

第1章

NTSC信号の構成と意味を理解する ビデオ信号の基礎知識

マルチメディア時代の到来で、「ビデオ信号」や「映像信号」という言葉は、一般向けの雑誌などでもあたりまえのように使われています。

この章では、アナログ・ビデオ信号について、基本的な理解を深めたいと思います。本章および第2章で扱っているNTSCコンポジット・ビデオ信号には、走査や同期などのテレビの基礎、今後主流になるコンポーネント信号など、現在存在するビデオ信号の要素がすべて含まれており、NTSCコンポジット・ビデオ信号を理解するのは大変重要なことです。

電子映像システムの基本構成要素は、入力装置、記録装置、出力装置です。そして、各装置間で画像情報を電子的に伝送することでシステムが成り立っています。入力装置はビデオ・カメラ、スキャナなどがあります。記録装置の代表はVTRです。最近ではハード・ディスクやDVDも記録装置として登場しています。出力装置は、ディスプレイということになります。また伝送路はケーブルや電波です(図1-1)。

1-1 アナログ・ビデオ信号の基礎知識

1-1-1 カラー・ビデオ信号の基本はRGB

人間が目で見ている「画像」は、明るさと色の情報をもっています。電子映像のシステムでは、この明るさと色を緑、青、赤の加法3原色で表すことになっています(図1-2；カラー口絵参照)。

ビデオ・カメラは、レンズを通した光の情報を撮像素子で電気信号に変えています。撮像素子からの信号は赤(R；Red)、緑(G；Green)、青(B；Blue)の3色に分解された、いわゆるRGB信号です。

一方、ディスプレイなどの表示器はブラウン管や液晶などです。カラー対応の表示器で

図1-1 電子映像システムのご概念

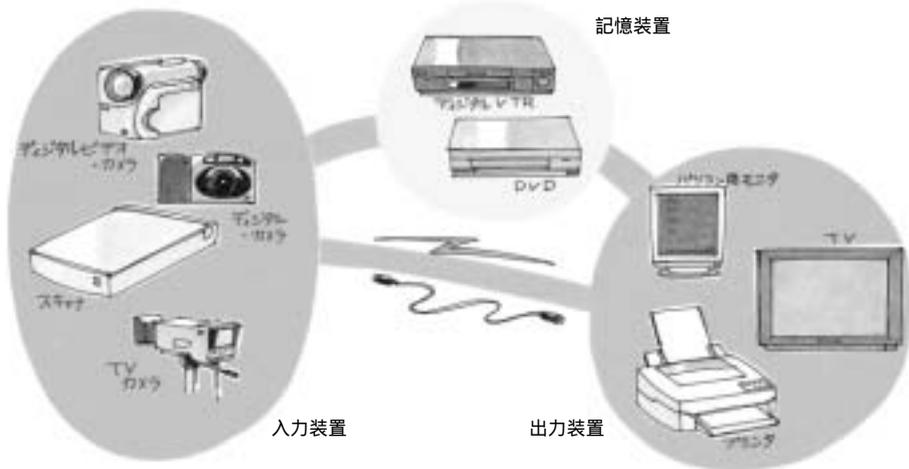


図1-2 加色法による色混合
(カラー口絵参照)

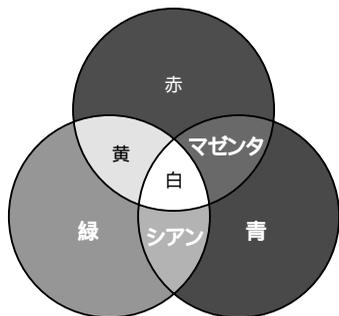
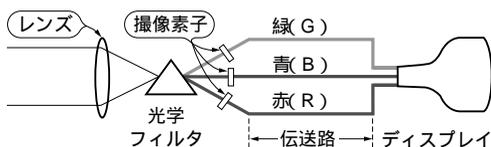


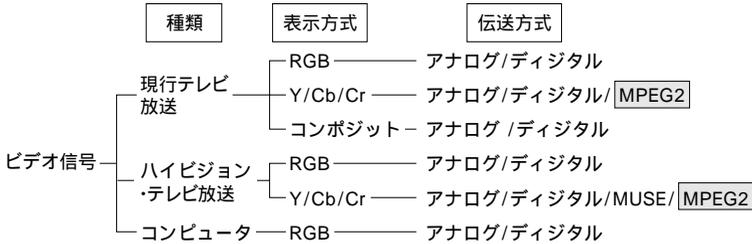
図1-3 RGB伝送のご概念



は、例外なくRGB 3色の素子を備えており、RGB各素子の明るさの組み合わせで、多様な色や明るさを再現しています。したがって、カメラのRGB信号出力をそのまま伝送し、表示器のRGB信号入力につないでやれば画像が映ることになります(図1-3)。

途中で何も処理せずにRGB信号のまま伝送する方法が、画質が一番良いのは直感的にわかります。この組み合わせに近い身近な電子映像システムがコンピュータです。コンピュータのディスプレイは、RGB信号入力になっています。コンピュータのビデオ信号出力も、画像表示に関する内部的な処理も、すべてRGBです。

図1-4 ビデオ信号の種類



伝送方式はおもに使われているもので技術的分類ではない。 はデジタル放送で使われる方式である。

1-1-2 ビデオ信号はRGBの情報伝送のためにある

カラーの電子映像システムは、機器間でRGB信号を伝送して成り立っています。ところが図1-4に示すように、ビデオ信号といわれる信号は、RGB信号のほかにコンポジット信号やコンポーネント信号、ハイビジョン信号などが存在します。また、放送局内部のビデオ信号伝送や信号処理には、コンポーネント信号をデジタル化した信号を使うのが主流になっています。

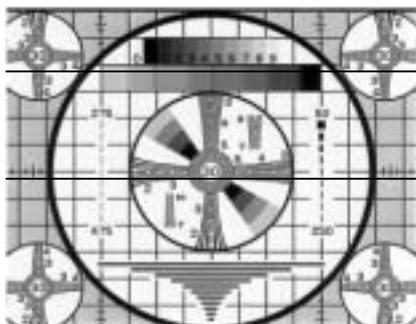
家庭用でもDV方式のデジタル・ビデオが普及してきました。さらに、MPEG2圧縮信号も、広い意味ではビデオ信号といえます。

このように、ビデオ信号は多種多様です。しかし、いずれの方式もRGB情報を伝送することが最終目的であることに違いはありません。要求性能や使用目的、環境に合わせていろいろな方式が存在するのです。

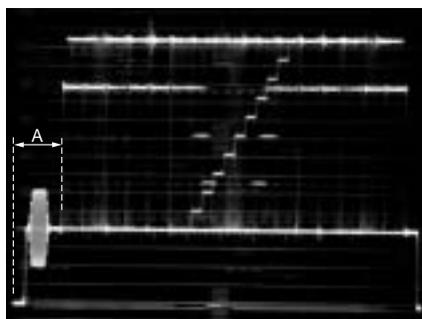
1-1-3 日本のアナログ・テレビ放送はNTSC方式とハイビジョン

現在、日本のテレビ放送には、地上波とBSとハイビジョン、そしてCSおよびケーブル・テレビがあります。また、各方式でデジタル放送も始まっています(地上波は2003年から)。

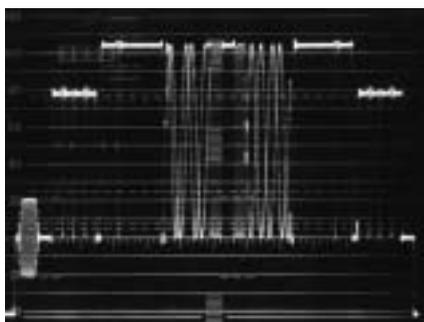
このうちハイビジョン以外のアナログ放送は、NTSC方式という米国で開発された方式を使っています。なお、デジタル放送はコンポーネント信号をMPEG2でデータ圧縮して行っています。しかし、従来のテレビで鑑賞できるようにチューナにはNTSC方式に変換した出力があります。ハイビジョンは高画質を目的に日本で開発された方式ですが、



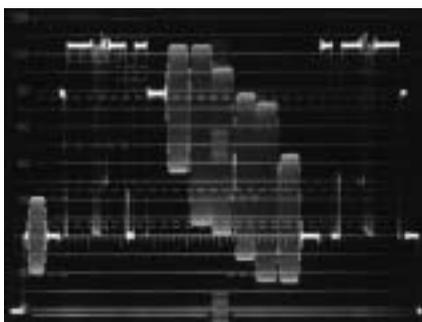
(a) モノスコープ信号の画像



(b) モノスコープ信号の全ライン波形



(c) 画像中央の走査線波形 (の部分)



(d) カラー・バーの部分の走査線波形 (の部分)

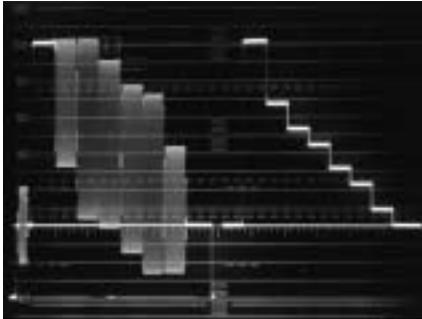
写真 1-1 モノスコープ画像とNTSC信号波形

NTSC方式と互換性はありません。

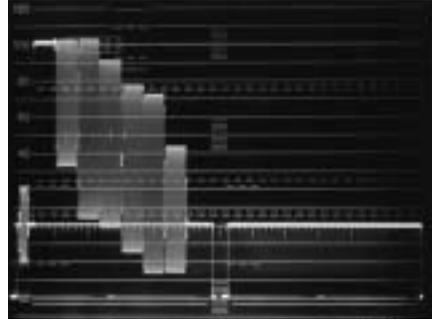
NTSC方式は、アメリカのNTSC(National Television System Committee)により、制定されている方式です。NTSCは1940年に発足し、1941年にモノクロ放送の方式やパラメータを制定しました。この内容は基本的に現在も使われています。

その後、1953年にカラー放送の方式が決定され、現在に至っています。日本はこのNTSC方式を採用し、1953年にモノクロ放送、1960年からカラー放送が始まりました。

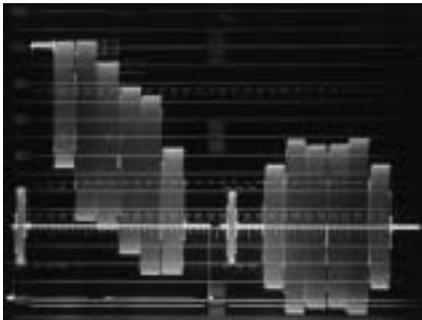
歴史のあるNTSC方式ですが、放送のデジタル化に伴い、その役目を終わる時期が示されています。日本では2011年ごろ、米国では2006年ごろにNTSC方式の放送を終了するとされています。しかし、NTSC方式の映像機器やビデオ・テープなどの映像資産が大量に存在しており、当分はNTSC方式のビデオ信号がなくなることはないと考えられています。



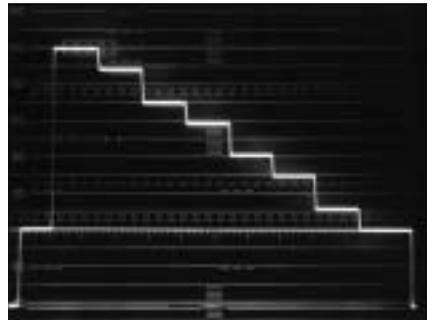
(a) NTSC コンポジット信号と輝度信号



(b) NTSC コンポジット信号と同期信号



(c) NTSC コンポジット信号と色信号



(d) 輝度信号 + 同期信号

写真1-2 カラー・バーの信号波形

以下、NTSCコンポジット・ビデオ信号を中心に、ビデオ信号の特徴について解説していきます。

1-1-4 NTSCコンポジット・ビデオ信号の波形

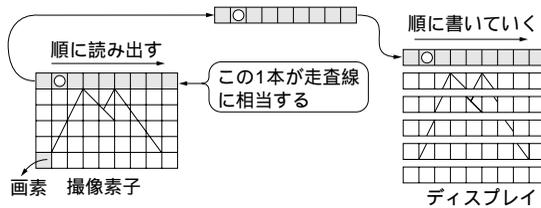
写真1-1は、モノスコープという試験信号の画像(カラー口絵参照)と、NTSCコンポジット・ビデオ信号(以下、NTSC信号)の波形です。テレビの画面は、走査線と呼ばれる横線が483本集まってできています。

写真1-1(b)は、画像を構成する走査線すべてを重ねた波形です。

写真1-1(c)は、画像中央のモノクロだけでできている部分から、走査線を1本だけ抜き出した波形です。走査線の映像部分は、明るさの信号(輝度信号)だけでできています。

写真1-1(d)は、画面に色がついている部分の走査線波形です。画面上で色のついてい

図1-5
画像の伝送



る部分は、走査線に正弦波の信号が現れます。この信号は色信号といい、色の強さや色相を表す信号です。

写真1-1(b)で示すAの部分は、ブランキング期間と呼ばれます。ディスプレイの画面には現れませんが、同期信号とカラー・バースト信号が含まれています。

これらは重要な働きをする部分ですので、本章後半で詳しく説明します。

写真1-2は、カラー・バーと呼ばれる試験信号の波形を分解した写真です。写真からわかるように、NTSC信号は三つの要素からできています。写真1-2(d)は、いわゆるモノクロ信号です。NTSC方式のビデオ信号はこの形から始まりました。

1-2 テレビ画像の成り立ち

1-2-1 電子映像システムは「走査」で成り立つ

ビデオ・カメラには撮像素子があります。撮像素子は、画素という単位で、被写体の明るさに対応した電気信号に変換します。そして、決められた手順で、画素単位の電気信号を、画面の左側から横方向に右側まで送り出します。ディスプレイでは、同じ手順で再現します(図1-5)。この方法を「走査」と呼び、走査の軌跡を「走査線」と呼びます(図1-6)。

図1-6で「同期」という言葉があります。同期は、撮像側の走査と、受像側の走査の位置と時間(タイミング)を一致させる役割があり、大変重要な概念です。なお、映像の世界では走査線を言うときに「ライン」や「H」を使い、「1ライン」とか「1H」などと数えます。

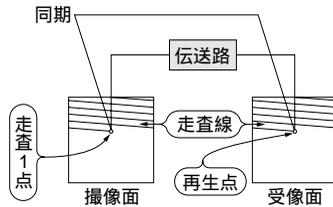
テレビの画像は、走査線を画面の上から下に並べて構成されています。したがって、テレビの画面は、

$$\text{走査線1本当たりの画素数} \times \text{走査線数}$$

の画素の集合体ということになります。NTSC方式では、走査線が480～485本(ハイビジョンでは1080本 = 1920 × 1080のとき)で1画面を構成します。この走査線全部を走査して、1枚の画面を作るのに約1/30秒かかります。

またNTSC方式では、走査線1本当たりの画素数が720～760程度なので、総画素数は

図1-6
走査の概念



約35万画素です。しかし、これは放送局内の値で、実際の放送では伝送の帯域制限と後述する飛び越し走査のため、15万画素程度に相当する分解能となっています。同様に計算するとハイビジョンでは、およそ72万画素程度に相当する分解能となっています。

ところでディスプレイでは、カメラから送られてくる電気信号をカメラと同じ手順で「走査」して画像を再現しており、1枚の画像が瞬時に映るわけではありません。しかし、人間の目の残像作用によって画像として認識しています。

1-2-2 飛び越し走査

人間の目の残像作用により画像、とくに動画像を人が自然に見えるようにするために、映画では1秒間に24枚の画像を使っています。現在のテレビでは、30枚(ヨーロッパでは25枚)の画像を使っています。しかし、映画のように瞬時に1枚の画像が表示されるのではなく走査によって画面を作るため、1秒間に30枚の画像ではちらついてしまいます。

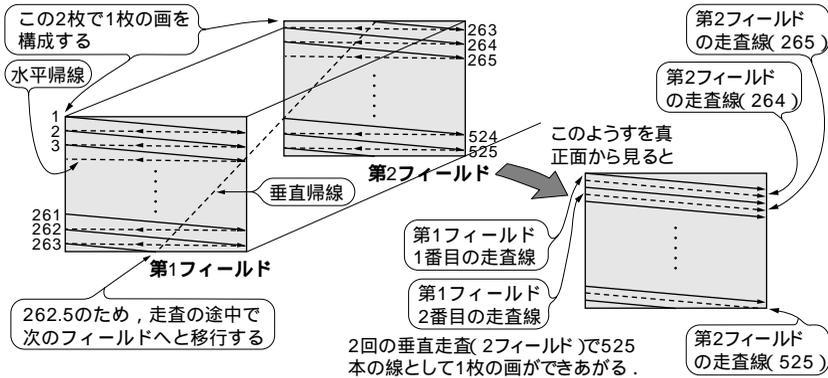
画面のちらつきを防ぐには、1秒間あたりの画面の枚数を多くすればいいのです。しかし、そうすると広い伝送帯域が必要で、送信設備も受像機もコストがかさんでしまいます。

そこで、図1-7のように1枚の画像を2回に分けて送る方法が考え出されました。この方法を、飛び越し走査(インターレース; interlace)といいます。ハイビジョンを含め、現在放送されている方式では、飛び越し走査方式が使われています。

飛び越し走査は、全走査線を1本おきに画面の上から下まで走査します。そして、最後の走査線の走査を半分で中止し、1回目の走査線の間を埋めるように、残りの走査線をもう一度上から下まで走査します。このようにすると、完成された画像が1秒間に30枚としても、「走査の視点」からは60枚の画像が存在することと同じになって、画面のちらつきを防ぐことができます。

1枚の完成画像を「フレーム(flame)」, 1回の走査による情報が半分の画像を「フィールド(field)」といいます。1フィールドを「V」と略し、フィールドを数えるとき2V, 3Vと数えます。また、初めの走査線の開始点が左側となるフィールドを第1フィールド、そ

図1-7 飛び越し走査



れに続くフィールドを第2フィールドといいます。先に述べたように走査線数は、地上波放送480～485本/フレーム、ハイビジョン1080本/フレームです。実際の放送では、垂直同期信号を含むブランキング期間(後述)を付加し、525本/フレーム(262.5本/フィールド)です。

また、ハイビジョンは、1125本/フレーム(562.5本/フィールド)の走査線で放送されています。

1-2-3 順次走査

テレビだけでなく、コンピュータ・ディスプレイの画像も走査できています。コンピュータでは、飛び越し走査は使わずに、1枚の画像を1回で走査しています。この方式を、順次走査(プログレッシブまたはノンインターレース)といいます(図1-8)。

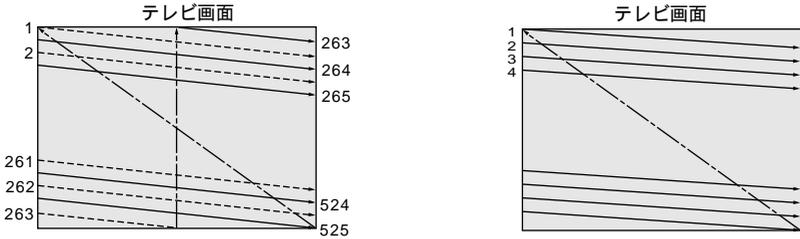
ところで、順次走査と飛び越し走査では同じ走査線数のとき、動画像の分解能に差が生じます。順次走査の分解能は、

$$\text{画素数} \times \text{走査線} \times \text{帯域制限}$$

となります。飛び越し走査では、2フィールド間の時間差の影響で動画像がぼけるために、「縦方向の解像度が70%、またはそれ以下になる」とわれています。

したがって、「1画面あたりの走査線数が同じであれば、順次走査のほうがより鮮明である」といえます。デジタル放送では、この特徴から方式の一部に順次走査が採用されています。また現在市販されているテレビ受像機のなかには、内部で順次走査に変換し画質の向上をねらった製品も見受けられますし、DVDにもプログレッシブ出力のものが見

図1-8 インターレースとプログレッシブ



---- フィールド I, III — フィールド II, IV

インターレース走査は、各フィールドの合間を走査する。実際のテレビでは、垂直ブランキング期間があるので、映像の走査線数は約483本になる。

(a) インターレース走査

プログレッシブ走査ではフィールドとフレームが等しく、一度にすべての走査を行う

(b) プログレッシブ走査

受けられます。

インターレースとプログレッシブを区別するために、

525i : インターレース

525p : プログレッシブ

のように、走査線数の後ろにiやpを付ける表記方法があります。

デジタル放送では、インターレースとプログレッシブが混在しています。今後、この表記にお目にかかることが多くなります。また、インターレースを2:1、プログレッシブを1:1と表記する場合があります。

1-2-4 ブランキング期間と同期信号

ブラウン管は、1本の電子ビームで左側から右側に走査して走査線を作っています。そのため、1回の走査ごとに左側に電子ビームを戻さなければなりません。また、最後の走査線を走査したら、再び1本目の走査線の位置に戻らなければなりません。図1-7の水平帰線、垂直帰線がこの軌跡です。

この帰線のために設けられた時間を、それぞれ水平ブランキング期間(水平帰線期間, Hブランク)、垂直ブランキング期間(垂直帰線期間, Vブランク)といいます。実際のビデオ信号では、水平ブランキング期間に水平同期信号(Hシンク)とカラー・バースト信号が付加されています。カラー・バースト信号は色相の基準となる信号です。詳しくは後述します。また、垂直ブランキング期間には、垂直同期信号(Vシンク)が付加されています。

同期信号は、走査の位置とタイミングを決めるための信号です(図1-9)。撮像素子で走

図1-9
水平同期の概念

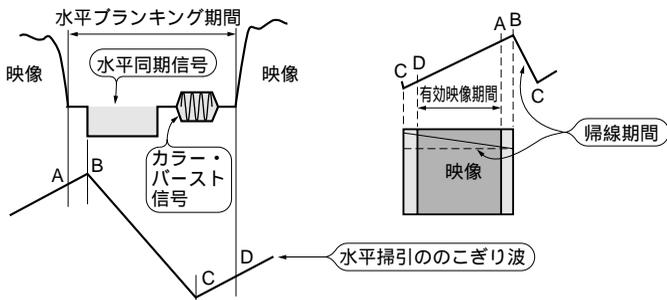
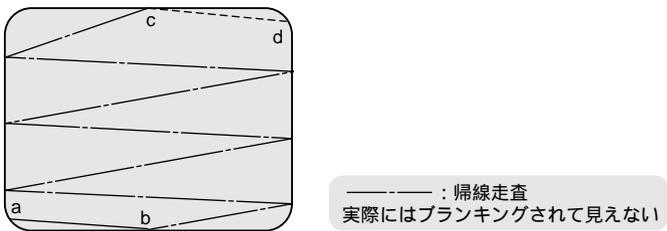


図1-10
垂直帰線の走査概念



査した信号で、ディスプレイに画像を表示するとき、走査をするタイミングが両者で一致している必要があります。このタイミングを決める信号を水平同期信号といいます。

ブラウン管を使ったディスプレイの場合、走査のためにのこぎり波(ランプ信号)を使っています。のこぎり波をリセットして前の走査を中止し、新たに左側から走査を開始するトリガに水平同期信号が使用されます。また、水平同期信号は全走査線の走査開始位置をそろえ、画像が正しく表示されるための基準の役割ももっています。

画像を正しく表示させるためには、走査線の位置が、縦方向にも正しい位置になる必要があります。このためのタイミングと位置の基準になるのが、垂直同期信号です。ブラウン管のディスプレイは、走査線を並べるために水平と同様にのこぎり波を使用しています。

垂直同期信号を基準として、のこぎり波をリセットし前の画像を終了して、あらためて1本目の走査線から走査を開始します。実際には、ビームが戻る間に水平走査が何回か生じるため、図1-10のようなイメージになります。

1-2-5 NTSC信号のパラメータ

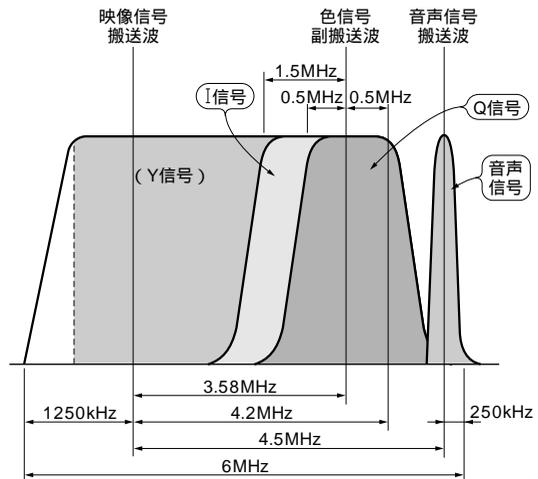
ここまでの話をまとめますと、NTSC方式では次のようなパラメータがあることがわかります。

コラム1 NTSC方式の音声伝送方法と伝送帯域

音声は、4.5 MHzの副搬送波をFM変調してビデオ信号に多重して伝送されます。NTSCではテレビ放送の伝送帯域を6 MHzに定めており、図1-Aに示す帯域割り当てになっています。地上波放送では、この信号で主搬送波をAM変調しています。実際は電波の有効利用と電力節約のため、片方の側帯波を少し残して、フィルタで抜き取って送信しています。片方の側帯波を少し残すのは、画面の直流ぶんを確実に伝送するためで、残留側帯波方式(VSB; Vestigial Side Band)といえます。

また音声をFM変調にした結果、音質も良くなり、さらに2カ国語やステレオ放送が可能となりました。

図1-A
NTSC方式のテレビ放送電波の
スペクトル



- (1) フレーム周波数 : 30 Hz
- (2) フィールド周波数 : 60 Hz
- (3) 水平周波数 : 15.75 kHz (30 × 525)
- (4) 総走査線数 : 525本
- (5) 有効走査線数 : 480 ~ 485本

またNTSCでは、さらに次のようなパラメータを定めています。

- (6) 音声副搬送 : 4.5 MHz (コラム1参照)