

＜カラーテレビのあゆみとカラーの信号＞

(出典：放送技術双書「カラーテレビジョン」
日本放送協会編 日本放送出版協会刊)

皆さんが毎日楽しんでいるカラーテレビジョン放送の遙か昔の出来事です。現在の地上デジタル放送に引き継がれたアナログ放送のスタートに際しては、アメリカを中心に激しい研究競争と方式決定の論争が繰り広げられました。

まず、当時の政府、機器メーカー、放送事業者の取組状況を紹介します。

☆ 第2次世界大戦以前の取り組み

カラーテレビ発達の過程を 表1 にまとめて示します。

1925 年(大正 14 年)にイギリスの J.I.Baird およびアメリカの C.F.Jenking によって初めて白黒テレビの実験が公開されるとともにカラーテレビの電気的方式の構想が明らかにされました。その3年後の1928年には、Baird は Nipkow の円板を送受両装置に使用して、送像にはフライングスポット(テロップなどの送出用の静止画像撮像装置)を、受信にはガス放電管を用いて世界最初のカラーテレビの実験を行いました。この実験に使用した Nipkow の円板には、3重スパイラル状の走査線にそれぞれ三原色の色フィルターがはめ込まれていて、三原色が順次に送り出される順次方式でした。

アメリカでは、Bell 研究所の H.E.Ives が、その翌年の 1929 年にやはり光電管を用いたフライングスポットと放電管を用いて実験をおこないました。この方式は、同時方式で走査線 50 本、每秒像数 17.7 でした。

1930 年、Bell 研究所の F.Gray によって、一つのチャンネルで二つ以上のテレビ信号を送る方法についての発明の発表がされました。この発明は、その後のカラーテレビ信号の伝送のための重要な基礎技術と位置付けられる出来事でした。

一方、1940 年から 1941 年にかけては NTSC (National Television System Committee) が発足しましたが、アメリカの白黒テレビの標準方

式として走査線 525 本、60 フィールド方式を決定しようする時でした。

この年には CBS 研究所の P.C.Goldmark によって、いわゆる、フィールド順次方式によるカラーテレビの実験が始めて新聞記者に発表されました。この方式は、走査線 343 本、120 フィールドでした。しかし、かなりのフリッカー（画面のちらつき）が残り、かつ、解像度も決して満足するものではないことが分りました。

このようなときに、1941 年、アメリカは第 2 次世界大戦に突入したため、カラーテレビの研究は一時停止のやむなきに至りました。

表 1 カラーテレビのあゆみ

- ☆ 1908 年(明治 41 年) Anderson 兄弟は、カラーで画像を送る機械的方式を提案しました。
- ☆ 1925 年(大正 14 年) カラーテレビの電気的方式の構想が明らかにされました。
- ☆ 1928 年(昭和 3 年) J.L.Baird(イギリス)は、送受信に 3 重スパイラル状のニボラ円板を利用して、走査線 30 本、フィールド順次方式の実験を行ないました。送像には飛点走査、受像にはガス放電管を利用しました
- ☆ 1929 年(昭和 4 年) Bell 研究所の H.E.Ives により三つの独立チャンネルを用いて、送像側には飛点走査方式、受信にはガス放電管に信号を加えて発光させ、鏡またはプリズムにより走査板上に投射するカラーテレビの実験が公開されました。
- ☆ 1940 年(昭和 15 年) CBS の P.C.Goldmark がイメージデセクター管を使用し、走査線 343 本、フィールド数 120、周波数帯域 6MHz でニューヨークの WZXAB 局からカラーテレビ電波を発射し実験を行いました。
- ☆ 1941 年(昭和 16 年) FCC は白黒テレビ標準方式決定に当たり CBS のカラーテレビ方式の出願を却下しました。

(1941 年(昭和 16 年)～1945 年(昭和 20 年)第 2 次世界大戦のためカラーテレビの研究は一時停止になりました。)

- ☆ 1949 年(昭和 24 年) 白黒テレビが急速に発達し、放送局 107 局、受信機台数 1050 万台に達し、放送局の出願も急激に増大

しました。この勢いで発達すれば、カラーテレビは白黒テレビと両立する方式以外は考えられないとし、FCC は、“6MHz のバンドを使用し放送できる適当な方式であればこれを審査する。”旨の発表を行いました。

- ☆ 1949 年(昭和 24 年) CBS は、従来と同じ方式であるが帯域幅を 6MHz にし、走査線を 405 本、フィールド数 144 枚方式を発表しました。これに対して CTI は走査線順次方式、RCA はドット順次方式を発表しました。
- ☆ 1949 年(昭和 24 年) カラーテレビ問題の最初の公聴会が開かれました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) FCC は、カラーテレビの審議を開始し、7 月 11 日コンドン委員会、The U.S.Senate Committee on Interstate and Foreign Commerce (アメリカ上院内外通商委員会)にカラーテレビに関する報告書を提出しました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) GE が周波数インターリービング方式の発表をしました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) FCC は、CBS 方式をアメリカの標準方式として採用することを決定し、CTI および RCA 方式を却下しました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) RCA、NBC および RCA ビクター配給会社は、FCC のカラーテレビの決定に対して、不服としシカゴ地方裁判所およびワシントンの最高裁判所に提訴しました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) 全米業界の技術関係者で構成されている NTSC では、コンパクトカラーテレビジョン方式の可能性を研究する特別委員会を作りました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) シカゴ裁判所では、2 : 1 で FCC が CBS のカラーテレビ方式を採用したことを支持しました。
- ☆ 1950 年(昭和 25 年) RCA と Hazeltin は、ドット順次方式の実験を開始しました。
- ☆ 1951 年(昭和 26 年) RCA とその子会社は、最高裁判所に提訴しましたが敗訴となりました。
- ☆ 1951 年(昭和 26 年) 最高裁判所は、CBS のカラー方式を支持しました。
- ☆ 1951 年(昭和 26 年) CBS は、商業放送を開始しました。
- ☆ 1951 年(昭和 26 年) Philco は、広帯域の白黒放送と副搬送波でカラー

信号を送る実験をしました。

- ☆ 1951年(昭和26年) RCAやアメリカの無線工業会などはこぞってCBS方式に反対して、カラーテレビの生産等を拒否しました。
- ☆ 1951年(昭和26年) 国防動員本部長官 Wilson の要求により、朝鮮動乱の期間中カラーテレビ用機器製造の中止を命じました。
- ☆ 1951年(昭和26年) CBC は、受信機の製造も不可能となり、受信機のない放送は無意味であるとし、1951年10月放送を中止しました。
- ☆ 1951年(昭和26年) NTSC は、実験用の両立性カラーテレビ信号の仮規格を承認しました。
- ☆ 1952年(昭和27年) NTSC 方式でシカゴで行われた試験結果により一部その規格を変更しました。
- ☆ 1953年(昭和28年) NTSC がコンパチブル信号の規格を原則的に承認しました。
- ☆ 1953年(昭和28年) 国家生産局は、カラーテレビ用機器の製造禁止を解除しました。
- ☆ 1953年(昭和28年) RCA、NBC は、NTSC 式コンパチブル方式の許可を FCC に申請しました。
- ☆ 1953年(昭和28年) NTSC は、コンパチブルカラー信号の最終規格を承認し、それを FCC に申請しました。
- ☆ 1953年(昭和28年) NTSC では、カラーテレビの実験放送を FCC のためニューヨークで行いました。
- ☆ 1953年(昭和28年) FCC は、NTSC 式カラーテレビ方式の規格を承認しました。
- ☆ 1954年(昭和29年) アメリカにおいてカラーテレビ放送が正式に開始されました。

☆ 第2次世界大戦以後の取り組み

1945年にカラーテレビの研究が再開されましたが、この時期にはカラーテレビは6MHzの帯域では到底満足な画像は得られないものと考えられ、将来のカラーテレビの放送のためにはUHF帯（アメリカでは480～920MHz）の利用が考慮されました。これに対し、CBSは、1946年に再びフィールド順次方式により、直ちに商業放送を許可するようFCC（連邦通信委員会）に申請しました。申請した方式は、走査線525本、フィ

ールド数 144 で、帯域幅は 12MHz でした。この方式のようにフィールド数 144 とすれば完全なカラー画像数は毎秒 24 (フレーム数はフィールド数の 1/2 で 72、RGB の 3 回走査で 1 回あたり 72/3 で 24 枚となる。) でしたので、白黒の 30 枚よりはフリッカーが目立ちました。

FCC は、翌 1947 年にこの申請を却下しました。

他方、RCA の R.D.Koll は、やはり 1946 年に 525 本、60 フィールドの同期式カラーテレビを発表しました。この方式では、赤と緑の信号は、ビデオ帯域 4MHz、青の信号は 2MHz で、いずれも残留側波帯方式で送られました。したがって、所要帯域幅は、14.5MHz でした。この方式は、従来の白黒テレビ受信機で緑に同調を取れば白黒画像として受信できるという特徴がありましたが、1947 年に実施した試験電波による実験では、赤や青の信号が緑信号に及ぼす影響がかなり大きく認められました。

この頃になるとアメリカのテレビ放送は、非常に発達し、もはや、VHF 電波では、白黒テレビ局は飽和状態で UHF 帯の電波を割り当てなければならないような状況になり、カラーテレビ放送のために広帯域のチャンネルを準備する余裕がなくなりました。

FCC は、“6MHz のバンドを使用し放送できる適当な方式であればそれを審査する。” 旨の発表を行いました。

CBS は、1949 年、Goldmark が実験し公表したフィールド順次方式の走査線 405 本、フィールド数 144 で 6MHz の帯域のカラーテレビを FCC の公聴会に提案しました。しかし、解像度が悪く、また、フィールド数が電源周波数と異なるため回路が不安定で、白黒テレビとの両立性もないことを指摘されました。

このほか RCA は、混合高周波原理によるドット順次方式を、CTI (Color Television Incorporated) は走査線順次方式を白黒テレビと両立性のある方式として提案し実験を公開しました。

また、Philco は白黒信号に色信号を重畳した方式を研究、GE および Hazeltine も同様な研究を行っていましたが、いずれも、標準方式としての資料を得るまでには至っておらず、一般的な意見として、「未だ十分な両立性のある方式は開発されていないので、将来の発展を待ってから方式を決定すべき。」という意向でありました。

しかし、FCC は、標準方式の決定を急ぎ、CBS 方式は両立性はないが、CTI 方式、RCA 方式に比較し色再現性に優れているとして、1950 年 10 月、標準方式として正式に採用することに決定しました。

RCA は、この決定は公益の利益に反するものとして、シカゴ地方裁判所、後に最高裁判所に訴えましたが、いずれも敗訴となりました。この結果、ついに 1951 年 5 月には、CBS 方式を標準方式とする法規が正式に有効となり、1951 年 7 月、はじめてカラーテレビの正式放送がニューヨークで行われました。

RCA を初めとするアメリカの無線工業会はこぞって CBS 方式に反対し、カラーテレビの生産はもちろん、この電波を受信できるように受信機を改造することすら拒否しました。

CBS は、無線機メーカーを買収して自らの手で受信機の生産を始めましたが、たまたま、朝鮮動乱が勃発したので、防衛動員局は、人的資源と物資節約を理由に、新たなカラー受像機の量産を許可しない方針を出しました。

CBS は、受信機のない放送は、無意味として、放送開始後わずか 3 ヶ月たらずで中止のやむなきに至りました。

☆ NTSC の発足と特別委員会

第一次の NTSC 委員会は、1941 年に白黒テレビジョンの標準方式の原案を作成し、FCC に提案してその任務を果たしました。

その後、1950 年 1 月、第二次 NTSC 委員会が VHF と UHF の周波数割り当ておよびカラーテレビ方式を検討する目的で発足しました。1950 年 1 月には特別委員会 (Ad Hoc Committee) にてカラーテレビ方式として白黒テレビとの両立性の方式について検討されました。

Hazeltine 会社は、ドット順次方式におけるサンプリングの方法や符号伝送における帯域幅の問題を検討しました。Du Mont の研究所でもドット順次方式とフィールド順次方式の比較や色信号の帯域幅を変化した場合の実験を行い公開しました。Philco は、いわゆる XYZ 方式という実験や、3.45MHz の副搬送波を二つの色信号で直角二相変調する方式や雑音の影響についての試験などを行いました。また、GE は、いわゆる周波数インターリーブの研究を行いました。

これらの研究と種々の技術資料に基づいて特別委員会は、「1951 年 4 月に画面の明るさの情報に関する信号は白黒テレビと全く同様な方法で送り、この信号に副搬送波を混合して、この副搬送波を色に関する情報で変調する。かつ、この場合、色信号を検波するための同期信号を現在の NTSC 方式と同様の方法とする。」ことを提案しました。

この提案は、アナログテレビで採用されていた NTSC 方式と原理的に

全く同様で、特別委員会では、データおよび規格の詳細決定を NTSC に引き継ぎました。

☆ NTSC の活動

特別委員会の勧告に基づき第二次 NTSC 委員会は正式に発足し、1951 年 6 月に第 1 回の会合を開催しました。NTSC は、これ以降 1953 年 7 月まで多面的な研究と数回にわたるフィールド試験の結果、NTSC の標準規格を定めて、これをアメリカの標準方式として許可するよう FCC に申請しました。FCC は、1953 年 12 月に正式に NTSC 方式をアメリカの標準方式として採用することに決定しました。翌 1954 年 1 月から正式にカラーテレビ放送は開始されるに至りました。

☆ 日本におけるカラーテレビの研究

日本におけるカラーテレビの研究は、第 1 期の主として CBS のフィールド順次方式等の基礎的研究の時代と第 2 期の NTSC 方式の同時方式の時代に分けられます。

アメリカの NTSC の活動にも刺激され、NHK 技術研究所では 1953 年（昭和 28 年）から研究が本格化し、1955 年（昭和 30 年）にはフライングスポットによるカラースライドの送信実験に成功し、わが国で始めての同時式カラーテレビ画像が公開されました。引き続き、ビジコンを用いたスタジオカメラやフィルムカメラも完成し、1956 年（昭和 31 年）からは UHF 帯の電波を利用して実験放送が行われました。

1957 年（昭和 32 年）には、カラーテレビ研究の重要性が認められ、官民合同のカラーテレビ調査会が設立され、さらに政府の支持のもとに電波技術協会にカラー受像管試作委員会が組織され、実用化に向けての調査研究が積極的に進められました。調査会は、各種実験放送等により 1958 年（昭和 33 年）、1959 年（昭和 34 年）に中間報告を答申し、結論として「もし早急に標準方式を決定するとすれば、さしあたり、NTSC もしくはこれに準ずる方式以外には見あたらない。」としました。

郵政省では、この答申をもととして公聴会を開催して 1960 年（昭和 35 年）4 月、正式に日本の標準方式を決定し、9 月に正式放送を開始しました。

☆ カラーテレビの信号

カラーテレビ放送の際に、色信号をどのようにしてテレビ放送波に重畳するのでしょうか？

アナログのカラーテレビ放送は、もちろん、NTSC方式で、No43 「テレビ電波の形（その1）」ところで紹介したように、6MHzの映像信号搬送波のなかの3.58MHzのところ

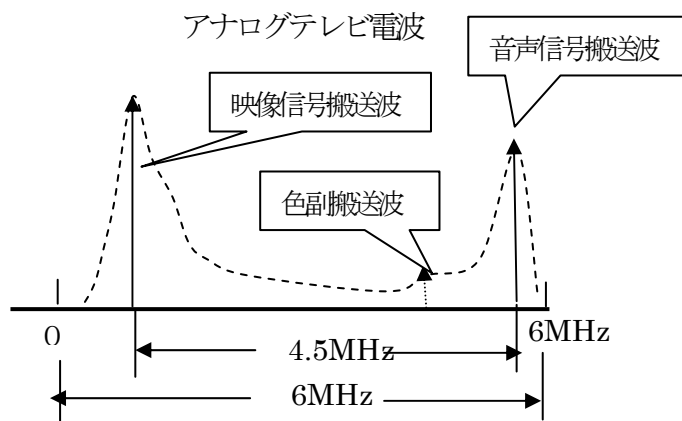


図1 アナログテレビ電波

送波を置き、これを次に示す色差信号で副搬送波を抑圧した直交振幅変調を行いました。副搬送波を抑圧しますので、映像信号の隙間に色信号を再生するときに必要な正弦波のバースト信号を挿入し、テレビ受信機にて色信号を再生する際の基準信号として使用しました。

明るさを表す成分（輝度）と二つの色信号と輝度信号の差分を表す成分（色差）は、次の構成によりました。

$$\begin{aligned} \text{輝度信号} & Y=0.299R+0.587G+0.44B \\ \text{色差信号} & C_B=0.564(B-Y)=-0.169R-0.331G+0.500B \\ & C_R=0.713(R-Y)=0.500R-0.419G-0.081B \end{aligned}$$

人間の目は、色の解像度が劣化しても気づきにくいことから、伝送時の色差信号の情報量を 1/2 に削減しています。

地上デジタル放送のカラーを伝送する方法は、RGBの三原色そのまま伝送する方法と輝度信号と色差信号とを伝送する方法がありますが、情報量が少なくてすむ色差方式を採用しています。

映像信号の符号化において、映像信号を次の輝度信号と色差信号に分けて量子化し符号化します。

$$\begin{aligned} \text{輝度信号} & Y=0.2126R+0.7152G+0.0722B \\ \text{色差信号} & P_B=0.5389(B-Y)=-0.1146R-0.3854G+0.5000B \\ & P_R=0.6350(R-Y)=0.5000R-0.4542G-0.0458B \end{aligned}$$

NTSC のアナログテレビ (SDTV) と RGB の乗数が異なるのは、それぞれが基準としている三原色の CIE 色度座標が異なっているためです。

アナログテレビの規格では色差信号を「 C_B 」「 C_R 」と呼ぶのに対しデジタル放送のハイビジョンのものは「 P_B 」「 P_R 」と呼んでいます。

なお、「CIE」とは、国際照明委員会の仏語 *Commission Internationale de l'Éclairage* の略です。

これらの符号列を映像信号の packets にいれ、音声やデータ放送のコンポーネントと多重して伝送します。