

4 回目：デジタル TV （前回のデジタルオーディオは、3 回目でした）

画像記録と動画放送は、デジタル化により飛躍的な発展を遂げた。ここでは、主にハードウェアの観点からの解説を行う。

<テレビの歴史>（講義では、重要な部分だけに触れています）

テレビ受像機と撮像機に関しては、1800 年代後半から、さまざまな歴史があった。その後の代表的な歴史は、以下の通りである。

1897 年 ブラウン管の発明（独）

1926 年 電子式テレビ受像機の開発（高柳健次郎）

1929 年 英国 BBC が実験放送開始

1935 年 ドイツで定期放送開始（ベルリンオリンピックの中継）

1941 年 米国で標準方式（NTSC：2009 年まで継続）による白黒テレビ放送開始

1953 年 国産第一号のテレビ発売（1 月，シャープ 175,000 円（高卒初任給 5,400 円の 32 ヶ月分））
日本でテレビ放送開始（2 月 1 日：NHK，8 月 28 日：日本テレビ）：米国に 12 年遅れ

1954 年 米国でカラーテレビ放送開始

1960 年 日本でカラーテレビ放送開始：米国に 6 年遅れ

1964 年 東京オリンピック

1989 年 衛星放送開始

2003 年 地上波デジタル放送開始

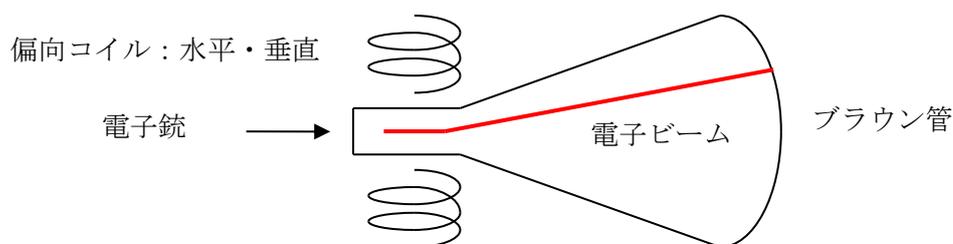
2006 年 ワンセグ放送開始

2009 年 米国でアナログ放送終了（業務用放送機器は、ほとんどがソニーかパナソニック）
米国のデジタル放送は、1280×720 と 1920×1080 がある。

2011 年 アナログ放送終了（東北被災県を除く）：米国に 2 年遅れだが、品質は高い。
日本のデジタル放送は、1440×1080（地デジ）と 1920×1080（BS）

<アナログ方式の白黒（モノクロ）テレビの仕組み>

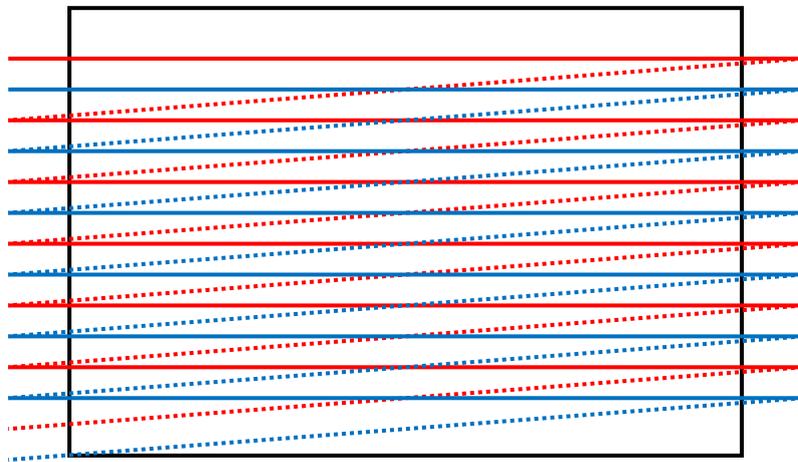
白黒テレビでは、電子銃で電子ビームを発生させ、それを電子レンズで細く絞り、交流磁場で上下左右にスキャンしながら、ブラウン管の内側に塗られた蛍光体を次々と光らせる。また、電子ビーム強度を変化させることにより、映像の濃淡をブラウン管上に映し出す。



よって、白黒テレビでは、①電子銃からのビーム強度の画像輝度による変調と、②電子ビーム方向の垂直偏向と水平偏向、という二つの操作が、映像信号を理解する上で重要である。

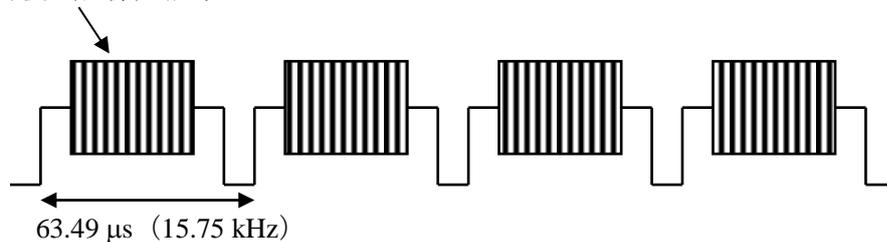
そして、白黒テレビ信号は、上に述べた、水平同期信号、垂直同期信号、輝度信号の3種類の信号が、重ね合わされたものとなっている（コンポジットビデオ信号）。この信号の規格は、NTSC（National Television System Committee：米国）という規格で決まっており（日本や米国はNTSC、ヨーロッパ（PAL）、旧ソ連やフランス（SECAM）では異なる）、

NTSC規格では、水平同期信号は15.75kHz（ブラウン管式のテレビが、キーンというモスキート音を発生するのはこのためである）、垂直同期信号は60Hz、輝度信号は0~4.26MHzと決められている。水平走査線の本数は、525本であるが、ちらつきを抑えるため、偶数の走査線と奇数の走査線を交互に表示する。これを、飛び越し走査（interlace scan）という。よって、完全に画像が入れ替わるのは、1秒間に30コマである。なお、飛び越し走査を行わない方式は、ノンインターレススキャン（non interlace scan）、もしくはプログレッシブスキャン（progressive scan）と呼ばれている。

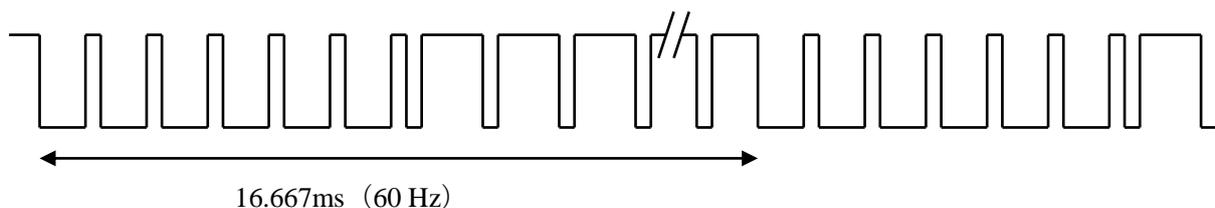


飛び越し走査の例（赤と青のラインは1本おきに表示される。実線部分が表示される）

水平同期信号と輝度（映像）信号



垂直同期信号と水平同期信号：排他的論理和で合成される。



白黒テレビのこの規格の信号は、米国では、1941年から2009年まで68年に亘って使われた。

<アナログ方式のカラーテレビの仕組み> (講義では、概要だけを述べています)

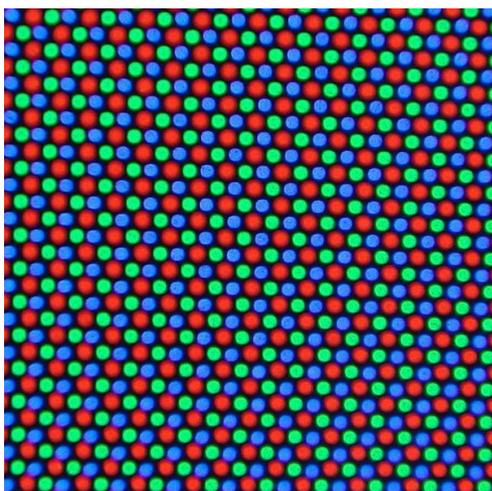
カラーテレビは、**白黒テレビとの信号の互換性** (白黒テレビでもカラーテレビの信号が再生できなければならない) と、信号帯域の制限 (6MHz) を重視して設計された。このため、二つの同期信号と輝度信号 Y の他に、色を表現するための2つの色の**色差信号** (Cb もしくは I 信号 (青と黄色の差) と Cr もしくは Q 信号 (赤と黄色の差)) が追加された。ただし、色信号は、輝度信号に比べ、空間的变化が緩やかであるため、信号帯域が抑制されている (Y は 4.2MHz, Cb は 1.5MHz, Cr は 0.55MHz)。アナログ方式のカラーテレビ信号は、国内では、1960 年から 2011 年まで 50 年以上も使われた。

さて、カラーテレビにおいて、色を発生する仕組みは、シャドウマスク方式とトリニトロン方式に分けられる。

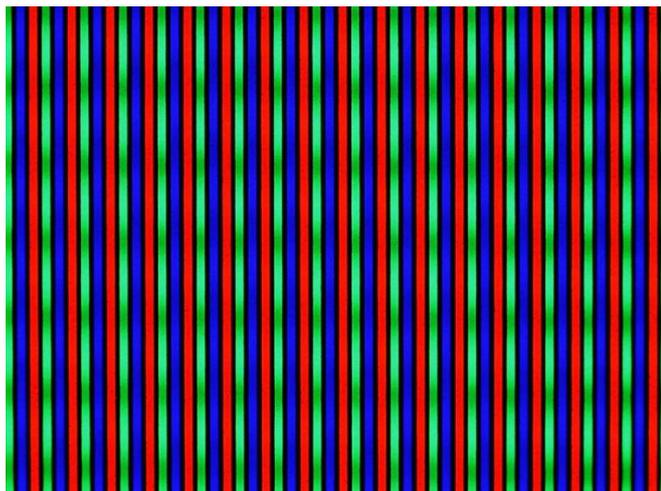
シャドウマスク方式 (1950 年発明) は、米国の RCA という会社の強力な特許とノウハウで、世界では、多くの会社が、長い間、RCA にライセンス料を払って、テレビ受像機を製造していた。この方式では、電子ビームが当たった時に、Red, Green, Blue の光を発する 3 種類の蛍光体を、ブラウン管の内面に 3 個の隣接した微小な円状の領域に塗布し、その境界を、薄くて丸い穴の開いた鉄板 (シャドウマスク) で覆う。そして、R, G, B に対応した 3 本の電子銃を用い、それぞれの 3 点をカラー輝度信号にしたがって光らせる。このようにして、カラー画像を再生する。

トリニトロン方式 (1968 年発表) は、ソニーが開発した方式で、R, G, B に対応する蛍光体を、円筒面状のブラウン管の内部に上下に (円筒軸に平行に) 線状に塗布し、RGB の信号を時間差で制御することにより 1 本の電子銃で光らせる。このようにして、カラー画像を再生する。トリニトロン方式は、画面が平面に近かったことや、画像がクリアだったことなどから、評判が高かった。

ブラウン管方式のテレビは、大型化した場合に、奥行き方向が長くなることなどから、液晶やプラズマなどの**平面型ディスプレイ**に取って代わられた。



シャドウマスク方式



トリニトロン方式

<テレビ放送の周波数帯域とチャンネル>

かつて、日本のテレビ放送は、**VHS 帯 (超短波 : 30MHz~300MHz)** と **UHF 帯 (極超短波 : 300MHz ~3GHz)** で行われ、VHS は、1~12 チャンネル (信号帯域は MHz)、UHF 帯は、13~60 チャンネル (信号帯域は MHz) が割り当てられていた。VHF は、さまざまな理由により、広いエリアをカバーできるためキー局が使用しており、UHF は、広いエリアをカバーできなかったため、かつてはローカル局が使用していた (地上波デジタル放送になると状況は変化する)。

周波数帯域は、BS 以外はすべて **6MHz** であり、これはデジタル化されても変わっていない。

VHF (Very High Frequency) 帯 : 1~3CH と 4~12CH の間は **62MHz** 空いている、**7CH と 8CH は一部重なっている**)

CH	1	2	3
周波数	90-96	96-102	102-108

CH	4	5	6	7	8	9	10	11	12
周波数	170-176	176-182	182-188	188-194	192-198	198-204	204-210	210-216	216-222

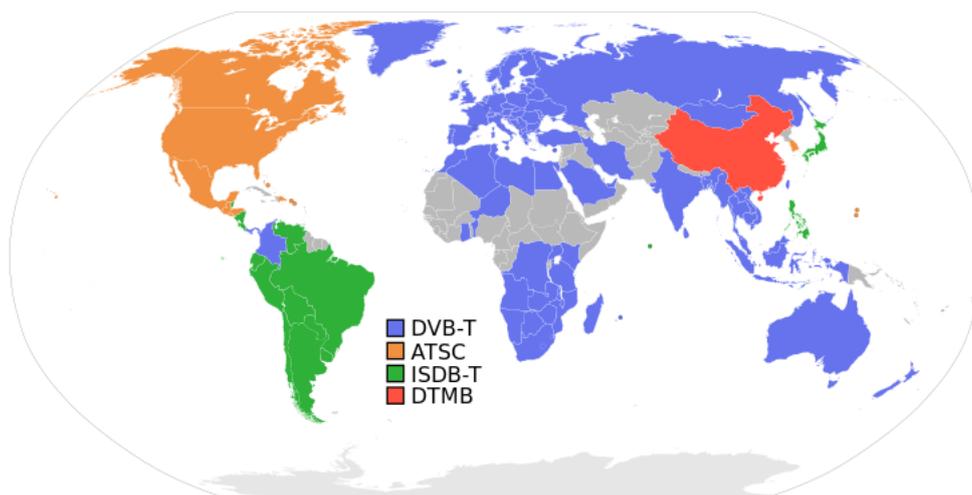
UHF (Ultra high frequency) 帯 : (470MHz から 300MHz の帯域に 6MHz ずつ 50 チャンネル)

CH13 は、470~476MHz. それ以降、CH62 まで、6MHz きざみで設定されている。

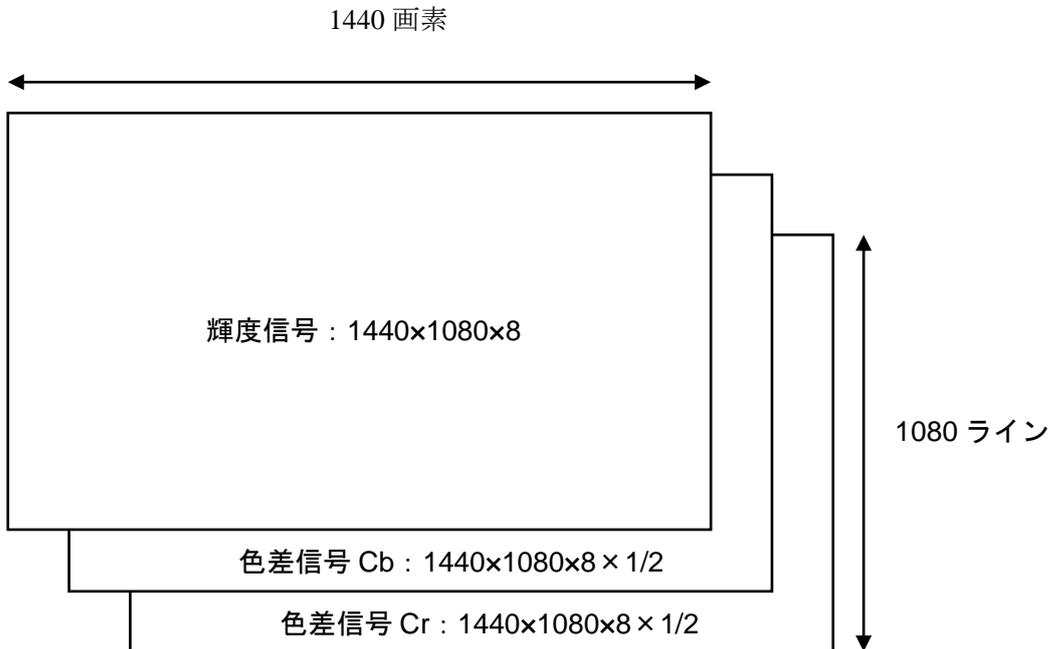
CH62 は、764~770MHz.

<デジタルテレビの仕組み>

日本では、1980 年代から、アナログ方式のハイビジョン (High Definition TV : HDTV) が開発され、世界標準を目指したが、政治的理由もあって、各国、別々にデジタル方式で実用化を行うことになった。現在、世界では、日本方式 (ISDB-T, 南米, 台湾, フィリピンも採用), 米国方式 (ATSC, 北米), 欧州方式 (DVB-T, 欧州, オセアニア, 東南アジア), 中国方式などがある。



日本の地上デジタル放送の方式は1080/60/iと言われ、走査線数が1,125本、有効走査線数が1,080本（垂直画素数1080画素）、水平画素数が1440画素（BSデジタルでは1920画素）、走査方式はインタレース、フレームレートは29.97Hz、画面の横縦比は16:9である。

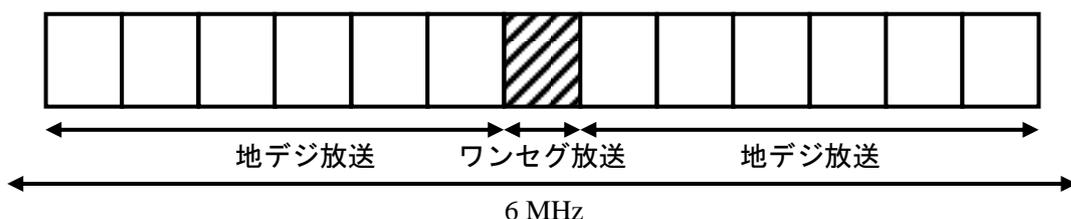


輝度信号は8ビット、色差信号はそれぞれ4ビットを割り当てると、1画面のデータ量は、 $1440 \times 1080 \times 8 \times 2 = 24,883,200$ ビットとなる。1秒間に30コマ（29.97コマ）であるので、データの転送レートは、 $24,883,200 \times 30 = 746,496,000$ （750Mbps（mega bit per second））

地デジの放送帯域は、6MHzであるので、単純な変調方式を使えば、 $750/6 = 125$ 倍のデータ圧縮が必要である。

このため、MPEG-2という画像圧縮方式を使い、さらに、信号伝送に64QAMという変調方式を用い、16.851Mbpsという情報転送レートを実現している。このため、情報圧縮率は、画像だけを考慮すると $746,496,000 / 16,851,000 = 44.2$ 倍となっている。

地デジでは、6MHzの帯域を、428.57kHzの帯域を持つセグメントに14分割し、そのうち中央の13個のセグメントを使用している。そして、その12セグメントを地デジ放送（フルセグ）に、そして1つのセグメントを携帯受信用の放送に使用している。このため、この放送を、ワンセグサービスと呼んでいる。映像のサイズは、 320×180 （16:9）もしくは 320×240 （4:3）であり、フレームレートも、毎秒15フレーム以下である。このため画質は低い。



最近では、スマートフォンで、ワンセグだけでなく、地デジのフルセグの放送が視聴できる。