多重回路の基本ブロック構成

しかしSP間隔に限度があり、ステレオ効果が十分に得られないため、電氣的に音場を拡大する方法が一部に用いられている。音多放送の拡充と共にTV受像機の音響特性が重視されるようになり、音響出力の増大、ホーン型ツイータおよび密閉型SPボックス等が採用され始めた。

音の方向感覚は、人間の両耳に達する音の振幅と位相（遅延時間）の差によって得られる。この原理を利用して、音場拡大回路は移相回路による方法と遅延素子による方法によって実現している。図4.7 (a) に移相回路による方法を、図4.7 (b) に遅延素子による方法の音場拡大回路の系統図を示す。

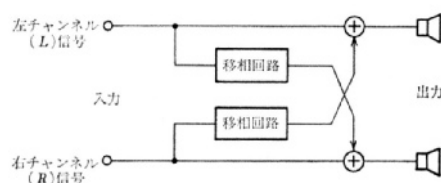


図4.7(a) 移相回路による音場拡大

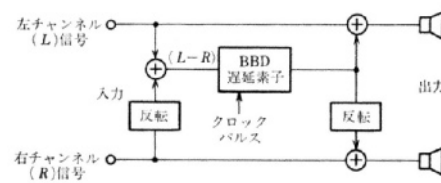


図4.7(b) 遅延素子(BBD等)による音場拡大

さらに音に関する開発を付け加えると、1984年衛星放送の登場でPCM音声を楽しめるようになり、テレビ受像機の音響特性の改良が続き、1988年にドームスピーカシステムが登場した。この登場以前は密閉型スピーカボックスが使われていたが、音響特性、デザイン、スペースの面で問題があった。ドームスピーカシステムはキャビネットとブラウン管の空間スペースにスピーカを納め、これらの問題を解決すると同時に、テレビ受像機のコンパクトで大画面を保ちつつ、高音質化という相反する課題を達成した。⁽⁶⁰⁾（松下 TH-29TS1 写真4.2）

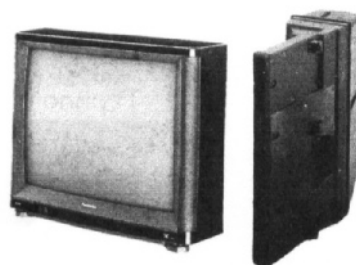


写真4.2 ドームスピーカシステム

〔文字多重放送〕

文字多重放送は難聴者に対する字幕放送を目的に、パターン伝送方式が1981年3月に技術基準が決まり、1982年12月に文字放送の標準方式として制定された。1983年10月から実用化試験局の形でNHKから難聴者を主な対象として東京と大阪で放送を開始した。このパターン伝送方式は日本では文字の種類が多く、文字発生器の必要とするメモリー容量が大きくなるため、文字発生器を使用しないパターン方式が考案され、採用された。その後LSI技術の進歩や誤り訂正技術の発達もあり、文字発生器としての漢字ROMメモリーのコスト低減も可能となり、パターン伝送方式とコード方式（パターン方式に比べ5～10倍伝送効率がよい）の両方式の長所を取り入れた符号化伝送方式（ハイブリッド方式）の検討を進め、1985年3月技術基準が決まった。同年10月に標準方式として決定され、11月からNHKとNTVが本放送を開始した。文字放送用受信機としては、文字放送用デコーダ内蔵型と通常のテレビ受信機にアンテナ端子から接続するRF接続型アダプタと21ピン接続端子から入力するRGB接続型アダプタがある。図4.8にデコーダ内蔵型テレビ受信機のブロック図を示す。従来のカラー受信機の回路に文字信号のデコーダ出力信号とテレビの映像、音声信号とを切替えるための映像音声切替回路を付加して構成されている。

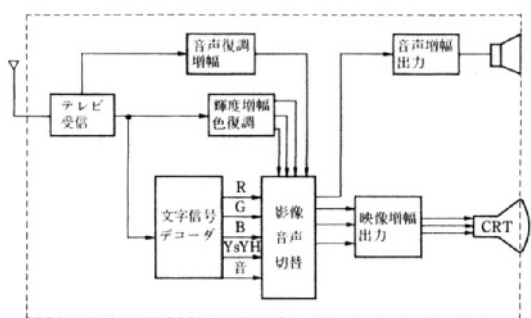


図4.8 文字放送受信機内蔵型テレビ受信機 (61)

〔衛星放送〕

我が国の衛星放送は難視聴の解消を目的として1984年1月に放送衛星BS-2Aが打ち上げられ、12GHz帯を使って世界で初めて、一般視聴者に直接衛星から放送電波を送る衛星放送がスタートした。さらに1986年2月に予備機としてBS-2Bが打ち上げられた。BS-2は難視聴の解消を目的として打ち上げられた衛星であるため、地上放送と同一のNHK総合（BS11CH）、教育（BS15CH）の番組を放送した。このため1987年6月末の受信世帯数は15万台にとどまった。1987年6月に電波監理審議会が衛星放送の免許方針が修正された。

BS15CHは総合と教育の混合編成を行い、BS11CHは衛星独自の番組編成が認められた。この待望の免許方針緩和に伴い、翌7月よりNHKはBS11CHを使って衛星独自番組を24時間連続の放送を開始した。この24時間連続の独自番組がスタートした事で衛星放送受信者の数も急速に増加し、各社とも衛星放送受信機の新機種を発売した。1988年1月末で受信世帯は50万を超えた。尚1988年8月に受信料を徴収する本放送になった。

図4.9に衛星放送内蔵型テレビ受信機の機能ブロック図を示す。衛星放送の受信システムはBSアンテナ、BSコンバータ、BSチューナ部、テレビ受信機部から構成される。アンテナで12GHz帯のFM信号を受信し、BSコンバータで第1中間周波数の1GHz帯に周波数変換する。ここまですが屋外ユニットである。BSチューナは1GHz帯の信号から希望の受信チャンネルを選局して、映像の復調とPCM音声をデコードする事により映像と音声のベースバンド信号を出力する。音声はテレビで初めてPCM方式が採用され、帯域幅が15kHzと20kHzのA、Bの2種類のモードがある。

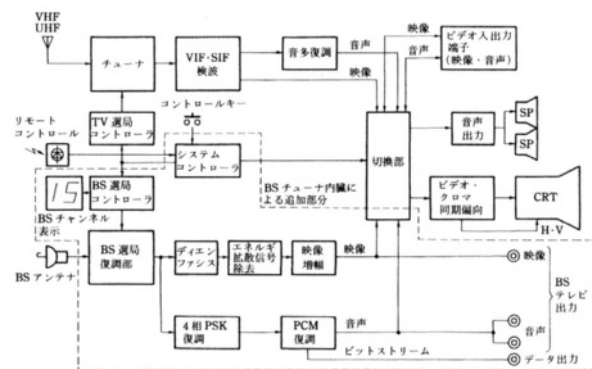


図4.9 衛星放送内蔵型テレビ受信機ブロック図 (62)

BSチューナ及び内蔵受信機は1987年ごろから新機種が発売されている。チューナ部の小型化、FM復調ICの開発、PCM信号処理ICの1チップ化など大幅なLSI化が図られている（松下：TH-29BS1、東芝：25BS1SV他）。

〔EDTV〕

1980年代になりテレビ自身が変わり、視聴者のニーズも変化してテレビが高性能、大画面化が進行してくると、テレビ受信機の放送方式に基因する画面のちらつきや解像度感の不足が目につき、又高層ビルによるゴースト障害も問題となった。このような状況の中でEDTVは現行の放送方式の範囲内で改善策はないかという発想でスタートした。1985年にテレビ画質改善協議会が設置され、さらに具体的検討作業を進める機関

として放送技術開発協議会（BTA）を同年設置した。EDTVは現行のNTSCとの両立性を保ちつつ、送信側、受信側双方で改善を行うもので、第1世代EDTV-I（クリアビジョン）は4：3のアスペクト比のままでゴースト除去を含む、改善効果が大きく実現の容易な画質改善策が提案され1989年夏から実用化された。第2世代EDTV-II（ワイドクリアビジョン）は画面のワイド化（アスペクト比16：9）や、さらなる高画質化（水平、垂直解像度補強技術）が提案され、検討規格化の後、1995年7月から放送が開始された。ただしその後デジタル化の動きがあり、必ずしも普及していない。

EDTV-IIの主な構成技術を次に示す。

- ① 化技術
- ② 輝度解像度補強技術
 - 水平高域補強信号（HH）
 - 垂直高域補強信号（VH）
 - 垂直時間補強信号（VT）
- ③ 識別制御信号

ここでEDTV技術の中で、最も実用化が進んだゴーストキャンセラについて説明を付け加える。受像機でゴーストを除去するには可変遅延線によるものと、トランスバーサルフィルタ（TRF）によるものがあるが、ここではTRF方式について説明する。図4.10に基本ブロック図を示す。送られてくる信号には垂直帰線期間にGCR信号が挿入されている。受像機内部には基準GCR信号発生回路がある。ゴーストの検出は伝送されてきたゴーストの影響を受けたGCR信号と基準GCR信号とを比較することにより行う。係数制御回路では両信号の差が小さくなるように各遅延タップの係数を制御してゴーストを除去する。

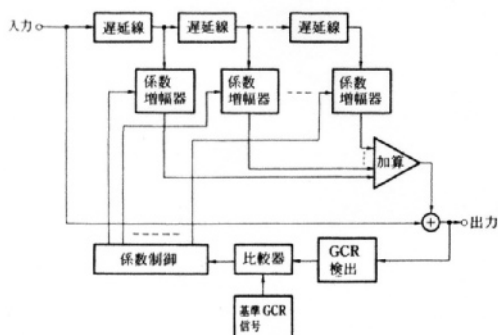


図4.10 ゴーストキャンセラの基本構成（TRF方式）⁽⁶²⁾

以上新しい放送方式について方式の概要、新方式に対応したテレビ受像機についてみてきたが、テレビ受像機としてはこの時代新しい方式に対応する受像機を

開発するのと並行して、テレビ受像機自身もアナログ回路技術を結集して先に述べたNTSC方式の弱点を補いつつ、絵づくりを中心とした開発が続けられた。さらにデジタル技術の発達と半導体技術の発展によるLSIの高速化、大規模化、メモリ価格の低下が進み、「3次元デジタル信号処理」を搭載することによるテレビ受像機の高画質化、信号処理回路のアナログ処理、デジタル処理の最適化への追及が続く。

(3) カラー受像機の開発状況

〔カラー受像管の開発状況〕

この時代の受像管開発の課題は前の時代の受像管開発で述べた様に、インライン化により電子銃一本あたりの口径が小さくなるため、フォーカス品位が低下する問題であった。この問題に各社とも取り組む事となり、各社より電子銃の改善が発表された。1980年の電子レンズの実効径を大きくするオーバーラップフィールド（OLF）レンズの電子銃の開発、さらに多段集束の採用によるフォーカス特性の改善等がはかられた。又受像管の大型化に伴う大電流化に対処するための高電流密度酸化カソードの開発等が行なわれた。カソードの電流密度が上がれば、G1の孔径の縮小が可能となりビームスポット径が絞れてフォーカス特性は良好となる。これにより大電流化と高精細化が可能となった。受像管の大型化に関しては、1980年代初めに、それまでは輸入に頼っていた26形などの大型管の国産化が本格化し、占有率も増えつつあった。1985年に当時主力の28形に対し37形という超大型のCRTが開発された（三菱：37C960、写真4.3）。この37形CRTが以後の大型化の流れを作ることになる。また1984年にはアスペクト比3：5、40形の高精細カラーCRTが高品位テレビ用に各社より試作され、1985年の筑波博以降公開展示されハイビジョン時代を先導した。一方石油危機以降の省電力化のために、予熱なしで約5秒で画像が出るクイックスタートは一般化した。その後約1秒で出画する即動型カソードのCRTを搭載する受像機も発表さ



写真4.3 大形化の流れを作った37形テレビ受像機

れた。この時代の後半のCRT開発はテレビ用としては大型化、高精細化、大電流化に向けられるが、技術開発の主力はコンピュータディスプレイとなっていく。

〔信号処理回路——絵づくりの回路〕

信号処理回路のIC化は、前章の1978年頃映像IF・検波、ビデオ・クロマ、偏向の各信号処理が2~3チップ構成から1チップ構成まで進展していた。集積化はさらに進み、1980年代前半に低レベル信号処理系は2チップ構成が一般化し、各調整回路の無調整化も進んだ。図4.11にそれまで外付部品、ICのばらつきを補正するため調整を必要としていた色同期回路を無調整化したICブロック図を示す。1980年代中頃にはVIF、SIF、ビデオ、クロマ、偏向の各信号処理全ての機能を1チップ化したICが開発され受像機に搭載された。図4.12に1チップICのブロック図を示す。この1チップICが開発されると、これ以降普及モデルは信号処理回路部分は1個のICで全ての信号処理が可能となった。又1チップICも集積度を上げ、新回路を搭載し性能向上をはかり進化していく事となる。

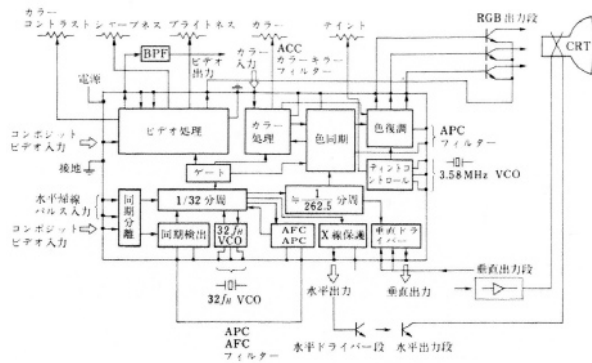


図4.11 色同期無調整のICブロック図 (48)

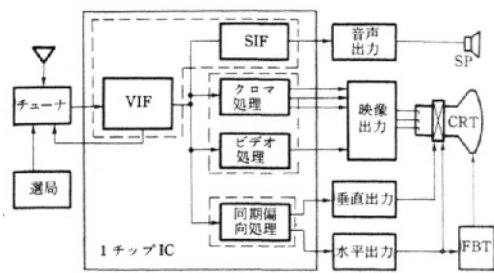


図4.12 1チップICのブロック図 (49)

先に述べた「システム化」「高画質化」は1980年代後半になってさらに進展する。システムテレビの高画質化については、くし型フィルタの採用により解像度の大幅向上、クロスカラーの低減を行った。従来はこ

のくし型フィルタにガラス遅延線を使っていたが、その後CCD遅延素子を用いたくし型フィルタの導入によるYC分離回路となり、ガラス遅延線の通過帯域幅が狭い点、急峻な位相変化による過渡特性の劣化等の欠点を改良した。

1980年代後半にかけてこのくし型フィルタによる水平解像度の向上以外に次のような画質改善がなされた。(62)

- 映像増幅回路の広帯域化
- ディレイライン形輪郭補正回路
- 速度変調回路
- 直流伝送率補正回路
- ピクチャ/ブライツ併用形ABL回路
- 黒伸長回路
- オートホワイトバランス回路
- PLL方式同期検波回路
- 中間周波増幅回路の広帯域化
- ノイズリダクション回路
- 高圧回路の安定化

これらの画質改善回路は、送られてくる信号を忠実に再生するだけでなく、高画質にみせるための様々な回路での工夫も行われている。例えば黒伸長回路は黒側の階調を伸長して暗い絵柄のコントラストをつけて奥行き感を高めている。輪郭補正回路は絵柄の輪郭部をくっきり見せるためにあえて原信号に、オーバーシュート、プリシュートを付加して視覚上の鮮鋭度を向上させている。又ここでの輪郭補正回路は従来の回路が2次微分回路によって輪郭部の前後にシュートを付けていたのに対して、遅延線を用いてシュート幅を最適にしたり、輪郭部の傾斜も急峻にする時間圧縮形に改良されている。

ビデオの広帯域化により解像度競争も行われ、解像度500本、600本のテレビ受像機も登場している。受像管は精細度を多少上げたデータグレード管（マスクピッチを細かくし精細度を上げたCRT）を使用している。

システム化の進展としては例えば各映像ソースごとに色あい、色の濃さ、明るさ、音レベルなどを微調整し、それぞれメモリ出来るため、選択ボタン1つでいつでもそのソースに最適の状態が画面に再現できる等の機能もある。

以上信号処理回路は1980年代にシステムテレビの高画質化への追及から、アナログ技術の最高レベルの回路技術を駆使して絵づくりを進めた。一方デジタル技術についても大きな進展があった。

デジタル信号処理はアナログ信号処理に比べ、性能向上や多機能化をはかるうえで多くの利点をもっていた。しかしこれを実現しようとすると、大規模で高速

なハードウェアを必要とし、これまでは放送機器、画像処理関係の用途に限られていた。しかし1980年代になると半導体技術の発展は目覚しく、大規模デジタル回路のLSI化や、ビデオレートで動作する高速A/D、D/A変換機のLSI化などを可能とし、メモリの1チップ容量も増大しテレビ受像機への応用が技術的にも価格的にも現実のものとなってきた。

こうなると従来はTV信号を「水平—垂直」の2次元的な考え方で処理していたものを、フレームメモリを使用した3次元デジタル信号処理回路によって、「水平—垂直—時間」の3次元的な考え方に処理方法を拡大し、画質を改善しようとするIDTV (Improved Definition TV) の考え方が進展する事となる。ここでは代表的な2つの技術①3次元YC分離 (Y;輝度信号、C;色信号) ②順次走査変換について説明する。

①はフレームメモリを用いた3次元くし型フィルタを構成してYC分離することにより、従来2次元のくし形フィルタではとりきれない斜め成分のクロスカラー除去等による画質向上を進めた。しかし3次元にしても厳密な分離は不可能な部分もあり、画像の性質により適応化する事となる。即ち静止画像の場合は輝度信号と色信号のクロストークを完全に除去出来てクロスカラー、ドット妨害が除去できる。しかし動画像ではフレーム間の信号に相関がなくなる為、1フレーム差の信号を加算、減算する事による動画像ぼけが現れて画質劣化する。このため静止部分では3次元フィルタ、動部分では2次元フィルタを動き量に応じて適応的に制御してYC分離する方法がとられている。

②はNTSC方式の2:1インターレース走査信号をノンインターレース (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されたものである。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) の信号から補間信号を作るフィールド間補間がある。この方式の問題点は動画における2重像の発生及び細かい画像部分のぼけの発生である。これを解決するために動画部分はフィールド内補間とし、静止画部分はフィールド間補間とし動き検出を行い動き適応処理することにより最適化している。

以上フレームメモリを用いた3次元デジタル信号処理についてみてきたが、テレビ受像機のデジタル化についても1つの動きがあった。

1980年代中頃にITT (Intermetall Semiconductor社) の開発したICを搭載したデジタルテレビが登場した。図4.13にデジタルテレビのブロック図の1例を示す。

チューナ段、中間周波段の高周波回路部はアナログ

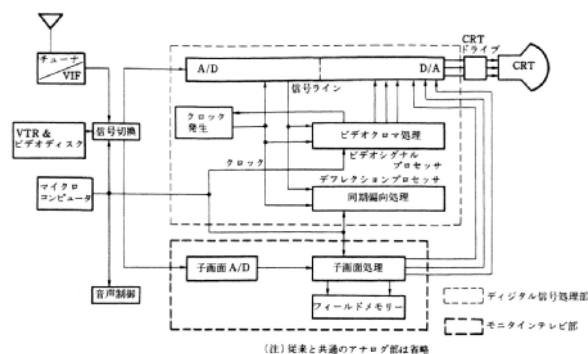


図4.13 デジタルテレビのブロック図 (49)

処理を行い、検波後の映像信号の処理を次の主要4ICで処理している。①VCU (Video Codec Unit) ②VPU (Video Processor Unit) ③DPU (Deflection Processor Unit) ④CCU (Central Control Unit) VCUはA/D、D/A変換機を内蔵し、アナログ復号映像信号のデジタル化、及びVPUで得られたデジタルY/R-Y/B-Yのアナログ信号への変換などの処理を行う。VPUでは映像信号に対するデジタル処理を行い、DPUでは同期偏向関係のデジタル処理を行う。CCUは1チップマイコンを内蔵しており、これら信号処理用LSIの制御を含めたシステム全体の制御を行う。A/D変換器は7ビット用を使用し、A/D変換器の基準電圧を1/2LSB分だけ上下し、8ビットの分解能が得られるような工夫をしている。又標準化周波数は4fsc (4*3.58MHz) を採用している。

又映像信号をデジタル化してメモリにストアする事により、画像を静止させたり、あるいは別系統からの入力画像を同期を合わせた上で親画面の一部に縮小表示させたりといった新しい機能を付加することも可能となった。このITTのICチップが先鞭をつけた形となり、映像信号のベースバンド処理をデジタル化したことによる基本性能の向上、品質の安定均一性、部品点数の削減、サービスの効率化等のメリットを生かして、1980年代の後半以降ベースバンド信号処理に関してアナログ処理とデジタル処理を回路の特質によって使い分けていく事となる。又このデジタル化によりマルチ画面、PIP (ピクチャーインピクチャ)、静止画面などの多機能化が可能となり、一部のモデルで取り入れられていく事となる (松下: TH28-D55GR 東芝: 21K900K 富士通ゼネラル: MA-2ID50 ビクター: AV-MT28他)。

〔偏向・電源回路——キャンバス作りの回路〕

偏向回路はハイビジョンテレビで大きく変化を遂げた。ハイビジョンテレビと従来のNTSCテレビとの違

いは2点あり、1点は偏向周波数が従来のNTSCに比べ約2倍となったために偏向電力が大幅に増加した点で、もう1点は従来のNTSC映像を受像する場合のNTSCの走査方式をどの方式にするかという点である。後者について表4.2に示すように4方式に分かれる。aは水平偏向回路の規模が大きくなり、bcdは水平偏向回路の合理化が可能となる。bcは画質的には飛び越し走査と同等であり、dは順次走査に変換するため、信号処理回路の順次走査変換の巧拙により画質が決まる。

表4.2 NTSC,HDTV走査⁽⁶⁴⁾

	水平周波数	垂直周波数
a 飛び越し走査	15.75kHz	60Hz
b フィールド倍速	31.5kHz	120Hz
c Wトレース	31.5kHz	60Hz
d 順次走査	31.5kHz	60Hz

[注：bのフィールド倍速はNTSC信号の奇数、偶数フィールドを夫々2回重ねてトレースする様に倍速変換し、その重なった倍速の2フィールドがお互いにインターレースする様に変換する。垂直周波数は2倍の120Hzとなる。cのWトレースは倍速走査により走査線が2倍になるが、CRTネックに装着したウォブリングコイルによって2本の走査線を重ねて飛び越し走査を実現する]

又水平偏向回路と高圧回路は分離し、互いの影響を無くし、より安定な映像を得ている回路も採用されている。

電源回路については1970年代後半からシャーシのコード化（シャーシ絶縁）を行うために、スイッチングレギュレータ方式の電源に暫時移行しスイッチングレギュレータの回路形式も、回路構成がシンプルでコンパクトになるRCC（Ringing Choke Converter）方式が主流となった。過電流、過電圧保護回路を設けて電源回路自身や供給ブロックで電気的な異常が起こったときに電力の供給を停止して安全性を確保している。

(4) ハイビジョンの登場と対応受像機

高品位テレビは1964年の東京オリンピック後にNHKで将来のテレビはどうあるべきか、どんな方式にすべきか、特に臨場感向上という視点でスタートし、その条件などを検討した。この時のフィルムシュミレーション等を用いた基礎的な画質研究の成果がその後の走査線数1125本、アスペクト比5：3（その後16：9）のベースバンド規格となった。この時の研究成果は国際的にも認知され、この後のハイビジョン、デジタル放送に生かされていくのである。1970年頃名称を高品位テレビと名付けて、単に表示画像が精細度が高い高

精細度テレビではなく、感情や情緒といった高度な心理効果をも満足させるテレビを開発することにした。1980年頃のスタジオ規格の緒元を表4.3に示す。この

表4.3 NHKの高品位テレビ規格⁽⁶⁵⁾

走査線数(本)	1125
アスペクト比(a)	5：3
インターレース比	2：1
フィールド周波数	60Hz
映像信号帯域 (MHz)	
輝度信号幅 [Y]	20
C { 広帯域色信号 [C _w]	7.0
狭帯域色信号 [C _s]	5.5

$$\begin{pmatrix} Y \\ C_w \\ C_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.63 & -0.47 & -0.16 \\ -0.03 & -0.38 & 0.41 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

Y：Y 信号
C_w：C_w 信号
C_s：C_s 信号
R：赤原色信号
G：緑原色信号
B：青原色信号

高品位テレビには開発すべき大きな課題が2点あった。1つはディスプレイで、高品位テレビの本領を発揮させるためには大画面ディスプレイの開発が必要であった。2つ目は情報量の多い高品位テレビをいかに効率良く伝送するかという、放送のための伝送方式の問題であった。この2点について1980年代後半から1990年代にかけて開発が進められることとなる。ディスプレイについてはその後着実に開発が続けられ、その成果はPDP、LCD等の大形薄形テレビの開発につながる事となる。また伝送方式の問題についてはMUSEの開発を経てデジタル放送の開発に続く事となる。この伝送方式として1984年にNHKによりMUSE方式による帯域圧縮が開発され、1985年の筑波科学博覧会を契機にして、衛星放送による世界初の高品位テレビの実験放送が始められた。1985年にはハイビジョンと改称され1990年になると36形で40万円台の家庭用受像機が、1992年には32形で100万円台の受像機が商品化された（ソニー：KW-3600HD、写真4.4）。



写真4.4 ハイビジョン受像機

〔MUSE方式〕

MUSE（Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding）は多重サブサンプリングシステムの略称で1984年1月にNHKから高品位テレビ信号を衛星1チャンネルで送

る伝送方式として発表されたものである。フレーム及びライン間のオフセットサブサンプリング（注）を行なって20MHzを約8MHzに帯域圧縮したアナログ信号を得る方式である。視覚の特性が静止画に対して厳しく、動画に対しては解像度を下げてもわかりにくい事を利用して、1フレームの画像を4フィールドに分解して送り、受信側において、静止画に対してはフレームメモリを用いて補間を行い、動画に対してはフィールド内で補間を行う。

詳細は専門書に譲るが、ポイントのみ簡単に説明すると、MUSE信号は全ての情報（輝度、色、音、データ）が、周波数空間でなく、時間軸上で多重化されている。MUSE方式のサブサンプリングパターンを図4.14に示す。MUSEの輝度信号の原始サンプルレートは48.6MHzで、図に示すような48.6MHzから24.3MHz—48.6MHz—32.4MHz—16.2MHzのエンコード経路をたどる。4フィールドに分割された画素のサンプルレートは16.2MHzである。ここまで全てデジタル信号処理され、最後にこの信号をD/A変換してアナログ伝送する。デコーダは再標本化位相を正確に再現してA/D変換し、クロック再生して、逆をたどりデコードする。逆のたどり方により各種のデコーダが登場する。

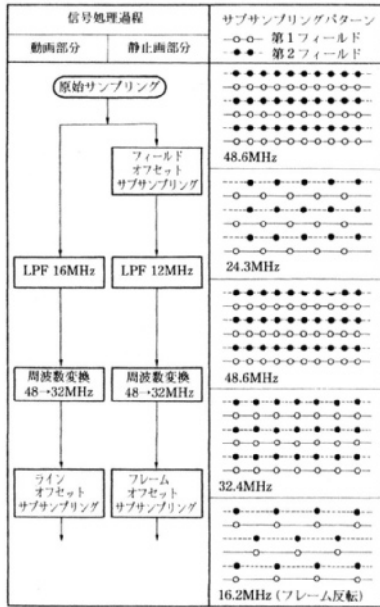


図4.14 MUSE方式のサブサンプリングパターン（輝度信号）⁽⁶⁶⁾

MUSE方式の圧縮率は約1/3である。この圧縮率では情報量が多く衛星1チャンネルでのデジタル伝送は難しいため、最後にサンプル値をアナログに変換して伝送している。MUSEはいわばデジタル信号処理、アナログ伝送方式である。

〔注：MUSEは多少乱暴な言い方だが、簡単に言うと1枚の絵を細かくサンプリング（原始サンプリング）し、

サンプル位置をずらしながら粗いサンプリング（オフセットサブサンプリング）の4枚の絵に分解して送る。受信側では静止部分は4枚の絵を重ねて細かい絵を再生する。動画部分は重ねられないため粗い絵のまま再生する。圧縮率は理論的には1/4となる〕

〔ハイビジョン受像機〕

1985年の筑波科学博で、高品位TV放送の実験電波が発射されメーカー試作の受像機が公開された。1988頃HDTV用のCRTについてEIAJ（電子機械工業会）で32形、36形の2種類に標準化された。1991年1日8時間のハイビジョン（MUSE）試験放送開始に伴い、ハイビジョン対応の受像機が各社から数は少ないが商品化された。これに搭載されたMUSEデコーダは第1世代LSIで36IC、21Mbメモリで実現している。図4.15に第1世代MUSE-LSIシステム図を示す。

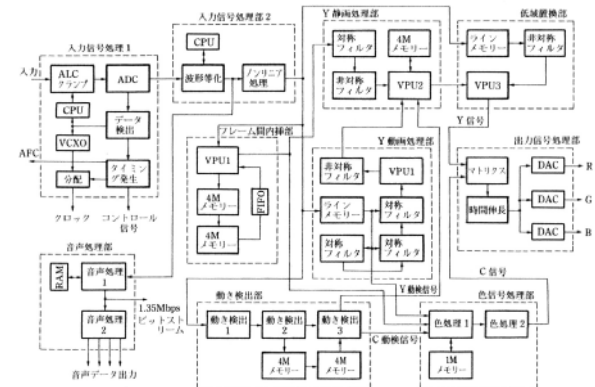


図4.15 第1世代MUSE-LSIシステム図⁽⁶⁷⁾

MUSEデコード部分が36ICとはいえ、それ以前のものに比べて格段に合理化されてLSIが開発されると、ハイビジョン受像機が次世代商品として現実のものとなりつつあった。しかし実際に受像機を設計商品化しようとするとならば様々な課題に直面する事となる。

- ① MUSEデコード回路の規模が大きくコストが高い。
- ② ハイビジョンの高精細度映像を再生するために受像管の精細度を上げようとする輝度が下がり映像が暗くなる。
- ③ ビデオ周波数帯域を規格からは、20MHz迄伸ばして広帯域化する必要があるが、ブラウン管の精細度との兼ね合いでどこまで広帯域化するか。
- ④ 偏向周波数が約2倍になるため、偏向回路の規模が大きくなり、偏向電力が増加する。さらにNTSCを扱う回路をどう共通化して合理化するか。
- ⑤ HDTVの16：9とNTSCの4：3の異なるアスペクト比の映像を（16：9のディスプレイ上に）違和感なく映し出させるか。

等々いままでアスペクト比4:3、標準精細度のNTSC信号のみをあつかってきたテレビ受像機としては新規ジャンルへの挑戦であった。この課題の中で、特に⑤に関しては放送としては初めて両立性が成立しない、今まで経験のない未知の分野であり、②の受像機が暗くなる点も、民生用商品としてはなかなか受け入れ難い問題を含んでいた。

これらの課題に対し1つ1つ取り組む事となる。①に対しては第1世代MUSE-LSI、第2世代MUSE-LSI、さらに回路の合理化、高集積化へと開発を進めた。②⑤の問題の解決手段として「ワイドビジョン（ワイドテレビ）」という提案がなされた。「ワイドビジョン」は明るさを犠牲にしないで16:9の映像の世界を実現することに主眼を置いた。このため精細度の点は犠牲になったが、受像管の精細度にマッチしたMUSE映像、ビデオ帯域等々バランスのとれた設計が可能となった。その後ハイビジョンと別の「ワイドビジョン」という新しいジャンルを作り出していく事となる。（ビクター：AV-36W1、写真4.5）



写真4.5 ワイドビジョン受像機

これら5つの課題は次に続くデジタル放送受像機にも共通する課題でもあるが、特に⑤の点が今後のデジタル放送の普及とも絡んで、厄介なしかし大事な問題でもあった。少し大きさに言うと今までのNTSCの4:3の文化をいかにスムーズにHDTVの16:9の文化に移行させていくかという問題でもある。この課題に関して様々な試みがなされた。この試みの中でその後多くのモデルに採用された「パノラマモード」について説明する。ワイドビジョンで標準(4:3)映像を見る場合は、ワイド(16:9)ブラウン管の左右を隠した標準画角のモードを推奨した。しかし大半のユーザーは「画面が小さくなってしまふ」という事で、標準映像を16:9の横に伸ばしたワイドモードで映像をみていた。しかもこのテレビは「人が皆太っている」というクレ

ームをつけていた。16:9のディスプレイに4:3の映像をいかにスムーズに溶け込ませるかという悩みから「パノラマモード」が誕生した。

人間の目はテレビ画面を見る時、ほとんど画面の中央部に集中しているという図4.16に示す研究結果がある。この結果に注目し、画面中央部では4:3の映像をほぼそのままの比率で映し、左右周辺部に近づくに従って映像を水平方向に徐々に伸ばした図4.17のような引き伸ばしモードとし、パノラマモードと名付けた。特殊な絵柄以外は比較的違和感が少なく4:3映像を16:9の映像に変換可能だとして、アスペクト変換モードとして最も多く採用されている（ビクター：AV-28WX2）。

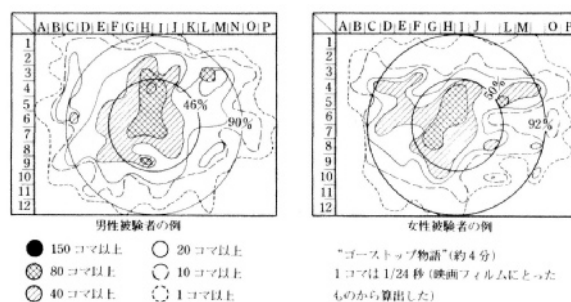


図4.16 アイカメラによるテレビ画面の注視点分布⁽⁶⁸⁾

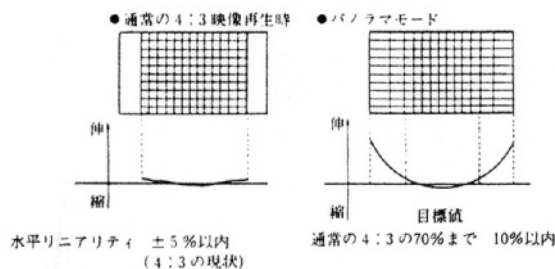


図4.17 パノラマモードによる周辺部引き伸ばしの様子⁽⁶⁹⁾
左：通常の4:3映像再生時 右：パノラマモード

その後MUSE-LSIは1992年～1993年にかけて第2世代が開発され、専用LSI：7～11個、メモリ12～20Mbで構成され、ハイビジョン受像機価格も36形；110万円前後、32形；90万円、28形；65万円程度となった。1994年には受像機回路の合理化及び小型化と低廉化を目指して各社が独自のLSIを開発し、第2世代LSIと組み合わせる、第2.5世代LSIへと発展を続けた。1995年末に、第3世代とよばれるLSIが開発され、ハイビジョン受像機の価格も32形で55万円、28形で45万円前後までになった。

尚1995年にアスペクト比をワイドにしたEDTV-IIが放送開始されたが、前述したようにあまり普及していない。

この1995年頃の受像機は概略次のように分類される。

- ① ワイド受像機
- ② ハイビジョン受像機
- ③ 従来の4:3NTSC受像機

その後1990年代の後半は上記3ジャンルの受像機にデジタル放送受像機が加わり、徐々にデジタル放送受像機へ移行していく事となる。また上記受像機の5つの課題はデジタル放送へ移行しても共通する課題として引き継がれる事となる。尚ここでMUSE、EDTV-IIは本放送として普及に至らなかったが、16:9の新しい映像の世界を切り開き、次のデジタル放送普及の一つの重要な基盤となった点を付記しておく。

(5) デジタル放送の時代⁽⁴⁶⁾⁽⁷⁰⁾

1987年頃NHKが米国ワシントンで、前述したMUSEによるHDTVの公開伝送実験のデモを行い非常に成功をおさめた。この頃は日本のテレビ産業が世界の頂点に立ち、一方米国のテレビ産業はというとRCA、GEなどテレビから徐々に撤退ないし外国（欧州）企業への売却によってZENITH1社しか残らないという状況でもあった。この巨大なテレビ産業は日本につぶされてしまうのではないかという危機意識も人々の中で芽生えはじめていた。そんな状況の中で「ハイデフィニッション（HDTV）」は何としても自国で開発したいという米国技術者の強い思いが今のデジタル放送の開発につながる事となる。1987年8月FCC（連邦通信委員会）が米国地上デジタル放送ATV（Advanced Television）に関する意見公募に続き、同年10月にATV諮問委員会を組織し「デジタル放送」開発のスタートがきられた。当初は20件を越えていた提案システムも日本のNHK提案のNarrow-MUSEも含め6システム（デジタル：4、アナログ：2）に絞られて評価テストを実施することとなる。この中にGI社が1990年6月に提案したシステムのDigi Cipherが含まれており、最初のフルデジタル方式であった。コンピュータシミュレーションによるデモが行われ、当時の常識ではそのビットレート（約18Mbps）からは考えられない位の高画質であったため、このフルデジタル方式が注目を浴び、ATVのデジタル化方向への契機となった。映像信号の圧縮方法は、その後のデジタル放送方式のスタンダードとなる、動き補償予測符号化とDCT（Discrete Cosine Transform）を組み合わせたハイブリッド符号化方式（注）を採用している。その後1993年にデジタル4方式について提案方式を一本化するグランドアライアンス（大同盟、GA）が成立し、1996年の技術方式の制定となる。1998年11月にATSC方式による地上デジタル放送が主要10都市にお

いて開始された。一方衛星デジタル放送はATV方式検討途中の1994年に多チャンネル衛星デジタル放送が開始され、これが世界最初の実用化デジタル放送となった。〔注：技術的な説明は専門書に譲るが、ここでも人間の視覚特性をうまく利用している。視覚特性としてののっぺりした画像ではわずかなノイズでも目立ちやすいが、ごちゃごちゃした画像ではノイズが目立ちにくい。即ちごちゃごちゃした画像（2次元空間周波数の高域成分）では量子化を粗くしてもよい。さらに画像の統計的性質として、高域成分は比較的少ない。この考え方をベースに動き補正予測符号化（動き分を位置補正した予測信号と入力信号の差分のみを符号化）と組み合わせて情報量を削減している〕

一方日本でもデジタル化の大きなメリットや諸外国の状況、我国におけるデジタル放送実用化の要望などを考慮して1994年6月に電通技審に「デジタル放送に係る技術的条件」について諮問をおこない、1995年7月に通信衛星（CS）による27MHz帯域幅（12.2～12.75GHzを使用）のデジタル伝送方式が答申された。MPEG-2を軸とした国際的にも整合性のとれた方式である。これを受けて1996年10月にPerfecTVが東経128度の軌道にある通信衛星を用いて多チャンネルデジタル衛星放送を開始し、日本で最初のデジタルTV放送となった。その後CSデジタルは次に述べるBSデジタルと衛星デジタル放送の標準化が図られ、2001年5月にBSデジタル規定をベースに広帯域CSデジタルとして拡充された。これにより2002年3月から東経110度のN-SAT-110衛星からBSデジタル放送と同じ技術基準帯域幅（34.5MHz）を用いて広帯域CSデジタル放送が開始された。CS、BSの両者間で基本的に信号方式の共通化が計られ、デジタル放送受信機の主要部分は共用可能となった。一方11.7～12.2GHzを使用するBSデジタル放送は、東経110度の軌道上の静止衛星を用いて、1990年代後半から実験放送が行なわれ、2000年9月からはシドニーオリンピックを中心とする実用化試験放送を行い、2000年12月1日から本放送を開始した。また地上波デジタル放送は2001年7月に地上デジタル放送の親局のチャンネルプランとこれに伴うアナログ周波数変換のチャンネルプランが確定し、2003年12月1日に関東、中京、近畿の3大広域圏で放送開始した。

〔デジタル放送方式〕

デジタル方式とアナログ方式の得失をみるとデジタル方式は信号レベルのマーゲンを取っているためアナログ方式に比べて安定度が高く、品質が良い。また映像、音声、データの各信号を同一の形体で扱うことが

可能で新しい機能を容易に実現できる。その反面デジタル方式はアナログに比べ信号周波数帯域幅が広がる欠点がある。必要とされる信号帯域幅は、近年の情報源符号化技術の進展で帯域圧縮により伝送情報量を削減し、伝送帯域幅を抑えることが出来、デジタル放送の実用化が可能となった。即ち映像品位をあまり落とさず、どの程度の高効率な帯域圧縮が可能で、情報量をどこまで削減できるかがポイントとなる。TV信号を単にデジタル化した場合HDTVで約1.2Gbpsと言う膨大な情報量となる。これをデジタル放送で使われているMPEG-2Videoと呼ばれる高能率符号化方式で情報量を圧縮すると20~25Mbps程度のビットレートで放送品質が確保できている。約1/50程度に情報が圧縮されている。デジタル放送における信号は図4.18に示すように情報源符号化—多重化—伝送路符号化の流れとなる。さらに図4.19に示すように、情報源符号化と多重化は衛星、地上、ケーブルで共通化を図り、伝送路符号化は各々の伝送路に適した方式を選択する。表4.4に日本のデジタル放送の要素技術構成を示す。情報源符号化、多重化方式は表に示すようにMPEG-2Video, Audio (AAC), Systemsを採用している。

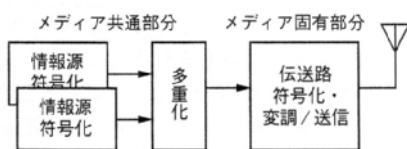


図4.18 デジタル放送の仕組み

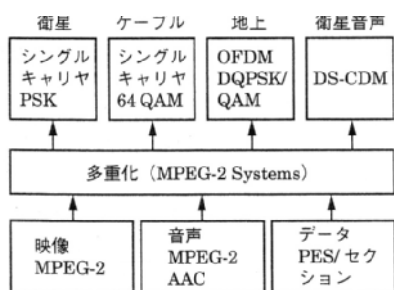


図4.19 デジタル放送の要素技術構成

表4.4 日本のデジタル放送の要素技術構成⁽⁷¹⁾

映像・音声情報源符号	映像符号化方式	MPEG-2 Video			
	映像フォーマット	有効画素数	アスペクト比	走査方式	
	1081 i	1920 × 1080	16 : 9	飛越し	
	480 p	720 × 480	16 : 9	順次	
	480 i	720 × 480	16 : 9, 4 : 3	飛越し	
	720 p	1280 × 720	16 : 9	順次	
音声符号化方式	MPEG 2 Audio (AAC) (標準化周波数 48, 44.1, 32 kHz)				
データ符号化	モノメディア符号化	動画 : MPEG-2, -2, -4, 音声 : MPEG AAC, -BC, AIFF-C 文字 : 8 単位符号, ISO 10646-1 静止画 : MPEG-2 イントラ, JPEG, PNG, MNG			
	マルチメディア符号化	BML(XMLの応用言語を放送用に再構成)			
	字幕・文字スーパー	8 単位文字符号, PNG			
	データ伝送方式	独立 PES, データカプセル, イベントメッセージの各方式			
限定受信方式	Multi-2				
多重化方式	MPEG Systems				

MPEG-2については多くの解説書があるので、詳細はそちらに譲る。伝送路符号化について多少言及すると、衛星放送の場合約37000kmと伝送路が長く、かつ衛星の送信電力が制限される。このため微弱な電波でも受信可能な伝送方式とする必要があり、さらに小口径受信アンテナでの受信等を考慮すると受信機のアンテナ出力端のC/Nは高々20dB以下であり、降雨減衰によるC/Nの低下等も考えると、10dB以下の低C/Nに対しても良好にデジタル復調が可能なる変調方式の採用が必要である。このため低C/Nで復調可能なQPSKや8PSKなどの位相変調方式を採用している。一方地上放送は受信距離は100kmくらいと衛星放送の数100分の1以下であり、また送信電力も衛星ほど厳しい制限を受けない。その反面周波数帯域幅が狭く、ビルなどからの反射(マルチパス)がある。さらに移動体受信も行う。このためマルチパスに強いOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)が用いられ、これに誤り訂正能力を強化した方式が採用された。

[デジタル放送受信機(受信機)]⁽⁴⁶⁾

デジタル放送受信機としては狭帯域CSからスタートし、その導入の経過から、各種の形態があるが、ここでは「BS/広帯域CS/地上デジタル放送共用受信機」について文献(46)から一部引用して簡単に説明する。図4.20に受信機の基本構成を示す。衛星受信ではパラボラアンテナで受信し、コンバータを経てDIRD(Digital Integrated Receiver Decoder:受信機)に入力される。一方地上受信の場合はアンテナで受信しDIRDに入力される。図4.21にDIRDの基本構成を示す。衛星受信のフロントエンド(チューナ)部は衛星デジタル放送の伝送路符号化方式である8PSKの復号を行う。選択されたチャンネルの選局を行い、直交検波し、8PSK復調・復号、TMCC復号を行い、デインタリーブ、フレーム分離、デスクランブルを行ってリードソロモン復号によりTS(Transport Stream)を復号する。地上受信の場合は同様に選局、検波し、地上デジタル放送の伝送路符号化方式である64QAM、16QAMなどの復調復号、TMCC復号を行い、デインタリーブ、階層処理、エネルギー逆拡散などを行い、TSを復号する。TSを復号以降は情報源符号化部でMPEGデコードを行う。先ず有料放送受信またはRMP(著作権保護)のためのCA(コンディショナルアクセス)デスクランブルがなされる。ICカードなどのCAモジュールが受信機に挿入される。デスクランブルされたTSはMPEG2-DEMUXで映像・音声・データの各コンポーネント信号に分離され、各デコーダに

送られる。映像信号はMPEG2ビデオ復号、音声信号はAAC復号、データ信号はBML方式の復号がなされる。その他、SI/PSI信号によりEPGなどが復号される。

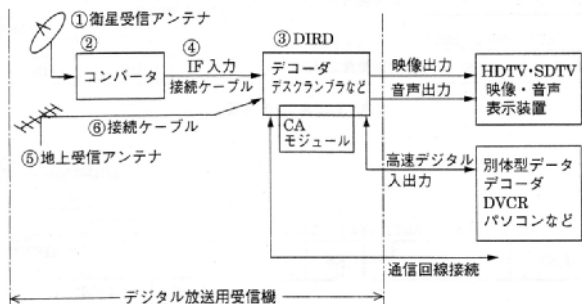


図4.20 デジタル受信機の基本構成

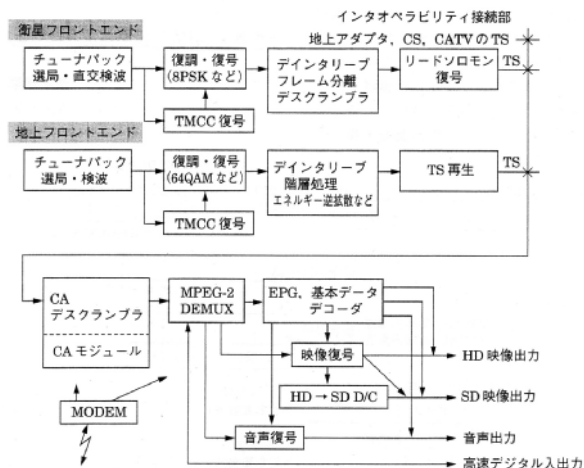


図4.21 デジタル受信機DIRDの基本構成

また受信信号を外部装置に出力する高速デジタルインタフェースや双方向通信を行うためのモデム等が付け加わる。以上が共用受信機の概要である。

最初の受信機は1994年10月のPerfecTVの放送開始にあわせて、各社からセットトップボックス形受信機が発売された。ハードウェアのほとんどは米国のIRDに使われているLSIを適用し、EPGなどのソフトウェアでメーカーの特徴を出した。

2000年12月1日のBSデジタル放送開始に先立ち受信機用LSIの開発が行われ国内テレビメーカー各社からBSデジタル受信機内蔵テレビ及びBSデジタルチューナーが相次いで発表された。これらのBSデジタル内蔵テレビはハイビジョンを含む各種映像フォーマットに対応し（1080i、480p、480i、720p）、映像入出力端子としてD端子を備える。またデジタルVTRなどとの接続を想定し、iLINK（IEEE1394インタフェース）端子を備えている。また1部モデルを除いてはデータ放送に対応しており、リモコンに追加された専用キーを操作することにより、ニュース、天気予報、電子番組ガイド（EPG）などの画像、文字データで構成される情報を表示することが出来る（松下：TH36D10 東芝：32D2000 ソニー：KD-36HD700 三洋：HVC-36DZ1 ビクター：AV-32LS1他）。

また2003年12月の地上デジタル放送開始に先立ちPDP、LCDの薄型テレビを含めて、BS/CS/地上デジタル放送用共用受信機が各社から発売された。

この時代の前期の主要モデルは各メーカーに現存し、後期のモデルは現役稼動中である。

5 | まとめ— デジタル放送時代、大画面薄形テレビ時代への幕開け

日本のテレビ開発は戦前の開発期に全電子式のテレビ研究を世界に先がけて行い、今日のテレビの基礎的技術を創造した。今の525本方式と比べても、それ程遜色のない441本方式のテレビシステムを世界の第1級のレベルで完成させていた。これは高柳氏をはじめとした先人の先見性にあった。それと「幻の東京オリンピック」がこのテレビシステムの確立に大きく寄与した点も見逃せない。

その後約10年の開発空白期を経て、テレビ開発の第2期となるが、戦前の技術蓄積と米国からの技術導入により、標準放送を開始し、カラー放送もスタートさせた。10年の開発空白期の存在は大きかったが、それでも研究禁止解除後5年でテレビ本放送がスタート出来た点は戦前の日本のテレビ研究の成果、蓄積が大きく寄与していたと言える。

1960年代から1970年代にかけて、主要デバイスの真空管をトランジスタに変え、さらにIC化へと積極的な開発を進めた。この半導体化に対する積極的な取り組みにより、日本のテレビ産業、テレビ受像機は性能面、コスト面、生産性、信頼性の総合力で米国を追い越し世界第1位の地位を築く事となる。戦後20年たってようやく米国に追いつくことが出来た。また標準規格化と大量生産により高嶺の花であったテレビを、一家に1台の手の届く商品にした。

1980年代を境にテレビを取巻く環境が変化し、テレビ受像機は単なる放送受信機から、家庭における映像情報センターとしてその機能を拡大し、性能を向上させることが要求され、「システム化」、「高画質化」、「大画面化」が進展した。またそれまでの20年ほとんど変化のなかった放送方式も高品位化を狙いにEDTV、ハイビジョンの新方式を日本の技術で開発し、16:9の新しい映像の世界を拓いた。高品位テレビを導入するためには伝送方式を開発する必要があり、受像機の表示デバイスとしてのディスプレイも大画面でなければその真価が発揮できなかった。伝送方式はMUSEの開発を経て、デジタル放送へ移行した。カラー放送開始以来40年を経て我々は新しい方式を手に入れた。ディスプレイはブラウン管方式の「ワイドビジョン」の試みを経てPDP、LCD等による大画面薄形テレビへと変化しつつある。

このようにテレビ受像機を3つの時代に分けてその技術開発の足跡をみてきたが、同じ見方で現在を見て

みると、今は前の時代の延長でなく、次に来たるテレビ受像機の新時代の変わり目の徴候がある。そのためにあえてこの章を設けた。

テレビ受像機の世代を白黒放送、カラー放送の時代を第1世代、1980年代のシステムテレビから2000年までを第1.5世代とすると、今がデジタル放送、大画面薄形テレビの第2世代の幕開けといえるかもしれない。

テレビ受像機は放送が高品位化、デジタル化され、さらに家庭内映像情報センターとしての役割もより高度なものが要求されている。今テレビ受像機をその周辺も含めてみると、変わりつつある徴候が見えている。

●放送は1対Nの伝達のため、方式を決める必要があり、従来はその方式は1度決めると変更の難しい「硬い」ものであった。実際にカラー放送開始から次の新方式のデジタル放送まで40年を要した。しかし放送のデジタル化は、映像フォーマットの多様化（1080i, 480p, 480i, 720p）により、放送方式の最も基本となる走査線数の変更をも可能にするなど、より「柔軟な」ものになった。

●今まで放送は一方方向性であったが、電話線を利用した双方向性によりテレビ受像機からの情報発信が可能になった。

●デジタル方式はアナログ方式の3倍の情報量の伝達ができ、従来の1チャンネル帯域幅で3チャンネルが送れ、伝送路の有効利用が可能となった。

●テレビ受像機はLSIとソフトウェアの固まりとなり、第1世代までの受像機と異なり、その開発には膨大な数のソフトウェア技術者を必要とするようになった。

●テレビ受像機は中にパソコンが入っているようなものとなったが、その本質はアミューズメント、エンタテインメントであること自体は変わらず、パソコンとは全く異なるものである。そのためパソコンのようなバグは許されない。このような信頼性面、さらに前向きの変更がダウンロード機能を使って行われ、受像機は常に進化し続けるものとなった。

このようにテレビ受像機は機能も役割も開発の仕方も従来のものとは異なる新しい家庭用機器となりつつある。

テレビ受像機の表示機能としてのディスプレイは放送方式と同様にテレビ受像機の根底技術である。そのため発達過程を辿る必要があったのだが、投射形、小形受像機に触れなかった事もあり、ブラウン管以外のディスプレイについて登場するチャンスがなかった。

しかしHDTV映像の浸透と共にディスプレイも変わりつつある徴候が見えている。テレビ用ディスプレイは放送開始以来50年間主役は常にブラウン管であった。又ブラウン管は20年も前から、あと5年或いはあと10年の命と言われながらも、常に進化を続けたためにブラウン管に代わる新しいディスプレイは台頭しなかった。しかしHDTVが現実のものとなり、その真価を発揮するために大画面が要求されると、40形、45形は技術的には可能だが、重量と奥行きに関しては商品として厳しいものがあり、交代の時期がきた。ここで新しいPDP、LCD等の大画面薄形テレビに変わろうとしている。

PDP、LCDについての詳細は専門書に譲るとして、簡単にその特質を見てみると、

PDPは放電現象を利用した、紫外線による蛍光体の励起発光のディスプレイである。そのため高い輝度が取れない、応答が遅い、放電のON-OFFの2値制御で中間調が出ないという三重苦をもったとてもテレビには使えそうもない難しいディスプレイとみられていた。その困難な課題をメモリ機能、プライミング(種)放電、サブフィールド法などを開発し、さらに黒レベル、青の効率の悪さ、動画擬似輪郭の問題等々を解決

しテレビディスプレイとして完成させた。しかしまだ発光効率が低く、電力消費量が多い等の課題がある。

一方LCDは視野角の問題、LCD自身の応答スピードの問題等を改善しテレビディスプレイとして、小形から開発商品化し、暫時大型化へ移行した。しかし光制御方式故の絶対的黒レベルの問題、ホールド形ディスプレイ故の動画像の質の問題、ホールド形の改善と電力の問題等の課題がある。

このようにPDP、LCDはテレビディスプレイとしての課題を克服し、HDTV放送の普及と歩調を合わせて大画面、高精細化を進展させ、HDTV映像の真価を発揮させている。まだ課題はあるものの壁掛けテレビに近付きつつある。

以上今のテレビ受像機、その表示機能としてのディスプレイの変わりつつある様子を見ると、やはり今が大きな変曲点であり、第2世代の幕開けの徴候がある。さらに時代が進み本当に壁のような自然なディスプレイが開発され、多くの映像ソースが16:9に移行した時がテレビの第3世代であり、理想の「歌舞伎座」が映し出され正に「夢」が実現できたといえる。

6 | あとがき

今回の調査ではテレビ技術分野のテレビ受像機に焦点を絞って進めた。さらに時間の制約もあり、投射形テレビ受像機、小形受像機等には言及せず範囲を限定した。しかしそれでもテレビ受像機の奥は深く不十分な点が多々あると思われる。今後の課題としたい。

報告書は出来るだけテレビ関係者以外の人にも理解できるものにまとめたかったが、特に後半の部分はどうしても専門用語が増え、その説明も不十分であった点は反省点である。

付録表2の各社の開発モデルについて現物保存の有無を表中に明記したかったが、時間の関係で間に合わなかった。この点も反省点である。

テレビの歴史を辿ってきていろいろ気付かされる点があった。その中から1つだけ紹介すると、時代を先取りする先進技術には弱点が潜んでいる例がかなりある。1960年代半ばに開発されたGEのポルタカラーはCRTのインライン化の先兵となった珠玉の技術が盛り込まれていた。しかしフォーカス特性が悪く、商品としては成功しなかった。1980年代の中頃にITTが開発したICはその後の回路のデジタル化の先鞭をつけた。しかし実質7.5ビットの分解能で、最低8ビットは必要と言われる階調の再現性が不十分で、このICシリーズはあまり普及しなかった。しかしその後のCRTのインライン化、回路のデジタル化が技術の主流となった事を考えると、その時点で弱点はあったが節目技術としての価値は大である。

未来を考えるために現在を知る必要があり、現在を知るために過去を探る。現在を知るための十分な材料が提供できたかどうかは疑問であるが何らかの一助になれば幸いである。

今回の調査、報告書のまとめに関しては多くの方にご指導ご協力をいただいた。

まずJEITA（電子情報技術産業協会）のテレビネットワーク事業委員会の次の方々 三洋電機：西雅文氏、シャープ：岩本澄男氏、ソニー：宮川均氏、東芝：亀本一廣、日本ビクター：本多秀雄氏、パイオニア：相原常男氏、日立製作所：薬師寺康博氏、富士通ゼネラル：曾田耕一氏、松下電器産業：佐々木弘真氏、三菱電機：菊地修二氏 には全面的にご協力いただき、調査に多くの時間をさいていただき資料を提供いただいたことに深謝する。

NHK放送博物館：河野光子氏、浜松電子工学奨励会：吉山三夫氏、静岡大学：青木徹氏、東芝：荘司金秋氏、シャープ：原田真人氏、松下電器：此下末広氏、小幡正雄氏、本谷邦彦氏には資料の提供、重要施設の見学等のご協力を深謝する。その他資料の所在調査のため資料の提供、重要施設の見学等で多数の皆様のご協力をいただき本報告書をまとめることが出来た。ここに深謝する。

最後に国立科学博物館の清水主幹、永田ユニット長を始め関係者の方々に調査及び報告書作成においてご指導ご支援いただいたことに感謝の意を表す。

■ 参考文献一覧表

- (1) 高柳健次郎 「テレビ事始」有斐閣
- (2) テレビ学会編 「テレビジョン技術史」
- (3) 高柳健次郎、松山喜八郎 「テレビジョン工学」コロナ社 (1941)
- (4) 高柳健次郎 「テレビジョン」共立社 (1940)
- (5) 曾根有 「テレビジョン」岩波全書 (1934)
- (6) EIAJ電子管研究会 「電子管の歴史」オーム社
- (7) 浜松電子工学奨励会編 「静岡大学 テレビジョン技術史」浜松電子工学奨励会
- (8) 浜松電子工学奨励会編 「テレビのはじめ」浜松電子工学奨励会
- (9) NHK技研編 「三十年史」NHK技研
- (10) NHK技研編 「五十年史」NHK技研
- (11) W.Rマクローリン「電子工業史」白揚社
- (12) NHK編 「テレビジョン技術教科書」日本放送出版協会
- (13) EIAJ編 電子工業50年史 日本電子機械工業会
- (14) 映像情報メディア学会編 「映像情報メディア学会五十年史」映像情報メディア学会
- (15) 日本民間放送連盟編 「民間放送十年史」日本民間放送連盟
- (16) 久野古夫 「テレビ人生一筋：技術者の65年」日経BP出版センター
- (17) 中西壽夫 「CRTの50年」『映像情報メディア学会誌』映像情報メディア学会 2000.8
- (18) 久野古夫、亀本一廣 「テレビ技術史」電気技術史研究会資料
- (19) 久野古夫 「受像デバイスと受信機技術」『テレビジョン学会誌』TV学会 1983.4
- (20) 石橋俊夫「NHKにおけるテレビ受像機の研究史」電気技術史研究会資料
- (21) 曾田純夫他 「戦後のテレビジョン受像機技術史」電気技術史研究会資料
- (22) 久野古夫 「カラーテレビ」『映像情報メディア学会誌』映像情報メディア学会 2000.4
- (23) TV学会編 「テレビジョン工学ハンドブック」オーム社
- (24) NHK編 「カラーテレビジョン」日本放送出版協会
- (25) EIAJテレビ技術委員会編 「現代カラーテレビ技術」オーム社
- (26) TV学会編 「カラーテレビジョン技術」テレビジョン学会
- (27) 石橋俊夫 「カラー受像機」日本放送出版協会
- (28) 山之内一郎 「ICカラーテレビ」日本放送出版協会
- (29) 平沢進他 「テレビ受像機の基礎」ラジオ技術社
- (30) 杉原康正、江崎康十 「テレビ受像機の変遷と展望」富士通ゼネラル
- (31) 日本ビクター(株)編 「燃える魂」75周年記念出版
- (32) 黒岩寛 受像機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1960.6
- (33) 宮崎源太郎 受像機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1964.8
- (34) 中野稔他 受像機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1966.7
- (35) 和田稔 カラーテレビジョン受像機 「テレビジョン学会誌」TV学会 1967.12
- (36) 伊藤公夫 受像機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1968.7
- (37) 成田昭 受信技術年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1970.7
- (38) 佐々木玲一 受像技術年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1972.7
- (39) 杉原康正 受像技術年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1974.7
- (40) 島田聡、塩田多喜蔵 受像技術年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1976.7
- (41) 西村逸郎 受信技術年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1978.7
- (42) 藤井猶孝、岩村清志郎 受信年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1980.7
- (43) 田中誠 テレビ受像機特集 「テレビジョン学会誌」TV学会 1960.1
- (44) 山崎映一 カラー受像管 「テレビジョン学会誌」TV学会 1973.5
- (45) 吹抜敬彦 「画像のデジタル信号処理」日刊工業新聞

- (46) 映像情報メディア学会 「デジタル放送ハンドブック」 オーム社
- (47) 川井弓夫他 受信年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1982.7
- (48) 野添敏郎他 受信機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1984.7
- (49) 福井清健他 受信機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1986.7
- (50) 福井清健他 三木豊 受信機年報 「テレビジョン学会誌」TV学会 1988.7
- (51) 川井清幸他 コンシューマエレクトロニクス 「テレビジョン学会誌」TV学会 1990.7
- (52) 川井清幸他 コンシューマエレクトロニクス 「テレビジョン学会誌」TV学会 1992.7
- (53) 小島昇他 コンシューマエレクトロニクス 「テレビジョン学会誌」TV学会 1994.7
- (54) 石井良典他 コンシューマエレクトロニクス 「テレビジョン学会誌」TV学会 1996.7
- (55) 山本比呂志他 コンシューマエレクトロニクス 「映像情報メディア学会誌」映像情報メディア学会 1998.8
- (56) 網島健次他 コンシューマエレクトロニクス 「映像情報メディア学会誌」映像情報メディア学会 2000.7
- (57) 網島健次他 コンシューマエレクトロニクス 「映像情報メディア学会誌」映像情報メディア学会 2002.9
- (58) 町田豊隆、浦田一夫、酒井達夫 システムテレビ 「テレビジョン学会誌」TV学会 1982.11
- (59) 加藤溥夫 [AV-20] 「テレビ技術」1981.10
- (60) 疋田利春他 「ドームスピーカシステム」National Technical Report 1988.10
- (61) 川真田幸男、森下政信 文字放送特集 「テレビジョン学会誌」TV学会 1986.1
- (62) 松浦重雄 脇野征一他 「最近のテレビ受像機」 「テレビジョン学会誌」TV学会 1987.12
- (63) 城後尚純 [デジタルカラーテレビの詳解] 「テレビ技術」1986.5
- (64) 宮部一裕他 「ハイビジョン受像機HV20」National Technical Report 1995.8
- (65) 藤尾孝 「高品位テレビ」 「テレビジョン学会誌」TV学会 1982.10
- (66) 床井雅樹、石津厚 「簡易形デコーダ」 「テレビジョン学会誌」TV学会 1993.7
- (67) 桜井優他 「MUSEデコーダ」 「テレビジョン学会誌」TV学会 1991.11
- (68) 沢田繁 「画質改善」 「テレビジョン学会誌」TV学会 1993.7
- (69) 本多秀雄 [ワイドテレビの現状と今後の動向] 「放送技術」1994.5
- (70) EIAJ HDTV研(委) 「HDTV放送分野におけるデジタル化動向調査研究報告書」
- (71) 松村肇他 [アナログ放送からデジタル放送へ] 「映像情報メディア学会誌」2000.11

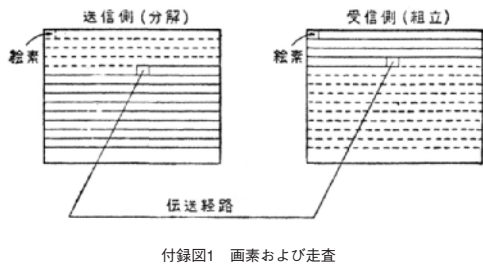
■ 巻末付録 (12)(25)(45)

〔画素（絵素）〕

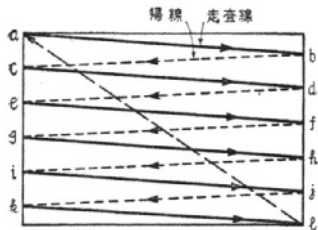
1つの画像は、拡大すると多数の明暗の点から組み立てられている。画像は縦横の線で網目のように細分していくと、網目の1つは均一の明るさとなる。画像は明るさの違う微小面積（点）の集合であり、この微小面積を画素という。テレビの画像はこの画素で構成され、現在の標準方式では理論上367,500個となる。

〔走査〕

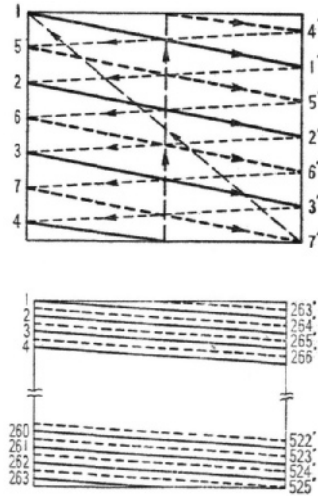
テレビの映像は各部の画素を、その明暗に応じた電気信号として送受するために、一定の法則で画素に分解又は組み立てを行う。送信側では分解された各画素の明暗に応じた電流を作り、伝送経路を通して遠い地点に送る。受信側では送られてきた電気信号によって再び明暗の画素に変えて、同じ法則で組み立てていけば付録図1のように映像を再現することが出来る。このように1つの画面を分解又は組み立てることを走査という。画面を構成している線を走査線、その本数を走査線数という。走査の方法に順次走査（ノンインタレース）と飛び越し走査（インタレース）の2つの方法がある。順次走査は上から下へ順次に走査していく走査方法で付録図2（a）に順次走査を示す。飛び越し走査は上から下へ走査線を1本おきに飛び越して走査する方法で1枚の映像は上から下へ2回走査して完了する。付録図2（b）に飛び越し走査を示す、現在の標準方式は走査線数525本の飛び越し走査方式である。



付録図1 画素および走査



付録図2(a) 順次走査



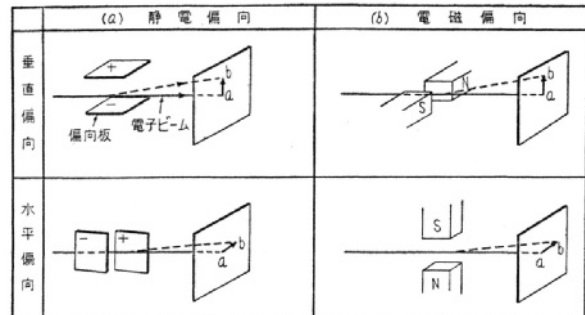
付録図2(b) 飛び越し走査

〔同期〕

受像画面に送信側と同じ画面を再現させるために走査の歩調を一致させることを同期といい、同期をとるための信号が同期信号で映像に付加して同時に送る。垂直同期信号（左上の位置を決める）と水平同期信号（映像の左端の位置決め）がある。

〔偏向〕

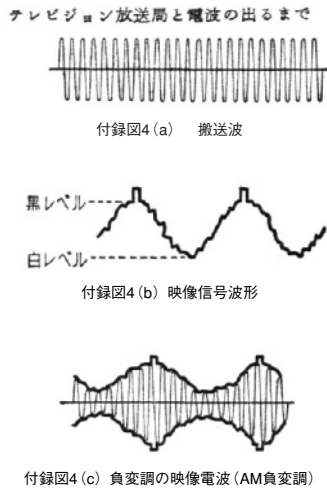
テレビにおいては送信側の撮像管及び受像側でのブラウン管を走査するために電子ビームを使用する。この電子ビームの進行方向を電氣的、磁氣的方法により変えることを偏向といい付録図3に示す。



付録図3 偏向の原理

〔テレビ電波と変調〕

テレビ放送では映像信号が4MHz以上にもおよぶ周波数を含んでいるため、これを運ぶ搬送波としては映像信号の10倍以上の周波数のVHFおよびUHF帯の電波を使用する。付録図4（a）に搬送波、付録図4（b）に映像信号波形、付録図4（c）に負変調の映像電波を示す（AM負変調）。戦後の標準方式で負変調に変えたため、雑音が黒点で目立たなくなり、AGCがかけやすくなった。



付録図4(a) 搬送波

付録図4(b) 映像信号波形

付録図4(c) 負変調の映像電波 (AM負変調)

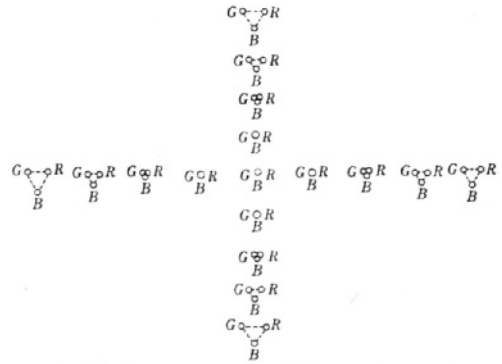
〔インタキャリア受信法〕

音声の受信方式としてセパレートキャリア受信法とインタキャリア受信法がある。セパレートキャリア受信法はチューナで周波数変換された音声搬送波(22.25/54.25MHz)と映像搬送波(26.75/58.75MHz)を各々専用の増幅回路で増幅し、検波する方式である。このためチューナの局部発振器が少しでもずれると信号帯域の狭い音声は聞こえなくなる欠点がある。これに対しインタキャリア受信法は音声搬送波専用の増幅回路を設ける代わりに映像搬送波と音声搬送波を同一の中間周波増幅回路で増幅し、検波回路の出力に含まれる映像と音声搬送波の差である4.5MHzのビートを音声インタキャリア信号として利用する方式である。この場合差の周波数4.5MHzは常に一定であるため音声聞こえなくなる欠点が解消される。さらに回路も簡略化される。

〔コンバーゼンス〕

3本の電子銃から出た3本の電子ビームは蛍光面上で1点に合致させなければならない。これをコンバーゼンス又は集中と呼んでいる。特に画面中央部のコンバーゼンスを静コンバーゼンスと呼び、画面周辺部については動コンバーゼンスと呼んでいる。元来電子銃は画面中央部でのコンバーゼンスが大体合うように設計されているが、組立精度その他で完全には一致しない。このずれは静コンバーゼンス用マグネット等で直流磁界を加えて調整し中央部分を一致させる。この状態を付録図5に示す。中央部分を一致させた場合、周辺部分は図のように規則正しくずれる。この周辺部の規則正しいずれは動コンバーゼンスコイルに規則正しい電流を流して補正する。このコンバーゼンス動作を行わせるために静コンバーゼンスマグネット、動コンバーゼン

スコイル、動コンバーゼンス回路が必要となる。コンバーゼンスフリー、コンバーゼンスレスとはこの動コンバーゼンス用コイルと回路が不要となることである。



付録図5 静コンバーゼンスのみ行ったドットパターン

〔NTSC方式〕

両立性を満足させるためにカメラ出力の3信号Er、Eg、Ebのかわりに別の3信号を導いて伝送しなければならない。その中の1つは白黒テレビと同じ信号とするために輝度をあらかず輝度信号Eyとし、目の視感度特性に合わせて0.30(R)：0.59(G)：0.11(B)の割合とする。

$$E_y = 0.30E_r + 0.59E_g + 0.11E_b$$

残る2つの信号を色信号と輝度信号の差の色差信号とした。

$$E_r - E_y$$

$$E_b - E_y$$

実際のNTSC方式の伝送色信号はこの色差信号を1次変換したI信号(1.5MHz帯域：Ei)、Q信号(0.5MHz帯域：Eq)信号とした。

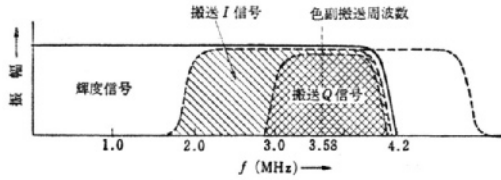
$$E_i = 0.74(E_r - E_y) - 0.27(E_b - E_y)$$

$$E_q = 0.48(E_r - E_y) + 0.41(E_b - E_y)$$

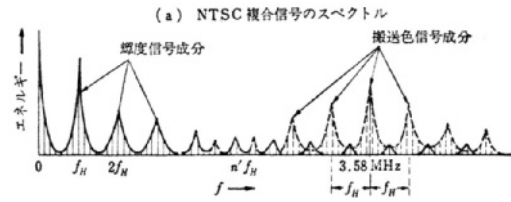
このEy、Ei、Eq信号をNTSC方式の伝送3信号と呼ぶ。

Eyは白黒テレビ信号と同じ方法で伝送し、Ei、Eqは周波数間挿法を考案しEy信号のスペクトルのすき間に配置した。付録図6(a)はNTSC複合信号のスペクトルを示す。付録図6(b)は色信号が輝度信号のすき間に配置されている様子を示す。このように輝度信号のスペクトルのすき間に配置するために色副搬送波を水平周波数の半分の奇数倍3.58MHzとした。さらに位相が90度ずれた2つの副搬送波を使用した場合2つの信号を独立に伝送できるためEi、Eqが伝送可能となった。2つの色信号Ei、Eqを伝送するための色副搬送波の周波数を上述したように選択したことにより付録図6(c)に示すように、第1フレームの色信号と第2フレームの色信号の位相がちょうど逆相となる。このため受信管

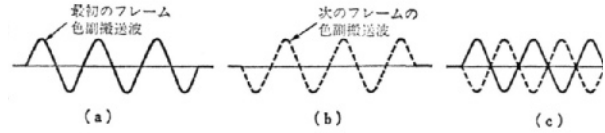
上では目の網膜の積分作用によって副搬送波による輝度の変化は打ち消される。さらにこの色信号の位相の関係は隣り合う走査線でも逆位相となる。この逆位相の関係を利用してくし形フィルタによって輝度信号 (Y) と色信号 (C) の分離 (YC分離) を行っている。



付録図6(a) NTSC復号信号のスペクトル

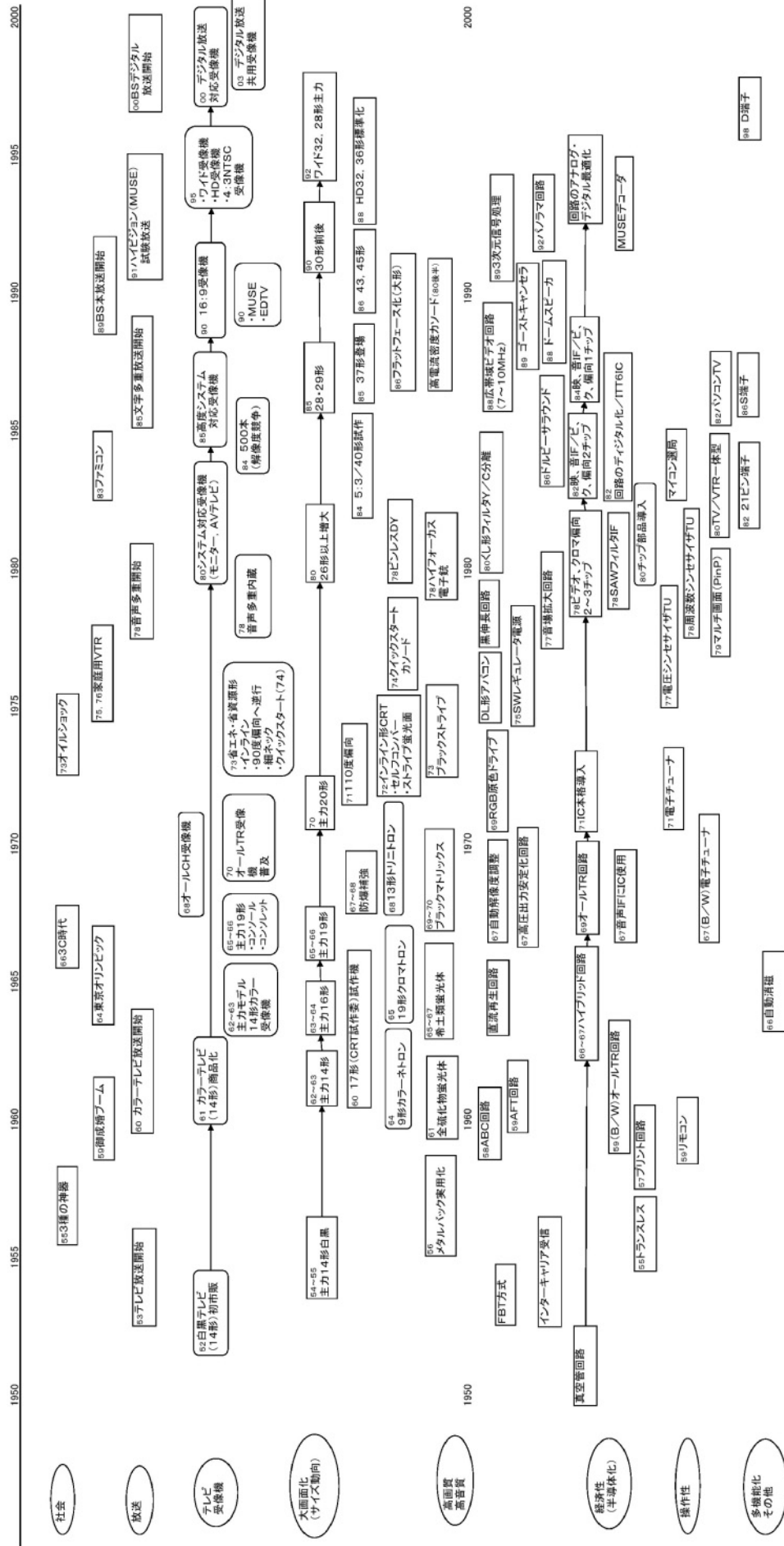


付録図6(b) NTSC復号信号における輝度信号と搬送色信号の周波数間挿多重



付録図6(c) NTSC復号信号における色信号の相殺原理図

付録表1 テレビ受像技術の概略系統図



付録表2 テレビ受像機関連開発年表-1

	1940	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
三洋					71・20-CTR910R リモコン付きカラーTV					70 THD-40D1 初メガネなし立体TV	70 HVC-36DZ1 36形BSデジタル内蔵
シャープ		52 TV3-14T 白黒TV、量産TV1号	60 CV-2101 初のカラーTV			78 CT-1804X 2画面TV	82 パソコンTV(X1) パソコン+カラーTV	89 XV-100Z LCDプロジェクタ	89 4E-JD1SL 高画質LCDカラーTV	89 LC-20V1 20形LCDテレビ「ウインドウ」	96 C-28WNT1 インターネット機能内蔵ワイドTV
ソニー			66 KV-1310 トリニオンカラーTV	65 19C70 クロマトロンカラーTV	70 KV-1810U トリニオン大形化	75 KV-2720 114度広角、電子選局化	80 KX-27HF1 システム形テレビ「プロフェール」	88 KX-45ED1 45形クリアビジョン対応モニタ	88 KV-27HV1 「プロフェール プロ」	88 KV-28SF5 平面「FDトリニオン」	90 KD-36HD700 BSデジタルHDTV
東芝			60 D-21WE 初のカラーテレビ	62 TV5-303 オールランジスタマイクロTV	70 19D6T オールランジスタCTV	74 20K90E 電子同調チューナー	77 18T382 SAWフィルタ採用CTV	87 25BS1SV BS内蔵テレビ	87 25X1SV 文字多重内蔵TV	89 34ED1N EDTVテレビ	90 32D2000 BSデジタルHDTV
ビクター		53 14TV-201 ビクター第1号		61 14WL 初14形カラーTV	67 19CT-807 直流再生、ビクターマトリックス	72 C-5018 直流再生「純白回路」カラーTV	78 C-189BS 音声多重内蔵テレビ	81 AV-20 システムカラーTV「ネットワークシリーズ」	84 21K900K デジタルテレビ	89 29S12K 「バス-カ」ワーハ採用	90 AV-32LS1 BSデジタルHDTV
		52 121A 12形丸形CRTテレビ		61 17WG 17形国産カラー-CRT搭載	73 C-5718E、C-6720E等 カラーテレビ「EEオート回路」	76 C-189BS 音声多重内蔵テレビ	85 AV-M280 第3ネットワーク	92 AV-28WX2 マルチビジョンPANORAMA	95 32ED3 EDTV II テレビ	96 32DW1 2画面ワイドテレビ	96 AV-32Z1 ネットワーク・ハイビジョン
				66 25CT-1004 初H-IC採用				95 AV-MT28 デジタルカラーTV	96 HV-32Z1 ネットワーク・ハイビジョン		
								96 AV-M280 第3ネットワーク	96 AV-M200G ILASバーPJ	96 AV-20MX6 CD-ROM内蔵マルチメディアTV	

付録表2 テレビ受信機関連開発年表-2

	1940	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
日 立													
富士通													
セイネラル													
松下													
三菱													
その他													

1940: 53 17T-2 白黒テレビ

1945: 56 F-100 日立初の白黒テレビ

1950: 60 21CC-F カラーテレビ

1955: 60 CT-150 日立初のカラーTV

1960: 68 CF-570TU オールトランジスタカラーT

1965: 69 CT-770C 20形大形トランジスタCTV

1970: 77 C26-987 110度広角セルコンバーゼンスカラーTV

1975: 78 C20-880V ビデオ内蔵CTV

1980: 84 C-19-DIG コーストキヤンセルカラーTV

1985: 88 C29-BS1 BS内蔵CTV

1990: 84 C26-750 2画面機能付CTV

1995: 84 C39-WE40 超薄形投射形ワイドテレビ [ヒックリスリム39]

2000: 97 W32-G1 プログレッディングスキャンW-TV

1940: 52 17K-531 第1号テレビ

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 9形カラーTV(GTC-9) 単電子銃カラーCRT(カラーネトロン)

1965: 70 13-EPDU ハイブリッドIC化13形カラーTV

1970: 75 14P-A1 [レット63] 低消費電力14形カラーTV

1975: 78 FM-18 「ザ・マルチ」 18形カラーTV

1980: 80 FM-26 「オーデイトテレビ」 26形カラーTV

1985: 84 MA-210 ニューメディア対応21形AVテレビ

1990: 85 MA-21D50 21形デジタルカラーTV

1995: 86 BX-29M45 29形又多・衛星放送内蔵カラー

2000: 92 CS放送受信システム (アンテナシステム、IRD)

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

1940: 54 17形テレビ 第1号

1945: 55 T-1441 メタルバックCRT

1950: 59 T-14R7 AFT回路

1955: 60 21K-10 カラーテレビ1号

1960: 64 6CT-338 「トリネスコープ」 カラーテレビ

1965: 73 14CP-15C インライン、セルコンパ管

1970: 71 20CKS-956 広角110度偏向管搭載

1975: 76 20CT-727T 電子式CH選局キー搭載

1980: 85 37C960 37形大画面カラーTV

1985: 86 TH-2010DW 直接露光法110度偏向CRT

1990: 87 TH-20B7 マイコン選局テレビ

1995: 88 TH-29BS1 BS対応テレビ

2000: 91 TH-36HD1 ハイビジョンTV

付録表3 テレビ技術の開発史-1

	全体・放送関連	受信機全般	受信機回路	受像管	世界の技術・社会・文化・その他
1884					ニポー円板の発明
1897					ブラウン管の考案
1923	高柳健次郎テレビ研究に着手				
1925					ペアード機械式テレビ実験 ラジオ放送開始
1926	イの字映し出し成功 (ニポー円板、ブラウン管)		のこぎり波同期(26項)	ガス入りブラウン管(26項)	八木・宇田アンテナ発明
	早稲田大学式テレビ				
1928	人物の顔の伝送に成功 (40本/14枚)				丹羽NE式写真電送発明
1930	早稲田式テレビ1.5mの大画面 受像成功(機械式)	ブラウン管式テレビ受像機の最 初のモデル		真空式ブラウン管に改良(30項)	
	蓄積型撮像のアイデア(30項)				
	テレビ実験を天覧に入れる (34本・2.5枚、新回路)				
1931	NHK技研テレビ研究開始		飛び越し走査のアイデア(31項)		ファルンスワース光電管送像器 を発表
	走査線100本毎秒20枚のテレビ 実験に成功(世界最精細)				
1932		ガンマ補正の概念	電源のAC100V化(32項)	電磁偏向の採用(31,32項)	
			掃線消去法(32項)		
1933					アイコノスコープ(ツボルキン)
1935	全電子式テレビ完成 (走査線220本)				ドイツ世界初テレビ定期放送開 始(180本)
	日本テレビジョン学界、テレビ 試験放送に関し建議				
1936					ベルリン11回OLPでテレビ放送 (180本/25枚)
					BBC世界初高精細テレビ正式 放送開始(405本)
1937	東京オリンピック放送準備 (~1941)				
1938	暫定標準方式決定(441本/25 枚 テレビジョン調査委員会)			白色受像管の試作(38項)	
1939	日本初テレビジョン公開実験 (NHK砧技研一放送会館)	初の国産テレビ受像機完成			
1940				角型受像管の試作(40項)	
				静電集束方式の多用(40項?)	
1941					米FCC標準方式決定 (525本/30枚)
					テレビ放送開始
1945	テレビ研究禁止				
	テレビ研究の再開許可				
1946	テレビジョン同好会発足 (後の学会)				RCAイメージオルシコン開発 RCAメタルバック受像管開発
1948					ベル研 トランジスター発明
1950	戦後初テレビ無線受像公開 (4GHzマイクロ波中継)			メタルバックの実用化(50項)	日本アマチュア・テレビジョン研 究会設立
	定期テレビ実験放送				
	電波三法(電波法、放送法、電 監委設置法)の制定				
1951					CBSフィールド順次カラーTV放送 IRE誌トランジスタ試作受像機発表
1952	標準方式論争 (6メガ・7メガ論争)	国内メーカー初14形TV受像機 製造販売			
	NTVに日本初テレビ局予備免 許				
1953	テレビ放送開始(NHK)				FCCカラー方式にNTSC採用決定
	東名阪マイクロ波テレビ中継回 線開設運用				
1954		テレビ受信機に対して物品税 14形で初めて10万円を切って 発売	トランスレス受像機 (真空管ヒーター直列接続)		国産トランジスタ市販 (神戸工業、ソニー)
					テレビ輸入禁止
1955		コンペアシステム導入	完全トランスレス(B回路も含めて)	静電フォーカス	神武景気
			リモコン(ワイヤード式)		3種の神器(55~)

付録表3 テレビ技術の開発史-2

	全体・放送関連	受信機全般	受信機回路	受像管	世界の技術・社会・文化・その他
1956	NTSC式カラーTV初受像公開(UHF,NHK)			メタルバック90度偏向(14、17、21形)	米カラー放送開始
1957	カラーテレビ調査会設立		印刷配線(プリント回路)導入		アンペックス社VTR発表 人工衛星スプートニク
	カラー受像管試作委員会 全TR化 (ウオーキー・ルッキー)開発				
1958	初のVTRによる録画放送		自動輝度調整(ABC)		東京タワー完成、開始 国産VTR完成 キルビーIC(TI社)
1959	皇太子御成婚実況中継 トランジスターカメラ(10)の使用	白黒トランジスタテレビ	リモコン 自動同調(AFT)		
1960	カラーテレビ放送開始	8型トランジスタ受像機	中間周波数JIS化(26.75/22.25MHz)	垂直トロイダル巻偏向ヨーク	メサ型TR(高周波、高出力用)開発
1961				硫化物カラー蛍光体	
1962			予熱式瞬間受像回路		
1963	初の日米宇宙中継(ケネディ暗殺)		自動消磁カラー受像機回路		
1964				カラーネトロン 希土類カラー蛍光体	東京オリンピック
1965		19形カラー受像機登場		単電子銃クロマトロンカラーCRT	GE:ポルタカラー
1966					RCA:音声IFIC
1967		カラーテレビ累計100万台	電子チューナ(白黒)	3電子銃クロマトロンカラーCRT	英カラーTV放送開始(PAL)
1968	UHFテレビ放送開始(徳島)			トリニトロンカラーCRT	
1969	音声多重実験放送(73まで)	オールチャンネル受像機普及	中間周波数変更(58.75/54.25MHz) RGB原色ドライブ方式	広角110度偏向	アポロ11号月面着陸 インテル4ビット初CPU DRAMメモリ開発
1970		オールトランジスタ受像機普及		不連続面補正レンズ コーナーワイド、フラットフェースカラーCRT ブラックマトリックス蛍光面カラーCRT	
1971		IC本格的導入	電子チューナ	X線対策バルブ全面使用	
1972			光(赤外線)リモコン	インラインカラーCRT トロイダル型偏向ヨーク コンバーゼンス不要偏向ヨーク	RCA:インラインCRT
1973				90度偏向への見直し ブラックストライプCRT ST方式(日立)	オイルショック
1974				クイックスタートCRT	
1975			スイッチングレギュレータ電源		ベータマックス
1976					VHS
1977		マイコン組込	電圧シンセサイザ 電子チャンネル受像機	ハイフォーカス電子銃	放送実験衛星(ゆり1号)
1978	音声多重放送	音声多重内蔵受像機	VIF、ビデオ・クロマ、偏向各1チップIC ビデオ入出力端子 SAWフィルター 周波数シンセサイザ 音場拡大	ピンクッション補正不要偏向ヨーク	
1979				即動形カソード	
1980		システム対応(モニター、AVテレビ等)受像機		OLF電子銃	
1981			くし形フィルタ		
1982			デジタル信号処理IC(ITT) 21P接続端子		

付録表3 テレビ技術の開発史-3

	全体・放送関連	受信機全般	受信機回路	受像管	世界の技術・社会・文化・その他
1983		パソコンテレビ			ファミコン
1984	BS試験放送	文字多重デコーダ内蔵受信機		40形5.3CRT開発	BS-2A打ち上げ
	MUSE開発				
1985	文字多重放送(ハイブリッド)	解像度競争(500本以上)	信号処理1チップIC化	37形CRT	BTA設置
	緊急警報放送			MDS方式(10形)ディスプレイ	筑波科学万博
1986			S端子	43.45形CRT	BS-2B
1987		オートスキャン方式	順次走査変換		ATV開発スタート
1988			ドームスピーカ	HD32、36形標準化	
			ゴーストキャンセラ	高電流密度カソード	
1989	衛星放送(BS)本放送開始				
	EDTV放送				
1990	MUSE実験放送				BS-3A Gl-DigiCipher
1991	ハイビジョン(MUSE)試験放送(8H/1日)	ワイドテレビ受信機 ハイビジョン受信機	第1世代MUSE-LSI		BS-3B
1992	CS放送		パノラマモード	21形PDP	
1993					グランドアライアンス
1994					衛星デジタル(US)
1995	EDTV II 放送	インタラクティブテレビ			
1996	CSデジタル放送	CSデジタル受信機			
1998	CSアナログ放送打切		D端子		地上デジタル(US)
2000	BSデジタルハイビジョン放送	BSデジタルHDTV受信機			
2003	地上デジタル放送	BS/CS/地上デジタル共用受信機			

国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第4集

平成16(2004)年3月29日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館
産業技術史資料情報センター
(担当：コーディネイト 永田 宇征、エディット 久保田稔男)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20
TEL：03-3822-0111
- デザイン・印刷 株式会社ジェイ・スパーク