- (1964) 678
- 6) 星野：電子計算機によるテレビジョン放送運行の機械化，テレビ誌，18，9 (1965) 631
 - 7) 木村ほか：電子計算機による放送運行業務の自動化，放送技術，20，4 (1967) 275
 - 8) 松木ほか：ミニコンピュタによる番組送出制御方式，テレビ全大予，5-29 (1970)
 - 9) 高木ほか：放送自動化におけるミニコンの応用，情報処理，15，4 (1974) 272
 - 10) 木合ほか：CM 自動検索編集方式，民放技術報告会 (1974) 39
 - 11) 伊藤ほか：CM 処理システム実験，民放技術報告会 (1974) 41
 - 12) 笹子ほか：CM 自動検索システム I；システム概説，民放技術報告会 (1975) 25
 - 13) 田辺：NHK 放送センターの放送設備概要，放送技術，26，9 (1973) 711
 - 14) NHK 技術本部：NHK 放送センタに完成した番組，送出，制作設備，26，12 (1973) 9
 - 15) 読売テレビ放送：電算機本部，YTV GIANTS システムの概要，放送技術，24，9 (1971) 645
 - 16) 上野ほか：オンラインによる番組自動送出方式，テレビ全大予，11-4 (1971)
 - 17) 岡本ほか：オンライン放送自動化システム，民放技術報告会 (1972) 85
 - 18) 甲田ほか：データ編集専用システム方式の自動番組制御装置，テレビ全大予，8-1 (1975)
 - 19) 朝日放送技術局：ABC システム，放送技術，28，11 (1975) 880
 - 20) 高梨ほか：バックアップシステムを持った番組自動送出装置，テレビ全大予，11-2 (1971)
 - 21) 高梨ほか：2 台のミニコンピュタによる放送自動化システム，民放技術報告会 (1971) 35
 - 22) 岡本ほか：番組自動送出装置の 2 台並列運転，テレビ全大予，11-5 (1972)
 - 23) 津田ほか：データ同時投入方式によるミニコン APC バックアップシステム，テレビ全大予，11-6 (1972)
 - 24) 尾形ほか：大容量データファイルを使用した放送送出制御装置，民放技術報告会 (1973) 103
 - 25) 井之川ほか：2 系統 APC とその運用，民放技術報告会 (1974) 77
 - 26) 東京 12 チャンネル：放送自動化システム，放送技術，25，6 (1972) 414
 - 27) 関西テレビ放送送出部：全自動番組送出設備とニュース番組のワンタッチオペレーション，放送技術，28，1 (1975) 13
 - 28) 伊藤：テレビ新広島の放送設備，放送技術，28，12 (1975) 953

6-7 測定技術

国際電信電話株式会社 佐藤 秀夫・巻田 文夫
日本電気株式会社 池田 定之・辻 正和

1. ま え が き

アナログ信号をデジタル処理により測定する測定器は現在数多く実用化され，測定項目によっては精度を上げるためにデジタル技術を応用した方が良い場合もある。また，周波数カウンターやデジタル電圧計等，1 種類の項目を測定するものから，テレビ回線自動測定装置のように多種のデータを収集できるものまでいろいろある。

一般的に言えば，アナログ処理にくらべデジタル処理の方が計算，記憶および表示能力が高いが，A/D 変換能力が（精度×速度）の点で現在のハードウェアでは不足の面もある。しかし，測定方法の選択等によりその不足面は補なえるし，今後の自動化に伴うデータ記録，判断，予測および制御への発展性を考えると，短所にくらべ余りある長所がある。

近年，VIT 信号を用いてテレビ回路の特性をデジタル処理により測定する方法が試みられており，IBA，EBU，SMPTE，CCIR，民放連およびテレビジョン学会等でも発表されている。

"6-7 Analogue Signal Measuring Techniques by Digital Apparatus" by Hideo Sato, Fumio Makita (KDD Co. Ltd., Tokyo), Sadayuki Ikeda and Masakazu Tsuji (Nippon Electric Co., Ltd., Tokyo)

ここでは，テレビ信号の特性測定に対してデジタル技術を適用した代表的な装置であるテレビ回線自動測定装置を中心に述べる。

2. テレビ回線自動測定装置

2.1 系 統

図1は一般的な系統を示しており，伝送路の送端にお

写真 1 デジタルテレビ回線自動測定装置

図1 装置系統図

いて挿入された VIT 信号はテレビ映像信号とともにひずみを受け、受端に送られて来る。その信号は A/D 変換が能率良く行えるようにアナログ処理され、A/D 変換部で PCM 信号に変換される。この PCM 信号のうち VIT の信号部分のみを取り出し、速度変換を行いながら EDPS メモリーのデータエリアに記憶する。次にその PCM データを基に特性を計算し、テレタイプライターにより決められたフォーマットにしたがって打ち出す。

2.2 A/D 変換およびアナログ処理

本特集号の 5 章の A/D 変換回路でも述べられているとおり、現在のところカラーテレビ信号を変換できる最大ビット数は 8 bit 止まりであり、最大レベルで変換しても 256 階調すなわち 0.4% の精度しか取れない。また実際の受端での信号振幅は伝送路により差があるので A/D 変換器を最大レベルに設定することはできない。測定項目によっては必要信号 (サブキャリヤ成分等) の振幅が小さいので、このままで変換したのでは測定精度

を上げるのは不可能であり、何らかの手段を用いる必要がある。

その方法の一例をあげると、精度を高く取れる抵抗減衰器を用いたデジタル AGC、DG、および DP を測定するための BPF と n 倍増幅器、ノイズを測定するための Weighing Filter と増幅器等がある。このようにアナログ処理は精度を高く取っておく必要がある。

2.3 データの平均化

測定誤差を少なくする手段のひとつにデータの平均化がある。ノイズによるデータのばらつきおよび A/D 変換器の分解能による精度低下を少なくするために、カラーフレームごとの VIT 波形の同じ位置のデータを N フレーム分加算し、 $1/N$ することによりデータを平均化することができる。図 2 はこの方法で平均化した場合のデータのばらつきを示す実測データであり、 1Δ は A/D 変換器の分解能であり、本図では Δ を 0.8 IRE に設定している。

ここで注目すべき点は、ある量のノイズがある場合に、平均化回数を多くすることによりデータのばらつきおよび精度が A/D 変換器の分解能より数倍良くなっている点であり、データの平均化の重要性がわかる。この平均化回数は多い方が良いが、データ量および測定時間はその回数とともに増すので、あまり多くすることはでき

写真 2 タイプアウトフォーマット

図2 平均化回数と精度の実測データ (50回測定
のばらつき)

表 1 測定項目と測定範囲の一例

測 定 項 目	測 定 範 囲
挿入利得	100 IRE $\pm$ 3 dB
同期レベル	40 IRE $\pm$ 3 dB
カラーバーストレベル	40 IRE $\pm$ 3 dB
周波数特性	$\pm$ 3 dB
H サグ	$\pm$ 5%
ホワイトパースオーバーシュート	$\pm$ 3 dB
2T/バー利得差	$\pm$ 3 dB
2T パルスオーバーシュート	$\pm$ 20%
Y/C 利得差	$\pm$ 3 dB
Y/C 遅延差	$\pm$ 200 ns
非直線ひずみ	
Y 非直線ひずみ	$\pm$ 20%
Y/C 混変調	$\pm$ 10%
DG	$\pm$ 20%
DP	$\pm$ 20度
S/N	ランダム雑音 (p-p/rms)
	$\sim$ 50 dB

ない。一例としてN社製のものについていえば、1回の平均化時間が2/15秒で、平均化回数は1～1,024回まで選べる(1,024回で約2分)。

2.4 特性の計算

平均化の行われたデータを基に表1に示すような特性をEDPSにより求める。A/D変換速度は変換特性およびPCMデータ量等により現在一般的にサンプリング周波数を10.7 MHz ($3 \times f_{sc}$)としている。ここで注目すべきことは、ある時点のデータと次のデータとのSC位相差(θ)が $2\pi/3(120^\circ)$ であり、三角関数を有効に利用できることである。ここでは基本的な特性を求める方法の一例を示す。

(1) 輝度成分の振幅

カラー信号ではY成分とC成分が加わっており、Y成分のみを取り出す必要がある。ここでは前後3ポイントのデータを加算平均することによりY-C分離を行っており、その計算式は次のようになる(図3参照)。

$$e = (A + B + C) \frac{1}{3} \dots\dots Y \text{ 成分の振幅}$$

(2) 色度成分の振幅

C成分の振幅は次の4式より求める(図3参照)。

図 3 データ波形 (1)

図 4 データ波形 (2)

$$a = A - e, \quad b = B - e, \quad c = C - e$$

$$e_s = \sqrt{(a^2 + b^2 + c^2) \frac{2}{3}} \dots\dots C \text{ 成分の振幅}$$

(3) 色度成分の位相

C成分の位相は次の式より求める(図3参照)。

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\frac{b}{e_s} \right) \dots\dots C \text{ 成分の位相}$$

たとえばDPを求めるには各ステップの無ひずみ時の同相点について φ を求め、最大値($\omega_{\max}$)から最小値($\varphi_{\min}$)を引けば求めることができる。

(4) SC 以外の SIN 波形の振幅

図3に示すデータより次の式を用いて振幅を求める。

$$e_s = \sqrt{\frac{b^2 - ac}{1 - \left(\frac{a+b}{2b} \right)^2}} \dots\dots \text{SIN 波形の振幅}$$

上記の式は次の3つの式より求めることができる。

$$e_s \sin(\varphi - \theta) = a$$

$$e_s \sin(\varphi) = b$$

$$e_s \sin(\varphi + \theta) = c$$

(5) オーバーシュートの振幅

図4に示すような波形の場合、サンプルデータが波形の最大値(d_p)を表わさないでサンプルデータとサンプルデータの間を補間(予測)し、その値を求めなければならない。ここではその補間公式に $\sin x/x$ を用い x を $\phi - n\pi$ とおいて、次の式により $d\phi$ を求め、 ϕ を変えて $d\phi$ が最大になったときの値を d_p としてオーバーシュートの振幅を求める。

$$d\phi = \sum_{n=-N}^N D_n \frac{\sin(\phi - n\pi)}{\phi - n\pi}$$

この場合 N の値は測定精度と計算時間により決まるので、時間がゆるす限り大きくとった方がよい。

(6) ノイズ

ノイズの算出は次の式で示すとおり2乗平均を行い求めている(N : 平均化回数, D_n : n 回目のデータ)。

$$\text{ノイズ} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N D_n^2}{N} - \left(\frac{\sum_{n=1}^N D_n}{N} \right)^2} \quad (\text{rms})$$

3. デジタル信号発生器

テレビ信号の各種特性測定において基準試験信号は、測定の質を左右する重大なファクターである。特にテレビ回線の特性測定は一般的に送端と受端が離れているため、測定項目によって絶対値測定、信号間の相対値測定の両者が必要となり、しかもテレビ信号の高品質性から各種の複雑な試験信号を高精度で発生しなければならない。

従来、アナログ発生器の場合、異なる信号波形をそれぞれ発生させ、これらをアナログ的にプロセスしているが、その安定度および精度が充分でないことが指摘されている。

そこで、この信号発生部からプロセスまでをすべてデジタル的に処理すれば原理的に各波形間の相対値変化を少なくすることができ、周波数帯域内の信号であればどのような信号波形でも発生させることが可能である。

以下、デジタル方式による試験信号発生器について述べる。

3.1 系 統

図5に示すように、クロックパルスおよび各波形のスタートタイミングパルスを発生するタイミングパルス制御部、各波形のデジタルデータを記憶するためのROM部、各波形の加減算、切替え等を行うデジタルプロセス部、およびデジタルデータをアナログ信号に変換するためのD/A変換部より構成されている。

3.2 波形信号デジタルデータ

D/A変換系においては、サンプリング周波数の1/2

以上の信号については波形ひずみが生ずるため、全波形信号の周波数スペクトル成分がすべて帯域内に入るように、あらかじめデータを記憶させることが必要である。

ホワイトバー信号の発生について考えれば、その立上り、立下りはあらかじめ $2T$ の $\sin^2$ 関数のデータを記憶させておけば波形ひずみを起すことはない。またマルチバースト信号等の有限時間連続する正弦波 (f_c) 発生の場合は、その立上り、立下りの部分に必要なサンプルデータ数 (N) と (f_c) は関係を次式のように決める必要がある。

$$N \geq \frac{f_{sp}}{f_{sp} - 2f_c} \quad (N=1, 2, 3, \dots)$$

$f_c = 3.6 \text{ MHz}$, $f_{sp} = 3f_c = 10.7 \text{ MHz}$ とすると $N \geq 3$ となる。また連続した 3.6 MHz の正弦波形を得るためには3ワードのデータが必要であり、ROMの記憶容量は合計6ワード必要となる。

また任意の周波数 (f_c) の m サイクル中のデータを (c) とすると (n) 番目に記憶すべきデータは次式から求められる。

$n \leq N$ の場合

$$D_n = A \sin^2\left(\frac{n\pi}{2N}\right) \sin\left(\frac{2\pi mn}{c}\right)$$

$n > N$ の場合

$$D_n = A \sin\left(\frac{2\pi mn}{c}\right)$$

したがって任意の周波数発生に必要なデータ数は合計 ($N+c$) となる。

マルチバースト信号発生例として公称周波数 (f)、発

図5 デジタル VIT 信号発生器

表2 マルチバースト発生周波数の一例

公称周波数 f (MHz)	0.1	0.6	1.2	2.0	3.0	3.6	4.2
発生周波数 f_c (MHz)	0.099	0.595	1.19	2.05	2.98	3.58	4.18
m 周期中の サンプル数 c	108	18	9	21	18	3	18
周 期 性 m (cycle)	1	1	1	4	5	1	7

生周波数 (f_c), c および m の関係を表2に示す。

4. む す び

デジタル技術を応用したテレビ信号の測定について述べたが、今後はその精度、信頼性を上げることが重要な課題である。現在一般的にテレビ信号処理に用いられている A/D, D/A 変換器は8ビット量子化、サンプル周波数約 10.7 MHz (NTSC の場合) であり、量子雑音が約 50 dB に相当する。これに対して被測定器の S/N 測定は 60 dB 以上が必要とされ、現在のハードウェアでは測定精度に問題が残る。またテレビ信号の各種特性を測定する際、量子化雑音の影響を少なくするために、各カテゴリーであらかじめアナログ処理を施すことも考えられているが、これらも測定誤差の原因となるので、さけることが望ましい。

したがって A/D, D/A 変換器の量子化雑音が少なく、かつテレビ信号周波数帯域の情報を充分サンプルできる

だけの高速ハードウェアの開発が望まれる。一方、測定精度と測定のためのデータ処理時間はほぼ比例関係にあり、いかに短時間で能率良くデータ処理するかのソフトウェア面の開発も必要である。

測定へのデジタル技術の導入は、従来のアナログ測定器にくらべ測定のシステム化、省力化が可能となり、ただ単にテレビ回線を測定するのみにとどまらず、テレビ信号のデータ集収、解析機能を活かしたテレビ信号の質に対する管理機能を有するものへと発展することが期待される。

(昭和51年8月3日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) R. H. Vivian: Some Methods of Automatic Analysis of Television Test Signal, J. SMPTE, **80**, Dec. (1971)
- 2) G. A. McKenzie and R. H. Vivian: Automatic Measurement of Television Waveforms, IEEE Conference Proc., **71**, Apr. (1970)
- 3) Measurement and Control, IBA Technical Rev., **9** (1972)
- 4) V. G. Löber und K. C. Voigt: Erfahrungen mit der Prüfzeilenmass automatik im Sendebereich des Südwestfunks, Rundfunk-Tech. Mitt., **17** (1973)
- 5) 佐藤, 巻田: 国際TV回線自動監視, 測定システム, テレビ全大予 (1973)
- 6) 佐藤, 巻田: VITS を用いた TV 回線自動測定装置, テレビ全大予 (1973)
- 7) 佐藤, 巻田: VITS のデジタル処理方式, テレビ全大予 (1973)
- 8) 内藤, 斎藤: VIT 信号を用いた伝送回線の自動測定・監視システム, テレビ誌, **29**, 5 (1975) 402-409
- 9) 内藤ほか: デジタル VIT 信号発生器, テレビ誌, **30**, 2 (1975) 114-120
- 10) KDD: Field Test Report on Automatic Television Measuring System, May (1974)

6-8 マイクロコンピュータを用いた ダイレクトデジタルコントロール

NHK 総合技術研究所 和久井 孝太郎
大 関 健 二

1. ま え が き

1971年にマイクロコンピュータが誕生してから4年余を経過した。この間におけるマイクロコンピュータの発展はまことに目覚ましいものがある。そして、最近ではマイクロエレクトロニクスの進展とともに、その進歩のスピードはいっそう加速されてきているように思

える。

数年前までは手のひらに乗り、しかも数十万円で買える制御用コンピュータは非現実的なものであった。マイクロコンピュータは中央処理機能部（マイクロプロセッサ）、データ記憶部（メモリー）、入出力制御部、入出力装置とのインターフェース機能など、まさしく立派なコンピュータである。

しかも、マイクロコンピュータは必要に応じ、われわれの放送機器内に部品として組込むことができる画期的なものであり、今後の放送技術に大きな影響をおよぼ

“6-8 Direct Digital Control] with Micro-computer” by Kōtaro Wakui and Kenji Ohzeki (NHK Technical Research Laboratories, Tokyo)