テレビ伝送系の Routine Test

NET テレビ 森 本 重 武
金 子 晋

テレビ伝送系は、レーダー、データ伝送などとともに波形伝送という点で従来の正弦波を中心とした測定法では不十分である。テレビを伝送する場合、画質劣化という立場から、従来の周波数領域での考え方から一歩進めて、時間領域での考え方を入れるべきことをテレビ運用上の保守試験、いわゆる routine test において論じ、結論として、この試験には4種類の信号を用いることが適当であることを述べている。

現在、テレビ番組の大部分は東京、大阪などの大都市において製作され、その他の地方へは電電公社のマイクロ回線を使ってネットしている。しかるにこの回線の運用上の規格が明確でなく、いろいろ問題が多いので、今回回線の高規格化の計画に際し、使用者側としても運用規格とその測定法を決める必要を生じ、民放連伝送専門部会で検討中である。本稿はその部会へ資料として提出したものをまとめたものである。

テレビ伝送系の特性¹⁾²⁾⁹⁾

テレビ伝送は波形伝送という点でラジオの場合とは本質的に異なる。波形の成分として、周波数、位相、振幅それに動特性の振幅変化を入れて四つの要素があり、これから波形伝送特性としてはつぎのものが考えられる。

- 1) 振幅一周波数特性
- 2) 位相一周波数特性
- 3) 微分利得……(振幅変化—振幅特性)
- 4) 微分位相……(位相—振幅特性)

従来、この他に過渡特性をあげる場合が多いが、これは独立した特性とは認めがたいので、ここでは除いた。

この他テレビ伝送系の特性としては、安定度、SN 比などが重要であるが、本稿は波形特性のみを対象とした。

特性と画質の関係¹⁾²⁾⁴⁾⁹⁾¹²⁾

伝送特性の規格は、理論上は画質劣化の許容限界から決めるべきであるが、これは物理的のみならず心理的な要素が加わるので、きわめて複雑な問題である。

特にカラーテレビの場合は一層困難で、今後とも研究すべき点が多い。

このひずみと画質の研究については、欧州特に英国に

おける研究が最も進んでおり、両者を Rating factor という数字で結合している。これは通常 K で表わされ、英国郵政省と BBC の共同研究の結果開発されたもので、テレビ映像信号とテスト信号を種々の特性の伝送系に入れ、出力側の映像の品位(または劣化度)とテスト信号のひずみの度合との間の相関関係を求めたものである。

K は普通 0.01 から 0.05 の値が実用回路に与えられ、0.06 以上の値になると使用不可能と判定する。なお単純な映像増幅器、野外中継装置などには、それぞれ 0.005, 0.03 などの値が一例として与えられている。

この K の思想は CCIR の規定の根本をなしているが、これについては後述する。

つぎに上述の特性と画質の関係を簡単に述べると

1. 振幅一周波数特性

いわゆる周波数特性で、白黒テレビの場合高域部特性は、水平解像力の尺度を表わすが、画質への影響はあまり大きくなく、むしろ中、低域部特性は結果的に波形ひずみを生じやすいので重要である。

ただしカラーテレビの場合は、高域部に 3.58 Mc の色信号副搬送波があるため、高域部特性も厳密に規正されねばならない。

2. 位相一周波数特性

いわゆる位相特性で、タイムディレイまたはエンベロープディレイで表わされ、白黒テレビの場合最も画質に影響を与える特性である。やはり高域部よりも、中、低域部の方が重要でおおのそミヤー、ストリーキングを生じ、非常に画質を劣化させる。

カラーテレビの場合は以上の他、レジストレーション不良、カラー信号を白黒受像機で受信した場合の画質劣化、色相変動などの悪現象を生じる。

3. 微分利得と微分位相

いわゆる DG, DP で白黒テレビにおいては DP はほ

“Routine Test of Television Links” by Shigetake Morimoto & Susumu Kaneko.

とんど問題にならず、DG はコントラストを損う。

カラーテレビの場合は DP は色相、DG は飽和度に変化を与えるので重要な特性である。

CCIR と伝送特性⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾

CCIR においては早くから、テレビ信号を長距離伝送した場合、必要とする規格の項目とその値を決める研究を行ない、ある程度の決論も出たので、その経過につき簡単に述べる。

この問題は、CCIR で独自に研究を進めてきたが、同委員会は無線部門の会議であり、テレビ長距離回線中には相当有線ケーブルの区間があり、それは CCIF の所管のため討議が別箇になり、いろいろ不統一の面があった。

1956年ワルソーでの CCIR 総会では、前年ブラッセルで取り上げられたこの問題に対し、両委員会で合同の機関を設置して研究すべきことを決議した。

これに対し CCIF は同年秋 CCIT と合併して CCITT となり、同会もこの決議を了承し、その合同委員会は CMTT として発足することになった。

翌 1957年7月パリーで第1回の CMTT が開催され、日本から 2,500 km での回線実測結果を提出、第2回は翌 1958年10月モンテカルロで開かれ、EBU から伝送特性と画質の関係が提出された。

この資料はテレビ画質に悪影響を与える特性はつぎの順に重要であるとしている。

- 1) レベル変動
- 2) ストリーキング
- 3) リニアリティ
- 4) 雑音
- 5) 高域部周波数特性

この後 1959 年ロスアンゼルスにおいて、CCIR の総会が開かれ、勧告第 267 号として、それまでの討議が正式に採択され今日に至っている。

これはマイクロおよび同軸ケーブルからなる 2,500 km の標準回線を決め、それにつき極性、電圧などから

第1図
正弦波、 $\sin^2$ 波
方形波の波形

はじまって、伝送特性を規定しているが、日本、米国などの 525 本方式はすべて未決定のまま残された。

なお伝送特性の規定については後述する。

伝送特性の routine test および

そのテスト信号¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾¹⁰⁾¹⁶⁾¹⁷⁾

伝送特性の測定法には2種類あり、CCIR における英国の提案、米国 IRE standards などにある routine test と acceptance test がそれぞれである。後者はどちらかというとなん少は時間や手間がかかってもよい実験室的、精密な測定法で、設計、受入検査などに使用されるが、前者は特性がある規定内に入っているかどうかチェックするためのもので、精度は多少劣っても、時間や労力を取らず、また高級な技術を要しないことが必要である。

テレビ運営上はこの routine test が最も大切なもので、今後わが国においても大いに開発されるべきであると思うが、この試験は放送中（または伝送中）に行なわれることが望ましい、これには垂直帰線内測定法 (Vertical Interval Test 以下 VIT と略称) が理想的である。

この方法で運用中特性チェックするためのテスト信号としてはつぎのものが適している。

周波数特性……マルチバースト

位相特性…… $\sin^2$ 波、方形波およびその合成波

DG, DP ……高周波小振幅の正弦波をスーパーインポーズした、のこぎり波、階段波、正弦波など

以上のうち $\sin^2$ 波、方形波は主として位相ひずみをチェックするためのものであるが、波形ひずみの総合的テストとも考え得る重要なテスト信号である。

テレビ伝送系で波形ひずみをチェックするためのテスト信号としては次の性質を持つことが望ましい。

- 1) テレビの映像として、通常発生する信号と相似であること。
- 2) オシロで観察するとき、ひずみの有無が簡単にわかるような単純な波形であること。
- 3) 波形が数学的に簡単で、解析が容易であること。
- 4) その周波数成分は大部分帯域内にあること、すなわち、それが必要帯域外まで広がっていて、そのため実際の放送には表われ得ないひずみなどを生じるものでないこと。
- 5) 実際の放送上は僅かしか生じない種類のひずみでも、その信号を用いるとひずみが拡大されて、はっきり表われるようなものであること。
- 6) その信号の発生が容易で、かつ安定性があること。

周知のように、 $\sin^2$ 波は欧州諸国、特に英国において研究、開発され、米国では従来方形波に重点をおいていたが最近 $\sin^2$ 波の応用が活発になってきた。

* は $t_w(had)$ を示す単位 μS

第 2 図 方形波, $\sin^2$ 波の周波数成分

正弦波, $\sin^2$ 波, 方形波の波形を第 1 図, 周波数成分を第 2 図に示すが, これからわかるように短いパルスの場合は 4), 5) の点で $\sin^2$ 波が優れている。

いま伝送系のしゃ断周波数を f_c とした場合,

$$T = \frac{1}{2f_c}$$

なる half amplitude duration (had: 半値幅) の $\sin^2$ 波を考えると, その周波数成分は f_c で半分になり, $2f_c$ で 0 になるので, 伝送系の f_c に応じていろいろな had を決め, 上述の信号を T パルス, $1/f_c$, $1/4f_c$ をそれぞ

れ 2T パルス, $1/2$ T パルスと称している。

日本のテレビ方式では, $f_c \approx 4$ Mc なので

2T パルス had = 0.250 μS

T パルス had = 0.125 μS

$1/2$ T パルス had = 0.063 μS

になり, いま T パルスを使用すると 4 Mc 付近で, $1/2$ の振幅成分, 8 Mc 付近で 0 という素直な形なので, f_c 付近の特性をチェックするに適している。

またカメラからの発生信号は $\sin^2$ 波の形に相似であり, 以上いずれの点からも短かいパルスの場合は $\sin^2$ 波の方が方形波より優れているので, テスト信号としては高周波の $\sin^2$ 波と比較的低周波の方形波を組合わせたものが望ましい。

$\sin^2$ 波, 方形波の基礎的性質¹⁾⁴⁾¹¹⁾

$\sin^2$ 波をいろいろな伝送系に入れたときの出力信号波形を第 3 図に示す。この図からつぎのことがわかる。

1) 伝送系の帯域幅は出力信号の振幅と had に影響する。帯域幅が狭いと振幅は減少し, had は増加する。また 2T パルス以下の低周波の場合は出力信号は入力信号とほぼ同一である (位相ひずみの小さいとき)。

2) 振幅が減少すると必ずリングングが生じ, リングングの周波数は f_c と同一である。

3) 位相ひずみのない場合, リングングは対称であるが位相ひずみがあると非対称になる。

第 4 図 方形波を 4 Mc の理想回路に通した場合 (縦軸は振幅, 横軸は時間)

第 3 図 $\sin^2$ 波を種々な回路に通した場合の波形 (縦軸は振幅, 横軸は時間)

4) envelop delay が高域部で増加している場合は、リングングは出力信号の後方により大きく生じ、逆の場合は前方により大きく生じる。

つぎにいろいろな方形波を $f_c=4\text{ Mc}$ の理想回路に入れた場合を第4図に示す。これから高周波の方形波は入出力波形も異なり、 f_c との関係などの点でもテスト信号としては $\sin^2$ 波に劣るが、低周波の場合は逆に方形波の方が優れていることがわかる。

この場合対象となるひずみは、横軸部の傾斜、立上り時間、リングングなどである。この横軸部の傾斜は、従来からサグまたはティルトとして%で表わすことに決まっており、 f_c と立上り時間、 f_c 付近の傾斜とリングングとの関係を第5図、第6図に示す。これからつぎのことがわかる。

1) 立上り時間は f_c により変化し、 f_c が大になれば立上り時間は小さく、その逆の場合は大きくなる。

2) リングングの周波数は f_c に等しい。

3) リングングの振幅は f_c 付近の傾斜により決まり、傾斜が急な場合は振幅が大きく、緩やかな場合は振幅は小さく、急速にダンプする。

以上のように $\sin^2$ 波、方形波は伝送系のシャ断周波数、その付近の傾斜、位相特性などにより、いろいろな種類のひずみを生じるので routine test 用のテスト信号としてはきわめて有用で、これらの性質は CCIR の規定などにも相当採用されている。

第5図 シャ断周波数と立上り時間の関係

周波数特性の routine test²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾¹³⁾

周波数特性の高域部の routine test は、現在わが国でも実施されている、マルチバースト信号を VIT で送り出してテストする方法が最も簡単でよい方法である。

この方法はカナダにおいては早くから規格化され、現在は米国でも実施されている。

CCIR においては Steady-state 特性として規定しているが、英国はあまりこの特性の規格には積極的でなく、1956年の報告第84号では未定、1959年の勧告第267号ではつぎのように規定したにとどまった。

「標準回線において、生じ得る過負荷の悪影響に対する予防として、フィールド周波数 (50 c/s) と映像周波数の極限值 (3Mc) の間において、利得は線周波数 (10 kc) におけるそれよりも 5 dB 以上超えないこと」

しかし英国以外の国では第7図のように規定した。ただしこれは日本の標準方式に変換して示してある。

米国は CCIR での規定は未決定であるが、カラーテレビを伝送しているため、高域部周波数特性も厳密で ATT の例を示した。わが国の電電公社では規格がいろいろあり、区間もローカル毎になっているが一例を示した。図中点線は測定結果例である。回線によってはこの許容範囲内に入っているものもある。

なお中、低域部の周波数特性の routine test はこの方法では無理で、波形ひずみとして考える。

第6図 シャ断周波数部の傾斜とリングングの関係

(a) CCIR (525 本方式に変換)

(b) ATT (全区間の場合)

(c) 電電公社の一例

位相特性の routine test¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾

位相特性の routine test はテスト信号の波形ひずみからそれをチェックするのが簡便で有効である。

CCIR では勧告第 267 号で、波形ひずみを周波数的に、Field time, Line time, Short time の 3 通りにわけ、英国以外の方式では第 8 図のようにテスト信号と測定用マスクを決めて、サグ、リングング、立上り時間などのひずみを実線内に入ることを規定した。

英国の場合はその付録で routine test として、第 9 図のように、50 c/s の方形波、40 μ s の方形波、T パルスまたは 2 T パルスの 3 種類を含んだテスト信号を提案した。

この K は rating factor で、上述の英国以外の方式は $K=0.05$ の場合の数値のみを採用しているが、英国では 0.01~0.05 の 5 段階を考えている。

以上の表を補足説明すると、

1) テスト信号の立上り時間は、英国などのように帯域の上限部がシャープカットオフの場合は 2 T、625、819 方式などのようにそうでない場合は T を用いる。

2) 立上り、立下り部のひずみはでは、Field time では 250 μ s、Line time では 1 μ s の範囲は対象外とする。

3) Short time のマスクは方式により 3 通りある。
なお英国ではこの項目は採用していない。

DG, DP の routine test⁵⁾⁶⁾¹²⁾

第 7 図 周波数特性の規定例

この DG, DP の測定法については、CCIR の勧告(但

第 8 図 CCIR の波形ひずみ (英国方式を除く)

第 9 図 CCIR 英国提案の波形ひずみ

し DG のみ) と最近決まった IRE の方法の二つがあるのでそれを述べる。

1. CCIR の DG の測定法

CCIR は勧告第 267 号で DG を非直線ひずみとし、波形ひずみと同様、Field time, Line time, Short time の三つにわたったが他の二つは未定とし、Line time だけに関して、測定信号を第10図のように定め、スーパーされる高周波正弦波の振幅を $0.1V$ 、周波数を $0.2f_c$ と規定した。

出力信号はバンドパスフィルタを通すことにより、線周波数をベースとした正弦波のみが取り出され、第11図の例で最大、最小振幅をそれぞれ M , m とすると m/M は中間ライン信号が白であっても、黒であっても 0.80 より小さくなくてはならず、同時に同期信号の振幅も $0.21 \sim 0.33V$ の範囲内にしなければならないとしている。

なお前回の1956年の報告第 84 号では、スーパーされる高周波正弦波の周波数は $0.2f_c$ でなく、大体 $0.8f_c$ ぐらいの高い値なると、初めから Line time のみを考えている点異なる。

2. IRE の DG, DP の測定法

IRE では 1960 年の規定で DG, DP の CCIR 方式のカラーテレビにおける重要性、定義、動作範囲などを詳説し、テスト信号としては第12図に示すとおりで、つぎのことが要求される。

1) 振幅範囲

低周波成分は APL が 10, 50, 90% のおののに対応する、正規の映像信号のブランキング—標準白色のすべての範囲を試験できること

2) 連続性

低周波成分が不連続の場合は、1段階の変化は 12.5

↑ 第 10 図 テスト信号 No. 3

第 11 図 → DG の測定結果

IRE を超えてはならない (IRE%は単位を示す)。

3) 周波数

高周波成分の正弦波は 20 IRE (p-p) の振幅で、周波数はカラーの副搬送波 (3.579545 Mc) にほぼ近いこと。

4) その他

その他クランプやその他の回路が正常に動作するように同期信号や色同期信号などを含んでいること。

なお IRE では DG, DP の測定値の表現を3通り決めているがここでは省略する。

3. CCIR と IRE の方法の相違点

両者の相異は根本的には、CCIR は白黒、IRE はカラーという立場をとっていることであるが、細かい点では

第12図 DG, DP のテスト信号

1) 低周波成分が CCIR ではのこぎり波, IRE では階段波, 正弦波, のこぎり波などなんでもよい。

2) 高周波成分は CCIR では周波数 $0.2 f_c$ (日本では 800 kc) 振幅 0.1 V (14 IRE) であるが, IRE では 3.58 Mc, 20 IRE である。

3) APL 条件として CCIR は 10, 90 % であるが, IRE ではその他 50 % も考え, 中間線信号が前者は 4 分の 3, 後者は 5 分の 4 である。

4) IRE では回路を DC 結合と AC 結合で動作範囲を別に考え, 拡大テスト信号も採用している。

5) CCIR では IRE の Line time のみに対し, 別に他の二つを考えようとしている。

以上 DG, DP の測定法の一端を述べたが, これを routine test という面からみた場合, テスト信号の決め方, 表現法などで一層の研究が必要である。

米国とわが国の現状

上述のテスト信号, 特に $\sin^2$ 波を用いた routine test は, 欧州にその端を発しているが, 最近では米国においても $\sin^2$ 波の有用性を認識して, 実用に移している。

米国の 3 大ネットワーク, NBC, CBS, ABC では, VIT により, 放送中, あるいはサービス開始前にテスト信号を送って回線の状態をチェックしているが, 筆者の一人が今年 6 月渡米中, ABC で種々打合わせを行なった際, 同社の幹部から聞いた話はつぎのようなものである。

1) テスト信号としては, マルチバースト (0.5, 1.5, 2.3, 3.6, 4.2 Mc), モジュレーテッドステアステップ (10 段の階段波, 3.58 Mc, 振幅 20 IRE), ウィンドウ波, $\sin^2$ 波の 4 波形を用いる。

2) VIT により全放送時間中送り出す。

3) 自動的に 5 分毎にテスト信号を切替える。

4) 3 系列ともテスト信号, 送出方法は同じ方式にする。

以上の点を 3 社協議して実行に移しつつあるとのことであった。

つぎにわが国の現状は, 民放連の伝送専門部会において昨年より入中番組の画質向上, マイクロ回線の規格明確化, カラーマイクロ回線の準備などを目標にこの問題を取り上げ, マルチバーストに関しては実施中, その他

(a) NET 送り出し波形

(b) 東京一名古屋一大阪一金沢一東京

(c) 東京一名古屋一大阪一福岡

写真1 マルチバーストの測定例

(a) 10 μ s/cm

(b) 2.5 μ s/cm

(c) 0.1 μ s/cm

写真2 Tパルスウィンドウ波形

(a) スタジオ送信所間同軸回線出力波形

(b) 送信機複調器出力波形

(c) 東京一名古屋一大阪一金沢一東京

写真 3 T パルス, ウィンドウ 信号の測定例

(a) DG, DP 測定用テスト信号

(b) STL 用同軸回線出力側 (DG=11%)

(c) STL 用同軸回線出力側 (DP=2.5%)

写真 4 DG, DP 測定結果

については準備中である。

測定結果

以下これらの測定例を2～3上げる。

1) マルチバースト信号

写真1に東京一大阪のループ回線と東京一福岡の例を示す。比較的よい例と悪い例である。

2) Tパルスおよびウィンドウ信号

写真2にテスト信号を示すが、方形波の立上り、立下り部は $\sin^2$ 波に成形している。これはあまりシャープな立上りの方形波を用いるとリンギングやスパイキングを生じて、ミスクランプの原因になるからで、CCIRでも同様に規定している。

写真3に測定例を三つ示したが、後の2者は明らかに高域部の位相ひずみを生じている。

3) モジュレーテッドステアステップ信号

写真4に測定例を示したが、DG, DPのVITによるroutine testについては今後の検討、研究にまつ面が多い。

むすび

以上、放送業者の立場から、テレビの波形伝送という面でのroutine testにつき述べたが、この測定法を今後ますます実用化してゆくことが筆者らの希望である。

取り上げるべき項目については白黒とカラーでのおのずから異なるが、カラーの場合は周波数特性、位相特性、DG, DPの4項目は絶対に欠くことができず、この波形の決め方とVITの方法とが今後の問題点である。

最後に本稿をまとめるに際し、いろいろ御指導、御教

示下さった、電電公社、NHK、民放連伝送専門部会の各位、およびテレクロム社ポプキンクラマン氏に謝意を表すとともに、実験に協力された当社森泉技術課長に感謝する。

(昭和36年7月25日受付)

参考文献

- 1) R. C. Kennedy: Sine squared pulse in television system analysis, RCA Rev 21 (1960. 06) 253
- 2) A. Ste-Marie: Video testing techniques in television broadcasting, Elect Engng (1957. 11) 968
- 3) 民放連: 昭和35年度伝送委第4回議事録
- 4) I. F. Macdiarmid: Waveform distortion in television links, I II PIEE, Part 3 99 (1959. 07, 09) 108, 188
- 5) CCIR: Report No. 84, 419
- 6) CCIR: Recommendation No. 267, 206
- 7) 深海: TV 中継に関する CMTT の会議の状況について信学誌(昭33. 03)
- 8) 大島: 緒方: CCIF, CCIT および CCITT の会議の状況について, 信学誌(昭32. 07)
- 9) 民放連: 昭和35年度伝送委第7回議事録
- 10) R. C. Kennedy: Sine-squared pulse test Color TV system, Electronics (1954. 12) 138
- 11) A. D. Fowler, I. D. Igleheart: Effect of frequency cutoff characteristics on spiking and ringing, IRE natl. conv. Rec (1959. 03) 208
- 12) IRE, 23, S1 Standards on television: Measurement of Differential Gain and Differential Phase, 1960, Proc, IRE, 48 (1960. 02) 201
- 13) 柿田: アメリカのカラーテレビ中継とロングラインシステム, 施設(昭36. 02) 66
- 14) N. W. Lewis: Waveform response of television links, PIEE, Part 3 101 (1954. 07) 258
- 15) N. W. Lewis: Waveform computations by the time series method, PIEE, Part 3 99 (1952. 09) 294
- 16) J. R. Popkin-Clurman: Video transmission testing techniques for monochrome & color, IRE. PGST-8 (1957. 06) 14
- 17) R. Morris, J. Serafin: Progress report on vertical television test signals, IRE, PGST-9 (1957. 12)
- 18) J. K. Mac Donald: The use of phase equalizers to improve the transient response of a television transmitting system, IRE BC-6 No. 3 (1960. 09) 31