テレビの技術史

正員 久野 古夫* 非会員 亀本 一廣**

The History of Television

Hisao Kuno*, Member, Kazuhiro Kamemoto**, Non-member

The report provides a relevant explanation about the advance of the television technology, especially about the systems and the receivers, from the beginning of the television development. (1) From the beginning of TV development to World War II. (2) Resumption of TV development by the end of war. (3) Monochrome TV to color TV. (4) Television technology in New Media, Multimedia and IT era.

キーワード：歴史，開発，NTSC 信号，シャドウマスク管，フラットパネルカラーテレビ

Keywords : history, development, NTSC signal, shadowmask tube, flat panel color television

1. まえがき

テレビ技術の初期から今日に至る技術の進展，特にシステムと受信機関係について述べる。

2. テレビの研究開始から第2次世界大戦まで

日本のテレビは高柳健次郎氏が1923年研究を思い立ち，1926年浜松高等工業学校（現在の静岡大学）に於て，送像にニポー（Nipkow）円板，受像にブラウン管を用いた走査線40本，毎秒画像数14の方式を発表したのが最初である。

当時，日本では1928年早稲田大学で，山本忠興，川原田政太郎氏が送像はニポー円板，受像はケル・セルとワイラー式鏡車と光源に炭素弧光灯を用い5尺×5尺，走査線60本，毎秒画像数12.5の方式を発明した。

一方，通信省電気試験所で1931年曾根有氏が送像にニポー円板，受像にネオン・ランプを使用し走査線84本，毎秒画像数25の方式を発表した。特筆すべきは1画面を2回で走査し，ちらつきを減少する飛越走査を採用したことである。

送像の機械方式は，構造的に画像の精細度を上げること，光を電気に変換した時の出力に難点があった。これを一挙に解決したのはアメリカのRCA社のツヴォルキン（当時はウエスティングハウス社）によるアイコノスコープの発明である。光電面に蓄積した電荷を，電子線で走査する。いわゆる積分方式である。これは1907年イギリスのスウィント

ンの発表に溯ると云われているが，高柳氏も1930年「積分法を利用するテレビジョン送像器」と云う特許を出願している。実用化に当って，米国の技術力，工業力を深く感じたものである。

アイコノスコープは，さらにオルシコン，イメージ・オルシコン，ビディコン，プランビコン等，改良型の開発が年を追って行なわれ，半導体の開発により，CCDカメラ等，固体化した。

テレビの研究は東京電気（後の東芝）が，円板による機械方式を1928年発表するとか，日本電気も丹羽保次郎氏を中心に，写真電送に続いてテレビの研究を始めている。

欧米諸国の状況を述べると，イギリスではベアードが1925年テレビの実験に成功し，1936年機械方式で走査線240本，毎秒25枚の放送を行なった。一方，EMIが1937年走査線405本，毎秒25枚のテレビ放送を開始，ジョージ国王戴冠式を実況中継した。ドイツでは1939年より放送を始め政府が制定した国民型受信機がテレフンケン等5社によって製造された。米国では1927年ベル研究所が発表しているが，国家統制のない国柄で正式放送は遅れたが，アイコノスコープを開発したRCAとNBC放送が提携して1936年走査線343本，毎秒30枚の試験放送を行なった。1939年RMAテレビ委員会制定の標準方式，走査線441本，毎秒30枚の正式放送を開始した。フランスは1938年，ソ連，オランダ，スイス等続いている。

日本は1938年テレビジョン委員会により暫定標準方式が決められ，走査線441本毎秒25枚飛越走査の実験電波が翌1939年5月NHK技術研究所より発射され，放送会館で受像公開された。表1に当時の主要国の標準方式を纏めた。

1936年ベルリン・オリンピックでのテレビの活躍を耳にし，1940年東京オリンピック開催予定の日本のテレビ研究

* (元)松下電器産業(株)

Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. (formerly)

** (株)東芝

〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1

Toshiba Corp.

1-1-1, Shibaura, Minato-ku, Tokyo 105-8001

表 1 最初のテレビジョン標準方式

Table 1. The first TV standard.

Country Item	Japan	UK	USA	Germany	France
Total number of lines	441	405	441	441	455
Effective rate of scanning line	95%	95%	90%	95%	96%
Active lines per picture	419	385	399	419	419
Effective rate of scanning line length	85%	84.5%	90%	89%	90%
Scanning method	Horizontal Left to right Top to bottom Interlaced scanning	ditto	ditto	ditto	ditto
Aspect ratio	4:5	4:5	3:4	5:6	4:5
Field per second	50	50	60	50	50
Picture rate	25	25	30	25	25
Modulation method	Amplitude Positive modulation with DC	ditto	Amplitude Negative modulation without DC	Amplitude Positive modulation with DC	ditto
Video carrier	45MHz	45MHz	41.25MHz	47.8MHz	46MHz
Audio carrier	41.5MHz	49.75MHz	45.75MHz	45MHz	42MHz
Maximum video signal bandwidth	2.72MHz	2MHz	4.5MHz	2MHz	2.5MHz
Amplitude of synchronous signal	30%	30% ± 3%	20% ≤	25% ~ 30%	30%
Sideband wave	Double sideband	Double sideband	Single sideband	Double sideband	Double sideband
Start year	1941	1936	1939	1938	1938

も、大変活発になった。東京芝浦電気、日本電気、日本ビクタ、松下電器産業、日本コロムビア等から受信機も発表され、NHKの試験電波による公開実験も、度々行なわれた。しかし第2次世界大戦の勃発を目前にして、東京オリンピックは中止となり、研究活動も中止した^{(1)~(5)}。

3. 戦争終結からテレビ再開^{(6)~(14)}

1945年8月15日、日本の敗戦によって戦争は終わった。早速テレビを再開するべく同年10月、逓信省によって「テレビジョン放送実施準備委員会」が設置されたが、12月占領軍GHQが電気試験所にテレビ研究の禁止を通告して来た。NHK、電機メーカーに対しても同様の勧告があった。米国では1944年に既に終戦を見込んで、NBC、CBSによってテレビ放送が再開されていたが、テレビはレーダ等の兵器技術に深く関係があるとの意図だった。翌年、日本側の熱心な働きかけによって禁止が解かれた。

NHKは1950年2月、技術研究所に実験局を開局した。戦後の改良されたNTSC方式の水平走査線525本、毎秒30枚で、映像周波数103.25MHz、音声周波数107.75MHzの現在の第3チャンネルである。

これを機に各メーカーはテレビ受信機の製造を開始した。戦争の間にテレビ技術も進歩し、標準方式も変化のため、新たに1951年10月電波監理委員会から「白黒テレビジョン放送に関する送信の標準方式案」が公表された。中味は米国の方式である。1952年1月に、この案に対し聴聞

会が開催された。NHKとメーカーの団体である電子機械工業会は、大筋は結構であるが、占有周波数帯域幅の6MHzは十分な画質が得られない。又、カラーテレビ放送に備えて、7MHzが必要であると主張した。原案に対し、日本テレビは八木アンテナの発明者八木秀次氏を先頭に立てて賛成し、これに対し反対派は、テレビの発明者高柳健次郎氏を立てての論戦だった。結局1952年6月原案通り6MHz方式が採用された。これは当時、メガ論争として有名になった。

テレビの標準方式が決まると1956年2月に郵政省は「テレビジョン放送周波数割当の基本方針」を発表し、まずVHF 6チャンネルを決めた。次いで1957年5月に、同計画の一部修正を行ないVHF 11チャンネルに決定、同年11月に第12チャンネルを追加した。このチャンネルは当時の占領米軍が使用していたからである。割り当てられた地区に民間放送局やNHK教育放送を追加し、大都市圏のテレビ放送網が完成し、78%の受信可能世帯が得られた。

これに対し「第2次チャンネルプラン」として、郵政省は1961年3月に「テレビ周波数割当計画」の修正を計画した。UHF帯のチャンネル使用を予定するもので、全国にNHKの総合放送と教育放送および商業放送（民放）を併立させることを意図した。同年4月に「テレビ放送周波数第2次割当計画」が発表された。これによりUHFテレビの割当予定地区も加えられたが、テレビ受信可能世帯は全国の85%だった。そこで郵政省は1963年5月に「第2次チャンネルプラ

ン」を大幅に修正し、UHF 帯割当地区も増加し、受信可能世帯は 93% となり、本格的に UHF 放送に向けて動き出すこととなった。UHF 帯のテレビ放送は第 13 チャンネルから第 62 チャンネルと決められていたが、1963 年第 45 チャンネルから第 62 チャンネルが割り当てられた。1967 年に第 33 チャンネルから第 44 チャンネルが、その後、第 13 チャンネルから第 32 チャンネルと段階的に割り当てられた。UHF 帯の下端は 470 MHz、上端は 770 MHz を 6 MHz 毎に割り当てている。

UHF 帯のテレビ放送システムは、VHF 帯テレビ放送開始直後から研究が始まり、NHK 放送技術研究所は、構内に UHF 実験局を建設、受信機メーカーも研究を開始している。

UHF 局の最初は 1960 年駐留米軍が、青森県三沢市で家族向けに放送したことに始まる。NHK は 1961 年茨城県日立市に、次いで茨城県高萩市、滋賀県大津市で実験局を開設した。

UHF チューナは VHF チューナと違い、同調バリコンが使われた。UHF 用の高周波増幅真空管も開発された。受信には最初、UHF 用コンバータが作られたが、やがて必要に応じ取付可能な内蔵用も開発、UHF の普及に伴い、1968 年頃からオール・チャンネル受信機が発売されるようになった。

1968 年 NHK 徳島の大電力 UHF 局が、続いて民放の岐阜放送局が開局した。同年 9 月、時の郵政大臣が 10 年以内に、すべての VHF 局を UHF 帯に移すと発表した。既存の民放 VHF 局の反対で沙汰止みとなった。

テレビ受信機ではスーパーヘテロダイン方式が使われているため中間周波数の選定は重要である。VHF 専用の当時、1960 年制定の日本工業規格 (JIS) で映像中間周波数は 26.75 MHz に決定された。UHF 放送の到来によって 58.75 MHz への変更が行なわれた。

UHF テレビに続いて都市の受信障害対策用の中継放送局として SHF 帯のテレビ放送も考えられた。第 63 チャンネル (映像周波数 12.09325 GHz) から第 80 チャンネル (映像周波数 12.19525 GHz) が制定された。1979 年 6 月東京都足立区、保木間局、1981 年 7 月岡崎市名大寺局を開局したが、衛星放送技術の進展と受信機製造も積極的に無く消滅状態である。

テレビ放送局の数も増え、視聴可能地域も殆どになったが、VHF 以上の電波は直進性が高く、山の陰には届かない。アメリカで 1949 年オレゴン州アストリアで高いアンテナを建てて電波を受信し、有線で各戸にテレビ信号を送る共同受信方式 (CATV) が実施され、これを最初として全米各地で採用されるようになった。日本でも同様なことが考えられた。

1954 年 8 月静岡県伊豆長岡で日本コロムビアが地元電気店と協力して、平行線フィードで共同受信施設を敷設したのが最初のことである。同年 11 月松下電器産業が神戸六甲山の北側、有馬温泉で敷設した。これは映像周波数分配方式 (現在で言う「ベースバンド」を分配する方式) である。和歌山県白浜温泉でも山上にアンテナと受信機を置き、同

軸ケーブルで信号を山麓まで供給したが、この方式は信号を自由に選択出来ない欠点がある。高周波分配方式 (受信電波をそのまま伝送し分配する方式) は NHK が 1955 年群馬県伊香保で実施した。同年 12 月東芝が神奈川県湯河原で実施している。銅線の表面を誘電体で包んだ表面波伝送方式である。発明者グボーの名から G ライン方式と呼ばれ、伝送損失の少ない特長がある。しかし伝送途中から電波放射が多い欠点があり、同軸ケーブルの価格が下がりこれに変わった。最近では遠距離の場合、伝送損失が少なく大容量のデータを送れる光ケーブルの導入も行なわれている。難視聴地域解消からの CATV は市街地にも普及し、自主番組も加わり、1972 年に「有線テレビジョン放送法」が成立した。その後衛星放送の拡大とともに番組数も増え、双方向機能も加わり、2010 年には 40% 以上の家庭に普及することが期待されている。

CATV に対しては従来の VHF と UHF 9 放送バンドと映像周波数 109.25 MHz から 166.25 MHz の 10 ミッドバンド、映像周波数 223.25 MHz から 765.25 MHz の 41 スーパーハイバンドが割り当てられている。

4. トランジスタテレビ誕生

開発当初のテレビ受信機の回路は真空管を中心とする能動部品と抵抗器、コンデンサ、コイル等の受動部品から構成されている。この中で真空管は受信機の電力の大部分を占め、且つ寿命がある。その対策として半導体が使われた。まず整流管がセレン整流器で置換えられた。次いで映像、音声電流検波にゲルマニウム・ダイオードが導入された。

1948 年にアメリカのベル電話研究所でブラッテン、パーディーン、ショックレイ等 3 氏によってゲルマニウム・ダイオードに第 3 電極を加えることにより、信号の増幅が行えることを発見、トランジスタと名付けた。この 3 氏は 1956 年ノーベル物理学賞を受賞している。開発当初は点接触型 (ポイントコンタクト) だったが、1949 年、ショックレイが接合型 (ジャンクション) トランジスタを発明し、真空管に変わる道が開けた。世界最初のトランジスタ・ラジオがアメリカのリージェンシ社により 1955 年に作られた。ソニーの井深大氏は 1954 年ウエスタンエレクトロニクス社と契約し、1955 年 1 月トランジスタ・ラジオを発売した。テレビメーカーはテレビのトランジスタ化に取り組んだ。アメリカでは RCA が 1955 年トランジスタ 55 個を使用、真空管の場合 150W 前後必要に対し、13W で済む 15 型テレビの試作を発表した。モトローラ社も 19 型を発表したが、トランジスタテレビの量産は聞かれなかった。

日本では 1957 年 3 月東芝が 8 型のトランジスタテレビを発表した。同年 12 月ソニーも 8 型トランジスタテレビを発表した。トランジスタテレビは真空管に比し消費電力が少ない。その頃云われた軽薄短小の幕開きである。1960 年開催の大阪国際見本市には 8 型トランジスタテレビをソニー、東芝、三洋電機、早川電機 (後のシャープ)、松下電器産業の 7 社が出展、以降テレビメーカー各社が本格的に乗出した。

トランジスタテレビで難点はゲルマニウムが温度やパルス電圧に弱いことだった。これに対し、シリコン・トランジスタが開発された。湿気や汚染に弱いと云う欠点が残ったが、1957年アメリカのフェアチャイルド社がシリコン半導体の表面をシリコン酸化膜で覆うプレーナ型トランジスタを開発した。この技術はトランジスタの信頼性を上げただけでなく、IC技術の基盤を築いた。

真空管に匹敵する大電力トランジスタが出来なかった当時は各社による3型から10型までのトランジスタテレビが次々に発売され、真空管に比し周波数特性が悪い、高温、高電圧に弱い、大電力のものが出来ない等の欠点も次第に克服され、大型化に向った。

政府がトランジスタテレビに対し奨励策を実施したことが大型に対し力になった。1963年5月1日から対角32cmを越えるテレビに対しては1970年4月30日まで、32cm以下の機種に対しては1968年3月31日まで物品税の免除を打出した。こうして日本のテレビ受信機のトランジスタ化は進み“一家に一台”から“一人一台”に向うこととなった。次は2台目のテレビの時代である。電源コードは付いているが室内を容易に持ち運べる把手とアンテナの付いた、いわゆるポータブル・テレビが作られたが、キャビネットが鉄板で作られていたために真空管の発熱で熱くなった。しかしプラスチック・キャビネットのトランジスタテレビはキャビネットが発熱し難い上に小型軽量となるという特長を発揮した。アメリカへの輸出が増え、テレビ生産台数は着実に増大した。

テレビのチャンネル数が多くなると、電源のオン・オフ、チャンネルの切り換え、音量の調整等つまみに触る機会が増え、動く機会が増えた。この不便解消のためリモート・コントロール装置（リモコン）が求められるようになった。当初はテレビ受信機と手元のリモコンを電線で繋ぎ、チャンネル切り換えチューナは小型モータで動かす方式などがあった。実際に使用すると電線は邪魔になった。無線方式も考えられたが、リモコンも大きくなり電力も必要となる。ア

メリカのアドミラル社がパーカッション式リモコンを考えた。丸棒の端をハンマで打って超音波を発生する。受信機は小型マイクロホンと同調装置がある。棒の長さを変えて、複数の多機能が得られる。しかし、トランジスタの登場によって乾電池で操作も可能となり、リモコン自体が軽くなった。このリモコンは約40kHzの超音波を使用し、各メーカーが採用した。しかし部屋の壁等による反射音が影響し、作動しないとか、コインやキーホルダの接触音、電話のベル音等で誤動作することがわかった。国会でも、これが取上げられ、留守中に電源スイッチが入り、火事の原因になる等議論された。単一周波数の超音波を止めて、更に変調するとか、符号化するとか、いろいろ試みたが、絶対誤差動しない保証は得られなかった。その頃、半導体素子、発光ダイオードを発信にフォト・ダイオードを受信に使う赤外線リモコンが発明され、現在は、すべてのリモコンに使用されるようになった⁽¹⁵⁾。

5. 白黒テレビからカラーテレビ

カラーテレビの研究は早くから行われた。イギリスで、テレビ研究の先駆者ベアードが1928年7月グラスゴーで公開実験をしたとか、同じ頃アメリカのベル電話研究所での研究記録が残っている。

アメリカは第二次世界大戦のヨーロッパ戦が終了した1944年に白黒テレビ放送を再開したが、早速コロムビア放送会社（CBS）が赤、緑、青の画面を順次、時間をずらして送り出す、フィールド順次方式（コロムビア方式）のカラーテレビを発表した、白黒テレビ受信機の前で、送像と同期して3原色のフィルタを回転する方式である。装置は簡単であるが従来の白黒テレビ方式との互換性はない。1949年カラーテレビジョン会社（CTI）は各走査線毎に3原色の切り換えを行う線順次方式を発表した。ラインのジッタとかクロール現象が残り提案者も断念した。

一方RCA社はシャドウマスク型とも呼ばれるカラーブラウン管を開発し点順次方式を発表した。簡単に説明すると、赤緑青の正三角に配置された3本の電子銃から出た電子ビームを偏向の後に、シャドウマスク孔に集中する。シャドウマスクは蛍光面と平行して配置され、シャドウマスクの孔1個に対し、赤緑青の蛍光体ドットが正三角に配置されている。シャドウマスクで規正された電子ビームは赤緑青それぞれの蛍光ドットを刺激させる。シャドウマスク管の原理と構造を図1に示す。

結局CBSとRCAの競争になった。原理的には両方式とも白黒テレビと同じ解像度を得ようとする3倍の周波数帯域が必要である。1949年7月連邦通信委員会（FCC）は白黒テレビと同じ周波数帯域に納まる方式なら許可するとの条件を出した。CBSは走査線405本、144フィールド、毎秒24枚のフィールド順次方式を提案した。一方RCAは走査線525本、毎秒15枚の点順次方式を提案した。両方式の比較実験が行われ1950年FCCはCBS方式に決定した。RCAはこれを不服として最高裁に提訴したが却下され、

表2 当時の白黒テレビ生産輸出台数
Table 2. Monochrome TV production and export numbers.

Year	Production	Export
1959	2872	27
1960	3578	35
1961	4608	87
1962	4860	252
1963	4878	686
1964	5196	984
1965	4060	1457

×1000

図1 シャドウマスク管の原理と構造

Fig. 1. Principle and structure of Shadowmask tube.

1951年 CBS はカラーテレビと受信機も製造し、白黒テレビにもカラーテレビ受信用のアダプタ端子が付けられた。しかし朝鮮戦争が勃発した 1951年 10月 から、カラーテレビ受信機の量産販売と放送が中止された。

RCA はこの間に全米のテレビメーカーの支持の下、点順次方式を改良して現在の NTSC 方式を開発した。これは赤緑青の3原色が常に揃った同時方式と云うべきで、しかも今までの白黒テレビと共存出来る両立方式である。本来白黒テレビの3倍必要である情報を同帯域内に納めた。人間の目は対象が、ある程度大きい時は、その色（色相、彩度）を知覚するが、小さくなると無彩色で輝度の変化のみとなる。絵柄の大きさによって伝達情報に差をつけた。

NTSC 方式では赤緑青の3原色信号を、輝度信号 Y と色差信号 I, Q に変換して伝送する。3原色の信号の大きさ E_R, E_G, E_B のとき、伝送用の Y, I, Q 信号は簡単のため、マトリクスで表すと次式のようにになる。

Details of NTSC signal spectrum(nearby color sub-carrier)

図2 NTSC 信号の周波数スペクトル

Fig. 2. Frequency spectrum of NTSC signal.

$$\begin{pmatrix} E_Y \\ E_I \\ E_Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0.59 & 0.11 \\ 0.6 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{pmatrix}$$

E_Y は従来の白黒信号、 E_I, E_Q は色差信号である。輝度信号の帯域幅は従来の白黒テレビと同じである。色副搬送波を I, Q 信号で直交変調し、輝度信号の高帯域部分に多重している。受信機側では逆の経路を辿って 3 原色信号を再現する。NTSC 信号の周波数スペクトルを図2に示す。

1953年 12月 FCC は、この方式を認め 1954年 1月 からカラーテレビ放送が開始された。

当時日本でもカラーテレビの研究を始めていた。1951年に日本コロムビアが、同じ頃 NHK も CBS 方式の実験を公開している。しかし FCC が NTSC 方式を標準と最終決定すると日本の研究も、この方式に転換した。1954年 NHK 技術研究所は RCA から、カラーブラウン管、受信機を輸入して研究を始めた。1956年 2月 実験を公開、同年 12 月には UHF 電波で、定期的に実験放送を行った。1957年 2 月に東芝は国産カラーテレビ受信機第 1 号を発売した。同年 6 月官民合同のカラーテレビ調査会が設置され、12 月 NHK と日本テレビ (NTV) が実験放送を開始、街頭にカラーテ

レビ受信機を設置し啓蒙に努めた。

カラーテレビ最大の問題はカラーブラウン管の量産だった。1957年NHKと電子管メーカーによって「カラー受像管試作委員会」で共同試作研究を始め、通産省から3145万円当時としては多額の補助金を受けた。日本独自の矩形17型も開発された。1960年4月電波監理審議会で聴聞会が開催され、カラーテレビを含んだ「テレビジョン放送に関する放送の標準方式が制定され、テレビメーカー各社はカラーテレビ受信機の販売を開始した。同年9月にはNHK7局、民放4局が一斉にカラー放送を始めた。白黒テレビ放送が始まってから7年後のことである。当時21型カラーテレビ受信機の価格は50万円前後であった。

低廉化を目指して単ビームのクロマトロン管、ビームインデックス管等、いろいろの案が提案されたが、結局シャドウマスキング管が現在も使用されている。正三角形の電子銃を正三角形でなく、水平方向に並べるインライン型電子銃の発想は古くからあったが、電子ビームの集中が正三角形配置と較べ容易のため実用化され、現在使われるようになった。1968年ソニーがトリニトロンなる名称を付けて、独自の構造を取り入れたカラーブラウン管は、大変有名になった。画面は従来の球状に対し円筒状である。

NTSC方式の欠点はカラー信号伝送中の振幅や位相の歪や、電波の多重反射がカラーテレビ受信機の色再現に影響すると云われている。これの改良として、ドイツでは1962年テレフンケン社のW.Bruchの発明になるPAL方式(Phase Alternation by Line)を提案した。

これはNTSC方式の2色差信号の一方を走査線毎に位相反転する方式である。フランスはHenry de Franceの発明したSECAM方式(Sequentiel Couleur A Memoire)を提案した。2色差信号を線順次信号に切換え、その後、周波数変調し多重するものである。国際無線通信諮問委員会(CCIR)は統一に向けて会議を開催したが意見不一致で、世界的に3方式が存在することとなった。NTSC方式受信機に比し、PAL方式は約2~6%、SECAM方式は約4%高価になるとの試算がある。日本より7年以上遅れて、ヨーロッパ諸国もカラーテレビ放送を始めた。

日本も、これらの国に輸出を始めようとした。しかしドイツのAEG・テレフンケン社がPAL方式の基本特許を持っていた。最初はこの権利はPAL放送非実施国には公開しなかった。この特許に抵触しないテレビ受信機も工夫されたが十分な性能を得られなかった。その後テレフンケン社と熱心な交渉の結果、1972年5月に漸く特許実施協定に調印出来た。最初は数量制限もあり、18型までの小型製品に限られていた。1972年ミュンヘン・オリンピックへの出荷は欧州向けカラー・テレビ輸出の幸先よい首途だった。PAL方式に続いてSECAM方式の輸出も可能となった。アフリカでは旧宗主国の関係で、PALとSECAMの国が交錯している。これらに対し、回路の切換で両用可能の受信機も輸出した。

テレビ受信機の生産金額は1957年320億円となり、ラジ

オ受信機の240億円を抜いた。1965年には1500億円となり、ラジオ、ステレオ等の音声機器1900億円に迫り、東京オリンピック開催の1964年は白黒テレビ生産520万台に対しカラーテレビ5万7千台でテレビ受信機全体の約1%程度だったが、1970年には白黒テレビ608万台、金額で1429億円、カラーテレビ639万台、金額で6813億円、カラーテレビの時代になった。その後家電製品の主力の座をVTRに明渡したのは1981年である⁽¹⁶⁾。

6. フラット・パネルテレビへの展開

テレビの、これ程の発展はブラウン管の発明が一翼を荷っている。17型から始まったカラーブラウン管の開発はシャドウマスキング、蛍光面、ガラスバルブ、電子銃などの主要部品の改良が進展し生産性と性能が向上した。1985年筑波科学万博でのハイビジョン実験放送の為に各社は40型ブラウン管を試作したがこれはブラウン管の大型化とワイド化の契機となった。ブラウン管の受像面はテレビ映像をより見やすくするため次第に平坦化が進み1997年に完全に平坦な製品が量産化された⁽¹⁷⁾。

ブラウン管は、真空管がトランジスタとなり、金属シャシの配線は印刷基板となり、しかも抵抗やコンデンサ等の部品は小型チップ部品となり、小型パッケージのLSIと共に印刷配線の表面実装となるとブラウン管の奥行が目立って来た。まず電子ビームの偏向角を大きくすれば、電子銃とフェース部の距離が短くなる。偏向角を50度以下から70度、90度、110度と広げて来た。21型の場合70度偏向と110度偏向では、奥行きが約20cm短縮される。

次は電子銃の改良が考えられた。アメリカのアイケン⁽¹⁸⁾は蛍光面の背後に偏向板を設け、電子銃を平行に配置した。NHKも試作したようであるがブラウン管に匹敵する画質は得られなかった。シャープは1967年8型扁平管の試作を発表した。電子銃は画面の下方からで手鏡型と呼ばれた。1968年東芝は画面の横に電子銃を付けた扁平管を発表した。松下電器産業も1968年両方式を試作したが、横からの方式は尿瓶型と云われた。新日本電器、ソニー等が1980年から1981年にかけて試作している。1985年三洋電機は3型扁平管方式のテレビ受信機を発売し、続いて「サンフラット型」と称するビームインデックス単電子銃のカラーブラウン管を発表した。しかしこれら扁平管は従来のブラウン管に比し、電子ビームの軌道が複雑で、良質の画像が得られず進展しなかった。

この平板テレビは別の方面から進展が始まった。エレクトロ・ルミネッセンスである。1936年フランスのデストリオが硫化亜鉛粉末を油に浸して2枚の電極板に挟んで交流電圧を加えると発光することを発見したのが始まりと云われている。1950年透明電極が開発され、アメリカのシルバニア社が硫化亜鉛を挟んだ面発光素子を開発した。日本でも1970年頃から大学やメーカーで研究が始まり、1983年ZnS:Mn(黄橙色)のモノクロ・パネルをシャープが製品化した。高輝度、高発光効率、長寿命を目指して各社が研

図3 アクティブマトリクス液晶ディスプレイの構成

Fig. 3. Structure of active-matrix Liquid crystal display.

究している。1997 年米プレーナ社の $\text{SrS}:\text{Cu}$ 系もそれである。上述のものは無機 EL であるが最近は無機 EL 材料の研究が進み、テレビへの導入も考えられている。

一方 LCD（液晶ディスプレイ）がある。1968 年 RCA のハイルマイヤが液晶素子をスイッチングとして文字表示装置を発明した。液晶は 1888 年オーストリアの植物学者が発見した液体と固体の中間物質である。光学的に複屈折性を示す材料で、液体の光学的等方性に対し、異方性液体と云える。電圧の変化で分子配列状態が変化し、この変化が視覚変化となり、光の変調を利用するディスプレイとなる。シャープはこれらの研究に先鞭をつけ、テレビへの導入を行った。2005 年世界市場で、従来の CRT（ブラウン管）テレビは 1.35 億から 1.77 億と見込まれるのに対し、液晶テレビは 460 万台から 1500 万台と見込まれている⁽¹⁹⁾。

蛍光面の発光ドットをマトリクス構成とし、多数の陰極を 1 対 1 に対応させたものをアメリカのノースロップ社が「ディジディスプレイ」と云う名で開発した。平面状陰極に制御電極板を積層し、多数の電子ビームを分割選択したとある。平面陰極は多数のワイヤ熱陰極で構成された。1976 年ゼニス社が、1978 年に改良を加え発表した。1984 年松下電器産業が MDS 型（Matrix Drive and Deflection System）扁平ブラウン管を開発した。多数の線状熱陰極を平行に配置し、マトリクス電子ビームを形成する。それぞれに垂直、水平の静電偏向を組み合わせる。1994 年カラーテレビを発売したが、後が続かなかった。

次に新しい平面型ディスプレイとして脚光を浴びたのが PDP（プラズマ・ディスプレイ・パネル）である。基本的には蛍光灯の原理で、これを小さくした多数の放電セルを並べたものである。前面ガラス基板と背面ガラス板の間にプラズマを発生する放電セル層、陰極、陽極と、その配電層を重ねた構造である。1966 年アメリカのイリノイ大学が AC 型 PDP を「プラズマ・ディスプレイ」として発表した。

図4 プラズマカラーディスプレイの構造
Fig. 4. Structure of Plasma color display.

1968 年オランダ・フィリップス社のボーアが DC 型 PDP を「ドット・マトリクス・ディスプレイ」として発表した。1969 年アメリカ・パロウズ社は「セルフ・スキャン・パネル」と称した。PDP の放電は、AC 型は高周波放電を利用し、DC 型は直流放電を利用している。縦横に列電極と行電極を交差させ、交点を発光させるドット・マトリクス・ディスプレイである。発光は負グロー部分と陽光柱部分である。NHK 技術研究所はテレビ用ディスプレイとして 1977 年陽光柱を利用した DC 型の 10 型カラーテレビを発表した。続いて負グロー放電を利用した 16 型を発表している。AC 型はアメリカのオーエンス・イリノイス外の会社が手けた⁽²⁰⁾。1972 年富士通が電極の表面を酸化マグネシウムで覆う方式を開発した。PDP で最も心配になることは、経時変化と寿命で封入ガスのイオン・エネルギーによる電極材料のスパッタリングのため放電セルの光透過率も落ち、輝度が低下する。酸化マグネシウムの薄膜層により、電極が直接プラズマに曝されることが無く高寿命が得られたとのことである。2005 年の世界市場で PDP は 190 万台から 300 万台が見込まれるとのことである⁽¹⁹⁾。

もう一つ平面型ディスプレイとして LED（発光ダイオード）がある。発光ダイオードは整流方向に電圧を加えると電子と正孔が再結合し、エネルギーの一部が光に変換される。寿命は格段に長い。発光色は単色で半導体材料の選択によりあらゆる波長が可能で、これを並べるとカラーディスプレイが出来る。現在 LED を並べた野外用の大型カラーテレビが各社で作られている。家庭用のカラーテレビとしては、さらに集積度を上げる工夫が必要と思われる。

最後に登場するのは FED（Field Emission Display）である。ミクロン・サイズの極微小な電子銃を画素毎に配置した CRT パネルである。電子銃を画素毎に駆動し、電子ビームを広角度走査する必要が無く、薄く平らな CRT の実現可能である。円錐状チップから電子を放出するカソード

図5 LED ランプの構造とディスプレイユニット
Fig. 5. Structure of LED lamp and Display unit.

が、米 SRI インターナショナルの C. A スピント氏により 1976 年発明されたのが FED 用電子銃の原型である。FED は 1986 年フランス LEFTI の R. Meyer のグループで発明された。1993 年 FED コンソーシアム（米モトローラ社や双葉電子工業等が参加）は 5 型カラーを試作した。1998 年から米キャンディセント・テクノロジー社とソニーは共同開発に乗り出し、1999 年 5 型 FED を試作した。1996 年キャノンは表面伝導エミッタ方式を開発、3 型 FED を試作した。東芝と共同研究で、面電子源としてカーボン・ナノチューブを利用している⁽²¹⁾。1998 年三重大学と伊勢電子はカーボン・ナノチューブによる高電圧発光管の共同発表をしている。FED の開発には日本メーカーの名が見え隠れる。韓国サムスンも 4.5 型パネルを試作している。将来の展開を期待したい^{(20)(22)~(24)}。

7. ニューメディアからマルチメディア・IT 時代

テレビ放送は開始以来、新しい情報源として視聴者の欲求を満たして来たが、情報は益々多様化し、必要量は膨大となった。テレビ信号に新しい情報信号を多重するために、電波の時間的すき間や周波数的すき間を利用することを考えた。このすき間は、回路定数の変化を吸収するためのマージンや、近接する信号を避けるため設けられている。技術の進歩によって、このすき間利用が可能となった。

まず、音声搬送波付近の周波数的すき間を利用する音声多重放送が考えられた。音声搬送波に第 3 の搬送波を挿入することである。NHK 技術研究所は早くから、この点に着目し、振幅変調された副搬送波で音声搬送波を周波数変調する AM・FM 方式、周波数変調した副搬送波で音声搬送波を周波数変調する FM-FM 方式を比較実験した。既存の送信設備と受信機との両立性が優れていることで FM-FM 方式が採用された。独立音声およびステレオ音声伝送が出来、デコーダは簡単な回路で安定な性能が得られる。1964 年発足の NHK、民放、電波技術協会で構成された「テレビジョン音声多重協議会」で検討し、同年 10 月 NHK、民放 5 社が音声多重実験局を開局した。電波技術審議会は 1968 年「テレビジョンの音声多重方式」の諮問を郵政大臣から受け、多くの室内実験および東京、大阪地区の野外実験をもとに審議し、1972 年に技術基準を答申した。しかし、この実験放送は 1973 年目的を終えたと言うことで休止となった。実験放送および野外実験が終了されれば本放送が始まることを期待し、メーカーはアダプタ方式で出発し、やがて受信機に組込むことにしていた。アダプタ用接続端子付きの受信機は既に数百万台発売されていた。1974 年に郵政省は「多重放送に関する調査研究会議」を組織した。学会、業界等の委員で構成し 1976 年 12 月に報告書をまとめた。日本テレビが 1975 年 2 月に実用化試験局を申請し、本放送に向って走り出した。ようやく 1979 年音声多重機能内蔵のテレビ受信機や VTR の製造が開発された。振り返って見て、新方式の実施は如何に手数と年月を要するかを感じた。

音声多重方式の開発と前後して、映像信号の時間的すき間、即ち垂直帰線期間に文字や図形の信号を多重する文字多重放送の研究が始まった。NHK 技術研究所は 1973 年 NHK・C システムと呼ぶ文字多重方式を発表した。文字や図形の信号をパルス形で、垂直期間の第 20 番と第 283 番の水平走査に多重する。文字をパターンとして伝送する方式である。これに対しイギリスでは BBC が「シーファックス」、ITV が「オラクル」なる名称で記号、図形をコードで送り、受信側では内蔵文字発生器で再生する実験を開始し、両者が規格を統一し、1976 年「テレテキスト」と言う名称で放送を開始した。

民放は速度の遅いパターン方式に対し、このコード方式を強く要望した。多くの議論と実験の後、1985 年両方式併用のハイブリッド方式が公布された。1985 年 NHK がこの方式で放送を開始、続いて読売テレビ、フジテレビ及び第

3事業者の日本文字放送、近畿文字放送がこれに加わった。

1986年CCIR（国際無線通信委員会）はABCDの4方式を国際標準として認定した。Aはフランス、Bはイギリス、Cはアメリカ、カナダ、Dは日本のハイブリッド方式である。

次いで緊急警報放送が実施された。大規模地震、津波等の際、自動的に受信機を起動される放送で1985年6月政令が公布された。1923年9月1日の関東大震災を記念として毎月1日11時59分中波、短波、FMを含めて放送されている。周波数偏移方式（FSK）の信号で放送されている。1990年3月18日の九州地方の地震に初めて使用された。これらはその後ニューメディアと呼ばれ、静止画放送、ファクシミリ放送、データ放送も考えられているが、音声多重放送を除いては余り活発とは思われない。

テレビ受信機の画面が大きくなるに従って水平走査線が目立ち、画像が粗くなる等の点が表面化した。NHK技術研究所は1964年の東京オリンピックの頃から、次世代に必要なテレビシステムの検討を始めた。「高精細度なテレビ（HDTV）」又の名「高品位テレビ」である。1977年暫定規格として水平走査線1125本、縦横比3:5のモニターを開発した。1978年には実験放送衛星を使って伝送実験も行った。世界的活動を展開し、「ハイビジョン」と名付けた。理論的には、少なくともベースバンド幅として、20MHzの帯域幅が必要であるが、衛星放送帯域幅27MHzにベースバンド信号を8MHzに抑える必要がある。このため新たにMUSE（Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding）なる信号方式を開発した。帯域幅を圧縮しVTRの記録も容易となった。但し映画や画像産業の関係から縦横比を9対16に修正した。国際的な標準とはならなかったが、1989年6月から衛星第2テレビで1日1時間実験を開始し、1991年11月25日から放送衛星の第9チャンネルで1日8時間の試験放送を始め、その後、終日放送されている。

ハイビジョン放送はNTSC方式との互換性はない。これに対し互換性を保ちながら画質を向上させ、ゴースト等の障害にも対応しようと1985年6月郵政省は「テレビジョン画質改善協議会」を設置し、1987年9月に電器通信技術審議会に諮問を行なった。高性能なテレビカメラを使用し高解像度化を図り、且つ輝度信号を改善すると共に、送信側にゴースト基準信号を挿入する。受信側では、これを基にゴーストを除去する。また飛越走査を順次走査にし、画面のちらつきを無くす等の結論を得て、「クリアビジョン」と名付け、1989年から放送が開始された。続いて縦横比9:16の「ワイド・クリアビジョン」なる方式が1993年10月に決められたが、一般の関心は薄いようである。

8. 衛星放送からデジタルテレビ時代

ハイビジョン放送構想と機を一にして、地上放送を補完する放送の構想が起き、着々と実行に移され、次にデジタル化に向っている。

その年譜を述べると、

- ・1963年：リレー1号衛星で日米間の伝送実験が行なわ

れた。その時ケネディ大統領暗殺の一報が飛び込んで来たのは有名である。

- ・1964年：シンコム1号衛星で東京オリンピックが世界に衛星中継された。

- ・1966年：衛星放送利用技術、放送方式、搭載用中継機、アンテナ、家庭用受信技術等の研究を開始した。

- ・1971年：宇宙通信に関する世界無線通信主管庁会議（WARC-ST）で使用出来る6周波数帯を決定した。

- ・1977年：12GHz帯の（WARC-BS）で技術基準、衛星放送の管理基準と放送チャンネル、軌道割当計画策定、その安定に且つ継続が合意された。日本は第3地域に属し、東経110°右旋円偏波、第1チャンネルから奇数チャンネル8波が割当てられた。これは後に4波追加される。

- ・1984年：NTSC信号にデジタル音声副搬送を多重する方式を研究、高品質の映像・音声のサービスを、安価で家庭用受信機で受信出来ることを特長としたBS放送の基準が採択され、BS-2衛星で実用化された。2002年末で約1383万台普及している⁽²⁵⁾。

同年27MHz帯域幅の中でハイビジョン信号を伝送出来るMUSE方式が開発され、1989年定時実験放送開始したことは前に述べた。受信機は2003年末で507万台に達した。

- ・1994年：米国では通信衛星を使った多チャンネル・デジタル放送がQPSK（Quadrature Phase Shift Keying）をベースにしたDVB-S（Digital Video Broadcasting via Satellite）方式が採用された。

- ・1995年：我が国ではNTSC方式の多チャンネル化を目指しDVB-S方式に準拠したCS放送標準放送を策定し、1996年はじめて実用化された。

- ・1999年：10月郵政大臣はデジタル放送の一層の普及を図るため、BSデジタル放送での新技術をCSデジタル放送でも利用できるよう諮問し、2000年2月答申が配布された。CS放送は帯域幅が27MHzで直線偏波を用いていたがBS放送と同じ34.5MHz右旋偏波を用いることが認められて、BS放送とCS放送の伝送方式は一体化した⁽²⁶⁾。

- ・2003年：12月から三大広域圏の一部で、その他の地域では2006年末までに地上放送がデジタル化する。

将来の放送技術として、NHK技術研究所は水平走査線4000本のテレビの試作研究を開始したとも聞いている。立体テレビとして眼を疲労させぬ眼鏡なしシステム等まだまだテレビ技術は期待されている^{(26)~(29)}。

9. あとがき

この稿は「テレビ技術史」であるので技術の進歩についてのみ述べた。私のテレビ受信機産業を通じての人生を振り返ると、いろいろのことが走馬灯のように去来する。

第2次世界大戦が終了し、戦争寸前で中断したテレビも再建活動が始まった。まずテレビの特許権を数多く所有するRCA社と、多くの会社が交渉を始めた。私の勤務した松下電器産業株式会社も例外ではなかった。当時の松下幸之助社長から、RCAの特許担当者のストラウス氏が語ったと

云う話を聞かされた。「日本の多くの企業がテレビを始めようとしているが、テレビ事業には莫大なお金が必要である。うっかりすると会社を潰すことになる」と云うことだった。余談になるが、ストラウス氏は、ヒットラーのドイツを遁れ、ロシヤ経由で日本に亡命し、日本コロムビアに勤務し英語を勉強し、更にアメリカに渡ったと、同社の故、須子常務取締役から聞いた。

戦後に始めたテレビ産業数十社は破竹の勢いで進んだが、幾度かの景気変動で、十数社に減ってしまった。しかし、これはまだ良い方で、本家アメリカではRCAを始めとして、すべてのテレビ会社が外国資本に取って替わった。欧州も似たような状況で、数社に絞られた。

しかし、テレビは大衆の必需品であり、世界の需要は2001年には1億2千万台を出荷し、依然増加を続けている。又、述べてきたように、技術的にも、フラット・テレビ、デジタル・テレビと前進を続けている。近年韓国、中国の追い上げも顕著である。日本のテレビ産業に携わる若い方々の奮起を願うや切である。

(平成15年10月15日受付, 平成16年2月5日再受付)

文 献

- (1) 曾根 有:「テレビジョン」, 岩波全書, 岩波書店 (1934)
- (2) 高柳健次郎: テレビ事始, 有斐閣 (1966)
- (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・千葉茂太郎・小林正次: テレビジョン工学, 第一巻～第五巻 (1940～1941)
- (5) 関 壯夫 訳: テレビジョン, 第一巻～第二巻, コロナ社 (1936～1937)
- (6) テレビジョン学会: テレビジョン技術史 (1970)
- (7) (財)浜松電子工業奨励会: テレビジョン技術史 (1987)
- (8) 郵政省電波技術審議会: 最新の放送技術, 日刊工業新聞社 (1968)
- (9) 日本放送協会: テレビ共同受信技術, 日本放送出版協会 (1974)
- (10) 石橋俊夫・遠藤敬二: テレビ送受信とその機器, コロナ社 (1975)
- (11) テレビジョン学会: テレビジョン画像情報工学ハンドブック, オーム社 (1990)

- (12) テレビジョン学会: テレビジョン画像情報工学データブック, オーム社 (1990)
- (13) 映像情報メディア学会: 50 年史 (2000-8)
- (14) 日本電子機械工業会: 電子工業 50 年史 (1998)
- (15) ハイブリッド・マイクロエレクトロニクス協会: エレクトロニクス実装技術講座, 工業調査会 (1994)
- (16) 山下 彰: テレビ用電子管, オーム社 (1957)
- (17) 日経エレクトロニクス編: 挑戦, 日経 BP 社 (1996)
- (18) W.R.Aiken: *IEEE Trans.*, Vol.ED-31, No.11, p.1105 (1984)
- (19) 電波新聞 2004 年 1 月 1 日
- (20) 松本正一 外: 電子ディスプレイ, オーム社 (1995)
- (21) フラットパネルディスプレイ2001 FED, p.157, 日経 BP 社 (2001)
- (22) 藤尾 孝: 電子画像工学, 電子情報通信学会 (1999)
- (23) 大石 巖 外: テレビジョン学会, 画像ディスプレイ, コロナ社 (1975)
- (24) 岡村総吾 外: 電子管史研究会, 電子管の歴史, オーム社 (1987)
- (25) 読売年鑑 2003, 読売新聞社 (2003)
- (26) 映像情報メディア学会: 映像情報メディアハンドブック, p.233, オーム社 (2000)
- (27) 映像情報メディア学会: MPEG, オーム社 (1996)
- (28) 塩見 正・羽鳥光俊: デジタル放送, オーム社 (1998)
- (29) 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 (2003)

久 野 古 夫

(正員) 1915 年 1 月 10 日生。1935 年 3 月浜松高等工業学校電気学科卒業。同年, 松下電器産業(株)(当時松下電器製作所)入社。以来, ラジオ続いてテレビ受信機の研究開発に従事。1977 年, テレビ技術部長を経て定年退職, 同社テレビ事業部門技術顧問。

亀 本 一 廣

(非正員) 1952 年 7 月 2 日生。1973 年 3 月新居浜工業高等専門学校卒業。同年東京芝浦電気(株)(現(株)東芝)入社。以来カラーテレビの開発設計に従事。現在, (株)東芝DM社AV設計第一部主幹。