ビジコンカメラを用いた写真電送機

東京芝浦電気株式会社 中央研究所 本 間 勉
東京芝浦電気株式会社 図形電送課 近 藤 稔

平面走査写真電送機として、ビジコンカメラからの広帯域映像信号を標本化することにより狭帯域映像信号に変換するサンプリングアダプターを試作し、クイックプロセスの写真電送受信機に記録する実験を行なった結果、良好な画像を得たので報告する。この方式によれば、従来の円筒回転機械走査電送機に比べ、多くの利点を有する狭帯域電送機となる。

1. ま え が き

狭帯域伝送路を用いる映像電送の手段として、従来の機械走査方式は、回転を主体とする動作機構のために本質的に平面走査には無理があり、不向きである。

このため、速い主走査には電子走査を用い、遅い副走査には機械走査を用いる方法がある。たとえば、フライングスポット管から輝線を発し被写体に投影して、その乱反射光を光電管で受ける方法、あるいは、ビジコンの線走査方式などが試みられている。前者はあまり画角の大きな被写体では光電管出力の一様性に問題があり、また、漏洩光を防ぐため暗箱を用いなければならないなどの欠点をもつが、場合によっては有効な方法である。また、後者の方法では、一般にビジコンの出力電流は微弱で、SN 比も充分でない。また解像度の限界も電子ビームの口径によってはば定まってしまう。

これらに対し、機械的部分は極力さけ、もっぱら電子ビームによって主副両走査を行なう方式に、ビジコンを直接低速掃引する方法がある。これには、フレーム感度動作とライン感度動作⁴⁾があるが、前者は通常のビジコンを用いるとすれば、最低数秒程度で1画面を構成してしまわなければ、良い画像は得られないので、電話回線の帯域内に信号を納めきれない。また後者のライン感度動作では、暗電流に相当する電流分がかなりあり、SN 比を悪くする。また、解像度もあまり期待できない。これらのビジコン低速掃引方式の最大の難点は、ビジコンカメラのセッティングにきわめて高度の技術を要することである。

このため、以上を多少なりとも改善する方法として、本報告のビジコンサンプリング方式があり、以下これに

ついて述べる。

2. 装 置 の 概 要

2.1 ビジコンサンプリング方式⁶⁾

ビジコンサンプリング方式とは、ビジコンカメラを標準方式に近い走査周期で偏向を行ない、得られた広帯域映像信号を純回路的に標本化して、狭帯域映像信号に変換する。すなわち、ビジコンの1本の水平映像出力から一点ずつ1絵素に相当する信号を、縦にラスタの左はじより順次サンプルすれば、ビジコンカメラの1フィールド期間から、求める狭帯域映像信号の主走査に相当する点列が得られ、この点列を水平方向に移動して、狭帯域映像信号の副走査周期で画面のすべての絵素を取り出す方法である。

この場合、ビジコンの垂直走査周期は、受信機の主走査に等しくなければならない。また、ビジコンの水平走査周期は、サンプリング周期に等しくなるため、たとえば2 kHzの狭帯域映像信号を得るには、2倍の4 kHzのサンプリング周期は必ず必要であり、3倍の6 kHz程度あれば充分である。

2.2 受像側の仕様

受像側は表1に示す仕様で、自動受信記録に便利なように半円筒内面走査を行なっている²⁾。変調方式はAM両側帯波通信方式とAM残留側帯波通信方式があり、前者の場合、最高画像周波数は約1.3 kHz、後者の場合2.1

表1 受像機の仕様

有効画面の大きさ	116 mm×149 mm
用 紙	クイックコピー印画紙
走査方式	半円筒内面走査
円半径	45 mm
主走査周期	10 Hz
変調方式	AMVSB 方式
伝送時間	30 sec, 2 min

"Facsimile Transmitter Using Vidicon Camera" by Tsutomu Honma and Minoru Kondo (Tokyo Shibaura Electric Co, Ltd., Kawasaki)

表2 各種フアクシミリ送信方式の特徴

機 械 式	走 査	折 衷	方 式	電 子	式	走 査
円筒回転走査	平面走査 多面鏡回転または推動ミラによる	副走査を機械式で行ない主走査は電子式で行なう	フライングスポット管と光電管の組合せ	フレイム感度動作 ライン感度動作	ビコンスロースキャン	蓄積形ビコン、シャッター付
容量、重量、携行性、製造	かなり小形、やや重い 持ちにはこび不便 精度を要し製造は容易	大形 持ちにはこび不便 製造は比較的容易	やや大形 持ちにはこび不便 製造は容易	非常に小形化できる、軽い 携帯可能	小形、軽量 携帯可能 製造容易	通常のビコン使用
電源	安定化電源容量小(回路用)	光電管用高正安定化電源必要	光電管用高正安定化電源必要	安定化電源の容量大(回路用) リップルに弱い 照明 DC 化不要	安定化電源容量小(回路用) リップルに弱い 照明 DC 化不要	直線性多少悪い(標準 TV 画像程度)、偏向パワー小 光学系きわめて簡単
走査線系	照明 DC 化必要	照明 DC 化必要、パワー大	照明 DC 化不要	直線性多少悪い、偏向パワー大 光学系きわめて簡単	直線性多少悪い、偏向パワー大 光学系きわめて簡単	直線性多少悪い(標準 TV 画像程度)、偏向パワー小 光学系きわめて簡単
走査速度	走査むずみ非常に小 光学系は比較的簡単 船線時間非常に短くできる	構造は起因する画質劣化、むずみはさげられない 船線時間非常に長い	偏向直線性多少悪い 光学系は簡単	解像度 500 本内外 SN 比悪い、暗電流相当分多いため シェーディングが多い	解像度 500 本内外 SN 比悪い、暗電流相当分多いため シェーディングが多い	解像度 (画面中央部において) 500 本 SN 比や悪い シェーディングが多い
画質	解像度充分取れる SN 比 } 非常に良好 階 調 }	光学的精度のために高解像力は妨められ、信号先が少ないため SN 比悪く、信号出力の一様性が問題	フライングスポット管の輝度とビーム集中度に限度があり、高解像力は望めない(600 本前後) シェーディングあり	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	解像度 (画面中央部において) 500 本 SN 比悪い、暗電流相当分多いため シェーディングが多い
被写体像	一定サイズの簡画 連続撮像困難	一定サイズの簡画 連続撮像可能	一定サイズの簡画 連続撮像可能	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	被写体は ITV カメラで写せるものならなんでもよい 画面の取り換え自由
可能思考 (1 画面構成時間)	任意	任意	任意	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	解像度とのつり合いから 2 min 以内 通常のビコン 3 sec スロースキャンビコン 80 sec	被写体は ITV カメラで写せるものならなんでもよい 画面の取り換え自由
映像直流分	光学チャオッパー回転	光学チャオッパー回転	フライングスポット管ビームチャオッパー	ビコンビームチャオッパー	原ラスタの水平ブランキングでクラランブ	原ラスタの水平ブランキングでクラランブ
モニター	数 sec~十数 sec のでは設定しない	1 画面を構成するものは残光性ブラウン管でモニターできるが、それ以上のも	標準走査回路を別に組めばモニターできる	標準走査回路を別に組めばモニターできる	モニターできる。このためフィルム伝送も可能	モニターできる。このためフィルム伝送も可能
調整	一度合わせれば安定に動作する	調整むずかしく精度を出しにくい	調整容易	調整むずかしく精度を出しにくい	調整容易	調整容易
その他			燃付きに気をつけなければならぬ (シャッター付)	調整むずかしく精度を出しにくい	調整容易	狭帯域信号の歪み、瞬間的の切り換えが非常に容易

2.3 送像側の仕様

15kHz

10Hz

750本

—— 原ラスタの走査期間
 ---- 原ラスタのビーム消去期間
 -.-.- サンプリングした場合の仮想走査線
 × サンプリングポイント

(a) 15kHz掃引波形

(b) サンプリング時間設定
7.5kHz のこぎり波
+30sec のこぎり波

(c) サンプリングパルス
0.1 μ s~1 μ s

(d) 映像出力

(e) サンプリングホール
ド出力

(f) 狭帯域映像信号

写真1 装置の外観

40 (40)

果、もしこのまま走査すれば、1,500本の水平走査線で相隣る電子ビームはかなり重なり合い、出力電流の尖頭値が小さくなると考えられる。このため、ビジコンのカソードに水平走査ビームが1本おきに発するようなブランキング信号を加える。よって原ラスタの走査線本数は750本となり、サンプリング周期は7.5 kHzとなる。**図1**はビジコン面上のラスタの模様とサンプル点の取り方を示す。**図2**は広帯域映像信号から、狭帯域映像信号に変換する過程を示す。

2.4 装置の構成

図3に試作装置の系統図を示す。写真1はその外観写真で、右側の筐体がサンプリングアダプターである。装置はビジコンカメラ部、モニター部、サンプリングアダプター部、および受画装置から成る。

ビジコンカメラは垂直偏向電流とブランキング信号を外部から切換スイッチによって供給すべく改造した。サンプリングアダプター部では、カメラの水平偏向コイル

写真 2 30 sec のこぎり波直線性

写真 4 サンプルング回路入出力波形

写真 3 サンプルングパルス

写真 5 サンプルング回路入出力波形

から 15 kHz のパルス(図 2(a))を受け、半分に分周して、単安定マルチをトリガーし、1本おきに走査線をカットオフにするパルスを作り、カメラ部に返している。

同じパルスで 7.5 kHz ののこぎり波を作り、30 sec または 2 min ののこぎり波を重畳すれば、図 2(b)の波形となる。これをシュミット回路に入れば一連の方形波が得られ、その立下り時間は図 2(d)の出力映像信号の×印点に対応しているため、この微分波をトリガーとしてブロック発振器で安定な細いパルス(図 2(c))を発生せしめ、広帯域映像信号をサンプルングホールドする(図 2

(e))。これを LPF に通し、変調して線路に送り出す。受信側では包絡線検波を行なっている。同期は電源同期一発式を採用してある。

モニターは毎秒像数 10 枚の画像を見るために、残光性ブラウン管を用いた。しかしながらその残光性のため電子ビームの焦点、光学系の焦点は合わせにくい。このため、細かな調整は切換スイッチによって、標準方式走査に切換えて通常のモニターで調整するとよい。

図 4 に時間設定およびサンプルングホールド回路を示す。ホールドコンデンサは 150 pF に選んだ。本回路では 2 段増幅後、ホールド部に信号を帰還してサグを補償しているが、サンプルング周期が必要な最高画像周波数

図 4 時間設定、サンプルングおよびホールド回路

2 kHz にくらべ充分高いので、無理に補償する必要はない。

3. 実験結果

最初に得られた画像は、ハム、ジッター、妨害電波などが混入し、かなり画質の悪いものであった。これらはある程度抑えた後は、主に初段増幅器を含めたビジコン出力ノイズと、わずかな電源のリップルが画質に多少影響している。通常のテレビ画像では同一画面を繰り返し写しており、目の積分効果によって信号成分が比較的目立ち、きわめて SN 比の悪い信号もさほど気にならないのに対し、このサンプルング方式によって得られる画像

写真 6 ビデオ生送りによる受信画
(2 min 送信, 水平走査 10 Hz)

写真 7 テストチャート原画

写真 8 機械走査送信機による受信画
(2 min 伝送)

では、上記効果は期待できず、受画にノイズが歴然と現われるため、初段増幅器は特に配慮する必要がある。本実験で用いたものでは SN 比 35 dB 程度であり、写真 6 でみるとハーフトーンの部分がかなりザラザラした感じとなっている。

3.1 映像生送り送受試験

最初に本方式によって得られる画像を調べるため、変調をかけないで実験を行なった。このため、直流分の再生には受信側でクランプ回路を用いている。

写真 6 はこの画像で、主走査周期 10 Hz、副走査周期 2 min、ビジコンには 7038 を用いた。最上部の縞は 86 本であり、次の縞は 430 本ある。このため、周辺部解像度としては有効画面サイズを考慮して 500 TV 本程度が得られている。

同様に中央部解像度は 600 TV 本がかろうじて区別できる。これは原ラスターの副走査方向であり、サンプリング後は狭帯域映像信号の主走査方向で、サンプリング点がブランキング部も含めて 750 点であることを考えると、非常に損失少なく変換されている。これに対し原ラスターの主走査方向、すなわち受信画の副走査方向では 370 本内外しか解像できていない。この方向の解像度は、主としてカメラ部映像増幅器の帯域幅とサンプリングパルスの幅が直接きいてくるため、これらについてさらに改善の余地がある。階調は受信機側の遮光不足によりかぶりがあるが、6 階調程度出ている。使用する印画紙の特性に合わせた適当な階調補正を施せば 10 階調は得られる。直線性についてはビジコン光導電面をかなり広く使っているため樽形ひずみを起こしている。

写真 9 は非常に残像の長いビジコンを用いたもので、これによれば、相隣る電子ビームの重なり合った部分からも出力信号が取り出されるため、解像度は悪くなるが、

写真 9 残像の非常に多いビジコン
(2 min 伝送, 水平走査 10 Hz)

写真 10 30 sec の受像画 (水平走査 10 Hz)

写真 11 2 min の受像画 (水平走査 10 Hz)

信号出力が増して、7038 形ビジコンの時よりも SN 比の良い波形が観測された。

3.2 AMVSB 方法による送受試験

電話回線の帯域を 300 Hz~3.4 kHz と仮定して、搬送波周波数を 2.4 kHz の残留側帯波通信方式を採用した。使用した傾斜形フィルタは 2.4 kHz で -6 dB の下降特性を有する。受信側ではこれを包絡線検波した。写真 10 は 30 sec で送受信した画像である。写真 11 は 2 min の受画である。使用したビジコンはいずれも 7262 である。

4. 蓄積形ビジコン⁸⁾によるサンプリング

従来動きのある被写体に対して、狭帯域映像信号を取り出すには、ビジコンにシャッターを設け低速掃引を行なうか、または蓄積管を用いなければならない。前者は技術的に問題が多く、長周期になると低速掃引用のビジコンを用いなければならない。また、後者の蓄積管を用いる方法では、画像の変換の間にかなり画質を落し、解像度も悪い。

これらに対し As_2Se_3 光導電面をもつビジコンにおいては、ビジコンとしての特性と同時に蓄積管としての働きも合わせもっている。すなわち、このビジコンで画像を通常の走査で撮像してのち、シャッターによって光像を遮断した後も、映像信号を十数分間もくり返し読取りうる性質を有する。

写真 12 は機械的シャッターによって 1 sec 露光し、蓄積された像をサンプリング方式で主走査周期 10 Hz、副走査周期 2 min で送受したもので、ターゲット電圧 12 V、被写体照度 3,000 lx、 $F 32$ である。

写真 13 は人物を写したもので、1 sec 露光、主走査周期 10 Hz、副走査周期 1 min、ターゲット電圧 12 V、被写体照度 4,000 lx、 $F 32$ である。

この蓄積形ビジコンを動作させるにあたり、最初にレンズ系の光学調整を行なわなければならないが、通常のビジコンと異なり光像がまたたく間に蓄積されてしまい、ピント合わせが非常にむずかしい。ビーム電流が多

写真 12 シャッター付蓄積ビジコン (2 min 送信)

写真 13 シャッター付蓄積ビジコン (30 sec 送信)

く、ターゲット電圧が低く、被写体照度が低いときには通常のビジコンの動作に近く、この動作点でレンズの調整を行なうとよい。

実験では、焦点深度を上げるために、レンズをできるだけ絞った。レンズ絞りをもっと開いて、シャッター速度を早くできるように思うが、実際はそうならない。すなわち、入射全光量が同じで、露光時間が長く、照度の低い場合と、露光時間が短く、照度が高い場合とでは、前者のほうがより良い画像が得られ、後者の場合はすぐにビーム不足の状態になって、良い画像が得られない。良好な画像を蓄積させるには、ある程度時間をかけなければならない。

現在のところ 1sec 程度露光するともっとも良い蓄積像が得られる。短い露光時間で照度が強いと走査側の電子がまたたく間に不足して、次の走査まで持ちこたえられなくなり、光が充分蓄積に寄与しないように思われる。球の性能として現在は 1/10 sec 程度の露光が限度であるが、この範囲での用途の開拓が期待される。

蓄積像の消去は、ターゲット電圧を 0V にするか、または電子ビームを切ることによって成されるが、一様に蓄積像を消去するには、光導電面に一様な光を照射する必要がある。また、このビジコンでは暗電流の時間的増加が起こり、これは本方式においてはシェーディングとなって顕著に現われるため補正を必要とする。現在のところ、このビジコンを安定に動作させることはむずかしく映像信号の白レベルと黒レベルを正確に規定したい写真伝送には不向きであるが、階調をあまり必要としない用途、たとえば、既設電話回線を利用する交通管制などには有効であろう。

5. 問題点および将来の方向

5.1 解像度

機械式写真電送機をビジコンなどで電子化した場合、被写体に対する制限がほとんど取りのぞかれるため、置換する要求がかなりある。しかしながら、その最大の欠点は解像度である。本サンプリング方式で回路を正しく設計すれば、変換前と変換後とであまり解像度に関する損失はなく変換できるとみてよいことがわかった。いま価格などの関係で撮像管をビジコンに限れば、その解像本数は、1 インチビジコンで最高 1,000 本程度(ただし走査周期を標準走査にこだわらない)であろう。1½ インチビジコンでは千数百本、2 インチビジコンで最高 2,000 本程度解像できると考えてさしつかえない。

ビジコン自体の解像度が良くなった場合、必然的に後続する映像増幅器の帯域幅を広げなければなら

ないし、また、サンプリングパルスの幅も狭めなければならないが、細い勢力のあるパルスを実験で用いたようにブロッキング発振器で発生させるとすれば、現在のところ 0.1~0.05 μ s がせいぜいで、それ以上細いものは特殊な半導体を用いるか、または線路の往復伝搬などを利用する微分回路となり、いささかやっかいである。

これをさけるためには、原ラスタの主走査周期を 5 kHz 程度に落せば、映像増幅器の帯域幅は (5kHz/15kHz = 1/3) ですみ、サンプリングパルス幅は 3 倍でよくなる。そしてサンプリング周期をそのまま 5 kHz とすれば変換後の映像信号の帯域幅は 2 kHz 程度は軽く得られるはずである。このように、解像度の点ではビームの口径がきく程度にまでさらに改善される見込みがあり、現在用いられている機械式スポット写真電送送信機との置換に有望であろう。

5.2 準低速掃引

撮像管を垂直走査周期 数 sec~数 min、水平走査周波数 数 Hz~数十 Hz で掃引して、直接 数 kHz~数十 kHz の映像信号を得る低速掃引に対して、本サンプリング方式では垂直走査周波数が数 Hz から数十 Hz、水平走査周波数が数 kHz から 15.75 kHz の準低速掃引が要求される。この準低速掃引の範囲は 500 kHz 映像帯域の無線 ITV やテレビ電話などでも用いられているもので、低速掃引にくらべ取り扱いやすいものである。

図 5 に本実験で用いた 10 Hz 偏向回路を示す。これによれば、数 Hz から数十 Hz の偏向が比較的容易にでき、トランジスタの定電流特性を用いているため偏向直線性が良い。また、ラスタの高さ調整、低き調整および振幅調整がおのおの独立にできる。このような平衡形偏向回路を用いることにより、電源の変動をきわめて小さくし、偏向回路が他の回路に影響するのを防いだ。この偏向回路とフォーカス電流回路の電源として、リップル 0.1% 以下のものを用いたが、受画の副走査方向にうすい縞が出て、なお充分でない。

図 6 は水平偏向周波数を 15.75 kHz の 1/n にするための回路の一例で、標準走査回路の偏向コイルに直列イン

図 5 10 Hz 偏向回路

図 6 8 kHz 偏向回路 (n=2)

ダクタンス L' を付加し、並列にキャパシタンス C' を付加する。標準走査回路において偏向の直線性に関する値 L/r は、図 6 の回路では $L + L'/r + r'$ となり、

$$n \frac{L + L'}{r + r'}$$

L : 偏向コイルのインダクタンス

r : 偏向コイルの抵抗

なる関係の成り立つような高いインダクタンス L と低い抵抗 r より成るコイルを付加すれば、もとの標準走査の直線性と同程度となる。

また並列容量 C' の値として $C + C' = nC$ となるような値 (C : 標準走査回路で偏向コイルに並列についている容量) を選べば、トランジスタのコレクタに発生するパルスのピーク電圧が標準走査のとときと等しくなり、トランジスタを破壊することなく、CRT の受像回路に用いた場合も高圧が容易に得られる。

以上、本サンプリング方式で原ラスタのフィールド周期は受信側の主走査周期に選り、ライン方向の走査周期は、サンプリングパルス幅および広帯域映像増幅器の帯域幅を考慮して定め、求める狭帯域映像信号の帯域幅の 2.5 倍程度のサンプリング周期が得られるように、かつ、ビジコン映像出力が極端に減少しないように走査線本数を適当に間引く。これにより、さらに高性能のサンプリングによる撮像方式が開発されることを期待する。

6. む す び

終りに、本研究に当り各種ビジコンを提供して下さいった木内雄二主研、辻重夫氏、蓄積形ビジコンについてご指導下さった吉田興夫氏、ITV カメラに関して助言して下さいった当社図形電送課 小久保堯史氏ならびに終始実験に協力して下さいったビューフォン研究グループの方々に感謝の意を表す次第です。 (昭和 42 年 4 月 22 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 本間、近藤: ビジコンカメラを用いた簡易形写真電送機、第 2 回テレビ学会全大予、12-3
- 2) 本間、川島、米山、水口: 簡易形全自動写真電送装置、昭 42 年電気四学会連大予、2030
- 3) 窪田、小林、岡島、南: 電子的走査による高速ファクシミリ、通研究実用化報告、10, 2 (1961) 115-153
- 4) C. T. Shelton and H. W. Stewart: Pick up Tube Performance With Slow Scanning Rates, J. SMPTE, 67, 7 (1958)
- 5) 奥村: 最近のファクシミリ技術、テレビ誌、19, 8 (1965) 2-7, 19, 9 (1965) 2-8
- 6) F. F. Martin and C. T. Shelton: Modifying Vidicon Camera Chain For Slow Scan TV System, Electronics, June 1 (1957) 153-155
- 7) 吉田: As_2Se_3 を使った蓄積ビジコン、第 2 回テレビ学会全大予、3-4

3 月号 (特集号 最近の受像管) の内容お知らせ

編集委員会では、43 年 3 月号を最近の受像管について特集いたします。内容および執筆者はつぎのとおり予定しております。ご期待下さい。

テレビ随想	静岡大	堀井 隆
受像管の動向	NHK	大石 巖
内外受像管の生産状況	電子機械工業会	武市 武
受像管用ガラスバルブ	旭硝子	松田文男
受像管用蛍光面	三菱電機	粟津健三
カラー受像管		
シャドウマスク式	東芝	常田朝秀・野口幹夫
クロマトロン・その他	ソニー	山田雅美
受像管特性測定技術	日立	前田 誠・西沢令智
観測用ブラウン管	日本アビオトロニクス	松下 勇・高山寿夫
放送局内用ブラウン管	NHK	多田新一
特殊ディスプレイおよび陰極線記録装置	松下電研	宮崎栄一
受像管特性一覧表	NHK	大石 巖